

在位于中国内陆东北角的漠河、塔河、新林和加格达奇地区,贯穿着我国四大能源通道之一的中俄原油管道。该管道途经 1030 千米的多年冻土区和季节冻土区,让沿线的维修人员苦不堪言。受强大西伯利亚寒流和蒙古高压影响,冬季干冷而漫长。

不过,对于中国科学院西北生态环境资源研究院冻土工程国家重点实验室研究员李国玉来说,今年的冬天,却让他的心头格外温暖。

多年来,他带领的团队在管道沿线多年冻土区构建了一套全面完整的水热变形长期监测系统,可确保管道的安全运营。近日,系列成果相继发表于《工程地质学》《应用热力工程》《寒冷地区科学与技术》《山地科学学报》等国际学术期刊。

“自己的研究成果能在国家重大工程建设中得到应用,再多的辛苦和劳累都是值得的。”回首这段艰苦岁月,李国玉十分感慨。

## 铸造北方能源巨龙

李国玉从事冻土研究已有 14 年之久,对寒区环境和生态系统的细节谙熟于心。谈及中俄原油管道的建设,他滔滔不绝地打开了“话匣子”。

“管道起自俄罗斯的斯科沃罗季诺,向南从中国东北漠河县兴安镇入境,到达中国大庆。”在接受《中国科学报》采访时,李国玉打开地图,用红笔勾勒出一条蜿蜒的管道路径。这条在中国境内全长 953 千米的中俄原油管道,如今已是为我国输送原油的能源巨龙。

长期以来,中国石油对外依存度高一直是难解的困局。中东和非洲地区是我国石油进口的重要资源地,但多半需要经过马六甲海峡方能输送。然而,马六甲海峡盗劫,劫案不断,狭长的海域成为石油容易被扼住的“咽喉”。

为实现原油进口的多渠道和运输方式多元化,国家将目光投向了北方通道。“俄罗斯毗邻中国,能源出口中国,潜力巨大。管线一旦建成,双方都不会轻易停歇。”李国玉介绍,历经 15 年的曲折谈判,中俄终于达成能源输送合作协议。

按照中俄双方 20 年长期输油协议,2011 年 1 月 1 日,两国首先开通运营了中俄原油管道一线工程,每年向中国供应 1500 万吨原油,从此为中国石油市场的稳定服下了一颗“定心丸”。

工欲善其事,必先利其器。由于特殊的地理位置和环境条件,修建中俄原油管道并非易事,面临着多年冻土与寒区生态环境保护的双重挑战。

中国科学院西北生态环境资源研究院研究员吴青柏告诉《中国科学报》,中俄原油管道因工程的特殊性(大开挖、大口径、高油温)、工程地质条件的复杂性、冻土环境的脆弱性以及气候变化的不可预见性,使得冻土问题成为修建中俄原油管道工程的瓶颈问题。

而且,由于该区多年冻土位于欧亚大陆多年冻土区的南部边缘地带,地温高、厚度较薄、热稳定性差且处于退化

# 泛在电力物联网构建全新能源生态圈

■本报记者 李惠钰

在乌镇,路旁的路灯杆显得尤为特别,它就像城市的神经末梢,通过搭载多种设备,可以随时感知城市的“阴晴冷暖”,实时监测人流、车流,感知城市温度、湿度,自动调节灯光明暗,及时发布、广播重要信息……

这种“神经路灯”就是泛在电力物联网成功落地的应用之一。为了使电网变得更“聪明”,改变我们的生产和生活,不久前,国家电网发布《泛在电力物联网白皮书 2019》,指出要在 2021 年初步建成泛在电力物联网,围绕电力系统的各个环节,实现万物互联、人机交互,与现有的智能电网相辅相成、融合发展。

为了建设我国电力生态系统实现能源物联网生态愿景,近日,在 2019 世界物联网大会能源物联网分论坛上,赛迪顾问发布了《2019 年泛在电力物联网产业演进及投资价值白皮书》,在对泛在电力物联网产业发展趋势进行分析的同时,也对潜在爆发的新兴能源市场进行了预测,以此为建设能源物联网提供更多的参考借鉴。

## 通过信息流控制能源流

在过去,电网只是承担了能源网的角色,而现在由于光伏发电、风力发电等各种新型能源方式的出现,以及电动车、充电桩、智能电表的普及,电网的转型升级迫在眉睫。

泛在电力物联网就是无处不在的电力物联网,是围绕电力系统各环节,应用移动互联网、人工智能等实现电力万物互联、人机交互,具有状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活特征的智慧服务系统。



项目组成员在管道附近进行冻土地温观测。

# 在冻土寒区守护能源“血脉”

■本报见习记者 程唯珈

“中国境内全长 953 千米的中俄原油管道,如今已是为我国输送原油的能源巨龙。李国玉带领的团队在管道沿线多年冻土区构建了一套全面完整的水热变形长期监测系统,可确保管道的安全运营。”

状态,极易受人活动的活动影响,这无疑进一步加剧了埋地管道工程建设与运营的难度。

此外,管道一旦断裂、原油泄漏,在造成巨大经济损失的同时必将对该区土壤环境、地下水和生态环境造成严重的污染,甚至对人类生命安全构成严重威胁,而且,清除污染技术难度大、费用大,很可能改变管基土工程性质,引发管道失稳问题。

## 构建水热变形长期监测系统

“在多年冻土区修建大口径(8.13 厘米)、高温(油温 3.3~24.6℃)埋地输油管道,面临的主要难点是如何控制快速融化的多年冻土。”中国科学院西北生

态环境资源研究院研究员马巍告诉《中国科学报》,由于油温较高,多年冻土退化速度较快,管道的防控措施显得尤为重要。

“不仅需要尽可能减少管道热量进入冻土层,还要及时回填管沟,避免管沟积水加速冻土融化。如何调控深部土体的温度也是一个难点,还要减少地表植物破坏。后期补强措施应从保护冻土和改善管基土稳定性方面来考虑,比如降温措施和注浆等……”马巍一一细数着这些“包袱”。

多年来,团队在中俄原油管道沿线漠河—加格达奇段建立了以管周冻土为核心的水热变形综合监测系统,对管道周围冻土温度、水分变化特性、管道和地表变形及防控措施工程效果进行

出,泛在电力物联网具体的建设分为两个阶段,截至 2021 年为第一阶段,初步建成;截至 2024 年为第二阶段,将全面建成泛在电力物联网。

根据业内的预计,未来的电网,仅接入的智能电表等终端设备就有数十亿只的规模,而泛在电力物联网产业规模将是千亿元以上级别。这个千亿元级别的市场需求将在这几年加速爆发。

其实,从泛在电力物联网关键技术就可以看出巨大的投资机会。袁也介绍,泛在电力物联网的架构和物联网的四层组织架构非常类似,分为感知层、网络层、平台层和应用层。

感知层是泛在电力物联网物理形态上的基础,主要是利用终端设备的传感原理以及智能芯片化技术,实现对电力系统的信息采集、分析、监测等。袁也预测,用电侧感知设备将率先引领市场增长,其中智能电表将迎来第一轮替换周期。

网络层方面,电力无线专网的建设因为其较高的安全性和较低的连接成本,将成为泛在电力物联网解决“最后一公里”问题的方案首选。袁也表示,在网络层方面,投资的焦点机会在于 230MHz 电力无线专网的基站建设,专网基站部署将会迎来广阔市场。

平台层方面,核心内容是将一体化管云云平台、物联管理中心以及全域数据中心三站合一,建设属于国网自身的业务数据中台。而全业务统一数据中台在中台建设中比重也将逐渐增大。

而应用层主要分为对内业务和对外业务两部分。对内业务,就是服务于

## 有望爆发千亿元规模市场

《泛在电力物联网白皮书 2019》指

长期监测。

马巍介绍,现场监测系统目前包括 4 个监测场地、14 个地温监测断面、5 个管权范围地表变形监测断面、2 个小型气象站,主要负责监测地温、含水量、气候要素(气温、风速、雪深等)、管周融化圈大小和位置、管体垂向位移、地表变形等。

基于目前现场监测结果发现,管道常年正油温运营,持续不断融化管周多年冻土,使得管权范围内多年冻土退化程度远远大于天然场地,管道周围形成不同大小且常年存在的融化圈;保温材料、热管和 U 形通风管等融沉防治措施均能有效减少管周冻土退化,进而确保管基土稳定。

此外,现场建设的热管示范场地,对于热管在多年冻土区管道工程中的应用发挥了重要的示范和推广作用。“比如中石油管道公司,它就决定在中俄原油管道二线冻土段采用 12000 根热管来减缓管道周围冻土退化。”他说。

## 守护能源的“血脉”之路

据了解,为了贯彻落实中俄双方签署的合作协议,我国还适时建设了中俄原油管道二线,2018 年 1 月 1 日该线正式运营,年输量达到 3000 万吨。

“能源,是经济的血脉。中俄原油管道持续的石油供应,是国家重要的安全砝码。维护这条通路,对于保障国家能源安全、优化油品供给格局、推进中蒙俄经济走廊建设及深化中俄战略合作等都具有重大意义。”中国科学院西北生态环境资源研究院研究员金会军告诉《中国科学报》。

“冬季零下 40 多摄氏度的气温,野外工作只能露两只眼睛,10 多分钟的时间如果保暖不好身体就冻透了。”他回忆说,在寒冷的天气工作,他们经常会遇到降雨被淋湿,或者掉到水坑里面的情况,饱受寒冰之苦。

每逢夏天,实验人员长期野外穿在大兴安岭林区和草丛中,面临着有毒蚊虫咬伤的风险。蚊虫杀伤力巨大,咬伤后严重者会引发脑炎。“每年都有几个人因蚊虫而走进重症监护室,甚至有人为此丢掉了性命。”

即便如此,团队仍身体力行地守护着这条能源的“血脉”。如今,他们将目光投向了北极和亚北极地区的多年冻土区管道工程建设,如西伯利亚油气管道和阿拉斯加天然气管道等。

下一步,他们将依托冻土工程国家重点实验室和大兴安岭冻土工程与环境观测试验研究站,针对多年冻土区管道工程建设和环境问题进行深入系统研究,为国家能源建设服务。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.03.013>

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.005>

<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2018.08.018>

<https://doi.org/10.1007/s11629-018-5318-2>

对于钙钛矿太阳能电池而言,电子传输材料是决定其光电转换效率的重要因素。李振兴与美国加州大学洛杉矶分校教授杨阳、苏州大学教授王照奎合作,针对钙钛矿太阳能电池的电子传输材料进行了深入研究,通过溶剂热方法设计出一包新型的电子传输材料氧化锡包覆氧化锌核壳纳

## 百叶窗

# 非金属碳基催化剂制备研究获突破

近日,天津工业大学化学与化工学院副教授尹振课题组在《德国应用化学》发表的论文,被选为当期热门文章。该课题组与北京大学教授马丁课题组、中科院大连化学物理研究所研究员汪国雄课题组等合作,在非金属材料催化剂制备和氧还原反应(ORR)研究方面取得突破性进展,成功获得 sp<sup>2</sup> 碳和 sp<sup>3</sup> 碳共存且氮掺杂的三维碳泡沫(CF)。

新型能源转换技术和清洁能源的开发对于我国能源供给和环境保护至关重要。氧还原反应是燃料电池和金属空气电池中的电极反应,其中催化剂对于电极反应性能和电池性能提升具有关键性作用。然而,氧还原催化剂的研究主要集中于 Pt 基催化剂,成本较高,严重限制其大规模应用。

近些年,碳基催化剂作为一种低成本高效的催化剂受到广泛关注,然而目前碳基催化剂的制备和应用研究主要集中在 sp<sup>2</sup> 碳,比

如石墨烯。而 sp<sup>3</sup> 碳由于催化活性低、高温稳定性差和导电性差等原因,在催化方面鲜有报道。

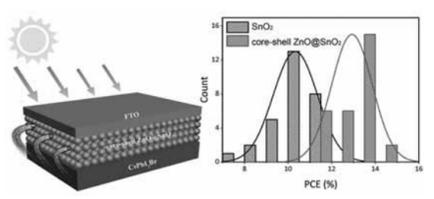
此次尹振等人的氧还原反应结果表明:该三维碳泡沫不但显示出优异的催化活性,而且起峰电位、半波电位和 Tafel 斜率均优于商业化的 Pt/C 催化剂。同时,利用该三维碳泡沫作为阴极催化剂组装配空气电极,该电池的功率密度最高可达 222.0 mW cm<sup>-2</sup>,并且在长达 100 小时的性能测试中显示出良好的稳定性。

此外,他们通过理论计算同样证实,sp<sup>3</sup> 碳和 sp<sup>2</sup> 碳界面的氮原子对于碳材料的 ORR 性能具有决定性的影响作用。该工作不但为碳材料的合成和催化应用开辟了新的思路和方法,而且证实了在分子水平上可以实现碳材料的设计和可控合成。

(陈彬)

相关论文信息:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.20190791>

# 新材料让太阳能更“能”



采用新型电子传输材料的无机钙钛矿太阳能电池的光电转换效率

太阳能电池是一种将太阳能转换为电能、实现节能减排的重要产品。自 2009 年首次应用到太阳能发电领域以来,钙钛矿基于优异的性能、低廉的成本等特征,被认为具有巨大的商业价值,钙钛矿太阳能电池也日益受到关注和欢迎。那么,钙钛矿太阳能电池能否进一步提升光电转换效率,让太阳能更“能”呢?近日,中国石

油大学(北京)新能源与材料学院副研究员李振兴等人针对钙钛矿太阳能电池的电子传输材料进行了深入研究,设计出一包新型的电子传输材料,光电转换效率比传统的电子传输材料提高 40%。

对于钙钛矿太阳能电池而言,电子传输材料是决定其光电转换效率的重要因素。李振兴与美国加州大学洛杉矶分校教授杨阳、苏州大学教授王照奎合作,针对钙钛矿太阳能电池的电子传输材料进行了深入研究,通过溶剂热方法设计出一包新型的电子传输材料氧化锡包覆氧化锌核壳纳

米结构(ZnO@SnO<sub>2</sub>)。该研究成果以《氧化锡包覆氧化锌核壳结构纳米颗粒有效提高无机钙钛矿太阳能电池光电转换效率》为题,发表在《美国化学会志》上。

该研究成果首次提出了氧化锡包覆氧化锌核壳结构的制备方法,揭示了其具有较高光电转换效率的内在机理。由于 SnO<sub>2</sub> 壳层的能级匹配和核层 ZnO 纳米粒子的高电子迁移率,无机钙钛矿太阳能电池的光电转换效率高达 14.35%,SnO<sub>2</sub> 纳米粒子的尺寸为 8.1 纳米,电子迁移率是 SnO<sub>2</sub> 纳米粒子的 7 倍。同时,均匀的核壳层 ZnO@SnO<sub>2</sub> 纳米粒子对无机钙钛矿薄膜的生长极为有利。这些结果表明,氧化锡包覆氧化锌核壳纳米结构是一种理想的太阳能电池的电子传输层,光电转换效率比传统的电子传输材料提高 40%。(计红梅)

相关论文信息:  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jacs.9b06796>

## 资讯

# 我国中东部最大储气库进入首个采气期

本报讯 11 月 15 日,中国石化天然气分公司文 23 储气库完成采气条件确认,正式由注气期转入采气期,实现了当年投产当年采气,将为我国华北地区今冬明春天然气供应发挥调峰供气 and 应急调度作用。

据介绍,文 23 储气库是我国中东部地区迄今为止库容最大、工作气量最高、调峰能力最强的天然气储气调峰设施。储气库位于河南濮阳,地处华北平原中心,北连天津液化天然气(LNG)接收站和鄂安沧管道,西通华北牛地气田和榆济管道,东接青岛 LNG 接收站和山东管网,设计总库容量 104 亿立方米。

据悉,自 3 月 8 日首座丛式井场

投产以来,截至 11 月 15 日,文 23 储气库按计划全线关井停止注气,第一轮注气周期安全平稳注气 254 天,累计注气 30.5 亿立方米,为华北地区今冬明春天然气供应发挥调峰供气 and 应急调度作用。

据了解,中国石化重视发挥储气库应急调峰作用,所属文 96 储气库同样于 11 月 15 日结束注气,金坛储气库计划于月底前结束注气,后期将根据下游用气需求合理安排采气工作。(计红梅)

# 钢铁高质量发展关注绿色标准

本报讯 11 月 9 日,由冶金工业规划研究院主办的“2019(首届)中国钢铁高质量发展论坛”在京召开。中国标准化研究院资源与环境所所长林翎指出,绿色建设正在成为国际新政,钢铁行业亟待完善绿色发展标准体系,修订完善生态环境保护等相关重点标准。

冶金工业规划研究院院长李新创表示,标准是发展质量的硬约束之一。钢铁行业先进标准体系建设能够促进产品提质、产业升级和主要领域技术进步,用先进标准引领产业整体

技术水平和产品质量提升,有效约束产品质量提升,节约资源利用,强化环境保护。

中国工程院院士干勇还从战略需求、目标、方向、重点任务及实施路径等方面,作了题为《支撑高质量发展标准体系战略研究》的主旨报告。国际标准化组织 ISO 原主席张刚详细分析了国际标准化发展趋势,并结合中国高质量发展转型,解读了钢铁高质量发展内涵,同与会代表共商新时代钢铁工业实现标准引领高质量发展的战略路径。(李惠钰)