

# 厚植绿色低碳循环底色 推进工业园区高质量发展

陈吕军



陈吕军

现任清华大学生态文明研究中心常务副主任,清华大学循环经济研究院副院长,环境学院中国工业园区绿色发展研究中心主任。入选国家百万人才工程,被评为有突出贡献中青年专家,享受国务院特殊津贴,入选国家环境保护专业技术领军人才。研究方向为工业园区绿色发展、清洁生产、产业生态学等。长期致力于工业园区绿色低碳循环发展的探索和研究,承担过多个国家高新技术产业开发区、国家级经济技术开发区、国家生态工业示范园区、国家绿色园区等工业产业集聚区的绿色发展规划和循环化改造项目,丰富了中国工业产业集群地区的绿色发展实践范式和研究方法。

产业生态体系,加强创新要素在园区集聚落地。建立数据中心电能利用率、水利利用率、碳排放强度和可再生能源利用率等综合评价体系,构建数据中心高效节能体系。主动突破我国东部数据中心土地、能源等资源约束瓶颈,积极发挥西部地区可再生能源优势,实现“数据中心与可再生能源”深度融合。

## ③ 园区循环化发展工程

**推动产业循环式组合。**推动企业循环式生产、产业循环式组合,促进废物综合利用、能量梯级利用、水资源循环利用,推进工业余热余热、废水废气废液的资源化利用,积极推广集中供气供热。推进园区绿色工厂建设,实现厂房集约化、原料无害化、生产洁净化、废物资源化、能源低碳化、建材绿色化。

**加强园区物质流管理。**解析园区经济活动中物质、能量的代谢动态演化过程及其环境影响,发现环境污染的源头和成因,调控物质代谢,优化园区物质、能量和环境管理。实践中,流程型工业为主的工业园区通过自下而上,理清多产品、多元素、多层次物质能量代谢的结构、路径、过程等特征,定量揭示全生命周期的环境影响,提出靶向减排降碳调控措施,推动企业内、企业间、产业间物料闭路循环,并持续循环迭代优化。

**突出抓好园区清洁生产。**在实践中不断深化模式创新,协同推进企业、行业、园区多层次多角度的清洁生产审核管理,重点针对钢铁、焦化、建材、有色金属、石化化工、印染、造纸、化学原料药、电镀、农副食品加工、工业涂装、包装印刷等重点行业为主的存量企业和园区,从系统工程和全生命周期角度开展节能、节水、节材、减污、降碳等清洁生产改造。

## ④ 化工园区绿色安全工程

**加强化工园区本质安全和智慧化管控全过程。**持续加强环境和安全管理,提高化工生产本质安全水平。在规范管理的同时,识别工艺缺陷,设计残留风险等内在风险,强化本质安全。我们针对国内典型化工园区提出:①化工企业建设标准化,着力推进生产体系密闭化、物料输送管道化、危险工艺自动化、企业管理信息化;②有毒有害原料准人控制和绿色工艺替代;③提高化工生产本质安全水平,对园区全部化学反应开展基于反应热测量的安全性评价,指导日常管理;④建设智慧园区,提高管理的系统化、科学化、规范化、精细化和信息化水平;⑤推进环境风险责任保险制度。

**强化绿色发展顶层设计。**从系统工程和全局视角,加强化工园区绿色化、低碳化、循环化、智能化发展顶层设计,建立化工园区“绿色+安全+循环”发展技术模式,通过生产过程—产业链接—基础设施—安全环境协同,强化技术升级减少源头污染,通过优化全过程管理减污降碳增效,实现化工园区绿色发展、本质安全和循环发展。

瞄准绿色低碳循环发展,打好制造强国战略的“基底”,工业园区实现高质量发展“重任在身”。

对园区而言,减污降碳减什么,如何减?控能控碳控什么,孰先孰后?工业园区千园千面,差异较大,如何有序分类、卸下“高能耗”的“担子”,搭上“碳中和”的“快车”,工业园区或可从十大工程着手,应对高质量发展之路上的诸多挑战。

## 工业园区高质量发展三大挑战

### 系统观全局观动态观亟待深化

绿色低碳循环是高质量发展的基础支撑,高质量发展就是绿色低碳循环的发展,就是可持续发展。

污染控制方面,面对环境污染带来的生态破坏问题,削减存量污染和控制增量污染统筹不够,传统污染物全面达标与新兴污染综合防控的双重压力,亟待从生态设计、全过程优化、生产者责任延伸等系统发力,防止污染负荷转移。

落实双碳战略方面,以化石能源为主的传统能源与新能源供给存在结构失衡。园区对碳达峰的内涵认识不统一,部分园区存在碳排放总量控制套“紧箍咒”的顾虑,也有部分园区在碳达峰碳中和方面存在认识误区。

减污降碳协同方面,园区物理边界与管理边界不统一,物质流能量流管理粗放,污染物排放种类多,污染物和碳排放量大,治污与减碳措施相互作用、相互影响科学研究不足,减污降碳协同所需精细化数据基础薄弱。

### 能源系统和污染治理亟待整体优化

全国2543家国家级和省级工业园区贡献了50%以上的工业产出,二氧化碳排放量占全国的31%。我们发现,80%的工业园区物理边界内兼有集中式能源和环境基础设施;能源基础设施呈现大小多、三高特征。燃煤机组占比高达87%,且小机组多;50MW以下数量占比高达62%;基础设施温室气体排放占比平均高达75%。能源加

## 十大工程厚植园区绿色低碳循环底色

### ① 园区节能降碳增效工程

**创新园区综合能源管理。**从系统工程和全局角度推进园区能源系统整体优化,实施园区节能降碳增效工程,鼓励优先利用可再生能源。实施能—水统筹,强化节约、提效、开源,产业和能源结构双优化双清洁化,优化资源要素配置。优先以高耗能高排放项目集聚度高的园区为重点,推动能源系统优化和梯级利用。构建智慧管理平台,将智慧能源管理与园区安全、环保、能源等实现一体化、智慧化管理。

**从“五个一”着力,推进园区碳达峰试点。**园区碳达峰试点应从“五个一”着力:一是编制一套统一的工业园区碳排放核算指南,形成碳排放统计标准。二是绘制一张路线图。要做好园区物质代谢、能量代谢、水代谢、碳代谢及价值流分析,研究制定园区碳达峰路线图。三是搭建一个平台。试点园区要搭建碳排放信息统计监测平台。四是制定一套分类方法体系。从绿色发展水平、经济规模、产业、碳排放等方面,对园区分级分类;从产业结构优化、生态产业链建设、能效提升、基础设施等方面明确重点。五是树立一批标杆。建成一批具有国际国内示范意义的碳达峰碳中和标杆园区。

**着力提高园区碳生产率。**结合园区特点,实施“以地定产、以产见碳、以碳产才”“不开倒车、不拖后腿、见贤思齐”24字方略,做好园区碳达峰,关键是提高园区的碳生产率,即园区单位二氧化碳排放量产出的增加值。国发23

工转化效率及系统优化水平亟待提升。

针对典型化工园区长达15年的研究发现,化工企业及园区污染末端治理的成本已非常高,仅以2016年为例,园区年末末端治理成本高达13亿元,占产值2.3%;末端治理边际效应锐减,2011年—2019年每单位经济投入COD、氨氮的减排量分别下降43%和70%,末端治理难以维系。

工业园区能源、环境基础设施间“能源—水—固体废物”协同的产业共生体系薄弱,园区能源—环境系统亟待设计技术经济可行、全生命周期环境友好的一揽子解决方案。

### 能耗“双控”向碳“双控”转变亟待抓手落地

2021年12月中央经济工作会议指出“创造条件尽早实现能耗‘双控’向碳排放总量和强度‘双控’转变”。实践中,担子大多压在园区。以长江经济带为例,园区对沿江各省的经济社会发展贡献巨大,工业贡献大多超过所在省/市的一半,如江苏省工业园区贡献了50%以上的地区生产总值,实现了60%以上的固定资产投资。对园区而言,控能控碳哪个优先,如何来控,这是一个问题。实践中都应该控,但实际上能源控什么,碳控什么,不同地域不同园区差异很大。以流程工业为主的园区,余热余压及化学反应热回收较为普遍,能多碳少,应当以鼓励用能为主。以离散型工业为主的园区,如汽车制造园区,能源消耗和碳排放隐含在大量的零部件供应链上,终端企业能多碳少,应当以控制强度为主。园区千园千面,如何分类有序,宜控能则控能,宜控碳则控碳,是实践中的重大挑战。通过能、碳双控科学落地,倒逼园区高质量发展,是一项重大命题。

### ② 园区数字化转型工程

**深刻理解园区数字化转型内涵。**园区数字化转型的内涵是,在企业 and 园区层面,实现六要素人、机、料、法、环、测(SM1E)的数字化集成和智慧化应用。数字化集成,根本要义在于努力做到数据应收尽收、能收尽收、动静兼收、虚实皆收。智慧化应用在数据海量归集基础上,面向服务管理决策设计应用场景,开发基于数据驱动模型,持续更新,不断迭代优化。

**推动园区数字化转型。**引导园区加快数字基础设施建设,利用数字技术提升园区管理和服务能力。推动各类数字化、智能化要素加快向园区集聚,探索发展跨越物理边界的“虚拟”产业园区,促进产业资源虚拟化集聚、平台化运营和网络化协同,构建虚实结合的园区“产业化+数字化”新生态。

**抢占国家“东数西算”工程先机。**充分发挥高新区、经开区等在全国一体化算力网络国家枢纽节点建设中重要载体作用,积极引导国家数据中心集群向园区集聚发展。统筹推进园区数字基础设施建设,加速园区数字化产业化和产业数字化进程,催生园区新技术、新产业、新业态、新模式,完善数据中心

流域海域一干支流和谐共生关系,持续推动流域海域一定范围内高耗水、高污染企业迁入园区,全面深入开展园区清洁生产,在生态敏感脆弱区布局的工业园区一园一策设定污染物特别排放限值。实现临江溯水园区排污口在线监测系统全覆盖,建立特征污染因子指纹图谱;园区清、雨、污分离,加强分质分类处理回用,减少入海入河排污量;开展有毒有害污染物的监测及治理技术开发应用,加强近海海域生物多样性监测与保护。

**创新园区环境污染第三方治理。**把第三方服务打造成园区环境公共领域全科“环境医院”或“环保管家”,包括决策与规划咨询、监督监测、运营维护、环境(政策)风险防范、培训宣教等;确保园区企业达标入网(排放)及集中式治污设施达标排放;确保环境污染治理设施正常运行、排放稳定达标,掌握即时运行情况,及早发现环境(安全)隐患;发生污染能及时找到源头并短时间内采取切实有效的补救措施。

### ⑦ 园区固废脱钩发展工程

**加强工业园区无废蓝图顶层设计。**系统识别和把握园区全过程全域废物管理中补短板强弱项难点,科学剖析和把握产业持续减废面临的结构性矛盾,深入理解和把握危废“最小一公斤”“最后一公里”服务复杂性。加强园区无废蓝图规划顶层设计,围绕固体废物源头减量、资源化利用、无害化处理处置、完善保障、激发公众参与等关键环节,开展重点行业全产业链减废增效行动,推动园区经济发展与固废产生脱钩。

**区域协同建设高标准大型固废循环园区。**构建区域一体化的固废管理系统,推进区域固废联防联控。依托城市群协同推进高标准大型固废循环园区建设,建设区域性大宗废弃物综合利用技术平台,推动城市资源循环基地建设。鼓励重点城市群建设区域性再生资源加工利用产业基地,推动再生资源加工利用产业园区化、集聚化发展。

### ⑧ 园区产业创新服务工程

**依托园区建立绿色技术创新联合体。**以园区为载体,企业为主体,建立市场化运行的绿色技术创新联合体,推进产业创新服务平台建设,推动研发制造机构与园区合作建立技术装备创新基地。加强园区生产性服务业平台建设,强化技术研发、标准制修订、测试评估、应用培训、创业孵化等服务。

**加强产融合作推动园区绿色发展。**建立健全工业园区碳核算和绿色金融标准体系。构建园区碳核算方法、算法和数据库体系,推动碳核算信息在金融系统应用,强化碳核算产融合作。推动运用数字技术开展碳核算,率先对绿色工业园区、先进制造业集群等进行核算。选择有条件的园区开展创新绿色金融产品和服务试点,在绿色低碳园区审慎稳妥推动绿色金融试点。

**园区管理能力创新与提升。**把绿色低碳循环发展理念、基本方法融入政府基本公共服务平台建设之中,切实提升园区管理和服务能力。创新园区绿色服务供给模式,加强园区智库建设,

面向“双碳”目标打造一批碳达峰碳中和公共服务平台,面向企业、园区提供低碳规划和低碳方案设计、低碳技术验证和碳排放、碳足迹核算等服务。

### ⑨ 区域流域产业园区协调发展工程

**推广优秀园区开发管理模式。**积极总结凝练国家高新区、国家经开区综合评价排名前列优秀园区的开发管理模式,以及自贸区等开放型经济新体制综合试点试验等制度创新成果,重点面向中小规模的省级园区和欠发达地区的园区,推广先进经验模式,推动更广大园区提高开发建设和管理水平;发达地区的园区探索产业用地混合利用模式。

**共建省级产业合作园区。**探索建立各类产业园区跨区域协同新机制,率先在长三角、粤港澳大湾区、京津冀等区域推进共建省际产业合作园区,加强省际产业合作,有序推动产业园区区域转移和生产要素双向流动,优化园区空间布局。激发园区在生态保护、生态补偿、生态产品价值实现中的作用。通过委托托管、合作共建、一区多园等模式整合、调整,优化现有小规模工业园区,高标准对标国家级园区的绿色管理要求,切实扭转部分地区低小散园区区域现象。

**推动园区在乡村振兴中发挥更大的作用。**重点针对欠发达地区、革命老区、边境地区、生态退化地区等特殊地区,因地制宜发展特色农业产业,提升农业发展效益,加强特色农产品优势区建设,支持农产品加工产业园、农业高新区、特色农业产业园区等现代农业生态园区发展,巩固并提升脱贫攻坚战成果,积极推动园区在乡村振兴中发挥更大的作用。

**建设特色鲜明绿色物流园区。**以交通干线为纽带,统筹串联沿江、沿线城镇、产业园区和物流园区,构建现代物流服务体系;通过配置完善的物流设施,整合产业园区,形成通道+园区空间布局,发展多式联运,因地制宜推进物流园区铁路专用线、内河高等级航道网建设,推动园区大宗货物和中长距离货物运输“公转铁”“公转水”;推动物流园区装卸机械和运输装备实施“油改电、油改气”工程。

### ⑩ 中外合作绿色低碳园区建设工程

**有序建设中外合作园区。**推进开创全面改革开放新局面,提高对外开放绿色低碳发展水平,发挥园区更大作用。以园区为媒,加强国际合作园区建设,通过中外合作绿色低碳工业园区推进更高水平协同开放,在吸引更多全球高端要素和高端制造能力的同时,推进国际产业双向合作,实现互利共赢、共同发展。

**有效拓展海外仓产业园区。**鼓励园区结合实际加快贸易数字化发展,有效拓展数字经济国际合作,大力发展跨境电商,扎实推进跨境电商综合试验区建设,培育壮大一批跨境电商优秀产业园区。发挥海外仓产业园区作为跨境电商电子商务的重要载体作用,实现一地备案、全国通用。降低物流成本、提高送达时效和售后服务水平。

## 蓝图已绘就 实干向未来

2019年以来,我国相继发布了50余项与绿色低碳循环相关的政策文件,综合分析,我们梳理出一系列与园区示范试点相关的行动或目标。“十四五”期间,国家重点建设的一批园区示范试点包括:达到国际先进水平的节能低碳园区,节能环保示范园区,国家生态工业示范园区,绿色工业园区,废水循环利用示范园区,工业废水近零排放示范园区,重点行业碳达峰碳中和公共服务平台,工业节水标杆园区,海水淡化示范工业园区,易地搬迁后续产业发展示范园区,工业废水循环利用示范园区,全球领先的跨境电商产业园区,工业资源综合利用基地,行业产业转移试点园区等。

蓝图已经绘就,园区是产业高质量发展的主引擎主阵地。各级各类园区要勇担重任,以排头兵姿态和突击队担当,扛起高质量发展大旗,将绿色低碳循环理念融入园区各项工作中,积极有为,善作善成,全面开创高质量发展新局面。国家高新区、国家经开区必须成为高质量发展“排头兵”“领头羊”“顶梁柱”。

展望未来,在新时代新起点上,工业园区对绿色发展的认识要更清晰,信念要更坚定,更高水平开放与更高层次创新要更上一层楼。在建设现代化强国征途上,工业园区要建设更多一流的高质量与绿色园区,要绘就更多美丽中国新画卷。