

从深海到深空，科学家的“摸边”之旅

■本报记者 倪思洁

今年 1 月,中国科学院力学研究所(以下简称力学所)微重力实验室里气氛紧张。就在几天前,实验室自主研发的金属增材制造载荷在力鸿一号探空火箭创造的数分钟微重力环境中,完成了一次关键测试;当月月末,实验室对外公布“中国完成首次太空金属 3D 打印”。3 个月 后,在力箭二号搭载的轻舟试验飞船上,团队成功实现了 600 公里高空太空金属 3D 打印技术演示验证。

实验室党支部书记、副主任姜恒切身体会了这一过程中的焦灼、兴奋与兴奋后的冷静:“看到数据那一刻,我特别兴奋,但马上就 开始想下一步怎么改进。做科研就是这样,兴 奋一会儿就够了,后面还有好多事要做。”

过去 20 多年里,姜恒团队的研究内容从深海声学超材料研制,拓展到如今 的太空金属增材制造,但他们不认为这是“跨界”。从力学角度看,这两个方向有相似之处,而他们的工作是“摸边”——摸索极限的边界。

从“深海”拓展到“深空”

姜恒的科研起点,在深海。

他本科、硕士阶段就读于哈尔滨工程大学,该校以水声工程、船舶与海洋工程领域研究见长。2007 年,正在该校读博的姜恒,以联合培养博士生的身份进入力学所学习,后续又接着在此开展博士后研究。

与导师商量后,姜恒决定将他积累的水下材料专长与力学结合起来,研究“声学超材料”。所谓“超材料”,是指通过精密的结构设计,在不改变材料属性的同时,实现常规材料不具备的物理功能。水下声学超材料的应用场景大多在深海,那里的极端压力,普通声学材料结构难以承受。因此,姜恒必须在材料设计中兼顾材料的声学性

能与力学性能。

博士后出站后,姜恒正式加入力学所。随着研究不断深入,他发现,结构设计得越精巧,制造起来就越困难。很快,传统的铸造、焊接手段已经造不出他想要的复杂三维镂空结构。

“有没有一种制造技术,可以突破传统工艺的束缚?”他想。

3D 打印,是他找到的答案。他先尝试用相对容易的塑料 3D 打印来验证新设计结构材料的声学与力学性能。鉴于塑料材料不足以应对深海环境,他又将目光转向金属 3D 打印。

为了精准控制金属 3D 打印机,姜恒团队花了大量时间研究金属 3D 打印的过程,包括激光怎么烧、金属怎么熔、熔池怎么流动、凝固怎么发生。慢慢地,原本用来将图纸上的复杂结构变为现实的工具,反倒成了他们的研究对象。

2014 年,姜恒无意间看到一则新闻:美国第一台专为太空微重力环境设计的塑料 3D 打印机随 SpaceX 的“龙”货运飞船发射升空,并抵达国际空间站。“我们的金属 3D 打印机能不能上太空?”身处拥有航空航天研究传统的研究所,以及国内唯一以微重力科学为主要研究对象的实验室,姜恒不禁想。

这样的想法,让他闯入了全球空间竞争的战略高地——太空制造领域,也让他将目光从深海拓展到深空。他发现,深海与深空看似两个极端,但从力学角度看,它们的核心课题都是在极端环境下摸索力的平衡。

从那时起,对地面金属 3D 打印基本了如指掌的他萌生出一个梦想:“在太空中建一个‘应急修理铺’,让航天员缺什么就能直接造,从‘带家当上天’变成‘在天上造家当’。”

摸索力的平衡点

把研究拓展到太空金属 3D 打印后,姜恒团队意识到,他们要做的不是把地面设备改小、搬到天上,而是从原理层面出发,先把力的平衡问题研究透彻,再进行设备的设计、制造和完善。

在地面上,因为有重力,金属 3D 打印机上的金属粉末会“老老实实在”地铺在基板上。但在微重力环境下,金属粉会飘,难以控制,金属送丝增材制造技术就成为太空金属 3D 打印的可选方案。但在太空微重力环境中,液滴会悬浮,力的平衡被彻底打破,这一技术并不好实现。“表面张力、热毛细力、惯性力等在地面可以忽略不计的‘配角’,在太空中都成了会影响结果的‘主角’。”姜恒说。

为了摸索这些力的平衡,他们把目光投向了落塔。那是一座总高度 116 米的建筑,可以在金属 3D 打印机坠落的过程中,给他们提供 3.6 秒的微重力实验时间。

3.6 秒,在很多人看来,这么短的时间根本打不出像样的金属件,完成不了姜恒团队想要的研究。

但他们有信心。“只要物理原理上能走通,问题就不大。”姜恒说,“金属熔点高、凝固快,3.6 秒足够凝固一道金属。只要这一道能打出来,就能摸清激光功率、送丝速度、行进速度等参数范围和耦合关系。”

他们在落塔里一次次做实验。一次不行,调整参数再做,实验从第 1 次到第 20 多次,他们打印出的金属从一道直线变成折返的两道直线、从单层变成双层。依据实验结果,他们一点点设计和改进金属 3D 打印设备,由此走出一条与国际上不同的路。

“通常大家都是先优化装备,把设备小型化后搬到太空中去,而我们是从原理入手来

设计设备。”姜恒说。

这种“原理先行”的思路,让团队在不到两年时间里就完成了从落塔验证到探空火箭载荷技术验证的全流程。今年 1 月,当那台 100 多公斤重的金属 3D 打印载荷随火箭升空,并在微重力环境下成功打印出预定结构时,姜恒和团队成员兴奋极了。

做科研就是“摸边”

探空火箭实验成功后,姜恒团队又从实验数据中发现了一个意料之外的现象。“前几层与预期一致,但到了太空之后,由于空间环境缺少对流,热累积效应也与地面完全不同,凝固行为出现了偏差。”姜恒说。

在他们看来,做科研就是不断地“摸边”,“摸到极限的边界,然后朝着边界再走一步”。

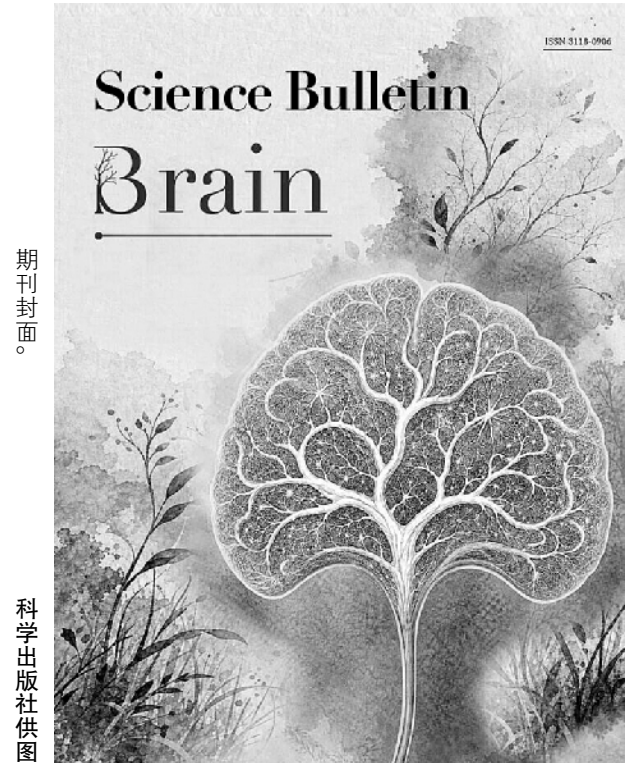
下一步,他们想做的是“无容器悬浮打印”——不依赖基板,让金属件在太空中“凭空长出来”。他们不觉得这件事有多科幻,“虽然其中涉及的力更为复杂,但从物理原理上看能走通”。

不过,姜恒深知,越往前难度越大,要真正实现这个目标,还要靠团队的力量。姜恒一直在思考如何将大家拧成一股绳,“最难的时候,大家想法多,容易慌。统一思想,才能攻坚克难”。

在团队管理上,他坚持“计划性”。因此,在项目推进过程中,他会先把目标设定好,大家同意后再按照目标推进。

如今,身处国际竞争的最前沿,姜恒团队时刻关注着国际最新动态。面对该领域五花八门的新方向,他们坚持的判断标准之一就是“看物理上允不允许”。“如果物理规律允许,这事就有干成的可能。”姜恒说。这些年,他和团队就是这么做的——摸索物理的边界,然后寻找解决问题的方案和可能。

《科学通报:脑(英文)》创刊仪式举行



本报讯(见习记者樊晓丽)8月29日,《科学通报:脑(英文)》(*Science Bulletin Brain*,ISSN:3118-0906)创刊仪式在京举行。该期刊由科学出版社主办、首都医科大学宣武医院副院长郝峻巍任主编。来自脑科学及相关领域的院士、专家学者及期刊出版界代表共千余人参加仪式。

Science Bulletin Brain 是《科学通报(英文版)》(*Science Bulletin*)的首本子刊,致力于发表神经科学领域的重大突破与前沿进展。其收稿范围包括基础神经科学、神经与精神疾病、神经工程与脑智能及脑科学交叉学科研究。文章类型涵盖系统综述、原创研究论文、简报、评论或观点等,并设有“经典回顾”特色栏目。

据介绍,该刊首届编委会由 50 位神经科学前沿领域顶尖科学家组成,其中海外编委占比达 80%,覆盖神经基础、临床转化与类脑智能等核心方向。期刊将依托 *Science Bulletin* 的国际化出版标准和学术网络,建立快速审稿通道,并通过融媒体平台进行全球推广。目前, *Science Bulletin Brain* 已正式接收投稿,所有文章开放获取出版,通过评审的优秀成果将在线优先发表。

“核你在一起 共探绿色核能”2026 年科普活动收官

本报讯(记者赵路)近日,“核你在一起 共探绿色核能”2026 年科普开放走进活动收官。本次活动由中国核工业集团有限公司主办,中核集团党群工作部、中核(北京)传媒文化有限公司承办。活动紧扣国家能源局“绿色核能”核电科普合作平台年度重点工作部署,串联产业现场、科研遗址与红色教育阵地,打造沉浸式核能科普体验,助力公众直观认识核科技。

8 月 17 日至 21 日,政府代表、产业伙伴、专家学者、媒体代表一行跨越福建、四川、青海三省,开启一场追寻核工业薪火传承的实地探访之旅。参访团先后走进福清核电基地、实地考察“华龙一号”三代压水堆核电项目现场,切身感受这项拥有完全自主知识产权技术的绿色低碳发展实践;探访九〇九基地,追溯我国第一代核潜艇科研攻关的奋斗足迹;走进中国核聚变博物馆,近距离了解“人造太阳”的科研探索历程;调研四川中核同源科技,一睹核技术赋能医疗、工业等民生领域的产业应用成果;奔赴青海原子城纪念馆、原国营二二一厂旧址、重温“两弹一星”艰苦创业征程,感悟老一辈科研工作“干惊天动地事,做隐姓埋名人”的崇高奉献精神。

兔猕基因随豹猫,形态为何像家猫?

■本报记者 李媛

圆脸庞、浓密蓬松的被毛、短小的四肢,常年顶着一张“高冷呆萌”的脸,兔猕凭借独特的外形成为家喻户晓的“网红”野生动物。这种栖息在我国西北高原、中亚荒漠草原的小猫科动物,看似憨态可掬,却是纯粹的肉食猎手,在高原生态链中扮演着关键角色。

长久以来,学界对兔猕的认知始终存在疑惑:它的形态特征和家猫属动物相像,基因谱系为何偏向豹猫?这种形态与遗传的错位,困扰了演化生物学家数十年。

近日,陕西师范大学生命科学学院教授李钢团队通过基因组学等多维度研究,厘清了兔猕的真实演化脉络,解开了这一经典物种演化谜题。研究同时还还原了兔猕适应高寒环境的演化路径,也为高原野生动物适应性进化研究、中小型猫科动物保护工作提供了遗传学依据。相关研究成果发表于《当代生物学》。

演化身份模糊不清

在全世界公认的 38 种猫科动物中,兔猕是极为特殊的一种。不同于狮、虎、豹等大型猛兽,也区别于随处可见的家猫,兔猕是猫科动物下兔猕属内唯一的物种。它们偏爱高海拔、高纬度的寒冷开阔生境,集中分布在我国青海、新疆、内蒙古高原,以及中亚、俄罗斯南部的荒漠草原地带,依靠每平方厘米上千根的高密度被毛,抵御着高原的严寒与强风。

在生态系统中,兔猕有着不可替代的作用。作为纯肉食性猫科动物,兔猕主要捕食鼠兔和各类小型啮齿动物,能够有效控制小型兽类种群数量,避免啮齿动物泛滥引发的草场退化、生态失衡,是高原荒漠生态系统天然形成的“生态调节器”。但就是这样一种常见却独特的物种,其演化身份多年来却始终模糊不清。

李钢介绍,过去学界对兔猕的物种判定一直陷入“证据打架”的困局。从外形和骨骼结构来看,兔猕与猫属物种更为接近,尤其是其较大的耳泡结构,是典型的开阔生境猫科动物特征,与野猫、沙猫等适应干旱荒漠的猫属物种趋同,而与栖息在湿润丛林、耳泡偏小的豹猫属物种有显著差异。

但随着遗传测序技术发展,矛盾逐渐凸显。早期线粒体测序及后续全基因组数据分析得出了相反结论:在演化谱系上,兔猕隶属豹猫属分支,与豹猫的亲缘关系更近,和外形相似的猫属物种亲缘关系甚远。形态证据与遗传证据的割裂,让兔猕的起源地、分化时间、演化路径、生态位演变等一系列核心问题,数十年间始终没有统一的学界定论。

李钢团队深耕猫科动物研究近 20 年,上述难题也成为该团队重点攻关的课题。李钢告诉《中国科学报》,长期以来,相较于研究体系成熟的大型猫科动物,兔猕这类中小型高原猫科动物的基础演化研究处于薄弱状态,样本稀缺、生活环境偏远,研究维度单一是破解难题的关键瓶颈。

古老基因被“激活”

为破解这一难题,团队搭建了过来来源、多维度的研究体系。在样本获取上,研究人员依托博物馆馆藏历史标本,弥补野外样本采集不足的短板;还联合各地动物园,合规采集圈养兔猕的血液、组织样本;同时深入西北高原野外产区,采集野生兔猕粪便、皮张等珍贵材料,兼顾样本的地域性、时效性和完整性。

在研究方法上,团队突破了“单一证据下定论”的传统短板。过往研究要么只依靠形态解剖数据,要么仅依托简易遗传数据。此次研究整合了形态学解剖数据、全基因组核基因数据、线粒体母系遗传数据、野外生态观测数据等多个维度,对兔猕约 24 亿碱基对、两万余个功能基因进行全面注释比对,多线交叉验证,最大程度还原物种真实演化过程。

经过海量数据比对与反复验证,团队终于厘清了兔猕的演化真相。研究证实,兔猕、猫属、豹猫属三者源自同一个已灭绝的古老猫科祖先,且三者的物种分化速度极快,独立演化的时间跨度很短。“这一特殊的快速分化过程,让 3 个类群的基因组保留了大量共有的古老基因,也就是物种演

化的‘基因储备’,这也是过往研究结论相互矛盾的根源。”李钢介绍。

物种分化后,不同类群走向了完全不同的生存路径。豹猫属物种逐步向低海拔湿润丛林迁徙、演化,适配丛林生存环境;兔猕则向着高海拔、高纬度的高寒荒漠环境扩散定居。在长期的自然选择压力下,兔猕祖先基因中适配严寒、强风、贫瘠高原环境的变异位点被不断激活,强化、逐步演化出浓密被毛、圆胖体态、特殊颅骨结构等特征,最终和生存环境相似的猫属物种形态趋同,也就出现了“基因随豹猫、长相像家猫”的特殊演化现象。

填补兔猕研究空白

除了厘清演化谜题,此次研究也刷新了科研人员对兔猕生存现状的认知。研究数据显示,相较于大型猫科动物普遍存在的遗传多样性低、近交衰退风险高、种群脆弱等问题,兔猕在物种整体水平上的遗传多样性更优,暂无严重的生存危机,种群基础相对稳固。

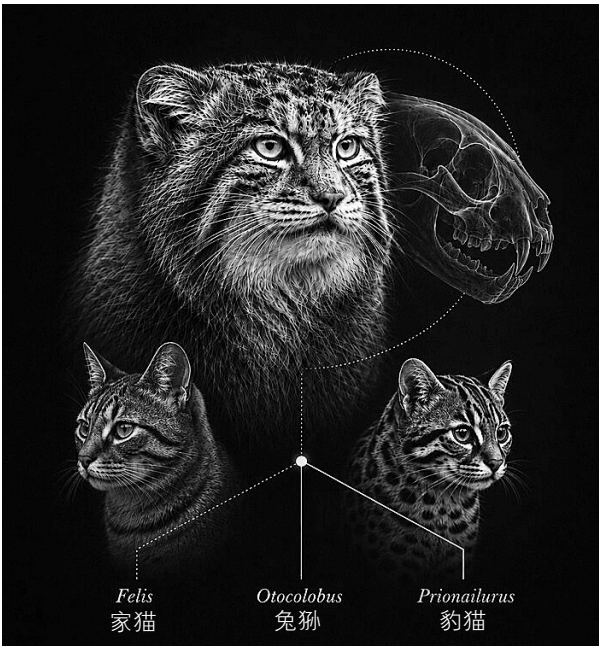
不过,研究团队也明确提出了现存隐患:猫科动物最大的生存威胁除了种群数量下降,还有栖息地破碎化和遗传多样性丧失。随着人为活动影响加剧,原本连片的高原、荒漠栖息地被道路、设施分割成零散小块,不同区域的兔猕种群无法实现基因交流,长期隔离将逐步引发遗传多样性流失、近交风险上升,对物种长期存续构成潜在威胁。

此次研究不仅厘清了兔猕的演化身份,更搭建了快速分化物种适应性演化的全新研究范式,为全球野生动物演化研究提供了新思路。在生态保护层面,研究解析的兔猕核心适应性基因、遗传背景、种群特征,为后续专项保护、栖息地修复、生态廊道搭建、跨境种群保护等提供了精准的科学支撑,填补了我国兔猕保护遗传学的研究空白。

李钢表示,该研究目前仅覆盖兔猕物种整体层面,尚未细化到种群维度,后续科研工作仍在持续推进。“兔猕分布横跨多国、地域跨度极大,不同亚种、不同地理种群的遗传差异、基因交流现状、种群分化特征目前仍不清晰。”他坦言,下一步,团队将深化跨单位、跨地域、跨学科合作,扩大野外样本采集范围,聚焦种群结构与遗传交流研究,精准评估栖息地破碎化带来的影响。

同时,团队将沿用猫科动物保护研究体系,持续关注云豹、华北豹、金猫等国内珍稀猫科动物的生存困境,针对性开展遗传保护研究,补齐中小型猫科动物的保护短板。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2026.06.065>



兔猕、家猫和豹猫演化示意图。受访者供图

发现·进展

大连理工大学

新技术路线破解传统锂电池“热失控”难题

本报讯(记者孙丹宁)近日,大连理工大学副教授李明强课题组围绕新架构锂电池和新型储能电池持续攻关,破解了传统锂电池热失控等行业痛点,为低成本、长寿命、高安全储能装备提供全新技术路线。相关成果先后发表于《能源储存杂志》和《化学工程杂志》。

传统商用锂电池存在锂资源稀缺、有机电解液易燃、穿刺易热失控等隐患。对此,团队聚焦四甲基铵多卤化物(TMAI/TMAI₊)多功能正极材料,面向高安全锂电池应用场景,搭建了全新电池体系。电池经钢针穿刺、剪切破坏后无起火爆炸,破损电芯仍可正常工作。原材料廉价易得、制备无需高温,适配电网长时储能、户用储能等场景。

为弥补金属锂负极枝晶、有机锂电易燃等短板,团队另辟蹊径,摒弃锂金属负极,将商用 NCM 三元(镍钴锰酸锂)、磷酸铁锂等传统锂电正极材料作为铝集流体中间过渡层,搭配 TMAI 正极与含溴有机电解液,实现两步两电子氧化还原。该电池输出 3.5 伏、3.0 伏双电压平台,活性物质比容量 211 毫安时每克,稳定循环 2200 圈。测试证明 NCM 三元材料过渡层电荷转移阻抗、腐蚀电流远低于橄榄石材料,锂离子扩散速率提升 1 至 2 个数量级。弯折、针刺、剪切等多项破坏性测试下电芯无热失控,形变后依旧正常供电。该电池兼顾高电压、高安全与简易制备工艺,适用于便携电子、轻型动力设备。

随后,该结构被应用于新型水系双离子电池中。团队创新采用五碘化四甲基铵复合石墨作为正极,搭配高浓度水凝胶电解液构建了高可逆三电子转移双离子电池。长循环测试显示 900 次充放电库仑效率稳定高于 98%。下一步,团队将推进软包大容量电芯放大试制,推动实验室技术向产业化落地转化,助力低成本安全储能技术工业化进程。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.est.2026.123773>
<https://doi.org/10.1016/j.ccej.2026.180762>

广告

平台经济的崛起,是中国数字经济最醒目的篇章之一。20 余年来,平台经济在优化资源配置、降低交易成本、推动产业升级方面发挥了巨大作用。然而,高速发展的背后,一些深层次问题也逐渐显现。部分平台既当“裁判员”又当“运动员”,搜杀降权、大数据“杀熟”等乱象随之而来,市场公平性深受影响。

今年以来,人民网发文三评“平台治理”,指出“公平对待所有经营者”是运营的基本底线。在科研领域,这一底线尤为重要——科研采购平台的公平、公正、公开不仅关乎商业竞争,更关乎公共资源的公平分配和科研工作者的切身利益。

平台经济让阳光照进科研采购

科研采购关乎国家财政经费使用、实验室安全和科研成果的可靠性。然而,在 2013 年以前,科研采购市场长期“各自为战”,靠熟人介绍、关系拓客,信息不对称、价格不透明、“跑冒滴漏”时有发生。随着专业平台逐步崛起,行业以数字化手段整合供应链资源,以标准化流程保障合规透明,推动科研采购从“粗放管理”向“精细治理”转型。目前,阳光采购已推广到全国高校、研究机构、医院、央企等,成为规范科研采购的普遍手段。

在此过程中,一批专业性服务平台应运而生:喀斯玛作为国内最早聚焦科研领域推行阳光采购的第三方平台之一,服务全国近 3000 家科研、教育、医疗、检验检测、军工等单位,保障超 300 亿元国家科研经费规范使用;京东工业品依托京东集团的供应链基础设施,主推日常实验耗材的标准化采购与快速递送,适合零碎小件的即时采购需求;在实验室日常运营保障方面形成独特优势;方元互联在特定区域和细分学科领域深耕多年,以本地化服务和专业化选型见长;库巴扎聚焦科研采购的数字化管理,在采购流程规范、经费监管留痕等方面持续发力,为高校和科研院所提供从预算编制到财务结算的全流程解决方案。

这些平台共同推动了科研采购从“粗放管理”向“精细治理”的转型,不仅让科研工作者从繁琐的采购事务中解放出来,也让国家科研经费的使用更加规范、透明、可追溯。

公平、公正、公开是立身之本

科研采购平台要行稳致远,必须守牢一条底线:坚持第三方角色,不能既当“运动员”又当“裁判员”。

判断平台是不是“第三方”的核心标准有 3 点。第一,是否独立撮合交易,让多家供应商同台竞价、让采购方自主选择,才是纯粹的第三方;第二,是否对供需双方都公平,真正的第三方平台必须同时保护买卖双方利益;第三,平台是否让市场更透明、竞争更充分,让更多优质源头厂商直接触达终端科研用户,压缩中间环节,价格更透明,选择更丰富,这是第三方平台的价值所在。

科研采购平台连接的是供应商与采购方,核心价值在于提供公平竞争交易环境。在同类平台中,喀斯玛一直以对供应商的严格审核和监管闻名。在优胜劣汰的市场竞争机制作用下,平台汇集的 1.2 万余家供应商中,约 70%是源头供应商,远高于行业 20%左右的平均水平。

2025 年,喀斯玛被以生化试剂为主营业务的上市公司阿拉丁收购,一些用户担心其平台的第三方撮合属性、独立运营机制、公平交易规则会改变。事实上,阿拉丁充分理解和尊重第三方平台公平、公正、公开的原则,认可平台营造公平竞争环境的价值、促进试剂行业健康发展的作用。在双方的共同努力下,供应商入驻、商品上架、采购方比价下单的开放竞争环境得到了有效维护,这正是平台治理应倡导的方向,也是阳光采购能够持续推进的保障。

平台经济进入高质量发展的新阶段,公平、公正、公开是科研采购平台的立身之本,也是行业最该坚守的“压舱石”。

公平为本,让阳光照进科研采购

从平台经济治理看科研采购领域的健康发展

■胡根琦