

北京市地方标准



编号：DB11/T 689-2025

---

# 既有建筑抗震加固技术规程

Technical specification for seismic strengthening  
of buildings

2025-06-25 发布

2026-01-01 实施

---

北京市规划和自然资源委员会  
北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

## 既有建筑抗震加固技术规程

Technical specification for seismic strengthening of buildings

DB11/T 689-2025

主编单位：北京市建筑设计研究院股份有限公司

批准部门：北京市规划和自然资源委员会

北京市市场监督管理局

实施日期：2026 年 01 月 01 日

2025 北京

## 前 言

为推动《北京城市总体规划（2016 年-2025 年）》实施，根据北京市规划和自然资源委员会《关于印发北京市规划和自然资源委员会 2024 年规划和自然资源标准化工作要点的通知》（京规自发〔2024〕61 号）和北京市市场监督管理局《关于印发 2023 年北京市地方标准修订项目计划（第三批）》的通知（京市监函〔2023〕149 号）的文件要求，编制组在广泛调查研究、认真总结实践经验、参考国内外相关标准，并广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 地基和基础；5. 砌体房屋；6. 钢筋混凝土房屋；7. 内框架和底层框架砌体房屋；8. 单层工业厂房；9. 单层砖柱厂房与空旷房屋；10. 预制装配式大板房屋；11. 内浇外砌、内浇外挂结构房屋；12. 钢结构房屋；13. 消能减震技术加固；14. 隔震技术加固；15. 外套结构加固；附录 A~C。

本次修订的主要内容是：

1. 根据《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 和《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023，调整相关内容；
2. 调整结构抗震验算相关内容；
3. 新增钢结构房屋一章；
4. 砌体房屋新增玄武岩纤维韧性砂浆面层加固法；
5. 新增附录 A-C。

本规程由北京市规划和自然资源委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，北京市规划和自然资源委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对具体内容进行解释，北京市规划和自然资源标准化中心负责日常管理。

本规程执行过程中如有意见和建议，请寄送至北京市规划和自然资源标准化中心，以供今后修订时参考（地址：北京市通州区承安路 1 号院；电话：55595000；邮箱：bjbb@ghzrzyw.beijing.gov.cn）。

**本 规 程 主 编 单 位：**北京市建筑设计研究院股份有限公司

**本 规 程 参 编 单 位：**清华大学

中国建筑科学研究院有限公司

北京工业大学

北京市建筑工程研究院有限责任公司

清华大学建筑设计研究院有限公司

北京市建设工程质量第二检测所有限公司

北规院弘都规划建筑设计研究院有限公司

北京维拓时代建筑设计股份有限公司

中国地震局工程力学研究所

北京玄武永固科技有限公司

北京建筑大学

中国矿业大学（北京）

远洋建筑设计院有限公司

中建一局集团总承包建设有限公司

北京羿射旭科技有限公司

**本规程主要起草人员：**苗启松、李文峰、孙宏伟、刘 航、

邱仓虎、赵作周、高向宇、潘 鹏

甄 伟、万金国、苏宇坤、左 健

陈 曦、史铁花、李洪求、姜 峰

王 涛、尹保江、閤东东、方云飞

徐建伟、李卓东、陈 蓓、段世昌

刘 翔、郝建兵、王啸霆、叶斌斌

王海深、李兴旺、韩龙勇、贾自立

李瑞雪、张立成、赵 鹏、刘天宇

展兴鹏、丁宜涵、曹 泽、马培培  
本规程主要审查人员：任庆英、陈彬磊、程绍革、薛彦涛  
徐 斌、曾德民、刘彦生

## 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	主要符号	5
3	基本规定	7
4	地基和基础	13
4.1	一般规定	13
4.2	承载力验算及变形计算	13
4.3	地基处理与加固	15
4.4	基础加固	15
5	砌体房屋	17
5.1	一般规定	17
5.2	抗震加固方案	19
5.3	抗震加固设计与施工	22
6	钢筋混凝土房屋	49
6.1	一般规定	49
6.2	抗震加固方案	50
6.3	抗震加固设计与施工	52
7	内框架和底层框架砌体房屋	73
7.1	一般规定	73
7.2	抗震加固方案	74

7.3 抗震加固设计及施工..... 75

8 单层工业厂房..... 79

8.1 一般规定..... 79

8.2 抗震加固方案..... 79

8.3 单层钢筋混凝土柱厂房抗震加固设计与施工 ..... 80

8.4 单层钢结构厂房抗震加固设计与施工 ..... 83

9 单层砖柱厂房与空旷房屋..... 85

9.1 一般规定..... 85

9.2 抗震加固方案..... 85

9.3 单层砖柱厂房抗震加固设计与施工 ..... 86

9.4 空旷房屋抗震加固设计与施工 ..... 91

10 预制装配式大板房屋 ..... 92

10.1 一般规定 ..... 92

10.2 抗震加固方案 ..... 92

10.3 抗震加固设计与施工 ..... 93

11 内浇外砌、内浇外挂结构房屋 ..... 97

11.1 一般规定 ..... 97

11.2 抗震加固方案 ..... 97

11.3 抗震加固设计 ..... 97

12 钢结构房屋 ..... 99

12.1 一般规定 ..... 99

12.2 抗震加固方案 ..... 100

12.3 抗震加固设计与施工 ..... 101

13 消能减震技术加固 ..... 103

13.1	一般规定 .....	103
13.2	减震加固方案 .....	103
13.3	减震加固设计 .....	105
13.4	减震加固施工、验收和维护 .....	110
14	隔震技术加固 .....	112
14.1	一般规定 .....	112
14.2	隔震加固设计 .....	112
14.3	隔震加固施工、验收和维护 .....	118
15	外套结构加固 .....	127
15.1	一般规定 .....	127
15.2	抗震加固设计 .....	128
15.3	加固施工和验收 .....	133
附录 A	荷载取值 .....	135
附录 B	混凝土房屋楼层抗震综合承载力法 .....	138
附录 C	钢筋混凝土构件损伤评价 .....	141
本规程用词说明	.....	146
引用标准名录	.....	147
条文说明	.....	149



Contents

1 General principles..... 1

2 Terms and symbols.....2

    2.1 Terms .....2

    2.2 Symbols .....5

3 Basic requirements.....7

4 Soil and foundation ..... 13

    4.1 General requirements..... 13

    4.2 Bearing capacity calculation and deformation  
    calculation ..... 13

    4.3 Ground treatment and strengthening ..... 15

    4.4 Seismic strengthening of soil and foundation..... 15

5 Masonry buildings ..... 17

    5.1 General requirements..... 17

    5.2 Seismic strengthening schemes..... 19

    5.3 Design and construction of seismic strengthening ..... 22

6 Reinforced concrete buildings..... 49

    6.1 General requirements..... 49

    6.2 Seismic strengthening schemes ..... 50

    6.3 Design and construction of seismic strengthening ..... 52

7 Masonry buildings with inner-frame or bottom-frame..... 73

    7.1 General requirements..... 73

    7.2 Seismic strengthening schemes ..... 74

    7.3 Design and construction of seismic strengthening ..... 75

8 Single-story factory buildings ..... 79

8.1	General requirements·····	79
8.2	Seismic strengthening schemes ·····	79
8.3	Design and construction of seismic strengthening of single-story factory buildings with reinforced concrete columns ·····	80
8.4	Design and construction of single-story steel factory Buildings ·····	83
9	Single-story factory buildings with brick columns and single-story spacious buildings ·····	85
9.1	General requirements·····	85
9.2	Seismic strengthening schemes ·····	85
9.3	Design and construction of single-story factory Buildings with brick columns·····	86
9.4	Design and construction of single-story spacious buildings ·····	91
10	Prefabricated large panel building·····	92
10.1	General requirements ·····	92
10.2	Seismic strengthening schemes ·····	92
10.3	Design and construction of seismic strengthening·····	93
11	Building with internal cast-in-situ concrete wall and masonry external wall and with internal cast-in-situ concrete wall and out-hung panel ·····	97
11.1	General requirements ·····	97
11.2	Seismic strengthening schemes·····	97
11.3	Design of seismic strengthening ·····	97
12	Steel structure buildings ·····	99
12.1	General requirements ·····	99

12.2 Seismic strengthening schemes ..... 100

12.3 Design and construction of seismic strengthening..... 101

13 Seismic strengthening using energy dissipation scheme ..... 103

13.1 General requirements ..... 103

13.2 Energy dissipation and seismic mitigation design of  
strengthening schemes ..... 103

13.3 Energy dissipation and seismic mitigation design of  
seismic strengthening ..... 105

13.4 Construction,acceptance and maintenance of seismic  
mitigation strengthening..... 110

14 Seismic strengthening using isolation devices ..... 112

14.1 General requirements ..... 112

14.2 Isolation design of seismic strengthening..... 112

14.3 Seismic isolation strengthening construction,  
acceptance and maintenance ..... 118

15 Seismic strengthening using outer concrete structure ..... 127

15.1 General requirements ..... 127

15.2 Design of seismic strengthening ..... 128

15.3 Construction and acceptance of seismic strengthening ... 133

Appendix A Load value..... 135

Appendix B Seismic comprehensive bearing capacity  
method of concrete building floors..... 138

Appendix C Damage evaluation of reinforced concrete  
components..... 141

Explanation of wording in this standard..... 146

List of quoted standards ..... 147

Explanation of provisions ..... 149

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行《中华人民共和国建筑法》和《中华人民共和国防震减灾法》，实行以预防为主方针，减轻地震破坏，减少损失，使既有建筑的抗震加固做到抗震安全、经济、合理、有效、实用，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于北京市行政区域内既有建筑的抗震加固设计、施工及验收。古建筑和有行业特殊要求的建筑，其抗震加固应遵循专门的规定进行。

**1.0.3** 既有建筑的抗震加固设计、施工及验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及北京市现行有关标准、规范的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 既有建筑抗震加固 seismic strengthening of buildings

使既有建筑满足抗震要求所进行的设计及施工。

#### 2.1.2 综合抗震能力 comprehensive seismic capability

整个建筑结构综合考虑其构造和承载力等因素所具有的抵抗地震作用的能力。

#### 2.1.3 面层加固法 masonry strengthening with mortar splint

在砌体墙侧面增抹一定厚度的无筋或有钢筋网的水泥砂浆，形成组合墙体的加固方法。

#### 2.1.4 板墙加固法 strengthening with concrete splint

砌体或低配筋混凝土墙侧面设置钢筋网并浇注或喷射一定厚度的混凝土，形成抗震墙的加固方法。

#### 2.1.5 外加柱加固法 masonry strengthening with tie-columns

在砌体墙纵横墙交接处等位置增设钢筋混凝土构造柱，形成约束砌体墙的加固方法。

#### 2.1.6 壁柱加固法 brick column strengthening with concrete columns

在砌体墙垛、墙柱或柱侧面增设钢筋混凝土柱，形成组合构件的加固方法。

#### 2.1.7 增大截面加固法 structural member strengthening with enlarged section

增大原构件截面面积并增配钢筋，提高其承载力和刚度的加固方法。

#### 2.1.8 外包型钢加固法 structural member strengthening with extern

ally wrapped shaped steel

对钢筋混凝土梁、柱外包角钢、扁钢及钢缀板焊接形成钢构架并灌注结构胶粘结剂,实现整体受力,共同约束原构件的加固方法。

### **2.1.9 碳纤维布加固法 structural member strengthening with carbonic fibre reinforced polymer**

对原有的钢筋混凝土梁柱表面用胶粘材料粘贴碳纤维片材等的加固方法。

### **2.1.10 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固 structural member strengthening with strand steel wire web-polymer mortar**

在原有的砌体墙面或钢筋混凝土梁柱表面外抹一定厚度的钢丝绳网片聚合物砂浆层的加固方法。

### **2.1.11 消能减震加固法 seismic strengthening using energy dissipation devices**

通过在既有建筑中增设可有效耗散地震能量的消能器和配套的构件,减小既有结构地震响应,使其达到规定的抗震设防目标的加固方法。

### **2.1.12 隔震加固法 seismic strengthening using isolation devices**

通过在既有建筑基础、底部或者下部结构与上部结构之间设置由隔震装置等组成的隔震层,减小既有结构所承受的地震作用,提高既有结构的抗震性能的加固方法。

### **2.1.13 内浇外砌结构 structure with internal cast-in-situ concrete wall and external masonry wall**

外墙采用实心砖砌体嵌砌,内墙采用现浇混凝土墙的结构,也称为内模外砖结构。

### **2.1.14 内浇外挂结构 structure with internal cast-in-situ concrete wall and out-hung panel**

外墙采用外挂预制混凝土墙板,内墙采用现浇混凝土墙的结构。

**2.1.15 内板外砖结构 structure with internal fabricated concrete wall and masonry external wall**

内墙采用预制混凝土墙板，外墙采用实心砖砌体墙的结构。

**2.1.16 低配筋混凝土墙 reinforced concrete wall with few reinforcement**

按墙体全截面面积计算，水平或竖向配筋率为 0.10%~0.15% 的配筋混凝土墙。

**2.1.17 装配式大板结构 fabricated large panel structure**

墙体、楼面、屋盖承重构件采用装配式板材的结构，包括全装配大板结构、部分墙体现砌的内板外砖结构、振动砖板结构、局部现浇混凝土与装配式大板相结合的结构。

**2.1.18 装配式少筋大板结构 fabricated structure with low reinforcement panel**

按墙体全截面面积（包括竖缝）计算，水平或竖向配筋率为 0.10%~0.15% 的装配式大板结构。

**2.1.19 砌体墙后张预应力加固法 masonry wall strengthening with post-tensioning tendons**

在砌体墙两侧对称布置竖向预应力筋并施加预应力的加固方法。

**2.1.20 外套结构加固法 seismic strengthening of masonry structure using outer concrete structure**

在砌体结构外部增设外套钢筋混凝土结构，并使之与原砌体结构连成整体，达到约束原结构、提高结构整体抗震性能的加固方法。

**2.1.21 玄武岩纤维韧性砂浆 basalt fiber toughness mortar**

一种由水泥基胶凝材料、矿物掺和料、骨料、外加剂和短切玄武岩纤维等原材料组成，按一定比例加水搅拌硬化后具有一定的抗压强度、抗拉强度及抗拉延伸率的纤维增强水泥基复合材料。

### 2.1.22 混凝土房屋楼层抗震综合承载力法 seismic comprehensive bearing capacity method of concrete building floors

加固后钢筋混凝土房屋抗震验算时，考虑地震作用下抗侧力构件抗弯刚度折减的抗震验算方法。

## 2.2 主要符号

### 2.2.1 作用和作用效应

- $\sigma_0$  —— 对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力；
- $\sigma_p$  —— 对应于后张预应力的砌体截面平均压应力；
- $V$  —— 墙段的剪力设计值；
- $V_R$  —— 墙段加固后的受剪承载力设计值；

### 2.2.2 材料性能和抗力

- $f_{sE}$  —— 调整后的地基抗震承载力；
- $f_a$  —— 深宽修正后的地基承载力标准值；
- $f_{ac}$  —— 长期压缩-固结作用地基承载力标准值；
- $f_{ay}$  —— 扁钢、角钢的抗拉屈服强度；
- $\Delta u_{py}$  —— 消能器及连接消能器部件在水平方向的屈服位移或起滑位移；

### 2.2.3 几何参数

- $A$  —— 墙体横截面面积；
- $A_p$  —— 加固预应力筋横截面面积；
- $t_v$  —— 黏弹性消能器的黏弹性材料总厚度；
- $s$  —— 扁钢缀板的间距；
- $\phi$  —— 钢筋直径（mm）；

### 2.2.4 计算系数

- $\psi_1$  —— 体系影响系数；
- $\psi_2$  —— 局部影响系数；



$\zeta_c$  —— 地基承载力压缩-固结作用提高系数；

$\zeta_a$  —— 地基抗震承载力调整系数；

$\gamma_{Rs}$  —— 抗震加固的承载力调整系数。

### 3 基本规定

**3.0.1** 既有建筑抗震加固的设计原则应满足下列要求：

1 加固方案应根据抗震鉴定结果经综合分析后确定，分别采用房屋整体加固、区段加固或构件加固，加强整体性、改善构件的受力状况、提高综合抗震能力，满足结构整体抗震要求；

2 加固或新增构件的布置，应消除或减少不利因素，防止局部加强导致结构平面不规则或竖向不规则；

3 新增构件与原有构件之间应有可靠连接；新增的抗震墙、柱等竖向构件应有可靠的基础；

4 加固所用材料类型与既有结构相同时，其强度等级不应低于既有结构材料的实际强度等级；

5 对于鉴定结果不符合抗震要求的女儿墙、出屋顶烟囱等易倒塌伤人的非结构构件，应拆除或降低高度，需要保持原高度时应加固。

**3.0.2** 抗震加固的方案、结构布置和连接构造，尚应满足下列要求：

1 加固后结构的质量和刚度分布宜均匀、对称；

2 对抗震薄弱部位、易损部位和不同类型结构的连接部位，其承载力或变形能力宜采取比一般部位增强的措施；

3 宜采取提高上部结构抵抗不均匀沉降能力的措施，减少地基基础的加固工程量；并应计及不利场地的影响；

4 消能减震或隔震加固方案应注重提高结构整体抗震性能，同时应注意加固后既有结构构件受力的变化；

5 加固方法应保证可操作性、有效性和施工便捷性，改善使用功能，并应减少对生产、生活的影响及注意美观。

**3.0.3** 既有建筑抗震加固前，应依据其设防烈度、抗震设防类别、后续工作年限和结构类型，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》

GB/T 50023 和北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB 11/T 637 的相应规定进行抗震鉴定。

**3.0.4** 既有建筑抗震加固时，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 分为四类，其抗震措施及抗震验算应满足下列要求：

1 特殊设防类（简称甲类），抗震措施应经专门研究并应满足不低于重点设防类的要求，抗震验算应按高于本地区设防烈度的要求采用；

2 重点设防类（简称乙类），抗震措施应满足比本地区设防烈度提高一度的要求；抗震验算应按不低于本地区设防烈度的要求采用；

3 标准设防类（简称丙类），抗震措施和抗震验算应满足本地区设防烈度的要求；

4 适度设防类（简称丁类），抗震措施应满足比本地区设防烈度降低一度的要求。

**3.0.5** 既有建筑应根据其建造年代、原设计标准及剩余工作年限，按下列规定确定抗震加固设计相应的建筑类别：

1 20 世纪 90 年代以前建造的可继续正常使用的既有建筑，后续工作年限不得少于 30 年，本规程称 A 类建筑；当后续工作年限采用 40 年时，本规程称 B 类建筑；

2 在 20 世纪 90 年代（按当时施行的抗震设计规范系列设计）建造的既有建筑，后续工作年限宜为 40 年，本规程称 B 类建筑；当需达到本条第 3 款的更高抗震性能时，本规程称 C 类建筑；

3 在本世纪（按当时施行的抗震设计规范系列设计）建造的既有建筑，本规程称 C 类建筑，其后续工作年限不得少于原设计剩余工作年限，且应符合下列规定：

1) 剩余工作年限 40 年以内（含 40 年）的既有建筑，其后续工作年限宜为 40 年；

2) 剩余工作年限 40 年以上的既有建筑, 后续工作年限可为剩余工作年限或 50 年。

**3.0.6** 抗震加固时应应对既有建筑结构存在的耐久性、静力作用下的结构安全性等问题一并进行处理; 荷载及组合应符合下列规定:

- 1 后续工作年限为 50 年时, 应按现行国家标准的规定取值;
- 2 后续工作年限少于 50 年时, 原结构构件的验算, 不宜低于本规程附录 A 规定的数值;

3 新增结构构件和加固后结构构件的验算应满足现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 等的要求。

**3.0.7** 后续工作年限少于 50 年时, 原结构及构件在正常使用条件下的验算, 竖向静力荷载取值可按本规程附录 A 确定; 后续工作年限为 50 年时, 原结构及构件验算应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的规定。

**3.0.8** 既有建筑抗震验算时, 材料性能设计指标、荷载及组合、重力荷载代表值、地震作用及组合、地震作用效应调整、结构构件承载力抗震调整系数等参数的取值, 应符合下列规定:

1 后续工作年限 50 年的结构, 均应按《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 等国家现行标准的有关规定执行;

2 后续工作年限少于 50 年的结构, 可按国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的规定进行抗震验算, 抗震设防烈度应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定, 建筑抗震设防类别应按加固改造后的建筑功能确定, 特征周期值可按建造时施行的设计标准取值, 水平地震影响系数最大值不应折减;

3 后续工作年限少于 50 年的结构, 不应低于表 3.0.8 相应标准。

表 3.0.8 后续工作年限少于 50 年的既有建筑抗震验算标准

建造年代	原建造时施行的标准	后续工作年限	本规程简称	结构抗震措施判定及加固后结构抗震验算所采用的标准和方法
20 世纪 90 年代之前	78 规范或之前的标准	30	A 类	《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB 11/T 637
		40	B 类	《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的 B 类
20 世纪 90 年代	89 规范	40	B 类	《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的 B 类
21 世纪	01 规范及之后施行的标准	40	C 类	《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637
		41~49	C 类	

3.0.9 既有建筑抗震加固设计时，地震作用和结构抗震验算应符合下列规定：

- 1 加固后结构的分析和构件承载力计算，应满足下列要求：
- 1) 结构的计算简图，应根据加固后的荷载、地震作用和实际受力状况确定；
- 2) 结构构件的计算截面面积，应采用实际有效的截面面积；
- 3) 结构构件承载力验算时，应计入实际荷载偏心、结构构件变形等造成的附加内力；并应计入加固后的实际受力程度、新增部分的应变滞后和新旧部分协同工作的程度对承载力的影响。
- 2 当采用楼层综合抗震能力指数进行结构抗震验算时，体系影响系数和局部影响系数应根据房屋加固后的状态取值，加固后楼层综合抗震能力指数应大于 1.0；
- 3 采用时程分析法进行补充验算时，应按建筑场地类别和设计地震分组选用实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线，其中实际强震记录的数量不应少于总数的 2/3，加速度时程的最大值可按表 3.0.9 采用，基底剪力要求应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定执行：

1) 多组时程曲线的平均地震影响系数曲线应与振型分解反应谱法所采用的地震影响系数曲线在统计意义上相符；

2) 罕遇地震下承载力及变形能力复核，应满足现行北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 附录 E 的要求；也可采用 7 条时程波，其中应包含现行北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 列出的校核地震动时程曲线，验算结果可取采用各时程分析结果的平均值。

**表 3.0.9 时程分析所用地震加速度时程的最大值 (cm/s<sup>2</sup>)**

地震影响	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
多遇地震	70	110
设防地震	200	300
罕遇地震	400	510

**3.0.10 减隔震加固工程设计应包括下列内容：**

- 1 结构的抗震性能化目标；
- 2 减隔震方案及相关计算分析；
- 3 减隔震装置的规格、型号、性能、使用年限等技术指标；
- 4 减隔震装置检验检测、施工安装和使用维护要求；
- 5 减隔震建筑构造要求，包括建筑做法、幕墙、机电及其他非结构构件连接构造、减隔震装置检查、更换的可靠途径等。

**3.0.11 加固所用材料的性能指标应满足国家现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 等标准的要求，其耐久性尚应满足建筑后续工作年限的要求。**

**3.0.12 抗震加固的施工应满足下列要求：**

- 1 应采取措施避免或减少损伤原结构构件；
- 2 发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时，应会同检测鉴定、加固设计等单位采取有效处理措施后方可继续施工；
- 3 应编制专项加固施工方案，必要时应对施工过程的结构安全性进行分析，并应采取可靠措施，避免出现结构失稳等施工安全问题。

题；对可能出现的倾斜、开裂或局部倒塌等情况，应预先采取安全措施。

**3.0.13** 抗震加固工程的验收应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 等现行标准的相关规定。

**3.0.14** 抗震加固方案采用新技术、新材料、新工艺、新设备时，应结合既有结构具体特点进行技术论证和经济分析。

## 4 地基和基础

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 既有建筑地基和基础的抗震加固，应根据地基和基础鉴定结果及上部结构抗震加固方案的需要，结合搜集的已有资料和调查的情况进行综合分析，确定地基和基础抗震加固方案。

**4.1.2** 因抗震加固而增加荷载时，应进行地基承载能力和基础承载力核算，必要时应进行地基沉降变形计算。核算结果不满足要求时，应采取适宜的处理方案。

**4.1.3** 地基基础鉴定结果不满足要求时，应采取以下措施：

1 对于液化地基，根据液化地基的液化等级及建筑物类别等参数，结合上部结构，综合分析确定液化地基应对方案；

2 对软弱土地基或明显不均匀地基，可采取提高上部结构抵抗不均匀沉降能力的措施。

**4.1.4** 存在严重不均匀地基的建筑物、对不均匀沉降敏感的或重点的建筑物，在抗震加固施工期间及使用期间应进行基础沉降变形观测，直至沉降达到稳定为止。

**4.1.5** 既有建筑地基基础加固设计，应遵循新、旧基础，新增桩和原有桩变形协调原则。新、旧基础的连接应采用可靠的技术措施。

### 4.2 承载力验算及变形计算

**4.2.1** 地基基础验算时，应按式 4.2.1-1 和式 4.2.1-2 进行天然地基在静载和地震作用下的承载力验算；地基承载力应按下列公式计算：

$$f_{sE} = \zeta_a f_{ac} \quad (4.2.1-1)$$

$$f_{ac} = \zeta_c f_a \quad (4.2.1-2)$$



式中：

- $f_{se}$  —— 调整后的地基抗震承载力（kPa）；
- $\zeta_a$  —— 地基抗震承载力调整系数，应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 确定取值；
- $f_{ac}$  —— 长期压缩-固结作用地基承载力标准值（kPa）；
- $\zeta_c$  —— 地基承载力压缩-固结作用提高系数，可参照表 4.2.1；
- $f_a$  —— 深宽修正后的地基承载力标准值（kPa）。

表 4.2.1 地基承载力压缩-固结作用提高系数

年限与土类	$p_a / f_a$				适用条件
	1.0	0.8	0.4	< 0.4	
2 年以上的砂土地基 5 年以上的粉土和粉质粘土 8 年以上地基承载力标准值大于 130kPa 的粘性土	1.2	1.05	1.0	1.0	对不均匀沉降敏感的建筑或地基土质不均匀的建筑
		1.1	1.05		地基土质均匀的一般建筑

注：① $P_a$ 指基础底面实际平均压力。  
②对于年限不够或碎石土、软弱土，地基承载力压缩-固结作用提高系数可取 1.0。

**4.2.2** 建筑桩基的抗震承载力验算，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的方法和要求进行。

**4.2.3** 同一建筑单元存在不同类型基础或基础埋深不同时，宜根据地震时可能产生的不利影响，考虑软土震陷、地基液化导致不同部位地基的差异沉降，并检查基础抵抗差异沉降的能力及上部结构相应部位的构造抵抗附加地震作用和差异沉降的能力。

**4.2.4** 建筑物的地基最终沉降变形计算值，不应大于地基沉降变形允许值。当大于地基沉降变形允许值时，应进行地基处理、基础加固或采取其他有效措施。

**4.2.5** 建筑地基最终沉降变形量可按下式确定：

$$S = S_0 + S_1 + S_2$$

(4.2.4)

式中：

$s$  —— 地基最终沉降变形量（mm）；

$s_0$  —— 地基基础加固前或增加荷载前，已完成的地基沉降变形量（mm），可由沉降观测资料确定或根据工程经验估算；

$s_1$  —— 地基基础加固或增加荷载后产生的地基变形量（mm）；

$s_2$  —— 原建筑物尚未完成的地基变形量（mm），可由沉降观测结果推算，或根据地方经验估算；当原建筑物基础沉降已稳定时，此值可取零。

### 4.3 地基处理与加固

**4.3.1** 为消除或减小地基液化沉陷进行地基处理时，可采取加密地基土、增加液化地基上覆压力和改善周边的排水条件等方法。

**4.3.2** 当地基承载力或沉降变形不满足设计要求时，地基处理可采取注浆法、灰土挤密桩法、深层搅拌法和旋喷桩法等方法。

**4.3.3** 采取加密地基土的处理方法，处理后桩间土的标准贯入锤击数不宜小于现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的液化判别标准贯入锤击数临界值，其基础边缘以外的处理宽度，应超过基础底面下处理深度的 1/2 且不小于基础宽度的 1/5。

**4.3.4** 地基加固措施的设计和施工应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 有关规定执行。

### 4.4 基础加固

**4.4.1** 当桩基的水平承载力不能满足要求时，可按下列方法处理：

- 1 基础旁无刚性地坪时，可增设刚性地坪；
- 2 可增设基础梁，将水平荷载分散到相邻的基础上。

**4.4.2** 当地基竖向承载力不能满足要求时，结构与基础可作下列处

理:

1 当基础底面压力标准值未超过地基承载力标准值  $f_{ac}$  的 1.1 倍时,可采用提高上部结构抵抗不均匀沉降能力的措施;

2 当基础底面压力标准值超过地基承载力标准值  $f_{ac}$  的 1.1 倍时,可采取放大基础底面积、增设深基础或减少荷载的措施;

3 上述措施不能解决承载力问题时,或为消除液化沉陷影响需要进行基础加固时,可采用桩基托换措施。

**4.4.3** 桩基方案应根据现场施工环境条件等因素确定,可采用灌注桩、旋转钻进复合钢桩、锚杆静压桩等方案。

**4.4.4** 采用桩基时,桩端伸入液化深度以下稳定土层中的长度(不包括桩尖部分),应按计算确定,且对碎石土,砾、粗、中砂,坚硬黏性土和密实粉土,尚不应小于 0.8m,对其他非岩石土,尚不宜小于 1.5m。

**4.4.5** 处于液化土中的桩基承台周围,宜用压实性较好的土料填筑夯实。

**4.4.6** 基础加固措施的设计、施工和检验应按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和《既有建筑加固改造工程勘察技术标准》DB11/T 2006 有关规定执行。

## 5 砌体房屋

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本章适用于烧结普通黏土砖、烧结多孔黏土砖、混凝土小型空心砌块等砌体承重的单层和多层房屋，不含单层空旷砌体房屋以及单层砖柱厂房。

**5.1.2** 房屋的抗震加固应满足下列要求：

**1** 加固后的构造柱设置应满足北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的规定，加固后的圈梁设置应满足现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 对 B 类建筑的要求；

**2** 同一楼层中，自承重墙体加固后的抗震能力不应超过承重墙体加固后的抗震能力；

**3** 对非刚性结构体系的房屋，应选用有利于消除不利因素的抗震加固方案；当采用加固柱或墙垛、增设支撑或支架等保持非刚性结构体系的加固措施时，应控制层间位移和提高其变形能力；

**4** 当选用区段加固的方案时，应对楼梯间的墙体采取加强措施；

**5** 加固后房屋的层间受剪承载力沿高度应比较均匀，防止相邻楼层的层间受剪承载力相差较大而导致出现薄弱层；

**6** 楼屋盖为装配式混凝土楼屋盖且被加固横墙之间楼屋盖的长宽比大于 1.5 时，加固后结构横墙方向的抗震验算不宜采用楼层综合抗震能力指数法；楼屋盖类型为木或砖拱楼屋盖时，不应采用综合抗震能力指数法进行验算；

**7** 采用楼层综合抗震能力指数法验算时，宜根据楼盖整体性及加固后墙体刚度变化情况，补充验算墙段综合抗震能力指数，墙段综合抗震能力指数不宜小于 0.8。

**5.1.3** 加固后的楼层和墙段的综合抗震能力指数应按下列公式验算：

$$\beta_s = \eta \psi_1 \psi_2 \beta_0 \quad (5.1.3)$$

式中：

$\beta_s$  —— 加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数；  
 $\eta$  —— 加固增强系数，可按本规程 5.3 节的规定确定；  
 $\beta_0$  —— 楼层或墙段原有的抗震能力指数，应按现行国家

家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 规定的有关方法计算；

$\psi_1$ 、 $\psi_2$  —— 分别为体系影响系数和局部影响系数，应根据房屋加固后的状况，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定取值。单层房屋，按现行北京地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的有关规定取值。

**5.1.4** 墙体加固后，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定，只选择从属面积较大或竖向应力较小的墙段进行抗震承载力验算，截面抗震受剪承载力可按下列公式验算：

不计入构造影响时 
$$V \leq V_R \quad (5.1.4-1)$$

计入构造影响时 
$$V \leq \psi_1 \psi_2 V_R \quad (5.1.4-2)$$

式中：

$V$  —— 墙段的剪力设计值（N）；

$V_R$  —— 墙段加固后的受剪承载力设计值（N），对于后张预应力加固技术可直接按本规程 5.3 节的规定确定，对于其他加固技术，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定计算墙段原有的受剪承载力，并乘以本规程 5.3 节的加固增强系数确定；其中的材料性能设计指标、承载力抗震调整系数应按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的有关规定取值。

## 5.2 抗震加固方案

**5.2.1** 当既有砌体房屋的高度、层数超过规定限值时，应采取下列抗震对策：

**1** 当既有多层砌体房屋的总高度超过规定而层数不超过规定的限值时，应采取高于一般房屋的承载力且加强墙体约束的有效措施；

**2** 当既有多层砌体房屋的层数超过规定限值时，应改变结构体系或减少层数；对抗震横墙较少的房屋，也可增设抗震横墙减小横墙间距；乙类设防的房屋，也可改变用途按丙类设防使用，并满足丙类设防的层数限值要求；

**3** 当既有多层砌体房屋的层数超过规定限值而采用改变结构体系的方案时，可在两个方向增设一定数量的钢筋混凝土抗震墙、总厚度不小于 120mm 的钢筋混凝土双面夹板墙，间距应满足现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 关于钢筋混凝土框架-抗震墙结构的抗震墙之间楼屋盖长宽比要求；部分位置受限时，双面夹板墙可采用厚度不小于 120mm 的单面板墙替代，单面板墙承担的地震作用下的水平剪力不宜超过层剪力的 50%。横墙较少时应采用增设抗震墙或双面板墙加固；新增的混凝土墙或板墙宜计入竖向压应力滞后的影响并承担结构的全部地震作用。对于除横墙较少以外的房屋，层数超过限值 1 层时，也可对全部墙体采用组合砌体墙加固；

**4** 横墙较少的丙类多层砌体房屋超出规定限值一层和 3m 以内时，应提高墙体承载力且新增构造柱、圈梁等应达到现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对横墙较少房屋不减少层数和高度的相关要求；

**5** 多层砌体房屋的总高度、层数或高宽比超过设防烈度的规定限值，但未超过比设防烈度低一度的规定限值时，可采取水平向减震系数不大于 0.40 的隔震加固措施；

**6** 当既有单层砌体房屋的层高超过规定限值时,应采取高于一般房屋的承载力且加强墙体约束的有效措施;

**7** 横墙间距不满足要求时,大房间两侧横墙应采用总厚度不小于 120mm 的钢筋混凝土双面夹板墙加固,加固位置受限时,也可在大房间两侧横墙一侧增设厚度不小于 140mm 的钢筋混凝土抗震墙,抗震墙的构造应满足本规程增设抗震墙加固的要求,抗震墙与大房间两侧横墙的连接应满足本规程板墙加固的要求。

**5.2.2** 房屋抗震承载力不能满足要求时,可以选择如下的加固方法:

**1** 拆砌或增加抗震墙:对强度过低或严重破坏的原墙体以及抗震性能差的墙体,如空斗墙,采取拆除重砌的办法,重砌和增设抗震墙的材料可以为砖或砌块,也可用轻骨料混凝土或普通混凝土,最大限度地减小对下部结构与基础的影响;拆除时,应采取可靠的支撑和防护措施;

**2** 增加砂浆面层或板墙加固:在墙板的一侧或两侧采用钢筋网砂浆面层、玄武岩纤维韧性砂浆面层、钢丝绳网片聚合物砂浆面层或板墙加固;

**3** 外加柱加固:在墙体交接处采用现浇钢筋混凝土构造柱加固,柱应与圈梁、拉杆连成整体,或与现浇钢筋混凝土楼、屋盖可靠连接;

**4** 后张预应力加固:沿墙体两侧按设计间距对称布置竖向无粘结预应力筋并施加预应力进行加固;

**5** 隔震加固:在房屋基础设置隔震层,减小房屋的地震反应。

**5.2.3** 房屋的整体性不满足要求时,应选择下列加固方法:

**1** 当墙体布置在平面内不闭合时,可增设墙段或在开口处增设现浇钢筋混凝土框形成闭合;

**2** 当纵横墙连接较差时,可采用钢拉杆、长锚杆、外加柱或外加圈梁等加固;

**3** 楼、屋盖构件支承长度不满足要求时,可增设钢或混凝土托

梁或采取增强楼、屋盖整体性等的措施；对腐蚀变质的构件应更换；对无下弦的人字屋架应增设下弦拉杆；

**4** 当构造柱或芯柱设置不满足鉴定要求时，应增设外加柱；当墙体采用双面钢筋网砂浆面层、双面玄武岩纤维韧性砂浆面层或双面钢筋混凝土板墙加固，且在墙体交接处增设相互可靠拉结的配筋加强带时，可不另设构造柱；

**5** 当圈梁设置不满足时，应增设圈梁；外墙圈梁宜采用现浇钢筋混凝土，内墙圈梁可用钢拉杆、进深梁端植筋或内墙钻孔内置钢筋代替；当采用双面钢筋网砂浆面层、双面玄武岩纤维韧性砂浆面层或双面钢筋混凝土板墙加固，且在楼屋面板下的面层或板墙内增设配筋加强带时，可不另设圈梁；

**6** 当预制楼、屋盖不满足抗震鉴定要求时，可增设钢筋混凝土现浇层或增设托梁加固楼、屋盖，钢筋混凝土现浇层做法应符合本规程第7章的规定。

#### **5.2.4** 对房屋中易倒塌的部位，宜选择下列加固方法：

**1** 窗间墙宽度过小或抗震能力不满足要求时，可增设钢筋混凝土窗框或采用钢筋网砂浆面层、玄武岩纤维韧性砂浆面层、板墙等加固；

**2** 支承大梁等的墙段抗震能力不满足要求时，可增设组合柱、钢筋混凝土柱或采用钢筋网砂浆面层、玄武岩纤维韧性砂浆面层、板墙加固；

**3** 支承悬挑构件的墙体不满足鉴定要求时，宜在悬挑构件端部增设钢筋混凝土柱或组合柱加固，并对悬挑构件进行复核；

**4** 隔墙无拉结或拉结不牢，可采用镶边、埋设钢夹套、锚筋或钢拉杆加固；当隔墙过长、过高时，可采用钢筋网砂浆面层或玄武岩纤维韧性砂浆面层进行加固；

**5** 出屋面的楼梯间、电梯间和水箱间不满足鉴定要求时，可采用面层或外加柱加固，其上部应与屋盖构件有可靠连接，下部应与



主体结构的加固措施相连；

**6** 出屋面的烟囱、无拉结女儿墙、入口造型等超过规定的高度时，宜拆除、降低高度或采用型钢、钢拉杆加固；

**7** 悬挑构件的锚固长度不满足要求时，可加拉杆或采取减少悬挑长度的措施。

**5.2.5** 当具有明显扭转效应的多层砌体房屋抗震能力不满足要求时，可优先在薄弱部位增砌砖墙、现浇钢筋混凝土墙或采取在原墙加面层的措施。

### **5.3 抗震加固设计与施工**

#### **I 钢筋网砂浆面层加固**

**5.3.1** 采用钢筋网砂浆面层加固墙体时，应符合下列规定：

**1** 钢筋网应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋固定于墙体上；钢筋网四周应采用锚筋、插入短筋或拉结筋等与楼板、大梁、柱或墙体可靠连接；钢筋网外保护层厚度不应小于 20mm，钢筋网片与墙面的空隙不应小于 5mm；

**2** 面层加固验算时，有关构件支承长度的影响系数应作相应改变，有关墙体局部尺寸的影响系数应取 1.0。

**5.3.2** 采用钢筋网砂浆面层加固墙体的设计，尚应符合下列规定：

**1** 原砌体实际的砌筑砂浆强度等级不宜高于 M2.5；

**2** 面层的材料和构造尚应满足下列要求：

**1)** 面层的砂浆强度等级，不应低于 M10；

**2)** 钢筋网砂浆面层的厚度，对室内正常湿度环境，应为 40mm~45mm，对于露天或潮湿环境，应为 45mm~50mm；

**3)** 钢筋网应采用点焊方格钢筋网，竖向受力钢筋直径不应小于 8mm，水平分布钢筋的直径应为 6mm；网格尺寸不应大于 300mm；

**4)** 单面加面层的钢筋网应采用  $\phi 6$  的 L 形锚筋，双面加面层的

钢筋网应采用  $\phi 6$  的 S 形穿墙筋连接；L 形锚筋和 S 形穿墙筋的间距不应大于 500mm；

5) 底层的面层，在室外地面下宜加厚并伸入地面下 500mm。

3 面层加固后，楼层和各墙段抗震能力的增强系数可按下列公式计算：

$$\eta_{pi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{pij} - 1) A_{ij0}}{A_{i0}} \quad (5.3.2-1)$$

$$\eta_{pij} = \frac{240}{t_{w0}} [\eta_0 + 0.075 (\frac{t_{w0}}{240} - 1) / f_{vE}] \quad (5.3.2-2)$$

式中：

$\eta_{pi}$  —— 面层加固后第  $i$  楼层抗震能力的增强系数；

$\eta_{pij}$  —— 第  $i$  楼层第  $j$  墙段面层加固的增强系数；

$\eta_0$  —— 基准增强系数，砖墙体可按表 5.3.2-1 采用；

$A_{i0}$  —— 第  $i$  楼层中验算方向原有抗震墙在 1/2 层高处净截面的面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$A_{ij0}$  —— 第  $i$  楼层中验算方向面层加固的抗震墙  $j$  墙段在 1/2 层高处净截面的面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$n$  —— 第  $i$  楼层中验算方向的面层加固抗震墙数量；

$t_{w0}$  —— 原墙体厚度 (mm)；

$f_{vE}$  —— 原墙体的抗震抗剪强度设计值 ( $\text{N/mm}^2$ )。

表 5.3.2-1 面层加固的基准增强系数

单面加固			双面加固		
原墙体砂浆强度等级					
M0.4	M1.0	M2.5	M0.4	M1.0	M2.5
2.16	1.51	1.16	3.12	2.15	1.65

4 加固后砖墙段刚度的提高系数应按下列公式计算：

实心墙单面加固

$$\eta_k = \frac{240}{t_{w0}} \eta_{k0} - 0.75 \left( \frac{240}{t_{w0}} - 1 \right)$$

(5.3.2-3)

实心墙双面加固

$$\eta_k = \frac{240}{t_{w0}} \eta_{k0} - \left( \frac{240}{t_{w0}} - 1 \right)$$

(5.3.2-4)

式中：

- $\eta_k$  —— 加固后墙段的刚度提高系数；
- $\eta_{k0}$  —— 刚度的基准提高系数，可按表 5.3.2-2 采用。

表 5.3.2-2 面层加固时墙段刚度的基准提高系数

单面加固			双面加固		
原墙体砂浆强度等级					
M0.4	M1.0	M2.5	M0.4	M1.0	M2.5
2.03	1.49	1.29	4.43	2.96	2.41

5.3.3 面层加固的施工应符合下列规定：

- 1 面层宜按下列顺序施工：原有墙面清底、钻孔并用水冲刷，孔内干燥后安设锚筋并铺设钢筋网，浇水湿润墙面，抹水泥砂浆并养护，墙面装饰；
- 2 原墙面碱蚀严重时，应先清除松散部分并用 1:3 水泥砂浆抹面，已松动的勾缝砂浆应剔除；
- 3 在墙面钻孔时，应按设计要求先画线标出锚筋（或穿墙筋）位置，并应采用电钻在砖缝处打孔，穿墙孔直径宜比 S 形筋大 2mm，锚筋孔直径宜采用锚筋直径的 1.5~2.5 倍，其孔深宜为 100mm~120mm，锚筋插入孔洞后可采用水泥基灌浆料、水泥砂浆等填实；
- 4 铺设钢筋网时，竖向钢筋应靠墙面并采用钢筋头支起；
- 5 抹水泥砂浆时，应先在墙面刷水泥浆一道再分层抹灰，且每层厚度不应超过 15mm；
- 6 面层应浇水养护，防止阳光曝晒，冬季应采取防冻措施。

II 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固

5.3.4 玄武岩纤维韧性砂浆的原材料性能，应满足下列要求：

- 1 短切玄武岩纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》GB/T 23265 的有关规定；
- 2 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，骨料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定；
- 3 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定，并不得使用含氯盐的外加剂；
- 4 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定。

5.3.5 玄武岩纤维韧性砂浆的抗压强度等级不应小于 C25。其余力学性能指标应符合表 5.3.5 的规定。

表 5.3.5 玄武岩纤维韧性砂浆的主要力学性能指标

抗拉强度等级	T3	T4	T5	UT3	UT4	UT5
轴心抗拉强度标准值 $f_{dc,tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0
轴心抗拉强度设计值 $f_{dc,t}$ (N/mm <sup>2</sup> )	2.22	2.96	3.70	2.22	2.96	3.70
弹性模量 $E_{dc}$ (x10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	20					
极限延伸率	≥0.5%			≥1.5%		

注 1：轴心抗拉强度标准值系指按标准方法制作、养护的拉伸用试件，在 28d 龄期按现行行业标准《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T2461 规定的试验方法测得的具有 95%保证率的极限抗拉强度值。

注 2：抗压强度等级为按标准方法制作、养护的边长为 100mm 的立方体试件，在 28d 龄期按现行行业标准《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T2461 规定的试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度值。

注 3：极限延伸率系指按照标准方法制作、养护的拉伸用试件，在 28d 龄期按现行行业标准《高延性纤维增强水泥基复合材料力学性能试验方法》JC/T2461 规定的试验方法测得的最大力下延伸率的平均值。测试应采用微变形测量仪并在试验报告中注明种类和标准长度。

**5.3.6** 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固砌体墙体的设计，应满足下列要求：

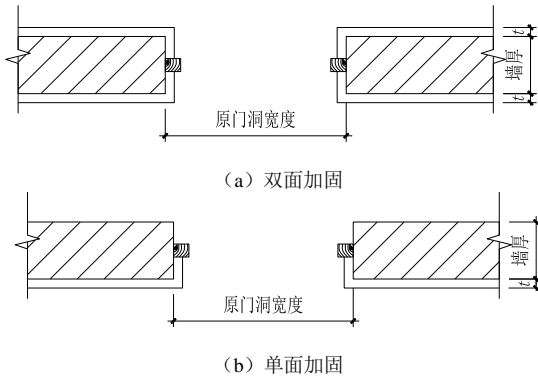
1 原墙体砌筑的块体实际强度等级不宜低于 MU7.5，砂浆强度不宜低于 M0.4；原墙厚不宜大于 370mm，不应大于 490mm；当墙厚大于 370mm 时，宜采用双面加固；

2 面层的构造应满足下列要求：

1) 加固砌体结构的面层单侧厚度不应小于 15mm；

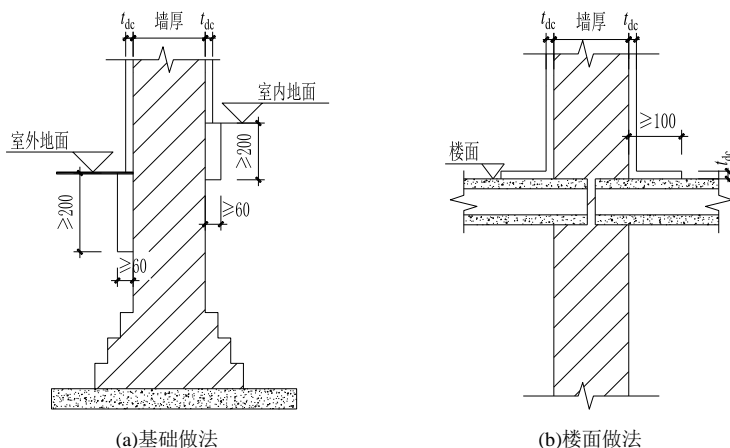
2) 加固砌体结构的面层单侧厚度不宜大于 30mm；当面层单侧厚度大于 30mm 时，应在面层中配置钢筋，形成复合面层，且宜双面配置；钢筋应与原墙体有效拉结，间距宜为 500mm，且呈梅花状布置；

3) 加固面层遇有门窗洞时，单面加固宜将面层弯入洞口侧边锚固，双面加固宜将两侧的面层弯入洞口侧边闭合（图 5.3.6-1）；



**图 5.3.6-1 加固门窗洞口做法**

4) 加固面层在底层可不延伸至基础，在地面下宜加厚至不小于 60mm 并伸入地面下不小于 200mm 或伸至地圈梁顶面；当加固面层在楼板处断开时，面层底部应延伸至对应楼板顶部锚固，锚固长度不宜小于 100mm；锚固区域原有的楼板表面应凿毛处理；（图 5.3.6-2）



$t_{dc}$ —玄武岩纤维韧性砂浆面层厚度

图 5.3.6-2 加固面层基础及楼面做法

5) 被加固墙体水平灰缝应进行抠缝处理, 抠缝深度不宜小于 15mm; 抠缝部位应采用韧性砂浆填实。

3 墙体加固后, 有关构件支承长度的影响系数应做相应改变, 有关墙体局部尺寸的影响系数可取 1.0; 楼层和各墙段抗震能力的增强系数, 可按本规程公式 (5.3.2-1) 和 (5.3.2-2) 计算; 其中, 面层加固的基准增强系数, 对普通黏土砖可按公式 (5.3.6-1)~(5.3.6-3) 计算; 加固后正截面受压承载力可按公式 (5.3.6-4) 验算; 墙段刚度的提高系数, 可按本规程公式 (5.3.2-3) 和 (5.3.2-4) 采用, 其中, 墙段刚度的基准提高系数, 可按表 5.3.6 采用;

$$\eta_0 = 1 + \frac{V_{dE}}{V_{ME0}} \quad (5.3.6-1)$$

$$V_{dE} = \frac{V_d}{\gamma_{Rs}} \quad (5.3.6-2)$$

$$V_d = 0.7\alpha_{dv}f_{dc,t}t_{dc}h \quad (5.3.6-3)$$

$$N \leq \varphi_{\text{com}} (f_{\text{m0}} A_{\text{m0}} + \alpha_{\text{dc}} f_{\text{dc,c}} A_{\text{d}}) \quad (5.3.6-4)$$

式中：

$\alpha_{\text{dv}}$  —— 墙体抗剪加固时玄武岩纤维韧性砂浆强度利用系数，取  $\alpha_{\text{dv}} = 0.7$ ；

$\eta_0$  —— 240mm 厚墙体加固基准增强系数，当采用双面加固时，计算值大于 3.8 时仍取 3.8；单面加固时，计算值大于 2.5 时仍取 2.5；

$t_{\text{dc}}$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆面层厚度（双面加固时，取其厚度之和）；

$f_{\text{dc,t}}$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆轴心抗拉强度设计值；

$h$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固范围内的墙体水平长度；

$V_{\text{ME0}}$  —— 240mm 厚原墙体的截面抗震受剪承载力，可按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定计算；

$V_{\text{dE}}$  —— 采用玄武岩纤维韧性砂浆加固后提高的抗震受剪承载力；

$\gamma_{\text{Rs}}$  —— 承载力抗震调整系数，取  $\gamma_{\text{Rs}} = 0.85$ ；

$N$  —— 轴向压力设计值；

$\varphi_{\text{com}}$  —— 轴心受压组合砌体构件的稳定系数，根据加固后截面的高厚比，按《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定取值；

$f_{\text{m0}}$  —— 原构件砌体抗压强度设计值，按《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定取值；

$A_{\text{m0}}$  —— 原构件砌体截面面积；

$\alpha_{\text{dc}}$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆抗压强度利用系数，取 0.15；

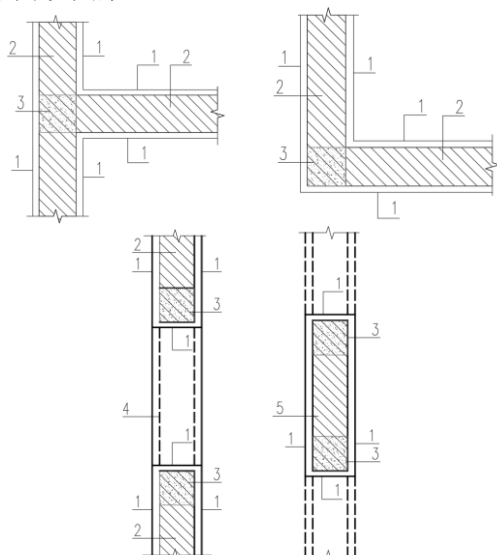
$f_{\text{dc,c}}$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆轴心抗压强度设计值；

$A_{\text{d}}$  —— 玄武岩纤维韧性砂浆面层的截面面积（不计入嵌缝面积）。

表 5.3.6 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固墙段刚度的基准提高系数

单侧 面层 厚度 (mm)	单面加固					双面加固				
	原墙体砂浆强度等级									
	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0	M7.5	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0	M7.5
15	1.65	1.41	1.35	1.29	1.24	2.30	1.81	1.70	1.57	1.48
20	1.87	1.54	1.47	1.38	1.32	2.73	2.08	1.94	1.76	1.64
25	2.08	1.68	1.59	1.48	1.40	3.17	2.35	2.17	1.95	1.79
30	2.29	1.81	1.70	1.58	1.48	3.60	2.62	2.40	2.14	1.94

4 当构造柱或芯柱设置不满足要求时，应增设外加柱；当采用 UT 系列面层按图 5.3.6-3 所示要求对墙体进行加固时，可不另设外加柱；面层宜双侧布置，局部受限时，可采用单面加固方式，面层厚度不宜小于 20mm；当圈梁设置不满足鉴定要求时，应增设圈梁；当采用双侧面层加固，且楼板下方增设厚度不小于 40mm 的配筋加强带时，可不另设圈梁。



1—玄武岩纤维韧性砂浆面层；2—原有砌体墙；3—应设置构造柱部位；  
4—较大洞口；5—较小墙垛

图 5.3.6-3 构造柱设置不满足鉴定要求时加固做法



**5.3.7** 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固砌体墙体的施工应符合下列规定：

1 砂浆母料应在工厂预拌成成品干料，施工时再添加纤维和水；现场制备顺序应严格按照产品使用说明要求；

2 材料进场时应检查出厂检验报告、产品合格证、型式检验报告等质量证明文件；材料进场后应见证取样复验其极限抗拉强度、极限延伸率及立方体抗压强度，检验结果应满足本规程表 5.3.5 的相关要求；每 100t 为一个检验批，不足 100t 按一个检验批计，且同一个检验批应是同一厂家、同一生产批次，每批不少于两组试样；检验合格后方可进行施工；

3 面层加固宜按以下工序：去除原墙体装饰层→水平抠缝→清理浮灰→浇水润湿墙面 →喷射或压抹纤维韧性砂浆→保湿养护；

4 面层施工应在界面处理后随即开始施工，每层厚度不宜超过 15 mm；当面层厚度超过 15mm 时宜分层压抹，前后两层压抹时间间隔不应超过 4h；

5 面层施工完成后，应在材料终凝后及时进行喷水养护，养护时间不应少于 7d；日平均气温低于 10℃时，养护时间不宜少于 14d。

**5.3.8** 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固砌体墙体的质量验收，应符合下列规定：

1 玄武岩纤维韧性砂浆加固砌体结构工程的质量验收，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的抽样原则按批次进行检验；相同材料、楼层、工艺和施工条件的室外加固每 1000m<sup>2</sup> 应划分为一个检验批，不足 1000m<sup>2</sup> 时也应划分为一个检验批；检验应包括玄武岩纤维韧性砂浆力学性能、面层表观质量、面层厚度、面层与砌体的粘结强度等，同时应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 及其他有关规范、标准的规定；

2 用于检查玄武岩纤维韧性砂浆力学性能的试件应在业主或

监理单位见证下，在施工现场玄武岩纤维韧性砂浆拌合物中随机抽取并留置试件，每个检验批不应少于两组，一组标准养护、一组同条件养护；检验结果应满足本规程表 5.3.5 的相关要求；

**3** 玄武岩纤维韧性砂浆面层与砌体的正拉粘结强度应进行现场取样检验，以正拉粘结强度不小于 0.6MPa 或破坏形式为基材砖内聚破坏进行合格判定；每一检验批按实际加固面层表面积均匀划分为若干区，每区 100m<sup>2</sup>，不足 100m<sup>2</sup>，按 100m<sup>2</sup> 计，每层不应少于 1 区；以每区为一个检验组，每组 3 个检验点；检验方法按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 附录 U 的有关规定执行；

**4** 加固面层厚度仅允许有 5 mm 正偏差，不允许出现负偏差，抽样合格率不应小于 90%；面层外观质量不应有严重缺陷，对明显存在疏松、夹杂异物、孔洞、裂缝、表观缺陷等现象的区域，应由施工单位提出处理方案，经业主（监理单位）和设计单位共同认可后进行处理。

### III 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固

**5.3.9** 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固砌体墙的材料性能，应满足下列要求：

**1** 钢丝绳网片应满足下列要求：

1) 钢丝绳应采用 6×7+IWS 钢丝股芯的不锈钢钢丝绳或热镀锌钢丝绳，单根钢丝绳的公称直径应为 2.5mm~4.5mm；

2) 钢丝绳的基本力学性能指标应符合表 5.3.9 的规定；

表 5.3.9 钢丝绳的基本力学性能指标 (N/mm<sup>2</sup>)

型号	公称直径 (mm)	抗拉强度标准值 $f_{ik}$	抗拉强度设计值 $f_{rw}$	弹性模量 $E_{rw}$
6×7+IWS 热镀锌钢丝绳	2.5~3.6	1650	1050	$1.30 \times 10^5$
	4.5	1560	1000	
6×7+IWS 不锈钢钢丝绳	3.0~3.2	1800	1100	$1.05 \times 10^5$
	4.0~4.5	1700	1050	

3) 钢丝绳网片应无锈蚀、无破损、无死折、无散束, 卡扣无开口、脱落, 主筋和横向筋间距均匀, 表面不得涂有油脂、油漆等污物。

2 聚合物砂浆可采用 I 级或 II 级聚合物砂浆, 其正拉粘结强度、抗拉强度和抗压强度以及老化检验、毒性检验等应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关要求。

**5.3.10** 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固砌体墙的设计, 应符合下列规定:

1 原墙体砌筑的块体实际强度等级不宜低于 MU7.5, 砂浆强度等级不宜高于 M5;

2 宜设置单层钢丝绳网片加固, 聚合物砂浆面层的厚度不宜小于 25mm, 钢丝绳保护层厚度不应小于 15mm;

3 钢丝绳网片聚合物砂浆层可单面或双面设置, 钢丝绳网应采用专用金属胀栓固定在墙体上, 其间距宜为 600mm, 且呈梅花状布置;

4 钢丝绳网四周应与楼板或大梁、柱或墙体可靠连接; 在底层可不延伸至基础, 外墙在室外地面下宜加厚并伸入地面下 500mm;

5 墙体加固后, 有关构件支承长度的影响系数应作相应改变, 有关墙体局部尺寸的影响系数可取 1.0; 楼层和各墙段抗震能力的增强系数, 可按本规程公式 (5.3.2-1) 和 (5.3.2-2) 采用, 其中, 面层加固的基准增强系数, 对普通黏土砖可按表 5.3.10-1 采用; 墙段

刚度的提高系数，可按本规程公式（5.3.2-3）和（5.3.2-4）采用，其中，墙段刚度的基准提高系数，可按表 5.3.10-2 采用。

表 5.3.10-1 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固的基准增强系数

面层厚度 (mm)	钢丝绳网片		单面加固				双面加固			
	直径	间距	原墙体砂浆强度等级							
	(mm)	(mm)	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0
25	3.05	80	2.42	1.92	1.65	1.48	3.1	2.17	1.89	1.65
		120	2.25	1.69	1.51	1.35	2.9	1.95	1.72	1.52

表 5.3.10-2 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固墙段刚度的基准提高系数

面层厚度 (mm)	单面加固				双面加固			
	原墙体砂浆强度等级							
25	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0	M0.4	M1.0	M2.5	M5.0
	1.55	1.21	1.15	1.1	3.14	2.23	1.88	1.45

5.3.11 钢丝绳网片聚合物砂浆层加固砌体墙的施工，应符合下列规定：

- 1 面层宜按下列顺序施工：放线定位，基层处理，钢丝绳网片下料及安装，浇水湿润墙面，界面剂配置及喷涂施工，聚合物砂浆搅拌、喷涂施工并养护，墙面装饰；
- 2 钢丝绳网应双层布置并绷紧安装，竖向钢丝绳网布置在内侧，水平钢丝绳网布置在外侧，分布钢丝绳应贴向墙面，受力钢丝绳应背离墙面；
- 3 将钢丝绳网片中平行于主受力方向的钢丝绳一端的端头穿过锚板通孔，套上专用金属固定接头，用专用机具压制形成固定端头；另一端为张拉端，应用金属压环穿成环状，用专用机具压制，保证夹裹力一致，安装牢固，张拉端从金属压环包裹处外露长度宜为 50mm；

**4** 应对钢丝绳网片使用张力器或其它张拉措施进行张拉；张拉力应以钢丝绳绷紧并满足设计要求为准，张拉到位后应对张拉端进行固定；应使钢丝绳承受拉力，并应与结构构件变形协调，共同受力；

**5** 聚合物砂浆抹面应在界面处理后随即开始施工，第一遍抹灰厚度以基本覆盖钢丝绳网片为宜，后续抹灰应在前次抹灰初凝后进行，后续抹灰的分层厚度控制在 10mm~15mm；

**6** 常温下，聚合物砂浆施工完毕 6 小时内，应采取可靠保湿养护措施；养护时间不少于 7 天；雨季、冬季或遇大风、高温天气时，施工应采取可靠应对措施。

## **IV 板墙加固**

**5.3.12** 采用现浇钢筋混凝土板墙加固墙体时，应符合下列规定：

**1** 原砌体墙体与后浇混凝土面层之间应做界面处理；

**2** 板墙应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋与原有砌体墙连接；其左右应采用拉结筋等与两端的原有墙体可靠连接；底部应有基础；板墙上下应与楼、屋盖可靠连接，至少应每隔 1m 设置穿过楼板且与竖向钢筋等面积的短筋，短筋两端应分别锚入上下层的板墙内，其锚固长度不应小于短筋直径的 40 倍；

**3** 板墙加固验算时，有关构件支承长度的影响系数应作相应改变，有关墙体局部尺寸的影响系数应取 1.0；

**4** 原有墙体的砌筑砂浆强度等级低于 M2.5 时，宜采用双面板墙加固。

**5.3.13** 现浇钢筋混凝土板墙加固墙体的设计，应满足下列要求：

**1** 板墙的材料和构造尚应满足下列要求：

1) 混凝土强度等级不应低于 C25，钢筋与植筋宜采用 HRB400 级热轧钢筋；

2) 板墙截面厚度不应小于 60mm；当采用喷射混凝土施工时，

不应小于 50mm;

3) 板墙可配置单排钢筋网片, 竖向受力钢筋直径不应小于 12mm, 横向钢筋直径不应小于 6mm, 竖向与横向钢筋间距宜为 150mm~200mm;

4) 板墙与原有墙体的连接, 可沿墙高每隔 0.7m~1.0m 在两端各设 1 根  $\phi 12$  的拉结钢筋, 其一端锚入板墙内的长度不宜小于 500mm, 另一端应锚固在端部的原有墙体内;

5) 单面板墙宜采用  $\phi 8$  的 L 形锚筋与原砌体墙连接, 双面板墙宜采用  $\phi 8$  的 S 形穿墙筋与原墙体连接; 锚筋在砌体内的锚固深度不应小于 120mm; 锚筋的间距宜为 600mm, 穿墙筋的间距宜为 900mm;

6) 原基础需加宽时, 板墙基础埋深宜与原基础相同;

7) 板墙不要求设置边缘构件。

2 板墙加固后, 楼层和墙段抗震能力的增强系数可分别按本规程公式 (5.3.2-1) 和 (5.3.2-2) 计算; 其中, 单面板墙加固墙段的增强系数, 原有墙体的砌筑砂浆强度等级为 M2.5 和 M5 时可取 2.5, 砌筑砂浆强度等级为 M7.5 时可取 2.0, 砌筑砂浆强度等级为 M10 时可取 1.8;

3 双面板墙加固且总厚度不小于 120mm 时, 其增强系数可按增设钢筋混凝土抗震墙加固法取值, 即当原有墙体的砌筑砂浆强度等级不高于 M7.5 时可取 3.8, 砌筑砂浆强度等级为 M10 时可取 3.5。

### 5.3.14 板墙加固的施工应符合下列规定:

1 板墙加固施工的基本顺序、钻孔注意事项, 可按本规程第 5.3.3 条对面层加固的相关规定执行;

2 板墙可支模浇灌或采用喷射混凝土工艺, 应采取措施使墙顶与楼板交界处混凝土的密实, 浇筑后应加强养护。

## V 增设抗震墙加固

5.3.15 增设砌体抗震墙加固房屋的设计, 应满足下列要求:

1 抗震墙的材料和构造应满足下列要求：

1) 砌筑砂浆的强度等级应比原墙体实际强度等级高一级，且不应低于 M2.5；

2) 墙厚不应小于 190mm；

3) 墙体中宜设置现浇带或钢筋网片加强：可沿墙高每隔 0.7m~1.0m 设置与墙等宽、高 60mm 的细石混凝土现浇带，其纵向钢筋可采用 3 $\phi$ 6，横向系筋可采用  $\phi$ 6，并于平面内点焊，其间距宜为 200mm；当墙厚为 240mm 或 370mm 时，可沿墙高每隔 300mm~700mm 设置一层焊接钢筋网片，网片的纵向钢筋可采用 3 $\phi$ 4，横向系筋可采用  $\phi$ 4，其间距宜为 150mm；

4) 墙顶应设置与墙等宽的现浇钢筋混凝土压顶梁，并与楼、屋盖的梁（板）可靠连接；可每隔 500mm~700mm 设置  $\phi$ 12 的锚筋或 M12 锚栓连接；压顶梁高不应小于 120mm，纵筋可采用 4 $\phi$ 12，箍筋可采用  $\phi$ 6，其间距宜为 150mm；

5) 抗震墙应与原有墙体可靠连接：可沿墙体高度每隔 500~600mm 设置 2 $\phi$ 6 且长度不小于 1m 的钢筋与原有墙体用螺栓或锚筋连接；当墙体内有混凝土带或钢筋网片时，可在相应位置处加设 2 $\phi$ 12（对钢筋网片为  $\phi$ 6）的拉筋，锚入混凝土带内长度不宜小于 500mm，另一端锚在原墙体或外加柱内，也可在新砌墙与原墙间加现浇钢筋混凝土内柱，柱顶与压顶梁连接，柱与原墙应采用锚筋或螺栓连接；

6) 抗震墙应有基础，其埋深宜与相邻抗震墙相同，宽度不应小于计算宽度的 1.15 倍。

2 加固后，横墙间距的体系影响系数应作相应改变；楼层抗震能力的增强系数可按下列公式计算：

$$\eta_{wi} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n \eta_{ij} A_{ij}}{A_{i0}} \quad (5.3.15)$$

式中：

$\eta_{wi}$  —— 增设抗震墙加固后第  $i$  楼层抗震能力的增强系数；

$\eta_{ij}$  —— 第  $i$  楼层第  $j$  墙段的增强系数；对黏土砖墙，无筋时取 1.0，有混凝土带时取 1.12，有钢筋网片时，240mm 厚墙取 1.10，370mm 厚墙取 1.08；

$A_{ij}$  —— 第  $i$  楼层中验算方向增设的抗震墙  $j$  墙段在 1/2 层高处净截面的面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$n$  —— 第  $i$  楼层中验算方向增设的抗震墙数量。

**5.3.16** 增设砌体抗震墙施工中，配筋的细石混凝土带可在砌到设计标高时浇筑，当混凝土终凝后方可在其上砌砖。

**5.3.17** 采用增设现浇钢筋混凝土抗震墙加固砌体房屋时，应符合下列规定：

1 楼、屋盖类型宜为现浇或叠合楼、屋盖；

2 原墙体砌筑的砂浆实际强度等级不宜低于 M2.5，现浇混凝土墙沿平面宜对称布置，沿高度应连续布置，其厚度可为 140mm~160mm，混凝土强度等级不应低于 C25；可采用构造配筋；抗震墙应设基础，与原有的砌体墙、柱和梁板均应有可靠连接；抗震墙可不设置边缘构件；

3 加固后，横墙间距的影响系数应作相应改变；楼层抗震能力增强系数可按本规程公式 (5.3.15) 计算，其中，增设墙段的厚度可按 240mm 计算；墙段的增强系数，原墙体砌筑砂浆强度等级不高于 M7.5 时可取 2.8，M10 时可取 2.5。

## VI 外加圈梁-钢筋混凝土柱加固

**5.3.18** 采用外加圈梁-钢筋混凝土柱加固房屋时，应满足下列要求：

1 外加柱应在房屋四角、楼梯间和不规则平面的对应转角处设



置，并应根据房屋的设防烈度和层数在内外墙交接处隔开间或每开间设置；外加柱应由底层设起，并应沿房屋全高贯通，不得错位；外加柱应与圈梁（含相应的现浇板等）或钢拉杆连成闭合系统；

**2** 外加柱应设置基础，并应设置拉结筋或锚筋等与原墙体、原基础可靠连接；当基础埋深与外墙原基础不同时，不得浅于冻结深度；

**3** 增设的圈梁应与墙体可靠连接；圈梁在楼、屋盖平面内应闭合，在阳台、楼梯间等圈梁标高变换处，圈梁应有局部加强措施；变形缝两侧的圈梁应分别闭合；

**4** 加固后验算时，圈梁布置和构造的体系影响系数应取 1.0；墙体连接的整体构造影响系数和相关墙垛局部尺寸的局部影响系数应取 1.0。

**5.3.19** 外加钢筋混凝土柱的设计，尚应符合下列规定：

**1** 外加柱的布置尚应符合下列规定：

1) 外加柱宜在平面内对称布置；  
2) 内廊房屋的内廊在外加柱的轴线处无连系梁时，应在内廊两侧的内纵墙加柱，或在内廊楼、屋盖的板下增设与原有的梁板可靠连接的现浇钢筋混凝土梁或钢梁。

**2** 外加柱的材料和构造尚应符合下列规定：

1) 柱的混凝土强度等级不应低于 C25；  
2) 柱截面可采用 240mm×180mm 或 300mm×150mm；扁柱的截面面积不宜小于 36000mm<sup>2</sup>，宽度不宜大于 700mm，厚度可采用 70mm；外墙转角可采用边长为 600mm 的 L 形等边角柱，厚度不应小于 120mm；

3) 纵向钢筋不宜少于 4 $\phi$ 12，转角处纵向钢筋可采用 12 $\phi$ 12，并宜双排布置；箍筋可采用  $\phi$ 6，其间距宜为 150mm~200mm，在楼、屋盖上下各 500mm 范围内的箍筋间距不应大于 100mm；

4) 外加柱宜在楼层 1/3 和 2/3 层高处同时设置拉结钢筋与墙体

连接，亦可沿墙体高度每隔 500mm 左右设置锚栓或锚筋与墙体连接。

3 外加柱加固后，当抗震鉴定需要有构造柱时，与构造柱的有关体系影响系数可取 1.0；当抗震鉴定无构造柱设置要求时，楼层的抗震能力增强系数应按下列公式计算：

$$\eta_{ci} = 1 + \frac{\sum_{j=1}^n (\eta_{cij} - 1) A_{ij0}}{A_{i0}} \quad (5.3.19)$$

式中：

$\eta_{ci}$  —— 外加柱加固后第  $i$  楼层抗震能力的增强系数；

$\eta_{cij}$  —— 第  $i$  楼层第  $j$  墙段外加柱加固的增强系数；砖墙可按表 5.3.19 采用，但 B 类砖房的窗间墙，增强系数宜取 1.0；

$A_{ij0}$  —— 第  $i$  楼层中验算方向外加柱加固的抗震墙  $j$  墙段在 1/2 层高处净截面的面积（mm<sup>2</sup>）；

$n$  —— 第  $i$  楼层中验算方向有外加柱的抗震墙数量。

表 5.3.19 外加柱加固黏土砖墙的增强系数

砌筑砂浆 强度等级	外加柱在加固墙体的位置			
	一端	两端		窗间墙中部
		墙体无洞口	墙体有洞口	
≤M2.5	1.1	1.3	1.2	1.2
≥M5	1.0	1.1	1.1	1.1

5.3.20 外加柱的拉结钢筋、锚筋应分别符合下列规定：

1 拉结钢筋可采用 2 $\phi$ 12 钢筋，长度不应小于 1.5m，应紧贴横墙布置；其一端应锚在外加柱内，另一端应锚入横墙的孔洞内；孔洞尺寸宜采用 120mm×120mm，拉结钢筋的锚固长度不应小于其直径的 15 倍，并用混凝土填实；

2 锚筋适用于砌筑砂浆实际强度等级不低于 M2.5 的实心砖墙体，并可采用  $\phi$ 12 钢筋，锚孔直径可依据胶粘剂的不同取

18mm~25mm，锚入深度可采用 150mm~200mm。

**5.3.21** 后加圈梁的材料和构造，尚应符合下列规定：

1 圈梁应现浇，其混凝土强度等级不应低于 C25，钢筋可采用 HRB400 级或 HPB300 级热轧钢筋；

2 圈梁截面高度不应小于 180mm，宽度不应小于 120mm；圈梁的纵向钢筋可采用 4 $\phi$ 12；箍筋可采用  $\phi$ 6，其间距宜为 200mm；外加柱和钢拉杆锚固点两侧各 500mm 范围内的箍筋应加密；

3 钢筋混凝土圈梁与墙体的连接，可采用螺栓、锚栓或锚筋连接；螺栓和锚筋的直径不应小于 12mm，锚入圈梁内的垫板尺寸可采用 60mm $\times$ 60mm $\times$ 6mm，螺栓间距可为 1m~1.2m。

**5.3.22** 代替内墙圈梁的钢拉杆，应满足下列要求：

1 当每开间均有横墙时，应至少隔开间在横墙的两侧各设置一根直径不小于 12mm 的钢筋；当多开间有横墙时，应在横墙的两侧各设置一根直径不小于 14mm 的钢筋；当采用外加柱增强墙体的受剪承载力时，替代内墙圈梁的钢拉杆不宜少于 2 $\phi$ 16；当钢拉杆位置受限时，可在墙体一侧或钻孔设置钢拉杆，单侧设置的钢拉杆可采用单根钢筋，面积不小于双侧设置时钢筋面积总和的 1.2 倍；

2 沿内纵墙端部布置的钢拉杆长度不得小于两开间；沿横墙布置的钢拉杆两端应锚入外加柱、圈梁内或与原墙体锚固，但不得直接锚固在外廊柱头上；单面走廊的钢拉杆在走廊两侧墙体上都应锚固；

3 当钢拉杆在增设圈梁内锚固时，可采用弯钩或加焊 80mm $\times$ 80mm $\times$ 8mm 的锚板埋入圈梁内；弯钩的长度不应小于拉杆直径的 35 倍；锚板与墙面的间隙不应小于 50mm；

4 钢拉杆在原墙体锚固时，应采用钢垫板，拉杆端部应加焊相应的螺栓；钢拉杆在原墙体锚固的方形钢锚板的尺寸可按表 5.3.22 采用；

表 5.3.22 钢拉杆方形锚板尺寸 (边长×厚度 mm)

钢拉杆直径 (mm)	原墙体厚度 (mm)				
	370		180~240		
	原墙体砂浆强度等级				
	M1	M2.5	M0.4	M1	M2.5
12	100×10	100×14	200×10	150×10	100×12
14	150×12	100×14	—	250×10	100×12
16	200×15	100×14	—	350×14	200×14
18	200×15	150×16	—	—	250×15
20	300×17	200×19	—	—	350×17

**5.3.23** 采用内墙钻孔内置钢筋代替内墙圈梁时，应满足下列要求：

- 1 墙体钻孔位置应居于墙厚中间，并应避开楼屋面预制板端的甩出钢筋，钻孔后每侧的墙体有效宽度不应小于 80mm；
- 2 墙体钻孔后插入的钢筋截面积不宜小于 490mm<sup>2</sup>；
- 3 植入钢筋后，应采用水泥灌浆料将钻孔灌实。

**5.3.24** 圈梁和钢拉杆的施工应符合下列规定：

- 1 增设圈梁处的墙面有酥碱、油污或饰面层时，应清理干净；圈梁与墙体连接的孔洞应用水冲洗干净；混凝土浇筑前，应浇水润湿墙面和木模板；锚筋和锚栓应可靠锚固；
- 2 圈梁的混凝土宜连续浇筑，不应在距钢拉杆或横墙 1m 以内处留施工缝，圈梁顶面应做泛水，其底面应做滴水槽；
- 3 钢拉杆应张紧，不得弯曲和下垂；外露铁件应涂刷防锈漆。

## VII 后张预应力加固

**5.3.25** 后张预应力加固砖砌体墙的材料性能，应满足下列要求：

- 1 加固用预应力筋宜选用高强低松弛钢绞线，也可选用高强钢丝、钢筋、钢拉杆、拉索等性能可靠的预应力钢材，其性能应满足现行相关国家、行业标准的要求；

2 加固用预应力筋的锚固系统应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定。

**5.3.26** 后张预应力技术加固砖砌体墙的设计，应满足下列要求：

1 原墙体砌筑的块体实际强度等级不宜低于 MU7.5，且由竖向荷载及有效预应力的合作用所产生的轴向力设计值  $N$  应满足下列公式：

$$N \leq \varphi f A \quad (5.3.26)$$

式中：

$\varphi$  —— 高厚比和轴向力的偏心距  $e$  对受压构件承载力的影响系数，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定确定；

$f$  —— 砌体的抗压强度设计值 ( $\text{N/mm}^2$ )；

$A$  —— 被加固砌体墙体的截面面积 ( $\text{mm}^2$ )。

2 预应力筋宜沿被加固墙体两侧等间距成对对称布置，预应力筋可外置于墙体表面，或布置于墙体两侧剔凿出的凹槽内，当预应力筋布置于墙体凹槽内时，宜采用无粘结预应力筋；预应力筋间距不宜小于 500mm，且不宜大于 2000mm；

3 预应力筋上端可锚固于被加固墙体顶部设置的压顶梁或墙顶传力垫块上，下端可锚固于墙体底部设置的基础传力垫块或楼层圈梁上；应验算预应力筋锚固端的局部受压承载力，保证预应力的可靠传递。

**5.3.27** 采用后张预应力技术加固墙体的设计，尚应符合下列规定：

1 采用后张预应力进行抗震加固后，被加固墙体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值应按下列公式确定：

$$f_{\text{VE}} = \zeta_{\text{NP}} f_v \quad (5.3.27-1)$$

式中：

$f_{\text{VE}}$  —— 预应力加固砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值 ( $\text{N/mm}^2$ )；

$f_v$  —— 非抗震设计的砌体抗剪强度设计值 ( $\text{N/mm}^2$ )；

$\zeta_{\text{NP}}$  —— 砖砌体抗震抗剪强度由于竖向荷载和预应力筋的合作

用产生的正应力影响系数，应按表 5.3.27-1 采用。

表 5.3.27-1 砖砌体强度的正应力影响系数

砌体类别	$(\sigma_0 + \sigma_p)/f_v$							
	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0	$\geq 16.0$
普通砖， 多孔砖	0.80	0.99	1.25	1.47	1.65	1.90	2.05	--
混凝土 砌块	--	1.23	1.69	2.15	2.57	3.02	3.32	3.92

注： $\sigma_0$  为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力， $\sigma_p$  为对应于后张预应力的砌体截面平均压应力；

2 无筋砖砌体墙体加固后，其截面抗震受剪承载力设计值，应按下列公式计算：

$$V_R = (f_{vE}A + \beta_p \sigma_{pe} A_p) / \gamma_{Rs} \quad (5.3.27-2)$$

式中：

$V_R$  —— 墙体加固后的抗震受剪承载力设计值 (N)；

$A$  —— 墙体横截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$A_p$  —— 加固预应力筋横截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{pe}$  —— 加固预应力筋的有效预应力 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\beta_p$  —— 预应力筋参与工作系数，对整截面墙，取 0.15，对开洞口墙，取 0.1；

$\gamma_{Rs}$  —— 抗震加固的承载力调整系数；本节中，对于两端均有构造柱、芯柱的抗震墙，取 0.9，对于其他抗震墙，取 1.0，对于自承重墙，取 0.75。

3 带有水平配筋的墙体加固后，其截面抗震受剪承载力设计值，应按下列公式计算：

$$V_R = (f_{vE}A + \zeta_s f_{yh} A_{sh} + \beta_p \sigma_{pe} A_p) / \gamma_{Rs} \quad (5.3.27-3)$$

式中:

- $\zeta_s$  —— 水平钢筋参与工作系数, 可按表 5.3.27-2 采用;
- $f_{yh}$  —— 墙体水平纵向钢筋的抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );
- $A_{sh}$  —— 层间墙体竖向截面的总水平纵向钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ ), 其配筋率不应小于 0.07% 且不大于 0.17%。

表 5.3.27-2 水平钢筋参与工作系数

墙体高宽比	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
$\zeta_s$	0.10	0.12	0.14	0.15	0.12

4 对于中部设置截面不小于  $240\text{mm}\times 240\text{mm}$ , 间距不大于 4m 的构造柱的墙段, 其加固后的截面抗震受剪承载力设计值, 应按下列公式计算:

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{Rs}} \left[ \eta_c f_{vE} (A - A_c) + \zeta_c f_t A_c + 0.08 f_{yc} A_{sc} + \beta_p \sigma_{pe} A_p + \zeta_s f_{yh} A_{sh} \right] \quad (5.3.27-4)$$

式中:

$A_c$  —— 中部构造柱的横截面面积 ( $\text{mm}^2$ ), 对横墙和内纵墙,  $A_c > 0.15A$  时, 取  $0.15A$ ; 对外纵墙,  $A_c > 0.25A$  时, 取  $0.25A$ ;

$f_t$  —— 中部构造柱的混凝土轴心抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$A_{sc}$  —— 中部构造柱的纵向钢筋截面总面积 ( $\text{mm}^2$ ), 配筋率不应小于 0.6%, 大于 1.4% 时取 1.4%;

$f_{yc}$  —— 中部构造柱的纵向钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$\zeta_c$  —— 中部构造柱参与工作系数, 居中设一根时取 0.5, 多于一根时取 0.4;

$\eta_c$  —— 墙体约束修正系数, 一般情况取 1.0, 构造柱间距不大于 3m 时取 1.1。

5 砖砌体墙体采用后张预应力加固后, 其预应力筋的有效预应力应按下列公式计算:

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - (\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5}) \quad (5.3.27-5)$$

式中：

$\sigma_{con}$  —— 加固预应力筋的张拉控制应力 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{l1}$  —— 预应力筋因张拉端锚具变形和预应力筋内缩引起的预应力损失值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{l2}$  —— 预应力筋摩擦引起的预应力损失值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{l4}$  —— 预应力筋应力松弛引起的预应力损失值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{l5}$  —— 因砌体收缩徐变引起的预应力损失值 (N/mm<sup>2</sup>)。

**6** 砖砌体墙体加固后，加固用预应力筋的各项预应力损失中， $\sigma_{l1}$ 、 $\sigma_{l2}$ 、 $\sigma_{l4}$  可按现行《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定计算。由砌体收缩徐变引起的预应力损失  $\sigma_{l5}$  按下列公式计算：

$$\sigma_{l5} = \varepsilon_{sh} E_p + J_{cr} \sigma_p E_p \quad (5.3.27-6)$$

式中：

$\sigma_p$  —— 后张预应力施加产生的砌体截面平均压应力 (N/mm<sup>2</sup>)；

$E_p$  —— 加固预应力筋的弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\varepsilon_{sh}$  —— 砌体墙体的收缩应变，可按表 5.3.27-3 确定；

$J_{cr}$  —— 砌体墙体的徐变柔量 (N/mm<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>)，可按表 5.3.27-3 确定。

**表 5.3.27-3 砌体墙体的收缩应变和徐变柔量**

墙体类型	$\varepsilon_{sh}$	$J_{cr}$ ((N/mm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )
普通砖、多孔砖	0	$1.0 \times 10^{-5}$
混凝土砌块	$6.5 \times 10^{-5}$	$3.6 \times 10^{-5}$

**5.3.28** 采用后张预应力技术加固墙体的施工，应符合下列规定：

**1** 后张预应力加固砖砌体墙体的施工宜按下列顺序施工：清理原结构；在加固墙体上定位放线，标注预应力筋的位置；预应力筋加工制作及锚具试装配；当预应力筋布置于墙体两侧凹槽内时，应



在预应力筋安装部位墙体两侧剔凿出凹槽，对应部位楼板穿孔；预应力筋张拉端和固定端结构或垫块的安装施工；安装并固定预应力筋及其锚固装置、支承垫板等零部件；预应力筋张拉并锚固；施工质量检验；防护面层施工；

**2** 当预应力锚固端位于屋面时，应先剔除屋面局部装饰面层，并对屋面板与锚固端结构结合部位的混凝土表面进行打磨处理，锚固端结构可通过化学植筋或化学锚栓固定，底面应与屋面板顶面紧密贴合；

**3** 当预应力锚固端位于建筑地坪以下时，应对基础两侧开挖，露出墙下基础，在安装传力垫块部位基础墙上开洞并安装基础传力垫块；

**4** 当预应力锚固端位于楼层内时，应在设置锚固垫块的部位采用静力切割的方法开洞，对洞口部位楼板表面进行清理；垫块施工完毕后，应采用高强灌浆材料或高标号水泥砂浆将洞口与垫块之间的缝隙浇筑密实；

**5** 墙体表面开槽前应先复核墙内水电管线位置，避免开槽损坏水电管线；可采用云石切割机或其他开槽设备进行开槽施工，开槽应定位准确，确保槽沟为直线，开槽的深度与宽度应保证预应力筋可以完全封闭于墙体内部；

**6** 预应力筋安装前，应检查其规格尺寸和数量，确认可靠无误后，方可在工程中使用；预应力筋应顺直穿过楼、屋面板的孔洞，安置在墙体表面的凹槽内，在穿筋过程中应防止保护套受到机械损伤；预应力筋铺设就位后方可安装固定端和张拉端锚固节点组件；

**7** 安装预应力张拉设备时，应使张拉力的作用线与预应力筋的中心线重合；沿墙体两侧对称布置的预应力筋必须两根同时张拉，且张拉过程尽可能保持同步；

**8** 张拉控制应力应满足设计要求；当采用应力控制方法进行张拉时，应校核预应力筋的伸长值，当实际伸长值与设计计算伸长值

相对偏差超过 $\pm 6\%$ 时，应暂停张拉，查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉；

9 张拉后应采用砂轮锯或其他机械方法切割超长部分的预应力筋，其切断后露出锚具夹片外的长度不得小于 30mm；张拉后的锚具应进行防护处理。

**5.3.29** 采用后张预应力技术加固墙体的施工质量验收，应符合下列规定：

1 后张预应力加固分项工程根据预应力材料类别，可划分为预应力筋、锚具和传力垫块用钢材、混凝土检验批；原材料的批量划分、质量标准和检验方法应符合国家现行有关产品标准的规定；

2 后张预应力加固分项工程根据施工工艺流程，可划分为制作及安装、张拉、封闭等三个检验批；每个检验批的范围可按施工段划分；

3 施工检验批的质量验收应由监理工程师组织施工单位项目检查员进行，并作出记录；

4 检验批合格质量应符合下列规定：

- 1) 主控项目和一般项目的质量经抽样检验合格；
- 2) 具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

5 后张预应力加固分项工程的验收应由监理工程师组织施工单位项目技术负责人进行，并作出记录；

6 后张预应力加固分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1) 分项工程所含的检验批均符合合格质量的规定；
- 2) 分项工程验收资料完整并满足验收要求。

7 后张预应力加固分项工程质量验收时应提供下列文件和记录：

- 1) 后张预应力加固分项工程的设计及变更文件；
- 2) 后张预应力加固工程专项施工方案及有关变更记录；
- 3) 预应力筋位置坐标、锚固端构造等详图；

- 4) 材料质量证明书;
- 5) 预应力筋、锚具进场复验报告;
- 6) 张拉设备标定报告;
- 7) 预应力筋张拉见证记录;
- 8) 检验批质量验收记录。

## 6 钢筋混凝土房屋

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 本章适用于既有现浇及装配整体式的钢筋混凝土房屋，最大高度和层数应符合国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 和北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的有关规定。

**6.1.2** 既有钢筋混凝土房屋的抗震加固应满足下列要求：

1 抗震加固时应根据房屋的实际情况选择加固方案，分别采用主要提高结构构件抗震承载力、主要增强结构变形能力或改变框架结构体系的方案；

2 加固后的框架结构，宜避免形成短柱或强梁弱柱；难以避免时，应进行罕遇地震下的弹塑性分析，并应符合本规程第 3.0.9 条的规定，短柱在罕遇地震下应满足抗剪极限承载力要求；

3 加固后结构的抗震构造措施尚应满足现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 和北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 关于 B 类建筑的要求，难以满足时，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 第 6.2 节的方法，确定体系影响系数和局部影响系数，计入构造的影响进行综合判断。

**6.1.3** 既有钢筋混凝土房屋构件加固后的抗震承载力应根据其加固方法按本章的规定计算；本章无规定时，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定计算，此时，各式中对原有混凝土构件的承载力应除以抗震加固的承载力调整系数  $\gamma_{RS}$ ，对新增部分材料抗震加固的承载力调整系数取 1。

**6.1.4** 既有钢筋混凝土房屋的抗震加固设计，应与实际施工方法紧密结合，保证新增构件和部件与既有结构连接可靠，新增截面与原

截面粘结牢固，形成整体工作。同时，需按本章规定考虑新增构件应变滞后和新旧构件协同工作程度的影响。

**6.1.5** 后续工作年限少于 50 年的房屋，难以对不满足抗震构造措施的构件进行直接加固时，在满足多遇地震承载力要求的前提下，既有建筑加固后结构罕遇地震下层间位移角小于现行规范标准限值的  $1/2$  时，既有建筑结构抗震构造措施可按抗震等级降低一级考虑。

**6.1.6** 后续工作年限少于 50 年的房屋，采用混凝土房屋楼层抗震综合承载力法进行抗震验算时，应符合本规程附录 B 的规定。采用附录 B 的方法验算时，应计入抗震构造不足对综合抗震承载能力的影响，并应满足下列要求：

- 1 A、B 类房屋，应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的体系影响系数和局部影响系数考虑抗震构造影响；
- 2 C 类房屋，应按本规程 6.1.5 条考虑抗震构造影响。

## **6.2 抗震加固方案**

**6.2.1** 既有钢筋混凝土房屋的结构体系、抗震措施和抗震承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

1 框架结构宜优先采用消能减震技术或隔震技术加固，也可采取增设抗震墙、支撑等抗侧力构件的措施，增强结构整体抗震性能；新增抗震墙、支撑宜优先设置在楼梯间四周，以减小楼梯构件地震反应；

2 单向框架应加固，或改为双向框架，或采取加强楼、屋盖整体性且同时增设抗震墙、支撑等抗侧力构件的措施；

3 单跨框架不满足鉴定要求时，可将对应轴线的单跨框架改为多跨框架，或增设抗震墙、支撑等抗侧力构件；楼盖为现浇或装配整体式时，新增抗侧力构件间距不宜大于现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定；楼盖为装配式时，新增抗侧力构件间距不宜大于 16m，且不宜大于两跨；难以避免单跨时，

需采取相应加强措施；

**4** 房屋刚度不足、明显不均匀或有明显的扭转效应时，可增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固，也可采用增设支撑进行加固；

**5** 当框架梁柱实际受弯承载力不满足强柱弱梁的要求时，可采用外包型钢或增大截面等方法加固框架柱；也可通过罕遇地震下的结构弹塑性分析结果确定对策；

**6** 框架梁柱配筋不满足鉴定要求时，可采用外包型钢加固、增大截面加固、粘贴钢板加固、钢板组合加固、粘贴碳纤维布加固、钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固等方法；

**7** 框架柱轴压比不满足鉴定要求时，可采用增大截面加固、钢板组合加固等方法；

**8** 钢筋混凝土抗震墙配筋不满足鉴定要求时，可加厚原有墙体或增设端柱、墙体等；

**9** 当楼梯构件不满足鉴定要求时，可采用粘贴钢板、碳纤维布、钢丝绳网片聚合物砂浆等加固。

**6.2.2** 局部钢筋混凝土承重构件受压区混凝土强度偏低或有严重缺陷时，可选择采用置换混凝土加固法。框架梁柱混凝土强度偏低时，也可采用增设钢筋混凝土围套构件加固、钢板组合加固等方法。

**6.2.3** 钢筋混凝土构件有局部损伤时，可采用细石混凝土修复；出现裂缝时，可灌注水泥基灌浆料等补强。

**6.2.4** 填充墙体与框架柱连接不满足鉴定要求时，可增设拉筋连接；填充墙体与框架梁连接不满足鉴定要求时，可在墙顶增设钢夹套等与梁拉结；楼梯间的填充墙不满足鉴定要求，可采用钢筋网砂浆面层加固。

**6.2.5** 女儿墙等易倒塌部位不满足鉴定要求时，可按本规程第 5 章的有关规定选择加固方法。

## 6.3 抗震加固设计与施工

### I 增设抗震墙或翼墙加固

**6.3.1** 增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固房屋时,应满足下列要求:

1 混凝土强度等级应满足现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求,且不应低于原框架柱的实际混凝土强度等级;

2 墙厚不应小于 140mm,竖向和横向分布钢筋的最小配筋率,均不应小于 0.20%,其墙厚和配筋尚应符合其抗震等级的相应要求;

3 增设抗震墙后应按框架-抗震墙结构进行抗震分析,增设的混凝土和钢筋的强度均应乘以规定的折减系数;加固后抗震墙之间楼、屋盖长宽比的局部影响系数应作相应改变。

**6.3.2** 增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固房屋的设计,尚应满足下列要求:

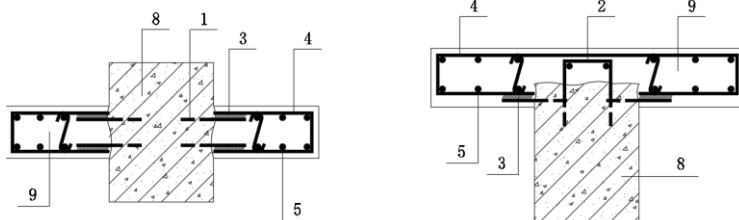
1 抗震墙宜设置在框架的轴线位置;翼墙宜在柱两侧对称布置;

2 抗震墙或翼墙的墙体构造应符合下列规定:

1) 墙体的竖向和横向分布钢筋宜双排布置,且两排钢筋之间的拉结筋间距不应大于 600mm;墙体周边宜设置边缘构件;

2) 墙与原有框架可采用锚筋(图 6.3.2);锚筋可采用  $\phi 10$  或  $\phi 12$  的钢筋,与梁柱边的距离不应小于 30mm,与梁柱轴线的间距不应大于 300mm,钢筋的一端应采用胶粘剂锚入梁柱的钻孔内,且埋深不应小于锚筋直径的 10 倍,另一端宜与墙体的分布钢筋焊接(单面焊  $10d$ ,双面焊  $5d$ )。

3 增设翼墙后,翼墙与柱形成的构件可按整体偏心受压构件计算;新增钢筋、混凝土的强度折减系数不宜大于 0.85;当新增的混凝土强度等级比原框架柱高一个等级时,可直接按原强度等级计算而不再计入混凝土强度的折减系数。



1—锚筋；2—U型锚筋；3—焊缝；4—墙体水平筋；5—墙体竖向筋；

8—原柱；9—翼墙；10—抗震墙

图 6.3.2 增设墙与原框架柱连接示意图

### 6.3.3 抗震墙和翼墙的施工应满足下列要求：

- 1 原有的梁柱表面应凿毛，浇筑混凝土前应清洗并保持湿润，浇筑后应加强养护；
- 2 锚筋应除锈，锚孔应采用钻孔成形，不得用手凿，孔内应采用压缩空气吹净并用水冲洗，注胶应饱满并使锚筋固定牢靠；
- 3 为确保抗震墙顶部与梁板可靠连接，至少在梁板以下 500mm 高度范围内的抗震墙采用微膨胀混凝土浇筑。

## II 外包型钢加固

### 6.3.4 采用外包型钢加固框架时，应满足下列要求：

- 1 外包型钢加固梁时，纵向角钢、扁钢两端应与柱有可靠连接；
- 2 外包型钢加固柱时，应采取措施使楼板上下角钢、扁钢可靠连接；顶层的角钢、扁钢应与屋面板可靠连接；底层的角钢、扁钢应与基础锚固；
- 3 加固后梁、柱截面抗震验算时，角钢、扁钢应作为纵向钢筋、钢缀板应作为箍筋进行计算，其材料强度应乘以规定的折减系数。

### 6.3.5 采用外包型钢加固框架的设计，尚应满足下列要求：

- 1 外包型钢加固梁时，应在梁的阳角外贴角钢（图 6.3.5a），角钢应与钢缀板焊接，钢缀板应穿过楼板形成封闭环形；

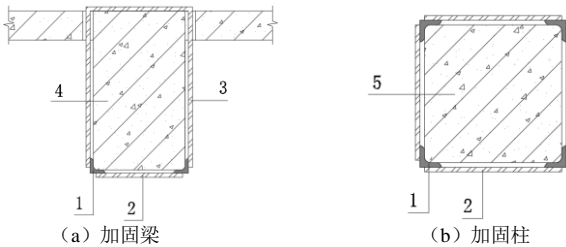


2 外包型钢加固柱时，应在柱四角外贴角钢（图 6.3.5b），角钢应与外围的钢缀板焊接；

3 外包型钢的构造应满足下列要求：

1) 角钢不宜小于 L 50×6；钢缀板截面不宜小于 40mm×4mm，其间距不应大于 20 倍单根角钢截面的最小回转半径，且不应大于 500mm，构件两端应适当加密；

2) 外包型钢与梁柱混凝土之间应采用胶粘剂粘结，且外包型钢的角钢端部 600mm 范围内胶缝厚度应控制在 3mm~5mm。



1—角钢；2—钢缀板；3—“Π”形钢缀板；4—原梁；5—原柱

图 6.3.5 外包型钢加固示意图

4 加固后按楼层综合抗震能力指数验算时，梁柱箍筋构造的体系影响系数可取 1.0；构件按组合截面进行抗震验算，加固梁的钢材强度宜乘以折减系数 0.8；加固柱应符合下列规定：

1) 柱加固后的初始刚度可按下列公式计算：

$$K = K_0 + 0.5E_a I_a \quad (6.3.5-1)$$

式中：

$K$  —— 加固后的初始刚度；

$K_0$  —— 原柱截面的弯曲刚度；

$E_a$  —— 角钢的弹性模量；

$I_a$  —— 外包型钢对柱截面形心的惯性矩。

2) 柱加固后的正截面受弯承载力可按下列公式计算：

$$M_y = M_{y0} + 0.7A_a f_{ay} h \quad (6.3.5-2)$$

式中：

- $M_{y0}$  —— 原柱既有正截面受弯承载力 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ ) ;  
 $A_a$  —— 柱一侧外包角钢、扁钢的截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;  
 $f_{ay}$  —— 角钢、扁钢的抗拉屈服强度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;  
 $h$  —— 验算方向柱截面高度 ( $\text{mm}$ ) 。

3) 柱加固后的斜截面受剪承载力可按下列公式计算：

$$V_y = V_{y0} + 0.7 f_{ay} (A_a / s) h \quad (6.3.5-3)$$

式中：

- $V_y$  —— 柱加固后的既有斜截面受剪承载力 ( $\text{N}$ ) ;  
 $V_{y0}$  —— 原柱斜截面受剪承载力 ( $\text{N}$ ) ; 对 A、B 类钢筋混凝土结构, 可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定确定;  
 $A_a$  —— 同一柱截面内扁钢缀板的截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;  
 $f_{ay}$  —— 扁钢抗拉屈服强度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;  
 $s$  —— 扁钢缀板的间距 ( $\text{mm}$ ) 。

### 6.3.6 外包型钢的施工应满足下列要求：

- 1 加固前应卸除或大部分卸除作用在梁上的活荷载；
- 2 原有的梁柱表面应清洗干净，缺陷应修补，角部应磨出小圆角；
- 3 楼板凿洞时，应避免损伤原有钢筋；
- 4 构架的角钢应采用夹具在两个方向夹紧，缀板应分段焊接；
- 5 注胶应在构架焊接完成后进行，施工过程中应采取措施保证结构胶不受焊接高温影响；
- 6 钢材表面应涂刷防锈漆，或在构架外围抹 25mm 厚的 1:3 水泥砂浆保护层，也可采用其他具有防腐蚀和防火性能的饰面材料加以保护。

## III 增大截面加固

### 6.3.7 采用钢筋混凝土增大截面加固梁柱时，应满足下列要求：

- 1 混凝土强度等级应满足现行国家标准《混凝土结构通用规

范》GB 55008 的要求，且不应低于原构件实际的混凝土强度等级；

2 柱增大截面的纵向钢筋遇到楼板时，应凿洞穿过并上下连接，其根部应伸入基础并满足锚固要求，其顶部应在屋面板处封顶锚固；梁增大截面的纵向钢筋应与柱可靠连接；

3 加固后梁、柱按整体截面进行抗震验算，新增的混凝土和钢筋的材料强度应乘以规定的折减系数；

4 原结构构件现场实测混凝土强度推定值不得低于 13.0MPa。

**6.3.8** 采用钢筋混凝土增大截面加固梁柱的设计，应满足下列要求：

1 当采用钢筋混凝土增大截面加固混凝土构件时，可根据原构件的受力性质，构造特点和现场条件，选用四面加厚、三面加厚或两面加厚等形式；

2 钢筋混凝土增大截面加固的材料和构造应满足下列要求：

1) 宜采用细石混凝土，其强度宜高于原构件一个等级；新增混凝土的最小厚度，加固梁、柱时不应小于 60mm；

2) 钢筋宜采用 HRB400 级热轧钢筋；

3) A 类钢筋混凝土结构，箍筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm；B、C 类钢筋混凝土结构，箍筋直径和间距应满足其抗震等级的相关要求；靠近梁柱节点处应加密；柱增大截面后的新增箍筋应封闭，梁增大截面的新增箍筋应有一半穿过楼板后弯折封闭；

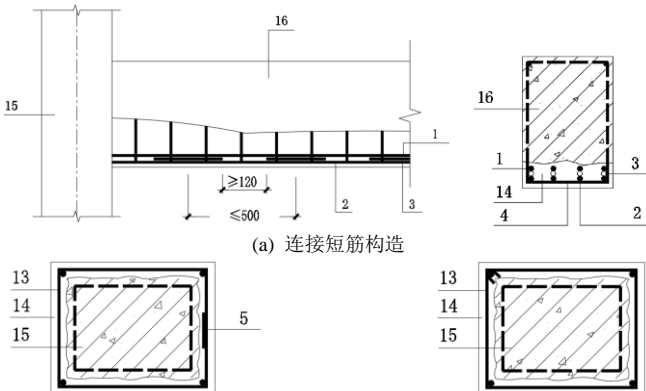
4) 加固的受力钢筋与原构件的受力钢筋间的净距不应小于 25mm，并应采用短筋或箍筋与原钢筋焊接，箍筋应采用封闭箍筋或 U 型箍筋，并按照现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 对箍筋的构造要求进行设置；

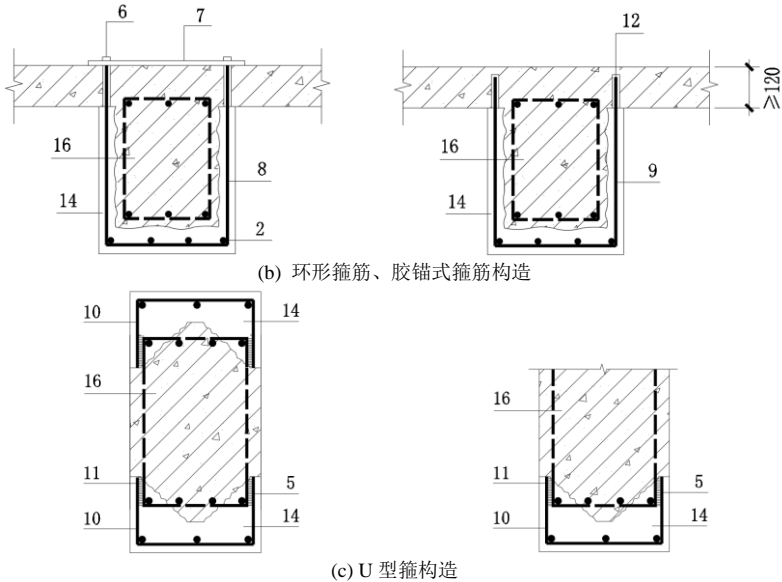
5) 新增受力钢筋与原受力钢筋的净间距不应小于 25mm，并应采用短筋或箍筋与原钢筋焊接；双面焊接连接的长度不应小于  $5d$  ( $d$  为新增纵筋和原有纵筋直径的较小值)，单面焊接连接的长度不应小于  $10d$ ，各短筋的中心距不宜大于 500mm (图 6.3.8a)；

6) 当用混凝土增大截面进行加固时, 应设置环形箍筋或胶锚式箍筋 (图 6.3.8b);

7) 当用单侧或双侧加固时, 应设置U型箍筋 (图 6.3.8c); U型箍筋可焊在原有箍筋上, 单面焊缝长度应为  $10d$ , 双面焊缝应为  $5d$  ( $d$  为U型箍筋直径); U型箍筋也可直接植入原结构内, 植筋直径  $d$  不应小于  $10\text{mm}$ , 距构件边缘不小于  $3d$ , 且不小于  $40\text{mm}$ , 锚固深度不小于  $10d$ , 并采用高强度粘结剂将U型箍筋锚固于原有梁、柱的钻孔内, 钻孔直径应大于U型箍筋直径  $4\text{mm}$ 。

3 加固后的梁柱可作为整体构件进行抗震验算, 其现有承载力, A、B 类钢筋混凝土结构可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 规定的方法确定, C 类钢筋混凝土结构可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的方法确定; 其中, 新增钢筋、混凝土的强度折减系数不宜大于  $0.85$ ; 当新增的混凝土强度等级比原框架柱高一个等级时, 可直接按原强度等级计算而不再计入混凝土强度的折减系数; 梁柱箍筋、轴压比等的体系影响系数可取  $1.0$ 。





1—原钢筋；2—新增受力钢筋；3—连接短筋；4— $\phi 6$  连系钢筋；

5—焊缝长度 $\geq 10d$ （单面） $\geq 5d$ （双面）；6—螺栓（螺帽拧紧后加点焊）；

7—钢板；8—加锚式箍筋；9—胶锚式箍筋；10—新增 U 型箍筋；11—焊于原箍筋；

12—孔中用结构胶锚固；13—新增箍筋；14—新增混凝土；15—原柱；16—原梁

图 6.3.8 钢筋混凝土增大截面加固配置钢筋构造示意图

6.3.9 钢筋混凝土增大截面加固房屋时，应满足如下施工要求：

1 加固混凝土结构的施工过程，应遵循下列工序和原则：

1) 对原构件混凝土存在的缺陷清理至密实部位，并将表面凿毛或打成沟槽，沟槽深度不宜小于 6mm，间距不宜大于箍筋间距或 200mm，被包的混凝土棱角应打掉，同时应除去浮渣、尘土；

2) 加固前应卸除或大部分卸除作用在梁上的活荷载，原有混凝土梁柱表面应凿毛并清理浮渣，缺陷应修补；浇注混凝土前，原混凝土表面以水泥浆或其它界面剂进行处理；浇筑后应加强养护。

2 对原有和新增受力钢筋应进行除锈处理；在受力钢筋上施焊

前应采取卸荷或支撑措施，并应逐根分区段分层进行焊接；

**3** 新加混凝土的施工，宜优先采用喷射混凝土浇筑工艺，其喷射方法、技术条件和质量应满足国家现行标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 的要求。当采用常规方法浇筑混凝土时，模板搭设、钢筋安置以及新混凝土的浇注和养护，应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求。

#### IV 粘贴钢板加固

**6.3.10** 采用粘贴钢板加固梁柱时，应满足下列要求：

**1** 原构件的混凝土现场实测混凝土强度推定值不得低于 13MPa；混凝土表面的受拉粘结强度不应低于 1.5MPa；

**2** 粘贴钢板应采用粘结强度高且耐久的胶粘剂；钢板可采用 Q235 或 Q355 钢，钢板宽度不应大于 100mm；采用手工涂胶和压力注胶粘贴的钢板厚度分别不应大于 5mm 和 10mm；

**3** 钢板的受力方式应设计成仅承受轴向应力作用；粘贴钢板与原构件宜采用专用金属锚栓连接；

**4** 钢筋混凝土受弯构件正截面加固，梁底部粘钢时，应在钢板的端部及集中荷载作用点的两侧，对梁设置 U 形钢箍板；梁顶部粘钢时，应在钢板的端部设置横向钢压条等锚固措施；

**5** 被加固梁底部粘贴的纵向受力钢板，应延伸至支座边缘，并设置 U 形箍；U 形箍的宽度，对端箍不应小于钢板宽度的 2/3；对中间箍不应小于钢板宽度的 1/2，且不应小于 40mm；梁端部 U 形箍的宽度超过 100mm 时，可设置并排的两个 U 形箍做为端箍；U 形箍的厚度不应小于加固钢板的 1/2，且不小于 4mm；加固板时，应将 U 形箍改为钢压条，垂直于受力钢板方向布置；钢压条应从支座边缘向中央至少设置 3 条，其宽度和厚度应分别不小于加固钢板的 3/5 和 1/2；

**6** 粘贴用钢板的焊接连接必须在粘贴前进行，粘贴以后不得对

构件进行任何焊接连接；

**7** 粘贴钢板加固钢筋混凝土结构的胶粘剂材料性能、加固构造和承载力验算，可按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定执行，其中，对构件承载力的新增部分，其抗震加固的承载力调整系数采用 1.0，且对 A、B 类钢筋混凝土结构，原构件的材料强度设计值和抗震承载力，应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定采用；

**8** 被加固构件长期使用的环境和防火要求，应符合国家现行有关标准的规定。

**6.3.11** 粘贴钢板加固法加固房屋时，应满足下列施工要求：

**1** 粘钢加固施工应按如下工艺流程进行：表面处理——卸荷——配胶并涂敷胶——粘贴——固定加压——固化——卸支撑检验——粉刷防护处理；

**2** 混凝土构件表面处理：对原混凝土构件的粘合面，可用硬毛刷沾高效洗涤剂，刷除表面油垢污物后用清水冲洗，再对粘合面进行打磨，去掉 1~2 mm 厚表层，用无油压缩空气除去粉尘或用清水冲洗干净，待完全干燥后用脱脂棉沾丙酮擦拭表面即可；

**3** 钢板粘结面，须进行除锈和粗糙处理；对钢板未生锈或轻微锈蚀，可用喷砂、砂布或平砂轮打磨，直至出现金属光泽；打磨纹路应与钢板受力方向垂直；其后，用脱脂棉沾丙酮擦拭干净；

**4** 粘贴钢板前，应对被加固构件进行卸荷或大部分卸荷；一般可采用千斤顶顶升方式卸荷，对承受均布荷载的梁，应采用多点（至少两点）均匀顶升；对有次梁作用的主梁，每根次梁下设一台千斤顶，顶升吨位以顶面不出现裂缝为准；

**5** 粘结剂使用前应现场抽样，进行质量检验，合格后方能使用，按产品使用说明书规定配制；注意搅拌时应避免雨水进入容器，按同一方向进行搅拌，容器内不得有油污、灰尘和水分；

**6** 粘结剂配制好后，在已处理好的混凝土表面和钢板面上用抹

刀同时涂抹粘结剂，厚度 1~3 mm，中间厚边缘薄，然后将钢板贴在预定位置；当立面粘贴时，为防止流淌，可加一层脱蜡玻璃丝布；粘好钢板后，用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板，如无空洞声，表示已粘贴密实，否则应剥下钢板，补胶，重新粘贴；

7 粘贴钢板后立即用夹具夹紧，并用专用金属锚栓固定，适当加压，以使胶液刚从钢板边缘挤出为度；

8 承重用的粘结剂在常温下固化，保持在 20℃以上，24 小时即可拆除夹具或支撑，3 天可受力使用；若低于 15℃，应采取人工加温，一般用红外线灯加热；

9 加固完工并经验收合格后，钢板表面应粉刷水泥砂浆保护；如钢板表面积较大，为利于砂浆粘结，可粘一层铁丝网或点粘一层豆石。

**6.3.12** 粘钢加固工程质量及验收应按如下方式进行：

1 拆除临时固定设备后，应用小锤轻轻敲结钢板，从音响判断粘贴效果或用超声波法探测粘结密度；如锚固区粘结面积少于 90%，非锚固区粘结面积少于 70%，则此粘结件无效，应剥下重新粘贴；

2 对于重大工程，为检验其加固效果，尚需抽样进行荷载试验，一般仅加荷至准永久荷载，其结构的变形和裂缝开展应满足设计使用要求。

## V 粘贴纤维布加固

**6.3.13** 采用粘贴纤维布加固梁柱时，应满足下列要求：

1 既有结构构件现场实测混凝土强度推定值不得低于 13.0MPa，且混凝土表面的正拉粘结强度不应低于 1.5MPa；

2 碳纤维的受力方式应设计成仅承受拉应力作用；当提高梁的受弯承载力时，碳纤维布应设在梁顶面或底面受拉区；当提高梁的受剪承载力时，碳纤维布应采用 U 形箍加纵向压条或封闭箍的方式；



当提高柱受剪承载力时，碳纤维布宜沿环向螺旋粘贴并封闭，当矩形截面采用封闭环箍时，至少缠绕 3 圈且搭接长度应超过 200mm；粘贴纤维布在需要加固的范围以外的锚固长度，受拉时不应小于 600mm；

**3** 纤维布和胶粘剂的材料性能、加固的构造和承载力验算，可按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定执行，其中，对构件承载力的新增部分（碳纤维布），其抗震加固的承载力调整系数采用 1.0，且对 A、B 类钢筋混凝土结构，原构件的材料强度设计值和抗震承载力，应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定采用；

**4** 被加固构件长期使用的环境和防火要求，应符合国家现行有关标准的规定。

**6.3.14** 采用纤维布对梁或柱进行斜截面承载力加固和受弯加固、柱进行正截面加固或提高延性的抗震加固时，其构造应符合《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 的有关规定。

**6.3.15** 采用粘贴纤维布加固梁柱时，应满足下列施工要求：

**1** 粘贴纤维布加固梁柱施工应按如下工艺流程进行：放线定位——表面处理——卸荷——配底层树脂并涂敷——配浸渍树脂并粘贴纤维布——卸支撑检验——防护处理；

**2** 混凝土构件表面处理：对原混凝土构件的粘合面，可用硬毛刷沾高效洗涤剂，刷除表面油垢污物后用清水冲洗，再对粘合面进行打磨，除去 1~2mm 厚表层，直至完全露出新面，并用无油压缩空气除去粉尘或用清水冲洗干净并保持干燥；转角粘贴处应进行导角处理并打磨成圆弧状，圆弧半径不应小于 20mm；

**3** 粘贴纤维布前，应对被加固构件进行卸荷或大部分卸荷；一般可采用千斤顶顶升方式卸荷，对承受均布荷载的梁，应采用多点（至少两点）均匀顶升；对有次梁作用的主梁，每根次梁下设一台千斤顶，顶升吨位以顶面不出现裂缝为准；

4 底层树脂使用前应现场抽样，进行质量检验，合格后方可使用；底层树脂按产品使用说明提供的工艺规定配制；并采用滚筒刷将底层树脂均匀涂抹于混凝土表面；宜在底层树脂表面指触干燥后，尽快进行下一工序的施工；

5 应按设计要求的尺寸裁剪碳纤维布；并按产品使用说明提供的工艺规定配制浸渍树脂，并均匀涂抹于粘贴部位；应将碳纤维布用手轻压贴于需粘贴的位置，采用专用的滚筒顺纤维方向多次滚压，挤出气泡，使浸渍树脂充分浸透碳纤维布，滚压时不得损伤碳纤维布；多层粘贴时应重复上述步骤，并宜在纤维表面的浸渍树脂指触干燥后尽快进行下一层粘贴；应在最后一层碳纤维布的表面均匀涂抹浸渍树脂；

6 加固完工并经检验验收合格后，当需要做表面防护时，应按有关标准的规定处理，并保证防护材料与碳纤维布之间有可靠的粘结。

**6.3.16** 粘贴纤维布加固梁柱时工程质量及验收应按如下方式进行：

1 碳纤维片材与混凝土之间的粘结质量，可用小锤轻轻敲击或手压碳纤维片材表面的方法检查，总有效粘结面积不应低于 95%；当碳纤维布的空鼓面积不大于  $10000\text{mm}^2$  时，可采用针管注胶的方法进行修补；当空鼓面积大于  $10000\text{mm}^2$  时，宜将空鼓部位的碳纤维片材切除，重新搭接贴上等量的碳纤维片材，搭接长度不应小于 100mm；

2 对于重大工程，为检验其加固效果，尚需抽样进行荷载试验，一般仅加荷至准永久荷载，其结构的变形和裂缝开展应满足设计使用要求。

## VI 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固

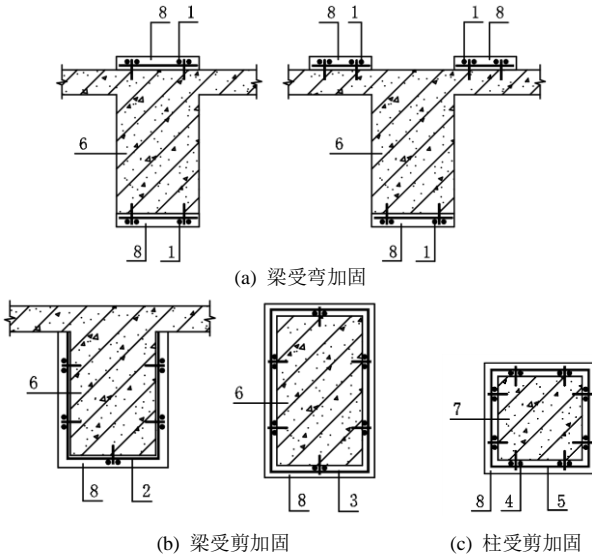
**6.3.17** 钢丝绳网片聚合物砂浆加固梁柱的钢丝绳网片、聚合物砂浆的材料性能，应符合本规程第 5.3.9 条的规定。界面剂的性能应符合

现行行业标准《混凝土界面处理剂》JC/T 907 关于 I 型的规定。

**6.3.18 钢丝绳网片聚合物砂浆加固梁柱的设计，应满足下列要求：**

**1** 原有构件混凝土现场实测混凝土强度推定值不得低于 13.0MPa，且混凝土表面的正拉粘结强度不应低于 1.5MPa；

**2** 钢丝绳网的受力方式应设计成仅承受拉应力作用，其受力钢丝绳的间距不应小于 20mm，也不应大于 40mm；分布钢丝绳不应考虑其受力作用，间距在 200mm~500mm；当提高梁的受弯承载力时，钢丝绳网应设在梁顶面或底面受拉区（图 6.3.18a）；当提高梁的受剪承载力时，钢丝绳网应采用三面围套或四面围套的方式（图 6.3.18b）；当提高柱受剪承载力时，钢丝绳网应采用四面围套的方式（图 6.3.18c）；



1—水平钢丝绳网；2—U 形围套钢丝绳网；3—四面围套钢丝绳网；  
4—纵向钢丝绳网；5—环向钢丝绳网；6—梁；7—柱；8—聚合物砂浆

**图 6.3.18 钢丝绳网片聚合物砂浆加固梁柱构造示意图**

3 钢丝绳网片可采用单层或双层,钢丝绳网片应采用专用金属胀栓固定在构件上,端部胀栓应错开布置,中部胀栓应交错布置,且间距不宜大于 300mm;

4 当设置单层钢丝绳网片时,聚合物砂浆面层的厚度不宜小于 25mm;当设置双层钢丝绳网片时,聚合物砂浆厚度不宜小于 40mm,钢丝绳保护层厚度不应小于 15mm;

5 钢丝绳网片加固底层柱时,钢丝绳网片应伸至柱基础顶部;

6 结构构件处于现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中划分的一类环境类别中,可采用热镀锌钢丝绳网片加固,处于其他环境类别中宜采用不锈钢钢丝绳网片加固;

7 钢丝绳网片聚合物砂浆加固梁柱的承载力验算,可按照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 中的有关规定进行,其中,对构件承载力的新增部分其抗震加固的承载力调整系数采用 1.0,且对 A、B 类钢筋混凝土结构,原构件的材料强度设计值和抗震承载力,应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定采用;

8 被加固构件长期使用的环境和防火要求,应符合国家现行有关标准的规定。

**6.3.19** 钢丝绳网片聚合物砂浆的施工应满足下列要求:

1 加固前应卸除或大部分卸除作用在梁上的活荷载;

2 加固的施工应按如下工艺流程进行:放线定位——表面处理——卸荷——钢丝绳网片下料——钢丝绳网片安装——基层清理、润湿——界面剂配制——界面剂喷涂施工——聚合物砂浆搅拌——聚合物砂浆喷涂施工——养护——卸支撑检验——防护处理;

3 加固时应清除原有抹灰等装修面层,处理至裸露原混凝土结构的坚实面,结构缺陷应涂刷界面剂后用聚合物砂浆修补,基层处理的边缘应比设计抹灰尺寸外扩 50mm;

4 界面剂喷涂施工应与聚合物砂浆抹面施工段配合进行,界面

剂应随用随搅拌，分布应均匀，不得遗漏被钢丝绳网遮挡的基层。

**6.3.20** 钢丝绳网片聚合物砂浆加固工程的施工质量及验收应按如下方式进行：

1 检验批的划分应符合下列规定：加固墙时，相同材料、工艺和施工条件的钢丝绳网片、聚合物砂浆每  $300\text{m}^2$  划分为一个检验批，不足  $300\text{m}^2$  的也应划分为一个检验批；加固梁柱时，相同材料、工艺和施工条件的钢丝绳网片、聚合物砂浆每 10 个独立构件为一个检验批，不足 10 个独立构件的也应划分为一个检验批；

2 每个检验批应至少抽查 10%，并不应少于 3 个独立加固构件，不足 3 个独立构件时应全数检查；

3 检验批质量应符合下列规定：主控项目的质量经抽样检验合格；一般项目的质量经抽样检验合格；一般项目当采用计数检验时，除有专门要求外，合格点率应达到 90% 及以上，且不得有严重缺陷；

4 应具有完整的施工操作依据和质量验收记录；

5 对验收合格的检验批，宜作出合格标志。

## Ⅶ 增设钢筋混凝土围套构件加固

**6.3.21** 原结构混凝土梁柱现场实测混凝土强度推定值低于  $13.0\text{MPa}$  时，可增设钢筋混凝土围套构件加固。

**6.3.22** 增设钢筋混凝土围套构件加固梁柱的设计，应满足下列要求：

1 围套构件应满足下列构造要求（图 6.3.22）：

1) 围套构件截面应封闭，矩形混凝土构件应四边加固；

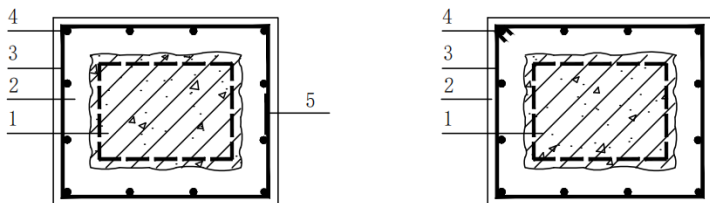
2) 围套构件截面每侧厚度不应小于  $60\text{mm}$ ，围套构件混凝土强度等级应满足现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求；

3) 围套构件纵向钢筋遇到楼板时，应凿洞穿过并上下连接，其根部应伸入基础并满足锚固要求，其顶部应在屋面板处封顶锚固；

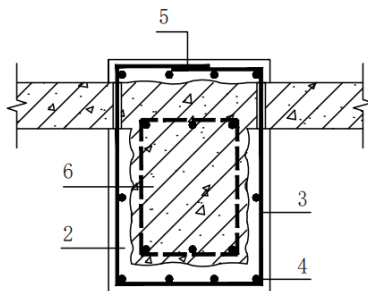
梁围套构件纵向钢筋应与柱可靠连接；

4) 围套构件箍筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm；B、C 类钢筋混凝土结构，围套构件箍筋直径和间距应满足其抗震等级的相关要求；靠近梁柱节点处，围套构件箍筋应加密；柱围套构件箍筋应封闭，梁围套构件箍筋应有一半穿过楼板后弯折封闭；

2 加固后梁柱应按新旧材料共同工作和不共同工作分别进行抗震验算，并应计入应变滞后的影响；



(a) 柱增设钢筋混凝土围套构件加固



(b) 梁增设钢筋混凝土围套构件加固

1—原柱；2—新增混凝土；3—围套构件箍筋；4—围套构件纵向钢筋；

5—焊缝长度 $\geq 10d$ （单面） $\geq 5d$ （双面）；6—原梁

图 6.3.22 梁柱增设钢筋混凝土围套构件加固示意图

**6.3.23** 增设围套构件加固梁柱时，应满足如下施工要求：

1 对原构件混凝土存在的缺陷清理至密实部位，并将表面凿毛，原混凝土棱角应打掉，同时应除去浮渣、尘土；

2 加固前应卸除或大部分卸除作用在梁上的活荷载，原有混凝

土梁柱表面应凿毛并清理浮渣，缺陷应修补；浇注混凝土前，原混凝土表面以水泥浆或其它界面剂进行处理；浇筑后应加强养护；

3 对原有和新增受力钢筋应进行除锈处理；在受力钢筋上施焊前应采取卸荷或支撑措施，并应逐根分区段分层进行焊接；

4 围套构件混凝土的施工，采用喷射混凝土浇筑工艺时，其喷射方法、技术条件和质量应满足国家现行标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372 的要求；当采用常规方法浇筑混凝土时，模板搭设、钢筋安置以及新混凝土的浇注和养护，应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求。

## VIII 钢板组合加固

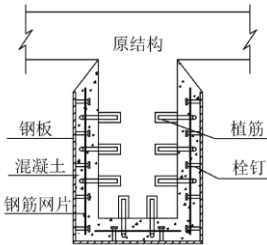
6.3.24 采用钢板组合加固时，应满足下列要求：

1 加固后结构的抗弯承载力，按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 中 14.2 节完全抗剪连接组合梁计算；加固后结构的受剪承载力按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 中 10.3.2 计算；

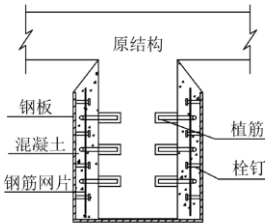
2 钢板与混凝土界面应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 中 14.6 节的纵向抗剪要求；

3 加固钢筋混凝土梁时，可采用图 6.3.24a 的形式，截面高度受限时可采用图 6.3.24b 的形式；

4 加固钢筋混凝土柱时，可采用图 6.3.24c 的形式。



(a) 梁的抗弯抗剪加固构造



(b) 梁的等高加固构造

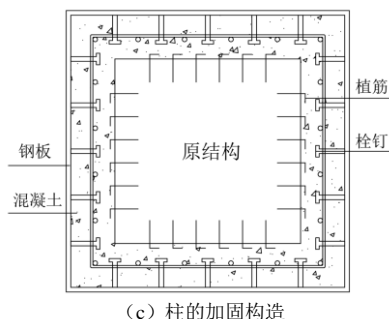
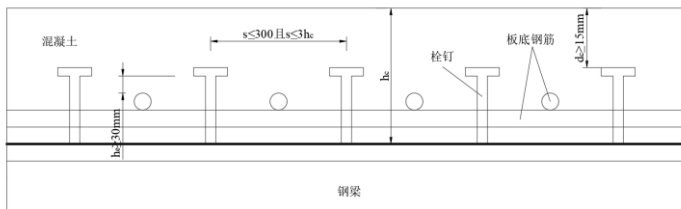


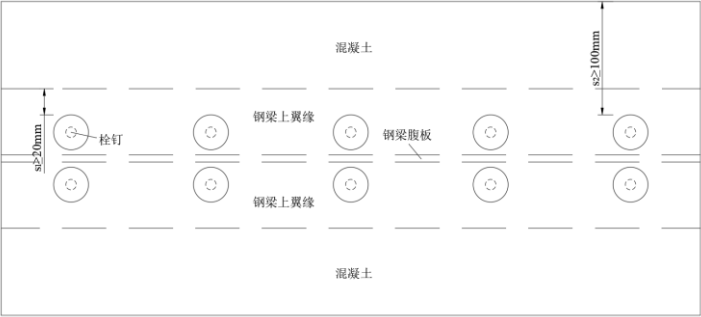
图 6.3.24 加固梁、柱的典型构造示意图

**6.3.25** 抗剪连接件的设置应符合下列规定（图 6.3.25）：

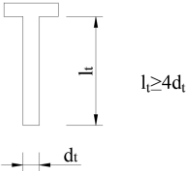
- 1 圆柱头焊钉连接件钉头下表面或槽钢连接件上翼缘下表面与钢板上钢筋顶面的距离  $h_{e0}$  不宜小于 30mm；
- 2 连接件沿梁跨度方向的最大间距不应大于混凝土厚度的 3 倍，且不大于 300mm；连接件的外侧边缘与钢板边缘之间的距离不应小于 20mm；连接件的外侧边缘至混凝土边缘间的距离不应小于 100mm；连接件顶面的混凝土保护层厚度不应小于 15mm；
- 3 圆柱头焊钉连接件焊钉长度不应小于其杆径的 4 倍。







(b) 钢梁-混凝土组合界面俯视图



(c) 栓钉示意图

图 6.3.25 抗剪连接件设置

**6.3.26** 钢板组合加固的植筋，应满足现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 等的要求。

## IX 增设支撑加固

**6.3.27** 采用钢支撑加固框架结构时，应满足下列要求：

- 1 支撑的布置应有利于减少结构沿平面或竖向的不规则性；支撑的间距不应超过框架-抗震墙结构中墙体最大间距的规定；
- 2 支撑的形式可选择 X 形、人字形等，支撑的水平夹角宜为  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ；
- 3 支撑杆件的长细比和板件的宽厚比，应依据设防烈度的不同，按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对钢结构设

计的有关规定采用；

**4** 支撑节点构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 中有关钢框架-中心支撑节点的构造要求；

**5** 支撑可采用钢箍套与原有钢筋混凝土构件可靠连接，并应采取措施将支撑的地震内力可靠地传递到基础；

**6** 新增钢支撑可采用两端铰接的计算简图，且只承担地震作用；

**7** 钢支撑应采取防腐、防火措施。

**6.3.28** 采用消能支撑加固框架结构时，应满足本规程第 13 章的要求。

## X 混凝土缺陷修补

**6.3.29** 混凝土构件局部损伤和裂缝等缺陷的修补，应满足下列要求：

**1** 修补所采用的细石混凝土，其强度等级宜比原构件的混凝土强度等级高一级，且不应低于 C25；修补前，损伤处松散的混凝土和杂物应剔除，钢筋应除锈，并采取措施使新、旧混凝土可靠结合；

**2** 压力灌浆的浆液或浆料的可灌性和固化性应满足设计、施工要求；灌浆前应对裂缝进行处理，并埋设灌浆嘴；灌浆时，可根据裂缝的范围和大小选用单孔灌浆或分区群孔灌浆，并应采取措施使浆液饱满密实。

## XI 填充墙加固

**6.3.30** 砌体墙与框架连接的加固应满足下列要求：

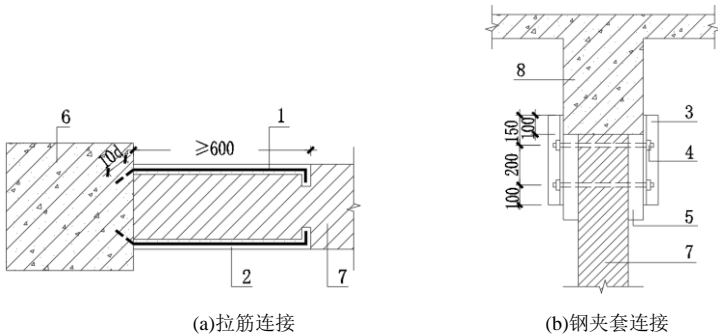
**1** 墙与柱的连接可增设拉筋加强（图 6.3.30a）；拉筋直径可采用 6mm，其长度不应小于 600mm，沿柱高的间距不宜大于 600mm，墙高大于 4m 时，墙半高的拉筋应贯通墙体；拉筋的一端应采用胶粘剂锚入柱的斜孔内，或与锚入柱内的锚栓焊接；拉筋的另一端弯

折后锚入墙体的灰缝内，并用 1:3 水泥砂浆将墙面抹平；

2 墙与梁的连接，可按本条第 1 款的方法增设拉筋加强墙与梁的连接；亦可采用墙顶增设钢夹套加强墙与梁的连接（图 6.3.30b）；墙长超过层高 2 倍时，在中部宜增设上下拉接的措施；钢夹套的角钢不应小于  $\angle 63 \times 6$ ，螺栓不宜少于 2 根，其直径不应小于 12mm，沿梁轴线方向的间距不宜大于 1.0m；

3 加固后按楼层综合抗震能力指数验算时，墙体连接的局部影响系数可取 1.0；

4 拉筋的锚孔和螺栓孔应采用钻孔成形，不得用人工凿；钢夹套的钢材表面应涂刷防锈漆。



1—拉筋；2—砂浆；3—角钢；4—螺栓；5—垫木；6—柱；7—墙；8—梁

图 6.3.30 砌体墙与框架的连接示意图

## 7 内框架和底层框架砌体房屋

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本章适用于 A 类和 B 类内框架、底层框架与砌体混合承重的多层房屋，其适用的最大高度与层数应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 与北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的有关规定。

**7.1.2** 内框架和底层框架砌体房屋的抗震加固应满足下列要求：

1 底层框架房屋加固后，框架层与相邻上部砌体层的刚度比，应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相应规定；

2 采用综合抗震能力指数验算时，楼层屈服强度系数、加固增强系数、加固后的体系影响系数和局部影响系数应根据房屋加固后的状态设计与取值。

**7.1.3** 既有底层框架砌体房屋的层数和总高度超过现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 和北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 规定的层数和高度限值一层或 3m 以内时，应提高其抗震承载力要求；当其层数超过现行《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 和北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 层数限值一层以上时，应改变结构体系或减少层数。

**7.1.4** 底层框架、底层内框架砌体房屋上部各层的加固，应符合本规程第 5 章的相关规定；底层加固时，应计入上部各层加固后对底层的影响。框架梁与框架柱的加固应符合本规程第 6 章的有关规定。

内框架房屋进行抗震加固时，应采用改变结构体系的加固方案，加固后的房屋应根据其新结构体系类别满足本规程的相应要求。底层框架砌体房屋底层为单跨框架时，应增设框架柱形成双跨或增设

抗震墙；当底层刚度较弱或有明显扭转效应时，可在底层增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固；当过渡层刚度、承载力不满足鉴定要求时，可对过渡层的原有墙体采用增设钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片聚合物砂浆面层等方法加固。

## 7.2 抗震加固方案

**7.2.1** 底层框架、底层内框架砌体房屋的底层和多层内框架砌体房屋的结构体系、抗震措施和抗震承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

1 横墙间距满足鉴定要求而抗震承载力不满足要求时，宜对原有砌体墙体采用钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片聚合物砂浆面层或板墙加固，也可增设抗震墙加固；

2 横墙间距超过规定值时，宜在横墙间距内增设抗震墙加固；或对原有墙体采用板墙加固且同时增强楼盖的整体性和加固钢筋混凝土框架、砖柱混合框架；也可在砌体房屋外增设抗侧力结构减小横墙间距；

3 钢筋混凝土柱配筋不满足要求时，可增大截面或增设粘贴纤维布、钢丝绳网片聚合物砂浆面层等方法加固；也可增设抗震墙或钢支撑等方法减少柱承担的地震作用；

4 底层框架砌体房屋的框架柱轴压比不满足要求时，可增大截面加固；

5 外墙的砖柱（墙垛）承载力不满足要求时，可采用钢筋混凝土土外壁柱或内、外壁柱加固；也可增设抗震墙以减少砖柱（墙垛）承担的地震作用；

6 底层框架砌体房屋底层与相邻上层刚度比不满足要求时，宜在底层增设钢筋混凝土抗震墙或钢支撑加固，也可采用消能减震方法进行加固；

7 内框架房屋通过加固改变结构体系时，可采用增设钢筋混凝

土双面夹板墙、钢筋混凝土抗震墙的方法，并应满足本规程 5.2.1 条第 3 款的要求，也可采用增设砌体抗震墙的方法。

**7.2.2** 内框架和底层框架砌体房屋整体性不满足要求时，应选择下列加固方法：

1 底层框架、底层内框架砌体房屋的底层楼盖为装配式混凝土楼板时，可增设钢筋混凝土现浇层或在板底增设水平支撑加固；

2 圈梁布置不满足鉴定要求时，应增设圈梁；外墙圈梁宜采用现浇钢筋混凝土或钢圈梁，内墙圈梁可用钢拉杆或在进深梁端加锚杆代替；当墙体采用双面钢筋网砂浆面层或板墙进行加固且在上下两端增设配筋加强带时，可不另设圈梁；

3 当构造柱设置不满足鉴定要求时，应增设外加柱；当墙体采用双面钢筋网砂浆面层或板墙进行加固且在对应位置增设相互可靠拉结的配筋加强带时，可不另设外加柱；

4 外墙四角或内、外墙交接处的连接不满足鉴定要求时，可增设钢筋混凝土外加柱或外包钢筋混凝土面层加固；

5 楼、屋盖构件的支承长度不满足要求时，可增设托梁或采取增强楼、屋盖整体性的措施。

**7.2.3** 女儿墙等易倒塌部位不满足鉴定要求时，可按本规程第 5 章的有关规定选择加固方法。

**7.2.4** 现有的 A 类底层内框架、单排柱内框架房屋需要继续使用时，应在原壁柱处增设钢筋混凝土柱形成梁柱固接的结构体系或改变结构体系。

## 7.3 抗震加固设计及施工

**7.3.1** 增设钢筋混凝土壁柱加固多排柱内框架房屋的砖柱（墙垛）时，应满足下列要求：

1 壁柱应从底层设起，沿砖柱（墙垛）全高贯通；在楼、屋盖处应与圈梁或楼、屋盖拉结；壁柱应设基础，埋深与外墙基础不同

时，不得浅于冻结深度；

**2** 壁柱的截面面积不应小于  $36000\text{mm}^2$ ，内壁柱的截面宽度应大于相连内框架梁的宽度；

**3** 壁柱的纵向钢筋不应少于  $4\phi 12$ ；箍筋间距不应大于  $200\text{mm}$ ，在楼、屋盖标高上下各  $500\text{mm}$  范围内，箍筋间距不应大于  $100\text{mm}$ ；内外壁柱间沿柱高度每隔  $600\text{mm}$ ，应拉通一道箍筋。

**7.3.2** 增设钢筋混凝土壁柱加固多排柱内框架房屋的砖柱（墙垛）的设计，尚应符合下列规定：

**1** 壁柱的混凝土强度等级不应低于 C25；纵向钢筋宜采用 HRB400、HRB500 级热轧钢筋，箍筋可采用 HPB300、HRB400 级热轧钢筋；

**2** 壁柱的构造尚应满足下列要求：

1) 壁柱的截面宽度不宜大于  $700\text{mm}$ ，截面高度不宜小于  $70\text{mm}$ ；内壁柱的截面，每侧比相连的梁宽出的尺寸应大于  $70\text{mm}$ ；

2) 内壁柱应有不少于 50% 纵向钢筋穿过楼板，其余的纵向钢筋可采用插筋相连，插筋上下端的锚固长度不应小于插筋直径的 40 倍；

3) 外壁柱与砖柱（墙垛）的连接，可按本规程第 5.3.20 条的有关规定采用。

**3** 采用壁柱加固后形成的组合砖柱（墙垛），其抗震验算应满足下列要求：

1) 横墙间距满足鉴定要求时，加固后组合砖柱承担的地震剪力可取楼层地震剪力按各抗侧力构件的有效侧移刚度分配的值；有效侧移刚度的取值，对原有框架柱和加固后的组合砖柱不折减，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的 30%，对砖抗震墙可取实际值的 20%；

2) 横墙间距超过规定值时，加固后的组合砖柱承担的地震剪力可按下列公式计算：

$$V_{cij} = \frac{\eta K_{cij}}{\sum K_{cij}} (V_i - V_{wi}) \quad (7.3.2-1)$$

$$\eta = 1.6L / (L + B) \quad (7.3.2-2)$$

式中：

$V_{cij}$  —— 第  $i$  层第  $j$  柱承担的地震剪力设计值 (kN)；

$K_{cij}$  —— 第  $i$  层第  $j$  柱的侧移刚度 (kN/m)；

$V_i$  —— 第  $i$  层的层间地震剪力设计值，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB/T 50011 的规定确定 (kN)；

$V_{wi}$  —— 第  $i$  层所有抗震墙既有受剪承载力之和；对内框架，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定确定 (kN)；

$\eta$  —— 楼、屋盖平面内变形影响的地震剪力增大系数；当  $\eta \leq 1.0$  时，取  $\eta = 1.0$ ；

$L$  —— 抗震横墙间距 (m)；

$B$  —— 房屋宽度 (m)。

3) 加固后的组合砖柱（墙垛）可采用梁柱铰接的计算简图，并按钢筋混凝土壁柱与砖柱（墙垛）共同工作的组合构件验算其抗震承载力。验算时，钢筋和混凝土的强度宜乘以折减系数 0.85，加固后有关的体系影响系数和局部尺寸的影响系数可取 1.0。

**7.3.3** 增设钢筋混凝土现浇层加固楼盖时，现浇层的厚度不应小于 40mm，钢筋的直径不应小于 6mm，其间距不应大于 300mm；尚应采取加强措施加强现浇层与原有楼板、墙体的连接。

**7.3.4** 增设的现浇层与原有墙、板的连接，应满足下列要求：

1 现浇层的分布钢筋应有 50% 的钢筋穿过墙体；另外 50% 的钢筋，可通过插筋相连，插筋两端的锚固长度不应小于插筋直径的 40 倍；也可锚固于现浇层周边的加强配筋带中，加强配筋带应通过穿过墙体的钢筋相互可靠连接；

2 现浇层宜采用 L 形锚筋或锚栓与既有楼板相连，锚筋、锚栓



应通过钻孔并采用胶粘剂锚入现浇板或预制板缝内，锚固深度不小于 80mm；

**3** 施工时，应去掉原有装饰层，板面应凿毛、涂刷界面剂，并注意养护。

**7.3.5** 底层框架、底层内框架砌体房屋的底层和内框架砌体房屋加固后进行抗震验算时，各层的地震剪力，宜全部由该方向的抗震墙承担；加固后墙段抗震承载力的增强系数和有关的体系影响系数、局部影响系数，应根据不同的加固方法分别取值。

**7.3.6** 采用本规程其他加固方法加固砌体和钢筋混凝土部分时，其材料、构造和施工应分别满足本规程第 5、6 章的相关要求。

## 8 单层工业厂房

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本章适用于装配式单层钢筋混凝土柱厂房和混合排架厂房，单层钢柱、钢屋架或实腹梁承重的单层钢结构厂房。

**8.1.2** 厂房的加固，应着重提高其整体性和连接的可靠性，应避免形成新的抗震薄弱环节。

**8.1.3** 当厂房出现关键环节不满足要求时应进行加固；一般部位不满足要求时，可根据不满足的程度和影响的范围，提出相应对策。

**8.1.4** 增设支撑等构件时，宜避免有关节点应力的加大；对一端有山墙和体型复杂的厂房，宜采取减少厂房扭转效应的措施。

**8.1.5** 混合排架厂房的砖柱的抗震加固，应符合本规程第 9 章的有关规定。

### 8.2 抗震加固方案

**8.2.1** 混凝土厂房的屋盖支撑布置或柱间支撑布置不满足鉴定要求时，宜增设支撑。

**8.2.2** 厂房构件抗震承载力不满足要求时，可采用下列加固方法：

1 天窗架立柱的抗震承载力不满足要求时，可加固立柱或增设支撑并加强连接节点；

2 排架柱和屋架的混凝土构件的配筋或截面尺寸不满足抗震鉴定要求时，可选择采用外包型钢、增大截面、粘贴钢板、粘贴纤维布等加固方法加固；

3 排架柱纵向钢筋不满足要求时，还可采取加强柱间支撑系统且加固相应柱的措施。

**8.2.3** 厂房构件连接不满足鉴定要求，可采用下列加固方法：

**1** 下柱柱间支撑的下节点构造不满足鉴定要求时,可对下柱根部局部增大截面加固,但不应使柱形成新的薄弱部位;

**2** 构件的支承长度不满足要求或连接不牢固时,可增设支托或采取加强连接的措施;

**3** 墙体与屋架、钢筋混凝土柱连接不满足鉴定要求时,可增设拉筋或圈梁加固。

**8.2.4** 女儿墙超过规定的高度时,宜拆除、降低高度或采用角钢、钢筋混凝土竖杆加固。

**8.2.5** 柱间的隔墙、工作平台不满足鉴定要求时,可采取剔缝脱开、改为柔性连接、拆除或根据计算加固排架柱和节点的措施。

### **8.3 单层钢筋混凝土柱厂房抗震加固设计与施工**

#### **I 屋盖加固**

**8.3.1** A类厂房钢筋混凝土Ⅱ型天窗架T形截面立柱的加固,应满足下列要求:

**1** 当为Ⅰ、Ⅱ类场地时,尚应加固竖向支撑的立柱;

**2** 当为Ⅲ、Ⅳ类场地或乙类设防时,尚应加固所有立柱。

**8.3.2** 增设屋盖支撑时,宜满足下列要求:

**1** 原有上弦横向支撑设在厂房单元两端的第二开间时,可在抗风柱柱顶与原有横向支撑节点间增设水平压杆;

**2** 增设的竖向支撑与原有的支撑宜采用同一形式,当原来无支撑时,宜采用“W”形支撑,且各杆应按压杆设计;支撑节点的高度差超过3m时,宜采用“X”形支撑;

**3** 屋架和天窗支撑杆件的长细比,压杆不宜大于200,拉杆不宜大于300。

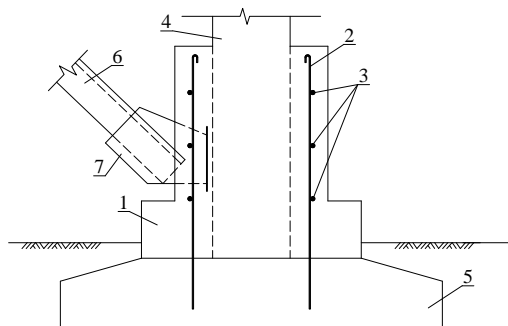
## II 柱间支撑加固

**8.3.3** 采用增大截面法加固下柱支撑的下节点时（图 8.3.3），应满足下列要求：

1 混凝土宜采用细石混凝土，其强度等级宜比原柱的混凝土强度提高一个等级；厚度不宜小于 60mm 且不宜大于 100mm，并应与基础可靠连接；纵向钢筋直径不应小于 12mm，箍筋应封闭，其直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 100mm；

2 加固后，柱根沿厂房纵向的抗震受剪承载力可按整体构件进行截面抗震验算，但新增的混凝土和钢筋强度应乘以 0.85 的折减系数；

3 施工时，原柱加固部位的混凝土表面应凿毛、清除酥松杂质，灌注混凝土前应用水清洗并保持湿润。



1—后浇混凝土；2—纵向钢筋；3—箍筋；4—混凝土下柱；5—下柱基础；

6—钢支撑 7—连接板

**图 8.3.3 柱根部加固示意图**

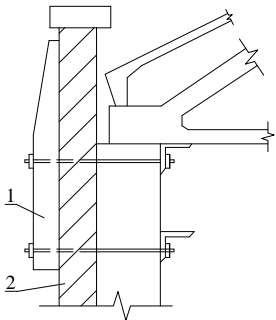
**8.3.4** 增设的柱间支撑应采用型钢，上柱支撑的长细比不宜超过 200，下柱支撑的长细比不宜超过 150。交叉支撑在交叉点应设置节点板，斜杆与该节点板应焊接；支撑与柱连接的端节点板宜焊接，端节点板厚度不应小于 10mm。柱间支撑开间的基础之间宜增加水

平压梁。

III 封檐墙、女儿墙加固

8.3.5 封檐墙、女儿墙的加固，应满足下列要求：

- 1 竖向角钢或钢筋混凝土竖杆应设置在厂房排架柱位置处的墙外（图 8.3.5）；
- 2 钢材可采用 Q235，混凝土强度等级不应低于 C25；



1—钢筋混凝土竖杆或角钢；2—女儿墙

图 8.3.5 女儿墙加固示意图

- 3 无拉结高度不超过 1.5m 时，竖向角钢可按表 8.3.5-1 采用，钢筋混凝土竖杆可按表 8.3.5-2 采用；
- 4 竖向角钢或钢筋混凝土竖杆应与柱顶或屋架节点可靠连接，出入口上部的女儿墙尚应在角钢或竖杆的上端设置联系角钢。

表 8.3.5-1 竖向角钢截面尺寸（mm）

无拉结高度 $h$ （mm）	场地类别	
	I、II类场地	III、IV类场地
$h \leq 1000$	2L 75×6	2L 90×7
$1000 < h \leq 1500$	2L 90×10	2L 100×12

表 8.3.5-2 钢筋混凝土竖杆截面尺寸和配筋 (mm)

无拉结高度 $h$ (mm)		场地类别	
		I、II类场地	III、IV类场地
$h \leq 1000$	截面 (宽×高)	120×120	120×150
	配筋	4 $\phi$ 12	4 $\phi$ 16
$1000 < h \leq 1500$	截面 (宽×高)	120×150	120×200
	配筋	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 18

## 8.4 单层钢结构厂房抗震加固设计与施工

**8.4.1** 厂房构件、连接抗震承载力不能满足要求时,可采用下列加固方法:

- 1 加大构件截面的加固方法;
- 2 焊缝连接的加固,可采用增加焊缝长度、有效厚度或两者同时增加的方法;
- 3 螺栓和铆钉连接的加固,可采用更换或新增、变单剪为双剪的方法,且应首先考虑采用适宜直径的高强螺栓连接;
- 4 钢柱可采用补强柱的截面、增设支撑、四周外包钢筋混凝土等方法进行加固;
- 5 柱脚底板厚度不足时可采用增设柱脚加劲肋、柱脚型钢间浇筑混凝土等方法进行加固;
- 6 柱脚锚固不足时可采用增设附加锚栓、采用钢筋混凝土包裹柱脚等方法进行加固;
- 7 裂纹的修复应优先采用焊接方法,也可采用嵌板、附加盖板的方法。

**8.4.2** 厂房其他构件的加固方法尚应满足本规程相关要求。

**8.4.3** 钢结构厂房加固设计应与实际施工方法紧密结合,并应采取有效措施,保证新增截面、构件和部件与既有结构连接可靠,形成整体共同工作。应避免对未加固的部分或构件造成不利的影响。

**8.4.4** 加固钢结构厂房可按下列原则进行承载能力及正常使用极限状态验算：

1 结构构件的计算截面应考虑结构在加固时的实际受力状况，即既有结构的应力超前和加固部分的应变滞后特点，以及加固部分与既有结构共同工作的程度；

2 完全卸载状态下采用增加截面的方法加固钢构件时，构件的强度和稳定性，按加固后的截面，采用与新结构相同的方法进行计算；负荷状态下采用增加截面的方法加固钢构件时，应根据实际荷载状态和内力分布形式进行加固后校核；

3 厂房加固后如改变传力路线或使结构重量增大，应对相关结构构件及厂房的地基基础进行必要的验算。

**8.4.5** 钢结构厂房加固时的施工方法有：负荷加固、卸荷加固和从既有结构上拆下加固或更新部件进行加固。应根据结构实际受力状态，在确保质量和安全的前提下确定加固施工方法。

**8.4.6** 钢结构厂房在加固施工过程中，若发现既有结构或相关工程隐蔽部位有未预计的损伤或严重缺陷时，应立即停止施工，并会同加固设计单位采取有效措施进行处理后再继续施工。

**8.4.7** 对于加固时可能出现倾斜、失稳或倒塌等不安全因素的钢结构厂房，在加固施工前，应采取相应的临时安全措施，以防止事故的发生。

**8.4.8** 钢结构厂房的加固设计、构造与施工验收尚应满足相关规范的要求。

## 9 单层砖柱厂房与空旷房屋

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章适用于砖柱（墙垛）承重的单层厂房与砖墙承重的单层空旷房屋。

**9.1.2** 单层砖柱厂房与单层空旷房屋，当关键薄弱部位不符合规定时，应进行加固或处理；一般部位不符合规定时，可根据不符合的程度和影响的范围，提出相应对策。

**9.1.3** 单层砖柱厂房与单层空旷房屋的抗震加固方案，应有利于砖柱（墙垛）抗震承载力的提高、屋盖整体性的加强和结构布置上不利因素的消除。

**9.1.4** 当既有的 A、B 类单层空旷房屋的大厅超出砌体墙承重的适用范围时，宜改变结构体系或提高构件承载力且加强墙体的约束达到现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相关要求。

**9.1.5** 混合排架房屋的钢筋混凝土部分，应按本规程第 8 章的有关要求加固；附属房屋应根据其结构类型按本规程相应章节的要求加固，但其与车间或大厅相连的部位，尚应满足本章的要求并计入相互间的不利影响。

### 9.2 抗震加固方案

**9.2.1** 砖柱（墙垛）抗震承载力不能满足要求时，可采用下列加固方法：

1 抗震承载力低于要求在 30% 以内的轻屋盖房屋，可采用外包型钢加固；

2 乙类设防、重屋盖房屋及延性要求高的房屋，可采用钢筋混凝土壁柱或钢筋混凝土围套，与原有砖柱（墙垛）形成组合壁柱进



行加固；

3 除本条 1 与 2 款外的情况，可采用钢筋网砂浆面层加固；

4 独立砖柱房屋的纵向，尚可增设到顶的柱间抗震墙或钢筋混凝土门窗框加固。

**9.2.2** 房屋的整体性连接不符合鉴定要求时，可选择下列加固方法：

1 屋盖支撑布置不满足鉴定要求时，应增设支撑；

2 构件的支承长度不满足要求或连接不牢固时，可增设支托或采取加强连接的措施；

3 墙体交接处连接不牢固或圈梁布置不满足鉴定要求时，可增设圈梁加固；

4 大厅与前后厅、附属房屋的连接不满足鉴定要求时，可增设圈梁加固；

5 舞台口大梁的支撑部位不满足鉴定要求时，可增设钢筋网砂浆面层组合柱、钢筋混凝土壁柱等加固。

**9.2.3** 局部的结构构件或非结构构件不满足鉴定要求时，可选择下列加固方法：

1 高大的山墙山尖不满足鉴定要求时，可采用轻质隔墙替换；

2 砌体隔墙不满足鉴定要求时，可将砌体隔墙与承重构件间改为柔性连接；

3 女儿墙、封檐墙不满足鉴定要求时，可按第 8 章的相关规定处理。

## **9.3 单层砖柱厂房抗震加固设计与施工**

### **I 外包型钢加固**

**9.3.1** 增设外包型钢加固砖柱（墙垛）的设计，应满足下列要求：

1 外包型钢的纵向角钢不应小于 L 63×6；角钢应紧贴砖砌体，

下端应伸入刚性地坪不小于 200mm，上端应与柱顶垫块、圈梁通过植入螺杆或拉杆连接，利用上端横向缀板环绕砖柱加强约束作用；

2 外包型钢的横向缀板截面不应小于  $50 \times 5$ ，系杆直径不应小于 18mm，缀板与系杆的间距不应大于纵向单肢角钢最小截面回转半径的 40 倍，在柱上下端和变截面处间距应适当加密；

3 当抗震承载力低于要求在 30% 以内的轻屋盖房屋，外包型钢后，砖柱（墙垛）可不进行抗震承载力验算。

**9.3.2** 外包型钢加固砖柱（墙垛）时，砖柱（墙垛）的四角应打磨成圆角且用不低于 M10 的砂浆抹平，其施工尚应符合本规程第 6.3.6 条的有关规定。

## II 面层组合柱加固

**9.3.3** 增设钢筋网砂浆面层与原有砖柱（墙垛）形成面层组合柱时，面层应在柱两侧对称布置；纵向钢筋的保护层厚度不应小于 20mm，钢筋与砌体表面的空隙不应小于 5mm，钢筋的上端应与柱顶的垫块或圈梁连接，下端应锚固在基础内；柱两侧面层沿柱高应每隔 600mm 采用  $\phi 6$  的封闭钢箍拉结。

**9.3.4** 面层组合柱的材料和构造，尚应满足下列要求（图 9.3.4）：

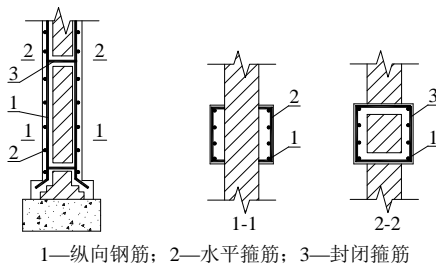


图 9.3.4 面层组合柱加固墙垛示意图

- 1 水泥砂浆的强度等级不应低于 M10；
- 2 面层的厚度不应小于 40mm；

3 纵向钢筋直径不宜小于 8mm，间距不应小于 60mm；水平钢筋的直径不应小于 6mm，间距不应大于 300mm，在距柱顶和柱脚的 500mm 范围内，间距应加密；

4 面层应深入地坪下 500mm。

**9.3.5 面层组合柱的抗震验算应满足下列要求：**

1 加固后，柱顶在单位水平力作用下的位移可按下列公式计算：

$$u = \frac{H_0^3}{3(E_m I_m + E_c I_c + E_s I_s)} \quad (9.3.5)$$

式中：

$u$  —— 面层组合柱柱顶在单位水平力作用下的位移；

$H_0$  —— 面层组合柱的计算高度，可按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定采用，按弹性或刚弹性方案取值；

$I_m$ 、 $I_c$ 、 $I_s$  —— 分别为砖砌体（不包括翼缘墙体）、混凝土或砂浆面层、纵向钢筋的横截面面积对组合砖柱折算截面形心轴的惯性矩；

$E_m$ 、 $E_c$ 、 $E_s$  —— 分别为砖砌体、混凝土或砂浆面层、纵向钢筋的弹性模量；砖砌体的弹性模量应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定采用；混凝土和钢筋的弹性模量应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定采用。砂浆的弹性模量，对 M10 取 9300N/mm<sup>2</sup>，对 M15 取 12000N/mm<sup>2</sup>。

2 加固后形成的面层组合柱，当不计入翼缘的影响时，计算的排架基本周期，宜乘以表 9.3.5 的折减系数；

表 9.3.5 基本周期的折减系数

屋架类别	翼缘宽度小于腹板宽度 5 倍	翼缘宽度不小于腹板宽度 5 倍
钢筋混凝土和组合屋架	0.9	0.8
木、钢木和轻钢屋架	1.0	0.9

**3** 面层组合柱的抗震承载力验算，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定进行。其中，增设的砂浆或混凝土和钢筋的强度应乘以折减系数 0.85。

**9.3.6** 面层组合柱的施工，宜满足本规程第 5.3.3 条的有关要求。

### III 组合壁柱加固

**9.3.7** 增设钢筋混凝土壁柱或围套与原有砖柱（墙垛）形成组合壁柱时，应满足下列要求：

**1** 壁柱应在砖墙两面相对位置同时设置，并采用钢筋混凝土腹杆拉结；在砖柱（墙垛）周围设置钢筋混凝土围套遇到砖墙时，应设钢筋混凝土腹杆拉结；壁柱或套应设基础，基础的横截面面积不得小于壁柱截面面积，并应与原基础可靠连接；

**2** 壁柱或套的纵向钢筋，保护层厚度不应小于 25mm，钢筋与砌体表面的净距不应小于 5mm；钢筋的上端应与柱顶的垫块或圈梁连接，下端应锚固在基础内；

**3** 壁柱或套加固后按组合砖柱进行抗震承载力验算，但增设的混凝土和钢筋的强度应乘以规定的折减系数。

**9.3.8** 增设钢筋混凝土壁柱或钢筋混凝土套加固砖柱（墙垛）的设计，尚应满足下列要求：

**1** 壁柱和围套的混凝土宜采用细石混凝土，强度等级不应低于 C25；钢筋宜采用 HRB400 级或 HPB300 级热轧钢筋；

**2** 采用钢筋混凝土壁柱加固砖墙（图 9.3.8a）和钢筋混凝土围套加固砖柱（墙垛）（图 9.3.8b）时，壁柱和套的厚度宜为 60mm~120mm；纵向钢筋宜对称配置，配筋率不应小于 0.2%；箍筋

的直径不应小于 6mm 且不小于纵向钢筋直径的 0.2 倍，间距不应大于 400mm 且不应大于纵向钢筋直径的 20 倍，在距柱顶和柱脚的 500mm 范围内，其间距应加密；当柱一侧的纵向钢筋多于 4 根时，应设置复合箍筋或拉结筋；钢筋混凝土拉结腹杆沿柱高度的间距不宜大于壁柱最小厚度的 12 倍，配筋量不宜少于两侧壁柱纵向钢筋总面积的 25%；

**3** 壁柱或套的基础埋深宜与原基础相同，当有较厚的刚性地坪时，埋深可浅于原基础，但不宜浅于室外地面下 500mm；

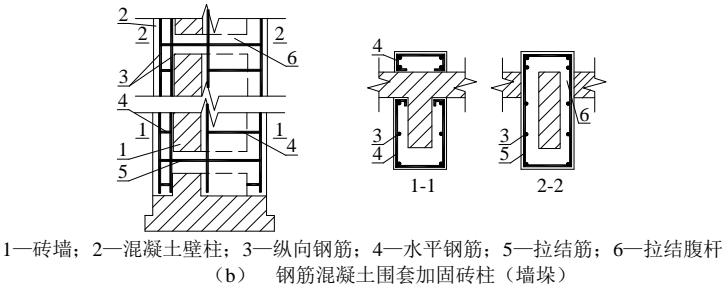
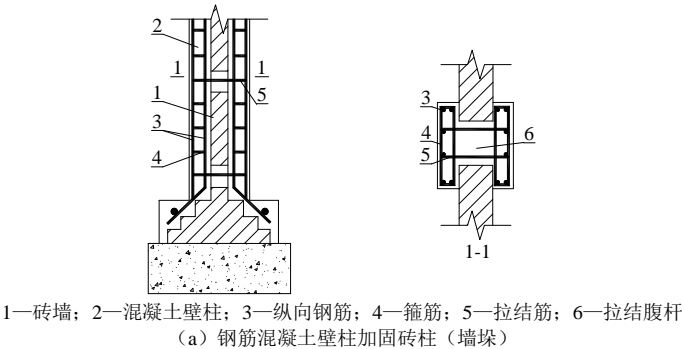


图 9.3.8 砖柱（墙垛）加固示意图

**4** 采用壁柱或套加固后的抗震承载力验算，应符合本规程第 9.3.5 条的有关规定，钢筋和混凝土的强度应乘以折减系数 0.85。

**9.3.9** 外加圈梁加固单层砖柱厂房时，其设计及施工应符合本规程第 5 章的有关规定。

**9.3.10** 女儿墙、封檐墙的加固设计及施工，应符合本规程第 8.3.5 条的有关规定。

## **9.4 空旷房屋抗震加固设计与施工**

**9.4.1** 当舞台的后墙平面外稳定性不满足要求时，可增设壁柱、工作平台或天桥等构件增强其稳定性，新增设的构件应与既有结构可靠拉结。

**9.4.2** 当悬挑式挑台的锚固不满足鉴定要求时，宜增设壁柱减少悬挑长度，或增设拉杆等加固。

**9.4.3** 当高大的山墙山尖不满足要求时，应沿山尖在山墙表面或屋面增设钢筋混凝土夹墙梁或卧梁，截面高度不小于 200mm，并应与屋盖构件锚拉；山墙上增设构造柱或组合砖柱，其截面和配筋分别不宜小于排架柱或纵墙砖柱，并应通到山墙的顶端与夹墙梁或卧梁连接，也可采用轻质隔墙替换。

**9.4.4** 当砌体隔墙不满足要求时，可将砌体隔墙与承重构件间改为柔性连接。

**9.4.5** 当舞台口大梁上部的墙体、女儿墙、封檐墙不满足要求时，可按本规程第 8.2.4、8.3.5 条的规定处理。

**9.4.6** 当舞台口处横墙或舞台口大梁和梁上承重墙体不满足要求时，可对舞台口两侧墙体采用钢筋混凝土墙体加固，对舞台口大梁加固的同时应同时加固大梁上的承重墙体。

**9.4.7** 大厅的无筋砖柱可改为配筋组合柱或外包格构钢组合柱或钢筋混凝土柱。组合柱的纵向钢筋，应按计算确定，且不应少于  $6\phi 14$ 。

## 10 预制装配式大板房屋

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 本章主要适用于不超过 12 层的装配式钢筋混凝土大板结构、不超过 7 层的普通混凝土少筋大板结构和内板外砖结构。

**10.1.2** 本章涉及的原构件既有承载力的计算应符合现行标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的规定。

**10.1.3** 既有预制装配式大板房屋构件加固后的抗震承载力,应根据其加固方法按本章的规定计算;本章无规定时,应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定计算,各式中承载力应除以抗震加固的承载力调整系数  $\gamma_{Rs}$ ,本章所涉及的抗震加固的承载力调整系数统一取值  $\gamma_{Rs} = 1.0$ 。

### 10.2 抗震加固方案

**10.2.1** 结构的抗震措施和抗震承载力不满足要求时,可选择下列加固方法:

1 抗震加固时可根据房屋的实际情况,分别采用提高结构变形能力、墙板抗震承载力及墙板接缝承载力的方案;

2 当墙板承载力、墙板构造、墙板混凝土最低强度等不满足要求或施工质量存在严重缺陷时,钢筋混凝土大板结构墙板可采用钢筋混凝土板墙、钢丝绳网片聚合物砂浆面层等方法加固,少筋大板结构墙板可采用钢筋混凝土板墙等方法加固;

3 当墙板水平接缝、竖向接缝的承载力不满足鉴定要求时,可采用钢筋混凝土板墙方法加固;

4 内外墙板的锚拉钢筋承载力不满足鉴定要求时,可在内外墙板锚固角钢、高强螺栓或植筋加固补强。

**10.2.2** 内板外砖结构的内墙板加固应满足本章的要求，外砖墙加固应满足本规程第 5 章的要求。

**10.2.3** 墙板表面有局部损伤时，可采用细石混凝土修复；出现裂缝时，可采用《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 规定的裂缝修补技术修复。

### 10.3 抗震加固设计与施工

#### I 板墙加固

**10.3.1** 采用板墙加固设计时应满足下列要求：

1 采用板墙加固后的预制装配式大板结构可按装配式钢筋混凝土墙板结构或普通混凝土少筋大板结构进行分析；新增混凝土材料强度利用系数正截面加固计算时取 0.8，斜截面加固计算时取 0.7；新增钢筋材料强度利用系数 0.9；

2 板墙加固的材料及构造应满足下列要求：

1) 板墙混凝土强度等级应满足现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求且应比原板墙提高一级；

2) 板墙混凝土厚度应由计算确定，一般不应小于 60mm，可采用喷射法施工或者浇筑混凝土；

3) 板墙钢筋网规格，竖向不应小于  $\phi 10$ ，其间距宜为 150mm~200mm，横向不应小于  $\phi 8$ ，其间距宜为 150mm~200mm；竖筋在里，横筋在外；新增钢筋网与原墙应有可靠连接固定，一般可穿孔采用拉结筋对拉或化学植筋锚接；拉结筋或植筋规格可采用  $\phi 6 \sim \phi 8$ ，植筋间距宜为 600mm，拉结筋间距宜为 900mm，宜为梅花形布置；连接筋穿墙后应焊以斜筋并与墙面钢筋网点焊连接；纵横钢筋端部应有可靠锚固，可采用化学植筋方法锚固于基础、现浇节点及楼板等临近构件；

4) 加固墙板水平接缝、墙板竖向接缝、连梁竖向接缝的钢筋应



在接缝两侧有足够的锚固长度。

**3** 少筋大板结构墙板采用钢筋混凝土板墙方法加固后，墙板偏心受压斜截面受剪承载力可按普通钢筋混凝土结构墙板计算。

**10.3.2** 墙板水平接缝加固后的受剪承载力设计值可按下列公式计算：

$$V_b = V_{b0} + 0.56\psi_s \sum A_s f_y \quad (10.3.2)$$

式中：

$V_b$  —— 加固后的受剪承载力设计值（N）；

$V_{b0}$  —— 原构件既有的受剪承载力设计值（N）；

$A_s$  —— 穿过水平接缝的竖向加固钢筋截面积（mm<sup>2</sup>）；

$f_y$  —— 加固钢筋抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）；

$\psi_s$  —— 加固钢筋材料强度利用系数，取  $\psi_s = 0.9$ 。

**10.3.3** 墙板竖向接缝加固后的受剪承载力设计值可按下列公式计算：

$$V_b = V_{b0} + 0.5\psi_s \sum A_s f_y \quad (10.3.3)$$

式中：

$V_b$  —— 加固后的受剪承载力设计值（N）；

$V_{b0}$  —— 原构件既有的受剪承载力设计值（N）；

$A_s$  —— 穿过竖向接缝的水平加固钢筋截面积（mm<sup>2</sup>）；

$f_y$  —— 钢筋抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）；

$\psi_s$  —— 钢筋材料强度利用系数，取  $\psi_s = 0.9$ 。

**10.3.4** 连梁竖向接缝加固后的受剪承载力设计值可按下列公式计算：

$$\text{销键接缝} \quad V_b = V_{b0} + 0.5\psi_s \sum A_s f_y \quad (10.3.4-1)$$

$$\text{直缝} \quad V_b = V_{b0} + 0.25\psi_s \sum A_s f_y \quad (10.3.4-2)$$

式中：

$V_b$  —— 加固后的受剪承载力设计值（N）；

$V_{b0}$  —— 原构件既有的受剪承载力设计值（N）；

$A_s$  —— 穿过竖向接缝的水平加固钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;

$f_y$  —— 钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$\psi_s$  —— 钢筋材料强度利用系数, 取  $\psi_s = 0.9$ 。

**10.3.5** 连梁竖向接缝加固后的受弯承载力设计值可按下列公式计算:

$$M_b = M_{b0} + 0.65\psi_s \sum A_s f_y h_0 \quad (10.3.5)$$

式中:

$M_b$  —— 加固后的受弯承载力设计值 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ ) ;

$M_{b0}$  —— 原构件既有的受弯承载力设计值 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ ) ;

$A_s$  —— 穿过竖向接缝的水平加固钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;

$h_0$  —— 连梁截面有效高度 ( $\text{mm}$ ) ;

$f_y$  —— 钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$\psi_s$  —— 钢筋材料强度利用系数, 取  $\psi_s = 0.9$ 。

## II 内外墙板锚拉钢筋加固

**10.3.6** 采用锚固角钢和高强螺栓对内外墙板的锚拉钢筋加固时(图 10.3.6), 应满足下列要求:

**1** 加固后的抵抗外墙板外甩拉力的承载力设计值可按下列公式计算:

$$N_b = N_{b0} + 0.8\psi_s \sum A_s f_y \quad (10.3.6)$$

式中:

$N_b$  —— 加固后的抵抗外墙板外甩拉力的承载力设计值 ( $\text{N}$ ) ;

$N_{b0}$  —— 原构件既有的内外墙板锚拉钢筋承载力设计值 ( $\text{N}$ ) ;

$A_s$  —— 高强螺栓截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;

$f_y$  —— 高强螺栓抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$\psi_s$  —— 高强螺栓材料强度利用系数, 取  $\psi_s = 0.9$ 。

**2** 锚固于内墙的高强螺栓应进行抗剪承载力验算, 个数由计算

确定；锚固于外墙的高强螺栓应进行抗拉承载力验算，个数由计算确定；锚固于内墙的角钢应进行抗拉承载力验算，截面由计算确定。

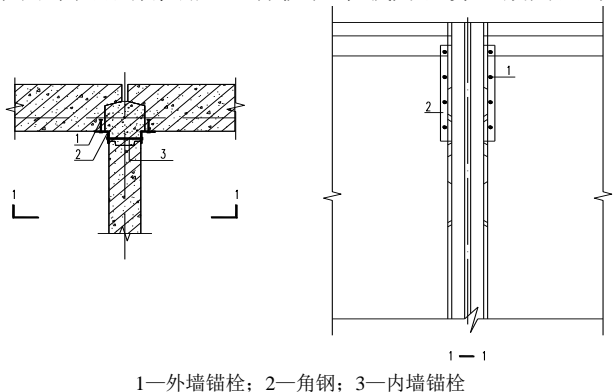


图 10.3.6 内外墙板锚拉钢筋承载力补强加固示意图

**10.3.7 锚固角钢、高强螺栓的材料及构造应满足下列要求：**

- 1** 角钢可采用 Q235B 级钢，角钢的厚度不应小于 6mm，角钢的边长不应小于 100mm；螺栓的强度级别宜高于 8.8 级，直径规格不宜小于 M16，间距宜为 600mm~900mm；
- 2** 角钢与钢筋混凝土墙板之间采用后灌改性环氧树脂胶粘剂粘接工艺；
- 3** 角钢表面应进行防腐防火处理。

**10.3.8** 采用锚固角钢对内外墙板的锚拉钢筋加固时的施工，应满足普通钢筋混凝土结构采用外包型钢加固法的要求。

## 11 内浇外砌、内浇外挂结构房屋

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 本章适用于高度不超过 24m、层数不超过 6 层的内浇外砌、内浇外挂结构房屋的抗震加固。

**11.1.2** 内浇外砌、内浇外挂结构房屋的抗震加固应根据房屋的实际情况选择加固方案，分别采用主要提高墙体延性、承载力的方案或采用隔震加固的方案。

### 11.2 抗震加固方案

**11.2.1** 内浇外砌、内浇外挂结构房屋的内墙为低配钢筋混凝土墙时，抗震加固方案的选择应符合下列规定：

1 宜采用现浇钢筋混凝土板墙加固法对低配钢筋混凝土墙进行加固；

2 条件适宜时，也可采用外套结构方式或基础隔震方式进行抗震加固；采用外套结构方式进行抗震加固时，应符合本规程第 15 章的相关规定；采用隔震技术进行抗震加固时，应符合本规程第 14 章的相关规定；

3 宜对外墙进行加固。

**11.2.2** 外墙与内部现浇墙体连接不满足要求时，可增设拉筋连接。

**11.2.3** 混凝土构件有局部损伤时，可采用细石混凝土修复；出现裂缝时，应进行裂缝修补。

**11.2.4** 女儿墙等易倒塌部位不满足鉴定要求时，可按本规程第 5 章的有关规定选择加固方法。

### 11.3 抗震加固设计

**11.3.1** 采用现浇钢筋混凝土板墙加固墙体时，应满足下列要求：

1 板墙应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋与原有砌体墙连接；其左右应采用拉结筋等与两端的原有墙体可靠连接；

2 板墙上下应与楼、屋盖可靠连接，至少应每隔 1m 设置穿过楼板且与竖向钢筋等面积的短筋，短筋两端应分别锚入上下层的板墙内，其锚固长度不应小于短筋直径的 40 倍；

3 板墙基础埋深宜与原有基础相同。

**11.3.2** 采用现浇钢筋混凝土板墙加固墙体时，板墙的材料和构造应满足下列要求：

1 混凝土强度等级应满足现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求，并应比原墙体混凝土强度等级高至少一级；

2 板墙厚度宜为 60mm~100mm；

3 板墙可配置单排钢筋网片，钢筋可采用  $\phi 10$ ，间距宜为 150mm~200mm；加固后的墙体全截面水平和竖向配筋率均不应小于 0.15%；

4 板墙与原有墙体的连接，可沿墙高每隔 0.7m~1.0m 在两端各设 1 根  $\phi 12$  的拉结钢筋，其一端锚入板墙内的长度不宜小于 500mm，另一端应锚固在端部的原有墙体内部；

5 单面板墙宜采用  $\phi 8$  的 L 形锚筋与原砌体墙连接，双面板墙宜采用  $\phi 8$  的 S 形穿墙筋与原墙体连接；锚筋在砌体内的锚固深度不应小于 120mm；锚筋的间距宜为 600mm，穿墙筋的间距宜为 900mm；

6 板墙可不设置边缘构件。

**11.3.3** 采用现浇钢筋混凝土板墙加固后的结构验算应满足下列要求：

1 结构分析可按照抗震墙结构进行；原砌体墙可按照等刚度原则折算为一定厚度的混凝土墙参与整体计算；

2 加固验算时，有关构件支承长度的影响系数应作相应改变，有关墙体局部尺寸的影响系数应取 1.0。

**11.3.4** 板墙加固的施工应满足本规程第 5 章的要求。

## 12 钢结构房屋

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 本章适用于既有钢结构框架、框架-中心支撑和框架-偏心支撑（延性墙板）房屋的抗震加固，其适用的最大高度应符合北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的规定。

**12.1.2** 既有钢结构房屋的抗震加固应满足下列要求：

1 应根据房屋的实际情况选择加固方案，分别采用主要提高结构构件抗震承载力、主要增强结构变形能力或改变结构体系的方案；

2 加固后应避免形成新的薄弱楼层。

**12.1.3** 既有钢结构房屋结构在多遇地震作用下的抗震验算应满足本规程第 3 章的要求，其 E 弹性层间位移角限值、内力调整应按照本规程第 3.0.8 条的规定取值。

**12.1.4** 既有钢结构房屋构件加固后的抗震承载力应按现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 的规定计算，此时，各式中对钢结构构件的承载力应除以抗震加固的承载力调整系数  $\gamma_{RS}$ ，取值 1.0。

**12.1.5** 加固设计时，在满足多遇地震承载力要求的前提下，难以对不满足抗震构造措施的构件进行直接加固时，可采取下述措施处理：

1 既有建筑加固后结构罕遇地震下层间位移角小于现行规范标准限值的 1/2 时，既有建筑结构抗震构造措施可按设防烈度降低一度考虑；

2 采用《钢结构设计标准》GB 50017 抗震性能化设计方法进行分析 and 设计。

**12.1.6** 进行钢结构地震作用效应分析时，应考虑自振周期的折减，折减系数可取 0.8~1.0。

## 12.2 抗震加固方案

### 12.2.1 钢结构房屋的抗震加固方案选择应符合下列规定：

1 钢框架结构房屋整体抗震能力不足时，宜采用增设钢支撑、延性墙板等改变体系的加固方案或减震加固方案；单跨框架难以新增抗侧力构件时，应采取相应加强措施；

2 钢框架-支撑结构房屋宜采用增设钢支撑、延性墙板等间接加固方案或增设防屈曲支撑等减震加固方案，也可根据条件采用基础隔震加固的方案；

3 焊缝连接的加固，可采用增加焊缝长度、有效厚度或两者同时增加的方法；

4 螺栓和铆钉连接的加固，可采用更换或新增、变单剪为双剪的方法，且应首先考虑采用适宜直径的高强螺栓连接；

5 钢梁可采用增大截面法、增设支点、粘贴钢板加固等方法方法进行加固；

6 钢柱可采用补强柱的截面、增设支撑、四周外包钢筋混凝土、钢管构件内填混凝土等方法方法进行加固；

7 钢支撑可采用增大截面、粘贴钢板、外包围套组件抗屈曲等方法方法进行加固；

8 柱脚底板厚度不足时可采用增设柱脚加劲肋、柱脚型钢间浇筑混凝土等方法方法进行加固；

9 柱脚锚固不足时可采用增设附加锚栓、钢筋混凝土包裹柱脚等方法方法进行加固；

10 框架梁柱板件宽厚比不足时，可在构件端部塑性铰范围内增设肋板或加厚板件进行加固。

12.2.2 原围护结构与结构主体连接不满足要求时，应采取措施进行针对性处理。

12.2.3 钢构件有局部缺陷或损伤时，应在抗震加固的同时一并进行

修缮，并应符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 的相关规定。

### 12.3 抗震加固设计与施工

**12.3.1** 采用改变结构体系的加固方法时，应满足下列要求：

1 改变结构体系的加固设计，应按加固后的新结构体系进行验算；

2 改变结构体系新增的构件应与既有结构构件可靠连接，且连接的构造不应过多削弱原构件的承载能力；

3 改变结构体系的加固设计，除应考虑结构、构件、节点、支座中内力重分布和二次受力外，尚应考虑新体系对相关部分的地基基础和结构造成的影响。

**12.3.2** 采用增大截面法、粘贴钢板加固法、外包钢筋混凝土加固法、钢管构件内填混凝土加固法等对钢结构构件进行直接加固时，设计、计算应满足《钢结构加固设计标准》GB 51367 的规定，计算时还应按《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 考虑承载力抗震调整系数。

**12.3.3** 钢结构连接与节点加固时，应满足下列要求：

1 钢结构连接的加固方法，可依据原结构的连接方法和实际情况选用焊接、铆接、普通螺栓或高强度螺栓连接的方法；

2 在同一受力部位连接的加固中，不宜采用焊缝与铆钉或普通螺栓共同受力的刚度相差较大的混合连接方法，可采用焊缝和摩擦型高强螺栓在一定条件下共同受力的并用连接；

3 负荷下连接的加固，当采用端焊缝或螺栓加固而需要拆除原有连接，或需要扩大原钉孔，或增加钉孔时，应采取合理的施工工艺和安全措施，并核算结构、构件及其连接在负荷下加固过程中是否具有施工所要求的承载力。

**12.3.4** 钢结构加固施工应满足下列要求：

1 负荷状态下进行钢结构加固时，应制定详细的加固工艺过程



和技术条件，其所采用的工艺应保证加固件的截面因焊接加热、附加钻、扩孔洞等所引起的削弱不致产生显著影响，并按隐蔽工程进行验收；

**2** 采用螺栓或铆钉连接方法增大钢结构构件截面时，加固与被加固板件应相互压紧，并应从加固件端部向中间逐次做孔和安装、拧紧螺栓或铆钉，且不应造成加固过程中截面的过大削弱；

**3** 增大截面法加固有 2 个以上构件的静不定结构时，应首先将加固与被加固构件全部压紧并点焊定位，并应从受力最大构件开始依次连续地进行加固连接；

**4** 当采用增大截面法加固开口截面时，应将加固后截面密封，以防止内部锈蚀；加固后截面不密封时，板件间应留出不小于 150mm 的操作空间，用于日后检查及防锈维护。

## 13 消能减震技术加固

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 本章适用于既有钢筋混凝土结构、钢结构、单层厂房、底层（部）框架砖房中底层（部）框架等结构的消能减震加固设计与施工。

**13.1.2** 房屋的消能减震加固设计，除应符合本章的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**13.1.3** 当结构加固采用抗震性能化设计时，应根据既有建筑设防目标的实际需求，分别确定消能器、连接消能器部件和附加框架的性能目标。

**13.1.4** 当在垂直相交的两个平面内布置消能器，且分别按不同水平方向进行结构地震作用分析时，应考虑相交处的柱在双向地震作用下的最不利受力。

**13.1.5** 消能器结构应具备足够的变形能力，并满足罕遇地震作用下极限承载力的要求。

**13.1.6** 采用静力非线性分析方法时，计算模型中消能器宜采用现行北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 第 6 章给出的恢复力模型，并由实际分析计算获得消能器附加给结构的满足变形协调条件的有效阻尼比，附加有效阻尼比不能采用预估值。

**13.1.7** 消能减震结构在多遇、设防和罕遇地震作用下的总阻尼比应分别计算，采用振型分解反应谱法计算消能部件附加给结构的有效阻尼比超过 25% 时，宜按 25% 计算。

### 13.2 减震加固方案

**13.2.1** 应按既有建筑的抗震鉴定结果、多遇地震作用下的预期设计

要求及罕遇地震作用下的预期结构变形控制要求，并考虑既有建筑状况进行消能减震加固设计。

**13.2.2** 消能器的选择应考虑消能器在不同水准地震作用下的工作状态、消能器与既有建筑的连接形式和技术可靠性、技术经济指标等。消能器类型、设置位置和数量，应考虑其对整体结构抗震性能的影响。

**13.2.3** 多层和高层钢筋混凝土、钢结构房屋存在下列情况时，可采用消能减震技术进行加固：

1 房屋刚度不足、明显不均匀或有明显扭转效应时，可增设位移相关型消能器加固；

2 结构构件的抗震承载力不足或抗震构造措施不满足要求但房屋刚度足够时，可增设速度相关型消能器加固；

3 单跨框架，可设置屈曲约束支撑加固，并在必要时加强楼盖和屋盖的整体性。

**13.2.4** 底层框架砖房的底层存在下列情况时，可采用消能减震技术进行加固：

1 抗震承载力不满足要求时，可增设屈曲约束支撑或其他刚度较大的位移相关型消能器加固；

2 当底层为单跨框架或底层刚度较弱或有明显扭转效应时，可增设位移相关型消能器加固。

**13.2.5** 单层钢筋混凝土柱和单层钢结构厂房存在下列情况时，可采用消能减震技术进行加固：

1 厂房柱间支撑布置不满足要求时，可增设位移相关型消能器；

2 厂房扭转较大、纵向刚度不足时，宜将既有柱间支撑按等刚度原则替换为位移相关型消能器，同时还可调整支撑的刚度及布置以减小扭转；调整支撑刚度和布置后宜进行局部承载力验算；

3 当采用较大刚度的位移相关型消能器替代既有柱间支撑，既

有预埋件、连接件承载力不足时，应按国家现行标准对预埋件、连接件的要求进行校核及必要的加固，可根据需要进行局部加固，也可采用附加框架并设置消能器进行加固；

**4** 厂房排架柱纵向承载力不满足要求时，可增设位移相关型消能器并加强连接构造措施，也可增设速度相关型消能器，或增设附加框架并设置消能器进行加固。

### 13.3 减震加固设计

**13.3.1** 消能器可根据需要沿结构的两个主轴方向分别设置。消能器宜设置在层间相对位移或相对速度较大的位置，形成均匀合理的受力体系。

**13.3.2** 结构加固的消能减震设计应符合现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 关于消能减震设计的相关规定。

**13.3.3** 消能部件可采用支撑型、墙型、柱型、门架型或腋撑型等。

**13.3.4** 后续工作年限少于 50 年的建筑，采用消能减震技术进行加固时，如结构罕遇地震下层间位移角小于国家现行标准限值的  $1/2$ ，抗震构造措施可按抗震等级降低一级考虑。

**13.3.5** 消能减震加固设计的计算分析，应符合下列规定：

**1** 当既有建筑基本处于弹性工作阶段时，可采用振型分解反应谱法、弹性时程分析法；

**2** 当消能减震结构主体结构处于弹性工作状态，且消能器处于非线性工作状态时，可将消能器进行等效线性化，采用附加有效阻尼比和有效刚度的振型分解反应谱法、弹性时程分析法；也可采用弹塑性时程分析法；

**3** 当消能减震结构主体结构进入弹塑性状态时，应采用静力弹塑性分析方法或弹塑性时程分析方法；

**4** 消能减震加固结构的自振周期应根据消能减震加固结构的

总刚度确定，总刚度应包括结构刚度和耗能部件的有效刚度；

**5** 耗能减震结构的总阻尼比应包括结构阻尼比和耗能器附加给结构的等效阻尼比；多遇地震和罕遇地震作用下的总阻尼比应分别计算；耗能减震加固结构的恢复力模型应包括结构恢复力模型和耗能部件的恢复力模型。

### 13.3.6 耗能部件的设计参数应符合下列规定：

**1** 位移相关型耗能器与斜撑、墙体、支墩、梁等支承构件组成耗能器部件时，耗能部件的恢复力模型参数宜符合下列规定：

$$\Delta u_{py} / \Delta u_{sy} \leq 2/3 \quad (13.3.6-1)$$

式中：

$\Delta u_{py}$  —— 耗能部件在水平方向的屈服位移或起滑位移，其中连接耗能器部件应保持弹性状态；

$\Delta u_{sy}$  —— 设置耗能器的主体结构层间屈服位移（m）。

**2** 黏弹性耗能器的黏弹性材料的总厚度应符合下列规定：

$$t_v \geq \Delta u_{dmax} / [\gamma] \quad (13.3.6-2)$$

式中：

$t_v$  —— 黏弹性耗能器的黏弹性材料总厚度（m）；

$\Delta u_{dmax}$  —— 沿耗能方向耗能器的最大可能位移（m）；

$[\gamma]$  —— 黏弹性材料允许的最大剪切应变。

**3** 速度线性相关型耗能器与斜撑、支墩、梁等支承构件组成耗能器部件时，支承构件沿耗能器耗能方向的刚度应满足下式：

$$K_b \geq (6\pi / T_1) C_D \quad (13.3.6-3)$$

式中：

$K_b$  —— 支承构件沿耗能器方向的刚度（kN/m）；

$C_D$  —— 耗能器的线性阻尼系数[kN/(m/s)]；

$T_1$  —— 耗能减震加固结构的基本自振周期（s）。

**4** 耗能部件的计算模型，应计入连接耗能器部件沿耗能器耗能方向的间隙；耗能部件的地震作用效应应按地震作用标准值计算；

**5** 耗能器极限位移应不小于罕遇地震作用下耗能器最大位移

的 1.2 倍；速度相关型消能器，消能器的极限速度应不小于罕遇地震作用下消能器最大速度的 1.2 倍，且消能部件应满足在此极限速度下的承载力要求。

**13.3.7** 消能部件附加给结构的有效刚度和等效阻尼比，可按下列方法确定：

1 位移相关型消能器和非线性速度相关型消能器及相应的连接消能器部件附加给结构的有效刚度可采用等效线性化方法确定；

2 消能部件附加给结构的等效阻尼比可按下式计算：

$$\zeta_d = \left( \sum_{j=1}^n W_{cj} \right) / (4\pi W_s) \quad (13.3.7-1)$$

式中：

$\zeta_d$  —— 消能减震加固结构的附加有效阻尼比；

$W_{cj}$  —— 第  $j$  个消能器在结构预期层间位移  $\Delta u_j$  下往复循环一周所消耗的能量 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )；

$W_s$  —— 消能减震加固结构在水平地震作用下的总应变能 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )；

$n$  —— 消能部件的总个数

注：当消能部件在结构上分布较均匀，且附加给结构的等效阻尼比小于 20% 时，消能部件附加给结构的等效阻尼比也可采用强行解耦方法确定。

3 不计及扭转影响时，消能减震加固结构在水平地震作用下的总应变能，可按下列下式计算：

$$W_s = \Sigma F_i u_i / 2 \quad (13.3.7-2)$$

式中：

$F_i$  —— 质点  $i$  的水平地震作用标准值 ( $\text{kN}$ )；

$u_i$  —— 质点  $i$  对应于水平地震作用标准值的位移 ( $\text{m}$ )。

4 速度线性相关型消能器在水平地震作用下所往复一周所消耗的能量，可按下列下式计算：

$$W_{cj} = (2\pi^2 / T_1) C_j \cos^2 \theta_j \Delta u_j^2 \quad (13.3.7-3)$$

式中：

$T_1$  —— 消能减震加固结构的基本自振周期 ( $\text{s}$ )；

$C_j$  —— 第  $j$  个消能器的线性阻尼系数 [ $\text{kN}/(\text{m}/\text{s})$ ]；

$\theta_j$  —— 第  $j$  个消能器的消能方向与水平面的夹角 ( $^{\circ}$ ) ;

$\Delta u_j$  —— 第  $j$  个消能器两端的相对水平位移 (m) 。

当消能器的阻尼系数和有效刚度与结构振动周期有关时, 可取相应于消能减震加固结构基本周期的值;

**5** 位移相关型消能器、非线性黏滞消能器在水平地震作用下往复一周所消耗的能量, 可按下式计算:

$$W_{cj} = A_j \quad (13.3.7-4)$$

式中:

$A_j$  —— 第  $j$  个消能器的恢复力滞回环在相对位移  $\Delta u_j$  时的面积 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) 。

消能器的有效刚度可取消能器恢复力滞回环在相对水平位移  $\Delta u_j$  时的割线刚度;

**6** 消能部件的有效刚度、等效阻尼比参数应与同一地震水准下结构性能相协调。

**13.3.8** 连接消能器的结构构件的抗震验算应符合下列规定:

**1** 连接消能器的构件节点核心区的抗震验算, 应考虑消能器对结构的作用;

**2** 连接消能器的构件在罕遇地震作用下应能保证消能器正常工作;

**3** 消能部件采用高强度螺栓或焊接连接时, 连接消能器的结构节点部位组合弯矩设计值应考虑连接部件端部的附加弯矩;

**4** 连接消能器的结构节点和构件应进行消能器极限位移和极限速度下的消能器引起的阻尼力作用下的截面验算, 并应满足抗剪不屈服的要求;

**5** 当消能器的轴线与其连接的结构构件的轴线有偏差时, 结构构件截面验算应考虑相应的附加弯矩。

**13.3.9** 附加框架的抗震验算应符合下列规定:

1 附加框架的截面组合内力包括附加框架自重和地震作用下所分担的内力，构件截面抗震验算、节点核心区抗震验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定；

2 设置消能器的附加框架与既有结构的后锚固抗剪键的抗剪验算，应能保证消能器达到极限位移或极限速度时附加框架与既有结构之间有效连接；抗剪键的设计应考虑群锚效应，梁上群锚可按开裂混凝土考虑，柱上群锚可按不开裂混凝土考虑，具体应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定；

3 附加框架的抗震等级应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定；

4 附加框架内连接消能器的结构构件的抗震验算应符合本规程第 13.3.8 条的规定，附加框架内连接消能器部件的抗震验算应符合本规程第 13.3.10 的规定。

### **13.3.10 连接消能器部件的抗震验算应符合下列规定：**

1 连接消能器部件，应符合钢构件连接、钢与钢筋混凝土构件连接、钢与钢管混凝土构件连接构造的规定；

2 连接消能器部件的作用力取值应不小于消能器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍；

3 在消能器极限位移或极限速度对应阻尼力作用下，连接消能器部件应避免出现整体或局部失稳，连接消能器部件中的支撑、墙、框架、支墩应处于弹性工作状态。

**13.3.11** 应进行加固后结构的抗震变形验算，加固后结构在多遇地震和罕遇地震下的层间位移角应满足现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的要求。

### **13.3.12 消能部件与既有建筑之间的连接构造应符合下列规定：**

1 消能支撑与既有建筑的连接可采用对穿式连接和外包式直连；



2 连接消能器部件中的锚板、锚栓、节点板、连接件、预埋件等连接构造在消能器设计承载力范围内应处于正常工作状态，不应出现平面外失稳、局部屈曲、开焊、滑脱、滑移或拔出破坏等；

3 连接消能器部件的构造措施应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 等的规定。

**13.3.13** 附加框架的构造应符合下列规定：

1 附加框架宜采用钢框架或现浇混凝土框架；

2 现浇混凝土附加框架与既有建筑可采用贯穿螺栓连接或采用后锚固抗剪键连接，连接区域宜避开节点核心区，与附加框架相连的既有结构构件表面应凿毛；抗剪键锚筋应在附加框架内设置拉结弯钩或其它可靠拉结措施；

3 后锚固抗剪键可采用后锚固扩底型机械锚栓或特殊倒锥形化学锚栓连接，或后锚固锚栓+钢筋混凝土抗剪键连接等形式；

4 附加框架采用现浇钢筋混凝土时，其抗震构造应满足相同抗震等级的新建混凝土框架的要求，内部箍筋宜通高（跨）加密；

5 附加框架采用钢结构时，钢框架与既有结构构件宜采用后锚固抗剪键连接，并应采取必要的防锈措施；

6 附加框架宜上下连通设置，宜设置基础，或与既有建筑基础连为整体；

7 后锚固抗剪键的施工应考虑附加框架自重变形的影响；

8 附加框架施工宜在既有结构构件或节点的加固完成后进行。

### **13.4 减震加固施工、验收和维护**

**13.4.1** 消能减震加固结构的施工、验收和维护，应符合国家现行标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**13.4.2** 消能器的性能检验，应满足见证检验的要求，并应符合北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 的规定。

**13.4.3** 消能部件的施工尚应符合下列规定：

1 消能部件施工宜在结构构件和节点的加固工作完成后进行，施工安装顺序应由设计单位、施工单位和消能器生产厂家共同商讨确定，并符合国家现行标准的相关规定；

2 同一部位各消能部件的局部安装制作单元超过一个时，宜先将各制作单元及连接件拼装为扩大安装单元后，再与主体结构进行连接；各扩大安装单元安装顺序宜遵循保留一端为自由端的原则进行安装，从上到下或从下到上依次进行安装；

3 消能部件安装前，需对现场进行施工测量定位；连接消能器部件的构件下料尺寸可根据现场实际测量情况进行适当的放量；

4 消能器与结构构件采用斜撑或支墩连接时，消能器和斜撑或支墩的轴线应保持共平面；

5 连接消能器的斜撑与节点板采用螺栓连接或销轴连接或消能器为屈曲约束支撑时，斜撑或屈曲约束支撑的轴线与其它相关构件或连接件的轴线应共平面，偏差应控制在斜撑或约束套管宽度 1/100 以内；该平面与既有结构构件轴线所在平面的偏差应控制在最小柱截面尺寸 25% 范围内；连接螺栓扩孔误差应控制在屈曲约束支撑屈服位移的 10% 与  $\pm 1\sim 2\text{mm}$  的较小值以内；屈曲约束支撑平面外垂直度偏差应控制在结构层高的 1/1000 以内；屈曲约束支撑与节点板采用焊缝连接时，应采取对应措施控制焊接变形，并防止锚板与混凝土表面明显开裂；

6 消能部件中的钢构件应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定进行除锈和防腐处理。

**13.4.4** 消能部件的验收和维护应符合北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 的规定。

## 14 隔震技术加固

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 本章适用于多层砖砌体、多高层钢筋混凝土等结构的隔震加固设计与施工。

**14.1.2** 采用隔震技术加固前应根据结构抗震设防类别、场地条件和使用要求等，对隔震技术加固方案进行技术和经济综合分析后确定。

**14.1.3** 采用隔震技术加固的既有建筑结构周边应具备预留隔震层变形空间的条件。隔震技术加固方案应考虑施工的可行性，应考虑穿越隔震层楼梯、电梯和管线的构造做法以及隔震支座检修、维护和更换的需求。

**14.1.4** 隔震技术加固结构的地基基础应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 中对隔震结构地基基础的有关规定。

**14.1.5** 隔震技术加固工程施工前应编制施工组织设计及专项施工方案。

**14.1.6** 当结构加固采用抗震性能化设计时，应根据既有建筑设防目标的实际需求，分别确定隔震支座、连接和附加部件的性能目标。

### 14.2 隔震加固设计

**14.2.1** 隔震层布置应满足下列要求：

- 1 隔震层刚度中心宜与上部结构质量中心一致；
- 2 隔震支座的平面布置宜与上部结构和下部结构中竖向构件的平面位置相一致，隔震支座底面宜布置在相同标高位置上；
- 3 同一支承处选用多个隔震支座时，隔震支座之间的净距应大于安装和更换时所需的尺寸。

**14.2.2** 隔震支座的性能应满足设计要求，橡胶隔震支座应符合现行

国家标准《橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3和《建筑隔震橡胶支座》JG/T 118的有关规定。弹性滑板支座应符合现行国家标准《橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB/T 20688.5的有关规定。摩擦摆隔震支座应符合现行国家标准《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T 37358的有关规定。

**14.2.3** 隔震层可采用橡胶隔震支座、弹性滑板支座及摩擦摆隔震支座，隔震支座的选型应满足下列要求：

- 1 宜采用极限变形能力相近的隔震支座；
- 2 隔震支座在重力荷载代表值作用下的竖向压应力不应超过表 14.2.3 的规定；

**表 14.2.3 支座压应力限值（MPa）**

建筑类别		甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
橡胶隔震支座 压应力限值（MPa）	$S_1 \geq 30$	10	12	15
	$30 > S_1 \geq 25$	8	10	12.5
	$25 > S_1 \geq 20$	6	8	10
弹性滑板支座 压应力限值（MPa）		12	15	20
摩擦摆隔震支座 压应力限值（MPa）		20	25	30

**3** 隔震层的总屈服力应满足下列公式要求：

$$r_w V_{wk} \leq V_{rw} \quad (14.2.3)$$

式中：

$r_w$  —— 风荷载分项系数，取 1.5；

$V_{wk}$  —— 风荷载作用下隔震层水平剪力标准值；

$V_{rw}$  —— 隔震层水平屈服力的设计值；铅芯橡胶隔震支座取屈服力，弹性滑板支座及摩擦摆隔震支座取起滑后的摩阻力。

**14.2.4** 隔震技术加固结构的计算分析可采用时程分析法和振型分解反应谱法。计算分析应符合下列规定：

1 时程分析法宜选用两条天然加速度时程曲线和一条人工加速度时程曲线；所选加速度时程曲线的平均地震影响系数曲线应与振型分解反应谱法所采用的地震影响系数曲线在统计意义上相符，其加速度最大值应符合本规程第 3.0.9 条的规定；弹性时程分析时，每条时程曲线计算所得结构底部剪力不应小于振型分解反应谱法计算结果的 65%，多条时程曲线计算所得结构底部剪力的平均值不应小于振型分解反应谱法计算结果的 80%；计算结果应取多条加速度时程曲线分析结果的包络值；

2 采用时程分析法计算水平地震作用减震系数时应按照设防地震进行计算；

3 采用振型分解反应谱法，按照设防地震计算水平地震作用减震系数时，橡胶隔震支座性能参数取水平剪切应变为 100% 时的性能参数，其他隔震装置的性能参数可采用等效线性化方法迭代确定。

**14.2.5** 隔震层的水平等效刚度和等效黏滞阻尼比可按下列公式计算：

$$K_h = \sum K_j \quad (14.2.5-1)$$

$$\xi_{eq} = \sum K_j \xi_j / K_h \quad (14.2.5-2)$$

式中：

$\xi_{eq}$  —— 隔震层等效黏滞阻尼比；

$K_h$  —— 隔震层水平等效刚度；

$\xi_j$  —— 隔震支座由试验确定的等效黏滞阻尼比，设置阻尼装置时，应包含相应阻尼比；

$K_j$  —— 隔震支座由试验确定的水平等效刚度。

**14.2.6** 采用隔震方法加固时，A 类、B 类建筑隔震层以上结构抗震验算应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定；C 类建筑隔震层以上结构抗震验算应符合北京市地方标准《房屋结构综合安全性鉴定标准》DB11/T 637 的规定。

**14.2.7** 隔震层以上结构的地震作用计算，应符合下列规定：

1 对多层结构，水平地震作用沿高度可按重力荷载代表值分布；

2 隔震后按水平地震作用计算的水平地震影响系数可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 确定；其中，水平地震影响系数最大值可按下列公式计算：

$$\alpha_{\max 1} = \beta \alpha_{\max} / \psi \quad (14.2.7)$$

式中：

$\alpha_{\max 1}$  —— 隔震后的水平地震影响系数最大值；

$\alpha_{\max}$  —— 非隔震的水平地震影响系数最大值；

$\beta$  —— 水平向减震系数；

$\psi$  —— 调整系数，一般橡胶隔震支座，取 0.80；橡胶隔震支座剪切性能偏差为 S—A 类，取 0.85；隔震装置带有阻尼器时，相应减少 0.05。

**14.2.8** 水平向减震系数应通过隔震后上部结构的层间剪力和对应的基础固定结构的层间剪力的比值确定。水平向减震系数应取隔震和非隔震结构各楼层剪力最大比值。对高层建筑结构，尚应计算隔震与非隔震各楼层倾覆力矩的最大比值，并与层间剪力的最大比值相比较，取二者的较大值。隔震层以上结构的总水平地震作用不得低于非隔震结构在 6 度设防时的总水平地震作用，并应进行抗震验算。

**14.2.9** 隔震加固设计应进行罕遇地震下结构弹塑性时程分析计算，分析计算应考虑隔震层、上部结构和下部结构的非线性行为。

**14.2.10** 隔震加固设计应验算罕遇地震下隔震支座的水平位移，并应符合北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075。

**14.2.11** 隔震加固设计应进行抗倾覆验算。抗倾覆验算应满足下列要求：

1 进行结构整体抗倾覆验算时，应按罕遇地震作用计算倾覆力矩，并按上部结构重力荷载代表值计算抗倾覆力矩，抗倾覆安全系

数应大于 1.2；

2 上部结构传递到隔震支座的短期压应力应考虑倾覆力矩所引起的增加值，隔震支座的短期压应力限值应按表 14.2.11-1 采用；

3 在罕遇地震作用下，橡胶隔震支座不宜出现拉应力；当隔震支座不可避免处于受拉状态时，隔震支座的拉应力限值应按表 14.2.11-2 采用；对隔震支座进行罕遇地震下拉应力计算时，橡胶隔震支座的受拉刚度宜取受压刚度的 1/10。

表 14.2.11-1 隔震支座短期压应力限值（MPa）

建筑类别		甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
橡胶隔震支座 压应力限值（MPa）	$S_1 \geq 30$	20	25	30
	$30 > S_1 \geq 25$	16	20	25
	$25 > S_1 \geq 20$	12	16	20
弹性滑板支座 压应力限值（MPa）		25	30	40
摩擦摆隔震支座 压应力限值（MPa）		40	50	60

表 14.2.11-2 隔震支座拉应力限值（MPa）

建筑类别	甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
橡胶隔震支座 拉应力限值（MPa）	0	0.5	1
弹性滑板支座 拉应力限值（MPa）	0	0	0
摩擦摆隔震支座 拉应力限值（MPa）	0	0	0

14.2.12 隔震装置的性能参数应经试验确定，设计文件上应注明对隔震装置的性能要求。

14.2.13 隔震支座与上部结构和下部结构应有可靠的连接，并按罕遇地震作用下的内力进行强度验算。在预埋钢板中起连接作用的预埋锚筋应对称布置，且不应少于 4 根，直径不应小于 20mm，其

锚固长度应大于 20 倍的锚筋直径。预埋钢板的厚度不应小于 12mm。连接螺栓在连接板上应均匀对称分布，螺栓孔径间距应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

**14.2.14 隔震层的构造应满足下列要求：**

- 1 与隔震支座连接的上、下托换梁、支墩等应考虑水平受剪和竖向局部承压，并应采取可靠的构造措施；
- 2 隔震层有耐火要求时，隔震支座和其他部件应根据使用空间的耐火等级采取相应防火措施；
- 3 上、下部结构所形成的缝隙，应根据使用功能要求，采用柔性材料封堵、填塞；
- 4 隔震层应留有便于观测和更换隔震支座的空间；
- 5 隔震装置应满足可更换的要求。

**14.2.15 穿越隔震层的竖向管线应满足下列要求：**

- 1 直径较小的柔性管线在隔震层处应预留伸展长度，其值不应小于隔震层在罕遇地震作用下最大水平位移的 1.2 倍；
- 2 管道在隔震层处宜采用柔性材料或柔性接头；
- 3 重要管道、可能泄露有害介质或燃气介质的管道，在隔震层处应采用柔性接头；
- 4 当利用构件钢筋作避雷线时，应采用柔性导线连通上部与下部结构的钢筋。

**14.2.16 隔震层的上部结构应与周围固定物体脱开，与水平向和竖向的脱开距离应符合下列规定：**

- 1 与水平向固定物的脱开距离不宜小于隔震层在罕遇地震作用下最大水平位移的 1.2 倍，且不应小于 200mm；对相邻隔震建筑，脱开距离宜取最大水平位移之和的 1.2 倍，且不应小于 400mm；
- 2 采用橡胶隔震支座时，与竖向固定物的脱开距离宜取所采用的橡胶隔震支座总厚度的 1/25 加 10 mm，且不应小于 15mm，并用柔性材料填充。



**14.2.17** 隔震层上部结构楼层内最大层间位移应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 中第 5.5.1 及第 5.5.5 的有关规定；地震时正常使用建筑的最大层间位移角限值应满足北京地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 中第 5.4.1 条的要求。

**14.2.18** 隔震层下部结构的验算应满足北京地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 的要求。

**14.2.19** 采用隔震技术加固砌体结构时，托换部件应满足下列要求：

- 1 隔震层上、下销键梁和上、下托换梁混凝土强度不宜低于 C30，其截面和配筋应根据构件承受的荷载大小由计算确定；
- 2 销键梁的截面尺寸应根据局部压应力计算确定，布置间距应不大于 1m，预留钢筋应满足钢筋混凝土锚固长度要求；
- 3 托换梁应按隔震后罕遇地震下的内力进行截面验算；单侧上托换梁断面高度宜不小于 500mm，宽度宜不小于 250mm。

**14.2.20** 采用隔震技术加固混凝土框架结构时，托换部件应满足下列要求：

- 1 隔震支座上、下预埋板锚固区的混凝土强度宜不低于 C30，配筋应根据构件承受的荷载大小由计算确定；
- 2 隔震支座上、下柱的截面宜大于支座连接板，上、下柱截面小于支座连接板时应设置柱帽，确保支座与上、下柱的可靠连接。

### **14.3 隔震加固施工、验收和维护**

**14.3.1** 隔震支座应进行型式检验、出厂检验和见证检验。应满足下列要求：

- 1 隔震支座应满足国家相关产品的质量和性能要求，应有型式检验报告、出厂检验报告、产品合格证以及其它必要的证明文件，进场后应在明显位置处挂标识牌，标明产品名称、生产单位、生产日期、支座型号、技术指标、合格证等标识；
- 2 隔震装置安装前应进行见证检验，见证检验的样品应当在建

设单位或监理单位见证下从项目的产品中随机抽取，并做永久性标识，并应由具有检测资质的第三方进行检验。

**14.3.2** 隔震加固施工的质量管理应有相应的施工技术措施、健全的质量管理体系、施工质量控制和质量检验制度。

**14.3.3** 隔震技术加固工程施工过程中，应对原结构进行检查和监测，由专人负责记录原结构的位移、变形、裂缝、主要受力构件及地基基础的变化情况，施工单位各专业间应协调配合，并配合相关单位进行阶段性检查和隐蔽工程验收。

**14.3.4** 隔震技术加固工程施工前应具备下列条件：

- 1 施工图及其它技术文件齐全，并通过审查和设计交底；
- 2 施工组织设计及专项施工方案已经批准，并进行了技术交底；
- 3 材料、施工队伍、设备等已准备就绪，施工现场环境已具备正常施工条件；
- 4 主要设备、材料、成品和半成品进场检验记录齐全，并满足本规程和设计要求。

**14.3.5** 既有砌体结构隔震技术加固施工流程宜按下列步骤进行，施工前应对砌体结构剩余的墙体进行承载力验算：

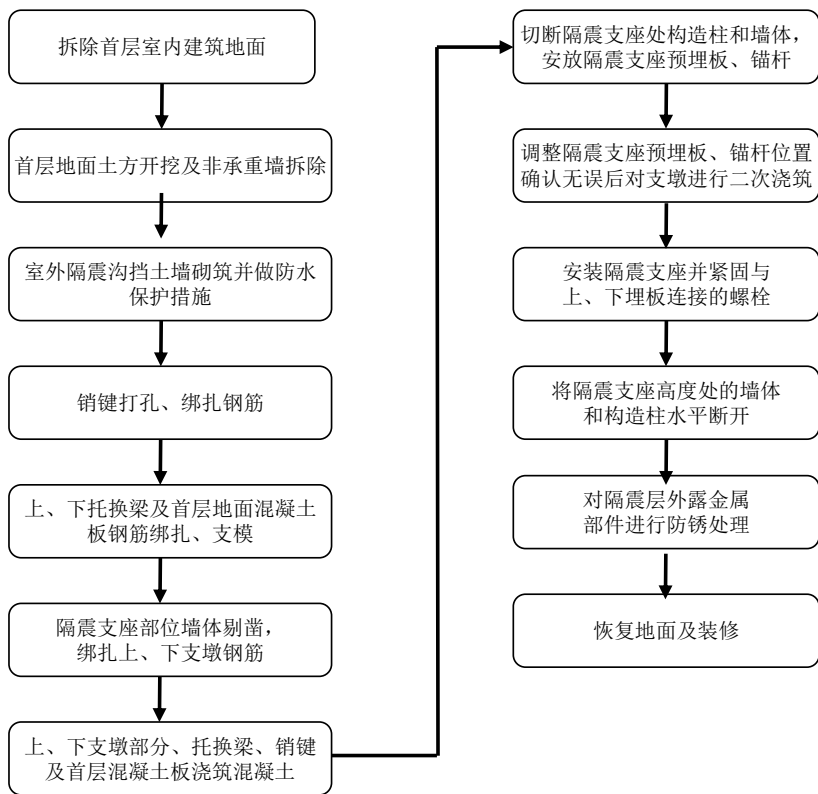


图 14.3.5 既有砌体结构隔震支座加固施工流程图

**14.3.6** 多层和高层钢筋混凝土框架结构的隔震技术加固施工流程宜按下列步骤进行，并在施工前对框架结构卸载支撑的承载力和变形进行验算：

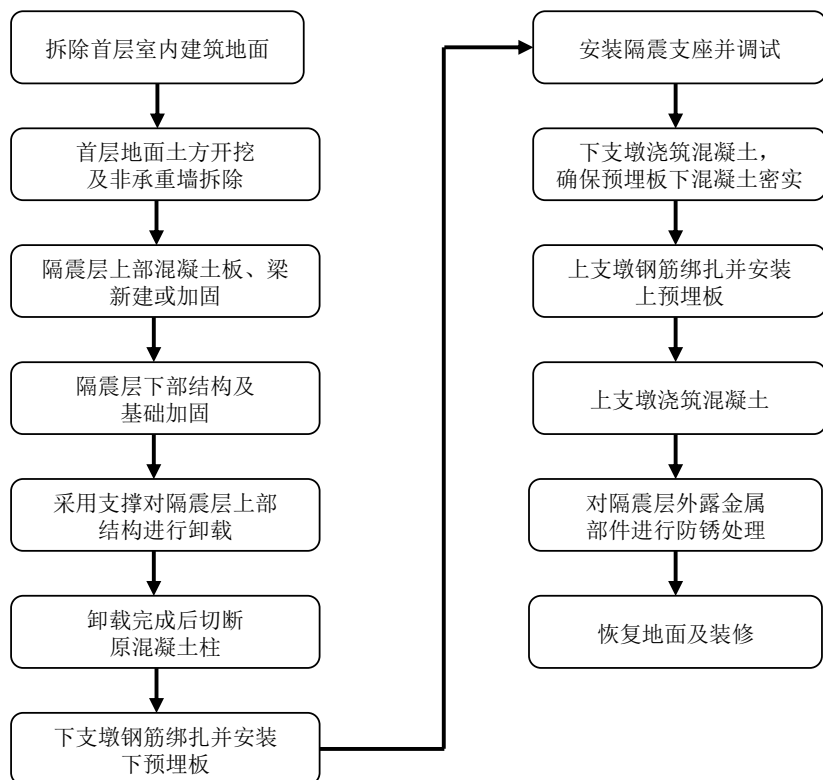


图 14.3.6 多层和高层钢筋混凝土框架结构隔震支座加固施工流程图

#### 14.3.7 隔震支座的施工允许偏差应满足下列要求：

- 1 支承隔震支座的下支墩，其顶面水平度误差不宜大于 5%；在隔震支座安装后，隔震支座顶面的水平度误差不宜大于 8%；
- 2 隔震支座中心的平面位置与设计位置的偏差不应大于 5.0mm；
- 3 隔震支座中心的标高与设计标高的偏差不应大于 5.0mm。

14.3.8 隔震支座预埋钢板和外露连接螺栓应采取防锈、防腐保护措施。

**14.3.9** 在隔震技术加固工程施工阶段，应采取下列措施：

- 1 应对隔震支座采取临时覆盖保护措施；
- 2 应对支墩顶面、隔震支座顶面的水平度、隔震支座中心的平面位置和标高进行精确测量校正；
- 3 应保证上部结构、隔震层构配件与周围固定物的最小允许间距。

**14.3.10** 在隔震层周边应布置沉降观测点，各沉降观测点之间的距离不宜超过 15 m；伸缩缝两侧应各布置 1 个观测点，施工全过程及竣工后均应进行沉降观测，直至竖向变形量趋于稳定，并应进行裂缝观测。

**14.3.11** 采用基础隔震技术加固时，隔震沟的挖土施工应满足下列要求：

- 1 基础剥露及隔震沟挖土深度和宽度应满足设计要求；
- 2 室内外土方的挖土深度应确保结构安全并满足施工要求，应根据土质不同进行适当的放坡或支护，室内、外土方宜同时开挖；
- 3 隔震沟挖土在雨季施工时，应采取临时覆盖或排水措施，冬季应严格按照冬季施工标准进行；
- 4 隔震沟开挖过程中应及时进行挡土墙施工，并按设计要求做好防潮、防水处理。

**14.3.12** 隔震技术加固砌体结构时，销键梁的施工应满足下列要求：

- 1 严格依据设计图纸，进行现场测量放线，确定墙体开洞的位置；
- 2 销键梁钢筋伸入托换梁的长度不应小于钢筋在混凝土中的锚固长度；
- 3 销键梁的混凝土浇筑应与各托换梁同时进行，混凝土振捣应密实；销键梁、墙体、托换梁和支墩应形成整体。

**14.3.13** 隔震技术加固砌体结构时，托换梁的施工应满足下列要求：

- 1 根据设计图纸，绑扎上托换梁钢筋，内外托换梁钢筋应与销

键梁伸出墙外的钢筋绑扎，并应按设计要求错开接头；

2 下托换梁钢筋和下支墩钢筋应同时进行绑扎，且下托换梁钢筋应伸入支墩内并贯通；

3 下托换梁钢筋和下支墩钢筋绑扎完成后，按几何尺寸支模，检查无误后进行混凝土浇筑；下支墩宜先浇筑部分混凝土，剩余部分与安装隔震支座预埋钢板后进行二次浇筑；

4 上托换梁钢筋绑扎同下托换梁；

5 上托换梁的混凝土应与上支墩的混凝土同时浇筑。

**14.3.14** 隔震技术加固砌体结构时，安装隔震支座的施工应满足下列要求：

1 间隔切断准备安放隔震支座处的构造柱，并做支撑保护；

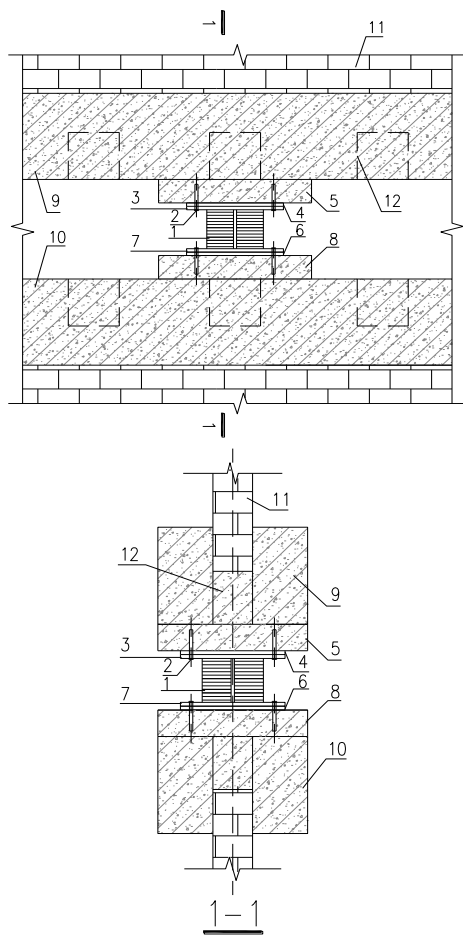
2 在下支墩处安装隔震支座的下预埋钢板，将预埋钢板螺栓和下支墩钢筋进行有效连接，确保浇筑混凝土时不移位不变形，并校准预埋钢板的标高和水平度，经检查无误后，进行下支墩混凝土的浇筑；

3 安装隔震支座，连接隔震支座与下预埋板；

4 安装上部预埋钢板及螺栓，将预埋钢板螺栓和上支墩钢筋进行有效连接，确保浇筑混凝土时不移位不变形，经检查无误后进行上支墩混凝土的浇筑；

5 待混凝土达到设计强度的 80% 以上时，方可进行隔震支座安装；隔震支座安装如图 14.3.14 所示；

6 当混凝土强度达到设计要求后，应按设计要求的位置和缝宽将原有墙体断开，并填充柔性材料。



1—隔震支座；2—连接螺栓；3—连接板（上）；4—预埋钢板（上）；5—上支墩；  
6—预埋钢板（下）；7—连接板（下）；8—下支墩；9—上托换梁；10—下托换梁；  
11—原墙体；12—抗剪键。

图 14.3.14 隔震支座安装示意图

**14.3.15** 采用隔震技术加固钢筋混凝土框架结构时，上、下框架柱的施工应满足下列要求：

1 宜设置满堂红竖向支撑托起上部结构,并完成全部框架柱卸

载;

2 应设置限制上部结构水平移位的水平支撑;

3 切断框架柱宜遵循由内向外, 间隔分批完成隔震支座施工;

4 隔震支座的下支墩的混凝土宜分两次浇筑, 第一次浇筑至预埋板下方 3~5cm 处, 第二次浇筑宜采用无收缩混凝土或灌浆料, 确保预埋板下无空洞;

5 宜一次性拆除全部竖向支撑和水平支撑, 应避免上部结构承受不均匀变形。

**14.3.16** 支墩等与隔震支座直接相连构件的纵向钢筋在端部宜采用 135 度弯钩进行锚固, 并宜采用双向钢筋网片对纵筋进行拉结, 钢筋网片采用的钢筋直径宜不小于 16mm。

**14.3.17** 对隔震层外露金属部件应进行防锈处理, 处理方法应符合国家现行标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 的有关规定。

**14.3.18** 对穿越隔震层的管道和管线应进行柔性连接, 隔震沟盖板施工时应预留维修孔。

**14.3.19** 当进行模板安装和混凝土浇筑时, 应对模板及支架进行观察和维护。当发生异常情况时, 应按施工技术方案及时进行处理。

**14.3.20** 在涂刷模板隔离剂时, 不得沾污钢筋和混凝土接槎处。

**14.3.21** 当进行模板拆除时, 混凝土强度应满足设计要求。

**14.3.22** 现浇的隔震层构件不应有影响结构性能和设备安装的尺寸偏差。在支墩混凝土二次浇筑前, 应对混凝土接槎处进行处理, 剔除浮石、凿毛, 并对预埋螺栓、预埋钢板进行检查校正, 洒水、冲洗湿润后, 方可浇筑混凝土。

**14.3.23** 已安装完毕的隔震支座, 应在现浇隔震层构件强度达到设计要求后, 方可承受全部设计荷载。

**14.3.24** 隔震技术加固工程竣工验收前, 应具有完整、齐备, 并能真实反应工程实际的技术档案和竣工图, 作为工程竣工验收依据。

**14.3.25** 隔震加固工程上部结构验收、竣工验收及维护检查时, 应



对隔离缝和柔性连接进行验收和检查。

**14.3.26** 隔震技术加固结构的管理者应充分理解隔震结构的特点，对隔震技术加固结构进行日常维护，确保隔震层的变形能力。隔震层遭遇火灾和浸水等灾害后，应请专业人员对隔震装置进行检查。

## 15 外套结构加固

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 本章适用于实心砖砌体承重的多层房屋的外套结构加固，其适用的最大高度和层数应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的有关规定。

**15.1.2** 多层砌体结构抗震能力不足时，可在其外部增设钢筋混凝土结构进行抗震加固；增设钢筋混凝土结构应与原砌体结构连为整体。

**15.1.3** 采用外套结构加固方案时，既有建筑结构应满足下列要求：

- 1 结构平面布置宜规则对称；
- 2 原房屋应为横墙承重或纵横墙承重；原房屋大多数横墙的间距不应大于 6.0m；
- 3 原房屋墙体应为厚度不小于 240mm 的普通砖实心墙。

**15.1.4** 外套结构加固设计应满足下列要求：

- 1 外套结构宜采用装配式混凝土结构，也可采用现浇混凝土结构；
- 2 建筑内部存在局部不满足抗震鉴定要求的部位时，尚应采取相应加强措施；
- 3 建筑内部存在竖向承载力不满足的墙体时，尚应对其进行加固；
- 4 应考虑施工过程及基础沉降对原墙体的影响，避免外加结构引起原墙体开裂。

**15.1.5** 采用装配式外套结构进行抗震加固时，尚应满足下列要求：

- 1 所有构件承受的荷载和作用，应通过可靠的传递途径连续传至基础；
- 2 装配式结构的节点设计应构造简单、传力直接、受力明确、

便于施工；

3 装配式结构的节点和连接的承载能力和延性不宜低于同类现浇结构，亦不宜低于预制构件本身，且应满足“强剪弱弯、更强节点”的要求。

## 15.2 抗震加固设计

### 15.2.1 外套结构应满足下列要求：

1 房屋各层均应设置外套结构进行加固，各层外套结构的布置应上下对齐；

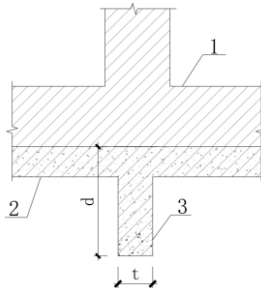
2 外加横墙宜与原结构横墙对齐，外加横墙的最大间距不宜大于 6.0m；

3 原结构地上部分外纵墙的窗下墙位置，可不设置外贴纵墙；各层外纵墙窗上或门上墙体应进行加固；

4 对原外纵墙首层洞口以下的墙体，宜对其正负零以下的部分进行加固。

### 15.2.2 外套结构的构件布置、截面尺寸和构造应符合下列规定：

1 丙类建筑外加横墙截面高度  $d$  不应小于  $H/18$ ，如图 15.2.2 所示，乙类建筑外加横墙截面高度  $d$  不应小于  $H/12$ ， $H$  为房屋总高度；



1-原结构墙体；2-外贴纵墙；3-外加横墙

图 15.2.2 外加横墙截面尺寸示意图

2 丙类建筑，外加横墙厚度  $t$  不宜小于表 15.2.2 不同外加横墙

截面高度所对应的数值；外加横墙截面高度  $d$  与表中数值不同时，可按内插取值；乙类建筑，外加横墙截面厚度  $t$  尚不应小于 250mm；

**表 15.2.2 丙类建筑外加横墙最小截面厚度**

截面高度 $d$ (mm)	截面厚度 $t$ (mm)
$H/18$	400
$H/15$	300
$H/12$	220
$H/10$	160

**3** 外贴纵墙厚度不宜小于 160mm；

**4** 外加横墙上不应设置门窗洞口；

**5** 新增墙体宜在墙体两端和洞口两侧设置构造边缘构件；外贴纵墙的洞口上宜设置连梁，连梁截面高度不宜小于 400mm，连梁截面宽度不宜小于 200mm，连梁可沿纵向贯通，连梁上下纵筋的配筋率均不宜小于 0.6%；

**6** 新增墙体轴压比不应大于 0.15；新增墙体水平筋配置应满足墙体水平抗剪承载力验算要求；新增墙体及连梁的构造不宜低于现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 抗震等级三级的要求，乙类建筑新增构件抗震等级宜为二级；

**7** 外加横墙之间、楼层标高处，应设置外加板带；外加板带应与外加横墙和外贴纵墙相连；板带厚度不宜小于 120mm，板带宽度不宜小于外加横墙间距的 1/8；板带上下层钢筋两个方向的配筋率均不宜小于 0.25%。

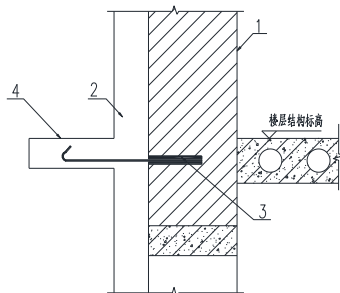
**15.2.3 外套加固构造应满足下列要求：**

**1** 外加板带、外加横墙与原砖墙之间应采用锚筋连接，如图 15.2.3-1、2 所示；锚筋的直径不宜小于 10mm，水平及竖向间距不宜大于 600mm，植入砖墙的深度不应小于 150mm，锚筋孔内应灌注植筋胶；

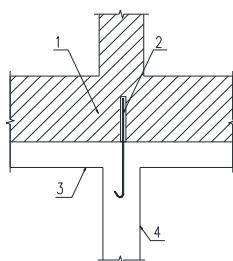
**2** 外贴纵墙与原砌体结构外墙宜采用直径不小于 8mm 的 L 形

锚筋与原砌体墙连接，锚筋在砖墙内的锚固深度不应小于  $15d$ ， $d$  为锚筋直径；锚筋的水平和竖向间距不宜大于  $600\text{mm}$ ；锚筋的甩出长度不宜小于  $250\text{mm}$ ；

3 锚筋应锚入砖块内。



1-原砖墙；2-外贴纵墙；3-原砖墙植筋；4-外加板带  
图 15.2.3-1 新旧墙体节点连接立面示意图



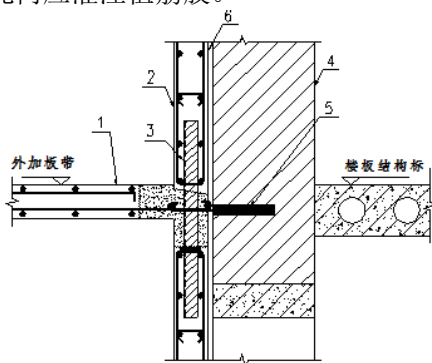
1-原砖墙；2-原砖墙植筋；3-外贴纵墙；4-外加横墙  
图 15.2.3-2 新旧墙体节点连接平面示意图

15.2.4 外套结构采用装配式构件时，加固设计应满足下列要求：

- 1 应在楼层标高处设置水平配筋混凝土后浇带，如图 15.2.4-1 所示；
- 2 应在原砌体结构纵横墙交接处外侧设置竖向配筋混凝土后浇带，如图 15.2.4-2 所示；
- 3 外加横墙的上下层之间在楼层标高处宜设置水平配筋混凝土后浇带；

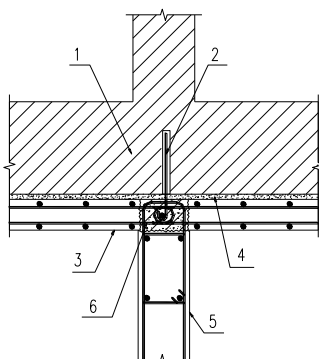
4 外贴纵墙与原有砌体结构外墙之间的缝隙应采用灌浆料灌实；

5 楼层标高位原砖墙内应设置锚筋，竖向配筋混凝土后浇带与原外墙交接位置的砖墙内应设置锚筋；锚筋的直径不宜小于10mm，水平间距不宜大于400mm，植入砖块的深度不应小于150mm，锚筋孔内应灌注植筋胶。



1-外加板带；2-外贴纵墙；3-连接件；4-原有内墙；5-原砖墙植筋；6-缝隙内灌浆

图 15.2.4-1 新旧墙体节点连接立面示意图



1-原砖墙；2-原砖墙植筋；3 外贴纵墙；4-缝隙内灌浆；5-外加横墙；6-竖向配筋后浇带

图 15.2.4-2 新旧墙体节点连接平面示意图

**15.2.5** 加固后结构的连接应符合下列规定：

1 宜在每道外加横墙对应的原横墙基础位置设置 2 根压浆锚杆，压浆锚杆可采用直径不小于 25mm 的钢筋，在原结构内的锚固长度均不应小于锚杆直径的 35 倍；锚浆可采用水泥基灌浆料等，锚孔压浆前应采用压力水将孔洞冲刷干净；压浆锚杆的设置应避免对原地下管线的破坏；

2 宜在屋顶板上部每道外加横墙的位置设置钢筋混凝土拉梁、钢拉梁或钢拉杆；钢拉梁截面及钢筋混凝土拉梁纵筋截面面积不宜小于 900mm<sup>2</sup>；钢拉杆宜为 2 根，直径不宜小于 25mm，并宜设置预拉力张紧；原屋盖为现浇混凝土屋盖时，可通过原现浇屋盖或现浇钢筋混凝土圈梁连接房屋两侧的外加横墙；

3 钢拉梁、钢拉杆和屋顶拉梁纵向钢筋应锚固于外加横墙；

4 钢拉梁、钢拉杆、压浆锚杆应采取防腐措施。

**15.2.6** 外套结构基础设计应满足下列要求：

1 宜选择对原建筑影响小、沉降量小、弃土少、施工安全、施工速度快捷的基础形式；

2 应根据土质、地下水位、新增结构类型及荷载大小选用合理的基础形式，当地质勘察资料不足时，应重新进行岩土工程勘察；

3 新增基础与原基础宜脱开，并应考虑新设基础下土体沉降对原基础的影响，防止原砌体房屋发生裂损；外套结构不应坐于软弱地基上；

4 应考虑地基受荷后的变形，避免新旧结构产生标高差异。

**15.2.7** 加固后结构的计算分析应满足下列要求：

1 可采用线弹性分析假定；并应考虑砌体、混凝土等不同材料的特性；

2 原砌体材料泊松比可取 0.15，弹性模量应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定；新增混凝土材料采用的相关计算参数应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T

50010 的相关规定；

3 结构平面布置规则时，多遇地震作用下结构的整体分析可按纵、横两个方向分别计算；

4 荷载取值及荷载组合应满足现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的要求；

5 多遇地震下结构弹性位移角不应大于  $1/2000$ ；

6 加固后结构应进行罕遇地震下的弹塑性时程分析，时程分析应符合本规程第 3 章的规定；罕遇地震下，结构弹塑性层间位移角不应大于  $1/400$ 。

**15.2.8** 结构构件及接缝承载力验算应满足下列要求：

1 原砌体外纵墙与外贴纵墙形成的组合外纵墙应能承担全部纵向地震作用；

2 新增墙体的拉弯、压弯和水平抗剪承载力验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相关规定；

3 原结构墙体的水平抗剪承载力应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相关规定；

4 原砌体墙的抗压承载力应满足现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的要求；

5 预制墙板水平缝受剪承载力应满足现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的要求。

### 15.3 加固施工和验收

**15.3.1** 施工前应拆除原有散水、空调板、女儿墙、外挑阳台等外墙突出部分，宜移除外墙附属管线；拆除工程应避免扰动原结构。

**15.3.2** 原有砖墙表面应进行清洁，去除外墙外表面装修层，外贴纵墙部分的砖墙应进行勾缝。

**15.3.3** 施工前，应对建筑层高、建筑总高度、轴线尺寸、建筑总宽



度、窗洞尺寸等建筑数据进行复测及核对。

**15.3.4** 对施工过程中可能导致的倾斜、开裂或局部倒塌等情况，应预先采取安全措施。应进行施工阶段结构稳定分析，采取可靠措施防止新增结构在施工过程中失稳。

**15.3.5** 对外套装配式结构，应合理规划构件运输通道和存放场地，设置必要的现场临时存放架，并制订成品保护措施。

**15.3.6** 预制构件、安装用材料及配件应按标准规定进行进场检验，未经检验或不合格的产品不得使用。

**15.3.7** 构件吊装前，应检查构件装配连接构造详图，包括构件的装配位置、节点连接详细构造及临时支撑设计计算校核等。

**15.3.8** 预制构件应按施工方案要求的顺序进行吊装，吊装就位后，应及时在预制构件和已施工现浇结构间设置临时支撑及临时固定措施。

**15.3.9** 预制构件应经测量校准定位后再安装与其相邻的构件，需要传递荷载的构件其连接部位承载应达到设计要求才能拆除支撑结构。

**15.3.10** 装配式结构构件连接或构件与现浇结构连接采用螺栓连接时，应按要求进行施工检查和质量控制，并做好露明铁件的防腐和防火处理。

**15.3.11** 外套结构的基础施工不应扰动原地基基础。

**15.3.12** 外套结构加固的施工期间应进行基础沉降变形观测。

**15.3.13** 施工中应采取措施减小对室内的干扰及对周边环境的影响。

**15.3.14** 抗震加固验收应满足现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 等的相关要求。

附录 A 荷载取值

A.0.1 民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数的取值，不应小于表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类别			标准值 (kN/m <sup>2</sup> )	组合 值系 数 $y_c$	频遇 值系 数 $y_f$	准永 久值 系数 $y_q$
1	(1) 住宅、宿舍、旅游、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园			2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 试验室、阅览室、会议室、医院门诊室			2.0	0.7	0.6	0.5
2	教室、食堂、餐厅、一般资料档案室			2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1) 礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台			3.0	0.7	0.5	0.3
	(2) 公共洗衣房			3.0	0.7	0.6	0.5
4	(1) 商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室			3.5	0.7	0.6	0.5
	(2) 无固定座位的看台			3.5	0.7	0.5	0.3
5	(1) 健身房、演出舞台			4.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 运动场、舞厅			4.0	0.7	0.6	0.3
6	(1) 书库、档案室、贮藏室			5.0	0.9	0.9	0.8
	(2) 密集柜书库			12.0	0.9	0.9	0.8
7	通风机房、电梯机房			7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽 车 通 道 及 客 车 停 车 库	(1) 单项板楼盖(板跨 不小于 2m)和双向板楼 盖(板跨不小于 3m× 3m)	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
			消防车	35.0	0.7	0.5	0.0
		(2) 双向板楼盖(板跨 不小于 6m×6m)和无 梁楼盖(柱网不小于 6m ×6m)	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
			消防车	20.0	0.7	0.5	0.0

表 A.0.1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

(续)

项次	类别		标准值 (kN/m²)	组合值系数 $y_c$	频遇值系数 $y_f$	准永久值系数 $y_q$	项次
9	厨房	(1) 餐厅		4.0	0.7	0.7	0.7
		(2) 其他		2.0	0.7	0.6	0.5
10	浴室、卫生间、盥洗室			2.5	0.7	0.6	0.5
11	走廊、门厅	(1) 宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅		2.0	0.7	0.5	0.4
		(2) 办公楼、餐厅、医院门诊部		2.5	0.7	0.6	0.5
		(3) 教学楼及其他可能出现人员密集的情况		3.5	0.7	0.5	0.3
12	楼梯	(1) 多层住宅		2.0	0.7	0.5	0.4
		(2) 其他		3.5	0.7	0.5	0.3
13	阳台	(1) 可能出现人员密集的情况		3.5	0.7	0.6	0.5
		(2) 其他		2.5	0.7	0.6	0.5

注：1 本表所给各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大、情况特殊或有专门要求时，应按实际情况采用；

2 第 6 项书库活荷载当书架高度大于 2m 时，书库活荷载尚应按每米书架高度不小于 2.5 kN/m² 确定；

3 第 8 项中的客车活荷载仅适用于停放载人少于 9 人的客车；消防车活荷载适用于满载总重为 300 kN 的大型车辆；当不符合本表的要求时，应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则，换算为等效均布荷载；

4 第 8 项消防车活荷载，当双向板盖板跨介于 3m×3m~6m×6m 之间时，应按跨度线性插值确定；

5 第 12 项楼梯活荷载，对预制楼梯踏步平板，尚应按 1.5kN 集中荷载验算；

6 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载；对固定隔墙的自重应按永久荷载考虑，当隔墙位置可灵活自由布置时，非固定隔墙的自重应取不小 1/3 的每延米长墙重 (kN/m) 作为楼面活荷载的附加值 (kN/m²) 计入，且附加值不应小 1.0kN/m²。

**A.0.2** 房屋建筑的屋面，其水平投影面上的屋面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数的取值，不应小于表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 屋面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类别	标准值 ( $\text{kN/m}^2$ )	组合值系数 $y_c$	频遇值系数 $y_f$	准永久值系数 $y_q$
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0.0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5
4	屋顶运动场地	3.0	0.7	0.6	0.4

注：1 不上人的屋面，当施工或维修荷载较大时，应按实际情况采用；对不同类型的结构应按有关设计规范的规定采用，但不得低于  $0.3\text{kN/m}^2$ ；

2 当上人的屋面兼作其他用途时，应按相应楼面活荷载采用；

3 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载，应采取构造措施加以防止；必要时，应按积水的可能深度确定屋面活荷载；

4 屋顶花园活荷载不应包括花圃土石等材料自重。

### A.0.3 基本组合的荷载分项系数，应按下列规定采用：

#### 1 永久荷载的分项系数应符合下列规定：

1) 当永久荷载效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合应取 1.2，对由永久荷载效应控制的组合应取 1.35；

2) 当永久荷载效应对结构有利时，不用大于 1.0。

#### 2 可变荷载的分项系数应符合下列规定：

1) 对标准值大于  $4\text{kN/m}^2$  的工业房屋楼面结构的活荷载，应取 1.3；

2) 其他情况，应取 1.4。

**A.0.4** 2019 年及之后设计的既有建筑，应满足现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的要求；2021 年及之后设计的既有建筑，应满足现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的要求。

## 附录 B 混凝土房屋楼层抗震综合承载力法

**B.0.1** 符合下列条件时，后续工作年限少于 50 年的混凝土房屋可采用本附录规定的方法进行加固后结构的抗震承载能力验算：

- 1 加固后结构类型为钢筋混凝土框架结构、框架-抗震墙结构；
- 2 加固后房屋楼屋盖为现浇或装配整体式楼屋盖，建筑平面未采用角部重叠或细腰形平面布置；平面长度  $L$  与平面宽度  $B$  之比  $L/B$  不大于 6； $l/b$  小于 2、 $l/B_{\max}$  小于 0.35（图 B.0.1）；

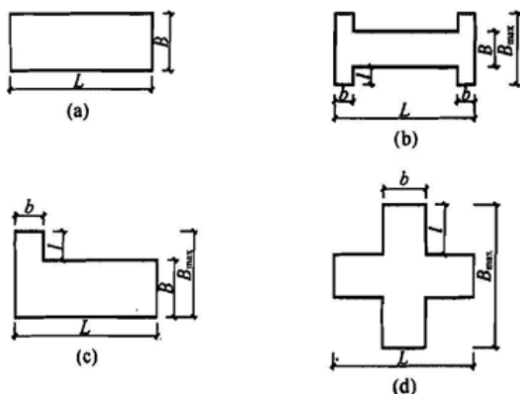


图 B.0.1 建筑平面示意

3 加固后结构楼板平面有较大的凹入或开洞时，有效楼板宽度大于等于该层楼面宽度的 50%；楼板开洞总面积不超过楼面面积的 30%；在扣除凹入或开洞后，楼板在任一方向的最小净宽度不小于 5m，且开洞后每一边的楼板净宽度不小于 2m；

4 框架-抗震墙结构，单片抗震墙底部承担的水平剪力不超过结构底部总水平剪力的 30%。

**B.0.2** 当满足以下条件时，加固后的框架、框架-抗震墙结构可采用楼层抗震综合承载力法进行抗震分析验算：

1 抗震墙、框架柱、框架梁的受剪截面和受剪承载力均应满足验算要求；

2 各抗震墙、框架柱、框架梁计算所需的钢筋不宜超过实配钢筋的 2.0 倍；

**B.0.3** 采用楼层抗震综合承载力法进行抗震验算时，应满足下列要求：

1 应至少在两个主轴方向分别选取有代表性的平面结构进行验算；

2 多遇地震下可采用线弹性分析假定；

3 多遇地震下部分抗侧力构件受弯承载力不足时，可考虑其受弯刚度的折减；刚度折减后的地震作用水平，不应低于未进行刚度折减时；

4 多遇地震下的地震作用计算及内力调整，不应低于建造时施行的标准；

5 采用减震技术加固时，多遇地震下的结构验算可采用等效附加阻尼、等效附加刚度模拟减震装置的作用。

**B.0.4** 进行抗弯刚度折减时，多遇地震下结构分析得到的整体结果，应满足下列要求：

1 层间位移角，框架结构不应超过  $1/550$ ，框架-抗震墙结构不应超过  $1/800$ ；

2 在考虑偶然偏心影响的规定水平地震力作用下，楼层竖向构件最大的水平位移和层间位移不应大于该楼层平均值的 1.5 倍；

3 高层结构的第一扭转周期与第一平动周期之比不应大于 0.9。

**B.0.5** 体系影响系数与局部影响系数，可根据结构体系、梁柱箍筋、轴压比、墙体边缘构件等符合建造时施行的设计标准的程度和部位，按下列情况确定：

1 当各项构造均符合建造时施行的设计标准时，可取 1.0；

2 当各项构造均符合比建造时施行的设计标准低 1 个抗震等级的规定时，可取 0.85。

**B.0.6** 应补充进行加固后结构在罕遇地震下的弹塑性时程分析，时程分析应符合本规程第 3 章的规定，并应满足下列要求：

1 弹塑性时程分析得到的层间位移角，框架结构不应大于  $1/60$ ，框架-抗震墙结构不应大于  $1/120$ ；

2 结构抗侧力构件的抗震构造不符合建造时施行的设计标准，但符合比建造时施行的设计标准低 1 个抗震等级的规定时，框架结构的层间位移角不应大于  $1/120$ ，框架-抗震墙结构的层间位移角不应大于  $1/240$ 。

**B.0.7** 罕遇地震下抗侧力构件的损伤程度不应高于重度损坏。

附录 C 钢筋混凝土构件损伤评价

C.0.1 钢筋混凝土构件的损伤破坏程度从小到大可按表 C.0.1 定义为无损坏、轻微损坏、轻度损坏、中度损坏、重度损坏和严重损坏 6 个等级。

表 C.0.1 损坏等级与损坏程度

损坏等级	损坏程度
1 级	无损坏
2 级	轻微损坏
3 级	轻度损坏
4 级	中度损坏
5 级	重度损坏
6 级	严重损坏

C.0.2 钢筋混凝土构件可基于应力-应变关系进行破坏评价，损坏等级可根据混凝土主压应变和钢筋、钢材应变按表 C.0.2 确定。

表 C.0.2 构件损坏等级

损坏等级	损坏程度	评价标准	
		混凝土主压应变 $\epsilon_{cc}$	钢筋、钢材应变 $\epsilon_y$
1 级	无损坏	$[0, 0.8\epsilon_{cc})$	$[0, \epsilon_y)$
2 级	轻微损坏	$[0.8\epsilon_{cc}, \epsilon_{cc})$	$[\epsilon_y, 2\epsilon_y)$
3 级	轻度损坏	$[\epsilon_{cc}, 1.35\epsilon_{cc})$	$[2\epsilon_y, 4\epsilon_y)$
4 级	中度损坏	$[1.35\epsilon_{cc}, (1.35\epsilon_{cc} + \epsilon_{cu}) / 2)$	$[4\epsilon_y, 7\epsilon_y)$
5 级	重度损坏	$[(1.35\epsilon_{cc} + \epsilon_{cu}) / 2, \epsilon_{cu})$	$[7\epsilon_y, 13\epsilon_y)$
6 级	严重损坏	$[\epsilon_{cu}, \infty)$	$[13\epsilon_y, \infty)$

注：1 混凝土主压应变和钢筋、钢材应变均应为加载过程中经历的最大应变。



2  $\varepsilon_{cc}$  和  $\varepsilon_{cu}$  为混凝土单轴受压峰值应变和极限应变，当计入约束效应时，应采用约束混凝土应力-应变模型； $\varepsilon_y$  为钢筋、钢材屈服应变。

3 剪力墙及楼板等构件，尚应考虑构件截面损伤发展范围对损坏等级进行修正。当轻度损坏及以上的截面宽度大于总截面宽度的 50%时，损坏等级提高一级，已为严重损坏时不再提高；当轻度损坏及以上的截面宽度小于总截面宽度的 20%时，损坏等级降低一级，已为无损坏时不再降低。

**C.0.3** 钢筋混凝土构件可基于力-变形关系进行破坏评价；钢筋混凝土构件损伤破坏形态可分为弯曲损坏、弯剪损坏和剪切损坏；弯曲损坏和弯剪损坏属于延性损坏，可根据承载力和变形进行损伤破坏评价；剪切损坏属于脆性损坏，可根据承载力进行损伤破坏评价。

**C.0.4** 钢筋混凝土梁、柱和剪力墙构件的损伤破坏形态可根据剪跨比及弯剪比按表 C.0.4-1~表 C.0.4-3 确定。

表 C.0.4-1 钢筋混凝土梁损伤破坏形态划分

剪跨比 $\lambda$	弯剪比 $m$	损坏形态
$\lambda < 1.0$	任意值	剪切损坏
$1.0 \leq \lambda < 2.0$	$m \leq 0.5\lambda$	弯剪损坏
	$m > 0.5\lambda$	剪切损坏
$\lambda \geq 2.0$	$m \leq 1.0$	弯曲损坏
	$1.0 < m \leq 0.5\lambda$	弯剪损坏
	$m > 0.5\lambda$	剪切损坏

表 C.0.4-2 钢筋混凝土柱损伤破坏形态划分

剪跨比 $\lambda$	弯剪比 $m$	损坏形态
$\lambda < 1.4$	任意值	剪切损坏
$1.4 \leq \lambda < 2.0$	$m \leq 1.0$	弯剪损坏
	$m > 1.0$	剪切损坏
$\lambda \geq 2.0$	$m \leq 0.6$	弯曲损坏
	$0.6 < m \leq 1.0$	弯剪损坏
	$m > 1.0$	剪切损坏

表 C.0.4-3 钢筋混凝土剪力墙损伤破坏形态划分

剪跨比 $\lambda$	弯剪比 $m$	损坏形态
$\lambda < 1.2$	任意值	剪切破坏
$1.2 \leq \lambda < 1.5$	$m \leq 3.3\lambda - 3$	弯剪损坏
	$m > 3.3\lambda - 3$	剪切破坏
$\lambda \geq 1.5$	$m \leq 1.0$	弯曲损坏
	$1.0 < m \leq 2.0$	弯剪损坏
	$m > 2.0$	剪切损坏

注：1 表中  $\lambda = \frac{M}{Vh_0}$  为剪跨比， $M$  为构件截面弯矩， $V$  为构件截面剪力， $h_0$  为构件截面有效高度。

2 表中  $m = \frac{M_n}{V_n l}$  为弯剪比， $M_n$ 、 $V_n$  为偏心受力构件抗弯、抗剪承载力，钢筋和混凝土材料强度取平均值， $l$  为零弯矩位置到计算截面的距离。

C.0.5 钢筋混凝土梁、柱和剪力墙损坏等级与位移转角对应关系可按表 C.0.5-1~表 C.0.5-3 确定。

表 C.0.5-1 钢筋混凝土梁损坏等级与位移转角对应关系

损坏形态	构件参数		损坏等级与位移转角					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
弯曲损坏	$m \leq 0.2$	$\rho_v \leq 0.001$	0.004	0.010	0.011	0.013	0.014	0.017
		$\rho_v \geq 0.012$	0.004	0.016	0.024	0.031	0.039	0.044
	$m \geq 0.8$	$\rho_v \leq 0.001$	0.004	0.012	0.016	0.020	0.024	0.029
		$\rho_v \geq 0.012$	0.004	0.018	0.029	0.039	0.049	0.054
弯剪损坏	$m \leq 0.5$	$\rho_v \leq 0.0005$	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.016
		$\rho_v \geq 0.008$	0.004	0.009	0.014	0.019	0.024	0.026
	$m \geq 2.5$	$\rho_v \leq 0.0005$	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009	0.012
		$\rho_v \geq 0.008$	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.016

注：1 对于表中未列出的构件参数，可以采用线性插值方法得到相应的位移转角限值。  
2 当构件具有多种可能得破坏形态时，则采用表中所列的较小值。

3  $\rho_v$  为梁箍筋体积配箍率。

表 C.0.5-2 钢筋混凝土柱损坏等级与位移转角对应关系

损坏形态	构件参数		损坏等级与位移转角					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
弯曲损坏	$\bar{n} \leq 0.1$	$\rho_v \leq 0.001$	0.004	0.015	0.022	0.029	0.036	0.042
		$\rho_v \geq 0.021$	0.004	0.018	0.027	0.037	0.046	0.056
	$\bar{n} = 0.6$	$\rho_v \leq 0.001$	0.004	0.009	0.011	0.012	0.013	0.014
		$\rho_v \geq 0.021$	0.004	0.013	0.018	0.022	0.027	0.030
弯剪损坏	$\bar{n} \leq 0.1$	$m \leq 0.6$	0.003	0.013	0.020	0.026	0.033	0.040
		$m \geq 1.0$	0.003	0.011	0.016	0.021	0.026	0.028
	$\bar{n} = 0.6$	$m \leq 0.6$	0.003	0.009	0.011	0.014	0.016	0.018
		$m \geq 1.0$	0.003	0.008	0.009	0.011	0.012	0.014

注：1 对于表中未列出的构件参数，可以采用线性插值方法得到相应的位移转角限值。  
2 当构件具有多种可能得破坏形态时，则采用表中所列的较小值。  
3  $\bar{n}$  为轴压力系数， $\bar{n} > 0.6$  时，位移转角限值为表中  $\bar{n} = 0.6$  时的数值放大  $2.5(1 - \bar{n})$  倍。  
4  $\rho_v$  为柱箍筋体积配箍率。

表 C.0.5-3 钢筋混凝土剪力墙损坏等级与位移转角对应关系

损坏形态	构件参数		损坏等级与位移转角					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
弯曲损坏	$\bar{n} \leq 0.1$	$\rho_v \leq 0.004$	0.003	0.008	0.010	0.011	0.013	0.015
		$\rho_v \geq 0.025$	0.003	0.011	0.016	0.022	0.025	0.028
	$\bar{n} = 0.4$	$\rho_v \leq 0.004$	0.003	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011
		$\rho_v \geq 0.025$	0.003	0.010	0.013	0.017	0.020	0.022
弯剪损坏	$\bar{n} \leq 0.1$	$m \leq 0.5$	0.003	0.013	0.020	0.026	0.033	0.040
		$m = 2.0$	0.003	0.008	0.010	0.011	0.013	0.015
	$\bar{n} = 0.3$	$m \leq 0.5$	0.003	0.008	0.011	0.013	0.015	0.016
		$m = 2.0$	0.003	0.007	0.008	0.010	0.011	0.013

注：1 对于表中未列出的构件参数，可以采用线性插值方法得到相应的位移转角限值。

2 当构件具有多种可能得破坏形态时，则采用表中所列的较小值。

3 弯曲损坏轴压力系数  $\bar{n} > 0.4$  时，位移转角限值为表中  $\bar{n} = 0.4$  时的数值放大  $1.7(1 - \bar{n})$  倍；弯剪损坏轴压力系数  $\bar{n} > 0.3$  时，位移转角限值为表中  $\bar{n} = 0.3$  时的数值放大  $1.4(1 - \bar{n})$  倍。

4  $\rho_v$  为约束边缘构件的箍筋体积配箍率。

5  $\bar{n} = \frac{N}{f_{ck} A_c}$  为轴压力系数， $N$  为竖向荷载与地震共同作用下的轴压力， $f_{ck}$  为混凝土轴心抗压强度标准值， $A_c$  为剪力墙的全截面面积。

## 本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范的规定执行时,写法为:“应按……执行”、“应满足……要求”或“应符合……规定”。

## 引用标准名录

- 1 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 2 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 3 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 4 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 5 《建设用砂》 GB/T 14684
- 6 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 7 《橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座》 GB/T 20688.3
- 8 《橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》 GB/T 20688.5
- 9 《水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维》 GB/T 23265
- 10 《砌体结构设计规范》 GB 50003
- 11 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 12 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 13 《建筑抗震设计标准》 GB/T 50011
- 14 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 15 《建筑抗震鉴定标准》 GB/T 50023
- 16 《建筑结构可行性设计统一标准》 GB 50068
- 17 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 18 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 19 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 20 《建筑防腐蚀工程施工规范》 GB 50212
- 21 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 22 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 23 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 24 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550
- 25 《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》 GB 50728

- 26 《钢结构加固设计标准》 GB 51367
- 27 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 28 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 29 《既有建筑鉴定与加固通用规范》 GB 55021
- 30 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 31 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 32 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 33 《建筑抗震加固技术规程》 JGJ 116
- 34 《建筑隔震橡胶支座》 JG/T 118
- 35 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
- 36 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 37 《建筑消能减震技术规程》 JGJ 297
- 38 《混凝土界面处理剂》 JC/T 907
- 39 《房屋结构综合安全性鉴定标准》 DB11/ 637
- 40 《既有建筑加固改造工程勘察技术标准》 DB11/T 2006
- 41 《建筑工程减隔震技术规程》 DB11/ 2075

北京市地方标准

# 既有建筑抗震加固技术规程

DB11/T 689-2025

条文说明



## 目 次

1	总则 .....	153
2	术语和符号 .....	154
3	基本规定 .....	155
4	地基和基础 .....	157
5	砌体房屋 .....	162
5.1	一般规定.....	162
5.2	抗震加固方案.....	162
5.3	抗震加固设计与施工.....	164
6	钢筋混凝土房屋.....	170
6.1	一般规定.....	170
6.2	抗震加固方案.....	170
6.3	抗震加固设计及施工.....	172
7	内框架和底层框架砌体房屋.....	175
7.1	一般规定.....	175
7.2	抗震加固方案.....	176
7.3	抗震加固设计及施工.....	176
8	单层工业厂房.....	178
9	单层砖柱厂房与空旷房屋.....	179
10	预制装配式大板房屋.....	180

11 内浇外砌、内浇外挂结构房屋.....181

12 钢结构房屋 .....182

    12.1 一般规定.....182

    12.2 抗震加固方案.....183

13 消能减震技术加固.....184

    13.1 一般规定.....184

    13.2 减震加固方案.....184

    13.3 减震加固设计.....184

    13.4 减震加固施工、验收和维护.....185

14 隔震技术加固.....187

    14.1 一般规定.....187

    14.2 隔震加固设计.....187

    14.3 隔震加固施工、验收及维护.....190

15 外套结构加固.....192

    15.1 一般规定.....192

    15.2 抗震加固设计.....192

附录 A 荷载取值.....193

附录 B 混凝土房屋楼层抗震综合承载力法 .....194

# 1 总 则

**1.0.2** 由于新建建筑工程应符合设计规范的要求，古建筑及属于文物的建筑有专门的要求，因此本规程的既有建筑不包括古建筑和新建的建筑。

本规定是对既有建筑抗震加固的技术规定，既有建筑改造不涉及抗震加固，仅进行局部的结构拆改或加固时，可参考本规程第 3.0.6 条的规定。

## 2 术语和符号

本规程中，符号“ $\phi$ ”仅表示钢筋直径，不表示钢筋等级。

### 3 基本规定

**3.0.5** 本条的原设计标准，指既有建筑建造时施行的设计标准。

**3.0.8** 本条与现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的原则一致。需要注意，特征周期值按建造时施行的设计标准取值，同时考虑后续工作年限的因素对水平地震影响系数最大值进行折减，可能导致结构实际承担的地震作用水平低于原建造时的设计要求，这种情况需要避免。表 3.0.8 中，78 规范指《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11-78)，89 规范指《建筑抗震设计规范》GBJ 11-89，01 规范指《建筑抗震设计规范》GB 50011-2001。

**3.0.9** 北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075 附录 E 的地震波，由北京市地震局根据北京地区地质情况及安评经验确定。

本条第 3 款引自现行北京市地方标准《建筑工程减隔震技术规程》DB11/ 2075。包括损伤程度在内的验算结果，可取 7 条时程波分析结果的平均值，不需采用包络值。损伤程度的判断，可参考本规程附录 C 中的相关规定。本款是罕遇地震验算时的要求，何种情况下需进行罕遇地震验算，在本规程后续章节进行了规定。本款提出的抗侧力构件损失程度的要求，是抗震要求的底线，实际工程可根据构件类型及重要性等因素，设定更细化的抗震性能目标。

**3.0.11~3.0.12** 为使抗震加固达到有效的要求，加固材料的质量与施工监理及安全，便成为直接关系抗震加固工程安全和质量的关键所在。针对加固的特殊性，本规程在材料和施工方面所提出的要求是：

1 对于加固所用的特殊材料需明确材料性能及其耐久性，对特殊的加固工法需由具有相应资质的专业队伍施工；

2 采取有效措施，避免损伤原构件，并加强对新旧构件连接效果的检查；

**3** 原图纸的尺寸只是名义尺寸，加固施工前要复核实际尺寸，作相应调整；

**4** 注意发现原结构存在的隐患，及时采取补救措施；

**5** 努力减少施工对生产、生活的影响，并采取措施防止施工的安全事故。

4 地基和基础

4.4.3 桩基方案需结合现场操作空间、道路通行、地面地下障碍物等实际条件，做到因地制宜、经济合理、安全可行，确保施工工程不影响周边建筑物、构筑物和管线的正常使用。表 1 汇总了可采用的各桩型的优缺点，可作为参考。

表 1 各桩型优缺点

桩型	优点	缺点	适用条件
旋转钻进复合钢桩	桩体预制、承载力相对较大、成桩角度多样化、施工机械化、施工机械灵活、施工方便快捷、工期短、绿色环保，对既有建筑物基础无影响	对地层有要求，难以穿越硬层及含硬块的填土，造价相对较高	素填土、粘性土、粉土，桩端建议为硬土层
长螺旋钻孔压灌桩	单桩承载力较大，对既有建筑物基础无影响，绿色环保	施工时与既有建筑物距离有限制，施工设备较大，施工场地尺寸要求较大，部分地层钢筋笼难以后插到位	素填土、粘性土、粉土、砂层，粒径较细的卵石层
钻孔灌注桩	适应地层能力强，桩径可选范围宽，单桩承载力较大	施工机械较大，施工场地尺寸要求大，施工桩位与既有建筑物距离有限制，产生大量泥浆，需外运处理	所有地层
锚杆静压桩	施工机具简单，易于操作，可在狭小的空间内作业，施工简便	需有反力装置，对地层有严格要求	淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、素填土、湿陷性黄土
人工挖孔桩	桩位布置灵活，成桩质量可控，造价较低，无噪声、无振动	桩径大，对地下水有严格要求	适用于大部分地层，不建议用于软土、流砂土层及地下水较丰富和水压大的地区

另外，采用人工挖孔桩时需注意以下相关规定：

1) 2021 年 12 月 14 日住房和城乡建设部印发的《房屋建筑和市政基础设施工程危及生产安全施工工艺、设备和材料淘汰目录》(第

一批)》(中华人民共和国住房和城乡建设部公告 2021 年第 214 号)将基桩人工挖孔工艺列为“限制性”施工工艺,存在下列条件之一的区域不得使用:1.地下水丰富、软弱土层、流沙等不良地质条件的区域;2.孔内空气污染物超标准;3.机械成孔设备可以到达的区域。

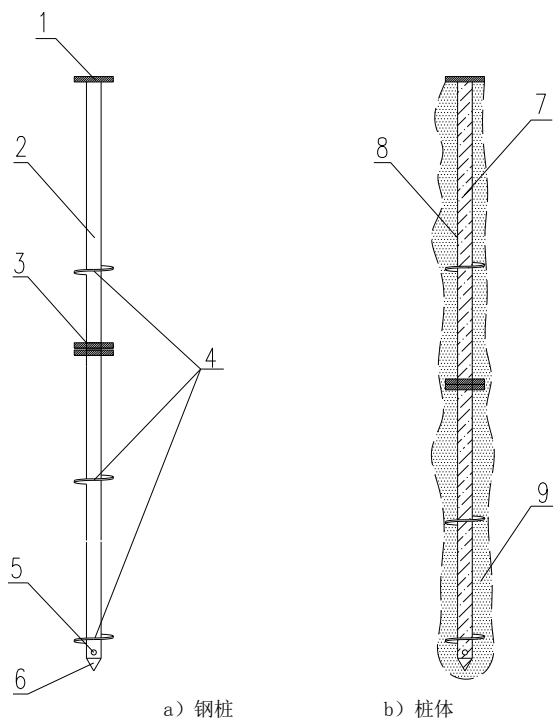
2)《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 第 6.2.1 条第 6 款:在地下水位较高,有承压水的砂土层、滞水层、厚度较大的流塑状淤泥、淤泥质土层中不得选用人工挖孔灌注桩。

灌注桩可选用小直径机械成孔的灌注桩。同时,根据工程相关经验,旋转钻进复合钢桩具有良好的适用性(绿色环保、材料预制、施工快速),在经济条件允许的情况下推荐采用。

旋转钻进复合钢桩由钢桩、注浆体和灌注体组成(图 1)。钢桩主要由桩尖、一节或数节桩杆组成。桩尖由尖头、注浆孔等组成。桩杆由杆体、叶片、注浆孔、桩帽等组成。杆体为钢质管材,叶片为弧形螺旋状钢质板,每 360 度投影为一组,可由单组或多组组合而成,叶片与杆体间采用焊接方式组成整体,桩帽为钢质法兰盘。可根据桩长需要,由一节或数节桩体组成,各桩杆之间由法兰连接。

钢桩成桩之后,由桩帽处进行高压注浆,浆液水灰比一般为 0.7,注浆压力达到一定数值或地面冒浆即可停止注浆。注浆后,形成钢管内灌注体和钢管外注浆体,灌注体和注浆体能很好的起到保护钢桩不受腐蚀的作用。





1-桩帽；2-杆体；3-连接件；4-叶片；5-注浆孔；6-桩尖；7-灌注体；  
8-钢桩；9-注浆体

**图 1 旋转钻进复合钢桩构造示意图**

该桩型采用专用机械施工，桩端持力层以细砂、粉细砂层为主，编制组统计了部分工程旋转钻进复合钢桩设计参数及检测结果，具体详见表 2，工程检测成果汇总统计详见图 2。

表 2 旋进钻进复合钢桩工程应用汇总

序号	桩长 /m	管径 /mm	叶片 直径 /mm	竖向抗压 承载力标 准值/kN	竖向抗压承载力标准值对应的沉降量/mm	最大加 载值 /kN	最大加载量 对应的沉降 量/mm
1	7	159	400	350	2.30	700	10.73
2	7	159	400	350	1.63	700	5.31
3	7	159	400	350	2.38	700	6.92
4	7	159	400	455	1.62	912	5.90
5	7	159	400	455	1.53	912	7.44
6	7	159	400	455	3.09	912	9.74
7	7.5	159	400	429	2.92	858	9.29
8	7.5	159	400	429	2.12	858	7.52
9	7.5	159	400	429	2.37	858	5.99
10	8	159	400	350	2.23	700	6.39
11	8	159	400	350	3.53	700	14.51
12	8	159	400	350	3.01	700	8.51
13	9	159	400	417	2.33	834	8.00
14	9	159	400	417	2.78	834	7.36
15	9	159	400	417	2.92	834	7.31
16	10	159	400	350	1.08	700	3.32
17	10	159	400	350	1.43	700	4.20
18	10	159	400	350	3.62	700	7.23
19	10	159	400	350	2.11	700	4.93
20	10	159	400	350	1.22	700	9.76
21	10	159	400	350	2.97	700	7.79
22	10	159	400	300	1.40	600	5.72
23	10	159	400	300	0.65	600	4.48
24	10	159	400	300	1.98	600	6.25
25	10.2	159	400	350	2.91	1050	10.54
26	10.2	159	400	350	3.26	1050	13.23
27	11	159	400	350	3.38	700	11.73
28	11	159	400	350	4.01	700	14.77
29	11	159	400	350	2.39	700	7.91
30	11	159	400	350	2.68	700	9.80
31	11	159	400	350	1.36	700	4.68
32	11	159	400	350	0.96	700	3.02
33	11	159	400	350	1.10	700	2.99

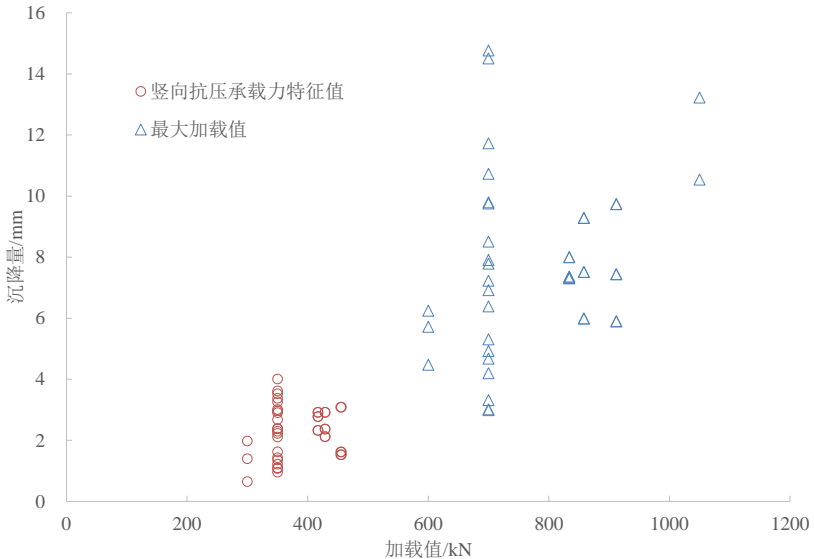


图2 旋转钻进钢桩工程检测成果汇总

旋转钻进复合钢桩单桩竖向极限承载力，可按公式(1)计算：

$$Q_{uk} = u_e \sum_{i=1}^n q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (1)$$

式中：

- $u_e$  —— 桩身等效周长 (m)， $u_e = \pi d_e$ ， $d_e$  为桩身等效直径 (m)；
- $n$  —— 桩侧土层数；
- $q_{sik}$  —— 桩侧土层极限侧阻力标准值 (kPa)；
- $l_i$  —— 桩侧土层厚度 (m)；
- $q_{pk}$  —— 桩端土层极限端阻力标准值 (kPa)；
- $A_p$  —— 桩端截面积 (m<sup>2</sup>)。

式1中，桩身等效直径  $d_e$  可取叶片直径，并应根据相关试验、地质条件等确定。桩侧土层极限侧阻力标准值  $q_{sik}$ 、桩端土层极限端阻力标准值  $q_{pk}$  可结合地区经验，按泥浆护壁钻(冲)孔桩或干作业钻孔桩施工工艺确定取值。

## 5 砌体房屋

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本章中，“普通砖、多孔砖、混凝土小砌块”即“烧结普通黏土砖、烧结多孔黏土砖、混凝土小型空心砌块”的简称。

**5.1.2** 砌体房屋的楼屋盖为装配式混凝土楼屋盖，且被加固横墙的间距较大时，横向地震作用下，楼屋盖难以有效协调各横墙共同工作，此时不建议采用《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 的楼层综合抗震能力指数法进行验算；被加固横墙，指通过板墙加固、面层加固等方法加固的横墙。被加固横墙之间楼屋盖的长宽比，指被加固横墙之间的距离与被加固横墙之间的楼屋盖进深的比值。

实际加固工程中，经常会出现楼梯间两侧的横墙具备加固条件，而该位置的横墙在房间内的区段不具备加固条件的情况；这种情况下，仅对楼梯间两侧的横墙进行加固时，对该位置横墙的抗震性能也有较大幅度提高，可视为对该位置横墙进行了加固。

本规程楼层综合抗震能力指数法、墙段综合抗震能力指数法的具体计算方法，依据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 执行。

第 7 款，板墙加固后的墙体刚度，一般可以根据砌体、混凝土的材料不同弹性模量及厚度，求和确定。

### 5.2 抗震加固方案

**5.2.1** 改变结构体系，指结构的全部地震作用，不能由原有的仅设置构造柱的砌体墙来承担。

将全部原砖墙均加固为钢筋混凝土抗震墙，净使用面积会有明显减少；采用足够数量的钢筋混凝土墙时，钢筋混凝土抗震墙的间

距可类似框-剪结构布置,此时也可视为改变结构体系。仅在部分位置增设抗震墙或仅将对部分墙体设置双面夹板墙加固时,圈梁构造柱缺失的位置,仍需进行针对性的加固。设置双面板墙且合计厚度不小于 120mm 时,可视为增设钢筋混凝土墙,此时可仅验算墙体的水平抗剪承载能力,并可按照钢筋混凝土墙计算抗剪承载力。

全部砌体墙加固为组合砌体墙后,结构延性也会有明显提高,此时层数限值可增加一层,具体的加固方法包括单面板墙加固、单面或双面面层加固等,面层加固包括钢筋网砂浆面层加固、玄武岩纤维韧性砂浆面层、钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固等。

第 2 款中的横墙较少,指同一楼层内开间大于 4.2m 的房间占该层总面积的 40% 以上。对抗震横墙较少的房屋,在各层增砌一定数量的砌体横墙,新增横墙设置基础,并采取保证增砌的横墙与周边砌体抗震墙及楼屋盖可靠连接,可解决横墙较少问题及相应的超高超层问题。

第 3 款中,当因结构缝或疏散间距等原因难以进行双面加固时,部分双面板墙可采用单面板墙替代。改变结构体系时,抗震墙的间距需满足楼屋盖长宽比的要求,是为了有效传递地震力,详见《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 多高层钢筋混凝土房屋相关规定。单面板墙承担的地震作用下的水平剪力,指某一楼层所有单面板墙加固的墙体承担的水平剪力之和。

第 7 款,在实际工程会遇到内走廊房屋如何计算横墙间距的问题,走廊一侧的房屋横墙间距较大,而走廊另一侧的横墙较多时,如内走廊基本居中布置,则可将仅在走廊一侧设置的横墙视为沿进深方向整段设置的横墙计算横墙间距,而不需仅按走廊一侧的横墙的间距计算横墙间距。

**5.2.2~5.2.5** 这几条分别针对砌体结构抗震承载力不足、房屋的整体性不满足要求、局部易倒塌部位拉结不足及房屋有明显扭转效应的

情况给出了多种有效的加固方法，可根据房屋的实际情况采用。其中对于后张预应力加固技术，在国际上有在墙体两侧布置体外预应力筋和墙体中间钻孔穿入预应力筋两种方式，考虑到国内施工设备的限制，本规程主要推荐了前一种施工工艺。

5.2.3 条第 5 款中，用于替代圈梁的配筋加强带，一般设置于砌体墙所在楼层顶板以下，加强带的水平钢筋总面积一般不小于相应的对圈梁纵筋面积的要求，加强带内同时需设置对穿的拉结筋，拉结筋在竖向设置 2 道，拉结筋直径不小于 8mm、拉结筋的水平 and 竖向间距一般为 300mm~400mm。

### **5.3 抗震加固设计与施工**

#### **I 钢筋网砂浆面层加固**

**5.3.1、5.3.2** 为使面层加固有效，强调了几点：钢筋网的保护层及钢筋距墙面空隙、钢筋网与墙面的锚固、钢筋网与周边原有结构构件的连接。

面层加固可根据综合抗震能力指数的控制，只在某一层进行，不需要自上而下延伸至基础。但在底层的外墙，为提高耐久性，面层在室外地面以下建议加厚并向下延伸 500mm。

当利用面层中的配筋加强带起构造柱圈梁的约束作用时，一般需在墙体周边设置 3 根  $\phi 10$  的钢筋，净距 50mm；水平钢筋间距局部加密；墙体两面的钢筋还需要相互可靠拉结。在纵横墙交接处，则形成十字或 T 字形的组合柱。

**5.3.3** 钢筋网与原有墙面、周边构件的拉接筋需检验合格才能进行下一道工序的施工。锚筋除采用水泥基灌浆料、水泥砂浆外，还可采用结构加固用胶粘剂，根据不同的材料和施工工艺，锚孔直径需相应调整。

## II 玄武岩纤维韧性砂浆面层加固

**5.3.4** 韧性砂浆也可称为纤维增强水泥基复合材料或纤维混凝土，通过掺入适量的短切纤维作为基体增韧材料，与传统材料相比，具有较高的抗拉强度，并可以实现一定程度的受拉应变硬化。玄武岩纤维具有较好的力学性能、耐久性能，且具备较高熔点。以短切玄武岩纤维作为增韧材料的韧性砂浆面层能满足既有砌体结构加固的各方面需求。

**5.3.5** 因韧性砂浆基体组分不含粗骨料，材料具有较好的致密性和均质性，且纤维桥接作用使其具有较好的抗裂性能和抗压韧性，在受压破坏时的脆性明显降低，其抗压强度受尺寸效应影响小于普通混凝土。为便于现场制作试件，本条规定采用边长为 100mm 的立方体试件测定其立方体抗压强度，且不进行尺寸换算系数折减，对应抗压强度设计值可参照《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值。

**5.3.6** 为确保砂浆面层与原砌体结构共同工作，要求对加固墙体水平灰缝进行抠缝处理。当增设面层厚度过大时，墙体抗剪破坏强度较高，破坏模式可能转为底部直剪破坏，面层作用未有效发挥。故参考板墙加固增强系数上限，对面层加固增强系数上限给出限值，并给出了面层在楼面处断开时的补强构造。采用 UT 系列的玄武岩纤维韧性砂浆面层加固能大幅提高墙体延性，确保抗震性能，故加固后视为构造柱设置满足要求，其中加固面层建议双侧布置，局部区域，如楼梯间墙体在居民户内的一侧等难以实施的情况下，允许采用单侧设置，但对单侧面层厚度有更高的要求。

**5.3.7** 为了保证纤维均分散在砂浆基体中，玄武岩纤维韧性砂浆的搅拌需要采用纤维后掺法。先将不含纤维的干混成品料加水搅拌均匀后，再加入纤维进行充分搅拌，使纤维分散均匀无结块。玄武岩纤维韧性砂浆加固砌体结构主要是利用玄武岩纤维韧性砂浆的性能优势以及加固面层与原构件之间良好的协同工作能力来提高砌体的

整体性和承载能力，因此在施工过程中基层处理要干净，并进行水平灰缝抠缝处理，保证韧性砂浆面层与原构件之间的协同工作。

### **III 钢丝绳网片聚合物砂浆面层加固**

**5.3.9~5.3.11** “6×7+IWS”指由 6 个圆股（每股外层丝 7 根）绕钢丝绳芯捻制而成的钢丝绳。

本方法与钢筋网砂浆面层加固的主要区别是，采用钢丝绳网片，与原有墙体连接采用锚固在砖块上的专用金属胀栓，在墙体交接处需设置钢筋网等加强与左右两端墙体的连接。

### **IV 板墙加固**

**5.3.13** 第 3 款中，双面夹板墙在部分受限位置采用厚度不小于 120mm 的单面板墙替代时，需要满足 5.2.1 条第 3 款的要求。

**5.3.14** 板墙可支模浇灌或采用喷射混凝土工艺，板墙厚度较薄时优先采用喷射混凝土工艺。

### **V 增设抗震墙加固**

**5.3.15~5.3.17** 新增砌的墙体需设置基础，为防止新旧地基的不均匀沉降造成墙体开裂，按工程经验，一般将基础宽度加大 15%。

### **VI 外加圈梁-钢筋混凝土柱加固**

**5.3.18** 利用外加钢筋混凝土柱、圈梁和替代内墙圈梁的拉杆，在水平和竖向将多层砌体结构的墙段加以分割和包围，形成对墙段的约束，能有效提高抗倒塌能力；需依据设防类别的不同区别对待，为使约束系统的加固有效，强调了以下几点：①外加柱与圈梁或钢拉杆连成封闭系统；②外加柱、圈梁通过设置拉结钢筋、锚栓或锚筋与墙体形成可靠连接；③外加柱有足够深度的基础；④圈梁遇阳台、楼梯间、变形缝时，需妥善处理；⑤拉杆需按照替代内墙圈梁的要



求设置，并满足与墙体锚固的规定，使拉杆能保持张紧状态，切实发挥作用。

**5.3.19、5.3.20** 外加柱的截面和配筋均不必过大。外加柱需沿房屋需要全高贯通，圈梁需连续闭合，内墙圈梁可用满足锚固要求的保持张紧的拉杆替代；采用板墙或面层加固时，沿墙体交接处、墙体与楼板交界处的局部双面集中配筋，也可替代该位置的构造柱和圈梁。

**5.3.21~5.3.24** 圈梁、钢拉杆、内墙钻孔内置钢筋需要与构造柱配合形成封闭系统。

## VII 后张预应力加固

**5.3.25** 通过对砖砌体墙体施加一定幅度的竖向预压力，不仅可以显著提高墙体的抗裂能力和受剪承载力，还可以大幅度提高墙体的延性和耗能能力，且震后预应力筋对结构有较好的变形恢复作用。选择预应力筋材料时，当前工程领域广泛应用的高强低松弛钢绞线、高强钢丝、预应力螺纹钢筋、钢拉杆以及成品钢拉索等均可采用。

**5.3.26** 由于预应力的施加增加了墙体的压应力，该项技术在应用时首先需保证被加固墙体有足够的受压承载力。砖砌体墙体的抗剪承载力与预应力产生的墙体截面平均压应力呈正比。

预应力筋的布置、间距需保证墙体均匀受压，避免面外受弯。由于砖砌体抗压强度相对较低，在集中荷载作用下易发生局压破坏，为保证预应力的可靠建立，需设置必要的传力结构以提高墙体的局压承载力，该加固做法如图 3 所示。

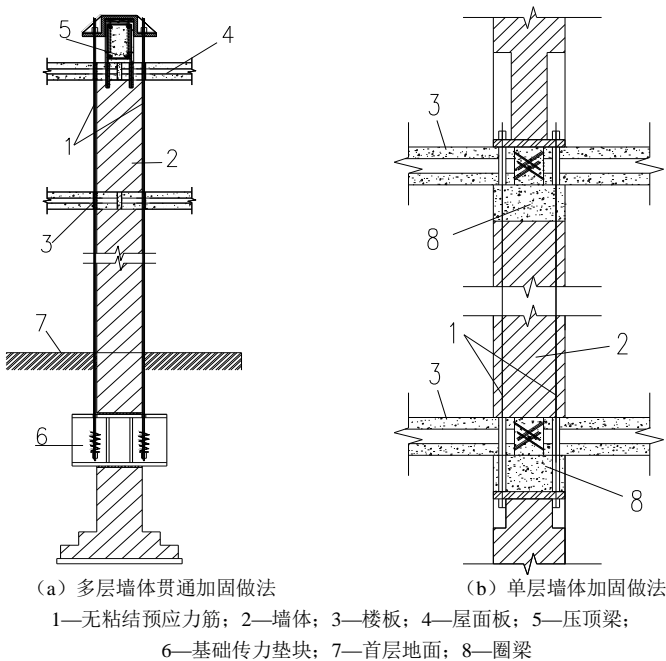


图3 预应力加固砖墙示意图

**5.3.27** 加固预应力筋的预应力损失主要包括预应力筋因张拉端锚具变形和预应力筋内缩引起的预应力损失值  $\sigma_{l1}$ 、预应力筋摩擦引起的预应力损失值  $\sigma_{l2}$ 、预应力筋应力松弛引起的预应力损失值  $\sigma_{l4}$ 、因砌体收缩徐变引起的预应力损失值  $\sigma_{l5}$ 。其中， $\sigma_{l1}$ 、 $\sigma_{l2}$ 、 $\sigma_{l4}$  主要取决于锚具形式、布置方式和预应力筋材料，可以参照现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 计算。

**5.3.28** 由于国内施工设备条件的限制，后张预应力加固砖砌体墙体的施工，主要推荐采用沿墙体两侧对称布筋的体外预应力加固方式。该项技术可以将预应力筋安装于墙体表面剔出的凹槽内，并在表面进行防护处理，基本可以不改变建筑的外观，也不减少使用面积。预应力筋锚固端结构或垫块的设置需要满足墙体的局部承压要求，

同时要保证预应力作用可靠、均匀地传递给加固墙体。

**5.3.29** 砌体结构预应力加固工程的验收需包括材料和施工工艺两个方面，并分别按现行国家相关标准划分检验批。验收时，所有检验批均需符合合格质量的规定，同时验收资料完整并符合验收要求。

## 6 钢筋混凝土房屋

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 钢筋混凝土房屋的加固，体系选择和综合抗震能力验算是基本要求，注意以下几点：

1 要从提高房屋的整体抗震能力出发，防止因加固不当而形成楼层刚度、承载力分布不均匀或形成短柱、短梁、强梁弱柱等新的薄弱环节。

2 在加固的总体决策上，需从房屋的实际情况出发，侧重于提高承载力，或提高变形能力，或二者兼有；必要时，也可采用增设墙体、改变结构体系的集中加固，而不必每根梁柱普遍加固。

**6.1.3** 钢筋混凝土房屋结构抗震加固后，抗震验算方法同抗震鉴定的验算方法。

**6.1.5** 既有建筑加固后结构罕遇地震下层间位移角小于现行规范标准限值的  $1/2$  时，表明加固后的结构抗侧刚度大，抗变形能力强，具有足够的抗倒塌能力，抗震构造措施可按抗震等级降低一级考虑。本条涉及房屋所属的抗震等级，依据其后续工作年限的不同，由现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 予以规定。

### 6.2 抗震加固方案

**6.2.1** 在加固之前，需要尽可能卸除加固构件相关部位的全部活荷载。加固方案的选择以加强结构的整体性、增强结构的整体抗震性能为目标，以施工的可行性为前提，以加固材料性能最大发挥为导向。

汶川地震中，框架结构的梯板、梯梁、梯柱出现了严重破坏，主要原因是楼梯构件产生斜向支撑作用，受力集中，为减小楼梯间

的破坏，框架结构增设抗震墙时，新增抗震墙（支撑）需要尽量布置在楼梯间四周。

既有混凝土框架结构体系为单向框架时，一般需通过节点加固成为双向框架；考虑到节点加固的难度较大，也可按《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对框架-抗震墙结构的墙体布置要求，增设一定数量的钢筋混凝土抗震墙，由新增抗震墙程度全部地震作用并对加固后结构提出更高的抗震性能要求，可避免对节点的普遍加固。

单跨框架对抗震不利，89 规范以前设计的混凝土房屋存在单向框架的情况，出现此类情况时，可增设墙体、翼墙、支撑或框架柱，增设的墙体、支撑的最大间距按现行规范确定。

每个方法的具体设计要求列于本规程 6.3 节中。其中，外包型钢加固，是在原有的钢筋混凝土梁柱外包角钢、扁钢等制成的构架，约束原有构件的加固方法；现浇混凝土增大截面法加固，是在原有的钢筋混凝土梁柱外包一定厚度的钢筋混凝土，扩大原构件截面的加固方法。这两种加固方法，是提高梁柱承载力、改善结构延性的切实可行的方法；当仅加固框架柱时，还可提高“强柱弱梁”的程度。

粘贴钢板的方法是将钢板与混凝土面粘结使其协同工作来提高构件的承载力，粘结质量的好坏直接影响到加固效果；粘贴纤维布是近年来已经使用成熟的加固方法，但对胶粘剂的质量和粘贴工艺要求较严，同粘钢一样，粘结质量的好坏直接影响到加固效果。上述两种加固方法，要进行防火处理。

钢丝绳网片聚合物砂浆面层是近年来发展的一种新型环保、耐久性较好的加固方法，对提高构件的承载力和刚度都有贡献，但需要满足本规程规定的材料性能和施工构造要求。

增设抗震墙或翼墙，是提高框架结构抗震能力及减少扭转效应的有效方法。

消能支撑加固是通过增设消能支撑的耗能吸收部分地震力，从而减小整个结构的地震作用。

增设抗震墙会较大地增加结构自重，要考虑基础承载的可行性。增设翼墙适合于大跨度时采用，以避免梁的跨度减少后导致梁剪切破坏。

第3款，结合北京地区新建工程的做法，难以避免单跨时，要求需采取相应加强措施，具体包括：

1) 丙类，2~3层的房屋，框架柱抗震构造措施提高一级，或将框架柱抗震等级提高一级。

2) 丙类，4层及以上的多层房屋，框架柱按中震不屈服设计。

3) 丙类，高层房屋，框架梁中震弹性设计，框架柱大震弹性设计。

4) 甲、乙类，2~3层的房屋，框架柱按中震弹性设计。

5) 甲、乙类，4层及以上的多层；框架梁按中震弹性设计，框架柱按大震弹性设计。

6) 4层及以上的房屋，均需进行罕遇地震弹塑性变形验算。

大跨度单跨框架、超出上述范围的房屋，确需维持单跨时，需进行专门研究并采取更严格的加强措施。

## **6.3 抗震加固设计及施工**

### **I 增设抗震墙或翼墙加固**

**6.3.1** 增设抗震墙可避免对全部梁柱进行普遍加固，一般按框架-抗震墙结构进行抗震加固设计。

**6.3.2** 增设抗震墙加固，需注意复核原有地基基础的承载力；增设翼墙需复核原有框架梁跨度减少后梁端的配筋。

### **II 外包型钢加固**

**6.3.5** 为简化计算，当刚度和重力荷载代表值变化不大时，可直接将抗震验算结果中计算配筋的差距，按本条规定的梁、柱钢材强度

折减系数换算为所需的型钢截面面积。

### III 增大截面加固

**6.3.8** 当新增混凝土的强度等级比原有构件提高一个等级时，截面抗震验算可有所简化：仍按原构件的混凝土强度等级采用，即相当于混凝土强度乘以折减系数 0.85，然后，将计算所需增加的配筋乘以 1.15，即为原钢筋等级所需新增的钢筋截面面积。

采用高等级的钢筋，如 HRB500 级钢筋时，需充分考虑应力滞后的影响。

### IV 粘贴钢板加固

**6.3.11** 粘钢加固需严格按施工工艺流程进行，施工需由专业施工队伍完成。卸除或大部分卸除作用在被加固构件上的活荷载，是保证被粘钢板与加固件共同受力且防止受力滞后的重要措施，要尽可能实现。

### V 粘贴纤维布加固

**6.3.15** 粘贴纤维布加固需严格按施工工艺流程进行。施工需由专业施工队伍完成。卸除或大部分卸除作用在被加固构件上的活荷载，是保证被粘贴纤维布与加固件共同受力且防止受力滞后的重要措施，需尽可能实现。

### VII 增设钢筋混凝土围套构件加固

**6.3.21** 原混凝土实测强度较低时，常用的加固方法使用受限。由于北京地区仍有相当数量的建成于五、六十年代的公共建筑，原设计采用的混凝土强度低，实测强度达不到 13.0MPa，且因各种原因难以拆除重建。该类建筑一般为多层混凝土框架，一般建议采用增设抗震墙的加固方案，降低原框架的承受的地震作用；对梁柱直接进

行加固时，可采用增设钢筋混凝土围套构件加固法，该方法的构造方式与本规程增大截面法四面加厚做法基本相同。

## **VIII 钢板组合加固**

**6.3.24** 钢板具有较高的强度和刚度，通过与原结构构件组合在一起，能够分担一部分荷载，从而提高结构的整体承载能力；钢板的粘贴可以约束裂缝的发展，因为钢板的存在增加了结构的抗裂能力，阻止裂缝进一步扩展；钢板的刚度较大，与原结构组合后，能够有效地提高结构的刚度，减少结构在荷载作用下的变形。

## **IX 增设支撑加固**

**6.3.27** 框架结构增设钢支撑进行加固时，一般按支撑不承担静载、仅承担地震作用进行设计。



## 7 内框架和底层框架砌体房屋

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 内框架和底层框架砌体房屋包括内框架与外砌体混合承重的多层内框架房屋、底部框架上部砌体结构的底框砖混房屋以及底部内框架上部砌体结构的房屋三类。对北京地区不同类型房屋抗震加固的适用的最大高度与层数进行规定。

**7.1.2** 内框架和底层框架房屋均是混合承重结构，其加固设计的基本要求与多层砌体房屋、多层钢筋内混凝土房屋相同。针对内框架和底层框架砖房的结构特点，需要注意：

1 加固的总体决策，除采取提高承载力或增强整体性的加固方案外，尚需采取措施调整二层与底层的侧移刚度比，使之符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相应规定；

2 抗震验算所采用的计算模型和参数，需按加固后的实际情况取值。例如，墙体采用钢筋混凝土板墙加固，承载力增强系数、楼盖支承长度的体系影响系数等均可按本规程第 5 章对砌体墙加固的相关规定取值；增设横墙后，原横墙间距的影响系数相应改变；壁柱加固后，外纵墙局部尺寸、大梁与墙体连接的有关影响系数也可能相应变化。

**7.1.4** 对底层框架，其上部各层按多层砖房的有关规定进行加固的竖向构件需延续到底层。混凝土板墙、构造柱等需通过底层落到基础上，面层需锚固在底层的框架梁上；底层的框架也需考虑上部各层加固后重量、刚度变化造成的影响。需要注意的是，局部区域采用钢筋混凝土梁柱承重，地震作用全部由周边砌体墙承担时，可不视为内框架结构。

## 7.2 抗震加固方案

**7.2.1** 对多层内框架砌体房屋，由于内外结构的抗震性能特别延性差异大，外部砌体由于抗侧刚度较大而分担加大的水平地震作用，但是，砌体的抗震性能特别变形能力与延性较内框架差，导致外部砌体首先发生损伤后结构的抗侧刚度与承载力下降较大，震害严重。控制横墙间距，对原砌体墙、框架柱与外墙的砖柱（墙垛）加固，提高结构的承载力与变形能力，增设抗震墙或钢支撑改变结构体系，是常用的有效加固方法。

底层未设置抗震墙的底层框架房屋，抗震加固时需在其底层增设抗震墙。

## 7.3 抗震加固设计及施工

**7.3.1、7.3.2** 壁柱加固主要适用于纵向抗震能力不足，或者横墙间距过大需考虑楼盖平面内变形导致砌体柱（墙垛）承载力不足的加固方法，使用时注意：

**1** 壁柱与多层砖房的构造柱有所不同，其截面需严格控制，其构造需要使壁柱与砖柱（墙垛）形成组合构件，按组合构件进行验算；壁柱可单面或双面设置，与砖柱四周的钢筋混凝土围套也有所不同；

**2** 可采用外壁柱、内壁柱或内外侧同时设置，当需要保持外立面原貌时，需采用内壁柱。壁柱需与砖柱（墙垛）形成组合构件，按组合构件计算刚度并进行验算；

**3** 抗震加固时，对多道抗震设防的要求稍低，故加固后砖柱（墙垛）承担的地震作用少于设计规范的要求，墙体有效侧移刚度的取值比规范大些；此外，根据试验结果，提出了横墙间距超过规定值时，加固后砖柱（墙垛）受力的计算方法。

**4** 作为简化，砖柱（墙垛）用壁柱加固后按组合构件计算其抗震承载力，考虑增设的部分受力滞后，新增的混凝土和钢筋的强度

需乘以 0.85 的折减系数。

**7.3.3、7.3.4** 为确保现浇面层的加固有效，楼盖面层加固的细部构造，要确实加强原预制楼盖的整体性。

## 8 单层工业厂房

**8.1.1** 本章的单层工业厂房包括装配式单层钢筋混凝土柱厂房、混合排架厂房和钢结构厂房三类。混合排架厂房指边柱列为砖柱（墙垛）、中柱列为钢筋混凝土柱的厂房。

## 9 单层砖柱厂房与空旷房屋

**9.1.1** 单层厂房包括仓库、泵房等，单层空旷房屋指剧场、礼堂、食堂等，主要包括前厅，大厅，附属房屋和舞台等部分。

## 10 预制装配式大板房屋

**10.1.1** 北京地区的装配式大板建筑大部分是多层少筋大板结构，少量为 12 层以下的钢筋混凝土大板结构，个别为 13 层以上的钢筋混凝土大板结构。

**10.3.2** 墙体水平缝、竖向缝及连梁的竖向缝的抗剪承载力由混凝土销键、混凝土节点及穿过接缝的钢筋组成；提高接缝承载力，一般采用增设与接缝垂直的钢筋进行补强的加固方法。

## 11 内浇外砌、内浇外挂结构房屋

**11.1.1** 北京市在上世纪七、八十年代建造了一批内浇外砌、内浇外挂的多层住宅，该类型房屋层数一般是 5~6 层，平面布置规整，一般有一道现浇混凝土内纵墙和多道现浇混凝土横墙，楼盖为装配式楼盖。其中，早期建造的内浇外砌、内浇外挂房屋的横墙多为低配钢筋混凝土墙，其墙体延性较差，结构整体的抗倒塌能力也较差。

**11.1.2** 外墙与内部现浇墙体拉结的要求，可参考现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023 中 6.2.7、6.2.8 条关于 A 类钢筋混凝土框架结构中承重砌体结构的要求。

**11.2.1** 内浇外砌、内浇外挂房屋的抗震加固可从提高墙体延性或减小地震输入两个方面入手。对内墙采用板墙加固可提高墙体延性，但对建筑内部破坏较多；采用外套结构方式可明显提高结构整体性能及延性，但需要占用一定的外部空间；采用基础隔震方式加固可显著降低地震输入，但对首层或地下室有影响，也需要占用一定场地。需结合结构现状及外部条件选择合理的抗震加固方案。

## 12 钢结构房屋

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 规定的“有混凝土剪力墙的钢结构”、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 规定的“混合结构”，其钢构件和混凝土构件的抗震验算及抗震构造要求，也可参考本章及第 6 章的相关规定。

**12.1.2** 既有建筑抗震加固的一种原因是建筑抗震性能要求的提高，例如由丙类提高为乙类，或是建筑所在地区的设防烈度由 7 度调整为 8 度；这类抗震加固工程中，难点之一是构件长细比、板件宽厚比等抗震构造不足的问题，抗震构造问题一般会涉及到房屋中的大多数抗侧力构件，逐一进行构件及节点的直接加固，过于浪费。改变结构体系，例如由钢框架结构改变为组合结构或框架-支撑结构，对原框架抗震能力的需求可显著降低，增设减震装置也可达到此效果；此时，对原构件的抗震构造可适当放松要求。

建筑改造时的荷载增加、结构拆改，也可能会引起原结构部分构件的抗震承载力或构造不足，此时也可针对原构件及节点的承载力或构造问题进行直接加固；针对构造问题的直接加固难以实施时，也可采用提高构件的抗震承载力要求、放松其抗震构造要求的间接方式进行处理。

**12.1.6** 根据《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008 第 10.1.17 条，多高层钢结构周期折减系数可取 0.8~0.9，根据《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 第 6.1.6 条，非承重墙体为填充轻质砌块、填充轻质墙板或外挂墙板时，周期折减系数可取 0.9~1.0。根据一般工程实践，钢结构中采用轻质填充墙居多，此时周期折减系数可取 0.9~1.0。若非轻质隔墙，周期折减系数需适当取低。



## 12.2 抗震加固方案

**12.2.1** 框架梁柱板件宽厚比不足时，增设肋板可改善局部稳定问题，增设肋板的具体构造及其效果，可通过屈曲分析确定。

## 13 消能减震技术加固

### 13.1 一般规定

**13.1.2~13.1.3** 消能器、连接消能器部件和附加框架在功能上存在差别，需分别制定性能化目标。

**13.1.6~13.1.7** 计算消能器有效阻尼比的最大变形值与消能器所在楼层的结构最大变形需要保持一致。

### 13.2 减震加固方案

**13.2.1~13.2.2** 消能减震加固方案的确定是一个综合平衡的过程，在此过程中需考虑的主要因素包括既有建筑技术条件、结构地震反应、抗震性能、加固工程量、经济条件等。

**13.2.4** 底层框架砖房和底层单跨框架的刚度和承载力较低，使用屈服约束支撑或刚度较大的位移相关型消能器既能同时提供较大的刚度和承载力，又能具备一定的消能减震功能。

**13.2.5** 采用位移相关型消能器对既有柱间支撑按等刚度原则进行替换，有利于降低既有预埋件和连接件的承载力要求，且有利于结构整体刚度的调整。

### 13.3 减震加固设计

**13.3.3** 需根据既有建筑加固工程建筑及使用功能和抗震目标的实际需要，选择合理的消能器安装形式及对应的连接构造形式。

**13.3.5** 消能减震加固结构的总刚度、动力特性、动力反应、总阻尼比等与既有结构、消能器、连接消能器部件乃至附加框架等的刚度及非线性状况有关，设计计算时需区分不同情况选择适当的方法。

当消能器处在耗能工作阶段、主体结构处于弹性工作阶段时，两者的计算模型比较准确，可引入等效线性化方法，并采用附加有

效阻尼比和有效刚度计算地震作用。

当既有主体结构构件进入弹塑性状态时，需采用静力或动力弹塑性分析方法计算，等效线性法可做参考。

多遇地震和罕遇地震下结构与消能器对总阻尼比的贡献大小比例不同，需分别计算；结构与消能器的恢复力也可能处于不同的状态，需分别建模计算。

**13.3.8** 连接消能器的结构构件的抗震验算及性能要求，要考虑消能器的出力特点对结构及节点的影响，连接消能器的结构构件及节点要保证消能器在极限状态下的功能。

**13.3.9** 附加框架是为设置消能器而单独新建的，一般只承受附加框架自重和地震作用下所分担的内力。附加框架与主体框架通过后锚固连接销键进行连接，后锚固抗剪连接键承受地震剪力，其值与既有结构和附加框架位移协调性有关。抗剪键要保证设在附加框架内的消能器达到极限条件下的抗剪安全。

**13.3.10** 连接消能器部件的抗震验算需保证各种连接构造的可靠性以及连接消能器在极限状态下的功能。

**13.3.13** 采用扩底型机械锚栓还是倒锥形化学锚栓，主要取决于既有结构状况和施工条件。采用扩底型和倒锥形主要是为防止附加框架外倾，抗剪销键预埋在附加框架内的长度需满足锚固要求。

由于连接消能器的现浇钢筋混凝土附加框架在地震作用下存在较大的轴力和剪力，其开裂和受力特点与弯剪框架有所不同，建议加密箍筋，保证其抗震承载力和必要的延性。

## **13.4 减震加固施工、验收和维护**

**13.4.2** 在既有混凝土框架结构中设置消能器，当其工作时会对其既有结构和附加框架产生附加作用力，对连接消能器的柱轴压比、梁柱节点核心区抗剪等可能产生不利影响，因此，连接件、预埋件的设计和施工有其特殊性。

对于消能器的设计承载力超过 1000kN 的加固，目前对直连式加固后的抗震性能尚缺少试验验证。对于消能器的设计承载力超过 2000kN 的加固，目前对附加框架式加固后的抗震性能尚缺少试验验证。

## 14 隔震技术加固

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 隔震体系通过延长结构的自振周期减少结构的水平地震作用，已被国外强震记录所证实。国内外的大量试验和工程经验表明：隔震一般可使结构的水平地震加速度反应降低 60% 左右，从而消除或有效地减轻结构和非结构的地震损坏，提高建筑物及其内部设施和人员的地震安全性，增强了震后建筑物继续使用的功能。

**14.1.2** 隔震技术是提高结构抗震安全的有效方法，进行方案比较时，需对建筑的抗震设防分类、抗震设防烈度、场地条件、使用功能及建筑、结构的方案，从安全和经济两方面进行综合分析对比。

**14.1.3** 对既有建筑采用隔震技术进行加固，最基本的要求就是保证建筑物在隔震装置周围有移动空间，在隔震建筑与其他建筑物周围场地之间至少留有水平间距不小于罕遇地震下隔震层最大水平位移的 1.2 倍。隔震技术对穿越隔震层的配管、配线有专门要求。

**14.1.4** 对隔震结构的地基基础需进行与设防地震和罕遇地震有关的验算，并适当提高抗液化措施。隔震建筑地基基础的抗震验算和地基处理需按本地区抗震设防烈度进行，甲、乙类建筑的抗液化措施需按提高一个液化等级确定，直至全部消除液化沉陷。

### 14.2 隔震加固设计

**14.2.2** 为了确保隔震效果，隔震支座的性能参数需严格检验。按照现行国家标准《橡胶支座 第 3 部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3-2006 的规定，橡胶支座产品在安装前需对工程中所用的各种类型和规格的原型部件进行抽样检验。

**14.2.3** 按稳定要求，以压缩荷载下叠层橡胶水平刚度为零的压应力

作为屈曲应力  $\sigma_{cr}$ ，该屈曲应力取决于橡胶的硬度、钢板厚度与橡胶厚度的比值、第一形状参数  $s_1$ （有效直径与中央孔洞直径之差  $D-D_0$  与橡胶层 4 倍厚度  $4t_r$  之比）和第二形状参数  $s_2$ （有效直径  $D$  与橡胶层总厚度  $nt_r$  之比）等。将橡胶支座在地震下发生剪切变形后上下钢板投影的重叠部分作为有效受压面积，以该有效受压面积得到的平均应力达到最小屈曲应力作为控制橡胶支座稳定的条件，取容许剪切变形为  $0.55D$ （ $D$  为支座有效直径），则可得本条规定的丙类建筑的压应力限值： $\sigma_{\max}=0.45$ ， $\sigma_{cr}=15.0\text{MPa}$ 。对  $s_2<5$  且橡胶硬度不小于 40 的支座，当  $s_2=4$ ， $\sigma_{\max}=12.0\text{MPa}$ ；当  $s_2=3$ ， $\sigma_{\max}=9.0\text{MPa}$ 。因此规定，当  $s_2<5$  时，平均压应力限值需予以降低。

**14.2.4** 进行时程分析时，鉴于不同地震波输入进行时程分析的结果不同，本条规定一般可以根据小样本容量下的计算结果来估计地震作用效应值。通过大量地震加速度记录输入不同结构类型进行时程分析结果的统计分析，选用不少于二组实际记录和一组人工模拟的加速度时程曲线作为输入，计算结果在结构主方向的平均底部剪力一般不应小于振型分解反应谱法计算结果的 80%，每条地震波输入的计算结果不会小于 65%。但计算结果也不能太大，每条地震波输入计算不大于 135%，平均不大于 120%。从工程角度考虑，这样可以保证时程分析结果满足最低安全要求。

正确选择输入的地震加速度时程曲线，要满足地震动三要素的要求，即频谱特性、有效峰值和持续时间均要符合规定。频谱特性可用地震影响系数曲线表征，依据所处的场地类别和设计地震分组确定。

当结构采用三维空间模型等需要双向（二个水平向）或三向（二个水平和一个竖向）地震波输入时，其加速度最大值通常按 1（主方向）：0.85（次方向）：0.65（竖向）的比例调整。输入的地震加速度时程曲线的有效持续时间，一般从首次达到该时程曲线最大峰值的 10% 那一点算起，到最后一点达到最大峰值的 10% 为止；不论

是实际的强震记录还是人工模拟波形，有效持续时间一般为结构基本周期的 5~10 倍，即结构顶点的位移可按基本周期往复 5~10 次。

**14.2.7** 《建筑抗震设计规范》GB 50011-2001 确定隔震后水平地震作用时所考虑的安全系数 1.4，对于当时隔震支座的性能是合适的。当前，在国家产品标准《橡胶支座 第 3 部分：建筑隔震橡胶支座》GB 20688.3-2006 中，橡胶支座按剪切性能允许偏差分为 S-A 和 S-B 两类，其中 S-A 类的允许偏差为 $\pm 15\%$ ，S-B 类的允许偏差为 $\pm 25\%$ 。按照《建筑结构可靠性设计统一标准》的要求，确定设计用的水平地震作用的降低程度，需根据概率可靠度分析提供一定的概率保证，一般考虑 1.645 倍变异系数。于是，依据支座剪切刚度与隔震后体系周期及对应地震总剪力的关系，由支座刚度的变异导出地震总剪力的变异，再乘以 1.645，则大致得到不同支座的  $\psi$  值，S-A 类为 0.85，S-B 类为 0.80。当设置阻尼器时还需要附加与阻尼器有关的变异系数， $\psi$  值相应减少，对于 S-A 类，取 0.80，对于 S-B 类，取 0.75。

**14.2.8** 隔震后，隔震层以上结构的水平地震作用可根据水平向减震系数确定。隔震结构与非隔震结构最大水平剪力的比值即为水平向减震系数。对于多层结构，层间地震剪力代表了水平地震作用取值及其分布，可用来识别结构的水平向减震系数。对于高层建筑，尚需考虑倾覆弯矩的取值和分布。

**14.2.11** 抗倾覆安全系数等于抗倾覆力矩与倾覆力矩之比。抗倾覆安全力矩由上部结构竖向荷载提供，在竖向荷载计算中需考虑竖向地震作用的不利影响；倾覆力矩的计算需考虑水平地震作用与风荷载的组合。隔震结构抗倾覆验算方法与传统抗震结构完全相同，但水平地震作用是罕遇地震的数值。

**14.2.13** 为了保证隔震层能够有效的工作，上部结构与隔震支座的连接件、隔震支座与基础的连接件需具有传递上部结构最大底部剪力的能力。连接件包括连接钢板、预埋钢板、螺栓及其他相关配件。

连接钢板尺寸一般按照构造要求来确定。与隔震支座相连的螺

栓的形式与大小会影响连接钢板的厚度，此外还需要验算连接钢板的抗弯能力，以确定钢板厚度是否满足要求。

预埋钢板埋入上下连接构件中，起到固定连接螺栓及定位隔震支座的作用。锚筋与预埋钢板传递隔震支座的力，隔震支座承受压力、剪力和弯矩，将预埋钢板与锚筋当作一个同时承受压、弯、剪的预埋件，计算详见现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 相关内容。

**14.2.17** 下部结构在罕遇地震作用下的验算，需取隔震后各个隔震支座底部在罕遇地震时向下传递的内力进行验算，并考虑隔震层水平位移产生的附加影响。

**14.2.19** 由销键梁伸出墙外的钢筋不能进入托换梁外侧钢筋的混凝土保护层。托换梁的力学特性为框支梁，如以上、下支墩为支座，则为等跨或不等跨连续梁，建议截面尺寸高度不小于 500mm，宽度不小于 250mm。

### **14.3 隔震加固施工、验收及维护**

**14.3.1** 按照国家产品标准《橡胶支座 第 3 部分：建筑隔震橡胶支座》GB 20688.3-2006 的规定，橡胶支座产品在安装前需对工程中所用的各种类型和规格的原型部件进行抽样检验，其要求是：（1）采用随机抽样方式确定检测试件。若有一件抽样的一项性能不合格，则该次抽样检验不合格。（2）对一般建筑，每种规格的产品抽样数量不少于总数 20%；若有不合格，重新抽取总数的 30%，若仍有不合格，则 100%检测。（3）一般情况下，每项工程抽样总数不少于 20 件，每种规格的产品抽样数量不少于 4 件。（4）型式检验和出厂检验由第三方完成。

**14.3.2~14.3.4** 在进场施工前，施工单位需组织技术、生产、材料、预算等相关人员对现场进行实地勘察，并对施工图等进行会审，审核设计与现场是否相符，设备配置、安装位置是否合理等。



**14.3.5** 隔震支座托换就其工作位置分为有地下室和无地下室两种情况，其施工流程无本质区别。无地下室拆除首层地面，有地下室的需考虑首层楼板是否满足刚度要求，若不满足需进行加固，然后进行楼板开洞。

**14.3.9** 安装前要认真检查隔震支座的质量，对支墩的水平、垂直、中心线偏差进行测量校正，确认合格后再进行安装。在施工的全过程中，要有完善的保护措施，防止损坏隔震支座。

**14.3.10** 施工过程中要严格控制结构的变形及位移，采用规范的监测方案、可靠的仪器、可行的方法进行监控、记录施工的全过程，特别是结构受力转换过程中位移、裂缝等的微细变化，保证施工过程中结构的绝对安全。

**14.3.14** 在下支墩和预埋钢板螺栓进行二次浇筑前，要确保预埋钢板表面水平，位置准确，预埋钢板螺栓与钢筋连接牢固。确保浇灌混凝土时不发生移位和变形。为保证隔震支座可更换，隔震支座预埋钢板、预埋螺栓与上、下托换梁浇筑在一起，预埋钢板、连接板通过预埋螺栓、内螺栓套管和紧固螺栓进行连接。更换支座时，拧开紧固螺栓，就可取出原隔震支座进行更换。隔震支座下部混凝土强度不能小于 C30，且连接部位配筋需加密。

**14.3.17** 设计时需注意对外露预埋件进行可靠的防锈处理，建议采用的有镀锌、刷防锈漆和橡胶防护帽等方法。其中，镀锌的防锈效果最佳，但价格比较昂贵。通常采用刷防锈漆的方法。可刷环氧富锌底漆一道，环氧云铁中间漆两道，氯磺化聚乙烯面漆两道，涂装方案参见选用油漆的说明，涂层干漆膜总厚度不得小于 150um，钢材表面进行除锈处理时，除锈等级不得低于 St2，且符合《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的规定。

## 15 外套结构加固

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 北京市在上世纪七十年代末以前建造了大量的多层砌体结构住宅，该类型房屋层数一般不超过 6 层，平面布置规整，楼盖为装配式楼盖，其抗震措施多数不满足要求。

内浇外砌、内浇外挂、装配式钢筋混凝土大板、普通混凝土少筋大板、内板外砖结构采用外套结构加固方法时可参考本章规定。空斗墙、振动砖板的加固不在本章规定范围内。

**15.1.3** 房屋大多数横墙指对应房间面积超过楼层面积 80% 以上的横墙。

**15.1.4** 由于北京地区老旧房屋一般位于建筑密集区域，抗震加固方案选择需综合施工难度、施工工期及对环境的影响；装配式混凝土结构具有施工速度快、现场噪音小等优点，现场具备吊装条件时优先采用。

### 15.2 抗震加固设计

**15.2.2** 为便于快速开展结构方案设计，本条第 2 款根据经验给出了外加横墙不同截面高度所对应的最小截面厚度建议值；外加横墙截面厚度与横墙间距、材料性能有关，加固后结构的各项验算均满足本规程要求时，可根据计算结果确定外加横墙厚度。

**15.2.7** 计算弹性位移角时可采用刚性楼板假定。

## 附录 A 荷载取值

本附录引自国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012。根据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB/T 50023，对于后续工作年限少于 50 年的建筑，建筑上的荷载一般情况下可按《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的规定取值。

## 附录 B 混凝土房屋楼层抗震综合承载力法

**B.0.1** 错层结构、连体结构、竖向体型收进、悬挑结构的定义，同《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3。

既有建筑抗震加固设计，要从总体抗震性能出发，避免过度关注于构件承载力的逐一核对上；从实际操作层面，经常出现一种现象，采用 01 抗震规范设计建造的、施工质量符合要求的混凝土房屋，即使未对原结构做较大的拆改，抗震设防烈度与设防类别也未发生变化，进行改造后结构的抗震验算时，仍会出现部分构件配筋不足的问题，例如连梁配筋不足或截面不足、框架梁纵筋配筋不足等。这种情况的出现，也可能与设计工具更新迭代、设计习惯及计算假定等因素有关；因这些因素而导致的抗震加固，实际上是没有必要的。

还有抗震加固是因建筑改造而引起的，建筑改造中，往往存在加固部位受限的问题，例如，部分房间存在高价值的装修、设备不能中断运行、建筑风貌受保护，导致难以对某些结构构件进行直接加固，需要在满足整体抗震性能的基础上，采取更为灵活的加固策略。

**B.0.3** 本条第 3 款中，抗侧力构件受弯承载力不足时，抗侧力构件受弯刚度折减系数一般不小于 0.70，确实需要时，个别构件的受弯刚度折减系数不小于 0.50。本条受弯刚度的折减，仅针对抗震验算。地震作用水平，指水平地震作用下的基底剪力。本条第 4 款中，设置消能减震装置的混凝土房屋，也可采用楼层抗震综合承载力法进行抗震验算。采用楼层抗震综合承载力法进行抗震验算的流程如图 4 所示。

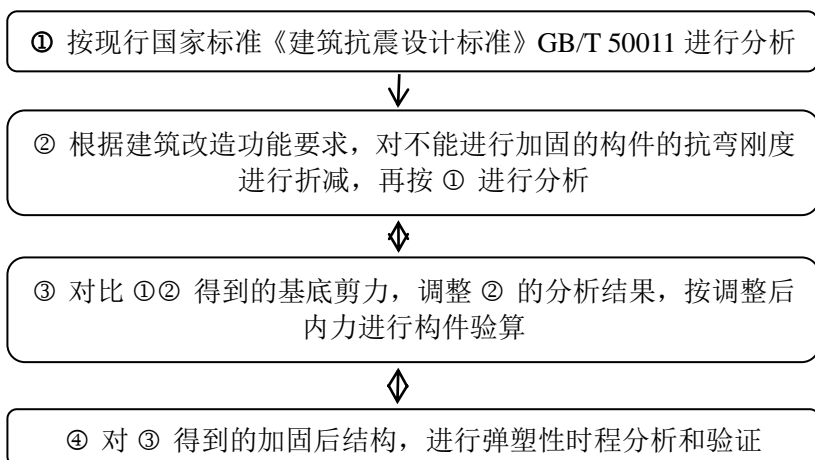


图 4 楼层抗震综合承载力法流程图