

市政预制构件标准化生产工艺优化与质量控制研究

朱小金

中国水利水电第七工程局有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i6.4847

[摘要] 市政预制构件标准化生产通过统一技术规范与流程管理,实现高效稳定制造。本文分析现有工艺在模具设计、自动化水平及成本控制等方面的不足,提出工艺流程优化、原材料管控、成型养护改进等策略。构建覆盖全链条的质量控制体系,明确关键监控点与检测技术应用。从组织、技术、管理三方面探讨实施保障措施,为提升构件质量一致性、降低资源消耗提供可行路径。

[关键词] 市政预制构件; 标准化生产; 工艺优化; 质量控制; 实施保障

中图分类号: TU99 **文献标识码:** A

Research on Optimization of Standardized Production Processes and Quality Control for Municipal Prefabricated Components

Xiaojin Zhu

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd.

[Abstract] Standardized production of municipal prefabricated components achieves efficient and stable manufacturing through unified technical specifications and process management. This paper analyzes the shortcomings of existing processes in areas such as mold design, automation levels, and cost control, and proposes strategies for optimizing process flows, controlling raw materials, and improving molding and curing methods. It establishes a quality control system covering the entire chain, specifying key monitoring points and the application of inspection technologies. Implementation support measures are discussed from three aspects: organization, technology, and management, providing a feasible path to enhance component quality consistency and reduce resource consumption.

[Key words] Municipal prefabricated components; Standardized production; Process optimization; Quality control; Implementation support

引言

城市基础设施建设规模不断扩大,市政预制构件需求持续增长。标准化生产凭借高效性与质量稳定性优势,成为行业关键发展方向。然而,现有生产工艺在模具设计、生产效率、成本控制等方面存在诸多问题,制约着构件质量提升与规模化应用。研究市政预制构件标准化生产工艺优化与质量控制,对提高工程质量、缩短施工周期、降低资源浪费具有重要意义。

1 市政预制构件标准化生产工艺现状分析

1.1 标准化生产工艺概述

标准化生产以统一规范为核心,通过制定可复制的技术标准与管理流程,实现生产过程的高效性与产品质量的稳定性。在市政工程领域,预制构件标准化生产遵循模块化设计、通用化制造、系列化开发原则,确保不同项目间构件的互换性与兼容性^[1]。这一模式不仅能缩短施工周期、降低资源浪费,还能通过规模化生产提升经济效益。随着城市基础设施建设规模扩大,

对构件质量一致性、供应及时性的要求日益提高,标准化生产成为推动行业技术升级的关键路径。

1.2 现有生产工艺流程梳理

原材料准备与检验环节强调源头控制,需对水泥、骨料、外加剂等材料进行物理性能与化学成分检测,其中水泥需检测3天及28天抗压强度,骨料粒径需控制在5mm-31.5mm范围,外加剂固含量需稳定在20%-40%区间,剔除不合格批次以保障基础质量。构件成型阶段通过模具定型实现尺寸精度控制,混凝土浇筑后需经过30秒-60秒/平方米的振捣密实与表面处理,减少内部缺陷与外观瑕疵。养护流程采用蒸汽养护或自然养护方式,蒸汽养护需将温度控制在50℃-60℃,相对湿度保持在90%以上,养护时间不少于12小时,通过精准控制这些参数促进混凝土强度发展并降低开裂风险。成品检验环节涵盖尺寸偏差测量、外观质量检查与力学性能测试,合格产品经清洁处理后进行分类包装,运输至施工现场前需核对编号与规格信息,确保与设计图纸匹配。

1.3 现有工艺存在的问题与挑战

工艺流程中模具设计与使用环节存在明显瓶颈。部分模具因结构复杂导致脱模困难, 频繁调整影响生产连续性; 部分通用模具因尺寸固定难以适应多样化需求, 定制化开发又推高成本。生产效率方面, 混凝土搅拌、浇筑与养护等环节依赖人工操作, 自动化程度不足导致周期较长, 且人为因素易引发质量波动。成本控制难题源于原材料浪费与能耗过高, 例如养护阶段蒸汽泄漏或温度控制偏差会延长周期并增加能源消耗。标准化实施障碍体现在技术标准更新滞后, 部分企业沿用传统经验, 对新规范理解不足导致执行偏差, 跨区域协作时因标准差异需二次调整, 进一步制约规模化应用。

2 市政预制构件标准化生产工艺优化策略

2.1 工艺流程优化

简化与合并冗余环节是提升效率的核心方向。通过分析现有流程中的重复操作与低效节点, 例如将混凝土搅拌后的运输与浇筑环节整合为连续作业线, 使中间等待时间从15分钟-30分钟缩短至5分钟以内。引入自动化与智能化技术可显著降低人为干预误差, 例如采用机器人进行混凝土振捣与表面整平, 通过预设程序控制振捣频率在50Hz-100Hz范围, 振捣路径间距控制为200mm-300mm, 确保密实度均匀性^[2]。智能传感器实时监测模具温度与混凝土凝结状态, 数据采集间隔不超过1分钟, 反馈至控制系统后自动调整工艺参数, 实现动态优化。优化生产布局与物流路径需结合车间空间特点, 按工序顺序规划设备摆放位置, 将原材料至成品的转运距离缩短10米-30米, 例如将养护区与成品检验区相邻布置, 使搬运次数从3次-5次减少至1次-2次。物流路径设计采用单向流动原则, 避免交叉作业引发的碰撞与等待, 提升整体流转速度。

2.2 原材料选择与质量控制

原材料性能要求需明确关键指标, 例如水泥强度等级、骨料粒径分布与含泥量、外加剂减水率等, 确保满足构件设计强度与耐久性需求。供应商管理需建立长期合作机制, 定期评估供货稳定性与质量波动情况, 优先选择具备完善检测设备与质量追溯体系的企业。原材料检验流程涵盖入库前抽检与使用前复检, 重点检测易变质材料如外加剂的活性成分含量, 剔除性能衰减批次。存储环节需分区管理, 水泥与骨料分别存放于防潮仓库与封闭料场, 避免混料或污染。使用规范要求按批次先进先出, 领料时核对材料编号与检验报告, 确保投入生产的原材料均符合标准要求。

2.3 成型与养护工艺改进

成型工艺参数优化需结合构件类型与混凝土性能, 例如调整振捣时间与频率以消除内部气泡, 控制浇筑高度避免离析现象。模具设计改进可提升脱模效率, 例如采用侧开式模具或增加脱模斜度, 减少人工撬动对构件边缘的损伤。养护制度设计需根据混凝土强度发展规律制定分阶段控制方案, 初期采用高温高湿环境加速水化反应, 后期逐步降温降湿防止收缩裂缝。温度与湿度控制技术包括蒸汽养护系统与智能喷雾装置, 通过传感器

实时监测并自动调节蒸汽通入量或喷雾频率, 确保养护环境稳定性。

2.4 成品检验与包装标准化

检验项目与标准制定需覆盖外观、尺寸与性能三方面, 外观检查包括表面平整度、气泡与裂纹数量, 尺寸偏差控制在毫米级范围内, 性能测试涵盖抗压强度与抗渗等级。检验方法选择需兼顾效率与精度, 例如采用激光扫描仪进行三维尺寸测量, 利用压力试验机测试力学性能。设备定期校准与维护可保障数据可靠性。包装材料选择需考虑防护性与环保性, 优先选用可回收塑料薄膜或木质托盘, 包装方式按构件形状与重量设计, 例如长条形构件采用捆绑固定, 异形构件增加缓冲材料防止运输碰撞。包装标识需标注构件编号、规格与生产日期, 便于现场快速识别与安装。

3 市政预制构件质量控制体系构建

3.1 质量控制原则与目标

全面质量管理理念强调全员参与、全程覆盖与持续改进, 将质量管控延伸至设计、生产、运输、安装全链条, 确保每一环节均符合标准要求。通过建立标准化操作流程与数据化监控手段, 减少人为因素导致的质量波动, 推动质量管理从“事后检验”向“事前预防”转变。质量控制具体目标设定需兼顾合规性与实用性, 涵盖构件尺寸精度、外观完整性、力学性能稳定性及耐久性四大维度^[3]。尺寸精度要求构件长宽高偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 的设计允许范围内, 确保安装时与预留接口匹配; 外观完整性需实现表面平整无裂缝、孔洞等缺陷, 边缘整齐无毛刺, 缺棱掉角深度不超过5mm; 力学性能稳定性要求抗压强度、抗折强度等指标达到设计值的100%以上, 避免因强度不足引发结构安全隐患; 耐久性需满足抗渗等级P6以上、抗冻等级F200以上、抗碳化深度5mm以下的要求, 延长构件使用寿命, 降低后期维护成本。

3.2 质量管理体系建立

质量手册与程序文件编制是体系运行基础, 需明确质量方针、架构与职责。质量手册应含质量目标、管理承诺、资源保障等, 为全员提供行动指南; 程序文件需细化各环节操作规范, 如制定原材料验收、混凝土配比审批、模具使用维护标准等, 确保有章可循。质量责任制度通过岗位说明书与考核机制落实, 将质量指标分解至生产、技术、检验等部门。生产部门对构件尺寸精度与外观质量负责, 技术部门优化工艺参数保障性能稳定, 检验部门严格把控出厂检验, 问题可追溯至责任人。考核机制将质量指标与绩效挂钩, 如将构件合格率纳入生产班组考核, 检验数据准确性纳入质检员考核, 以奖惩强化质量意识。质量信息反馈与改进依托数字化平台, 生产现场设质量数据采集终端, 实时上传数据, 系统生成波动曲线并预警。技术部门根据分析结果调整工艺或优化设备, 如发现构件强度偏低, 追溯原因后采取改进措施, 形成闭环管理。

3.3 关键质量控制点识别与监控

原材料检验关键点聚焦性能稳定性。水泥检测凝结时间与强度发展规律, 骨料控制含泥量与粒径级配, 外加剂验证减水率

与适应性,任何指标偏离标准均整批退回。生产过程关键控制点涵盖成型与养护环节。成型阶段重点监控混凝土振捣密实度与模具安装精度,避免出现蜂窝麻面或尺寸超差。养护阶段严格控制温度与湿度曲线,防止因升温过快导致开裂或降温过早影响强度发展。成品检验关键指标包括外观、尺寸与性能。外观检查采用目视与触摸结合方式排查缺陷。尺寸测量使用激光扫描仪或卡尺确保偏差在允许范围内。性能测试通过压力试验机与抗渗仪验证抗压强度与抗渗等级是否达标,不合格品隔离返工。

3.4 质量检测技术与设备应用

无损检测技术实现内部缺陷快速识别。超声波探伤仪发射高频声波检测构件内部孔洞与分层,红外热成像仪通过温度差异定位养护不均匀区域。精密测量设备使用提升数据准确性。三坐标测量机实现构件三维尺寸高精度检测,电子万能试验机提供高精度力学性能测试结果。检测数据管理与分析依托信息化系统。所有检测结果自动上传至云端数据库,系统按批次、类型分类存储并生成质量报告。技术部门通过数据挖掘工具分析质量波动规律,为工艺优化提供数据支撑。

4 市政预制构件标准化生产工艺优化与质量控制实施保障

4.1 组织保障

成立专项工作组是推动优化与质量提升的核心力量,工作组由生产、技术、质检等部门骨干组成,负责统筹规划、资源协调与进度跟踪。职责分工需细化至个人,例如生产部门负责工艺执行与设备操作,技术部门主导参数优化与设备升级,质检部门把控质量标准与数据反馈,避免职责重叠或空白^[4]。员工技能提升通过分层培训实现,新员工接受基础操作与安全规范培训,熟练工参与工艺改进案例学习,技术骨干定期参加行业技术交流,确保全员能力与岗位需求匹配。跨部门协作机制依托数字化平台打破信息壁垒,生产现场问题通过移动终端实时上传,技术部门快速响应提供解决方案,质检部门同步更新检验标准,形成“问题提出-分析-解决-验证”的闭环协作流程。

4.2 技术保障

引进先进生产技术与设备是提升效率与精度的关键,例如采用自动化搅拌系统替代人工配料,通过高精度传感器控制混凝土配比误差,使用机器人进行构件脱模与搬运,减少人为操作

误差。技术研发与创新投入聚焦解决生产痛点,例如开发低收缩混凝土配方降低开裂风险,设计可调节模具适应多规格构件生产,优化养护工艺缩短生产周期。技术交流与合作平台通过产学研结合拓展技术来源,与高校合作开展材料性能研究,与设备供应商联合开发定制化生产线,参与行业峰会获取前沿技术信息,确保技术储备始终处于行业领先水平。

4.3 管理保障

完善生产管理制度与流程需覆盖全周期管理,从原材料采购合同审核到成品出厂检验记录,每一环节均制定标准化操作指南,例如明确模具清洗周期、混凝土振捣时间、养护温度范围等具体参数。现场管理与监督力度通过智能化手段强化,安装摄像头监控关键工序操作规范性,使用移动巡检设备实时记录质量数据,系统自动比对标值并触发预警,例如发现尺寸偏差超限时立即暂停生产并通知技术调整。持续改进机制与文化鼓励全员参与质量提升,设立“质量改进提案奖”激励员工提出优化建议,定期召开质量分析会复盘典型问题,将改进成果纳入绩效考核,形成“发现问题-分析原因-制定措施-验证效果”的持续优化循环。

5 结束语

市政预制构件标准化生产工艺优化与质量控制研究,对提升市政工程建设质量与效率意义重大。通过优化工艺流程、严格原材料控制、改进成型养护工艺、标准化成品检验包装,构建完善质量控制体系,并从组织、技术、管理层面提供保障,可有效解决现有工艺问题,推动市政预制构件标准化生产迈向新高度,为城市基础设施建设提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]唐嵩皓.预制装配式桥梁设计施工一体化研究[J].城市住宅,2021,28(12):166-167.
- [2]李清洋,管涛,苗子臻,等.预制装配式技术在市政桥梁工程中的应用[J].施工技术(中英文),2022,51(2):66-69.
- [3]杨燕萍,谢其阳,谢永康,谢其盛.浅析装配式建筑预制构件质量控制[J].住宅产业,2022,(Z1):80-83.
- [4]刁晓翔.装配式建筑预制构件生产安装质量控制和信息管理技术研究及探索[J].住宅产业,2020,(10):100-107.