



港口大型封闭煤场智能化管控系统设计

吕晓威, 张焕荣, 鞠进, 韩毅, 杨潇, 陈强

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东广州 510290)

摘要: 针对港口大型封闭煤场内部环境恶劣、毒害气体多、安全生产风险高等问题, 结合设计规范要求及工程实际情况, 设计并建设封闭煤场智能化管控系统。该系统充分利用激光扫描技术、红外测温技术及现代自动化检测技术等, 主要包括激光盘煤系统、无人值守系统、安全监测系统、设备监控系统及图像型火灾探测报警系统部分。通过应用该系统, 实时全面监测封闭煤场内的温度、湿度、粉尘浓度、毒害气体浓度及明火等参数, 自动控制抑尘及消防等设备工作, 能提高大型封闭煤场无人化管理水平, 实现大型封闭煤场安全、高效、智能化运行。

关键词: 封闭煤场; 智能化管控; 安全监测; 设备控制

中图分类号: U656.1+33

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0229-06

Design of intelligent management and control system for large enclosed coal yard in port engineering

LYU Xiaowei, ZHANG Huanrong, JU Jin, HAN Yi, YANG Xiao, CHEN Qiang
(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: In view of many new problems in the enclosure of large coal yards, such as harsh internal environment, abundant toxic gases, and high safety risks, we design and construct an intelligent management and control system for enclosed coal yard based on the design code and practical engineering conditions. This system fully utilizes laser scanning technology, infrared temperature measurement technology, and modern automatic detection technology, and is mainly composed of laser coal stocktaking system, unattended system, safety monitoring system, equipment monitoring control system, and image-type fire detection and alarm system. By applying this system, temperature, humidity, dust concentration, toxic gas concentration, and visible flames in the enclosed coal yard are continuously monitored in real-time, and these dust suppression equipment and fire fighting equipment are automatically controlled. The system enhances the level of unmanned management and the efficiency of safe operations for large enclosed coal yard.

Keywords: enclosed coal yard; intelligent management and control; safety monitoring; equipment control

随着全球经济的快速发展, 能源需求持续增长, 煤炭作为一种主要的能源物资, 在全球能源消费中占有重要地位。港口作为煤炭运输链的关键环节, 其储存和转运效率直接影响能源供应链的稳定性和经济效益。但传统的港口露天煤场存在许多问题, 如降雨大风损耗大、抗恶劣天气能

力差、环境污染严重等。近年来随着国家及社会各界对环境与空气质量的关注, 露天储煤造成的环保问题日益加重, 露天堆煤的方式势要改变, 煤场封闭工作刻不容缓^[1-3]。

广西钦州某码头工程作为北部湾国际门户重点港口工程, 主要为周边燃煤电厂及园区企

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 吕晓威 (1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口控制及智能化设计。

业提供煤炭接卸服务。工程建设1个5万吨级散货泊位及相应的配套设施，设计年通过能力为584.2万t；陆域自东向西依次布置码头前方作业区、堆场区及生产辅建区，总面积约13.51万m²。堆场区建设2座跨度98m、长度328m的全封闭条形煤场，配置2条斗轮机线，通过煤场两端的转运站实现出入。条形全封闭煤场的立面和剖面见图1。

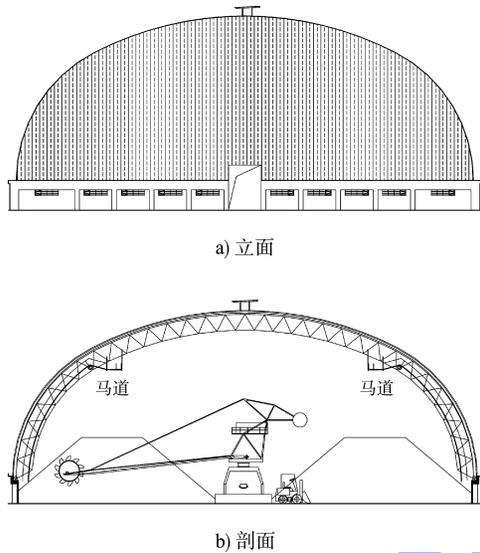


图1 条形全封闭煤场立面和剖面

因港口煤种来源复杂，部分煤种挥发性很高，煤堆内部温度可控性差，随着煤场封闭、空气流通不畅，导致煤堆热量积聚、温度快速升高，易发生自燃现象^[4]。空间封闭后，环境中的煤粉尘及甲烷、一氧化碳、硫化氢等可燃有毒气体也容易聚集，达到一定浓度后，遇明火可能会燃烧或发生闪爆；积累在钢结构、设备及线路表面的煤粉发生自燃对结构和设备本体安全也是一种隐患。恶劣的环境还导致场内作业人员的安全风险大幅提高。因此，设计一套针对大型封闭煤场的智能化管控系统具有重要的现实意义和广阔的应用前景。

1 系统组成

针对港口大型封闭煤场面临的主要难点，为确保封闭煤场的安全和高效，设计的封闭煤场智能化管控系统主要包括智能激光盘煤、斗轮机无人值守、安全监测、设备监控、图像型火灾探测报警等子系统。安全防范系统可依照相关国家标准设置，不在本文论述。封闭煤场智能化管控系统网络结构见图2。

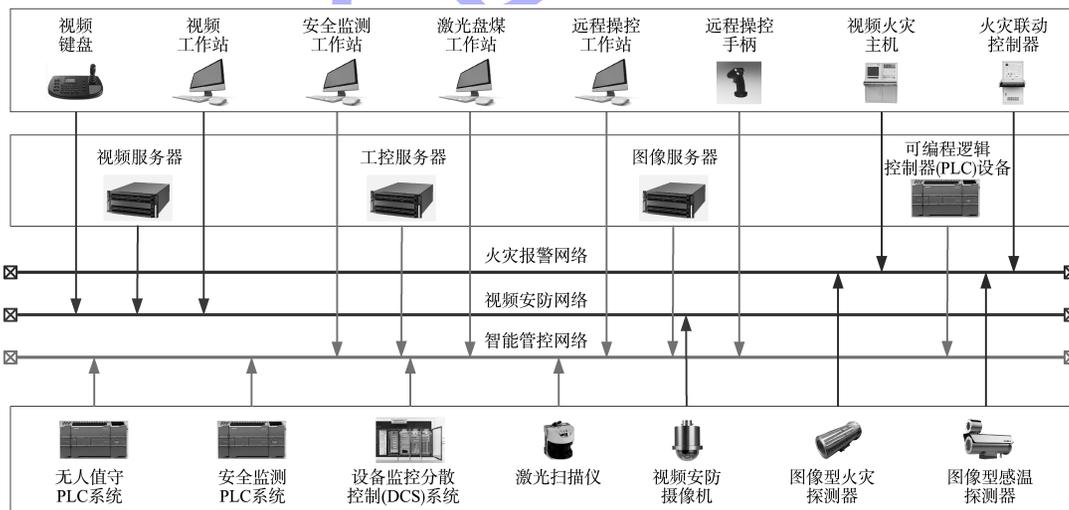


图2 封闭煤场智能化管控系统网络结构

1.1 智能激光盘煤系统

盘煤系统充分利用激光扫描及三维成像技术，通过现场的激光扫描仪对煤堆连续扫描，获取煤堆表面点云位置信息，采取“网格法”生成煤堆外

形点云坐标数据，再通过工业以太网传送到位于综合监控中心的图像服务器进行深度处理、构建三维立体模型^[5-6]。

考虑实时盘煤及斗轮机巡护的要求，现场激

光扫描仪布置采用固定安装及斗轮机安装两种方式。固定安装时, 每条检修马道沿纵向设置激光扫描仪测量点。安装于斗轮机上时, 选择斗轮机主架制高点位置, 并加装旋转控制云台, 通过旋转测量实现全覆盖实时扫描。激光扫描仪安装位置见图 3。



a) 固定安装于斗轮堆取料机



b) 固定安装于检修马道

图 3 激光扫描仪安装位置

1.2 斗轮机无人值守系统

斗轮机无人值守系统主要实现全天候、主动安全防护的全自动化作业, 解决堆取料作业存在的操作要求高、劳动强度大、人员健康安全风险大、信息化程度低等难题, 达到提高生产管理水平的目的。该系统主要由 PLC 控制系统、通讯系统、定位检测系统、煤流检测系统、安全防护系统及视频监控系统和远程操控软件等组成。

通讯系统采用冗余光纤工业以太网通讯和无

线以太网通讯两种方式; 考虑远期更多智能化、智慧化设备应用的可能, 设置为通用的全覆盖 2.4 G 无线局域网, 远期新增手持智能设备可随时随地接入系统。除通信系统外的其他子系统由斗轮机厂家成套提供。

1.3 安全监测系统

安全监测系统主要用于实现温湿度、甲烷、一氧化碳、硫化氢及粉尘浓度等参数的监测报警功能^[7-9]。安全监测系统宜单独配置主机设备, 与生产控制系统相对独立。安全监测系统主机提供通用标准通信接口, 接入智能化管控系统。

现场探测器应安装在无冲击、无振动、无强电磁干扰、易于检修的场所, 安装高度依照探测介质的相对密度及周围状况等因素确定^[10]。结合依托工程的实际情况, 现场传感器及探测器沿煤场纵向间隔 40 m 左右布置 1 组, 硫化氢探测器距地 0.5 m 靠墙安装, 温湿度传感器、甲烷、一氧化碳及烟气、粉尘探测器安装于检修马道上; 马道上安装的气体探测器可采用吊杆方式在保证斗轮机作业安全的情况下降低安装高度, 确保探测效果。

1.4 设备监控系统

设备监控系统依托于生产控制系统实现功能, 现场设备的信号及控制命令就近接入/引自生产控制系统。生产控制系统通过标准通信接口与智能化管控系统通信, 并依照智能化管控系统传输的现场环境参数变化情况完成设备监控功能。

现场设备主要包括喷雾抑尘设备和洒水抑尘设备, 与现场的温度及粉尘浓度联动运行。温度报警值可设置为 60 ℃, 超温时联动喷雾抑尘设备实现降温, 必要时可采取倒堆散热等措施^[11]。因已设置无人值守系统, 平时无人进入场内, 粉尘报警浓度可设置为 50 mg/m³ 或由使用单位依据生产实际情况确定。

条形封闭煤场一般采用自然通风方式, 自然通风无法满足粉尘及毒害气体浓度限值要求时, 设置机械通风设备。无人进入场内作业时依照气体爆炸临界浓度下限联动风机。

1.5 图像型火灾探测报警系统

图像型火灾探测报警系统是利用视频图像处理、人工智能分析等现代技术实现的可视化早期火灾探测报警系统，能探测产生的烟雾、明火、温度等，主要由图像型烟火复合探测器、图像型感温火灾探测器、探测器嵌入式硬件平台及集成了 AI 智能视频分析管理平台和视频存储设备的视频火灾报警主机等组成。视频火灾报警主机设在码头消防控制室，现场探测器通过独立的工业以太网与消防控制室组网通讯，实现分布式探测和集中式管理。

现场图像型火灾探测器在马道上沿煤堆纵向布置，间距及角度结合水平视场角和垂直视场角确定，或依据覆盖要求选择合适的探测器镜头，

最终目的是使煤堆的宽度在图像型火灾探测器上完全呈现，保证现场全覆盖、无死角、无探测盲区。

2 管理平台

2.1 平台架构

平台架构是智能化管控系统设计的关键，直接关系到系统的建设成效。平台采用客户机/服务器(C/S)+浏览器/服务器(B/S)系统结构，运用 C++ 底层通讯技术，既具有 C/S 结构安全、符合客户个性化需求的优点，还具有 B/S 结构易于扩展升级、管理方便高效的优势。智能化管控系统总体架构见图 4，主要由设备执行层、信息数据层、应用支撑层、应用服务层、展示操作层等组成。

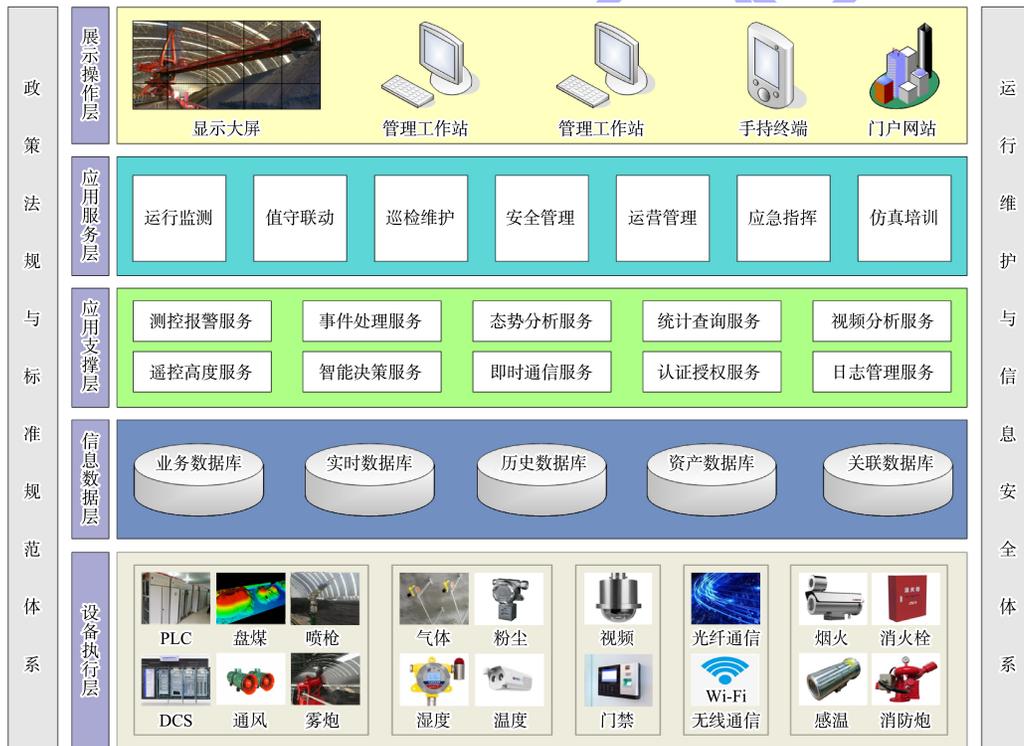


图 4 智能化管控系统总体架构

2.2 平台功能

平台具备友好、完善的人机界面，通过界面能实现对设备状态和参数的监视，并能对设备远程控制，还能对各类报警信息分级提供画面和声光警报，同时弹窗显示应急方案。平台不仅具有测控报警、趋势分析、应急管理、运检管理、统计报表、权限管理、系统组态等基本功能，还具

备综合处理能力，完成各组成系统之间的联防联控。

1) 远程操控功能。通过采集煤场的 3D 模型信息、斗轮机定位信息及视频图像等，实现斗轮机的无人值守，同时显示煤场信息、实时视频、斗轮机的煤流、控制流程信息。

2) 自动盘煤功能。综合监控中心设置盘煤工

作站,预装测控显示软件,实现智能盘煤、即时盘煤、一键盘煤、实时数据显示、实时计算结果、分堆分块测量、任意断面分析、多模式查看、数字标尺、历史数据管理、外部数据接口等功能。

3) 安全监测功能。平台软件依据采集的现场传感器信息,实时显示煤场内的温度、湿度、甲烷浓度、一氧化碳浓度、硫化氢浓度、粉尘浓度、烟雾状态、明火状态、设备状态等,同时依据设置的报警限值及动作逻辑完成报警及设备联动控制功能。

4) 报警管理功能。平台具有完备的报警及告警管理功能,通过对报警及告警信息的分类、分级、筛查、重组形成一个完善的体系。出现灾害或重大事故时,实现对管理人员的声音报警,且能依据事件严重程度采用不同形式分类报警。

5) 统计报表功能。平台具备强大的报表管理、报表生成及输出、打印等功能。常用的报表包括但不限于报警信息报表、事件统计报表、工作日志报表等,同时授权用户还可依据工作需要定制个性化报表。

6) 趋势记录功能。平台具备趋势记录功能,管理人员可选择趋势视图中的任意一条曲线,完成扩展显示的时间区域、缩小显示的时间区域、回滚一个显示宽度、前滚一个显示宽度、停止或继续趋势记录等操作。

7) 运检管理功能。运检管理功能主要包括人员管理、资产管理和档案管理等部分。人员管理包括人力资源管理、人员调度管理、外来参观或操作检修人员管理等;资产管理包括备品备件管理、日常巡检流程管理、缺陷及安全隐患管理等;档案管理包括法律法规档案管理、设计图纸管理、设备台账管理及归档流程管理等。

8) 应急管理功能。应急管理系统包括紧急告警与人员安全管理、应急预案生成、应急任务分派、应急人员管理等。

9) 分析决策功能。管理过程相关的决策数据应集成于统一管理平台,平台应能依据预测的数据趋势做出应急预案。

10) 权限管理功能。平台具有全线一致且唯一有效的权限管理功能,通过用户编码和密码的方式识别并分配操作权限实现系统安全管理。所有用户都应经过合法的登录过程才能访问系统,只有得到相应授权的用户才能执行授权范围内相关设备的监视和控制操作。

2.3 安全策略

安全策略设计是确保系统稳定可靠运行的重要组成部分。安全保障手段主要包括物理安全、网络安全和数据安全3个层面,其中物理安全方面可包括对关键设备的防护和对系统的物理隔离,网络安全方面可包括防火墙设置、入侵检测和加密传输,数据安全方面则可包括数据备份、恢复机制和访问控制等。

3 应用效果

设计的封闭煤场智能化管控系统已在广西钦州某码头工程、江西宜春某综合码头工程、安徽淮南某综合码头工程的封闭煤场中应用,应用效果主要体现在以下方面。

1) 提升作业效率。智能化管控系统的引入,实现了对封闭煤场作业的全面监控和智能调度,提高生产效率和作业连续性。

2) 增强安全管理。智能化管控系统的安全监测功能,能实时监测煤场内的安全状况,及时发现潜在的安全隐患,确保煤场的安全、稳定运营。

3) 优化资源配置。智能化管控系统能依据历史信息及实时信息,发现资源配置中的不足,信息驱动的资源优化决策更科学,从而提高了封闭煤场运行的经济性。

4) 助力节能减排。智能化管控系统能自动依据现场的环境参数精确控制相关设备动作,有助于节能降耗、减少能源浪费,助力实现“双碳”目标。

5) 支撑数智转型。智能化管控系统能帮助管理者全面了解煤场的运行状况,形成全景信息,为科学决策和更全面的数智化建设提供了基础数据支撑。

4 结语

1) 本文设计的智能化管控系统充分利用可视化、数字化的技术手段,实现对封闭煤场的实时监控、智能控制和优化管理,得到了建设单位的认可,已实际应用,能为类似工程提供一定的经验借鉴。

2) 智能化管控系统建议包括智能激光盘煤、斗轮机无人值守、安全监测、设备监控、安全防范、图像型火灾探测报警等子系统,网络结构设计应充分考虑设计规范对各子系统独立性的要求。

3) 管理平台功能应完备,联动报警值的设置应充分考虑无人值守工况,平台软件建议采用模块化方式设计,任意单个模块的故障不应导致信息丢失和系统瘫痪。

4) 未来可探索更经济、有效的技术方案,降低系统初始投资,研究更先进的数据分析和人工智能算法,提高系统的智能化水平,开展更多实际场景的应用研究,验证系统的普适性和可靠性。

参考文献:

[1] 郝永全. 封闭煤场数字化管理系统研究与应用[J]. 电力设备管理, 2022(16): 125-127.
 [2] 刘荣花. 港口工程封闭煤炭堆场消防设计研究[J]. 中

国水运, 2022(5): 88-90.
 [3] 王玉婷, 齐朋. 条形封闭煤场安全监测系统的设计与应用[J]. 包钢科技, 2019, 45(3): 88-91.
 [4] 焦凯迪, 陈剑. 研究封闭式圆形煤场煤堆自燃与环境温度、可燃气体浓度的关系[J]. 中国设备工程, 2021(23): 141-143.
 [5] 沈翔宇, 关云龙. 封闭储煤场多点激光扫描盘煤系统研究与应用[J]. 能源技术与管理, 2022, 47(2): 186-188.
 [6] 陈建松, 张君权, 朱丽洁. 封闭煤场智能化系统设计与研究[J]. 电力系统装备, 2022(11): 28-30.
 [7] 电力规划设计总院. 火力发电厂运煤设计技术规程第3部分: 运煤自动化: DL/T 5187.3—2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
 [8] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 港口封闭条形煤场设计规范: T/TWTCA 10025—2023[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2023.
 [9] 徐州中矿奥特麦科技有限公司, 东华工程科技股份有限公司. 封闭式储煤设施安全检测系统通用技术条件: NB/T 10376—2019[S]. 北京: 应急管理出版社, 2019.
 [10] 中国石化广州工程有限公司. 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准: GB/T 50493—2019[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.
 [11] 李伟, 尹海燕. 关于储存易自燃煤封闭煤场设计的探讨[J]. 电力勘测设计, 2021(2): 52-55, 67.

(本文编辑 王璁)

(上接第 138 页)

[3] 黄种发. 自平衡法桩基检测技术在公共建筑中的应用[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(20): 117-119.
 [4] 葛朋钊, 王昭. 自平衡法在沙特国王港项目桩基施工中的应用[J]. 四川水力发电, 2023, 42(3): 72-75, 81.
 [5] 陆志扬, 王焱, 李强贵. 自平衡法在码头桩基极限承载力检测中的应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(22): 121-124.
 [6] 闵冬平, 张小清. 自平衡试桩法在水工码头工程桩基静载试验中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2010, 10(6): 188-190, 192.
 [7] 王磊, 戴国亮. 自平衡测试法在港口码头工程中的应用

研究[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(12): 168-170.
 [8] 郑哲希. 大型码头后注浆灌注桩轴向抗压承载力检测方案[J]. 福建交通科技, 2021(11): 67-69, 94.
 [9] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 中交第四航务工程局有限公司. 码头结构设计规范: JTS 167—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
 [10] 东南大学, 南京东大自平衡桩基检测有限公司. 桩基静载试验 自平衡法: JT/T 738—2009[S]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

(本文编辑 王璁)