

终于“轮到”光遗传学，他们获诺奖众望所归

■本报记者 赵广立 冯丽妃 李晨 江庆龄 见习记者 樊晓丽 郑浩威

经历多年“陪跑”后，今年诺贝尔生理学或医学奖终于“轮到”光遗传学。

北京时间 10 月 5 日，2026 年诺贝尔生理学或医学奖授予美国科学家卡尔·戴塞罗思（Karl Deisseroth）和德国科学家彼得·黑格曼（Peter Hegemann），格奥尔格·内格尔（Georg Nagel），以表彰他们在光调控离子通道与光遗传学领域的突破性发现。

“神经科学界对这个技术获诺奖很早就充满期待。”曾在 2005 年至 2006 年与戴塞罗思共事的中国科学院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所所长、深港脑科学创新研究院院长王立平的这句话，代表了许多科学家的心声。

诺奖评委会评价称，3 位新晋诺奖得主的发现，让人类得以直接验证神经元与行为的因果关联，为理解大脑复杂功能奠定了基石。而在生活中，3 位科学家极具个性，他们有的爱骑自行车，有的在家庭中牢握“奶爸”角色，是“邻家大叔”般的科学家。

众望所归

《中国科学报》：你如何看待今年诺奖颁给了光遗传学这项成果？

浙江大学医学院神经科学研究所研究员郭方：这是神经科学领域翘首以盼的结果。作为研究者，如果翻看现在的神经科学期刊，特别是神经环路研究，你会发现光遗传学已成为最常用，也是最重要的技术手段之一。它功能强大，而且非常有用。

上海交通大学变革性分子前沿科学中心教授凌代舜：我认为今年把诺贝尔生理学或医学奖授予光遗传学是非常自然的结果。这项工作的意义已经远远超出发明一种新的实验技术。它获得诺奖，不仅是对一项具体技术的认可，也是对“利用人工手段精准调控生命过程”这一研究方向上的肯定。

中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心高级研究员徐春：很多人都觉得这项技术早就该拿诺奖。当然也有不同声音，认为它还没有带来颠覆性的临床成果。但这项技术问世 20 多年来，已经斩获格雷特·伦德贝克欧洲大脑研究奖（Brain 奖）、拉斯克奖等重要奖项，领域内一直都在期待它获得诺奖。

《中国科学报》：很多人很早就预测光遗传学会拿诺奖，今年获奖会不会觉得来得有点晚？诺奖评审委员会可能有哪些考量？

德国维尔茨堡大学神经生理研究所光遗传学课题组组长高世强：2010 年到 2015 年，大家就猜测光遗传学会拿诺奖。但科学成果需要时间沉淀，相关临床结果也是近两年才逐步显现的。同时这项技术有来自不同领域的很多人的贡献，评



卡尔·戴塞罗思（左）、彼得·黑格曼（中）、格奥尔格·内格尔。
图片来源：Stanford Medicine, Humboldt-Universität zu Berlin/Philipp Plum, Robert Emmerich/Universität Würzburg

判贡献归属难度很大。

《先进健康老龄化》主编姚怡心：第一，光遗传学从发现到今年约 20 年，科学共同体已经验证了它不是神经圈的“奇技淫巧”，而是可跨领域使用的实验手段，其价值已经获得检验。第二，近几年脑机接口、神经调控受到广泛关注，脑科学与神经退行性疾病干预需求暴发。光遗传学作为可精准控制神经回路的方案，临床转化前景更清晰，这可能是今年授奖的现实考量。

其人其事其趣

《中国科学报》：你印象中的这几位新晋诺奖得主，是什么样的人？他们身上有哪些“大师风范”？

王立平：卡尔·戴塞罗思年轻、有激情，热爱科学。

凌代舜：我对卡尔·戴塞罗思教授印象比较深的一点是，他非常善于把不同学科的问题连接起来。光遗传学是一个非常典型的交叉研究，它不是简单地“用光照射神经元”，而是把光敏蛋白、遗传学、神经科学及光学技术结合起来，最终获得一种能够在活体中对特定神经元进行精准时空控制的方法。我觉得这种研究思路很值得我们这一代科研人员学习。很多真正重要的科学问题，并不一定来自某一个成熟学科的内部，而可能来自不同学科之间的“接口”。戴塞罗思体现出非常强的科学敏锐性和跨学科整合能力。

徐春：卡尔·戴塞罗思还是一名精神科医生。我曾尝试邀请他来华参加会议，但他说很难抽出时间。他开玩笑说妻子（美国斯坦福大学神经病学教授 Michelle Monje-Deisseroth）名气比他更大，自己需要在家照顾孩子，出门参会并不容易。

他凭“幽灵粒子”独享诺奖！该领域中国“未来可期”

■本报记者 倪思洁 赵宇彤 韩扬眉 江庆龄 见习记者 金梦婷

北京时间 10 月 6 日，2026 年诺贝尔物理学奖授予美国理论物理学家弗朗西斯·哈尔岑（Francis Halzen），以表彰他对冰立方（IceCube）中微子天文台的杰出贡献，以及对源自天体的高能中微子的发现。

中微子又被称为“幽灵粒子”。这是继 1992 年之后，诺奖时隔 34 年再次授予单一获奖者，也是诺贝尔物理学奖史上“幽灵粒子”领域的第五个诺奖。据悉，2026 年诺奖单项奖金为 1200 万瑞典克朗。

诺贝尔物理学委员会主席马克·皮尔斯（Mark Pearce）表示，哈尔岑的坚韧与科学远见“为一种全新的天文学铺平了道路”。

冰立方将光传感器布设在 1 立方公里的冰层中，是一个超高能宇宙线探测装置。该装置 2011 年建成运行之后，捕获到来自太阳系外的高能中微子，证实了宇宙中存在远比地球实验室强大百万倍的天然粒子加速器。

诺奖成果：走通技术路线，捕捉到宇宙超高能“幽灵粒子”

《中国科学报》：得知此次诺奖颁奖结果，你是什么感受？如何看待这次获奖的成果？

中国科学院高能物理研究所研究员、所长曹俊：哈尔岑拿到诺奖是意料之外、情理之中。他开创了一个新领域——用超高能中微子研究宇宙线，而且也确实找到了超高能中微子，这是一个重大突破。但不足之处是，冰立方并没有解决宇宙线起源这一根本问题。

超高能宇宙线起源是一个百年难题。它之所以“难”，是因为宇宙线带电，宇宙空间有磁场，我们在地面上探测到宇宙线时，不知它从哪儿来，也无法解释它被什么天体加速的，以及是怎么被加速的。

要解决宇宙线起源的难题，首先要定位，找到天体源，然后靠各路“信使”去研究这些源，找到答案。这些“信使”包括传统的光学方法、X 射线、伽马光子、中微子等。中微子不带电，在宇宙空间弥漫的磁场中不转弯，发现超高能中微子，就可以从它的方向反推回去，从而知道它是从哪个天体发出来的。

2023 年，冰立方首次把超高能中微子与一个天体源联系起来，达到 4.2 倍标准偏差，实现了重大突破。不过，这离解决宇宙线起源问题还有较大距离。我国高海拔宇宙线观测站“拉索”通过另一种方法，即探测超高能伽马光子来例证天体源，找到了多种起源天体，但还没找全。同时，加速机制方面也需要更完整的理论。

当然，诺奖并不是一定要等到把问题彻底解决了才能颁发。

上海交通大学物理与天文学院教授李亮：在奖项揭晓前，我就预测粒子物理领域可能会成为今年诺奖的黑马。出乎意料的是，该奖项授予了粒子物理与天文学的交叉领域——粒子天文学，而且仅授予一人。

哈尔岑早在 20 世纪 80 年代就提出在南极冰下建造中微子望远镜的构想，AMANDA 是冰下中微子探测宇宙线起源的第一代探测器，冰立方是在它基础上扩建升级的设备。中微子是人类了解最少的基本粒子之一。此次诺奖不是中微子研究的重复获奖，也不是“中微子又赢了”，而是中微子天文学这一新范式获得诺奖的正式承认。

中国科学院大学前沿交叉科学学院院长副教授本达：早在 10 年前，冰立方就让学界备受震撼。它是开启多信使天文学的一个标志性事件。诺奖颁给冰立方，我认为表彰它开启了一个时代，它真正把整套技术路线走通了，起到了承前启后的作用。

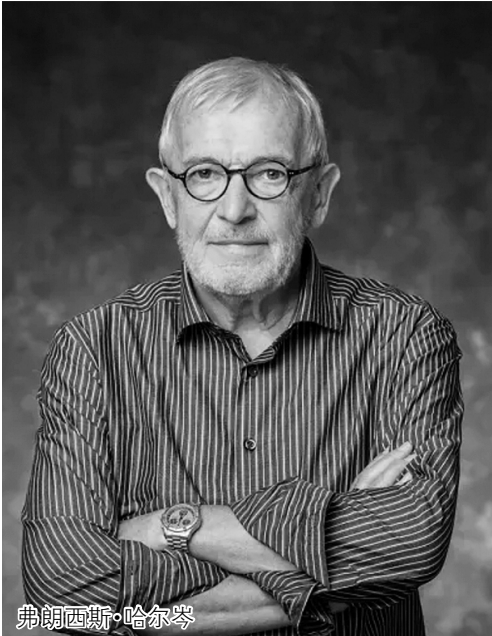
诺奖得主：“一位典型的欧洲绅士”

《中国科学报》：哈尔岑是一个怎样的人？

上海交通大学李政道研究所粒子物理部主任、李政道讲席教授何小刚：我和哈尔岑相识于 1986 年。我当时在美国夏威夷大学读研究生，他是我导师的长期合作者。我对他的第一印象是非常友好，没有一点架子。与哈尔岑交往多年，令我感触最深的是，他永远把科学放在第一位。他只要看准了一个课题，不管有多艰难，都会慢慢钻研。

正如冰立方实验，很多人不了解的是，当时夏威夷大学正在开展 DUMAND 深海中微子实验。尽管 DUMAND 实验后来失败了，但他非常笃信，认为高能中微子领域一定有我们还不理解、还没有探测到的东西。他考虑到南极去做实验，但大家都不知道实验方向，而他非常坚持，不断发掘实验的潜力和可行做法，后来得到了美国国家科学基金会的支持，实验才得以推进。

生活中的他是一位典型的欧洲绅士，穿着整齐、得体，讲话让人舒服，不讲排场。我比他年轻十几岁，但他把我当朋友对待。他对美食也很有研究，我们聚餐时，他选择的食物都很有特色。他还非常严谨，每一次开会都认真准备报告和相关资料。他现在是上海交通大学李政道研究所的国际学术咨询委员会委员，我们



图片来源：Althea Doutzour/威斯康星大学麦迪逊分校

上次见面是在 2023 年召开的国际学术咨询委员会会议。当时他已经非常有名了，但跟我们坐在一起，仍像老朋友一样。

上海交通大学物理与天文学院副教授、李政道研究所所长聘学者徐东莲：我 2008 年前往美国读研究生，2018 年回国工作，在冰立方工作了大约十年。我的博士导师是冰立方标定系统负责人，早期我主要做探测器底层标定工作。后来我到冰立方总部从事博士后研究，直接与哈尔岑合作。

哈尔岑是位非常纯粹的科学家，有极强的个人魅力，对年轻人永远支持、鼓励。我觉得他是高能物理领域为数不多的“绅士”。大科学装置往往由多国参与，会涉及经费、科学课题、贡献归属等问题，不同组有竞争、争吵时，哈尔岑永远把科学放在第一位。这也是我从他身上学到的最宝贵的一课——作为科学家，始终坚守“科学第一”。

李亮：他是中微子物理领域的元老级人物。早在上世纪 80 年代，他就提出“在南极冰层内部布设粒子探测器寻找高能中微子”的大胆构想。我 1999 年到美国威斯康星大学麦迪逊分校读博时，他正在该校任教。他曾经给我们博士生宣讲过第一代南极冰下中微子望远镜 AMANDA，鼓励大家去南极做实验。

华人科学家被忽视了

《中国科学报》：今年诺奖公布后，大家也在讨论华人科学家潘卓华。他早在 2004 年就完成了相似的实验，你怎么看待这件事？

郭方：这件事确实值得我们思考。潘卓华很早就做出了具有前瞻性的光遗传学应用工作，但投稿上经历了一些坎坷。一项成果最终产生多大影响，不仅取决于谁最早做出来，也与发表平台、传播范围、后续技术优化，以及有没有形成一个被大量实验室采用的技术体系有关。对于当时具体的审稿和编辑决定，我们今天很难简单归因。但不可否认，华人科学家过去在国际学术传播和话语权方面确实面临过更多挑战。

另外，卡尔·戴塞罗思等人的工作在科学和技术层面完成了非常关键的系统化发展。现在广泛使用的很多光遗传工具，都是在这条技术路线基础上不断优化、迭代出来的，并最终发展成为一个高度通用的神经科学工具体系。因此，它形成了一条非常清晰且影响深远的技术传承脉络。潘卓华很早就意识到光敏蛋白在视觉恢复方面的潜力，并将相关思路应用于视网膜和失明动物模型研究。这些早期探索具有很强的前瞻性，是光遗传学发展历史中值得重视的一部分。

《中国科学报》：诺奖通常最多由 3 人分享，但现代重大科学问题的解决往往需要大规模合作。如何看待个人创造性与团队协作之间的关系？

复旦大学基础医学院青年研究员赵猛：诺奖最多授予 3 人，这是在众多贡献中，肯定少数作出突出、关键贡献的人，但往往无法覆盖所有参与者。随着新技术发展，究竟应把一项发现性奖项授予谁，确实需要根据具体情况来判断。近年来，技术日新月异，涉及的学科越来越广，未来大规模合作会越来越多。

姚怡心：诺奖级发现往往先有“原初的、孤独的思考”式研究。等应用场景出现后，才需要大规模跨团队、多方向合作。前面几位老师谈到的基础突破与个人思考、后续工程化与多中心验证，这两个阶段并不矛盾。

《中国科学报》：如何看待此次诺奖的获奖名单？

姚怡心：光遗传学给了科学家一个精巧的“光电遥控器”，解决了活体动物里“指哪打哪”，毫米级、毫秒级精准操控细胞的难题。

大脑有数百亿个神经元，过去研究神经系统就像用大锤砸手表——电刺激把好神经一起都激活，药物则经肝脏代谢分布到全身，分不清因果关系。当科学家把光敏电闸装载进哺乳动物细胞后，

应用前景广阔

《中国科学报》：如何通俗理解此次的获奖成果？

姚怡心：光遗传学给了科学家一个精巧的“光电遥控器”，解决了活体动物里“指哪打哪”，毫米级、毫秒级精准操控细胞的难题。

大脑有数百亿个神经元，过去研究神经系统就像用大锤砸手表——电刺激把好神经一起都激活，药物则经肝脏代谢分布到全身，分不清因果关系。当科学家把光敏电闸装载进哺乳动物细胞后，

研究前景：“中国在这一领域斩获诺奖，只是时间问题”

《中国科学报》：中国在中微子研究和中微子天文研究上有什么布局？未来的研究前景如何？

李亮：我国中微子探测布局包含低能中微子实验与高能中微子天文两条主线：低能中微子实验方向，从大亚湾反应堆中微子实验到江门中微子实验一脉相承，大亚湾实验成功测得中微子混合角 θ_{13} ，江门中微子实验则瞄准中微子质量顺序这一具备诺奖级重要性的核心科学问题；高能中微子天文方向是南海海铃计划（Trident）、高能水下中微子望远镜（HUNT）等，它们和冰立方原理相通，利用海水作为探测介质，采集中微子信号，追溯高能中微子对应的天体源头。

中国中微子领域的科研势头才刚刚迸发，一系列项目的背后是上海交通大学、中国科学院高能物理研究所和中山大学等多个团队的持续攻坚。中国在这一领域斩获诺奖，不是可能性问题，更多只是时间问题。强大的工业体系为大科学装置与基础突破提供了支撑，一批大科学装置陆续落地运行，正在源源不断地产出前沿成果。

中国科学院高能物理研究所研究员、中国科学院院士曹臻：中微子领域 5 次获得诺奖，足以证明中微子相关物理探索的重要性。目前，我国“拉索”发现了大量存在的拍电子伏粒子源天体，是最有可能的高能中微子源头。据此，我们的测算表明，需要建设 30 倍于冰立方的巨型中微子探测装置，才能认证这一推测，并揭示极端天体物理过程的深层次奥秘。因此，“拉索”团队正在积极推动建设高能水下中微子望远镜。

中国科学院高能物理研究所研究员陈明君：我们正在开展高能水下中微子望远镜的核心预研项目——“海星计划”，即包含 56 个探测单元的 10 万吨级小型样机阵列。这是我国的深海中微子探测项目，聚焦千米级深海探测技术攻关。目前，“海星计划”已在南海完成两次前期海试论证，探测器制作检测等准备工作已经结束，将择机出海投放。

同时，中国科学院高能物理研究所和俄罗斯杜布纳联合核子研究所达成协议，共同在贝加尔湖建设高能水下中微子望远镜，目前已在贝加尔湖投放了 3 串千米长度的探测器以开展相关预先研究。

徐东莲：我担任“海铃计划”的首席科学家。“海铃计划”是面向下一代的中微子望远镜，相关设计方案于 2023 年发表在《自然-天文学》，获得了包括哈尔岑在内的国际专家认可。

今年国庆假期，我们在南海成功安装了海铃首串样机，接入南海观测网，现在一切运行正常。这表明我国海域既有适合建设中微子望远镜的

光一亮，目标神经元在千分之一秒就能被激活；光一闭就“安静”了；换上黄光波长还能给神经元“踩刹车”，强制休眠。这样就能在活体动物身上像弹钢琴一样“弹拨”特定的神经回路。

郭方：光遗传学相当于给科学家提供了一个操纵神经元的“开关”。我们可以通过光线的开、关及不同频率的光脉冲，精确操纵神经元的活性。

凌代舜：我认为光遗传学最重要的贡献之一，是把神经科学进一步从“观察大脑”推进到“精准干预大脑”，从而建立了研究神经回路因果关系的新范式。诺奖评委会今天所强调的，正是这种方法让我们能够进一步理解神经细胞如何塑造记忆、情感和行为。

更重要的是，这项工作的科学逻辑具有很强的普适性。它提出了一个非常重要的问题：如果我们能够找到合适的“接口”，能不能用一种外部可控的能量或信号，去精准读取、干预甚至重构生命系统中的特定过程？光遗传学给出的答案是肯定的。因此，它的影响并不只在于帮助我们认识大脑，而是为“人工调控生命过程”提供了一种非常重要的技术范式。今天我们能够精准调控神经元，未来还可能进一步调控更多类型的细胞、组织乃至复杂的生理过程。

《中国科学报》：光遗传学有哪些应用前景？

高世强：目前最接近临床落地的是视觉修复。全球不少企业正在开展相关临床试验，国内也有几家企业推进。武汉某团队成果让盲人可以恢复并实现自主生活，如骑自行车，甚至打牌。

德国也在开展利用光遗传学重建听力研究。视觉、听力都属于外周系统，不需要深度介入大脑，更具安全性和有效性，因此外周神经是较早落地的方向。直接作用大脑则复杂得多，需要配套技术，如基因递送技术、颅内光传输技术等联合攻关，不能只依靠光控工具本身，但脑部应用的未来前景广阔。

姚怡心：光遗传学不仅可以作为治疗工具，也可作为研究工具，它能帮助寻找“某神经网络、某核团”的精准给药方式。例如，神经退行性疾病可用它定位特定回路，再配合特异给药，减少全脑抑制副作用。

王立平：我们从 2012 年开始，立足深圳，第一时间将实验室团队自主开发的与光遗传相匹配的技术辐射到全国研究机构，降低国内同行的试错成本，提升该领域国内整体的创新效能。未来，用光遗传、神经环路示踪等技术，基于对神经环路调控本能行为的深刻理解，我们希望建立起大脑与外周多器官功能协同调控机体稳态的神经机制，为神经精神系统疾病及其与代谢、免疫等系统共患疾病的早诊优治提供新的解决方案。

（本报记者崔雪芹、刁雯蕙对本文亦有贡献）

区域，也完成了全链条核心技术攻关。我们计划明年开始装机，海铃一期将建成地球上首个临近赤道的中微子望远镜。我们期望能够在 2035 年前完成，让中国拥有灵敏度超越冰立方 10 倍、能够引领世界的中微子望远镜。届时，我们也将加入包括冰立方在内的全球中微子天文网络，开展联合观测。

诺奖启示：得有自己的“独门绝技”

《中国科学报》：今年的诺奖对国内有哪些启发？

中国人民大学物理学院教授于伟强：我感觉诺贝尔物理学奖越来越重视技术，而不只是新的理论，这个趋势已经很明显了。新的物理发现，常需要新技术、新材料。我尤其想鼓励研究生以及刚进入科研职业制道的年轻老师，注重技术发展，要想作出重要贡献，必须要有自己的“独门绝技”。

中国科学院物理研究所特聘研究员杜罗军：无论是粒子物理、高能物理还是凝聚态物理，未来的发展主线异曲同工：如何突破现有认知，去创造更极端的实验条件，把研究推向极致，发现新奇物理，而大科学装置正是孕育原创性成果的最佳土壤。只要通过新的方式，创造新的极端条件，都有机会做出“从 0 到 1”的原创性成果。

复旦大学现代物理研究所青年研究员马龙：对于大型实验取得的重大成果，承认核心人物的地位、给予他们认可，是必不可少的。同时，评价体系也应该认可团队中那些默默付出、长期坚持的研究人员所做的工作。

此外，要集中力量解决重要问题。以中微子研究为例，最重要的是针对这个方向中最基础、最本质的科学问题开展研究。这类工作往往需要开展长期周期的科研攻关，基础研究需要有一批“坐冷板凳”的耐心，希望国家和社会能够给予长期支持和资助，为从事相关研究的人员建立适合长期研究的评价体系。

本达：中微子探测探测，中微子探测起步时不过是吨量级，如今冰立方直接做到了百万吨量级。这样的投入，一定需要国家来主导，同时也离不开世界各国的通力合作。人类文明的工业化进程，恰恰为基础研究提供了百万吨级大工程所必需的基础设施。从这个意义上说，这一次诺奖花落中微子领域，正是人类工业化近一个世纪以来积累的“工业底子”回馈给我们整个文明发展的一份厚礼。

而今后，利用这些大科学装置，无论是我国的天文望远镜、中微子望远镜，还是其他各类大科学设施，也不仅限于高能物理，而是遍及各个学科领域，我们都将站在工业巨人的肩膀上，去攻克基础科学最根本的问题。