

“蓝色晶体”点燃“室温超导”希望

有望给电力传输系统带来革命性突破

■本报记者 王林

“室温超导”这一终极梦想即将照进现实？3月8日，美国罗彻斯特大学机械工程系和物理与天文系助理教授兰加·迪亚斯在美国物理学会会议上宣布找到了一种名为三元镱氮氢体系的新材料，这种拥有蓝色光泽的晶体可实现“室温超导”。

这是迪亚斯团队继2020年发表类似研究论文被撤稿后的卷土重来。相比被撤稿报告，这次实验结果的压强条件从267GPa(约为267万个大气压——编者注)大幅降至1GPa。虽然1GPa在现实情境中难以实现，但如果这次实验结果得到证实，无疑意味着实现了室温和接近环境压力下的超导性。

业内认为，如果这一研究成果成功落地，将在电网、计算机等领域掀起一场革命性变革。什么是“室温超导”？与超导存在什么联系？这一研究结果将对物理界、能源界乃至整个科学界带来哪些影响？

● 作为终极梦想的“室温超导”

一切要从超导说起。超导是指导体在某一温度下电阻为零的状态。超导材料的零电阻特性可以用来输电和制造大型磁体。超高压输电会有很大的电能损耗，而利用超导体则可以最大限度地降低损耗，但迄今临界温度较高的超导体尚未进入实用阶段。

《每日科学》指出，许多自然存在的元素和矿物质，如铅和汞，都具有超导特性。当

前，一些现代设施都使用具有超导特性的材料，包括核磁共振成像机、磁悬浮列车等。

通常情况下，材料的超导性发生在低温或高温高压环境下，而科学界一直寻求找到或创造出可在非加压室温环境中相互传递能量的材料，也就是所谓的“室温超导”。如果超导体在室温下的效率能够大规模应用，将为工业、商业和交通创造更高效的电力传输系统，这无疑将是一次革命性的突破。

内华达大学拉斯维加斯分校物理学家阿什坎·萨拉马特指出，室温条件下的超导体是超导研究人员的终极梦想。零电阻的电路几乎没有热损耗，使用超导体材料进行长距离大容量输电，能极大地减少能量浪费，提高能源利用效率。用超导体制作超大规模集成电路，能解决散热问题，提高运算速度。

● 最新研究成果仍受质疑

根据英国《自然》发表的迪亚斯团队最新研究成果，这种三元镱氮氢体系的新材料，可以在20.5摄氏度的室温条件下、加压到1GPa的情况下出现超导现象。不过，有鉴于2020年研究被迫撤回，业内对这次研究结果持保守观望态度。

2020年，迪亚斯团队宣称在实验室将氢、碳和硫元素在金刚石腔中通过光化学合成简单的碳质硫化物，并将其超导

临界温度提升至15摄氏度，这是人类首次观察到室温超导体。然而，多个科研团队尝试复制这一实验结果均以失败告终。《自然》最终以“数据处理方式有问题且实验结果一直未能被成功复现”为由于2022年9月撤稿。

有媒体报道称，迪亚斯团队2020年的研究配方含糊不清且不完整，有研究小组尝试了6次也没能复现，迪亚斯团队之后以“自己的实验设备坏了”为由予以搪塞。

卡内基科学研究所物理学家亚历山大·冈察洛夫表示：“目前只是看起来可信。”佛罗里达大学物理学家詹姆斯·哈姆林则表示：“我认为他们必须做一些实际工作，让科学界更为相信。”

加州大学圣地亚哥分校物理学家豪尔赫·赫希说得更直率：“我怀疑(这个新结果)因为不信任他们。”他认为该团队上一次的数据不是来自实验室而是伪造的。

对此，迪亚斯表示，最新研究成果在实验室重复了几次，并有第三方观察和独立的工作验证，而且论文已经经过了同行审议，符合《自然》的严格标准；“目前只是理论上可行，距离真正应用还有很长的路要走。”

● 超导科研探索任重道远

哈姆林感叹：“如果(迪亚斯)这次正确，将是完全革命性的成果。”他透露，“室温超导”是科学界追求了一个世纪之久的梦想，

现有的超导体需要昂贵而笨重的冷却系统来实现无摩擦导电，但室温超导材料可以带来高效电网和计算机芯片，以及磁悬浮列车和核聚变动力所需的超强力磁铁。

迪亚斯团队研究是距离“室温超导”仅一步之遥，还是又一起乌龙事件，有待科学界的进一步研究和证实。其实，还有很多科研团队和小组在超导研究的道路上埋头苦干，超导科研探索任重道远。

《超导与新磁》期刊指出，虽然自然界中的许多元素和矿物质比如铅和汞都具有超导特性，但通常需要在低温或高温高压环境下才能发挥作用。即便如此，为减少电力浪费，许多研究团队仍在努力寻找可在非加压室温下得到大规模应用的超导材料。

哈佛大学德克萨斯超导中心创始人兼首席科学家保罗·朱(Paul Chu)和研究助理教授梁子邓(Liangzi Deng, 音译)选择硒化铁进行实验，因为其结构简单，加压环境中超导临界温度相对较高。他们开发了一种压力淬火工艺(PQP)，首先在室温下对样品施加压力以增强超导性，然后将其冷却到选定的较低温度，之后完全释放所施加的压力，同时仍可拥有很强的超导性能。

这是PQP首次被用于在大气压力下保持高温超导体中的高压增强超导性。保罗·朱表示：“传输过程中浪费了大约10%的电力，如果改用超导体来传输电力，即使跨越数千英里，也有望实现零浪费，可以说将彻底改变全世界的交通和电力传输系统。”

地热让建筑“绿”起来

■本报记者 董梓童

“上世纪70年代我们开始利用地热，至今已经取得了很大成绩。统计数据表明，我国地热供暖面积约14亿平方米，人均可达1平方米。外国友人听了，都要竖大拇指。”日前，在“津西能源·2023第十三届中国国际地热高层论坛”上，中国科学院院士、中国地热产业工作委名誉理事长汪集旻说。

地热供暖作为一种绿色低碳的可再生能源利用形式，近年来在助力建筑降碳方面成果显著，在大气污染治理、清洁供暖工作中也发挥了积极作用。在碳达峰碳中和目标下，新建建筑对地热的需求将快速增加，而规模化利用也将带动地热产业发展迈入快车道。

■ 建筑降碳重要途径

据了解，建筑行业的碳排放可分为直接排放和间接排放。前者指在建筑行业发生的因化石燃料燃烧导致的二氧化碳排放，主要包括建筑内的供暖、炊事、生活热水、医院或酒店蒸汽等因燃料燃烧导致的排放；后者指外界输入建筑的电力、热力包含的碳排放。

中信建筑设计研究总院总工程师、中国地热产业工作委主任陈焰华认为，从目前的发展情况来看，我国建筑行业的总碳排放达峰时间很大程度上取决于直接碳排放。若维持现有建筑节能政策标准与技术不变，碳达峰时间预计在2038年左右，明显滞后于全国碳达峰时间。

“建筑领域要在2030年前实现碳达峰，就要提升能效，提高可再生能源利用率。而利用地热能实现生活热水的电气化，并以此替代燃气热水锅炉是建筑领域减排的重

要路径。”陈焰华说。

中国地质调查局公布的数据显示，我国水热型地热资源总量相当于1.25万亿吨标准煤，干热岩资源总量相当于856万亿吨标准煤，如果能够开发万分之一，就相当于目前我国能源消费总量的16倍。

据介绍，根据温度不同，地热资源可分为发电和直接利用两种。高温地热资源主要用于发电，25摄氏度以下的浅层地热能可利用地源热泵供暖。我国浅层和水热型(中深层)地热资源以中低温为主，高温为辅。上述背景下，利用地源热泵进行供暖可助力我国建筑领域降碳。

■ 产业迎来战略机遇期

党的二十大报告强调，实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要立足我国能源资源禀赋，推进工业、建筑、交通等领域绿色低碳转型，加快节能降碳先进技术研发和推广，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。中国科学院院士何雅玲指出，这为地热技术和产业高质量发展提供了根本指引。

建筑绿色低碳转型被提上日程，地热开发利用也得到相关部门高度重视。国家发改委等八部门联合发布的《关于促进地热能开发利用的若干意见》提出，到2025年，各地基本建立起完善规范的地热能开发利用管理流程，全国地热能开发利用信息统计和监测体系基本完善，地热能供暖(制冷)面积比2020年增加50%，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目，全国地热能发电装机容量比2020年翻一番；到



2035年，地热能供暖(制冷)面积及地热能发电装机容量力争比2025年翻一番。

政策助推之下，我国地热产业正处于大有可为的战略机遇期。根据2021年中国建筑能耗研究报告数据，全国建筑运行阶段能耗占建筑全过程能耗总量的50%左右，主要集中在采暖、空调供热和生活用水等方面。

对此，陕煤地质集团总工程师段中会表示，从建筑运行能耗数据来看，未来建筑用能清洁化、高效化和低碳化转型过程中对地热开发利用的需求巨大，利用地热供暖的环境效益十分突出。地热产业将迎来蓬勃发展的大好时机。

■ 规模化发展是“王道”

截至目前，地热供暖项目已经在天津、陕北、河北、长三角等地区落地，为我国未来规模化开发利用地热能奠定了坚实基础。

陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司副总工程师强聪望介绍：“陕西省西咸新区沣西新城采用中深层无干扰供热技术，即钻机在地下2000米至3000米钻孔，通过换热介质导出地下热能。相比传统供暖技术

可节能30%以上，替代标煤32万吨，减少二氧化碳排放86万吨。”

据了解，上述技术已被纳入绿色技术推广目录和全国工业领域电力需求侧管理第四批参考目录，鼓励在全国范围内推广应用。随着地热技术不断成熟，未来我国供热格局也将发生变化。

不过，值得注意的是，地热供暖虽具有取热持续稳定、地温恢复快、环境影响低的优势，而相较于传统取暖方式，地热初期投资更高。陕西省地协副会长穆根霄表示，天然气每平方米建设费用在60元至80元之间，地热则在每平方米200元至300元之间。“但地热供暖也有自己的经济优势，后续运营成本仅为天然气的1/5至1/6。”

中国科学院地质与地球物理研究所研究员庞忠和认为，要真正促进地热产业发展壮大，必须有规模、薄利多销。规模化发展才能克服地热能密度低的问题。

“随着我国社会经济的快速发展，旺盛的市场需求和人与自然和谐共生的要求对地热产业发展提出了更高要求。这既是地热产业高质量发展的必由之路，也是地热行业践行国家战略的历史担当。”陈焰华说。

天合储能能力拓电力储能发展“芯”道路

■ 仲新源

2022年，天合储能在其储能液冷系统新品发布会上，正式对外推出了自研300Ah 12000次循环超长寿命磷酸铁锂电芯，搭载该款“天合芯”的储能液冷系统也实现了万次循环，这代表着天合储能通过自主创新，在储能经济性和安全性两大痛点上实现了跨越式突破。天合储能紧抓时代脉搏，作为有“芯”的储能产品及解决方案提供商，围绕新型电力系统，发挥光储融合优势，积极布局全球市场，以天合芯为核心竞争力，坚持自主创新与技术突破，不断探索储能的多维应用场景，致力于为每一位客户提供超长寿命、安全可靠、高效收益、智慧应用的储能产品和解决方案，将有力助推新型储能的大规模化使用，为新型电力系统建设和“双碳”目标的实现贡献天合力量。

● 基因优势：“追光逐日”中实践光储融合

过去二十多年，我国新能源转型取得了全球瞩目的成绩，新能源发电占比持续提升。

但伴随着光伏、风电等装机量的快速增长，新能源消纳问题愈发突出，能源转型面临着严峻挑战。因此，电力系统迫切需要配套大型储能来解决新能源消纳问题，从而提高电力系统和能源系统的安全性和稳定性。作为光伏行业的龙头企业，天合光能深知未来“源网荷储”中储能扮演的重要性，于2015年切入储能赛道。随着“光储一体”逐渐成为新能源发展共识，具有天生“光储融合”基因优势的天合储能自2021年起围绕新型电力系统进行产品和市场布局，明确了“有芯的储能产品及解决方案提供商”的战略定位，两年内实现转型升级，在储能赛道乘风破浪、高速发展。目前，天合储能已具备行业领先储能电芯、电池舱、户储等核心产品的研发和制造能力，2022年全年出货量超2GWh，增速排名第二，成为行业内高成长性的主要代表之一。

● 长期主义：自主创新作为发展引擎

储能规模化应用的前提是具有盈利模式和盈利能力，不论采用哪种技术路线，都要通过颠覆性、创新性的技术革新快速降

低储能度电成本，使储能在不需要任何补贴的情况下具备经济性。

天合储能以自主创新为发展引擎，持续加大研发投入，引进全球高端人才，提升自主研发知识产权数量，突破卡脖子技术问题，逐步提升核心技术竞争优势。依托总部光伏科学与技术国家重点实验室，天合储能目前拥有储能电池研究院、电力电子技术研发中心、储能工程技术中心、数字能源研究院四大研发平台，高级研发人才200余人，成功获批电化学储能省工程技术中心，依托产学研结合，加强储能领域核心技术布局，落实多项电化学储能产业标准，申请专利260余项。

储能电池循环寿命的增加可以带来储能系统在全生命周期度电成本的降低。天合储能十分重视电力储能的全生命周期成本，深刻明白储能电池技术在度电成本上的突破是整个储能行业降本增效的关键，储能电池需要向更低度电成本、更长循环寿命、更高安全的特性迈进。天合储能破解磷酸铁锂电芯循环衰减至EOl(寿命终止时)的975密码，从而围绕如何减缓并补充活性锂损失，创新研发出“3减1补1智造”技术，成功开发出300Ah 12000次循环

的长寿命“天合芯”。在安全性方面，“天合芯”作为车规级电芯，通过了国标要求的热失控、过充、挤压等储能电芯的全部滥用性能测试，以及更为严苛的针刺测试。

天合储能此前推出的新一代万次循环液冷系统TrinaStorage Elementa就采用了“天合芯”，通过高集成化的系统设计和先进的热管理，以安全可靠、高效收益、超长寿命、智慧应用四大特征，使得度电成本相比于上一代产品降低32%，直击经济性与安全性两大行业痛点。

● 进阶出海：打造全球领先的储能品牌

近年来，天合储能加快全球化市场布局，进一步拓展海外市场渠道，提升海外工程技术服务能力，强化属地服务响应优势，同时借助光伏分销渠道，快速向欧美地区导入天合储能户储产品，树立国内储能企业出海新标杆。新一代电网级液冷储能系统TrinaStorage Elementa受到海外市场的广泛关注，签约项目已超500MWh。2022年天合储能凭借优秀的品牌信誉与技术实力，可靠的产品和服务、全球丰富的项目储备与渠道

优势、长期稳健的财务经营能力，在多维度的评级下，入选BNEF“储能产品及系统集成商可融资性”评级全球前十，位列国内前四。天合储能通过加强自主品牌建设，夯实品质根基，践行社会责任，树立“创新、可靠、绿色”的可持续发展品牌形象，不断提升中国新能源企业的国际品牌影响力。

● 瞰见未来：构建全球能源命运共同体

“十四五”时期是实现“双碳”目标的关键期、窗口期，也是实现新型储能发展的重要战略机遇期。天合储能以推动促进新能源及新型储能产业的高质量发展为己任，秉承“开放、创新、生态、合作”的发展理念，积极构建开放合作共赢的储能生态圈，助力新型电力系统变革。为了汇聚产业链上下游资源，加速资源的整合优化，持续强化开放协同合作创新，打造储能产业发展命运共同体，实现储能行业的健康稳定发展，天合光能与中国能建、宁德时代一起，联合发起成立中国新型储能产业创新联盟，共同推动新型储能行业高质量发展。

绿色探索路在脚下绵延，光储零碳梦在不远实现。天合储能肩负着“用太阳能造福全人类”的使命，朝着“双碳”目标迈进，通过科技创新引领并推动产业高速、健康、可持续发展，为千家万户、千行百业送去源源不断的绿色电力，共同构建无碳的美好新世界。

● 关注

做强科技引擎 推动新型电力系统建设

本报讯 3月1日，在台州柔性低频输电示范工程35千伏盐场变的主控室，运维人员远程遥控着智能机器人进行阀门每日例行巡视，并记录阀门内设备温度信息和是否有漏液等情况。“阀门作为柔性低频输电的核心，在日常运行状态下禁止运维人员入内，我们采用智能化手段解决了这个难题。”盐场变低频运班班长杨林说。

2022年6月，世界首个柔性低频输电示范工程——国网浙江台州35千伏柔性低频输电示范工程投运，首次实现了海上清洁能源降频直送。M3C换频阀、低频断路器、控保装置……多套新设备在示范工程中得到应用，共同构建起“陆地—海岛—风电”互联系统，将大陈岛上的风转化为20赫兹低频交流电，源源不断地送往陆地。

国网浙江电力加快推进前沿引领技术研究，通过降低输电频率，提高线路输电能力，增大传输距离，大幅度降低了中远海岛电力输送设备投资和运维费用。

该工程在实现中远洋地区海岛富余风电资源高效利用的同时，也为大陈岛供电上“双保险”。该工程自投运以来已平稳运行超9个月，累计输送海上风能276.33万千瓦时。预计年发电量达450万千瓦时，约为2000户家庭一年的用电量，每年可节约标准煤1800吨，减少二氧化碳排放4480吨。

国网浙江电力相关负责人说：“科技创新不能局限于追赶跟随，关键在于赶超先进。”面对新型电力系统建设带来的各项技术挑战，除科学谋划核心技术攻关外，国网浙江电力还聚焦示范项目引领，不断夯实科研基础，打造高水平研发平台，通过21家各层级实验室建设提升新兴领域的实验研究能力。发挥产学研用体系优势，开展联合创新，在虚拟电厂、氢电耦合、新型储能等新型电力系统建设的核心环节陆续产出一批具有标志性的科技创新成果。

国网浙江电力还发挥央企“国家队”作用，以硬核科技托举高质量发展。量子加密技术代表了未来安全发展的一个重要方向。尤其是“第二次量子革命”以来，我国量子信息技术领跑世界，国网浙江电力敏锐地将目光投向“电力+量子”领域，开展电力领域量子应用研究。以“无线公网+量子加密”技术安全高效地为新型电力系统建设增加柔性力量，以量子通信、量子测量、量子计算等量子信息技术赋能浙江数字化牵引新型电力系统建设“千万可控、度电可调”目标，增强浙江电网能源保供能力。(徐梓沐)