

绿色转型市场人才难求 培养体系亟需提速发力

■本报记者 林水静

当前全球气候变化形势日趋严峻，作为绿色低碳转型的主战场，能源行业变革步伐持续加快，人才短缺、供需失衡已成为制约行业高质量发展的突出难题之一。

近日，有业内人士向记者坦言，当前布局工业AI降碳落地阻力较大，核心痛点在于专业人才严重匮乏。“人工智能+工业降碳”对“十五五”碳排放管控目标落地意义重大，在AI与工业降碳加速融合的趋势下，高端复合型人才多集聚于企业一线，亟需加大培育力度、盘活人才存量。“希望业界能更多关注‘人工智能+工业降碳’应用场景。”

事实上，绿色低碳人才紧缺并非仅集中在工业领域。随着“双碳”赛道蓬勃兴起，全行业人才供需结构性矛盾愈发凸显。清华大学车辆学院博士后左安昊告诉《中国能源报》记者：“绿色能源就业市场看似需求旺盛，但从从业人群基数庞大，整体就业竞争十分激烈。”

业内人士指出，行业人才困境表面是数量供给不足，本质是人才能力结构与产业实际需求严重错配，教育培养、学科设置、产教融合等多重短板亟待破解。

■多细分领域需求凸显

行业对绿色人才的需求早已不局限于单一领域，而是覆盖全产业链多个赛道。

中国节能协会副秘书长兼碳中和专业委员会秘书长张军涛接受《中国能源报》记者采访时指出，能源行业需清晰界定绿色

技术、碳管理、综合能源服务三大细分方向，当前“供需错配、结构失衡”已成为市场普遍现状，呈现“企业需求旺盛、市场供给不足”的鲜明特征。

“从绿色技术角度看，风电、光伏、氢能、新型储能、CCUS等赛道，具备研发与工程转化能力的高端技术人才严重不足。氢燃料电池测试、储能电站运维管理等岗位，虽已纳入国家职业分类，但全国专业培养体系尚未普及。同时行业对人才复合型能力要求极高，亟需同时懂电化学、电力电子、热管理，还能掌握数字化系统集成的全能型人才，这类能即插即用、快速上岗的复合型人才目前非常稀缺。随着国家零碳园区、零碳工厂相关政策落地，绿电直联、虚拟电厂、新型电力系统等新业态快速发展，更加依赖复合型工程师支撑，人才缺口将持续扩大。”张军涛分析。

碳管理方向人才同样面临供不应求的困境。“全国碳市场扩容后，企业碳排放核算、CCER项目开发等需求爆发式增长，而真正具备实操能力的专业人才缺口约达20万人，不少从业者难以吃透碳管理全体系逻辑与政策标准。”张军涛说。

此外，综合能源服务领域中，智慧能源管理类新兴岗位需求走高，但具备物联网、大数据分析等实操能力的专业人才偏少，一线运维人才也因培训体系不健全出现能力断层。“从整体数据来看，‘十四五’时期‘双碳’领域人才需求已达百万量级，但目前实际从业合格人才仅有10万余人，供需失衡问题十分突出。”张军涛说。

值得注意的是，新的人才缺口已经

出现。“当下，‘人工智能+工业降碳’成为工业领域绿色发展的最新方向，也成为当前缺口最严重的赛道，相关核心岗位几乎无成熟人才可用。从碳管理数据建设、碳智能体开发，到工业碳数据分析，企业亟需具备‘低碳管理+工业工艺+数据标注+AI基础’复合能力的从业者，但据估算，全国符合该要求的人才不足200人。人才供给的严重断层，直接导致企业在这新兴方向的探索进展缓慢，难以推进技术落地与规模化应用。”“双碳”行业专家裴定宇告诉《中国能源报》记者。

■新兴领域缺口再添新挑战

新兴领域人才缺口持续扩大，进一步加剧了行业人才困境。

受访人士指出，这一问题的根源并非单纯的人才数量不足，而是现有人才能力标准难以匹配行业实际要求，背后存在教育体系滞后、学科壁垒明显、产教融合薄弱、政策标准不完善等多重深层原因。

“绿色能源人才要求兼具技术、管理、数字化多重能力，远高于传统能源侧重工程技术、普通碳管理侧重核算合规的单一要求。其核心能力涵盖三大维度：一是专业技术能力，精通光伏、风电、储能、氢能、CCUS、智能电网、多能互补等领域的调试与运维实操；二是政策与碳管理理解能力，吃透双碳全体系规则；三是数字化与AI应用能力，掌握大数据、大模型智能化应用，同时具备工程、金融、环境、法律跨

领域协同能力，能把技术方案转化为碳金融产品，为绿色金融提供专业技术支撑。”张军涛说。

左安昊也坦言：“其实不是学校教得慢，主要是行业这几年发展太快了，学校和市场的节奏难免有点跟不上。而且，学校里学的东西更偏研究，本科主要打基础，研究生课题也偏向科学问题，跟当下企业前沿技术对不上很正常。事实上用人单位也都明白，学生研究方向不可能和岗位完全匹配，他们更看重的是学习过程中培养出来的思维能力。”

人才供需的结构性矛盾不仅制约行业长远发展，更已沿产业链层层传导，直接影响企业绿色转型进程。张军涛表示，企业绿色转型涉及能源绿色化、用能低碳化等多个关键环节，而人才缺口导致前端研发受阻、项目运营风险增加、运维短板凸显，既制约了数字化与零碳化的协同转型，也大幅推高了企业人力成本。

■多方协同构建人才培养体系

破解“双碳”人才短板，关键在于打通“毕业即上岗”的人才培养闭环，需行业、企业、高校、政府多方合力。

裴定宇指出，在“双碳”目标提出5年后，能源行业在绿色技术、碳管理、综合能源服务等细分方向的人才已经逐渐跟上需求。“现在，不少高校也都增加了绿色低碳相关课程，相关行业的在职转型学习也取得了很好的效果，尤其是AI技术的赋能，让企业很多技术需求有了有力的补充

支撑。不过，随着‘双碳’产业向纵深推进，新兴领域、高端领域的人才缺口依旧客观存在。”

左安昊回忆道：“十年前我刚上大学那会儿，高校里还没有专门对口的专业方向。如今很多院校都开设了相关专业课程，研究生阶段也有对应的研究方向。我认为校企合作也是个好办法，能够搭建起高校与企业之间的实践桥梁。我也期待有更多校企合作交流机会，提前参与产业实践，更好对接行业岗位实际需求。”

不过，对于“人工智能+工业降碳”这类新兴前沿领域，传统高校与企业合作培养似乎并不是当下最优选择。“高校的培养周期较长，而‘人工智能+工业降碳’在国家‘人工智能+’大政策下，需要大量快速的注入人才，这还需要职业社会培训加强以及具有工业AI能力的公司快速与能源行业和传统制造业结合，通过行业的结合和业务的实际开展来逐渐锻炼出人才。”裴定宇坦言。

张军涛建议，应由行业牵头统一共建职业能力标准，联合政府层面完善绿色能源、碳管理人才评价与认证体系；企业要从单一用人主体转变为人共建主体，深度参与人才培养全流程，全面推行订单式、定制化人才培养模式；高校应坚持以产定教、按需育才，紧跟产业需求改革育人模式，着力破解课程内容滞后、学科壁垒割裂、实践教学不足等突出问题；政府则需出台专项激励扶持政策，统筹搭建校企协同、产教融合的公共服务平台，全方位夯实“双碳”产业人才支撑。

南方区域市场电力供应充足 现货价格波动影响有限

3月底以来，受用电需求旺盛、清洁能源波动、机组检修集中等多重因素综合影响，南方区域电力现货市场价格出现阶段性上行，截至4月25日实时市场均价0.536元/千瓦时，环比显著增长，但电力供应总体满足需求。因现货电量占比小，对电力用户电价影响有限，随着西南水电进入汛期将会逐步缓解。

■现货电价波动是电力供需和一次能源成本变化的正常反映

电力市场化改革的关键在于构建合理的价格形成机制。现货市场短时价格上浮，正是市场机制在有效发挥作用，有利于激励发电企业增加出力、引导用户削峰填谷，促进更大范围内的资源优化配置。从改革全局看，这种“能涨能跌”的市场化价格机制，正是电力市场建设的方向所在。南方区域于每年4—6月进入枯汛交替期，电力“供需需增”、平衡裕度收紧是该阶段的常见情况，现货市场价格高于汛期是“价格风向标”发挥作用的正常表现。今年在多种因素交织影响下，供应偏紧形势较为突出，导致现货价格出现明显上涨。

气温高，经济向好，需求增长旺盛。多省入夏较去年同期早约20天，空调等降温负荷提前释放，已驱动区域最高负荷攀升至2.35亿千瓦，同比增长13.0%，广东、广西、海南增速明显，分别达到12.8%、16.9%、22.8%。多省经济向好，三次产业用电增幅明显。南方电网公司市场营销部表示，截至4月20日，南方区域4月用电量累计870.8亿千瓦时，同比增长14.0%，广东、广西、海南制造业均为区域增长核心动力。其中，广东用电量累计481.6亿千瓦时，同比增长16.0%，三次产业用电量分别增长13.0%、12.7%、23.4%，增速强劲。

低价电源少，定价主力改由高价火电承担。南方电网的电源结构中，水电、新能源占比高，超过了60%，发电出力随季节、天气变化波动性较强。目前南方区域电力供应总体充足，但是受西南枯水期和南方阴雨天气影响，4月以来水电日均电量环比3月下降23%，部分时段广东光伏新能源日均电量减少约20%。为准备夏季高峰保障供电，全区域约1800万千瓦机组处于检修期。现货市场需要大量调用火电机组发电，高峰时段多由报价较高的煤电、燃气机组决定现货价格。

煤电、燃气机组决定现货价格。煤电、燃气机组具备盈利空间，主动增购燃料、顶峰

满发。4月以来，各省富余资源增送粤港澳大湾区电量已达26亿千瓦时。

■多元市场协同发力 电力供应充足稳定

全国统一电力市场机制大范围调配资源，4月下旬以来增加供给能力超1500万千瓦，目前，区域电力供应能力保持充足，系统运行安全稳定，未出现缺电限电情况。4月16日起，南方区域电力现货市场价格已有所回落，目前现货价格总体在0.45—0.55元/千瓦时波动。

跨电网经营区、跨境常态化交易作用凸显。广州电力交易中心表示，4月以来会同北京电力交易中心连续组织跨电网经营区中长期、现货交易共14次，实现4月、5月满通道增购省外低价电源110万千瓦、200万千瓦。随着中老500千伏联网工程正式投产，近期老挝新能源经市场交易送电南方区域已达77万千瓦，6月起老挝水电还将增加广东电力供应60万千瓦。

区域一体化市场高效统筹五省区电力资源优化配置，充分激活各类电厂积极保供内生潜力。南方区域电力市场初步建立了中长期、现货和调频辅助服务市场交易体系，通过市场机制实现电力资源的优化配置，促进电力保供和清洁能源消纳。当前电力现货市场价格信号客观反映了南方区域电力供需形势，也展现了区域市场功能优势。

■价格信号合理引导 终端用电成本平稳

现货价格高不等于用电价格高，在中长期合约“压舱石”的护航下，现货价格对电力用户影响有限。广东省能源局表示，居民、农业用户执行政府核定电价，不受电力市场价格波动影响。今年，南方区域电力市场发展均保持中长期高比例签约（约84%），且中长期均价同比去年下降约3.8%，当前虽然现货价格出现阶段性上涨，但由于现货电量占比低，总结算均价同比上涨幅度极为有限。预计4月广东现货市场价格上涨影响工商业用户用电成本比例仅为1%左右，企业用电成本可总体保持稳定，对经济社会运行影响可控。

下一步，市场各方将紧密协同，按照国家有关工作要求，持续加强电力运行监测，健全市场风险管控机制，完善市场信息披露，及时回应社会关切，以稳定可靠、绿色充足的电力保障，支撑南方五省区经济社会高质量发展。（蓝望）

南方电网贵州都匀供电局：

为贵州首个“碳中和景区”添绿增动能

■陈举 王文涛

4月的荔波小七孔景区，春水初生，草木葱茏，68级跌水瀑布如银练飞泻，鸳鸯湖上碧波荡漾，电动游船载着游客悠然穿行；岸边的充电桩前，一辆辆新能源摆渡车只需10分钟便能满电出发；景区周边的酒店后厨里，电磁灶台以绿电烹制出地道的荔波美食……2025年12月，荔波小七孔景区获得贵州省首张公益性“碳中和景区”证书，成为贵州省首个旅游“碳中和景区”。一场由绿色电力驱动的生变变革正在“地球腰带上的绿宝石”悄然发生。

截至目前，南方电网贵州电网公司都匀供电局累计投资1.18亿元，用于在荔波县，特别小七孔景区及周边电网建设改造升级及充电站建设。今年一季度减少煤炭消耗131.3吨，为贵州首个“碳中和景区”添绿增动能。

■充电设施投资3200余万元——绿电驱动，畅游“零碳”山水

“以前开燃油摆渡车，发动机声音大，还有尾气，总担心影响游客的体验。现在换了电动车，安静又干净，游客体验更好了，我们开着也舒心。”在小七孔景区东门停车场，摆渡车司机张师傅刚将车停在充电桩前。

在充电桩前看到，只需插上充电枪，扫码确认，屏幕上的数字便开始跳动。不到10分钟，车辆即可满电出发，实现“车到即充、充完即走”。在小七孔景区，257辆交通车辆已全部实现电动化，新增的50辆新能源摆渡车穿梭于卧龙潭、拉雅瀑布之间，安静平稳；49艘游船完成电动化改造，鸳鸯湖上再也闻不到燃油味。

“今年清明假期，这个充电桩的日充电量超过了1.8万千瓦时，是平时的3倍。”南方电网贵州都匀荔波供电局营销服务班经理覃柳指着繁忙的充电站介绍。

为服务绿色出行，荔波供电局联合南网电动推出了“绿电套餐”，游客扫码即可领取充电消费券，极大提升了新能源汽车的使用率。“从重庆开电动车过来，一路充电都很方便，到了景区还有‘荔波绿电套餐’优惠，既省钱又环保。”在景区东门充电站，新能源车车主王先生一边扫码充电一边对记者说。

如今，开新能源汽车游览大小七孔已成为新风尚。荔波供电局联动南网电动在荔波高铁站、景区投放了百余辆电动汽车供游客租赁，并建成了覆盖全县的充电网络。

2023年以来，都匀供电局累计投资3207万元，在小七孔景区及周边建成充电站44座，充电枪586把，形成覆盖景区核



图为荔波供电局组织青年服务队暑期假期对美食街广场充电桩开展巡视检查。王文涛摄

心区、游客集散中心、民宿集群的绿电补给网络。截至目前，荔波全县充电桩总数已达882把，其中小七孔景区实现了充电服务无死角覆盖。

数据显示，今年一季度景区电动摆渡车、游船用电量达80.09万千瓦时，较去年同期增长81.17%，相当于减少当量标准煤消耗98.3吨、二氧化碳排放424.7吨。

■用电量环比增长2倍——电能替代，守护人间烟火

除了绿色出行，景区内的“烟火气”也因绿电而变得更加清新。

在景区周边的梦柳依风情小镇，一家名为“瑶山风味”的民宿内，老板韦女士正在后厨忙碌。与传统的柴火灶或液化气灶不同，她的后厨里全是崭新的电磁灶台。

“厨房出菜快，火力还特别稳，最关键的是油烟味儿没了！”韦女士笑着说，好几拨客人都夸院子清爽，之前还有位做自媒体的客人特意拍摄了他们的“零碳厨房”，视频在网上火了一把。

同样在一家电磁厨房改造的民宿，老板覃先生一边用电磁灶炒菜，一边算起“经济账”：“以前用液化气，每月要花两千多，现在用电只要一干出头，而且没有明火，安全又干净，客人吃着也放心。”

…… 这些电磁厨房的场景，正是近年来荔波供电局联合景区管理方推行的“一户一策”电能替代方案，大力推动景区及周边的民宿、餐馆实施“电厨房”改造，目前已建成电磁厨房20个，景区及周边餐

饮电气化率大幅提升。从源头切断油烟排放，不仅提升了游客的舒适度，也让“绿水青山”的底色更纯。

截至目前，小七孔景区及周边已有18.89%的餐饮企业完成“以电代煤”改造，今年3月餐饮用电量环比增长2倍，减少煤炭消耗33吨。

■投资8600余万元——电网升级，筑牢能源动力

绿色转型的背后，是坚强电网的有力支撑。

“我们将小七孔零碳示范区建设纳入新型电力系统重点任务。”都匀供电局规划发展部总经理余洋表示。为保障景区及周边稳定供电，围绕“碳中和景区”目标，2023年以来，都匀供电局提前布局电网改造升级，累计投资8602万元新建及改造10千伏线路164.81公里，400伏及以下线路62.95公里，新增配电变压器94台，变电容量19830千伏安，智能开关144台，确保景区用电“零跳闸、零故障”，为景区及梦柳小镇、瑶山古寨构建起可靠的供电网络。

在旅游旺季到来前，景区充电桩群的投运让“电动旅游”再无续航焦虑。都匀荔波供电局党总支书记、副总经理连晨晨介绍，专门组建了专项工作组，常态化开展线路特巡和无人机巡检，确保每一度绿电都能安全稳定地输送到景区的每一个角落。

从“车到即充”的便捷，到“零油烟”的民宿，荔波小七孔正通过一个个具体的绿色实践，将“绿水青山”的颜值转化为“金山银山”的价值，为全国同类景区的低碳转型提供了可复制的“荔波方案”。