

混凝土结构加固设计策略探析

李雪占

河北纳川建设工程有限公司

摘要：随着城市化进程的不断推进，越来越多的旧建筑需要进行加固处理，以提高其抗震能力和使用寿命。混凝土结构是一种常见的建筑结构形式，其抗震能力的强弱对建筑物的安全性和使用寿命有着至关重要的影响。因此，深入研究混凝土结构加固设计策略，对于提高旧建筑物的抗震能力和延长使用寿命具有重要意义。本文将系统地探讨混凝土结构加固设计的策略，旨在为工程师和研究人员提供参考和借鉴。

关键词：混凝土结构；加固设计；策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.06.102

引言

建筑物的抗震性能是保障人民生命财产安全的重要因素之一。然而，我国旧城区的建筑物大多建于20世纪50年代至80年代，受限于施工工艺和材料质量等因素，其抗震性能相对较差，需要进行加固处理。混凝土结构是一种常见的建筑结构形式，其抗震能力的强弱对建筑物的安全性和使用寿命有着至关重要的影响。混凝土结构加固设计需要考虑多种因素，包括结构特征、加固材料的选择与性能要求、加固工艺的可行性和技术要求等^[1]。不同的加固方式也有着各自的优缺点和适用范围。因此，开展混凝土结构加固设计的研究和探索，对于加强我国旧城区建筑物的抗震能力和推进城市化进程具有重要意义。

一、混凝土结构加固设计的重要性

（一）提高结构的承载能力

混凝土结构加固设计的重要性不仅体现在提高旧建筑物的抗震能力和使用寿命上，同时也与提高结构的承载能力密切相关。在实际工程中，混凝土结构可能会因为多种原因出现损伤或者老化，如裂缝、腐蚀、剥落等，这些问题会导致结构的承载能力下降，进而威胁到建筑物的安全性^[2]。针对这种情况，混凝土结构加固设计可以通过改变原有结构的内力分配方式和刚度特性等，提高结构的承载能力，从而保障建筑物的稳定性和安全性。同时，加固设计还可以通过优化结构的受力传递路径、提高结构的刚性、增强结构的抗震性能等方式，进一步提高结构的承载能力和安全性。

（二）延长结构的使用寿命

混凝土结构加固设计不仅可以提高结构的承载能力，保障建筑物的安全性，同时还可以延长结构的使用寿命。混凝土结构加固设计可以通过选择合适的加固材料和技术方案，修复和强化结构的损伤部位，提高结构的整体性和稳定性，从而延长建筑物的使用寿命。同时，加固设计还可以通过增加结构的刚度和抗震性能等措施，进一步提高结构的耐久性和安全性，从而延长结构的使用寿命。

（三）提高结构的安全性

混凝土结构加固设计可以通过采用适当的材料和技术方案，对结构的弱点部位进行修复和加固，提高结构的整体性和稳定性，从而提高结构的安全性。通过加固设计，可以使结构更好地承受外力作用，抵御风、震、雪等自然灾害的影响，同时减少因疏漏或错误造成的结构事故的发生。除此之外，混凝土结构加固设计还可以通过增加结构的承载能力、提高结构的抗震性能等措施进一步提高结构的安全性。在加固设计中，需要充分考虑结构的受力情况、材料性能和加固后的整体性能，以确保加固设计的效果和可行性，从而有效提高建筑物的安全性。

（四）减少修缮成本

混凝土结构加固设计的重要性在于不仅可以提高结构的承载能力和安全性，延长结构的使用寿命，还可以减少修缮成本。在混凝土结构出现损伤和裂缝等问题时，如果及时进行加固设计，可以修复问题并改善结构的受力状态，从而减少后续的修缮成本和时间。相比于不加固直接进行修缮，加固设计能够更全面、彻底地解决问题，并提高结构的耐久性和安全性，从长期来看更加经济、实用。因此，在混凝土结构加固设计中，减少修缮成本是一个非常重要的考虑因素，也是加固设计的重要目标之一。

二、混凝土结构加固设计原则和流程

（一）原则

混凝土结构加固设计的原则是保证结构的安全可靠性和经济可行性。在加固设计过程中，需要考虑结构的承载能力、变形能力和稳定性，同时要满足使用要求和节约成本的要求。具体来说，混凝土结构加固设计的原则包括以下几个方面：

强度原则：保证结构的承载能力符合使用要求，并且考虑结构的变形能力。

稳定原则：保证结构在受力情况下具有足够的稳定性，以防止结构倒塌或崩塌。

经济原则：保证加固设计的经济可行性，即在保证结构安全和使用要求的前提下，尽可能地降低加固设计的成本。

整体原则：加固设计要综合考虑结构的整体性能，避免因过度加固或局部加固导致其他问题。

保持原则：加固设计要保持原结构的形态和特征，尽量不改变原结构的功能和美观性。

（二）流程

1) 结构评估：对混凝土结构进行全面的评估，包括结构的受力情况、损伤程度、原因分析等，以确定加固设计的目标和方向。

2) 加固方案设计：制定加固方案，包括加固的位置、方式、材料、施工工艺等。方案设计要符合加固原则，并在满足结构安全和使用要求的前提下，尽可能地

降低成本。

3) 施工图设计: 制定施工图, 包括详细的施工图纸、加固构件的尺寸、数量、材料等信息, 以及施工中需要注意的事项。

4) 施工准备: 准备加固所需的设备、材料、人力等资源, 并制定详细的施工计划和安全措施。

5) 施工实施: 按照设计方案和施工图进行施工, 包括清理表面、切割、钻孔、布置加固钢筋等, 最后进行混凝土浇筑、养护等工作。

6) 结构检验: 在加固完成后, 对加固后的结构进行全面的检验和测试, 以确认加固效果和结构安全可靠。

三、混凝土结构加固设计中的问题与考虑

(一) 结构特征分析

1) 结构破坏形态和原因分析

在进行混凝土结构加固设计前, 需要对结构受损或失效的原因进行分析, 以便选择合适的加固措施。同时, 需要了解结构的破坏形态, 如裂缝的分布、形态和宽度等, 以便评估结构的受损程度和加固的难易程度。

2) 结构承载力和变形能力评估

在进行混凝土结构加固设计前, 需要评估结构的承载力和变形能力。需要考虑结构的荷载特征、结构材料的力学性质、结构的几何形态等因素。通过对结构的力学计算和仿真分析, 可以确定结构的承载能力和变形能力, 并据此选择合适的加固策略。

3) 加固材料的选择和性能评估

混凝土结构加固设计中需要选择合适的加固材料。需要考虑材料的强度、刚度、耐久性等性能, 以确保加固材料能够满足结构加固的要求。同时, 需要考虑加固材料与原有材料的相容性问题, 以避免因材料的不匹配而导致的结构损坏。

4) 加固构件的布置和连接

混凝土结构加固设计中需要合理布置加固构件, 并通过合适的连接方式将加固构件与原结构紧密连接。需要考虑构件的数量、大小和布置方式, 以及连接方式的稳定性和可靠性。同时, 需要注意加固构件的形式和尺寸, 以确保加固后的结构符合设计要求。

5) 施工工艺和安全措施

混凝土结构加固设计的施工过程中需要注意安全问题, 并严格遵守有关施工规范和标准。需要考虑施工的工艺和方法, 以确保加固效果和施工质量。同时, 需要考虑施工期间的风险和安全隐患, 并采取相应的措施进行管控和预防。

(二) 加固材料的选择与性能要求

加固材料的选择需要考虑到多个方面, 包括强度、刚度、耐久性、施工难度等。首先, 需要根据被加固结构的特点和加固目的, 选择合适的加固材料。常用的加固材料有碳纤维布、玻璃纤维布、复合材料等。在选择材料时, 需要考虑加固材料的强度和刚度, 以确保其能够满足结构加固的要求。其次, 需要考虑加固材料的耐久性。由于混凝土结构加固后很难进行维修, 因此加固材料的耐久性非常重要。在选择加固材料时, 需要注意

其抗紫外线、抗酸碱、防腐蚀等性能。另外, 加固材料的施工难度也是需要考的因素。一些材料的施工难度较大, 需要专业的施工队伍进行操作。在选择加固材料时, 需要考虑施工的难度和施工成本, 以确保加固工程的顺利进行。

(三) 加固工艺的可行性和技术要求

在混凝土结构加固设计中, 加固工艺的可行性和技术要求也是需要考虑的重要因素。首先, 需要考虑加固工艺的可行性。不同的加固工艺对加固结构的形态、位置、几何特征等都有不同的要求。在选择加固工艺时, 需要考虑被加固结构的具体情况和现场条件, 以确保加固工艺的可行性和实施效果。其次, 加固工艺的技术要求也是需要考虑的因素。加固工艺的技术要求包括施工工具、施工技术、材料质量等多个方面。在选择加固工艺时, 需要考虑技术要求与现场条件的匹配程度, 以确保施工质量和工程效果。另外, 加固工艺的安全性也是需要考虑的因素。在施工过程中, 需要注意安全事项, 避免施工中出现意外事故。加固工艺的安全性不仅对施工人员的身体健康有影响, 同时还会影响工程的顺利进行和加固效果。

(四) 经济性和可持续性考虑

在选择加固方案时, 需要综合考虑工程造价、加固后结构的寿命、维护成本等多个因素, 以确保工程具有良好的经济性和可持续性。首先, 需要考虑工程造价。不同的加固方案造价不同, 需要综合考虑材料成本、劳动力成本、设备使用成本等多个方面。在选择加固方案时, 需要综合考虑工程造价和加固效果, 以确保加固工程的经济性。其次, 需要考虑加固后结构的寿命。加固后结构的寿命与加固材料的质量、施工工艺、使用环境等多个因素有关。在选择加固方案时, 需要考虑加固材料的质量和施工工艺, 并进行必要的使用环境分析, 以确保加固后结构具有较长的寿命。此外, 需要考虑维护成本。加固后的结构在使用过程中需要维护和保养, 这涉及人力、物力、资金等方面的投入。在选择加固方案时, 需要综合考虑维护成本和加固效果, 以确保加固工程的可持续性。

四、混凝土结构加固设计策略

(一) 确定合适的加固方案

加固方案的选择需要根据结构的损伤情况和性质, 综合考虑各种因素, 包括加固的目的、加固后结构的受力性能、加固的经济性等。具体而言, 可以采用增加截面、加固构件、增加预应力等方法进行加固。在选择加固方案时, 还需要考虑结构的特殊性质和使用环境。例如, 在地震区域进行加固设计时需要考虑抗震能力, 加固桥梁时需要考虑动态荷载和冲击荷载等。

增加截面是一种常见的加固方案, 通过增加结构梁柱的截面尺寸来提高其受力能力。可以采用钢板加固、混凝土浇筑等方式进行加固。加固后的结构可以获得较高的承载能力和刚度, 但会增加结构的自重和施工难度。加固构件是通过在结构梁柱上增加新的加固构件来提高其受力性能^[3]。可以采用钢筋混凝土加固板、加固钢筋等方式进行加固。加固后的结构可以获得较高的承载

能力和刚度，但会影响结构的美观度和使用功能。增加预应力是通过向结构梁柱中注入预应力钢束来提高其受力性能。加固后的结构可以获得较高的承载能力和刚度，同时还可以减小结构变形和裂缝的产生。但是，预应力加固需要在施工前进行充分的结构分析和设计，施工难度较大，加固后的结构对施工质量和施工过程要求较高。

（二）选择合适的加固材料

常用的加固材料包括钢筋、碳纤维、玻璃纤维、聚合物等。不同的材料具有不同的物理和机械性能，因此在选择时需要综合考虑加固部位的特点和要求。钢筋加固是最常用的方法之一。它可以增加混凝土构件的强度和刚度，并且具有较高的可靠性和稳定性。对于受弯构件，可以通过加固剪力钢筋或纵向受压钢筋来增强其承载能力。对于受剪构件，可以通过加固斜截面或添加钢板来提高其承载能力。但是，钢筋加固可能存在的问题是加固后可能导致钢筋锈蚀，从而降低了结构的耐久性和安全性。然而碳纤维加固是一种新型的加固材料，具有重量轻、耐久性好、施工方便等优点。在加固构件的强度和刚度方面，碳纤维的效果与钢筋相当。此外，碳纤维加固还具有较好的抗震性能，能够有效地提高结构的抗震能力。因此，在选择合适的加固材料时，需要综合考虑加固部位的特点和要求，同时要注意经济性和可持续性的问题。

（三）制定合理的加固工艺

加固工艺的合理性不仅直接影响加固效果，而且还会对加固过程中的安全性、施工难度、施工周期和成本等方面产生重要影响。首先，在制定加固工艺时，需要考虑施工条件和现场环境。例如，加固工艺是否适用于现场的混凝土结构，施工期间是否存在危险，施工周期是否能够满足工程进度等。此外，还应该考虑加固工艺的施工难度和要求。例如，加固工艺是否需要特殊的设备和工具，施工难度是否较大，施工过程中是否需要对接现有结构进行拆除和重建等^[4]。

其次，在选择加固材料时，需要考虑加固工艺的可行性。加固材料的选择应该与加固工艺相匹配，以确保加固工艺的可行性和效果。例如，如果加固工艺需要在混凝土表面喷涂加固材料，那么应该选择适合于喷涂工艺的材料，以确保加固层与原有混凝土之间的黏附力和一致性。最后，在制定加固工艺时，需要考虑加固工艺的经济性和可持续性。加固工艺的经济性和可持续性考虑加固工艺的重要因素之一。例如，选择低成本的加固材料，优化加固工艺以提高施工效率，尽可能减少浪费和环境影响等，都是提高加固工艺经济性和可持续性的有效措施。

（四）施工质量控制

想要提升加固工作的质量和安全，在施工前应制定施工计划和安全措施，详细规定施工过程中的各项措施和要求。施工人员必须严格按照计划和措施的要求进行施工，确保施工质量符合要求。同时，在施工过程中要注意加固材料的存放和搬运，杜绝混乱和交叉污染。

加固材料在运输、储存、加工和使用过程中，必须按照规定的要求进行，确保材料的质量和性能符合要求。并在施工中要严格控制加固材料的用量和配合比，确保加固材料的质量和性能符合要求，避免因配合比不合理而导致的加固效果不佳或施工质量不合格的情况出现。另外，在加固施工过程中，要按照设计要求严格控制加固工艺。特别是对于混凝土结构加固而言，混凝土浇筑、坍塌度、振捣、养护等工艺必须严格按照规定要求进行，确保加固工作的质量和效果。最后，在施工完成后，必须对加固工作进行全面检查和验收，确保加固工作的质量符合要求。同时，要建立完善的档案管理体系，记录加固工作的各项情况和细节，以便日后的维护和管理。

（五）进行长期监测和维护

在混凝土结构加固设计中，进行长期监测和维护是至关重要的一环。一旦加固工程完成，必须定期检查加固结构的性能和状态，以确保其始终能够满足设计要求并保持安全稳定的状态。长期监测应包括定期对加固结构的结构安全性、变形、裂缝等进行监测，以便及时发现并处理任何潜在的问题。监测数据的处理应该建立在完善的数据分析和评估体系基础上，通过数据分析，及时掌握加固结构的实际工作状态和运行情况，并进行必要的维护和修缮。

维护包括日常维护和定期维护。日常维护应该包括清洁、保养、修补等常规工作，定期维护则应该根据具体情况制定计划和实施。定期维护的内容应包括混凝土结构的涂层、防水层、防腐层等的检查和维修，以及对结构的表面状况、锈蚀情况、破损等进行检查，并进行必要的修补和加固。除了监测和维护之外，设计人员还应该制定长期管理计划，确保加固结构的可持续性。这包括选择适当的加固材料和工艺，以及建立完善的管理体系，实现资源的合理利用和可持续发展。

结论

混凝土结构加固设计是一项复杂的过程，需要充分考虑结构特征、加固材料、加固工艺、经济性、可持续性等多方面因素。确定合适的加固方案、选择合适的加固材料、制定合理的加固工艺、施工质量控制以及进行长期监测和维护都是关键的策略。只有综合考虑各方面因素，合理制定加固方案，才能达到延长混凝土结构使用寿命、提高结构安全性、降低维修成本的目的。

参考文献

- [1] 张培柱, 刘丹丹, 陈娜, 于美芳. 混凝土结构加固设计策略探析[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S2): 177-178.
- [2] 仇新刚. 钢筋混凝土结构加固设计分析[J]. 工程建设与设计, 2020(16): 25-26.
- [3] 姚泉. 建筑混凝土结构工程的加固设计策略探析[J]. 低碳世界, 2020, 10(08): 132-133.
- [4] 王艳. 钢筋混凝土结构加固设计常用方法研究[J]. 农家参谋, 2019(21): 102.