



丘成桐中学科学奖白皮书

S. -T. Yau High School Science Award

丘成桐奖信息介绍及参赛指南

A Complete Guide to Yau High School Science Award

作者：Tian-2, Joy

组织：Thinker Education

时间：May 28, 2026

版本：22.0



培养和发现人才应从中学开始。-丘成桐

特别声明

非常有幸，可以和 Joy 一起，参与丘成桐中学科学奖白皮书的写作中。

另外，我想和各位用户说：多分享，多奉献，多找 Tian-2 或者 Joy 沟通咨询。

v22.0 修订说明：本版本（2026 年 5 月）新增了 2022、2023、2024 与 2025 届（即第十五至第十八届）的总决赛获奖名单与课题分析，更新了奖项设置（2025 年新增「入围奖」一档），并补充了近年新的研究热点与代表性论文。所有新增名单与论文标题均来自 yau-awards.com 官方公示页面（详见各章节脚注链接）。

Tian-2

May 28, 2026

目录

1 丘成桐中学科学奖介绍	1
1.1 丘成桐中学科学奖背景介绍	1
1.1.1 丘成桐生平介绍	1
1.1.2 丘成桐中学科学奖主办方介绍	5
1.1.3 丘成桐中学科学奖理念	5
1.1.4 丘成桐中学科学奖发展历程	7
1.1.5 丘成桐中学科学奖顾问委员会	7
1.2 丘成桐中学科学奖竞赛介绍	8
1.2.1 丘成桐中学科学奖备赛重点	8
1.2.2 丘成桐中学科学奖赛区划分	9
1.2.3 丘成桐中学科学奖评审流程	10
1.2.4 丘成桐中学科学奖奖项设置	11
1.2.5 丘成桐中学科学奖获奖意义	11
1.2.6 丘成桐中学科学奖注意事项	12
1.2.6.1 参赛者资格	12
1.2.6.2 参赛方式	12
1.2.6.3 参赛材料	12
1.2.6.4 知识产权	13
1.2.6.5 公众监督	13
1.2.6.6 官方申明	13
1.2.6.7 特别说明	13
1.3 丘成桐中学科学奖评审标准	14
1.3.1 数学	15
1.3.2 物理	16
1.3.3 化学	17
1.3.4 生物	18
1.3.5 计算机	19
1.3.6 经济金融建模	20
1.4 丘成桐中学科学奖与其他科研比赛对比	21
1.4.1 再生元国际科学与工程大奖赛 (ISEF)	21
1.4.2 再生元科学天才奖 (STS)	22
1.4.3 美国高中数学建模竞赛 (HiMCM)	23

2 各学科热门选题、参赛背景知识介绍及优秀论文分析	25
2.1 数学	25
2.1.1 研究课题选择及获奖情况分析	25
2.1.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	29
2.1.2 相关参赛背景知识介绍	33
2.1.2.1 数学课程基础	34
2.1.2.2 编程语言	34
2.1.2.3 论文写作及规范表达方法	34
2.1.3 优秀论文案例分析	35
2.1.3.1 2021 数学奖金奖	35
2.2 物理	39
2.2.1 研究课题选择及获奖情况分析	39
2.2.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	47
2.2.2 相关参赛背景知识介绍	51
2.2.2.1 力学分析、流体力学、微积分等理论知识	51
2.2.2.2 实验设计	51
2.2.2.3 Matlab、Mathematica、Python 等模拟分析计算机软件	52
2.2.3 优秀论文案例分析	52
2.2.3.1 2020 年全球物理金奖	52
2.3 化学	58
2.3.1 研究课题选择及获奖情况分析	58
2.3.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	68
2.3.2 相关参赛背景知识介绍	72
2.3.2.1 学科知识	72
2.3.2.2 实验操作	73
2.3.3 优秀论文案例分析	73
2.3.3.1 2021 年全球化学金奖	73
2.4 生物	77
2.4.1 研究课题选择及获奖情况分析	77
2.4.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	86
2.4.2 相关参赛背景知识介绍	91
2.4.2.1 细菌的分离培养技术	91
2.4.2.2 DNA 和 RNA 提取技术	91
2.4.2.3 PCR 循环扩增技术	91
2.4.2.4 酶联免疫吸附试验 (ELISA)	92
2.4.2.5 Westernblot 法	92
2.4.3 优秀论文案例分析	92

2.4.3.1	2021 年生物金奖	92
2.5	计算机	99
2.5.1	研究课题选择及获奖情况分析	99
2.5.1.1	2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	107
2.5.2	相关参赛背景知识介绍	111
2.5.2.1	Python 编程学习	111
2.5.2.2	微积分、统计、线性代数	112
2.5.2.3	机器学习入门	112
2.5.3	优秀论文案例分析	112
2.5.3.1	2021 年全球计算机金奖/科学金奖	112
2.6	经济金融建模	118
2.6.1	研究课题选择及获奖情况分析	118
2.6.1.1	2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文	128
2.6.2	相关参赛背景知识介绍	132
2.6.2.1	学术基本素养	132
2.6.2.2	研究技能	132
2.6.2.3	数据处理能力	132
2.6.2.4	统计学基础	133
2.6.2.5	软件学习	133
2.6.3	优秀论文案例分析	133
3	丘成桐中学科学奖科研方法与论文写作	138
3.1	学术论文阅读方法	138
3.1.1	基础阅读方法	138
3.1.2	与文献交互	139
3.2	学术论文写作方法	140
3.2.1	学术论文格式及相关要求	140
3.2.2	学术论文写作建议	145
3.2.3	查重、降重、步骤及分析	150
4	丘成桐中学科学奖相关评委背景分析	152
4.1	数学	152
4.2	物理	155
4.3	化学	157
4.4	生物	159
4.5	计算机	162
4.6	经济金融建模	164

5 丘成桐中学科学奖获奖情况分析	168
5.1 2020至2021年获奖情况总结	168
5.2 2017-2021内地与海外赛区获奖情况	171
5.3 2022-2025届总决赛获奖名单(第十五至第十八届)	171
5.4 第十五届(2022年)总决赛获奖名单	172
5.4.1 数学	172
5.4.2 物理	173
5.4.3 化学	174
5.4.4 生物	175
5.4.5 计算机	177
5.4.6 经济金融建模	178
5.5 第十六届(2023年)总决赛获奖名单	179
5.5.1 数学	179
5.5.2 物理	180
5.5.3 化学	181
5.5.4 生物	183
5.5.5 计算机	184
5.5.6 经济金融建模	185
5.6 第十七届(2024年)总决赛获奖名单	187
5.6.1 数学	187
5.6.2 物理	188
5.6.3 化学	190
5.6.4 生物	192
5.6.5 计算机	193
5.6.6 经济金融建模	194
5.7 第十八届(2025年)总决赛获奖名单	196
5.7.1 数学	196
5.7.2 物理	198
5.7.3 化学	200
5.7.4 生物	202
5.7.5 计算机	204
5.7.6 经济金融建模	206
6 丘成桐中学科学奖参赛学生自我评价机制	209
6.1 学术能力	209
6.2 英文能力	209
6.3 科研背景和相关经历	210

6.4	时间精力	210
6.5	总结	211
7	AI 工具在丘成桐中学科学奖中的合理使用	213
7.1	为什么需要专门谈丘奖中的 AI 使用	213
7.2	丘奖评委对 AI 使用的真实态度	214
7.3	各学科 AI 使用差异	215
7.4	研究流程中的 AI 工具栈	216
7.4.1	阶段一：选题与可行性评估	216
7.4.2	阶段二：文献综述	216
7.4.3	阶段三：实验/算法实现	217
7.4.4	阶段四：数据分析	217
7.4.5	阶段五：论文写作与英文润色	217
7.5	披露与诚信：在丘奖中应如何表述 AI 使用	218
7.6	评委追问的典型问题与应对（沙盘推演）	219
7.7	从过往获奖论文看 AI 应用范式	220
7.8	常见误区	221
7.9	自查清单：提交论文前的 AI 使用合规自查	222

第 1 章 丘成桐中学科学奖介绍

“数学大师丘成桐先生坚持并倡导‘培养和发现人才应从中学开始’的教育理念，将国际化竞赛的组织、选拔模式引入中国，自 2008 年开始设立丘成桐中学数学奖。它区别于普通科学竞赛：面向全球中学生，倡导创新思维和团队合作，舍弃试卷和标准答案，让学生以提交研究报告的形式参与竞赛，旨在推进中学科学发展，激发和提升全球华人中学生对科学研究的兴趣和创新能力。”

“丘成桐中学科学奖从十八年前（2008 年）单纯的数学奖起步，发展到今天数学奖和物理奖、化学奖、生物奖、计算机奖和经济金融建模奖并重的知名中学生科技奖项，正在用自己的力量推动中国青少年科学研究事业的发展，帮助那些有才华、有热情的青少年探索科学奥秘。”截至 2025 年第十八届总决赛，丘成桐中学科学奖累计颁发各学科金、银、铜、优胜与入围奖项数百项；其中 2025 届为历史上规模最大的一届，共评出 87 个获奖团队（含跨学科科学金奖 1 项、各学科金银铜优胜共 60 项及新设的入围奖 26 项）¹。

“作为国际上最具权威、影响较大的中学生科学竞赛之一，丘成桐中学科学奖已形成以科学为总体框架，以数学、物理、化学、生物、计算机、经济金融建模六大学科为基础的中学生科研创新能力培养模式。累计超 2000 余所学校，12000 余支队伍参加比赛，覆盖国内 30 个省市自治区和北美、新加坡等多个海外地区共 460 余个学生团队近 850 余人受到奖励。450 余位来自全球的科学家担任评委或顾问。超过 1/2 的获奖中学生经推荐分别进入清华、北大、哈佛、MIT、耶鲁和普林斯顿等中外知名大学就读，其中不乏进入理想大学后依然坚持学术研究的科研人才。”^[1]”

1.1 丘成桐中学科学奖背景介绍

1.1.1 丘成桐生平介绍

“我生平立志只做好两件事情。第一，作出一等的数学研究，千古留名；第二，为中国数学教育服务，帮助中国成为数学强国。”

--- 丘成桐

丘成桐 (Shing-Tung Yau)，原籍广东省蕉岭县，1949 年出生于广东汕头，同年随父母移居香港，美籍华人，国际知名数学家，菲尔兹奖首位华人得主，美国国家科学院院士、美国艺术与科学院院士、台湾中央研究院院士、中国科学院外籍院士、香港科学院名誉院士。现任香港中文大学博文讲座教授兼数学科学研究所所长、哈佛大学 William Casper Graustein 讲座教授、清华大学丘成桐数学科学中心主任、北京雁栖湖应用数学研究院院长。

¹2023–2025 届总决赛获奖名单参见 <https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>、<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html> 与 <https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

1969年毕业于香港中文大学崇基学院数学系；1971年获得加州大学伯克利分校数学博士（师从陈省身）；1974-1987年任斯坦福大学、普林斯顿高等研究院、加州大学圣地亚哥分校数学教授；1987年起任哈佛大学讲座教授；1993年被选为美国国家科学院院士；1994年成为台湾中央研究院院士和中国科学院外籍院士，同年出任香港中文大学数学科学研究所所长；2003年出任香港中文大学博文讲座教授；2013年起任哈佛大学物理系教授。

丘成桐囊括了维布伦几何奖（1981）、菲尔兹奖（1982）、麦克阿瑟奖（1985）、克拉福德奖（1994）、美国国家科学奖（1997）、沃尔夫数学奖（2010）、马塞尔·格罗斯曼奖（2018）等奖项。他是第一位获得国际数学界最高奖项菲尔兹奖的华人，也是继陈省身后第二位获得沃尔夫数学奖的华人。

丘成桐证明了卡拉比猜想、正质量猜想等，是几何分析学科的奠基人，以他的名字命名的卡拉比-丘流形，是物理学中弦理论的基本概念，对微分几何和数学物理的发展做出了重要贡献。

丘成桐曾被国际数学大师唐纳森（Singer Donaldson）誉为“近 1/4 世纪里最有影响的数学家”。国际数学大师、阿贝尔奖获得者辛格说：“即使在哈佛，丘成桐一个人就是一个数学系！”

1. 科研成就：丘成桐是公认的当代最具影响力的数学家之一。他的工作深刻变革并极大扩展了偏微分方程在微分几何中的作用，影响遍及拓扑学、代数几何、表示理论、广义相对论等众多数学和物理领域。

- 解决 Calabi 猜想，即一紧 Kahler 流形的第一陈类 ≤ 0 时，任一陈类的代表必有一 Kahler 度量使得其 Ricci 式等于此陈类代表。这在代数几何中有重要的应用。
- 与萧荫堂合作证明单连通 Kahler 流形若有非正截面曲率时必双全纯等价于复欧氏空间，并给 Frankel 猜想一个解析的证明。
- 在各种 Ricci 曲率条件下估计紧黎曼流形上 Laplace 算子的第一与第二特征值。
- 1976 年解决关于凯勒 - 爱因斯坦度量存在性的卡拉比猜想，其结果被应用在超弦理论中，对统一场论有重要影响。第一陈类为零的紧致凯勒流形称为卡拉比 - 丘流形，在数学与弦论中都很重要。作为应用，丘成桐还证明了塞梵利猜想，发现 Miyaoka - 丘不等式。丘成桐对 $c_1 > 0$ 情形的凯勒 - 爱因斯坦度量存在性也作出了重要的贡献，猜想了它与代数几何中几何不变量理论意义下的稳定性的关系。这激发了 Donaldson 关于数量曲率与稳定性等一系列的重要工作。
- 与郑绍远合作证明实与复的 Monge-Ampère 方程解的存在性，并证明高维闵科夫斯基问题，拟凸域的凯勒 - 爱因斯坦度量存在性问题。
- 丘成桐开创了将极小曲面方法应用于几何与拓扑研究的先河。通过对极小曲面在时空中行为的深刻分析，1978 年他与 R. 舍恩合作解决了爱因斯坦广义相对论中的正质量猜想。
- 丘成桐与 Karen Uhlenbeck 合作证明了任意紧致凯勒流形上稳定丛的 Hermitian-Einstein 度量的存在性，推广了 Donaldson 关于射影代数曲面，以及 Narasimhan 和 Seshadri 关于代数曲线的结果。

- 丘成桐与 Meeks 合作解决了三维流形极小曲面一个著名的问题，即一条极值约当曲线的极小圆盘的 Plateau 问题的 Douglas 解，当边界曲线是一个凸边界的子集，那么它在三维空间中是嵌入的。他们接着证明这些嵌入极小曲面在有限群作用下是等变的。他们的工作与 Thurston 的工作相结合，可以推出著名的史密斯猜想。
- 丘成桐与连文豪、刘克峰合作证明了弦论学家提出的著名的镜对称猜想。这些公式给出了用对应的镜像流形上的 Picard-Fuchs 方程表示的一大类卡拉比 - 丘流形上有理曲线数目的显式表达。
- 丘成桐与刘克峰、孙晓峰合作证明曲线模空间上各种几何度量的等价性，被国际学术界命名为刘孙丘度量。
- 1984 年与 Uhlenbeck 合作解决在紧 Kahler 流形上稳定的全纯向量丛与 Yang-Mills-Hermite 度量是一一对应的猜想，并得出陈氏的一个不等式。
- 丘成桐正研究的镜流形，是 Calabi-丘流形的一特殊情形，与理论物理的弦理论有密切关系，引起数学界的广泛注意等等^[2]。

2. **教育贡献：**除数学领域外，丘成桐在物理学和工程学上都有非常重要的影响，他也因此被聘为哈佛大学物理学的终身教授，成为哈佛大学有史以来兼任数学系教授和物理系教授的唯一一人。丘成桐教授在工程学的各个分支做出了很重要的贡献，这些学科包括控制论、图论（应用到社会科学）、数据分析、人工智能和三维图像处理，丘成桐在这些方面已经发表了几十篇重要的论文，多次被工程学大会邀请做重要演讲和大会报告。但是，丘成桐对于人类的贡献远远不止于在科研方面的成就，他对于教育界的亲历亲为同样值得大书特书。在 2005 年，丘成桐就明确指出，“如果不重视基础教育，以目前的本科教育模式，国内不可能培养出一流人才。”在之后的时间中，丘成桐对于国内学术界的问题，高中包括本科教育的问题，发表了大量一针见血的观点和看法。同时，他也利用自己在华人中的影响力，开始创办大量与科学教育有关的活动，并在这些活动中担任重要的角色。

- 关心中国数学事业：丘成桐对中国的数学事业一直非常关心。从 1984 年起，他先后招收了十几名来自中国的博士研究生，要为中国培养微分几何方面的人才。他的做法是，不仅要教给学生一些特殊的技巧，更重要的是教会他们如何领会数学的精辟之处。

丘成桐教授是第一位荣获菲尔兹奖的华裔人士。他热心于帮助发展中国的数学事业。自 1979 年以来多次到中国科学院进行高质量的讲学。由科学出版社出版了专著《微分几何》，内容主要是他的研究结果。他还直接指导培养中国的数学博士生，至今已有 10 余人，成绩显著。1994 年 6 月 8 日当选为首批中国科学院外籍院士。虽然丘成桐是在香港长大的，但他出生于中国大陆，深受中国传统文化的影响，并坚信帮助中国推动数学发展是自己的责任。在二十世纪七十年代中国对外开放后，丘成桐受到中国著名数学家华罗庚的邀请，于 1979 年访问中国。

为了帮助发展中国数学，丘成桐想尽了各种办法，与他钻研数学问题颇为相似。他培养来自中国的留学生，建立数学研究所与研究中心，组织各种层次的会议，发起

各种人才培养计划，并募集大量资金。

- 建立研究所和研究中心：丘成桐建立的第一个数学研究所是 1993 年成立的香港中文大学数学研究所。第二个是 1996 年建立的北京晨兴数学中心。中心建立与运作的大部分经费都是丘成桐从香港晨兴基金会筹得的。第三个是建立于 2002 年的浙江大学数学科学中心。第四个 2009 年建立的清华大学数学研究中心。

丘成桐是这三大研究机构的主任，经常例行工作视察、作报告、指导学生、组织学术会议与暑期学校等。除了这三个研究中心，丘对于台湾理论科学中心的建立以及台湾数学的发展作出了重要的贡献。1997 年，他受台湾新竹清华大学校长刘炯朗邀请，作为讲席教授访问一年。多年后，他建议已是台湾国家科学委员会主席的刘炯朗建立理论科学中心。该中心于 1998 年正式成立，他担任理论科学中心顾问委员会主任，直至 2005 年。

- 发起国际华人数学家大会：为了增进华人数学家的交流与合作。丘成桐发起组织国际华人数学家大会。会议每三年一届。除了邀请报告外，还邀请几位非华裔数学家作晨兴讲座。每次大会的焦点是颁发晨兴数学奖、陈省身奖。第一届大会于 1998 年 12 月 12-18 日在北京晨兴数学中心召开。来自世界各地 400 多人与会，会议受到了华人数学家们热烈的反响与支持。此次会议也是在中国举行的第一次重要数学国际会议。第二届大会于 2001 年在台湾召开，第三届大会 2004 年在香港举行，第四届大会 2007 年在浙江大学举行，第五届大会于 2010 年在清华大学举行。第六届大会于 2013 年在台湾大学举行。从第三届大会开始正式设立面向大学生，硕士与博士生的新世界数学奖。

- 设立基金会和奖项：2003 年 9 月 15 日，丘成桐在蕉岭设立“丘成桐奖教奖学基金”，每年捐资 1 万元人民币作为蕉岭中学高考奖学金。为了激发中学生对于数学研究的兴趣和创造力，培养和发现年轻的数学天才，2004 年，丘成桐首先在香港成立了面向香港中学生的两年一届的“恒隆数学奖”。

2005 年，为了支持香港学校的通识教育，让学生和大众感受中华文化的博大精深，丘成桐拿出 200 万港币在母校香港中文大学设立了“丘镇英基金”，基金利息作为香港中文大学中文系、历史系和哲学系邀请国际知名的文学、史学及哲学大师访港，以及学生交流的经费。

2007 年，丘成桐先生成立“丘镇英基金”，纪念父亲对崇基书院的贡献和对自己的培养，同时更为继承父亲“融合中国和西方文化”的愿望，支持和邀请世界顶尖级数学家来华举办讲座和从事学术研究。

2007 年 7 月 26 日，由丘成桐个人捐资成立、以他父亲的名字命名的中科院晨兴数学中心丘镇英基金会，种子基金为 100 万元人民币，主要用于邀请杰出的数学家来晨兴作研究、演讲等。

2008 年，丘成桐中学数学奖正式成立。

2010 年，丘成桐大学生数学竞赛正式设立。

2013 年，丘成桐中学科学奖正式设立。

2015年3月，丘成桐数学科学中心在清华大学揭牌成立。

2015年10月11日，丘成桐在梅州市蕉岭县联谊，并和蕉岭县商定在蕉岭成立丘成桐奖教奖学基金。

2018年5月，清华大学增设“丘成桐数学英才班”；2018年12月22日，卡拉比-丘理论发展40年国际会议在广东梅州市蕉岭县举行。

2021年1月，经教育部批准，清华大学将推出“丘成桐数学科学领军人才培养计划”，每年面向全球招收百名优秀中学生。

1.1.2 丘成桐中学科学奖主办方介绍

2009年12月，清华大学成立数学科学中心（简称“数学中心”），聘请国际著名数学大师丘成桐先生担任中心主任。作为支持清华大学发展数学学科的重大战略举措，教育部于2014年底正式批准依托清华大学成立丘成桐数学科学中心。在丘成桐先生的带领下，经过十二年建设，数学中心在高端人才引进、杰出数学人才培养、高水平研究和数学学科建设方面取得了跨越式发展，已成为具有重要国际影响力的科研中心。

中心秉承“国际性、开放性、学术性”的建设定位，以开放活跃的学术氛围，吸引了一大批杰出数学顶尖人才，并开始为国家输送优秀青年学者。建成以纯粹数学为核心的“五大领域”和“三个交叉研究方向”的综合性学科布局。

数学中心以高水平人才引进、造就新一代世界领先数学家为根本任务。2021年，成功引进2018年菲尔兹奖得主Caucher Birkar，担任中心教授。截至目前，数学中心共有全职在校教师和科研人员105人，其中教师70人（正教授20人、副教授10人、助理教授40人），在站博士后35人。

围绕人才引进与培养的根本任务，数学中心不断探索和创新数学人才发掘培养模式，建立并形成了包括“丘成桐中学科学奖”“丘成桐大学生数学竞赛”“新世界数学奖”和“ICCM数学奖”，“四大数学家冠名讲座”“大师论坛”“世界华人数学家联盟”和“世界华人数学家大会”等系列人才发掘和交流平台，并先后与美国哈佛大学、斯坦福大学及英国牛津大学等国内外30余所高校和科研机构建立了良好的合作关系。每年超过300位数学家及相关领域专家学者来中心工作、访学和交流。许多重要的国际学术会议在中心和“清华三亚国际数学论坛”会议基地召开，众多院士，诺贝尔奖、沃尔夫奖、菲尔兹奖得主等来中心访问、交流和演讲。^[3]

1.1.3 丘成桐中学科学奖理念

“What can I know? What ought I to do? What can I hope?”

---- Immanuel Kant

从与主办方包括丘成桐先生本人的沟通中我们了解到，丘成桐中学科学奖的创办初衷在于改善目前国内教育领域的重要问题。对于学贯中西文理古今的丘先生而言，中国的高中教

育存在着大量的弊端和不足，这些问题对于中国乃至整个民族都会带来深远的影响。下面，我们将分别对丘成桐奖如何解决这一系列问题展开叙述。

1. 创新思维：对于传统的国内教育而言，流水线式的体系已经完全定型，而对于这种教育体系的弊端我们不再赘述。丘成桐奖的初衷就是针对国内传统教育体系的不足，借助科研的形式，鼓励更多的中学生去想一些自己从前不敢想的问题，真正意义上构思一些更宏大的问题。在丘成桐奖的比赛中，我们看到大量的课题内容是在学校中无法学习和接触到的，这对于开阔学生的眼界和启发学生进行创新性的思考非常重要。

我们从以往的案例中发现，国内绝大多数的高中生对于科研的过程和情况毫无了解，或者仅仅局限在学校中实验报告的阶段。很多参赛的学生在比赛前熟悉填鸭式的教学形式，而对于如何发现问题、解决问题、完善问题这一系列流程毫无概念。于是可能会出现一种现象，即学生会要求老师给出具体课题，课题实现过程，甚至结果乃至论文这一系列的内容，这是极其违背比赛初衷的。因此我们建议，学生在这个比赛过程中应该主导整个科研课题的进展，老师更多的是发挥辅助性的作用，凭借老师多年的经验和专业知识帮助学生学会并掌握科研的精神和流程。这才是丘成桐科学奖的理念，鼓励学生能在参与比赛的过程中学习如何用科学的方法去研究问题，这对于学生今后的发展影响巨大。

2. 合作精神：传统的国内教育过分强调学生个体竞争，类似“多一分挤掉千人”的言论在体制内的高中学校层出不穷，这种现象很容易引发“唯分数论”，学生习惯单打独斗从而慢慢成为精致利己主义者。然而科研课题并非是一个人就能完成的，往往需要团队的配合与努力，才能成就好的结果。所以丘成桐奖是鼓励团队协作的。我们从历年的结果来看，团队参赛者往往也有着非常好的成绩，比如 2021 年总决赛物理科目的十个奖项中有八个是以小组合作的形式取得的。

此外，在学生之后的学习生涯或科研活动中，也很少会有单打独斗的情况。比如在硕士、博士阶段，往往提到的是某某教授领衔的科研组，而不再是单独的个人。所以参与丘成桐奖的话，在选择实验较多、任务较重的项目时，应该充分考虑组队的形式，这对于保证科研质量及进度有很大帮助。同时，最重要的一点，学生在这个过程中可以明白如何与他人合作共赢，包括其他组员、指导老师，乃至其他可以帮助到项目的人。

3. 开阔眼界：丘成桐奖是全球性的，面向全球中学生。不管是身处教育资源发达的一线城市的学生，还是教育资源稍微欠缺的学生和家庭而言，丘成桐奖提供了一个任由全球中学生同等竞争的舞台。这里竞争对手可能是蛰伏于小城市的高手，也可能是在顶级寄宿美高的人外人。于是在这个比赛中，所要学习的不仅仅是自身的课题，也需要参赛者更多地关注了解同侪的思想、能力与关注点。多样性是所有生物发展生存的前提，美国大学也致力于追求并且不断强调多样性。丘成桐奖正是向处在思想活跃阶段的高中学生提供了了解多元社会的平台。
4. 去标准化：纵观中国教育发展史，明清时期科举制度把注重技巧的八股文放在了教育的首位，失去了创新力。科举制度之后，全国范围内推崇新式西学，期间走得也是一路坎坷。新中国成立后，创立了以共产主义思想为指导的，民族的、科学的、大众的新教育，

中国教育形成了一套自己的标准。然而，标准化通常也是抹杀创新力的罪魁祸首之一。循规蹈矩容易引发复制，而忽视了创造。因此丘成桐奖的介绍中专门提到了“打破标准答案的束缚”，鼓励条条大路通罗马般的创新。去标准化也就成了学生在整个比赛中需要时刻考虑的一点。具体来说，需要学生放弃标准答案的产生，而更多地关注于过程，并在过程中通过逻辑科学的论证方法，得出有意义的结论。

1.1.4 丘成桐中学科学奖发展历程

2008年，丘成桐中学数学奖设立。

2013年，丘成桐中学物理奖启动。同时，清华大学将丘成桐中学科学奖纳入自主招生体系，支持各相关院系对优秀获奖学生进行考核，成绩合格的学生将获得推荐参加清华大学自主招生的资格，有机会享受在高考录取中最高降至一本线录取的优惠政策。

2016年，生物奖、化学奖启动，并设立跨学科综合奖项，科学金奖。同时，复旦大学将丘成桐中学科学奖的获奖选手纳入自主招生计划。

2017年，计算机奖启动。

2018年，设立经济金融建模奖。

2018年，经教育部审批通过，清华大学正式招收“丘成桐数学英才班”学生。通过丘成桐中学科学奖选拔出来的优秀中学生，作为“丘成桐数学英才班”招生的重要生源和后备力量，择优选入英才班，按照“领跑者、国际化、重基础、尊个性”的培养模式，接受个性化的培养模式。

总体来说，丘成桐奖从传统的数学、物理开始，不断加入更多的科目，其中部分属于传统学科，同时，组委会也与时俱进，对社会发展的重要学科也不断进行了囊括。

1.1.5 丘成桐中学科学奖顾问委员会

丘成桐中生科学奖顾问委员会组成如下：

- 丘成桐（主席），哈佛大学教授，丘成桐数学科学中心主任
- Ralph Cohen，斯坦福大学理学院副院长、数学系教授
- Elias James Corey，哈佛大学教授、美国科学院院士、诺贝尔化学奖得主
- Vijay Kuchroo，哈佛大学医学院教授
- Henry Pinkham，哥伦比亚大学文理学院院长、哥伦比亚大学数学系教授
- Wilfried Schmid，哈佛大学数学系教授
- Richard M. Schoen，斯坦福大学教授（荣退）、加州大学欧文分校教授、美国国家科学院院士、美国艺术和科学院院士
- Bik-Kwoon Tye，康奈尔大学分子生物学教授
- Junying Yuan，哈佛大学医学院教授、美国艺术和科学院院士
- Robert Zimmer，芝加哥大学校长、美国艺术和科学院院士
- 董欣年，杜克大学教授、美国科学院院士

- 金力，复旦大学副校长、生命科学学院学术委员会主任、中国科学院院士
- 李骏，斯坦福大学数学系教授
- 潘云鹤，中国工程院常务副院长、中国工程院院士
- 王小凡，杜克大学教授
- 王贻芳，中国科学院高能物理研究所所长
- 肖杰，清华大学丘成桐数学科学中心副主任、数学系教授
- 薛其坤，清华大学副校长、中国科学院院士
- 杨乐，中国科学院院士
- 姚期智，图灵奖得主、清华大学交叉信息研究院院长、教授，中国科学院院士、美国科学院院士
- 杨祖佑，加州大学圣巴巴拉分校校长、机械工程系教授，美国国家工程院院士
- 朱熹平，中山大学副校长、数学与计算科学学院院长

1.2 丘成桐中学科学奖竞赛介绍

“首先，中国学生素质完全可以比得上哈佛的学生。假如有好的导师和好的风气，是可以有所作为的。”

--- 丘成桐

1.2.1 丘成桐中学科学奖备赛重点

丘成桐中学科学奖以论文和科研的质量作为初赛评选标准，在半决赛以及决赛中加入答辩的环节。所以在整体准备过程中，学生应以比赛的形式为依据，评审标准为参照，进行备赛活动的安排。我们这里可以将这个比赛过程分为四个部分，每一部分都有相应的备赛重点，参赛学生详加留意。

1. **课题选取**：在丘成桐奖的比赛中，课题的选择非常重要。一个课题的优劣程度，直接决定了该参赛作品能走得多远。具体选题的情况，我们根据科目不同，将在第2章进行详细的分析。学生应在参赛前，认真思考以及确认课题的情况。

在确认课题的情况时，学生应与指导老师认真沟通，从以下几个角度出发来确认课题。

第一，可行性。在课题的选择时，首先要确保的是该课题的可行性。比如该课题的理论部分以高中生的学术水平是否可以掌握，该课题中涉及的实验部分是否可以实施（实验设备、场所等），该课题是否可以在规定时间内完成。这些问题最大程度上决定了该课题是否适合。

第二，创新性。一般来讲，可以将创新性区分为理论创新和应用创新。理论创新指的是高中生对某一个理论上的内容上进行扩展和延申，得出一些新颖的结论。应用创新指的是将一个已有的理论在某一个新的场景下进行实践。而应用创新往往伴随着大量实验内容验证，否则会有纸上谈兵之嫌。

第三，社会意义。丘成桐奖的大量作品都具有广泛的社会意义。比如说，有很多参赛作品会和近两年热门的新冠疫情这一社会现象结合，提出针对疫情某一个方面的实际问题的解决方案。这一点会使得学生的参赛作品增色不少。

- 2. 科研流程：**在选取完课题之后，学生应该结合自身情况，认真安排科研的时间与自己其他方面的学习。对于大部分参赛学生而言，丘成桐奖的准备往往伴随着课业、标化考试、竞赛等大量活动，如何合理地安排好这些不同方面的活动对于学生而言至关重要。如果学生在6月份决定参赛的话，我们希望学生可以保证在提交论文之前，能够保证每天2-3小时的时间来进行科研，梳理科研流程。这不仅可以确保学生在科研学习的过程中收获满满，同时也是在一定程度上对参赛作品的质量予以保证。
- 3. 论文写作：**在完成科研活动的过程中，学生应该对自己在这个过程中的所作所为进行详细地记录，并在科研尾声完成相关的科研论文。这里，论文需要保证满足以下要求：第一，学术诚信。学生首先需要确保在论文中满足学术诚信的要求，包括数据的真实性，课题研究的独立性等等。第二，逻辑与完整性。学生在完成写作的过程中，需要保证论文可以完整、有逻辑地呈现整个科研过程。第三，专业性。需要确保论文的专业性，包括格式正确、结构完整、书写规范等等。这些因素都会在初赛的评选中起到重要的作用。
- 4. 演讲答辩：**在入围半决赛后，学生需要针对自己的论文制作演示文稿，参加线下的现场答辩。在制作演示文稿的过程中，学生需要认真地进行制作和准备，同时进行反复的演练和准备评委可能问到的问题。这一部分，我们将在后续章节进行更详细的解释。

1.2.2 丘成桐中学科学奖赛区划分

1. 中国内地赛区

报名范围：中国内地各大中学的在校学生（仅限高中生）。

报名网址：www.yau-awards.com

1、数学奖：

(1) 北部赛区：北京/河北/天津/山西/内蒙古/新疆/黑龙江/吉林/辽宁/湖北/河南/陕西/宁夏/甘肃/青海

(2) 南部赛区：广东/广西/海南/四川/湖南/贵州/云南/西藏/重庆/福建/江西/安徽/澳门

(3) 东部赛区：浙江/江苏/山东/上海

2、物理奖、化学奖、生物奖、计算机奖、经济金融建模奖：

(1) 北部赛区：北京/河北/天津/山西/山东/内蒙古/新疆/黑龙江/吉林/辽宁/河南/陕西/宁夏/甘肃/青海。

(2) 南部赛区：浙江/江苏/上海/广东/广西/海南/四川/湖南/湖北/贵州/云南/西藏/重庆/福建/江西/安徽。

2. 海外赛区（亚洲赛区）

报名范围：除中国内地外，港澳台地区及亚洲其他国家的中学生。

报名网址：<https://yauaward-asia.hk>

3. 海外赛区（北美赛区）

报名范围：除亚洲国家外，其他海外国家的中学生。

报名网址：<http://www.yau-science-awards.org/>

1.2.3 丘成桐中学科学奖评审流程

内地赛区

1. **4月15日 - 7月31日：网上注册报名。**以团队的形式报名参赛（1-3名成员）；报名网址：www.yau-awards.com；截止时间：7月31日24:00
2. **8月1日 - 9月15日：提交/更新论文。**报名成功后，8月1日起即可提交论文；截止时间：9月15日24:00；期间论文可进行更新。
3. **9月16日 - 11月6日：分赛区评审。**分初筛、函评、桌评、分赛区决赛四个阶段。各赛区评选出入围全国总决赛的名单。
4. **11月7日 - 11月13日：论文公示。**入围全国总决赛的研究报告在网上进行公示。
5. **12月10-11日：全国总决赛暨颁奖典礼。**总决赛以英文答辩的形式举行，由国际评审委员会主持；总决赛及颁奖典礼地点：清华大学。
6. **12月11日（周日）：科学论坛。**通识报告，地点：清华大学。

亚洲赛区

1. **3月：开放注册”**以团队的形式报名参赛（1-3名成员，来自同一所学校）报名地址：<https://yauaward-asia.hk>
2. **6月30日：**报名、研究大纲提交截止时间：6月30日
3. **6-7月：**大纲进行初审
4. **7月：**初审结果公布，入围名单揭晓具体时间以邮件为准
5. **8月31日：**提交完整研究报告, 截止时间：8月31日
6. **9月：**研究报告的审阅及评估
7. **9月中下旬：**评估结果公布
8. **10月下旬：**答辩及结果公布(生物、化学、计算机)
9. **10月下旬：**答辩及结果公布(经济金融建模、物理、数学)，颁奖典礼
10. **11月下旬：**科学讲座

北美赛区

1. **5月18日-6月30日：网上注册报名。**以团队形式报名参赛（1-3人名成员，来自同一所学校）报名网址：<http://www.yau-science-awards.org/>，截止时间：美东时间6月30日24:00
2. **7月1日-9月5日：提交/更新论文。**报名成功后，从7月1日起即可提交论文，截止时间美东时间9月5日24:00，期间论文可进行更新。
3. **9月6日 - 10月18日：审查论文。**

4. 10月25日-11月20日：北美赛区各学科答辩。
5. 11月20日上午10:00（周日）：美国赛区颁奖典礼。
6. 12月10日-12月11日：总决赛暨颁奖典礼。入围总决赛的论文在网上进行公布，确定入围总决赛的最终名单。总决赛以英文答辩的形式举行，由国际评审委员会主持；总决赛及颁奖典礼地点：清华大学。
7. 12月11日（周日）：科学论坛。公开演讲，地址：清华大学。

1.2.4 丘成桐中学科学奖奖项设置

数学、物理、化学、生物、计算机奖、经济金融建模奖均设置金奖一个、银奖一个、铜奖三个、优胜奖五个，奖金分别为金奖15万元；银奖10万元；铜奖6万元；优胜奖3万元，并为获奖团队颁发奖杯和证书。另设置跨学科奖项——科学金奖一个，奖金15万元。

每年奖项的实际授予数量由国际评审委员会参照以上奖项设置，以本年度参赛作品质量和学生答辩表现的综合评判协商确定。

2025届新增：入围奖 (Finalist Award) 自第十八届（2025年）起，组委会在优胜奖之下增设「入围奖」一档，授予通过分赛区评审晋级全国总决赛但未获得金、银、铜、优胜奖的优秀团队，证书及奖杯由组委会颁发。2025届共评出入围奖26项（数学5、物理5、化学3、生物3、计算机4、经济金融建模5；另含特别评定项目若干）。该改动使得能从总决赛环节脱颖而出的优秀团队数量从此前每届约60个跃升至87个，进一步扩大了获奖覆盖面，也使入围总决赛本身成为可被认可的学术荣誉。

1.2.5 丘成桐中学科学奖获奖意义

“作为国际上最具权威、影响较大的中学生科学竞赛之一，丘成桐中学科学奖得到清华、复旦、浙大、上海财经、香港中文、哈佛、斯坦福等大学的专家支持，吸引广大海内外中学、中学教师、中学生及学生家长的关注和积极参与，汇聚了一批国际顶尖科学家关注并担任评审委员，发掘了一批对基础科学有兴趣、有天赋的优秀中学生。

截至目前，累计超过2000余所中学、1万余支队伍参加丘成桐中学科学奖，覆盖国内30余个省市自治区和北美、新加坡等多个海外地区，共计401个学生团队、750余人获奖。超过半数获奖青年学生先后进入清华、北大、哈佛、MIT、耶鲁、普林斯顿等中外知名大学就读，其中不乏进入理想大学后依然坚持学术研究的科研人才。”

除去官方的介绍外，我们对大量获奖学生的录取去向做了调研，丘成桐奖在他们的升学过程中确实发挥了极大的作用。学生本身实力比较强的情况下，又在丘成桐奖中斩获奖牌，这对于海内外的高校申请来说都是锦上添花。大部分学生凭此如愿地进入清华、牛津、斯坦福、卡内基梅隆等顶级名校。丘成桐奖参赛门槛较低，对国人也有着很高的友好性，是非常适合致力于申请英美顶级学校 offer 的学生参赛的。

1.2.6 丘成桐中学科学奖注意事项

1.2.6.1 参赛者资格

每支参赛队伍由 1-3 位同一学校的中学生组成，由 1-2 位指导老师带领；参赛团队（包括在他人指导下）取得了科学研究成果。

1.2.6.2 参赛方式

2022 年 4 月 15 日至 6 月 30 日报名，7 月 1 日-9 月 15 日上传研究报告等材料。参赛者登录报名网站 (www.yau-awards.com)，注册账户，在线填写、提交参赛材料。逾期不予受理。

1.2.6.3 参赛材料

参赛材料需为 PDF 格式。具体需要提交的材料如下。

1. 论文：

- a) 封页：姓名、学生所属学校的省份/州、国别、指导老师姓名、报告标题。
- b) 第二页起：题目、作者、摘要、关键词、目录、正文。
- c) 另起一页：参考文献。
- d) 致谢页：对论文的选题来源、研究背景；每一个队员在论文撰写中承担的工作以及贡献；指导老师与学生的关系，在论文写作过程中所起的作用，及指导是否有偿；他人协助完成的研究成果，进行说明。如有必要，请附上团队成员和指导老师的简历。

此外，论文提交时需满足以下要求：

- a) 不得存在抄袭他人研究成果，违规代写或其他学术不端情况；
- b) 摘自他人的研究方法和结论应当有引注，并在参考文献中列出；
- c) 研究内容和研究过程不得违反国家法律法规，不得违背公序良俗；
- d) 研究范围不得涉及对人体或动物具有生理或心理危害的食品、烟酒类、药品及医疗器械类项目。

2. 学术诚信声明：

参赛团队的学生及指导老师须认真阅读声明，分别在指定位置签名确认，并加盖学校或教务处公章。如指导老师非本校教师，而是外校教师或科研机构专家等，须在指定位置签名确认后，加盖所在单位的公章。学术诚信声明在签字盖章后，扫描上传至报名系统。

3. 指导老师信息表：

指导老师（1-2 人）分别填写，在指定位置签名确认，加盖单位公章，扫描上传至报名系统。

4. 查重报告：

参赛团队上传最终版论文后，必须在论文提交截止日期前上传与最终版论文对应的查重报告。（推荐论文查重网站：知网、PaperPass 等）。

5. 其他：

如有实验视频、算法以及相关图文资料，可选择性进行提交。

1.2.6.4 知识产权

研究报告中独立提出的方法和结果，为研究团队所拥有。主办方有权将获奖作品用于“丘成桐中学科学奖”的推广工作，且对获奖作品的出版保留优先取舍权。获奖作品如果有意愿投稿到其他平台、参加其它竞赛活动，或从中获取利益，必须先征询科学奖组委会意愿获得书面同意，并写明得奖情况。

1.2.6.5 公众监督

本赛事接受社会公众监督。任何单位或个人如对入围决赛名单的公示结果有异议，可在公示结束之前向组委会投诉，提供相关证据及联系方式。收到异议材料后，组委会将请专家团队审核及处理，并郑重承诺对提出异议的单位和个人予以保密。

1.2.6.6 官方申明

本奖项旨在激发华人中学生对基础科学研究的兴趣和创造力，发现和培养年轻的科学人才，加强中学教育和大学教育之间的联系，与参赛者的升学不直接相关。

1.2.6.7 特别说明

1. 以书面形式提交参赛材料视为无效。需要提交电子版。
2. 学生可以参加不同学科的比赛，但在同一学科比赛中只能报名一次。如学生同时报名多个学科，需另注册账号，且须以不同论文参赛。
3. 研究报告提交截止之日起，整个比赛过程中指导老师和参赛学生的信息不得再做更改。
4. 请务必据实提交所有参赛信息，如违背诚信原则，一经查证，组委会将取消团队参赛/获奖资格，并在网站对违规团队进行公示，通报相关学校的校长。
5. 摘自他人的研究方法和结论应当有引注，并在参考文献中列出。参赛队伍需了解一般学科期刊或者学术论文所使用的引文学术规范。
6. 关于一稿多投：如果参赛者曾经参加、正在报名参加或有意愿参加其他国内外相关学科竞赛活动，并提交该研究报告；或该研究报告已发表在其他刊物，或有意向投稿到其他刊物，请务必在报名时在“提交研究报告页面”如实填写相关信息。
7. 研究报告重复率查重测评超过 10%，组委会将取消该团队参赛资格。如有团队出现全篇抄袭或代写的情况，该校所有参赛队伍将被取消参赛资格并对该校进行通报批评。
8. 入选总决赛的研究报告将在官网上公示七天，并接受公众监督。

1.3 丘成桐中学科学奖评审标准

丘成桐中学科学奖致力于为所有选手提供公平公正的参赛环境。所有评委根据下列标准，准确评估每项参赛作品：

1.3.1 数学

表 1.1: 数学评审标准^[4]

评审标准	具体解释
与数学学科的相关性 (纯数学和应用数学, 统计学和概率)	研究课题可以是纯数学, 应用数学, 统计学方面的问题。评奖时考虑的主要因素在研究课题运用的数学方法的创新性上。
研究思路(研究主题选择) 和/或者研究构思(研究方法选择) 的原创性	研究的主题可以是原始的问题, 或者现有的猜想。参赛队伍应该提供相应的关于背景或者创新性的参考文献。那些在学术团体中已经公认知晓, 但是参赛队伍并不知道的问题不能够被认定有创新性。
问题解决和方法学方面的创造性	好的研究课题, 特别是应用数学方面的课题, 需要包含有新的方法或者能够综合应用已有的技巧。如果只是照搬一些已有方法来解决问题在评奖的时候就没有足够的竞争力。
数学推导方面的严密性	方法和结论必须是正确的, 课题中涉及的概念以及推导过程必须是严密的。
对未来数学发展的潜值	研究课题的结果若能对数学的进展产生一定影响, 或者所运用的方法能够推广, 这样的研究课题会被认为是高价值的。
研究报告书的学术规范性	课题的研究报告应该书写规范, 至少包含一页的摘要, 对问题背景和方法的综述, 参考文献的引用。研究报告必须清晰的区分问题背景材料和原创内容。
若参加口头答辩, 口语表达的学术规范性	口头答辩需要说清楚问题的背景, 关键背景材料, 以及参赛队伍的所有原创内容。
若参加口头答辩, 阐述团队的合作性	在口头答辩环节, 每个参赛的学生都应该有组织地代表其所在的队伍发言。
在应用数学方面的课题, 论点和结果都应该和 所应用的课题相关	这种相关性是有价值的, 但是不超过前面几点, 尤其是第 1, 2, 3, 4, 5 点。

1.3.2 物理

表 1.2: 物理评审标准^[4]

评审标准	具体解释
与物理学学科的相关性	研究范围涵盖物理学的所有领域。
研究思路（研究主题选择）和/或者研究构思（研究方法选择）的原创性	参赛队伍应该提供相应的关于背景或者创新性的参考文献。那些在学术团体中已经公认知晓，但是参赛队伍并不知道的问题不能够被认定为有创新性。
问题解决和方法学方面的创造性	好的课题研究，需要包含有新的方法或者能够综合应用已有的技巧。如果只是照搬一些已有方法来解决问题，那么就没有足够的竞争力。
科学性和严密性	方法和结论必须是正确的，课题中涉及的概念、计算，以及实验过程必须科学、严密。
研究报告书的学术规范性	课题的研究报告应该书写规范，至少包含一页的摘要，对问题背景和方法的综述，参考文献的引用。研究报告必须清晰的区分问题背景材料和原创内容。
若参加面试答辩，口语表达的学术规范性	面试答辩需要说清楚问题的背景，关键背景材料，以及参赛队伍的所有原创内容。
若参加面试答辩，注重团队的合作性	在面试答辩环节，每个参赛的学生都应该有组织地代表其所在的队伍发言。
内容真实性	评审委员在关注研究的学术原创性的同时，还特别关注参赛团队的学术道德和诚信。

1.3.3 化学

表 1.3: 化学评审标准^[4]

评审标准	具体解释
与化学学科的相关性	研究课题可以是所有和化学研究相关的内容，在评奖时考虑的主要因素是解决了一个什么样的化学问题。
研究主题和研究方法的原创性	提出的化学问题必须明确。研究的主题可以是原始的问题，或者现有尚未得到证实的猜想。参赛队伍应该提供相应的关于背景或者创新性参考文献。那些在学术团体中已经公认知晓，但是参赛队伍并不知道的问题不能够被认定有创新性。仅提供一个研究思路的论文不得参与评奖，必须要实质性的研究成果。
概念的正确性和结论的合理性	对于课题中涉及的各种概念的理解必须是正确的。对于通过研究获得的（无论是实验还是理论计算）数据的解释可以不是唯一的，但必须是合理的。
研究成果完成过程的真实性	提交的研究成果必须是参赛选手在其指导教师的指导下完成，不允许出现由某大学或科研机构的研究者（包括研究生等）代替完成的内容。如有必须由他人提供帮助才能完成的工作（如大型仪器的操作，测试等），须明确注明（包括提供帮助者的姓名以及提供帮助的内容）。
对未来化学发展的潜值	研究课题的结果若能对化学研究的某一领域今后的发展产生一定影响，或者所运用的方法能够推广，这样的研究课题会被认为是高价值的。
研究报告书的学术规范性	课题的研究报告应该书写规范，须至少包含以下内容：1) 题目；2) 摘要；3) 对问题背景及研究现状的介绍；4) 材料和方法；5) 结果；6) 讨论；7) 参考文献；8) 每位作者在本课题研究中的贡献。研究报告必须清晰区分问题背景材料和原创内容。对于非论文作者所作出的研究结果，必须明确注明。
若参加面试答辩， 口语表达的学术规范性	面试答辩需要说清楚问题的背景，关键背景材料，以及参赛队伍的所有原创内容。
若参加面试答辩， 注重团队的合作性	在面试答辩环节，每个参赛的学生都应该有组织地代表其所在的队伍发言。
内容真实性	评审委员在关注研究的学术原创性的同时，还特别关注参赛团队的学术道德和诚信。

1.3.4 生物

表 1.4: 生物评审标准^[4]

评审标准	具体解释
与生物学科的相关性	研究课题可以是所有和生物学相关的内容，既包括通过实验获得的研究成果，也包括纯理论的分析（如通过生物信息学进行分析得到的结论）。在评奖时考虑的主要因素是解决了一个什么样的生物学问题。
研究主题和研究方法的原创性：	提出的生物学问题必须明确。研究的主题可以是原始的问题，或者现有尚未得到证实的猜想。参赛队伍应该提供相应的研究背景或者创新性的参考文献。那些在学术团体中已经公认知晓，但是参赛队伍并不知道的问题不能够被认定有创新性。仅提供一个研究思路的论文不得参与评奖。
概念的正确性和结论的合理性	对于课题中涉及的各种概念的理解必须是正确的。对于通过研究获得的（无论是实验还是理论计算）数据的解释可以不是唯一的，但必须是合理的。
研究报告书的学术规范性	课题的研究报告应该书写规范，须至少包含以下内容：1) 题目；2) 摘要；3) 对问题背景及研究现状的介绍；4) 材料和方法；5) 结果；6) 讨论；7) 参考文献；8) 每位作者在本课题研究中的贡献。研究报告必须清晰区分问题背景材料和原创内容。对于非论文作者所作出的研究结果，必须明确注明。
若参加面试答辩， 口语表达的学术规范性	面试答辩需要说清楚问题的背景，关键背景材料，以及参赛队伍的所有原创内容。
若参加面试答辩， 注重团队的合作性	在面试答辩环节，每个参赛的学生都应该有组织地代表其所在的队伍发言。
内容真实性	评审委员在关注研究的学术原创性的同时，还特别关注参赛团队的学术道德和诚信。

1.3.5 计算机

表 1.5: 计算机评审标准^[4]

评审标准	具体解释
学科相关性	研究课题可以是所有计算机科学与技术领域内的问题，既可以是基础理论的研究，也可以是技术问题的探索。
选题重要性	研究课题具有足够的理论意义、技术创新和实用价值，结果能对计算机科学与技术领域中某一方向的发展产生一定影响。
理论或技术的原创性和先进性	研究问题定义清晰明确，选题或者为原创性科学问题，或者是针对已有问题的创新性改进且结果具有较大提升；相关工作阐述明确，理论或算法推导详实清晰，具有完备的理论证明或算法实现。
结果正确性	研究课题应提供详尽的实验结果和讨论；建议提交视频、可执行程序包、源代码等资料进行真实性证明。
团队合作性	如是团队参赛，每位作者均须做出足够贡献，避免搭车参赛；面试答辩过程中，每位作者均须口头报告部分内容，并回答评委所提问题。
研究报告书的学术规范性	课题研究报告应书写规范，须至少包含以下内容：1) 题目；2) 摘要；3) 对问题背景及研究现状的介绍；4) 理论详细推导或算法实现细节；5) 结果；6) 讨论；7) 参考文献；8) 每位作者在本课题研究中的贡献。研究报告必须清晰区分问题背景材料和原创内容。对于非论文作者作出的研究结果，必须明确注明。面试答辩过程中，需要说清楚问题的背景，关键背景材料，以及参赛队伍的所有原创内容。
内容真实性	评审委员在关注研究成果同时，还将特别关注参赛团队的学术道德和诚信。

1.3.6 经济金融建模

表 1.6: 经济金融建模评审标准^[4]

评审标准	具体解释
与经济（含金融）学科的相关性	研究范围涵盖经济学（含金融学）的所有领域。研究课题对于回答经济问题有直接的贡献或者方法学方面的贡献。
研究思路（研究主题选择）和/或者研究构思（研究方法选择）的原创性。	参赛队伍应该提供相应的关于背景或者创新性的参考文献。那些在学术团体中已经公认知晓，但是参赛队伍并不知道的问题不能够被认定为有创新性。
科学性和严密性	方法和结论必须是正确的，课题中涉及的概念、推演，以及实证检验过程必须科学、严密。
研究报告书的学术规范性	课题的研究报告应该书写规范，至少包含一页的摘要，对问题背景和方法的综述，参考文献的引用。研究报告必须清晰的区分问题背景材料和原创内容。
若参加面试答辩，口语表达的学术规范性	面试答辩需要说清楚问题的背景，关键背景材料，以及参赛队伍的所有原创内容。
若参加面试答辩，注重团队的合作性	在面试答辩环节，每个参赛的学生都应该有组织地代表其所在的队伍发言。
内容真实性	评审委员在关注研究成果同时，还将特别关注参赛团队的学术道德和诚信。

1.4 丘成桐中学科学奖与其他科研比赛对比

这一部分，我们简单介绍和丘成桐中学科学奖相近的几个比赛，并做出比较。

1.4.1 再生元国际科学与工程大奖赛 (ISEF)

简介：再生元国际科学与工程大奖赛 (ISEF) 是美国科学与公众社团的一项计划，是世界上最大的高中 STEM 竞赛。它成立于 1950 年，为世界著名的年轻科学家提供了一个全球舞台，让他们分享他们杰出的 STEM 研究，并角逐超过 500 万美元的奖项、奖品和奖学金。

赛制：全球规模最大、级别最高的面向 9-12 年級的青少年科技竞赛。每年全球有数以万计的学生参加比赛，通过前期的附加赛筛选，最终只有大约 1800 名学生有权晋级参加每年 5 月举行的国际科学与工程大奖赛。

开放式：涵盖了机器人和智能机器、计算生物与生物信息学、工程力学（机械工程）、数学、地球和环境科学等包含 21 个不同类别的竞赛。1-3 名成员组队，选定研究方向进行科研课题的探索（学生的项目不能超过 12 月的持续性研究），最终到全球大赛的舞台上进行项目展演。

参赛路径 & 适合学生：美国地区的学生：包括在美高就读的中国学生，可以联系美国当地的 Affiliated Fair 或学校报名。附属竞赛一般由当地赛（校赛）、地区赛、州赛组成。

中国国内就读的学生可以通过“中国青少年科技创新大赛”、“英才计划”、“明天小小科学家”三个途径参加附属赛，从而获得晋级 ISEF 的资格。

针对在中国就读于外籍人士子女学校的学生，可以通过 Sichuan Science Fair 进行报名。

适合学生：全球中学生；对科研项目感兴趣，有耐心有能力坚持半年科研项目致力于申请海外名校的学生。

奖项： Grand Awards：在 21 个类别中，每个类别分出第一、二、三、四名奖项。奖金分别为 6,000 美元，1,500 美元，1,000 美元和 500 美元。

再综合所有学科类别中的第一名获奖者，评选 ISEF 大赛的第一名，将获得 75,000 美元的奖金，接下来的第二和第三名选手将各获得 50,000 美元的奖金。

Special Award 专项奖：由大学、科技企业、学会等机构设置的专门奖项。

认可度：世界上最大的高中 STEM 竞赛，美国大学认可度最高。数以万计的学生中，最终只有大约 1800 人进入到 ISEF 的决赛。

考核形态：经过各个地区附属赛后晋级到 5 月份 ISEF 全球大赛，完成项目展示以及答辩；1-3 人组队参赛，21 个学科分类，包含几乎所有学科。

考核内容：在前期的附属赛中，考察学生完整的科研流程以及对课题的研究深度，与丘奖一样，注重课题的创新性以及研究的完整性。决赛阶段考核学生的英文答辩能力，如何向世界展示自己的项目赢取奖项。

备赛差异：注重科研课题的选择。前期附属赛/地区赛中需要参赛者能够针对一个科研课题进行完整的研究，相对灵活，注重作品创新性；晋级决赛后，备赛主要以英文答辩为主，需

要注重英文的表达以及项目的阐述。备赛周期建议不低于 6 个月。

知识储备：扎实的学科基础知识，标准的科研流程。

1.4.2 再生元科学天才奖 (STS)

简介：Regeneration Science Talent Search(Regeneration STS) 再生元科学天才奖始于 1942 年，是美国最负盛名的科学竞赛，为高中生提供了与专业科学家国家级评审团交流自己原创性研究的机会。大部分校友对科学做出了非凡的贡献，并获得了大量世界上最杰出的科学和数学荣誉，包括 12 项诺贝尔奖、11 项国家科学奖章和两种领域内的奖牌。

该比赛面向美国本土及居住在海外的美国中学生（12 年级），以提交论文报告的形式完成竞赛，涵盖动物科学，行为和社会科学，生物化学等 17 个学科分类。每年，来自美国各地的 1800 多名高中学生接受了开展独立科学、数学或工程研究的挑战，并完成了 Regeneration 科学人才搜索项目。

赛制：参赛者提交书面的研究报告进行申请，最终 300 名进入半决赛，40 名进入决赛，最终评选 top 10 奖项。

参赛路径 & 适合学生：仅适合两种学生：美高 12 年级/美籍学生 13 周岁以上；直接官网递交申请。

奖项：”DIGITAL BADGES：在 Student Initiative 学生首创性和 the Research Report 研究报告两方面评定获奖者。

SCHOLAR AWARDS：共 300 名学生，每位获得 2,000 美金的奖金，奖在春季末颁发

SCHOOL AWARDS：在科学、数学或者工程教育以及在支持学生研究方面突出的学校，每个学校 2,000 美金的奖金

Finalist Awards：共 40 位学生，按名次颁发奖金，并可以免费到美国首府华盛顿参与个人展示。

First Place Award 第一名：250,000 美金，

Second Place Award 第二名：175,000 美金，

Third Place Award 第三名：150,000 美金，

Fourth Place Award 第四名：100,000 美金，

Fifth Place Award 第五名：90,000 美金，

Sixth Place Award 第六名：80,000 美金，

Seventh Place Award 第七名：70,000 美金，

Eighth Place Award 第八名：60,000 美金，

Ninth Place Award 第九名：50,000 美金，

Tenth Place Award 第十名：40,000 美金，

Remaining Thirty Finalists 剩余 30 名：分别 25,000 美金”。

认可度：每年，来自美国各地近 2000 名高中学生接受了开展独立科学、数学或工程研究的挑战，并完成了 Regeneration 科学人才搜索项目。校友们对科学做出了非凡的贡献，并获得了世界上最杰出的科学和数学荣誉，其中包括 13 项诺贝尔奖。

考核形态：仅限个人研究项目；16 个学科分类，包括社科、工程数理化等，参赛选手必须选择一个参加比赛。

考核内容：个人研究项目，拒绝团队项目。需要学生提交完成的研究报告以及个人信息表进行申请，考察学生在科研课题中的综合能力，如选题、研究、实验、写作、时间管理等各方面综合能力。

备赛差异：从备赛角度出来，与 ISEF 备赛区别不大，需要参赛者选择参赛的领域，制定好研究课题，完成课题研究即可。备赛周期建议不低于 6 个月。

知识储备：扎实的学科基础知识，标准的科研流程。

1.4.3 美国高中数学建模竞赛 (HiMCM)

简介：美国高中数学建模竞赛 (High School Mathematical Contest in Modeling, 简称 HiMCM) 是美国的一个非营利机构——美国数学及其应用联合会 (COMAP) 主办的一项国际性的数学竞赛活动。HiMCM 竞赛始于 1999 年，近年来在世界范围内迅速流行，成为全球高中生的一项重要赛事。这项竞赛是在美国大学生数学建模竞赛取得成功的背景下，借鉴了大学生数学建模竞赛的模式，结合中学生的特点进行设计的。HiMCM 以团队合作的形式进行，目的是为了高参赛高中生的在团队中的解决问题能力和写作技巧。

赛制：命题式；HiMCM 参赛队伍至多由四人组成，在 13/14 天赛季时间内根据官网公布的题目进行择一完成论文提交即可。

参赛路径 & 适合学生：适合学生：“全球高中生共同参赛，角逐全球奖项。想要申请美国名校，数学基础较好，对数学的应用感兴趣，希望能提高数学应用能力，未来专业方向为数学类、物理类、工程类、计算机类、商科”。

奖项：”特等奖 (Outstanding Winner)：获奖队伍数量不超过队伍总数的 1

决赛入围奖 (Finalist)：获奖队伍数量不超过队伍总数的 7

一等奖 (Meritorious)：获奖队伍数量约占队伍总数的 12

二等奖 (Honorable Mentioned)：获奖队伍数量约占队伍总数的 31

参与奖 (Successful Participate)：成功完成建模论文的队伍”

认可度：每年吸引来自全球 20 多个国家和地区近 1000 支队伍参加，获得特等奖的同学多数被 MIT，斯坦福大学全奖录取，获得其他获奖者也备受常春藤大学联盟青睐。

考核形态：在限定 13/14 天比赛时间内容，根据组委会发布的题目，选择其中一道完成一篇论文进行参赛；注重团队协作。

考核内容：建模比赛一般都包括三大块工作：数学模型的建立，计算机编程处理数据以及论文的创作，因此在考核内容上更注重参赛者的团队合作能力、数学应用能力、问题解决能力和论文写作能力。

备赛差异：在备赛过程中，需要选好队友，确认好各自的分工，之后注重在自己负责的部分进行深耕，多了解往届作品所使用的模型以及论文的表达方式，不需要了解完整的科研流程；备赛周期建议不低于 3 个月。

知识储备：需要参赛者有着较高的英语水平，但是对于知识的针对性不强，学习一些常见的模型就可以，如 AHP、熵值法、模拟退火、灰色预测、主成分分析、插值、聚类等等，提前学习一些软件，Matlab，亿图，visio，Word，Excel 等等。

第2章 各学科热门选题、参赛背景知识介绍及优秀论文分析

2.1 数学

2.1.1 研究课题选择及获奖情况分析

丘成桐中学科学奖作为一项开放性的竞赛，课题的选择是关键。一方面课题研究内容要努力抓住评审人的口味，另外一方面课题研究内容要符合学生自己的兴趣和时间安排。

1. 选题范围：纯数学、应用数学、统计学等。首先，纯数学主要侧重理论上的推导和计算。可以是对一些问题的证明，现有的猜想的验证，或者定理、猜想的拓展。研究内容不可以是对现有成果的汇总，而是要实现学术方法上的创新。其次，对于应用数学方向的课题指的是在解决一些应用问题上的数学方法。数学在各个领域有着广泛的应用，包括：交通、信息、计算机、军事、医疗等等，几乎涉及到人类生产生活的各个方面。最后，对于统计学方向的课题，主要针对涉及统计学的一些方法，包括数据挖掘、概率论与数理统计、多元分析方法等等。

2. 选题关键：课题选择的关键在于研究内容的新颖程度和研究价值。首先，是纯数学方向的课题，由于是理论研究，不需要考虑课题内容在应用方面的价值，重点在于使用的数学方法，证明方法等内容上的创新，也就是说不能与已有的方法重叠，否则会视为抄袭且不具有任何价值。因此，重点在于应用数学方向的课题，研究内容需要包含有新的方法或者结合实际研究的问题，在现有方法的基础上对研究内容进行求解。在选择应用数学方向的课题时，还需考虑课题背景的新颖性。传统问题通常已有较多的人进行过研究，很容易与别人的研究重叠。而统计学方向的问题归根揭底也是分为纯理论和应用两种类型，需要注意的与上述内容相同，因此不再赘述。

3. 不同类型赛题的选择：生需要根据自身的基础、兴趣和时间安排来选择适合自己的课题。因此，首先需要了解纯理论课题和应用课题的特点。

1. 纯数学课题：纯理论的数学课题需要对某一问题展开深入研究，研究内容通常比较抽象，需要学生对选择的课题相关的背景知识进行深入学习，并对相关的问题、猜想等进行讨论、证明或推导，这就需要学生对研究课题有一定的基础。从以往的比赛可以看出，这类课题在获奖论文中占据了主导地位。关于具体的课题范围，则没有明确的范围，几乎涵盖了全部的数学分支。这也是数学课题的难点所在，选题本身就是一个很困难的工作。从以往的参赛作品中我们可以看出，所有纯数学的题目内容对于中学生来说，可能知之甚少。这就需要专业的指导老师从旁协助。从内容上来说，代数和数学分析方向的内容较多。去年金奖论文为猜想的证明，但是猜想证明这类课题是十分困难的。数学猜想的提出本身就是由知名的数学家提出，未被证明的猜想是具有相当高的难度的。此外，

一些具有趣味性的数学问题，比如“王子与公主问题”，“哥尼斯堡七桥问题”等也具有一定竞争力。

- 应用数学课题：对于应用课题，需要针对研究的问题建立数学模型，并选择合适的方法对模型进行求解。因此，需要学生具有较好的理解能力和计算能力。应用型课题通常需要大量的计算，需要一定的编程基础。应用数学问题相对纯数学问题在选题上是比较容易的，通常是一些经典问题与当前时事的结合。比如：“选址问题”与“新能源汽车”“自动驾驶”结合，可以研究充电桩安装问题、自动驾驶通讯设备安装问题；“最短路问题”和“物流配送”相结合，可以研究快递员配送路线问题，巡检路线问题等。

此外，需要注意的是，对于应用的问题的研究，需要在方法上进行创新。这样会使得研究的贡献性更强，更容易受到评审老师的青睐。

- 统计学相关课题：首先，我们需要注意的是统计学是一门独立的学科，而不是数学的分支。部分高中学生可能学习过回归、最小二乘、概率论等一些统计学的基础内容。对此，我们可以进行纯理论或者应用方面的研究，与上面(1)和(2)中介绍的相同，只不过其中的数学方法是统计学相关的方法。而在以往的竞赛中，我们所指的统计学相关的课题主要是跟数据统计分析相关的研究。这类论文的特点是理论性相对较低，重点在于数据的搜集和分析，常见的分析方法包括主成分分析 (PCA)，描述性统计分析 (均值、方差、分位数)、多元回归分析等。比如：“养老满意度调查研究”，“三孩政策对我国未来人口的影响分析及应对措施研究”等。但是这类问题仍然存在一个难点，即数据的搜集，即使确定了研究课题，如何获取调查数据对于中学生来说还是比较困难的。

总得来说，不同类型的论文都有自己的优势和难点。对于获奖而言，主要看论文的贡献度、创新性。

4. 获奖情况分析：与传统的竞赛不同，丘成桐数学竞赛是开放性竞赛，研究内容自由选择。如下图所示给出了2021年所有的获奖论文，其中1-13为一等奖论文，14-24为二等奖论文，25-35为三等奖论文。从选题内容可以看出，选题包括了纯数学、应用数学的各个方面，包括代数、几何等各个分支，应用类型的题目，比如NBA、传染病模型等等在各个领域的应用。35篇获奖论文中有22篇偏向纯理论的研究，13篇偏向应用研究。这主要是因为高中生接触的知识偏向与理论知识，基本没有接触过应用类型的问题。由于竞赛的开放性，作品的评审也会存在一定的主观性。因此，提交作品要充分体现研究难点和创新性。

表 2.1: 2021 年丘成桐数学论文获奖情况

奖项	论文题目 (英文)	论文题目 (中文)
一等奖	On the sharp upper estimates of lattice points: Yau Geometric Conjecture	格点的上界估计: Yau 几何猜想
	Fourth Moments and Larsen's Alternative	第四时刻和拉森的替代方案
	The Prince and Princess Problem in Arbitrary Graphs	任意图中的王子与公主问题

	Sample Mean Approximation and Splitting Algorithm for Multistage Stochastic Quadratic Programming	多阶段随机二次规划的样本均值逼近方法和分裂算法
	Kauffman polynomials for linear Celtic knots	线性 Celtic 纽结的 Kauffman 多项式
	Optimal segmentation of several special centrosymmetric convex bodies	几类特殊中心对称凸体的最优分割问题
	A Direct Proof of the Prime Number Theorem using Riemann's Prime-counting Function	使用黎曼素数计数函数直接证明素数定理
	Lower Bound of Bernoulli Percolation in the Critical Phase	临界阶段伯努利渗流的下界
	Mathematical analysis of Monet's Impressionist masterpiece "Haystacks"	莫奈印象派名著《干草堆》的数学分析
	A Study of Error Correcting Code using Impartial Games	使用公正博弈的纠错码研究
	Analysis of the impact of the three-child policy on my country's future population and research on corresponding measures	三孩政策对我国未来人口的影响分析及对应措施研究
	On Higher Dimensional Orchard Visibility Problem	关于高维果园能见度问题
	Modeling and forecasting of the spread of COVID-19: Taking the development of the epidemic in Yangzhou as an example	新冠肺炎传播模型和预测：以扬州疫情的发展为例
二等奖	A study on Nonnegative Matrix Factorization based on beta distribution	基于 beta 分布的非负矩阵分解研究
	Audio Visualization —Khoomei, Fourier Transform and Chladni Patterns	音频可视化——Khoomei、傅里叶变换和 Chladni 模式
	On the Derivative Exploration of Entropies in N-gram Language Model ($P(X_{n+1}=x_{n+1} X_n=x_n)$) and its proof in Natural Language Sentiment Analysis	N-gram 语言模型 ($P(X_{n+1}=x_{n+1} X_n=x_n)$) 中熵的导数探索及其在自然语言情感分析中的证明
	Tropical Limit of Alekseev-Meinrenken Maps	Alekseev-Meinrenken 地图的热带界限
	A Probe into the Trilateral Relationship of an n-fold Triangle	n 倍角三角形三边关系的探究

	Two Nested Determinant Identities and Their Higher-Order Extensions	两种嵌套型行列式恒等式及其高阶推广
	Thoughts on the Power Iteration Problem	关于次方叠代问题的思考
	A Study of Reference Set based Learning Methods for Overfitt	基于参考集的过拟合学习方法研究
	Characterizing Spectral Properties of Bridge Graphs	表征桥图的光谱特性
	Preliminary design of dynamic evacuation routes for teaching buildings	教学楼动态疏散路线初步设计
	Application of the Chimera Method to Poisson' s Equation with the Homogeneous Dirichlet Boundary Condition	嵌合体法在齐次狄利克雷边界条件下泊松方程中的应用
三等奖	An exploration of the period and emotion of musical works based on the characteristics of chords from a statistical perspective	统计视角下基于和弦特点的音乐作品时期与情感探究
	Product representation of a class of infinite series and a generalization of trigonometric functions	一类无穷级数的乘积表示和三角函数的一种推广
	Hilbert' s Hotel in 1,2&3 Dimensions with Computable Bijections Between N and Its Ordered Pairs and Triplets	具有 N 及其有序对和三元组之间可计算双射的 1,2 和 3 维希尔伯特酒店
	Further Research on Martin' s Conjecture-6174	马丁猜想-6174 问题的进一步研究
	A Preliminary Study on Backpropagation Algorithm and Activation Function of Neural Network	神经网络的反向传播算法和激活函数初探
	Impact of Fans on Home Court Advantage in the NBA	球迷对 NBA 主场优势的影响
	Analysis and Research on Generated Image and Its Abrupt Rotation Angle Based on Grid Rotation Transformation	基于格栅旋转变换对生成图像及其突变旋转角的分析与研究
	Using the Lancaster Model to Investigate the Crossbow Killing Model and Formation Selection in Ancient Wars	运用兰开斯特模型探究古代战争中弓箭杀伤模型和阵型选择
	Research on a new unified equation of straight line - angular distance equation	一种统一的新型直线方程的研究——角距式

Calculation of the confirmed number of new coronavirus infections based on a 9-category multi-chamber dynamic optimization model	基于9类别多重仓室动力学优化模型测算新型冠状病毒感染确诊量
Boundedness of the lengths of a class of polynomial self-mapping orbitals on cubes	方体上的一类多项式自映射轨道长度的有界性

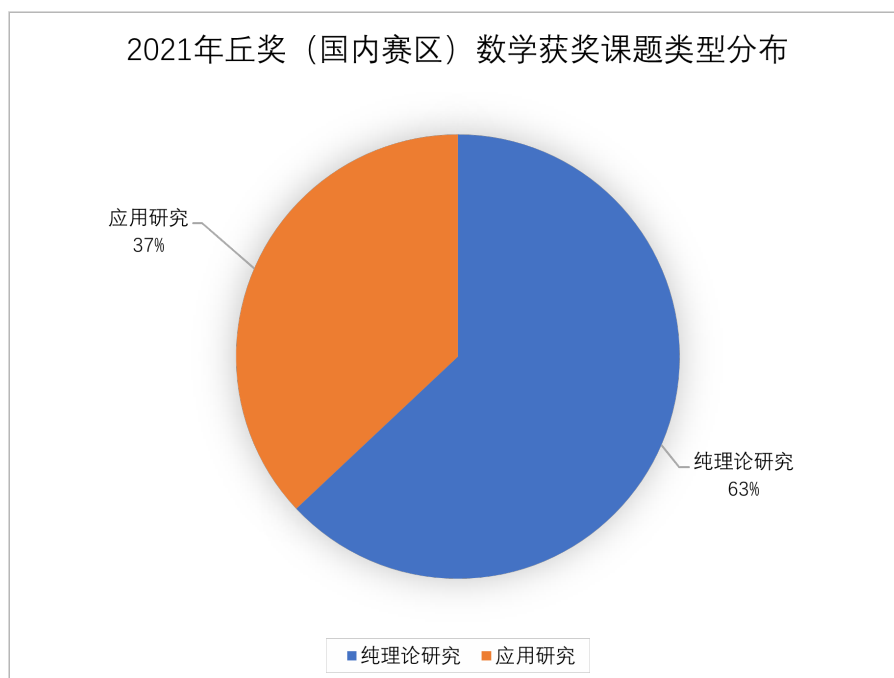


图 2.1: 2021 年丘成桐奖总决赛数学获奖论文类型分布。

2.1.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文

从 2023–2025 年的总决赛名单可以看出，数学学科课题在保持纯数学（数论、组合、代数几何、动力系统方向）传统优势的同时，应用与交叉课题的比重明显上升：2024 年金奖《Optimizing Dart Throwing Strategies for the Elderly Based on Markov Decision Process》将马尔可夫决策过程应用于老年人投飞镖策略，2025 年金奖《Quasiconformal Normalization of Random Meromorphic Function》(Trinity School) 继续延续纯数学方向的高水平；银、铜奖中既有 Temperley–Lieb 代数、Hurwitz zeta 函数等经典代数方向，也有 SDP 松弛、Markov 决策、神经网络等机器学习背景的应用问题。可以说，传统纯数学课题仍是冲击金奖的最稳路径，但用现代数学工具解决一个具体应用问题的论文，在银/铜奖区间显著增多。

2.1.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 金奖 · 《Desargues' Involution at Action》

学生 / 学校: YU Hanzhang, Raffles Institution (新加坡莱佛士书院)

指导老师: YU Sixia

研究的是什么问题? 这篇论文研究的是古典射影几何中的一个核心对象——”对合”(involution)。直观地说, ”对合”是一种”做两次就回到原点”的变换: 比如把数轴上每个点 x 映成 $-x$, 再做一次就回到 x 。在射影几何里, 最著名的对合定理是 19 世纪法国数学家 Desargues (笛沙格) 发现的”对合定理”: 当一条直线穿过一个完整四边形 (quadrangle) 的六条边时, 它与这些边的交点会两两成对、形成一个对合关系。论文的标题”at Action”(”在动作中”)暗示作者并不是简单复述定理, 而是把这一对合机制运用到一系列实际的几何配置中, 去推出新的恒等式或简化经典构型的证明。

用了什么方法? 从论文题目和射影几何研究的常见路径看, 作者最可能采用的工具是:(1) 射影几何中的交比 (cross-ratio) 和透视投影; (2) 将 Desargues 对合定理作为”扳手”, 去拆解圆锥曲线、束 (pencil) 与四边形的配置; (3) 用动点方法 (即让某个点沿直线滑动, 研究对合关系如何同步变化) 寻找几何不变量。这种从一个经典定理出发、把它打磨成”瑞士军刀”应用到多个场景的研究路线, 正是纯数学竞赛论文最受欢迎的范式之一。

为什么评委青睐? 评委看重的不只是新结果, 而是研究方法的优雅与作者对古典几何的真正掌握。Desargues 对合是一个 19 世纪的老定理, 但要把它用得活、用得新, 需要作者对欧氏几何、射影几何、圆锥曲线理论都有体系化的理解——这对一名中学生来说极不容易。论文摘要里使用的术语严格遵循射影几何的标准写法, 整体结构接近发表级的论文, 这本身就是丘奖评委高度认可的”学术成熟度”。

对参赛者的启发: 对于想冲击数学金奖的同学, 这篇论文给出了一条非常清晰的范式——选择一个经典几何或代数问题作为”母定理”, 深入掌握它的所有变体, 然后用它去重新审视一组现代问题或推广原有的构型。不必追求”证明哥德巴赫”那种宏大目标, 把一个老定理用得”既深又广”同样可以拿金奖。

2024 铜奖 · 《Mathematical Modeling of Long-Wave for Interfacial Waves in Two-Layer Fluids Based on the Dirichlet-Neumann Operator》

学生 / 学校: 李润博 (RunBo Li), 北京师范大学附属实验中学

指导老师: 崔旺 (Wang Cui)、郭振宇 (ZhenYu Guo)

研究的是什么问题? 想象一个透明的玻璃容器里, 下面装着盐水 (密度大), 上面装着淡水 (密度小), 两层水的交界面是一个隐形的”界面”。当你晃动容器时, 这个界面会上下起伏, 形成”内波” (interfacial wave)。海洋里就充满了这种波——海水温度跃层之间的内波可以高达上百米, 对潜艇航行、海洋通信都有重大影响。这篇论文研究的是当波长远大于水深时, 两层流体之间的内波满足怎样的简化方程 (即”长波近似”), 并用一个叫做 Dirichlet-Neumann 算子的工具去构造方程。

用了什么方法? 从题目看, 作者的方法路径很清晰: (1) 写下完整的两层流体 Euler 方程; (2) 引入 Dirichlet-Neumann 算子——这是一个把”界面上知道势函数 (Dirichlet 条件)”翻译成”界面上知道法向速度 (Neumann 条件)”的算子, 是分析水波问题的现代标准工具, 由 Craig-Sulem 等人推广; (3) 在长波尺度下展开 Dirichlet-Neumann 算子, 得到诸如 Boussinesq

类、KdV 类或 Benjamin-Ono 类的简化方程。这一思路与著名数学家 Walter Craig 在 1990 年代以来推动的水波方程严格化研究方向完全一致。

为什么评委青睐？ 一名高二学生能掌握偏微分方程、谱分析和算子展开这些研究生水平的工具本身就极为罕见。评委同时也看到论文不是“凑应用”，而是站在 Craig-Sulem 方法的现代前沿，对真实的海洋内波问题给出了数学化的建模框架。即使只拿到铜奖，论文的技术含量已经接近一篇本科生荣誉毕业论文的水准。

对参赛者的启发： 应用数学并非“二等公民”。只要你愿意花时间真正把一个工程或物理问题（比如海洋内波、气候流体、生物医学）翻译成严格的数学语言，再用现代分析工具（算子、谱、变分原理）去攻克它，你的论文就完全有竞争力。关键在于不要停留在“我用 MATLAB 跑了一下”的层次，而要进入到“我推导了这个方程为什么是这样”的层次。

2025 银奖 · 《Standard modules of the Temperley-Lieb algebra at zero》

学生 / 学校： Eddy Li, The Nueva School (美国加州)

指导老师： Kenta Suzuki

研究的是什么问题？ Temperley-Lieb 代数（简称 TL 代数）是 20 世纪 70 年代起源于统计物理（Potts 模型）的一类重要代数，后来在低维拓扑、纽结理论（Jones 多项式）、量子群表示论中都扮演了核心角色。它的一组生成元 e_1, e_2, \dots, e_{n-1} 满足一个具体的关系 $e_i e_{i\pm 1} e_i = e_i$ 和 $e_i^2 = \delta e_i$ ，其中参数 δ 决定了代数的性质。论文研究的就是当这个参数 $\delta = 0$ 时的“标准模”（standard modules）——这是一种特殊但极其重要的极限情形，对应统计物理中的临界点和拓扑场论中的特殊参数。

用了什么方法？ 从题目和这一研究领域的常见路径看，作者很可能采用：（1）显式构造 TL 代数在 $\delta = 0$ 时的“cell modules”或“standard modules”；（2）分析这些模的结构——是否不可约、是否有合成列、Jordan-Hölder 因子是什么；（3）与已知 $\delta \neq 0$ 时的结果对比，揭示 $\delta = 0$ 这个“退化点”的特殊代数现象。这条路径属于现代表示论的核心研究范式。

为什么评委青睐？ TL 代数在 $\delta = 0$ 时已知会出现一系列“恶劣行为”（非半单、模可约但非完全约化），这恰恰是数学家最关心的“奇点”。一名高中生敢碰这种“代数奇点”，并能写出一份严格的、专门讨论标准模分类的论文，是非常少见的。论文得到来自 MIT 的研究生（Kenta Suzuki，组合表示论方向）指导，也保证了技术细节的严格性。

对参赛者的启发： 如果你对纯代数感兴趣，不必从“证明菲尔兹奖级别的猜想”开始。许多重要代数（TL 代数、Hecke 代数、Brauer 代数）在“特殊参数”下都还有未完全分类的模，这些恰恰是大学到研究生过渡阶段的好题目。找到这类“具体但深刻”的问题，往往能写出一篇结构完整、技术扎实的获奖论文。

（以上论文获奖信息均来自 [yau-awards.com](https://www.yau-awards.com) 官方公示页面，详见¹⁾）

¹⁾ 2023 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>；2024 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>；2025 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

表 2.2: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（数学）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	金	Raffles Institution	Desargues' Involution at Action	YU Hanzhang
2023	银	Aditya English Medium School	Modular relations for Hurwitz zeta functions and Dirichlet L functions	Parth Chavan
2023	铜	MIT PRIMES program	The distribution of the cokernels of random symmetric and alternating matrices over the integers modulo a prime power	Shiqiao Zhang, Christopher Qiu, Rohan Das
2023	铜	北京顺义国际学校	Invariant Algebraic Surfaces of the Shapovalov Mid-sized Firm Model and its Dynamical Analysis	黄科霖、王宇轩
2023	铜	华东师范大学第二附属中学	Mathematical Models and Analysis of Swimming Takeoff Problems Based on Parabolic and Differential Equations	吕亦佳
2024	金	Beijing 101 Middle School 北京一零一中学	Optimizing Dart Throwing Strategies for the Elderly Based on Markov Decision Process	YunShan Gong 巩芸杉
2024	银	ISA Wenhua Wuhan School 武汉爱莎文华高级中学	Density Evolution in Stochastic Dynamical Systems with Memory: A Universal Algorithm	Thomas Sun 孙玉涛
2024	铜	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Mathematical Modeling of Long-Wave for Interfacial Waves in Two-Layer Fluids Based on the Dirichlet-Neumann Operator	RunBo Li 李润博

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2024	铜	未公开	On Chen' s Theorem, Goldbach' s Conjecture and Applications of Sieve Methods	Kaiyuan Shen, Zisheng Tang, Xi-cheng He 申凯元、唐子盛、何国诚
2024	铜	未公开	Isoperimetric and Isodiametric Problems with Constraints in Euclidean Space	未公开
2025	金	Trinity School	Quasiconformal Normalization of Random Meromorphic Functions	Michael Iofin
2025	银	The Nueva School	Standard modules of the Temperley-Lieb algebra at zero	Eddy Li
2025	铜	Milton Academy	Intersection numbers and the counting of lattice points	尤耀星 Yu, Yao-Hsing
2025	铜	未公开	Geometric Analysis of the Eigenvalue Range of the Generalized Covariance Matrix	黄维乐 Weile Huang
2025	铜	未公开	Scheme-theoretic and Set-theoretic Complete Intersection of Points	殷语晨 Yuchen Yin、张嘉靖 Jiajing Zhang
2025	铜	未公开	EINSTEIN METRIC ON 5-REGULAR GRAPH	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 4、优胜 5、入围 5。

2.1.2 相关参赛背景知识介绍

丘成桐中学科学奖是高中生阶段极具含金量的一项国际赛事。传统的知识竞赛通常通过答题的形式对参赛选手的能力进行评定，而丘成桐数学竞赛则是一种开放形式的竞赛，是对数学基础、学习能力、创新能力、写作能力和表达能力的全面考核。

2.1.2.1 数学课程基础

丘成桐数学竞赛包含了众多的分支，包括梳理逻辑、数论、代数、几何、代数几何、数学分析、拓扑学等等。学生需要一定的知识基础，包括：

统计学：数据的基本分析方法，频数、直方图、相关系数、最小二乘回归、抽样调查、正态分布、假设检验。

微积分：初等函数（幂函数、指数函数、对数函数、三角函数）、极限、导数。

通常情况下，参赛课题涉及的内容多为高等数学的知识。学生在展开研究之前，可能掌握的对课题研究内容所需要的基础基本为零。因此，对于课题研究的展开，在没有指导的情况下学生会无从下手。值得注意的是，上述课程内容通常与研究课题没有直接联系，但是无论是纯数学、应用数学还是统计学课题，掌握上述内容对于快速展开课题研究，理解课题相关的理论知识都有很大帮助。

2.1.2.2 编程语言

对于丘成桐数学学科的竞赛，计算是其中的一个重要部分，主要用于方法的实验验证，尤其对于应用数学类型的课题。因此，建议学生具备一定的编程计算能力。学生需要掌握 C/C++、Python、MATLAB、JAVA 中的任意一门编程语言，具体使用哪种编程语言可以根据学生的兴趣和基础自主选择。在充分掌握编程语言的基本语法和变量类型、数据结构的基础上，学生需要能够掌握基本的库函数调用方法。最后，需要掌握算法（计算方法）编程实现的方法。值得注意的是，丘成桐竞赛的重点在于作品的创新性。这就意味着，学生需要通过至少一种算法的编程掌握算法实现的基本流程和方法，然后在完成课题的理论方法的推导后，通过编程对课题中使用的算法进行实现。编程需要一个经验积累的过程，对于中学生而言，至少需要掌握算法编程仿真的基本方法，然后在课题研究中慢慢探索和实践。

这也就需要学生学会代码的调试。程序的调试是测试代码和查找错误的过程。课题研究中涉及的算法实现是一个复杂的工程，在编程过程中需要不断的调试，逐步完成最终整个项目。

2.1.2.3 论文写作及规范表达方法

写作在竞赛作品的呈现中有着至关重要的作用。对于丘成桐数学竞赛，我们不仅仅需要对课题研究内容给出正确的方法和结果，如何将自己的研究成果进行呈现也是至关重要的。纵观近年来丘成桐数学竞赛的作品，优秀的论文通常以标准的期刊论文标准进行撰写。对于课题研究工作的撰写，需要有良好的组织结构，而中学生通常没有接触过这类文章的撰写。因此，需要大量阅读相关的文献资料，学习如何撰写一篇合格的学术论文，尤其是数学学科的文章，需要严密的逻辑和正确的表达，对于文章的撰写有着更加严苛的要求。

数学表达是撰写参赛论文的关键。数学表达与文学性文字得撰写不同，一方面需要使得自己撰写得内容更加专业规范。另一方面，数学表达中涉及许多变量、符号和公式等。对于

变量和公式等内容的定义，需要遵循一定得规范，从而使得文章看起来更加规范专业。一般来说，在数学表达中，我们可以定义任意一个符号，来表示某一变量，但是我们同时需要在研究背景下，遵循一定的习惯，比如，速度我们通常用符号 v 表示， σ 表示标准差， Σ 表示协方差矩阵。此外，我们还需要了解不同类型变量的表达方式，包括数值变量、向量、矩阵、集合等，比如 x ， \mathbf{x} ， \mathbf{X} 是同一英文字母，但是字体和格式不同，则分别表示了数值变量，向量和矩阵。最后，数学问题中涉及了大量的运算，求和、连乘、最小值、求根等等对应了不同的运算符号。

此外，还需要学习使用专业的工具来编辑数学公式。这里，我们推荐使用 Latex 进行论文的编译。

2.1.3 优秀论文案例分析

2.1.3.1 2021 数学奖金奖

1. 学生背景简述

Max Liu 为 2021 年丘成桐中学科学奖数学金奖得主。该学生来自 Shanghai High School International Division (上海中学国际部)，该学校为国内顶尖的公立中学，2003 年成为上海唯一一所联合国教科文组织联系学校。由于论文中没有选题的相关信息，对于项目来源我们不得而知。值得注意的是指导老师是清华大学的左怀青，副教授、博导，其主要研究方向中就包括了代数几何奇点理论。同时，左怀青与丘成桐是有合作的，该学生的研究就是在左怀青和丘成桐共同发表的一篇论文的基础上展开的。因此，可以猜测该题目可能来自于指导老师的研究工作。从背景来看，2021 年数学金奖的学生有着坚实的学术背景，完全能够在指导老师的指导下完成相关工作，并且选题内容为 Yau (丘成桐: Shing-Tung Yau) 的几何猜想，可以说十分符合竞赛的要求。当然，能够使得该学生在竞赛中取得佳绩，主要还是靠出色的作品和个人演讲能力。下面，我们结合学生的论文，对学生能够在众多优秀作品中取得如此优异成绩的原因进行分析。

2. 论文概述

这里，我们对论文的研究内容进行分析。首先，我们来看论文的题目和摘要。下面，我们给出了论文的原文题目和摘要以及对应的翻译：

Title: On sharp upper estimate of lattice points: Yau geometric conjecture

Abstract: The simple problem of counting the number of lattice points in n -dimensional simplexes, in fact has a much greater significance in singularity theory and number theory. The number of lattice points is equal to the geometric genus of an isolated singularity of a weighted homogeneous polynomial. This paper estimates the number of lattice points in a seven-dimensional simplex, and proves the Yau Geometric Conjecture in seven dimensions, which gives an upper bound to the number. We do so by dividing the simplex to several layers of cross section sixth-dimensional simplexes and sums up the upper bound of lattice points in each layer. This proof provides potential insight to extend the upper bound estimate to the

general n-dimensional case.

题目：格点的上界估计：Yau几何猜想

摘要：在 n 维单形中计算格点数的简单问题，实际上在奇点理论和数论中有更大的意义。格点的个数等于加权齐次多项式的孤立奇点的几何亏格。本文估计了七维单纯形中格点的个数，证明了七维 Yau 几何猜想，给出了格点个数的上界。我们通过将单纯形划分为几层横截面的第六维单纯形来实现这一点，并总结每层晶格点的上界。本文的证明内容为格点上界估计的 n 维一般形式的推广提供了潜在的见解。

从论文的题目和摘要来看，研究内容十分明了，也就是对七维情形下的 Yau 几何猜想进行证明，并指出了研究工作的意义。在纯数学课题的研究中，有很多类似的猜想证明的研究工作。这类猜想有很多，并且很多是未被证明或者未被完全证明的。对于数学课题的研究，我们的目的是完成具有一定学术价值的研究工作。作为一个中学生想要对一个猜想完全证明是十分困难的。因为这类猜想本身十分复杂，且未被证明的。因此，许多人的研究工作是对猜想的一部分内容进行证明。比如我国著名数学家陈景润当初被誉为“哥德巴赫猜想”第一人，其发表的《 $1+2$ 》对于哥德巴赫猜想的证明具有里程碑意义。

3. 获奖点分析

1. **选题：**Max Liu 的选题是丘成桐和左怀青等人研究工作的拓展工作。从题目和论文内容可以看出，该论文选题为纯数学的理论推导证明。在数学相关的研究当中，方法的创新性更容易获得评委老师的认可。数学定理和猜想的证明需要严密的逻辑和推理能力，该论文在七维情形下对 Yau 几何猜想进行了证明。该工作是对 n -维一般情形下的 Yau 几何猜想的重要补充，具有很高的理论价值。论文中将整体的证明过程分解成 7 种不同的情形分情况讨论，并给出了严密的证明推导过程，这在纯数学的研究中是十分重要的。在数学相关的研究中，实现方法和理论上的创新是十分困难的。因此，丘成桐数学奖的评审中，对于数学方法理论的推导和创新也更容易收到评委老师的青睐。从以往所有的晋级半决赛和决赛的作品当中，我们都可以看到大部分晋级的优秀作品中，都有较强的理论基础和方法上的创新。从整体来看，论文整体篇幅达到了 54 页，除去封面、目录等信息，仅论文本身的研究中推导过程部分就占据了 43 页之多，并给出了相关的定理和证明。这对于高中学生来书是十分难得的，因为理论方法的研究需要学生花费大量的时间和精力去理解相关的基础知识和推导、证明方法。因此，我们希望参赛学在研究数学相关课题时，能够充分学习课题相关的基础方法，并结合相关知识，针对课题研究内容中的难点，对方法进行创新。
2. **逻辑严密：**该金奖论文主体部分的撰写完全遵循了 SCI 科研论文投稿的格式，结构完整，逻辑清晰，条理分明。

数学课题相关的论文的重点在于文章逻辑的严密性和条理清晰。对于这一点，该论文作者无论是从数学的表达还是从内容的安排上，都表现出了极高的专业水平。当然，相信这与指导老师的专业指导是分不开的。

首先，纯理论性的数学研究不同于应用研究或计算机、物理、生物等其他学科课题，需要

通过图表等内容使得论文看起来更专业、更丰富。纯理论的数学课题更加简洁,其内容全部是对猜想或者定理的证明和推导过程。因此,整体论文仅仅包含了5个部分:Introduction, Som Lemmas, Proof of Main Theorem, Conclusion, and Reference。其中 Introduction 对研究内容 Yau 几何猜想的内容和相关基础知识进行了介绍,包括正积分点、非负积分点的数学定义和基本性质、GLY 猜想、修正的 GLY 猜想等。Some Lemmas 部分内容则介绍了后文中关于 Yau 猜想证明需要的一些引理。第3部分 Proof of Main Theorem 是整篇论文的主要部分,该部分内容则针对本文中对七维情形下的 Yau 几何猜想的证明和推导过程进行了详细的介绍。第4部分 Conclusion 则对全文进行了总结。第5部分 Reference 则给出了文中引用的参考文献。

针对论文中的研究工作,在论文的第3部分,采用了总分结构对研究工作的总体思路进行介绍。如下图2.2所示:

To prove the Main Theorem, we first fix the value for $[a_7]$, leave the other variables free, and calculate the upper bound. We then sum these values to estimate the upper bound for $7!P_7$. It then remains to show that the obtained upper bound is less than or equal to the RHS of the main theorem. We shall separate the proof into the following cases, based on the value of $[a_7]$:

- Case I: $1 < a_7 \leq 2$. Thus, $[a_7] = 2$;
- Case II: $2 < a_7 \leq 3$. Thus, $[a_7] = 3$;
- Case III: $3 < a_7 \leq 4$. Thus, $[a_7] = 4$;
- Case IV: $4 < a_7 \leq 5$. Thus, $[a_7] = 5$;
- Case V: $5 < a_7 \leq 6$. Thus, $[a_7] = 6$;
- Case VI: $6 < a_7 \leq 7$. Thus, $[a_7] = 7$;
- Case VII: $7 < a_7$.

To prove that the RHS is greater, we find the difference between that and the estimated upper bound. Using the partial differentiation test, we show that the partial derivative of the difference is positive for each order, so that the difference is increasing or constant over its entire domain. It then simply remains to show that the minimal value of the original difference is greater than or equal to 0.

图 2.2: 论文整体结构介绍。

第3部分的开端部分,作者首先对后续证明的思路进行了介绍,七维情形下的证明过程分为7种情形进行讨论,然后针对7种不同的情形,分别通过数学表达进行了界定。后续的3.1-3.7部分,则分别对应7种不同的情形进行了推导和证明。

3. 论文撰写:这篇金奖论文在近年来所有的获奖论文中,是少见的长篇幅的论文,主要是由于推导过程相对复杂,包含了7种不同的情形,推导过程严密仔细。该学生的指导老师本身就是该领域的专家,并且发表有相关的学术论文。在论文内容的撰写方面,作者也表现出极高的专业水平。主要包括以下几个方面:

(1) 符号的定义。上文中,我们介绍过,在数学课题的研究中,对于变量和符号的定义,存在一些规范。作者在对符号的定义上,完全遵循了相关内容的规范,包括对正积分点、非负积分点、自然数集合、素数等符号的定义。

(2) 数学表达。上文中,我们指出,在数学相关的论文中,表达要规范、客观、简明并且富有逻辑。对此,我们从 Yau 几何猜想的介绍中就可以看出。在学术论文的撰写中,文字表达要客观、科学,也就是我们常说的学术表达,而一般学生在写这类论文时,不可避免地偏向于大白话。

Conjecture 1.9 (Yau-Geometric Conjecture). Let $f : (\mathbb{C}^n, 0) \rightarrow (\mathbb{C}, 0)$ be a weighted homogeneous polynomial with an isolated singularity at the origin. Let μ , p_g , and v be the Milnor number, geometric genus, and multiplicity of the singularity $V = \{z : f(z) = 0\}$. Then,

$$\mu - p(v) \geq n! p_g,$$

where $p(v) = (v-1)^n - v(v-1)\cdots(v-n+1)$. Equality holds if and only if f is a homogeneous polynomial.

Remark. Note that p_g counts the number of positive lattice points in the simplex

$$\frac{x_1}{a_1} + \frac{x_2}{a_2} + \cdots + \frac{x_n}{a_n} \leq 1,$$

where the a_i are the weights of the weighted homogeneous polynomial f and $a_1 \geq a_2 \geq \cdots \geq a_n > 1$ (cf. [20]). Thus, the equality case of Conjecture 1.9 is $a_1 = a_2 = \cdots = a_n \in \mathbb{Z}$. Furthermore, Saeki [24] tells us that $v = \lceil a_n \rceil$ (i.e. round up) and it is known that $\mu = (a_1 - 1)(a_2 - 1)\cdots(a_n - 1)$ (cf. [21]). Chen-Yau-Zuo [5] also proved that the

图 2.3: 论文中写作的专业性体现。

(3) 数学公式和符号的编辑。作者使用了专业的编辑软件对论文中的符号、变量和公式进行了编辑。上文中我们指出，在数学中，即使同一字符在不同字体下所代表的内容也是不同的，因此我们在撰写论文时需要尤为注意，具体的需要多研究文献资料，进行学习。对于公式符号的编辑和定义，属于表达上的规范，并没有专门的资料介绍。因此，一篇论文是否够专业，够水准，从内容的撰写上就可窥一斑。

(4) 参考文献的引用。该论文中涉及了大量的定理、引理。对此，作者在每个需要引用的地方进行了标注，并提供了大量的参考文献，为文章的研究工作提供了坚实的基础。

REFERENCES

- [1] M. Beck. A closer look at lattice points in rational simplices. *Electron. J. Combin.* **6** (1999), # R37.
- [2] M. Beck. Counting lattice points by means of the residue theorem. *Ramanujan J.* **4** (3) (2000) 299-310.
- [3] M. Beck, R. Diaz, S. Robins. The Frobenius problem, rational polytopes, and Fourier-Dedekind sums. *J. Number Theory* **96** (2002) 1-21.
- [4] M. Brion, M. Vergne. Residue formulae, vector partition functions and lattice points in rational polytopes. *J. Amer. Math. Soc.* **10** (4) (1997) 797-833.
- [5] I. Chen, K.-P. Lin, S. S.-T. Yau and H. Q. Zuo. Coordinate-free characterization of homogeneous polynomials with isolated singularities. *Commun. Anal. Geo.* **19**(4)(2011), 661-704.
- [6] E. Ehrhart. Sur un problème de géométrie diophantienne linéaire II. *J. Reine Angew. Math.* **227**(1967), 25-49.

图 2.4: 论文中引用的标准形式。

2.2 物理

2.2.1 研究课题选择及获奖情况分析

对于物理学科而言，丘成桐奖的获奖论文及研究课题可以用多种方式进行区分。首先，我们可以按照理论（Theoretical）和实验（Experimental）这种传统的方式来区别。理论指的是依据已有的力学、热学等体系，对一个新的现象的成因从原理上进行分析，这里会包含大量过程的推导以及模拟的验证。理论方向有关的侧重点更多地集中于推导过程，这是理论类论文获奖的核心。但是，由于高中生的知识储备有限，对于大部分问题很难从理论上进行解决，这也就导致了这一类作品数量极少，成绩也相对一般。大部分的丘成桐物理获奖作品，还是从实验出发，通过设计、完成、分析实验，来对特定的现象和问题进行研究。从这个角度来看，实验设计的完整性与严谨性、实验结果的可靠性与正确性都直接决定了该作品是否能够得到较高的评价。对于参加物理学科比赛的同学，在选题的过程中，一定要注意考虑课题能否通过设计实验进行验证。如果能够保证实验部分的结果，学生的参赛作品将会具有极高的竞争力。

接下来，我们按照传统的物理学进行分类。从这一角度出发，参加丘成桐奖的作品大多集中在传统物理学力学的范畴。对于现在物理学科比较前沿的领域，高中学生比较难有涉足。这主要是被高中学生的客观条件所约束，比如凝聚态需要大量先进的实验设备，高能粒子方向基本无法达成学术界的共识，天体需要大量的观测等等。除此之外，从传统的物理分类来讲，电磁学的理论非常成熟，大量的应用已商业化，高中生要做出创新创意也比较困难；而量子物理以及热动力学的应用也需要严苛的实验条件。

因此，我们就只剩下力学。从力学的发展与学生的学习过程来看，大致可以分为下面几个阶段。从力学发展角度出发，力学成熟的标志为牛顿经典力学的统一，这一部分内容也是高中生物理的主要学习部分。除此之外，这一部分内容也为之后的物理学其他方向的发展提供了坚实的理论基础。

这里，对于力学之后的研究而言， $F=ma$ 这个看似比较简单式子直接决定了发展的方向，之后的所有研究都基于将这个简单的式子复杂化。接下来，我们把式子分开来看，首先可以考虑 m ，质量。质量的研究又可以做出几个分类，比如说可以考虑多个物体的运动与作用问题，该问题可以参考刘慈欣的三体；或者可以将物体复杂化，从质点的力学分析，到刚体力矩分析，再到非刚体的运动分析。而如果考虑非刚体的话，流体就成了一个非常重要的研究分支。流体的形状在变化的同时，其流体内部某一点的加速度 a ，也在进行着剧烈的变化。这也就导致流体内部的相互作用更为紊乱，能够产生更为复杂难以预测的现象，比如天气的变化，血液的流动等等。我们发现流体力学在丘成桐奖比赛中占据了大量的比重，从混乱中找到一致、逻辑、关联与和谐，成为了这些作品获奖的核心原因。

其次，从加速度 a 这个角度出发，很自然地可以联系到高中力学最后一部分振动与波的内容。在振动和波之前的物理教学大多是加速度为定值的力学和运动学问题，但是当加速度存在变化的时候，这时的问题就会复杂化。如果讨论波的有关问题，就自然会考虑横波和

纵波这两个关于波最基础的分类。纵波的常见形式为声波，而横波的常见形式为光波，因此就发展出了对声音和光的研究。这两种波也同时成为丘成桐奖比赛中出现比较多的课题，毕竟声音和光与人类的生活息息相关。

丘成桐奖的参赛作品如果是力学课题的话，可以同时帮助到学生课业，以及类似 BPHO, Physics Bowl 等相关竞赛。除去力学问题外，我们还在总决赛的获奖作品中看到了较多有关天体物理的内容。物理学的发展起源于仰望星空，于是天文物理也就很自然地成为学生接触物理这个学科的启蒙内容。除此之外，还有少量的作品可以归到凝聚态、量子力学等较为不易于被高中生理解的范畴，这一部分的论文与学生的导师以及相关的学术资源（实验室等）关系密切，需要较多的社会资源予以支持。

因此我们将物理学科的课题分为下面四类：

1. **刚体力学**：传统力学问题，多作用物体的力学问题等。
2. **非刚体力学**：流体（液体，气体等）力学及相关问题，存在形变的物体的力学分析问题。
3. **波与振动**：声学，光学等。
4. **其他**：天体物理，电磁学，固体物理等。

整体来讲，从获奖作品的情况来看，我们发现大部分的课题都是属于高中物理的延伸内容与生活中某个现象的结合。课题越能贴近生活，得到较高奖项的概率越高。从这里我们发现物理组委会并不推荐高中生去越俎代庖，去研究和自身能力水平相差较大的内容。而是希望学生能够将课堂的知识尽可能地去扩展，去科学系统地归纳推理，继而解决生活中一些实际问题，这也是物理这个学科成立的初衷。下面我们来具体看一下近三年物理课题的分布，希望能帮助到参加物理科目比赛但对选题有疑惑的同学和家长。

2021 年总决赛

表 2.3: 2021 年丘成桐物理题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
胡馨元、余星瑶、陈昭融 (金)	Grape Plasma—Burning or Discharging	燃烧或放电的葡萄等离子体
朱基申、郑迪允 (银)	Exploring the Deformation and Convolution Phenomenon in the Falling of Viscous Liquid	探索粘稠液体下落时的变形和卷积现象
Gavin Wang (铜)	Developing an Automated Pipeline for Identifying False Positives Among Released TESS Objects of Interest	开发一个自动用于识别已发布 TESS 天体错误信息的流程
陈姝羽、龚展贤、刘京 (铜)	The Starry Sky on the Elastic Membrane: A View of Gravity from Newton to Einstein	弹性膜上的星空: 从牛顿到爱因斯坦的引力观
彭翰林 (铜)	Kinetic study of viscous droplet impinging on horizontally moving surface	粘性液滴撞击水平运动表面的动力学研究
苗庭嘉、郑梓歆、刘澍泽 (优胜)	Dynamic Analysis of Beijing Mane Man	北京鬃人的动态分析
程子霁、杜闻焘、杨昊婧 (优胜)	Inaudible Music Fountain—Study on the Upwelling Phenomenon of Fluid in Ultrasonic Field	听不见的音乐喷泉—超声场中流体上涌现象的研究
辛雨茜、顾彦文、白云舟 (优胜)	Dynamic Stabilization of Water Bottles	水瓶的动态稳定
朱敏轩、李仕嘉、陆致融 (优胜)	Energy saving strategy by waddling is not a unique skill of penguins	蹒跚学步的节能策略不是企鹅的独特技能
Yang Liu, Tu Yaowei (优胜)	Astrojax Pendulum: Theoretical and Experimental Studies	阿斯特拉哈斯摆: 理论与实验研究

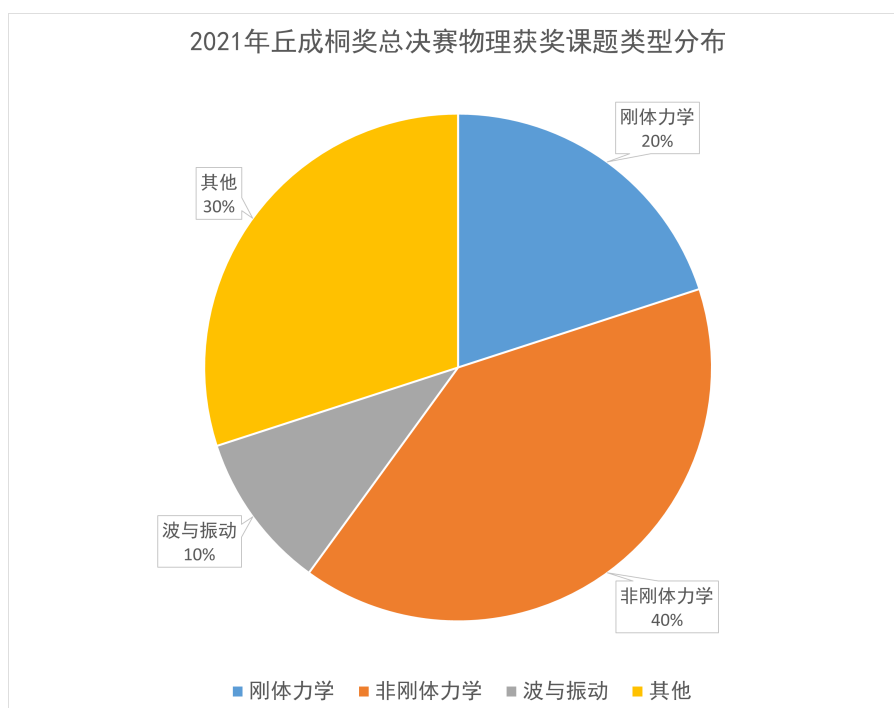


图 2.5: 2021 年丘成桐奖总决赛物理获奖课题类型分布。

表2.3及图2.5为2021年总决赛时的丘成桐奖物理获奖课题情况。这一年的金奖作品灵感来源于国外一个科普性质的实验，具体的做法是将两颗葡萄放入微波炉中加热，会观察到葡萄间发生燃烧的现象。金奖学生将这一实验进行了研究和扩展，并得出了一系列有关的结论。不论该结论是否正确（我们这里认为该作品的结论部分有误），这一作品都完整地对生活现象进行了科学细致的分析。

除去金奖外，这一年度比较有意义的是铜奖对于天体识别的作品，这一作品利用计算机深度学习图像识别的有关知识，来对天体观测过程中的星体进行分析，属于非常先进的技术应用，同时融合计算机和天文的背景知识，意义比较重大。除此之外，其他的作品均包含了大量的实验以及理论模拟对照过程，各有所长。

总体来说，2021年物理奖的评选囊括了多方面不同的课题，整体上质量较高，大多具备着较强的科研意义和实践意义。

2020 年总决赛

表 2.4: 2020 年丘成桐物理题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
郭凯诚、孙昊天、孙雨辰 (金)	Physical Mechanism and Governing Factors of Spontaneous Knotting of Strings	绳子自发打结的物理机制和管理因素
徐乐桐 (银)	The effectiveness of biomimetic sinusoidal leading edge in improving stability performance of control-line air model plane	仿生正弦波前缘对提高控制线空模飞机稳定性能的有效性研究
Angela Zhou (铜)	An Investigation of a Dark Sector Interaction Model to Solve the Hubble Tension	对解决哈勃张力的暗区相互作用模型的研究
樊茂、赵申豪、余永丰 (铜)	Concave Pinhole-mirror for Near-eye Display	凹陷针孔镜的近眼显示功能
苏展 (铜)	Study on Polygon Vortex	多边形涡流的研究
毛钰涛、刘松源、徐敏瑞 (优胜)	“Singing” Tube — Excitation and Resonance of Airflow in Corrugated Cavity	歌唱管-波纹腔内气流的激发和谐振
袁安琪 (优胜)	Discovery of a galactic fountain driven by the greatest population of massive stars	发现由最大质量恒星群驱动的银河系喷泉
欧阳霄宇、谢宇田 (优胜)	Physical properties and dynamical features of branched flow of light	分支光流的物理特性和动力学特征
雷家睿、林蕴芊 (优胜)	Dynamic Analysis of a Coupled Looping Pendulum System	耦合的环形摆系统的动态分析
夏闻迪 (优胜)	A Liquid Drop Falling in Another Fluid: A Two-Phase Flow Phenomenon	落在另一流体中的液滴: 一个双相流动现象

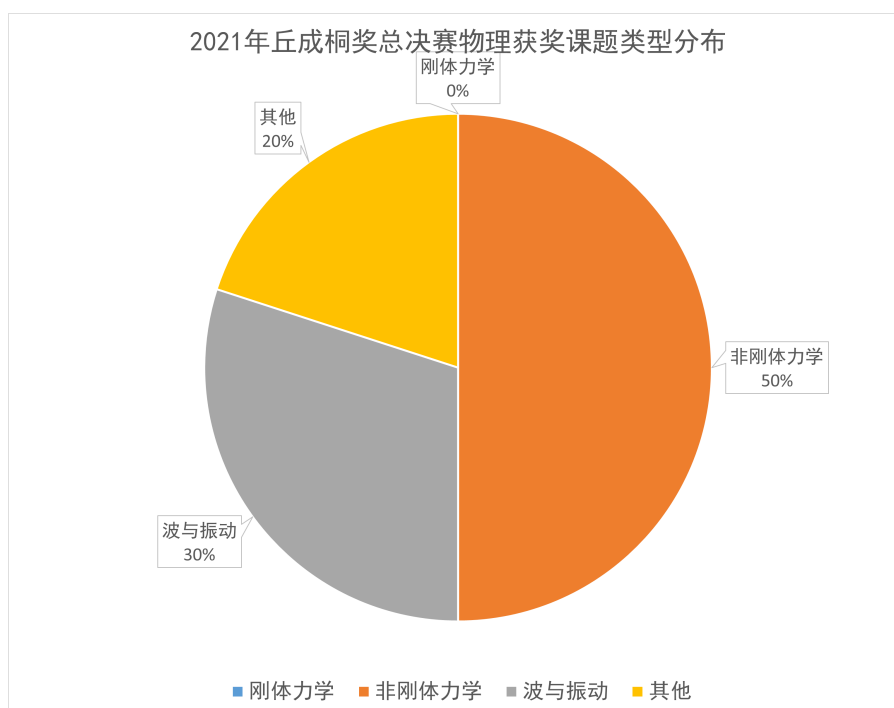


图 2.6: 2020 年丘成桐奖总决赛物理获奖课题类型分布。

表2.4及图2.6为2020年总决赛时的丘成桐奖物理获奖课题情况。这一年的金奖论文对绳子打结的现象进行了分析：生活中绳子莫名其妙就结成一团很难解开，这种现象经常使人感到困扰，于是这篇论文对这一现象的成因进行了深度的分析，并得出了非常科学的结论。

银奖得主为航模爱好者，在总决赛期间，将自己制作的飞机模型带入答辩现场，并结合论文进行了生动的解释。毫无疑问，如果能在学术型的比赛中，体现自己多方面的能力，是很容易获得评委老师的称赞。

2020年总决赛的作品相对而言理论性较强，涉及的知识较为高深，除金奖外大多与实际生活关联较弱，这可能是和疫情的因素导致实验不容易完成有关。

2019 年总决赛

表 2.5: 2019 年丘成桐物理题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
卿慧 (金)	Research on the Dynamic Behavior about the Ejection Process of a Woven Popsicle Stick Cyclic Chain	对周期编织的雪糕棒链条崩离过程的动力学行为研究
王元秀 (银)	Investigating the Variation of the Sun's Visual Shape, Atmospheric Refraction and Einstein's Special Relativity Considered	太阳视觉形状的变化、大气折射和爱因斯坦狭义相对论的研究
Victoria Zhang (银)	Patterns and Symmetries in Spiking Neural Networks	尖峰神经网络的模式和对称性
薛博睿、陈一苇 (铜)	Quantitative visualization for temperature field of transparent fluid with Twyman-Green interference	用 Twyman-Green 干涉法对透明流体的温度场进行定量可视化研究
王卓杰、高宇成、项希 (铜)	Research on Acceleration Caused by Fluidic Collision	流体碰撞引起的加速度的研究
王涵青 (铜)	Ultrasonic dynamic level detector	超声波动态液位检测器
彭澹明、樊亦扬、刘若辰 (优胜)	Research on the Propagation Properties of Time-reversal Water Waves	时间反转水波的传播特性研究
陈泓铭 (优胜)	Evaluation of peroxide value in vegetable oil using an optical method	用光学方法评价植物油的过氧化值
伍乐 (优胜)	Dynamic Stability of Spherical Objects in Funnel Boundary Flow Field	球形物体在漏斗状边界流场中的动态稳定性
刘蕾 (优胜)	Study of the Influence of Individual Characteristics and Running Habits of Runners on Foot Mechanical Response	跑者个体特征和跑步习惯对足部机械反应的影响研究

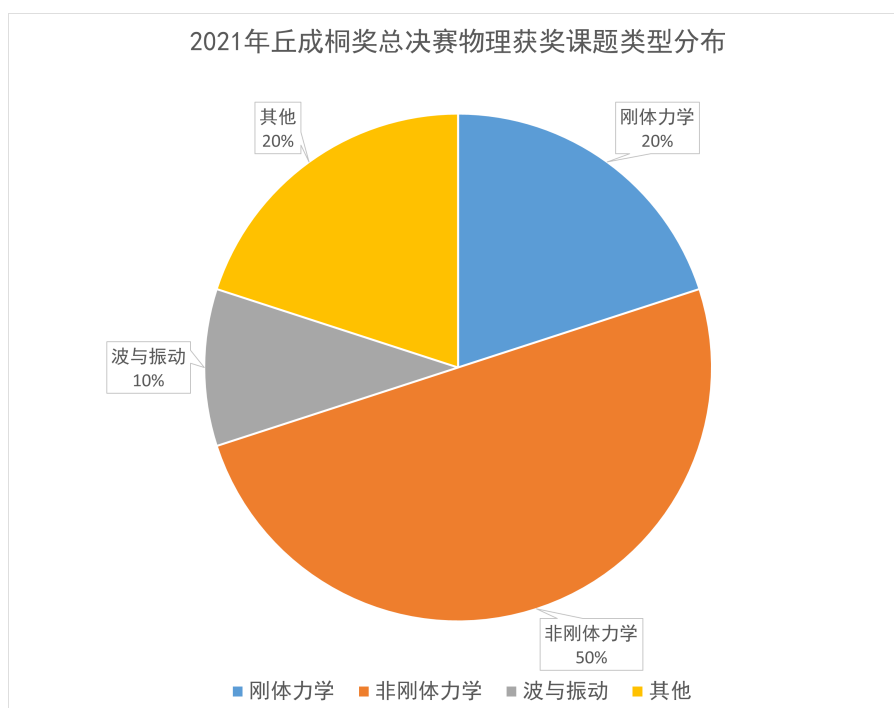


图 2.7: 2019 年丘成桐奖总决赛物理获奖课题类型分布。

表2.5及图2.7为2019年总决赛时的丘成桐奖物理获奖课题情况。2019年金奖作品对常见的雪糕棒编织在一起后，人为将编制解除锁定后雪糕棒的崩离过程进行了分析。整个作品非常充满童趣，给人一种“孩子长大后对之前不解的问题进行系统回答”的感觉。相对于银奖关于天文和相对论等看起来十分高大上的内容，金奖作品有着返璞归真的感觉，也更符合丘奖评委对于高中生如何进行物理科研的要求。

综合最近三年丘奖物理作品来看，我们能够发现，获得较高评价的选手都选取了比较朴实紧密联系生活的课题，这些课题并不需要多么前沿的物理学知识，而更多的是要求学生能够敏锐地去观察生活中的一些现象，然后科学合理的研究其对应的理论，继而设计完备准确的实验对理论进行验证。从选题上来说，我们可以看出以往比赛中，力学基本上囊括了80

2.2.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文

2023–2025 年物理学科的获奖课题延续了“力学 + 流体 + 声学 + 实验装置”的主流——例如 2024 年金奖《Number Recognition by Listening》通过声学特征加机器学习识别黑箱中小球数量，2025 年金奖《“Phase Transition” in a Mechanical System》研究力学系统中的对称性自发破缺与滞后回线——可见评委对来自日常生活的力学/流体/声学课题的偏好十分稳定。同时，2024 年银奖《The Inseparable “Paper Vice”》、2025 年银奖《Development of a High-Efficiency Objective-Prism Stellar Spectrograph》等课题体现了“自制装置 + 现象分析 + 模型构建”的获奖范式。天体物理与凝聚态等需要重型实验设备的课题在 2023–2025 年仍属少数，但 2024 年铜奖《Investigating Physical Conditions and Critical Factors across the Center of the Galaxy M82》表明：若学生能够获取专业级望远镜数据并在指导老师协助下完成统计分析，天体方向同样有获奖可能。

2.2.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 银奖 · 《Dynamics and Abnormal Sway Precession of Euler’s Magnetic Pendulum》

学生 / 学校：周厚希，中国人民大学附属中学

指导老师：张永平、马宇翰

研究的是什么问题？想象一个用绳子吊起来的小磁铁，下方放上若干块固定的强磁铁，松开手让小磁铁摆动——它的运动会变得极其复杂，时而绕这个磁铁转、时而绕那个磁铁转，看似随机却又遵循确定的物理定律，这就是著名的“磁摆”（magnetic pendulum），是非线性动力学和混沌理论的经典实验装置。Euler 磁摆是其中一种特殊变体，研究者通常感兴趣的是它的“进动”（precession）——即摆动平面缓慢绕中心轴旋转的现象。本论文的关注点在于一种“反常”的进动模式：在某些初始条件下，进动方向、速度甚至旋转的稳定性都会出现违反常识的现象。

用了什么方法？从题目可以推测，作者使用了“理论 + 实验”两条路径并行：理论上写下含磁偶极相互作用的拉格朗日量，推导摆的运动方程，并对小振幅情形做线性化分析以预测进动频率；实验上通过高速摄像或位置传感器记录摆的轨迹，分析其相空间结构（庞加莱截面、李雅普诺夫指数等是这类研究的标准工具）。“反常进动”的成因很可能是磁力非线性 + 摆动平面外耦合带来的非保守效应。

为什么评委青睐？这是一个标准的“丘奖味”课题——选题来自一个能在桌面上做的简单装置，但现象背后隐藏着深刻的非线性动力学。评委不是被磁摆本身吸引，而是被作者敢于追问“为什么进动会反常”以及给出的定量分析所打动。这种从一个具体现象出发，引出力学、电磁学、混沌理论交叉的研究路径，恰恰是丘奖物理学科最青睐的范式。

对参赛者的启发：物理学科金、银奖很少给凝聚态、量子计算这类需要大设备的课题，更多给那些“在自家书桌上能做”但具有数学深度的实验。一个磁摆、一根牙签、一杯水，都可以成为深挖的对象。关键是要：（1）选一个“反直觉”的现象；（2）拍下高质量数据；（3）用力学/流体方程定量解释；（4）通过参数变化得出普适规律。

2024 金奖 · 《Number Recognition by Listening——Traditional Acoustic Feature Analysis and Machine Learning Method for Estimating the Number of Balls in a Black Box》

学生 / 学校：彭子轩 (Zixuan Peng)、周小希 (Xiaoxi Zhou)、张济帆 (Jifan Zhang)，南京外国语学校

指导老师：章东 (Dong Zhang)

研究的是什么问题？给你一个不透明的密闭盒子，里面装有若干个小球，摇晃时小球互相碰撞、撞击盒壁会发出声音。仅凭这段声音，你能数出里面到底有几个小球吗？这听起来像一个魔术题，但其实背后是一个极具实用价值的反问题 (inverse problem)：从声学信号反推出系统的物理状态。工业领域中“听声辨故障”（如轴承诊断、管道泄漏）、医学领域中的“声学成像”，都属于同类问题。

用了什么方法？论文采用了“传统声学特征 + 机器学习”的双线方法。传统声学特征包括：(1) 能量包络——多个球碰撞越多、声音的能量积分越大；(2) 频谱质心和带宽——球数越多，碰撞频率分布越宽；(3) 撞击事件密度——通过短时能量阈值检测峰值，统计单位时间内的撞击事件。机器学习部分则把上述特征作为输入，训练一个回归或分类模型（很可能是 SVM、随机森林或浅层神经网络）来预测小球数。论文标题专门强调“Traditional Acoustic Feature Analysis”，说明作者不是单纯把声音丢进黑箱网络，而是先做了认真的物理特征工程——这是论文得金奖的关键技术亮点。

为什么评委青睐？这个课题完美符合丘奖物理的“日常现象 + 严肃物理 + 现代工具”三要素：摇盒子是几乎所有人都做过的动作；但要把摇动的声音准确还原为球数，需要刚体碰撞动力学、Hertz 接触力学、声学传播、信号处理、机器学习等多学科知识。论文不是“机器学习硬解物理”，而是先建立物理直觉、再让机器学习来精化预测，这种克制而严谨的方法论极受评委推崇。三位作者的团队配置也展示了课题的开放性和工作量。

对参赛者的启发：当你想用机器学习做物理课题时，要避免“端到端深度学习”的诱惑——把原始声音丢进神经网络确实能跑出结果，但缺少物理洞察，评委会觉得“这是计算机课题不是物理课题”。正确的姿势是：先做物理上有意义的特征工程（能量、频谱、相位），再用机器学习帮你做最后一公里的拟合。这样既体现物理深度，又展示了现代工具的运用。

2025 金奖 · 《“Phase Transition” in a Mechanical System: Rotation-Induced Spontaneous Symmetry Breaking and Hysteresis Loop》

学生 / 学校：牟天昊 (Tianhao Mu)、罗海艺 (Haiyi Luo)，重庆市育才中学校

指导老师：张程鑫 (Chengxin Zhang)

研究的是什么问题？“相变”通常出现在统计物理课本里——水结冰、磁铁失磁，都是相变。但本论文研究的是一个纯粹的力学系统，它在某个旋转速度阈值之上会“自发对称性破缺”，即原本对称的平衡态会突然偏向某一侧，并且当你慢慢降低转速、再缓慢回升时，系统的位置不会按照原路返回——而是形成一个“滞后回线” (hysteresis loop)，就像磁铁的磁化曲线一样。这意味着一个看似平凡的力学装置，其行为却展示出与统计物理中相变完全同构的特征。

用了什么方法？从题目可推测，作者使用了：(1) 理论建模——写下旋转参考系下系统

的总势能函数，分析其极小点随转速的演化（典型的“叉式分岔”或“鞍-结分岔”理论）；(2) 实验验证——搭建一个可以精确控制转速的装置（很可能是带配重的旋转臂或离心结构），用位置传感器或高速摄像记录位置随转速的演化；(3) 滞后回线测量——慢速增减转速，记录“上行”和“下行”两条曲线的差异，作为对比“二级相变”和“一级相变”的判据。

为什么评委青睐？这篇论文最优雅之处在于把统计物理中的高阶概念（对称性自发破缺、有序参量、滞后回线、二级相变）用一个高中生能亲手搭建的力学装置“翻译”了出来。它告诉评委：作者不仅理解了相变的数学本质，还能识别出在哪些非传统系统中相变会再现。这种“跨领域类比”是顶级物理学家的核心能力之一。评委也欣赏作者把朗道（Landau）唯象理论的精神引入到经典力学中——这是一次非常漂亮的物理学跨尺度教学示范。

对参赛者的启发：一个金奖物理课题往往不在于设备多贵、数据多大，而在于你能否在两个看似不相干的领域之间架起一座桥。如果你既懂经典力学又对相变略有了解，你就有机会找到这种“小机械里的大物理”。建议同学们多读 Landau 等的《Statistical Physics》前几章，把“相变”作为一种思维框架，去重新审视日常的力学和流体现象。

（以上论文获奖信息均来自 yau-awards.com 官方公示页面，详见²）

表 2.6: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（物理）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	银	The Harker School	A Low-Cost Portable Apparatus to Analyze Oral Fluid Droplets and Quantify the Efficacy of Masks	Ava Tan Bhowmik
2023	银	中国人民大学附属中学	Dynamics and Abnormal Sway Precession of Euler's Magnetic Pendulum	周厚希
2023	铜	北京市十一学校	Drunken Drop—The Spreading and Fractal Formation of Alcohol-Ink Mixture On Acrylic Base	范明君
2023	铜	中国人民大学附属中学	Modeling and Experimental Research on Phase Change and Heat Transfer in Pop pop boat's Engines	王陈昊
2023	铜	PUI CHING MIDDLE SCHOOL, MACAU	Complex dynamical behavior and stochastic resonance phenomena of a nonlinear pendulum	LEONG POK HEI

²2023 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>；2024 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>；2025 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2024	金	Nanjing Foreign Language School 南京外国语学校	Number Recognition by Listening—Traditional Acoustic Feature Analysis and Machine Learning Method for Estimating the Number of Balls in a Black Box	Zixuan Peng, Xiaoxi Zhou, Jifan Zhang 彭子轩、周小希、张济帆
2024	银	Beijing National Day School 北京市十一学校	The Inseparable “Paper Vice” — Friction Amplification Phenomenon in Interleaved Assemblies	ZhaoXuan Li, BaoCheng Han 李兆轩、韩保诚
2024	铜	Phillips Academy Andover	Investigating Physical Conditions and Critical Factors across the Center of the Galaxy M82	ZiOu Yuan, Rui Yang 袁子欧、杨瑞
2024	铜	未公开	Investigation of Rotational Dynamics in Asymmetric Acoustic Fields Within Acoustic Levitation Systems	YunYi Yang, HaiYi Luo 杨云屹、罗海艺
2024	铜	未公开	Ups and Downs of Objects in Supersaturated Fluid: The Dynamics of Open Gas-Solid Coupled Systems	未公开
2025	金	重庆市育才中学校 Chongqing Yucai Secondary School	“Phase Transition” in a Mechanical System: Rotation-Induced Spontaneous Symmetry Breaking and Hysteresis Loop	牟天昊 Tianhao Mu、罗海艺 Haiyi Luo
2025	银	北京师范大学附属实验中学 The Experimental High School Attached to Beijing Normal University	Development of a High-Efficiency Objective-Prism Stellar Spectrograph And Construction of its Dedicated AI Classification Model	李伊洋 Yiyang Li、杨元和 Yuanhe Yang
2025	铜	北京一零一中学 Beijing No.101 Middle School	The “Whistling” Metal Plate: An Investigation of a Structural Vibroacoustic Phenomenon	田第 Di Tian

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2025	铜	未公开	Study on Liquid Sloshing: Nonlinear Dynamics and Active Control	李子玄 Zixuan Li
2025	铜	未公开	Liquid Droplet Trajectories: Harnessing Sound to Measure the Unseen	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 0、银 2、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5、入围 5。

2.2.2 相关参赛背景知识介绍

这里我们重点介绍参与丘成桐奖物理学科比赛时，学生所需掌握或者将会学习到的新知识和新技能。

2.2.2.1 力学分析、流体力学、微积分等理论知识

在掌握高中基础物理力学知识的基础上，学生还需要加深其他内容的学习。丘成桐奖中力学的分析过程基本属于大学三年级左右的经典力学的范畴和难度。除去传统的牛顿矢量力学外，有大量的课题都使用了拉格朗日等分析力学的解决方法，这一部分力学内容需要极强的数学微积分方面的知识背景，所以对于高中生而言难度较大。但是，分析力学的解决方法通常较为优雅，专业性较强，更容易得到评委的青睐。

力学部分另外一个分支为流体力学，这一部分有着专属的体系和知识结构，同时其解决问题的方法需要进行计算机模拟涉及到大量的数值计算，比如说常见的有限元分析法，所以说对于流体力学有关的问题而言，存在了大量的新内容需要学习。学生在选取该方向题目的时候，需要做好充足的学习准备。这一部分的实验对于设备也存在一定的要求，需要考虑多方面的因素才能确保实验顺利的进行。

除去物理的有关知识外，丘成桐物理奖还需要大量的数学有关知识，最常用到的是微积分有关的知识，比如偏微分方程的解决等等。这些知识一方面可以巩固学生校内的学习（比如 AP 微积分），另一方面可以充分锻炼的思维和计算能力，所以这些理论内容虽然大多不属于传统的高中考试内容，但这一部分内容的学习会对学生的升学起到全面的帮助。

2.2.2.2 实验设计

对于高中生而言，一般情况下实验都是学生基于已有的实验手册，去完成所要求的一系列内容。然而在丘成桐比赛中，学生需要根据研究的课题来自行创作实验，这也就对学生，包括其指导老师提出了较高的要求。如何设计出科学严谨的实验步骤，如何消除过程中各种误差和客观因素的影响，如何确保实验结果可以充分体现想要获得结论，这些问题都直接决定了该作品是否具有参赛竞争力。

实验设计基本上可以理解为丘成桐物理奖的核心考察点，这一部分学生是否有兴趣，是否有天分做好，其实也能反映出学生未来能否很好地从事如物理、工程等相关的科研工作，所以对于参加物理学科竞赛的学生来说，也可以从这一个角度来帮助自己的人生进行规划。

2.2.2.3 Matlab、Mathematica、Python 等模拟分析计算软件

对于当前的物理研究而言，计算机模拟和计算属于相当重要的一部分。对于很多的物理问题而言，我们可以通过将理论模拟来绕过实验去寻得该问题的答案。同时，我们也可以将模拟结果和实验结果进行交叉验证，来对该问题进行全面的探讨。在当前的物理科研过程中，有很多问题可以通过 Matlab 和 Mathematica 软件的仿真计算，Python 数据分析予以解决。所以在丘成桐奖的比赛中，有很多课题都通过计算机模拟进行问题的研究和验证，这一部分内容的重要性也在近些年的比赛中逐渐提高。

Matlab 和 Mathematica 均属于功能非常强大的模拟计算软件，高中生如果能够借助丘成桐比赛对这些软件开始进行入门学习，这对于之后不管课程上的学习还是科研上的便利都有着很大的帮助。比如说，有很多数学问题可以用 Mathematica 进行验证和可视化分析。除此之外，Python 也在物理科研中发挥着很大的作用，学生也可以在解决物理问题的同时，学习大量的编程知识，这对于学生之后的发展意义重大。

2.2.3 优秀论文案例分析

2.2.3.1 2020 年全球物理金奖

1. 学生背景简述

该年获奖小组来自南京外国语学校的三位同学，这三位同学均在全国中学生物理竞赛，英国物理奥赛，物理碗等比赛中取得了较好的成绩，在物理学科上有着扎实的基础和较好的天赋。指导老师除本校老师外，还包括南京大学的王思慧教授，所以整篇论文有着很高的起点，整体论文的结构以及实验的完成都有着非常好的逻辑性和完整性。

2. 论文概述

关于论文，我们首先来看一下题目和摘要，对整个论文的内容有个大概的了解。

题目：线绳自发打结的物理机制

摘要：本论文研究线绳自发打结的物理机制与过程，以及相关参数的影响。论文包括理论分析、转动实验以及振动实验。大多数理论推导都是在实验观察中得到启发而建立的。

首先通过理论分析打结过程，研究驱动（振动或转动）以及绳子这两类因素对打结的影响。在绳子驱动因素方面，推导了打结时转速、摩擦系数范围、振幅、最优驱动频率、时间等公式；在绳子的影响方面，导出了打结概率与绳长的公式，并对绳子盘绕方式、绳子材料的影响进行了定性分析。

通过反复尝试，自制了两种实验装置，分别进行振动和转动实验。在实验中，验证了振幅、频率（转速）、时间、盘绕方式、绳长、材质的影响，还对绳结的打结与解结进行了实验探究。还对打结的可逆性、容器尺寸等影响进行了讨论。大多数实验结果都和理论分析相符。最后，我们对问题进行了总结和展望。

本文具体研究线绳自发打结的物理机制，这一现象在生活中极其常见，比如说耳机线，数据线，水管等等，但是没有多少人会去想为什么这些线一不留心就会打结。论文主要研究了振动和转动这两种方式对于打结的影响，并考虑包括振幅，频率，绳长，材质等多个因素，从多个角度对于线绳自发打结这一现象进行解释。整篇文章讨论的主题是一个没有学习过物理的人都可以完全理解，但是这个问题究竟为什么会产生却没有一个较好的解释。

3. 获奖点分析

- **选题：**毫无疑问，选题应该是这个作品获得金奖最重要的因素。首先，线绳自发打结这个现象在生活中极为普遍，这一现象或多或少给大家的生活带来各种各样的困扰。但是，这个现象产生的原因究竟是什么，可能就算是研究物理方向的教授都很难讲清楚。于是，这种能够产生充分共鸣，但其机制却鲜为人知的课题，能够更好地得到各位评委老师的青睐。其次，该课题并没有涉及到较多比较高深的物理学知识。从整个论文来看，只有高中阶段的物理理论有所涉及，除此之外仅有基础的微积分和统计学内容。用基础的知识去解决复杂的实际问题是丘成桐物理方向极为推崇的。第三，该课题研究问题可以用较少的实验器材进行测试，这里不会用到很多复杂的器材和设备，这也就让该课题变得更加有亲和力。最后，该课题可以与其他物理内容做结合，比如热力学第二定律自发性，材料物理等等，这些扩展都使得该课题有着深刻的研究意义。

类似于线绳自发打结的问题实际生活中非常多，这也就需要学生与指导老师多多留意这些问题，并去深刻思考如何用最简单直接的研究方法去解决。人类社会中存在类似的问题数不胜数，但大部分时候人们都选择无视或者被动地接受，丘成桐物理奖对于这一现象提出了自己的看法和解决方案。

- **论文：**

摘要

目录

一、引言

二、预实验

2.1 振动时间与绳子长度对打结个数的影响

2.2 振动方式与绳子材质对打结个数的影响

三、理论分析

3.1 驱动的影响

3.1.1 转动与转速

3.1.2 驱动参数

3.1.3 时间的影响

3.2 绳子的影响

3.2.1	盘绕方式的影响
3.2.2	绳长的影响
3.2.3	绳子材料的影响
四、	振动实验
4.1	振动参数的影响
4.1.1	绳结个数与振动方向的关系
4.1.2	绳结个数与振幅的关系
4.1.3	绳结个数与振动频率的关系
4.1.4	绳结个数与振动时间的关系
4.2	绳子的影响
4.2.1	绳结个数与盘绕方式的关系
4.2.2	打结概率与绳子长度的关系
4.2.3	绳结个数与绳子材质的关系
4.2.4	绳结的打结与解结
五、	转动实验
5.1	转动参数的影响
5.1.1	转动时间对绳结个数的影响
5.1.2	转动频率对绳结个数的影响
5.2	绳子参数的影响
5.2.1	绳子盘绕方式对绳结个数的影响
5.2.2	摩擦系数的测量
5.2.3	绳子材质对绳结个数的影响
5.2.4	绳长对绳结个数的影响
5.2.5	配重对绳结个数的影响
5.3	讨论
5.3.1	打结的可逆性
5.3.2	转动容器尺寸与形状的影响
六、	总结与展望
	参考文献
	致谢

从目录中，我们可以看出作者对于该课题的研究思路。这里可以看出，作者从很多个角度都对于这个问题进行了研究和实验。从多个维度对于同一问题进行探寻对于培养学生思维的逻辑性和辩证性意义重大，也符合了国外教育中辩证思维（Critical Thinking）这一重要组成部分，研究对象的全面性也是该作品获得极高赞赏的重要原因。

此式给出了发生打结的摩擦系数和转速的必要条件，但摩擦系数下界的根号内部可能出现负数，需讨论：

①当 $\frac{4g^2}{\omega^4 R^2} - 1 < 0$ ，即 $\frac{\omega^2 R}{g} > 2$ 时，摩擦系数的条件为 $0 < \mu < \sqrt{\frac{g^2}{\omega^4 R^2 - g^2}}$ ，此时绳头具有从桶最低端冲上水平线的速度并在上方滑落；

②当 $1 < \frac{\omega^2 R}{g} < 2$ ，摩擦系数的条件为 $\frac{1}{3} \sqrt{\frac{4g^2}{\omega^4 R^2} - 1} < \mu < \sqrt{\frac{g^2}{\omega^4 R^2 - g^2}}$ ，需同时满足上下界才能冲上水平线并在上方滑落。

③若 $\frac{\omega^2 R}{g} < 1$ ，转到某处时，绳子对桶的压力变为零，会直接掉落，即

$$\begin{aligned} N &= m\omega^2 R - mg \cos \theta = 0 \\ \cos \theta &= \frac{\omega^2 R}{g} \end{aligned} \quad (13)$$

也可以类似地导出打结的条件。

图 2.8: 论文中的理论推导部分截图。

除了目录外，我们从文章的以下几个方面来看一下这篇文章的优秀之处。首先，该文章中理论部分书写清晰，整体上由高中的物理知识出发，进行实际应用和解答，如图 2.8 所示。这里我们可以看出，该论文并不需要高深的物理背景知识，但是整体理论推导极其工整逻辑，非常易于读者理解。



图 2.1a 120 厘米耳机线



图 2.1b 125 厘米耳机线



图 2.1c 放置耳机线的盒子与盘绕后的耳机线



图 2.1d 打结的耳机线（5 个结）

图 2.1 预实验

图 2.9: 论文中的实验部分截图。

装置介绍：直径 24cm、高 50cm 的圆柱形的纯净水桶；25W 齿轮调速电机套装（4RK25GN-C 减速机+调速器 US-52）；电压 220V，最大转速 166rpm；铁质和木质支架。该装置实物图片如图 5.1a 所示。



图 5.1a 转动实验装置-1

图 2.10: 论文中的实验部分截图。

此外，对于实验部分，学生选择了生活中非常常见的材料进行测试。这些实验器材均极为容易获取。但就是通过这些非常简易的器材，学生可以对线绳打结问题进行多角度的探索，这是非常难得的一点。

影响因素		理论结论	是否与实验相符
驱动的影响	振幅	一定频率下, 振幅较小时, 打结与振幅正相关, 振幅较大时, 打结与振幅趋向于无关	与振动实验符合
	频率	振动及转动频率在 $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3g}{2l}}$ 附近 最容易打结	与振动和转动实验皆符合
	时间	对于无限长的绳子, 结的数量与 \sqrt{t} 成正比	与振动实验符合, 转动实验先增后减 (因为绳长有限)
绳子的影响	绳长	打结概率随绳长的增加而单调增加	与振动和转动实验皆符合
	盘绕方式	盘绕成环略优于平行折线	与振动和转动实验皆符合
材料的影响	摩擦系数	振动打结与摩擦关系不大, 所以摩擦系数主要影响的运动是圆桶中的转动, 桶的半径越小, 摩擦系数越大	与转动实验一致
	线密度	线密度小有利于打结	与振动实验一致 (排除有其他因素)
	刚度	刚度小有利于打结	与振动实验一致。(排除其他因素)
	恢复系数	转动时, 绳子落下后发生反弹是打结的条件, 所以恢复系数大有利于打结	与转动实验一致
讨论	打结与解结	打结和解结过程同时存在, 在转动中, 材质和配重影响解结。在振动中, 打结和解结随机性较大	与振动和转动实验皆符合
	配重	适当的配重会增加打结的概率	与实验一致 (转动)

图 2.11: 论文中的结论部分截图。

最后, 该组学生对于整个实验的内容进行了充分的总结。这里系统地将理论和实验相结合, 对于整个问题进行了详细的解释, 这一部分体现了物理研究的科学性和完整性, 也完美契合了康德《纯理性批判中》后验 (A posteriori) 知识的获取方式和过程。

2.3 化学

2.3.1 研究课题选择及获奖情况分析

化学是一门古老的传统基础科学，也是现代社会的一门中心学科。化学是在原子、分子上研究物质的组成、结构、性质及其应用的基础自然科学，是研究物质化学变化的科学，其特征是研究分子和创造分子。

结合 2017-2021 年来的获奖数据，我们将获奖论文进行分类整理，根据课题侧重点分为“实验性课题”和“理论性课题”的大方向（说明：若该获奖课题同时研究理论和实验，选取其更侧重的点作为主要研究方向讨论）。

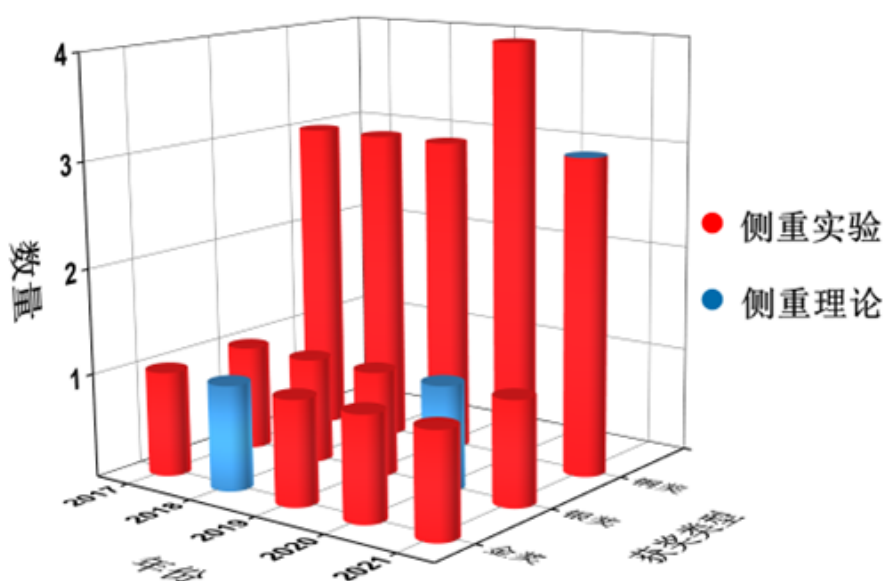


图 2.12: 2017-2021 年丘成桐奖总决赛化学获奖课题类型分布（理论/实验）。

从图中2.12可以明显看出，评委组更愿意把奖项颁给实验研究的学生。从化学这个学科的角度来看，理论上的研究确实太复杂，并不是大部分高中生能够驾驭得了的，理论也不容易出成果，并且理论也需要长时间的实验经验才能予以验证。因此我们建议，参加丘成桐化学赛的同学都应摒弃单一的理论研究，把重点放在实验研究方面，如果课题特别需要理论部分，也可以适当增加一些理论研究，但重点一定要放在实验上。

结合多年的比赛数据，我们再次将获奖论文进行分类整理，根据课题侧重点分为“无机化学大类课题”和“有机化学大类课题”的大方向（说明：1. 若该获奖课题同时研究有机化学和无机化学，选取其更侧重的点作为主要研究方向讨论；2. 该分类仅对大方向“有机”和“无机”进行分类，详细分类不做延伸）。为了方便大家理解这两个方向，我们对其研究特点进行分析。

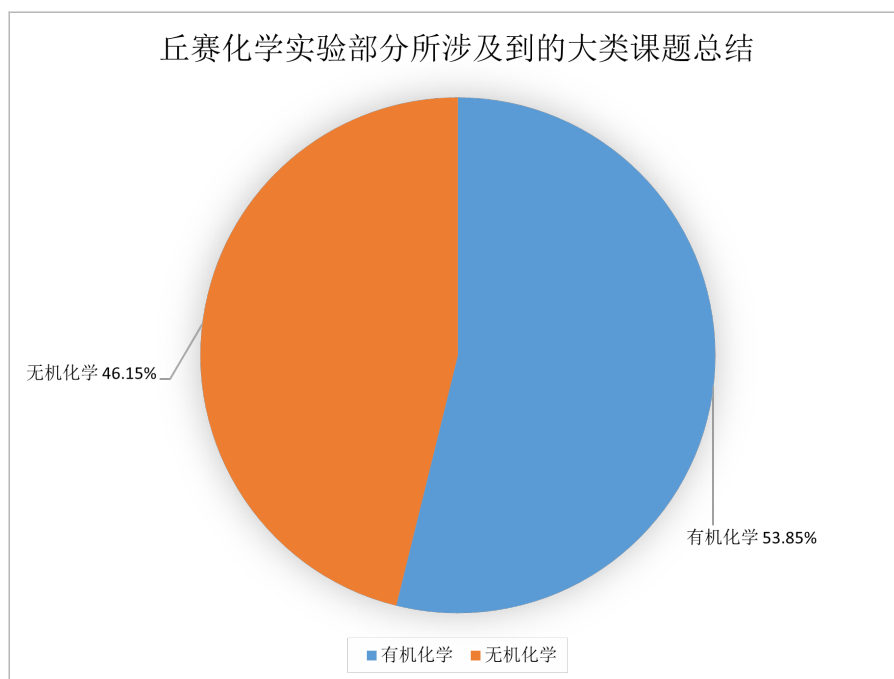


图 2.13: 2017-2021 年丘成桐奖总决赛化学获奖课题类型分布 (有机/无机)。

- 1. 有机化学：**有机化学又称为碳化合物的化学，因为有机化学是基于大量碳骨架而衍生出来的，是研究有机化合物的组成、结构、性质、制备方法与应用的科学，是化学中极重要的一个分支。最初只有含碳化合物被称为有机化合物，后来经过化学的发展，有机化学便脱离传统所定义的范围，扩大为烃及其衍生物的化学。有机化学的研究主体主要包括高分子化学、有机合成、药物合成、生物有机合成、手性化学、化妆品材料、杀虫剂等，重点在于结构的合成方面的研究。其中很大一部分和我们的日常生活息息相关，例如口红、烟草、洗护用品中含有大量有机化合物，而其含量、比例以及特征有机结构将会决定这些常见物品的气味、柔软度等。用最精炼的一句话概括有机化学的研究对象，就是“如何形成碳碳键”，有机化学是碳的化学，有机化学的内容说白了就是研究怎么搭建碳原子的大厦。因为对人们有用处的有机分子一般是大而复杂的，而人们能随意支配和轻易获得的原料往往是小而简单的。此类课题对理论基础要求较高，实验较为繁琐，但是实验趣味性高，如果潜心研究，合成出一种新型物质，将是非常有意义的，甚至是可以进行商业应用的，换句话说就是“出成果时间较慢，但是一出成果就是大成果”。
- 2. 无机化学：**无机化学是研究无机化合物的化学，是化学领域的一个重要分支。通常无机化合物与有机化合物相对，指多数不含 C-H 键的化合物，但是，碳氧化物、碳硫化物、氰化物、硫氰酸盐、碳酸及碳酸盐、碳硼烷、羰基金属等都属于无机化学研究的范畴（实际上是将“由无机化学研究的物质”定义为“无机物”）。无机化学的研究主体包括无机合成、电化学、量子合成、分子及原子结构、催化剂、水化学、环境化学等，覆盖面广。其中的环境污染、水污染、新能源电池、氢能发电等方面和我们的日常生活密不可分，例如手机电池、汽车电池蕴含了大量的电化学的知识，生活中用的除湿机、水分护肤仪等也蕴含大量水化学的知识。此类课题实验周期稍微较长，但是上手快，可操作性强，课题更为结合时事热点，成果更容易产出，与其他学科跨学科的潜在性很大。

下面我们根据上述所介绍的内容，对近三年的参赛情况进行展示。

2021 年总决赛

表 2.7: 2021 年丘成桐化学题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
朱清瑗 (金)	Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO ₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction	种植豆芽菜衍生的碳负载过渡金属颗粒在电催化中能源转化的研究
刘翼鹤 (银)	Closed-loop Recycle of Waste Polyester Textile by Chemical Method	化学法对废涤纶纺织品的闭环回收
Amanda Sijia Cheng (铜)	Study on the Adsorption Characteristics of Tilmicosin by Polyethylene Microplastics	聚乙烯微塑料对替米考星的研究
丁冠文、夏锐涵、杨博约 (铜)	Ultrasensitive Detection of Ochratoxin A with a Novel Electrochemical Aptasensor Based on Core-shell Zeolite Imidazolate Frameworks	基于核壳沸石咪唑酯骨架的分子印迹电化学生物传感器超灵敏检测赭曲霉毒素 A
Hubert Chen (铜)	A Computational Approach to Identify Small Molecules Interact with the Crystal Structure of Programmed Cell Death Protein 1 as Potential Therapeutics for Cancer Immunotherapy	一种识别小分子与程序性细胞死亡蛋白 1 的晶体结构相互作用的计算方法作为癌症免疫治疗的潜在疗法
谭天睿、尤希颜 (优胜)	Immobilization of C@TiO ₂ in Calcium alginate hydrogel for photodegradation of organic pollutants	C@TiO ₂ 固定在海藻酸钙水凝胶中用于光降解有机污染物
韩嘉 (优胜)	Bioaccumulation of AgNPs of different sizes and coatings along the aquatic food chain	沿水生食物链的不同尺寸和涂层 AgNPs 的生物积累
林宗恺 (优胜)	A Novel Bionic Material Composed of Eggshell Membrane and Abalone Shell	一种由蛋壳膜和鲍鱼壳组成的仿生材料
Amy Jiayin Wang, Chan Lok Yat Harrison (优胜)	Methane activation by oxygen species on MN ₄ embedded graphene catalyst (M = 3d transition metals): A density functional theory study	MN ₄ 嵌入石墨烯催化剂 (M = 过渡金属) 上氧物质的甲烷活化: 理论计算研究

Helen Zheng (优胜)	3D Modeling of SARS-CoV-2 RDRP Mutant Proteins in Drug Resistance and Viral Evolution	SARS-CoV-2 RDRP 突变蛋白和病毒进化中的 3D 建模
------------------	---	-----------------------------------

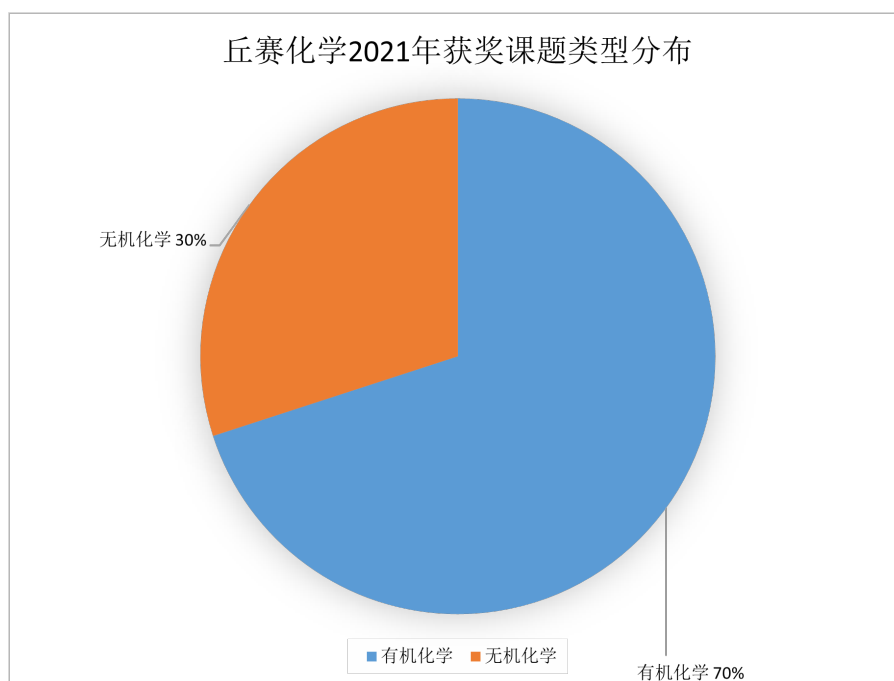


图 2.14: 丘赛化学 2021 年金、银、铜、优胜奖实验部分所涉及到的大类课题总结

2020 年总决赛

表 2.8: 2020 年丘成桐化学题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
黄飞扬 (金)	Facile Fabrication of Silicon Carbide Spheres and Its Application in Polymer Composites with Enhanced Thermal Conductivity	碳化硅球体的简易制备及其在增强热聚合物复合材料中的应用
何承 [Ⓔ] 、陈天弈 (银)	Novel 4D-Coding System Based on Circularly Polarized Luminescent Pt Complexes	基于圆偏振发光 Pt 配合物的新型 4D 码系统
武钰涵 (铜)	Non-gaseous Synthesis of Therapeutic Carbon Monoxide Releasing Molecule CORM-02	治疗性一氧化碳释放分子 CORM-02 非气态合成
刘天辰、安芯仪、李泽宁 (铜)	An electrochemical aptasensor based on target-induced nicking site reconstruction strategy for the detection of milk allergen β -lactoglobulin	基于靶点诱导切口位点重建策略的化学适体传感器检测牛奶过敏原 β -乳球蛋白
洪润楠 (铜)	Design and Synthesis of 3-D Reduced Graphene Oxide Foam for Highperformance Supercapacitor Electrodes	用于高性能超级电容器电极的 3D 还原氧化石墨烯泡沫的设计与合成
金香延 (铜)	pH Adjustable Dye Adsorption and Recycle by Electrostatic Interaction	通过静电相互作用可调节 pH 值的染料吸附和回收
Yuehan Wang (优胜)	Total Removal of Formaldehyde indoor by Al-based Metal-Organic Framework Decorated with Pt Nanoclusters via Tandem Adsorption and Catalysis	Pt 纳米团簇修饰的铝基金属有机框架串联吸附催化全去除室内甲醛
马瑞南、姚博文 (优胜)	Facile Preparation of Hierarchically Porous MOFs Materials for CO ₂ /CH ₄ Separation	用于 CO ₂ /CH ₄ 分离的分级多孔 MOF 材料的简便制备
况承钰、李福植 (优胜)	Ferrous Ion Immobilized Carbon Dots Fluorescent Sensing Platform for Homogeneous Glucose Detection based on Fenton Reaction	基于 Fenton 反应的亚铁离子固定碳点荧光传感平台用于均相葡萄糖检测
郑睿宸、金雨橙 (优胜)	The Release of Antimony in Bottled Beverages and Health Risk Assessment	瓶装饮料中锑的释放与健康风险评估

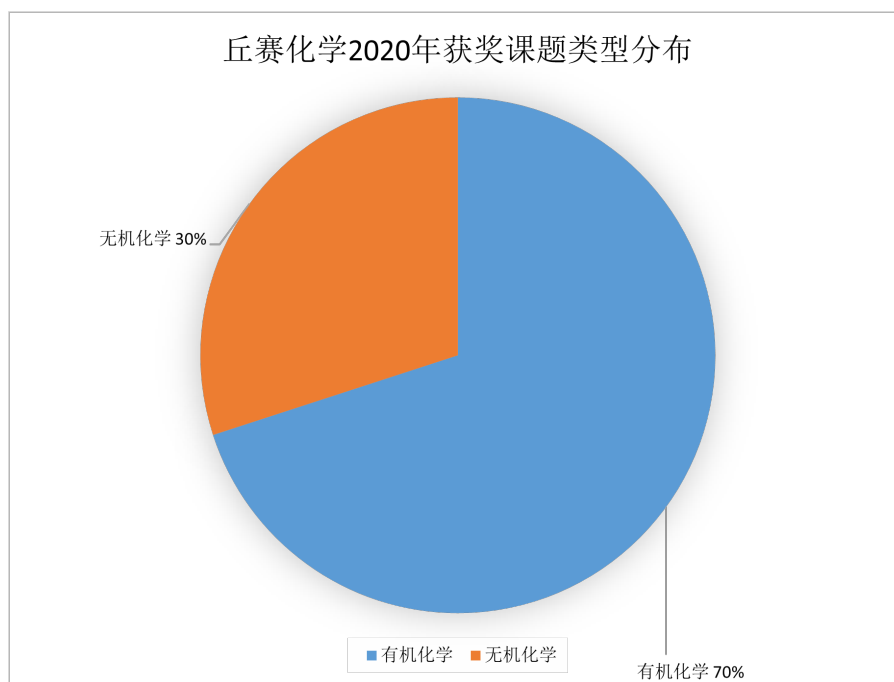


图 2.15: 丘赛化学 2020 年金、银、铜、优胜奖实验部分所涉及到的大类课题总结

2019 年总决赛

表 2.9: 2019 年丘成桐化学题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
Songtao Li (金)	Facile Green Synthesis of Titanium Dioxide/Polymer Nanocomposites with Enhanced Photocatalytic Activity	具有增强光催化活性的二氧化钛/聚合物纳米复合材料的简便绿色合成
张知为 (银)	Fast synthesis of the iridium(III) complexes at room temperature for high-performance OLEDs	室温下快速合成铱 (III) 配合物用于高性能 OLED
陆鹏蓉 (铜)	Coffee Grounds Derived Hard Carbon towards Enhanced Performance Anode Material for Sodium-ions Battery	咖啡渣衍生硬碳以提高钠离子电池的负极材料
赵方浩 (铜)	Facile Synthesis of Carbon Quantum Dots with Green Fluorescent for Photocatalytic and Bioimaging Applications	用于光催化和生物成像应用的光碳量子点的简便合成
汪文字、钱由夫、 CASSIE WANER HUANG (铜)	One-pot Synthesis of Homoallylic Alcohol from Alcohols via an Electrochemical Route	电化学路线从醇中一锅法合成烯丙醇
吴松泽 (优胜)	Sustainable Nanocellulose Membranes for Proton Exchange Membrane Fuel Cells	用于质子交换膜燃料电池的纳米纤维素膜
潘柏乐、李明康 (优胜)	Synthesis of A Novel Flame-retardant Hydrogel for Skin Protection Using Xanthan Gum and Resorcinol Bis(diphenyl phosphate)-coated Starch	黄原胶和间苯二酚双(磷酸酯)淀粉合成新型阻燃皮肤保护水凝胶
刘天辰、袁子晨、 莫晗琦 (优胜)	Cu-based metal-organic frameworks HKUST-1 as an effective catalyst for highly sensitive determination of ascorbic acid	铜基金属有机骨架 HKUST-1 作为高灵敏度抗坏血酸测定的有效催化剂
Justin Huang (优胜)	Preparation of Reusable PVA-Nano TiO ₂ Foam for Wastewater Treatment	用于废水处理的可重复使用的 Nano TiO ₂ 泡沫的制备
LEUNG Long Hei Ziv (优胜)	Wearable Textile-based Direct Urea Fuel Cell	可穿戴纺织基直接尿素燃料电池

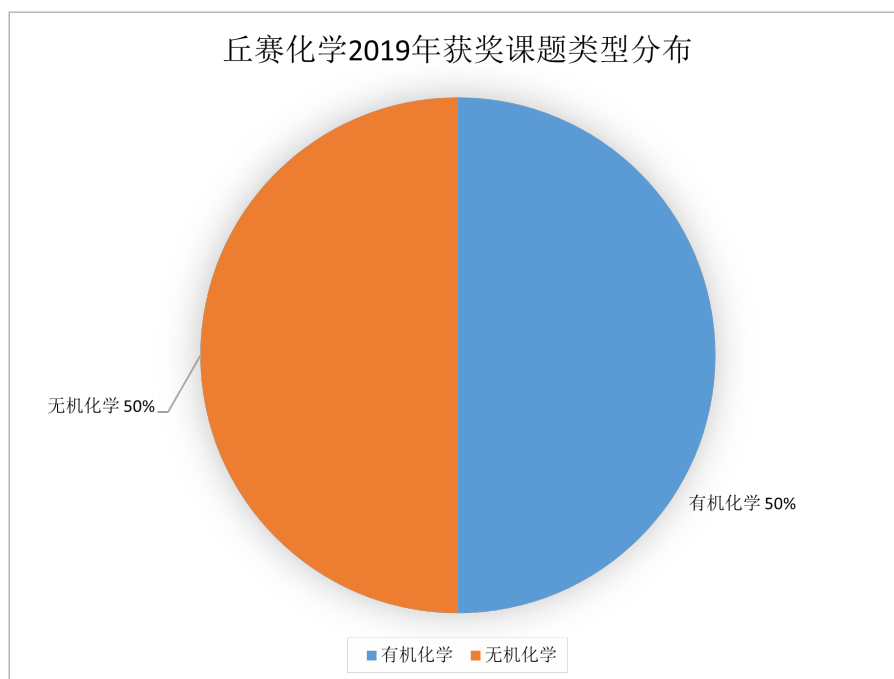


图 2.16: 丘赛化学 2019 年金、银、铜、优胜奖实验部分所涉及到的大类课题总结

分析可知，历年来，两类课题均有进入决赛，且无论是无机化学大类还是有机化学大类的课题均能获奖，唯一的区别是近些年来无机化学类课题获高层次奖概率相对较有机化学类课题获奖概率更大。从化学实验的角度来讲，有机化学类实验更为复杂，对理论功底的要求更高，试验周期也更长，也更难做出较为优秀的成果。因此，我们建议同学们尽量选择无机化学大方向的课题，包括电催化、无机化学合成、水污染治理、环境化学、储能及电容器研究、荧光材料合成、探针检测等等，此类领域实验操作没有有机化学大类繁琐，相对试验周期也更短。获奖论文的分析也证明了这样的结论。

深度解析

根据对大量参赛论文进行解析，我们发现了很多获得化学大奖论文的共同点，可进一步引导后续学生进行选题。

1. 学科交叉的课题越来越受到丘赛评委组的青睐（大背景解析）。学科交叉融合，即多学科交叉融合，涵盖学科交叉、学科融合，是指构建协调可持续发展的学科体系，打破传统学科之间的壁垒，促进文理渗透、交叉、结合，根据经济社会发展需求设置新兴交叉学科，培养满足国家社会发展需求的复合型高层次创新人才。简而言之就是大量的获奖论文不仅只涵盖化学学科，还结合了物理学科、生物学科，能与多学科进行交叉，这是化学最有魅力的地方所在。

2018 年，国务院颁布《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》文件，其中明确指出“立足学校办学定位和学科发展规律，打破传统学科之间的壁垒”。因此，交叉学科是站在国家发展的重大战略部署下的，交叉学科是未来发展的大势所趋。例如 2021 年全球金奖论文《Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction（种植豆芽衍生过渡金属掺杂碳纳米片电催化 CO₂ 还原和析氢反应）》（化学、生物学交叉，创新性地

物生长过程与化学催化剂结合起来，从而在生物体内获取催化剂)、2020 年全球金奖论文《Facile Fabrication of Silicon Carbide Spheres and Its Application in Polymer Composites with Enhanced Thermal Conductivity (碳化硅球的简易制备及其在增强导热聚合物复合材料中的应用)》(化学、物理交叉, 创新性地 将 热 导 材 料 与 碳 化 硅 结 合 起 来, 将 两 个 看 似 毫 无 关 联 的 材 料 融 为 一 体)、2020 年 全 球 银 奖 论 文 《Novel 4D-Coding System Based on Circularly Polarized Luminescent Pt Complexes (基于圆偏振发光铂配合物的新型 4d 编码系统)》(化学、物理学、计算机三重学科交叉, 构建算法, 利用编码计算对椭圆偏振体系的化学配合物进行解析, 融入了大量非化学的知识)、2018 年 全 球 铜 奖 论 文 《Preparation of Tumor Hypoxia Sensitive Nanomotors (肿瘤缺氧敏感纳米马达的制备)》(化学、机械学、生物学三重学科交叉, 采用振动马达以及生物缺氧效应来检测生物体内的肿瘤, 利用不同学科知识融合, 创造出使用的具有极强创新型的可实用化产品)。显而易见这样的课题也更容易碰撞出新的思维, 产生新的想法, 会更好获得评委组的青睐, 对于化学学科(实验学科)也更容易产生意想不到的新成果, 具有这样思维和能力的高中生, 更是国家需要的高中生, 也是今后走上国际化中更有潜力的高中生。

2. 选题背景贴近世界发展需求和民生问题导向的课题更容易受到评委组的青睐(大背景解析)。我们可以发现, 大量的获奖论文所研究的东西并不是所谓“高、精、尖”的科学问题, 而是更为贴近发展和民生所需的课题。因为这样的问题能实实在在解决现实中的问题, 具有这样思维的高中生, 能够站在“需求导向”的角度思考, 并落实起来, 这是非常可贵的, 培养一种“我要去解决现实中的问题”的学生, 是丘成桐评委组老师更想看到的。例如 2021 年全球金奖论文《Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction (种植豆芽衍生过渡金属掺杂碳纳米片电催化 CO₂ 还原和析氢反应)》, 选题为二氧化碳的研究, 二氧化碳的排放严重影响了地球的环境和人类的生活起居, 该选题积极响应国家号召的“双碳”政策, 这不仅仅是中国的重大需求, 同时也是全世界的战略需求。2017 年 全 球 银 奖 论 文 《Screening and Evaluation of the Risk Factors in Drinking Water based on High Throughput Methods (基于高通量方法的饮用水危险因素筛选与评价)》, 选题为水质安全监测, 水质安全影响到人们生活健康, 这样的选题贴近生活, 并且产生的新方法能对人们的日常生活最关心的安全为题带来启示。因此, 我们建议参赛学生队伍适量侧重选题人们日常生活中关心并密切相关的话题, 这样的选题更容易得到参考素材, 也实实在在给人们的日常生活最密切相关的话题带来了新的思考。
3. 看似“天马行空”的大胆设想或许能使得评委眼前一亮(大背景解析)。2019 年 全 球 铜 奖 论 文 《Coffee Grounds Derived Hard Carbon towards Enhanced Performance Anode Material for Sodium-ions Battery (咖啡渣衍生硬碳制备高性能钠离子电池负极材料)》, 利用咖啡渣衍生的硬碳材料来改善钠离子电池的性能, 在常人看来, 咖啡渣属于厨余垃圾, 并没有什么利用价值, 而该同学敏锐发现其中的硬碳能与电池中的负极产生微妙的“化学反应”, 从而使得这样看似“天马行空”的设想获得了评委的高度肯定。2021 年 全 球 金 奖 论 文 《Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for

Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction (种植豆芽衍生过渡金属掺杂碳纳米片电催化 CO₂ 还原和析氢反应)》, 史无前例地将生长过程中吸收金属离子的豆芽菜制备催化剂, 而在传统的制备过程中, 是拿生长好的植物直接浸泡在金属溶液中的, 这样的方法不仅让评委眼前一亮, 而且这种方法的性能远远高于传统方法。因此我们建议, 学生可以大胆设想, 仔细论证。新思维的培养, 是丘成桐化学竞赛获奖论文的点睛之笔。

4. 金奖、银奖的化学获奖论文大都与污染治理相关 (专业性解析)。正如前面第二点所说, 环保类问题是全球的民生焦点也是全球发展的重中之重, 而污染治理, 则是环境问题的核心所在。化学不同于其他学科, 仅仅从单角度去解析污染问题, 化学的魅力在于它有百变的方法和途径 (源头上采取化学节源、过程中采取绿色化学方法、后期采取化学循环污染治理等等), 为污染防治增砖加瓦。例如 2019 年全球金奖论文《Facile Green Synthesis of Titanium Dioxide/Polymer Nanocomposites with Enhanced Photocatalytic Activity (具有光催化活性的二氧化钛/聚合物纳米复合材料的简易绿色合成)》, 用一种绿色的方法, 取代长时间、高能耗的碳化硅球制备技术, 直接从源头上避免了合成方法带来的污染 (污染源头上的化学防治方法)。2018 年全球银奖论文《In Vivo Tracing of The Effect of Microplastic Pollution on Salicylic Acids and Organophosphorus Pesticides Uptake in Aloe (微塑料污染对芦荟水杨酸和有机磷农药吸收影响的体内追踪研究)》, 微塑料污染对芦荟水杨酸和有机磷农药吸收影响的体内示踪研究, 跟踪了微塑料污染对于生物体吸收的影响, 并提出了相应的思考 (过程中的绿色跟踪)。2021 年全球银奖论文《Closed-loop Recycle of Waste Polyester Textile by Chemical Method (废旧涤纶织物的化学闭环回收)》, 选题为废物回收, 用一种绿色的方法将“令人头疼的”化学法废旧聚酯纺织品实现了回收 (后期的绿色化学循环方法)。
5. 站在当下国际化学前沿热点 (即化学合成) 上的论文更容易获得更高增次的奖 (专业性解析)。化学合成 (涵盖材料合成、有机合成等等) 一向是化学中的热点、焦点。纵观 2017-2021 年金奖论文, 除了 2018 年极具创新性的理论研究获奖以外 (这个理论研究也是理论热点方向), 其余获奖课题均为实验研究, 且均与化学合成相关, 而其他类别, 如银奖、铜奖、优胜奖的论文则不具有这个趋势。例如 2021 年全球金奖论文《Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction (种植豆芽衍生过渡金属掺杂碳纳米片电催化 CO₂ 还原和析氢反应)》(生物质催化剂的合成, 而且是极具创新性的合成方法, 从生物体内“合成”), 2020 年全球金奖论文《Facile Fabrication of Silicon Carbide Spheres and Its Application in Polymer Composites with Enhanced Thermal Conductivity (碳化硅球的简易制备及其在增强导热聚合物复合材料中的应用)》(碳化硅合成方法探讨, 这个课题探讨了一种更为简单、直接的方法来作为化学合成的方法, 并用于其他新的领域, 由此可以看出, 设计一种全新的、甚至是更简单的化学合成路径或许是一种获得大奖的好路径), 2019 年全球金奖论文《Facile Green Synthesis of Titanium Dioxide/Polymer Nanocomposites with Enhanced Photocatalytic Activity (具有光催化活性的二氧化钛/聚合物纳米复合材料

的简易绿色合成)》(二氧化钛聚合物的合成,与前面的课题一样,也是寻找了一种更为简单的合成路径),2017 年全球金奖论文《Microfluidic-Directed Assembly of Versatile Colloidal Photonic Crystal Supraballs toward Display and Sensing (用于显示和传感的通用胶体光子晶体超球的微流控组装)》(胶体光子晶体合成)。丘赛的评委老师有来自全球各大高校的知名专家,而知名专家的研究更多为热点和前沿方向,并且也会更关注这些方向,对于这些方向的判断也更得心应手。因此,笔者建议参赛同学在感兴趣的基础上,多参考热点领域相关的课题。

通过上述解析,我们可以得到一些启示:比如在选题方面,可以选择与生活息息相关的课题,最好是符合国家战略发展、符合民生大计的课题。好的论文选题需要具有一定的前瞻性和创造性,最好是要具有交叉学科背景,传统的研究仅仅局限于某一单一学科,因此研究出来的成果可能受到限制,交叉学科融入了各个学科的精华,形成优势互补,更容易碰撞出不一样的东西。同时,无机化学大类的课题更容易受到评委的青睐,其中的精准的化学合成、水化学、污染治理是一些比较有利的方向。当然,所研究的内容也要有很强大的成果支撑,需要有远优于传统方法的性能。综上,可以从这些角度进行切入。

2.3.1.1 2023–2025 年(第十六至第十八届)获奖趋势与代表性论文

化学学科在 2023–2025 年继续呈现“实验为主、合成与电化学并重、紧扣双碳与生物医药热点”的特点。2023 年金奖《CRISPR-enabled signal amplification for visual antigen detection》(上海宋庆龄学校)将 CRISPR 信号放大用于抗原可视化检测;2024 年金奖《Improving Intracellular Synthesis Efficiency of GFP Catenane through Directed Evolution》通过定向进化提升 GFP 连环蛋白的细胞内合成效率;2025 年金奖《Fabrication of an NTO/Ag/g-C₃N₄ Self-Supporting Membrane》关注海水光催化制氢。这些课题共同的特点是:选题紧扣环境/能源/生物医药热点,研究方法以实验合成为主,并辅以系统的物理化学表征。

2.3.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 金奖·《CRISPR-enabled signal amplification for visual antigen detection》

学生/学校: 樊泓萱、郑好,上海宋庆龄学校

指导老师: 陈易新、李江

研究的是什么问题? 新冠疫情让全民熟悉了“抗原检测试纸”——把鼻拭子液体滴到试纸上,10 分钟后看条线。这种试纸用的是抗体识别病毒抗原的原理,灵敏度有限,往往要等到病毒载量较高时才显色。这篇论文要解决的问题是:能不能在保留试纸的简易性的同时,把灵敏度大幅提升?作者的创新点是引入近些年生命科学领域最炙手可热的工具——CRISPR-Cas 系统(基因编辑剪刀),把它当作“信号放大器”接到抗原检测的反应链下游,使得即便微量抗原也能被放大成肉眼可见的颜色变化。

用了什么方法? 整个反应链可以理解为三段接力:(1) 抗体捕获抗原——常规免疫层析的第一步;(2) 抗原触发一段 DNA“激活信号”——通常通过抗体偶联 DNA 探针实现;(3) CRISPR-Cas12a(或 Cas13a) 酶被激活后开始“无差别剪切”——切割大量带荧光基团或显色基

团的报告分子,从而把一份抗原信号放大为成百上千份信号。这正是 SHERLOCK 和 DETECTR 等近年明星检测方法的核心机制,被作者首次拿来“可视化”抗原检测。

为什么评委青睐? 评委看重三点: (1) 选题极具时代意义——抗原检测是疫情期间和后疫情时代每个人都关心的话题; (2) 方法极具前瞻性——CRISPR 诊断 (CRISPR-Dx) 是 2017 年以来才兴起的方向,把它跨界用到抗原检测属于真创新; (3) 作者展现了高强度的实验能力——CRISPR 体系涉及克隆、蛋白纯化、核酸化学、免疫化学多个技术栈,对高中生而言挑战极大。这是一个典型的“交叉学科 + 前沿工具 + 实用场景”获奖案例。

对参赛者的启发: 如果你对化学/生物方向感兴趣,“CRISPR + 检测 / 治疗 / 成像”是 2023–2026 年最容易出成果的方向之一。不必从零开发新酶,更可行的路径是把已经被生物学家成功用过的工具,跨界到化学传感器、光声成像、可穿戴检测等“接口”应用中。这种课题既能蹭到前沿热度,又有清晰的化学实验主干。

2024 金奖 · 《Improving Intracellular Synthesis Efficiency of GFP Catenane through Directed Evolution》

学生 / 学校: 孔繁 (FanHao Kong), 北京师范大学附属实验中学

指导老师: 张文彬 (WenBin Zhang)、孔炯静 (EJing Kong)

研究的是什么问题? “Catenane” (连环烷) 是化学中一种神奇的分子——两个或多个环像奥运五环一样机械咬合在一起,没有共价键却无法分开,必须把环切断才能解开。GFP (绿色荧光蛋白) 是生物学家最熟悉的“显色标签”。本论文研究的是如何把 GFP 改造成连环结构 (GFP catenane), 并且让细胞自己“高效组装”这些机械互锁的蛋白质——这相当于让细胞工厂生产乐高积木,并自动咔嗒一声拼合到一起。研究的难点是细胞内组装效率很低,绝大多数 GFP 都没有完成自缠绕。

用了什么方法? 作者用的是合成生物学的经典工具——“定向进化” (directed evolution)。定向进化的核心思路是: (1) 对编码 GFP catenane 前体的 DNA 序列做大量随机突变,建立一个“基因库”; (2) 让大肠杆菌或其他宿主细胞表达这些突变体; (3) 通过荧光检测或活性筛选,从数百万个突变体中挑出组装效率最高的那几个; (4) 把它们再做几轮突变和筛选,“进化”出超级版本。这一方法的“教父”是 2018 年诺贝尔化学奖得主 Frances Arnold——本论文相当于把诺奖级方法落地到了一个具体、漂亮的目标分子上。

为什么评委青睐? 这个课题展现了三种顶尖能力: (1) 深刻的分子设计——把蛋白质做成连环烷本身就是国际化学/生物界最前沿的拓扑化学课题; (2) 扎实的合成生物学技术——定向进化需要分子克隆、深度测序、文库构建、自动化筛选等完整技术栈; (3) 清晰的工程化目标——不是为了“展示能做”,而是为了把效率从 10% 提高到接近 100%。指导老师张文彬教授本身就是这方面国际知名学者,论文的学术起点极高。

对参赛者的启发: “定向进化”是一种通用的化学/生物优化工具,原理简单 (突变 + 筛选 + 迭代),但能应用到酶设计、抗体设计、生物材料、合成生物学的几乎所有方向。如果你能找到一个具体的、可定量评价的优化目标 (比如某个酶的活性、某个蛋白的表达量、某个材料的性能),就可以用定向进化的框架打造一个完整的研究课题。

2025 银奖 · 《Fluoride-Ion Triggers Stable and Active Seawater Oxidation at 1A/cm²》

学生 / 学校：陈思睿 (Sirui Chen)，北京师范大学附属实验中学国际部

指导老师：孙晓明 (Xiaoming Sun)、孔婧静 (Ejing Kong)

研究的是什么问题？全世界 97% 的水是海水。如果能直接电解海水产氢，就能绕过淡水制氢面临的水资源瓶颈，把可再生电力（风电、太阳能）大规模转化为绿氢。但海水中含有大量 Cl⁻（氯离子），电解时阳极会和氧化反应（OER, 析氧反应）竞争产生有毒的氯气（CER, 析氯反应），同时阳极催化剂也会被氯离子快速腐蚀。这篇论文的关键发现是：在体系中引入氟离子（F⁻）作为“调控剂”，能在工业级电流密度 1 A/cm² 下同时实现“稳定”和“高活性”——这是工业可用海水电解的硬指标。

用了什么方法？从题目可以推测的研究路径是：（1）合成一种过渡金属基催化剂（极可能是 NiFe 或 NiCo 基的层状双氢氧化物 LDH，因为指导老师孙晓明教授正是该领域国际权威）；（2）在电解液中加入不同浓度的氟盐，对比加 F⁻ 与不加 F⁻ 的稳定性和活性曲线；（3）用 XPS、TEM、原位 Raman 等手段揭示 F⁻ 究竟是“改造了催化剂表面”还是“屏蔽了 Cl⁻ 攻击”还是“参与了反应中间体的稳定”。最终找出 F⁻ 起作用的微观机制。

为什么评委青睐？海水电解制氢是双碳战略中最具落地价值的方向之一。论文不是停留在实验室小电流（毫安级），而是直接攻击 1 A/cm² 这个工业级阈值，这意味着结果具备直接转化的潜力。同时，用 F⁻ 这一非贵金属、非毒性的“小添加剂”实现性能跃升，方法上极为优雅。指导老师孙晓明教授是国际著名的电催化专家，论文的科学含量直追硕士论文水平。

对参赛者的启发：化学课题想要拿大奖，“性能突破到工业级”是一个非常硬的卖点。不要停留在“我合成了一个新材料，光催化效率比对照高 30%”——这种数据很常见。如果你能让一个性能指标突破到学术界公认的“工业可用”门槛（电流密度 1 A/cm²、电解电压 1.6 V 以下、稳定运行 1000 小时等），评委一眼就能看出研究的真实价值。

（以上论文获奖信息均来自 yau-awards.com 官方公示页面，详见³）

表 2.10: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（化学）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	金	上海宋庆龄学校	CRISPR-enabled signal amplification for visual antigen detection	樊泓萱、郑好
2023	银	北京师范大学附属实验中学	Hyaluronic Acid-Based Azo Polymer: Synthesis, Characterization and Potential Application in Biomedical Field	Grace Qiao
2023	铜	上海外国语大学附属外国语学校	Light-driven adaptive camouflage structures based on photoprogrammable printing ink	徐圣桀

³2023 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>；2024 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>；2025 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	铜	南京外国语学校	Smart Probe Lighting Disease —— Synthesis and evaluation of fluorescent probe for early diagnosis of AD	徐菡月、毛今泽
2023	铜	上海外国语大学附属外国语学校	High-Efficiency Electrocatalytic Conversion Of Atmospheric Carbon Dioxide	刘思晨
2024	金	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Improving Intracellular Synthesis Efficiency of GFP Catenane through Directed Evolution	FanHao Kong 孔繁 [F]
2024	银	Shanghai High School International Division 上海中学国际部	Inkjet Printing of Photonic Crystals for Photothermal Responsive Structural Color Display	Yinuo Elizabeth Li 李伊诺
2024	铜	Affiliated Middle School of Sichuan University (Chengdu No. 12 High School) 四川大学附属中学(成都十二中)	Nitric Oxide Donor and Minoxidil Co-loaded Microneedles Improve Hair Loss Treatment	JiaNi Lyu 吕佳妮
2024	铜	未公开	Exploring the Properties of CuO Thin Film for Enhanced Solar Cell Performance	Cyrus NG 吴奕龙, Dorottya PAPP
2024	铜	未公开	Investigating Binding Anities of the HPV E6-Associated Protein LXXLL Motif and E7 LXCXE Motif with Quinolines via Molecular Docking	未公开

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2025	金	上海外国语大学附属外国语学校 Shanghai Foreign Language School Affiliated to Shanghai International Studies University	Fabrication of an NTO/Ag/g-C ₃ N ₄ Self-Supporting Membrane for Efficient Photocatalytic Hydrogen Production from Seawater	朱一然 Yi-ran Zhu
2025	银	北京师范大学附属实验中学国际部 International Division of The Experimental High School Attached to Beijing Normal University	Fluoride-Ion Triggers Stable and Active Seawater Oxidation at 1A/cm ²	陈思睿 Sirui Chen
2025	铜	清华大学附属中学 Tsinghua University High School	Research on Cotton-Derived Down-mimic Materials	唐祺瑶 Qiyao Tang
2025	铜	未公开	Construction of Multifunctional Cerium Containing Nanozyme Hydrogel and Its Microenvironment Regulation Mechanism in Skin Wound Healing	伍承汉 Chenghan Wu
2025	铜	未公开	Preparation of Ternary Synergistic Graphene Composite Aerogels and its Application in High-Performance Supercapacitors	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5、入围 3。

2.3.2 相关参赛背景知识介绍

2.3.2.1 学科知识

对于理论方面，一定要非常熟练高中阶段已学习的基础知识，这是万丈高楼的根基。当然，仅仅是高中的知识还远远不够，学生在后续的学习中，可引入一些比较深入的理论基础

知识（大学化学方面），便于进一步开拓视野，并构建思路体系。

1. **掌握基本电化学基础知识：**分析可知，很多获奖的论文都与电化学有关，例如催化、电池、超级电容器等，这就要求学生能熟练掌握高中所讲到的电化学相关知识，并将其很好应用。比如氧化还原反应及其原理，得电子与失电子反应、电解池的基本原理、化学电源及化学电路的知识。只有打好了这些基础，才能在后面的实验和比赛中游刃有余。当然，还需对这些知识有进一步的延伸，比如催化剂的结构筛选、电解反应的阴阳极材料的特征、电催化的基本性能分析等，推荐参考书目：
2. **掌握有机合成的几种基本方法：**有机化学与生活息息相关，部分学生团队选择有机化学类的课题作为其研究方向。有机化学体系复杂，反应多变，尤其受到温度、压力、湿度、反应时间等因素的控制，这需要学生在高中阶段严格打好有机化学的基础，比如什么样的反应条件可以合成具有什么特征的产物，这一点对于即将选择有机化学作为参赛题目的同学而言非常重要。这也需要进一步延展，最直观有效的方法就是，了解更多的有机化学反应，从别人的合成条件中寻找灵感，找到复合自己想法合成的物质的方法。

2.3.2.2 实验操作

对于实验方面，丘赛化学（实验性学科）实验操作在所难免，实验是基于理论知识的纵深，因此，扎实基础适当拓展相当有必要。学生在初高中已对基础实验操作有一定训练（主要是瓶瓶罐罐的实验），但是对于化学分析、测试仪器的操作有些陌生，因此学生适当掌握一些常见实验仪器的操作即可。

1. **掌握基础无机化学实验：**丘赛化学获奖课题大部分为无机化学相关实验，首先学生需要掌握基本的实验仪器操作，比如高中实验课所讲到的滴定分析、加热合成等，这是化学实验的基础，也是第一部。随后就是要利用这些基本操作来掌握物质的分离和提纯方法，常见的分离提纯方法有过滤、沉淀、离心、离子交换等，几乎所有的合成方法最后都会将所合成的物质分离提纯，因此掌握这些方法尤其重要。

2.3.3 优秀论文案例分析

2.3.3.1 2021 年全球化学金奖

这里，我们以 2021 年全球化学金奖论文“Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction”（种植豆芽菜衍生的碳负载过渡金属纳米颗粒在电催化中能源转化的应用）为例进行解析。

1. 研究课题选择及获奖情况分析

朱清瑗为 2021 年丘成桐中学生科学奖化学金奖得主，来自上海外国语大学附属外国语学校，是周恩来总理亲自批示成立的七所外国语学校之一，是全国著名高中，直属国家教育部，为全国外国语学校工作研究会会长学校和理事长学校、全国中小学外语教研示范学校，被誉

为“培养外语外交人才的摇篮”。该课题导师郑耿锋教授为复旦大学先进材料实验室和化学系教授、博导，国家杰出青年科学基金获得者、教育部青年长江学者、中国化学会青委会委员，重点研究碳基小分子的电化学催化与能源存储、纳米-生物复合界面，已在国际著名学术期刊上发表论文 120 余篇，邀请专著与章节 4 部，论文的总他引次数 8000 多次，h-index 因子达到 37（全球高水平），兼任目前兼任国际期刊 *J. Colloid and Interface Science*（影响因子 8.128）的编辑，*J. Materials Chemistry A*（影响因子 12.732）杂志的编委，是一位非常优秀的青年教师，研究成果曾被美国国家广播电台、福布斯杂志、MSNBC，*Science* 等多个新闻媒体和杂志报道。从履历上看，学生履历非常完美，教师履历极其杰出，学生本人身处上海市，具有广阔的国际视野和教育资源，同时，其被选拔为校化学英才班学员，得天独厚的资源和自身扎实的学科背景使得朱清瑗同学在高手如云的丘赛化学赛中脱颖而出。

该论文是获得金奖的关键所在。首先，我们从选题学科上解析，该选题《种植豆芽菜衍生的碳负载过渡金属纳米颗粒在电催化中能源转化的应用》理论知识在高中化学的基础上还涉及了“生物化学”（大学课程）、“电化学原理”（大学本科及硕士课程）、“物理化学”（大学课程）等诸多课程，证明了该同学有极强的理论功底。其次，该课题不是单一的化学学科课题，也结合了大量生物学方面的知识，是标准的创新型交叉学科课题，这种交叉学科课题是国家非常支持的，在 2021 年教育部也积极出台《交叉学科设置与管理办法》来鼓励大学开展交叉学科教学、激励硕博士进行交叉学科选题，因此可以看出交叉学科是未来发展的大势所趋，而一个高中生竟具有如此前瞻性的思考能力，并将其付诸实践，可能这就是该同学能以此获得丘赛金奖的点睛之笔。再次，选题背景围绕二氧化碳还原开展，是“双碳”背景下的重点研究方向，选题结合了国家战略发展的大背景，也与“十四五”规划所提出的发展目标不谋而合，因此若后续深入研究并形成完善的研究体系，那么其成果将具有很强的商业化应用价值。最后，此篇论文想法创新性极强，此前从未有人尝试，为二氧化碳的还原提供了一种新方法，并启发了后续研究者一系列的思考，这也是该论文能获得成功的关键所在。

2. 论文概述

Title: Planted Bean Sprouts-Derived Transition Metal-Doped Carbon Nanosheets for Electrocatalysis of CO₂ Reduction and Hydrogen Evolution Reaction

Abstract: Electrocatalysis CO₂ reduction can convert CO₂ into important fuels and chemicals to reach artificial carbon sequestration. This subject puts forward a new concept "planted catalyst", which means that during the growth of soybeans into bean sprouts, metal ions are absorbed into the plants and fixed. Compared with the traditional soaking-method catalysts, this "planted catalyst" with the special structure and good performance can be obtained. It can be seen that plant-derived carbon catalyst has the feasibility of higher performance and has a good prospect.

Keywords: CO₂ electrocatalysis, water electrolysis, catalyst, bean sprouts, biomass carbon materials

论文标题中文：种植豆芽菜衍生的碳负载过渡金属纳米颗粒在电催化中能源转化的应用

论文摘要中文：电催化CO₂还原可将CO₂转换成重要的燃料和化学品，实现人工固碳。本课题提出一个新概念“种出来的催化剂”，其为黄豆在生长成为豆芽菜的过程中，将金属离子吸收进体内并将其固定。通过与传统浸泡所得的催化剂做对照试验，可得到特殊结构与性能良好的催化剂。可见植物衍生碳材料催化剂具有更高性能的可行性，具有良好前景。

论文关键字中文：二氧化碳还原，电解水，催化剂，豆芽菜，生物质碳材料

3. 获奖点解析

- 1. 从选题背景上看：**论文的出发点在于选取合适的催化剂固定二氧化碳（化学式CO₂）。众所周知，二氧化碳浓度过高不仅会对人体健康造成影响，也会影响自然环境。但是随着人类活动范围扩大，工业革命后工业迅猛发展，地球上的工厂、矿山林立，各种交通工具骤增，二氧化碳的排放与日俱增，再加上森林的砍伐减少了二氧化碳的吸收固化，大气中的二氧化碳越积越多，继而引发的各种环境问题使得人类不得不去关注CO₂的问题。如前文所说，课题研究方向的选择适应了时代发展潮流，响应了党中央“双碳”的政策，符合国家“十四五”战略规划，因此这样的课题，更容易得到支持，也会有更多的参考资料予以佐证，最重要的是，这样的研究成果更容易应用到现实生产中，对国家发展和生态建设具有相当积极的作用。
- 2. 从选题创新性看：**该论文创新性地提出了一种固定二氧化碳的方法，使用了生长过程中吸收金属离子的豆芽菜制备催化剂，而在传统的制备过程中，是拿生长好的植物直接浸泡在金属溶液中的，这种方法的性能是比传统的方法要好的，因此被称为“种出来的催化剂”。该选题创新实在“大胆”，对于新一代的高中生，尤其是在培养创造性思维的时代，这样“大胆”创新实属不易，更为可贵的是，这样的创新并不是空穴来风，实验结果证明了“大胆”的可行性。

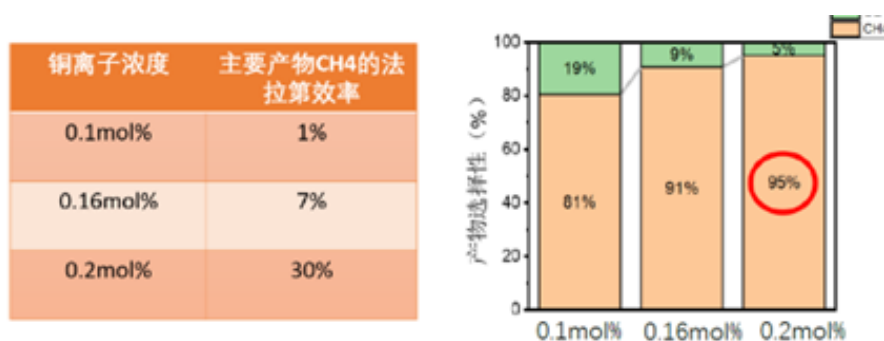


图 2.17: 不同浓度下产物催化产生 CH₄ 效率

该研究发现，铜离子浓度越高，CO₂还原产物对CH₄的选择性也更高，在0.2mol%下能高达95%，数据非常漂亮。

- 3. 从研究逻辑看：**该论文逻辑紧密，研究的顺序环环相扣，前后相互佐证。从前期的植物种植到后面的催化剂测试及二氧化碳固定测试，种植的植物可以提取催化剂用于后续实验，后续实验证明了前期种植植物固碳的可行性，形成了良好的逻辑闭环。从实验结果看：该实验效果显著，在0.2mol%下种植出来的豆芽菜衍生催化剂在二氧化碳（CO₂）还原中产甲烷（CH₄）的效率高达30%，而传统方法的效率仅有2%，可见其性能上显

著的优越性；不同铜溶液浓度下种植的豆芽菜相比，浓度越高，产 CH_4 效率越高，且产 CH_4 的选择性更高，在铜离子 $0.2\text{mol}\%$ 下达到了 95% ；性能非常优异，也证明了选题的正确性。长远来看，具有商业化应用的潜在优势。

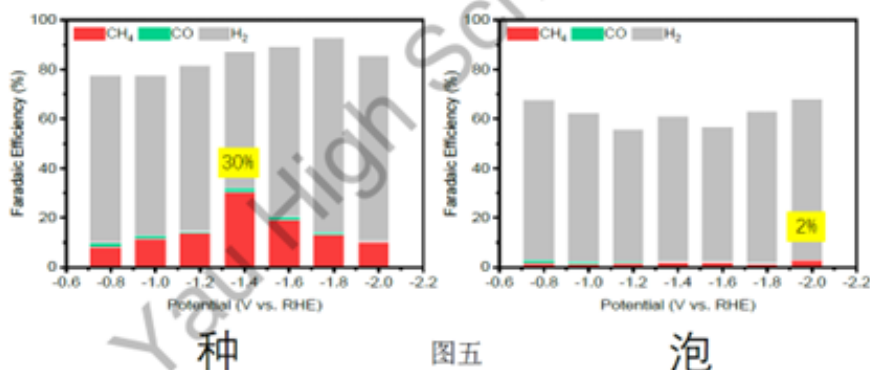


图 2.18: 浸泡和种植所得催化剂催化效率比较

该研究发现，种植下产甲烷的法拉第效率在 -1.37V 电位下高达 30% ，而浸泡下的法拉第效率仅在 -1.97V 下达到 2% ，可见种植相对于浸泡法在性能上有显著的提升，远远高于了传统的催化剂提取法。这也进一步说明了，创新课题搭配完美的结果支撑是很容易取得高级别奖的。

2.4 生物

人类所认知的宇宙、自然界、生物、和人类自己都是非常有限的，草木禽兽以类聚，如何鉴定和区分，遵循了界、门、纲、目、科、属、种的现代科学。生物形态学是一门古老的学科，形态学与分类学很早就被牵扯到创世说与进化论不断讨论之中。随着科学的不断进展，分子生物学不仅基于形态学研究，更多的是建立基因型特征，比如：编码的氨基酸序列，由此形成生物学中对世界的现代化认知。

2.4.1 研究课题选择及获奖情况分析

地球从形成初期的混沌状态，轻物质上升形成天空，重物质下沉为地壳。天与地之间形成了生物包括：植物、动物、微生物，又经过了 38 亿年的漫长进化，创造出了智慧生物——人类。丘成桐奖生物课题主要可以分为植物学、动物学、病原学及应用和现代医学。

1. 植物学：

植物学主要研究植物的形态、分类、生理、生态、分布、遗传、进化等。目的在于开发、利用、改造和保护植物资源。其中很大部分课题是研究植物的生理状态，发生休眠、侵袭性感染、溃烂严重影响植物生长和农作物生产。如何合理治疗和恢复生产也变得尤为重要。高中生对于生物学初级认知，要达到基因水平和农作物复产还是有一定难度的。需要基于实验室做基本实验操作，以及与经验丰富的老师一同探讨植物的生长发育、感染治疗等，会提高得奖概率。高中生需要对植物学很感兴趣，掌握植物学基本理论，形态学鉴定，植物枯萎原因及治疗方案。首先农作物是植物学最火热的方向，比如水稻（2019 优胜）、玉米—大豆（2021 优胜）、猕猴桃（2021 铜奖）、豌豆（2018 优胜）、捕蝇草（2017 金奖）、猪笼草（2016 银奖）等。这些植物对人类的健康成长息息相关，也是丘成桐奖获得的重要课题。

高中生需要有一种不放弃的精神，如果遇到植物生长条件、感染、治疗没有达到预想的效果，需要多查阅文献，积累实验操作中的失误，多与经验丰富的老师进行探讨。这对于科学研究是至关重要的。参赛的作品对植物的发生发展，以及致病机理，如何恢复生产等都做了详细的实验与结果的整理。“细节决定成败”，每一次的失败都是成功的积累，相信美好的结果终将到来，获得丘成桐奖项是我们源源不断的动力。

虽然说发现一个全新物种、新的致病机制很难，但基于现阶段已有技术进行升级改造，不同的技术应用于其他物种，比如耐药基因等方面。高中生需要有对知识的探索，新知识的学习与应用，做开拓创新的新一代青年。水稻、蔬菜和水果，关乎于民生的植物依旧是植物学的热门课题。让植物提供更多的食物、营养、纤维、药等，如何抵抗更为劣势的外部生长环境，从而提高产量。这些是科研界的挑战，也是高中生对于国际前沿科学的学习，提高科研兴趣，培养科研思维，都会是人生之中不可多得的机遇，人生因经历丰富而多彩。

2. 动物学：

中国多在初中二年级或继植物学之后接触动物学，高中生对于动物有很多的了解，还有很多学生热爱小动物。动物学的研究主要介绍各类动物的形态结构、生活习性和经济意义，有时还介绍动物的饲养和管理、动物的地理分布。丘成桐获奖课题一般围绕潮虫（2021 金奖）、蚊子（2021 优胜）、蚂蚁（2020 金奖）、蝴蝶（2020 银奖）等研究。对于动物学的研究获奖的课题要求较高，一般要求高中生比较系统地掌握关于动物的形态结构、生理、分类、进化和生态学等方面的基础知识，以及这些知识在农业、医药、工业、国防上的应用。

训练学生掌握使用显微镜、制作临时装片、采集和制作昆虫标本等基本技能；培养学生在动物学方面的自学能力、观察能力以及分析和解释一些生物现象的初步能力。基于形态学和分子学鉴定物种，通过一些手工绘画，标注部分动物（媒介生物较多）的解剖组织结构，提高学习的能动性。用手工操作切实掌握动物的组织结构。基因层面对于高中生来说并非易事，需要对 21 世纪的基因工程有所了解，用核酸序列的形式揭示生命的奥秘。如何与蛋白互作，影响表观遗传等众多交叉学科。

高中生需要掌握很多实验室操作技能，比如显微镜甚至电镜的使用能对于动物的形态学进行鉴定；核酸的提取技术，可以用 16SrDNA，CO1 等分子层面物种鉴定，也可以对很多疾病进行筛查（2021 金奖）；普通 PCR 循环扩增的理论知识和实践操作，实时荧光定量 PCR 仪器的使用，如何制作标准曲线与基因定量，甚至是最最新的数字 PCR 仪器的使用；全基因组测序技术，转录组、代谢组、蛋白质等组学的联合分析技术。国际前沿技术的应用，比如单细胞转录组测序技术的应用（单细胞转录组分析揭示镜像神经元，2021 铜奖），对于高中生来讲既是挑战又是机遇。

- 3. 病原学及应用：**病原学主要分为细菌、病毒、支原体、衣原体、结合杆菌、真菌、寄生虫等微生物研究。冠状病毒属的病毒是具囊膜、基因组为线性单股正链的 RNA 病毒，是自然界广泛存在的一大类病毒，比如 SARS 和新冠病毒。高中生对于新冠病毒研究的热忱不断攀升，可以理解青年对新冠病毒的探索追求。但是由于病毒具有高致病性和潜在传播危险，新型冠状病毒核酸检测必须在达到至少生物安全二级（BSL-2）或以上实验室进行，同时采用生物安全三级（BSL-3）实验室的个人防护，才能开展相应的检测，而埃博拉病毒的检测则需要在生物安全四级（BSL-4）实验室进行。不建议高中生从事此类病原的研究。丘成桐奖 2016 年以来并没有涉及到冠状病毒的研究。

病原学的研究课题需要在生物安全防护的实验室进行操作。可以对植物和动物进行形态学和分子学鉴定以后，提取核酸，设计想要研究病原的引物，用 PCR 循环扩增，在基因层面进行检测和鉴定。同时使用贝叶斯和 MEGA 等软件进行系统发育进化树分析。它可以利用树状分支图形来表示各物种或基因间的亲缘关系。

分支系统发育分析是用来研究物种或序列进化和系统分类的一种方法。一般研究对象是碱基序列或氨基酸序列，通过数理统计算法来计算生物间进化关系。最后，根据计算结果，可视化为系统进化树。应用来讲主要集中于核酸扩增的优化，比如：HCR 技术（2020 优胜）。基于全基因组学研究，比如：使用 Hi-C 识别基因组结构中普遍模式的方法（2019 优胜）。

获奖课题多为植物、动物病原检测，比如：肠杆菌噬菌体在猕猴桃中的研究（2021 铜奖）、青海湖噬菌体多样性及与宿主相互作用（2021 优胜）、玉米大豆与土壤细菌（2021 优胜）、北京市土壤中抗植物病原菌（2018 优胜）、手机表面细菌携带（2016 优胜）等。

4. **现代医学**：人类今天的生活都受惠于 20 世纪现代医学的发展，而 20 世纪对医学来讲尤其是一个非常的历史时期，医院里所有的诊断、治疗的方法都是 20 世纪发明的。20 世纪医学上的各种成就：从“病原体”的发现，到抗菌素的研制，从激素的产生，诊断技术的提高，外科手术的进步，免疫学的发展，近年发展很快的人类基因组计划的研究。高中生对于现代医学的研究会依赖于医院的患者或者志愿者。需要有良好的的人际沟通能力，对于医学的喜好，治病救人的理念。“医学贵精不精则害人匪细”，医学必须秉持严谨的科学态度，要对患者和志愿者进行康复训练与应用。比如智能感知结合音乐治疗脑卒中患者康复效果评价体系（2021 银奖），智能感知结合音乐疗法的脑卒中患者康复效，可以完成脑卒中患者排查、康复训练中病人运动能力和康复效果量化的功能通过人类基因组计划，基于公司测序平台，可以揭示分子基因的功能。比如最先进的单细胞转录组测序分析揭示镜像神经元的分子和功能特性（2021 铜奖），通过单细胞转录组筛选出特定基因，揭示自闭症与渐冻症与特定基因的关系，各基因相互存在的机理。这类高中生需要掌握大数据时代组学的研究，各类数据分析以及 R 语言的编程。学会 AI 和 PS 等绘图软件的应用，对学生的要求较高。

下面我们具体来看一下近三年生物部分的课题分布情况。

2021 年总决赛

表 2.11: 2021 年丘成桐生物题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
Bob Guan 管泊宁 (金)	A molecular phylogeny of Cavernicolous Oniscidea (Isopoda) in Southern China reveals a new species of blind Armaillidae (Oniscidea, Isopoda) and multiple origins of troglodytic behavior	中国南方海绵体虫科 (等足纲) 的分系统发育揭示了穴居行为的多个起源和潮虫的一个新种
蒲新格 (银)	Evaluation system of rehabilitation effect of stroke patients with intelligent perception combined with music therapy	智能感知结合音乐治疗脑卒中患者康复效果评价体系
Richard Hou、 Devin Liang Chen (铜)	Application of Enterobacteriophage in Combined Infection of Kiwifruit Canker	肠杆菌噬菌体在猕猴桃溃疡病复合感染中的应用
Steven Varty (铜)	Uncovering Mirror Neuron' s molecular and functional identity by single cell transcriptomic analysis	通过单细胞转录组分析揭示镜像神经元的分子和功能特性
Yiyang Zhang (铜)	Efficient removal of formaldehyde from environmental pollutants using the molecular synergy of plants and microorganisms	利用植物与微生物的分子协同作用高效去除环境污染物甲醛
付子睿、王子 (优胜)	Study on Sex Differentiation and Reproduction-Reproductive Behavior of Bean Aphid under Sublethal Insecticide Stress	亚致死杀虫剂胁迫下豆蚜性别分化繁殖-殖行为研究
胡婉琳 (优胜)	Phage diversity and host interactions in Qinghai Lake	青海湖噬菌体多样性及与宿主相互作用
Mika Yokota (优胜)	Vertical and temporal variations of soil bacterial and archaeal communities in maize- soybean rotation	玉米-大豆轮作土壤细菌和古菌群落垂直和时间变化
刘博栋 (优胜)	Effect and Mechanism of Ultrasound on Killing Chironomus kiensis' Eggs Clutch	超声波对蚊卵的杀伤作用及其机理
Leung Wai Chung, Tam Kwan Chun Kenny, Ng Ka Ho (优胜)	Kombuchas from tannin-rich fruit skins as bio-disposables	来自富含单宁的果皮的康普茶作为生物一次性用品

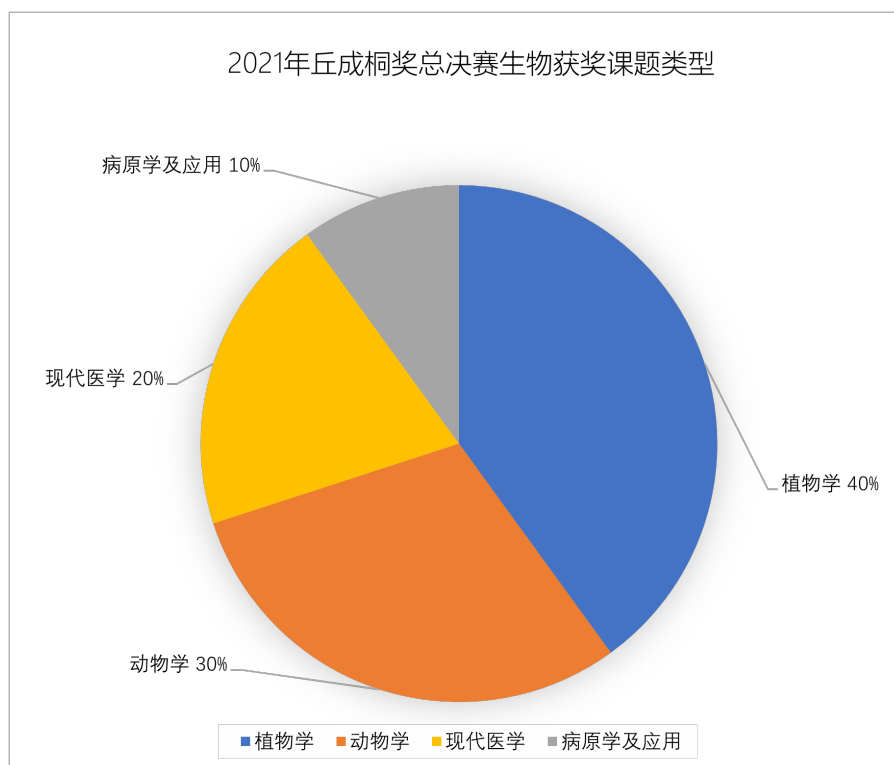


图 2.19: 2021 丘成桐奖总决赛生物获奖课题类型分布

2020 年总决赛

表 2.12: 2020 年丘成桐生物题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
黄一帆 (金)	Ants' nestmate recognition ability based on visual cue perception	基于视觉线索感知的蚂蚁对同伴的识别能力
王清石 (银)	The research on the Aerodynamics, Structural color and Hydrophobicity of five butterfly scales	五种蝴蝶鳞片的空气动力学、结构色和疏水性的研究
Neil Chowdhury (铜)	Modeling the Effect of Histone Methylation on Chromosomal Organization in Colon Cancer Cells	结肠癌细胞组蛋白甲基化对染色体的影响
Yingshan Wang (铜)	Single-cell RNA Sequencing Analysis of Human Neural Grafts Revealed Unexpected Cell Type Underlying the Genetic Risk of Parkinson's Disease	人类神经移植物的单细胞 RNA 测序分析揭示了潜在帕金森病遗传风险的外细胞类型
陈天弈、何乃成 (铜)	Prediction Modeling of Children Autism and Application in Diagnosis	儿童自闭症预测模型及其在诊断中的应用
CHAN Ka Man, LAM Ching Ya (优胜)	Biodegradation of Styrofoam by Larvae of Tenebrio molitor	黄粉虫幼虫对泡沫聚苯乙烯的生物降解
李家荀 (优胜)	Effect and mechanism of Ginsenoside Rg1 on inhibition of microglia activation in the treatment of ketamine abuse induced mental disorders	人参皂甙 Rg1 抑制小胶质细胞活化在治疗氯胺酮滥用所致精神障碍的作用机制
王筱舒、哈浚杰 (优胜)	HCR Utilization in Triggered Assembly of DNA Nanotube Structure	HCR 在 DNA 纳米管结构触发组装中的应用
王一斐、李若铭、江逸洋 (优胜)	A Fusion of Artificial Spidroin and Mussel Foot Protein That Retains High Adhesion and Natural Glue Formation Ability	人工蜘蛛蛋白和贻贝足蛋白的融合保持高黏附和天然成胶能力
杨国萌 (优胜)	Identification and Genetic Signature Analysis of Exonic SNVs in Intellectual Disability	智力障碍外显子 snv 的鉴定和遗传物分析

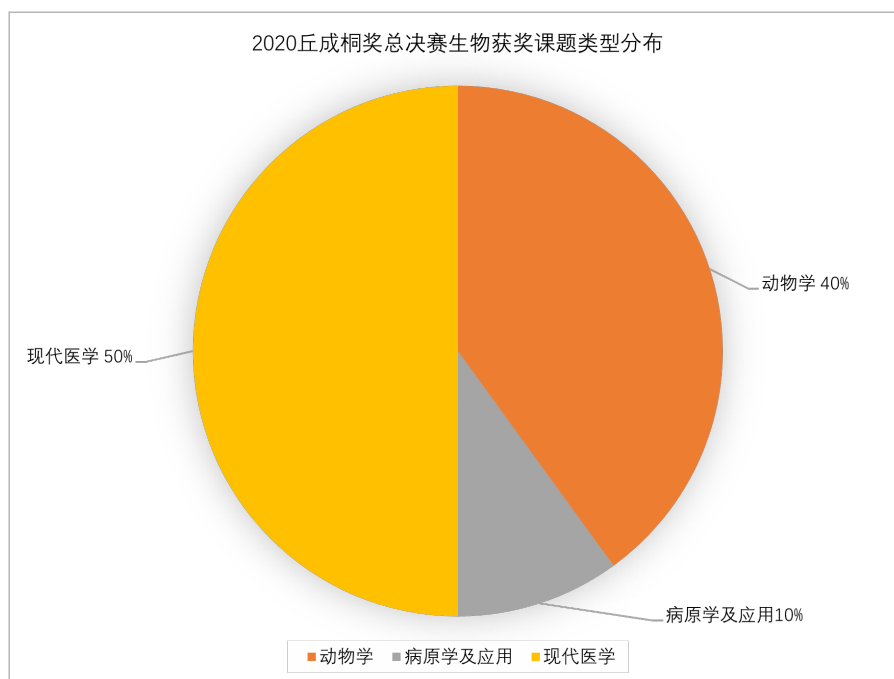


图 2.20: 2020 丘成桐奖总决赛生物获奖课题类型分布

2019 年总决赛

表 2.13: 2019 年丘成桐生物题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
成果、徐游新 (金)	Evolution of Respiratory Proteins in Hexapoda (Insecta)	六足动物呼吸蛋白的进化
Sarah Chen (银)	Seeking Neoantigen Candidates within Retained Introns	在保留的内含子中寻找新抗原候选
齐乐遥、阿丝娜 (铜)	Set up <i>Wolffia australiana</i> as a New Model Plant by Plant-on-chip System	用 Plant-on-chip 系统将 <i>Wolffia australiana</i> 建立为新的示范工厂
李昕一 (铜)	Construction of microbial community for enhanced degradation of polyethylene plastics	用于增强聚乙烯塑料降解的微生物落构建
王越洋 (铜)	Pteryxin suppresses hepatocellular carcinoma by targeting HIF 1 α and glucose metabolism	Pteryxin 通过靶向 HIF 1 α 和葡萄糖代谢抑制肝细胞癌
朱薪宇 (优胜)	Secret of weedy rice to survive winter: soil-burial induces their secondary dormancy	杂草稻越冬秘诀: 土埋诱发二次休眠
何李祺、文香湘、祁含钰 (优胜)	Application of Antibacterial Activity of Lavender Extraction in Post-treatment of Fresh-brewed Beer	薰衣草提取物抑菌活性在鲜酿啤酒处理中的应用
于镇铨、林子健、陈贝琳 (优胜)	New discoveries of protease producing strains in deep sea environment	深海环境产蛋白酶菌株的新发现
王珂、邓雅心、汤晟宇 (优胜)	Metformin Suppresses Planaria Regeneration through the GSK3 β /Wnt Pathway — New Insights on the Association between Regeneration and Longevity	二甲双胍通过 GSK3 β /Wnt 通路抑制扁虫再生——再生与长寿关联的新见解
Neil Chowdhury (优胜)	A method to recognize universal patterns in genome structure using Hi-C	一种使用 Hi-C 识别基因组结构中普遍模式的方法

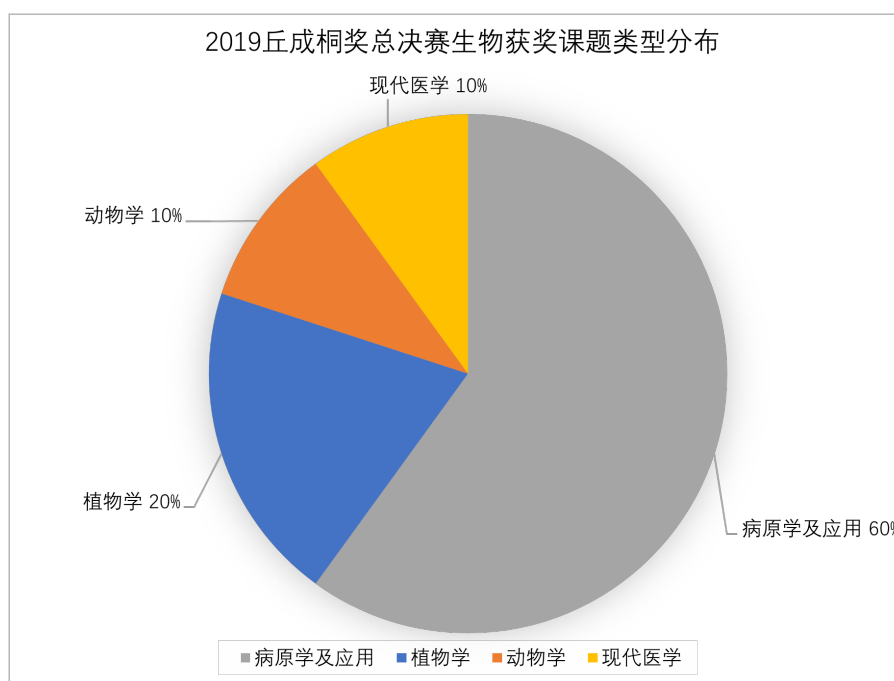


图 2.21: 2019 丘成桐奖总决赛生物获奖课题类型分布

深度分析综上所述，近些年来丘成桐奖生物类的课题集中于这四大类。

植物学与病原学及应用等交叉课题较多，比如肠杆菌噬菌体在猕猴桃中的应用、植物与微生物去甲醛、玉米大豆和富含单宁的果皮的康普茶、水稻的二次休眠、白花蝴蝶豌豆的基因缺陷、捕蝇草捕虫裂片的夹合机制、植物激素信号传递、猪笼草捕虫器官发育过程研究、铝影响海洋固氮蓝藻等研究课题。对于提高农作物产量、植物自身保护机制、植物与环境安全等领域研究较多。预测会有新的植物加入比如水果蔬菜的抗感染、提高小麦、水稻产量的研究课题、水生植物与环境保护及应用的研究都会成为热门课题。

动物学课题主要围绕：潮虫、蚂蚁、蚊子卵、六足动物、水蛭等研究。2021 金奖主要研究的是动物中的一个新种潮虫，通过形态学和分子学鉴定，并通过系统发育树来研究进化关系。未来成为热门的预测会有一些节肢动物的加入，节肢动物是病原菌的储存宿主，比如：蜱虫、跳蚤、虱子、蚊虫、蜘蛛等生物。可通过形态学分子学鉴定，筛查一些病原菌和地理流行病的研究课题。

病原学及应用获奖的有：噬菌体研究、DNA 循环扩增的技术创新与应用、抗原抗体等免疫课题、深海菌株的发现、病原的分类及系统进化关系的研究、变废为宝，循环利用等环保应用类课题、病毒与肠道微生物的研究。病原学多与植物学和动物学进行多学科交叉研究，世间万物的关联紧密，互相影响。多学科交叉研究课题既能深入了解事物本质又能锻炼高中生对新知识的探索能力，培养科研思维，开拓视野，对未来的职业选择与规划有着深远影响。

现代医学涉及的课题主要有：音乐与脑卒中疗法、大脑神经元分子和功能、人参皂甙 Rg1 抑制小胶质细胞活化治疗氯胺酮滥用所致精神障碍的作用及机制、智力障碍外显子的鉴定和遗传特征分析、葡萄糖代谢抑制肝细胞癌、设计 3D 扫描系统，实现压力治疗最佳压力值的空间均匀性、指尖光电容积脉搏波初步研究、音高识别神经机理与仿生探究、血液透析技术中多功能保护膜的研、创新与拓展、食用仙人掌提取物缓解支气管哮喘的研究初探、PM2.5 对

心脏结构功能的影响等课题。随着社会人口老龄化的到来，养老相关课题研究越来越多，比如老年痴呆、帕金森、和脑卒中的相关研究。癌症一直是困扰人类的疾病，相关癌症的研究一直是前沿科学，找到癌症研究的基因、靶点，揭示癌症发生发展的机制，从而生产药物应用于癌症治疗，都是不错的课题选择。

环境依旧是热门课题；人类赖以生存的自然环境，20 世纪的高度工业化，为人类带来了丰富的物质生活。当人们陶醉在现代物质文明的舒适享受中时，由于资源的过度开发和生态与环境的严重破坏而引发的自然灾害和各种疾病爆发。人类面临着既要快速发展，又要保证生存安全，保护生态环境的严峻课题。各种病原在环境介质（生物、大气、水体、土壤）中的存在提供理论、方法和技术，并在此基础上提供控制污染的原理和方法；而且还能够利用其原理从源头上消除污染，即采用无毒、无害的原料和洁净，生产出有利于环境保护与人类安全的环境友好化学产品，如可降解的塑料、可循环使用的金属和橡胶、对臭氧层不会构成威胁的新型制品、能控制害虫而不危害人类和有用生物的农药等。

组学的研究一直是热门课题，在 2020 年美国赛区的金奖是来自 Episcopal High School 的 Yingshan Wang 单细胞转录组课题：Single-cell RNA Sequencing Analysis of Human Neural Grafts Revealed Unexpected Cell Type Underlying the Genetic Risk of Parkinson's Disease。主要是研究人类神经移植物的单细胞 RNA 测序分析揭示了导致帕金森病遗传风险的意外细胞类型，与 2021 年铜奖通过单细胞转录组分析揭示镜像神经元的分子和功能特性，共同点是热门组学研究单细胞转录组课题。所以国内与国外获奖的课题都符合丘成桐奖的一贯精神，就是前沿高端科学技术来揭开现代医学的“面纱”。这对于学生和指导教师要求较高，还需要具备分析大数据的能力。

2.4.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文

生物学科 2023–2025 年的获奖论文反映出三个显著趋势：（1）医工交叉与生物医学工程上升——2024 年金奖（同时获 2024 跨学科科学金奖）《Design, Optimization, and Mechanism Study of Antithrombotic Microstructure Surfaces on Mechanical Heart Valves Inspired by Shark-Skin Riblet》（北师大实验中学）将鲨鱼皮仿生学应用于机械心脏瓣膜抗血栓表面设计；（2）AI for biology 显著加强——多个获奖课题（如 2023 优胜奖《Optimizing human SIRT6 protein with deep learning of 3D structures based on maximum lifespan》、2024 优胜奖《AI-Guided Design and Preliminary Validation of Anti-Tuberculosis Subunit Vaccine》、2025 金奖《Design a "Molecular Universe" within Cells》）将深度学习引入蛋白质设计、疫苗设计或细胞内液液相分离建模；（3）植物学/基因组学等传统强项仍稳——2023 跨学科金奖《Mechanisms underlying climbing-morphogenesis of Boston ivy and discovery of shoot apex gravitropism》（上海中学）即典型代表。

2.4.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 金奖（兼跨学科科学金奖）·《Mechanisms underlying climbing-morphogenesis of Boston ivy and discovery of shoot apex gravitropism》

学生 / 学校：晁楚言，上海中学

指导老师：廖辉、徐麟

研究的是什么问题？爬山虎 (Boston ivy, 学名 *Parthenocissus tricuspidata*) 是城市里常见的攀爬植物，能沿着光滑的墙壁、玻璃面一直向上生长，仿佛“自带吸盘”。它到底是怎么做到的？传统答案是它的卷须末端有粘附性的吸盘状结构，但作者注意到一个更深层的问题：爬山虎的“嫩芽顶端” (shoot apex) 似乎本身就具有“反重力”的生长倾向——即使没有支撑物，它也会先朝上探出一段，再寻找可以附着的表面。本论文系统研究了爬山虎攀爬形态发生 (climbing-morphogenesis) 的整套机制，并发现了一种过去未被报告的“嫩芽顶端向重性” (shoot apex gravitropism) 现象。

用了什么方法？从题目和植物形态学研究的常见路径推测，作者综合采用了：(1) 形态学观察——记录爬山虎从种子萌发到攀爬生长的连续形态变化，结合显微和电镜观察吸盘的微结构；(2) 重力响应实验——把植物倒置或侧放，观察嫩芽顶端在不同时间、不同重力方向下的生长轨迹，定量“向重性”的强弱；(3) 激素生理研究——爬山虎攀爬涉及生长素 (auxin) 的不对称分布，作者很可能用免疫染色或激素含量测定描绘了生长素分布图；(4) 分子层面的辅助实验，例如比较吸盘形成前后的基因表达。

为什么评委青睐？这是丘奖近年罕见的“既得学科金奖又得跨学科科学金奖”的双金奖作品，含金量极高。评委青睐的有三点：(1) 选题源于人人都见过的植物现象，但发现的是过去文献从未报道的新机制 (“shoot apex gravitropism”) ——这是真正的“原创发现”；(2) 研究跨越形态学、生理学、分子生物学多个层次，体现了对植物科学完整的研究范式的掌握；(3) 发现具有重要应用潜力——理解爬山虎吸附机制对开发仿生胶带、可攀爬机器人都有启示。

对参赛者的启发：生物金奖的最高境界往往不是“做出多炫的技术”，而是“在大家都见过的现象里发现新规律”。爬山虎几乎每个城市公园都有，但晁楚言能从中提炼出原创的“嫩芽向重性”概念，这种“在司空见惯中看见新东西”的能力，比任何昂贵的设备都珍贵。建议同学们多观察生活中的植物、动物、生态现象，往往最朴素的题目反而最具突破空间。

2024 金奖 · 《Design, Optimization, and Mechanism Study of Antithrombotic Microstructure Surfaces on Mechanical Heart Valves Inspired by Shark-Skin Riblet》

学生 / 学校：刘广羽 (GuangYu Liu)，北京师范大学附属实验中学

指导老师：樊瑜波 (YuBo Fan)、方伟 (Wei Fang)

研究的是什么问题？现代医学中，“机械心脏瓣膜”是替换损坏心脏瓣膜的常见选择，可以使用 20–30 年。但机械瓣膜有一个长期未解的问题——血液流过金属表面时容易形成血栓，患者必须终身服用抗凝药 (如华法林)，副作用大、出血风险高。本论文的灵感来自鲨鱼皮：鲨鱼皮表面布满细密的“沟纹” (riblet)，不仅可以减少水流阻力 (这就是著名的鲨鱼皮泳衣灵感来源)，还能抑制细菌附着。作者把这一仿生策略应用到了机械心脏瓣膜表面，试图在不增加抗凝药剂量的前提下减少血栓形成。

用了什么方法？从题目可推测的研究链条：(1) “设计”——通过流体力学仿真 (CFD) 模拟瓣膜表面的血流，找出血液最易停滞、形成血栓的位置；(2) “优化”——设计不同尺度 (数十到数百微米)、不同间距的微沟纹阵列，并在金属瓣膜表面通过激光刻蚀或微加工实现；(3)

”机理研究”——在体外用模拟血液或动物全血做流动实验，用荧光显微镜观察血小板附着和纤维蛋白沉积；进一步用流体力学解释为什么仿生沟纹能”打散”血液中的局部停滞涡。整个流程横跨生物医学工程、流体力学、表面化学和血液学。

为什么评委青睐？这个课题斩获了2024年生物学科金奖和跨学科科学金奖双奖。评委的几个核心评价点：（1）选题极具临床价值——抗血栓机械瓣膜是世界范围内尚未解决的医工问题；（2）研究方法系统完整——从设计到优化到机理，每一步都有明确的工程交付物；（3）跨学科深度——既需要懂血液生理学，又要懂仿生学，还要会做流体仿真和微加工，这种全栈式研究能力在高中生中极为罕见；（4）指导老师樊瑜波教授是国内生物力学领域的领军学者，研究的学术起点很高。

对参赛者的启发：医工交叉是2025–2030年最有奖项含金量的方向之一。如果你能在身边找到一个”被忽视的临床问题”——心脏瓣膜血栓、骨折愈合、伤口感染、糖尿病足、人工耳蜗等——并且找到一个”生物学/物理学/材料学的解决思路”，就有机会做出有重大意义的研究。仿生学（biomimetics）是这类研究最容易切入的工具，自然界中存在大量被进化优化过的”工程方案”，等待被人类借鉴。

2025 银奖 · 《Searching for ”Smart-and-Sex” Genes —— Evolutionary Driver for Neuron and Germ Cell Development in Primates》

学生 / 学校： Andrea Qian Lei, 上海中学国际部

指导老师： 廖辉 (Hui Liao)、张燕捷 (Yanjie Zhang)

研究的是什么问题？灵长类（包括人类）的两个最显著的演化特征是：（1）大脑相对体型异常发达，神经元数量远超其他哺乳动物；（2）生殖系统在某些方面也发生了显著演化（如卵巢/睾丸的细胞分化模式）。本论文提出了一个非常大胆的猜想——可能存在一组基因，同时驱动了神经元发育和生殖细胞（germ cell）发育，作者称之为”Smart-and-Sex”基因。这是一种”基因多效性”（pleiotropy）假说：同一组基因在不同组织中发挥不同但相关的功能，从而把两个看似不相关的演化特征绑定到了一起。

用了什么方法？从题目可推测，作者主要使用了比较基因组学（comparative genomics）的工具：（1）下载灵长类与非灵长类哺乳动物（小鼠、狗、马等）的基因组数据；（2）筛选在灵长类支系上呈现加速演化（accelerated evolution，即dN/dS比值升高）的基因；（3）用单细胞RNA测序数据（来自公开数据库）找出在脑（特别是皮层神经元）和性腺（生殖细胞）中同时高表达的基因；（4）取这两个集合的交集，提出”Smart-and-Sex”候选基因清单，再用生物信息学（GO富集、PPI网络）佐证其功能合理性。

为什么评委青睐？这是一篇”小成本大思想”的研究——作者很可能没有自己的实验室，所有工作基于公共基因组数据库和生物信息学工具完成，但提出的科学问题极有想象力。”为什么人类既聪明又有独特的生殖策略”是演化生物学的核心问题之一。把这两个问题用一组基因联系起来，是有原创意义的假说。论文学术性强、数据可重复、写作规范——这恰恰是丘奖银奖的典型画像。

对参赛者的启发：如果你身处没有湿实验室条件的高中，也完全可以做一流的生物研究——基因组学、生物信息学、AI for biology 都是可以纯靠计算机完成的方向。NCBI、UCSC

Genome Browser、Ensembl 等公共数据库免费开放海量数据，配合 Python/R 的生物信息学包 (Biopython、Bioconductor 等)，高中生足以做出一篇有原创性的论文。关键在于你能提出”一个值得问的科学问题”——而这一点恰恰只靠思考就能完成，不需要昂贵设备。

(以上论文获奖信息均来自 yau-awards.com 官方公示页面，详见⁴)

表 2.14: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（生物）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	金	上海中学	Mechanisms underlying climbing-morphogenesis of Boston ivy and discovery of shoot apex gravitropism	晁楚言
2023	银	华南师范大学附属中学	Bioinformatics modeling and transcriptome analysis of multiple cockroach appendage regeneration	Ethan Yihao Li, 吴思辰, Bernice YX Wang
2023	铜	Carmel Pak U Secondary School	Antimicrobial Edible Biodegradables of Kombucha of Fruit Skins with Chitosan Coating	CHOI Yau Nam, SO Ka Hei, NG Kin Kwan
2023	铜	北京王府学校	Investigation of The Current State and Remediation Strategies for Abandoned Mining Sites in Beijing—A Case Study of The Wangping Abandoned Mine in Mentougou District	李梓楠、蔡芸彤、杨子玉
2023	铜	香港培正中學	Power Plant in Plant_ By Rhizodeposition	关子淇、周颖心
2024	金	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Design, Optimization, and Mechanism Study of Antithrombotic Microstructure Surfaces on Mechanical Heart Valves Inspired by Shark-Skin Riblet	GuangYu Liu 刘广羽

⁴2023 年总决赛获奖名单: <https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>; 2024 年总决赛获奖名单: <https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>; 2025 年总决赛获奖名单: <https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2024	银	Shenzhen Middle School 深圳中学	Exploring the “Brain Switch” of Alcoholics: A Study on the Neural Mechanisms of Liraglutide in Reducing Alcohol Addiction	JiaLin Wang 王家麟
2024	铜	Beijing Royal School 北京王府学校	Effects of Earthworms on the Biodegradation of Microplastics in Soil	Andrew Liang 梁宇轩
2024	铜	未公开	An Intelligent Bee Health Assessment System with Cross-Attention Multimodal Integration of Visual and Audio Data	Susie Meng Di Yuan 袁梦迪
2024	铜	未公开	Tableware Jitter Elimination Technology for Parkinson’s Patients	未公开
2025	金	深圳中学 Shenzhen Middle School	Design a “Molecular Universe” within Cells: Exploring Liquid-Liquid Phase Separation and the Design of Biological Condensates	李亦昊 Yi-hao Li
2025	银	上海中学国际部 Shanghai High School International Division	Searching for “Smart-and-Sex” Genes —Evolutionary Driver for Neuron and Germ Cell Development in Primates	Andrea Qian Lei
2025	铜	Kamnoetvidya Science Academy	Degraded Peat Swamp Forest Reforestation Innovation with Seed Krathong and Encapsulated PGPR	Matthew Tunan Jiang
2025	铜	未公开	Association Study of Single Nucleotide Polymorphisms in X-Chromosome Inactivation Escape Regions with Susceptibility to Immune-mediated Diseases among Female Populations	Ryan Zhang
2025	铜	未公开	The Freshness Secret: Gibberellin Extends Floral Longevity of Morning Glory	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5、入围 3。

2.4.2 相关参赛背景知识介绍

丘成桐奖生物学科比赛相关课题方向和类型已经做了统计分析，接下来着重介绍生物课题的具体操作步骤和需掌握的技术。主要细菌分离培养技术；掌握病原体二代测序有关工作（核酸提取、基因组文库构建、测序、基因组分析），新发病原体的全基因组测序和分析；能够熟练掌握聚合酶链式反应（PCR），实时荧光定量 PCR（Quantitative Real-time PCR），数字 PCR（Digital PCR）等多种 PCR 检测技术。

其他实验技术：药敏试验、ELISA、PFGE、飞行质谱鉴定技术、细胞培养、质粒构建、质粒转化、细菌接合、蛋白表达和纯化、免疫印迹、同源重组、噬菌体颗粒富集和转染、动物实验等。

能够运用 MEGA、DNASTAR、Oligo 7、SnapGene、Primer 等科研软件进行序列比对、拼接、引物设计、基因组分析和注释等工作，掌握 SAS、SPSS 等统计分析软件和 PS、AI 作图软件。下面来简单介绍一下这些技术。

2.4.2.1 细菌的分离培养技术

菌种分离主要在培养皿上进行，常用的方法是稀释法和划线法。菌种分离的目的是是微生物的一个个体通过繁殖，在固体培养基上长出肉眼能见的群体，然后根据培养特征，用接种针调取所需菌种并在显微镜下检查，证明为单一形状的菌体。改变培养基条件也有助于菌种分离。没有一种培养基或一种培养条件能够满足一切微生物生长的需要，在一定程度上所有的培养基都是选择性的。如果某种微生物的生长需要是已知的，也可以设计特定环境使之适合这种微生物的生长，因而能够从混杂的微生物群体中把这种微生物选择培养出来，尽管在混杂的微生物群体中这种微生物可能只占少数。

2.4.2.2 DNA 和 RNA 提取技术

核酸是遗传信息的载体，是最重要的生物信息分子，是分子生物学研究的主要对象，因此核酸的提取是分子生物学实验技术中最重要、最基本的操作。

2.4.2.3 PCR 循环扩增技术

聚合酶链式反应（PCR）是一种用于放大扩增特定的 DNA 片段的分子生物学技术，它可看作是生物体外的特殊 DNA 复制，PCR 的最大特点是能将微量的 DNA 大幅增加。由 1983 年美国 Mullis 首先提出设想，1985 年由其发明了聚合酶链反应，即简易 DNA 扩增法，意味着 PCR 技术的真正诞生。到如今 2022 年，PCR 已发展到第三代技术。1976 年，中国科学家钱嘉韵，发现了稳定的 Taq DNA 聚合酶，为 PCR 技术发展也做出了基础性贡献。PCR 是利用 DNA 在体外摄氏 95° 高温时变性会变成单链，低温（经常是 60°C 左右）时引物与单链按碱基互补配对的原则结合，再调温度至 DNA 聚合酶最适反应温度（72°C 左右），DNA 聚合酶沿着磷酸到五碳糖（5'-3'）的方向合成互补链。基于聚合酶制造的 PCR 仪实际就是一个温控

设备，能在变性温度，复性温度，延伸温度之间很好地进行控制。现已有实时荧光定量 PCR (Quantitative Real-time PCR)，数字 PCR (Digital PCR) 等多种 PCR 检测技术

2.4.2.4 酶联免疫吸附试验 (ELISA)

酶联免疫吸附测定 (enzyme linked immunosorbent assay, 简写 ELISA 或 ELASA) 指将可溶性的抗原或抗体结合到聚苯乙烯等固相载体上，利用抗原抗体特异性结合进行免疫反应的定性和定量检测方法。酶联免疫吸附测定 (ELISA) 为免疫学中的经典实验。

2.4.2.5 Westernblot 法

Westernblot 法应用分子生物学、生物化学和免疫遗传学中时常会用到的一种实验方法，并且是一种能对蛋白进行定性和半定量的分析方法。是通过特异性抗体对凝胶电泳处理过的细胞或生物组织样品进行着色，并且通过分析着色的位置和着色深度获得特定蛋白质在所分析的细胞或组织中的表达情况的信息。

综上所述，基于不同课题的研究方向，选择不同的试验进行结果论证，每一次实验都要预先设计好阴性和阳性对照样本，每组实验要多次重复，减少误差。实验结果出来以后进行数据分析与整理、运用绘图软件进行图片的制作。最后完成论文的撰写工作，整理好 ppt，进行最终丘成桐生物学奖的答辩、汇报。

2.4.3 优秀论文案例分析

2.4.3.1 2021 年生物金奖

1. 学生背景简述

Bob Guan 管泊宁是 2021 年丘成桐生物金奖得主，来自于温彻斯特公学 (Winchester College)，是英国第一所培养神职和公职人员的学校，开创了英国公学教育的历史。而今天的温彻斯特公学虽然已经演变成为一所贵族寄宿制学校，但依然保持了自己悠久的传统与文化。

导师是 Edmund Donovan，同样来自英国温彻斯特公学。致谢中还感谢了两位导师 Mr. Jiusi Yang, and Dr. Zhuqing He，文中也感谢了自己她的父亲陪自己伴去广西。

2. 论文概述

Title: A molecular phylogeny of cavernicolous Oniscidea (Isopoda) in Southern China reveals multiple origins of troglodytic behavior and a new species of blind Armadillidae (Oniscidea, Isopoda)

Abstract: Despite the high diversity of Oniscidea in the Guangxi province, with many rock-face dwelling and fully troglobitic species, we still lack a comprehensive phylogeny for them. We infer these relationships in this paper by utilizing the genetic markers COI and 16S and build a topology using the Maximum Likelihood and Bayesian Inference methods. By comparing

the phylogeny of Guangxi Oniscidea with that of other related taxa, we found troglitic behavior to have arisen multiple times through convergent evolution, and the genera Spherillo and Burmoniscus to be in need of revision. Additionally, we discovered a new eyeless and pigmentlacking species by using morphology and molecular biology in conjunction.

题目：中国南方海绵体虫科（等足纲）的分子系统发育揭示了穴居行为的多个起源和潮虫的一个新种

摘要

尽管广西省的潮虫具有高度的多样性，多为岩石面居、全穴居物种，但我们仍然缺乏对它们的全面系统发育。本文利用遗传标记COI和16S推断出这些关系，并利用极大似然和贝叶斯推理方法构建拓扑。通过与其他相关类群的系统发育进行比较，我们发现，同源类群经过多次趋同进化而出现，球形属和Burmoniscus属有待修订。此外，我们利用形态学和分子生物学相结合的方法，发现了一个新的无眼和无色素的物种。

本文具体研究方向为动物学的研究，采用形态学和COI和16S基因的分子学鉴定，通过MEGA和贝叶斯构建系统发育进化树，从而发现了一个新的潮虫。

3. 获奖亮点分析

1. **选题**：动物的新种类物种的发现是最大的亮点。潮虫是一种节肢动物。鼠妇是一种节肢动物又名鼠负、负蟠、鼠姑、鼠黏、地虱等，全世界有 150 种以上，多为广布的世界性种。它们身体大多呈长卵形，从海边一直到海拔 5000 米左右的高地都有它们的分布。中国常见种有鼠妇、光滑鼠妇等。关于鼠妇的记载最早可见于《本草纲目》虫部 2014 年，共发现潮虫科 37 科 527 属 3710 种，有文献指出总数估计在 5000 到 7000 之间。题材的选择为常见的动物，2016 年以来的丘奖比赛中涉及的动物研究有：蚂蚁、蚊子、蝴蝶等。未来会有更多的动物，以及媒介生物研究的方向，比如：蜚，蝇，蟑螂，臭虫，另外还有蠓，虻，白蛉等物种。

本论文从样本的采集，形态学的鉴定，通过手工绘画出样本的解剖图并进行标注，提高了学生的能动性，培养了对动物的研究兴趣。如图2.22 是 Bob Guan 管泊宁绘制的潮虫背面标记图。图2.22 是 Bob Guan 管泊宁绘制的潮虫的头部图和腹部标记图。

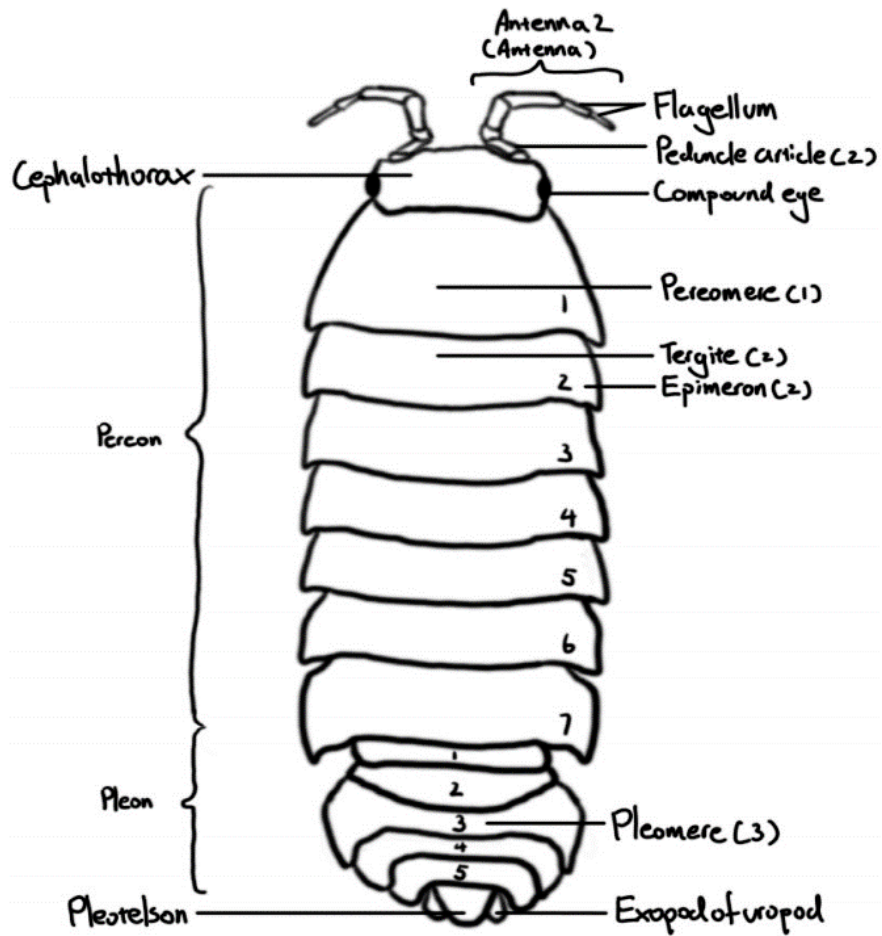


图 2.22: Bob Guan 管泊宁绘制的潮虫背面标记图。解剖图片的绘制与标记增加了作者的动手能力, 简单直观的了解新物种。

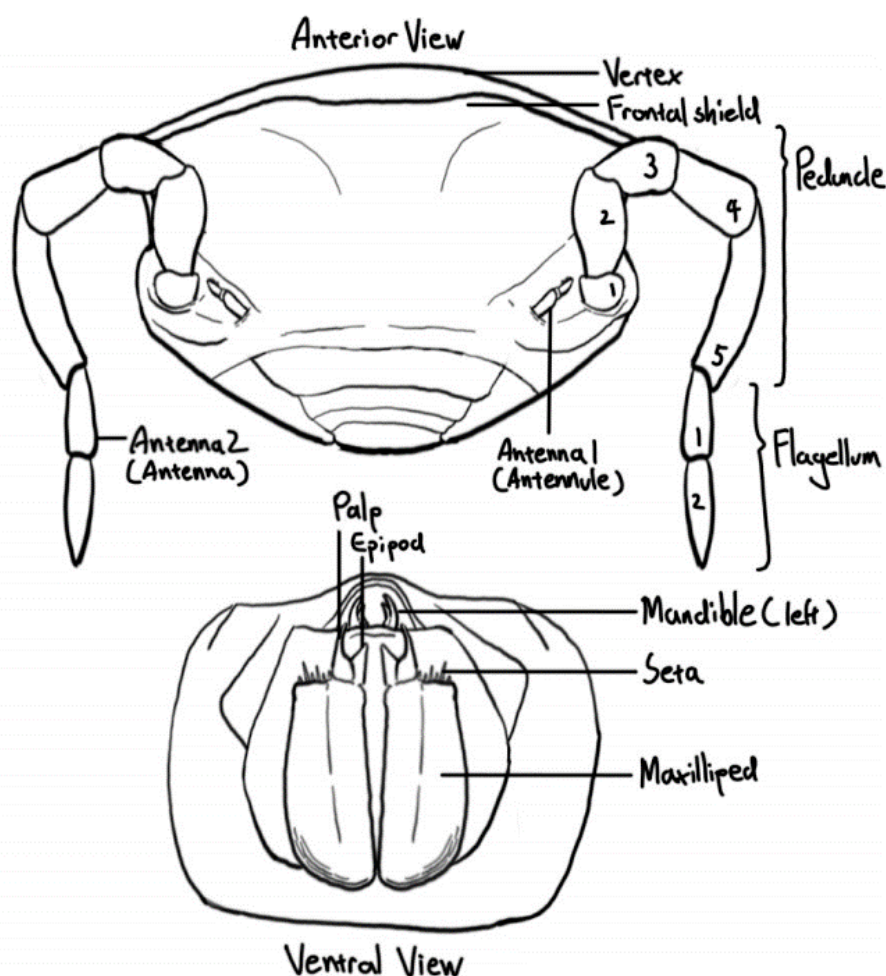


图 2.23: Bob Guan 管泊宁绘制的潮虫的头部图和腹部标记图。新物种各部位的绘制与专业名词的标注, 展示了作者强大的背景知识。

2. **论文**: 整篇论文逻辑清晰, 英文书写流畅, 以及应用到很多专业级拉丁文词汇。作者对物种背景知识的了解丰富。实验理论和实践能力突出, 对于高中生而言是具有挑战性和成就性的。实验中涉及到基因组 DNA 的提取, 所涉及到的操作可以在相关学习网站或者对应试剂盒厂家的官网上查找到操作步骤的视频, 进行学习。

对于识别物种的基因序列, 以及 PCR 循环的原理和条件, 均可以在文献或者网络中找到。同时也依赖于指导老师的背景以及对于物种的研究, 实验设备等。还与学生对于未知领域的探索欲望, 学习知识的踏实态度, 以及永不放弃的精神密不可分。对于物种鉴定上, 高中生需要掌握物种鉴定的基因, 一般选取在三个以上的平行基因进行结果的论证, 使证据更加充分、可信。

该同学还掌握物种的分子进化知识和一些计算机对于分子研究的程序应用。比如提取总基因 DNA, 使用 AxyPrep Genomic DNA Miniprep Kit (AXYGEN) 试剂盒。分别用以下引物对扩增 COI、16S、18S、28S rDNA: COBU (5' -GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3') and COBL (3' -TAA ACT TCAGGG TG ACC AAA AAA TCA-5'), 16S-AR (5' -GCC GCA GTA THC TRA CTG TGC T-3') and 16S-BR (3' -CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T-5')。列举出 PCR 循环条件。对于物种鉴定上, 高中生需要掌握物种鉴定

的基因，一般选取在三个以上的平行基因进行结果的论证，使证据更加充分、可信。在 COI 上，16S, 18S, 28S 和 NAK 等基因层面的分析，运用 MEGA 软件分析，序列显示了它和它最多多样化的属，分子间差异性很大。碱基对上 ATGC 中的波函数首次被用于人工校正和调整核苷酸缩短链。每个序列的这些修正链然后与默认对齐参数的 MEGA7 手动切割成通过移除所有缺失数据的部分来达到相同的长度。序列是分别以整理 FASTA 序列格式保存，并存入 PhyloSuite 软件的应用和 PS 等绘图软件的使用。实验原理和操作的讲解可以在 b 站或者公众号上自行学习，或者浏览百度学术、谷歌学术、SCI-HUB 等学术网站都有相应的背景知识可以学习。

在 PhyloSuite，流程图功能使用的参数如下：序列比对与 MAFFT 和 MACSE，用 IQ-TREE 重建树和 MrBayes。IQ-TREE 进行极大似然分析。在 MrBayes 中进行贝叶斯推理分析。本文采用两种模型进行双边分析，允许最终结果相互比较，以检查不准确性。分析手法上也要严谨、多方位分析，多软件联合分析使用，比如 MEGA、PhyloSuite 等。如图 2.24 和图 2.25。

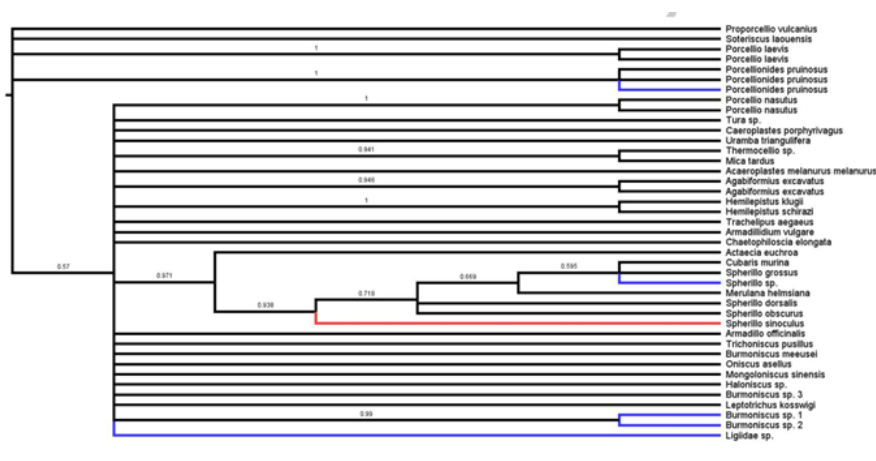


图 2.24: 基于基因 COI 和 16S 的 MrBayes 算法贝叶斯分析生成的系统图。多基因进化树的构建，是从基因层面更好的了解物种聚类，以及物种的远近关系。

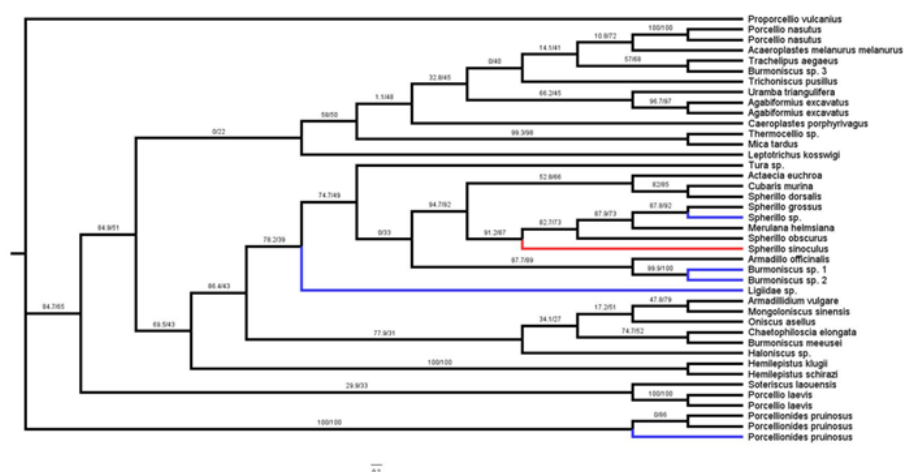


图 2.25: 基于基因 COI 和 16S，通过 IQ-Tree 算法使用 Maximum Likelihood 生成的系统图。多基因进化图的构建需要选择多个物种，需要在 NCBI 的网站上自行下载分析比较。

对于动物新种的鉴定，不仅要在基因层面上比如 COI、16S、18S、28S rDNA 分类水平的鉴定，更需要电子显微镜电镜照片从形态学区分新的物种。电子显微镜的分辨率较高，主要是通过扫描电镜观察分析比如体表表面结构（如眼睛、翅膀及体表微结构）及细菌病毒等微生物形态结构、大小等研究。比如图2.26和2.27。



图 2.26: sinoculus 球形球虫 n. sp. A, 活体标本 (背视图)

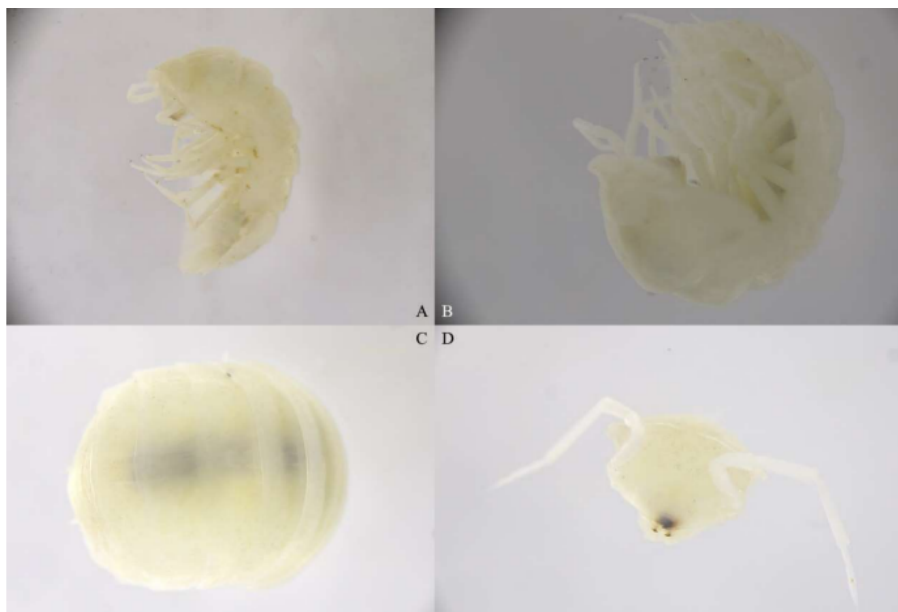


图 2.27: 圆眼球 n. sp. A 和 B, 男性侧视图; C, 背视图; D, 头 (额视图)

此次在广西发现新物种潮虫，也可能存在球形虫属和 *Burmoniscus* 属多品种，需要再验证。一个新物种，球形球虫，发现它的主要特点也是缺乏眼睛和色素沉着，和背腹扁平特点。新物种的发现不仅需要形态学的鉴定，直观上了解和认识物种。更要从基因的层面去了解物种。

希望参赛生物课题的学生能尽可能多的了解所研究课题的背景知识，多在网站上搜索新物种是如何鉴定的？媒介生物是如何传播疾病的？疾病的传播链条有哪些？为什么有的病毒在动物身上不发病，传染到人身上会感染发病？希望同学们能通过丘成桐中学科学奖在心里埋下一颗对于大自然探索的种子。在未来可以从事到生物研究，疾病溯源，疫苗的研制等有利于人类的科研当中来！

2.5 计算机

2.5.1 研究课题选择及获奖情况分析

综合来看，丘成桐奖计算机课题主要可以分为四类。

1. **机器学习类**：从类型来讲包括监督学习，无监督学习，半监督学习和强化学习；从应用方向来讲包括计算机视觉，自然语言处理等。整体而言，鉴于难度水平和技术的成熟性，半监督学习和强化学习以及计算机视觉有关的课题较多。其中，有很大一部分的参赛课题集中在使用深度学习的各种神经网络的方法在实际场景中应用。这里参赛的作品所需要着重体现的是应用场景的重要性和可操作性，比如说医疗健康，人脸识别等。同时，这些作品也需要体现对应的神经网络技术或者算法的创新性，但这一部分对于高中生而言是非常难以实现的。所以参赛者想要凭借机器学习有关的课题获奖的话，需要充分满足上述描述中应用以及原理创新这两方面的要求。

对于之后参赛的学生而言，机器学习，特别是深度学习，毫无疑问是值得优先考虑的选择。首先，人工智能和机器学习是当下计算机领域最火热的方向，无论是 AlphaGo 统治围棋界，还是 Alphafold 对蛋白质的解读，AI 已经从各个地方开始渗透改变人类的生活。对于高中生而言，在懂得神经网络，机器学习的基本原理后，可以较容易地去思考如何在日常生活中将其进行应用，使得复杂繁琐的任务及工作变得轻松智能化。所以，尽管听起来很复杂很高大上，但机器学习这一部分绝对是最适合高中生去掌握理解的参赛方向。其次，机器学习方向能选择的课题非常丰富，可以涉及到社会的各个方面，这也就极大程度上给了高中生一个创新和改变社会的机会，这与丘成桐奖的精神是非常契合的。最后，由于该方向的火热程度，绝大部分评委都会清楚这一方向的基本原理和发展现状，所以不会存在评委因为不熟悉不了解而对课题和论文压分的现象，这一部分的参赛作品，只要是金子，就一定会发光。

但是，机器学习方向的课题同样存在一些问题。第一，对于高中生而言，需要其掌握较好的数学知识，特别是大学才会学习的线性代数，才能对机器学习的理论和编程有较好的理解。第二，在学习过程中，训练模型，调参，做对比分析等环节需要学生花费大量的时间，而且相对会比较繁琐乏味。最后，这个方向的课题可能会存在一些环境配置、计算机硬件方面的要求，这也就对学生查阅资料解决陌生问题的能力产生一定的挑战。对于今年甚至往后几年而言，丘成桐计算机奖的课题将不可避免的伴随计算机科学的进步而发生演变。但整体而言，人工智能方向一定还会延续其火热程度。最近在机器学习这一块比较火热的研究方向包括以下几类，自监督学习，集成混合模型，通用对抗网络 (GAN)，多模态学习，增加边缘智能的使用，视觉 Transformer，高性能自然语言处理等等。在 2022 以及未来几年内，与上述理论和技术有关的应用与创新，预测会成为丘成桐奖的夺奖热门。

2. **算法提升类**：对于高中生而言，完全提出一个全新的可以改变现有成熟结构的算法是基本不可能的。但是，在导师的指引下，学生是有能力对于某一个特定算法在一定的场景

下完成修改以及提升的。我们在过往的丘成桐比赛中，见到了大量的算法提升类的论文，这些论文往往能够触及到计算机最底层的设计与逻辑，能够从根本上改变某一个问题的解决方式。因此，如果这一类论文在满足算法的改进提升的基础上，加上条理分明的过程说明以及清晰的结果展示，是有很大的概率去冲击该项目奖项的。事实上，最近三年的丘成桐计算机金奖有两年颁发给了算法类的作品，其中一年（2019）是和图像压缩算法有关，另一年（2021）是和并行计算有关。

由于计算机每一个问题的实现都是和算法有关，我们这里就不再阐述这一部分还能做哪些小方向的细分。总的来说，算法提升类的课题完成起来极其困难，如果一般学生用99%的汗水就可以完成机器学习类的课题的话，这里还必须要有那1%的灵感，甚至还需要有一些别的东西（2019金奖获得者父亲为上海某高校计算机教授，2021金奖获得者辅导老师/教授来自麻省理工）。换句话说来客观地说，仅凭学生自身的力量，是基本无法完成算法提升类有关的课题的。这一部分的课题，实质上和导师的科研方向是保持高度一致的。但如果学生能够把握住站在巨人肩膀上的好机会，用这一类课题去冲击丘成桐奖的好名次，还是有着很大希望的。毕竟深谙计算机原理的各位评委，在看到某些算法改进的论文时，可能会有会着像武林名家登上侠客岛时的感受而对此类作品异常青睐。

3. **控制优化类**：控制（Control）和优化（Optimization）更多的属于传统意义上电气工程方向，其实际应用的场景也极为广泛。但目前由于机器学习的冲击，很多传统的控制优化问题都可以转化为机器学习的问题进行求解。由于大部分的控制优化问题实际上都有着相对比较成熟完善的解决办法，这一部分课题如果没有机器学习的加持是比较没有竞争力的。然而，在丘成桐的比赛中，由于高中生对于机器人，无人车等相关设备来源于天性的兴趣，控制优化的问题也就经常集中在和这些设备有关的地方。具体而言，往年的比赛中经常会有关于平衡控制，路径优化，障碍物识别等和机器人控制，无人驾驶等相关的课题。

然而，这一部分课题相比较上述两个方向，有着明显的先天性创新性不足的缺陷。如果想要改良和提升的话，不可避免的要向机器学习方向转变。从结果来看，这一方向的课题在反复参赛的基础上，最好的名次是银奖（2021年来自山东省实验中学学生，其2020年已用同一课题参赛），也可以反映出评委对这种相对而言比较过时的理论的不看好。但是，如果学生可以将抽象的理论应用到硬件上，并在半决赛和决赛的舞台上将其进行充分展示，该方向还是有一定的竞争力的。

4. **实际应用类**：最后，我们从往年的比赛中发现有一部分的学生会通过计算机编程来独立解决一些实际问题。这一类型的课题往往不会涉及太前沿的技术，但因为其有趣性和实用性，也能够得到部分评委的赞同和欣赏。这一部分的内容并不涉及到机器学习的算法，而是通过一些人为的判定和限制对于复杂的问题进行求解。由于不涉及到机器学习的使用和算法的创新，这一部分的作品相对而言比较少，如果能够入围，多是因为算法应用的严谨与解决问题的可操作性。举例来说，2020年来自上海莘城学校的余同学就凭借“基于ScratchPI和云计算的老年人语音交互监控系统”这一作品得到了优胜奖。ScratchPI是一种针对小学生乃至学龄前的小朋友编程语言，而该论文用这种语言和一个已有的

云平台，实现了对于老年人进行语音交互监控的目的。虽然该奖项并不是很高，但不得不说的是，这一课题难度相对较小，属于高中生完全可以自发从选题到研究到分析和全方位设计并执行的命题。其存在也反映了丘成桐奖对于这种虽然科研价值略低但充满自主创新的命题的鼓励和肯定。

整体来说，近些年来丘成桐奖计算机类的课题都集中在上述四个大的方向上。除此之外，对比计算机评选标准(表1.6)，我们发现计算机类参赛作品与其他学科不同的地方，在于技术的先进性与选题的重要性这两个方面。下面我们将展示近三年的计算机总决赛的题目与获奖情况，来明确这些特点。

2021 年总决赛

表2.15及图2.28为2021年总决赛时的丘成桐奖计算机获奖课题情况。在该年度的比赛中，来在海外赛区的 Yihao Huang 和 Claire Wang 取得了计算机金奖，同时也是科学金奖的优异成绩。金奖课题为算法提升方向，具体和图结构数据中并行计算的速度提升有关，这一作品的技术先进性体现在对于复杂数据结构的高性能并行运算上，其选题重要性体现在该技术对于日后大批量双联型图数据的处理可以提供很大帮助，该金奖作品在之后的板块会有详细的评述。

我们也发现该年度控制优化和机器人相关的作品较多，这可能和 B 站，微博中大量的科技动手视频的火爆密不可分（稚晖君，何同学等）。然而，学生和家长需要明确的是，这一类视频中的作品往往是复制整合已有的技术和应用，从科研角度出发是不具备创新性的。尽管类似的作品很多都能给大家眼前一亮的感觉，但是其深度相对于能够做到理论创新的作品是远远不够的（评委更倾向于 Sheldon 而不是 Howard 或者 Leonard）。所以如果学生对于机器人，自动驾驶技术等方面有浓烈兴趣的话，还是可以推荐继续用相关课题来参加丘成桐奖的比赛。但是在论文和演讲的过程中，一定要突出体现自己的创新性。

此外，COVID 疫情有关的课题还是有两个，这也体现了计算机方向评委对于和时事以及民生有关问题的持续关注。

表 2.15: 2021 年丘成桐奖计算机题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
Yihao Huang, Claire Wang (金)	Efficient Algorithm for Parallel Bi-core Decomposition	平行双核分解的高效算法
Richard Xue (银)	Multi-DeepNet: A Novel Weakly-Supervised Multi-Task and Multi-View-Oriented Convolution Neural Network for COVID-19 Diagnosis from CT Images	Multi-DeepNet: 一种用于 CT 图像中 COVID-19 诊断的新型弱监督多任务和多视图卷积神经网络
刘至理、解天佑 (银)	Optimal scheduling and path planning of multiple robots for disinfection in isolation areas	用于隔离区消毒的多机器人的最佳调度和路径规划
Yu Ding (铜)	A Novel Light Field Camera Calibration Algorithm Applied for Stereo-vision	一种应用于立体视觉的新型光场相机校准算法
陈思达 (铜)	LBPNet: Inserting Local Binary Patterns into Neural Networks to Enhance Manipulation Invariance of Fake Face Detection	LBPNet: 将局部二进制模式插入神经网络以增强假脸检测的操纵不变性
Sally Sijie Song (铜)	Deep Monochromatic Metal Artifact Reduction for Computed Tomography	用于计算机断层扫描的深度单色金属伪影的减少
刘衍东 (优胜)	Deep Neural Network Based Recovery of MP3 Lossy Compressed Music	基于深度神经网络的 MP3 有损压缩音乐的恢复
王习森 (优胜)	White Noise Testing on the LSTM Model Trained with Double Pendulum	用双摆训练的 LSTM 模型的白噪声测试
时沐朗 (优胜)	Hybrid Networks Planning Approach in Autonomous Bicycle	自主自行车的混合网络规划方法
朱俊儒 (优胜)	Obstacle Avoidance Control for Multi-Axle and Multi-Steering-Mode Wheeled Robot Based on Window-Zone Division Strategy	基于窗区划分策略的多轴和多转向模式轮式机器人避障控制

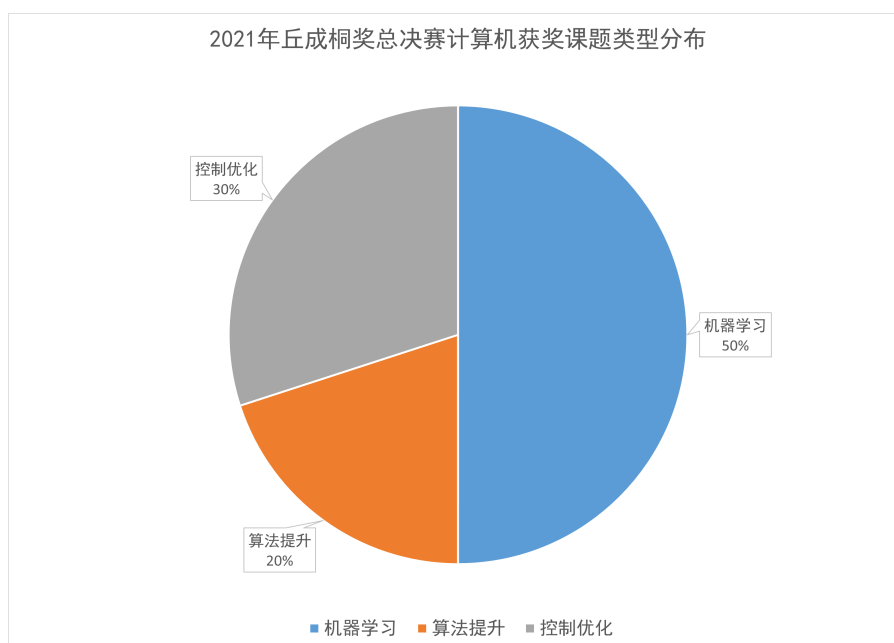


图 2.28: 2020 年丘成桐奖总决赛计算机获奖课题类型分布。

2020 年总决赛

表 2.16 及图 2.29 为 2020 年总决赛时的丘成桐奖计算机获奖课题情况。在这一年的比赛中，金奖和机器学习在疾病监测中的应用有关。这一金奖作品的技术先进性体现在通过机器学习来对传统的较难甄别的医学问题进行快速的判断，其选题重要性体现在该技术对于相关医疗领域的巨大帮助。同年，有大量的作品集中在机器学习在医疗领域相关问题的探究上，其中最主要的方法是用计算机视觉的有关技术，对病理进行检测及分析。源于 COVID 对社会所产生的广泛深刻的影响，2020 年包括 2021 年的丘奖课题自然而然从疾病，健康，医疗等方面取得灵感并展开扩展。同时，评委对于类似的作品也极为认可，然而，2022 年及之后，COVID 对于人类健康的影响已日渐式微，而其对于社会不同层面问题的影响开始凸显。如何利用计算机，对 COVID 的各种延申问题予以解决很有可能成为新的风向。

表 2.16: 2020 年丘成桐奖计算机题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
武墨媛 (金)	Diagnosing Aging-related Cerebral Small Vessel Disease via Behavior Analysis in Trail Making Tests	通过行为分析诊断与衰老相关的脑部小血管疾病的线索测试
蒋昕昀 (银)	Cross-Age Face Recognition Based on Deep Neural Network with Multi-Stage Feature Decomposition	基于多阶段特征分解的深度神经网络的跨年龄段人脸识别
Sana Mohammed (铜)	Combating COVID-19: Digital Wearable Solution for Social Distancing using Artificial Intelligence	抗击 COVID-19: 利用人工智能的数字可穿戴式解决方案实现社交距离增加
陈远舟 (铜)	A Method of Electronic Line Calling of Tennis based on Monocular Vision	一种基于单眼视觉的网球电子排位方法
吴宇伦 (铜)	DenseFuseNet: Improve 3D Semantic Segmentation in the Context of Autonomous Driving with Dense Correspondence	DenseFuseNet: 利用密集对应关系改善自动驾驶背景下的三维语义分割状况
Daniel Hong, Hyunwoo Lee, Alex Wei (优胜)	Optimal Solutions and Ranks in the Max-Cut SDP	最大截断 SDP 中的最优解和等级
付鑫雨 (优胜)	Multi-Scale Visual Saliency Aggregation Network for Skin Cancer Recognition	用于皮肤癌识别的多尺度视觉关注度聚集网络
胡雨森 (优胜)	Solving Pediatric Vehicular Heatstroke with Efficient Multi-Cascaded Convolutional Neural Networks	用高效的多级卷积神经网络解决小儿车祸中暑问题
余泽玮 (优胜)	Voice Interactive Monitoring System For The Elderly Based on ScratchPI and Cloud Computing	基于 ScratchPI 和云计算的老年人语音交互监控系统
简宇卿 (优胜)	Development and Research of Controllable Theme Rhyming Lyric Generation System Based on GPT-2 Model	基于 GPT-2 模型的可控主题韵律词生成系统的开发与研究

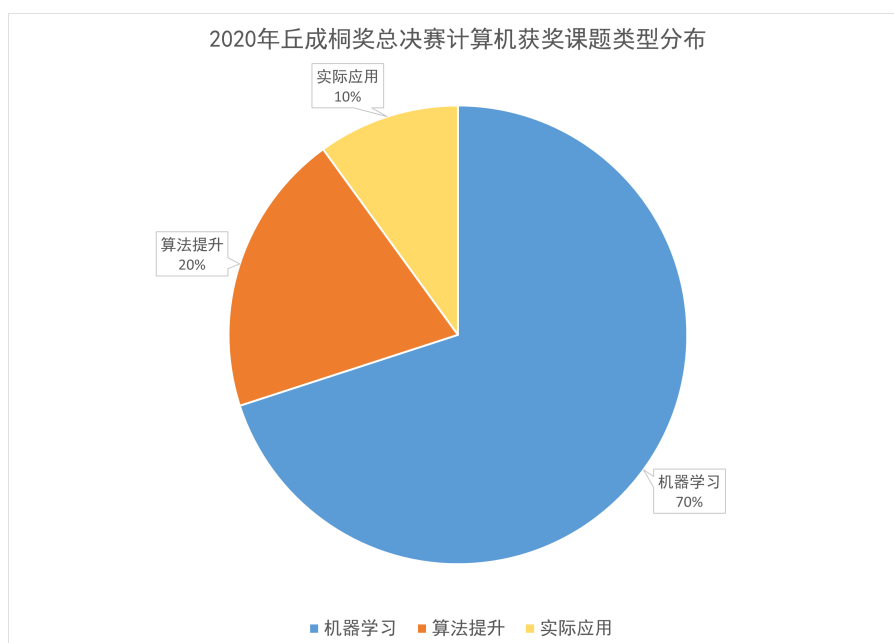


图 2.29: 2020 年丘成桐奖总决赛计算机获奖课题类型分布。

2019 年总决赛

表2.17及图2.30为 2019 年总决赛时的丘成桐奖计算机获奖课题情况。2019 年的金奖主题是针对传统图像压缩算法进行提升，该作品能够较大提升现有图像文件的压缩率以便于文件的传输，有着极强的应用价值。该作品同时受到了 Jpg 等图片格式制定方的认可，能够改善现有图片压缩的方法。

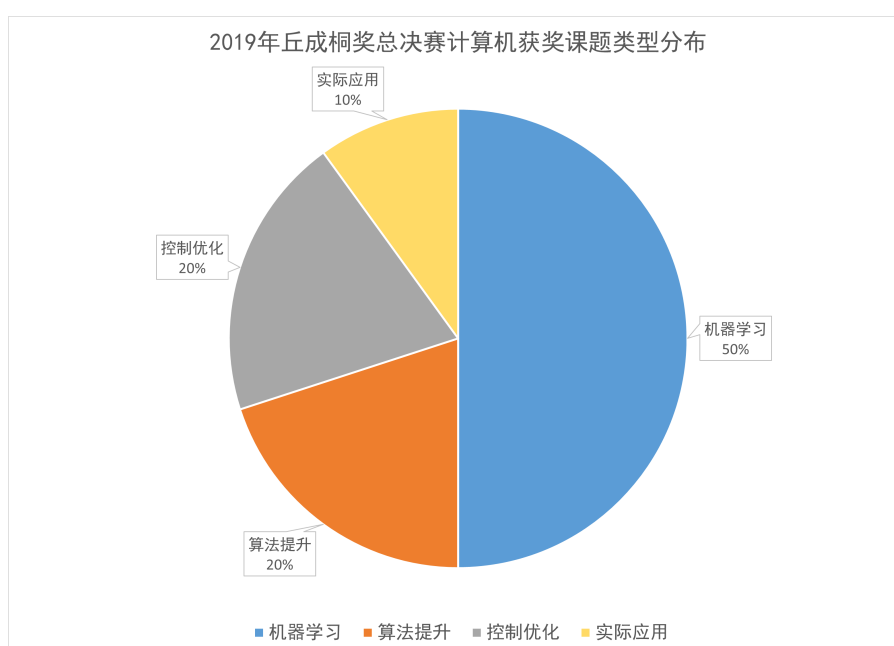


图 2.30: 2019 年丘成桐奖总决赛计算机获奖课题类型分布。

表 2.17: 2019 年丘成桐奖计算机题目

赵海萌 (金)	CAE-ADMM: Implicit Bitrate Optimization via ADMM-based Pruning in Compressive Autoencoders	CAE-ADMM: 在压缩式自动编码器中通过基于 ADMM 的修剪进行隐性比特率优化
Kenneth Choi, Tony Lee (银)	Differentially Private M-band Wavelet Based Mechanisms in Machine Learning Environments	机器学习环境中基于 M 波段小波的差异化私有机制
白行健 (铜)	Hateful User Detection with Adaptive Graph Convolutional Networks	用自适应图卷积网络检测仇恨性用户
刘知宜 (铜)	Vision Based Repetitive Action Counting	基于视觉的重复性动作计数
金川杨, 王禹昕, 李滕昊 (铜)	New Gene Mutation Detection System for Sanger Sequencing Data	用于桑格测序数据的新型基因突变检测系统
吕行健 (优胜)	Meta-Learning Algorithms for Multi-task Data Generation	用于多任务数据生成的元学习算法
傅易 (优胜)	Modular MCU Development System	模块化 MCU 开发系统
Zhi Hua Yuk (优胜)	Ricci Flow Approach of the School Bus Routing Problem	校车路线问题的 Ricci 流方法
WANG Yu Han (优胜)	Human-Friendly Autonomous Robot Navigation by Deep Reinforcement Learned Collision Avoidance	深度强化学习避免碰撞的人类友好型自主机器人导航
Si Chenglei (优胜)	Sentiment Aware Neural Machine Translation	情感感知的神经机器翻译

2.5.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文

2023–2025 年计算机学科获奖论文几乎被“基础模型 / 多模态学习 / 智能系统应用”三条主线主导：2023 年金奖《Word in Word: A Novel Word Embedding Method》在词嵌入层面引入上下文与形态结构；2024 年金奖《LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification》（华润小径湾贝赛思）将形式化验证与大语言模型数学推理结合，是当下“LLM + formal methods”研究最前沿方向之一；2025 年金奖《Beyond Reactive Assistance: PV-Care Using Low-Density EEG and AI to Provide Proactive, Context-Aware Help for MCI》将低密度脑电与 AI 用于轻度认知障碍患者的主动情境感知辅助。三年的论文整体呈现出一个清晰的“由判别式深度学习 → 生成式与具身智能”的演进趋势，与产业界的发展方向高度一致。

2.5.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 银奖 · 《AI-based Glaucoma Diagnoses Based on Phone-taken Colored Fundus Retinal Images》

学生 / 学校：谢昕然，中国人民大学附属中学

指导老师：徐恪、施一宁

研究的是什么问题？青光眼 (glaucoma) 是世界上第二大致盲性眼病，特点是视神经悄悄萎缩、视野慢慢缺损，等患者察觉症状时往往已经不可逆。早期筛查的关键是查“眼底”（视网膜），但传统眼底相机价格高昂、操作复杂，基层和发展中地区根本配不起。本论文要解决的就是：能不能用一部普通智能手机拍到的眼底彩色照片，让 AI 直接做出青光眼初筛？这种“低成本 AI 筛查”在公共卫生上的意义巨大。

用了什么方法？从题目和这类研究的典型范式推测：(1) 数据采集——使用手机加一个简易的便携眼底镜（如 D-Eye 或同类硬件）对志愿者拍照，并配对收集真实诊断的“金标准”标签；(2) 数据预处理——手机拍摄的图像质量远不如专业眼底相机，需要做光照归一化、模糊检测、视盘对中等预处理；(3) 模型训练——通常用 ResNet、EfficientNet 或 Vision Transformer 这类成熟的图像分类网络，配合迁移学习（先在 ImageNet 上预训练，再在眼底数据上微调）；(4) 模型解释性——通过 Grad-CAM 等可视化方法看模型究竟在看视盘 (cup-to-disc ratio) 还是看其他特征，确保它学到的是医学合理的特征而不是“短板”。

为什么评委青睐？评委看到的是一个“明确的现实痛点 + 切实可行的技术路径”。AI 眼底筛查在专业相机上已经做得很好（Google 与印度合作的 ARDA 项目就是典型），但要把这套技术下沉到手机端，挑战巨大——图像质量低、光照不可控、对焦不稳，这恰恰是技术与社会公益结合得最漂亮的应用。学生敢碰真实世界的“脏数据”问题，并交出可用的解决方案，比单纯“刷榜公开数据集”更受评委推崇。

对参赛者的启发：AI for healthcare 是高中生最适合切入的计算机方向之一——医学影像数据有大量公开数据集（如 EyePACS、MESSIDOR、ISIC），常见疾病的分类问题可以在普通 GPU 上训练，论文写作的标准也相对清晰（敏感性、特异性、AUC、混淆矩阵）。如果你能在此基础上加入“低成本部署”（手机端、可穿戴端、嵌入式端）这一维度，就能立刻把一个普通深度学习论文升级为有社会意义的工程项目。

2024 金奖 · 《LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification》

学生 / 学校：何坤朗 (ALLEN HE)，华润小径湾贝赛思国际学校

指导老师：严骏驰 (JunChi Yan)、Cody Kennedy

研究的是什么问题？大语言模型 (LLM, 如 GPT、Claude) 能写诗、写代码，但在做数学题时经常“信口开河”——推理一半时悄悄编一个错误的中间步骤，把答案推向错误。这种“幻觉”在数学场景中尤其致命，因为数学要求绝对的逻辑严密。本论文要解决的就是：能否给 LLM 配一个“形式化验证器” (formal verifier)，让 LLM 提出推理步骤，验证器实时检查每一步是否符合形式逻辑——只有通过验证的步骤才被保留，没通过的则被丢弃或重新生成？这等于给“会瞎掰的天才学生”配了一位严谨的小学数学老师。

用了什么方法？从题目可推测的核心架构：(1) LLM 部分——使用 GPT-4 或开源的 Llama 等模型，让它生成数学推理的中间步骤；(2) 形式化部分——把推理过程翻译到 Lean、Coq、Isabelle 等定理证明助手能识别的形式化语言（这一翻译过程本身就是研究热点）；(3) 反馈循环——形式化系统验证某一步是否正确，把“通过/不通过”的信号反馈给 LLM；(4) 评估部分——在 GSM8K、MATH 等标准数学推理数据集上对比“裸 LLM”和“LLM + 形式化验证”的准确率。这一思路与 2024 年 Google DeepMind 的 AlphaProof 项目高度同构，是当年 LLM + 数学方向最前沿的研究方向之一。

为什么评委青睐？这是一个让顶级 AI 研究者都觉得“非常时髦且重要”的方向。形式化方法 (formal methods) 与 LLM 的结合是 2024 年学术界最热的几个方向之一，能在高中阶段切入这种前沿，本身就说明学生站在了正确的浪潮上。指导老师严骏驰教授是上海交大 AI 领域的杰出年轻学者，论文的学术起点接近研究生水平。同时，“让 AI 不再瞎掰”是一个所有人都能理解的、有重大社会意义的目标，评委读完会觉得这是真正“有意义”的工作。

对参赛者的启发：计算机方向想冲金奖，“踩中下一波技术热点”是关键。2024 年的热点是 LLM + 形式化推理，2025–2026 年的热点很可能是 LLM + 具身智能 (机器人)、LLM + 多模态 (视频生成、3D)、LLM + 科学发现。建议同学们至少订阅 1–2 个顶级 AI 实验室的博客或推特 (OpenAI、DeepMind、Anthropic、上海 AI Lab 等)，跟踪前沿方向的演进，再选择一个力所能及的小切入点做出自己的研究。

2025 金奖 · 《Beyond Reactive Assistance: PV-Care Using Low-Density EEG and AI to Provide Proactive, Context-Aware Help for MCI》

学生 / 学校：Simon Leonardo Liu，上海中学国际部

指导老师：姚艳婕 (Yanjie Yao)、陈智能 (Zhineng Chen)

研究的是什么问题？MCI (Mild Cognitive Impairment, 轻度认知障碍) 是介于“正常老化”和“阿尔茨海默症 (AD)”之间的过渡状态，全球患者数以千万计。现有的辅助系统大多是“反应式”的——用户主动求助，系统才响应 (比如喊“小爱同学，今天星期几”)。但 MCI 患者很多时候自己都意识不到需要帮助，等想起来求助时为时已晚。本论文设计了 PV-Care 系统，用“低密度脑电” (low-density EEG, 只用 4–8 个电极的简易脑电帽) 实时捕捉用户的认知状态，并由 AI 推断当前情境 (context-aware)，在用户出现混乱、走神、迷路等迹象之前就“主动”提供帮助。

用了什么方法？这是一个典型的“硬件 + 算法 + 应用场景”全栈系统。(1) 硬件层——使用 OpenBCI、Muse 或同类消费级低密度 EEG 设备采集前额叶等关键区域的脑电；(2) 信号处理层——对脑电做带通滤波、伪迹去除（眨眼、肌电干扰），提取功率谱特征（alpha、beta、theta 频段）；(3) 模型层——训练分类器（CNN、Transformer 或 EEGNet）识别认知负荷、注意力下降、记忆混乱等状态；(4) 应用层——结合用户当前情境（位置、时间、日程）做主动提示。整体设计非常贴近真实老年人居家场景的需求。

为什么评委青睐？这篇论文同时打到了三个评委敏感点：(1) “AI for aging”是 2025 年全球公认的重大社会问题，中国老龄化进程使这一方向格外有意义；(2) “低密度 EEG + AI”是一个工程上可落地的方向——传统的医疗级 EEG 需要 32–128 个电极，根本无法在家用，本论文把它压缩到几个电极也能用，工程难度极高；(3) “从被动到主动”的设计理念有方法论上的创新，不是又一个普通的健康监测应用。

对参赛者的启发：计算机系统类项目要拿大奖，关键是要“全栈”——硬件、算法、应用、人因（user study）都要交付出像样的结果。不要只做一个 demo 算法，要做一个“看上去能立刻给奶奶用”的完整系统。同时，老龄化、残障辅助、教育公平、心理健康是 2025–2030 年最有社会回应的几个方向，AI 与这些领域结合往往能拿到比“刷榜论文”更高的奖项。

（以上论文获奖信息均来自 [yau-awards.com](https://www.yau-awards.com) 官方公示页面，详见⁵）

表 2.18: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（计算机）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	金	上海市民办平和学校	Word in Word: A Novel Word Embedding Method Incorporating Context Cues and Morphological Structures	吴可越
2023	银	中国人民大学附属中学	AI-based Glaucoma Diagnoses Based on Phone-taken Colored Fundus Retinal Images	谢昕然
2023	铜	北京市第一零一中学	MNIST Handwritten Digit Classification with Quantum Neural Network	黄博尧、高博言、王锴睿
2023	铜	上海美国学校	Action-Aware Vision Language Navigation (AAVLN): AI Vision System based on Cross-Modal Transformer for Understanding and Navigating Dynamic Environments	Jasmine Liu, Sophia Liu

⁵2023 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>；2024 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>；2025 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	铜	上海市世外中学	Consistency and Separation Regularization: Empowering Contrastive Learning for Semi-supervised Semantic Segmentation	胡文扬
2024	金	Basis International School Park Lane Harbour 华润小径湾贝赛思国际学校	LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification	ALLEN HE 何坤朗
2024	银	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Diagnosing Autism Spectrum Disorder via Brain-Population Graph-in-Graph Neural Networks	YuHuan Fan 范宇桓
2024	铜	The Affiliated High School of South China Normal University 华南师范大学附属中学	Decoding the Past: Solving Challenging Oracle Bone Characters Recognition Problem by Integrating Vision Transformer and Generative Adversarial Image Restoration Techniques	ChengJui Fan 樊睿
2024	铜	未公开	CelsiaNet: Collaborative Understanding of Images and Text-A Multi-Modal Vision-Language Model Framework	ShiYu Chu, ZheKai Shen 褚诗语、沈哲楷
2024	铜	未公开	MMIDR: Multi-scale Mutual Information for AI Detection via Rewriting	未公开
2025	金	上海中学国际部 Shanghai High School International Division	Beyond Reactive Assistance: PV-Care Using Low-Density EEG and AI to Provide Proactive, Context-Aware Help for MCI	Simon Leonardo Liu
2025	银	合肥安生学校 Hefei Thomas School	CraftMesh: High-Fidelity Generative Mesh Manipulation via Poisson Seamless Fusion	James Jincheng Hu

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2025	铜	北京京西学校 Western Academy of Beijing	Flow Matching-based Text-to-Speech for Low-Resource Automatic Speech Recognition Augmentation	孙浩宸 Haochen Sun
2025	铜	未公开	The Influence of the Shadow of the Future on the Evolution of Cooperative Strategies in Multi-Agent Systems Based on LLM Architecture in Repeated Games	莫霁然 Jiran Zhou
2025	铜	未公开	Structured Higher-Order Mental State Inference for Multi-Modal Machine Theory of Mind	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5、入围 4。

2.5.2 相关参赛背景知识介绍

这里我们重点介绍参与丘成桐奖计算机学科比赛时，学生所需掌握，或者将会学习到的新知识。

2.5.2.1 Python 编程学习

首先，参与计算机类的课题，较为出色的编程能力属于该学生所需要具备的最基础的条件。学生根据自身经历的不同，可能会掌握 Python，C，Java 等不同的语言，但对于丘成桐奖有关的课题，Python 由于其在机器学习方向广阔的应用以及简明的语法和大量的函数支持，应当成为编程语言学习的首选。

这里推荐使用 Anaconda 部署本地的 Python 环境，或者使用 Kaggle，Colab 这类的在线平台。本地和在线的运行各有优劣，需要学生灵活进行选择。在充分掌握 Python 的语法，基本数据结构等内容之后，学生还应了解并熟悉以下几类库的使用。

1. 数据分析类：NumPy、Pandas 和 SciPy（多维数据的处理运算、算法和相关数学工具）、Matplotlib 和 Seaborn（数据可视化，作图）
2. 机器学习类：Scikit-Learn（基础的机器学习工具包，包含大量成熟算法）、Pytorch 和 Tensorflow（深度学习的运算框架，大部分深度学习问题都可以利用其框架进行探究）、OpenCV 和 NLTK（对于计算机视觉问题和自然语言处理问题的常用库）

在这里必须要强调说明的是，学生不可能一次性完全了解这么多工具是如何进行使用的。但是，学生需要非常明确和熟悉相关代码可以实现哪些功能，以及在遇到问题时如何去搜索

解决方法。对于 Python 语言和相关库的使用，其实本质上和语言学习类似，都是一个不断积累的过程。

2.5.2.2 微积分、统计、线性代数

其次，学生如果想明白机器学习的理论基础的话，应当具备足够的微积分、统计以及线性代数的知识。比如说，学生如果没有学过微积分的话，是很难明白梯度和回归相关问题的深层含义；学生如果没有学过统计学的话，对于机器学习模型验证的各种方法可能会一头雾水；学生如果没有学过线性代数的话，对于卷积神经网络的分层计算会丧失概念。

机器学习的核心其实还是数学问题，我们希望参加计算机比赛的学生有着良好的数学背景以及较强的学习能力，这样才能够很快的去掌握并理解新的概念与理论，这一点在计算机学科的比赛当中非常重要。在这里，学生并不需要去理解或者掌握数学科目中较难题目的解法，这是和传统数学教学不太一样的。但是，学生需要充分明白一些数学概念在应用时背后的含义，这对于学生理解各种算法的本质帮助极大。

2.5.2.3 机器学习入门

最后，在掌握足够的编程和数学基础后，学生应当开始接触机器学习的各种内容。首先，学生应当考虑从算法上开始，这时学生应当开始涉足线性回归、逻辑回归、线性判别分析、朴素贝叶斯、KNN、随机森林等常用的算法，并掌握这些算法的应用场景和优缺点。然后，学生可以开始学习循环神经网络和卷积神经网络等有关知识，并能够理解在这些神经网络中例如反向传播、随机梯度下降、学习衰减率等有关概念。最后，学生可以开始考虑参照教程，来使用已有的深度学习库，对于一些实际问题进行探究。

在拥有以上的经历和基础后，学生将会很容易地加入到具体的科研课题中来。但是需要注意的是，上述的背景其实是具有传统意义上大学课程的难度，所以对于学生的学习能力和时间精力要求极强。如果不具备相关背景知识的话，学生也可以来参与有关的科研项目，但是其理解程度和体验将会大打折扣。

2.5.3 优秀论文案例分析

2.5.3.1 2021 年全球计算机金奖/科学金奖

1. 学生背景简述

Claire Wang 和 Yihao Huang 为 2021 年丘成桐中学生科学奖计算机金奖以及科学金奖得主。两位学生均来自 Phillips Academy Andover，全美最为顶尖的私立寄宿高中。除此之外，两位学生的项目来源于麻省理工学院颇具盛名的高中生科研项目，Program for Research in Mathematics, Engineering and Science for High School Students (简称 PRIMES)，以及导师为 Jessica Shi, MIT 的 2018 年入学的计算机博士在读学生，同时论文致谢 Julian Shun, MIT 的在职教授以及 Jessica 的导师。

从背景来看，2021年计算机金奖和科学金奖的学生履历完美，无可挑剔。然而，这些优秀的背景并不能确保这两位高中生在高手如云的丘奖比赛中脱颖而出。究竟是什么原因使得这两位同学能够得到包括丘成桐在内的众多评委的青睐，我们下面将会具体解释。

2. 论文概述

首先，我们来看论文大致讲了什么。这里我们看一下原文的题目以及摘要，然后我们看一下对应的翻译。

Title: Efficient Algorithm for Parallel Bi-core Decomposition

Abstract: Many real-world statistics and problems can be modeled by graphs, such as user-product networks, social networks, and biological networks. Identifying dense regions within these graphs is useful for product-recommendation, spam identification, and protein-function discovery. k -core decomposition is a fundamental graph theory problem that discovers dense substructures of a graph. However, k -core decomposition does not directly apply to bipartite graphs, which are graphs that model the connections between two disjoint sets of entities. Bipartite graphs are widely used to model authorship, affiliations, and gene-disease associations, to name a few. In this paper, we solve the analog of the k -core decomposition problem, which is the bi-core decomposition problem. Existing sequential bicore decomposition algorithms are not scalable to large-scale bipartite graphs with hundreds of millions of edges. Therefore, in this paper, we develop a theoretically efficient parallel bi-core decomposition algorithm. Compared to existing parallel algorithms, our algorithm reduces the length of the longest dependency path of the computational graph which measures the asymptotic bound of a parallel algorithm given sufficiently many threads. We provide an optimized parallel implementation that is scalable and fast. Using 30 threads, our parallel algorithm achieves up to 34.8x self-relative speedup. Our code achieves up to 4.1x speedup compared with the best existing parallel algorithm.

题目：并行双核分解的高效算法

摘要：许多现实世界的统计和问题都可以用图来建模，如用户-产品网络、社交网络和生物网络。识别这些图中的密集区域对于产品推荐、垃圾邮件识别和蛋白质功能的发现是非常有用的。 k -core分解是一个基本的图论问题，可以发现图的密集子结构。然而， k -core分解并不直接适用于双联图，双联图是模拟两个不相交的实体集合之间的联系的图。双联图被广泛用于模拟作者身份、隶属关系和基因-疾病关联，仅举几例。在本文中，我们解决了 k -core分解问题的类似物，也就是双核分解问题。现有的顺序双核分解算法不能扩展到有数亿条边的大规模双子图。因此，在本文中，我们开发了一种理论上高效的并行双核分解算法。与现有的并行算法相比，我们的算法减少了计算图的最长依赖路径的长度，该路径衡量了给定足够多线程的并行算法的渐进约束。我们提供了一个优化的并行实现，它是可扩展和快速的。使用30个线程，我们的并行算法实现了高达34.8倍自我相对加速。与现有的最佳并行算法相比，我们的代码实现了4.1倍的速度提升。

本文的具体研究方向为大规模双联图数据结构的高效并行计算，再通俗一点就是如何设计一个更快的算法，去对复杂的大规模数据进行分解。整篇文章的核心，包括 Julian Shun 的研究方向，都是在于并行计算上，这与大家所能明白的多线程工作比较相似。从传统来讲，计算机的处理方式是接收很多条命令，然后执行完一条后，紧接着执行下一条。然而，现代的计算机大多配备多核多线程的并行处理方式，这样能够极大程度的提升计算机运行速度，减少运算时间。同时对于特定问题而言，由于数据结构的关联性与逻辑性，并行运算的实现会极具挑战，于是如何更快的并行处理大规模数据也就成为计算机科学领域一个非常重要的课题。

3. 获奖点分析

- **选题:** Claire Wang 和 Yihao Huang 的选题可以看作是 Jessica Shi 和 Julian Shun 的科研课题的拓展。相比其他更易于高中生接受的深度学习建模及训练有关的命题，该题目明显更侧重于计算机基础理论上的研究，这里基础理论包括并行算法和图网络这两个在当前计算机领域非常重要的课题。在计算机有关的科研中，能够提出理论算法上的创新和突破是非常难得的，这要比如何用编程代码去解决实际问题要困难的多。丘成桐的计算机评委在过往的比赛也更为青睐从理论角度出发的科研论文，因为这些论文往往能够给人带来眼前一亮的感觉。但是，要去实现在计算机理论上的突破是极其困难的，这里与学生的学习能力精力，导师的背景等关系极为密切。同时过往也有优秀的理论方向论文使得评委产生真实性怀疑的案例。所以，我们希望能够学生可以用计算机理论有关的科研项目去进行丘成桐奖的评比，但是一定要保证对自己研究内容的充分理解和对于相关理论的清晰呈现。
- **论文:** 整篇论文结构清晰，完美符合科研论文的写作思路 and 标准，专业性极强。论文从顺序性 (Sequential) 双核问题解释出发，一步步解释清自己的并行 (Parallel) 双核分解问题算法及相关优化，并最终在大量双联图结构数据中进行测试，得出相比于现有并行算法有着 4.1 倍速度提升的重要结论^[5]。

Contents

- 1 Introduction
- 2 Related Work
- 3 Preliminaries
- 4 Sequential Bi-core Decomposition
 - 4.1 Sequential Peeling
 - 4.2 Computation Sharing
 - 4.3 Analysis and Implementation Details
- 5 Parallel bi-core Decomposition Algorithm
 - 5.1 Parallel Bucketing and Exponential Search
 - 5.2 Parallel Aggregated-Peeling
 - 5.3 Parallel Bi-core Decomposition
 - 5.4 Peeling Space Pruning Optimization
 - 5.5 Implementation and Other Optimizations
- 6 Experiments

7 Conclusion

References

这里，作者无论从理论基础，还是算法讲解，以及代码实现，都有着客观，细致且清晰的书写。能同时满足这些学术写作要求，对于高中生而言，是非常难能可贵的。同时，全文贯穿着大量清晰的图表，这些图表可以独立的去说明讲解很多有关的问题，这会极大程度的优化评委的阅读体验（参照 3.1 学术论文阅读方法）。

下面，我们从该文章中比较重要的几个细节方面来解释说明计算机论文中独具特色而且比较重要的地方。首先，该论文中使用了大量的伪代码来梳理核心编程逻辑。对于计算机领域的评委及专家而言，其大部分可能都会同意 Linus Torvalds（Linux 系统之父）的名言，“废话少说，放码过来。”（“Talk is cheap. Show me the code.”）尽管丘奖的评委可能不太乐意去研究参赛项目的源代码，但他们一定会希望能从伪代码的描述中来理解文章中编程有关的底层逻辑。同时，将复杂的程序凝练成简单易懂的伪代码也可以充分体现学生对于该项目的理解以及编程水平，详见图2.31。

Algorithm 1 Sequential Baseline 1 [29]

```

1: procedure SEQ-BI-CORE( $G$ )
2:   for  $\alpha' = 1$  to  $\delta$  do
3:     PEEL-FIX- $\alpha(G, \alpha')$ 
4:   for  $\beta' = 1$  to  $\delta$  do
5:     PEEL-FIX- $\beta(G, \beta')$ 
6: procedure PEEL-FIX- $\beta(G, \beta')$ 
7:   DEL-UPDATE( $v$  if  $\deg(v) < \beta'$ )
8:   while  $U \neq \emptyset$  do
9:      $\text{del}U, \alpha \leftarrow \text{FIND-MIN}(\deg(u))$ 
10:    for all  $u$  in  $\text{del}U$  do
11:      for  $i = 1$  to  $\alpha$  do
12:         $\beta_{\max i}(u) \leftarrow \max(\beta_{\max i}(u), \beta')$ 
13:       $\text{del}V \leftarrow \text{DEL-UPDATE}(\text{del}U, \beta)$ 
14:      for all  $v$  in  $\text{del}V$  do
15:         $\alpha_{\max \beta'}(u) \leftarrow \alpha$ 
16:      DEL-UPDATE( $\text{del}V, \alpha$ )
17: procedure PEEL-FIX- $\alpha(G, \alpha')$ 
18:   mirror image of PEEL-FIX- $\beta$ 
19: procedure DEL-UPDATE( $\text{del}X, k$ )
20:    $\text{del}Y \leftarrow \emptyset$ 
21:   for all  $x$  in  $\text{del}X$  do
22:     for all  $y$  in  $\text{neighbor}(x)$  do
23:        $\deg(y) \leftarrow \deg(y) - 1$ 
24:       if  $\deg(y) < k$  then
25:         add  $y$  to  $\text{del}Y$ 
26:       mark  $y$  as removed
27:   mark  $x$  as removed
28:   return  $\text{del}Y$ 

```

▶ Peel V from 1 to $\beta' - 1$
 ▶ Get min unpeeled degree in U
 ▶ Peel U up to α
 ▶ Update $\alpha_{\max \beta'}$
 ▶ Remove peeled v

图 2.31: 论文中的伪代码展示。在计算机的论文中，伪代码的展示对于帮助读者对于论文算法的流程至关重要。

除去伪代码部分，另一个文章的重要细节在于对整体算法部分的解释。文章中使用了清晰直观的方式，来讲解程序算法中每一步能够实现什么内容。同时，文章也花很多篇幅来对算法部分进行详细说明，确保读者能够明白这篇论文的精髓，详见图2.32。

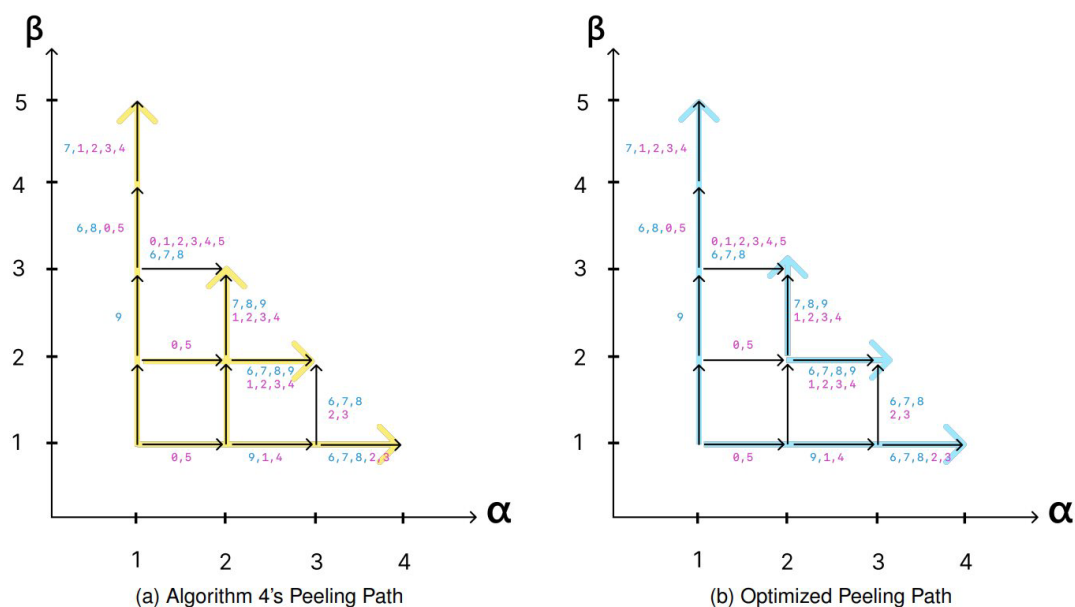


图 2.32: 论文中的算法流程的梳理展示。在计算机的论文中，由于算法的抽象性，如何让读者最快的明白算法流程非常有挑战。该论文中举例很清楚的讲明了核心算法。当然，这里如果作者能够在标题部分提供更多相关信息，使得算法图满足论文图表的独立性就更好了。

最后，我们可以来看一下论文中对于结果的展示。如何最清楚的将代码的结果进行清晰的呈现是每一篇论文都需要重点考虑的部分，在 Claire 和 Yihao 的文章中，两位作者用柱状图的形式将其创新优化后的算法与传统的算法进行了展示。从图中，我们可以很清晰的看到，优化后的算法对于运算时间有着巨大的提升（柱状图中黄颜色代表作者的算法，越短代表着所需运算越少也越优异），详见图2.33。

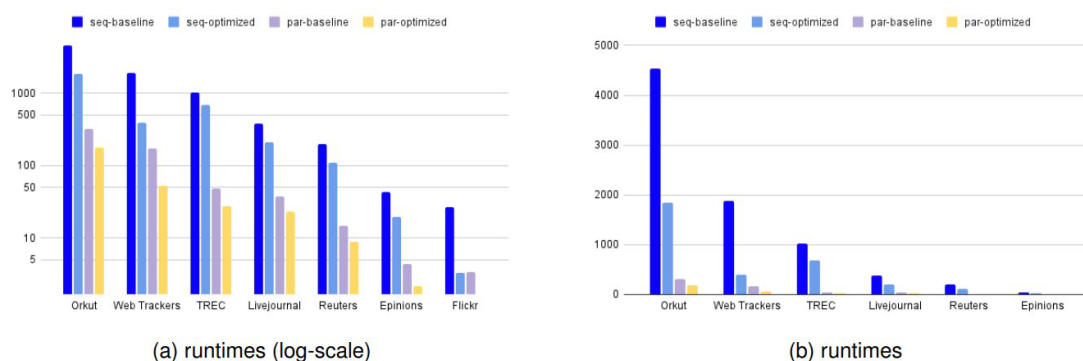
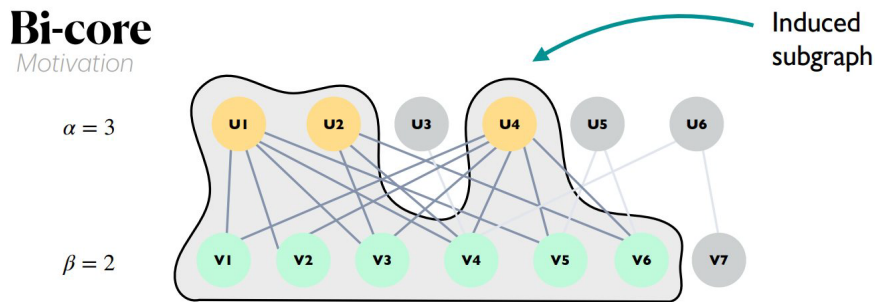


图 2.33: 论文中的结论部分的展示。作者通过柱状图的形式对不同算法的运算时长进行了展示，读者可以很快的发现作者算法的优越性。

- 演讲:** 由于整个丘成桐比赛的决赛现场并没有公开，我们在这一部分只能依靠现有的信息进行猜测。首先，由于丘成桐奖总决赛是全英文答辩，两位选手的顶级美高背景（有兴趣可以搜索 Phillips Academy Andover 的录取条件，该高中国内学生录取率低于哈佛耶鲁的录取率）能够确保其在语言上的巨大优势。其次，尽管总决赛的演示稿没有放出，我们还是能从麻省理工的网站上搜索到 PRIMES 相关课题的演示稿。两位选手的演示稿

非常专业美观，几乎是我们搜集到的演示稿中最为优秀的^[6]。图2.34, 图2.35为演示文稿中的两页节选，仅供参考。



(α, β)-core

(3,2) core means that every **U** node has at least 3 edges and every **V** node has at least 2 edges within the subgraph
Alpha and beta maxes

5

图 2.34: 演示文稿中的对科研动机的说明。

Bi-core Decomposition

Goal: find $\alpha_{\max \beta}(v)$ for every β and v and find $\beta_{\max \alpha}(u)$ for every α and u

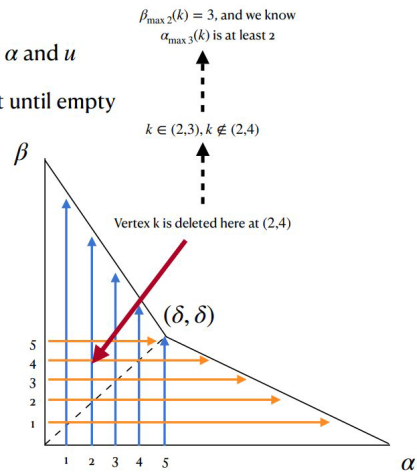
Process: Peeling-based—remove vertices with min degree—repeat until empty

For $\beta = 1$ to δ :

Peel from $\alpha = 1$ to its maximum value

For $\alpha = 1$ to δ :

Peel from $\beta = 1$ to its maximum value



Liu, B., Yuan, L., Lin, X. et al. Efficient (α, β) -core computation in bipartite graphs. *The VLDB Journal* **29**, 1075–1099 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00778-020-00606-9>

10

图 2.35: 演示文稿中的对算法的说明。

2.6 经济金融建模

2.6.1 研究课题选择及获奖情况分析

丘奖官网对于经济金融建模奖的定义为经济金融建模奖研究范围涵盖经济学（含金融学）的所有领域。研究课题对于回答经济问题有直接的贡献或者方法学方面的贡献。经济学是一个涵盖广泛的学科，如果按照广义的经济学研究内容来分类，经济学包括金融学，金融学是经济学内部的子学科，我们熟悉的经济学主要有：微观经济学与货币经济学；国际贸易；金融学；健康、教育及福利；企业经济学；工商管理、销售与会计；农业与自然资源环境学；环境经济学；区域与交通经济学；其他特殊类别。如果按照狭义的经济学研究主题来看，则金融学和经济学是属于并列的两个学科。本文按照狭义的研究学科视角，可以把经济金融建模奖分为经济学建模和金融学建模两大主题。其中金融学包括金融与公司管理等，而狭义经济学则主要指金融学之外的其他生产生活领域经济学的应用。

如果从研究角度来分类，经济金融学则可以大概分为实证经济金融学和规范经济金融学两类：其中实证经济金融学侧重于定量描述、量化和解释经济发展、预期和相关现象，它依赖于客观的数学分析、相关的事实和相关的数字。规范经济金融学侧重于定性分析意识形态、观点导向、规范性、价值判断和“应该是什么”的陈述。但对近年丘奖经济金融建模学科的获奖论文中发现，并不是以上所有方向都适合参赛。丘奖不仅包括经济金融，还涉及“建模”二字。建模指的是数学建模，指用数学的方法和理论来解决实际问题的科学方法。

因此，可以总结为，丘奖经济建模奖的理解是：采用建模的方法对经济学和金融学课题的研究，它需要的是定量研究即实证研究，不能是定性的研究即规范研究。大多数的获奖作品都是采用了计量经济学的方法，用数学建模的方式将经济量化进行研究，获得研究成果。也就是说，实证经济学是合适的，规范经济学是不合适的。由于在获奖作品中，几乎没有看到过定性研究的相关论文，推荐提交定量的计量经济学方向的论文。从丘奖经济建模奖获奖作品的共性与趋势来看，强调与经济金融学科的相关性、研究思路（研究主题选择）和研究构思的原创性、科学性和严密性、研究报告书的学术规范性、面试答辩口语表达的学术规范性、面试答辩团队的合作性等。

从研究领域来看，可以按照狭义的经济学和金融学两大类对 2019-2021 年丘赛经济金融建模类获奖论文进行分类，其中属于狭义经济学研究领域的论文共有 14 篇，例如 Carbon Tax or Carbon Emission Quota on Carbon Market: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation, COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan 等，而属于金融学研究领域的论文共有 7 篇，例如 Beyond the Blockchain Announcement Signaling Credibility and Market Reaction, Resilience and Female Entrepreneurship: Evidence from New Survey Data 等。可以发现，狭义经济学的论文数量占比要高于金融学，这与金融学相对较强的专业性排他性和经济学相对更广泛的主题性有关。

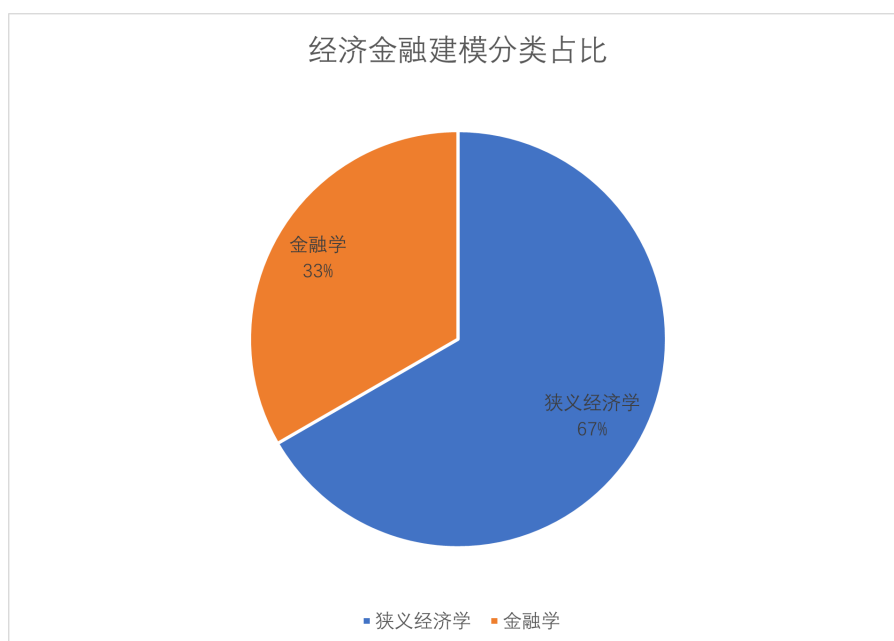


图 2.36: 2021 丘成桐奖总决赛经济金融建模获奖课题类型分布

具体来说，14 篇狭义经济学的获奖论文主题领域中，有 5 篇属于绿色经济学，占比最高，包括 Carbon Tax or Carbon Emission Quota on Carbon Market: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation, COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan, A Survey Analysis on Rural Environment Governance, 基于空间视角下的中国大陆各省环境效率对比研究, Optimal Control Plan of Air Pollution in a City of North China。有 3 篇属于劳动经济学，包括 The Impact of Digital Capital on Gender Wages——Empirical Analysis Based on CGSS, Chinese Immigrants and Local Labor Markets in the U.S.: A State-Level Analysis, Data-driven approach for predicting and explaining the risk of long-term unemployment。有一篇属于产业经济学，为数字化与制造业企业创新——基于中国 A 股上市制造业企业的研究。有一篇属于国民经济学，为 The Measurement on China's Civil Airlines Network Structure and Empirical Analysis in its Influential Factors。有一篇属于教育经济学，为教育公平与生育率选择。有一篇属于拍卖，为 All-Pay Auctions with Different Forfeits。有一篇属于社会责任，为 COVID-19 and Employee Social Responsibility: Evidence from China。有一篇属于政治经济学，为 Does Import Competition From China Impact Political Ideology in the U.S.? Evidence From China's Accession to the World Trade Organisation。

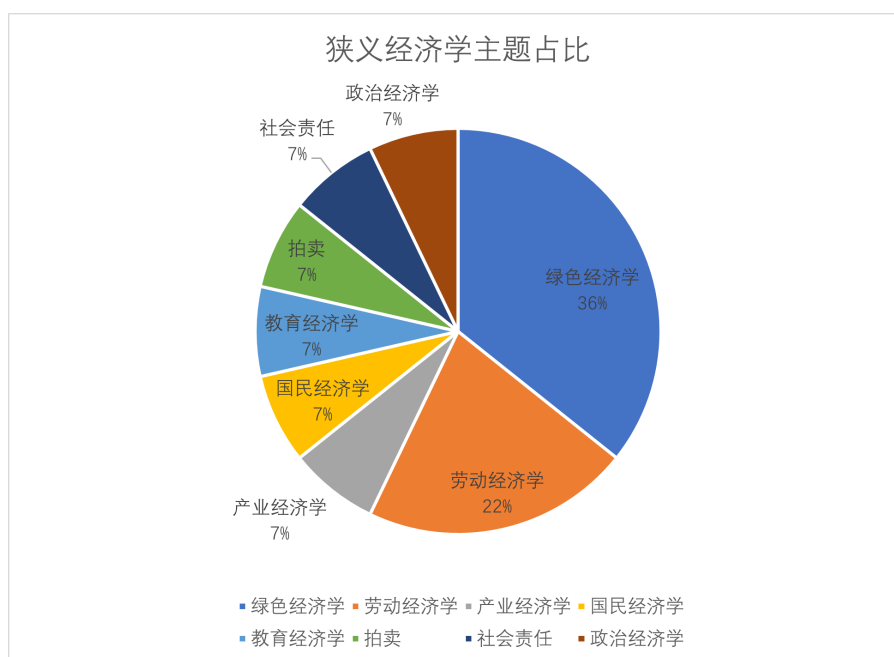


图 2.37: 2021 丘成桐奖总决赛获狭义经济学奖课题类型分布

在 7 篇金融学的获奖论文主题领域中，有 3 篇属于资产定价，占比最高，包括 Research on the difference between individual pricing and manufacturer pricing —— Take the second-hand trading platform “Idle fish” as an example, How do Discount Pricing Strategies Affect Online Sales Performance during the “Double Eleven” Shopping Day: An Empirical Analysis Using Big Data, Pricing of Two-sided Platform Self-run and Third-party Sellers in the Perspective of Seller Competition: Evidence from JD。有 2 篇属于电子商务，为 Path Optimization of Takeaway Distribution Based on Artificial Bee Colony Algorithm、Research on the Impact of Internet Breaking News Events on Online Commodity。有一篇属于企业家精神，为 Resilience and Female Entrepreneurship: Evidence from New Survey Data。有一篇属于区块链，为 Beyond the Blockchain Announcement Signaling Credibility and Market Reaction。

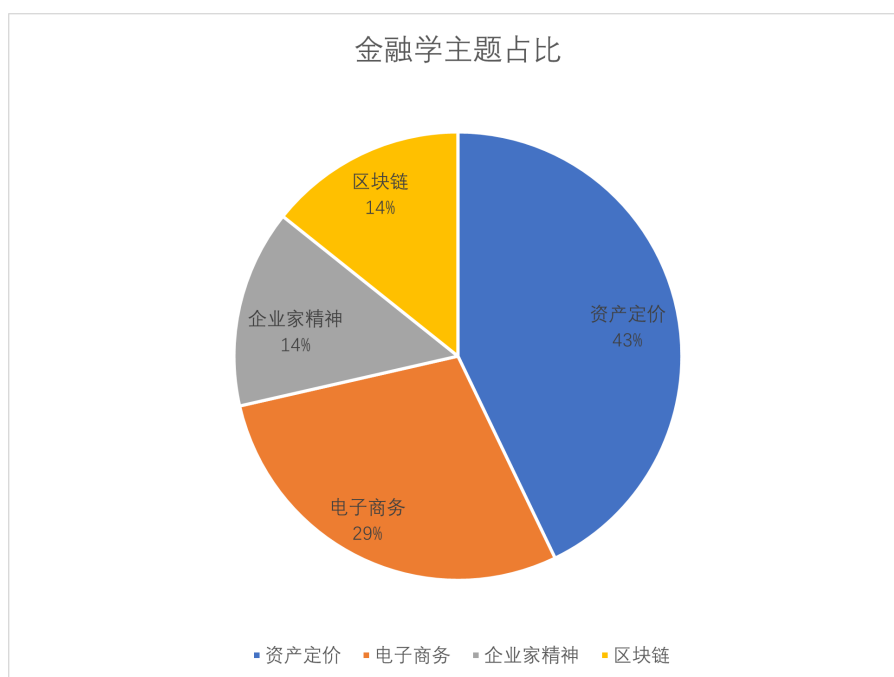


图 2.38: 2021 丘成桐奖总决赛获金融学学奖课题类型分布

因此，可以总结发现，从研究主题来看，获奖论文更侧重于狭义经济学中的绿色经济学、劳动经济学与金融学中的资产定价领域。这几个领域的主题可以结合最新的新冠疫情对经济金融的冲击进行构思和选题，使得论文的选题更有时代性和新颖性。

从研究方法来看，经济金融获奖建模论文主要运用的研究方法类型比较多，体现出研究方法的多样性、复杂性和不断更新。具体来说，包括回归分析、假设检验、数学理论模型、网络爬虫、大数据分析、混合研究、博弈论、文本分析、机器学习、模拟仿真、网络分析、比较分析、自然实验、DEA、主成分分析等。从 2019-2021 年获奖论文的累计运用次数来看，回归分析的使用次数最多，占比为 27.8%，例如基于空间视角下的中国大陆各省环境效率对比研究。其次为数学理论模型，占比为 18.5%，例如 Optimal Control Plan of Air Pollution in a City of North China。第三为假设检验，占比为 14.8%，例如 COVID-19 and Employee Social Responsibility: Evidence from China。其他研究方法则分布较为平均，累计运用 1-4 次，包括大数据分析（7.4%，例如 Data-driven approach for predicting and explaining the risk of long-term unemployment）、网络爬虫（3.7%，例如 How do Discount Pricing Strategies Affect Online Sales Performance during the “Double Eleven” Shopping Day: An Empirical Analysis Using Big Data）、文本分析（3.7%，例如数字化与制造业企业创新——基于中国 A 股上市制造业企业的研究）、机器学习（3.7%，例如 Path Optimization of Takeaway Distribution Based on Artificial Bee Colony Algorithm）、模拟仿真（3.7%，例如 Carbon Tax or Carbon Emission Quota on Carbon Market: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation）、自然实验（3.7%，例如 COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan）、主成分分析（3.7%，例如 Optimal Control Plan of Air Pollution in a City of North China）、混合研究（1.9%，例如 Resilience and Female Entrepreneurship: Evidence from New Survey Data）、博弈论（1.9%，例如 Research on the difference between individual pricing and manufacturer pricing —— Take the second-hand trading

platform “Idle fish” as an example)、网络分析 (1.9%, 例如 The Measurement on China’s Civil Airlines Network Structure and Empirical Analysis in its Influential Factors)、比较分析 (1.9%, 例如 COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan)、DEA (1.9%, 例如基于空间视角下的中国大陆各省环境效率对比研究) 等。

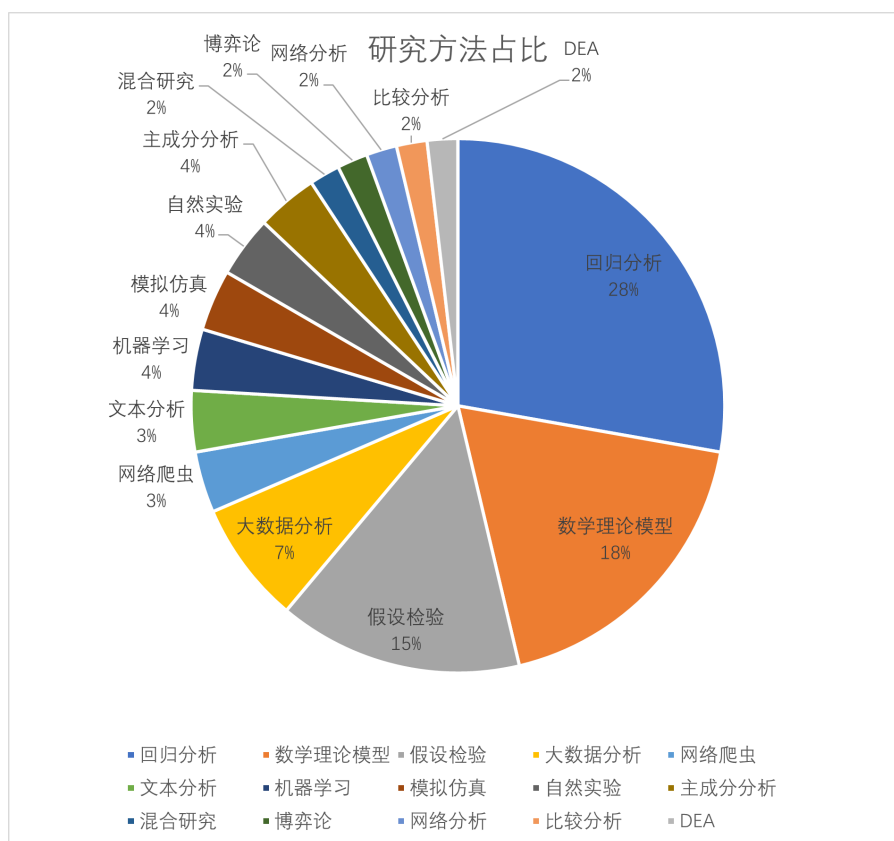


图 2.39: 2021 丘成桐奖总决赛经济研究方法类型分布

有一点值得引起注意到的是，大数据以及机器学习研究方法在获奖论文中的占比逐渐增加，成为近年来备受关注的经济金融新的研究趋势。大数据、机器学习、网络爬虫、文本分析这几种研究方法往往是相伴相随，属于计算社会科学的研究领域，也符合目前我国提出的新文科建设号召。机器学习是指从数据中识别出规律并以此完成预测、分类及聚类的算法总称。目前机器学习技术在经济金融研究中的应用分成三类：第一，数据生成 (Data Generating Process)：机器学习可以帮助学者获得以前很难或无法获得的数据；第二，预测 (Prediction)：机器学习可以更有效地探索变量之间的相关性，进而做出较为精准的预测；第三，因果识别 (Causal Inference)：社会科学、特别是经济学实证研究的核心是因果识别，而机器学习在这方面也具有一定优势。传统经济金融实证研究基于的数据大都来自官方、问卷调查、实地调查、田野或实验室实验。最新一些研究试图利用机器学习技术拓展数据可得性。通过机器学习获得数据的主要方式是文本挖掘及图像识别。就文本信息来说，研究者关心的是文本主题。除了文本，机器学习也可以从图像中提取变量，卫星图像就是一个被经济学家广泛研究的图像信息。上述研究主要涉及变量的“绝对”值，机器学习还可以为研究者生成“相对”意义上的变量。比较不同文本相似度是该领域的典型应用。除了对海量文本进行归类和比较外，机器

学习技术还可以测量文字背后的情感。

从研究国别角度来进行分类的话，可以把经济金融获奖建模论文研究的国别分为单一国家和跨国研究。其中单一研究国家的论文占比较大为 85.7%，例如基于空间视角下的中国大陆各省环境效率对比研究。而跨国研究的论文占比较小为 14.3%，例如 COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan。这背后的原因在于，跨国数据的获取相对来说更为复杂，面临不同语言、计量单位和数据形式的障碍，而大多数论文研究的是中国数据，是因为首先对数据语言、语境和收集方式更为熟悉，其次也有利于讲好中国故事，并且推广到其他国家和地区。

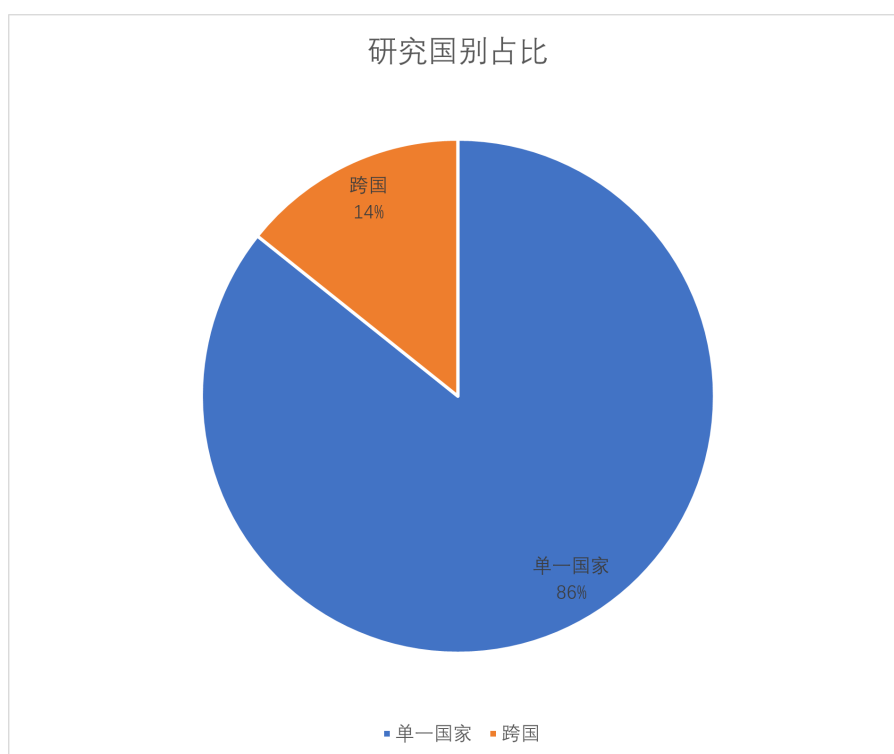


图 2.40: 2021 丘成桐奖总决赛经济研究国别分布

从研究数据来源进行分类来看，获奖论文使用占比最高的还是传统大型公开数据库（例如 WIND 等），占比达到 57.1%，例如 COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan 等文章。其次最近这几年比较热门的大数据也逐渐崭露头角，成为占比仅次于传统数据库的数据来源（例如网页爬取），占比达到 23.8%，例如 Data-driven approach for predicting and explaining the risk of long-term unemployment 等文章。而调查数据占比最小，为 19%，可能与调查数据收集成本较高，比较费时费力有关，例如 Resilience and Female Entrepreneurship: Evidence from New Survey Data 等文章。总之，随着社会科学的方法不断发展，越来越多的数据包括影像、图片、声音、文字等也逐渐突破原有数字的障碍，成为未来经济金融建模的重要数据来源之一。

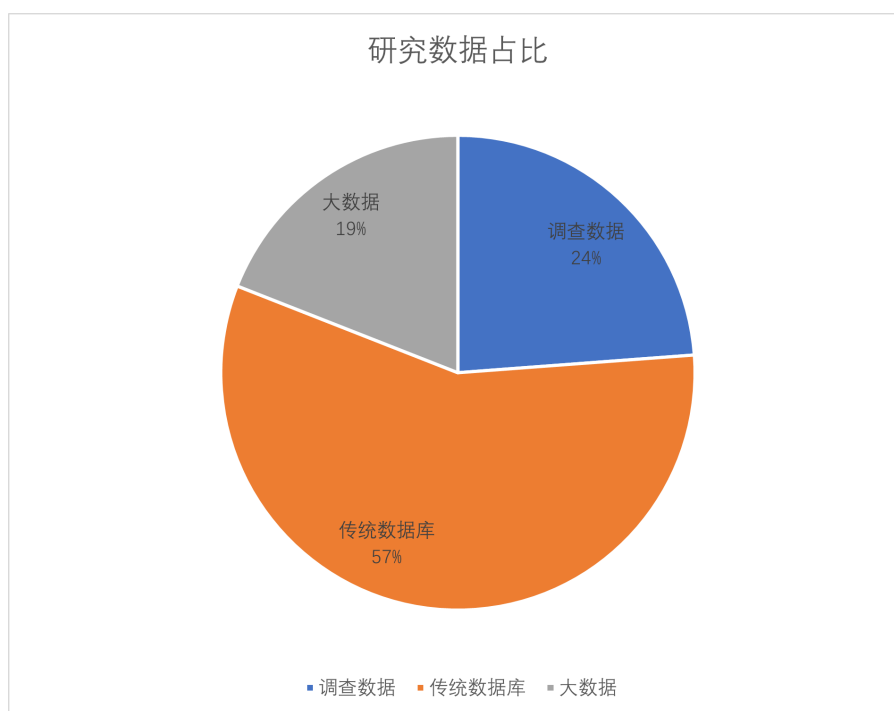


图 2.41: 2021 丘成桐奖总决赛经济研究数据分布

还有一种更为专业和技术门槛高的分类方法，即从实证研究的复杂程度，可以分为结构式 (Structural form) 研究和简约式 (Reduced form) 研究。第一类结构式研究例如 2021 年的全国决赛金奖 “Tax Policy or Carbon Emission Quota: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation”；其余全国决赛获奖作品基本均属第二类简约式研究。结构式的主要特点在于构造复杂的反事实模型和数理推导，并进行参数校准，这种研究对于学生而言难度系数较高。简约式的主要特点在于通过应用计量模型来验证问题的关系，更为常见和简单易懂。

结构式 (Structural form) 研究和简约式 (Reduced form) 研究的最大区别在于它们对经济理论在经验研究的作用。简约式认为经验研究应该让“数据自己说话”。他们认为经济理论模型是研究者的意志决定的，把研究者的意志强加到数据上面而得到的结论只有在模型正确的情况下才会正确。因为研究者不可能知道什么模型是正确的，他们的主要研究工具很简单：使用各种各样的回归分析。

结构式则认为，数据不可能完全显示自己是怎么产生的。结构式原创于考尔斯基基金会，Jacob Marschak 是早期的阐述者。结构式认为，如果说经济研究的目标是数据产生结构的话，那么只有在研究者的模型的协助下才能了解数据产生结构，即便研究者的模型可能是错误的。结构式在科学研究方法上很接近于物理学家。物理学家要了解物质如何运转，他们经常提出模型，然后用实验检验。物理学家的模型可能是错误的，即便模型与目前所有的数据符合。但是没有模型，物理学家的理论是毫无运用的，因为一大堆无模型的数据不能被用来预测。结构式的经济学家注重模型，注重估计模型中的原始参数。所谓的原始参数指得是那些在偏好和技术方程中的参数。这些参数不会因为政策干涉而变化相反，简约式研究所估计的参数多数不是原始参数，因此无法用来进行预测，尤其无法预测从来没实施过的政策会有什么影响。

总而言之，两个研究范式并没有好坏之分，主要依靠其研究问题的重要性与内在的逻辑理论，但是考虑到高中生的基础，结构式学习门槛高，研究一般对于高中生较难，因此在丘赛获奖作品中大多数作品以简约式研究为主。

总结对上述所有的获奖论文研究领域、主题、方法、国别、实证复杂程度等进行总结，可以发现以下几个规律：

金融类相对于传统经济学门类专业性和排他性更高，而传统经济学涉及到我们生活的方方面面，可能更有“趣味性”，更接地气，因此在选择这两大类主题时，可以优先考虑传统经济学的主题，如果对金融相关领域特别感兴趣，再考虑金融领域。

从具体的研究主题来看，传统经济学中的绿色经济学、劳动经济学占比较高，说明其受到关注的认可程度较高。这些主题领域可以和最近的几大热点话题例如新冠疫情、碳中和碳达峰、一带一路等结合起来进行选题与撰写。而金融学中的资产定价和电子商务相关话题占比较多，这些主题领域可以和普惠金融等热点话题结合进行选题与撰写。

从研究方法来看，除开几大标准规范的“规定动作”包括数学理论模型、研究假设、回归分析，和其他一些传统方法例如主成分分析、模拟仿真外，还有一些论文采用了最新较为前沿的大数据、机器学习、网络爬虫、文本分析等新方法，这些研究方法值得在未来的论文研究中得以推广与使用。

从研究国别来看，更多地获奖论文使用的是针对中国单一国家内部的研究，这种研究相对来说数据收集较为简单，可以从数据的可复制性、可推广性和可操作性等角度进行分析，更有利于初学者上手。

从研究数据来源来看，虽然传统大型公开数据库仍然是获奖论文实证数据的主要来源，但无可否认的是，大数据及其相关多元化数据逐渐成为举足轻重的经济金融建模论文数据来源之一，在未来这种趋势会进一步得以体现。因此，及时掌握好大数据及其相关思维训练与数据收集的方法对于未来丘赛经济金融建模论文至关重要。

从研究实证复杂程度来说，只有极少数论文使用结构式研究，使用简约式研究的占大多数。从可操作性和难易程度来说，还是建议使用简约式，除非对于数学模型有非常强烈的兴趣和基础。

2021 年总决赛

表 2.19: 2021 年丘成桐经济题目

学生姓名 (所获奖项)	参赛题目 (英文)	参赛题目 (中文)
Isabella Zeng 曾韵霏 (金)	Tax Policy or Carbon Emission Quota: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation	税收政策还是碳排放权交易？——基于传统内燃机车辆管制理论
Ka Hin Chen (银)	Beyond the Blockchain Announcement: Signaling Credibility and Market Reaction	信号可信度和市场反应
Yiming Song, Victoria Yunlin Fang (铜奖)	Resilience and Female Entrepreneurship — Evidence from New Survey Data	韧性与女性创业的实证证据

Joanna Tan Yingxin	COVID-19 and Employee Social Responsibility: Evidence from China	新冠肺炎与员工证据
Elena Lee, Aditya Nagachandra	COVID-19 and Waste: Evidence from New York City and Taiwan	COVID-19 与证据
缪松阳	Educational Equity and Fertility Choice	教育公平与生育
Yixuan Ling 凌艺宣	The Impact of Digital Capital on Gender Wages—Empirical Analysis Based on CGSS	数字资本对性CGSS 的实证分
郑嘉雨、骆奕	A Survey Analysis on Rural Environment Governance	农村环境治理的
姜皓文	Comparative study on environmental efficiency of provinces in mainland China from a spatial perspective	基于空间视角效率对比研究

经济金融建模选题建议

在大家了解完丘奖获奖作品的类型之后，我们接下来可以从哪些地方考虑选题呢？主要应该从以下三方面来寻找选题，具体如下：

1. 从现实中找选题，建议参考政府工作报告、中央经济工作会议精神，寻找“顶天立地”的研究，比如近年来的供给侧改革、碳中和碳达峰、新冠肺炎疫情及其经济后果、去杠杆、内循环等重要的议题均是不错的研究选题背景。同时，还可以从当前的研究热点比如创新创业、数字经济、绿色发展、金融体制改革等方面寻找切入点。比如近两年丘成桐获奖作品中不少关于数字化与企业创新、环境效率评估、教育与生育率等方面的研究，这些课题均与现实经济密切相关。
2. 从顶级期刊中找找选题，结合中文相关领域顶级期刊（经济研究、管理世界、中国工业经济、金融研究、世界经济等 CSSCI 期刊）与外文顶级期刊（American economic review 美国经济评论 The Economist 经济学家 Econometrica 计量经济学 Journal of political economy 政治经济学杂志；Quarterly journal of economics 经济学季刊等 SSCI 和 SCI 杂志）的选题取向。比如：中美贸易摩擦、全球气候变暖、收入不平等及其福利评估等，均具有较强的实际意义与学术研究价值。
3. 从以往丘赛获奖论文中寻找选题，过往丘赛获奖研究中，以近两年铜奖以上的获奖作品中，不乏有关于新冠疫情、比特币（加密货币）、创新创业、企业创新、数字经济、低碳政策、环境（碳税、环境效率）、环保、数字经济、企业数字化、教育、生育率、企业家精神、企业管理、疫情、区块链等选题，可见选题的现实意义应该要着重考虑。例如，2021 年总决赛铜奖中就有一篇关于韧性与女性创业的文章，这是研究女性创业的现实问题，并把韧性作为切入点进行分析。

建模论文六大要素

1. 对具体问题的特征事实进行观测。经济学理论建模不是“玩数学”，首先，模型自洽是基本要求，功力主要体现在假设里，假设给定之后，推理的脉络就有迹可循了；其次，经济学模型往往会向数学“最简化”的方向去；第三，经济学家的真本事在于，在任何一个情景中很快界定出最优化问题，而不在于求解最优化问题。所以，理论建模的第一要素在于，观测社会经济本身，观察具体领域的实际问题，用经济学直觉明确假设。主要的工作是：观测信息，提炼猜想，把世界的现象用概念分析工具进行抽象压缩，然后尝试描述其背后的因果关系结构；界定内生、外生变量；界定控制、状态变量（对于多期动态优化问题）等等。
2. 第二要素：了解基准模型。第二步要考虑基准模型。经济学各个领域基本上都会存在主力模型，如果不熟悉这些现有的“伟大作品”，是对前人智慧的浪费。基准模型有如下特征：对现实进行了很好的提炼和概括，比如经典的 Ramsey 模型只一个控制变量（消费）和一个状态变量（资本），就把经济动态优化中要权衡的核心矛盾讲清楚了；在更早的模型基础上放松了假设，使得模型更具解释力，比如异质性（Melitz 新新贸易理论）、储蓄率内生（Ramsey-Cass-Koopman Model）、决策中的行为因素（前景理论）等；
3. 第三要素：总结真实世界的抽象特征。经济学有三个基本命题：稀缺性（优化问题）、不确定性（奈特不确定性 vs 风险）、复杂性（网络特征、演化特征）。此外，经典模型之外可拓展的假设一般还有：不完全信息、交易成本、行为因素（认知、选择、情绪等）、随机性、与社会镶嵌有关的因素等等。比较重要的一个点是随机性的设置角度。随机性可以来源于以下原因：随机冲击：外生随机冲击打破均衡，或者变量本身服从随机过程；信息不完全：群体中个体存在异质性（具有分布特征），而且信息对于决策主体而言不可得；更具体的话，随机性可以来源于认知偏误、预期不准确、信息不对称、执行过程具有随机性等方面。对于机制不明确的问题，统计模型很关键，可以帮助人把模型继续写下去。
4. 第四要素：对因果结构有所了解。因果结构是理论建模的核心问题。了解因果结构，研究者在观测现实时就有了工具。因是某一事件或情景的必要条件，而该情景是果的充分条件。怎么证明不存在因果关系呢？可以通过上述两个逻辑的逆否命题来分别推理。因果关系可以很复杂，有一因多果、一果多因、多果多因、异因同果、同因异果等类型。考虑时间维度后，我们需要引入新的概念分析工具：值得注意的是，Granger 因果检验对应的是“前因后果”，无法解决“前果后因”的情况。举例来说，鸡叫之后天才亮。如果我们观测的是“天亮”，而不是“天快亮之前公鸡体内的激素变化”，那么很容易因果倒置。对于这个例子我们有很强的先验知识，所以一般不会混淆，但是，对于新的研究问题来说，先验知识并不构成保障。
5. 第五要素：掌握充分的数学工具。基本的数学分析工具包括：优化工具：拉格朗日方程、Kuhn-Tucker 条件、Hamilton 方程（针对连续时间的动态优化问题）、Bellman 方程（针对离散时间的动态规划问题），以及相关的一系列定理。分析工具：实分析、高等概率论等。解析工具：各类方程。
6. 第六要素：科学方法论什么是错误的模型调整？结论不好，就直接强行增加或删除假设，

中间缺少重新观测的环节。怎么结合理论和实证？用结构化模型提出猜想，然后用实证手段来检验。而不是根据实证结果建立一个理论模型。

2.6.1.1 2023–2025 年（第十六至第十八届）获奖趋势与代表性论文

经济金融建模学科 2023–2025 年的获奖论文围绕“宏观政策评估 / 平台经济 / 双碳与可持续金融 / AI 对劳动市场的冲击”四个主题展开。代表性论文包括：2023 年金奖《An Analysis of the Free-rider Problem Under Different Perspectives Based on Game Theory》（北京十一学校）、2024 年金奖《Importing for Producing: The Net Effect of Carbon Regulation on Emission Reduction》（上海美国学校浦西）、2025 年金奖《Firm-Level Impacts of Artificial Intelligence on Labor Demand: Evidence from Online Job Postings》（上海星河湾双语学校）。可以看出，评委倾向于具有“国家级政策抓手 + 干净的识别策略 + 现实数据”的实证经济学论文；理论与博弈类课题（如双碳与转移支付机制设计）也保持一席之地。

2.6.1.1.1 代表性获奖论文深度解读

2023 金奖 · 《An Analysis of the Free-rider Problem Under Different Perspectives Based on Game Theory》

学生 / 学校：吴蕊杉，北京市十一学校

指导老师：王潇

研究的是什么问题？“搭便车问题”（free-rider problem）是经济学的核心概念之一——当一项物品具备“非排他性”和“非竞争性”（即典型的公共品，如国防、环保、疫苗接种）时，每个人都希望别人去出力提供，自己白白享用结果。结果就是大家都搭便车，公共品供给严重不足。本论文从博弈论视角出发，系统分析了不同视角下（个体理性、集体理性、长期重复博弈、信息不对称等）搭便车问题的表现形式与求解机制，并尝试给出现实政策启示。

用了什么方法？从博弈论研究的标准范式看，作者很可能涵盖了：（1）单期完全信息静态博弈——用经典囚徒困境或公共品博弈（public goods game）证明搭便车是占优策略；（2）无限重复博弈——引入“民间正义”（Folk Theorem），证明在足够长的时间维度下，合作可以作为纳什均衡持续存在；（3）机制设计视角——介绍 Vickrey–Clarke–Groves 机制等如何通过设计巧妙的支付规则，让说真话和贡献成为占优策略；（4）演化博弈视角——通过群体演化模拟分析“合作者”与“搭便车者”在演化压力下的比例变化。论文标题强调“under different perspectives”（多视角），意味着作者努力综合了上述各种博弈论分析框架。

为什么评委青睐？这是一个非常聪明的选题。搭便车问题是经济学经典议题之一，与碳减排、疫苗接种、知识产权、开源软件、社区治理几乎所有热点议题都密切相关。多视角研究展示了作者的理论功底——评委一看就知道作者真正读了博弈论的多本经典教材（如 Gibbons、Fudenberg-Tirole），而不是套用一两个简单模型。”经济金融建模”奖最看重的就是“建模”二字，而博弈论是经济学中最典型的建模工具之一。

对参赛者的启发：经济金融建模奖里，理论建模类（博弈、机制设计、动态优化）一直比实证类更难，但只要做出来，金奖含金量极高。如果你对数学有兴趣、对社会现象有思考，

博弈论是一个完美的切入点。建议同学们先把《博弈论与信息经济学》（张维迎）或 Gibbons 的《博弈论基础》通读一遍，然后挑一个具体现实问题（如疫情下的口罩供给、宿舍清洁责任、共享单车维护）做博弈建模。

2024 金奖 · 《Importing for Producing: The Net Effect of Carbon Regulation on Emission Reduction》

学生 / 学校：李清^[F] (Sophia Li), 上海美国学校浦西校区

指导老师：陈仪 (Yi Chen)

研究的是什么问题？中国实施碳排放交易（碳市场）的目的是让排放成本内化、倒逼企业减排。但是有一个隐患：企业可能会“曲线救国”——把高排放的中间品从国内生产改为从国外进口，把账面排放转移到出口国，自己看上去排放下降了，但全球总排放并没有真减。这种“碳泄漏”（carbon leakage）现象是国际气候谈判的核心难题之一（也是欧盟 CBAM 碳关税的动因）。本论文要回答的就是：在企业层面，中国的碳监管政策是否真的降低了排放？还是大部分减排只是把生产环节“进口”出去了？

用了什么方法？从题目“net effect”（净效应）的措辞推断，论文采用的是计量经济学的典型实证方法：（1）数据——使用中国工业企业数据库匹配海关进出口数据，能精确到企业级的中间品进口情况；（2）识别策略——很可能用 DID（双重差分）或合成控制法，把进入碳市场试点的企业与对照企业的排放、进口结构进行对比；（3）排放计算——直接排放（自己生产产生）与间接排放（进口品蕴含）分开统计，看碳监管下“自产 → 进口”的替代弹性有多大；（4）净效应估算——把“国内减排”减去“进口端排放增加”，得到真正的净减排效应。这套方法是 Yi Chen 教授等国内劳动与环境经济学家的标准研究范式。

为什么评委青睐？这是一个典型的“国家政策抓手 + 干净的识别策略 + 大型微观数据”的实证经济学论文。三点尤其突出：（1）选题极具政策意义——碳泄漏是双碳战略落地的关键障碍，回答这个问题对政策制定者有直接价值；（2）数据极为硬核——工业企业数据库 + 海关数据 + 排放数据的匹配本身就是研究生级别的工作量；（3）识别极为干净——使用 DID 等准实验方法控制内生性，结论可信度高。这种“真实证经济学”的论文是丘奖经济金融建模奖最青睐的类型。

对参赛者的启发：经济金融建模奖的实证类金奖，套路其实可以总结成三句话：（1）选一个真实国家政策（碳市场、扶贫、退耕还林、家电下乡、新冠救助等）；（2）找一个被忽视的“传导机制”或“副作用”（如本论文的进口替代）；（3）用 DID/IV/RD 等准实验方法做出干净的因果识别。如果三个要素都齐备，再配合扎实的写作，几乎就锁定铜奖以上。

2025 铜奖 · 《Pension, Labor Supply and Moral Hazard: Evidence from China's New Rural Pension Scheme》

学生 / 学校：刘修齐 (Xiuqi Liu)

指导老师：何雅昕 (Yaxin He)

研究的是什么问题？中国自 2009 年起推行“新型农村社会养老保险”（新农保），这是世界最大规模的农村养老金计划，覆盖数亿农村人口。但任何转移支付都有一个经济学家担心

的”道德风险”问题——如果政府保证老了有钱拿，那么人们是不是就会减少自己工作的意愿（劳动供给下降）？甚至年轻人会减少对父母的赡养（家庭内转移减少）？本论文系统研究新农保对农村居民劳动供给的影响，并讨论其中的道德风险问题。

用了什么方法？从题目和这一研究领域的标准范式推测，作者采用了：（1）数据——使用 CHARLS（中国健康与养老追踪调查）或 CFPS（中国家庭追踪调查）等公开微观数据，覆盖大量农村老人个体数据；（2）识别策略——新农保是 2009 年开始分批试点的，作者很可能利用”政策推开时间的差异”做 DID 估计；或者利用 60 岁这一年龄阈值做 RDD（断点回归），比较 60 岁刚过领养老金的人与刚不到 60 岁不能领的人的劳动供给差异；（3）异质性分析——按性别、健康状况、子女数量等分组，看哪些群体的劳动供给最敏感；（4）机制讨论——区分纯收入效应（钱多了不愿工作）和真道德风险（有保障就不努力）。

为什么评委青睐？本论文学习了哈佛、芝大、北大顶级经济学家研究中国新农保的标准范式（Cheng-Liu-Zhao 等学者已发表多篇 AEJ 级别论文）。中学生能完整复现这套方法、并在中国数据上做出自己的实证结果，已经是相当过硬的工作。课题虽然不像”碳市场”或”AI 取代劳动力”那么炫，但农村养老金是中国最重要的社会保障议题之一，研究的现实意义不容小觑。

对参赛者的启发：经济金融建模奖的实证论文不一定要选最热的话题——养老、医疗、教育、扶贫等”老话题”反而有更成熟的研究范式可以学习。建议同学们先选一两篇 American Economic Review 或 Journal of Public Economics 上研究中国某项政策的论文做完整精读，然后用同样的方法、同样的数据，问一个稍微不同的问题。这种”学经典论文写自己论文”的策略对高中生来说最容易出成果。

（以上论文获奖信息均来自 yau-awards.com 官方公示页面，详见⁶）

表 2.20: 2023–2025 年丘成桐中学科学奖（经济金融建模）金、银、铜奖获奖论文一览

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	金	北京市十一学校	An Analysis of the Free-rider Problem Under Different Perspectives Based on Game Theory	吴蕊杉
2023	银	中国人民大学附属中学	What value does blockchain-based traceability system bring to the food supply chain safety?	施婧宸、史子博
2023	铜	Ravenswood School for Girls	An Empirical Research Examining Australian Government's COVID-19 JobSeeker Supplement: Assessing its Economic Resurgence Potency through the Multiplier Effect	Zihan JIN , Zimo CHEN , Xiaowei DING

⁶2023 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>；2024 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>；2025 年总决赛获奖名单：<https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2023	铜	中国人民大学附属中学	Grandparenting and Child Academic Performance: Evidence from China Family Panel Survey	钟怡然
2023	铜	BASIS International School Shenzhen	Quantity or Quality? The Impact of Carbon Trading on Firms' Green Innovation	张朗华
2024	金	Shanghai American School Puxi High School 上海美国学校浦西校区	Importing for Producing: The Net Effect of Carbon Regulation on Emission Reduction	Sophia Li 李清圻
2024	银	The Affiliated High School of South China Normal University 华南师范大学附属中学	Design of Optimal Government Carbon Offsetting Mechanism: a Theory Based on Regional and Industry Perspectives	YuKe Lu 卢雨可
2024	铜	Beijing National Day School 北京市十一学校	The Role of a Credit System in Breaking the Iterated Prisoner's Dilemma	SHI Angela, ZHOU Hanyi 施易安、周涵迤
2024	铜	未公开	Short Video and Mental Health: Evidence from China Family Panel Survey 2020	YinKai Liu 刘寅楷
2024	铜	未公开	A Mathematical Framework of Interactions in the Metaverse	未公开
2025	金	上海星河湾双语学校 Shanghai Starriver Bilingual School	Firm-Level Impacts of Artificial Intelligence on Labor Demand: Evidence from Online Job Postings	阎立谦 Liqian Yan、邱梓淳 Zichun Qiu、陈胤同 Yintong Chen

年份	奖项	学校	论文题目	学生
2025	银	西安铁一中国际合作学校国际课程中心 Xi'an Tieyi International Curriculum Center	Combating Counterfeits in Secondary Markets: Impacts of Manufacturer's Blockchain Traceability and Platform's AI-based Authentication	李宜泽 Yize Li
2025	铜	南京外国语学校 Nanjing Foreign Language School	From Intelligence to Performance: How Artificial Intelligence Applications Improve Firms' Dual Performance	Su Wanqing Emily
2025	铜	未公开	Pension, Labor Supply and Moral Hazard: Evidence from China's New Rural Pension Scheme	刘修齐 Xi-uqi Liu
2025	铜	未公开	Untangling the Lattice: A Multi-Stage Value-Added Gravity Model for Global Value Chains	未公开

奖项数量统计：2023 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2024 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5；2025 年共评出金 1、银 1、铜 3、优胜 5、入围 5。

2.6.2 相关参赛背景知识介绍

2.6.2.1 学术基本素养

论文结构与规范、论文写作技法、经济学研究范式背景，通过这些来培养基本的问题意识。

2.6.2.2 研究技能

有针对性地掌握计量模型。因果推断是计量估计的基础，其中需要掌握一些基本常用的实证分析模型（静态面板模型、工具变量法、DID、RDD、PSM 等），这些是讲问题转化为学术论文的关键，没有方法论，有很好的问题也没办法解决。

2.6.2.3 数据处理能力

数据清洗技能（缺失值处理、异常值处理等）、数据搜集（与研究问题相关的数据库使用能力：CSMAR/WRDS/CGSS 等，这些数据库均出现在以往丘赛获奖论文中），数据是王道，对于数据的熟悉才能做好进一步的建模分析，没有数据，巧妇难为无米之炊。

2.6.2.4 统计学基础

其中包括回归模型（回归分析、分样本回归、分位数回归模型）；统计学常用方法（主成分分析、熵权等），这些对于实证设计与建模分析十分重要。

2.6.2.5 软件学习

Stata（一般情况下，Stata 很强大足够解决很多问题），Matlab（如果涉及空间计量模型，多推荐使用 matlab），这些是前述方法的实现工具，需要熟练掌握，也是往年丘赛获奖论文中经常出现的工具。当然，往往掌握一种软件并熟练使用即可。需要特别强调的是，方法的掌握更多的是在边做边学。由于计量和统计方法非常多，不可能把所有方法都学会，既不可能也没有必要因为并不是用到所有方法。因此，具体的方法和软件操作是在实证过程中学习和使用。

2.6.3 优秀论文案例分析

1. 学生背景简述

曾韵霏为 2021 年丘成桐中学生科学奖经济金融建模金奖得主，该同学来自北京师范大学附属实验中学。导师为吴添，系中国科学院数学与系统科学研究院交叉中心研究员。从指导老师背景来看，该指导老师科研成果发表情况并不突出，其研究成果也并未过多涉及到绿色环保政策的研究。从背景来看，学生背景与导师背景并不惊艳。然而，众所周知，丘赛经济金融建模奖对于参赛作品选拔标准严格，从初赛、半决赛和决赛，经历多轮评审与 presentation，过程中要面对专业的教授大咖严苛的筛选与面试。究竟是什么原因使得这这位同学能够一路过关斩将得到众多评委的青睐，这需要我们深入研究其作品。我们下面将会具体解释。

2. 论文概述 首先，我们来看论文大致讲了什么。这里我们看一下原文的题目以及摘要，然后我们看一下对应的翻译。

Title: Carbon Tax or Carbon Emission Quota on Carbon Market: A Theory on Traditional Internal Combustion Engine Vehicle Regulation

Abstract: In this paper, we propose a tractable model to analyze how consumer's choice of traditional internal combustion engine vehicles leads to over pollution, and what could policymaker do to reduce pollution and improve total welfare. In the most ideal case, the benevolent planner distributes equal wealth among the same group of consumers, which we call the first-best policy. However, this is not feasible, so we come up with two applicable second-best policies: carbon tax on income and introduction of carbon emission quota on carbon market. Theoretical analysis shows that carbon tax can reduce pollution, given that the medium-income electric vehicle consumers are rising. The optimal carbon tax policy, therefore, should trade-off pollution effect and income effect. Regarding the conditions of market clear and consumers' indifference both make pollution quota the only policy choice, carbon emission quota policy is quite implementable. Furthermore, we proved the optimal pollution quota in the carbon emission quota policy is lower than that in the competitive case and under

that in the first -best case. We also numerically compared the four equilibrium outcomes to reach a holistic vision .

题目：孰优孰劣：碳税政策还是碳配额交易政策？——基于传统能源汽车规制的理论分析

摘要：本文提出了一个可行的模型来分析消费者对传统能源汽车的选择及其导致的环境污染后果，并以此模拟了政策制定者政策制定对污染以及社会福利的影响效果。

在模型理想状态下，最佳的政策应该是政策制定者仅在同一类消费者之间分配财富，但是该情况在实际上并不可能发生。因此，本文提出了两个次优政策：（1）针对居民收入征收碳税；（2）建立碳排放配额交易制度；进一步，理论模型分析结果说明：由于中等收入的电动汽车消费者正在增加，征收碳税可以减少污染。因此，最佳的碳税政策应该权衡污染效应和收入效应。在均衡条件下，污染配额是唯一的政策选择。此外，本文证明了碳排放配额交易政策中的最优污染配额低于完全竞争情况下的配额。本文进一步对四个均衡结果进行了数字比较，以达到一个全局最优。

3. 获奖点分析

1. **选题**：曾韵霏的选题具有较为明显的现实意义，并且研究范式为理论建模分析，侧重于模型的数值模拟分析与理论模型构建。相比于其他高中生更易接受的案例分析与规范政策分析，该题目具有更加明显的学术性，并且针对当前中国面临的环境问题，从碳排放配额交易与碳税角度入手，通过理论建模与数值模拟的方法，来分析政策的制定与相应效果。在经济学方面能进行理论建模与数值模拟往往难度较大，能够结合实际政策的特点进行合理建模是非常难得的，这比单纯针对政策进行规范分析或者针对政策对于消费者的影响调研，都要困难很多。从经济建模丘赛整体获奖情况来看，基于前述建模范式的研究少之又少，但是剑走偏锋，富贵险中求，当选题方向具有较大的现实意义，基于理论建模与数值模拟的研究范式，也未尝不是一个研究思路选择，往往会给人出乎意料的感觉，但是，一般来说，进行此种理论建模与数值模拟分析的研究，对于学生数学基础与编程学习能力要求极高，同时也与导师背景的关系密切相关。但是，物极必反，此种难度较高的研究范式，也有可能令评委对于研究成果的真实性与学术规范性产生一定怀疑，因此，如果基于前述研究范式，学员要对相关研究内涵逻辑与实现过程有着绝对把握与深刻的理解，进而可以保证可以流利而逻辑自恰地展示自己的研究。
2. **论文结构**：通过论文目录结构来看，该论文结构完整规范，较为全面地包含了学术论文的基本要素，具有较强的专业性和规范性，具体来看，文章首先进行引言写作，在此部分该文章引出了研究背景、研究问题及其重要性、研究方法与发现，其次，文章进行文献综述，通过较为客观全面地综述文献，并在此基础上进行边际贡献的挖掘。再次，该文章对于模型的设定进行假设，为后续数值模拟分析铺垫条件。随后，该文章对于政策对象进行定义并针对政策效果进行一系列数值模拟与分析。最终通过比较模拟效果来判断政策效果优劣。

1 Introduction

2 Literature review

3 Model setting

3.1 First-best policy under centralized decision

- 3.2 Second-best policy under competitive equilibrium
- 4 Carbon tax policy and carbon emission quota policy
 - 4.1 Carbon tax policy
 - 4.2 Carbon emission quota on carbon market
- 5 Numerical simulation
 - 5.1 Numerical simulation with first-best policy
 - 5.2 Numerical simulation with carbon tax policy
 - 5.3 Numerical simulation with carbon emission quota policy
 - 5.4 Comparison with different policies

文章按照常见顶级期刊的写作框架安排全文的结构，层层递进。首先，介绍本文的研究背景和以往的文献概述并进行了适当的评论，阐述了本文的研究贡献。其次，详细叙述了模型建立的全过程和步骤，分别介绍了本文设计的碳税和碳排放配额政策，在此基础上进行了数值模拟。最后进行总结和概括，并提出一系列政策建议。

3. 论文内容：

首先，数学建模摒弃最优，追求次优，从文章第三部分的模型设定来看，作者以中心化决策的最优政策为基础，通过政策制定者的福利最大化问题，得出系列社会财富最优的汽车消费决策方案，并详细的给予证明。在此基础上，作者没有固步不前，而是考虑到现实情况，进一步提出竞争性均衡下的次优方案，基于污染的负外部性，提出政府在竞争性均衡下更倾向于消费者购买充电式汽车。

接下来，作者考虑纳入碳税和碳排放配额政策，通过相关图表解释，更为清晰的说明碳税影响的污染效应，如下图表所示：

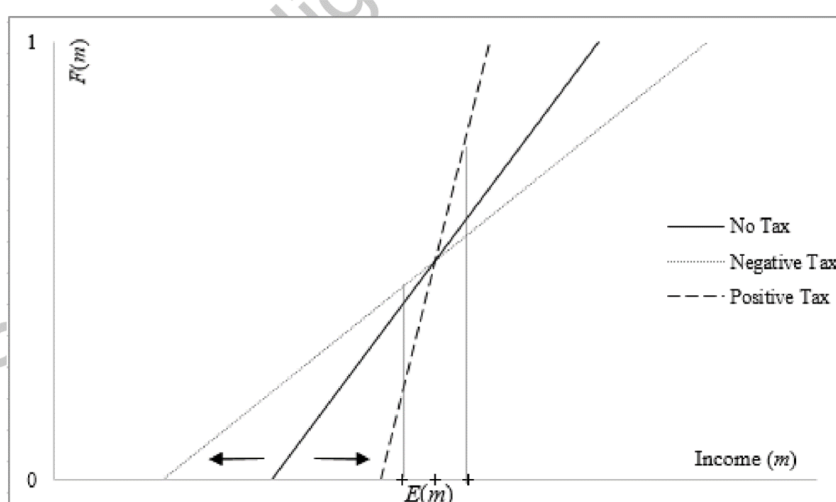


Figure 1: Illustration of tax effect

图 2.42: 碳税和碳排放配额政策的影响 1

	Positive Carbon Tax ($t > 0$)	Negative Carbon Tax ($t < 0$)
More EV $\left(m^* > \frac{\bar{m} + m}{2}\right)$	Total Pollution ↓	Total Pollution ↑
More traditional ICEV $\left(m^* < \frac{\bar{m} + m}{2}\right)$	Total Pollution ↑	Total Pollution ↓

Table 1: Carbon tax policy and total pollution

图 2.43: 碳税和碳排放配额政策的影响 2

这里值得大家学习的是，作者不再拘泥于纯数学公式的推导，而是加入了更为直观易懂的图表进行总结，可以增强文章的可阅读性和易懂性。

其次，数据仿真强调比较研究。在论文的数据仿真方面，作者强调比较思维，用图表展示了不同类型的政策包括最优政策、碳税、碳排放配额和竞争性均衡下的污染-福利图。如下图所示，从图中的 x 轴和 y 轴的分布关系可以清楚明确的展示出不同政策的仿真效果和污染-福利之间的权衡关系。

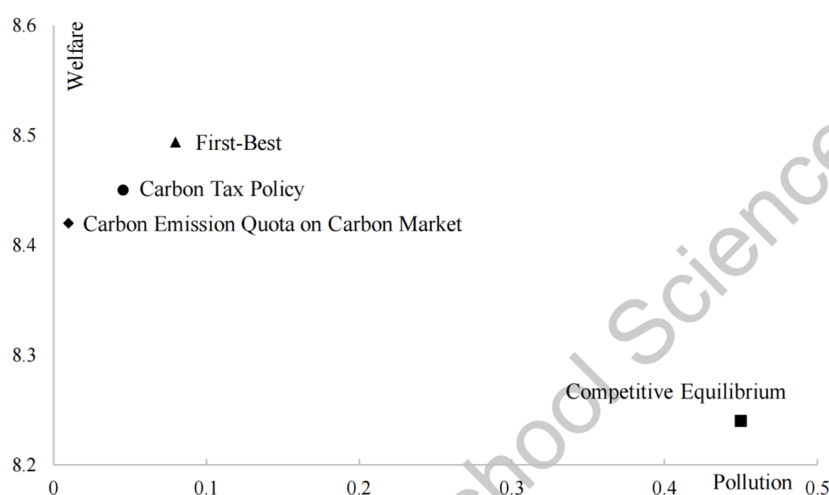


Figure 5: Social welfare and pollution under four equilibriums

图 2.44: 不同政策的仿真效果和污染-福利之间的权衡关系

这里值得大家学习的是，当实证数据缺乏难以进行回归分析时，可以考虑采用模拟仿真的方法进行实证研究，同样可以达到殊途同归的效果。研究方法只是我们实现证明文章主题思想的工具，因此不必过于纠结于不同研究方法孰优孰劣，而是基于数据的可获取性，选择最适合自己的研究方法和数据来源进行分析。

论文未来展望

1. 进一步回归分析边际效应:

基于作者得出的研究结论，本文通过建立数学理论模型，认为最优福利分配政策为在纯充电式汽车和内燃机汽车之间的消费者财富分配均等的政策，而且总污染数小于完全竞争市场的污染数。

这种研究结果是否可以通过未来更多数据的获取，进行回归分析，证明碳税和碳排放配额制度对于污染总量和消费者剩余的边际影响差异？以及是否可以通过证明碳税和碳排放配额制度的不同影响因素，分析现实环境下两种政策在执行中可能遇到的障碍与执行成本差异？这一部分内容可能需要结合行为经济学与心理学的相关知识，是一个值得进一步思考的空间。

2. 大数据与机器学习的反事实因果推断

政府对于充电式汽车的补贴政策真的对于减少碳排放和增加消费者福利产生了效果吗？如果真的产生了效果，这种效果的大小是多少？未来可以考虑基于大数据和机器学习进行因果识别的反事实推断，以政府补贴政策的提出做为自然实验为例，分析不同政策的可能效果和对其进行评估。总而言之，这种研究方法应该突破传统社会科学的分析框架，引领这一领域发展的驱动力依然是商业应用；就最有可能产生颠覆意义的因果识别来说，利用机器学习的预测优势构建处理组的反事实在方法论上得以运用，可以被研究者所广泛接受和使用。

3. 研究结果的可复制性

对于任何一篇经济金融建模论文来说，有一个问题是研究的可复制性。本文也不例外，特别是相较于理论性的数学分析，实际数据具有商业机密，业界和政府可能不情愿公布这些海量数据，这可能导致研究的可复制性降低。我们对此的建议是，学生在撰写经济金融建模论文时，可以在获得数据的同时一并争取获得在未来公布原始数据的若干部分（比如数据量的万分之一）的权利，这样可以增强研究结果随机取样的子样本依然具有重复复制的研究学术价值。

第3章 丘成桐中学科学奖科研方法与论文写作

写在前面

1. 不可盲目地一头扎进一项研究中去，必须要设定计划。接下来从全局出发每次完成一个步骤。从大处着眼将整个研究过程设立成多个小目标，以便一次攻克一个。
2. 最好的研究是以一个你想要回答的问题来开启的。但是接下来你必须想象评委会问什么问题：如果你不予回答会怎样？而你又为什么要关注这些问题？
3. 从一开始就要每天做笔记，不仅仅是对所用资料加以记载，而且要清楚记下如何看待这些原始资料。同时也要记录下你的思想的形成轨迹，从而使这些思想能离开你的大脑来到冷静的日光之下，这时你可以进一步看看这些思想是否还有意义。你不会在调查报告的终稿中用到这一阶段的东西，但是这一部分的写作是必要的准备。
4. 不管你如何认真地做研究，评委对你的评价都只是通过你的研究报告，所以你必须知道一份表述清晰的得到认可的研究报告应该包含什么。

3.1 学术论文阅读方法

3.1.1 基础阅读方法

1. 文献搜索通常情况下，绝大部分的英文文献都可以通过 Google Scholar 进行，在丘成桐的比赛中，我们强烈推荐学生进行全英文的科研学习，如果有文献涉及版权问题，可以询问学校是否可以提供帮助。除非情不得已，不推荐使用 Sci-Hub。

对于中文文献而言，可以查询知网，百度学术等相关搜索平台。

2. 评估文献的相关性和可靠性

书籍：

一旦你认定了一本书可能与你的研究主题相关，请按照下面的步骤有序进行浏览：

- A. 如果它的索引引出了与你的问题和答案相关的关键词，快速浏览那些出现了这些关键词的页面。
- B. 快速浏览它的引言部分，特别是这部分的最后一页，作者通常会给出全文的概要。
- C. 浏览最后一章，特别是前六七页和最后六七页。
- D. 如果你有时间，以同样的方式阅读看起来相关的章节，特别是那些在索引里列出了许多你需要的关键词的章节。
- E. 如果这个文献是个论文集，看看编者的介绍部分。

期刊：

如果你的资料是篇期刊文章，要以如下所示来做：

- A. 阅读摘要。

B. 浏览引言的最后两三段（或者其他类型的开篇部分），将任何称之为“结论”的部分看完。

C. 如果该文没有独立出来的引言和结论，浏览它的前几段和最后几段。

D. 如果有次标题，需要看一下次标题的内容，思考全文的结构，看看每个次标题下的第一段或前两段。

E. 阅读文章中的图和表

3. 总结记录参考文献信息 评估完成后，如果该资料确认与科研内容相关，则需要将文献入库并记录相应信息。通常，文献信息会以下面的格式出现，在对有关的信息进行收集整理时，推荐使用 Endnote, Mendeley 类似的文献管理软件。

作者；编辑；译者；识别文献的信息；标题和副标题、包含该文献的更大的一个文献的标题和副标题（例如选集、期刊或报纸）；页码，如果该文献出现在一个更大的文献里；卷号；刊号；版次；对于网上资源，提供 URL（全球资源定位器）和搜索日期；出版人和出版时间；出版人的名字；出版地；出版日期。

3.1.2 与文献交互

在阅读文献的过程中，需要始终带着问题和思考才能更好的理解文献的内容。下面我们来看一下文章每一部分，需要心存哪些问题。

1. 前言：他们要做什么（What They Do, WTD）。作者声称要在论文/书中做什么；在阅读前言时需要提炼出作者在文本中提出的主要问题。
2. 文献综述：现有文献综述（Summary of Previous Literature, SPL）情况，具体指的是前人研究结果的简要综述。该过程要求大量的提炼工作，要理解复杂的观点并把它们浓缩为几段话或几句话，优秀的作者甚至能将其浓缩为一句话。
3. 文献综述：现有文献批评（Critique of Previous Literature, CPL），作者评论先行学者著述的学术文献并指出其局限。CPL 与 POC, GAP 以及 SPL 都有概念联系，因为已有文献在理论、方法论和分析工具方面的不足正是目前研究的必要性之所在。CPL 常常会紧随 SPL，因为作者首先要提供一些思想作为靶子才能进行批评。
4. 文献综述：空白（GAP），作者指出现有文献中缺失的成分。如果 GAP 和 CPL 得以恰当操作，那么读者就应该能够在作者明示之前就预测出 RAT。
5. 文献综述：理论依据（Rationale, RAT），作者在此处提出依据，证明其研究是必要的，有理由的。给出现有文献的 CPL 和 GAP 后，应该顺利成章地、逻辑清晰地在其后推导出 RAT。
6. 研究结果/讨论：研究结果（Results of Findings, ROF），描述该文的主要研究结果。该密码常常先后出现在摘要、研究结果和结论部分，因为在大多数社会科学期刊中，要求对这一点反复强调至少三次。
7. 讨论：与现有文献观点一致的研究发现（Results Consistent with Literature, RCL），描述该文和现有文献观点一致的研究发现。也就是说，作者自己的研究工作支持其他人已经做出的研究工作。

8. 讨论：与现有文献观点相反的研究发现（Results to The Contrary, RTC），描述该文和现有文献观点不一致的研究发现。也就是说，作者自己的研究工作并不支持其他人已经做出的研究工作。
9. 结论：他们做了什么（What They Did, WTDD），作者在文章/书中做了什么；这是由WTD顺理成章导出的姊妹问题。这一密码提炼出了作者在文本中已经回答的主要研究问题，作者正是借此对该主题的相关文献作出自己的贡献。
10. 结论：对未来研究的建议（Recommendations for Future Works, RFW），目前的研究工作还不完善；作者针对目前文献仍存的研究空白（GAP）提出路线图，借此对其他研究者的未来研究提出建议。
11. 整体：批评点（Point of Critique, POC），现有文章或文献中的一个缺陷，可供你（学生作者）批评，并在未来论文中针对其加以弥补。
12. 整体：明显的遗漏点（Missed Obvious Point, MOP），你所阅读的文献的作者明显忽视了与先前文献的理论、概念或分析方法上的某一联系。（MOP常常是由于文章作者文献阅读不充分或不全面所致。）
13. 整体：待探讨的相关问题（Relevant Point to Pursue, RPP），有待另文探讨。尽管这一部分未能指出现有文献的任何局限性或空白点，但该点提出后可以成为未来文章的POC。很明显，RPP的出现意味着相应的MOP和GAP的存在。
14. 整体：能否（Will, WIL），能否将这一理论或概念联系加以逻辑梳理，以得出相应结论，来化解文章中随处可见的矛盾和待解决问题？

3.2 学术论文写作方法

3.2.1 学术论文格式及相关要求

这里，我们以《清华大学学报（自然科学版）》为例进行说明。

1 文稿的篇幅、构成、首页注释、层次标题

文稿的内容应包括：文题、作者姓名、作者单位、摘要、关键词、分类号（英文稿不需要）、首页注释、正文、（致谢、）参考文献、及英文部分。首页地脚注释按以下格式。

文稿的层次标题采用阿拉伯数字分级编码。例如，一级标题使用 1、2、3、……；二级标题使用 1.1、1.2、1.3、……。层次标题以下，还可使用 1)、2)、3)、……。再以下，使用 a)、b)、c)、……。文稿的引言部分不写编号和标题。

图片、表格、引文、公式、定理等的序号，均要按其在正文中被引用的顺序，全文统一用阿拉伯数字顺序编码。例如：图 1、表 2、文 [3]、式 (4)、定理 5。

2 文题、作者姓名、作者机构、摘要、关键词和中图分类号

中文文题一般不超过 20 字。

作者姓名按署名顺序排列。各作者之间以“；”分隔。

作者机构应写正式全称，不用简称，后加城市名、邮政编码及国名。多个机构的情况下，

机构名称之前加编号，同时作者姓名右上角加相应编号。不同机构之间以“；”分隔。

中文摘要不少于 200 汉字。其中的缩略语应说明后再使用。中文摘要应包括 4 个层次：研究目的、研究方法、研究结果和研究结论。

中文摘要独立成篇，不分段，意义完整；信息具体：使用科学性文字和具体数据，不使用文学性修饰词；不使用图、表、参考文献、复杂的公式和复杂的化学式。

关键词应有 3 8 个关键词。第一个关键词与分类号对应。不同关键词之间用“；”分隔。缩略语应先写中文全称。

中图分类号应按《中国图书馆分类法》查找。

3 英文部分（置于文末，通栏排）

英文文题的内容与中文标题相应。其长度一般不超过 100 个字符。第一个词不用冠词。除第一字母及专有名词应大写以外，一律小写。

作者姓名其内容和顺序均与中文相同。中国作者姓名应按汉语拼音：例如：WANG Dazhong。作者机构的英文应写正式全称，不用缩写。

英文摘要不少于 100 个英文单词，缩略语应加以说明。

英文摘要的文字要求：

1) 第一句话不应与文题重复；2) 尽量使用简单句；3) 尽量使动词靠近主语；4) 不用第一人称作主语；5) 以重要的事实开头，而不以辅助从句开头；6) 在有动作主体的情况下，使用主动语态。

英文关键词的内容、数量和顺序，均应与中文关键词相应。缩略语应先写全称再写简称。除专有名词大写以外，一律小写。

4 量名称、量符号与量单位

文稿作者应当严格执行国家标准，正确地使用量的名称、量的符号与量单位的符号。文中所用量符号，应在首次出现时加以定义。同一个量的符号，应全文统一。

量的符号、一般函数及其变数等，一般用单个斜体拉丁字母或希腊字母表示。量符号可带有角标或带有括弧中的说明。量的数值与量的单位符号之间，留一英文空格。如“10 毫米”应为“10 mm”。

5 数字和字符的正体和斜体

单一字母量的符号、变量符号、从量的符号转化的角标、一般函数符号等使用斜体。多个字母组成的量的符号：除特征量使用斜体以外，一般使用正体。

矢量(向量)、矩阵、张量的符号使用黑斜体。使用正体的情况有：国际标准单位(SI)词头和量单位、从文字转化的角标、阿拉伯数字、叙述性文字、化学元素符号、缩略语、仪器的规格型号、自然对数的底 e、圆周率 π 、复数的虚部 i 或 j、矩阵转置号 T、微分号 d、偏微分号、连加号 Σ 、对数号 (lg、ln、lb)、及 sin、tan、lim、min、max 等。

6 数值的表示和有效位数

数值用阿拉伯数字表示。合理地选取数值的有效位数。合理地使用 SI 词头或 10 的幂，使数值范围在 0.100 999 之间。

数值中从小数点算起，向左或向右，每 3 位空一英文空格。如“ $\pi = 3.141\ 592\ 6$ ”。

7 插图

插图应当清晰，有自明性。插图一般不超过 6 幅。幅面一般为 $h \times w = 50 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ 。

插图应随文给出，先见文字，后见插图，即放在引用该插图的文字自然段之后。

图注的字体：汉字用宋体；英文和数字用 Times New Roman。图注的字号统一用 8 磅 (point, p)。图线应做到主、辅线分明：轮廓线、框线、曲线用粗线 (0.8 p, 或 0.3 mm)；尺寸线、指引线、坐标轴用细线 (0.4 p, 或 0.15 mm)。

函数图的标目中，应使用量的符号与该量单位的符号之比，例如 “p/MPa”；标值应圆整：即宜为 2、5 的整倍数；标线（刻度）、标值的数目：3 7 个；标线（刻度）朝向图内。

应当以比例尺来表示地图或显微图的尺度放大或缩小。

8 表格

表格在文中的位置：应随文给出，先见文字，后见表格。单栏内的表格，其宽度限 25 汉字（或 48 字符）。表示量值的表格宜用“三线表”。三线表的第一行作为表头。表头中，使用量符号与该量单位符号之比，如 “ θ/C° ”。

9 参考文献的要求

9.1 参考文献表的著录原则

1) 本刊所发表科技论文必须列出参考文献表，以便向读者提供有关信息的详细出处，提供论文论点的科学依据，反映科学技术的继承与发展的传承关系，表示作者的严肃科学态度，尊重研究人员（不仅包括其他研究人员，也可以包括该文作者）的前期研究成果。

2) 所引用文献必须是作者本人直接阅读过的、正式出版的、最主要的、最新鲜的相关文献。不能公开的内部资料、个人通讯、报纸及未公开发表（包括录用待发表）的文章不能作为参考文献。

9.2 参考文献著录表的一般要求

1) 参考文献表应放在文后。

2) 本刊采用顺序编码制，即按参考文献在正文中被引用的顺序进行编码，并在正文中指明其标引处。同一处引用多篇文献时，只须将各篇文献的序号在方括号内全部列出，各序号间用“,”。如遇连续序号，可标注起讫序号。

示例：李刚 [4,6] 提出 Petrowski 对稳定区的节理格式的研究 [7,10-12]

3) 研究型论文的参考文献，一般不得少于 12 条。

4) 对中文的参考文献，在中文参考文献之后需要附加英文译文。文献译文与文献原文共用一个引文编号，并在译文之后加注“(in Chinese)”。

9.3 作者人名的表示方法

1) 作者人数不超过 3 人的，全体作者姓名都写；作者人数超过 3 人的，前 3 人的姓名都写，余者不写，后面加“; 等”或“; et al”。人名之间用“,”分隔，不用“和”或“and”。

2) 不论中国和外国作者，姓名一律“姓在前，名在后”。

3) 外国作者姓名中，姓全大写，名缩写，但是缩写后不加缩写点。

4) 拼音写法书写的中国作者姓名中，姓全大写，名缩写，取每个汉字拼音的首字母。

例如对于作者“Albert Einstein”和“王大中”，应分别写为“EINSTEIN A”和“WANG D Z”。

5) 外国作者的中译名只著录其姓；一篇文献有同姓不同名的外国作者，则其中译名不仅要著录其姓，还需要著录其名的首字母。

例如对于“UNWIN S”，中文是“昂温”；对“UNWIN S, UNWIN G”，中文是“昂温 S, 昂温 G”。

9.4 文题的表示方法

英文文题首字母大写，其他一律小写（专有名词除外）。

9.5 版本的表示方法

版次通常采用阿拉伯数字序号的形式，如第3版对应的中文是“3版”，英文是“3rd ed”；描述性的版次也应采取缩写的形式（如“New revised edition”缩写为“New rev ed”）。第1版无须标注。

9.6 出版地的表示方法

出版地采用所在地城市名来表示，对同名异地或不为人们熟悉的城市名，宜在城市名后附省、州名或国名等限定词。

9.7 日期的表示方法

日期采用“YYYY-MM-DD”的方式来表示。

9.8 其他注意事项

会议文集名和刊名的英文应用全称，不使用缩写，如“清华大学学报（自然科学版）”英文应写为“Journal of Tsinghua University (Science and Technology)”；起始页码中如果出现转页，可以用“起始页码 - 终止页码, 转页页码”来表示，如“211-215,219”；参考文献中标点符号全部采用英文标点符号。

参考文献必须依照类别格式提供完整的引用信息，不可缺项，否则将视为不可靠文献而被拒绝引用或要求更换。如有不确定的著录项目，请参考国家标准《信息与文献参考文献著录规则（GB/T7714 - 2015）》中的参考文献著录格式。

表 1 主要参考文献的格式(红色部分为非必备项)

类别代码	文献类别	著录格式
M	专著	作者. 专著名 [M]. 版本. 出版地: 出版者, 出版年. DOI:
	译著	原作者. 译著名: 原著版本 [M]. 译者, 译. 译著版本. 出版地: 出版者, 出版年. DC
C	会议论文	作者. 文题 [C]/会议文集名. 出版地: 出版者, 出版年: 起始页码—终止页码. DOI:
		作者. 文题 [C]/会议文集名. 出版地: 出版者, 出版年: 论文代码. DOI:
J	期刊论文	作者. 文题 [J]. 刊名, 年, 卷(期): 起始页码—终止页码. DOI:
		作者. 文题 [J]. 刊名, 年, 卷(期): 论文代码. DOI:
D	学位论文	作者. 文题 [D]. 出版地: 出版者, 发布年份. DOI:
P	专利文献	申请者. 专利名: 专利号 [P]. 发布日期. DOI:
S	技术标准	作者. 技术标准名称: 技术标准代号 [S]. 出版地: 出版者, 发布年份. DOI:
R	科技报告	作者. 文题: 报告编号 [R]. 出版地: 出版者, 发布年份. DOI:
N	报纸文章	作者. 文题 [N]. 报纸名, 出版日期(版次). DOI:
Z	其他	作者. 文题 [Z]. 出版地: 出版者, 出版日期. DOI:
OL	网络资源	作者. 文题 [文献类别/OL]. (上传日期) [引证日期]. http://网址. DOI:

注: 网络资源的文献类别可以从 M、C、J、D、P、S、R、N、DB (数据库)、CP (计算机程序)、EB (电子公告)、DS (数据集)、Z 中选择。

表 2 部分参考文献的示例

- [1] 马大猷. 现代声学理论基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
MA D Y. The foundation of modern acoustics theory [M]. Beijing: Science Press, 2004. (in Chinese)
- [2] 库恩. 科学革命的结构: 4 版 [M]. 金吾伦, 胡新和, 译. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2012.
KUHN T. The structure of scientific revolution: 4th ed [M]. JIN W L, HUX H, Trans. 2nd ed. Beijing: Peking University Press, 2012. (in Chinese)
- [3] PETROWSKI A. A clearing procedure as a niching method for genetic algorithms [C]// Proceedings of the 3rd IEEE Conference on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1996: 798-803.
- [4] 张昆, 冯立群, 余昌钰, 等. 机器人柔性手腕的球面齿轮设计研究 [J]. 清华大学学报(自然科学版) 1994, 34(2): 1-7.
ZHANG K, FENG L Q, YU C Y, et al. The research of the design of spherical gear transmission used in flexible wrist of robots [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 1994, 34(2): 1-7. (in Chinese)
- [5] 郑开青. 通讯系统模拟及软件 [D]. 北京: 清华大学, 1987.
ZHENG K Q. Simulation of communication system and its software [D]. Beijing: Tsinghua University, 1987. (in Chinese)
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 信息与文献参考文献著录规则: GB/T 7714—2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China . Standardization Administration of the People's Republic of China . Information and documentation — Rules for bibliographic references and citations to information resources GB/T 7714—2015 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2015. (in Chinese)
- [7] 张凯军. 轨道火车及高速轨道火车紧急安全制动辅助装置: 201220158825.2 [P]. 2012-04-05.
ZHANG K J . A track train and high-speed track train emergency safe braking auxiliary device: 201220158825.2 [P]. 2012-04-05. (in Chinese)
- [8] 李鸿培, 于旻, 忽朝俭, 等. 2013 工业控制系统及其安全性研究报告 [R]. 北京: 绿盟科技, 2013.
LI H P, YU Y, HU C J, et al. 2013 Report on industrial control system and its security [R]. Beijing: NSFOC, 2013. (in Chinese)
- [9] 丁文祥. 数字革命与竞争国际化 [N]. 中国青年报, 2000-11-20(15).
DING W X. The digital revolution and competition internationalization [N]. China Youth Daily, 2000-11-20(15). (in Chinese)
- [10] SHLADOVER S E. Recent international activity in cooperative vehicle highway automation systems [R/OI]. (2012-12-15) [2016-01-01]. <http://www.fhwa.dot.gov/advancedresearch/pubs/12033>.

3.2.2 学术论文写作建议

1. 设计初稿

I. 草拟一个可行的介绍部分

1. 简要概述你阅读过且与你的主题具体相关的研究。

2. 如果有知识上的缺漏或理解上的障碍，重述你的研究问题。

II. 确定统一论文和区分各部分的主要术语及其概念

1. 在草稿纸圈出 4-5 个词语表达你需要表达的最重要的概念，你应该在对研究主张的最精确表述中用到这些词语。这时需要忽略明显与你的题目不相关的词，并聚焦那些你进行论证并想要继续拓展的概念。
2. 针对每一个概念，选一个关键术语，让它在论文的主体部分重复出现。你可以用相同的步骤找到统一每个章节的关键术语。在列出论证理由的每一页上，从论证理由中圈出重要词语。有些词语应该与引言和结论中圈出的词语相关联。剩下的词语应该能用以辨别这些概念，区分该章节与其他章节。为每一个关键概念选出一个关键术语。

III. 用关键术语创立小标题，独特呈现每一章节

即使你的领域内的研究报告不适用小标题，我们也推荐你在草稿中使用它们。用你确定出的关键术语来创设小标题。如果你不能找到关键术语来区分一个章节，要仔细考虑一下你如何看待该章节对整个论文的贡献，读者有可能认为它是重复性的或与主题不相关的。

如果你的领域不用小标题，那就用小标题来保证自己不偏离研究方向，然后在终稿里删去它们。

IV. 整理论证理由

当你不确定如何才能合理地安排论证的顺序时，考虑一下下面这些建议：

- 比较和对比。如果你正在比较两个实体、概念或者物体，可以采用这个形式。有两种方法来比较和对比，相比较两者之中，一个通常比另一个更好。例如，你正在比较 A 与 B 相比是否具有更多 XX 意义，你可以在前半部分篇幅写 A，后半部分写 B。然而这种组织架构通常导致前后两部分文字成为一对不相关的情况的介绍。因此要尝试将题目分解成以不同概念为主题的章节。在面具这个例子里，这些概念可以是面具的象征意义、设计特点、演化阶段等。还有其他几种常用方法可用以理顺你的论证思路。有两个是专注于主题的：
- 按时间顺序。最简单的就是先后顺序或者因果顺序。
- 逐项论证。如果你把题目拆分为不同的构成部分，你可以逐项对它们进行探讨，但是你仍然必须将这些部分按某个方式组织好以便于读者理解。

你还可以按读者的理解方式去组织这些部分：

- 由短到长，由简到繁。大多数读者倾向于先处理不太复杂的话题，然后再进入更复杂一些的话题。
- 从熟悉到不熟悉。大多数读者会愿意先读他们有所了解的知识，然后再读他们不太了解的。
- 从不太有争议的到有争议的。大多数读者与从他们意见相和的观点逐渐移步到与他们意见相左的观点，会觉得更容易接受一点。
- 从不太重要的到更重要的（反之亦然）。读者倾向于首先阅读更重要的论辩理由，但是这些理由如果稍晚些出现也许有更大的冲击力。
- 先期的理解可以作为后期理解的基础。读者可能需要先了解一些事件、原理、概念等，

才能更好地理解另一件事物。

V. 用转接词让次序清晰

要确定你的读者能看出你选择的是怎样的写作次序，在故事板里每个理由的起始页上用一些词语让你的排序方法一目了然：首先、其次、然后、最后、更重要的、一个更复杂的问题是……因此。

VI. 拟出每一章节的证据、理论依据及小结

在相关章节里，概述你的论证，许多部分自成论点，但仍需要有更多小的论证来给予支持。

1. 证据：大多数章节主要包含了支持论证的证据。在阐述论证理由之后将证据进行概述。如果你有不同类的证据支持一个论证，将它们分组并整理，让读者能看明白。
2. 对证据进行阐释：你可能必须阐释证据——它来自哪里、为什么可靠、它如何能支持论证。通常这样的解释就跟在证据之后，但是你也可以事先对它们进行概述，如果那样看起来更合乎逻辑的话。
3. 对以往研究进行确认和回应：想象一下读者可能反对什么，在什么地方反对，简单做一个回应。这个回应通常是带有至少一个诉求和一些论证理由的论辩，一般包括论据，甚至包括针对自己的首次回应而假想的反驳意见再次进行的回应。
4. 理论依据：如果你需要一个理论依据来证明一个论辩理由的相关性，那就要在陈述该论辩理由之前将它展现出来。（如果你使用理论依据只是为了其强化作用，那就将之放在论辩理由之后。）如果你认为读者会质问理论依据的真实性，拟一个小论辩来支持它的真实性。如果读者可能会认为你的理由和诉求不是理论依据的有效例子，你要用一个论辩证明它是。
5. 总结：如果你的论文有 20 页或更长，你要在每一个主要章节末尾简要总结一下你的论辩过程。特别是当你的报告在日期、人名、事件、数字方面的信息量很大的时候。大量事实接踵而至会使得论点模糊不清。这个章节里你确立的是什么呢？你的论点迄今为止是如何形成的？如果在终稿中，这些扼要总结看上去明白得一览无遗，那就删掉这些总结。

不同领域的作者安排这些要素的方式可能会稍有不同，但是各要素本身和它们的组织原则在每个领域和专业里都是相同的。不论什么领域，在研究报告中，关键是你要组织好自己的论辩，它不但要能反映你的思想，还要能帮助读者理解你的思想。

VII. 草拟研究报告的建议

1. 用关键术语来确保研究方向
2. 适当引证、改述和概述
3. 将引证融入自己的文本
4. 审慎使用脚注和尾注
5. 提前阐释复杂或细节烦琐的论据
6. 防范无意中的剽窃
7. 标出所有文献原文，即使你注明了其来源
8. 不要有太接近原文的改述

9. 对于不属于自己的观点，援引其来源
10. 不要借口无知、误解或其他所谓无辜意图
11. 克服习惯性拖延和写作障碍

2. 用表格和图形呈现论据

I. 选择语言或图表方式呈现除去常规的语言表达之外，图标对于一篇学术论文非常重用，下面我们来简单叙述一下需要图表时的场景。

- 要强调特定的数据值，就用纯数字表。
- 要强调对比效果，并能一目了然，就用直方图。
- 要强调趋势，就用线形图。
- 表格看上去要精确而直观。它重点呈现个体数据，可使读者推断其间的关系和趋势（除非你以导语来表述）。
- 图形和线状图着重于视觉形象，在传达数字时比表格要稍欠精确，但是它能更直观呈现图形含义。它们还具有以下差别：条形图着重于独立项之间的对照。线状图突出趋势，通常是随时间推移出现的趋势。

II. 设计表格和图形在使用图表时，我们需要注意以下几点：

1. 在文中用一句话介绍表格和图形，表述一下这些数据如何支持论点。这句话中可以包括任何一个你想要读者特别注意的数据（那个数据必须也出现在图表里）。
2. 为每一个图形和表格做标注。描述出数据类型，如有可能，描述其重要关系。表格的标签为标题。图表名称和文字说明要简短，但要能充分描述数据的独特属性并可将图表一一区分。
3. 把有利于读者理解数据是如何支持论点的信息放入图表中。例如，如果表格中的数字显示某个趋势，并且如果该变化的规模很重要，将这个变化加到最后一个纵列里。或者如果一个图形的某条线的变化对应的是图中未提及的某种影响，如图 8.3 所示，在图形中加入文字给予说明。
4. 突出表格中你想要读者着重关注的部分，特别是表格导语中提到的数字或关系。

最后，我们需要注意图表应尽量简化，不要过多的放入无用的或者关联性差的信息。读者只想看到与你的论点相关联的信息，这些信息需要以不受干扰的方式呈现在图表里。

当制作图表时，我们对于不同的情形需要考虑不同的注意事项。

表格：含很多数据的表格看上去尤其密集，因此要让其内容保持尽可能的简单。

1. 纵列与横列的安排要遵循一个原则，让读者能快速找到你想要他们看到的内容。不要选择自动按字母顺序。
2. 取整数相关值。如果小于 1000 的差别不重要的话，那么标注 2123499 与 2124886 的精确性是无意义的。
3. 在纵列的底部和横列的最右边算出总数，不要在顶部和最左边。
4. 不要同时使用水平线和竖直线来划分纵列和横列。如果你想要将读者的视线导入某个方向对比数据的话，或者表格不同寻常地复杂的话，可以用浅灰色线条。但是不要将浅灰色线条和阴影用在任何将来会被微缩拍摄的表格上，因为影印图像会模糊不清。

5. 有很多行的表格中，每五行淡淡涂一次阴影。
6. 不要在会被微缩拍摄的文件中使用小于 9 号的字体。太小的字体会难以辨认。

图形：图形的使用一般用来强调趋势（曲线图），或者比例关系（柱状/饼状图）。这里同时要保证图形的清晰易懂。

1. 选择的变量要让曲线向着一个方向延伸，向上或向下，来支持你的观点。这里需要在图中清晰的呈现变化趋势。
2. 保证在一张图中设计 6 条以下的曲线使得读者可以不受各曲线干扰，同时颜色需要保证色差较大，易于区分。
3. 当依据很少的几个数值来创建一条曲线时，可以加入这几个值的具体数据点。
4. 只有当图表很复杂，读者需要看到准确的数字时，才应使用网格线。
5. 一定要在坐标轴上加入标注，单位与刻度，并保证清晰准确。
6. 有些特别数字很重要，将其标注于条形、柱形或轴线的点上。

3. 修订草稿

I. 检查论证中的盲点

II. 检查引言、结论和论点

你的读者必须清晰快速看到并认可三样东西：

- 你的引言在哪里结束。
- 你的结论从哪里开始。
- 这两者之一或两者中都陈述了你的研究主张的是哪些句子。

III. 确保研究报告的主要部分是连贯的

- 哪些关键术语贯穿报告的所有章节。
- 每一章节和分段在哪里结束，下一部分从哪里开始。
- 每一章节如何与前一章节相衔接。
- 每个章节在整体报告中的作用。
- 每个章节和分段的哪句话表述了它的观点。
- 贯穿每个章节的有哪些特定的关键术语。

IV. 拟出最终的引言和结论你的引言有三个目的。它应该做到以下几点：

- 将你的研究置于其他研究的背景下。
- 让读者理解为什么他们应该读你的报告。
- 给他们提供一个理解报告阅读框架。

大多数引言部分占总篇幅的 10%（在科学领域，它们通常要更短一些）。

你的结论也应该有三个目的。它应该做到以下几点：

- 给读者一个清晰的概念，你的主张是什么。
- 让读者理解它的重要性。
- 给未来的研究提出建议。

你的结论部分通常比引言部分要短。（在学术论文和博士论文中，引言和结论通常是单独的章节。）

V. 修订句子

1. 避免太长的引导性分句和短语
2. 主语要短而具体
3. 主语和动词之间要避免插入超过一个或多个词语
4. 将主要动作用动词表示而不用名词
5. 将读者熟悉的信息放于句子的开头，新的信息放最后
6. 按上述原则选择动词的主动或被动语态
7. 适当使用第一人称代词

3.2.3 查重、降重、步骤及分析

1. 检测须知

检测报告中的总文字复制比，即为抄袭率。知网检测报告中标注为红色的表示文字复制部分，绿色文字表示引用部分，均算入总文字复制比，都是需要修改的。

如果您的总文字复制比低于规定的最低下限，那么恭喜你，不需要任何修改就可以提交了。如果超过了下限，那么也不要害怕，自行检测的好处就是可以提前拿到报告，然后根据报告中标明存在重复的文字进行修改，那么就可以有效降低重复率了。

报告里面含有系统认为重复的所有文字的标色，只要把重复的文字用适当的方法进行修改，都可以降低重复率。

2. 如何有效降重

根据实战经验，修改论文，降低重复率是一件比较辛苦的工作。为什么呢？因为检测系统采用了模糊对比方法，也就是说，你把“蓝天上有一朵白云在飘”改成“白云在蓝天上飘”，同样会被系统检测出来。这就是所谓的抗干扰功能。所以要有效降低重复率是一件颇费脑筋的事情。虽然可以使用一些修改的技巧，但是在实际操作中，还是需要和系统斗智斗勇，难免耗费很多的脑细胞。在实际修改过程中，常常是修改一次，检测一次；再修改，再检测；再修改，再检测。

以下介绍一些降重方法：

1. 改头换面：改词、换句、改变描述方式（变原句为倒装句、被动句、主动句等）、打乱段落顺序、删除关键词汇、关键句等。改变句子的结构：比如，将：“弯变的月亮”改变成：“天上有个弯弯的像镰刀一样的月亮”。这样改后，可以有效降低重复率。对于论述性的文字，如果觉得有必要保留，简单改变文字顺序，或者修改一两个字，是不会有效的。最好的办法就是用自己的话进行重写了，例子：“一日之计在于晨”改为“早上是一天中工作效率最高的时段”，改到这样的程度可以保证百分之百没有问题。如果简单的改成“一日之计在于早晨”，则不会有丝毫的用处。
2. 翻译巧用：将外语或繁体资料转化成简体后，再用自己的语言和逻辑重新组织一下，这样做会一般来说显著降低文章的重合率。跨语言的论文检测系统还没有研发出来。广泛查阅外文资料，挑出可以为我所用的部分进行引用。

3. 修改例句展示

例句一：

标红抄袭段落：过热故障中的过热与变压器正常运行下的发热是有区别的，正常运行时的其发热源来自于绕组和铁芯，即铜损和铁损，而变压器过热故障是由于受到效热应力而造成的绝缘加速劣化，它具有中等水平的能量密度。

被标红，说明与相似文献存在重合和高度相似，经过以上方式结合，本句可改为：过热故障中出现的过热容易与变压器正常运行下的发热相混淆，后者是因为其绕组和铁芯会出现铜损和铁损的现象，这是正常运行过程中的发热，而变压器过热故障是受到有效热应力造成的绝缘加速劣化，具有中等水平的能力密度。

如此这般修改几乎可以降低抄袭率一半。

例句二：

标红抄袭段落：上世纪九十年代以来，在生产力提高、科技进步、跨国公司活跃等因素的共同驱动下，经济全球化席卷全球，世界经济越来越成为一个整体，跨国公司根据其战略部署在世界范围内对生产要素和资源进行优化配置和重新整合，这导致国际贸易和分工的方式悄然发生了变化，由传统的产业间分工模式逐步演化为同一产品不同工序和区段上的分工体系，即产品内分工。

论文更改为：从 20 世纪末以来，在新的科技革命及跨国公司迅速发展的带动下，全球经济日趋一体化，各国经济在世界范围内实现了竞争与协作相结合的良好共存局面。在全球范围内，各生产要素由于跨国公司的快速发展实现了优化配置和重新整合，从而使国际贸易和世界分工的方式产生了适应新时代要求的变化，传统的产业分工方式开始转变为因产品在工序和区段上的差异而进行的分工方式，这也就是我们所说的产品之中的分工。

第 4 章 丘成桐中学科学奖相关评委背景分析

这一部分，我们将提供丘成桐中学科学奖的相关评委的部分信息，这些评委的背景信息可以帮助大家更好的进行选题。

4.1 数学

朱毅^[7]：国际评委、国际评委组长

应用与计算数学专业，于 1999 至 2008 在清华大学取得学士与博士学位。2008 至 2011 年在 University of Colorado-Boulder 担任讲师，2011 至 2019 年于清华大学周培源应用数学研究中心担任副研究员，2020 年至今在清华大学丘成桐数学科学中心/数学科学系担任副教授。

其主要研究方向在光学、材料科学、生物学和其他复杂系统中出现的科学问题进行应用分析和数值计算。其最近的研究课题包括拓扑材料的数学理论和数值方法，基于机器学习的数学建模，非线性波运动和非平衡热力学建模。

朱教授的课题大多是数学和物理、化学、计算机等交叉学科的建模与应用问题有关，其具体的科研课题和详细介绍可以在<https://yizhu-thu.github.io/CV.pdf>中取得。

许洪伟^[8]：内地赛区组织委员会委员、国际评委

先后于 1984 年和 1987 年在华东师大数学系获学士学位和硕士学位。1990 年在复旦大学数学研究所获博士学位，任浙江大学数学系讲师。同年 11 月，经谷超豪院士、胡和生院士推荐成为浙江省第一位理科博士后。1993 年任浙江大学副教授；1994 年任日本九州大学数学系客座教授；1996 年任浙江大学教授；2000 年被评为博士生导师。1993 年起，先后担任几何与代数教研室主任、数学研究所党支部书记、数学系副主任、数学系常务副主任等职，现任浙江大学数学中心副主任。2016 年 8 月应邀在第 7 届世界华人数学家大会上作一小时大会报告，是浙江省第一位获此荣誉的全职数学家。担任美国著名 SCI 数学期刊《Pure and Applied Math. Quarterly》执行主编(2004.7-2019.6)、丘成桐大学生数学竞赛组委会副主席。主持承担国家自然科学基金重点项目《子流形与曲率流》，先后九次获得国家自然科学基金科研项目资助。获教育部自然科学奖二等奖、教育部科技进步奖三等奖、浙江省教委科技进步奖一等奖，并获世界华人数学家联盟最佳论文奖(若琳奖)等奖励。入选国家教育部跨世纪优秀人才(2000)、浙江省 151 人才工程第一层次(1998)。

长期从事微分几何研究，在《J. Differential Geom.》，《Geom. Funct. Anal.》，《Math. Ann.》，《J. Math. Pures Appl.》，《J. Funct. Anal.》，《Compositio Math.》，《Trans. Amer. Math. Soc.》，《Comm. Anal. Geom.》，《J. Geom. Anal.》，《Math. Res. Lett.》等国内外重要刊物上发表论文 80 余篇，有关工作被 S. Brendle, J. Cheeger, M. do Carmo, K. Ecker, P. Gilkey, A. Naber, H. Rosenberg, N. Sesum, K. Shiohama, K. Smoczyk, S.-T. Yau, F. Zheng 等多位国际著名微分几何学家引用。与季理真、励建书、丘成桐合作编著一本《Lie Groups and Automorphic Forms》(AMS/IP, Vol.37, 2006)。先后主持承担国家自然科学基金项目“黎曼流形上的几何与分析研究”、“整体黎曼几

何中的若干问题研究”、“黎曼流形的几何与拓扑研究”、“流形上的几何与拓扑的若干问题研究”等 10 余项国家和省部级科研基金项目。应邀在纪念陈省身先生诞辰一百周年北京微分几何国际会议、纪念苏步青先生诞辰一百一十周年上海国际数学会议、美国哈佛大学几何热流国际研讨会、中日友好微分几何国际会议等一系列国际学术会议上作大会报告和特邀报告。先后访问了哈佛大学等 10 余所国外著名大学。

在承担大量行政工作的同时，坚持每年主讲本科生、研究生课程 4 门以上。指导培养微分几何方向硕士、博士、博士后 60 多名。指导的多位在读研究生在国际第一流学术期刊上发表了高水平学术论文，其中一位女生的博士论文发表在《J. Differential Geom.》，《Geom. Funct. Anal.》，《Math. Ann.》等多个国际顶尖数学期刊上。有多位近年毕业的研究生获得了国家自然科学基金和省部级科研基金项目的资助，受邀担任美国《数学评论》评论员，应邀在重要国际学术会议上作特邀报告。指导丘成桐数学英才班、竺可桢学院、数学系本科生毕业论文二十余篇，其中两篇本科生毕业论文获得新世界数学奖学士学位论文银奖，两篇本科生毕业论文入选浙江大学百篇特优本科生毕业论文。所指导的两名优秀本科生被谷超豪院士和胡和生院士遴选为免试直博生，作为关门弟子培养，其中一位获得了以数学大师谷超豪先生命名的首届“谷超豪奖”。

在主持数学中心和数学系日常工作期间，组织实施了 2007 数学国家重点学科考核评估工作，并亲自执笔撰写了基础数学国家重点学科考核评估报告、教育部第二轮一级学科排名评估报告、数学国家重点学科建设与发展规划、数学 211 三期项目申报书与总结评估报告、数学 985 二期科技创新平台申报书与总结评估报告、数学系人才队伍建设规划等数十份重要报告，为浙大数学学科入选一级学科国家重点学科、教育部第二轮学科排名评估列全国第 4 位作出了至关重要的贡献。积极推进了数学学科国家海外高层次人才引进计划教授、教育部长江讲座教授与长江特聘教授、浙大光彪特聘教授与求是特聘教授、省特级专家、国家杰出青年基金的申报工作，并取得了成效。牵头引进了一大批优秀的全职教师。参与组织了杭州弦理论国际会议、纪念波莱尔教授核心数学国际会议、中国数学科学与教育发展论坛、第四届世界华人数学家大会等一系列高端学术会议。为浙大数学中心和数学系的建设与发展作出了重要贡献。

1. 证明了著名的高斯-博内-陈省身定理、陈省身-莱雪夫定理和威尔默定理的统一定理，发现了几何量、分析量、拓扑量之间新的内在联系，并应用该定理获得了曲率与拓扑方面的新结果，为研究流形的几何、分析与拓扑提供了一种新的有效工具。
2. 首次在具有正 Ricci 曲率的最优拥挤条件下，证明了双曲空间中高余维平均曲率流的最佳收敛性定理和子流形的最佳微分球面定理。在优化的曲率拥挤条件下证明了球面和复射影空间中高余维平均曲率流解的收敛性定理和紧致子流形的微分球面定理，改进了 Baker、Huisken、Pipoli、Sinestrari 等人的收敛性定理和微分球面定理。证明了一般黎曼流形中高余维平均曲率流的收敛性定理。证明了曲率积分拥挤条件下高余维平均曲率流解的收敛性定理和可延拓性定理。系统地改进和发展了 Huisken 学派的平均曲率流理论。
3. 通过构造反例，解决了关于黎曼流形逐点 Pinching 问题的著名丘成桐猜想。运用 Ricci 流、稳定流以及代数拓扑等工具，证明了空间型中完备子流形的最佳拓扑球面定理和最

佳微分球面定理。成功地将著名的 Brendle-Schoen 微分球面定理拓广到一般黎曼流形中具有任意余维数 $p(=0,1,2,\dots)$ 的子流形情形, 并将关于超曲面的 Huisken 微分球面定理推广到高余维子流形的情形。通过引进新的内蕴不变量, 将关于正曲率黎曼曲面的阿达玛微分球面定理完整推广到 n 维黎曼流形的情形。证明了具有正数量曲率的黎曼流形的微分球面定理。获得了具有正数量曲率的爱因斯坦流形的度量刚性定理。

4. 通过构造反例, 解决了关于黎曼流形逐点 Pinching 问题的著名丘成桐猜想。运用 Ricci 流、稳定流以及代数拓扑等工具, 证明了空间型中完备子流形的最佳拓扑球面定理和最佳微分球面定理。成功地将著名的 Brendle-Schoen 微分球面定理拓广到一般黎曼流形中具有任意余维数 $p(=0,1,2,\dots)$ 的子流形情形, 并将关于超曲面的 Huisken 微分球面定理推广到高余维子流形的情形。通过引进新的内蕴不变量, 将关于正曲率黎曼曲面的阿达玛微分球面定理完整推广到 n 维黎曼流形的情形。证明了具有正数量曲率的黎曼流形的微分球面定理。获得了具有正数量曲率的爱因斯坦流形的度量刚性定理。
5. 在彭家贵与滕楚莲工作的基础上, 解决了关于球面中 6 维和 7 维极小超曲面数量曲率第二空隙的国际公开问题。证明球面中 n 维小常平均曲率超曲面数量曲率的第二空隙定理。在丁琪与忻元龙工作的基础上, 证明了单位球面中 n 维闭极小超曲面数量曲率第二空隙长度至少为 $n/18$, 并将该结果推广到球面中小常平均曲率超曲面的情形。证明了欧氏空间中具有多项式体积增长的 n 维完备自收缩子第二基本形式模长平方的第二空隙长度至少为 $1/18$ 。
6. 证明了高维紧致带边极小子流形的高阶特征值估计的广义 Polya 猜想接近于成立, 推进了广义 Polya 猜想的研究, 获得了紧致带边极小子流形上 Schrodinger 算子的特征值个数的估计, 改进和发展了郑绍远、李伟光、丘成桐等人的工作。获得了曲率积分拥挤件下流形的拓扑球面定理、微分球面定理、拓扑有限性定理、几何刚性定理和几何不等式, 给出了闭子流形贝蒂数之和上界的几何估计。证明了空间型中具有有限全曲率的完备子流形的端的唯一性定理、有限性定理。

叶俊^[9]: 内地赛区组织委员会委员

清华大学数学科学系教授, 数学科学系党委书记。

1985 年本科毕业于杭州大学 (现为浙江大学) 数学系, 获学士学位。1987 年 6 月毕业于中国纺织大学 (现为东华大学) 应用数学系, 获理学硕士学位, 1990 年 9 月至 1993 年 7 月在北京师范大学数学系攻读博士学位, 获理学博士学位。1987 年 7 月至 1990 年 8 月任教于中国纺织大学应用数学系, 1993 年博士毕业后来清华大学数学科学系工作至今。2002 年在智利大学高级访问学者, 2004 年至 2005 年在法国巴黎第十一大学数学系做访问学者。

目前主要从事随机过程、金融数学、时间序列分析等方面的研究与教学。曾主持和参加过国家自然科学基金项目, 发表金融数学等领域论文 20 多篇, 合作编写出版教材和教学辅导书 7 本、译著 1 本。先后讲授了从博士生到本科生的近十门不同类型和对象的课程, 曾荣获了国家教学成果奖二等奖、北京市教育教学成果奖一等奖、清华大学教学成果奖特等奖、宝钢教学奖 (优秀教师奖)、清华大学首届青年教师教学优秀奖等。

吴康^[10]: 内地赛区组织委员会委员

数学教育家，竞赛数学研究专家。华南师范大学原教学督导，数学科学学院副教授、硕士研究生导师、教育硕士研究生导师。首批中国数学奥林匹克高级教练，国家级教练。现任全国初等数学研究会（筹）理事长，广东省初等数学学会会长，广东省高考研究会理事长，丘成桐中学科学奖（数学）全球组委会委员，南部赛区组委会主任、专家委员会委员，中国高等教育学会教育数学专业委员会副理事长，《数学教育学报》编委，华南师范大学附属中学校外专家，澳门培正中学客座教授，广东省教育系统棋类协会常务副会长，华南师范大学教工棋类协会名誉会长、原会长，广东省数学会中小学数学教育专业委员会特别顾问等。荣获全国初等数学研究突出贡献奖，广西壮族自治区科技进步奖一等奖、二等奖（各一次），广西科学院科技进步奖特等奖（两次），广东省高等教育教学成果一等奖，广东省委高校工委“基层挂职先进工作者”等。曾任《中学数学研究》杂志编委、副主编、主编，华南师范大学数学科学学院数学教育指导组组长，教育部教材审查委员会数学专家组成员，教育部高考题库数学专家组成员，广东省数学会普及工作委员会委员，广东省高考命题数学专家组成员，广东省高考评卷数学专家组成员，全国高中数学联赛广东赛区评卷专家组成员，华南师范大学数学科学学院党委委员等。曾任“华罗庚杯”、“希望杯”、“五羊杯”、“走美杯”等多项数学竞赛的主试委员和组委会委员，国际数学奥林匹克（IMO）中国国家集训队教练、中国澳门代表队教练，中国数学奥林匹克（CMO）广东省代表队领队兼主教练，“华罗庚杯”数学邀请赛潮州代表队主教练，全国大学生数学建模竞赛华南师范大学代表队教练等。全国高校竞赛数学课程首位主讲。“五羊杯”数学竞赛创始人之一。出版著作 30 多本，发表论文 200 多篇，指导硕士与教育硕士研究生近百人，开设硕士研究生课程和本科生课程 30 多门。参与指导和培训 IMO 金、银、铜牌获得者 20 多人，CMO 金、银、铜牌获得者 200 多人，全国高中数学联赛和全国初中数学联（竞）赛一、二、三等奖获得者过万人，国家级、省级、市级中小学数学骨干教师、国内访问学者 2000 多人，中小学数学奥林匹克教练过万人。研究方向为组合数学与图论、竞赛数学、初等数学、数学教育与数学文化等。热心组织和参加社会活动、数学文化与数学普及活动、新体诗歌和格律诗词创作活动、象棋比赛活动、音乐创作和欣赏活动等。晚年还热心微信群的活动等。

孙庆有：内地赛区组织委员会委员

杭州师范大学就职，其他信息未知。

4.2 物理

徐少达：国际评委、国际评委组长

Siu-Tat Chui 于 1949 年 4 月 20 日出生在中国香港。他于 1967 年进入麦吉尔大学学习，并于 1969 年以一级荣誉获得物理学学士学位。在加拿大期间，他获得了由加拿大物理学家协会主办的 1969 年大学奖考试的一等奖。此后，他以帝国石油公司的奖学金前往普林斯顿大学，并于 1972 年获得物理学博士学位。1972-73 年，他仍然是普林斯顿大学的讲师。1973 年至 1975 年，他是贝尔实验室的技术人员，1975 年至 1979 年在纽约州立大学奥尔巴尼分校担任助理教授，1979 年加入巴托尔研究基金会，目前是教授。他曾在马里兰大学、日本东北大

学材料研究所、香港科技大学、瑞典于默奥大学和北京理论物理研究所担任访问教授。目前徐教授在特拉华大学任职。

徐教授的主要研究方向为凝聚态物理，具体包括量子流体的液滴，超材料，小结构的微磁学，自旋极化传输等。

林熙：国际评委

林熙本科毕业于中国科学技术大学（1998-2003），博士毕业于宾州州立大学（2003-2008），之后在宾州州立大学（2008-2009）和麻省理工（2009-2011）攻读博士后。林教授的主要研究方向为凝聚态物理，其科研兴趣为：极低温下的低维与介观输运实验。

邢向军：国际评委

邢向军，上海交通大学理学院（物理系）研究员。2003年获美国科罗拉多大学（University of Colorado at Boulder）物理博士学位。2003 - 2005 在伊利诺大学（UIUC）做博士后研究工作。2005 - 2010 在美国雪城大学（Syracuse University）物理系任助理教授职位。2010年起在上海交大物理系和自然科学研究员任特聘教授。研究方向为软凝聚态理论，统计物理。具体包括聚合物，胶体，液晶，橡胶类材料以及膜的弹性理论，以及随机堆积系统的统计性质等等。共发表二十余篇论文，包括 *Physical Review Letters* 五篇。

吴镒：国际评委

吴镒，男，南京大学物理系教授，1997年获复旦大学物理系学士学位，2001年获复旦大学凝聚态物理专业博士学位。2001年8月 - 2005年11月在美国犹它大学物理系，2005年11月 - 2007年6月在加州大学河滨分校物理系从事博士后研究。主要研究磁性纳米材料和器件，包括半导体表面分子束外延单晶磁性金属薄膜、稀磁半导体、磁性纳米结构和铁磁/有机异质结及其器件，并利用各种磁学、电学测试手段和同步辐射技术对磁性材料和纳米器件的结构、输运和磁结构进行表征，研究其结构、电学性质和磁学性质之间的关联。

郑波：国际评委

郑波，男，中国国籍，1988年于中山大学获得博士学位；现为浙江大学特聘教授。具体研究方向为应用数值模拟方法对二级相变点附近的远离平衡态临界动力学进行较深入的研究，证实和发展了短时动力学标度理论，提出一种测量动、静态临界指数的动力学新方法。这方法不受临界慢化的困扰，已较广泛应用于非平衡态临界动力学研究。研究成果实质性地拓广了二级相变点附近的临界动力学理论及其科学应用，对凝聚态物理和材料科学等有较重要意义。近年特别关注金融物理和生物物理等交叉学科，在金融市场的集群模型和两相行为方面做出较有意义的结果。早期研究方向为量子场论，如格点规范理论、随机量子化等。1994年以来主要兴趣在计算物理、非平衡态统计物理、软凝聚态物理和相关交叉学科。应用 Monte Carlo 方法，在远离平衡态动力学的数值模拟方面取得创造性研究成果。首先提出的短时动力学测量方法可应用于二级和弱一级相变系统、无序系统、量子自旋系统和超导系统等。截止到2010年，在国际 SCI 学术刊物发表论文五十余篇。其中五篇发表于 *Physical Review Letter*，一篇综述性论文。论文的 SCI 他人引文数近六百余篇次。近期高度关注金融物理和生物物理等交叉学科。

阮东：内地赛区组织委员会委员

阮东，清华大学物理系教授，副系主任。研究领域为，数学物理、量子物理、核结构理论感兴趣的研究方向包括（1）量子系统的对称性，精确可解性等。（2）群和代数（李代数、李超代数、无限维李代数、变形李代数等）的表示论及其在物理学中的应用，如原子、分子结构和核结构的代数模型。（3）量子物理学的基本问题、量子信息。

陈焱：内地赛区组织委员会委员

陈焱，1972年10月出生，四川人。现为复旦大学先进材料实验室PI研究员、博士生导师（2008）。2007年9月引进到复旦大学。主要从事强关联多体系统电子态性质的理论研究，特别是高温超导铜氧化物的杂质态和混合态方面。此外，在有机超导体的绝缘态到超导态的相变，超冷原子系统中的奇异超流态，关联电子系统中的量子纠缠与量子相变等方面取得了较有影响力的研究成果。迄今发表SCI论文近40篇（其中Phys. Rev. Lett. 5篇，Phys. Rev. (Rapid Comm.) 2篇，Phys. Rev. 约20篇），论文被引用约250次。曾获中国高校科学技术奖(教育部)二等奖（2001年，排名2）。

4.3 化学

唐本忠：国际评委、国际评委组长

香港中文大学，校长学勤讲座教授，中国科学院院士、发展中国家科学院院士、亚太材料科学院院士、国际生物材料科学与工程学会联合会会士、英国皇家化学会会士

唐本忠教授于1982年和1988年分别在华南理工大学和日本京都大学取得学士学位和博士学位，于1989-1994年在加拿大多伦多大学进行了博士后研究并于Neos公司任高级研究员。1994年加入香港科技大学从事学术研究工作，2008年晋升为讲席教授。2021年，唐教授加入香港中文大学（深圳）任理工学院院长。

其研究领域为材料科学，高分子化学，生物医学诊疗等；唐教授是聚集诱导发光原创性科学概念的提出者和该领域研究的引领者。已发表科学论文1600余篇，他引十一万余次，h指数152。自2014年至今，唐教授连续入选化学和材料科学双领域高被引用科学家。唐教授获得多项荣誉及奖励，如国家自然科学基金一等奖（2017）、何梁何利科学与技术进步奖（2017）、裘槎高级研究成就奖（2007）等。唐教授现任Wiley出版社发行的Aggregate杂志的主编。

黄乃正：国际评委

黄乃正教授于1973于香港中文大学取得一级荣誉理学士学位，随即获蜆壳留英奖学金赴英国伦敦大学学院进修，于1976年获颁哲学博士学位后，再赴美国哈佛大学从事博士后研究两年。1979至1980年，黄教授于英国伦敦大学学院任Ramsay纪念研究员，开展独立研究工作；1980至1982年担任中国科学院上海有机化学研究所副研究员。黄乃正教授于1983年返回港中大任教，曾于1995至1997年任港中大化学系系主任。并于2002至2010年7月出任港中大新亚书院院长；2004年至2013年出任研究事务委员会主席；2006年至2013年出任教材设置拨款委员会主席，及2009年到2013年任副校长。2012年至2018年任理学院院长，并于2014年1月至2020年底重新出任新亚书院院长。他是香港中文大学荣休化学讲座教授及研究教授，也是中国科学院上海有机化学研究所沪港化学合成联合实验室管理委员会主席和

深圳南方科技大学长期杰出客座教授，并出任多所内地大学的客座及顾问教授。

黄乃正教授主力研究天然及非天然化合物之合成，现为多份国际及内地化学期刊编委、资深评委或学术谘询委员。黄乃正教授曾获邀于国际及内地各化学研讨会作大会及特邀报告八十多次，迄今共发表文章逾二百六十五篇。

黄乃正教授曾获中国国家自然科学基金二等奖（1997年）、香港裘槎基金会杰出研究奖（1999年）；并分别于1999年，2004年及2015年分别获选为中国科学院，发展中世界科学院（前称第三世界科学院）及香港科学院院士。

唐智勇：国际评委

国家纳米科学中心研究员，博士生导师，科技部973（纳米重大研究计划）首席科学家，Nanoscale Horizons 和 Scientific Reports 编委，Small, ChemPhysChem, Nanoscale, Nano Research, Materials Research Express 顾问编委。1993年毕业于武汉大学环境科学系，1996年在武汉大学环境科学系获理学硕士学位，2000年在中国科学院长春应用化学研究所获理学博士学位，指导老师为汪尔康院士。2000-2001年，2001-2006年分别在瑞士苏黎世联邦高等工业学院 Prins 教授研究小组和美国密歇根大学 Kotov 教授研究小组从事纳米材料的研究工作。2006年11月回国加入国家纳米科学中心

其研究领域主要为：纳米功能材料在环境和能源领域的应用。获得多项荣誉：2009年入选新世纪百千万人才工程国家级人选，2010年获“Scopus 寻找青年科学之星”材料科学青年科学之星成就奖，2012年获中国科学院“杰出青年”，2013年入选 ChemComm “Emerging Investigator”，2013年获“国务院政府特殊津贴”，2013年入选科技部“2013年度创新人才推进计划中青年科技创新领军人才”，2014年入选 Fellow of the Royal Society of Chemistry (FRSC)，2015年、2016年入选 Elsevier “中国高被引学者”，2015年获 RSC Inorganic Chemistry Frontiers Award for Outstanding Young Scientist，2016年获英国皇家化学会“Editorial Board Award”，2016年获第八届中国化学会-巴斯夫公司青年知识创新奖。

李艳梅：国际评委

清华大学教授，博士生导师。李艳梅教授分别于1989年、1992年在清华大学化学系取得硕士学位、博士学位，1996年-1997年在德国卡尔斯鲁厄大学有机化学所担任博士后科研工作，1998年至今担任清华大学化学系教授、博导等职位。其研究方向为淀粉样蛋白错误折叠机制研究，糖肽合成及免疫性质研究，淀粉样蛋白降解及抑制剂研究，修饰蛋白合成，理论计算，HIV膜融合抑制剂的设计合成及相关性质的研究。

席振峰：国际评委

北京大学博雅讲席教授，中国科学院院士。席教授1983年本科毕业于厦门大学化学系；1989年硕士研究生毕业于南京大学配位化学所、郑州大学和河南化学所，师从金斗满研究员；1996年博士研究生毕业于日本分子科学研究所（导师：高桥保 Tamotsu Takahashi 教授）；曾先后在河南化学研究所金斗满研究室（1983年至1992年，实研、助研）、日本北海道大学触媒化学研究所高桥保研究室（1993年至1997年，博士研究生、博士后）、日本北海道大学药学部（1997年至1998年，助理教授）学习或工作；1998年北京大學化学学院副教授；1999年北京大學化学学院教授。

其研究室目前研究兴趣集中在如下两个方面：研究内容涉及金属有机化学、配位化学、光化学、电化学、有机合成化学及催化。1. 氮气的活化与转化。致力于实现温和条件下直接从氮气高效合成含氮有机化合物。2. 稀土金属有机化学（张文雄教授）。致力于发现新颖结构和P4的活化与转化。

黎占亭：国际评委

复旦大学教授，博士生导师；1992年于中科院上海有机化学研究所获博士学位，1994-1995年间担任 University of South Denmark（南丹麦大学）化学系博士后研究工作；1996年-2002年间任职上海有机所副研究员；2000年-2001年为美国 University of Illinois at Urbana-Champaign 化学系访问学者；2003年-2010年任职上海有机所研究员；2010年至今担任复旦大学化学系教授。研究方向包括生物有机、超分子及材料化学：生物模拟结构及相关软分子材料和生物活性分子设计、二维及三维超分子有机框架结构与材料、新共轭分子体系的设计、合成与材料性质、分子识别与自组装原理和方法、弱相互作用协同作用。

王训：内地赛区组织委员会委员

清华大学教授，博士生导师。王教授2004年于清华大学化学系获得博士学位，同年开始担任清华大学化学系讲师一职；2005-2007年担任化学系副教授一职，2007年至今为清华大学化学系教授，2014年获得长江学者特聘教授荣誉。王教授研究领域主要涉及功能纳米材料控制合成、组装及性能研究。

王歆燕：内地赛区组织委员会委员 清华大学博士，副研究员。2003年毕业于清华大学化学系，获得博士学位，2004-2006年间于清华大学化学系担任博士后研究工作，2011年至今，任职清华大学化学系副研究员。其研究领域包括：有机合成、不对称合成、含氮杂环的合成方法学研究。

孙兴文：内地赛区组织委员会委员 复旦大学教授，博士生导师。2007年于中科院上海有机化学研究所获得有机化学博士学位。2007年-2010年间担任复旦大学化学系讲师，2010年2月至今，系复旦大学化学系副教授；2013年12月开始，为加州理工学院化学与化工部担任访问学者。孙教授研究领域涉及不对称合成、药物化学等方向。

4.4 生物

袁钧瑛：国际评委、国际评委组长

哈佛大学、中国科学院生物与化学交叉研究中心研究员。袁教授1989年于哈佛大学获得神经生物学博士学位，1990-1991年间任职于哈佛大学医学院，后荣升哈佛大学医学院医学助理教授。1996-2000年间为哈佛大学医学院细胞生物学副教授，2000年荣升哈佛大学细胞生物学教授；2014-2020年为哈佛大学医学院生物细胞学 Elizabeth D. Hay 冠名荣誉教授；2020年10月-至今担任中国科学院上海有机化学研究所生物与化学交叉研究中心主任、研究员。

袁钧瑛教授的主要研究目标是揭示哺乳动物细胞中调控细胞死亡的分子机制。袁钧瑛教授为开创两个主要的细胞死亡研究领域，包括细胞凋亡 (apoptosis) 和细胞坏死 (necroptosis)，做出了里程碑式的贡献。她的工作阐明了一系列在这两种细胞死亡方式中的关键驱动分子，分

子机制以及与人类疾病的关系。

在 20 世纪 90 年代，袁钧瑛教授首先发现了半胱天冬酶（caspases）作为物种间高度保守的驱动细胞凋亡的关键分子，并阐明了 Bcl-2 和 caspase 在介导细胞凋亡中的关系。随后，袁钧瑛教授发表了一系列细胞凋亡领域的经典论文，包括发现 caspase-11 调控 caspase-1 的激活在炎症和凋亡中的关键驱动作用，和 caspase-8 对 BID 的切割在诱导线粒体损伤在细胞凋亡中的作用。

袁钧瑛教授的另一个重要学术贡献是首先发现了哺乳动物细胞坏死的可调控性。她的工作定义了程序性细胞坏死（necroptosis），一种哺乳动物细胞中可调控的细胞坏死方式，并阐明了 RIPK1 是介导 necroptosis 的关键分子。这个发现打破了学术界中坏死是被动不受调控的传统观念，揭示了细胞坏死的分子机理和靶向 RIPK1 作为临床治疗手段的新方向。已有大量研究表明 RIPK1 活化介导细胞炎症和细胞坏死，参与了多种人类重大炎症疾病和神经退行性疾病的病理发生和发展，包括老年痴呆症，多重硬化症，脊髓侧索硬化症，以及关节炎和肠炎。目前，RIPK1 抑制剂已经在全球进入人类临床试验。袁钧瑛教授的工作受到 Nobel 委员会的关注，两次邀请袁钧瑛教授到 Nobel Forum 做专题报告。

袁钧瑛教授近期的工作揭示了衰老过程中 RIPK1 介导凋亡和炎症的分子机制，阐述了风险基因是如何与衰老协同作用引起神经炎症，功能失活及神经退行性疾病的发生。这个工作为治疗神经退行性疾病指明了新方向。另外，袁教授还发现了一种抑制细胞死亡并同时促进细胞恢复稳态的小分子，阐明了小分子的作用靶标和分子机制，为治疗神经退行性疾病提供了新的干预策略。

蔡亮：国际评委、内地赛区组织委员会委员

复旦大学教授；2003 年获复旦大学学士学位，2008 年获美国北卡罗来纳大学教堂山分校细胞生物学博士学位，2009 至 2011 年在美国加州大学旧金山分校从事博士后研究，2011 年 12 月被复旦大学生命科学学院聘为研究员、博士生导师。其研究主要是综合运用生物化学、生物物理、分子生物学和细胞生物学的手段，探索细胞与环境作用的机制；目前的研究集中在微丝动态调控及相关的细胞学功能、三维环境中多细胞结构的损伤修复机制。迄今发表第一作者的学术论文及评论文章 13 篇，其中 3 篇发表在《细胞》期刊。2009 至 2011 年间，获 Jane Coffin Childs 基金支持，从细胞水平研究微丝细胞骨架调控上皮组织的形态发生的机制；2012 年得到基金委“优秀青年科学基金项目”支持。主要研究方向为：使用细胞生物学、分子生物学、生物化学和其他现代方法来研究基本的细胞过程和相关机制。

俞强：国际评委

中国科学院上海药物研究所博导；1989 年获得美国布兰达斯大学，博士学位，1989 年至 1992 年间于美国麻省理工学院从事博士后研究；2000-2002 年间担任波士顿大学医学院副教授。随后归国，2002 年至今担任中国科学院上海药物研究所研究员。主要从事和肿瘤、炎症相关的细胞信号转导途径的基础研究以及基于细胞信号转导途径的抗肿瘤和抗炎症药物的筛选和开发。研究内容包括蛋白酪氨酸激酶和磷酸酶介导的信号通路研究；免疫因子信号通路研究；免疫系统对肿瘤细胞生长的调节；肿瘤生长机理的细胞生物学和化学生物学研究；肿瘤的个性化诊断和治疗；基于细胞信号转导途径的药物筛选系统的建立；从以中草药为主的

天然产物中发现和开发抗肿瘤和抗炎症新药；发现中草药中的有效成分和研究中草药的作用机理。

李文辉：国际评委 北京生命科学研究所以资深研究员。2001 年在中国协和医科大学中国医学科学院获得病原生物学博士学位；2001-2004 年间于哈佛大学医学院从事博士后研究，2004-2007 年间担任哈佛大学医学院 Instructor；2007-2015 年间担任北京生命科学研究所以研究员，2015 年被评为北京生命科学研究所以资深研究员。

李文辉实验室的研究兴趣集中于重要病毒感染的分子机制及其防治。近年来，主要致力于乙肝病毒（HBV）研究。乙型肝炎是危害人类健康的严重传染病。全球估计有 HBV 感染者 2.4 亿人，其中我国约有 9300 万人。慢性 HBV 感染是导致肝硬化、肝癌的重要病因。丁型肝炎病毒（HDV）是 HBV 的卫星病毒，在所有 HBV 感染者中，约有 1500 万人同时感染 HDV。实验室发现 HBV 及 HDV 感染肝细胞的关键受体是钠离子-牛磺胆酸共转运蛋白（NTCP）；稳定表达人 NTCP 的 HepG2 细胞系（HepG2-NTCP）已成为 HBV 相关基础病毒学研究和抗病毒药物研发的重要平台。目前，对乙肝感染的科学研究及药物开发已进入一个充满生机的新时代。本实验室综合运用病毒学，生物化学，免疫学，化学生物学等多学科方法深入剖析 HBV 及 HDV 感染过程的分子基础，以帮助理解其病理机制。其实验室希望研发新的抗病毒药物，为最终有效解除患者的病痛而努力。此外，课题组也与相关实验室合作研究 NTCP/胆酸等分子在感染及机体代谢过程中的相关作用。

周敬流：国际评委

周敬流教授是生命科学部及生物医学工程学部教授。周教授于美国德州贝勒医学院（Baylor College of Medicine）攻读细胞生物学，并取得博士学位。在返回香港加入科大前，他于美国纽约爱因斯坦医学院（Albert Einstein College of Medicine）担任分子遗传学 Belfer 院士（Belfer Fellow of Molecular Genetics）。于科大工作十多年后，他获擢升为教授。通过多个校内及跨院校合作项目，周教授的研究工作横跨生物科学的多个范畴，汇聚化学、物理学、数学、工程学及临床科学等专业知识。有关合作项目涵盖分子与细胞生物学、遗传学与基因组学、发育神经生物学及合成生物学与演化生物学等领域。周教授研究领域涉及：遗传学、演化生物学、合成生物学、发育神经生物学中的细胞信号传导、感官分化等领域周教授协助开办的分子生物医学科学本科生课程备受称许，并主管生物工程的研究生课程。他亦负责与所有学院及学术单位的联络工作，策划大学核心课程的发展，以开拓学生的教育体验和视野。周教授在科大和其他院校本科生及研究生课程中任教生命科学及通识教育的广泛学科，具备丰富的教学经验。周教授曾获科大理学院教学奖及祁敖卓越教学服务奖章，以嘉许其卓著成就。此外，他亦曾领导数个教学发展计划。周教授亦担任科大多个课程和学科委员会的成员，以及其他院校及机构的咨询和评审小组成员，积极推动科学和博雅教育的发展。

郗乔然：内地赛区组织委员会委员

清华大学副教授；1998-2004 年间，于美国纽约大学医学院攻读生物医学博士学位，2004 年-2013 年分于美国纽约大学医学院、美国斯隆凯特琳癌症研究中心从事博士后科研工作，2013 年至今担任清华大学生命科学学院助理教授、副教授。

其课题组的学术研究主要是运用细胞生物学，生物化学，分子生物学，基因组学等方法

研究 TGF-beta 信号传导在胚胎干细胞的自我更新和胚胎发育及癌症发生过程中的作用机制；针对性研究 TGF-beta 及相关信号传导通路如何通过表观遗传图谱相互作用，在时间和空间上紧密调控基因表达从而调控胚胎发育及癌症发生。课题组的研究对象是小鼠胚胎干细胞和弥漫内生型脑干胶质瘤 (DIPG)。充分发挥自身 TGF-beta 生物学的研究优势，结合胚胎干细胞生物学，癌症生物学及交叉学科如信息科学、结构生物学开展了一系列的研究，进而揭示了许多 TGF-beta 信号通路的新的调控元件及机制。为深入了解早期胚胎发育及癌症发生提供了新的视角和理论基础。同时，也运用自身优势积极展开合作，和其他实验室一起回答了更广泛的生物学问题。

杨继：内地赛区组织委员会委员

复旦大学教授；1983 年本科毕业于北京师范大学生物系，1986 年在北京大学生物系获硕士学位。1986-2006 年在北京大学任教，期间先后赴澳大利亚国立大学 (1997,1-1998,1)、英国伦敦大学学院 (2001,11-2002,4) 和剑桥大学 (2003,8-2004,8) 进修或从事合作研究，2007 年调入复旦大学。现任复旦大学生命科学学院教授，博士生导师。主要从事植物系统发育和进化研究，曾主持或参与国家重点研发计划、“973”计划、“863”计划、基金委重大研究计划、基金委面上项目的研究工作；担任教育部大学生物学课程教学指导委员会副主任、国家重点研发计划项目首席科学家、New Phytologist 杂志 Advisor。

4.5 计算机

查红彬：国际评委、国际评委组长

查红彬，男，1962 年 9 月 1 日生，1990 年获日本九州大学博士。同年任日本九州工业大学助教。1991 年任九州大学副教授，现为北京大学信息科学技术学院教授，机器感知与智能教育部重点实验室主任。担任重要学术组织及国际会议的各种委员，包括国际学术期刊 Advanced Robotics 编委、IEEE Trans. SMC 三维图像处理与建模专辑客座编委、IEICE Trans. Information and Systems 多分辨率解析专辑编委、中国人工智能学会机器感知与虚拟现实专业委员会主任。

其主要研究方向为计算机视觉、虚拟现实、智能机器人系统，从事三维几何数据解析、环境几何建模、三维物体识别、自律分散机器人系统、移动机器人等方面的研究工作。

傅红波：国际评委

傅红波教授是一位互动图形学研究者。他一直积极致力于计算机图形和人机交互领域的项目。他的研究已经导致了 100 多篇科学出版物。其中 50 多篇发表在顶级的图形/视觉/人机交互期刊和会议上，包括 ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH or SIGGRAPH Asia), CVPR, ECCV, CHI, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Computer Graphics Forum, and UIST。他的作品多次被 SIGGRAPH 和 SIGGRAPH Asia 选为程序亮点，并获得 2015 年 CAD/Graphics 和 2019 年 UIST 的最佳论文奖，以及 2013 年和 2014 年 SIGGRAPH Asia 的新兴技术项目的最佳演示奖。他目前的研究兴趣包括高层形状分析和合成、草图理解、基于草图的界面和移动交互。

他曾担任或正在担任的主要图形/人机交互会议的程序委员会包括 SIGGRAPH 亚洲、欧

洲图形、几何处理研讨会、太平洋图形、形状建模交互和移动人机交互。他是 2012 年太平洋图形学的组织主席，以及 2013 年 CAD/图形学、2013 年 SIGGRAPH 亚洲（新兴技术）、2014 年 SIGGRAPH 亚洲（研讨会）、2015 年 CAD/图形学、2018 年太平洋图形学和 2019 年计算视觉媒体的程序（联合）主席。他是 SIGGRAPH Asia 2016 的会议主席和 Expressive 2018 的会议联合主席。他曾担任或正在担任《视觉计算机》(TVC)、《计算机与图形》(C&G) 和《计算机图形论坛》(CGF) 的副编辑。

胡事民：国际评委，内地赛区组织委员会委员

胡事民，浙江省长兴县人。1986 年考入吉林大学数学系；1990 年免试进入浙江大学数学系攻读硕士学位，师从金以文教授；1993 年在浙大数学系攻读博士学位，师从金通圻教授；1996 年进入清华大学计算机系计算机科学与技术博士后流动站，师从孙家广院士从事计算机辅助设计的研究，1998 年出站后留在清华大学计算机系任教。现为清华大学计算机系教授。研究方向主要为计算机图形学与交互技术、智能信息处理与系统软件。2002 年获国家杰出青年基金资助，2006-2015 年担任国家“973”计划项目首席科学家，2010 年入选新世纪百千万人才工程国家级人选，2013 年入选首批“万人计划”科技创新领军人才，2015 年起担任国家自然科学基金委创新群体项目学术带头人；是中国计算机学会副理事长、Computational Visual Media (Springer) 主编、亚洲图形学学会主席。

主要从事计算机图形学、智能信息处理和系统软件等方面的研究。在几何处理方面，提出基于积分不变量和特征敏感度量的几何处理框架、带噪音抑制的高质量三维场景重建以及基于机器学习的高效高质量模型重建方法；在可视媒体的编辑与交互合成方面，提出基于全局对比度的显著性检测、结合草图输入和网络搜索的图像合成方法 (Sketch2Photo) 以及文本驱动的视频合成 (Write-A-Video) 等；在真实感绘制和动画仿真方面，提出基于内在特征的流体调制方法、基于 SPH 的多流体与流固耦合方法，以及全局环境光照的球面分段常量基函数等。相关成果发表在 ACM SIGGRAPH、CVPR 及 ACM Transactions on Graphics、IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 和 IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 等重要的国际刊物和会议上。

研制并开源了第一个我国高校自主的深度学习框架——计图 (Jittor)。计图是一个完全动态编译 (Just-in-time)，基于元算子融合和统一计算图的深度学习框架。计图支持 30 多种的骨干网络，并且开源了多个模型库：对抗生成网络、图像语义分割、检测与实例分割、点云分类、可微渲染等。

过敏意：国际评委

过敏意，上海交通大学电子信息与电气工程学院计算机系主任，致远讲席教授，国家杰出青年基金获得者。1982 年毕业于南京大学计算机科学系。1986 年在南京大学计算机科学系获得工学硕士学位。1986 年至 1994 年，在南京大学计算机科学系任教。1998 年在筑波大学获得计算机科学博士学位，同年进入 NEC 公司工作，任研究员。2000 年 10 月起转会津大学工作，任会津大学计算机软件系讲师，副教授，教授。2001 年至 2002 年作为日本文部省的在外研究员，任美国乔治亚州立大学的访问教授。2006 年进入上海交通大学计算机系工作，教授。

过敏意博士的主要研究领域包括并行与分布式处理系统, 高性能计算, 并行化编译等. 涉及这些领域, 他已在专业杂志和国际会议上发表超过 400 篇学术论文, 包括 IEEE/ACM Transactions 等著名期刊和 MICRO、ASPLOS、ISCA 等著名国际会议上。他是多个国际学术会议的程序委员会委员和大会主席, 并担任多个杂志的主编或编委

童若锋：国际评委，内地赛区组织委员会委员

童若锋, 男, 1969 年 4 月出生, 浙江大学计算机学院教授, 博士生导师。浙江大学计算机学院 CAD&CG 国家重点实验室副主任。1996 年浙江大学应用数学专业博士毕业, 1999 年 10 月至 2001 年 9 月日本广岛大学智能系统与造型实验室访问学者。承担了‘基于人体姿态数据库的立体呈现与远程交互关键技术与系统’、“基于视频素材分析与融合的虚拟场景生成技术与系统”、“几何形状的修复和重建方法研究”等 863、973 和国家自然科学基金的研究, 并正在与 Qualcomm 等国际知名公司开展项目合作。研究兴趣包括: 虚拟现实, 计算机视觉、基于人工智能的辅助医学诊断。

张松海：内地赛区组织委员会委员

张松海, 男, 工学博士, 清华大学计算机科学与技术系副教授。研究领域是计算机图形学, 研究方向是非真实感绘制, 目的是让计算机生成具有艺术风格的图像或视频。在此方向上, 对多个课题开展了研究, 提出了卡通动画矢量化方法, 可以有效应用于卡通动画素材的重用。此外, 还提出了基于水流视频的水墨风格绘制算法, 可将真实的水流视频自动转换为水墨风格的水流动画。在 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics、IEEE Transactions on Multimedia 等国际期刊和会议发表论文十余篇, 做为负责人承担国家自然科学基金 2 项。从 2007 年起参与计算机图形学的教学任务, 2009 年入选清华大学骨干人才支持计划。

4.6 经济金融建模

唐本忠：国际评委、国际评委组长

唐本忠, 清华大学金融系教授, 金融系系主任, 清华大学经济管理学院副院长。于 1992-1997 年在清华大学获得经济学学士学位, 随后 1998 年至 2004 年在美国宾夕法尼亚大学取得经济学硕士、博士学位。2004-2006 年间任职于伊利诺大学芝加哥校区金融系助理教授一职; 2008-2016 年担任清华大学经济管理学院教授; 2017-至今担任清华大学经济管理学院教授。其研究领域主要为银行金融机构、货币政策、宏观金融。

苗彬：国际评委

苗彬, 2001-2005 年于南京大学取得经济学学士学位, 2007-2013 年先后于新加坡国立大学取得经济学硕士、博士学位。2013-2020 年, 先后在上海财经大学经济学院担任助理教授、副教授、教授一职。2020 年至今, 一直于中国人民大学经济学院担任教授, 研究领域集中于不确定性决策, 跨期风险决策, 以及社会分配决策。

2017 年, 荣获上海市曙光学者称号; 2016-2018 年 12 月, 参与国家自然科学基金青年项目: 时间偏好及风险偏好的理论与实验研究; 2020-2022 年 12 月, 参与国家自然科学基金优秀青年项目: 决策理论与实验经济学。

王城：国际评委

王城，1984年复旦大学数学系本科毕业，1994年获加拿大西安大略大学经济学博士学位。曾任美国卡内基梅隆大学(Carnegie Mellon University)商学院助理教授和副教授，爱荷华州立大学(Iowa State University)经济学副教授和教授。过去二十多年致力于宏观经济学与动态合约理论的研究，研究课题涵盖宏观金融、劳动力市场理论与政策、失业保险、经理人薪酬、动态合约基础理论等领域。研究成果在 *American Economic Review*, *Review of Economic Studies*, *Journal of Economic Theory*, *Journal of Monetary Economics*, *International Economic Review*, *Review of Economic Dynamics* 等经济学期刊发表。作为动态合约理论比较早的研究者之一，其研究工作对这一经济学重要文献的发展及其在宏观经济学中的应用作出了贡献。他的最新研究兴趣是动态经济关系的最优终止问题及其在劳动力及金融市场模型中的应用。

苏良军：国际评委

苏良军教授于1990-1999年间先后获得西安交通大学工程经济学士、同济大学工程经济硕士、美国加州大学Riverside分校经济学硕士学位；2004年获得加州大学San Diego分校经济学博士学位。2004-2008年在北京大学光华管理学院商务统计与计量经济系担任助理教授与副教授，2008-2020年在新加坡管理大学经济学院先后担任副教授、教授与李光前讲席教授。2020年7月加盟清华大学经济管理学院，为经济系C.V.Starr讲席教授。

苏良军教授长期从事理论计量经济领域的研究工作，主要集中在非参数计量经济学、面板数据分析、大数据与机器学习等方向。已经在 *Econometrica*, *Econometric Theory*, *IEEE Transactions on Information Theory*, *Journal of Machine Learning Research*, *Journal of Applied Econometrics*, *Journal of Econometrics*, *Journal of the American Statistical Association*, *Journal of Business & Economic Statistics*, *Quantitative Economics* 等国际一流经济学、统计学与信息学杂志发表论文八十余篇，并编辑出版了两本书。研究结果已被多部世界权威或知名面板数据与非参数计量经济学教科书引用，包括 Li 和 Racine (2007, *Nonparametric Econometrics*)、Hsiao (2014, *Panel Data Analysis*, 3rd edition), Pesaran (2015, *Time Series and Panel Data Econometrics*)、Henderson 和 Parmeter (2015, *Applied Nonparametric Econometrics*)、Racine (2019, *An Introduction to the Advanced Theory and Practice of Nonparametric Econometrics*) 等。

目前担任计量经济学一流期刊 *Econometric Theory* 的联合主编 (co-editor), *Journal of Econometrics* 和 *Econometric Reviews* 的副主编 (associate editor), 并为 *Journal of Systems Science and Complexity* 编辑委员。先后多次获中国与新加坡国家项目基金资助，2007年获北京大学奖教金，2011年获新加坡李光耀科研奖，2014年获 *Econometric Theory Multa Scripsit* 奖并成为 *Journal of Econometrics* 会士。2014年后被多次纳入世界名人榜或科学与工程领域的名人录。现为 Rimini Centre for Economic Analysis (RCEA) 资深会士 (senior fellow)。

翁翕：国际评委

翁翕现为北京大学光华管理学院应用经济系教授，“日出东方”光华研究学者。他目前主要研究领域为博弈论，应用微观经济理论和信息经济学。他本科、硕士均毕业于北京大学，博士毕业于美国宾夕法尼亚大学。他的研究成果发表或即将发表于国外顶级学术期刊，如 *Journal of Finance*, *Management Science*, *Economic Journal*, *American Economic Journal: Microeconomics*,

Journal of Economic Theory (两篇), International Economic Review (两篇), Economic Theory, Journal of Economic Behavior & Organization, 和 Journal of Economics & Management Strategy。

他主持国家自然科学基金面上项目“组织经济学理论与应用”。翁博士曾获奖项有：2020 第八届高校科学研究优秀成果奖(人文社会科学)青年成果奖, 2019 中国信息经济学优秀成果奖, 2019 厉以宁科研奖, 2017 中国信息经济学青年创新奖, 2017 北京大学教学优秀奖, 2017 第十三届北京大学人文社会科学研究优秀成果一等奖, 2016 北京大学北京银行奖教金, 2016 中国信息经济学乌家培奖, 2015 及 2016 台新金控最佳研究新人奖, 2011 David Cass Memorial Prize in Economics, 2010 CES Gregory Chow Best Paper Awards。

汤珂：国际评委

汤珂现为清华大学社会科学学院经济所教授、所长。其主要研究方向为大宗商品市场(包括数据要素)、金融科技和数字经济。在 Journal of Finance, Review of Financial Studies 等顶级英文期刊上发表多篇论文, 目前担任国际期刊 Quantitative Finance 的执行编辑、Journal of Commodity Markets 和《经济学报》的副主编。研究成果得到美国期货管理委员会、联合国大宗商品报告以及多家媒体的报道。

汤珂教授于 2000 年获得清华大学工程学士和经济学学士学位, 先后于 2002 年和 2004 年获得清华大学工程学硕士学位和加州大学伯克利分校金融工程硕士学位; 2008 年毕业于剑桥大学, 获得金融学博士学位; 同年 10 月至 2014 年 10 月, 任职于中国人民大学汉青研究院, 担任助理教授、副教授、教授等职责; 2014 年 11 月至今, 担任清华大学社会科学学院经济学研究所教授。并在多个著名期刊担任兼职工作, 如 Quantitative Finance (impact factor: 1.5) 的执行编辑, Journal of Commodity Markets (impact factor: 2.3) 的副主编, 经济学报的副主编。

张顺明：国际评委

张顺明现为中国人民大学财政金融学院应用金融系教授。1988 年于华中师范大学数学系获得数学学士学位, 1993 年在中国科学院系统科学研究所获得应用数学(数理经济学)硕士学位; 1996 年 07 月于中国科学院系统科学研究所获得系统理论(数理经济学)博士学位; 同年 8 月开始至 2000 年任职于清华大学经济管理学院金融系讲师与副教授; 随后于 2000 年至 2006 年期间, 先后于加拿大西安大略大学担任经济学访问教授与博士后研究员和新西兰惠灵顿维多利亚大学经济金融学院研究员; 随后回国于厦门大学经济学院担任金融系教授与博士生导师; 2009 年 09 月至今担任中国人民大学财政金融学院应用金融系教授与博士生导师。除此之外, 还于担任多个专业理事会、期刊、编辑委员会学术职责, 是多个国际杂志审稿人。其研究方向主要集中于数理经济学, 金融经济学, 金融工程, 现代金融决策理论, 经济理论和经济政策。

白重恩：内地赛区组织委员会委员

目前为清华大学经济系弗里曼讲席教授, 经济系教授; 清华大学经济管理学院院长。1983 年毕业于中国科学技术大学数学系获得数学学士学位及郭沫若奖; 1988 年于美国加州大学圣地亚哥校区数学系获数学博士学位; 于 1993 年获哈佛大学经济系经济学博士学位。先后于美国波士顿学院担任助理教授、香港大学经济金融学院担任助理教授、副教授; 2004 年起任职于清华大学, 担任经济管理学院 Mansfield Freeman 弗里曼讲席教授; 2018 年起担任清华大学

经济管理学院院长。2019年起，成为清华大学现代国有企业研究院院长。除此之外，还在业界担任多个重要角色，2016年至今，担任中国劳动经济学会副会长；2019年至今，系中国财政学会第十届副会长暨理事会学术委员会委员。

白教授主要研究领域为制度经济学、经济增长和发展、公共经济学、金融、公司治理、中国经济。著有：技术和新经济(Technology and the New Economy, 与阮志华共同编辑(包括书写引言及结语), 由 Robert Lucas Jr. 作序, 收集了 Boyan Jovanovic and Peter Rousseau, Timothy Bresnahan and Franco Malerba, Danny Quah, Jeffrey Sachs and John McArthur, and Michael Woodford 等人的文章, 由麻省理工学院出版社于 2002 年出版。中国经济增长潜力研究 (A Research on China's Economic Growth Potential): 与张琼合著, 由 Routledge 出版社于 2017 年出版。

周亚虹：内地赛区组织委员会委员

周亚虹，上海财经大学常任教授、博导，经济学院院长，教育部“国家级人才项目特聘教授、新世纪优秀人才。1986年获得复旦大学应用数学学术学位；2005年获得香港科技大学经济学博士学位；2018年被评为上海市领军人才，2019年荣获上海市育才奖；参与主持多项国家自然科学基金重点项目。其研究领域为微观计量经济学、微观经济学。

第 5 章 丘成桐中学科学奖获奖情况数据分析

5.1 2020 至 2021 年获奖情况总结

首先，我们根据官方提供的 2020 和 2021 年数据，来看一下初赛时的获奖情况。获奖的选手将被邀请进入下一阶段的比赛。

表 5.1: 2020-2021 参赛队伍与完赛率情况

年份	队伍	完赛论文	完赛率	国内论文	海外论文
2020	1174	901	77%	557	344
2021	1440	822	57%	526	294

表 5.2: 2020-2021 大陆赛区各地初赛获奖情况

地区	数量	比例
华北	119	37.78%
华东	122	38.73%
华中	3	0.95%
华南	56	17.78%
西南	13	4.13%
西北	1	0.32%
合计	315	1

表 5.3: 2020-2021 大陆赛区各地数学获奖情况

地区	一等奖		二等奖		三等奖	
	数量	比例	数量	比例	数量	比例
华北	8	30.77%	7	26%	8	35%
华东	10	38.46%	13	48%	15	65%
华中	0	0.00%	2	7%	0	0%
华南	7	26.92%	4	15%	0	0%
西南	1	3.85%	1	4%	0	0%
西北	0	0.00%	0	0%	0	0%
合计	26	1	27	1	23	1

表 5.4: 2020-2021 大陆赛区各地物理获奖情况

地区	一等奖		二等奖	
	数量	比例	数量	比例
华北	7	28.00%	8	36.36%
华东	8	32.00%	7	31.82%
华中	1	4.00%	0	0.00%
华南	2	8.00%	7	31.82%
西南	7	28.00%	0	0.00%
西北	0	0.00%	0	0.00%
合计	25	1	22	1

表 5.5: 2020-2021 大陆赛区各地化学获奖情况

地区	一等奖		二等奖	
	数量	比例	数量	比例
华北	8	36.36%	8	36.36%
华东	8	36.36%	8	36.36%
华中	0	0.00%	0	0.00%
华南	5	22.73%	6	27.27%
西南	1	4.55%	0	0.00%
西北	0	0.00%	0	0.00%
合计	22	1	22	1

表 5.6: 2020-2021 大陆赛区各地生物获奖情况

地区	一等奖		二等奖	
	数量	比例	数量	比例
华北	10	43.48%	11	32.00%
华东	8	34.78%	7	32.00%
华中	0	0.00%	0	0.00%
华南	3	13.04%	6	24.00%
西南	1	4.35%	0	0.00%
西北	1	4.35%	0	0.00%
东北	0	0%	1	4.00%
合计	23	1	25	1

表 5.7: 2020-2021 大陆赛区各地计算机获奖情况

地区	一等奖		二等奖	
	数量	比例	数量	比例
华北	9	37.50%	11	50.00%
华东	10	41.67%	7	31.82%
华中	0	0.00%	0	0.00%
华南	4	16.67%	5	22.73%
西南	1	4.17%	1	4.55%
西北	0	0.00%	0	0.00%
东北	0	0.00%	0	0.00%
合计	24	1	22	1

表 5.8: 2020-2021 大陆赛区各地经济金融建模获奖情况

地区	一等奖		二等奖	
	数量	比例	数量	比例
华北	11	45.83%	13	48.15%
华东	10	41.67%	11	40.74%
华中	0	0.00%	0	0.00%
华南	3	12.50%	3	11.11%
西南	0	0.00%	0	0.00%
西北	0	0.00%	0	0.00%
东北	0	0.00%	0	0.00%
合计	24	1	27	1

其次，我们来看一下 2020 和 2021 年半决赛之后总决赛情况。

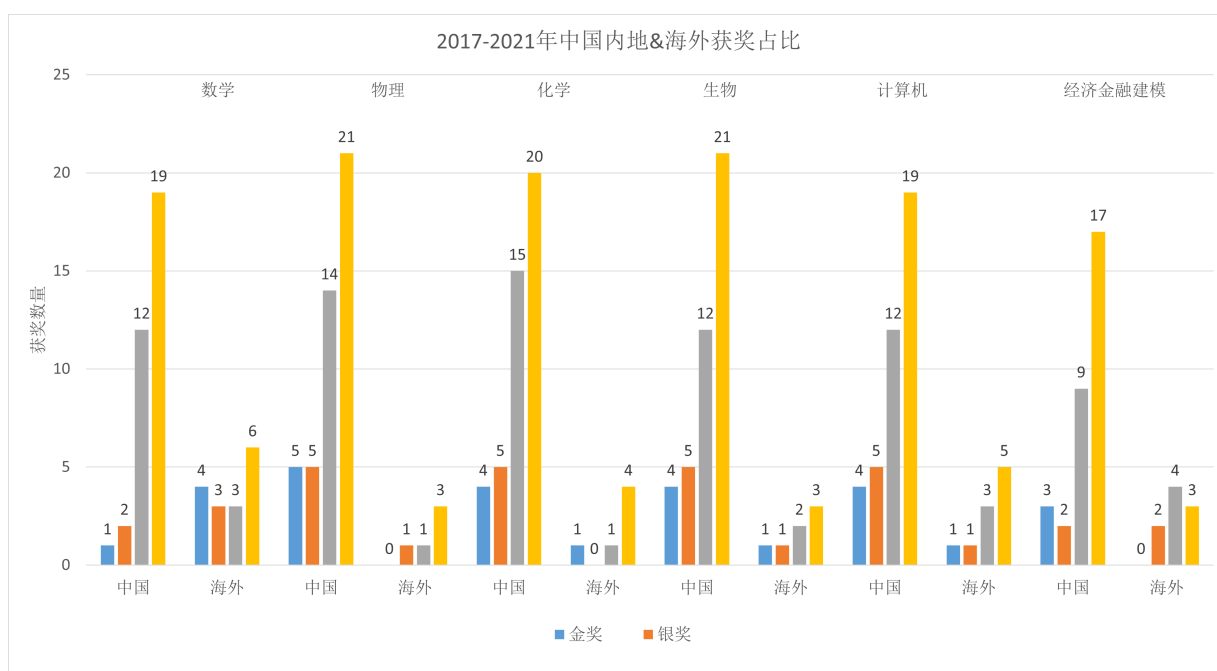
表 5.9: 2020-2021 总决赛入围与获奖比例

学科	数学	物理	化学	生物	计算机	经济
2020	12	12	12	11	12	13
获奖比例	83%	83%	83%	91%	83%	77%
2021	12	13	11	13	12	11
获奖比例	83%	77%	91%	77%	83%	91%

5.2 2017-2021 内地与海外赛区获奖情况

2017-2021年中国内地&海外获奖占比									
科目	地区	金奖	%	银奖	%	铜奖	%	优胜奖	%
数学	中国	1	20%	2	40%	12	80%	19	76%
	海外	4	80%	3	60%	3	20%	6	24%
	合计	5		5		15		25	
物理	中国	5	100%	5	83%	14	93%	21	88%
	海外	0	0%	1	17%	1	7%	3	13%
	合计	5		6		15		24	
化学	中国	4	80%	5	100%	15	94%	20	83%
	海外	1	20%	0	0%	1	6%	4	17%
	合计	5		5		16		24	
生物	中国	4	80%	5	83%	12	86%	21	88%
	海外	1	20%	1	17%	2	14%	3	13%
	合计	5		6		14		24	
计算机	中国	4	80%	5	83%	12	80%	19	79%
	海外	1	20%	1	17%	3	20%	5	21%
	合计	5		6		15		24	
经济金融建模	中国	3	100%	2	50%	9	69%	17	85%
	海外	0	0%	2	50%	4	31%	3	15%
	合计	3		4		13		20	

注：经济建模金融从18年开设，截止共4年



5.3 2022-2025 届总决赛获奖名单（第十五至第十八届）

下面我们按届次列出 2022 年至 2025 年（即第十五至第十八届）丘成桐中学科学奖总决赛的完整获奖名单。每一届均按“科学金奖（跨学科）—数学—物理—化学—生物—计算机—经济金融建模”的顺序排列；每个学科下按“金奖 / 银奖 / 铜奖 / 优胜奖”四档（2025 年起增设“入围奖”档）依次列出获奖团队的学校、论文题目、学生与指导老师信息。

部分早期年份学校或指导老师信息在官方公示中未单独列出（多见于以个人或联合实验室名义参赛的团队），表中以“未公开”标注。所有数据来源为 [yau-awards.com](https://www.yau-awards.com) 官方公示页面（2020 年起的 show-86-N.html 系列）¹。

5.4 第十五届（2022 年）总决赛获奖名单

第十五届丘成桐中学科学奖总决赛于 2022 年 12 月在清华大学举行。本节按学科顺序汇总该届总决赛全部获奖名单（含跨学科科学金奖），数据来自组委会官方公示页面²。

5.4.1 数学

表 5.10: 2022 年丘成桐中学科学奖（数学）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	深圳国际交流书院	Crystals arising from the representations of quantum groups in the Gelfand-Tsetlin basis	吴虹舟	Alpha Liu
银奖	1 学 校: Lakeside School (MIT PRIMES)	A Turán-Type Problem in Mixed Graphs	任天意	董睿
	未公开	Realization of virus universe with applications	未公开	未公开
铜奖	1 学 校: Baptist Lui Ming Choi Secondary School	On The Coprime Product Series and Its Divergence and Bounds	Darren Li	Yves Gallot、宛杰
	未公开	An Efficient Modular Exponentiation Proof Scheme	未公开	未公开
优胜奖	1 学 校: Pui Ching Middle School	Investigation on variables separating polynomials	张泰毓	王 \boxplus
	未公开	Constructing unextendible product bases from multiqubit ones	张晟宁	黄彩英

¹2022 届: <https://www.yau-awards.com/show-86-31.html>; 2023 届: <https://www.yau-awards.com/show-86-41.html>; 2024 届: <https://www.yau-awards.com/show-86-46.html>; 2025 届: <https://www.yau-awards.com/show-86-56.html>。

²<https://www.yau-awards.com/>（详见 2020 年起的 show-86-N.html 系列页面）。

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	On the Elementary Proof of the Inverse Erdős-Heilbronn Problem	Aine Zhang	李冕、廖辉
	未公开	Swimming and steering of artificial microswimmer in viscous fluid	未公开	杨标桂、胡守庭
	未公开	On the Minimizer of Hamilton's Isoperimetric Ratio for Singular and Spherical Domains	未公开	未公开

5.4.2 物理

表 5.11: 2022 年丘成桐中学科学奖（物理）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	北京大学附属中学	A modified method for assessing elastic modulus of soft matter	荣梓华	金文力
银奖	上海市控江中学	How Does Ring “Dance” in a Bowl? : Study on Chaos-like Dynamic Behavior of Rigid Rings Using Lagrange Mechanical Analysis	张瑞琦	方德鑫、沈健
铜奖	1 学校: 西安交通大学附属中学	Mechanism of Spiral Deformation of a Jet Flowing through a Hole	戴昊辰、瞿任杰、李宇晨	韩超群
	未公开	Exploring the Thermodynamic Properties of Rubber Band and Related Refrigerator Design	叶津铭、王若茜、林诗宁	万水英
	未公开	Why spaghettis in my kitchen break in half so easily	未公开	未公开

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
优胜奖	1 学校: 北京市十一学校	Alteration of Sediment Re-suspension Threshold Condition Caused by Microplastic-Sediment Aggregation and Its Potential Influence on Climate Change	罗昊、吴雨泽、汪婧含	苏俊、王维国
	未公开	A Study of Walking on the Surface of Water Using Light Kung Fu	高雅涵	周廷明
	未公开	A hydrodynamic effect to accelerate the natural sedimentation of particles in turbid liquid—Boycott Effect and its practical application	张宸、Yeung Sunny	万水英
	未公开	Dynamics of circular hydraulic jump and its asymmetric distortions on special surfaces	方文龙、梁中涵	王剑、曾杰
	未公开	Ejection and Pulsation of Mixture Droplet: Quantified Analysis and Manipulation of an Abnormal Spreading Phenomenon	未公开	未公开

5.4.3 化学

表 5.12: 2022 年丘成桐中学科学奖 (化学) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	中国人民大学附属中学	Design and preparation of environmentally friendly disposable medical masks	张恩硕	黄雅钦、万丹
银奖	北京市第八十中学	Visualizing Nanoplastics: New Fluorophore and its Applications in Plastic Particle Imaging	高杰磊	邢国文、王珩

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
铜奖	1 学校: 北京师范大学附属实验中学	Preparation and properties of ultrathin calcium alginate nanofiltration	王佳萱、张智禹、定浩宸	陈韵聪、许亮亮
	未公开	Synthesis of Selenomethylene Blue and its Application in Type I/II Photodynamic Therapy	施欣彤、姜镡濠	许亮亮
	未公开	Thermosensitive microneedles capable of on demand insulin release for precise diabetes treatment	未公开	未公开
优胜奖	1 学校: 大连美国国际学校	Ultrasensitive detection of nucleic acids based on label-free triblock aptamer-triggered electrochemical signal amplification	程天葭、洪昀伦	刘佳龙、曹宵鸣
	未公开	O ₂ Activation on MN ₄ Binding Nanotube Catalyst (M = 3d Transition Metal)	樊邦爱	于华
	未公开	Unexpected Chemistry in the Synthesis of A Key Drug Intermediate under Buchwald-Hartwig Amination Conditions	余悦杭	赵若
	未公开	Synthesis of fiber-reinforced composite polymer electrolyte for high-performance solid-state batteries	刘匡葢、叶俊霖	宋建陵、匡代彬
	未公开	The Synthesis of Zn-based Metal Halides with Afterglow and its Application in Spatial-Time-Dual-Resolved Anti-Counterfeiting	未公开	未公开

5.4.4 生物

表 5.13: 2022 年丘成桐中学科学奖 (生物) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
银奖	1 学校: 北京市十一学校	Smarter Radiologists: A User-Friendly Algorithm Aiming to Improve the Accuracy and Readability of Intracranial Hemorrhage CT Detection	高子沐	Joseph Tury-atemba
	未公开	An AI-Based Ambulatory Ankle Brace with Wearable Sensor used for Preventing Ankle Sprains	未公开	未公开
铜奖	1 学校: Phillips Exeter Academy (MIT PRIMES)	Unraveling causal gene regulation from the RNA velocity graph using Velorama	Yi (Anna) Yang	Tahina O. Ranaivoarisoa, Arpita Bose
	未公开	Improved Ethanol Tolerance and Production in Pyruvate Dehydrogenase Mutant of <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	白子铭	马丽霞
	未公开	A study on the spiral growth of stems and tendrils of vines	未公开	未公开
优胜奖	1 学校: Carmel Pak U Secondary School	Food-waste Up-cycler	李亦澜	唐灵芳、朱华伟
	未公开	Titanium dioxide (TiO ₂) enhances the photocurrent generation of cyanobacteria	刘宇慧	窦向梅、周政
	未公开	A simple, effective approach to screen and identify H2A-H2B binding proteins	季远峤	徐宏
	未公开	Investigating the seroconversion time of inactivated SARS-CoV-2 vaccine neutralizing antibodies based on ultrasensitive single molecule array	刘云帆	袁智城、刘浩秋

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	A Systematic Analysis on ST36 Acupuncture Stimulation for Rhinitis Treatment	未公开	未公开

5.4.5 计算机

表 5.14: 2022 年丘成桐中学科学奖（计算机）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	北京一零一中学	Out of Distribution Text-to-Motion Generation Using Commonsense	李一昕	王威、周宇辰
银奖	Phillips Academy (MIT PRIMES)	Efficient Parallel Density-Peak Clustering	Michael Huang	Shangdi Yu
铜奖	1 学校: 北京市十一学校	Style Transfer of Traditional Chinese Bamboo Flute Music Based on AI Model	Jasmine Liu	陈文光、刘长松
	未公开	An Assistance System for the Visually Impaired with Scene Curved Text Detection and Recognition	杨景程	吴邵汐
	未公开	Efficient Amodal Segmentation and 3D Detection using Rich 3D Features and Synthetic Augmentation	未公开	未公开
优胜奖	1 学校: 北京市第四中学	Research on Landscape Painting Colorization Based on Generative Adversarial Networks	王希恒	许岩岩
	未公开	Integrating Conventional Headway Control with Reinforcement Learning to Avoid Bus Bunching	麦祺悦	包鸣
	未公开	A Figure Skating Edge Detection System Based on MediaPipe	李宛泽	黄正行、罗威

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Incremental learning for multi-modal automatic sleep staging	Geoffrey Sun	Nadine Brown
	未公开	FeaMix: Multi-level Feature Mixer Network for Breast Cancer Segmentation	未公开	未公开

5.4.6 经济金融建模

表 5.15: 2022 年丘成桐中学科学奖（经济金融建模）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	深圳国际交流学院	Herding Behavior around "Smart Money"	Liu Clement Man Yiu	陈钊
银奖	1 学校: Li Po Chun United World College	Invasion Strategy into Markets with Dominant Platforms	董飞、刘蕙若	刘霖
	未公开	Exploring the real-world application and impact of price discrimination through the Universal Express of Universal Beijing Resort	未公开	未公开
铜奖	1 学校: 中国人民大学附属中学	A Tripartite Game Analysis on Evolutionary Equilibrium of Carbon Emission	黄淇谦、刘思源	魏云捷
	未公开	A new LASSO-BiLSTM-based ensemble learning approach for exchange rate forecasting	杜晨牧	王勇、杨菲
	未公开	Stable Matching Algorithms of the Two-sided Data Trading Market	未公开	未公开
优胜奖	1 学校: 南京外国语学校	Evaluation of Economic and Social Effects of Shenyang Rowing Race: A Short-term Analysis Based on Regression Control Method	吴美[国]、谢誉权、万翔	许开全、王宇伟

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Is Transportation Restriction the Original Sin of Economy Downturn? Empirical Evidence from the Epidemic in YRD	汪言爱、谭淇骏、曾禹皓	刘又铭
	未公开	Tragedy of the Commons in Transportation	温昊	孙腾
	未公开	China Trade Shock Does Not Hurt U.S. Innovation	未公开	未公开

5.5 第十六届（2023 年）总决赛获奖名单

第十六届丘成桐中学科学奖总决赛于 2023 年 12 月在清华大学举行。本节按学科顺序汇总该届总决赛全部获奖名单（含跨学科科学金奖），数据来自组委会官方公示页面³。

5.5.1 数学

表 5.16: 2023 年丘成桐中学科学奖（数学）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Raffles Institution	Desargues' Involution at Action	YU Hanzhang	YU Sixia
银奖	Aditya English Medium School	Modular relations for Hurwitz zeta functions and Dirichlet L functions	Parth Chavan	Atul Dixit
铜奖	MIT PRIMES program	The distribution of the cokernels of random symmetric and alternating matrices over the integers modulo a prime power	Shiqiao Zhang, Christopher Qiu, Rohan Das	Nathan Kaplan, Gilyoung Cheong
	北京顺义国际学校	Invariant Algebraic Surfaces of the Shapovalov Mid-sized Firm Model and its Dynamical Analysis	黄科霖、王宇轩	郗希

³<https://www.yau-awards.com/> (详见 2020 年起的 show-86-N.html 系列页面)。

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	华东师范大学第二附属中学	Mathematical Models and Analysis of Swimming Takeoff Problems Based on Parabolic and Differential Equations	吕亦佳	张晓东
优胜奖	深圳中学	Optimal Representation of (123) from the Symmetric Group S_3 in terms of Quantum Circuits	纪昌修	陈婷静
	深圳国际交流书院	Learning Guarantee of SDP Relaxation on Directed Stochastic Block Models	陈衍朗	JianZhong Chen
	中国人民大学附属中学	A study of non-coercive problems arising from the propagation of electromagnetic waves in metamaterials	史笑维	许孝精
	南京外国语学校	Linear sections of determinantal varieties	周小希	吴婷、张明敬
	北京师范大学附属实验中学	Bounds for prime numbers based on elementary theories	张潇瀚	邵一桐

5.5.2 物理

表 5.17: 2023 年丘成桐中学科学奖（物理）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
银奖	The Harker School	A Low-Cost Portable Apparatus to Analyze Oral Fluid Droplets and Quantify the Efficacy of Masks	Ava Tan Bhowmik	Shida Tan
	中国人民大学附属中学	Dynamics and Abnormal Sway Precession of Euler's Magnetic Pendulum	周厚希	张永平、马宇翰

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
铜奖	北京市十一学校	Drunken Drop—The Spreading and Fractal Formation of Alcohol-Ink Mixture On Acrylic Base	范明君	马驰川
	中国人民大学附属中学	Modeling and Experimental Research on Phase Change and Heat Transfer in Pop pop boat' s Engines	王陈昊	雷祥翠
	PUI CHING MIDDLE SCHOOL, MACAU	Complex dynamical behavior and stochastic resonance phenomena of a nonlinear pendulum	LEONG POK HEI	LEONG PUI CHAN
优胜奖	重庆市育才中学校	Refraction Phenomena of Jets at Permeable Interfaces—A Comparative Study with Optical Refraction	喻科霖、张潇文	张和松、张程鑫
	南京外国语学校	Falsification of Sand Painting on Induction Cooker	何倍宁、费云和、陈梓墨	熊波、潘志民
	南京市金陵中学	A Smile Over the Sky – Research and Reproduction of Ice Halos	倪健为、吴雨晨	王思慧、彭双
	华南师范大学附属中学	”An arrow that can turn”—A study of unconventional arrow trajectories	万思韵、熊康瑶	胡金平、王世勇
	南京外国语学校	Hearing Light-Photoacoustic Effect of a Jar and its Thermodynamic Characteristics	周胤成、王潇远、王石	何亮

5.5.3 化学

表 5.18: 2023 年丘成桐中学科学奖 (化学) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海宋庆龄学校	CRISPR-enabled signal amplification for visual antigen detection	樊泓萱、郑好	陈易新、李江
银奖	北京师范大学附属实验中学	Hyaluronic Acid-Based Azo Polymer: Synthesis, Characterization and Potential Application in Biomedical Field	Grace Qiao	和亚宁、孔婀娜
铜奖	上海外国语大学附属外国语学校	Light-driven adaptive camouflage structures based on photoprogrammable printing ink	徐圣桀	李启翔、朱为宏
	南京外国语学校	Smart Probe Lighting Disease—Synthesis and evaluation of fluorescent probe for early diagnosis of AD	徐菡月、毛今泽	许亮亮
	上海外国语大学附属外国语学校	High-Efficiency Electro-catalytic Conversion Of Atmospheric Carbon Dioxide	刘思晨	郑耿锋
优胜奖	包玉刚实验学校	Theoretical investigation of the BCN monolayers and its derivatives for metal-free CO ₂ photocatalysis, capture, and utilization	王径源	Xuan Luo
	北京市第五中学	An Inorganic Fiber-based Mask with Self-cleaning and Rejuvenation Capability	孙博文	黄雅钦
	南京贝赛思国际学校	Carbon Nanotube Fiber-based Textiles for Sweat Capture and Sensing	朱子璇	许亮亮
	华中师范大学第一附属中学	Preparation of Biodegradable and Compatible PBAT/Potato-Starch Polymer Composites via Velcro Strategy	陈启星	翁方青

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	北京一零一中学	The Synthesis of Nb-doped NiFe-LDH Nanoarray and its Electrocatalytic Performance on the Anode of Water Electrolysis	黄丹忱	孙晓明

5.5.4 生物

表 5.19: 2023 年丘成桐中学科学奖 (生物) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海中学	Mechanisms underlying climbing-morphogenesis of Boston ivy and discovery of shoot apex gravitropism	晁楚言	廖辉、徐麟
银奖	华南师范大学附属中学	Bioinformatics modeling and transcriptome analysis of multiple cockroach appendage regeneration	Ethan Yihao Li, 吴思辰, Bernice YX Wang	罗宇立、任充华
铜奖	Carmel Pak U Secondary School	Antimicrobial Edible Biodegradables of Kombucha of Fruit Skins with Chitosan Coating	CHOI Yau Nam, SO Ka Hei, NG Kin Kwan	WONG Tsz Yeung, IP Yuen Yu
	北京王府学校	Investigation of The Current State and Remediation Strategies for Abandoned Mining Sites in Beijing—A Case Study of The Wangping Abandoned Mine in Mentougou District	李梓楠、蔡芸彤、杨子玉	张扬、胡文博
	香港培正中學	Power Plant in Plant_ By Rhizodeposition	关子淇、周颖心	杨伟乐、关倩琦
优胜奖	Dulwich College Beijing	Molecular examination of the possibility for ALS Reversals and Plateaus	Jiaying Geng	田丰

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	上海星河湾双语学校	Optimizing human SIRT6 protein with deep learning of 3D structures based on maximum lifespan	张晏菲	阮振超
	南京外国语学校	Improvement of regioselectivity for L-pipecolic acid hydroxylation by site-directedly mutated L-proline cis-4-hydroxylase	张鹭飞、郁雅涵、殷岂墨	曹飞
	中国人民大学附属中学	Low-cost, green and efficient removal of hexavalent chromium from solution using soil-derived <i>Fusarium</i>	庞泽 ^①	鲁安怀、万丹
	上海中学	A double-edged sword: a shared mechanism for high stemness maintenance in both human germ cells and cancer cells	Lei Kevin Xuan	廖辉、张鑫

5.5.5 计算机

表 5.20: 2023 年丘成桐中学科学奖 (计算机) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海市民办平和学校	Word in Word: A Novel Word Embedding Method Incorporating Context Cues and Morphological Structures	吴可越	严骏驰
银奖	中国人民大学附属中学	AI-based Glaucoma Diagnoses Based on Phone-taken Colored Fundus Retinal Images	谢昕然	徐恪、施一宁
铜奖	北京市第一零一中学	MNIST Handwritten Digit Classification with Quantum Neural Network	黄博尧、高博言、王锴睿	李萌

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	上海美国学校	Action-Aware Vision Language Navigation (AAVLN): AI Vision System based on Cross-Modal Transformer for Understanding and Navigating Dynamic Environments	Jasmine Liu , Sophia Liu	陈文光
	上海市世外中学	Consistency and Separation Regularization: Empowering Contrastive Learning for Semi-supervised Semantic Segmentation	胡文扬	胡晓林
优胜奖	广东实验中学	SCPERB: SINGLE-CELL PERTURBATION VIA STYLE TRANSFER-BASED VARIATIONAL AUTOENCODER	汤子嘉	Qianqian Song, 胡正勇
	北京市第一零一中学	Close the Loop of Neural Intuition and Logical Reasoning for Geometry Theorem Proving	陆知行	王威、周宇辰
	NUS High School of Mathematics and Science	μ -Net: ConvNext-Based UNets for Cosmic Muon Tomography	Lim Li Xin Jed , Qiu Ziming	Ng Chee Loong
	华南师范大学附属中学	Trans3-Vision: Transfer Learning based Transformer for Transparent Object Segmentation with Grounded-ID2	王郡阳、刘忠恕	杨晓安、谭平
	上海星河湾双语学校	A Swimmer Following Vehicle Based on State Detection and Cross-Frame Modeling	戚弘逸	杨旭波、卢瞰

5.5.6 经济金融建模

表 5.21: 2023 年丘成桐中学科学奖（经济金融建模）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	北京市十一学校	An Analysis of the Free-rider Problem Under Different Perspectives Based on Game Theory	吴蕊杉	王潇
银奖	中国人民大学附属中学	What value does blockchain-based traceability system bring to the food supply chain safety?	施婧宸、史子博	华国伟、康雨轩
铜奖	Ravenswood School for Girls	An Empirical Research Examining Australian Government's COVID-19 JobSeeker Supplement: Assessing its Economic Resurgence Potency through the Multiplier Effect	Zihan JIN , Zimo CHEN , Xiaowei DING	Zita DAMAJ
	中国人民大学附属中学	Grandparenting and Child Academic Performance: Evidence from China Family Panel Survey	钟怡然	曹静、陈费
	BASIS International School Shenzhen	Quantity or Quality? The Impact of Carbon Trading on Firms' Green Innovation	张朗华	陈硕
优胜奖	重庆市育才中学校	An integrated optimization methodology for minimizing operating costs of home delivery service in the O2O retail era	令狐衣茗、赵佳莹	尹钟毅
	上海美国学校浦西	Trump' s Impact on Chinese Innovation: Evidence from Patents	BO XIN ZHAO	郎有泽

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	中国人民大学附属中学	How does ownership change affect sports team performance? A 20-year Study on US National Basketball Association Franchises	Duke Boyang Zhu	谢绚丽
	南京外国语学校	Did the China-U.S. Trade War Hinder Innovation Flows? - A Study Based on the Layout of Overseas Patent Applications	是欣宜	王宇伟、吴婷
	北京一零一中学	Smiling in Bureaucracy and Marketplace: Exploring the Relationship between Gender Socialization and Organizational Structure	田海佑	陈衡

5.6 第十七届（2024 年）总决赛获奖名单

第十七届丘成桐中学科学奖总决赛于 2024 年 12 月在清华大学举行。本节按学科顺序汇总该届总决赛全部获奖名单（含跨学科科学金奖），数据来自组委会官方公示页面⁴。

5.6.1 数学

表 5.22: 2024 年丘成桐中学科学奖（数学）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Beijing 101 Middle School 北京一零一中学	Optimizing Dart Throwing Strategies for the Elderly Based on Markov Decision Process	YunShan Gong 巩芸杉	Qi Qi, Lei Cai 祁琦、蔡蕾
银奖	ISA Wenhua Wuhan School 武汉爱莎文华高级中学	Density Evolution in Stochastic Dynamical Systems with Memory: A Universal Algorithm	Thomas Sun 孙玉涛	XianMing Liu 刘显明

⁴<https://www.yau-awards.com/>（详见 2020 年起的 show-86-N.html 系列页面）。

5.6 第十七届 (2024 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
铜奖	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Mathematical Modeling of Long-Wave for Interfacial Waves in Two-Layer Fluids Based on the Dirichlet-Neumann Operator	RunBo Li 李润博	Wang Cui, ZhenYu Guo 崔旺、郭振宇
	未公开	On Chen' s Theorem, Goldbach' s Conjecture and Applications of Sieve Methods	Kaiyuan Shen, Zisheng Tang, Xicheng He 申凯元、唐子盛、何喆诚	Bin Qu 璩斌
	未公开	Isoperimetric and Isodiametric Problems with Constraints in Euclidean Space	未公开	未公开
优胜奖	NUS High School of Mathematics and Science	Make24: Bounding the Generalised Form of a Numbers Game	YaoJie Guo 郭耀洁	Zhou He, HuaiHua Luo 何周、罗怀华
	未公开	The Improvement and Popularization of GPY Sieve Method	ZiYuan Shen 沈子原	YuChen Ding 丁煜宸
	未公开	On a Sign Change Problem on Sums of Divisors	He Yao 姚贺	JingXing Feng 冯景行
	未公开	Coloring Problems on the Triangular Lattice	YuShi Huang 黄语实	Ting Wu 吴婷
	未公开	On the Explicit Expression of an Extended Version of Riemann Zeta Function	未公开	未公开

5.6.2 物理

表 5.23: 2024 年丘成桐中学科学奖（物理）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Nanjing Foreign Language School 南京外国语学校	Number Recognition by Listening—Traditional Acoustic Feature Analysis and Machine Learning Method for Estimating the Number of Balls in a Black Box	Zixuan Peng, Xiaoxi Zhou, Jifan Zhang 彭子轩、周小希、张济帆	Dong Zhang 章东
银奖	Beijing National Day School 北京市十一学校	The Inseparable “Paper Vice”—Friction Amplification Phenomenon in Interleaved Assemblies	ZhaoXuan Li, BaoCheng Han 李兆轩、韩保诚	JingBang Zhao, ChiChuan Ma 赵靖邦、马驰川
铜奖	Phillips Academy Andover	Investigating Physical Conditions and Critical Factors across the Center of the Galaxy M82	ZiOu Yuan, Rui Yang 袁子欧、杨瑞	YiMing Yang 杨一鸣
	未公开	Investigation of Rotational Dynamics in Asymmetric Acoustic Fields Within Acoustic Levitation Systems	YunYi Yang, HaiYi Luo 杨云屹、罗海艺	ChengXin Zhang 张程鑫
	未公开	Ups and Downs of Objects in Supersaturated Fluid: The Dynamics of Open Gas-Solid Coupled Systems	未公开	未公开
优胜奖	Hangzhou No.2 High School of Zhejiang Province 浙江省杭州第二中学	Observation of Superconductivity at the Interface of $(La_{0.3}Sr_{0.7})(Al_{0.65}Ta_{0.35})O_3/KTaO_3$	Yong-Zhang LIN, Ta-Chao LO 林永章、罗大钊	LU Cheng-Liang 卢政良
	未公开	Wetting Tracing Paper Curling Behavior and Penetration of Fiber Porous Media	QiGe Wang, XiaoWei Shi, ManYu Zeng 王七阁、史笑维、曾漫宇	Chun Li 李春

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Hydrodynamic Behavior of Non-viscous Droplet Retraction in Leaking Faucets	YiXuan Huang, ZhangSheng Li 黄驿轩、李张晟	JiaMin Xue 薛家民
	未公开	An Investigation into the Sound Amplification in a Music Box	ChuPeng Wei, XiaoLei Xie, Zibo Wang 魏楚朋、谢晓蕾、王梓博	Liang He 何亮
	未公开	The Dance of Light Under Ultrasound: Exploring the Mystery of Sonoluminescence	未公开	未公开

5.6.3 化学

表 5.24: 2024 年丘成桐中学科学奖 (化学) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Improving Intracellular Synthesis Efficiency of GFP Catenane through Directed Evolution	FanHao Kong 孔繁 [F]	WenBin Zhang, EJing Kong 张文彬、孔婀娜
银奖	Shanghai High School International Division 上海中学国际部	Inkjet Printing of Photonic Crystals for Photothermal Responsive Structural Color Display	Yinuo Elizabeth Li 李伊诺	LuoRan Shang 商珞然
铜奖	Affiliated Middle School of Sichuan University (Chengdu No. 12 High School) 四川大学附属中学 (成都十二中)	Nitric Oxide Donor and Minoxidil Co-loaded Microneedles Improve Hair Loss Treatment	JiaNi Lyu 吕佳妮	LiangXing Wang 王亮兴

5.6 第十七届 (2024 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Exploring the Properties of CuO Thin Film for Enhanced Solar Cell Performance	Cyrus NG 吴奕龙, Dorottya PAPP	Gareth CAWSON
	未公开	Investigating Binding Anities of the HPV E6-Associated Protein LXXLL Motif and E7 LXCXE Motif with Quinolines via Molecular Docking	未公开	未公开
优胜奖	Zhengzhou No.1&8 United International School 郑州一八联合国际学校	Electrocatalytic Oxidation of Furfural onCo3O4/NF Catalyst: Performance and Mechanistic Study	HongJie Shan, YiZeng Zheng 单宏杰、郑亦曾	RuiJia Li 李瑞佳
	未公开	The Sweet Solution: Enhancing the Biodegradable Plastics by Shaping Sugar Ring into Eco-friendly Plastics	ZhiYuan Wu, Yue You 吴致远、尤	Zheng Hu 胡征
	未公开	Designing Vertically Lamellar Architectures of Carbon Nanocages-Polyaniline Hybrid Aerogels to Achieve High-Performance Supercapacitors	Aiden Chen, Xi Nan Jiao 焦晋南	James Sochan
	未公开	Computational Screening and Design of Metal-Organic Frameworks for CO2 Separation from Flue Gas	HaoLin Cai, BangNuo Zhao, YueRan Li 蔡昊霖、赵邦诺、李悦然	DongYue Yang 杨冬月
	未公开	Construction of a 2D LDH Heterojunction Material with a Simple and Green Approach	未公开	未公开

5.6.4 生物

表 5.25: 2024 年丘成桐中学科学奖（生物）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Design, Optimization, and Mechanism Study of Antithrombotic Microstructure Surfaces on Mechanical Heart Valves Inspired by Shark-Skin Riblet	GuangYu Liu 刘广羽	YuBo Fan, Wei Fang 樊瑜波、方伟
银奖	Shenzhen Middle School 深圳中学	Exploring the “Brain Switch” of Alcoholics: A Study on the Neural Mechanisms of Liraglutide in Reducing Alcohol Addiction	JiaLin Wang 王家麟	YingJie Zhu, Nan Hu 朱英杰、胡楠
铜奖	Beijing Royal School 北京王府学校	Effects of Earthworms on the Biodegradation of Microplastics in Soil	Andrew Liang 梁宇轩	Anuradha Datar
	未公开	An Intelligent Bee Health Assessment System with Cross-Attention Multimodal Integration of Visual and Audio Data	Susie Meng Di Yuan 袁梦迪	Dominic Williams
	未公开	Tableware Jitter Elimination Technology for Parkinson’s Patients	未公开	未公开
优胜奖	Shanghai High School International Division 上海中学国际部	Development of a Gap-Driven Base Editing System	MingXuan Li 李明轩	XinJian Li 李新建
	未公开	The Restoration of Social Defects in Schizophrenic Mice by Plant Exposure	PengFei Bai 柏鹏飞	Ling Jiang 江凌

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Exploration of Chitinase-Producing Strains in Saline-Alkali Regions of Xinjiang and the Enzymatic Degradation of Chitin from Shrimp and Crab	Jeffrey Weizheng Li 李维铮	Lu Zhang, TingYu Zhao 张鹭、 赵婷玉
	未公开	AI-Guided Design and Preliminary Validation of Anti-Tuberculosis Subunit Vaccine	RuoXi Du 杜 若曦	FangDong Zou 邹方东
	未公开	Impacts of Cellular Senescence Induced by Mitochondrial Fission Imbalance on Regeneration of the Planarian	未公开	未公开

5.6.5 计算机

表 5.26: 2024 年丘成桐中学科学奖 (计算机) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Basis International School Park Lane Harbour 华润小径湾贝赛思国际学校	LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification	ALLEN HE 何坤朗	JunChi Yan 严骏 驰、Cody Kennedy
银奖	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Diagnosing Autism Spectrum Disorder via Brain-Population Graph-in-Graph Neural Networks	YuHuan Fan 范宇桓	Yue Gao, Jing Ma 高 跃、马静
铜奖	The Affiliated High School of South China Normal University 华南师范大学附属中学	Decoding the Past: Solving Challenging Oracle Bone Characters Recognition Problem by Integrating Vision Transformer and Generative Adversarial Image Restoration Techniques	ChengJui Fan 樊睿	TianZhou He 何天舟

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	CelsiaNet: Collaborative Understanding of Images and Text-A Multi-Modal Vision-Language Model Framework	ShiYu Chu, ZheKai Shen 褚诗语、沈哲楷	HaoBin Zhu 朱皓斌
	未公开	MMIDR: Multi-scale Mutual Information for AI Detection via Rewriting	未公开	未公开
优胜奖	The Webb Schools	GazeLink: A Multi-language Low-cost Mobile Eye-gesture Communication System with Large Language Models for People with Amyotrophic Lateral Sclerosis	Isaac HUNG 洪文熙	Bing XU 徐兵
	未公开	Multi-Objective Optimization for Effective Active Debris Removal Mission Planning with Memetic Algorithms	Yuan Ma 马渊	Di Wu, DongDong Weng 武迪、 翁冬冬
	未公开	SemanticLang: Infinite-Length Document Information Extraction for Traceable Question Answering	JingHan Zhang, ZhenGan Tian 张景 涵、田桢干	Chuan Zhang 张川
	未公开	A Novel Crosswalk Traffic Light Detection Algorithm Resolving Multi-Light Interference for the Visually Impaired	Ziyan Hua 华子颜	Zhi-Qi Cheng, Jun Xiao 成治 淇, 肖俊
	未公开	Hrbench: Historical Reasoning Benchmarking for Large Language Models	未公开	未公开

5.6.6 经济金融建模

表 5.27: 2024 年丘成桐中学科学奖（经济金融建模）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Shanghai American School Puxi High School 上海美国学校浦西校区	Importing for Producing: The Net Effect of Carbon Regulation on Emission Reduction	Sophia Li 李清圀	Yi Chen 陈仪
银奖	The Affiliated High School of South China Normal University 华南师范大学附属中学	Design of Optimal Government Carbon Offsetting Mechanism: a Theory Based on Regional and Industry Perspectives	YuKe Lu 卢雨可	RuiPeng Li, HuaLin Huang 李瑞鹏、黄华林
铜奖	Beijing National Day School 北京市十一学校	The Role of a Credit System in Breaking the Iterated Prisoner's Dilemma	SHI Angela, ZHOU Hanyi 施易安、周涵迤	ZHANG Xiaoyu 张晓昱
	未公开	Short Video and Mental Health: Evidence from China Family Panel Survey 2020	YinKai Liu 刘寅楷	Maximilien MacKie
	未公开	A Mathematical Framework of Interactions in the Metaverse	未公开	未公开
优胜奖	The Experimental High School Attached to Beijing Normal University 北京师范大学附属实验中学	Cross-Strait Political-Economic Interaction and Trade Rebalancing in the Context of Sino-US Game	ZiYue Xu 徐子悦	Xiao Wang 王潇
	未公开	A Game Theory-Based Model for Emergency Rescue	Rui Xiao 肖睿	DeMei Kong 孔德梅
	未公开	Differentiation or Homogenization? Impacts of Product Diversity on Jade Live-streaming Performance	Nie Guanyan 聂关晏	Shawn Wu 吴邵汐
	未公开	Bi-Level Game Analysis on Maritime Supply Chains under Vessel Speed Reduction Policies	JiaLin Wang 王家麟	Yuan Wang, Nan Hu 王缘、胡楠

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Spectral Coskewness and the Valuation of Stocks	未公开	未公开

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

第十八届丘成桐中学科学奖总决赛于 2025 年 12 月在清华大学举行。本节按学科顺序汇总该届总决赛全部获奖名单 (含跨学科科学金奖), 数据来自组委会官方公示页面⁵。

5.7.1 数学

表 5.28: 2025 年丘成桐中学科学奖 (数学) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	Trinity School	Quasiconformal Normalization of Random Meromorphic Functions	Michael Iofin	Sergiy Merenkov
银奖	The Nueva School	Standard modules of the Temperley-Lieb algebra at zero	Eddy Li	Kenta Suzuki
铜奖	Milton Academy	Intersection numbers and the counting of lattice points	尤耀星 Yu, Yao-Hsing	王绍宣 Wang, Shao-Hsuan, 吕杨凯 Lue, Yang-Kai
	未公开	Geometric Analysis of the Eigenvalue Range of the Generalized Covariance Matrix	黄维乐 Weile Huang	赵越 Yue Zhao
	未公开	Scheme-theoretic and Set-theoretic Complete Intersection of Points	殷语晨 Yuchen Yin, 张嘉靖 Jiajing Zhang	李佳欣 Jiaxin Li
	未公开	EINSTEIN METRIC ON 5-REGULAR GRAPH	未公开	未公开

⁵<https://www.yau-awards.com/> (详见 2020 年起的 show-86-N.html 系列页面)。

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
优胜奖	The Affiliated Senior High School of Taiwan Normal University 台湾师范大学附属高级中学	The Geometric Properties of 2-Knot Immersions and Their Effects on Invariants	孙浩宸 Haochen Sun	常菱芸 Lingyun Chang
	未公开	Generalization and Optimization of the Nash-Q Algorithm in Multi-Agent Reinforcement Learning	王洛彬 Lubin Wang	严涛 Tao Yan
	未公开	A fast numerical method for solving absolute value equations	CHANYEON HWANG	朱雅婷 Yating Zhu
	未公开	Investigation on the trends of particular cosine products	方曼琳 Manlin Fang	王一川 Yichuan Wang、胡煜成 Yucheng Hu
	未公开	To Hear or Not to Hear: An Evolutionary Question of the Moths' Binary Ear Against Diverse Bat Predators	未公开	未公开
入围奖	上海外国语大学附属外国语学校 Shanghai Foreign Language School Affiliated to Shanghai International Studies University	Mathematical modeling for physician scheduling in fever clinics based on dynamic mixed integer programming	杨若天 Ruotian Yang	刘金 Jin Liu
	未公开	Constructing Arbitrary Positive Hausdorff Dimensions via Smale Horseshoe	周禹涵 Yuhan Zhou	Jianzhong Chen
	未公开	On an inverse problem of Bermond's Conjecture	黄麒超 Qichao Huang	王剑 Jian Wang、程天放 Tianfang Cheng

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	A Mathematical Model for Measuring Sprinting Styles of 100-Meter Sprinters and Its Application	韩卓毅 Zhuoyi Han、 刘雨菲 Yufei Liu	桂鹏 Peng Gui、张赞 波 Zanbo Zhang
	未公开	Cycle Structures and a Girth Computation Algorithm in Round Digraphs	未公开	未公开

5.7.2 物理

表 5.29: 2025 年丘成桐中学科学奖 (物理) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	重庆市育才中学校 Chongqing Yucai Secondary School	“Phase Transition” in a Mechanical System: Rotation-Induced Spontaneous Symmetry Breaking and Hysteresis Loop	牟天昊 Tianhao Mu、罗海艺 Haiyi Luo	张程鑫 Chengxin Zhang
银奖	北京师范大学附属实验中学 The Experimental High School Attached to Beijing Normal University	Development of a High-Efficiency Objective-Prism Stellar Spectrograph And Construction of its Dedicated AI Classification Model	李伊洋 Yiyang Li、杨元和 Yuanhe Yang	何道 Dao He、高一赛 Yisai Gao
铜奖	北京一零一中学 Beijing No.101 Middle School	The “Whistling” Metal Plate: An Investigation of a Structural Vibroacoustic Phenomenon	田第 Di Tian	娄捷 Jie Lou
	未公开	Study on Liquid Sloshing: Nonlinear Dynamics and Active Control	李子玄 Zixuan Li	胡剑 Jian Hu、付琛 Chen Fu
	未公开	Liquid Droplet Trajectories: Harnessing Sound to Measure the Unseen	未公开	未公开

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
优胜奖	Princeton High School	Behavior of Geosynthetic-Reinforced Soil Structures in Martian Simulant: A Pioneering Experimental and Analytical Study	宋彦廷 Yanting Song、姚凯砚 Kaiyan Yao、徐一一 Yiyi Xu	蔡宏灵 Hongling Cai、程利平 Liping Cheng
	未公开	Traveling Flames on Ring Shaped Troughs	王一博 Yibo Wang、金子淦 Zigan Jin	熊波 Bo Xiong
	未公开	Is the egg most likely to break horizontally or vertically	方飞阳 Feiyang Fang、王井然 Jingran Wang、何欣镭 Xinlei He	韩超群 Chaoqun Han
	未公开	Nonlinear Dynamic Modelling and Analysis of Magnetic Suspension System	宋予泽 Yuze Song	葛建忠 Jianzhong Ge、姚艳婕 Yanjie Yao
	未公开	PINN-LOCK: Efficient Density Current Simulation via Physics-Constrained Loss	未公开	未公开
入围奖	Raffles Institution 莱佛士书院	Magneto-Impedance Spectrometer for Rotating Magnetic Nanoparticles	王晨羽 Chenyu Wang、郑斯允 Simon Zheng、黄蓝白 Michael Huang	Rhodri Lewis George
	未公开	The Theoretical Revise and Research of the Scope of Wet Dark Problem	郑泊君 Bojun Zheng	居重艳 Chongyan Ju、姜开利 Kaili Jiang

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Analysis of the Flight Characteristics of <i>Alsomitra Macrocarpa</i> Seeds	张文嘉 Wenjia Zhang、刘广羽 Guangyu Liu	冯晓琴 Xiaojin Feng
	未公开	Designing an Anti-Splash Squat Toilet via Fluid Mechanics and Differential Equations	胡瀚文 Hanwen Hu、唐智宸 Zhichen Tang	张程鑫 Chengxin Zhang
	未公开	Study on the Stability of Vertically Vibrating Liquid Layers: From Suspension to Multistate Instability	未公开	未公开

5.7.3 化学

表 5.30: 2025 年丘成桐中学科学奖 (化学) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海外国语大学附属外国语学校 Shanghai Foreign Language School Affiliated to Shanghai International Studies University	Fabrication of an NTO/Ag/g-C ₃ N ₄ Self-Supporting Membrane for Efficient Photocatalytic Hydrogen Production from Seawater	朱一然 Yiran Zhu	朱为宏 Weihong Zhu
银奖	北京师范大学附属实验中学国际部 International Division of The Experimental High School Attached to Beijing Normal University	Fluoride-Ion Triggers Stable and Active Seawater Oxidation at 1A/cm ²	陈思睿 Sirui Chen	孙晓明 Xiaoming Sun、孔婀娜 Ejing Kong

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
铜奖	清华大学附属中学 Tsinghua University High School	Research on Cotton-Derived Down-mimic Materials	唐 祺 瑶 Qiyao Tang	王启刚 Qi- gang Wang、 李曦 Xi Li
	未公开	Construction of Multifunc- tional Cerium Containing Nanozyme Hydrogel and Its Microenvironment Regulation Mechanism in Skin Wound Healing	伍 承 汉 Chenghan Wu	张 育 新 Yuxin Chen、 陈 沁 萌 Qinmeng Chen
	未公开	Preparation of Ternary Syn- ergistic Graphene Composite Aerogels and its Application in High-Performance Supercap- acitors	未公开	未公开
优胜奖	NUS High School of Mathematics & Sci- ence	From Atoms to Armor: Development of a Next- Generation Multilayered Flexible Nanocomposite for Radiation Shielding	葛坦 [F] Ge Tanliang	何俊文 Ho Chun Man
	未公开	Dual Functional Catalyst for Green Hydrogen Production	李涵乔 Han- qiao Li	卢 圆 圆 Yuanyuan Lu、 杨 颖 Ying Yang
	未公开	Revealing Active Phos- phorus Heterogeneity and Release Mechanisms of Canna-Derived Nano-Biochar through Multiscale Electro- chemistry	张雅凝 Yan- ing Zhang、 张 笑 涵 Xiaohan Zhang	赵 良 [F] Liangpei Zhao、 黄 雅钦 Qinya Huang
	未公开	Green Preparation of Cowhair- Biochar/Tetracycline Com- posites Regenerated from Discarded Pollutants for Lithium- Sulfur Batteries	Harry Haorui Zhu	刘佳龙 Jia- long Liu、 曾 惠丹 Huidan Zeng

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	The Mechanism of HBr lead Phase Transformation via Its Effect in Photoelectric Properties of Perovskite WLEDs	未公开	未公开
入围奖	上海宋庆龄学校 Shanghai Soong Ching Ling School	Preparation of Pectin-Fe ₃ O ₄ @SiO ₂ @NH ₂ Magnetic Adsorbent and Study on its Adsorption and Regeneration Performance for Mn ²⁺	张可 Ke Zhang	陈文多 Wenduo Chen、 谭超嫦 Chaochang Tan
	未公开	Mechanistic Investigation of FROMP-Enabled Spaceborne 3D Printing for In-Situ On-Orbit Repair of CFRP Structures	李子安 Zian Li	苏伟 Wei Su、孔炯静 Ejing Kong
	未公开	Analysis of Key Controlling Factors and Promotion Mechanisms in the Mineralization Reaction of Calcium Carbide Residue with CO ₂	未公开	未公开

5.7.4 生物

表 5.31: 2025 年丘成桐中学科学奖 (生物) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	深圳中学 Shenzhen Middle School	Design a “Molecular Universe” within Cells: Exploring Liquid-Liquid Phase Separation and the Design of Biological Condensates	李亦昊 Yi- hao Li	张明杰 Mingjie Li、 胡楠 Nan Hu
银奖	上海中学国际 部 Shanghai High School International Division	Searching for “Smart-and-Sex” Genes —Evolutionary Driver for Neuron and Germ Cell Development in Primates	Andrea Qian Lei	廖辉 Hui Liao、张燕 捷 Yanjie Zhang

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
铜奖	Kamnoetvidya Science Academy	Degraded Peat Swamp Forest Reforestation Innovation with Seed Krathong and Encapsulated PGPR	Matthew Tunnan Jiang	周翊峰 Yifeng Zhou
	未公开	Association Study of Single Nucleotide Polymorphisms in X-Chromosome Inactivation Escape Regions with Susceptibility to Immune-mediated Diseases among Female Populations	Ryan Zhang	廖辉 Hui Liao、徐麟 Lin Xu
	未公开	The Freshness Secret: Gibberellin Extends Floral Longevity of Morning Glory	未公开	未公开
优胜奖	北京京西学校 Western Academy of Beijing	Comprehensive Monitoring and Evaluation of Cardiovascular Diseases Risk	颜梓卿 Ziqing Yan	马静 Jing Ma
	未公开	Deep Learning-Based Fall Risk Assessment Model Using Lower-Limb sEMG and Its Application in an External Assistance System for Fall Prevention Among the Elderly	孙大桐 Datong Sun	李源 Yuan Li
	未公开	Research on the Biosynthesis of Bio-Based Material Poly- β -Hydroxybutyrate	刘雨澄 Yucheng Liu	白鑫鑫 Xinxin Bai、王仰真 Yangzhen Wang
	未公开	Research on the Mechanism of Ultrasonic Signal Generation Inside Plant Stems and Development of an Automated Real-time Ultrasonic Monitoring System for Plants	蒲新仪 Xinyi Pu	赵运磊 Yunlei Zhao、王金涛 Jintao Wang

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	3D-printed exoskeleton assistive device for hand rehabilitation of rare diseases	未公开	未公开
入围奖	深圳国际交流书院 Shenzhen College of International Education	Rapid Screening of TCRm Antibody Based on Microwell Array for Cancer Immunotherapy	赵子涵 Zihan Zhao	李毓龙 Yulong Li、方 [F] Wei Fang
	未公开	Optimization of a Genetically Encoded Neurokinin A Fluorescent Sensor via Site-Directed Mutagenesis	LINDA SU ZHAO	樊振川 Zhenchuan Fan、王 [F] Han Wang
	未公开	Multiscale study on the effect of Tubby-like protein 2 on cilia-driven motility behavior of Chlamydomonas reinhardtii	未公开	未公开

5.7.5 计算机

表 5.32: 2025 年丘成桐中学科学奖 (计算机) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海中学国际部 Shanghai High School International Division	Beyond Reactive Assistance: PV-Care Using Low-Density EEG and AI to Provide Proactive, Context-Aware Help for MCI	Simon Leonardo Liu	姚艳婕 Yanjie Yao、陈智能 Zhineng Chen
银奖	合肥安生学校 Hefei Thomas School	CraftMesh: High-Fidelity Generative Mesh Manipulation via Poisson Seamless Fusion	James Jincheng Hu	刘利刚 Ligang Liu、蔡有城 Youcheng Cai
铜奖	北京京西学校 Western Academy of Beijing	Flow Matching-based Text-to-Speech for Low-Resource Automatic Speech Recognition Augmentation	孙浩宸 Haochen Sun	马静 Jing Ma、国萌 Meng Guo

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	The Influence of the Shadow of the Future on the Evolution of Cooperative Strategies in Multi-Agent Systems Based on LLM Architecture in Repeated Games	莫霁然 Jiran Zhou	周宇辰 Yuchen Zhou、钟方威 Fangwei Zhong
	未公开	Structured Higher-Order Mental State Inference for Multi-Modal Machine Theory of Mind	未公开	未公开
优胜奖	German Swiss International School	FlexARE: A modular framework for exoplanet atmospheric retrievals using generative preprocessing and simulation-based inference	林聿扬 Yuyang Lin	邓水光 Shuiguang Deng、王胤 Yin Wang
	未公开	Class-Imbalanced Semi-Supervised Learning for Robust rPPG-based Heart Rate Estimation	廖毅夫 Yifu Liao	阮锦龙 Jinlong Ruan、张帆 Fan Zhang
	未公开	C-TranAD: A Complex-Valued Transformerbased Anomaly Detection Model for Multivariable Sequences and Its Application in Eddy Current Testing	王慕洲 Muzhou Wang	邵珠峰 Zhufeng Shao、王艺平 Yiping Wang
	未公开	Research on the Design, Perception, Actuation and Control of a Gas Pipeline Inspection Robot	陈展涛 Zhantao Chen、陈曦 Xi Chen、卢添城 Tiancheng Lu	方劲 Jin Fang、胡学军 Xuejun Hu

5.7 第十八届（2025 年）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	A Data-Driven Assisted Darts Training System based on Skeleton Analysis and Machine Learning	未公开	未公开
入围奖	清华附中国际部 Tsinghua International School	A Unified Agentic Framework for Medical VLMs: Case Retrieval, Reporting, and Visual Question Answering	Aarit Taparia	Sreeja Thampy
	未公开	Somno AI - The Artificial Intelligence Sleep Tracker	Sophia Liu	陈文光 Wenguang Chen
	未公开	MMAKER: Multi MedAI Agents with Knowledge-Enhanced Reasoning for Cancer Clinical Decision Support	曾一轩 Yixuan Zeng	梁联晖 Lianhui Liang
	未公开	A Multilingual Audio-Visual Speech Recognition Method Based on Multi-Attention Fusion	未公开	未公开

5.7.6 经济金融建模

表 5.33: 2025 年丘成桐中学科学奖（经济金融建模）总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
金奖	上海星河湾双语学校 Shanghai Starriver Bilingual School	Firm-Level Impacts of Artificial Intelligence on Labor Demand: Evidence from Online Job Postings	阎立谦 Liqian Yan、 邱梓淳 Zichun Qiu、 陈胤同 Yintong Chen	邓鸣茂 Mingmao Deng、陈晶 萍 Jingping Chen

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
银奖	西安铁一中国际合作学校国际课程中心 Xi'an Tieyi International Curriculum Center	Combating Counterfeits in Secondary Markets: Impacts of Manufacturer's Blockchain Traceability and Platform's AI-based Authentication	李宜泽 Yize Li	庞琛 Chen Pang
铜奖	南京外国语学校 Nanjing Foreign Language School	From Intelligence to Performance: How Artificial Intelligence Applications Improve Firms' Dual Performance	Su Wanqing Emily	王霞 Xia Wang
	未公开	Pension, Labor Supply and Moral Hazard: Evidence from China's New Rural Pension Scheme	刘修齐 Xi-uqi Liu	何雅昕 Yaxin He
	未公开	Untangling the Lattice: A Multi-Stage Value-Added Gravity Model for Global Value Chains	未公开	未公开
优胜奖	Chinese International School (formerly at ESF King George V School), ESF King George V School	Regulatory Uncertainty and Corporate Climate Strategies: Evidence from the SEC's Climate Disclosure Rule	张沐和 Muhe Zhang	郁露 Lu Yu、曹静 Jing Cao
	未公开	Environmental Policy and Psychological Well-being : Evidence from China's Clean Air Action Plan	吴子晋 Zijin Wu	黄华林 Hun-lin Huang
	未公开	Understanding the Flattening Phillips Curve in China: The Role of Central Bank Communication and Inflation Expectations	杨静姝 Jing-shu Yang	闻海洋 Haiyang Wen

5.7 第十八届 (2025 年) 总决赛获奖名单

奖项	学校	论文题目	学生	指导老师
	未公开	Research on Deep Reinforcement Learning Optimization for Collaborative Scheduling and Trading Mechanisms in Multi-Microgrid Systems under the Dual-Carbon Goals	Qihan Liu	Joseph Lin
	未公开	Who Wins When Cities Run? The Uneven Impact of Marathons on Hotel Demand	未公开	未公开
入围奖	北京师范大学附属实验中学 The Experimental High School Attached to Beijing Normal University	This Time is Different? A Study on the Impact of the AI Revolution on Employment Based on Scale Effects	Junqin YAN 闫俊钦	Bill Theodoropoulos
	未公开	Momentum Investing: A Comparison of Machine Learning and Markowitz Theory	白双源 Shuangyuan Bai	彭勤科 Qinke Peng
	未公开	Research on the Optimal Photovoltaic Power Pricing Mechanism under Uncertain Lighting: Based on the Reliability Graded Market	岑佳琳 Jialin Cen、 岑依琳 Yilin Ceng	王奕君 Yi-jun Wang
	未公开	Environmental Policy, Firm Innovation and Financial Leverage	王沃天 Wotian Wang	王亮 Liang Wang
	未公开	Taming the Green Swan: Does Green Finance Reduce Corporate Biodiversity Risk along Supply Chains? Evidence from China's Green Finance Pilot Zones	未公开	未公开

第 6 章 丘成桐中学科学奖参赛学生自我评价机制

在这一章中，我们重点给准备参加丘成桐中学科学奖的学生提供一个评价机制，以帮助学生明确自己是否适合参加这个比赛。总得来说，绝大部分学生参加丘奖的主要目的是为了从科研的方向出发来帮助升学，特别是英美高校的申请准备。但是，背景活动只不过是大学录取众多参考点的某一条，其优先级是一定排在比如 GPA，标化考试成绩等这些硬性指标之后的。所以我们希望所有想要参加丘奖的同学都是学有余力的，而不会在准备丘奖的过程中顾此失彼，搅乱整体的申请规划流程。下面，我们将从几个方面入手，来帮助学生和家长判断基于该学生的多方面条件是否适合来参加丘成桐奖的比赛。

6.1 学术能力

首先，我们需要考虑的是学生在学校的学习情况，我们将这一部分的权重定位 40%，学生在这里的分数为 A (Academics)。

具体来讲，这里我们考虑两方面因素，第一是整体的 GPA，这一数值反映了学生各个方面的综合学习能力 (A_O)。基于我们前文的综合叙述，我们不难发现，丘成桐奖实际上考察的是一个学生以科研能力为主的综合学术能力，其中包括了思维逻辑完整，语言表达，团队协作等各个方面。因此，我们首先需要考虑的是该学生整体的 GPA。假设，学生的没有加权过的整体 GPA 为 A_O (满分 GPA 为 4.0，如果是 100 分机制的学生需要进行转换)，这里学生的整体 GPA 占全部权重的 25%，具体可以表达为， $0.25 \times 100 \times \frac{A_O}{4.0} = 6.25 \times A_O$ 。

其次，我们需要考虑学生在专业课程上的学习情况 (A_S)。这里重点考察学生在预计选择科研方向上的准备和相关基础，这里学生在专业学科的 GPA (用 A_S 表示) 占整体权重的 15%，具体可以表达为， $0.15 \times 100 \times \frac{A_S}{4.0} = 3.75 \times A_S$ 。

6.2 英文能力

第二，我们需要参考学生英文的水平与能力。这里主要有两个考虑，第一，尽管丘成桐比赛预赛的论文可以用中文来提交，但由于在总决赛论文和答辩时均需要使用英文，学生需要确保英文的书面及口头表达的条例与规范。第二，在科研过程中，学生需要阅读大量英文文献，对这些文献的理解能力也直接决定了科研的进展。

因此，我们希望学生能够在考虑丘成桐奖参赛前英文能力过关，或者有书面的，比如托福或者雅思的相关成绩，英文能力的分数 E (English) 在整体定位的权重占比 10%。这里我们以大家考的最多的托福 (E 为学生取得托福分数，其他测试均可换算为大概的托福分数) 为例，来表达英文能力的分数情况， $0.10 \times 100 \times \frac{E}{120} = 0.0833 \times E$ 。

6.3 科研背景和相关经历

第三，在上述的硬性基础外，我们还需考虑学生在之前的学习过程中所具有的科研有关的背景和经历。这里包括但不局限于数理化的学科实验（比如 IB 物理的 IA 过程），计算机的竞赛，对某一学科或者课题长期的关注等等。这一部分的分数为 B (Background)，其整体权重为 20%，然而我们很难去用一个具体的方法去衡量，于是我们以调查问卷的方式来帮助学生明确这一部分的分数。每道问题，答案选是的话得 2 分，否的话 0 分，模棱两可在是否之间的答案统一为 1 分。10 道问题如下所示。

1. 你是否长期（大于三年）关注某一个学科中某一个特定问题的发展与相关知识的获得？比如物理学中的黑洞问题，生物学中的 DNA 问题等等。
2. 你是否参加过其他形式的科研活动，并将成果以报告的形式产出？
3. 你是否觉得某一学科中过往的实验课极其有趣，并尝试过自己对上课的实验内容进行自发的扩展和思考？比如化学上 Na 和水的反应实验，自己想要尝试用其他物质去进行反应。
4. 你是否观察过生活中某一个现象，并希望通过自己的思考将该现象与课本中的知识做关联？比如将天空为什么是蓝色的与光学问题结合。
5. 你是否花费超过一天时间对一个数学物理难题，计算机算法实现等烧脑问题进行探究，并享受其探究过程？
6. 你是否曾经将某一个课题，知识点进行公开的讲解，并能够在各种的反馈中发现不足，保持进步？
7. 你是否参加过某一种比赛形式的竞赛，并在竞赛中体会到突破自己的乐趣？比如各种奥林匹克竞赛。
8. 你是否阅读过科研学术论文，并能够通过各种方式理解论文内容并学习到大量新的知识？
9. 你是否对数据比较敏感，能够自发的去联想思考数字背后所能够带来的意义和对特定问题的解释？
10. 你是否明白科研是一个长期，枯燥，且艰辛的过程，并愿意为之去付出？

综上，我们这一部分的得分可以根据对以上问题的自省式回答得出，该调查问卷的得分即为 B 的分数。

6.4 时间精力

最后，也是最重要的考虑的因素，就是学生的时间与精力。大部分 10-12 年级的学生都会被各种各样的课业，活动，竞赛等等搞得极为充实。如果学生之前没有相关的课题学习以及科研背景的话，是需要花费很多时间和精力在丘成桐比赛的准备上的。所以，我们把整体分数的 30% 划分给了时间精力 (T) 这一部分。这里，理论上学生需要在 5 月到 9 月 15 号这一段期间内每天最少花费三个小时在科研有关的事情上，时间上的投入是丘成桐奖论文质量最

基础的保障。如果学生没有办法去做到相对应的时间的投入，是很难在比赛中取得优异的结果的（天赋异禀，书香门第等类型除外）。因此，时间精力的分数为 T (Time)， T 的分数具体为学生平均每天在科研上投入的时间小时数，那么其得分表达为 $0.30 \times 100 \times \frac{T}{3.0} = 10 \times T$ 。

6.5 总结

我们可以根据以上的情况，将所有分数进行汇总。

$$\text{分数} = 6.25 \times A_O + 3.75 \times A_S + 0.0833 \times E + B + 10 \times T$$

A_O : 整体 GPA

A_S : 学科 GPA

E : 托福分数

B : 调查问卷分数

T : 每日科研时间小时数

举例：

1. 学生 A，整体 GPA 3.8，物理 GPA 4.0，托福 105 分，调查问卷分数 15 分，每日科研时间 2 小时。综合得分为：

$$\begin{aligned} \text{A 学生分数} &= 6.25 \times 3.8 + 3.75 \times 4.0 + 0.0833 \times 105 + 15 + 10 \times 2 \\ &= \mathbf{82.5} \end{aligned}$$

2. 学生 B，整体 GPA 3.3，生物 GPA 4.0，托福 85 分，调查问卷分数 13 分，每日科研时间 1.5 小时。综合得分为：

$$\begin{aligned} \text{B 学生分数} &= 6.25 \times 3.3 + 3.75 \times 4.0 + 0.0833 \times 85 + 13 + 10 \times 1.5 \\ &= \mathbf{70.7} \end{aligned}$$

2. 学生 C，整体 GPA 3.1，数学 GPA 3.7，托福 96 分，调查问卷分数 10 分，每日科研时间 1 小时。综合得分为：

$$\begin{aligned} \text{C 学生分数} &= 6.25 \times 3.1 + 3.75 \times 3.7 + 0.0833 \times 96 + 10 + 10 \times 1 \\ &= \mathbf{61.24} \end{aligned}$$

根据我们大量的以往经验，该分数能较为准确的反应出一半学生的背景与是否适合参加丘成桐奖的程度。总的来说，得分在 60 分以上是参加丘成桐奖的必要条件，如果想要冲击总决赛以及更高的奖项，80 分以上是必不可少的。以下表格可以更好的反映各区段学生的参赛目标和相关注意事项。

表 6.1: 丘成桐中学生科学奖参赛学生自我评价分数说明

分数区间	具体解释及相关建议
小于 60	不建议参加，建议花更多时间在课业和标化成绩上。
60-70	建议参加 Physics Bowl, USACO, USABO, AMC 等门槛相对较低的竞赛，这些竞赛会对学科内知识点的理解有较大的帮助。如果执意参加丘成桐奖的话，应该做好充分精确的规划，保证丘奖的比赛不影响其他学业和活动的正常进行。
70-80	建议参加丘成桐奖及相关科研竞赛，目标入围半决赛及总决赛，但是同样需要注意丘成桐奖的准备与其他内容不冲突，可以同时顺利进行。
80-90	建议参加丘成桐奖及相关科研竞赛，目标入围总决赛并得奖。建议除了学生认真准备学习之外，家庭也应对学生参赛提供尽可能多的协助，包括与学校，组委会的沟通协调，科研院校有关人员对论文的润色修饰，不同场合对于演讲的练习等等。
90 以上	学术自由。

第 7 章 AI 工具在丘成桐中学科学奖中的合理使用

进入 2023 年之后，几乎每一个进入丘奖总决赛的参赛团队，或多或少都在研究过程中使用过生成式 AI、机器学习模型或 AI 辅助的数据分析工具。然而与 ISEF 自 2024 年起对 AI 使用做出明确披露要求¹不同，丘成桐中学科学奖目前并未在公开规则中专门列出关于 AI 使用的条款。这种「规则真空」并不意味着学生可以随意使用 AI——恰恰相反，由于评委（绝大多数为中外顶尖科学家及一线学者）对原创性、独立思考与数学严谨性有近乎苛刻的要求，AI 的滥用反而比在 ISEF 中更容易造成致命伤害。本章将系统梳理：丘奖评委对 AI 使用的真实态度、各学科 AI 使用的差异、研究流程中应该用哪些工具、如何在论文与答辩中合规披露 AI 协助，以及在评委追问下如何答得有底气。

7.1 为什么需要专门谈丘奖中的 AI 使用

第一，丘奖与 ISEF、英特尔奖（现 Regeneron STS）一脉相承，但更强调论文。丘成桐先生在多个公开访谈中强调，丘奖「不是考试，是做一个论文」^[1]，整个比赛的核心是研究报告本身——所有创新性、严谨性、写作水平都凝结于这一份提交给国际评审委员会的文本。一旦评委发现论文中存在 AI 直接代笔的痕迹，无论实验数据多么扎实，都会被判定为学术不诚信。

第二，丘奖没有现场展板，但有英文答辩。不同于 ISEF 的 trade-show 形式，丘奖总决赛在清华大学举行，全程使用英文答辩，由国际评审委员会主持。答辩中评委会针对论文细节进行深度追问。若论文是 AI「润色」过的，但学生口头表达能力却与之严重不符，评委一眼就能看出落差。

第三，丘奖鼓励独立思考。丘成桐本人在专访中说：「奥数是个题目给你做，丘奖是自己出题目自己做。这是一个很重要的能力，做研究总是要自己找题目」，「在现有研究基础上，加上一点儿原创性的想法，就很好」^[1]。这与「让 ChatGPT 帮我想个研究方向」形成尖锐对立。学生若把选题、文献综述、结果讨论这些研究核心环节统统外包给 LLM，本质上违背了丘奖的设立初衷。

第四，丘奖评审委员会成员的学术敏锐度极高。顾问委员会与评审委员会中包括菲尔兹奖得主、诺奖得主、多位美国及中国两院院士。这些学者长期处于学术诚信审查的第一线，对 AI 生成文本特征（过度对称的句式、空泛的形容词、不自然的过渡段、过于流畅的英文文献综述）以及 ML 项目中的常见漏洞（数据泄漏、过拟合、未交叉验证）有高度直觉。简言之，AI 痕迹在丘奖现场比在大多数学生想象中要明显得多。

第五，规则真空既是机会也是风险。当规则不明确时，学生可能误以为「不用披露就不算违规」。但学术诚信是普适标准，不依赖于某次比赛的具体条款。我们建议参赛者主动按 ISEF 的披

¹ISEF 2024 起新增的 AI 披露要求详见美国科学与公众学会（Society for Science）官网。

露标准要求自己,把 AI 使用情况清晰写入论文的方法学(Methods)与致谢(Acknowledgements)部分。

7.2 丘奖评委对 AI 使用的真实态度

通过对过去三届(2023–2025)总决赛公开访谈、获奖论文及科学论坛²内容的梳理,我们整理出以下几点评委共识——这些共识并未出现在任何官方文件中,但反复出现在评委的口头反馈与媒体采访中:

1. **评委默认你会用 AI, 但不允许你不理解 AI。** 2024 与 2025 两届计算机奖的金奖论文都直接以 LLM 为研究对象(2024 金奖《LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification》; 2025 金奖《PV-Care: Using Low-Density EEG and AI to Provide Proactive Help for MCI》)。评委对学生「用 AI」毫无成见,但对「学生不懂自己用的 AI 在做什么」零容忍。一句「我用了 GPT-4o 跑了一下」在丘奖答辩现场是死亡回答。
2. **评委会问到你的训练细节而非概念。** 与一般想象不同,评委不会问「什么是 transformer」,他们默认你会。他们会问:「你的数据是怎么切分的? 训练集与验证集是否同分布?」「你用 cross-attention 的具体维度是多少,为什么这样设计?」「你模型在 baseline 上的提升是 1% 还是 10%? 这个差异在你的样本规模下显著吗?」这些问题考察的是真实操作经验,临阵抱佛脚很难蒙混过关。
3. **数学奖评委对 AI 极度警惕。** 数学奖的评委多为纯数学领域学者(丘成桐本人、李骏、肖杰、朱熹平等)。他们最反感的就是「定理是 AI 帮我推的、证明是 AI 帮我写的」。在数学奖的答辩中,被要求当场写出证明的每一步是常态,几乎所有数学奖金、银奖得主都能在白板上重现自己的关键引理。这一点请所有想用 AI 推数学证明的学生引以为戒。
4. **评委不只关心「用没用」,更关心「为什么用、为什么这样用」。** 丘奖论文通常需要在答辩中展示研究动机(why this problem)、研究方法(why this approach)、研究意义(why this matters)。如果学生回答「我用 ResNet 做图像分类」却答不出「为什么不用 ViT」「为什么不用更小的 MobileNet」,评委会判断学生只是在套用现成方案,缺乏研究品味。
5. **评委对原创性的判定有自己的内部尺度。** 丘成桐在专访中曾说,「在现有研究基础上,加上一点儿原创性的想法,就很好」^[11]。这句话翻译成 AI 时代的话语:评委可以接受你用 AI 做了 90% 的工程实现,但你必须有 10% 是真正属于你自己的、AI 无法替代的洞察——可能是一个新的损失函数、一个新颖的数据预处理思路、一个对模型失败模式的独到分析。

²2024 年丘成桐科学论坛及答辩现场记录参见 <https://www.yau-awards.com/show-89-5.html> 与 <https://www.yau-awards.com/show-89-6.html>。

7.3 各学科 AI 使用差异

丘奖六大学科对 AI 的接受度差异极大。套用同一套 AI 使用策略到不同学科上，是导致大量入围作品止步于半决赛的隐形原因。

数学奖——AI 是辅助工具，不是合作者。数学奖的核心是证明，而 LLM 在严肃证明上仍然不可靠，且经常产生幻觉。评委对「AI 协助推导」抱有结构性怀疑。可以接受的使用：用 SymPy/Mathematica 验证手推公式；用 Lean、Coq 或 Isabelle 等形式化证明系统对关键步骤进行机器验证（2024 年金奖论文正是这一思路）；用 LLM 检索相关文献。不可接受的使用：将 LLM 生成的证明粘贴入论文；让 LLM 替你「想」一个数学问题。

物理奖——AI 在数据分析中合理，在理论建模中要慎重。物理奖既有理论方向，也有大量实验/数值方向。评委可以接受用 PINN（物理信息神经网络）、用 CNN 处理实验图像、用 ML 做参数反演——2025 年物理奖入围奖《PINN-LOCK: Efficient Density Current Simulation via Physics-Constrained Loss》即为代表。但要警惕：如果你的物理建模本身是「让 GPT 列了几个方程然后我代了数」，评委会通过追问偏微分方程的边界条件、量纲分析或哈密顿量来揭穿。

化学奖——计算化学方向欢迎 AI，实验化学方向 AI 价值有限。化学奖的评委对 DFT 计算、MOF/COF 设计、分子动力学模拟中使用机器学习评分函数完全没有意见——2024 年化学奖优胜论文《Computational Screening and Design of Metal-Organic Frameworks for CO₂ Separation》就是范本。但若你的研究是合成化学或材料制备，AI 的角色应该限制在文献检索与表征数据处理上，不应替代真实实验。

生物奖——AI 几乎已成标配，但要管好「数据来源」这一关。2024、2025 连续两届生物奖中均出现 AI 辅助药物设计、单细胞分析、医学影像分析等论文（如 2024 优胜《AI-Guided Design and Preliminary Validation of Anti-Tuberculosis Subunit Vaccine》）。生物奖评委对 AI 工具本身很熟悉，但他们最关心的是：你的训练数据从哪里来？是否有伦理审批？是否处理了 batch effect 与 confounding？是否做了独立验证集？这些问题答不出，AI 再花哨也没用。

计算机奖——AI 就是这个学科本身。计算机奖近三届金奖、银奖几乎全是 LLM、生成式模型、Agent 系统、多模态学习方向（2025 银奖《CraftMesh》使用泊松融合做生成式 3D 网格操作；铜奖中有基于 LLM 多智能体博弈的研究）。评委默认你会调用 OpenAI/HuggingFace API、会用 PyTorch、会做 fine-tuning。在这个学科里，敢用 AI 不是加分项，而是入场券。真正的加分点是：在已有大模型生态之外做出独立贡献——比如新的训练范式、新的评测基准、对模型行为的新解释。

经济金融建模奖——AI 在数据处理与建模中合理，在经济推理中危险。经济金融建模奖里，使用机器学习做股票收益预测、用 NLP 处理财报文本、用强化学习做交易策略都已属常态——2025 金奖《Firm-Level Impacts of Artificial Intelligence on Labor Demand》直接把 AI 本身作为研究对象。但评委对一类 AI 使用极度反感：让 LLM 替学生「推理」经济学机制（如「让 GPT 帮我解释为什么这个变量与那个变量相关」）。经济学的核心是因果识别（causal identification），这件事 LLM 目前完全做不来，评委一问你的工具变量是什么、平行趋势假设是否成立，AI 给

你的答案立刻露馅。

7.4 研究流程中的 AI 工具栈

下面按照丘奖标准的研究流程——选题、文献综述、实验/算法实现、数据分析、论文写作——分阶段推荐工具。推荐的依据是 2024–2025 年获奖学生反馈与 Thinker Education 教研团队的实操经验。

7.4.1 阶段一：选题与可行性评估

- **Perplexity (perplexity.ai)**: 与传统搜索引擎相比, Perplexity 会给出带引用来源的答案, 适合快速判断「我这个想法在文献中是否已有人做过」。注意: Perplexity 的引用质量参差, 需要逐条点开核实。
- **Elicit (elicit.com)**: 专注于学术文献的 AI 工具, 可以输入研究问题后返回相关论文清单与每篇论文的关键发现摘要, 对快速判断方向的成熟度非常有用。
- **Consensus (consensus.app)**: 用于对某个具体科学命题 (如「Omega-3 对认知改善有效吗」) 寻找文献中正反两方的证据。经济金融建模奖与生物奖选题时尤其好用。
- **ChatGPT / Claude 用于头脑风暴**: 可以向 LLM 描述你的兴趣方向, 让它列举 10 个可能的研究问题, 然后筛选。但要切记: LLM 的建议只是起点, 最终选题必须经过你与指导老师反复论证, 不能拿来即用。

使用建议: 选题阶段的 AI 使用边界是「帮助你发散」, 而不是「替你决策」。把 LLM 当作一个不知疲倦的讨论伙伴, 但每一个候选选题必须经过你自己的可行性评估 (实验设备、时间、知识储备) 之后才能确定。

7.4.2 阶段二：文献综述

- **Connected Papers (connectedpapers.com)**: 输入一篇种子论文, 自动绘制相关论文的网络图, 对于发现「同一研究脉络上的关键文献」非常高效。
- **Semantic Scholar / Google Scholar**: 传统但仍然最权威的学术搜索工具。Semantic Scholar 提供 AI 生成的论文 TLDR 摘要, 可大幅提升筛选效率。
- **Notion AI / Obsidian + Smart Connections 插件**: 将精读过的论文笔记导入 Notion 或 Obsidian, 借助 AI 在自己的笔记库中做语义搜索, 帮助你在写作时快速定位「我之前读到过哪一篇说了类似的事」。
- **NotebookLM (Google)**: 可以将多篇 PDF 文献上传, LLM 在你限定的语料范围内回答问题。比让 ChatGPT 「裸答」可靠得多, 且引用清晰, 便于核对。

使用建议: 文献综述的核心目标是「让评委看出你真的读过这些论文」。任何一篇被你引用的文献, 你应能在答辩中复述其核心方法、关键结论与局限性。用 AI 工具加速筛选可以, 但精读环节没有任何可以走的捷径。

7.4.3 阶段三：实验/算法实现

- **Cursor / Windsurf (AI 代码编辑器)**: 集成了 GPT-4/Claude 的代码补全与对话能力，适合从零搭建一个完整工程（数据预处理、模型训练、可视化）。
- **GitHub Copilot**: 行级与函数级补全，对熟悉某个 stack (PyTorch、scikit-learn 等) 的学生提速明显。
- **Claude / ChatGPT 用于 debug**: 遇到难以定位的报错，把堆栈贴给 LLM 让它分析，比独自盯屏幕高效。但要主动核对 LLM 的解释，LLM 有时会自信地给出错误归因。
- **HuggingFace Transformers / Diffusers**: 对于需要预训练大模型的计算机奖、生物奖项目，HuggingFace 是事实上的工具源。
- **Wolfram Alpha / Mathematica**: 数学奖、物理奖在符号计算环节的标准工具。评委对此完全接受。

使用建议: 所有 AI 生成的代码，你都必须自己看懂每一行——尤其是模型定义、损失函数与训练循环。答辩时评委可以指着你 PPT 中的某一段伪代码问你「这一步在做什么」，回答不出来等同于宣告这段代码不是你的。

7.4.4 阶段四：数据分析

- **Pandas + Matplotlib + Seaborn**: 数据清洗与可视化的核心栈。可以让 ChatGPT 帮你写绘图代码，但所有图表的统计学意义必须由你自己解读。
- **Statsmodels / R + tidyverse**: 经济金融建模奖中做计量经济回归、显著性检验时优先使用 statsmodels 而非 sklearn——前者输出标准误、p 值、稳健性诊断，是评委关心的。
- **ChatGPT Code Interpreter (Advanced Data Analysis)**: 可以上传 CSV 让 ChatGPT 直接执行 Python 分析。适合做探索式数据分析 (EDA)，但任何写入论文的统计结果都必须在本地图案中复现，不能直接复制 ChatGPT 的输出。
- **Weights & Biases (wandb.ai)**: 用于深度学习实验的训练日志与超参数对比。不是 AI 工具，但是答辩时展示你做了系统化调参的最佳证据。

使用建议: 数据分析阶段最容易出现的 AI 滥用，是让 LLM 「解释这些数字代表什么」。评委对此类「事后合理化」非常敏感——你需要在做分析之前就形成假设，分析之后用数据验证或推翻假设。把统计推断让给 AI 等于放弃了研究的灵魂。

7.4.5 阶段五：论文写作与英文润色

- **Grammarly / LanguageTool**: 用于语法、拼写、句式检查。这一层 AI 使用没有任何争议，评委也不会反感。
- **DeepL / 谷歌翻译**: 对于母语为中文的学生，可以先用中文写出初稿，再用 DeepL 翻译并自行修改。切勿一稿到底依赖机器翻译——丘奖论文的英文质量是评委对学生综合素养判断的重要依据。

- **ChatGPT / Claude 做表达润色**：可以让 LLM 对某一段做风格润色，但不可让其改写或重组段落结构。一个稳妥的提示词是：「请保留我的论证结构与术语选择，仅在语法与流畅度上做最小幅度的修改。」
- **Paperpal / Writefull**：针对学术英文做了专门训练的润色工具，比通用 LLM 更注重学术语境（如时态、被动语态规范）。

使用建议：论文的核心论证、章节框架、关键句子（尤其是摘要的最后一句、引言的研究空白定位、结论中的「我们的贡献是…」）必须出自你自己。AI 可以帮你「写得更好」，但绝不能替你「想出该写什么」。

7.5 披露与诚信：在丘奖中应如何表述 AI 使用

虽然丘成桐奖目前没有强制披露条款，但我们强烈建议参赛者参照 ISEF 2024 起的标准，主动在论文中披露 AI 使用情况。这不仅是学术诚信的体现，也能在评委追问时让你处于完全主动的位置。具体披露的位置与措辞建议如下。

致谢部分 (Acknowledgements)：对所有非核心的 AI 协助统一披露。推荐措辞示例：

We acknowledge the use of ChatGPT (GPT-4, OpenAI) and Claude (Anthropic) for language polishing and code-level debugging assistance throughout this project. All algorithmic design, experimental decisions, data analysis, and core conclusions reported in this paper are the work of the authors. Generative AI was not used to formulate research questions, generate data, or derive theoretical results.

方法学部分 (Methods)：当 AI 工具是研究方法的实质组成部分时，须在 Methods 中具体说明模型、版本、训练参数、评估指标。例如：

For semantic classification, we fine-tuned the BERT-base-uncased model (Devlin et al., 2019) on a custom dataset of 4,217 manually annotated samples. Training used AdamW optimizer (learning rate 2e-5, batch size 16) for 5 epochs on an NVIDIA A100 GPU. Model performance was evaluated using five-fold cross-validation with macro-F1 as the primary metric.

在答辩中如何回应「你用 AI 了吗」：应避免两种极端反应——一种是慌张否认（容易被识破），另一种是过度坦白（把每件小事都报告一遍，给评委「你的工作绝大部分是 AI 做的」的印象）。推荐的回应框架是「分层披露 + 强调独立贡献」：

是的，在 X 环节我使用了 {tool} 来 {specific task}，主要原因是 {reason}。不过 {core insight / decision} 是我经过 {specific reasoning process} 后做出的，AI 在这一环节没

有起决定作用。如果您想了解这一部分的细节，我可以现场推导/演示。

这套话术的核心是把球踢回到你最有把握的细节上，让评委看到你随时可以脱离 AI 完成自己的工作。

7.6 评委追问的典型问题与应对（沙盘推演）

下面整理了 2023–2025 三届总决赛中评委高频追问的 AI 相关问题，每题给出「不应回答」「推荐方向」「应避免的陷阱」三个维度的分析。建议参赛学生在赛前对照自己的项目逐题预演。

1. 问：「你用 ChatGPT 写论文了吗？」

- 不应回答：「没有，完全没用过。」（一旦评委从行文风格中捕捉到 LLM 特征，将直接判定不诚信。）
- 推荐方向：坦承用于语法与表达润色，明确指出研究设计、文献综述、结果讨论均出自本人，并主动说明你校核了 LLM 修改后的每一处变化。
- 陷阱：把「我让 GPT 帮我改 abstract」也说成「我没用 AI」，这种小事被揭穿后会拖累整体可信度。

2. 问：「你这个模型为什么会给出这个结果？」

- 不应回答：「这是模型自己学出来的。」
- 推荐方向：从模型架构（如 attention 机制如何捕获长距离依赖）、训练数据特征、损失函数设计三个层次给出机制性解释，必要时辅以 attention map 或 saliency 可视化。
- 陷阱：把「黑箱」当作答案。评委的潜台词是：你是否真的理解你训练的东西？

3. 问：「如果不让你用 AI，你还能完成这个研究吗？」

- 不应回答：「不能。」或「完全可以。」（前者贬低自己，后者显得在撒谎。）
- 推荐方向：坦诚指出 AI 在哪几个具体环节大幅压缩了时间（如代码实现、文献筛选），但研究的核心思想——问题定义与方法选择——是你独立完成的；如果没有 AI，时间成本会显著增加，但研究的本质结论不会改变。
- 陷阱：表现出对 AI 的过度依赖。

4. 问：「你的训练数据是从哪里来的？标签是怎么得到的？」

- 不应回答：「就是从网上下载的。」
- 推荐方向：说明数据集来源（公开数据集请引用其原始论文及 license；自采数据请说明采集协议与样本规模），标签获取方式（人工标注请说明标注人数与一致性度量，弱监督请说明启发式规则），并主动谈及数据偏差与覆盖范围的局限。
- 陷阱：忽视数据合规与隐私问题。涉及人体数据时，伦理审批是评委最常追问的点。

5. 问：「你的 baseline 是什么？为什么选这些 baseline？」

- 推荐方向：至少给出三层 baseline：一个朴素方法（如随机猜测或线性回归），一个传统强基线（如 XGBoost、SVM），一个本领域近期 SOTA。说明你选择这三个

baseline 是为了从不同维度证明你方法的提升不是来自调参或偶然。

- 陷阱：只与一个弱 baseline 对比，或与不公平的 baseline 对比（如让自己的方法用大模型而 baseline 用小模型）。
6. 问：「你怎么验证 AI 没有出错？」
- 推荐方向：从三方面回答——内部验证（交叉验证、消融实验）、外部验证（独立测试集或外部数据集）、机制验证（attention/feature attribution 是否符合领域常识）。
 - 陷阱：只报告训练集精度。评委一听就知道你没有真正做过 generalization 测试。
7. 问：「如果我把你的方法搬到 {相关但不同的领域}，它还能用吗？」
- 推荐方向：分析你的方法在哪些假设下成立（如数据分布、样本规模、特征类型），并诚实指出在新领域可能需要的修改（如重新预训练、调整 architecture、引入领域知识）。
 - 陷阱：盲目宣称「适用所有领域」。这是经典的过度自信信号。
8. 问：「你引用的这篇论文，能不能用一句话总结它的核心贡献？」
- 推荐方向：精读过的论文应能在 15 秒内说出其问题、方法与结论。凡是引用的文献都要做到这一点。
 - 陷阱：用 LLM 帮你筛选并引用了大量你没读过的论文。评委随便抽一篇就能戳穿。
9. 问（数学奖专属）：「你这个引理 / 定理能不能在白板上重写一遍证明？」
- 推荐方向：直接拿笔上前推导。不要犹豫，不要拒绝。
 - 陷阱：含糊地说「证明很长，我现在记不全」。这相当于宣告这不是你的工作。
10. 问（经济金融建模奖专属）：「你的因果识别策略是什么？工具变量是否满足排他性约束？」
- 推荐方向：明确指出识别策略（DID、IV、RDD 或随机实验），交代关键假设，给出对假设的稳健性检验（placebo、bandwidth sensitivity 等）。
 - 陷阱：把简单回归的相关性解读为因果。这是经济金融建模奖中评委最高频的扣分点。

7.7 从过往获奖论文看 AI 应用范式

为了让上述抽象建议具象化，我们从 2024、2025 两届获奖论文中选取若干具有代表性的 AI 应用案例进行简析。以下分析仅基于论文标题与公开摘要，不对未公开的论文方法细节做臆测。

案例一：2024 计算机奖金奖《LLM Mathematical Reasoning Grounded with Formal Verification》（华润小径湾贝赛思国际学校，何坤朗，指导老师：上海交大严骏驰）。这是一个堪称范式级的 AI 项目：研究者并不简单地「调用 GPT 做数学题」，而是将 LLM 的推理过程与 Lean 等形式化证明系统结合，让 LLM 给出的每一步推理都接受机器验证。这种「LLM 提出候选 + 形式化系统过滤」的架构正是 2023 年以来学术界（如 DeepMind AlphaProof）的前沿方向。范式启示：不要把 LLM 当成黑箱终点，把它当作一个需要被监督的中间组件，是高分

项目的共同特征。

案例二：2025 计算机奖金奖《Beyond Reactive Assistance: PV-Care Using Low-Density EEG and AI》（上海中学国际部）。这一项目用低密度 EEG 信号训练模型，主动识别轻度认知障碍患者的状态并提前介入。核心贡献并非「我用了一个 transformer」，而是把 EEG 信号处理、AI 推理与具体临床场景（MCI 患者的预防性辅助）耦合在一起。范式启示：评委最看重的是 AI 解决了一个具体的、有社会意义的问题，而不是技术本身的复杂度。

案例三：2025 计算机奖银奖《CraftMesh: High-Fidelity Generative Mesh Manipulation via Poisson Seamless Fusion》（合肥安生学校）。这一项目将经典图形学方法（泊松融合）与生成式 AI 结合，解决三维网格编辑中的接缝问题。范式启示：把领域知识（这里是几何处理）与生成式 AI 结合，往往比纯 AI 方法更受评委青睐——因为它显示出学生既懂传统方法又懂前沿模型。

案例四：2025 物理奖银奖《Development of a High-Efficiency Objective-Prism Stellar Spectrograph And Construction of its Dedicated AI Classification Model》（北师大附属实验中学）。这一项目是「硬件 + AI」的典范——学生自己搭建了一台物棱光谱仪（硬核物理工程），并训练了 AI 分类模型对采集到的恒星光谱进行自动归类。范式启示：物理奖中纯 AI 的项目较难胜出，但是 AI 作为一个「让你的物理实验成倍提速」的工具时，会成为巨大加分项。

案例五：2024 生物奖优胜《AI-Guided Design and Preliminary Validation of Anti-Tuberculosis Subunit Vaccine》。这一项目展示了 AI 辅助药物/疫苗设计的标准范式：用 AI（蛋白结构预测、表位预测、亲和力计算）筛选候选，再通过湿实验验证若干个 top candidates。范式启示：评委非常看重「AI 筛选 + 真实实验验证」的闭环——只有计算结果没有实验，会被视为「纸上谈兵」；只有实验没有计算，则被视为「没有用上 AI 时代的方法论」。

案例六：2025 经济金融建模奖金奖《Firm-Level Impacts of Artificial Intelligence on Labor Demand: Evidence from Online Job Postings》（上海星河湾双语学校）。这一项目把 AI 本身作为研究对象，用网络爬取的招聘文本构建数据，用 NLP 模型识别岗位的 AI 相关性，再做计量识别。范式启示：经济金融建模奖中，AI 作为研究对象 + 计量识别作为研究方法，是近两年公认的高分组合。

7.8 常见误区

误区一：用 AI 越多，论文越「现代」。评委见过太多堆砌 transformer、扩散模型、强化学习的论文。模型本身的「现代性」并不能带来加分；研究问题是否值得做、AI 是否解决了问题，才是判定标准。一篇用 logistic regression 解决真问题的论文，比一篇用 100 亿参数大模型炫技但不解决问题的论文要强得多。

误区二：评委不懂 AI，所以可以糊弄。丘奖顾问委员会与评审委员会中有大量计算机、统计、生物信息背景的教授，他们对 AI 的了解程度远高于绝大多数高中生。即便是数学、物理领域的纯理论评委，也通过日常科研接触 AI 的频率远高于学生想象。想用术语堆砌或刻意复杂化来糊弄评委，结果只会被反问得更深、更狠。

误区三：让 LLM 替我写中文 / 英文摘要，没人能发现。 LLM 生成的文本有显著特征：过度对称的句式、空泛的形容词（「significant」「novel」「remarkable」高频出现）、不自然的过渡词（「moreover」「furthermore」连用）、避免具体数字的倾向。评委——尤其是常年带博士生的学者——对这些特征非常敏感。一旦摘要的英文风格与你答辩时的口语水平形成明显落差，怀疑就已经产生。

误区四：用了开源模型就一定合规。 开源模型并不意味着可以无条件使用。不同模型的 license 差异极大：LLaMA 系列有商业使用限制；HuggingFace 上很多模型禁止用于医疗、法律等高风险场景；某些数据集（如 ImageNet）禁止商业用途。评委不会查每一个 license，但若涉及发表或后续推广，license 问题会成为隐患。

误区五：AI 工具的使用不需要在参考文献中标注。 对于实质性参与研究的 AI 工具（如某个特定的预训练模型、某个数据分析平台），应该像引用学术论文一样在参考文献中标明。例如使用 BERT 模型应引用 Devlin et al. (2019)，使用 GPT-4 可引用 OpenAI 的 technical report。对于通用润色（语法检查等），可在致谢中合并说明。

误区六：AI 给我的统计结果可以直接放进论文。 ChatGPT 的 Code Interpreter、Claude 的 Analysis 模式都可以输出统计结果，但这些结果可能存在浮点精度问题、版本差异、未公开的预处理步骤。任何写入论文的统计数字都应在你本地 Python/R 脚本中独立复现，并存档完整的可执行 notebook，以备评委追问。

7.9 自查清单：提交论文前的 AI 使用合规自查

在你最终提交论文给丘奖之前，请逐条核对以下清单。任何一项打不上勾，都应回去补救。

1. 我能解释论文中每一段 AI 协助过的文字，并能在不借助 AI 的情况下用自己的话重述其内容。
2. 我能在白板上推导论文中所有关键公式 / 算法步骤，无需查阅任何资料。
3. 我能脱离 PPT，仅凭口头讲述完整地汇报本研究的研究问题、方法、结果与结论。
4. 我能精确说出训练数据的来源、规模、清洗规则、标签获取方式与潜在偏差。
5. 我能精确说出模型的架构、参数量级、训练超参数（学习率、batch size、epochs）与训练设备。
6. 我做了至少一次完整的交叉验证或独立测试集评估，结果与论文中报告的指标一致，且我保留了完整的训练日志（如 Weights & Biases 链接或本地 CSV）。
7. 我至少与三个不同强度的 baseline（朴素、传统强基线、近期 SOTA）进行了对比，并能在答辩中说明为什么选这些 baseline。
8. 我在论文的致谢与/或方法学中明确披露了 AI 工具的使用范围（具体到工具名称、版本与用途）。
9. 我引用了所使用的预训练模型 / 数据集 / 算法的原始论文，未把 AI 生成的引文直接复制粘贴。

10. 我准备好回答评委关于「AI 在你研究中扮演什么角色」「不用 AI 你还能做到吗」等开放式问题的回答框架。
11. 我对论文中任何 AI 生成的图表与数字都做了本地复现，并保存了可执行脚本。
12. 我的论文摘要、引言开头与结论的关键句子，是我亲手写的，没有让 AI 改写或重组结构。

结语。 AI 在丘奖中的角色，正在从「需要解释为什么用」转向「需要解释为什么不用」。但即便如此，评委关注的核心从未改变——你是否真正提出了一个值得回答的问题，你是否真正理解你所用的方法，你是否在原创性上做出了哪怕一点点真正属于你自己的贡献。工具是新的，标准是旧的。这正是丘成桐奖在 AI 时代仍然具备甄别能力的根本原因。

参考文献

- [1] COMMITTEE Y. "S.-T. Yau High School Science Award Introduction"[Z]. <http://www.yau-awards.com/page-sponsor.html> Accessed May 28, 2026.
- [2] Wikipedia. "S.-T. Yau — Wikipedia page"[Z]. <https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%B8%98%E6%88%90%E6%A1%90&oldid=70926239> Accessed May 28, 2026.
- [3] COMMITTEE Y. "S.-T. Yau High School Science Award Sponsor"[Z]. <http://www.yau-awards.com/page-consult.html> Accessed May 28, 2026.
- [4] COMMITTEE Y. "S.-T. Yau High School Science Award Judging Criteria"[Z]. <http://mss.tsinghua.ofapp.net/page-criteria.html> Accessed May 28, 2026.
- [5] HUANG Y, WANG C. "Efficient Algorithm for Parallel Bi-core Decomposition"[Z]. <https://www.yau-science-awards.org/upload/202111/08/202111082215599505/202111082215599505.pdf> Accessed May 28, 2026.
- [6] HUANG Y, WANG C. "Efficient Algorithm for Parallel Bi-core Decomposition"[Z]. <https://dekind.mit.edu/research/highschool/primes/materials/2021/October/10-3-Huang-Wang.pdf> Accessed May 28, 2026.
- [7] ZHU Y. "Github personal page - Yi Zhu"[Z]. <https://yizhu-thu.github.io/index.html> Accessed May 28, 2026.
- [8] ZHEJIANG U. "Zhejiang University Personal Homepage - Xu Hongwei"[Z]. <https://person.zju.edu.cn/xuhw> Accessed May 28, 2026.
- [9] TSINGHUA U. "Tsinghua University Xinya College - Ye jun"[Z]. <https://math.tsinghua.edu.cn/info/1075/1761.htm> Accessed May 28, 2026.
- [10] MATH X X. <https://xw.qq.com/cmsid/20210717A0082J00> Accessed May 28, 2026.
- [11] 储召生, 梁丹, 张敏. "中国教育报: 丘成桐教授专访"[Z]. <https://www.yau-awards.com/show-86-22.html>, originally published in 《中国教育报》2022年1月13日第3版, Accessed May 28, 2026.