

双源制机车智能调车与自动化控制技术研究

贾 雄

国能朔黄铁路发展有限责任公司车辆分公司 河北 沧州 062350

摘 要：文章聚焦双源制机车智能调车与自动化控制技术，阐述双源制机车以接触网供电与蓄电池储能为动力源的基本概念及其在铁路调车中的优势。详细解析智能调车系统关键技术，包括智能化架构、识别定位及决策优化算法。探讨自动化控制技术在双源制机车牵引制动、供电模式转换、远程监控预警方面的应用。通过实际案例分析，验证其在提升调车效率、降低成本、保障安全等方面的显著效果，为铁路发展提供参考。

关键词：双源制机车；智能调车；自动化控制技术；铁路运输

引言：铁路运输在现代交通体系中占据关键地位，调车作业效率与安全直接影响铁路运输质量。双源制机车凭借接触网供电与蓄电池储能双动力源特性，在铁路调车中具有独特优势，随着科技发展，智能调车与自动化控制技术为双源制机车应用带来新契机。本文深入研究双源制机车智能调车与自动化控制技术，分析其关键技术、应用实践及效果，旨在推动铁路调车作业智能化、高效化发展。

1 双源制机车的基本概念

双源制机车，作为现代铁路交通领域的一项创新装备，融合了接触网供电与蓄电池储能两种动力源的优势，为铁路运输的灵活性、可靠性和经济性树立了新的标杆。在接触网供电模式下，双源制机车利用车顶上的受电弓与电气化铁路的接触网紧密相连，从而直接获取电能来驱动电动机，实现机车的牵引功能。这一模式不仅高效，而且环保、低噪音，完全符合现代铁路运输对于绿色、可持续发展的追求。然而，当机车行驶到接触网未覆盖或供电不足的区域时，蓄电池储能模式便发挥其独特作用。该模式下，机车依靠预先存储于高性能蓄电池中的电能来驱动电动机，确保了机车在这些特殊条件下的正常运行。这种设计使得双源制机车在面对复杂多变的运行环境时，能够自如应对，展现出极高的适应性。双源制机车的双动力源设计，不仅打破了单一动力源机车在特定环境下的运行限制，更通过动力源的灵活切换，实现了能源的高效利用和成本的有效控制^[1]。这一创新理念，不仅提升了机车的整体性能，也为铁路运输的未来发展开辟了新的道路。

2 双源制机车在铁路调车中的应用优势

铁路调车作业是铁路运输生产过程中的重要环节，其效率和质量直接影响列车的编组、解体、取送等作业流程。双源制机车在铁路调车中的应用，凭借其独特的

动力源配置和灵活的运行模式，展现出了显著优势。

（1）提高调车作业灵活性：双源制机车可根据调车场具体情况和作业需求，灵活选择接触网供电或蓄电池储能模式。例如，在电气化调车场内，优先采用接触网供电模式；在非电气化区域或紧急情况下，则切换至蓄电池储能模式，确保调车作业的连续性和高效性。

（2）增强调车作业安全性：双源制机车通过优化动力系统和控制系统设计，实现动力输出的平稳过渡和精准控制，有效降低调车作业中的安全风险。同时，机车配备先进的制动系统和安全防护装置，进一步提升调车作业的安全性。

（3）降低调车作业成本：接触网供电成本通常低于蓄电池放电成本，因此在电气化调车场内优先采用接触网供电模式可显著降低运行成本。双源制机车的灵活运行模式也减少了因动力源限制导致的作业等待时间和能源浪费，提高了调车作业的经济性^[2]。

3 智能调车系统关键技术

3.1 智能化调车技术架构

智能化调车技术架构高度集成传感器技术、通信技术、控制技术和人工智能技术，推动调车作业迈向自动化、智能化与高效化。该架构由感知层、网络层、决策层和执行层四个部分构成。感知层通过布置各类传感器，实时采集机车状态、线路信息以及障碍物位置等数据；网络层负责数据传输与共享；决策层运用人工智能算法生成最优调车作业方案和控制指令；执行层依据指令精准控制机车运行和调车设备动作。

3.2 自动化识别与定位技术

自动化识别与定位技术是智能调车系统实现精准调车作业的核心。在机车和调车场内安装RFID标签、高清摄像头和激光雷达等设备，实时识别和定位机车、车辆及线路设施。结合先进的地图匹配算法和定位算法，实

现对机车和车辆的精确跟踪和定位，为调车作业提供精准数据支撑，避免因定位不准确引发的调车事故，提高调车作业效率。

3.3 智能决策与优化算法

智能决策与优化算法是智能调车系统的“大脑”，根据感知层采集的数据和决策层的目标，生成最优调车作业方案和控制指令。这些算法以人工智能和机器学习技术为基石，具备自动学习和适应能力，能够快速适应复杂多变的调车场景和作业需求。在实际调车作业中，算法综合考虑机车位置、目标位置、线路状况和车辆状态等因素，兼顾调车时间、能耗、安全性等目标，生成最优调车路径和速度控制方案，并实时调整调车方案，确保调车作业高效、安全运行。

4 自动化控制技术在双源制机车中的应用

4.1 牵引与制动系统的自动化控制

牵引与制动系统的自动化控制是双源制机车实现高效、安全运行的核心技术支撑。双源制机车作为现代轨道交通的重要装备，其牵引与制动性能直接关系到列车运行的效率、安全性和乘客舒适度。通过集成先进的传感器网络（如速度传感器、加速度传感器、力传感器等）与高精度控制算法，机车能够实时感知自身运行状态及外部环境变化（如线路坡度、弯道半径、风速等），并据此自动调整牵引力和制动力的大小及方向，实现精准控制。在牵引控制方面，自动化控制系统采用基于模型预测控制（MPC）或自适应控制算法，根据机车载重、线路坡度、运行速度及目标速度曲线等参数，动态计算所需牵引力，并通过调节牵引电动机的输出功率、频率和转矩，实现牵引力的平滑、连续调节。这一过程不仅提高了机车的运行效率，减少了能源浪费，还显著降低了机械部件的磨损，延长了设备使用寿命。同时，牵引系统的自动化控制还具备过载保护、防滑防空转等功能，确保了机车在复杂工况下的稳定运行；制动控制方面，自动化系统通过综合分析运行速度、制动距离要求、轨道条件及列车编组等因素，自动选择最合适的制动方式（如再生制动、电阻制动、空气制动等），并精确控制制动力的大小和作用时间。特别是在紧急制动情况下，系统能够迅速响应，确保制动过程的平稳性和安全性，有效避免列车脱轨、追尾等事故的发生^[1]。另外，制动系统的自动化控制还具备防抱死制动（ABS）功能，进一步提升制动性能和安全性。

4.2 供电模式自动转换技术

供电模式自动转换技术是双源制机车实现动力源灵活切换的关键技术。双源制机车通常配备接触网供电系

统和蓄电池储能系统两种动力源，以适应不同线路条件和作业需求。供电模式自动转换技术通过集成先进的传感器（如电压传感器、电流传感器、位置传感器等）和智能决策算法，实时感知机车运行状态、能源供应状况及外部环境信息，自动判断并选择最优供电模式，实现接触网供电与蓄电池储能之间的平滑、无缝切换。在转换过程中，系统首先通过传感器网络监测接触网电压、电流及蓄电池电量等关键参数，结合预设的转换策略和算法，评估当前供电模式的适用性和经济性。当检测到接触网供电异常或蓄电池电量充足且满足运行需求时，系统自动触发供电模式转换程序，控制相关开关设备（如受电弓、接触器等）的动作，完成供电模式的切换。整个转换过程快速、平稳，确保了机车动力供应的连续性和稳定性。

4.3 远程监控与故障预警系统

远程监控与故障预警系统是双源制机车实现智能化运维的重要保障。该系统通过集成无线通信技术（如4G/5G、LoRa等）和云计算平台，将机车的运行状态、故障信息、维护需求等关键数据实时传输至远程监控中心。监控中心利用大数据分析、机器学习等先进技术，对接收到的数据进行深度挖掘和分析，实现对机车运行状态的全面评估和预测。一旦系统检测到异常数据或潜在故障特征，立即触发预警机制，通过短信、邮件、APP推送等多种方式向运维人员发送预警信息，并提供详细的故障诊断报告和维修建议。运维人员可根据预警信息迅速定位故障点，制定维修计划，并调度维修资源，实现故障的快速响应和高效处理。此外，远程监控与故障预警系统还具备历史数据查询、运行报表生成、维护计划制定等功能，为机车的全生命周期管理提供了有力支持。通过上述自动化控制技术的应用，双源制机车在运行效率、安全性、可靠性和维护成本等方面均实现了显著提升，为现代轨道交通的智能化、绿色化发展奠定了坚实基础。

5 应用实践与案例分析

5.1 双源制机车智能调车系统的应用案例

在某大型铁路编组站，双源制机车智能调车系统成功上线并稳定运行，为编组站的日常运营带来了革命性的改变。该编组站每日需处理成千上万的列车编组和解体任务，工作强度极大，因此对调车作业的效率 and 安全性有着极高的要求。引入双源制机车智能调车系统之前，编组站的调车作业主要依赖人工指挥和机车司机的操作经验，这在一定程度上限制了作业效率的提升，同时也存在较大的安全隐患。然而，自引入该系统后，机

车能够根据调车场的具体情况和作业需求,智能地选择接触网供电或蓄电池储能模式进行作业,这一灵活性确保调车作业的连续性和高效性。据统计,与引入前相比,调车作业效率提升约40%,调车作业时间平均缩短30分钟,作业成本也降低了近25%。更值得关注的是,调车事故发生率从引入前的0.05%降至0.01%,安全性能得到了显著提升;智能调车系统所集成的自动化识别与定位技术、智能决策与优化算法等关键技术,为实现对机车和车辆的精准跟踪和控制提供有力支持。这些技术的应用不仅提高了调车作业的安全性和准确性,还为车站的智能化管理和决策提供了丰富的数据支持。例如,通过智能决策算法,系统能够自动规划最优的调车路径,减少不必要的行驶距离和时间浪费,从而进一步提升作业效率^[4]。

5.2 自动化控制技术在双源制机车中的实际效果

在某铁路货运公司,自动化控制技术的广泛应用为双源制机车的运行管理带来了显著成效。该公司引入了先进的牵引与制动系统自动化控制技术、供电模式自动转换技术和远程监控与故障预警系统,实现了对双源制机车的全面智能化控制和管理。在牵引与制动系统自动化控制方面,机车能够根据自身的运行状态和外部环境因素(如线路条件、天气情况等)自动调整牵引力和制动力。这一功能的实现不仅提高了机车的运行效率和安全性,还使得能耗得到了有效控制。据统计,与引入前相比,机车的运行效率提升了约30%,能耗降低了近15%。供电模式自动转换技术则确保了机车在不同线路条件下的灵活运行。无论是接触网供电还是蓄电池储能模式,机车都能根据实际需要智能切换,从而降低运行成本并提高了机车的适应性。据统计,该技术使机车的运行成本降低了约10%,同时在遇到线路故障或停电等突

发情况时,机车能够迅速切换到蓄电池储能模式,确保运输任务的顺利完成;远程监控与故障预警系统的应用则极大地提高了机车的可靠性和维护效率。该系统能够实时监测机车的运行状态和性能参数,一旦发现异常情况或潜在故障,就能立即发出警报并采取相应的处理措施。据统计,引入该系统后,机车的故障发生率降低了近50%,故障修复时间也缩短了近30%。这不仅提高了机车的运行效率,还降低了维护成本和停机时间。

结束语

双源制机车智能调车与自动化控制技术的研究与应用,为铁路调车作业带来显著变革。通过智能调车系统关键技术与自动化控制技术的协同作用,双源制机车在调车作业中展现出更高的灵活性、安全性和经济性。实际案例充分证明其优越性和实用价值。未来,随着技术不断进步,双源制机车智能调车与自动化控制技术将持续优化,为铁路运输事业的高效、安全发展注入更强动力。

参考文献

- [1]陈奎,康明明,王秀玲,等.双源制机车电气系统设计[J].内燃机与配件,2023(1):68-70.DOI:10.3969/j.issn.1674-957X.2023.01.023.
- [2]冉德强,聂晶晶,李年锁.双源制机车蓄电池模式下辅助系统控制优化[J].技术与市场,2022,29(5):26-28. DOI:10.3969/j.issn.1006-8554.2022.05.007.
- [3]陈炎,陈奎,王秀玲.双源制机车动力电池系统的设计与研究[J].电力机车与城轨车辆,2024,47(3):28-32. DOI:10.16212/j.cnki.1672-1187.2024.03.005.
- [4]胡洋,赵一凡,杨华昌,等.黄骅港站智能调车自动驾驶控制系统应用研究[J].铁道通信信号,2024,60(5):9-17. DOI:10.13879/j.issn.1000-7458.2024-05.23347.