



视觉中国供图

摸清冻土“习性”，让高原电网站得更稳

◎本报记者 张 蕴 通讯员 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

耐高温高压、连续工作不怕累

测井利器实现超深油气井数据能采尽采

◎本报记者 王延斌
通讯员 赵春国 李吉建 丁 静

立春之后，新疆“香梨之城”库尔勒仍旧寒意逼人。2月15日，中石化经纬公司专家兼胜利测井巴州分公司经理李玉峰顶着严寒，在库尔勒基地与同事们商讨一款新型测井装备的技术细节。

这项技术刚刚获得中石化经纬公司科技创新奖一等奖。它的名字有些拗口——SHMLS-900型直推存储式测井系统（以下简称900直推系统），但却是服务“深地工程”国家战略和征战国内超深井市场的“尖端武器”。

石油开发中的关键设备

在石油勘探开发中，测井技术必不可少，被誉为石油地质家的“眼睛”。在矿场地球物理学领域，测井技术是利用声、电、核、磁等物理性质研制的各种测井仪器。勘探人员将这些仪器放入井内，沿着井筒连续采集随深度变化的各种参数，并转化成各种曲线或图像，进而评价地下的岩性、物性、含油性、可压性等特性。

胜利测井公司经理郭同政是900直推系统研发团队成员，他告诉记者：“900直推系统之所以‘品学兼优’，是因为它能够满

足当前复杂井况条件下测井数据能采尽采的要求。以前没有这一技术，很多超深井辛辛苦苦打成，却眼看着测不了，地下什么深度有油、有多少油都不能评价。现在有了“利器”，使得我们在深地工程中测井资料采集率提高到了92%，为深层找油交出一份令人满意的答卷。”

900直推系统的首秀便是挑战“硬骨头”。

与其他地区相比，顺北地区油气井因其具有超深、超高压、超高温的特点，施工难度国际罕见，因而被称为“深地一号”工程。多次带队参与测井施工的李玉峰向记者讲述了900直推系统的代表作：2020年

该系统是我国首套耐温200摄氏度、耐压206兆帕、连续工作超过20小时的高温高压直推存储式测井系统，它的应用标志着我国高温测井技术工艺取得重大突破。目前，该系统广泛应用于新疆顺北地区、胜利油田、西南工区。

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前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艺，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

10月，顺北53-2H井完钻，井深8874.4米，超世界第一高峰珠穆朗玛峰25.54米，堪称“地下珠峰”，是当时亚洲最深的一口定向井。如果采用传统电缆测井作业，不仅面临超深、高温的技术难题，且存在漏失溢流的井控和工程作业安全的双重风险，900直推系统完美地解决了这一问题。

该系统是我国首套耐温200摄氏度（℃）、耐压206兆帕（MPa）、连续工作超过20小时的高温高压直推存储式测井系统，它的应用标志着我国高温测井技术工艺取得重大突破。目前，该系统广泛应用于新疆顺北地区、胜利油田、西南工区。

连创多项施工纪录

“渤海斜10井”是典型的超深超高温大斜度井。复杂井况对井下仪器长时间稳定工作是一个巨大挑战，国内多数测井仪器的最高耐温指标是在175℃下工作0.5—2小时，面对超200℃的高温，仪器轻则不能工作，重则直接导致价值上千万元的仪器因高温损坏。

2022年1月，900直推系统顺利完成了“渤海斜10井”的测井作业，一举刷新国内直推存储式测井施工温度最高纪录——201.2℃。

对900直推系统来说，这种挑战并不少见。

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。

输电工程实现长期安全运行

“以上研究在国内外同类研究中尚属首次，为确保高原冻土地区输电工程的长期安全运行提供了重要科技保障，填补了高海拔冻土地区超特高压输电线路基础稳定技术研发多项空白，极大地提升了我国高海拔多年冻土区电力工程建设水平，为我国乃至世界高海拔冻土区工程建设发挥引领示范和推动作用。”国网青海电科院总工程师李春来向科技日报记者表示。

李春来介绍，目前随着输电线路的安全稳定运行，项目的社会和经济效益凸显。项目首次全面建立了高原多年冻土区输电线路杆塔基础综合监测体系，系统获取杆塔基础在施工、运维等关键阶段和节点的科学数据，为±400千伏青藏直流输电线路稳定性运行维护提出50余条建议，有效排除潜在冻土基础隐患对线路稳定性的影响。给出了气候变暖条件下高原冻土区杆塔基础稳定性补强措施，为多条冻土区线路提供了整治参考，有效排除可能潜在冻土工程隐患对输电线路杆塔基础稳定性的影响，避免了线路因冻土工程隐患导致故障停运。项目还研制了高原植被快速恢复新技术，有效恢复了青藏联网工程杆塔基础植被，为青海省落实好保护好地球第三极生态，承担维护生态安全，保护三江源、保护“中华水塔”的重大使命提供了科学支撑。

目前，这一项目已在国内高海拔冻土区输电线路设计、建设及运维中成功应用，有力保障了青海、西藏等地区国家重大电力工程的长期稳定运行，提升了我国冻土区电力工程建设水平，具有显著的经济和社会效益。借鉴青藏直流输电线路成功经验，基于杆塔基础地温监测、回填土检测、沉降变形观测等方面的系统研究成果，项目为青海玉树与主网330千伏联网工程、果洛联网工程项目沿线冻土区杆塔基础选型、杆塔基础防沉降、冻胀施工设计等提供了科学依据，有效减少了线路因冻土工程设计、施工隐患导致的后期维护改造及线路故障停运，累计挽回直接经济损失超3亿元。

不仅如此，面对覆盖多地的冻土区，该项目成果将在青藏高原、我国东北地区、尼泊尔高原等地“大显身手”。下一步，青海电科院将协调各联合单位，实时更新补充数据，共享相关经验，进一步提升冻土地区输电线路杆塔基础失稳防控工作质效。

成果播报

纳米胶囊作“外衣” 农药施用高效又安全

科技日报讯（记者过国忠 通讯员王丽丽 蒋浩宇 房姝）2月28日，记者从扬州大学获悉，该校植物保护学院绿色农药创制与应用团队，分别以聚多巴胺和介孔二氧化硅纳米粒子为载体，成功制备出甲维盐纳米胶囊和咪鲜胺纳米胶囊，并将农药装进“安全胶囊”。这既提高了药物在作物叶片上的粘附能力，也保障了农药应用性能和使用安全。

多年来时有发生农产品中农药残留超标、水体和土壤环境污染等问题大多是传统农药加工剂型不能保证有效成分精准到达作用靶标，而过量使用农药所导致。因此亟待寻找新的替代剂型，保证农药安全使用与病虫害有效防治。

“影响农药纳米胶囊中有效成分控释性能的关键因素是载体材料的选择和制备。我们经过大量研究，将目光锁定在聚多巴胺和介孔二氧化硅上，这两种纳米载体不仅可满足有效负载农药的基本要求，而且还各具特色。”该团队成员史力尹说。

扬州大学植物保护学院相关专家介绍，聚多巴胺可以直接作为纳米胶囊的壁材，在保护有效成分、提高附着力的同时还可以节约成本、简化制备过程，而介孔二氧化硅拥有结构多样化、比表面积大、表面可修饰、孔隙率高和孔径尺寸可调节等特点，能够将农药分子包裹于孔隙并实现控制释放。

该团队从农药的应用性能 and 安全性考虑，以甲维盐和咪鲜胺为模型药物，以聚多巴胺和介孔硅为胶囊壁材，分别采用乳化界面聚合法和硬模板法制备两种纳米胶囊。

“将农药装进‘安全胶囊’，既克服了传统剂型缓释性能差、农药残留超标、污染水体和土壤、对哺乳动物急性毒性高等缺点，又避免了现有纳米载体材料制备中工艺复杂、周期长、对非靶标生物安全性低，以及存在一定环境风险等问题。”扬州大学植物保护学院副教授冯建国说。

经研究对比测试显示，甲维盐纳米胶囊在施药15天后的杀虫活性仍显著高于传统剂型。室内模拟雨水冲刷实验表明，冲刷10次后纳米胶囊在叶片的沉积量仍为传统剂型的10倍左右，具有更强的粘附性，提高了农药的有效利用率。

数字平台连接多种应用场景

实现建筑全周期运维管理

科技日报讯（记者龙跃梅）只需用平板扫描就可完成质检，AI摄像头可对违规作业自动抓取……2月28日，记者从中建三局第一建设安装有限公司产研基地获悉，其自主研发的“天机”数字运维平台，可将市场营销、生产经营、科技研发、现场监督、结算付款等诸多场景应用进行全方位链接，构建起一座数字化绿色智慧工厂。

“我们充分总结相关经验，针对建筑运维场景广泛存在的设施故障风险高、完好率低、运维压力大等行业痛点，构建起以数据为基础、以算法为支撑、以场景为导向的数据化运维方式。”中建三局第一建设安装有限公司党委书记、总经理张俊介绍，“天机”数字运维平台以实时业务运行为抓手，进行全运行数据融合，构建数据化、智能化、集约化敏捷运维体系，实现一体化数字运维管理。

据悉，“天机”数字运维平台整体采用端边云协同架构，搭建了崇山AIOT平台、星辉低代码及星辰可视化的“两星一山”平台，拥有低延时、低成本、高复用性等优势，具备综合态势、安全管理、设施管理、能源管理、运维引擎等多种功能。

记者了解到，通过“天机”数字运维平台，工作人员可在前期建筑交付运营中实现AR智能验收，即将BIM模型在真实环境中进行厘米级定位，为施工环节和验收环节提供可视化的参考和指导，提升生产效率；通过MR技术1:1展示隐蔽管道机电、环境数据等，并通过与IOT平台连通，实现可视化，呈现各类模型数据，帮助运维管理人员实时掌握建筑资产的运行及健康状态，辅助运维管理与决策。预计，该平台投用后可减少建筑运行成本90%，降低安全风险90%，提升运行效率95%，为智慧建造提质增效。

此外，“天机”数字运维平台还支持建筑全周期碳足迹管理与服务，提供排放源核算方法、计算公式，支持监测任务调度，提供数据核查与验证功能，汇总、归纳排放量过程和结果，形成排放清单、报告及表单，支持碳盘点。

改变电解液成分

提升锂离子电池低温性能

科技日报讯（记者王延斌）低温下性能下降问题一直是制约锂离子电池动力电池应用的重要问题。2月28日，记者从哈尔滨工业大学（威海）先进锂电技术研究中心获悉，该中心苏新教授团队研发的一项新技术，让锂电池不仅使用寿命提升20%，还能在零下43摄氏度（℃）的极低温环境下保持电池容量下降不超过20%。该成果刊发于国际能源与材料领域期刊《储能材料》上。

据了解，锂离子电池以寿命长、比容量大、无记忆效应等特点，广泛应用于消费类电子产品、新能源汽车、电动工具、储能装置等领域。然而，传统锂离子电池在低温下运行时，存在容量衰减严重、循环寿命短、充电困难等问题，工作温度限制在零下20℃至零下55℃之间。

苏新告诉科技日报记者，改变电解液的成分及物化性能，从而提高离子电导率、加速电荷转移过程、减缓锂枝晶形成，能提升锂离子电池低温性能。

苏新表示，在各种因素中，电解液特性对锂离子电池低温性能影响最大。目前，传统锂离子电池主要采用非水液体电解液，低温会使其黏度增加，降低离子电导率，减缓锂离子在电解液中的扩散过程。同时，低温还会使得电池电极的电化学活化增大，加速锂枝晶生长，破坏电极界面形态，严重影响电池性能。

苏新团队长期致力于高能量密度、高功率、长寿命锂离子电池的关键材料研发及其产业化推进。他认为液化气体电解液、局部高浓度电解液可成为下一代商业锂离子电池的优质材料。他们正与深圳澳睿新新能源科技有限公司合作开展产学研合作，已经初步实现了该项目的产业化。