

中国以系统性思维推进甲烷减排

——访联合国环境规划署气候变化司副司长鲁斯·扎戈曼

■本报记者 梁沛然

甲烷减排正在成为全球气候行动中一项具体而紧迫的任务。当前全球甲烷治理的最大瓶颈并非承诺不足,而是落地进展不均,而中国正以系统化思路推进甲烷管控,《中国能源报》记者就此专访了联合国环境规划署气候变化司副司长鲁斯·扎戈曼,对全球甲烷治理的落地困境、技术赋能的实际成效以及中国角色与合作前景进行探讨。

■ 减排执行力缺口仍存

中国能源报:从您在 COP30 相关报告发布后观察到的国际治理动态来看,目前全球在履行甲烷减排承诺方面最大的障碍是什么?

鲁斯·扎戈曼:过去数年,各方持续协同发力削减甲烷排放,先后在第26届联合国气候变化大会上达成《全球甲烷减排承诺》,在第28届大会上通过了《油气行业脱碳宪章》与《阿拉伯共识》等重要合作文件。全球各国推进甲烷管控的表态持续升温,但现有减排承诺大多仍处于落实的早期阶段,落地执行仍是重中之重。目前已有多重信号表明,国际治理的重心正转向履约落地,并不断完善甲烷领域的符合各国国情的问责与约束机制。

甲烷治理领域正迎来数据革新,比如卫星遥感监测、实地大气独立观测、排放实时追踪逐步成为核心手段。联合国环境规划署(UNEP)下属的国际甲烷排放观测站(IMEO)及其甲烷预警响应系统(MARS)等工具,正在实现从数据采集到减排实操的转化。同时,依托卫星监测锁定的大型超高排放源的实测数据,也可用于优化各国的本土排放核算与监管体系。

还有一大趋势值得关注,甲烷治理正从传统的油气、煤炭领域,逐步拓展至全经济、全行业范围。目前多国已着手布局煤炭、固废、农业领域的甲烷管控工作。IMEO 近期也扩大了 MARS 系统的预警范围,新增对煤矿和垃圾填埋场两大排放源的异常排放预警功能。

UNEP 发起的《油气甲烷伙伴关系

2.0》已成为全球油气行业的标杆框架。该机制推动行业从粗放估算排放量,转向依托单点实测数据报送排放清单,打通了甲烷排放量核算、场站运维管理、投融资决策三大环节。

中国能源报:您认为甲烷减排执行力短板是什么?

鲁斯·扎戈曼:仅靠卫星监测尚不足以实现全域管控。绝大多数甲烷排放源于设施常态化的连续逸散,这类零散排放单个体量小,无法被卫星捕捉。因此,泄漏检测与修复、设备技改升级、杜绝常規火炬放空及无组织排放,再配套完善的甲烷监测、报告与核查体系(MRV)、现场实测、企业设施层级的台账报送,缺一不可。

同时,全球治理需要跳出宏观减排目标层面,细化分行业的落地细则,出台具备约束力的监管法规,搭建成熟的 MRV 体系,并配套能力建设与执法机制。

甲烷治理横跨能源、生态环境、农业、固废处置、矿产开采等多个主管部门,容易出现权责割裂、政策落地标准不一、问责机制缺位等问题。不少国家至今缺少实时更新、数据可靠的甲烷排放清单,难以量化减排进度、厘清各方减排责任。

另一个落地难题在于各国预警处置能力参差不齐。为此,我们正联合国际能源署(IEA)编制国别行动指南,帮助各国完善预警处置流程。后续我们还将持续推进多边协作,落地减排,并愿与中方建立伙伴关系。

■ 转化效率有所提升

中国能源报:在您看来,全球目前建立公正、透明、可比的数据监测与报告体系面临的最大的挑战是什么? 政府、企业、学术机构的多方对话机制,对于弥合数据体系中的信任差距、加速实现全球甲烷减排目标,能够发挥怎样的独特作用?

鲁斯·扎戈曼:没有任何单一国家、机构或企业能够独立搭建全球统一的甲烷数据体系,必须依靠多边合作打通数据共享



路径,在兼顾各方合理诉求的前提下建立可信的数据互通规则。全球甲烷数据体系不存在一蹴而就的解决方案。UNEP 运营的“全球甲烷观测数据平台”已汇聚海量排放数据,后续将持续扩容,为各国政府、私营企业、投资机构、科研院所、社会组织提供决策支撑。

尽管数据对于实现透明化管理与排放管控至关重要,但我们也清楚,并非所有数据都可以对外公开,部分排放数据涉及企业商业机密或由相关管控,无法全盘公开。我们理解上述情况,并希望打造一套既能兼顾这些边界,又具备统一性、可比性,且立足实操落地的体系。同时,我们期待与各方携手,完善相关数据,推动甲烷减排工作落地。UNEP 将持续以“知识赋能、搭建合作纽带、推动实操落地”三种方式,提供全方位的支撑。

中国能源报:在 UNEP 的领导下,IMEO 通过 MARS 系统成功推动了全球 41 起甲烷超级排放源的减排,相当于消除了 120 万吨甲烷的气候影响。UNEP 刚刚又将卫星甲烷警报扩展至煤炭和废弃物领域。不少国家在面对这些卫星警报时响应仍然迟缓。作为长期致力于推动技术赋能的专家,您如何评价目前卫星监测技术从“看见排放”到“促成行动”的转化效率?

鲁斯·扎戈曼:IMEO 的 MARS 系统上线仅两年,已在油气、煤炭、固废全行业锁

定了近 4000 个排放点位,累计捕捉了超过 2.7 万起大规模甲烷羽流泄漏事件。这些并非冰冷的数据,而是现实场地正在发生的真实污染。

该系统整合了全球 35 套以上的卫星载荷(包括中国自研的卫星数据源),并配套定制化的人工智能模型处理卫星数据,数据分析效率提升了十倍。每一条异常预警,都经过至少两名专业人员的交叉核验,确认具备整改条件后,再向属地推送预警通知。目前 MARS 已面向 30 多个国家推送了超过 6000 条油气行业的异常排放预警。

最关键的是,预警正在持续转化为实地整改行动。逐年统计可见,预警推送量、各国响应率、实际减排落地量同步攀升。各国官方预警响应率从 2024 年的 1% 提升至当前的 13% 以上,后续仍有提升空间;已有 8 个国家的响应率突破 80%,另有 7 个国家距离这一目标仅咫尺之遥。为精准对接预警推送,多数国家已设立 MARS 官方联络专员,但筛选和匹配对口责任主体,仍是现阶段落地的难点之一。

我们持续为各国政府与企业提供落地管控所需的技术工具,并且充分理解数据开放的边界,愿意结合各国国情定制差异化的合作方案。

■ 中国经验值得推广

中国能源报:中国在当前全球气候治理格局下扮演了怎样的角色? 与 3—5 年前相比,发生了哪些关键变化?

鲁斯·扎戈曼:中国正采用系统化思路统筹甲烷治理,将非二氧化碳温室气体管控更明确地纳入国家整体气候战略,同步完善本国的 MRV 制度建设与配套治理能力。依托规模化的落地举措,中国有望在扭转全球甲烷排放变化趋势方面发挥重要作用。

中国密切跟进全球甲烷治理磋商进程,对外披露本国管控方案,稳步兑现既定减排目标。我们也期待更多国家对标中国的做法。

不仅如此,中国还通过煤矿瓦斯抽采提质、推进甲烷资源化利用、修订行业管控标准等举措,取得显著治理成效。得益于《甲烷排放控制行动方案》的落地,近三年中国甲烷治理实现了多项重大进展:甲烷监测能力持续增强,行业管控细则陆续出台,配套的减排扶持补贴逐步落实。

未来,中国仍有深化减排的空间,可通过技术经验输出和优秀实践共享,与各国开展跨境合作,协同推进全球甲烷减排。

中国能源报:中国在甲烷排放管控上最具全球借鉴意义或推广价值的经验是什么? 特别是在全球气候变化合作面临复杂地缘政治压力的背景下,未来 UNEP 与中国在甲烷治理领域可能会有哪些合作?

鲁斯·扎戈曼:真正的治理引领从不依赖优越的外部环境,而是在舆论风向摇摆时坚守科学导向,在落地阻力重重时恪守减排承诺,在地缘分歧加剧时坚持多边协作。治理抉择同样至关重要。各国需要在“透支气候安全的短期发展诉求”与“筑牢生态韧性的长期减排布局”之间做出取舍。推进甲烷减排既能削减温室气体、保障本土能源安全,又能守护民生福祉,兼顾当下与长远收益。

中国顶尖的科研院所与科研团队秉持开放理念,积极开展跨境科研协作,对此我们深表认可。IMEO 已与中方科研机构落地了联合实地勘测、排放测算方法攻关、多源数据整合等合作,深入挖掘各国甲烷排放的特征规律。其中许多合作研究聚焦于煤炭领域。中国坐拥全球规模最大的煤矿瓦斯治理项目集群,在煤炭甲烷管控方面已然发挥了引领作用。

UNEP 希望持续深化现有合作,常态化开展技术经验交流,拓宽合作领域,吸纳更多合作主体。我们可开放全部系列合作项目,包括面向全球的甲烷专题培训(中国可输出本土实操经验)、MARS 系统落地共建、OGMP 2.0 机制深化合作;同时计划开辟新的合作方向,联合梳理中国煤炭甲烷治理的实操方案,向全球各国输出煤矿减排的落地经验。

世界首台 630℃二次再热超超临界百万千瓦煤电机组投产



■刘毅 张磊 杨巍

6月8日,世界首台630℃二次再热超超临界百万千瓦煤电机组——大唐郓城630℃国家电力示范项目1号机组顺利完成168小时满负荷试运行,正式投入商业运营。作为该项目三大主机及关键辅机的研发制造单位,东方电气以一系列全球首创突破,为这台“大国重器”注入了澎湃动力,标志着我国清洁高效煤电技术在全球赛道上持续领跑。

大唐郓城项目是全球参数最高的百万千瓦二次再热机组,入选国家能源局第四批能源领域首台(套)重大技术装备名单。机组核心参数全面刷新全球纪录:再热汽温度达631℃、主蒸汽压力35.5兆帕、发电效率50.05%、发电煤耗低至245.74克/千瓦时,与常规百万千瓦机组相比,每年可节约标准煤约20.8万吨、减少二氧化碳排放54万吨。

此次投运的1号机组核心装备是100%的“中国智造”,关键技术自主可控,也是当前全球“温度最高、压力最高、效率最高、煤耗最低”的煤电机组。

作为机组的动力之源,锅炉的压力、温度、效率被推向了极致。东方锅炉采用了全新的技术方案、新材料、新制造工艺,应用了世界首创三烟道挡板二次再热调温技术,具有全负荷调节性强、经济性高、可靠性高、能耗低的核心优势,获25届中国专利优秀奖。开发了多维立体温度偏差“熨平”技术,精准控制全工况下壁温偏差,各部件管间壁温偏差极小,确保了主蒸汽温度616℃、两级再热蒸汽温631℃完美达标。搭载了第4代OPCC燃烧技术,实现锅炉高效、低氮、宽负荷稳定燃烧。在世界范围内首次工程化应用我国自主研发的G115新型马氏体耐热钢,彻底打破了国外在高等级高温材料领域的长期主导地位。

作为机组的能量转换中枢,汽轮机面对着全世界最高的

设计温度、压力,还有超低压的严苛挑战。东方汽轮机率先应用新型马氏体耐热钢转子,同步开发G115专属异种材质TIG自动焊工艺,结合升级整体用材,全面满足631℃高温服役要求;超高压缸采用优化双筒缸缸结构,缸体承压性能大幅提升,适应35.5兆帕超高主汽压力运行;精研国内最长全转速4F-1450毫米钛合金末级叶片,匹配3.83千帕超低压,实现气动效率与深调能力双重突破;采用双机回热系统精准解决了超高参数下的换热不可逆损失增大问题,结合创新运行模式,进一步挖掘机组启停调峰潜力。

东方电机研制高性能发电机,保证了机组运行高效、灵活、稳定。创新应用定子柔性连接、转子线圈端部弹性支撑系统及转子线圈直角焊埠等技术,以及数字化智能制造、热矢量动平衡等先进制造工艺。发电机具具备最大连续出力1100兆瓦长期运行及0—100%负荷深度调峰运行的能力;在宽负荷运行模式下,发电机效率保证值处于世界同等级机组领先水平。

东方自控聚焦高参数二次再热双机回热系统控制难题,自主研发汽电双驱控制核心技术,同步创新研制配套四象限变频器,破解了汽电双驱模式切换平顺性、能量双向流动控制等关键技术瓶颈,成功突破传统控制模式局限,攻克高参数机组双机回热系统耦合复杂、工况切换不稳定等行业痛点,助力项目高效稳定投运。

随着机组成功投运,东方电气用实际行动践行了高科技自立自强的使命担当。自2023年8月主体工程全面启动以来,东方电气项目与技术团队全程驻场服务,高质量完成安装、调试等关键节点,用匠心铸就“大国重器”。

从技术研发到装备制造,东方电气以硬核创新实力,为全球煤电技术发展贡献了“中国方案”,不仅实现了高效发电与绿色环保的深度融合,也为我国能源结构转型和“双碳”目标达成提供了有力的技术支撑与产业示范。

山东煤电行业转型升级

■本报记者 李孟鹏

30万千瓦以下抽凝机组全部退出

6月11日,山东省能源局发布公示称,山东30万千瓦以下抽凝机组全部退出。据山东省能源局副局长刘学军介绍,“十四五”以来,山东全省累计退出落后小煤电机组555台、总装机1751.02万千瓦,是全国规模最大的小煤电关停行动。同时,山东统筹推动大型清洁高效煤电机组规划建设,布局建设约1270万千瓦大型清洁高效煤电机组;扎实推进“三改联动”,分别完成节能降碳、供热、灵活性改造2484.5、2575.5、4925.5万千瓦,全面增强大型煤电机组综合保障能力。

推进煤电转型升级,是山东践行能源安全新战略、落实“双碳”目标、建设绿色低碳高质量发展先行区的核心举措。作为煤炭消费大省,山东电煤消费占比、煤电碳排放占比长期居高,2021年山东省煤炭消费总量3.94亿吨,电煤消费占比58.5%,煤电行业碳排放占全社会总量41%,其中小型煤电机组碳排放占比近半数,能耗高、排放大、效率低的短板突出。关停改造落后小煤电,既是破解能耗约束、推进煤炭清洁高效利用的迫切需求,也是落实国家新旧动能转换部署、破除产业发展路径依赖的关键抓手。同时,小型煤电机组曾承担全省近68%的民生供暖任务,关停转型并非简单退出,而是通过产能迭代、能源替代,在保障民生供暖、电力保供的基础上,实现生态提质与民生增效的双向赋能。

针对省内小煤电机组数量多、单机容量小、能耗远超大型机组的痛点,山东坚持精准施策、有序出清,建立完善分类关停、分时推进,规范布局的转型体系。据悉,山东原有小煤电机组占全省煤电机组总台数80%,平均单机容量仅3.6万千瓦,机组平均煤耗远高于百万千瓦级先进机组。对此,山东分类划定关停标准,对煤耗达标机组鼓励改造升级,对能耗超标、服役期满、改造不达标的落后机组坚决关停;结合环保整改、替代项目建设进度,分2023年、2024年、2025—2026年三个时序梯度推进关停工作,兼顾能源供应稳定与转型推进效率。同时严格规范供热背压机组布局,优化整合现有

机组资源,严控新增机组规模、提升新建机组参数标准,杜绝重复建设,补齐产业布局短板。

在淘汰落后产能的同时,山东全力推进大型清洁高效煤电机组建设,以优质产能替代落后产能,筑牢能源保供基石。山东加快“十三五”结转项目落地,22台共计1334万千瓦大型清洁煤电机组有序推进,多个重点机组已顺利投产,在用电高峰期发挥关键兜底保供作用,有效支撑新能源消纳。同时,依托现有厂区规划新建大型热电联产机组,补齐单机运行安全短板;抢抓国家煤电建设政策机遇,在负荷中心区域高标准布局先进超超临界机组,其中济南李清热电机组投产后,可新增千万平方米级供热能力,切实保障民生需求。

山东以煤电“三改联动”为抓手,推动传统煤电从主力电源向保障性、调节性电源转型。通过汽轮机改造、烟气余热优化等技术推进节能降碳改造,全面压降机组能耗;依托稳燃技改、储热调峰、热电解耦等方式完成大规模灵活性改造,提升机组新能源适配能力;针对小机组关停区域,通过机组切缸改造、跨区域长距离输热工程,整合热力资源、保障供热接续,全方位激活存量煤电资产价值。

此外,山东坚持创新赋能产业升级,打造煤电绿色低碳发展新范式。全球领先的大唐郓城630℃超超临界百万千瓦机组正式投运,创下发电效率、煤耗等多项行业最优指标;试点推进CCUS碳捕集、燃煤耦合生物质发电等低碳技术,形成可复制的示范模式。同时,推动传统电厂向综合能源服务商转型,拓展电、热、冷、汽多联供服务,配套建设储能、光伏项目,深耕用能运维、需求响应等增值服务,构建多元高效的能源服务体系。

下一步,山东将持续深化煤电绿色低碳转型,巩固落后产能出清成果,提质升级清洁煤电产能,持续优化电源结构,全力构建安全清洁、灵活高效的新型电力系统,为全省绿色低碳高质量发展和国家能源安全提供坚实保障。