

新一代城市地下基础设施运行综合 监测系统集成研究*

孟鸿飞

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

摘 要 [目的]我国城市地下空间的开发呈现出多样化、深度化和复杂化的变化趋势,但目前仍无法通过多维数据融合对致灾因素进行诊断决策,因此需对新一代运行综合监测系统进行研究。[方法]介绍了既有地下基础设施运行监测系统的现状;基于城市地铁和地下综合体的灾害事件,提出结合物联网技术建设智慧城市的方法;通过与现有监测技术的数据融合,开展对城市地下基础设施运行综合监测平台与既有监测系统的实时感知数据、控制系统、决策机制等方面的融合研究。[结果及结论]通过统一接口总线多协议转换技术,实现多维感知数据融合和统一管理;通过与既有监测系统平台的集成,智能识别地下基础设施的运行状态,实现各类危险源的智能分类识别,提供智能诊断和分析决策支持;通过统一安全权限认证技术,实现对操作人员级别控制和权限动态的配置管理。

关键词 地下基础设施;监测系统;系统集成;物联网

中图分类号 U282.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.07.053

with existing monitoring technologies, research is conducted on the integration of real-time perception data, control systems, and decision-making mechanisms related to urban underground infrastructure operation comprehensive monitoring platforms and existing monitoring systems. [Result & Conclusion] Multi-dimensional perception data fusion and unified management are achieved through unified interface bus and multi-protocol conversion technology. By integrating with existing monitoring system platforms, the intelligent identification of underground infrastructure operating status, intelligent classification and identification of various hazard sources are realized to provide intelligent diagnosis and analysis decision support. Unified security authentication technology enables the control of operator levels and dynamic configuration management of permissions.

Key words underground infrastructure; monitoring system; system integration; IoT

Integration Research on Next Generation Comprehensive Monitoring System for Urban Underground Infrastructure Operation

MENG Hongfei

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

Abstract [Objective] The development of urban underground space in China is showing a trend towards diversification, depth, and complexity, making it challenging to diagnose and decision-making on causative factors through multi-dimensional data integration. Therefore, there is a need to carry out research on the next generation comprehensive operation monitoring system. [Method] The current status of existing underground infrastructure operation monitoring systems is introduced. Based on disaster events in urban metro and underground complex, the integration of smart cities with IoT (internet of things) technology is proposed. Through data fusion

近年来,我国城市地下基础设施建设快速发展,地下空间开发呈现多样化、深度化和复杂化的趋势,地下基础设施呈现规模由小到大、结构由简单到复杂、功能由单一到综合的发展趋势^[1]。目前,物联网技术日新月异,但在地下基础设施运行综合监测领域,存在考虑安全性及稳定性等原因导致的既有监测数据不外接、数据孤岛、即时信息传递不畅通、监测系统运转效率低等问题^[2]。如何实现综合监测系统与既有监测技术集成融合是新一代城市地下基础设施运行综合监测系统集成研究需要突破的重难点,实现各监测技术之间的有效集成与共享,对城市规模化、智慧化发展至关重要。

本文针对城市地铁和地下综合体的灾害事件,开展综合监测平台与既有监测系统的实时感知数据、控制系统、决策机制融合研究,依据风险评估体系标准及深度学习算法,对多维数据进行关联感知

* 国家重点研发计划项目(2018YFB2100906)

分析,集成地下基础设施运行综合监测各系统关键技术,解决不同系统之间的互联互通问题,为风险决策提供支撑。

1 既有地下基础设施运行监测系统现状

城市地下基础设施结构复杂、空间受限,环境风险和运行风险因素呈多元化趋势,多风险耦合作用突出,关键脆弱节点分布、相互关联性及演化规律复杂,且受到地下基础设施防灾减灾实施条件的制约,缺乏揭示多特征因素风险耦合演变机理的科学研究。目前,地下基础设施运行风险检测多采用人工巡检方式,无法达到在线实时监测。此外,各专业、系统相对独立,不利于进行多灾风险耦合分析、关键基础设施脆弱性分析等。

ISCS(综合监控系统)是城市轨道交通自动化系统的重要组成部分^[3]。目前,城市轨道交通 ISCS 最主要的功能是对电力、环境、设备进行监控,对各种监控数据提供可视化服务,并能够对基础设备进行相应的控制。但现有的 ISCS 大多按控制功能、对象、范围的不同划分为若干个子系统,各子系统之间是独自建设、彼此孤立的,难以实现信息共享。尤其在突发事故时,各子系统之间的协调性差、费时率高,且重复性工作多。对于目前的地铁 ISCS 而言,大多是以各个设备自身的状态信息居多,而对于各类灾害的监测数值信息较少,因此在地铁监

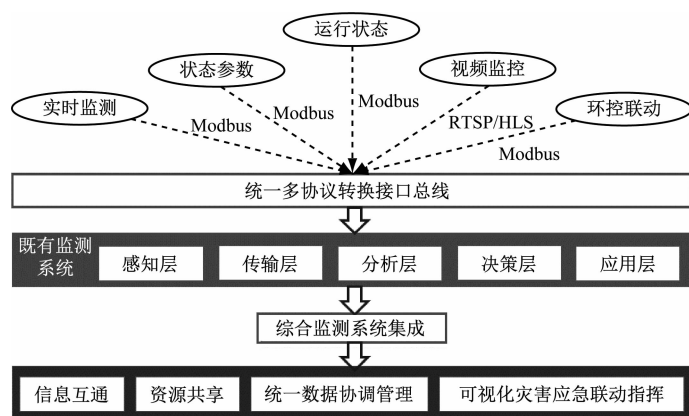
测信息的正确性与精准性方面存在一些不足之处,导致各个车站车控室常收到误报信息。

融合集成 ISCS 与既有监测技术可以将分散孤立的各自动化系统联结成为一个整体,丰富地下基础设施综合监测项点,提高各系统的协调配合能力和地铁全线的整体自动化水平。

2 ISCS 集成接入研究

2.1 研究思路

将既有监测系统的实时感知数据、基础设施信息及基础设施运行状态数据按照统一的数据标准接入综合监测平台。系统集成接入总体思路示意图如图 1 所示。针对地铁和地下综合体的灾害事件,采用传感、测量与探测技术,建立综合监测平台,分析已有结构化和非结构化的场景数据,通过各种感知技术进行数据识别、感知、分类传输、规则分析、存储与应用。与现有 ISCS 实现互调数据、相互监视、独立控制、应用场景决策和技术支持。分析研究现有系统感知层、传输层、分析层、决策层的逻辑、算法和精度,为风险决策提供数据。针对既有监测系统中不同设备、不同子系统及不同专业对应的结构化和非结构化场景的数据,通过统一接口总线多协议转换技术,实现多维感知数据融合和统一管理,进而解决不同系统之间的数据互联互通问题。



注:Modbus 为串行通信协议;RTSP 为实时流传输协议;HLS 为基于 HTTP(超文本传输协议)的自适应码率流媒体传输协议。

图 1 系统集成接入总体思路示意图

Fig. 1 Diagram of system integrated access overall idea

地铁既有 ISCS 的重点在于监控,其只是综合监测的一部分,无法实现地下基础设施在线状态多维度自动监测、实时诊断与智能辨识,以及运行数据的关联分析、深度解析和融合利用,因此需要建立一套集

成全息感知与智能诊断的综合监测系统平台。

2.2 数据融合

2.2.1 数据类型及内容组成

既有系统数据从应用场景上划分为结构化数

据和非结构化数据。结构化数据主要包括既有安装运行的设备所对应的实时监测数据、设施设备运行状态数据等;非结构化数据主要包括实时视频监控数据、本地录像数据、图像识别数据等各类不规则存储数据^[4]。结构化数据可使用关系型数据库表示和存储,是一种表现为二维形式的数据。由于非结构化数据的结构不规则或不完整,故没有预定义的数据模型,不方便用数据库二维逻辑表来表示,如各种文档、图片、视频/音频等。对于这类数据,一般直接整体进行存储,存储格式为二进制的格式。融合系统根据平台提供的约束规范标准,提供一套数据接入总线接口,具有识别数据来源、数据类型、设备类型、设备是否信任等数据接口集成管理、安全认证和智能辨识的能力。

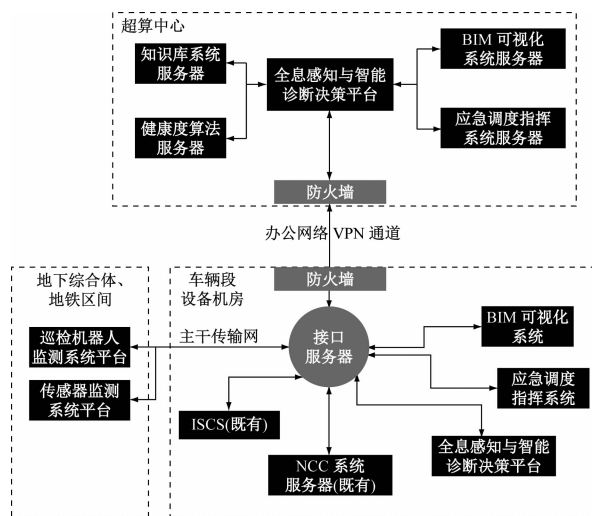
新一代集成综合监测系统通过对接既有监测设施,监管既有监测设施的工作状态与灾害监测数据,形成相关的统一标准,并且预留后续相关监测设施的接口。综合监测系统的数据由以下几部分组成:①基础数据,包括从既有监测系统中通过数据接口获取的监测设施基础数据和从监测设施产品型号等获取并输入系统用于灾害知识库分析的技术参数数据;②实时监测数据,包括火灾报警系统监测的温度、烟雾及有害气体体积浓度,感温光纤监测的实时温度,给排水系统水管压力,集水池液位数据,空调通风系统的温湿度监测数据,视频监控监控系统监控视频和图像等;③运行状态数据,包括运行、停止、故障、工作状态(如高速、低速、运行方向等);④故障和报警数据,包括监测设施故障信息和报警信息。

2.2.2 数据采集、传输及存储

在数据采集方面,既有各个系统间相对独立,需单独对接各系统并汇总监测数据,以统一的融合数据标准进行输出,包括车站、线路、线网等数据的融合。针对各系统间不同的协议,进行统一转换后输出对接到综合监测平台,包括综合监控的 Modbus TCP(传输控制协议)接入后转成 HTTP 输出, CCTV(闭路电视监控)系统的 gb28118 协议转成 RTSP 的平台流媒体等。

新一代集成综合监测系统从 OCC(运营控制中心)通信设备室传出后进入超算平台的网络连接方式可选专用 VPN(虚拟专用网)、专用光纤和公网 IP(互联网协议)接入等方式,可根据项目需要和用户选择综合考虑,选择最佳的网络连接方式。网络接入后,

将根据用户具体资源和服务需要,开通相关账号并赋予账号硬件及软件调用权限,用户登录账号后,可进行数据的上传、下载和相关计算操作。地下综合体和地铁主要网络传输流向示意图如图 2 所示。



注: BIM 为建筑信息模型; NCC 为网络控制中心。

图 2 地下综合体和地铁主要网络传输流向示意图

Fig. 2 Diagram of main network transmission flow of underground complex and metro

数据采用分布式存储方式存储在超算中心,由本地文件系统来管理数据对象磁盘上的分布位置,相关设计原则为:①采用领域模型驱动的方式和自顶向下的思路进行数据库设计,一张表有且只有一项职责,且表字段属性间不存在依赖关系;②针对所有表的主键和外键建立索引,确定表的关键字;③表和表之间的关联尽量采用弱关联,以便于对表字段和表结构的调整和重构;④设计出的表要尽可能减少数据冗余,确保数据的准确性,有效控制冗余有助于提高数据库的性能;⑤定时数据库系统备份和系统故障后,需能够快速恢复。

2.3 新一代集成综合监测系统与现有控制系统联合决策

2.3.1 既有系统决策机制

地铁既有系统的决策依据信息主要来源于 ISCS。ISCS 通过内部、外部接口与其他各专业系统进行集成和互联,实现功能集成与资源共享。地铁 ISCS 集成与互联的系统包括 FAS(火灾自动报警系统)、BAS(环境与设备监控系统)、SCADA(电力监控系统)、能源管理系统、ISDS(综合安防系统)、PIS(乘客信息系统)、通信系统综合网管子系统、PA(广播)系统、NOCC(线网指挥中心)大屏幕系统、

智能照明系统等。ISCS 面向的对象为控制中心的行调、电调、环调、维调、总调(值班主任),以及车站的值班站长、值班员。

2.3.2 联合决策理论支持

针对地下基础设施运行的灾害情境与灾害风险类型,研究分析地下基础设施灾害作用机理(见图3),进行基于致灾的机理研究、灾害链推演和风险分级评估;输入地下基础设施空间关系、人流信息和风险分布,建立系统动力学模型和多风险耦合作用模型;定义评价参数,进行风险动态测度并度量风险级别;预测灾害趋势,建立灾害风险分级评估方法和量化评价标准;分析得到最优的防灾减灾策略,形成风险决策支持知识库,为综合监测系统提供理论支撑。

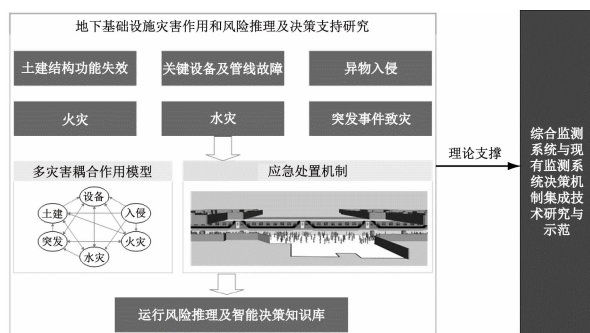


图3 联合决策理论支持机理示意图

Fig.3 Diagram of joint decision theory supporting mechanism

2.3.3 决策可靠性分析

决策过程是一个阶段性过程,在决策阶段及实施阶段,对决策的可靠性需要一个定量的评价,具体流程为:①建立风险决策层次结构模型(见图4)。确定评价目标及方案评价的准则,连同行动方案一起构造一个层次结构模型。②建立模糊综合评判

模型。确定因素集、评语集和各因素权重,建立单因素评判矩阵,对矩阵进行量纲一化处理后,获得最终决策的总体评价集。③风险决策可靠度与效果评价。首先确定各因素权重,其次进行模糊评判,最后进行模糊综合评判。根据上述模糊综合得到最相近的风险事件处理方案,并通过风险事件后评估进行修正,最终获得最可靠的风险决策方案。

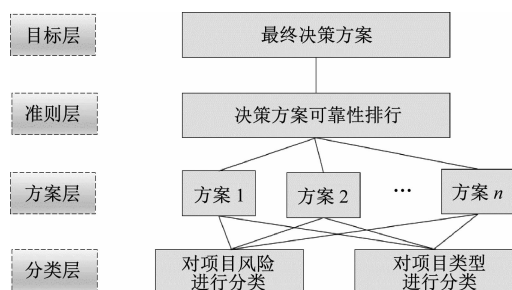


图4 风险决策层次结构模型示意图

Fig.4 Diagram of risk decision hierarchy structure model

风险决策只能作为预测风险事件的一个预防措施,由于风险事件存在不确定性,决策实施过程也是变化的。因此,应根据系统项目的自身特点和实际存在的客观条件,提出各种备选方案,借助科学理论与方法进行必要的分析、计算,选择相对最可靠、最有效的决策方案或组合方案。风险决策可靠性分析为综合监测系统的智能诊断、灾害预测等提供了理论分析基础。

2.3.4 综合监测系统功能架构设计

集成综合监测系统的总体功能架构在宏观上可分为五层:基础设施层、业务系统层、数据交换层、业务系统层、信息服务层。集成综合监测系统的功能架构设计示意图如图5所示。

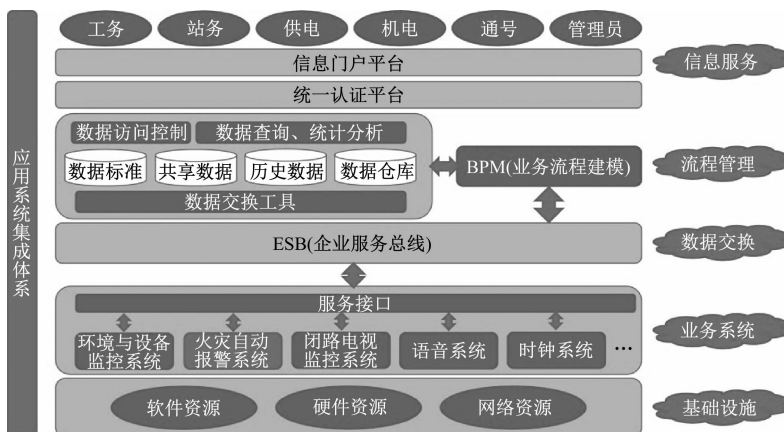


图5 集成综合监测系统的功能架构设计示意图

Fig.5 Diagram of function architecture design for integrated comprehensive monitoring system

作为系统底层支撑服务,基础设施层用于提供集成综合监测系统的软件资源、硬件资源和网络资源的支持和管理。除此之外,基础设施层还提供系统运维服务,方便系统运维人员进行问题定位与修复。业务系统层主要为系统运行提供业务逻辑支撑,考虑到系统的可弹性扩展要求,对其采用模块架构设计,以实现业务系统服务可成长、应用可扩展、能力可扩展的功能。数据交换层作为集成综合监测系统所有基础数据的归属层,提供可靠的、有保证的信息技术的最新方法。ESB 是传统中间件技术与 XML(可扩展标记语言)、Web 服务等技术结合的产物,用于实现企业应用不同消息和信息的准确、高效和安全传递。业务流程管理层通过相关技术来改进产品、服务创新,同时提高客户响应时间,能够快速提高流程的敏捷性、可转移性和可重复性;通过制定统一的数据接入标准、数据传输接入规范,提高数据存储、查询、计算等数据流转的

效率。信息服务层通过统一的人机交互页面,以独特的策略和内容帮助各专业用户解决各自关注的问题。集成综合监测系统通过统一安全权限认证技术,实现对操作人员级别控制和权限动态的配置管理。

2.4 综合监测系统与现有监测系统集成

2.4.1 与既有 ISCS 集成

既有 ISCS 采集的数据几乎覆盖地铁项目中的所有系统,有着庞大的信息量。ISCS 作为综合监测系统的主要信息提供者,其与综合监测系统的数据交换量大^[5]。因此,采用以太网作为物理接口较为合适。

既有 ISCS 采用两级管理、三级控制的模式。两级管理分别为中央级和车站级管理,三级控制分别为中央级、车站级和现场级控制,其中现场级控制功能由各集成系统完成。既有 ISCS 集成方案示意图如图 6 所示。

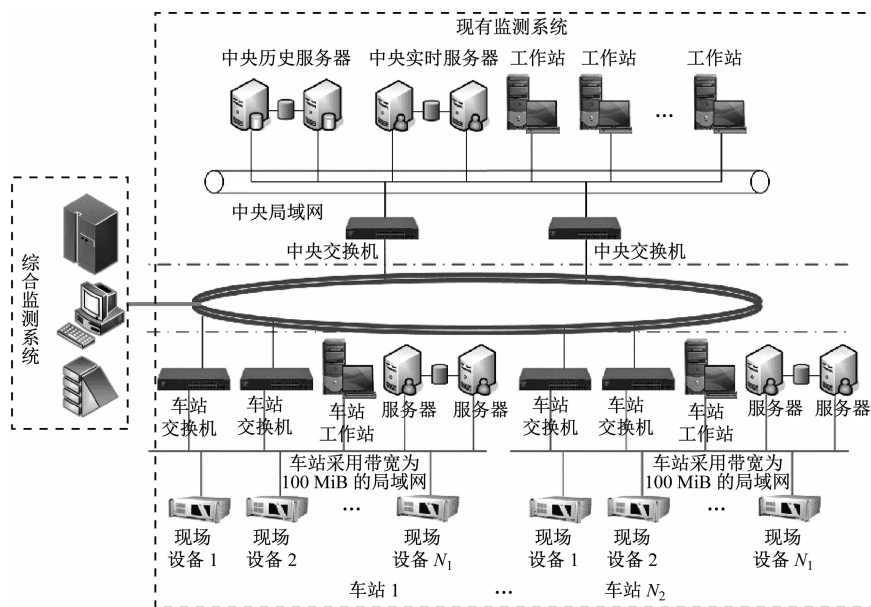


图 6 既有 ISCS 集成方案示意图

Fig. 6 Diagram of existing ISCS (integrated supervisory control system) integration scheme

2.4.2 与既有 CCTV 系统集成

既有 CCTV 监视系统在车站以下场所设监视摄像机:售检票大厅、乘客集散厅、上下行站台、自动扶梯、列车车厢等公共场所,设置消防自动扶梯、消防设备及变电设备场所。CCTV 系统各监控设备采用单独配线方式,统一接入专用通信设备机房,综合监测系统需通过专线接入专用通信设备机房。既有 CCTV 系统集成方案示意图如图 7 所示。

2.4.3 与既有语音系统集成

语音系统包括无线集群调度系统和电话系统。无线集群调度系统采用 800 MHz 和 400 MHz 无线网络。车站范围内采用 400 MHz PDT(警用数字集群)基站覆盖,全线采用 800 MHz 频段 TETRA(泛欧集群无线电)数字集群,小区制方式组网,全线敷设漏泄同轴电缆实现区间场强覆盖(含高架站)。

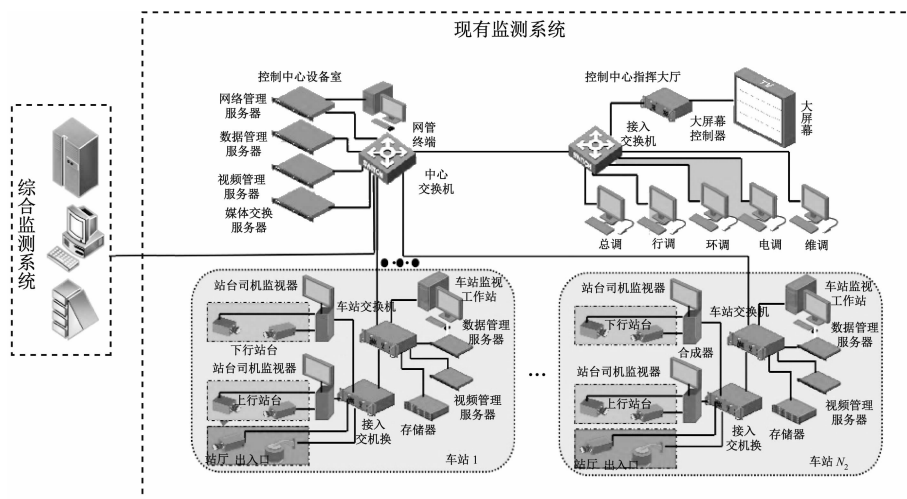


图7 既有 CCTV 系统集成方案示意图

Fig.7 Diagram of existing CCTV (closed-circuit television) system integration scheme

3 结语

本文提出一种新一代城市地下基础设施运行综合监测系统,通过分析城市地铁和地下综合体的灾害事件,对综合监测平台与既有监测系统的实时感知数据、控制系统、决策机制进行融合研究,集成并接入既有监测系统,将综合监测系统与现有监测技术相融合。针对结构化和非结构化的场景数据,通过统一接口总线多协议转换技术,实现多维感知数据融合和统一管理,最终解决不同系统之间的互联互通问题;通过平台智能识别地下基础设施的运行状态,实现各类危险源的智能分类识别,提供智能诊断和分析决策支持,建立灾害风险分级评估方法和量化评价标准;通过统一安全权限认证技术,实现对操作人员级别控制和权限动态配置管理。综合监测系统实现了对基础设施结构状态监测信息的融合,打破了各系统“数据孤岛”的现状,加强了地下基础设施综合监测项目的深度与广度,提升了多维度自动监测的水平和效果。

参考文献

- [1] 唐怀坤. 优化城市地下空间与基础设施是建设智慧城市的必由之路[J]. 通信世界, 2019(34): 38.
TANG Huaikun. Optimizing urban underground space and infra-

structure is the only way to build a smart city[J]. Communications World, 2019(34): 38.

- [2] 高岩. 城市地下空间工程施工安全影响因素分析[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2014.
GAO Yan. Safety factors analysis of urban underground space construction[D]. Changchun: Jilin Jianzhu University, 2014.
- [3] 丁斌. 物联网技术在智慧城市管理中的应用[J]. 信息与电脑(理论版), 2019(16): 162.
DING Bin. Application of Internet of Things technology in smart city management[J]. China Computer & Communication, 2019(16): 162.
- [4] 周如意. 地下综合管廊监控与报警系统研发与设计[D]. 西安: 长安大学, 2019.
ZHOU Ruyi. Research and design of supervision and alarm system for urban utility tunnel[D]. Xi'an: Chang'an University, 2019.
- [5] 杨鹏飞. 城市轨道交通建设安全信息集成化监控系统研究[J]. 技术与市场, 2017, 24(5): 83.
YANG Pengfei. Research on integrated monitoring system of urban rail transit construction safety information[J]. Technology and Market, 2017, 24(5): 83.

· 收稿日期:2022-01-07 修回日期:2022-02-07 出版日期:2024-07-10
Received:2022-01-07 Revised:2022-02-07 Published:2024-07-10
· 通信作者:孟鸿飞,工程师,18813094152@163.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址:tougao. umt1998. com