

预拌混凝土全流程质量控制：配合比设计及生产运输浇筑研究

周文杰

佛山市顺德区有利建筑构件有限公司，广东 佛山 528303

DOI:10.61369/UAID.2024110025

摘 要： 预拌混凝土全流程质量控制对光伏项目意义重大。需考量原材料性能与适配性，进行耐久性设计，通过光伏传感等技术实现生产、运输等环节实时监测与预警，构建数据库精准调控工作性。同时，要建立溯源模型、追踪整改措施、实现资料标准化与多维度数据分析，做好昼夜衔接与特殊管理，未来应加强数字化技术应用。

关 键 词： 预拌混凝土；质量控制；光伏项目

Quality Control of Pre Mixed Concrete Throughout the Entire Process: Research on Mix Design, Production, Transportation and Pouring

Zhou Wenjie

Youli Building Components Co., Ltd., Shunde District, Foshan, Guangdong 528303

Abstract： The full process quality control of ready mixed concrete is of great significance to photovoltaic projects. It is necessary to consider the performance and adaptability of raw materials, carry out durability design, achieve real-time monitoring and early warning of production, transportation and other links through photovoltaic sensing technology, and build a database for precise control of workability. At the same time, it is necessary to establish a traceability model, track corrective measures, achieve data standardization and multidimensional data analysis, do a good job in day night coordination and special management, and strengthen the application of digital technology in the future.

Keywords： ready mixed concrete; quality control; photovoltaic project

引言

随着光伏产业的快速发展，预拌混凝土在光伏项目中的应用愈发广泛。2023年颁布的《光伏产业高质量发展行动计划》强调了提高光伏项目建设质量的重要性。预拌混凝土的质量直接关系到光伏设施的稳定运行，其配合比设计需综合考量原材料性能与适配性，在光伏场景下的耐久性设计、搅拌站生产工艺、运输与浇筑等全流程都需严格质量控制。然而当前的质量控制体系在复杂环境下存在不足，未来应借助数字化技术完善该体系，以满足光伏项目及其他工程建设需求。

一、预拌混凝土配合比设计的理论基础

（一）原材料性能指标与适配性分析

预拌混凝土配合比设计需充分考量原材料性能指标与适配性。水泥的强度等级、凝结时间等参数，直接影响混凝土的强度与工作性能，如高强度等级水泥可提高混凝土早期强度，但需合理控制用量，避免水化热过大^[1]。骨料的级配、粒径、含泥量等对混凝土和易性与强度影响显著，良好级配能减少孔隙率，提升密实度。外加剂的类型与掺量同样关键，减水剂可在保持流动性时降低水灰比，增强强度；缓凝剂能延缓凝结时间，满足大体积混凝土施工需求。同时，针对光伏项目特殊技术要求，如对耐久

性、抗裂性的高要求，原材料间适配性更为重要，需通过试验优化，使各材料协同发挥最佳性能，确保预拌混凝土质量。

（二）基于光伏场景的耐久性设计要求

在光伏场景下，预拌混凝土的耐久性设计至关重要。结合光伏基座承载特点与全寿命周期要求，需建立抗渗、抗裂等核心指标计算模型^[2]。由于光伏基座长期暴露于自然环境中，要承受温度变化、紫外线照射、风沙侵蚀等多种作用，因此对混凝土抗渗性有较高要求，以防止水分侵入导致钢筋锈蚀等问题。同时，考虑到光伏组件的安装及运行稳定性，混凝土需具备良好抗裂性能，避免因裂缝产生影响基座承载能力。通过建立科学合理的抗渗、抗裂核心指标计算模型，能够精准确定预拌混凝土各组成材

料的比例，从而设计出满足光伏场景耐久性需求的配合比，保障光伏设施长期稳定运行。

二、生产阶段的质量控制体系构建

（一）搅拌站生产工艺参数监控

在搅拌站生产工艺中，通过光伏传感技术实现对关键参数的实时监测与预警至关重要。投料精度直接影响混凝土的性能，利用光伏传感技术，可精准感知每一种原材料的投放量，一旦实际投放量偏离配合比设计值，系统即刻发出预警，操作人员能及时调整，确保各原材料比例准确^[3]。搅拌时间同样关键，若搅拌时间过短，原材料无法充分混合，影响混凝土的匀质性；搅拌时间过长，则可能导致混凝土离析。借助光伏传感技术实时监测搅拌时长，当搅拌时间达到或接近设定的最佳值时，发出提示，保障搅拌效果。这种实时监测与预警机制，为预拌混凝土在生产阶段的质量提供了有力保障，使生产过程处于严格的质量管控之下。

（二）混凝土出机性能检测与修正

构建工作性检测数据库，能为混凝土出机性能的分析提供有力支撑。通过持续收集不同配合比、原材料及生产条件下混凝土出机时的坍落度、扩展度、含气量等工作性数据，形成庞大且全面的数据库^[4]。基于此，开发基于机器学习的生产参数动态调整系统。利用机器学习算法对数据库中的数据进行深度挖掘，分析出各因素与混凝土出机性能之间的复杂关系。当检测到混凝土出机性能偏离预期时，系统依据所学习到的规律，迅速给出原材料用量、搅拌时间等生产参数的修正建议，实现对混凝土出机性能的精准调控，确保每一批次预拌混凝土出机后都能具备符合要求的工作性能，满足后续施工需求。

三、运输与浇筑环节的质量保障措施

（一）运输过程动态管控

1. 光伏 GPS 追踪运输时效管理

在预拌混凝土运输过程中，利用光伏 GPS 追踪系统实现运输时效的有效管理。通过该系统实时定位运输车辆，精确掌握其位置与行驶状态，一旦出现偏离预定路线或运输时长接近预计上限等情况，及时预警。同时结合坍落度损失预测预警机制^[5]，依据运输时长、环境温度、混凝土配合比等参数，动态预测坍落度损失。当预测结果接近允许损失范围时，提示采取相应措施，如调整搅拌速度或添加适量外加剂，确保在运输过程中混凝土质量稳定，避免因运输时效问题导致混凝土性能下降，为后续的浇筑环节提供质量可靠的预拌混凝土。

2. 车载监测设备的数据联动

在运输过程动态管控的车载监测设备数据联动方面，要实现罐车转速、温度等参数与调度中心的信息实时交互。罐车配备先进的车载监测设备，对转速、温度等关键参数进行精准采集。当罐车启动运输，这些设备便开始工作，将采集到的实时数据，通过无线通信技术迅速传输至调度中心^[6]。调度中心设置专门的数

据接收与分析系统，能及时获取这些数据，并进行可视化展示。一旦罐车转速异常，可能影响混凝土的均匀性，调度中心可即刻通知司机调整；若温度超出适宜范围，可能导致混凝土性能变化，调度中心可据此做出加速运输、调整浇筑顺序等决策，从而确保运输过程中预拌混凝土的质量稳定，为后续浇筑环节奠定良好基础。

（二）现场浇筑质量管理

1. 光伏基座分层浇筑技术规范

在运输与浇筑环节，制定与光伏支架安装相协调的浇筑顺序与间隔时间控制标准至关重要。运输过程中，要确保混凝土在规定时间内运抵现场，防止坍落度损失过大影响性能。搅拌车应保持匀速转动，避免混凝土离析。到达现场后，需及时检测坍落度等指标，不符合要求应按规范处理。浇筑时，严格遵循既定的浇筑顺序，能防止因浇筑顺序不当导致的结构受力不均等问题。根据光伏基座分层浇筑技术规范^[7]，合理控制每层浇筑间隔时间，使下层混凝土具备一定强度，避免上下层结合不良。如此，从运输到浇筑各环节严格把控，保障预拌混凝土在这两个关键环节的质量。

2. 智能振捣质量评价方法

在运输与浇筑环节，需采取有效质量保障措施。运输过程中，确保搅拌车匀速转动，防止混凝土离析。严格把控运输时间，避免因时间过长导致坍落度损失过大影响性能。抵达现场后，及时检测坍落度等指标，不符合要求的坚决退场。浇筑时，合理安排浇筑顺序，分层浇筑，控制每层厚度，确保振捣均匀、密实。针对现场浇筑质量管理，利用物联网技术构建振捣密度与表面平整度的量化评价体系^[8]。借助传感器实时采集振捣过程中的数据，如振捣时间、频率、加速度等，通过算法分析这些数据与振捣密度、表面平整度的关系，实现对振捣质量的精准评价，及时发现振捣不足或过度等问题，从而保证预拌混凝土在运输与浇筑环节的质量。

四、全流程质量管理的组织与实施

（一）质量控制 PDCA 循环机制

1. 质量缺陷溯源分析模型

在预拌混凝土全流程质量控制中，质量缺陷溯源分析模型至关重要。借助故障树分析法构建该模型，能有效梳理质量问题背后复杂的多因素关联。此模型以混凝土质量缺陷为顶事件，将原材料、配合比、生产工艺、运输及浇筑等环节可能出现的问题作为中间事件与底事件，通过逻辑门精确展现各因素间的因果关系^[9]。通过对故障树的定性与定量分析，可快速定位引发质量缺陷的关键因素。比如当混凝土强度不达标时，依据模型能排查是水泥质量问题，还是配合比中水泥用量不当，亦或是浇筑振捣环节操作失误等，进而有针对性地采取改进措施，提升预拌混凝土质量，保障工程建设的可靠性与安全性。

2. 整改措施的动态追踪

在预拌混凝土全流程质量控制中，整改措施的动态追踪至关重要。借助开发的基于 BIM 技术的质量整改可视化监管平台，

能实现对整改措施的有效追踪。通过该平台,相关人员可实时录入整改信息,涵盖整改进度、完成情况、遇到的问题等。质量管理人员能直观了解每项整改措施的状态,若发现进度滞后或整改效果不佳,及时介入并调整策略。同时,利用平台的数据分析功能,深入剖析整改措施的成效,总结经验教训,为后续质量控制提供参考。这种动态追踪确保了整改措施切实执行,不断优化预拌混凝土全流程质量,使整个质量管理体系处于持续改进状态,提升预拌混凝土的质量稳定性^[10]。

（二）现场资料管理体系

1. 质量验收资料标准化

建立质量验收资料标准化体系,对预拌混凝土全流程质量控制意义重大。应明确验收资料所包含的具体内容,涵盖原材料的各项检测报告,如水泥的强度、安定性检测,砂石的级配、含泥量检测等数据记录;过程记录方面,要包括配合比设计的计算过程、调整依据,生产环节的搅拌时间、温度监控记录,运输中的时间节点、坍落度损失记录,以及浇筑时的施工部位、振捣情况等。验收文件需统一格式,确保信息完整准确,如验收报告的表头、项目名称、检测结果等规范填写,便于追溯和审核,为预拌混凝土质量提供有力的资料支撑,实现质量验收资料标准化,保障整个流程质量控制的可追溯性与可靠性。

2. 质量数据的多维度分析

在预拌混凝土全流程质量控制中,质量数据的多维度分析至关重要。从原材料维度,分析水泥、砂石等各项原材料的质量参数与混凝土性能的关联,如水泥标号对强度的影响,砂石含泥量对工作性的干扰等,以便精准把控原材料质量。从生产工艺维度,研究搅拌时间、搅拌速度等因素与混凝土匀质性及强度的关系,确保生产环节符合质量要求。从运输和浇筑维度,分析运输时间、浇筑温度等对混凝土性能的作用,像过长运输时间可能导致坍落度损失,高温浇筑可能影响凝结时间。通过多维度深入剖析质量数据,为预拌混凝土全流程质量控制提供全面、精准的数据支持,助力及时发现潜在质量问题并优化控制策略。

（三）光伏项目的特殊管理要求

1. 昼夜施工衔接管理

由于光伏项目通常需要昼夜施工,混凝土施工的昼夜衔接管理至关重要。一方面,要精准掌握昼夜不同时段的光照、温度及

湿度等环境参数变化。夜晚温度降低、湿度增大,混凝土凝结速度可能变慢,需调整配合比,比如适当增加早强剂,确保混凝土早期强度发展。另一方面,昼夜交接时要做好施工设备的检查与交接。白天施工设备使用后,夜间启用前要全面检查,保证设备正常运行,避免因设备故障影响混凝土浇筑质量。同时,施工人员的换班交接要清晰,详细说明前一班次混凝土施工的进度、质量状况及后续注意事项,确保昼夜施工衔接顺畅,保障光伏项目混凝土施工的连续性与整体质量。

2. 新能源设备协同管理

在预拌混凝土全流程质量控制中,涉及光伏项目时,需明确特殊管理要求与新能源设备协同管理要点。对于光伏项目,混凝土施工需考虑其对光伏组件安装及系统调试的影响,建立混凝土施工与光伏系统调试的交叉作业管理规程,确保二者有序衔接,避免相互干扰。在新能源设备协同管理方面,要关注混凝土施工设备与光伏设备的协同运作,如合理规划施工场地设备停放位置,避免对光伏设备造成损坏;同时,要考量施工过程中的能源供应,可借助光伏系统提供部分电力支持,实现能源的高效利用与合理分配,从而在满足光伏项目特殊需求的同时,保障预拌混凝土全流程质量控制的有效实施。

五、总结

在光伏项目中,预拌混凝土全流程质量控制体系已取得一定实施效果,有效保障了混凝土质量,为项目顺利推进奠定基础。然而,该体系在面对复杂环境时仍存在适应性不足的问题,如在极端气候条件或特殊地质环境下,难以精准把控各环节质量。数字化技术为预拌混凝土全生命周期管理带来新契机,通过实时监控、数据分析等手段,有望实现质量的动态跟踪与智能调控,提升复杂环境下的适应能力。未来,应加强数字化技术在预拌混凝土质量控制中的应用研究,完善全流程质量控制体系,突破复杂环境限制,进一步提高预拌混凝土质量,更好地服务于各类工程项目,尤其是光伏等新能源项目的建设。

参考文献

- [1] 李峰. 透水混凝土配合比设计及堵塞试验研究 [D]. 沈阳工业大学, 2023.
- [2] 邓文其. 机制砂自密实混凝土配合比设计及性能研究 [D]. 重庆交通大学, 2021.
- [3] 杨舒婷. 再生混凝土配合比优化设计及冻融性能研究 [D]. 吉林大学, 2021.
- [4] 隋玉明. 病理标本前处理质量分析及全流程管理 [D]. 北京协和医学院, 2023.
- [5] 潘植根. 生态混凝土配合比优化设计及其性能研究 [D]. 东南大学, 2022.
- [6] 王克祥, 廖绍锋. 预拌混凝土生产技术与质量控制 [J]. 工程与建设, 2021, 35(4): 824-825.
- [7] 陈晓育. 预拌混凝土检测问题和质量控制分析 [J]. 中国高新科技, 2022(9): 60-61.
- [8] 洪海禄, 梁成文, 梁金成, 等. 不同石粉掺量预拌混凝土的配合比设计及性能研究 [J]. 江西建材, 2023(7): 17-19.
- [9] 李能强. 预拌混凝土生产技术与质量控制方法的探讨 [J]. 砖瓦, 2022(5): 103-105.
- [10] 张天敬. 预拌混凝土质量问题及大体积混凝土施工控制方法研究 [J]. 工程与建设, 2022, 36(1): 190-191, 194.