



# 零碳货运走廊 发展指南

ZERO-CARBON FREIGHT CORRIDOR  
DEVELOPMENT GUIDELINE

## Foreword

### Forging a Zero-Emission Freight Era: A Core Pathway to Sustainable Logistics

Driven by global climate action and the energy revolution, the Zero-Emission Freight Corridor (ZEFC) is a strategic imperative for green transport. It represents more than a technology shift—it marks the genesis of a systemic transformation connecting industrial upgrading, energy security, and regional synergy.

Developed by ITDP and technical partners, Guideline 1.0 establishes a methodology defined by "Intensified Transition, Sustainable Economy, and Resilient Ecology." Answering the critical questions of "Why, Which, and How," this toolkit empowers policymakers and operators to:

- **Anchor Value:** Quantify economic and environmental multipliers to align growth with decarbonization.
- **Make Scientific Decisions:** Replace "one-size-fits-all" approaches with scenario-based models.
- **Ensure Resilience:** De-risk investment through stakeholder alliances and financial innovation.
- **Optimize Costs:** Manage lifecycle operations to ensure economic viability.
- **Expand Global Vision:** Distill Chinese practices into a replicable, standardized framework.

Note: Version 1.0 focuses on road freight electrification. Future editions will expand to other energy pathways.

We invite governments and enterprises to join us in exploring green innovation. By defining rules through science and driving change through scenarios, let us jointly chart the course for a sustainable transport future.

#### Authors

ITDP China  
Han Deng, Yuetong Zheng, Qiuyang Lu,  
Shanshan Li, Daizong Liu

#### Technical Support:

International Council on Clean Transportation (ICCT)  
Shaanxi E-Logistics Technology Co., Ltd.

#### Special Thanks to Experts:

He Hui, ICCT; Gan Jiahua, TPRI, Ministry of Transport;  
Niu Tianlin, ICCT; Liu Dan, China Electric HDT Battery  
Swap Alliance; Cen Xuekai, Central South University; Li  
Boyang, Zhejiang Huidiantong New Energy; Zhu Ziqi,  
Institute of Public and Environmental Affairs.

#### Contact

liu.daizong@itdp.org  
deng.han@itdp.org

## Contents

<b>Foreword</b>	0
<b>Why Build Zero-Emission Freight Corridors?</b>	4
<b>1. The Value Multiplier Effect of Zero-Emission Freight Corridors</b>	4
1.1 Engine for Economic Growth and Industrial Upgrading	4
1.2 Strategic Pivot for Energy Transition and Efficiency	8
1.3 Economies of Scale in Decarbonization	8
1.4 Hub for Regional Synergy and Green Branding	8
<b>Which Type of Corridor to Build?</b>	10
<b>2. Principles for Corridor Selection</b>	10
<b>3. Vehicle and Energy Selection: A Life-Cycle Approach</b>	12
3.1 Technology Pathways Overview	12
3.2 Core Principles and Evaluation Methods	14
3.3 Case Studies	16
3.4 Risk Control and Resilient Decision-Making	19
<b>How to Implement?</b>	20
<b>4. Building the Corridor Ecosystem Alliance</b>	20
4.1 Stakeholder Roles and Positioning	20
4.2 Alliance Framework Design	21
<b>5. Acquisition Phase: Green Finance Mechanisms</b>	22
5.1 Financing Vehicle Acquisition	22
5.2 Financing Infrastructure (Charging & Swapping)	29
5.3 Strategic Recommendations for Stakeholders	33
<b>6. Operation Phase: Management and Cost Optimization</b>	34
6.1 Revenue and Efficiency Optimization	34
6.2 Labor Costs	36
6.3 Insurance Costs	38
6.4 Maintenance and Repair Costs	39
6.5 Energy Costs	39
6.6 Residual Value and Battery Recycling	40
<b>References</b>	41
	42

## 卷首语

### 迈向零碳货运新时代：构建可持续货运体系的核心路径

在全球气候行动与能源革命的双重驱动下，零碳货运走廊已成为交通领域绿色转型的“战略要塞”。作为连接产业升级、能源安全与区域协同的关键载体，其不仅是技术路线的选择，更是一场系统性变革的起点。

《零碳货运走廊发展指南1.0》由交通与发展政策研究所 (ITDP) 联合行业先锋实践者与政策研究机构共同编制，提出“**集约促转型，经济稳增长，生态强韧性**”的道路货运零碳转型方法论体系。本指南基于全生命周期量化分析，主要回答“为什么要做走廊”、“做哪种走廊”、“如何落地实施”三个问题，为政策制定者、物流企业及能源运营商提供从战略规划到落地实施的**全链条决策工具**：

- **锚定价值**：量化走廊对经济、环境、社会的乘数效应，破解“环保与增长”的对立叙事；
- **科学决策**：基于货运场景特性，构建“技术-经济-政策”三重适配模型，拒绝“一刀切”方案；
- **韧性落地**：设计利益共同体与金融工具组合机制，化解初期投资高、技术迭代快的双重压力；
- **降本增效**：提供全生命周期运营优化方案（覆盖能源管理、车队调度、资产回收等关键环节），确保经济可持续性；
- **全球视野**：结合中国实践与国际经验，提炼可复制的标准化框架与动态优化路径。

该版本中零碳货运走廊特指道路货运零碳走廊。1.0版本优先聚焦电动化技术路线，并配套完整的经济性测算工具；其他能源技术方案（氢能、甲醇等）将在后续版本中结合试点进展专项发布。我们期待与政府、企业及研究机构共同探索货运绿色创新转型，以科学定义规则，以场景驱动变革，共同书写交通强国的绿色答卷。

## 作者

交通与发展政策研究所  
邓涵 郑玥彤 鹿秋杨  
李珊珊 刘岱宗

## 联系

邓涵, deng.han@itdp.org

## 鸣谢

特别鸣谢国际清洁交通委员会对本报告的技术支持。  
特别鸣谢陕西易运力科技有限公司零碳货运团队的技术支持。  
特别鸣谢行业专家对报告撰写提供的洞见与建议。  
何卉 国际清洁交通委员会  
甘家华 交通运输部规划研究院  
牛天林 国际清洁交通委员会  
刘丹 中国电动重卡换电产业促进联盟  
岑学楷 中南大学  
李博阳 浙江慧电通新能源有限公司  
朱紫琦 公众环境研究中心

\*本报告所述内容不代表以上专家和所在机构的观点。

## 目录

卷首语	0
为什么要做走廊？	4
1. 碳中和目标下零碳货运走廊的价值乘数效应	4
1.1 经济发展与产业升级的物理载体	4
1.2 能源革命与降本增效的战略支点	8
1.3 碳中和进程中的减排规模效益	8
1.4 区域协同与低碳品牌的价值枢纽	8
做哪种走廊？	10
2. 选取走廊原则	10
3. 基于全生命周期经济评价的最佳车辆和能源选型	12
3.1 车辆与能源技术路线详解	12
3.2 核心原则与评估方法	14
3.3 选型案例	16
3.4 风险管控与韧性决策	19
如何落地实施？	20
4. 搭建零碳货运走廊生态联盟	20
4.1 利益相关方角色与定位	21
4.2 联盟框架设计	22
5. 购置环节-绿色金融解决方案	22
5.1 零排放车辆购置与运营的融资方案	29
5.2 零碳货运基础设施（充换电）的融资方案	33
5.3 综合金融策略：对利益相关方的建议	34
6. 运营环节-走廊运营管理及生态系统建立	34
6.1 优化运营收入与效率	36
6.2 员工成本	38
6.3 保险成本	39
6.4 维修保养成本	39
6.5 能源成本	40
6.6 设备残值、电池回收与梯次利用	41
参考文献	42

# 为什么要做走廊?

本指南中的道路零碳货运走廊,即在特定路段,通过部署零排放车队、补能基础设施,以及能够促进零碳转型的政策支持,在特定货运场景下实现运输过程净零碳排放的运输系统。通过创造“确定的需求”(稳定的货运量)和“确定的供给”(集中的补能网络),驱动车队转型、基础设施、区域能力协同发展,破解新能源重卡和能源基础设施推广的“循环依赖僵局”。

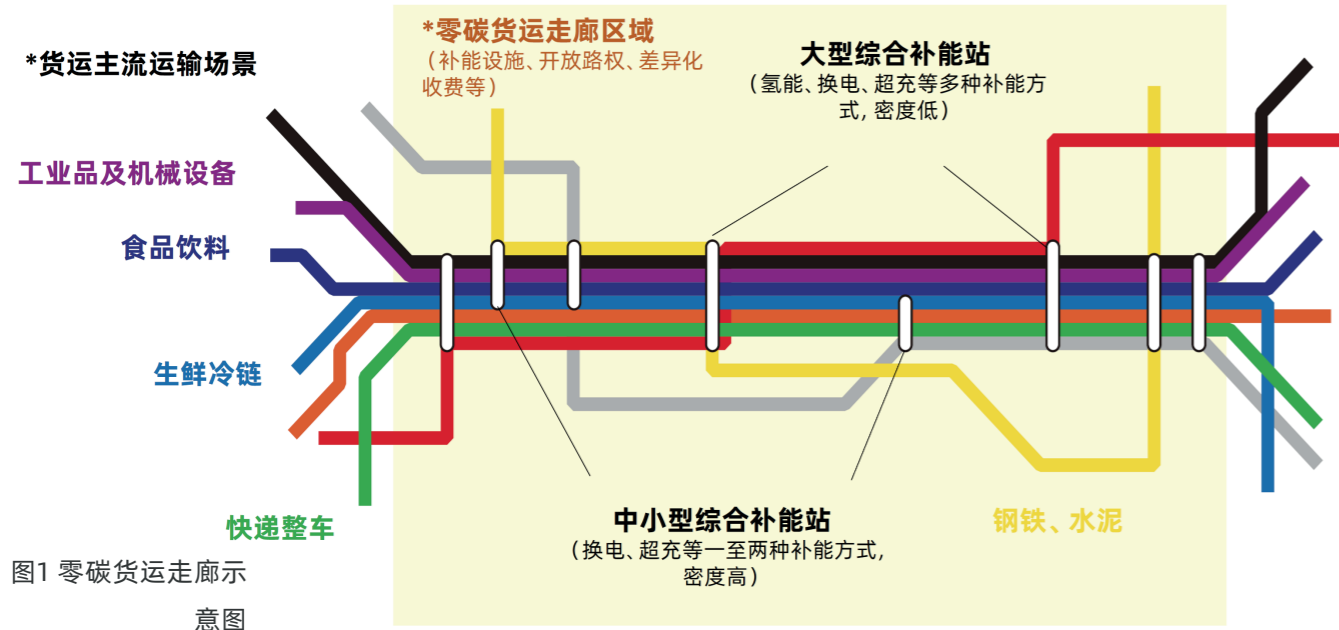


图1 零碳货运走廊示意图

## “零碳货运走廊”已从前瞻性概念转向核心战略路径

交通运输部《公路水路典型运输和设施零碳试点工作方案》(2023.10)

“围绕零碳道路运输线路、零碳货运枢纽(物流园区)、零碳高速公路服务区、近零碳码头四个方向,开展公路水路典型运输和设施零碳试点工作,推动交通运输用能结构转型。”

国家发改委《节能降碳中央预算内投资专项管理办法》(2025.09)

“(四)低碳零碳负碳示范项目。支持绿色低碳先进适用技术示范应用。支持零碳园区、零碳运输走廊实现近零碳目标的供能设施建设、基础设施改造、工艺降碳改造等项目。”

交通运输部《交通强国建设试点申报方向指引(2025年)》(2025.09)

“31. 推动电动重卡零碳货运走廊建设。

开展重卡换电和大功率超充试点建设,建成一批跨区域新能源重卡运输廊道。依托高速公路服务区、出入口等区域...形成公路零碳运输走廊综合补能基础设施网络。”

国务院办公厅关于加快场景培育和开放推动新场景大规模应用的实施意见(2025.11)

“建设清洁能源车辆运输走廊,同步布局能源供给站点,打造清洁能源全产业链协同发展应用场景。推动能源行业清洁低碳转型”

# 碳中和目标下零碳货运走廊的价值乘数效应

假设某区域规划实施一条500km的零碳货运走廊/网络,服务于大宗运输高频短倒场景<sup>1</sup>,配置1000辆换电重卡和20个换电站。ITDP基于1000辆换电重卡(282kWh电池,日均250-300公里,年运营350天)运力配置,利用全生命周期评价模型,对该走廊项目进行经济、环境、社会效益量化评估,计算方法和参数请看第三章。

## 1.1 经济发展与产业升级的物理载体

零碳货运走廊是以空间集约化转型模式,通过“需求确定性”驱动车队转型、基础设施、区域能力协同发展,破解新能源重卡和能源基础设施推广的“循环依赖僵局”。

### 1) GDP拉动效应: 贡献6.6亿投资, 全生命周期带动50亿GDP

直接投资拉动: 车辆购置(5亿元)+换电站及线网建设(1.6亿元)→直接贡献6.6亿元GDP,可带动10亿-13亿元GDP。

- 项目投入1000辆新能源重卡和20座重卡换电站。每辆282kwh换电重卡售价(车电一体)约40-50万元,购置1000辆约投入5亿元。每座换电站700-800万元,20座换电站约投入1.6亿元,总投资约6.6亿元。
- 制造车辆和基础设施的直接产出将转化为GDP增量,同时带动上下游产业链。新能源汽车产业链本身具有较长的价值链,并与光伏、储能等产业联动,对GDP贡献高于传统汽车产业。保守估算,每1元直接投资可拉动约1.5~2元GDP产出(参考一般基础设施投资乘数)。据此6.6亿元投资可带动约10亿~13亿元GDP。

### 运营期持续拉动: 能源服务(1.6亿元/年)+车辆及补能站运营维护(2.1亿元/年)→每年3.7亿元GDP拉动, 持续经济流量

- 电力供应、车辆及补能站运营维护等持续支持形成对当地服务业和工业的拉动,对经济增长贡献进一步放大。

### 2) 就业乘数效应

为区域带动直接就业岗位2200人,间接就业岗位2000人,诱发就业岗位1500人,共计5700人。

就业层级	岗位类型	数量
直接就业	货车司机、物流管理与调度、IT运维和技术支持、换电站运营人员、换电站维护人员、车辆维修技师等	2200人
	整车制造、动力电池制造、换电设备制造安装、可再生能源系统建设运营、能源供应链以及基础设施建设等	2000人

<sup>1</sup> 此走廊主要服务高频短倒场景,非点到点长途干线场景,走廊长度与配置车辆数、补能站数不直接相关,请各区域根据需求进行相应配置

就业层级	岗位类型	数量
诱发就业	餐饮、零售、生活服务等消费领域就业等	1500人

相较传统燃油重卡体系, 新能源重卡体系**新增直接就业如换电站运营、电池运维、IT系统运维、数据分析, 间接就业如动力电池制造、换电设备制造安装、可再生能源建设运维岗位、能源供应链以及新能源基础设施建设等约2000个岗位, 而且就业结构更多元化、科技化, 反映出电动化、智能化带来的就业新业态。**

#### \*计算说明:

##### 1. 直接就业岗位

新能源换电重卡体系的直接就业岗位指项目运行过程中直接参与车辆驾驶、能源补给及车辆维护的人员, 包括卡车司机、物流管理与调度、IT运维和技术支持、换电站运营人员、换电站维护人员、车辆维修技师等。主要岗位及数量估算如下:

- **重卡司机:** 1000辆重卡实行24小时运营需要实施多班次驾驶制度。通常每辆重卡需配备约2~3名司机轮班驾驶, 以符合法规的工作时长限制。按每车2名司机(12小时双班倒)计算约需2000名司机。
- **物流管理与调度:** 大规模车辆队伍的运营需要更精细的物流管理。这将诱发出一些物流调度、运营管理岗位需求。如车队需要额外的调度员、运输协调员、数据分析人员来优化短倒运输效率。这部分岗位或由现有人员扩岗, 或新增专职人员。以1000辆车的运营规模, 可能需要10-20名物流管理及调度人员, 从而提高车辆周转效率。
- **换电站运营人员:** 换电站通常实现了自动化电池更换, 但仍需现场工作人员监控设备、操作换电流程及处理简单故障。按照多班次原则以及部分高峰时段需求, 每座换电站每天至少需要2-3名运营人员(每班至少1人)。配套20座重卡换电站共需约40-60名换电站值守运营人员。
- **换电站维护/检修人员:** 除了日常值守人员外, 还需要专业技术人员对换电设备进行定期检修和维护。20座换电站约需2名专业设备维修技师, 承担换电机械臂、电气系统等巡检维护工作。由于换电站设备较为集中, 维修人员通常可巡回支撑多座站点
- **IT运维和技术支持:** 新能源换电模式高度依赖数字化系统(电池监控、站点联网调度、车辆能耗管理等)。因此, 会诱发出一批IT运维、系统管理相关的就业岗位。例如, 换电运营平台的软件维护工程师、重卡远程监控平台的IT支持、车联网系统运维人员等。这些岗位服务于整个换电重卡运营网络, 预计需要10人规模的技术团队确保系统稳定运行。
- **车辆维修保养技师:** 新能源重卡在运营过程中需要定期保养和维修, 包括底盘、轮胎、制动系统等常规项目, 以及电机、电控等专用系统的检修。每15~20辆新能源重卡需配备1名车辆维修技师较为合理。以1000辆车计算, 约需50-60名维修人员。

##### 2. 间接就业岗位

新能源换电重卡体系的间接就业岗位指为支持1500辆车及其换电站正常运营, 在产业链上游和配套环节产生的就业, 包括整车制造、动力电池制造、换电设备制造安装、可再生能源系统建设运维、能源供应链以及基础设施建设等方面。主要间接岗位及数量估算如下:

- **新能源重卡整车制造:** 生产1000辆新能源重型卡车将带动整车厂及零部件供应链的就业需求。从总装、底盘、车桥、电机到车载电控系统, 各环节均需要人力投入。考虑供应链配套和管理人员在内, 约100-150人直接或间接参与这批新能源重卡的生产制造。
- **电池制造及运维:** 换电重卡配备的大容量电池包制造也是重要的就业来源。1000辆换电重卡若每车标配一套电池, 同时考虑换电站备用电池储备, 实际所需电池总数可能在1000-1500套左右(备用电池约相当于车辆数的20-30%)。动力电池生产是技术密集型制造领域, 保守估计为生产上述电池需求将直接或间接创造约200-300人的就业机会, 包括电芯工厂的技术工人、质量检测人员以及电池包装配工人等。
- **换电站设备制造与安装:** 20座重卡换电站的建设将带动换电设备生产和工程施工领域的就业。例如, 重卡换电站通常包括机械换电平台、智能控制系统、高压充电设备等专用设备, 其生产安装涉及机械、电气和土建等多专业人员。每座换电站从开工建设到调试运营, 可能需要15-20人的团队参与(包括土建施工工人、设备安装调试工程师、电力接入工程师等)。20座站合计在建设期可提供约300-400人(按工作量折合的人·月计)的阶段性就业机会。
- **可再生能源建设运维:** 采用可再生能源需配套建设100MW光伏电站或70MW风电站+14.4MW储能系统。以光伏电站为例, 建设期岗位为从场地施工、设备安装到并网调试的全过程所需劳动力, 包括设备安装技工、电气施工技师、土建施工人员、调试与验收员等, 建设100MW光伏电站估算500-600人。运营岗位负责电站日常运行值守和技术维护, 包括站场值守人员、清洁维护人员、安保与巡检人员、设备维护工程师, 预估需要10-20人。产业链上游制造岗位包括光伏组件及支架制造环节, 约250-350人。共计间接带动1000人就业。
- **能源供应链岗位(电力供应):** 新能源重卡运行所需电能由电网供应, 这将促进电力生产和供应链的就业。为满足1000辆重卡全年耗电1.6亿kWh的电力需求, 电力企业从发电、输配电到充换电服务各环节都会有工作量增加。按能源行业就业系数推算, 支撑重卡用电的上游电力生产和供应链环节可能间接带动50人的就业(如电厂运行工、电网维护技师等)。
- **其他相关配套:** 新能源重卡产业还带动一些配套服务领域的间接就业。例如, 整车销售和金融服务人员(办理车辆采购、融资租赁等业务), 保险理赔人员(新能源商用车保险业务拓展), 以及政府和第三方机构的培训与认证人员(针对新能源重卡驾驶、安全维护的新标准培训)等。这些岗位虽然数量不大, 但也是换电重卡生态链中的一环。估计本走廊带动全国范围内相关配套人员新增50人规模。

### 3. 诱发就业岗位

新能源换电重卡体系的诱发就业是指由于上述直接和间接从业人员收入增加,他们的消费支出带动社会其他行业产生的就业,包括餐饮、零售、生活服务消费领域就业:

- **消费支出带动的服务业岗位:** 约2000多名司机和数百名运营维护人员的收入提升,将转化为当地的消费能力,带动餐饮、住宿、商超零售等行业就业增长。例如,重卡司机在24小时运输过程中需要在换电站附近或沿线用餐、休息,换电站周边可能出现餐馆、小卖部等配套服务,从业人员因此受益。假设每100名从业人员的消费可创造约20-30个服务业岗位,那么针对本项目直接就业规模,诱发就业在餐饮住宿零售领域可能达到500人。这些岗位典型如:公路服务区或港区周边的餐馆服务员、便利店店员、维修配件销售人员等。
- **其他间接消费就业:** 直接和间接从业人员的收入也会流向其他消费领域,如住房装修、教育培训、交通出行等,从而间接带动这些行业的就业。但鉴于这些影响较为分散,本评估不逐一列举具体数值。在宏观经济中,每1个直接就业机会可通过乘数效应带动约1-2个间接和诱发就业。在保守估计下,本走廊直接+间接就业合计约3000人左右,诱发就业岗位数可能在500-1000人左右。

### 3) 清洁运力: 为区域/货主企业提供8000万吨清洁运力/年

更好服务区域三类企业

- **出口型企业:** 满足欧盟碳边境调节机制(CBAM)等国际贸易绿色门槛要求;
- **ESG领先企业:** 提供可验证的清洁运输数据,支持Scope 3排放披露;
- **绿色供应链:** 帮助货主企业达成“科学碳目标倡议”(SBTi)物流环节减排承诺。



### 1.2 能源革命与降本增效的战略支点

#### 1) 能源自主可控: 节省3100万升柴油消耗/年

- 2024年,中国原油进口量5.53亿吨,石油对外依存度71.9%<sup>1</sup>。中国石油集团经济技术研究院发布的《2024年国内外油气行业发展报告》,柴油作为成品油的一部分,高度依赖进口原油供给。该项目在细分领域可实现进口石油消费的有效替代,对提升国家能源自主可控性具有象征意义。

#### 2) 绿电消纳: 可消耗绿电1.6亿kWh/年, 支撑配套建设100MW光伏电站或70MW风电+14.4MW储能系统

- 其中,光伏方案: 取中国二类光照区数据,1MW光伏电站年发电量140-160万kWh;
- 风电+储能方案: 如采用风电则利用小时更高,全国风电平均利用小时数约2225小时<sup>2</sup>,1MW风电年发电约2225MWh,发1.6亿kWh电需约70MW风电装机容量。考虑风电波动和重卡用电的连续性,可配置一定储能以保障平稳供电。目前多省对新能源配储要求多为容量的10%~20%(2~4小时储能),参考上海要求风电配储不低于20%/4小时,70MW风电

宜配套约14.4MW,4小时储能(57.6MWh)。这样可在风况不稳时,利用储能调节,实现对重卡全天候供电。

### 3) 降本效益: 相较柴油减少26%的能源成本, 即节省5700万元/年

- 按全生命周期10年计算,累计可降低能源支出5.7亿元,投资回报周期显著优于传统柴油车队。



### 1.3 碳中和进程中的减排规模效益

#### 1) 直接减排: 减少CO<sub>2</sub>排放8.5万吨/年(若电力100%由可再生能源供给)

- 等效于种植570万棵树/年的碳汇量,参考硬木树平均封存率为每棵树每年21.77公斤CO<sub>2</sub>,软木树平均封存率为每棵树每年15.88公斤CO<sub>2</sub>。

#### 2) 污染治理: 减少氮氧化物排放160吨/年(相当于0.8-1.6座中型燃煤电厂排放量), 大幅降低道路扬尘和尾气污染

- 中型燃煤电厂通常指单机容量300兆瓦(MW)左右的机组,按满负荷运行估算,一台300MW机组年发电量约20亿千瓦时(2×10<sup>9</sup>kWh),排放NO<sub>x</sub>约200-300吨/年(实际值取决于运行小时数和排放浓度)。此处假设原基准情景采用国三重型货车,氮氧化物排放因子为1.713g/km。



### 1.4 区域协同与低碳品牌的价值枢纽

#### 1) 吸引投资和产业:

绿色低碳的城市/区域品牌有助于吸引相关产业和投资者。示范项目的成功会吸引新能源汽车制造商、换电运营商、智慧物流企业在当地设点布局,形成产业集聚。例如

- 重庆市铜梁区建成全国首个新能源重卡全产业链闭环项目。
- 因换电重卡推广领先,宜宾、唐山等地正成为新能源重卡生产及运营基地,获得更多中央及社会资本支持。

城市由此打造出绿色物流产业链,创造新的经济增长点。同时,良好的生态交通环境也吸引高端人才和企业入驻,增强城市竞争力。

#### 2) 社会声誉与影响力:

城市/区域率先实现货运领域“降碳减污”,体现了落实“双碳”战略的决心和成效,可争取国家有关部门授予的低碳示范、绿色标杆称号。这些荣誉进一步巩固城市品牌。例如《深圳市道路货运零碳走廊建设试点工作方案》的发布将为深圳建设“双碳”先锋城市打造靓丽名片,进一步加速区域绿色转型。同时在国际合作中,城市/区域可作为案例参与全球零碳货运走廊倡议,提升在国际环保舞台的影响力和话语权。当地居民也因生活环境改善和城市荣誉而自豪,增强了对城市的认同感和凝聚力。

零碳货运走廊不仅是一项交通工程,更是城市绿色形象的窗口。它向外展示了城市创新、环保、高质量发展的理念,成为城市品牌的新亮点。

# 做哪种走廊?

## 2

### 选取走廊原则

零碳货运走廊的选取并非简单的路线规划,而是一个涉及交通、能源和地区转型能力的多维系统工程。本指南从九个维度提出定性评估原则,旨在帮助决策者识别最具潜力和落地可行性的走廊路段。

#### 2.1 货运需求和场景特性

**高频、稳定的货运需求是零碳走廊经济可行性的核心前提。**评估应聚焦于具有高辐射力的货运枢纽及高流量公路,调研区域内产业集中度(如关键货运枢纽、园区分布),分析未来的货运需求和场景特性。评估中需重点关注:

- **货物属性敏感度:**区分货物对时效和成本的敏感度。大宗散货(煤炭、矿石、建材)通常对运价敏感而对时效容忍度较高,高附加值货物(快递快运、冷链)对时效要求极高,需重点评估补能网络的覆盖密度与效率。
- **线路封闭性与规律性:**现阶段优先选取点对点特征明显的封闭或半封闭场景(如港口至工厂、矿山至电厂)。此类场景线路固定、路况可控,利于精准布局补能站点并最大化资产利用率。

#### 2.2 道路设施现状及改扩建潜力

**道路基础设施直接影响改造成本与技术适配性。**在存量道路上进行零碳化改造,需重点排查物理空间的限制因素与资产复用潜力:

- **关键节点土地要素:**补能设施(充换电/加氢设施)对土地有着严格的物理尺寸和安全距离要求。需重点调研高速公路服务区、收费站出入口、物流园区周边的闲置土地存量及土地性质,规避因用地性质调整困难导致的落地受阻。
- **路网结构与服务半径:**评估沿途停车区和服务区的分布间隔是否均匀,能否满足新能源重卡在满载、低温等极端工况下的最短续航需求,避免出现补能盲区。
- **存量场站的改造潜力:**针对土地资源紧张的路段,需评估现有场站进行立体化或外拓化改造的工程可行性,以空间换时间,降低土地获取门槛。

#### 2.3 能源供应和可再生能源潜力

**能源供应是零碳走廊的基础支撑要素与经济性提升关键。**评估视角应从单纯的“保障供应”升级为“源网荷储协同”,重点评估:

- **电网接入友好度:**考察补能站点距离最近变电站的物理距离及剩余容量。优先选择接入成本低、无需对上级电网进行大规模改造的节点,以控制基础设施建设的初期投入。
- **分布式能源禀赋:**结合沿线的光照、风力资源数据,评估利用公路边坡、服务区屋顶、隔音屏障建设分布式光伏/风电的潜力。通过“就地发电+储能”模式降低对外部电网的依赖,并锁定长期的低成本绿电来源。

#### 2.4 政治意愿

**地方政策连续性与政治意愿直接影响项目可持续性,**明确的补贴机制、路权保障与土地支持政策可显著降低投资风险。需评估沿线地区零碳政策倾斜度(如充电站建设专项补贴)、减碳考核压力(如“双碳”目标、高排放行业绿色评估落实)和地方财政兑现能力(如税费优惠落地性)。其中重点关注:

- **非补贴性政策工具箱:**相比于短期的财政补贴,应更关注路权开放、停车优惠、高速通行费折扣等具有长期法律效力的行政手段。这些“零成本”政策往往比资金补贴更具生命力。

#### 2.5 利益相关方意愿及能力

**货主、运营商、能源企业等相关利益方的深度绑定是项目落地的保障。**评估核心在于识别是否有能力强的牵头方推动生态聚合:

- **识别核心“链主”:**评估区域内是否存在具有话语权的大型货主企业(如钢铁厂、水泥厂、大型制造基地)或头部物流平台。只有“链主”有能力通过绿色采购标准,倒逼下游承运商进行车辆置换,解决“先有车还是先有桩”的循环死结。

#### 2.6 经济可行性

**经济性评估需跳出静态测算,关注动态风险与抗波动能力。**除了分析初期投资、运营成本及与传统燃油货运的TCO(总拥有成本)对比外,还需重点关注:

- **盈亏平衡点的鲁棒性:**进行全生命周期的压力测试,评估在油电价差缩窄、运价下行、车辆残值波动等不利情景下,项目的经济模型是否依然成立,以确保商业模式的韧性。

#### 2.7 环境影响

评估走廊的建设和运营对当地生态系统、空气质量、水资源等环境因素的影响,量化碳减排效益(如单位货运量碳排放强度下降值),实现环境保护与碳减排的精准协同。

- **污染物减排的本地感知:**除了CO2减排,需评估走廊对沿线氮氧化物(NOx)、颗粒物(PM)及噪声污染的削减效果。在人口密集的城市群或生态敏感区,显著的空气品质改善往往能更快获得地方政府和居民的支持。

#### 2.8 技术创新和适应性

**技术迭代可能颠覆现有模式。**需考虑走廊对未来技术(如无人驾驶、车网互动、数字化管理)的适应能力:

- **技术路线的兼容与互操作性:**重点评估补能网络是否采用行业通用标准。避免因采用封闭、私有的换电接口或通信协议,导致基础设施沦为仅服务单一品牌的“孤岛”,限制了未来车队规模的扩张。
- **智能化升级接口:**评估基础设施是否预留了数字化接口,以支持未来车路协同(V2X)、自动驾驶货运编队、智能地磅及无感支付等技术的接入,保持走廊长期的技术生命力。

# 做哪种走廊?

## 3

### 基于全生命周期经济评价的最佳车辆和能源选型

#### 3.1 车辆与能源技术路线详解

零碳货运走廊主要技术模式主要分为换电(车电一体、车电分离)、充电(快充、超充、兆瓦级超充)、氢能、甲醇、动态充电等。本指南主要介绍电动模式,另外氢能、动态充电、甲醇等模式将在指南2.0详细阐述。

技术类型	换电模式		充电模式			氢能	动态充电+ 架空接触网	其他清洁能源类型	
	车电一体换电	车电分离换电	快充(60-200kW)*	超充(240-800kW)*	兆瓦级超充(≥1MW)			甲醇	混合动力
技术原理	电池与车辆绑定,换电站更换整块电池	电池由第三方持有,按使用量租赁(如电池银行模式)	中速充电,满足日常补能需求	高压大功率充电,接近燃油车效率	兆瓦级功率,突破补能效率极限	氢燃料电池或氢内燃机驱动	道路埋设无线充电设备,车辆行驶中补能(静态/动态)	甲醇通过内燃机或燃料电池转化为动力	燃油发动机与电动机协同驱动,支持纯电/油电/混动模式切换
补能时间	5-6分钟	5-6分钟	1-2小时 (20%-80%)	15-30分钟 (20%-80%)	<10分钟 (20%-80%)	5-10分钟 (35-70MPa加注)	行驶中实时补能	5-10分钟 (液态加注)	充电:1-3小时、加油:5分钟
车辆	优:补能效率高 缺:购车初始投资大(车身+电池≥40万元)	优:补能效率高 购车初始投资小(车身≥20万元) 跨车型兼容潜力大 缺:后期运营成本提高	优:技术成熟 适配电网容量 缺:补能效率低	优:效率提升显著 适配超长续航车型(300-500km) 缺:电池寿命损耗增加	优:效率提升显著 适配超长续航车型(300-500km) 缺:需适配相应电池技术	优:零排放,续航长(600km+),低温性能好 缺:储氢罐成本高	优:无需停车充电 缺:车辆需加装接收装置	优:低温性能好,易储存 缺:能量密度低(20MJ/kg),毒性风险	优:无续航焦虑,过渡期成本低; 缺:仍依赖化石燃料,碳排放较高
补能站	优:空间利用率高 缺:建站初始投资大(≥500万元) 跨品牌兼容性差	优:空间利用率高 缺:建站初始投资大,需购置额外电池用于租赁(≥1000万元) 多方利益协调难	优:初始投资低,适配多种车型 缺:补能效率低,空间利用率低	优:补能效率较高,空间利用率较高 缺:补能站投资较高(单桩≥60万元),需配置储能	优:补能效率高,空间利用率高 缺:补能站投资高,商业化延迟(2025年后)	优:补能效率高 缺:建站成本高(≥1000万元/站)	优:减少停车充电时间 缺:道路改造投资大(1800-3700万元/公里)	优:改造传统加油站 缺:甲醇储存罐腐蚀防护	优:兼容现有加油站; 缺:需同时布局充电桩,投资分散
电网影响	中	中	小	大	大	绿氢制备需配套风光制氢	需稳定大功率供电(≥200kW/车道)	间接依赖电网(绿甲醇制备)	依赖燃油为主,电网压力较小

表1-零排放及其他货运车辆与能源技术路线详解

\*由于技术更新会导致参数变动,文中多为定性分析,参数更新至报告发表日期,仅供参考。

\*\*混动(Hybrid)技术指同时搭载燃油发动机与电动机的混合动力系统,通过智能能量管理实现动力互补,现市场渗透率较低(<1%)。但借鉴乘用车混动技术的发展和市场的爆发增长,商用车混动市场未来趋势不可忽视。中信证券预测2030年混动重卡市场渗透率达30%。

### 3.2 各场景适用的新能源模式选型

本指南综合权威机构研究成果与行业实践数据,结合不同运输场景(快递/冷链/干线重卡等)的载重、运输距离等指标,通过可视化矩阵直观匹配车型与场景,帮助相关利益方快速确定选型方向。具体选型需结合走廊实际条件,利用全生命周期经济评价方法进行动态调整。

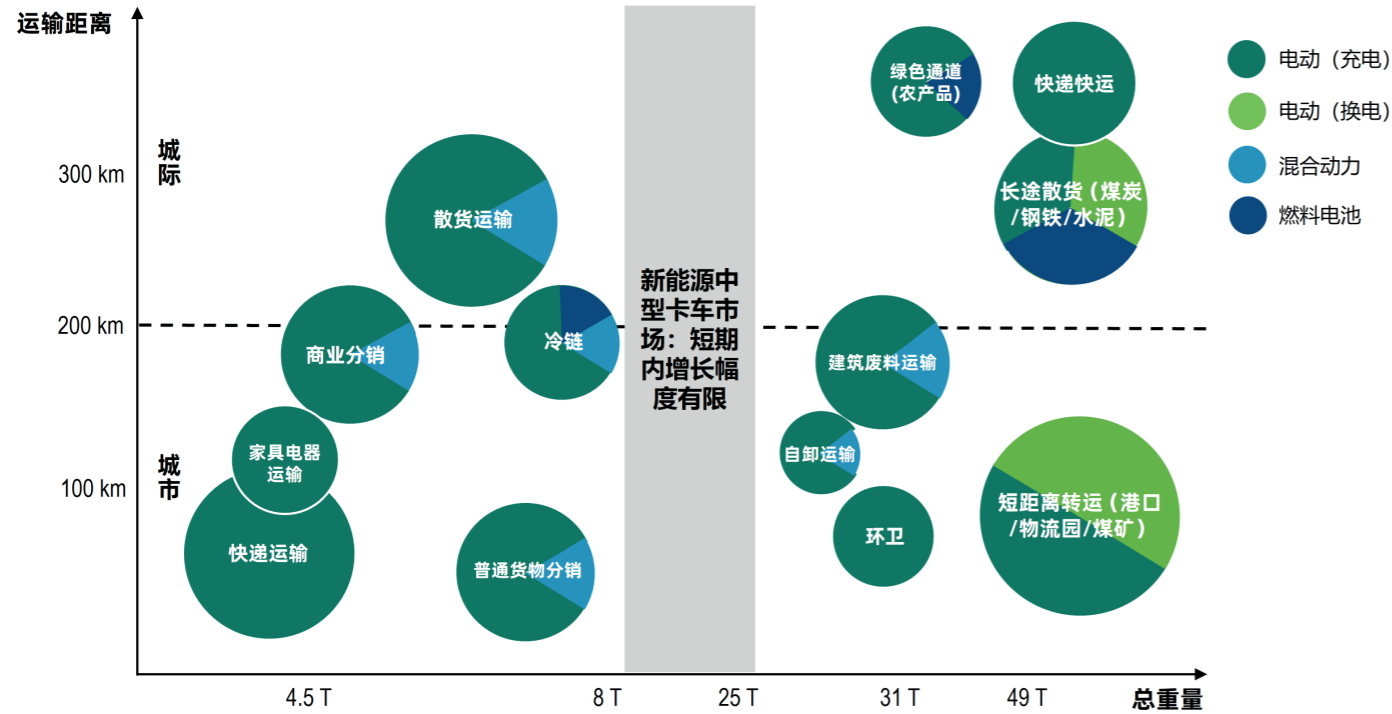


图2 各场景适用的新能源模式选型

#### 1) 高频短倒场景：换电、超充模式主导

换电技术凭借3-5分钟极速补能,在港口、矿区等超高频运输场景(日均≥5趟)占据绝对优势。超充技术快速发展,随着充电效率的提升和经济性的下降,逐步渗透中载场景,但换电仍是高频短倒运输的刚需选择。

#### 2) 城内配送场景：充电与混动互补

电动轻卡凭借电动经济性、路权优先和低噪音主导城市配送。混动轻卡则通过油电协同填补充电盲区需求,适配商业分销等灵活场景,具备增长潜力。

#### 3) 中长途干线：超充、换电与氢能协同突破

中长途干线以“超充+换电”混合补能网络为主导。氢燃料重卡凭借财政补贴和长距离适配性,在大宗货物超长距离运输中成本逼近柴油车。未来兆瓦级超充(1MW)有望突破续航瓶颈,与氢能形成长距离重载互补格局。

### 3.3 核心原则与评估方法

#### 1) 核心原则：经济性才能驱动走廊可持续发展。

经济性即各利益相关方在走廊全生命周期内实现正向收益。本指南主要量化评估车辆与补能站两个核心利益相关方的全生命周期收益,其他相关方如政府、金融机构等的效益量化分析将在后续工作中开展。

#### 2) 评估方法和指标：

本指南采用**全生命周期经济评价(Life Cycle Economic Assessment)**,相较于常用的总拥有成本分析(Total Cost of Ownership, TCO),优势在于:

- 增加了总经营收益(Gross Operating Revenue)、总利润贡献(Net Profit Contribution)等参数,对于走廊相关利益方如投资者、运营者有更直观的数据体现。
- 纳入了补能时间、新能源车亏吨、有效运输里程等运输效率参数,更综合体现各种模式的对比。

本指南采用**内部收益率(Internal Rate of Return, IRR)**,相较于投资回报率(Return on Investment, ROI),考虑资金的时间价值和现金流的分布,针对车队绿色转型、能源基础设施建设等有较长投资周期和复杂现金流的大额投资更为适用。

#### 3) 车辆全生命周期经济分析法包括,

**经营收益**包括车辆通过运输服务直接产生的收入,与车辆载货量、运输距离及货物类型强相关。

**拥有成本**包括,

- 购置成本:** 购买车辆的总支出,包含首付、贷款利息和税费(新能源车购置税减免)。
- 能源成本:** 车辆运行消耗的电力/燃料费用,与车辆空满载耗能、电力/燃料费用、运输距离强相关。
- 维修保养成本:** 车辆日常维护支出(如电池检测、电机保养、轮胎更换),其中电动货车相较于传统柴油货车,无发动机、变速箱等复杂部件,维保项目减少约70%。
- 保险成本:** 车辆保险费用(含交强险、商业险、电池专项险)等。其中电动货车相较于柴油货车事故率提高、维修费用高,导致保险成本高。
- 员工及其他成本:** 司机工资、管理费用等。由于电动货车单次补能的行驶里程较传统柴油货车短,可能会增加车辆调度的成本。

**利润**包括,

- 运营利润:** 总收入减去所有成本后的净收益。
- 车辆残值:** 车辆报废或转售时的剩余价值。电动货车包括车身和电池残值,其中电池可梯次利用或回收。

#### 4) 补能站全生命周期经济分析法包括

**经营收益**包括

- 售电收入:** 向车主销售电力获得的收入。实时售电收入通常与购电成本一致。可通过配置储能,利用峰谷电价差产生营收。
- 服务费收入:** 提供补能、维护等服务的收费,如电动货车补能在基础电费的基础上增加0.3-0.6元/kWh的服务费。
- 电池租赁:** 在换电方案的车电分离模式中,通过出租电池获取持续收入。

**拥有成本包括**

- **购置成本:** 建设补能站的前期投入(如设备采购、电力接入、容量扩容及施工费用), 其中电力接入、电容扩容等与站点选址、规模相关, 存在不确定性。部分超充站还需配备储能单元, 减少对现有电网的冲击。
- **购电成本:** 从电网购买电力的费用, 可通过配置储能利用峰谷电价差, 或配置光伏、风能等可再生能源降低购电成本。
- **电损成本:** 电力传输过程中的损耗成本, 如充电桩线损率5%。
- **维修保养成本:** 设备维护、电池检测等支出。
- **场地租赁:** 补能站用地租金成本, 受地理位置、补能站的模式(空间利用率)和规模影响。

**利润包括**

- **运营利润:** 补能站总收入减去运营成本后的净收益
- **补能站残值:** 补能站设备报废或改造时的剩余价值。

**3.4 选型案例**

以某区域的大宗运输场景零碳货运走廊为例, 以柴油车、换电(车电一体)、换电(车电分离)、快充、超充为比选方案。

**参数假设:**

1. 运输特征为日均行驶250-300公里, 有效运输里程占比36%。
2. 运价0.45-0.5元/吨公里。
3. 每站服务50辆重卡, 车电分离模式换电站另购50个电池。超充方案配置3个600kW的华为液冷超充桩, 每桩两个充电枪口。储能方案经测算配置5MW满足高峰期超充服务。快充功率为120kW。
4. 补能服务费换电0.45元/kWh, 超充0.35元/kWh, 快充0.25元/kWh。

**车辆角度:**

表2-特定场景各能源模式车辆投资收益对比

车辆模式	柴油车	换电重卡 (车电一体)	换电重卡 (车电分离)	超充重卡	快充重卡
IRR	15%	32%	8%	11%	-16%

在该场景的车辆选型中, **换电(车电一体)为最优**。

在全生命周期分析中可看出,

1. 因电池自重导致亏吨现象, 在相同运输时长下电动重卡经营收益较柴油重卡低, 但能源成本、维修保养等方面的节省, 最终经营利润较柴油车高。
2. 因补能效率影响, 在高频运输需求下超充和快充模式的经营收益较其他三者更少。

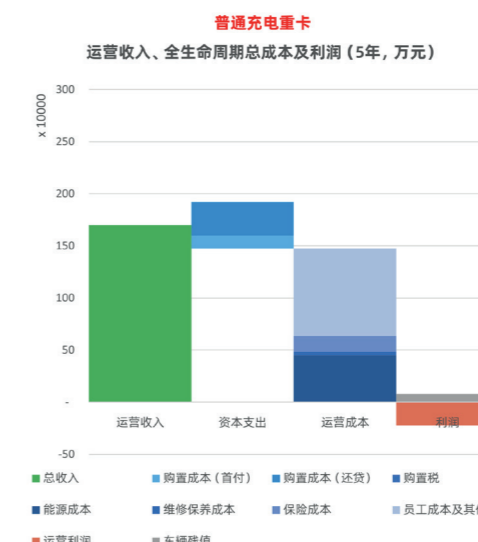
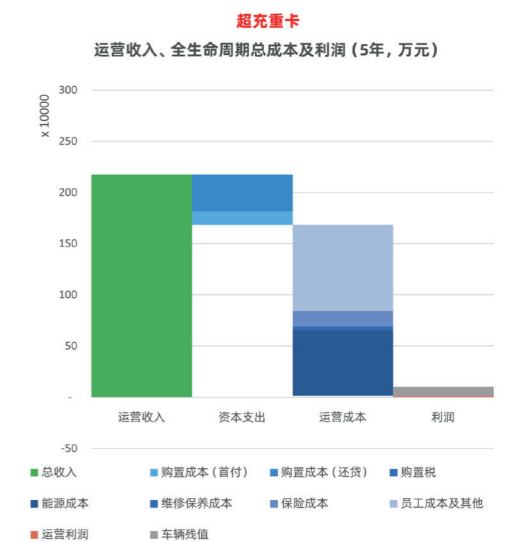
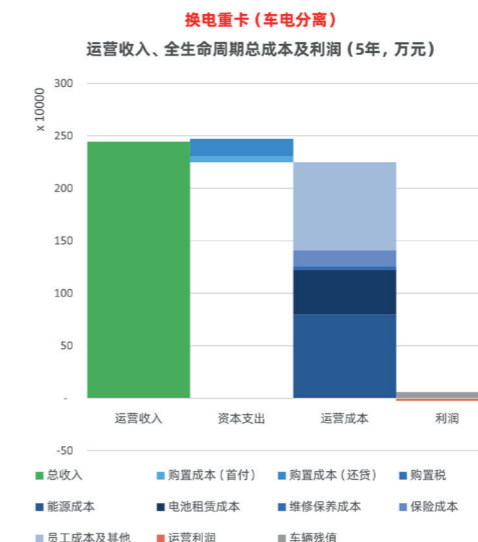
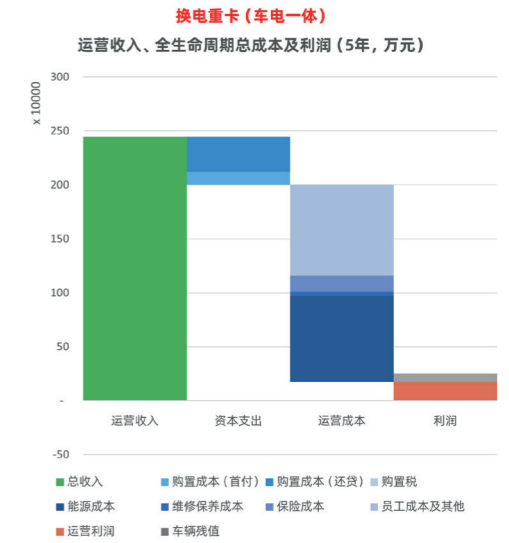
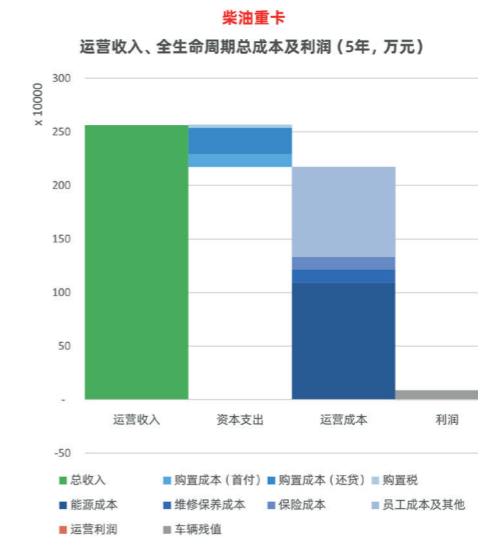


图3 特定场景各能源模式的车辆全生命周期经济评价

**补能站角度:**

根据第一阶段车辆模式比选,在该场景下快充重卡不具备经济性,所以在第二阶段补能站全生命周期经济评价中放弃快充模式,在超充模式中增加“超充+储能”。

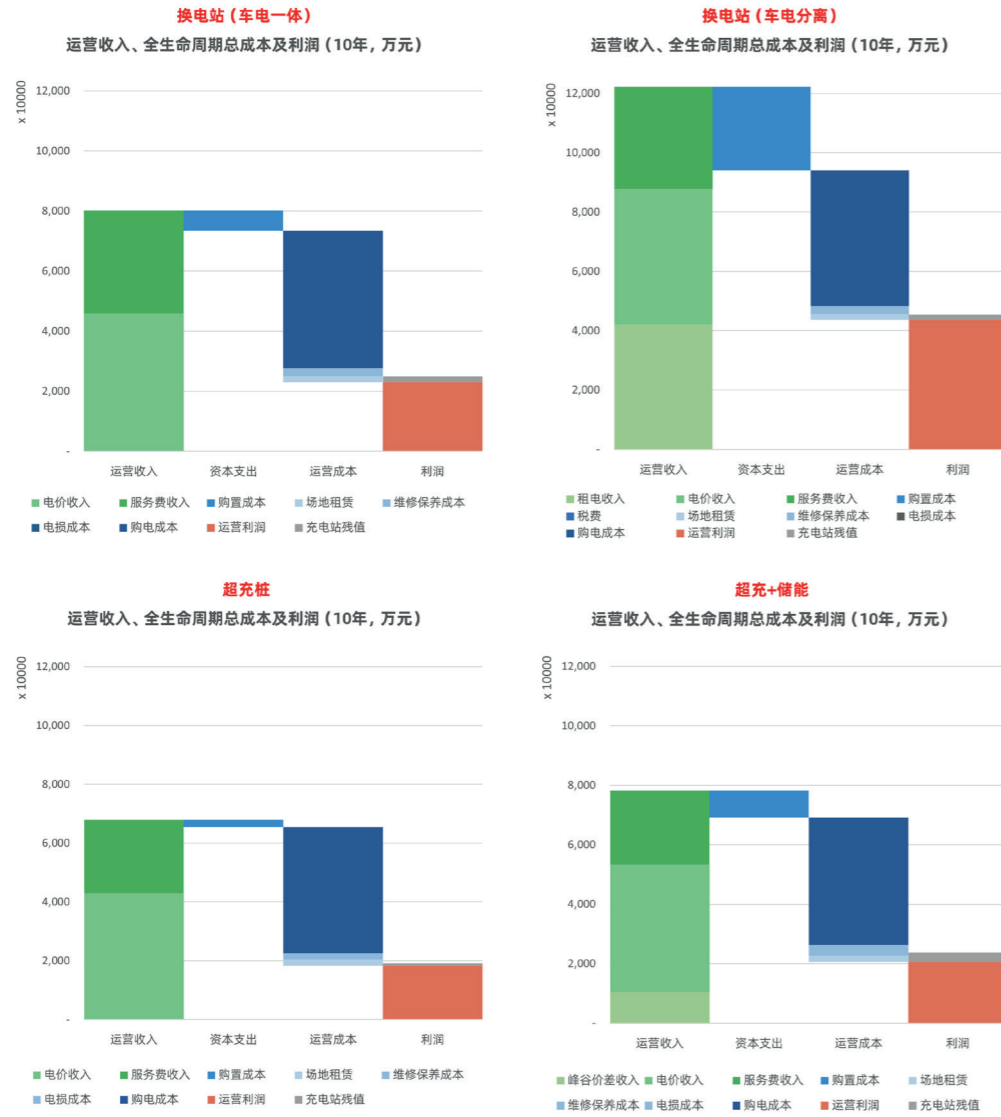


图4 固定场景各能源模式的补能站全生命周期经济评价

表3-特定场景各能源模式补能站投资收益对比

车辆模式	柴油车	换电重卡 (车电一体)	换电重卡 (车电分离)	超充重卡	快充重卡
IRR	无	42%	37%	95%	34%

在该场景的补能选型中,换电站(车电一体)为最优。

在全生命周期分析中可看出,

- 1.单超充桩模式因初始投资少,IRR达到95%。但由于地方规定及电网负荷,超充必须配建储能,则IRR不如换电站(车电一体)模式。综合比选,换电(车电一体)为最佳方案。
- 2.由于假设车辆补能需求充足,该场景的补能站IRR收益可观。

3.车辆与补能站分别计算IRR,用于运输企业、能源公司以及投资机构各方的个体最优决策判断。可根据走廊合作模式,折中选择整体最优方案。

需要强调的是,比选结果只适用于该场景。IRR与关键指标相关,包括不同的行驶里程、运价、有效运输距离等,需要采用不同的场景参数进行重新计算比选。更多场景如高强度/非高强度干线场景等将在后续版本中呈现。

**3.5 风险管控与韧性决策: 政策波动、技术迭代、市场波动、运营管控**

货运零碳转型正处于快速发展的阶段,走廊的模式选型正面临多重不确定性,包括:政策波动、技术迭代、市场波动、运营管控等,这些动态变化通过走廊的全生命周期资金参数(成本、收益、残值)直接传导至内部收益率IRR的敏感性节点,影响走廊系统的最终收益。

- **政策变化:** 在推广阶段政府出台多项支持政策,包括老旧车辆以旧换新政策、基础设施建设补贴、通行费减免等,最终会影响车辆的购置成本、运营成本。影响参数包括车辆购置成本、通行费成本等。
- **技术迭代:** 电池技术的发展会导致电池成本的下降,能量密度的提升会减少亏吨带来的经济损失。超充技术的发展如比亚迪的闪充技术等,会大幅提升补能效率,提升超充模式的经营收入,影响走廊选型结果。影响参数包括百公里能耗、充电效率、有效载重等。
- **市场波动:** 货运需求变化直接影响运输里程,直接影响经营收益。能源价格的波动也直接影响车辆全生命周期中的能源成本。影响参数包括运费、平均行驶里程、有效运输里程占比、基本电费、服务等。
- **运营管控:** 通过智能调度、科技降险、自动驾驶等方式,一定程度减少运营阶段的运维成本、能源成本、人工成本等。影响参数包括维修保养成本、车辆保险等。

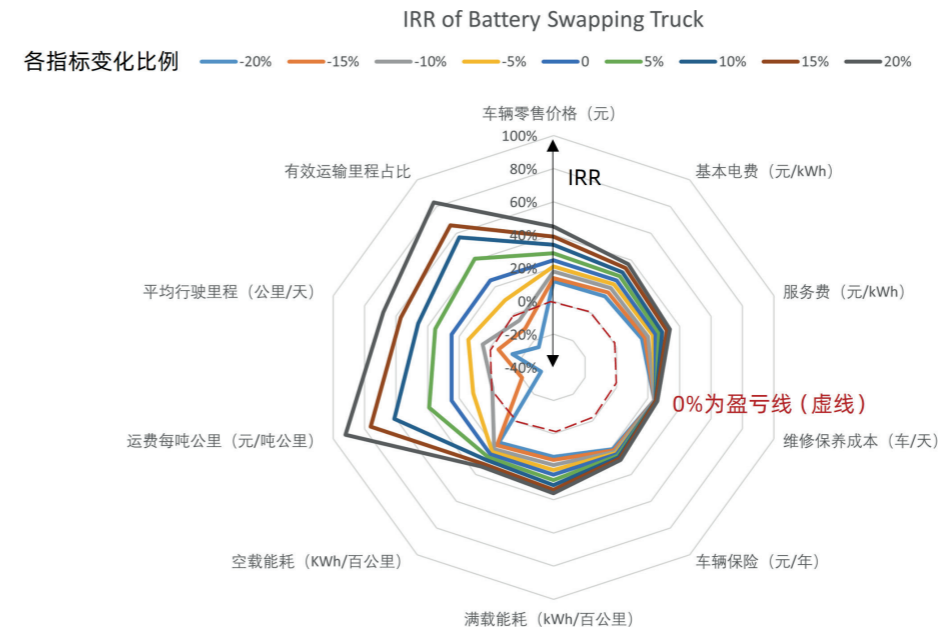


图5 新能源重卡IRR敏感性分析

本方法量化走廊全生命周期中各项参数波动对IRR的边际影响,为各利益相关方甄别关键参数,为走廊选型提供抗干扰能力优先级排序,规避“高IRR伴随高风险敞口”的决策陷阱,辅助走廊现状及未来最佳模式决策。

以上述场景为例,经敏感性分析得出,运费、有效运输里程占比、平均行驶里程为影响IRR最关键的参数,有可能让走廊系统负收益(IRR<0),达到不可持续的状态。在走廊规划设计运营的过程中,各利益相关方应对三个参数重视,并对可能的风险做出相应的优化方案。其他参数如车辆价格、能耗、电费等也会对走廊系统产生重要影响,特别是规模化推广,应针对性做出降本增效措施。



# 如何实施落地?

## 5

### 购置环节-绿色金融解决方案

零排放重型卡车和配套基础设施的高昂购置成本是阻碍其广泛应用的主要瓶颈之一,针对中小型企业而言更为突出。此外,新兴技术(如换电模式)的成熟度不足、标准体系尚未统一以及未来运营模式的不确定性,使得金融机构在提供融资时更为谨慎。同时,绿色项目普遍面临投资回收期长、电池残值评估缺乏可靠依据等挑战,导致风险溢价攀升,融资难度倍增。

在此背景下,定制化绿色金融工具成为破局关键:传统融资模式难以匹配零碳货运生态系统的复杂性,需通过绿色债券、风险缓释工具、残值担保机制等创新产品,为车队运营商、基础设施开发商、车辆制造商等多元主体提供差异化支持,从而降低融资成本、分摊技术迭代风险并增强项目商业可行性。

正如中国人民银行等四部门《关于发挥绿色金融作用服务美丽中国建设的意见》所明确,政策层已明确将金融支持与零碳货运发展深度绑定,通过系统性梳理适配车辆购置、基建投资的全周期金融工具,才能加速技术路线从规划蓝图转化为可复制的商业化运营模式。

#### 5.1 零排放车辆购置与运营的融资方案

##### 1) 传统与创新租赁模式

租赁模式因其灵活性和成本效益,正成为新能源重卡推广的重要推手,尤其受到运输从业者的青睐。针对零排放重卡的特点,主要有以下几种租赁模式:

- **融资租赁(Financial Leasing)**

**机制:** 融资租赁公司(出租人)根据承租人(车队运营商)的选择购买零排放重卡,并将其出租给承租人使用一段较长的固定期限——部分租赁公司提供多种可选的期限结构如36个自然月/15万公里。承租人通常负责车辆的维护、保险等运营成本。租赁期满后,承租人通常有权以预先约定的价格购买车辆。这种模式在经济实质上类似于以车辆为抵押物的贷款。

**适用场景:** 适用于对车辆有长期使用需求、希望最终拥有车辆所有权,且具备一定运营管理能力的企业。

##### 案例:

2024年6月深圳市《深圳市构建重卡换电服务网络试点工作方案》提出:支持各类企业参与投资换电电池、换电重卡等重资产,为换电重卡提供裸车融资租赁、消费信贷等各类金融解决方案。

2024年10月唐山市《唐山市支持新能源体系建设若干政策(2024年修订版)》提出:1.对购置新能源重卡提供金融支持。通过融资租赁方式,按照市场化原则对符合审批条件的新能源重卡企业提供资金支持5000万元。2.鼓励新能源融资租赁平台公司开展新能源车辆融资租赁业务,市财政对融资租赁平台公司运营给予适当支持。鼓励租售平台开展低首付、低月租、长租期套餐服务。

##### 案例:

2023年11月起,中建投租赁与浙江省氢动力科技(国电投的氢能零碳交通运营科技平台)合作,开始于长三角地区提供氢燃料电池物流车租赁运营,服务群体包括快递、生鲜冷链、大宗货物等领域企业,应用场景包括基于河北迁安经济开发区焦化尾气制燃料氢项目的氢燃料重卡补能。

- **经营租赁(Operating Leasing)**

**机制:** 出租人拥有零排放重卡,并将其出租给承租人使用,租期相对较短且灵活。出租人可能负责部分或全部维护保养。租赁期满后,承租人归还车辆,通常不享有购买选择权。经营租赁普遍以“电动卡车即服务”(Electric Truck-as-a-Service)的形式应用在新能源重卡领域,使新能源重卡作为一种服务而非资本资产,大程度降低了托运人和承运人进行电动化过渡的准入门槛。

**适用场景:** 中小型物流企业是当前租赁电动重卡的主要用户。大型企业也可能通过短租来评估换电重卡性能。分时租赁、短期租赁、长期租赁均属于此范畴。在换电模式下,用户可以只租赁卡车底盘,根据需要从电池银行租赁不同规格的电池。

##### 案例:

- 捆绑租赁的商业模式最早于1957提出,在氢燃料电池领域的应用为Nikola公司领先主导,以“固定路线+加氢站”模式为主。其他模式还包括租赁企业与第三方(氢燃料供应商)合作保障氢燃料供应,从而避免直接承担加氢站高昂的建设和运维成本,但同时路线选择则受限,对合作方的技术和管理水平要求高。<sup>3</sup>

- 随着经营租赁生态的发展,近年有如徐工租赁等租赁公司,委托运维商或车辆供应方为承租人提供运维服务,形成“联合租赁模式”,可以避免承租人直接承担设备维保费用和风险;市面上还出现了提供超短期租赁服务的企业,如“沃尔沃按需服务”(Volvo on Demand)和Mack Trucks' ElectriFi的订阅计划,允许客户按行驶里程付费,其中沃尔沃卡车为符合条件的客户提供25辆8级Volvo VNR电动卡车,最短租赁为12个月,Mack的单月费用中则包含了底盘、车身、充电、物理损坏保险、维修费用等,租赁期限范围在三年到六年之间,期间客户可以使用Mack的Uptime服务。<sup>4</sup>

此类全方位、端到端的“交钥匙”服务还可配套充电基础设施的设计、采购、安装和维护,这一形式在电动乘用车领域也不乏先例,包括比亚迪在深圳捆绑南方电网的电力服务、杭州万向和国家电网成立合资公司提供电车租售和换电服务。<sup>5</sup>其他案例还包括斯堪尼亚和sennder的合资公司JUNA提供的按使用付费(pay-per-use models)电动卡车租赁模式,目标用户主要为欧洲拥有10辆以下卡车车队的小型运输公司。<sup>6</sup>

• **售后回租(Sale-Lease back)**

**机制:**企业将自有车辆(可以是已有的零排放货车,或为购买零排放货车而出售的传统燃油卡车)出售给租赁公司,然后立即租回使用。这为企业快速注入了现金流,同时不影响车辆的继续使用。交易的关键在于需具备“融物”属性,即明确的实物资产(车辆)所有权的转移和租赁,以区别于变相的贷款安排。

**适用场景:**适用于拥有车辆资产但需要提高资金流动性的企业,特别是那些计划扩大零排放车队规模或投资配套设施的企业。

**案例:**

TCH Leasing专门从事电动汽车的售后回租,允许企业出售现有EV资产,并根据特定条款从TCH回租,除了方便企业将固定资产转化为流动资产、降低折旧风险以外,还会随着车辆技术进步帮助企业无缝升级至更新的电动汽车型号。这种模式不仅可以在不影响车队运营的情况下提供即时流动性,也为电动重卡技术发展的不确定性和残值风险提供了保障。

**表1 零排放货车租赁模式对比**

特征	融资租赁	经营租赁	售后回租
<b>所有权归属</b>	期末通常可转移给承租人	归属于出租人	初始转移给出租人,期末可约定回购
<b>租赁期限</b>	较长(通常覆盖车辆主要经济寿命)	较短/灵活	灵活,取决于协议
<b>初始投入</b>	较低(相比购买)	最低	无(获得现金流入)
<b>月度付款</b>	相对较高(含本金和利息)	相对较低(仅租金)	租金支出
<b>维护责任</b>	通常由承租人承担	通常由出租人承担(可协商)	通常由承租人承担
<b>技术陈旧风险</b>	承租人承担	出租人承担	承租人承担(作为使用者)
<b>资产负债表影响</b>	通常表内处理(视为资产和负债)	通常可表外处理(视为运营费用)	资产出售,产生租赁负债
<b>期末选择</b>	购买、续租或返还	返还	回购、续租或返还
<b>优势</b>	最终可获所有权,可能的税收优惠	灵活性高,风险低,初始投入最低,可表外处理	快速获取资金,盘活资产,继续使用车辆
<b>劣势</b>	总成本高,灵活性差,承担运营风险	无所有权,高强度使用下单里程成本可能较高	失去所有权,产生持续租金支出
<b>理想用户</b>	计划长期使用并拥有车辆的企业	中小型企业,初创企业,需高灵活性的企业	需要快速补充现金流的现有资产持有者

不同租赁模式的选择对车队的财务状况和运营灵活性有显著影响。经营租赁为尝试和引入零碳重卡等新技术提供了低风险途径,而融资租赁则为那些对技术和运营模式有信心企业提供了获取资产所有权的途径。因此,租赁服务提供商需要开发多样化的产品组合以满足不同客户的需求。

**2) 电池即服务(BaaS)与车电分离**

BaaS模式的核心是将车辆本身与动力电池作为两个独立的产品进行销售和管理,应对电动汽车(包括重卡)购置成本高、电池衰减焦虑和补能效率低等痛点的解决方案。

**机制及适用场景:**用户购买不含电池的“裸车”,降低了初次购车成本,然后向电池资产公司(BatteryAssetCompany,BAC)租赁电池,并按月或按里程支付服务费。这种模式通常与换电技术相结合,用户可以在换电站快速更换电池,解决了充电慢的问题,提高了运营效率。

**电池资产公司(BAC)的角色与融资:**BAC是BaaS模式的关键参与者。它们负责批量采购、持有和管理大量的动力电池资产,并向终端用户提供租赁和更换服务。BAC需要庞大的资金来购置电池库存。其融资来源可以包括股权投资、银行贷款、以及创新的金融工具,如资产证券化。

**案例:**

武汉蔚能电池资产有限公司(由蔚来、宁德时代等共同投资设立)就是一个典型的BAC,该公司成功发行了国内首单绿色电池定向资产支持票据(ABN),规模达6亿元人民币,并获得了气候债券倡议组织(CBI)的认证,募集资金用于电池资产业务投放。这标志着电池资产作为一种新兴资产类别获得了资本市场的认可。

来源:武汉蔚能电池资产有限公司

**全国首单绿色电池资产ABN成功发行**

武汉蔚能电池资产有限公司2022年度第一期绿色电池资产支持票据

发行总规模 **4.00** 亿元

分层	发行规模	债项评级	预期到期日	发行利率	认购倍数
优先级	3.90亿元	AAA	2024.5.20	3.12%	2.92

特别鸣谢

蔚能、CICC 中金公司、中国铁路物资股份有限公司、上海蔚来融资租赁有限公司、交通银行、西部信托有限公司、大成 DENTONS、IBDO 德勤、联合资信、联合志通、光大理财、广东华兴银行、武汉农村商业银行、中国铁路物资股份有限公司、中融理财、中泰证券

#### 优势:

- **显著降低购车门槛:**使零碳重卡的初始购置成本与传统燃油车更具可比性。
- **消除用户电池顾虑:**用户无需承担电池衰减、技术过时以及电池残值波动的风险。
- **提高运营效率:**换电通常只需几分钟,远快于充电,保障了货运车辆的高出勤率。
- **电池价值最大化:**BAC可以对电池进行专业化管理、梯次利用和回收,最大化电池全生命周期价值。

#### 挑战:

- **标准化:**电池包的尺寸、接口、通信协议等的标准化是实现跨品牌、跨车型兼容换电的关键,也是BaaS模式规模化的前提。
- **基础设施投入:**换电站网络建设需要巨大的前期投资。BaaS服务提供商需要平衡电池供应和浮动的需求,这意味着BAC需要为了满足高峰需求生产、持有和存储多于平均需求数量的电池包,这些都会导致成本的上升。
- **电池资产管理:**BAC需要高效的运营系统来管理庞大的电池库存、跟踪电池状态、优化调度。
- **技术迭代:**超充的技术水平和普及度越高,换电及BaaS需求越低,可能逐渐削弱此类商业模式的优势。

蔚能绿色ABN的成功发行表明,通过资产证券化等金融创新,可以将电池资产转化为可投资的金融产品,吸引更多广泛的社会资本参与。然而,BaaS模式在重卡领域的推广,高度依赖于电池和换电设施的标准化进程。缺乏统一标准将导致电池资产难以互换,增加BAC的运营成本和风险,限制规模效应的发挥。因此,推动行业标准制定对于BaaS模式的健康发展至关重要。

### 3) 集中采购与车队聚合模式

**机制:**通过集中采购(集采)或聚合中小型车队的需求,可以在购置零排放车辆时实现规模经济,降低成本。

**适用场景:**无论是大型物流企业的大批量订单,还是通过平台或协会组织将众多中小型企业的需求汇集起来形成集采订单,都可以增强对车辆制造商(OEM)的议价能力,争取到更优惠的车辆价格。同时,标准化的车辆配置也有利于后续的维护保养和运营管理。

对于金融机构而言,更大规模的交易也可能意味着更低的单位交易成本和风险评估成本,从而可能获得更优惠的融资条件。金融机构可以为采购联盟或大型车队提供专项授信额度。政府或行业协会可以扮演协调者或担保增信的角色,促进集采模式的形成。

#### 案例:

2022年印度通过对5450辆电动巴士进行集中招标,成功将购车价格降低了15%-48%。<sup>8</sup>虽然这是巴士的案例,但其展示的需求聚合优势同样适用于重卡领域。极度依赖氢能供应链的氢燃料重卡也遵循同一逻辑。

对于通常在成本方面更为敏感、议价能力较弱的中小型车队运营商而言,集中采购和车队聚合模式提供了一条以更具竞争力的价格获得零排放车辆的有效途径。这有助于将零碳技术的应用推广到大型、资金雄厚的企业之外,加速整个行业的绿色转型。然而,要成功实施此类模式,往往需要一个可信赖的平台或组织来协调各方需求、进行谈判并管理流程。这可能为行业协会、专业金融服务机构乃至政府支持的实体创造了新的角色和机会。

### 4) 政府财政支持与政策激励

政府的财政支持和激励政策在降低零排放车辆购置和使用成本、引导市场方向方面发挥着不可或缺的作用。

#### 直接补贴与税收减免:

**购置补贴:**各地政府提供一次性购置补贴以降低初始购买价格。例如,2024年中国多部委发布《关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施》、《关于实施老旧营运货车报废更新的通知》,提出对报废老旧高排放货车,并更新购置符合条件的货车,平均每辆车补贴8万元。

**税收优惠:**国家层面延续和优化了新能源汽车车辆购置税减免政策,这对降低购车总成本有直接作用。

#### 风险缓释工具:

**贷款损失补偿/风险补偿基金:**政府设立基金,对金融机构发放的相关贷款产生的损失给予一定比例的补偿,以鼓励金融机构向新兴领域或风险较高的借款人(如中小企业)放贷。

#### 案例:

**江苏实践:**江苏省设立了多种风险补偿基金。例如,江苏省普惠金融发展风险补偿基金可对符合条件的贷款提供最高80%的风险补偿。<sup>9</sup>针对科技型中小企业的“苏科贷”风险补偿比例最高可达85%。<sup>10</sup>

**广东实践:**广东省在其《财政支持大规模设备更新贷款贴息与风险补偿管理实施细则》中规定,对银行因设备更新贷款(交通运输是支持领域之一)产生的本金损失,省财政按50%给予补偿,但对单家银行的补偿总额不超过其发放贷款总额的1%。<sup>11</sup>

广东省也通过“技改金融政策”为技术改造项目贷款提供风险共担,分担比例最高可达实际本金损失的50%。<sup>12</sup>

#### 信贷增信

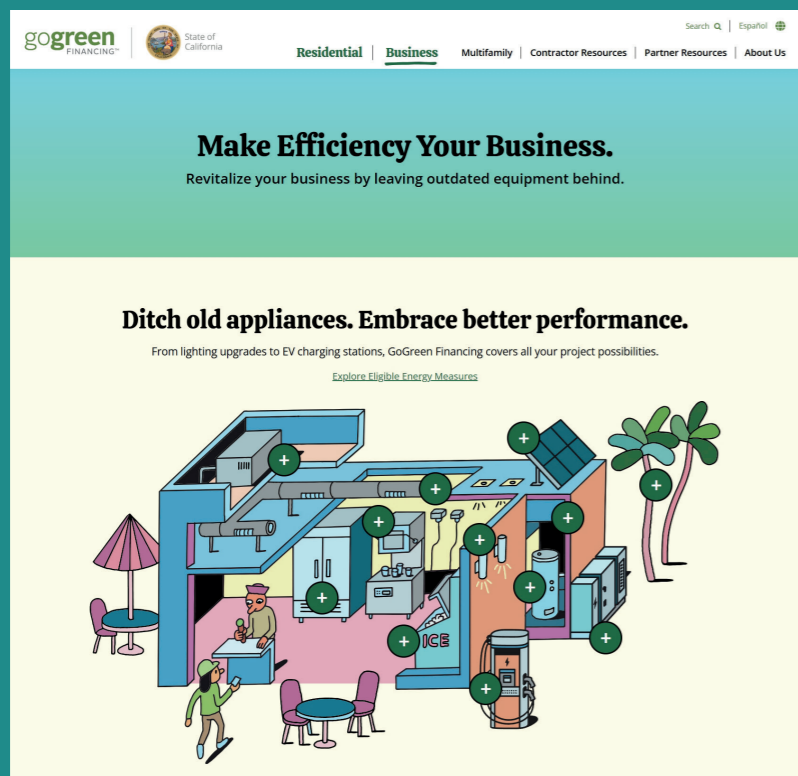
**融资担保:**政府性融资担保机构为符合条件的企业(特别是中小微企业)提供担保,降低其融资门槛。广东省计划扩大政府性融资担保覆盖面,并对特定地区符合条件的政府性融资担保机构提供业务补助。

**贷款贴息:**政府对符合条件的贷款利息给予一定比例的补贴,直接降低企业的融资成本。

**案例:**

广东实践:广东省确实存在多种贴息政策,如对制造业和高新技术企业的贷款提供不超过银行贷款利率35%的贴息(单户企业年上限2000万元);<sup>13</sup>对设备更新贷款提供0.25%的贴息,期限2年。<sup>14</sup>

美国加州的清洁交通计划(CleanTransportationProgram)<sup>15</sup>提供多种资金支持,包括针对中重型零排放车辆及配套设施的资助。其零排放卡车贷款试点项目包含一个3000万美元的贷款担保计划。加州的GoGreenFinancing<sup>16</sup>计划通过提供信用增级(如损失准备金)来激励金融公司为能源效率项目提供更优惠的融资条款。



来源: GoGreen Financing

虽然国家和地方层面存在多种形式的绿色金融支持政策,但专门针对零碳货运领域的具体、明确的优惠条款尚未系统化。这恰恰说明,为了有效推动零碳货运走廊的落地,亟需出台更加清晰、精准、易于获取的专项金融支持政策,并确保政策信息的透明传达。

## 5.2 零碳货运基础设施的融资方案

零碳货运走廊的成功运营离不开可靠、高效的补能基础设施网络。无论是充电桩、换电站还是未来的加氢站、甲醇站等,其建设都需要大量的资金投入。绿色金融为此提供了多元化的融资渠道。

### 1) 绿色债务工具

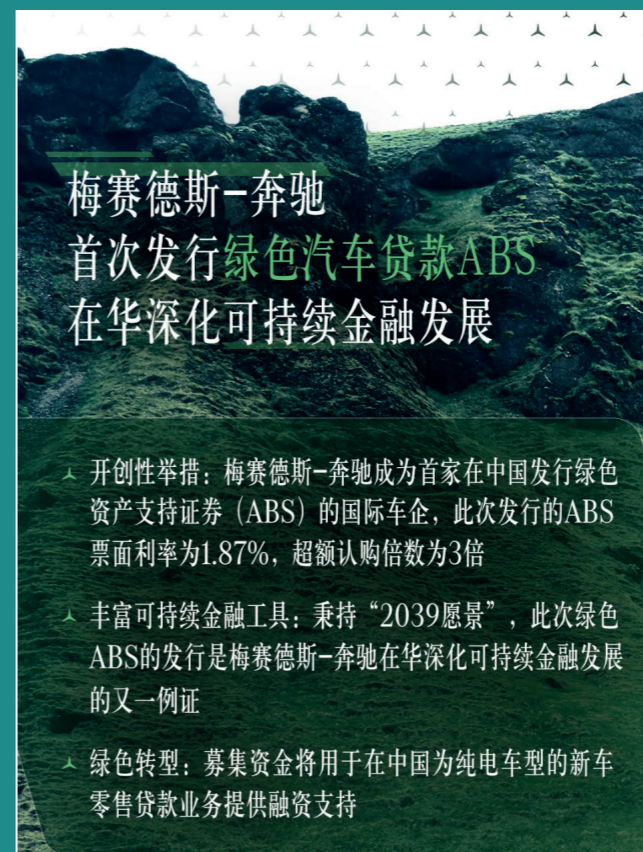
#### 绿色债券/碳中和债券:

**机制:**绿色债券是指将募集资金专项用于资助符合规定条件的绿色项目或为这些项目进行再融资的债券。碳中和债券是绿色债券的一个子类别,专门用于支持具有碳减排效益的项目。发行流程通常包括明确资金用途、项目评估与筛选、募集资金管理以及后续信息披露(如资金使用情况和环境效益报告)。

**适用场景:**零碳货运走廊的补能基础设施,如充电站、换电站网络、加氢站以及相关的可再生能源供电和电网升级项目,是典型的绿色项目,非常适合通过发行绿色债券或碳中和债券进行融资。

**案例:**

梅赛德斯-奔驰(汽车制造商)2024年7月通过在中国银行间债券市场成功发行规模为7.65亿元人民币的绿色资产支持证券,为其电动化转型融资。<sup>17</sup>



来源: 梅赛德斯奔驰

• **绿色贷款:**

**机制:** 商业银行越来越多地推出绿色贷款产品,为符合条件的绿色项目提供融资。

**适用场景:** 针对零碳货运走廊的充电、换电、加氢等基础设施建设,可以设计专门的绿色贷款产品。兴业银行等在国内较早开展绿色金融业务,为包括物流园区屋顶光伏在内的项目提供贷款。

**2) 基于资产的融资:基础设施REITs**

**机制:** 基础设施不动产投资信托基金(REITs)作为一种将流动性较差的基础设施资产转化为可在公开市场交易的标准化金融产品的工具,为零碳货运相关基础设施提供了新的融资渠道。

**适用场景:** REITs天然适合具有稳定现金流入的基础设施项目。在中国,REITs试点已覆盖仓储物流、收费公路、产业园区等,并已扩展至新能源领域。政策层面,国家发改委和证监会《关于全面推动基础设施领域不动产投资信托基金(REITs)项目常态化发行的通知》已将能源基础设施,包括风电、太阳能发电、水力发电、天然气发电、生物质发电、核电等清洁能源项目;储能设施项目;增量配电网、微电网、充电基础设施项目等,纳入REITs试点范围。<sup>18</sup>

将充电、换电等新型基础设施资产通过REITs上市,其成功与否很大程度上取决于能否形成足够大的资产规模和可预测的稳定现金流。零散分布、使用率不高的站点可能难以满足发行要求。因此,策略上应优先考虑将位于交通枢纽、物流园区、骨干线路沿线的高利用率站点,或与大型车队签订长期服务协议的站点打包成资产组合,如中金普洛斯仓储物流REIT(508056.SH)、嘉实顺丰控股仓储物流REIT(180601.SZ)等。

**案例:**

嘉实顺丰控股仓储物流REIT(180601.SZ):底层资产为顺丰控股的现代物流设施。顺丰在其ESG报告中披露了在园区推广光伏发电、使用新能源车辆、推行绿色包装等方面的努力。<sup>19</sup>

新能源发电REITs:中航京能光伏REIT和中信建投国家电投新能源REIT的成功发行,证明了将光伏、风电等新能源发电资产打包上市的可行性。

**3) 绿色供应链金融(SCF)**

**机制:** 绿色供应链金融将可持续发展理念融入供应链融资活动中,优化链条上企业(尤其是中小企业)的营运资金和流动性。

**适用场景:** 在零碳货运走廊场景下,绿色供应链金融可以为生产零排放车辆零部件、电池、充电设备的供应商提供融资便利,支持采用零排放车辆的物流服务商,或者为采购绿色货运服务的货主提供激励。

**其子产品包括:**

- **反向保理/应收账款融资:**核心企业(如大型货主、物流公司、走廊运营商)利用自身信用,帮助其上游供应商(特别是中小企业)将已确认的应收账款提前变现,获得低成本融资。可附加绿色条件,如对采用环保工艺或提供绿色产品的供应商给予更优惠的融资利率或更高的

融资比例。

- **动态折扣:**核心企业向上游供应商提供提前付款的选择,以换取一定的价格折扣,同样可以对绿色表现优异的供应商提供更有利的折扣条件。
- **库存融资:**为零排放车辆、关键零部件(如电池)或绿色原材料的库存提供融资。

绿色供应链金融的潜力在于其能够将绿色要求和金融激励沿着供应链传导,从核心企业延伸至众多中小供应商和客户,形成推动整个生态系统绿色化的网络效应。然而,其成功实施依赖于两大支柱:一是建立可信的绿色绩效评估体系,确保激励精准公平;二是运用物联网、区块链等技术实现碳数据可追溯、防篡改,从根本上杜绝漂绿风险。

**案例:**

建设银行花都分行与东风日产合作的“绿色e销通”业务,为下游新能源汽车经销商提供基于订单的全流程线上融资服务,并给予利率优惠和优先办理,是典型的支持下游销售环节的绿色供应链金融模式。<sup>20</sup>

**4) 创新融资:环境权益与未来收益权质押**

探索将环境效益或未来收益转化为可融资的资产,是绿色金融创新的重要方向。

**碳收益权质押贷款:**

**机制及适用场景:** 以项目未来产生的碳信用(如CCER)销售收入作为质押,向金融机构申请贷款。零碳货运走廊通过替代燃油车实现显著的碳减排,理论上具备开发碳资产的潜力。但挑战在于碳市场价格的波动性、流动性以及项目减排量核证的复杂性。

**案例:**

2023年4月,北京市生态环境局正式发布《北京氢燃料电池汽车碳减排方法学》。同年7月,北京氢燃料电池汽车碳减排项目成为全国首个可进入碳市场交易的氢能碳减排项目,预计年碳减排量2.4万吨。<sup>21</sup>



来源:人民网

• **新能源汽车积分:**

**机制及适用场景:**类似于碳信用,车企获得的新能源汽车积分未来也可能作为融资工具。

**案例:**

2021年11月湖北省推出全国首笔新能源汽车积分收益权质押贷款(“绿车贷”)。<sup>22</sup>

2023年1月,浙江出台《浙江省加快新能源汽车产业发展行动方案》,方案提出“鼓励金融机构发展新能源汽车积分收益权质押贷款等创新产品”。<sup>23</sup>

• **合同能源管理(CEM)未来收益权质押贷款:**

**机制及适用场景:**如果能源服务公司参与走廊基础设施的节能改造或能源管理服务(如建设运营高效充电设施、优化园区能源系统等),并与业主签订了基于节能效益分享或服务付费的合同,那么ESCO可以将这些合同项下的未来收益作为质押申请贷款。

此类融资工具的广泛应用,强依赖于相关环境权益市场的成熟度、流动性和价格稳定性。例如,一个活跃且价格稳定的碳市场是碳收益权质押贷款得以推广的基础。因此,完善碳市场、积分市场等环境权益交易机制,并确保政策的连续性,对于激发这类创新金融工具的潜力至关重要。

表2-零碳货运走廊基础设施融资工具比较

融资工具	主要提供者/投资者	主要优势	主要挑战/风险	适用基础设施类型(示例)
绿色债券/碳中和债	机构投资者,银行,企业	融资规模大,期限长,提升绿色形象,可能有政策支持	发行要求高,需严格认证,依赖合格项目储备	大型充换电网络,加氢站集群,相关电网升级,绿色物流园区
绿色贷款	商业银行,政策性银行	申请相对灵活,可定制化,可能获得优惠利率	融资规模和期限可能受限,银行审批标准	单个或区域性充换电站,加氢站,车队充电设施,节能改造
基础设施REITs	公募基金投资者(散户和机构)	盘活存量资产,提供流动性,稳定分红回报,促进再投资	对资产成熟度/现金流要求高,市场估值波动,运营管理要求高	成熟的物流园区(含补能设施),运营稳定的充换电/加氢站资产包
绿色供应链金融	商业银行,金融科技平台,核心企业	优化链上现金流,支持中小企业,传递绿色要求	依赖核心企业信用,信息不对称,绿色绩效验证	支持设备供应商融资,为采用绿色车辆的物流商提供营运资金
环境权益质押贷款	商业银行	盘活无形环境资产价值,拓宽抵押品范围	依赖环境市场成熟度/价格稳定,权益核证复杂,市场流动性风险	为产生碳减排量或节能效益的充换电/加氢项目提供补充融资

**5.3 综合金融策略:对利益相关方的建议**

零碳货运走廊的成功落地需要一个多层次、协同化的绿色金融支持体系。不同的利益相关方应根据自身特点和需求,选择和组合最合适的金融工具。

**1) 金融工具与利益相关方的匹配:**

**车队运营商:**

- **中小型企业(SMEs):**对初始成本敏感,风险承受能力较低,更适合采用经营租赁或BaaS模式来获取车辆使用权,将资本性支出转化为运营性支出。参与集中采购/车队聚合模式可以获得价格优势。应积极了解并申请政府提供的购置补贴、以旧换新补贴以及针对中小企业的贷款担保或风险补偿支持。
- **大型企业:**资金实力较强,可选择融资租赁(若希望最终拥有资产)或直接购买(可利用绿色贷款)。对于自有场站,可通过绿色债券或项目贷款融资建设自用充电/换电设施。也可利用售后回租盘活现有车队资产。

**基础设施提供商:**

- **公共部门/国有企业:**可利用地方政府专项债或政策性银行贷款。对于运营成熟的资产,可考虑发行基础设施REITs盘活存量。
- **私营企业:**可通过项目融资(结合绿色贷款/债券)进行投资。对于符合条件的资产组合,REITs是重要的退出和融资渠道。可探索碳收益权质押等创新融资。

**金融机构:**

- **银行:**开发和推广绿色贷款产品(针对车辆购置和基础设施建设)、绿色供应链金融解决方案、探索环境权益质押贷款。积极参与政府风险补偿/担保计划,降低信贷风险。
- **租赁公司:**提供多样化的融资租赁和经营租赁产品,特别是针对零排放重卡和电池资产。探索BaaS模式下的合作机会。
- **机构投资者:**积极参与绿色债券和基础设施REITs的投资,关注项目的ESG表现和长期回报。

**政府部门:**

- **制定和完善政策:**提供清晰、稳定、有力的财政补贴和税收优惠。设计有效的风险缓释工具(贷款损失补偿、担保增信、贴息等),并确保其精准地面向零碳货运领域。推动电池、充换电标准的统一。
- **市场建设:**培育和完善的碳市场及其他环境权益市场,为创新融资奠定基础。
- **协调与引导:**搭建信息平台,引导金融资源流向零碳货运领域,落实国家层面的指导意见。简化相关项目审批流程。

**2) 开发综合性金融方案:**

单一的金融工具往往难以覆盖整个零碳货运走廊项目的全部融资需求。应鼓励开发混合融资(Blended Finance)方案,例如,将公共部门的补助资金或风险担保与私营部门的股权投资和商业贷款相结合,共同支持基础设施建设;或者将车辆租赁方案与基础设施使用协议打包提供给车队运营商。

# 如何实施落地?

## 6

### 运营环节-走廊运营管理及生态系统建立

零碳货运走廊的成功不仅取决于前期的规划与建设,更在于运营阶段的高效管理与可持续生态的构建。新能源货车的独有特性,例如续航里程限制、补能基础设施依赖和特殊的维护需求等,都要求采用更为专业的应对方法。本指南第三章测算,运营成本通常占据车辆全生命周期总成本(TCO)高达80%。因此,运营环节的各项关键指标对项目的内部收益率(IRR)具有决定性影响。

本章旨在为各利益相关方提供零碳货运走廊落地后的运营指导,聚焦于车队管理、补能基础设施运营、车辆后市场生态建设等核心环节,通过引入创新模式、先进技术及国内外成功经验,实现降本增效,确保零碳货运走廊的经济可行性与环境效益。

**一个精心设计和执行的运营管理体系,是连接初期投资与长期回报的关键桥梁,也是实现货运系统性脱碳目标的核心驱动力。**

#### 6.1 优化运营收入与效率

最大化运营收入并提升整体效率是零碳货运走廊可持续运营的基石。这需要充分利用政策红利、市场机制以及先进的运营管理技术。

##### 1) 优先政策与市场机制

零碳货运走廊的经济性在很大程度上依赖于外部政策支持和有效的市场激励。

- **优先路权与通行便利:** 政府为零排放货车提供的优先路权(如专用道、特定区域优先通行)和时间权(如延长运营时间、夜间市区通行许可)能够显著提升车队生产力,缩短运输周期。

**案例:雄安新区**在其《河北雄安新区新能源重卡推广应用实施方案(2022-2025年)(试行)》<sup>24</sup>中明确,新能源重卡在装卸货时享受绿色通道,减少排队时间,并且不受重污染天气应急管控措施的限制。符合条件的渣土车等新能源重卡除早晚高峰外,允许全天24小时作业。这些措施直接提高了车辆的日均运营里程和频次,增加了单车收入潜力。

**包头市**在《关于支持新能源电动重卡推广应用的政策清单》<sup>25</sup>中明确,在全市普通公路收费站、超限检测站设置新能源电动重卡路权保障公告栏,增设绿色专用通道,提高新能源电动重卡通行效率。大型工矿企业、燃煤公用电厂在厂区显著位置设置新能源车辆业务办理便利公告,制定企业内部新能源电动重卡享有便捷通行和装卸权利等具体政策。

**乌海市**发布《乌海市优化公路货物运输方式促进绿色发展实施方案》《关于新能源重卡路权优先制度的通知》<sup>26</sup>,在4处普通公路收费站、3处公路超限检测站、11家火力发电企业、11家焦化企业、29家煤炭开采企业、5家煤炭采空区治理项目、70家煤炭洗选企业设立新能源重卡优先通行标示牌,切实保障新能源重卡业务办理过程中优先通行。

- **运营补贴与碳信用:** 直接的运营补贴和碳排放交易收益是提升零碳货运经济性的重要补充。

**运营补贴:** 部分地区针对新能源货车的运营里程或运输量提供补贴。例如,海南省对年度行驶里程达到3万公里的新能源载货营运汽车(中重型)给予一次性3万元的运营服务补贴<sup>29</sup>。

**碳信用机制:** 通过参与碳市场(如中国的全国碳排放权交易体系CEA和核证自愿减排量CCER,或美国加州的低碳燃料标准LCFS)将减排效益货币化。

##### 案例:

**加州低碳燃料标准(LCFS)**<sup>27</sup>: 加州LCFS允许电动汽车(包括车队)通过使用低碳电力产生信用额度,这些额度可以出售,其收益用于进一步支持电动汽车的推广和降低运营成本。针对港口短驳卡车的专项补贴资金也部分来源于LCFS收益。例如,南加州爱迪生公司(SCE)因向电动汽车提供低碳电力而获得 LCFS 信用额度,出售这些信用额度获得的收入的一部分,用于设立 Drayage Truck Rebate Program<sup>28</sup>,为在洛杉矶港、长滩港和休尼姆港注册的符合条件的 Class 7 和 Class 8 纯电动短驳卡车提供购买补贴。

##### 2) 车队与物流优化策略

利用先进技术和方法优化车队运营和物流组织,是提升效率、降低成本的关键。

- **智能车队管理系统(Intelligent Fleet Management System, IFMS):** 集成人工智能(AI)、大数据和物联网(IoT)技术的IFMS是现代车队管理的核心。其功能包括:实时车辆定位与追踪、基于能耗和补能需求的动态路径优化、智能调度、预测性维护预警、驾驶行为分析与改善等。

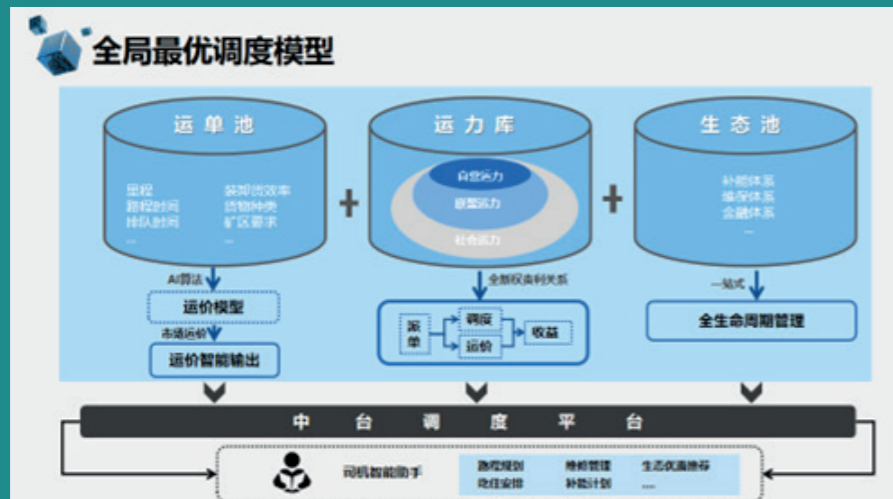
**效益:** 显著降低能源消耗(避免拥堵、优化速度曲线)、减少空驶里程、缩短运输时间、提升行车安全、降低维护成本。

##### 案例:

国际上物流科技公司如Einride通过智能货运平台Einride Saga<sup>30</sup>研判托运人运输网络中哪些运输线路适合电气化,并根据现实因素如天气、交通、运输需求等对运输线路进行优化,从而提高车辆的运行时间,减少空驶率。

国内物流科技企业如陕西易运力科技公司,搭建智能车队管理系统,利用前沿的 AI 算法,对海量运单池、运力池与生态池数据进行深度挖掘和分析,合理规划运输线路,实现生态资源的有效调度配合,提升车辆重载率,最大化运输收益。同时通过运筹优化模型与机器学习大数据模型实现大宗商品车辆运价预测与订单最优决策。此外,通过利用AI算法探索车辆动态调度机理、优化运输路径、建设规划补能-维保全流程等优化调度网络设计及车辆动态调度优化设计。

通过智能调度,司机日均有效行驶里程提升40%,解决零散运力运营不稳定问题。同时,基于历史运单、车辆位置、电池电量、司机状态等10余项数据维度,实现订单与运力的精准匹配,匹配效率提升50%;路径优化环节,结合实时路况、补能站分布、车辆续航数据,规划最优运输路线,减少无效里程15%以上,现运营短倒场景智能调度系统推动电车单日运输趟次从传统模式的2趟提升至4.6趟/车/天。



来源:  
陕西易运力

- **数据共享、互操作性标准与API:** 建立统一的数据标准和开放的应用程序接口(API)对于实现零碳货运走廊内各参与方(车辆、补能基础设施、车队管理平台、货主、港口、监管机构等)之间的无缝通信至关重要。  
**相关标准与倡议:** 美国国家零碳货运走廊战略强调基础设施部署与数据协调,美国数字零担运输委员会(Digital LTL Council)发布的提货与可视化API标准,以及开放物流基金会(Open Logistics Foundation)的iLEAP排放数据交换接口都是推动行业数据互操作性的重要实践。

## 6.2 员工成本

### 1) 人力资本与劳动力成本

#### • 新能源物流人才培养

新能源货运领域的领导者需要将传统的物流专业知识与新能源汽车技术、充换电基础设施、能源管理、可持续发展法规以及管理转型期员工队伍等新能力相结合。传统物流领导力侧重于运营效率、成本控制和供应链管理。而新能源物流领导者还需要理解能源市场、充换电基础设施发展、新技术复杂的TCO模型、不断变化的环境法规以及公私合作伙伴关系。

**技术素养:** 理解新能源汽车技术、电池/燃料电池系统、充换电基础设施及相关软件。

**战略规划:** 制定长期的新能源汽车车队转型路线图,进行新能源汽车的TCO分析,规划基础设施投资。

**变革管理:** 领导团队从内燃机汽车向新能源汽车运营转型。

**可持续发展与合规:** 理解环境法规、ESG报告要求、碳足迹减排策略。

**生态系统合作:** 与主机厂、能源供应商、基础设施开发商和技术供应商建立合作伙伴关系。

政府与智库机构等利益相关方可开展相关的新能源物流人才培养、人才发展计划等,助力地区的货运零碳转型。

#### 案例:

由智慧货运中心承担的全球环境基金(GEF)“中国货运系统高效绿色发展制度体系构建项目--能力建设绿色物流培训和认证”培训<sup>33</sup>,主要内容包括气候变化与物流可持续发展路线图,物流碳排计算、汇报与目标设定,物流碳减排解决方案和实施路径和物流可持续发展采购与合作。

#### • 驾驶员培训管理:

向新能源车队的转变引入了新的技术、操作程序和安全考量,必须通过专业化驾驶员培训来确保安全、优化车辆性能(如续航和电池寿命)并最大化投资回报。核心模块应包括车辆操作与特性、电池管理与充电、能量回收制动、里程管理与节能驾驶、安全规程与应急响应、车载智能系统操作等。

**方式:** 全面的初始培训、实践操作学习、持续强化、使用模拟器、游戏化以及绩效反馈是提升培训效果的关键。建立驾驶员的信心也至关重要。

#### 国际案例:

EV CDL 为纯电动半挂车提供专门的培训计划<sup>31</sup>,内容包括电动卡车安全(高压部件、电动汽车的ELD/DOT法规)、纯电动汽车技术知识(每英里千瓦时用量、充电速度、能量回收制动级别)和电动卡车操作(电动汽车的行车前检查、充电连接、制动培训)。

#### 国内案例:

三一重卡研究得出驾驶习惯影响车辆的能耗量范围可达30%<sup>32</sup>,企业总结相关的电动重卡节能驾驶技巧,如平稳起步、匀速行驶、车辆加速、制动能量回收、下道倒短、山区使用、巡航模式、经济与动力模式切换等。

陕西易运力科技公司与中汽协、守信联合打造电车司机职业教育产业平台,通过建立电车运输司机行业标准、构建专属课程体系、开展电车司机人才培养、实现电车司机人才供给。

来源:陕西易运力





稳定服务。

**能源套利:** 低买高卖, 利用峰谷电价差获利。

**需求响应与调峰:** 通过使用电动汽车电池电力来降低设施的峰值需求费用, 或在电网高峰事件期间向电网供电。

**辅助服务:** 向电网运营商提供频率调节等服务以获得补偿。

**备用电源:** 在停电期间增强设施的供电可靠性。

中国先后发布《关于加强新能源汽车与电网融合互动的实施意见》、《关于推动车网互动规模化应用试点工作的通知》、《关于公布首批车网互动规模化应用试点的通知》等, 在中国9个城市部署30个试点项目, 加速V2G在中国的推广应用。目前试点多为乘用车场景, 相关利益方在规划实施零碳货运走廊期间应积极参与商用车V2G战略的推广应用, 保障走廊可持续发展。

**案例:**

北京中再大厦V2G试点项目<sup>36</sup>是中国首个商业化运营的V2G项目, 部署了12个双向充电桩。在该项目中, 用户通过“谷充峰放”模式, 每度电可获得近0.4元的收益, 年收益最高可达4000元。



北京中再大厦V2G示范站  
来源: 国网电动车公司

• **可再生能源整合与成本优化**

走廊可以通过签订购电协议(PPA)采购绿色电力、部署光伏风电等系统、利用移动充电技术将闲置风光电资源盘活等方式, 为零排放车队补能。使用可再生能源为电动汽车充电, 显著增强了新能源汽车车队的环保效益(实现“从油井到车轮”全生命周期的排放减少), 并能提供长期的能源成本节约和可预测性, 对冲波动的电网电价风险, 提升企业价值和品牌形象。

**6.6 设备残值、电池回收与梯次利用**

在走廊的电动化场景中, 车辆与补能设备的残值管理高度依赖电池回收体系的成熟度。在初始投资中, 电池资产占电动重卡总价值的50%, 其回收价值不仅决定项目退出期的资本回笼效率, 更直接影响金融机构对绿色资产的估值信心。

• **退役电池流向规划**

建议电池拥有方与走廊联盟利益相关方合作, 积极规划电池的流向规划, 最大化电池资产。

阶段	SOH范围	应用场景
一阶利用	80%-100%	重卡动力电池
二阶利用	60%-80%	固定式储能系统
三阶利用	40%-60%	应急备电
终极回收	<40%	材料再生(锂/钴回收)

其中, 梯次利用的主要应用场景在固定式储能系统, 包括:

**电网侧储能服务:** 如参与电网调峰、调频、备用容量、电压支撑等辅助服务。

**可再生能源并网与消纳:** 与光伏、风电等可再生能源发电系统配套, 平滑其出力波动, 提高消纳率。

**用户侧储能:** 用于工商业企业、数据中心、充电站、住宅等的削峰填谷、需求侧响应等。

建议相关利益方根据走廊实际情况, 采用相应的动力电池梯次利用商业模式:

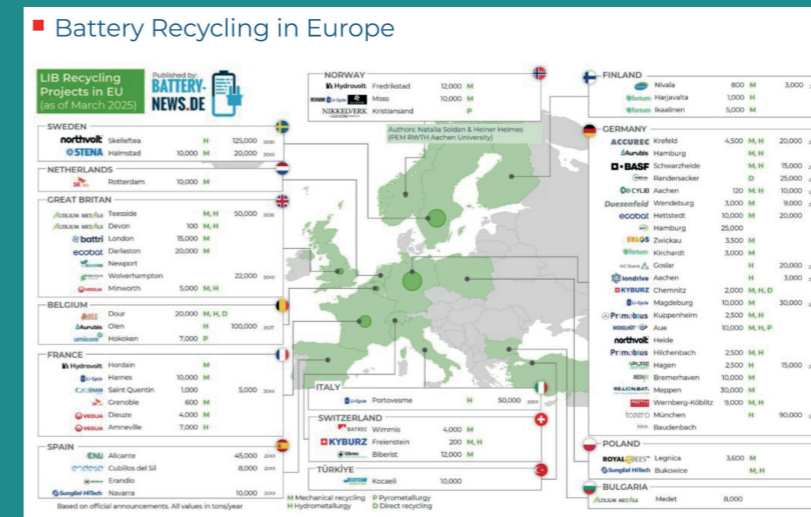
**整车/电池制造商主导:** 如比亚迪、宁德时代、梅赛德斯-奔驰等, 通过建立自身的电池回收和再利用生态系统, 掌控电池全生命周期价值链。

**产业链合作:** 如英国的Connected Energy公司, 与整车/电池制造商合作, 将退役电池包(通常不经过大规模拆解重组)直接应用于其电池储能系统(BESS)单元。

**独立的梯次利用企业:** 联盟内加入如中国的格林美、美国的B2U Storage Solutions、Smartville等公司, 专注于退役电池的检测、评估、重组技术和梯次利用储能系统的开发。

**案例:**

欧盟等地区基于2023年生效的《新电池法》正在推行的“电池护照”制度, 要求记录电池从生产到报废的全生命周期信息, 这将为退役电池的健康状况和溯源提供透明化数据。Battery-News 提供了锂离子电池回收领域计划实施和已实施项目的可视化概览, 为国内区域电池回收产业规划与布局提供参考。新地图首次展示了各个地点规划的工艺流程——机械回收、湿法冶金、火法冶金或直接回收。



欧洲锂电池回收地图<sup>37</sup>

# 参考文献

- 1 中石油经研院 (2024), 《2024年国内外油气行业发展报告》<http://etri.cnpc.com.cn/etri/yqhyfzbg/202502/d8cd926bb6234649b5e97eb1dbb2df0a.shtml>
  - 2 北极星太阳能光伏网. (2024). 《多地指标向风电倾斜, 光伏项目因何失宠? 》. [https://mp.weixin.qq.com/s/m4MfMGZ2HQNaW\\_qX6aFNwg](https://mp.weixin.qq.com/s/m4MfMGZ2HQNaW_qX6aFNwg)
  - 3 朱振涛, 张俊蕾. (氢燃料汽车捆绑租赁商业模式的经济性分析. [http://www.china-nengyuan.com/tech/china-nengyuan\\_tech\\_191110.pdf](http://www.china-nengyuan.com/tech/china-nengyuan_tech_191110.pdf)
  - 4 US truck company offers monthly subscriptions for electric trucks. Locate2u. <https://www.locate2u.com/delivery-management/us-truck-company-offers-monthly-subscriptions-for-electric-trucks/>
  - 5 Weiller, Claire, Amy Shang, Andy Neely & Yongjiang Shi. (2015). Competing and Co-existing Business Models for Electric Vehicles: Lessons from International Case Studies. University of Cambridge - Cambridge Service Alliance. Retrieved from: <https://cambridgeservicealliance.eng.cam.ac.uk/system/files/documents/2015JanuaryBusinessModelsforEV.pdf>
  - 6 Scania launches pay-per-use model for electric trucks. Mobility Plaza. <https://www.mobilityplaza.org/news/34093>
  - 7 <https://www.tchleasing.co.uk/post/ev-sale-and-leaseback>
  - 8 ITDP (2024). Analysis of E-Bus Procurement in India. <https://itdp.in/an-analysis-of-e-bus-procurement-in-india/>
  - 9 [http://www.jiangsu.gov.cn/art/2024/7/10/art\\_90906\\_11293745.html](http://www.jiangsu.gov.cn/art/2024/7/10/art_90906_11293745.html)
  - 10 江苏省人民政府 (2024). 江苏省新能源汽车产业发展行动计划. [http://www.jiangsu.gov.cn/art/2024/7/10/art\\_90906\\_11293745.html](http://www.jiangsu.gov.cn/art/2024/7/10/art_90906_11293745.html)
  - 11 广东省地方金融管理局 广东省财政支持大规模设备更新贷款贴息与风险补偿管理实施细则. [https://www.gdjr.gov.cn/gdjr/zwgk/tzgg/content/post\\_25521.html](https://www.gdjr.gov.cn/gdjr/zwgk/tzgg/content/post_25521.html)
  - 12 [http://www.puning.gov.cn/zjpn/tzfw/yhzc/content/post\\_835121.html](http://www.puning.gov.cn/zjpn/tzfw/yhzc/content/post_835121.html)
  - 13 [http://www.gd.gov.cn/xxts/content/post\\_4705349.html](http://www.gd.gov.cn/xxts/content/post_4705349.html)
  - 14 [https://www.gdjr.gov.cn/gdjr/zwgk/tzgg/content/post\\_25521.html](https://www.gdjr.gov.cn/gdjr/zwgk/tzgg/content/post_25521.html)
  - 15 <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/clean-transportation-program>
  - 16 <https://www.gogreenfinancing.com/>
  - 17 梅赛德斯-奔驰集团 (2024) 中国可持续发展蓝皮书 2023-2024
  - 18 [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content\\_6964667.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content_6964667.htm)
  - 19 顺风控股可持续发展报告 <https://ir.sf-express.com/media/epnn5rsi/2023-esg-report.pdf>
  - 20 <http://www.greenfinance.org.cn/displaynews.php?id=3251>
  - 21 [https://mp.weixin.qq.com/s/g5bi1gMPfdHecaYxFgjf\\_g](https://mp.weixin.qq.com/s/g5bi1gMPfdHecaYxFgjf_g)
  - 22 中国人民银行. (2024). 绿色金融体系建设进展报告. <http://www.pbc.gov.cn/goutongjiaoliu/113456/113475/4404301/index.html>
  - 23 浙江省人民政府. (2023). 浙江省新能源汽车产业发展"十四五"规划. [https://www.zj.gov.cn/art/2023/1/29/art\\_1229203589\\_2455743.html](https://www.zj.gov.cn/art/2023/1/29/art_1229203589_2455743.html)
- 海南省工业和信息化厅. (2023). 海南省新能源汽车产业发展规划. <https://iitb.hainan.gov.cn/iitb/tzgg/202311/23f9f7fb48284e3aa6969f6c3e7dd1a5.shtml?ddtab=true>

- 24 雄安新区管委会. (2022). 雄安新区绿色交通发展规划. [http://www.xiongan.gov.cn/2022-12/18/c\\_1211710437.htm](http://www.xiongan.gov.cn/2022-12/18/c_1211710437.htm)
- 25 包头市人民政府. (2024). 包头市新能源汽车推广应用实施方案. [https://www.baotou.gov.cn/info/egovinfo/1001/zwgkbf/copy\\_2\\_xxgk\\_nry/btszf/2024-00063.htm](https://www.baotou.gov.cn/info/egovinfo/1001/zwgkbf/copy_2_xxgk_nry/btszf/2024-00063.htm)
- 26 乌海市交通运输局. (2024). 新能源货运车辆运营补贴办法. <http://www.wuhai.gov.cn/wuhai/xxgk4/zfxgkzl/805465/805536/1059191/1714164/index.html>
- 27 California Air Resources Board. (2024). Low Carbon Fuel Standard. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>
- 28 Southern California Edison. (2024). Drayage Truck Electrification Program. <https://drayage.sce.com/consumer/program-information>
- 29 海南省工业和信息化厅. (2023). 海南省新能源汽车产业发展规划. <https://iitb.hainan.gov.cn/iitb/tzgg/202311/23f9f7fb48284e3aa6969f6c3e7dd1a5.shtml?ddtab=true>
- 30 Einride. (2024). Driving Sustainability: Reducing Empty Miles in Road Freight. <https://www.einride.tech/insights/driving-sustainability-reducing-empty-miles-in-road-freight>
- 31 <https://evcdl.com/>
- 32 三一重卡(2025), 三一电动重卡的八大节能驾驶技巧. <https://mp.weixin.qq.com/s/G-L8XWiElCdaHbfgNcmXZQ>
- 33 智慧货运中心, 近40家企业接受SFC全球环境基金物流可持续发展路线图培训. <https://mp.weixin.qq.com/s/TiEtNfHTL8bz5h-kpBNITQ>
- 34 人民日报(2025), 畅行京津冀, 跟着无人驾驶重卡跑货运. [https://paper.people.com.cn/rmrb/pc/content/202503/28/content\\_30064672.html](https://paper.people.com.cn/rmrb/pc/content/202503/28/content_30064672.html)
- 35 非一科技 <https://www.feiyicar.com/>
- 36 中国能源研究会. (2024). 电动汽车充放电 (V2G) 技术: 绿色能源新篇章. <https://mp.weixin.qq.com/s/7lqedFSEGaxPEyHOFNG65g>
- 37 Battery News. (2025, March 28). Battery Recycling in Europe as of March 2025. <https://battery-news.de/en/2025/03/28/battery-recycling-in-europe-as-of-march-2025/>

## 图片来源:

封面 Caleb Ruitter on Unsplash

扉页 Bruno van der Kraan on Unsplash



@ITDP交通与发展政策研究所