

智能调车作业训练车的设计与应用研究

吕丹, 周宗明, 王敬

重庆公共运输职业学院, 重庆 402247

DOI:10.61369/ME.2024080004

摘要： 本文聚焦智能调车作业训练车的设计与应用展开研究。通过综合运用多学科理论知识，融合机械设计、自动化控制、传感器技术等，设计研发训练车软硬件系统，完成基础性能、智能功能、通信稳定性与可靠性与耐久性测试，推动铁路调车作业向智能化、安全化方向发展。

关键词： 培训；调车作业；智能化；安全

Research on the Design and Application of Smart Train Shunting Operation Training Vehicle

Lv Dan, Zhou Zongming, Wang Jing

Chongqing Vocational & Technical College of Industry and Trade, Chongqing 402247

Abstract： This paper focuses on the design and application of smart train shunting operation training vehicles. Through the integrated use of multidisciplinary theoretical knowledge, combining mechanical design, automatic control, sensor technology, etc., we designed and developed the software and hardware systems for the training vehicle. Basic performance, intelligent functions, communication stability, reliability, and durability tests were completed, promoting the intelligent and safe development of railway shunting operations.

Keywords： training; shunting operation; intelligence; safety

引言

（一）研究背景

近年来，随着我国铁路运输量的持续攀升，连接员要在错综复杂的站场环境下时刻警惕，应对各种突发事件^[1]。在这种工作模式下，人为失误难以完全避免，车辆溜逸、碰撞等安全事故时有发生，严重威胁铁路运输安全，也伴随巨大经济损失^{[2][3]}。传统模式下调车培训实操机会十分匮乏，且在真实站场进行培训存在较高的安全风险^{[4][5]}。智能调车作业训练车能够在模拟的真实场景中反复练习，提升连接员作业流程熟练程度与技能，强化精神记忆，形成肌肉记忆。由此可见，开展智能调车作业训练车的研究，无论是对提升铁路调车作业的智能化水平、保障运输安全，都具有可观的应用前景。

（二）国内外研究现状

在国内，智能调车作业训练车相关研究与应用发展迅速。科研院校和企业积极投入研发，取得了诸多成果。部分高校依托其在自动化控制、人工智能等领域的科研力量，深入研究智能调车的算法与系统架构^[6]，为训练车的智能化升级提供理论支持。从应用层面来看，一些铁路装备制造企业已成功推出具有自主知识产权的智能调车作业训练车^[7]。精确控制车辆的速度和运行姿态，极大地提高了调车作业的准确性和效率^[8]。同时，国内还开发出高度仿真的调车作业模拟软件，结合虚拟仿真技术，通过模拟各种复杂的调车场景，包括不同天气条件、线路状况以及突发故障等，让学员在安全的虚拟环境中反复练习，有效提升了他们应对实际问题的能力^[9]。

国外在传感器技术应用方面，国外不断追求更高的精度和可靠性，研发出多种新型传感器，能够更全面、精准地获取调车作业现场的信息^[4]。例如，在通信技术上，国外积极探索5G、卫星通信等技术在智能调车中的应用。在智能控制算法方面，运用深度学习、强化学习等人工智能技术，使调车作业训练车能够根据不断变化的环境和任务要求，自主学习并优化调车策略^[9]。此外，国外还十分重视智能调车作业训练车的标准化和规范化建设，制定了一系列严格的技术标准和安全规范，保障了设备的质量和运行安全。

作者简介：

吕丹（1993-），女，汉族，湖北潜江人，硕士，讲师，主要研究方向：铁道交通运输，城市轨道交通运营等；

周宗明（1956-），男，汉族，重庆江津人，硕士，高级实验师，主要研究方向：铁道机车、城市轨道交通机电技术等；

王敬（1990-），男，汉族，四川泸州人，学士，讲师，主要研究方向：铁道机车驾驶、城市轨道交通车辆技术等。

（三）研究方法与创新点

全面搜集国内外关于智能调车作业、自动化控制、传感器技术以及铁路培训设备等方面的文献资料，通过对这些资料的系统梳理与分析，了解相关领域的研究现状、技术发展趋势以及存在的问题。同时，深入铁路站场、铁路职业院校以及相关科研机构和企业，与调车作业人员、培训教师、技术研发人员进行面对面交流。实地观察传统调车作业流程和现有调车训练设备的使用情况，收集一线工作人员对智能调车作业训练车的功能需求和改进建议，确保研究成果符合实际应用需求。搭建智能调车作业训练车的实验平台，对设计的硬件系统和软件算法进行全面测试。如不同线路条件、天气状况和作业任务，收集车辆运行数据、控制精度数据以及故障信息等。

通过创新的融合算法，实现对调车作业环境的全方位、高精度感知，有效提高了对障碍物、车辆位置和运行状态的识别精度和可靠性。运用强化学习算法构建智能调车作业决策模型，实现了调车速度控制和车辆调度的智能化。

一、智能调车作业训练车的实验与验证

（一）核心技术简述

智能调车作业训练车集调车作业、接触网检修作业和声屏障检修作业于一车，实现了多能化、智能化和安全化，满足铁路其它专业训练的需要，保证了学员岗前培训的合格率。填补了电脑仿真与真实调车机车之间无调车作业训练车的空白，摆脱传统的一对一师徒模式，采用一对多的培养模式，提高人才培养效率；将调车作业、接触网检修作业和声屏障检修作业功能集成，降低成本，并节省空间占用。



图1 调车作业训练车

团队成员用三年时间攻克了数据采集和决策分析技术、智能转向架技术、智能控制系统技术、微机控制系统技术、自适应制动系统技术、测距装置技术等核心技术难关，并申请了多项专利，保护了该训练车的知识产权。并委托第三方生产公司开模生产零件及组装。

（二）设计试验方案

1. 实验环境搭建

在实训中心划定专门区域模拟铁路场景，铺设标准轨距模拟铁轨，设置不同曲率弯道、道岔，模拟真实铁路路况。并模拟铁路现场信号指令。



图2 调车作业训练车实验环境搭建

2. 实验项目测试

（1）测试训练车基础性能

定位精度测试：在训练车运行路径上设置多个固定参考点，通过高精度定位系统（如差分GPS或室内定位基站）实时获取训练车位置数据，与预设理论位置对比，计算定位误差，重复测试多次取平均值。

速度控制精度测试：设定不同运行速度值，利用速度传感器采集训练车实际运行速度，对比设定速度，计算速度偏差。



图3 调车作业训练车基础性能测试

（2）测试训练车智能功能

障碍物识别与避障测试：在轨道上不同位置放置模拟障碍物，启动训练车，检测其能否及时识别障碍物并按照预设避障策略安全避让。

（3）测试训练车通信稳定性

车地通信测试：在训练车运行过程中，检测包括指令下达、状态反馈等数据的传输延迟、丢包率等指标，多车通信测试：模拟多辆训练车同时作业场景，测试它们之间的通信协同能力。

（4）测试训练车可靠性与耐久性连续运行测试：让训练车不间断运行较长时间（如24小时），期间通过监督观测训练车核心工作部件状态，评估训练车性能。



图4 调车作业训练车可靠性与耐久性测试

（三）实验结果与分析

在智能调车作业训练车实验期间，运用高精度传感器与专业数据采集系统，全面收集关键运行数据。按照时间顺序，将速度、位置数据整合为运行轨迹数据表，清晰呈现训练车在不同时刻的运行状态。把故障信息单独整理成册，按照故障类型、发生

频率进行排序统计。

结果分析与评估：将整理后的数据与智能调车作业训练车的设计目标进行对比分析。实验数据显示，大部分运行时段速度控制精度可达 $\pm 1.5\%$ ，满足设计预期，但在急加速和急减速瞬间，速度偏差偶尔超出 $\pm 2\%$ 范围。定位精度上实验结果表明，整体定位误差均值维持在 ± 3 厘米，满足设计标准。针对上述存在的问题，需深入研究优化，提升训练车整体性能与稳定性，使其更好地满足智能调车作业培训需求。

二、应用前景分析

（一）铁路运输领域

降低人力成本：智能调车作业训练车可部分替代人工完成重复性、高强度的调车任务，减少对调车员数量的依赖。

适应铁路智能化发展趋势：随着铁路行业向智能化、数字化方向迈进，智能调车作业训练车作为智能化关键装备，契合行业发展潮流。助力构建智能铁路运输生态系统。

（二）铁路人才培养领域

提供高效实训平台：在铁路职业教育和职工培训中，模拟各类调车场景，包括正常作业、特殊天气、设备故障等情况，提升学员应对复杂问题的能力。记录学员速度控制、路径选择、故障

处理等操作数据，利用数据分析技术对学员表现进行精准评估，为教师提供详细反馈。

满足多样化培训需求：无论是铁路相关专业学生的基础技能培训，还是铁路在职员工的技能提升培训，且支持单人训练、多人协同训练等多种模式，适应不同培训场景。

三、结论与展望

在铁路运输领域的创新发展进程中，智能调车作业训练车横空出世，开创性地填补了电脑仿真与真实调车机车之间的应用鸿沟，实现了从无到有的重大突破，为行业发展开辟了新的道路。这款智能调车作业训练车在创新方面成绩斐然，获得了广泛认可。依托团队设计研发的训练车，指导学生参与中国国际大学生创新创业大赛，连续两届获得市级银奖，更彰显了智能调车作业训练车在技术创新与应用价值层面的卓越表现。一方面，通过优化材料选用和结构设计，有效降低了制造与运营成本，另一方面，将调车作业、接触网检修作业和声屏障检修作业功能整合于一车，全面达成多能化、智能化与安全化目标，极大提高了作业效率和操作安全性，满足铁路多样化作业需求的同时，提升人员技能，充实人才储备。

参考文献

- [1] 李消. 铁路机车乘务员调车作业人因失误安全评价与风险管控 [D]. 华东交通大学, 2023. DOI: 10.27147/d.cnki.ghdju.2023.000606.
- [2] 李博宇. 铁路技术站生产作业智能化安全管理及评价技术研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2023.
- [3] 朱向晖, 马茂德. 调车作业安全问题研究 [J]. 交通世界, 2021, (18): 144-145. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2021.18.069.
- [4] 陈扬. 长沙北站调车作业智能化安全卡控体系研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2024. DOI: 10.27369/d.cnki.gtdky.2024.000068.
- [5] 马浩钧, 卢圣峰. 铁路调车工作安全事故案例分析探讨——以独子山石化铁路运输中心编组站北站为例 [J]. 大陆桥视野, 2021, (05): 132-133.
- [6] 张晓冬. 基于 VR 技术的铁路调车作业安全仿真系统研究 [J]. 铁道货运, 2024, 42(04): 32-37+45. DOI: 10.16669/j.cnki.issn.1004-2024.2024.04.06.
- [7] 谷瑞忠. 轨道作业车调车作业辅助系统. 黑龙江省, 哈尔滨国铁科技集团股份有限公司, 2022-11-24.
- [8] 王雪. 大型铁路客运站调车作业过程仿真建模研究 [D]. 大连交通大学, 2021. DOI: 10.26990/d.cnki.gsltc.2021.000640.
- [9] 宋大同. 基于虚拟现实技术的铁路编组站调车作业培训系统研究 [D]. 北京交通大学, 2020. DOI: 10.26944/d.cnki.gbfju.2020.002923.