

既有地下人防商场建筑结构检测鉴定与加固设计策略

范华君

南京长江都市建筑设计股份有限公司, 江苏 南京 210000

DOI:10.61369/ETQM.2026030037

摘 要 : 文章讨论了既有地下人防商场建筑结构的安全性。分析了这类建筑的结构特点及面临的老化、渗漏、安全隐患等问题,并探讨了影响结构安全的因素。介绍了地下人防商场结构检测鉴定的技术标准、新技术与新方法,并结合案例分析了检测鉴定的过程和经验。还提出了确保地下人防商场建筑结构安全性和可靠性的策略,包括加固设计原则、结构现状评估、加固材料与技术选择、加固方案制定与优化、施工过程中的质量控制与安全管理等方面。

关 键 词 : 地下人防商场; 结构安全; 检测鉴定; 加固设计; 技术策略

Inspection, Assessment, and Reinforcement Design Strategies for the Architectural Structure of Existing Underground Civil Air Defense Malls

Fan Huajun

Nanjing Changjiang Urban Architectural Design Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract : This paper discusses the safety of architectural structures in existing underground civil air defense malls. It analyzes the structural characteristics of such buildings and the issues they face, including aging, leakage, and potential safety hazards, and explores the factors influencing structural safety. The paper introduces technical standards, new technologies, and methods for inspecting and assessing the structures of underground civil air defense malls, and analyzes the inspection and assessment process and experiences through case studies. It also proposes strategies to ensure the safety and reliability of architectural structures in underground civil air defense malls, covering aspects such as reinforcement design principles, evaluation of the current structural condition, selection of reinforcement materials and techniques, formulation and optimization of reinforcement plans, and quality control and safety management during construction.

Keywords : underground civil air defense mall; structural safety; inspection and assessment; reinforcement design; technical strategies

引言

城市化进程的加速推动了地下空间的深层次开发,使其成为城市发展的新兴领域。地下人防商场,作为集防空避难与商业活动于一体的地下建筑,正在中国经历着快速的增长和深度的应用。但是,这类建筑的结构复杂性和运营的特殊性提出了对结构健康评估与加固更新的高要求,形成了一个待解的重要工程课题。

一、既有地下人防商场建筑结构特点及存在的问题

20世纪80、90年代,建筑业迅速发展,但因建设水平较低、技术水平较差,且随着使用年限的延长,建筑结构在一定的时间内会发生老化、损坏、墙体裂缝等一系列问题,从而造成建筑物的安全性下降、功能衰退,对居民的日常工作、居住造成极大的不便。^[1]

(一) 地下人防商场的建筑结构特点

地下人防商场的设计充分考虑了地下空间的特点和安全性要求。这类商场一般位于地面以下,具有较大的埋深,以充分利用地下空间。由于地下空间的限制,商场内部空间布局复杂,包括

多个楼层、通道和公共区域。结构形式多样化,如框架结构、剪力墙结构、拱顶结构等,不仅满足了不同的使用功能,还增强了承受地下环境压力的能力。

作为人防工程的重要组成部分,地下人防商场具有较高的防护等级,包括防火、防水、防辐射等多重防护功能,确保了在紧急情况下的安全性和可靠性。

(二) 地下人防商场存在的问题

地下人防商场虽然具有独特的建筑结构特点,但也面临着一系列问题。

1. 由于长期使用和环境因素的影响,结构容易出现老化、损伤和腐蚀,这些问题可能会影响商场的安全性和使用寿命。

2.地下人防商场容易受到地下水的影响，导致渗漏、水浸等问题，这些问题可能会对商场的正常运营和结构安全造成威胁。此外，地下人防商场的通风条件相对较差，容易导致空气污染、湿度过大等问题，这些问题可能会影响商场的舒适度和人员的健康。

3.地下人防商场由于空间封闭、出口有限，存在火灾、爆炸等安全隐患。为防范和应对，需安装自动喷水灭火系统、火灾报警系统、疏散指示标志，加强日常巡查和设施维护，确保消防设施和疏散通道的正常运行，保障人员安全。

（三）影响地下人防商场结构安全的因素

地下人防商场的结构安全受到多种因素的影响。地下环境是关键因素之一，地质条件、地下水文情况等对结构安全具有重要影响，如地基承载力、地下水位变化等。^[2]设计与施工质量对结构安全至关重要，包括结构设计的合理性、材料的选择、施工工艺等。使用与维护过程中的人员活动、设备运行等因素也会对结构造成一定的影响，定期的维护和检修是保证结构安全的重要措施。

不可忽视的是，外部环境的变化也可能对地下人防商场的结构安全构成威胁，包括地震、地面沉降等自然灾害，以及周边建筑工地施工等人为因素。因此，综合考虑这些因素，并采取相应的预防和保护措施，是确保地下人防商场结构安全的关键。

二、既有地下人防商场建筑结构检测鉴定技术

（一）地下人防商场结构检测鉴定的技术标准与规范

《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021：这也是由中国住房和城乡建设部发布的国家标准，自2022年4月1日起实施。它是一个强制性工程建设规范，包含了既有建筑的鉴定与加固的通用规则和方法。这个规范取代了一些之前的工程建设标准中的相关强制性条文，例如《建筑抗震鉴定标准》和《工业建筑可靠性鉴定标准》等。

（二）地下人防商场结构检测鉴定中的新技术与新方法

地下人防商场结构检测鉴定中的新技术与新方法主要包括以下几点：

1.综合快速检测装备的应用：为了提高检测效率和准确性，新型综合快速检测装备被广泛应用于地下人防商场的结构检测中。^[3]这些装备能够实现现场快速检测，并具有高精度的数据自动识别和分析能力，适用于隧道结构表观病害检测和断面变形检测等多个方面。

2.既有建筑结构检测鉴定与加固设计：针对早期修建的人防工程在长期使用中可能出现的安全性问题，对现有结构进行全面检测和评估，并采取适当的加固措施，成为确保其安全使用的重要环节。

3.高效智能化的检测技术：随着科技的发展，新型检测技术如激光扫描、无人机监测、远程传感等技术被引入地下人防商场的结构检测中，提高了检测的效率和数据的准确性。

4.结构健康监测系統：利用现代传感技术和数据分析方法，建立结构健康监测系統，实现对地下人防商场结构的实时监控和状态评估，及时发现和处理潜在的安全隐患。

5.数字化和信息化技术的应用：地下人防商场利用数字化模

型和信息化管理平台，整合了结构信息管理。它将设计图纸、施工记录、检测报告等信息数字化并储存在数据库中，使得管理人员能够迅速查询、分析和共享这些资料，提升了数据追溯和管理效率。该平台还能实时监控和预警，助力管理人员及时处理安全隐患，确保了商场结构的安全和稳定运营。^[4]

这些新技术和新方法的应用，不仅提高了地下人防商场结构检测鉴定的效率和准确性，还增强了其安全性能，为地下人防商场的长期稳定使用提供了重要保障。

（三）地下人防商场结构检测鉴定案例分析与经验总结

1.案例分析

（1）工程概况

某地下商场原为地下一层框架结构人防设施，后改为地下商城。该地下人防商城为地下一层钢筋混凝土无梁楼盖结构，局部为框架结构。中央大厅为地下两层非人防区，采用井式梁结构，大厅屋面采光用钢网架结构。该工程的建设年代较早，加之长期处于地下潮湿环境中，使得结构的安全性大大降低。

（2）检测鉴定过程

现场检查未发现建筑物主体结构有明显变形、倾斜或歪扭现象。详细调查也未发现因地基基础不均匀沉降而产生的裂缝和倾斜。混凝土强度抽测采用回弹取芯综合法，结果显示地下一层混凝土强度离散性较大，但均满足C25强度等级要求。混凝土保护层厚度和混凝土碳化深度也进行了检测。

（3）加固技术

对于既有结构的加固，采用了多种方法以提高其承载能力和安全性。具体来说，混凝土柱通过增大截面法进行了加固，这种方法通过增加柱的横截面积来提高其稳定性和承载能力。而对于梁的加固，则设计了两种主要的加固方案：一是增大截面法加固，二是新增钢筋法加固。增大截面法同样适用于梁，通过增加梁的截面面积来提升其力学性能，而新增钢筋法则通过在梁中添加更多的钢筋来增强其抗弯能力。

另外，结构灌浆料加固技术被用于墙、柱以及局部顶板和底板梁的补强，这种方法通过注入高强度的灌浆料来填充和加固结构的裂缝和弱点，从而提升整体的稳定性和耐用性。这些加固措施的综合应用，确保了结构的安全性和可靠性，延长了其使用寿命。

2.经验总结

地下人防商场的结构检测鉴定与加固设计是一项涉及安全性、耐久性和功能性的复杂工程。^[5]这要求在检测过程中深入理解工程历史和现状，制定恰当的检测方案，并运用先进技术如回弹-取芯法、激光扫描和无人机监测来提升检测效率和精确度。加固设计应依据结构特性和病害状况选择适宜方法，如增大截面法或结构灌浆料加固。施工时必须重视质量和安全，确保符合规范。同时，日常维护和监测是预防潜在风险的关键，而持续的研究和创新则是提升行业技术和服务质量的重要途径，旨在不断提高地下人防商场结构的安全性和可靠性。

三、既有地下人防商场建筑结构加固设计策略

（一）加固设计的基本原则与目标

1.保证结构在承受各种预期荷载和力的作用下保持安全，降

低维护成本和潜在维修需求。

2. 满足商业空间的功能需求, 提高经济效益, 实现资源有效利用。

3. 适应地下环境的特殊性, 确保结构在复杂环境下的稳定性和耐久性。

这些原则和目标共同构成了既有地下人防商场建筑结构加固设计的全面性和有效性, 为城市商业活动提供坚实的保障。

(二) 结构现状评估与病害诊断

在进行既有地下人防商场建筑结构的加固设计前, 需进行彻底的现场检查, 以评估现有结构的材料性能、结构完整性、历史荷载情况以及任何已知的损伤或病害。^[6] 为了更准确地了解结构现状, 使用非破坏性检测技术, 如超声波和雷达扫描, 以及必要的破坏性测试, 如取芯样分析, 来评估结构的具体状况。通过这些方法, 可以确定病害的原因, 如施工质量问题、环境因素、材料老化等, 评估病害的严重程度, 并预测病害可能的发展趋势, 为后续的加固设计提供科学依据。

(三) 加固材料与技术的选择

在既有地下人防商场建筑结构的加固设计中, 需依据结构现状和病害诊断结果来挑选合适的加固材料和技术。^[7] 这些加固材料可能包括钢板、碳纤维布、高性能混凝土以及结构灌浆料等。例如, 钢板可以用于增大截面法, 通过扩展结构的横截面积来增强其承载力; 碳纤维布则可以采用粘贴碳纤维布法, 以此来提升结构的抗拉强度; 而高性能混凝土和高性能灌浆料则能够用于修复和加固受损的结构部位。

同样值得注意的是, 结构灌浆法作为一种常用技术, 通过填补裂缝和空洞, 增强了结构的密实性和整体性能。^[8] 在选择加固技术时, 常见的做法包括外包钢法, 该方法通过在原有结构外部增加钢框架来提高结构的稳定性; 还有粘贴碳纤维布法, 它通过粘贴碳纤维布来增强结构的抗弯和抗剪能力; 以及结构灌浆法, 通过注入灌浆料来填补结构中的空隙和裂缝, 从而提升结构的完整性和耐久性。通过这样精准地选择和应用, 可以有效地解决既有地下人防商场建筑结构存在的问题, 确保其安全、可靠和功能性。

(四) 加固方案制定与优化

在既有地下人防商场建筑结构的加固设计过程中, 首先根据结构现状评估、病害诊断结果, 结合所选加固材料和技术, 制定初步的加固方案。这一方案需综合考虑结构的特点和需求, 以及

所处的环境条件。

随后, 对加固方案进行详细的分析和评估, 重点关注方案的可行性、经济性和预期效果, 必要时进行优化调整。例如, 如果初步方案中采用的加固材料或技术在经济成本上过高, 可能需要寻找替代方案以降低成本, 同时确保结构安全。

最终, 经过多轮评估和优化, 确定的加固方案应能够有效解决结构存在的问题, 满足加固设计的安全性、可靠性、功能性、经济性和环境适应性等基本原则与目标。这样, 既有地下人防商场建筑结构就能在加固后以更低的长期维护成本, 提供更安全、舒适和高效的使用环境。

(五) 施工过程中的质量控制与安全管理

在加固施工过程中, 遵守加固方案和施工规范是确保施工质量的基础。^[9] 必须严格遵循既定方案的指导, 按照预定的步骤和标准进行操作, 从而保证加固效果达到设计要求。同时, 加强现场管理和监督至关重要, 这不仅涉及施工进度的监控, 更重要的是确保施工过程中的安全, 预防事故的发生。^[10]

为此, 需要配备专业的监管人员, 对施工现场进行不间断地巡查, 及时发现潜在的安全隐患并采取措加以消除。此外, 对施工过程进行详细地记录和检查, 通过质量控制环节, 确保施工质量符合规范要求, 并及时发现和处理施工中的问题, 以保证加固工程的整体质量和安全性能。

四、结束语

地下人防商场作为城市地下空间的重要组成部分, 在经济发展和人民生活中发挥着不可替代的作用。然而, 随着时间的推移和环境因素的影响, 地下人防商场也面临着诸多挑战。本文通过对地下人防商场结构安全问题的分析, 探讨了检测鉴定与加固设计的技术策略, 旨在为地下人防商场的安全使用提供理论支撑和实践指导。

未来, 随着科技的不断进步和相关研究的深入, 将能够更加精准地评估地下人防商场的结构安全状况, 并采取更加有效的加固设计措施, 确保其长期稳定运行。同时, 也应加强对地下人防商场的日常维护和管理, 及时发现并解决潜在的安全隐患, 为城市居民创造更加安全、舒适、便捷的购物环境。

参考文献

- [1] 齐尚榕, 杨黎黎. 既有地下人防商场建筑结构检测鉴定与加固设计研究 [J]. 江西建材, 2023, (01): 78-79.
- [2] 朱健. 既有地下人防商场建筑结构检测鉴定与加固设计研究 [D]. 吉林大学, 2018.
- [3] 程敏, 李亚倩. 地下建筑的空间设计要点及注意事项 [J]. 居舍, 2023, (26): 90-93.
- [4] 徐广鹏. 谈人防工程主体结构工程施工管理 [J]. 山西建筑, 2022, 48(11): 178-181.DOI: 10.13719/j.cnki.1009-6825.2022.11.047.
- [5] 张政钦. 探析地下室人防工程结构设计的关键点 [J]. 建材与装饰, 2018, (31): 78-79.
- [6] 刘华丽, 徐铁山. 人防工程结构设计的关键点探析 [J]. 工程技术研究, 2017, (09): 241-242.DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2017.09.141.
- [7] 康艳. 人防工程结构设计 [J]. 城市建设理论 (电子版), 2017, (12): 126-127.DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201712103.
- [8] 曾团铭. 探析人防工程结构设计的关键点 [J]. 低碳世界, 2016, (35): 177-178.DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2016.35.116.
- [9] 赵玉仙. 探讨人防工程结构与地上建筑结构区别的几个问题 [J]. 福建建筑, 2011, (11): 56-57.
- [10] 高上. 建筑人防工程结构布局与设计思考 [J]. 山西建筑, 2015, 41(12): 19-20.DOI: 10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2015.12.010.