

让矿工在井下呼吸新鲜空气正成为现实

## 我国煤矿粉尘治理技术获重大突破

系列科研成果填补行业空白并达国际领先水平

■本报记者 全晓波

尘肺病是我国职业病数量最多、危害最严重的病种，在矿山行业尤为严峻。自有统计数据以来，煤矿尘肺病报告病例占职业病尘肺病总量近半数。近十几年来，每年煤矿尘肺新增病例均在60%以上，近几年甚至高达80%，由此导致的死亡人数远远超过煤矿生产事故死亡人数。

“粉尘已成为危害我国煤矿安全生产与职业健康的头号‘元凶’，与之相关的关键技术与装备研发，以及政策标准更新迫在眉睫。”中国工程院院士、安徽理工大学校长袁亮近日在接受记者采访时指出。

11月12日，“陕北矿区煤矿空气净化与职业健康基础研究及关键技术装备与示范”重大科研项目鉴定会在陕西神木、安徽淮南、江苏徐州、湖北武汉、北京等多地线上线下同步召开。该项目以陕煤集团神木红柳林矿业有限公司(以下简称“红柳林矿业公司”)为研究对象，历经两年攻关，在空气质量监测、除尘、控尘、尾气净化、个体防护等关键技术与装备研发及应用方面实现了一系列行业首创，不仅在解决煤矿粉尘治理难题方面获得突破性进展，而且经现场验证，其安全、经济、环境和社会效益显著。鉴定专家组经评定后一致认为，项目系列研究成果达到国际领先水平。

## ■ 粉尘制约煤矿可持续发展

统计数据显示，截至2021年底，我国累计报告职业病102.5万例，其中职业性尘

肺病高达91.5万例，而职业性尘肺病中近半数均为煤工尘肺，该病不仅不可逆，且正朝着低龄化方向发展。2020年，全国因尘肺病死亡6668人，其中煤工尘肺可能达到约60%。可以说，继瓦斯之后，粉尘已成为当前煤矿安全生产与可持续发展的头号制约。

“煤矿在采煤、掘进、运输、提升等主要生产环节都不同程度地产生粉尘，其中采掘工作面产尘量占全矿的85%以上。”袁亮告诉记者，尤其在现代化的大采高作业环境，局部空间PM2.5浓度超过地面空气中PM2.5最高限值的260倍。

煤矿高浓度粉尘不仅会诱发肺功能下降、尘肺病和慢阻肺等职业病，还会影响采煤工作效率，甚至会引发煤尘爆炸、煤尘与瓦斯爆炸等安全事故。

“在煤炭行业，粉尘治理与职业病防治，预防是关键。以往我们在粉尘治理方面采取了多种解决办法，但都没有从根本上解决矿井空气污染问题。”红柳林矿业公司董事长张宏向记者坦言。

在袁亮看来，当前我国煤矿粉尘治理与尘肺病防治工作仍处于起步和中低速发展阶段，面临理工医交叉融合不足、基础研究薄弱、职业健康保障水平低、关键技术装备缺乏，以及监管和服务能力不足、政策标准亟待更新等诸多挑战。

“从源头防控煤矿粉尘，实际上是一个多学科交叉的重大难题，因此科研创新任务艰巨，高端人才培养亟待突破，而多主体协同成为推进构建煤矿粉尘防治治理体系和煤炭高质量发展的必然要求。”袁亮表示。

## ■ 系列创新成果填补行业空白

基于上述认识，2020年，在袁亮和张宏牵头下，红柳林矿业公司和安徽理工大学联合组建了9家行业权威机构、合计150余人参与的研发团队，在行业内首次采用产学研用、理工医融合协同创新模式，以红柳林矿业为研究对象，系统开展了煤矿职业危害与健康保障基础研究与关键技术攻关。

红柳林矿业公司是我国特大型现代化矿井典型代表，生产效率高、井下用车量大，导致粉尘、燃油车辆尾气等职业危害严重，防控困难。内蒙古、宁夏、新疆等产煤省区煤矿条件与该矿类似，这意味着红柳林示范项目对井下空气净化与职业健康保障这一世界性难题的解决至关重要。

袁亮介绍，目前项目已取得多项可喜的重大突破。比如在理论层面，首次提出煤矿井下空气革命理念、采掘工作面区域粉尘“分源—分区—分级—分策”治理理念；研制了首套受限空间空气污染大尺度物理模拟平台，揭示了风流场作用下粉尘和燃油车尾气运移规律及细水雾降尘机制；揭示出煤尘与燃油车尾气污染物暴露诱导肺部炎症与肺部纤维化发病机理，筛选出矿工早期健康损害生物标志物，建立了国内首个煤矿粉尘暴露人群队列和生物银行，填补了国内煤矿粉尘人群队列研究中的多项空白。

同时，研究团队在关键技术装备与系统构建方面也取得一系列开创性成果。比

如，研发了一套适用于煤矿井下采、掘、运、全生产链的粉尘高效防控新技术与装备，以及燃油车排放污染物非贵金属低温催化氧化高效净化技术、尘毒高效个人防护技术与相关产品等；首次开发出以尾气排放量为调度依据的井下燃油车组合运行优化系统与煤矿井下空气质量在线监测与健康智能预警系统。

在鉴定大会上，由中国工程院院士、西安科技大学教授王双明和中国工程院院士、中国矿业大学(北京)教授彭苏萍领衔的鉴定专家组一致认为，项目系列研究成果在红柳林矿业应用和示范后，“取得了显著的经济效益和社会效益，具有广泛的推广应用前景”“达到国际领先水平”。

## ■ “理工医”融合成效显著

谈及项目为红柳林矿业公司带来的变化，张宏说：“不仅解决了大采高综采工作面煤尘浓度高、尘源多而分散、煤尘润湿性差的治理难题，原本肉眼可见的浮尘已微不可见，让矿工在百米井下呼吸到新鲜空气正成为现实。”

相关数据表明，红柳林矿业公司采用上述先进技术成果后，矿井总尘降尘率超过91%；燃油车尾气CO净化效率超过70%、CH净化效率超过80%。而且，近两年还获得直接经济效益8500万元，安全、经济、环境和社会效益显著。

袁亮介绍，上述系列研究成果不仅可以在全国类似矿井广泛推广应用，在隧道工程、地下国防工事等也具有广泛的应用前景。

记者了解到，安徽理工大学拥有医学院，具备本硕博一体化人才培养体系，早在2015年就提出了矿山职业健康科学构想，致力于以大数据、人工智能和5G技术为支撑，构建矿山智慧健康保障体系。2019年2月，经教育部批准，该校获批“工业粉尘防治与职业安全健康教育部重点实验室”，开启了粉尘防治与职业安全健康“理工医”融合的实践。

根据袁亮此前在中国工程院中长期咨询研究项目中提出的“未来20年煤矿粉尘防治与职业安全健康发展战略蓝图”，2035年基本实现矿山从业人员职业生命全周期健康，2050年全面实现职业病少发病、人员职业生命全周期健康。

“我们将煤矿粉尘治理与尘肺病防治大致分为五个阶段，就是要在2035年前，在技术和政策法规标准层面，将其像治理瓦斯一样普及到全国所有煤矿，让中国的矿山职工充满幸福感和获得感。”袁亮说。

“在第一阶段，研发是在多个煤矿单点碎片化地开展基础研究。目前所处的第二阶段，则围绕一个矿区进行理工医融合、上下游联动、系统性攻关，以上述一系列最新示范成果为标志，实现了2.0版本的解决方案。不久前，我们获批了我国职业安全健康领域的首个‘十四五’国家重点研发计划课题，并已经与华为达成合作意向。下一步，将与智慧矿山联动，进一步开展技术研究工程示范，短期目标就是要在3.0版本的解决方案中实现近100%的降尘率。”袁亮进一步介绍。

## 我国首艘液化天然气运输加注船投用

本报讯 记者吴莉报道 中国海油11月15日发布消息，我国首艘液化天然气运输加注船——“海洋石油301”改造完工并正式投入使用，为我国海上液化天然气船舶提供灵活的加注服务。

“海洋石油301”原为液化天然气运输船，总长184.7米，型宽28.1米，可装载3万立方米液化天然气。通过增加气体燃烧装置、船对船加注系统、再液化装置等关键设备及配套安保系统、消防系统、自动化系统、船体涂装等，实现了加注功能，其中液化天然气加注系统、燃气燃烧装置等多项技术为国内首创。

据中海油能源发展股份有限公司采油公司副总经理张振翔介绍，改造后，“海洋石油301”设计加注能力达每小时1650立方米，可为大型集装箱船、双燃料矿砂船、双燃料散货船、原油船、汽车滚装船提供液化天然气燃料加注服务，是全球最大液化天然气运输加注船。

在全球环保要求越来越严格的大环境下，液化天然气作为洁净的一次能源，使用越来越受到重视。数据显示，2021年全球远洋液化天然气动力船数量达到251艘，相比2017年的119艘增长1倍以上；液化天然气动力船的订单为225艘，相比2020年的56艘增长了300%。

液化天然气运输船改造成运输加注船在国内为首次，与传统加注方式



“海洋石油301”船进行加注功能改造。中国海油/供图

相比，船对船加注可实现货物装卸与燃料加注的同步作业，缩短了船舶靠港时间，大大提升港口的国际竞争力。“中国海油目前正在珠三角、长三角等区域积极建设国际液化天然气加注中心，‘海洋石油301’船交付后，下一步

将尽快完成国际航行船舶的首船保税液化天然气加注作业。”中海石油气电集团有限责任公司船舶业务部副总经理汪勋介绍。

液化天然气水上加注是液化天然气产业链条的关键环节，液化天然气

加注船是推广使用液化天然气作为船舶燃料的重要基础设施，其改造项目拉开了我国沿海液化天然气水上加注业务的序幕，将对打造液化天然气国际船舶加注中心、推进能源转型与绿色发展发挥积极作用。

## 国内首个平价海上风电项目全容量并网



中广核汕尾甲子一50万千瓦海上风电项目。中广核/供图

本报讯 中广核11月16日发布消息，旗下汕尾甲子一50万千瓦海上风电项目(以下简称“甲子一项目”)日前实现全场78台风机并网发电，标志着国内首个平价海上风电项目实现全容量并网发电，也标志着粤东地区首个百万千瓦级海上风电基地(包括中广核汕尾后湖50万千瓦、甲子一50万千瓦)正式建成投产。

甲子一项目位于广东省汕尾市陆丰市湖东镇南侧海域，是国内首个海上开工、首个并网发电、首个全容量并网发电的平价海上风电项目。项目离岸距离为25千米，水深30—35米，配套建设1座220kV海上升压站，同时配套建设中广核后湖、甲子一、甲子二三个项目共用的500kV陆上陆上压站，是国内送出电压等级最高的海上风电项目。

同时，该项目35kV海缆在国内创新采用防水绝缘替代传统铅护套工艺，在广东海域率先使用外加电流基础防腐技术，有效减少了海缆寿命周期碳排放的同时，解决了施工难度大、工程造价高等难题，为推动海上风电绿色、创新、平价发展提供了技术示范。项目投产后，每年可提供清洁电能约15亿千瓦时，

可等效减少标煤消耗约46万吨，减少二氧化碳排放量约120万吨，相当于植树造林约3400公顷。

今年以来，我国海上风电正式进入平价上网新阶段，项目团队从管理提升、技术优化、工艺创新等方面着手，积极应对平价新形势，同时克服新冠肺炎疫情、粤东海域地质复杂、施工窗口期少、施工难度大等多重挑战，实现从开工到建成投产仅用时1年。

据了解，截至目前，中广核国内海上风电资源储备超2300万千瓦，已建成项目285.8万千瓦，在江苏、浙江、福建、广东、山东等主要沿海省份皆有海上风电基地布局。同时，着力打造海上风电全产业链一体化发展模式，在广东牵头引进的阳江、汕尾、惠州三个产业园均取得良好效果，在浙江建设有岱山、嵊泗项目组成的浙江最大海上风电场群。

中国广核新能源控股有限公司党委书记、董事长、总经理张志武介绍，随着甲子一海上风电项目的全容量投运，中广核在国内新能源在运装机总容量正式突破3000万千瓦，迈入全新的发展阶段。(朱学蕊)

## ● 关注

本报讯 湖南省发改委、湖南省能源局11月18日印发的《湖南省氢能产业规划》(以下简称《规划》)明确，将以跻身全国氢能产业发展第一方阵为目标，全力打造氢能工程机械之都，实现该省氢能产业跨越式发展。

《规划》明确，2022—2025年为湖南省氢能产业培育期，将形成氢源和燃料电池整车双轮驱动、100家以上氢能产业相关企业全面发展格局，氢能全产业链初具规模。工业副产氢利用率明显提升，可再生能源制氢实现突破，氢能在工程机械、交通运输、港口、分布式发电等领域的示范应用逐步推广。建成加氢站10座，推广应用氢燃料电池汽车500辆，氢能基础设施逐步完善。

## 湖南明确氢能产业阶段性升级目标

2026—2030年为湖南省氢能产业市场开拓期，产业集群进一步壮大，形成5—10家具备核心竞争力的氢能企业。氢能产业链特色环节竞争力明显提高，氢能工程机械之都名片基本形成，中部地区氢源基地初具雏形。氢能技术创新体系逐步完善，在制氢、储氢、燃料电池等领域实现阶段性技术突破。氢能示范应用场景进一步拓展，“绿氢”在工业领域的示范应用实现起步。

2031—2035年为湖南省氢能产业规模化应用期，氢能产业链整体达到国内先进水平。形成完备的氢能技术自主创新和开放合作体系，核心技术实现关键性突破。氢能产供销网络基本建成，“绿氢”在终端能源消费占比明显提升，为省能源供应保障以及绿色低碳转型提供有力支撑。(安宁)

本报讯 日前，河南省交通运输厅联合河南省发改委、国网河南省电力公司印发《河南省加快推进公路沿线充电基础设施建设行动方案》，加快公路沿线服务区充电桩建设，提升河南省电动汽车充电基础设施保障能力。

许昌服务区是河南省首批建设充电设施的高速公路服务区，该服务区(双区)充电桩实现80千瓦直流快充，约40分钟充满，可同时满足16辆小汽车和4辆货车的充电需要。

## 河南高速公路服务区充电桩年底全覆盖

目前，河南省已优先完成国家级高速公路、省辖市和重点景区周边服务区充电桩新建，以及老旧充电桩升级改造；在116对高速公路服务区(停车区)建设了220个充电站、911个充电桩、1720余个专用充电车位，服务区充电桩覆盖率由去年的30%提高至近80%。

河南省交通运输厅建设管理处副处长孟巍表示，力争今年年底前，基本实现河南全省高速公路服务区充电桩全覆盖。计划到2023年年底，完成具备条件的14处普通干线公路服务区充电基础设施建设。到2025年底前，全省高速公路和普通国省干线公路服务区充电基础设施将进一步加密优化，基本形成充电补电及时高效、群众出行保障有力的公路充电基础设施网络格局。(周爱娟)