

# 面向工厂化的沥青混合料生产智能管理系统功能设计

张帆

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250000

**摘要:**为解决工厂化沥青混合料生产效率低、质量管控难、设备运维滞后等痛点,本文结合物联网、大数据与人工智能技术,设计面向工厂化的沥青混合料生产智能管理系统。明确系统设计原则、总体架构及软硬件选型,详细设计四大核心模块,实现生产全流程智能化监控、精细化管理与全程可追溯,有效提升生产效率、稳定产品质量、降低运营成本,为工厂化沥青混合料生产数字化转型提供可靠功能支撑与实践参考。

**关键词:**面向工厂化;沥青混合料生产;智能管理;系统功能设计

引言:随着交通基础设施建设飞速发展,工厂化沥青混合料生产向规模化、标准化、智能化转型成为必然趋势。传统生产模式依赖人工操作,存在工艺参数管控不精准、数据孤岛突出、质量追溯困难等问题,难以满足现代工程要求。基于此,本文聚焦工厂化生产核心需求,结合先进智能技术,开展系统功能设计,破解行业痛点,推动生产模式从经验驱动向数据驱动转变。

## 1 相关理论与技术基础

### 1.1 工厂化沥青混合料生产工艺基础

(1)工厂化沥青混合料生产的核心流程,需严格遵循标准化工艺要求。原材料准备环节重点管控沥青、集料等原料的进场检验与存储,杜绝不合格原料投入生产;加热烘干环节需精准控制集料温度,避免过度加热导致老化,同时保障烘干均匀性;配料拌和环节严格按照配方比例精准配料,控制拌和时间与温度,确保混合料均匀度;成品输出环节做好质量抽检,规范存储与运输,防止离析。各环节需建立专人负责制,实现工艺参数实时监控与记录。(2)工厂化生产的核心需求聚焦五大方面:规模化生产需优化流程、提升设备利用率以提高生产效率;产品质量需通过标准化管控实现性能稳定,满足工程规范;设备需定期维护校准,保障连续可靠运行,减少停机损耗;成本管控需细化原料、能耗、人力等支出,实现精细化核算;全流程可追溯需记录各环节数据,确保出现问题可快速溯源、及时整改<sup>[1]</sup>。

### 1.2 智能管理系统相关技术

(1)物联网(IoT)技术是智能管理的基础,通过在生产设备、检测点部署各类传感器,构建全覆盖的传感器网络,实时采集温度、转速、配料量等工艺参数及设备运行数据,经无线传输技术上传至系统平台,为后续分析与管控提供精准、实时的数据支撑。(2)大数据与人工智能技术实现数据价值挖掘,通过专业数据库存储

海量生产数据,利用数据分析算法挖掘数据关联规律;借助神经网络、支持向量机等AI模型,实现混合料质量预测、生产异常实时识别、配料配方动态优化,提升管理的智能化水平。(3)数据库与可视化技术保障数据规范管理与高效应用,对生产、设备、质量等各类数据进行分类归档、规范化存储,确保数据完整可查;设计简洁直观的可视化界面,将数据以图表形式展示,实现参数实时查看、历史数据便捷查询,降低数据应用门槛。

### 1.3 系统的核心原则

(1)实用性原则:紧密贴合工厂化沥青混合料生产实际,聚焦生产效率低、质量管控难等痛点,设计简洁便捷的操作界面,适配现有生产设备与流程,无需大量专业培训即可上手,降低人员操作门槛。(2)可靠性与安全性原则:采用成熟稳定的技术架构,确保系统24小时连续稳定运行;完善数据加密与备份机制,保障数据传输与存储安全;具备故障容错功能,出现异常时可快速切换备用方案,避免影响生产流程。(3)可扩展性与兼容性原则:采用模块化设计,支持后续新增质量分析、设备预警等功能模块;兼容不同型号的生产设备与检测仪器,可根据生产规模扩大、工艺升级需求灵活调整,延长系统使用寿命。

## 2 面向工厂化的沥青混合料生产智能管理系统总体设计

### 2.1 系统设计目标与范围

(1)设计目标:围绕工厂化沥青混合料规模化生产需求,构建全流程智能管理体系,实现生产各环节的智能化监控与精细化管理。通过系统应用,有效提升生产效率,减少生产等待与流程内耗;精准管控生产工艺与原材料质量,稳定沥青混合料产品性能,降低不合格率;优化设备运行与成本管控,减少设备故障停机时间和原材料、能耗浪费,降低整体运营成本;建立生产数据全

生命周期管理机制,实现从原材料进场到成品出库的全程可追溯,为生产优化与决策提供数据支撑。(2)设计范围:全面覆盖工厂化沥青混合料生产全流程,明确系统应用边界,核心涵盖五大板块。一是原材料管理,包括原材料入库、库存、出库的全流程管控;二是生产过程管控,涵盖生产计划下达、工艺参数监控、各环节流程协同;三是设备智能管理,涉及核心生产设备的状态监控、维护计划制定及台账管理;四是质量检测管理,包括质量指标采集、异常处理及全流程追溯;五是数据统计分析,实现各类生产数据的汇总、分析与可视化展示,不涉及工厂外部物流运输、工程现场施工等环节。

## 2.2 系统总体架构设计

(1)感知层设计:作为系统的数据采集核心,根据生产各环节监控需求,部署各类高精度传感器,包括温度传感器、压力传感器、称重传感器、振动传感器等,全面覆盖原材料存储区、生产设备、检测环节。通过传感器实时采集原材料质量指标、生产设备运行参数、工艺执行数据等,构建全流程、无死角的传感器网络,确保数据采集的实时性、准确性,为后续数据传输与分析奠定基础。(2)传输层设计:采用无线与有线相结合的混合传输方式,兼顾传输稳定性与灵活性。有线传输主要用于服务器、核心设备等固定节点的数据传输,保障数据传输速率与安全性;无线传输用于移动终端、分散式传感器的数据传输,解决生产车间设备布局分散、布线不便的问题。同时配备数据加密与容错机制,确保数据传输过程中不丢失、延迟低,有效打通各环节信息孤岛,实现数据互联互通<sup>[2]</sup>。(3)应用层设计:按照“功能模块化、协同一体化”的原则,划分原材料智能管理、生产过程智能管控、设备智能管理、质量智能检测与追溯等核心功能模块。明确各模块的功能定位、核心职责及相互联动关系,实现模块间数据共享与协同工作,精准支撑工厂化生产的智能管理需求,提升管理的便捷性与高效性。(4)数据层设计:构建高性能系统数据库,对生产过程中产生的各类数据进行规范化管理,包括生产数据、设备运行数据、质量检测数据、原材料数据、配方数据等。建立数据分类归档、备份与恢复机制,定期对数据进行备份,防止数据丢失;同时优化数据存储结构,确保数据查询、调用高效便捷,为大数据分析、AI模型应用提供可靠的数据支撑。

## 2.3 系统硬件与软件选型

(1)硬件选型:结合工厂生产规模、监控精度需求及现有设备布局,科学选型各类硬件设备。传感器选用精度高、稳定性强、适配工业环境的型号,满足不同场

景数据采集需求;数据采集器选用兼容性强、传输速率快的设备,确保数据高效汇总;服务器选用高性能工业服务器,满足海量数据存储与系统稳定运行需求;监控终端选用操作便捷、适配车间环境的工业终端。同时参考不同区域设备运行参数差异,优化硬件选型方案,提升硬件适配性与使用寿命<sup>[3]</sup>。(2)软件选型:遵循兼容性、稳定性、可扩展性原则,合理选择各类软件。操作系统选用安全稳定、适配工业场景的工业级操作系统;数据库管理软件选用支持海量数据存储与高效查询的主流软件,保障数据管理高效;开发语言与工具选用成熟、易维护、可扩展的类型,便于系统功能开发、后续优化升级及bug修复,确保软件系统能够稳定支撑各项功能实现,适配生产规模与工艺的升级需求。

## 3 面向工厂化的沥青混合料生产智能管理系统详细功能设计

### 3.1 原材料智能管理模块

(1)原材料入库管理:针对沥青、骨料、矿粉等各类原材料,实现全流程规范化入库管控。工作人员可录入原材料名称、规格、产地、供应商等详细信息,关联供应商资质文件,精准记录入库数量、进场时间及各项质量指标;系统与原材料检测系统无缝对接,自动同步检测数据,只有检测合格的原材料才能完成入库审核,不合格原材料自动拦截并提醒处理,从源头保障生产原料质量。(2)原材料库存管理:实时采集各原材料库存数据,动态更新库存余量,实现库存可视化监控。根据生产消耗规律与原材料特性,科学设置库存预警阈值,当库存低于预警线时,自动推送补货提醒;当库存超出合理范围出现积压时,发出积压预警,提醒工作人员优化领用计划,加快库存周转,减少原材料损耗与资金占用<sup>[4]</sup>。(3)原材料出库管理:紧密对接生产计划,自动匹配各批次生产所需原材料的种类与数量,生成出库单据。工作人员凭单据出库,系统实时记录出库数量、出库时间、领用工序及用途,实现原材料出库全程可追溯;同时校验出库原材料与生产配方的匹配性,避免错领、错用,确保配料环节的准确性,保障生产工艺合规。

### 3.2 生产过程智能管控模块

(1)生产计划管理:支持根据订单信息制定、修改生产计划,明确生产批次、产量、规格及完成时限,实现生产计划与订单信息的精准关联。系统自动将整体生产计划分解为各生产环节的具体任务,分配至配料、拌和、出料等对应岗位,实时同步生产进度,确保生产计划与实际生产节奏保持一致,避免生产脱节与任务遗漏。(2)实时工艺监控:通过感知层传感器,实时采集生产

过程中拌和温度、拌和时间、配料比例、骨料含水率等关键工艺参数,实时与预设标准参数进行对比分析。当参数出现偏差超出允许范围时,系统自动发出声光预警,明确提示偏差类型与数值,提醒操作人员及时调整,确保生产工艺始终符合规范要求,有效减少产品质量波动。(3)生产流程协同:打通原材料配料、加热、拌和、出料等各生产环节的信息壁垒,实现协同管控。根据生产进度自动调度各环节设备运行,优化流程衔接,减少各环节之间的等待时间;当某一环节出现异常时,自动同步至相关环节,及时调整生产节奏,避免流程脱节导致的生产效率低下,保障生产连续稳定推进。

### 3.3 设备智能管理模块

(1)设备状态监控:实时采集拌和设备、加热设备、输送设备等核心生产设备的运行参数,包括转速、温度、振动、电流等,全面监控设备运行状态。系统结合预防性维护经验优化预警机制,通过数据分析自动识别设备运行异常,提前推送故障预警信息,明确异常部位与潜在隐患,帮助工作人员及时处理,降低设备故障率与停机损失。(2)设备维护管理:根据设备型号、运行时长及使用环境,制定个性化定期维护计划,明确维护内容、维护周期与责任人。系统自动记录维护记录、维护结果及易损件更换情况,在维护周期到期前推送提醒,督促工作人员及时开展设备维护、保养与易损件更换;结合不同区域维护数据优化维护方案,降低维护成本,延长设备使用寿命<sup>[5]</sup>。(3)设备台账管理:建立设备全生命周期电子台账,全面记录设备采购合同、安装调试报告、运行数据、维护记录、故障处理情况及报废信息。工作人员可随时查询设备相关信息,实现设备信息的可查询、可追溯,为设备优化配置、更新换代提供数据支撑,提升设备管理的精细化水平。

### 3.4 质量智能检测与追溯模块

(1)质量检测管理:无缝对接质量检测设备,自动采集沥青混合料的密度、马歇尔稳定度、流值等关键质量指标,无需人工手动录入,减少人为误差。融入AI技

术对检测数据进行智能分析,快速判断产品质量是否合格,同时识别检测数据中的异常规律,提升检测准确性与效率,为质量管控提供及时支撑。(2)质量异常处理:当检测出不合格产品时,系统自动记录异常产品的批次、检测指标、异常数值等信息,结合生产工艺数据、原材料数据,智能分析异常原因,如工艺参数偏差、原材料质量不达标等,并提出针对性处理建议,如返工、报废等,防止不合格产品流入下一道工序,降低质量风险。(3)全流程质量追溯:构建从原材料入库到成品出库的全流程质量追溯体系,为每一批次产品分配唯一批次号。工作人员输入产品批次号,即可快速查询该批次产品对应的原材料信息、生产工艺参数、设备运行数据、质量检测数据等,明确各环节质量责任,提升质量管控的针对性与有效性。

### 结束语

本文完成了面向工厂化的沥青混合料生产智能管理系统的功能设计,涵盖理论基础、总体架构及各核心模块的详细设计,构建了全流程智能管控体系,有效回应了规模化生产中的效率、质量、成本与追溯需求。该系统贴合工厂生产实际,具备实用性、可靠性与可扩展性,可直接适配现有生产流程与设备。后续可结合实际应用反馈,优化AI预警模型与流程协同机制,进一步提升系统智能化水平,为行业数字化升级提供更有力的支撑。

### 参考文献

- [1]刘学龙,于长远,王忠林,等.沥青混合料生产碳能敏感性分析评估研究[J].山西建筑,2025,51(22):19-23.
- [2]吴申.上海地区沥青混合料碳排放模型与碳排放计算分析[J].建筑科技,2025,9(09):62-66.
- [3]万超.改性钢渣SMA-13沥青混合料的工程应用[J].交通世界,2025,4(22):77-79.
- [4]徐卫国.沥青路面施工中温拌沥青技术的应用[J].交通世界,2023,13(05):81-83.
- [5]李昊.公路沥青面层SMA-5施工技术要点[J].交通世界,2023,20(07):114-116.