

盾构施工信息化管理研究与应用

陈先智¹, 刘 锋², 李开华²

(1. 中铁开发投资集团有限公司, 昆明 650118; 2. 中铁西南科学研究院有限公司, 成都 611731)

摘要:盾构施工信息化的目标是通过计算机、互联网等手段实现盾构在施工过程中数据集中管理,大数据分析,辅助管理者进行分析与决策,充分体现信息化在工程中的应用价值。通过提出盾构施工信息化管理思路,对盾构机监控管理和盾构区间的视频监控管理、监控量测管理、隐患排查管理进行了研究,并进行了融合管理分析。最后,以昆明轨道交通4号线(小菜园站—火车北站区间)为背景,进行了工程应用研究。

关键词:盾构施工;信息化;盾构监控;监控量测;视频监控

中图分类号:U455 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2020)06-0138-06

近年来,随着地下空间的不断开发,盾构技术得到了快速发展,已经广泛应用在软土层地铁、隧道,市政管道等工程建设中。常见的盾构施工方法有扩径盾构施工法、球体盾构施工法、多圆盾构施工法、H&V盾构施工法、变形断面盾构施工法、行星切削式盾构施工法、箱型盾构施工法等。随着新技术不断研发,盾构投入的规模越来越大、盾构穿越区域施工条件多样化、盾构机种类繁多且各单位盾构掘进技术参差不齐等,管理者面临着较大的管理压力,建立一套有效的管理方式对盾构施工全生命周期进行管理显得尤为重要^[1]。

信息化作为管理辅助性增强工具,运用得当将会大大提升工程项目建设管理水平。廖少明,侯学渊^[2]依据软土盾构法隧道的基本原理、工程技术和工程经验,提出了控制盾构在施工过程中施工质量的关键因子和信息因子,为岩土工程信息化控制提供了理论依据。王阳利,张孟喜^[3]针对上海中路隧道工程建设过程中机械和设备形式过多,研发了盾构施工设备管理系统。张合沛,陈馈等^[4]等为了解决盾构施工过程远程监控问题,提出了盾构施工数据远程监控软件。周文波,胡珉^[5]通过与上海隧道股份有限公司的实际情况,构建了盾构隧道信息化施工智能管理系统。王承山^[6]为了解决泥水盾构在复杂环境下到达的施工难题,总结了泥水盾构到达信息化施工技术。然而,这些系统在盾构施工实际应用中仍存在不足,体现在盾

构监控系统较为分散孤立,与其他业务系统数据没有实现互联互通、资源没有得到最大程度的共享、业务间没有有效协同,信息化辅助决策管理的功能未得到最大程度的利用。

目前建设单位辖区范围内在建盾构隧道项目日益增多,建设单位以及下辖线路指挥部如何高效安全的进行管理成为亟待解决的问题。工程信息化技术的合理利用将会提高管理效率、降低管理成本、缓解管理人员紧张的问题。经过不断的探索,践行方式从分散转向集约、从孤立封闭转向共享开放,实现全面联网、业务协同、智能应用,本文提出了盾构施工信息化管理的思路,在此过程中开发了相应的盾构施工信息化管理系统。

1 盾构施工信息化管理理念

盾构施工信息化主要是达到规范参建单位日常行为目的,满足各级管理人员对所有盾构实施远程监管、可视监管的信息化管理要求,实现复杂的地下工程透明化。

盾构施工信息化管理体系采用自下而上的方式实现了对盾构机实时参数监控、盾构区间视频监控、盾构区间监控量测、盾构区间隐患排查、盾构产值进度等数据高效整合,以“一张图”可视化的方式进行集中呈现,真正意义上满足了各级管理人员全局管理和分专业管理的需求。同时,盾构施工信息化管理体系还将无纸化信息采集、数据互联互通、可视化展示、专

收稿日期:2020-02-20

作者简介:陈先智(1973—),男,湖北监利人,中铁开发投资集团有限公司,正高级工程师,注册一级建造师(市政公用工程、公路工程专业),注册安全工程师,学士,从事城市轨道交通工程施工管理工作。

业信息化等技术进行数据融合,一是采用 24 小时自动采集(如盾构掘进参数的实时采集技术)+人机定时测存(如盾构区间监控量测中的无线采集技术)的数据采集方式;二是将海量的盾构监控数据进行统一规划存储和综合智能分析与处理后,载入工程 GIS 或轻量化模型,直接展示出与现场实际里程(位置)相符的相关监控信息、数据,及时呈现该里程(位置)处有无异常或预警等。

2 盾构施工信息化管理思路

要实现盾构施工全过程的信息化管理,根据需

求分析将盾构施工信息化管理划分为盾构机监控管理和其他管理。其中盾构机监控管理主要为盾构机实时参数监控管理;其他管理主要包括盾构区间视频监控管理、盾构区间监控量测管理、盾构区间隐患排查管理等,并通过信息化技术设计了与之对应的信息化模块,包括盾构监控模块、视频监控模块、监控量测模块、隐患排查模块等,图 1 为盾构施工信息化管理架构图。本文主要针对盾构机监控管理及其他管理进行介绍,并对它们之间的融合管理进行分析。

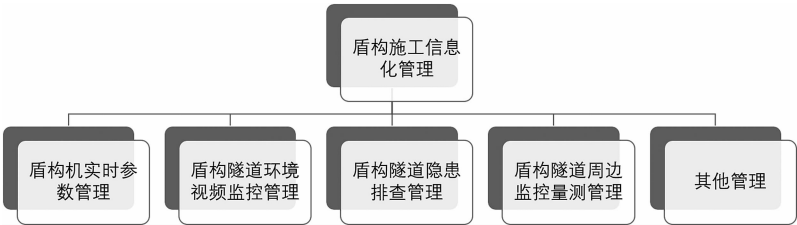


图 1 盾构施工信息化管理架构图

2.1 盾构机监控管理

构机监控管理主要为盾构机实时参数监控管理,该管理依托于盾构监控模块,主要包括远程数据和智能分析预警两部分组成,通过对远程数据的管理实现盾构在推进过程中的各项数据,包括轴线控制、土体压力、出土量、掘进速度等都能实时上传至地面盾构监控模块,各级项目管理人员无论是在公司、项目部还是外地出差,通过网络就能掌控当前盾构详细的施工情况。同时对盾构施工参数设置预警范围,通过盾构监控模块所具备的实时监控、统计分析、形象进度、风险集成等特点,能够智能分析预警,便于管理人员对盾构机状态进行把控,减少灾害的发生。图 2 为盾构监控模块功能图。

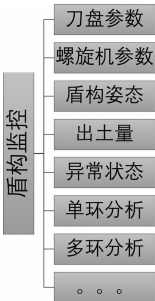


图 2 盾构监控模块功能图

通过对盾构机实时参数的管理设计了盾构监控模块,该模块主要展现出盾构机机型全面兼容和盾构

机监控功能详尽两个特点。

1)全面兼容。为了满足不同盾构机生产厂商,针对盾构监控模块研发了工程中设备通讯数据解析转译技术,实现了中铁装备、海瑞克、中船重工、中交天河等主流盾构机单方向数据的安全实时接入,解决了不同规格型号盾构机所自带功能呈现的兼容性问题,为模块应用奠定了坚实的业务数据基础。

2)功能详尽。①能够采集、存储盾构施工过程中的重要数据,包括施工参数数据、设备数据、故障报警信息等;②能够将采集到的盾构数据实时传输到服务器;③具有数据续传功能,当传输线路中断或其他故障导致数据无法上传,在传输线路恢复正常或故障排除后,应具有数据续传功能,能将中断时间段内的数据恢复上传至服务器;④盾构施工参数实时显示和历史查询功能,能够实时显示盾构施工参数(刷新时间间隔在 30s 以内),并可以进行制定环数历史掘进过程回放查询;⑤具有预警功能,可以对盾构参数设置预警范围,当施工参数超过范围时,能够自动预警;⑥历史预警查询功能,能够对历史参数预警信息进行查询,清晰了解参数预警发生的时间和级别;⑦数据分析功能,能够对盾构施工的主要参数数据进行分析,并自动生成曲线,还可提供参数的相关性分析,能实现单环和多环分析,便于用户分析施工中的主要问题。充分满足了

施工管理人员盾构管理的需求。

2.2 其他管理

盾构施工信息化管理以盾构机监控管理为主,以其他管理为辅。其中其他主要包括盾构区间视频监控管理、盾构区间监控量测管理、盾构区间隐患排查管理等,主要是辅助盾构隧道施工,保证盾构施工的安全与进度,规范现场作业,为盾构施工的安全和进度保驾护航。

2.2.1 盾构区间监控量测管理

监控量测是盾构施工安全的保障措施之一,在施工过程中必须按要求进行此项工作,并将结果做系统

处理后及时反馈指导工作。盾构区间的监控量测主要监测项目包括:地表隆起、土体内部位移、管片内力和变形、土层压应力等^[7]。通过在盾构隧道施工中实时监控量测,其目的在于掌握盾构周边环境的动态,对周边环境稳定性作出评价;为确定支护形式、支护参数和支护时间提供依据;了解支护结构的受力大小和应力分布;评价支护结构的合理性和安全性,为施工提供指导,以确保施工运营的安全。监控量测管理主要是基于无线通讯技术、移动通讯技术、数据库技术等信息化手段开发了监控量测信息化模块,实现了数据采集、运算、处理、分析、预警、消警的闭合管理^[8]。

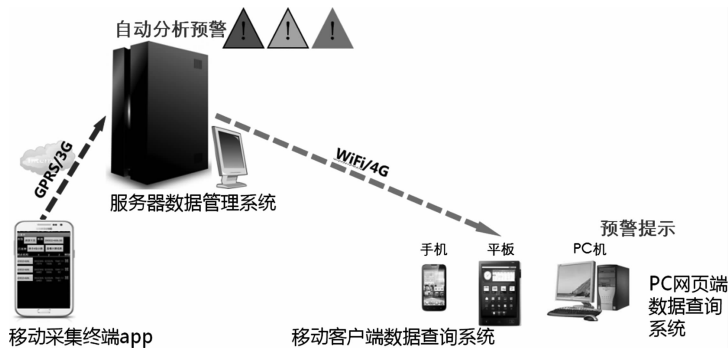


图 3 监测预警流程示意图

2.2.2 盾构区间视频监控管理

盾构区间视频监控管理是盾构安全防范模块的重要组成部分,在现场施工中扮演着比较重要的角色。包括前端摄像机、传输线缆、视频监控模块。其中前端摄像机布置在盾构机出土口、吊装井口、盾构尾端、管片拼装区、吊装运输区、盾构机操作室,根据前端摄像机的布置,主要针对出土安全、监控吊装安全和洞门施工、监控开仓与刀具更换和盾尾安全、管片吊装和拼装安全、盾构隧道施工运输和轨行区施工安全、盾构机掘进参数进行视频监控管理^[9]。管理人员可利用视频监控模块对盾构区间进行监控,通过远程可视化管理措施,借助模块促进和提高安全文明施工的管理效果,达到进一步提升盾构施工现场安全质量管理水平的目的。

2.2.3 盾构区间隐患排查管理

利用先进的业务流程管理理念,根据企业梳理的隐患排查条目和管理办法定制开发了盾构隧道隐患排查模块,部分排查内容如表 1 所示。该模块的实施,能有效推进工程项目建设全过程安全管理,实现隐患排查监控的科学化、规范化、标准化、信息化,做到全员参与、动态管理,减少和杜绝安全事故,实现建

设单位各层级对项目建设全过程安全隐患排查、记录、治理的闭环管理,为项目安全隐患排查和治理进行科学考核、分析提供技术保障。

表 1 盾构施工隐患部分排查表

排查项目	检查内容
盾构始发和接收	是否对盾构机姿态进行复核,应急物资是否准备齐全,对方是否符合要求等
盾构掘进	盾构台车是否设立专用区域存放应急物资,是否设专人管理等
水平和垂直运输	是否有防溜车装置等
管片存放	管片码放场地是否坚实、平整,有无排水、防水措施等
质量	管片渗漏点是否封堵,封堵是否按方案进行等

2.3 盾构施工信息化融合管理

通过将盾构施工信息化管理分为盾构管理和其他管理,再将它们之间进行有机结合,不仅丰富了盾构施工信息化的方式,确保了盾构施工的安全和进度,还解决了建设单位施工项目多,不便管理的难题。

以某盾构区间地表沉降超限处置事件为例,如图

4 所示,管理人员首先登入系统确认预警发生的具体里程段及沉降影响范围,然后在 GIS 地图界面确认当前盾构所处的实际位置,查看盾构位置与沉降部位的相互关系;为查明原因,进入盾构监控详情界面,查看盾构当前掘进参数的实时状态,并就沉降发生部位通过多环分析调取近十环土压、注浆量、姿态、工序时长的历史时态曲线图表,为进一步核实现场情况,直接切换至该区区间视频监控,掌握渣土状态及管片拼装区情况;借助平台管理人员已基本查明沉降产生的原因,经核实现场情况与分析基本一致;管理人员随即在平台上作出相关批示,各单位及时响应开展现场处置,借助手机 APP 管理人员可随时查看包括现场隐患排查、沉降变形趋势等后续处置情况,相关单位亦可将处置过程中的线下资料上传至系统实现整个事件的闭环管理。

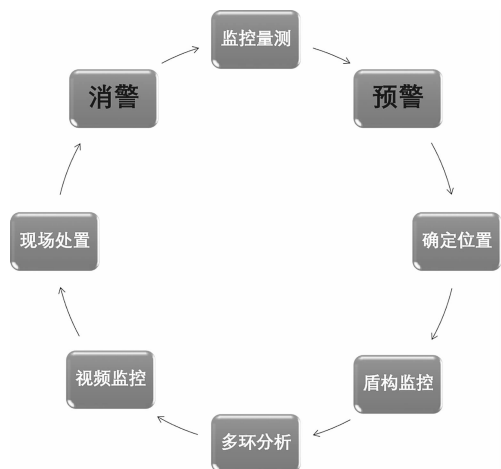


图 4 异常处置流程

通过盾构施工信息化管理理念设计开发的对应模块,借助各个模块的有机融合,在线上实现了多维关联分析及流程化管理,较单一盾构监控模块,管理者获取数据的方式更为丰富快捷,呈现方式更为直观高效,省去了现场核实情况和翻阅资料所耗费的时间,盾构施工信息化管理系统为管理决策提供了有力支撑。

3 工程应用

3.1 工程概况

昆明轨道交通 4 号线,从昆明西北的五华区普吉陈家营到昆明火车南站,经过高新、五华、盘龙、官渡、经开,再到呈贡。4 号线穿越了主城核心区,并贯穿了昆明市西北至东南以及呈贡新区发展轴,它支持着城市西北—东南以及呈贡新区发展轴的形成,是继首

期工程支持城市南北发展轴、3 号线支持东西向发展轴形成后,对昆明市轨道交通线网建设和发展起着关键促进作用的一条线路。线路全长 43.5 公里,共设车站 29 座。在大漾田和白龙潭设停车场,在跑马山设车辆基地。规划将形成较为密集的客流走廊,设计运载人数全网最多、换乘线路最多、线网规模最大。图 5 是昆明轨道交通 4 号线线路走向示意图。

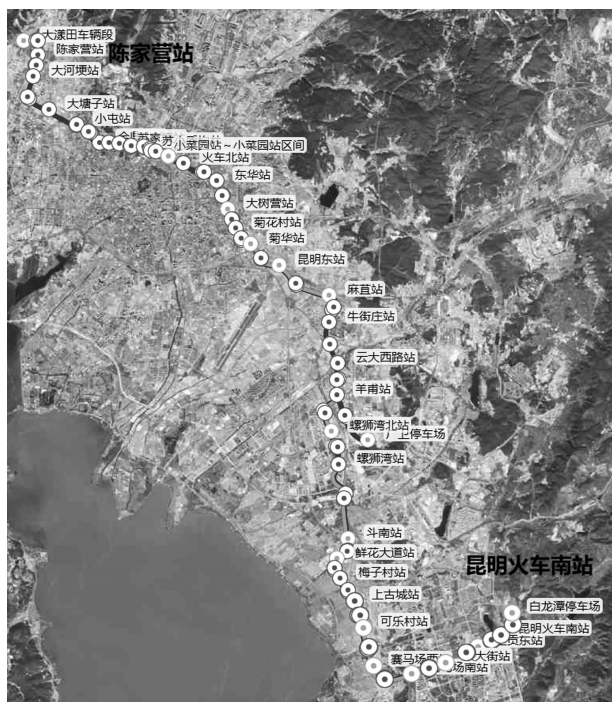


图 5 昆明轨道交通 4 号线走向示意图

通过提出的盾构施工信息化管理思路,采用信息化手段开发了对应的模块,将各个模块进行深度集成到盾构施工信息化系统,在一个系统下对盾构施工过程进行信息化管理,各个模块之间协同工作,有效融合,并将盾构施工信息化系统在昆明轨道交通四号线进行应用。

3.2 盾构施工参数管理

以小菜园站—火车北站区间(简称小一火区间)为例,进行盾构机监控管理,主要包括土仓压、推力、推进速度、同步注浆、出土量等。此处仅展示该区间盾构施工参数部分监控分析结果。小一火区间西起小菜园站,出站后沿昆石米轨线路(目前已停运)敷设,在下穿小菜园立交桥后向东南方向偏移,横穿盘龙江,在下穿万华路后约 300 m 时区间左、右线竖向间距逐渐拉大,平面间距逐渐减小,最后以上下重叠(左上右下)的方式下穿火车北站隧道涵洞段及昆明地铁 2 号线(已运营),最后接入火车北站,图 6 为小菜园站—火车北站区间总平面图。

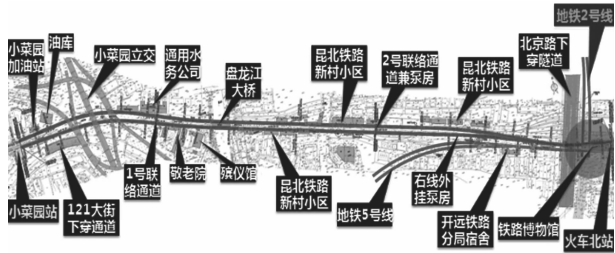


图 6 小菜园站—火车北站区间总平面图

1)土仓压力分析。在 1 000 环到 1 100 环区间土仓压力与隧道埋深呈正相关。在该区间中,上土仓压力约为 2.6 bar,在掘进过程中未发生沉降突然增大现象,如图 7 所示,证明掌子面未发生明显失稳现象,故认为在该埋深条件下上土仓压力在 2.6 bar 左右比较合理。

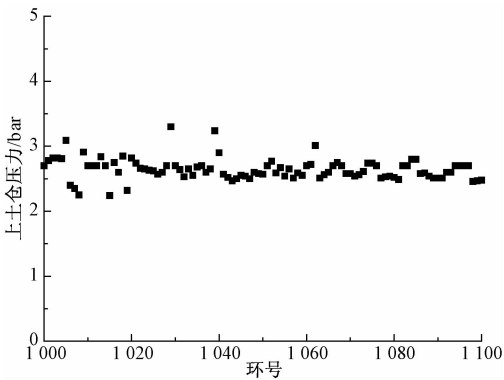


图 7 1 000 环到 1 100 环区间土仓压力分析

2)推力分析。图 8 为在 1 000 环到 1 100 环区间掘进过程中的推力数据,由图 8 可知,推力在 22 500 KN左右,保证仓内压力正常、平稳,盾构姿态良好,并且地层变化不大,比较均一。对于下穿段,地层如果不发生较大变化,掘进推力合理范围可参该区间的结果。

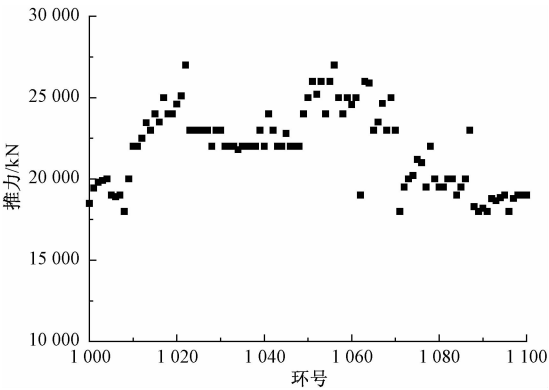


图 8 1 000 环到 1 100 环区间推力分析

3)推进速度分析。由图 9 可知,在 1 000 环到 1 100环区间推进过程中推进速度在 45 mm/min 左右波动,波动范围较小,可以保证仓内压力正常、平稳,盾构姿态良好。

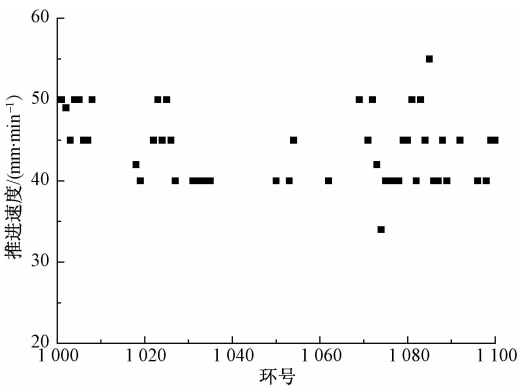


图 9 1 000 环到 1 100 环区间推进速度分析

3.3 协同管理

通过设计的盾构施工信息化管理系统,在一个系统下不仅可以对盾构机实时参数监控,还可以通过盾构视频监控模块对盾构区间进行视频监控,监控量测模块对盾构区间的变形的情况进行及时监测并预警,盾构隐患排查模块对存在的安全隐患进行排查,各个模块的有机协同,共同为盾构施工的安全,进度等保驾护航,使信息化管理理念落地,最大限度的发挥信

息化在盾构施工中的作用。图 10 为小一火区间盾构监控、视频监控,监控量测、隐患排查模块的应用情况。

4 结语

本文通过对盾构施工信息化管理研究,提出了盾构施工信息化管理思路,主要分为盾构机监控管理和其他管理,并设计了相应的模块,开发了盾构施工信息化系统。通过盾构施工信息化系统在昆明 4 号线盾构管理中的应用,方便了管理者对于盾构的全过程管理工作。在盾构施工中主要涉及盾构机实时参数监控管理、隧道周边视频监控管理、盾构隧道周边监控量测管理、盾构隧道隐患排查管理等,它们的有机融合,实现了模块之间数据共享。满足了管理人员对现场管理的需求,达到实时、分级、回溯现场具体状态;可利用各模块之间的关系进行综合分析,提醒发现存在的问题,及时做好预处理方案、处置措施,进一步减少安全事故的发生。

不仅如此,盾构施工信息化系统具有很强的可移植性,可为其他的类似地下工程信息化作为服务和参考。

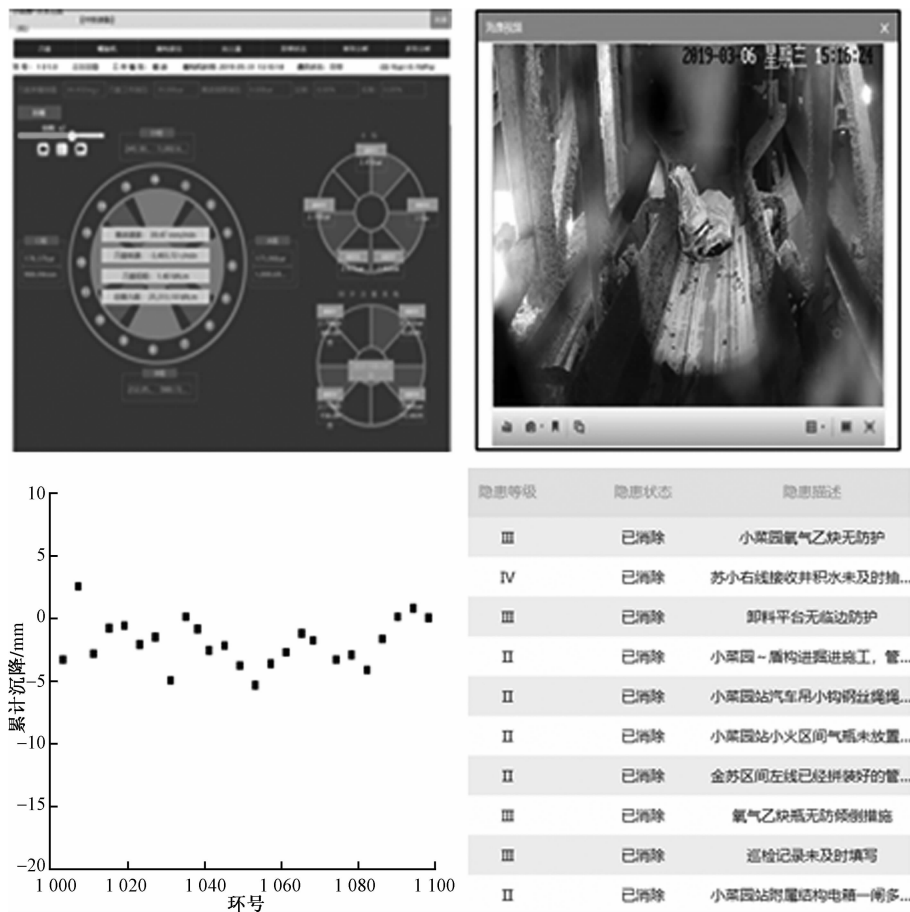


图 10 小一火区间协同管理

参考文献

[1] 李夏南. 盾构施工信息化管理研究[J]. 工程技术:文摘版, 2017(12):00090—00091.

[2] 廖少明,侯学渊. 盾构法隧道信息化施工控制[J]. 同济大学学报:自然科学版,2002,30(11):1305—1310.

[3] 王阳利,张孟喜. 盾构施工设备信息管理系统开发[J]. 工业建筑,2006(S1):948—951.

[4] 张合沛,陈馈,李凤远,等. 盾构施工数据远程监控软件设计与应用[J]. 建筑机械化,2015,36(12):60—62.

[5] 周文波,胡珉. 盾构隧道信息化施工智能管理系统设计及应用[J]. 岩石力学与工程学报,2004(Z2):5122—5127.

[6] 王承山. 泥水盾构到达信息化施工技术[J]. 土木建筑工程信息技术,2014,6(1):44—50.

[7] 尹旅超,朱振宏. 日本隧道盾构新技术[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1999.

[8] 罗海风,詹显军,陈博. 轨道交通监测信息化管理系统研发与运用[J]. 铁路计算机应用,2018(3):58—62.

[9] 朱红霞. 地铁盾构区间视频监控摄像头布置研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2016,8(3):107—112.

Research and Application on Informatization Management of Shield Construction

CHEN Xian-zhi¹, LIU Feng², LI Kai-hua²

(1. China Railway Development Investment Group Co., Ltd., Kunming 650118, China;
2. China Railway Southwest Research Institute Co. Ltd., Chengdu 611731, China)

Abstract: The goal of shield construction informatization is to achieve data centralized management, large data analysis, assistant managers in analysis and decision-making by means of computer and internet, which fully reflects the application value of informatization in engineering. By putting forward the idea of information management of shield construction, this paper makes a research of the monitoring management of shield machine and the video monitoring management, the monitoring measurement management and the hidden danger detection management of shield interval, and the integration management analysis is also carried out. Finally, taking Kunming Rail Transit Line 4 (Xiaocaiyuan Station-North Railway Station) as the background, the engineering application research is carried out.

Key words: shield construction; information; shield monitoring; monitoring measurement; video surveillance