

浅谈地铁高瓦斯隧道信息化智慧平台建设

陈 涛， 杨 中 委

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局,四川 彭山 620860)

摘 要:随着城市人口的大量增加,城市交通拥挤现象严重,为了缓解交通压力,城市轨道交通得到了大力发展。城市轨道交通的全面建设,对于各级建设单位的管理是一项重大考验,信息化的施工管理为工程建设提供了管理保障。以成都轨道交通 18 号线龙泉山隧道工程信息化智慧平台建设为依据,在施工中以物联网为基础,将与施工有关的各种风险管理信息纳入统一管理平台,大大提高了长大隧道在管理方面的效率和施工质量安全方面的管控,降低了工程施工风险。

关键词:轨道交通;信息化;瓦斯隧道;智慧平台;成都轨道交通 18 号线

中图分类号:U21;U23;[U25];U215 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)增 1-0065-06

1 工程概述

成都轨道交通 18 号线工程为连接成都市中心与成都天府国际机场的高速地铁线路,地铁设计运营速度为 140 km/h。龙泉山隧道位于成都轨道交通 18 号线天府新站~三岔湖站区间。隧道分为左、右线,采用双线分修,线间距 30 m,单线开挖断面面积约 70.6 m²,采用矿山法施工,隧道最大埋深 285 m,最小埋深 35 m,全隧纵坡采用人字坡。龙泉山右线隧道工程总长 9 724 m,左线隧道工程总长 9 690 m。为满足施工通风及运输、运营期间防灾救援等需要,全隧共设置 2 条斜井(均为主、副斜井设置),将隧道分为 4 段。

龙泉山隧道沿线地质条件多变,隧道穿越龙泉山含油气构造,不良地质条件为浅层天然气,为油气田区高瓦斯隧道,是成都轨道交通 18 号线中的关键控制性工程。

2 信息化建设背景及目标

龙泉山隧道工程是目前国内最长的、采用矿山法施工的城市轨道交通隧道工程,为油气田区高瓦斯地铁长大隧道。龙泉山隧道的岩质特征主要为浅层天然气、泥岩风化剥落,工程地质条件十分复杂。油气田区隧道瓦斯分布广,天然气最大逸出量为 700.23×10⁴ m³,天然气的最大浓度达到 26 200 ppm(2.62%),接近天然气燃爆极限。

龙泉山隧道作为目前国内地铁最长的油气田高瓦斯隧道,对于政府监管部门和业主、设计、地勘、监理、总包、施工等单位来说,高级别、全方位

的安全管控是该工程中的重中之重。为实施有效管控,施工中实施了信息化智慧管理,对工程施工全过程实施有效管理。

同时,为实现党的十九大报告中提出的“科技强国、网络强国、数字中国、智慧社会”的发展目标,进一步落实科技部、交通部颁发的《“十三五”交通领域科技创新专项规划》等要求,促进城市轨道交通行业信息化发展。该项目在施工过程中采用了先进的施工监控系统,建立了从施工现场到各单位可视化自动监控平台,全方位、无死角进行现场安全质量管控。

3 信息化智慧平台建设规划

龙泉山隧道采用矿山法进行瓦斯隧道施工,施工安全主要体现在洞内瓦斯防控、隧道变形监测、用电安全方面。为加强现场安全管控和监督,加强现场施工信息的及时反馈,项目部在瓦斯防控、施工用电安全、施工监测等方面加强开发,使各种信息技术实践于工地,服务于工地。

3.1 瓦斯防控智慧信息平台

瓦斯防控智慧信息平台采用 KJ90 自动监测系统,对洞内关键部位的有毒有害气体、人员位置和施工情况进行实时监测,并设定管理等级和响应措施,通过物联网传递至项目部和地铁公司的监测中心(图 1)。整个信息网络形成隧道施工智慧管理信息平台,使相关领导与管控中心可以及时、同步掌握现场施工情况。

3.2 智慧用电

智慧用电安全云监控系统是综合采用物联传

收稿日期:2019-01-18



图 1 瓦斯防控智慧监控中心示意图

感、移动互联、云计算及大数据等现代信息技术,由智能监控终端、数传设备和安易云三大核心组成的新一代物联网用电安全监管大数据服务平台系统(图 2)。

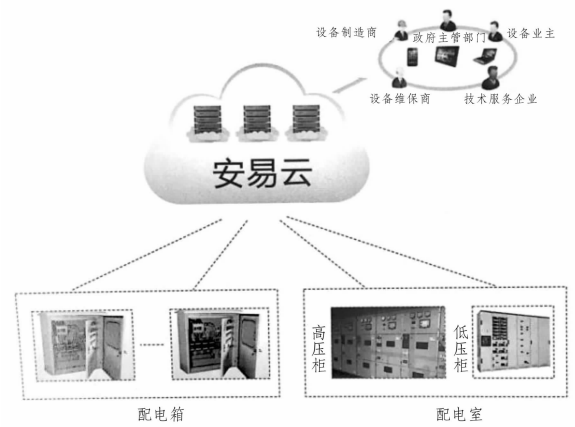


图 2 智慧用电系统框图

3.3 隧道监控量测信息化施工

监控量测拟在施工过程中搜集围岩-支护体系动态信息,以此判断相应隧道围岩-支护体系变化状态,验证设计支护参数与施工方法、施工工艺的合理性、科学性。监控量测一般分为必测项目与选测项目。

信息化施工在实际运用中实施的核心与关键是监控量测。各监测项目主要服务于隧道现场施工、动态设计,并根据量测结果定性、定量地评价设计、施工效果,再结合评价结果不断改善设计、施工,如此反复,不断达到设计调整、施工快速、安全、经济等目的,进而不断积累类似工程经验,以便为今后类似工程提供相应的指导性意见及依据

(图 3)。

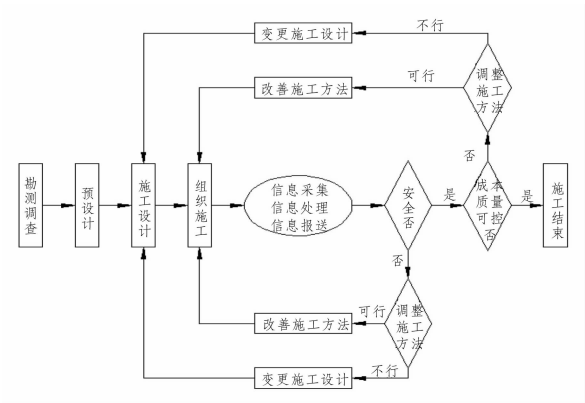


图 3 监控量测信息化施工流程图

4 信息化智慧管理的实施

4.1 瓦斯防控智慧信息平台的施工管理

(1)瓦斯防控监测的内容。

龙泉山隧道为油气田高瓦斯隧道,地质灾害隐患大,因此,必须加强施工过程中的瓦斯检测与监控,保证施工安全。

在隧道施工过程中,对安全生产影响最大的是瓦斯(主要成分为 CH_4) 的浓度。故在该隧道施工过程中,主要以 CH_4 浓度监测为主,与 H_2S 、 CO 、 CO_2 有毒有害气体的浓度检测相结合。 CH_4 密度比空气轻,易积聚在隧洞顶部,可以造成施工人员窒息;在一定浓度下,遇火源易造成燃烧或爆炸; H_2S 比空气略重,为剧毒物质,易造成施工人员中毒,是重点监测的对象; CO 密度比空气轻,易积聚在洞顶,为剧毒物质,易造成施工人员的中毒,是该工程需重点监控的对象; CO_2 密度比空气重,为无毒气体,但在隧道中浓度过大易造成施工人员缺氧,影响效率。

(2)瓦斯智慧监控设备的选型。

根据龙泉山隧道瓦斯自动监控需求,最终决定采用 KJ90NA 瓦斯自动监控系统。该系统技术成熟,设备运行稳定,应用广泛,符合龙泉山瓦斯自动检测需求。KJ90NA 自动监控系统采用分部式网络化结构,一体化嵌入式设计,具有红外遥控功能、独特的三级断电控制和超强异地交叉断电能力,可实现计算机远程多级联网集中控制和安全生产管理,可在检测到瓦斯浓度超过标准限值时采取自动措施(如报警、切断电源实施瓦电闭锁)。

(3)瓦斯智慧监控系统的组成。

KJ90NA 系统主要由三部分组成。

①地面中心站。

地面中心站是该系统的大脑,主要用于设置、实时显示并存储隧道的环境参数。地面中心站主要由监控主机、系统软件、数据传输接口和其它计算机周边设备组成,包含防雷设备。

②隧道监控分站。

监控分站主要是为传感器提供电源和接收传感器数据,并将数据通过通讯线路传输到地面主机。分站分为大、中、小三种类型,可根据各工区实际监控需求进行选择。龙泉山隧道各工区每个掌子面设置 3 台监控分站,分别对掌子面传感器、隧道二衬台车和隧道施工完成段回风流进行监控。监控分站根据开挖进度逐步进行安装。

③传感器及控制器。

龙泉山隧道瓦斯自动监控系统主要对甲烷、硫化氢、一氧化碳和风速进行监控,主要采用甲烷传感器、硫化氢传感器、一氧化碳传感器和风速传感器。

控制器是系统断电的执行器,在异常情况下接收分站发来的断电信号,切断隧道的工作电源,防止意外事故的发生(图 4)。

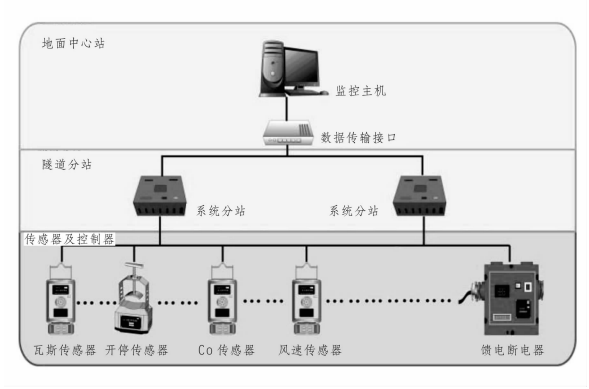


图 4 KJ90 隧道施工环境监测系统结构示意图

(4)瓦斯智慧监控系统的工作原理。

自动监控系统由监控中心站、分站、输入、输出设备构成。监控中心站与分站之间通信,接收分站内的信息,可以对分站发出指令。对接收到的信息进行处理、显示、报警。通过外围设备,可以将信息进行打印、上传、发送等。分站接收由输入设备采集到的信号,通过逻辑变换,输出控制信号,通过断电器对控制对象进行通、断电控制。

系统通过在洞内安装的甲烷传感器、硫化氢

传感器、风速传感器、一氧化碳传感器等测定洞内的瓦斯参数,并将所得信息回馈主控计算机进行分析处理,对洞内的瓦斯、风速、风量和主要风机实施风电瓦斯闭锁及风量控制,瓦斯超标时自动进行洞内传感器和洞外监控中心自动声光报警,再通过设备开停传感器、馈电断电器对被控设备自动断电。系统可及时、准确地对洞内各工作面的瓦斯状况进行 24 h 全方位监控,以达到隧道安全生产的目的。

(5)瓦斯智慧监控系统的实施。

针对瓦斯隧道施工,开挖掌子面瓦斯易溢出,对掌子面施工作业人员危害较大,在二衬台车附近,施工作业工序多,易造成瓦斯积聚,回风流中瓦斯浓度能反映整个隧道瓦斯溢出量的情况,有进行回风流中瓦斯监控的必要。

隧道内综合参数的监控设置按每个工作面进行配置,龙泉山隧道进、出口分别设有 2 个工作面,每个工作面安装 3 组传感器;1 号斜井、2 号斜井正洞分为 4 个工作面,正洞每个工作面安装 2 组传感器,并在主、副斜井分别安装一组传感器。在开挖掌子面安装一组传感器,在二衬台车上安装一组传感器,在距离回风流中一定距离安装一组传感器,根据掌子面进尺可移动或调整传感器的位置(图 5)。

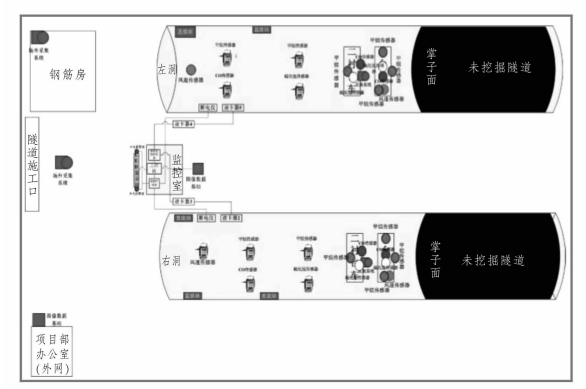


图 5 瓦斯隧道智慧系统监控示意图

4.2 智慧用电云监控系统

(1)智慧用电系统。

为有效控制施工工地用电安全,遏制电气火灾的高发势头,顺应国家消防局工作重点要求,本项目实施并安装了智慧用电安全云监控系统。

该系统通过对项目“配电箱+配电室”电气设备的智能化升级,实现漏电流、电流、电压、

温度等状态信息的采集、上传至安易云对数据进行分析处理,及时发现漏电、过载、短路、三相不平衡、过压、接触不良、温升异常等电气火灾隐患及电能损耗异常,及时预警,管理人员通过手机或 PC 在线获取报警信息,及时开展隐患排查治理,达到消除潜在的电气安全隐患,实现“防患于未然”的目的。

(2)智慧用电系统的原理。

智慧用电监控系统主要是针对施工工地用电设备的配电柜及办公生活临时建筑配电箱的进线回路安装配置“LFT201-D 智慧用电安全探测器+LDU301 无线数据传输模块”。通过监测回路“三相电流+三相电压+ABCN 相线接头温度+漏电电流”等信息并综合采集、无线上传。上传终端后基于大数据的分析处理,多维度预测电气安全状态发展趋势,为用户进行电气安全评估、隐患分析、系统优化、能效管理及整体用能情况提供强大的数据支撑,实时监测电气设备安全状态参数,客户可通过手机 APP 和 PC 客户端实现电气设备的透明化监测,可随时随地掌控电气设备的健康状况及能效情况,以达到安全监测及电能管理(图 6)。

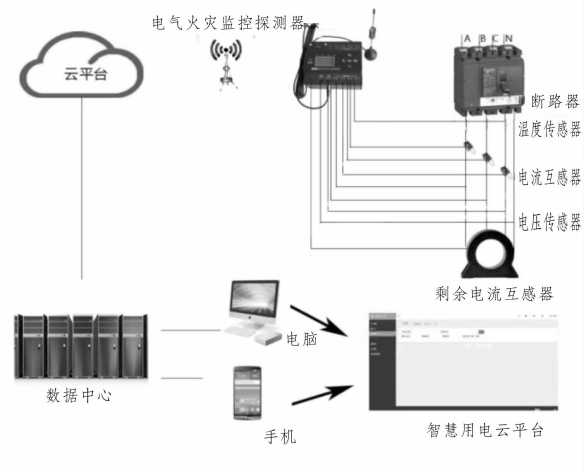


图 6 智慧用电监控系统示意图

(3)随时随地掌控用电安全情况。

基于安装在配电柜(箱)内的安全用电传感终端,实施监控供电侧、用电侧安全用电参数,通过物联网传输技术上传至安全用电云平台,云平台不间断地进行数据的存储、分析、挖掘、利用,实现描述型——诊断型——预测型——指导型的全周期用电安全监管(图 7)。

描述型	诊断型	预测型	指导型
发生了什么? • 漏电流超限 • 线缆、环境温度超限 • 短路、过载 • 缺相、失压、过压 • 电压波动和闪变 应用举例: 提示某动力用电回路线缆温度超限	为什么会发生? 技术分析-初诊 • 历史曲线 • 故障录波 • 谐波含量 • 原因分析 现场检查-确诊 • 频道分析 • 工具测量 应用举例: 诊断出故障在固定的时间间隔输入了大量设备,当其他电力设备同时时间被切断造成过载	将会发生什么? • 时间总结分析 • 负荷分析 • 同类对比分析 • 处理反馈 应用举例: 预测该路在对应时间段切除后会发生故障,提前防护	怎样才能不发生? • 关联报警记录 • 制定维修计划 • 优化管理流程 • 提供指导决策 应用举例: 针对同类负荷设备及报警设备供电电源有从别处获取或供电增加容量

图 7 安全用电管理模式图

通过智慧安全用电云平台,可以实现 24 h 不间断地大数据采集及应用,使用户能够更全面地了解变化多端的供用电系统的工作状态。

(4)本地监管系统——声光报警。

本地工作站、手机 APP 均通过智慧安全用电云平台这一“智慧大脑”查看数据,短信报警通过本地工作站接收信息;现场配电柜(箱)一旦发生安全异常,触发本地报警器发出声、光报警,监管系统同步发出报警提示,以多种方式提醒值班人员进行检修;智慧安全用电监控系统具备用户权限管理的功能,相应的管理人员可查看对应的安全用电实时数据(图 8)。



图 8 声光报警示意图

通过本地工作站,值班人员可以全面地了解到所属单位的用电状态,一旦提示异常,可快速定位位置、回路,及时进行处理。

(5)手机 APP——掌上卫士。

项目管理人员可以在手机上安装 APP,用个人账号登录后即可以不受时间、地点、环境的限制,掌上了解用电系统的安全状态(图 9)。



图 9 安全用电管理模式图

(6)短信报警——防患于未然。

用电方在其监管系统的“用户管理”设置界面中,可以很方便地设置好接收短信报警的手机号码。通过设置,可以将警报信息发送至业主、分管安全的责任人手机上。

通过短信报警功能,相关负责人可以在第一时间获知用电异常的情况。

(7)历史趋势——报表分析。

智慧用电监控系统可以提供报警记录、历史趋势、报表分析等功能。

可以根据用户的选择,查看单一回路某项参数的历史曲线(比如线温、漏电流等)、对比分析哪几路重要负荷的运行状态、查看日、月、年的整体用电负荷、对日用电量及日功率的峰谷进行分析以及提供异常报警回路的报警原因分析。

通过该功能,按照生成的报表、报告、维护建议、设备保养记录等途径,完成日常的业务工作且不用担心数据的丢失(图 11)。

当系统诊断出电气安全异常时,精确定位,及时以界面消息框、短信、电话等方式通知用户,用户迅速排查故障隐患,能够有效防止电气火灾等安全事故的发生。

4.3 隧道监控量测信息化施工

(1)监控量测的目的。

隧道开挖过程中,必须保证支护结构的稳定性以确保施工安全,从而不危及隧道自身及隧道施工影响范围内建(构)筑物和地下管线等。为此,施工过程中必须采取相应的监控保护措施,加

强施工期间隧道支护结构的变形监测、地表沉降等监测,及时反馈监测信息,以保证隧道施工安全顺利地进行。监测的目的主要是:

①通过监测信息分析结果,判断开挖支护方法、施工工艺的及时性、科学性,以便及时调整施工工序、施工方法,保证隧道施工安全顺利进行。

②初步了解本隧道工程以及类似工程隧道围岩、初期支护变形规律,对掌子面、围岩稳定性、初期支护、二次衬砌作出定性、定量评价,验证理论计算结论。结合监测信息结果,反馈围岩——初期支护参数,进一步优化设计。

③监控量测为隧道施工安全、合理安排施工工序,控制工程造价及保证工程质量提供理论依据,是隧道信息化设计、施工中的关键部分。

(2)监控量测项目。

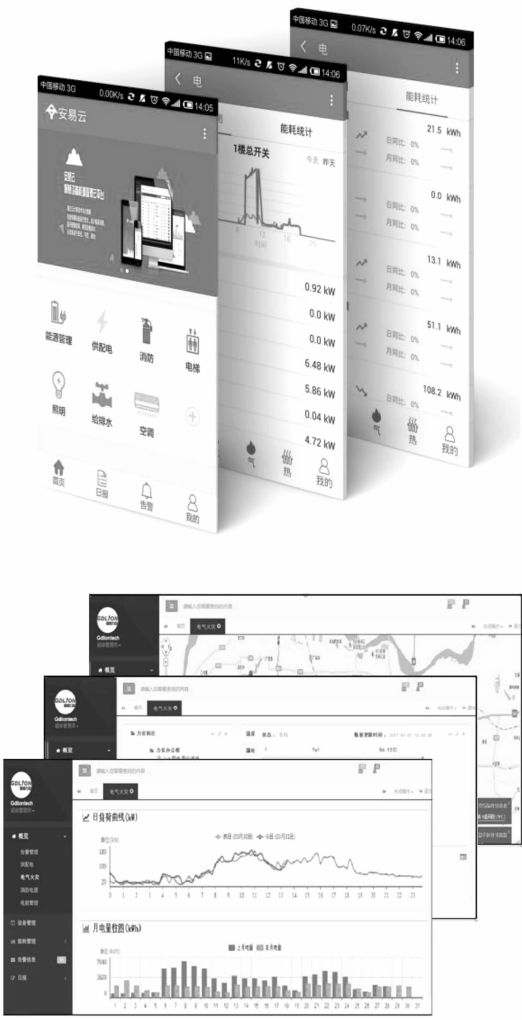


图 10 数据报表分析示意图

监控量测拟在施工过程中搜集围岩——支护体系动态信息,以此来判断相应隧道围岩——支护体系变化状态,验证设计支护参数与施工方法、施工工艺的合理性、科学性。监控量测主要包括洞内外观察、拱顶下沉、净空变化、建筑物沉降倾斜、地表沉降、边坡位移、建筑裂缝、拱脚下沉、拱脚位移、钢架内力、爆破振动、土体深层竖向位移。

(3)数据分析及信息报送。

①数据分析。

龙泉山隧道工程各监测项目根据需要采用了不低于 1"级带自动马达全站仪及高精度电子水准仪进行测量,测量数据采用仪器自动记录+人员手工记录的模式进行记录,并分别以电子数据格式+纸质版记录簿的形式存档。通过相关软件对测量数据进行汇总处理,绘制出各监测项目的变化曲线,并根据隧道地质条件、埋深、跨度、水文情况、施工工况、支护形式等进行综合分析,得出变形是否合理、隧道是否安全、后续变形趋势等结论,最终以监测信息指导现场动态调整施工工艺、工法(图 10)。

②信息的报送。

监测信息以纸质预警联系单、数据异常工作联系单、监测日报、监测周报、监测月报的形式报送至施工单位、监理单位,同时以多种网络电子版信息报送各参建单位,包括 QQ 群消息,微信群消息,手机短信,网盘存储等方式,快速分享各项监测数据,同时将监测信息上传至“成都地铁安全风险管理系统”,以便于宏观管控(图 11、12)。

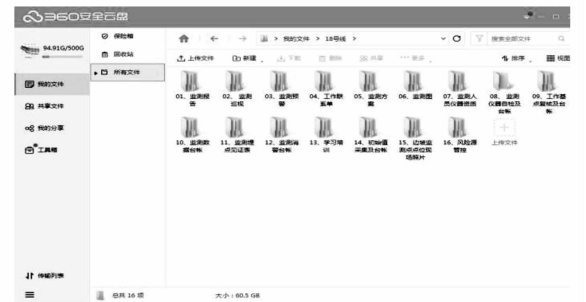


图 11 监测数据上传至云盘存储、参建各方共享示意图

5 信息化智慧平台建设取得的成效

成都轨道交通 18 号线龙泉山高瓦斯长大隧道通过信息化智慧平台的建设,为施工管理的各



图 12 监测数据上传至成都地铁安全风险管理系统示意图

级单位提供了可视化自动监控平台,一方面可以及时上传施工进度、施工质量、施工管理等各项现场数据,同时也可以下达项目部或地铁公司等各级单位的各项指令,及时贯彻设计、施工与质量、风险管控意图,大大提高了长大隧道在管理方面的效率和施工质量安全方面的管控,降低了工程施工的风险。

6 信息化智慧平台建设取得的经验

龙泉山高瓦斯长大隧道信息化智慧平台的开发,其实质是以物联网为基础,将与施工有关的各种风险管理信息,纳入统一管理平台,其实施的理论依据包括人工智能、各种传感技术、各种风险指标管理标准体系。目前,物联网技术得到了广泛应用,尤其是在灾害实时监管方面,比如煤炭系统的 KJ90 监控系统即是针对瓦斯防治的监测系统,具有实时监测、超标报警的功能。

本智慧平台的创新在于综合运用物联网技术,对瓦斯含量、风速、风压、视频、用电安全、应力、应变进行远程无线实时监测并建立了应急预案。

该智慧平台的实施,有效优化了业务制度、管理机制和流程,提升了信息化对企业在各业务中的影响,为地铁公司管理提供了可借鉴性和推广性。

作者简介:

陈 涛(1987-),男,四川成都人,工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作;

杨中委(1989-),男,四川安岳人,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)