

绿卡 先锋场景

电动重卡在钢铁行业的应用进展研究

报告作者团队

亚洲清洁空气中心

- 王悦 | 亚洲清洁空气中心 环境项目主管
- 冉铮 | 亚洲清洁空气中心 交通研究员
- 成慧慧 | 亚洲清洁空气中心 中国绿色交通项目总监

清华大学环境学院

- 张少君 | 清华大学环境学院 副教授
- 林浩 | 清华大学环境学院 博士生
- 吴潇萌 | 清华大学环境学院 博士
- 吴烨 | 清华大学环境学院 教授

致谢

研究团队在此向为本研究提供支持和指导的机构与专家，表示衷心感谢。以下专家在研究的各个阶段给予了悉心指导和宝贵建议，在此一并致谢（排名不分先后）：感谢上海市环境监测中心副主任段玉森、上海市环境科学研究院副院长伏晴艳、北京理工大学机械与车辆学院教授葛蕴珊、中国国际可持续交通创新和知识中心基础设施互联互通促进中心负责人龚巍巍、上海市环境科学研究院高级工程师胡馨遥、北京市生态环境局高级工程师李昆生、中国汽车技术研究中心有限公司资深首席专家李孟良、中汽数据有限公司产品与技术战略部商用车研究室主任刘辰、北京理工大学机械与车辆学院副教授刘鹏、中国汽车技术研究中心标准院绿色低碳部副部长柳邵辉、成都市环境保护科学研究院副院长赵彬。

同时，衷心感谢以下各位专家在报告审阅与修订过程中提供的专业洞见与宝贵时间（排名不分先后）：

- 丁焰 | 中国环境科学研究院 首席科学家
- 何巍楠 | 北京交通发展研究院 正高级工程师
- 刘涛 | 冶金工业规划研究院 环保中心主任、正高级工程师
- 李泉 | 交通运输部公路科学研究院 中青年首席专家、节能降碳与新型动力研究室主任
- 任焕焕 | 中汽数据有限公司 副总经理

在本报告的研究与撰写过程中，中汽数据有限公司为货车行业市场分析提供了重要支持，特此致以诚挚的谢意。

报告支持团队

朱 妍 | 亚洲清洁空气中心 传播主管

夏冬飞 | 亚洲清洁空气中心 交通项目主管

邵 雯 | 亚洲清洁空气中心 交通研究员

梁 缘 | 亚洲清洁空气中心 高级传播官员

免责声明

本报告为非营利性报告，所包含的观点、信息和数据仅供参考，在任何时候均不构成财务、法律、投资建议或其他意见。请自行对本报告中的观点、信息和数据进行判断，根据自身情况做出决策并自行承担风险。我们不对因根据本报告而采取的任何商业措施和行动以及由此引发的风险承担任何责任。

本报告刊载的信息和数据来自于已经注明的数据源。由于不同渠道公开的统计数据可能有所差异，有关领域的实践与数据也可能经常变化，我们无法保证内容的真实性、准确性、时效性和完整性。尽管我们会关注情势与数据的变化并可能不定期更新内容，但这属于我们的自发行为，我们并不因此对您承担更新的义务。即使我们根据需要更新内容，我们不承担另行通知您此类更新的义务。

本报告包含的信息自公开渠道收集、加工、处理所得，请务必依据适用的法律法规使用本报告的观点、信息和数据，自行履行适用的法律义务。我们不对您因违反适用的法律法规使用本网站内容造成的后果和风险承担任何责任。



引言





全面推进美丽中国建设，要求协同推进降碳、减污、扩绿、增长。减少柴油重卡排放、优化货运用能结构是推动这一转型进程的关键环节。根据国家统计局数据，以货车为载体的公路货运承担着全国 72% 的货运量与 30% 的货物周转量，是中国货运体系的主力。在道路运输总排放中，重卡虽仅占车辆保有量的 3%，却贡献了 40% 以上的 CO₂ 排放，75% 的 NO_x 排放以及 50% 的 PM 排放，已成为货运行业推进减污降碳协同治理、实现绿色增长的关键抓手。在此背景下，加快推进重卡电动化，是破解货运减排瓶颈、促进行业绿色升级的关键路径之一。

在政策和市场双轮驱动下，重卡电动化近年来取得积极进展。目前，我国已逐步形成以“顶层设计、场景突破、政策激励”为核心的政策体系，在战略层面明确发展路线图，依托示范、试点等措施推进钢铁、港口、干线运输等典型场景的重卡电动化，并构建了以财政补贴为核心的激励体系。同时，大容量电池、换电、超充、车网互动等技术不断升级并拓展应用，充换电基础设施持续完善，产业链主体日趋多元、协同日益紧密，进一步赋能电动重卡市场发展。销售数据显示，2025 年上半年，电动重卡销量近 8 万辆，同比增长近两倍，市场渗透率首次突破 20%。

在电动重卡市场加速发展的过程中，“场景先行”成为突破应用瓶颈的重要路径。其中，钢铁行业因运输规模大、场景典型、政策驱动强，成为重卡电动化优先突破的核心场景之一，这不仅关乎重卡的清洁化，也是钢铁行业实现超低排放的主要环节。报道显示，钢铁行业已连续数年成为全国第一大新能源重卡销售市场，充分体现其作为“先锋场景”的示范引领作用。然而，尽管其推广成效突出，但加速推广仍面临诸多现实挑战。系统识别并探索解决这些瓶颈，能够有效助力电动重卡在钢铁行业以及更广泛场景中实现规模化应用。

基于此，亚洲清洁空气中心和清华大学环境学院联合编写《绿卡先锋场景：电动重卡在钢铁行业的应用进展研究》报告，聚焦钢铁行业运输场景，系统梳理电动重卡应用的政策基础与应用进展，探讨推广过程中的经济性表现，分析主要障碍与制约因素，并针对性提出未来规模化发展的可行路径与对策。通过以“先锋场景”为切入点，本报告旨在识别电动重卡在钢铁行业应用的关键经验与共性挑战，探索货运行业绿色低碳转型的可行路径，为电动重卡在更多场景中的推广应用提供参考，助力货运体系绿色高质量发展。



目录

执行摘要	01
------------	----

01 政策基础	11
---------------	----

1.1 超低排放改造	13
------------------	----

1.2 重点行业大气环境绩效分级	17
------------------------	----

02 应用进展	21
---------------	----

2.1 应用场景及进展	23
-------------------	----

2.2 商业模式	26
----------------	----

03 经济性表现	31
----------------	----

3.1 经济性评估方法	33
-------------------	----

3.2 补能设施运营经济性分析	35
-----------------------	----

3.3 分场景车辆经济性分析	38
----------------------	----



04 应用挑战	47
4.1 瓶颈一：价值服务体系不完善，限制经济性优势发挥	49
4.2 瓶颈二：配套充换电网络不足，制约多场景规模化发展	51
4.3 瓶颈三：调度复杂度提升，增加运营管理难度	52
4.4 瓶颈四：政策体系有待转向“场景适配”，以长效机制稳定企业转型预期	53
 05 规模化对策	 55
5.1 技术升级与支撑体系优化，夯实规模化基础	57
5.2 政策支持与制度保障，强化外部驱动力	59
5.3 商业模式创新与产业协同，释放产业发展内驱力	62
 参考资料	 65

执行摘要

电动重卡作为实现货运行业绿色低碳转型、减污降碳的关键路径，其市场正进入加速发展的阶段。政策体系的不断完善与技术创新的持续突破，共同为产业发展注入强劲动力。近年，《空气质量持续改善行动计划》《2024—2025 年节能降碳行动方案》《交通运输大规模设备更新行动方案》《关于推动交通运输与能源融合发展的指导意见》等文件相继出台，为市场发展提供明确方向和持续动能；与此同时，大容量电池、换电与超充等关键技术不断进步，配套基础设施建设逐步完善，为电动重卡的稳定运营奠定了基础。2025 年上半年，电动重卡销量已接近 8 万辆，与 2024 年全年销量相当，凸显了快速增长的势头。

在这一进程中，“场景先行”在促进技术成熟、运营模式完善和政策创新方面发挥了重要作用。电动重卡在钢铁、港口、矿山等典型场景的率先示范应用，为后续规模化推广提供了重要的实践基础。其中，钢铁行业作为国家政策重点推动的行业之一，其运输场景在电动重卡推广中具有突出代表性。《空气质量持续改善行动计划》明确指出在钢铁等重点行业发展零排放货运车队。作为典型的大宗商品运输行业，钢铁行业是重卡需求稳定、规模庞大的基础性应用场景，电动化潜力显著。根据测算，在公路货运占比 70% 左右的运输结构下，钢铁行业外部公路货运年需求约 1 亿车次，约需 30 至 40 万辆重卡承担运输任务。此外，公路运输环节约占钢铁行业总污染物排放的 20%，公路运输环节的新能源货车替代是其实现清洁运输的重要方式。河北、山东等钢铁大省长期面临严峻的空气质量改善压力，因此加快电动重卡在钢铁运输中的规模化替代，将对钢铁行业自身减排、区域空气质量改善以及协同降碳具有重要意义。

在超低排放改造、重点行业大气环境绩效分级管理两项核心政策的推动下，钢铁行业较早开始探索运输环节的清洁化转型。其中超低排放改造对进出厂的大宗物料和产品提出明确的清洁运输要求，重点行业大气环境绩效分级管理进一步对原辅材料运输、厂内运输及非道路移动机械作

业等环节提出明确的清洁运输要求。在此基础上，河北省、山东省等地进一步提出钢铁企业“创 A”目标；河北省甚至出台了更严格的 A 级钢铁企业评价标准，这些举措有效促进了电动重卡在钢铁行业的加速应用。销量数据显示，钢铁产业聚集区正成为电动重卡市场推广的主力阵地，唐山、徐州、鄂州、马鞍山等重点产钢城市均位列所在省份电动重卡渗透最高地区。然而，电动重卡在钢铁运输中的实际应用，仍面临在技术适配性、补能网络可用性、经济可行性等诸多现实困难与挑战，亟需通过研究梳理经验，识别关键障碍并提出有效对策，以进一步促进电动重卡持续、稳定、规模化发展。

基于上述背景，亚洲清洁空气中心和清华大学环境学院联合编制《绿卡先锋场景：电动重卡在钢铁行业的应用进展研究》报告，旨在系统梳理钢铁行业电动重卡应用的政策基础与实践成效，综合评估实际应用的经济性表现，深入剖析面临的关键挑战，并从技术与支撑体系、政策支持和制度保障、商业模式和产业协同角度提出规模化应用对策。通过以钢铁行业这一“先锋场景”为切口，本报告希望为货运领域实现规模化、体系化、可持续的电动化转型提供可复制、可推广的经验借鉴，助力货运加速实现绿色低碳转型。



主要发现

钢铁行业率先打造“先锋场景”，为电动重卡跨行业扩容提供有效经验

钢铁行业已成为电动重卡推广应用的“先锋场景”，其应用成效显著。报道显示，钢铁行业连续数年占据全国第一大新能源重卡销售市场。以河北省为例，2024 年钢铁企业的厂内运输车辆中新能源车平均占比已达 63%，部分企业实现 100% 电动化替代；在进出厂运输环节，新能源车承担的货运比例普遍超过 70%，部分企业更是达到 90%。河北省的突破性进展也为江苏、山东等钢铁大省提供了可对标的样本，为钢铁行业加速电动化奠定了基础。

这些成效的取得主要源于政策引导、技术适配和经济性三方面的共同作用。政策方面，多地同步实施了财政补贴、税收优惠、金融支持等经济激励政策，以及重污染天气减排豁免、监督正面清单等差异化管理措施，不仅在一定程度上降低了企业转型成本，也增强了“达标”企业在重污染天气应对、监督执法与生产组织中的灵活性，进一步强化了企业转型的主动性。技术方面，电池能量密度提升，补能基础设施加速完善，使电动重卡更好适应高频、重载运输工况，提升了其在复杂工况下的运行效率和可靠性。经济性方面，电池和整车成本下降，使中小电量车型的经济性已与柴油重卡相当，甚至在一些技术组合下表现更优，有效增强了电动重卡的市场竞争力。

钢铁行业的探索也为其他行业提供了可复制、借鉴的路径与经验。一是从短距高频、线路固定的场景入手，有助于降低技术与运营不确定性；二是通过车辆、补能、调度的整体设计，提高运输组织和运营效率；三是依托明确的政策支持，吸引用车企业与产业链上其他社会资本参与，形成可持续的模式。在参考钢铁行业清洁运输转型经验时，不同行业在自身运输结构、运距需求、企业规模和经济承受能力等方面存在显著差异，因此在借鉴相关模式时需因地制宜、差异化推进。例如，水泥行业企业规模相对较小，重资产性质的清洁车队置换面临更高资金门槛，可探索适合中小企业的轻资产或共享化运输方案。同时，随着更多行业加快运输清洁化转型，钢铁行业已形成的规模化清洁车队，也可为其他行业提供专业化运输服务，从而在跨行业协作中拓展新的市场应用空间，这将进一步促进电动重卡在更多场景实现规模化应用。

短距高频、线路固定仍为主流，中长途运输突破依赖补能体系完善

当前，电动重卡在钢铁行业的应用主要集中于短距高频、线路固定的运输环节，包括厂内短倒以及厂区与港口或铁路的接驳运输等场景。此类场景对续航需求相对可控、补能条件可预期，是电动化运营成效突出的领域。从车辆特征来看，中小电池容量（约 282–432 kWh）的电动重卡是当前这两类场景的主流，主要因其具备电池自重较轻、载货损失更小、购置成本更低等优势，同时续航能够满足运输需求，补能设施建设较为健全，从而能在运载能力、续航里程和购置成本之间实现较好平衡，成为钢铁企业的主流选择。

随着技术进步和成本下降，电动重卡的应用边界正不断拓展。一方面，电池容量不断提升。2025 年上半年，电池容量在 400 kWh 以上的电动重卡销量占比已超过 60%，成为市场主流车型。另一方面，车辆购置价格降幅明显。这些因素进一步为电动重卡在短途场景的稳定运营以及在多场景的加速应用提供了有利条件。

在技术基础日趋成熟的背景下，制约电动重卡进一步向中长途运输扩展的关键因素，正从车辆本体转向补能体系。长距离运输对补能便利性、补能时长、补能网络覆盖和互联互通能力提出更高要求。因此，未来仍需统筹规划与合理布局，进一步完善补能体系并推进标准化建设。一方面，协同推进超充与换电技术发展与应用，并推进充、换电标准体系建设与完善，提升跨品牌兼容性，构建完善的补能网络；另一方面，在建设布局上确保充换电设施数量充足、密度合理、服务能力匹配，充分覆盖厂区、干线走廊及主要物流节点，甚至在高速公路及干线走廊建设综合型服务站，集成充换电、维修等功能，支撑长距离运输的可靠性，并进一步提升充换电设施的运营与服务水平，实现补能网络的安全、高效与智能化运行。



技术进步与产业规模化加速降本，单车经济性提升仍待价值服务体系升级

近年来，随着电池原材料价格下降、技术持续进步与产业规模扩大，电池单价大幅下降，显著降低电动重卡的整车购置成本，其整体经济性水平与柴油重卡的差距明显缩小。例如在厂内短倒场景，282 kWh 电动重卡的吨公里成本较早期下降约 15%，其中换电车型已经接近柴油重卡经济性水平，“车电分离”模式下购买换电车型已低于同类型柴油车售价。同时，电动重卡在能源使用环节具备明显成本优势。由于电价显著低于柴油价格，在同等运输强度下电动重卡的单位能耗支出明显低于柴油车。这两部分成本的下降使电动重卡在短距、高频运输场景中具备一定经济可行性，可以实现与柴油重卡平价甚至更低。

但从总拥有成本来看，保险、运维、残值等环节的价值服务体系尚不完善，仍制约着电动重卡经济优势的充分发挥。保险方面，由于风险溢价较高，电动重卡用户普遍面临“保费贵、投保难”的问题；运维方面，维修站点的服务效率不足，增加了钢铁企业在备用车队方面的资金投入负担；残值方面，电动重卡的残值偏低，加剧了用户对资产贬值的焦虑。因此，电动重卡难以在更广泛的运输场景中展现稳定的经济优势，削弱了市场端对规模化应用的驱动力。

未来完善电动重卡全生命周期的价值服务体系，将提升其整体经济性与可持续性。依托数据赋能推动风险差异化管理和精细化管理，推动保险产品公平定价，提升保险服务精准性和可获得性；完善运维保障体系，提升服务效率，构建覆盖更广、响应更快的维修保养网络；推动二手车交易体系建设，提高电动重卡的残值率。通过补齐价值链服务体系短板，能够有效从运营稳定性和经济性的角度，进一步提升用户端应用电动重卡的动力。

经济性系统提升可分场景突破，成本结构与体系效率协同优化是关键

研究表明，电动重卡的经济性提升并非单纯依赖购置成本下降，而是由单车成本和吨公里成本共同决定。车辆购置成本和电池成本仍是影响单车成本的核心变量，而能源支出、载重损失（“亏吨”）、运输组织效率则决定吨公里成本的高低，是形成可持续运营优势的核心所在。不同运输场景下，这些因素的敏感性具有明显差异，需要以“分场景突破”作为经济性优化的前提。

在厂内短倒场景，经济最优的电动化技术路线“小电量车型 + 换电”，在避免载重损失影响下，即可实现与柴油货车平价。在此基础上，换电服务费的下调将进一步扩大其相对柴油重卡的经济优势，而这依赖于换电站与车辆同步规模化，形成长期可持续的成本优势。

对于大电量车型，经济性依赖能源成本、运行效率及载重能力三个要素的协同优化。研究发现，以 600 kWh 的充电重卡为例，通过降低电价、服务费与电耗等“能源支出优化”，可带来 3% 的成本下降；“无亏吨”情景下可带来 12% 的成本下降；通过车辆智能调度、统一补能窗口规划等“效率相同”情景下可带来 9% 的成本下降，可见，大电量车型的经济性需通过多变量同步改善才能充分释放空间，而非单项突破。

总体来看，只有围绕影响经济性的关键变量开展系统性优化，如深化补能技术效率、提高车辆利用率、优化线路组织方式、在重点场景解决亏吨问题，并通过差异化管理和激励降低运营成本，才能构建更具场景匹配度的经济性改善路径。通过分场景识别成本驱动因素并据此形成差异化方案，将为电动重卡从示范应用走向规模化推广奠定坚实的经济性基础。



运输效率成为核心竞争力，调度体系与技术支持需协同提升

钢铁行业运输通常在高强度、连续作业条件下进行，具有全天候、高强度、重载、高频启停等特点，对运输节奏、作业衔接和车辆出勤率要求极高。任何环节延误都可能影响生产链条，因此运输体系在车辆性能稳定性、调度响应速度和运营组织效率上具有更高要求。在这种严格的运营环境下，电动重卡在续航、能耗波动以及补能安排方面面临更突出的挑战。例如，高频启停与重载工况会增加能耗，而冬季低温更易导致续航降低，使班次安排、司机工时及补能计划需动态调整；随着使用年限增长，电池衰减会导致续航下降，运输特殊物料后的高压冲洗会增加“三电”系统腐蚀、损坏的风险，从而增加备用车需求，进一步加大调度压力。这些都使得电动重卡面临运营效率管理的挑战。

在现阶段，考虑可行的技术与充换电条件下，提升运输调度能力是改善电动重卡运营效率的重要方式。通过车辆智能调度、统一补能窗口规划等，并依托更完善的充电体系，可缩短补能时间，提升车辆出勤率，缩小与柴油重卡在周转量及吨公里成本上的差距。本研究在假设电动重卡与柴油重卡运营效率一致的情景下，发现充电重卡的吨公里成本可下降约 9%，其中大容量电池车型受益尤为明显。

然而，钢铁运输工况复杂，尤其厂外运输条件复杂多变、补能节点有限，使精细化调度难以全面落地，成为制约电动重卡多场景应用的关键因素。因此，需进一步强化调度体系与技术支持的协同优化，以便企业实时掌握电量、载重、路况等信息，动态安排补能与车辆投放，以确保运输时效与稳定。一方面，加快提升车辆能效水平，助力电动重卡运营稳定性提升；另一方面，完善信息化调度系统与智慧监控平台，构建集电量监测、路径优化、补能计划于一体的智能化调度体系，为运输组织提供保障。通过优化运输组织与能耗管理能力，可有效提升运营效率，为电动重卡在更长距离及更复杂运输体系中的稳定应用创造条件。



政策体系已形成推动合力，长效化与精准化激励是关键发力点

近年来，我国以超低排放改造和重点行业大气环境绩效分级管理为抓手，逐步构建起以目标导向、差异化管理和正向激励为核心的钢铁行业清洁运输政策措施体系。在顶层设计引领下，多地配套实施差异化应急管理、监管政策优待以及经济激励措施，尤其经济激励手段丰富，涵盖省级财政奖补、税费减免、金融支持、差异化电价等多种形式，形成了政策合力，推动钢铁行业率先成为电动重卡应用的重点领域。

当前，电动重卡在成本回收周期、运营经济性等方面仍面临一定挑战，若通过完善政策覆盖范围、优化交通管理与创新制度机制，可增强企业甚至社会资本参与的积极性，进一步驱动钢铁企业应用电动重卡。在补贴政策方面，对于车队结构以国五标准为主的钢铁企业，无法在车队更新环节获得“以旧换新”补贴；且补贴政策主要面向“营运车辆”，厂内使用的车辆不属于营运性质，也难以享受资金支持，还需积极探索二手车流通、绿色金融等市场化手段，形成可持续的车辆更新机制。在交通管理政策方面，尚未形成对电动重卡的差异化管理机制，柴油车的运输优势仍明显。例如，电动重卡“亏吨”是制约其经济性发挥的一大重要因素，如能避免“亏吨”，其吨公里成本可下降 9%–12%，电动重卡与柴油重卡的成本差距缩小 70% 左右。此外，钢铁运输环节的减排未被纳入碳市场和绿色金融体系，企业难以将减排成果转化为收益，削弱了电动重卡应用的积极性。

未来应进一步构建与场景深度适配、注重长期效能的精准化政策体系，强化激励机制的精准性和稳定性。首先，明确政策路线与长期导向，持续发挥政策“约束”与“激励”的推动作用。例如，研究探索将补贴从“购车补贴”向“运营补贴”过渡，与车辆实际运营里程或碳减排量挂钩；由中央或地方财政设立专项基金，用于支持钢铁行业运输环节的全面电动化规划等。其次，增加交通管理和路权支持政策对电动重卡的合理支持，并完善跨部门协调机制，统一管理标准和政策口径，从运营保障层面提升企业应用信心，可探索在钢铁产业群聚集区域及周边物流区域设立“绿色运输示范区”，在区域内实施基于排放水平的差异化路权管理、先行开展车辆质量标注差异化试点等。此外，探索与运输减排挂钩的动态激励机制，并推动运输环节纳入自愿性减排碳市场与绿色金融体系，构建资金激励与政策保障并重的长效机制，为电动重卡应用提供持续动力。



商业模式与配套体系加速演进，规模化应用依赖产业链协同与模式创新

随着钢铁行业电动重卡应用的深入推进，企业在车队与充换电设施运营与投资模式上不断探索。目前，车队运营模式已形成钢铁企业自有车队运营、第三方物流承运、集团下设物流子公司三类，许多钢铁企业在实践中采用混合型模式，自有车队与外部承运并存。同时，在补能体系建设与运营方面，也存在钢铁企业自建、车企或经销商配套和第三方服务商主导运营三种模式。不同的商业模式在推动电动重卡应用方面各具优势与局限性。

总体来看，现阶段商业模式的成熟度仍然有限。在车队运营方面，中小钢铁企业自有车队和第三方物流承运受制于车辆购置成本高、投资回收周期长、长期运输订单不足等因素，大规模推进电动重卡应用较为困难，而下设物流子公司也依赖集团战略支持和较高资金投入。在充换电设施建设与运营方面，换电站、超充站建设投入高昂，现阶段尚缺乏合理有效的成本分摊机制。而且在换电模式下，仅具备小规模车队的钢铁企业往往面临两难选择：一是自行建设换电站，需承担较高的初始投资；二是依赖第三方建站并支付较高的服务费用，两者均会在经济性层面降低钢铁企业电动重卡应用意愿，不利于规模化推广。

未来需进一步强化商业模式创新与产业链协同探索，促进降本增效，推进电动重卡规模化应用。一方面，探索覆盖车辆购置、充换电服务、电池租赁、维修保养、保险保障、残值管理等环节的全生命周期一体化运营模式，能够降低钢铁企业运营风险和管理复杂度，增强用户意愿；另一方面，推动整车制造商、电力公司、补能设施运营商、用车企业、车队管理公司以及新能源供应企业等多方协作，共同参与补能网络的投资、建设与管理，不仅有助于分担资金压力，也能提升资源配置效率，为电动重卡的稳定运营与持续推广提供强力保障。

系统转型支点日益明晰，规模化突破需技术、政策与产业协同发力

综观电动重卡在钢铁行业的推广路径，规模化突破并非单点问题的解决，而是一个由技术进步、政策机制保障与产业协同共同推动的系统工程。从实际应用瓶颈看，最具撬动力的支点主要集中在三类要素：车辆技术和补能体系的有效供给能力、政策体系的精准性，以及价值服务生态的成熟度。车辆技术和补能网络是车辆能否“跑起来”的基础能力；政策体系是企业能否“用起来”的外部信号；而价值服务体系则决定车辆能否“用得好、用得久”，直接影响电动重卡的经济性。这三者共同构成电动重卡走向规模化不可或缺的核心支点。

在系统层面，技术升级与支撑体系优化为行业变革奠定了“可运营、能稳定”的坚实基础，通过车辆性能提升、补能效率改善与智慧监管体系建设，提高电动重卡在钢铁运输全场景中的适配性和稳定性，是电动重卡具备产业化条件的前提。政策支持与制度保障提供“可预期、能持续”的外部环境，通过优化顶层设计、完善补能规划、强化交通管理与激励机制，为企业释放长期信号与转型动力。产业协同与商业模式创新则是实现“可盈利、能扩散”的核心动力，通过物流企业、整车企业、电网企业、能源服务商等多方协同，使企业和市场主体能够在可持续的价值链中找到自身位置，实现资源共享、成本分摊和效率提升，建立可复制的商业闭环，推动技术应用从“试点示范”走向“规模滚动”。

只有在这三者的同向发力、互为支撑下——技术端减少不确定性、政策端明确长期信号、市场端形成自我强化循环，才能构建电动重卡规模化应用的完整体系，实现从单点突破到系统变革的跨越，从“示范应用”迈向“主流选择”，最终实现电动重卡在更广范围、更深层次、更高效率场景中的推广应用。

01

政策基础



电动重卡在钢铁行业运输环节的推广应用，离不开政策的驱动和引导。近年来，我国构建起以超低排放改造和重点行业大气环境绩效分级管理为核心，叠加经济激励、生产调控与分类管理等多元措施的政策体系，为钢铁行业的清洁运输转型提供了坚实基础。国家层面在顶层设计上提出了明确的清洁运输要求，并通过税收优惠、资金补贴、差异化电价、重污染天气应急豁免、环保执法正面清单等手段，形成了系统性的激励与约束机制。与此同时，各地结合自身产业结构和环境治理压力，制定差异化目标和实施方案，推动钢铁企业清洁运输转型。

在此背景下，电动重卡契合了钢铁行业运输清洁化的内在需求，展现出广阔的应用前景。多层次的政策合力共同为电动重卡在钢铁行业的应用提供了有力的制度保障和市场动力，有效带动了电动重卡市场发展。近年来，新能源重卡销量渗透率翻倍式上涨，2025 年 9 月已达到 28.9%。

本章将围绕重点省市¹，聚焦钢铁行业清洁运输的两项核心政策——超低排放改造和重点行业大气环境绩效分级管理，分析国家层面以及不同地区在规划目标、技术要求、配套措施与落实进展等方面的主要做法与差异。通过上述分析，本章旨在为各地加快电动重卡在钢铁行业及其他工业行业的规模化推广提供政策借鉴与领先实践参考。

1 结合粗钢产量规模、空气质量状况、以及大气污染防治重点城市范围，本章节重点关注天津市、河北省、山西省、辽宁省、上海市、江苏省、安徽省、山东省、河南省、湖北省。

1.1 超低排放改造



超低排放改造是推动钢铁行业清洁运输的重要起点和关键抓手。2019 年，生态环境部等五部门联合印发《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（以下简称《意见》），提出到 2025 年底前，重点区域钢铁企业超低排放改造基本完成，全国力争 80% 以上产能完成改造。《意见》首次将运输环节纳入改造要求范畴，明确进出厂的大宗物料和产品中，采用铁路、水路、管道或管状带式输送机等清洁运输方式的比例不低于 80%；达不到的，汽车运输部分应全部采用新能源车辆或国六排放标准车辆，为钢铁行业清洁运输提供了清晰的政策导向。

在顶层设计的引领下，各地因地制宜推进钢铁行业超低排放改造，制定了差异化的目标、方案与指标要求，如表 1。改造目标方面，部分省（市）收紧超低排放改造完成时限，设置了相对 2025 年更早的时间目标，例如，上海市计划 2022 年底前基本完成钢铁企业超低排放改造工作；山西省提出在 2025 年底前全省基本完成改造。改造方案方面，各地采用分阶段、分区域或分工序的差异化改造推进思路，如上海市、辽宁省等地按照产能比例分阶段有序实施改造；河南省按照工序类型提出“2023 年底前完成有组织、无组织改造，2025 年底前完成清洁运输改造”的目标；湖北省则采取分区域改造思路，从包含武汉市在内的 7 个城市起步，最终于 2025 年底前完成全省改造工作。指标要求方面，上海市在国家提出的“清洁运输比例达到 80%”的基础上，将这一比例提升至 85% 以上。



表 1 部分省（市）钢铁行业超低排放改造规划

国家 / 省市	超低排放改造计划完成时间	超低排放改造目标
国家	2020 年底	重点区域：力争 60% 左右产能完成改造
	2025 年底	重点区域：基本完成改造 全国：力争 80% 以上产能完成改造
河北省	2020 年	符合改造条件的全部达到超低排放标准
山西省	2025 年底	全省基本完成改造
辽宁省	2023 年底	60% 以上产能完成改造
	2025 年底	80% 以上产能完成改造
上海市	2020 年底	力争 70% 左右产能完成改造
	2022 年底	基本完成改造
山东省	2020 年 10 月底前	全面完成改造
河南省	2023 年底	完成有组织、无组织改造
	2025 年底前	完成清洁运输改造
湖北省	2023 年底	武汉市等七城市基本完成改造
	2025 年底	全省基本完成改造

注：本表仅列举部分制定具体改造规划的省（市）。

为确保钢铁行业超低排放改造工作高质量落地，国家与地方以“奖优限劣”为导向，构建了涵盖经济手段、生产调控与分类管理的多维度政策体系。

在经济手段方面，《意见》明确提出税收优惠、资金补贴、金融支持、价格工具四类措施，各地积极响应落实，如表 2。例如，江苏省在 2024 年为 19 家钢铁企业发放合计 2.5 亿元的超低排放改造奖励资金；河北省出台钢铁行业转型金融指引，将超低排放改造作为转型金融支持经济活动目录的重要内容，截至 2025 年第一季度末，省内已有 11 家钢铁企业获得超 200 亿元的转型融资授信。这些措施通过降低改造成本、改善融资环境，为企业推进超低排放改造提供了重要的经济激励。

在生产调控方面，相关政策通过强化产能管理与运行约束，发挥了有效的调节与推动作用。在地方实践中，多地将超低排放改造与重污染天气应急响应紧密挂钩，对钢铁企业实行差异化管理措施：未完成超低排放改造的钢铁企业须采取停限产措施，未实现清洁运输的钢铁企业须制定错峰

运输方案，并纳入重污染天气应急预案。此类生产调控措施在短期内形成了明确约束压力，加速了钢铁企业的超低排放改造进程。

在分类管理方面，国家层面将超低排放改造与资源要素配置和政策支持挂钩，形成长效激励。工信部于 2025 年 2 月发布了《钢铁行业规范条件》的第四次修订版，建立“引领型规范企业”和“规范企业”两级评价体系，并将“2026 年起完成全流程超低排放改造并公示”纳入基础指标要求中。《钢铁行业稳增长工作方案（2025—2026 年）》进一步提出，推进钢铁企业分级分类管理，按照引领型规范企业、规范企业、不符合规范条件企业实施三级管理，加强企业管理与产业政策、产量调控、财税、金融等政策协同，巩固规范企业的竞争优势。这意味着超低排放改造不仅是环境治理的硬性要求，也成为企业获得“规范”资质和发展资源的关键门槛，进而推动钢铁行业绿色低碳高质量发展。

在目标导向与配套措施双重驱动下，超低排放改造工作已取得显著成效。中国钢铁工业协会（以下简称“中钢协”）数据显示，截至 2025 年 7 月，全国已有 6 亿吨粗钢产能完成全流程超低排放改造、3.5 亿吨粗钢产能完成重点工程改造，总体进度已覆盖全国总产能的 80%，共有 147 家钢铁企业完成全流程超低排放改造。钢铁大省更是钢铁行业超低排放改造的主战场，河北省、江苏省、山东省作为粗钢产量位列前三的省份，自 2020 年起积极开展超低排放改造评估公示工作，截至 2025 年 7 月，共有 95 家企业完成了全流程超低排放改造并通过公示。

超低排放改造有效推动了新能源货车在钢铁行业运输环节的应用。以河北省为例，截至 2025 年 7 月完成超低排放改造公示的钢铁企业中，在进出厂大宗物料与产品运输环节，超 5 家企业的新能源货车运输量比例达 85% 以上，邯郸市已形成了从钢铁生产地到用钢产业集群地的市域内“点对点”固定线路清洁运输通道。



表 2 部分重点省（市）支持钢铁行业超低排放改造的经济手段

类型	国家措施	地方实践	
税收优惠	符合超低排放条件的钢铁企业给予税收优惠待遇。 根据《环境保护税法》，应税大气污染物排放浓度低于污染物排放标准 30% 的，减按 75% 征收环境保护税；低于 50% 的，减按 50% 征税。	各省（市）均按《环境保护税法》执行。	
资金补贴	给予奖励支持。 地方可根据实际情况，对完成超低排放改造的钢铁企业给予奖励。	河北省	实行超低排放改造财政补贴。按照改造时间给予差别化财政奖励。
		辽宁省	组织钢铁企业积极申报中央大气污染防治专项资金项目，对超低排放改造项目予以 30% 左右的资金补助。
		上海市	组织大气污染防治资金配套支持钢铁企业超低排放提标改造项目。
		江苏省	对完成超低排放改造的钢铁企业给予省级资金奖励。
金融支持	给予信贷融资支持。 企业通过超低排放改造形成的富余排污权，可用于市场交易。支持符合条件的钢铁企业发行企业债券进行直接融资，募集资金用于超低排放改造等领域。	河北省	超低排放改造纳入河北省钢铁行业转型金融支持经济活动目录。
		江苏省	超低排放改造纳入首批江苏省钢铁行业的转型金融支持经济活动目录。
		河南省	鼓励金融机构加大钢铁产业中长期贷款投放力度。
价格工具	实施差别化电价政策。 对逾期未完成超低排放改造的钢铁企业，省级政府可在现行目录销售电价或交易电价基础上实行加价政策。有条件的地区应研究建立基于钢铁企业污染物排放绩效的差别化电价政策。	河北省	对逾期未完成改造的钢铁企业生产用电加价，有效期延长至 2028 年 8 月 31 日。
		山西省	按照改造工序项目未达标数量分层次加价。
		江苏省	按照改造时间和未达标工序项目分阶段、分层次加价。
		山东省	按照改造工序项目未达标数量分层次加价。
		河南省	按照改造工序项目未达标数量分层次加价（包含水价）。

注：本表“地方实践”指部分重点省（市）在落实国家措施基础上的差异化实施政策，其中未提及的省（市）即为与国家措施要求一致。

1.2 重点行业大气环境绩效分级管理



重点行业大气环境绩效分级管理是另一核心政策工具，主要聚焦大气污染防治重点区域²开展精准治污，其通过“**绩效分级 + 差异化应急减排**”机制，**将环保绩效与运输方式直接挂钩，在政策约束性与企业激励性之间形成平衡**。2019 年，生态环境部发布《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南》（以下简称“《技术指南》”），并于 2020 年进一步修订，首次将运输环节纳入绩效分级指标体系，为包含钢铁在内的 39 个重点行业分级评价、应急减排清单建立与核查方法提供了技术依据，并明确要求落实“一厂一策”的差异化减排方案。其中，河北省作为大气污染防治重点区域之一，持续以更高标准推动钢铁行业绩效分级体系落地，钢铁行业新能源重卡的应用成效显著，为行业提供了可借鉴的示范案例，发挥了先锋引领作用。同时，部分未列入重点区域的省份，如辽宁省、湖北省等地，也基于自身空气质量改善与管理精细化的迫切需求主动跟进，建立本地化绩效评价体系和差异化管控措施，推动精准治污模式延伸与落地。

与超低排放改造相比，重点行业大气环境绩效分级管理在运输环节的覆盖范围更广，如图 1 所示，除进出厂的大宗物料和产品外，还包括原辅材料运输、厂内运输及非道路移动机械等环节。同时，**该政策将新能源重卡的应用作为提升环保绩效的重要手段，对公路运输环节能源转型的引导作用更加直接和明确**。以长流程钢铁企业为例，《技术指南》要求大宗物料与产品运输环节中，A 级企业采用清洁运输方式或电动重型载货车辆的比例不低于 80%，B 级企业不低于 50%，厂内运输环节中，A 级和 B 级企业须全部使用国五及以上排放标准或新能源车辆。此外，部分省（市）提出了更高的新能源车辆应用比例要求。如表 3，天津市要求 A 级钢铁企业厂内运输全部使用新能源车辆；河北省要求 A 级钢铁企业 2024 年底前厂内运输车辆使用纯电动、燃料电池车辆的比例不低于 80%。

² 根据《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南（2020年修订版）》，开展重污染天气重点行业绩效分级管理的省（市）分别为北京、天津、河北、山西、上海、浙江、江苏、安徽、山东、河南、陕西。

图 1 重点行业大气环境绩效分级管理对运输方式的指标要求

(a) 长流程联合钢铁

场景	A 级企业	B 级企业	B- 级企业	C 级企业	D 级企业
大宗物料和产品	A级 B级 B-级和C级 0% 20% 40% 60% 80% 100% ■ 采用清洁运输或电动 ■ 达到国六或新能源 注：B-级和C级的管理要求仅对物料公路运输部分				未达到 C 级要求
其他原辅材料	使用达到国五及以上排放标准(含燃气)或使用新能源车辆		/		
厂内运输	全部达到国五及以上排放标准(含燃气)或新能源车辆		/		
厂内非道路移动机械和特种运输机械	A级和B级 B-级和C级 0% 20% 40% 60% 80% 100% ■ 达到国三及以上或新能源				

(b) 短流程钢铁

场景	A 级企业	B 级企业	C 级企业
大宗物料和产品	A级 B级 0%20%40%60%80%100% 采用清洁运输达到国六或新能源达到国五及以上或新能源 注：A级企业达到国六或新能源比例与采用清洁运输比例为“或”的关系		未达到 B 级要求
其他原辅材料	A级 B级 0%20%40%60%80%100% 达到国五及以上或新能源 注：B级企业运输场景为原辅材料		
厂内运输	全部达到国五及以上排放标准或新能源车辆 注：A 级和 B 级企业厂内运输标准区别为，A 级企业达到国五及以上重型载货汽车包含燃气车辆		
厂内非道路移动机械	全部达到国三及以上排放标准或使用纯电动机械		

注: 基于《重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南(2020年修订版)》

表 3 国家与部分省（市）对 A 级长流程钢铁企业的清洁运输要求

国家 / 地方	大宗物料和产品运输	厂内运输
国家	不低于 80% 采用清洁运输方式或电动重型载货车辆的比例 新能源车辆或达到国六排放标准 其他重型载货车辆（2021 年底前可采用国五排放标准的重型载货车辆，含燃气）	全部达到国五及以上排放标准或新能源车辆 厂内运输车辆（含燃气）
天津市	不低于 90% 采用清洁运输方式或纯电动、燃料电池重型载货车辆的比例 新能源车辆或达到国六排放标准 其他重型载货车辆（含燃气）	100% 纯电动、燃料电池车辆的使用比例 国六排放标准 无对应新能源产品的车辆
河北省	不低于 80% 采用清洁运输方式或纯电动、燃料电池重型载货车辆的比例 新能源车辆或达到国六排放标准 其他重型载货车辆（含燃气）	2023 年底前： 不低于 30% 纯电动、燃料电池车辆的使用比例 国五及以上排放标准 其余车辆要求(含燃气) 2024 年底前： 不低于 80% 纯电动、燃料电池车辆的使用比例 国六排放标准 其余车辆要求（含燃气）

重点行业大气环境绩效分级管理政策为在重点行业通过差异化管理推进减排提供了政策框架。在此基础上，部分地区结合环境治理压力和产业升级需求等考虑，提出了明确的钢铁行业创 A 目标。如表 4 所示，河北省、山东省、天津市等地已提出“十四五”期内全面创 A 的目标，湖北省、山西省两地则提出了部分产能、部分区域钢铁企业创 A 的要求。

表 4 部分省（市）的钢铁行业创 A 目标

省（市）	目标时间	创 A 目标
天津市	2024 年底	全部长流程钢铁企业创 A
河北省	2024 年底	全面创 A
山西省	2022 年底	位于太原市全域,其他设区市建成区及周边 20 公里范围内的现有钢铁企业应达到 A 级
山东省	2023 年底	具备条件的长流程钢铁企业全部达到 A 级
湖北省	2025 年底	力争 80% 以上钢铁产能达到 A 级水平

为推动创 A 工作的顺利开展，**多地实施了多样化的配套政策措施，包括差异化应急管理、监管政策优待和经济激励，引导钢铁企业加速创 A。**

在差异化应急管理方面，A 级企业在重污染天气期间可享受限产豁免，获得“自主减排”的灵活性；A 级以下企业则需要执行更严格的减排措施。山西省进一步提出，对未按时完成创 A 目标的企业实施更为严格的差异化管控措施。这种差异化机制显著增强了 A 级企业在生产和运输组织中的可预期性，促使其更积极推进运输清洁化。

在监管政策优待方面，A 级企业可享受监管政策红利。山西省将绩效分级 A 级的企业纳入环境执法监督正面清单，减少现场检查频次，河南省的“创 A 晋 B”行动方案³也明确提出将 A 级企业纳入生态环境正面清单，实施“无打扰”监管。这些举措在减轻企业合规负担的同时，也形成了正向激励导向。

在经济激励方面，各地主要从奖励补贴、税费减免与金融支持三方面为钢铁企业创 A 注入动力。奖励补贴上，多地明确将优先重点给予 A 级钢铁企业大气污染防治专项资金支持，河北省还为 A 级钢铁企业提供省级财政支持，2023 年以来已下达 11 批创 A 完成企业奖补资金，覆盖省内 50 家钢铁企业。此外，河北省还对清洁运输水平长期稳定并保持同行业较高水平的 A 级企业评定为“省清洁运输优秀场景”并给予奖励。税费减免上，各地积极落实环境保护税减免政策，钢铁企业最高可享 50% 的环境保护税减免。金融支持上，地方政府推动金融机构支持钢铁企业创 A，强化金融保障。例如，河北省以排污权抵质押、转型金融产品等方式向 50 家创 A 企业发放贷款 1354 亿元，并通过举办钢铁企业环保绩效全面创 A 政银企对接会，促成 5 家银行与 20 家钢铁企业达成合作；山东省建立环保金融项目库，将符合条件的 A 级钢铁企业的生态环境保护治理项目纳入其中，并定期向金融机构推送，促进其为企业给予融资支持。

从进展来看，部分地区推进钢铁企业创 A 成效显著。以河北省为例，截至 2025 年 8 月，56 家年产钢铁企业已实现全面创 A，A 级企业数量居全国首位，其钢铁行业已从大规模“创 A”阶段，逐步转向“创 A 保 A”并重的高质量发展新阶段。随着创 A 工作的深入推进，重点行业大气环境绩效分级管理政策在部分地区已成为推动行业绿色转型的重要抓手，在一定程度上也增强了钢铁企业采用电动重卡、推进清洁运输的积极性。目前，河北省钢铁企业已将新能源货车作为厂内运输环节的主流选择，截至 2025 年 7 月完成超低排放改造公示的钢铁企业中，近 10 家企业的厂内新能源车辆占比超过 80%。

3 此处指《河南省2024年重污染天气重点行业绩效分级创A晋B行动方案》。

02

应用进展



随着超低排放改造、重点行业大气环境绩效分级管理等政策持续推进，钢铁行业运输环节正在加速清洁化转型。钢铁行业的运输清洁化主要通过两条路径推进：一是通过运输结构调整，推动“公转铁”、“公转水”，降低公路运输占比；二是通过在公路运输环节推广应用新能源货车，提升公路运输本身的清洁水平。

在这两条路径中，公路运输环节的新能源货车替代是钢铁行业实现清洁运输的重要方式。运输结构调整往往受制于地理条件、企业自有运输资源及货物特性等多个因素的共同影响。对于水运、铁路资源丰富的企业而言，清洁运输可主要依托铁路或水运等方式来满足超低排放改造和重点行业大气环境绩效分级管理的要求。然而，在水运、铁路资源不充足的内陆地区，企业难以通过大规模“公转铁”、“公转水”实现清洁运输目标，因而更依赖于在公路运输环节通过新能源货车替代柴油货车。例如，基于中钢协公示的超低排放改造信息统计，河北省 52 家钢铁企业中，有 31 家企业主要依靠新能源货车来满足清洁运输要求，而暂未涉及铁路、水运或皮带廊道等替代方式。此外，即便在铁路和水运占比较高的地区，公路运输在成品钢材、废钢等时效性强、点对点交付需求高的运输任务中依然不可或缺。这意味着公路运输的清洁化不仅是特定地区的补充措施，更是钢铁行业整体实现绿色低碳转型的重要环节。

近年来，电动重卡在钢铁行业部分公路运输场景率先实现应用，主要集中在厂内短倒、厂区与港口或铁路之间的接驳等短距、高频、线路固定的运输环节，并展现出良好的技术适应性。随着应用延伸到厂外中长途运输，续航能力、补能效率以及经济性等因素成为制约其规模化推广的主要挑战。

本章将梳理电动重卡在钢铁行业不同运输场景的应用进展和成效，探析当前推广重点和主要挑战，并梳理分析商业模式及其经济性表现，以期识别关键影响因素，深化对电动重卡在钢铁行业中推广动力与发展路径的理解。

2.1 应用场景及进展



当前，电动重卡的应用主要集中在两类典型场景：厂内短倒运输以及厂区与港口或铁路之间的接驳运输。这两类场景在运输特征、车辆技术路径和补能策略等方面高度相似。得益于电动重卡在此类场景中的技术适应性，以及钢铁行业环保政策的持续驱动，该类场景的电动重卡应用已取得积极进展。

这两类场景具有明显的短距高频、线路固定特征。单次运输距离通常在 30 公里以内，厂内倒运距离甚至不足 1 公里；日均运输频次可达 10–30 趟，形成规律化的高频运输模式，运输线路集中且固定，便于运输节奏与生产作业紧密衔接。这种运输特征对车辆续航要求不高，也为集中化布局充换电设施创造了条件，因此成为适合率先推广电动化的运输环节。

在电动化过程中，中小电池容量的电动重卡成为两类场景的主流选择。对于 282–432 kWh 的中小容量电池车型而言，由于电池自重和体积带来的载货损失更小，且续航可以满足运输需求，同时购置价格更低，从而能在运载能力、续航里程和购置成本之间实现较好平衡，成为钢铁企业的主流选择。数据显示，在 2022–2023 年钢铁行业加速应用电动重卡的阶段，电池容量在 350 kWh 以内的车型占据了主要市场，该电量段车型在 2023 年充电式和换电式重卡销量中的占比分别约为 60% 和 70%。

在电动重卡补能方式的选取上，钢铁企业通常会综合考虑运输规模、运营节奏以及投资回报周期等因素。充电桩投资成本较低，补能时间却相对较长，282 kWh 车型的 SOC 从 20% 充至 90% 以上需 40 分钟甚至更久，但可利用装卸间隙或夜间谷电时段进行充电，降低对运输效率的影响及电费成本。然而，对于高频运输车队而言，充电时间过长会影响运输效率，或需要通过增加备用车辆来维持运力，推高企业整体投入。相对而言，换电模式具备 5–10 分钟快速补能的优势，能够更好支撑“人歇车不歇”的连续运输模式，因此也更适合高频运输场景，但其推广的主要障碍在于前期投入成本，例如钢铁企业自建换电站便将面临这一现实挑战。

在政策驱动下，得益于自身的高度适配性，电动重卡⁴在钢铁企业的这类运输场景中实现一定突破。以河北省为例，根据中钢协超低排放改造公示信息，2024 年在河北省的钢铁企业⁵，厂内运

4 本段中公示信息口径为“新能源车辆”，但钢铁行业作为典型的重载运输场景，所使用车辆几乎全部为重卡，且市场数据显示新能源重卡以纯电动为主，例如2024年纯电动重卡在新能源重卡总销量中占比高达94%，因此公示的新能源车应用情况很大程度可以反映电动重卡在钢铁行业运输中的应用进展。

5 根据中钢协超低排放改造公示内容与其信息可得性，共17家钢铁企业纳入分析。



输车辆中新能源货车的平均占比已达 63%，成为车队中的主流类型。多数企业在 2022–2023 年间实现了厂内车辆的快速替换，部分企业甚至完成 100% 电动化，可见电动重卡在短距、高频运输场景中的高度适配性。同时在进出厂运输⁶环节，新能源货车承担的货运比例也普遍在 70% 以上，部分企业甚至达到 90%。此外，部分钢铁产区的电动化进程开始展现出较大的发展潜力与市场空间。以江苏省、山东省两个钢铁大省为例，根据公示信息，尽管其钢铁企业在厂内和进出厂运输中应用新能源货车的比例尚处于早期，但这也为加速电动化预留了空间。河北省已取得的突破性进展，在一定程度证明了电动重卡的技术适配性与规模化应用的条件，为这些潜力地区提供了可借鉴的经验与信心，这些地区可发挥后发优势，加速实现电动化转型。

近年来，技术进步和成本下降显著拓展了电动重卡的应用边界。一方面，电池容量不断提升。2025 年上半年，400 kWh 以上车型销量快速增长，尤其是 600 kWh 以上车型，其销量同比提升达到 9.5 倍；从市场结构看，401–500 kWh、501–600 kWh 及 600 kWh 以上车型的销量占比分别为 51.9%、4.1% 和 7.9%，较 2024 年同期均有提升，其中 401–500 kWh 车型的销量占比同比增长尤为突出，增幅达 22.6 个百分点⁷。另一方面，车辆购置价格降幅明显。随着碳酸锂价格自 2022 年峰值下跌超 70%，动力电池单位成本较 2023 年下降 32%，显著推动了整车价格的下降。2024 年，电量在 400 kWh 水平的电动重卡价格已降至 45 万元左右，而在 2022 年，282 kWh 车型的终端售价仍处于 70–80 万元的高位。电池容量的提升叠加价格下降，使钢铁企业能够以更低成本获取更高续航能力的车型，并根据不同运输场景灵活匹配不同电池容量车型，进一步提升了电动重卡在钢铁行业规模化应用的经济可行性。

在技术基础日趋成熟的前提下，充换电基础设施的完善程度成为电动重卡在长距离运输场景加速应用的关键影响因素。对于距离较短的运输线路，利用大电池容量车型和线路两端充换电即可充分满足运输需求。但对于距离较长，例如 200 公里以上跨市、省际运输，目前充换电基础设施尚无法支撑高效运营。一方面，大功率直流充电桩不足，整体功率偏低。截至 2024 年底，我国公共充电桩达 358 万台，但 240 kW 及以上高功率桩仅 12 万台，占比 3%，远不能满足电动重卡在高速、干线运输中的补能需求。另一方面，重卡专用补能场站严重稀缺，目前大多数设施仍以乘用车为主，缺乏适配重卡的场地、车道和调度管理能力，而且换电兼容性问题也尚未解决。

⁶ 在进出厂运输环节，新能源货车主要应用的场景是厂区与铁路/港口之间的“最后一公里”短驳运输。

⁷ 此处数据来自基于中汽数据有限公司的市场分析结果。

因此，**未来推动电动重卡在钢铁行业中长途运输中规模化应用的重点，将从技术突破转向基础设施体系的完善**，包括构建覆盖运输端点、货运走廊及区域枢纽的高功率充换电网络，强化重卡场景的专用设计与互联互通能力，为行业电动化转型提供坚实支撑。

总体来看，电动重卡在钢铁行业运输中的应用正逐步拓展，其应用进展主要取决于车辆续航、充换电网络和经济性等多重因素。对于钢铁企业而言，未来电动化路径的选择需要与运输结构、货物流向及投资能力相匹配，形成分阶段、分场景的推进策略，既保障近期投入的经济性，也为中长期转型预留空间。



2.2 商业模式



电动重卡在钢铁行业的经济可行性不仅取决于车辆本身的技术性能和成本变化，也受到车队运营模式和补能设施建设运营模式的显著影响。不同商业模式在资产投入、运营效率、风险分担及收益结构上各有差异，从而影响了钢铁企业在电动重卡应用中的成本承受能力和投资积极性。因此，系统分析各类车队运营与补能体系模式的适用条件，探讨不同模式下电动重卡应用的优势与局限性，有助于识别推动电动重卡规模化应用的关键经济驱动因素与政策支持方向。

2.2.1 车队运营模式

钢铁行业运输任务复杂多样，车队运营模式的差异不仅体现了企业在资产管理、调度方式与风险分担上的选择，也直接影响车辆更新、补能设施建设及整体运输效率。当前，钢铁企业常见的模式包括自有车队、第三方物流承运以及集团下设物流公司三类。本小节主要聚焦于这三类典型模式的梳理和比较。需要说明的是，许多钢铁企业在实践中采用混合型模式，即自有车队与外部承运并存，本小节不作详细展开。

> 自有车队模式

自有车队模式特点在于由钢铁企业直接掌握车辆及其管理权，能够在运输组织中保持较高的安全性与可控性，适用于对运输连续性和稳定性要求较高的场景。

在电动重卡应用中，自有车队的优势在于可统一规划车辆更新与充换电设施建设。例如，在厂内倒运、厂区与港口或铁路的接驳运输等高频短途运输场景，钢铁企业可以通过建立完善的车队管理体系，通过内部统筹将车辆调度与生产节奏紧密衔接，避免外部承运波动带来的生产延误风险，提高运输的确定性与运营效率。这一模式也为后续车队统一改造和集中布局充换电设施提供了有利条件。以宝钢股份为例，在建立自有新能源货运车队的基础上，形成了“钢铁龙头+能源科技+汽车制造”的创新模式，整合新能源重卡、超充网络与智慧运营系统，联合成立钢铁物流示范运营中心。

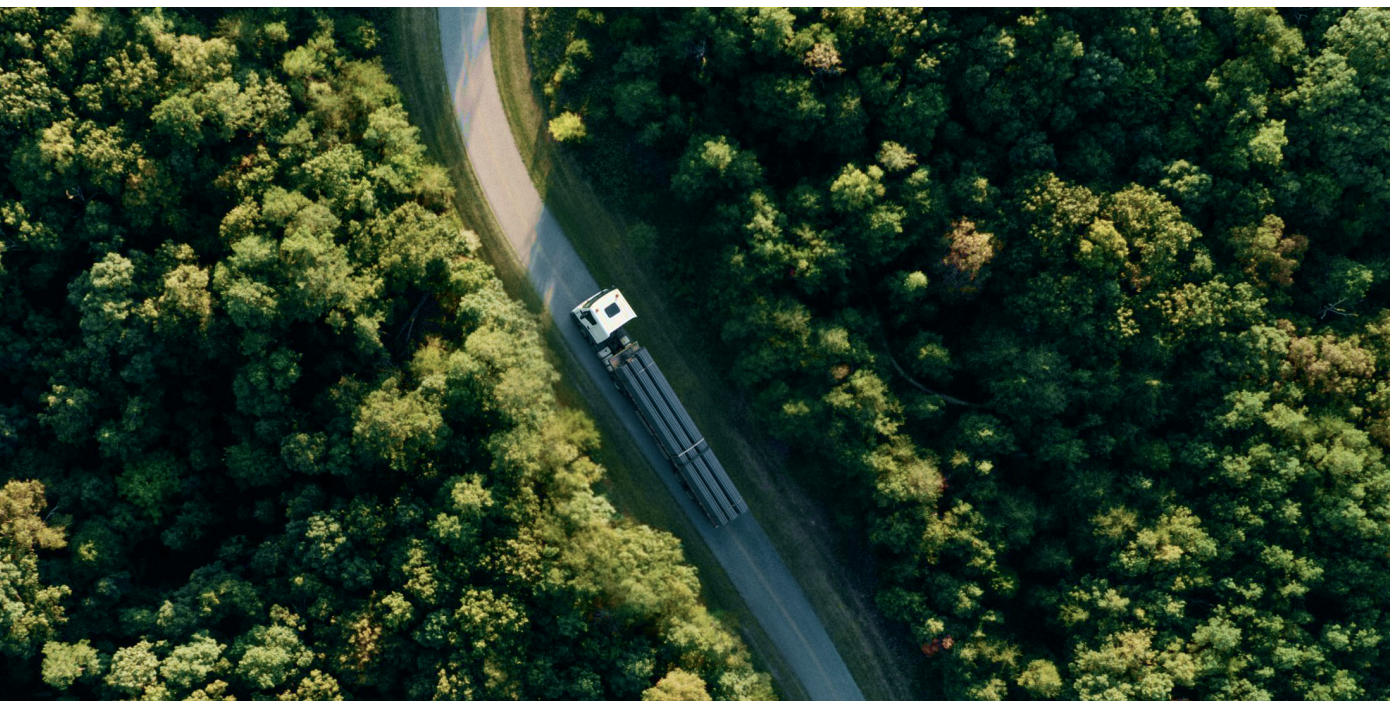
然而，该模式对企业的资金和管理能力要求较高，大规模自建充换电设施并配套电池储备前期投资巨大，且长期运维成本较高，对于中小企业而言形成较大的资金压力，影响其电动重卡应用决策。

> 第三方物流承运模式

在第三方物流承运模式中，钢铁企业将运输任务外包给外部承运商，通常通过招标或长期合同维持合作关系。该模式能够减少企业在车辆购置、车队管理和人员配置上的直接投入，使资源集中于核心生产环节，并在运力需求波动时保持较高灵活性，适用于钢厂至经销商或下游客户的区域配送等运输频次相对稳定、时效要求适中的场景。

在电动重卡应用方面，这一模式既展现出一定潜力，也存在现实局限。大型、资金实力较强的物流公司具备多客户协同、规模化运营优势，能够在运力调度和线路组合中提高电动重卡的利用率，并与车企、能源企业等相关方合作探索不同的充换电设施建设和使用模式，从而加快车队转型进程。

然而，很多中小承运商受限于资金与风险考量，车辆更新意愿较低，整体推广速度偏慢。部分钢铁企业为了满足清洁运输改造或创 A 要求，会考虑采取短周期（如月度）招标的方式，引入多家外部承运商，不仅分散风险和增强议价能力，同时也确保承运车辆满足“新能源车运输比例”要求。然而，短合同带来的订单不稳定性，使第三方承运商缺乏在固定线路上联合投资充换电设施的动力，不利于形成规模化、配套化的基础设施布局。



> 钢铁集团物流子公司模式

部分大型钢铁集团选择将运输业务剥离，设立独立的物流子公司。物流子公司可分为资产型和平台型。资产型公司以自有运力为核心，拥有相当规模的自有车队，甚至可能投资建设或运营关键的物流节点，以充分服务集团的生产任务，保障厂内及关键环节运输的安全与稳定，同时还可拓展外部运输业务，分摊固定成本并提升车队利用率和经营效益。平台型公司则注重车辆的调度与管理，包括构建数字化货运平台、运营智慧物流平台等，对社会运力和资源进行整合，为集团内部与外部客户提供集约化、智慧化的物流解决方案。

在电动重卡应用中，两类模式均展现出一定的特定优势。资产型公司通常具有更强的一体化部署能力，能够凭借规模优势和资金实力，集中推进车辆更新、充换电设施一体化布局、标准化运维等，并通过规模化调度实现电动重卡的高利用率，从而提升电动重卡在不同运输场景下的经济性与运行可靠性。平台型公司虽然自有资产有限，但依托数字化调度系统与区域运力整合能力，仍可有效推动跨车队、多品牌运力的电动化转型，如统一规划换电站、探索跨品牌电池租赁方案，同时能够相对灵活地与电力企业、能源公司形成合作，在区域层面构建多主体共享的充换电网络，提高电动重卡在多元运输场景中的适配性。

集团化管理也为两类子公司构建厂内外一体化的清洁运输体系提供组织基础，为钢铁企业实现更高的清洁运输目标提供了可行路径。例如，江苏永钢集团整合厂内外物流资源，组建永卓物流，不仅承担厂内外公路运输，还覆盖铁路、水路等多种方式运输，2025年5月，永卓物流交付投用百台新能源重卡，是江苏省单次最大规模新能源重卡交付项目。

不过，无论是资产型还是平台型物流子公司，该模式对集团的战略支持、资金实力以及业务协同的依赖较强，对中小型钢铁企业而言，重资产投资门槛较高，而平台化运作又对管理能力和数字化基础提出了更高要求，使得模式复制具有一定挑战性。同时，在拓展外部市场业务时，物流子公司也需要面对竞争和不确定性，若市场需求波动或运价下行，投资回收周期可能被拉长，影响其可持续发展。

无论是自有车队、外包模式，还是集团下设物流公司，其差异最终都直接作用于运输效率和电动重卡的推广潜力。与此同时，部分车队运营模式与车辆购置和基础设施建设方式紧密相关，二者往往决定了电动重卡应用的经济性和可持续性。因此，在梳理车队运营模式的基础上，有必要进一步分析购车与充换电设施建设的商业模式，以更全面地理解钢铁企业的实践路径。

2.2.2 补能设施建设和运营模式

在电动重卡推广过程中，车辆购置与配套补能设施的建设是企业必须面对的核心问题。相比乘用车，钢铁物流运输具有负载重、线路集中度高、运距长等特点，对补能设施的布局、效率、运营成本等因素尤为敏感。补能体系能否与运输场景相匹配，直接影响车辆的全生命周期成本和补能体系的可持续性。目前，钢铁企业参与车辆购置和配套补能设施建设、运营的商业模式主要分为三类：钢铁企业主导型、车企 / 经销商配套型和第三方服务商主导型。本小节主要聚焦于这三类典型模式的梳理和比较。

> 钢铁企业主导型

在钢铁企业主导型模式下，企业直接负责车辆购置和充电桩、换电站等配套设施的同步建设与运营，以实现对运输环节的自主掌控。企业通过自有资金投入和独立运营，能够在安全性、稳定性和可控性方面保持较强优势，尤其是在运输需求规模大、作业连续性强的场景中，更容易确保车辆调度与生产节奏的匹配。因此，这一模式多适用于厂内运输和厂区与港口或铁路之间短驳运输两类场景。通过自建补能设施，企业可以更灵活地安排车辆运行和补能计划，减少等待时间和不确定性，从而提升运输的可预测性和准时率。

与此同时，该模式也需要企业承担较高的前期投资和持续运维成本，尤其自建换电站，企业需承担电池、换电设备及电网扩容等较高的前期投入。因而，这一模式更适合运输规模较大、资金实力较强的企业，对中小型钢铁企业而言，则可能带来较大的财务压力。

> 车企或经销商配套型

在该模式中，整车企业或经销商在销售电动重卡时同步提供配套的充电桩、换电设备等基础设施。这一模式的突出特点是钢铁企业在购车的同时即可获得初步的补能条件，减少了企业在设备选型、安装和前期运维上的负担。企业在补能网络尚未完善、对基础设施投资经验不足的情况下，这种“一站式”方案能够为钢铁企业提供更便利的选择。

然而，该模式在可扩展性与兼容性方面存在一定程度的局限。车企提供的配套设施通常与自家车型绑定，跨品牌兼容性不足，长期可能造成运营灵活性不足。比如，在换电标准尚未完全统一的情况下，若钢铁企业后续扩容其他品牌换电车队，可能出现“不同车型无法共用换电站”的资源浪费。此外，随着车队规模的扩大，钢铁企业还

需要考虑配套设施扩容、跨品牌兼容和更大范围的布局问题。目前，已有一些钢铁企业或区域性车队运营商开始与车企、能源企业等共同探索兼容性更强的换电方案或联合布局区域充换电网络，以提高灵活性与资源利用效率。

> 第三方服务商主导型

在第三方服务商主导型运营模式中，钢铁企业通常只负责购置车辆并支付补能费用，第三方服务商来负责投资、建设和运营补能设施。在换电场景中，还涉及“车电分离”的商业模式，即钢铁企业购买电动重卡，电池由服务商提供并按租赁方式计费，换电设施和电池资产均属于第三方服务商并由其进行运营，企业仅需支付电池租赁费用和服务费。

这种模式的重大优势在于缓解企业前期投资压力，避免一次性投资高额的基础设施，也使车队在面对技术更迭时更具灵活性。同时，服务商通常具备较强的技术和运营经验，能够提供跨品牌、跨场景的补能解决方案，有助于提高基础设施的利用率。对钢铁企业而言，这种外包式的合作也能减少运维负担，使其将更多资源集中在生产和运输管理环节。

从长期运营角度看，该模式仍需平衡成本与稳定性。一方面，租赁和服务费用在一定程度上增加车辆的全生命周期使用成本，尤其在车辆规模较小或利用率较低的区域，设施投资回收周期可能延长；另一方面，补能价格与服务条款需通过中长期合作协议加以保障，以避免因政策或市场波动带来的不确定性。随着行业标准和商业生态逐步完善，该模式有望通过规模化运营和合同优化进一步降低成本并提高可靠性。

总体而言，钢铁企业在车辆与基础设施方面的商业模式选择需要“一厂一策”，即综合考虑自身的资金情况、运输需求、未来规划及合作生态等多方面因素，选择或探索合适的模式，在控制投入成本的同时保障运输的稳定性。

与此同时，金融和政策工具也扮演了补充和推动的角色，比如钢铁企业可以通过融资租赁或绿色金融产品来降低前期资金压力，部分地区提供补贴或其他资金支持，也能够推动钢铁企业应用电动重卡。然而，这些模式在实际应用中仍存在规模较小、责任分散的问题，难以全面支撑电动重卡在钢铁行业运输中的规模化应用，尤其是在厂外长距离运输环节，公共充换电设施的不足成为制约因素之一。因此，未来需要更多相关方的共同参与，不仅包括钢铁企业和车企，还有电力企业、补能设施运营商、用车企业、车队运营方、新能源企业等，共同探索更加多元和可持续的商业模式，以推动电动重卡在更广泛运输场景的规模化推广。

03

经济性表现





钢铁行业作为电动重卡应用的先锋场景，在政策推动和产业协同下率先实现规模化探索，为研究电动重卡及其配套充换电设施的经济性提供了典型实践基础。经济性是决定电动重卡在钢铁行业实现可持续推广与规模化应用的关键因素。本章以车队运营方的经济视角为核心，结合补能设施运营方的投资收益测算，构建总拥有成本与净现值评估框架，从补能设施运营经济性与分场景车辆经济性两个维度展开探讨。通过对不同技术路线、补能模式与运营场景的综合评估，揭示其内在成本结构与优化路径，识别电动重卡经济性的潜力与瓶颈，旨在为电动重卡在重点行业与典型运输场景中的规模化应用和运营模式优化提供科学依据与决策参考。

特别说明的是，本小节的经济性分析基于钢铁企业典型运输场景，主要适用于运行强度高、工况相对稳定、运输组织可控的运营模式。其中，厂内短倒场景的分析结论可代表车辆接近全天运行的长时倒运模式；短途接驳及厂外中短途运输场景的分析结论则可适用于路线相对固定、补能时间较为充裕的运行模式。相关结论在符合上述特征的场景中具有较好参考价值，但由于钢铁行业运输场景多样、区域条件差异显著，本分析不代表全行业所有运行模式的经济性表现。

3.1

经济性评估方法



电动重卡的经济性评估涉及整车制造商、车队运营方、基础设施运营方等多个利益相关主体，此处将针对车队运营方展开分析。本报告将采用总拥有成本（Total Cost of Ownership，TCO）的评估方法，对车队运营方在车辆生命周期内的全部成本进行核算，核算的成本要素详见表 5。

表 5 车辆总拥有成本核算要素

关键成本指标	成本要素
购置成本	整车购置费用、购置税、贷款利息
运行成本	能源成本、尿素成本（柴油车）、电池租赁（车电分离 + 换电）、路桥费用、人工费用等
保险税费	车船使用税、交强险、商业险
保养维护成本	保养费、维修费、易损件更换费等
残值	车辆回收价值

注：1. 车电分离模式下，换电重卡的整车购置费用不包含电池购置。
2. 除换电技术下“车电分离”模式外，其他模式下电池租赁成本为0。

为获得更准确、更具可比性的评估结果，本报告将吨公里（tkm）成本作为核算指标，反映车辆在单位运输量下的成本表现⁸。此外，考虑到企业对前期投入和投资回报周期的敏感性，我们在总拥有成本模型中引入了贴现率，以反映投资回报在时间维度上的价值变化，也提高了电动重卡和柴油重卡成本比较的科学性。本报告采用的 TCO 评估方法如下：

$$TCO_{tkm} = \frac{\text{购置成本} + \sum_{t=0}^T (\text{运行成本} + \text{保险税费} + \text{保养维护} - \text{残值}) \times \frac{1}{(1+r)^t}}{\text{使用寿命} \times \text{年行驶里程} \times \text{年货运量}}$$

其中，t 代表年份；T 代表车辆使用寿命；r 代表贴现率（取 5%）。

在 TCO 计算模型中，本报告将多个影响电动重卡实际经济性的因素纳入考虑。一方面，电动重卡搭载电池的自重会影响车辆的有效载重，因此造成“亏吨”问题，从而在单位运输成本上形成一定劣势。另一方面，在厂内短倒运输等高强度使用场景中，采用充电模式的电动重卡实际运营里

⁸ 吨公里成本按照车辆质量限值下的最大装载质量核算。

程偏低。此外，针对电池在高频循环使用条件下的性能衰减，模型还引入电池循环寿命参数，对其实际使用寿命和更换周期进行修正。

除车辆端的经济性外，报告亦对补能基础设施运营方的投资回报进行经济性测算。其中，充换电服务费是影响电动重型车辆总拥有成本的关键参数，揭示其定价逻辑有助于讨论电动重卡与柴油重卡成本实现平价的可行性。报告采用净现值（Net Present Value, NPV）⁹ 分析方法，对基础设施运营方的经济效益进行评估，若 $NPV \geq 0$ ，则表明该项目在经济效益上是可行的。在评估过程中，报告在现金流出要素上综合考虑了电网扩容、换电站建设、备用电池采购等一次性投资成本，以及土地租金、日常运营维护管理费用等运营成本；现金流入要素则主要包括换电服务费与电池租赁费用。基础设施运营方的净现值评估模型如下：

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(\text{现金流入}_t - \text{现金流出}_t)}{(1+r)^t}$$

其中， t 代表年份； T 代表项目的评价周期； r 代表贴现率（取 5%）。



⁹ 净现值是一种重要的动态投资评估指标，其核心在于将项目生命周期内各年发生的净现金流量，按一定的预期收益率（即贴现率）折算为现值，并通过求和来反映项目的绝对经济效益。

3.2

补能设施运营经济性分析



在电动重卡车队的商业化运营过程中，补能基础设施的经济性是决定其可持续发展的核心因素之一。当前，补能基础设施的模式包括企业自建、整车企业或经销商提供、第三方服务商主导等多种方式（如 2.2 商业模式所述），其中第三方服务商主导的“车电分离”模式可有效降低钢铁企业在车队转型上的初始资本压力，在该模式下，钢铁企业仅需自行购置并组建换电重卡车队，电池采用租赁模式，换电站建设和电池购置等成本均由第三方服务商承担。本小节将聚焦于第三方服务商主导的补能基础设施运营模式，探讨该模式下的成本构成、收益机制及其对钢铁企业车队电动化转型成本的影响。

表 6 梳理了换电站成本端与收益端的关键影响参数以及本报告采用的参数值。在成本端，一次性投资成本与日常运营成本是换电站投资支出的重要组成，其中，电池作为高价值资产，其使用寿命、更新周期以及梯次利用回收机制是影响整体经济性的关键因素。在收益端，换电站的主要收入来源包括电池租赁费用与换电服务费，在实际运营中，换电站的营收水平高度依赖于车辆实际换电量，因此在相同的服务费下，使用换电服务的车队规模对于站点的盈亏平衡水平起到重要作用。

换电站初期需要一次性投入大量资金，但随着车队规模的扩大，将显著加快换电站的投资回收速度。如图 2，在 35 辆电动重卡车队规模和 5% 的贴现率假设下，第三方服务商预计在第五年接近收回初始投资，第六年由于电池更新导致现金流短期下降，但随着换电站稳定推进运营，第九年起投资净现值转为正值并进入持续盈利阶段。这表明，在中长期维度上，该模式具备较好的投资回报潜力，但对服务商的前期资金承受能力与资产管理能力提出较高要求。如果维持相同服务费与电池租金水平，但电动重卡车队规模扩大到 50 辆，换电站的成本回收期可缩短为四至五年，即便第六年因电池更新产生额外支出，也仅再需一年（第七年）即可实现投资净现值回正。

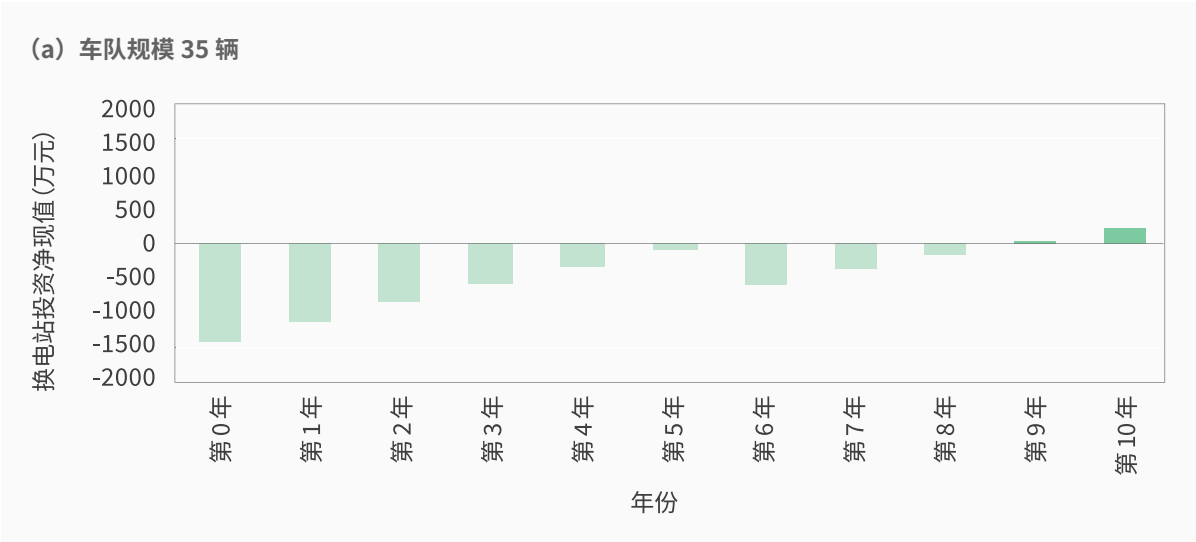
车队规模的扩大，不仅可以优化补能设施运营方的投资回报周期，还能为钢铁企业（车队运营方）在补能服务费用上获取额外的议价空间。经测算，为实现项目经济可行性，基础设施运营方可接受的服务费用水平随车队规模扩大而显著降低，以第 8 年投资净现值回正为例，50 辆规模的车队比 35 辆规模的可行服务费低 42%。梳理基础设施运营方对服务费的定价逻辑将为后续讨论电动重卡如何实现与柴油重卡的 TCO 平价提供支持。

表 6 换电站运营经济性关键参数梳理

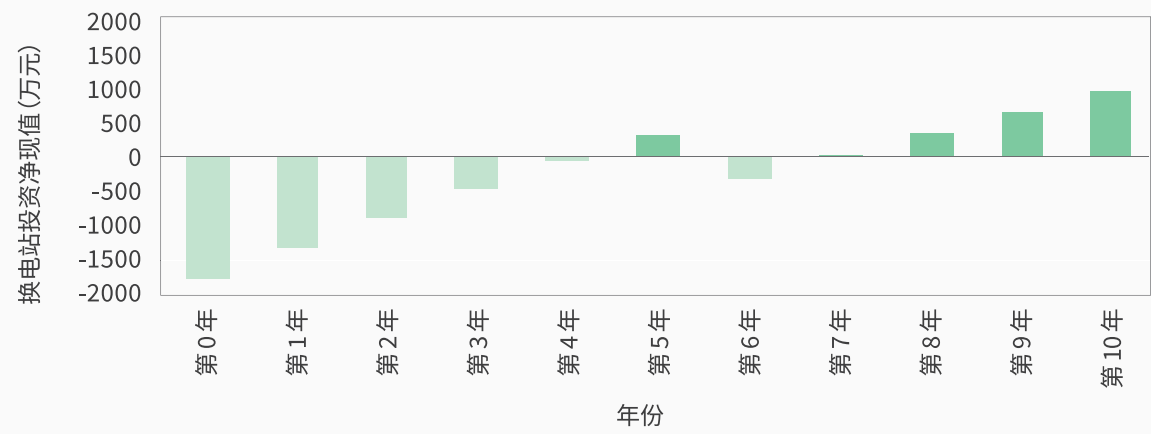
结构	关键参数	单位	参数值
成本端	电网扩容费用	万元	200
	换电站建设费用	万元	300
	备用电池数	个	7
	电池寿命	年	6
	电池成本	万元 / 个	22
	土地费用	万元 / 年	30
	日常运营维护成本管理费用	万元 / 年	55
收益端	单车换电量	kWh/ 月	7500
	服务费	元 / kWh	0.37
	电池租金	元 / 月	6200
	车队规模	辆	35/50

注：表中参数来自于开源信息梳理和汇总，但换电站及电池技术发展迅速，其成本随时间波动较大，且不同钢铁企业的电网容量、土地费用和运营成本等存在差异，因此参数值与目前实际运营数据可能存在偏差。

图 2 不同车队规模下 10 年投资周期内换电站净现值



(b) 车队规模 50 辆



3.3 分场景车辆经济性分析



钢铁行业中，不同运输场景下重型货车的使用特征差异显著，需结合具体场景特征，精细化评估不同电动化路线对车辆经济性的影响。本小节重点分析厂内短倒与短途接驳两类已取得显著成效的新能源重卡应用场景，在此基础上，进一步将运输距离在 150 km 以内的厂外中短途运输纳入探讨范围，识别未来潜在的重点突破方向；聚焦于两类主流商业模式——“整车购置 + 充电”和“车电分离 + 换电”，梳理不同电池容量、补能模式及运营条件对经济性的影响，识别各技术路径在不同场景下的适配性与潜在优势，并关注能源成本、运行效率、载重损失等核心成本影响要素，探索电动重卡 TCO 与柴油重卡实现平价的路径。

3.3.1 电动重卡与柴油重卡经济性对比

钢铁行业电动重卡推广起步较早，关注电动重卡早期经济性不仅有助于理解钢铁行业电动重卡实际使用的成本压力，也为研判未来行业推广潜力提供参考。为此，本报告系统梳理了影响电动重卡经济性的关键参数（见表 7），用于评估早期电动重卡的实际经济性。

(1) 早期电动重卡经济性

在钢铁行业的典型运输场景中，早期电动重卡的经济性与柴油重卡仍存在差距，但差距在不同场景间存在差异，其在短途接驳场景差距较小（图 3）。在厂内短倒场景中，高强度、长时段连续作业的运输特征要求车辆具备较高出勤率，而电动重卡受制于高昂购置成本及电池带来的“亏吨”影响，导致其运输效率和经济性均不及柴油重卡。相比之下，在短途接驳场景中，车辆工作强度适中，电动重卡可获得较为宽松的补能时间窗口，使其在运营里程和效率方面与柴油重卡的差距缩小，从而呈现出更接近经济性平价的趋势。

(2) 不同商业模式的经济性差异

不同商业模式的电动重卡在不同场景中展现出差异化的经济优势（图 3）。在厂内短倒场景中，车辆连续高频运输的特征对出勤率与快速补能提出需求，这进一步凸显了“车电分离 + 换电”模式的成本竞争力。换电模式凭借其高效补能优势使车辆出勤率接近柴油车水平，年运营里程达 72000 km；而充电模式的电动重卡因补能耗时限制，年运营里程降至 63000 km。同时，频繁充放电导致的电池衰减使“整车购置 + 充电”模式的生命周期成本更高，而“车电分离 + 换电”模式可通过租赁机制将电池折旧风险转移给第三方，从而保

持较优的经济性。

在短途接驳场景中，车辆连续工作需求相对有限，充电时间对运输效率的影响明显减弱，且充电模式相比换电模式享有更低的服务费用，因此“整车购置 + 充电”在当前具备更优的经济性。

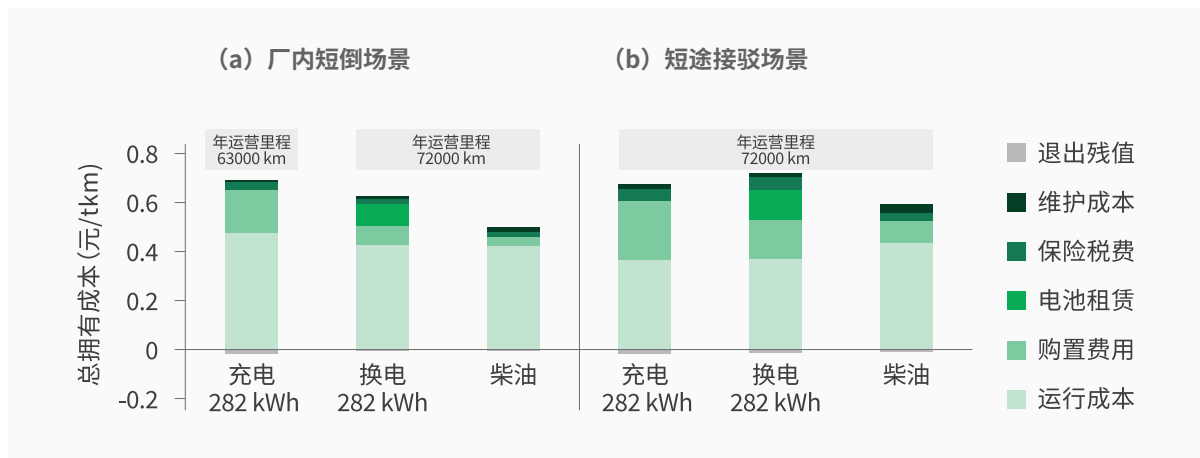
此外，“车电分离”模式虽然可以有效缓解初期购置成本压力，但在当前成本结构下，“车身购置 + 电池租赁”的全生命周期成本略高于直接整车购置。未来，随着“车电分离”商业模式的成熟，租赁模式和电价机制不断优化，该模式有望在维持初期购置成本优势的同时，通过降低全生命周期使用成本进一步凸显其经济性与灵活性。

表 7 早期电动重卡关键参数梳理（以 49 吨牵引车为例）

关键技术参数	单位	参数值
电池容量	kWh	282
载重损失（亏吨）	吨	~2
充电功率	kW	200
裸车价格	万元	100
电池价格	元 /kWh	1200
电池租赁价格	元 / 月	按照 1 块电池 3 年回本制定租赁价格 （例：282 kWh 电池 9400 元 / 月）
电池循环寿命	次	3500
电价	元 /kWh	0.8
充电服务费	元 /kWh	0.32
换电服务费	元 /kWh	0.37
柴油价格	元 /L	7.2
尿素成本	元 /km	0.045

注：不同时期、不同区域、不同企业的电动重卡相关参数差异性较大，表中参数仅代表早期较大规模应用电动重卡的参数；频繁的充放电会加速电池的衰减，在大约6年后即达到其循环寿命。

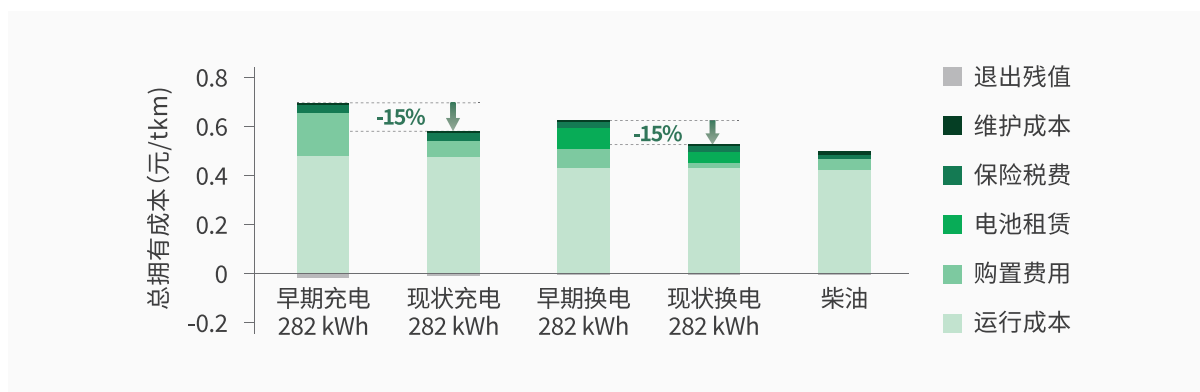
图3 不同运输场景下的重卡经济性对比



(3) 电池及购车成本下降带来的经济性改善

随着电池成本下降，电动重卡的经济性显著提升。近两年，随着电池、车辆技术持续进步以及原材料成本下降，电池价格及购车成本逐步降低。当前，282 kWh 电动重卡的整车购置成本约40万，其中电池价格约17万（600元/kWh），相比早期的购车价格下降一半以上。以厂内短倒场景为例（图4），整车购置成本下降带动电动重卡TCO显著降低，无论是充电模式还是换电模式，282 kWh 电动重卡的TCO降幅均达到15%，与柴油重卡的经济性差异明显缩小，尤其换电模式的电动重卡TCO已接近柴油重卡水平。

图4 购置成本下降带来的重卡经济性变化情况（以厂内短倒场景为例）



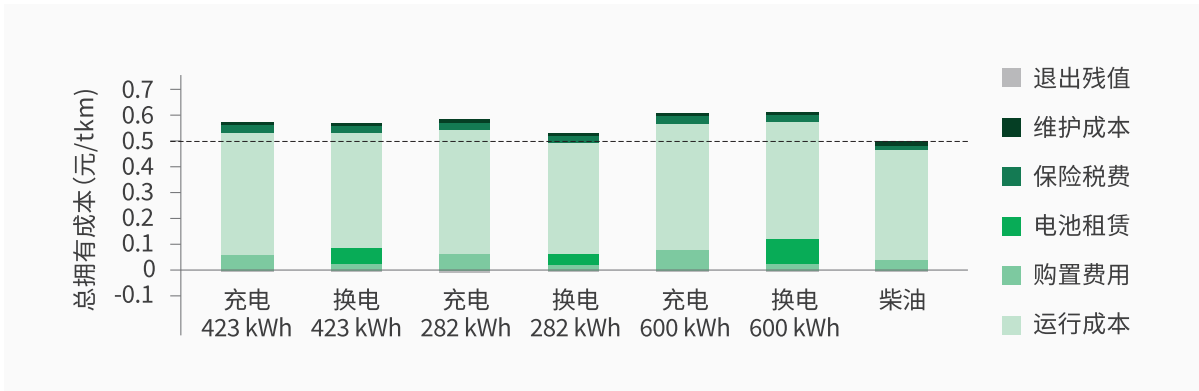
3.3.2 不同场景下的经济性最优技术组合

不同运输场景下，电动重卡因技术路线配置差异而呈现不同的经济性表现。本小节基于厂内短倒、短途接驳及厂外中短途运输三类应用场景，探讨各类“电池容量 + 补能模式”技术组合在不同应用场景中的经济适配性，识别各场景下潜在优选路线，为车辆技术选型、补能模式设计等提供量化依据。需要说明的是，中长途运输场景同样是电动重卡的重要潜在渗透领域，大容量电池车型在提升续航、减少补能中断、保障中长途运输效率方面具有重要价值，但由于当前实际应用仍相对有限、可量化数据不足，本节暂不纳入详细测算，后续研究将进一步开展针对性分析。

本小节用于核算和分析电动重卡经济性的关键参数与上一小节基本一致，但购置成本按照当前的市场价格进行计算，相对早期购置成本显著下降。以充电模式的电动重卡为例，在电池价格为 600 元 / kWh 的基础上，282 kWh、423 kWh、600 kWh 的电动重卡的整车购置成本分别约为 40 万元、45 万元、55 万元。

在厂内短倒场景中，“小电量电池 + 换电”技术路径最具经济优势（图 5）。“小电量”电动重卡具备初始购置成本低的优势，且其因电池重量带来的“亏吨”影响相对较小；而换电模式可以保障车辆的高出勤率，同时能有效转移电池折旧风险，因此该技术组合的 TCO 水平最具备与柴油重卡实现平价的潜力。值得注意的是，从吨公里成本角度出发，由于亏吨和补能耗时导致电动重卡使用过程中损失“运载能力”，因此油电价差带来的能源成本优势被削弱，导致其运行成本与柴油重卡水平基本一致。

图 5 厂内短倒场景中多种技术路线的重卡经济性对比



在短途接驳运输场景中，“中小电量电池 + 充电”是经济较优的技术组合方案（图 6）。该场景对车辆续航和快速补能的需求较低，中小电量车型和充电模式即可满足运输需求。小电量电动重卡的购置成本较低，例如充电车型中 282 kWh 车型的购置成本比 600 kWh 车型低 34%，而且如前文所述，充电模式也相对换电模式更具成本优势，因此“中小电量电池 + 充电”技术组合的经济性较好。值得关注的是，在购置价格降低后，在短途接驳场景中，282 kWh 和 423 kWh 的充电重卡经济性已优于柴油重卡，其吨公里成本比柴油重卡低 5%–10%。

3.3.3 优化情景分析与未来平价路径

在电动重卡的规模化推广过程中，实现与柴油重卡的经济性平价是核心门槛。为进一步挖掘电动重卡的降本潜力，本小节以厂内短倒场景为例，从能源成本、运行效率、载重损失等核心成本要素出发开展优化情景分析。通过对比不同情景及情景组合对电动重卡经济性的影响，识别电动重卡实现与柴油重卡 TCO 平价的关键条件，为未来技术迭代、企业调度优化、补能设施运营以及配套政策措施的制定提供参考。优化情景设置具体见表 8。

表 8 电动重卡优化情景设计

序号	情景描述
A	低电价情景：电价下调至 0.6 元 /kWh（钢铁厂自发电可实现）
B	低服务费情景： • 充电：充电桩为厂家赠送，无需服务费； • 换电：服务费调整为 0.11 元 /kWh
C	低电耗情景：电耗降至 235.8 kWh/100km（根据 Zhao et al., 2024, 比早期电耗下降 10%）
D	无亏吨情景：所有车辆载重相同（需要提升电池能量密度，升级电动车轻量化技术等）
E	效率相同情景：所有车辆年运行里程相同（需要统筹车队调度优化，如利用休息时间补能、提高补能效率等）
F	优化情景 1：A+B+C（能源支出优化）
G	优化情景 2：A+B+C+D（能源支出优化 + 无亏吨）
H	优化情景 3：A+B+C+D+E（全参数优化：能源支出优化 + 无亏吨 + 效率相同）

(1) 关键影响路径

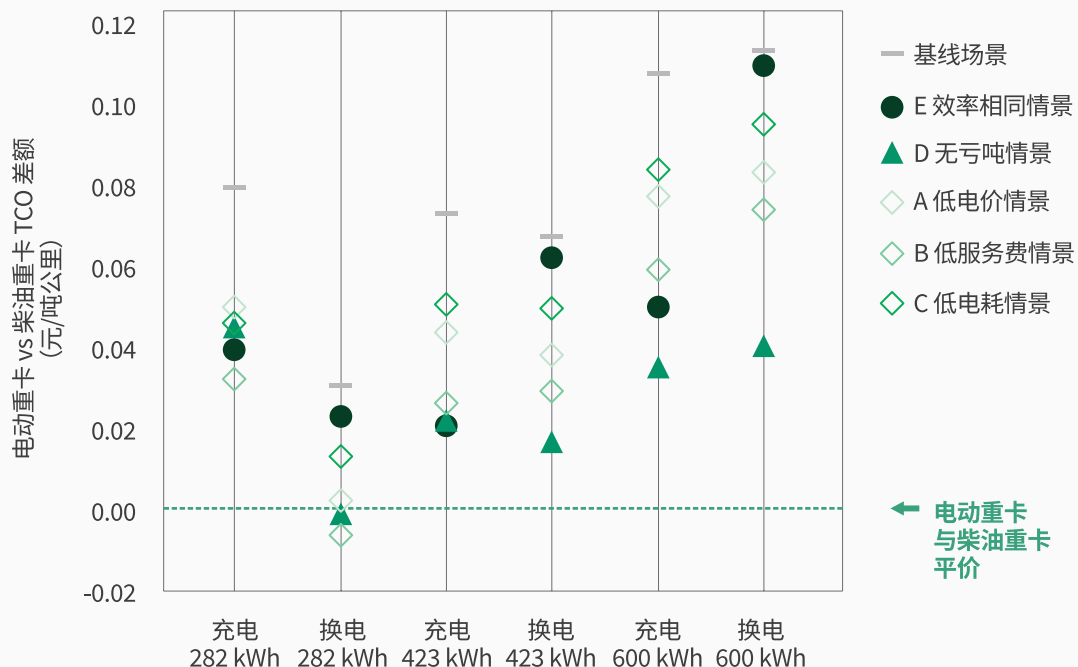
降低电耗、下调电价等能够带来较为明显的电动重卡经济性提升，但增强有效运载能力是核心突破口。如图 8 所示，“D 无亏吨情景”是当前最具降本潜力的情景，对于中大电量的电动重卡，该情景可带来 9%–12% 的成本下降，使电动重卡与柴油重卡的成本差距缩小 70% 左右；对于该场景下经济最优的电动化技术路线“小电量 + 换电”，在避免“亏吨”影响下，电动重卡已实现与柴油货车平价。可见，通过电池能量密度提升以及轻量化技术升级来缓解“亏吨”，能够有效提升电动重卡经济性。

(2) 不同补能模式的平价实现路径

对于充电模式而言，提升运营效率是关键降本路径。通过车辆智能调度、统一补能窗口规划等，并依托更完善的充电体系提高补能效率，可缩短补能时间，提升车辆出勤率，缩小与柴油重卡在周转量上的差距，进而缩小 TCO 差距。如图 8 所示，在“E 效率相同情景”下，充电重卡 TCO 可下降约 9%。这对于大容量电池车型尤为重要，其在相同的补能效率下需要更长的补能时间，高效调度与快速补能成为降本的核心因素。

对于换电模式而言，降低服务费是重要的降本杠杆，但前提是换电体系具备足够的规模效应。如 3.2 小节所述，当车队规模、单站换电量和电池周转频率提升后，固定成本可被更多车辆分摊，运营商可以更快回本，确保固定年份回本的可行服务费也可下调，这将显著降低换电重卡的 TCO。如图 8 所示，在“B 低服务费情景”下，换电重卡 TCO 可进一步下降 6%–7%；尤其对于小电量换电车型，服务费下调将进一步扩大其相对柴油重卡的经济优势。因此，换电模式的降本潜力依赖于换电站与车辆同步规模化，即通过扩大规模来降低服务费，再以更低服务费进一步降低 TCO，从而形成持续强化的正向循环。

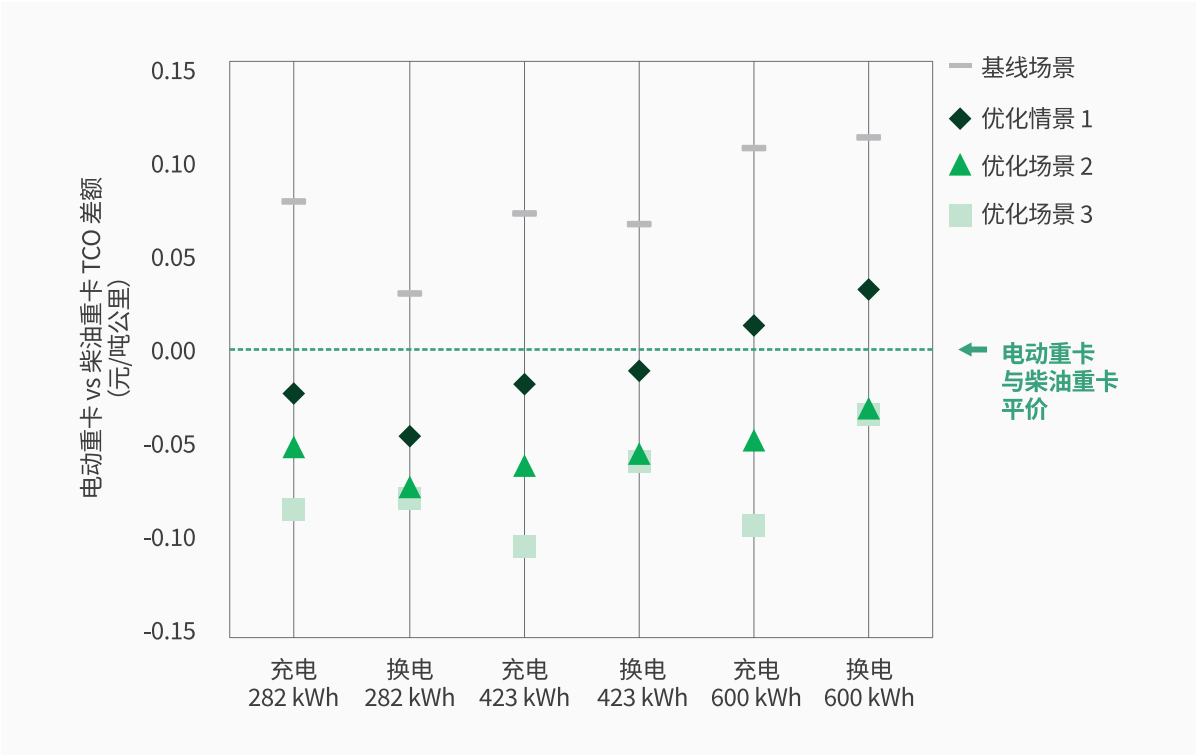
图 8 单因素优化情景下的重卡经济性对比



(3) 不同车型的平价实现路径

对于中小电量电动重卡而言，仅通过降低能源支出（如低电价、低服务等补能成本优化），即可形成相对柴油车的经济性优势；而大电量电动重卡则需同时解决“亏吨”问题才能实现同等效果。如图 9 所示，在“F 优化情景 1”中，282 kWh 和 423 kWh 车型的 TCO 已较柴油重卡低 2%~9%；但对于 600 kWh 车型，即便能源成本下降，仍因载重损失导致总体成本偏高，只有在叠加“无亏吨”条件的“G 优化情景 2”中，其 TCO 才能低于柴油车（降幅为 6%~9%）。当能源成本、运行效率、载重能力三个要素实现协同优化（“H 优化情景 3”），电动重卡尤其充电重卡的降本空间将得到充分释放，中大电量车型也能稳定具备成本优势，其 TCO 相较柴油重卡最高降幅可达到 21%。这表明，中小电量车型可通过能源侧降低成本实现平价，而大电量车型则更加依赖能源成本降低、“亏吨”问题解决，甚至运营效率提升等多方面的共同突破才能具备显著的经济竞争力。

图 9 优化组合情景下的重卡经济性对比



总体而言，在钢铁行业典型运输场景中，电动重卡已具备实现与柴油重卡经济性平价的潜力，其未来经济性优势能否充分释放将依赖于多维度协同推进。本报告将在第五章进一步探讨电动重卡规模化应用的对策。



04

应用挑战



随着政策推动和市场探索不断深入，钢铁行业在厂内短倒、厂区与港口或铁路之间的接驳等场景中率先推动了电动重卡的应用，并积累了一定实践经验。但要实现更大范围、更复杂场景的推广，仍面临一系列结构性困难和挑战，涉及车辆技术适配、充换电网络保障、运输组织效率、经济性及政策环境等方面，这些问题相互叠加，形成了规模化发展的瓶颈。本章将结合钢铁行业运输的实际特点，对这些主要的困难与挑战进行系统梳理，分析其形成的原因和内在联系，并探讨其对电动重卡进一步规模化推广的影响。

4.1 瓶颈一： 价值服务体系不完善, 限制经济性优势发挥



电动重卡的总拥有成本（TCO）包括购置、使用、保险、维修、资产处置等多个部分。其中，购置成本在很大程度上由电池成本决定，近几年，随着电池价格持续下探，电动重卡购置成本持续降低，与传统柴油重卡的购置价差随之逐步缩小（详见 2.1 应用场景及进展）。同时，由于电价较低，电动重卡在能源使用成本方面较柴油重卡经济性优势显著（详见 3.3 分场景车辆经济性分析）。然而，保险、运维、残值等环节的价值服务体系不完善，对电动重卡进一步降本的作用愈发凸显。

在保险方面，电动重卡普遍面临“保费贵、投保难”的困局。根据《中国汽车与保险大数据发展报告（2024）》，2023 年新能源营业货车的平均单车保费为 1.51 万元，比传统营运货车高出近 70%，甚至有数据显示电动重卡部分车型的车损险年费已经高达 2-3 万元，而且部分地区多个保险公司尚未开展新能源货运车辆商业险业务，承保公司数量非常有限。这一现象与新能源货车的风险特征与维修成本相关：行业研究显示，新能源货车的出险率比同级别的传统燃油货车高出约 20%；而且动力电池一旦出现问题，出于安全考虑通常需要整包更换，维修费用较高，涉及“三电”系统的维修费用占到了新能源卡车整体维修成本的 70% 以上。此外，由于市场规模有限、数据交互与可信标准缺失、定价模型尚不成熟，保险公司在风险评估和保险业务设计上面临较大的不确定性，叠加较高的出险率与赔付成本，以及社会化维修体系仍不完善，盈利空间受限，共同促成了“保费贵、投保难”的局面。未来，随着数据赋能推动风险差异化管理和精细化管理，构建保企合作、平台联动模式，并通过绿色金融政策引导市场创新出适应电动重卡特点的金融和保险产品，有望改善电动重卡的保险困境。

在运维方面，服务网络的覆盖度和维修站点的服务效率不足推高了钢铁企业资金投入负担。钢铁行业运输通常具有 24 小时连续作业、满载运行、高频启停等特点，并频繁运输高温钢材、粉状物料、煤炭等特殊货物。尤其在运输粉尘类物料，需要对车辆进行高压冲洗，这增加了电动重卡“三电”系统腐蚀、损坏的风险。特殊的运输工况不仅对车辆的热管理、电控系统和密封性能提出了更高要求，也对维修服务的响应速度和效率提出了更大的考验。然而，部分区域仍存在维修服务网点覆盖不足、故障响应周期较长的问题，难以及时满足车辆的维修需求。从新能源汽车专业维修服务网点来看，覆盖率还不足传统燃油车的三分之一。因此，为保障运营连续性，钢铁企业或车队运营方往往需要额外配置备用运力，不仅抬高运力冗余与运营成本，也增加了固定资产占用与折旧成本，加大企业的资金投入，在一定程度上稀释了电动重卡的经济性。

在残值方面，二手车市场尚处于培育阶段，电动重卡残值率仍然相对较低。由于缺乏稳定的交易渠道、统一的评估标准和相对透明的价格机制，二手车辆的资产价值难以合理体现。而且与传统燃油车不同，电动重卡的核心部件集中在“三电”系统，受电池衰减与技术迭代速度快等因素影响，市场对电动重卡的价值判断存在不确定性，导致车辆残值偏低，3 年车龄车型的残值率仅为 42.9%，显著低于传统柴油车 60% 以上的残值率。这不仅让车辆的回本周期难以预测，也增加了车辆更新换代的决策风险。残值的不确定性不仅让企业担心现有资产迅速贬值，还抑制了新增车辆投资意愿，削弱了电动重卡在运输环节的整体经济性，并制约了其规模化推广。

总体而言，保险、运维和残值三方面价值服务体系的缺失，使电动重卡在更广泛的运输场景中难以真正展现经济性优势，进而削弱了市场端对规模化应用电动重卡的驱动力。



4.2 瓶颈二：

配套充换电网络不足, 制约多场景规模化发展



配套补能体系的可用性和承载力是决定电动重卡能否在钢铁行业以及更多可复制场景实现规模化应用的核心要素。当前, 这一体系仍存在明显短板: 厂内建设受场地和资金等条件限制, 公共充换电网络建设滞后, 技术和标准协同不足。多重问题叠加, 使电动重卡难以获得高效、稳定、可靠的补能保障。

在厂内补能方面, 建设成本和空间约束是最突出的障碍。现阶段, 充电设施是很多钢铁企业的优先选择, 主要考虑其占地面积小、改造和建设费用相对较低, 便于在现有厂区内快速部署。相比之下, 部分钢铁企业探索建设换电站, 但通常需要较大的用地面积和较高的初始投资, 可高达数百万元。对于土地资源紧张或生产布局复杂的厂区, 这成为主要制约因素。在商业模式上, 钢铁企业可以考虑与第三方服务商合作, 由后者负责站点建设和运营, 企业车队只需支付服务费和电费。虽然这种模式能够缓解钢铁企业前期投资压力, 但在车队规模有限的情况下, 如要确保一定的换电站投资的回本周期, 可行的服务费将会上涨(详见 3.2 补能设施运营经济性分析), 进而导致车辆补能成本上升, 削弱电动重卡在使用环节的经济优势。

在厂外补能方面, 公共充换电网络的布局仍不足以支撑电动重卡的中长途运输需求。一方面, 在重要运输节点布局补能站点, 仍面临土地资源紧张、土地价格高、用地审批周期长以及电力扩容等压力。这些约束加大了站点建设难度和成本, 导致部分地区充换电设施分布不均、密度不足。尤其在城际干线、区域主干道、物流园区等重卡高频通行区域和关键节点, 重卡专用补能设施尚未形成系统化网络, 车辆在补能过程中可能需要绕行或等待, 影响运输效率。同时, 单一企业自建补能体系难以形成规模效应, 亟需在产业集聚区探索集约化、统筹式的补能基础设施布局, 提升资源利用效率并降低单位成本。另一方面, 技术标准和接口兼容性仍存在优化空间, 削弱了充换电网络的“可用性”。在换电场景中, 全国性统一标准尚在完善过程中, 不同品牌之间的电池包及接口规格存在差异, 跨品牌换电兼容性仍需进一步提升; 在充电场景中, 不同车企的充电协议存在差异, 部分车型与充电桩之间的兼容性不足, 可能导致充电效率降低或适配受限, 从而影响用户体验与运营效率。

整体上, 现阶段厂内和厂外补能体系尚难以形成有效闭环。尤其在跨区域运输中, 车辆补能效率直接影响运输时效与调度灵活性。若补能等待时间过长或需绕行补电, 将增加运输组织复杂度, 进而影响整体运营效率。

4.3 瓶颈三：

调度复杂度提升, 增加运营管理难度



钢铁行业运输任务通常在高强度和连续作业条件下进行。运输任务多在全天候、满载、频繁启停条件下进行，运输物料包括高温钢材、粉状物料、煤炭等，对时间节点和作业衔接要求严格，任何运输环节的延误都可能影响生产节奏。因此，无论从车辆性能还是车队的运营管理层面，钢铁企业的运输体系都对可靠性、出勤率和调度效率提出了较高要求。在此背景下，电动重卡在续航能力、补能组织、运载能力和运输调度方面的复杂性相对更高。

复杂运输工况会显著增加电动重卡的续航压力，需要安排更高频的合理补能。重载运输和频繁启停会显著增加能耗，尤其在冬季低温环境下，续航里程可能出现明显波动，与“标称续航”之间的差距被进一步放大。有行业研究显示，主流电动重卡标称续航 450 km，而实际续航只有 250–300 km，冬季续航还会进一步下降。续航波动使原有的运输节奏和班次安排需重新规划，例如在途中增加补能环节或调整司机工时安排，这对调度系统的精细化管理提出了更高要求。此外，随着车辆使用年限增加，电池容量的逐步衰减也可能带来额外的不确定性，企业往往需要提前补能或增加备用车辆，以降低中途停运的风险，进一步加大了车队的总体调度负担。

在运载能力方面，电动重卡因电池系统自重较大而存在一定的载货能力缩减。尤其对于厂外中长距离运输而言，更长的运距需要配备更大容量的电池，如 600 kWh 电池配置的车型，其电池包重量通常超过 4 吨。在车辆总重受限的条件下，这部分重量将直接压缩有效载货空间，使电动重卡相比同类柴油车减少约 4–5 吨的有效载货能力。在运输体积较大或形状不规则的钢材时，这一因素可能在特定线路上放大运输次数与调度需求。这一载货能力差距意味着，在相同运输需求下，钢铁企业或物流车队需要投入更多车辆才能维持既定的运输量，不仅增加了车辆购置和折旧成本，也提高了司机、能源和维护等运营支出。同时，由于运输组织需要为更多车辆进行调度和补能安排，管理复杂度随之提升。

在运输调度层面，电动重卡的高效运行依赖于更精细化的车队管理。例如，实时掌握电量、温度、载重、路况等多维信息，动态安排补能时间和车辆投放，是提高整体运营效率的重要条件。然而，目前厂外补能网络尚不完善，这些精细化的管理在厂外运输场景还无法充分发挥作用，这一客观条件在一定程度上制约了电动重卡在多场景、长距离运输中的规模化推广。

4.4 瓶颈四： 政策体系有待转向“场景适配”， 以长效机制稳定企业转型预期



政策环境在钢铁行业运输绿色转型中发挥着关键的引导和激励作用，以财政补贴和路权优待为主的普惠性政策，对推动电动重卡初期市场导入发挥了重要作用。然而，随着应用步入规模化深水區，钢铁行业运输场景的特殊性（如厂内车辆属性、高频重载工况、与生产强绑定等）与现行政策体系间的错配日益凸显。构建一套与场景深度适配、注重长期效能的精准化政策体系，是稳定企业转型信心、降低综合成本的关键。

在补贴结构方面，国家层面于 2024 年启动了交通运输大规模设备更新行动，为淘汰老旧营运货车并更新为新能源货车提供强力资金支持，2025 年，淘汰更新的补贴范围从原本的国三及以下营运车辆进一步扩大至国四及以下，这有效促进了高排放车辆的淘汰更新。然而，在钢铁行业运输车辆更新的实际推进中，**补贴政策与实际需求之间仍存在一定的匹配难题**。一方面，部分钢铁企业车队较早完成了车辆升级，车队结构以国五排放标准的柴油重卡为主，未被纳入以旧换新补贴范围，替换为新能源车辆时难以获得补贴激励；另一方面，补贴政策主要面向“营运车辆”，而钢铁企业的运输体系中相当比例的“厂内物流”或“厂区短驳”车辆不属于营运性质，难以享受补贴支持。这些因素，使企业在购置阶段面临较大的资金压力，削弱短期内的置换动力。对此，如能研究探索从“购车补贴”转向“运营补贴”，将更好促进企业主动加大对电动重卡的应用。此外，需要积极探索二手车流通、融资租赁、绿色金融等市场化手段，缓解企业初期的购置压力，形成可持续的车辆更新机制。

在交通管理措施方面，钢铁行业运输场景目前缺乏针对电动重卡的差异化管理机制，使其既**未充分形成路权优势**，又受“亏吨”问题制约，两方面因素叠加削弱了其运营竞争力。与社会营运车辆相比，钢铁企业运输主要涉及城市快速路、城乡接合部及厂区周边道路，这些区域普遍未设燃油车限行或低排区措施，柴油车与新能源车在路权方面基本等同，电动重卡未能形成路权优势。而一些实践表明，对电动重卡实施“路权优待”能够促进其运营效率和经济性提升，例如在钢铁产业集聚区设立“绿色运输示范区”、开通绿色通道、提供优先装卸或免除通行限制等。同时，电动重卡的“亏吨”问题仍限制其单车实际运输效率，在推动轻量化升级等技术路径的同时，探索可行的政策措施，例如在“绿色运输示范区”内开展车辆质量标注差异化试点，将有助于提升电动重卡在实际应用中的用户吸引力和竞争力。

在绿色转型支持方面，运输环节的减排尚未被充分纳入碳市场或绿色金融体系。目前，钢铁行业主要关注生产环节的碳减排及其核算，而运输环节缺乏可量化、可交易的减排价值，导

致企业在推进绿色运输投资时缺乏外部经济激励。如果未来能将运输环节的减排纳入自愿性减排碳市场交易体系，并与绿色贷款或专项融资等工具结合，企业将具备更强的外部动力，提升钢铁企业在整体转型规划中主动推进运输环节低碳化、清洁化的积极性。



05

规模化对策





电动重卡在钢铁行业公路运输环节的推广应用正从局部探索迈向规模化。尽管政策驱动已初见成效，但大规模应用电动重卡仍面临多重挑战，包括价值服务生态不完善、补能体系建设滞后、运输调度复杂性增加以及政策激励缺乏长期稳定性等。这些问题相互叠加，使钢铁企业在实际运输中推广电动重卡面临较高的不确定性。

要破解上述瓶颈，仍需在基础能力保障、外部激励机制和产业自驱体系三个方面协同发力，构建系统化解决方案。通过技术升级和支撑体系优化，解决电动重卡在场景适配性和运输效率上的问题；通过政策支持和制度保障，为企业提供更加稳定、可预期的发展环境；通过商业模式创新和产业协同，释放产业链自身潜力，形成可持续发展的内生动力，进而推动电动重卡在钢铁行业甚至更多工业运输场景的应用，实现由点到面的规模化跨越。本章将围绕这三个方面探讨针对性对策。

5.1 技术升级与支撑体系优化， 夯实规模化基础



车辆技术水平和基础设施能力是电动重卡实现稳定运营和规模化推广的前提条件。在当前钢铁行业复杂的运输场景中，电动重卡实际应用仍面临续航不足、可靠性有待提升、补能效率不高、调度复杂等问题，需在车辆性能提升、补能体系完善、智慧监管系统建设等方面协同推进，为电动重卡规模化应用提供坚实的基础支撑。

（一）车辆技术持续创新，提升适应性与可靠性

在车辆技术方面，围绕“高续航、高可靠、低能耗”的目标持续创新，其中动力电池技术进步是提升续航能力与安全性的关键因素之一。以能量密度这一核心性能为例，根据《节能与新能源汽车技术路线图 3.0》，在高性价比电池路线下，2030 年动力电池系统能量密度目标约为 250 Wh/kg。

从市场应用情况看，磷酸铁锂电池因具备良好的热稳定性、较低的成本和较长的循环寿命，目前在电动重卡领域占据主要份额。例如在 2025 年 1-5 月销售的新能源重卡，配套磷酸铁锂电池的车辆占比超过 99%。当前主流磷酸铁锂电池能量密度约 150-200 Wh/kg，与路线图设定的目标尚存一定距离。

技术发展路径显示，未来动力电池能量密度的提升需要更高比容量电极材料的研发与应用，如高镍正极、硅碳复合负极等。相较现阶段主流的液态电池，固态电池能够更好地兼容高比容量材料并具备更高的安全性，正受到行业关注。但受限于材料成本和工艺复杂度等方面的挑战，其大规模商业化应用尚需进一步推进。在此过程中，半固态电池通过部分采用固态电解质技术，实现了安全性和能量密度的同步提升，也成为探索产业化可行性的方案之一。

针对钢铁行业高频启停、全天候作业和重载运行的典型场景，在加快推进电池能量密度提升的基础上，生产企业推进定制化开发适配钢铁场景的电动重卡，能够确保车辆在复杂工况下保持稳定性能与更高能效。配合轻量化车身设计和新型材料的使用，将有助于缓解“亏吨”问题、提升运输效率。此外，强化整车能效管理系统，可进一步降低电动重卡能耗，配合超充技术推广，能够实现更长续航与更快补能，为电动重卡在中长途运输场景中应用提供灵活解决方案。对于高温热轧钢运输和粉尘物料冲刷等特殊工况下运输的车型，还需增强电池防护和耐腐蚀能力，保障作业安全并延长车辆使用寿命。

（二）补能网络优化完善，提升连续运营能力

在补能网络方面，需要推动多元充换电技术发展和应用、完善补能设施布局、提高服务质量，形成与技术发展阶段相匹配的系统性方案，以保障电动重卡在各运输场景下的高效运行。

一方面，需协同推进超充、换电等高效补能技术的发展和应用，提升补能效率和运营灵活性。超充技术正在向高压、高功率方向升级，兆瓦级超充也已进入示范阶段，电动重卡充电时间显著缩短。例如，深圳市已建成重卡兆瓦超充示范站，最大充电功率高达 1.44 兆瓦，充电速度是普通桩的 5-6 倍，可在 15 分钟内补能 80%，显著提高车辆周转效率。与此同时，换电模式凭借“分钟级补能”优势，已在钢铁、矿山、港口等定点高频场景中显现出优势，近年换电重卡的销量也在高速增长。2025 年 1-7 月，换电重卡销量已达到 2.6 万辆，同比增长近 2 倍。未来，需在技术创新和场景拓展上同步发力，推动超充、换电、慢充等多样化补能技术互为补充，形成适应多场景、多车型需求的综合补能体系。

另一方面，需优化充换电网络的布局规划与服务能力，确保站点数量充足、布局合理、服务质量可靠。在充换电网络规划方面，应结合区域产业布局与运输需求，充分覆盖厂区、物流园区、市内重要物流节点、城际和区域主干道、干线走廊。对于电动重卡的长距离运输，需要在高速公路及干线走廊建设综合型服务站，集成充换电、维修等功能，来保证省际运输的可靠性。同时，补能设施布局需与车辆技术发展和市场规模相协调。例如，多方正积极开发部署兆瓦级超充解决方案，但当前支持兆瓦级超充的车型相对较少，且站点投资成本较高，应结合车辆保有量、运行路线等数据，科学规划超充站的数量与分布，避免资源闲置或重复建设。换电站布局也需根据典型工况场景和作业密度合理确定站点规模与覆盖半径，提升设施利用率和经济效益。此外，还需提升充换电设施的运营与服务水平，如通过智能化、数字化管理手段，加强对设备状态、负荷与故障的实时监测与响应，提高设施可用率和维护效率，进而实现补能网络的安全、高效与智能化运行。

（三）构建智慧监管体系，提升精细化管理能力

在车辆管理方面，应加强现有监管技术应用，依托数字化手段构建智慧监管体系。《重点行业移动源监管与核查技术指南（HJ 1321—2023）》于 2024 年 7 月正式实施，钢铁行业已构建起涵盖电子台账、门禁及视频监控系统、重点用车单位清单、排放超标车辆名单等措施的运输监管体系。在此过程中，通过强化柴油货车达标监管，能够进一步压实高排放车辆的管理要求，从而为电动重卡在实际运营中创造更明确的使用优势空间。在此基础上，可进一步加强数字化管理手段赋能，建设统一的智慧物流管理平台，实现车辆运营的智能化调度与全流程监控，对运营状态、调度效率及合规情况进行实时分析和管控。这不仅能够提升企业内部管理水平，也为主管部门提供精细化监管技术支撑，强化政策执行的精准性，为钢铁行业运输环节向智能化、精细化发展提供坚实保障。

5.2 政策支持与制度保障， 强化外部驱动力



政策体系是推动钢铁行业运输绿色转型的重要外部驱动力。当前，电动重卡在成本回收周期、运营经济性等方面仍面临一定挑战，若通过完善政策设计、优化交通管理与创新制度机制，可为企业提供清晰预期与长期信号，增强企业甚至社会资本参与的积极性，进一步驱动钢铁企业应用电动重卡。

（一）完善顶层设计与政策衔接

顶层设计上，明确政策路线与长期导向，持续发挥政策“约束”与“激励”的推动作用。一方面，面向未来空气质量持续改善的需求，合理制定下一阶段重点行业的清洁运输目标，统筹推进超低排放改造和重点行业大气环境绩效分级管理政策。通过设定分阶段目标和行业绩效考核，可为钢铁企业提供清晰的政策信号和稳定预期。各地可结合区域空气质量改善需求、车队结构情况等，设置差异化的目标。

另一方面，加大政策执行与激励措施结合力度，可进一步激发企业转型动力。目前，在重点行业大气环境绩效分级管理中，多地积极推进落实 A 级企业税收优惠、资金支持等激励措施，河北省已为 50 家 A 级钢铁企业下达省级奖补资金，还在 A 级企业中评定“省清洁运输优秀场景”并给予奖励。2026 年发布的《关于加强重点行业大气环境绩效分级管理的指导意见》明确提出加强财政、金融、价格等政策支持，推动电动重卡充电桩（换电站）等公共或专用设施的投资建设，这将进一步有效降低企业的转型成本、提升绿色竞争力，并激发未达标企业争创 A 级及以上的积极性。同时，各地还可探索针对企业运输环节清洁化转型改造的绿色信贷、融资贴息等金融政策，通过政策与市场资源协同，强化钢铁企业向低碳运输和绿色转型的内在动力。

除了在更多地区推广经济工具支持钢铁企业清洁运输外，还可以同步优化财政支持机制。研究探索将补贴从“购车补贴”向“运营补贴”过渡，与车辆实际运营里程或碳减排量挂钩，可实现“多减排、多支持”，这将提升补贴效率和政策公平性。同时，如能由中央或地方财政设立专项基金，用于支持钢铁行业运输环节的全面电动化规划，进行“一企一策”的整体支持，包括但不限于车辆更新、充换电基础设施建设、智慧调度系统开发等，将显著增强企业转型的可行性与持续性。此外，如能建立简明高效的动态评估机制，定期跟踪企业新能源车推广和减排成效，并将评估结果与财政支持、政策奖励等挂钩，将有助于提高政策执行效果，并在行业内形成良性竞争。

此外，在供给端优化政策支持，从前端技术攻关向产品化关键阶段进一步延伸，例如设立产品定向研发奖补、完善测试验证资源体系、推进首台套应用示范等方式，可以缓解企业测试周期长、成本高等研发困境，加快领先技术落地。

（二）优化补能规划与基础设施政策

基础设施建设上，规划统筹、标准体系、配套支持等方面的协同完善，将为补能网络的可持续发展提供重要支撑。在规划统筹方面，可进一步优化补能设施专项规划，分场景、分阶段推动多元化充换电设施的科学布局，实现基础设施与运输需求的高效匹配。在标准体系方面，围绕硬件接口、软件协议、安全与质量、建设与运营等多个要素，持续推进充、换电标准体系建设与完善。《2025 年汽车标准化工作要点》已明确提出，推动商用车换电安全标准发布和实施，加快充电性能、底盘换电、换电兼容性测试等标准制定，开展商用车兆瓦级充电标准预研。这将进一步推动充换电基础设施高质量发展，提升电动重卡补能兼容性和便利性。在配套支持方面，充换电设施建设还涉及土地审批、电力接入和安全管理等多部门。进一步完善跨部门协作机制，并在差异化电价、专项补贴和信贷优惠等方面提供引导，可增强社会资本参与意愿，助力补能网络的持续完善与规模化发展。

（三）完善交通管理与路权支持政策

在交通管理政策方面，对电动重卡在路权、车辆总质量限值、高速通行计费政策和标准上予以合理支持，将有助于提升其运营便利性与经济性。在通行管理方面，结合钢铁行业超低排放改造，可探索在钢铁产业群聚集区域及周边物流区域设立“绿色运输示范区”，在区域内实施基于排放水平的差异化路权管理，如给予电动重卡 24 小时通行权，而针对柴油车采取根据排放标准分时段限行的要求。同时，配合差异化高速通行费等措施，多措并举，将系统提升电动重卡在多个场景的运输竞争力，促进其规模化推广与应用。针对电动重卡普遍存在的“亏吨”问题，在推进技术升级的同时，如能在“绿色运输示范区”内先行开展车辆质量标注差异化试点，匹配场景需求，将进一步提升电动重卡的运输效率与经济性。

（四）创新制度机制，构建长期激励体系

在制度创新方面，逐步探索将运输环节纳入碳市场也是一个值得关注的方向。一方面，建立完善的碳排放核算体系和交易机制，推动使用电动重卡运输的低碳行为计入钢铁产品的碳足迹核算，使运输减排量成为可量化、可交易的资产，将为企业提供额外的绿色收益渠道，并为绿色贷款、绿色债券等金融工具提供政策基础。另一方面，鼓励金融机构开发更多与运输减排量挂钩的绿色金融产品，将进一步扩大减排收益的实现渠道。《交通运输部等十部门关于推动交通运输与能源融合发展的指导意见》也提出，鼓励新能源车通过聚合方式参与电力市场交易和绿电证书交易，为企业拓展绿色收益创造更多途径。这些措施不仅

可以增强企业在绿色运输上的投资信心，也有望引导更多社会资本进入绿色运输领域，促进行业可持续发展。

综上所述，破解当前政策瓶颈，关键在于推动政策工具从“一刀切”的普惠模式，转向基于钢铁行业“场景适配”模式。通过设计“运营补贴”、创建“绿色运输示范区”、打通“减排价值化”路径等多维度的机制创新，形成一套有约束、有激励、有通道的长效政策组合拳。这不仅能够直接提升电动重卡的经济性与竞争力，更能为企业提供一个清晰、稳定、可预期的政策环境，从根本上坚定其绿色转型的信心与决心，推动钢铁行业运输加速绿色转型。



5.3 商业模式创新与产业协同， 释放产业发展内驱力



在钢铁行业运输绿色转型的进程中，初期发展多依赖政策引导驱动，但随着行业的发展和成熟，驱动力将更多来源于市场机制与产业链协同效应。未来，通过创新商业模式并强化产业链各方协同，可进一步推动电动重卡在钢铁行业及更广泛运输场景中的规模化应用。

（一）创新商业模式，降低企业使用成本

在商业模式创新方面，探索覆盖车辆购置、充换电服务、电池租赁、维修保养、保险保障、残值管理等环节的全生命周期一体化模式，构建面向用户的综合服务体系，不仅能降低钢铁企业在购车、用车过程中的管理复杂度和运营风险，还能显著提升车辆使用效率和用户体验。对于区域集中度高的产业集群，还可探索区域共享补能模式，通过多家企业共建共用补能设施，降低单家企业的投资压力，并通过平台化管理提升运维效率，实现资源共享和调度协作，从而提高设施利用率并为更大范围的绿色运输奠定基础。同时，推动数字化智能平台建设，根据不同运输场景匹配差异化的调度方案，优化车辆补能和运营效率。

（二）推动产业协同，构建开放合作生态

在产业协同方面，需突破传统由单一企业承担建设和运营成本的模式，推动整车制造商、电力公司、补能设施运营商、用车企业、车队管理公司以及新能源供应企业等多方协作，共同参与补能网络的投资、建设与管理。目前，已有钢铁企业探索形成了“钢铁龙头 + 能源科技 + 汽车制造”的创新模式，在自有新能源重卡车队的基础上，整合了超充网络与智慧运营系统，打造钢铁物流示范运营中心。另外，若钢铁企业自身车队规模有限，车队运营方与补能设施运营商可协同探索补能设施“开放共享模式”，扩大服务车辆规模，不仅可以优化补能设施运营方的投资回报周期，还能为车队运营方在补能费用上获取额外的议价空间。这些产业协同的商业模式，通过建立起利益共享、风险共担的多方合作机制，可有效分摊资金压力，提高资源配置效率。这不仅能够加快高功率充电、换电等设施的布局和完善，还能推动基础设施与运输需求的动态匹配，提升设施整体利用率和服务水平，推动电动重卡在钢铁行业甚至在更多运输场景中迈向规模化普及。在此基础上，还可将运输减排成果纳入钢铁产品碳足迹体系，通过下游用钢企业的绿色供应链采购标准，反向推动上游钢铁企业加快运输绿色化转型，实现产业链协同减排。

总体来看，要推动电动重卡在钢铁等工业行业实现从局部突破到规模化应用，有效的撬动支点离不开“技术能力夯实—外部激励强化—产业内生驱动”三者的系统协同。技术升级与支撑体系优化为行业变革奠定了“可运营、能稳定”的坚实基础，是电动重卡具备产业化条件的前提；政策支持与制度保障则提供“可预期、能持续”的外部环境，通过明确目标、优化激励和完善交通管理，为企业释放长期信号与转型动力；而商业模式创新与产业自驱体系建设，则是实现“可盈利、能扩散”的核心动力，使企业和市场主体能够在可持续的价值链中找到自身位置，推动技术应用从“试点示范”走向“规模滚动”。只有在这三者的共同作用下——技术端减少不确定性、政策端降低成本与风险、市场端形成自我强化循环，钢铁行业才有可能真正迈向运输环节的系统性清洁化升级，实现电动重卡在更广范围、更深层次、更高效率场景中的推广应用。



参考资料

- * 【绿动未来 低碳起航】永卓物流百台新能源重卡投用 . https://mp.weixin.qq.com/s/F4aBWstl_SRk9gyTkGBFBw
- * 2023 中国汽车产业发展（泰达）国际论坛 . <https://forum.autoinfo.org.cn/articles/308.html>
- * 2025 年新能源重卡 18 万辆目标：政策与技术双轮驱动下的必然 . https://www.sohu.com/a/932813312_120300381
- * Zhao, P., Zhang, S., Santi, P., Cui, D., Wang, F., Liu, P., ... & Wu, Y. (2024). Challenges and opportunities in truck electrification revealed by big operational data. *Nature Energy*, 9(11), 1427-1437.
- * 百 GWh 级电池需求 重卡电动化 “快进” . <https://xueqiu.com/7862386466/322458187>
- * 保险公司半年亏百亿！新能源卡车“保险贵、投保难”如何解？ <https://www.yoojia.com/article/9408174347706197326.html>
- * 车市扫描 (2025 年 8 月 11 日 -8 月 17 日) . https://cada.cn/Trends/info_91_10314.html
- * 电动重卡如何既要跑得远（大电量），又要拉得多（低自重），还要成本可控 . https://mp.weixin.qq.com/s/YFYn9Yh64XzJl_pzQq40KA
- * 电卡观察 | 2025 上半年新能源重卡：三一、徐工争霸 . <https://mp.weixin.qq.com/s/BXnk6f6FfT7NFzUbgmyTFA>
- * 电卡观察 | 大电量电动重卡为何越来越受市场认可？ <https://mp.weixin.qq.com/s/m3wzwZLvfdPA3KknrdW9rQ>
- * 国家统计局 . <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>
- * 邯郸推进重点行业企业清洁运输 . https://handan.hebnews.cn/2025-09/11/content_9390766.htm
- * 河北出台钢铁行业转型金融指引解“三难” . https://www.gov.cn/lianbo/difang/202505/content_7022883.htm
- * 河北省钢铁行业环保绩效专委会正式成立 开启创 A 保 A 工作新阶段 . https://mp.weixin.qq.com/s/APWP6lyr0iV7mD_5-QLYsw
- * 换一个电池包要十几万！新能源汽车售后困局如何破？ <https://auto.gasgoo.com/news/202508/16170431532C501.shtml>
- * 解放 / 东风 / 重汽 / 陕汽喊停价格战！重卡售价是否回升？ | 调查 . <https://mp.weixin.qq.com/s/lwKS4rCLO2QNkHNlYpAmBg>
- * 热点观察 | 别让续航拖垮电动重卡效率 . <https://mp.weixin.qq.com/s/i0OwUimTlkHKcA8E0saSew>

- * 商联会：二手新能源物流车残值崩不崩？整车品牌、电池品牌、电池技术迭代、市场保有量都是影响残值的重要因素；而电池是残值的“定盘星”。<https://mp.weixin.qq.com/s/A2iBP6k8VI9G5UzBTrb-Gw>
- * 商用车新闻·数据 | 9月新能源重卡：“金九”旺销 2.4 万辆创新高！解放夺冠，徐工 / 三一 分列二三。<https://mp.weixin.qq.com/s/xQ01djr7tLAKlgwq9Seo5A>
- * 深圳：全市首个重卡兆瓦超充站。<https://mp.weixin.qq.com/s/uT5eEvAAHXhXP-8qtpCPTA>
- * 生态环境部：《中国移动源环境管理年报（2024）》。<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjgl/202008/P020200811521365906550.pdf>
- * 携手推动钢铁物流绿色低碳转型 东风汽车、宝钢股份、华为数字能源钢铁物流全面电动化启动暨 70 辆东风新能源车辆交付仪式举行。<https://etp.dfmc.com.cn/xydt/002002/20250909/13b0b51f-8634-4d2d-99bb-bd6a78dd3a07.html>
- * 新能源货车商业保险难题：“保”与“拒”如何博弈。https://news.cnr.cn/native/gd/20241229/t20241229_527024417.shtml
- * 新能源重卡投保“又难又贵”？专家 / 厂商 / 用户给出破题方案！https://www.163.com/dy/article/JVU7KCBT0527RT9S.html?spss=dy_author
- * 信息发布 | 2024 年全国电动汽车充换电基础设施运行情况。https://mp.weixin.qq.com/s/WYrM2YdywHRaZR79Ku6dZw?scene=1&click_id=5
- * 行业洞见 | 前 5 月重卡电池 / 电机配套简析。https://mp.weixin.qq.com/s/?__biz=Mzg5Njk4NDMwOQ==&mid=2247493035&idx=2&sn=4647a4e10a1a1ebec38a84e6a1a8c8b3&chksm=c14af3e61f6a92eaa7934610bd07337f8fa29b2719fa84fed31f471e792480c0ea259d8ba157#rd
- * 中国钢铁工业协会：钢铁企业超低排放改造和评估监测进展情况公示。<https://www.chinaiisa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/list.html?columnId=50d99531d5dee68346653ca9548f308764ad38410a091e662834a5ed66770174>
- * 中国能源报 | 钢铁行业绿色转型之路如何越走越宽？<https://mp.weixin.qq.com/s/1FFvECiHPEBDsf2xOa0YsQ>
- * 中国能源观察：重卡电动化引领“换电生态圈”。<https://mp.weixin.qq.com/s/A0X3X08FC4O7zlejJ3qbcA>
- * 中国冶金报社：注意，别让钢铁超低排放卡在了清洁运输之路上！<https://mp.weixin.qq.com/s/E7ct69FaHHu69TxF7UyPYA>



亚洲清洁空气中心中国办公室

地址: 北京市朝阳区秀水街 1 号建国门外外交公寓 3-41, 100600

邮箱: china@cleanairasia.org

电话 / 传真: +86 10 8532 6172

网址: www.cleanairasia.cn www.allaboutair.cn