

零碳物流园区发展白皮书

摘要

零碳物流园区，不仅是现代物流体系升级的必然选择，更是企业践行ESG理念、城市实现可持续发展的重要支点。它以技术创新为引擎，以政策标准为框架，将低碳基因融入仓储、运输、管理的每一个环节，重新定义着物流基础设施的生态价值。本白皮书深耕零碳物流园区的发展脉络、技术路径与实践案例，愿为行业破局提供思路。



PREFACE

前言

作为物流网络的核心节点，物流园区承载着货物集散、仓储管理、信息交互等关键功能，其碳排放强度直接影响着产业链的绿色水平。近年来，中国物流园区数量已突破2500家，但传统园区“重规模、轻低碳”的发展模式与生态环境保护的矛盾日益尖锐，零碳转型成为破解资源环境约束、提升行业竞争力的核心路径。

从全球视角看，零碳物流园区建设已形成多元探索格局。欧盟通过“绿色新政”推动物流设施能源结构转型，美国依托技术创新构建低碳物流生态系统，日韩则聚焦供应链协同实现全链条减排。国内的政策体系逐步完善《“十四五”现代物流发展规划》明确提出建设绿色物流园区，多地将零碳园区纳入地方发展规划，财政补贴、税收优惠等激励政策持续落地。技术应用方面，分布式光伏、储能系统、电动重卡、智能能效管理平台等技术加速渗透，为零碳园区建设提供了可行性支撑。

本白皮书立足全球视野，聚焦中国实践，系统解读零碳物流园区的内涵与发展现状，深入剖析政策标准与核心议题，详细介绍关键技术与典型案例，旨在为政府部门制定政策提供参考，为企业转型提供实践指南，为学术研究提供理论视角，推动形成政府引导、企业主导、多方参与的零碳物流发展新格局，助力物流行业在绿色转型中实现高质量发展。

ANALYST

研究员

孙旭灿	CFA ESG证书：102257287
	国际通用ESG策略师：SH7514FCA0280
	国际通用ESG高级分析师：SH7514FBA0189
李海全	高级注册ESG分析师：24RZQLKC600433A
吴虹静	高级注册ESG分析师：23RZQLKC003184A
	国际通用ESG策略师：SH1221FCA0276
	碳管理师：CHINAETSCM240010050
赵达	
董佳慧	中级注册ESG分析师：24RZQLKC002154B
王海	

CONTENTS

目录



第一章 认识零碳物流园区

- 07 零碳物流园区简介
- 12 中国零碳物流园区的发展

第二章 零碳物流园区的ESG发展

- 19 零碳物流园区的政策
- 24 零碳物流园区的标准与认证
- 26 零碳物流园区的核心议题

第三章 零碳物流园区的实现技术

- 35 关键技术与具体应用
- 37 欧洲物流园区的低碳技术应用

第四章 零碳物流园区的典型案例分析

- 51 安博 (Prologis) 荷兰埃因霍温DC4物流园区
- 54 美国莫雷诺谷世界物流中心
- 56 普洛斯物流园
- 58 京东“亚洲一号”西安园区
- 59 联合利华中国合肥物流园
- 62 宁波梅山季碳港

第一章

认识零碳物流园区

第一节 零碳物流园区简介

工业是国民经济的主导产业，也是能源消耗与碳排放的领域。物流产业园作为工业发展的重要载体之一，是践行国家“双碳”政策的重要一环。与此同时伴随着全球 ESG 理念的普及，各行业对 ESG 的关注度也日趋提升，ESG 是推动物流产业园中的企业向“零碳”转型升级的重要驱动力之一。

一、零碳物流园区的发展背景

2020 年 9 月 22 日，中国在第七十五届联合国大会上郑重承诺：将采取有力政策和措施，力争二氧化碳排放量在 2030 年前达峰，在 2060 年前实现碳中和。仓储物流行业是现代供应链体系的重要组成部分，是链接供给端和需求端的主要节点，牵涉环节众多，行业的节能减排对于实现国家碳中和目标的意义重大。

2021 年 10 月 24 日，国务院发布《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》，提出的九大工作方向中包含了“经济社会发展绿色转型、产业结构绿色低碳调整、清洁低碳安全高效能源体系、低碳交通运输体系建设、城乡建设绿色低碳发展、绿色低碳重大科技攻关、碳汇能力巩固提升、对外开放绿色低碳发展、健全标准完善机制”。

2021 年 10 月 26 日，国务院发布《2030 年前碳达峰行动方案》，提出十大行动方案中包含了“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、各地区梯次有序碳达峰行动”。

到了 2024 年 12 月 12 日，中央经济工作会议首次提到“零碳园区”。强调要协同推进降碳减污扩绿增长，加紧经济社会发展全面绿色转型。建立一批零碳园区，推动全国碳市场建设，建立产品碳足迹管理体系、碳标识认证制度。在此背景下，仓储物流行业巨头纷纷探索建设零碳示范园区。

二、零碳物流园区的相关概念

根据生态环境部发布的《规划环境影响评价技术导则产业园区》（HJ 131—2021），产业园区是指经各级人民政府依法批准设立，具有统一管理机构及产业集群特征的特定规划区域。主要目的是引导产业集中布局、集聚发展，优化配置各种生产要素，并配套建设公共基础设施。

产业园按其类型可分为：物流园区、科技园区、文化创意园区、生态农业园区、动漫园区、自贸园区等。

根据中国工业节能与清洁生产协会发布的团体标准《零碳园区评价通则》（T/CIECCPA 031—2023），零碳园区是在规划、建设、运营和管理的各个阶段融入零碳理念，综合运用节能、减排、固碳、碳汇等碳中和措施，实现边界范围内产业、能源、资源、建筑、生产、交通、生活和管理零碳发展，达到碳排放总量与吸收自我平衡的生产、生态、生活深度融合的产业园区。

根据中华人民共和国国家标准《物流术语》（GB/T18354—2021），物流园区是由政府规划并由统一主体管理，为众多企业在此设立配送中心或区域配送中心等，提供专业化物流基础设施和公共服务的物流产业集聚区。物流园区的核心功能是“货物流通+仓储服务”。

零碳（近零碳），不是完全不排放二氧化碳，而是在指定的物理边界范围、一定时间范围内，计算在生产使用过程中产生的温室气体排放，利用设计型方案，例如优化建筑设计、采用碳减排型产品、合理运行管理等方式，减少碳排放、减少碳足迹，直至在一定的评价体系下达到碳的相对零排放。

三、零碳物流园区的核心要素组成

零碳物流园是一个以实现运营边界内（通常涵盖范围 1 和范围 2 排放，并积极管理范围 3 排放）净零碳排放为目标的综合性产业园区。其核心要素组成主要为：建筑系统、交通系统、公共基础设施系统、绿色能源系统、数字化管理体系、碳消除与碳抵消机制。

1. 建筑系统

在物流产业集聚区必不可少工业建筑。在物流园建筑的全生命周期中，会涉及建筑从源头到末端的各个环节：从土地开发到规划设计的绿色化，进行低碳建造直到交付出租运营，最后还有对于园区的物业管理、对于租赁给不同的物流企业需进行一定的改造、无障碍改造等等。因此，前期调研定位应准确，物流园按绿色建筑、零碳建筑的标准进行设计，项目投资预算应适当并充足，并至少做到为后期的运营管理提供智慧建筑技术实现的预留空间。

①选址（土地开发）：合理的选址应综合考虑场地的生态环境因素和地理位置。地理位置应尽量靠近公路、铁路、码头或空港，可以缩减货品运输造成的碳排放，便于后期设计可再生资源利用系统（如发电、供暖），从而抵消部分运营阶段的碳排放。生态环境因素需要考虑合理规划场地噪声控制，降低对周边环境影响；利用植被布局增强碳汇能力，抵消碳排放。合理的场地建筑布局可以使大量热/蒸汽的散发，不会造成相邻建筑能耗增加，例如严寒寒冷地区的供暖锅炉房的位置、南方地区空调机房的位置应尽量靠近用能的建筑单体。

②建筑设计：设计合理的建筑体型系数可以减少影响建筑物耗热量指标，采用保温性能好的绿色建材、可再生型建材对于后期建筑的能耗/建筑垃圾再利用有积极的意义。设计合理的天然采光与遮阳、通风（严寒地区）系统，这对于运营阶段的采暖供冷照明的用能量控制至关重要。对于园区的雨水、中水、冷却水，在设计时应考虑处理后收集进行综合利用等技术的实现。

③设备的设计与选用：采用节能水泵、节能通风机组，优先选用能效等级达到国家 2 级及以上的设备。选用可回收式新风机组、设计空调机组过滤器的阻力监测与报警模块。对设备设计对应的计量装置，例如流量计量装置、温湿度计量装置、水电表计量装置。

④低碳建造：选址时的优秀地理交通位置可以减少在建造阶段建材等产品的运输能耗。对于建造时产生的建筑垃圾需要进行分类收集，送至对应的垃圾处置中心进行破碎、筛分等一系列流程，对其中的高品质再生骨料用于直接利用或生产再生制品。采用装配式预制构件、模块化部品部件等施工工艺，利用建筑信息模型（BIM）的精细化协同，可以实现设计、运输物流、现场施工的有效协同。同时，选择好的施工队进行高质量的施工也能减少不必要的拆改，既能减少拆改造成的建材浪费又能减少不必要的人工费。

2. 交通系统

一般情况下，产业园区的位置不位于市中心；政府给规划的区域面积往往比较大，不论园区外还是园区内均需配备一定的交通系统。物流园区外的交通主要是为员工上下班所使用。而物流园区内的交通除了解决员工的园区内工作效率，还担负物品的运输，一个合理的交通系统设计、低碳型的运输设备与车辆也显得重要。因此，交通系统的考虑需要与外部市政交通、内部园区交通相互结合。

①物流园应采用环保节能型物流运输设备、新能源型车辆；大宗商品物流（原料、产品仓储）优先采用社会综合运输体系，各种运输方式有机结合、连接贯通、布局合理的交通运输综合体。

②对于中大型园区内的公共交通选择新能源型的公共交通工具、新能源型的环卫车。对于小型园区内的公共交通可以设置共享单车网点，选择新能源型的新能型环卫车。

建设充足的充电桩等充放电设施，方便员工选用新能源型车，为经过的新能源车提供付费制充电桩。

若是交通系统尚未完善的园区，应与相关部门优化公交站点、短驳车站点、共享单车网点，方便员工使用低碳出行。

③根据园区的定位（高端/大型），设计智能化交通导引，减少园区内的交通堵塞造成的能耗损失。根据园区的大小，尽量做到人车分流，保障出行的安全。

3. 公共基础设施系统

配套建设的公共基础设施对于任何园区来说必不可少，它对于园区的社会经济活动、生活正常进行作为保障。

从规划设计时，就需要考虑长远的发展、技术进步等因素，提供完善的、可更新的公共基础设施系统，提供高效智能的园区管理设施基础，减少重复建设、减少拆改。

①对于大型物流园区或是与周边形成园区组团型的多园区，可建立集中废水处理等处理设施，发挥集约化的优势。对于园区的雨水、中水、冷却水，进行处理后收集综合利用，如厕冲水、灌溉植被，可以有效地提高水资源的利用效率。

②公共场所、道路照明等应采用节能灯具、智能感应控制技术、分时照明控制，室外公区照明采用可再生能源灯具。室外夜景照明符合国家规范，避免光污染。

③园区取暖和制冷系统规划时优先考虑使用地源热泵或空气源热泵等替代传统空调与锅炉。

④电梯采用群控、变频调速等节能措施，也可根据园区情况按工作日与非工作日设置启用的电梯数。

4. 绿色能源系统

园区应构建以可再生能源为主体的新型电力系统，不断提高可再生能源供能占比，实现能源转型，降低用能成本。园区正确选择和利用当地的可再生能源，如太阳能、风能、地热能等可再生能源，如建设分布式光伏、储能等，实现 100%可再生电力供应。有条件的园区积极参与当地电网虚拟电厂需求侧响应等业务，实现用能增值。

5. 数字化管理体系

建立园区智慧运维系统、安防消防联动及楼宇自动化系统、园区能源使用与主要污染物排放源监控系统等综合智慧管理平台体系，实现对园区的碳排放数据进行测量、监控、报告、核查。通过该系统可强化运营管理，构建完善的碳管理体系，推动园区碳排放盘查工作，同时有助于加强对碳排放的监督 and 数据分析，为碳资产管理、绿电交易、碳金融等工作的开展提供有力支持。

6. 碳消除与碳抵消机制

在零碳园区建设末期，达到自身减碳最大化时，可以考虑运用碳消除或碳抵消使自身满足近零排放。碳消除是应用碳捕集、碳封存(CCUS)等负碳技术，增加自然碳汇，实现绝对碳减排。碳抵消如通过购买绿证、支持林业碳汇、参与 CCER 项目实现剩余排放抵消。

第二节 中国零碳物流园区的发展

中国物流市场近年来增长迅猛，根据国家发改委公布的数据，2024 年社会物流总费用 19 万亿元，近年来的年均增速约 5%。这一发展主要得益于电子商务的兴起、供应链数字化转型和绿色政策导向。

目前全国已建成各类物流园区超过 2500 个，涵盖综合、冷链、跨境电商等多种类型，成为支撑国家物流体系的重要载体。

一、零碳园区的发展

中国零碳园区的发展经历了从低碳园区、近零碳园区到零碳园区的阶梯式升级。

1. 低碳园区

低碳园区是在明确边界区域内，以绿色规划为引领，统筹协调区域发展与碳减排目标，将低碳发展作为核心主线，系统推进产业体系、企业运营、产品全生命周期及基础设施与服务的低碳化转型。园区建设聚焦能源结构优化升级，因地制宜发展光伏、风能等可再生能源，使其从能源补充转向增量主体，并推广新能源与传统能源互补、分散与集中利用结合的新型用能模式；着力提升能效，对重点耗能设备、工艺及流程实施低碳改造，同时推行建筑节能（既有建筑绿色化改造、新建建筑达绿色二星及以上标准），有效降低运行能耗与强度；构建绿色基础设施与循环体系，打造节能低碳交通网络，扩大绿化增强碳汇能力，践行 3R 原则提升固废利用与水资源循环水平；强化智慧管理与低碳文化，运用数字化技术赋能能耗与碳排管理，建立适配的评价体系，并将低碳理念融入园区全生命周期及人员生产生活，完善便利设施倡导低碳生活方式。

2. 近零碳园区

近零碳园区在低碳园区基础上进一步深化，统筹经济高质量发展与持续降低碳排放强度，通过系统性实施“减源（减少排放源）、增汇（增加碳汇）、贡献零碳能源”等综合措施，显著削减碳排放总量及单位产能碳排放量，动态趋近净零排放目标。其建设路径包括：制定契合园区定位的总体零碳规划方案；构建覆盖能源与碳排放的数字化监测管理平台；大幅提升可再生能源占比，因地制宜打造“垃圾-风-光-储”多能互补的智能微电网，实现绿色电力高效就地消纳与深度脱碳；基本完成交通运输系统电动化转型，合理布局充换电设施并推广氢能等零碳交通方式；推行建筑可持续发展，要求新建建筑达到超低/近零能耗标准并持续提升既有建筑能效；探索构建负碳体系，应用负碳技术、优化绿化碳汇空间以增强固碳能力，并尝试通过绿电与 CCER 抵消剩余排放；完善资源循环利用体系，促进环境与能源基础设施共享；同时加强宣传推广，展示阶段性成效与示范技术，营造全员参与的降碳氛围。

3. 零碳园区

零碳园区是兼顾低碳园区与近零碳园区的实施路径加强衔接，调动多方主体共同参与，形成合力，持续推进内部系统优化及区域层面的产业布局优化，实现园区内碳排放动态为零的目标。建立健全园区综合管理平台，具备数据反馈、实时监控、能耗分析、调度控制、前瞻预测、优化闭环等功能，整体实现碳排放系统可视化、精细化、智慧化管理。进一步优化能源配置及结构，充分考虑零碳、负碳能源的替代功能，结合数字化能源网络、能源梯级利用等，从源头遏制碳排放。实现交通工具整体电动化的同时，加大氢能驱动汽车的使用频次，建设集约高效、绿色零碳的数智化交通运输体系。持续着力提升园区建筑节能水平之上，降低建筑从产品、建设、运营到终止阶段的全生命周期碳排放。推进零碳、负碳技术系统化规模化应用，将生态固碳与人工降碳相结合，结合 CCER 等手段，实现园区动态零碳。全面提升园区资源利用效率，发展循环产业，物质、能量和信息的交换网络，形成资源共享、互换的共生组合。全方位宣传零碳园区实践意义，依托零碳园区打造公众教育宣传平台，定期向公众开放参观，营造全社会共同参与零碳转型的浓烈氛围。基于零碳园区的平台，为客户提供绿色信贷、绿色债券、绿色基金等金融支持，吸引各方金融资本和社会资本参与园区及客户所需的改造升级。

二、零碳物流园区的发展

1. 零碳转型的概念萌芽期（2015-2020）：局部探索与基础积累

“双碳”目标提出前，中国已通过《中华人民共和国可再生能源法》等政策培育光伏产业，2009 年“太阳能屋顶计划”等分布式光伏政策，为企业技术试点提供了初步支撑。不过，此时物流领域尚未出台专项零碳规划，政策重心仍在能源行业整体调整。而物流园区自身的发展核心是自动化与效率——通过引入智能设备提升分拣、仓储效率，零碳理念仅作为“附加选项”，未纳入战略层面。

企业实践呈现“碎片化试点”特征。京东、菜鸟等头部企业率先尝试绿色技术：在仓储屋顶铺设光伏组件、引入少量新能源物流车，但缺乏全链条减碳设计。从数据来看，光伏装机容量普遍低于园区总能耗的 10%，新能源车在车队中的占比不足 5%，难以形成规模效应。这背后是商业逻辑的主导——光伏投资回收周期长达 8~10 年，新能源车购置成本比传统燃油车高 30%~50%，短期成本压力让企业难以规模化部署。

瓶颈与局限也较为明显。政策层面，缺乏针对物流场景的专项支持，比如光伏储能一体化补贴、充电桩建设标准等，导致技术应用多为“孤岛式试点”，难以形成协同效应；技术层面，主流光伏组件转换效率仅 17%~19%，分布式系统运维成本较高，新能源车续航普遍低于 200 公里，无法满足干线物流需求。尽管如此，这一阶段完成了关键技术可行性验证（如分布式光伏并网）和企业碳管理意识启蒙，为后续转型奠定了基础。

2. 零碳转型政策驱动期（2021-2022）：战略落地与地方突破

2021 年后，政策成为推动物流园区零碳转型的核心动力，国家与地方协同发力，构建起初步的政策支撑体系。

国家战略框架首次明确“绿色物流”定位。2022 年 5 月，国务院办公厅发布《“十四五”现代物流发展规划》，这是我国现代物流领域首个五年专项规划。规划首次将“绿色物流”上升为国家战略，明确要求物流园区降低碳排放强度、推动新能源技术应用；同时以“系统整合、创新驱动、绿色低碳”为主线，提出构建覆盖全链条的现代物流体系，将零碳理念融入“通道+枢纽+网络”的运行体系中。作为纲领性文件，它不仅扩展了实施主体（从“物流业”到“现代物流”），更强调物流的先导性、基础性作用，为园区零碳转型提供了顶层设计。

地方政策同步跟进，形成“国家引导+地方试点”的格局。浙江省率先发力，将宁波梅山港区列为低碳码头示范工程，通过专项补贴支持风光储一体化、氢能交通等核心技术攻关；宁波市推出“绿岛”集成改革，推动园区内企业集中处置废弃物，降低碳排放治理成本。地方政策的落地让零碳转型从“国家战略”走向“地方实践”，为其他地区提供了可复制的经验。

这一阶段，政策的密集出台打破了此前“自发探索”的状态，让物流园区零碳转型从“可选项”变为“必答题”，为后续技术规模化应用与产业协同发展铺平了道路。

3. 零碳转型规模化推广期（2023 至今）：集群成型与技术落地

经过政策驱动期的铺垫，2023—2024 年零碳物流园区进入规模化推广阶段，区域集群效应凸显，技术经济性突破成为核心特征。

区域集群化布局是这一阶段的显著标志。长三角与粤港澳率先形成成熟集群——长三角已建成 20 多个零碳智慧物流园区，杭州、嘉兴等地超额完成年度目标，形成“建设—运营—收益”的良性循环；粤港澳依托广州“12218”现代化产业体系，推动新能源与新型储能产业集聚。成渝地区则通过“陆港零碳走廊”实现差异化突破，整合西部风光大基地资源。



第二章

零碳物流园区的ESG发展

第一节 零碳物流园区的政策

政策是推动零碳物流园区建设的重要指引与保障。物流行业作为能源消耗和碳排放的重点领域，其绿色低碳转型已成为国家战略的重要组成部分。零碳物流园区作为物流行业低碳发展的关键载体，国内外均已出台一系列政策文件，为其规划建设、运营管理、技术应用等提供了明确方向与支持措施。

一、国际区域与行业政策

国际上，许多国家和地区已经制定了物流零碳或碳中和目标。

1. 《全球零碳货运倡议》（2023 年）

《全球零碳货运倡议》要求跨境物流走廊（如中欧班列）实现全链条碳追踪与抵消。它是一项聚焦货运领域脱碳的国际协议，旨在通过技术革新、政策协同与市场机制推动全球货运业在 2050 年前后实现净零排放。

《全球零碳货运倡议》的核心目标包括：

- 设定 2030 年国际货运碳排放强度较 2008 年降低 40% 以上，零碳燃料占比提升至 5%~10%。
- 技术路径上，内河航运推广电力驱动，远洋运输优先采用绿氢、氨燃料等绿色能源，部分场景允许化石燃料结合碳捕集技术过渡。
- 成员国需制定国家行动方案，通过财政激励（如绿色船舶补贴）和市场机制（碳定价、配额交易）加速零排放船舶与燃料的应用；同时强化国际合作，要求发达国家向发展中国家提供技术转让与资金支持，并通过 IMO 等组织完善船舶能效标准（如 EEXI、CII），统一履约规则。

2. 东盟绿色物流协议（2015 年）

东盟绿色物流协议聚焦于推动区域物流体系的低碳化与可持续发展，推动东南亚与中国共建低碳跨境物流网络，要求园区采用 ISO 14064 标准。核心内容包括：

- **绿色运输与能源转型：**要求成员国优化跨境物流网络，优先发展多式联运以减少碳排放，并推广电动货车、氢能源船舶等绿色交通工具，同时加强港口的岸电系统建设以减少船舶停靠时的污染。
- **标准化与循环物流体系：**引入统一的绿色物流技术标准，覆盖包装材料可回收率、仓储能效管理及运输路径优化等环节。例如，要求成员国采用可降解或循环包装材料，并通过智能算法规划配送路线以降低空驶率。同时，协议强化逆向物流机制，推动废旧商品回收和资源再利用，减少废弃物对环境的负担。
- **区域合作与能力建设：**通过共建跨境物流信息平台，促进成员国间数据共享与低碳技术合作（如碳排放监测系统）。发达国家需向欠发达成员国提供资金支持与技术转让，协助其升级绿色基础设施（如智能仓储、新能源车辆充电网络）。此外，协议设立联合监督机制，定期评估各国履约进展并公开透明度报告。

3. IMO 净零框架规则（2025 年）

IMO 净零框架规则是国际海事组织（IMO）为全球航运业制定的强制性减排法规，旨在推动海运业在 2050 年前实现净零温室气体排放。其核心内容与关键要求如下：

- **核心目标：**要求全球航运业温室气体排放总量较 2008 年降低至少 70%，并在 2050 年实现净零排放。其中 2030 年航运碳排放强度较 2008 年降低 40%；2040 年碳排放总量较 2008 年降低 70%。

- **强制性措施：**2027 年 1 月 1 日起生效，适用所有 5,000 总吨及以上船舶，涵盖燃料生产（Well-to-Tank）+ 船舶使用（Tank-to-Wake）的全链条排放。船舶需按年度计算并报告营运碳强度指标（如 gCO₂/吨·海里），评级从 A（最优）至 E（最差），连续三年评级为 E 的船舶将被强制淘汰。2030 年要求全球航运业至少 5% 的能源使用零/近零排放燃料（如绿氨、生物甲醇、氢燃料）；2040 年零碳燃料占比提升至 60%。

4. GLEC 框架（2016 年）

GLEC 框架（全球物流排放委员会框架）是由国际组织 Smart Freight Centre 联合全球企业、学术界及行业机构制定的物流运输领域碳排放核算与报告标准，旨在统一全球货运碳排放计算方法，简化运输领域碳足迹计算与减排管理，推动低碳供应链管理。其核心内容如下：

- **标准化排放核算：**覆盖公路、海运、空运、铁路及多式联运全运输模式，提供基于燃料消耗、运输距离及排放因子的统一标准计算公式（如碳排放=运输量×排放因子），支持企业量化物流全链条碳排放（范围 1-3），（如自有车队、第三方物流、跨境运输等），支持企业精准追踪碳排放源。
- **数据采集与质量要求：**明确不同运输环节的数据来源（如 GPS、运单、能源账单），要求优先使用实际运输数据（如燃油消耗、里程），缺乏数据可采用 GLEC 默认因子或行业平均值，平衡准确性与可操作性。例如，公路运输碳排放=燃油消耗×排放因子，或吨公里数×标准化因子。
- **减排路径与目标衔接：**帮助企业识别高排放环节（如长距离空运、低装载率），制定优化路线、清洁能源替代等减排策略，并与 SBTi 等科学碳目标对接，助力实现《巴黎协定》气候承诺和碳中和目标。
- **报告与认证规范：**提供标准化报告模板（如年度碳排放清单），鼓励通过第三方核查提升透明度。2023 年新版框架已整合至国际标准 ISO 14083，成为全球物流碳足迹核算的权威依据。

二、中国国家层面的系列政策

近年来，我国从国家和部委层面陆续出台了一系列政策，支持零碳物流园的建设与发展。

我国在“十四五”规划中明确提出碳达峰、碳中和的目标，并出台了一系列政策支持绿色物流园区的建设。例如，《绿色建筑评价标准》和《物流园区碳排放核算指南》为物流园区的零碳化提供了技术支持和政策保障。

2024 年 12 月 12 日召开的中央经济工作会议首次明确提出“建立一批零碳园区”，并将其作为 2025 年的重点任务之一。

2025 年 3 月的政府工作报告，进一步将“零碳园区”与“碳达峰第二批试点”共同列为“双碳”领域的首要工作。国家发展改革委是“碳达峰试点”和“零碳园区”两项工作的认领部门。

2025 年 7 月，国家发展改革委、工业和信息化部、国家能源局共同发布了《关于开展零碳园区建设的通知》，聚焦于国家级零碳园区的建设工作。《通知》提出的零碳园区建设重点任务，是在继承碳达峰试点园区建设任务的基础上进行的深化，传递出碳达峰碳中和平稳接续、协同发力的思路。

从战略定位与目标上来看：

- 中央经济工作会议首次将“建立一批零碳园区”写入政策，要求通过能源系统优化、循环化改造、智能化管理构建零碳排放体系。明确“零碳园区”作为国家实现“双碳”目标的核心措施，重点推动工业领域低碳转型，促进新质生产力发展。
- 2025 年政府工作报告进一步将零碳园区纳入绿色低碳经济体系，要求通过试点示范加速推广，覆盖工业园区、矿山等领域，推动全产业链协同降碳。

从实施路径与政策支持上来看：

- **技术支撑：**依托智能化能源管理、大数据应用及储能技术，推进能源清洁替代（如光伏、风电）、设备节能改造、碳封存等关键技术突破。
- **政策协同：**国家发展改革委、工信部等多部门联动，通过财政补贴、税收优惠、专项债等工具支持园区低碳化改造，并探索建立零碳园区评价标准与碳核算方法。
- **产业融合：**在“沙戈荒”新能源基地等区域优先布局零碳园区，促进风光电资源与高载能产业（如电解铝、数据中心）深度融合，形成绿色产业集群。

三、地方政府的积极响应

多地政府积极响应国家政策，提出零碳园区的建设标准或试点建设方案。例如，云南、江苏、上海、山东、四川等地均提出了零碳园区的建设标准或试点项目。

1. 云南省零碳物流园政策

云南省将零碳园区建设纳入全省绿色低碳转型核心战略，明确提出在物流领域打造“零碳物流园”，通过整合绿色能源、优化物流网络和产业协同，形成低碳化、智慧化的物流枢纽。2024 年发布的《云南省推动零碳园区建设工作方案》将物流园区列为重点试点领域，要求探索“物流+新能源”融合发展模式，力争实现园区碳排放自我平衡。以祥云经济技术开发区为示范，推动物流园区与国家物流枢纽建设结合，承接东部产业转移，打造绿色硅光伏、新能源电池等低碳产业集群。到 2025 年，建成一批覆盖仓储、运输、配送全环节的零碳物流园区，实现 100%绿电供应和碳排放动态监测。

2. 江苏省零碳物流园政策

江苏省将零碳园区建设纳入绿色低碳转型核心战略，提出到 2030 年“打造一批零碳工厂和园区”，重点推动物流园区与制造业协同降碳，构建“绿色低碳循环发展经济体系”。

常州市明确对列入市级近零碳园区试点计划的园区最高支持 50 万元，对通过验收的示范园区再追加 50 万元，省级及以上零碳工业园区最高支持 100 万元。

推动物流园区与光伏、风电、新能源汽车等绿色产业集群深度融合，优先保障绿电供应，支持“绿电进园区”工程，到 2030 年全省可再生能源装机规模达 1 亿千瓦，非化石能源消费占比 25%。

3. 上海市零碳物流园政策

上海市将零碳物流园区建设纳入绿色低碳供应链升级计划，明确提出支持建设零碳工厂和零碳园区，培育绿色供应链“链主”企业，并建立产品碳足迹核算体系。

到 2027 年，推动物流仓储设施全面优化升级，重点打造智慧化、低碳化的多式联运体系，降低全社会物流成本。实施“光伏+”工程，加快物流园区分布式光伏、储能设施建设，到 2027 年市内光伏装机容量达 450 万千瓦，提升绿电覆盖能力。推动物流园区与新能源产业集群协同，探索“绿电+物流”模式，支持氢能运输工具和智能微电网示范应用。

第二节 零碳物流园区的标准与认证

零碳物流园区的认证与评估体系包括碳排放核算、能源管理、绿色建筑认证等多个方面。

园区的评估，一般分为“近零碳”与“零碳”两级认证，前者需实现碳排放总量与吸收动态平衡，后者要求 100%绿电供能且碳抵消能力覆盖剩余排放。

同时，工业、物流、科技等不同园区类型采用差异化评价指标，例如物流园区需重点考核氢能重卡渗透率（ $\geq 30\%$ ）和智能调度系统覆盖率（ $\geq 85\%$ ）。

1. NG 认证（Next Generation Certification）

以欧盟分类法 DNSH 原则为核心，涵盖环境合规、温室气体减排、智能管理及可持续性 4 大主题 20 项指标，覆盖园区、工厂及建筑的全生命周期评估，要求主题实现循环经济转型、节能节水技术应用及数据安全。通过认证的园区可获欧盟气候专项基金支持，其产品溢价达 30%，并规避碳关税。

2. 全球净零标准（ISO Net Zero Standard）

预计于 2025 年 11 月 COP30 气候大会公布，为全球园区提供统一核算框架，覆盖碳排放边界设定、抵消机制及追踪要求。欧盟计划 2026 年推出《净零工业园区框架》，直接整合 ISO 标准。

3. 《零碳园区评价技术规范》

《零碳园区评价技术规范》（T/CECA-G 0344—2025）是由中国节能协会牵头编制的国内首部零碳园区系统性评价标准，于 2025 年 3 月 18 日正式实施。该规范为零碳园区的规划、建设、运营及评价提供了统一框架，规范构建了 5 大一级指标及 25 项二级指标，覆盖全链条零碳转型成效。

4. 《零碳物流园区创建与评价技术规范》

《零碳物流园区创建与评价技术规范》（标准号：T/SEESA 014—2022）是由上海市节能环保服务业协会发布的团体标准，规定零碳物流园区的创建要求、工作流程和评价内容，适用于各类物流园区开展零碳创建与认证工作。采用“5 项必选指标+5 项可选指标”模式，必选指标包括碳排放强度下降率 $\geq 15\%$ 、清洁能源占比 $\geq 50\%$ 等，可选指标涵盖绿色交通覆盖率 $\geq 90\%$ 等。

第三节 零碳物流园区的核心议题

零碳物流园区的建设并非单一维度的减排行动，而是涉及技术应用、运营管理、生态协同等多方面的系统性工程。深入剖析并积极应对零碳物流园区的核心议题，对于零碳物流园区从概念走向成熟实践、从单点示范迈向规模化推广具有重要意义。

一、能源系统脱碳化：从“灰电依赖”到“绿电主导”

能源系统脱碳化指通过降低化石能源依赖、提升可再生能源占比，推动能源体系向零碳排放转型的过程。其核心路径是从高碳的“灰电依赖”（以煤、天然气等化石能源发电为主）转向以风电、光伏等“绿电主导”的清洁能源体系。能源系统脱碳化是以降低或消除碳排放为核心目标，通过系统性变革推动能源生产、传输和消费全链条向零碳过渡的过程。其本质是通过能源结构优化与技术革新，构建以可再生能源为主体、化石能源逐步退出的新型能源体系。

物流园区的能源需求集中于仓储（冷库、照明）与运输（充电桩）环节，传统能源结构碳排放强度高。以下是系统性解决方案。

1. 多能互补网络

多能互补网络以“光伏+储能+微电网”为核心架构，通过多元清洁能源的协同供应与智能调度，破解物流园区高碳依赖难题，正成为零碳园区建设的重要模式。

京东“亚洲一号”西安园区则聚焦分布式光伏与储能的深度耦合，10 万平方米屋顶光伏年发电量达 956 万千瓦时，结合储能集装箱与能源管理系统，实现自动化设备 100%绿电覆盖。园区配置 10MWh 磷酸铁锂电池储能，采用“两充两放”策略，日间存储富余电力、夜间为冷链作业供电，降低峰谷电价成本 40%。通过数字孪生技术模拟光照变化，发电预测误差率小于 3%，并创新应用光伏板清洁机器人提升发电效率 12%。微电网富余电力以“隔墙售电”形式外供周边企业，年创收超 300 万元，形成“自发自用+余电交易”的零碳经济模式。

2. 氢能闭环应用

通过整合可再生能源发电、高效制氢与储运技术，形成了“绿电制氢—氢能运输”的完整产业链。在制氢环节，利用风电、光伏等绿电进行电解水制氢已成为主流路径，配合离网制氢模式及电价优惠政策，绿氢生产成本持续下降。储运体系方面，52MPa 长管拖车与低温液氢技术已实现规模化应用，同时输氢管道短长距协同布局显著提升了运输效率，加氢站通过油氢合建、制加氢一体等模式实现网络化覆盖。氢燃料电池技术的突破则为核心动力环节提供支撑，例如 49 吨级重卡百公里氢耗已降至 8.81 公斤，配合大容量车载储氢系统可实现单次加注续航超 600 公里。

国家层面通过《能源法》确立氢能法定地位，中央财政对燃料电池汽车示范应用累计投入超 27 亿元奖补资金，地方则通过加氢站建设补贴（如北京单站最高补贴 1000 万元）激活市场活力。应用场景方面，氢能高速公路示范项目已建立“制-储-运-加-用”全链条验证体系，通过智能调度平台实现氢能供需精准匹配，为长途重卡运输提供了商业化落地模板。随着绿氢占比提升和基础设施完善，这一闭环模式正从区域试点向全国推广，推动交通领域深度脱碳。

3. 智慧能源调度

智慧能源调度系统的核心在于构建“源网荷储”协同运行的数字孪生平台。通过部署 5G+北斗高精度时空感知网络，实时采集发电侧（如风光电站出力波动）、电网侧（节点电压偏差）、负荷侧（工业园区动态需求）及储能设备（SOC 状态）等全维度数据，形成每秒 10 万次级的数据处理能力。基于 LSTM 神经网络与强化学习算法，系统可提前 72 小时预测用能曲线，精度达 92% 以上，并生成分钟级动态调度指令，实现储能充放电策略与绿电波动的精准匹配。例如，在张家口新型电力系统示范区，该技术使弃风弃光率从 12% 降至 3%，绿电消纳效率突破 96%。

降本增效路径上，系统通过多目标优化算法重构储能运行逻辑。针对锂电储能寿命衰减痛点，采用“荷电状态-温度-循环次数”三维健康度模型，延长电池使用寿命 30%；结合共享储能模式，将峰谷

价差套利与调频辅助服务收益叠加，使储能全生命周期度电成本降至 0.28 元/Wh。硬件层面，钠离子电池产业化加速（如宁德时代首代产品能量密度达 160Wh/kg）与氢储调峰电站建设，推动储能系统综合成本较 2021 年下降 45%。

4. 能源循环利用

冷链系统热力学优化启动能源循环模式。美国 Lineage 物流中心部署吸附式热泵（COP 值达 4.8）与相变储热装置，通过-25°C冷库排气余热回收（温差利用超 50°C），为园区办公区提供冬季供暖，节能效率突破 22%。其热管阵列（传热系数 550W/m²K）与 AI 负荷预测模型联动，在生鲜配送场景中实现余热发电日均 1800kWh，满足冷链设备 15% 自供电需求。据测算，该技术组合可使冷链物流综合运营成本下降 40%，年减少柴油发电机使用量相当于减排 3400 吨 CO₂。

二、运输体系重构：交通系统设计合理及新能源化

运输体系重构是以降低碳排放、提升效率为核心目标，通过能源结构变革与运输方式整合，系统性优化交通运输资源配置与运行模式的战略性转型。

1. 交通系统智能化

交通系统的智能化交通导引的设计、物流自动化的交通设计，合理的交通路线与预警信息可减少在等待或找寻车位等产生的不必要的碳排放。

例如，普洛斯宝山物流园区的智能道闸依托云智慧月台管理系统，实现了车辆 3 秒快速入园的高效通行。这一创新系统使得车辆等待时间大幅缩短 90%，入园闸门通车速度提升 95%。装卸月台的使用效率显著提高，整体安防效率也随之提升，优化了园区的运营流程与管理效能。普洛斯投资的福佑卡车(FOR-U Smart Freight)，是专注于整车运输的前沿科技物流平台，通过“福佑大脑”智能调度系统，使每笔订单的空驶里程平均下降 23%，降低了资源浪费与运营成本。同时，司机接单效率

大幅提升，切实帮助货主企业及卡车司机有效降低信息获取成本，显著提高车辆运行效率，为物流行业的绿色高效发展提供了成功范例。

又如 UPS ORION 系统，通过强化学习算法，实时整合天气（精度达 1km^2 ）、交通流量（每 5 分钟更新）及客户需求（超 200 个动态变量）数据，生成全局最优路径。其动态路由引擎在长三角地区测试中，使配送车辆的单位包裹碳排放下降 29%。

再如顺丰“丰智云”系统，运用时空网络模型优化中转场站布局，通过智能拼箱将零担货物装载率从 68% 提升至 92%，年减少无效运输里程 1.2 亿公里。

2. 冷链低碳化

冷链低碳化正加速技术迭代。CO₂ 跨临界制冷系统的 GWP（全球变暖潜值）仅为 1，适合 -50°C 至 10°C 的宽温域场景。美的冷链研发的二级压缩机组（COP 值达 2.8）配合智能喷液冷却技术，使大型冷库（5 万立方米）全年能耗降低 25%，广州某医药冷库实测数据显示系统能效较氨制冷提升 18%。同时，冷库余热回收系统通过氟泵增压（温差驱动效率超 40%）将压缩机废热转化为 65°C 热水，用于解冻间供暖或邻近社区热水供应，京东亚洲一号仓的余热耦合光伏储能的闭环设计，实现全年综合节能率 33%，较单一制冷模式运营成本下降 28%。

冷库-冷藏车协同温控系统采用动态变频算法，根据货物热负荷（精度 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ）自动调节压缩机频率与冷媒流量，厦门万翔冷链的数字化冷库（10 万吨级）数据显示，该技术使库内温度波动缩减 80%，配合蓄冷式月台（预冷时间缩短至 15 分钟），装卸环节能耗下降 42%。在运输端，中集研发的相变蓄冷箱（相变材料潜热达 280kJ/kg ）结合北斗定位温控，实现 72 小时断电不断链，较传统柴油发电冷藏车碳排放削减 91%。

3. 基础设施配套

基础设施升级聚焦能源自给与超快补能体系构建。兆瓦级充电站通过液冷超充（单枪峰值 600kW）与智能柔性分配系统实现动态负载均衡，宁德时代在鄂尔多斯部署的全球首个零碳充电港，集成风电（50MW）、液冷超充桩（5C 倍率）及梯次储能（120MWh），可满足 50 辆重卡同步充电（10 分钟补能 600 公里），运营能耗较传统充电站下降 62%。同步推进的 70MPa 加氢站采用多层包扎储氢罐（容积 8m^3 ）与空气驱动压缩机技术，中石化在成渝氢走廊建设的综合能源站，日加氢能力达 2.4 吨，单站服务半径扩展至 300 公里，氢燃料重卡加注时间压缩至 8 分钟。

三、循环经济与资源闭环：从线性消耗到零废弃

循环经济是以资源高效利用与循环再生为核心，通过重构经济活动流程，打破传统“资源-产品-废弃物”的线性模式，形成“资源-产品-再生资源”闭环系统的经济发展模式。资源闭环是循环经济的关键实现形式，指通过技术手段和管理创新，使资源在系统内反复循环流动，避免进入自然环境的最终废弃阶段。

1. 包装循环革命

包装循环革命以材料创新与智能调度为核心。菜鸟“绿色包裹”采用生物基胶带（PLA 含量超 60%）与 AI 箱型优化算法，在杭州试点中实现包装材料克重下降 38%、循环箱日均流转次数达 3.2 次，带动单包裹碳排放减少 54%。其区块链溯源系统通过动态碳账本激励机制，已联动 5000 家企业实现包装循环率提升至 71%，年减少原生塑料使用量相当于 1.5 亿个矿泉水瓶。欧洲 EPAL 托盘通过激光蚀刻身份码与物联网循环平台，在奔驰汽车零部件运输中实现 28 国间无缝流转，循环使用次数从 12 次跃升至 24 次，破损率由 7% 降至 1.2%，单托盘全生命周期碳足迹缩减 63%。

京东“青流箱”运用 PP 蜂窝板材（抗压强度达 8.5KN/m²）与自适应折叠结构，配合智能调度算法实现跨城循环（北京-上海 24 小时返箱率达 85%）。其冷链循环箱搭载 UWB 温湿度传感芯片，在阳澄湖大闸蟹运输中创造单箱年循环 32 次的行业纪录，较传统泡沫箱运营成本降低 41%。DHL 与 EPAL 共建的托盘共享池通过区块链追溯系统（读写速度达 5000 次/秒），在欧莱雅供应链中实现托盘定位精度达 10 米级、周转效率提升 3 倍，年减少木质托盘消耗量相当于保护 340 公顷森林。

2. 区域产业共生

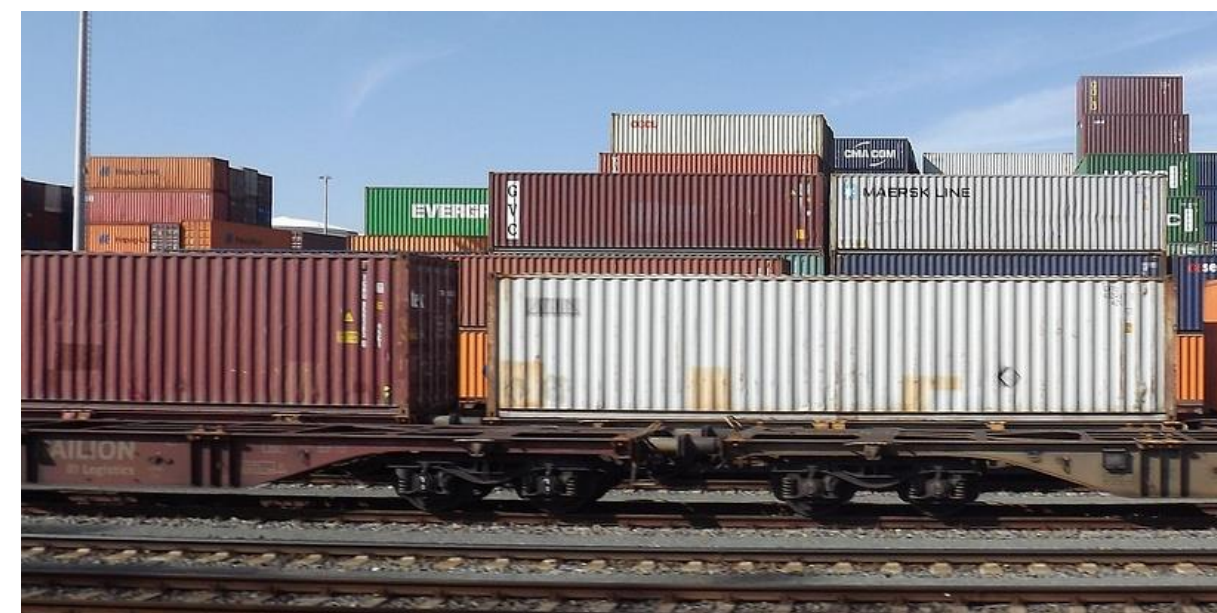
区域产业共生依托智能化分拣与跨行业重构实现资源闭环。京东亚洲一号苏州物流园与 APP（中国）共建的废纸循环链，部署 AI 视觉分拣机械臂（识别精度达 99.7%）和连续式碎解压块机组，将日均产生的 32 吨废纸箱转化为 B 级箱板纸原料，资源化率从 68%提升至 87%，每年减少林木砍伐相当于 340 公顷热带雨林。普洛斯青岛保税园联合海信建立的“塑料—金属”再生系统，通过微波分选（5Ghz 频段）与热解造粒技术，将家电包装废弃物转化为 HDPE 再生颗粒（纯度达 99.2%），已实现园区固废转化量日均 45 吨，较传统填埋处理降低 92%碳排放。

传化重庆智慧港与华新水泥打造的“物流固废-替代燃料”项目，利用水泥窑协同处置技术（1800°C高温）将日均 60 吨废弃木托盘、塑料膜转化为替代煤燃料（热值达 18MJ/kg），使园区固废资源化率突破 83%，同时为水泥厂节省 14%燃料成本。菜鸟广州空港物流园引入生物质气化装置（处理量 8 吨/小时），将果蔬包装废弃物转化为生物燃气（甲烷含量 58%），通过微型燃机发电满足园区 15%用电需求，碳减排量经核证可转化为 CCER 资产交易。

3. 废弃物管理

园区管理“废水、废气、一般废弃物”及危险废弃物的排放量的分类统计与管理。排放量的统计数据有利于反映三废减排的效果，利用物联网+传感设备可实时监测排放数据减少人力资源的占用，并形成企业自身的环境大数据。若存在危险废弃物（如干电池等），对危险废弃物的管理，则能使其污染零扩散、保障园区的生态环境；临时贮存危险废弃物时，采取符合标准的防护措施。

例如，京东物流针对生产过程中产生的废弃物，制定了《固体废弃物控制程序》，并建立了完善的报废处置流程。在工厂废弃物处理方面，一般废弃物经细致分类后，由园区物业每日进行清运，并妥善完成后续处置工作。而对于危险废弃物，京东物流则与具备专业资质的第三方机构签订合同，由其定期开展清运处置工作，且所有处置过程均在国家危废处置系统中进行详细记录，确保全程可追溯。在日常运营中，京东物流对生活垃圾、包装垃圾以及厨余垃圾等，统一交由市政环卫部门进行规范化处理。至于有害废弃物，主要涵盖废旧灯管、废铅蓄电池等，公司委托有资质的第三方环保单位实施闭环处理，以此有效避免对生态环境产生任何负面影响。





第三章

零碳物流园区的实现技术

第一节 关键技术与具体应用

中国物流园区正在积极采用先进技术，以提升运营效率和服务质量。人工智能（AI）和自动化技术在物流园区的应用尤为显著，企业通过 AI 进行需求预测、生产调度和实时决策，显著提高了供应链的响应速度和灵活性。

1. 人工智能（AI）与自动化

人工智能（AI）和自动化技术正加速应用于现代物流园区，成为提升运营效率、降低成本的关键驱动力。通过 AI 的客户需求预测，物流企业能够更准确地优化库存管理和资源配置。例如，京东物流利用 AI 算法分析历史数据与市场趋势，预判高峰期订单量，提前动态调度运力（如增加配送车辆），确保服务质量和订单按时送达。这不仅提升了订单处理准确性，更有效减少了库存积压和资金占用。机器人技术的普及正革新仓储作业。自动化仓储系统通过机器人执行货物搬运和分拣任务，降低了人工成本和操作错误率，提升了工作效率。根据国际可再生能源机构的报告，此类智能化物流园区的建设能够使企业在运营成本上节省 20%至 30%。

实时决策支持系统是 AI 在物流园区应用的另一个重要方面。AI 驱动的实时决策支持系统整合物联网（IoT）数据，全程监控物流环节，赋能管理者快速响应。例如，运输延误发生时，系统能够自动调整配送路线，重新安排运输计划以确保按时交付。这种灵活性和响应速度在激烈的市场竞争中至关重要。研究表明，采用实时决策支持系统的物流企业显著提升了客户满意度和市场响应能力。

2. 物联网（IoT）

物联网（IoT）技术正在深刻改变物流行业，加速智能物流园区的落地。通过在园区内部署传感器和智能设备，企业得以实现对货物状态、设备运行和环境参数的实时监控。这不仅大幅提升运营透明度与整体效率，更显著降低了潜在风险。

例如，苏宁物流园区实时进行环境监控，通过应用无线传感器网络持续监测运输途中温度、湿度及震动数据，确保温敏货物（如药品、生鲜）全程处于安全环境。当某批冷藏药品在运输途中出现温度异常警报时，系统立即联动仓储管理团队和司机。一方面指示调整路线至最近冷藏仓库，另一方面调度备用冷藏设备与货车会合。这套快速响应机制有效保障了药品全程处于安全温区，避免了货损，维护了产品品质与安全。

3. 区块链技术及其他技术

区块链技术正通过提升供应链透明度与交易安全性，重塑物流行业生态。该技术实时、不可篡改的交易记录能力，不仅保障了数据准确性，更在各方间构建了坚实的信任机制。德邦物流已应用该技术实现货物全链路可追溯，从源头杜绝假冒伪劣产品流通。同时，智能合约的自动执行特性大幅降低了人为干预需求，显著提升交易效率与安全性。

此外，多技术协同驱动智能升级。5G 网络为海量设备互联提供高速通道，奠定 IoT 规模化应用基石；机器人流程自动化（RPA）有效精简日常操作，释放运营效率潜力；云计算以弹性算力与存储资源，支撑企业灵活应对数据管理挑战。

4. 绿色转型与硬件改造

(1) 能源管理系统的智能化升级

能源管理系统已成为中国物流园区迈向零碳运营的关键硬件基础，通过智能化手段实现能源效率跃升，显著降低运营成本与环境足迹。以菜鸟网络智能物流园区为例，其构建的全域能源管理平台，依托物联网（IoT）技术实时采集电力、燃气、水等多源能耗数据，并通过大数据分析精准识别能耗峰值与低效环节，驱动节能策略动态优化。该平台实施动态负荷管理，在用电高峰智能调度备用电源，有效削峰填谷；同时建立能耗异常预警机制，保障设备高效运行。实践表明，该系统让园区能耗同比降低 15%，年均电费成本下降约 20%，为物流枢纽的可持续运营提供了坚实的技术支撑。

(2) 绿色基建与交通体系转型

构建电动化交通网络是物流园区实现零碳运输的核心路径，需通过装备迭代与能源结构优化协同推进。在装备电动化升级方面，江苏省通过设备补贴、贷款贴息等政策，规模化推广电动重卡应用，驱动新能源汽车产业链升级，有效降低物流运输碳强度。在布局氢能基础设施方面，南京、苏州等城市加速建设加氢站网络，结合绿电制氢技术，实现氢能运输车辆全链路零碳排放。在融合智能充电系统方面，大多园区广泛部署光储充一体化智能充电桩，利用 AI 算法优化充电时段（如谷电优先），平抑电网峰谷差；同步集成路径规划系统，融合实时交通数据与碳排放因子，动态生成最优配送路线，显著降低空驶率与能源浪费。

(3) 可再生能源生产与储能技术

能源结构转型是零碳物流园区的基石，需系统性构建“生产-存储-消纳”闭环。

园区应充分利用园区屋顶、空地部署光伏发电系统，因地制宜开发风能，大幅替代传统化石能源，实现可再生能源规模化应用。保障智能电网与储能协同，建设智能微电网实现能源柔性分配，配套飞轮储能、液流电池等多元储能技术，使能源稳定供应并提升绿电消纳率。进行氢能等新型能源探索，前瞻性布局绿电制氢、氢燃料电池等应用场景，构建“风光氢储”多能互补体系，为深度脱碳提供技术储备。

第二节 欧洲物流园区的低碳技术应用

当前，欧洲物流园区的发展呈现出规模持续扩大、功能日益多元化的显著特征。许多物流园区已发展成为集仓储、运输、配送及信息处理等多功能于一体的综合性物流枢纽，为欧洲乃至全球贸易活动提供了重要支撑。然而，在能源成本上升、环保要求日趋严格以及市场竞争日益激烈的背景下，

欧洲物流园区亟需通过技术创新应对上述挑战。一些欧洲领先企业已率先开展实践，成功应用多项相关技术，打造了多个低碳、近零碳乃至零碳的物流园区，为行业的可持续发展树立了标杆。

图 1：零碳物流园区技术应用概览



来源：安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告

(一) 智能精细化能源管理系统应用实践

欧洲物流园区的能源管理系统采用分层分布式架构，涵盖数据采集、传输、处理与应用等多个关键环节。具体而言，数据采集层通过传感器和智能表具实时获取园区内电力、燃气及水资源消耗情况以及设备运行状态；网络通信层利用以太网、Wi-Fi、LoRa 等有线与无线技术实现高效且稳定的数据传输；数据处理与分析层则借助大数据分析与人工智能技术挖掘能耗规律，预测需求，并对异常情况进行实时预警；应用管理层通过可视化界面集成能源监控、策略调控及跨系统协同（如仓储管理、运输调度），从而实现能源精细化管理、资源优化配置以及运营效率的整体提升。以荷兰 Eemshaven 物流园为例，其能源管理系统通过集成物联网传感器、AI 算法与实时监控平台，全面覆盖仓储、运输及照明三大主要能耗场景。

图 2：智慧能源管理系统架构图



来源：搜狐网《能源管理系统在电子厂房中的应用》

通过深入分析历史能源数据，并综合考虑时间维度（如季节变化、时段分布）与业务维度（如设备类型、作业环节），采用时间序列分析、回归模型以及机器学习方法（例如 LSTM 神经网络）对能源需求进行精准预测。基于预测结果，园区能够优化能源采购策略，合理调整设备运行方案，从而有效降低运营成本并减少潜在风险。例如，结合天气状况与订单数据，预测用电峰值并提前规划能源分配，实现供需平衡及能效提升。

在设备运行层面，借助智能控制系统实现照明（依据光线强度及人员活动自动开关）和空调（根据温湿度动态调整运行模式）的实时调节，从而有效减少无效能耗；在运输环节，依托大数据分析 with 智能算法优化路线规划、整合货物订单，大幅提高车辆满载率与行驶效率，进而降低运输能耗与成本。以荷兰 Eemshaven 物流园为例，通过动态调整设备运行参数，2024 年园区能耗较上一年度下降 15%，单位货物处理能耗降至 0.8kWh/吨（低于欧洲平均水平 1.2kWh/吨）。此外，德国莱比锡

GVZ 绿色物流枢纽引入基于人工智能算法的运输管理系统，成功将车辆空驶率从 25%降至 12%，每年节省柴油消耗达 180 万升。

物流园区通过区块链平台实现了对供应链各环节碳排放的实时监测，从而达成碳足迹透明化管理的目标。该平台能够实时采集运输车辆、仓储设备及能源消耗等全流程数据，确保碳足迹信息具备不可篡改性和可追溯性。此外，平台整合了物流园区内安装的物联网传感器（如能耗计量设备和运输路径 GPS 追踪器），以每 15 分钟为周期更新碳排放数据，并通过可视化界面展示各环节的碳强度。基于历史碳数据，平台能够预测未来碳排放趋势，为园区在光伏储能配置、氢能车辆采购等领域的投资决策提供量化依据。以瑞典斯德哥尔摩 GreenHub 物流园为例，其数字化碳追踪实践显示，通过平台记录的年度碳减排量（例如 2024 年预计减少碳排放约 3200 吨），GreenHub 不仅能够直接参与欧洲碳交易市场，还将收益用于园区光伏充电桩扩建项目，助力企业实现年均碳强度下降 15% 的目标。

(二) 园区设备升级改造的技术路径与成效

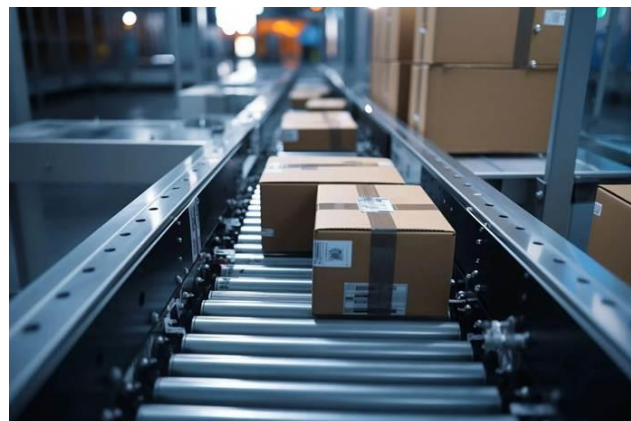
1. 智能化设备升级与应用

欧洲物流园区通过引入仓储设备自动化技术显著提升了运营效率。具体而言，自动导引车（AGV）被应用于货物的智能搬运任务中，其具备激光导航避障及灵活路径调整功能，从而有效提高了作业灵活性与安全性。同时，自动化立体货架系统（例如穿梭车系统）的应用大幅提升了存储密度和出入库效率。此外，通过 RFID 及二维码技术实现货物的自动识别与追踪，并与仓储管理系统进行实时数据交互，确保了仓储作业全流程的精准管控，显著降低了人工操作误差并优化了空间利用率。以德国汉堡物流中心为例，在引入 AGV 系统后，其仓储效率提升了 20%，而人力成本则降低了 30%。

图 3：自动导引车（AGV）



图 4：智能物流输送分拣系统



来源：百度《自动导引车的使用及维护注意事项》、传动网《应用案例 | 德克威尔远程 I/O 模块在物流分拣系统上的应用》

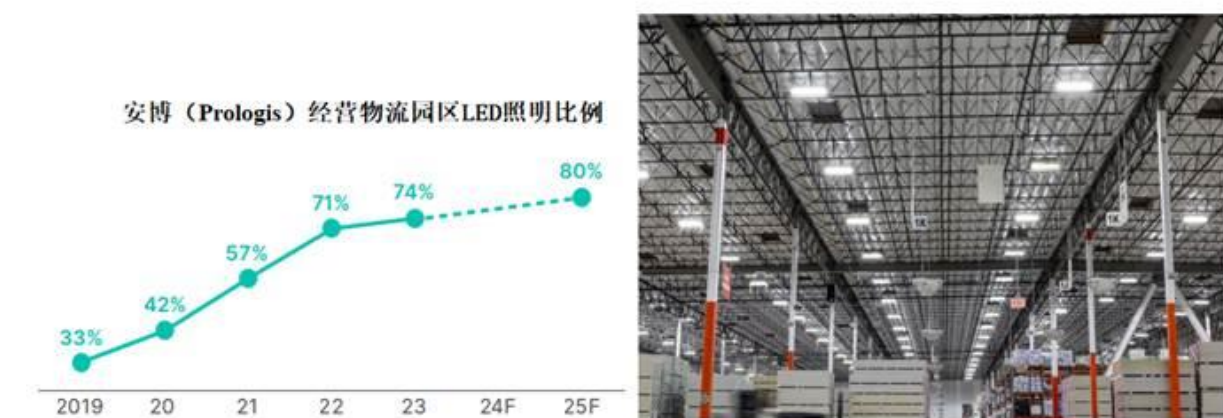
欧洲物流园区通过引入智能分拣与包装设备显著提升了运营效率。智能分拣系统借助传感器、图像识别技术以及先进算法，实现了货物的实时扫描与最优路径规划，每小时可处理数千件货物，准确率超过 99%。同时，配备视觉识别机械臂的智能包装机器人能够根据货物的具体特征自动优化包装方案，从而有效减少材料浪费并大幅降低人力成本，推动物流作业向全流程自动化方向迈进。以法国 Logistique du Rhin 物流园区为例，其部署的机器人分拣系统具备 12,000 件/小时的处理能力，准确率高达 99.9%，相较于传统人工分拣方式，效率提升了 4 倍。

2. 节能环保设备的推广与使用

欧洲物流园区通过升级至 LED 照明系统与引入智能控制系统，显著实现了节能增效的目标。具体而言，更换为 LED 灯具后，照明能耗可降低 60%至 80%。相比传统灯具，LED 灯具的效率高出 5 倍，且使用寿命长达 5 万小时。此外，结合物联网技术的智能系统（如人体感应传感器与光线传感器联动），能够实现无人区域自动关灯、按需调光等功能。同时，通过对能耗数据的实时分析，进一步优化能源使用策略，并支持通过手机或电脑进行远程控制，从而大幅提升管理效率并有效降低运维

成本。截至 2023 年底，全球领先的物流地产开发商安博（Prologis）所持有的物流园区中，已有超过 74%完成了 LED 照明系统的部署，预计到 2025 年这一比例将提升至 80%以上。

图 5：安博（Prologis）物流园区 LED 照明使用情况



来源：安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告

欧洲物流园区加速推广新能源动力设备的应用。以德国 DHL 莱比锡枢纽为例，该枢纽已全面替换传统燃油叉车，采用搭载宁德时代磷酸铁锂电池的电动叉车。这一升级显著提升了设备性能，续航能力较之前提高 40%（单次充电可运行 10 小时），充电时间缩短至 1.5 小时（较铅酸电池减少 60%），同时维护成本下降 35%。在运输端，法国 Geodis 巴黎-戴高乐物流园引入雷诺电动货车车队，并结合 AI 路径优化技术，成功将每日运输能耗降低 22%，实现了园区内短驳运输的零排放目标。英国 DP World 伦敦物流园则通过电动叉车（占比 85%）与沃尔沃电动牵引车的协同作业，使年碳排放量减少 1,200 吨（较 2019 年下降 38%），综合能耗成本节约 28%。根据罗兰贝格《2024 货运物流脱碳白皮书》统计数据显示，截至 2023 年，欧盟 TOP50 物流园区的新能源设备渗透率已达 63%，其中电动叉车市场占比超过 70%。

(三) 可再生能源利用技术的实践探索

欧洲物流园区通过规模化部署太阳能设施，积极推动绿色转型。例如，德国 DHL 莱比锡物流枢纽在仓库屋顶铺设了 12 万平方米的单晶硅光伏板，年发电量可达 15GWh，能够满足园区约 35% 的电力需求。同时，该枢纽还配备了特斯拉 Powerpack 储能系统（容量为 6MWh），确保夜间运营中 70% 的能源来自清洁能源。荷兰 Albert Heijn 赞丹物流中心则采用柔性薄膜太阳能电池覆盖停车场顶棚，总面积达 8.5 万平方米，转换效率高达 18%，每年可减少二氧化碳排放 4,200 吨。在技术应用方面，法国 FM Logistic 里昂园区引入双轴智能跟踪系统，使光伏板发电效率提升了 20%。结合 AI 预测算法优化储能充放电策略后，该园区全年太阳能自给率从 45% 提升至 68%。根据罗兰贝格《2024 货运物流脱碳白皮书》统计，欧盟排名前 50 的物流园区平均光伏覆盖率已超过 60%，其中德国和荷兰领先园区的太阳能发电成本降至 0.08 欧元/度，较 2019 年下降了 40%。

图 6：安博（Prologis）物流园区屋顶光伏系统



来源：安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告

欧洲物流园区通过生物质气化多联产技术实现了能源的高效利用。例如，德国莱比锡 DHL 物流枢纽采用木片和秸秆等原料，经气化生成热值不低于 4.5 MJ/m³ 的可燃气体，驱动燃气轮机发电。该设施年处理生物质原料 15 万吨，同时产出得率为 20% 的生物质炭，用于园区供热系统，使碳排放强度较

传统燃煤降低了 65%。此外，该技术通过无废渣、废水排放的设计，完全符合欧盟《工业排放指令》（IED）的严格环保标准。瑞典斯德哥尔摩 Arlanda 物流中心配置了生物质直燃锅炉，年消耗林业废料 8 万吨，发电量达 64 GWh，热效率为 38%，余热为仓储设施提供供暖，满足园区 70% 的热能需求。荷兰鹿特丹 Port 物流园引入生物柴油（HVO）混合燃料，以废食用油为原料，通过加氢处理技术生产碳强度仅为 14 gCO₂e/MJ 的清洁柴油，供园区内重型运输车辆使用，年替代化石燃料 3 万吨。根据欧洲生物质能协会（Bioenergy Europe）2024 年的数据，欧盟物流园区的生物质能源综合利用率已达到 42%，生物质发电的平准化成本（LCOE）降至 85-110 欧元/MWh，较天然气发电低 18%。采用生物质供热系统的园区年均碳减排量为 2.5 万吨 CO₂e，相当于种植 40 万棵成年树木的固碳能力。

欧洲物流园区在氢能源应用方面表现突出，其中德国莱茵-鲁尔物流中心作为欧洲氢能示范项目，已部署 50 辆氢燃料电池卡车，主要用于跨境货物运输。这些卡车配备了 120kW 的燃料电池系统，单次加氢仅需 10 分钟，续航里程可达 800 公里，能够有效覆盖从德国到荷兰的跨境运输线路。为支持这一运营模式，园区内配套建设了完善的加氢站网络，日供氢能力达到 2 吨。其中，70% 的氢气通过“欧氢走廊”管道（SoutH2 项目）从北非进口，剩余部分则由本地电解水制氢补充。根据 2024 年的统计数据，该物流中心每年可减少柴油消耗 1.5 万吨，降低碳排放 3.8 万吨 CO₂e，相当于种植 6.3 万棵成年树木所产生的固碳效果。

荷兰鹿特丹 Port 物流园区引入了基于氢能驱动的自动化仓储系统，通过采用模块化储氢罐（工作压力为 35MPa）为自动导引车（AGV）及机械臂提供能源支持。该系统创新性地集成了三夹爪机械手与氢燃料电池动力技术，单台设备的存取效率可达 2 秒/件，较传统电动设备提升 40%，同时显著提高了仓储空间的利用率，达到原来的五倍。此外，园区内还运营一支氢能短驳运输车队，配备 20 辆氢能重卡，日均运输里程达 200 公里，氢气消耗量为 8 千克/百公里，综合运营成本较柴油车辆降低了 22%。

意大利北部的维罗纳物流枢纽通过“南部氢走廊”项目成功接入绿色氢能供应链。园区内部署了分布式氢能热电联供系统，年消纳绿氢量达 1,200 吨，发电总量为 18GWh，综合效率高达 65%，能够满足园区 80% 的电力与供热需求。此外，园区还配备了 200 台氢能叉车，采用先进的金属固态储氢技术，单次充氢即可实现连续作业 12 小时，相较于锂电池叉车，其作业效率提升了 30%，同时维护成本降低了 50%。

欧洲物流园区广泛采用地热技术以实现园区的供冷与供热，涵盖浅层地热、中深层地热以及城市废热的综合利用。其中，鹿特丹 Port 物流园通过部署地源热泵系统实现了高效的冷热联供。该系统利用地下 150 米深处恒温层（温度约为 12°C）作为热源和冷源，并配备了 12 台高温热泵机组（单台制热功率为 2.5MW）。在冬季，系统可为仓储空间提供 45°C 的热水用于供暖；而在夏季，则通过逆循环提供 7°C 的冷水用于制冷。全年综合能效比（COP）达到 4.2，相较于传统燃气锅炉节能效率提升了 60%。根据 2024 年的统计数据，该系统已覆盖园区内约 25 万平方米的建筑，每年减少天然气消耗达 120 万立方米，同时降低碳排放量 2,800 吨 CO₂e。

柏林 Eurohub 物流中心引入了中深层地热井技术，通过钻探两口深度达 2,800 米的地热井，提取地下温度高达 110°C 的热水，并利用热交换器为整个园区提供供暖及工艺用热。该系统每年可提供 45GWh 的热量，能够满足园区约 90% 的热能需求，剩余 10% 则由备用生物质锅炉补充。此技术采用闭式循环设计，实现了“取热不耗水”的高效运行模式，回灌率超过 95%，完全符合欧盟《地热能可持续开发指南》的相关要求。

伦敦威斯敏斯特物流枢纽已成功接入城市级地下废热回收网络，通过先进的热泵技术，有效采集泰晤士河水、地铁隧道废热以及下水道余热（热源温度范围为 25-35°C）。经热泵升压处理后，系统可稳定供应 60°C 的供暖热水，满足园区内供热需求。该系统配置了 4 台额定功率为 10MW 的吸收式热泵，年均废热回收量可达 18GWh，供能覆盖面积达 15 万平方米，涵盖仓储及分拣中心等设施。与传统供热方式相比，该系统的综合能源成本降低了约 35%。

(四) 储能技术的创新应用与发展实践

欧洲物流园区普遍采用电池储能系统以实现能源的高效优化。法国 ProLogis 巴黎北二区物流园部署了容量为 2.5 兆瓦时的电池储能系统，通过夜间低电价时段充电、白天高峰时段放电的方式，实现了年电费节省 20%，并使高峰期对电网的依赖降低了 40%。德国 DHL 莱比锡冷链物流中心配置了 3 兆瓦时的储能装置，在 2022 年电网故障期间，该系统能够在毫秒级内切换至应急供电模式，成功避免了冷库中价值 50 万欧元的货物损失。荷兰 Rotterdam Maasvlakte 物流枢纽则结合特斯拉 10 兆瓦时储能系统与屋顶光伏发电设施，实现了 30% 的绿色电力自给率，有效解决了风光发电波动性的问题。根据欧洲储能协会 2023 年的统计数据，通过削峰填谷、应急备电以及风光储协同三大应用场景，欧洲物流行业的能源成本下降了 18%-25%，碳排放量减少了 15%。

图 7：欧洲物流园区电池储能示意



来源：安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告

除了电池储能系统，欧洲物流园区还积极探索了多元化储能技术的应用，例如抽水蓄能和压缩空气储能。瑞士 Gebrüder Weiss 阿尔卑斯物流中心与当地能源公司合作，建设了一座 150MW 的抽水蓄能电站，利用 2100 米与 800 米之间的海拔差进行峰谷套利，根据 2022 年的数据显示，该措施使年度能源成本降低了 18%，同时通过参与瑞士国家电网调频服务，每年获得€320 万的收益。荷兰

Rhenus Logistics 鹿特丹港园区则建成了欧洲首个应用于物流场景的压缩空气储能系统（5MW/40MWh），通过地下盐穴储存压缩空气，在电价低谷时段（0.25€/kWh）进行压缩，并在电价高峰时段（0.78€/kWh）发电，单次循环效率达到 62%，每年节省电费€25 万。据欧盟储能协会统计，抽水蓄能和压缩空气储能物流领域的应用已覆盖欧洲 12 个国家，项目平均投资回报周期为 6-8 年，园区碳排放强度较传统电网供电减少了 22%。

(五) 其他低碳技术的集成应用与突破

欧洲物流园区在低碳建筑技术的应用方面构建了系统化的创新路径。典型实践整合了一种或多种先进技术，包括光伏建筑一体化、地源热泵系统、智能能源管理系统，以及模块化装配式建筑和绿色建筑材料的使用以降低隐含碳排放。以德国杜伊斯堡“Logport 4.0”园区为例，其 12 万平方米屋顶光伏年发电量可达 9.8 亿千瓦时，结合储能系统实现了 60% 的能源自给率；荷兰阿尔梅勒“Schiphol Trade Park”通过地源热泵与辐射板系统的结合，使冬季供暖能耗降低了 45%；丹麦哥本哈根“CityCargo”物流中心采用 CLT 交叉层压木结构，相较于传统钢结构减少了 62% 的隐含碳排放。监测数据显示，这些园区平均实现了运营碳减排 35%-50%，能源成本下降 28%。其中，杜伊斯堡园区通过数字孪生平台实现了能耗动态优化，设备能效提升了 19%。上述项目充分验证了低碳技术在物流建筑领域兼具环境效益与经济效益的可行性，其技术集成模式已形成标准化的技术包，平均投资回收期缩短至 6-8 年。此外，这些建筑还获得了多项国际权威认证，例如安博（Prologis）位于荷兰埃因霍温的 DC4 物流园成为全球首个获得零碳认证的工业建筑，并荣获英国建筑研究院 BREEAM 杰出认证及国际 WELL 建筑协会（IWBI）WELL 金级认证。

此外，欧洲物流园区的全面电气化正逐渐成为实现零碳转型的核心路径。通过构建“光伏+储能+智能电网”的综合能源体系，园区能够实现能源闭环管理。例如，瑞典哥德堡的“Port of Gothenburg Logistics Hub”物流园区已完全采用电气化设备替代传统柴油动力系统，部署了 25MW 屋顶光伏发电系统、4MWh 液流电池储能设施以及 60 台电动叉车，并配套动态电价响应机制，实现了 93% 的清

图 8：安博（Prologis）的物流园区



来源：安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告

洁电力自供率。荷兰鹿特丹的“Ceres Parc”物流中心则采用了全电热泵供暖系统、LED 智能照明设备和电动卡车充电桩，结合人工智能负荷预测算法，全年用电成本降低了 32%，碳排放强度降至 12kgCO₂/m²（仅为行业平均水平的 18%）。监测数据显示，与传统园区相比，全面电气化的物流园区能源效率提升了 40% 以上。德国不莱梅的“E-Hub Bremen”项目进一步通过 V2G（车辆到电网）技术将电动货车电池纳入微电网调度，使峰谷电价套利收益增加了 27%。这些实践充分证明了电气化技术组合在物流场景中的规模化适用性。根据欧盟测算，全面电气化改造可使物流园区生命周期内的碳足迹减少 68%-82%，且投资回报周期稳定在 7-9 年。

可见，欧洲物流园区通过多维度的技术创新引领低碳转型。在能源管理方面，构建分层分布式智能系统，集成物联网传感器与人工智能算法，实现能耗的动态监测与优化调度；在设备升级领域，广泛应用自动导引车（AGV）、自动化立体仓储系统等先进技术，显著提升作业效率；同时，整合光伏发电、氢能车辆等清洁能源技术，并依托区块链平台对全流程碳足迹进行精准追踪；选择绿色建筑材料以降低隐含碳排放；园区建筑及设备全面电气化，在大规模应用绿色电力的基础上实现零碳运营。这些实践不仅有效降低了能耗与碳排放，更为全球物流行业提供了可复制的低碳运营范式，推动行业向高效化与零碳化加速转型。



第四章

零碳物流园区的典型案列

第一节 安博（Prologis）荷兰埃因霍温 DC4 物流园区

安博（Prologis）作为推动产业升级的关键基础设施投资商与运营商，在全球现代物流基础设施领域处于领先地位，其高效的物流网络覆盖全球主要物流枢纽、工业园区以及城市配送中心等关键战略节点。安博（Prologis）旗下位于荷兰埃因霍温的 DC4 物流园，总面积 39,560 平方米，2020 年竣工，是全球首个获国际未来生活研究院（ILFI）零碳认证的工业建筑，同时斩获 BREEAM 杰出认证与 WELL 金级认证。

为实现净零碳排放并转型为净能源生产者，园区创新应用三大技术体系。

- 通过优化设计减少 10% 建材用量，使用 C2C 认证的低排放可回收材料及生物基建材（80% 办公饰面为循环材料），采购本地 FSC 木材及 CSC 认证混凝土，使隐含碳削减 30%；
- 推行全面电气化，以全电力供暖系统替代化石能源，并强化建筑围护结构降低运营能耗；
- 安装 1397kW 光伏系统，首年发电量达 3.5MWh，远超 1.7MWh 的耗电量，盈余电力相当于 700 户荷兰家庭年用电量，余电回输电网创造收益。经数据验证，至 2030 年光伏发电将完全抵消施工排放并超额覆盖运营需求。

1. 绿色建筑材料

在埃因霍温 DC4 项目中，安博（Prologis）凭借灵活的架构设计，成功优化并减少 10% 的建筑材料用量。项目全程采用可持续建筑材料建造，运用从摇篮到摇篮（C2C）理念下的低排放、可回收及生物基建筑材料。同时，通过 FSC 认证确保所有木材产品均来自管理良好的森林，并优先选择就近供应商，有效降低施工相关的碳排放。

在建筑施工时，浇筑地基的混凝土采用来自 Betonhuis 的低排放且经 CSC 认证的混凝土，采购自责任意识强的供应链；选用来自 Kingspan 的低排放屋顶隔热材料；该建筑办公饰面约 80% 为循环利用材料。这些措施使主要建筑材料总隐含碳减少 30%。

图 9：埃因霍温 DC4 项目屋顶及建筑饰面材料



来源：安博（Prologis）官网

2. 全面电气化

除传统用电系统外，埃因霍温 DC4 项目整合全电力供暖系统，以电力完全取代天然气等化石能源，成功实现园区“全面电气化”。并且，项目针对园区高效运营进行优化设计，大幅提升建筑围护结构性能，有效降低运营阶段能耗，进而显著减少碳排放。

3. 可再生能源应用

为进一步抵消建筑生命周期内的碳排放，降低建筑运行中的碳排放，安博（Prologis）集成太阳能光伏发电系统，装机容量高达 1397kW。项目竣工首年，发电量达 3.5 兆瓦时（MWh），而用电量仅为 1.7 兆瓦时（MWh）。也就是说，整个项目剩余总电量相当于约 700 个家庭一年的用电量（按荷兰家庭平均年用电量 2500 千瓦时计算），这使该项目不仅能充分发挥物流设施功能，还成为社区可再生能源的重要供应源。

图 10：埃因霍温 DC4 项目局部光伏系统



来源：罗戈网

与其他工业建筑不同，埃因霍温 DC4 竣工后的一年里，安博团队持续收集数据并深入分析，精准验证其节能效率及对碳排放的影响。预计到 2030 年，该项目的现场太阳能发电量不仅能抵消施工产生的总排放量，还将超过该设施运营所需总电量。建筑使用能源量少于所有光伏发电产生的能源量，切实保证园区在运行阶段实现零碳排放，其创造的“剩余”电量又能回流至电网，获取额外经济收益。

第二节 美国莫雷诺谷世界物流中心

美国加利福尼亚州莫雷诺谷市正投资 250 亿美元打造世界物流中心，项目占地约 10.5 平方公里，规划建设超 372 万平方米的仓储空间，预计 2030 年竣工。该枢纽依托 215 号州际公路等交通动脉，定位为北美最大物流基地，建成后将实现货物 24 小时覆盖美西、72 小时通达全美大陆。

1. 智能机器人

机器人将被用于执行各种重复性的任务，包括货物的存储、拣选、分类，旨在大幅提高仓库的运营效率和空间利用率。堆垛机机器人仓储管理系统相连，能够实时接收和反馈货物的存储、搬运等信息。它可以将货物的位置信息、状态信息等上传到仓储管理系统中，以便管理人员进行实时监控和管理。同时，堆垛机机器人也可以接收系统下发的指令，按照指令进行操作。

2. 电动货运车队

电动重卡将被应用在运营过程中，尤其是在短途运输中，电动重卡不仅能减少碳排放，还能大幅降低运营成本（如燃料和维护成本），放大了车队的规模效应。车队的智能管理系统也能够高效地协同各个环节，包括车辆的调度、能源的管理、车队的运营状况等。电动物流车的原生数字化特性，使得车队对人员的依赖性减少，尤其是在运营和调度中，数字化系统能够自动优化资源配置，减少人工干预，提升管理效率。

3. 自动驾驶技术的应用

它将利用自动驾驶汽车（AV）和电动汽车（EV）技术，包括 1,080 个电动汽车充电站。自动驾驶汽车（AV）可以优化路线、提高燃油效率，并通过预测性最大限度地减少停机时间，所有这些都有助于降低运营成本，这些效率至关重要。自动驾驶卡车（EV）可以在城市街道中灵活穿梭，减少交通拥堵和尾气排放，同时缓解卡车司机短缺的问题，降低运营成本。

4.创新节水系统

该中心还将优先考虑节约用水，预计每年可节约 6.53 亿加仑的水。现在很多数据中心都是用水将服务器中的废热传导出去。温热的水被输送到冷却塔，就会变成水雾，进而蒸发。该流程是将热能从水中传导出去，进而达到冷却目标的过程。但是持续这个过程需要大量的水来补充蒸发掉的水。相比之下，热虹吸式混合动力冷却系统使用的是液体制冷剂来散热。计算机中心加热的水被抽入一个密闭的系统中，再接入一个装满制冷剂的系统中。制冷剂可以吸收水中的热量，已冷却的水可以再次循环使用。热的制冷剂将会蒸发，上升到密闭系统中，与大气交换热量。随着制冷剂中的热量散发出去，制冷剂会凝结并吸收更多的热量，如此循环。

5.智能化管理系统

WMS 仓库管理系统 (Warehouse Management System) 是一个智能化系统,具有全流程管控能力,确保货物的高效储存和快速分拣。通过全流程数据打通,从智能入库在源头上实现精准管控,自动化数据采集,通过 PDA (手持终端) 或条码扫描技术,实时采集货物信息,自动同步至系统,避免人工录入错误;智能分配策略:系统根据货物属性自动推荐最优存储位置,减少无效搬运。精细的在库管理,实时库存可视化,客人可以实时查看订单状态。高效出库,订单智能分波,根据订单类型 (B2B/B2C)、优化作业优先级,系统自动规划最短拣货路径,在拣货、复核、打包环节设置多重校验 (如重量比对、条码复核),确保出库货品与订单完全一致;物流协同管理:对接快递系统,自动生成面单并推送物流信息,客户可实时追踪包裹状态,并能够在最短的时间内收到自己的订单。

此外,该净零开发项目还将拥有超过 4000 万平方英尺的太阳能集成屋顶空间;借助现场电池存储和微电网,有望不依赖外部电网等。项目团队将包括 300 名专业人员,将提供土木工程、工业建筑建筑、地理信息学、水和废水设计、景观建筑、城市规划、智能移动和视听咨询、资金咨询以及能源和创新设计。

图 11: 莫雷诺谷世界物流中心屋顶光伏规划图



来源: 罗戈网

第三节 普洛斯物流园

普洛斯 (GLP) 是一家全球领先的专注于供应链、大数据及新能源领域新型基础设施的产业服务与投资管理公司,总部位于新加坡,业务遍及中国、日本、美国、欧洲等 17 个国家和地区。在中国 70 个城市拥有 450+物流园、制造园区、数据中心等。

普洛斯宝山物流园总建筑面积 24.3 万平方米,获得美国绿色建筑评估标准体系 LEEDV4.10+M:EB (既有建筑运营与维护) 铂金级认证,是国内获此认证中体量最大的综合物流园。

园区借助自主研发的海纳碳管理平台,对运营过程中的碳排放进行实时跟踪与分析,实现了全面化的碳管理。在能源替代方面,园区配置了屋顶分布式光伏、储能及充电设施,其中屋顶光伏每年可产生约 2750 兆瓦时绿电,能减少 2176 吨碳排放;新能源充电桩全年可减少 36.9 吨碳排放,满足 26 万公里的绿色交通旅程需求。

照明系统上，园区安装了智慧路灯系统以实现最优照明和节能效果，同时利用屋顶天窗引入自然采光，并采用 LED 照明设施，相较传统白炽灯能耗降低 50%-60%。

在运营环节，通过智慧预约入园、自动导引至月台等方式，减少了车辆及仓库运营的碳排放；还向租户推行新能源商用车使用，并配备相应充电站，进一步降低园区车辆运输环节的碳排放。

此外，园区着力营造“花园式物流园区”，绿植覆盖面积达 3.1 万平方米，全年可吸收约 45 吨碳排放。在人文体验层面，倡导员工采用绿色通勤方式，配备的电动车充电装置、非机动车专用停放区域等得到了超 85% 员工的响应。

普洛斯 Magnitude 314 仓库位于英国米尔顿·凯恩斯 Magna Park，该项目已给当地社区创造了超过 480 万英镑的社会和经济价值。

园区在建设运营中注重绿色环保与生态友好。在材料选用上，采购天然未处理的木材，为工作环境增添自然气息，有助于舒缓压力；同时在混凝土中掺入磨细高炉矿渣（GGBS）替代部分水泥，有效降低了混凝土的隐含碳排放，还尽可能减少施工现场外的泥土运输，降低对周边环境的扰动。

能源利用方面，广泛采用光伏与太阳能技术，既缩减了能源成本，又显著减少了碳排放；人工照明系统则全部采用 LED 灯，并借助分析技术对其进行监控，在降低成本的同时持续改进工地的环境影响，同时安装智能电表实现对能源消耗的精准监测。

生态保护层面，优先采购当地景观绿植、种植本土树木品种，还尽可能部署蜂巢以协助绿植授粉，通过这些举措积极促进生物多样性的恢复与维系。

第四节 京东“亚洲一号”西安园区

京东“亚洲一号”西安智能物流园占地面积约 283.69 亩，是西北地区规模最大的智能物流中心之一。其建筑面积近 30 万平方米，每日高效流转超过 50 万件订单。

园区充分利用当地丰沛的日照资源，在屋顶铺设总面积达 10 万平方米的光伏发电设备，装机规模覆盖屋顶超三分之一。这套 9MW 光伏系统 2021 年发电量高达 956 万千瓦时，不仅完全满足园区自身用电需求，剩余绿电还通过智能微网实现高效调配。这相当于 4410 户家庭的年用电量，相较火力发电，每年可节约燃煤约 2900 吨，直接减少碳排放 5833 吨，较使用市电减少碳排放约 5800 吨。光伏电力白天照亮办公区域，夜晚则通过“汽车+车棚+充电桩+光伏”试点项目，为园区内作业车辆及访客的新能源车提供清洁动力。

图 12：京东“亚洲一号”西安智能物流园屋顶光伏



来源：新华网

为最大化绿色能源效益，园区集成“光伏+储能+CCER 碳抵消”模式。分布式锂电池储能系统灵活调节绿电供需，缓解电网高峰压力。对于无法完全消除的剩余排放，园区购买国家核证自愿减排量（CCER）进行外部抵消，开创了我国物流园区“自主中和+外部抵消”双路径实现碳中和的先河。

在能源使用环节，园区将节能减碳融入每个细节。自动化立体仓库采用先进的“黑灯”作业模式，订单到达时系统自动调货出库，传输装置无任务时 1 分钟内自动断电，据测算每分钟可省电 2283 度（约一户家庭一年半用电量）。同时，电子面单系统大幅减少胶带使用，智能温控技术优化冷库能耗，分布式空调满足精准供暖，新能源特种设备逐步引入。结合无纸化交接等数字化手段，形成了一套覆盖能源生产、存储、使用及碳管理全流程的可复制低碳方案。

2022 年，京东物流“亚洲一号”西安智能产业园获得碳中和认证证书。此次碳中和认证按照国际通用标准 ISO 14064 对园区温室气体排放进行核查。根据核查结果显示，园区实现了仓储屋顶分布式光伏发电系统和储能系统的应用，自主中和部分温室气体排放，剩余排放量在北京绿色交易所的支持和指导下，通过购买国家核证自愿减排量 CCER 进行抵消，实现 2021 年度西安智能产业园区的碳中和，成为我国首个“零碳”物流园区。

第五节 联合利华中国合肥物流园

联合利华中国合肥物流园是联合利华在中国的重要物流枢纽之一，承担着联合利华在华业务的物流配送和仓储管理功能。该物流园位于安徽省合肥市，占地面积约 100,000 平方米，拥有现代化的仓储设施和高效的物流管理系统。自 2015 年投入运营以来，合肥物流园一直致力于通过技术创新和管理优化，实现低碳、高效和可持续的运营目标。

环境维度，以绿色建筑与可再生能源为特色。通过绿色建筑和可再生能源的应用，合肥物流园显著降低了碳排放和能源消耗。与传统物流园区相比，合肥物流园的碳排放减少了约 40%，能源消耗降低了约 30%。

1. 绿色建筑设计及实施

隔热材料应用：合肥智慧物流园在仓库屋顶安装了高效的隔热材料，有效减少了夏季制冷和冬季供暖的能耗。例如，京东“亚洲一号”合肥智慧物流园采用了先进的隔热技术，通过优化屋顶隔热层，降低了室内温度波动，减少了空调使用频率。

自然采光与通风设计：园区内的建筑通过合理的布局和设计，最大限度地利用自然光和空气流动。例如，联合利华合肥物流中心采用了大跨度的建筑结构，结合高侧窗和通风口，实现了自然采光和通风，降低了人工照明和空调的使用频率。

2. 可再生能源的应用

太阳能光伏发电系统：合肥物流园安装了总容量为 1.2 兆瓦的太阳能光伏发电系统，年发电量可达 120 万千瓦时，满足了园区约 30% 的用电需求。例如，吉电股份在合肥的物流园区项目中，利用园区屋顶资源开发分布式光伏项目，不仅解决了部分用电需求，还降低了用电成本。

雨水收集系统：园区配备了雨水收集系统，收集的雨水经过处理后用于绿化灌溉和道路喷洒，每年可节约用水约 50,000 立方米。这种雨水收集和利用方式在合肥的多个物流园区中得到了广泛应用，有效减少了对市政供水的依赖。

3. 碳排放管理

优化物流配送路线：合肥物流园通过优化物流配送路线，减少了运输过程中的碳排放。例如，派河港物流基地通过定制铁海联运方案，相比传统的汽运减少了 40% 的运输成本和碳排放。

电动叉车和电动牵引车的应用：园区引入电动叉车和电动牵引车，实现了装卸和搬运作业的零排放。例如，合肥的物流园区广泛推广电动叉车，减少了传统燃油叉车的尾气排放。

绿色包装材料的使用：园区与供应商合作，推动绿色包装材料的使用，减少了包装废弃物的产生。例如，京东“亚洲一号”合肥智慧物流园通过推广可循环包装和环保材料，降低包装废弃物的产生。

社会维度，以员工福祉与社区参与为特色。合肥物流园在员工福祉和社区参与方面的努力，提升了企业的社会形象和员工的忠诚度。通过提供良好的工作环境和职业发展机会，园区吸引了高素质的人才，提高了工作效率和创新能力。此外，通过参与社区活动，合肥物流园增强了与当地社区的联系，提升了企业的社会认可度。

1. 员工福祉

联合利华重视员工的健康和福祉。合肥物流园为员工提供了安全、舒适的工作环境，配备了现代化的休息区和健身设施。园区还定期组织员工健康检查和心理健康培训，提升员工的健康意识和生活质量。此外，合肥物流园还为员工提供了丰富的职业发展机会，通过内部培训和外部学习交流，帮助员工提升专业技能和综合素质。

2. 社区参与

合肥物流园积极参与社区建设，通过多种方式回馈社会。园区定期组织志愿者活动，参与社区的环保和公益项目。例如，园区员工每年都会参与当地的植树活动，为改善社区环境贡献力量。此外，合肥物流园还与当地学校合作，开展环保教育活动，向学生普及可持续发展的理念和实践。

公司治理维度，以可持续发展战略与管理体系为特色。合肥物流园的可持续发展战略和管理体系，为企业带来了长期的竞争力。通过明确的目标和行动计划，园区能够有效地应对环境和社会挑战，提升企业的可持续发展能力。此外，通过增强透明度和信息披露，合肥物流园增强了与利益相关方的沟通和信任，为企业的长期发展奠定了坚实的基础。

1. 可持续发展战略

联合利华将可持续发展纳入企业战略的核心。合肥物流园作为联合利华的重要组成部分，全面贯彻了公司的可持续发展战略。园区制定了明确的环境目标和行动计划，通过定期的环境审计和绩效评估，确保各项措施的有效实施。此外，合肥物流园还积极参与联合利华的全球可持续发展项目，分享最佳实践和经验。

2. 管理体系与透明度

合肥物流园建立了完善的管理体系，确保可持续发展目标的实现。园区采用了先进的环境管理系统（EMS），对能源使用、废弃物处理和污染物排放进行实时监控和管理。此外，合肥物流园还定期发布可持续发展报告，向利益相关方披露环境和社会绩效，增强了企业的透明度和公信力。

未来，联合利华中国合肥物流园将继续以绿色可持续为导向，不断升级物流服务效能。这座占地 10 万平方米的现代化枢纽，不仅是联合利华在华业务的坚实后盾，更将成为行业内低碳物流的标杆。

第六节 宁波梅山零碳港

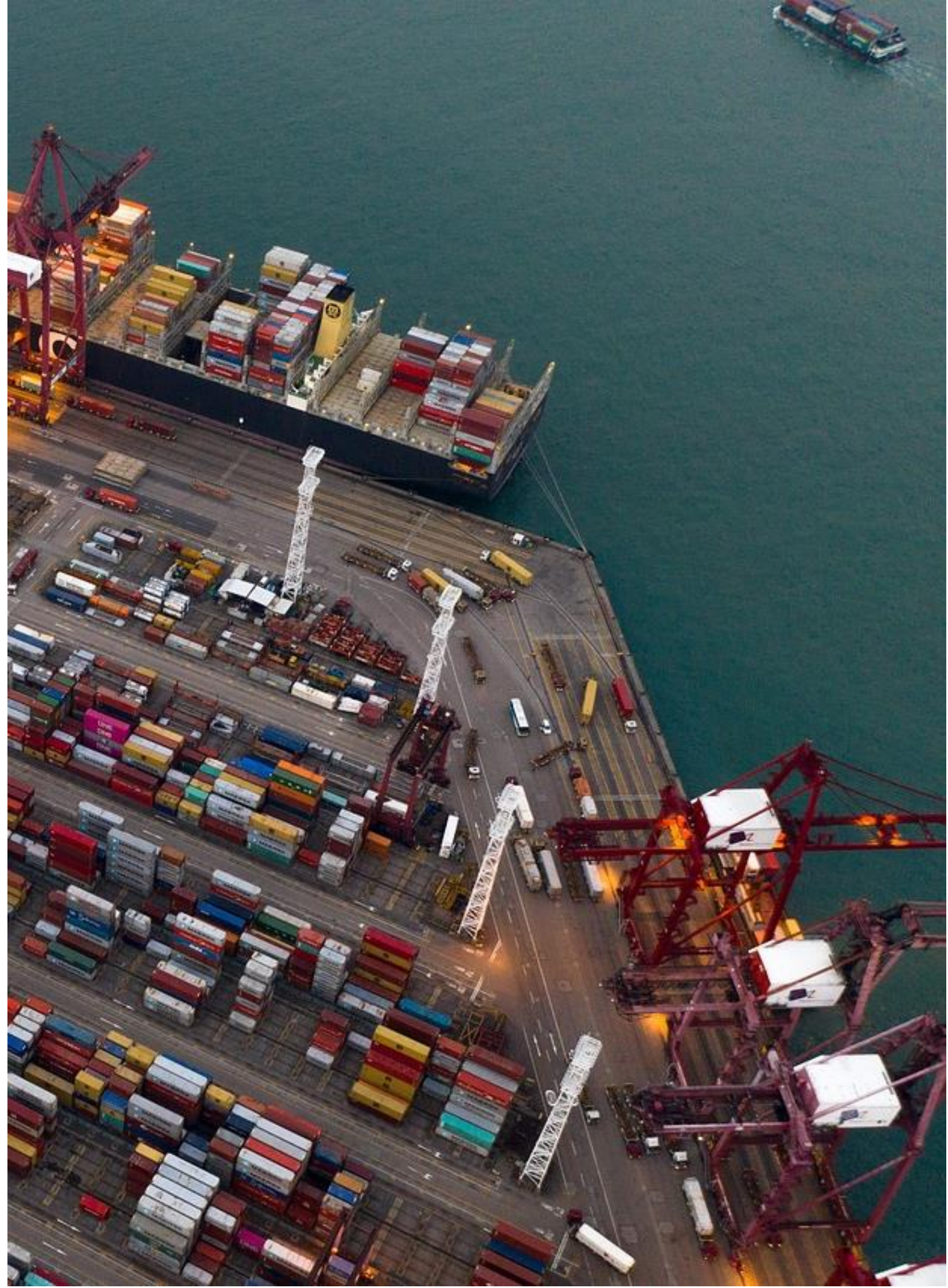
作为全国首个通过 ISO 14064 认证的港口型物流园区，宁波梅山零碳港是宁波舟山港梅山港区打造的绿色港口标杆，在高效运营与低碳转型方面形成了独特模式。作为浙江省首个绿电码头，该港区于 2024 年 8 月建成低碳码头示范工程，通过“风光储一体化”项目实现能源清洁化转型，年清洁能源发电量达 5917 万千瓦时。同时，它还是全国港口领域首个“源网荷储”全互动示范项目，以“源端清洁化、终端电气化、调控智慧化”为目标，构建起覆盖风电、光伏、储能及智能微网的完整能源体系。

其核心竞争力源于创新的能源体系与技术应用。在能源供给上，港区建设了 4 台 6.25 兆瓦风机（单叶片长 93 米，每圈扫风面积超 2.7 万平方米）和 1.72 兆峰瓦光伏项目，配套 1 兆瓦/2 兆瓦时储能系统，形成“自发自用、余电上网”的能源闭环，绿电消纳率达 65%以上。这套储能系统满电时，可满足一艘 6 万吨级货轮靠泊 2 小时的用电需求。在智慧管理方面，港区搭建了能源管理系统，实时监测碳排放并优化风光储协同调度，通过智能微网提升电网稳定性，目前港口装卸设备已实现 100% 清洁能源驱动，电动集卡、岸电等设备的应用，每年可减少约 1.2 万吨标准煤的柴油消耗。

低碳运营模式贯穿于港口全流程。10 个泊位实现高低压岸电全覆盖，船舶靠泊期间全程使用岸基供电——比如集装箱船“宝城”轮靠泊 26 小时耗电 2.5 万千瓦时，单台风机一天的发电量就能满足这类需求。同时，港区推广 164 辆电动集卡（电动化率 42%）、LED 智能照明系统及混合动力油龙设备，从运输到照明的各个环节降低碳排放。

其示范价值不仅局限于港区内部，更带动了区域产业协同。梅山港区联动周边自贸试验区打造新能源供应链平台，吸引亿航智能等企业布局 eVTOL 低空物流试验线，探索“零碳运输+智慧物流”的融合路径；宁波经开区则整合保税区、综保区资源，形成绿色石化、新能源汽车等低碳产业集群，2022 年规上工业碳排放强度同比下降 9%。这种“港口零碳核心+产业低碳集群”的模式，让零碳效益从物流环节延伸至产业链上下游。

未来，梅山零碳港还将进一步扩大风光储一体化项目覆盖范围，目标是将港区绿电使用比例提升至 80% 以上，并探索氢能、余热回收等新技术应用；同时深化与碳交易市场的衔接，开发绿电交易服务，构建长效低碳运营体系。宁波梅山零碳港以“风光储+智慧管理”双轮驱动，正持续为港口行业绿色升级注入动力。



参考资料

1. 《规划环境影响评价技术导则产业园区》（HJ 131—2021）
2. 《零碳园区评价通则》（T/CIECCPA 031—2023）
3. 《物流术语》（GB/T18354—2021）
4. 《CDI2024 零碳园区创建指南 19 页》
5. 《综合运输概论》
6. 《国务院关于印发“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知》
7. 《实施降低物流成本行动 深化综合运输体系改革-交通要闻-中华人民共和国交通运输部》
8. 《2022 年零碳园区实践白皮书》
9. 中国物流与采购联合会. (2023). 中国物流行业发展报告.
10. 国际物流与运输协会. (2023). 全球物流市场趋势分析.
11. Zhang, Y., & Wang, L. (2022). "The Impact of E-commerce on Logistics Development in China." 'Journal of Logistics Research', 15(3), 45-60.
12. Müller, J., & Schmidt, R. (2021). "Sustainable Logistics in Europe: Challenges and Opportunities." 'European Journal of Transport and Infrastructure Research', 21(2), 123-140.
13. 京东物流. (2023). "京东物流智能化转型案例分析." Retrieved from [京东官网](https://www.jd.com).
14. 中华人民共和国交通运输部. (2022). '国家物流枢纽建设实施方案'.
15. 中国国务院. (2021). '物流业发展中长期规划（2021-2035 年）'.
16. Christopher, M. (2016). 'Logistics & Supply Chain Management'. Pearson Education.
17. Rodrigue, J.-P., & Notteboom, T. (2017). 'The Geography of Transport Systems'. Routledge.
18. 《中国首个“零碳”物流园区建成！全链路减碳背后，京东物流在绿色可持续中不断前行-京东物流官网》<https://www.jdl.com/news/2056/content00582>
19. 京东物流 2021 年 ESG 报告、2023 年 ESG 报告
20. 安博（Prologis）官网.零碳解决方案.
<https://www.prologis.nl/en/real-estate/development-and-acquisitions/zero-carbon-solutions>.
21. 安博（中国）. 行业领先！安博物流设施获全球首个零碳认证.
<https://www.logclub.com/articleInfo/NjgyOTk=>.
22. 安博（Prologis）2023-2024 ESG 报告.
23. Geodis 清洁运输计划.<https://geodis.com/cn-zh/freight-solutions/project-logistics>.
24. DP World 官网.<https://www.dpworldlogistics.eu/>.
25. DHL 官网「莱比锡零碳枢纽」项目页（2024 年 4 月更新）.<https://lot.dhl.com/zh-hans/>.
26. 法国能源署（ADEME）《物流园区光伏技术应用案例集》.
27. 欧洲光伏产业协会（SolarPower Europe）年度报告.
28. DHL 物流园区物联网技术应用报告
29. UPS 大数据分析优化配送路线案例研究
30. FedEx 人工智能技术应用报告
31. 海外创新案例：开辟氢能源燃料电池线边仓储的高效革新之路.
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/7919243721>.
32. Roland Berger. 2024 Freight Logistics Decarbonization Whitepaper: LEAD the green wave, bring the DEEP impact.
33. 中国流通与贸易. (2005). ‘中国物流行业发展报告’.
34. Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2002). 'Supply Chain Logistics Management'. McGraw-Hill.

INTRODUCTION



关于上海现代服务业联合会

上海现代服务业联合会，是由本市主要从事服务业的行业协会、学会、商会等社会组织及企事业单位自愿组成的跨行业、跨领域的综合性枢纽型非营利社团组织。拥有会员单位1500余家，其中200余家为行业协会、学会、商会等社会组织，覆盖了金融、信息、科技、商务、生产、公共、专业服务等多个领域，基本囊括上海市服务业的所有行业。

以联合会为主发起设立了上海现代服务业企业促进中心、上海经贸商事调解中心、上海现代服务业发展研究院、上海现代服务业发展基金会、上海现代服务业标准创新发展中心等五个民非实体机构，并牵头成立长三角现代服务业联盟，具有全面服务社会、助推经济发展的综合实力和核心竞争力。

2024年3月，上海市商务委关于印发《加快提升本市涉外企业环境、社会和治理（ESG）能力三年行动方案（2024-2026年）》，明确上海现代服务业联合会承担着“加大对ESG理念的宣传力度”的主要任务。



关于荣续ESG智库研究中心

荣续ESG智库研究中心，致力于推动“绿色共赢”的可持续发展理念，成为企业ESG发展的长期伙伴。我们通过ESG行业研究、优秀案例研究、政策和标准研究、热点和趋势分析等，解决气候变化、环境、社会、公司治理等领域的信息缺乏或信息不对称的问题，为企业提供可落地、可复制、可持续的ESG 解决方案，帮助企业践行ESG理念，创造长期价值。

荣续智库研究中心汇聚了各行业的ESG专家和研究员，他们在各自领域拥有丰富经验和卓越能力。这些专家大部分是来自品职教育的ESG持证学员。品职教育拥有超过百万的活跃ESG学习社群，以及超过3万名ESG人才组成的人才库，是荣续智库坚实的人才资源。

荣续智库将继续发挥行业经验，秉持深刻洞察力和强大执行力，帮助企业将ESG有效整合到核心战略中，助力企业在ESG领域实现突破，创造社会和经济双重价值。

ESG白皮书系列 已出版

01 纺织服装行业ESG白皮书	11 包装行业ESG白皮书	21 机械储能行业ESG白皮书	31 通信设备行业ESG白皮书	41 电力行业ESG白皮书
02 食品饮料行业ESG白皮书	12 印刷行业ESG白皮书	22 电化学储能行业ESG白皮书	32 家居装饰行业ESG白皮书	42 物业行业ESG白皮书
03 汽车行业ESG白皮书	13 包装印刷行业ESG案例白皮书	23 化学储能行业ESG白皮书	33 互联网教育行业ESG白皮书	43 有色金属行业ESG白皮书
04 化工行业ESG白皮书	14 家电行业ESG白皮书	24 出海欧盟 行业ESG白皮书	34 医疗器械行业ESG白皮书	44 零碳物流园区发展白皮书
05 环保行业ESG白皮书	15 美妆行业ESG白皮书	25 银行绿色金融行业ESG白皮书	35 医疗卫生行业ESG白皮书	45 零碳园区发展白皮书
06 新能源行业ESG白皮书	16 钢铁行业ESG白皮书	26 跨境电商行业ESG白皮书	36 康复辅具行业ESG白皮书	
07 半导体行业ESG白皮书	17 物流及航运物流行业ESG白皮书	27 光储充行业ESG白皮书	37 酒旅行业ESG白皮书	
08 医药行业ESG白皮书	18 航空物流行业ESG白皮书	28 电子元器件分销行业ESG白皮书	38 零碳产城融合项目发展白皮书	
09 财会行业ESG白皮书	19 建筑行业ESG白皮书	29 建筑材料行业ESG白皮书	39 零碳产城融合项目案例白皮书	
10 金融“一带一路”ESG白皮书	20 储能行业ESG白皮书	30 通信服务行业ESG白皮书	40 白酒行业ESG白皮书	

合作咨询请联系
(扫码添加联系人)



欢迎关注荣续ESG智库研究中心
为您提供最新的ESG资讯
共同探索可持续发展的未来

