

大体积混凝土浇筑作业现场安全风险识别与控制研究

赵海

中国水利水电第四工程局有限公司, 青海 西宁 810000

DOI:10.61369/ETQM.2025100023

摘 要 : 大体积混凝土浇筑作业具有持续时间长、水化热集中、裂缝易发等特点, 其施工现场面临诸多安全风险。通过分析作业各环节的危险源, 识别出模板支撑系统失稳、高温作业引发的中暑、电气设备短路、坍落度控制不当导致的泵管堵塞等关键风险因素, 并结合现场环境特点, 提出相应的控制措施, 包括完善风险评估机制、优化施工工序布置、加强人员培训与现场监管等, 为保障施工安全提供理论依据和实践指导。

关 键 词 : 大体积混凝土; 浇筑作业; 安全风险; 危险源识别; 控制措施

Research on Safety Risk Identification and Control in Mass Concrete Pouring Operations

Zhao Hai

China Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau No. 4 Co., Ltd., Xining, Qinghai 810000

Abstract : Mass concrete pouring operations are characterised by long duration, concentrated hydration heat, and a high incidence of cracks, posing numerous safety risks at construction sites. By analysing the hazard sources at each stage of the operation, key risk factors such as instability of the formwork support system, heatstroke caused by high-temperature work, electrical equipment short circuits, and pump pipe blockages due to improper slump control were identified. Based on the characteristics of the site environment, corresponding control measures were proposed, including improving the risk assessment mechanism, optimising the layout of construction processes, strengthening personnel training, and enhancing on-site supervision, providing theoretical basis and practical guidance for ensuring construction safety.

Keywords : large-volume concrete; pouring operations; safety risks; hazard identification; control measures

引言

随着建筑工程规模的不断扩大, 大体积混凝土因其优良的结构性能被广泛应用于各类基础和主体结构施工中。然而, 其在浇筑过程中存在的水化热集中、裂缝易发及施工周期长等问题, 极易引发多种安全隐患。如何有效识别并控制施工现场的安全风险, 成为保障工程质量和人员安全的关键所在。深入探讨其浇筑作业中潜在的危险源及应对措施, 对于推动安全管理水平提升具有重要现实意义。

一、大体积混凝土浇筑作业的特点与施工难点

大体积混凝土作为重要的结构材料, 广泛应用于桥梁基础、大型工业厂房、地铁车站、水工建筑等工程中, 其施工质量直接关系到结构的安全性与耐久性。与普通混凝土相比, 大体积混凝土浇筑具有体积大、浇筑周期长、水化热集中等特点, 容易在内部产生温差裂缝, 对施工工艺及现场安全管理提出了更高要求。浇筑过程中, 混凝土内部温度可迅速升高, 在未及时进行有效散热或养护的情况下, 温度梯度增大会引发温差应力, 从而诱发结构裂缝, 影响整体稳定性。此外, 大体积混凝土对施工缝的处理、振捣密实度以及浇筑连续性等均有较高标准, 稍有不慎就可

能埋下安全隐患^[1]。

在施工组织方面, 大体积混凝土浇筑通常需要长时间连续作业, 涵盖夜间作业、高空作业、高温作业等多个高风险场景。这些因素不仅增加了现场人员的劳动强度, 也提高了作业过程中的安全风险概率。例如, 夜间照明不足可能导致机械误操作或人员跌落, 高温季节易引发作业人员中暑或疲劳作业, 进而造成安全事故。同时, 由于浇筑强度大、施工设备多, 泵送系统故障、电气短路、模板支撑不稳等工程安全问题亦频发。施工现场人员构成复杂, 技术水平参差不齐, 安全意识薄弱, 也是加剧事故发生的重要因素。因此, 识别和防控作业过程中的风险源, 是确保安全高效完成大体积混凝土施工的关键。

从技术与管理双重视角来看,施工中的难点不仅体现在对混凝土材料性能的控制,还包括施工流程组织、环境条件适应及安全管理的协同配合。现场施工需协调好混凝土供应与泵送路径,合理安排分层分段浇筑计划,并实时监测温度变化,采取有效的温控与保温措施,如覆盖保温材料、设置冷却水管等^[2]。同时,加强对施工人员的安全培训,建立健全的风险评估与应急处理机制,提升突发事件的响应能力,是防范安全事故的保障手段。大体积混凝土浇筑需技术与管理并重,以提升施工安全水平。

二、浇筑作业现场主要安全风险类型分析

在大体积混凝土浇筑过程中,作业现场涉及多个施工工序与机械设备,环境复杂、人员密集,极易诱发各类安全风险。首先是结构类风险,主要集中在模板支撑系统失稳与脚手架倒塌等方面。由于大体积混凝土浇筑量大、荷载重,对模板与支撑体系的承载力和稳定性要求极高。若支撑设置不规范、材料选用不当,或因连续浇筑产生较大侧压力,极易导致模板胀模、垮塌等事故。此外,施工缝处理不当或施工中断也可能造成结构弱点,增加裂缝及渗漏风险,严重时甚至引发整体结构破坏,给现场安全带来重大威胁^[3]。

其次是人员作业安全风险,主要表现在高温中暑、高空坠落和机械伤害等方面。大体积混凝土浇筑常发生在气温较高的季节,且为保证施工连续性,往往安排长时间作业,极易引起施工人员中暑或疲劳作业,进而降低操作准确性,增加事故概率。同时,高空部位的浇筑、振捣及抹面作业若未设置有效防护栏杆或佩戴安全防护设备,一旦操作失误或地面湿滑,便可能造成坠落事故。此外,浇筑过程中涉及混凝土泵、振捣器、电缆、配电箱等多种设备,稍有疏忽就可能引发机械碰撞或电击伤害,特别是在潮湿环境中作业,更需加强电气设备绝缘和接地防护,以防触电事件的发生。

最后,还存在物料与环境因素引发的安全风险。例如,混凝土浇筑前后的材料堆放若未规范管理,易造成施工通道堵塞、现场拥挤,不仅妨碍应急疏散,也可能因堆放不稳而发生滑落伤人事件^[4]。在运输过程中,混凝土罐车、泵送设备运行路径复杂,若无专人指挥或未设置警示标志,极易出现交通碰撞或人员误入危险区域等问题。此外,由于浇筑产生大量水分与热量,施工现场湿滑、高温、粉尘等不良环境因素也会影响作业人员状态,进而诱发安全事件。由此可见,大体积混凝土浇筑现场的安全风险类型广泛,具有交叉性、隐蔽性和突发性,必须通过全面的风险识别与动态管控,才能有效提升作业安全水平。

三、大体积混凝土施工危险源的系统识别方法

在大体积混凝土浇筑作业中,危险源广泛分布于施工各个环节,系统识别是实现有效控制的前提。首先应从施工工艺流程出发,采用分阶段识别法,将整个施工过程划分为准备阶段、浇筑阶段、养护阶段等多个环节,对每一阶段可能存在的安全隐患逐

项分析^[5]。例如,在准备阶段重点关注模板支撑系统的搭设是否符合设计要求,施工用电设备是否规范布置;在浇筑阶段则关注泵送压力、人员站位、机械运行状态等动态因素;而在养护阶段,需识别高温蒸养、高湿环境带来的滑倒和触电风险。通过阶段性细化分析,可以避免因整体认知模糊导致的遗漏问题,实现对施工全过程的全面覆盖。

结合“人、机、料、法、环”五要素分析模型,可进一步深化危险源识别的系统性。人员方面,重点分析操作人员的技术水平、安全意识和作业行为是否存在不规范;机械方面,识别泵车、振捣器、电缆等设备的运行状态是否稳定、维护是否及时;材料方面,分析混凝土配合比、外加剂使用和入模温度是否存在偏差引发质量问题;方法方面,检查施工组织设计和技术交底是否充分、作业流程是否具备可操作性;环境方面,则应关注施工现场照明、气温、风力、湿度等外部因素对作业安全的影响。通过五要素逐项分析,有助于构建多维度、系统化的危险源识别逻辑,提升风险预控的科学性和准确性^[6]。

为了增强识别结果的可操作性和时效性,可引入多种辅助识别工具与方法。例如,采用安全检查表法(Checklist)对每一类风险进行条目式审核,避免遗漏关键节点;结合作业现场实际应用场景模拟或专家评估法,开展针对性强的风险分析;通过事故案例归纳法,总结历史工程中的典型问题,作为风险预警的重要参考。此外,借助BIM技术、传感器监控与数据分析平台,可实时采集现场温度、压力、湿度等数据,辅助判断施工状态下潜在的危險源动态变化趋势。通过多方法协同融合,可有效提升危险源识别的系统性、前瞻性与实时性,为后续安全控制措施的制定与执行奠定坚实基础。

四、常见安全风险的控制技术与管理对策

针对大体积混凝土浇筑作业中常见的安全风险,必须从技术与管理两方面同步发力,构建立体化的防控体系。在技术控制方面,首要任务是保障结构稳定性,特别是模板和支撑系统的安全^[7]。应严格按照施工方案和图纸进行模板搭设,使用合格的支撑材料,并设置足够的横向与纵向拉结系统,防止因侧压力过大导致结构失稳。同时,在泵送混凝土过程中,应合理控制浇筑速度和节奏,避免局部区域荷载集中。此外,温控技术也是大体积混凝土施工中不可忽视的关键手段,应根据设计要求采取分层分段浇筑、设置冷却管、水冷循环、使用低水化热水泥等措施,有效降低水化热积聚引发的温差裂缝风险。

人员安全防护是控制风险的另一核心环节。在施工现场,应根据作业特点设立相应的安全区域和警示标识,特别是在泵车作业半径、高空作业平台及电缆分布区域内,防止人员误入危险区。对操作人员必须进行严格的岗前安全教育与技术培训,确保其掌握施工工艺和安全操作规程,具备应对突发情况的能力。施工期间应合理安排班组轮换时间,防止疲劳作业,尤其是在高温季节,需提供充足的饮水、通风和防暑设备,减少中暑及热应激诱发的事故可能。同时,加强对电气设备的巡检和维护,配置漏

电保护器与绝缘措施，在潮湿、高温环境下采用防水防爆型设备，全面降低触电风险^[8]。

管理对策的有效执行是确保安全技术措施落地的保障。首先应建立健全施工现场的安全责任制度，明确各层级管理人员的职责，实行“横向到边、纵向到底”的管理机制。同时推行全过程风险评估制度，对施工方案进行前期安全审核，动态评估各阶段的风险等级，并根据风险变化及时调整安全防护措施。建立现场巡查和隐患排查机制，实行安全检查“日查、周查、专项查”相结合，发现问题立即整改并落实闭环管理。此外，应构建应急预案体系，定期组织应急演练，提高项目人员对火灾、高空坠落、设备故障等突发事件的处置能力。引入信息化手段也是提升管理效率的有效路径，如通过 BIM 平台模拟施工过程，辅助优化工序安排；利用智能监测系统对模板应力、混凝土温度、电气运行状态进行实时监控，为风险预警提供数据支持。通过技术措施与管理手段协同作用，可有效应对大体积混凝土浇筑中的安全挑战，确保施工过程的稳定与高效。

五、构建全过程安全风险管控体系的路径探索

在大体积混凝土浇筑作业中，构建全过程安全风险管控体系是实现施工安全与质量同步提升的关键路径。全过程管控要求从项目前期准备、施工实施到后期养护的每一个环节都建立清晰的风险识别与控制机制，确保安全管理不留死角。前期应以科学的风险评估为起点，组织施工、设计、安全等多方人员联合开展施工方案审查，分析各类危险源的可能性与后果严重程度，制定有针对性的防控措施^[9]。同时，应细化作业计划与资源配置，确保人员、设备、材料、安全投入等满足高风险施工的要求，为后续工作的顺利推进打下坚实基础。

施工阶段是风险最为集中和易发的时期，必须强化动态管控

能力。在实际操作中应将安全管控责任层层分解，落实至岗位与个人，构建“网格化”管理格局。通过建立实时监测系统，对混凝土温度、模板应力、泵压波动等关键指标进行持续跟踪，及时发现异常情况并作出响应。同时，完善现场巡视机制，结合每日安全交底、专项检查与隐患整改记录，实现问题的闭环管理。对于可能出现的高温、雨雪等极端天气，应提前研判并启动相应的应急预案，调整作业时间与方式，防止环境变化放大风险隐患。此外，施工阶段应重视施工人员的状态管理，确保其具备充分的安全意识和技术能力。

在施工完成后的养护与交付阶段，同样不可忽视风险控制的延续性。大体积混凝土结构在早期使用期仍存在温度裂缝和沉降变形的可能，因此应制定合理的养护方案并严格执行，包括覆盖保温、控制环境湿度、延迟拆模时间等措施。同时，应开展安全回顾与总结，对施工过程中发现的问题、处置效果进行系统归纳，为后续类似工程提供改进依据。推动施工安全信息的标准化记录与数据化积累，有助于构建项目层面向企业层面延伸的安全管理知识库，从而提升整体行业的风险应对能力。通过制度建设、技术手段与组织保障的深度融合，全过程安全风险管控体系将成为保障大体积混凝土浇筑安全的有力支撑^[10]。

六、结束语

大体积混凝土浇筑作业具有结构复杂、风险高度集中的特点，施工现场面临诸多安全挑战。通过系统识别危险源，分析常见风险类型，采取科学的技术控制与管理对策，并构建全过程的安全风险管控体系，可有效提升施工安全水平与工程质量。未来应持续推动技术手段与信息化管理的融合，加强人员培训与现场执行力，实现从风险预防到动态控制的全面覆盖，确保施工安全可控、可管、可追溯。

参考文献

[1] 杨柳. 浅谈地下室底板大体积混凝土浇筑施工技术 [J]. 中外建筑, 2016(05): 164–165. DOI: 10.19940/j.cnki.1008-0422.2016.05.048.

[2] 余维春. 建筑工程大体积混凝土浇筑施工技术的研究 [J]. 江西建材, 2017(10): 69+75.

[3] 汪璐灵. 大体积混凝土浇筑技术在建筑工程的应用探讨 [J]. 河南建材, 2018(04): 203–205. DOI: 10.16053/j.cnki.hnjc.2018.04.106.

[4] 郭永伟. 某工程底板大体积混凝土施工技术 [J]. 建材技术与应用, 2018(05): 24–26. DOI: 10.13923/j.cnki.cn14-1291/tu.2018.05.007.

[5] 徐柳清. 论桥梁项目大体积混凝土结构裂缝控制技术 [J]. 城市建筑, 2020, 17(36): 104–106. DOI: 10.19892/j.cnki.csjz.2020.36.31.

[6] 李新周, 郑培明, 李嘉琛. 深基坑大体积混凝土浇筑技术研究 [J]. 砖瓦, 2021(12): 144–145. DOI: 10.16001/j.cnki.1001-6945.2021.12.066.

[7] 李慧. 大体积混凝土浇筑技术在建筑施工中的应用分析 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022(12): 165–167.

[8] 万桂军. 高速公路桥梁承台大体积混凝土浇筑施工工艺分析 [J]. 运输经理世界, 2023(14): 77–79.

[9] 栾亚磊, 齐立强, 薛宏涛. 后浇带施工技术在房建大体积混凝土浇筑工程中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024(31): 92–94. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202431030.

[10] 赵成岳. 基于智能监测技术的大体积混凝土浇筑时脚手架安全评估 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(11): 52–54. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2025.11.018.