

铁路铁道

基于 5G+北斗高精度定位技术的铁路机车调度数字化管理创新应用

罗胜利

国能朔黄铁路发展有限责任公司调度指挥中心 062350

【摘要】当前，铁路运输正处于转型升级、提质增效的关键时期，对运输组织效率和服务品质提出了更高要求，机车调度作为铁路运输组织的核心，其数字化、智能化水平对提升铁路整体运营效率具有决定性影响。本文分析了当前铁路机车调度管理面临的挑战，提出利用5G通信和北斗高精度定位技术实现机车调度数字化管理创新应用。该创新应用实现了机车位置实时高精度采集与展示，研发机车调度指挥辅助系统以及机车效率指标、能耗智能分析与智能管理，该系统显著提升机车运行效率，节约能源，优化调度决策，推动铁路运输智能化发展。

【关键词】5G；北斗；高精度定位；铁路；机车调度

Innovative application of digital management of railway locomotive dispatching based on
5G+ Beidou high-precision positioning technology

Luo Shengli

National Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD.Dispatching and Command Center 062350

【Abstract】Currently, railway transportation is at a critical stage of transformation and upgrading, with higher demands on transport organization efficiency and service quality.As the core of railway transportation organization, the digitalization and intelligence level of locomotive dispatching play a decisive role in enhancing overall operational efficiency.This paper analyzes the challenges faced by current railway locomotive dispatching management and proposes innovative applications for digital management using 5G communication and high-precision positioning technology from Beidou.These innovations achieve real-time, high-precision collection and display of locomotive positions, develop auxiliary systems for locomotive dispatching command, and enable intelligent analysis and management of locomotive efficiency indicators and energy consumption.The system significantly improves locomotive operation efficiency, saves energy, optimizes dispatching decisions, and promotes the intelligent development of railway transportation.

【Key words】5G；Beidou；high precision positioning；railway；locomotive dispatching

引言：

随着铁路运输业务快速发展，传统铁路机车调度模式已难以满足安全、高效、经济要求，引入新一代信息通信和卫星定位等技术，对提升机车调度数字化、智能化水平，保障行车安全，提高运输效率具有重要意义。本文分析铁路机车调度管理现状与挑战，阐述5G通信和北斗高精度定位技术在机车调度中的应用优势，提出基于5G+北斗铁路机车调度数字化管理创新应用，为推动铁路运输现代化、智能化发展提供参考。

一、铁路机车调度管理的现状与挑战

（一）目前铁路机车调度指挥现状

目前，我国铁路机车调度主要依靠调度员人工操作，通

过语音通话和图像监控等方式，结合列车运行图，对机车及列车运行状态进行实时监控和调度指挥。调度员需要根据列车时刻、线路设备状态、天气情况等因素，综合分析研判列车运行状态，安排机车运用，虽然调度自动化程度不断提高，但仍面临诸多挑战。

（二）依赖人工操作勾画机车交路

目前机车交路即机车周转图主要由机车调度员人工绘制，存在效率低、差错率高等问题。机车交路编制需要综合考虑列车种类、线路条件、区间距离、列车对数、会让站、牵引重量、运行时分、机车整备作业时间等多方面因素，人工编制工作量大，易出错，且人工绘制周转图准确性差，无法与实际列车运行时刻实时匹配，影响列车正点率。亟需引入新技术实现机车运行状态实时监测，辅助机车交路实时自动调整。

（三）缺乏实时精准的机车位置信息

铁路机车位置信息实时性和准确性直接影响调度指挥有效性。当前主要通过列车运行线、GPS 定位、列控系统等手段获取机车位置,但存在定位精度不高、更新不及时等问题,尤其是在隧道、高架桥等复杂环境下,难以获得连续可靠的定位数据,所以需要更高精度、更可靠的定位手段,为机车调度提供实时准确位置信息支撑^[1]。

(四) 机车在车站、机务段的相关信息不明晰

铁路运输涉及众多站段单位,机车在各站段之间运行,由于缺乏高精度机车位置数据,一是时间节点不清晰,难以准确划分机车在车站、机务段内停留时间,影响机车运用效率评估与管理。二是机车作业时间长短不清晰,尤其是货运机车,在站停留时间、机务段(折返段)作业时间、等待工作停留时间,影响各个环节工作效率评定。三是站段机车信息不透明,车站掌握不了段内机车信息、同时段内不清楚车站机车信息。这些关键信息无法准确掌握,导致机车使用效率难以量化考核,机务运用生产组织难以优化。

二、5G+北斗高精度定位技术在机车调度中的应用优势

(一) 5G 通信保障实时可靠数据传输

5G 通信保障实时可靠数据传输。5G 通信具有高速率、低时延、广连接的优势,铁路沿线部署 5G 网络,可保障 Gbps 级数据传输速率,端到端传输时延低至毫秒级,利用 5G 网络,能够实时高效地传输海量机车运行状态数据,满足调度指挥对实时性的苛刻要求。5G 支持多种接入方式,在高铁、山区等复杂场景下仍能提供可靠网络覆盖,避免通信盲区,5G 成为铁路机车调度数字化转型的关键使能技术,为实时采集与回传机车运行状态、快速感知与处置突发事件提供坚实通信基础设施支撑。后期随着 6G 的研发应用,在 5G 的基础上迭代升级到 6G 通信能力会更加安全可靠。

(二) 北斗高精度定位实现机车精准定位

北斗卫星导航系统是我国自主建设、独立运行全球卫星导航系统,能够在全球范围内提供全天时、高精度、高可靠定位、导航与授时服务,特别是北斗三号全球卫星导航系统实现全面建成,定位精度优于 10 米,服务性能达到国际先进水平。在此基础上,通过与地基增强系统、高精度定位芯片等技术融合应用,北斗系统定位精度还可进一步提升至厘米级。铁路机车安装搭载高精度北斗定位模块的车载终端设备,能够实时获取米级乃至厘米级精度机车位置信息,并通过可靠无线网络将位置数据回传至地面调度指挥中心,为列车运行控制、调度指挥决策等提供精准可靠位置服务,有力支撑铁路列车运行的精细化监控与智能化管理,构建更加安全、高效机车调度新模式,助力铁路运输实现高质量发展^[2]。

三、基于 5G+北斗高精度定位技术的铁路机车调度数字化管理的创新应用

(一) 机车位置实时高精度采集与展示

1. 机车车载终端采集北斗定位数据

为实现铁路机车高精度定位,需在机车上加装配备北斗高精度定位模块的车载终端设备,该车载终端可实时获取机车位置信息,包括经纬度坐标、行驶速度、行驶方向等。车载终端采用多种定位技术手段,如卫星导航定位、惯性导航、轮速测量等,并综合利用多源异构传感器信息进行融合处理,以提高定位数据连续性和可靠性,确保在铁路复杂环境下能持续输出高精度定位结果。同时,机车北斗车载终端支持多种定位增强与辅助定位技术,如北斗地基增强、精密单点定位(PPP)、惯性导航辅助等,通过灵活选择与切换不同定位模式,系统可根据实际工作场景需求,动态优化定位解算策略与算法,在不同铁路运营条件下稳定满足厘米级高精度定位要求^[3]。机车车载终端持续采集高精度定位数据,形成完整、连续机车运行轨迹信息,并通过可靠无线网络实时发送至地面调度指挥中心,为铁路运输调度、指挥、安全监测等管理工作提供坚实数据支撑,是实现机车调度数字化、智能化变革的重要基础。

2. 5G 网络实时传输机车位置信息

需在机车上加装配备 5G 网络实时传输模块的车载终端设备,依托 5G 网络高速率、低时延特性,机车车载终端可与地面调度指挥中心保持实时通信连接,并快速将采集到的海量机车位置数据回传,以最小时延提供给调度人员使用。5G 网络全覆盖也保证了位置数据的连续回传,避免通信盲区,调度指令也能通过 5G 网络实时下达到机车,指导机车运行,构建调度中心与机车间的实时闭环控制。调度指挥中心将回传的机车位置数据汇聚,通过可视化大屏实时动态展示所有机车详细位置,直观反映路网机车分布情况,结合电子地图、卫星影像等,以图上作业方式精细化监控机车运行轨迹,查看具体机车在线路、站段中实时位置,高精度、实时性机车位置数据可视化,极大提高调度人员对路网机车运行状态的掌控能力,优化调度策略^[4]。

3. 5G+北斗与路线基础数据的深度融合

铁路机车的列车运行安全监控系统(LKJ、机车安全信息综合检测装置 TAX 箱,机车语音记录装置、列车运行状态信息系统设备、机车车号识别设备)装置本身存储线路的基础数据,这些设备与 5G+北斗深度融合,数据互通,把机车运行数据完整的回传至需要的地方(调度所、机务段派班室),或者根据使用者的需求,从数据库内提取需要的数据。

(二) 机车调度指挥辅助系统

1. 全路网机车运行状态实时监测

基于 5G+北斗获取高精度机车位置,结合列控、供电、信号等多源异构数据,构建路网级机车运行状态实时监测系统,该系统能够统一汇聚和关联分析铁路沿线分布式采集海量机车数据。并通过数据挖掘算法,提取速度、加速度、牵引力、管压、网压等机车运行特征参数,实现对机车运行状态全方位实时监控,及时发现异常,有效预防事故。

2. 机车数字孪生模型构建

利用高精度定位数据流,结合物理建模、仿真优化等技术,搭建机车数字孪生系统。该系统中每台机车都有一个虚拟数字孪生体,该孪生体与现实中机车实时同步,镜像映射机车物理结构、运行状态和健康水平。通过对数字孪生体研究分析,可预知机车服役性能和寿命,并对故障进行预警,数字孪生是实现机车智能化调度运行的重要手段。

3. 高精度定位推算运行时分

通过机车定位点连续序列以及对应时间戳信息,可精准计算得到机车在区间、站内详细运行时分,这些时分数据可自动生成机车运行电子存包,为调整列车运行图、编制机车交路、核算机车运用效率等提供数据支撑。基于高精度定位大幅提升了机车运行时分测算的准确性,还可根据历史数据对列车晚点走行区间、晚点时长等进行统计分析,找出短板,优化运输组织。

4. 高精度定位机车与日(班)计划融合

通过将机车高精度位置与列车运行日计划、机车使用班计划等进行时空配准关联,可实现机车运行实际情况与计划精准匹配,并据此动态评估机车执行计划的完成度。一旦发现机车实际运行与计划存在较大偏差,系统能够及时预警,调度员可快速调整机车计划,确保列车正点率,高精度定位让机车与列车、乘务员、线路设备、调度计划等要素深度关联,奠定了列车智能化编组、机车指挥调度基础^[9]。

(三) 机车效率指标、能耗智能分析与管理

1. 结合机车运行轨迹与运行时间实时计算机车的效率指标

北斗高精度定位提供的机车连续轨迹和时间信息,使得机车库停时间、站停时间、纯运转时间、旅行时间、平均全周转时间等重要效率指标都可快速准确地计算出来。运行轨迹使得机车的走行公里等重要效率指标都可快速准确地计算出来,从而计算出日车公里、日产量、技速、旅速等重要的效率指标。传统人工统计方式往往事后才能得到结果,时效性差。引入定位大数据,可实时掌握机车 KPI 达成情况,并预测后续变化趋势,从而为机车调度、检修安排等提供数字化决策参考,大幅提高机车管理水平。

2. 结合位置、速度等数据分析机车能耗

通过分析机车北斗高精度定位数据获取的运行轨迹、速度曲线、停站时间等信息,可精准推算机车在不同运行工况下的燃油或电量消耗,形成机车能耗指标体系,将机车实际能耗数据与理论能耗模型、同型机车平均水平等进行智能对比分析,找出能耗异常偏高的机车,有针对性地开展重点监控和管理。数字化能耗分析技术有助于铁路部门快速识别机车能耗超标的原因,并通过优化速度曲线、优化操纵方法等措施,引导驾驶人员采用节能经济操纵策略,从而持续优化机车能源管理,降本增效,北斗定位数据支撑形成的机车能耗大数据,也将为后续开展机车节能技术攻关提供重要数据样本和分析基础。

3. 建立机车能耗模型优化驾驶策略

在对海量机车能耗数据进行采集和分析的基础上,可对速度、坡度、弯道半径、载重量、天气等因素与机车能耗间的关系进行建模,总结出最优驾驶策略,将该策略反馈给司机,引导其根据线路条件、机车特性等进行经济驾驶,在确保安全、正点前提下最小化能源消耗。通过机车智慧驾驶辅助系统,司机可实时获得操纵建议提示,避免盲目加减速等低效率驾驶行为,优化驾驶模式参数还可下发给牵引控制系统,实现自动驾驶和节能优化控制,北斗高精度定位让机车能耗管理从粗放走向精细化、智能化。

结语:

5G 与北斗高精度定位技术深度融合,为铁路机车调度管理变革带来新的发展契机,本文分析了当前铁路机车调度面临的技术挑战,阐述了 5G+北斗定位技术优势特点,提出了基于该技术的机车位置实时高精度采集与展示、机车调度指挥辅助系统、机车效率指标与能耗智能分析等创新应用。这些应用有助于实现机车的精细化监控、智慧化调度、节能化管理,提升铁路运输效率 and 经济效益,未来,随着 5G+北斗在铁路规模化部署应用,必将引领铁路机车全生命周期的智能化管理,为建设智慧铁路、提升铁路综合竞争力做出更大贡献。

参考文献

- [1]刘喆.基于 5G+北斗高精度定位技术的铁路机车调度数字化管理创新应用[J].电脑与电信, 2024, (05): 61-65.
 - [2]程宾,张鑫,秦晓丽,等.基于北斗高精度时空服务技术的卫勤保障军事应用研究[J].火力与指挥控制, 2024, 49(02): 189-194.
 - [3]王绍新,翁艳彬.基于北斗高精度定位的铁路巡检技术应用[J].全球定位系统, 2024, 49(01): 60-67.
 - [4]赵鹏,厉芳婷,张亮,等.5G 条件下北斗高精度导航定位技术与应用[J].测绘地理信息, 2024, 49(01): 88-90.
 - [5]李家春,宋宗昌,侯少梁,等.北斗高精度定位技术在边坡变形监测中的应用[J].中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(01): 70-74.
- 作者简介: 罗胜利(1978.01-)男,汉,陕西商洛人,本科,工程师,研究方向:铁路机车运用与管理。