

扫描透射电镜：不仅用好，还要好用

■本报见习记者 卜叶

“电镜虽好，但价格昂贵，并不是每家研究机构都能买得起。”日前，在2019年扫描透射电子显微镜及相关分析技术研讨会上，一些参会学者表示，希望可以进一步提升电镜共享资源利用率。

近年来，电子显微镜(电镜)正广泛应用于半导体、物理、能源、化学、化工、医疗、生物等研究领域，科研人员利用电镜取得了一些重要进展，也发现了些问题。

微小改变带来巨大产出

16世纪发明的光学显微镜可以将物体放大1500倍以上，微小动物、植物及其内部构造能够清楚地呈现在镜头下。但随着科研的需求，光学显微镜下看不到的纳米级材料、新型半导体、疾病治疗靶点等材料亟待研究，这对显微镜提出了更高要求。

20世纪，电子显微镜应运而生，最大放大倍数超过1500万倍，打开了通往微观世界的大门。电子显微镜通常包括扫描电镜和透射电镜两种，前者呈现的图像具有一定的立体性，用于观察样品的表面结构；后者可以直接获得样品的二维投影，用于分析样品的晶体结构、内部结构等。

近年来，扫描透射电镜(STEM)因兼具透射电镜和扫描电镜功能，正成为一种越来越重要的电子显微镜。最近的一个典型应用被清华大学化工系教授魏飞在2019年扫描透射电子显微镜及相关分析技术研讨会上做了展示。

通常，国内外产业界从石油中提纯化学化工产品，其中需要使用择型催化剂让石油中的低碳烯烃产率大幅度提高。为此，魏飞课题组通过STEM观察到分子筛不同晶面选择性控制产物进



高分辨场发射透射电镜 FEI Talos 200X

出，通过定向控制分子筛不同晶面的产物进出，可以很高选择性地得到丙烯，而使副产的芳烃减少5倍。

如今，这项技术已被成功运用到煤、甲醇等常见的能源中，推动了煤制烯烃的产业化。比如，利用STEM技术，在甲醇制取低碳烯烃(MTO、MTP)成套工业化技术中，甲醇的转化率近100%，低碳烯烃选择性达90%。截至2017年底，MTO、MTP技术已实现全国烯烃产能的1/3以上。

电镜共享提高资源利用率

2011年，中国科学院半导体研究所(以下简称半导体所)在读博土间方亮也遇到了本文开篇专家提到的困境。为了

开展博士课题研究，他经常要到北京大学、有色金属研究院等单位预约电镜，但有些电镜的机时非常紧张，通常需要排队2周以上，影响了科研进展的速度。

“一台电镜的价格动辄几百万至上千万，球差校正电镜一般在两千万到三千万之间，一个研究机构很难覆盖所有种类，半导体所安装了扫描电镜却没有透射电镜，因此需要到其他单位借用，借用能够解决问题，但时间的延误也令科研人员惋惜。”间方亮说。

在借用电镜的过程中，间方亮对各大研究机构、院校拥有哪些门类的电镜也了然于胸。“为什么不建立一个科研资源共享平台让更多科研人员使用到这些电镜呢？”在读博的几年时间里，这一想法一直萦绕在间方亮的心头。

2015年，国务院印发《关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》，指出应加快推进科研设施与仪器向社会开放，进一步提高科技资源利用率。

以此为契机，间方亮开展了共享实验室的事业。截至目前，间方亮已与350多家实验室展开合作，成功帮助1500多家单位对接了检测设备，其中，电镜实验室共享平台是比较重要的业务之一。

“这归功于视野开阔的院所企业，是他们勇于拿出大型仪器。”间方亮说，“对比我国拥有的电镜总量和电镜总需求，电镜共享仍有巨大上升空间。可以说，电镜共享仍在走向公共化的路上。”

科研对配件研发提出要求

在2019年扫描透射电子显微镜及相关分析技术研讨会上，还有科研人

员提出这样一个难题：“有先进的电镜，有高质量的样品，但放在一起就是不能出结果，仪器与样品不匹配影响着科研进度。”

有问题的提出，就有问题的解决。从事电镜研究20余年的中科院物理所研究员白雪冬已由一开始的常规电镜使用转向开发研究多种原位电镜装置。这些原位装置不仅提升了样品和仪器之间的匹配度，而且能够在电镜中操控样品，获得样品结构在工作状态下的演变，从而促进科学目标的达成。

间方亮介绍道，当前，科学研究和产品研发正推动包括扫描透射电镜在内的透射电镜技术朝多个方向快速发展。一个方向是对极高分辨率的追求，当前300kV球差校正透射电镜的最高分辨率为0.04nm，它们使用了聚光镜球差校正技术和物镜球差校正技术，很多电镜都配置了双球差校正系统；二是对原位透射电镜技术的发展，包含了原位高温、原位催化反应、原位力学及多重原位观察等；三是通过超电压获得高分辨情况下的软物质结构信息；四是对超快电镜技术的发展，在电镜中配备超快相机或者电子枪和样品的超快控制系统，以实现样品变化中的超快信息捕捉和机制分析。

白雪冬表示，虽然欧美、日本掌握了扫描透射电镜系统的主干部分，使电镜的分辨率更高、稳定性更强，但当前中国的电镜和电镜配件研究也呈现出一定的中国特色，特别是与国内科研方向紧密结合的配件研究，“在研究过程中，要扬长避短，有所为有所不为，避免重复性工作，在有限时间、有限经费的支持下，争取最大效率”。

纵览



HyQReal 机器人正在拉动客机

意大利理工学院研发出全新四足机器人

本报讯 近日，意大利理工学院(IIT)的研究人员宣布其研发出了全新的大规模升级的四足机器人，名为HyQReal，并在热那亚机场展示了HyQReal机器人的力量，HyQReal可以拉动一架3.3吨重、近33英尺的Piaggio P180 A-vanti 客机。

HyQReal长1.33m，高0.9m，加上内部液压系统和电池，它的重量为130kg。这款机器人由一个铝制防滚架以及凯夫拉尔、玻璃纤维和塑料组成的外壳保护。它还有定制的橡胶垫脚，当前行困难时可提供牵引力。此外，它还载有两台计算机，一台指引视觉方

向，一台用于控制。

IIT使用了Moog的集成智能制动器，每个制动器都有3D打印的钛装置。该装置包含所有传感器、电子器件和流体路径。HyQReal有两个独立的液压泵，一个驱动前腿，一个驱动后腿。由于制动器大部分是密封的，所以HyQReal是防水防尘的。

拉飞机并非HyQReal的主要工作。它是为了在紧急情况下支援人类而开发的，是灾难响应、农业、设施停运和检查的理想选择。但目前它仍是一款研究型机器人。IIT希望接下来能够加快研究，以实现其工业化。(田晓雨)

第十届国际空间轨道设计大赛中国夺金

本报讯 6月13日，记者从国防科技大学获悉，当日凌晨四点，第十届国际空间轨道设计大赛成绩揭晓，国防科技大学与西安卫星测控中心联队以3101分的绝对优势荣获冠军。这是中国代表队在该项目赛事中首次夺冠，打破了欧美参赛队对该赛事冠军的垄断。

国际空间轨道设计大赛由欧洲航天局(ESA)于2005年倡议发起，每1~2年举行一次，是世界航天领域的高水平、专业性竞赛，代表空间轨道设计领域的最高研究水平，号称“航天界的奥林匹克”。本届比赛由美国宇航局

(NASA)喷气推进实验室(JPL)主办，赛程为四周。全球共有73支专业队伍参赛，参赛规模为历届之最。赛题任务为：设计组合航天器飞行轨道，从十万个恒星系中优选移民目标，以最佳分布实现对银河系星系的移民。

大赛采用实时记分与在线排名机制。国防科技大学教授罗亚中率领联队，基于团队在载人航天任务规划、卫星测控等方面的研究积累，建立了一套高效全局的求解算法，同时有效利用了天河超算系统，实现了对该超大规模问题的近似全局优化。(田晓雨)

给山区道路加上“金钟罩”

——西南交大团队实现柔性防护新进展

■本报记者 陈彬 通讯员 金云滔 许晔

众所周知，我国是一个典型的多山国家，山地面积占到了全国陆地面积的2/3。在我国广大的山区，由于地质条件复杂，地质灾害时常发生，其中就包括山区高位落石和岩土体崩塌。

山区高位落石和岩土体崩塌由于具有冲击力大、冲击能量大和破坏效应巨大等特点，特别在我国西部高山峡谷区域，其风险隐患较为普遍，且分布区域广泛，对交通形成了巨大的威胁，对其进行有效防治一直是地质灾害防治领域的技术难题。

不久前，由西南交通大学土木工程学院防护结构研究中心(以下简称防护中心)联合四川奥思特边坡防护工程有限公司，开展了一次针对高位落石冲击防护的原位试验。本次试验也是世界上首次同类型的原位足尺试验。

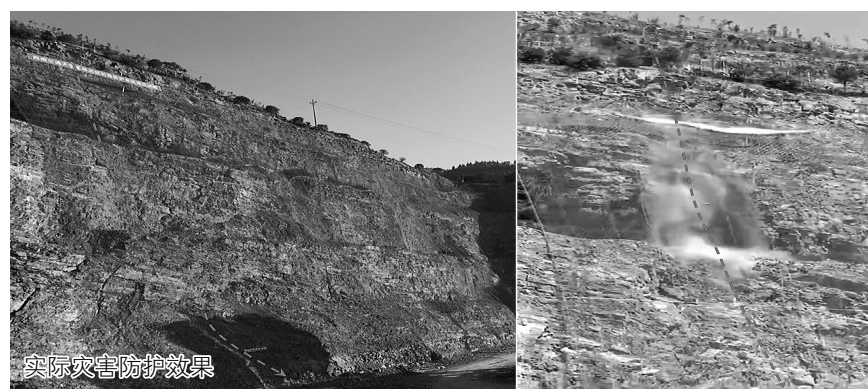
与一般针对高位落石“硬碰硬”式的防护方式不同，此次科研人员试验的是一种新型的柔性防护技术——引导式防护系统。该系统与传统的固坡、挡墙等工程手段相比，充分利用了“以柔克刚”的

原理，通过对滚石下落全过程轨迹的抑制和引导，从而实现更为有效的防治效果，具有防护性能高、施工周期短、易维护、不影响生态环境等优势。

据介绍，防护中心从事相关性防护技术的研发已经有十年之久，本次试验所采用的新型防护系统，便是该中心校企合作联合开发的最新成果。作为该中心首次提出并开发的引导式防护系统，与既有柔性防护技术不同——新系统遭受冲击作用时，可以基于“主动控制”并结合专门的结构技术措施，对高位落石进行拦截、压制、引导和收拢，实现拦截、引导和辅助清理等功能的一体化整合。

此次冲击试验被安排在重庆市涪陵区的一处山区地形。试验模型安装在高度为85米、坡度约65度的陡坡上，仅由14根钢柱支撑，防护面积超过一万平方米。试验正式开始后，数块重量不等的大型撞击块从陡崖上释放，撞击块高速滚落，并带动大量破碎岩体冲击系统，经系统拦截、压制、引导后堆积至坡底。

在系统无修复条件下，试验重复进



实际灾害防护效果

行了多次，分别验证了单体、多体群发及多体跟随冲击等工况。

在试验中还出现了一个有趣的现象。第二次冲击试验时，撞击块的提升挂钩与网面形成纠缠，无法下落，但试验人员胸有成竹，果断指挥释放第三次撞击块，通过系统的引导功能，有效控制前后两次撞击块的滚落路径，实现了前后两个撞击块的空中撞击，解决了落石挂网

的问题。试验老师称：在这种复杂地形条件下，发生打弹珠似的跟随撞击现象，充分体现了新型防护系统优秀的落石轨迹引导能力。

据介绍，本次试验实现了引导式高位落石柔性防护系统大型足尺冲击试验的世界首秀，并验证了防护系统在无修复状态下抗连续冲击，是柔性防护结构领域的突破性进展。

曹丙强：科研之美让他停不下来

■本报记者 唐凤 仇梦斐 通讯员 王晨

6月的清晨，风中还有一丝凉意。当第一缕阳光照亮泉城济南时，比人们更早开始“忙碌”的是屋顶上、路灯上的一块块太阳能电池板。

“目前，我们正致力于研发第三代太阳能电池，它具有更高效、低成本且环保的优势。”济南大学材料科学与工程学院教授曹丙强告诉《中国科学报》。

曹丙强研究组致力于运用物理/化学沉积生长技术和光电谱学表征手段，探索无机半导体材料在新型太阳能电池、摩擦节能等领域的应用。

刚40岁出头的曹丙强，已经有了一份“炫目”的履历：曾任德国莱比锡大学高级科学家、日本学术振兴会研究员，先后获得山东省自然科学奖、山东省回国留学人员创业奖、山东青年五四奖章、山东省青年科技奖、山东省首批泰山学者海外特聘教授、山东省自然科学杰出青年基金、山东省突出贡献的中青年专家等荣誉。

崭露头角

曹丙强在中科院固体物理所攻读博士学位期间，在导师、研究员蔡伟平的指导下，就取得了一系列研究成果。其中关于大面积高密度氧化锌纳米线阵列的无模板法电化学制备的系列工作，克服了传统氧化铝模板辅助电沉积

法的缺陷，通过廉价的无模板电化学沉积法，实现了氧化锌纳米线阵列在硅衬底上的大面积生长。该成果在近10年已被国际同行引用2000余次，其中一篇文章作为唯一代表性工作，被收录至欧盟的A European Roadmap for Photonics and Nanotechnologies(《欧洲光子学与纳米科技路线图》)。

在此期间，曹丙强等人还观测到了低温下氧化锌纳米线的3个典型荧光峰，发现了3个荧光峰不同的温度依赖关系，阐明了带隙收缩与电子在缺陷能级上的局域化效应之间的竞争关系，揭示了氧化锌本征及典型缺陷发光的荧光动力学行为。这一工作发表在Appl. Phys. Lett. (《应用物理快报》)上，已经被氧化锌发光理论的重要论据他引了300次。

随后，曹丙强以优异的成绩进入德国莱比锡大学的半导体物理组进一步深造。曹丙强关于半导体纳米线方面的研究成果丰富了氧化物类半导体纳米线掺杂生长技术和特征光谱理论，为

高效制备微纳量子结构半导体材料奠定坚实基础，被德国莱比锡大学官方网站、《莱比锡大众报》《莱比锡大学报》等报道，并于德国莱比锡大学物理系会议展示。

“回国干点事儿”

曹丙强常说：“做科学研究，有着一一种未知的美，让你停不住脚步。”在德国工作两年后，他又一次向自己发起了挑战，向日本的学术振兴会(JSPS)申请研究职位。

“我决定将自己的研究方向从半导体物理转向半导体器件，而这一领域日本毫无疑问处于国际领先水平。”他说。经过激烈的竞争，2018年，曹丙强最终以1057个国际申请人中脱颖而出，成为150个获得JSPS资助者之一，同年9月到日本南部最著名的国立大学—九州大学任外国人特别研究员(JSPS Fellow)。

就在研究顺利开展，并不断获得成

果的时候，曹丙强偶然间得知家乡的济南大学正在向海内外公开招聘学术带头人。于是，他放弃高薪，提前1年多结束合同与妻子回到济南大学开展工作。由于学校正值暑假，他们只能寄宿在学校简陋的留学生宿舍里。而且，学院的实验室和办公室也没有到位，曹丙强就到公共教室筹备实验室建设。

在实验室的建设过程中，他事必躬亲。针对材料制备方面的薄弱环节，他多次调研后自行设计了一套极具特色、国内先进、具有自主知识产权的高压PLD系统，并亲自联系实验设备生产厂家，将所有设备技术参数一一确认。他还带领团队成员亲自完成相关设备的组装与调试。

“虽然当时各种条件比较艰苦，但我觉得自己能够回国干点事了。”曹丙强说，“虽然收入少了，但是我觉得很快乐，自己做的实验室也挺好的。”这套仪器在科研教学等环节发挥了重要作用，曾得到来校视察的教育部副部长杜占元等多位领导的高度评价，也拉开了济南大学新能源功能材料学科方向

研究的序幕。

在济南大学工作的这十年中，利用这套自主研发的仪器，曹丙强在新一代有机无机杂化半导体太阳能电池、异质结半导体气敏传感器及高性能摩擦材料等领域开展了系统研究工作，先后主持(完成)国家自然科学基金4项，还主持(完成)山东省自然科学基金、山东省教育廳新世纪优秀人才基金、山东省自然科学基金重大项目等省部级项目10余项。在Angew Chem., Chem. Mater., APL杂志上，发表SCI论文100余篇，截至2019年6月，所发论文已被SCI他引2500余次，约占材料学科ESI引用25%，其中1篇论文入选“2017年中国百篇最具影响国际学术论文”。他还曾任IE EE Region 10 Conference分会主席，2次受邀在日本(东京、石原)举行的激光国际学术会议上作大会邀请报告。

焕发人才新动能

目前，在科技创新支撑下，山东正

在加快新旧动能转换的步伐。“无中生有”“有中出新”，一批新旧动能转换重点项目纷纷在这里落地开花。

乘着这股东风，作为学术带头人，曹丙强组建和领导了济南大学材料科学学院“新能源材料与技术”团队和济南大学“能源与光电化学转换材料研究中心”，现已成为该学科新的骨干增长点，为济南大学材料学科入选山东省一流学科起到了不可替代的作用。

“我们在山东省积极推动发起了新一代钙钛矿光伏材料研究，希望能为山东省新旧动能转换工程规划产业—能源新材料提供支撑。”曹丙强说。

“我认为更重要的还是培养人才。”回国10年来，他每年为本科生讲授《半导体物理》等基础课，严格要求研究生，所培养的博士硕士已经在省属高校担任教职，许多学生进入北京大学、清华大学、香港大学及加拿大、美国等国内外高校深造，还有部分学生在省内知名企业从事研发管理工作。他本人被评为“山东省优秀研究生导师”。

曹丙强提到，“致天下之治者在人才。”没有一支宏大的高素质人才队伍，无法取得一流的成果。因此，我们应把人才资源放在科技创新优先位置，努力培养造就一批世界水平的青年人才。”