

建筑混凝土工程施工技术控制分析

张海涛 陈文富 杨 瑞

陕西铜川煤矿建设有限公司 陕西 铜川 727000

摘要：混凝土作为现代建筑工程中应用最为广泛、最为关键的结构材料，其施工质量直接决定了建筑物的安全性、耐久性、适用性及整体性能。随着建筑结构形式日益复杂、对混凝土性能要求不断提高以及国家相关规范标准的持续更新，对混凝土工程施工技术进行系统化、精细化的控制显得尤为重要。本文旨在深入剖析建筑混凝土工程施工全过程中的核心技术环节与控制要点。文章首先阐述了混凝土工程质量控制的战略意义及其面临的挑战，继而从原材料选择与配合比设计、模板工程、钢筋工程、混凝土浇筑、振捣密实、养护管理等关键工序入手，逐一展开详细的技术分析。在此基础上，本文重点探讨了大体积混凝土、高性能混凝土等特殊类型混凝土的施工技术难点与应对策略，并强调了贯穿始终的质量检验与验收标准。本研究期望为提升我国建筑混凝土工程的整体施工技术水平，确保工程结构安全与长期服役性能提供坚实的理论支撑与实践指导。

关键词：混凝土工程；施工技术；质量控制；配合比设计；大体积混凝土

引言

自波特兰水泥问世以来，混凝土凭借可塑性强、抗压性能好、耐久性优及成本低等优势，成为现代建筑的核心材料。然而，其作为多相复合材料，最终性能受原材料、配合比、施工工艺及养护条件等多重因素影响，任一环节失控均可能引发表面缺陷乃至结构失效等严重后果。当前，我国建筑业正迈向高质量发展阶段，超高层、大跨度等复杂工程对混凝土性能提出更高要求，同时《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）等标准也日趋严格。传统依赖经验的粗放管理模式已难以满足需求，亟需建立一套基于科学原理、覆盖全工序、预防为主、精益求精的现代化施工技术控制体系。本文立足于此，系统梳理从原材料进场到最终验收的关键节点，明确各环节的技术要点、控制标准与潜在风险，旨在为工程技术人员提供清晰、严谨、可操作的实践指南，夯实百年精品工程的质量根基。

1 混凝土工程施工质量控制的核心意义与挑战

1.1 质量控制的战略价值

高质量的混凝土工程是建筑安全最根本的保障。它确保了结构在设计使用年限内，能够有效抵抗各种荷载（如自重、风荷载、地震作用）和环境侵蚀（如冻融循环、化学腐蚀），防止发生倒塌、开裂、渗漏等质量问题。这不仅是对业主投资的负责，更是对人民生命财产安全的庄严承诺。其次，优良的施工质量能显著提升建筑的耐久性，减少后期维修、加固甚至提前报废的巨大成本，实现全生命周期的经济效益最大化。再者，在“双碳”目标引领下，通过精准的配合比设计和高效的

施工控制，可以最大限度地减少水泥等高能耗材料的用量，降低建筑隐含碳排放，推动行业绿色可持续发展。因此，混凝土施工质量控制绝非单纯的技术问题，而是集安全、经济、环保于一体的综合性战略任务。

1.2 当前面临的主要挑战

尽管各方对混凝土质量的重要性已有共识，但在实际施工中仍面临诸多严峻挑战。首先是原材料的波动性。水泥、骨料、外加剂等材料的性能受产地、批次、储存条件等因素影响较大，若缺乏严格的进场检验和过程监控，极易导致混凝土拌合物性能不稳定。其次是施工过程的复杂性与人为因素干扰。混凝土从搅拌、运输、浇筑到振捣、养护，工序繁多，且高度依赖现场工人的操作技能和责任心。任何环节的违规操作，如随意加水、振捣不密实、养护不到位等，都会对最终质量造成不可逆的损害^[1]。再者，特殊工程条件带来的技术难题日益突出。例如，大体积混凝土的温度裂缝控制、高强高性能混凝土的泵送与密实、严寒或酷暑环境下的施工保障等，都需要专项的技术方案和精细的过程管理。这些挑战共同构成了混凝土工程质量控制道路上的重重关隘。

2 原材料选择与配合比设计的技术控制

优质的混凝土始于优质的原材料和科学的配合比设计。这是整个施工质量控制链条的源头，其重要性无论如何强调都不为过。

2.1 原材料的质量控制

原材料的质量控制必须遵循“先检后用、不合格品坚决退场”的原则。对于水泥，应重点检验其强度

等级、安定性、凝结时间及与外加剂的适应性。骨料（砂、石）的质量则关乎混凝土的强度、体积稳定性和耐久性，需严格控制其颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量以及有害物质含量。特别是对于有抗冻、抗渗等特殊要求的混凝土，还应检验骨料的坚固性指标。外加剂作为混凝土的“调味剂”，其品种和掺量直接影响混凝土的工作性、凝结硬化过程及耐久性。必须选用信誉良好厂家的产品，并通过试验验证其与所用水泥、矿物掺合料的相容性。矿物掺合料（如粉煤灰、矿渣粉）的应用虽能改善混凝土性能并降低成本，但也必须对其活性指数、烧失量、细度等关键指标进行严格把关。

2.2 配合比的设计与优化

混凝土配合比设计是连接原材料与工程性能要求的桥梁。它并非一成不变的固定公式，而是一个需要根据工程特点、环境条件、施工工艺及原材料实际情况进行动态调整和优化的过程。设计时，必须以满足结构设计所要求的强度等级为基本前提，同时兼顾施工所需的和易性（流动性、粘聚性、保水性）。在此基础上，还需充分考虑混凝土的耐久性要求，如通过限制最大水胶比、规定最小胶凝材料用量、掺加矿物掺合料等措施，来提高其抗渗、抗冻、抗化学侵蚀等能力。对于泵送混凝土，还需保证足够的浆体含量和适当的砂率，以确保良好的可泵性。配合比一旦确定，在施工过程中应严格遵照执行，任何调整都必须经过试验验证并获得监理工程师的批准，严禁现场随意更改。

3 关键施工工序的技术控制要点

混凝土工程的施工是一个环环相扣的连续过程，每个工序的质量都直接或间接地影响着最终的结构实体质量。

3.1 模板工程的技术控制

模板是混凝土成型的“模具”，其质量直接决定了构件的几何尺寸、位置精度和表面观感。技术控制的核心在于确保模板系统的强度、刚度和稳定性足以承受新浇混凝土的侧压力、施工荷载及其他可能的荷载，且在浇筑过程中不发生胀模、跑模或过大变形。模板的接缝必须严密，防止漏浆，以免形成蜂窝麻面等缺陷。对于清水混凝土等对表面质量有极高要求的工程，模板的材质、平整度、脱模剂的选择与涂刷均匀性都需进行精细化控制^[2]。此外，模板的拆除时间必须严格依据混凝土的强度发展情况来确定，过早拆模会导致构件因承载能力不足而受损，过晚则可能影响后续工序。

3.2 钢筋工程的技术控制

钢筋是混凝土结构的“骨骼”，与混凝土共同工作

以抵抗拉力。钢筋工程的控制重点在于其规格、数量、位置、间距、锚固长度及保护层厚度的准确性。钢筋的加工应严格按照设计图纸进行，弯曲角度、弯钩长度等均需符合规范。绑扎或焊接安装时，必须确保钢筋骨架的整体稳定性，防止在浇筑混凝土时发生位移。尤其要重视混凝土保护层垫块的设置，其数量、位置和强度必须能有效保证钢筋在构件中的正确位置，这是防止钢筋锈蚀、确保结构耐久性的关键防线。钢筋施工应与模板工程、混凝土工程协调配合，合理安排施工顺序，避免各工序之间相互干扰。

3.3 混凝土浇筑与振捣的技术控制

混凝土浇筑是将拌合物填充至模板内的过程，其核心要求是连续、均匀、分层进行，避免出现冷缝。浇筑前，必须对模板内的杂物进行彻底清理，并对干燥的木模板进行充分湿润，但不得有积水。对于竖向结构（如墙、柱），应先在底部铺设一层与混凝土成分相同的水泥砂浆，以防止烂根。浇筑过程中，自由倾落高度不宜过大，否则易造成混凝土离析。当高度超过规范限值时，应采用串筒、溜管等辅助工具。振捣是确保混凝土密实、排除内部气泡、使混凝土与钢筋紧密结合的关键工序^[3]。振捣必须做到“快插慢拔、插点均匀、不过振也不漏振”。振捣棒的插入间距不应大于其作用半径的1.5倍，且应插入下层混凝土5-10cm，以消除层间缝隙。振捣时间应以混凝土表面呈现浮浆、不再显著下沉、无气泡逸出为宜。对于钢筋密集区域或预埋件周围，应采用小直径振捣棒或辅以人工插捣，确保混凝土能充分填充每一个角落。

3.4 混凝土养护的技术控制

养护是混凝土施工中常被忽视却又至关重要的环节。其目的是为水泥的水化反应提供必要的温湿度条件，确保混凝土强度正常发展，并有效控制早期塑性收缩和干缩裂缝的产生。养护工作应在混凝土终凝后立即开始。对于普通硅酸盐水泥拌制的混凝土，浇水养护时间不得少于7天；对于掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土，养护时间不得少于14天。养护方式包括自然养护（覆盖保湿材料并定期洒水）、薄膜养护（喷涂养护剂形成保水膜）以及蒸汽养护（用于预制构件）等。在高温、大风或干燥季节，应加强保湿措施；在冬季低温环境下，则需采取保温甚至加热措施，防止混凝土早期受冻。

4 特殊类型混凝土的施工技术难点与对策

随着工程技术的发展，一些具有特殊性能要求的混凝土在工程中得到广泛应用，其施工技术控制也呈现出

独特的难点。

4.1 大体积混凝土的温度裂缝控制

大体积混凝土因其截面尺寸大,内部水泥水化产生的热量难以及时散发,导致内外温差过大,从而产生巨大的温度应力,极易引发贯穿性裂缝。对此,必须采取综合性的温控措施。在材料层面,应优先选用低热水泥、掺加大量粉煤灰等矿物掺合料以降低水化热总量。在配合比设计上,应优化骨料级配,减少单位水泥用量。在施工组织上,可采用分层分块浇筑、设置后浇带等方法,减小约束应力。在过程控制上,必须埋设温度传感器,对混凝土内部及表面温度进行实时监测,并根据监测数据动态调整保温或降温措施(如内部通冷却水管、外部覆盖保温棉被),将内外温差严格控制在规范允许范围内(通常不超过25℃)。

4.2 高性能混凝土的施工保障

高性能混凝土(HPC)以其高强、高耐久、高体积稳定性为特征,但其水胶比低、粘度大,给施工带来了新的挑战。首要问题是确保其良好的工作性,特别是可泵性。这要求外加剂(尤其是高效减水剂)与胶凝材料体系具有极佳的相容性。在运输和浇筑过程中,必须严格控制时间,防止因坍落度损失过快而导致堵管或难以密实^[4]。振捣时,由于其自密实性较好,应避免过度振捣,以免造成骨料下沉、浆体上浮的离析现象。对于自密实混凝土(SCC),则完全依赖其自身的高流动性和抗离析性来填充模板,对模板的密封性和浇筑速度有更高要求,且严禁使用振捣棒。

5 质量检验与验收标准

贯穿于施工全过程的质量检验与验收,是确保各项技术控制措施得到有效落实的最终保障。

5.1 过程检验

过程检验强调对关键工序和隐蔽工程的实时监控。这包括对模板安装的几何尺寸和稳定性检查、钢筋安装的位置和保护层厚度检查、混凝土浇筑前的综合验收(即“浇筑令”制度)等。对于混凝土拌合物,应在出机口和浇筑地点分别进行坍落度、扩展度和和易性指标的测试,确保其满足施工要求。所有检验结果均需形成书面记录,作为质量追溯的依据。

5.2 实体检验与验收

实体检验主要通过留置标准养护试件和同条件养护试件来评定混凝土的强度。标准养护试件用于检验混凝土的配制强度是否达标,同条件养护试件则真实反映了结构实体在实际环境下的强度发展,是结构验收的重要依据。除了强度,还应根据设计要求进行回弹法、超声回弹综合法等非破损检测,或钻芯法等局部破损检测,对结构实体的强度进行复核。对于有抗渗、抗冻等特殊要求的混凝土,还需进行相应的耐久性检验。最终,所有检验结果必须汇总整理,对照《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)等标准进行综合评定,合格后方可进入下一道工序或进行竣工验收。

6 结语

建筑混凝土工程施工技术控制是一项融合材料科学、结构力学、施工工艺与管理科学的系统工程,核心在于通过原材料、配合比、工序及特殊工况的全过程、精细化、标准化管控,精准实现设计意图,确保结构安全、可靠与耐久。本文系统梳理了从源头到终端各环节的技术控制要点,构建了实践导向的理论框架。展望未来,混凝土施工将加速向智能化、绿色化和工业化转型:物联网、大数据与人工智能将推动全过程实时监控与智能预警,实现质量管理由“事后纠偏”向“事前预测”跃升;绿色低碳理念将促进工业固废资源化利用及低能耗、低排放新型胶凝材料的研发;装配式建筑发展则推动混凝土构件工厂化生产,提升质量均一性与可控性。唯有紧跟趋势,持续创新技术控制体系,方能打造经得起时间检验的优质工程。

参考文献

- [1]林旭龙.建筑混凝土工程施工技术控制分析[J].散装水泥,2023,(06):66-68.
- [2]赵吉龙.房屋建筑混凝土工程施工技术与管理[J].居业,2024,(10):203-205.
- [3]李海.房屋建筑混凝土施工技术提升路径研究[J].建筑与预算,2025,(12):61-63.
- [4]高海斌.房屋建筑混凝土浇筑施工技术研究[J].中国科技纵横,2025,(21):101-103.