

全自动无人驾驶系统远程控制方案研究

张 琛

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉//高级工程师)

摘 要 全自动无人驾驶系统的典型故障主要为车辆设备故障和信号设备故障。信号设备故障中车载信号设备故障具有特殊性。基于典型故障,全自动无人驾驶系统远程控制方案采用车辆设备远程复位、信号设备远程复位及车辆远程辅助驾驶等 3 种控制手段。详细阐述了远程控制的实现过程及实现方式。

关键词 城市轨道交通;全自动无人驾驶系统;远程控制

中图分类号 U284.48⁺2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.12.029

Research on Remote Control Scheme of Fully Automatic Operation System

ZHANG Chen

Abstract Typical faults of FAO (fully automatic operation) system are mainly vehicle equipment failure and signaling equipment failure. Among the signaling equipment failures, on-board signaling equipment failure have specific properties. Based on the typical faults, three control measures are adopted by FAO system remote control scheme, which are remote reset of vehicle equipment, remote reset of signaling equipment, and remote assisted driving of vehicles. The realization process and method of remote control is expounded in detail.

Key words urban rail transit; FAO (fully automatic operation) system; remote control

Author's address China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

目前,全自动无人驾驶线路已经成为我国城市轨道交通建设的新主流方向。2020 年至 2021 年初,上海轨道交通 15 号线、18 号线,以及成都地铁 9 号线等多条无人值守的列车运行 GoA(Grade of Automation, 自动化等级)4 级线路相继开通,而苏州、深圳及郑州等城市的 GoA 4 级全自动无人驾驶线路也在建设中。全自动无人驾驶技术凭借高度自动化、智能化、高效率、高可靠性等优点正逐步取代传统驾驶。

但是,由于全自动无人驾驶线路的列车不再配

置司机,一旦出现了车载信号故障或车辆设备故障,如何通过一定的手段快速消除故障恢复正常运行,便成了亟待解决的问题。通过控制中心远程复位故障设备,或远程辅助因故障而降级运行的列车恢复无人驾驶模式,是最快解决以上问题的方式。当然这还需要一定的技术手段以保证安全性。

本文将从典型故障^[2]入手,深入研究全自动无人驾驶线路的远程控制方案。

1 全自动无人驾驶系统的典型故障

1.1 车辆设备故障

车辆设备发生的故障较多,有些故障将直接影响列车的安全运行。此类故障包括车门故障、辅助系统故障、列车网络故障、牵引系统故障、供电故障、受电弓故障、客室照明故障、空调故障、制动故障、广播故障及逃生门故障等。

1.2 信号设备故障

某些信号设备发生故障,尤其是信号系统冗余设备也完全发生故障,将导致列车无法运行。对于冗余设备而言,其单套设备发生故障时,信号系统会有明显的告警,这时如果能通过远程复位的方式成功重启故障设备,则会有效地解决问题。

信号设备的典型故障包括车载信号设备故障、轨旁联锁故障、轨旁区域控制器故障、轨旁线路控制器故障及网络设备故障等。其中,车载信号设备故障的情况较特殊。车载信号设备直接控制列车运行,其发生故障后,如果列车无法提供位置信息,就无法获得有效的移动授权,此时,即使车载信号设备已排除故障恢复正常,列车也依然无法运行。

2 全自动运行系统的远程控制方式

为了尽快恢复故障设备功能,需要开发相应的远程控制方式,才能在全自动无人驾驶线路中有效、快速地解决问题。基于典型故障的需求分析,全自动运行系统应具备的远程控制方式包括车辆

设备远程复位、信号设备远程复位及车辆远程辅助驾驶^[1]。

2.1 车辆设备远程复位

车辆设备的远程复位应由控制中心下达复位命令,且复位命令需满足安全等级要求。故车辆设备远程复位命令的传输路径如图 1 所示:对于安全相关的命令须在安全协议的防护下,先由控制中心 ATS (列车自动监控系统)将复位命令下达达到车载控制器,再由车载控制器通过 TCMS(列车控制和管理系统)转发到车辆;对于非安全相关的命令可由控制中心车辆调度工作站直接下发至车辆。

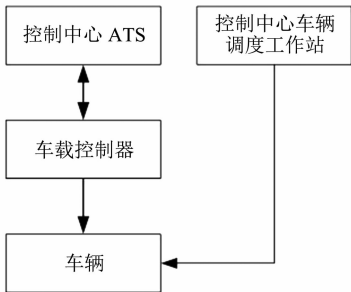


图 1 车辆远程控制命令传输路径
Fig. 1 Diagram of vehicle remote control command transmission path

建议的车辆远程控制命令如表 1 所示。

表 1 车辆远程控制命令列表

Tab. 1 List of vehicle remote control command

控制源	远程控制功能	描述
车辆调度工作站	系统远程软复位功能	牵引及辅助系统能够远程软复位
车辆调度工作站	远程控制空调	控制中心通过车辆调度工作站和车载网络远程对车辆的空调进行控制
控制中心 ATS	ATS 远程控制客室门	控制中心通过车载设备和车载网络远程发送开关门指令,控制车辆的车门开闭,被控车辆停靠的位置具备门使能条件车辆才能执行开门指令
车辆调度工作站	远程火灾报警复位/消音	当出现火灾报警时,需工作人员登车确认现场情况后,通过远程火灾报警复位,对误告警进行复位;当对出现火灾告警时,控制中心需要远程对火灾告警进行消音
车辆调度工作站	远程控制照明	控制中心通过车辆调度工作站和车载网络远程对车辆的照明进行打开
车辆调度工作站	远程操控受电弓	控制中心可以通过车辆调度工作站和车载网络远程对车辆的受电弓进行控制
车辆调度工作站	远程复位断路器	车辆的关键系统电源,和列车关键电路的控制电源的断路器将被实时检测,一旦发现跳闸可进行本地自动复位和远程复位

2.2 信号设备远程复位

2.2.1 信号设备远程复位设计

信号设备远程复位所采用的远程控制系统主

要包括远程控制操作终端、远程控制服务器和远程控制硬件,如图 2 所示。

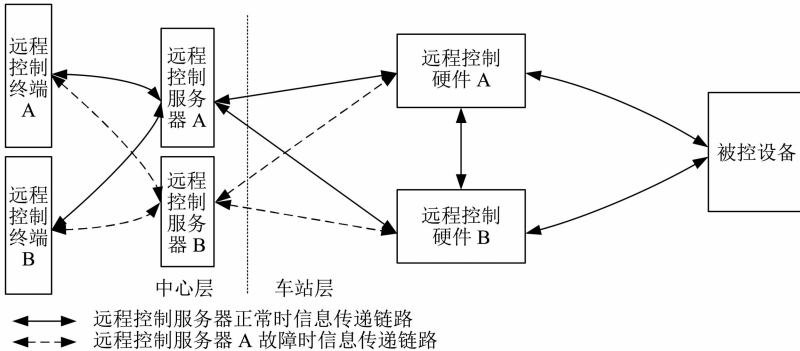


图 2 远程控制系统结构
Fig. 2 Remote control system structure

2.2.2 双套软硬件设计

基于地铁项目中的高可靠性需求,远程控制系统采用双套软硬件设计,并保证冗余设备的独立性。在外部输入命令控制设备的情况下,冗余设备的输出控制逻辑必须一致,以保证远程控制系统的准确性、可靠性。否则,控制命令视为无效操作。

在双套软硬件设计的基础上,远程控制系统构建各自独立的 2 路通信链路,以保证信息传输的独立性。

远程控制服务器采用双机热备方式,即使 1 台服务器失效,另外 1 台服务器也能够维持远程控制系统正常工作。

2.2.3 操作机制

为保证信号设备在复位过程中仍能够正常工作,作出如下规定:

1) 如同一部信号设备采用 A、B 机主备配置,则无论何种情况下,主备机不能同时复位,只能控制复位其中 1 台;

2) 在满足条件 1) 的情况下,可以控制断开多部不同信号设备的电源;

3) 在多部设备的复位命令同时下发时,不能一次命令下发包括多个设备的控制命令,必须按照设备分别逐条下发复位命令,图 3 为远程控制系统的操作机制。

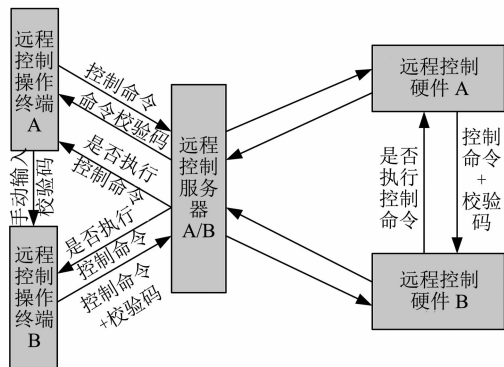


图 3 操作机制原理图

Fig. 3 Schematic diagram of operating mechanism

具体操作流程为:

1) 控制中心操作人员在远程控制终端 A 机上执行复位控制命令。

2) 该命令通过远程控制操作终端发送至远程控制服务器。

3) 远程控制服务器通过规定的通信协议发送控制命令至远程控制硬件 A。

4) 远程控制硬件 A 收到该控制命令后,生成随机命令校验码。远程控制硬件 A 将命令校验码分别发送至远程控制硬件 B 和沿原通道发送至远程控制操作终端 A 机上。当校验码传输到远程控制服务器时,服务器会完成校验码和源控制命令的校验,以确保校验码和控制命令相符。如果校验不通过,则服务器丢弃该控制命令校验码并给出提示信息。

5) 控制中心操作人员可直观地获取该命令校验码。

6) 控制中心操作人员在远程控制终端 B 机上执行复位控制命令,同时还需要手动输入从 A 机获

得的命令校验码。

7) 该复位控制命令通过远程控制服务器转发至远程控制硬件 B。远程控制服务器收到校验码和控制命令后,需要同终端 A 发出控制命令后所获取的命令校验码进行对比。对比通过才能继续执行;如不通过,则服务器丢弃操作终端 B 发送的控制命令。

8) 远程控制硬件 B 将远程控制终端 B 机和远程控制硬件 A 生成的命令校验码进行对比。如对比结果一致,那么远程控制硬件 A、B 同时执行命令;如不一致,则命令控制器 A、B 丢弃控制命令。

9) 远程控制硬件 A 和远程控制硬件 B 收到命令后允许有一定的延时处理。如果二者收到命令的时间间隔超过设定值,则丢弃控制命令。

2.3 车辆远程辅助驾驶

要实现车辆远程辅助驾驶,需要车载设备远程重启和远程辅助驾驶相结合。车载设备远程重启的实现过程见图 4^[3]。

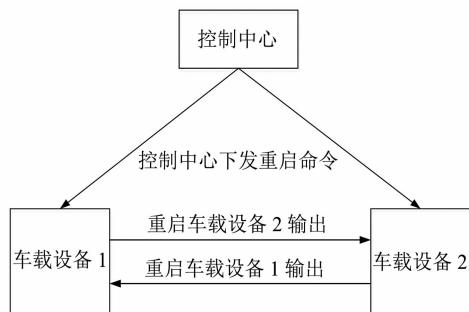


图 4 车载设备远程重启的实现过程示意图

Fig. 4 Schematic diagram of realization process of on-board controller remote restart

由控制中心先分别向列车两端的车载控制器下发重启命令;任何 1 个可用的车载控制器收到有效的重启命令后,完成自身和另外一端车载设备的重启操作;待车载设备重启成功后,由于没有有效定位,列车处于待命状态,控制中心可以设置列车进入远程辅助驾驶模式;通过远程辅助驾驶,使列车获得有效的定位,进而升级为无人驾驶模式。

当远程辅助驾驶模式激活时,由于列车无具体定位,故其防护区域需要覆盖整个计轴区段(见图 5)。当信号系统判断其运行前方进路建立后,区域控制器根据列车运行前方线路条件计算列车的移动授权。

(下转第 153 页)