

铁路CTC系统故障诊断与应急处理机制探讨

任维浩

北京全路通信信号研究设计院集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要：铁路CTC系统作为铁路运输调度指挥的核心系统，其稳定运行对于保障铁路运输安全与高效至关重要。然而，在实际运行过程中，CTC系统难免会出现各类故障，影响铁路运输秩序。本文将对铁路CTC系统常见故障及诊断的方法进行探讨，探讨当前铁路CTC应急处理机制，旨在提高CTC系统故障诊断的准确性和及时性，完善应急处理机制，确保铁路运输的安全与畅通。

关键词：铁路CTC系统；故障诊断；应急处理机制；运输安全

1 引言

铁路运输是我国交通运输体系的重要组成部分，承担着大量的客货运输任务。铁路CTC（Centralized Traffic Control）系统，即调度集中系统，是铁路运输调度指挥的核心技术装备，它实现了列车运行的实时监控、调度指挥的集中化和自动化，大大提高了铁路运输的效率和安全性。然而，CTC系统是一个复杂的分布式系统，涉及众多的硬件设备、软件程序和网络通信环节，任何一个部分出现故障都可能影响整个系统的正常运行，进而干扰铁路运输秩序，甚至危及运输安全。因此，建立科学有效的故障诊断方法和完善的应急处理机制，对于保障CTC系统的稳定运行具有重要的现实意义。

2 铁路 CTC 系统架构

铁路CTC系统主要由调度中心子系统、车站子系统和网络通信子系统三大部分构成。调度中心子系统作为整个CTC系统的核心，负责收集和处理来自各个车站的列车运行信息，制定和下达列车运行计划，并对全线列车的运行进行统一指挥和监控。其主要设备包括服务器、工作站、数据库等，通过先进的计算机技术和软件系统实现对运输信息的高效管理和决策支持。

车站子系统则是CTC系统在各个车站的执行单元，负责实现车站内列车进路的自动控制、信号设备的状态采集与显示以及与调度中心子系统之间的信息交互。车站子系统主要设备包括车站自律机、车务终端、信号设备接口等，通过与车站联锁系统、列控系统设备的紧密配合，确保列车在车站内的安全、有序运行。

网络通信子系统是连接调度中心子系统和车站子系统的桥梁，承担着数据传输的重要任务。它采用冗余、可靠的通信网络架构，包括专用通信线路、交换机、路由器等设备，保障了CTC系统中各类信息的实时、准确传输，确保调度中心与车站之间能够及时、有效地进行

信息交互和协同工作。^[1]

3 铁路 CTC 系统常见故障类型及影响

3.1 硬件设备故障

3.1.1 硬件设备老化与损坏

CTC系统中的各类硬件设备，如服务器、工作站、车站自律机、采集板卡、通信接口设备等，在长期运行过程中，由于电子元件的自然老化、磨损以及环境因素（如温度、湿度、电磁干扰等）的影响，可能出现性能下降、故障甚至损坏的情况。比如现场常出现故障如下：①自律机CPU板、电源板故障，导致CTC自律机单设备故障；②长驱设备故障，导致终端显示、鼠标、键盘、音响等无法使用；③路由器故障，导致CTC网络通道终端。④服务器硬盘长时间使用后可能出现坏道，导致数据丢失或系统运行异常；

3.1.2 电源故障

稳定的电源供应是CTC系统正常运行的基础。电源设备故障，如电源屏电源模块损坏、停电、电压波动过大等，可能导致CTC系统部分或全部设备无法正常工作。例如，电源屏1路、2路异常切换时，由于电压波动，导致CTC系统中网络设备（路由器、交换机）重启。

3.1.3 接口故障

CTC系统与车站联锁系统、列控系统、通信系统等外部设备之间通过各种接口进行数据交互和通信。接口设备故障，如串口通信接口损坏、网络接口松动或故障、协议转换器故障等，可能导致系统之间的数据传输中断或错误，影响CTC系统的正常功能。例如，当CTC系统与联锁系统之间的接口出现故障时，可能导致CTC自律机倒机或者联锁系统倒机，当4条通道全部中断后，将导致CTC无法获取联锁设备的状态信息，从而无法实现进路的自动控制。

3.2 网络故障

3.2.1 通信线路故障

CTC系统依赖专用的通信线路实现调度中心与车站之间的数据传输。通信线路可能由于自然灾害（如雷击、洪水、地震等）、外力破坏（如施工挖断电缆、车辆碰撞通信杆等）、线路老化等原因出现故障，导致通信中断或信号质量下降。例如，由于通信设备损坏或者通信线路意外中断，将造成相关车站与调度中心之间的网络通信中断，使CTC系统无法实时获取车站的列车运行信息和控制车站设备。^[2]

3.2.2 网络设备故障

网络设备如交换机、路由器、防火墙等在CTC系统网络中起着关键的连接和数据转发作用。这些设备出现故障，如交换机端口故障、路由器死机、防火墙策略错误等，可能导致网络拓扑结构异常、网络拥塞甚至网络瘫痪。例如，现场常出现由于不正常断电，导致路由器无法启动或者光卡无法识别，使得调度中心与部分车站之间的通信受阻，影响CTC系统对这些车站的监控和指挥。

3.2.3 网络安全问题

随着信息技术的发展，网络安全威胁日益严峻。CTC系统面临着诸如黑客攻击、病毒感染、恶意软件入侵等网络安全风险。这些安全问题可能导致系统数据泄露、篡改或系统被破坏，影响CTC系统的正常运行。例如，现场出现过由于使用未杀毒的U盘接到终端上，导致蠕虫病毒在该站扩散，对铁路运输安全造成极大的威胁。

3.3 软件故障

3.3.1 系统软件漏洞

CTC系统所采用的操作系统、数据库管理系统以及应用软件等，可能存在设计缺陷或未被及时发现软件漏洞。这些漏洞可能在特定条件下引发系统故障。例如，现场目前终端使用Window XP或者Window 7系统，由于系统过老且不能进行升级，终端部署的控显、行车日志、调度命令、运行图复示等软件在偶发情况下会异常报错。

3.3.2 软件版本兼容性问题

由于现场存在大量的CTC系统的升级、改造等施工，一定会存在本站、邻站、中心软件版本不一致情况，此时可能存在软件版本之间不兼容，可能会出现各种问题。例如，新升级的中心CTC系统软件与旧版本的车站自律机软件不兼容，可能导致车站自律机无法正确接收和执行调度中心下达的进路触发命令，影响系统的正常运行。

3.3.3 数据错误与丢失

CTC系统中存储着大量与列车运行相关的数据，如

列车运行计划数据、设备状态数据、历史记录数据等。当站改施工或者CTC升级过程中，进行数据更换作业，此时存在人为误操作等原因出现数据漏换、错换或丢失的情况，将导致CTC系统无法按照正确的计划指挥列车运行，引发运输秩序混乱。^[3]

4 铁路 CTC 系统故障诊断方法与技术

4.1 基于故障现象的诊断方法

通过观察CTC系统的故障现象，如设备指示灯状态、系统报警信息、站场图形显示异常等，初步判断故障类型和可能的故障部位。例如，当车务终端屏幕出现黑屏现象时，首先检查显示器电源是否正常、信号线是否连接牢固，若这些都正常，则可能是长驱、计算机主机或显卡出现故障；若CTC系统提示通信中断报警，且多个车站同时出现与调度中心通信不畅的情况，则应重点检查网络通信线路和网络设备是否存在故障。

4.2 基于数据分析的诊断方法

4.2.1 日志分析

CTC系统在运行过程中会记录大量的日志信息，包括设备操作日志、故障报警日志、数据传输日志等。通过对这些日志的详细分析，可以了解系统运行的历史情况，找出故障发生的时间、原因和相关事件序列。例如，在发生进路触发失败的情况下，查看自律机自律触发相关日志，可以确定触发时机、触发命令是否下达给联锁及联锁执行情况等信息，从而为故障诊断提供重要线索。

4.2.2 性能数据分析

实时监测CTC系统关键设备和网络的性能指标，如服务器CPU使用率、内存占用率、网络带宽利用率、数据传输延迟等。当这些性能指标超出正常范围时，可能预示着系统存在潜在故障。例如，若CTC3.0系统中CPU内存使用率持续过高，会引起站场表示信息刷新缓慢，可能是由于CPU板中固态硬盘故障，导致系统中产生的日志无法转存至硬盘，占用了大量系统内存资源，从而导致系统性能下降。

根据故障现象及数据分析快速判断CTC设备的故障范围，要求CTC维护人员及厂家售后人员需对CTC系统结构非常熟悉，并且具备丰富的现场施工、维修经验，同时对CTC各软件功能及程序日志描述，具备相当深度的了解，才能快速锁定故障部位，从而排除故障。

5 铁路 CTC 系统应急处理机制

5.1 应急组织体系

建立健全铁路CTC系统应急处理组织体系，明确各部门和人员在应急处理中的职责和分工。一般来说，

应急组织体系包括应急指挥中心、技术支持小组、现场处置小组等。应急指挥中心负责统一指挥和协调CTC系统故障应急处理工作,制定应急处理策略和决策;技术支持小组由CTC系统技术专家、设备厂家技术人员等组成,为应急处理提供技术指导和解决方案;现场处置小组由车站值班员、电务维修人员、通信维修人员等组成,负责在现场实施故障排查、修复和应急操作等工作。

5.2 应急预案制定

制定完善的铁路CTC系统应急预案,针对不同类型和程度的故障,制定详细的应急处理流程和措施。应急预案应包括故障报告流程、应急响应级别划分、应急处理操作步骤、人员调配方案、通信联络方式、恢复正常运行的条件和步骤等内容。同时,应急预案应定期进行修订和完善,以适应铁路运输发展和系统变化的需求,并组织相关人员进行培训和演练,确保在实际故障发生时能够迅速、有效地执行应急预案。

5.3 应急处置流程

5.3.1 故障报告与响应

当CTC系统发生故障时,车站值班员、调度员等相关人员应立即按照规定的故障报告流程,向应急指挥中心和相关部门报告故障现象和影响范围。应急指挥中心接到报告后,根据故障严重程度启动相应级别的应急响应,迅速组织技术支持小组和现场处置小组开展应急处理工作。

5.3.2 故障排查与定位

现场处置小组到达故障现场后,首先通过观察故障现象、查看设备状态、分析日志数据等方法,对故障进行快速排查和定位,确定故障类型和故障部位。在排查过程中,若遇到技术难题,及时向技术支持小组寻求指导和帮助。

5.3.3 应急处理措施实施

根据故障排查结果,按照应急预案的规定,采取相应的应急处理措施。对于设备故障,如硬件设备损坏,现场维修人员应尽快更换备用设备,恢复设备正常运行;对于网络故障,通信维修人员应迅速排查通信线路和网络设备故障,采取修复线路、重启设备、调整网络配置等措施恢复网络通信;对于软件故障,技术人员应根据

具体情况软件修复、数据恢复或系统重启等操作。

5.3.4 列车运行调整

在CTC系统故障期间,为保障列车运行安全和尽量减少对运输秩序的影响,调度员应根据故障情况和现场实际,及时对列车运行计划进行调整。采取限速运行、停车等待、变更进路、组织列车在车站会让等措施,确保列车安全有序运行。同时,通过无线通信等方式及时将列车运行调整信息传达给列车司机和相关车站值班员。^[4]

5.3.5 故障恢复与验证

在故障处理完成后,现场处置小组应对系统进行全面测试和验证,确保CTC系统各项功能恢复正常。测试内容包括设备运行状态、网络通信质量、列车运行监控、进路控制、调度命令下达等方面。经测试验证无误后,向应急指挥中心报告故障已排除,系统恢复正常运行。应急指挥中心根据现场报告,通知调度员和相关车站恢复正常的列车运行组织。

结语

铁路CTC系统作为铁路运输调度指挥的核心系统,其稳定运行对于保障铁路运输安全与高效至关重要。本文分析了铁路CTC系统常见故障类型及原因,探讨了故障诊断的方法与技术,探讨了当前铁路CTC应急处理机制。通过完善应急预案体系、加强应急资源储备与管理、建立健全应急协调机制和加强应急人员培训与教育等措施,可以提高CTC系统故障诊断的准确性和及时性,完善应急处理机制,有效应对CTC系统故障,确保铁路运输的安全与畅通。在未来的铁路运输发展中,还需要不断研究和探索更加先进的故障诊断技术和应急处理方法,以适应铁路运输不断发展的需求。

参考文献

- [1]李登.基于人工智能的铁路信号系统故障诊断方法研究[J].自动化博览,2025,42(06):31-33.
- [2]陈啸,陈建译,张浩骞.基于知识图谱的CTC系统故障诊断方法研究[J].铁道通信信号,2023,59(06):26-31.
- [3]温仕明.CTC系统设备故障应急处置子系统设计[D].中国铁道科学研究院,2021.
- [4]王文芳.TDCS/CTC系统站间透明方式及信息中断故障分析[J].铁道运营技术,2021,27(04):10-12.