

商务中心办公建筑工程地下室结构设计技术应用

赵婷

浙江建设投资集团有限公司 浙江 杭州 310012

摘要：商务中心办公建筑地下室作为城市核心区域建筑的重要功能载体，承担着设备安置、车辆停放、人防储备及辅助办公等多重任务，其结构设计的科学性与技术适配性直接决定建筑整体的安全性、耐久性与使用效益。结构工程技术的迭代与跨学科融合，为地下室设计升级提供了支撑，通过创新设计理念、优化材料选型、完善施工工艺与强化质量管控，可实现结构安全与功能效益的协同提升。本文从设计基础理论出发，系统探讨商务中心办公建筑地下室的设计原则、荷载分析、材料选择要点，深入研究外墙、底板、顶板等关键组件的创新设计方法，结合基坑支护、主体施工、防水控制与智能监测等技术环节，构建“设计—材料—施工—监测”一体化技术体系，为提升商务中心地下室工程质量、降低运维成本、践行绿色建筑理念提供技术参考。

关键词：商务中心；地下室；结构设计；施工技术；应用

Application of structural design technology for basement of business center office building project

Zhao Ting

Zhejiang Construction Investment Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310012

Abstract: As an important functional carrier of urban core area buildings, the basement of the business center office building undertakes multiple tasks such as equipment placement, vehicle parking, civil defense reserve, and auxiliary office. The scientific and technological adaptability of its structural design directly determines the overall safety, durability, and utilization efficiency of the building. The iteration and interdisciplinary integration of structural engineering technology provide support for the upgrading of basement design. Through innovative design concepts, optimized material selection, improved construction processes, and strengthened quality control, the synergistic improvement of structural safety and functional benefits can be achieved. Starting from the basic theory of design, this article systematically explores the design principles, load analysis, and material selection points of the basement of the business center office building. It deeply studies the innovative design methods of key components such as exterior walls, bottom plates, and top plates, and combines the technical links of foundation pit support, main construction, waterproof control, and intelligent monitoring to construct an integrated technical system of "design materials construction monitoring". This provides technical references for improving the quality of the business center basement project, reducing operation and maintenance costs, and practicing the concept of green building.

Keywords: Business Center; basement; Structural design; Construction technology; application

引言

商务中心作为城市经济活动的核心枢纽，其建设质量与功能完善度直接影响城市资源配置效率与商务活动体验。地下室作为商务中心不可分割的组成部分，不仅是缓解城市核心区停车压力、保障建筑设备正常运转的关键空间，更在人防应急、节能减排等方面发挥着重要作用。然而，城市核心区域的地质环境复杂性、地下水位高企、周边建筑物密集等客观条件，使得地下室结构与施工面临诸多技术难题。同时，随着绿色建筑、智能建筑等理念的深度普及，以及建筑全生命周期管理要求的提出，地下室设计不再局限于传统的安全承载需求，更需要兼顾空间灵活性、节能环保性、运维便捷性等多重目标。

1 商务中心办公建筑地下室结构设计基础

1.1 设计原则

商务中心办公建筑地下室结构设计需遵循安全可靠、功能适配、经济高效与绿色可持续的核心原则。安全可靠是首要前提，需通过科学的结构体系选型与荷载取值，确保结构在常规使用、地震、地下水突涌等工况下具备足够的承载能力、刚度与延性，抵御地质变形与环境作用带来的不利影响^[1]。功能适配强调结构设计与商务中心多元需求匹配，兼顾设备机房、停车场、人防空间等不同区域的使用特性，在满足结构安全的同时保障空间利用率与使用灵活性。经济高效要求在设计中实现技术与成本的平衡，通过优化结构布置、合理选用材料、简化施工工艺，在控制工程

造价的基础上降低后期运维成本。绿色可持续原则聚焦全生命周期效益，融入低碳设计理念，减少高能耗材料使用，采用可循环利用建材与节能构造，降低结构建造与使用过程中的环境影响。

1.2 荷载类型与组合分析

商务中心办公建筑地下室所受荷载类型具有多元性与复杂性，主要包括恒荷载、可变荷载与偶然荷载三类。恒荷载涵盖结构自重、覆土重量、设备基础自重及固定管线重量等，其取值需结合地下室功能布局与构件尺寸精准计算。可变荷载包括车辆活荷载、人群活荷载、地下水压力、土压力、温度应力与收缩应力等，其中地下水压力与土压力需根据地质勘察报告中的土层分布、地下水位埋深及变化幅度动态取值，车辆活荷载需考虑商务中心高峰期车流密度与车辆类型差异。偶然荷载主要涉及地震作用、人防荷载及突发地质灾害产生的附加荷载，需按区域设防烈度与人防等级规范取值。荷载组合分析需突破传统固定组合模式，结合商务中心使用特性构建动态组合体系，重点考虑正常使用工况、地震工况、人防工况与极端水文工况下的荷载叠加效应，引入荷载耦合系数量化车辆振动与设备运行产生的动态荷载影响，通过有限元分析技术优化荷载传递路径，确保结构在各类工况下均能满足承载要求，同时避免过度设计导致的资源浪费。

1.3 材料选择与性能要求

商务中心办公建筑地下室材料选择需以“性能适配、绿色环保、耐久可靠”为核心，兼顾结构功能与可持续发展需求。结构主体材料优先选用高性能混凝土与高强抗震钢筋，高性能混凝土需满足抗渗等级 P8 及以上、抗冻等级 F200 及以上要求，通过掺入矿物掺合料与复合型外加剂优化工作性能，减少水化热与收缩裂缝产生，提升结构抗渗性与耐久性；高强抗震钢筋宜选用 HRB500E 级，其屈服强度、抗拉强度与延性需符合抗震设计规范，确保结构在地震作用下具备良好的耗能能力^[2]。围护结构材料注重功能复合型，外墙与底板可采用自修复混凝土或纤维增强混凝土，利用材料自身的裂缝自愈能力与抗裂性能，降低渗漏风险；防水材料选用环保型高分子卷材与渗透结晶型涂料，确保材料无有害物质释放，同时具备耐水、耐腐、抗老化等长效性能。辅助材料强调绿色低碳，优先选用再生骨料混凝土、废弃橡胶改性沥青等再生建材，以及低能耗保温隔热材料，降低建筑碳足迹。

2 地下室关键结构组件设计

2.1 外墙结构设计

外墙结构形式采用现浇钢筋混凝土剪力墙结构，结合商务中心地下室层高与跨度特点优化墙厚与配筋设计，墙厚一般取值 300—400mm，纵向与水平钢筋采用双层双向布置，配筋率控制在 0.3%—0.8% 之间，重点加强墙角、洞口等应力集中部位的配筋，通过设置暗梁与暗柱提升构件整体性。创新采用“抗渗 + 抗裂 + 保温”一体化设计理念，在混凝土外墙内侧设置保温防渗复合层，

外侧采用渗透结晶型涂料与高分子卷材双重防护，形成多道设防体系。为控制温度应力与收缩裂缝，外墙设置贯通式变形缝与诱导缝，间距按地质条件与结构长度合理划分，变形缝内设置止水带与密封材料，确保防渗连续性。引入有限元数值模拟技术，对墙体在侧向荷载作用下的应力分布进行精准分析，优化钢筋布置方式，采用预应力技术或纤维增强材料增强墙体抗裂性能，避免传统设计中裂缝控制不足导致的渗漏问题，同时满足商务中心地下室对空间利用与节能保温的双重要求。

2.2 底板抗浮结构设计

被动抗浮通过优化底板结构形式实现，采用梁板式筏形基础或平板式筏形基础，增大底板与地基的接触面积，利用结构自重与覆土重量平衡地下水浮力；主动抗浮采用抗浮锚杆与新型复合抗浮桩组合体系，抗浮锚杆深入稳定隔水层，通过高压注浆形成锚固段，复合抗浮桩采用空心桩体设计，兼具抗浮与承载功能，减少桩体数量与工程造价^[3]。创新引入地下水动态监测与智能调控系统，在地下室底板设置水位传感器，实时监测地下水位变化，通过自动控制抽排水设备调整地下水位，实现动态抗浮。底板结构设计需考虑抗浮与承载的协同作用，通过有限元分析优化底板厚度与配筋，重点加强桩顶与底板交接处、底板跨中及转角部位的配筋，避免局部应力集中导致的结构破坏。同时，底板采用高性能抗渗混凝土浇筑，设置贯通式止水钢板与膨胀加强带，提升底板整体防渗性能，确保在高水位工况下结构安全稳定。

2.3 顶板与梁柱节点设计

无梁盖板取消传统梁体，通过增大板厚与设置柱帽优化受力性能，板厚按跨度的 1/30—1/35 取值，柱帽采用锥形或球形设计，增强板柱节点的抗冲切能力，提升空间利用率与施工效率。型钢混凝土梁柱结合了钢结构与混凝土结构的优势，型钢采用 H 型钢或箱型截面，混凝土强度等级不低于 C40，梁柱节点核心区采用劲性钢筋与型钢焊接连接，增强节点刚度与延性。创新采用抗震性能化设计方法，对梁柱节点进行极限承载力验算与耗能能力分析，通过设置加劲肋、优化钢筋锚固方式等措施，提升节点在地震作用下的塑性转动能力与耗能性能。顶板配筋采用双层双向钢筋网，重点加强柱帽周边、洞口边缘及板跨中部位的配筋，避免裂缝产生；同时，顶板考虑上部绿化、停车场等功能需求，预留管线孔洞与设备基础接口，通过 BIM 技术进行管线综合排布，避免后期凿改对结构造成破坏，实现结构设计与功能需求的精准适配。

3 商务中心办公建筑工程地下室施工技术与质量控制

3.1 基坑支护与降水技术

商务中心办公建筑地下室基坑支护需适应城市核心区域地质复杂、周边环境敏感的特点，采用“复合支护 + 智能调控”的创新技术体系。支护结构选用土钉墙—排桩—锚索复合体系，排桩

采用钻孔灌注桩或钢板桩, 间距按基坑深度与土层稳定性计算确定, 土钉墙与排桩协同作用, 增强基坑侧壁稳定性; 锚索采用高强度低松弛钢绞线, 锚固段深入稳定土层, 通过预应力张拉控制基坑变形。创新引入可回收支护构件, 如可回收钢板桩、可拆芯锚索等, 减少施工过程中建筑垃圾产生, 践行绿色施工理念^[4]。降水技术采用“分层降水+智能调控”模式, 根据地质勘察报告中的土层分布与地下水位情况, 设置多级降水井, 分层降低地下水位; 安装水位监测传感器与自动抽排水系统, 实时监测地下水位变化, 通过智能算法调整抽水泵运行参数, 避免过度降水导致周边地面沉降与水资源浪费。

3.2 主体结构施工技术

商务中心办公建筑地下室主体结构施工采用“装配式+现浇”混合施工工艺, 结合数字化技术提升施工质量与效率。装配式构件选用预制外墙板、叠合楼板、预制楼梯等标准化构件, 构件生产采用工厂化预制, 确保尺寸精度与混凝土强度, 运输过程中采用专用支架防护, 避免构件损坏; 现场安装采用起重机械吊装, 通过 BIM 技术进行吊装模拟, 优化吊装顺序与路径, 减少交叉作业冲突, 构件连接部位采用后浇混凝土与灌浆套筒连接, 确保连接牢固可靠。现浇结构施工重点控制混凝土浇筑质量, 采用泵送混凝土连续浇筑, 浇筑过程中使用振捣机器人进行均匀振捣, 避免漏振与过振; 底板与外墙施工设置后浇带与膨胀加强带, 控制混凝土收缩裂缝; 钢筋工程采用工厂加工、现场安装模式, 利用 BIM 技术进行钢筋翻样与排布优化, 采用钢筋定位支架确保钢筋间距与保护层厚度符合设计要求。

3.3 防水工程施工质量控制

商务中心办公建筑地下室防水工程施工质量控制采用“工序标准化+智能检测”的创新模式, 确保防水体系的可靠性与耐久性。施工前制定详细的工序作业指导书, 明确基层处理、防水材料铺设、节点加强、成品保护等各环节的操作标准, 基层处理采用机械打磨与高压水枪冲洗相结合的方式, 确保基层平整、清洁、干燥, 平整度偏差不超过 5mm/2m; 防水材料铺设严格按“先低后高、先远后近”的顺序施工, 卷材铺设采用热熔法或冷粘法, 确保粘结牢固, 无空鼓、翘边现象; 节点部位如阴阳角、变形缝、穿墙管等, 增设防水加强层, 加强层宽度不小于 500mm, 穿墙管采用止水环与防水卷材双重密封^[5]。施工过程中引入智能检测技术, 采用超声波检测仪对防水卷材粘结强度进行无损检测, 利用红外热成像仪排查基层空鼓与卷材搭接缺陷, 对检测发现的问题及时整改, 确保施工质量符合设计要求。建立防水工程质量追溯体系, 对每一批防水材料进行进场检验, 记录材料型号、批次、检测报告等信息, 施工过程中拍摄影像资料, 存档备查; 竣工后进行闭水试验与淋水试验, 闭水时间不少于 24 小时, 渗漏量符合规范要求后方可进行下道工序施工, 从源头杜绝渗漏隐患。

3.4 施工全过程智能监测技术

商务中心办公建筑地下室施工全过程智能监测技术以物联网与大数据分析为核心, 构建“实时监测—数据分析—预警管控”的闭环体系。监测内容涵盖基坑变形、结构应力、地下水水位、环境参数等多个维度, 基坑变形监测采用全站仪与自动化测斜仪, 实时采集基坑边坡位移与沉降数据; 结构应力监测在钢筋、型钢等关键部位安装应变片, 监测施工过程中结构应力变化; 地下水水位与环境温湿度通过传感器实时采集, 所有监测数据通过无线传输模块上传至云端管理平台。创新引入大数据分析算法, 对监测数据进行趋势分析与异常识别, 建立结构安全预警模型, 当监测数据超过预警阈值时, 平台自动发送预警信息至管理人员移动端, 同时给出应急处置建议。施工过程中, 结合监测数据优化施工参数, 如根据基坑变形数据调整锚索张拉力度, 根据结构应力数据调整混凝土浇筑速度, 实现动态施工管控。监测数据同步接入商务中心建筑运维管理平台, 为后期结构维护与改造提供数据支撑, 实现施工阶段与运维阶段的技术衔接, 提升建筑全生命周期管理水平。

结语

商务中心办公建筑地下室结构设计与施工技术的创新应用, 是提升建筑工程质量、践行绿色低碳理念、适应城市核心区域建设需求的关键路径。本文从设计基础、关键组件设计、施工技术与质量控制三个维度, 构建了“设计—材料—施工—监测”一体化的技术体系, 通过融入全生命周期设计理念、采用高性能绿色材料、创新结构组件形式、应用智能施工与监测技术, 实现了地下室结构安全可靠、功能适配性与经济可持续性的协同提升。未来, 随着数字化、智能化技术的持续发展, 地下室结构设计与施工将向低碳化、精准化、智能化方向进一步推进, 通过 AI 技术优化设计方案、数字孪生技术模拟施工全过程、低碳材料研发与应用等, 不断提升工程综合效益, 为城市核心区域建筑高质量发展提供更强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 卢桂铭. 试析民用建筑工程设计管理策略[J]. 居业, 2020,(12):138-139.
- [2] 洪伟堂. 建筑工程地下防水施工质量控制对策[J]. 四川水泥, 2020,(11):163-164.
- [3] 全国民用建筑工程设计技术措施[J]. 建设科技, 2015,(10):39-41.
- [4] 张丽荣. 建筑工程中地下室的深基坑围护施工技术[J]. 科技展望, 2014,(16):13-14.
- [5] 朱昱茵. 高层住宅建筑工程地下室防水结构设计施工技术[J]. 城市建筑, 2013,(18):46.