2026 年菲尔兹奖：四位得主，四种抵达数学前沿的方式

2026-07-24　原文链接

网站版本 1c934d989f84 · 文章 ID h_92e202fb97e93ffb

邓煜、John Pardon、Jacob Tsimerman、王虹：有人从围棋与奥数走向数学物理，有人把中文学到国际辩论赛冠军水平，有人把数理逻辑变成代数几何的利器，也有人证明三维空间里的“针”无法真正藏进低维缝隙。



图 1: 2026 年菲尔兹奖四位得主：邓煜、John Pardon、Jacob Tsimerman、王虹

2026 年 7 月 23 日，国际数学联盟在美国费城举行的国际数学家大会开幕式上，宣布本届四位菲尔兹奖得主：芝加哥大学的**邓煜**、石溪大学西蒙斯几何与物理中心的 **John Pardon**、多伦多大学的 **Jacob Tsimerman**，以及纽约大学和法国高等科学研究所的**王虹**。〔1〕〔2〕

菲尔兹奖每四年颁发一次，每届授予二至四位在颁奖年份未满 40 岁的数学家。奖项既表彰已经完成的杰出工作，也强调未来继续作出重要贡献的潜力。2026 年，每位得主获颁一枚金质奖章和 1.5 万加元奖金。〔1〕〔2〕

这一届四位得主分属数学物理、辛几何、数论与调和分析，研究对象差异极大，却都在处理同一个深层问题：

当一个系统复杂到无法直接计算、一个空间奇异到无法正常计数，或者一个几何对象细碎到几乎“没有体积”时，数学家怎样发明新的语言，把它重新变得可控？

一、邓煜：从围棋棋盘到气体粒子的“碰撞家谱”



1. 学习经历：深圳少年、北大、MIT 与普林斯顿

邓煜成长于深圳。父亲从事计算机编程，小时候带他爬山时，经常随口出一些组合数学小题。对少年邓煜而言，数学最初不是一套需要背诵的知识，而是一类可以随时拿出来琢磨的谜题。〔3〕

2006 年，16 岁的邓煜代表中国参加第 47 届国际数学奥林匹克竞赛，以 35 分获得金牌，个人并列第 6 名。〔4〕

2007 年，他进入北京大学数学科学学院，之后转学至麻省理工学院。2010 年，他成为普特南数学竞赛的 Putnam Fellow；2011 年取得 MIT 数学学士学位；2015 年在普林斯顿大学获得博士学位，导师是偏微分方程专家 Alexandru Ionescu。此后，他曾任教于南加州大学，并于 2024 年加入芝加哥大学。〔3〕

除菲尔兹奖外，他还获得过斯隆研究奖、奥伯沃尔法赫奖、MCA 奖、安东尼奥 · 安布罗塞蒂奖章、世界华人数学家大会数学奖金奖、Clay Research Award，以及美国数学会 Leonard Eisenbud 数学与物理奖等荣誉。〔3〕

2. 竞赛之外：他差点成为职业围棋手

邓煜从小接受系统的围棋训练，也参加过有成年棋手参与的业余赛事。他曾认真考虑过走职业棋手道路，最终因为数学竞赛成绩和对研究的兴趣，选择进入数学世界。〔3〕

围棋与他后来的研究之间并不存在简单的因果关系，但两者确实共享一种思维习惯：面对大量可能变化时，不可能把每条路线都计算到底，必须找到能够压缩局面的结构。

这种能力，后来被他用于处理波和粒子之间极其庞大的 “相互作用历史”。

3. 研究经历：随机性怎样在复杂系统中传播

邓煜主要研究偏微分方程、概率方法和数学物理。

偏微分方程可以描述温度扩散、流体运动、量子波函数演化等过程。许多真实系统由海量粒子或波组成，每个微小成分都在与其他成分相互作用。

一次碰撞并不可怕。真正困难的是：

- 同一批粒子可能反复相遇；
- 一次作用会影响下一次作用；
- 局部相关性会沿时间不断积累；
- 所有可能的相互作用会形成数量惊人的树状或图状历史。

邓煜与合作者发展出一套精细的组合—概率方法：把所有可能的相互作用编码成类似“账本”的结构，再把很长的时间区间切分成较短片段，逐层控制相关性的积累。这个思想先在波湍流研究中成熟，随后被迁移到气体粒子的碰撞问题。〔2〕〔3〕

他的菲尔兹奖获奖工作主要包括三个相互关联的方向：

- 从非线性色散系统严格推导波动动力学方程；
- 用概率方法研究非线性薛定谔方程及随机性的传播；
- 从大量遵循牛顿定律的硬球粒子出发，严格推导玻尔兹曼方程。〔1〕〔2〕

4. 获奖成果：从牛顿力学到玻尔兹曼方程

描述气体，可以采用三种尺度。

微观尺度上，数学家追踪每一个粒子的位置和速度，使用牛顿力学。

介观尺度上，人们不再追踪单个粒子，而研究粒子以某种位置和速度出现的统计分布，使用玻尔兹曼方程。

宏观尺度上，气体被视为连续流体，使用欧拉方程或纳维–斯托克斯方程。

物理学家长期相信，这三套描述应当首尾相接：粒子足够多时，牛顿力学应当导出玻尔兹曼方程；经过进一步的尺度极限，玻尔兹曼方程又应导出宏观流体方程。

后一个环节已有深厚理论，长期缺失的是从微观粒子运动到介观统计规律的严格推导。

玻尔兹曼方程隐含一种关键近似：两个即将碰撞的粒子在碰撞前不能保留太强的共同历史。但在真实动力学中，同一批粒子可能多次相遇，相关性会不断累积。

1975 年，Oscar Lanford 证明了这一推导在极短时间内成立。时间一旦拉长，可能出现的碰撞历史便迅速爆炸，成为延续数十年的障碍。

邓煜、Zaher Hani 与马骁建立了一套记录、分类和裁剪碰撞历史的方法：

- 将所有可能的碰撞编码为巨大的组合结构；
- 识别会制造强相关性的“再碰撞”模式；

- 把长时间分解成许多短时间片段；
- 证明复杂历史虽然数量巨大，但总体贡献仍然足够小；
- 恢复玻尔兹曼方程所需要的统计独立性。

他们先处理无限空间中粒子逐渐散开的情形，又处理粒子被关在盒子里、更加容易反复碰撞的情形。最终，团队在明确的数学假设和尺度极限下，完成了从硬球牛顿动力学到玻尔兹曼方程的严格推导。成果于 2025 年公开。〔3〕

5. 这是否意味着“彻底解决了希尔伯特第六问题”？

1900 年，希尔伯特提出 23 个著名问题。第六问题要求为物理学建立更严密的公理基础，其中一个核心方向，就是解释不同尺度上的物理定律怎样由更基础的定律推导出来。

邓煜团队的工作完成了这一宏大计划中一个长期缺失的关键环节。

更准确的表述是：

> **他们解决了希尔伯特第六问题框架下，关于稀薄气体与玻尔兹曼方程的一个核心而明确的版本**。

不宜笼统写成“整个希尔伯特第六问题已经被彻底解决”。第六问题覆盖的范围远大于这一具体模型，数学物理中仍有大量开放方向。

6. 有趣故事：炸鸡店灵感、李商隐和“百合梗”

2021 年，邓煜在布朗大学 ICERM 访问。一次在普罗维登斯的一家韩式炸鸡店里，他突然想到：既然长时间相互作用难以直接控制，何不把长区间切成许多短区间，再设计方法将估计重新拼接起来？

这个看似朴素的“切短再组合”，后来成为他处理波湍流长时间相关性，并进一步分析粒子碰撞历史的重要思想。〔3〕

邓煜也喜欢诗歌、小说、谜题、漫画、围棋和足球。他尤其欣赏李商隐的诗，认为严格格律并不会扼杀表达，反而能产生另一层美感——这与他研究方程时在严格结构中寻找丰富行为颇有呼应。〔5〕〔17〕

邓煜公开的知乎账号“Yu Deng”在个人资料中标明芝加哥大学任职信息，主页签名包含“愿世界和平，愿龙怜结婚”，也曾参与百合动漫、小说与角色配对等话题。〔6〕

二、John Pardon：安静得近乎沉默，却总能重建一整套数学基础



1. 学习经历：普林斯顿第一名毕业，博士毕业前已被争抢

John Pardon 成长于美国北卡罗来纳州教堂山，父亲 William Pardon 是杜克大学数学家。

他在中学阶段便取得 SAT 数学满分，高中时已经到杜克大学修读高阶课程。进入普林斯顿大学后，从大三起，除一门高阶本科课程外，他几乎只修数学研究生课程。〔7〕

2011 年，Pardon 以数学专业取得普林斯顿大学学士学位，并成为全校毕业生代表。2015 年，他在斯坦福大学获得博士学位，导师是著名辛几何学家 Yakov Eliashberg。

博士毕业后，他先在斯坦福任教一年；2016 年进入普林斯顿大学任教授；2022 年加入石溪大学西蒙斯几何与物理中心。〔9〕〔18〕

2. 竞赛经历：不是 IMO 选手，却连拿三届 IOI 金牌

Pardon 并没有进入美国 IMO 代表队，但他在信息学竞赛上的表现极为突出：

- 2005 年国际信息学奥林匹克竞赛金牌；
- 2006 年国际信息学奥林匹克竞赛金牌，个人第 5 名；
- 2007 年国际信息学奥林匹克竞赛金牌，个人第 5 名。〔8〕

2007 年，他还凭借一项微分几何研究获得 Intel Science Talent Search 第二名。本科期间，他获得 Goldwater Scholarship；毕业后凭结理论研究获得 Morgan Prize。此后又获 Clay Research Fellowship、Packard Fellowship、美国国家科学基金会 Waterman Award 和 Clay Research Award 等。〔7〕〔18〕

3. 本科生推翻 Gromov 关于结畸变的猜想

Pardon 高中时喜欢在网上阅读数学论文。他由此看到 Mikhail Gromov 提出的一个结理论问题。

所谓“结的畸变”，可以想象一根打结后首尾相接的绳子。绳上的两点，沿绳行走的距离可能很长，而穿过空间直线到达的距离却很短。两种距离比值的最大值，可以衡量这个结有多“绕”。

Gromov 问，某类看似规整的环面结，其最小畸变是否存在统一上界。

Pardon 在本科阶段证明答案是否定的：可以构造畸变任意大的环面结。论文随后发表于《数学年刊》。〔7〕

他的第一次尝试并不成功。他曾以为自己找到了一个漂亮证明，写了两周后才发现整个思路是错的。后来，他在英国一座公园散步时找到新的入口，最终完成证明。

另一个著名故事发生在普林斯顿的一次晚宴上。教授 János Kollár 随口提到一个困扰自己的拓扑问题，一周后，Pardon 便发来了解答，而且很快将结果推广到远超原问题的范围。〔7〕

4. 获奖成果之一：让“有奇点的解空间”也能被严格计数

Pardon 的核心研究领域之一是辛几何。

辛几何最初来自经典力学的相空间：一个物理系统的位置与动量组合在一起，形成带有特殊结构的高维空间。理解这类空间的一种关键方法，是研究其中的**伪全纯曲线**。

这些曲线像探针，可以揭示辛流形的整体结构。但当数学家试图“数一数”满足某些条件的曲线时，会遇到严重问题：

- 曲线族形成的参数空间可能存在奇点；
- 空间维数可能突然跳变；
- 不同分支可能相切，而不是干净地横穿；
- 直接计数会漏算、重算，甚至根本无法定义。

理想情况下，两个对象像字母“X”一样横穿；现实中，它们可能只是轻轻相切。传统交点计数因此失效。

Pardon 在博士论文中发展出新的**虚基本循环**方法。他不是强行把奇异空间修平，而是建立一套兼容的局部数据和代数记录，从破碎、粘连、维数异常的解空间中，提取一个行为如同“正确维数基本类”的虚拟对象。

通俗地说：

> **现实中的解空间可能支离破碎，Pardon 为它设计了一套不会被奇点欺骗的计数账本。**

这一方法解决了辛几何中长期存在的横截性与基础严谨性问题，并被用于相当广泛的伪全纯曲线模空间。〔2〕〔9〕

5. 获奖成果之二：Fukaya 范畴与 MNOP 猜想

Fukaya 范畴把辛流形中的拉格朗日子流形、伪全纯多边形及其复合关系，组织成一个高阶代数结构。它是同调镜像对称的核心语言之一：一个几何世界中很难计算的问题，可能在其“镜像”的代数世界中变得清晰。

Pardon 与合作者对 Liouville 流形的 Fukaya 范畴建立了重要结构性结果。国际数学联盟的获奖词特别强调了他在虚基本循环、Fukaya 范畴和伪全纯曲线计数方面的新方法。〔1〕〔2〕

他近年的另一项代表性突破，是证明延宕约 20 年的 **MNOP 猜想**。

在 Calabi–Yau 三维簇上，数学家有两套看上去完全不同的曲线计数：

- Gromov–Witten 不变量，按照曲线的亏格等信息组织；
- Donaldson–Thomas 类不变量，使用代数几何中的层或理想对象组织。

MNOP 猜想断言，这两套数列其实来自同一个配分函数，只是使用不同变量、从不同方向展开。

可以把它理解为：同一个函数拥有两种级数展开，表面的系数完全不同，背后却是同一个对象。

Pardon 构造新的代数工具，建立两种计数之间的对应。它的价值不只是证明一个等式，更意味着数学家可以在两套工具之间切换：一边难算时，转到另一边。〔2〕〔9〕

6. 有趣故事：为什么学中文？“因为汉字最难”

Pardon 本科时想学习一门新语言。他选择中文的理由极具个人风格：在当时可选的语言中，中文书写系统看起来最难。〔7〕

大一结束后的暑假，他参加 Princeton in Beijing 沉浸式项目，随后持续修读高级中文课程。普林斯顿教师评价，他是极少数能在四年内把中文掌握到如此程度的学生之一。

大三时，他代表普林斯顿参加在新加坡举行的国际大学生华语辩论赛，所在队伍获得非母语组冠军。比赛中，他能自然使用《论语》和其他古典文献中的表达。〔7〕

他从 6 岁起学习大提琴，本科四年参加普林斯顿 Sinfonia 乐团，两次赢得学生乐团协奏曲比赛，还参加过杂耍社团和户外活动。〔7〕

同事眼中的 Pardon 极其安静，通常只在确定正确时开口。但他会在 MathOverflow 上认真回答日常问题，例如分析煎饼的蓬松、松散或筋道与泡打粉之间的关系。

与合作者做数学时，他曾在一个下午吃掉一大袋中“可能接近一百个”的桃子；另一次在北京合作研究，则是一边吃榴莲一边讨论数学。〔9〕

三、Jacob Tsimerman：把“驯服复杂性”的逻辑工具带进数论与几何



1. 学习经历：16 岁读大学，两年完成本科

Jacob Tsimerman 出生于俄罗斯喀山，幼年随家人先迁往以色列，后定居加拿大多伦多。母亲是数学教师，祖父从事物理研究，家人经常给他出装水、列车相遇等谜题。〔10〕〔12〕

他在多伦多大学附属中学 University of Toronto Schools 就读。12 岁第一次参加加拿大数学奥林匹克时，大部分题都没有做对，但比赛结束后，他仍跑到多伦多大学找了一块黑板，花数小时继续研究一道没有解出的几何题。

这件小事很能说明他的竞赛观：比赛真正留下的，不只是速度和名次，而是对困难问题的黏着力。〔12〕

2. 竞赛经历：两届 IMO 金牌，一次满分世界第一

Tsimerman 在中学阶段取得了极其耀眼的竞赛成绩：

- 2003 年国际数学奥林匹克竞赛金牌；
- 2004 年国际数学奥林匹克竞赛满分 42 分，全球并列第一。〔11〕

16 岁时，他进入多伦多大学数学专业，仅用两年便于 2006 年完成本科。2011 年，他在普林斯顿大学取得博士学位，导师为数论学家 Peter Sarnak。

此后，他成为哈佛大学 Society of Fellows 初级研究员，随后回到多伦多大学任教，并成为该系当时最年轻的正教授。2025—2026 学年，他在普林斯顿高等研究院担任访问教授。〔10〕

3. 研究起点：André–Oort 猜想与“特殊点”

数论中的许多几何空间，不只是形状的集合，还编码椭圆曲线、阿贝尔簇等算术对象。

某些点对应具有额外对称性的对象，被称为**特殊点**。André–Oort 猜想大意是：

如果一个代数子空间中出现了异常多的特殊点，那么这些点并非偶然聚集；整个子空间本身应当来自更深的特殊结构。

这属于“非可能交”思想：通常不应频繁相遇的算术条件，如果真的大量相遇，背后必然存在结构性原因。

证明这类命题，需要同时控制两个方向：

- 特殊点的算术复杂度，例如其 Galois 轨道有多大；
- 一个几何集合中，复杂度受限的有理点能有多少。

Tsimerman 的关键贡献，是把数论中的深层估计与模型论中的 o-极小计数方法接通，为 André–Oort 猜想取得决定性进展，并与合作者推动其完整证明。〔2〕〔10〕〔12〕

4. 获奖成果：什么是 o-极小性？

“o-极小”来自数理逻辑和模型论。它的核心不是对象“很小”，而是对象足够**驯服**。

在一条实数轴上，一个 o-极小结构允许定义的集合，只能是有限个点和有限个区间的并。它排除了无限振荡、到处破碎的病态集合。

进入高维后，允许的几何对象仍然可以分层、切割，并拥有良好的维数理论。

这为什么对数论有用？

数论经常需要统计“高度不超过某个界的有理点”。Pila–Wilkie 定理说明，在一个 o-极小可定义集合中，除去真正的代数部分后，有理点不会多得离谱。

于是，如果某处出现了异常多的有理点，数学家便可以反推：那里很可能隐藏着代数结构。

Tsimerman 并非只是把一件现成工具拿来解决一道题。他与合作者扩展了 o-极小方法在算术几何、复几何与霍奇理论中的适用范围，使它从一种技巧变成一套基础方法。

国际数学联盟的获奖词称，他的工作“极大扩展了 o-极小技术在算术与复代数几何中的适用范围”。〔1〕〔2〕

5. Griffiths 猜想与 o-极小 GAGA：让解析影像显出代数骨架

一个复代数簇的上同调会随参数变化，这种变化由**周期映射**编码。

周期映射最初属于复解析世界：它由积分、微分形式和复结构产生，并不显然是一个代数对象。

Griffiths 猜想预言，周期映射的像其实具有代数性。

2018 年，Tsimerman 与 Benjamin Bakker、Yohan Brunebarbe 证明这一猜想，并发展出 **o-极小 GAGA** 框架。〔10〕〔12〕

经典 GAGA 定理连接复射影代数几何与复解析几何；o-极小 GAGA 则在“可定义”的解析环境中恢复类似桥梁。

其思想可以概括为：

先用 o-极小性排除解析对象的野性，再证明其背后必然存在代数结构。

这使逻辑、数论、复几何和霍奇理论形成了一条新的方法链。

需要特别说明：这些成果与霍奇猜想的世界密切相关，但**不等于证明了霍奇猜想本身**。

6. 有趣故事：公开承认“我就是想赢”

Tsimerman 谈数学时，很少使用“只为纯粹的美而研究”式的浪漫叙事。他坦率承认，真正进入解题状态后，驱动力往往就是想率先解决难题。

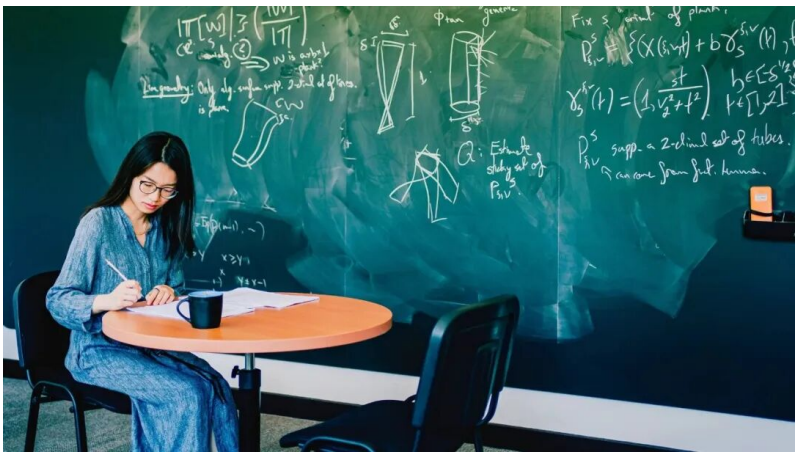
获奖后，他同时强调现代数学是一项“团队运动”：很多成果很难拆分出每个人的独立份额，而许多合作者也是他的亲密朋友。〔10〕

博士阶段，他曾在量化交易公司 Jane Street 实习两个月，也在另一家投资机构兼职。金融工作同样有难题、聪明同事和清晰反馈，但他最终更喜欢数学研究的开放性与长周期。〔12〕

他还长期学习即兴喜剧。在纽约 Upright Citizens Brigade 上课后，他继续在剑桥和多伦多参加即兴表演，甚至创作过一部音乐剧。

即兴喜剧要求人在几秒内作出选择、接受结果、继续推进；数学研究则相反，需要尽可能获得控制。Tsimerman 认为，正是这种反差让两者都充满吸引力。〔12〕

四、王虹：一根可以指向所有方向的“针”，为什么仍然占满三维？



1. 学习经历：从地球科学转入数学，从法语课堂绕道建筑

王虹出生于广西桂林，父母都是教师。她小时候喜欢希腊神话、《哈利 · 波特》和《指环王》，也打乒乓球和羽毛球。

数学最初只是众多兴趣之一，但她常常在开学前便把新教材后的题全部做完。〔15〕

她 6 岁时遇到一道题：怎样种七棵树，使“三棵一排”的直线尽可能多？

她很快画出一个正三角形，在三个顶点、三条边的中点和中心各放一棵树，由此得到六条三点共线的直线，比数学教师父亲更早找到答案。

这个小游戏属于关联几何：研究点、线以及它们怎样相交。多年以后，这类问题成为她研究挂谷猜想的重要背景。〔15〕

2007 年，王虹考入北京大学，最初就读地球科学专业，之后转入数学科学学院。

2011 年本科毕业后，她进入法国巴黎综合理工学院学习。刚到法国时，她几乎不会法语，却要直接听全法语课程。凭借已有数学基础，她一边上课，一边通过与同学吃饭和交谈学习语言。〔15〕

她一度怀疑自己是否适合做研究，于是转学建筑一个学期，并在巴黎建筑事务所实习。建筑工作压力较小，却让她找不到真正想追逐的目标。

她最终回到数学，并作出一个重要决定：先不判断自己“够不够好”，只专注于把问题理解得更深。〔15〕

2014 年，她进入 MIT 攻读博士，导师为 Larry Guth，2019 年毕业。此后，她在普林斯顿高等研究院从事博士后研究，2021 年加入加州大学洛杉矶分校，2023 年转入纽约大学；2025 年起，同时担任法国高等科学研究所永久教授。〔13〕〔14〕

2. 关于竞赛经历：没有奥赛奖牌，也能走到数学前沿

与邓煜、Tsimerman 和 Pardon 不同，目前公开的学校简历和权威人物报道中，没有列出王虹的 IMO 或其他国际中学生奥林匹克奖牌。

她的道路更接近“在大学阶段逐渐找到方向”：

- 先从地球科学转入数学；
- 再跨语言进入法国数学教育体系；
- 一度离开数学学习建筑；
- 随后通过研究实习进入调和分析前沿。

这并非履历中的“缺项”，反而说明：

> **顶尖研究能力与中学竞赛奖牌之间，并不存在必然对应。**

3. 研究经历：从傅里叶分析到“细管怎样重叠”

调和分析研究如何把复杂函数、信号或波，分解成不同频率。

傅里叶变换是其中的基础工具。许多偏微分方程的解，可以被看成不同方向、不同频率的波包叠加；在空间中，这些波包常被近似为又长又细的管子。

于是，一大批分析问题最终会变成几何问题：

- 不同方向的细管可以重叠多少?

- 一组方向丰富的线段能挤进多小的集合?
- 一个集合沿许多方向都含有较大片段时，它的维数至少是多少?

王虹的研究不断在傅里叶分析、组合几何和几何测度论之间来回穿梭。

她与合作者在二维波方程的局部光滑猜想、傅里叶限制问题、Falconer 距离集、平面 Furstenberg 集等方面取得重要进展，最终与 Joshua Zahl 解决三维挂谷集合猜想。〔1〕〔2〕〔13〕

4. 获奖成果：挂谷集合猜想到底在问什么？

1917 年，日本数学家挂谷宗一提出转针问题：在平面上，让一根单位长度的针转到所有方向，最少需要多大面积?

后来，Abram Besicovitch 发现，若只要求某个集合中包含每个方向的一条单位线段，那么这样的集合甚至可以拥有**零面积**。

线段可以被极其巧妙地拆散、平移和重叠。

但面积为零，并不代表这个集合真的“像一条线”。为了刻画这类破碎集合的大小，数学家使用 Hausdorff 维数。

挂谷集合猜想断言：

> **在 n 维空间中，只要一个集合包含每个方向的单位线段，它的 Hausdorff 维数就必须是 n。**

换句话说，它可以体积为零，却不能在维数上偷偷降级。

二维情形早已解决；三维情形困扰数学家数十年。

王虹与 Joshua Zahl 证明：**三维空间中的每一个挂谷集合，都具有完整的三维 Hausdorff 维数**。〔14〕〔15〕〔16〕

5. 他们怎样证明三维挂谷猜想？

完整论文长达 127 页，研究持续约四年。证明结合了多尺度分析、加法组合、几何测度论，以及此前围绕“黏性挂谷集合”发展出的思想。〔15〕〔16〕

可以用“对假想反例分类”的方式理解其核心策略：

1. 假设存在一个维数小于 3 的三维挂谷集合；
2. 把其中的线段加粗成细管，在不同尺度观察它们如何聚集；
3. 如果方向相近的管子长期成束粘在一起，集合呈现所谓 **sticky，黏性**结构；
4. 王虹与 Zahl 先证明，黏性结构本身也必须具有三维大小；
5. 如果集合不黏，其过于分散的结构又会迫使维数高于原先假设；

6. 无论黏或不黏，低维反例都无法存在。

这是一种精巧的“两边封锁”：

- 最可能成为反例的高度组织化情形被排除；
- 缺乏组织的情形又因为过于分散而自动占据更多维数。

挂谷估计位于多个数学领域的交通枢纽。对细管重叠的控制，会进一步反馈到傅里叶限制、波方程、局部光滑和组合数论等问题。

同样需要准确表述：

> **王虹与 Zahl 解决的是三维挂谷集合猜想。四维及更高维的情形仍然开放。**

6. 有趣故事：她没有“天才自信”，只有持续理解

即使三维挂谷证明已经在脑中逐渐闭合，王虹仍会怀疑：“为什么会是我解决它？”

她与 Zahl 在 2024 年初已经看到了完整逻辑，但又花了约一年反复检查、修改和请同行审阅，直到 2025 年才公开论文。〔15〕

她习惯用清晨散步、瑜伽和与朋友相处缓解压力。在纽约时，她会到华盛顿广场公园看别人遛狗。她很喜欢狗，却觉得养狗会占用太多研究时间。〔15〕

她喜欢数学的一项重要原因，是数学的确定性：语言有例外，历史叙述会修订，而一个经过严格证明的定理，不会因为意见变化而失效。

她从转专业、全法语课堂、建筑实习再回到数学的经历，也让她的故事不同于常见的“从小一路夺冠”叙事：

> **她不是因为确信自己注定成功才坚持，而是在不确信时，仍然选择把下一层结构理解清楚。**

2026 年，王虹成为继 Maryam Mirzakhani 和 Maryna Viazovska 之后，菲尔兹奖历史上的第三位女性得主。〔13〕〔14〕〔15〕

五、四位得主，四种数学创造力

把四人的成果并列，可以看到四种很不一样的突破方式。

邓煜：控制相互作用的历史

他的核心能力，是在海量波或粒子的交互中找出可压缩的组合结构。

看似无法追踪的碰撞家谱，被切割、分类，并被证明总体影响足够小；宏观统计规律由此从微观动力学中浮现。

John Pardon：旧语言不够严谨，就重建语言

他面对的往往不只是一个难题，而是“现有框架无法可靠表达这个难题”。

虚基本循环让奇异模空间重新可以计数；MNOP 猜想的证明，又把两套表面完全不同的曲线计数统一起来。

Jacob Tsimerman：把一个领域的规则，变成另一个领域的武器

他将模型论中“驯服集合”的 o-极小思想带进数论和复几何，用逻辑工具识别隐藏的代数结构。

他的工作不仅解决猜想，也改变了后来研究者可以使用的方法库。

王虹：在每一个尺度上追问几何怎样聚集

她把傅里叶分析中的波包看成长细管，研究这些管子从微观到宏观怎样重叠。

三维挂谷证明表明：一个集合即使体积消失，只要方向足够丰富，其维数仍无法被压缩。

四位得主共同展示了一件事：

> **现代数学的突破，很少只是“突然算出一个答案”。它更常意味着发明一种新的组织方式——组织碰撞、组织奇点、组织可定义集合，或者组织不同尺度上的细管。**

参考资料与延伸阅读

1. 国际数学联盟：Fields Medals 2026
2. Simons Foundation：2026 Fields Medals Awarded to Four of World’s Top Mathematicians
3. 芝加哥大学：UChicago Prof. Yu Deng receives Fields Medal
4. 国际数学奥林匹克竞赛：2006 年个人成绩
5. Quanta Magazine：Amid Life’s Chaos, a Meticulous Mathematician Finds Stability
6. 知乎：Yu Deng 公开个人主页
7. 普林斯顿大学：Pardon breaks new ground on path to becoming valedictorian
8. 国际信息学奥林匹克竞赛统计：John Pardon
9. Quanta Magazine：The Quietest Mathematician Has Always Been Worth Listening To
10. 多伦多大学：Jacob Tsimerman awarded prestigious Fields Medal
11. 国际数学奥林匹克竞赛：加拿大选手历年成绩

12. Quanta Magazine：Sometimes Being First Means Seeing the End Before Anyone Else

13. 纽约大学 Courant 数学科学研究所：Hong Wang Wins the Fields Medal

14. 法国高等科学研究所：Hong Wang awarded the 2026 Fields Medal

15. Quanta Magazine：Living Fully in the Math World Means Threading the Needle

16. Hong Wang、Joshua Zahl：Volume estimates for unions of convex sets, and the Kakeya set conjecture in three dimensions

17. Yu Deng 个人主页

18. 石溪大学西蒙斯几何与物理中心：John Pardon