



打破封锁，他们让国产光栅实现领跑

■本报记者 刁雯蕙

有了光，才有了五彩斑斓的世界。光栅是分析和处理光的重要器件，在深空探测、半导体装备、医疗设备、航空航天等领域具有重要的应用价值。

上世纪 90 年代，我国强激光光栅研制领域面临西方国家的封锁和产品禁运，严重制约了我国相关前沿科学和产业的发展。在这一背景下，我国涌现出多个精密光栅研发团队，中国科学院上海光学精密机械研究所（以下简称上海光机所）强激光衍射光栅团队便是其中的典型代表。他们攻克了强激光衍射光栅的系列科学问题及关键技术，抢占了国际强激光光栅领域科技制高点。今年，该团队荣获第二届中国科学院青年五四奖章集体称号。

到国家最需要的地方去

光栅是一种具有周期性微纳结构的超精密光学元件，将其做大、做精属于世界级难题。

2014 年，上海光机所领导班子瞄准强激光领域的发展需求，决定组建强激光衍射光栅团队。在党委书记邵建达的带领下，研究员晋云霞承担起团队组建和科研任务攻关的重任。“团队组建之初，资金和实验室场地都是难题。”晋云霞在接受《中国科学报》采访时说，想要研制符合更高工艺要求的光栅，除了需要高技术人才，还需要尖端设备和场地，一期投资成本高达近千万元。

在所领导的支持下，组建团队的第一笔资金虽然有了，但实验室场地却找不到合适的空间，这让晋云霞犯了难。

作为科研人员，晋云霞并没有“跑场子”的经验。经过努力，她终于在距离本部园区 4.2 公里的地方找到了一块“风水宝地”。在这间 400 平方米的实验室里，团队按下了我国向强激光衍射光栅领域发展的快进键。

国产光栅向无人区进发

10 年时间里，上海光机所强激光衍射光栅团队攻克了一系列强激光领域的关键核心技术。2023 年，研发团队成功制备出超大口径无

拼缝光栅，该光栅面积是目前国际已知最大同类光栅元件的 2.9 倍。

晋云霞分享说，该光栅研发过程面临三大难题：一是近 2 米、近吨级大口径高精光学基板非接触搬运和精密安装难度大；二是没有国内外相关经验可借鉴；三是光栅参数多、工艺流程长、关系解耦难、容错成本高。

团队成员、上海光机所副研究员曹红超主要负责大口径光栅的工艺研发工作。他对记者说：“制备光栅需要经过涂胶、光场调试、曝光、显影、修形、镀膜等十几道精密工序，至少耗时一周，任何一步出错都得从头开始。”但正是这一复杂的过程让他们积累了宝贵的经验，在后续的研发中取得了更好的成果。

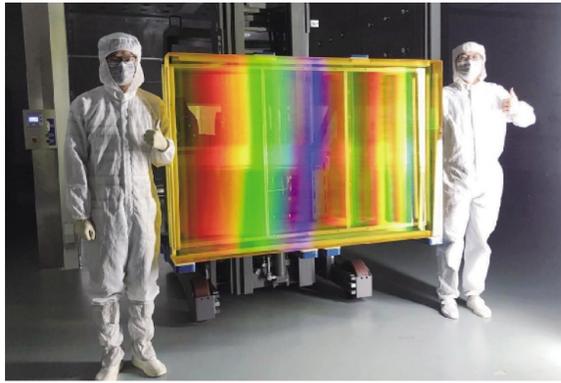
终于，超大尺寸无拼缝脉冲压缩光栅研发成功，彰显了我国研制大口径光栅的基础研究和工程技术能力，一举使我国在这一领域实现了国际领跑。

挑最重的担子，啃最硬的骨头

“光栅从样件制备到外场验证，再到真正成为产品，中间有很多路要走。”团队成员、上海光机所研究员孔帆宇告诉《中国科学报》。

他记得 2017 年 6 月时，偏振无关合束光栅马上就要在上千公里之外的外场进行应用验证，合束光栅团队已经为此连续奋战了几个月，他们对于即将到来的考验既紧张又期待。

然而，意外发生了。原先准备好的两片光栅样件中有一片在验证中被损毁。“样件处于整个系统的‘咽喉’部位，对整个系统起着至关重要的作用。”晋云霞回忆，在仅有一片备件光栅的情况



团队成员在大口径光栅样件旁拍照留念。

受访者供图

下，团队要面对外场验证的各种挑战，这无异于“在钢丝上行走”。

于是，团队马上启动紧急预案。由孔帆宇带领两位助理工程师紧急开展一片新的偏振无关合束光栅的制造工作。经过数天的日夜奋战，他们终于将备用样件送达验证现场。

尽管过程曲折，但终究得到了回报。研发团队研制的高功率偏振无关合束光栅，首次支撑了高功率激光的输出。在后续数年的研究中，他们将研发的系列偏振无关合束光栅成功应用到高功率光纤光谱合成、半导体激光、激光测风雷达等领域，成为我国偏振无关合束光栅光谱合束技术路线实现高能激光装备的唯一供货团队。

晋云霞表示，将继续努力建设好这支队伍，把我国的光栅研制推向国际科技前沿，实现研究成果转化，助推我国先进激光技术的发展。



科学家首次在返回月壤中发现分子水

本报讯（记者倪思洁）日前，中国科学家在嫦娥五号带回的月球样本中，发现了月球上一种富含水分子和铍的未知矿物晶体——ULM-1，标志着科学家首次在返回的月壤中发现了分子水，揭示了水分子和铍在月球上的真实存在形式。相关研究成果在线发表于《自然-天文学》。

月球上是否存在水，对于月球演化研究和资源开发至关重要。对 1969 年至 1972 年采集的阿波罗样品的研究表明，月壤中未发现任何含水矿物。此后，月球不含水成为月球科学的基本假设，这对认识月球火山演化、月地起源等问题产生了重要影响。近年来，遥感数据表明月球光照区有水分子存在的迹象。针对当年采集的阿波罗月球样品，科学家运用高灵敏度表征技术，在部分玻璃和矿物中发现了百万分之一量级的“水”，但没有水分子存在的确凿证据。

我国嫦娥 5 号采集的月壤样品属于最年轻的玄武岩，是迄今为止纬度最高的月球样品，为月球水的研究提供了新机遇。研究基于单晶衍射和化学分析发现，这些月球水和铍以一种成分为 $NH_4MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 的水合矿物形式出现。该矿物分子式中含有多达 6 个结晶水，水分子在样品中的质量比高达 41%。其晶体结构和组成与地球上近年来发现的一种稀有火山口矿物相似。在地球上，该矿物是由热玄武岩与富含水和氨的火山气体相互作用形成。

为了确保这一发现的准确性，该研究进行了严格的化学和同位素分析。纳米二次离子质谱数据表明，该矿物的氯同位素组成和地球矿物显著不同，与月球上的矿物相符。研究人员还对该矿物化学成分和形成条件进



ULM-1 在月球形成的效果图。

中国科学院物理研究所供图

行分析，进一步排除了这种水合矿物来源于地球污染或火箭尾气的可能。热力学分析显示，当时月球火山气体中水的含量下限与目前地球上最为干燥的埃特纳火山相当。这揭示了复杂的月球火山脱气历史，对探讨月球的演化过程具有重要意义。

这种水合矿物的发现也揭示了月球上水分子可能存在的一种形式——水合盐。与易挥发的水冰不同，这种水合物在月球高纬度地区非常稳定，这意味着即使在广阔的月球光照区，也可能存在这种稳定的水合盐，为未来月球资源的开发和利用提供了新的可能性。

该研究由中国科学院物理研究所、北京凝聚态物理国家研究中心联合北京科技大学、天津大学、中国科学院青海盐湖研究所、郑州大学等共同完成。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41550-024-02306-8>

研究揭示钙钛矿太阳能电池隐藏结构

本报讯（记者刁雯蕙）近日，香港科技大学（以下简称港科大）化学与生物工程系副教授周圆圆团队发现，钙钛矿薄膜的晶粒底部广泛存在表面内凹结构，这种结构对于钙钛矿薄膜性能和可靠性具有重要影响。基于这项新发现，该团队开创了一种有效消除这些晶粒表面内凹结构的新方法，使钙钛矿太阳能电池更高效和稳定。相关研究成果发表于《自然-能源》。

相比商用硅电池，钙钛矿太阳能电池不仅具有更高的功率转换效率，原料和制造成本也更加低廉，并且能够制造出不同透明度和颜色的电池。然而，钙钛矿器件在光、湿、热应力下的长期稳定性仍是其商业化的主要障碍。

为解决这一问题，周圆圆团队从材料微结构这一方向开展基础研究工作。他们发现，钙钛矿薄膜的晶粒底部广泛存在表面内凹的几

何形貌，这种高度隐藏的内凹结构破坏了钙钛矿薄膜界面的结构完整性，是限制钙钛矿电池功率转换效率和稳定性的隐藏因素。

该团队利用表面活性剂分子“十三氟己烷-1-磺酸钾”操控钙钛矿薄膜形成过程中的应变变化和离子扩散过程，成功消除了晶粒表面内凹结构。以此制造的钙钛矿太阳能电池在热循环、湿热和最大功率点跟踪的标准测试中，耐久性显著提升。

“内凹结构通常隐藏在钙钛矿薄膜的晶粒底部，往往容易被研究人员忽略。”周圆圆说，单个晶粒的结构和几何特征决定了钙钛矿太阳能电池和其他半导体器件的性能。目前，该团队正在开创一种全新的钙钛矿太阳能电池制造方法，使其效率和稳定性接近理论极限。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41560-024-01567-x>

“90 后工科女”迷上飞机起落架

■本报记者 李晨阳

每当乘坐的飞机快要着陆时，尹乔之总会竖起耳朵，等待常被他人忽略的“咔嚓”一声，这是起落架从机舱中放下的声音。再过一会儿，起落架接触地面的跑道，伴随着一定颠簸和回弹，会发出沉闷的响声。

听完这两个熟悉的声音后，尹乔之的心也稳稳地“着陆”了。

这并非因为她太过敏感，而是这位飞行设计领域的科学家知道，起落架接触地面的瞬间是决定一次航程是否安全圆满的关键时刻。而她这些年来在科研中的所有努力，都是在为这一刻保驾护航。

日前，1990 年出生的南京航空航天大学副教授尹乔之入选中国青年女科学家奖第八届未来女科学家计划。该计划致力于发现和培养处于博士或博士后研究阶段，具有较强科研能力和发展潜力的女性科技工作者，全国每年仅有 10 个名额。

“谁说女子不如男”

尹乔之是土生土长的南京人，作为家中备受宠爱的独生女，她在高考填报志愿时，满脑子想的是“离家近一点”。出于兴趣导向，她最终选择了南京航空航天大学飞行器设计与工程专业。

那是 16 年前的事了，在当时的社会氛围下，很多人对“工科女”“女博士”等还存在偏见。或许是受知识分子双亲的影响，尹乔之从没觉得女生和男生在学业上有什么不同，更不认为有什么事是女生一定做不好的。

进入大学后，尹乔之发现这个专业还真是“女生荒漠”——男女比例大约为 6:1，约 35 名同学中只有 5 名女生。很多人认为女生的空间想象能力天然逊色于男生，尹乔之则用实力证明了“谁说女子不如男”。她在班里一直名列前茅，在最难调阅想象能力的科目“工程制图”上，拿到了 99 分的好成绩。

从小，父母就告诉尹乔之，“如果你喜欢一个领域，一定要在这个领域拿到最高学历，做高精尖的工作。”因此，尹乔之很早就确立了直接攻读博士的志向。

大三二年级联系毕业设计导师时，尹乔之进入了聂宏团队。这个团队主要开展飞行器起落装置设计、结构动力学与控制、飞行器发射与回收技术等方面的研究。

聂宏当时任南京航空航天大学副校长，几年后升任校长。尽管他事务繁忙，但非常关心学生的个人成长和未来发展，总是尽可能为学生提供帮助。而平日里，团队中的魏晓辉教授会在学业上耐心细致地指导大家。

“我认为这是一个非常包容的团队。我们团队已毕业的学生有几百名，性格、习惯各不相同，但聂老师和魏老师对每个人都一视同仁，尽力引领大家走进科学的大门。”尹乔之

说。在这里，她找到了理想的工作环境，也确认了最想做的事。

为每一次降落护航

尹乔之的研究方向是飞机的起降 / 滑跑稳定性及控制。尹乔之小时候乘坐飞机时，只是觉得这个庞然大物能飞起来很酷，直到她接触这个专业后，才发现飞机原来有这样一个宏大又复杂的系统。

就拿看似不起眼的起落架来说，很多飞机发生飞行事故都与滑跑起降直接相关，并且往往导致机毁人亡的 I 类事故。而以起落架为主体的起降系统，作为飞机上唯一承接地空转换的关键系统，在飞行安全性上有着重要地位。

乍看上去，起落架不过是柱子和轮子的简单组合，但事实上，每个起落架都由许多子系统构成，根据布局、结构、用途等，还能分成很多不同的类别。

围绕这个起落架，聂宏团队耕耘了近 30 年，但依然有许多科学问题尚未解决——起落架怎样才能安全收起和放下？如何尽可能减少起落架的重量和体积？不同构型的起落架要配备什么样的刹车装置才能更安全高效地让飞机停下？

随着人工智能在各个领域引发变革，飞行器也进入了日新月异的“高速进化期”。例如，世界各国都在探索能在各种复杂地形上平稳着陆的下一代直升机。这种机型在科学考察、抢险救灾等多种场景下都能发挥重要作用。

尽管国外已经研制出具有类似起降系统的相关产品，但其核心技术不能为我们所用，而且这些产品价格非常昂贵，后续保养维护也是一笔巨大的花销。

“关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。”这些年的所见所闻，让尹乔之对这句话有了更深刻的体会。

因此，她的主要研究方向之一就是自适应智能起降。她和团队正在研发的“自适应”起落架，遇到复杂崎岖的地形时能够像动物的足一样，瞬时自动改变形态，从而稳定降落，避免侧翻。

“我渐渐体会到了这份工作的责任。”尹乔之说，“作为国内的科研团队，就是要解决关键技术难题，打破国外技术垄断，实现所在领域的高水平科技自立自强。”

尹乔之的另一项研究工作是“飞机起落架滑跑方向稳定性及控制”。

飞机在地面上滑跑时，如果速度过快或转弯转角过大，就有可能出现“失稳”的情况，或者原地打转，或者冲出跑道，甚至直接翻掉。科研人员需要回答一个问题：在哪些速度和转弯的参数组合下，飞机能实现稳定转弯？

（下转第 2 版）

印度人口普查已推迟三年 重要数据集已过时



本报讯 自 2011 年以来，印度就没有进行过正式的全国人口普查。根据该国法律，人口普查每 10 年进行一次，最新一次应该在 2021 年进行。但受新冠疫情影响，普查时间一再被推迟。

据《自然》报道，最近一次推迟让科学家感到十分沮丧，这意味着许多重要的数据集已过时。由于没有最新的人口数据，关于该国生育率、移民及人口老龄化等方面的研究结果也不再可靠。

豪兹哈斯是印度德里南部的一个时尚街区，深受富裕城市居民的欢迎。但在 2011 年印度人口普查时，该地区的部分区域还被列为农村。“现在完成人口普查是最重要的，否则我们所有的调查数据都会有问题。”印度国家统计局主席 Pronab Sen 说。该委员会总部设在德里，负责为政府提供统计调查方面的建议。

人口普查是一个关于印度人口的信息宝库，其

中包括单个家庭的信息。政府利用这些数据来规划和分配资源——从疫苗到学校再到粮食供给。

对 14 亿人口进行普查是一项艰巨的任务。受过训练的人口普查员会走访每户家庭，收集每位家庭成员的年龄、受教育水平以及是否属于边缘群体等详细信息。他们还详细记录了各个地区的便利设施，如饮用水供应和电气化设施。当初为完成 2011 年人口普查，约 270 万人口普查员在数周内对 2.4 亿个家庭进行了面对面访谈。这些数据随后被汇总整理并在几年后公布。

2021 年的人口普查原计划首次用移动应用程序取代纸质表格，这会加快普查进程。但政府一再延期，至今仍未确定新的人口普查日期。

研究人员表示，他们可以在没有最新人口普查数据的情况下对国家趋势做出可靠预测，但在地区、州和地方层面的预测不那么可靠。“我们对印度有多少人有一个大致的了解，但我们不知道他们具体在哪里。”Sen 说。

美国杜兰大学访问学者、印度国际人口科学研究所前所长 K.S.James 表示：“印度是一个严重依赖调查的国家，因为其行政数据系统质量很差。”人口普查数据的质量对于了解该国在各种

指标上是否取得进展至关重要，例如，教育和医疗保健政策是否弥合了边缘化社区的差距。

研究人员发现，在印度，研究生育率和国内移民的趋势尤其困难，因为过去 10 年印度社会发生很大变化。自 2011 年以来，农村人口迅速向城市迁移，但在新冠疫情期间，大量城市移民又返回农村。“很难确定现在有多少印度人居住在城市地区。”印度理工学院的发展经济学家 Reetika Khera 沮丧地估计，使用过时的人口普查数据意味着农村地区至少有 1 亿人被排除在政府食品补贴之外。

目前，印度一些研究小组正在寻找调查的替代方案。由于印度选举委员会公布的选民名册至少每 5 年更新一次，印度理工学院公共政策研究员兼博士生 Krishanu Chakraborty 说：“在没有人口普查的情况下，这是一个很好的样本框架。”但他表示，这仅限于识别家庭，而不是个人。

Chakraborty 还在评估依靠卫星地图统计特定区域内的建筑物和其他地理空间信息并确定人口规模和密度的技术。但是，如果没有最新的人口普查数据，很难保证这些数据集的准确性。（李木子）