

# 民用建筑结构的加固改造设计探究

宋博

江西南大建筑施工图设计审查中心

**摘要：**民用建筑的施工质量，密切关系到国民的生活品质与人身财产安全。对民用建筑结构进行适当的加固改造，有助于延长建筑寿命并提高建筑稳定性，为国民提供更优质的生活与生产环境。本文结合一栋需改变使用功能的建筑来说明对建筑物进行加固改造的方法。由于原设计建造年代较早，新规范计算参数有所改变，故需要按现行规范进行加固改造设计。设计中充分发掘已有结构潜力，尽量避免大拆大建，采用合理的加固方案，避免过量植筋对原结构产生损伤。采取较好的抗震措施，实现了建筑功能的改变，使闲置旧建筑改造后，为地方经济发展注入新的活力。

**关键词：**民用建筑；结构设计；加固改造

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.13.100

**前言：**随着我国建筑行业迅猛发展，当前我国民用建筑数量及总面积持续增长，而从建筑结构来看，木质及其他结构建筑较少，绝大多数属于混凝土结构和钢结构，而且大量建筑已使用超过20年，由于混凝土结构的特殊性质，再加之缺少系统的维护和有效的保养，许多建筑已出现因材料的老化、环境侵蚀、地基下沉、火灾、地震等问题，造成一定的破坏，面临较大的安全隐患。不仅如此，由于早期的钢筋处理技术水平偏低，随着使用年限增加，现有民用建筑中的钢筋生锈、腐蚀问题日益明显，严重威胁到建筑的使用寿命，严重情况下，还会危及到用户的人身安全。然而在当前我国经济实力日益增强的背景下，国民对于民用建筑品质的要求也在持续提高，基于此，如何做好对于民用建筑的加固改造，促进其安全性、稳定性的提升，成为当前的建筑领域备受关注的问题。

混凝土结构的加固可分为直接加固和间接加固两类，加固设计时应根据实际项目情况选择适宜的加固方案。

其中直接加固的主要方法有：（1）增大截面加固法；（2）置换混凝土加固法；（3）黏结外包型钢加固法；（4）粘贴钢板加固法；（5）粘贴碳纤维加固法等方法。

间接加固的主要方法有：（1）体外预应力加固法；（2）增加支点加固法；（3）增设耗能支撑法或增设抗震墙法等。与混凝土结构加固改造配套使用的技术一般有：（1）托换技术；（2）植筋技术；（3）裂缝修补技术；（4）混凝土表面处理技术等。<sup>[1]</sup>

## 一、工程概况

原建筑功能为商场，建于2000年。该房屋呈U形，现分区为A区、B区、C区三个区域，朝向大致为坐西南朝东北，A区主体和C区主体有一层局部地下室，地上为四层框架结构B区主体无地下室，地上为三层，填

充墙砌块为普通烧结砖和混凝空心砖，建筑面积约为19700m<sup>2</sup>。房屋建筑总高度为18.9m，抗震设防烈度为6度，设计基本地震加速度0.05g，设计地震分组为第一组，标准设防类（丙类）建筑，场地土类别为II类，结构体系为混凝土框架结构，抗震等级为四级，基础形式为桩基础。原结构的梁、板、柱混凝土强度等级为C30~C25，钢筋混凝土柱的截面尺寸主要为 $\phi 500\text{mm}$ 、 $\phi 600\text{mm}$ 、 $\phi 650\text{mm}$ 、 $400\text{mm}\times 500\text{mm}$ 、 $450\text{mm}\times 450\text{mm}$ 、 $500\text{mm}\times 600\text{mm}$ 、 $600\text{mm}\times 500\text{mm}$ 、 $600\text{mm}\times 600\text{mm}$ 等；钢筋混凝土梁的截面尺寸主要为 $300\text{mm}\times 600\text{mm}$ 、 $300\text{mm}\times 650\text{mm}$ 、 $300\text{mm}\times 750\text{mm}$ 、 $300\text{mm}\times 800\text{mm}$ 、 $300\text{mm}\times 850\text{mm}$ 、 $300\text{mm}\times 900\text{mm}$ 等。该建筑原作为商业家具市场使用，现在处于闲置状态。

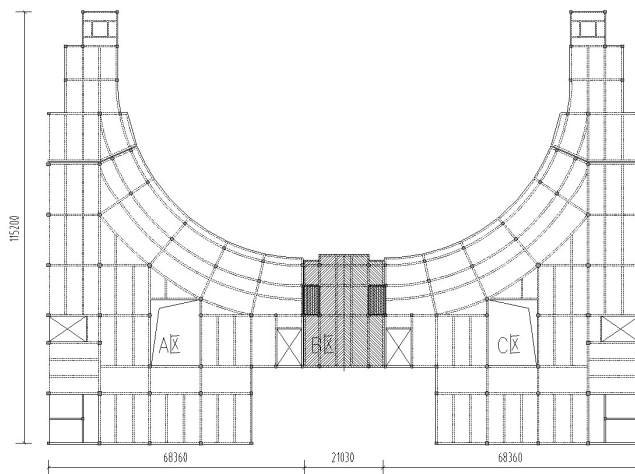


图1 结构平面布置简图

## 二、加固原因

现主要结构改造内容：1）使用功能改变，原商场改造为办公场所；2）A、C区部分洞口新增楼板，新电梯；3）基础部分结构加固（局部不均匀沉降区）。

## 三、设计工作流程

为确保本建筑的功能使用要求和结构性能的可靠，加固改造工作按以下几个步骤进行：

1. 对原结构的基本资料进行收集，包括原设计施工图、竣工图、钢筋及混凝土产品合格证等，以全面掌握建筑物的整体结构性能、构件内力和构件配筋等信息。

2. 查阅建筑结构可靠性及抗震性能检测鉴定报告，对建筑结构本身存在的问题、缺陷及薄弱部位有全面的了解。

3. 对加固改造后结构采用结构软件进行整体计算，以掌握其在整体结构构件内力、配筋等方面的不足，分析其原因，确定需要进行加固处理部位；

4. 对需要加固的部位，提出并确定具体的加固方案

及措施。

5. 采用软件计算加固完成后，对加固后的构件截面进行整体计算，对结构结果参数进行核对，以满足现行国家规范要求。<sup>[2]</sup>

#### 四、地质情况

勘察报告显示，场地勘探深度内土层如下所示：

①-1层杂填土，主要由黏性土、碎石、粉砂组成，结构松散，分布不均匀，性质差；

①-2层素填土，稍密，含泥量较高，力学性质一般，地基土强度一般，局部分布；

②层砂卵石，中密，力学性质较好，地基土强度高，全场分布，地基土强度较高；

③-1层全风化砂岩，岩石结构已完全风化成粉质黏土状及砂土状，力学性质较好，地基强度较高，分布不均匀；

③-2层强风化砂岩，砂质结构，层状构造，岩石风化强烈，节理裂隙发育，岩芯呈柱状和碎块状，力学性质较好，地基强度较高；

③-3层中风化砂岩，砂质结构，层状构造，岩体节理裂隙较发育，物理力学性质较好，地基强度高。

场地地形平坦开阔，无软弱土、液化土分布，场地地下无法震断裂构造存在，因此判定为抗震一般地段。本工程采用桩基础，以③-2强风化砂岩或③-3中风化砂岩作为桩基持力层。

#### 五、鉴定及检测结果

经现场检查，对该房屋钢筋混凝土柱构件进行检测后，发现存在以下主要问题：

1. 该房屋室内地面及各柱脚无明显的开裂及沉降现象；部分区域室外地台存有明显的开裂异常现象；发现局部地基基础的不均匀沉降而导致梁出现明显斜向裂缝等异常现象。

2. 对该房屋钢筋混凝土梁构件进行检查，发现部分梁出现明显的开裂现象；

3. 对该房屋钢筋混凝土板构件进行检查，发现部分板构件有明显开裂，渗水霉变等异常现象。多数板板面沿梁边开裂，部分板保护层过小和过厚；屋面层板以及部分露台板有较多开裂渗水现象。

4. 围护系统：发现部分填充墙开裂明显、破损，多处受潮出现粉刷层空鼓、脱落现象，部分存有高空坠落危险；部分外立面造型出现开裂现象。

5. 因房屋建设年代较早原因，不能满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016年版）第6.3.1~6.3.9条要求，如框架梁、框架柱箍筋未设加密区（按当时规范要求，设计可不进行抗震设计）。且经计算，部分框架柱轴压比不能满足现行规范要求（四级抗震时，框架柱轴压比不宜超过0.9）。

最后，该建筑可靠性等级评定为3级，即结构可靠性不符合本标准对I级的规定，显著影响整体承载功能和使用功能，应采取措施，且有少数构件必须及时采取措施。抗震鉴定方面，该房屋部分钢筋混凝土柱、梁构件抗震承载力不满足现行规范抗震承载力计算要求。



图2 改造前的照片



图3 墙体开裂照片



图4 钢筋间距过大照片

#### 六、加固处理措施

根据现场实际检测结果及地质勘察报告，场地内无影响场地稳定及建筑物安全的不良地质作用地基土分布均匀，且原基础形式采用桩筏基础，大部分使用情况良好，仅局部地基存在不均匀沉降问题。原设计为商场，活荷载取值按旧规范为“ $3\text{KN}/\text{m}^2$ ”，恒、活载分项系数为1.2、1.4，现改造为办公场所后活荷载控制在“ $2.5\text{KN}/\text{m}^2$ ”，恒、活载分项系数为1.3、1.5，经计算复核：原基础承载力可以满足加固后的设计使用要求。

考虑到加固部位应力滞后问题，以及和原结构共同发挥作用，加固计算时进行一定折减，新增混凝土采用提高一级的强度等级。<sup>[3]</sup>

1. 对局部沉降，采用预制静压锚杆方桩对部分基础进行加固，增加承台采用植筋方法扩大原承台，使其共同受力；并设置沉降观测点，随施工进度进行持续监测。

2. 依据最新规范《工程结构通用规范》GB 55001-

2021要求的活荷载取值,对计算结果中框架柱的承载力、轴压比不满足的情况,采用了加大截面(现浇钢筋混凝土围套)方法加固;

3.针对承载力不足的框架梁、次梁(承载力需提高幅度小于40%),采用粘钢板加固法进行加固处理,对承载力严重不足的框架梁、次梁(承载力需提高幅度大于40%),采用增大截面加固法进行加固处理;<sup>[7]</sup>

4.现浇楼板局部范围开洞加固处理:当板开洞洞口宽度不大于300mm或孔洞直径不大于300mm,且切断钢筋数量小于5%时,可不作处理。当板开洞洞口宽度大于300mm,且开洞后对板受力影响较小,采用洞边粘贴碳纤维布进行加固;当开洞后对板的受力影响较大时,采用洞口植筋新增混凝土梁加固方法。

5.对于抗震构造措施不满足规范要求的情况,如梁、柱箍筋加密区间距为200mm或250mm,未设加密区;部分柱箍筋直径为6mm,不满足《建筑抗震鉴定标准》GB50023-2009规定的最小直径8mm的要求<sup>[4]</sup>,采用碳纤维或钢板加固法。

6.对围护系统进行修缮处理,原砌体墙存在较多处粉刷层脱落,且存在部分裂缝、倾斜,改造后的墙体也需要重新规划。经研究决定,原砌体墙全部拆除,按改造后的建筑图采用轻质墙重新砌筑。屋面防水老化严重,在不增加原荷载的情况下,对屋面建筑层铲除后重新做防水处理。

7.查阅原设计图纸,发现屋面层存在部分直径300mm框架柱,不满足现行《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021第4.4.4条“圆形截面柱的直径不应小于350mm”的要求,采用增大截面加固法增加其截面至400mm。<sup>[5]</sup>

8.混凝土缺陷修复技术:1.如果原结构混凝土出现疏松、破损、严重碳化、严重油污等缺陷,则应进行修复处理。首先清理缺陷部位至坚实基层,并将灰尘清理干净,经洒水充分浸润后采用修补砂浆或高强混凝土进行修复。对大体积缺陷,也可以采用置换加固的方法进行修复;2.如果出现露筋、钢筋锈蚀等现象,应首先清除钢筋周边破损混凝土,对钢筋进行除锈和清洁处理,再采用防锈树脂修补砂浆进行修复,后采用粘碳纤维布,表面均匀涂抹浸渍树脂进行处理;3.当混凝土保护层时,应对保护层进行修复;4.修补砂浆:采用专业高强修复砂浆,黏结强度 $\geq 2.5\text{MPa}$ ,不得采用普通水泥砂浆。

9.裂缝处理技术:裂缝宽度不小于0.2mm时,采用环氧树脂浆液灌注处理;裂缝宽度小于0.2mm时,采用表面封闭法处理;采用环氧树脂浆液灌注处理时,首先将裂缝表面清理干净,裂缝表面封缝可靠,灌胶嘴安装间距合适。灌胶顺序和操作要求规范,确保灌胶密实。

### 七、加固后结构整体计算结果

1.结构考虑扭转耦联时的自振周期 $T_1=1.5696$ (平动振型); $T_2=1.4979$ (平动振型); $T_3=1.3929$ (扭转振型); $T_3/T_1=1.3929/1.5696=0.89<0.9$ 。(结构扭转为主的第一周期与平动为主的第一周期 $T$ 之比,A级高度周期比不应大于0.9)

2.位移:X方向最大层间位移角:1/908;Y方向最大层间位移角:1/961。(规范:框架结构楼层最大层间位移角限值1/550)。<sup>[6]</sup>

3.柱轴压比:经加固后均满足现行规范要求:四级抗震时,框架柱轴压比不宜超过0.9。其余剪重比、刚度比等均能达到规范,梁板柱配筋均能达到承载力要求。

### 八、结论

1.本文改造建筑的原结构是按《建筑抗震设计规范》GB50011-2001进行设计的,由于现行规对抗震的要求更高,所以给旧建筑加固设计带来一定的难度,但只要采用合理的加固方法,旧建筑改造是能够满足现行规范要求的。

2.结构加固改造设计应充分收集原有建筑资料,总体上考虑经济性,尽量不损伤或破坏原结构并保留具有利用价值的构件,避免不必要的拆除和更换。

3.在加固设计之前,应对工程结构所处环境状况、结构形式、几何尺寸、材料性能及使用情况等进行详细检测鉴定,并进行设计复核验算,为后续的加固设计提供可靠依据。

4.对建筑结构改造后的方案进行分析和整体计算,可以发现对局部和个别构件加固后产生的新的缺陷和问题,并采取措施进行处理。抗震加固着重于结构延性提高和房屋整体性增加。抗震加固不能仅仅针对某一个构件,还应考虑整个建筑结构的整体性,加强薄弱部位的抗震性能。

5.对原结构的加固改造,应注意新旧部位的共同作用,考虑应力滞后的问题,在设计过程中进行一定的折减,并且采取有效可靠的措施,保证新旧部位的连接。

### 参考文献

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50367-2013.混凝土结构加固技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.

[2]王建,于全新.某框架结构房屋加固改造设计方案分析[J].土木工程检测鉴定与加固改造,2016,(06):814-822.

[3]孟海燕,谈丽华,邓继明.某学生宿舍楼主体结构加固设计[J].土木工程检测鉴定与加固改造,2016,(06):808-813.

[4]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50023-2009.建筑抗震鉴定标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[5]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB55008-2021.混凝土结构通用规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2021.

[6]中华人民共和国住房和城乡建设部,GB50011-2010.建筑抗震设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.

[7]张建明,郑柯,毛星明.某项目多层改造结构加固优化设计[J].土木工程检测鉴定与加固改造,2016,(06):735-738.