

高铁动走线通过能力研究综述

徐梦婷^{1,2,3}, 陈 韬^{1,2,3*}

¹西南交通大学交通运输与物流学院, 四川 成都

²西南交通大学综合交通大数据应用技术国家工程实验室, 四川 成都

³西南交通大学综合交通运输智能化国家地方联合工程实验室, 四川 成都

收稿日期: 2025年3月26日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月22日

摘 要

高铁动走线通过能力研究对提升铁路运输效率, 优化车站、动车所作业计划有重要意义。本文分析了动走线通过能力的内涵, 在此基础上总结了动走线通过能力的影响因素、计算以及设计方法的研究现状, 分析了动走线通过能力研究在通过能力的准确计算方法、影响因素的相互作用、信号系统与线路设计以及复杂场景下的适应性研究等方面的不足, 针对这些不足提出未来的研究方向与方法, 为研究动走线通过能力的提升与设计优化提供了参考。

关键词

动走线通过能力, 影响因素, 计算方法, 信号系统, 线路设计

A Review of the Capacity Research on the Running Tracks of Electric Multiple Units of High-Speed Railway

Mengting Xu^{1,2,3}, Tao Chen^{1,2,3*}

¹School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

²National Engineering Laboratory of Integrated Transportation Big Data Application Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

³National United Engineering Laboratory of Integrated and Intelligent Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Received: Mar. 26th, 2025; accepted: May 9th, 2025; published: May 22nd, 2025

Abstract

The study on the capacity of the running tracks of Electric Multiple Units (EMU) of high-speed

*通讯作者。

文章引用: 徐梦婷, 陈韬. 高铁动走线通过能力研究综述[J]. 交通技术, 2025, 14(3): 313-322.

DOI: 10.12677/ojtt.2025.143032

railway is of great significance for improving railway transport efficiency and optimizing the operational plans of stations and EMU depots. This paper analyzes the connotation of capacity of the running tracks of EMU and summarizes the current research status on influencing factors, calculation methods, and design approaches. It also identifies existing shortcomings in areas such as accurate capacity calculation methods, interactions among influencing factors, signaling system and track design, as well as adaptability in complex scenarios. To address these gaps, future research directions and methodologies are proposed, providing a valuable reference for enhancing capacity of the running tracks of EMU and optimizing its design.

Keywords

Capacity of Running Tracks of EMU, Influencing Factors, Calculation Methods, Signaling System, Track Design

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高铁动走线作为连接高铁车站与动车运用所(以下简称动车所)的重要铁路设施,承担着大量始发终到列车的出入所作业,其通过能力直接影响着与之相连的车站与动车所的作业效率。高铁车站作为铁路网络中的重要组成节点,其作业效率与通过能力对整个路网系统的运输能力来说至关重要,因此,如何合理计算与运用高铁动走线通过能力,以满足车站与动车所的运输需求,维持整个铁路网络的稳定运行是需要深入研究的问题。

本文分析了高铁动走线通过能力的概念内涵,从高铁动走线通过能力影响因素、计算方法、动走线信号与线路设计方法几个方面总结了国内外动走线通过能力的研究现状,找出现有研究中可以继续深入的方向,提出高铁动走线通过能力研究的新趋势,为进一步提升动走线通过能力提供参考。

2. 动走线通过能力内涵

动走线通过能力是指在单位时间内,动走线能够安全、高效接发的列车数量,研究的时间范围涵盖一昼夜或高峰时段。准确计算并提升动走线通过能力对于优化铁路运输组织、提高运输效率具有重要意义。

动走线通过能力的研究是基于动走线的设计、布置,以及车站运输组织方案,确定一定时间范围内动走线能接发的最大列车数量,为判断动走线能否满足车站的行车需求,以及车站、动车所的作业计划编制提供依据。因此,动走线通过能力的研究涉及到动走线的设计、布置,以及相关影响因素研究,本文在分析动走线通过能力影响因素的基础上,对动走线通过能力相关的主要研究进行系统梳理。

3. 高铁动走线通过能力研究现状

3.1. 动走线通过能力影响因素研究

动走线通过能力影响因素研究是动走线通过能力研究的基础,影响因素的分析通常从固定的技术设备和动态的站所作业计划入手。

技术设备包括动走线数量、信号制式、轮对踏面检测设备,这些因素直接决定了动走线上列车的

最小追踪间隔, 从而直接影响动走线通过能力的大小。

3.1.1. 固定技术设备影响研究

熊盛[1]类比高铁区间通过能力的计算方法, 根据高速铁路列车追踪间隔时间的定义, 将动走线通过能力计算中入所方向的列车最小追踪间隔时间确定为动车所到达间隔、动走线入所追踪间隔以及车站出发间隔中的最大值, 出所方向的列车追踪间隔则为动车所出发间隔、动走线出所追踪间隔以及车站到达间隔中的最大值。采用公式法计算高峰时段动走线通过能力, 由该计算公式可得, 列车最小追踪间隔时间是影响动走线通过能力的关键因素, 并计算了不同列车操纵曲线下动车所到达与出发追踪间隔。在此基础上, 深入分析了影响列车追踪间隔时间的主要影响因素。(踏面限速、出入所策略、动走线长度、踏面检测设备数量)

1) 轮对踏面检测设备限速

轮对踏面检测设备是在动车组列车出入所时用来检测列车轮对的磨损情况, 以便及时发现和排查异常情况的装置。张正舟[2]提出该设备一般设置在动车所的入所咽喉的动走线上, 由于地形等原因, 有的轮对踏面检测设备布置在存车场与检查库之间的咽喉处。

轮对踏面检测设备对追踪间隔时间的影响体现在其速度限制上, 该设备具有较低的限速, 出所方向一般不进行检测, 动车组通过检测设备的最高速度不超过 30 km/h, 入所时需要对动车组列车进行检测, 限速一般为 8~12 km/h, 熊盛[1]表示为了列车运行安全, 列车司机一般会将实际行驶速控制在低于踏面限速以下, 所以列车的出入所时间更长。杜学清[3]通过对提高轮对检测速度的关键点进行分析, 给出了提高轮对踏面检测速度提升的方法, 可以将列车的入所速度提升到 30 km/h。动车所的道岔限速一般为 45 km/h, 车站为 80 km/h, 以入所方向为例, 列车在动走线上的运行速度较高, 为了安全通过踏面检测设备, 就需要提前减速制动, 增加了动车组列车占用动车所入所进路的时间, 增大了动车所的到达间隔, 从而影响动走线的通过能力。

除了踏面检测设备的速度限制外, 检测设备的数量也会对列车追踪间隔时间产生影响, 增加轮对踏面检测设备数量的本质就是根据分段解锁的思想, 缩短动车所的发车与到达间隔时间。

2) 动走线长度

在动走线的行车组织允许许多列车同时占用动走线时, 动走线长度越长, 动走线可以容纳的列车数量就越多, 能够缩小动走线追踪间隔, 但同时也会增加列车在动走线上的走行时间。信煜[4]对南充北站及其大配套动车所进行研究分析, 发现在保持车站、动车所与动走线的接轨点与立交关系不变的情况下, 缩短动走线长度可以减少工程投资, 降低动走线过长对城市规划与开发的影响。为了减少动车组的空走距离, 提高动车组的运用效率, 动走线应尽可能地短, 受实例条件限制, 长度一般从几百米到几公里不等, 设计速度一般不大于 120 km/h [5], 我国的动走线设计速度大多为 80 km/h。

3) 站所连接方式

站所的连接方式是指动车所与车站的位置关系。始发终到列车需要完成在动车所的出入所作业、动走线上的走行作业与在车站的技术作业, 立折车、通过车只需完成在车站的相关技术作业。

如图 1 所示, 当动车所与车站主要车流方向位于车站同一咽喉方向时(反向连接), 即车站主要接发车方向与动车所方向位于车站的同一端咽喉区, 此时车站办理始发终到列车作业与其他列车接发车作业互相干扰, 动走线能接发的列车数相对于车站主要车流方向与动车所不在同一咽喉方向(正向连接)的场站连接方式少, 如图 2 所示, 车站主要接发车方向在右端咽喉, 而动车所在左端咽喉, 特别是在高峰时段, 车站需要完成大量的始发终到列车的出入所作业, 若列车出入所作业与车站其他技术作业冲突较多, 对车站与动走线、动车所的作业效率都有较大影响[1]。

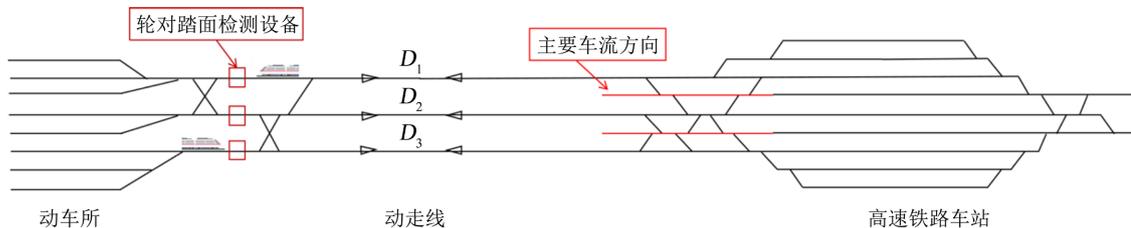


Figure 1. Depot-station reverse connection

图 1. 站场反向连接

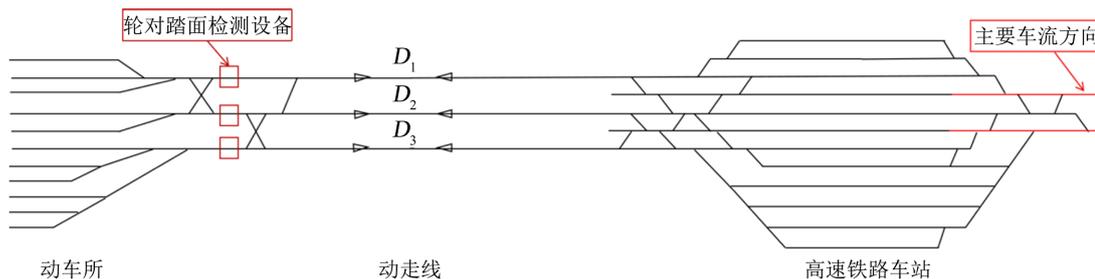


Figure 2. Depot-station forward connection

图 2. 站所正向连接

3.1.2. 站所作业计划影响研究

车站与动车所的作业计划包括车站各方向车流占比、接发列车进路安排方案、股道运用方案、列车接发顺序方案[6], 动车所内动车组整备计划、检修计划方案等, 站所作业计划是通过影响动走线运用计划来影响动走线通过能力。

动走线办理列车在动车所与车站间的接发作业, 列车在动走线上的运用计划受车站、动车所的作业过程影响。不同的站所作业计划对应不同的动走线运用计划, 合理的站所作业计划可以最大限度地利用动走线资源, 减少列车等待时间, 提高整体通过效率。表示在编制高峰时段的作业计划时, 通常会尽量安排列车按照平行进路行车, 减少列车间的冲突, 从而提升作业效率[1]。

3.2. 动走线通过能力计算方法研究

动走线通过能力的计算方法主要分为公式法和启发式算法两大类。公式法是基于理论推导的计算方法, 通常适用于相对简单的场景。常见的公式法是通过计算列车追踪间隔来计算动走线通过能力, 这种方法计算速度快, 但可能无法完全反映复杂的实际情况。

启发式算法则是基于经验和规则的计算方法, 适用于复杂的实际场景。常见的启发式算法包括遗传算法、模拟退火算法和禁忌搜索算法等。这些方法能够处理复杂的约束条件和非线性关系, 但计算时间较长, 且可能无法保证得到最优解。

在实际应用中, 通常需要根据具体情况选择合适的计算方法, 或者将多种方法结合使用。例如, 可以先使用公式法进行初步估算, 然后使用启发式算法进行精细优化。随着人工智能和大数据技术的发展, 基于机器学习的计算方法也逐渐应用于动走线通过能力评估中, 为这一领域带来了新的研究方向。

1) 利用传统的公式法计算动走线通过能力

公式法是根据区间通过能力的计算方法, 确定列车在动走线上的最小追踪间隔时间, 从而得到动走线通过能力。由于动走线的组织模式不同, 熊盛[1]给出了动走线通过能力的计算公式, 在高峰时段, 部

分动走线只允许单向行车, 部分动走线可以双向行车, 因此, 动走线通过能力计算公式分为两种, 一种是只允许单向行车的动走线的计算方法如公式(1)。

$$N_{\text{动走线}}^{\text{单向}} = \frac{T}{I_{\text{追}}} - \frac{60S}{v \times I_{\text{追}}} \quad (1)$$

式中: $N_{\text{动走线}}^{\text{单向}}$ 为单向行车的动走线通过能力, 列; T 为一定的时间范围, min; $I_{\text{追}}$ 为动车组最小追踪间隔时间, min; S 为动走线长度, km, v 为动车组平均运行速度, km/h。

因为研究对象是动走线通过能力, 因此, 这里的追踪间隔时间是车站、动车所到达、出发间隔时间以及动走线追踪间隔时间的最大值, 如图3所示。

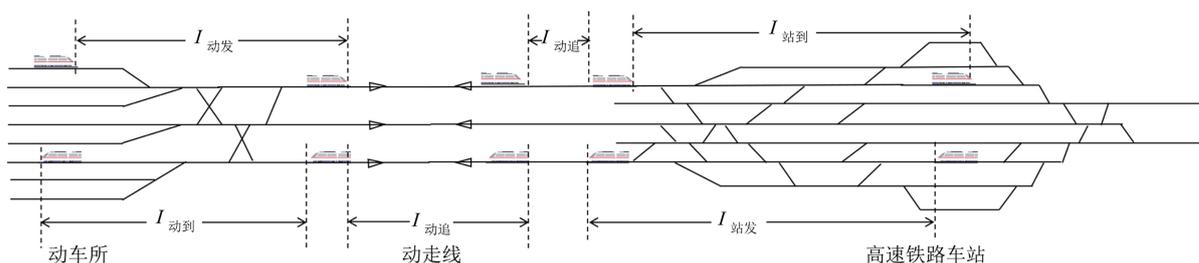


Figure 3. Tracking interval diagram

图3. 追踪间隔示意图

另一种是动走线双向行车时的动走线通过能力计算公式, 在双向行车的方法中, 以接发车数量多的方向为基准, 计算对向列车的扣除系数 ε_n , 以入所方向作为基准方向为例, 计算公式如公式(2)所示。

$$\varepsilon_n = \frac{t_{\text{接走}} + I_{\text{动到发}} + t_{\text{发走}} + (n-1)I_{\text{发追}} + I_{\text{站到发}}}{I_{\text{接追}}} \quad (2)$$

式中: ε_n 为对向列车连续追踪 n 列所扣除的追踪列车数量, 列; n 为对向列车连续追踪数, 列; $t_{\text{接走}}$ 为动车组入所时的动走线走行时间, min; $I_{\text{动到发}}$ 为动车所到发间隔时间, min; $t_{\text{发走}}$ 为动车组出所时的动走线走行时间, min; $I_{\text{发追}}$ 为动车组出所时的最小追踪间隔时间, min; $I_{\text{接追}}$ 为动车组入所时的最小追踪间隔时间, min; $I_{\text{站到发}}$ 为车站到发间隔时间, min。所以可以得到一条动走线双向行车时的通过能力计算公式如公式(3)所示。

$$N_{\text{动走线}} = \frac{T}{I_{\text{追}}} - \sum_{m,n \in Z} m(\varepsilon_n - n) - \frac{60S}{v \times I_{\text{追}}} \quad (3)$$

式中: $N_{\text{动走线}}$ 为双向行车的动走线通过能力, 列; m 为连续追踪 n 的对向列车出现了 m 次。

在高峰时段, 大部分的动走线采用的是单向行车模式, 平峰期大多采用双向行车模式。根据动走线的实际行车模式, 结合公式(1)与公式(3), 就可以得到对应追踪间隔时间下动走线的通过能力。

2) 利用启发式算法计算动走线通过能力

公式法的计算结果受列车追踪间隔时间的取值影响较大, 而在实际运用过程中, 受多种因素影响, 动走线不一定能按规定的追踪间隔接发车, 追踪间隔难以确定, 导致公式法的适用性降低。因此, 许多学者开始研究如何利用启发式算法来求解动走线通过能力。

动走线所接发的列车, 都来自车站或动车所, 因此, 当动车所或车站作业计划确定后, 动走线的通过能力也能确定, 可以通过编制站所作业计划来计算动走线通过能力。因为车站还涉及立折车与通过车,

这里主要关注动车所作业计划编制研究。耿敬春[7]运用计算机仿真技术,模拟了动车组出入所的综合运用计划,确定了一天各时段内动走线上动车组的出入次数,提出了动走线的运输组织方案和能力计算方法,主要是从基础设施规划的角度分析。陈韬[8]提出了将高铁枢纽站技术作业计划与动车所调车作业计划一体化编制的思想,构建了基于动车组车底的协同编制模型,并设计启发式分配规则与并行禁忌搜索算法相结合的混合优化算法求解。王忠凯[9]、陈韬[10]、Wang [11]、Lin [12]、殷迪[13]都构建了动车所调车作业计划的整数规划模型,王忠凯[9]的优化目标是 minimized 检修区无效占用时间和调车路径费用,求解算法是基于最小蚁群系统算法;陈韬[10]的优化目标是最大化整备动车组的数量,同时最小化最晚动车组出所时刻,以提高动车所的时空资源利用率,并通过混合领域禁忌搜索算法求解;Wang [11]考虑股道占用、近路冲突及工序作业时间标准等约束,以最小化调车钩数为优化目标,通过基于粒子群优化算法求解;Lin [12]的优化目标是 minimized 动车组的总里程损失成本,通过模糊规划和模拟退火算法求解;殷迪[13]则是以最小化动车组在存车线上的总预留时间优化目标,设计了融合股道均衡分配规则、股道无效占用时间和冲突消解策略的启发式算法求解。Shi [14]为了减少所有动车组的总延误时间,建立了适用于通过式和尽头式布局的动车所的调车作业整数规划模型,为了降低计算复杂度,提出了将两个短编组动车组视为一个虚拟长编动车组的简化方法,并设计基于简化变量领域搜索的算法来求解。Wang [15]为了解决动车组在多个动车所间的协同调度问题,建立了减少检修周期中浪费里程的优化模型,通过共享多个动车所的检修资源,最大化每个检修项目的周期,减少不必要的过早检修,采用粒子群优化算法求解,通过预处理和迭代优化找到最优解。

大部分研究都侧重于动车所调车作业计划的自动化编制方法,涉及到的有列车作业顺序、时间安排以及进路资源分配问题。部分文献特别强调了动车所调车作业计划与其他技术作业计划的协同编制。关于动车所通过能力的研究,也从早期的建设规模与能力适应性分析逐渐转化成注重协同调度、智能算法和复杂模型的构建。

相对于采用公式法计算动走线通过能力,运用启发式算法是在高铁车站现有运行计划的基础上进行动走线运用计划安排的,得到的结果是更能体现动走线的实际运用情况,更加真实且可行。

3.3. 动走线信号模式与布置形式设计方法研究

3.3.1. 动走线信号模式设计研究

列车在动走线上的信号控制方法有调车模式与列车运行模式两种。调车模式需要车站值班人员手动开放调车进路,无法发挥动车组 ATP 的控车功能。而列车运行模式是采用 CTC 设备控制列车进路信号,能够发挥进路自动触发、ATP 自动控车等功能优势,提高动车组行车速度和效率,减少人为风险因素[16]。

卢昌仁[17]分析了西宁站与动车所间动走线的布置形式和作业流程,比较了列车运行模式控制和调车模式的优缺点。梁战鹏[5]探讨了动走线通过信号机的设置和显示方案,分析了不同方案的优缺点,提出了合理的设置模式,以提高动走线通过能力。动走线长度较短时,采用列车方式与调车方式办理动车组的出入所作业对应的通过能力差距不大,但按调车方式设计时更加灵活。因此,当动走线长度较短时,信号系统按调车方式设计。当动走线长度较长时,一般按照列车方式设计,动车所运用 CTCS-2 列控系统,在动走线设置级间切换点,实现 CTCS-2 与 CTCS-3 列控系统的级间转换。通常按四显示自动闭塞设置通过信号机,按照常态亮灯设计。宋广谦[18]分析了列车作业方式和调车作业方式的优缺点,推荐了适合不同情况的信号控制方案。对比两种列车走行方式,列车方式的列车接发间隔更小,列车在动走线上的平均走行时间更短,相同的时间内能接发的列车数量更多,安全保障也更高。列车作业方式是动车组列车按闭塞分区运行,动走线上的闭塞分区长度一般在 1000 m~1400 m。在动走线的两端都应设置进站信号机或接车进路信号机。当两端进站信号机间的长度小于 1500 m 时,动车所与车站间就只有一个闭塞

分区,此时动走线的设计速度一般为 80 km/h。此时,若闭塞分区内有低于 80 km/h 的临时或固定限速时,相关的车站列控中心应向联锁设备输出进站信号降级信息并控制接车进路的接近闭塞分区降级发送 UU 码(双黄灯,侧向进站),此时动走线上闭塞分区限速为 45 km/h。艾强娃[19]以兰州西动车所为例,分析了信号系统的设计难点,提出了调车方式满足动车组出入所需求的方案,并针对洗车库、轮对踏面检测设备等特殊作业库提出了配套的信号系统技术方案。

3.3.2. 动走线布置形式设计方法研究

丁亮[20]分析了动车所与高铁客运站的关系,探讨了客运站不同布局下动走线的布置形式,表明动走线的布置应该遵循动车组列车运行的客观规律。并分别对车站只接入 1 条客运专线与接入多条客运专线两种情况进行动走线布置方案分析。

对于只衔接一条客运专线的高铁车站来说,早高峰动车组集中出所,晚高峰时动车组集中入所,在设计阶段,所有动走线均应满足能双向行车的需求,且在早高峰时段作为出段线、晚高峰作为入段线使用,这样可以大幅度提高动走线的通过能力,避免出现能力不足的情况。动走线应该设置在车站正线的两端,一边各设一条,减少动车组列车出入所作业对车站其他列车的技术作业间的冲突,提高车站作业效率。

若车站为尽端式车站,那动走线最好设置在车站的尽头端,如图 4 所示。



Figure 4. Terminal Station-EMU depot sequential connection
图 4. 尽端式车站 - 动车所顺向衔接

如果车站与动车所无法满足顺向衔接的要求,就尽量减少动车组出入所与车站接发列车间的干扰。此时的布置方法如图 5 所示,将与正线存在进路冲突的动走线改为立体交叉,消除进路干扰。

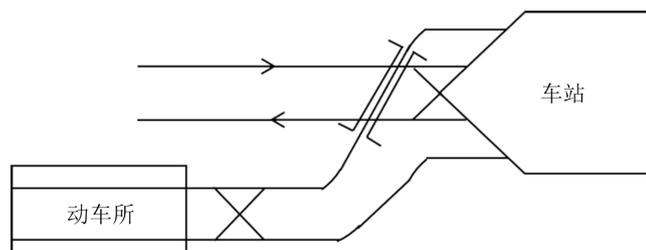


Figure 5. Terminal Station-EMU depot reverse connection
图 5. 尽端式车站 - 动车所反向衔接

对于衔接多条客运专线的车站,同个车站接入动车组,无论是在哪条客运专线上,一般都接入同一个动车所。车站通常会根据客运专线间的衔接关系,将车站划分为不同的车场,每个车场相互独立,也可以设置连接线进行连通,完成不同车场间的列车转线作业。

为了避免动走线与正线交叉,每个车场的正线两侧都需要设置动走线,设置的动走线数量需要满足动车组出入所的需求。在车站正线与动走线的冲突消解后,部分动走线可以合并后再接入动车所。

此外,动走线数量越多,动走线通过能力大,当现有动走线数量无法满足当前能力需求时,应考虑适当增加动走线的数量。同理,在初期设计动走线数量时,如若没有特别大的客流需求,应合理减少动

走线数量, 避免能力的浪费[1]。

动走线布置形式与数量确定后, 需要根据动车所的布局方法确定其具体线路。为了满足动车组列车存放与检修作业, 许多学者结合动车所布局方案, 建立了动车组运用优化检修模型, 根据模型的求解结果来确定动车所的布局模式。钱继磊[21]分析了新线建设对动车所运用布局的影响, 提出了多检修点的动车组运用检修优化模型, 强调了为了适应高速铁路网的发展需求, 提前布局优化的重要性。陈锦宗[22]提出了基于多基地车辆路径规划问题的动车组检修资源布局优化模型, 通过构建动车所检修接续网络, 结合近远期规划, 优化动车所检修资源的布局。

在确定动车所布局模式后, 根据线路选线方法来确定动走线的具体线路。传统的选线方法一般从选定线路的功能性、经济性、建设难度与便利性等方面出发, 金小兵[23]以南昌西站为例, 提出了三个动走线设计方案, 在此基础上运用模糊层次分析法进行综合比选, 为了避免专家打分法的缺点, 引入冲突度的概念来计算各因素的权重, 得到最终选线方案。

4. 现有研究评述与展望

4.1. 现有研究评述

综上所述, 关于高铁动走线通过能力的研究, 已经有了一定的成果。但仍然有许多问题需要继续深入研究。主要有:

1) 动走线通过能力的准确计算方法有待确定

现有研究在动走线通过能力计算方法时, 更多地是将动走线视为高铁车站或动车所接发列车的一个环节, 在计算车站或动车所通过能力的时候简单地考虑或直接忽略动走线通过能力对车站和动车所的技术作业的影响, 缺乏针对动走线的专门研究。但动走线通过能力是车站与动车所的作业计划能否按时完成的基础, 若动走线通过能力没有被准确地计算, 会对站所的作业计划产生较大影响, 但目前的研究尚未形成统一的计算方法。

2) 影响因素之间的相互作用研究不足

当影响因素对动走线通过能力的影响不是同向时, 若不对影响因素的相互作用进行分析, 就很难得到最优的动走线设计与运用方案, 导致动走线通过能力下降。现有研究多集中于单个影响因素的分析, 缺乏对各影响因素之间相互作用关系的深入研究。例如, 轮对踏面检测设备的限速与动走线长度、站所连接方式之间的相互影响尚未得到充分探讨。

3) 信号系统与线路布置设计的优化研究不足

虽然已有研究对动走线的信号系统和线路设计进行了探讨, 但如何通过优化信号系统和线路布置设计来进一步提升动走线通过能力的研究仍显不足。首先, 研究视角较为单一, 缺乏系统性协同分析, 线路布置直接影响列车的运行路径和调度灵活性, 而信号系统则决定了列车追踪间隔和运行效率。两者应该进行协同优化, 但现有研究往往仅在其中一个方面进行优化改进, 缺乏整体性考量。其次, 现有研究多采用理论计算或静态分析方法, 缺乏精细化仿真与实例验证。如信号系统参数, 如闭塞分区长度、应答器布置等与线路布置的匹配性研究。

4) 缺乏对复杂场景的适应性研究

现有研究多集中于单一场景或简单场景下动走线通过能力的计算, 缺乏对复杂场景的适应性研究。动走线作为连接高铁车站与动车所的线路, 承担完成大量始发终到列车的出入所作业, 当车站或动车所的运用模式比较复杂, 如同个车站接发的列车来自不同的运用所, 或动车所的构成年较为复杂时, 动走线通过能力对车站行车需求的适应性需要进行更准确的分析研究。

4.2. 研究展望

结合高铁动走线通过能力研究现状的基础上, 可以从以下方面进行深入研究。

1) 动走线通过能力计算方法研究

动走线通过能力计算是动走线能力利用的基础, 基于现有计算方法的研究成果, 可以从研究对象与研究手段方向进行更为深入的研究。包括: ① 将车站、动车所、动走线作为一个系统进行研究, 得出具有实际意义且可行的动走线通过能力计算方法。② 采用更高效与合适的技术与算法来完成动走线通过能力计算模型的构建与求解, 提高计算精度和效率。

2) 动走线通过能力影响因素之间的相互作用研究

各影响因素对动走线通过能力的影响不一定是正相关的, 影响因素之间必然存在相互作用关系。进行多因素耦合分析, 深入研究各影响因素之间的相互作用关系, 特别是轮对踏面检测设备、动走线长度、站所连接方式等因素间的耦合效应, 才能提出有效的动走线通过能力的综合优化方案。

3) 信号系统与线路设计的优化研究

信号系统设计是保证列车运行安全与运行效率的基础因素, 良好的信号设计方案能在一定程度上提升动走线通过能力。灵活的动走线布置方案可以减少列车间的冲突, 提升动走线通过能力。① 建立两者的协同优化理论, 量化分析两者之间的相互影响。② 结合动态仿真与实证分析, 验证不同优化方案的效果。

4) 复杂场景下的适应性研究

高铁列车的运营是一个复杂的过程, 包括列车每天运行的全过程, 需要进行全面的研究。包括: ① 研究多动车所协同调度下的动走线通过能力计算方法, 提出适用于复杂场景的调度优化方案。② 针对多车场连接的高铁车站, 研究动走线的布置方案和通过能力计算方法, 减少不同车场间的干扰。

5. 结论

动走线通过能力是影响铁路运输效率和安全的关键因素。现有研究在动走线通过能力的影响因素、计算方法和信号系统设计等方面取得了一定成果, 但仍存在许多不足。未来的研究应着重于动走线通过能力的准确计算方法、影响因素之间的相互作用、信号系统与线路设计的优化, 以及复杂场景下的适应性研究。通过引入人工智能和大数据技术, 可以进一步提升动走线通过能力, 为铁路运输的高效安全运营提供有力支撑。

参考文献

- [1] 熊盛, 宋政雨, 陈韬, 等. 站所一体化下闭塞分区追踪运行动走线高峰时段收发车能力影响因素研究[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(1): 102-114, 127.
- [2] 张正舟, 欧阳鹏. 高速铁路动车运用所总平面布置方式研究[J]. 铁道勘察, 2024, 50(1): 163-169.
- [3] 杜学清. 动车组出入库检测系统提速检测应用研究[J]. 铁道车辆, 2023, 61(2): 101-105.
- [4] 信煜. 优化山区高速铁路存车场选址布置的探讨[J]. 智能城市, 2021, 7(4): 46-47.
- [5] 梁战鹏. 高速铁路动车走行线通过信号机设置及显示方案探讨[J]. 铁道标准设计, 2013, 33(12): 115-118.
- [6] 陈韬. 高速铁路车站通过能力计算理论与方法研究[D]. [博士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- [7] 耿敬春, 牛会想, 肖春光, 等. 北京动车段出入段线建设规模及能力适应性分析[J]. 铁道工程学报, 2008, 25(10): 74-77.
- [8] 陈韬, 王文宪, 吕红霞, 等. 高速铁路枢纽站技术作业计划与动车所调车作业计划协同编制研究[J]. 铁道学报, 2020, 42(4): 17-26.
- [9] 王忠凯, 史天运, 张惟皎, 等. 动车运用所调车作业计划优化编制模型与算法[J]. 铁道学报, 2013, 35(8): 1-9.
- [10] 陈韬, 吕红霞, 潘金山, 等. 动车所通过能力计算模型与方法研究[J]. 铁道学报, 2016, 38(9): 9-17.

-
- [11] Wang, J., Lin, B. and Jin, J. (2016) Optimizing the Shunting Schedule of Electric Multiple Units Depot Using an Enhanced Particle Swarm Optimization Algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*, **2016**, Article ID: 5804626. <https://doi.org/10.1155/2016/5804626>
- [12] Lin, B., Zhao, Y., Li, J. and Lin, R. (2022) Fuzzy Programming Approach for the Electric Multiple Unit Circulation Planning Problem Using Simulated Annealing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2676**, 456-467. <https://doi.org/10.1177/03611981221078848>
- [13] 殷迪, 唐秋华, 张子凯, 等. 动车所调车作业计划优化模型与算法[J]. 武汉科技大学学报, 2020, 43(5): 370-376.
- [14] Shi, J. and Li, H. (2019) Optimization of the Shunting Operation Plan at Electric Multiple Units Depots. *Journal of Advanced Transportation*, **2019**, Article ID: 9120239. <https://doi.org/10.1155/2019/9120239>
- [15] Wang, Z. (2021) Optimization Model for EMU Collaborative Scheduling Problem among Multiple China Railway High-Speed Depots. 2021 *International Conference on Electronic Information Engineering and Computer Science (EIECS)*, Changchun, 23-26 September 2021, 298-305. <https://doi.org/10.1109/eiecs53707.2021.9588008>
- [16] 王杰. 兰州西动车运用所配套列车运行模式改造关键技术研究与应用[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(9): 161-166.
- [17] 卢昌仁. 西宁站至动车所间动车组出入动车所作业方式方案研究[J]. 铁道标准设计, 2014, 58(7): 143-144, 157.
- [18] 宋广谦, Che, Zhenying. 动车存车场走行线信号系统控制方案研究[J]. 铁道技术标准, 2020, 2(8): 87-100.
- [19] 艾强娃. 兰州西动车运用所信号系统设计研究与应用[J]. 铁道通信信号, 2016, 52(4): 4-7.
- [20] 丁亮. 设置动车运用所的客运站动车组走行线布置分析[J]. 铁道经济研究, 2014(6): 5-7, 12.
- [21] 钱继磊, 李海鹰, 王莹, 等. 新线条件下动车运用所布局优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2016, 38(11): 77-82.
- [22] 陈锦宗, 何最新, 王莹, 等. 高速铁路动车组检修资源布局优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2020, 42(1): 66-71.
- [23] 金小兵. 基于模糊层次分析法的南昌西站动车组走行线方案研究[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(7): 93-98, 105.