

建筑工程中高性能混凝土快速浇筑施工技术研究

赵 辉

中国航空工业集团公司济南特种结构研究所 山东济南 250000

摘 要: 建筑工程中高性能混凝土快速浇筑施工技术因强度高、质量轻、耐久性好等特征,在工程建设中应用广泛。其生产需满足配置比、原材料、拌制等要求,以确保混凝土性能。快速浇筑施工技术措施涵盖施工准备、浇筑流程、质量控制及养护管理等环节,通过科学规划与严格把控,实现高性能混凝土的快速、高质量浇筑,提升工程施工效率与质量,为建筑工程发展提供技术支撑。

关键词: 建筑工程;高性能混凝土;快速浇筑施工技术

随着建筑工程向高层化、大型化发展,高性能混凝土因优异力学性能与耐久特性成为核心材料,而传统浇筑工艺存在施工周期长、质量控制难等问题,制约工程建设效率。快速浇筑施工技术通过优化工艺与流程,在保障混凝土性能的同时缩短工期,已成为行业关注焦点。当前该技术在原材料控制、浇筑设备研发及质量管控等方面虽取得进展,但在复杂结构施工适应性、新型材料匹配性等方面仍有提升空间。本文聚焦高性能混凝土快速浇筑技术,系统分析其特征、生产要求及施工措施,为推动建筑工程高效建造提供技术参考。

1. 高性能混凝土施工技术的主要特征

1.1 强度高

高性能混凝土的强度优势源于其精细化的材料配比与工艺控制。区别于传统混凝土,它选用高强度等级水泥、超细矿物掺合料,并搭配高效减水剂,促使水泥颗粒更均匀分散,水化反应更充分,从而形成致密的微观结构。这种结构让混凝土在承受外力时,内部孔隙与缺陷减少,应力分布更均匀,进而展现出远超普通混凝土的抗压强度与抗变形能力。在高层建筑中,高强度混凝土可使柱体截面缩小,释放更多使用空间;在桥梁工程里,能支撑更大跨度的结构设计,突破传统材料的工程限制。

1.2 质量轻

质量轻是高性能混凝土在现代工程中的另一核心特征,其实现路径主要有两种:一是采用轻骨料替代部分普通砂石,这些轻骨料内部多孔,密度远低于传统骨料,却能与水泥浆体形成稳定骨架;二是通过优化配合比,减少水泥用量并引入气泡结构,在保证强度的同时降低表观密度。

质量轻的特性在装配式建筑中优势显著,可减轻预制构件重量,降低吊装设备要求;在大跨度屋盖结构中,能减少支撑体系负荷,提升结构整体稳定性,同时降低运输与安装过程中的能耗。

1.3 耐久性好

耐久性是高性能混凝土区别于普通混凝土的显著标志,其抗劣化能力体现在多维度的环境适应力上。高抗渗性使其能有效阻隔水分与侵蚀性离子渗透,避免钢筋锈蚀与混凝土碳化;优异的抗冻融性能使其在反复冻融循环中保持结构完整,适用于严寒地区工程;耐化学腐蚀性能则使其在接触硫酸盐、酸液等介质时,不易发生化学侵蚀破坏。这种长效耐久性从根本上降低了工程的全生命周期成本,契合可持续发展的建设理念。

2. 建筑工程中高性能混凝土生产要求

2.1 配置比要求

高性能混凝土的配置比设计需遵循“低水胶比、优化骨料级配、掺加矿物掺合料”的核心原则,这一设计理念源于对混凝土微观结构与宏观性能关联的深度把控。低水胶比能显著减少混凝土硬化后毛细管孔隙的数量,配合高效减水剂的使用,可在降低用水量的同时保证拌合物具有良好的流动性,避免因水分过少导致施工困难。矿物掺合料如硅灰、矿渣粉等的掺入,不仅能填充水泥颗粒之间的间隙,改善浆体的黏聚性和保水性,还能与水泥水化产物发生二次水化反应,生成更多的凝胶物质,从而提升混凝土的强度与耐久性。

在实际配置时,需根据工程的具体功能需求进行灵活调整,例如抗渗工程需适当提高胶凝材料用量,通过增加浆

体厚度来阻隔水分渗透路径；大体积混凝土则需降低水泥用量并增加粉煤灰掺量，利用粉煤灰的“形态效应”和“活性效应”，在减少水化热产生的同时，保证后期强度持续增长，确保配置比在满足强度指标的基础上，兼顾施工和易性与结构的长期服役性能^[1]。

2.2 原材料要求

原材料品质是高性能混凝土性能的根本基础保障，每一类材料的选择都直接影响着混凝土的最终性能表现。水泥应选用强度等级不低于42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，因其具有稳定的化学成分和适宜的凝结时间，能为混凝土提供可靠的早期和后期强度。细骨料宜采用级配良好的中砂，这样的砂粒搭配能在混凝土中形成紧密的堆积结构，同时严格控制含泥量与泥块含量，避免泥土颗粒吸附水泥浆体，降低浆体的黏聚性和强度。

粗骨料优选连续级配的碎石或卵石，针片状颗粒含量低、压碎指标小的特性，可增强骨料骨架的支撑作用，减少混凝土受力时的应力集中现象。矿物掺合料必须达到相应的品质标准，如硅灰的高二氧化硅含量能显著提升混凝土的密实度，粉煤灰的细度与烧失量指标则直接关系到其活性发挥程度。外加剂应选用高效减水剂，要求其减水率高且与水泥具有良好的相容性，这是因为相容性差的减水剂容易导致混凝土出现离析、泌水等问题，影响施工质量。所有原材料进场时都需严格进行抽样检测，从源头杜绝不合格材料用于生产，为高性能混凝土的性能奠定坚实基础。

2.3 拌制要求

高性能混凝土的拌制过程是将优质原材料转化为合格拌合物的关键环节，需严格控制各项工艺参数以保证其匀质性和工作性能。采用强制式搅拌机进行搅拌，通过叶片的强力搅动，能确保骨料、胶凝材料与外加剂在较短时间内实现均匀分布，且搅拌时间较普通混凝土适当延长，通常不少于120秒，这是为了让减水剂充分发挥分散作用，使水泥颗粒完全解絮，避免因搅拌不均导致局部水胶比异常，影响混凝土的强度均匀性。

拌制过程中实时监测原材料计量精度至关重要，胶凝材料、骨料、水及外加剂的计量误差必须严格控制在规定范围内，因为哪怕是微小的计量偏差，也可能导致配合比偏离设计要求，进而影响混凝土的强度、耐久性等关键性能。同时，应密切关注拌合物温度，夏季施工时采用冰水降温、骨

料遮阳等措施控制入模温度，防止因温度过高导致水泥水化速度过快，出现早期裂缝；冬季则需对原材料进行预热，确保拌合物温度满足施工要求，避免低温环境下混凝土凝结硬化缓慢甚至受冻破坏。拌制完成后，应及时检测坍落度、扩展度等工作性能指标，一旦发现不符合要求，需迅速分析原因并调整参数重新拌制，以保证高性能混凝土在施工过程中具有良好的可操作性和质量稳定性^[2]。

3. 建筑工程中高性能混凝土快速浇筑施工技术措施

3.1 施工准备工作

高性能混凝土快速浇筑的施工准备工作需从技术、人员、设备、材料及场地等多维度系统开展，为后续高效施工奠定基础。技术层面，需结合工程结构特点与混凝土性能参数，编制详细的快速浇筑专项施工方案，明确浇筑流程、分段分区方法、浇筑速度控制标准及应急处理措施，同时对施工人员进行技术交底，确保其掌握快速浇筑的工艺要点与质量控制要求。人员与设备准备方面，组建专业施工团队，划分浇筑、振捣、收面等作业小组并明确岗位职责，提前调试强制式搅拌机、混凝土泵车、布料机等设备，检查泵送管道的密封性与耐磨性，配备备用设备以应对突发故障。

场地准备需规划混凝土运输路线，确保道路畅通，设置专用卸料区域并做好排水处理，搭建防雨防晒棚以应对恶劣天气。材料准备上，除按配合比要求备足水泥、骨料、矿物掺合料及外加剂外，还需提前与搅拌站沟通，确保混凝土供应的连续性，同时准备好养护薄膜、保温棉被等养护物资。此外，需对模板支撑体系进行全面检查，确保其强度、刚度与稳定性满足快速浇筑时的荷载要求，避免因浇筑速度快导致模板变形或位移，通过全方位的施工准备，为高性能混凝土快速浇筑的顺利实施提供保障。

3.2 浇筑工艺流程

高性能混凝土快速浇筑需遵循科学严谨的工艺流程，以确保浇筑效率与施工质量的统一。浇筑前，需再次检查模板支撑体系的稳固性、钢筋保护层厚度及预埋件位置，清理基层杂物并湿润表面，同时确认混凝土运输车辆与泵送设备已准备就绪。浇筑时，应从结构底部或受力较小的部位开始，按预先划分的施工段分层分段推进，每个施工段的浇筑方向宜从一端向另一端呈“斜面分层”或“全面分层”方式进行，确保新浇筑混凝土与已浇筑混凝土保持良好的结合状态。布料过程中，利用布料机或泵车软管均匀布料，控制布料高度

不超过 2 米, 避免混凝土因落差过大产生离析^[3]。

振捣作业需紧跟布料环节, 采用插入式振捣器快插慢拔, 振捣点间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍, 振捣时间以混凝土表面不再显著下沉、无气泡逸出且泛浆为准, 避免过振或漏振。对于钢筋密集区或复杂节点部位, 需采用小直径振捣棒或人工辅助振捣, 确保混凝土密实。浇筑过程中, 需实时监测混凝土的坍落度与和易性, 若出现异常及时调整; 同时控制浇筑速度, 避免因速度过快导致模板受力不均或混凝土内部温升过高。每段混凝土浇筑完成后, 及时进行表面收光处理, 为后续养护工作做好准备。

3.3 质量控制要点

高性能混凝土快速浇筑的质量控制需贯穿施工全流程, 从原材料到养护各环节实施精细化管理。原材料进场时, 严格核查水泥、骨料、外加剂等的质量证明文件, 对粉煤灰烧失量、外加剂减水率等关键指标进行抽样复检, 杜绝不合格材料使用。配合比控制需结合现场实际, 开盘前测试砂石含水率并调整施工配合比, 确保水胶比、矿物掺合料掺量等符合设计要求。施工过程中, 模板支撑体系的稳定性是控制重点, 浇筑前检查立杆间距、扫地杆设置及支撑基础承载力, 避免因支撑变形导致结构尺寸偏差。

混凝土运输与浇筑环节, 需控制从出机到浇筑的时间间隔, 防止坍落度损失过大; 布料时严格按分层厚度要求施工, 避免一次布料过厚导致振捣不密实。振捣作业需专人负责, 重点控制钢筋密集区、预埋件周边等薄弱部位, 通过观察混凝土表面状态判断振捣效果, 杜绝漏振引发的蜂窝麻面问题。浇筑过程中实时监测混凝土内部温度, 大体积构件需埋设测温元件, 当温差超过 25℃时启动降温措施, 防止温度裂缝产生。浇筑完成后, 及时覆盖保湿养护材料, 养护时间不少于 14 天, 高温天气需增加喷淋次数, 低温环境采取保温措施, 确保混凝土强度正常增长, 通过全链条质量管控保障高性能混凝土快速浇筑的施工品质^[4]。

3.4 养护管理技术

高性能混凝土快速浇筑后的养护管理是保障其性能的关键环节, 需根据环境条件与混凝土特性实施精准养护。浇筑完成后, 应在混凝土终凝前(通常 12 小时内)及时覆盖保湿养护材料, 避免表面水分快速蒸发导致塑性裂缝。对于平面构件如楼板、基础底板, 可采用覆盖塑料薄膜并辅以洒

水的方式, 洒水频率以薄膜下始终存在凝结水为宜, 确保表面持续湿润; 立面构件如墙体、柱体, 则需采用喷涂养护剂或包裹保湿土工布的方法, 养护剂需均匀喷涂至形成连续膜层, 土工布包裹时需确保接缝处重叠 10-15 厘米, 防止局部失水。养护时间需严格不少于 14 天, 尤其对于掺加矿物掺合料的混凝土, 足够的养护期能保证水泥充分水化及掺合料的二次反应持续进行, 提升后期强度与耐久性。

高温天气下, 除常规覆盖外, 需增加喷淋频次, 将混凝土表面温度控制在 35℃以下, 可在构件两侧设置喷雾装置, 通过水汽蒸发降温; 必要时搭建遮阳棚, 降低太阳直射引起的表面温升。低温环境时, 需在保湿层外增设保温棉被, 使混凝土内部温度与表面温差不得超过 20℃, 当气温低于 5℃时, 禁止洒水养护并启动冬季施工保温措施, 可采用电伴热或暖棚法维持养护温度。对于大体积混凝土, 需在浇筑前预埋测温元件, 按沿构件厚度方向每 50 厘米设置一层测温点的标准, 实时监测内部温度与表面温度, 当温差接近 25℃时, 及时调整保温层厚度或启动循环水降温系统, 避免温度应力引发裂缝, 通过全流程精细化养护技术, 保障高性能混凝土强度、抗渗性等关键指标达到设计要求^[5]。

结语: 高性能混凝土快速浇筑技术通过整合材料性能与施工工艺, 为建筑工程高效建造提供解决方案。其强度高、质量轻、耐久性好的特征, 配合配置比、原材料及拌制的生产要求, 结合全流程施工技术措施, 实现了浇筑效率与质量的协同提升。未来需进一步融合智能监测技术, 优化复杂结构浇筑工艺, 完善全周期质量管控体系, 推动该技术向智能化、绿色化方向发展, 持续为建筑工程现代化建设赋能。

参考文献:

- [1] 王莉娜. 建筑工程中高性能混凝土快速浇筑施工技术研究[J]. 水泥, 2025,(06):110-112.
- [2] 张兴峰, 陈晓燕. 装配式建筑中高性能混凝土的应用与性能分析[J]. 居舍, 2025,(15):39-41.
- [3] 宋景珍. 高性能混凝土在高速公路施工中的应用与质量控制探究[J]. 汽车周刊, 2025,(06):90-92.
- [4] 江映雪. 高性能混凝土在市政道桥工程中的应用与性能研究[J]. 佛山陶瓷, 2025,35(05):50-52.
- [5] 刘明昊. 铁路工程中高性能混凝土施工技术及应用研究[J]. 中华建设, 2025,(05):178-180.