



ECSC
中华环保联合会绿色供应链专委会



京东物流



施耐德电气

物流园区 碳中和指南

主编单位

- 中华环保联合会
绿色供应链专业委员会
- 京东物流
- 施耐德电气

参与编写单位

- 联合利华
- 京东产发

指导单位

- 中华环保联合会

2022年6月

CONTENT 目录

前言	02
概要	03
一、气候变化与碳中和	
1. 中国的“双碳”目标	05
2. 企业的减碳社会责任	08
二、“双碳”目标下的物流园区	
1. “双碳”背景下的物流行业	10
2. 碳中和与物流园区	11
3. 碳中和物流园区推动绿色供应链变革	14
三、物流园区碳中和解决方案	
1. 开展物流园区碳盘查	17
2. 确定物流园区碳中和长期规划	19
3. 制定数字化减碳措施	21
4. 物流园区减碳的其它技术及方法	44
结语	46
缩略词	47
图片目录	49

前言

气候变化是当前人类社会面临的严峻挑战之一，实现碳达峰、碳中和的“双碳”目标是中国面向未来的重大战略决策，是一场广泛而深刻的变革。物流行业是我国社会经济发展的支柱性产业，低碳物流是未来发展的重要方向。物流企业需要抓住绿色低碳转型的历史机遇，勇于承担绿色低碳和高质量发展重任，将企业社会责任转换为核心竞争力。

物流园区作为物流业务集聚发展的核心单元，提供多种物流设施和物流服务的同时，积聚了产业上下游企业，成为物流行业实现“双碳”目标的关键场景。依托数字化技术建设的智能化碳中和物流园区，将实现智慧物流与绿色物流的有机结合，探索出碳中和背景下物流基础设施建设新路径。

物流园区碳中和是一个充满机遇和挑战的系统性工程，需要从顶层战略出发，充分考虑外部政策、行业水平、企业自身的现状，制定出适合自身需求的碳中和整体规划。数字化技术是实现物流园区碳中和的重要支撑，通过数字化技术与物流业务的深度融合，在保障绿色能源和资源效率的基础上，能够实现产业结构升级，从而推动物流行业智能化、低碳化、绿色化的高质量发展。

特别感谢以下专家对本报告的指导和帮助：

杨朝飞 中华环保联合会副主席、生态环境部原总工程师
夏光 生态环境部原督察员
谢玉红 中华环保联合会副主席兼秘书长
杜少中 中华环保联合会副主席、绿色供应链专委会主任委员
蒋浩 中国物流与采购联合会绿色物流分会执行副会长
赵洁玉 中国物流与采购联合会绿色物流分会副秘书长

以及感谢报告撰写团队悉心毕力的付出。

概要

本报告凝练编写单位多年的数字化园区建设实践，提出数字化技术赋能园区节能减碳的机制原理和场景应用，旨在为物流园区提供非抵消减碳、降碳的参考方案，以达成碳中和目标。

本报告共分三个部分，分别从物流园区碳中和的政策背景、行业前景、实现路径等三个方面，分析碳中和物流园区建设的必要性、可行性和实施路径。从政策背景看，中国的“双碳”目标推动政府、产业和企业聚力于“双碳”领域，物流园区的低碳绿色发展与宏观政策相契合。从行业前景看，作为高耗能产业的物流业，亟需低碳改造，实现产业结构绿色优化，低碳绿色是物流园区必然的发展方向。从实现路径看，需要在厘清碳排放源和排放总量的前提下，通过绿色能源替换、能效提升优化、资源循环利用以及碳交易等方式，抵消自身产生的碳排放量，实现碳中和。

本报告首次基于温室气体核算体系梳理了物流园区从基准线的确定、碳中和长期目标规划，到具体数字化减碳技术实施，直至后期碳排放监测等全链条闭环碳管理，对物流园区碳减排路径探索具有现实指导意义。



气候变化与碳中和

QI HOU BIAN HUA YU TAN ZHONG HE

01



1.中国的“双碳”目标

气候变化已经成为当前人类社会面临的严峻挑战之一，应对气候变化是各国的共同责任。2015年12月具有重要里程碑意义的《巴黎协定》提出，各缔约国将加强对气候变化威胁的全球应对，把全球平均气温较工业化前水平升高控制在2℃之内，并为把升温控制在1.5℃之内而努力。基于各国的共同努力，近年来全球二氧化碳排放量增速基本呈现下降趋势。根据BP(British Petroleum, 英国石油公司)数据统计，2020年全球二氧化碳排放量同比下降6.04%，2010年至2020年复合增长率为0.3%¹，反映了全球在应对气候变化方面已取得了实质性成效。

作为世界第二大经济体、第一大工业国、最大的发展中国家，中国一直是全球气候变化多边进程的积极参与者和坚定维护者。中国于1992年11月7日经全国人大批准《联合国气候变化框架公约》，于2016年4月22日签署《巴黎协定》，2020年9月22日，中国国家领导人在联合国大会一般性辩论上向全世界宣布，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”²。“双碳”目标的设定不仅将解决生态环保问题，更将引发一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。

2021年10月，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，就确保如期实现碳达峰、碳中和作出全面部署。各部委也相继出台各类政策，快速推进相关工作。这是中国履行《巴黎协定》的具体举措，也体现了中国推动绿色低碳发展、积极应对全球气候变化的决心和努力。

序号	名称	时间	发布单位	重点内容
01	《2022年政府工作报告》	2022.03	国务院	能耗强度目标在“十四五”规划期内统筹考核。要有序推进碳达峰碳中和工作。落实碳达峰行动方案。推动能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，完善减污降碳激励约束政策，加快形成绿色生产生活方式
02	《企业环境信息依法披露格式准则》	2022.01	生态环境部	对年度环境信息依法披露报告和临时环境信息依法披露报告的内容与格式进行了规定。年度报告规定了关键环境信息提要，企业基本信息，企业环境管理信息，污染物产生、治理与排放信息，碳排放信息等应当披露的具体内容
03	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	2021.10	中共中央、国务院	以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展是关键，加快形成节约资源和保护环境产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，确保如期实现碳达峰、碳中和

注[1] 英国石油公司(BP),《世界能源统计年鉴(第70版)》

注[2] 国务院《中国应对气候变化的政策与行动白皮书》
https://www.mee.gov.cn/zcwj/gwywj/202110/t20211027_958030.shtml

04	《2030年前碳达峰行动方案》	2021.10	国务院	将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动、城乡建设碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动、绿色低碳科技创新行动、碳汇能力巩固提升行动、绿色低碳全民行动
05	《2021年能源工作指导意见》	2021.04	国家能源局	能源结构：煤炭消费比重下降到56%以下。新增电能替代电量2000亿千瓦时左右，电能占终端能源消费比重力争达到28%左右 质量效率：能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高
06	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	2021.03	国家发改委	在建设现代化基础设施体系、深入实施制造强国战略等多个方面提出绿色发展、产业布局优化和结构调整，力争实现碳达峰、碳中和的目标
07	《2021年政府工作报告》	2021.03	国务院	提出扎实做好碳达峰、碳中和各项工作。制定2030年前碳排放达峰行动方案。优化产业结构和能源结构。推动煤炭清洁高效利用，大力发展新能源，在确保安全的前提下积极有序发展核电等重点工作任务
08	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	2021.02	国务院	发展建立在高效利用资源、严格保护生态环境、有效控制温室气体排放的基础上，统筹推进高质量发展和高水平保护，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，确保实现碳达峰、碳中和目标，推动我国绿色发展迈上新台阶
09	《关于进一步推动重点用能单位能耗在线监测系统建设的通知》	2021.02	国家发改委	要求确保7月底前按照《NHJC-2018 重点用能单位能耗在线监测系统》系列标准要求完成重点用能单位能耗数据的上传，加强能源消费总量和强度“双控”形式分析和预测预警 重点用能单位能耗在线监测系统采用“国家平台+省级平台+重点用能单位端系统”的架构，为各部委、各级节能主管部门和质监部门、重点用能单位等用户提供不同层次服务
10	《碳排放权交易管理办法(试行)》	2021.01	生态环境部	以发电行业为突破口，逐步扩大市场覆盖行业范围

(表1 相关碳中和政策)

如图1所示，与发达国家相比，中国要实现碳中和的挑战更大，形势更为复杂严峻。一方面，时间上更为紧迫，欧洲在1990年已经碳达峰，美国2005年碳达峰，我们只有10年的时间达到碳达峰，30年的时间来实现碳中和，相当于只有一半的时间来达成目标。另一方面，中国仍处在工业化进程中，未来发展有更大能源需求，面临发展经济、改善民生和保护环境的三重挑战。可以预见中国的碳中和之路将是艰巨、迅速而坚定的。



(图1 中国、美国、欧洲碳中和路径对比³⁾)

近几年来，中国凭借低成本和规模化创新优势，已经建立了具有较强竞争力的风电、光伏产业链，目前已经是全球可再生能源领域的最大投资国、最大的多晶硅生产国、最大的锂电池材料和电池生产基地，也是全球最大的电动车市场之一。向碳中和经济过渡将给低碳产业带来巨大的投资机遇。提升可再生能源比例，最大限度利用核能、氢、氨等清洁能源，推动全领域的节能减排，推广零碳交通、绿色园区、绿色建筑等都是中国产业转型的必然方向。如果能够抓住新一轮低碳科技革命的历史机遇，在资源再生利用、提升能效、电气化、清洁发电技术、储能、氢能以及数字化技术等领域取得突破性进展，将极大提升国家核心竞争力。

注[3] 数据来源于CO₂ emissions | Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

2.企业的减碳社会责任

企业是碳排放的主体，企业的参与对于减少温室气体排放至关重要，这也是企业必须履行的社会责任。2015年6月，由WWF (World Wide Fund for Nature, 世界自然基金会) 联合CDP (Carbon Disclosure Project, 全球环境信息研究中心, 前身为碳披露项目)、WRI (World Resources Institute, 世界资源研究所) 以及UNGC (United Nations Global Compact, 联合国全球契约项目) 共同发起SBTi (Science Based Targets initiative, 科学碳目标倡议)。这是一项全球倡议，其主旨在于帮助企业设定科学的碳减排目标，使其成为企业可持续性管理的基础组成部分，推动设定碳减排目标成为商业常态，支撑全球实现《巴黎协定》目标。

SBTi官方数据显示(图2)，截至2022年5月，已有来自超过70多个国家的3000多家企业加入SBTi倡议，超过1400家企业已经正式发布了通过审核的减排目标。企业设定科学碳目标不仅仅为全球气候变化治理做贡献，同时也为企业及其价值链带来积极影响。



(图2 SBTi科学碳目标倡议，数据截至2022年5月)

“双碳”目标对于企业既是新挑战，也是新机遇。一方面，需要改变能源使用及生产方式，增加绿色、低碳等技术投资，以实现碳排放的快速降低；另一方面，低碳经济又将极大激发和创造新的社会需求，产生一批新技术、新业态、新模式，蕴含着发展新动能的重大机遇。在国家“双碳”目标下，中国企业也需要担负起历史的责任和担当，积极推进低碳绿色转型。截至2022年5月，中国共有76家企业加入SBTi，其中26家企业已经设定了各自的碳目标。

在政府引导、市场主导下，势必会推动政府、产业和企业聚力于“双碳”领域，进一步推动技术创新及产业化，构建并完善碳市场相关机制体制，实现社会发展的绿色低碳转型。“双碳”目标将推动产业结构的绿色优化，加快高耗能产业的低碳改造，同时鼓励战略性新兴产业的发展，促进相关产业的绿色金融投资，加快形成节约资源和保护环境的产业结构。

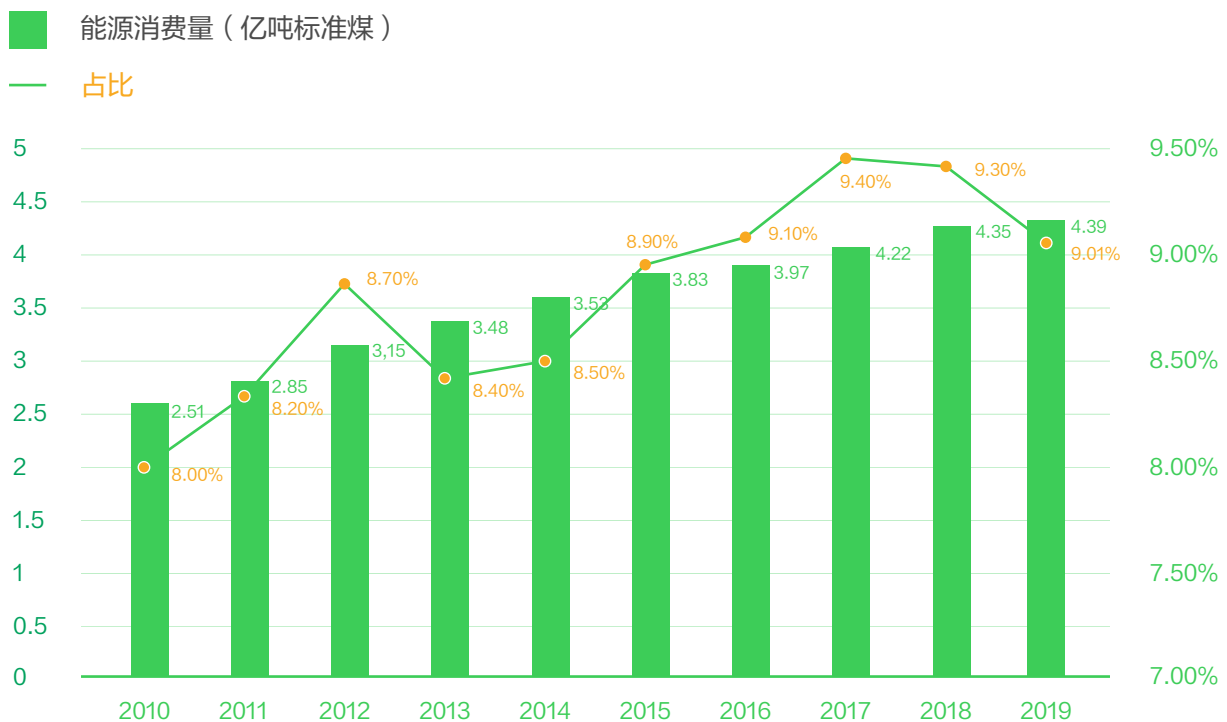
“双碳”目标下的物流园区

SHUANG TAN MU BIAO XIA DE WU LIU YUAN QU



1. “双碳”背景下的物流行业

物流行业是社会经济发展的重要组成部分，也是能源消耗和温室气体排放大户。国家统计局数据显示（图3），“十二五”“十三五”期间物流能耗持续上升，交通运输、仓储和邮政业能源消费量由2010年的约2.51亿吨标准煤增至2019年的约4.39亿吨标准煤，在我国能源消费总量中占比也由8.2%增至9%以上，预计“十四五”时期将继续呈快速上升态势。



(图3 2010-2019年交通运输、仓储和邮政业能源消费量及占比⁴)

“双碳”目标下，我国物流行业在当前经济发展阶段中规模将进一步扩大，同时物流行业不断提升的业务需求和居高不下的物流能耗成本，也为可持续发展带来巨大压力。在中国碳排放强度和碳排放总量“双控”背景下，绿色可持续的“净零排放”必将成为物流行业长期发展方向，碳中和将成为物流行业绿色发展的最终目标。

物流园区是物流业务集聚发展的核心单元，通过服务有机组合、资源优化配置和信息系统整合，达到降低物流运营成本、提高物流运作效率和水平的基本目的。物流园区从空间上积聚了产业链上下游企业，集成多种运输方式、包含多种物流设施和功能业态，因此物流园区将是物流行业碳中和进程的核心场景。

注[4] 国家统计局 | 《中国统计年鉴2021》

2.碳中和与物流园区

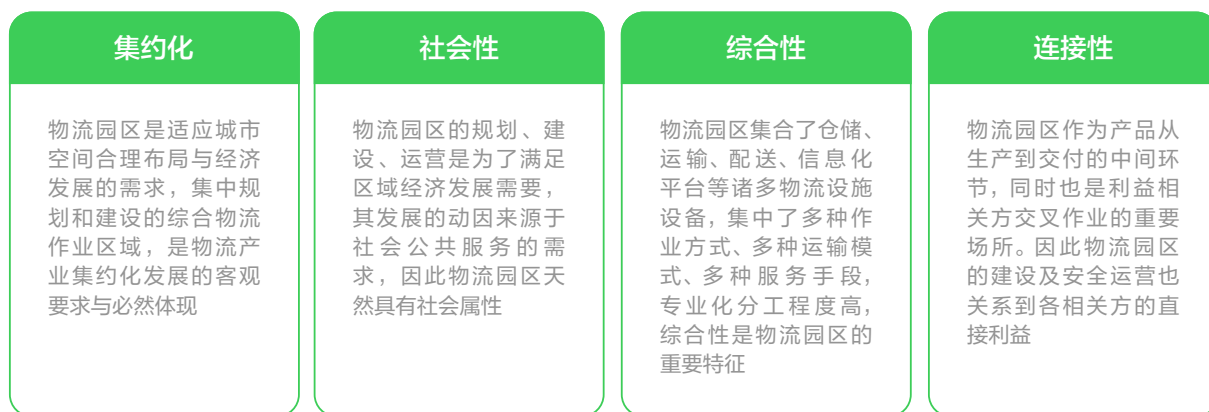
2.1 物流园区的发展概况

2021年,我国快递业务量已达1083亿件⁵,占全球一半以上,支撑此数字的不仅是国内庞大的消费量,更是先进基础设施与创新技术的投入和应用,由此也引领了现代物流业的蓬勃发展。物流园区作为现代物流的重要基础设施,发挥的作用尤其关键。我国现代意义上的物流园区最早于1998年出现在深圳,20多年来得到迅速发展⁶。

当前国家政策日益利好物流行业,越来越多的社会物流需求被逐步挖掘并释放。物流园区紧密结合产业上下游的资源,密切跟踪用户需求变化,极大地丰富了行业应用场景。同时,技术与服务质量的不断优化升级,推动着物流园区产业应用的爆发式增长。按照中国物流与采购联合会和中国物流学会编制的《第五次全国物流园区(基地)调查报告》统计,截至2018年底,规模化的物流园区数量超过1600家,年均增长率超10%,在营园区占比达到68%,公路为主的物流园区占比80.2%⁷。

国家在2019年和2020年连续两年发布全国物流枢纽城市,意在从国家战略高度引导全国核心区域物流枢纽建设和园区布局。2021年11月,国家发展改革委发布了“十四五”首批国家物流枢纽建设名单,从国家层面推动专业性、综合性物流园区的建设,为推进打造“通道+枢纽+网络”的现代物流运行体系,支撑构建新发展格局奠定了坚实基础。

物流园区经过不断的发展已成为集合多元功能、多种运输方式、多样化物流服务的重要基础设施,兼具集约化、社会性、综合性和连接性(如图4),同时也肩负着更重大的减碳、降碳责任。



(图4 物流园区的特点)

世界已进入到全球连接的时代,全球物流体系是中国连接各国、各地区的物流服务体系。未来,物流园区更应牢牢把握全球化和国际格局变化的趋势,以高质量共建“一带一路”为契机,打造全球绿色供应链示范样板。

注[5] 2021年邮政行业运行情况http://www.spb.gov.cn/xw/dttx_15079/202201/t20220114_4118026.html

注[6] 中国物流与采购联合会、中国物流学会《第三次全国物流园区(基地)调查报告》

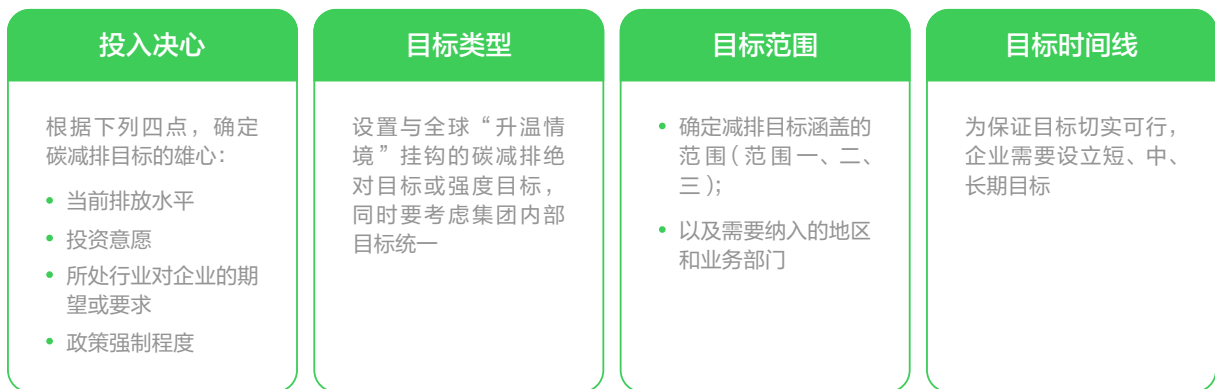
注[7] 中国物流与采购联合会、中国物流学会《第五次全国物流园区(基地)调查报告》

2.2 物流园区的碳目标

快速增长的物流行业规模与市场需求，不但增加了供应链的温室气体排放，还加剧了能源安全与空气污染等挑战。为化解这一挑战，国务院于2021年10月24日印发了《2030年前碳达峰行动方案》，提出了一系列减少温室气体排放的措施，涉及能源绿色低碳转型、节能降碳增效、运输工具装备低碳转型、运输结构调整、绿色供应链基础设施建设等多方面。

科学碳目标的设定是企业节能降碳的良好开端。科学碳目标不仅可以描绘出物流园区减少温室气体排放的路径，同时通过指标和数据的量化，增强自身的碳减排决心。根据 SBTi 的建议，园区设定科学碳目标可遵循绝对收缩法，使用绝对减排量设定绝对目标，物流园区按相同速度减少绝对排放量，不考虑初始排放绩效，可选择小于 2°C 或 1.5°C 温控目标，为达到小于 2°C 温控目标，每年线性减排速率不低于 2.5%；为达到 1.5°C 温控目标，每年线性减排速率不应低于 4.2%；或者参考行业减排法，使用排放量强度趋同设定物理强度目标，这一方法基于如下假设：到 2050 年，在同质部门中，所有生产者的排放强度将趋同至同一数值，不同公司根据其基准年排放强度和他们在行业活动中所占的比重来划分各自的责任⁸。

设置合理的减排目标对于物流园区推进碳中和进程至关重要。为确保将这一目标转化为企业切实可行的减排方案，企业需要从四个维度考量⁹，如图5所示：



(图5 碳目标设定的四个维度)

注[8] <SBTi Criteria and Recommendations> TWG-INF-002,Version 5.0

注[9] UNGC《企业碳中和路径》

显然，物流园区是绿色供应链体系内资源消耗量庞大的环节，物流园区实现碳中和是发展绿色供应链的关键要素，而作为物流业务集聚发展核心单元，物流园区碳目标将承担物流行业绿色转型和可持续发展的重任：

- 首先，物流行业的生产用能集中在园区内，物流车辆也在以园区为中心的物流网络开展运输作业，因此其温室气体的排放占比高，明确物流园区的碳减排路径并推广行之有效的碳减排措施是当务之急
- 其次，我国物流园区数量多，信息化和数字化水平相对较低，在科技创新和科学管理等方面仍然存在差距，因此碳减排空间巨大
- 第三，园区作为物流枢纽以及物流网络的核心节点，其低碳绿色建设和发展的系统作用和集成效应，对实现供应链整体碳达峰碳中和目标贡献巨大
- 最后，通过5G、物联网、大数据、人工智能、区块链等关键技术的融合应用，推动智能化、绿色化综合解决方案，可以在保障绿色能源和资源效率的基础上，进一步提升生产作业效率，实现产业结构升级和降本增效，推动物流高质量发展

为了实现中国“双碳”目标，促进低碳投资与技术创新，实现温室气体减排和空气污染治理的协同效益，物流园区建立明确的碳目标后，还需要制定与减排目标相符的减排方案。为了监测碳目标执行情况，建议进行必要的碳披露。在信息披露方面，可以遵照相关法律法规、上市公司 ESG（Environmental Social Governance，环境、社会和公司治理）、SBTi 及 CDP 的第三方机构的要求进行碳披露¹⁰。

注[10] 生态环境部 | 《企业环境信息依法披露管理办法》及《企业环境信息依法披露格式准则》

3.碳中和物流园区推动绿色供应链变革

相比传统供应链，绿色供应链需要考虑各个环节的环境问题，不仅需要更加关注环境的保护措施，同时还肩负着促进经济与环境的协调发展的重要义务和责任。绿色供应链以核心企业为中心，依托上下游之间的供应关系，通过绿色采购等措施，推动全链条实现环境绩效的提升，从而达到减碳、降碳直至碳中和的国家战略目标。

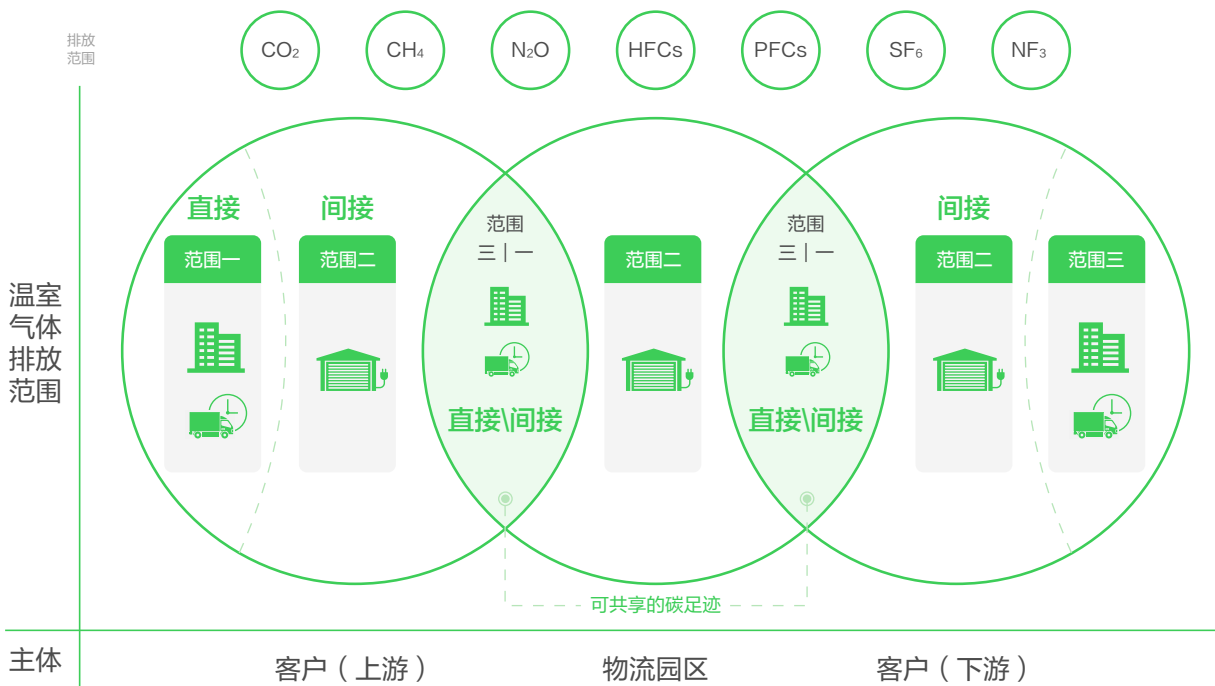
如图6所示，按照WRI (World Resources Institute, 世界资源研究所) 和WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, 世界可持续发展工商理事会) 主导的GHG-Protocol (温室气体核算体系)，其范围三就包含了企业价值链中产生的所有其他间接排放量，涉及到上下游企业，体现了绿色供应链的内涵与价值。

排放范围	定义	温室气体核算体系定义活动		可选披露范围
范围一	温室气体直接排放 • 企业燃烧燃料直接产生的温室气体排放	• 自有锅炉 • 自有熔炉	• 自有车辆 • 化工生产	
范围二	温室气体间接排放 • 由其他企业生产并由核算企业购入的电力、热力和制冷所产生的温室气体排放	• 外购电力 • 外购蒸汽	• 外购热力 • 外购冷却	范围 1&2
范围三	其他间接排放 • 除范围一、范围二，由企业运作造成的间接排放，包括上下游排放	• 外购商品和服务 • 资本货物 • 燃料和能源相关活动 • 上游运输和分销 • 运营中产生的废弃物 • 商务旅行 • 员工通勤 • 上游租赁资产	• 下游运输和分销 • 售出商品加工 • 售出商品使用 • 售出商品报废处理 • 下游租赁资产 • 特许经营 • 投资	范围 1&2&3

(图6 企业碳盘查范围^[1])

注[1] 企业碳中和路径图 <https://web-assets.bcg.com/d0/2c/a45823bb453d9a79f9fd8b7abafe/bcg-ungc-corporate-net-zero-pathway-july2021-chn.pdf>

物流园区从空间上积聚了产业链上下游企业，实现多种运输方式的有效衔接。微观上来看，物流园区涉及到生产、加工、销售、配送等供应链各个环节的业务功能；宏观上来看，物流园区还兼具了促进区域经济发展、完善城市功能、整合区域资源及提升产业竞争力等社会功能。同时对于不同碳排放盘查主体，范围一和范围三也会依据供应链的链接形成排放源互换关系（图7），碳中和园区还肩负着利益相关方的碳排放量的计算。从供应链碳中和目标考量，物流园区与上下游共同的碳足迹，既可以分享碳排放计算量，同时也可以分享此部分碳减排量，实现供应链上下游协作消除“碳孤岛”的目标。因此，物流园区的低碳化、绿色化，是带动上下游企业发展绿色供应链的重要抓手，也是推动区域绿色经济、生态产业发展的方向。因此，物流园区需要抓住绿色低碳发展的历史机遇，及早对接“双碳”目标，结合数字化技术建设智能化碳中和物流园区，将企业责任力转换为核心竞争力。



(图7 物流园区与利益相关方温室气体排放源关系¹²⁾

通过核心企业，引导上下游企业提升环境绩效，使节能减碳和生态环境保护的理念渗透到各个环节，推动企业节能减排技术升级改造，减少行业全链条污染物排放，促进生态环境质量改善。核心企业通过与其供应商开展产品的联合设计和研发，协助供应商及时制定解决方案，有效提高全链条企业的节能减排技术升级改造的能力。企业通过构建绿色供应链，可以有效减少资源消耗、提升资源的循环利用率和生产作业效率，实现节能减排、降本增效的可持续发展目标。

注[12] 根据《京都议定书多哈修正案》第二承诺期规定控制的温室气体为七种，分别是二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)、三氟化氮(NF₃)

物流园区碳中和解决方案

WU LIU YUAN QU TAN ZHONG HE JIE JUE FANG AN



1.开展物流园区碳盘查

开展园区碳基准线盘查,是实现碳中和转型的第一步,有助于物流园区确定基准年的排放量。建议园区按照循序渐进的方法,界定组织边界、明确温室气体种类、梳理相关活动并评估活动层面的排放量。由世界资源研究所(WRI)和世界可持续发展工商理事会(WBCSD)主导的温室气体核算体系(GHG Protocol)是公认的标杆,为测量和披露企业在全范围的温室气体排放奠定了基础(图8),并且包括ISO14000和PAS(Publicly Available Specification,公共可用规范)系列的碳盘查、碳核查标准皆有参考这一体系。

各种温室气体核算标准的基本方法论较为一致,目前主要有两种测量温室气体排放的方法:

● 系数法

通过计算活动数据和相应的排放因子来确定排放量,是广泛采用的标准评估方法,典型代表是目前较为常用的温室气体核算体系(GHG Protocol)和ISO14000(International Organization for Standardization,国际标准化组织)系列

● 测量法

利用CEMS(Continuous Emission Monitoring System,排放连续监测系统),对活动层面相关温室气体的浓度进行连续测量。这种方法更适用于按行业细分的报告标准,例如MRR(Monitoring and Reporting Regulation,欧盟监测及报告条例),以及中国的GB/T32150/31251(温室气体排放核算与报告要求)

1. 界定组织边界

温室气体核算体系推荐了三种设定组织边界的方法:“股权比例方法”根据企业的股权比例核算碳排放,反映企业的经济利益;“财务控制权方法”只涵盖企业有100%控制权的子公司碳排放;“运营控制法”剔除了企业享有权益但不持有运营控制权的子公司的碳排放

2. 明确覆盖温室气体的种类

建议参照GHG Protocol或者ISO14064系列温室气体规范执行。然而,上述范围并非强制性标准,中国“双碳”目标明确了二氧化碳排放量,因此物流园区除了二氧化碳排放为必须计算项,可以自主确定其他与自身经营活动相关的温室气体种类

3. 梳理相关活动

物流园区需要确定纳入碳盘查的活动种类。温室气体核算体系将排放分为三个范围,通常范围一和二的盘查是必选项(如CDP标准),考虑物流园区是供应链核心单元,建议碳盘查范围还应该包括范围三的温室气体排放

4. 评估排放量

物流园区在评估碳排放水平时可遵循三大步骤:
 第一步:收集相关的AD(Activity Data,活动数据);企业需要收集已确定的指定范围内各项活动排放源的数据
 第二步:选择EF(Emission Factor,碳排放因子),建议优先选取国家按跨行业划分的排放因子,涉及到缺省值可选择IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change,联合国政府间气候变化专门委员会)EFDB(Emission Factor Database,碳排放因子库)的相关排放因子,降低排放评估的复杂性
 第三步:将活动数据和排放因子相乘,将不同温室气体排放数据转化为统一的指标:CO₂e(Carbon Dioxide Equivalent,二氧化碳当量)

(图8 碳盘查基本流程)

范围一的排放包括自有设施设备、车辆产生的直接排放。此外，对于冷链物流作业的园区，范围一的排放还包括冷库、自有冷藏车辆所使用制冷剂逸散产生的温室气体排放。

范围二的排放包括用于支持园区内建筑物照明系统、暖通系统以及室内设备的运行所消耗的外购电力、燃气、蒸汽以及供暖等间接排放。

范围三的排放为因企业经营活动所产生的间接排放，包括购买的产品和服务、员工差旅、非自营运输等相关的上下游间接排放。以包装材料为例，每吨快递包装箱，可产生约 1.14 吨的碳排放量¹³。

温室气体测量需严格按照国际及国家的核算标准执行，根据 UNGC《企业碳中和路径》建议(图9)，大多数计算标准应用了系数法。



(图9 评估碳排放量计算方法及核算标准)

注[13] 快递包装箱用纸排放系数选取1.14TCO₂/T。
邮政行业标准 YZ/T0135-2014 快递服务温室气体排放测量方法[S]

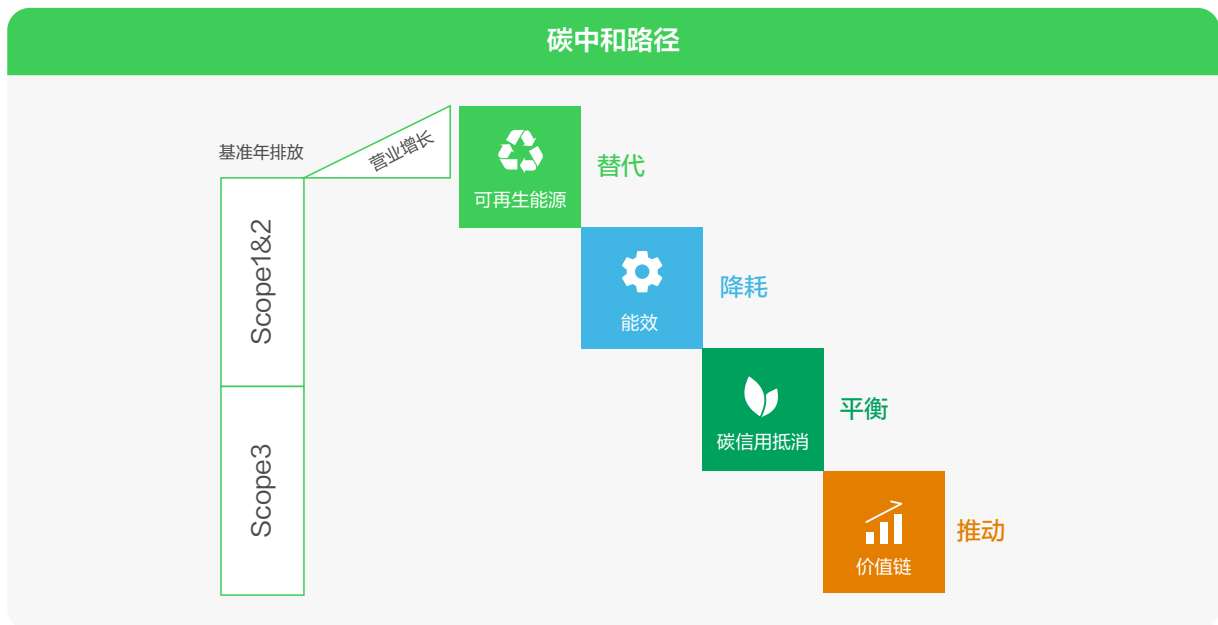
2. 确定物流园区碳中和长期规划

物流园区碳中和是指在园区范围内，直接或间接产生的温室气体排放总量，在一定时间内通过绿色能源、能效优化、负碳技术及基于自然的解决方案等方式，减少或抵消自身产生的温室气体排放量，实现物流园区的碳中和目标。

物流园区的碳中和路径应从顶层战略规划开始，外部政策、行业水平、企业自身的现状及整体发展规划都需要在制定碳中和战略时进行充分考量。例如，在外部政策方面，物流园区碳中和规划就应与国家整体碳达峰行动方案相协同。《2030年前碳达峰行动方案》中已经明确提到实施园区节能降碳工程，推动能源系统优化和梯级利用，打造一批达到国际先进水平的节能低碳园区。企业需要充分分析这些政策对自身碳中和工作可能产生的影响，识别政策鼓励节能降碳技术、可享受的优惠补贴以及未来可能面临的监管要求提升等要素，从而制定符合政策趋势的碳中和战略。而对于希望能够与国际要求接轨，在全球范围内做到领先水平的企业，还应充分分析SBTi以及CDP等国际倡议、指引的相关要求，对达成碳中和的目标年、年度减排量、清洁能源比例等目标进行规划。

因此，物流园区在进行碳中和顶层规划时，需要开展全方位的政策和市场分析、行业趋势研究、利益相关方调研、能源转型机会分析、管理体系梳理等具体工作，从而探索出适合自身顶层需求的、科学的碳中和整体战略规划。碳中和不是一蹴而就的热情，企业需要有长期的全局思维，从制定符合企业现状和长远定位的顶层战略规划着手，把碳中和作为一个能够稳步推进、量化目标、充满机遇的系统性工程。并依此规划可落地的碳中和实施路径，从而努力推动战略目标的实现。

如图10所示，物流园区碳中和实施的第一步是需要厘清碳排放源和排放总量，针对排放源有的放矢地制定可行的减碳措施。部分情况下，还需要进一步抵消无法避免的排放，最终实现碳中和。



(图10 物流园区碳中和路径)

实现物流园区的碳中和，一方面需要从不同排放源入手，控制碳排放。主要实施路径包括：通过优先利用清洁能源技术逐步实现绿色能源替代，实施数字化等创新技术实现能效提升与优化，最后通过资源的循环利用推动价值链上的碳减排。在技术实施之后，需要搭建园区环境管理与碳排放监测系统。实时监测园区内各排放源工作情况，以及碳目标达成情况。可参考并满足《能源管理体系要求及使用指南》(GB/T 23331)要求的能源管理体系和《环境管理体系要求及使用指南》(GB/T 24001)要求的环境管理体系，如果有需要还可以通过能源管理体系和环境管理体系第三方认证。

另一方面，物流园区需要加强节能减排工作人员培训力度，建议设置能源管理岗位和负责人，树立正确的节能降碳、生态文明观念。逐步搭建企业内部碳中和的相关培训体系，包括对物流园区碳目标的顶层设计的培训和宣导，同时还应关注低碳领域相关政策最新发展、技术迭代出新等方面，建议通过外部专家和内部专家相结合的方式展开培训，从行业实践、交易模拟、企业诊断及企业低碳实际经营效益等层面进行系统性的培训体系建设。

“双碳”目标的确定，也标志着我国已步入碳排放的履约期，中国供应链领域的许多企业已着手采取实际行动来减轻气候影响。在这些先驱力量的带领下，预计更多供应链领域的企业将寻着节能减碳的道路笃定前行，为我国碳减排事业贡献力量。因此我们参考UNGC(United Nations Global Compact, 联合国全球契约项目)企业碳中和长期规划建议，结合物流园区实际情况，形成了物流园区碳中和长期规划九项举措(图11)。旨在协助园区从目标规划、内部运营及价值链合作等维度制定出更加具体的碳中和转型方案。



(图11 物流园区碳中和长期规划的九项举措)

3. 针对排放源制定减碳措施

当企业完成了基准年的盘查, 以及中长期园区碳中和规划, 就需要针对不同的排放源制定减碳措施。我们同样建议企业量化减碳措施的效果和指标, 可以参照ISO50001能源管理体系, 该体系将会提供以下帮助: 将能源效率纳入管理办法的框架中; 更好地利用现有能源消耗资产; 制定标准、测量、记录和报告能源强度改进及其预计的对削减温室气体(GHG)排放量的影响; 能源资源的透明管理和交流; 能源管理的最佳实践和良好的能源管理行为; 评估并确定新能源效率技术的实施和其优先顺序; 通过供应链促进能源效率的框架; 和温室气体排放削减计划有关的能源管理改进。各排放源应采取的减碳技术及实施效果可参考图12。

在绿色能源替代方面, 物流园区的厂房通常具有屋顶面积大、屋面平整、遮挡物少等特点, 为分布式屋顶光伏的应用提供了较好的基础条件。此外, 也可通过采购外部绿色电力实现用电环节的碳减排。在此基础上, 在园区内部署微电网和储能设备进行能源调度, 可进一步实现自身绿色电力的最大化利用, 在减少碳排放的同时降低外购电力等能源成本。在降低由化石燃料燃烧所产生的碳排放方面, 使用电动、混合动力、氢能等新能源物流车辆替代传统汽、柴油物流车辆, 也是建设碳中和物流园区的关键举措。

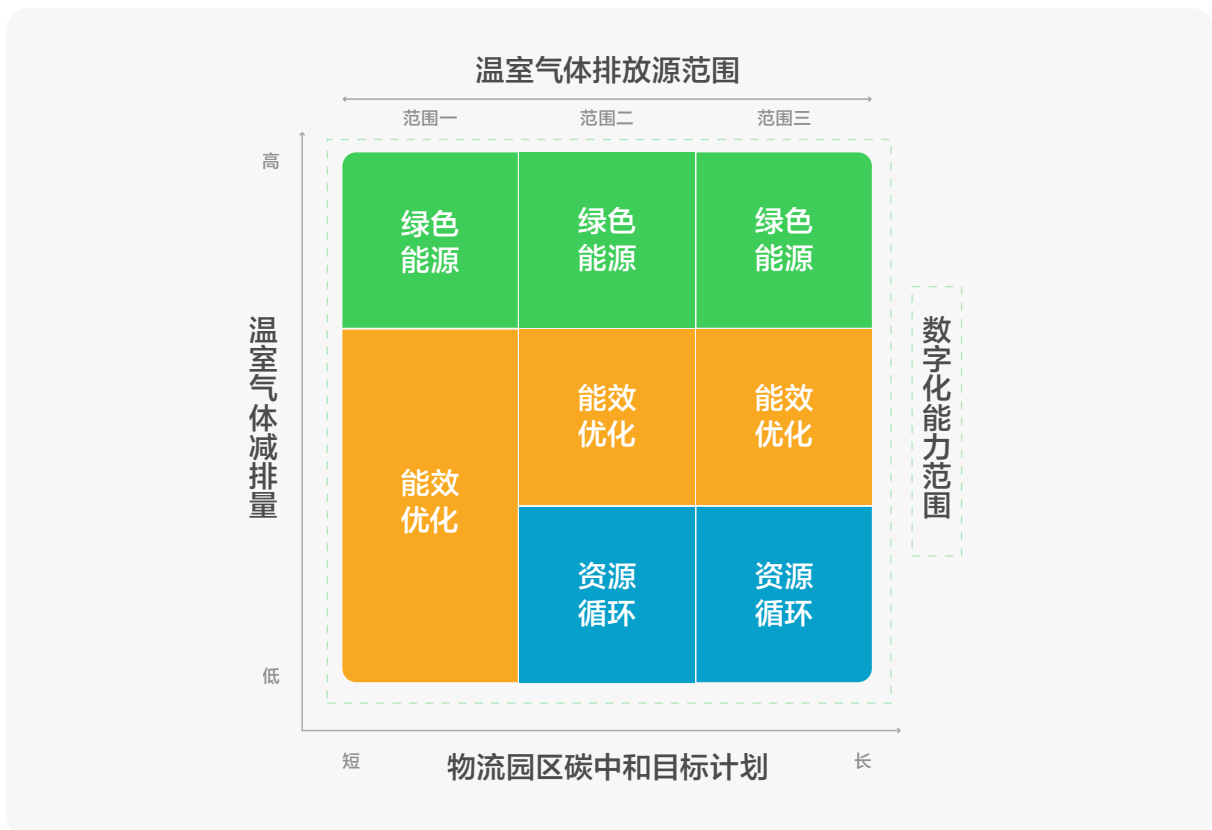


物流园区内我们同样主张绿色建筑提升方案，即在建筑的全生命周期内，大限度地节约资源(节地、节能、节水、节材)、保护环境、减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间。2022年4月1日起住房和城乡建设部发布的国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》正式实施。该标准涉及新建建筑、既有建筑、可再生能源系统、施工调试验收与运行管理等各方面内容，首次提出了可再生能源利用要求细化，基本涵盖所有的建筑新改扩建。此次颁布的节能新规集合了各类以及各地区建筑的新改扩建要求，新规的颁布将对原有20多部标准和规范产生影响。

在能效优化方面，由于物流园区通常集约多种作业方式，用能设备类型多、数量多，繁琐的作业流程中蕴含巨大的节能潜力。首先，在日常运营活动中从底层技术量化设备及设施的能耗情况。其次，采用具有节能性能的数字化、自动化控制及机械等产品，通过智能化调度手段，提升仓储、装卸、分拣、运输、配送等环节的运作效率，从而实现整体能耗的降低。

将实现碳中和的范围扩大至整个价值链的维度时，通过推广绿色包装技术和物流标准化器具循环使用，减少包装材料的消耗。此外还可以推广包装材料碳足迹标签，促进逐步实现无废包装，也是物流产业碳中和路径中至关重要的一环。

综合利用5G、物联网、大数据、人工智能、区块链等关键技术，通过能源结构升级、效能持续优化、设施集聚共享、资源循环利用等手段，围绕碳中和目标打造绿色化、数字化、精细化、全量化管理的物流园区碳中和解决方案。



(图12 减碳技术与排放源矩阵)

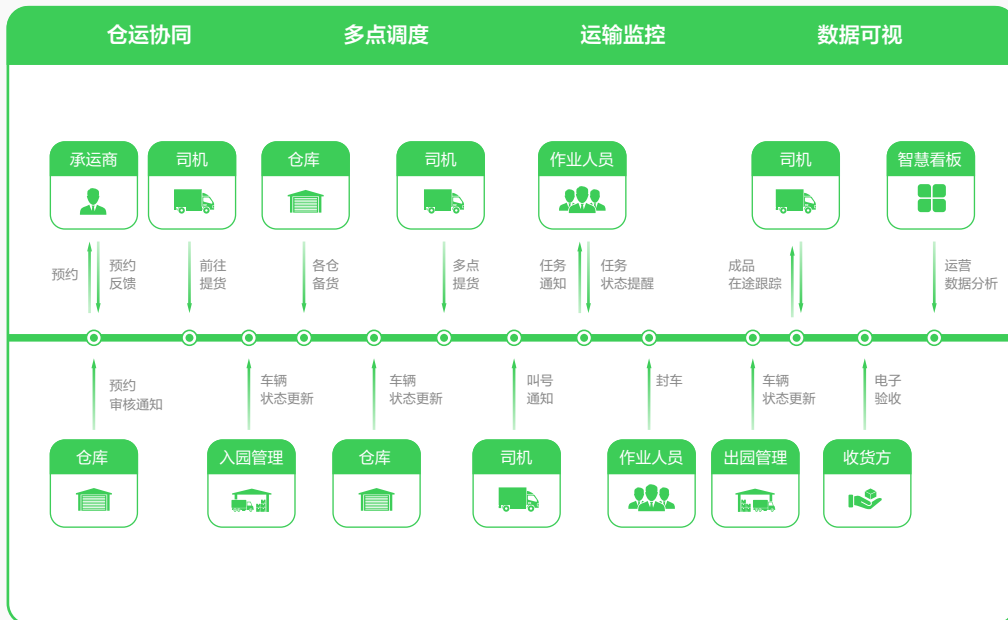
3.1 能效优化

数字场站

当前我国大多数物流园区都是集多个场地、多种业务模式为一体的综合型物流园区，园区内车辆日均吞吐近千辆，高峰时可达几千辆，物流车辆进出园区、排队叫号、月台作业等环节，仅靠人工调度已无法满足需求，低效作业也产生了大量非必要的碳排放。对于大型现代化物流园区，物流车辆不仅是一个简单的运输工具，更是作为货物运送全流程中的重要终端，需要对其进行实时监控、定位和自动化引导，以提高园区运营效率和数字化管理水平，实现园区降低碳排放的目标。

数字场站解决方案如图13所示，基于特定算法，对承运商的车辆，进行收发货的预约管理。承运商可以通过系统预约，现场车辆自动排队，然后到指定月台装卸货物。对于装卸货的月台工作人员，还能提供智能排班、库容预警等多项功能。数字场站解决方案可以有效提高运输效率，减少库外排队车辆积压及车队无序停留。此外，非常重要的一点，是可以计算装卸货物的工作时间和车辆到达时间。以此为依据，不需要在库前预留太大的缓存区，大大提高了仓库容量的有效使用率。

面向企业生产物流园区、商贸物流园区、物流地产园区等各类物流园区物理空间，数字场站解决方案可以有效降低货运车辆在园区内的装卸和停留时间，提升物流园区运转效率，提升单位时间内园区发货吨数，减少园区运营时间。以建筑面积十万平方米的物流园区为例，通过数字场站智能调度，可减少车辆等待时间和仓库运营时间10%–15%，每年大约可节约用电4800MWh，减少碳排放约2800吨¹⁴。



(图13 数字场站解决方案)

注[14] 本文电力产生的碳排放量选取平均电力排放因子，

参考《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施（2021年修订版）》，暂不考虑各区域电网排放因子差异

自动化仓储

自动化仓储系统是由高层立体货架、输送系统、搬运系统、拣选系统、自动化仓储管理软件等集合而成的自动化系统，如图14所示。自动化仓储系统受当前电商物流形态影响，为适应多品种少量化、小批量频繁出货的需求，正在向高速化发展。高速化增加必然带来驱动装置耗电量增大的问题，如堆垛机、输送线、交叉带等设备都要保持长时间高负荷的运转。根据目前实际运行数据显示，一个约7万平方米的分拨中心，设备运行时间约22小时/天，单月的耗电量约2000MWh，合计电费约130万元，产生碳排放约1160吨。自动化设备又是自动化仓储的主要耗电来源，因此研究设备的降碳方案也尤为重要，主要通过设备层节能与系统层提效来实现碳排放的减少。



(图14 全线仓储工业机器人)

● 设备层

在机器人终端侧，通过磁阻电机、智能变频器以及自研机器人控制器软件，自适应支持设备跟随业务量的减少进行减速、休眠，从而降低机器人本体功耗。

选用 高效器件

在器件方面，可以使用 IE4¹⁵（International Efficiency，国际能效）永磁电机。由于永磁结构无需消耗电能建立磁场，所以电机的效率会更高。此外，也可以选择更高能效比的 IE3 异步电机。例如：18.5KWIE1 普通电机能效在 89.3%，IE4 电机能效在 94.2%，假设电机一年工作 2400 小时，普通电机一年的耗电量为约为 49720KWh，IE4 电机耗电量为约为 47134KWh，IE4 电机相比普通电机共节省了近 2586KWh，从而减少对应的碳排放约 1.6 吨

优化 电机选型

在选择电机时需要注意，低惯量设计有利于降低加减速转矩损耗，额定功率容量满载率会影响能耗效率

优化 执行机构

尽量使用变频驱动，这能使电动机运行保持实际需要的转速，同时尽量使用电动来替换气压和液压，减少浪费。例如升降台既有液压也有电动、高速输送线既有气动也有电动等，电动机机构仅在需要时动作，而气动或液压回路则要保持足够的压力，且回路损耗较高

减少 传输损耗

驱动一体化，可以减少驱动器与电机间的电能传输损耗，比如输送线上使用分布式驱动。类似于行星减速机这样的传动机构效率一般优于同步带或齿轮箱。采用电机直接驱动，可以省却中间的传动环节，效率更佳

利用 制动能量

将处于发电状态电机的制动能量分享给其它处于正常电动工作状态电机的技术，即直流母线共联

调节 柜内温度

首先要准确估算柜内（配电柜、机柜等）热容量水平，选择合适功率的温度调节器件（风扇、加热器、空调等）。然后结合柜内元器件适宜工作温度及实际环境温度水平，通过温控器件控制温度调节器件启停，减少浪费。需要着重考虑的是，如元器件具有更优异的宽温度耐受性，可以适当减少对温度控制的需求

经济 运行模式

与能源管理系统（见本章第2.1节）相结合，利用相应的电能测量器件，对能源数据进行记录和分析，结合产能及品质需求找出最优生产运行模式，推行“绿色经济生产”

注[15] 国际电工委员会IEC在其标准IEC/EN 60034-30-1: 2014统一将全球的电机能效标准定义为IE1、IE2、IE3、IE4四个等级，IE1为标准效率、IE2为高效率、IE3为超高效率、IE4位超优质效率

● 系统层

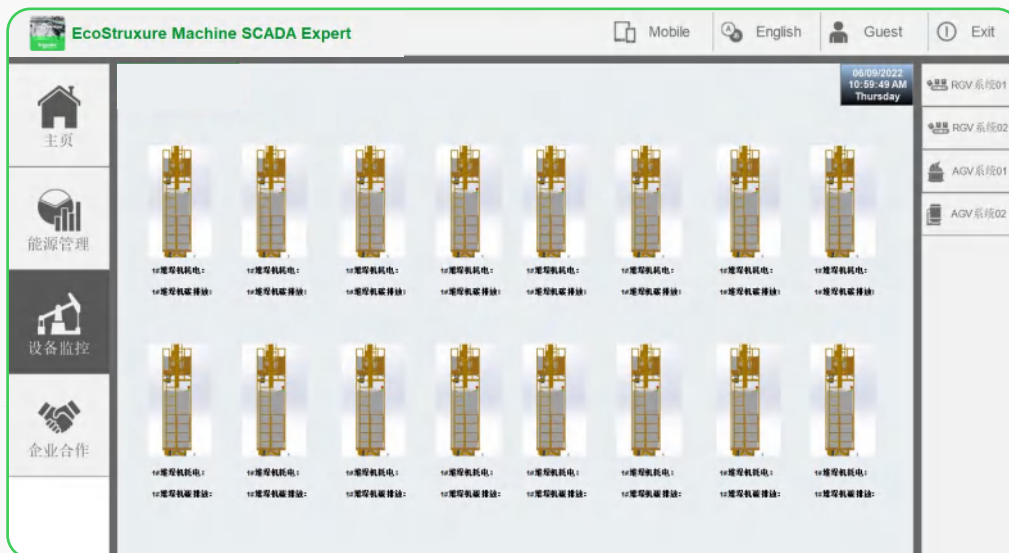
系统层进一步区分作业调度优化和运维可视优化等两大方向。

作业
调度优化

自动化仓储作业调度优化具备了仿真规划、控制优化和调度优化三大核心能力：仿真规划支持通过合理的项目规划，最小化车辆和人员的运行里程、最小化设备运行时间以及通过最少的设备数量达成最大的吞吐量；控制优化支持进行合理的启停控制、搬运路径优化以及节拍控制，降低硬件控制切换过程中的能量消耗；调度算法优化，则能够支持对设备进行合理的分工调度、以及每个设备进行合理的路径规划，保障设备总行驶路径最短。立体仓库能够产生超过5倍的坪效提升，AGV (Automated Guided Vehicle, 自动导引车) /RGV (Rail Guided Vehicle, 有轨制导车辆) 等装备配套的货到人拣选工作站拣选效率提升超过2倍

监测
设备及能耗

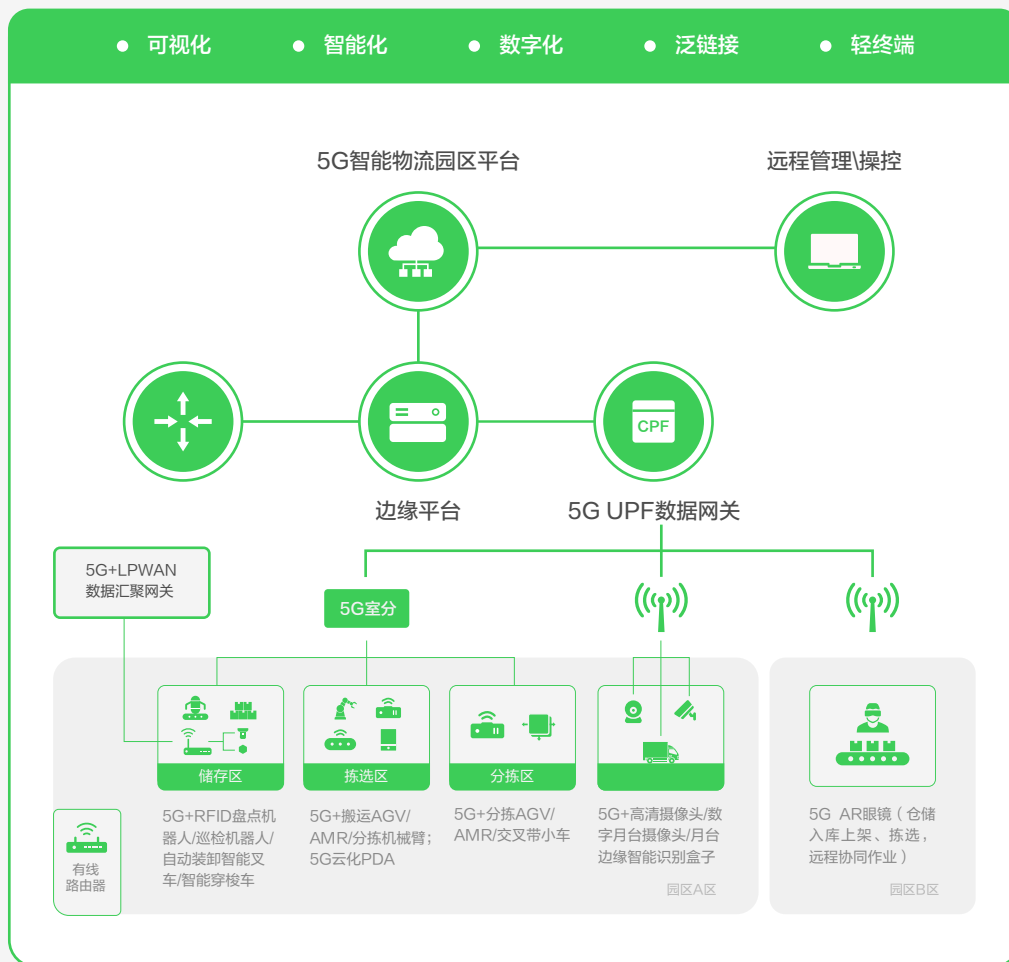
设备运维监控及能耗可视化(图15所示)，可以对现场自动化设备进行统一监控和预警，实时显示能源使用状态及碳排放指数。自动化设备出现故障后，显示出故障位置并及时通知。系统可以及时整合相关信息，统计设备数据和故障内容，为持续优化提供依据
通过该系统，能够将各个专业类型设备上的关键数据点进行统一采集、处理和分析，形成有效的营运管理决策依据，减少业务损失
通过终端层和系统层的能效优化，单个机器人终端能耗可下降50%，以5000个的仓储机器人为例，每年可节约碳排放量约2100吨



(图15 自动化物流设备可视化监控示意图)

5G端边云协同

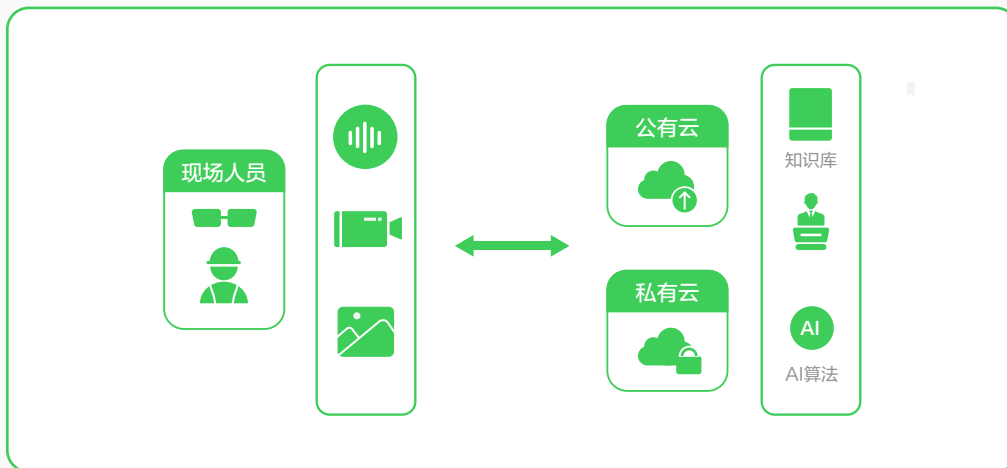
如图16所示，基于5G端边云协同技术，将物流园区和仓储的智能摄像机、物流机器人等智能装备的算力上移到边缘计算平台，支持最大限度利用已有的装备硬件组件模块、并通过端边云协同的新型智能物流信息系统，实现装备的智能化升级。通过端边云协同技术创新，智能装备应用成本预期将下降超30%，有助于将智能识别、智能机器人等智能化技术普及到更多的智能园区和仓储，帮助达成更高效和智能的供应链管理。与此同时，依托端边云协同趋势，将园区和仓储的本地系统进行集约化管理以及云上统一的调度管理，依托云端专业绿色的能耗管理，预期将实现IT设施能耗下降超过50%。以十个10万平方米的大型物流园区的机器视觉和智能机器人计算控制的计算需求为例，约需求10000 TOPS（Tera Operations Per Second，每秒万亿次运算，处理器运算能力单位）的算力，每年可节约碳排放约12.7吨。



(图16 端边云协同5G全连接智能物流园区)

5G AR运维

5G AR (Augmented Reality, 增强现实) 技术可以用于智能仓储机器人装备的远程运维SOP (Standard Operating Procedure, 标准作业程序) 培训和复杂运维事件远程维修指导, 如图 14所示。通过现场人员佩戴AR眼镜, 经由高质量5G网络, 将现场设备情况以第一视角画面传送到后台专家; 专家即时看到现场画面, 实时标注, 快速协助解决现场问题。5G AR远程协助方案, 提供即时的机器人异常处理服务, 并最大化专家资源共享。同时, 通过运维后台对整个维修过程进行全程存档, 便利实现机器人装备全生命周期维护记录的追溯。5G AR远程协助的应用, 将为构建绿色、高效的现代化智能供应链服务设施奠定基础。以十个大型物流园区为例, 通过5G AR远程专家维修指导可以节约智能仓储装备运维差旅支出约80%, 响应时间平均减少12小时, 每年可节约范围三所产的差旅碳排放约6.7吨^{16, 17}。



(图17 5G AR远程专家维修指导)

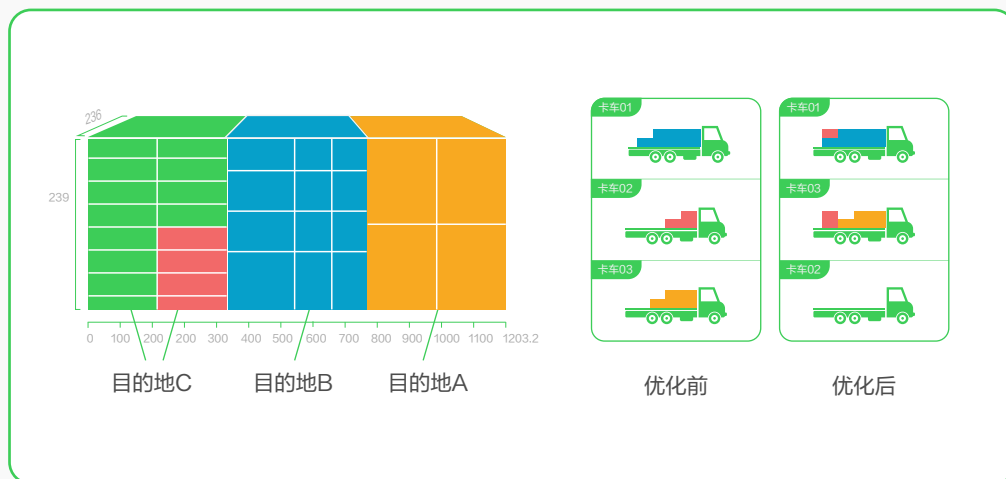
注[16] 飞机系数选取0.088千克二氧化碳当量/人·千米, 火车系数选取0.018千克二氧化碳当量/人·千米。Cai B F, Liang S, Zhou J, et al. China High Resolution Emission Database (CHRED) with Point Emission Sources, Gridded Emission Data, and Supplementary Socioeconomic Data [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2018,129:232-239

注[17] 道路交通(客运)系数选取0.028千克二氧化碳当量/人·千米。吕晨,张哲,陈徐梅,等.中国分省道路交通二氧化碳排放因子[J].中国环境科学,2021,41(07):3122-3130

智能运输

智能运输系统负责车货匹配、货运装箱及路线优化，提供基于人工智能的运输优化能力。现有的物流车辆车货匹配调度主要由人员手工操作完成，非常依赖于调度员经验，一般耗时长而且调度效率不高，业务迫切需要一个能自动、高效率进行车辆调度的算法和系统，以适应快速增长的物流业务需要。与此同时，传统人工计算装箱方案的管理成本、人工成本和物流成本都偏高。

智能运输系统，可以针对从不同仓库发运，或发往不同目的地，指定货物的装载车辆、装载顺序。根据订单目的地与可行的车行路线进行匹配，将可进行拼车的订单进行统一规划，实现智能装箱，降低总运输成本，如图18所示。在达成车货匹配的同时，智能运输系统提供货车路线优化，根据多个预设条件的分析，特别是配送目的地时间窗口、车辆限行、配送优先级等，来做货车的路径规划。这样可以到达运输成本最优、运输时间最短、运输里程最短等优化目标。



(图18 智能运输装箱示意图)

智能运输系统，可以使货车的行驶里程数降低，出车的次数减少，从而不止是提升经济效益，更能降低运输车辆所造成的碳排放。

以冷链业务为例，基于智能运输系统为城配车辆提供智能调度和路径优化方案。考虑冷链业务特殊性，不仅仅需要考虑运行油耗带来的运输成本，而且还要考虑每辆车高企的制冷成本，包括预冷需要，所以节省用车的数目在降低成本中处于核心地位，或者说平均装载率是调度结果好坏的直接效益体现。城配车辆调度把用车数目作为优化目标，综合考虑货车容量，配送时间窗口的约束，以及冷链场景特有的温层等约束条件，以优化车辆数量和装载率为目标，达成30%车辆节约、并显著降低运输车辆能耗。考虑1辆中等排量柴油车全年行驶2万公里，二氧化碳排放量约5吨，1个100辆城配车辆的城市每日节约30辆车，综合单个城市每年减少碳排放量150吨，若推广到全国，粗略估计每年能够减少15000吨二氧化碳排放量¹⁸。

注[18] 中型货车载重量按照6T计算。中型货车平均排放系数0.042千克二氧化碳当量/吨·千米。吕晨,张哲,陈徐梅,等. 中国分省道路交通二氧化碳排放因子[J].中国环境科学,2021,41(07):3122-3130

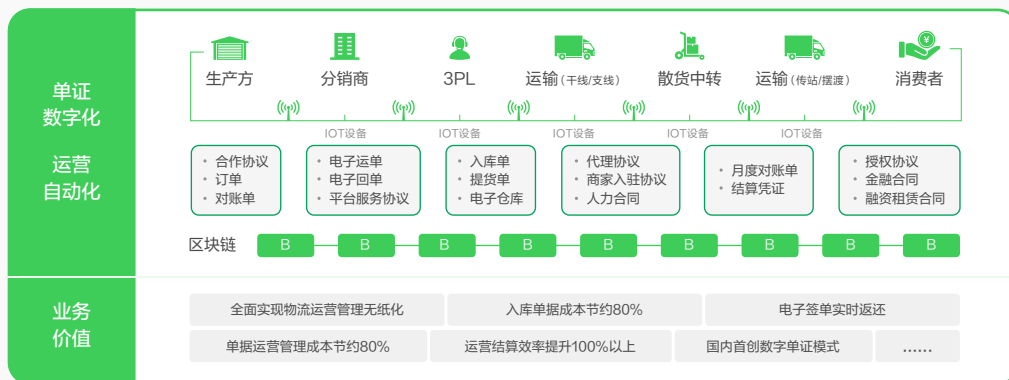
基于区块链的无纸化交接

物流单证是物流过程中使用的所有单据、票据、凭证的总称，而签收返单业务是物流公司按照寄件方的要求，将收件方签收确认后的单证（送货单或者签收回单），在规定时间内返还给寄件方的服务，同时该单据作为物流相关方对货权转移，物流货物交接、结算、审计的凭证。

现有签收返单模式是发货方对物流公司提出签收返单及电子拍照回传需求，物流公司打印签收单，客户签收后，还需要物流公司将纸质签收单邮寄给发货方，或者将纸质单据拍照上传到系统中，现有模式存在以下问题：

纸质单据运营成本高，一方面，容易丢失和被冒签，另一方面，纸张制造会消耗大量树木，过程中也会有能耗和碳排放；另外，纸质单据在线下传递，容易造成信息流和单据流不一致，导致对账差异大，双方人员需花费大量的精力进行对账、调账，从而拉长整个结算账期，影响承运商的现金周转以及回款。纸质单据在实际运营中无法及时处理运营中的异常问题，无法实时、完整地将异常问题反映到信息系统中，导致运营数据不准确，从而降低后续结算、审计环节的准确性和运营效率。

基于区块链的物流单证服务平台，如图 19 所示，通过采用电子签名、CA 认证技术解决纸质单据存在的易丢失、冒签、代签等安全问题，采用区块链的链式结构和共识机制，确保已签名上链的单据真实有效、防篡改，升级区块链智能合约技术实现履约考核、结算对账等运营场景合约化，消除货主与物流企业之间的商业摩擦；结合区块链分布式账本技术将已签署的单据实时同步到其业务相关方（发货方、收货方、承运商、监管机构、金融 / 保险机构），并确保数据的真实性、完整性、可靠性，有效降低签收返单的耗材成本、邮寄成本和运营成本，提升签收返单效率的同时更加环保。



(图19 基于区块链的无纸化交接)

一张纸质单据的纸质耗材成本在 0.4 元 / 份，纸质单据返单邮寄成本在 1~20 元不等，同时还要配合内审、外审所产生额外的运营成本。基于区块链的无纸化交接模式可有效降低纸质单据运营管理成本 50% 以上，并实现签收实时返单模式，消除邮寄成本，提升返单效率。同时，每减少 1 万张单据等于少砍伐 3 棵树，少排放约 74.8kg 二氧化碳¹⁹。国家邮政局数据显示，2021 年全年快递业务量完成 1083 亿件，每年千亿的订单量可产生万亿张纸质单据，通过基于区块链的无纸化交接模式，每年可减少二氧化碳排放量约 748 万吨。

注[19] 运单纸张生产的碳排放系数约1.87TCO₂/每吨纸,邮政行业标准 YZ/T0135-2014 快递服务温室气体排放测量方法[S]

室内物流调度系统

对于现代生产物流和仓储物流的室内作业现场，一方面会有AGV、叉车等不同的搬运设备在场内混合运行，另一方面有AGV、叉车等与工作人员时有共用作业区域。在此情景中，需要考虑两个问题：第一个是如何规避人与运输设备的碰撞，达到安全的目标；另一个是如何制定最优的设备行进路线，减少不必要的行驶搬运。在此基础上，负责室内物流统一协调作业的室内物流调度系统便诞生了。

室内物流调度系统拥有深度强化学习能力，搭配上支持算法，优化车间/仓库的全局物流效率，提高产能，减少人工成本。更重要的是，能够考虑到车间/仓库的行驶规则（单行道、禁行区）及安全准则（前后距离）等，自动规避路径冲突，减少交通堵塞，使室内作业更安全。

对于场内物流搬运设备的有效调度，可以提升作业安全性，提升作业效率，减少搬运设备和载具的数量，助力场内运营的绿色低碳。

工时分析和库区排班

工时分析是种基于动作分析的工时效率计算。对作业人员的作业进行分析，消除非增值工序，减少必要非增值工序，保证必要增值工序。时间是无形资源，工时是重要的能力指标，可用于支撑产线与库区排产优化，能力管理等等，是设计管理的基石。

如果没有工时分析，库区排班也会遭遇各类问题：分配耗时，效率低；分配不优，劳动力和设备效率不高；分配频率低，临时事件发生，调整滞后；没法获得全局视角的分配结果。排产和排班问题是运筹学优化问题，通过优化算法，可以获取近优解，甚至是最优解。而工时分析算力要求较高，从人工排班改为自动排班势在必行。自动排班可以使领班通过更少的时间，获取更优的排班结果。由于排班时间减少，当有临时事件时，可以多次排班，贴近实际。

显然，工时分析和库区排班能合理有效的释放人力，节省更多的时间和经济资源，也是一种加强低碳运维的有效方法。

智慧节能

物流园区普遍具有面积广、人员多、作业时间长的特点，随着我国物流信息化水平的不断提高，绝大部分的物流设备都已经电子化、智能化、自动化。因此，物流园区对电、水等资源的消耗都是非常可观的，以建筑面积十万平米的物流园区为例，年用电量约2000万度、年用水量约10万吨。面对如此大规模的用电和用水规模，采取智能化能源管理手段，就显得至关重要。

对物流园区的能耗数据实现全面计量，集中化可视监测，可以支持数据分析，多形式呈现水电气等不同介质能耗数据。在此基础上，实现对未来用能趋势的预测，将实际能耗与能源管理目标进行实时比较和跟踪。

结合人工智能和大数据技术，利用人工智能和知识图谱的图数据库对数据进行存储和分析，诊断能源效率，覆盖空调、供热、水系统、动力、空气压缩、生产等多种能源设备，归类显示诊断问题，可发现能源管理中的盲点，最终给出节能方案建议和完整的节能方案。这其中，可以通过大数据及机器学习算法预测负荷并优化设备运行组合，实现能耗及碳排放的降低。

例如：楼宇中冷水机组的能耗占空调系统能耗的50%左右，冷水机组的运行节能是空调系统节能中最重要的部分。以水冷定变频离心冷水机组为例，其最高效的运行区间在负荷率100%~50%之间，当负荷率低于50%时，COP (Coefficient Of Performance, 制冷系数)²⁰值下降较快。当楼宇中有多台冷机，且制冷需求不高时，传统的运行策略导致所有机组运行在低效区间，没有完全发挥冷水机组高效区的性能优势，造成了极大的能源浪费。通过对制冷符合的管理和预测，将部分冷机关停，其余冷机在高效率区间运行可以有效实现节能降耗。通过增加制冷机房能效优化，可减少制冷机房能耗约15%。

注[20] COP，也称制冷性能系数，是指单位功耗所能获得的冷量，是制冷系统(制冷机)的一项重要技术经济指标。制冷性能系数大，表示制冷系统(制冷机)能源利用效率高

3.2 绿色能源

电力清洁化是全球脱碳的重要途径，承载了全球碳中和的关键使命，能源消费电气化与能源生产清洁化是其中的重要方向。因而，未来物流园区的碳中和能源转型路径也与之息息相关，围绕物流园区的能源转型之路，需要提供互联互通的绿色能源基础设施与数字化的绿色能源管理体系。



绿色可持续应用技术

◎ 基础设施01：分布式新能源

电力作为物流园区的最主要碳排放来源，电力清洁化是物流园区实现碳中和的关键。实现电力清洁化的主要途径包括外购绿电、投资集中式新能源电站、购买绿证、建设分布式新能源等。随着全社会对“双碳”目标的认知趋于一致，部分省市的绿色电力中长协²¹价格已经高于普通煤电3~5分/kWh，绿色电力的“溢价”逐步显现。相比之下，建设分布式新能源+储能的形式，可以有效提升清洁能源供给比例，与绿电购买、绿证抵消等方式结合，在实现100%清洁电力的同时，降低用电成本，具有较好的投资回报。

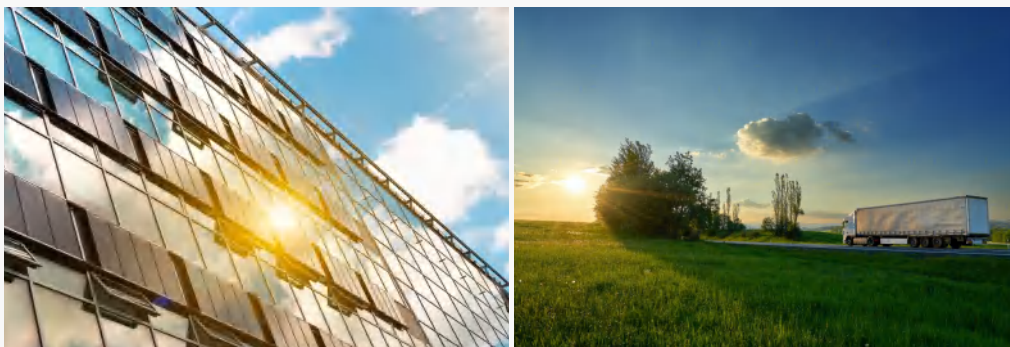
物流园区作为以建筑为主的园区，普遍拥有较大的建筑面积，具有实施分布式光伏的土地基础。BIPV（Building Integrated PV，光伏建筑一体化）将太阳能发电系统与屋顶、天窗、幕墙等建筑融为一体，在建筑结构外表面铺设光伏组件提供电力的绿色建筑，光伏发电不但有很强的隔热性，而且还能大大降低运营成本。

◎ 基础设施02：新能源物流车辆

交通运输排放约占我国碳排放总量的10%，公路运输在交通全行业碳排放中的占比达到80%以上，而公路货运又是公路运输碳排放的重点领域，碳排放占比超过60%²²，因此物流运输减排将有效支撑我国“双碳”目标实现。

从运输结构进行调整优化，提高物流运输清洁化水平，是物流园区及企业在现阶段可以快速实现减排的主要措施之一。当前，物流站点到用户的配送小车已经逐步实现纯电动化，城市级配送厢式货车也在逐步推广电动化，同时，氢燃料电池运输车辆也在试点阶段。电动物流车、氢燃料电池物流车可以有效降低物流园区的碳排放水平，实现低碳运营，配合智能化技术创新将一同推动配送领域绿色低碳发展。

与此同时，大量的电动物流运输车辆可以与V2G（Vehicle-to-Grid，车辆到电网）技术结合，将在物流园区充电的物流车辆当做分布式储能单元，通过调节充电功率实现对用电负荷的调节，并通过返送电实现对可再生能源出力波动的补充，实现对园区微电网系统稳定性的支撑。



注[21] 是指售电公司与发电厂通过双边协商所签订的购电合同

注[22] 交通运输部规划研究院 | 《我国碳达峰碳中和背景下互联网道路货运平台发展战略与路径》

数字化绿色能源管理体系

◎ 园区电力系统架构设计

物流园区的种类、规模不同，使得用电负荷总量、负荷规律均不相同，园区所在区域不同，对应的光照资源条件、电价政策也不同，这都会影响物流园区能源架构的设计方案。因而，针对不同的园区情况，需要进行定制化的快速设计，确定适合的清洁能源方案、储能装机量、充电桩数量等，从而实现投资收益的最优化，做到算得清、算得准、算得优。

未来的物流园区相比于传统园区，电力系统架构将存在较大差异。原有物流园区是单纯的电力负荷，所有电力均由电网提供。未来，随着清洁能源、储能系统的应用，物流园区内部的电能潮流方向将由单向变为双向，系统复杂程度大幅提升，原有电路与电力电子元件的载流能力受到考验。因而，对物流园区的电力系统架构进行仿真设计，是保障未来园区电能体系正常应用的关键。

◎ 微电网能源管理

随着物流园区的发展，自动化、电气化水平逐步提升，越来越多的运输车辆、物流小车、叉车等逐步电动化，使得园区的用电负荷随机性更强。另一方面，新能源的出力²³也具有随机性，这使得合理调配物流园区微电网的电能供应，保障电能的供需平衡变得尤为重要。典型的微电网系统架构如图20所示：



(图20 典型的微电网系统三层架构)

注[23] 即输出功率

通过微电网能源管理，可以帮助物流园区实现自身绿色电力最大化利用。实现微电网能源管理的前提，是能够进行较为准确的出力与负荷预测。基于出力与负荷预测而进行多种形式的能量调度，实现网电与分布式电源的出力分配，在微网内部将可再生能源渗透率提到最大。使自发自用的清洁能源取代主电网或本地化石燃料发电机产生的全部或部分能源，利用储能实现可再生能源存储，在清洁能源出力不足时消耗储存的电力，实现能量的时间转移，进而最大化利用绿色电力。

能量管理还可以实现不同用电环节间的负荷分配，以出力和负荷的平衡策略来确保电压和频率稳定。当出力不能平衡负荷的时候切除非优先级负荷，实现甩负荷。在企业自身用电与储能需求全部满足的条件下，按照并网协议以及电力调度机构指令来管理电量的并网送出，实现倒送电管理。

基于此，微电网能量管理可以实现物流园区的运营成本降低。最典型的例子便是通过利用峰谷电价差实现用电成本下降。对分布式新能源和储能进行优化整合，根据分时电价，实现分布式电源、用电设备、储能经济调度，以获得更低的平均电价，优化电量电费，改善能源结构并降低用电成本。此外，还可以通过分布式新能源、储能系统、负荷管理，实现微网辅助主网运行，亦可通过虚拟电厂技术参与需求响应，通过获得额外辅助服务收益。

◎ 电能质量优化管理

电能质量优化系统是利用电力监控系统，对各设备的电力消耗进行监控、收集、分析，针对不同电力系统关键设备的主动预防监测和设备老化分析，为采取相应解决方案提供监测依据，并通过高级算法分析和专家服务，优化系统性能和保障系统安全。

针对冷链物流等供电敏感型物流园区的电能质量及系统可靠性问题，基于高端表计和专业软件可以精确捕捉和分析电能质量问题，利用专家知识为用户提供优化的举措，协助物流企业消除隐患。电气专家还可以基于软件仿真计算为客户提供弧闪分析、选择性校验、潮流分析等影响人身安全和生产安全的服务内容，基于符合预测优化能源接入和使用，避免不必要的碳排放。

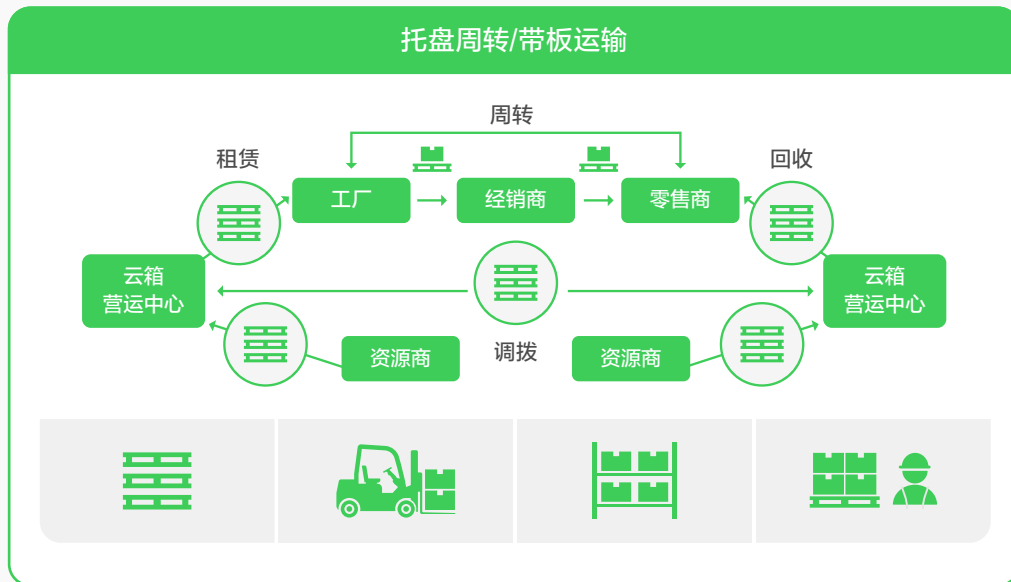
◎ 电气资产健康管理

分布式绿色能源和储能的应用带来了园区电气资产的增多，因此面临的安全风险也随之增加。通过数字化主动运维代替传统运维方式，打造物流园区的数字底座，可以有效保障物流园区电气资产安全，防范化解安全风险。尤其是一些物流园区老旧现场存在的各类电气设施安全隐患，可以针对性地进行基础适配改造，快速完成老旧设备的物联网升级改造，实现先进的监测管理，规划满足环保低碳要求的电气设备；对于新增的储能设施，应参照国家发展改革委、国家能源局组织起草的《电化学储能电站安全管理暂行办法（征求意见稿）》。在建设初期加强风险评估和加强设计审查，在实施过程中严格设备把关、加强到货抽检和施工管理，以及严格管控竣工验收。同时还应加强电化学储能电站运行维护安全管理和提升电化学储能电站应急消防处置能力。借助电气资产健康全生命周期数字化服务平台资产顾问的预测性算法以及专家服务，为全国各地的物流园区资产健康保驾护航，提高设备利用率，延长其使用寿命，减少购置新设备产生的能源消耗和碳排放，促进企业低碳生产。

3.3 资源循环

共享托盘

共享托盘模式如图21所示，企业选择租赁托盘会大幅度降低全社会的托盘拥有总量，这意味着更多的森林得以保存，更多的石油资源得以节省。使用托盘租赁服务不仅展示了企业在效率与资源匹配方案上的择优，也同时体现了企业的社会责任感和环保意识。托盘租赁服务体现的社会价值高于其商业价值。以投放100万片标准托盘到社会中进行循环使用为例，每年可少砍伐7.5万棵树，在托盘制造上可减少1372.5吨二氧化碳排放²⁴。



(图21 托盘周转共享模式)

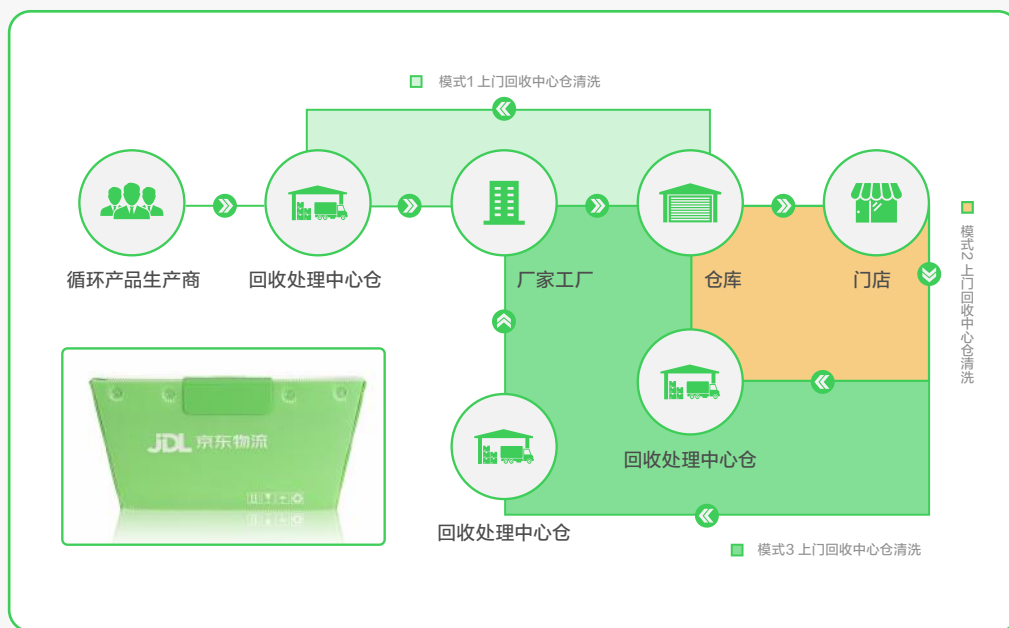
目前已有许多厂商自主创新出优质的、符合国家标准的智能化托盘。托盘可被赋予智能芯片，安装在托盘上，芯片可集成 RFID (Radio-frequency identification, 无线射频识别)、NFC (Near Field Communication, 近场通信) 等技术，可适用于多种复杂的物流作业场景，与智能设备及系统配合使用，实现数字化、标准化、智能化、可视化的全链路管理。国内已有超百家托盘生产制造企业、锯材原辅料商、配件商、载具生产设备制造商、IT 服务商等共同打造托盘生态联盟体系，为社会提供大规模、深度协作、强供应能力的智能托盘供应服务和技术服务。

注[24] 本文按照每棵树每年约可吸收18.3KG碳计算。科技部社会发展科技司《全民节能减排手册》

循环包装箱

生产型企业每年在产品运输包装上投入的成本是非常大的，可循环包装重复利用的特性，可为企业大幅降低包装成本，节省包装制造原材料。同时优良合适的循环包装设计还能保障产品的运输质量、提高运输收容率，从而提升整个供应链物流的效率。

标准化物流周转箱循环共用模式如图22所示，可以有效替代现有纸箱、塑料袋、泡沫箱等传统包装材料，大幅减少一次性包装物用量，实现物流包装可循环、减量化，有利于改善市场环境、推进生态文明建设。同时，物流周转箱作为标准化包装和装载单元，可以实现模块化作业、集装化运输、智能化分拣，是推进物流业实现绿色化、模块化、机械化作业的关键要素。加快推广物流周转箱循环共用对降低货物损耗、提高流通效率，具有重要意义。

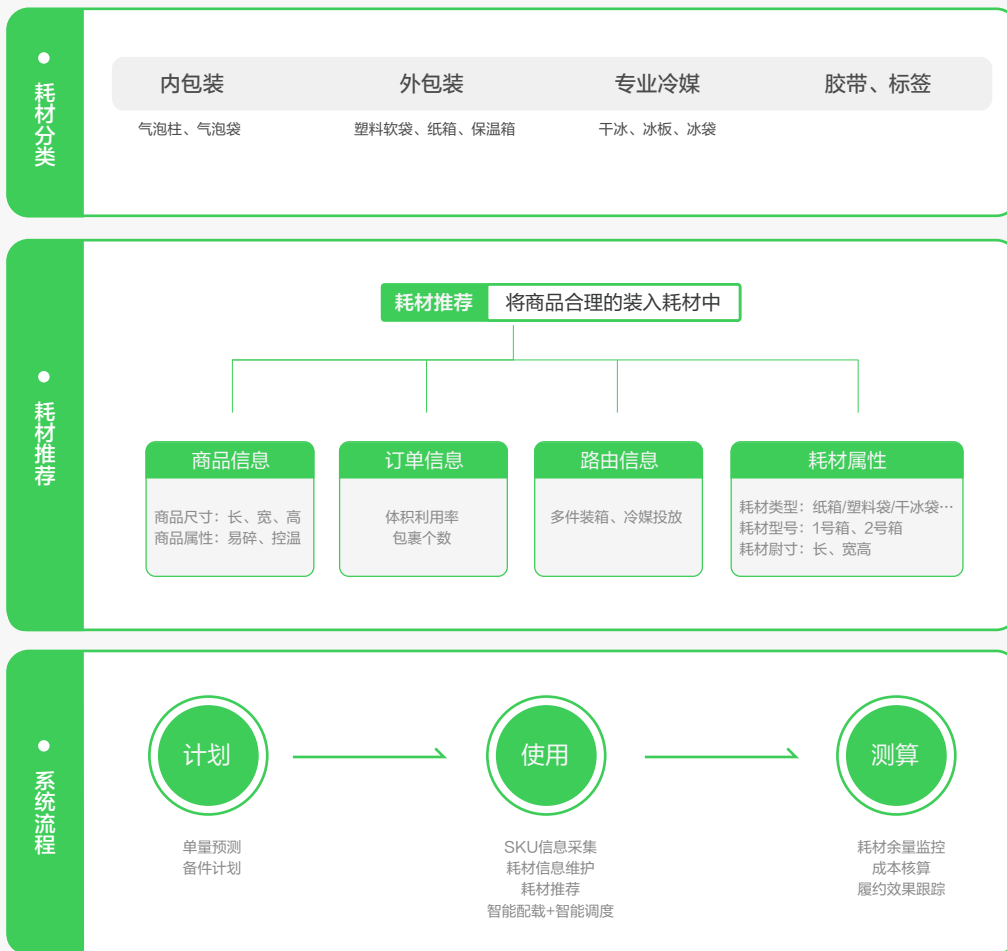


(图22 循环箱周转共享模式)

以可循环小型快递包装盒为例，运营过程中每使用20万次，则可节省约40吨包材纸张，每年可减少约45吨二氧化碳排放量。

耗材智能推荐

快递行业耗材纸箱的空间利用率在50%-60%之间，普遍存在大箱装小物、干冰冷媒过度投放问题。如图23所示，通过耗材智能推荐系统，在保证货物妥投的前提下，可以充分提升耗材利用率。以普通商品为例，每10万单大约能够减少5吨包装用纸，相当于少砍伐35棵树木，碳排放减少约0.064吨；减少1吨塑料软包装和填充物，可以减少碳排放约3.12吨²⁵；图20给出了冷媒耗材智能推荐的示意图，对于冷链商品，每10万单可节省10吨干冰的使用，按照业界制造1吨干冰需要耗电260KWh，合少排放1.5吨二氧化碳。



(图23 冷媒耗材智能推荐)

注[25] 本文采用平均塑料排放因子选自 UNFCCC Secretariat <Greenhouse Gas Emission Calculator> 2022 version 02.3

3.4 数字化监测

数字化监测是通过数字化管理技术量化监管和测量的行为。涵盖了三个方面的内容，首先数字化手段可以监测物流园区能源消耗情况，同时可以有效的执行能源绩效管理；其次，企业还可以通过数字化监测园区各功能分区的碳排放情况，根据预设的碳目标，做到预先管控实现年度碳减排目标；最后，数字化监测还能有效完成园区的安全生产监控。物流园区数字监测系统具有网络化、数字化、广域化以及智能化的特点，可以实现物流园区大范围内的监控。同时，数字化监测系统具备远程管控功能，除了控制照明，空调，设备的报警设防或撤防，前端故障远程复位，重点区域的环境温度测量，还可以进行分控优先权管理，确保系统安全运行。

在建立上述碳中和分析数据的基础之上，可以依托碳中和全景展示大屏，如图24所示，利用智能互动显示技术轻松了解和掌握整个物流园区的碳中和状况，实现物流园区能源、能效与碳排的一体化管控。



(图24 碳中和全景展示大屏示例)

区块链数据采集与共享

区块链赋能物联网数据端到云的安全采集与共享，为第三方监测机构提供真实可靠的碳排放数据，使得核查便捷化，企业履约透明化，甚至可以无缝对接后续的碳配额和碳交易系统。



(图25 基于区块链的数据采集与共享平台)

基于区块链的数据采集与共享平台如图21所示，结合物联网、边缘计算等技术，平台具备以下几个优势：

01



提高采集环节信息化水平

数据采集装备认证后上链，通过感知层智能化设备对数据实时采集，拥有查看权限的核查方可解密并查看原始数据，保护数据源

02



确保源头数据真实性

公私钥身份验证可杜绝信息输出方造假，数据加密后上链，确保数据采集的真实

03



环节透明、信息可溯

区块链链上数据具有可追溯性，可以保障遇到任何问题迅速追溯定位至源头，实时发现、快速修正

04



多方协同，便于规模化运作

区块链公开透明的特性、开放式的网络可以实现多方协同，例如，基于区块链账本数据运算某一园区或者某一片区的总体碳排放量

基于区块链构建数据共享系统可以实现对数字资产的确权，数据需求方交易数据是为了获取更多的信息，用来评估和掌握企业经营及碳治理情况，并通过区块链记录数据资产的拥有方和使用方，交易时通过区块链通知数据拥有者进行确权。确权完成后数据使用方与需求方通过点对点的方式完成数据的交易，交易数据需要使用非对称加密算法保证数据在流通过程的安全性和隐私性，数据需求方接收数据后自动从账户上完成扣款，并支付相应的报酬给数据的拥有者，这种方式可以保证各方在获得既得利益的同时促成交易。

数字化全景展示



(图26 碳中和数据中心示例)

如图26所示，园区碳中和数据中心以物联中台和物流平台为基础，实现园区能耗、园区运营数据等各类碳排放相关数据的数字化跟踪和核算。通过建立碳排放的评估与预警机制，对园区各类减排项目和碳资源进行建模，实现园区碳数据标准的统一。以数据平台和数据算法为基础，实现对园区碳达峰和碳中和的数据分析和预测，从管理、数据、规划全方面展现园区“双碳”的工作现状和未来发展趋势。数据中心围绕物流园区碳中和目标，设置以下数据指标：

园区碳排放数据

基于物流平台和物联中台，分别从软、硬件获取物业、物流等各项业务场景的碳排放数据，掌握园区碳排放实况

园区减排数据

基于各类数字化应用，从绿色能源发电量和用电量、资源循环利用、能效优化等角度，收集并分析园区减排情况，制定园区减排目标

园区碳抵消数据

通过分析园区、绿植吸收量等碳抵消数据，结合碳交易市场购买的配额数据，明晰园区碳中和目标

4. 物流园区降碳的其它技术及方法

UNFCCC将Carbon Source（碳源）定义为向大气中释放二氧化碳的过程、活动或机制；将Carbon Sink（碳汇）定义为从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。因此物流园区还可以通过开发碳汇达到降碳目的。根据<IPCC Sixth Assessment Report>²⁶报告提出CDR (Carbon Dioxide Removal, 碳移除) 措施的运用将很大程度减少二氧化碳的排放，从而推动实现本世纪末的温控目标。其中NETs (Negative Emissions Technologies, 负排放技术) 能够为应对气候变化提供创新方案并发挥着关键作用。Nets技术显著特点是降低了大气中的温室气体浓度，这与大多数传统用在抵消的碳排量形成对比，后者阻止了原本发生的排放，防止温室气体浓度进一步上升。最突出的负排放技术侧重于二氧化碳清除，包括AFOLU (Agriculture Forestry and Land Use, 农业、林业和土地利用)、BECCS (Bio Energy with Carbon Capture and Storage, 生物能源与碳捕获和储存)、DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage, 直接空气碳捕集与封存)、以及利用自然特性的增强风化作用 (利用工业基础设施将矿物粉碎从而在溶解时消耗二氧化碳) 等。

但是由于目前上述措施的技术成本、可实施性、对环境的正负方面影响尚在评估中，我们还是建议现阶段通过抵消剩余温室气体排放的方式，实现园区运营边界内的碳中和目标 (PAS2060)。碳抵消是对所界定标的物的温室气体排放的补偿。抵消是相对于基线计算的，该基线是一种产生抵消的减量项目不存在时排放的假设情况。碳信用是分配给碳抵消价值的通用术语，一个碳信用通常相当于一吨二氧化碳。物流园区综合考量不同的碳抵消成本，选择通过购买 VCS (Voluntary Carbon Standard, 自愿碳标准)、CER (Certified Emission Reduction, 核证自愿减排量) 抵消自身产生的二氧化碳排放量。

目前物流园区进行碳中和声明通常采用的是BSI (British Standards Institution, 英国标准协会) 协同英国能源及气候变化部等多家知名机构共同开发制定的PAS2060。基于目前全球企业减碳能力的提升，碳中和认证的需求逐步增加，国际标准化组织 (ISO) 成立了碳中和工作组，启动碳中和相关的ISO14068国际标准研制，该标准预计将于2023年完成制定并发布²⁷。

根据PAS2060的要求，申报园区应具备足够的资源来完成碳足迹管理计划，计划中的绩效评定频率宜与实现碳中和的时间表一致。申请主体应确定实现碳抵消所用的标准和方法论并形成文件。同时不鼓励完全抵消式的减碳举措，针对非抵消碳排放量进行抵消声明。针对目前抵换额度的来源，认可符合京都议定书体系的三种额度，以及非京都议定书体系的四种额度。宣告碳中和的申报园区可采用三种查证方式：独立第三者机构查证 (Independent Third Party Certification)、其他机构认证 (Other Party Validation) 或自我认证 (Self-validation)。每一种查证方式都应遵守相应的宣告规范。由于自我认证的可信度较低，因此极少有组织选择此类方式²⁸。



注[26] IPCC <Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)>

注[27] ISO https://www.iso.org/stage-codes.html#20_99

注[28] BSI, PAS 2060:2014 Specification for the demonstration of carbon neutrality

标准选择	抵消方案
《京都议定书》框架	<ul style="list-style-type: none"> • 清洁发展机制 CDM (CERS) • 联合履行机制 JI(ERUS) • 欧盟排放配额 (EUAS)
非《京都议定书》框架 (自愿减排)	<ul style="list-style-type: none"> • 黄金标准(GS) • 自愿碳标准(VCS) • 气候、社区和生物多样性标准 (CCB STANDARDS)
英国地方标准	<ul style="list-style-type: none"> • 英国政府能源与气候变化部碳抵消质量保证计划(DECC)

(图27 符合PAS2060的额度来源)

物流园区在初次碳中和声明后，如果企业希望维持物流园区碳中和的状态，应至少每十二个月更新一次碳足迹管理计划。碳中和承诺声明的最长有效期应为一年，此后，合格条件和减碳行动应重新审定，并相应地更新合格日期。在此有效期内，申报园区应基于碳排放监测，设计碳管理计划及管理绩效。如发生任何导致碳中和声明失效的变更或事件，应在三个月内采取纠正行动，以恢复碳中和声明的有效性，或者撤销碳中和声明。

中国国家温室气体自愿减排机制产生的减排量成为CCER (Chinese Certified Emission Reduction, 国家核证自愿减排量)。全国碳市场2021年开始运行后，中国国家温室气体自愿减排交易机制还适用于碳配额的清缴与自愿减排量的抵消方案，碳排额抵消上限为企业实际清缴配额量的5%²⁹。为了避免重复计算，所有碳交易试点都禁止使用ETS (Emission Trading Scheme, 排放权交易机制) 覆盖范围的核证排减量。同时PAS2060也在逐步接受来自中国的自愿减排市场的CCER作为碳抵消额度来源，未来相信将会有进一步的细则陆续出台。

物流园区净零排放为中国气候行动提供了巨大机遇，供应链碳中和的目标，促使碳足迹较小的企业联合减碳，甚至在全球范围内产生重大影响。通过供应链碳足迹共享机制，可以将减碳成本分摊到整个价值链，同时与最终消费者共同承担难以减排的脱碳成本。这样的联动，为关注气候变化的消费者提供了参与途径。以上举措，将最大限度降低减碳成本对最终产品的价格影响。

注[29] 生态环境部《全国碳排放权交易管理办法(试行)》

结语

物流园区既是企业供应链绿色发展的重要环节，同时也是企业产品碳足迹的重要组成部分，因此物流园区在企业碳中和目标下担任着主要角色。基于物流园区自身的特点，实现低碳化、可持续发展，也是推动促进物流行业、区域经济、上下游产业绿色发展的重要方向。

物流园区碳中和的解决方案需要战略路径也需要核心技术。战略上推动可落地实施的碳中和路径规划，确认碳中和步骤、阶段性实施范围和具体举措，进一步厘清园区碳排放源和排放总量，从而能够针对排放源制定减碳措施、规划碳中和抵消方案。核心技术支撑战略和路径的落实，并实现结构升级和降本增效，兼顾绿色和发展。依托5G、物联网、大数据、人工智能、区块链等关键技术的数字化碳中和物流园区，通过能源结构升级、效能持续优化、设施集聚共享、资源循环利用、全景数据分析等手段，逐步推动物流行业以及全行业供应链高质量迈向可持续、绿色化的未来，为中国实现“双碳”目标和可持续发展作出应有的贡献。



缩略词

AD	Activity Data, 活动数据 (碳排放)
AFOLU	Agriculture Forestry and Land Use, 农业、林业和土地利用
AR	Augmented Reality, 增强现实
AVG	Automated Guided Vehicle, 自动导引车
BECCS	Bio Energy with Carbon Capture and Storage, 生物能源与碳捕获和储存
BIPV	Building Integrated PV, 光伏建筑一体化
BSI	British Standards Institution, 英国标准协会
CCB	Climate, Community & Biodiversity Standards, 气候、社区和生物多样性标准
CCER	Chinese Certified Emission Reduction, 国家核证自愿减排量
CDP	Carbon Disclosure Project, 全球环境信息研究中心 (前身为碳披露项目)
CDR	Carbon Dioxide Removal, 碳移除
CER	Certified Emission Reduction, 核证自愿减排量
CEMS	Continuous Emission Monitoring System, 排放连续监测系统
COP	Coefficient Of Performance, 制冷系数
CO ₂ e	Carbon Dioxide Equivalent, 二氧化碳当量
DACCS	Direct Air Carbon Capture and Storage, 直接空气碳捕集与封存
DECC	Department of Energy and Climate Change, 能源与气候变化部 (英国)
EF	Emission Factor, 碳排放因子
EFDB	Emission Factor Database, 碳排放因子库
EPA	Environmental Protection Agency, 环境保护局 (美国)
ESG	Environmental Social Governance, 环境、社会和公司治理
ETS	Emission Trading Scheme, 排放权交易机制 (欧盟)
EUAs	European Union Allowances, 欧盟排放配额
GB	Guo Biao, 中国国家标准
GHG	Greenhouse Gas, 温室气体
GS	Gold Standard, 黄金标准

IE	International Efficiency, 国际能效
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, 联合国政府间气候变化专门委员会
ISO	International Organization for Standardization, 国际标准化组织
JI	Joint Implementation, 联合执行 (欧盟)
KYC	Know Your Customer, 客户画像
MRR	Monitoring and Reporting Regulation, 监测及报告条例 (欧盟)
MRV	Monitoring Reporting Verification, 监测、报告与核查
NbS	Nature-based Solution, 基于自然的解决方案
NCD	National Determined Contributions, 国家自主贡献
NETs	Negative Emissions Technologies, 负排放技术
NFC	Near Field Communication, 近场通信
PAS	Publicly Available Specification, 公共可用规范
RFID	Radio-frequency Identification, 无线射频识别
RGV	Rail Guided Vehicle, 有轨制导车辆
SBTi	Science Based Targets initiative, 科学碳目标
SCP	Standard Operating Procedure, 标准作业程序
TOPS	Tera Operations Per Second, 处理器运算能力单位
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, 联合国气候变化框架公约
UNGC	United Nations Global Compact, 联合国全球契约项目
V2GL	Vehicle-to-Grid, 车辆到电网
VCS	Voluntary Carbon Standard, 自愿碳标准
WBCSD	World Business Council For Sustainable Development, 世界可持续发展工商理事会
WRI	The World Resources Institute, 世界自然资源研究所
WWF	World Wide Fund for Nature, 世界自然基金会

图片目录

图 1	中国、美国、欧洲碳中和路径对比	07 页
图 2	SBTi 科学碳目标倡议	08 页
图 3	2010–2019 年交通、仓储和邮政业能源消费量及占比	10 页
图 4	物流园区的特点	11 页
图 5	碳目标设定的四个维度	12 页
图 6	企业碳盘查范围	14 页
图 7	物流园区与利益相关方温室气体排放源关系	15 页
图 8	碳盘查基本流程	17 页
图 9	评估碳排放量计算方法及核算标准	18 页
图 10	物流园区碳中和路径	19 页
图 11	物流园区碳中和长期规划的基本考量	20 页
图 12	减碳技术与排放源矩阵	22 页
图 13	数字场站解决方案	23 页
图 14	全线仓储工业机器人	24 页
图 15	自动化物流设备可视化监控示意图	26 页
图 16	端边云协同 5G 全链接智能物流园区	27 页
图 17	5G AR 远程专家维修指导	28 页
图 18	智能运输装箱示意图	29 页
图 19	基于区块链的无纸化交接	30 页
图 20	典型的微电网系统三层架构	35 页
图 21	托盘周转共享模式	37 页
图 22	循环箱共享模式	38 页
图 23	冷媒耗材智能推荐	39 页
图 24	碳中和全景大屏示例	40 页
图 25	基于区块链的数据采集与共享平台	41 页
图 26	碳中和数据中心示例	43 页
图 27	符合 PAS2060 的抵消方案	45 页



中华环保联合会
All-China Environment Federation



ECSC
中华环保联合会绿色供应链专委会



京东物流



施耐德电气



Unilever



京东产发
JD Property

联合发布