编者按：2026年，国家自然科学奖迎来70周年。从1956年以中国科学院科学奖金为名首次颁发，到1982年正式更名为国家自然科学奖，作为五大国家科学技术奖之一，它代表着我国自然科学领域的最高荣誉。

时值庆祝中国共产党建党105周年之际，中国科学院档案馆联合中国科学报社、中国科学院相关获奖院属单位，推出《七秩荣光——档案里的国家自然科学奖》专栏，以档案为凭，回溯以中国科学院为第一完成单位的国家自然科学奖一等奖项目，彰显科学价值，重现时代回响，致敬为我国自然科学事业作出卓越贡献的科学家们。本期获奖课题2015年度一等奖“多光子纠缠及干涉度量”，《中国科大报》全文转载。

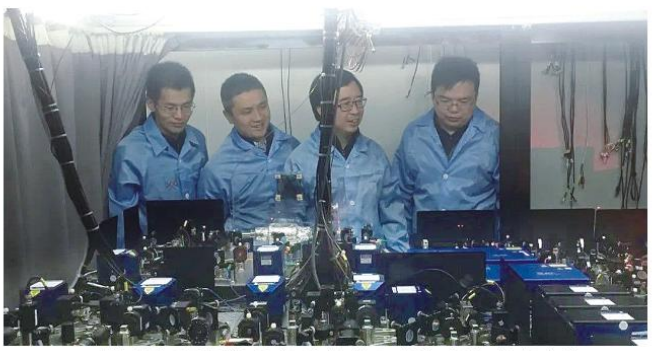
平均年龄不到40岁，凭何拿下国家自然科学奖一等奖

◎ 作者 杜珊妮（中国科学报社） 赵萍（中国科学技术大学档案文博院）

2016年1月8日，2015年度国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂召开。领奖台上，一支来自中国科学技术大学（以下简称中国科大）的团队格外瞩目——由潘建伟、彭承志、陈宇翱、陆朝阳与陈增兵为主要完成人的“多光子纠缠及干涉度量”研究项目，摘得国家自然科学奖一等奖。

这是一支名副其实的“青春战队”——获奖时团队成员平均年龄不足40岁，最年轻的才30岁出头。时年45岁的中国科学院院士潘建伟，由此成为该奖项史上最年轻的第一完成人。

这支团队也被称为量子“梦之队”。他们挑战的是量子信息领域最难啃的“骨头”——多光子纠缠操纵。十几年前，在这条挤满全球顶尖实验室的赛道上，中国科学家一度是默默无闻的追赶者；十几年后，这支队伍将中国量子信息研究推上世界最前沿，让国际量子学界不得不重新打量东方。



“多光子纠缠及干涉度量”主要完成人（左起）陆朝阳、彭承志、潘建伟、陈宇翱在实验室

一个人的归来与一群人的集结

“我要在中国建一个世界一流的量子物理实验室。”1996年，当潘建伟面对博士生导师提出的首个问题“你的梦想是什么”时，他如是说。

这句话，当时听起来有些“天方夜谭”——那时候，中国在量子领域，无论是理论研究还是实验研究，都远远落后于国际先进水平。但对这个刚刚踏出国门的年轻人而言，这并不是一时兴起的豪言壮语。

潘建伟对量子的痴迷，早在读本科时就已生根。1987年，他考入中国科大近代物理系。在校期间，无论是经典力学、电动力学还是统计力学，潘建伟的成绩都很不错，唯独量子力学常常让他“苦思冥想”，甚至有次期中考试量子力学差点没及格。

“双缝实验中，人没有‘看’电子时，就不能说它是从哪条缝过去的，这实在太奇怪了。一个人要么在上海，要么在北京，怎么会同时既在上海又在北京呢？”量子世界越古怪，他就越想搞明白。于是，潘建伟选择与量子“纠缠”下去。

1996年，硕士毕业的潘建伟奔赴量子科学研究的重镇——因斯布鲁克大学，师从著名物理学家、量子信息研究奠基人之一Anton Zeilinger攻读博士学位。Zeilinger因在量子研究领域的开创性贡献，于2022年获得诺贝尔物理学奖。

在Zeilinger实验室，潘建伟深入接触到量子物理的前沿实验领域，并主动请缨加入“量子态隐形传输”实验项目。然而，对于学习理论物理出身的硕士来说，初入实验物理领域前沿，想要做出不错的科研成果，并不是一件易事。那段时间潘建伟几乎整天泡在实验室里，甚至有时凌晨两三点钟还未回家。

功夫不负有心人。经过一年多的艰苦努力，潘建伟与同事在国际上首次实现了光子的量子隐形传态——成功将一个粒子的状态从一个地方传到另外一个地方。这项于1997年发表在《自然》上的成果，是公认的量子信息实验领域的开山之作，同伦琴发现X射线、爱因斯坦建立相对论等重大发现一起，被《自然》评为“百年物理学21篇经典论文”。

这项工作坚定了潘建伟从事量子物理实验研究的信心。但与此同时，他也意识到研究的短板——无论是量子隐形传态还是量子保密通信，传输距离只有几十厘米，距离实用化还很遥远。

要做实用性的量子通信，不仅要实现远距离量子传输并解决现实环境下量子通信的安全难题，同时还需要突破量子存储等一系列关键技术。这些内容，成为潘建伟日后的主要研究方向，也是“多光子纠缠及干涉度量”项目要去回应的重要科学问题。

海外的科研平台培养了潘建伟开阔的学术视野，也给了他锤炼实验本领的机会，但他始终心系最初的梦想。自1997年起，潘建伟每年假期都会回到母校讲学，为中国在量子信息领域的发展提出建议，带动更多研究人员投身这一领域研究。

2001年，潘建伟回到祖国，在中国科学院、国家自然科学基金委员会等机构以及中国科大的大力支持下，开始筹建量子物理与量子信息实验室。也是在这一年，“多光子纠缠及干涉度量”项目正式立项。

与此同时，潘建伟清楚，量子信息本就是高度交叉的前沿学科，要撑起一座世界水平的量子实验室，他还要组建一支汇聚量子光学、物理理论、激光技术等领域前沿人才的研究团队。

“多光子纠缠及干涉度量”研究项目的核心攻关力量正是在这一时期慢慢汇聚的——作为潘建伟的早期合作者，陈增兵是最早加入项目团队的成员之一；彭承志来自潘建伟回国后招收的第一批博士生；陆朝阳于2000年考入中国科大物理学专业，后在潘建伟引导下进入量子领域，并成为团队一员；陈宇翱则是潘建伟在中国科大招收的第一个学生。

2003年，这支以“70后”“80后”为主体的青年科研团队初步集结，共同站在了向世界性科学难题发起冲锋的起跑线上。

一场持续十余年的“逐光攀登”

纠缠态被认为是量子信息领域的核心“物理资源”，在量子通信、量子计算、量子隐形传态等应用中发挥着至关重要的作用。发展实用化的量子信息技术，离不开对多粒子纠缠的相干操纵。后者的发展水平，很大程度上能够体现一个国家在量子信息领域的实力。

每增加一个纠缠光子，实验难度就呈指数级增长——这是横亘在全球物理学家面前的一道难题。2003年以前，国际上虽能观测到三光子和四光子纠缠的初步迹象，却无法在实验上严格证实多光子之间的量子纠缠性质。实现真正多体纠缠且有越来越多光子的纠缠，不仅是当时各国量子科研团队激烈角逐的目标，也是潘建伟和团队想要攻克的巨大难关。

此时潘建伟团队的科研力量与国际顶尖量子科研队伍相比，仍有明显差距。在此后的几年间，这支年轻团队展开了“国内扎根本土阵地，海外分头蓄力蓄能”的发展模式。

潘建伟一面以讲席教授的身份赴冷原子研究实力雄厚的德国海德堡大学进行合作研究，在欧洲通过各种渠道筹措经费支持；一面在国内招收研究生和博士后，培养冷原子量子存储方面的本土研究力量。

与此同时，他还将团队内一部分有潜力的青年学者送到其他海外顶尖的科研机构，学习相关前沿技术。这些人才虽然分散在异国他乡，但国内的科研攻关始终没有断线。

2003年，潘建伟带领团队率先实现关键突破，成功制备了高亮度高质量的四光子GHZ态纠缠源，并利用该纠缠源在国际上首次完整验证了四光子GHZ态对定域实在论的违背，首次证明了该方法产生的态是真正的四光子GHZ态。

站稳四光子的台阶，团队立刻向着难度更高的五光子纠缠发起冲锋。当时还是学生的陈宇翱和同事满怀信心，主动提出要着手进行五光子纠缠实验。对此，潘建伟曾直言：“我不会打击你们的积极性，但我相信你们是做不出来的。”

这句看似泼冷水的话，反倒激起年轻人不服输的劲头：“我们就不信邪，一定要把它弄出来！”在陈宇翱和同事的通力合作下，成功搭建出世界上首个五光子纠缠实验平台。

2004年，潘建伟团队再次刷新纪录——在国际上首次实现五光子纠缠，成为当时全球唯一一个能完成五光子纠缠态实验的科研小组。更关键的是，他们利用五光子纠缠源在实验上演示了一种全新的“终端开放”量子态隐形传输——在不预先确定哪个粒子作为输出终端的情况下，先将一个粒子的量子态传输到另外多个纠缠着的粒子上，再通过适当操作将输入的量子态在任意选定的一个粒子上读出。这正是量子纠错和分布式量子信息处理中必须掌握的一项关键技术。

对于这项突破性成果，《自然》评审人称赞道：“尽管五光子纠缠以及终端开放的量子态隐形传输的实现非常困难，但是中国科学技术大学的潘建伟教授和他的同事们完成了这一壮举。”该成果达到国际领先水平，这也是中国科学家的研究成果首次同时入选欧洲物理学会、美国物理学会评选的年度国际物理学重大进展。

载誉前行，步履不停。依托前期积累的多光子纠缠技术体系，团队于2007年实现六光子薛定谔猫态与簇态，继续将多光子纠缠的世界纪录向前推进。

2008年，潘建伟放弃海德堡大学的教职身份，带着德国的整个团队回国，也将德国实验室的设备悉数搬回中国科大——从大型激光器到毫米级精密光学镜片，120页的搬迁清单，再一次见证了他回归报国的赤诚初心。与此同时，那些被派往全球各地的年轻人，也以极高的“归巢率”陆续回到中国。

人才会师后，攻关节奏进一步加快。2010年，团队实现五光子十比特超纠缠态。2012年，八光子纠缠实验宣告成功，再度刷新世界纪录。

八光子纠缠的突破，为量子前沿研究开辟出一片更广阔的探索疆域。依托八光子簇态，潘建伟和团队在国际上首次实验实现了拓扑量子纠错。《自然》审稿人评价其为“一次艰苦卓绝的英雄主义的量子光学实验”。2012年，相关成果入选两院院士评选的年度中国十大科技进展新闻。

从一个人的归来，到一群人的集结；从2003年的四光子，到2012年的八光子——十年时间，这支量子“梦之队”走完了一条从追赶到领跑的道路。可操纵的纠缠光子数目的每一次增加，都伴随着实验技术难度的指数级上升，也正是这种难度的攀升，让每一次突破都显得分量十足。

属于中国量子科学的时代坐标

国家自然科学奖一等奖的殊荣，既是对潘建伟团队十余年间持续刷新多光子纠缠世界纪录的高度肯定，更是对其构筑起完整的原创量子信息技术体系的高度认定。

研究项目的报奖推荐材料显示，依托持续迭代的多光子纠缠实验平台，团队取得了一系列层层递进、多点突破的重大成果——在基础理论层面，通过高精度实验深刻揭示量子非定域特性，系统检验爱因斯坦定域实在论，深化了人类对量子物理底层规律的认知；在量子计算领域，依托五光子至八光子纠缠体系，首次实现拓扑量子纠错、任意子量子模拟、大数分解算法等前沿实验，突破量子计算容错发展瓶颈；在量子通信领域，创新发展诱骗态编码、光线偏振态保持、单光子测量设备无关的量子密钥分发等技术，攻克量子通信的两大安全隐患问题，同时成功实现基于冷原子量子储存的量子中继基本单元与百公里级自由空间量子隐形传态，从原理上验证了星地广域量子通信的可行性。

如今，这一项目仍持续释放着巨大价值与影响力。例如在技术转化层面，项目产出的原理验证成果，成为后续国家重大工程“墨子号”和“京沪干线”的源头创新基石。

2016年，在以潘建伟等为代表的中国科学家的研究与努力下，世界首颗量子科学实验卫星——“墨子号”在酒泉卫星发射中心发射升空。2017年9月，“京沪干线”正式开通，全长2000余公里，成为全球首条量子保密通信骨干网。

就在去年，潘建伟、彭承志等联合团队在国际上首次实现量子微纳卫星与小型化、可移动地面站之间的实时星地量子密钥分发，在中国和南非之间相隔12900多公里的距离上建立了量子密钥，为实用化卫星量子通信组网铺平了道路。

推进前沿技术突破落地的同时，项目多位主要完成人也成长为量子信息领域的领军科学家。

例如，担任“墨子号”工程科学应用系统总师与卫星系统副总师的彭承志，于2025年当选中国科学院院士；陆朝阳现任中国科大讲席教授，其领衔完成的“九章”光量子计算原型机入藏中国国家博物馆、入选国家“十三五”科技创新成就展；陈宇翱现任中国科大教授、物理学院执行院长，作为项目工程总师参与完成了量子保密通信“京沪干线”工程。

还有许多在项目执行期间成长起来的青年学者，后来也成为国内量子科研领域的学术骨干，搭建起国内量子信息学科可持续发展的人才底座。

21世纪初，在国内量子实验条件与基础研究相对落后的时代背景下，正是这样一群坚守初心的青年科研人，在科学理想与家国情怀的双重驱动下，直面世界性科学难题，将理论设想一步步变成实验室中真实可测量的实验现象，在量子科技前沿研究的版图上，标注出一个又一个属于中国的时代坐标。

（原载于科学网2026年11月4日）



八光子纠缠及拓扑量子纠错实验记录本



“多光子纠缠及干涉度量”项目的国家自然科学奖推荐书

合肥光源：藕塘飞出超级“中国光”

◎ 记者 储舒婷 许琦敏 沈钦韩 徐大伟

很多人以为，大科学装置只服务于象牙塔里的基础科研。但在位于中国科学技术大学的国家同步辐射实验室，一束同步辐射光正在照进动力电池、新型显示器、高端光学元件等产业一线。

这里建有我国第一个专用同步辐射装置合肥光源——周长66.13米的储存环隧道中，电子被加速至接近光速，转弯时释放出亮度超出普通X光亿万倍的同步辐射光。这束看不见的光，经由一条条光束线输送到各个实验站，成为科学家洞察原子、分子运动的“超级显微镜”。

1989年出光至今，合肥光源运行开放达国际同类装置先进水平——每年运行时间超过7000小时，开机率99%，为国内外用户提供40000小时以上的优质机时，为突破产业发展中“看不见、测不准”的瓶颈难题屡建奇功。

修炼独门秘技：从“看不见”到“看得清”

“合肥光源目前建有11条光束线、13个实验站，一些产业难题用常规手段‘看不见’，但在这里逐渐被‘看清’。”中国科学技术大学国家同步辐射实验室实验部副部长叶逸凡带着记者穿过安全联锁门，进入储存环大厅。

大厅里，13个实验站排得满满当当，每一寸空间都被利用起来。一条条泛着金属光泽的光束线管道纵横交错，末端的实验线站上分布着探测器、真空腔体等设备。科研人员将实验样品放进样品台，屏幕上不断跳动着能谱、衍射散射和谱学的实时数据。

“普通实验室仪器往往只能看到材料的宏观性质。”叶逸凡说，但对于碳、氮、氧等轻元素的价态变化，薄膜界面的细微缺陷，以及转瞬即逝的分子反应中间体，常常“测不清、辨不明”，而这些恰恰是许多产业研发绕不开的痛点。

与国内其他几大同步辐射装置相比，合肥光源能量虽不算高，却覆盖了从红外到软X射线的完整波段。锚定远红外、真空紫外、极紫外和软X射线等特色能区，合肥光源专攻轻元素、化学键、表面界面研究，发展出一系列独门秘技。（下转4版）