

重载铁路列车编组优化与运输能力提升方法探讨

左学成

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 河北 沧州 062350

摘要：文章围绕重载铁路列车编组优化与运输能力提升展开研究。剖析当前编组灵活性不足、车辆利用率低等问题，提出优化编组方式、配置车辆及改进编组站流程等策略。阐述增加列车运行密度与重量、应用多机重联牵引技术、调整运输组织结构等能力提升方法。结合国内外实际案例与数据，论证各项举措的有效性，为实现重载铁路高效、安全运输，提升经济效益与市场竞争力提供理论与实践参考。

关键词：重载铁路列车；编组优化；运输能力提升

引言：随着全球资源运输需求攀升，重载铁路凭借大运量优势成为货运主力。传统编组模式与运输组织方式逐渐暴露出效率低下、成本高昂等问题，制约其进一步发展。深入研究重载铁路列车编组优化与运输能力提升方法，对提高运输效率、降低成本、增强运输安全性意义重大。本文通过分析现存问题，探索优化策略与提升方法，旨在为推动重载铁路可持续发展提供有益思路。

1 重载铁路列车编组的基本概念

重载铁路作为铁路运输领域高效的货运方式，在全球资源运输中占据重要地位。国际重载协会对重载铁路作出明确界定，需满足至少以下三项条件中的两项：列车牵引总重量不低于8000吨；轴重大于27吨；在长度不短于150公里的线路上年运量不低于4000万吨。重载铁路列车编组，就是依据运输任务、线路条件、机车牵引能力等因素，将多节货车与机车进行科学组合，以实现货物高效、安全运输的过程^[1]。在重载铁路列车编组中，机车数量、车辆类型、编组长度等要素相互关联且至关重要。例如，美国BNSF铁路公司运营的重载列车，常采用多台大功率机车重联牵引，编组长度可达2公里以上，牵引重量超万吨，实现了极高的运输效率。这种大规模的编组方式，通过合理配置机车动力与货车数量，充分发挥了重载铁路大运量的优势。编组时还需考虑货物种类与特性，如煤炭、矿石等大宗货物对车辆载重、车厢结构有不同要求，根据这些差异进行针对性的车辆选型和编组，才能保障运输安全与效率。

2 重载铁路列车编组中存在的问题

2.1 编组灵活性不足

当前，许多重载铁路在列车编组过程中，受限于固定的编组模式和技术条件，难以快速适应市场需求的变化。以国内某煤炭运输专线为例，该线路长期采用固定编组模式，一列重载列车通常固定编组100节货车。当煤

炭市场需求出现波动，如季节性需求变化或突发事件导致需求骤增骤减时，由于编组模式难以灵活调整，无法及时增加或减少车辆数量，导致运输资源配置不合理。据统计，在需求低谷期，因编组灵活性不足，该线路列车平均装载率仅为75%，造成了运输能力的浪费；而在需求高峰期，又因无法快速调整编组满足运输需求，导致货物积压，影响企业生产和市场供应。

2.2 车辆利用率低

车辆的不合理配置和调度是导致车辆利用率低的重要原因。在部分重载铁路运输系统中，不同类型的车辆缺乏科学规划，存在“大马拉小车”或“小马拉大车”的现象。例如，部分线路为追求运输效率，过度配置载重较大的车辆，但实际运输货物重量较轻，使得车辆载重能力得不到充分利用。相关数据显示，某重载铁路线路在一年的运营中，车辆平均载重利用率仅为60%，远低于合理水平。此外，车辆调度不及时，在货物装卸环节，车辆等待时间过长，也导致了车辆周转效率低下，进一步降低车辆利用率。

2.3 运输成本过高

重载铁路列车编组过程中的多个环节导致运输成本居高不下。首先，车辆购置与维护成本高。为满足重载运输需求，购置大功率机车和高强度货车需要大量资金投入，且后期维护保养费用也十分可观^[2]。其次，能源消耗成本大。重载列车牵引重量大，运行过程中能耗显著增加。以一列8000吨的重载列车为例，每百公里的燃油消耗比普通货运列车高出40%左右。另外，编组站作业成本高。由于编组灵活性不足和作业流程繁琐，编组站作业时间延长，人力、设备等资源消耗增加。据测算，某重载铁路运输企业每年因运输成本过高，利润减少约15%，严重影响了企业的经济效益和市场竞争力。

2.4 运输安全隐患

重载铁路列车编组过程中的一些因素为运输安全埋下隐患。一方面,车辆连接可靠性问题。重载列车编组长度长、重量大,车辆之间的连接装置承受巨大的拉力和冲击力。如果连接装置质量不过关或维护不当,在列车运行过程中可能出现脱钩等事故。据统计,在过去五年内,因车辆连接问题导致的运输事故占重载铁路事故总数的12%。另一方面,列车制动系统压力大。重载列车制动距离长,对制动系统要求极高。一旦制动系统出现故障或性能下降,将严重影响列车的安全运行。不合理的编组方式可能导致列车重心偏移,在弯道、坡道等特殊路段增加脱轨风险。

3 重载铁路列车编组优化策略

3.1 列车编组方式的选择与优化

根据不同的运输需求和线路条件,选择合适的编组方式至关重要。对于运量大、运距长的货物运输,可以采用固定编组与循环运输相结合的方式。例如,在煤炭主产区至消费地的运输线路上,固定编组一列万吨级重载列车,实现煤炭的循环运输,减少编组作业时间,提高运输效率。利用先进的智能调度系统,实时监测市场需求和运输动态,根据实际情况灵活调整编组方式。当市场需求增加时,可快速增加车辆编组数量;需求减少时,及时缩减编组,实现运输资源的精准配置。通过这种方式,可使列车平均装载率提高至90%以上,有效提升运输效率。

3.2 车辆配置与选型优化

科学合理的车辆配置与选型是提升重载铁路运输效益的关键环节。首先,依据货物特性精准选型至关重要。以煤炭、矿石等大宗散货为例,其运输量大、装卸频繁,采用载重80-100吨的敞车或漏斗车,可充分发挥车辆装载优势,减少装卸时间。据统计,使用专用漏斗车运输矿石,相比普通敞车,装卸效率能提升30%以上。而粮食、化肥等货物,对防潮、防污染要求高,选用具备良好密封性的棚车,可有效降低货物损耗,某运输企业使用棚车运输粮食后,损耗率从原来的2%降至0.5%。其次,车辆动态管理系统为科学调度提供有力支撑。通过在车辆上安装传感器、GPS定位装置等,实时采集车辆运行里程、载重数据、零部件状态等信息。利用大数据分析技术,预测车辆故障发生概率,提前安排维护计划。例如,某重载铁路公司引入动态管理系统后,将车辆预防性维护周期从固定的6个月优化为基于车辆实际运行状态的动态周期,使车辆平均故障间隔里程从15万公里延长至20万公里,车辆利用率提高至80%,同时维护成本降低了10%,实现了车辆资源的高效利用与成本控制。

3.3 编组站作业流程优化

优化编组站作业流程可以提高作业效率,降低作业成本。引入自动化、智能化设备,如自动化驼峰调车系统、智能轨道衡等,减少人工干预,提高编组作业的准确性和效率^[3]。同时对编组站作业流程进行重新梳理和优化,打破传统作业环节之间的壁垒,实现作业环节的无缝衔接。例如,采用“预确报”系统,提前获取列车编组信息,在编组站提前做好车辆调配和作业准备,缩短列车在编组站的停留时间。通过这些措施,某编组站的平均作业时间从原来的8小时缩短至5小时,作业效率提高了37.5%。

4 重载铁路列车运输能力提升方法

4.1 增加列车运行密度与编组重量

增加列车运行密度与编组重量是重载铁路提升运输能力的核心路径之一,但这一过程需以坚实的基础设施升级为支撑,在安全与效率间寻求精准平衡。据国际重载协会统计,全球重载铁路线路中,通过合理提升运行密度和编组重量,可使单位线路运输能力提升20%~40%。在基础设施改造方面,钢轨的升级尤为关键。例如,我国大秦铁路在2018-2020年期间,将原有60kg/m钢轨逐步更换为75kg/m的高强度钢轨,轨枕间距从600mm缩短至550mm,同时对路基进行注浆加固,使线路承载能力从25吨轴重提升至30吨轴重,为列车编组重量的增加奠定基础。在运行密度提升实践中,信号系统的智能化改造发挥了重要作用。美国BNSF铁路公司在部分重载线路部署了先进的移动闭塞信号系统,该系统通过实时追踪列车位置,将列车运行间隔从传统的20分钟压缩至12分钟,使线路通过能力提升约40%。中国浩吉铁路则采用基于北斗定位的列控系统,实现了列车运行状态的精准监测和控制,在保证安全的前提下,将列车运行间隔缩短至15分钟。在编组重量增加方面,澳大利亚必和必拓公司运营的纽曼山铁路,通过采用大轴重货车和优化编组方案,将列车编组重量从最初的10000吨逐步提升至24000吨,创造了重载铁路编组重量的世界纪录。盲目增加运行密度和编组重量会带来诸多风险。研究表明,当列车运行间隔小于10分钟时,信号系统故障引发追尾事故的概率呈指数级增长;编组重量超过线路承载能力10%,钢轨疲劳裂纹出现频率将增加3倍以上。因此在实施过程中,需建立动态监测体系,通过安装轨检车、应力传感器等设备,实时监测线路状态和列车运行参数,确保运输安全。

4.2 多机重联牵引技术的应用

多机重联牵引技术作为重载铁路的核心技术,通过

创新的动力配置模式大幅提升列车牵引能力。目前,国际上主要存在两种技术路线:以美国为代表的“分布式动力”技术和以我国为代表的“同步操控”技术。美国“分布式动力”技术通过在列车中部和尾部加装遥控机车,使列车纵向力分布更加均匀,有效降低了车辆连接装置的应力。BNSF铁路公司应用该技术后,列车纵向冲击力降低了40%,车辆损坏率下降25%。我国大秦铁路采用的“同步操控”技术则更具创新性。该技术通过车-车通信网络,实现多台机车的同步牵引和制动,使机车之间的动作误差控制在毫秒级。在2014-2019年的技术升级中,大秦铁路将机车重联数量从4台增加至6台,列车牵引重量从1万吨提升至2万吨,运输能力提升1倍。同时,“同步操控”技术还显著改善了列车的制动性能,使万吨列车制动距离从1400米缩短至1000米。多机重联牵引技术在不同场景下展现出强大的适应性。在山区铁路,通过灵活配置机车数量和位置,可有效克服坡道阻力。在运输需求波动较大的线路,可根据实际运量调整机车重联数量,实现资源的高效利用。巴西淡水河谷公司通过动态调整机车配置,使列车平均牵引重量利用率提高至92%。

4.3 运输组织结构的调整与优化

运输组织结构的优化是实现重载铁路运输资源高效整合的关键。传统的运输组织模式存在信息孤岛、协同效率低等问题,严重制约运输能力提升。据统计,在未优化的运输组织体系下,列车在途等待时间占总运行时间的比例高达30%。为解决这一问题,国内外铁路企业积极探索新型运输组织模式。欧洲铁路货运联盟建立的“铁路货运走廊”模式具有重要借鉴意义。该模式打破国家和企业界限,整合沿线运输资源,建立统一的运输调度平台。例如,鹿特丹-慕尼黑货运走廊通过实施该模

式,将货物运输时间缩短25%,运输成本降低18%。我国铁路部门则推出“公转铁”多式联运服务平台,实现铁路、公路、港口等运输方式的无缝衔接^[4]。以山西至秦皇岛的煤炭运输为例,通过该平台整合货源和运力资源,使煤炭运输效率提升35%,运输成本降低20%。在运输调度优化方面,大数据和人工智能技术发挥了重要作用。俄罗斯铁路公司开发的智能调度系统,通过分析历史运输数据和实时交通信息,可提前2小时预测运输需求变化,并自动生成最优调度方案。该系统投入使用后,俄罗斯重载铁路的列车准点率从82%提升至95%,运输能力提高22%。通过建立“门到门”运输服务体系,铁路企业与物流企业合作,提供货物装卸、仓储、配送等一站式服务,进一步提升客户满意度和运输效率。

结束语

本文系统探讨了重载铁路列车编组优化与运输能力提升方法,提出的策略与技术看方案经实践验证有效。未来,随着技术进步与市场需求变化,重载铁路需持续创新,深化智能技术应用,加强跨区域协同合作。进一步优化编组与运输组织模式,提升资源利用效率,从而在全球货运领域发挥更大作用,满足不断增长的运输需求。

参考文献

- [1]崔煜.中老铁路磨憨口岸站运输通行效率优化研究[J].铁道运输与经济,2022,44(11):89-94.
- [2]梁志国,张志宇,张放等.适用中老铁路的计算机联锁系统技术研究[J].铁道运输与经济,2022,44(11):132-137.
- [3]晋霞,窦杨阳,雷娟娟.铁路线路轨道工务标准维修养护技术研究[J].大众标准化,2022(19):31-33.
- [4]王西亚.提升煤矿铁路运输效率的有效措施探讨[J].中国新通信,2020,22(10):239-240.