

Research and analysis of the failure of pantograph monitoring screen of overseas high-speed EMU

Wei Huo

China Railway International Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

In view of the failure of the pantograph monitoring screen of overseas high-speed EMU, the circuit control principle of video monitoring system is studied, the network transmission protocol between carriages is investigated and analyzed, and the difference between the time superposition information forwarding logic of overseas EMU is compared with the domestic standard EMU is compared. The analysis is that the routing information of the network environment is trampled, and the camera cannot send data to the address of the monitoring screen, resulting in abnormal data transmission and black screen on the monitoring screen. This kind of fault solution is put forward to provide reference for the fault maintenance of the pantograph monitoring screen of the same type of EMU, improve the operation safety and reliability of the EMU, reduce the occurrence of potential safety risks of the pantograph parts, and ensure the product quality.

Keywords

high-speed EMU; video monitoring server; bow network surveillance camera; troubleshooting

关于对海外高速动车组受电弓监控屏图像黑屏故障的研究分析及对策

霍伟

中国铁路国际有限公司，中国·北京 100000

摘要

针对海外高速动车组受电弓监控屏黑屏故障，研究视频监控系统电路控制原理，调查分析车厢之间网络传输协议，对比海外动车组时间叠加信息转发逻辑与国内标准动车组的差异项点。分析为网络环境路由信息较大出现踩踏，摄像机无法向监控屏目的地址发送数据，导致数据传输出现异常，监控屏发生黑屏现象。并提出该类故障解决方案，为同型号动车组受电弓监控屏黑屏故障检修提供参考，提高动车组运行安全性和可靠性，减少受电弓高压部件安全隐患的发生，保证产品质量。

关键词

高速动车组；视频监控服务器；弓网监控摄像机；故障处置

1 引言

海外新建高速铁路沿线自然环境较为复杂，动物等各类异物较多，容易发生风筝、猴子、鸟类等异物侵限问题。动车组高压部件存在异物时，容易产生受电弓拉弧、接触网跳闸等故障。受电弓监控摄像机安装在动车组 03/06 车，用于监控动车组车顶高压部件外观状态及接触网受流情况。通过实时监控受电弓等车顶高压部件状态，切除异常单元，可大大减少接触网跳闸、熔断等安全隐患问题的发生，保证产品高效安全运行^[1-2]。

2 故障案例描述

高速动车组线上运行时，随车值乘人员反馈 03/06 车受电弓监控屏黑屏，复位 05 车视频监控系统主机后故障消除，查看视频回放无缺失。

3 故障排查情况

3.1 动车组视频监控系统组成

动车组视频监控系统包含两个部分：动车组车厢视频监控系统和动车组受电弓视频监控系统^[3]。

动车组车厢视频监控系统实现对车厢内公共区域进行有效监视，确保乘客安全及车厢秩序；对采集的视频信息进行实时存储；具有使用外接授权终端设备进行单车厢视频预览、查询、回放及下载的功能。动车组受电弓视频监控系统实现在运行过程中实时监控车顶受电弓和接触网的运行状况^[4]，通过观察受电弓附近的高压设备，当发生异物撞击或

【作者简介】霍伟（1983-），男，中国河南杞县人，本科，高级工程师，从事动车组运用维护研究。

车顶高压设备损坏时,随车值乘人员通过回放监控视频,开展受电弓降弓等弓网故障处置,初步判断故障发生原因后为后续故障处置方向提供重要依据^[5]。

3.2 动车组受电弓视频监控系统电路原理图

动车组受电弓视频监控系统由受电弓摄像机、监控屏、受电弓视频监控服务器、车厢控制器及相关线缆组成^[3]。

受电弓摄像机设置在动车组 03/06 车车顶受电弓附近,摄像机采集车顶高压部件视频数据后,通过 X17 接口将受电弓摄像机监控视频收集并存储至本车视频监控服务器,实时画面由 X18 接口传输给本车车厢控制器进而通过网络传输至 05 车车厢控制器。

监控屏设置在 05 车机械师监控室,工作电源由 X1-Power 接口提供,通过“视频监控控制(JKN)”断路器控制电源,与 05 车视频监控服务器共用同一个电源。05 车车厢控制器供电电源通过“PIS 系统控制(PISN)”断路器控制。监控屏发送与接收的数据均通过 X2 接口与本车车厢控制器 X17 接口进行传输,通过网络传输进行接收 03/06 车受电弓实时监控视频数据或发送受电弓摄像机聚焦、上下左右动作、开关补光灯等操作指令。监控屏具备时间同步和校时功能,同时转发旅客信息服务器发送的里程、日期、时间、车次、速度标记等列车运行信息至视频监控服务器,最终实现受电弓摄像机拍摄画面的信息叠加。

车厢控制器设置在每个车厢内,在视频监控系统中的主要作用是传输各车厢网络数据。车厢控制器供电电源通过“PIS 系统控制(PISN)”断路器控制,网络数据传输通过 X2、X3、X4、X5 口进行连接,内部数据通过 TCP 协议进行传输。

01 车车厢控制器 X3、X5 网线分别与 02 车 X2、X4 口网线连接,02 车车厢控制器 X3、X5 网线分别与 03 车 X2、X4 口网线连接,03 车车厢控制器 X3、X5 网线分别与 04 车 X2、X4 口网线连接,依次逐个车厢连接至 08 车 X2、X4 口网线,最终组成整个动车组的车厢视频网络数据传输链路。

受电弓视频监控服务器通过实时流传输协议(Real Time Streaming Protocol, RTSP)将受电弓摄像机拍摄的实时视频画面传输至监控屏进行显示,监控屏和受电弓视频监控服务器间通过车厢控制器互联互通。

3.3 动车组视频监控系统网络传输协议

3.3.1 实时流传输协议(RTSP)

RTSP 是一种网络协议,专门用于控制流媒体服务器。通过发送控制命令允许客户端与服务器之间进行流媒体的传输控制,如播放、暂停和停止等操作。

流媒体:指的是在互联网上实时传输音频、视频等多媒体内容。

控制命令:RTSP 定义了一系列命令,如 OPTIONS(查询服务器支持的 RTSP 方法)、DESCRIBE(请求获取媒体

描述信息)、SETUP(设置媒体流的传输参数,如端口和传输协议)、PLAY(开始或恢复媒体流的播放)、PAUSE(暂停正在播放的媒体流)、TEARDOWN(终止会话并释放资源)等,用于控制媒体流的播放。

RTSP 取流的基本流程:(1)建立连接:客户端发送 OPTIONS 命令,询问服务器支持的操作。(2)描述流:客户端发送 DESCRIBE 命令,获取媒体流的描述信息(如格式、编码等)。(3)设置流:客户端发送 SETUP 命令,准备流的传输。(4)开始播放:客户端发送 PLAY 命令,开始接收流媒体数据。(5)暂停/停止:客户端可以随时发送 PAUSE 或 TEARDOWN 命令来控制流的状态。

3.3.2 传输控制协议(TCP)

TCP(Transmission Control Protocol)是一种面向连接的、可靠的传输层协议,主要用于在网络中进行数据传输,它确保数据的完整性和顺序,适用于需要高可靠性的设备及应用。

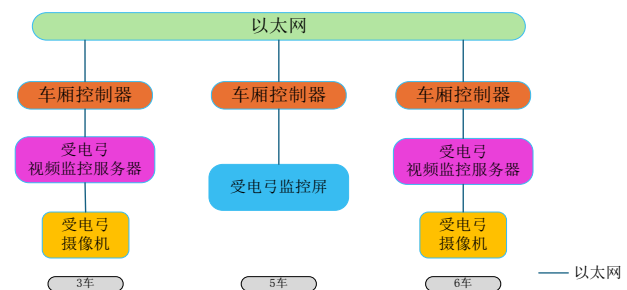


图2 受电弓视频监控系统网络拓扑原理图

3.3.3 网络时间协议(NTP)

NTP(Network Time Protocol)是一种用于在网络中同步时间的协议。它可以使网络中的设备保持准确的时间。在TCP环境下,NTP包含的时间信息存放于TCP报文中的数据部分。

3.4 海外动车组与国内标准动车组差异性对比

国内标准动车组及海外动车组硬件、设备内核及通讯协议均保持一致,差异性详述如下:

(1)显示界面差异:海外动车组受电弓摄像机和监控屏为英文显示界面,而国内标准动车组受电弓摄像机和监控屏为中文显示界面;海外动车组叠加信息为英文,国内标准动车组叠加信息为中文;

(2)叠加信息转发逻辑差异:海外动车组监控屏收到旅客信息控制器时间信息后,先校准监控屏本地时间,再取监控屏校准后的本地时间下发至NVR(受电弓视频监控服务器);国内标准动车组监控屏收到旅客信息控制器时间后,直接转发给NVR。

3.5 地面数据调查

3.5.1 受电弓摄像机

(1)设备内核:设备内核是操作系统的核心部分,负责管理系统资源、硬件交互及提供基本服务。设备内核的设计

影响着系统的性能和稳定性。

(2) 垃圾收集器: 自动管理内存, 识别和回收不再使用的内存块。在设备内核中, 通过有效的内存管理, 防止内存泄漏, 提升系统的整体性能。

(3) IPv4 路由选择缓存: 存储路由信息以快速查找最佳路径。在设备内核中, 减少路由决策的延迟, 提高数据包转发的效率。

3.5.2 数据分析

下载并分析查看两列动车组故障时刻受电弓摄像机球机 (dzlog) 日志, 发现 RTSP 取流报错提示。

查看摄像机详细日志, 发现 RTSP 报同一个错误码 104, 此错误码指 RTSP 在建立会话连接过程中, 受电弓摄像机端未发送数据或通讯接口提前关闭。

进一步排查报 104 错误码的原因, 查看受电弓摄像机详细日志发现设备内核网络模块出现异常, 导致受电弓摄像机向监控屏发流失败。发生异常的节点为路由重定向模块, 由于路由信息较大出现踩踏 (信息踩踏指在网络数据传输过程中, 当路由由节点需要处理的信息量过大时, 导致数据包的堆积和传输延迟, 进而引发网络拥堵和服务中断), 导致受电弓摄像机设备内核判断取流连接异常关闭, 而受电弓摄像机无法向目的地址 (监控屏) 传输数据。

进行设备代码反查, 发现设备内核中包含 IPv4 路由选择缓存及垃圾收集器: 前者会对每个流创建一个缓存条目, 通过接收不同地址发送的数据包, 创建大量的路由选择缓存条目; 后者在管理大量路由缓存和增删时逻辑处理复杂且缓慢, 大量的报文导致路由表异常, 使得底层 TCP 报文无法正常发往对应的 IP 地址, 在路由查询时出现异常。上述两个问题叠加最终导致网络连接异常断开, 从而出现黑屏故障。

结合摄像机发流机理 (摄像机发流使用 TCP 报文进行数据传输, 同时 TCP 报文交互时带有时间戳功能), 查看摄像机球机日志, 发现设备故障时时间戳有偶发跳变现象 ($T2 \leq T1$), 摄像机设备内核判断取流连接出现异常, 取流连接被关闭, 导致网络连接异常断开, 从而出现黑屏故障及引发信息未正常叠加。

4 原因分析

针对海外高速动车组受电弓摄像机监控屏图像黑屏故障, 研究落实视频监控系统电路控制原理, 调查分析车厢之间网络传输协议, 对比海外动车组时间叠加信息转发逻辑与国内标准动车组的差异项点。最终经日志数据分析确认: (1)

由于 IPv4 路由选择缓存创建大量的路由选择缓存条目, 现场网络环境路由信息较大出现踩踏, 摄像机无法向目的地址 (监控屏) 发送数据, 导致数据传输出现异常, 监控屏发生黑屏现象。(2) 由于设备时间戳有偶发跳变现象, 引发摄像机设备内核判断取流连接异常, 导致网络异常断开, 监控屏发生黑屏及时间显示异常现象。

5 系统优化方向及跟踪效果

5.1 优化措施

(1) IP 地址过滤: 针对“现场网络环境中路由信息较大出现踩踏”现象, 对摄像机及监控屏设置专用 IP 地址, 将设备交互地址进行过滤, 避免无用数据对摄像机运行的影响。

(2) 优化监控屏软件: 针对“设备内核判断取流连接异常”现象, 优化叠加信息转发逻辑, 监控屏接收到旅客信息控制器的时间信息后, 直接转发给 NVR, 从而避免因时间信息转发实时性影响导致偶发摄像机时间信息跳变现象。

5.2 跟踪效果

截至 2025 年 1 月, 已完成配属动车组受电弓监控系统软件升级, 并跟踪观察 3 个月。跟踪期间无受电弓监控屏黑屏故障发生, 升级优化措施对故障发生起到很好的预防作用。

6 结论

高速动车组在线上运行过程中多次发生受电弓监控屏黑屏现象。经研究落实视频监控系统电路控制原理、调查分析车厢之间网络传输协议、对比海外动车组时间叠加信息转发逻辑与国内标准动车组的差异项点, 且最终经过日志数据分析明确监控屏黑屏原因。根据优化措施及跟踪情况, 得出结论: 现场实施优化措施对动车组切实有效, 可大大提高动车组平稳安全运行效率。

参考文献

- [1] 廖洋, 邓旺强. 中车四方: 创新打造中国高铁“金名片”[N]. 中国科学报, 2023-11-22(002).
- [2] 张方涛. 中国“智”造 飞驰海外高铁[J]. 施工企业管理, 2023(10): 116-118.
- [3] 王双全, 张贤凯. 动车组视频监控系统概述[J]. 科技创新导报, 2016, 13(23): 2-3.
- [4] 马文龙. 关于动车组受电弓视频监控系统补光灯自动关闭问题的研究以及对策[J]. 科技创新导报, 2020, 17(06): 42-43.
- [5] 梁彦军, 宋国良. 动车组受电弓视频监控系统运用与优化建议[J]. 中国铁路, 2020(10): 66-70.