

普速铁路车机联控自动控制系统研究

王志文

国能朔黄铁路发展有限责任公司肃宁分公司 062350

【摘要】铁路运输安全管理中,车机联控是确保行车安全的关键环节,但传统人工联控模式存在联控不及时、用语不规范、疲劳差错等突出问题。本文以普速铁路车机联控自动化为切入点,分析了现有联控模式在实际应用中的系统性缺陷及其成因。提出了基于语音识别、图像识别和语音合成等智能技术的自动控制系统解决方案,通过TDCS数据隔离接口采集信息,实现联控语音自动生成与播报。该系统在实际应用中显著提升了联控效率和准确性,为普速铁路安全管理提供了新型技术支撑,对推动铁路运输智能化发展具有重要意义。

【关键词】普速铁路;机车联控;自动控制系统

Research on the automatic control system of ordinary railway vehicles

Wang Zhiwen

Suning Branch of Guoxin Shuohuang Railway Development Co., Ltd 062350

【Abstract】In the safety management of railway transportation, the joint control of vehicles and aircraft is the key link to ensure the traffic safety, but the traditional manual joint control mode has prominent problems such as untimely joint control, non-standard language and fatigue error. On the basis of the systematic defects of the existing joint control mode in practical application. An automatic control system solution based on intelligent technologies such as speech recognition, image recognition and speech synthesis is proposed to collect information through TDCS data isolation interface to realize automatic generation and broadcasting of joint control voice. In practical application, the system significantly improves the efficiency and accuracy of joint control, provides new technical support for the safety management of general speed railway, and is of great significance to promote the intelligent development of railway transportation.

【Key words】 general speed railway; locomotive joint control; automatic control system;

引言:

车机联控是铁路运输中车站值班员与机车司机之间进行安全信息确认的重要手段,对预防冲突、越标、溜车等事故起着至关重要的作用。目前,我国普速铁路网运营里程超过15.9万公里,线路环境复杂,每日约有数十万次车机联控作业。在非CTC区段,车站值班员需通过无线调度电话与司机确认进路、限速及施工等信息,这种人工联控方式不仅占用了值班员大量工作时间,还容易因人为因素导致安全隐患。为解决人工联控中的效率和安全问题,基于此,提出一种融合智能技术的自动控制系统,以期实现车机联控的智能化升级,提升铁路运输安全管理水平。

一、传统人工联控模式的主要缺陷

(一) 联控不及时问题

传统人工联控模式下,车站值班员面临列车进路确认、信号开放、施工防护等多重任务的并发压力,这种工作负荷直接导致联控时机把握困难。当列车接近站区或进入关键区段时,正在处理其他紧急事务的值班员往往难以抽身进行及时联控,由此产生信息传递延迟。而在繁忙区段出现多列车交会通过的情况下,集中涌现的联控任务更使这一问题雪上加霜,值班员难以在最佳时机与每位司机建立有效联系。这种联控延迟不仅影响列车运行效率,更会导致司机无法及时获知临时限速、施工区段等关键安全信息,进而埋下安全隐患^[1]。在恶劣天气或设备故障等特殊情况下,联控延迟问题尤为突出。特别是在非CTC区段,由于缺乏自动化手段辅助,进一步加剧了联控不及时的风险系数。

(二) 用语不规范问题

铁路车机联控作业中的用语规范直接关系到行车安全,

然而现实作业中存在严重的用语不规范现象。值班员在进行联控时经常出现语速过快、发音不准、语调不清的基础性问题,这些问题导致司机难以准确理解联控内容。更为严重的是,部分值班员在确认进路信息时存在简化词语、省略关键信息的不当习惯,致使“机待”简化为“待”、“运行”简化为“行”等模糊表达,这种表达方式极易造成信息传递失真。在施工封锁、临时限速等特殊情况下,一些值班员未能严格遵守标准用语要求,使用口语化表达替代规范用语,这种偏差不仅违背了行车规章制度,更增加了行车安全隐患。

(三) 劳动强度大导致疲劳问题

车站值班员在执行联控任务时承受着巨大的心理和生理压力,尤其在昼夜交替的班次制度下,持续性的语音呼叫极易导致声带疲劳。繁忙站段的值班员每天需要进行大量重复性的联控对话,长时间保持高度注意力的同时还要确保语言表达准确规范,这种高强度的工作状态使其精神持续紧张^[9]。当遇到恶劣天气、设备故障等特殊情况时,联控频次往往激增,值班员需要在疲劳状态下继续完成更多的联控任务,由此产生的生理和心理疲惫感会显著降低工作效率。这种疲劳累积效应不仅影响值班员的身心健康,更会增加联控过程中的差错率,给行车安全带来潜在威胁。

(四) 错控漏控频发问题

传统人工联控过程中,错控漏控现象呈现出明显的规律性和普遍性特征。繁忙车站中,值班员在处理多股道联控任务时极易出现信息混淆,将某一股道的进路信息错误告知另一股道的列车司机。在施工封锁区段或临时限速路段,因值班员工作疏忽导致漏控情况时有发生,这种信息传递中断使得司机无法获知关键安全信息。更为突出的是,交接班期间的信息衔接断层往往引发系统性的漏控风险,造成部分重要联控事项未能及时传达。这些错控漏控问题在恶劣天气、设备故障等特殊情况下表现得尤为明显,严重威胁着行车安全。

二、系统性问题成因分析

(一) 人工操作依赖性强

现行车机联控系统在技术架构上过度依赖人工操作环节,这种依赖性体现在联控全过程的各个关键节点。车站值班员需凭借个人经验判断列车运行状态,通过人工方式获取TDCS系统显示的进路信息,并依靠主观判断选择联控时机。

在信息传递环节,系统缺乏智能化的数据采集与处理机制,导致值班员必须手动记录和核实每条联控信息的准确性^[9]。特别是在进路变更、施工封锁等非常规情况下,系统无法提供智能化的辅助决策支持,使得整个联控流程完全依托值班员的个人能力与经验水平,这种高度依赖人工操作的模式显著增加了系统运行的不确定性。

(二) 标准化执行不到位

车机联控作业标准化执行过程中存在明显的制度落实断层现象,这种问题在实际操作环节表现得尤为突出。虽然铁路部门制定了完备的联控规程和标准用语规范,但在日常作业中,部分值班员往往受工作惯性影响而偏离标准流程。具体体现在联控时机把握随意性大,未能严格遵循规定的联控时序要求;联控用语规范性不足,致使标准用语被简化或替代;信息记录完整性缺失,导致重要联控内容未能按规定完整记载。这种标准化执行偏差不仅影响了联控质量的均一性,更使得联控过程缺乏可追溯性和可考核性。

(三) 作业环境复杂

普速铁路车机联控的作业环境呈现出明显的多维复杂性特征。值班员需要同时关注TDCS系统、联锁设备、无线通信装置等多个技术系统,各系统之间的信息交互给联控工作带来巨大压力。在繁忙区段,客货混跑的运营模式导致联控任务高度密集,而施工封锁、设备维修等临时性作业又增加了环境的不确定性。复杂的天气条件对无线通信质量造成显著影响,雨雪、大风等恶劣天气常导致通信信号不稳定,进而影响联控效果。这种多重因素叠加的复杂环境严重制约着联控工作的顺利开展。

(四) 管理机制不完善

现行车机联控管理机制存在明显的系统性缺陷,突出表现在监督考核体系的不健全。联控过程缺乏实时监控和质量评估手段,导致违规操作难以及时发现和纠正。各站段的联控记录管理也呈现出标准不统一、数据分散的问题,使得联控质量的追溯分析难以开展。在责任划分方面,车站、机务等多部门之间的协同管理机制不够完善,造成联控差错追责困难。这种管理机制的缺陷还体现在考核指标体系设置不合理,过分强调联控数量而忽视质量评价,致使基层单位片面追求联控频次,反而影响了联控实效。

如图1所示,铁路联控管理网络涉及多个部门,复杂的组织结构进一步加剧了上述问题的形成。

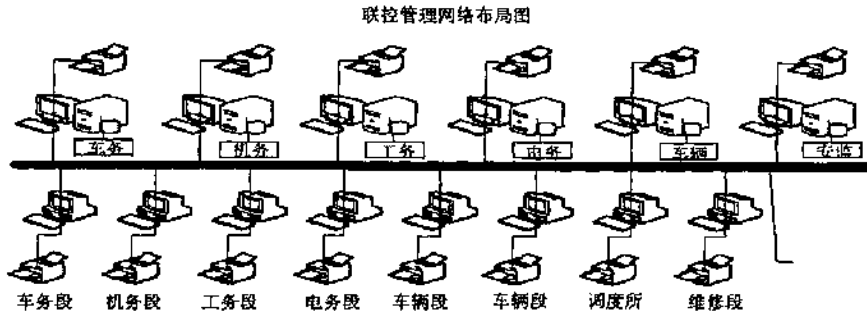


图 1

三、智能化联控系统解决方案

(一) 提升联控及时性的自动触发方案

智能联控系统应构建基于多源数据融合的自动触发机制，实现对列车运行数据、机车性能参数、信号系统状态和站场设备信息的实时采集与分析，从而精准预判列车到达关

键控制点的时机^[4]。系统需搭建基于深度学习的智能预测模型，通过对海量历史联控数据的挖掘分析，结合实时运行参数自动计算最优联控时机。针对客货列车交会、施工封锁、临时限速等不同运行场景，系统应设置差异化的触发阈值和预警机制，确保在列车运行状态满足预设条件时能够自动启动联控程序，实现关键信息的及时传递。

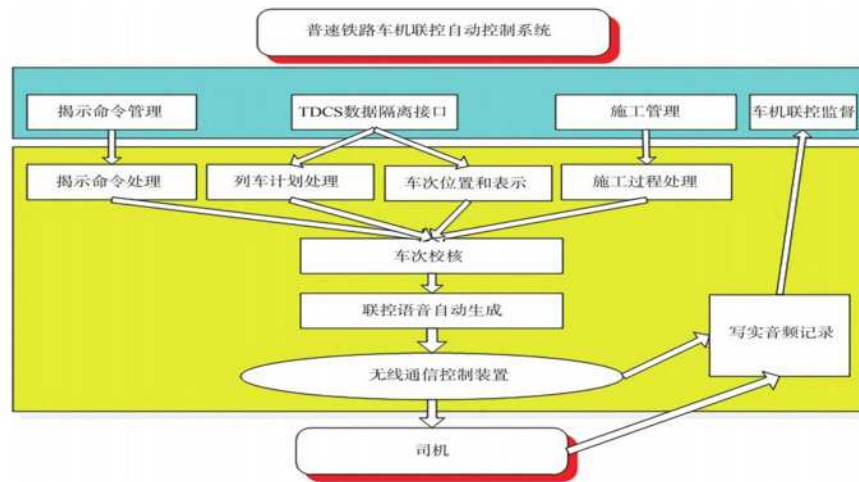


图 2

如图 2 所示，系统通过揭示命令管理、TDCS 数据隔离接口、施工管理等模块的协同配合，实现了联控过程的智能化触发和自动化执行。从图中可见，系统设计了完整的信息处理流程，从车次核验到联控语音自动生成，最终通过无线通信控制装置传递给司机，形成了闭环的自动控制体系。系统还应建立多层级的智能化联控管理机制，包括联控任务智能分配、执行监控和效果评估等功能模块。通过引入机器学习算法，系统可对站场人员配置、天气状况、设备状态等环境因素进行综合分析，动态调整联控任务的优先等级和处理策略。在多列车并发运行场景下，系统需建立基于图论的任务排队算法，实现联控指令的最优调度。同时，系统应具备自适应学习能力，通过持续积累运行数据，不断优化触发模型的预测准确性。针对突发情况，系统还需设置智能预警和

应急处置模块，确保联控工作的连续性和可靠性，从而全面提升系统运行效率。

(二) 规范作业用语的智能语音方案

智能联控系统应构建基于深度学习的语音合成模块，通过对标准联控用语语料库的分析训练，生成清晰准确的标准化语音。系统需采用高质量的数字语音处理技术，结合自然语言处理算法，确保合成语音在音调、语速和重音等方面符合铁路作业规范。针对不同联控场景，系统应建立动态语音模板库，根据进路状态、施工情况和天气条件等实时参数，自动选择和组合相应的标准用语，生成符合规范的联控语音指令。

系统还需配备智能语音识别和评估模块，对值班员的日常联控用语进行实时监测和分析。通过引入声学模型和语音

特征提取技术,系统可识别非标准用语和违规表达,并及时给出纠正提示。在复杂运营环境下,系统应具备噪声抑制和语音增强功能,通过自适应滤波算法提升语音传输质量^[5]。同时,系统需建立联控用语智能评估机制,对语音规范性、清晰度和准确性进行量化评估,形成完整的质量反馈体系。通过持续积累和分析语音数据,系统能够不断优化语音合成模型,提升标准化联控用语的生成效果。

(三) 减轻人工压力的自动化方案

智能联控系统应构建基于知识图谱的自动化决策模块,通过对列车运行数据、联控规则和历史经验的深度挖掘,建立完善的智能辅助决策体系。系统需采用多智能体协同技术,实现对进路冲突、施工影响和设备状态等多维信息的自动化分析与处理。通过引入神经网络算法,系统可对复杂场景下的联控策略进行智能优化,自动生成最优联控方案。在客货混跑和设备维修等复杂场景下,系统应具备任务自动分配和负载均衡功能,合理调配人力资源。

系统还需配备智能化监控和预警模块,实现对关键联控环节的全程监测。通过建立基于深度学习的异常检测模型,系统可自动识别潜在风险,并及时发出预警信息。在日常运营中,系统应运用数字镜像技术构建虚拟联控环境,实现对复杂场景的仿真推演和预案优化。同时,系统需建立智能化的交接班机制,通过自动化信息汇总和任务交接,降低人工操作负担。基于分布式账本技术的联控记录自动存证功能,则可确保业务数据的可追溯性和真实性,有效减少人工核验工作量。

(四) 强化管理追溯的信息化方案

智能联控系统需构建全过程信息存储追溯模块,通过分

布式数据库技术实现对联控作业各环节信息的自动采集与存储。系统应采用时间序列数据库对列车运行状态、联控指令、应答情况等关键信息进行实时记录,建立完整的数据溯源体系。针对施工封锁、设备故障等特殊情况,系统需设置差异化的信息采集策略,确保异常情况下的数据完整性。通过引入数据加密技术和电子签名机制,系统可有效保障联控记录的真实性和不可篡改性。

系统还应建立多维度的数据分析模块,实现对历史联控数据的深度挖掘与应用。通过构建数据分析模型,系统可自动生成联控质量评估报告,为管理决策提供数据支撑。在日常管理中,系统需搭建可视化展示平台,通过直观的数据图表展示联控执行情况,便于管理人员及时掌握联控质量动态。同时,系统应建立联控数据共享机制,实现车站、机务等多部门间的数据互通与协同分析,构建完整的信息追溯链条。

结束语

综上所述,普速铁路车机联控作业面临着极具挑战性的系统性问题,这些问题制约着铁路运输安全和效率的提升。通过构建智能化联控系统,不仅能有效解决当前联控作业中的突出问题,更为铁路运输现代化发展提供了技术支撑。铁路部门应加快智能联控系统的研发与应用,通过自动触发、智能语音、自动化管理和信息追溯等技术创新,推动联控作业向智能化、标准化方向转型。这种转型不仅能显著提升联控作业质量和效率,更为铁路智能化建设积累了宝贵经验,对推动铁路运输高质量发展具有重要意义。

参考文献

- [1]司晓星,贺涛,邢斌,等.普速铁路车机联控自动控制系统的应用[J].铁道货运,2023,41(06):43-47.
 - [2]张海荣.关于优化广深线车机联控的思考与建议[J].中国战略新兴产业,2018,(16):59.
 - [3]潘梁生.列车车载语音识别系统的设计与实现[D].北京交通大学,2016.
 - [4]赵占华.强化车机联控管理确保行车安全的探讨与实践[C]//山东铁道学会.山东铁道学会铁路运输安全学术研讨论文集.聊城车务段;,2011:5.
 - [5]王海.强化车机联控管理工作的探讨[C]//山东铁道学会.2008年科技学术研讨年提速安全与和谐铁路论文集.路局运输处;,2008:3.
- 作者简介:王志文(1988.3-)男,内蒙古自治区乌兰察布市人,本科,助理工程师,研究方向:铁路运输专业。