

Research on Improving the Efficiency of Heavy-duty Railway Skylight Transportation

Jicheng Wu

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 062350, China

Abstract

This paper deeply studies how to optimize the efficiency of heavy-duty railway skylight transportation, and first identifies the key factors affecting the efficiency by analyzing the problems existing in the current transportation system. This paper further analyzes the core elements needed to improve efficiency through case studies. The research emphasizes that the key to improving transportation efficiency lies in the integrated application of technological innovation, optimization process and refined planning. By innovating technology, optimizing construction processes, and implementing meticulous transportation planning, the operational efficiency of skylight transportation can be effectively improved. This not only enhances transportation efficiency, but also strengthens the performance and reliability of the entire railway transportation system.

Keywords

efficiency of heavy-duty railway skylight transportation; technology innovation; construction technology

关于提升重载铁路天窗运输效率的研究

吴继承

国能朔黄铁路发展有限责任公司, 中国·河北 沧州 062350

摘 要

论文深入研究了如何优化重载铁路天窗运输的效率, 通过剖析当前运输体系存在的问题识别了影响效率的关键因素。论文进一步通过案例研究分析了提高效率所需的核心要素。研究强调实现运输效率提升的关键在于技术创新、优化工艺及精细化规划的整合应用。通过创新技术、优化施工工艺以及实施周密的运输规划可以有效提高天窗运输的运作效率, 不仅提升了运输效率, 也增强了整个铁路运输系统的性能和可靠性。

关键词

重载铁路天窗运输效率; 技术创新; 施工工艺

1 引言

随着经济的发展和进步, 重载铁路天窗运输在我国运输中发挥着重要地位。然而, 由于天窗利用率不高、运输设备老化、安全隐患等问题, 其运营效率较低, 给重载铁路运输效率带来了影响。因此, 提升铁路天窗运输效率, 具有重要意义。

2 提升重载铁路天窗运输效率的意义

铁路线路长时间暴露在露天, 经过长时间运行后装载的货物泄露在线路上, 再加上自然环境、地理环境和施工工艺、材料的影响下, 铁路线路的各种设备将发生改变, 会出现几何尺寸变形以及设备损坏等情况, 给铁路运输产生许多隐患, 将会影响到列车的安全稳定运行。因此, 铁路线路运行一段

时间后就需要利用“天窗”时间进行维护保养, 部分施工项目作业完毕后需要限速运行, 从而给运输也带来较大的影响。

近年来, 随着铁路运量的逐年增长, 万吨列车、两万吨列车对数占比, 对运输安全要求和对铁路行车设备的检维修力度也相继提高, 设备大中修施工与运输的矛盾也日益凸显。特别是朔黄铁路原平公司管段长大下坡道地段, 大修换轨、隧道清筛、道岔机筛较多, 而此类施工对运输的影响也是最大, 为了有效提高施工效率质量、减少施工对运输的影响、更加安全高效地完成运输生产任务, 开展提升天窗运输效率具有重要意义^[1]。

3 重载铁路天窗运输存在的问题

3.1 自动闭塞区段天窗对运输能力的影响

“天窗”是指列车运行图中不铺画列车运行线或调整、抽减列车运行线为营业线施工和维修作业预留的时间, 按用途分为“施工天窗”和“维修天窗”。朔黄铁路公司实行施工、维修综合天窗, 按垂直天窗设置, 每次天窗给点时间不少于

【作者简介】吴继承(1983-), 男, 中国四川南充人, 本科, 工程师, 从事铁路交通运输研究。

180min (以下天窗均按 180min 计算)。

正常情况下的通过能力:

$$N = \frac{1440}{T_{周}}$$

其中, N 为平行运行图通过能力; 1440 为一昼夜时分; $T_{周}$ 为运行图周期 (是指一定类型运行图的一组列车占用区间的总时间, 在自动闭塞区间为追踪列车间隔)。

朔黄铁路 2024 年列车运行图规定货物列车为 100 对, 其中 2 万吨列车 47 对, 万吨 47 对, 普列 6 对; 技术站普通货物列车追踪间隔时间为 9min; 万吨列车追踪间隔时间为 12min, 2 万吨列车追踪间隔为 15min。

按照图定 100 列计算一昼夜通过能力为:

$$N = \frac{1440 - 47 \times 15 - 6 \times 9}{11}$$

$$= 47 (2 \text{ 万}) + 62 (\text{万吨}) + 6 (\text{小列}) = 115 (\text{列})$$

此处只是理论上探讨区间通过能力。

考虑天窗下的通过能力:

$$N = \frac{1440 - T_{天窗}}{T_{周}} = \frac{1440 - 180 - 47 \times 15 - 6 \times 9}{11} + 47 + 6$$

$$= 47 (2 \text{ 万}) + 45 (\text{万吨}) + 6 (\text{小列}) = 98 (\text{列})$$

其中, $T_{天窗}$ 为图定天窗时间 (朔黄铁路天窗时间施工冬季为 180min, 夏季为 240min); $T_{周}$ 为运行图周期。

由此可见, 天窗影响 17 列万吨 / 日, 占全日运量的 14.7%。

3.2 慢行对运输能力的影响

慢行即施工后按照规定在一定的区段控制速度运行。

慢行延时:

$$T_{延} = \frac{l_{慢} + l_{列} \times 2}{v_{慢}} - \frac{l_{慢} + l_{列} \times 2}{v} + t_{延}$$

其中, $T_{延}$ 为慢行延时; $l_{慢}$ 为慢行长度; $l_{列}$ 为列车长度; $v_{慢}$ 为慢行运行速度; v 为运行速度; $t_{延}$ 为加减速延时 (加减速延时取经验值, 2 万吨慢行 45km/h 取值为 5min, 慢行 60km/h 取值为 4min, 万吨慢行 45km/h 取值为 3.5min, 慢行 60km/h 取值为 1.0min, 小列慢行 45km/h 取值为 1.5min, 慢行 60km/h 取值为 0.5min)。

以慢行长度 2km, 列车长度为 2662m (C₈₀ 型 2 万吨)、1421m (C₈₀ 型万吨神八单牵)、904m (C₆₄ 型小列 SS4 牵引), 慢行速度 45km/h 和 60km/h 为例计算。

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 2.662 \times 2}{45} - \frac{2 + 2.662 \times 2}{80} \right) \times 60 + 5 = 9.2 \text{ min}$$

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 2.662 \times 2}{60} - \frac{2 + 2.662 \times 2}{80} \right) \times 60 + 4 = 5.8 \text{ min}$$

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 1.421 \times 2}{45} - \frac{2 + 1.412 \times 2}{80} \right) \times 60 + 3.5 = 6.3 \text{ min}$$

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 1.421 \times 2}{60} - \frac{2 + 1.412 \times 2}{80} \right) \times 60 + 1.0 = 2.2 \text{ min}$$

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 0.904 \times 2}{45} - \frac{2 + 0.904 \times 2}{80} \right) \times 60 + 1.5 = 3.7 \text{ min}$$

$$T_{延} = \left(\frac{2 + 0.904 \times 2}{60} - \frac{2 + 0.904 \times 2}{80} \right) \times 60 + 0.5 = 1.5 \text{ min}$$

其中, 60 为小时换算为分的换算值。

慢行的累加效应。在同一调度区段, 多处慢行对运输能力的影响有累加效应。按照 2 万吨列车以 45km/h 经过 2km 慢行区段的平均延时分别为 9.2min 计算 (慢行处所第一列慢行延时决定该区间慢行延时), 4 月份朔黄沿线天窗后日均慢行 11.1 处, 则天窗后通过能力为:

$$N = \frac{1440 - T_{延} - T_{天窗}}{T_{周}} = \frac{1440 - 9.2 \times 11.1 - 180 - 47 \times 15 - 6 \times 9}{11}$$

$$= 47 (2 \text{ 万}) + 36 (\text{万吨}) + 6 (\text{小列}) = 89 \text{ 列}$$

由此可见, 慢行影响 26 列万吨 / 日, 占全日运量的 22.6%; 天窗和慢行共影响 43 列万吨 / 日, 占全日运量的 39.3%。

3.3 天窗日停靠站点不能满足运输需求

按照集团一体化运营安排, 从 2023 年 10 月开始朔黄方向煤炭运量日均 100 万吨目标, 运输压力巨大, 亟须提高天窗日运量, 由日均 80 万吨提升至 85 万吨以上。两万吨列车图定开行 45 列, 天窗日受两万吨站场分布及非两万吨站停靠两万吨列车站点不足的制约, 实际日均开行 29.6 列。按照平均每小时开行 1.8 列计算, 部分区段不能满足停靠需求。需在前期高位运量运输举措的基础上, 增设两万吨列车停靠站。

4 提升重载铁路天窗运输效率的关键因素

为了提升重载铁路天窗运输效率, 需从以下四个方面入手。

4.1 技术创新

新型运输设备的开发, 以国家能源集团铁路装备为例, 聚焦于大秦线等重载铁路的实际需求, 设计出能够适应 30 吨轴重的重载运输车辆。车辆采用高强度钢材, 轻量化的同时保持了强大的承载力^[2]。

4.2 根据运量波动情况, 动态调整长期限速处所

按照“总工作量不减、上下行动态调节”的思路, 在运量高位时期将上行限速区段及处所的施工调整至下行。同时根据集团下达的次周运量安排, 确定上行限速设置处所。

第一, 每个区段长期限速处所设置数量: 运量在 90 万吨以下, 不限制。运量在 90 万吨至 95 万吨之间时: ①神池南至原平南设置 1 处; ②原平南至滴流磴设置 2 处; ③滴流磴至西柏坡设置 2 处。运量在 95 万吨至 100 万吨之间时: ①神池南至原平南设置 1 处, 尽量安排在龙宫至原平南区段; ②原平南至滴流磴设置 1 处; ③滴流磴至西柏坡设置 1 处; ④原平南至西柏坡区段设置了 2 处长期限速的基础上, 本区段站内可另增加设置 1 处。运量在 100 万吨以上时: ①神池南至原平南不设置; ②原平南至滴流磴设置 1 处; ③滴流磴

至西柏坡设置 1 处；④原平南至西柏坡区段设置了 2 处长期限速的基础上，本区段站内可另增加设置 1 处。

第二，为了提高列车运行品质，两处长期限速最少间隔 1 个区间。

4.3 优化施工工艺，提高限速值，缩减限速时间

进一步研究桥梁、隧道大机清筛、道岔换砟等需长时效慢行施工项目的施工工艺，以工艺优化提高限速值、缩减限速时长，做到少限速甚至不限速，减少 2 万吨、单元万吨列车在慢行区段的停缓次数，提高列车在慢行区段内的通行效率；另外还要统筹分析换轨、收轨项目工程特点，探索引进新的施工工艺，完善施工组织流程，实现换轨、收轨一体化作业模式，切实达到工完料尽的实效，缩减天窗占用率，提高天窗利用率，做到提质增效、降本增效。

4.4 合理规划

坚持施工与运输兼顾原则，在确保安全的前提下，在综合调研的基础上，结合重点施工需求和集团一体化装车及分流计划，制定天窗扣车周运输方案，每周制定并下发天窗扣车方案，统筹安排施工项目、让施工范围和路用列车出入方式提供相应数据，及时优化调整方案实现施工维修周期性全覆盖。调度指挥中心根据扣车方案，合理安排主要站点开车结构，在确保批准的施工全部兑现的前提下，组织精准均衡扣车，做到批准的施工 100% 兑现。

5 相关案例研究

例如，朔黄铁路是中国西煤东运第二大通道和国家能源集团煤电化运一体化运营重要组成部分，它从晋北高原穿越太行山脉，沿漳沱河峡谷连亘华北平原，东达渤海之滨。特别是朔黄西线神池南—西柏坡区段，坡度最大、桥隧涵最密集、自然环境最恶劣、施工组织最复杂、设备养护最难。因其地理位置的关键性的重要运输使命，在面临设备大中修与不断增长的运输需求时，展现出了明显的运营挑战。因为这条铁路线连接了众多工业中心的地区，使其成为国家经济发展中不可或缺的一部分。

朔黄线上的施工限速主要分为两种类型：第一类型涉及道岔机械清筛和道岔更换。施工完成后，第一列车的限速为 45km/h，第二列车的限速为 60km/h，之后速度恢复正常。第二类型包括桥梁机械清筛、隧道机械清筛以及道岔换砟等工作。这类施工完成后，第一列车的限速设置为 35km/h，第二列车限速为 45km/h，从第三列车开始限速为 55km/h，持续不少于 4h，随后限速升至 60km/h，持续不少于 24h，之后速度才能恢复正常。

在比较这两种施工限速的影响时，第一种类型对列车运行的干扰相对较小。而第二种类型的施工限速则对列车运行的影响更为显著，特别是在施工区域通过的前两列车，加上后续的限速阶段，整体影响时间累计约为 28.5h。

随着中国经济的快速发展，尤其是重工业的激增朔黄铁路的运输压力也随之急剧增加。朔黄铁路的运输效率是运营管理中的两大重要方面。然而随着时间的推移，这两方面

逐渐形成了对立的关系，尤其是在需要进行关键的设备大修更为明显。如何在保持运输效率的同时进行设备维护，成了一个需要精细平衡的难题。而在“百日大会战”期间，这一挑战变得尤为严峻，对朔黄铁路的运营效率提出了更高的要求。在此期间，铁路要满足日益增长的货物运输需求。这一时间段内运输和维修任务的双重压力测试了朔黄铁路管理的极限，是朔黄公司面临的重大挑战。

在 2023 年 10 月，朔黄铁路的日均运输量无论在天窗日还是非天窗日均维持在较高水平。同时，年度的大中修工作量对比显示，2023 年与 2022 年相比，在某些施工项目上有明显的增减，特别是原平分公司和肃宁分公司的施工量显著增加，这直接影响了运输的效率^[9]。

特别在长大下坡道区段，长期限速显著地影响了运输效率，其中第二类施工限速尤为影响列车运行，导致列车通行效率大幅下降。这种情况下列车不得不在施工区域以更慢的速度运行，大幅延长了旅途时间从而影响整条线路的运输能力。

为解决上述问题，采取以下措施：

一方面，展现了对细节的关注思维，通过持续优化周扣车方案。不仅是在表面上调整而是深入到每一次扣车的计划中，提前布局力求在繁忙的运输与必要的施工之间找到完美的平衡点。另一方面，为应对不断变化的运输需求，采用了动态调整长期限速处所的策略，让每一列列车都能在安全和效率之间找到最佳的航行速度。另外，细化任务分解和提高天窗兑现率的举措，则显示了在管理上的精细化。还有优化施工工艺，体现了对于提升运输效率的执着追求，在确保安全的前提下，最大限度地减少施工对运输的影响。

最后，建立慢行附加时分标准，通过运缓专项分析提高限速区段的通过效率，指引着列车在复杂路段的高效穿行。

朔黄铁路的案例是对现代铁路运输系统面对复杂挑战时的一次成功应对。这一案例清晰地展示了在处理密集的运输需求的施工任务时，如何通过一系列创新和系统化的措施来优化运输流程并显著提升效率。运输部门通过实施精细化的数据分析，从而制定出科学合理的施工计划，使得运输与施工之间的潜在矛盾得到有效的缓解。

6 结语

通过详尽地研究朔黄铁路的实际操作，我们可以清晰地看到重载铁路天窗运输效率的提升不仅是一种技术管理的挑战，更是一种对铁路系统综合性能提升的考验。朔黄铁路在面对巨大运输需求和复杂施工任务的情况下，通过一系列创新策略的管理措施，实现了运输效率的显著提升。

参考文献

- [1] 郭枫晨.考虑铁路天窗的铁路集装箱多式联运路径优化研究[D].大连:大连交通大学,2023.
- [2] 何常栋.浅议彬长铁路专用线运输组织提升问题及对策研究[J].中国储运,2023(3):50.
- [3] 李世飞.营业线施工条件下提高铁路运输效率对策探讨[J].铁道货运,2021,39(7):9-13.