



CECS ** -202X

中国工程建设协会标准

历史建筑抗震加固与修缮标准

**Standards for Seismic Strengthening and
Restoration of Historical Buildings**

（征求意见稿）

****出版社

中国工程建设协会标准

历史建筑抗震加固与修缮标准

**Standards for Seismic Strengthening and
Restoration of Historical Buildings**

CECS **-202X

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

***出版社

前言

为贯彻执行《中华人民共和国文物保护法》及国家有关防震减灾的法律法规，实行以预防为主的方针，减轻地震损失，使历史建筑加固后安全、经济、合理、有效、实用、耐久，同时规范历史建筑的抗震加固、保护修缮工作，传承优秀历史文化，做到科学规划、分类管理，有效保护、合理利用，制定本标准。

针对历史建筑常见的结构形式，本标准主要包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 地基基础与地下空间；5 多层砖石结构；6 木结构房屋；7 多高层混凝土结构房屋；8 底层框架和内框架砖房；9 钢结构；10 生土建筑；11 单层砖柱厂房和空旷房屋；12 单层混凝土柱厂房。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会抗震专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术解释。在实施过程中，请各单位注重总结经验，积累资料，并将意见或建议反馈给中国建筑科学研究院有限公司（通讯地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，邮政编码：100013）

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

主要起草人：

目录

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	5
3	基本规定.....	8
3.1	材料.....	9
3.2	加固.....	11
3.3	修缮.....	12
4	地基基础与地下空间.....	14
4.1	一般规定.....	14
4.2	地基基础加固.....	16
4.3	地下空间利用.....	20
5	多层砖石结构房屋.....	27
5.1	一般规定.....	27
5.2	加固方法.....	30
	I 应急抢险加固.....	30
	II 静力加固.....	31
	III 抗震加固.....	31
5.3	加固设计.....	33
	I 低成本摩擦滑移抗震加固技术.....	33
	II 体内预应力抗震加固技术.....	34
	III 内置门式刚架加固技术.....	34
	IV 体外预应力抗震加固技术.....	35
	V 常规加固技术.....	38
	VI 体外预应力撑杆加固轴心和偏心受压构件.....	38
5.4	修缮设计.....	40
6	木结构房屋.....	41
6.1	一般规定.....	41
6.2	加固方法.....	42
6.3	加固设计.....	42
6.4	修缮设计.....	45
7	多高层混凝土结构房屋.....	48
7.1	一般规定.....	48
7.2	加固方法.....	48
7.3	加固设计.....	49

I 增设附加子结构.....	49
II 增设支撑加固.....	50
III 楼梯及出屋面小房间抗震加固.....	50
IV 体外预应力加固.....	50
V 常规加固技术.....	53
7.4 修缮设计.....	53
8 底层框架和内框架砖房.....	55
8.1 一般规定.....	55
8.2 加固方法.....	55
8.3 加固设计.....	56
8.4 修缮设计.....	58
9 多高层钢结构房屋.....	59
9.1 一般规定.....	59
9.2 加固方法.....	59
9.3 加固设计.....	60
I 改变结构体系加固法	60
II 常规加固法	60
III 体外预应力加固.....	60
9.4 修缮设计.....	61
10 生土建筑.....	68
10.1 一般规定.....	68
10.2 加固设计.....	68
10.3 修缮设计.....	71
11 单层砖柱厂房和空旷房屋.....	73
11.1 一般规定.....	73
11.2 加固方法.....	73
11.3 加固设计.....	74
I 组合柱的面层加固.....	74
II 组合壁柱加固.....	75
III 钢构套加固.....	76
IV 其 他.....	77
11.4 修缮设计.....	77
12 单层钢筋混凝土柱厂房.....	78
12.1 一般规定.....	78
12.2 加固方法.....	78
12.3 加固设计.....	79

I	屋 盖 加 固.....	79
II	排架柱加固.....	79
III	柱间支撑加固.....	82
IV	封檐墙和女儿墙加固.....	83
12.4	修缮设计.....	84
	本标准用词说明.....	85
	引用标准名录.....	86

CONTENTS

Chapter 1	General Provisions	1
Chapter 2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	5
Chapter 3	Basic Regulations	8
3.1	Materials	9
3.2	Reinforcement	11
3.3	Repair	12
Chapter 4	Foundation and Underground Space	14
4.1	General Requirements	14
4.2	Foundation Reinforcement	16
4.3	Utilization of Underground Space	20
Chapter 5	Multi-story Masonry and Stone Houses	27
5.1	General Requirements	27
5.2	Strengthening Methods	30
I	Emergency Rescue and Strengthening	30
II	Static Strengthening	31
III	Seismic Strengthening	31
5.3	Strengthening Design	33
I	Low-cost Frictional slip seismic Strengthening Technology	33
II	Internal Prestressed Seismic Strengthening Technology	34
III	Built-in Portal frame Strengthening Technology	34
IV	External Prestressed Seismic Strengthening Technology	35
V	Conventional Strengthening Techniques	38
VI	External prestressed struts for reinforcing axial and eccentric compression members	38
5.4	Renovation Design	40
Chapter 6	Wooden Structure House	41
6.1	General Requirements	41
6.2	Strengthening Methods	42
6.3	Strengthening Design	42
6.4	Renovation Design	45
Chapter 7	Multi-storey and Tall Reinforced concrete Buildings	48
7.1	General Requirements	48

7.2	Strengthening Methods	48
7.3	Strengthening Design	49
I	Add additional substructures	50
II	Additional support Strengthening	50
III	Seismic Strengthening of Stairs and small rooms protruding from the roof.	50
IV	External Prestressed Strengthening	50
V	Conventional Strengthening Techniques	53
7.4	Renovation Design	53
Chapter 8. Ground Floor Frame and Inner Frame Brick House		55
8.1	General Requirements	55
8.2	Strengthening Methods	55
8.3	Strengthening Design	56
8.4	Renovation Design	58
Chapter 9. Multi-storey and Tall steel structure buildings		59
9.1	General Requirements	59
9.2	Strengthening Methods	59
9.3	Strengthening Design	60
I	Structural System Alteration Strengthening Method	60
II	Conventional Strengthening Method	60
III	External Prestressed Strengthening	60
9.4	Renovation Design	61
Chapter 10. Earth Houses		68
10.1	General Requirements	68
10.2	Reinforcement Design	68
10.3	Renovation Design	71
Chapter 11 Single-story Factory Buildings with Brick Columns and Single-story Spacious Buildings		73
11.1	General Requirements	73
11.2	Strengthening Methods	73
11.3	Strengthening Design	74
I	Surface layer Strengthening of composite columns	74
II	Strengthening of Combined Pilasters	75
III	Steel Structure Sleeve Strengthening	76
IV	Others	77
11.4	Renovation Design	77

Chapter 12 Single-story Factory Buildings with Reinforced concrete columns	78
12.1 General Requirements	78
12.2 Strengthening Methods	78
12.3 Strengthening Design	79
I Roof Strengthening	79
II Frame column Strengthening	79
III Inter-column support Strengthening	82
IV Strengthening of eave walls and parapet Walls	83
12.4 Renovation Design	84
Explanation of Wording in This Standards	85
Normative Standards	86

1 总则

1.0.1 为贯彻国家历史建筑保护的有关规定，指导历史建筑的加固、修缮设计，做到安全适用、风貌保护、经济合理，延长建筑工作年限目标，制定本标准。

【条文说明】历史建筑经鉴定和加固后的后续工作年限不低于三十年，同时地震作用等荷载取值及计算方法不低于原设计水准。

1.0.2 本标准适用于历史建筑的加固与保护修缮设计。

1.0.3 历史建筑的加固与修缮，应符合当地行政区域规划对建筑风貌保护、生态环境的要求。

1.0.4 历史建筑加固修缮的设计任务，应由具备相应资质的单位承担，避免对价值保护部位造成破坏。

【条文说明】历史建筑的价值包括历史价值、艺术价值、科学价值和社会文化价值，一般情况下历史建筑保护多为风貌保护。

1.0.5 历史建筑所属的建设行政主管部门应加强对历史建筑加固、修缮质量的督导和管理。

1.0.6 历史建筑的加固、修缮，除应遵守本标准的规定外，尚应满足国家现行有关标准的要求。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 历史建筑 Historical buildings

经县级以上人民政府确定公布的具有一定保护价值,能够反映历史风貌和地方特色,未公布为文物保护单位,也未登记为不可移动文物的建筑物、构筑物。

[条文说明]《保护世界文化和自然遗产公约》将历史建筑纳入文化遗产范畴,指从历史、艺术或科学角度看具有突出的普遍价值的建筑物。我国《历史文化名城名镇名村保护条例》界定“历史建筑是指经城市、县人民政府确定公布的具有一定保护价值,能够反映历史风貌和地方特色,未公布为文物保护单位,也未登记为不可移动文物的建筑物、构筑物”。

判定因素包括:(1)历史价值:与重大历史事件、历史人物相关,或能体现特定历史时期的建筑风格、技术等,如上海外滩的部分建筑,见证了中国近代的金融贸易发展。(2)艺术价值:在建筑造型、装饰、空间布局等方面有独特艺术特色和审美价值,像苏州园林,以精巧的园林艺术布局闻名。(3)科学价值:能反映当时的建筑科学技术水平,如建筑结构、材料运用、施工工艺等具有创新性或代表性,福建土楼的建筑结构体现了建筑技艺的科学性。(4)社会文化价值:承载着特定地区的社会文化、民俗传统等,是地方文化的重要象征,如云南的傣族竹楼,反映了傣族的生活方式和文化传统。

认定程序通常需由相关部门组织专家进行评估论证,综合考虑建筑的历史、艺术、科学等价值,符合条件的由政府确定公布为历史建筑,并建立保护档案,明确保护范围和要求。符合下列条件之一的认定为历史建筑:

2.1.2 后续工作年限 Continuous seismic working life, continuing seismic service life

对既有建筑经检测鉴定及加固改造后,不需要重新鉴定和相应加固就能按预期目的使用,并完成预定功能的目标。

[条文说明]历史建筑不同于文物建筑,一些能反应改革开放以来建设成就的“第一次”、“第一个”的当代建筑物,如中国国际展览中心(老国展)、中国国家图书馆(新馆)、国家奥林匹克体育中心建筑群、北京大学遥感楼等,也被认定为历史建筑,因此历史建筑鉴定和加固的抗震设防水准依据后续工作年限不低于三十年确定,同时地震作用等荷载取值及计算方法不低于原设计水准。

2.1.3 抗震设防烈度 Seismic fortification intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。

[条文说明]依据现行《建筑抗震设计标准》GB/T50011 确定抗震设防烈度。

2.1.4 抗震加固 Seismic strengthening of buildings

使历史建筑达到抗震评估要求所进行的设计及施工行为。

2.1.5 综合抗震能力 Compound 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。

[条文说明]由于历史建筑建造年代跨度大,大量建筑未采取抗震措施,且有风貌保护等限制条件,因此历史建筑的加固与修缮,不能按照普通建筑的加固方法,一般从结构体系和整体性连接等方面着手,并研发和采用低影响的加固技术,当承载力有富裕时可适度放松对构造措施的要求,当构造措施良好时可适度降低对承载力的要求,也就是采取性能化抗震加固的思想,加强修缮和维护,提高建筑的综合抗震能力。

2.1.6 低成本摩擦滑移加固技术 Friction slip strengthening technology with low cost

通过削弱上部结构与基础的联系,以便大地震时二者发生相对滑动,并利用界面材料的摩擦耗能实现结构预期抗震加固设防目标的加固技术。

[条文说明]对上部结构体型规整和整体性连接较好的砖石砌体结构,可通过主动削弱上部结构与基础的联系,在该部位形成“保险丝”效应,小震时通过连接部位的砌体抗剪力或摩擦力抵抗地震作用,大震时形成滑移,从而保护上部结构,实现历史价值的保护和震后建筑功能的快速恢复,体现了低成本、少干扰的技术优势。

2.1.7 附加子结构加固技术 Additional substructure strengthening technology

通过在建筑内部设置子结构,并与主体结构可靠连接,利用子结构的刚度和承载力抵抗变形和承担地震作用,达到减轻建筑震害和预期抗震加固设防目标的加固技术。

[条文说明]所谓附加子结构加固方法,就是在建筑内部附加一部分子结构,通过构造措施与原结构可靠连接,形成一个新的结构,利用子结构提高结构整体抗震能力和耗能能力,或改变整体结构的受力和变形模式,使结构形成更加合理的损伤屈服机制。子结构采用钢结构或预制混凝土结构,在现场快速拼装,施工便捷,对建筑使用功能影响较少。子结构形式包括附加带框钢支撑、无框斜撑、格构式剪力墙、门式刚架、预制钢筋混凝土框架和支撑、预制剪力墙、预应力斜拉杆、摇摆墙等,其中的钢支撑可以是普通钢支撑,也可以是耗能元件。

2.1.8 内置门式刚架加固技术 Strengthening technology of built-in portal frame

通过在建筑内部设置预制混凝土刚架或型钢架,利用其刚度和承载力提高结构刚度、稳定性和抗震承载力,并减少扭转效应的加固技术。

[条文说明]针对刚度不足的框架结构、穿斗木构架的纵向、底框和内框砖房、单

层空旷房屋、横墙间距较大的空旷砖石结构，可在建筑内部设置门式刚架，以调整或提高层间刚度、减少扭转效应、增加外纵墙稳定性，从而提高综合抗震能力。

2.1.9 外加钢圈梁-构造柱-内置预应力拉杆加固技术 Strengthening technology of external steel ring beam, structural column, and internal prestressed tension rod

通过在砖石结构外墙转角、木结构围护墙的四角或纵横墙交接处，设置型钢构造柱，在楼层处设置型钢圈梁，并与构造柱可靠连接，在各层楼板标高下的内部墙体钻孔后设置有粘结预应力拉杆，两端与圈梁构造柱连接，以提高结构整体性的加固技术。

[条文说明]针对整体性较差的砖石结构历史建筑，可在建筑外部墙柱等隐形部位设置角钢或槽钢、钢板带、兜绊等，起到外加圈梁-构造柱的作用，在建筑内部砖墙内设置预应力拉杆，结合外墙修缮，以提高结构整体性、墙体稳定性和综合抗震能力，如北大红楼加固方案。

2.1.10 体内预应力加固技术 Internal prestressed strengthening technology

通过在既有建筑构件内钻孔后设置有粘结预应力筋，增强结构的整体性，减少结构开裂和变形，提高综合抗震性能的加固技术。

[条文说明]针对砖石砌体结构（包括空斗墙）整体性差、抗震性能低的问题，以及历史建筑风貌保护的需要，通过专用钻孔设备在墙体内，沿水平向和竖向分别钻孔，设置拉杆后灌注胶结材料，以提高结构整体性和综合抗震能力。

2.1.11 体外预应力加固技术 External prestressed strengthening technology

通过在既有建筑构件外部附加构件并施加预应力，提高结构构件承载力和刚度的加固技术。

[条文说明]针对构件在静力下承载力或刚度不足，通过施加体外预应力，提高构件抗压、抗弯或抗剪承载力及刚度的加固方法；针对砖石结构变形能力差、材料强度低且为脆性材料的问题，以及为提高框架结构、木结构等柔性结构地震作用下自复位的能力，也可采用体外预应力技术进行加固。

2.1.12 修缮 Restoration

通过修补建筑缺陷和改善使用环境以提高耐久性，恢复其原有的使用价值或延长后续工作年限，实现既有建筑使用功能正常发挥而进行的设计及施工活动。

[条文说明]修缮可以是建筑材料和建筑及结构构件抗老化性能的提升，包括防火、防腐防锈、防渗漏、防潮、防虫、抗裂、减缓材料粉化劣化等，也可以是使用环境的改善，包括通风、温湿度条件的改善，还有机电设备的更新改造，本标准主要聚焦材料和结构构件耐久性的提升。

2.1.13 延寿 Life extension

通过加固改造提高既有建筑的综合防灾减灾能力和主体结构可靠性，通过修缮提高结构耐久性和改善使用环境，实现保护建筑价值、延长后续工作年限目标

的活动。

[条文说明]通过提高建筑抗震安全性能和耐久性,实现不断延长历史建筑使用寿命、保护历史价值的目的。

2.1.14 地基基础加固 foundation improvement

为满足历史建筑安全性、使用功能和耐久性的要求,对其地基和基础采取加固技术措施的总称。

2.1.15 地下增层 basement addition

利用基础托换等技术在历史建筑下方进行开挖和增设地下空间。

2.1.16 地下结构扩建 eapansion of underground structure

采用基础托换、基坑支护等技术,对历史建筑原地下结构进行扩建。

2.1.17 托换结构 underpinning structure

在既有建筑地下增层过程中,采用桩、承台、托梁等新增构件与既有建筑基础或结构构件组成的用于支撑既有建筑的结构。

2.1.18 基坑支护结构 retaining and protection structure of excavation

支挡或加固基坑侧壁的结构。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

N_G ——对应于重力荷载代表值的轴向压力;

V_e ——楼层的弹性地震剪力;

S ——结构构件地震基本组合的作用效应设计值;

M ——最大弯矩;

M_a 、 M_b —— a 向、 b 向最大弯矩;

M_1 、 M_2 ——搁栅、檩条在 R_1 、 R_2 处的弯矩;

P ——梁底平均反力;

p_s ——在荷载作用下基础底面单位面积上的土反力;

q_{pa} ——桩端阻力特征值;

q_{sia} ——桩侧阻力特征值;

R_a ——单桩竖向承载力特征值;

R_p ——设计压桩反力设计值;

R_1 、 R_2 ——搁栅、檩条在螺栓处的反力;

V ——最大剪力;

σ_s ——外荷载作用引起的混凝土构件中钢筋应力。

2.2.2 材料性能和抗力

f_0 、 f_{k0} ——材料现有强度设计值、标准值；
 f 、 f_k ——加固材料的强度设计值、标准值；
 K ——加固后结构构件刚度；
 M_y ——加固后构件现有受弯承载力；
 R ——加固后结构构件承载力设计值；
 V_y ——加固后构件或楼层现有受剪承载力。

2.2.3 几何参数

A_s ——实有钢筋截面面积；
 A_{w0} ——原有抗震墙截面面积；
 A_w ——加固后抗震墙截面面积；
 b ——加固后构件截面宽度；
 h ——加固后构件截面高度；
 l ——加固后构件长度，屋架跨度；
 A_1 —— a 向计算冲切荷载时取用的多边形面积；
 A_2 —— b 向计算冲切荷载时取用的多边形面积；
 A_p ——桩身的截面面积；
 a —— a 向扩大部分的基础宽度；
 a_1 —— a 向冲切破坏椎体最不利截面的上边长；
 b —— b 向扩大部分基础长度或基底宽度；
 b_1 —— b 向冲切破坏椎体最不利截面的上边长；
 b_0 ——原基础的宽度；
 b_n ——新增基础梁的宽度；
 d ——钢锚杆直径；
 h_0 ——基础梁截面有效高度；
 I_1 、 I_2 ——原混凝土受弯构件、新增混凝土受弯构件惯性矩；
 l_i ——按土层划分的各段桩长；
 n ——每个桩孔所预埋锚杆的个数；
 r ——地基加固补强中注浆浆液的球形扩散半径；
 r_0 ——地基加固补强中注浆管半径；
 S' ——上部墙身传来荷载效应组合设计值；
 t ——地基加固补强中注浆时间；
 u_p ——桩身周边长度；
 V_s ——土方量；
 $\triangle_s$ ——沉降差。

2.2.4 计算系数

β_0 ——原有的综合抗震能力指数；
 β_s ——加固后的综合抗震能力指数；
 γ_{Rs} ——抗震加固的承载力调整系数；
 ε_y ——加固后楼层屈服强度系数；
 ϕ_1 ——加固后结构构造的体系影响系数；
 ϕ_2 ——加固后结构构造的局部影响系数；
 E_1 、 E_2 ——原混凝土构件、新增混凝土构件的弹性模量；
 f_c ——混凝土抗压强度设计值；
 f_t ——混凝土抗拉强度设计值；
 f_y ——钢材或钢筋抗拉强度设计值；
 p ——注浆压力；
 q ——倒梁的均布荷载设计值；
 k ——砂土的渗透系数；
 K ——安全系数；
 α_1 、 α_2 ——原混凝土、新增混凝土受弯构件承载力分配系数；
 β ——浆液黏度对水黏度比；
 e_0 ——砂土的空隙率；
 ψ ——折减系数；
 ϕ ——压桩反力系数。

3 基本规定

3.0.1 历史建筑应遵循先检测鉴定、后加固修缮设计的原则。

【条文说明】历史建筑加固修缮前应充分收集有关资料,调查历史建筑的价值(包括历史价值、艺术价值、科学价值和社会文化价值),确定保护部位,进行检测、安全性鉴定、抗震鉴定,必要时进行耐久性评估,作为加固改造和修缮设计的依据。

3.0.2 应依据检测、鉴定报告及改造后的使用功能、结构状况,编制历史建筑加固和修缮设计方案。

3.0.3 历史建筑加固修缮方案的制定,应遵循建筑风貌和价值保护的原则。

【条文说明】历史建筑加固修缮方案应采取措施避免或减少损伤历史建筑的价值。

3.0.4 历史建筑加固修缮方案应采取综合措施,提高历史建筑的正常使用状态的承载能力、防灾减灾能力及耐久性,满足安全、适用、耐久的要求,达到延长工作年限不低于三十年的目标。

【条文说明】防灾减灾能力提升措施包括:(1)通过设定后续工作年限内适度的抗震设防水准,和适宜的抗震加固措施,结合正常使用状态下的承载力等需要,进行结构和非结构构件加固与修缮,提升建筑抗震能力。(2)随着城市化进程的发展,历史街区逐渐变成低洼地带,街巷易发生洪灾内涝,其建筑经过浸泡或洪水冲刷,耐久性和安全性受到影响。按后续工作年限内一遇的内涝水准,通过采取本标准第四章提出的技术解决排涝问题,例如采取逆作法、建筑顶升技术、建筑平移技术等实现地下综合管廊的敷设、雨水调蓄池、街区地下公共服务设施及停车库的修建等,保证结构安全,改善使用功能,同时从内涝安全角度解决延寿问题,提升防内涝能力。(3)历史建筑一般消防设施陈旧或缺失,影响历史建筑的安全和耐久,因此因地制宜增加或更新消防设施(可根据需要向地下空间发展,设置消防泵房和消防水池),使历史建筑避免发生火灾,或火灾能及时扑救,消防能力提升,同时从建筑消防安全性能角度解决延寿问题。(4)采取措施加固大跨或轻型屋盖,提升历史建筑抗风揭能力和抗雪灾、抗低温凝冻灾害的能力。(5)加装避雷设施,提升历史建筑的防雷电能力。

耐久性问题可以从主体结构和建筑装饰装修材料、机电设备系统、使用环境等四个方面予以解决:(1)主体结构和非结构构件耐久性:主体结构可以通过修补开裂部位、涂刷阻锈剂、环氧砂浆面层等增加主体结构的保护层,改善使用环境等,增加结构耐久性。(2)建筑装饰装修材料耐久性:可以通过更换保温、防水材料,提高建筑装饰装修材料的耐久性,提升防水性能,减少温度应力产生的裂缝,同时间接提高结构的耐久性。(3)机电设备耐久性:机电设备年久失修,无法使用,通风效果差,室内潮湿,可以更换设备,以满足使用功能需要。

(4) 使用环境的改善：部分历史建筑长期闲置，门窗关闭，室内潮湿，耐久性问题突出，在历史建筑加固改造并投入使用后，通过开窗通风、调节室内外温湿度差，改善舒适度，从使用环境角度提升耐久性。木构件在结构加固设计工作年限内应满足耐久性的规定；同时应采取减少水分和太阳辐射等影响的措施及自然通风措施。

3.0.5 木结构及木构件应进行构件的耐火极限设计和结构的防火构造设计。

- 1 木结构构件应满足燃烧性能和耐火极限的要求；
- 2 木结构连接的耐火极限不应小于所连接构件的耐火极限；
- 3 木结构应满足防火分隔要求；
- 4 管道穿越木构件时，应采取防火封堵措施，防火封堵材料的耐火性能不低于相关构件的耐火性能；
- 5 木结构历史建筑中配电线路应采取防火措施。

【条文说明】本条规定了木结构历史建筑加固和修缮设计及施工中的防火要求。木结构建筑，特别是轻型木结构建筑中，木结构墙体、楼板及封闭吊顶或坡屋顶下存在大量空腔和密闭空间，采取防火分隔措施，可阻止因某处着火所产生的火焰、高温气体以及烟气的蔓延。

3.0.6 加固修缮设计应明确结构加固后的用途和使用环境，在加固设计后续工作年限内，未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

3.1 材料

3.1.1 加固和修缮材料的性能应满足现行规范要求，外立面材料色泽等宜与原材料一致，新旧材料应相容并有效连接。

3.1.2 加固材料应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367 和《砌体结构加固设计规范》GB50702、《钢结构加固设计标准》GB51367、《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB50728 的要求。

3.1.3 钢结构原构件的强度设计值，当按现场检测的屈服强度推定值 f_y 确定时，其抗拉强度设计值 f 应取 f_y 与 γ_R 的比值；抗力分项系数 γ_R 应取为 1.2。

3.1.4 钢结构加固用钢材的品种、质量和性能应符合下列规定：

- 1 加固件的钢号应与原构件的钢号相同或相当；其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的有关规定；其韧性、塑性及焊接性能应能与原构件钢材相匹配；
- 2 不得使用无出厂合格保证、无标志的钢材；
- 3 表面原始锈蚀等级为 D 级的钢材不应用作结构钢。

3.1.5 钢结构加固用焊接材料的质量和性能应符合下列规定：

1 手工焊接采用的焊条,应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 或《热强钢焊条》GB/T 5118 的规定,选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

2 焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045、《热强钢药芯焊丝》GB/T 17493 的规定。

3 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝 焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝焊剂组合分类要求》GB/T 12470 的规定。气体保护焊使用的氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 的规定,其纯度不应低于 99.95%。

3.1.6 加固用钢筋的品种、质量和性能应符合下列规定:

1 宜选用 HRB400 级或 HPB300 级钢筋;

2 钢筋的质量应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2、《钢筋混凝土用钢第 1 部分:热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014 的规定;

3 钢筋的强度设计值应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定采用;

4 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场复验的钢筋以及再生钢筋。

3.1.7 加固钢结构用螺栓的质量和性能应符合下列规定:

1 钢结构连接用 4.6 级及 4.8 级普通螺栓应为 C 级螺栓;5.6 级及 8.8 级普通螺栓应为 A 级或 B 级螺栓;其性能和质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定。C 级螺栓与 A 级、B 级螺栓的规格及尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 与《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

2 钢结构用大六角高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。钢结构用扭剪型高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。

3 螺栓球网架用高强度螺栓应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定。

3.1.8 加固钢结构用焊钉、栓钉和锚栓的质量和性能应符合下列规定:

1 圆柱头焊钉、栓钉应以 ML15 钢或 ML15AL 钢制作,焊钉或栓钉的屈服强度不应小于 360N/mm²,抗拉强度不应小于 400N/mm²。焊/栓钉连接件的材料

及焊接用瓷环应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。

2 锚栓应采用优质碳素结构钢制成,其质量和性能等级应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699 和《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定。

3.1.9 预应力加固时可采用钢绞线拉索、钢丝拉索、钢丝绳索及钢拉杆,也可采用碳纤维棒或碳纤维带。

1 加固用钢绞线拉索的质量及性能应分别符合现行国家标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161、《填充型环氧涂层钢绞线》JT/T 737 和《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152 的规定。

2 加固用钢丝拉索的质量及性能应符合现行行业标准《高密度聚乙烯护套钢丝拉索》CJ/T 504 的规定。

3 加固用钢丝绳的质量及性能应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB 8918 的规定。

4 加固用钢拉杆,可采用普通圆钢制作的拉杆,也可采用高强度钢拉杆。高强度钢拉杆的质量和性能应符合现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934 的规定。

5 加固用拉索的锚具应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定。

3.2 加固

3.2.1 历史建筑的加固可分为应急抢险加固、正常使用状态加固和抗震加固。

3.2.2 当历史建筑存在因地基不均匀沉降引起的倾斜、开裂,以及结构或构件因承载力或构造措施不足、年久失修等引起的严重损伤、失稳等情况,且处于持续发展状态时,应立即采取支撑、顶升、托换等应急抢险加固措施。

3.2.3 当历史建筑安全性鉴定不满足要求时,应进行正常使用状态加固。历史建筑正常使用状态的加固包括地基基础加固、上部结构构件满足使用荷载的加固,以及抗风雪能力的加固等。

3.2.4 当历史建筑抗震鉴定不满足要求时,应结合正常使用状态加固,一并进行抗震加固。

3.2.5 历史建筑的加固符合下列原则:

1 加固方案根据鉴定结论经综合分析后确定。

2 加固方案应满足传力途径直接、受力合理、方法可靠且易于实施。

3 抗震加固应遵循先体系、后构件,先整体、后局部的原则,优先采用体系加固技术,以改善结构规则性,加强整体性,改善构件的受力状况,提高综合抗震能力。

4 不规则的历史建筑，应通过抗震加固措施使结构质量和刚度分布接近均匀、对称。

5 抗震加固时，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性能化加固措施。

6 宜减少地基基础的加固工程量，采取提高上部结构抵抗不均匀沉降能力的措施，并应计入不利场地的影响。

7 加固方案应结合修缮措施，改善耐久性使用功能。

3.2.6 加固设计时，活荷载、风荷载和雪荷载的取值，可根据后续工作年限按照现行国家标准的规定取值，地震作用的取值应符合的规定。

3.2.7 历史建筑的加固应符合下列要求：

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，应采取有效处理措施后方可继续施工。

3 对可能导致的倾倒、开裂或局部倒塌等现象，应预先采取安全措施。

4 加固质量应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550 的要求。

3.3 修缮

3.3.1 修缮设计宜根据房屋病虫害防治、消防、防涝、防潮、防漏和防雷电等技术要求，提出相应的技术措施。

3.3.2 修缮设计应与施工密切配合，当施工过程中发现查勘资料、设计文件与施工现场不符时，应及时修改设计。

~~**3.3.3** 本结构应进行构件的耐火极限设计和结构的防火构造设计。~~

3.3.4 历史建筑中木结构修缮应符合下列要求：

1 应选用与原建筑木材相同或相近的树种，确保新木材的强度、耐久性等性能与原木材相匹配。

2 对于古建筑中具有特殊意义或历史价值的旧木材，应在评估其质量和安全性后，尽量保留并合理利用。

3 对新使用的木材进行防腐、防虫处理，可采用传统的桐油浸泡、石灰水涂刷等自然环保的方式，也可使用符合环保要求的现代木材防腐剂，应确保处理后的木材外观和性能不受明显影响。

4 修缮中用于木材连接的榫卯、铁件等材料，应按照传统工艺制作或选用与原建筑相符的规格和材质。铁件应做防锈处理，可采用传统的红丹漆或现代的防锈漆进行涂刷，防止铁件生锈后膨胀破坏木材结构。

3.3.5 历史建筑中砖石结构修缮应符合下列要求：

1 优先选用与原建筑同产地、同材质的砖石。对于缺失或损坏严重的砖石部件，若无法获取完全相同的材料，可选择外观、颜色、质地相近的替代砖石，应经过严格的筛选和试验，确保其强度、吸水率等性能指标满足修缮要求。

2 砖石墙体的修补材料应具有良好的粘结性、耐久性和兼容性。

3 对于较小的砖石裂缝和破损，可采用传统的灰浆进行修补，其配比应根据原建筑灰浆的成分和性能进行调整。对于较大的结构损伤，可使用与砖石强度相近的特种修补砂浆或灌浆材料进行修复，以确保修补后的部位与原结构紧密结合，不影响整体稳定性。

4 为保护砖石表面免受风雨侵蚀和环境污染，可在其表面涂抹适当的防护剂。防护剂应具有透气性、防水性和耐候性，不能对砖石造成颜色变化或损害其表面纹理。

3.3.6 历史建筑中金属材料修缮应符合下列要求：

1 当需要使用钢材进行抗震加固时，应选择质量优良、耐腐蚀性好的钢材。钢材的规格和型号应根据加固设计的要求确定，同时满足与原建筑结构和材料的协调性。

2 对于外露的钢结构部件，应进行防腐、防火处理，可采用涂刷防锈漆、防火涂料等方式，延长其使用寿命并提高防火性能。

3 金属连接件应选用与主体结构材料相匹配的材质，确保连接的牢固性和耐久性。

4 在潮湿环境或易腐蚀部位，可使用镀锌或镀铬的金属连接件，增强其抗腐蚀能力。

5 对于古建筑中的铜质、铁质等金属构件，修缮时应尽量保留原件，若有损坏需修复或更换，应按照原工艺和材料进行制作，保持其历史风貌。

3.3.7 历史建筑中其他特殊材料修缮应符合下列要求：

1 历史建筑在修缮砖石墙体、地面等部位时，使用传统灰浆时，应严格按照传统工艺进行配制和施工，控制好灰浆的配合比和稠度，确保其性能符合修缮要求。

2 在保证不破坏历史建筑原有风貌和结构安全的前提下，修缮可适当引入一些新型材料来提高修缮效果和抗震性能。

3 历史建筑修缮在使用新型材料时，应进行充分的试验和论证，确保其与原建筑材料的兼容性和长期稳定性。

4 地基基础与地下空间

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于历史建筑的地基基础加固设计、历史建筑地下空间利用的地基基础加固设计和历史街区地下空间利用的地基基础加固设计。

【4.1.1 条文说明】历史建筑因使用不当，增加荷载、纠倾、移位、改建、建筑保护，遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响等，可对其地基和基础进行加固；为改善历史建筑使用功能，可对历史建筑进行地下增层或对原地下结构进行改扩建；为提升历史街区防火、防内涝性能、市政管线敷设和公共服务设施建设需求，可在历史街区公共区域新增地下空间。

4.1.2 历史建筑地基基础加固前，应对地基基础和上部结构进行鉴定。

4.1.3 加固后地基基础的工作年限，应满足加固后历史建筑设计工作年限的要求。

4.1.4 历史建筑地基基础加固设计，应遵循新基础和旧基础，新增桩和原有桩变形协调原则，进行地基基础加固设计。新、旧基础的连接应采取可靠的措施。

4.1.5 历史建筑原位地下增层，应根据地下空间利用的建筑、结构方案，采取基础托换、基坑支护等技术措施满足地下增层的基坑开挖和地下结构施工要求。托换结构设计应满足体系安全可靠、传力路径明确、施工便利等要求。

【4.1.5 条文说明】既有建筑地下增层方式主要包括原位地下增层和移位地下增层。原位地下增层可采用托换结构托换原建筑荷载后进行地下增层，一般需拆除既有建筑基础，原结构承重构件与新增地下结构承重结构体系布置相同；也可通过荷载转换构件将原建筑荷载传递到新建地下结构与地基基础上，此时可根据新增地下结构功能需求进行地下结构承重构件的布置。

原位地下增层也可采用在既有建筑基础或地下结构外墙内侧采用基坑支护措施，实现在既有建筑基础或地下结构外墙内侧进行地下增层。在既有建筑地基基础或原地下结构外侧采用基坑支护方式，可在既有建筑外侧进行地下增层或对原地下结构进行扩建。

既有建筑原位地下增层技术风险比较大，采用托换结构对既有建筑进行托换后实施地下增层，必须确保托换结构的安全性、可靠性，要求托换结构体系设计合理、传力路径明确，同时满足施工可行和便利的要求。

采用既有地基基础内侧、外侧基坑支护方式对历史建筑进行地下增层、原地下空间扩建或同时进行地下增层和原地下结构扩建，需对既有建筑地基基础进行基坑支护，以保证基坑开挖对既有地基基础的受力和变形状态的影响在允许的范围内，进而保证上部结构的安全。

移位地下增层适用于具备场地条件,或从技术角度综合考虑后需采用移位方式进行地下增层的情况。当根据规划需要,需要将既有建筑移位到新址、同时需要增加地下空间时,也是移位地下增层的一种形式。

4.1.6 历史建筑同时进行竖向和水平向地下增层、或对原地下结构进行水平向扩建时,应控制新旧地下结构之间的差异沉降。

4.1.7 历史街区公共地下空间利用,应采取基坑支护等技术措施满足基坑开挖要求,基坑支护设计应满足开挖影响范围内历史建筑与周边环境的保护要求。

【4.1.7 条文说明】为提升历史街区防火、防内涝性能、市政管线敷设和公共服务设施建设需求,在历史街区公共区域新增地下结构时,主要采用基坑支护结构对新增地下结构基坑开挖影响范围内的建(构)筑物、道路、地下管线等进行保护,满足周边环境的变形控制要求。

当因场地条件或施工条件限制,需采用托换结构对相邻建(构)筑物基础托换后,进行新增地下结构基坑开挖时,基坑支护结构可结合托换结构设计,同时满足基坑支护与托换结构的设计要求。

4.1.8 地基基础加固设计应根据结构类型、基础形式、作用和作用组合情况、勘察鉴定结论、建筑场地环境条件及施工条件,进行设计计算并选择合理的加固设计方案。

4.1.9 地基基础加固设计应具备下列资料:

- 1 场地岩土工程勘察资料,缺失或不完整时,应重新勘察或补充勘察;
- 2 地基基础、结构图纸和相关资料,缺失或不完整时,应进行补充调查和检测;
- 3 地基基础、结构现状的评估或鉴定报告;
- 4 地基基础加固设计要求;
- 5 可能受加固影响的历史建筑各部位的几何参数和影像资料;
- 6 对历史建筑可能产生影响的临近新建工程的有关勘察、设计、施工、监测资料等;
- 7 历史建筑加固可能影响到的临近建(构)筑物等的有关资料。

4.1.10 地基基础加固设计应符合下列规定:

- 1 应进行地基承载力、地基变形和基础承载力验算。
- 2 受较大水平荷载或位于斜坡上的历史建筑地基基础加固,以及邻近新建工程基础埋深大于历史建筑基础埋深时,应进行地基稳定性验算。
- 3 对位于湿陷性黄土、膨胀土、冻土等特殊土地区或不均匀地基上的历史建筑,应采取针对性加固设计方案。
- 4 地基基础加固设计,应采取措施减少或降低施工对历史建筑附加变形的不利影响,并保证新旧基础可靠连接。

5 地基基础加固设计，应对加固的检测和验收内容作出规定。

6 地基基础加固设计，应对加固期间和完工后的监测和维护内容作出规定。

【4.1.10 条文说明】湿陷性黄土、膨胀土、冻土等特殊土地区或不均匀地基具有其特殊性，其地基基础加固设计要重视特殊土或不均匀地基的工程特性，重视地区经验，采用针对性设计。

4.1.11 地基基础加固施工质量应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB50550 的要求。

4.1.12 地基基础加固施工，应加强变形监测，当监测数据出现异常时，应立即停止施工，分析原因，必要时采取调整地基基础加固设计或施工方案的技术措施。

4.1.13 基础托换、纠倾、移位等施工，应设置监测系统，实时监测纠倾变位、移位变位和结构的变形。

4.1.14 地基基础加固工程，应对其在施工和使用期间进行沉降观测直至沉降达到稳定为止。

4.2 地基基础加固

4.2.1 地基基础计算应符合下列规定：

1 地基承载力、地基变形计算及基础验算，应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003、《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定。

2 地基稳定性计算，应符合国家现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础设计规范》GB50007 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

3 抗震验算，应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的有关规定。

4.2.2 地基承载力特征值的确定应符合下列规定：

1 当有地区经验时，可按地区经验，并结合土工试验、其它原位试验结果等综合确定。

2 平面尺寸和埋深不改变的基础直接增加荷载时，可按《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的持载再加荷试验方法确定；不具备持载试验条件时，可按国家现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 原基础下的现场载荷试验方法，并结合土工试验、其它原位试验结果，以及地区经验等综合确定。

3 既有建筑外接结构地基承载力特征值，应按外接结构的地基变形允许值确定。

4 对于需要加固的地基，应采用地基处理后检验确定的地基承载力特征值。

5 对扩大基础的地基承载力特征值，应采用原天然地基承载力特征值。

【4.2.1 条文说明】既有建筑地基土的压密在荷载作用下已完成或基本完成，再加荷时地基土的“压密效应”，使增加荷载的一部分由原地基土承担。

《建筑物移位纠倾增层改造技术规范》（CECS225:2020）规定，沉降稳定的建筑物直接增层时，其地基承载力特征值可适当提高，根据建成年限，地基承载力提高系数在 0.05~0.45 之间。

中国建筑科学研究院地基所滕延京、李钦锐等的试验结果表明，原地基土在压力下固结压密后再加荷，荷载变形曲线明显变缓，表明其承载力提高。对粉质黏土，持载 7d 后，变形趋于稳定。在模型试验的基础上，提出了持载再加荷试验方法，采用与原基础、地基条件基本相同条件下，通过持载再加荷试验确定地基承载力，用于不改变原基础尺寸、埋深条件直接增加荷载的设计条件。

对于不具备持载试验条件时，可在原基础下开挖试验坑，通过现场载荷试验方法确定地基承载力，由于承压板尺寸选取，以及由于安装载荷试验设备的需要，会将原基础下压密程度最高、承载力提高最大部分的地基土挖除，从而使得载荷试验确定地基承载力与实际承载力不同。采用在原基础下的载荷实试验方法确定地基承载力时，还需结合土工试验、其他原位方法等综合确定。

扩大基础加固或改变基础型式，再加荷时原基础仍能承担部分荷载，可采用持载再加荷试验方法确定其增加值，其余增加荷载由扩大基础承担。采用原地基承载力特征值设计，相对简单。

4.2.3 地基加固可采用注浆法、旋喷桩法、灰土挤密桩法、水泥土搅拌桩法、硅化注浆法、碱液注浆法等，可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的有关规定设计。

4.2.4 地基基础加固或增加荷载后，既有建筑桩基础群桩中单桩的设计计算，应符合国家现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003、《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑桩基技术规范》JGJ94 的有关规定。

4.2.5 既有建筑下原有桩与新增桩的单桩竖向承载力特征值，应满足以下规定：

1 原有桩的单桩静载荷试验，可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123 的持载再加荷试验方法确定，有地区经验时，可按地区经验确定。

2 新增桩单桩竖向承载力特征值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的方法确定。

4.2.6 采用桩基托换地基基础加固，新增桩对上部结构荷载的分担可按以下原则确定：

1 在既有建筑原基础内增加桩时，应按新增加的全部荷载，由新增桩承担进行承载力计算。

2 对既有建筑的独立基础、条形基础进行扩大基础并增加桩时,可按既有建筑原地基增加的承载力承担部分新增荷载、其余新增加的荷载由桩承担进行承载力计算,此时地基土承担部分新增荷载的基础面积应按原基础面积计算。

3 既有建筑桩基础扩大并增加桩时,可按新增加的荷载由原有桩和新增桩共同承担,进行承载力计算。

【4.2.5 条文说明】中国建筑科学研究院地基所滕延京、李钦锐等的试验结果表明,天然地基在使用荷载下持载,土层固结完成后在原基础内增加桩的试验结果,新增荷载在再加荷的初始阶段,大部分荷载由新增桩承担。随着上部结构的荷载增大,承台下地基土反力有了一定的增长,在加荷的中后期,承台下地基土分担的上部结构荷载达到 30%左右。既有建筑原地基增加的承载力可按本规范第 4.2.1 条的原则确定,地基土承担部分新增荷载的基础面积应按原基础面积计算。模型试验独立基础持载结束后扩大基础底面积并植入树根桩,基础上部结构传来的荷载由原独立基础下的地基土、扩大基础底面积下的地基土、桩周土共同承担。模型试验原桩基础持载结束后扩大基础底面积并植入树根桩,在增加荷载量为原荷载量时,新增桩与原有桩分担的荷载虽先后不同,但几乎共同分担。

4.2.7 桩基托换加固可采用锚杆静压桩、坑式静压桩、树根桩、注浆钢管桩、H 型钢桩、钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、劲性复合桩等,加固形成复合桩基、桩基等加固方案,可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123、《劲性复合桩技术规范》JGJ/T327 等有关标准的规定设计。

4.2.8 桩基托换加固设计尚应符合下列规定:

1 根据既有建筑结构形式、基础型式、荷载情况,以及场地地基情况进行方案比选,分别采用整体托换、局部托换,或托换与加强建筑物整体刚度和强度相结合的设计方案。

2 按地基、基础、上部结构变形协调原则进行承载力、变形验算。

3 对于无筋扩展基础,应在承重墙与基础之间设置托换梁、板;对于扩展基础、条形基础、筏板基础,可在承重墙(柱)与基础之间设置换梁(板),也可利用原基础经加固后作为托换梁(承台)。

4 托换桩应与基础整体连接,桩顶与基础的连接应符合国家现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 的有关规定。

5 桩基托换加固设计,应对基础进行强度复核,当基础强度不满足要求时,应对原基础进行加固。

6 根据环境的腐蚀性、桩的类型、荷载类型(受拉或受压)、钢材的品种及设计使用年限,托换桩中钢筋或钢构件的防腐构造应符合耐久性设计的要求。

4.2.9 基础加固应符合下列规定:

- 1 基础补强注浆适用于裂损基础加固。
- 2 基础强度或刚度不满足设计要求时，宜采用加大基础截面或底板厚度法。
- 3 应采取有效措施，保证新、旧基础的连结牢固和地基的变形协调。
- 4 基础加固设计及构造措施等应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007、《混凝土结构加固设计规范》GB50367 的有关规定。

4.2.10 加大基础底面积的设计应符合下列规定：

- 1 中心受压的基础可采用对称加宽，当基础偏心受压时可采用不对称加宽。
- 2 当采用混凝土套加固时，基础每边加宽宽度应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 中有关无筋扩展基础台阶宽高比允许值的有关规定；沿基础高度和宽度隔一定距离应设置锚固钢筋；当采用钢筋混凝土套加固时，加宽部分的主筋应与原基础内主筋相焊接。

3 无法采用混凝土套或钢筋混凝土套加大基础底面积时，可将原独立基础改成条形基础；将原条形基础改成十字交叉条形基础或筏形基础；将原筏形基础改成箱形基础。

4.2.11 加深基础法的设计应符合下列规定：

- 1 根据后期施工和使用荷载进行基础验算，必要时应进行基础加固。
- 2 基础加深的混凝土墩可以设计成间断的或连续的。
- 3 当基础为承重的砖石砌体、钢筋混凝土基础梁时，墙基应跨越两墩之间，如原基础强度不能满足两墩间的跨越，应设计过梁。

4.2.12 当地基持力层范围内存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层地基承载力验算，验算方法应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定。

4.2.13 地基基础加固或增加荷载后的建筑物相邻柱基的沉降差、局部倾斜、整体倾斜值的允许值，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

4.2.14 对有特殊要求的保护性建筑，地基基础加固或增加荷载后的地基变形允许值，应按建筑物的保护要求确定。

4.2.15 地基基础加固后，其地基最终变形量可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123 计算。

4.2.16 地基基础加固后产生的地基变形量，可按下列规定计算：

- 1 天然地基不改变基础尺寸时，可按增加荷载量，采用按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123 方法得到的变形模量计算。
- 2 扩大基础尺寸或改变基础形式时，可按增加荷载量，以及扩大后或改变后的基础面积，采用原地基压缩模量计算。
- 3 地基加固时，可采用加固后经检验测得的地基压缩模量或变形模量计算。

4.2.17 采用桩基加固的基础沉降，可按下列规定计算：

1 既有建筑不改变基础尺寸，在原基础内增加桩时，可按增加荷载量，采用桩基础沉降计算方法计算。

2 既有建筑独立基础、条形基础扩大基础增加桩时，可按新增加的桩承担的新增荷载，采用桩基础沉降计算方法计算。

3 既有建筑桩基础扩大基础增加桩时，可按新增加的荷载，由原基础桩和新增桩共同承担荷载，采用桩基础沉降计算方法计算。

4.2.18 历史建筑的纠倾、移位、托换等，其设计可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固规范》JGJ123 的有关规定设计。

4.3 地下空间利用

4.3.1 历史建筑与历史街区地下空间利用的设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.3.2 历史建筑地下增层形式和技术方案选择，应根据建筑的保护要求、地下增层建筑与结构方案、结构类型与现状、基础形式、工程地质条件与水文地质条件、周边环境条件、施工条件等因素综合确定。

4.3.4 历史建筑上部结构性能不能满足地下增层施工过程中的安全性要求时，应对上部结构采取加固措施或临时支撑加强措施后再进行地下增层施工。

【4.3.4 条文说明】上部结构现状性能较差的历史建筑，经鉴定后不满足地下增层施工过程中的安全性要求时，需要先对上部结构进行加固或采取必要的临时支撑加强措施后，才可进行地下增层施工，以确保地下增层过程中上部结构的安全。为满足地下增层的上部结构加固，可结合历史建筑的结构加固进行，此时上部结构的加固需同时满足地下增层施工过程中的临时加固和上部结构的永久加固要求。

4.3.4 历史建筑地下增层托换结构与结构设计应根据结构破坏可能产生的后果，采用不同的安全等级及结构的重要性系数，并应符合下列规定：

1 当托换结构作为永久结构时，其结构安全等级和重要性系数不得小于地下结构安全等级和重要性系数。

2 托换结构安全等级和重要性系数应按施工与使用两个阶段选用较高的结构安全等级和重要性系数。

3 当地下增层或地下平面扩建结构的部分构件只作为临时结构构件的一部分时，应按临时结构的安全等级及结构的重要性系数取值。当形成最终永久结构的构件时，应按永久结构的安全等级及结构的重要性系数取值。

4.3.5 历史建筑地下空间利用结构设计的作用组合和分项系数应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001 的相关规定。

4.3.6 历史建筑地下增层结构设计的荷载应符合下列规定：

1 水平荷载：应包括施工阶段支护结构所传递的土压力、水压力、原基础与坑外地面荷载产生的侧压力等。作为永久结构的构件在使用阶段，应包括外墙结构所传递的土压力、水压力、原基础与坑外地面荷载产生的侧压力等。

2 竖向荷载：应包括地下空间施工各阶段结构构件自重及取土、运土时可能作用于结构上的施工荷载。作为永久结构在使用阶段的竖向荷载，应包括结构自重、活荷载、风荷载和地震作用引起的竖向力，作用于底板的水浮力。

4.3.7 历史建筑原位地下增层可采用竖向地下增层、水平向地下增层、竖向和水平混合地下增层、移位地下增层等（图 4.3.7）。

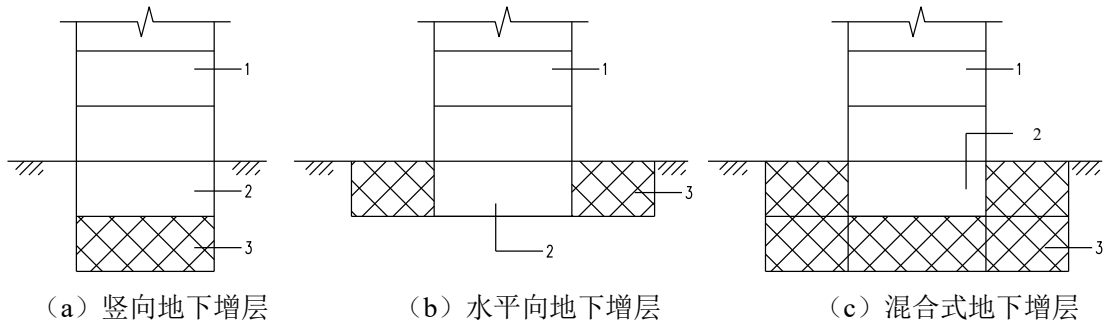


图 4.3.7 地下增层方式

1—既有上部结构；2—既有地下结构；3—新建地下结构

4.3.8 历史建筑竖向地下增层可选择结构托换后顺序施工或逆作施工地下增层、既有基础内侧基坑支护后地下增层方案（图 4.3.8）。

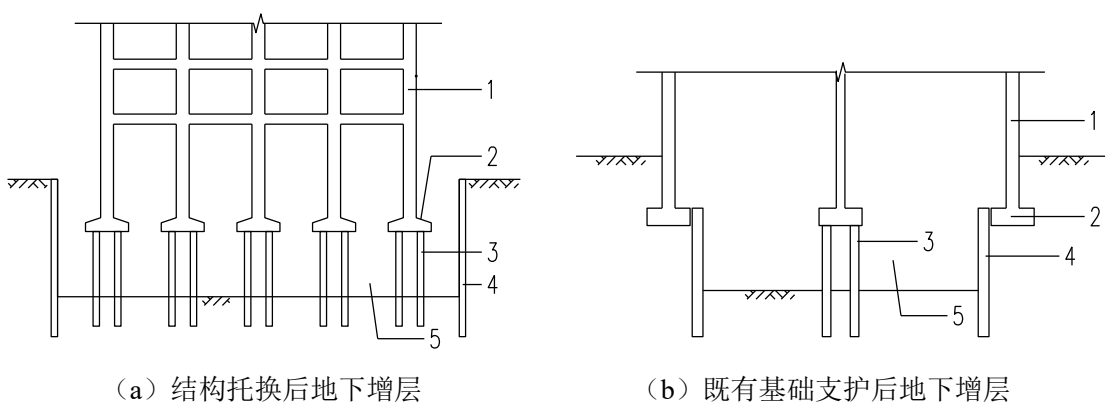


图 4.3.8 竖向地下增层

1—既有上部结构；2—既有基础；3—托换桩；4—支挡结构；5—基坑

4.3.9 历史建筑结构托换后地下增层的结构设计包括托换结构设计、基坑支护与地下水控制设计、新增地下空间结构与地基基础设计及必要的临时或永久加固设计等。

4.3.10 历史建筑采用结构托换后进行地下增层时，托换结构布置应满足历史建筑地下增层过程中的承载力、变形和稳定性要求，并应考虑施工的可行性和便利性。

4.3.11 历史建筑托换结构体系可按下列规定设计：

1 结构类型为框架结构时，可采用托换基础或框架柱的桩-承台托换结构体

系(图 4.3.11-a),也可采用对结构整体托换的桩-梁托换结构体系(图 4.3.11-b)。

2 结构类型为砌体结构时,可采用托换墙体的桩-梁托换结构体系,也可采用结构整体托换的桩-梁托换结构体系。

3 采用结构整体托换的桩-梁托换结构体系时,当托换梁截面尺寸较大或上部结构变形控制要求较高时,可采用混凝土预应力托换梁,或在既有结构基础部位设计上托盘梁、在托换桩顶设计下托盘梁、在上下托盘梁之间设计顶升千斤顶的沉降补偿托换结构体系,必要时对上部结构进行顶升控制既有建筑沉降与变形。

4 对结构采用桩-梁式整体托换时,托换桩可采用分布式布置、集中式布置和分布集中式布置方案。

5 托换结构可与基坑支护结构分开独立设计。托换结构也可与支护结构相结合设计,托换梁(支撑梁)与支护桩(墙)的连接节点设计为刚性连接或滑动支座连接。

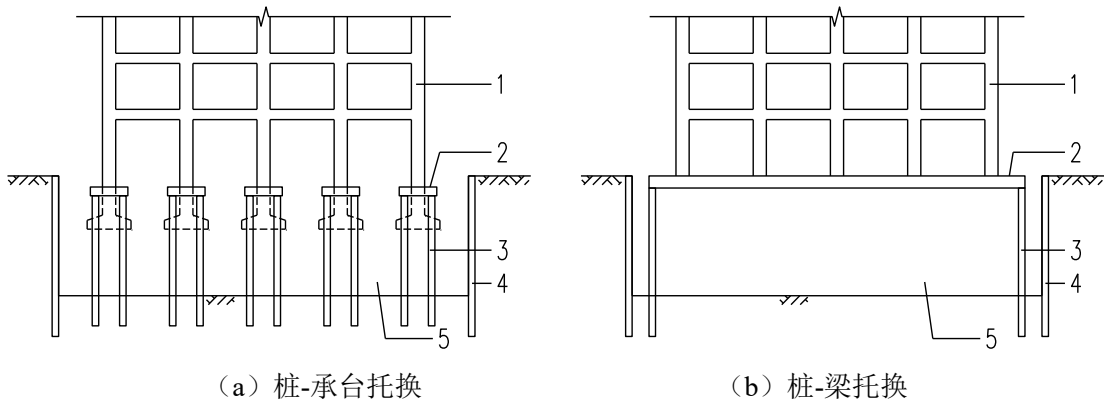


图 4.3.11 托换结构体系

1—既有上部结构; 2—托换梁; 3—托换桩; 4—支挡结构; 5—基坑

【4.3.11 条文说明】历史建筑地下增层宜按照托换结构体系、构件、节点的层次进行设计,由于保护要求、既有结构类型与现状、基础形式、新增地下结构建筑与功能需求、施工条件等因素的不同,托换结构体系设计均有其项目自身的特点,托换结构体系应在充分考虑项目自身特点进行设计。

采用针对构件的托换,托换桩一般直径较小、承载力较低,托换桩的数量较多,对后期土方开挖与地下结构的施工影响相对较大。但同时也具有荷载传递直接、对场地条件及施工机械要求低、易于施工等优势,当单桩施工质量出现问题时,便于采取补救与加强措施。

针对结构整体采用桩-梁托换结构时,可仅在既有建筑外围施工大直径、高承载力的托换桩,具有托换桩数量少、对后期土方开挖与地下结构的施工影响小等优势,但当单桩施工质量出现问题时,采取补救与加强措施难度相对较大。

采用针对结构整体的桩-梁托换结构,托换梁的跨度相对较大,应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T50010 的有关规定进行托换梁承载力和变形

设计。必要时可采用预应力混凝土托换梁，或采用可对上部结构进行顶升从而对沉降进行补偿的托换结构体系。

当支护桩兼做托换桩时，支护桩的水平变形会对既有结构的受力和变形产生影响，托换梁与托换桩的连接可采用滑动支座连接形式，减少支护桩水平变形对既有建筑的影响。

4.3.12 与托换桩相连的水平托换构件，应根据建筑结构类型、基础形式、受力特点和新建地下结构承重构件等因素设计，并应符合下列规定：

1 基础形式为独立基础或条形基础的框架结构，可利用独立基础或条形基础作为托换承台，当基础强度、刚度、平面尺寸不满足托换要求时，应对基础进行加固。

2 框架结构也可在既有基础上部采用封闭抱柱梁式托换，抱柱梁可选用钢筋混凝土梁或型钢梁。

3 砌体结构为无筋扩展基础时，可在基础上方采用梁式托换结构，托换梁为钢筋混凝土梁时，可采用夹墙梁形式的双梁托换或墙下单梁托换。夹墙梁也可采用型钢梁、型钢混凝土梁或预应力混凝土梁等形式。

4 水平托换构件宜布置在同一标高上，托换承台（梁）之间应相互连接形成整体结构，托换结构体系可采用平面桁架式、十字交叉梁式、梁板式等结构形式。

4.3.13 托换桩可采用锚杆静压桩、钻孔灌注桩、人工挖孔桩、水泥土钢管复合桩、注浆钢管桩、型钢桩等桩基形式。

4.3.14 托换桩的设计应符合下列规定：

1 托换桩的设计应满足承载力、变形和稳定性要求。

2 托换桩作为临时结构时，应按施工期最大荷载组合进行设计。托换桩与永久结构相结合设计时，应按施工期、使用期最大荷载组合进行设计。

3 托换桩变形应按上部结构变形允许值进行设计，托换桩沉降与变形应包括桩基沉降和桩身压缩变形、水平变形等。

4 托换桩设计应考虑开挖过程中和开挖到设计标高时的稳定性，当不满足稳定性要求时，应采用增大桩径、采用水平向和竖向支撑提高托换桩稳定承载力。

5 托换桩与支护结构相结合设计时，除满足竖向承载设计要求，还应满足作为基坑支护结构的承载力和变形设计要求。

4.3.15 托换桩单桩竖向承载力应通过静载荷试验确定，初步设计时可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定计算。

4.3.16 托换桩承载力验算应扣除开挖段的桩侧阻力，按土方开挖后埋置在土体中的有效长度计算。当开挖深度较大引起的开挖卸荷对托换桩承载力的影响不可忽略时，宜计入开挖卸荷对托换桩承载力的影响。

4.3.17 托换桩的桩身承载力应根据每一步的开挖深度和桩的约束条件变化，按最

不利工况计算。考虑桩身压屈影响的稳定系数可根据桩身压屈计算长度 l_0 和桩的设计直径 d (或矩形桩短边尺寸 b)，按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定计算。

4.3.18 砌体结构托换梁的设计应符合下列规定：

1 采用钢筋混凝土夹墙梁时，在欲托换的墙体两侧设置钢筋混凝土夹墙梁，夹墙梁范围内每隔 1m~1.5m 设置拉梁，拉梁截面宽度不宜小于 250mm，拉梁截面高度不宜小于夹墙梁高度。

2 当采用钢筋混凝土矩形截面托梁时，可采取分段或掏洞设置支撑后做托梁的施工方法。支撑分段施工时，每段长度不宜大于 1m 且不大于墙体长度的 1/3；掏洞设置支撑时，支撑间距不宜大于 1m。

3 计算托梁内力时，支座应按实际情况确定或支座弯矩按固定端计算，跨中弯矩按简支梁计算。

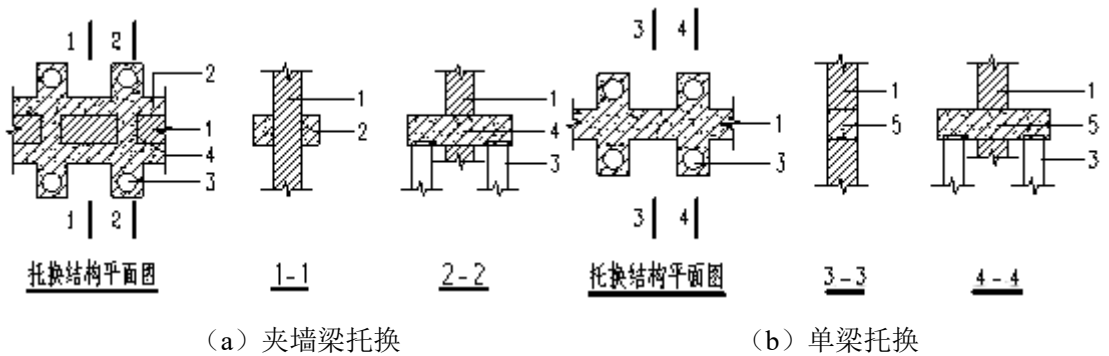


图 4.3.18 托换梁截面

1—既有墙体；2—夹墙梁；3—托换桩；4—拉梁；5—单托梁

4.3.19 采用逆作地下增层结构设计应包括基础设计、托换结构设计、侧向支护结构设计等，历史建筑托换后采用逆作法施工新建地下结构的设计除满足本规范相关规定外，尚应符合现行行业标准《地下建筑工程逆作法技术规程》JGJ165、《建筑工程逆作法技术标准》JGJ432 的有关规定。

4.3.20 历史建筑采用既有基础内侧基坑支护方式进行地下增层设计应满足下列规定：

1 基坑支护结构应根据地下空间利用需求、既有基础形式、基坑开挖深度、工程地质与水文地质条件、周边环境条件、施工条件等因素，分别选择锚拉式支挡结构、支撑式支挡结构、悬臂式支挡结构、支护结构与主体结构相结合的逆作法等支挡结构形式。

2 作用于支挡结构的土压力、水压力、地面超载等的计算应符合国家现行标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定，作用于支挡结构的土压力宜按静止土压力计算。既有基础的基底压力应根据结构计算与分析确定。

3 基坑支护结构的挡土构件或水平支撑构件等可与托换结构构件分开独立设计或相结合共同设计。

4 支护结构与托换结构相结合设计时，支护桩、地下连续墙等基坑挡土构件可兼做托换结构的竖向承载构件，此时基坑挡土构件还应满足作为托换结构构件的承载力、变形和稳定性设计要求；用于托换既有建筑内部承重构件的托换梁可兼做基坑支护结构的支撑梁。

【4.3.20 条文说明】在既有地基基础内侧采用基坑支护方式进行基坑开挖与地下增层，由于历史建筑一般建筑体量较小，为尽可能提供更大使用面积的新建地下结构，支护结构应尽可能靠近既有基础，支护结构的挡土构件一般采用支护桩或地下连续墙的形式，当基坑开挖深度较大时，尚需采用拉锚或内支撑等控制支护结构的变形。基坑开挖会对既有地基承载力和变形产生影响，基坑支护变形控制设计应按既有基础沉降和变形允许值进行控制。

基坑支护结构可与既有建筑内部承重构件的托换结构各自分开设计，也可将支护桩与托换桩相结合、支护结构的支撑梁与托换梁相结合进行设计。某历史建筑采用既有基础内部基坑支护方式进行原地下室增加层高和大跨度地下空间改造，支护桩兼做托换桩，既有内部承重墙托换梁兼做支护结构的内支撑梁，托换梁同时为新地下结构的永久构件。

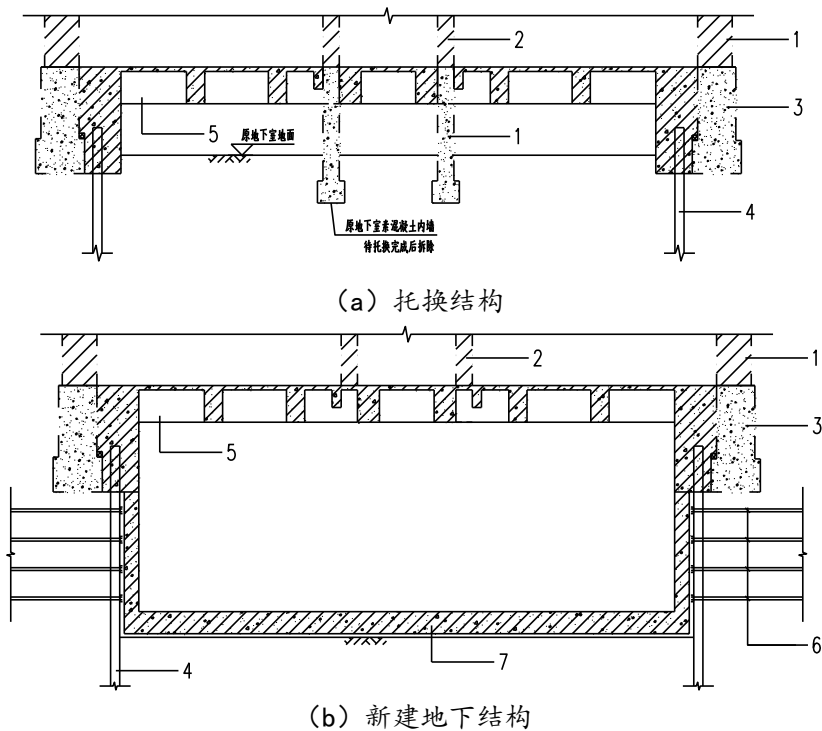


图 1 既有基础内侧基坑支护地下增层

1—既有外墙；2—既有内墙；3—既有基础；4—支护桩兼做托换桩；5—托换梁兼做地下室梁；6—锚杆；7—新建地下结构基础

4.3.21 在既有基础外侧基坑支护（图 4.3.21）进行既有建筑地下增层的设计应满

足下列规定：

1 基坑支护支挡结构形式、荷载计算应符合 4.3.20 条的规定。

2 新增地下结构与既有地下结构之间的连接通道应根据新、旧地下结构的情况针对性设计。

【4.3.21 条文说明】历史建筑水平向地下增层的基坑开挖深度不超过既有基础或既有地下结构的基础埋深时，需根据既有基础形式，对拟建基坑开挖对既有基础承载力与变形的影响进行分析与评价后，才可进行基坑开挖；当拟建基坑的开挖深度超过既有基础或地下结构的埋深时，拟建基坑支护设计应计算分析基坑开挖对既有地基基础承载力和变形的影响。

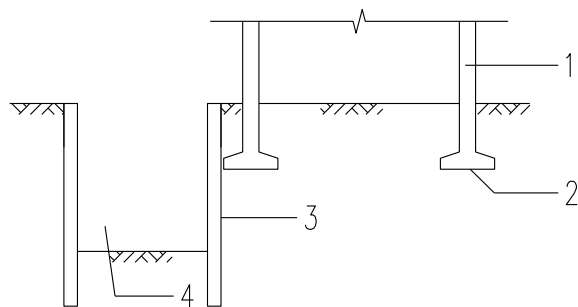


图 4.3.21 既有基础外侧基坑支护

1—既有上部结构；2—既有基础或地下结构；3—支挡结构；4—基坑

4.3.22 采用移位方式地下增层结构设计应包括下轨道及基础设计、托换结构设计、移位动力及控制系统设计、连接设计以及必要的临时或永久加固设计等，应符合现行行业标准《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T 239 及相关规范的规定。

4.3.23 基坑支护结构变形设计应满足既有建筑、相邻建（构）筑物、道路、市政管线的变形控制要求，与托换结构相结合设计的支挡结构，尚应满足托换结构变形控制要求。

4.3.24 地下空间施工过程引起既有地基基础的变形应计入施工扰动产生的沉降与变形。

【4.3.24 条文说明】地基基础加固施工扰动对既有建筑地基变形的影响很难定量估算，且扰动变形往往与托换结构变形等其他变形重合在一起，但忽略施工扰动影响可能导致既有建筑的总沉降与变形超过既有建筑地基变形允许值，因此在既有建筑地基基础加固设计时，应考虑加固方法和施工工艺对既有建筑沉降与变形的影响，采用对既有建筑沉降与变形影响小的加固方法和施工工艺，或对选定的加固方法和施工工艺采取减小施工扰动的技术措施。

4.3.25 托换结构设计应对地下空间利用的施工顺序、检验、验收、监测等内容做出规定。

4.3.26 历史街区地下防灾减灾设施、市政设施、综合设施地下空间利用基坑支护设计应符合下列规定：

1 基坑支护设计方案应根据拟建地下空间相邻的建（构）筑物与地下管线等的保护要求、工程地质条件与水文地质条件、施工条件等因素综合确定。

2 基坑支护设计应符合本规范的相关规定及现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

4.3.27 基坑开挖深度范围内地下水的控制设计应符合下列规定：

1 当基坑开挖深度范围内有上层滞水时，可采用明排方式进行地下水控制，明排系统设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

2 基坑开挖深度范围内有潜水且采用降水方案时，应验算降水对既有建筑或托换结构沉降与变形的影响，同时应考虑降水对周边建筑物、道路、地下管线等的影响。

3 当降水对周边环境影响较大或对历史建筑或托换结构的影响较大时，应采用帷幕截水的地下水控制方案，截水帷幕可根据项目情况采用落底式帷幕或悬挂式帷幕，采用悬挂式帷幕方案时应控制地下水位下降引起的地面沉降和对历史建筑沉降变形的影响，必要时应采取回灌措施。

4.3.28 历史建筑地下增层与历史街区公共地下空间利用的结构设计与地基基础设计等应符合国家相关标准的规定。

5 多层砖石结构房屋

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于黏土实心砖墙、空心砖墙、空斗砖墙、料石墙体承重的历史建筑抗震加固；其层数和高度应符合现行《历史建筑安全性与抗震鉴定标准》的有关规定，当不符合上述规定时，应采取改变结构体系等加固措施。

5.1.2 砖石结构房屋的加固，可根据实际情况采取提高结构承载力、加强结构整体性、增加结构稳定性和减少地震输入等措施。

5.1.3 因地基基础原因造成砌体结构房屋变形，应按本标准第 4 章的有关规定先处理地基基础，再进行砌体结构的加固与修缮。

5.1.4 多层砖石结构房屋的抗震加固应符合下列规定：

1 对非刚性结构体系的房屋，应采取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。

2 优先对楼梯间的墙体采取加强措施，特别是楼梯间设置在房屋尽端和平面转角部位时。

【5.1.4 条文说明】砖石砌体房屋加固，正确选择加固体系和计算综合抗震能力是最基本的要求。

根据震害调查，对于不符合鉴定标准要求的房屋，抗震加固应从提高房屋的整体抗震能力出发，并注意满足建筑物的使用功能和相邻建筑的协调，对于砌体房屋，往往采用加固墙体来提高房屋的整体抗震能力，但需注意防止在抗震加固中出现局部的抗震承载力突变而形成薄弱层。

鉴于楼梯间在抗震救灾中的重要性，特别要求注意加强。

5.1.5 当既有多层砌体房屋的高度和层数超过现行《历史建筑安全性与抗震鉴定标准》规定的限值时，应采取下列对策：

1 房屋的总高度超过限值但层数未超过限值时，应采取高于一般房屋的承载力且加强墙体约束的措施。

2 房屋的层数超过规定限值时，应采取下列措施：

1) 改变结构体系加固。应在两个方向增设一定数量的钢筋混凝土墙体，新增的钢筋混凝土墙应计入竖向压应力滞后的影响；原有砌体墙承担的地震作用不应小于结构全部地震作用的 50%；

2) 面层组合墙加固。应将砖石墙体采用面层加固，加固后的楼层综合抗震能力指数应大于 1.2；

3) 改变用途。可将乙类建筑改变用途按丙类建筑使用，并满足现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的丙类多层砌体房屋的抗震鉴定要求；

4) 增设砌体抗震墙。横墙较少或很少的房屋，可通过增设砌体抗震墙使其改为普通横墙间距或横墙较少的房屋，并满足现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的丙类多层砌体房屋的抗震鉴定要求；

3 当丙类设防且横墙较少的房屋超出规定限值 1 层和 3m 以内时，尚可提高墙体承载力且新增构造柱、圈梁等，使其满足现行国家标准《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。

【5.1.5 条文说明】本条明确了超高、超层砌体房屋的处理方法。考虑到既有砌体房屋的层数和高度已经存在，应优先选择给出路的抗震对策，避免采用拆除超层或超高部分楼层的处理方法。本次修订，在以下几方面进行了调整：

1 改变体系指增设钢筋混凝土抗震墙的加固方式，砌体墙采用双面面层加固成组合墙的方式为提高承载力与加强约束的加固方法，并非改变结构体系加固方法。

2 采用改变结构体系方法加固时，在结构两个方向均应增设足够数量的钢筋混凝土抗震墙，钢筋混凝土墙的间距可类似框一剪结构布置。当砌体墙采用单面或双面钢筋混凝土板墙加固时，只要板墙的总厚度不小于 140mm 时，可视为增设钢筋混凝土抗震墙。

3 采用改变结构体系方法加固时,新增钢筋混凝土抗震墙应按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 第 5 章的规定进行设计计算,且要承担全部的地震作用。为保证结构有一定的冗余,原有砌体抗震墙应按承担全部地震作用的 50%进行核算。

4 当房屋是因设防类别为乙类,或是横墙较少或很少,或是兼而有之时,可通过改变建筑用途降低设防类别,或通过增设砌体抗震墙减小横墙间距的方法,使层数限值减少 1 层。横墙较少的砌体房屋不降低高度和减少层数的有关要求,见《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 第 7 章。

5.1.6 加固后的楼层和墙段的综合抗震能力指数,应按下列公式计算:

$$\beta_s = \eta \psi_1 \psi_2 \beta_0 \quad (5.1.6)$$

式中: β_s — 加固后楼层或墙段的综合抗震能力指数;

η — 加固后楼层或墙段的增强系数,可按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 第 5.3 节的规定确定;

β_0 — 楼层或墙段原有的平均抗震能力指数,应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 规定的有关方法计算;

ψ_1 、 ψ_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 50023 的有关规定取值。

5.1.7 加固后按墙段截面抗震受剪承载力验算时,应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定采用下列公式验算:

$$\text{不计入构造影响时 } V \leq \eta V_{R0} \quad (5.1.7-1)$$

$$\text{计入构造影响时 } V \leq \eta \psi_1 \psi_2 V_{R0} \quad (5.1.7-2)$$

式中: V — 墙段的剪力设计值;

η — 墙段的加固增强系数,可按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 第 5.3 节的规定确定;

V_{R0} — 墙段原有的抗震受剪承载力设计值,可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 对砌体墙的有关规定计算;但材料性能设计指标、承载力抗震调整系数,应按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 第 3 章的规定采用。

【5.1.6、5.1.7 条文说明】抗震加固和抗震鉴定一样,可采用加固后的综合抗震能力指数作为衡量多层砌体房屋抗震能力的指标,也可按设计规范的方法对加固后的墙段用截面抗震受剪承载力进行验算。

与鉴定不同的是,要按不同的加固方法考虑相应的加固增强系数,并按加固后的情况取体系影响系数 ψ_1 和局部影响系数 ψ_2 。加固增强系数和构造影响系数取值,除采用外加柱加固时对 A、B 两类砌体房屋不同外,其他加固方法完全相同。

1 采用外加柱加固墙体后的增强系数。由于现行国家标准《建筑抗震鉴定标

准》GB50023 对于设置构造柱的要求与设防类别、建筑类别、构件部位有关，鉴定的要求不同，加固的要求也不相同，加固后的墙段增强系数也不同。采用外加柱加固后，按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 第 5.3.14 条的规定，对于 A 类标准设防的砌体房屋，因抗震鉴定无构造柱设计要求，墙段的增强系数根据外加柱和洞口情况取 1.1~1.3，但对于 B 类砌体房屋的窗间墙取 1.0。

2 采用外加柱加固墙体的构造影响系数。对于无构造柱设置要求的 A 类标准设防的砌体房屋，根据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 第 5 章的规定，体系影响系数 ψ_1 可根据满足 A 类重点设防的砌体房屋对构造柱设置要求的程度取 1.0~1.2；对于有构造柱设置要求的砌体房屋，同样要根据与抗震鉴定要求满足的程度，取 0.8~1.0。

5.2 加固方法

I 应急抢险加固

5.2.1 当砖石墙体出现因承载力不足引起的竖向裂缝时，可采取附柱或临时支撑措施。

5.2.2 当砖石柱出现因承载力（包括局部承压）不足、变形引起的竖向裂缝时，应立即采取附柱、体外预应力顶撑等措施。

5.2.3 当砖石墙体出现斜裂缝或整体倾斜，且变形处于不稳定状态时，应在采取增加结构整体性等措施的基础上，采取纠偏措施。

5.2.4 当砖石墙、柱因环境侵蚀等原因造成截面严重减小、承载力和稳定性不足时，应在可靠支撑的前提下，对局部受损墙柱采取相同材料掏砌方式予以加固。

5.2.5 当砖石拱券楼（屋）盖、券廊、券式无筋过梁出现裂缝时，应采取增加楼（屋）盖整体性、提高抵抗水平推力的加固措施。

5.2.6 当混凝土密肋梁或型钢梁与砖（砌块）拱组合楼盖出现损伤或承载力不足时，应采取增加楼（屋）盖整体性、提高竖向承载力的加固措施。

5.2.7 当石梁、石板出现裂纹时，应立即采取顶撑等措施，并予以更换。

5.2.8 木楼盖、屋盖的应急抢险加固见本标准第 6 章有关规定。

5.2.9 混凝土楼盖、屋盖的应急抢险加固见本标准第 7 章有关规定。

5.2.10 当悬挑雨棚、悬挑阳台、走廊、自平衡挑檐板等出现倾覆裂缝或风险时，应采取抗倾覆措施；填充墙或隔墙、坡屋顶出屋面的高大砖烟囱、高大女儿墙等出现开裂、倾斜时，应采取临时固定措施。

II 静力加固

5.2.11 砖石砌体高厚比超过限值或墙体竖向承载力不满足要求时,可在建筑内侧采取增设砖石砌体或钢筋混凝土抗震墙、钢筋混凝土扶壁柱或组合壁柱、内置门式刚架、钢筋混凝土板墙、钢筋网水泥砂浆面层等加固措施。

5.2.12 石梁、石板构件可采用粘贴纤维材、钢绞线网片-聚合物砂浆等加固。

5.2.13 钢筋混凝土或型钢小梁与砖(砌块)组合楼(屋)盖,可采用粘贴纤维材、钢绞线网片-聚合物砂浆等加固。

5.2.14 砖石拱券、壳体,可在建筑内侧采用钢绞线网片-聚合物砂浆、高延性混凝土、纤维砂浆等进行加固,同时控制自重,并在拱趾或券脚部位增强水平约束能力,或提高支承墙体的抵抗水平推力的能力。

5.2.15 悬挑雨棚、悬挑阳台、走廊、自平衡挑檐板等,应采取抗倾覆措施,或加强与主体结构的锚固。

5.2.16 填充墙或隔墙、坡屋顶出屋面的高大砖烟囱、高大女儿墙应加强与主体结构的连接锚固。

5.2.17 对于历史建筑大跨屋盖、木屋盖等轻型屋盖,应提高其抵抗雪载承载和变形能力。当不满足要求时,可采取增大截面、附加构件、体外预应力等加固措施。

5.2.18 对于历史建筑大跨屋盖、木屋盖等轻型屋盖,应提高其抗风揭能力。当不满足要求时,可采取增加屋盖构件锚固、体外预应力等加固措施。

5.2.19 砖石结构的木楼(屋)盖、混凝土楼(屋)盖等加固技术,应分别符合本标准第6、7章的有关规定。

III 抗震加固

5.2.20 对于砖石结构历史建筑,宜优先采用低成本摩擦滑移、体内预应力、内置门式刚架等风貌保护的体系抗震加固技术。

5.2.21 砖石结构房屋的抗震加固,外墙内侧和内墙可采用钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层、喷射混凝土板墙加固,也可在横墙间距较大区段的内侧增设砖抗震墙和剪力墙、内置门式刚架等,并满足《建筑抗震加固技术规程》JGJ116的有关规定。

5.2.22 房屋抗震承载力不满足鉴定要求时,宜选择下列加固方法:

- 1 增设抗震墙:增设的抗震墙可采用砖石墙体、现浇钢筋混凝土墙体。
- 2 面层或板墙加固:在墙体的一侧或两侧采用钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固。
- 3 包角或镶边加固:在柱、墙角或门窗洞边用型钢或钢筋混凝土包角或镶边;柱、墙垛还可用现浇钢筋混凝土套加固。
- 4 内置门式刚架加固:对横墙间距较大、楼层刚度弱、外墙稳定性差的房屋,

可增设型钢或钢筋混凝土门式刚架进行加固。

5.2.23 房屋的整体性不满足鉴定要求时，可选择下列加固方法：

- 1 当墙体布置在平面内不闭合时，可在敞口处增设门式刚架进行加固。
- 2 当纵横墙连接较差时，可采用砖墙内设置预应力拉杆的体内预应力加固技术。
- 3 楼盖、屋盖构件支承长度不满足要求时，可增设托梁或采取增强楼盖、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要求时，可采取墙体外的体内预应力加固技术；也可在内、外墙分别采用采用双面和单面钢筋网砂浆面层、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。
- 5 当圈梁设置不满足要求时，应增设圈梁；外墙圈梁宜采用现浇钢筋混凝土圈梁，内墙可用钢拉杆或在进深梁端加锚杆代替；当采用双面钢筋网砂浆面层或双面钢筋混凝土板墙加固，且在楼层处增设配筋加强带时，可不另设圈梁。
- 6 当预制楼盖、屋盖不满足要求时，可增设钢筋混凝土现浇层或增设托梁加固楼盖、屋盖。

5.2.24 房屋中易倒塌部位不满足鉴定要求时，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、板墙等加固。
- 2 支承大梁等的墙段抗震能力不满足要求时，可增设砌体柱、组合柱、钢筋混凝土柱或采用钢筋网砂浆面层、板墙加固。
- 3 支承悬挑构件的墙体不满足要求时，应加固墙体，并对悬挑构件进行抗倾覆复核。
- 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进行加固。
- 5 出屋面的楼梯间、电梯间和水箱间不满足要求时，可采用在外墙内侧采用钢筋网砂浆面层或角钢进行加固，其上、下端应分别与屋盖、楼盖构件可靠连接。
- 6 出屋面的烟囱、无拉结女儿墙、门脸等，宜在墙体内侧采用型钢、钢拉杆加固。
- 7 悬挑构件的锚固长度不满足要求时，可采取增设斜拉杆等加固措施。
- 8 山尖墙应在内侧采用钢筋网砂浆面层、钢筋混凝土板墙进行加固，或在未到顶的内纵墙上设置阶梯型墙垛，与山墙可靠拉结与顶撑；山尖墙应与屋架通过垂直支撑可靠连接。

5.2.25 当横墙间距较大或采用纵墙承重时，或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或现浇钢筋混凝土墙，或对

平面布置刚度较弱的一侧墙体，采用钢筋混凝土板墙进行加固。

【条文说明】根据我国多年来工程加固实践的总结，这几条分别列举了现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 第 5 章所明确的抗震承载力不足、房屋整体性不良、局部易倒塌部位连接不牢时及房屋有明显扭转效应时可供选择的多种有效加固方法，要针对房屋的实际情况单独或综合采用。

5.2.26 空斗砖墙房屋，应采用体内预应力拉杆进行加固，对内墙可采用双面钢筋网砂浆面层或双面钢筋混凝土板墙加固。

【条文说明】鉴于既有空斗墙房屋整体性差、抗震能力低下，需要提高其整体性和抗震承载力。

5.3 加固设计

I 低成本摩擦滑移抗震加固技术

5.3.1 对于上部结构整体性较好、抗震承载力不足的砖石结构，可采用低成本摩擦滑移加固技术。对于整体性和规则性不满足要求的砖石结构历史建筑，可在增加上部结构整体性和调整规则性的基础上，采用低成本摩擦滑移加固技术。

5.3.2 根据结构现状、室内外高差等条件，选择适当的滑移层位置。

5.3.3 滑移层构造要求如下：

1 沿基础两侧挖土，并垂直于墙面钻方孔，在孔内设置扁担梁或挑梁钢筋笼，沿基础设置圈梁钢筋笼，并与扁担梁或挑梁钢筋笼连接，浇筑混凝土。外墙采用单边圈梁和挑梁，内墙可采用双边圈梁和扁担梁进行改造。

2 上下层圈梁之间和上下层扁担梁、挑梁之间铺设低摩擦系数滑移材料。

5.3.4 在建筑平面转角部位、主要外纵横墙交接处设置滑移限位和防倾覆装置。

5.3.5 钢筋混凝土圈梁和扁担梁或挑梁应符合下列规定：

1 外加钢筋混凝土圈梁、扁担梁或挑梁的截面高度不应小于 180mm、宽度不应小于 120mm。纵向钢筋的直径不应小于 10mm；其数量不应少于 4 根。箍筋宜采用直径为 8mm 的钢筋，箍筋间距宜为 200mm。圈梁在转角处应设 2 根直径为 12mm 的斜筋。

2 外加钢筋混凝土圈梁、扁担梁或挑梁的混凝土强度等级不应低于 C30，混凝土性能、保护层厚度、钢筋连接构造等应满足《混凝土结构设计标准》GB/T50010 的要求。

3 下圈梁截面宽度应大于上圈梁截面宽度 50mm。

5.3.6 建筑内部可沿墙体底部砌筑地垄墙，设置缓冲沟。

5.3.7 对料石承重砌体结构，可不设扁担梁而直接将上下圈梁锚固于灰缝上下的两皮条石上。

5.3.8 开挖基础后,应当对下圈梁下的土层进行钎探试验,当土质或承载力等不满足要求时,可采取局部换填等措施。

5.3.9 基础、地垄墙和混凝土梁的施工应分别符合《地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB50203 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的要求。

5.3.10 低成本摩擦滑移抗震加固后结构抗震验算,可根据连接部位的弱化构造措施和滑移材料,确定输入结构的地震作用,最大折减不超过 0.5 度。

II 体内预应力抗震加固技术

5.3.11 对实心砖石墙体和空斗墙体房屋整体性不满足要求时,可采用体内预应力抗震加固技术。

5.3.12 采用专用设备,在建筑平面转角部位、主要外纵横墙交接处,沿竖向在墙体内进行钻孔,基础部位进行锚固;在各楼层标高处,沿水平向在墙内钻孔。孔径不应大于墙体厚度的 1/5,根据需要可采用砂浆护壁或可靠支撑等措施,确保钻孔施工期间结构安全稳定。

1 对实心砖石墙体,可直接在孔内设置钢筋并施加预应力后,在孔内灌浆形成整体约束加固体系。

2 对于空斗砖墙结构,可在孔内插入带有外套网布的预应力钢筋,通过在外套内压力注浆,在空斗内形成“藕节状”约束体系。外套网布应能保证压力注浆的浆液不致透过砖墙污染墙面,并对结构造成不良影响。

5.3.13 体内预应力拉杆加固设计应符合下列要求:

- 1 确定锚杆设置位置,并进行钻孔施工;
- 2 清理好孔道杂物后,将穿套有外套的锚杆插入于孔道内,并施加预紧力;
- 3 用压力泵向外套内部注入高流态胶结浆体,等待高流态胶结浆体凝固;
- 4 裸露的预应力拉杆及锚固装置应进行防火防腐处理。

5 竖向锚杆应锚入基础持力层内,且不小于标准冻土深度。端部采用扩底技术形成锚固效应,并提高锚杆的耐久性。

III 内置门式刚架加固技术

5.3.14 对横墙间距较大的砖石结构历史建筑,可采用内置门式刚架加固技术,提高结构的整体性和外墙稳定性。

5.3.15 加固时,在建筑内部主要横墙(轴线处)设置型钢构件加工而成的门式刚架,其设置间距应满足多层砌体结构抗震横墙间距及圈梁设置要求。

5.3.16 内置门式刚架应有基础梁,其两端及顶部应与墙体、楼屋盖等构件可靠连接。

5.3.17 钢结构内置门式刚架的焊接、螺栓连接，其材料性能和施工工艺，应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

5.3.18 室内裸露的钢结构，应进行防火防腐处理，并应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

IV 体外预应力抗震加固技术

5.3.19 体外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。

5.3.20 体外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组合作用所产生的轴向力设计值 N 应满足下列公式：

$$N \leq \varphi fA \quad (5.3.20)$$

式中：——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（N/mm²）；

A ——被加固砌体墙体的截面面积（mm²）。

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。

5.3.21 采用体外预应力技术加固墙体的设计，尚应符合下列规定：

1 采用体外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：

$$f_{VE} = \zeta_{NP} f_v \quad (5.3.21-1)$$

式中： f_{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（N/mm²）；

f_v ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值（N/mm²）；

ζ_{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 5.3.21-1 采用；

表 5.3.21-1 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	≥ 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： σ_0 为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力， σ_p 为对应于体外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：

$$V_R = (f_{vE}A + \beta_p \sigma_{pe} A_p) / \gamma_{Rs} \quad (5.3.21-2)$$

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^2 ）；

A_p ——加固预应力筋横截面面积（ mm^2 ）；

σ_{pe} ——加固预应力筋的有效预应力（ N/mm^2 ）；

β_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；

γ_{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：

$$V_R = (f_{vE}A + \zeta_s f_{yh} A_{sh} + \beta_p \sigma_{pe} A_p) / \gamma_{Rs} \quad (5.3.21-3)$$

式中： ζ_s ——水平钢筋参与工作系数，可按表 5.3.21-2 采用；

f_{yh} ——墙体水平纵向钢筋的抗拉强度设计值（ N/mm^2 ）；

A_{sh} ——层间墙体竖向截面的总水平纵向钢筋面积（ mm^2 ），其配筋率不应小于 0.07% 且不大于 0.17%。

表 5.3.21-2 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
ζ_s	0.10	0.12	0.14	0.15	0.12

4 对于中部设置截面不小于 240mm×240mm，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：

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{Rs}} [\eta_c f_{vE} (A - A_c) + \zeta_c f_t A_c + 0.08 f_{yc} A_{sc} + \beta_p \sigma_{pe} A_p + \zeta_s f_{yh} A_{sh}] \quad (5.3.214)$$

式中： A_c ——中部构造柱的横截面面积（ 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 (N/mm^2)；

A_{sc} ——中部构造柱的纵向钢筋截面总面积 (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 (N/mm^2)；

ζ_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；

η_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 砖砌体墙体采用体外预应力加固后，其预应力筋的有效预应力应按下列公式计算：

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - (\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5}) \quad (5.3.21-5)$$

式中： σ_{con} ——加固预应力筋的张拉控制应力 (N/mm^2)；

σ_{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^2)；

σ_{l2} ——预应力筋摩擦引起的预应力损失值 (N/mm^2)；

σ_{l4} ——预应力筋应力松弛引起的预应力损失值 (N/mm^2)；

σ_{l5} ——因砌体收缩徐变引起的预应力损失值 (N/mm^2)。

6 砖砌体墙体加固后，加固用无粘结预应力筋的各项预应力损失中， σ_{l1} 、 σ_{l2} 、 σ_{l4} 可按现行《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的规定计算。由砌体收缩徐变引起的预应力损失 σ_{l5} 按下列公式计算：

$$\sigma_{l5} = \varepsilon_{sh} E_p + J_{cr} \sigma_p E_p \quad (5.3.21-6)$$

式中： σ_p ——体外预应力施加产生的砌体截面平均压应力 (N/mm^2)；

E_p ——加固预应力筋的弹性模量 (N/mm^2)；

ε_{sh} ——砌体墙体的收缩应变，可按表 5.3.26-3 确定；

J_{cr} ——砌体墙体的徐变柔量 ($(\text{N/mm}^2)^{-1}$)，可按表 5.3.21-3 确定。

表 5.3.21-3 砌体墙体的收缩应变和徐变柔量

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

V 聚合物砂浆嵌缝加固

5.3.22 对于有垫片砌筑料石承重石结构，当抗剪承载力不足时，可采用在石墙水平灰缝嵌入聚合物砂浆的加固方法。

5.3.23 采用灰缝嵌入聚合物砂浆对石墙进行裂缝修复或整体加固，宜采用双面对称加固；当双面加固存在困难时，也可采用单面加固。

5.3.24 采用灰缝嵌入聚合物砂浆或钢筋-聚合物砂浆加固石墙时，嵌入材料和构

造尚应符合下列要求:

1 嵌缝加固用聚合物砂浆应具有微膨胀性且抗压强度 (28d) 不应小于 35MPa。

2 石墙灰缝在掏缝并清理后的缝深宜取 35mm~45mm。

5.3.25 聚合物砂浆嵌缝加固石墙截面抗震受剪承载力, 可按下式验算:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.8\eta(f_z + 0.84\sigma_0)A \quad (5.3.25-1)$$

$$f_z = [\alpha \times (4.1\sqrt{f_1} + 1.4\sqrt{f_2}) + (1-\alpha) \times 6.8\sqrt{f_1}] \times 10^{-2} \quad (5.3.25-2)$$

$$\eta = 0.87 - 9.7 \times 10^{-4} \sigma_0 / f_z^2 \quad (5.3.25-3)$$

式中: V ——考虑地震组合的嵌缝加固石墙剪力设计值(N);

f_1 ——砌筑砂浆的抗压强度设计值(MPa);

f_2 ——聚合物砂浆的抗压强度设计值(MPa);

f_z ——加固后石墙灰缝组合砂浆抗压强度设计值(MPa);

α ——加固效应比例系数, 双面满布嵌缝加固时取 $\alpha=1.0$; 单面满布嵌缝加固时取 $\alpha=0.4$;

σ_0 ——对应于重力荷载代表值的石墙截面平均压应力(N/mm²);

A ——石墙横截面积(mm²);

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, 宜取 $\gamma_{RE}=1.0$;

η ——协同工作系数。

V 常规加固技术

5.3.26 常规加固技术包括钢筋混凝土板墙加固、钢筋网砂浆面层加固、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层加固、增设抗震墙加固等

5.3.27 常规加固技术应满足现行《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的相关规定, 并符合下列要求:

1 对外墙采用常规加固技术加固时, 应选在墙体内侧(部)实施。

2 加固后的体系影响系数和局部影响系数应根据实际情况调整。

3 对于石结构, 应按照现行《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 附录 B 的规定, 根据实际楼层重力荷载代表值, 调整基准面积率取值。

VI 体外预应力撑杆加固轴心和偏心受压构件

5.3.28 当轴心受压或偏心受压的砌体柱承载力不满足要求时, 可采用体外预应力

撑杆加固法进行加固。

5.3.29 采用体外预应力撑杆加固时，其长期使用的环境温度不应高于 60°C 。

5.3.30 当采用体外预应力撑杆加固砌体柱时，应符合下列规定：

- 1 仅适用于抗震设防区的烧结普通砖柱的应急抢险加固；
- 2 被加固砖柱应无裂缝、腐蚀和老化；
- 3 被加固柱的上部结构应为钢筋混凝土现浇楼板，且能与撑杆上端的传力角钢可靠锚固；

5.3.31 体外预应力撑杆加固轴心受压砖柱和偏心受压组合砌体柱，应按现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB50702 的有关规定进行设计计算。

5.3.32 采用体外预应力撑杆加固砌体柱时，宜选用双侧预应力撑杆的加固方式（图 5.3.32），不得采用单侧预应力撑杆的加固方式。

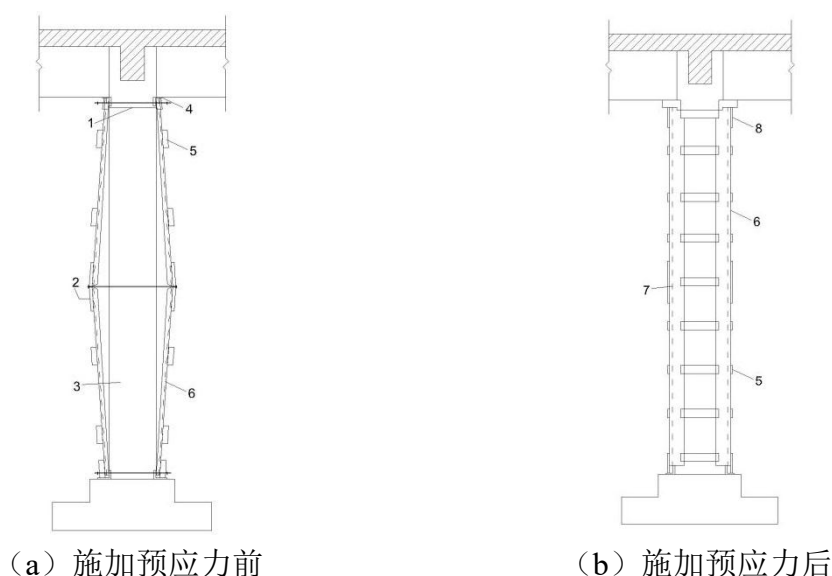


图 5.3.32 柱双侧预应力撑杆加固

1-安装螺栓；2-工具式拉紧螺杆；3-被加固柱；4-传力角钢；5-箍板；6-角钢撑杆；
7-加宽箍板；8-传力顶板

5.3.33 体外预应力撑杆所用角钢，加固砌体柱时其截面尺寸不应小于 $\angle 60 \times 6$ ，加固钢筋混凝土柱或钢结构柱时其截面尺寸不应小于 $\angle 50 \times 5$ ，压杆肢的两根角钢应用钢缀板连接，形成槽形截面，钢缀板的截面尺寸不应小于 $80\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。缀板间距应保证单肢角钢的长细比不大于 40。

5.3.34 撑杆肢上端的传力构造及预应力撑杆横向张拉的构造，可参照现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367 进行设计，且传力角钢应与上部钢筋混凝土结构可靠锚固。

5.3.35 采用体外预应力撑杆加固时，其新增的预应力撑杆、缀板以及各种紧固件等均应进行可靠的防锈蚀处理。

5.3.36 当被加固构件的表面有防火要求时，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 规定的耐火等级及耐火极限要求，对预应力杆件及其连接进行防

护。

5.4 修缮设计

5.4.1 当砌体修缮或重砌时，其材料强度等级应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB50003 的有关规定，且块体的强度等级不应低于原设计，砌筑砂浆的强度等级应比原砂浆强度等级提高一级。外墙面修缮利用原有的块体，不得出现严重风化、碱蚀、疏松等情况。

5.4.2 砖石墙体弓突时，宜将弓突部分全部或局部拆除重砌。

5.4.3 对于砌体受压、受弯和受剪强度不足，以及温度应力产生的开裂损坏的修缮，可采取裂缝处灌浆并结合钢筋混凝土板墙、钢筋网砂浆面层等加固措施一并进行修缮。

5.4.4 地基不均匀沉陷产生的裂缝修缮，先补强地基与基础后，再进行砌体修缮。

5.4.5 当砌体结构房屋修缮或拆砌时，墙、柱和楼盖间应有可靠的拉结。

5.4.6 当砌体拆砌遇防潮层时，应在适当位置重新设置防潮层，并应与保留墙体的防潮层围合。对低于室内地坪 50mm 的防潮层，防潮材料可采用防水水泥砂浆。

5.4.7 修缮砖砌过梁应符合下列规定：

1 砖砌平拱用竖砖砌筑部分的高度不应小于 240mm；

2 钢筋砖过梁底面砂浆层处的钢筋，其直径不应小于 6mm，间距不应大于 120mm，钢筋伸入支座砌体内不应小于 240mm，砂浆层厚度不应小于 20mm，并应采用 M10 水泥砂浆。

3 内墙过梁可采用钢筋混凝土过梁替换，其端部支承长度不应小于 240mm。

5.4.8 修补和灌浆：对已开裂的墙体，可采用压力灌浆修补，对砌筑砂浆饱满度差且砌筑砂浆强度等级偏低的墙体，可用满墙灌浆加固。修补后墙体的刚度和抗震能力，可按原砌筑砂浆强度等级计算；满墙灌浆加固后的墙体，可按原砌筑砂浆强度等级提高一级计算。

6 木结构房屋

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于木结构房屋和砖木等混合结构中木构件的加固与修缮设计。

6.1.2 木结构的加固与修缮不应破坏或遮挡体现历史建筑核心价值的外观、结构和构件。

【条文说明】历史建筑加固与修缮前，应首先查清该建筑保护的立面外观、平面布局、特色结构和构件、特色装饰等核心价值要素，在加固与修缮中应充分考虑这些要素。

6.1.3 木结构房屋抗震加固时，可不进行抗震验算。

6.1.4 承重木结构构件加固前后均宜进行静力承载力、稳定及变形验算，并应符合下列规定：

1 应按现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 的有关规定执行。

2 因材质老化和损伤的影响，强度和弹性模量应按国家现行有关标准乘以不大于 0.9 的折减系数。

3 当采用新旧材料组合截面的补强设计时，应对后加材料的实际强度进行折减。

4 经验算旧木构件的强度和稳定不符合要求时，应采取更换或加固措施。

【条文说明】木材的强度、弹性模量的衰减是随着时间、使用条件、木材的本身材质等多种因素变化的，目前国内的一些试验尚不足以定量反映。根据历年修缮的实际经验，在验算时应视其材质、材种、材性和使用条件、部位、年限等情况，综合分析，强度设计值的折减系数可取 0.6~0.8，弹性模量的折减系数值可取 0.6~0.9，整体构件换新木材可取 1.0，各地可按当地实际情况，综合分析后参照取值。

对于受压构件的承载力验算，应考虑结构变形和局部损坏造成的偏心附加应力影响。对于受拉构件，应按净截面进行承载力验算，并考虑沿轴线长度 150mm 范围内分布的腐朽、木节等损伤造成的断面削减。（参考行标《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117-2019 第 8.1.4 条、第 8.1.8 条）

6.1.5 结构加固设计中荷载的取值应符合下列规定：

1 可根据现状需求或使用功能提出合理的荷载限值。

2 当改变使用功能或空间格局时，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 取值。

3 应满足安全使用要求。

【参考文件】（参考浙江地标《历史建筑修缮与利用技术规程》DB33/T 1241-2021 第 5.3.4 条）

6.1.6 更换或加固承重构件的木材，应与原材料的材质相同或匹配，并应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 的相关规定，且应控制含水率。

【参考文件】（参考行标《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117-2019 第 8.2.1 条）

6.1.7 加固用的螺栓、钢板、圆钢等金属件、紧固件，宜设置于隐蔽处，或嵌入构件内，并应进行防锈和防护处理。

【参考文件】（参考行标《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117-2019 第 8.2.2 条）

6.1.8 加固与修缮木结构构件使用的胶粘剂，胶缝强度不应低于被胶合木材的顺纹抗剪和横纹抗拉强度；胶粘剂的耐水性及耐久性，应与该木结构的加固设计工作年限相适应。

【参考文件】（参考国标《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165-2020 第 7.2.5 条）

6.1.9 木构件的防火、防腐、防虫措施应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 和《建筑设计防火规范》GB 50016 有关规定。

6.1.10 设计时，宜对构件的自然通风条件进行改善，屋顶、顶棚和架空地板宜增设通风口。

【参考文件】（参考行标《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117-2019 第 8.10.2 条）

6.1.11 木结构加固与修缮设计宜按国家现行标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165 和《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117 执行。

6.2 加固方法

6.2.1 木结构房屋的抗震加固，可根据实际情况，采取加固木构架、加强构件连接、增设柱间支撑、增设内置门式刚架等措施。增设的柱间支撑或内置门式刚架在平面内应均匀对称布置。

6.2.2 对轻型木屋盖，可采取体外预应力、附加构件和阻拦索等措施进行处理。

【条文说明】对轻型木屋盖，可采取体外预应力、附加构件和阻拦索等措施进行处理，以提高其静力承载力和抗风雪的能力。

6.3 加固设计

6.3.1 木构架的加固应符合下列要求：

- 1 旧式木骨架的构造形式不合理时，应采取防倾倒和增加抗侧刚度的措施。
- 2 穿斗木构架的柁柱连接不可靠时，应采用铁件和附木加固；当樨槽截面占柱截面大于 1/3 时，可采用钢板条、扁钢箍、贴木板或钢丝绑扎等加固。
- 3 康房底层柱间应采用斜撑、剪刀撑、内置门式刚架加固，穿斗木结构纵

向宜采用内置门式刚架加固,其基础应能抵抗增加的荷载及地震作用下产生的附加轴力。

4 未按抗震构造措施要求设置斜撑的木柱木屋架应增设斜撑。未按抗震构造措施要求设置剪刀撑的穿斗木构架应增设竖向剪刀撑。

5 木构架倾斜度超过柱径的 1/3 且有明显拔榫时,应先打榫拨正,后用铁件加固;亦可在柱间增设内置门式刚架并加强节点连接。

6 当为 9 度且明柱的柱脚与柱基础无连接时,宜采用铁件加固。

1 木构件加固应符合下列要求:

1 木构件截面不符合鉴定标准要求或明显下垂时,应增设构件加固,增设的构件应与原有构件可靠连接。

2 木构件腐朽、疵病、严重开裂而丧失承载能力时,应更换或增设构件加固;增设构件的截面尺寸,宜符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定且应与原构件可靠连接;木构件裂缝时可先对裂缝处理后再采用铁箍加固。

3 当木柱柱脚腐朽时,可根据腐朽程度采取以下方法加固:

1) 柱底轻度腐朽时,把腐朽的外表部分除去后,可采用夹木及螺栓进行加固(见图 6.3.2-1)。

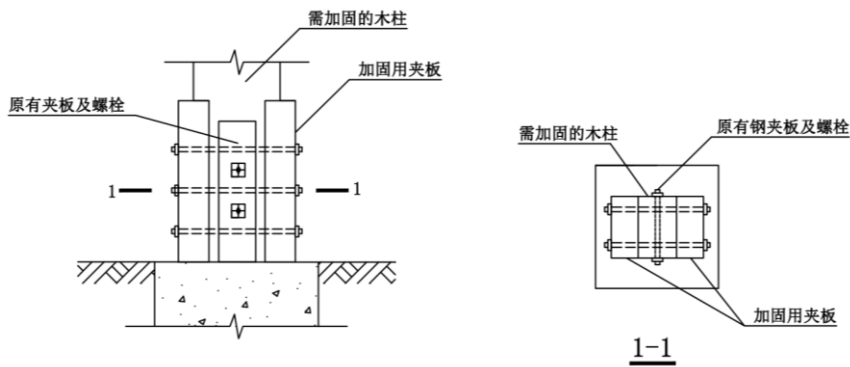


图 6.3.2-1 柱底轻度腐朽的加固

2) 柱底腐朽较重时,可采用拍巴掌榫墩接(见图 6.3.2-2)或加设钢夹板或木夹板及螺栓(见图 6.3.2-3)的方式进行加固。

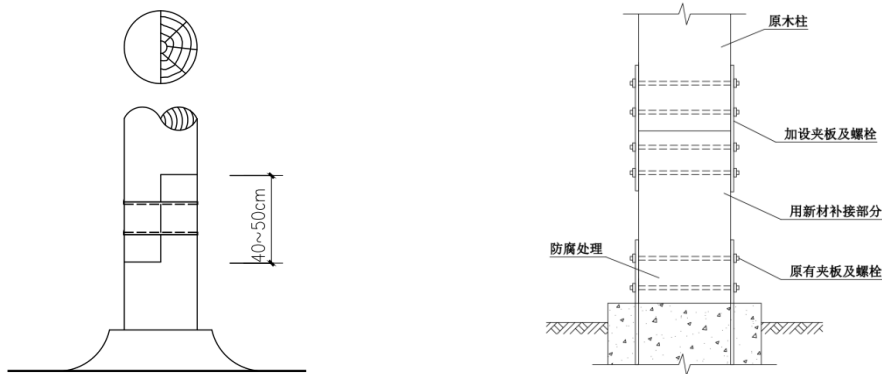


图 6.3.2-2 柱底木柱置换拍巴掌榫墩接加固 图 6.3.2-3 柱底木柱置换、夹板及螺栓加固

- 3) 对防潮及通风条件较差,或在易受撞击场所的木柱,可整段锯去底部腐朽部分,换以钢筋混凝土短柱,原有固定柱脚的钢夹板可用作钢筋混凝土短柱与老基座间的锚固连接件(见图 6.3.2-4),也可采用更换高柱础的方式处理(图 6.3.2-5)。

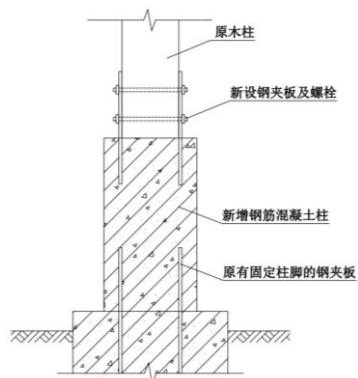


图 6.3.2-4 柱底钢筋混凝土柱置换、夹板及螺栓加固

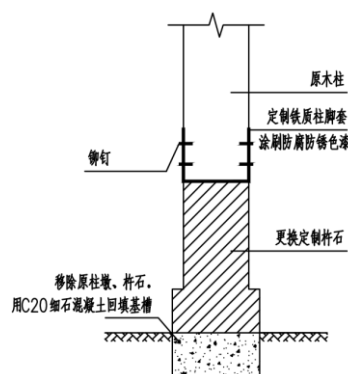


图 6.3.2-5 更换高柱础

- 4 对出现侧向弯曲的木柱,宜先对弯曲部分进行矫正,再增设枋木进行加固。

- 5 木梁、檩条等变形较大或承载力不足时,可采用附木或附型钢加固,或体外预应力技术加固。

- 6 木屋架杆件出现损伤时,可采用如下方法进行加固处理:

- 1) 屋架下弦受拉木夹板断裂或螺栓间受剪面开裂,可采用重换木夹板的方式进行加固。
- 2) 屋架受拉木竖杆开裂或螺栓孔拉裂,可采用圆钢拉杆加固,且节点处应采取可靠的连接措施。
- 3) 屋架斜杆中部弯曲变形,可采用加夹板或撑木的方式进行加固。
- 4) 屋架端节点开裂需局部补强时,可在附近完好部位增设木夹板,再用钢拉杆与端部抵承角钢连接,必要时可采用钢箍箍紧受剪面。
- 5) 屋架上弦个别节间出现危险性断裂迹象,可采用木夹板和螺栓连接补强。
- 6) 屋架下弦用料过小而下垂开裂,可采用钢拉杆补强。

【参考文件】(第 6 款参考行标《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117-2019 第 8.5 节)

- 2 木构件的节点加固应符合下列要求:

- 1 木檩条搁置在硬山砌体墙上时,应在木檩条与砌体墙交接处增加连接措施,必要时可先对砌体墙顶部采取加固措施。

- 2 木柱和木梁节点连接不可靠或出现损伤时,可在梁柱接头增设托木,用

螺栓锚固（见图 6.3.3-1），或采用增设斜撑的方式处理（见图 6.3.3-2）。

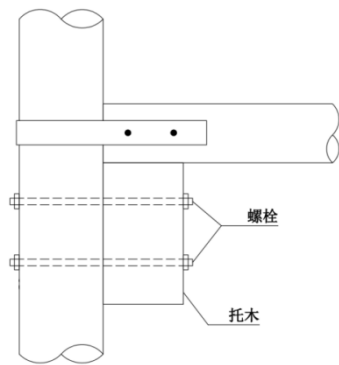


图 6.3.3-1 梁、柱节点加固示意（一）

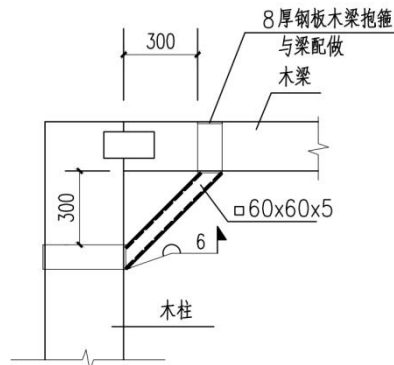


图 6.3.3-2 梁、柱节点加固示意（二）

3 木柱在楼层处被楼盖梁隔断不连续时，可采用钢扒钉或铁丝绑扎、扁铁及螺栓等进行加固维修（见图 6.3.3-2、图 6.2.3-3）。

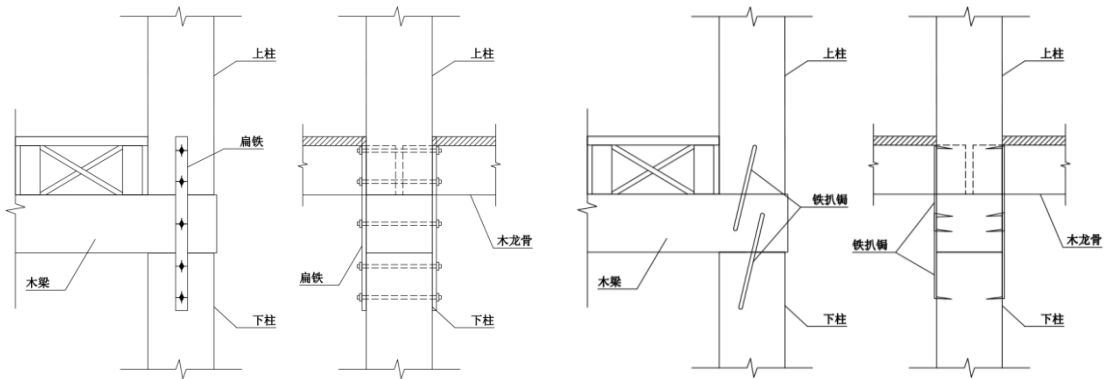


图 6.3.3-2 上下柱与木梁用夹板连接示意 图 6.3.3-3 上下柱与木梁用铁扒钉连接示意

6.3.4 未按抗震构造措施要求设置剪刀撑的三角形木屋架应增设竖向剪刀撑。

6.3.5 7 度及以上，不宜采用木柱与围护墙体混合承重的结构形式。当采用木柱与围护墙体混合承重时，可采用沿围护墙内侧增设木柱承受木梁荷载的方式进行加固处理。木柱应重新设置基础，新增木柱与原木梁间应采取连接措施。

6.3.7 木结构房屋中围护墙的加固应符合本标准第 5 章或第 10 章的有关规定。

6.3.8 无锚固的女儿墙、门脸、出屋顶小烟囱，应采取体内预应力等锚固措施。

6.4 修缮设计

6.4.1 修缮设计应重点保护下列要素：

- 1 反映当地历史文化和民俗传统特点的建筑元素。
- 2 体现时代特点的建筑式样、结构、材料、施工工艺和工程技术。
- 3 具有设计师特色的设计风格。
- 4 与重要历史人物或重大历史事件相关的物件。
- 5 其他体现建筑历史、艺术、科学、社会和文化等价值的元素。

6.4.2 重点保护部位的修缮应符合下列规定：

3 当历史依据充分时，应原状修复。

4 当历史依据不充分时，应在确保安全的前提下保持现状；必要时可参考同时期同地域同类型的建筑进行复原。

5 当现有技术条件难以修复时，应保留现状并采取适宜的保护措施。

6.4.3 木结构房屋的修缮，应加强木构件间、木构件与围护墙间的连接，提高结构的整体性；木屋架、梁、柱、搁栅等出现腐朽、虫蛀、开裂时，应及时采取补强和修复措施。

6.4.4 对侧向弯曲的木柱应先对弯曲部分进行矫正，使柱子回复到直线形状；再增设枋木进行加固。

【条文说明】对侧向弯曲的木柱必须先对弯曲部分进行矫正，使柱子回复到直线形状；再增设枋木增大侧向刚度（减少长细比）。对侧向弯曲不严重的整根柱，可在柱的一侧增设刚度较大的枋木，并采用螺栓与原柱固牢。通过拧紧螺栓时产生的侧向力，以矫正原柱的弯曲，使加固后的柱子回复平直并具有较强的刚度。当为组合柱时，可在肢杆间填嵌枋木或在外侧夹加枋木，并按上述拧紧螺栓的方法进行加固（见图 6.4.4-1）。

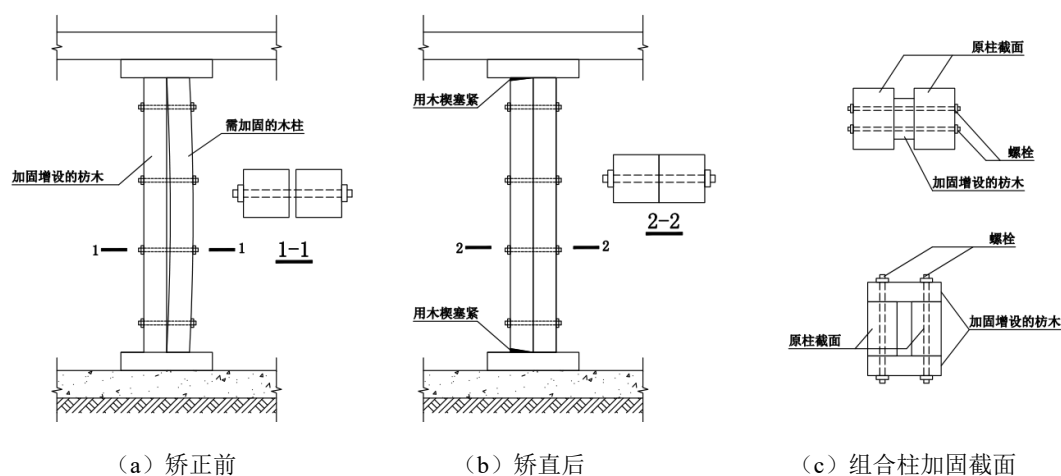


图 6.4.4-1 侧向弯曲的矫直与加固

对侧向弯曲较严重的柱，如直接用拧紧螺栓方法进行矫直有困难时，应在部分卸荷情况下，先用千斤顶及刚度较大的短枋木，对弯曲部分进行矫正，然后再安设用以增强刚度的枋木进行加固（见图 6.4.4-2）。

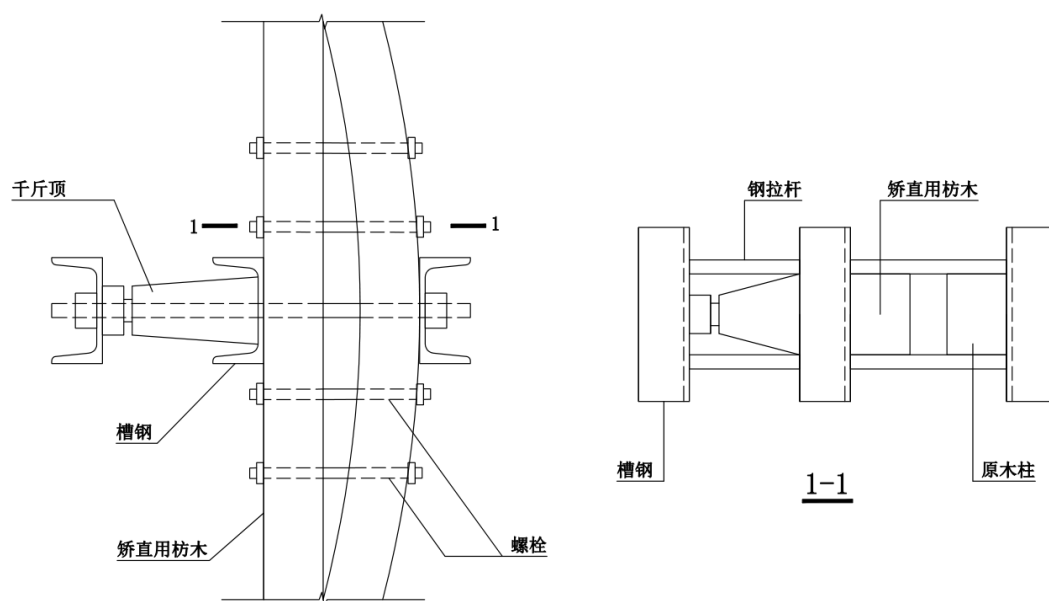


图 6.4.4-2 严重侧向弯曲的矫正与加固

6.4.5 木柱、梁枋的干缩裂缝修缮处理可按现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165 的相关要求执行。

6.4.6 木结构的修缮应满足现行行业标准《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》JGJ/T 117 的有关规定。

6.4.7 应改善木构件所在环境自然通风条件，屋盖、顶棚和架空地板等宜增设通风口。屋盖和地下室等部位应增强防水、防渗、防潮措施。

6.4.8 对埋入砖墙中的檩条、搁栅等构件端部与砖墙接触紧靠的木柱、门窗橦等构件和接触地坪的柱根等，应进行防腐处理。

6.4.9 外露木材均应涂刷油漆或进行防腐处理。

7 多高层混凝土结构房屋

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于现浇及装配整体式钢筋混凝土框架、框架-抗震墙结构历史建筑的加固与修缮。

7.1.2 钢筋混凝土结构历史建筑的抗震加固应符合下列要求：

1 应根据房屋的实际情况选择抗震加固方案，分别采用改善不规则状况、提高结构抗震承载力、增强结构延性和变形能力、增加结构刚度或改变结构体系、减少非结构构件不利影响的方案。

2 加固后的结构应避免形成短柱、短梁或强梁弱柱，以及薄弱部位的转移。

3 采用综合抗震能力指数验算时，加固后楼层屈服强度系数、体系影响系数和局部影响系数应根据房屋加固后的实际情况计算和取值。

7.1.3 钢筋混凝土结构历史建筑加固后，当采用楼层综合抗震能力指数进行抗震验算时，应采用《历史建筑安全与抗震鉴定标准》规定的公式计算；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。

7.1.4 钢筋混凝土结构历史建筑加固后，当采用现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的方法进行抗震承载力验算时，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023 的规定计入构造的影响；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。

7.2 加固方法

7.2.1 钢筋混凝土房屋的结构体系或变形不满足要求时，可选择下列加固方法：

1 房屋刚度较弱、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、抗震支撑和消能减震装置，及附加子结构进行加固，调整结构布置，形成多道抗震防线。

2 单跨框架应增设抗震墙或翼墙、抗震支撑等抗侧力构件，改变结构体系，实现多道抗震设防。

3 单向框架应改为双向框架，新增框架梁应与主体结构可靠连接，保证新增框架传力机制的实现，并采取加强楼（屋）盖整体性措施；也可同时增设抗震墙、抗震支撑等抗侧力构件。

7.2.2 当结构构造措施和承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

1 框架梁、柱及节点的配筋率等构造措施不满足要求时，优先采用增设抗侧刚度较大构件的措施进行加固，控制结构变形，吸收地震作用，降低原结构的抗

震等级；也可采用钢构套、现浇钢筋混凝土套或粘贴钢板、碳纤维布、钢绞线网-聚合物砂浆面层等常规加固技术。

2 框架柱轴压比、框架梁剪压比不符合鉴定要求时，可采用现浇钢筋混凝土套等加固；也可采用增设抗侧刚度较大构件的措施进行加固。

3 当框架梁柱实际受弯承载力的关系不符合鉴定要求时，可采用钢构套、现浇钢筋混凝土套或粘贴钢板等加固框架柱；也可通过罕遇地震下的弹塑性变形验算确定对策。

4 框架结构加固时，应充分考虑现浇楼板的刚度和配筋的影响，减少强梁弱柱的不利影响。

5 钢筋混凝土抗震墙配筋不符合鉴定要求时，可加厚原有墙体或增设端柱、钢筋混凝土墙体、附加子结构等方式进行加固。

6 对于因框架柱截面尺寸较大、填充墙的不合理砌筑、楼层水平构件不合理设置等原因引起的短柱，可采用螺旋形粘贴碳纤维布、钢构套加固；也可采取措施弱化填充墙对框架柱的嵌固效应，或增设抗震翼墙等。

7.2.3 当框架结构楼梯构件不符合鉴定要求时，可对楼梯两侧框架采用增设附加子结构、支撑、抗震墙的方式进行加固，或将楼梯两侧的黏土实心砖填充墙采用喷射混凝土加固。

7.2.4 填充墙体与框架连接不符合鉴定要求时，可增设拉筋与柱连接；填充墙体顶增设钢夹套与梁拉结；楼梯间的填充墙不符合鉴定要求时，可采用钢筋网砂浆面层加固，或采用钢筋混凝土板墙对黏土砖墙加固成抗侧力构件。

7.2.5 悬挑阳台、雨棚、自平衡预制檐口板、女儿墙等易倒塌部位不符合鉴定要求时，可按本标准第5章的有关规定选择加固方法。

7.3 加固设计

I 增设附加子结构

7.3.1 当结构整体刚度较弱，或存在薄弱层、平面扭转效应显著时，可在建筑内部（侧）增设附加子结构。

7.3.2 附加子结构包括带框钢支撑、内置门式刚架、摇摆墙、格子墙等。

7.3.3 附加子结构与主体结构应可靠连接，按照刚度分配原则，附加子结构根据分担的地震作用进行抗震设计。

7.3.4 落地的附加子结构应有基础，连接部位应保证附加子结构承担的地震作用可靠传递至基础。

II 增设支撑加固

7.3.5 采用钢支撑加固框架结构时，应符合下列要求：

- 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 支撑的形式可选择交叉形或人字形，支撑的水平夹角不宜大于 55° 。
- 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。
- 5 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。
- 6 钢支撑应采取防腐、防火措施。

7.3.6 采用消能支撑加固框架结构时，应符合下列要求：

- 1 消能支撑可根据需要沿结构的两个主轴方向分别设置。消能支撑宜设置在变形较大的位置，其数量和分布应通过综合分析合理确定，并有利于提高整个结构的消能减震能力，形成均匀合理的受力体系。
- 2 采用消能支撑加固框架结构时，结构抗震验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的相关要求；其中，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 50023 的有关规定采用。
- 3 消能支撑与主体结构之间的连接部件，在消能支撑最大出力作用下，应在弹性范围内工作，避免整体或局部失稳。
- 4 消能支撑与主体结构的连接，应符合普通支撑构件与主体结构的连接构造和锚固要求。
- 5 消能支撑在安装前应按规定进行性能检测，检测的数量应符合相关标准的要求。

III 楼梯及出屋面小房间抗震加固

7.3.7 框架结构抗震验算时，楼梯应参与整体抗震计算。

7.3.8 框架结构楼梯的两侧及出屋面小房间应设置刚度较大的抗震墙或附加子结构，当填充墙为实心黏土砖砌筑时，可采用喷射混凝土板墙进行加固。

IV 体外预应力加固

7.3.9 当轴心受压或偏心受压的钢筋混凝土柱的承载力不满足要求时，可采用体外预应力撑杆加固法进行加固。

7.3.10 采用体外预应力撑杆加固钢筋混凝土柱、梁时，原构件的混凝土强度等级不宜低于 C20。

7.3.11 体外预应力撑杆加固轴心受压和偏心受压的钢筋混凝土柱，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367 的有关规定进行设计计算。

7.3.12 采用体外预应力撑杆加固钢筋混凝土柱时，可采用双侧预应力撑杆的加固方式，若偏心受压柱的弯矩不变号，亦可采用单侧预应力撑杆的加固方式。

7.3.13 当钢筋混凝土梁等受弯构件的受弯承载力、受剪承载力不足或变形过大不能满足设计要求时，可采用体外预应力加固法进行加固。

7.3.14 体外预应力加固法加固钢筋混凝土受弯构件，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367 的有关规定进行设计计算。

7.3.15 采用体外预应力加固法加固钢筋混凝土梁时，体外预应力束可采用直线、双折线或多折线布置方式，对矩形、T 形或 I 形截面梁，体外束布置在梁腹板的两侧，且布置应使构件对称受力。

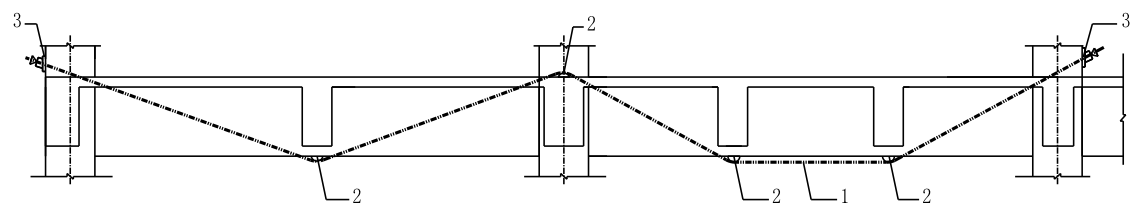


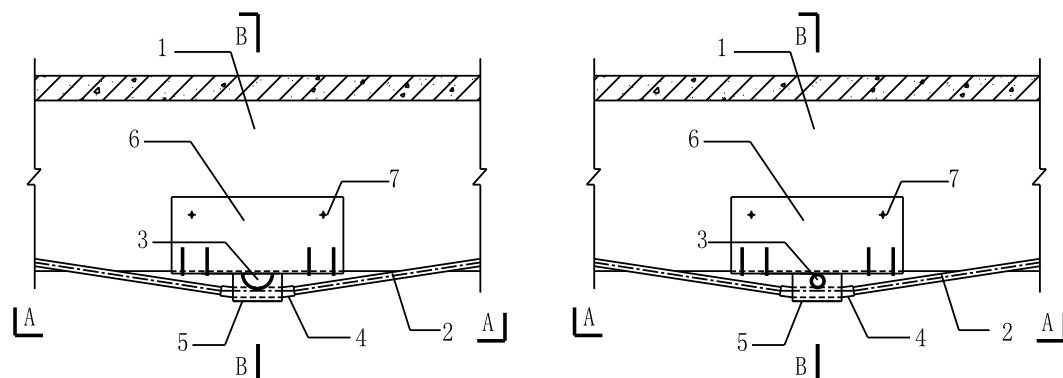
图 7.3.15 体外预应力筋、转向装置、锚固传力装置布置

1—体外预应力束；2—转向装置；3—锚固传力装置

7.3.16 体外预应力加固钢筋混凝土梁的转向装置和锚固装置的设置应符合下列规定：

- 1 对多折线体外束，转向装置宜布置在距梁端 $1/4 \sim 1/3$ 跨度的范围内；
- 2 当转向装置间距大于 10 倍梁高时，可增设中间定位用转向装置；
- 3 对多跨连续梁，当采用多折线体外束时，可在中间支座或其他部位增设转向装置，当大于三跨时，宜采用分段锚固方法。

7.3.17 当转向装置转向采用半圆钢、圆钢或圆钢管时，预应力筋在转向装置处宜采用厚壁钢套管，并宜通过挡板固定预应力束位置。转向装置安装在加固梁底部时，可通过 U 形钢板利用锚栓及结构胶与加固梁底部和侧面连接固定。



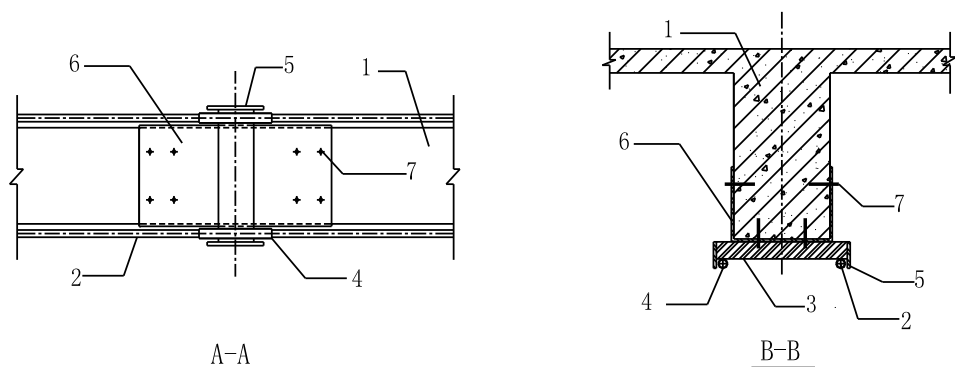


图 7.3.17 跨中梁底半圆形、圆形转向装置构造

1—原混凝土梁；2—体外预应力束；3—半圆钢、圆钢或圆钢管；
4—厚壁钢管；5—挡板；6—U 形钢板；7—锚栓

7.3.18 采用体外预应力加固法时，其长期使用的环境温度不应高于 60°C 。

7.3.19 体外预应力加固梁等水平构件时，应考虑被加固构件下的空间要求、张拉锚固条件等，并根据受力要求采用不同的加固方式：

1 当被加固钢梁下翼缘具备布置预应力筋和张拉条件时，可采用在下翼缘直接布置预应力筋方式加固（图 7.3.19-1）。

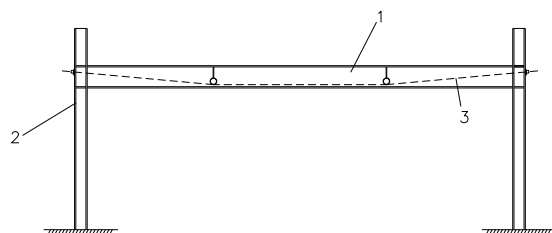


图 7.3.19-1 钢梁预应力筋加固示意图

1—被加固水平钢构件；2—柱；3—预应力筋

2 当被加固梁下空间允许时，可采用预应力钢索与撑杆相结合加固，形成张弦结构体系。水平构件可设单个撑杆（图 7.3.19-2（a））、多个撑杆（图 7.3.19-2（b）），多撑杆间可设斜撑（图 7.3.19-2（c））。

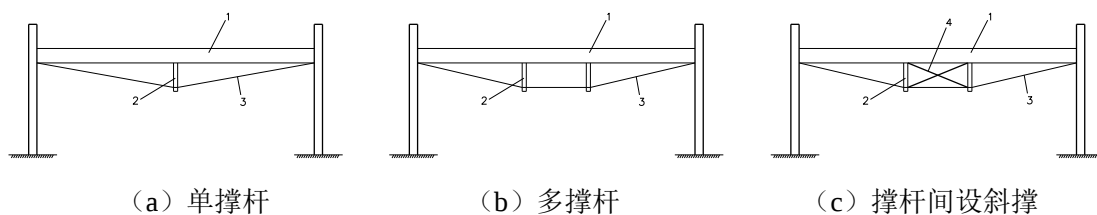


图 7.3.19-2 钢梁预应力筋撑杆加固示意图

1—被加固水平构件；2—撑杆；3—预应力筋；4—撑杆间斜撑

7.3.20 采用体外预应力加固法时，其新增的预应力拉杆、锚具、垫板以及各种紧固件等均应进行可靠的防锈蚀处理。

7.3.21 应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 规定的耐火等级及耐火极限要求，对被加固构件与预应力杆件的表面及其连接进行防护。

V 常规加固技术

7.3.22 常规加固技术包括增设钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固、钢构套加固、增大截面加固、粘钢和粘贴纤维复合材加固、钢丝绳网片-聚合物砂浆加固、增设钢支撑加固等。

7.3.23 常规加固技术应满足现行《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的相关规定，并符合下列要求：

- 1 对外墙、柱、梁等采用常规加固技术加固时，应选在建筑内侧（部）实施。
- 2 加固后的体系影响系数和局部影响系数应根据实际情况调整。

7.4 修缮设计

7.4.1 混凝土构件局部损伤和裂缝等缺陷的修补，应符合下列要求：

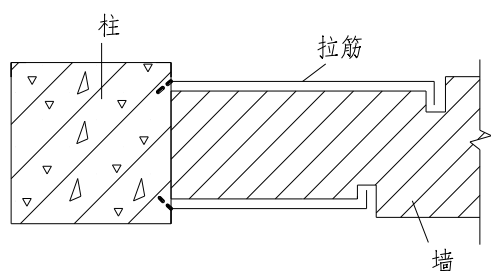
1 修补所采用的细石混凝土，其强度等级宜比原构件的混凝土强度等级高一级，且不应低于 C20；修补前，损伤处松散的混凝土和杂物应剔除，钢筋应除锈，并采取措施使新、旧混凝土可靠结合。

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。

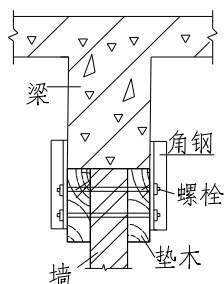
7.4.2 砌体墙与框架连接的加固应符合下列要求：

1 墙与柱的连接可增设拉筋加强（见图 7.4.2a）；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，8、9 度时或墙高大于 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（见图 7.4.2b）；墙长超过层高 2 倍时，在中部宜增设上下拉结的措施。钢夹套的角钢不应小于 L63×6，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。



(a) 拉筋连接



(b) 钢夹套连接

图 7.4.2 砌体墙与框架的连接

- 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，不得用手凿；钢夹套的钢材表面应涂刷防锈漆。

8 底层框架和内框架砖房

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于丙类设防的底层为框架、上部各层为砖墙的底层框架砖房和内框架砖房加固与修缮设计。

8.1.2 底层框架砖房和内框架砖房用于乙类建筑时,需采用改变结构体系的方法进行加固。

8.1.3 内框架和底层框架砖房的抗震加固应符合下列要求:

1 加固后,过渡层与底层框架的抗侧刚度比,应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023 和《历史建筑安全与抗震鉴定标准》的相应规定。

2 加固后的框架应防止形成短柱或强梁弱柱,及薄弱层和薄弱部位的转移。

3 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计算和取值,并符合现行《历史建筑安全与抗震鉴定标准》和《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的规定。

8.1.4 进行加固后抗震承载力验算时,应计入构造的影响。

8.1.5 底层框架砖房上部各层的加固,应符合本标准第 5 章的有关规定,其墙体采用喷射混凝土板墙加固时,应延续至基础。底层加固时,应计入上部各层加固后对底层的影响。框架梁柱的加固,应符合本标准第 7 章的有关规定。

8.2 加固方法

8.2.1 底层框架、底层内框架砖房的底层和多层内框架砖房的结构体系以及抗震承载力不满足要求时,可选择下列加固方法:

1 横墙间距超过规定值时,宜增设附加子结构、内置门式刚架或抗震墙加固。

2 横墙间距符合鉴定要求而抗震承载力不满足要求时,宜优先增设内置门式刚架、钢筋混凝土抗震墙或翼墙加固,也可对原有墙体采用钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固等常规加固方法。

3 钢筋混凝土柱配筋不满足要求时,宜优先采用增设附加子结构、内置门式刚架或抗震墙等加固措施,减少框架承担的地震作用;也可采用增设钢构套、现浇钢筋混凝土套、粘贴纤维布、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层等常规加固方法。

4 当底层框架砖房的框架柱轴压比不满足要求时,优先增设附加子结构、内置门式刚架或抗震墙、翼墙加固;也可增设钢筋混凝土套,或粘贴螺旋形纤维复合材料,形成约束混凝土。

5 内框架的外墙砖柱(墙垛)承载力不满足要求时,可采用增设钢筋混凝土内壁柱、内置门式刚架、抗震墙或翼墙加固,以减少砖柱(墙垛)承担的地震作用。

6 底层框架砖房的底层为单跨框架时,应增设框架柱形成双跨;当底层刚度较弱或有明显扭转效应时,可在底层增设附加子结构、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钢筋网砂浆面层、钢丝绳网片-聚合物砂浆面层加固或采用钢筋混凝土墙替换底部砌体墙等方法加固。

【条文说明】 底层框架和内框架砖房,分别由两种材料性能差异较大的结构组成,上下层刚度差异大或内外变形不协调,是导致地震灾害的主要原因。因此,这类抗震加固应从调整房屋上下层刚度差异、协调内外变形的目标出发,采取提高整体抗震能力的措施,并注意满足历史建筑风貌保护的需要,对边柱、角柱、外墙(垛)的加固,应从建筑内侧着手。为了不影响或少影响内部使用功能,优先采用内置门式刚架加固。

8.2.2 内框架和底层框架砖房整体性不满足要求时,应选择下列加固方法:

1 底层框架、内框架砖房的底层楼盖和屋盖为装配式混凝土楼板时,可增设钢筋混凝土现浇层加固。

2 圈梁布置不符合鉴定要求时,应增设圈梁和体内预应力拉杆;当墙体采用钢筋网砂浆面层或板墙进行加固且在楼层处设置配筋加强带时,可不另设圈梁。

3 当构造柱设置不符合鉴定要求时,外墙可采用体内预应力和钢筋混凝土内壁柱加固技术;当墙体采用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符合鉴定要求时,可在内部增设钢筋混凝土板墙或体内预应力拉杆加固。

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。

8.2.3 内框架和底层框架砖房易倒塌部位不符合鉴定要求时,可按《建筑抗震加固技术规程》JGJ116的有关规定选择加固方法。

8.2.4 底层内框架、单排柱内框架房屋,应在原外墙轴线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。

8.2.5 底层框架、底层内框架砖房的底层为薄弱层,或多层内框架砖房的层间刚度不足时,可采用增设附加子结构、增设抗震墙的加固方法。

8.3 加固设计

8.3.1 框架部分增设附加子结构的加固设计,应符合本标准第7.3节的有关规定。

8.3.2 增设钢筋混凝土内壁柱加固内框架房屋的砖柱(墙垛)时,应符合下列要求:

1 内壁柱应从底层设起,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 内壁柱的截面面积不应小于 36000mm^2 ，截面宽度应大于相连内框架梁的宽度。

3 内壁柱的纵向钢筋不应少于 $4\phi 12$ ；箍筋间距不应大于 200mm ，在楼、屋盖标高上下各 500mm 范围内，箍筋间距不应大于 100mm 。

4 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。

5 壁柱的构造尚应符合下列要求：

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

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。

6 采用壁柱加固后形成的组合砖柱（墙垛），其抗震验算应符合下列要求：

1) 横墙间距符合鉴定要求时，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向刚度分配的值；有效侧向刚度的取值，对原有框架柱和加固后的组合砖柱不折减，对 A 类内框架，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的 40%，对砖抗震墙可取实际值的 30%；对 B 类内框架，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；

K_{cij} — 第 i 层第 j 柱的侧向刚度；

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

V_{wi} — 第 i 层所有抗震墙现有受剪承载力之和，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定确定；

η — 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；

B — 房屋宽度。

3) 加固后的组合砖柱（墙垛）可采用梁柱铰接的计算简图，并可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。

8.3.3 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；尚应采取措施加强现浇层与原有楼板、墙体的连接。

8.3.4 增设的现浇层与原有墙、板的连接，应符合下列要求：

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 现浇层宜采用呈梅花形布置的 L 形锚筋或锚栓与原楼板相连；当原楼板为预制板时，锚筋、锚栓应通过钻孔并采用胶粘剂锚入预制板缝内，锚固深度不小于 80~100mm。

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。

8.3.5 增设钢筋网砂浆面层加固、钢丝绳网片—聚合物砂浆面层加固、钢筋混凝土板墙加固、增设抗震墙加固时，应符合本标准第 5 章的要求。

8.3.6 体内预应力拉杆的设计，应符合本标准第 5 章的规定。

8.3.7 底层框架、底层内框架砖房的底层和多层内框架砖房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，按本标准第 5 章规定分别取值。

8.3.8 钢筋混凝土梁柱的加固设计应符合本标准第 7.3 节的规定；加固后钢筋混凝土柱承担的地震剪力，可按《建筑抗震鉴定标准》的有关规定计算。

8.4 修缮设计

8.4.1 底层框架砖房和内框架砖房中砌体构件的修缮参见本标准 5 章有关规定实施。

8.4.2 底层框架砖房和内框架砖房中混凝土构件的修缮可参照本标准第 7 章的有关规定实施。

9 多高层钢结构房屋

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于多层和高层钢结构房屋的抗震加固，其适用的最大高度、抗震等级应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

9.1.2 抗震加固后钢结构的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计使用年限确定。

9.1.3 钢结构的抗震加固设计，应与实际施工方法紧密结合，采取有效措施，保证新增构件及部件与原结构连接可靠，新增截面与原截面结合牢固，形成整体共同工作；并不应对未加固部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影响。

9.1.4 对高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、温度应力、收缩应力、地基不均匀沉降等影响因素引起的原结构损坏，应在加固设计中提出有效的防治对策，并应按设计规定的顺序进行治理和加固。

9.1.5 钢结构的抗震加固设计，应综合考虑其技术经济效果，应根据房屋的实际情况选择加固方案，不应导致不必要的拆除或更换，不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位。

9.1.6 对加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的钢结构，应在加固设计文件中提出有效的临时性安全措施。

9.1.7 钢结构的抗震加固，采用现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的方法进行抗震承载力验算。

9.1.8 钢结构的抗震加固后续工作年限为 30 年。对使用胶粘方法或掺有聚合物材料加固的结构、构件，应定期检查其工作状态；检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于 10 年。

9.2 加固方法

9.2.1 钢结构的加固可分为直接加固与间接加固两类。当多层和高层钢结构房屋的结构体系和抗震承载力不满足要求时，可根据实际条件和使用要求选择适宜的加固方法及配合使用的技术。

1 直接加固宜根据工程的实际情况选用增大截面加固法、粘贴钢板加固法和组合加固法。

2 间接加固宜根据工程的实际情况采用改变结构体系加固法、预应力加固法。

3 钢结构加固的连接方法宜采用焊缝连接、摩擦型高强螺栓连接；亦可采用焊缝与摩擦型高强螺栓的混合连接等。

9.2.2 钢结构抗震加固还可按照《钢结构加固设计标准》GB51367 的相关规定，采用外包钢筋混凝土加固法、钢管构件内填混凝土加固法等方法。

9.2.3 钢结构抗震加固后的结构或构件，其抗火设计应满足《建筑设计防火规范》GB 50016 及《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 的要求，其防腐设计应满足《钢结构设计标准》GB50017、《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T50046 及《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251 的要求。

9.2.4 与结构加固方法配合使用的阻锈技术、连接技术和修复、修补技术等应符合《钢结构加固设计标准》GB51367 的规定。

9.3 加固设计

I 改变结构体系加固法

9.3.1 钢框架历史建筑因抗震承载力或抗侧刚度不足、结构不规则等原因需抗震加固时，宜优先采用增设附加子结构、抗震墙、消能减震等加固技术，并可参照钢筋混凝土框架结构的相关规定。

9.3.2 钢框架历史建筑因竖向承载力或刚度不足等原因需静力加固时，宜优先采用增设支撑系统、增设支柱或撑杆等改变结构体系的加固技术，并符合《钢结构加固设计标准》GB 51367 的相关规定。

9.3.3 改变结构体系的加固设计，应按加固后形成的新结构体系进行验算。

9.3.4 根据最大的支点反力，设计支承结构及其基础。

II 常规加固法

9.3.5 钢结构构件加固可采用增大截面加固、粘贴钢板加固等常规加固法，并符合《钢结构加固设计标准》GB 51367 的相关规定。

9.3.6 连接与节点法可采用焊接、螺栓连接等常规加固法，应符合《钢结构加固设计标准》GB 51367 的相关规定。

III 体外预应力加固

9.3.7 当轴心受压或偏心受压的钢柱的承载力不满足要求时，可采用体外预应力撑杆加固法进行加固。

9.3.8 体外预应力撑杆加固轴心受压钢结构柱和偏心受压钢结构柱，应按现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB51367 的有关规定进行设计计算。

9.3.9 采用体外预应力撑杆加固钢结构柱时，可采用双侧预应力撑杆的加固方式，若偏心受压柱的弯矩不变号，亦可采用单侧预应力撑杆的加固方式。

9.3.10 当钢梁等受弯构件的受弯承载力、受剪承载力不足或变形过大不能满足设计要求时，可采用体外预应力加固法进行加固。

9.3.11 采用体外预应力加固法时，其长期使用的环境温度不应高于 60℃。

9.3.12 采用体外预应力加固法加固钢梁时，预应力束及配套装置应避免削弱或损伤原构件及节点，当对原构件或节点有削弱或损伤时，应采取补强措施。

9.3.13 体外预应力加固钢梁等水平构件时，应考虑被加固钢构件下的空间要求、张拉锚固条件等，并根据受力要求采用不同的加固方式：

1 当被加固钢梁下翼缘具备布置预应力筋和张拉条件时，可采用在下翼缘直接布置预应力筋方式加固（图 9.3.13-1）。

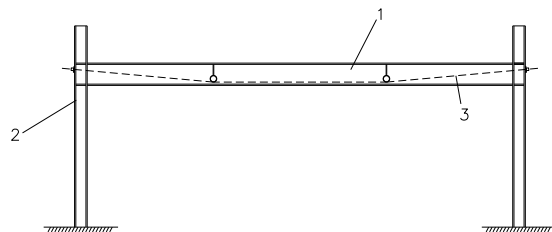


图 9.3.13-1 钢梁预应力筋加固示意图

1—被加固水平钢构件；2—柱；3—预应力筋

2 当被加固钢梁下空间允许时，可采用预应力钢索与撑杆相结合加固，形成张弦结构体系。水平构件可设单个撑杆（图 9.3.13-2（a））、多个撑杆（图 9.3.13-2（b）），多撑杆间可设斜撑（图 9.3.13-2（c））。

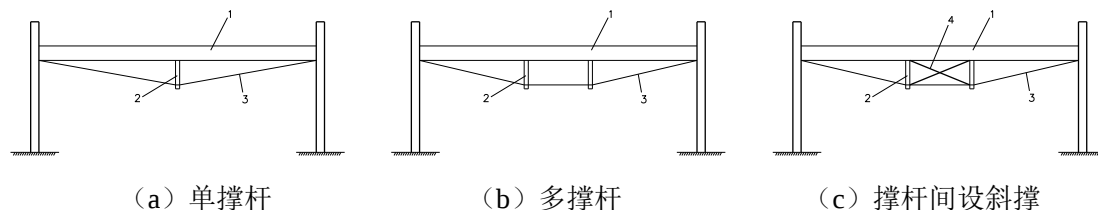


图 9.3.13-2 钢梁预应力筋撑杆加固示意图

2—被加固水平构件；2—撑杆；3—预应力筋；4—撑杆间斜撑

9.3.14 采用体外预应力加固钢梁时，其加固构造应符合下列规定：

1 预应力筋应连续布置，在转向处应设置转向节点，且转向节点的构造应满足预应力筋最小曲率半径要求。

2 预应力筋张拉端和固定端节点应与原钢梁可靠连接，连接方式可采用焊接、螺栓连接等形式。

3 当采用撑杆和预应力筋对钢梁加固时，撑杆长细比、张拉端与固定端板件的宽厚比应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的有关规定。

4 跨中预应力筋转向点间的长度不宜大于 8 倍梁高，当预应力筋自由段长度大于 8 倍梁高时，应自跨中位置设置竖向限位点。

9.4 修缮设计

9.4.1 钢结构构件或连接的局部缺陷和损伤的修复与处理应符合本节规定。

1 对可能导致钢结构整体承载力不足的缺陷和损伤，应采取措施进行修缮。

2 对下列缺陷和损伤,宜采取拆换措施:

- 1) 高强度螺栓连接出现延迟断裂现象;
- 2) 承受动力荷载的摩擦型高强度螺栓连接出现滑移现象;
- 3) 钢结构节点板弯折损伤伴有裂纹;
- 4) 承受动力荷载的钢构件出现疲劳裂纹。

3 经可靠性鉴定确认可以修复的钢结构局部缺陷和损伤,应根据其类型及产生原因进行专项修复设计。

4 钢结构的缺陷和损伤的修复,应按设计规定卸除或部分卸除作用于结构上的活荷载,并采取可靠的安全措施。

9.4.2 钢结构的连接修缮,应符合以下要求:

1 钢结构焊缝的修复应符合下列规定:

- 1) 焊缝实际尺寸不足时,应根据验算结果在原有焊缝上堆焊辅助焊缝;
- 2) 焊缝出现裂纹时,宜采用碳弧气刨或风铲刨掉原焊缝后重焊,并应作防腐蚀处理;

- 3) 焊缝出现气孔、夹渣、咬边时,对常温下承受静载或间接动载的结构,若无裂纹或其他异常现象,可不作处理;

- 4) 焊缝内部的夹渣、气孔等超过现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的外观质量要求时,应采用碳弧气刨或风铲将有缺陷的焊缝清除,然后以同型号焊条补焊,补焊长度不宜小于 40mm。

2 由螺栓漏拧或终拧扭矩不足造成摩擦型高强度螺栓连接的滑移,可采用补拧并在盖板周边加焊进行修复。

3 铆钉连接的修复应符合下列规定:

- 1) 对松动或漏铆的铆钉应更换或补铆;更换铆钉时,宜采用气割割掉铆钉头且不应烧伤主体金属;不得采用焊补、加热再铆合方法处理有缺陷的铆钉。修复时,可采用高强度螺栓代替铆钉,其直径换算按等强度确定。

- 2) 当采用高强度螺栓替换铆钉修复时,若铆钉孔缺陷不妨碍螺栓顺利就位时,可不处理铆钉孔;当孔壁倾斜度超过 5° ,且螺栓不能与连接板表面紧贴时,应扩钻铆钉孔或采用楔形垫圈。

9.4.3 钢结构的变形修缮,应符合以下要求:

1 钢结构构件的变形可采用热加工方法矫正。当矫正有困难时,应予拆换或加固。

2 钢结构弯曲变形的处理,应符合下列规定:

- 1) 压杆弯曲变形的处理,当其变形难以矫正时,应以杆件的最大内力和实际的弯曲尺寸,按偏心受压杆件验算。验算时,其承载力设计值应乘以表 9.4.3-1 规定的折减系数。若验算结果尚能满足承载要求,可不予处理;当不满足承载要

求时应予以加固。

表 9.4.3-1 受压杆件弯曲变形的承载力折减系数

杆件的弯曲矢高	$\leq l/450$	$l/350$	$l/300$	$l/250$	$l/200$
承载力折减系数	1.0	0.9	0.8	0.7	0.5

注:1.当弯曲矢高为中间值时,承载力折减系数按线性内插法确定;

2.表中 l 为杆件计算长度。

2) 拉杆弯曲变形的处理,承受静荷载的拉杆的弯曲,当其弯曲矢高 f 小于等于杆件长度的 $1/150$ 时,可不矫直;当 f 大于杆件长度的 $1/150$ 时,宜予以矫直;当 f 大于杆件长度的 $1/50$ 时,应予以加固。

3 钢结构腹板局部凹凸的处理,应符合下列规定:

1) 当梁、柱腹板的受压区有局部凹凸时,应进行承载力验算。验算结果满足承载要求时,可不予处理。当不满足要求时应予加固。当局部凹凸位于腹板受拉区且无裂纹时,可不予处理。

2) 当局部凹凸对腹板受力有影响时,应进行修复。修复方法宜采用机械矫正法,当不能校平,可采用火焰法校平。对腹板的凹凸部分亦可采用增设加劲肋的方法处理,并应使加劲肋与腹板相贴一面的形状与腹板变形的轮廓一致。

4 钢结构节点板弯折变形的处理,应符合下列规定:

1) 当节点板弯折处无裂纹时,可在矫正后加设加劲肋。

2) 当节点板弯折处存在轻微裂纹,且节点板受力较小时,可用堵焊法修补裂纹,并按本条第 1 款进行处理。

3) 当节点板弯折变形不满足本条第 1 款、第 2 款的规定时,应予以更换。

9.4.4 钢结构的裂纹修缮,应符合以下要求:

1 结构因荷载反复作用及材料选择、构造、制作、施工安装不当产生的具有扩展性或脆断倾向性裂纹损伤时,应对结构进行修复。在修复前,必须分析产生裂纹的原因及其影响的严重性,制定加固方案、采取修复加固措施;对不宜采取修复加固措施的构件,应予拆除更换。在对含裂纹构件进行修复加固设计时,宜采用断裂力学方法进行抗脆断验算。

2 在钢结构构件上发现裂纹时,作为临时应急措施之一,可在裂纹端部以外 $0.5t-1.0t$ 处钻孔 (图 9.4.4-1),防止裂纹进一步急剧扩展,并根据裂纹性质及扩展倾向采取修复加固措施。

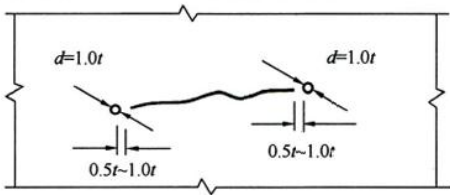


图 9.4.4-1 裂纹两端钻止裂孔

t-板厚

3 承受静载或间接动载钢结构构件的裂纹修复应符合下列规定:

- 1) 修复裂纹时应优先采用焊接方法。
- 2) 对网状、分叉裂纹区和有破裂、过烧或烧穿等缺陷的梁、柱腹板部位,宜采用焊接的嵌板修补(图 9.4.4-2)。

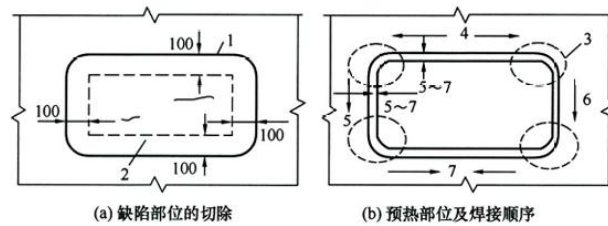


图 9.4.4-2 裂纹的嵌板法修复示意

1-切割线; 2-缺陷的界限; 3-预热区域; 4~7-焊接顺序

3) 用附加盖板修补裂纹时, 宜采用双层盖板, 裂纹两端应钻孔。当盖板用焊接连接时, 应将加固盖板压紧, 其厚度应与原钢板等厚, 焊脚尺寸应等于板厚。当用摩擦型高强度螺栓连接时, 应在裂纹的每侧用双排螺栓, 盖板宽度应能布置螺栓, 盖板长度每边应超出裂纹端部 150mm 。

4 修复裂纹的方法

1) 修复裂纹应优先采用堵焊的方式, 堵焊的施工顺序为:

- a. 清洗裂纹两边 80mm 以上范围内板面油污至露出洁净的金属面;
- b. 用碳弧气刨、风铲或砂轮将裂纹边缘加工成坡口, 直达纹端的止裂孔 (见图 9.4.4-3), 坡口的形式应根据板厚和施工条件按现行《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T 985-1988 的要求选用。用碳弧气刨加工坡口时, 应用砂轮将坡口表面的渗碳层磨掉;

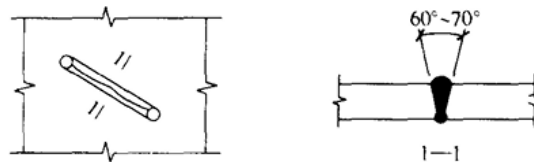


图 9.4.4-3 裂缝的堵焊

- c. 将裂纹两侧及端部金属预热至 100~150℃, 并在焊接过程中保持此温度;
- 4) 用与钢材相匹配的低氢或超低氢型焊条施焊, 并尽可能用小直径焊条分段分层逆向施焊, 焊接顺序如图 9.4.4-4 所示所示。每一道焊完后宜立即进行锤击;

5) 按设计要求检查焊缝质量;

6) 对承受动力荷载的构件, 堵焊后其表面应磨光, 使之与原构件表面齐平,

摩擦痕迹线应大体与裂纹切线方向垂直；

7) 对重要的结构或厚板构件，堵焊后应立即进行退火处理。

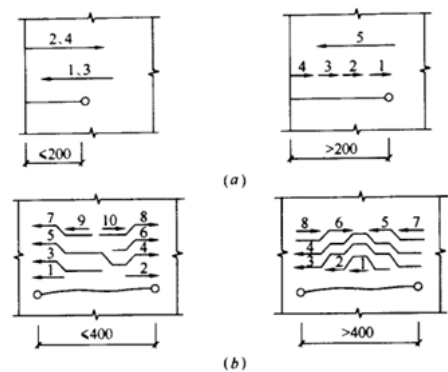


图 9.4.4-4 堵焊焊道顺序

(a) 裂纹由板端开始；(b) 裂纹在板面中部

如果裂纹性质严重（如已发展成为贯穿主要受力构件横截面的裂缝等），对结构的承载力形成危险时，则不应采取堵焊的方法，而应迅速采取加固措施，更换有缺陷的部分，甚至更换整个构件

当梁、柱腹板部位受损形成网状、分叉裂纹区或局部破裂、过烧或烧穿，甚至出现孔洞等块状缺陷时，宜采用嵌板修补。嵌板的施工顺序为：

1) 检查确定缺陷的范围；

2) 将缺陷部位切除，宜切成带圆角的矩形孔，切除部分的尺寸均应比缺陷范围的尺寸大 100mm（如图 9.4.4-5 所示）

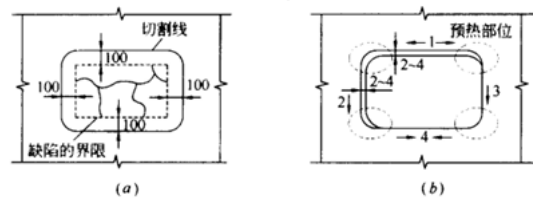


图 9.4.4-5 缺陷切除后的修补

(a) 缺陷部位的切除；(b) 预热部位及焊接顺序

3) 用等厚度同材质的嵌板嵌入切除部位，嵌入板的长宽边缘与切除孔间两个边应留 XXXXX 的间隙，并将其边缘加工成对接缝要求的坡口形式；

4) 嵌板定位后，将孔口四角区预热至 100~150℃，并按如图 9.4.4-4 (b) 所示的顺序采用分段分层逆向焊法施焊；

5) 检查焊缝质量，打磨焊缝余高，使之与原构件表面齐平。

用附加盖板修补裂纹或块状缺陷时，一般宜采用双层盖板。此时对裂纹两端仍须钻止裂孔，对块状缺陷，则应全部切除。当盖板用焊接连接时，应设法将加固盖板压紧（如图 9.4.4-6 所示），其厚度与原板等厚，焊脚尺寸等于板厚，盖板的尺寸和焊接顺序可参照嵌板的要求执行。

当用摩擦型高强度螺栓连接加固时，在裂纹或缺陷区域的每侧用双排螺栓，盖板宽度以能布置螺栓为宜，盖板长度每边应超出裂纹或缺陷区域 150mm

当吊车梁腹板上部出现裂纹时，应检查和先采取必要措施如调整轨道偏心等，再采用堵焊的方法修补裂纹，然后根据裂纹的严重程度和吊车工作制类别分别选用图 9.4.4-7 中的方法来进行加固处理。

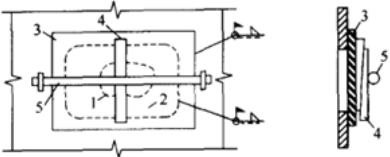


图 9.4.4-6 附加盖板修补

1-块状缺陷；2-切除区域；3-盖板；4-压紧用模块；5-压紧用圆钢

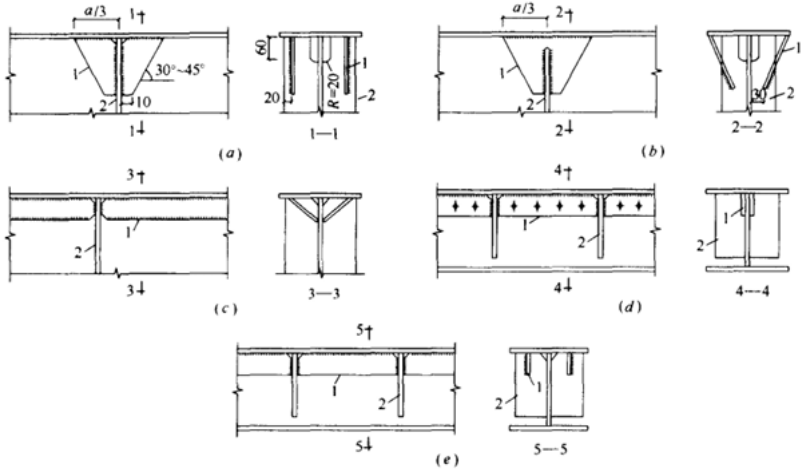


图 9.4.4-7 吊车梁加固方案

(a) 翼缘附加焊接局部垂直肋板；(b) 翼缘附加焊接局部斜肋板；(c) 翼缘附加焊接全长斜肋板

(d) 翼缘附加栓焊全长垂直肋板；(e) 翼缘附加焊接全长垂直肋板

1-附加肋；2-原有肋

9.4.5 钢结构的涂装修缮，应符合以下要求：

1 钢结构构件涂装的修复应根据构件实际锈蚀、腐蚀程度采取修缮措施。当构件截面削弱程度不足以影响结构安全时，可采取表面除锈、增加防腐涂层的修复方法；当构件截面削弱程度已影响结构安全时，应采取相应加固措施进行修复。

2 钢结构构件表面除锈可采用手工除锈、机械除锈或喷砂除锈。除锈等级应符合现行国家标准《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：未深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 的有关规定。

3 锈蚀、腐蚀缺陷的修复，应在重做防护措施前，采取酸洗、喷砂机械打磨等处理措施清除锈蚀、旧涂层和污垢等；新涂层的品种、涂刷层数和厚度应根据

产品要求和耐久性要求确定。

10 生土建筑

10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于 6~8 度区生土墙（夯土墙、土坯墙）承重结构与土窑洞历史建筑的抗震加固与修缮。

[条文说明] 根据调研，全国土窑洞绝大部分在 6 度区，7 度区有少部分，8 度区极少。

10.1.2 生土结构历史建筑首先应满足正常使用状态安全性与耐久性要求。应重点针对生土墙和土窑洞的防水、防潮、碱蚀、冻胀、生物侵蚀等，采取预防性保护与加固修缮相结合的技术措施。

10.1.3 生土结构历史建筑的抗震加固应根据其保护要求与保护类别，采取相应的抗震加固方法和技术措施。

1 对于重要历史建筑，优先采用对原结构体系干扰较小的方法进行抗震加固，或在不改变原结构体系的条件下，采用限制使用、减轻屋盖荷重等技术措施。

2 对于生土结构的重点保护部位，宜按照真实性原则、最小干预原则采取加固修缮技术措施。

3 对于一般历史建筑，可通过支撑、捆绑、牵拉等方式提高房屋的整体稳固性，增强生土墙体的抗倒塌能力。必要时可按风貌保护的要求，在保留生土外墙基础上对结构承重构件或结构体系进行置换。

4 生土裂缝修复材料、抹面增强材料与生土墙、土窑洞表面应具有良好的粘结性能或采取必要的拉结措施。增设的加固构件或结构与生土墙、土窑洞应具有良好的协同工作性能。

[条文说明] 本条符合国家对历史建筑的保护利用相关规定。部分条款建议在本标准第 3 章基本规定中有所体现。

10.1.4 生土结构房屋的抗震加固，一般可不进行抗震承载力验算。

[条文说明] 当结构体系发生较大改变时，应按照新结构体系进行抗震验算。

10.1.5 当采用砂浆或混凝土材料加固修缮生土墙与土窑洞时，应事先将生土墙表面、土窑洞内壁原有护面层剔除，清理干净浮土后适量洒水湿润，再喷刷生态型土壤固化剂，待生土表面结硬后再进行面层加固施工。

10.2 加固设计

10.2.1 生土墙承重房屋的整体性加固，可采取型钢内支撑、钢拉杆（索）-墙揽等技术措施。

10.2.2 采用型钢内支撑进行房屋整体性加固时，应符合以下规定：

1 在房屋四角、纵横墙连接部位紧贴生土墙设置型钢立柱，在墙顶或洞口过梁位置处设置水平型钢加固，竖向与水平型钢应焊接或栓接形成整体，并与生土墙体、楼（屋）面结构可靠拉接。当型钢内支撑兼具局部托换作用时，应满足静力承载要求。

2 型钢立柱可采用角钢、矩形钢管或 H 型钢，应在地面相应位置设置基础，并与基础顶面预埋件可靠连接。根据立柱水平间距、抗侧刚度需要，可以考虑设置柱间斜撑。

3 水平型钢可采用角钢、矩形钢管或钢板带。当承重墙顶无圈梁或楼（屋）盖木檩条在墙顶搁置长度不符合要求时，可在墙顶（木檩支承位置）两侧设置角钢进行加固，两侧角钢应穿墙拉接。角钢截面尺寸不小于 75mm×6mm。

3 对木屋架或坡屋顶山尖墙（硬山搁檩方式）可采用角钢形成垂直支撑进行加固。角钢截面尺寸不小于 60mm×5mm。

4 当生土墙两侧对应位置均设置型钢，或一侧设置型钢一侧设置墙揽时，应设置穿墙螺杆（栓）拉接，螺杆（栓）直径不小于 12mm；穿墙螺杆（栓）间距不宜大于 1000mm。

10.2.3 采用钢拉杆（索）-墙揽对房屋进行整体性加固时，应符合以下规定：

1 钢拉杆可采用普通光圆钢或小截面角钢制作，钢筋直径不宜小于 16mm，角钢宜采用等边角钢，截面尺寸不小于 60mm×5mm；拉索可采用钢绞线，直径不小于 10mm；钢拉杆和拉索宜采用花篮螺丝连接紧固。

2 钢拉杆和拉索拉接生土墙时，应在墙体外侧设置墙揽；与木构件、木屋架拉接时，应设置连接件与木构件或屋架节点可靠连接。

3 生土墙外露墙揽对建筑立面风貌有影响时，应采用隐藏方式设置，或将外露墙揽设计为建筑装饰构件。

10.2.4 生土墙承载力补强加固，可采用钢筋网-砂浆面层、钢筋网-砂浆条带、钢筋混凝土板墙等加固技术，并且应符合以下规定：

1 钢筋网-砂浆面层、钢筋网-砂浆条带及钢筋混凝土板墙加固方式不宜在建筑外墙皮使用。

2 当采用钢筋网-砂浆面层、钢筋网-砂浆条带方法对生土墙进行加固时，应采用双面加固方式。砂浆强度不低于 M15，单侧面层厚度不小于 30mm。6、7 度时钢筋网不小于 C6@250，8 度时钢筋网不小于 C8@250。房屋四角、纵横墙交接部位竖向钢筋直径宜加大，钢筋间距宜加密。

3 当采用现浇钢筋混凝土板墙对生土墙进行加固时，单侧混凝土板墙厚度

不小于 60mm，混凝土强度等级宜采用 C25。竖向钢筋不小于 C8@200，水平钢筋不小于 C6@200。

4 钢筋网-砂浆面层、钢筋网-砂浆条带、钢筋混凝土板墙加固生土墙时，应在地面以下挖槽并浇筑混凝土基础，竖向钢筋应在基础内可靠锚固。

10.2.5 生土墙严重破损或面层、板墙加固成本较大时，可采用拆除原墙、重砌新墙的方式进行处理。拆除原墙时，应做好临时支撑措施。

10.2.6 房屋横墙间距过大、纵墙洞口过大时，可采取增设横墙、填砌或缩小洞口的方式进行加固处理。

10.2.7 当木屋架、木梁、木檩直接支承于生土墙体之上，且支承处未设梁垫时，应增设木梁垫或结合建筑屋面大修增设整体木圈梁。

10.2.8 土窑洞拱券可采用砖衬券、木支架等方法进行加固，并且应符合以下规定：

1 砖衬券砌筑时应紧贴原土拱内壁，厚度不应小于 120mm，砌筑砂浆强度不小于 M15。砖衬券施工前，应制作拱模。图 10.2.8-1 所示。

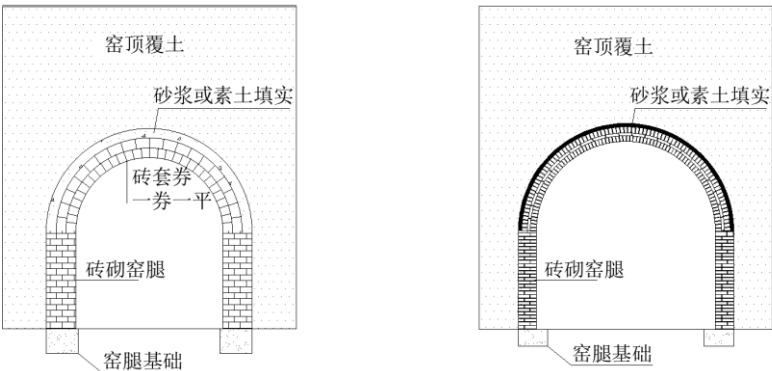
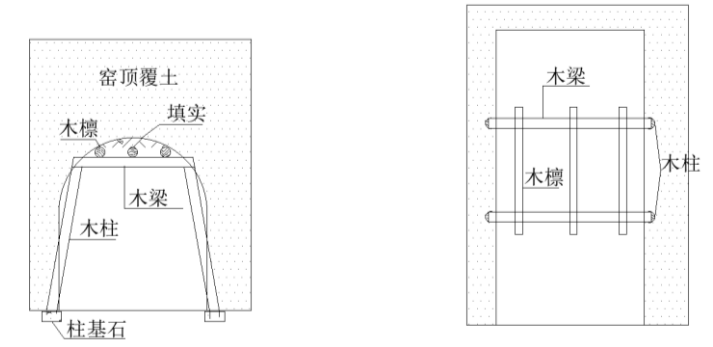


图 10.2.8-1 砖衬券加固土拱券示意

2 当采用木支架加固土拱券时，两道木支架一组布置，两侧木柱上架设横梁，梁上架檩，木檩紧贴拱券顶部。图 10.2.8-2 所示。



(a)木支架加固剖面 (b) 木支架加固平面

图 10.2.8-2 木支架加固土拱券示意

10.3 修缮设计

10.3.1 生土墙体裂缝修复，应符合以下规定：

1 修复前应探明生土墙体裂缝成因，在此基础上采取适宜的修复材料和修复技术。

2 墙体裂缝宽度较大时，可采用细石混凝土塞填，或采用掺入水玻璃的水泥砂浆灌缝处理；墙体裂缝宽度较小时，可采用掺入水玻璃的水泥浆、PS（高模数硅酸钾）溶液灌缝处理。裂缝细小无法灌浆时，可采用压力注浆工艺。

3 墙体中的较大空洞，宜采用生土砌块补砌。采用砖石材料补砌时，表面宜采用掺入固化剂的泥浆或草泥抹面处理。

10.3.2 生土墙体根部因碱蚀、冻胀等原因出现剥落、烂根时，宜采用以下措施进行修缮处理：

1 对墙体应做好防水防潮处理。碱蚀、冻胀严重时，宜对墙根周边部位采用灰土垫层或灰土桩进行加固处理。

2 墙根剥落程度较轻、对墙体承载力影响不大时，应将墙体剥落部位清理，表面涂刷水玻璃或 PS 溶液 2-3 遍，然后用防水砂浆抹面处理。对于重点保护部位，可采用掺入水玻璃或 PS 溶液的泥浆抹面处理。

3 墙根剥落、掏蚀严重、对墙体承载力有较大影响时，应将墙体剥落、掏蚀部位清理，表面涂刷水玻璃或 PS 溶液 2-3 遍，然后用防水砂浆砌筑砖石材料塞填补砌。

10.3.3 生土结构房屋、土窑洞应做好防排水措施，且应符合以下规定：

1 房屋与窑洞周边应设置混凝土散水或排水明沟，排水坡度不小于 2%。

2 房屋与窑洞周边低洼部位，应及时回填垫高，保证排水顺畅。

3 房屋与窑洞周边发现有地洞、塌陷的，应及时回填夯实处理。

4 地坑窑或独立式窑洞的覆土顶面应作防水、排水措施，当有杂草或树木时应及时清处。

10.3.4 生土结构屋面修缮应符合以下规定：

1 屋面与檐口部位出现木椽木檩腐朽、变形或移位时，应及时进行防腐与

加固处理，严重时应更换构件。

- 2 屋面应铺设防水层。已有防水层老化、开裂严重时，应更换处理。
- 3 屋面有溜瓦、烂瓦或檐口滴水（瓦）时应及时更换处理。

11 单层砖柱厂房和空旷房屋

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于砖柱（墙垛）承重的单层厂房和砖墙承重的单层空旷房屋。

【条文说明】单层厂房包括仓库、泵房等，单层空旷房屋指影剧院、礼堂、食堂、教堂等。

11.1.2 单层砖柱厂房和单层空旷房屋的抗震加固设计，应采取提高砖柱（墙垛）抗震承载力和高大墙体的稳定性、加强屋盖整体性和消除结构布置不利影响的措施。

11.1.3 当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 的相应要求。

11.1.4 房屋加固后，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定进行纵、横向的抗震分析或空间结构分析，并可采用本章规定的方法进行构件的抗震验算。

11.1.5 混合排架房屋的钢筋混凝土部分，应按本标准第 7 章的有关要求加固；附属房屋应根据其结构类型按本标准相应章节的有关要求加固，但其与车间或大厅相连的部位，尚应符合本章的要求并应计入相互间的不利影响。

11.2 加固方法

11.2.1 砖柱（墙垛）抗震承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

1 6、7 度时或抗震承载力低于要求在 30% 以内的轻屋盖房屋，可采用钢构套加固。

2 乙类设防，或 8、9 度的重屋盖房屋或延性、耐久性要求高的房屋，宜采用钢筋混凝土壁柱或钢筋混凝土套加固。

3 除本条 1、2 款外的情况，可增设钢筋网面层与原有柱（墙垛）形成面层组合柱加固。

4 独立砖柱房屋的纵向，可增设到顶的柱间抗震墙加固。

11.2.2 房屋的整体性连接不符合鉴定要求时，应选择下列加固方法：

1 屋盖支撑布置不符合鉴定要求时，应增设支撑。

2 构件的支承长度不满足要求时或连接不牢固时，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符合鉴定要求时，可增设圈梁加固。

4 大厅与前后厅、附属房屋的连接不符合鉴定要求时，可增设圈梁加固。

5 舞台口大梁的支承部位不符合鉴定要求时，可增设钢筋网砂浆面层组合柱、钢筋混凝土壁柱等加固。

11.2.3 局部的结构构件或非结构构件不符合鉴定要求时,应选择下列加固方法:

1 舞台的后墙平面外稳定性不符合鉴定要求时,可增设壁柱、工作平台、天桥等构件增强其稳定性。

2 悬挑式挑台的锚固不符合鉴定要求时,宜增设壁柱减少悬挑长度或增设拉杆等加固。

3 高大的山墙山尖不符合鉴定要求时,可采用轻质隔墙替换。

4 砌体隔墙不符合鉴定要求时,可将砌体隔墙与承重构件间改为柔性连接。

5 舞台口大梁上部的墙体、女儿墙、封檐墙不符合鉴定要求时,可按本标准第 12.2.4、12.3.10 条的规定处理。

11.3 加固设计

I 组合柱的面层加固

11.3.1 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。

11.3.2 增设面层组合柱的材料和构造,尚应符合下列要求(见图 11.3.2):

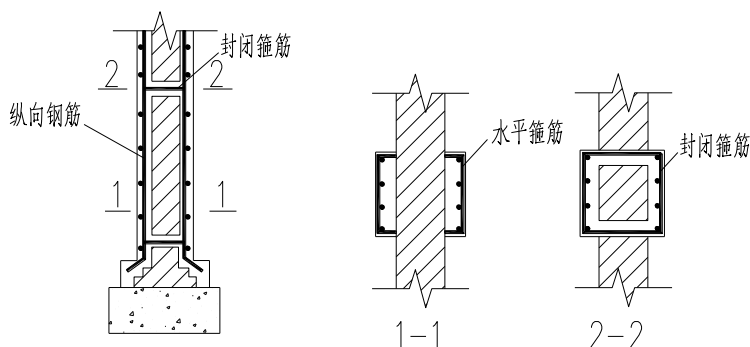


图 11.3.2 面层组合柱加固墙垛

1 水泥砂浆的强度等级宜采用 M10,钢筋宜采用 HPB300 级钢筋。

2 面层的厚度可采用 35~45mm。

3 纵向钢筋直径不宜小于 8mm,间距不应小于 50mm;水平钢筋的直径不宜小于 4mm,间距不应大于 400mm,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。

11.3.3 面层组合柱的抗震验算应符合下列要求:

1 7、8 度区的 A 类房屋,轻屋盖房屋组合砖柱的每侧纵向钢筋分别不少于 3 $\phi 8$ 、3 $\phi 10$,且配筋率不小于 0.1%,可不进行抗震承载力验算。

2 加固后,柱顶在单位水平力作用下的位移可按下式计算:

$$u = \frac{H_0^3}{3(E_m I_m + E_c I_c + E_s I_s)} \quad (11.3.3)$$

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》GB50003 的规定采用；但当为 9 度时均按应按弹性方案取值，当为 8 度时可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》GB50003 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/T50010 的规定采用。砂浆的弹性模量，对 M7.5 取 7400N/mm²，对 M10 取 9300N/mm²，对 M15 取 12000N/mm²。

3 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 11.3.3 的折减系数。

表 11.3.3 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

4 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，抗震加固的承载力调整系数，应按本标准第 3.0.4 条规定采用；增设的砂浆（或混凝土）和钢筋的强度应乘以折减系数 0.85；A、B 类房屋的原结构材料强度应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023 的规定采用。

11.3.4 面层组合柱的施工，应符合《建筑抗震加固技术规程》第 9.3 条的有关要求。

II 组合壁柱加固

11.3.5 增设钢筋混凝土壁柱或套与原有砖柱（墙垛）形成组合壁柱时，应符合下列要求：

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的一倍，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。

11.3.6 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，尚应符合下列要求：

1 壁柱和套的混凝土宜采用细石混凝土，强度等级宜采用 C20；钢筋宜采用 HRB335 级或 HPB300 级热轧钢筋。

2 采用钢筋混凝土壁柱加固砖墙（见图 11.3.6a）或钢筋混凝土套加固砖柱（墙垛）（见图 11.3.6b）时，其构造尚应符合下列规定：

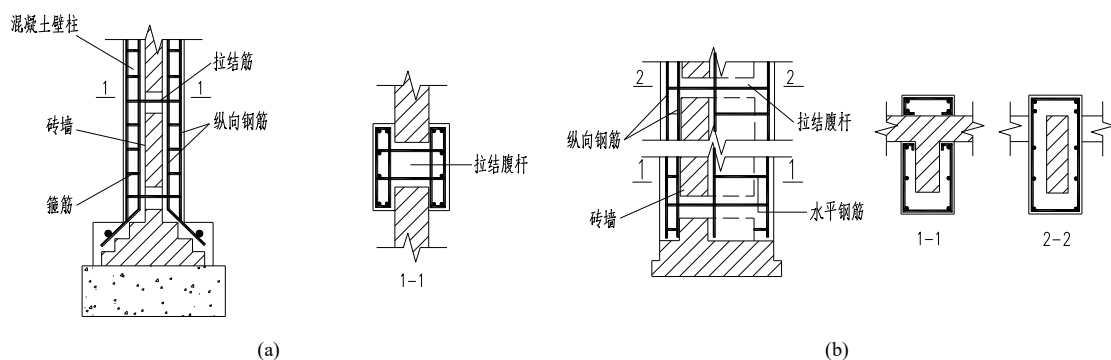


图 11.3.6 砖柱（墙垛）加固

(a)钢筋混凝土壁柱加固砖墙；(b)钢筋混凝土套加固砖柱（墙垛）

- 1) 壁柱和套的厚度宜为 60~120mm；
- 2) 纵向钢筋宜对称配置，配筋率不应小于 0.2%；
- 3) 箍筋的直径不应小于 4mm 且不小于纵向钢筋直径的 20%，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；
- 4) 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%；
- 5) 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。

3 采用壁柱或套加固后的抗震承载力验算，应符合本标准第 11.3.3 条的有关规定，钢筋和混凝土的强度应乘以折减系数 0.85；A、B 类房屋的材料强度应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023 的有关规定采用。

III 钢构套加固

11.3.7 增设钢构套加固砖柱（墙垛）的设计，应符合下列规定：

1 钢构套的纵向角钢不应小于 L56×5。角钢应紧贴砖砌体，下端应伸入刚性地坪下 200mm，上端应与柱顶垫块、圈梁连接。

2 钢构套的横向缀板截面不应小于 35mm×5mm，系杆直径不应小于 16mm。缀板或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，间距应加密。

3 对于 A 类房屋，当为 7 度时或抗震承载力低于要求在 30%以内的轻屋盖房屋，增设钢构套加固后，砖柱（墙垛）可不进行抗震承载力验算。

11.3.8 钢构套加固砖柱（墙垛）时，砖柱（墙垛）四角应打磨成圆角且用高强度的砂浆抹平，其施工尚宜符合《建筑抗震加固技术规程》第 9.3 条的有关规定。

IV 其 他

11.3.9 内加圈梁加固单层砖柱厂房和单层空旷房屋时，其设计及施工应符合本标准第 5.3.16~5.3.19 条的有关规定。

11.3.10 女儿墙、封檐墙、舞台口大梁上部墙体的加固设计及施工，应符合本标准第 8.3.10 条的有关规定。

11.4 修缮设计

11.4.1 当单层砖柱厂房和砖墙承重的单层空旷房屋修缮或重砌时，其材料强度等级应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB50003 的有关规定，且块体的强度等级不应低于原设计，砌筑砂浆的强度等级应比原砂浆强度等级提高一级。外墙面有限利用原有的块体，不得使用严重风化、碱蚀、疏松的块体。

11.4.2 当砖柱轻度裂缝时，可采用清理裂缝，灌注环氧树脂或高强水泥砂浆填补加固修缮方法。

11.4.3 当砖柱表面风化时可采用剔除酥松部分，用聚合物砂浆修补，并涂刷憎水剂防潮方法修缮。

11.4.4 当砖砌体局部严重鼓胀时，应拆除重新砌筑。

11.4.5 砌柱柱脚损坏时，可局部开挖基础，浇筑混凝土扩大基础面积，或采用注浆法加固地基。

12 单层钢筋混凝土柱厂房

12.1 一般规定

12.1.1 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。

注：1 钢筋混凝土柱厂房包括由屋面板、三角刚架、双梁和牛腿柱组成的锯齿形厂房；

2 混合排架厂房指边柱列为砖柱、中柱列为钢筋混凝土的厂房。

12.1.2 厂房的加固，应着重提高其整体性和连接的可靠性；增设支撑等构件时，应避免有关节点应力的加大和地震作用在原有构件间的重分配；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。

12.1.3 厂房加固后，可按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定进行纵、横向的抗震分析，并可采用本章规定的方法进行构件的抗震承载力验算。

12.1.4 混合排架厂房砖柱部分的加固，应符合本标准第 11 章的有关规定。

12.2 加固方法

12.2.1 厂房的屋盖支撑布置或柱间支撑布置不符合鉴定要求时，应增设支撑，6、7 度时也可采用钢筋混凝土窗框代替天窗架竖向支撑。

12.2.2 厂房构件抗震承载力不满足要求时，可选择下列加固方法：

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 屋架的混凝土构件不符合鉴定要求时，可增设钢构套加固。

3 排架柱箍筋或截面形式不满足要求时，可增设钢构套加固。

4 排架柱纵向钢筋不满足要求时，可增设钢构套加固或采取加强柱间支撑系统且加固相应柱的措施。

12.2.3 厂房构件连接不符合鉴定要求时，可采用下列加固方法：

1 下柱柱间支撑的下节点构造不符合鉴定要求时，可在下柱根部增设局部的现浇钢筋混凝土套加固，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时或连接不牢固，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符合鉴定要求时，可增设拉筋或圈梁加固。

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

12.2.5 柱间的隔墙、工作平台不符合鉴定要求时，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。

12.3 加固设计

I 屋盖加固

12.3.1 厂房钢筋混凝土Π型天窗架为T形截面立柱时，其加固应符合下列要求：

- 1 当为6、7度时，应加固竖向支撑的节点预埋件。
- 2 当为8度Ⅰ、Ⅱ类场地时，尚应加固竖向支撑的立柱。
- 3 当为8度Ⅲ、Ⅳ类场地或9度时，除按第1款的要求加固外，尚应加固所有的立柱。

12.3.2 增设屋盖支撑时，宜符合下列要求：

- 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，当为6、7度时，拉杆不宜大于350，当为8、9度时，拉杆不宜大于300。

II 排架柱加固

12.3.3 排架柱上柱柱顶采用钢构套加固时（见图12.3.3），钢构套的长度不应小于600mm，且不应小于柱截面高度；角钢不应小于L63×6，钢缀板截面可按表12.3.3采用。

表 12.3.3 钢缀板截面（mm）

烈度和场地	7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
钢缀板（厂房）	—50×6	—60×6	—70×6
钢缀板（B类厂房）	—60×6	—70×6	—85×6

12.3.4 有吊车的阶形柱上柱底部采用钢构套加固时（见图12.3.4），钢构套上端应超过吊车梁顶面，且超过值不应小于柱截面高度；其角钢和钢缀板可按表12.3.4采用。

表 12.3.4 角钢和钢缀板（mm）

烈度和场地	7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
角钢 (厂房)	—	L75×8	L100×10

	(B类厂房)	L 75×8	L 90×8	L 100×12
钢缀板	(厂房)	—	—60×6	—70×6
	(B类厂房)	—60×6	—70×6	—85×6

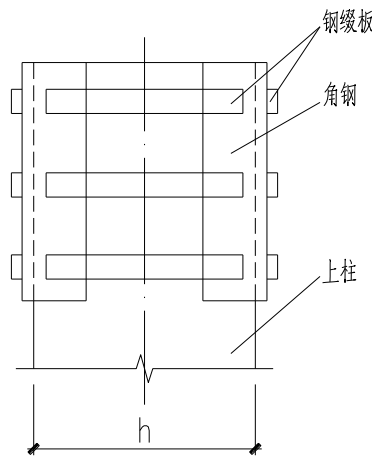


图12.3.3 柱顶加固图

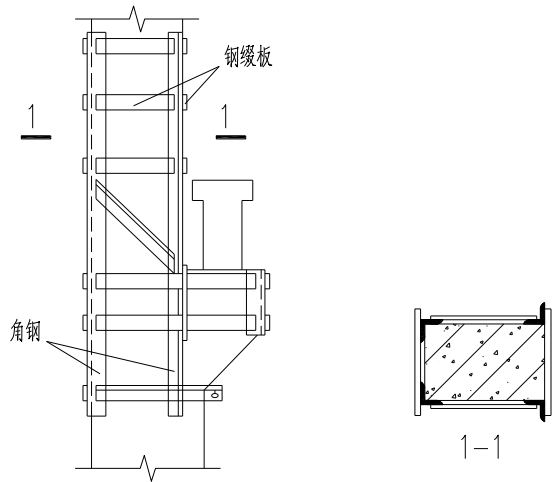


图12.3.4 阶形柱上柱底部加固

12.3.5 不等高厂房排架柱支承低跨屋盖牛腿采用钢构套加固时(见图 12.3.5),应符合下列要求:

1 当厂房跨度不大于 24m 且屋面荷载不大于 3.5kN/m^2 时,钢缀板、钢拉杆和钢横梁的截面,厂房可按表 8.3.5 采用。

2 不符合上述条件且为 8、9 度时,钢缀板、钢拉杆的截面可按下列公式计算,钢横梁的截面面积可按钢拉杆截面面积的 5 倍采用。

$$N_t \leq \frac{1}{\gamma_{Rs}} \cdot \frac{0.75nA_a f_a h_2}{h_1} \quad (12.3.5-1)$$

$$N_t = N_E + N_G a / h_0 - 0.85 f_{y0} A_{s0} \quad (12.3.5-2)$$

式中 N_t 钢拉杆(钢缀板)承受的水平拉力设计值;

N_E — 地震作用在柱牛腿上引起的水平拉力设计值;

N_G — 柱牛腿上重力荷载代表值产生的压力设计值;

n — 钢拉杆(钢缀板)根数;

A_a — 1 根钢拉杆(钢缀板)的截面面积;

f_a — 钢材抗拉强度设计值,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定采用;

h_1 、 h_2 — 分别为柱牛腿竖向截面受压区 $0.15h$ 高度处至水平力、钢拉杆(钢缀板)截面重心的距离;

a — 压力作用点至下柱近侧边缘的距离;

A_{s0} — 柱牛腿原有受拉钢筋的截面面积;

f_{y0} — 柱牛腿原有受拉钢筋的抗拉强度设计值;

γ_{Rs} — 抗震加固的承载力调整系数, 应按本标准 3.0.4 条的规定采用。

表 12.3.5 厂房的钢构套杆件截面

烈度和场地		7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
钢缀板		—60×6	—70×6	—80×6
钢拉杆		φ16	φ20	φ25
钢横梁	柱宽400mm	┐75×6	┐90×8	┐110×10
	柱宽500mm	┐90×6	┐110×8	┐125×10

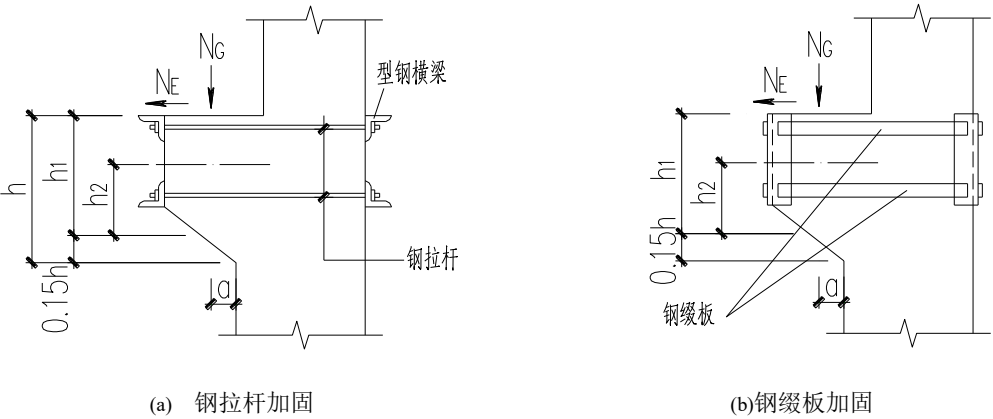


图12.3.5 柱牛腿加固

12.3.6 高低跨上柱底部采用钢构套加固时（见图 12.3.6），应符合下列要求：

- 1 上柱底部和牛腿的钢构套应连成整体。
- 2 钢构套的角钢和上柱钢缀板的截面，厂房可按表 12.3.6 采用，B 类厂房角钢和钢缀板的截面面积宜比表 12.3.6 相应增加 15%。
- 3 牛腿钢缀板的截面应按本标准第 8.3.4 条的规定采用。

表 12.3.6 厂房的角钢和上柱钢缀板截面（mm）

烈度和场地	7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
角钢	┐63×6	┐80×8	┐110×12
上柱缀板	—60×6	—100×8	—120×10

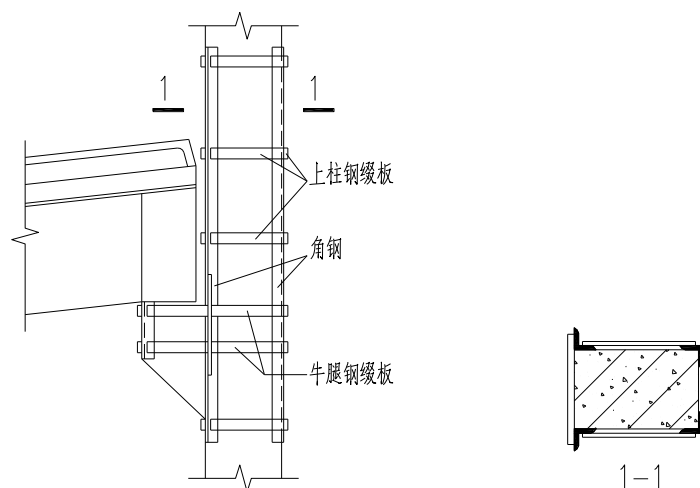


图12.3.6 高低跨上柱底部加固

12.3.7 钢构套加固的施工，应符合本标准第 11.3.7 条的规定。

III 柱间支撑加固

12.3.8 增设钢筋混凝土套加固下柱支撑的下节点时（图 12.3.8），应符合下列要求：

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。

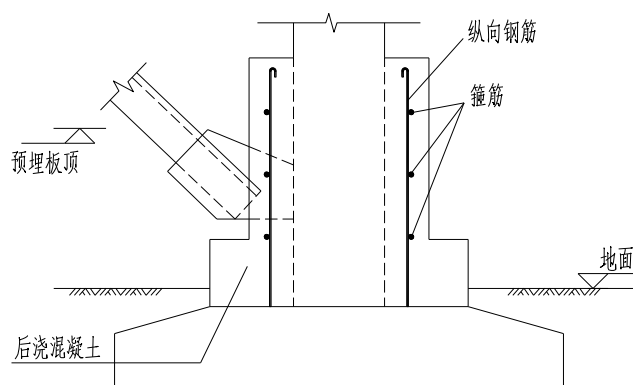


图 12.3.8 柱根部加固

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。

12.3.9 增设柱间支撑时，应符合下列要求：

1 增设的柱间支撑应采用型钢；对于厂房，上柱支撑的长细比，当为 8 度时不应大于 250，当为 9 度时不应大于 200；下柱支撑的长细比，当为 8 度时不应大于 200，当为 9 度时不应大于 150。对于 B 类厂房，上柱支撑的长细比，当为 7 度时不应大于 250，当为 8 度时不应大于 200，当为 9 度时不应大于 150；下柱

支撑的长细比，当为 7 度时不应大于 200，当为 8、9 度时不应大于 150。

2 柱间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厚度，对于厂房，当为 8 度时不宜小于 8mm，当为 9 度时不宜小于 10mm。对于 B 类厂房，当 7~9 度时不宜小于 10mm。

3 柱间支撑开间的基础之间宜增加水平压梁。

IV 封檐墙和女儿墙加固

12.3.10 封檐墙、女儿墙的加固，应符合下列要求：

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（见图 8.3.10）。

2 钢材可采用 Q235，混凝土强度等级宜采用 C20，钢筋宜采用 HPB300 级钢筋。

3 无拉结且高度不超过 1.5m 时，对厂房，竖向角钢可按表 12.3.10-1 选用，钢筋混凝土竖杆可按表 12.3.10-2 选用；对 B 类厂房，角钢和钢筋的截面面积宜相应增加 15%。

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。

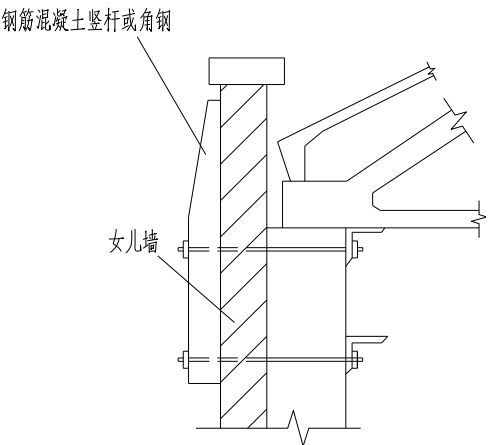


图 12.3.10 女儿墙加固

表 12.3.10-1 厂房的竖向角钢

无拉结高度 h (mm)	烈 度 和 场 地			
	7度Ⅰ、Ⅱ类场地	7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
$h\leq 1000$	2 $\angle 63\times 6$	2 $\angle 63\times 6$	2 $\angle 90\times 6$	2 $\angle 100\times 10$
$1000<h\leq 1500$	2 $\angle 75\times 6$	2 $\angle 90\times 8$	2 $\angle 100\times 10$	2 $\angle 125\times 12$

表 12.3.10-2 厂房的钢筋混凝土竖杆截面和配筋

无拉结高度 h (mm)		烈 度 和 场 地			
		7度Ⅰ、Ⅱ类场地	7度Ⅲ、Ⅳ类场地 8度Ⅰ、Ⅱ类场地	8度Ⅲ、Ⅳ类场地 9度Ⅰ、Ⅱ类场地	9度Ⅲ、Ⅳ类场地
$h\leq 1000$	宽 $\times$ 高	120 $\times$ 120	120 $\times$ 120	120 $\times$ 150	120 $\times$ 200
	配 筋	4 $\phi 10$	4 $\phi 10$	4 $\phi 14$	4 $\phi 16$
$1000<h\leq 1500$	宽 $\times$ 高	120 $\times$ 120	120 $\times$ 150	120 $\times$ 200	120 $\times$ 250
	配 筋	4 $\phi 10$	4 $\phi 14$	4 $\phi 16$	4 $\phi 16$

12.4 修缮设计

11.4.1 当单层砖柱厂房和砖墙承重的单层空旷房屋修缮或重砌时，其材料强度等级应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB50003 的有关规定，且块体的强度等级不应低于原设计，砌筑砂浆的强度等级应比原砂浆强度等级提高一级。外墙面有限利用原有的块体，不得使用严重风化、碱蚀、疏松的块体。

11.4.2 当砖柱轻度裂缝时，可采用清理裂缝，灌注环氧树脂或高强水泥砂浆填补加固修缮方法。

11.4.3 当砖柱表面风化时可采用剔除酥松部分，用聚合物砂浆修补，并涂刷憎水剂防潮方法修缮。

11.4.4 当砖砌体局部严重鼓胀时，应拆除重新砌筑。

11.4.5 砌柱柱脚损坏时，可局部开挖基础，浇筑混凝土扩大基础面积，或采用注浆法加固地基。

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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：

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：

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，在条件允许时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- | | |
|-----------------------|-------------|
| 1. 《工程结构通用规范》 | GB 55001 |
| 2. 《建筑与市政地基基础通用规范》 | GB 55003 |
| 3. 《既有建筑鉴定与加固通用规范》 | GB 55021 |
| 4. 《既有建筑维护与改造通用规范》 | GB 55022 |
| 5. 《建筑工程抗震设防分类标准》 | GB 50223 |
| 6. 《砌体结构设计规范》 | GB 50003 |
| 7. 《木结构设计标准》 | GB 50005 |
| 8. 《建筑结构荷载规范》 | GB 50009 |
| 9. 《混凝土结构设计标准》 | GB/T 50010 |
| 10. 《建筑抗震设计标准》 | GB/T 50011 |
| 11. 《钢结构设计标准》 | GB 50017 |
| 12. 《建筑抗震鉴定标准》 | GB 50023 |
| 13. 《混凝土结构加固设计规范》 | GB 50367 |
| 14. 《砌体结构加固设计规范》 | GB 50702 |
| 15. 《钢结构加固设计标准》 | GB 51367 |
| 16. 《建筑抗震加固技术规程》 | JGJ 116 |
| 17. 《既有建筑地基基础加固技术规范》 | JGJ 123 |
| 18. 《民用建筑修缮工程查勘与设计标准》 | JGJ/T 117 |
| 19. 《既有建筑地下增层技术规程》 | T/CECS 1352 |
| 20. 《地下工程防水技术规范》 | GB 50108 |