

建筑工程混凝土结构技术研究

赵 剑

深圳市城建工程设计有限公司 广东 深圳 518000

摘要：混凝土结构作为建筑工程的核心结构形式，其技术发展直接关系到工程安全与经济性。本文聚焦建筑工程混凝土结构技术研究，从混凝土结构受力机理与材料特性入手，分析了钢筋与混凝土协同工作原理及材料性能影响因素。阐述了结构设计的基本原则、荷载计算方法、截面设计与配筋优化技术，以及复杂结构体系的设计解决方案。研究了裂缝防控、加固改造、耐久性提升等技术体系，涵盖设计优化、施工控制及使用维护全流程。同时对混凝土配合比设计、模板工程、浇筑养护等施工技术及质量控制措施进行了梳理，为混凝土结构工程实践提供技术参考。

关键词：建筑工程；混凝土结构技术；施工技术与质量控制

引言：随着建筑行业发展，复杂结构增多、服役环境多样化，对混凝土结构的受力性能、耐久性及施工质量提出更高要求。当前研究需解决裂缝控制、结构加固、耐久性提升等关键技术问题。本文基于混凝土结构基本理论，结合设计、施工全流程，系统研究结构设计关键技术、施工质量控制方法及性能提升措施，旨在完善混凝土结构技术体系，为工程实践提供理论支撑与技术指导。

1 混凝土结构基本理论与材料特性

1.1 混凝土结构受力机理与理论基础

混凝土结构的受力机理建立在钢筋与混凝土协同工作的基础上，二者通过界面粘结形成复合受力体系。从理论层面看，混凝土具有较高的抗压强度，但抗拉性能较弱，而钢筋则具有优良的抗拉和抗压性能，两种材料的性能互补使混凝土结构能够适应多种受力环境。在受弯构件中，截面受拉区由钢筋承担拉力，受压区由混凝土承担压力，中性轴位置随荷载变化动态调整，形成合理的内力分布模式。经典的结构力学理论为混凝土结构分析提供了基础，包括静力平衡原理、变形协调条件和材料本构关系三大核心要素。随着研究深入，考虑材料非线性的分析方法逐渐成熟，如塑性铰理论、有限元数值模拟等技术，能够更精准地描述结构在复杂受力状态下的行为特征。

1.2 混凝土材料基本性能及影响因素

混凝土材料的基本性能主要包括力学性能、工作性能。（1）力学性能以立方体抗压强度为核心指标，反映材料抵抗压荷载的能力，同时轴心抗压强度、轴心抗拉强度和弹性模量等参数共同构成力学性能评价体系。（2）工作性能则体现混凝土在施工过程中的可操作性，包括流动性、粘聚性和保水性，直接影响浇筑质量和成

型效果。

混凝土性能受以下多种因素综合影响，（1）水灰比是决定强度的关键因素，在一定范围内降低水灰比可显著提高混凝土强度。胶凝材料品种与用量对性能影响显著，水泥强度等级、矿物掺合料（如粉煤灰、矿渣）的种类和掺量会改变混凝土的强度发展规律和耐久性能。

（2）骨料的级配、粒径和表面特征影响混凝土的密实度和界面过渡区性能，良好的骨料级配能减少孔隙率，提高结构整体性。（3）养护条件对混凝土性能发展至关重要，适宜的温度和湿度环境可促进水泥水化反应充分进行，确保材料性能达到设计要求^[1]。

2 建筑工程混凝土结构设计关键技术

2.1 结构设计原则

混凝土结构设计需遵循安全性、适用性和耐久性的基本原则。安全性要求结构在承受各种荷载和作用时，不发生破坏或倒塌；适用性确保结构在正常使用过程中具有良好的工作性能，如控制变形和裂缝宽度在允许范围内；耐久性则要求结构在长期使用环境下能保持其性能不显著退化。

2.2 荷载计算与内力分析方法

荷载计算是结构设计的基础，需按荷载性质分类计算，包括永久荷载、可变荷载和偶然荷载。永久荷载根据材料自重和构造尺寸确定，可变荷载需结合使用功能按规范规定的标准值和组合值系数计算，偶然荷载则按其发生概率和作用效应采用相应的代表值。内力分析基于结构力学原理，根据结构体系特点选择适宜的分析方法。静定结构可通过静力平衡条件直接求解内力，超静定结构则需结合变形协调条件进行分析。随着计算技术发展，矩阵位移法、有限元法等数值方法广泛应用于复杂结构分析，通过建立力学模型、划分单元、求解方程

组等步骤,获得结构各部位的内力(弯矩、剪力、轴力等)和变形数据,为后续设计提供依据。

2.3 构件截面设计与配筋优化技术

构件截面设计需根据内力计算结果,结合材料性能确定合理的截面形式和尺寸。受弯构件需进行正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力计算,受压构件需验算正截面受压承载力,受拉构件则需满足受拉承载力要求。截面设计需同时考虑构造要求,如最小截面尺寸、最大配筋率等限制条件。配筋优化以安全可靠为前提,通过调整钢筋数量、直径、间距等参数,在满足承载力要求的基础上实现经济合理。优化过程需平衡纵筋与箍筋的配置,协调各受力部位的配筋量,避免出现超筋或少筋现象。

2.4 复杂结构体系设计难点与解决方案

复杂结构体系设计面临整体受力分析复杂、刚度分布不均等难点,需通过合理划分结构单元、设置过渡构件等方式优化结构布置。对于大跨度结构,需解决挠度控制问题,可采用预应力技术或增加截面高度等措施提高刚度。抗震设计中,复杂结构需通过概念设计实现延性抗震,合理布置抗侧力构件,避免形成薄弱部位。针对结构体型不规则问题,可采用弹性时程分析法补充计算,评估结构在地震作用下的响应。对于多塔楼、连体等特殊结构,需加强连接部位设计,确保力的有效传递和结构整体稳定性^[2]。

3 建筑工程混凝土结构技术

3.1 混凝土结构裂缝防控技术

混凝土结构裂缝防控需建立“源头预防、过程控制、系统治理”的技术体系,从裂缝成因机理出发,构建以下流程防控方案。(1)设计阶段的裂缝防控技术聚焦于结构方案优化与构造措施完善。在结构布置上,避免构件截面突变和应力集中现象,通过合理设置伸缩缝、沉降缝减少约束应力;对于大体积混凝土结构,采用分层分段设计,控制单元体量并设置必要的温度应力释放构造。配筋设计中,优化受力钢筋与构造钢筋的配置,保证钢筋间距均匀,在构件阳角、孔洞周边等易裂部位增设加强钢筋,提高局部抗裂能力;同时严格控制钢筋保护层厚度,避免因保护层过薄导致钢筋锈蚀膨胀引发表面裂缝。(2)材料环节的防控技术核心是优化混凝土配合比设计。通过选用低水化热水泥品种,控制水泥用量,同时合理掺加粉煤灰、矿渣等矿物掺合料,降低混凝土水化热峰值;采用级配良好的骨料,减少空隙率和单方用水量,在满足工作性能的前提下尽量降低水胶比。(3)施工过程的裂缝防控技术重点在于规范操作

工艺与环境控制。混凝土浇筑前需检查模板支撑体系稳定性,避免因模板变形导致结构裂缝;浇筑过程中应控制入模温度,夏季采取骨料降温、冰水拌合等措施,冬季做好保温措施,减少内外温差。振捣作业需保证密实均匀,避免漏振、过振现象,同时在初凝前进行二次振捣和抹压,消除表面收缩裂缝。

3.2 混凝土结构加固与改造关键技术

混凝土结构加固与改造前要进行全面的结构检测与评估,明确结构缺陷、损伤程度及承载能力现状,为技术方案制定提供依据,其关键技术如下:(1)结构加固的核心技术包括材料选择与加固工艺实施。常用加固材料需满足强度、耐久性及与原结构相容性要求,如HRB400及以上级别的热轧带肋钢筋用于增大截面加固,粘贴用碳纤维布需具备高强度、高弹性模量特性,结构胶应保证粘结强度和耐老化性能。增大截面法通过增加构件截面尺寸并配置新增钢筋,提高构件承载能力,施工中需处理原结构表面,采用植筋或焊接方式实现新旧钢筋连接,确保结合面粘结可靠。粘贴加固技术包括粘贴钢板和粘贴碳纤维复合材料两类,施工时需对基层进行打磨、清理,保证粘结面平整干燥,采用压力注胶或涂刷粘贴工艺确保胶层饱满无气泡,固化后需进行表面防护处理。(2)结构改造技术重点在于体系调整与荷载传递路径优化。当结构功能发生变化导致荷载增加时,需通过增设支撑、托换构件等方式重新分配内力,采用型钢托梁、碳纤维布加固等技术增强原结构承载能力。对于结构布局调整涉及的构件拆除,需采用静态切割等无损拆除技术,避免对保留结构产生振动损伤,同时设置临时支撑体系确保施工过程中结构的稳定性。改造中的节点连接技术需保证传力明确,梁柱节点加固可采用环向包裹、增设加劲肋等方式,确保节点核心区抗剪能力满足要求,预制构件连接部位需加强锚固和密封处理,保障整体工作性能。(3)加固改造后的质量控制技术包括现场检测与验收评估。通过回弹法、钻芯法检测新增混凝土强度,采用拉拔试验检验植筋和粘贴加固的粘结强度,利用超声波检测技术评估结合面质量。对重要结构需进行荷载试验,验证加固改造后的承载能力和使用性能,确保满足设计要求。

3.3 混凝土结构耐久性提升技术

混凝土结构耐久性提升需基于环境作用机理,构建“设计优化、施工控制、使用维护”的全生命周期技术体系,延缓结构性能退化进程。影响耐久性的主要因素包括碳化作用、氯离子侵蚀、冻融破坏、钢筋锈蚀及化学侵蚀等,不同环境类别下的结构需采取以下针对性防

护措施。(1)设计阶段的耐久性提升技术聚焦于环境适应性设计。根据结构所处环境类别(如一般大气环境、海洋环境、工业腐蚀环境等),确定相应的耐久性设计指标,包括混凝土强度等级、保护层厚度、最大水胶比等关键参数。对于潮湿多雾、沿海等氯离子活跃环境,应提高混凝土抗渗等级,采用掺加阻锈剂的混凝土,或在钢筋表面涂刷防腐涂层;针对寒冷地区的冻融环境,需控制混凝土含气量,选用引气型减水剂,提高混凝土抗冻等级。结构构造设计中,应避免积水现象,设置有效的排水坡度和排水孔,在构件转角处采用圆角处理减少应力集中,降低裂缝产生风险。(2)施工过程的耐久性控制技术核心是保证混凝土实体质量。原材料选择需严格控制氯离子含量和碱含量,水泥、骨料、掺合料等材料需经检验合格后方可使用;混凝土配合比设计应在满足强度要求的基础上,优先考虑耐久性指标,通过试验确定最佳掺合料用量和外加剂品种。浇筑过程中需保证混凝土密实度,采用高频振捣器确保振捣到位,避免蜂窝、麻面等缺陷;对于大体积混凝土,需实施温度监测与控制,采取内部通水冷却、表面保温等措施,将内外温差控制在规范允许范围内。(3)使用阶段的耐久性维护技术包括定期检测与及时修复。建立结构耐久性监测体系,通过外观检查、碳化深度检测、钢筋锈蚀电位测试等手段,评估结构耐久性状态;发现裂缝、剥落等损伤时,及时采用修补技术处理,表面裂缝可采用压力注浆法填充,碳化深度超标区域需涂刷混凝土表面处理剂,钢筋锈蚀部位应清除锈蚀层并采用阻锈剂处理后修补^[3]。

4 混凝土结构施工技术与质量控制

混凝土结构施工技术与质量控制如下:(1)混凝土配合比设计与优化。根据结构设计强度、工作性能及耐久性要求,通过试验确定各组分用量。依据原材料性能指标,合理选择水泥品种与强度等级,确定矿物掺合料种类及掺量,控制水胶比和砂率在适宜范围。配合比设计需平衡强度发展与施工操作性,通过调整外加剂掺量优化混凝土流动性,同时考虑环境因素对配合比的影响,进行适应性调整以满足施工需求。(2)模板工程施工技术要遵循结构尺寸准确、支撑稳定的原则。模板选

型应结合构件类型和浇筑方式,确保面板强度和刚度符合要求。模板安装需保证位置、标高和截面尺寸准确,拼缝严密以防止漏浆,支撑体系应具有足够承载力和稳定性,设置扫地杆、剪刀撑等加强构造,避免变形或失稳。模板拆除需根据混凝土强度发展情况确定拆除时间,遵循先支后拆、后支先拆的顺序,避免对结构造成损伤。(3)混凝土浇筑要连续均匀进行,控制浇筑厚度和分层间隔时间,确保上下层混凝土结合紧密。振捣作业应采用适宜的振捣器,按规定路径均匀振捣,直至混凝土表面泛浆、不再下沉,避免漏振或过振。养护工作需在浇筑完成后及时开展,采用覆盖保湿、洒水或薄膜养护等方式,保证养护期间混凝土表面湿润,控制环境温度变化,促进强度增长和性能稳定。(4)施工过程质量检测需贯穿全过程,原材料进场需检验合格,配合比实施前进行开盘鉴定。施工中要监测混凝土坍落度、入模温度等参数,检查模板垂直度、平整度及支撑牢固性。混凝土成型后按规范要求制作试块,进行强度检测,同时通过外观检查、尺寸偏差测量等方式评估施工质量,对发现的问题及时采取整改措施^[4]。

结束语:本文围绕建筑工程混凝土结构技术展开全面研究,明确了混凝土结构受力机理与材料性能规律,构建了涵盖设计、施工、维护的技术体系。在设计层面提出了荷载计算、截面优化及复杂结构解决方案;施工中明确了配合比设计、模板工程及浇筑养护的关键技术;针对结构性能提升,建立了裂缝防控、加固改造及耐久性提升的全流程技术措施。

参考文献

- [1]何云志,刘国全,张赛.混凝土与钢结构工程中的建筑工程施工技术研究[J].四川建材,2025,51(2):142-145.
- [2]孙旭杰,索耀.建筑工程中混凝土与钢结构工程施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(19):44-46.
- [3]李东.混凝土与钢结构工程中的建筑工程施工技术研究[J].陶瓷,2024(3):225-227.
- [4]刀勇.建筑工程钢筋混凝土框架结构施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(11):71-74.