

# 手挽手打造 环喜马拉雅可持续“标杆”

■本报记者 冯丽妃

作为亚洲地区最大的水资源“安全阀”，青藏高原地理位置独特，将生活在该区域的20亿人的前途和命运紧紧相连。然而，气候变化引发的水资源失衡，给青藏高原及其周边地区的发展带来严峻挑战。

为了应对挑战，中国科学院院士、第二次青藏科考队队长姚檀栋正与国内外科学家联手，推动建立国际环喜马拉雅地球系统科学协会(ATH)，从而在未来10年，通过开展国际大科学计划守护这片高原。

“我们设立了3个阶段的科学研究路径：第一阶段是2025—2027年，夯实基础，突出重点；第二阶段是2028—2031年，循序渐进，提升全球影响力；第三阶段是2032—2035年，面向未来，致力于区域可持续发展，成为国际合作的‘标杆’。”姚檀栋说。

## “福地”告急

“青藏高原为什么重要？”3月28日，姚檀栋在2025中关村论坛年会平行论坛——环喜马拉雅地球科学国际合作论坛的开幕主旨报告中抛出这样一个引人深思的问题。

姚檀栋指出：“倘若没有青藏高原，整个北半球，或者至少亚洲的地表系统将会发生重大变化——从中国直至沙特阿拉伯等西亚、中亚地区，都将呈现沙漠气候。而青藏高原隆升之后，成功激发了印度季风的存在以及东亚季风的加强，使得中国东部、中亚甚至南亚的部分区域转变为‘鱼米之乡’。”

姚檀栋介绍，全球共有78个大“水塔”，以青藏高原为核心的环喜马拉雅地区独占16个，组成了“亚洲水塔”。亚洲水塔以冰川、冻土、积雪为特征，这片世界最高海拔地区的水资源，滋养着下游地区数十亿人，堪称亚洲人最大的“福地”。

青藏高原不仅通过大气环流系统深刻影响着中亚、东亚地区的气候环境，还与北极、南极的环境变化联动，在全球生态环境保护中占据着举足轻重的地位。“对于青藏高原研究而言，20世纪的前沿领域聚焦于板块构造，而在21世纪，关键前沿领域则转变为地球系统科学。”姚檀栋强调。

第二次青藏科考的定位明确，即了解环境变化的系统影响，并提出相应对策。依据这一定位，科考队提出十大研究任务。自2017年以来，先后有2800多个科考分队、3万余人踊跃参与其中，对青藏高原展开全域性科考。

通过8年多的科考，科考人员获取了对这片高原地球系统科学的深度认知。例如，对亚洲水塔储水量有了基本判断——总储水量相当于黄河200年的径流量。“水资源的储存量为区域发展带来了强大信心。”姚檀栋说。

然而，姚檀栋强调，气候变化带来的挑战——亚洲水塔失衡问题，不可忽视。

一方面是空间失衡。青藏高原内流区域因冰川、冻土、积雪融化及西风带降水增加，总水量上升；而受印度季风影响的外流区域，降水减少且冰川融化的水多流向下游，导致水量减少。

另一方面是固液相失衡。固态水大幅减少，如冰川、积雪和多年冻土面积缩减，液态水却显著增加，湖泊水量和出山口径流增多。“冰川面积从5.9万平方公里减少至4.7



姚檀栋(右二)等在青藏高原考察。



冯丽妃摄

万平方公里，积雪面积从130万平方公里减至40万平方公里，湖泊水量从6100亿立方米增至9000亿立方米以上。”姚檀栋举例说，这种变化带来了冰崩、冰湖溃决、泥石流等灾害，严重威胁人类生存环境。

中国科学院外籍院士、清华大学教授陈德亮表示，更严峻的是，2024年全球升温已超过1.5℃温控目标。较为保守的估计是，本世纪末全球温度将增加约3℃，甚至更高。

“在青藏高原地区，升温幅度可达全球平均水平的两倍。”陈德亮说，这将进一步加剧灾害风险。

论坛上，尼泊尔科学院院士、特里布文大学教授Deepak Aryal指出，受气候变化影响，尼泊尔极端天气事件增多，干旱加剧，暴雨、雷暴和大冰雹频发。“本世纪初以来，尼泊尔降水量持续攀升。现在，一次强降雨的降雨量甚至能超过500毫米，导致交通瘫痪、村庄消失、百姓遇难。”Aryal说。

## 高原守护

在应对气候变化的这场看不见硝烟的战争中，青藏高原已然成为关键战场。中国科学家冲锋陷阵，走在前列。

“青藏高原特殊的地质构造与气候条件使其成为陆地灾害研究的‘自然博物馆’和‘天然实验室’。”中国科学院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员崔鹏说。

过去几年，崔鹏带队在第二次青藏科考中承担了第九项任务——地质环境与灾害研究。他们首次建成青藏高原孕灾背景和灾害发育数据库，涵盖气温、水、高程、坡度、地震、降雨等多维度信息，整合2400多个GNSS观测站点数据，揭示了高原构造变形以连续变形为主特征。

通过分析孕灾环境背景变化及灾害时空演化规律，研究人员发现，随着气候暖湿化，冰湖溃决频率呈非线性增长——20世纪以来喜马拉雅山区113个冰湖发生249次溃决，近年增幅尤为显著；冻土退化导致的热滑塌数量10年增长3.5倍，山洪泥石流灾害不仅频度增加，且正向北迁移。

为应对风险，研究人员在国际上率先阐明灾害链生机制，构建起“预测—评估—应对”全链条防控体系。该体系已在川藏铁路、流域水电开发等重大工程建设沿线、选址中显出成效，同时在青藏高原多次灾害事件中，如地震、雪崩、洪水中，提供了防灾减灾和灾

后重建依据。

“如何从地球系统科学角度，将青藏科考分散的观测点建成系统的观测平台？我们将此作为一个标志性的科学工程不断向前推动。”姚檀栋说。

姚檀栋表示，目前，第二次青藏科考已经建立了多个极具特色的系统观测平台。如拉萨河流域地球系统观测平台，可实现从冰川活动到人类活动区域体系变化的统一观测和识别；冰崩与冰湖溃决灾害监测预警平台，自2018年以来已成功开展6次预警，及时将预警信息反馈给地方部门，支撑防灾减灾。

第二次青藏科考在水资源变化、碳汇功能、生态系统和生物多样性变化等方面的科研成果全程支撑了《中华人民共和国青藏高原生态保护法》的出台。此外，研究人员在联合国环境规划署平台发布的区域科学评估报告，在国际上产生了重大影响，为区域可持续发展与全球生态治理提供了“中国方案”。

## 国际联动

此次论坛上，多国科学家认为，环喜马拉雅地区的区位优势、环境脆弱性，以及可持续发展的迫切性，都充分表明推动国际合作势在必行。

“青藏高原堪称全球气候系统的关键‘引擎’。”中国科学院院士方小敏指出，其隆起推动了亚洲季风格局在2600万年前形成，对生物多样性影响深远，并且在全球三极联动中发挥着至关重要的作用。

方小敏表示，目前，第二次青藏科考积累了海量资料，极具孕育原创性突破的潜力。通过国际合作，借助国际大科学计划，有助汇聚各方智慧，将科考线索转化为成熟理论，提升我国在地球科学领域的国际影响力。

“跨境河流，尤其是发源于青藏高原的跨境河流，在连接各国、影响众多人口方面发挥着重要作用，而全球变暖则增加了灾害风险。”陈德亮表示，其团队利用人工智能模型模拟发现，到2100年，在SSP585情景下，洪水频率可能平均增加15~20倍，洪水绝对量增加14%~56%，受影响人口最多将增加10倍，对国内生产总值的影响最少增加46倍。

“这警示我们，必须提前做好准备，合作应对潜在的水资源与灾害挑战，刻不容缓。”陈德亮说。

德国森肯伯格研究所所长Andreas Mulch强调，气候变化正在全球引发非线性

变化，青藏高原的复杂现象凸显了研究地球系统临界点的重要性。需通过跨学科团队合作，从地貌变化、造山运动到生态系统等多方面提取信息，结合当前观察与风险评估，保障地区安全与价值。“跨大陆、跨国界的跨学科研究是未来发展方向。”他说。

“尼泊尔正积极采取行动，全力解决降水量急剧增加和干旱带来的森林火灾等问题。”Aryal说，但因为存在数据缺口，导致早期预警系统难以有效建立。未来，尼泊尔希望与中国等国际伙伴合作，从卫星、遥感以及地面观测等多渠道获取数据，弥补相关数据不足，保障民众生活和生态环境安全。

早在2009年，姚檀栋就联合知名科学家发起TPE国际计划，在亚洲水塔变化、碳汇功能、生态系统与生物多样性变化等方面取得一系列世界级原创成果。但他表示，未来亚洲水塔的变化仍面临诸多未知。例如，极高海拔区环境如何变化、相关变化如何影响其他过程、具有怎样的链式和放大效应等。

“这意味着我们还有许多事情要做。”姚檀栋说，谈到环喜马拉雅未来的研究和保护工作，他建议至少要做以下几件事：继续加强青藏高原观测，建立冰芯资源库，建立能够“用得上、留得住、有影响”的地球系统观测和预警平台，判断冰川变化拐点以及地球系统突发性过程，研发先进模型并研究其对全球的互动影响。

此外，姚檀栋表示，围绕这一区域的其他研究计划也在积极启动和酝酿之中。例如，科技部已经启动极高山海拔区和三江源区冰冻圈变化与地球系统应对的应急任务。另外，联合国大会通过决议，宣布2025年为国际冰川保护年，从2025年起的每年3月21日为世界冰川日，同时还将于2025—2034年定为冰冻圈科学行动十年。

在今年3月的联合国首个世界冰川日活动上，第二次青藏科考提出的亚洲水塔冰川与发展科学行动得到联合国的充分肯定和赞赏。联合国教科文组织负责世界冰川保护和冰冻圈科学行动十年方案的Anil Mishra博士，高度评价了中国科学家在冰冻圈变化驱动的地球系统科学中发挥的引领作用，并希望中国科学家能够牵头制定冰冻圈科学行动十年方案中的研究、观测、模拟等核心内容。

“通过这些科技计划，我们将整合各方优势力量，共同应对气候变化下，青藏高原及周边地区面临的环境变化、影响等全球性挑战。”姚檀栋说。

## 发现·进展

宁波东方理工大学等

# AI显微镜拍下 15种细胞结构“全家福”

本报讯(记者温才妃 通讯员姚瑶)宁波东方理工大学(暂名)讲席教授金大勇课题组、助理教授张昊课题组与合作者，融合人工智能(AI)和“光学指纹”，首次实现活细胞内15种亚细胞结构的同步动态观测，突破了传统细胞全景成像的通道数量上限，为生命活动机制研究提供了重要观测工具。相关研究成果日前发表于《自然-通讯》。

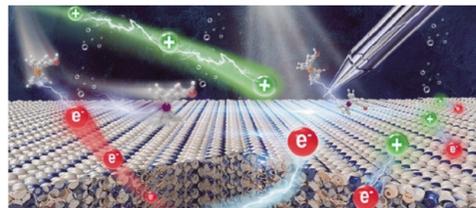
如果把活细胞比作精密运转的微型工厂，细胞内各种细胞器就是各司其职的功能车间，显微成像则是实时监控。传统多色成像受限于光谱干扰和光毒性，难以同时观测超过6种细胞器的协作过程，并且存在“高速度”和“多类型”不可兼得的技术瓶颈。

研究人员利用亲脂性探针尼罗红为所有膜结构细胞器统一染色，并借助转轮共聚焦显微镜捕获不同细胞器的独特光谱比率“指纹”，进而构建Attention U-Net深度神经网络，将超分辨率荧光图像和光谱比率图像作为双输入通道，结合细胞器特异性标记的真值数据训练模型，最终建立了可精准分割15种亚细胞结构的AI系统。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-025-57877-5>

中国科学院大连化学物理研究所

# 揭示液相反应环境下 光生电荷转移机制



光生电荷转移机制示意图。

中国科学院大连化学物理研究所供图

本报讯(记者孙丹宁)中国科学院大连化学物理研究所研究员范峰涛、中国科学院院士李灿等在光生电荷转移原位成像研究方面取得进展。他们实现了对固-液界面双电层中紧密层电荷的定量测量，完成了对光生电荷从固相空间电荷区到界面液相反应的全过程追踪。研究发现，反应溶液环境对于光生电荷的分离行为具有重要影响。通过调控反应环境，团队实现了对反应过程电荷转移的调控，并揭示了光催化反应的更深入机理。相关研究成果近日发表于《美国化学会志》。

研究团队借助探针的电荷效应，从探针受到的远程相互作用中提取静电力，将双电层中的力场分布转化为电场分布，进而实现液下表面光电势的测量。结合表面光电势显微镜和扫描电镜，研究团队在纳米尺度上追踪了单个BIVO<sub>4</sub>颗粒的光生电荷从空间电荷区到反应物的转移过程。

研究发现，固-液接触诱导的表面电荷不仅产生了额外的驱动力，还在中性电解质中将表面光电势从90毫伏逆转为-25毫伏。这一转变打破了光生电子受限于n型半导体体相的常规局限，使其迁移至表面，最终导致光生电子与光生空穴驱动的电子转移发生在空间上发生分离。

该研究有望为深入研究微纳尺度光催化反应电荷转移动力学机理奠定基础，为设计高效光催化剂和优化反应条件提供指导。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/jacs.4c10300>

南方科技大学

# 发现高对称单晶中的 非晶热导反常现象

本报讯(记者刁雯雯)南方科技大学讲席教授何佳清团队发现强轨道-晶格耦合效应导致单晶BaTiS<sub>3</sub>发生自发对称破缺，形成了一种极为罕见的一维有序、二维无序的三维晶体结构。相关研究成果近日发表于《物理评论X》。

在凝聚态物理中，晶体通常具有长程有序的结构，热导率随温度升高而上升。然而，研究团队发现，简单高对称晶体BaTiS<sub>3</sub>打破了传统凝聚态物理的既有认知规律。尽管其原子排列呈现长程有序状态，却同时展现出非晶(面内)和晶体(面外)的热传导特性。

研究团队基于晶格动力学理论计算了声子色散，发现BaTiS<sub>3</sub>高对称结构不稳定，会发生自发对称破缺。此外，研究团队从微观扫描证实了轨道与晶格之间的耦合效应是高对称结构发生自发对称破缺的根本原因。

随后，研究人员借助神经网络机器学习，训练了BaTiS<sub>3</sub>的原子间相互作用势，并运用由机器学习势驱动的非平衡分子动力学方法，理论预测了100至300开尔文温度区间内BaTiS<sub>3</sub>的面内与面外热导率。结果发现，无论是理论预测还是实验测量所得的面内热导率，均随温度升高而表现出类似非晶材料的变化趋势；而面外热导率，则展现出典型的随温度升高而降低的晶体热导率变化特征。

研究人员通过理论预测与实验测量的相互验证，揭示了强轨道-晶格耦合效应对晶体结构及热导率的影响。这一发现对阐释高对称晶体中局部无序及反常的热输运现象具有指导意义，同时为优化和寻找性能优异的新型热电材料提供了新思路。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevX.15.011066>

## 科学时评

# 别让教育成为明码标价的“赠品”

■王昊昊

近日，长沙市教育局发布中考中招制度改革方案，在规范性政策优待项目方面提出，自2025年起，高层次人才子女享受教育优待实行单列，不纳入统招计划。这一举措短时间内引发社会广泛关注。

不只是长沙，近年来苏州、惠州、湛江等地都推出了高层次人才教育优待政策，各个城市的做法有一些共同点，比如入学保障、协调转学、给予就读补助等，但这些优待政策多集中在幼儿园、小学阶段。

中考在我国教育体系中是一个关键节点，是学生打开高中优质教育的第一把钥匙。长沙的中考本就竞争激烈，在这种情况下给特定群体优待，让民众觉得是在“拼爹”，影响了教育公平，即使长沙市教育局工作人员回应新政与统招计划“互不影响”，这种简单回复仍难以消除民众疑虑。

上述问题主要有两个争议点。一是特定群体该不该享受子女教育优待。人们认为新政将父母的成就纳入子女升学评价体系，实质是为“血缘优势”正名，被批评为“老子英雄儿好汉”的典型体现。二是高层次人才认定标准。

根据长沙市此前发布的高层次人才分类认定目录，高层次人才包括国际顶尖人才、国家级领军人才、省市级领军人才、高

级人才4类，分别用A、B、C、D指代。其中D类人才包括长沙市优势主导产业和战略性新兴产业领域年薪50万元以上的高级经营管理和研发人才等。

最新公示的《长沙市第42批高层次人才分类认定名单》显示，94名获公示者中有B类1人、C类12人、D类81人。笔者检索此前发布的认定名单发现，每一批公示的高层次人才名单都有数十上百人，大多数为D类，职务包括企划专员、销售总监、行政后勤负责人、设计师、软件工程师等。

问题在于，长沙将“年薪50万元”作为D类人才的核心标准，却未明确区分“高薪”与“高贡献”，导致大量企业管理者与核心技术人才混杂于同一名单。高收入群体已通过市场机制获得丰厚回报，其子女再享教育特权易引发公平性质疑。教育选拔应基于个人能力，父母身份带来的升学优势，短期内可能吸引人才或满足部分群体需求，但长期必然动摇教育公平的根基。这种简单以收入划线的做法，既忽视了教师、医生等专业人才的公共服务价值，也让政策沦为部分企业兑现员工福利的工具。公众担忧此类标准可能滋生暗箱操作，削弱政策公信力。

其实，全国多地都出台了针对高层次人才的教育优待政策。从义务教育阶段的入学便利到中考招生的特殊通道，这些政策既被视为城市抢人大战的“杀手锏”，也反映了城市间激烈的人才竞争需求；也被质疑为以教育公平换发展的危险试探，触及了教育公平与社会资源分配的深层矛盾。公众对教育优待政策的激烈反应，源于对教育公平底线的集体捍卫。

中国家庭向来注重家教、家风，重视教育，希望子女青出于蓝胜于蓝，因此高层次人才在选择安居乐业之地时，势必会考虑科研平台、经济收入、教育质量等多重因素。在激烈的人才争夺战中，各城市都乐于将好政策和盘托出以彰显引才诚意，但一些城市没有顾及教育公平问题。表面看，这体现了城市对人才的渴望，但深层次上，部分政策已偏离人才发展规律，引发资源挤兑、社会公平受损等争议。

如何在吸引人才的政策红利与教育公平的底线原则之间找到最优解？一方面，应强化现有政策的透明度与监督机制，避免将经济资本与学术贡献混为一谈，并将其与社会贡献挂钩，缩小优待范围，同时人才离开本地时应及时终止优待资格；将教育优待政策限定在幼儿园、义务教育阶段就近入学等选拔性教育阶段，避免触及选拔性考试；根据高层次人才在本地上学年限、科研产出和成果转化量、教育公益服务等指标积分，达到一定分值才享受教育优待，而非“一认定即享受”。

另一方面，可以探索替代性激励措施，以更高的物质保障代替教育优待，比如为高层次人才提供更优的住房、医疗等生活保障，加大对科研经费与职业发展的支持。随着教育普及水平的不断提高，“有学上”已不是问题，关键在于“上好学”。从城市长远发展看，要扩大优质教育资源供给，通过优化师资配置、缩小校际差距等方式，推动教育均衡化，缓解教育焦虑。

教育不是商品，公平不容透支。城市抢人大战无厚非，但教育公平的底线一旦失守，其修复成本将远超人才引进的短期收益，要让教育回归“能力本位”而非“身份本位”。当教育成为明码标价的“赠品”和“配套福利”，不仅可能使某个孩子失去入学机会，更可能使社会失去“知识改变命运”的信仰。城市的未来，终究要靠制度优势而非政策交易来奠基。真正的城市竞争力，不在于为少数人开辟特权通道，而是让每个孩子都能在公平的起跑线上追逐梦想。