



智慧管理系统在盐田港建设中的重要作用

李志豪, 邹东明, 潘 仑

(盐田港东区国际集装箱码头有限公司, 广东 深圳 518083)

摘要: 针对盐田港港口工程建设中存在的管理效率低下和资源配置不均等问题, 展开智慧管理系统的应用研究。采用系统分析与设计方法, 通过引入物联网技术、大数据分析技术和人工智能算法, 构建一套综合智慧管理系统。该系统全面控制施工现场的人、机、料、法、环, 并整合安全、质量、技术和进度管理系统。结果表明, 应用智慧管理系统后, 施工效率平均提高30%, 安全事故发生率降低25%, 施工成本平均降低10%。该系统不仅成功解决了港口工程建设中的效率和资源配置问题, 而且为港口的持续发展和竞争力提升提供有力的技术支持和管理工具。

关键词: 智慧管理系统; 施工效率; 安全保障; 成本控制; 资源配置

中图分类号: U656.1+35; TP319

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)03-0205-10

Importance role of intelligent management system in construction of Yantian Port

LI Zhihao, ZOU Dongming, PAN Lun

(Yantian East Port International Container Terminals Limited, Shenzhen 518083, China)

Abstract: In view of relatively low management efficiency and unbalanced resource allocation in the past port projects construction in Yantian Port, we carry out the application research of intelligent management system. We adopt the method of system analysis and design to build a intelligent management system, integrating the latest IT technology, internet of things (IoT), big data and artificial intelligence algorithms technology etc. The system enables to monitor and control the personnel, machinery, materials, methods, and environment in the construction site, and integrate safety, quality, technical, and progress management systems. The results show that construction efficiency is improved by an average of 30%, the rate of safety incidents is decreased by 25%, and construction cost is reduced by 10% after the implementation of the intelligent management system. The system not only successfully resolves the issues of efficiency and resource allocation in traditional port construction, but also provides strong technical backup and serving as management tool for the sustainable development and enhancement for port competitiveness.

Keywords: intelligent management system; construction efficiency; safety guarantee; cost control; resource allocation

1 工程概况

盐田港东作业区位于广东省深圳市盐田区、大鹏湾北岸, 港区南与香港隔海相望、西接盐田港区中作业区、东临小梅沙、北靠菠萝山, 年吞吐量为300万TEU, 建成后将是中国进出口贸易的重要门户之一。盐田港拥有天然深水泊位条件和超大型船舶服务能力, 是华南地区超大型船舶首选港, 也是全球单体吞吐量最大、全球最繁忙的集装箱码头之一, 承担了深圳50%以上的集装

箱吞吐量、全省1/3的外贸进出口量、全国对美贸易1/4的货物量, 在全球具有举足轻重的地位。盐田港东作业区一期工程岸线总长1470m, 总投资达109亿元, 预计于2026年完工, 将建成3个20万吨级泊位。这意味着, 盐田港的现有吞吐能力再增20%左右。

盐田港东作业区远期规划建设疏港铁路, 可与深圳近距离内陆港铁路无缝衔接, 进而实现船舶、港内水平运输、堆场作业等多流程的统筹调度。

收稿日期: 2024-09-27

作者简介: 李志豪(1976—), 男, 硕士, 英国土木工程师协会注册工程师、香港及英国注册工程师, 从事港口工程管理。

为了建成智慧港口,东作业区将借助现代化手段建成“5G+无人驾驶”的智慧型码头,大力推进数字化建设,构建网络安全体系、云服务数据中心和云端容灾系统、5G基础设施。在此基础上,推动5G通信、北斗系统、区块链、大数据、人工智能、互联网与港口业务的深度融合,实现智慧互联、智慧决策、智慧运营、智慧口岸、智慧物流和智慧服务,将东作业区建设成为世界一流的智慧港口示范工程和绿色低碳港口标杆码头。

2 整体技术路线

采用建筑信息模型(BIM)+智慧工地管理系统实现项目全方位标准化管理^[1]。1) 搭建集成信息化平台,将现场的质量、安全、技术、生产、人员、环境、文件管理等实现管理团队-项目部-一线人员的全面打通,形成一个整体的指挥调度中心;2) 通过创建标准的业务流程,实现质量安全的规范化管控,在技术方面实现三维动画交底以及资料通过多端查看,实现数据一致,确保施工的准确性;3) 施工过程中使用现场智能硬件采集数据信息并实时同步到智慧工地管理平台,通过对现场数据信息进行分析、自动生成图表,让数据准确、及时反馈,再根据反馈进行管控闭环^[2]。

制定标准化的实施方案,内容包括:

1) 需求分析与目标设定模块。评估当前工地的作业效率、安全状况和技术水平;明确智慧工地的目标,如提高生产效率、确保工人安全、节约成本等。

2) 基础设施建设模块。确保工地具备稳定的网络通信设施,部署高速互联网连接;安装必要的传感器、摄像头和其他监控设备。

3) 技术选型与集成模块。选择适合的平台和工具,例如BIM系统、集成物联网(IoT)技术、人工智能(AI)、大数据分析和云计算服务等。

4) 智能监控系统模块。利用视频监控和AI分析技术进行实时监控,以识别施工现场安全隐患和违规行为;通过传感器收集环境数据(如温度、

湿度、扬尘等),实现环境监测^[3]。

5) 人员管理模块。采用生物识别技术(面部识别)进行人员进出施工现场管理;为工作人员提供可穿戴设备,通过二维码技术用以跟踪位置、个人信息、健康状况和工作表现等。

6) 设备管理模块。使用全球定位系统(GPS)或北斗技术对施工机械和车辆进行实时定位和管理;引入智能化机械设备监测,如强夯机智能监测、压路机智能监测等。

7) 安全管理模块。建立预警机制,当检测到潜在风险时自动发出警报;运用安全教育箱培训程序,教会员工如何安全使用智慧工地的技术设施;应用AI算法自动识别抓拍人员的不安全行为,并实现广播自动远程提醒。

8) 质量控制模块。利用BIM技术进行施工模拟,优化施工方案和工艺流程^[4];通过实时数据分析确保材料质量和施工质量符合标准。

9) 进度管理模块。通过斑马进度计划实现一表多图,关键路径、前锋线专项管理,确保工期;利用项目管理软件跟踪工程进度,确保项目按时完成。

10) 环境保护模块。采用环保材料和技术减少施工期间的环境影响;利用智能监测系统对现场环境进行监控和管理。

11) 持续改进模块。定期评估智慧工地的性能,收集反馈意见进行优化升级;保持技术更新,适应新的行业标准和法规要求。实施智慧工地管理是一个复杂的过程,需要多学科协作和综合管理。在实施过程中,应注重使用者体验,确保所有相关者的需求得到满足,同时遵循当地行业标准^[5]。

一期工程采用的智慧工地管理平台,通过三端一云的方式,将现场终端与手机应用端、数据监控终端实现连接,实现“1+N”模式,即一个平台连接多个终端,实现部门与部门,各个管理层与一线作业的数据互通,打破数据壁垒,实现数据价值^[6]。智慧工地管理平台的整个设计框架见图1。

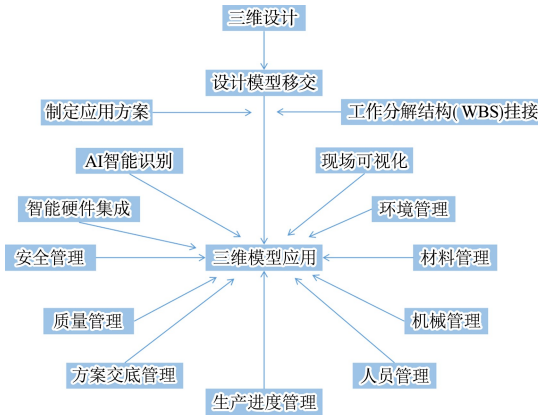


图 1 设计框架
Fig.1 Design framework

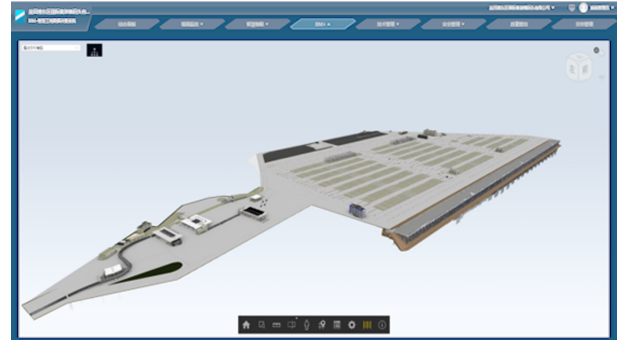


图 2 BIM 界面
Fig.2 BIM interface

3 基于 BIM+IoT+智慧工地平台在港口码头工程的应用

3.1 基于设计模型的轻量化应用

传统方法使用 Revit 建模, 存在对电脑配置要求高、加载缓慢等问题, 本工程采用国内先进技术, 将 BIM 模型进行轻量化处理, 实现云端便捷查看(图 2)。云端查看具有灵活度高, 对硬件要求低等特点, 并通过云端实现模型的自动集成, 整体效果显示更容易^[7]。

在开工前要求设计单位完成模型的建构, 将设计、建设、施工、监理等各参与方通过同一平台共享建筑信息模型, 达到可视化建造, 解决管线、地下排水布置等协调问题, 利用系统化的管理增加作业协调密度、减少错误与返工、减少不必要的成本支出, 实现建筑精细化、信息化管理。

3.2 生产进度管理

传统的进度计划管理均采用 project 或 excel 表格进行进度跟踪管理, 存在逻辑关系不明确、关键线路不清晰等问题, 项目滞后情况不能清晰预警。为了提高可视化及进度管理的动态关联, 通过对 WBS 施工任务结构拆分、斑马计划管理以及 BIM 模型的挂接, 实现计划与生产任务、生产任务与模型之间的联动。

在计划方面实现“一表多图”(图 3)即计划表格与横道图、双代号网络图、单代号网络图之间的无缝切换, 通过前锋线定期检视、里程碑节点查看(图 4), 使关键线路更加清晰可见, 滞后工作投入重要资源, 工期管理更便捷。

对模型与施工任务进行关联, 只需对施工任务的开始和完成时间进行维护, 即可实现模型进度的可视化(图 5)。

The screenshot displays the 'BIM+智慧工地数据决策系统' (BIM+Smart Construction Site Data Decision System) interface. It features a top navigation bar with tabs for '项目概况', '安全管理', '生产管理', '进度管理', and '质量管理'. The main content area shows a '施工进度计划' (Construction Progress Plan) with a Gantt chart and a detailed table of tasks.

任务名称	工期(天)	开始时间	结束时间	计划开始	计划结束	实际开始	实际结束	工期偏差	执行状态	备注
0200 0200-01	181	2020-09-15	2020-11-15						待开始	
0201 0201-01	151	2020-09-15	2020-10-14						待开始	
0202 0202-01	30	2020-09-25	2020-10-25						待开始	
0203 0203-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0204 0204-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0205 0205-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0206 0206-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0207 0207-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0208 0208-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0209 0209-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0210 0210-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0211 0211-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0212 0212-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0213 0213-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0214 0214-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0215 0215-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0216 0216-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0217 0217-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0218 0218-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0219 0219-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	
0220 0220-01	150	2020-09-25	2020-12-14						待开始	

图 3 进度计划
Fig.3 Schedule plan



图 4 里程碑
Fig. 4 Milestone



图 5 生产进度
Fig. 5 Production progress

3.3 质量安全管理

通过 BIM 技术建立数字质量样板、利用数字项目管理平台的保障质量标准，通过全员参与的方式，实现现场安全、质量的全方位监督，发现问题实行计划-执行-检查-处理(PDCA)整改闭环，质量方面采用关键工序验收，确保施工质量。安

全方面采用双控体系+危大工程专项管理方案，结合 AI 识别现场不安全行为以及不安全状态，并自动拍照记录(图 6)。建设、设计、监理及施工单位均可通过手机拍照功能将现场隐患行为实时上传至智慧管理平台，做到人人管安全，事事专人跟，有效地将安全隐患消除在萌芽中。



图 6 AI 抓拍界面
Fig. 6 AI snapshot interface

3.4 技术管理模块

通过 BIM+技术管理系统施工方案模块(图 7), 对施工方案进行全过程管理, 包括建立方案、编制计划, 通过规范查询功能辅助方案编制, 为项

目技术负责人提供方案的进展情况, 线上方案审批, 在线查看图纸、变更情况、二维码交底等, 提高工作效率。



图 7 技术管理界面

Fig. 7 Technical management interface

3.5 文档管理

现场管理层将所有资料实现线上+线下的存档方式进行统一维护, 并进行文件权限分配, 实现

文件资料共享(图 8), 从而提高资料的流转效率、打破信息壁垒。

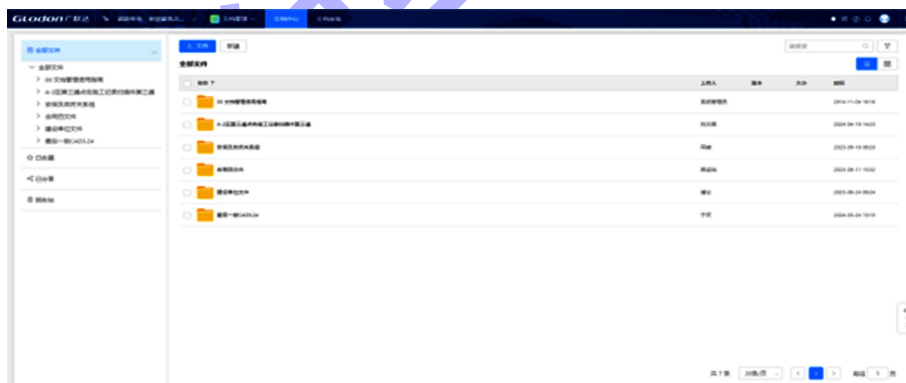


图 8 文档管理界面

Fig. 8 Document management interface

3.6 IoT 数据集成应用

平台具备 IoT 硬件集成能力, 并对传统厂商实现兼容管理, 采用 API 标准接口协议与智能硬件厂商数据实现互通, 从而确保现场环境监测数据、视频监控数据共享、实现智能广播、AI 蜂鸟盒子等集成应用, 实现强夯机运行数据监测、压路机

和摊铺机监测、智能安全帽系统对接、船舶监测、用电监测、智能烟感、车辆进出场管理等^[8]。

3.6.1 强夯机智能监测

通过在强夯机设备上安装监测传感器, 自动记录夯锤起落高度、夯锤沉降量、夯击次数, 以及合格情况, 并结合视频监控, 确保数据的真实准确;

同时平台提供现场强夯的可视化任务指导(图 9), 与现场驾驶员的平板电脑实现多台设备联动, 最

终实现数据的集约化, 任务的完成情况实时同步等, 大幅减少了人力成本, 极大提高工作效率。



图 9 强夯监测界面

Fig. 9 Dynamic compaction monitoring interface

3.6.2 车辆进出场管理

由于东作业区一期工程场地面积大、参建单位多, 各类车辆频繁进出施工现场, 车辆管理难度大。智慧工地管理平台通过后台与现场的车辆进出场设备联动, 实时查看车辆通道情况、智能

识别并冲洗车身、车辆载质量识别、进出车辆报表统计、车辆运行轨迹实时跟踪, 实现车辆白名单管控, 解放安保人员双手, 并自动记录每日的进出场车辆, 形成台账(图 10)。

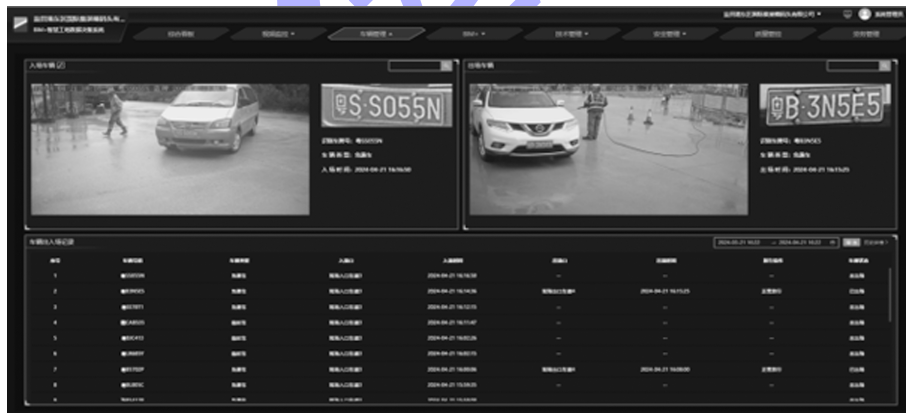


图 10 车辆管理界面

Fig. 10 Vehicle management interface

3.6.3 用电监测

通过在二级箱安装用电监测传感器, 收集到数据后将数据传输到平台上。平台端可以统计不同阶段用电总量, 实现各区域用电总量监控、不同阶段用电量监控、生活区耗电量合理性分析、不同阶段每万元产值用电量监控、各区域月度用

电总量监控(图 11)。通过分析对比平台数据, 及时发现线路存在的安全隐患, 针对隐患进行检修复改, 降低火灾风险, 监测系统具有故障自动预警、APP 信息推送、手机短信等多种报警方式, 极大提升了用电安全管理水平。



图 11 用电监测界面

Fig. 11 Power consumption monitoring interface

3.6.4 环境监测

环境监测系统主要将施工现场的细颗粒物(PM_{2.5})、可吸入颗粒物(PM₁₀)、风速、温度、湿度、风向、噪声进行监测, 后台设置阈值, 超标自动报警, 实时监测施工现场环境情况, 并结合视频监控查看扬尘情况及时采取措施(图 12); 东作业区一期工程紧邻大梅沙海滨度假区, 利用智

慧工地环境监测系统可以加强对施工现场环境污染监测数据的处理, 快速有效地对公共卫生环境进行准确监测, 对污染源有更全面、更深入与更直观的把握, 以提高对环境监测数据分析管理的科技水平, 及时通过降尘、降噪手段保证施工环境的改善, 杜绝对周边环境的影响。



图 12 环境监测界面

Fig. 12 Environmental monitoring interface

3.6.5 路基连续压实监测

路基连续压实监测系统由北斗高精度定位终端、振动传感器(VCV)、无线通讯等设备组成。根据土体与振动压路机相互动态作用原理, 通过连续量测振动压路机振动轮竖向振动响应信号, 建立检测评定与反馈控制体系, 路基填筑碾压过程中, 实现多机互联互通, 平台自动记录压实变

数、并生成压实路径(图 13), 配合驾驶员室的平板电脑使用, 防止漏压、少压, 实现对大面积堆场的整个碾压面压实质量的实时动态监测与控制, 减少了现场人力投入, 大幅提高工作效率。路基连续压实监测系统是东作业区一期工程的路基施工质量管



图 13 压实路径界面

Fig. 13 Compaction path interface

3.6.6 智能安全帽

以 IoT+智能硬件为基础，通过硬件设备的数据自动采集和传输功能，实现数据自动收集、上传和语音安全提示，在电脑端实时显示工人现场分布、视频等信息，给管理者提供科学的现场管理和决策依据。智能安全帽采集的数据上传到管理后台后将得到集中的管理、储存和运用

(图 14)，智能系统将科学地管理和运用这些数据。一旦有任何安全事故发生，通过这些实时数据，可以完美地还原事故发生时的现场情况，方便管理者快速查询和决策。佩戴者通过远程视频功能将现场制作情况实时传输到智慧工地管理平台，方便业主跟进工程质量及做好现场施工进度安排。



图 14 智能安全帽界面

Fig. 14 Intelligent safety helmet interface

3.7 劳务实名制

通过人脸闸机进行考勤管理，实现人员打卡功能。可以通过手机或电脑端登陆智慧工地管理平台实时查看现场人数是否能够满足当期施工进度的要求，在劳务管理工作中更准确、更高效。人脸识别速度更快，可实时显示到岗人数、身份

信息等，施工单位可轻松掌握工地实际进场人数以及人员的状态(图 15)，方便合理地进行人员调配，节省管理及协调成本。通过实名制管理能够实时掌握工人动态，有效遏制工地物资失窃，杜绝冒名顶替现象，防止无证人员上岗操作、陌生人非法闯入，从而避免给施工现场带来潜在危害。

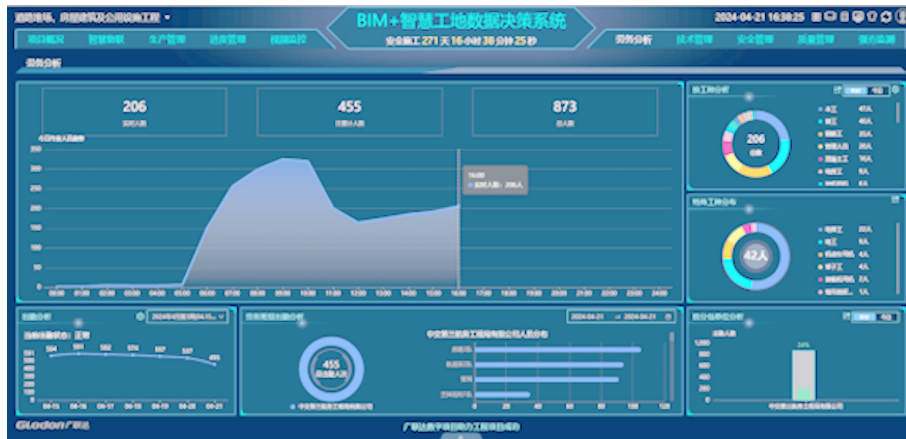


图 15 人员数据分析界面

Fig. 15 Personnel data analysis interface

3.8 视频监控+蜂鸟盒子+智能广播集成应用

各智能硬件可通过智慧工地管理平台实现数据信息的交互, 达到智能管控的目的, 通过与视频监控的对接, 平台给予一定的算法, 从而实现

对人员的不安全行为、物体的不安全状态实时监测, 并拍照记录, 违章信息被同步推送给智能广播(图 16), 可按照事先设置的语音进行安全提醒, 达到工地安全的智慧化。



图 16 视频及广播界面

Fig. 16 Video & broadcasting interface

4 结语

1) 智慧管理系统的应用有效提升了港口工程的建设效率, 优化资源配置, 降低运营成本。具体而言, 系统在以下方面发挥了重要作用: ①提升建设效率。通过实时监控和数据分析, 减少施工过程的延误和错误, 提高整体工作效率。②优化资源配置。利用大数据分析和人工智能算法, 实现资源的动态调配和合理利用, 避免了资源浪费。③降低运营成本。通过精细化管理和自动化

控制, 减少人力和物力投入, 显著降低运营成本。④提高沟通效率。系统集成了多种通信手段, 确保信息传递的及时性和准确性, 提高各部门之间的协作效率。⑤保障施工质量。通过严格的质量控制和实时监控, 确保工程质量符合标准要求, 减少返工和维修的成本。⑥增强安全管理。利用物联网技术和智能传感器, 实现施工现场的安全监控和预警, 提高施工安全性。⑦支持可持续发展。系统的高效运作和资源优化配置有助于减少

环境影响，促进港口的可持续发展。

2) 使用智慧工地管理系统后，施工效率平均提高了 30%。这主要得益于智慧工地管理系统对施工现场的实时监控和调度，使资源配置更加合理，施工流程更加顺畅。在智慧工地管理系统的帮助下，安全事故的发生率降低了 25%。通过实时监控施工现场的安全状况，及时发现潜在的安全隐患，从而有效避免事故的发生。通过智慧工地管理系统，施工成本平均降低了 10%。系统能够精确控制材料的消耗和人工的使用，避免资源浪费和成本的超支。

3) 盐田港智慧管理系统在港口工程建设中的应用不仅解决了当前存在的问题，还为未来的港口发展提供了强有力的技术支持和管理工具。该系统的成功实施，标志着盐田港在智能化建设和管理水平上迈出了重要一步，对于提升港口竞争力和实现可持续发展具有重要意义。

参考文献:

[1] 王辉, 黄庆, 牛作鹏, 等. 港口工程智慧工地建设研究与应用[J]. 港口航道与近海工程, 2024, 61(5): 95-100.
WANG H, HUANG Q, NIU Z P, et al. Research on smart site construction system applied in port engineering[J]. Port engineering technology, 2024, 61(5): 95-100.

[2] 黄祝佳. 广州港智慧港口评价与建设研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
HUANG Z J. Study on the evaluation system and construction of intelligent Guangzhou Port [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.

[3] 张勇, 李怡萱, 王连聚. 集装箱码头可视化管理平台[J]. 港口科技, 2020(6): 6-10, 39.

ZHANG Y, LI Y X, WANG L J, et al. Visualized management platform for container terminals [J]. Journal of port technology , 2020(6): 6-10, 39.

[4] 邢东亮, 傅晓蕾, 张超, 等. 港口码头工程智慧化工地建设的探讨与实践[J]. 水利与建筑工程学报, 2024, 22(2): 186-192.
XING D L, FU X L, ZHANG C, et al. Exploration and practice of smart construction site in port terminal engineering [J]. Journal of water resources and architectural engineering, 2024, 22(2): 186-192.

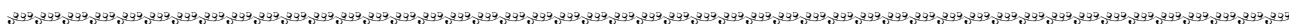
[5] 钟振洋. 基于物联网技术的智慧港口平台设计[J]. 无线互联科技, 2024, 21(11): 38-41.
ZHONG Z Y. Design of smart port platform based on internet of things technology[J]. Wireless internet science and technology, 2024, 21(11): 38-41.

[6] 鲁玲玲. 港口信息系统集成与码头现代化信息网络[J]. 门窗, 2019(18): 214.
LU L L. Port information system integration and modern information system in terminals [J]. Doors and windows, 2019(18): 214.

[7] 曹兰娟. 智慧港口管理信息系统研究[J]. 价值工程, 2022, 41(32): 70-74.
CAO L J. Research on intelligent port management information system[J]. Value engineering, 2022, 41(32): 70-74.

[8] 龙丹. 物联网技术在港口信息化建设中的应用研究[J]. 物流工程与管理, 2019, 41(5): 84-86.
LONG D. Research on the application of internet of things technology in port informatization construction [J]. Logistics engineering and management , 2019, 41(5): 84-86.

(本文编辑 王璁)



著作权授权声明

本刊已许可《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、北京万方数据股份有限公司、重庆维普资讯有限公司、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含上述公司著作权使用费，所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

《水运工程》编辑部