

港口码头工程智慧化工地建设的探讨与实践

邢东亮¹,傅晓蕾²,张超³,王德利⁴,刘俊伟³,尚文昌³

(1. 山东港口青岛港集团有限公司, 山东 青岛 266000; 2. 山东港湾建设集团有限公司, 山东 青岛 266000;
3. 青岛理工大学 土木工程学院, 山东 青岛 266033; 4. 青岛港国际股份有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 为推动港口码头智慧化建设,解决港口码头工程建设中人员管理能力差、危险源监测不到位、信息传递不畅通等问题,以山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期工程为背景,采用信息化技术、物联网技术、人工智能技术等智慧化管理平台建设关键技术,针对港口码头工程智慧化工地建设各环节中智慧化应用不足问题,从智能防疫应用、安全管理应用、进度管理应用、质量管理应用、环境管理应用五个方面重点研究智慧化工地建设应用。工程实践表明,港口码头智慧化管理平台建设,可以有效提高施工质量、降低施工成本、保障施工安全。港口码头工程进行智慧化建设试点探索,达到了高效建设港口码头的效果。

关键词: 港口码头;智慧工地;智慧化应用;施工技术

中图分类号: TU712

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2024)02-0186-07

Exploration and Practice of Smart construction site in Port Terminal Engineering

XING Dongliang¹, FU Xiaolei², ZHANG Chao³, WANG Deli⁴, LIU Junwei³, SHANG Wenchang³

(1. SPG Qingdao Port Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266000, China;

2. Shandong Harbour Engineering Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266000, China;

3. School of Civil Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao, Shandong 266033, China;

4. Qingdao Port International Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266000, China)

Abstract: In order to promote the intelligent construction of port terminals and solve the problems of poor personnel management ability, inadequate monitoring of hazardous sources, and poor information transfer in the construction of port terminal projects, the Phase III project of the automated terminal in the Qian Wan Port Area of Qingdao Port in Shandong Province is taken as the background, and the key technologies of the intelligent management platform construction such as informatization technology, Internet of Things technology and artificial intelligence technology are adopted to focus on the various aspects of the construction of intelligent chemical sites for the construction of intelligent chemical sites for the port terminal projects. In view of the problem of insufficient intelligent application in each link of intelligent chemical site construction of port terminal project, the research focuses on the application of intelligent chemical site construction in five aspects, namely, intelligent epidemic prevention application, safety management application, progress management application, quality management application, and environmental management application. Practice shows that, for the port terminal technical requirements, construction difficulty, multi-disciplinary cross and other difficult problems, building intelligent, standardized, green construction concept can effectively improve construction quality, reduce construction costs, and protect construction safety. The pilot exploration case of intelligentized construction for port terminal project can provide reference and guidance for the construction of similar port terminal projects.

Keywords: port terminal; smart construction site; intelligent applications; construction technique

港口码头工程作为我国沿海地区经济发展的重要基石,其施工质量的保障、施工成本的合理控制以及安全事故的有效防范等问题一直是行业内关注的焦点。然而,传统的施工方法往往难以实现这些目标,导致了一系列的问题^[1-2],传统港口码头建设工地存在着施工项目点多面广,无法对工地完成实时监控、安全隐患多,信息传递不通畅,成本高等诸多的缺陷,随着工程建设科技水平的不断飞跃,智慧工地建设在水运建设行业中的应用逐步扩展并深入,展示出前所未有的活力和潜力。

有关港口码头工程智慧化建设方面的研究文献有:罗本成^[3]重点介绍了新加坡智慧港口建设经验,新加坡大士港智慧化建设引入自动导引车系统、岸桥自动维护系统、码头自动化系统、自动化场地起重机系统、智能视频分析系统等,实现了码头作业高度自动化、智能化。陶德馨^[4]提出智慧港口通过信息物理系统来搭建基础框架,利用物联网、云计算、大数据及移动互联网、人工智能等高科技信息处理系统,在确保信息流通情况下,实现物流供给方和物流需求方一体化建设。冯慧^[5]从智能港口产业环境、智能港口技术与产业化发展模式、智能港口产业链发展三方面总结分析了我国智能港口产业的发展现状。魏巍^[6]从智能港口建设整体框架的构建视角出发,从智能化感知终端、数据中心、智能化应用、基础运行环境、数据信息共享、门户网站六个方面提出对应的整体框架构建措施,为增强智能港口的建设提供依据。

目前,我国浙江舟山港、山东青岛港、辽宁大连港、天津港、深圳盐田港、江苏江阴港、连云港、广东虎门港等港口陆续提出建设港口物联网或智能港口规划,并进行示范工程实施,本文以山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期工程建设为例,基于信息化技术、物联网技术、人工智能技术等智慧化管理平台建设关键技术,以 BIM 参数化建模^[7-8]为基础,搭建可视化智慧工地平台。依靠智慧赋能,推行人员防疫智能化、安全管理远程化、进度管理动态化、质量管理实时化、环境管理自动化应用,实现港口工程在建项目安全、快速、整齐、有序建设,项目管理稳定、高效运行^[9]。

1 港口码头工程智慧化工地管理体系

港口码头工程智慧化工地管理体系是一个综合性的系统,主要涵盖四方面内容:智慧化管理平台、智能化设备应用、数据挖掘与分析以及智能化预警与预测。

智慧化管理平台是整个管理体系的核心。通过先进的信息化技术,实现对港口码头工程各项工作的全面管理和监控。通过整合信息资源,提供实时的数据分析和决策支持,从而提高管理效率,降低运营成本。

智能化设备应用是智慧化工地管理体系的重要组成部分。通过引入先进的智能化设备,如 VR 设备、AI 摄像头、智能安全帽等,可以大大提高港口码头的作业效率,保障施工及运营期间的安全。

数据挖掘与分析是智慧化工地管理体系的重要功能。通过对大量数据的挖掘和分析,发现港口码头施工、运营中的规律和问题,为优化管理和决策提供支持。

智能化预警与预测是智慧化工地管理体系的另一个关键功能。通过利用人工智能技术,可以实现港口码头运营风险的预警和预测,提高安全管理水平。预警系统能够实时监测各种风险因素,及时发出警报,提醒管理人员采取相应的措施进行应对,为决策提供参考。

2 港口码头工程智慧化管理平台关键技术

港口码头工程智慧化管理平台是一个全面、高效的施工管理系统,它通过精密的前端数据采集技术、高效的网络传输系统和强大的后端集中管理平台,实现了对施工过程的全流程监控和管理^[10]。

前端数据采集系统是智慧化管理平台的基础,它通过高精度的传感器、摄像头等设备实时采集施工现场的数据,包括施工进度、施工质量、工人行为等,为后端管理平台提供及时、准确的数据支持^[11-12]。网络传输系统^[13]则是智慧化管理平台的中枢神经系统,它通过高效的数据传输技术,将前端采集的数据实时传输到后端管理平台,确保数据的及时性和完整性。后端集中管理平台^[14]则是智慧化管理平台的核心,它通过对前端传输的数据进行集中管理和分析,为管理人员提供全面的施工情境展示和决策支持,包括施工进度管理、施工质量监控、工人行为监管等。

关键技术涉及以下几个方面。

2.1 信息化技术

通过构建智慧化管理平台^[15-16],实现对工程项目的全面管理,涵盖设计、采购、施工、验收等各个阶段。借助大数据和云计算等前沿技术,实时采集、分析和传输数据,为决策提供及时、准确的数据支

持^[17]。智慧化工地系统能够全面提升施工过程的精细化管理水平,促进施工效率和质量的有效提升,降低施工成本和安全风险。

2.2 物联网技术

智慧化工地系统在施工现场部署各种传感器,包括质量传感器和安全传感器等,这些传感器能够实时采集施工现场的数据,并将数据传输到云端。通过云端的数据分析和处理,可以更好地把握施工过程中的细节和关键点,为施工管理提供科学依据。

质量传感器采集施工质量方面的数据,包括混凝土抗压强度、钢筋位置及保护层厚度等,通过云端的数据分析,可以及时发现施工质量问题,为质量管理和控制提供支持;安全传感器可以采集施工安全方面的数据,包括施工现场的温湿度、噪音、尘土等环境参数,以及工人行为和操作规范等,通过云端的数据分析,可以及时发现安全隐患和问题,为安全管理提供帮助。

智慧化工地系统通过云端的数据分析和处理,可以为施工管理提供全面、准确的信息支持,帮助管理人员更好地把握施工过程和质量,提高施工效率和管理水平。同时通过数据共享和信息交互,还可以实现施工各方的协同工作和信息共享,提高施工效率和协作效果。

2.3 人工智能技术

利用人工智能技术,对通过传感器等设备采集到的施工现场数据,进行深度挖掘和分析,实现施工过程的智能监控和调度,进一步提高施工效率和质量^[18]。通过人工智能技术对数据的处理和分析,可以更好地掌握施工现场的实际情况,为管理人员提供更加准确、可靠的决策依据,从而实现对施工过程

的精细化管理。同时,人工智能技术还可以对施工过程进行模拟和预测,提前发现和解决潜在的问题和风险,有效提高施工效率和质量,为港口码头工程建设的可持续发展提供强有力的支持。

3 智慧化工地建设应用

港口码头工程智慧化工地建设的关键问题在于建设各环节中的应用不足,如何在智慧化工地建设全过程、各环节中提高智慧化应用的占比是智慧化工地建设的重中之重,基于港口码头工程智慧化管理平台关键技术,以山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期智慧化工地的智慧化应用为背景,探讨如何行之有效的推动智慧化工地建设应用,从智能防疫应用、安全管理应用、进度管理应用、质量管理应用、环境管理应用五个方面进行分析。

3.1 智能防疫应用

基于人脸识别秒计算,行踪锁定智能管控技术,创造性将智能人员防疫系统^[19]与国康码对接,对岗前人脸识别、测温的大数据进行分析,形成自动行踪分析,对高危人群进行及时锁定与管控,现场智能闸机、劳务实名制管理系统与门卫形成两位一体的疫情防控措施,确保项目疫情防控安全。

进场前将现场全部施工人员信息录入智慧化平台,施工人员通过人脸识别,测量体温并验证合格后进入施工现场。智能防疫综合劳务实名制通道功能,实现防疫、施工人员的双管控,平台实时显示每天现场的工人数量、各工种人员数量以及人员健康状况,大大提高工地人员管理水平。智能防疫平台应用如图 1 所示。



图 1 智能防疫平台应用

3.2 安全管理应用

安全是港口码头工程智慧化工地建设首要考虑的问题,山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期工程建设期间创新采用虚拟现实(VR)技术、AI 摄像技术,重点推出四种智慧化安全举措为工程建设保驾护航。引入虚拟现实(VR)技术与无线网络(WIFI)安全教育相结合的方式,为现场工人提供一种全新的、身临其境的学习体验。通过 VR 技术,工人们可以模拟进入施工现场,亲身感受违章行为可能带来的后果,从而更加深刻地认识到安全性的重要性,同时 WIFI 安全教育则通过无线网络将安全教育内容实时传输到工人的移动设备上,方便他们随

时随地进行学习,提高了安全教育的普及率和实效性。这种创新的教育方式不仅让工人们更加直观地了解违章行为的危害,还激发了他们主动遵守安全规定的意识,为工程安全施工提供了有力保障。

3.2.1 AI 摄像技术应用

施工现场四周安装高清球形摄像头、现场中部安装 270°广角鹰眼摄像头,结合各出入口、车辆通道、临建区监控形成无死角视频监控中心,对施工现场监控全覆盖。现场共安装 18 台监控摄像头,其中鹰眼 270°广角摄像头 1 台,AI 球形摄像头 4 台,枪型监控摄像头 13 台,施工现场监控平台如图 2 所示。

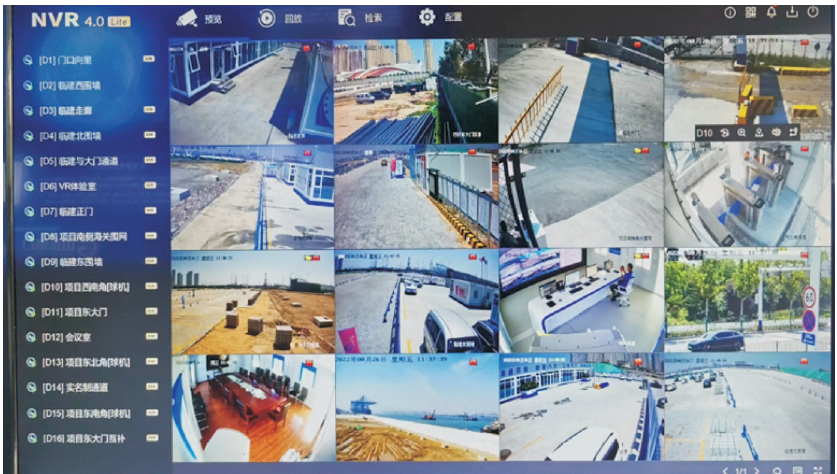


图 2 施工现场监控平台

配置太阳能 AI 移动摄像头及智能安全帽,实现自动抓拍功能,违章行为无处可藏,为工地建设配备天眼。借助 AI 识别技术,对监控视频进行智能化识别,有效识别施工现场“人的不安全行为”和“物的不安全状态”,对违章行为进行抓拍留存,并进行预警提醒。AI 摄像技术应用场景包括安全帽佩戴识别、反光衣穿戴识别、区域入侵识别。现场在大门出入口、工地角落、场地中央安装 5 台 AI 智能摄像头,实时排查作业管理、施工人员未佩戴安全帽、未穿戴反光背心等违章行为,相关数据传输至慧眼 AI 系统。违章指令提前设置,AI 摄像头全场景自动抓拍,同步传输到智慧云平台,第一时间自动报警,实现第一时间隐患消除,降低安全事故的发生率,如图 3 所示。

3.2.2 VR 安全体验应用

在山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期工程进场通道处设置 VR 安全体验室,通过模拟各类安全生产事故,使操作人员身临其境感受违章作业



图 3 智能安全帽及 AI 摄像技术应用

带来的危害,同时结合自动化码头三期工程特性,新开发强夯、桩基施工模拟体验等 9 个安全体验模块,如图 4 所示。

3.2.3 WIFI 安全教育应用

“先答题后上网”安全教育应用新模式,不仅满足工人的上网需求,还促进工人学习安全知识。在上网前先进行安全知识的学习答题,加深工人对安全知识的理解与记忆。提升工人学习安全知识的动力,进一步加强工人的安全防范意识,化被动学习为主动学习,不仅提高了工人的学习效果,还增强工人自我保护能力,为工程建设的安全施工提供了有力保障,WIFI 安全教育应用如图 5 所示。

3.2.4 智慧安全巡检应用

现场设置安全巡查点,安全管理员和监理工程师通过扫描二维码实时上传安全违章和安全隐患作业,实现人工和智能对现场安全文明施工的双管理。智慧安全巡检应用结合人工和智能的双重优势,既发挥了人的主观能动性,又借助了智能化的技术手段,实现了对现场安全文明施工的全面、有效管理。



图 4 VR 安全体验应用

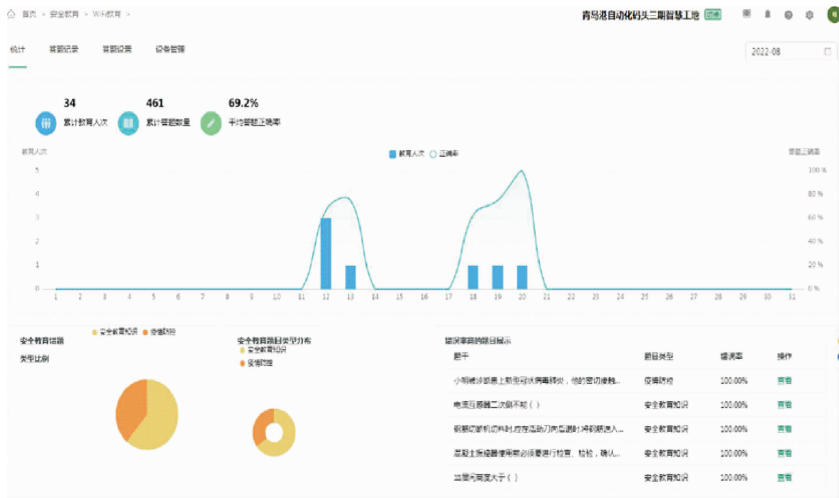


图 5 WIFI 安全教育应用

3.3 进度管理应用

进度管理应用可以实现对施工现场各类资源的智能调度,提高资源利用率,降低施工成本。结合智慧云系统和 BIM 技术双向管控工程进度,实现每日计划工期和实际工期的自动对比、自动提醒,工程进度可视可控,如图 6 所示。通过计划管理、施工跟踪、施工协调及分析决策的 PDCA,结合工程影像资料,快速形成直观的工程形象进度,实现可视化、可预测、可分析的进度管控。随时掌握现场动态,实现计划可控、记录真实、协调高效,保证项目如期交付。

3.4 质量管理应用

利用质量管理应用进行分析、管控,三期工程在二期的工艺基础上进行改进、提升,实施样板引路,极大提升了各单位工程的实体质量和观感质量,质量管理应用如图 7 所示。

配备测量设备:智能测距仪、智能靠尺、智能回弹仪、智能卷尺。根据规范要求进行测量,测量数据实时上传港口码头工程智慧化管理平台,对工程的实体质量实时掌控。在新建构筑物粘贴二维码,启用现场关键部位二维码标记的质控系统,实现构筑物全建设周期的实时跟踪和工程质量全程可追溯。



图 6 进度管理应用



图 7 质量管理应用

3.5 环境管理应用

通过安装太阳能环境监控设备、智慧化管理平台数据分析、自动化喷淋系统以及自动化监测、分析、处理系统,实现施工的绿色环保和节能减排目标,整个过程处于全程可控状态。

充分考虑扬尘、噪声等施工现场关键因素,安装开发全天候环境监测系统,实时采集现场 PM2.5 指数和噪声值,并将这些数据同步反馈到智慧化管理平台。确保所有现场环境保护活动都严格控制在规范允许的范围内,从而避免了可能对周围环境产生的不良影响,全天候环境监测管理得以实施。

引入智能喷淋设备,设置环境监测限位值,与施工现场的喷淋装置进行联动。现场环境一旦接近限位值,设备将自动启动喷淋装置,通过智能喷淋实现实时抑尘效果。这种智能化的喷淋方式不仅提高了施工效率,还显著降低了扬尘对环境的影响,进一步

推动了绿色施工的实施。

4 结 论

山东港口青岛港前湾港区自动化码头三期工程通过智慧化工地建设,基于信息化技术、物联网技术、人工智能技术等智慧化管理平台建设关键技术,针对港口码头工程智慧化工地建设各环节中的应用不足问题,重点研究推动智慧化工地建设应用,从智能防疫应用、安全管理应用、进度管理应用、质量管理应用、环境管理应用五个方面进行分析、研究。在提高建设效率、提升安全质量和节约资源环保方面发挥了重要作用,实现了安全、防疫、质量、进度、环保等各方面管理水平的全面提升。

智慧化工地建设在港口码头工程中的应用,可以有效提高施工质量、降低施工成本、保障施工安全和更加节约环保,可为同类港口码头工程建设提供

参考。在实际应用中,需要根据项目实际特点,不断优化和完善智慧化工地建设方案。

参考文献:

[1] 郭玉存. 港口与航道工程施工及其安全管理探析[J]. 中国设备工程,2021(10):187-188.

[2] 马 杰. 试析当代港航工程安全性[J]. 珠江水运, 2018(4):62-63.

[3] 罗本成. 新加坡智慧港口建设实践与经验启示[J]. 港口科技,2019(7):1-3,17.

[4] 陶德馨. 智慧港口发展现状与展望[J]. 港口装卸, 2017(1):1-3.

[5] 冯 慧,于巧婵,李亚斌,等. 智能港口发展展望[J]. 中国水运,2022(9):15-17.

[6] 魏 巍. 智能港口的建设框架设想研究[J]. 企业科技与发展,2022(3):37-39.

[7] 李 萍. 建筑工程 BIM 数字化设计的思考[J/OL]. 铁道建筑技术,[2023-12-20]:1-5.

[8] 刘玉平. BIM 技术助力工程协同设计与数字化交付[J]. 中国建设信息化,2023(22):44-46.

[9] 宫 仁. 智慧化工地再升级山东青岛推动数字化管理模式创新[J]. 建筑工人,2023,44(12):55.

[10] 韩祖民,方 超,齐世龙. 智慧化工地对施工安全管

理的作用和意义及发展趋势——以萧山机场项目为例[J]. 建筑安全,2023,38(10):64-67.

[11] 朱傲寒. 智慧化工地监控系统研究[J]. 中国设备工程,2021(3):29-30.

[12] 程罗德,邢旭峰,孙 涛,等. 数字智慧网络视频监控系统的设计与实现[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2013,31(5):708-711.

[13] 尹 明. 传输网络割接智慧管理系统探究[J]. 广播电视网络,2023,30(10):77-80.

[14] 马 宁. 基于 BIM 的 PC 斜拉桥信息管理平台构建研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2023.

[15] 熊 凌. 城市轨道交通项目信息管理平台的标准化研究[D]. 北京:北京交通大学,2018.

[16] 郭 阳. 基于云平台的水利工程项目信息管理系统研究与设计[D]. 郑州:华北水利水电大学,2017.

[17] 冯 飞. 基于大数据背景的建筑施工现场智慧管理策略[J]. 价值工程,2023,42(8):25-27.

[18] 肖露露,李 尧. 智能视频监控系统在王庄选煤厂的应用[J]. 煤炭加工与综合利用,2023(11):11-15.

[19] 韩 磊,唐建亚,许沛龙. 工地人员健康防疫管理信息系统设计与应用[J]. 黑龙江交通科技,2021,44(9):205-206,208.



(上接第 185 页)

[16] Zhang Yonggan, Zhang Weiguo, Xia Huangshuai, et al. Case study and risk assessment of water inrush disaster in Qingdao Metro Line 4[J]. Applied Sciences, 2023, 13(6):3384.

[17] Zhang Wenjing, Zhang Limao, Wu Xianguo, et al. Risk assessment of leakage water of tunnel construction in coastal soft soils[C]//Proceedings of the 2018 5th International Conference on Management Science and Management Innovation (MSMI 2018), 2018:110-115.

[18] Liu Yang, Chen Hongyu, Zhang Limao, et al. Risk prediction and diagnosis of water seepage in operational shield tunnels based on random forest[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2021,27(7):539-552.

[19] Fan Hongyun, Li Liping, Chen Guanqi, et al. Analysis method of the water inrush and collapse in jointed rock mass tunnels: A case study[J]. Engineering Analysis with Boundary Elements, 2023,146:838-850.

[20] Zhen H, Kui Z, Xiaozhao L, et al. Numerical characterization of groundwater flow and fracture-induced water inrush in tunnels[J]. Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 2021,116:104119. 1- 104119. 15.

[21] Kim J, Kim C, Kim G, et al. Probabilistic tunnel collapse risk evaluation model using analytical hierarchy process (AHP) and Delphi survey technique[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2022,120: 104262. 1-104262. 12.

[22] Sousa R L, Einstein H H. Risk analysis during tunnel construction using Bayesian Networks: Porto Metro case study[J]. Tunnel Underground Space Technology, 2012,27(1):86-100.

[23] Aalianvari A, Katibeh H, Sharifzadeh M. Application of fuzzy Delphi AHP method for the estimation and classification of Ghomrud tunnel from groundwater flow hazard[J]. Arabian Journal Geosciences, 2012,5:275-284.