

零碳园区建设热潮背后的冷思考

■李春雨

2025年6月,国家发展改革委等部门联合发布《关于开展零碳园区建设的通知》(以下简称《通知》),同年12月首批52个国家级零碳园区建设名单公布。各地积极响应,省级园区数量已超过150个,建设热潮已经形成。然而,一些深层次问题值得我们关注。东部地区新能源资源匮乏,如何满足零碳园区的绿电需求?不同地区、不同类型的园区是否应该采用同一套标准?绿电直连和增量配电网能否借此在现有体制下取得突破?“申报热”过后,零碳园区会不会陷入“建设难、实效差”的尴尬局面?这些问题的背后,折射出零碳园区建设从顶层设计到建设实践之间的制度性摩擦,是必须直面的现实挑战。

需关注几大问题

尽管政策框架初步形成,但从资源条件到体制矛盾,再到标准与资金缺口,每个堵点都制约着零碳园区从规划走向落地。

其一,资源禀赋与认证规则的双重约束——东部园区的合规困境。绿电直连的核心特征是能够实现物理溯源,首批国家级零碳园区的绿电直供比例原则上不低于园区用电量的50%。对于东部经济发达地区而言,产业集聚、用能需求密集,直面欧盟碳边境调节机制(CBAM)等国际碳壁垒,建设零碳园区的动力最为迫切。然而,这些地区普遍面临本地可再生能源资源有限、周边符合直连条件的绿电资源不足的困境。CBAM已正式生效,东部出口型园区所面临的已经是现实压力,绿证交易虽然可以作为用能补充手段,但在CBAM框架下不被认可。这种矛盾若长期存在,将削弱零碳园区对出口型企业的吸引力。在资源禀赋约束下,如何兼顾国内评价与国际认可,是东部零碳园区建设真正落地的关键。

其二,电力体制的旧框架与零碳园区的新需求——制度性摩擦。《通知》鼓励绿电直连和新能源就近接入增量配电网。当前国家政策仅明确支持“一对一”绿电直连模式,而向园区多用户场景的“一对多”政策尚未出台,园区规模化用绿电仍面临实施细则缺失的问题。增量配电网改革试点落地仍面临多重体制障碍,国家五批试点项目中,取得电力业务许可证的仅占半数,实际投运比例更低。核心障碍在于增量配电网企业与电网公司在调度权、电费结算权、辅助服务成本分担等方面长期存在争议。增量配电网运营商既是电网公司的合作者,又是其竞争者,导致其在接入公用电网、调用备用电源时面临诸多门槛。这些问题涉及电力体制改革的深层次矛盾,需要在实践中逐步破解。

其三,标准单一与需求多元的错配

——园区分类指导之困。不同类型的园区,在绿电需求强度、国际认证压力、本地资源禀赋、成本承受能力等方面差异显著。出口型园区需要高比例物理可溯源的绿电,内需型园区注重降碳与经济性,资源富集型园区具备绿电直连条件但产业基础薄弱,存量改造型园区则设施陈旧、改造成本高。出口与内销并存的混合型园区,高标准绿电设施成本如何分摊,进一步增加了零碳园区建设的复杂性。当前政策对不同类型园区的建设标准、评估路径缺乏系统分类,易带来“一刀切”风险。按照出口型园区的标准要求内需型园区,会导致后者过度投资、成本沉没。按照内需型园区的标准建设出口型园区,则出口企业零碳认证形同虚设。此外,部分园区在制定建设方案时,对本地资源条件和产业基础考虑不足,仓促申报,甚至盲目规划,可能导致后续建设阶段面临困难。

其四,“申报热”与“建设难”的隐忧——全周期监管的“后半篇文章”亟待破题。国家和地方层面的多重激励政策有效激发了各地申报热情,纳入建设名单就可以获得政策和财政支持,但支持资金缺乏过程监管,项目退出机制不健全。各省在验收评价的具体核算方法、数据口径和认证流程上仍存在差异,缺乏全国统一的数字化实时监测平台,难以对建设成效进行客观评估,削弱零碳园区建设的严肃性和公信力。

其五,高投入与融资难——绿色金融的“最先一公里”梗阻。零碳园区需要建设绿电直连专线、大规模储能系统、增量配

网、智慧碳管理平台等基础设施,导致初始投资大幅增加、回报周期延长。存量园区零碳改造需解决设施老化、数据缺失、空间受限、设备节能改造等问题,初始投入远高于新建园区,投资回收期更长。存量园区的难点更在于改造期间生产如何保障、改造后节能收益如何分配,涉及园区主管部门、入驻企业、能源服务商之间的多主体博弈。与此同时,绿色金融对零碳园区的支持仍明显滞后。零碳园区尚未普遍纳入银行绿色金融认定标准,金融机构缺乏明确的放贷依据,项目投资大、周期长、收益不确定,与金融机构的风控要求形成矛盾,社会资本参与谨慎。

相关举措建议

一是破解合规困境,实现认证对接与资源开源并举。东部地区面临国际认证规则与本地资源禀赋的双重约束,需从规则对接、资源开源、考核优化三个方向协同推进。推动绿电消费记录与国际规则兼容,江西已率先建立绿电“小时级”交易与溯源体系,2025年累计交易近8亿千瓦时,为出口型企业提供了物理直连之外的合规溯源方案。同步推动绿电PPA合同范本和溯源数据标准与国际规则对接,确保记录可对应、可关联、可追溯。拓展东部沿海园区绿电供应渠道,近海风电专线直供已有成熟案例,可将深远海风电基地与零碳园区协同布局。对本地资源有限的东部园区,支持与西部风光基地签订长期跨省PPA,

配套专项输电电价机制。推广园区级绿电聚合采购,降低单一企业获取绿电的成本,鼓励配置分布式储能,将低谷充电、高峰放电的绿电纳入直供比例核算。

二是化解制度性摩擦,以零碳园区为契机推动电力体制改革。绿电直连与增量配电网落地难,源于新旧体制摩擦。应借助零碳园区建设契机,在绿电开发和消纳方面实现制度突破,同时兼顾新型经营主体与电网公司的合理利益。加快推动多用户绿电直连政策出台,并明确电源配置、结算调度和成本分摊规则。同步推动输电电价机制与多用户场景适配,探索按实际用电量比例分摊输电成本的机制。技术层面需明确接入标准、调度规则,厘清并网项目与公用电网的权责边界。增量配电网应借零碳园区建设机遇,理顺与公用电网在调度权、电费结算权等方面的关系,如临沂临港、奈曼旗等地已通过增量配电网促进绿电消纳,降低企业用电成本。建立辅助服务成本分摊机制,降低配电网运营负担。对园区少购电量与备用容量分别计收保底服务费和备用容量费,平衡电网公司利益。放开虚拟电厂聚合商准入,蒙西巴彦淖尔、苏州工业园区已有成功实践。

三是建立分类指导体系,让不同类型园区各得其所。园区类型多样,需从建设路径和验收评价两个维度建立差异化体系。出口型园区加强溯源和规则对接,内需型园区侧重降碳和经济性,资源富集型园区推进“绿电+产业”耦合,存量改造型园区侧重设施更新和能效提升。在统一基

础指标之上,针对不同类型设置差异化的附加评价指标。零碳园区建设实行梯度培育,申报前应对碳排放基线、用能结构、资源条件进行全面评估。根据资源禀赋差异采取分区评价验收,资源富集区侧重绿电直供比例,资源匮乏区侧重碳排放强度下降。引导各地根据自身条件科学谋划产业引进和园区建设。

四是打通全周期监管闭环,让“后半篇文章”落地见效。零碳园区建设的真正考验在落地成效。工信部已印发《工业企业园区数字化碳管理中心建设指南》,沈阳中德园、武汉软件新城等首批园区已建成园区级碳管理平台,实现了数据实时采集和精准核算。但相关要求仍为鼓励性,且尚未建立园区碳数据实时上传至国家统一平台的制度。建立国家级零碳园区碳管理平台,推动碳排放、绿电消费等数据从园区自管升级为国家直报。建立统一的数据采集标准和接口规范,实现各园区平台与国家平台的数据直连,支撑国家层面的实时监测和决策。借鉴中央预算内投资管理方式,设定碳排放强度、绿电比例等阶段性考核目标,实行财政资金分阶段拨付,提高项目建成验收后的拨付资金占比。制定全国统一的零碳园区碳排放核算方法与验收标准,明确核算边界、数据采集规范和达标判定规则,消除因核算方法差异导致的省际不可比问题。验收通过后,根据运行数据动态调整评价等级,保证“零碳园区”品牌含金量。

五是畅通绿色金融“最先一公里”。融资难的关键在于缺乏统一的认定标准和评估体系。推动零碳园区纳入绿色金融认定标准,建立统一的认证评估体系。江苏已发布首个省级方案,鼓励银行单列信贷、配置额度。用好碳减排支持工具、设备更新改造专项再贷款等货币政策工具,鼓励地方综合运用贴息、风险补偿等手段。鼓励金融机构创新零碳园区专项贷款、碳资产质押融资、供应链金融与零碳融合等产品。地方政府通过率先投入,向社会资本释放明确信号。用好地方政府专项债支持政策,把零碳园区建设深度融入地区产业规划布局,设立地方产业引导基金,参与零碳园区建设,以股权投资撬动社会资本,吸引长期资本进入。探索将绿电直连专线、储能电站、增量配电网等资产打包发行基础设施REITs。拓宽直接融资渠道,支持发行绿色债券、转型债券。将中央预算内投资节能降碳专项、“两新”资金等向存量园区倾斜,鼓励合同能源管理等社会资本参与。允许将改造形成的碳资产和节能收益作为增信手段质押融资。推行园区碳资产打包开发,收益偿还改造成本。完善基于物联网和区块链的动态碳账本,为金融机构提供可信数据,减少信息不对称。

(作者供职于国家电力投资集团公司党校)

生活垃圾处理与甲烷减排协同要坚持因地制宜

■魏威

生活垃圾是甲烷主要排放源之一,对气候变暖的影响不容忽视。在“双碳”目标引领下,我国已将生活垃圾甲烷减排纳入关键治理议程。《“十四五”城镇生活垃圾处理和分类规划》明确要减少有机垃圾填埋,《甲烷排放控制行动方案》进一步提出垃圾填埋场甲烷与恶臭污染物协同治理,推动生活垃圾处理从“无害化”向“减污降碳协同增效”转型。但现实挑战依然严峻。公开数据显示,2021年我国有机废弃物(包括生活垃圾)甲烷排放量约708万吨,占全国甲烷排放总量的近12%;尽管焚烧已取代填埋成为主流处理方式,但二噁英排放等问题仍无法回避,单一处理路径难以满足多元政策与减排需求。因此,探索多元协同的处理路径,成为生活垃圾甲烷减排的核心课题。

我国城市生活垃圾处理演变及甲烷排放情况

我国生活垃圾产生呈现总量大、增长快、区域差异显著的特征。2004—2024年,全国城市生活垃圾年清运量从1.55亿吨增至2.6亿吨,20年累计增长67%,年增速2.8%,与我国城市化进程高度契合,总体处理方式实现了从“填埋依赖”到“焚烧主导”的结构性变革:填埋处理占比从88%降至15%,处理量从1.37亿吨缩减至3862万吨;焚烧处理占比从3%上升至85%,处理量达2.2亿吨;堆肥等其他处理方式占比不足3%,处理量约为300万—800万吨。

同期,我国的垃圾处理设施建设也出现结构性变化:填埋场数量从2004年的444座增至2012年的峰值677座后,整合优

化至2024年的612座,单场处理规模显著提升;焚烧厂数量从54座增至739座,2024年单日处理能力达92万吨/天,超额完成2021—2025年80万吨/日的规划目标,规模化特征凸显;堆肥厂数量稳定在40座左右,以中小型设施为主。

填埋场是甲烷排放的主要来源。在厌氧条件下,有机垃圾分解气体中的甲烷占比最高可达60%(IPCC 2006年国家温室气体清单指南缺省值)。2021年国家温室气体排放清单显示,全国垃圾填埋甲烷排放量472万吨,占废弃物甲烷总排放的67%,随着焚烧占比提升,该部分排放呈下降趋势。同时,填埋场甲烷排放地域差异明显:南方高温高湿地区的排放量可占城市甲烷排放的60%;西北部地区因气温低、干旱,甲烷产生量低于南方,这为分区域制定甲烷管控政策提供了依据。

整体来看,我国城市生活垃圾处理正快速向“焚烧主导”转变,且焚烧行业的投建高峰已过,开始进入运营管理阶段。但在区域层面,填埋呈现“东减西增”趋势,数量减少但规模扩大,仍是西部地区生活垃圾处理的主要方式。

不同生活垃圾处理方式的甲烷减排

不同生活垃圾处理方式在减排潜力、环境风险和资源化水平方面呈现出显著差异。填埋因甲烷排放强度高、环境外部性突出,正逐步退出主流;焚烧凭借显著的减量效果和相对成熟的经济性,成为当前主流选择,但伴随污染控制和社会接受度挑战;堆肥作为低碳、资源化路径,在特定区域和细分垃圾类型中发挥补充作用;厌氧发酵在实现甲烷减排与能源、肥料协同

利用方面优势明显,被视为减排与资源化兼顾的最优方向,但仍受制于成本、技术和前端分类体系完善程度。

填埋是高排放的主要来源。填埋曾是主导的垃圾处理方式,核心优势为处理能力强、技术成熟,且单位投资成本存在区域优势。但我国生活垃圾含水率高、易降解有机物含量高,厌氧填埋会产生大量甲烷,排放强度高,还存在占用土地、渗滤液污染、恶臭扰民等问题。在东部土地稀缺地区,填埋已难以为继,仅作为应急补充,且不符合《“十四五”城镇生活垃圾处理和分类设施发展规则》中“原则上地级以上城市不再新建原生生活垃圾填埋场”的政策要求,目前设施和数量均呈下降趋势,只有在西部地区仍是最主要的处理方式。

焚烧是减排与风险并存的主流选择。焚烧可基本避免甲烷排放,每吨垃圾焚烧较填埋减少12—56千克甲烷排放,其减量化效果显著,可回收能源用于发电或供热,且我国焚烧发电每吨投资成本约为83万—97万元,远低于日本和欧洲,具备明显的经济优势。但焚烧会产生二噁英等有害气体,需配套高成本尾气处理设施,满足《生活垃圾焚烧污染控制标准》的要求。

堆肥是资源化导向的低碳补充。堆肥通过好氧发酵将有机垃圾转化为腐殖质肥料,温室气体总排放量低于填埋,但仍会产生少量甲烷和氧化亚氮。其核心优势是实现资源循环,可替代化肥减少农业碳排放,减少填埋产生的甲烷排放;堆肥适用范围广,可处理餐厨垃圾、园林废弃物等多种有机废物;符合《关于促进有机肥替代化肥的指导意见》政策导向。然而,堆肥处理周期长(4—5周)、占地面积大、对

垃圾纯度要求高(干基有机物含量不应低于25%,含水量应在40%—60%),更适用于农业发达地区和园林绿化废弃物处理,暂未成为主流。

厌氧发酵是减排与资源化利用的最优组合。厌氧发酵是甲烷减排潜力最大的技术路径。厌氧条件下,有机垃圾产生的沼气中甲烷占40%—60%,通过回收利用可减少90%以上的甲烷排放,还能同步获得沼气能源和有机肥料,资源化利用率较高。但该技术设备投资比填埋、堆肥和焚烧都高,对原料预处理和工艺参数控制要求高,依赖上游垃圾分拣和清运机制保障原料的稳定供应,且存在地域差异,亟需政策进一步扶持。

城市生活垃圾处理与甲烷减排协同的最优路径

城市生活垃圾处理与甲烷减排协同的关键,在于技术、管理、区域、循环四大维度的协同推进。技术层面,推行“预处理+厌氧发酵+综合利用”集成体系,通过规范工艺实现资源循环与甲烷最大化减排;管理层面,需构建“数据驱动、智能决策、精准治理”模式,依托物联网技术建立有机固废全流程智能监测体系,实现收集、运输、处理、资源化利用全链条数字化管理;区域层面,应坚持因地制宜策略,东部推广“焚烧+厌氧发酵+再生利用”模式,中西部跨区域共建处理设施,农村构建四级(农户、村、乡镇和县)处理体系;循环层面,打造“有机垃圾—有机肥/沼气/生物能源”双循环链条,推动跨区域协同处理,借助碳市场、绿色金融等政策破解成本难题,实现政策目标与市场效益双赢。尤其是在区域层面,结合当前国家及

地方生活垃圾相关政策、地域特征与管理水平,各区域生活垃圾的适配技术路线应坚持因地制宜原则。

例如,在东部发达城市、中西部省会城市,可采用“厌氧发酵(餐厨、厨余垃圾等)+焚烧为辅”的方式;在现有大型填埋场集中区域,如华北、西南部分城市,建议采用“填埋气回收发电+填埋场封场修复”技术路线;在中西部省会及重点地级市,“厌氧发酵(餐厨垃圾为主)+焚烧兜底”则是更适配的技术类型;在中西部及东北地区县级地区,建议跨区域共建“焚烧厂+小型化堆肥”;在长三角城市群,如上海、杭州、苏州等,建议采用“预处理+厌氧发酵+焚烧协同+堆肥”方式;在京津冀等核心城市及周边,“焚烧+厌氧发酵+秸秆炭基肥制备”是较为适配的处理方案;在全国县域农村地区,如重庆彭水、贵州毕节等,建议采用“小型高温好氧堆肥+户用沼气+秸秆还田”处理路线;对于全国范围内有条件的市场化项目,可推广“厌氧发酵(沼气回收)+规模化堆肥”技术。

综上所述,2004—2024年,在环保政策推动下,我国城市生活垃圾处理已实现从“填埋依赖”到“焚烧主导”的转型,但甲烷减排仍面临技术适配不足、区域发展不均、政策协同不够等挑战。未来,需以“技术集成、智慧管理、区域适配、循环经济”为核心,构建多元协同处理体系;厌氧发酵实现甲烷高效回收,焚烧发挥减量化兜底作用,堆肥补充资源化缺口,再辅以碳交易、绿色金融等政策工具,推动生活垃圾处理从末端治理向全过程管控、从单一处理向多元协同、从高碳模式向低碳循环的战略转型,为“双碳”目标提供坚实支撑。

(作者系自然资源保护协会工业项目高级主管)