

《中国交通零排放转型蓝皮书》系列

# 中国交通零排放转型案例集

——暨中国清洁交通伙伴关系2025年度综合研究

## 版权说明

©2025 中国清洁交通伙伴关系 (CCTP) 版权所有。本书邀请了来自不同机构的专家或团队共同撰写，每位专家对于其所著部分享有版权。未经授权，任何机构或个人不得以任何形式进行复制或转载。联系方式：INFO@ICET.ORG.CN。

## 关于CCTP

中国清洁交通伙伴关系（英文China Clean Transportation Partnership，简称CCTP）是由从事中国清洁交通创新机制研究与推动的机构共同发起成立的非政府、非营利、自愿性的交流、合作及观点传递平台。秉承“独立、专业、共享、包容”的工作理念，通过跨部门、跨行业、跨机构、跨地域的交流与合作，聚焦政策和技术创新，总结、宣传并推广国际、中国和地方先进经验，加速交通迈向零排放。中国清洁交通伙伴关系联合了交通、能源、气候、环境、经济多领域的前线研究机构及智库，旨在打破行业间、部门间、国家和地方之间、不同性质的机构之间的信息壁垒，推动交通运输领域尽早实现零排放。秘书处由能源与交通创新中心（iCET）担任。

## 免责声明

书中案例部分陈述的内容及观点仅代表该执行单位意见，不代表CCTP及能源基金会的观点。CCTP及能源基金会不保证本书中信息及数据的准确性，不对任何人使用本书引起的后果承担责任。

## 特别鸣谢

浙江海港义乌枢纽港有限公司  
北京交通发展研究院  
深圳协力新能源与智能网联汽车创新中心  
国鸿氢能科技（嘉兴）股份有限公司  
广东云韬氢能科技有限公司  
安得智联供应链科技股份有限公司  
蜀道交通服务集团有限责任公司  
隆基绿能科技股份有限公司  
鄂尔多斯新能源研究院  
特来电新能源股份有限公司

（按章节内容排序）

# 序言

近几年，关于交通零排放转型的讨论议题正悄然发生变化。相较于前几年集中于目标设定、技术路线和发展愿景的宏观讨论，当前更频繁被提及的问题，正逐步转向实施层面：在既有的制度框架、基础设施条件和市场环境下，相关路径应如何推进？推进过程中面临的约束来自哪里？这些约束是阶段性的，还是结构性的？又应当如何理解并加以应对？此类问题往往难以通过单一政策工具或技术方案给出明确答案，而更依赖具体场景中的实践积累与经验判断。

这种变化，一方面源于规划周期的更迭。随着“十四五”阶段性收官、“十五五”规划发布，中国交通领域绿色低碳转型的总体目标与方向日益清晰。另一方面，这种变化也与外部环境持续存在的不确定性密切相关。国际形势复杂多变，部分国家相关政策节奏反复，产业与贸易规则加快调整，使交通绿色低碳转型在成本预期、投资决策和推进节奏等方面面临更多现实扰动。在此背景下，转型的必要性并未减弱，但对路径选择、组织方式和实施条件的要求显著提高。

对中国交通领域而言，绿色低碳转型越来越难以依赖单一技术或单一政策的线性扩展，而更取决于多重要素在具体场景中的协同配置：运输结构如何调整，基础设施如何衔接，能源供给如何匹配，运营模式如何适配，治理机制如何为这些变化提供持续性支撑，等等。正是在这些具体而复杂的实践过程中，转型路径的可行性、可持续性以及可复制性，才得以被真正检验。

在此前的系列研究中，中国清洁交通伙伴关系（CCTP）围绕交通零排放转型的关键议题持续开展分析与梳理，先后发布《中国交通零排放转型蓝皮书》《中国商用车零排放转型发展研究》以及《迈向零排放：中国非道路交通领域的绿色转型与展望》，从总体框架、重点细分领域以及道路交通以外的多个维度，对主要问题、路径选择和政策取向进行了系统呈现。这些研究为理解转型方向、识别关键约束提供了重要的知识基础。随着实践不断展开，仅停留在路径层面的讨论已难以回应实施阶段所面临的复杂问题，有必要进一步回到具体场景，对实践本身加以观察和整理。

正是在这一背景下，《中国交通零排放转型案例集》选择以“案例”为切入点，将视角从宏观路径下沉到真实实践之中。不同于成果导向或示范展示式的总结，本案例集更关注实践如何发生、如何被组织，以及在推进过程中所暴露出的关键变

量与现实约束。案例的价值不在于是否“成功”，而在于其所呈现的推进逻辑是否清晰、条件是否可识别，以及相关经验是否具有被理解和被比较的可能。

本案例集自2025年启动策划，并于2026年初完成编制，围绕交通零排放转型过程中已经展开或正在推进的若干实践探索，选取多式联运、绿色物流、交通与能源系统融合，以及港口、物流园区等关键节点的相关案例进行系统整理。这些案例分布于不同区域，涉及不同类型主体，其推进背景、实施条件和侧重点各不相同，正是这种差异性，为理解转型路径在现实中的表现提供了重要参照。

需要说明的是，本案例集并非对相关领域发展的系统评估，也无意提供统一的解决方案。所收录案例反映的是特定阶段、特定条件下的实践经验，其适用性与推广价值仍需结合具体情境加以判断。通过对这些案例的系统整理与呈现，我们希望为政策制定者、研究机构和行业实践者提供一种更贴近现实的观察视角，帮助读者在理解交通零排放转型复杂性的同时，识别那些在具体条件下具有参考意义的实践线索，为新一轮规划周期中交通零排放转型的稳妥推进提供支持。

本案例集的编制得到了多方机构和个人的支持与协助。在此，谨对参与本案例集相关案例工作的单位表示诚挚感谢，包括北京交通发展研究院、鄂尔多斯新能源研究院、深圳协力新能源与智能网联汽车创新中心、蜀道交通服务集团、浙江海港义乌枢纽港有限公司、安得智联、国鸿氢能、云韬氢能、隆基绿能、特来电等。上述单位在走访交流、信息提供和内容核实等方面给予了积极支持与配合。

由于案例整理与信息更新存在时间节点差异，书中内容难免存在不足，相关问题亦有待在后续研究与实践中不断补充和完善。文中观点与表述仅基于案例整理和研究分析，不代表任何单一机构或个人的官方立场。

谨向所有关心、支持并参与本案例集编制工作的单位和个人致以诚挚感谢。

中国清洁交通伙伴关系秘书处

2026年1月

# 目 录

## 多式联运篇

案例一：浙江“第六港区”内陆延伸——义乌（苏溪）国际枢纽港海铁联运实践	03
案例二：港口型海铁联运枢纽实践——辽宁大连港	09
案例三：内河航运为主导的江铁联运组织与运输结构调整——重庆实践	11
案例四：长江中游尺度的铁水联运与绿色航运实践——以武汉为核心节点	14
案例五：通道型铁海联运枢纽的结构性减排路径——广西北部湾港实践	17
案例六：陆港型枢纽推动“公转铁”的多式联运实践——西安国际铁路通道案例	19

# 目 录

## 绿色物流篇

案例一：京津冀零排放货运廊道——氢能货运专线	23
案例二：深圳市道路货运零排放走廊建设与推广应用	29
案例三：国鸿氢能燃料电池重卡在绿色物流中的示范应用	35
案例四：云韬氢能面向多场景的氢能交通装备与系统化解决方案实践	40
案例五：安得智联以绿色智慧物流推动全链路低碳转型	44

# 目 录

## 交能融合篇

案例一：蜀道交通服务集团高速公路综合能源体系建设实践	53
案例二：Solar for Solar——隆基清洁能源助力绿色交通	57
案例三：氢擎交通——零碳氢能产业共享厂房及综合能源补给站项目	61
案例四：特来电微电网与虚拟电厂助力交通碳减排	69



# 多式联运篇



## 多式联运篇

多式联运是调整运输结构、提升通道效率和增强产业链韧性的关键举措，也是交通领域减污降碳的重要抓手。相比公路运输，铁路、水运的单位货运能耗与排放显著更低。多式联运通过推动“公转铁”“公转水”等方式，在提升效率的同时释放出结构性减排潜力。随着国家综合立体交通网持续完善，铁海、铁水、公铁等多种联运模式加速涌现，运输组织方式持续重构。这不仅改变了货物路径，也为新能源船舶、清洁港作装备等低碳技术规模化应用提供了稳定场景，推动减排从单一技术转向“结构优化+技术应用”并行。

各类枢纽节点的功能定位持续重塑：从传统的换装场站，向集疏运组织中心、供应链服务平台乃至区域开放门户不断延伸。中欧（亚）班列、西部陆海新通道、长江黄金水道等通道体系持续完善。沿海港口侧重海铁协同和国际航线接续，成为低碳集装箱运输和港口作业电气化的重要载体；长江干线城市强化铁水联运与江海直达，推动新能源和清洁船舶应用；中部地区围绕陆港和机场形成空铁、公铁协同体系，为新能源货运车辆提供规模化运行场景；西南和西北地区则在陆海新通道与国际陆路通道建设中，承担起内陆地区低碳出海通道组织的重要功能。这些差异是产业结构、通道战略和减排路径共同作用的体现。

基于上述结构性变化，本篇以“区域分布×联运类型”为分析框架，选取典型枢纽城市、沿海港口、内陆陆港和陆路口岸等节点，重点梳理其在运输方式衔接、通道组织、服务创新及低碳实践方面的典型做法。案例覆盖东部、东北、中部、西南等区域，呈现我国多式联运在沿海—内陆—边疆三个层级上的实践格局。

鉴于多式联运实践跨越不同层级，案例选取未对主体形式作单一限定。这些案例通过区域特征、通道功能、枢纽类型与减排路径的对照，呈现我国多式联运体系从“通道建设”向“网络协同”、从“枢纽建设”向“枢纽赋能”、从“运输组织”向“供应链低碳化服务”演进的整体逻辑，为推动交通运输结构优化和系统性减排提供实践参考。

## 案例一：浙江“第六港区”内陆延伸——义乌（苏溪）国际枢纽港海铁联运实践

### 一、基本情况概述

随着上铁集团海铁联运规模快速扩大（2025年预计达到310万标箱，2016-2025年年均增速超过30%），宁波舟山港和上海港部分通道、场站能力逐渐逼近上限。为缓解甬金高速公路运力压力、推动中部地区外贸货源“公转铁”，浙江省与铁路、港口共同推进宁波舟山港“第六港区”建设，推动内陆港体系向义乌等腹地延伸。在此背景下，义乌（苏溪）国际枢纽港项目启动建设。

义乌（苏溪）国际枢纽港是浙江省“第六港区”布局的重要内陆港项目，是宁波舟山港体系向内陆延伸的关键节点。项目依托甬金铁路建设港口化铁路集装箱办理站，主要承接义乌、东阳、新昌、嵊州等地区每年约175万标箱的集装箱业务，旨在构建更高效的海铁联运集疏运体系，缓解宁波舟山港陆路运输压力，优化区域运输结构。

项目由宁波舟山港集团与义乌陆港集团共同投资建设，以完全比照港口运营的方式打造“铁路场站港区化”模式，实现铁路作业区与港区管理体系深度融合。通过数字化、智慧化和绿色化装备体系，苏溪站成为推动浙江中部物流体系转型升级和海铁联运能力提升的重要基础设施。



## 二、项目/技术创新点阐述

义乌（苏溪）国际枢纽港在运营模式、组织管理、信息互联、智慧化装备及绿色作业等方面形成了国内外陆港海铁联运的新范式，主要创新点包括：

### 1

#### 港口化运营模式前移至内陆铁路场站

以港口模式打造苏溪铁路场站，操作系统使用宁波舟山港千万标箱级的N-TOS系统。港区集装箱铁路装卸车作业模式完全有别于传统铁路场站作业，铁路装卸集装箱实行不落地模式，由内集卡进行堆场与铁路之间的短驳，实现铁路装卸作业与公路进提箱作业彻底分开，互不干扰，装卸效率与传统铁路站场相比显著提升。开港运营以来，班列运行情况稳定，日均开行2对，且已多次实现单日4对的开行作业。

### 2

#### 跨系统业务协同的内陆港运行机制

作为宁波舟山港“第六港区”的核心载体，苏溪站深化“港务、船务、关务、车务、信息、管理”一体化。提还箱、进重箱，海关报关查验、装卸车以及船公司相关业务等等作业均能在苏溪国际枢纽港场站内完成。为提高申报效率、缩短通关时间、降低企业成本、促进贸易便利化，义乌枢纽港海关监管作业场所实施业务信息化管理，企业在国际贸易“单一窗口”进行报关数据申报，场站信息化系统与海关H2018平台、海关作业系统物流监控子系统相联网，能够接收海关相关指令信息，并按照海关要求实现货物进场、出场、存储状态等电子数据的传送、交换。

### 3

#### 班列—班轮联动的海铁联运产品组织方式

联动中远海、MSC等船公司，在苏溪站实现海铁联运装运整列一家船公司集装箱，实现“班列+班轮”新的海铁联运产品，实施以来，获得船公司、客户及市场的高度认可。

## 4 面向海铁联运的全流程数字化与智能调度体系

数字化方面，场站打通与海关、铁路、码头、船公司、船货代企业等信息数据互联互通，实现场站生产作业可视化及海铁业务全程联动、可追溯。场站集装箱堆场内外贸箱区按照分单元、可调整做设置，根据集装箱进场时内外贸属性进行堆放，并依托信息化手段展现内外贸箱堆存状态；场站内进出、装卸、转栈等作业环节全链路节点追踪和生产管控，掌握箱动态，实现作业无纸化。在场站内提前完成宁波舟山港出口的集装箱货物“四改”、预放行、预配载等相关操作。

智慧化方面，场站打造装卸区和堆场区自动化轨道式龙门吊集群，对吊装作业实施一对多远程操控；对内集卡作业调度高效精准，依托智能生产系统，自动合理分配集卡资源，实现集装箱装卸无缝衔接，提升海铁联运整体作业效率；探索尝试“全自动、全天候、无感式”海关智能锁施验封通道卡口建设。

## 5 集疏运环节的绿色低碳发展路径

义乌（苏溪）国际枢纽港在场站建设与运营过程中注重绿色低碳理念的融入。场站全面推广电动轨道式远控龙门吊、正面吊、堆高机以及无人驾驶内集卡，逐步以新能源与智能化装备替代传统燃油设备，实现铁路装卸、堆场作业、短驳运输等环节的绿色化、低排放化生产组织。苏溪站亦承担国内电气化双层高集装箱运输试验线的作业职能，并纳入“自动驾驶试验区”建设，有助于推动自动化装卸、无人短驳等绿色作业模式落地。随着海铁联运通道的优化运行，苏溪枢纽港逐步形成通往宁波舟山港的绿色集疏运路径，在装备电动化、作业自动化、运输组织优化等方面共同促进绿色物流体系的构建。

### 三、项目建设及运营情况

#### 1 建设历程

2022年11月9日，浙江省发展改革委下发《关于金甬铁路苏溪集装箱办理站项目核准的批复》，项目正式立项；2022年11月25日，金甬铁路苏溪集装箱办理站项目开工；2024年4月30日，项目综合办公楼完成主体结构封顶；2024年11月1日

《义乌（苏溪）国际枢纽港自动驾驶试验区建设方案》获批；2024年底，项目主体工程基本建成；2025年3月15日，18台龙门吊安装完成，同年5月铁路设备线路开通，龙门吊、无人集卡与信息系统开展联调联试；2025年6月13日甬金铁路苏溪集装箱办理站通过竣工验收；6月27日义乌（苏溪）国际枢纽港正式开港运营；2025年7月9日义乌（苏溪）国际枢纽港海关监管作业场所封关运作。

## 2 项目规模

项目位于浙江省义乌市苏溪镇，利用甬金铁路与G351国道的空间区域建设，占地面积943亩，投资27.81亿元。项目接轨于甬金铁路苏溪站，采用“近期尽头式，预留远期贯通条件”和“铁路装卸线与堆场分层”的设计方案。



▲ 义乌（苏溪）国际枢纽港俯视图

工程建设规模为近期一次性建成6条交接线，新建2束4线装卸线，远期新建1束2线装卸线，配备18台龙门吊，配套建设铁路装卸作业区、集装箱堆场区、海关监管区、集卡停放区、场站办公区等区域。设计到发能力初期66万标箱，近期115万标箱，远期166万标箱。

## 3 运营主体

由宁波舟山港股份（60%）与义乌国际陆港集团（40%）合资成立浙江海港义乌枢纽港有限公司，负责建设与运营。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

义乌（苏溪）国际枢纽港开港运营后，通过运输组织优化、作业流程调整与设备磨合，海铁联运业务量和作业效率稳步提升，带动运输能力、设备保障能力和业务承载能力不断增强。

### 1 运输能力优化提升

第一，优化运输组织。受宁波舟山港至苏溪区段缺乏列检作业点的限制，为满足业务量增长需求，上铁集团物流事业部、运输部、调度所会同宁波舟山港多次召开专题会议，对运输方案进行优化。根据业务发展安排，7月份固定开行2对班列（一对至北仑港区、一对至穿山港区），8月提升至3对，四季度按4对班列组织运输。同时，在北仑港区、穿山港区每日增设1个机班，以增强运输能力保障。第二，优化交接作业。为进一步提升苏溪站交接作业效率，杭州铁路物流中心派出11名班组人员进驻苏溪专用线，协助完成集装箱装卸车、交接及相关业务辅导等工作，提高了现场作业衔接效率。

### 2 设备保障能力提升

开通初期，苏溪场站内启用门吊2台，场内配备短驳无人驾驶集卡车30辆，每日最大作业能力约为1列。随着设备磨合与操作熟练度提高，目前作业能力提升至4-5列/日。

### 3 业务量快速提升

随着苏溪站运输方案、作业组织的优化，门吊、无人驾驶集卡车等操作的磨合熟练，在港口、铁路、海关、船公司等部门的协同下，海铁联运业务量快速提升。由运营初期零星发送，至7月下旬实现每日1对，8月实现日均3对以上，9月中下旬开始实现日均3对。预计2025年底到发量将超过目标所定的6万标箱。市场反馈方面，苏溪站海铁联运产品受到船公司、货代、短驳驾驶员等认可。相比传统铁路场站，苏溪站模式作业效率更高，驾驶员场站等待时间缩短，实现“快线+快航”物流模式。预计自2026年起，苏溪站每年可新增海铁联运运量约20万标箱。



▲ 义乌国际枢纽港-宁波舟山港海铁联运首发班列

## 案例二：港口型海铁联运枢纽实践——辽宁大连港

### 一、枢纽定位与联运体系形成

大连港是中国沿海重要主枢纽港之一，长期承担东北地区对外贸易集装箱运输的核心门户功能，在东北地区综合运输体系中具有不可替代的港口节点地位。作为东北地区连接国内沿海港口和国际航线网络的主要出海口，大连港在区域物流组织中主要发挥港口集散和腹地集疏运功能。

在辽宁省推进多式联运体系建设和综合交通枢纽布局的背景下，大连港被纳入东北地区港口型多式联运枢纽的重要组成部分，其功能重点在于通过港口与铁路通道的衔接，提升东北腹地货物经海运方式进入国内外市场的组织能力。

依托港口航线网络和铁路干线条件，大连港逐步形成以港口为核心、向东北主要城市延伸的海铁联运体系，为东北地区货物流向沿海和国际市场提供稳定的港口支点。2025年1-8月份，辽港集团海铁联运业务突破100万标箱大关，同比增幅近20%，大连港海铁联运量同比增长11%，国际海铁联运“一单制”业务量同比增长85%，累计为企业节约综合物流成本超2000万元。

### 二、以海铁联运为核心的运输组织实践

围绕港口枢纽功能，大连港持续推进以海铁联运为核心的集疏运体系建设，通过港口作业系统与铁路运输网络的衔接，实现港口装卸作业与腹地运输的连续运行。

在具体运行层面，大连港依托大连铁路集装箱中心站，与沈阳、长春、哈尔滨、齐齐哈尔等东北主要城市之间形成较为稳定的海铁联运通道，支撑港口集装箱运输向东北腹地延伸。铁路在该体系中主要承担中长距离集疏运功能，公路则更多用于港区周边短距离接驳，运输方式分工逐步清晰。

在组织与规则层面，大连港同步推进多式联运运行机制的衔接。通过口岸信息平台建设，推动铁路、港口及相关物流主体之间的信息共享，并配合智能闸口、无纸化提放箱等措施，压缩港口作业流程，提高海铁联运整体运行效率。

### 三、典型应用场景与运行特征

冷链多式联运应用。依托较为完善的冷链基础设施条件，大连港探索形成“冷链班列+海运冷箱”的多式联运组织方式，支持进口水产、肉类、乳制品等货物经港口进入东北腹地，同时服务东北地区农产品及食品加工产品通过海运方式组织出口。该类联运模式在保障冷链连续性的同时，提高了冷链货物跨区域流通的组织效率。

大宗商品联运组织。在大宗商品领域，依托大窑湾港区等专业化码头条件，铁矿石、煤炭、粮食等货类形成较为稳定的“铁路—港口—海运”联运链路，为东北地区大宗物资跨区域运输提供了相对稳定的通道条件和组织方式。

从整体运行特征看，大连港多式联运体系以海铁联运为主要组织形式，通过提升铁路和水运在中长距离运输中的承载比例，逐步降低对公路运输方式的依赖。其在交通减排方面的作用，主要体现在运输方式结构调整所带来的单位货物周转能耗和排放强度变化，而非单一技术替代。大连港的实践表明，在港口型枢纽条件下，通过强化海铁联运组织能力、优化港口与铁路的衔接运行，可以在保障区域物流组织效率的同时，推动运输结构向铁路和水运方式倾斜，为东北地区多式联运体系建设提供了可参照的港口型组织路径。



港口集装箱船装卸作业现场



港口无人驾驶商用车Q-TRUCK ▶

## 案例三：内河航运为主导的江铁联运组织与运输结构调整——重庆实践

### 一、通道枢纽定位与组织角色

重庆是国家明确的内陆开放综合枢纽和西部地区重要的交通物流组织节点，在全国综合运输和通道体系中承担着连接西南腹地、贯通长江经济带、衔接“一带一路”陆海通道的重要功能。与沿海港口型枢纽不同，重庆在多式联运体系中的核心作用并不在于港口集散，而在于对跨区域运输通道的组织与协调。

依托长江黄金水道、西部陆海新通道以及中欧（亚）班列等通道体系，重庆逐步形成以水运和铁路为主干的多式联运组织模式，成为西南地区货物进入国内外市场的重要通道节点。随着西部陆海新通道运行机制不断完善，重庆在通道体系中的角色逐步由单一节点向通道组织和运行协调功能延伸。

### 二、以内河航运为基础的运输结构调整路径

重庆多式联运体系的突出特征，在于以内河航运和铁路作为中长距离运输的主要承载方式，通过多种运输方式的协同组织，持续降低对公路运输的依赖。

一方面，依托长江干线航道条件，重庆推动水运在中长距离运输中的基础性作用不断增强。通过铁水联运和江海直达等组织方式，货物可在重庆完成铁路与水运、水运与海运之间的连续衔接，减少多次装卸和中转环节，提高整体运输效率。另一方面，通过西部陆海新通道的组织运行，重庆实现铁路干线与沿海港口航线的有效对接，使西南地区货源能够以铁路和水运为主的组合方式进入国际物流体系。相较以公路为主的传统路径，这种组织方式在单位货物周转量的能耗和排放强度方面具有明显优势。

### 三、新能源船舶与班轮化水运的减排协同效应

在完成运输结构调整的基础上，重庆进一步将绿色低碳要求嵌入水运体系运行环节，推进新能源和清洁能源船舶在内河航运中的示范应用，并同步推动水运组织方式由零散运行向班轮化、产品化转型。

2025年，重庆推出“千里轻舟”相关航线进入常态化运行阶段。“千里轻舟”内河货运组织体系是一套以内河航运为核心的班轮化运行模式，通过“定港口、定航线、定班期、定时刻、定船舶”等方式，提高水运在时效性、稳定性和可组织性方面的表现，并配套数字化平台实现订舱、调度和运输可视化，增强水运对公路运输的替代能力。“千里轻舟”运输货物方面，矿建材料、矿石、化工原料等大宗货物占比超90%。

其中，“宜宾港—果园港”锂电池运输航线的首航具有标志性意义。执行该航次的“重轮集3019”货轮安全承运锂电池集装箱，表明重庆内河航运体系已具备满足新能源产业链高标准货类运输要求的安全管理、智能监控和应急保障能力。这一实践不仅拓展了内河航运适用货类，也使水运更深度嵌入区域新能源产业链。

从阶段性成效看，围绕“千里轻舟”推进的班轮化水运实践，在较短周期内已展现出明显的降本与结构调整效果：试点运行数月内形成多条稳定航线网络，累计开通试点航线10条，累计开行单向航次200余个，累计完成货运量达百万吨级，节约交通物流成本超500万元，降幅达到25%。



▲ “千里轻舟”货运班轮“宜宾港—果园港”锂电池运输航线首航

在水运组织方式持续优化的同时，重庆同步推进江海直达与清洁能源船舶应用。2025年，重庆首艘自主设计建造的万吨级LNG单一燃料动力江海直达船“重轮江海1”完成首航，实现重庆内河港口与沿海港口的“一船直达、一票到底”。该船采用清洁能源动力，在满足江海直达复杂航行条件的同时，相较传统燃油船舶显著降低污染物和碳排放强度，体现出重庆在“以水替公”的结构性减排基础上，进一步推进运输工具端低碳化的探索方向。



▲ LNG单一燃料动力江海直达船“重轮江海1”

总体而言，重庆通过提升内河航运在综合运输体系中的比重，实现中长距离货运的基础性减排；在此基础上，引入班轮化水运组织和清洁能源船舶应用，进一步压缩运输环节的能耗与排放强度。这一路径为内河航运资源条件较好的内陆地区，在兼顾物流效率、产业支撑与交通减排目标方面，提供了具有现实参考价值的实践样本。

## 案例四：长江中游尺度的铁水联运与绿色航运实践——以武汉为核心节点

### 一、枢纽区位与体系基础

武汉是国家综合立体交通网中的重要枢纽城市，也是长江中游航运体系中组织能力高度集中的核心节点之一，在中游航段承担着联通上下游、整合铁水资源的重要功能。依托长江与汉江交汇的航道条件，以及铁路干线和综合物流网络的高度集聚，武汉在中部地区具备统筹水运、铁路与区域物流资源协同运行的综合优势。

在长江经济带整体格局中，武汉既是中游段水运能力的重要承载地，也是中西部地区货物进入长江干线和沿海港口体系的重要集散节点。随着长江干流高等级航道条件持续改善，中游航段万吨级船舶常态化运行能力不断增强，为铁水联运规模化发展和运输结构优化提供了现实基础。

在此背景下，武汉近年来围绕铁水联运组织能力提升和航运绿色转型，逐步形成以运输结构调整为主、以新能源和智能化技术应用为补充的减排实践路径，其影响范围已由单一港区运行，扩展至长江中游航运体系层面。

### 二、铁水联运规模化发展与运输结构调整

推动铁路与水运在中长距离运输中的协同运行，是武汉参与交通减排的基础路径。依托长江航道与铁路干线网络，武汉持续提升铁水联运的组织化和规模化水平，使水运和铁路在综合运输体系中的承载比重不断提高。

近年来，武汉铁水联运量保持快速增长。以阳逻港为主要承载节点，2025年前三季度，武汉港集装箱铁水联运量达25.79万标箱，占全国内河港口同类运输量比重超过三成，处于全国前列。通过“船边直提、抵港直装”等作业模式优化，铁水联运在通关效率和中转换装环节的时间成本明显压缩。

从运输结构变化看，铁水联运的规模化运行推动部分原本依赖长距离公路运输的货物，逐步转向以水运和铁路为主的组织方式。

汽车零部件、电子产品、粮食及大宗原材料等货类，形成以水运为主干、铁路为补充的跨区域运输模式，降低了公路运输在中长距离货运中的使用强度，为交通领域减排奠定了结构性基础。

### 三、新能源与智能船舶的示范应用

在完成运输结构调整的基础上，武汉及长江中游航运体系进一步通过优化航运组织方式，放大水运在中长距离运输中的低能耗、低排放优势。通过完善航线组织和多式联运通道运行，中游地区货物可实现“就近上水、顺江出海”，减少多次中转和重复装卸环节。从减排视角看，武汉及中游航段的航运实践，并非依赖单一技术替代，而是通过水运和铁路承载更多中长距离货运需求，实现运输方式层面的系统性优化。这种结构性调整，为新能源和清洁能源船舶的稳定运行提供了连续航段和规模化应用场景，是航运减排得以持续推进的重要前提。

**在货运领域**，全国首艘长江支线换电电池动力集装箱班轮“华航新能1”自2023年11月投入运营以来，固定运行于武汉至黄冈航段，年均可减少燃油消耗约132吨、降低二氧化碳排放约334吨。该案例表明，在航段稳定、班轮化组织条件下，新能源船舶能够与铁水联运和内河航运体系有效衔接，形成可量化的减排成效。



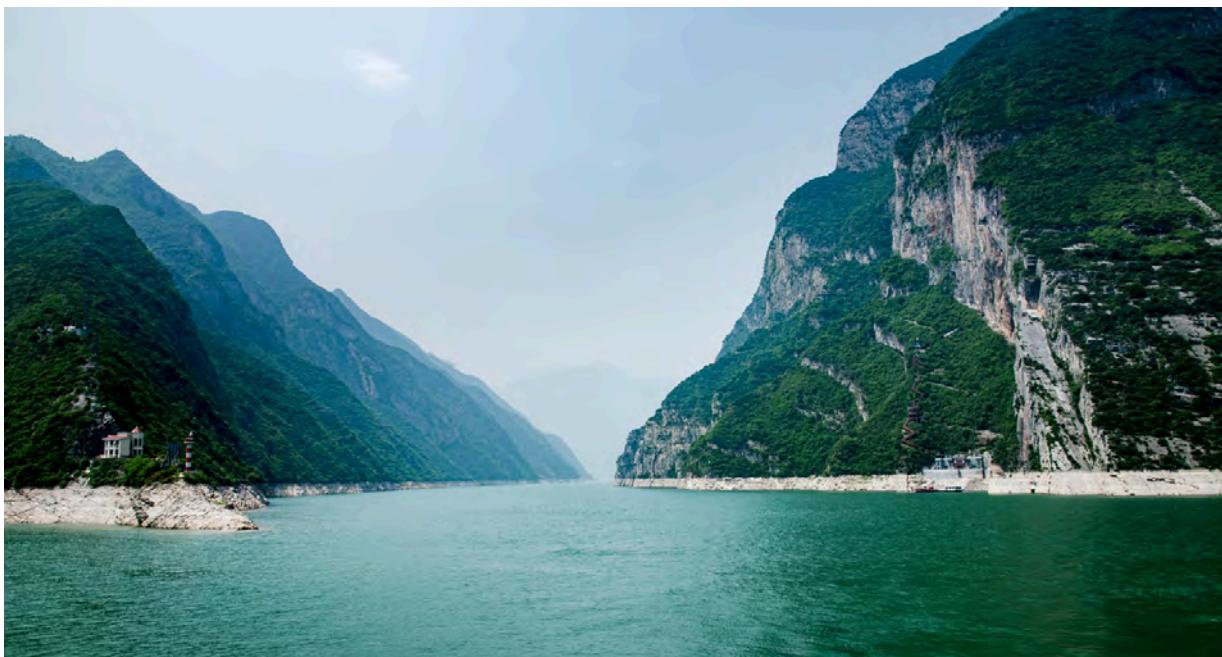
▲ 换电动力集装箱班轮“华航新能1”



▲ 氢燃料动力船舶“三峡氢舟1”

**在客运与示范应用领域**，长江中游航段已形成多技术路线并行推进的探索格局。世界上内河最大的纯电动游轮“长江三峡1”投入常态化运营，验证了大型客船在安全性、舒适性和商业运行条件下实现纯电动化的可行路径；氢燃料动力船舶“三峡氢舟1”完成示范运行，其年均可替代燃油约103吨、减少二氧化碳排放约344吨，为全球内河、近海和远洋航运的绿色低碳转型提供了宝贵的“中国方案”。

上述示范船舶虽分布于长江不同航段，但在运行条件和组织逻辑上具有一致性，其所依托的航道等级、港口节点和航线组织方式，与武汉作为长江中游航运中心所承担的枢纽功能具备良好的适配性。随着港口充换电设施、智能监测系统和班轮化航线组织逐步完善，新能源船舶在中游航运网络中的规模化应用具备向枢纽节点集聚和扩展的现实基础。



## 相关活动回顾

2024年8月，中国清洁交通伙伴关系（CCTP）在武汉及宜昌组织召开“‘电化长江’——推动内河航运低碳转型的实践与探索”主题沙龙。活动围绕内河航运电动化、港口岸电与充换电基础设施建设及相关运行机制等议题，组织政府部门、科研机构与企业代表开展交流与现场走访，为本案例的形成提供了现实场景应用与实践参考。



扫码了解本次沙龙  
活动详情

## 案例五：通道型铁海联运枢纽的结构性减排路径—— 广西北部湾港实践

### 一、枢纽区位与通道定位

广西北部湾港是中国面向东盟开放的重要门户港口，也是西部陆海新通道的重要出海口之一。在国家综合立体交通网和区域开放格局中，北部湾港承担着连接西南腹地与国际航运体系、衔接内陆陆路运输与海上通道的关键功能。

不同于传统沿海港口主要服务近腹地产业的功能定位，北部湾港在西部陆海新通道框架下，更多承担跨区域通道组织职能。其服务对象不仅包括广西本地货源，还覆盖重庆、四川、贵州、甘肃等西部地区，是西部地区货物进入国际市场的重要出海节点。随着西部陆海新通道运行机制逐步成熟，北部湾港为中长距离运输结构调整和交通领域减排提供了关键承载空间。

### 二、铁海联运体系建设与运输结构调整

近年来，围绕西部陆海新通道建设，北部湾港铁海联运班列运行规模和组织效率持续提升。2025年北部湾港集装箱吞吐量达1000万标箱，海铁联运班列年开行量10218列，集装箱航线总数增至100条，覆盖全球100多个国家和地区的200多个港口。西部陆海新通道铁海联运班列自2017年开行以来，累计发送集装箱货物超500万标箱，2025年发送量突破140万标箱，同比增长约50%。港口吞吐规模和组织效率的同步提升，为铁海联运常态化运行和通道稳定性提供了现实支撑。

在此基础上，通过“铁路—港口—航线”的一体化组织，货物流转路径得到压缩，重复中转和低效衔接环节明显减少。北部湾港在通道层面强化与内陆节点城市的协同运行，使铁路承担内陆集疏运功能、水运承担国际段运输主功能，形成相对稳定、低能耗的运输组合，为中长距离运输结构调整提供了现实载体。

### 三、清洁能源与港口作业环节的协同减排

在完成通道和运输结构调整的基础上，北部湾港同步推进港口作业环节的绿色化改造，将减排要求延伸至港口运行端。

以钦州自动化集装箱码头为代表，通过采用U型堆场布局、岸桥滑轨式智能OCR理货识别系统等技术手段，实现外部集卡车辆直达目标箱位，减少设备重复移动和作业等待时间。在此基础上，码头作业效率持续提升，2025年5月桥吊作业效率达到54.8自然箱/小时，平均桥吊效率同比提升约13.7%，为铁海联运班列与船舶的高频衔接提供了稳定条件。

在散货与综合码头领域，防城港数字化散货堆场已实现对斗轮堆取料机、带式输送系统和铁路装车设施的集中自动化管控，作业效率较传统模式提升30%以上；北海铁山港公用码头通过智能闸口、智能理货和无接触式检疫系统建设，使货物进出港效率提升超过50%。相关设施在提升港口吞吐能力的同时，减少了港内设备空转、等待和重复作业带来的能耗消耗。

通过提升港口作业的连续性和稳定性，北部湾港为“铁路—港口—航线”一体化运行提供了技术保障，使铁海联运班列能够更加顺畅地完成集结、装卸和出海衔接。这种以效率提升为导向的系统性改造，在不依赖单一减排技术替代的情况下，通过压缩作业时间、减少能耗环节，为通道型枢纽实现结构性减排提供了重要支撑。



▲ 广西北部湾港第1000万个标箱吊装（无人机照片）新华社记者周华 摄

## 案例六：陆港型枢纽推动“公转铁”的多式联运实践 ——西安国际铁路通道案例

### 一、枢纽区位与体系基础

西安是国家综合立体交通网中的重要节点城市，也是我国面向中亚、欧洲方向陆路通道体系中的核心枢纽之一。在全国多式联运和国际物流通道布局中，西安承担着组织中西部地区国际铁路运输、支撑向西开放的重要功能。

依托西安国际港站等枢纽设施，西安逐步形成以铁路为主导的陆港型多式联运体系。在这一体系中，公路运输更多承担集货和末端衔接功能，中长距离运输则逐步由铁路方式承载。铁路在区域货运体系中的基础性地位不断强化，为运输结构调整提供了现实条件。

从运输能力基础看，截至2025年10月29日，西安铁路局2025年累计完成货物发送量30681.9万吨，同比增幅1.6%，铁路在大宗物资和产业性货物运输中的承载能力持续增强。随着国际铁路通道和陆港型枢纽功能不断完善，西安在中长距离货运组织中的枢纽作用日益突出。

### 二、以中欧班列为核心的铁路组织能力提升

推动铁路在中长距离运输中的规模化应用，是西安多式联运体系的核心特征。依托中欧班列（西安）集结中心建设，西安逐步形成覆盖中亚、欧洲多个国家和节点城市的国际铁路运输网络，并通过图定班列、集结发运和常态化运行机制，提高铁路运输的可预期性和连续性。

在运行组织上，中欧班列（西安）通过提升货源集聚效率，使原本依赖长距离公路运输，或需经“公路—沿海港口—海运”绕行路径的部分货物，能够通过铁路方式完成跨区域和跨国运输。从货类结构看，煤炭运输依托巴拉素、金鸡滩等新建铁路专用线实现增量承载；粮食运输通过班列回程组织提升调配效率；石油及化工产品运输围绕企业生产节奏实施定制化组织。这些做法使铁路在民生和产业重点物资运输中的承载比重持续提升，从结构层面压缩了公路运输的使用强度。

### 三、陆港型多式联运与“公转铁”

从运输结构变化看，西安多式联运体系对交通减排的作用，主要体现在运输方式替代和通道路径优化两个层面。

一方面，公路运输主要承担集货和末端衔接功能，而跨区域、跨国运输则更多依托铁路干线完成。近年来，西安新增开行多条多式联运班列和商品汽车班列，班列线路总数增至50条。其中，“西安—武汉港—太仓港”铁水联运“一单制”试点项目，使相关货物运输时效提升约30%、物流成本降低约25%，显示出多式联运在组织效率和成本控制方面的实际效果。

另一方面，通过国际铁路通道的常态化运行，西安在一定程度上替代了传统经沿海港口出海的绕行路径，使货物能够以更直接的方式完成跨区域流动。2025年前三季度，中欧班列（西安）累计开行4455列，同比增长10.2%。同时，26条国内集结线路持续吸引东南沿海外贸企业在西安集结货源，带动电子信息、汽车零部件等产业向内陆转移，铁路通道在产业链供应链中的基础性作用不断增强。

总体来看，西安通过陆港型枢纽建设和铁路通道组织能力提升，实现了中长距离运输结构的优化调整。这种以“公转铁”为核心的多式联运实践，为内陆地区在保障物流效率和产业链稳定运行的同时，推动交通领域减排目标提供了可复制、可推广的组织模式参考。

#### 相关活动回顾

2025年5月，中国清洁交通伙伴关系（CCTP）在西安组织召开“多式联运助力物流降本增效与绿色低碳发展”主题沙龙。活动围绕多式联运在物流降本增效与绿色低碳转型中的实践路径，组织政府部门、科研机构与企业代表开展现场考察与深入交流，为本案例的形成提供了现实场景与实践参考。



扫码了解本次沙龙  
活动详情



# 绿色物流篇



## 绿色物流篇

在中国货运体系中，物流活动覆盖港口集疏运、区域干线运输、城市配送以及供应链末端服务等多个环节，是交通领域能源消耗和污染排放高度集中的重点领域之一。长期以来，道路货运对柴油重卡的高度依赖，使其在碳减排、污染控制和能源转型中面临结构性挑战，尤其在跨区域干线运输、大宗物资物流和高频次集疏运场景中，减排难度尤为突出。

在“双碳”目标和交通运输结构调整的背景下，绿色物流正从单一车辆替代，逐步演进为涵盖运输装备、补能体系、运营组织、数字化管理与供应链协同的系统性转型过程。一方面，氢燃料电池重卡、电动重卡等新能源技术开始在固定线路、高强度运营场景中实现规模化示范；另一方面，以零排放货运廊道、零碳车队、智慧物流平台和循环供应链为代表的新型组织模式不断涌现，推动物流减排由“点状试点”向“通道化、网络化”拓展。

本篇围绕绿色物流领域的典型实践案例，系统呈现不同区域、不同场景下绿色物流转型的多样路径与关键机制。所选案例既包括以跨区域干线运输为核心的零排放货运廊道建设，也涵盖港口集疏运、矿区与钢铁物流等高排放场景中的氢能与电动化应用探索；同时，还纳入了以智慧供应链、循环包装和逆向回收为抓手的全链路绿色物流实践，反映绿色转型在企业运营层面的深度融合。

通过对这些案例的梳理，可以看到绿色物流转型呈现出几个共性特征：以真实货运需求为牵引，以固定场景和稳定线路为突破口；以能源与基础设施协同布局为支撑；以数字化和机制创新提升整体运营效率与经济性。这些实践不仅为重型货运减排提供了可复制、可推广的经验，也为下一阶段交通运输领域的深度脱碳与供应链绿色升级提供了现实参考。

## 案例一：京津冀零排放货运廊道——氢能货运专线

### 一、基本情况概述

跨区域场景运输规模大、以柴油重卡为主、污染排放高，一直备受关注。目前京津冀区域共有重型货车70万辆，其中服务于城际间长距离运输的重型货车规模达14万辆，年货运量6.2亿吨，单程运距200-300公里左右。换电重卡经过近十年的技术产品迭代，满电续航里程最多仅能达到150公里，满足不了场景需求，替代效果有限。而氢车一次加满氢续航里程最高可达450公里，恰好满足跨区域场景需求。

在燃料电池汽车示范城市群建设的带动下，京津冀范围内已有60余辆氢车在北京大兴-河北廊坊、北京大兴-天津武清、天津港-北京朝阳、北京亦庄-天津港、天津港-河北定州等5条跨区域场景中稳定运行。其中天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路表现突出，成功入选交通运输部首批公路水路典型运输和设施零碳试点项目。该线路服务货主企业为宜家家居，由天津东疆码头运输至北京宜家四元桥商场，运输家具、床垫等日用生活品，单程运距180公里，单车日均往返运输1趟次，年货运需求规模超10万吨。运输服务由北京兴威狮星新能源汽车有限公司承担，投运20辆49吨氢能重卡替代原有柴油车辆。经场景磨合，车辆氢耗稳定在8千克/百公里，续航里程可达300公里以上，技术性能完全满足运输需求。截至目前，该线路已稳定运行超5个月，累计行驶里程超40万公里。

### 二、项目建设及运营情况

天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路服务货主企业为宜家家居，由天津东疆码头运输至北京宜家四元桥商场，运输家具、床垫等日用生活品，单程运距180公里，单车日均往返运输1趟次。能源保障方面，主要依托北京大兴国际氢能示范区加氢站、天津中石化空港加氢站2座加氢站进行补能，另将北京海淀永丰加氢站、天津渤海汉江道加氢站作为备选加氢站，北京、天津加氢价格分别为30元/千克、38-39元/千克。此外，为保障氢能重卡稳定运行，围绕天津滨海、北京大兴2个起讫点设立氢能重卡保障基地，具备停放运营车辆和备用车辆、常用备品配件库、初级保养站、人员培训及休息场所、充电站等5大核心功能，创立“一小时保障走廊”。目前，该线路作为唯一一条氢能零碳道路运输线路，成功入围交通运输部首批公路水路典型运输和设施零碳试点项目。

借助宜家致力于产品采购与物流运输中实现低碳绿色供应链的发展理念，目前已投运20辆49吨氢能重卡替代原有柴油车辆。运输服务企业为北京兴威狮星新能源汽车有限公司，车辆由东风柳汽生产制造，搭载由氢璞创能自主研发的、最新一代燃料电池电堆，功率超150千瓦，远超行业120千瓦的平均水平，功率密度达到3.8千瓦/升，寿命超20000小时，同时，实现除碳纸、催化剂、质子交换膜等自主化难度较大的关键零部件的全国产化，且北京本地企业研发产品配套占比超57%。经与场景充分磨合，氢耗稳定在8千克/百公里，续航里程可达300公里以上，车辆技术性能满足场景运输需求，货量长期稳定，目前该线路承担的货运需求规模超10万吨/年。并且，在国家、北京市财政政策支持的基础上，该线路全生命周期成本相较燃油车略低1.2万元，同时，因宜家致力绿色低碳物流体系建设，为其开展运输服务提供10%-15%的运费溢价，整体经济性相较油车存在比较优势。

该线路自承运至今已稳定运行超5个月，累计行驶里程超40万公里，依据北京市生态环境局发布的《北京氢燃料电池汽车碳减排方法学(试行)》，测算该线路累计实现碳减排超300吨，氮氧化合物减排超1.8吨、一氧化碳减排超0.8吨。此外，北京采用“第三方聚合交易”的创新模式，已在全国实现首笔氢燃料电池汽车首笔碳交易项目，为26家运输服务企业和1400余辆氢燃料电池汽车，提供碳减排核算和交易服务，并将交易所得返还企业。

该线路车辆参与了北京氢燃料电池汽车碳减排项目，减排量获得官方认可，进一步促进宜家（中国）继续加大采购氢能绿色运力的投入力度，目前宜家已明确将采购订单合作规模，由原来的20辆提升至100辆。此外，该模式引起雀巢（中国）、安利、李锦记等货主企业的关注，将天津港至北京货运线路的运输订单交由运输服务企业，同时，运输线路扩展覆盖至上海、广东等华东及华南地区，企业借此契机，正在着力构建氢能重卡零碳运输车队。



▲ 天津港及氢燃料电池重卡应用

### 三、主要亮点

#### 1

#### 构建京津冀协同合作生态圈，发展动能强

燃料电池汽车示范城市群建设是京津冀协同发展计划的重点工程，涉及主体多、协调难度大，其背后体现的是跨区域多政府部门、多主体间的协同合作和凝心聚力。天津港至北京集装箱氢能零碳运输作为跨区域的优质场景，是示范城市群的重点建设项目，获得了北京市交通委、天津市交通委以及碳管理单位等多个部门的支持，联合了货主、运输企业、能源企业、整车制造企业、核心零部件企业等多主体的力量，为持续打造跨区域零排放货运廊道探索出一条可复制、可推广的区域合作模式，对京津冀乃至全国都具有重要的意义。

#### 2

#### 创新氢碳双向赋能模式，绿色动力足

结合跨区域氢燃料电池汽车的示范和实践，北京市创新性打造了氢碳双向赋能的新模式，依托氢能产业全链条大数据和碳监测计量技术，严格按照《北京氢燃料电池汽车碳减排方法学（试行）》，成功立项全国首个可进入碳市场交易的氢能碳减排项目，将氢能重卡的应用场景与碳减排高精度计量深度融合，并在碳市场完成全国首笔氢能碳交易。

截至2024年5月，“北京氢燃料电池汽车碳减排项目”已稳定运行406天，项目年碳减排量预计达到2万吨，为双碳目标和氢能产业高质量发展提供了持续的绿色发展动力。

#### 3

#### 跨区域长距离稳定运输，替换潜力大

经过三年的示范实践，虽然仅60余辆氢能重卡稳定运行于京津冀跨区域场景中，但已经发挥较强的示范效应。以天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路为例，宜家将加大绿色运力的投入力度，由服务于天津港至北京货运专线的20辆提高到100辆；京东、荣程钢铁等货主企业也已经做好后续追加计划，将投入更多的氢车上路运行。通过试点示范，已经持续展现出替换柴油重卡的发展潜力，能够有效解决像京津冀这样气温较低的北方地区长距离柴油重卡运输的污染排放问题。

## 四、项目效益

借助天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路此类的优质场景的挖掘与落地，一方面将撬动北京至天津0.7万辆燃油重卡新能源化发展，进而辐射带动整个京津冀区域，尤其是北京至唐山、张家口、保定，以及天津至雄安、唐山等5条重要廊道万辆级燃油重卡的绿色转型。另一方面，结合京津冀城市群建设示范，京津冀区域内，天津、唐山、张家口、保定等地12座制氢厂年氢气产能已达到11万吨，京藏、京津、京哈、京沪、荣乌、京港澳等重要高速公路沿线附近和主要的起终点，已建成加氢站47座，其中，商业化运营加氢站17座，具备下一步规模化推广的硬件基础。

因此，基于京津冀区域货运潜力和氢能保障的基础条件，将有力提振研发测试、关键零部件研发、整车制造、氢能制造及能源服务等氢能产业主体投资信心，引领带动绿色产业升级，培育京津冀范围内优质的产业集群。



▲ 天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路及加氢点位示意

## 五、执行团队介绍

本试点线路以北京交通发展研究院作为统筹协调单位，由北京兴威狮星新能源汽车有限公司和新汽（北京）新能源有限公司两家运输企业牵头开展。联合整车企业东风柳州汽车有限公司，关键零部件企业北京氢璞创能科技有限公司和北京鸿力氢动科技有限公司，能源企业中国石化销售股份有限公司北京石油分公司，以及碳管理单位中和新兴（北京）能源科技研究院有限公司等单位共同开展。

统筹协调单位北京交通发展研究院成立于2002年，是经北京市委、市政府批准设立的专业交通研究机构。研究院坚持“以科研驱动技术，以技术支撑决策”，长期致力于城市交通发展战略、政策规划和重大问题的综合研究，为政府部门提供决策支持。本项目中，交研院作为统筹协调单位，从5方面确保项目落地运营，并进一步推动廊道规模化发展。一是为运输企业争取国家奖补资金支持，支持其获得49吨氢燃料电池汽车购置和运营补贴，降低使用成本。二是依托大数据平台监测数据，结合场景特征，为企业提供车辆选型技术支持。三是协调北京、天津加氢站为该线路提供高效的能源服务保障，确保提前申报、到站加氢。四是争取荣誉支持，组织并支持本项目作为全国首个跨区域零排放货运廊道成功申报交通运输部首批零碳公路水路试点称号。五是开发燃料电池汽车碳减排方法学，支撑本项目参与北京碳市场交易，获得碳减排收益，既降低成本、提高企业积极性，同时帮助企业更好的获得宜家等对于绿色转型要求较高的货主企业的延续订单。

牵头实施单位北京兴威狮星新能源汽车有限公司（以下简称兴威狮星），成立于2022年8月，注册于北京市大兴区，专业从事氢燃料电池重卡零碳物流运输，现有氢燃料49吨重卡物流车20辆，从2022年8月成立之始即开始氢燃料零碳运输。与宜家（中国）等签订长期货物运输协议，年货运量达11万吨。

## 六、相关证明文件

交通运输部综合规划司于2024年6月对第一批公路水路典型运输和设施零碳试点项目名单进行公示，共计20个项目入围，其中包括京津冀零排放廊道即天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路。

## 第一批公路水路典型运输和设施零碳试点项目名单的公示材料

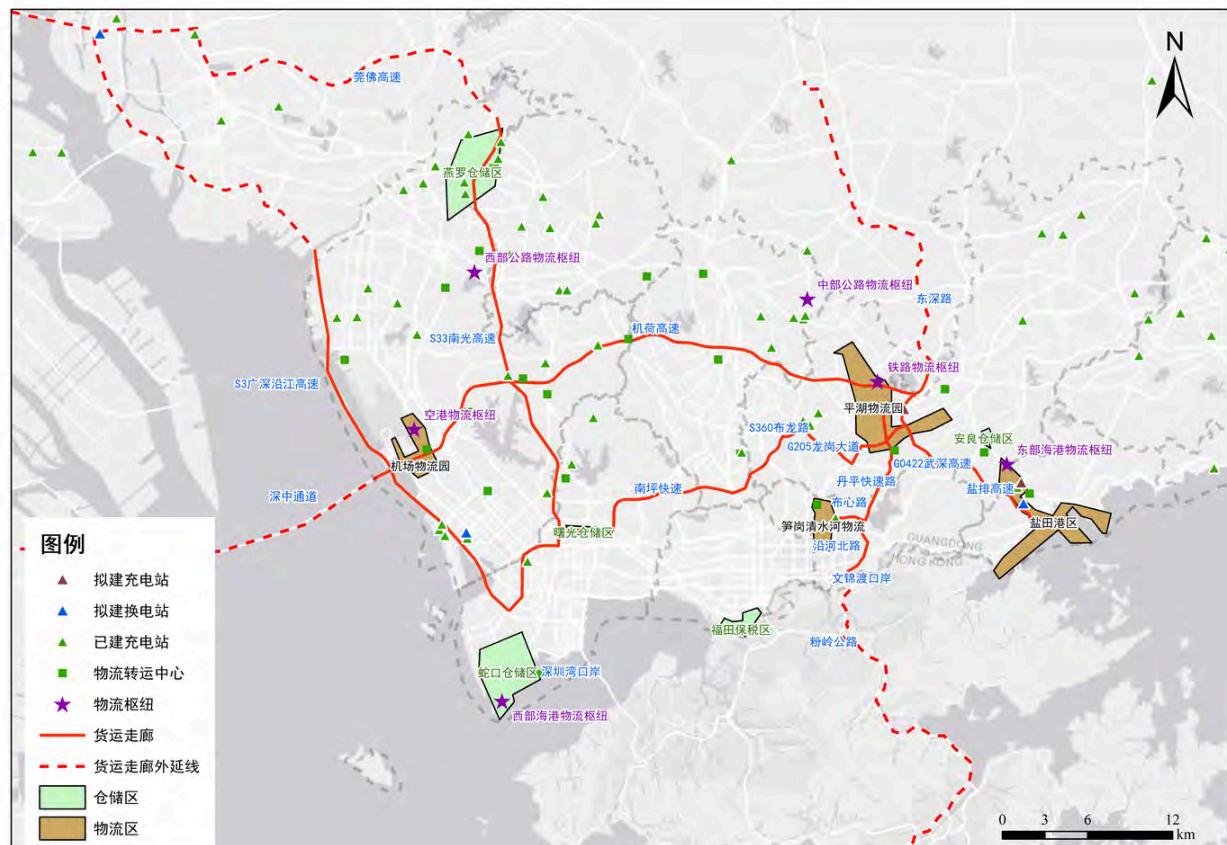
序号	项目名称	试点组织单位	试点实施单位
(一) 零碳道路运输线路			
1	西部陆海新通道多式联运广西（百色-钦州）换电重卡零碳运输线路试点项目	广西壮族自治区交通运输厅	百色万传物流有限公司
2	天津港至北京集装箱氢能零碳运输线路试点项目	北京市交通委员会	北京市兴威狮星新能源汽车有限公司 新汽（北京）新能源有限公司 北京氢璞创能科技有限公司 北京鸿力氢动科技有限公司 东风柳州汽车有限公司 中国石化销售股份有限公司 北京石油分公司 中和新兴（北京）能源科技研究院有限公司
3	德阳市零碳道路运输线路试点项目	四川省交通运输厅	德阳商业投资集团有限公司
4	新疆大宗物资运能保障零碳道路运输线路试点项目	新疆生产建设兵团交通运输局	中新建物流集团有限责任公司 新疆恒泰智慧能源股份有限公司 新疆汇泰新能源科技有限公司

## 案例二：深圳市道路货运零排放走廊建设与推广应用

### 一、基本情况概述

在国家“双碳”战略及全球交通能源转型的背景下，重型货车是交通领域碳减排的攻坚重点。深圳市作为拥有全球第四大集装箱港口的城市，面临着巨大的集疏运减排压力。尽管深圳市新能源汽车推广成效显著，但中重型货车电动化率仅为5.6%，仍面临行驶强度大、补能难等结构性制约。

为此，深圳市协力新能源与智能网联汽车创新中心在市交通运输局指导下，启动“深圳道路货运零排放走廊”的研究，推动由单一新能源重卡推广应用向构建“零碳走廊、零碳车队、补能网络”协同生态转变，打造一个全链条、全生命周期的绿色物流生态闭环，为全国重卡电动化提供可复制的“深圳样本”。



▲ 深圳道路货运零排放走廊示意

## 二、项目/技术创新点阐述

### 1 路网规划

基于重卡货流大数据，结合城市规划，项目设计了“四纵两横”道路货运零排放走廊。“四纵”包括广深沿江高速、南光-龙大高速、盐排-武深高速及丹平快速路；“两横”包括南坪快速路和机荷高速。实现核心港区与珠三角腹地90%以上主力货运通道全覆盖。

### 2 三级补能体系

针对重卡“昼运夜停”的作业规律，提出了“充电为主、换电为辅”的技术路线，并引导充电行业构建三级补能网络：一级起点站（集中式）：依托港区周边，建设具备停车、休息、大功率充电功能的一站式服务站。二级沿途站（分布式）：在高速出口附近布局超充电桩，满足快速补能需求。三级目的地站（专用桩）：在物流园区和工厂端建设，利用装卸货、中途休息等碎片化时间补能。

## 三、项目建设及运营情况

本项目采取“场景驱动、试点先行”的策略，重点围绕深港跨境、港口集疏运及区域干线物流三大核心场景组建零碳车队，并同步推进充换电基础设施的多元化建设。

零碳车队启动运营 ➤



2025年5月28日“深圳市道路货运零排放走廊建设启动大会”召开并正式发布《深圳市道路货运零排放走廊建设试点工作方案》，首批“零碳车队”正式授牌运营，推动货运绿色转型进入实质性实施阶段。在政策引导与市场驱动的双重作用下，目前项目已成功组建覆盖深港跨境、东部港区集疏运及湾区区域干线的三大核心场景车队体系。

### 三、项目建设及运营情况

截至2025年底，各场景累计实际投入运营纯电动牵引车及重型厢式货车共计127辆，同步建成并投运重卡专用充电站12座，初步构建起“车-站-网”协同发展的绿色物流示范样板，为后续规模化推广奠定了坚实基础。

## 1 “零碳车队”示范运营进展

### (1) 深港跨境生鲜运输零碳车队

由深港通果菜运输公司牵头推进，计划于2026年6月前，全面启用60个跨境新能源运输指标。该场景聚焦高时效生鲜果蔬运输，路线锁定“深圳平湖海吉星物流园—香港各区农批市场”。采用重型厢式货车，年运营里程约10万公里，致力于打造深港绿色民生通道。

### (2) 东部港区集疏运零碳车队

由深圳超时代、启航物流、新禧供应链、利仓行、鸭嘴兽供应链等5家企业共同建设。目前已实际投入运营纯电动牵引车122辆。车型以4X2牵引车为主，电池容量覆盖350千瓦时—513千瓦时区间，精准匹配差异化续航需求。该场景货源地呈辐射状分布于珠三角各地（顺德、江门、佛山、中山、广州、东莞、惠州），终点汇聚于盐田港区。车辆年运营里程维持在6-10万公里的高强度区间，验证了电动重卡在中短途集疏运场景的适用性。

### (3) 深（莞）广区域零碳车队

由深圳市易通安达国际物流有限公司牵头推进，已投入5辆纯电动重型厢式货车（电池电量246千瓦时）。该场景专注于大湾区电商物流体系，覆盖“厂到仓”、“仓到仓”运输环节，年运营里程约3-5万公里，助力区域供应链短途运输实现绿色低碳转型。

## 2 充换电基础设施建设进展

截至2025年底，已有华为数字能源、特来电、碧辟小桔、星星充电、新禧供应链、（华润）润超充等超过5家行业头部企业参与走廊沿线设施建设，已建成重卡专用充电站12座，初步构建起支撑零碳车队运营的基础补能网络。

此外，针对车队规模5辆以上、线路固定的运营主体（如利仓行及深惠线砂石水泥车队），“企业自建充电桩”成为主流降本路径。建设选址主要集中在两类区域：自有停车场：满足“集中停放+夜间补能”的双重需求；沿途合作站点：填补运输途中的补能缺口，保障链路稳定性。通过自建桩，企业可大幅降低充电服务费支出，从而显著优化整体运营成本。

新建重卡专用基础设施效能显著提升。新建站点主流配置升级至600千瓦，部分标杆站采用超充技术。运营经济性得到验证，数据显示，绝大多数车辆利用夜间谷期充电降低成本。

同时，深圳市发改委正推进“超充之城2.0”规划编制，计划将本项目确定的“四纵两横”零排放走廊纳入重点匹配场景，从顶层设计上强化充换电设施与物流运输需求的精准协同。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

### 1 经济效益

通过构建全生命周期成本（TCO）测算模型分析，虽然纯电动重卡保险费率略高，但凭借显著的油电差价优势，其运营经济性已得到验证。以深圳市牵引车平均年运营里程6.6万公里的基准测算，纯电动重卡车年均能源成本较同级柴油车节省约4万元；若叠加“车电分离”商业模式，通过将电池资产剥离租赁，车辆初始购置门槛可大幅降低40%-50%，实现与燃油车“平价入市”。

测算数据显示，在五年运营周期内，不考虑路权等隐性收益，单车综合成本已较燃油车节省约2.7万元；对于年行驶里程超过8万公里的高频集疏运场景，其盈亏平衡点可进一步缩短至1.5年以内。这标志着重卡电动化正逐步摆脱对补贴的依赖，部分运营里程较高的场景已经开始转向市场化驱动发展阶段。

### 2 环境生态效益

本项目作为交通领域落实“双碳”战略的关键抓手，其环境效益具有显著的可量化特征和深远的生态价值。依据碳排放测算模型推演，随着“四纵两横”走廊内运力的逐步置换，预计在2025年试点启动期，年均可减少二氧化碳排放6.39万吨；

至2030年规模化应用期，年减排量将攀升至17.04万吨；至2035年全面覆盖期，年减排潜力将高达28.97万吨。

## 3 综合社会效益

作为粤港澳大湾区首个系统性的零排放货运示范工程，本项目在技术标准制定、基础设施布局规划以及跨境运输政策创新等方面积累的先行经验，将形成可复制、可推广的“深圳样本”。未来，该示范工程将进一步发挥引领作用，助力大湾区各城市打破标准壁垒、打通协作堵点，构建起标准统一、互联互通的绿色物流网络，为区域货运领域低碳转型提供坚实支撑。

### 五、执行团队／推动单位介绍

**深圳市协力新能源与智能网联汽车创新中心：**是在经深圳市社会组织管理局正式批准注册成立的民办非企业社会服务组织，致力于新能源与智能网联车辆技术在货运领域的应用推广。本项目创新中心发挥专业智库优势，承担顶层方案设计、TCO模型测算、行业标准制定及跨界资源统筹工作，协同推进试点任务落地。

**深圳市集装箱运输协会：**作为本项目的联合执行方，协会充分发挥其行业号召力与组织协调能力，动员会员企业参与“零碳车队”试点，并在行业调研及政策宣贯等方面提供了支撑。

## 案例三：国鸿氢能燃料电池重卡在绿色物流中的示范应用

### 一、基本情况概述

中国道路货运长期依赖柴油重卡，能源消耗量大、排放强度高，是交通领域减排的重点与难点。随着“双碳”目标深入推进，港口、矿区、钢厂等大宗物流节点纷纷被纳入各地绿色转型计划。高排放车辆的准入逐步受限，同时运输企业又面临高强度、长里程、快周转的运营需求。传统电动车型在高载重场景下普遍存在续航不足、充电时间长的问题，使得绿色转型亟需新的技术路径。

氢燃料电池重卡凭借“长续航、快补能、零排放”的优势，成为绿色物流体系的重要突破方向。其高能量密度与快速补能特性，能够兼顾长途运输与高出勤率，既符合减排要求，也契合运营经济性需求。

### 二、项目创新点阐述

国鸿氢能重型燃料电池系统领域形成了较为成熟的产品体系。其自主研发的燃料电池系统最高效率可达61%，寿命超过30,000小时，单系统额定功率约110-180千瓦，并可通过模块化扩展至400千瓦，覆盖从中型车辆到重型牵引车的应用需求。系统在粉尘、高温、低温等复杂工况下运行稳定，氢耗水平约8-10千克/百公里，加氢时间一般不超过15分钟，续航里程可达400公里以上。

为保障商业化运营，国鸿氢能建立了覆盖华东、华北、华南等地的服务网络，通过远程监测与现场维护相结合的方式，提升车辆出勤率和系统可靠性。依托技术和服务能力，公司在港口短倒、矿区运输和钢铁物流等多场景实现了规模化应用，为绿色物流减排提供了切实可行的解决方案。

### 三、技术路径与解决方案

国鸿氢能以自主可控的燃料电池技术为基础，针对港口短倒、矿区重载运输以及钢铁物流等典型场景，提供系统化的重型商用车解决方案，并在浙江嘉兴、内蒙

古鄂尔多斯和天津荣程集团形成了具有代表性的示范项目。

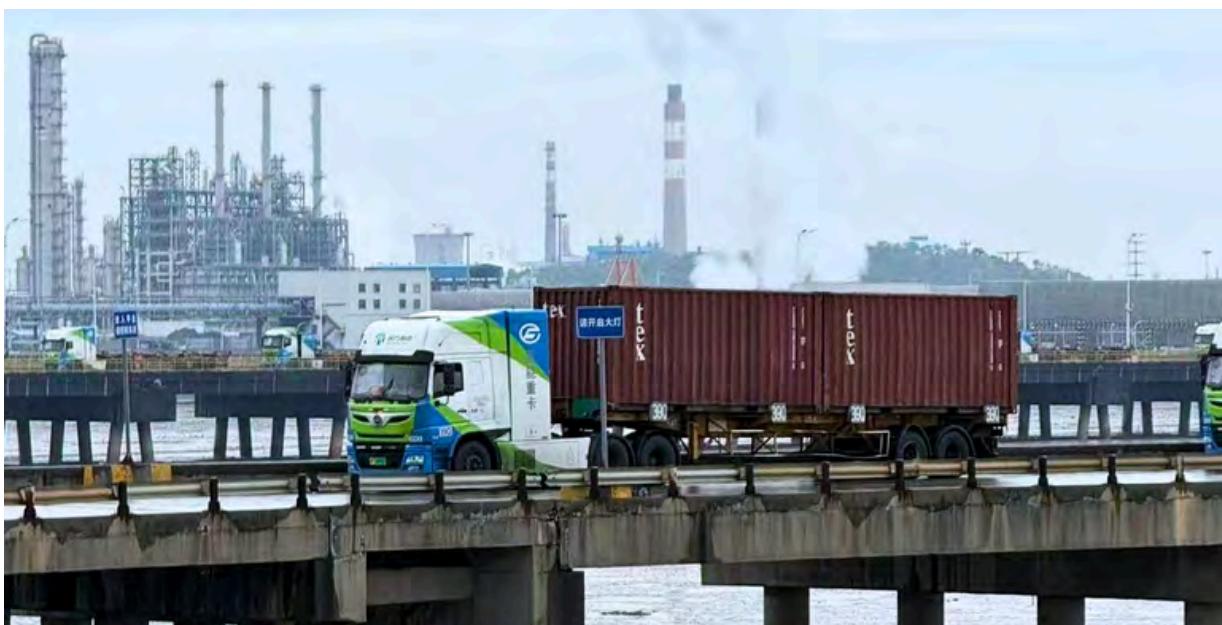
# 1

## 嘉兴乍浦港：氢能驱动的绿色港口运输体系

嘉兴乍浦港依托当地风电与石化产业优势，打造全球首个“绿色经营港口”集装箱运输示范项目。港区在国鸿氢能及合作伙伴支持下率先部署氢燃料电池牵引车，实现了清洁能源运输的常态化运行。车辆基于49吨牵引车平台开发，搭载国鸿G110燃料电池系统，系统效率超过61%，寿命超过30,000小时，可扩展至400千瓦的系统功率。整车采用6×4驱动形式，配套100.9千瓦时电池与国富5×410 L氢系统，满足重载港区运输需要。

车辆主要承担3-5公里的港区短倒任务，单车日均运营里程约250公里，可一次运输两只标准集装箱。加氢基础设施由嘉兴港区氢能产业园站、中国石化滨海大道站及金稼园站共同保障，氢气价格经补贴后约为35元/公斤。在运营模式上，车辆由羚牛氢能持有产权，再租赁给码头与物流企业使用，并提供包氢或不包氢等多种方案。国鸿氢能则提供车辆燃料电池系统的全生命周期服务支持。

根据港区方面的测算，在现有氢价水平下，每标准箱运输的燃料成本较柴油车辆节省约1.4元；当前车队规模达到100辆，每年可节省运营成本约300万元，并减少约1万吨二氧化碳排放。项目的实施不仅改善了港区作业环境，也提升了运营效率，成为绿色港口建设的重要实践。



▲ 乍浦港区运行的氢能重卡CCTP秘书处现场拍摄

## 2

## 鄂尔多斯矿区：复杂工况下的系统可靠性验证

鄂尔多斯作为中国重要的煤炭主产区，运输工况具有粉尘大、温差大、强冲击等典型特征，对车辆耐久性和系统可靠性提出极高要求。国鸿氢能为当地煤炭运输开发了适应性更强的燃料电池系统方案，并与蒙西正和国有资产运营集团共建制氢、加氢与运力示范体系。

截至2025年9月，项目已投入运营54辆氢能重卡，包括两款49吨牵引车型，分别搭载盟固利和微宏动力电池系统，并配置国富与奥扬不同型号的储氢系统。车辆氢耗约为8千克/百公里，续航可达400公里以上，加氢时间不超过15分钟。为保障车辆在矿区的高出勤率，国鸿技术团队常驻现场提供运维与实时监测。



▲ 搭载国鸿氢能燃料电池系统的氢能重卡正在作业

企业披露的运营测算显示，车辆在满载工况下每行驶1公里可减少约1.2千克二氧化碳排放；以单车年行驶10万公里计算，可减少碳排放约120吨，当前车队每年减排规模约为6480吨。项目验证了燃料电池系统在恶劣环境中的稳定性，并推动当地形成制氢、加氢、运力协同发展的氢能应用生态，有助于传统能源基地实现绿色低碳转型。

## 3

## 荣程集团：钢铁行业物流的零碳示范样板

钢铁行业约占中国碳排放总量的15%，运输环节在绿色供应链的建设中具有关键作用。荣程集团自2021年起与国鸿氢能合作推进氢能重卡示范，逐步构建覆盖港区短倒、厂区运输和跨省物流的绿色运力体系。

车辆同样基于49吨牵引平台开发，搭载国鸿燃料电池系统，分别配套88.3千瓦时与100.7千瓦时电池系统，以及中集6×390 L与奥扬8×210 L储氢系统，满足不同路线的运营需求。加氢网络覆盖荣程集团厂区、天津临港、天津渤海、静海油氢合建站及泊头站等区域，氢价约为31元/公斤。

截至2025年9月，荣程集团已累计投入约860辆氢能重卡，累计减少碳排放48002吨。车辆承担京津冀区域的成品运输任务，在高频次、跨区域的运行需求下展现了良好的稳定性与经济性，成为钢铁物流绿色升级的具有代表性示范案例。

## 四、综合成效与价值

从减排效果看，按照柴油车平均油耗35-40升/百公里、排放因子2.63千克二氧化碳/升测算，在港口短倒、矿区重载和钢铁物流等工况下，氢燃料电池重卡每公里可减少约0.9-1.2千克二氧化碳排放，与企业在嘉兴、鄂尔多斯和荣程项目中的披露数据基本一致。随着示范规模扩大，项目的减排效益将进一步凸显。在经济性方面，尽管氢能车辆购置成本高于传统车型，但在高强度、固定线路、快速补能需求显著的运输场景中，通过提高车辆出勤率、缩短补能时间并结合氢气成本下降趋势，总拥有成本（TCO）正在逐步改善。

在社会与环境效益方面，氢燃料电池重卡不产生尾气与噪声排放，显著改善了港区、矿区及钢厂作业环境，同时降低了安全风险并改善了员工健康条件。此外，项目带动制氢、加氢站、车辆制造、运维服务等产业链环节协同发展，为区域绿色供应链和新型工业化提供重要支撑。

国鸿氢能的多场景示范表明，氢燃料电池重卡在绿色物流体系中具备可复制、可推广的应用价值。其最佳应用场景主要集中在运输距离稳定、载荷较大、补能需求高且加氢条件集中配置的区域，如港口短倒、矿区资源运输及钢厂成品物流。此外，加氢基础设施布局与车辆规模化投放需同步推进，才能有效降低加氢成本并提高资源利用效率。随着燃料电池系统寿命提升、氢气制取与运输成本下降，氢能重卡有望在大宗物流运输中形成更具竞争力的绿色运力系统，为中国交通运输领域的深度脱碳提供重要支撑。

## 相关活动回顾

2025年10月，中国清洁交通伙伴关系（CCTP）在嘉兴、上海组织绿色燃料与航运低碳转型主题沙龙与实地走访，参与专家围绕电动船、港口氢能应用及绿色燃料产业化路径等议题开展交流与讨论。



扫码了解详情

## 案例四：云韬氢能面向多场景的氢能交通装备与系统化解决方案实践

### 一、基本情况概述

广东云韬氢能科技有限公司（国家高新技术企业）股东架构由公司创始团队、广州市金控集团、白云产投、白云金控及上市公司雄韬电源组成。公司建成万平米级研发生产基地，实现核心部件国产化与规模化生产。牵头组建国家氢燃料电池产业创新联合体，自研极板、石墨电堆、高温电堆和催化剂技术水平达国际先进；系统效率、低温启动等技术领跑全球。公司三年成长期内，每年营收实现超10倍增长，2025年继续延续十倍增长，预计营收突破15-20亿元。

### 二、项目／技术创新点阐述

已实现三大里程碑。氢燃料电池车装车量及装机功率2025年全国第一；氢能重卡安全运营总里程破400万公里，居于全省第一；旗下加氢站日加注量超1200公斤，负荷率100%，为全国运营效率最高站点之一。公司打造的广州白云模式已得到各级领导的认可和国家的关注，获国家市场监督管理总局、中宣部等实地调研，多次登上央视等官方媒体平台。云韬氢能自主研发的运营平台可实现全链条数字化管理，连续三年营收十倍增长（2024年超2.16亿元，2025年预计超20亿元），成长为广东省氢能“链主”企业；氢燃料电池车装车量、装机功率双登全省榜首；氢能重卡百公里氢耗低至7.5公斤，安全运营总里程突破400万公里；白云石湖加氢站负荷率100%，成为全国效率最高的加氢站之一。

**在氢能储运环节**，云韬氢能10月16日实现重大突破。申报的“广东广州长距离低成本高效气态运氢项目”成功入选国家能源局首批氢能试点。

**在氢能无人机方面**，目前公司已在山东德州首批交付自研巡检无人机，应用场景为高压电力巡检，起飞重量35千克，带红外成像，三维扫描，远程通讯（30公里），可见光等功能，配置定点巡航以及遥感喊话功能，能及时发现电力线路隐患，保障电网安全运行。假设传统燃油设备用于相同作业每年排1吨二氧化碳，氢能无人机为零排放，每架无人机每年可减少碳排放约0.5吨。若推广50架无人机，每年可减少碳排放量为25吨。

同时公司已开展吨级液氢无人机示范推广工作，起飞重量700千克，液氢续航6小时；高压气氢续航3小时，巡航速度120公里/小时，最高速度320公里/小时，2025年计划投放50架氢能无人机。



◀ 云韬巡检无人机

云韬液氢无人机示范 ▶



**在氢能船舶方面**，已完成2000吨氢能散货船设计招标公示，正推进详细设计，并与中船六〇五院签订战略合作协议。该船舶主要行驶于北江航道，运营场景为执行韶关到广州港的钢材及矿石原材料运输任务，续航里程达760公里。采用船舶专用储氢系统进行氢气储存，技术上，260千瓦船用系统开发完成，10月获船级社证书；首艘氢燃料电池船舶计划12月下水，2026年4月进行航行试验，2026年7月完工交船并投入运营月内下水。

### 三、项目建设及运营情况

云韬氢能通过技术创新与生态协同，积极推动绿色物流的发展，其实践不仅涉及氢能车辆的推广应用，还涵盖了智能化运营和生态圈构建。

# 1 广州白云模式

广州市白云区住房建设交通局、区城市管理和综合执法局聚焦重型卡车替代、城市物流、工程施工等场景，推动氢能搅拌车、重卡等规模化应用，累计推广氢燃料电池汽车近500辆，包含自卸车、搅拌车、环卫车、物流车、冷链车、牵引车等，并通过“油氢合建”模式提升基础设施覆盖效率，推动加氢价格不超过28元/公斤的政策目标落地。典型场景以31T自卸车、搅拌车为主，服务白云区建筑工程、房地产项目，依托白云区自卸车和搅拌车的批量更新需求，形成“工地-消纳厂”“工地-搅拌站”固定运输线路。

白云区云韬氢能石湖加氢站自2025年1月投运以来，日均加注量稳定在1000公斤以上，负荷率100%，日均服务车次超100台，综合运营效率跻身全国前三，成为“站随车走”的成功典范。云韬氢能良田加氢站于2025年7月投运，是华南地区首座日加氢能力达4000公斤的固定式加氢站，与石湖站构成“白云双核”，强力辐射空港经济区及太和钟落潭运输枢纽。



▲ 华南首座单日加注量达4000公斤的加氢站

白云模式通过“车-站-氢-平台-政策”五方协同联动，形成从场景聚焦到产品研发、车辆运营、加氢布局、价格落实的市场化产业闭环。

## 2 与广州智卡物流科技有限公司绿色物流合作

2025年9月，广州智卡物流科技有限公司与广东云韬氢能科技有限公司正式签署战略合作协议。双方将基于“合作共赢、优势互补”的原则，建立长期全面的合作伙伴关系，本次签约车型为18吨氢燃料电池翼展车，搭载云韬氢能自研的云擎130B系统，同时配套宁德时代高容量动力电池，具备长续航、补能快、能耗低等优势，助力双方共同推动零碳物流与智慧物流的规模化发展。

智卡科技作为物流行业高新技术企业，基于大数据和AI技术打造的中短途整车运输网络平台，助力运输车辆高效运营，荣获省级专精特新及隐形冠军企业等荣誉。

在氢能车辆推广与运力落地方面，云韬氢能将提供氢燃料电池物流车核心装备，智卡科技则依托自身运力平台与AI调度能力，为车辆精准匹配物流场景与运输线路，通过“技术企业提供核心装备+运营平台保障车辆利用率”的创新模式，有效降低氢能物流车辆全生命周期运营成本，加速氢能车辆在物流领域的规模化应用。

在绿色物流体系构建上，双方将联合打造“零碳运输”与“智慧配送”示范项目，依托智卡科技的数字化平台，实时追踪并核算氢能车辆的减排数据，生成可视化“碳足迹”报告。这一举措不仅能助力合作企业提升ESG环境、社会和公司治理形象，更能为企业未来参与碳交易提前奠定基础，推动物流行业向低碳化转型。



◀ 合作涉及的18吨氢燃料电池翼展车

## 案例五：安得智联以绿色智慧物流推动全链路低碳转型

### 一、基本情况概述

作为美的集团绿色物流战略的核心执行主体，安得智联长期深耕智慧供应链领域，并以“可持续发展”作为企业运营的重要底层理念。在国家“双碳”战略背景下，企业围绕绿色仓储、绿色运输与绿色包装三大方向，系统推进供应链全链条的碳排放管理，通过数字化与智能化手段降低能源与物料消耗，构建从生产端、流通端到消费端的低碳物流体系。

目前，安得智联已形成覆盖生产物流、一盘货统仓统配以及最后一公里送装一体的“1+3”供应链物流模型，服务网络延伸至全国所有县镇，并积累了来自9000余家企业客户的供应链数据。企业在绿色物流方面的多维度实践，使其成为家电、快消品、汽车零部件等行业绿色转型的重要推动者。

在绿色战略方面，公司明确提出2030年实现碳排放强度较2023年下降45%的阶段性目标，并承诺最迟于2050年实现碳中和，形成了覆盖制造、物流、服务与回收产业链的绿色责任体系。

### 二、项目创新点阐述

安得智联在绿色物流系统构建中形成了具有行业代表性的三大创新场景：即“运包一体”“送装一体”与“逆向回收”。

三者并非离散的业务模块，而是围绕供应链生命周期构建的系统化减碳路径，并通过流程再造与资源重构实现价值链整体跃迁。

“运包一体”解决方案聚焦制造业供应链中长期存在的包装杂乱、规格不统一、供应商分散送货等问题。企业通过模块化设计推进包装标准化，将一次性包装重新转化为可循环使用的器具，并构建供应商—VMI仓—工厂三段循环体系，实现包装履历可追踪、器具流转可视化。与此同时，安得智联以MILKRUN模式替代传统分散配送，统一承担物料与包装的运输，提高装载效率并减少空驶，显著改善运输组织方式。

“逆向回收”体系构建了从消费者端到拆解端再到再生端的全链路绿色循环。安得智联依托覆盖全国的回收服务网络，承担美的旗下所有品牌废旧家电的逆向回收、运输与拆解流转工作，形成了贯通C端、企业端与资源再生端的闭环体系，为制造业建立循环经济模式提供了可复制的路径。

### 三、项目建设及运营情况

在绿色仓储方面，安得智联积极推进园区零碳化建设。企业旗下八处物流园区已获得国家级“一级（三星）绿色仓库”认证，并通过光伏建设与废弃物循环体系实现仓储环节的能源优化。

2015至2017年间，公司在全国自建仓库完成光伏铺装面积31.7万平方米，总装机容量达19.8兆瓦，显著提升能源效率。公司位于佛山顺德的威特园区，不仅实现了17,166平米屋顶光伏的装机和并网发电（年发电量达409.1万度），还在园区停车场安装了太阳能充电桩9个，停车场车棚实现光伏装机容量311.2千瓦，是安得智联首个实现了光储充一体化的仓储园区。同时，安得郑州美安园区建立了系统化的废弃物分类回收机制，实施无害化处理并推动资源循环利用，年均节约托盘约2,000个、纸箱14万个，有效降低运营成本并减少环境负荷。



▲ 安得智联绿色仓储实践

**在绿色运输方面**，安得智联持续扩大新能源车辆规模。公司在全国多地陆续投入新能源车，截至2024年底，运营的新能源车辆总数已达49,147辆（含电动、氢能、LNG、混合动力等车型），2024年全年新能源运力行驶总里程达22,814万公里。与此同时，公司在物流园区推行实施大宗物料门禁系统，禁止尾气排放不合格的车辆进入园区，以此强制推动运输车辆从传统型向新能源车型的转换。



▲ 安得智联新能源车辆运输应用

**在绿色包装方面**，安得智联依托服务美的集团七家灯塔工厂的经验，构建了覆盖产业链上下游的包装循环体系。在上游环节，“运包一体”模式整合零部件运输与循环包装，年均替代一次性纸箱35万个，公司的威特智能VMI仓应用该模式后实现包装成本降低10%、物流工时节约25%。在下游环节，公司通过“逆向回收”体系及包装纸箱绿色回收项目构建了终端绿色回收闭环，形成全链条可持续发展生态。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

安得智联在绿色物流体系建设中实现了经济、环境与社会价值的整体提升。“运包一体”在灯塔工厂的应用显示，包装成本下降约10%，物流工时减少约25%，为制造端提供了实质性的成本节约。“送装一体”通过减少逆向物流需求，提高了一次上门的成功率，显著降低运输资源浪费并提升用户体验。

在社会效益方面，安得智联在2024年协助美的集团开展超过8,500场以旧换新活动，共回收废旧家电460万台，约16万吨，服务覆盖超过4万个社区与乡村，支持

全国5万余家门店，惠及超过400万名用户。公司凭借在绿色物流领域的持续实践，获得“2024双碳解决方案奖”“2024杰出绿色低碳践行奖”“三星级绿色物流企业”等多项行业荣誉，并入选多项国家级绿色供应链与再生资源体系建设试点名单，体现其在行业低碳转型中的示范作用。

安得智联的实践通过系统化整合打破传统分工运营模式，将包装、运输、回收等离散环节转化为有机循环体系，实现资源效率的指数级提升。同时，以用户价值为核心延伸服务边界，通过技术赋能与流程再造形成从消费端到生产端的闭环价值链条，推动线性经济向循环经济跃迁。这种模式创新表明，低碳转型不仅是技术优化，更是战略思维重构，需通过顶层设计实现资源配置方式、产业协作范式与商业生态系统的整体变革。

## 五、执行团队介绍

安得智联供应链科技股份有限公司由美的集团孵化，致力于为客户提供一体化、数智化的供应链物流解决方案。企业依托自主研发的安链通智慧平台，在生产物流、统仓统配与送装一体三大领域具备深厚的运营能力。美的集团自2021年发布绿色战略以来，将绿色设计、采购、制造、物流、回收与服务作为六大支柱推进全生命周期绿色体系建设，安得智联作为物流核心主体，在绿色供应链体系建设中发挥关键作用。作为美的集团绿色物流战略落地的主力军，安得智联坚持长期可持续发展理念，凭借多年来在供应链领域的数字化、智能化创新实践，不断提升资源利用效率，围绕绿色仓储、绿色运输、绿色包装等核心绿色化举措，打造“运包一体”“送装一体”“逆向回收”三大减碳场景，在降低自身运营碳排放的同时，实现全价值链经济价值、社会价值、生态价值的有机融合统一。

为响应“双碳”目标，构建全生命周期的低碳供应链管理，安得智联从供应链上下游各环节入手，将绿色责任延伸到消费流通全环节，通过绿色仓储、绿色运输、绿色包装等核心举措，打造三大核心减碳场景，找寻控制节点以管控碳排放影响因素，为中国绿色低碳可持续发展贡献力量。



# 交能融合篇



## 交能融合篇

在交通领域深度脱碳进程中，单纯依靠终端车辆电动化已难以支撑中长期减排目标，交通系统对能源供给结构、运行方式与调度机制的依赖日益凸显。随着新能源装机比例持续提升、电力系统向高比例可再生能源演进，交通与能源之间正在从“单向消耗关系”转向“协同耦合关系”，交通—能源融合（交能融合）逐渐成为推动交通领域系统性减排的重要路径。

交能融合并非简单的“交通设施+新能源”，而是围绕交通基础设施和交通运行场景，重构能源生产、储存、转换与使用方式，使交通系统从传统的能源终端，转变为新能源消纳载体、灵活性资源和综合能源系统的重要组成部分。在这一过程中，高速公路服务区、物流园区、交通枢纽、产业园区等空间节点，正逐步演变为集“多能供给、智能调度、场景协同”于一体的综合能源节点。

近年来，各地围绕高速公路综合能源服务区建设、零碳交通园区打造、光储充换一体化设施布局、微电网与虚拟电厂应用等方向，开展了大量探索实践。一方面，通过在交通场景中引入光伏、储能、氢能等清洁能源，实现能源就地生产与就近消纳，提升交通系统对新能源的适配能力；另一方面，通过车网互动、有序充放电、虚拟电厂等机制，释放交通负荷的调节潜力，增强电力系统运行的灵活性与安全性，推动“以交通促消纳、以能源优运行”的双向协同。

从实践路径看，交能融合呈现出明显的多层次、多形态特征：既包括以高速公路和服务区为载体的“油、电、气、氢”多能补给体系建设，也包括以园区为单元的离网或弱网零碳能源系统探索；既涵盖以基础设施为核心的硬件集成，也延伸至能源管理平台、虚拟电厂和电力市场参与等运行层面的制度与机制创新。这些实践为交通领域减排从“单点技术替代”走向“系统协同优化”提供了现实样本。

本篇通过梳理和呈现若干具有代表性的交能融合实践案例，重点关注其在场景选择、系统架构、运营机制与减排协同方面的探索经验，力求从实践层面展示交通与能源深度融合的可行路径与现实价值，为不同区域、不同类型交通基础设施推进低碳转型提供可借鉴的参考。

## 案例一：蜀道交通服务集团高速公路综合能源体系建设实践

### 一、基本情况概述

蜀道交通服务集团作为蜀道集团旗下二级子集团，是国务院首批“双百行动”国企改革试点企业，长期深耕交通服务和综合能源领域，在全国高速公路服务体系中具有重要示范地位。集团现阶段形成了以综合能源、沿线商业综合开发经营、文化传媒三大业务板块为核心的发展格局。截至目前，集团运营加油站179座、服务区104座、充电站73座、LNG加注站9座，并265台自有车辆和1,200余台协同车辆，网络规模持续扩大。面对“双碳”战略和交通强国建设的新形势，蜀道交通服务集团以“场景为基、能源为核、生态为翼”为总体思路，推动交通基础设施由单一功能向多元服务转型，探索形成以油、电、气、氢多能互补为特色的交通—能源融合发展模式。



▲ 四川省首批高速公路在营的LNG加气站金堂服务区LNG加气站

## 二、项目创新点阐述

蜀道交通服务集团的交通—能源融合实践具有明显的原创性和前瞻性。

一是在能源供给端创新构建“综合能源服务站”模式，推动传统加油站向“油、电、气、氢”多能互补的新型能源枢纽转型。集团基于“桩站先行、适度超前”的策略，逐步形成覆盖高速公路、城市节点与城镇区域的多层次充电服务网络，并通过与成都市网约车协会合作，初步探索“车桩联动”与出行场景协同发展模式。



▲ 高速公路充电站



▲ V12体育公园充电站

二是在高速公路服务区建设中，蜀道交通服务集团推动服务区功能从“交通流量节点”向“区域价值平台”升级，通过主题化改造、平急两用设计及文旅业态引入，构建了与城市文旅场景深度耦合的“路衍经济”示范。天全服务区、成都东服务区等项目均成为交通运输部或文旅部的典型案例，形成较强行业示范效应。



▲ 四川雅安天全服务区



▲ 成都东服务区

三是在新兴产业方面，集团率先布局“服务区+低空经济”，开展无人机巡检、低空物流、低空文旅等场景试点，成为全国首批低空运行管理试点单位之一。相关成果包括获得国家民航局无人机运营资质，在西南首个服务区建立无人机执照培训基地，并成功承办大型无人机演艺活动等。

### 三、项目建设及运营情况

蜀道交通服务集团围绕高速公路综合能源体系建设，逐步构建起涵盖基础设施建设、能源供应体系完善、数字化管理平台运行及新兴交通应用拓展全链条能力。

在建设层面，集团依据“中心城市引领—中小城镇均衡覆盖—文旅线路特色发展”的总体思路，持续推动充电网络和多能补给体系布局。目前已建成充电站125座、投运183座，重点站点采用分体式高功率充电堆，单枪最大功率可达250千瓦；常规快充站建设成本约180至350万元，慢充桩建设成本约3500元（7千瓦）。在青城山、龙泉等旅游线路，集团依托补能设施建设了绿色出行充电廊道，为旅游交通提供稳定补能保障。

LNG补能体系是蜀道交通服务集团综合能源布局的重要组成部分。自2016年建成四川省首座高速公路LNG加气站以来，集团已累计投运9座LNG站点，并先后在成巴线、广甘线、雅康线完成多座加油站的油改气升级。新建油气合建站的建设成本约750至1150万元，既有加油站升级改造成本约300至350万元。各站点普遍采用低压储存、高压输送工艺，配置15至30立方米储罐及LNG低温泵、加注机和安全监控系统，单站日均加注能力达到500至800立方米。

在氢能体系建设方面，联合装备企业参与冬奥会氢能保障项目，推动氢气提纯等关键装备落地。同时，集团在湖北建成全国首对高速公路加氢站，并启动成渝氢走廊的重点示范布局。单座加氢站建设成本约1200至1800万元，采用外供氢与站内保压工艺，具备35MPA与70MPA双压力加注能力，日加氢量可达200至500公斤。随着成渝地区双城经济圈氢能交通布局加快，蜀道交通服务集团的氢站体系将成为区域重卡运输绿色化的重要支撑。

在运营方面，集团依托“壹电蜀”“蜀道畅充”等数字化平台，实现了补能站点的实时监控、智能调度、能效管理与用户服务整合。在服务区运营实践中，通过主题化改造、品牌引入及文旅活动组织，实现基础服务向复合型业态延伸，提高了整体运营效率。同时，蜀道将无人机巡检、低空物流、农林植保和文旅演艺等场景纳入“低空经济+交通基础设施”体系，形成了多场景、多类型的业务储备。在建设与运营过程中，项目面临电力接入周期长、LNG价格波动、氢能技术标准不统一、投资周期长等挑战，但集团通过与政府部门、科研机构及行业企业协同，持续优化布局。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

**在经济效益方面**，蜀道交通服务集团通过构建“油、电、气、氢”多能协同的综合能源服务体系，提高了高速公路沿线补能设施的资产利用率，并促进服务区商业业态向复合型服务延伸。部分示范站点在补能功能完善后，通过引入自动售卖、24小时热水、品牌零售等配套服务，提升了用户停留时间与便利性，推动了站点整体经营能力的改善。对于LNG加气站而言，受市场价格波动影响，整体盈亏情况仍在动态平衡中，但随着干线重卡替代趋势的增强，该业务具备明确的战略价值和规模化增长潜力。

**在环境效益方面**，根据蜀道交通服务集团提供的数据，2024年充电网络累计充电量达到0.51亿千瓦时，相当于替代传统汽油约替代传统汽油约571万升（约0.42万吨），并实现二氧化碳减排约6000吨。在LNG补能方面，LNG加注量为3343吨，折算替代柴油约4012吨，对应的二氧化碳减排量约3209吨。这些数据反映了综合能源体系在公路交通领域的节能减排成效。

随着氢能基础设施逐步落地，蜀道交通服务集团的氢能补能能力也将成为未来重载运输领域的关键减排力量。氢燃料电池车辆在中长途运输场景中具有零排放优势，随着加氢站在成渝氢走廊等区域布局展开，相关减排潜力将在未来运营中进一步体现。在交通运维方面，也积极探索无人机替代传统燃油车辆开展路网巡查、应急勘察等业务。虽然相关节能数据仍处于验证阶段，但从高速公路巡检的需求量和频次来看，无人机的规模化应用有望显著减少车辆巡查带来的燃油消耗，提升道路运维效率，为交通基础设施绿色化提供新的技术路径。

**在社会效益方面**，多能补能体系的完善有效改善了高速公路新能源汽车用户的出行体验，提高了补能的可达性和便利性，增强了交通基础设施对电动化发展的适应能力。服务区通过文旅活动、主题化场景和区域品牌建设，带动沿线消费增长，并在节假日活动、区域推广中显现出集聚效应。同时，随着无人机巡检、农林植保、低空文旅和培训等新业务的布局，相关产业链带动了新的就业岗位增长，为地方提供了新的产业发展方向。

整体来看，蜀道交通服务集团的综合能源体系建设不仅推动了高速公路领域的绿色化转型，也在提升公共服务质量、促进地方经济活动、增强交通基础设施韧性等方面展现出显著的社会价值。

## 五、执行团队介绍

蜀道交通服务集团是绿色智能交通能源生态的先行者与构建者。

集团以“绿色、低碳”为发展理念，专注于推动交通与能源的深度融合，核心使命是打造“油、气、电、氢”一体化能源网，为绿色智能交通注入强劲动能。以“拓网强链、统筹布局、有序转型”为行动纲领，凭借创新的“央地合作”与“双品牌”模式，成功构建了一张“覆盖全川、辐射全国”的能源网络。纵向集成“购储运销”链条，横向协同“研制销、投建营”环节，确保能源的高效供给与网络的广泛触达。

面向未来，集团以“油为基本、电气优先、氢超前”的思路优化能源结构，同步发展分布式光伏与非油业务，始终聚焦绿色化与数智化转型，通过构建覆盖生产、经营、财务的全流程智能管控体系，驱动能源网络高效运营，为打造安全、高效、低碳的绿色智能交通生态系统提供坚实支撑。



## 案例二：Solar for Solar——隆基清洁能源助力绿色交通

### 一、基本情况概述

随着全球交通领域碳排放压力不断加剧，清洁能源在交通补能体系中的应用需求持续增长。隆基绿能围绕交通场景中“建筑、设施、车辆”的不同能源需求，积极探索光伏发电在交通基础设施中的集成模式，开展了“光储充换一体”的分布式交通补能示范以及交通枢纽建筑光伏一体化实践。本案例重点呈现隆基绿能与蔚来合作建设的光储充换示范站，以及隆基森特BIPV产品在西安咸阳国际机场T5航站楼的应用情况。

### 二、项目创新点阐述

隆基绿能在交通能源融合领域的探索具有系统性与前瞻性。一是首创性地在换电站场景中引入高效BIPV系统，通过光伏、储能、换电设备的一体化设计，实现光伏系统与交通补能设施的融合，形成“光储充换一体站”的新模式，为构建“出行碳中和”的能源体系奠定基础。二是在航空交通枢纽等大型公共建筑中推动建筑光伏一体化应用，使建筑兼具结构功能与能源生产功能，探索形成“建筑即电站”的清洁航空枢纽模式。三是面向未来能源体系发展，隆基绿能与合作伙伴共同推进V2G车网互动、虚拟电厂及交通清洁能源标准建设，促进交通补能系统向多向互动和智慧管理方向拓展。

### 三、项目建设及运营情况

#### 1 光储充换一体站（蔚来合作项目）

2024年1月3日，隆基绿能与蔚来联合宣布签署战略合作协议。双方将紧密合作并共同推动充换电站使用光伏发电这种清洁能源，打造行业领先的光储充换一体站，在推进分布式光伏配合V2G车网互动、建立“出行碳中和”相关行业标准等方面展开合作。在“NIO DAY 2023”期间，双方合作的首座HPBC光伏换电站正式投运。



▲ 隆基绿能与蔚来合作的首座HPBC (HYBRID PASSIVATED BACK CONTACT, 复合钝化背接触) 光伏换电站

该电站采用隆基绿能基于高效HPBC电池技术打造的新一代组件HI-MO X6。该产品是隆基绿能面向全球分布式用户“量身定制”的首款专属组件，正面无栅线，无金属电极遮挡，发电性能更优，可有效提升组件抗隐裂能力，也更加美观，还可以满足不同建筑设计风格，融洽和谐地搭配多元化场景。在这座电站中，隆基绿能HI-MO X6组件通过量身定制的BIPV（建筑光伏一体化）解决方案与蔚来领先的换电站技术进行了完美的融合，实现绿电出行的同时保证了极致美学、安全可靠、装配式交付以及优异的经济性。

截至目前，已基于传统换电站技术完成首批3个10KW级实证示范项目的建设落地，分别位于西安、上海与达州，用于数据验证；为建立长期高质量的合作及行业创新，并真正引领交通行业绿色电力利用水平实现突破，双方并未单纯追求规模快速扩张，而是先充分验证、分析，规划，再共同研发“新一代光储充换一体+虚拟电厂+电网互动”的综合能源解决方案，目前该合作方向已进入系统论证与实证规划阶段。

在已有实证验证中，光伏系统与换站在艺术性、可靠性、经济性、功能性等方面兼容良好，系统持续稳定运行，实现了清洁电力的高效生产与本地消纳。光伏发电已为换电站提供显著比例的清洁能源，在光照条件良好的天气下，系统可实现连续发电14.5小时，日满发小时数达5.5小时，换电站储能会优先就地储存消纳，

再通过充换电技术便捷的补充到电动车中，使绿电在新能源交通补能网络中的利用率大大提升。根据专业测算软件模拟及实测分析，预计未来每年每千瓦接入的光伏可满足约9至12量通过充换电补能的新能源车辆中。

## 2 航空交通枢纽BIPV系统（西安咸阳国际机场T5航站楼）

作为陕西省和西北地区的重要门户，西安咸阳国际机场近年持续推进绿色机场建设。隆基森特BIPV产品在T5航站楼综合交通中心（GTC）及停车楼大规模应用，总装机容量1.5兆瓦，覆盖面积约6000平方米。



▲ 隆基森特BIPV产品在西安咸阳国际机场T5航站楼综合交通中心（GTC）  
及停车楼大规模应用

根据设计寿命测算，该系统在未来25年可累计发电约2716.58万度电，预计减少碳排放约27165.8吨，为机场的能源供应提供稳定清洁的电力来源。项目与陕西综合能源集团协同建设，打造了源网荷储协调运行的综合能源系统，使机场部分非航电力负荷实现自发自用，提高了能源安全性，降低了传统能源依赖。

在经济效益方面，光伏系统的稳定发电有效降低航站楼日常运营成本，为机场长期运营节省了可观电力支出。在环境效益方面，大规模BIPV应用对机场这一高能耗场景具有显著的节能减排作用。在社会效益方面，该项目成为西北地区绿色机场建设的示范工程，推动了公共交通枢纽建筑绿色化改造和低碳运营能力提升。

## 四、项目整体效益及综合社会效益

整体来看，隆基光伏系统在交通场景中的应用显著提升了能源使用效率，形成了“分布式绿电生产—就地消纳—终端应用”的能源闭环结构，降低了交通能源基础设施对化石能源的依赖。光储充换一体站的示范建设为构建高度协同的电动汽车补能体系提供了可复制路径；机场BIPV系统为大型交通枢纽的绿色运营提供了可持续的能源解决方案。

项目从建设阶段到运营阶段均展现出较强的长期成本优势，有助于交通相关基础设施降低运营成本，提升设备利用效率。在环境效益方面，光伏系统在两个场景中均实现可观的碳减排，对交通行业实现“碳达峰、碳中和”具有重要作用。此外，项目显著提升了交通基础设施的绿色品质，增强公众对低碳出行的认知，并促进了绿色建筑、绿色机场、智慧交通等产业的融合发展。

## 五、执行团队介绍

隆基绿能科技股份有限公司成立于2000年，是全球领先的光伏科技企业，长期致力于构建以“绿电+绿氢”为核心的零碳解决方案体系。公司秉持“善用太阳光芒，创造绿能世界”的使命，坚持“稳健可靠、科技引领”的品牌定位，形成了涵盖单晶硅片、电池组件、分布式光伏解决方案、地面光伏电站、氢能装备等多个业务板块的完整产业布局。隆基绿能在中国、越南、马来西亚设立制造基地，在美国、日本、印度、澳大利亚、阿联酋、泰国等地设有销售机构，业务覆盖全球160余个国家和地区，是全球能源转型和零碳体系的重要参与者。

## 案例三：氢擎交通——零碳氢能产业共享厂房及综合能源补给站项目

### 一、基本情况概述

零碳氢能产业共享厂房及综合能源补给站项目以交通与能源深度融合为核心，致力于构建集绿色制造、清洁能源供应与多元补能服务于一体的孤岛型零碳示范园区。本项目聚焦零碳交通车辆及动力装备的智能制造与共享服务，集成多技术路径制氢与综合能源补给功能，实现“风光氢储氨车”全链条一体化协同运作。

项目采用碱性电解槽、PEM及AEM等多种先进电解制氢技术，构建以绿氢为核心的零碳综合能源系统。园区通过离网型微电网结构，通过构网型技术实现的100%绿电直接驱动换电/换氢重卡总装线、无人机氢电系统产线等绿色制造单元，园区能够实现零碳化制造加工。在能源补给方面，配备换电换氢一体化站、超充电桩、无人机专用补能点等基础设施，全面覆盖重卡、无人机、氨氢发动机及各类氢能车辆的运营需求，形成“制-储-输-加-用”的氢能全产业链闭环。

该项目位于内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗空港物流园区，目前在内蒙古圣圆能源集团有限公司的投资和支持下即将开始动工建设，建成后将是全国首个以氢能为长时储能、与大电网完全独立的100%零碳孤岛园区，具备氢储能及氢衍生物储能功能，能够实现该项目在极端天气下的可靠能量供应。

通过共享厂房模式和产业集群策略，本项目将吸引氢能交通高端制造企业入驻，构建“绿色制造-零碳供能-经济运营”三位一体的商业模式，推动区域能源结构转型与交通减排，实现交能融合的规模化、商业化示范。

### 二、项目创新点阐述

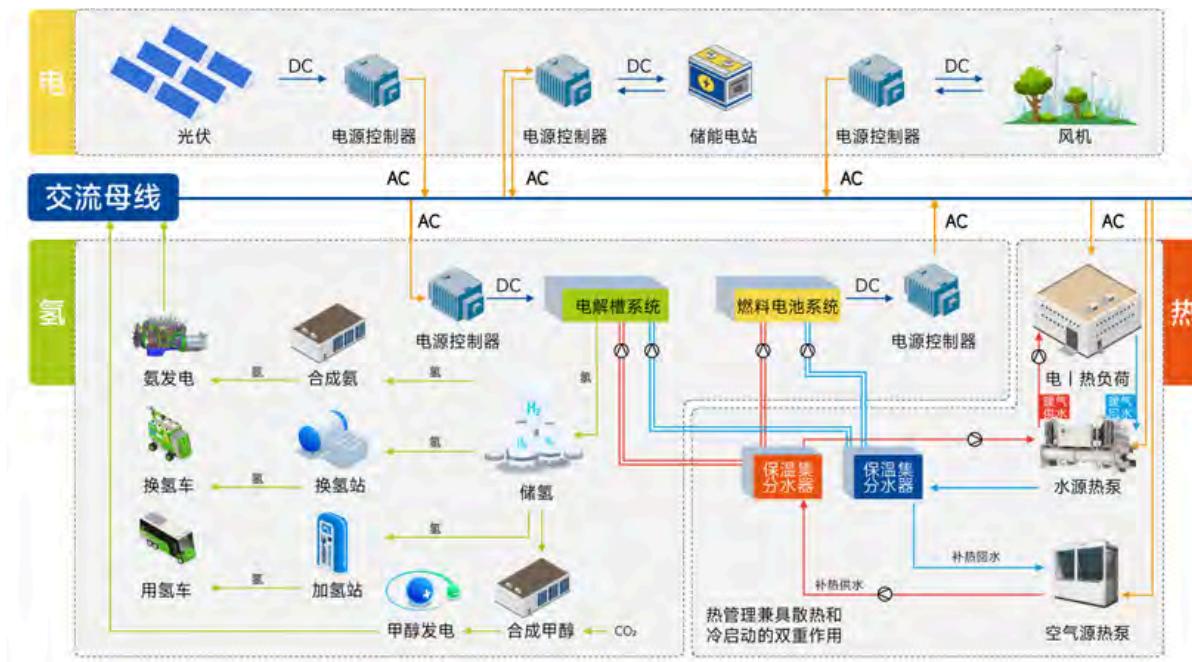
#### 1 技术创新

本项目拟突破三大核心维度的关键技术：在设备层，实现兆瓦级氢能装备开发应用，特别是全球首台套的绿色柔性合成氨装置和ISM制氢槽（ $\geq 1$ 兆瓦），其宽功率

调节与负荷快速适应能够匹配风光的波动；以及首创重卡换电换氢一体化集成站、氨/甲醇内燃机、氢动力无人机等设备的集成应用。

在系统层，构建多能流智能控制与韧性支撑体系，突破构网型储能电池与风光/燃料电池变流器异构并联宽频振荡抑制技术，研发氢氨/甲醇发动机柔性切入切出技术，研究微网在暂态下的韧性抵抗技术、故障穿越技术和黑启动技术，支撑项目绿色生产、绿色出口、绿色聚集、绿色消纳的示范作用，其微网架构如图1所示。

在运营层，开发零碳孤岛微网系统的稳定性与经济性调度系统，研究零碳氢能产业园的碳效益评估体系。设计多能互补的多时间尺度动态平衡模型，开发融合设备寿命、燃料成本与碳收益的经济调度算法，构建区块链赋能的碳资产管理系统，实现绿电来源追溯与相比传统供能的碳收益体系，推动零碳园区向大规模的扩展应用。



▲ 总体微网架构系统示意图

通过设备、系统和运营层的技术创新，项目能够实现交能融合高效协同：换电换氢重卡与储能、电解制氢系统联动，绿氢及换电电能均来自园区风光绿电，多余电能储能后反哺交通，形成能源闭环；氢能无人机能耗数据反馈至零碳调度系统，结合风光发电及重卡等用能需求动态调整制氢储氢计划，其巡检数据优化储能与氢能设施参数，提升能源效率，强化氢能交通应用的高效协同。

## 2 商业模式创新

零碳氢能产业共享厂房项目构建一个集“物理空间共享、产业服务赋能与数据价值驱动”于一体的综合平台，通过创新模式吸引产业链上下游集聚并实现可持续盈利，目前已有十家公司初步签订入驻协议。在上下游协同落地方面，项目采用“锚企牵引+场景绑定”策略，例如引入头部电解槽或燃料电池企业带动配套供应商入驻，并提前与矿山、电厂、化肥厂、算力中心等大用户签订绿氢供应协议锁定需求，形成从研发中试到规模量产的闭环生态，显著缩短产业化周期。同时项目可以实现多元化商业模式收益，基础层通过分级定价的厂房租赁及核心设备分时租赁覆盖成本；增值层则提供绿电差价、检测认证、碳计量评估、安全培训等高毛利服务；未来更依托能源管理及设备物联数据开发碳资产交易佣金、产能撮合抽成等衍生收益。

由于园区的零碳模式，园区的电动力/氢动力新能源重卡均采用绿电进行零碳生产组装和零碳中产测试，同时新能源重卡作为移动储能通过园区规划建设配套的加氢基础设施网络，既可以作为园区的氢电消纳载体为园区及周边企业提供绿色物流运输服务，也可以在必要的时候进行反向放电。此外，产业园还将目光投向了物流运输行业。通过构建“绿色制造-零碳供能-经济运营”的完整闭环，交通物流运输能够和零碳能源实现高效融合，助力绿色交通体系的完善与发展，推动交通运输向低碳零碳和经济环保方向转型升级。

### 三、项目建设及运营情况

#### 1 项目建设及运营方案

本项目实施计划编制过程中，考虑了项目设计、采购、施工等各阶段进度的深度交叉，结合本项目选址情况，建议业主在项目实施过程，主要装置和公辅设施采用撬块化制造，深度预制后整体运输抵达现场，从而有效保证项目的工期和质量。该项目采用“业主+EPC”工程项目管理模式，主装置和重要的公用工程和辅助工程采用EPC工程总承包方式。

对于日常维护计划，制定设备巡检路线及标准，做好智能监控与现场人工必要巡检的协同，并根据设备制造商建议和运行数据，制定年度预防性维护计划，包括

储能电池组均衡维护、电解槽电极清洗、发电机滤清器更换等工作，提前储备备品备件，降低设备故障风险。

对于故障应急处理，依托储能（电氢）安全集控平台，当发生预警响应时，运维值守人员需在5分钟内抵达现场，根据三维数字孪生定位结果快速锁定泄漏点，启动应急处置流程；并设立三级故障处理体系：一级故障（如储能系统火灾、电解槽爆炸风险）立即启动园区紧急停机程序，疏散人员并联系专业抢修队伍；二级故障（设备关键部件损坏）4小时内组织技术人员进行维修；三级故障（常规性能下降）在24小时内完成修复。

对于环境监测，在园区内设置多个环境监测点，定期检测空气、水体中氢气、甲醇、氨气等物质浓度，确保排放符合环保标准；建立废弃物处理台账，规范处理电解槽废液、电池回收物等工业废弃物。

## 2 项目投资成本

该项目总投资26160万元，其中建设投资25699万元，建设期资金筹措费374万元，流动资金87万元。项目投产后年均销售收入1880万元，年均利润总额351万元。

## 3 节能减排定量分析

本项目消耗二氧化碳原料，二氧化碳年净排放量为-46.34吨/年，即实现年净减排46.34吨，减排效果显著。本项目选择不排放污染物或少排放污染物的清洁生产工艺，使工艺过程产生的“三废”经处理后达到当地政府排放标准；环境保护、劳动安全和工业卫生等方面符合当地规定。

在单位能耗碳排放方面，园区单位能耗碳排放需严格控制在极低水平，当园区年综合能源消费量处于20万吨至100万吨标准煤区间时，单位能耗碳排放要小于等于0.2吨/吨标准煤；若年综合能源消费量大于等于100万吨标准煤，单位能耗碳排放需小于等于0.3吨/吨标准煤，与全国园区目前大致2.1吨/吨标准煤的单位能耗碳排放相比，降幅高达90%左右，实现真正意义上的近零排放。

在清洁能源消耗占比方面，实现清洁能源消耗占比达近100%，通过打造以氢能

为核心的“风光氢储氨车”一体化的零碳园区、建成氢能“制储输加用”的全产业链终产线和全场景服务链，逐步提高绿电在园区用电中的占比，让清洁能源成为园区能源消费的主力。

## 4 可再生能源开发利用

本项目旨在建成全国首个以氢能为长时储能的零碳氢能产业共享厂房项目，通过构建“风光氢储氨车”一体化系统与氢能全产业链示范，实现三大核心突破：

- (1) 打造孤岛微网100%绿电稳定供能标杆，验证构网型储能电池主导的异构电源协同控制范式，攻克100%新能源下的宽频振荡、弱电网稳定性及暂态穿越等关键技术瓶颈；
- (2) 建立氢能“制储输加用”全产业链终产线和全场景服务链，对碱性制氢、PEM制氢、ISM槽、绿色柔性合成氨、绿色甲醇、重卡换电换氢一体站、氢燃料电池、氨氢/甲醇发动机等大规模示范设备提供可复制推广的集成验证平台和应用方案；助力零碳氢能产业共享厂房实现吸引生态企业和共建产业集群的功能。
- (3) 探索零碳能源系统的最优经济性调度路径，探究氢、氨、醇等备用电源等之间多能互补的耦合调度机制，提高零碳产业园的稳定性、灵活性与经济性。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

### 1 经济效益

零碳氢能产业共享厂房项目通过集约化、平台化的创新模式，对氢能及新能源零碳行业产生深刻而持久的变革性影响，为鄂尔多斯这座传统能源城市注入了零碳转型的核心动能。

在现实层面，项目直接破解产业化核心瓶颈：共享设备与厂房使中小企业初始投资降低50%以上，提前跨越成本悬崖；产学研用一体化平台将技术中试周期缩短60%，便于根据市场需求快速攻克风光波动性制氢难题。从长远看，该项目正在

重塑能源产业格局。

在氢能领域，中试线共享推动专利转化效率提升300%，设备利用率从40%跃至85%催生制造体系革新，2030年有望培育5家氢能独角兽企业；集成式“制储加用”示范闭环破解场景碎片化困境，加速氢能重卡普及至50万辆保有量。对新能源行业，配套氢储能池将风电弃电率从15%压至3%，提升风光消纳能力并带动装机量年增25%，同时“电-氢-热”多能互补模式为新型电力系统提供±5%瞬时调节能力，可减少年火电调峰投资1200亿元。更深远的是，该项目的绿氢、绿氨、绿色甲醇等合成技术和换电换氢加工产业链将成为零碳工业转型枢纽，并助力中国氢能装备突破欧盟CBAM碳关税壁垒，提升出口竞争力20%。

该项目依托风光资源、电热负荷及线损等因素的综合考量，通过优化设计模型测算，在100%零碳的严格前提下，系统投资的度电成本已能接近0.2元/度，而项目中售氢、售热等业务的开展，还能有效抵消部分弃光带来的损失，进一步提升经济性；甲醇储能可以有效实现能量的季节性转移，将夏季制取的能量用于冬季供热等。同时，为应对极端工况，系统在设备选型上采取了高冗余设计——比如构网型储能采用行业通用的3倍冗余，以此在突然无风无光等特殊情况出现时提供强大的功率支撑，即便在设备取整、冗余度增大后，度电成本略有上升至约0.27元/度，但随之而来的是弃光率的下降，这不仅保障了项目实施的稳定可行性，且成本水平仍低于从大电网取电的成本，充分彰显出项目明确且可观的经济优势。

## 2 环境效益

零碳氢能产业共享厂房项目，系全国首个以氢能为长时储能的零碳离网产业园。项目具备氢储能及氢衍生物储能功能，与大电网完全独立。园区内设有共享厂房，生产全程采用百分百绿电，运行可实现百分百零碳。同时，项目配套综合能源补给站，能提供加氢、换氢、超充、换电等多元能源补给形式，且所有能源补给均由产业园零碳能源系统供应，达成百分百零碳目标。

零碳氢能产业共享厂房项目通过构建以风电、光伏为主体的可再生能源供应体系，配套储能系统和智能微电网实现能源高效利用，力争清洁能源消费占比达到100%，同时通过建立工业固废资源化处理中心和余热余压回收网络，确保工业固体废弃物综合利用率 $\geq 80\%$ 、余热余冷余压综合利用率 $\geq 50\%$ ，并配套建设中水回用系统使工业用水重复利用率 $\geq 80\%$ ，形成“低碳能源供给-高效用能体系-资源循环利用”三位一体的零碳发展模式，全方位保障园区碳中和目标的实现。

项目建成后，预计每年可减少二氧化碳排放50万吨以上，可再生能源发电量超10亿千瓦时，资源循环利用创造经济效益超2亿元，助力国家“双碳”目标实现。

本项目的落地可为园区内企业提供绿电、绿氢，并消耗二氧化碳气体，从而实现真正意义上工业脱碳减排和绿色发展。环境效应不包含100%零碳共享工厂带来的直接减污降碳，还能促进当地的生态重建和功能增值，包括电解水制氢的水资源循环对鄂尔多斯本地土壤PH值的优化，从而进一步对植被覆盖种植存活率的提升等；共享厂房对土地的集约利用，新能源大规模使用相比于传统能源对气候、温度降低的优化，对生态种类多样性（如鸟群）的吸引等都带来极大便利。

## 3 社会效益

在地方经济社会发展方面，零碳氢能产业共享厂房项目为鄂尔多斯这座传统能源城市注入了零碳转型的核心动能，在现实层面已撬动区域经济结构质变。项目直接盘活当地风光资源，推动产业升级和绿色零碳先进示范；同步吸引更多产业链企业入驻，创造更多就业岗位，降低创业门槛。

长远来看，该项目正重塑鄂尔多斯在全球能源格局中的定位。通过构建“风光氢储车”一体化系统，当地煤炭产值占比从峰值78%降至2030年预期的45%，同步崛起为“西电/氢东送”国家级枢纽。人才培养体系亦同步升级，吸引更多高校、研究所、优质人才等共同建设开发鄂尔多斯；更通过“氢能+储能+智能+生态修复”模式，助力当地治沙防沙的生态改造，形成能源转型与生态增值的良性循环。这种转型范式为全球资源型城市提供中国方案。

零碳氢能产业共享厂房项目也将推动“研发-中试-认证”一体化标准体系发展与落地，推动氢能全产业链体系标准编制；吸引更多生态企业和高校优秀人才来到当地推动氢能全场景全产业链的规模化和市场化，为多能互补的孤岛稳定验证和度电碳减排量交易评估提供样板，为全国和全球提供零碳模式经验，推动氢能及新能源零碳政策深化发展与落地。

## 五、执行团队介绍

鄂尔多斯新能源研究院位于内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗，是由鄂尔多斯市、伊金霍洛旗政府与清华大学欧阳明高教授团队联合建设的新型研发机构。紧密围绕自治区科技“突围”战略核心，聚焦“风-光-氢-储-车”一体化构建，零碳能源生

态系统，打造新能源革命先行区，依托政府支持、院士领衔和市场化运作模式，集科研、创新、成果转化于一体，依托鄂尔多斯得天独厚的资源优势，打造零碳产业园场景，零碳交通场景，零碳矿山/沙漠场景，零碳算力中心场景4个零碳能源系统场景，驱动鄂尔多斯能源产业零碳化发展；为强化零碳产业发展，设立了零碳能源系统设计平台、低碳减排计量评估平台、新能源装备检测认证平台3个服务平台，全方位赋能鄂尔多斯能源产业升级。



▲ CCTP第三十期主题沙龙活动之实地走访图片集

## 相关活动回顾

2025年7月，中国清洁交通伙伴关系（CCTP）组织召开第三十期主题沙龙——“传统能源产地的交能融合实践路径探索”，并于同期组织专家前往内蒙古鄂尔多斯、包头、呼和浩特等地开展系列走访交流，围绕新能源重卡应用、零碳矿山建设、氢能交通场景应用与多元补能设施等众多议题展开交流与讨论，为本案例的形成提供了现实场景与实践参考。



扫码了解本次沙龙  
活动详情

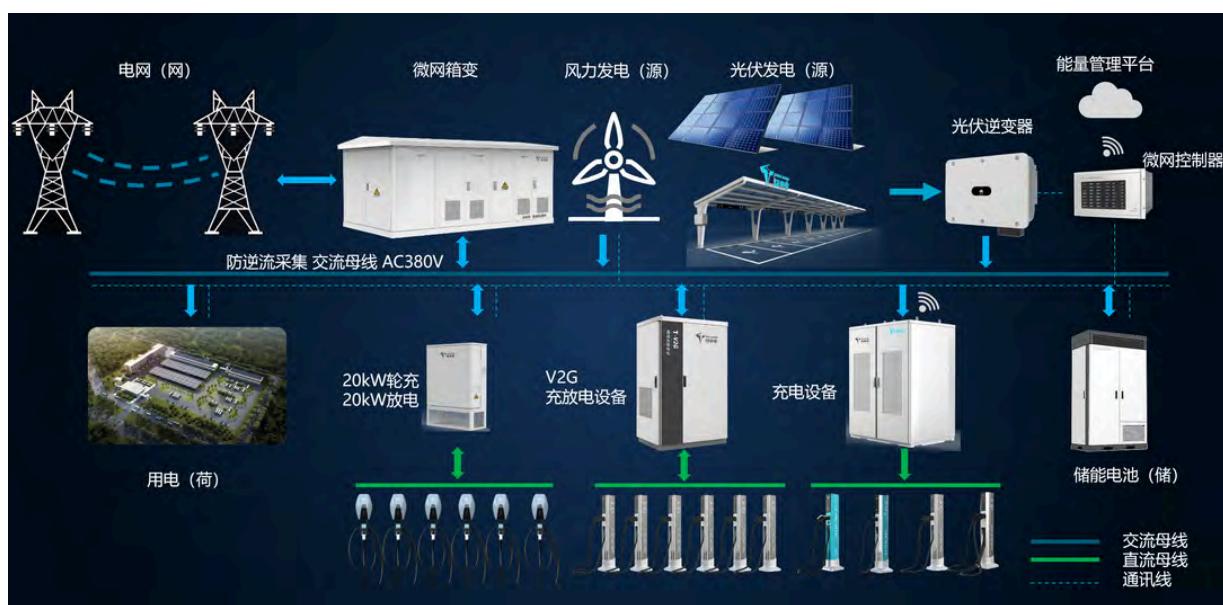
## 案例四：特来电微电网与虚拟电厂助力交通碳减排

### 一、基本情况概述

随着新能源汽车规模快速增长，充电负荷呈现大规模、分散化与强不确定性特征，在为交通电气化提供支撑的同时，也给配电网带来负荷波动和调节压力。虚拟电厂与微电网作为新型电力系统的重要组成部分，正成为连接“交通侧—用户侧—电力系统侧”的关键载体。

特来电基于“充电网—微电网—储能网”三网融合架构，构建了由虚拟电厂与微电网协同运行的能源管理体系。其中，虚拟电厂侧聚合分布式充电设施、储能单元及光伏等资源，实现可调节负荷的统一调度与市场化运营；微电网侧则形成“光-储-充-放-检”一体化的本地化能源子系统，在园区等场景实现分布式能源高效消纳与自主调控。

截至2024年，特来电已建成3400多座可调度电站，聚合灵活性资源超过5000兆瓦，微电网项目累计超过800个，并接入全国30余家电网调度机构，在分布式资源聚合、车网互动与区域能源协同方面形成较完善的体系。这一模式为交通领域电能替代与电力系统灵活性提升提供了重要支撑。



▲ 微电网定义与组成示意图

## 二、项目/技术创新点阐述

特来电通过虚拟电厂技术，将海量分散的电动汽车充电设施聚合为规模化、可调度的灵活性资源，在支撑电网稳定运行、参与电力市场获取收益的同时，显著降低用户的整体充电成本。其核心技术体系成熟完整，主要包含以下四个层面。

### 1

#### 有序充放电管理：实现配网友好接入

特来电构建了基于负荷特性、电价信号和用户行为的有序充放电管理技术，通过分时调度引导用户在负荷低谷期充电、高峰期降低或释放负荷，减少配网压力并延缓配网扩容需求。该体系可同时适用于规律性强的公交类车辆与行为分散的乘用车群体，在保障车辆使用需求的前提下，显著提升充电设施利用效率和系统整体运行的平稳性。目前，相关技术已在超过2000座充电站中落地应用。



▲ 某公交站分时电量和平均电价

### 2

#### 资源聚合与协同控制：构建虚拟电厂基础

为实现对海量分散资源的统一调度，特来电建立了“建模—聚合—协同控制”的全链路技术体系。首先通过物理与数据融合建模，精准刻画每台车辆的充电特性和行为模式；继而根据地理或电气关联，将终端级资源聚合成站级、区域级等不同规模的可调度资源池；最后通过协同控制算法，将电网或市场的宏观调节需求，分解为可执行的分时功率指令，并下发给具体充电终端，在满足用户需求的前提下实现资源整合价值最大化。

## 3 多时空尺度预测能力：支撑精准决策

精准预测是虚拟电厂参与市场和优化调度的前提。特来电构建了由数据层、算法层和应用层组成的三层预测架构。该体系能够对未来短、中、长期的充电负荷、可调度潜力（即可调节功率范围）以及电力市场价格进行高精度预测。其中，概率性价格预测能有效量化市场风险，为交易策略提供更可靠的依据。这些预测结果直接服务于电力交易申报、内部资源调度和充电站运营优化，是虚拟电厂实现收益的核心保障。



▲ 预测应用架构

## 4 安全交互与市场运营：保障规模化可靠应用

在系统交互方面，特来电通过标准化的辅助服务接口实现与各级调度中心的安全、稳定数据交互，确保调度指令可追溯、可验证。在市场运营方面，公司建立了涵盖需求响应、辅助服务申报、现货交易、调度执行与结算评估在内的业务闭环，将聚合资源转化为可参与市场的灵活性产品，并通过收益共享机制增强用户侧资源参与意愿。该体系支持虚拟电厂在多地区、多市场的常态化参与，对其商业模式的形成具有核心意义。

### 三、项目建设及运营情况

## 1

### 建设布局与调度体系的规模化落地

在前期形成成熟的虚拟电厂与微电网技术体系基础上，特来电自2019年起逐步推动用户侧资源的规模化接入与区域化调度，形成了覆盖东中西部多省份的项目建设体系。企业采取“分区建设、分级调度、统一运营”的部署模式，以站级接入、区域汇聚和省级协同为路径，推动充电负荷从分散运行向成组调节转化。

在建设层面，公司依托自建与合作运营的充电设施，持续提升站端与调度系统的互联能力，并与各地调度机构建立标准化的实时数据交互机制。截至2024年，特来电已实现与全国30余个网、省、地级调度中心的业务对接，具备规模化响应需求侧管理指令的能力，推动虚拟电厂由试点性示范向常态化调度运行迈进。

在运营组织方面，特来电根据区域负荷结构、电力市场规则和配网条件建立差异化调控策略，对站级资源开展集约化调度与滚动优化。随着资源规模扩大，公司逐步从“单站管理”演进为“区域资源池调度”，实现跨站点、跨场景的统筹控制，提高了用户侧资源参与电力系统调节的效率和稳定性。

## 2

### 重点区域示范实践

#### （1）深圳市虚拟电厂运营实例

深圳是全国最早开展虚拟电厂规模化运营的城市之一。特来电在当地已聚合124兆瓦充电资源，可调节能力达37兆瓦（调节比例30%）。2024年，平台累计响应50小时、57次，实现有效响应电量超过32万千瓦时，年化收益超90万元。典型站点（容量6.19兆瓦）单站年收益超过5万元，展现出用户侧资源参与辅助服务市场的可持续性。深圳的示范突出“独立聚合商+市场化需求响应”的结构优势，为大型城市在高负荷背景下提升系统灵活性提供了可复制经验。

#### （2）青岛市虚拟电厂运营实例

青岛在分布式资源市场化交易方面走在全国前列。特来电聚合的361兆瓦充电资源具备108兆瓦可调能力，累计调节电量近1000万千瓦时，最大调节功率突破3.2万

千瓦。在山东电力现货市场正式运行的背景下，公司依托AI预测算法开展负荷预测与价格预测，通过“现货+辅助服务”组合模式获得稳定收益，截至2025年4月累计超200万元。青岛示范表明，在电力现货市场基础完善的地区，虚拟电厂具备通过价格机制实现灵活性资源价值变现的能力。

### （3）浙江杭州市虚拟电厂运营示例

杭州项目在“用户侧成本优化”方面具有典型意义。特来电平台接入资源规模200兆瓦，可调节能力60兆瓦，通过夜间填谷与午间超低价电套利降低充电站购电成本，并通过服务费激励形成“低价电引流—规模化利用”的商业模式。典型站点（容量5兆瓦）年响应收益超过15万元，投资回报率提升超过3%。

### （4）成都市虚拟电厂管理平台实例

在成都，特来电承担柔性负荷管理平台建设工作，并与供电公司共同开展电动汽车参与一次调频技术验证。平台接入资源总规模达420兆瓦，可调节能力126兆瓦。2024年，响应电量超过280万千瓦时，收益超600万元。该项目是全国首批验证电动汽车参与一次调频可行性的应用之一，为新能源占比持续上升地区提升系统调节能力提供了实践依据。

### （5）邯郸市经开区虚拟电厂应用实例

邯郸经开区示范探索“充电负荷+光伏+储能”的园区型综合能源协同调控路径。目前接入充电资源89兆瓦，可调节能力26兆瓦。园区规划到2027年构建由200兆瓦峰值光伏、300兆瓦时储能及320兆瓦可调节功率组成的区域能源调控体系，虚拟电厂成为支撑园区能源结构优化与负荷管理的核心平台。该示范展示了虚拟电厂在产业园区“双碳基础设施”中的重要功能。

## 四、项目经济效益及综合社会效益

虚拟电厂（V2G及光储充微电网）作为新型电力系统的关键枢纽，其价值核心在于通过技术与市场机制的协同，实现了环境效益与经济效益的同步提升，并在此基础上衍生出广泛的社会与系统综合效益。

在碳减排层面，虚拟电厂是能源系统绿色转型的核心引擎。它通过智能聚合与优化

调度，将分布式光伏、电动汽车移动储能等海量碎片化资源转化为稳定可靠的系统调节能力。这不仅大幅提升了可再生能源的本地消纳水平，直接替代化石能源发电，更通过精准的“削峰填谷”使电网运行趋于平稳，减少了高碳排调峰机组的启用，从结构优化与运行效率两方面驱动深度减碳。评估表明，其规模化应用可实现平均15%以上的系统节能率，并有望在2030年贡献约15%的碳减排量，成为落实“双碳”目标不可或缺的路径。

在经济性层面，虚拟电厂创造了“降本”与“增值”的双重收益模型。一方面，它通过释放用户侧资源的灵活性，显著降低或延缓了对发电、输电环节的传统投资需求，优化了配网运营，帮助用户节约用电成本。另一方面，它作为新型市场主体，将聚合的灵活性资源转化为可参与电力现货、辅助服务等市场的商品，为资源所有者（如分布式光伏业主、电动汽车用户）开辟了售电与需求响应收益新渠道，也为运营者带来了市场利润，从而激活了整个产业链的价值循环。

在社会效益方面，特来电构建的“虚拟电厂+微电网”体系整体提升了区域能源使用效率与供能可靠性。虚拟电厂通过聚合大量充电设施形成可调节负荷，支撑削峰填谷和需求响应，缓解局部配网压力，改善用户高峰期的充电体验，并提升电力系统的灵活性。微电网在园区、交通枢纽等场景中提供本地化调控能力，有助于提高供电连续性，增强关键区域的能源保障水平。同时，该体系推动充电设施、能源管理系统与电力市场的深度结合，带动相关软硬件产业发展；通过价格引导与参与激励，提高了用户侧资源参与电力系统优化的意愿，促进了绿色出行与能源数字化应用的普及。

## 五、执行团队介绍

特来电是世界充电网技术体系的开创者和引领者，研发团队1100人，知识产权1300余项(内含专利、软件著作权、注册商标)，承担和参与了10余项国家级重大科研项目，攻克了世界20项充电网核心及卡脖子关键技术。是支撑中国电动汽车规模化发展的核心企业，是国家当今拉动新能源汽车消费和新基建的主力军。

特来电基于对充电行业的前瞻深刻理解，率先定义充电网，即“充”、“电”、“网”三个时代，并在“电”时代转型中持续创新引领。通过有序充电、光伏微网、移动储能、梯次储能、调峰调频、车网互动等资源和技术，既有效解决了城市高峰缺电痛点，还能有效消纳更多新能源电，成为新型电力系统的新载体，助推碳中和的实现。

# 说明

本案例集旨在汇集交通领域在迈向零排放过程中的绿色低碳转型典型实践，展示不同地区、不同主体在具体场景下的探索路径与实施经验，为政策研究、行业交流与实践参考提供素材支持。案例所呈现内容侧重实践过程、实施路径与关键经验，并不以形成统一结论或技术路线为目标，也不构成对相关技术、模式或政策效果的综合评估。

本案例集中所收录案例，主要来源于企业、地方、科研机构等不同主体的实践总结或披露材料。部分内容则来源于网络公开发布的信息、研究报告及既有交流成果。由于不同案例形成时间、实施阶段和信息更新节奏不一，案例中所涉及的数据、政策背景及实践进展，以各案例形成或公开时点为准，不代表当前最新状态。

需要特殊说明的是，各案例中涉及的测算方法、技术路径、管理模式及相关结论，均基于案例主体自身的实践条件与研究假设。不同案例在排放测算、能效评估、成本核算等方面，可能采用了不同的统计口径、技术标准和核算方法。此外，案例所反映的观点与数据，仅代表相关实践主体或资料来源的理解与判断，不构成中国清洁交通伙伴关系（CCTP）的统一立场或结论，CCTP在案例整理过程中，主要承担信息汇集、结构梳理与经验呈现的角色。

建议读者在使用相关数据和结论时，结合具体应用场景进行审慎判断，并建议读者在开展进一步研究或决策参考时，结合最新政策文件与权威数据进行补充核验。本案例集可作为理解交通领域绿色低碳实践路径的参考材料，与相关政策文件、专题研究报告及年度研究成果配合阅读，以获得更为系统和全面的认识。



中国清洁交通伙伴关系  
CHINA CLEAN TRANSPORTATION PARTNERSHIP



微信公众号



微信视频号

官方网站：[www.cctp.org.cn](http://www.cctp.org.cn)

官方微博：清洁交通伙伴关系\_CCTP