

4.3 结构及工艺创新

自密封钢管管：在出浆孔内侧增设弹性封板与扭簧，浆液压力 > 0.8MPa 时自动顶开封板，停机时闭合防堵；

分段式注浆装置：采用套接式增加管（第一增加管 $\phi 52\text{mm}$ ，第二增加管 $\phi 42\text{mm}$ ），通过隔板控制不同深度的注浆范围，避免手动提管。

5 工程应用案例分析

5.1 沙湾河深圳水库截排工程项目

项目背景：红棉路西侧桩号控制范围为 GB0+000 ~ GB0+236.17 及 GD0+000 ~ GD0+207.41，现原地面为部分拆迁楼栋留有现状混凝土硬化地面、部分现状土路面，地势高差较大。地质勘探揭露显示土层有杂填土（成分较杂，含垃圾袋、碎石、砼块等建筑垃圾。多为松散~稍密状，未完成自重固结。承载力较低，变形量较大，工程力学性状较差，为软弱地层）、素填土、含有机质粉质黏土、粉质粘土。由于填土层密实程度不一，稳定性差，存在易滑动、沉降变形和承载力不足等，且地基存在建筑垃圾，为中等~强透水性，对基坑支护施工会带来较大影响。边坡治理横断面图详见图 2 所示

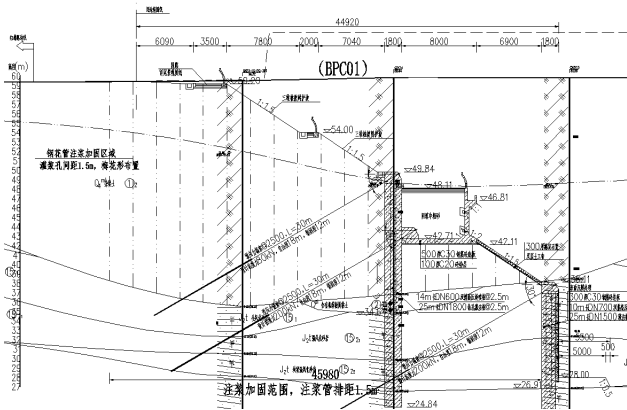


图 2 边坡治理横断面图

5.2 技术应用

试桩工艺布孔：通过 4 组不同钢管管注浆间距试验验证，以及第三方检测单位对 4 个实验方案检测结果分析，得出注浆孔间距为 1.5m × 1.5m，呈梅花等边布置，为后续大面积施工的各种技术参数指标提供参考依据。钢管管注浆间距平面图详见图 3

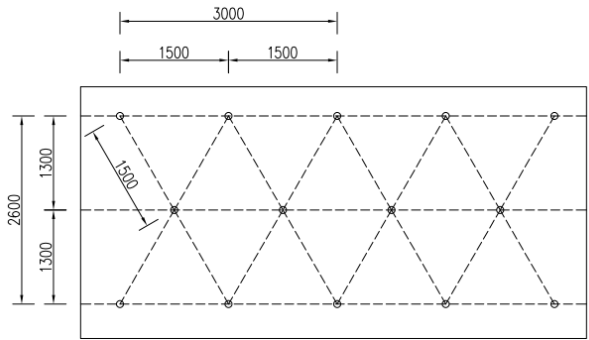
工程检测：选择标准贯入试验方法进行检测，在注浆深度范围内标准贯入试验锤击数平均值范围为 26 击 ~ 28 击，满足设计要求。

地基承载：工后 6 月沉降趋稳，边坡位移率下降

85%。

梅河高速路基加固项目

项目背景：K9+830~+995 右幅路基因强降雨导致沉降 > 30mm，下边坡纵向裂缝宽 5-20cm，坡脚积水。



钢管管注浆平面图 1:50

图 3 钢管管注浆间距平面图

技术应用：

差异化布孔：沉降区布四排梅花孔（横向距分隔带 1.75m），积水区布三排孔；

二次注浆工艺：首次注浆封裂隙，6 小时后 1.5MPa 劈裂注浆；

效果：工后 3 月沉降趋稳，边坡位移率下降 90%。

藏东南冰碛斜坡加固试验

地质条件：冰碛物架空结构发育，渗透系数 > 10^{-3}cm/s 。

参数优化：

孔间距 / 加固半径比 ≤ 8 （取 1.6m 孔距）；

注浆压力 0.5-1.0MPa，水灰比 2: 1（大流量渗透）；

成效：土体粘聚力提高 47%，压缩模量提升 35%。

6 结论与展望

未来研究需深化浆液 - 岩土体相互作用模型，并开发智能化注浆监控系统，实现压力 - 流量的实时反馈控制。此外，环保型注浆材料（如矿渣基胶凝剂）的应用将是绿色施工的重要方向。

参考文献

- [1] 黄明波. 基于钢管管注浆的边坡加固处治设计及施工工艺[J]. 广州航海学院学报, 2021, 29(1): 71-74.
- [2] 闫明超. 隧道洞口挡土墙稳定性及其加固技术研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(5): 86-89.
- [3] 彭有. 高原寒区裂隙岩体注浆材料选配与加固机理研究[D]. 辽宁: 大连理工大学, 2024.

Research on the Integrated Organization Model and Collaborative Operation Mechanism of Railway Multimodal Transport

Zepeng Bi

China Railway First Engineering Group New Transportation Engineering Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract

In recent years, China's multimodal transportation by railway has achieved rapid development. Key lines such as the China-Europe Railway Express, the Western Land-Sea New Channel Railway-Sea Transport, and the Along-Japan and Along-China Coast Railway-Water Transport have seen continuous growth in transportation volume. The construction of multimodal transportation demonstration projects has achieved remarkable results, and the overall development level of the industry has steadily improved. However, at the same time, the development of railway multimodal transportation is still in its initial stage. Compared with developed countries in Europe and America, there are still significant gaps in aspects such as integrated organizational level, full-chain collaborative capabilities, and standardized service systems. Against this backdrop, this paper focuses on the core demands of the integrated development of railway multimodal transportation, systematically builds an integrated organizational model system and collaborative operation mechanism, resolves the current pain points and difficulties in the industry's development, and provides systematic solutions and practical ideas for promoting the high-quality development of railway multimodal transportation.

Keywords

Railway multimodal transport; Integrated organizational model; Collaborative operation mechanism; Modern logistics

铁路多式联运一体化组织模式与协同运作机制研究

毕泽鹏

中铁一局集团新运工程有限公司, 中国·内蒙古·鄂尔多斯 017000

摘要

近年来,我国铁路多式联运实现了快速发展,中欧班列、西部陆海新通道铁海联运、沿江沿海铁水联运等重点线路运量持续攀升,多式联运示范工程建设成效显著,行业整体发展水平稳步提升。但与此同时,铁路多式联运发展仍处于初级阶段,与欧美发达国家相比,在一体化组织水平、全链条协同能力、标准化服务体系等方面仍存在显著差距。在此背景下,本文聚焦铁路多式联运一体化发展的核心需求,系统构建一体化组织模式体系与协同运作机制,破解当前行业发展的痛点难点,为推动铁路多式联运高质量发展提供系统的解决方案与实践思路。

关键词

铁路多式联运; 一体化组织模式; 协同运作机制; 现代物流

1 引言

多式联运作为整合多种运输方式比较优势、提升综合运输效率、降低全社会物流成本的核心业态,已成为现代流通体系建设的核心任务。铁路运输具有大运量、低能耗、高安全、低成本、全天候的比较优势,是跨区域干线运输的骨干力量,以铁路为核心构建一体化多式联运体系,既是破解长期以来运输结构失衡、公路货运过度依赖问题的核心路径,也是落实“双碳”战略目标、推动交通运输绿色低碳转型的必然要求,更是服务国内国际双循环新发展格局、保障

产业链供应链稳定畅通的重要支撑。

2 铁路多式联运一体化发展的现存瓶颈问题

2.1 组织模式碎片化,全链条一体化服务能力不足

当前铁路多式联运的组织模式仍以分段运输为主,多数业务仅实现了铁路、公路、水路等运输环节的简单拼接,而非真正意义上的全程一体化组织。铁路企业的服务多集中于干线运输环节,对前端集货、末端配送的掌控能力弱,干支衔接不畅,“最先一公里”与“最后一公里”的短板突出,直接导致“门到门”服务能力难以满足市场需求。

多式联运枢纽的一体化功能也存在明显短板,部分铁路货运场站与港口、公路港、物流园区的物理衔接不足,“港站分离”问题突出,换装中转环节多、效率低、成本高,难以实现一体化的作业组织。目前市场上也普遍缺乏能够提供

【作者简介】毕泽鹏(1990—),男,中国河北石家庄人,本科,助理工程师,从事铁道机车车辆研究。

全程一体化服务的多式联运经营人，多数企业仍以分段承运为主，全程责任体系不健全，难以适配货主企业对全链条物流服务的核心需求。

2.2 规则标准不协同，“一单制”落地存在制度瓶颈

跨运输方式的规则标准不协同，是制约铁路多式联运一体化发展的根本性制度障碍。不同运输方式的技术标准、作业标准长期不统一，集装箱、运载单元、装卸设备、安全管理等标准存在差异，导致换装作业效率低、设备通用性差，增加了不必要的作业成本。

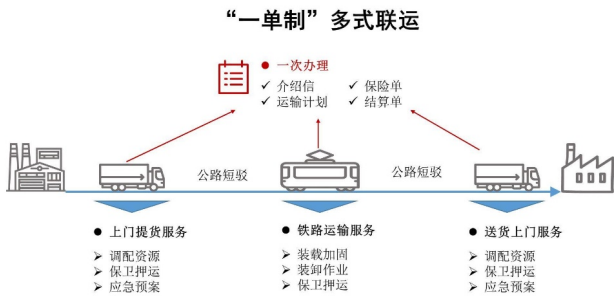


图1 “一单制”多式联运

单证规则的不协同更为突出，铁路运单与海运提单、公路运单的法律属性、单证格式、流转规则差异较大，尤其是铁路运单的物权属性缺乏明确的法律支撑，不仅难以实现“一单到底”的全程服务，更无法实现单证的金融质押功能，严重制约了全程服务一体化的发展。在跨境多式联运领域，国内铁路运输规则与国际铁路联运、国际海运规则的衔接不足，通关、检验检疫、保险、理赔等环节的规则不协同，进一步增加了跨境多式联运的制度性成本。

2.3 信息壁垒根深蒂固，全流程数据互通共享不足

信息数据的一体化是多式联运一体化的核心基础，但当前跨行业、跨主体的信息孤岛问题仍十分突出。铁路内部的运输管理系统与港口、航运、公路物流企业的信息系统兼容性差，数据接口不统一，难以实现全程运输信息的实时互通与共享。

不同管理部门之间的信息壁垒也尚未打破，铁路、交通、海关、税务、市场监管等部门的监管系统数据互通不足，企业需要多头申报、重复录入，既增加了合规成本，也制约了通关、联运作业的效率提升。

2.4 市场主体联动不足，利益与风险协同机制缺失

铁路多式联运的参与主体众多，涵盖铁路运输企业、港口企业、航运企业、公路货运企业、货代企业、货主企业等，各主体之间的协同联动不足，尚未形成稳定的合作生态。各参与主体的经营理念、利益诉求存在天然差异，铁路企业长期以来以干线承运为主，市场化服务意识不足，与上下游企业的合作多停留在浅层次的业务对接层面，缺乏深度的股权合作、资源共享与利益绑定。

市场化的利益分配机制与风险共担机制长期处于缺失

状态，全链条的价值创造与利益分配不匹配，各主体更关注自身环节的利益最大化，而非全链条的整体最优，容易出现相互推诿、责任不清的问题，难以形成长期稳定的协同合作关系。

2.5 基础设施衔接不畅，集疏运体系存在明显短板

基础设施的互联互通是一体化组织的物理基础，当前铁路多式联运的基础设施仍存在诸多短板。铁路集疏运体系不完善，部分沿海沿江港口、大型物流园区、工矿企业的铁路专用线建设滞后，“最后一公里”的铁路衔接不足，导致“公转铁”政策落地缺乏硬件支撑，货物需要多次中转倒装，额外增加了运输成本与时间损耗。多数铁路货运场站仍以传统的装卸、仓储功能为主，缺乏一体化的联运作业、分拨配送、保税服务、金融服务等配套功能，难以适配多式联运一体化发展的需求。

3 铁路多式联运一体化组织模式的体系构建

3.1 “通道+枢纽+网络”空间组织一体化模式

空间网络的一体化，是铁路多式联运全链条协同的基础载体，核心是构建以铁路干线为骨架、综合枢纽为节点、干支衔接为支撑的一体化运输网络。依托国家综合立体交通网主骨架，可强化跨区域铁路干线通道建设，优化中欧班列、西部陆海新通道、沿江沿海铁水联运等核心通道的运输组织，提升干线运输的规模化、常态化、高效化水平。

在此基础上，推动多式联运枢纽的一体化建设，落实“港站一体化、园站一体化”理念，加快铁路专用线进港口、进园区、进厂区，实现铁路场站与港口、物流园区的无缝衔接，打造集干线运输、换装中转、仓储分拨、末端配送于一体的综合联运枢纽，减少中间换装环节。

3.2 “一单制”全程服务一体化模式

以“一单制”为核心的全程服务一体化，是铁路多式联运一体化的核心内核，核心目标是打破分段运输的服务壁垒，构建“一次托运、一次付费、一单到底、一次保险、全程负责”的全程服务体系。实现这一目标，首先要推动多式联运单证的标准化与物权化，以全国统一的多式联运运单为核心，整合铁路、公路、水路等不同运输方式的单证规则，推动铁路运单的物权属性法律确认，实现“一单到底”的全程单证流转，同时可依托区块链技术实现运单的全程溯源、不可篡改，支撑运单的金融质押功能，拓展物流金融服务。

在此过程中，需要着力培育全程一体化的多式联运经营人，鼓励铁路企业与港口、航运、公路物流企业深度合作，成立合资运营主体，打造具备全程承运能力、承担全程责任的多式联运经营人，为货主企业提供门到门的一体化物流解决方案，而非简单的分段运输服务。

3.3 “干支仓配”作业流程一体化模式

服务的一体化，必须落地到全链条作业流程的重构与优化上，才能真正转化为运输效率的提升与物流成本的下

降。作业流程的一体化，核心是打破不同运输环节的作业壁垒，实现全流程作业的协同优化。可全面推行标准化的集装箱运输模式，以集装箱、标准化托盘等为核心运载单元，推动运载单元的标准化、循环共用，实现不同运输方式之间的“不倒箱、不倒托”快速换装，大幅提升换装作业效率。

3.4 “数字赋能+生态共建”要素一体化模式

无论是网络、服务还是流程的一体化，都离不开数字要素的底层支撑，数字生态的一体化，是实现全链条要素协同的核心抓手。其核心是以数字化技术打破要素壁垒，构建全要素协同的产业生态。通过搭建全国性或区域性的铁路多式联运一体化数字平台，可整合铁路运力、港口作业、公路运力、仓储资源、货主需求等各类要素资源，实现供需的精准匹配与资源的一体化配置。

4 铁路多式联运一体化发展的协同运作机制

4.1 跨主体权责协同机制

跨主体协同的首要前提，是清晰界定全链条各参与方的权责边界，建立权责对等、全程可控的协同治理架构。需要建立“核心主导+多方参与”的协同治理体系，以多式联运经营人为核心，明确铁路运输企业、接驳运输企业、港口作业企业、仓储企业等各参与方的权利、责任与义务，建立全程责任体系，实现“全程负责、分段管控”。在此基础上，推动主体间的深度合作，鼓励各参与主体通过股权合作、战略联盟、合资共建等方式，形成深度绑定的利益共同体，打破传统的业务对接模式，实现资源共享、优势互补。

4.2 跨方式规则标准协同机制

权责体系的落地执行，需要统一、协同的规则标准体系作为制度基础，否则跨方式、跨区域的协作便无章可循。需要打破不同运输方式、不同区域的规则壁垒，构建全国统一、国际衔接的规则标准体系。由国家行业主管部门牵头，可推动技术标准的一体化，统一不同运输方式的运载单元、装卸设备、场站设施、安全管理等技术标准，实现装备设施的通用化、标准化，降低换装作业的制度性成本。

4.3 跨领域数据信息协同机制

规则的贯通与流程的协同，高度依赖数据信息的顺畅流转，打破信息孤岛、建立跨领域的数据协同机制，是实现全链条智能化管控的核心支撑。需要建立跨部门、跨行业的信息共享制度，由国家相关主管部门统筹，推动铁路、交通、海关、税务、市场监管等部门的政务数据开放共享，打破行政壁垒，实现“一次申报、全程通用”。

同时推动企业间的信息系统互联互通，制定统一的数据接口标准与数据交换规范，鼓励铁路企业、港口企业、物流企业等市场主体开放数据接口，实现运输、作业、仓储等核心数据的实时互通。可依托区块链等技术构建可信数据共享体系，利用其不可篡改、可溯源的特性，实现多式联运全链

条数据的可信共享，保障数据安全与隐私保护，同时为单证流转、物流金融、责任认定提供可靠的数据支撑。

4.4 市场化利益共享与风险共担机制

市场主体的长期稳定协作，核心在于建立激励相容的利益分配与风险共担机制，破解各参与方之间的利益博弈难题。需要构建“价值共创、利益共享、风险共担”的市场化机制，保障全链条协作的可持续性。基于全链条的价值创造，按照各参与主体的资源投入、成本支出、风险承担、贡献度等因素，制定科学合理的利益分配方案，保障各环节的合理收益，引导各主体从追求单一环节利益最大化，转向实现全链条整体效益最优。

4.5 跨区域政策协同保障机制

全国层面一体化体系的构建，还需要破除行政区域壁垒，建立跨区域、跨部门的政策协同保障机制，为行业发展营造统一、公平的制度环境。需要推动区域间政策的协同统一，破除地方保护主义与区域市场壁垒，统一不同区域的多式联运扶持政策、税收优惠、监管规则，避免政策洼地与同质化竞争，保障全国统一大市场的建设。

完善跨区域监管协同机制，推动不同区域、不同部门的监管规则统一，建立跨区域的联合执法、协同监管机制，减少不必要的行政干预，降低企业的跨区域经营成本。在跨境联运领域，强化国际政策协同，加强与“一带一路”沿线国家的政策对接，推动跨境铁路联运、海关通关、检验检疫等方面的国际合作，提升跨境多式联运的通关便利化水平。

5 结语

综上所述，以铁路为核心的多式联运一体化发展，是综合交通运输体系转型升级的核心方向，也是服务国家战略落地的重要支撑。未来，随着综合交通运输体系的不断完善，数字化技术的持续赋能，以及制度规则的不断健全，铁路多式联运的一体化发展水平将持续提升。行业应持续深化组织模式创新与协同机制完善，充分发挥铁路运输的比较优势，推动各种运输方式的深度融合，为现代流通体系建设与经济社会高质量发展提供更强有力的运输保障。

参考文献

- [1] 王茹. 综合交通运输体系多式联运协调机制构建与优化路径[J]. 汽车周刊, 2026, (03): 13-15.
- [2] 潘亚菲, 任宗伟, 黄梦琦. 基于知识图谱的我国多式联运研究态势与热点分析[J]. 物流科技, 2026, 49(03): 103-108.
- [3] 张海, 刘娜. 高速铁路与多式联运融合的交通物流高质量发展体系构建[J]. 中国物流与采购, 2026, (02): 57-58.
- [4] 周继强. 我国铁路发展多式联运的问题及对策分析[J]. 中国物流与采购, 2026, (01): 156-157.
- [5] 张伟. 多式联运中铁路枢纽功能优化与政策协同研究[J]. 交通运输部管理干部学院学报, 2025, 35(04): 31-34+44.