

基于绿色物流视角的商品车多式联运体系优化

王莉

中铁特货汽车物流有限责任公司，北京，100070；

摘要：在全球碳中和目标驱动下，绿色物流理念日益深入人心，如何在保证服务质量的前提下实现碳排放最小化成为商品车多式联运面临的核心挑战。本文立足绿色物流视角，首先梳理出多式联运运输组织的关键特征，并识别当前多式联运运行中的四类典型障碍，进而，从构建区域协同网络、优化节点功能、完善信息平台与构建闭环物流体系四方面提出针对性优化策略，系统提升联运组织效率与绿色表现。

关键词：商品车物流；多式联运；绿色物流；节点协同；智能平台

DOI：10.64216/3080-1486.25.08.007

商品车物流作为商品车物流系统中的核心环节，其运行效率直接影响汽车产业链的运作效能与生态外部性。面对商品车物流中高频调度、跨区域输送与客户时效敏感并存的现实情境，多式联运成为重塑运输组织结构的重要方式。绿色物流理念强调全过程碳排放控制与运输资源配置效益优化，要求多式联运系统不仅满足运输时效性与经济性，还需兼顾环境友好与循环可持续目标。因此，有必要构建以绿色绩效为导向的商品车多式联运优化机制，以提升整体物流生态系统运行质量。

1 商品车多式联运体系运行机制分析

1.1 商品车物流模式演化下的运输组织特征

在新能源汽车普及、智能制造升级与绿色低碳政策驱动下，商品车物流模式正经历显著演化。传统以经销商为终端的 B2B 批量配送，逐步向直达终端用户的 C 端交付、多场景分发等模式延伸，形成了“多批次、小规模、定制化”的运输特点。与零部件运输相比，商品车因体积固定、装载模式单一，对装载空间利用率与路径规划的优化需求更高。在多式联运背景下，绿色物流理念要求在保障交付时效的同时，最大化利用低能耗运输方式。行业数据显示，铁路与水路单位运输距离的碳排放量较公路低 30% - 70%，但在实际运营中，商品车运输仍存在装载利用率波动、回程空驶率高、多批次发运导致单批次能耗偏高等问题。这些特征决定了商品车多式联运的运行机制必须在运输工具选型、路径优化与批量组织上实现绿色化与高效化的平衡。

1.2 多式联运路径组合方式与节点布局模式

商品车多式联运路径组合机制，是基于不同运输方式的能效特点、网络覆盖范围及节点衔接能力的动态匹

配过程。铁路具备长距离、大批量、低碳排放的优势，适合承担中远程干线运输；水路在能源效率与碳减排方面表现更优，适用于港口资源密集、通达性强的运输走廊；公路则凭借机动灵活性，主要负责末端配送及支线衔接。

在绿色物流框架下，路径组合应遵循“干线低碳化、支线高效率化、全程可视化”的原则，综合考虑运输距离、批量规模、时效要求、节点装卸能力与碳排放约束等多维因素，实现动态调度与模式切换。然而，目前我国商品车多式联运枢纽节点布局呈现功能过度集中、能力分布不均、跨方式转换设施不足等问题，导致路径衔接效率偏低，等待与换装环节的能源浪费显著。

2 商品车多式联运体系运行关键障碍识别

2.1 联运网络结构碎片化制约绿色运输效能

当前我国商品车多式联运网络呈现显著的结构分割，各运输方式间缺乏系统性整合规划，严重制约了绿色运输效能的发挥。从网络布局看，全国商品车运输网络中，铁路运输占比仅为 8.2%，水路运输占比 3.5%，而公路运输高达 88.3%，远超发达国家铁路运输 30-40% 的平均水平。网络组织模式的碎片化主要体现在三个层面：首先，干线运输与末端配送缺乏有效衔接，铁路、水路等绿色运输方式主要承担长距离干线运输，但与末端公路配送网络间存在明显断点，导致货源无法有效向绿色运输方式转移；其次，区域间联运通道布局不均衡，东部沿海地区铁水联运网络相对完善，而中西部地区多式联运覆盖率不足 30%，制约了全国性绿色运输网络的形成；最后，运输企业间缺乏协同机制，各承运主体基于自身利益最大化配置资源，忽视了系统性碳排放优化

的需求。

2.2 节点转换能力不足阻碍运输方式绿色转移

多式联运节点作为不同运输方式转换的关键枢纽,其处理能力与运行效率直接影响货主选择绿色运输方式的意愿。目前我国商品车多式联运节点普遍存在处理能力不足、设施标准化程度低、作业效率不高等问题,成为制约运输结构向绿色化转型的主要瓶颈。从设施配置看,全国具备商品车多式联运功能的节点仅有 47 个,平均服务半径超过 150 公里,远大于发达国家 80-100 公里的标准。现有节点中,具备专业化商品车装卸设施的比例不足 60%,标准化程度低,装卸效率平均比专业化节点低 30-40%。从作业能力看,节点平均转换时间为 6-8 小时,而国际先进水平为 2-4 小时,转换时间的延长直接增加了多式联运的时间成本和不确定性,降低了相对于公路直达运输的竞争优势。

2.3 信息系统割裂影响全链条绿色调度优化

商品车多式联运涉及汽车制造企业、多式联运运营人、各类承运人、节点运营商等多元主体,信息系统的集成水平直接决定了全链条绿色调度优化的实现程度。当前各主体信息系统普遍存在标准不统一、接口不兼容、数据共享程度低等问题,严重制约了多式联运的绿色效益发挥。各运输方式之间缺乏统一的数据交换标准,导致车船班次衔接不畅,平均中转等待时间延长 2-4 小时,直接增加了碳排放强度。信息孤岛现象突出,约 70% 的多式联运企业仍采用独立的运输管理系统,缺乏与上下游合作伙伴的信息共享机制。这种信息割裂导致运输计划制定缺乏全局优化考虑,无法实现基于碳排放最小化的路径选择和资源配置。同时,实时信息获取能力不足,对运输过程中的延误、拥堵等异常情况响应滞后,影响了动态调度优化的效果。

2.4 逆向物流体系缺失制约循环经济发展

绿色物流的核心理念之一是构建循环经济体系,实现资源的高效循环利用。然而,当前商品车多式联运体系在逆向物流组织方面存在系统性缺失,严重制约了汽车产业循环经济的发展水平。逆向物流需求持续增长但组织能力滞后。随着汽车保有量的快速增长和更新周期的缩短,报废汽车回收、零部件再制造、包装材料循环利用等逆向物流需求年增长率达 15-20%。但现有多式联运网络主要面向正向物流设计,逆向物流路径规划缺位,回收网络覆盖率不足 40%,大量可再利用资源因运输成

本过高而被就近处置,资源循环利用效率低下。逆向物流基础设施建设严重滞后,专用回收运输装备配置率仅为 12%,多数企业仍依赖传统货运方式处理回收物资,运输效率低且环境风险高。同时,逆向物流信息追溯体系不完善,回收物资的来源、质量、处理状态等关键信息缺乏有效记录和传递,影响了再制造产品的质量控制和市场认可度。

3 面向绿色物流目标的商品车多式联运优化路径

3.1 构建区域协同的干支联运网络体系

针对网络碎片化问题,应推动以“干线统一+支线灵活”为导向的干支联运体系建设,形成覆盖广泛、衔接顺畅、模式多元的多式联运网络。重点在于打破企业自建封闭式网络局限,推动铁路、水路、公路干线资源跨主体协同开发,构建以区域联运平台为核心的共享型网络组织架构。面向绿色物流目标,应以碳效率最优化为核心原则,推动运输结构从高碳的公路主导模式向低碳的多式联运模式转变,形成层次分明、绿色高效的网络架构。重点提升铁路和水路等低碳运输方式在干线网络中的承载能力和服务水平,力争将铁路运输占比从当前 8.2% 提升至 25% 以上,水路运输占比从 3.5% 提升至 12% 以上,实现干线运输碳排放强度降低 40% 以上。通过优化干线运输组织模式,建立定班制、快班制等标准化服务产品,提高绿色运输方式的市场竞争力和货主选择意愿。在支线网络建设中,推广新能源货车、LNG 车辆等清洁能源运输装备,建立覆盖主要节点的绿色集疏运网络。支线运输应与干线运输在时间、空间上实现精准对接,通过“最后一公里”绿色化改造,确保全链条运输的低碳属性。同时,优化支线路径规划,减少迂回运输,提高运输效率和资源利用率。

3.2 优化多式联运节点功能配置与操作流程

为提升节点转换效率,应推动联运节点向“多功能、一体化”枢纽升级,强化不同运输方式在节点间的无缝切换能力。关键在于提升节点标准化装备配置水平、推进装卸流程一体化协同作业,并通过机制联动实现节点运营计划联动执行。在主要联运枢纽,如阳逻港、重庆果园港,布局商品车专用装卸区,配备通用化滚装设备与智能调度系统;推进节点间短驳段专线化建设,如港铁间设立专属转运通道,减少城市道路干扰;建立港口、铁路、公路三方作业协同平台,采用“统一排班+动态调整”机制同步更新装卸时间窗口,提升节点吞吐效率。

标准化装卸工具,如通用车辆固定平台、可伸缩装车桥的普及,将显著降低重复装卸频次,减少车辆损伤率与装卸时间。通过统一装卸设备标准化,减少重复作业带来的能源浪费;推进电动化装卸机械应用,降低传统柴油设备的污染排放;在调度系统中引入低碳优先算法,使车辆在最少等待和最短路径下完成作业,从源头上控制运输过程中的碳强度。节点间作业协同效率提高可将平均换装时间缩短,进一步压缩整体运输周期,实现绿色目标与客户满意度同步提升。

3.3 建设基于全链条可视化的智能信息系统

信息系统集成不足制约全流程效率,应推动跨主体、多节点的信息平台融合,构建涵盖运输计划、执行监控、节点动态、碳排核算等功能于一体的智能物流协同系统,实现多方式、多订单、多路径条件下的动态调度与绿色运营管理。构建制造商、物流服务商、节点运营方统一的信息交互标准与数据接口协议。推进平台化协同体系构建,依托商品车联运云平台,整合功能模块,提供订单状态实时更新、路径选择辅助、节点拥堵预警与碳排放跟踪功能,嵌入智能算法实现动态路径重构与资源调度最优化,适应突发事件与订单变更需求。系统升级后,运输计划同步时间可缩短至1小时内,路径误差控制在 $\pm 5\%$,信息反馈时效性提升80%。通过碳排数据集成为分析,可实现多运输方式碳强度对比与优化,引导运输资源向低碳模式倾斜。为破解信息孤岛困境,需建立统一的数据治理体系,制定标准化的数据采集、存储、传输规范,确保各主体系统间的无缝对接,应用区块链技术构建可信数据共享机制,保障敏感商业信息安全的同时实现必要数据的透明流转。

3.4 构建闭环导向的多式逆向物流体系

当前逆向物流路径缺位问题严重,应推动正逆路径协同组织,提升运输资源利用率与绿色回收能力。优化方向应围绕逆向物流需求整合、回程资源配置与网络路径重构,构建商品车运输与售后回收、残值再流通等业务的闭环网络。依托正向联运网络节点设立“逆向集货点”,将零配件、旧件、维修残车等逆向物资统一收集并纳入铁路或水路回程运力调配计划;采用“混合装载+双向配载”策略,提升车辆回程负载率;建设逆向物

流子系统,嵌入回收订单预测、装载仿真与路径智能重构功能,提升逆向路径稳定性与经济性。通过回收零配件和旧车残件,可减少原材料开采与生产环节的能源消耗,在运输组织上,双向配载避免单向高负荷与回程空驶造成的资源浪费,实现碳排削减与经济效益的双赢。以重庆—上海线路为例,通过回程配置零配件与旧件运力,铁路运力利用率可由15%提升至60%,公路运输空驶率降至30%以内。

4 结束语

商品车多式联运通过合理配置公路、铁路、水路等运输资源,能够有效降低物流成本,减少环境负荷。现有多式联运体系存在全面识别网络组织、节点转换、信息系统与逆向物流四大结构性问题,只有通过区域网络协同、节点功能重构、平台系统升级与逆向路径闭环四轮驱动,才能实现商品车联运体系在效率与可持续性之间的双重突破。随着我国汽车产业转型升级,商品车物流将在智能化调度、碳足迹管理和跨区域协同方面持续深化,推动我国汽车产业链绿色供应体系高质量发展。

参考文献

- [1]刘仕玲,李晓奔.新营销模式下第三方物流企业整车物流模式的优化研究[J].铁路采购与物流,2025,20(3):56-58,71.
- [2]徐兵,徐艳华,刘晗琦.整车物流服务供应链出厂智能调度建模[J].计算机集成制造系统,2025,31(4):1432-1445.
- [3]王泽民.汽车新零售下的整车物流新模式研究[J].物流技术与应用,2023,28(7):133-136.
- [4]贾洪飞,徐英俊,杨丽丽,等.商品车多式联运联盟成员选择及利益分配[J].吉林大学学报(工学版),2023,53(4):1060-1069.
- [5]温想,李俊,计三有,等.长江集装箱多商品流多式联运路径优化[J].物流工程与管理,2022,44(7):127-133.

作者简介:王莉1981年12月28日,蒙族,女,籍贯:内蒙古通辽市,学历:本科,工程师,职务:部门副经理,研究方向:汽车物流方向。