

铁路调度指令传递风险分析与标准化管理路径研究

赵 雄

国能新朔铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：调度指令传递是铁路行车指挥链条中的关键环节，其可靠性直接影响路网运行秩序与安全。指令从拟写、审核、发布、接收、复诵到执行反馈，各步骤均面临人为偏差、设备波动或信息损耗等风险。本文基于指令传递全流程的系统描述，运用 FMEA 方法识别六类典型失效模式并评估其风险优先级，结合 HFACS 模型从人员操作、技术装备、组织管理及环境情境四个维度追溯深层致因，进而提出涵盖流程规范、能力建设与监督评价的防控对策，并设计标准化管理体系的框架结构与推进路径，为提升调度指令传递可靠性提供方法支撑。

关键词：铁路调度；指令传递；风险分析；标准化管理

引言：调度指令承载着列车运行调整、施工组织及应急处置的指挥职能，其流转质量直接关乎行车安全。目前，调度指挥信息化水平持续提升，但指令传递仍面临通信中断、操作偏差、制度缝隙等多类风险。本文以指令传递全链条为分析对象，整合 FMEA 与 HFACS 方法开展风险识别与致因剖析，据此提出标准化管理对策，以期规范调度作业、降低指令风险提供参考。

1 铁路调度指令传递的系统描述

1.1 调度指令的类型与功能

铁路调度指令是调度员为组织行车、施工和应急处置而发布的具有法律效力和操作约束力的指挥命令，按功能分为行车指令、施工指令和应急指令三类。行车指令涵盖列车运行调整、会让安排、临时限速等，直接关系运行安全和正点率。施工指令用于天窗作业和维修计划组织，涉及施工单位的安全与协调。应急指令用于非正常情况下的行车组织、事故救援和设备故障处理，要求最高的时效性和准确性。三类指令的法律效力源于《铁路技术管理规程》和相关调度规则，车站值班员、司机等执行主体须无条件服从并按规定复诵确认。指令功能的充分发挥依赖于传递链条的完整性和可靠性，任何环节的偏差都可能导致指令效力受损，进而影响行车安全。

1.2 指令传递的完整流程与关键节点

调度指令传递通常包含七个环节。指令拟写是起点，调度员按标准格式和规范用语起草指令。内部审核由值班主任核查指令的合法性、准确性和完整性，防止错误指令发出。发布传递通过有线电话、无线列调、GSM-R 或 CTC 系统将指令发至相关车站。车站接收环节

要求值班员确认指令内容完整清晰。确认复诵是核心安全屏障，接收方须原文复诵，调度员核对无误后方可进入执行。传达执行涉及将指令传递至司机、施工负责人等最终执行者。执行反馈是闭环终点，执行结果须回告调度员。各环节中，审核、复诵和反馈是风险最高的关键节点，也是标准化管理的重点对象^[1]。

2 调度指令传递风险识别与失效模式分析

2.1 典型失效模式分类

调度指令传递过程中存在六类典型失效模式，指令畸变是指令内容在传递过程中发生理解偏差或信息变形，常见于复杂行车调整指令经多人口头传达时，关键参数（车次、股道、时间）被误记或遗漏。指令遗漏表现为部分内容被忽略或未传达至相关人员，多发于施工多点作业场景，某个作业小组未收到指令便可能酿成事故。指令延迟指因通信线路繁忙、系统响应慢或流程冗余导致指令丧失时效性，在应急处置中尤为致命。指令误认是接收方对指令内容、适用对象或执行时机的错误理解，常见于相似车次号混淆或调度用语歧义。执行偏差发生在已确认指令未按标准实施，如司机理解指令但实际操作中凭经验臆测行车。反馈缺失表现为执行结果未能闭环回告调度端，调度员无法掌握指令落实状态，影响后续决策。六类失效模式各有特点，需针对性设计防控措施。

2.2 基于 FMEA 的失效模式风险优先度评估

FMEA（失效模式与影响分析）方法可对指令传递各环节的失效模式进行风险优先度量化排序。评估从严重程度（S）、发生度（O）、可检测度（D）三个维度进行评分，各维度采用 1~10 分制。严重度反映失效后果的

严重程度,指令误认和执行偏差直接威胁行车安全,严重程度最高。发生度衡量失效发生的频率,复诵不规范和简化作业流程是发生度较高的失效类型。可检测度反映失效被及时发现的可能性,指令畸变通过标准化复诵较易发现,而执行偏差在作业现场往往难以被远程监控及时发现^[2]。风险优先数(RPN)由三项评分相乘得出,数值越大表示风险优先级越高。根据RPN排序,复诵确认环节和执行反馈环节的风险值最为突出,其次是审核环节和传达环节。FMEA评估结果为标准化管理的重点方向提供了量化依据,使风险防控有的放矢。

3 指令传递风险致因的多维度分析

3.1 人员因素

基于HFACS框架,人员因素是指令传递风险的最直接致因,复诵不规范表现为接收指令后不按规定原文复诵或仅复诵部分内容;简化作业程序指跳过审核环节或合并步骤,在夜间或高负荷时段频发;凭经验操作体现为对相似场景的惯性判断而忽视本次指令的特殊性。注意力分散导致关键参数听错或记漏,记忆偏差使多指令并行时发生混淆,情境意识不足使值班员对指令背景理解不到位。疲劳是长期隐患,夜班低警觉期和连续作业状态下应激反应能力显著下降。人员因素常与技术、组织因素交互作用,单一环节失误往往在多重缺陷叠加时才酿成后果。

3.2 技术与设备因素

技术与设备条件直接影响指令传递的可靠性,通信设备故障是最突出的技术风险,无线列调盲区导致山区隧道内指令无法送达,GSM-R网络中断使调度员与司机失联,备用通信手段不完善加剧了风险。调度信息系统缺陷表现为指令模板覆盖不全导致自由文本指令比例偏高,系统响应慢或界面不合理增加误操作概率。录音与追溯功能缺失或可靠性不足,既削弱事后调查的证据支撑,也影响日常监督检查的有效性。不同设备间的互联互通问题可能导致指令信息在多系统传递时发生格式转换错误。设备故障与人因失误的耦合作用是许多指令传递事故的深层原因。

3.3 组织与管理因素

标准化作业程序未覆盖全部指令类型是首要问题,现行流程主要针对常规行车指令,对应急处置和跨局协调指令的规范不足,增加了执行随意性。指令审核与卡控机制执行不严,审核环节流于形式,值班主任对指令技术合理性审查不足,仅做程序性签字确认。培训体系不完善表现为新职人员非正常处置训练不足,演练场景

单一、频次不够^[3]。监督检查与闭环管理不到位使执行反馈缺失问题长期存在。安全文化与报告氛围薄弱使一线人员隐瞒失误,同类问题反复发生而管理层不知情。组织管理因素改进周期长,是标准化管理的重点领域。

3.4 环境与情境因素

环境与情境因素是风险发生的外在条件,调度大厅与车站值班室的工作环境中,噪音干扰、光照不适、工位布局不合理等均可能增加指令传递中的信息损耗。应急场景下的时间压力和信息混乱是最危险的情境因素,事故发生时大量信息同时涌入,调度员需在极短时间内处理信息接收、指令发布和多部门协调,信息过载导致决策质量下降和指令表达偏差。多部门协同作业的复杂性同样不容忽视,大型施工涉及工务、电务、供电等多部门,指令需传达至多层级多节点,协调成本和传递损耗随节点增加而上升。此类因素虽不可完全消除,但可通过优化工作环境、建立应急信息分级处理机制降低其负面影响。

4 调度指令传递风险防控对策体系

4.1 流程标准化

流程标准化是风险防控的基础性对策,制定覆盖全部指令类型的标准化作业指导书(SOP),将每个指令类型的拟写模板、审核要点、发布方式、接收确认程序、复诵要求和反馈时限逐一明确,统一指令格式、用语规范和内容要素模板,最大限度地减少人为理解和表达差异。建立指令拟写→审核→发布→接收→复诵→执行的刚性流程卡控节点,在关键节点设置强制停顿和确认环节,防止因时间压力跳过必要步骤。规范复诵确认制度与执行反馈时限,复诵必须原文逐字进行,调度员须与原文逐字核对后方可进入下一环节;执行反馈须在规定时间内完成,超时未反馈自动触发系统提示和人工追问。流程标准化还需建立动态更新机制,根据规章变化、设备升级和事故案例定期修订SOP,确保与现场实际保持同步。

4.2 人员保障

人员保障是风险防控的核心支撑,建立分层分类的培训体系,新职人员着重进行指令标准化流程的逐项训练,确保每一步操作形成程序性记忆;在职人员定期开展非正常情况应急处置与指令传递模拟训练,基于真实事故案例还原高压场景,提升应激状态下的指令处理能力。优化班次安排,减少连续夜班频次,引入强制休息制度;推广岗前状态检测和班中注意力监测技术,对疲劳值超标的调度员和值班员及时调整岗位。定期组织典

型事故案例学习,通过案例推演和角色代入加深对指令传递关键性的认识。人员保障的关键在于将培训效果与岗位考核挂钩,形成“培训—考核—反馈—再培训”的良性循环,确保培训投入转化为实际能力提升。

4.3 监督检查与持续改进

监督检查是确保流程标准化和人员保障措施落到实处的关键,建立指令传递过程录音/记录的定期抽检分析制度,由专职安全管理人员每周随机抽取各时段指令传递录音,对照标准化作业指导书逐环节检查执行规范性,发现的不规范操作须登记建档并纳入个人考核。构建指令管理质量评估指标体系,设定指令准确率、复诵规范率、闭环反馈率等核心指标,定期统计通报,使质量状况可视化、可比较。建立安全信息报告与主动上报激励机制,鼓励一线人员主动报告自身或他人发现的操作偏差,对主动上报者给予保护性待遇而非追责,营造开放的安全报告氛围。根因分析与纠正预防措施(CAR)闭环机制是持续改进的核心工具,对发生偏差的事件须追查至根本原因,制定纠正措施并跟踪落实效果,防止同类问题反复发生。

5 标准化管理路径构建

5.1 标准化管理体系的框架设计

标准化管理体系应从标准体系、运行机制、保障条件三个维度进行设计。标准体系由技术标准、管理标准和作业标准三类构成。技术标准涵盖指令拟写模板、通信设备操作规程等,提供统一的技术语言和操作依据。管理标准包括指令审核程序、安全信息报告制度等,明确各级管理职责和 workflows。作业标准细化到各岗位每一步操作的动作要领和质量要求。三类标准相互衔接,形成完整体系。运行机制以 PDCA 循环为核心,通过计划、执行、检查、改进四个环节推动体系持续完善。保障条件包括组织保障(安全管理机构的职责定位)、技术保障(信息系统对标准化的刚性约束)和考核保障(将标准化执行纳入绩效考核),为标准体系落地提供全方位支撑^[4]。

5.2 标准化的关键实施路径

标准化管理应遵循“顶层设计→试点验证→全面推广”的推进策略。顶层设计阶段由国铁集团或铁路局统一制定制度框架和核心标准文件,确保全路调度指令管理的基本规范和一致要求,避免各站段各自为政。试点验证阶段选择代表性调度台先行试运行,检验标准的可操作性和适用性,收集一线反馈并及时修正不合理

条款。全面推广阶段在总结试点经验基础上,将标准化体系覆盖至全部调度台和车站值班岗位,并将推广中发现的新问题反馈至标准修订环节。实施路径需配套明确的时间表和阶段目标,推进中注重对一线人员的宣贯培训,确保每位执行者理解、接受并自觉执行标准。

5.3 标准化运行保障机制

标准化体系的有效运行需要多层次保障机制支撑。组织保障方面,调度所安全科负责日常监督检查和质量评估,技术科负责标准文件制定修订和技术支持,铁路局业务部门负责对站段执行情况进行定期审核指导。制度保障方面,建立考核激励与追责机制的合理平衡,对执行规范的集体和个人给予正向激励,对严重违规行为依法追责,同时避免过度追责导致“不敢报告”的逆向效应。技术保障方面,将标准化流程关键卡控节点嵌入信息系统,如指令模板强制调用、审核电子签认、复诵自动比对、超时未反馈自动提示等,通过技术手段形成刚性约束,减少对人员自觉性的依赖。三类保障机制相互配合,确保标准化从文本规范转化为实操行为。

结束语

铁路调度指令传递是行车安全的关键环节,其风险防控与标准化管理具有重要的理论和实践价值。本文从系统描述、风险识别、致因分析和防控对策四个层面展开研究,明确了指令传递的完整流程与关键节点,运用 FMEA 方法识别六类典型失效模式并评估其风险优先级,基于 HFACS 框架从人员、技术设备、组织管理和环境情境四个维度剖析了风险致因,提出了流程标准化、人员保障、监督检查三位一体的防控对策体系,并构建了标准化管理体系框架、实施路径和保障机制。研究成果可为铁路调度安全管理提供参考,对推动调度指令传递从经验操作向标准化管理转型、减少因指令传递失误引发的安全事故具有积极意义。

参考文献

- [1] 杨博,何振华,冯立恒,等.基于铁路调度指挥作业指令的关键词识别技术应用研究[J].铁路计算机应用,2022,31(8):34-39.
- [2] 裴浪涛,陆宇,孙连珏.面向铁路调度中心关键信息基础设施的边缘节点网络安全应急响应机制优化[J].科技创新与应用,2026,16(18):136-139.
- [3] 陈俊臣,魏琛.基于多传感器数据融合的铁路智能调度指挥系统设计[J].自动化与仪器仪表,2025(11):78-82.
- [4] 李春邦.铁路行车组织与调度指挥授权管理策略研究[J].运输经理世界,2024(19):163-165.