数字赋能：某表面处理园区智慧化建设的路径与实践

季伟伟[1]，陈东权[1]，王锡力[2]
（1. 中机国际工程设计研究院有限责任公司；2. 南京颐居建设集团有限公司）

【摘要】随着环保要求的不断提高，建设智慧型园区已成为表面处理园区实现可持续发展的必然选择。文章通过引入物联网、大数据、人工智能等先进技术，构建稳定、开放、可演进的园区智慧运营管理平台，能够实现对表面处理园区内环保、安全、应急、交通、能源等各个环节的实时监控与智能管理，以推动实现该地区表面处理行业集群化、产业链规范化发展，提升表面处理企业技术装备和污染防治水平。

【关键词】智慧园区；人工智能；表面处理园区
中图分类号：TU984.13；TN915-34；TP399　　DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2026.10.036

Digital Empowerment: The Path and Practice of Intelligent Construction in a Surface Treatment Park

JI Wei-wei[1], CHEN Dong-quan[1], WANG Xi-li[2]
（1.China Machinery International Engineering Design & Research Institute Co., Ltd.；2.Nanjing Yiju Construction Group Co., Ltd.）

【Abstract】With the continuous improvement of environmental protection requirements, building a smart park has become an inevitable choice for surface treatment parks to achieve sustainable development. By introducing advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, a stable, open, and evolvable smart operation and management platform for the park can be constructed to achieve real-time monitoring and intelligent management of various aspects such as environmental protection, safety, emergency response, transportation, and energy in the surface treatment park, in order to promote the clusterization and standardization development of the surface treatment industry in this region, and improve the technology equipment and pollution prevention capabilities of surface treatment enterprises.

【Keywords】smart park; artificial intelligence; surface treatment park

1 引言

表面处理园区入驻企业业务领域各不相同，工艺种类繁多，标准难以统一，管理难度较大。环保层面，表面处理生产过程会产生大量废气、废水、固体废物，对环境影响较大，环保管控要求严格。此外，缺少统一管理平台，难以对园区企业开展实时监管与综合管控，严重制约了表面处理园区的高质量发展。

智慧园区是在传统园区基础上，充分运用物联网、大数据、人工智能、云计算等新一代信息技术，实现园区内人、物、环境、管理等要素的全面感知、深度互联与智能融合，以此提升园区运营安全、管理水平和服务质量，推动园区可持续发展的新型园区形态。它不只是园区设施的智能化升级，更是全新的发展理念与管理模式，强调以数据为驱动，依托数字赋能，实现资源优化配置与高效利用。

2 智慧园区建设的关键内容

该表面处理园区项目位于苏南某市，新建综合厂房8座、仓库4座，综合管廊、废水预处理中心、变电站、综合站房、综合楼、风险应急池、雨水收集池各1座。因此，园区智慧化管理直接决定园区安全生产与风险防控能否实现数字化、精细化，是园区运行的“大动脉”与企业间沟通的“桥梁”。

智慧化运营平台采用“1+6+N”建设架构：即1个数据中心，环保、安全、应急、能源、运维、管控六大智慧系统，配套N个子模块系统。

2.1 园区智慧环保建设

环保监测技术是园区实现绿色发展的关键支撑。通过在园区各区域布设水质传感器、气体传感器、噪声传感器等各类环保监测设备，实现污染物实时监测与数据分析。传感器实时采集园区水质、空

气质量、噪声等环境数据，经由物联网传输至环保监测平台。平台对环境数据开展实时分析处理，一旦环境指标超标，立即发出预警信息，并触发对应环保处置措施，例如关闭来水异常企业的排放闸门、强化废气处理设备运行管控等，保障园区环境安全。通过长期监测分析环境数据，可研判园区环境质量变化趋势，为园区环保规划与决策提供科学依据。除此之外，环保监测技术与园区生产管理系统联动，综合分析生产数据与环保数据，优化生产工艺、削减污染物产出，实现绿色生产[1]。

2.1.1 园区环境质量监测

1）大气环境监测

在园区四周布设环境空气质量监测系统，通过站点建设完善园区环境空气质量监测能力，精准管控入园企业污染物排放。园区大气环境监控系统采用“空气站+空气微站+酸雨监测站”组合模式，监测点位按照《环境空气质量监测点位布设技术规范》（HJ664-2013）技术要求选址。

①设置标准空气站。结合园区主导风向，在园区中心位置建筑物楼顶布设1座标准空气站，用于监测园区常规空气六参数。

②设置空气微站。结合园区主导风向、园区周界分布、建筑物布设方位，在园区周界布设5座微型空气站，用于监测园区及周边环境质量。监测因子包括：$PM_{2.5}$、PM_{10}、NO_2、CO、O_3、SO_2、氯化氢、氟化物、氨气、硫化氢浓度等。

③设置酸雨监测站。结合表面处理园区酸性废气排放特征及空气质量微型站建设计划，在园区室外中央位置（与标准空气站合建）及主导上、下风向各布设一套酸雨自动监测系统。该系统以全自动分析系统为核心，采集并实时监测降水样品pH值、电导率、降雨量、SO_4^{2-}、NO_3^-等数据，记录降水起止时间、降雨量、环境温度等参考信息，实现园区酸雨自动监测。

2）水环境监测

在园区雨水排口前端设置1座水质自动监测站，监测水质五参数、高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮、总镍、总铬、氰化物、流量等指标。

对雨水开展在线监测，保障15min内实现雨水达标排放。当监测发现水质超标时，立即切换雨水排口闸阀，同步开启初期雨水池阀门，将雨水导入初期雨水池，待后续进一步处置，处理流程见图1。

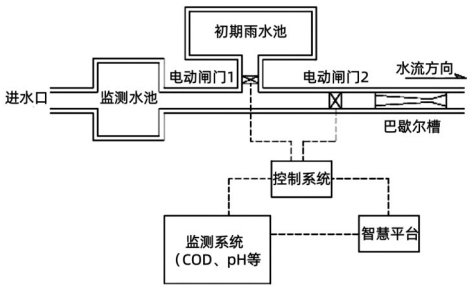


图1 雨水排口监测及管控关系图

初期雨水处理流程需遵循“源头控制→分质处理→资源回用”原则，优先选用经济高效的组合工艺，依托在线监测与智慧运维保障设施长期稳定运行[2]。

2.1.2 园区废水精细化管理

引入5G、物联网、自动化控制系统、大数据可视化管理平台等数字化智能化技术，实现废水处理高效、精准、智能化管控。

对电镀废水产生、收集、预处理、综合处理、排放等环节实施全过程监控，重点监控含镍、含铬、含银等第一类重金属污染物废水预处理设施出口的水质、水量，保障预处理出水达标。

园区每栋厂房废水收集区域设置在线监测装置，智能设备每2h自动检测污水中重金属含量，监测指标包含电导率、pH值、总铬、六价铬、总镉、总镍等；监测数据可直接传输至生态环境主管部门，实现污水处理质量实时监管与达标排放。该举措从源头保障废水分质分类收集的有效性，使废水快速、准确汇入电镀废水预处理中心物化区各调节池。

本项目在各废水收集区域配置智能数采仪及控制终端，搭建企业——园区废水在线联动系统。一旦废水监测指标出现异常，系统连锁关闭企业端废水排放阀、园区收集区域污水转输阀，切断超标废水外排，避免对后续污水处理厂工艺造成冲击。如需恢复排水，须经企业提交申请并审核通过后方可开启，如图2所示。

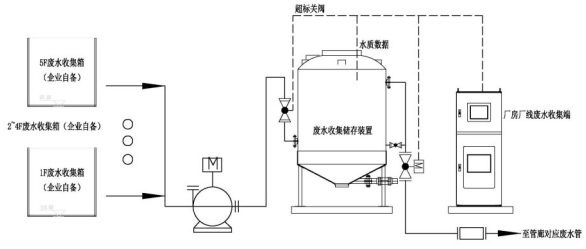


图2 厂房厂线废水收集端管控系统图

目前,电镀废水由车间输送至预处理中心,采用地下综合管廊分类布管的收集输送形式。

2.1.3 园区废气精细化管理

产线镀槽是表面处理园区产生废气的最主要来源,在镀槽上设置上吸式集气罩或侧吸式集气罩,按要求接入废气收集处理系统。此外,对园区内废气排放开展实时监督管理。在废气排放口安装气体监测设备,实时监测二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机化合物(VOCs)等污染物的浓度。一旦发现排放超标,系统立即发出预警信息,追溯污染源并采取相应治理措施。为保障废气治理设施有效稳定运行、实现废气稳定达标排放,企业入驻后,要求入驻企业在产线及废气处理装置处安装用电工况监控设施,并在废气处理装置处布设数采仪,采集并上传废气处理设施总电流、废气收集风机电流、吸收液pH、喷淋循环水泵启停状态、循环水流量等关键参数。通过企业生产与废气设施用电联动,一方面实现实时监管与异常报警功能;另一方面落实废气处理管控逻辑。①正常工艺:产线启动前,废气治理装置提前15min～30min启动;产线关闭后,废气治理设施继续运行,直至酸雾监测结果恢复至正常环境水平。②24h运行工艺:设置独立用电控制逻辑。

对此,智慧园区软件系统需完成上述功能开发,入驻企业建设内容要求如表1。

表1 废气精细化管理入驻企业建设项目

序号	设备名称	规格参数	数量
1	用电工况监控系统	用电参数监测、数采传输网关、后备电源、电流互感器,具备远传和反控功能	1
2	废气喷淋设施	pH、ORP、加药罐液位、水泵状态及数采	1
3	车间酸雾监测	实时监测车间酸雾浓度并数据上传	1

2.2 园区智慧安全建设

2.2.1 园区视频监控系统

为提升监控预警水平,本系统接入园区各关键区域,包括生产车间、仓库、出入口、园区道路架空段、高空瞭望点位的视频监控信号,依托GIS地理信息系统实现可视化展示,将监控画面实时推送至风控指挥中心大屏幕。

①在园区4处对角布设高空瞭望摄像机,实时掌握园区整体态势,及时发现火灾等异常情况。

②在园区各主干道沿线、园区地下管廊布设红外高清变焦枪机;在园区污水收集区域监控房内布设高清变焦枪机,同时在污水收集区域内部、电镀废水预处理中心设置高清球机。

③结合入驻企业产线特征,要求企业在高温火灾风险点位布设对应温感摄像头。

④为满足运营期动火等特殊作业管理需求,配置防爆临时监控设备,监控画面直传智慧园区监控平台。实行灵活作业、机动管理模式,由企业按实际需要提出特殊作业申请,经园区审批后布设该设备,对企业作业情况实施实时监管,提升应急处置水平。

高清视频监控同时支持智能分析功能,利用人工智能算法对视频画面进行实时分析,结合物联感知设备,以“重大危险源+重点区域”为核心管控目标开展模型识别分析,可自动识别烟雾、明火、人员摔倒等异常情形,实现区域入侵检测、人员行为分析、设备异常判别、火情实时检测;一旦出现异常,立即发出预警,提醒园区及时处置,实现园区风险隐患高效智能化监管。

2.2.2 园区危化品仓库管理

搭建危化品仓库智慧管理系统,对接公安系统打造智慧危化品管理示范点;系统由访客登记系统、防入侵报警系统、精准定位型电子围栏、一键报警系统、人脸识别、微功率多码联侦仪、公安对接平台等模块构成完整安全防范体系,可实现危化品仓库进出智能管理,同时满足布控、防范、预警等业务功能。在危化品仓库配置人脸识别门禁设备。人脸识别作为智能安防系统核心模块,通过识别人脸特征快速完成人员身份核验与门禁管控,仅授权人员可进入仓库,有效防范外来人员非法闯入,提升危化品仓库管理安全性。

对危化品运输车辆实行预约管理,车辆入园后实施全程监控,危化品申报信息可自动关联园区危化品管理信息库。

园区危化品管理系统后台包含企业危化品订单管理、危化品运输管理、企业危化品管理计划、报警处置中心、危化品全流程管理等功能模块。

企业危化品档案涵盖各企业危化品的种类、理化特性,生产、产品、原辅料、危废等相关信息,以及企业危化品相关产品关系拓扑图。

智能安防系统与园区设备管理系统、人员管理系统等实现数据共享与业务联动;发生安全事件时,

可快速定位涉事人员与设备，启动应急处置措施，保障园区安全稳定。

2.2.3 园区智慧消防

表面处理作业易产生腐蚀性气体，易造成传统消防设施管道腐蚀、系统失效，本项目采用智慧消防方案提升园区整体安全水平。

①配置智慧消防数据采集设施：布设无线数显压力表、无线数显液位计，采集消防水管压力、消防水箱液位数据，实时掌握园区消防管网、消防水箱运行状态，保障消防设备可用，火灾发生时可即刻投入使用。

②智能采集各楼栋消防报警信息，出现事故隐患时，风控指挥中心可第一时间获取报警详情，并对各类报警开展动态分析。

③安装智慧火灾声光报警器，实现全楼层、全楼栋智慧联动，避免火灾隐患仅局部告警而造成疏散滞后等问题。

2.3 园区智慧应急建设

2.3.1 园区风控指挥中心建设

风控指挥中心是该表面处理园区智慧应急建设的一大亮点。风控指挥中心由服务器机房、控制中心、现场采集设备等组成；配置长13m、高3.7m、可视面积约48㎡的应急调度大屏，园区各类数据、现场监控画面可集中展示。大屏配套服务器机房承担数据存储与运算任务，为风控平台提供算力支撑。依托该系统，园区可实现安全、环保、治安、消防、能源等业务一体化、智能化管理，提升园区风险应急处置能力。

应急调度大屏可展示外部机构信息（应急救援场所及可容纳人数、急救车辆数量、病床数），应急救援队信息，应急物资分布（防护类、救护类），应急装备（警戒带、灭火器类）等内容，支撑应急状态下指挥调度。

大屏可推送事故点位周边企业信息，包含企业基本情况、风险等级、厂房面积、重大危险源、污染源、重点监管工艺、重点监管化学品等；同时可直接调取事故点位周边视频监控，实时掌握现场情况并采取对应处置措施。

具备模拟演练功能，可模拟电镀企业典型事故场景，包括火灾、泄漏、爆炸等；通过仿真实现物资调运、人员疏散、消防救援、应急监测等业务推演，完整展示事故全流程响应环节，可供园区、企业、消防救援队开展实操学习。

2.3.2 水风险应急防范

为实现事故水分级防控，本工程构建园区水环境四级风险防控系统，在企业端、园区分区防控排口、总排口端分别部署数据采集与智慧控制系统，接入园区雨水闸控、初期雨水池、事故应急池的泵、闸阀状态及启闭控制，实现远程联动、预警联动。

基于事故池液位计、转输水泵采集信息，分析计算并实时展示事故池有效容积；依据水泵、阀门状态判断事故防范工况；实现日常实时监测、事故及时预警，为后续转输处置提供依据。

发生事故工况时，通过泵、阀远程联动，落实生产企业一级、厂区周边二级、园区三级、区内水系四级分级防控。

2.4 互联互通

表面处理园区是城市重要空间单元，其智慧化建设应与城市、周边区域智慧化建设协同推进。智慧园区的数据资源与平台应按照市级相关规范建设，遵循平台接口的数据字段规范开展跨平台数据交互，为智慧园区及城市智慧化发展提供支撑[3]。

3 结语

本文深入剖析表面处理园区智慧化建设关键要素，包含先进技术应用、智慧管理系统构建等，明确智慧化建设在提升园区运营安全、强化环保管控、增强应急抗风险能力等方面的重要作用，针对性提出可落地的建设策略与发展路径，为表面处理园区智慧化建设提供理论支撑与实践参考。

参考文献

[1] 艾达，刘延鹏，杨杰.智慧园区建设方案研究[J].现代电子技术，2016，39（2）：45-48.

[2] 柯景仪.表面处理环保产业园的设计探索[J].中国勘察设计，2023（9）：81-83.

[3] 张刘引，王飞飞，张溟楠.多主体协同的智慧园区标准体系研究[J].智能建筑与智慧城市，2023（10）：6-8.