

智慧工地系统在隧道工程中的应用

孟庆贺

(中交一航局安装工程有限公司)

摘要: 随着施工规模的不断增长,施工工艺和施工环境也更加复杂,各种技术因素对建筑行业产生了很大的影响。为了加强大型隧道工程施工过程中的管理,提高管理效率,为安全、质量、进度提供保障,做到现场全面实时监控,以东北某海底隧道项目为例,通过智能化系统,实现了对大型隧道工程施工过程中隧道内作业信息化管理,针对隧道内实际作业情况,对系统构架和功能进行了详细地探讨,建立了隧道出入口管理系统、隧道视频监控系统、隧道内手机信号覆盖系统、隧道内人员区域定位系统、隧道内气体浓度检测系统、隧道内应急通讯电话系统。从而方便施工管理和组织,可为其它大型隧道项目智慧管理提供借鉴。

关键词: 智慧工地;隧道工程;视频监控;定位系统;应急通讯

0 引言

当前我国隧道(洞)建设规模巨大,为保障隧道工程安全及品质建设,需要寻求更为先进的施工工艺和高效的管理措施。大力推进隧道工程的信息化、智能化和精细化管理水平,需要广大建设者积极尝试前沿的智能化科技建设手段和信息化管理方式,在工程建设中更好地实现安全、质量、快速、持久、节约的建设目标,积极应对工程变化。

1 工程概况

以东北某海底隧道项目为依托,在隧道施工中建设智慧工地系统,主要包括隧道出入口管理系统、隧道视频监控系统、隧道内手机信号覆盖系统、隧道内人员区域定位系统、隧道内气体浓度检测系统及隧道内应急通讯电话系统,由1条通长的48芯单模光缆进行信号传输,入口处的智能中心与海底隧道项目的数字化中心关联。隧道工程由北向南出入口管理系统分为2种工况布置在隧道北侧作为隧道入口;隧道视频监控系统随着沉管安装进度球机跟随移动,枪机覆盖洞口区域;隧道内手机信号覆盖系统和隧道内人员区域定位系统随沉管安装进度逐步覆盖;隧道内气体浓度检测系统及隧道内应急通讯电话系统随施工管节位置推进向南迁移。

2 隧道出入口管理系统

隧道出入口管理系统主要由人行通道门禁和车行通道门禁两大部分组成,达到对隧道施工现

场的人员情况全面、实时地掌握,起到利用信息化手段加强人员管理的作用。

2.1 人员通道门禁

在隧道入口设置双通道翼闸门禁,通过翼闸的人脸识别,可作为出入隧道凭证。系统可以通过人员进出信息查询各工区、各班组的人员状况,并在管理系统中随时核对出入人员记录,准确统计各隧道口、各班组出勤情况报表。门禁系统可统计每天出入人数情况,设定非工作时间人员进出信息闭合,如超过时间仍未出隧道,通过软件提供报警信息,并在门卫值班室内显示,确保隧道内无人受困。隧道入口设置多功能LED显示屏,显示屏上显示隧道内人员身份信息^[1]。

2.2 车行通道门禁

在隧道入口处安装对开栏杆闸机,通过识别授权车牌+人工遥控方式,控制隧道随意进出车辆,当车辆进入隧道时通过值班人员授权通过。

3 隧道视频监控系统

3.1 视频浏览及控制

最基本的监控系统功能是图像浏览。在对前端摄像机进行PTZ控制的同时,可通过客户端软件实时浏览监控现场画面,实现镜头的左右旋转、上下旋转、视界拉近拉远等^[2]。该系统支持对前端监控画面进行字幕设置和时间显示,方便监控中心了解监控现场情况。系统提供了抓拍图像的功能,监控中心可以根据需要随时抓拍监控画面。视频监控系统平台示意图如图1所示。

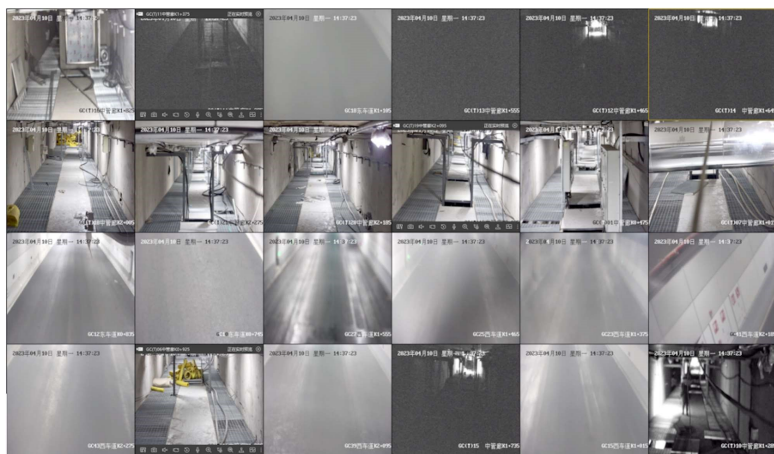


图 1 视频监控系统平台示意图

3.2 录像存储、备份与回放

智慧工地系统监控中心内设置录像存储和备份设备,可实现实时存储监控画面和画面回放的系统方案。

录像存储支持手动、定时、告警等多种控制方式,可实现按时段触发录像、告警等多种控制方式。录像资料以档案形式储存于磁盘内,可方便调阅、导出、刻录为磁盘并提供资料备份^[3]。

錄影档案可支持秒级检索,按姓名、錄影方式、时间段等进行检索。录像档案回放支援本地

回放及远端点播,可轻松查阅历史资料,并可对录像进行快进拖拽的控制,方便取景。

3.3 系统组成

通过计算机网络构建星形结构的数字化、网络化网络监控系统^[4]。采用分布式布署方式,将网络录像机布署到各个区域,接入、浏览和存储该区域的监控前端。

监控中心通过网络对平台进行布署,统一控制,集中管理监控资源。监控系统设计总体示意图如图 2 所示。

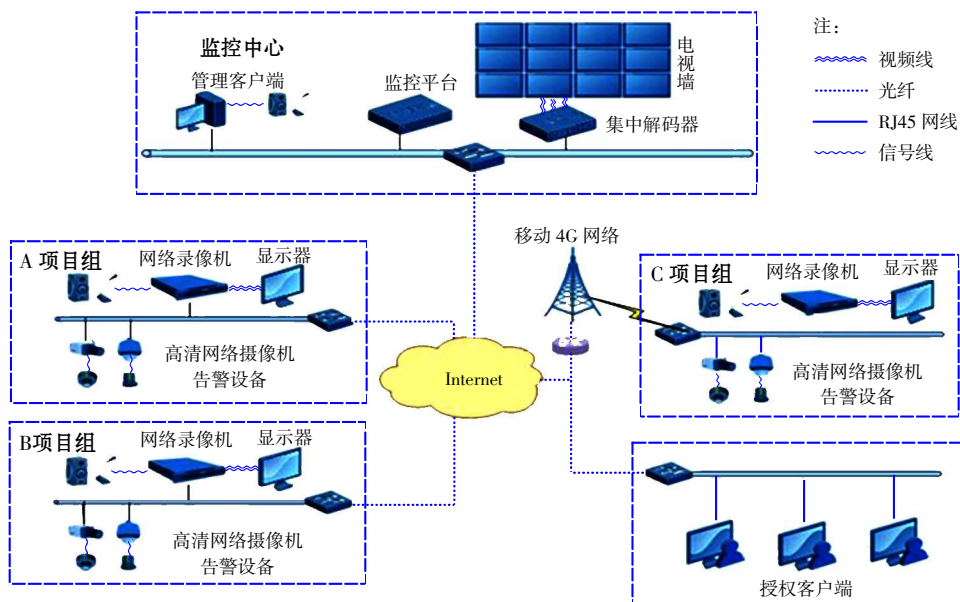


图 2 监控系统设计总体示意图

1) 监控中心

配置监控中心平台、操作计算机、屏幕显示系统等设备,根据上级要求将视频信号接入公司和项目公司。监控中心平台负责管理前端监控点,

实现用户登录认证、码流互通和系统管理。客户端软件安装在操作席的计算机上,可以实现控制、管理、运行等各个方面的系统。PTZ 通过客户端浏览监控画面、修改设备参数、报警联动布防撤

防，对前端摄像机进行控制。

2) 监控前端

配有高清网络摄像机，高清 NVR 网络录像机等设备。前端监控摄像机可以通过网络将前端的音频信号、告警信息、录像码流等直接存储到本

地的网络录像机中，在不需要汇总到监控中心存储的情况下，实现 24 h 不间断地视频采集和录像编码，在减少中心带宽压力的情况下，通过网络在各自区域内接入。

设备连接示意图如图 3 所示。

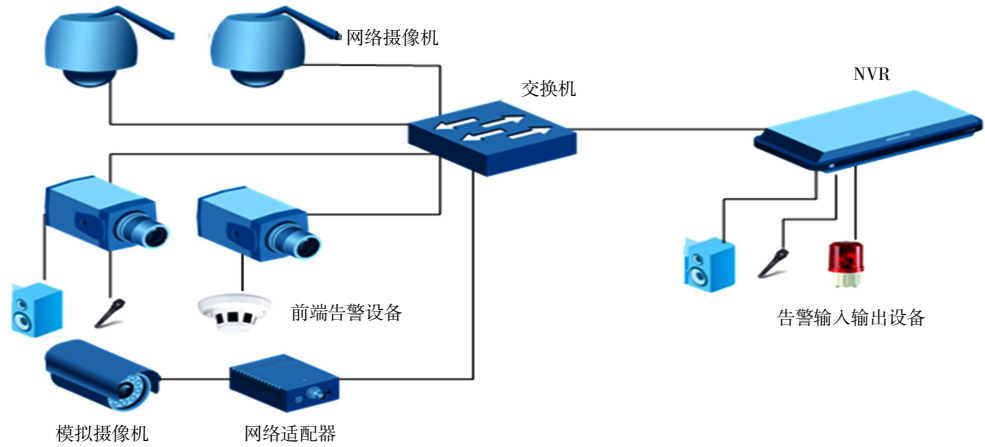


图 3 设备连接示意图

3.4 监控前端设计

现场视频监控系统的前端系统主要是实现视频及各种区域信息的采集、处理、监控等功能，由网络高清摄像机、设备等组成。

隧道由 18 节沉管段组成，每节沉管最长为 180 m，横断面分为东西 2 个行车道和中间管廊，每节沉管段行车道和管廊的中间各布置 2 个摄像头，分别向南北两侧覆盖，隧道内共计 108 个摄像头。选择的摄像头覆盖范围不小于 90 m/个，可确保整个隧道无死角完全覆盖。仓库及工人临建等施工附属区域在各角落共布置 8 个摄像头，并根据工程进展情况陆续增设，基本实现重点施工区域全覆盖。隧道内通过光纤网络进行信息传输，隧道外仓库、临建区通过无线网桥进行信息传输，最终传输至办公楼监控室内，监控室内设置系统主机、交换机、网络适配器及存储硬盘，利用视频监控软件实现功能，并利用网络可实现与公司 & 集团视频监控系统连通。视频监控画面

中可实现动态追踪，若人员或机械进入画面，可通过设备实现软件告警功能，并通过硬盘存储直接查看当日告警画面。

4 隧道内手机信号覆盖系统

隧道内进行管内作业时，在进口处和隧道内建立三网 4G 信号覆盖系统，并根据沉管安装和北岸暗埋段施工进展，逐渐将基站信号覆盖在整条隧道中，方便隧道内作业时的组织管理、生产协调，为安全应急措施提供有效保障，提高工作效率。

由于隧道内受垂直曲度和水平曲度因素的影响，传输信号受到不同程度的限制，因此隧道内设置了 11 台远端机（基站）作为覆盖，前 10 台远端机用线缆串联。接入 1 台近端机，最后 1 台远端单独与 1 台近端机连接。对应远端机（基站）的近端机有 1 台，通过其中 6 台近端机在室外接受信号，再通过隧道内远端机接入信号天线，实现移动信号传输。移动 4G 信号覆盖示意图见图 4。

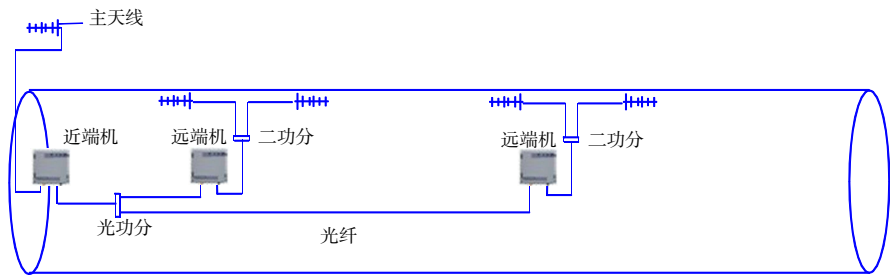


图 4 移动 4G 信号覆盖示意图

通过隧道内 11 个高功三网通 4G 通信基站,对隧道进行信号覆盖,并在隧道各段沉管入口处安装。隧道曲度及信号覆盖范围见表 1。随着隧道的不断延伸,相应地将远端机(基站)延伸到天线上,远端机(基站)布设和天线布设工作也分批完成^[5]。

表 1 隧道曲度及信号覆盖范围统计表

垂直面信号覆盖度	水平面信号覆盖度	最佳直放站覆盖范围	基站安装位置
E1-E2	E1-E14	E1-E2	E1 入口处
E3-E6	E15	E3-E4	E3
E7-E8	E16	E5-E6	E5
E9-E10	E17	E7-E8	E7
E11-E12	E18	E9-E10	E9
E13-E15		E11-E12	E11
E16-E17		E13-E14	E13
E18		E15	E15
		E16	E16
		E17	E17
		E18	E18

5 隧道内人员区域定位系统

海底隧道共 18 节沉管,考虑到人员定位的经济性采用区域性定位,以每一节沉管为定位区域,按东西行车道和中间管廊分别设置 3 个定位基站,每个定位基站设置于车道或廊道中间位置,共设 54 处定位基站。

将安装在安全帽合适位置的定位芯片,统一配发并配备给相关人员。每张无限认证卡都有唯一的卡号,卡号初始化为系统数据库,包含了与员工基本信息相对应的姓名、年龄、性别、所属班组、所属工种、职务、本人照片以及其他信息。进入隧道的人员必须戴上装有无线定位芯片的安全帽。当该人员通过隧道信号收发器后,立即被系统识别,并将通过的路段、时间、地理信息等信息通过系统网络的信息交换传送到安全监控中心进行记录,同时通过软件及时更新人员的最新位置^[6]。

1) 动态显示功能

定位系统可随时查询和显示某个区域的人员和设备的身份、数量、分布的实际位置和活动轨迹。通过系统对各项数据的检测、处理,记录区域内相关人员、设备的位置、时间、总工作时间等一系列信息,能更好地反馈重要巡查员(如安全巡查员)按规定时间和地点进行现场监督落实情况,

最大限度地从根本上杜绝因人为原因造成的相关事故的发生。

2) 查询统计

施工人员查询:可根据自定义组合的情况,查询目前施工人员所处区域、滞留时间、带班领导以及其他进入隧道的相关情况。

工人分布查询:方便管理人员通过查询隧道内施工人员在各区域的分布情况,点击对应区域获得相关人员的详细信息,从而了解特定区域的工作数量。

施工人数统计:按日期可统计出隧道内施工人员的进出次数。

分区人数统计:可任意设置、任意管理相关施工区域,自动进行分区人数统计。

3) 人员定位系统与管理结合

根据人员定位系统统计数据,可实时查看不同区域总施工人数和班组数量,辨识满足有限空间作业人数要求;通过该系统可统计每日班组工效,确保流水作业和施工进度控制;根据定位统计,可追踪班组位置,确定班组考勤和资源投入情况,并为更好地对班组质量、安全、文明施工管理提供支持。

安全方面,可设置隧道非安全区域,如人员进入密闭区域等非安全区域时,系统提供报警支持,在监控室计算机端弹出报警窗口,并反传至现场所处区域管段内的声光报警装置内,触发现场声光报警功能,还可通过无线网络传输至相关负责人手机终端,确保及时发现情况。安全事故发生时,控制主机可以立即在现场显示人员数量、信息区域位置等事故区域内的信息,从而大大提高救援效率和救援效果^[7]。

6 隧道内气体浓度检测系统

海底隧道施工在相对密闭的空间内进行,环境监测尤为重要。隧道气体浓度监测系统能够实时提取隧道施工面的气体浓度各项数据进行检测,并在计算机上显示,对异常情况自动报警。

6.1 设备组成

隧道内气体浓度检测系统由监控主机、采集器、启动控制器和传感器组成,采用并入隧道网络通信,无需另外布线。采集器和传感器一体化便携式设计,海底隧道共安装 2 台气体浓度检测传感器,分别布置于隧道最里侧沉管 2 个行车道终端,位于整个隧道内气体浓度最不利位置,并

随着隧道沉管安装进度移动布署, 传感器连接数据采集器并通过隧道内光纤网络传输至室外, 再通过室外无线网桥传送到监控主机服务器, 最终通过软件传送到 LED 大屏上, 通过启动控制器控制整个系统的开启和关闭。服务器实时显示各个传感器数据, 并记录在后台数据库中, 可以实现历史记录查询、曲线显示、产生报表等功能。系统监测过程中, 隧道所有管理人员均可通过网页账号直接登录实时查看现场环境情况, 检测系统可以根据实时数据和设置的预警值自动实现异常报警。当发生异常时, 通过监控主机报警窗口弹

出,施工现场声光报警装置工作,并通过无线网络传输上传至云端服务器。

6.2 设计原理

系统内设置的气体采集器由信号调理器和数据采集通信器组合而成。采用 4 通道同步信号采集技术,实现对空气质量传感器信号的限压保护、滤波放大、AD 变换、数学运算、数据远传等功能^[8]。信号调理器对空气质量传感器传来的信号进行滤波、放大或限幅的作用。外围电路增加了过欠压电路保护设计,电源过欠压自动停机保护。系统硬件示意图如图 5 所示。

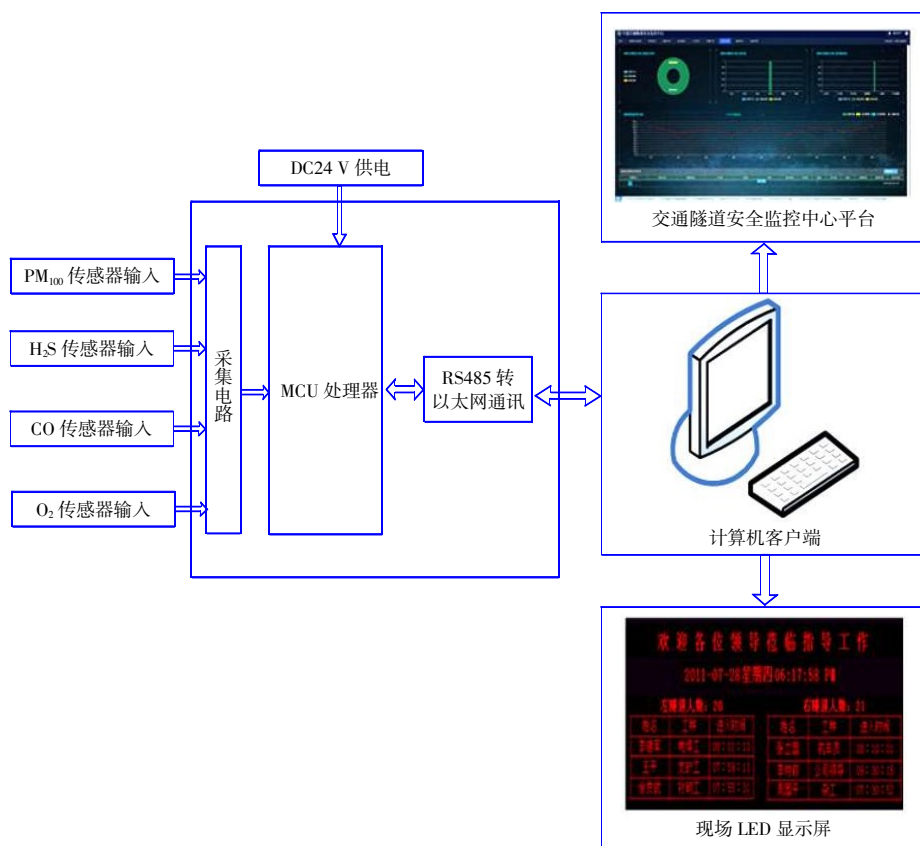


图 5 系统硬件示意图

6.3 系统功能

隧道内气体浓度检测系统共包含 5 项功能,具体功能作用为:

1)环境(空气质量)信号采集功能

实时采集隧道内环境状况数据,可实时监测隧道内 PM_{100} 、氧气含量。

2) 指标超限和异常报警功能

具备空气质量参数超限自动报警或者异常变化自动报警功能，在现场及工作站测量的环境数据超过预设值时，在工作站监控软件的图形展示

界面上报警，并自动将报警资料存档。

3) 监控数据实时显示功能

系统将监控数据通过洞外 LED 实时展现。

4) 信息综合查询功能

系统综合查询隧道内含氧量的情况，根据区域位置、项目名称、隧道名称、时间、预警信息及其他相关条件进行综合查询。

5) 预警信息功能

系统预先警告管理人员，并针对监测的项目提供相应的预警措施，以应对可能出现的风险。

7 隧道内应急通讯电话系统

海底隧道新安装沉管管段内, 由于钢筋混凝土封门未拆除, 管段处于封闭的建筑环境下, 沉管的超长纵深、隔断吸收了外界的电磁信号。应急电话通信子系统必不可少。可为管内施工人员、管理人员提供实时、稳定、专业的通讯系统。

在新安装沉管段设置应急电话系统, 东西 2 个行车道内各均匀设置 4 部应急通讯电话, 每部

应急电话均带紧急一键呼叫功能, 相邻两部电话距离不超过 20 m, 通过预埋的线缆与已连通的沉管通讯系统连接, 并传输至隧道口监控室内。监控室内设置应用控制系统和通信平台, 并最终传输至值班电话机, 值班人员可随时与未拆封门的沉管内电话沟通, 确保现场联系通畅的同时保证紧急情况下可以及时传达和处置。

系统组成示意图如图 6 所示。

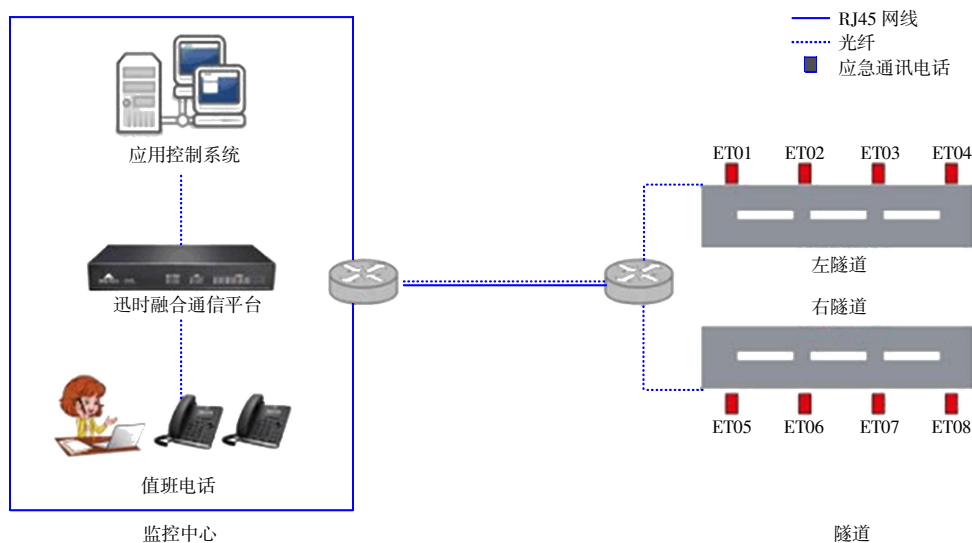


图 6 系统组成示意图

8 结语

本工程智慧工地系统依据项目的具体情况编制了策划及实施方案, 并在建设过程中不断完善。通过出入口管理、视频监控和人员定位对项目很好地实行了封闭管理, 并切实地统计每日现场作业和管理人员信息, 可靠地避免现场不安全行为对项目造成危害; 通过手机信号覆盖确保了海底施工作业的通讯沟通和现场协调保障, 提高沟通效率; 通过气体浓度检测和应急通讯系统为隧道贯通前海底深处施工提供安全和应急处置保障。各智慧工地系统板块为现场的人员管理、安全管理、进度管理提高了效率, 也更切实地提供信息数据反馈和记录, 为项目管理节省了资源, 并更好地形成点对点、点对线和点对面的管理覆盖。智慧工地系统的成功实施和运用, 促进了海底隧道工程建设管理过程中数字化应用, 可为类似工

程施工提供参考。

参考文献:

- [1] 马宇. BIM 技术在柞山高速公路建设管理中的应用研究[D]. 西安:长安大学, 2020.
- [2] 刘洋. 公安分布式网络视频监控平台设计[J]. 网络安全技术与应用, 2019, 10: 125-127.
- [3] 刘向勇. 楼宇智能化设备的运行管理与维护[M]. 重庆:重庆大学出版社, 2017: 339.
- [4] 陆秋俊. 高职院校智能楼宇视频监控实验室建设[J]. 物联网技术, 2017, 7(12): 110-111.
- [5] 孙健, 魏红波, 马宗豪. 长距离沉管隧道施工通讯工艺及控制方法[J]. 中国港湾建设, 2018, 38(3): 46-49.
- [6] 任娜. 基于物联网的长隧道运营安全监控方案[J]. 中国新技术新产品, 2014(5): 190-191.
- [7] 盛小宝, 贾莉莉, 魏峻. 基于 CSS 技术的大型建筑工地人员实时定位系统设计与实现[J]. 计算机数据工程, 2016, 44(3): 467-472, 496.
- [8] 万炳才. 电网工程智慧建造理论技术及应用[M]. 南京:东南大学出版社, 2021.