

CTCS-3 无线超时故障处置机制研究

王悦亭¹, 赵兴强¹, 赵学¹, 马雁波¹, 张紫佩²

1. 中国铁路济南局集团有限公司电务部, 山东 济南 250001

2. 北京鼎兴达信息科技股份有限公司, 北京 100071

DOI:10.61369/ERA.2026010013

摘 要 : CTCS-3 级列车运行控制系统 (以下简称 C3 列控系统) 是高速铁路和客运专线的主要行车控制系统, 系统运行的可靠性、有效性及服务质量对铁路运输安全和效率至关重要。然而, C3 列控系统涉及车载设备、地面设备以及 GSM-R 网络三方信息的交互, 其构成的各系统设置分散, 易形成信息孤岛。针对特定故障的分析和责任归属, 需溯源各类接口数据, 数据量巨大且故障分析过程复杂, 人力和时间成本显著增加。本文针对 CTCS-3 无线超时故障的分析机制进行了深入探讨, 旨在规范铁路局 CTCS-3 无线超时故障的分析流程及关联工作^[1]。通过整合大数据技术与智能分析技术^[2,3], 研究构建 CTCS-3 无线超时一体化联合分析信息化平台, 通过搭载通信、信号专业联合分析引擎, 精确定位故障, 依据标准化规范对业务数据进行有效翻译, 有效克服跨专业分析业务障碍, 提高业务分析效率和准确度, 为网络运维及故障处理提供坚实的技术支持。

关 键 词 : 无线超时; 智能分析; 联合分析; 分析引擎

Research on the Disposal Mechanism for CTCS-3 Wireless Timeout Faults

Wang Yueting¹, Zhao Xingqiang¹, Zhao Xue¹, Ma Yanbo¹, Zhang Zipei²

1. China Railway Jinan Group Co., Ltd. Electrical Department, Jinan, Shandong 250001

2. Beijing Dingxingda Information Technology Co., Ltd., Beijing 100071

Abstract : The CTCS-3 train operation control system (hereinafter referred to as the C3 train control system) is the main train control system for high-speed railways and passenger dedicated lines. The reliability, effectiveness, and service quality of the system operation are crucial for railway transportation safety and efficiency. However, the C3 train control system involves the interaction of on-board equipment, ground equipment, and GSM-R network information, and its various system settings are scattered, which can easily form information islands. For the analysis and attribution of responsibility for specific faults, it is necessary to trace various interface data, which has a huge amount of data and a complex fault analysis process, resulting in a significant increase in manpower and time costs. This article explores in depth the analysis mechanism of CTCS-3 wireless timeout faults, aiming to standardize the analysis process and related work of CTCS-3 wireless timeout faults in railway bureaus^[1]. By integrating big data technology and intelligent analysis technology^[2,3], the CTCS-3 wireless timeout integrated joint analysis information platform is researched and constructed. It is equipped with communication and signal professional joint analysis engines, accurately locates faults, and effectively translates business data according to standardized specifications, effectively overcoming cross disciplinary analysis barriers, improving business analysis efficiency and accuracy, and providing solid technical support for network operation and fault handling.

Keywords : wireless timeout; intelligent analysis; joint analysis; analysis engine

引言

作为 CTCS-3 列控系统的核心组成部分, GSM-R 承载了调度语音通信、列车控制、进路预告、调度命令、车次号校验及各类监控系统等业务数据的传输, 其运行的可靠性、有效性对铁路运输的安全具有重要影响。因此, 中国铁路总公司针对 CTCS-3 无线超时降级问题, 实施了“四件件”管理制度, 即“件件分析”“件件落责”“件件通报”“件件复核”。

随着车载设备空口监测技术在铁路电务领域的广泛应用, 通信和信号领域已安装并实施了多种检测监测设备。然而, 安装的监测检测系统设置分散, 系统接口协议缺乏统一标准, 数据格式差异显著, 且缺乏信息化手段, 使得在进行跨专业联合分析时, 难以准确有效

作者简介: 王悦亭 (1974.12-), 男, 山东济南人, 大学本科, 高级工程师, 研究方向: 从事铁路通信的维护工作。

地进行问题分析。

因此，本文提出 CTCS-3无线超时故障分析处置机制，构建 CTCS-3无线超时一体化联合分析平台（以下简称一体化平台），通过通信、信号专业联合分析引擎，实现跨专业 C3列控业务故障的智能诊断，提高业务分析效率及准确度，为铁路运输的安全和高效提供坚实的技术支撑。

一、CTCS-3无线超时故障处置机制的研究

当前，各铁路局集团公司对电务业务故障的分析与整治工作给予了高度关注，并已初步构建了电务业务故障的联合分析机制。电务部由主管领导负责牵头，联合相关科室、通信段和电务段组建联合分析团队，组织通信、RBC 以及车载设备厂商进行分析、查找原因，落实整改措施。目前路局单位的联合分析流程主要依赖线下或第三方应用（如钉钉、微信等）进行资料共享与分析。鉴于铁路电务业务故障分析涉及的业务数据极为重要且敏感，利用第三方应用程序进行数据传输存在潜在的数据安全风险。为了进一步推进故障分析与处置工作的规范化和标准化，本文对无线超时故障的处置机制进行了深入探讨，研究内容如下：

（一）分析流程标准化

本研究以流程管理为核心，确保通信、车载 ATP、列控 RBC 三方共同参与超时降级分析。电务部门作为主导，联合各相关专业共同对超时降级进行深入分析、责任归属及处理。各专业在既定节点上参与，完成超时降级的分析与处理工作，从而达成超时降级分析的闭环管理。详细流程如图 1 所示。

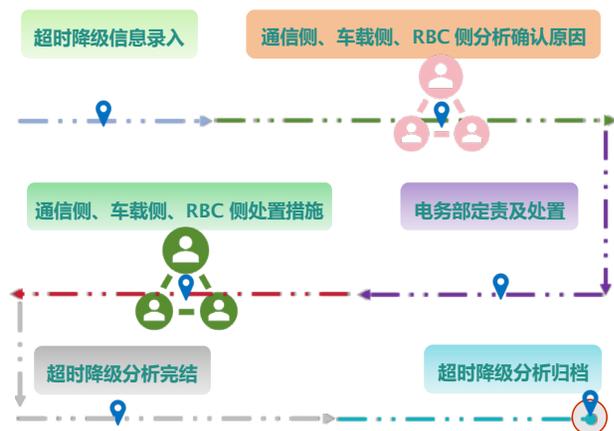


图1 流程分析图

（二）业务数据标准化

1. 业务数据

为实现 CTCS-3无线超时分析的标准化，首先必须从源头上进行标准化处理，即对所需业务数据施加约束，统一其类别和格式，以构造标准化数据进行分析。业务分析数据集综合了 GSM-R 网络、车载 ATP、地面 RBC 三个方面的信息，包括通信数据、车载数据、RBC 数据和 UM 口数据，详细信息如图 2 所示。

2. 台账数据

基础台账数据作为 CTCS-3无线超时分析的基础支撑，台账信息的准确性和实时性对 C3 分析的准确性具有决定性影响。台账

数据详细内容如下：

- (1) 线路台账：涵盖线路名称、隶属路局、线路简称等；
- (2) RBC 台账：包含 RBC 号码、RBC 名称、所属线路、RBC 制造商等；
- (3) 基站台账：详述基站名称、位置区码（LAC）、小区标识码（CI）、隶属线路、所属局、是否为直放站、远近端机信息（针对直放站）等；
- (4) 切换台账：记录切换前小区、切换后小区、上下行方向、隶属线路、切换前后的公里标等；
- (5) 机车台账：包括 CTCSID、车型、机车编号、配属局、所属段、是否具备空口通信能力等。



图2 数据类型

（三）分析原因标准化

CTCS-3列控系统涉及 GSM-R 网络、车载 ATP、地面 RBC 三方信息的交互，基于三方信息对 CTCS-3 超时故障进行自动识别，关联发生 C3 超时事件时的接口信令和 Abis 测量报告，判断出部分常见的原因代码 FCOD 及文字描述。各路局需参考铁路总公司发布的 C3 超时及降级原因分类标准，确保 CTC3-3 无线超时故障分析结论的统一性。

（四）分析报告标准化

借助智能分析技术与跨专业领域的人工干预分析，基于铁路总公司下发月度报表模板及各路局集团公司需求，一键自动生成各专业需求分析报告 / 报表，显著提升工作效率。分析报告涵盖基本信息、故障概况、故障原因、原因分析、数据分析及处理经过、后续处理等内容。

（五）统计分析标准化

为实现统计分析的标准化，需对统计维度制定统一标准，并采用标准化模板执行统计工作。统计分析工作涵盖两个层面：

1. 管理层面，以信息大屏形式呈现 CTCS-3 无线超时分析情况的总体统计；
2. 运维层面，详细展示各类 CTCS-3 无线超时原因的多维度统计信息，从而为工区运维人员提供及时发现并处理问题的依据。

二、CTCS-3无线超时一体化联合分析平台关键技术的研究

一体化平台依托于信息化管理手段，整合通信、信号专业领域内对列控业务故障分析的流程，实现了跨专业的CTCS-3无线超时故障智能诊断，此举突破了传统依赖案例匹配的局限性。针对本文的研究，必须攻克以下关键技术：

1. 统一业务数据接入格式与数据仓库架构。针对不同数据源进行深入调研，综合考量数据功能及后续数据分析需求，设计出一套统一的业务数据接入格式及数据仓库架构。

2. 构建业务交互状态与典型故障的表示模型，并建立相应的数据库与故障库。本研究聚焦于电务业务故障相关数据中关键特征量的提取、表示及特性分析，探究特征量间的关联性，进而构建业务交互状态表示模型；同时，对实际应用中的典型列控业务故障数据进行归类与整理，建立故障表示模型，并结合计算机数据挖掘技术，构建故障分析向导脑图。

3. 数据挖掘技术。本研究基于运维人员的实际应用需求，明确故障挖掘分析任务，遵循“数据整理—数据清洗—数据挖掘方法选择—数据挖掘—模型验证”的研究流程逐步开展。数据挖掘方法包括：基于FTA技术构建故障诊断模块、基于规则的分类方法设计列控业务故障分类器等。

4. 大数据处理技术。本研究采用大数据技术以提升计算机运算效率，应对大规模数据处理挑战；同时，通过业务模块与子业务的多服务器部署策略，有效解决高并发问题。

三、CTCS-3无线超时一体化联合分析平台技术架构研究与设计

(一) CTCS-3无线超时一体化联合分析平台技术架构设计研究

一体化平台硬件架构由Web应用服务器、数据处理服务器、数据存储服务器以及交换机等关键组件构成。平台架构如图3所示。

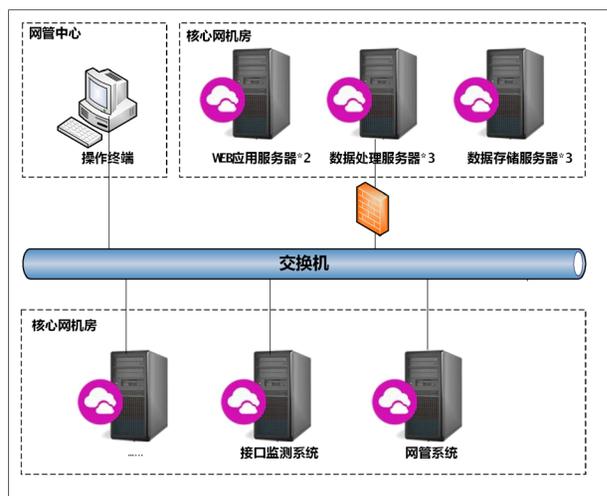


图3 平台架构图

(二) CTCS-3无线超时一体化联合分析平台功能方向的研究

本研究旨在探讨以流程管理为核心的联合分析平台，通过通信、信号联合分析引擎，基于车载、RBC、GSM-R三方案例知识库，依托“异常自动识别解释器”“基于案例知识库的故障推理机^[6]”“对多种类似故障实现确诊的裁决器”三个核心组件，实现CTCS-3无线超时故障智能诊断^[6]。本文对一体化平台的核心功能联合分析进行研究，结合不同维度的统计分析功能，并充分发挥经典案例的参考功能，完善超时降级数据的分析流程和数据的活化运用。

1. 一体化流程管理及业务故障AI诊断

一体化平台以流程管理为核心，对超时降级分析透明化、流程化，依托平台实现通信、信号专业对列控业务故障分析过程的信息化管理。

(1) 故障录入：系统支持两种故障信息输入方式。一是在网页界面填写故障关键信息，二是导入包含故障关键信息的Excel文件，系统将自动进行解析并完成信息录入。

(2) 分析中心：上传通信、车载、RBC及UM接口的数据，系统将运用数据深度挖掘技术构建数据模型，实现对CTCS-3无线超时故障的智能化分析。分析中心支持查看初步分析结论。

(3) 故障定责：已由分析中心明确原因的故障数据将流转至故障定责模块，依据各方分析结果，确定唯一且最终的责任主体及故障原因。基于故障的特性，后续处理可选择持续监测（无需采取特定措施）或指定处理方（通信、车载、RBC等，允许多选），并需追踪相关责任方的后续处理措施。

(4) 故障处置：已确定处理方案的故障数据将流转至故障处理模块，在此过程中，相关责任方需记录其采取的处理措施，并将已执行处理措施的责任方标记为完成状态。只有当所有责任方均标记为完成状态时，方可视为该故障的最终解决。

(5) 故障归档：故障数据在处理完毕后自动归档至故障数据库。

2. 大数据知识中心

通过构建一体化平台，建立CTCS-3无线超时故障案例库^[6]，构建专业大数据知识中心，提升业务故障分析的效率与准确性，增强工作人员在业务故障分析方面的专业能力。

(1) 案例上传：系统提供两种案例提交方式。一是用户可在分析中心提交案例，二是可在案例上传界面详细填写案例的关键信息并上传相应的案例报告。在案例提交过程中，用户需设定上传者身份、所属部门、案例的初始访问权限以及下载次数等参数，以便于后续对案例使用情况的多维度统计分析。

(2) 案例审核：已上传案例需经过案例审核流程，审核通过后方可纳入案例中心。若审核未获批准，则予以驳回，并指出提交案例缺乏代表性。

(3) 案例中心：经审核批准的案例存储于案例库中，用户可通过高级检索或关键词检索手段进行全文检索。检索结果中的案例支持报告在线阅读及下载。

3. 业务需求订制

在一体化平台对路局 CTCS-3 无线超时故障进行分析的过程中, 实现了报表与报告的自动生成, 并通过多维度进行统计分析。

(1) 过程管理统计: 依据故障分析完成率、故障分析耗时、故障处理耗时以及故障诊断准确率等维度进行数据统计, 进而对故障过程管理的相关指标进行深入分析。

(2) 故障统计分析: 通过线路统计、机车编号统计、小区统计、故障原因统计以及局内外故障等维度, 从统计学角度识别出故障率较高的关键指标, 进而确定重点关注或整治的领域。

(3) 案例统计分析: 本研究对案例库中的案例进行了多维度分析, 包括浏览量、下载量及检索量的统计, 以评估案例的使用情况, 并据此掌握故障案例中的关键难点类型。

四、结论

本研究聚焦于 CTCS-3 无线超时故障的分析与处理机制, 旨在为铁路局 CTCS-3 无线超时故障的分析流程及相应工作提供理论指导与实践参考。本研究通过融合大数据技术与智能分析技术, 提出构建 CTCS-3 无线超时故障的一体化联合分析平台, 并对平台的功能定位进行深入探讨。研究指出, 一体化联合分析平台的功能定位主要包括: 一体化流程管理、业务故障的人工智能诊断、大数据知识中心、业务需求的个性化定制等, 有效突破了跨专业分析业务的障碍, 为网络运维及故障处理提供了坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 王买智. CTCS-3 无线超时分析方法研究 [J]. 铁道通信信号, 2017, 53(01): 72-76. DOI: 10.13879/j.issn1000-7458.2017-01.16499.
- [2] 李清颖. 大数据时代的到来对于轨道交通行业的影响 [C]// 中国国际科技促进会智慧城市轨道交通专业委员会. 智慧城市与轨道交通 2024. 铁科金化科技有限公司; , 2024: 32-36. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.029041.
- [3] 侯森泉. 基于数据挖掘的 CTCS-3 级列控系统无线超时的研究 [D]. 北京交通大学, 2023. DOI: 10.26944/d.cnki.gbfju.2023.002346.
- [4] 李红亮. 基于知识推理的列控系统应急辅助决策方法研究 [D]. 兰州交通大学, 2022. DOI: 10.27205/d.cnki.gltcc.2022.000452.
- [5] 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.
- [6] 李红亮, 张振海. 高速铁路电务设备故障应急处理案例知识库的构建 [J]. 铁路计算机应用, 2021, 30(12): 5-8.