

建筑工程中大体积混凝土施工技术的运用研究

王凯

青岛胶州湾科融置业有限公司

摘要：大体积混凝土在建筑工程中的应用具有重要意义，因其体积大、温度控制和裂缝控制等技术难点，对施工工艺提出了高要求。本文通过研究大体积混凝土的原材料选择、配合比设计、施工工艺与方法，以及质量和安全管理措施，旨在提供系统的施工技术解决方案，提高工程质量和安全性。本文旨在为大体积混凝土施工技术的发展和运用提供有益的参考和指导。

关键词：建筑工程；大体积混凝土；施工技术；运用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.033

引言

大体积混凝土在现代建筑工程中广泛应用，尤其在大型基础设施和高层建筑中，其独特的施工要求和技术难点对工程质量有着重大影响。合理的施工技术和科学的管理方法是确保大体积混凝土工程成功的关键。

一、大体积混凝土的基本概念与特点

大体积混凝土是指一次性浇筑成型且最小尺寸不小于1m的大型混凝土结构，其具有较高的水化热效应、较大的内部温差和显著的温度裂缝风险。其主要特点包括：一是体积庞大，需长时间浇筑和持续养护；二是水化热量大，内部温度升高快且散热慢，易引起温度裂缝；三是施工工艺复杂，需精确控制混凝土配合比、水泥用量及浇筑顺序；四是质量控制要求高，需严格监测温度和应力变化，确保内部和表面温度梯度控制在合理范围内。为了有效控制大体积混凝土的温度裂缝，通常采取低水化热水泥、掺合料及外加剂优化混凝土配合比，同时采用分层浇筑、逐层振捣和长时间保温养护等措施。此外，还需进行实时温度监测，通过冷却管系统或表面覆盖保温材料等方法，减小内外温差，避免温度应力集中^[1]。

二、大体积混凝土施工技术

（一）原材料选择与配合比设计

原材料的选择对于大体积混凝土施工至关重要。首先，水泥应选用低热硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥，以减少水化热的积累，从而降低温度裂缝的风险。水泥的细度和需水量也应适中，以确保混凝土的可工作性和强度。砂、石骨料的选择同样关键，宜采用质地坚硬、级配良好的天然砂和碎石，骨料的粒径一般控制在20mm~40mm之间，确保其良好的压实度和力学性能。外加剂方面，优选高效减水剂、缓凝剂和膨胀剂等，以改善混凝土的流动性、延长凝结时间并补偿收缩。此外，掺合料如粉煤灰、矿渣微粉等的使用，不仅能降低水化

热，还能提升混凝土的长期强度和耐久性。对于大体积混凝土，混合水的水质要求也非常高，应选用清洁无污染的水源，含有害物质（如氯离子和硫酸盐）的含量应严格控制在规范范围内。

配合比设计是大体积混凝土施工技术的核心环节，其目的是在满足强度和耐久性要求的前提下，最大限度地减少水化热的产生并控制混凝土的温度裂缝。通常，通过优化水灰比、砂率和掺合料比例来实现这一目标。大体积混凝土的水灰比一般控制在0.4~0.5之间，既能保证混凝土的强度，又能减少水泥用量和水化热。砂率则控制在35%~40%之间，以确保混凝土的流动性和粘聚性。掺合料的掺量视具体工程要求而定，一般情况下，粉煤灰的掺量为水泥用量的20%~30%，矿渣微粉的掺量为10%~20%。此外，还需考虑混凝土的坍落度和凝结时间，通常控制在180mm至220mm和8h以上，以满足长时间施工和养护的需要。

（二）施工工艺与方法

大体积混凝土的施工工艺与方法是确保其结构质量和性能的关键环节。首先，混凝土的搅拌与运输需严格按照设计要求进行。搅拌过程应采用强制式搅拌机，搅拌时间一般控制在90s~120s之间，以确保混凝土的均匀性和和易性。运输过程中，应使用专用混凝土搅拌运输车，运输时间不宜超过90min，防止混凝土初凝。同时，应采取防护措施避免运输过程中水分蒸发和温度变化。其次，混凝土的浇筑应分层进行，单层浇筑厚度一般控制在300mm~500mm之间，确保每层混凝土都能充分振捣密实。振捣时，应采用高频振动器，振捣时间控制在15s~30s之间，避免过振导致混凝土离析^[2]。

养护是大体积混凝土施工的另一个重要环节，直接影响混凝土的强度和耐久性。混凝土浇筑完成后，应立即进行保湿养护，一般采用覆盖麻袋、草帘或塑料薄膜，并定时洒水保持湿润，养护时间不少于14天。在环境温度较高或风速较大的情况下，需采取额外的降温措施，如喷洒冷却水或覆盖保温材料，以防止混凝土表面温度急剧变化。对于需要加速强度发展的混凝土，可采用蒸汽养护法，蒸汽温度一般控制在60℃~80℃之间，养护时间根据具体工程要求确定。此外，为了有效控制大体积混凝土的内部温度，常采用冷却管系统，通过在混凝土内部埋设冷却水管，通入冷却水进行温度控制。温度监测也是必不可少的，需在混凝土内埋设温度传感器，实时监测温度变化，确保内部温度梯度控制在规范要求范围内（通常不超过25℃）。

（三）温度控制技术

大体积混凝土的温度控制技术是防止温度裂缝、确保结构整体性能的关键。首先，预冷技术在温度控制中起到重要作用。预冷技术包括预冷骨料、使用冰水搅拌和混凝土表面喷洒冷水等方法，以降低混凝土入模温度。预冷骨料时，砂石骨料通过喷洒冷水或使用冷风进行降温，使其温度降低至 10°C 以下。冰水搅拌技术是将一部分搅拌用水替换为冰块，通过冰块在搅拌过程中吸收水化热，降低混凝土的入模温度。通常情况下，通过预冷技术可以将混凝土的入模温度控制在 15°C 至 20°C 之间，有效减少温度应力和温差裂缝的发生。此外，冷却管法也是常用的温控措施，通过在大体积混凝土内部布置冷却管，通入冷却水或冷却液带走内部水化热。冷却管一般采用直径为 25mm 至 50mm 的塑料或金属管道，布置间距视具体情况而定，通常为 1m ~ 2m 。

其次，保温养护是控制大体积混凝土温度的重要环节。保温养护主要包括覆盖保温材料和使用保温棚两种方法。覆盖保温材料时，通常使用麻袋、草帘、塑料薄膜或专用保温毯覆盖混凝土表面，减少表面热量散失。保温棚则是在混凝土表面搭建临时保温结构，内部通过热风机或蒸汽机供热，保持恒温环境。保温养护的目标是将混凝土内外温差控制在规范范围内（通常不超过 25°C ），防止因温差过大而产生裂缝。实时温度监测是温度控制的重要手段，通过在混凝土内部和表面埋设温度传感器，实时监测温度变化，数据通常每隔 1h 采集一次，记录并分析温度变化趋势，以便及时调整保温和冷却措施。

（四）裂缝控制技术

裂缝控制技术在混凝土施工中至关重要，直接影响结构的耐久性和整体性能。首先，合理的配合比设计和材料选择是裂缝控制的基础。通过降低水灰比，增加混凝土的密实度和强度，减少收缩和裂缝的产生。通常，水灰比应控制在 0.4 ~ 0.5 之间。同时，采用高效减水剂和缓凝剂，以减少用水量和延缓水化热的释放，从而降低温度裂缝的风险。此外，掺合料如粉煤灰、矿渣微粉等的使用，可以改善混凝土的抗裂性能。粉煤灰的掺量一般为水泥用量的 20% ~ 30% ，矿渣微粉为 10% ~ 20% 。这些材料不仅可以减少水化热，还能提高混凝土的长期强度和耐久性。混凝土的骨料选择也非常关键，骨料应具有良好的级配和较低的含泥量，最大粒径一般控制在 20mm ~ 40mm 之间，以确保其良好的力学性能和裂缝控制效果。

其次，施工过程中的裂缝控制措施同样重要。混凝土的分层浇筑和振捣工艺应严格按照规范进行，单层浇筑厚度一般控制在 300mm ~ 500mm 之间，确保每层混凝土都能充分振捣密实，避免产生施工裂缝。振捣时间控制在 15 秒至 30 秒之间，避免过振导致混凝土离析。浇筑后，应立即进行保湿养护，覆盖麻袋、草帘或塑料薄

膜，定时洒水保持湿润，养护时间不少于 14 天，以防止表面收缩裂缝的产生。在环境温度较高或风速较大的情况下，需采取额外的降温和保湿措施，如喷洒冷却水或覆盖保温材料。为进一步控制裂缝，常采用冷却管系统，通过在混凝土内部埋设冷却水管，通入冷却水进行温度控制。此外，合理设置施工缝和后浇带是有效控制裂缝的措施之一。施工缝应设置在应力较小的位置，并采取拉毛处理，确保新旧混凝土的良好结合。后浇带则应在主体混凝土充分收缩后进行浇筑，一般在浇筑完成后的 28 天进行，以减少因温差和收缩引起的裂缝^[3]。

三、建筑工程中大体积混凝土施工质量控制与管理

（一）施工前的准备工作

施工前的准备工作是确保大体积混凝土施工质量的基础和关键。首先，应进行详细的技术交底，确保所有施工人员理解并掌握大体积混凝土的施工工艺和技术要点。技术交底包括施工图纸的详细解读、施工工艺流程的明确、质量标准和安全措施的说明。其次，应进行材料的全面检验和试验，确保所有投入使用的材料符合设计要求和规范标准。水泥、砂、石骨料及外加剂等主要材料应进行抽样检验，确保其质量稳定。特别是骨料的级配、含泥量和颗粒形状对混凝土的性能有直接影响，需严格控制。配合比设计也是关键环节，通过试验确定最佳配合比，确保混凝土具有良好的工作性、强度和耐久性。此外，还需进行现场设备和工具的检查与调试，确保搅拌机、运输车辆、振动器等设备状态良好，能够满足连续作业的需求。施工现场的准备工作包括场地的平整和硬化，混凝土浇筑区域的模板和支架的安装，以及养护用水源和覆盖材料的准备。

（二）施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是确保大体积混凝土工程质量的核心环节。首先，应严格控制混凝土的搅拌和运输，确保混凝土的均匀性和一致性。搅拌时间应根据具体配合比控制在 90s ~ 120s 之间，运输过程中应尽量减少运输时间，防止混凝土初凝。混凝土浇筑时应分层进行，每层厚度控制在 300mm ~ 500mm 之间，确保每层混凝土充分振捣密实。振捣时采用高频振动器，振捣时间控制在 15s ~ 30s 之间，避免过振导致混凝土离析和过度密实。浇筑过程中应注意施工缝的处理，施工缝应设置在应力较小的位置，并采用拉毛处理，确保新旧混凝土的良好结合。混凝土浇筑后应立即进行保湿养护，覆盖麻袋、草帘或塑料薄膜，定时洒水保持湿润，养护时间不少于 14 天。在养护过程中，应实时监测混凝土的温度和湿度，通过埋设温度传感器和湿度传感器，定时记录并分析数据，确保混凝土内外温差控制在规范范围内，通常不超过 25°C 。

（三）施工后的检测与评估

施工后的检测与评估是确保大体积混凝土工程质量

的重要环节。首先，需进行混凝土强度检测。通常采用钻芯法或回弹法进行强度测定，以确保混凝土达到设计要求的抗压强度。钻芯法通过取样芯进行实验室测试，能够提供精确的强度数据，而回弹法则通过回弹仪在现场直接测量，提供快速的强度评估。其次，应进行混凝土内部结构的无损检测，如超声波检测和雷达检测。这些方法可以检测混凝土内部是否存在空洞、裂缝和其他缺陷，从而评估混凝土的整体密实度和均匀性。此外，温度应力和裂缝控制效果也是检测评估的重要内容。通过埋在混凝土内部的温度传感器，分析混凝土内部的温度变化，确保温度控制措施有效，内外温差控制在规范范围内（通常不超过25℃）。裂缝检测则通过目视检查和裂缝计量仪等手段，检查混凝土表面和内部是否存在裂缝，并评估裂缝的深度和宽度。最后，耐久性评估也是关键，通常通过氯离子扩散系数、抗冻性和碳化深度等指标进行检测，确保混凝土在长期使用过程中能够抵抗环境影响，保持结构稳定和安全^[4]。

（四）质量管理体系的建立与实施

建立与实施科学有效的质量管理体系是保证大体积混凝土施工质量的根本保障。首先，需制定详细的质量管理计划，包括质量目标、控制流程和管理措施等。质量管理计划应涵盖从材料采购、施工准备、施工过程到施工后的各个环节，明确各环节的质量控制要求和标准。其次，需建立健全的质量管理组织体系，明确各级管理人员的职责和权限，确保责任落实到人。项目经理、技术总监、质量监督员等各级管理人员应具备专业素质和管理能力，能够有效组织和协调各项质量管理工作。第三，实施全过程质量控制，严格按照质量管理计划和施工规范执行。施工前，应进行材料检验和试验，确保所有材料符合设计要求；施工过程中，应进行工序检验和过程控制，确保每道工序达到质量标准；施工后，应进行最终检验和验收，确保工程整体质量符合设计和规范要求。此外，信息化管理手段的应用也是质量管理体系的重要组成部分。通过建立工程质量信息管理系统，实现对施工过程和质量数据的实时监控和分析，提高质量管理的效率和精度。最后，需建立持续改进机制，通过定期质量评审和问题反馈，分析质量管理中的不足和问题，制定整改措施和改进方案，不断提高质量管理水平和施工质量。

四、建筑工程中大体积混凝土施工的安全管理

（一）施工安全管理措施

施工安全管理措施是确保大体积混凝土施工现场安全的基础。首先，应制定详细的安全管理计划，包括安全生产责任制、安全操作规程和应急预案等，明确各级人员的安全职责和操作要求。施工现场必须设置明显的安全标志，配备足够的安全防护设备和应急救援物资。其次，现场施工人员必须经过严格的安全培训，掌握施

工安全操作技能和紧急情况的应对方法。施工前，进行全面的安全技术交底，确保所有人员了解施工过程中的危险源和防范措施。第三，严格控制现场环境和施工机械设备，确保其安全运行。设备在使用前应进行全面检查和维护，确保无故障。对于高空作业和深基坑施工，需设置安全防护网和围栏，防止坠落和滑坡。定期开展安全检查，及时发现和消除安全隐患。此外，现场必须建立有效的安全监督机制，由专职安全员进行全过程监督和检查，确保各项安全措施落实到位，施工安全得到有效保障。

（二）安全事故的预防与处理

安全事故的预防与处理是施工安全管理的重要环节。首先，预防安全事故的关键在于识别和控制危险源，通过风险评估确定潜在的安全隐患，并采取针对性的防控措施。例如，针对大体积混凝土施工中的高温作业，需设置降温设备和遮阳设施，防止中暑和热辐射伤害；对产生的粉尘和有害气体，应配备防尘口罩和通风设备，确保作业环境空气质量。其次，施工现场应建立完善的应急救援体系，包括应急救援队伍、应急预案和应急物资储备。应急预案应详细规定各类安全事故的应对措施和处置流程，确保在事故发生时能够迅速响应和有效处理。发生安全事故后，应立即启动应急预案，组织人员进行紧急救援，确保受伤人员得到及时救治，防止事故扩大。在事故处理完成后，需组织事故调查和分析，总结经验教训，查找管理漏洞和技术问题，制定改进措施和防范对策，防止类似事故再次发生^[5]。

五、结语

总而言之，大体积混凝土施工技术在建筑工程中的应用对工程质量和安全至关重要。通过合理的材料选择、科学的配合比设计、严格的施工工艺、有效的温度和裂缝控制，以及完善的质量管理和安全措施，可以显著提高大体积混凝土的施工质量和结构性能。不断优化施工技术和管理方法，能够确保大体积混凝土结构在实际应用中的可靠性和耐久性，为建筑工程的成功实施提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1] 张苏. 土木建筑工程中大体积混凝土结构的施工技术[J]. 大众标准化, 2024, (08): 64-66.
- [2] 夏锐. 大体积混凝土建筑工程施工技术分析[J]. 中华建设, 2024, (04): 124-126.
- [3] 刘耀龙. 高层建筑工程中大体积混凝土施工裂缝防治技术研究[J]. 工程机械与维修, 2024, (03): 26-28.
- [4] 郝晓龙. 大体积混凝土施工技术在房屋建筑工程中的运用[J]. 工程建设与设计, 2024, (03): 205-207.
- [5] 唐钰洁. 建筑工程施工中大体积混凝土浇筑技术的应用研究[J]. 居业, 2024, (01): 25-27.