



# 辽宁电机工程科普

辽宁省电机工程学会

主办

沈阳滨赫广告传媒有限公司

承办

LIAONING DIANJI GONGCHENG KEPU

2023年第3期(总第 期)

## 摸清冻土“习性”，让高原电网站得更稳

□张蕴 董生成

青藏高原，平均海拔4000米，这片被称为“世界屋脊”的土地，多年冻土分布面积约106万平方公里，是全球中低纬度地区多年冻土分布最广泛的地区。

青藏铁路、青藏公路、青藏联网工程的建设，相继为青藏高原经济社会发展注入了强大动力。而被誉为“电力天路”的青藏联网工程，途经青藏高原大片连续多年冻土及季节性冻土地带565公里，冬季冻胀、夏季融沉的冻土，成为威胁输电线路安全稳定运行的最大隐患。

面对困局，及时开展冻土基础投运后冻土基础稳定关键技术体系及应用研究尤为重要。2月14日，由国网青海电科院牵头承担的《高原冻土地区输电线路杆塔基础失稳演化机制及防控关键技术》项目通过青海省科技厅专家成果评价。该项目由国网青海电科院、中科院西北生态环境资源研究院、国网黑龙江电科院等6家单位自2012年历时8年联合攻关完成。

### 冻土影响输电线路稳定性

青藏联网工程的投运，彻底结束了西藏电网孤网运行和西藏缺电的历史，为雪域人民送去光明与希望。这项工程跨越大范围高含冰量多年冻土区，冻土地基的力学强度对气候变化和人为扰动极为敏感。随着多年冻土区输电线路的持续落地，保障冻土基础的安全运维、工程的长期稳定运行是必须面对的问题。

多年冻土与人工开挖基础的相互作用过程、机理及其对基础稳定性的互馈关系、不同冻土地质条件下的工程措施对基础稳定性的影响机制、杆塔基础变形机理尚不明确，且在冻土区杆塔基础性能检测、补强措施、环境保护、恢复措施的研究也存在短板。

2月24日，国网青海电科院输电技术室主管蒋玲在接受科技日报记者采访时介绍：“高原冻土区具有空间分布复杂，对

热扰动、人类工程活动敏感，生态环境脆弱等特点。冻土退化、地下冰融化等是冻土区公路、铁路、输电线路等工程基础病害频发的主要原因，但输电工程的杆塔基础，是一种点线工程，与公路、铁路等线性工程有显著区别，其基础与冻土互相作用，次生工程病害或灾害类型和程度也存在差异。”

蒋玲表示，随着外界环境变化，冻土中冰体的融化会导致杆塔基础的快速、极度弱化，对工程稳定性产生重要影响。以格尔木—拉萨±400千伏青藏联网直流输电工程为例，该线路全长1038千米，沿线平均海拔4650米，最高海拔5300米，是世界上首次在海拔4000米以上地区建设的高压直流输电线路，是世界上海拔最高、高寒地区建设规模最大、穿越多年冻土区最长、施工难度最大的输变电工程。该线路穿越大片连续多年冻土区550千米，冻土区内杆塔1207座。由于输电线路杆塔基础直接深入多年冻土内部，环境和工程影响直接叠加作用在多年冻土层上，作用过程和影响直接而快捷。同时冻土区内70%杆塔基础为大开挖式基础，在基础的周围形成了大量的回填土，由此根本改变了原有冻土层内的结构特征、冻融变化过程，使得输电线路杆塔基础稳定性影响因素更为多样、变化更为复杂、冻土问题更为突出。

面对这些问题，只有通过建立输电线路沿线典型条件下冻土基础综合长期监测系统，获得回填土冻融特性、变化过程等关键数据才能对杆塔基础稳定性的变化趋势做出准确判断，并对可能出现的工程病害提早做出科学预防和诊断。因此，项目研究对保证青藏直流输电线路的长期安全稳定，对建设世界一流的冻土区输电线路都具有重要意义。

### 破解施工、运维等方面难题

记者了解到，在此之前，国内外相关研究对复杂工况条件下的杆塔基础水热变化规律和稳定机制尚不明确，冻土基础冻融监

测、预测困难，并且缺乏杆塔基础运维成套技术，严重制约了输电线路安全运维、杆塔基础长期稳定等关键目标的实现。

《高原冻土地区输电线路杆塔基础失稳演化机制及防控关键技术》项目在国内外首次获取了杆塔基础受力特征，阐明了冻土地基稳定性的主要控制因素，掌握了青藏直流线路杆塔基础总体变形特征；提出了高原冻土地区杆塔基础工程“加强冻结、提升承载力”的设计及运维新原则。

同时，该项目揭示了大孔隙回填土中空气对流和水分下渗的加速降温 and 融化效应，发现了经历冻融循环后回填土密实度的时空变化规律，确定了杆塔基础对冻土的升温效应和热棒处置措施对冻土的降温效果。项目研究还构建了冻土区杆塔基础设计、建设及运维保障技术体系。研发了热管性能检测仪，无动力地降低冻土温度以提高杆塔基础稳定新技术，人工冻结对冻土快速降温以增强杆塔基础承载力的新技术新工法，冻土区植被移植以保护冻土新技术等多项新型技术。

据悉，这一项目属于输变电工程设计施工与环保领域，涉及冻土区域输电线路杆塔基础地温及变形监测、回填土回冻过程及工程措施效能检测、杆塔基础稳定性分析等专业，是围绕多年冻土区杆塔基础长期稳定性开展的综合性研究课题，由国家自然科学基金和国家电网公司科学研究项目共同支持。项目从输电线路基础对多年冻土的水热扰动、基础变形机理和稳定性变化趋势等方面开展了关键技术研究，构建了高原冻土区输电线路杆塔基础运维指导原则，研发了新型修筑关键技术和病害防控技术，取得了一系列世界原创性成果，标志着在高原冻土区杆塔基础施工、运维和监测预警评估领域突破了技术障碍，项目成果整体达国际领先水平。

(本文摘自《科技日报》  
2023-03-02 第7版 成果)

# 假如“占领”全球11万座水库30%面积—— 漂浮式光伏发电潜力有多大

□陈欢欢

近年来，一种在水库、湖泊、池塘等水面修建的漂浮式光伏电站悄然兴起。这种电站可以节约大量土地资源，通过水分蒸发的降温效应增加光伏板发电效率，靠近人口中心从而降低输电成本。

那么，这种看起来很美好的水库漂浮式光伏电站究竟有多大发电潜力？

南方科技大学环境科学与工程学院副教授曾振中与合作者研究发现，若在全球11万座水库铺设30%面积的漂浮式光伏（FPV）系统，每年潜在发电量为9.43万亿度，是目前水力发电的两倍多；同时还能减少水分蒸发1000亿立方米，相当于3亿人的年用水量。相关论文近日发表于《自然-可持续发展》。研究人员同时指出，需要进行额外的研究评估其潜在的长期后果。

## 合理开发水上漂浮式光伏

通常来说，越接近赤道，太阳能潜力越大，但结合水库数量和规模，拥有大量水库群的非热带国家具有较大FPV潜力。

研究人员从3个全球水库数据库收集了超11万座水库的信息，并基于气候驱动的光伏性能模拟模型分析发现，FPV发电潜力最高的区域集中在美国、巴西东部、葡萄牙、西班牙、南非北部、津巴布韦、印度和中国东部部分地区。

其中，美国潜力最大，但目前FPV技术在该国并未普及。相比之下，日本、新加坡、韩国等国家由于国土面积狭小，对水上光伏的兴趣更加强烈。日本早在2007年就建起全球第一座水上FPV电站，是目前世界上应用FPV最多的国家。中国有超1.5万座水库具有开发FPV的潜力，数量位居世界第二，每年可产出1万亿度电。

但论文第一作者、南方科技大学环境科学与工程学院硕士研究生金宇斌告诉《中国科学报》，中国大多数水库位于低辐射通量地区，导致单位面积能量转换率较低。从技术潜力上看，在太阳辐射通量较高的西部地区，水库漂浮式太阳能电站可以完全满足一些城市的用电需求，而对中部和南部地区来说其产生的电远远不够。

以1700万人口的深圳为例，73座水库总面积39平方公里，全部位于电力需求高且电



网基础设施完善的地区附近，但即使在所有水库上以30%的覆盖率开发FPV，其发电量也仅相当于城市需求量的5%。

我国近年来陆续建成多个水上FPV项目，其中不乏成为业界典范代表的。如安徽淮南在采煤塌陷区修建FPV电站，由于太阳能板吸收大量热量，抑制了池塘内藻类的繁殖，大大改善了水体环境；浙江象山在滩涂地带建有光伏板，每年发电量高达3.5亿千瓦。

不过，在水库建设FPV电站还存在一些问题。有研究表明，水温的降低可能对生态系统造成损害，如降低鱼类产量等。

2022年5月，水利部印发《水利部关于加强河湖水域岸线空间管控的指导意见》，明确指出光伏电站、风力发电等项目不得在河道、湖泊、水库内建设。在湖泊周边、水库库汉建设光伏、风电项目的，要科学论证、严格管控。

对此，曾振中表示，通过合理的开发和应用，水库FPV可以为能源发展和水安全作出重要贡献，但这需要严格的环境评估和监测。在人工水库，尤其是矿山、污水处理厂等退化土地上安装FPV系统更为安全。

## 发展中国家潜力巨大

在国内开发项目的同时，FPV走出了国门。

2022年12月6日，中国和泰国合作修建的FPV项目并网。这是泰国目前最大的FPV发电项目，年发电量达9500万度。此前，中泰双方在诗琳通大坝水电站修建的水上光伏项目已投入商业运营，装机量达到58.5兆瓦，每年可以减少4.7万吨二氧化碳排放。

该研究再次证实，发展中国家具有较大的FPV发展潜力。数据分析表明，40个发展中国家的FPV潜力大于当前的年度电力需求。

“大规模水上光伏应用在上世界上大多数地区仍处于起步阶段。考虑到成本和环境影响，我们建议优先开发FPV和水力发电混合的可再生能源项目。”曾振中说。

审稿人评价称：“该研究提供了一个概念性的理论框架，探索水库FPV发电在全球能源生产和节水方面的潜力，有助于为实现可持续发展提供路径。”

（本文摘自《中国科学报》2023-03-22 第1版 要闻）

## 新方法制备高宏观铁电性能薄膜

□温才妃

北京科技大学新材料技术研究院、北京材料基因工程高精尖创新中心研究团队设计了一种新型层状结构材料，采用一种简单的溶液外延生长方法，获得了超薄（低至1纳米）铋（Bi）氧（O）化物薄膜，薄膜稳定呈现出高宏观铁电性能。相关研究成果近日发表于《科学》。

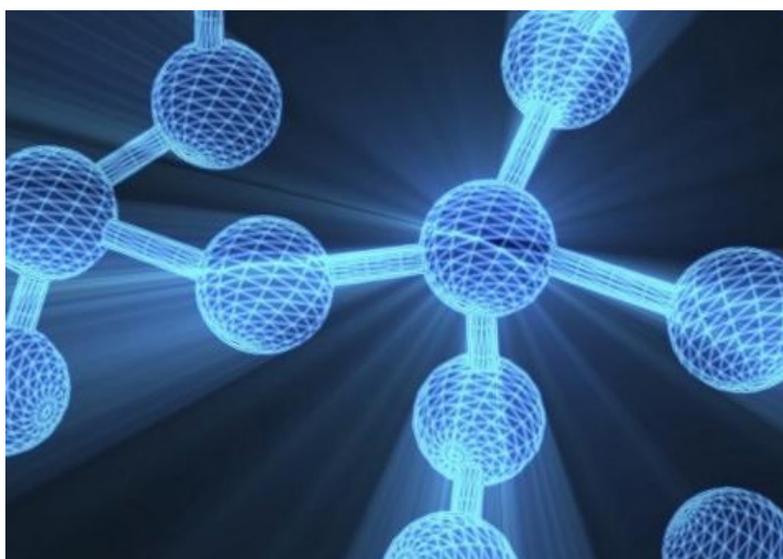
原子尺度的高密度电子器件在未来科技发展具有重要意义。其中，高质量原子尺度铁电外延薄膜的制备是超尺度、高密度电子器件发展的关键环节。

然而，近年来一些原子尺度薄膜没有通过电场极化测试证明宏观铁电滞回线，而这是铁电性真实存在的直接证据，也直接决定了它能否应用于电子器件。此外，原子尺寸外延薄膜通常采用分子束外延、激光气相沉积以及气相外延等方法实现，存在成本高等问题。

课题组确立了Bi<sub>6</sub>O<sub>9</sub>层状结构，该结构的生成能明显低于其他化合物，而且具有较宽的禁带宽度和最稳定的结构。他们通过引入钇元素有效稳定了低维下的层状结构。低至1纳米时，该结构仍然稳定存在，并且呈现出标准铁电滞回线以及优异的铁电性能。当该结构厚度为1~4.56纳米时，具有较大的铁电剩余极化。压电响应力显微镜测试结果呈现出明显的相翻转。密度泛函理论指出，该薄膜的铁电性是由Bi-O孤对电子引起而不是基底应力导致的，因而具有稳定的铁电性能。

该研究的溶液工程外延薄膜技术可以在多种基底上实现该体系层状结构薄膜。薄膜和基底呈现明显的外延生长关系，并且所得薄膜具有高结晶质量和原子级平整表面，体现了这项制备技术的普适性。

该研究对于原子尺度薄膜制备及原子尺度高密度电子器件发展均具有重要意义，所开发的制备技术表现出很好的应用前景。



（本文摘自《中国科学报》2023-03-29 第1版）

## 工业软件如何加速产业数字化转型？

□沈汝发

国机数字科技有限公司近日在南京市玄武区正式成立。这一国机集团的全资二级企业将通过“农机云”“机械装备行业云”的建设运营，推动数字技术赋能农业现代化和装备制造行业数字化发展，辐射带动相关行业数字化转型发展。

这是工业软件赋能产业数字化转型的一个缩影。在此间举行的2023中国工业软件供需大会暨中国（南京）国际软件产品和服务交易博览会（简称“软博会”）上，与会人士共同探讨工业软件加速产业数字化转型路径。

### 工业软件助力制造企业智能化

“软件已成为我国建设制造强国、网络强国和数字中国的关键，工业软件作为工业技术和知识程序化的封装产品，是制造业数字化转型的灵魂。”工业和信息化部信息技术发展司副司长王威伟说，近年来，我国工业软件发展迅速，2022年，工业软件产品收入达2407亿元，同比增长14.3%，2023年上半年，工业软件产品收入达1247亿元，同比增长12.8%。

“我国高端装备产品设计工作规模越来越大，对工业软件的国产化需求逐步凸显。”工业和信息化部电子第五研究所副总工程师杨春晖说，“数量众多的制造企业，尤其是高端装备制造企业在数字化转型过程中，对工业软件的内生需求不断提

升，为国产工业软件发展提供了难得的机遇。”

工业软件以打通研发域、供应链域、生产域等来实现业务链整体联动和高效协同，在推进智能制造的过程中发挥着关键作用。大会期间，南京市正式发布了智能制造装备行业工业软件应用场景。南京科远智慧科技集团股份有限公司、三菱电机机电（上海）有限公司等围绕新场景、新技术展开洽谈合作。

江苏金恒信息科技股份有限公司是南钢智慧产业化的旗舰平台。记者采访了解到，经过多年的钢铁冶金行业两化融合创新发展研发与实践，金恒科技已打磨出多款数字化、智能化产品，形成多种类型的信息与通信技术产品和服务，可提供高级别的综合数智化服务。

### 机遇挑战并存，工业软件产业方兴未艾

工业和信息化部电子第五研究所副所长王蕴辉建议，通过加强核心技术研究等筑牢基础，提升供给能力；通过明晰工业软件推广路径、开放国产软件应用场景等促进应用；通过提升公共服务能力等加强产业生态建设。

（本文摘自《中国科学报》2023-03-24 第3版 综合）

## “天然电池酶”化空气为电能 提供生产清洁能源新途径

□张梦然

据最新一期《自然》杂志报道，澳大利亚科学家发现了一种能将空气转化为能源的酶，这种酶利用大气中少量的氢来产生电流。这一发现为创建真正从稀薄空气中获取能源的设备开辟了道路。

澳大利亚莫纳什大学从一种常见的土壤细菌——耻垢分枝杆菌中制备并分析了一种耗氢酶。最新研究表明，许多细菌利用大气中的氢作为营养贫乏环境中的能源，这种称为Huc的酶可将氢气转化为电流。研究人员指出，Huc非常高效，它甚至可消耗低于大气水平的氢气，低至人类呼吸的空气中的0.00005%。

研究人员使用多种前沿方法揭示了大气氢氧化化的分子蓝图。他们首先使用先进的显微镜来确定它的原子结构和电通路，突破界限以产生迄今为止该方法报告的解析度最高的酶结构。他们还使用了电化学技术来证明纯化的酶可在微小的氢浓度下产生电能。

实验室工作表明，纯化的Huc可长期储存，它非常稳定，在将酶冷冻或将其加热到80℃时，它仍能保持产生能量的能力，这反映出这种酶有助于细菌在最极端的环境中生存。

Huc是一种“天然电池”，可从空气或添加的氢气中产生持续的电流。虽然这项研究还处于早期阶段，但Huc的发现具有开发小型气动设备的巨大潜力，例如作为太阳能设备的替代品。

像Huc这样产生酶的细菌其实很常见，可大量繁殖，这意味着人们能获得可持续的酶来源。研究人员表示，未来工作的一个关键目标是扩大Huc的生产规模，而“一旦生产出足够数量的Huc，天空就是使用它生产清洁能源的极限”。



主要研究人员博士生阿什莉·克罗普和里斯·格林特博士。

图片来源：莫纳什大学

利用大气中少量的氢就能产生电流吗？已知的化学催化剂做不到，但这一“魔法”是可能的，其来源就是一种常见细菌。其实，许多细菌在营养贫乏的环境，譬如在南极土壤、火山口和深海中，都在利用大气中微量的氢作为能源来生长和生存。这一点科学家们早已明了，但直到现在，人们才知道细菌是怎么做到的，从而成功从中制造出了耗氢酶。

（本文摘自《科技日报》2023-03-16 第12版 国际）

## 电力助农活力足 共话乡村新愿景

□孟冉冉

近日，2023年中央一号文件《中共中央国务院关于全面推进乡村振兴重点工作的意见》发布。这是21世纪以来第20个指导“三农”工作的中央一号文件，也是党的二十大召开后的第一份中央一号文件，部署了全面推进乡村振兴重点工作，提出了加快建设农业强国的总体要求。

在助力乡村振兴的过程中，电力扮演着怎样的角色？随着全国两会的临近，代表委员们围绕如何推进巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接、高质量推进乡村振兴这一话题，从不同角度提出了观点和建议。

### 强网赋能促发展 绿色低碳更高效

中央一号文件提出：深入实施农村电网巩固提升工程。推进农村光伏、生物质能等清洁能源建设。

全国人大代表、河南濮阳县庆祖镇西辛庄村党支部书记李连成清晰地记得，4年前的3月，在2019年全国两会上，他提出了农民的“八个梦想”。读书梦、健康梦、就业梦、致富梦、环境梦……转眼4年时间过去，一个个梦想在西辛庄村正逐步成为现实。

自1991年被推选为党支部书记后，李连成带领西辛庄村从一个人均年收入只有600

元的小村庄，变成了如今人均年纯收入3万多元的全国首个“村级市”。李连成告诉记者，西辛庄村的发展离不开可靠的电力支撑。近几年，河南濮阳县供电公司在西辛庄村进行农网改造升级，不仅解决了村里电网“低电压”“卡脖子”问题，还将村内主要干道的电缆入地。如今，村里有了宽敞的马路、整齐的居民楼、繁华的商业街，俨然一个小型城镇。

（本文摘自《亮报》2023-03-01 第4版 关注·独家）