

铁路机车周转效率提升路径与运用组织优化研究

傅惠勇

天津枢纽环线铁路有限公司机务分公司 天津 300450

摘要：在现代综合交通运输体系中，铁路货运凭借其运量大、成本低、能耗少、安全性高及环境友好等显著优势，始终是国家经济发展的大动脉和物流体系的核心支柱。机车作为铁路运输的核心动力装备，其周转效率是衡量铁路运输组织水平、反映机车运用质量的关键指标。高效的机车周转不仅能显著减少机车配置数量，降低固定资产投入和运营成本，更能加速货物送达速度，提升铁路在综合交通竞争中的市场地位。本文旨在系统性地探讨货运铁路机车周转效率的内涵、影响因素，并在此基础上，深入剖析提升周转效率的根本路径与运用组织优化的核心策略。通过理论分析，本文将从深化机车交路改革、优化乘务制度、强化调度指挥协同、推进信息化智能化建设以及完善评价指标体系等多个维度，构建一套完整的机车运用组织优化框架，以期为我国铁路货运高质量发展提供理论参考与实践指导。

关键词：货运铁路；机车周转效率；长交路；轮乘制；运用组织优化

引言

铁路货运用作为大宗物资和长距离运输的主力军，在保障能源、原材料、粮食等国计民生重要物资供应链安全稳定方面发挥着不可替代的作用。然而，面对公路、水运等其他运输方式的激烈竞争，铁路必须持续挖掘内部潜力，提升核心竞争力。机车是铁路运输生产中最关键的移动设备，其运用效率的高低直接决定了铁路网的整体运输能力和经济效益。机车周转效率的核心衡量指标是“机车全周转时间”。该指标直观反映了机车完成一次完整运输循环所需的时间长度。缩短全周转时间，意味着在同等运量需求下，可以使用更少的机车来完成运输任务，从而节约大量的机车购置、检修、整备及人力成本。反之，冗长的周转时间则会造成机车资源的闲置与浪费，成为制约铁路运输能力释放的瓶颈。因此，深入研究机车周转效率的提升路径，并对现行的运用组织模式进行系统性优化，不仅是铁路企业降本增效的内在需求，更是服务国家战略、提升国民经济运行效率的必然选择。

1 核心概念界定

机车全周转时间 (Locomotive Full Turnaround Time) 是本文研究的核心指标。根据铁道行业标准，它是指一台机车在担当牵引任务过程中，自离开机务本段 (或折返段) 闸楼起，至完成一个交路的往返作业后，再次回到本段 (或在循环/环形运转制下到达指定换班站) 并准备执行下一次牵引任务时止，所消耗的全部时间。该时间不包括机车的非运用时间 (如长期备用、大修等)。机车全周转时间 ($T_{全}$) 的构成可分解为以下几个主要部分：

(1) 纯运转时间 ($t_{运}$)：机车在区间内运行所占用

闭塞的时间总和。

(2) 中间站停留时间 ($t_{中}$)：机车在列车运行区段内各中间站 (含会让、越行、摘挂作业等) 的停留和调车时间。

(3) 本段及折返段所在站停留时间 ($t_{站}$)：机车在机务本段和折返段所在车站进行技术作业、整备、乘务员换班等所需的停留时间。

(4) 本段及折返段库内停留时间 ($t_{库}$)：机车在机务段内进行整备、临修、保洁等作业的停留时间。其基本计算公式可表述为：

$$T_{全} = t_{运} + t_{中} + t_{站} + t_{库}$$

由此可见，任何能够压缩上述任一环节时间的措施，都将直接作用于全周转时间的缩短，从而提升机车周转效率。

2 货运铁路机车周转效率的影响因素分析

2.1 运输组织层面的因素

运输组织是影响机车周转效率的宏观和顶层设计因素。传统的短交路模式下，机车频繁在区段站进行换挂、整备和乘务员换班，导致大量的无效停留时间累积，而长交路模式则通过延长机车单次连续运行的距离，减少了中途换挂次数，有效压缩了在车站和机务段的停留时间，是提升效率的根本性举措。此外，列车运行图作为铁路运输的“纲领”，其铺画的合理性直接影响机车的纯运转时间和中间站停留时间。若列车追踪间隔过大、会让方案不合理或技术作业时间预留不足，都会造成机车在区间或车站的非必要等待^[1]。同时，车流组织与编组计划也至关重要，车流是否顺畅、直达列车比重高低，决定了机车是否需要频繁进行解编、甩挂等调

车作业,过多的调车作业会显著增加机车在技术站的停留时间,打乱既定的周转节奏。

2.2 机务运用管理层面的因素

机务部门作为机车的直接管理者,其管理水平对周转效率有着决定性影响。机务段的整备能力(如加油、加砂、上水、保洁、机能试验等)和临修响应速度,直接决定了机车在库内停留时间的长短,整备流程繁琐、设备老化或人员技能不足,都会导致机车在库内滞留。乘务员值乘制度同样关键,包乘制下固定的乘务组与机车绑定,虽然有利于机车保养,但容易因乘务员劳动时间限制而中断长距离运行,不利于长交路实施;而轮乘制则打破了人车绑定,使机车能按最优路径运行,乘务员按区段交接,极大地提升了机车的时空利用效率。除此之外,机车本身的技术状态是高效周转的基础,故障频发的机车不仅会因途中故障延误行程,还会因返段维修而产生额外的非计划停留时间,严重扰乱周转秩序。

2.3 调度指挥与协同层面的因素

高效的调度指挥是确保机车按计划高效运行的中枢神经。行车调度负责列车运行,机车调度负责机车运用,二者信息不通畅、指令不统一,极易导致“有机无车”或“有车无机”的脱节现象,造成机车或车底的相互等待,这是影响周转效率的顽疾^[2]。此外,面对线路施工、自然灾害、设备故障等突发事件,调度部门能否快速调整运行计划,为受影响的机车重新规划最优路径,直接关系到周转时间的损失程度,应急处置能力的强弱成为检验调度指挥水平的重要标尺。

2.4 基础设施与技术装备层面的因素

硬件条件是效率提升的物质基础。线路允许速度、坡度、曲线半径等技术条件决定了机车的最高运行速度和技术速度,是纯运转时间的物理上限。车站咽喉区的道岔布置和信号系统,则决定了机车出入段和列车接发的效率,进而影响机车在车站的停留时间。与此同时,机务设备的现代化水平也不容忽视,自动化整备流水线、智能检测诊断设备等的应用,能大幅缩短机车在库内的整备时间,提升整备质量,为机车的高效周转提供坚实的硬件支撑。

3 货运铁路机车周转效率提升的根本路径

3.1 全面推行“长交路、轮乘制”运用模式

“长交路、轮乘制”是国内外铁路实践证明的、提升机车运用效率最有效的根本路径。通过科学规划,将机车交路从传统的数百公里延伸至上千甚至数千公里,实现了机车的跨局、跨线直通运行。这从根本上减少了机车在区段站的换挂、整备次数,将原本分散在多个站

点的停留时间集中到两端枢纽进行高效处理,极大压缩了全周转时间中的非生产性时间。轮乘制是长交路得以实施的必要条件,它将乘务员按区段分组,机车到达换班点后,由下一区段的乘务组接续值乘。这种“人停车不停”的模式,使机车能够按照最优的运输路径连续运行,不受单个乘务组工作时间的限制,充分释放了机车的潜能^[3]。同时,轮乘制也促进了乘务员队伍的专业化和标准化,形成了人车分离、灵活高效的新型运用格局。

3.2 深化机车运转制度改革

在长交路基础上,进一步优化机车的运转方式是提升效率的深化之举。相较于传统的肩回式运转(机车在终点站折返),循环运转制下,机车完成一个方向的牵引任务后,不立即返回,而是继续担当反方向或其他交路的列车牵引任务,形成一个闭合或半闭合的运行环线。这种方式进一步减少了机车空驶回段的辅助走行公里,提高了机车的有效走行率,使得机车的运用更加紧凑和经济。与此同时,优化机车乘务员的劳动组织也至关重要,需要科学核定乘务员劳动定额,合理安排休息时间,并利用大数据分析优化叫班、出勤、退勤流程,减少乘务员在待乘公寓和派班室的无效等待时间,确保人车衔接无缝,从而为机车的高效周转提供人力资源保障。

4 货运铁路机车运用组织优化的核心策略

4.1 强化运输调度与机务运用的深度融合

打破部门壁垒,建立一体化协同机制是优化运用组织的首要策略。应着力构建联合调度指挥平台,整合行车调度、机车调度、车辆调度的信息系统,实现列车运行、机车动态、车流状态的实时共享,使调度员可以在同一平台上综合考虑所有要素,做出最优决策。在此基础上,实施机车动态精准管理显得尤为关键,即利用物联网和北斗定位技术,对在线机车进行实时追踪,掌握其位置、速度、技术状态等信息,使机车调度能够根据动态信息,提前预判机车到达时间,精准安排整备计划和乘务员接班,从而变被动响应为主动管理,彻底消除因信息不对称造成的等待和延误。

4.2 提升机务整备与检修的现代化水平

为适应长交路、高负荷运行的需求,必须为机车高效周转提供可靠的后方保障。在枢纽地区建设集加油、加砂、上水、排污、保洁、机能试验等功能于一体的自动化、流水线式整备场,实现机车整备的“一站式”服务,将整备时间压缩到最短,是提升整备效率的硬件基础。在检修模式上,应大力推行状态修与预测性维护,利用车载监测系统和地面专家系统,对机车关键部件进行实时健康状态评估,变传统的“计划修”为“状态

修”，在保证安全的前提下，最大化延长机车的运用时间，减少不必要的扣修，从而提高机车的可用率和周转效率。

4.3 优化列车运行图与车流组织

机车的高效周转离不开源头上的精心设计。应将机车周转图与列车运行图同步编制、动态调整，确保机车交路与列车开行方案高度匹配，避免机车等待车流或车流等待机车的资源错配现象。机车周转图作为机务部门组织生产的直接依据，其精细化程度直接决定了运用效率的上限^[4]。同时，从车流组织层面发力，大力发展重载和直达列车，提高列车平均牵引总重，开行点对点的直达货物列车，可以有效减少途中技术作业环节，缩短旅行时间，使机车周转路径更加顺畅、高效，从而在整体上提升路网的运输效能。

5 面向未来的机车运用组织发展趋势

5.1 构建基于时空网络的动态优化模型

传统的静态周转图已难以适应日益复杂的运输需求。未来的研究与应用将更多地采用基于时空网络的动态优化模型。该模型将铁路网在时间和空间两个维度上进行离散化，将机车的每一次移动都视为在网络中的一个“弧”，通过求解复杂的组合优化问题（如路径选择、资源分配），为每台机车在每个时刻找到最优的运行和整备方案，实现全局最优的资源配置。这种方法能够动态响应实时变化的运输需求和突发状况，将机车运用组织从经验驱动推向数据和算法驱动的新阶段。

5.2 推进机车运用的全面信息化与智能化

人工智能与大数据技术将成为驱动机车运用组织变革的核心引擎。利用AI和大数据开发的智能调度决策支持系统，能够自动分析海量历史数据和实时运行数据，预测未来车流变化，并自动生成或辅助生成最优的机车运用方案和应急调整预案，极大提升决策的科学性和时效性。此外，数字孪生技术的应用前景广阔，通过构建机务段乃至整个路网的数字孪生体，可以对机车运用全过程进行虚拟仿真和推演，用于方案验证、人员培训和风险预判，从而大幅提升管理和决策的前瞻性与可靠性。

5.3 完善机车运用效率的综合评价体系

科学的评价是持续改进的基础。应构建一个多维度、多层次的机车运用效率评价指标体系，不仅包括传统的机车全周转时间、日车公里、日产量等核心结果性指标，还应纳入机车利用率、整备效率、故障率、能耗水平等过程性指标，形成一个覆盖全面、逻辑严密的评价框架。在此基础上，引入模糊综合评价、数据包络分析（DEA）等现代评价方法，对机务段和机车运用的整体绩效进行客观、公正、全面的评估，从而为管理决策提供精准的数据支撑，引导机车运用组织不断向更高效率、更优效益的目标迈进。

6 结语

提升货运铁路机车周转效率是一项复杂的系统工程，其核心在于通过深刻的运用组织变革，释放机车这一核心生产要素的最大潜能。本文研究表明，“长交路、轮乘制”是提升效率的根本路径，而要确保这一路径的成功实施，则必须辅以运输调度与机务运用的深度融合、机务整备检修能力的现代化升级、列车运行图与车流组织的源头优化等一系列核心策略。展望未来，随着信息技术、人工智能与铁路运输的深度融合，基于时空网络的动态优化、智能化的调度决策以及全面的数字化管理，将成为机车运用组织优化的新范式。通过持续不断地深化改革与创新，我国铁路货运必将实现更高水平的效率、效益与服务质量，为构建现代化经济体系和交通强国战略贡献更大力量。

参考文献

- [1]刘军红.铁路机车运用组织一体化高质量发展研究[J].内蒙古科技与经济,2024,(17):38-40+69.
- [2]董俊强,倪少权,陈钉均,等.重载铁路长短交路混用模式下机车周转优化研究[J].铁道经济研究,2026,(01):48-59.
- [3]白玉龙.包神铁路机车周转图编制优化研究[J].价值工程,2024,43(28):4-6.
- [4]安志龙,安志学.基于遗传算法的铁路机车周转方案研究[J].甘肃科技纵横,2020,49(08):94-96.