

# 地铁电气火灾监控与能源管理系统融合设计研究

喻 奇

(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** 介绍了电气火灾监控系统和能源管理系统的组成以及两者的共同点,提出将两系统进行融合设计。融合系统共用多功能电表作为底层数据采集器,站级系统配置通信管理机和人机界面,中心级系统硬件配置与常规能源管理系统保持一致,中心级系统软件增加电气火灾预警智能分析功能。该融合设计方案既可减少工程投资,又便于运营管理,还可用于监测低压电缆的老化情况。

**关键词** 地铁;电气火灾监控;能源管理;融合设计

**中图分类号** U224

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.05.015

## Research on Integration Design of Electrical Fire Monitoring System and Energy Management System for Metro

YU Qi

**Abstract** The composition of electrical fire monitoring system and energy management system and their common points are introduced, and the integration design of the two systems are proposed. The fusion system uses multifunctional electricity meter as the bottom data collector. The station system is equipped with communication manager and human-computer interface, the central system hardware configuration is consistent with the conventional energy management system, and the central system software adds intelligent analysis function for electrical fire early warning. The integration design can not only reduce the project investment, but also facilitate the operation management, and can be used to monitor the aging of low-voltage cables.

**Key words** metro; electrical fire monitoring; energy management; integration design

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

为实现国家节能减排的战略,推动地铁行业节能降耗,提升用能效率,降低运营成本,各地纷纷增设地铁能源管理系统<sup>[1]</sup>。地铁运营消耗的能源通常包括电、水、燃气、燃油等,其中绝大部分为电能

的消耗,因此地铁能源管理系统的重中之重即电能管理。

依据 GB 50016—2014《建筑设计防火规范》(2018 版)的规定:城市轨道交通车站属于室外消防用水量大于 25 L/s 的其他公共建筑,其非消防用电负荷宜设置电气火灾监控系统<sup>[2]</sup>。JGJ 243—2011《交通建筑电气设计规范》也规定,城市轨道交通地下车站应设置电气火灾监控系统<sup>[3]</sup>。

地铁电能管理系统相关底层数据的采集涉及的设备包含中压开关柜、低压开关柜、环控柜或配电柜,而电气火灾监控系统相关底层数据采集涉及的设备包括低压开关柜、环控柜或配电柜。由此可见,地铁电气火灾监控系统涉及的底层设备包含在能源管理系统涉及的底层设备范围内。电气火灾监控系统的功能在于对电气火灾进行预警<sup>[4]</sup>,其系统可靠性要求与能源管理系统基本相同,因而在工程设计中将电气火灾监控系统融入能源管理系统具备可行性。本文拟研究两系统的融合设计方案。

## 1 电气火灾监控方案简介

### 1.1 电气火灾监控系统的构成

按照国家标准 GB 50116—2013《火灾自动报警系统设计规范》第 9.1.2 条的规定:电气火灾监控系统应由下列部分或全部设备组成:① 电气火灾监控器;② 剩余电流式电气火灾监控探测器;③ 测温式电气火灾监控探测器<sup>[5]</sup>。

根据地铁的特点,电气火灾监控器通常设置于地铁车站控制室、控制中心和车辆基地的消防控制室。剩余电流式电气火灾监控探测器由剩余电流传感器和信号处理单元组成,剩余电流传感器一般为剩余电流互感器,信号处理单元的作用为接收剩余电流传感器的测量数据并对数据进行分析处理<sup>[6]</sup>。测温式电气火灾监控探测器由测温传感器和信号处理单元组成,测温传感器一般由热敏电阻或红外测温元件等组成,信号处理单元的作用为接

收温度参数测量数据并对数据进行分析处理<sup>[7]</sup>。典型地铁电气火灾监控系统结构图如图 1 所示。

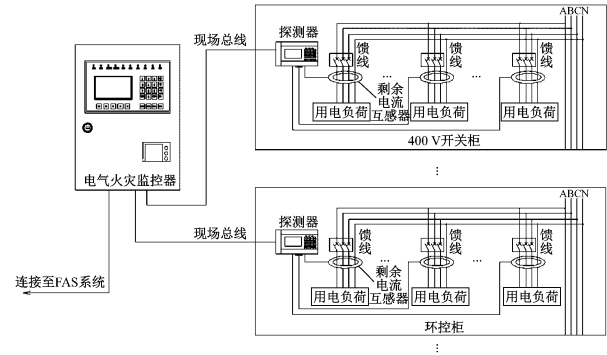


图 1 典型地铁电气火灾监控系统结构图

1.2 电气火灾监控系统探测器设置方案

根据 GB 50116—2013《火灾自动报警系统设计规范》的规定,剩余电流式电气火灾监控探测器应设置在低压配电系统首端为基本原则,宜设置在第一级配电柜(箱)出线端<sup>[5]</sup>。结合地铁的特点,变电所的 400 V 开关柜非消防负荷馈线回路均需配置剩余电流式电气火灾监控探测器,部分城市地铁在第二级配电的环控柜或配电箱非消防负荷馈线回路也配置剩余电流式电气火灾监控探测器。对于采用剩余电流式传感器难以解决误报警问题的馈线回路,通常改用测温传感器的方案,可选用多传感器组合式电气火灾监控探测器接入系统。在地铁

工程建设实践中,一台电气火灾监控探测器通常接 6~10 个传感器,一个标准地下二层地铁车站通常需设置 20~30 台电气火灾监控探测器。

1.3 电气火灾监控系统外部接口

电气火灾监控系统在地铁的机电设备系统中属于相对独立的系统,通常只与 FAS 系统(火灾报警系统)接口,用于预警信息的传递,提醒运营人员及早检查和防范。

2 能源管理系统方案简介

2.1 能源管理系统的构成

由于城市轨道交通能源管理系统尚无统一的国家标准或行业标准,各地执行的地方标准存在一定的差异,如北京市要求按 DB11/T 1486—2017《轨道交通节能技术规范》执行,上海市按 DG/TJ 08-2232—2017《城市轨道交通工程技术规范》执行,江苏省则按 DGJ32/TJ 132—2011《城市轨道交通能源管理系统技术规程》执行,未制定地方标准的地区差别更大。

各地方标准的具体要求虽然不尽相同,但是线路级能源管理系统的构成基本相同,均由中心级管理系统、车站级管理系统(或管理单元)、现场控制级以及联系三者的通信网络构成。典型地铁能源管理系统结构图如图 2 所示。

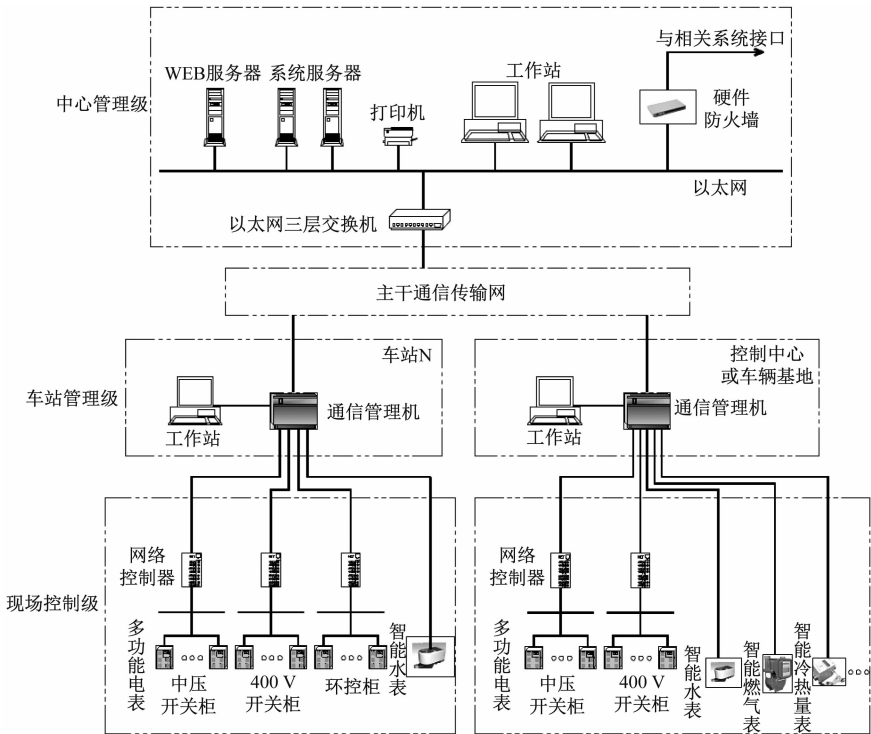


图 2 典型地铁能源管理系统结构图

中心级管理系统通常设置于运营控制中心,主要功能为监管能源管理系统设备及监测数据的收集、处理、分析、统计等。车站级管理系统可根据需要设置,监管一个或若干个车站的能源管理系统设备及相应车站的监测数据收集、处理、分析、统计等,通常设置于车站控制室<sup>[8]</sup>。能源管理系统以监测运营线路的能耗数据为主,不进行开关设备的控制操作<sup>[9]</sup>。

中心级管理系统配置有系统服务器、WEB 服务器、工作站、以太网三层交换机、硬件防火墙、打印机等。主干通信网利用通信系统提供的专用传输通道组建,或采用综合监控系统单独划分的虚拟局域网(VLAN)。车站级管理系统设有通信管理机和工作站。现场控制级采用现场总线技术,设备由各类能源计量表计和网络控制器等组成。

## 2.2 能源管理系统电能计量表计配置方案

根据 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》的要求,用电功率不低于 10 kW 的主要次级用能单位和不低于 100 kW 的主要用能设备须加装电能计量表<sup>[10]</sup>。对于地铁能源管理系统的电能计量表计配置方案,各地执行标准虽然不统一,但均高于国标要求。

地铁能源管理系统的电能计量表计配置通常分为三级:第一级在 110 kV 主变电所或者中压开闭所进线开关处;第二级在车站级变电所整流变压器和配电变压器对应中压馈线开关处;第三级在 400 V 开关柜进线开关和 400 V 馈线开关处,部分地铁城市在环控柜馈线回路也设电能计量表计。400 V 开关柜配置电能计量表计的馈线回路涉及照明、空调系统、风机、水泵、电梯及电扶梯、特殊系统用电(如站台门、自动售票检票系统、变电所等)及商业相关用电等。用电功率不低于 10 kW 的环控柜馈线回路配置电能计量表计。由于配电箱过于分散且馈线回路负荷相对较小,通常不配置电能计量表计。对于专用消防负荷回路,由于其正常情况下不工作,仅在火灾情况或事故演练时工作,因而没有必要配置电能计量表计。

## 2.3 能源管理系统接口

地铁运营消耗的各种能源与具体运营情况、外部环境条件相关,须设置与之相关的机电设备系统接口,才能对实际节能情况进行合理的分析。能源管理系统与地铁多个机电设备系统运行状态相关,诸如信号系统的行车密度、AFC 系统(自动售检票

系统)的客流量、BAS 系统(环境与设备监控系统)的环境状态和通风空调运行情况、视频监控系统的车站人流量等。工程实施当中,为减少系统接口数量,通常与综合监控系统接口以便获得所需数据,与 OA 系统接口实现各级运营管理人员通过 Web 方式进行信息调阅。若当地设有线网级能源管理系统,还需与线网级能源管理系统接口,上传各类能耗用量的统计信息。能源管理系统与其他系统的物理接口位置应配置硬件防火墙。

## 3 系统融合设计研究

### 3.1 系统融合底层设计方案

地铁电气火灾监控系统与能源管理系统最大共同点在于底层信息数据采集的位置重合度高,都需在 400 V 开关柜馈线回路或环控柜馈线回路设置采集装置,而且对于纯消防负荷都无需设置采集装置。因此对于绝大多数低压的馈线回路,既需配置电能计量表计,又需配置电气火灾监控探测器。

电能计量表计需采集对应回路的三相电压和三相电流,电流的采集源自电流互感器二次输入;对于电气火灾监控探测器,绝大多数回路选用剩余电流式传感器,个别回路选用测温式传感器。剩余电流的采集源自剩余电流互感器二次输入,利用电能计量表计代替电气火灾监控探测器采集剩余电流互感器的输入信息,技术上完全可以实现。地铁能源管理系统配置的电能计量表计为多功能电表,可扩展性强,只需在原表计基础上增加一路电流测量输入回路。

对于测温式传感器,可配备工业应用最广泛的 4~20 mA 变送器,并在常规多功能电表基础上增配 4~20 mA 电流采集电路和运算芯片,由多功能电表将 4~20 mA 电流信号转换为温度测量参数信息并传输至通信管理机。

多功能电表可就地显示剩余电流式传感器和测温式传感器的测量数据,在多功能电表面板设报警灯,报警阈值设定由多功能电表的人机界面实现。

### 3.2 融合系统结构方案

电气火灾监控系统与能源管理系统融合后,融合系统的结构与常规的地铁能源管理系统大体保持一致,由中心级管理系统、车站级管理系统、现场控制级和联系三者的通信网络构成。相比原能源管理系统,主要区别在于车站级管理系统需增设电气火灾监控器,所配置的电气火灾监控器应具备解

析多功能电表上传数据的功能。融合后的系统结构图如图 3 所示。

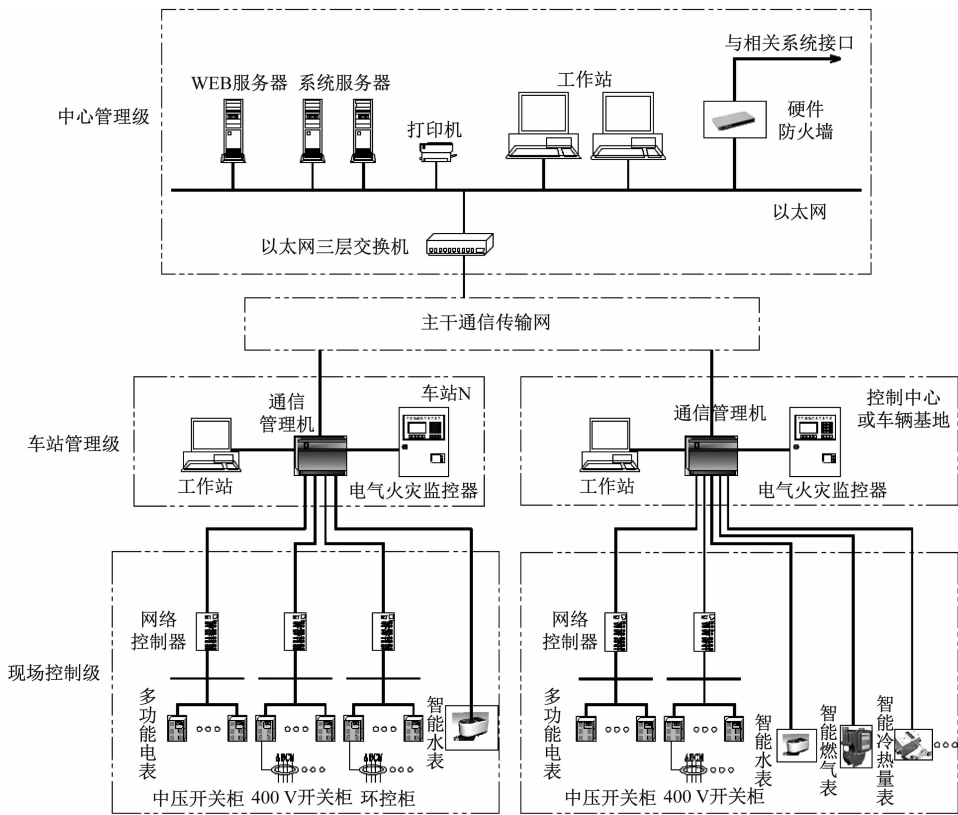


图 3 融合后的系统结构图

### 3.3 融合系统接口方案

电气火灾监控系统与能源管理系统融合后,该系统在中心级与综合监控系统、OA 系统的物理接口方案与常规的地铁能源管理系统保持一致。由于电气火灾监控数据的信息上传,其软件接口略有变化。该系统在车站级由电气火灾监控器与 FAS 系统接口,其接口方案与常规电气火灾监控系统方案相同。

### 3.4 融合系统的技术优势

地铁电气火灾监控系统与能源管理系统融合为一套系统,具备以下优势:

- 1) 融合系统设备配置数量相对减少,无需单独配置电气火灾监控探测器,其原有的功能由多功能电表实现,电气火灾监控无需单独组网,现场网络接线大大减少,因而工程投资减少。
- 2) 地铁电气火灾监控系统的探测器通常接 6~10 个传感器,在融合系统中每只多功能电表仅接 1 个剩余电流传感器或者 1 组(3 个)测温式传感器,其可靠性和可用性也得到提升。
- 3) 可减少电气火灾监控系统误报警情况,提高

报警后的排查效率。对于监测回路固有漏电流造成的误报警,可通过在多功能电表输入馈线回路的相关信息进而生成固有漏电补偿量(需多功能电表运算芯片支持)。各监测回路的剩余电流测量信息可随多功能电表采集的电量信息一同上传至控制中心,可结合融合系统大数据对报警回路进行智能分析,给出可能造成报警的原因和排查方案,为下一步排查工作提供技术指导。

- 4) 由于电缆的老化会导致回路固有漏电流逐渐增大,借助中心级系统强大的历史数据存储功能,通过定期分析监测回路剩余电流变化趋势判别各监测回路的电缆老化情况,以便适时更换。

## 4 结语

推进地铁行业高质量发展需要不断提升机电设备系统整体技术装备水平,稳步推进自动化和智能化,以减少运营维护的工作量。因此,推进机电设备系统融合将是大势所趋。本文阐述了电气火灾监控系统和能源管理系统的系统构成、结构和配

(下转第 81 页)

表 2 制动管理方式建议表

车辆类型	车辆运用特点	管理方式建议
高铁列车、动车组	车辆运行速度较高,对制动系统的安全性和可靠性要求高; 制动系统功能要求复杂,如列车级管理、车上制动试验、故障诊断、系统状态监测等; 网络系统结构复杂,传输数据量大,对网络系统可靠性要求高	方式 4
城际动车组	与高铁列车、动车组车辆类似	方式 4
市域列车	运行速度等级介于地铁与动车组之间,部分车辆的运营模式同地铁列车	方式 3
地铁列车	站间距较短、制动频繁,要求系统响应快速; 一般车站设置屏蔽门,对停车精度要求较高	方式 3
跨坐式单轨车/悬挂式单轨车/有轨电车	站间距较短、制动频繁,要求系统响应快速; 车辆网络系统结构简单,数据通信量较小; 车辆的制造成本相对较低	方式 1 或者方式 2

参考文献

[1] 李洁,黄文静.城市轨道交通领域列车制动力管理应用技术[J].装备制造技术,2016(9):115.

[2] 曹科宇,杜慧杰,吉振山.基于 TCN 网络的动车组常用制动控制方式[J].中国战略新兴产业,2017(16):55.

[3] 王华伟,刘国梁.基于列车控制与管理系统的车辆制动力管理方案设计[J].城市轨道交通研究,2019(2):89.

[4] 周志辉.广州地铁三号线电动车组的制动控制[J].电力机车与城轨车辆,2004(4):14.

[5] 段继超,胡跃文.深圳地铁 1 号线续建工程车辆制动管理模式[J].城市轨道交通研究,2009(11):77.

[6] 陈澍军,高珊,孟庆栋,等.动车组制动力分配策略[J].铁道机车车辆,2018(4):24.

[7] 陈君.基于列车信息管理系统(TMS)空电联合制动控制方案设计[J].工业控制计算机,2012(10):25.

[8] 姜岩峰,曹宏发,王鹏飞,等.和谐号动车组制动力动态分配模式[J].铁道机车车辆,2011(5):48.

[9] 张冬冬,梁建全,陈磊,等.动车组制动力控制模式分析[J].铁道机车车辆,2017(6):44.

(收稿日期:2019-05-23)

(上接第 76 页)

置方案,结合两系统底层数据采集的共同点,提出将上述两套系统融为一套系统的设计方案。该融合设计方案技术优势明显,完全具备在工程实践中探索应用的可行性。根据国家应急管理部最新的相关规定,电气火灾监控系统产品不再纳入强制性产品认证范围,转入消防产品自愿性认证范围。这一政策变化为地铁电气火灾监控系统融入能源管理系统提供了良好的契机。

参考文献

[1] 韩治.城市轨道交通能源管理系统设计方案[J].铁道标准设计,2013(6):157.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑设计防火规范:GB 50016—2014[S].北京:中国计划出版社,2018.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.交通建筑电气设计规范:JGJ 243—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

[4] 刘毅.城市轨道交通电气火灾监控系统误报警分析及治理[J].城市轨道交通研究,2020(5):196.

[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.火灾自动报警系统设计规范:GB 50116—2013[S].北京:中国计划出版社,2013.

[6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.电气火灾监控系统第 2 部分:剩余电流式电气火灾监控探测器:GB 14287.2—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.

[7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.电气火灾监控系统第 3 部分:测温式电气火灾监控探测器:GB 14287.2—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.

[8] 江苏省住房和城乡建设厅.城市轨道交通能源管理系统技术规程:DGJ32/TJ 132—2011[S].南京:江苏科学技术出版社,2012.

[9] 上海市住房和城乡建设管理委员会.城市轨道交通工程技术规范:DG/TJ 08-2232—2017[S].上海:同济大学出版社,2017.

[10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.用能单位能源计量器具配备和管理通则:GB 17167—2006[S].北京:中国标准出版社,2006.

(收稿日期:2020-07-04)