

T/CECS xxx-2023

中国工程建设标准化协会标准

既有建筑钢结构改造技术规程

Technical Specification for Constructional Steel Retrofitting of
Existing Building Structures

(征求意见稿)

中国建筑工业出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字[2020]14 号)的要求,制定本规程。

本规程共分 11 章,主要技术内容包括:总则,术语和符号,基本规定,材料,钢结构改造设计,混凝土结构改造设计,砖石和木结构改造设计,房屋增高(加层)改造设计,改造结构的抗震设计,施工,验收。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理,由清华大学土木系负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送清华大学土木系(地址:北京市海淀区清华大学何善衡楼;邮政编码:100084)

本 规 程 主 编 单 位 : 清华大学

中建一局集团建设发展有限公司

本 规 程 参 编 单 位 :

本规程主要起草人员:

本规程主要审查人员:

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	改造工程结构分析.....	6
3.3	工程改造措施	6
3.4	工程改造一体化要求.....	7
4	材 料	8
4.1	钢材和钢板	8
4.2	连接材料（焊材、螺栓、锚栓等）	8
4.3	混凝土	9
4.4	砌体材料	9
4.5	木材	9
4.6	改造加固材料（FRP 及制品，粘结胶等）	10
5	钢结构改造设计	11
5.1	一般规定	11
5.2	结构改造设计	11
5.3	构件改造设计	19
5.4	节点改造设计	26

6	混凝土结构改造设计	28
6.1	一般规定	28
6.2	用附加钢结构改造混凝土结构.....	28
6.3	用钢构件改造混凝土结构.....	29
6.4	混凝土构件和节点的加固.....	31
6.5	构造规定	33
7	砖石和木结构改造设计.....	35
7.1	一般规定	35
7.2	砖石结构改造	36
7.3	木结构加固	39
7.4	节点设计与构造.....	41
8	房屋增高（加层）改造设计.....	45
8.1	一般规定	45
8.2	房屋增高改造方案设计.....	46
8.3	房屋增高计算规定.....	50

9	改造结构的抗震设计	52
9.1	一般规定	52
9.2	地震作用及其效应计算.....	54
9.3	消能减震设计	54
9.4	隔震设计	59
10	施 工	60
10.1	一般规定	60
10.2	加工制作	63
10.3	焊接与紧固件连接.....	66
10.4	拆除	66
10.5	安装	66
11	验 收	71
11.1	一般规定	71
11.2	材料、构件验收.....	71
11.3	改造分部工程和分项工程验收.....	75
11.4	竣工验收	75
	附录 A 钢结构加固分部：子分部工程、分项工程划分表.....	77
	本规程用词说明	78
	引用标准名录	79

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic requirements.....	5
3.1	General requirements	5
3.2	Structural analysis of retrofitting construction.....	6
3.3	Arrangements of retrofitting construction.....	6
3.4	Integral requirements of retrofitting construction	7
4	Material.....	8
4.1	Steel material and steel plate.....	8
4.2	Connecting material	8
4.3	Concrete	9
4.4	Masonry material	9
4.5	Timber.....	9
4.6	Strengthening material	10
5	Retrofitting design of steel structure.....	11
5.1	General requirements	11
5.2	Retrofitting design of structure	11
5.3	Retrofitting design of member	19
5.4	Retrofitting design of joint.....	26
6	Retrofitting design of concrete structure.....	28

6.1	General requirements	28
6.2	Retrofitting concrete structure with steel structure	28
6.3	Retrofitting concrete structure with steel member	29
6.4	Strengthening concrete member and joint.....	31
6.5	Construction requirements	33
7	Retrofitting design of masonry and timber structure	35
7.1	General requirements	35
7.2	Retrofitting design of masonry structure.....	36
7.3	Retrofitting design of timber structure.....	39
7.4	Design and construction of joint	41
8	Retrofitting design of adding structural height	45
8.1	General requirements	45
8.2	Retrofitting design for adding structural height.....	46
8.3	Calculating specification for adding structural height	50
9	Seismic design of retrofitting structure.....	52
9.1	General requirements	52
9.2	Calculation of seismic effect.....	54
9.3	Design of energy-dissipation and seismic-mitigation	54
9.4	Design of isolated structure	59
10	Construction.....	60
10.1	General requirements	60
10.2	Fabrication	63
10.3	Welding and fastening member.....	66

10.4	Demolition	66
10.5	Installation	66
11	Acceptance.....	71
11.1	General requirements	71
11.2	Acceptance of material and member.....	71
11.4	Acceptance of retrofitting branch.....	75
11.5	Acceptance after completion.....	75
Appendix A	Acceptance classification table.....	77
	Explanation of words in this specification.....	78
	List of quoted standards.....	79

1 总 则

1.0.1 为规范既有建筑工程中采用钢结构改造技术的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、施工方便和确保工程质量，制订本规程。

1.0.2 本规程适用既有建筑工程采用钢结构改造和加固技术的设计、制作、安装和验收。

1.0.3 对既有建筑工程采用钢结构加固改造技术的应用，在其设计、制作、安装和验收方面，除应执行本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】本规程规范了既有建筑工程采用钢结构技术进行加固改造的设计、制作、安装和验收规定，适用于采用钢结构技术改造既有钢结构建筑、混凝土结构、既有砖石结构和木结构等多种情况，加固改造对象包括节点、构件和结构三个层面。对目前既有建筑工程的增高（屋顶加层）改造，在增高改造设计原则、计算方法、新老结构荷载取值及安全水准的协调、改造方案和措施、制作和安装等方面给出了具体规定。另外，考虑到改造工程大多抗震设防水准低下，也给出了改造工程中的抗震加固措施和抗震设计方法。

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1** 既有建筑的结构 Existing building structures
- 2.1.2** 钢结构加固改造技术 Constructional steel technology for strengthening and retrofitting building structures
- 2.1.3** 卸载加固改造 Strengthening and retrofitting and under unloaded condition
- 2.1.4** 受荷加固改造 Strengthening and retrofitting and under loading condition

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应设计值

M —— 弯矩；

N —— 轴力；

V —— 剪力；

2.2.2 计算指标

E —— 钢材的弹性模量；

E_c —— 混凝土的弹性模量；

f —— 钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_c —— 混凝土的抗压强度设计值；

f_u —— 钢材的抗拉强度最小值；

f_v —— 钢材的抗剪强度设计值；

f_y —— 钢材的屈服强度；

G —— 钢材的剪切模量；

2.2.3 几何参数

A —— 截面积；

2.2.4 计算参数及其他

A_0 ——既有构件净截面面积；

A_a ——加固件净截面面积；

A_{m0} ——原砌体截面面积；

E_0 ——既有构件钢材弹性模量；

E_a ——加固件钢材弹性模量；

E_m ——原砌体弹性模量；

E_{m0} ——原砌体弹性模量；

I_0 ——既有构件截面惯性矩；

I_a ——加固件截面惯性矩；

I_m ——原砌体截面的惯性矩；

I_{m0} ——原砌体截面的惯性矩；

L ——构件长度；

M_0 ——受弯构件初始弯矩；

M_t ——加固后构件承受的总弯矩；

N_0 ——轴心受压构件初始轴力；

N_{cr} ——外加套筒欧拉临界力；

N_t ——加固后构件承受的总轴力；

$N_{t,cr}$ ——加固后构件的欧拉临界力；

N_y ——加固后构件轴心压力设计值；

W_0 ——既有构件净截面模量；

$W_{0,p}$ ——既有构件塑性净截面模量；

W_a ——加固件净截面模量；

$W_{a,p}$ ——加固件塑性净截面模量；

- d ——方形矩管的长边尺寸；
- f_0 ——既有构件钢材强度设计值；
- f_a ——加固构件钢材强度设计值；
- f_f^w ——角焊缝的抗剪强度设计值；
- h ——单层墙的垂直高度；
- k_m ——原砌体刚度降低系数；
- l ——构件计算长度；
- β_{\max} ——等效弯矩系数；
- γ ——截面塑性发展系数
- φ_t ——轴心受压构件稳定系数；
- σ_f ——角焊缝按有效截面计算垂直于焊缝长度方向的名义应力；
- τ_f ——角焊缝按有效截面计算沿长度方向的名义剪应力；
- ξ ——外加套筒约束比；
- η ——焊缝强度折减系数；

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 既有建筑未经批准不得擅自改动建筑物主体结构和改变使用功能。既有建筑应定期进行安全性检查，并应依据检查结果，及时采取相应措施。

3.1.2 既有建筑结构改造应明确改造后的使用功能和后续设计工作年限。在后续设计工作年限内，未经检测鉴定或设计许可，不得改变改造后结构的用途和使用环境。

3.1.3 既有建筑的加固改造必须按规定的程序进行加固设计；不得将鉴定报告直接用于施工。

3.1.4 既有建筑的加固改造施工必须进行加固工程的施工质量检验和竣工验收；合格后方允许投入使用。

3.1.5 既有建筑的改造应符合下列基本规定：

- 1 应满足改造后的建筑安全性需求；
- 2 不得降低建筑的抗灾性能和耐久性；

3.1.6 采用钢结构技术对既有建筑进行改造，其改造结构(对象)包括：

- 1 钢结构；
- 2 混凝土结构；
- 3 砖石结构；
- 4 木结构；
- 5 其他结构。

3.1.7 既有建筑抗震加固设计和施工应以抗震鉴定为依据，确定合理加固设计和施工方案。

3.1.8 房屋基础改造应与上部结构改造一同考虑，其加固改造应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的规定。

3.2 改造工程结构分析

3.2.1 既有建筑改造过程中应避免破坏既有结构承重构件，如确需改动的，应对其进行有效处理。改造工程包括新老结构两部分，要分别对既有结构模型和新老结构组合模型进行分析和计算。既有结构的设计图纸和计算结果应作为制定新结构方案时的重要依据。

3.2.2 改造工程结构分析的有限元计算模型，应完整反映既有结构的材料损伤特性、结构类型、地基基础条件和边界条件等。新老结构整体组合计算模型，要重视处理新老结构之间界面的连接关系（铰接或刚接），重视分析新加结构的传力路径以及对既有结构的作用效应。

3.2.3 改造工程的结构分析可按加固后截面建立计算模型，整体结构内力和变形计算不考虑原结构初始内力的影响。

【条文说明】 改造工程的结构分析可按照加固后截面建模，结构内力和变形计算不考虑原结构初始内力的影响，因为原构件初始内力的影响已经在构件承载力设计计算中考虑。

3.2.4 改造结构的分析可采用弹性分析方法。

3.3 工程改造措施

3.3.1 工程改造可根据不同类型的既有结构类型采用合理的钢结构改造技术，其具体措施如下：

- 1 粘钢加固（粘钢胶）；
- 2 包钢加固（焊接或螺栓连接）；
- 3 钢-FRP 组合材料加固；
- 4 钢结构截面空腔浇筑混凝土加固改造。

3.3.2 对工程改造，可采用受荷加固改造、部分卸载加固改造和全部卸载加固改造三种方法。部分卸载加固改造和全部卸载加固改造，结构或构件承载力设计时应考虑原结构或原构件初始应力

对结构性能的影响。

3.4 工程改造一体化要求

3.4.1 既有建筑应结合改造消除消防安全隐患，根据建筑物的使用功能、空间与平面特征和使用人员的特点，因地制宜提高建筑主要构件的耐火性能、加强防火分隔、增加疏散设施、提高消防设施的可靠性和有效性。

3.4.2 在工程改造设计中，宜要求采用建筑、结构、设备和装修一体化设计；在许可条件下，优先在改造工程一体化设计中采用 BIM 技术。

3.4.3 改造工程由新老结构两部分组成，二者之间连接复杂，各专业作业交叉多，要重视设计与施工一体化考虑。

【条文说明】改造工程的复杂性，要求建筑、结构、设备、装修一体化设计，宜采用 BIM 技术把不同专业的设计自动衔接起来。此外，要强调改造工程中设计与施工一体化考虑。

3.4.4 改造工程要求对原结构进行可靠性鉴定及安全评估，应符合《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的规定。

4 材 料

4.1 钢材和钢板

4.1.1 钢板结构的钢材选用应符合《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q235 和 Q355 钢。钢材质量等级应选用 B 级及以上。

4.1.2 钢板结构处于外露环境时，可采用符合《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的 Q235NH 和 Q345NH 钢。

4.1.3 钢板结构的钢材选用应符合《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

4.1.4 抗震结构钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85，应有明显的屈服台阶，且断后伸长率不应小于 20%；钢材的可焊性和冲击韧性应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4.1.5 加固用钢材的选择，应按《钢结构设计标准》GB 50017 规定并在保证设计意图的前提下，选择便于施工、新老截面（构件或结构）能共同工作，并应注意新老材料之间的强度、塑性、韧性及焊接性能的匹配，以利于充分发挥材料的性能。

4.2 连接材料（焊材、螺栓、锚栓等）

4.2.1 结构中连接用螺栓的选用应符合下列规定：

- 1 螺栓宜采用高强度材料制作的螺栓；
- 2 螺栓选用应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；
- 3 承受反复荷载作用的螺栓不应采用膨胀自锁连接形式。

4.2.2 焊接材料的选用应符合《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

4.2.3 锚栓用螺栓螺杆和金属套管的材质宜为碳素钢、合金钢、不锈钢，根据环境条件和耐久性能要求选用。

4.3 混凝土

4.3.1 用于改造、加固的混凝土的材料性能应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的有关规定。

4.3.2 用于改造、加固结构中混凝土的选用应符合下列规定：

1 钢板-混凝土组合构件的混凝土强度等级不宜低于 C40，不应低于 C30；

2 墙体或者柱的内填混凝土可采用自密实混凝土，也可采用普通混凝土。普通混凝土的配合比、坍落度及保证密实性和施工质量的施工措施应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

4.4 砌体材料

4.4.1 用于改造、加固的砌体材料性能应符合《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定。

4.4.2 对既有砌体结构，应按《砌体工程现场检测标准》GB/T 50315 及国家现行相关标准检测推定基材、砌体、砂浆强度。

4.5 木材

4.5.1 用于改造、加固的木材性能应符合《木结构设计标准》GB 50005 的有关规定。

4.5.2 用于改造、加固的胶木材料性能应该符合《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 的有关规定。

4.5.3 对既有木结构性能检测方法应该符合《木结构现场检测技术标准》JBJ/T 488 的有关规定。

4.6 改造加固材料（FRP 及制品，粘接胶等）

4.6.1 工程结构加固改造用的结构胶，应根据基底材料的不同分为钢结构胶、混凝土结构胶、木结构胶等。根据固化条件不同，可以分为室温固化型、低温固化型和高温固化型三种。工程结构用的结构胶，设计使用年限应符合以下规定：

1 当用于既有建筑物加固时，宜为 30 年；用于新建结构时宜为 50 年；

2 当结构胶达到使用年限时，如需延长使用年限，应通过鉴定机构鉴定，且会同产权人共同确定。

4.6.2 结构改造加固所用材料的安全性要求应符合《工程结构加固材料安全性技术标准》GB 50728 有关规定。

4.6.3 用于改造加固的混凝土结构胶应满足不低于《混凝土结构工程用锚固胶》JG/T 340 中有机类 B 级锚固胶的要求。

4.6.4 钢结构改造加固用的结构胶粘剂应符合《钢结构加固设计标准》GB 51367 的有关规定。

4.6.5 木结构用胶粘剂类型应满足使用环境要求，且应满足设计要求的强度和耐久性指标。

4.6.6 塑料膨胀锚栓的塑料套管，应使用原生聚酰胺、聚乙烯或聚丙烯材料制作，不得使用再生材料。

5 钢结构改造设计

5.1 一般规定

5.1.1 对既有钢结构工程进行改造加固，优先选用钢材及相应技术，也可选用混凝土材料、碳纤维材料（制品）及相应技术等。

5.1.2 既有结构体系的改造原则，侧重于改变结构的组成和支承边界条件，达到改善结构的内力分布、降低应力幅值的目的。对于提升竖向刚度的要求，可采用减小结构跨度或增加结构横向构件刚度等方法；对于提升侧向刚度的要求，可采用增设斜向支撑、剪力墙等方法。

5.1.3 构件的改造设计包括轴心受压构件、受弯构件及压弯构件等。

5.1.4 改造加固后的构件除应符合承载力计算要求外，还应进行正常使用极限状态验算。

5.1.5 对构件进行改造加固时，宜在改造加固前采取措施降低作用在结构上的活荷载。

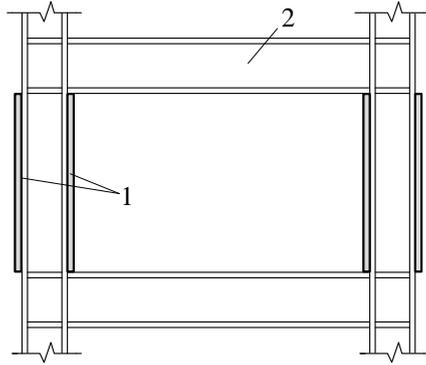
5.1.6 节点的改造加固应满足节点强度要求和节点板稳定承载力的要求。

5.1.7 钢结构的改造加固设计，应对改造后的结构进行整体受力分析，防止加固部分对未加固部分可能产生的不利影响。

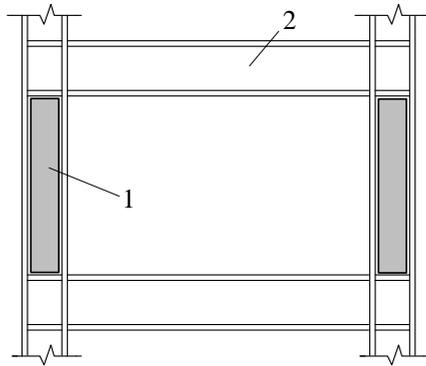
5.2 结构改造设计

5.2.1 框架结构改造设计，为提升结构竖向承载力，可采取如下措施：

- 1 增大柱截面面积，其补强措施见图 5.2.1-1；



(a) 加固翼缘



(b) 加固腹板

图 5.2.1-1 增大柱翼缘或腹板面积的补强加固

1—加固板件；2—原框架

2 增设支承柱或竖向弹性支座，减少受力跨度，降低弯矩，见图 5.2.1-2；

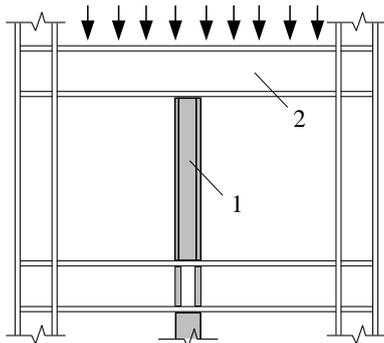


图 5.2.1-2 增设支承柱加固

1—支承柱；2—原框架

3 采用张弦梁受力原理增大水平构件的刚度，见图 5.2.1-3。

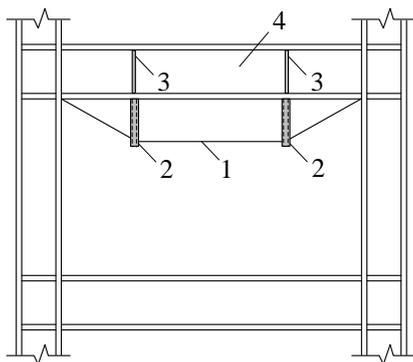


图 5.2.1-3 采用张弦梁受力原理加固受弯构件

1—拉索；2—撑杆；3—竖向加劲肋；4—原框架

5.2.2 框架结构改造设计，当要提升结构的侧向刚度时，可采取如下措施：

1 增设剪力墙或者阻尼墙等，可采用平钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、波形钢板剪力墙等，见图 5.2.2-1；阻尼墙可依据空间大小和实际需求布置在框架中部或框架一侧，见图 5.2.2-2；

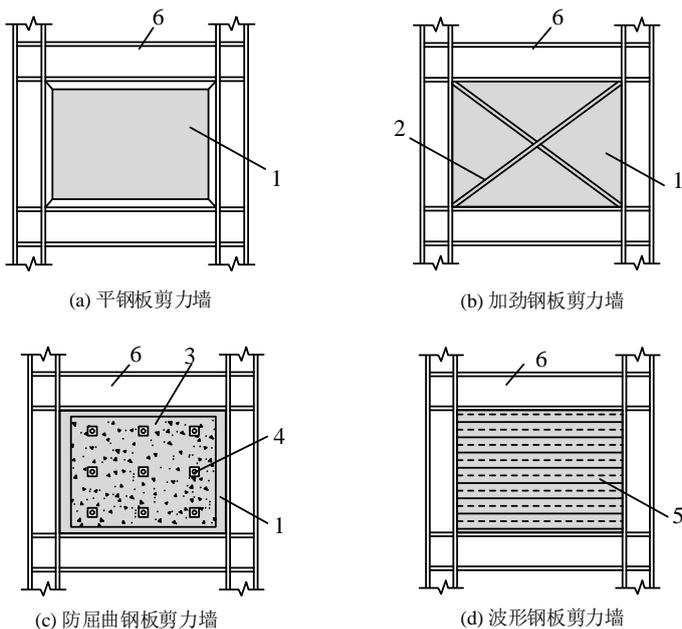


图 5.2.2-1 设置延性钢板墙或阻尼墙

1—钢板；2—加劲肋；3—预制混凝土盖板；4—螺栓；

5—波形钢板；6—原框架

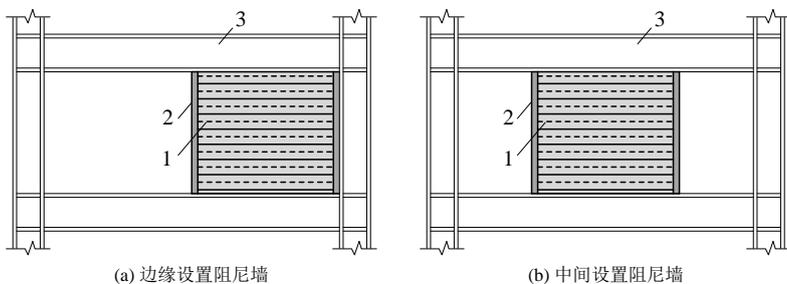


图 5.2.2-2 波形钢板阻尼墙布置位置

1—波形钢板；2—约束构件；3—原框架

2 增设中心支撑、偏心支撑。中心支撑宜采用十字交叉斜杆、单斜杆、人字形斜杆或 V 形斜杆体系，中心支撑斜杆的轴线应交汇于框架梁柱的轴线上，见图 5.2.2-3；偏心支撑框架中的支撑斜杆，应至少有一端与梁连接，并在支撑与梁交点和柱之间或支撑同一跨内另一支撑与梁交点之间形成消能梁段，见图 5.2.2-4。

3 采用屈曲约束支撑（BRB）的改造设计，应符合《屈曲约束支撑应用技术规程》T/CECS 817 的相关规定。

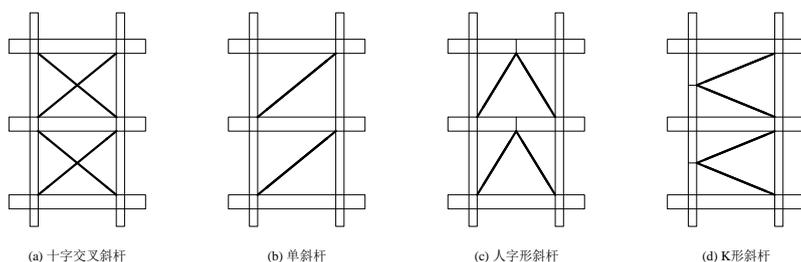


图 5.2.2-3 中心支撑类型

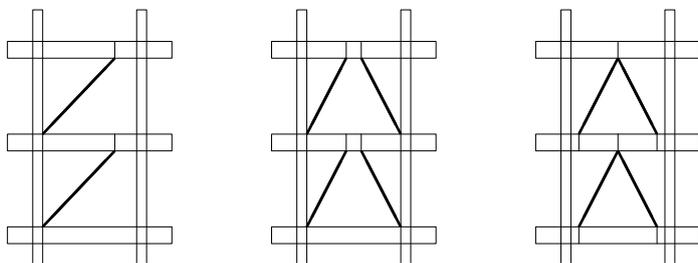


图 5.2.2-4 偏心支撑类型

5.2.3 框架结构改造设计，可采用新加构件和拆除构件相结合的方法。

【条文说明】框架结构的改造基于“改变结构组成”的原则，通过增加构件或拆除构件，达到有效提升结构承载效率的目的。工程实践证明，采用改变结构组成进而提高结构的承载力会起到

事半功倍的作用。

5.2.4 空间结构的改造设计，需要考虑结构的刚度、强度和稳定性要求，应重点提升结构在重力荷载作用下的承载力，可采取如下措施：

1 当仅有少数杆件的截面强度验算不通过时，可通过包钢、粘钢、粘贴 FRP 等方式对这些杆件进行加强；

2 采用增加网格层数的方法对网架结构进行改造，见图 5.2.4-1；

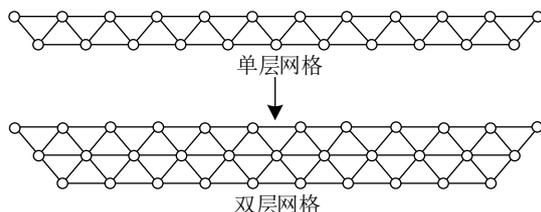
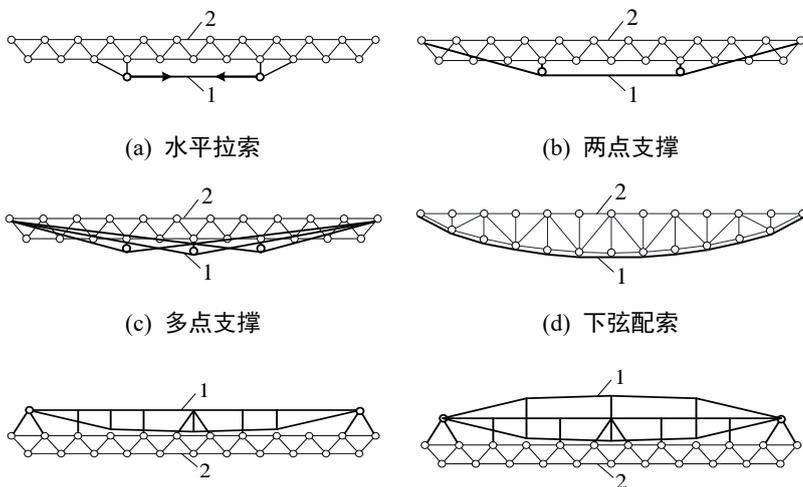


图 5.2.4-1 增加网格层数的改造设计

3 采用索结构的受力原理对网架结构进行改造，见图 5.2.4-2。



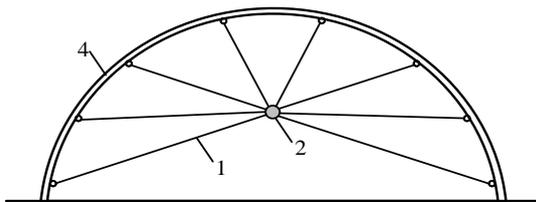
(e) 张弦梁加固

(f) 预应力自平衡索桁架加固

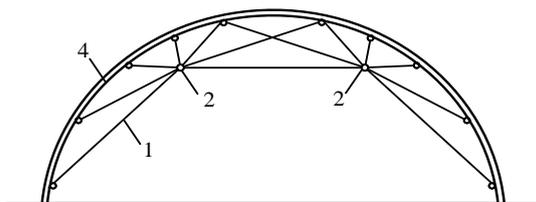
图 5.2.4-2 索结构加固网架改造设计

1—拉索；2—原网架

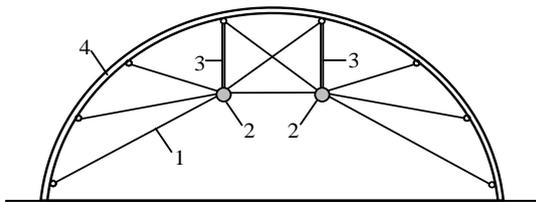
4 利用车辐结构受力原理对网壳结构进行改造加固，见图 5.2.4-3。



(a) 单索盘车辐结构



(b) 双索盘车辐结构



(c) 车辐与张弦梁结构组合加固

图 5.2.4-3 采用车辐结构加固网壳改造设计

1—拉索；2—索盘；3—撑杆；4—原网壳

5 采用增加屋盖支座或改变屋盖支承方式的方法对网架屋

盖结构进行改造，见图 5.2.4-4。

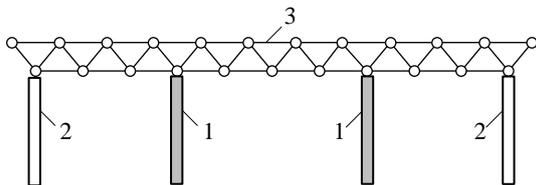


图 5.2.4-4 屋盖新增支座改造设计

1—新增支座；2—原有支座；3—原网架屋盖

【条文说明】采用增加屋盖支座或改变屋盖支承方式的方法对网架屋盖结构进行改造时，在新增支座附近，原结构构件会出现内力变号，应重视其构件承载力校核计算。

6 采用张弦梁结构受力原理加固平板网架结构，见图 5.2.4-5。

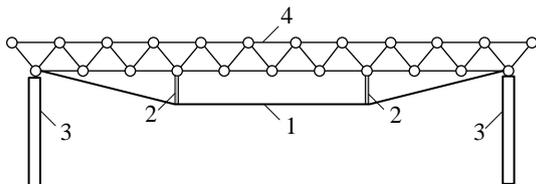


图 5.2.4-5 屋盖新增正弦梁结构改造设计

1—新增拉索；2—新增撑杆；3—原有支座；4—原网架屋盖

5.2.5 空间结构的改造设计，欲重点提升结构的抗侧刚度时，除了采用设置柱间支撑等常用措施外，可依据结构类型和实际组成情况，也可采用增加斜拉索的改造设计。见图 5.2.5-1。

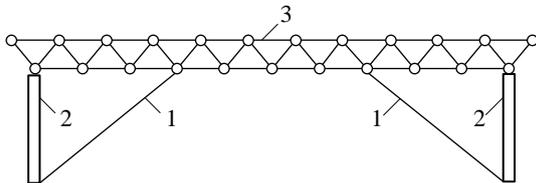


图 5.2.5-1 屋盖新增斜拉索改造设计

1—新增斜拉索；2—原有支座；3—原网架屋盖

5.3 构件改造设计

5.3.1 对既有建筑钢结构构件进行改造加固，应符合下列规定：

1 构件的改造加固设计可采用增大截面法，通过焊接钢板和型钢、粘钢、粘贴 FRP 以及采用螺栓连接钢板等方法增大构件的截面面积；

2 当采用增大截面法改造加固时，轴心受力构件的加固（板）件宜对称布置，截面尽量展开，见图 5.3.1-1；受弯构件的改造加固设计宜同时考虑受压侧和受拉侧板件的应力幅值（图 5.3.1-2），尚应考虑受压侧的面外刚度；当压弯构件的弯矩方向不变时，宜采用非对称截面的加固形式，当弯矩方向可变时，应采用对称截面的加固形式，见图 5.3.1-3；

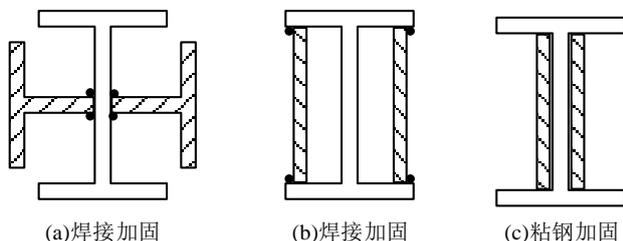


图 5.3.1-1 轴心受力构件截面加固

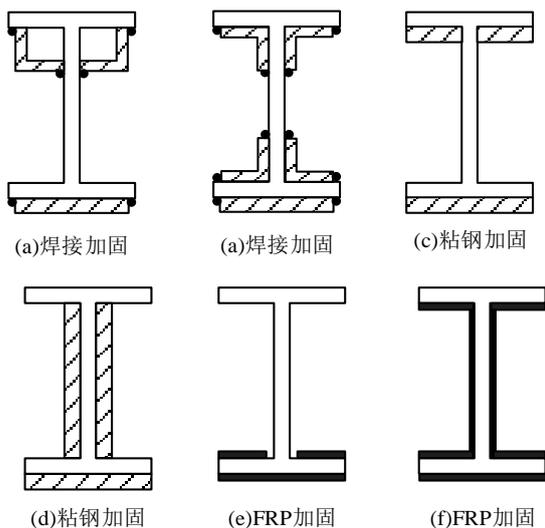


图 5.3.1-2 受弯构件截面加固

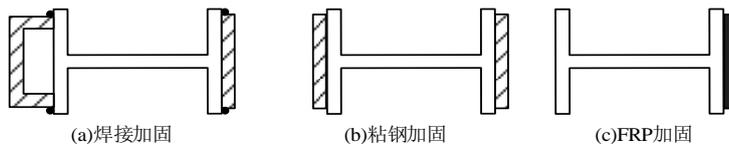
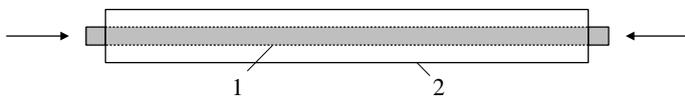


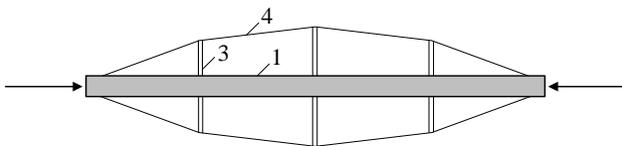
图 5.3.1-3 压弯、拉弯构件截面加固

3 当采用粘贴钢板法加固构件时，粘接板件的厚度不宜大于构件原有板件厚度，在应力较大区域应设置锚固螺栓；

4 除增大截面法加固轴心受压构件外，也可采用外加套筒或提供额外侧向约束的间接加固方式，见图 5.3.1-4；



(a) 外加套筒加固

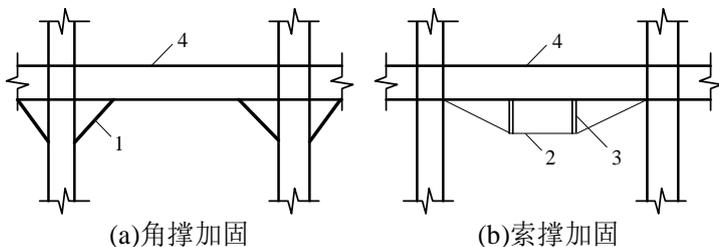


(b) 平衡索桁架加固

图 5.3.1-4 轴心受力构件加固

1—轴压构件；2—套筒；3—撑杆；4—预应力拉索

5 除增大截面法加固外，受弯构件也可采用增设角撑加固或索撑加固方法。



(a) 角撑加固

(b) 索撑加固

图 5.3.1-5 增设支撑加固受弯构件

1—角撑；2—拉索；3—撑杆；4—原结构

【条文说明】对于轴心受压柱和压弯柱，加固部件可围绕柱子周边灵活布置；受弯构件常用于楼面梁，上翼缘铺设楼面板，故改造加固时在梁上翼缘内侧、腹板两侧、下翼缘布置加固部件。给轴压构件设置套筒，其受力原理类似屈曲约束支撑构件(BRB)，主要用于轴压稳定承载力不足的改造加固。

5.3.2 轴心受力构件的改造加固计算应满足下列要求：

1 当采用增大截面法加固时，轴心受拉或轴心受压构件加固后的强度应按下式验算：

$$\frac{N_0}{f_0 A_0} + \frac{N_t - N_0}{f_0 A_0 + f_a A_a} \leq 1.0 \quad (5.3.2-1)$$

式中： N_0 ——轴心受压构件初始轴力 (N)；

N_t ——加固后构件承受的总轴力 (N)；

f_0 ——既有构件钢材强度设计值 (N/mm²)；

f_a ——加固件钢材强度设计值 (N/mm²)；

A_0 ——既有构件净截面面积 (mm²)；

A_a ——加固件净截面面积 (mm²)。

2 当采用增大截面法加固时，轴心受压构件的稳定性计算应符合下式要求：

$$\frac{N}{\varphi_t (f_0 A_0 + f_a A_a)} \leq 1.0 \quad (5.3.2-2)$$

$$\varphi_t = \varphi_0 + r(\varphi_1 - \varphi_0) \quad (5.3.2-3)$$

$$\lambda_n = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{f_0 A_0 + f_a A_a}{E_0 I_0 + E_a I_a}} \quad (5.3.2-4)$$

$$\varphi_0 = \begin{cases} 1 - 1.215\lambda_n^2 & \lambda_n \leq 0.215 \\ \frac{(0.93 + 0.59\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(0.93 + 0.59\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & 0.215 < \lambda_n \leq 1.05 \\ \frac{(1.191 + 0.341\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(1.191 + 0.341\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & \lambda_n > 1.05 \end{cases}$$

$$\varphi_1 = \begin{cases} 1 - 1.374\lambda_n^2 & \lambda_n \leq 0.215 \\ \frac{(0.846 + 1.018\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(0.846 + 1.018\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & 0.215 < \lambda_n \leq 1.05 \\ \frac{(1.448 + 0.445\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(1.448 + 0.445\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & \lambda_n > 1.05 \end{cases}$$

(5.3.2-5)

$$\varphi_0 = \begin{cases} 1 - 0.626\lambda_n^2 & \lambda_n \leq 0.5 \\ \frac{(0.977 + 0.349\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(0.977 + 0.349\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & \lambda_n > 0.5 \end{cases}$$

$$\varphi_1 = \begin{cases} 1 - 0.931\lambda_n^2 & \lambda_n \leq 0.5 \\ \frac{(0.765 + 0.965\lambda_n + \lambda_n^2) - \sqrt{(0.765 + 0.965\lambda_n + \lambda_n^2)^2 - 4\lambda_n^2}}{2\lambda_n^2} & \lambda_n > 0.5 \end{cases}$$

(5.3.2-6)

式中： N ——加固后构件轴心压力设计值 (N)；

E_0 ——既有构件钢材弹性模量 (N/mm²)；

E_a ——加固件钢材弹性模量 (N/mm²)；

I_0 ——既有构件截面惯性矩 (N/mm²)；

I_a ——加固件截面惯性矩量 (N/mm²)；

l ——构件计算长度 (N/mm²)；

φ_i ——轴心受压构件稳定系数，当加固件板面方向与构件主弯曲方向平行时， φ_0 、 φ_1 按式(5.3.2-5)计算；当加固件板面方向与构件主弯曲方向垂直时， φ_0 、 φ_1 按式(5.3.2-6)计算。

3 当采用外加套筒法加固时，加固后的构件承载力按式(5.3.2-7)计算，此时外加套筒应满足式(5.3.2-8)的要求：

$$N_y = f_0 A_0 \quad (5.3.2-7)$$

$$\xi = \frac{N_{cr}}{N_y} \geq 2.0 \quad (5.3.2-8)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_a I_a}{L^2}$$

式中： N_y ——加固后构件轴心压力设计值 (N)；

N_{cr} ——外加套筒欧拉临界力 (N)；

ξ ——外加套筒约束比；

I_a ——外加套筒截面惯性矩 (mm^4)。

【条文说明】采用外加套筒法加固支撑构件时，形成防屈曲支撑构件，设计时遵循防屈曲支撑的约束比不低于 2.0 的设计准则。

5.3.3 当采用增大截面法加固时，在主平面内受弯的加固构件，其受弯强度应按下式计算：

$$\frac{M_0}{\gamma f_0 W_0} + \frac{M_t - M_0}{\gamma (f_0 W_0 + f_a W_a)} \leq 1.0 \quad (5.3.3)$$

式中： M_0 ——受弯构件初始弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)；

M_t ——加固后构件承受的总弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)；

f_0 ——既有构件钢材强度设计值 (N/mm^2)；

f_a ——加固件钢材强度设计值 (N/mm^2)；

W_0 ——既有构件净截面模量 (mm^3)；

W_a ——加固件净截面模量 (mm^3)；

γ ——截面塑性发展系数。

5.3.4 当采用增大截面法加固时，压弯或拉弯构件应满足下列要求：

1 两端弯矩相等的压弯或拉弯构件，当仅在构件截面外侧设置补强板时，其截面强度应按下式验算：

$$\left(\frac{N_0}{f_0 A_0} + \frac{N_t - N_0}{f_0 A_0 + f_a A_a} \right) + \left(\frac{M_0}{f_0 W_0} + \frac{M_t - M_0}{f_0 W_0 + f_a W_a} \right) \leq 1.0 \quad (5.3.4-1)$$

式中： N_0 ——轴心受压构件初始轴力 (N)；

N_t ——加固后构件承受的总轴力 (N)；

M_0 ——受弯构件初始弯矩 (N·mm)；

M_t ——加固后构件承受的总弯矩 (N·mm)；

f_0 ——既有构件钢材强度设计值 (N/mm²)；

f_a ——加固件钢材强度设计值 (N/mm²)；

A_0 ——既有构件净截面面积 (mm²)；

A_a ——加固件净截面面积 (mm²)

W_0 ——既有构件净截面模量 (mm³)；

W_a ——加固件净截面模量 (mm³)。

2 对压弯构件，弯矩作用平面内的加固构件稳定性应按下式验算：

$$\frac{N_t}{\rho_t(f_0 A_0 + f_a A_a)} + \frac{\beta_{mx} M_t}{\gamma(f_0 W_{0,p} + f_a W_{a,p})\left(1 - \frac{N_t}{N_{t,cr}}\right)} \leq 1.0 \quad (5.3.4-2)$$

式中： N_t ——加固后构件承受的总轴心力 (N)；

$N_{t,cr}$ ——加固后构件的欧拉临界力 (N)；

M_t ——加固后构件承受的总弯矩 (N·mm)；

f_0 ——既有构件钢材强度设计值 (N/mm²)；

f_a ——加固件钢材强度设计值 (N/mm²)；

A_0 ——既有构件净截面面积 (mm²)；

A_a ——加固件净截面面积 (mm²)；

$W_{0,p}$ ——既有构件塑性净截面模量 (mm³)；

$W_{a,p}$ ——加固件塑性净截面模量 (mm³)；

β_{mx} ——等效弯矩系数，按《钢结构设计标准》GB 50017 采用；

γ ——截面塑性发展系数。

5.4 节点改造设计

5.4.1 梁柱节点的加固可采取如下措施：

1 采用高强度摩擦型螺栓的端板连接节点可使用焊接加固，见图 5.4.1-1；当节点抗弯承载力满足要求时，不宜采用围焊加固；

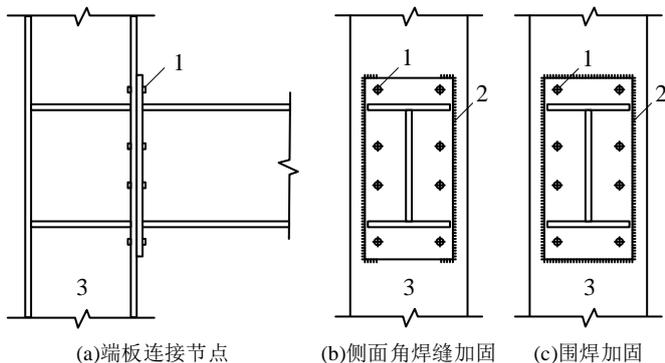


图 5.4.1-1 端板连接的焊接加固

1—螺栓；2—焊缝；3—原结构

2 当节点域不满足要求时，可采用增设加劲肋或增厚节点域板件的方式加固，见图 5.4.1-2；

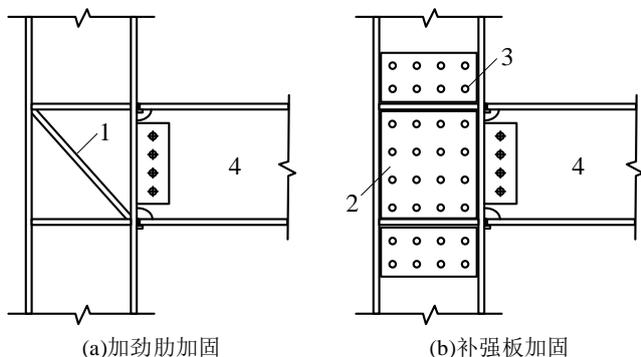


图 5.4.1-2 节点域加固

1—加劲肋；2—增厚板件；3—塞焊；4—原结构

3 当仅需提高原结构板件的稳定承载力时，补强板与原结构板可采用螺栓连接，避免施焊对受荷结构的影响。

5.4.2 杆系节点的加固，应考虑节点的整体刚度、节点强度以及板件的稳定性，可采用焊接肋板或外贴 FRP 的方式，见图 5.4.2。

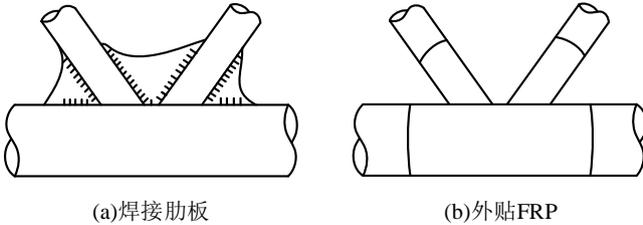


图 5.4.2 杆系节点加固方式

【条文说明】采用高强度摩擦型螺栓的端板连接节点，可采用增加焊缝的方式进行改造加固，主要考虑到高强度摩擦型螺栓的连接具有与焊接连接基本相同的刚度，因而不会形成“解钮扣”的破坏情况。

6 混凝土结构改造设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于采用钢结构对混凝土房屋建筑和一般混凝土构筑物的结构、构件和节点的加固改造。

【条文说明】“混凝土房屋建筑和一般混凝土构筑物”来自《混凝土结构加固设计规范》GB 50367。

6.1.2 混凝土结构或构件的改造，应根据可靠性鉴定结果，有针对性地提升其承载力、刚度和变形能力。

6.1.3 混凝土结构改造时，按现场检测结果确定的既有混凝土强度等级不应低于C15。

6.1.4 混凝土结构改造时，应采取措施卸除或大部分卸除作用在原结构上的活荷载。

6.1.5 混凝土结构在改造施工过程中应有可靠的安全措施和方案，对构件的变形和裂缝应进行监测，若发现结构或构件突然变形增大、裂缝扩展或增多等异常情况，应立即停工并采取措施。

6.1.6 钢构件或钢结构与混凝土结构采用后锚固法连接时，连接节点应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的相关规定，保证二者共同工作。

6.1.7 混凝土结构改造设计采用的分析方法，应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的相关规定，结构的材料性能、构件尺寸等应采用现场实测数据。

6.2 用附加钢结构改造混凝土结构

6.2.1 采用附加钢结构进行混凝土结构的改造时，应选取合理的钢结构形式，并与原混凝土结构采取可靠连接措施，保证与原结构协同受力或变形协调，避免沉降差对结构的不利影响。

6.2.2 附加钢结构与原混凝土结构的连接宜采用铰接，当有可靠措

施时可采取刚性连接。

6.2.3 对于混凝土结构的改造,应采用合适分析方法或合理计算模型进行结构分析,考虑原结构在改造时的实际受力状况,以及改造后结构中的内力重分布与二次受力等传力机制的改变。

6.2.4 改造后的结构整体性能指标应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定,且混凝土结构和附加钢结构应分别满足《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017等有关规定。抗震设防区的改造混凝土结构,尚应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定。

6.2.5 混凝土烟囱或水塔的改造设计,应重点提高其抗侧刚度和抗震、抗风能力。可采用图6.2.5所示的柱面网格钢结构及平面加固索盘进行加固。

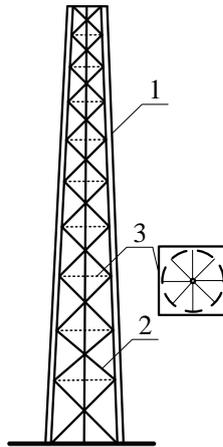


图 6.2.5 钢筋混凝土烟囱的改造

1—原烟囱; 2—柱面网格钢结构; 3—加固索盘

6.3 用钢构件改造混凝土结构

6.3.1 当混凝土框架结构的侧向刚度、扭转刚度不足或需提高抗震

能力时，可采用如下改造措施：

- 1 在混凝土框架内设置钢板剪力墙等（图 6.3.1（a））；
- 2 在混凝土框架内设置中心钢支撑或防屈曲支撑等（图 6.3.1（b））；
- 3 在混凝土框架内增加钢梁、钢柱等；
- 4 增加钢节点或钢牛腿等。

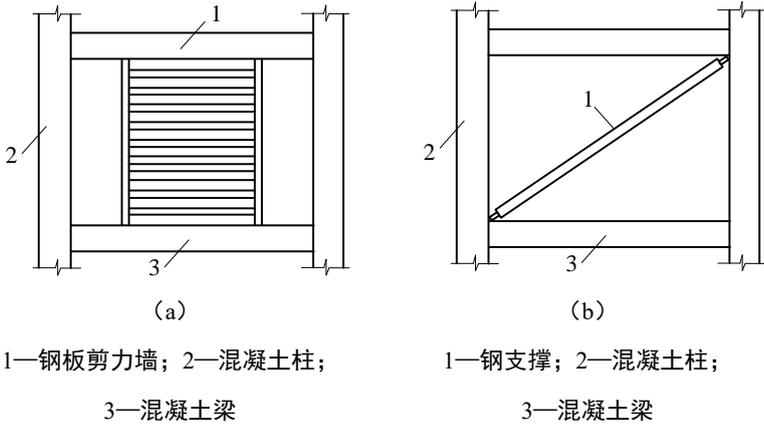


图 6.3.1 采用钢构件改造混凝土结构

6.3.2 当设置钢构件改造混凝土结构时，应避免二者间连接节点破坏，且应避免形成短柱、短梁或强梁弱柱。

6.3.3 当采用钢板墙加固混凝土结构时，宜采用加劲钢板墙、防屈曲钢板墙或波形钢板墙。钢板墙与周边混凝土构件应可靠连接，实现剪力的有效传递。

6.3.4 当采用钢支撑加固混凝土结构时，支撑的布置应有利于减少结构沿平面或竖向的不规则性。钢支撑与混凝土结构连接可采用图 6.3.4 的形式。

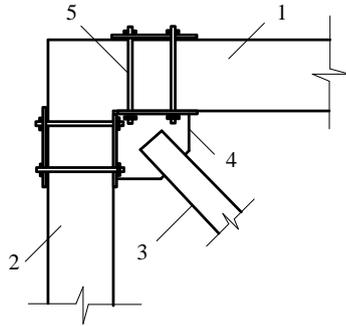


图 6.3.4 钢支撑与混凝土结构的连接

1—混凝土梁；2—混凝土柱；3—钢支撑；4—节点板；5—对穿螺栓套筒

6.3.5 当混凝土结构的侧向刚度符合要求时，新增钢梁、钢柱与混凝土结构宜采用铰接连接。

6.3.6 当混凝土厂房结构的支撑布置或侧向刚度不符合现行国家标准相关规定时，应增设支撑，可采用柔性支撑、普通钢支撑或防屈曲支撑。

6.4 混凝土构件和节点的加固

6.4.1 混凝土柱可采用外包型钢法、粘贴钢板法等进行加固。

6.4.2 采用外包型钢法加固混凝土柱时，宜优先选用湿式外包钢法。粘贴钢板法适用于大偏心受压混凝土柱的加固，且应将钢板受力方式设计成仅承受轴向应力作用。

【条文说明】参考自《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 的 8.1.3 和 9.1.3 条。

6.4.3 采用湿式外包钢法加固混凝土柱时，加固后柱的承载力和截面刚度应按整截面共同工作确定，其计算可按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定进行。

【条文说明】参考自《混凝土结构加固设计规范》GB

50367-2013 的 8.2 节。

6.4.4 采用粘贴钢板加固大偏心受压混凝土柱时,应将钢板粘贴于构件受拉区,且钢板长向应与柱的纵轴线方向一致。其正截面承载力计算可按《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的规定进行。

6.4.5 混凝土梁和板可采用粘贴钢板法、体外预应力法、增设支点法等进行加固。

6.4.6 采用粘贴钢板对混凝土梁、板等进行正截面或斜截面进行加固时,其承载力计算可按《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的规定进行。

6.4.7 采用体外预应力法对混凝土梁和板进行加固改造时,应考虑施工工艺的可行性合理选用预应力锚固体系,并符合下列规定:

1 既有构件的混凝土强度等级不宜低于 C20;

2 施工时可不采取卸载措施;

3 计算方法可按《建筑结构体外预应力加固技术规程》JGJ/T 279 的相关规定进行。

6.4.8 采用增设支点法对混凝土梁和板进行加固时,新增的支柱、支撑的上端应与被加固的梁或板可靠连接,宜采用铰接连接形式。加固计算可按《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的规定进行。

6.4.9 采用粘贴钢板法加固混凝土受拉构件时,应按原构件纵向受拉钢筋的配置方式,将钢板粘贴于相应位置的混凝土表面上,且应处理好端部的连接构造及锚固。

6.4.10 混凝土受拉构件加固后,其正截面承载力可按《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的规定进行。

6.4.11 混凝土节点可采用粘贴钢板法、钢套箍法等进行加固,也可在梁柱节点设置金属耗能阻尼器提升节点承载和变形能力。

6.4.12 混凝土节点的加固计算,应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定。

6.5 构造规定

6.5.1 采用粘贴钢板法进行加固，应符合下列规定：

1 粘钢加固的钢板宽度不应大于 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；

2 对钢筋混凝土受弯构件进行正截面加固时，应在钢板的端部、截断处及集中荷载作用点的两侧，对梁设置 U 形钢箍板；对板应设置横向钢压条进行锚固；

3 被加固梁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，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。

【条文说明】参考自《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021-2021 的 6.5 节。

6.5.2 采用湿式外包钢法进行加固，应符合下列规定：

1 加固用型钢两端应采取可靠的锚固措施；

2 沿梁、柱轴线方向应采用缀板与角钢焊接，缀板间距不应大于 20 倍单根角钢截面的最小回转半径，且不应大于 500mm；在节点区，其间距应加密；

3 施工过程中应采取措施保证结构胶不受焊接高温影响，外粘型钢的角钢端部 600mm 范围内胶缝厚度应控制在 3mm~5mm。

【条文说明】参考自《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021-2021 的 6.5 节。

6.5.3 采用体外预应力法进行加固，应符合下列规定：

1 体外束可采用直线、双折线或多折线布置方式，且其布

置应使结构对称受力，对矩形、T形或I字形截面梁，体外束宜布置在梁腹板的两侧；

2 体外束在每个转向块处的弯曲角不宜大于 15° ；

3 体外束的锚固块与转向块之间或两个转向块之间的自由段长度不宜大于 8m；超过 8m 时，宜设置固定节点或防振动装置；

4 对可更换的体外束，应采用体外束专用锚固体系，且应在锚具外预留钢绞线的张拉工作长度。

【条文说明】 参考自《建筑结构体外预应力加固技术规程》JGJ/T 279-2012 的第 6 章。

7 砖石和木结构改造设计

7.1 一般规定

7.1.1 砖石等砌体结构加固改造时,应重点侧重于砌体结构的截面强度增强和结构整体刚度的提升。

7.1.2 砖石结构加固改造应符合下列规定:

1 为提高高耸砖石结构的抗侧刚度,可采用在砖石结构内置斜交网格筒或外置斜交网格筒等方式,且砌体结构与网格筒之间应可靠连接,见图 7.1.2;

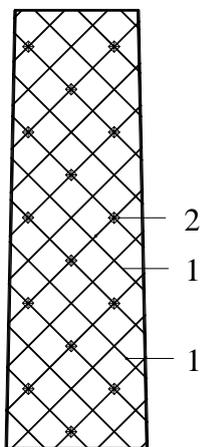


图 7.1.2 斜交网格筒加固高耸砖石结构

1—加固用钢构件; 2—固定点

2 为提高砖石砌体结构的抗震能力,可采用砖石砌体外包钢板或型钢形成等效的圈梁和构造柱;

3 采用钢结构网格加固后的高耸砖石结构时,结构刚度不应出现突变;

4 采用钢-混凝土组合网格加固砖石结构时,混凝土强度不易低于 C30;

5 改造后的砌体结构洞口尺寸及边距应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求。

7.1.3 木结构改造、加固和维修时，应重点侧重于节点和构件的强度增强及结构整体刚度的提升。采用包钢法提高构件的承载力，通过加腋提高节点承载力和抗弯刚度，通过增加斜撑、剪力墙等提高结构的整体抗侧刚度；通过在结构适当位置增设阻尼器以提高其延性和耗能能力。

7.2 砖石结构改造

7.2.1 当采用外包型钢加固改造矩形砌体柱时，宜设置外包角钢为组合构件四肢，以钢缀板围束的钢构架加固方式（图7.2.1），并考虑二次受力的影响。

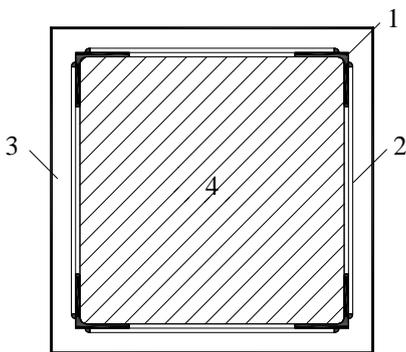


图 7.2.1 外包型钢加固

1—角钢；2—缀板；3—保护层；4—原砌体柱

7.2.2 当采用外包角钢（或其他型钢）加固砌体承重柱时，其加固后承受的轴向压力设计值和弯矩设计值，应按刚度比分配给原柱和钢构架，并应符合下列规定：

1 原柱承受的轴向力设计值 N_m 和弯矩设计值 M_m 应按下列公式进行计算：

$$N_m = \frac{k_m E_{m0} A_{m0}}{k_m E_{m0} A_{m0} + E_a A_a} N \quad (7.2.2-1)$$

$$M_m = \frac{k_m E_{m0} I_{m0}}{k_m E_{m0} A_{m0} + \eta E_a A_a} M \quad (7.2.2-2)$$

2 钢构架承受的轴向力设计值 N_a 和弯矩设计值 M_a 应按下列公式进行计算:

$$N_a = N - N_m \quad (7.2.2-3)$$

$$M_a = M - M_m \quad (7.2.2-4)$$

式中:

k_m ——原砌体刚度降低系数,对完好原柱,取 $k_m=0.9$;对基本完好的原柱,取 $k_m=0.8$;对已有腐蚀迹象的原柱,经剔除腐蚀层并修补后,取 $k_m=0.65$ 。若原柱有竖向裂缝,或有其他严重缺陷,则取 $k_m=0$,即不考虑原柱的作用;全部荷载由角钢(或其他型钢)组成的钢构架承担;

E_{m0} 、 E_a ——分别为原砌体和新增型钢的弹性模量;

A_{m0} 、 A_a ——分别为原砌体截面面积和新增型钢的全截面面积;

I_{m0} ——原砌体截面的惯性矩;

I_a ——钢构件的截面的惯性矩;计算时,可忽略各分肢角钢自身截面的惯性矩,即: $I_a=0.5A_a \cdot a^2$ (a 为计算方向两侧型钢截面形心间的距离);

η ——协同工作系数,可取 $\eta=0.9$ 。

7.2.3 当采用外包型钢加固轴心受压砌体构件时,其加固后原柱和外增钢构架的承载力应按下列规定验算:

1 原柱的承载力,应根据其所承受的轴向压力值 N_m ,按《砌

体结构设计规范》GB 50003 的有关规定验算；验算时，其砌体抗压强度设计值，应根据可靠性鉴定结果确定；若验算结果不符合使用要求，应加大钢构件截面，并重新进行外力分配和截面验算；

2 钢构架的承载力，应根据其所承受的轴向压力设计值 N_a ，按《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定进行设计计算；计算钢构架承载力时，型钢的抗压强度设计值对仅承受静力荷载或间接承受动力作用的结构，应分别乘以强度折减系数 0.95 和 0.90；对直接承受动力荷载或振动作用的结构，应乘以强度折减系数 0.85；

3 外包型钢砌体加固后的承载力为钢构架承载力和原柱承载力之和，不论角钢肢与砌体柱接触面处涂布或灌注任何粘结材料，均不考虑其粘结作用对计算承载力的提高；

4 当采用外包型钢加固偏心受压砌体构件时，可依据本规程第 7.2.2 条的规定，分别按《砌体结构设计规范》GB 50003 和《钢结构设计规范》GB 50017 进行原柱和钢构架的承载力验算。

7.2.4 用钢结构网格增强后砖石砌体结构的抗侧刚度的近似值可按下式计算：

$$EI = k_m E_m I_m + E_a I_a \quad (7.2.4)$$

式中： k_m ——原砌体刚度降低系数，对完好原柱，取 $k_m=0.9$ ；对基本完好的原柱，取 $k_m=0.8$ ；对已有腐蚀迹象的原柱，经剔除腐蚀层并修补后，取 $k_m=0.65$ 。若原柱有竖向裂缝，或有其他严重缺陷，则取 $k_m=0$ ，即不考虑原柱的作用；全部荷载由角钢（或其他型钢）组成的钢构架承担；

E_m 、 E_a ——分别为原砌体和新增型钢的弹性模量；

I_m ——原砌体截面的惯性矩；

I_a ——钢构件的截面的惯性矩；计算时，可忽略各分肢角钢自身

截面的惯性矩，即： $I_a=0.5A_a \cdot a^2$ （ a 为计算方向两侧型钢截面形心间的距离）。

7.3 木结构加固

7.3.1 包钢法增强木结构构件应符合下列规定：

1 当原木柱完好且需要提高其设计荷载时，可按原柱与型钢构架共同承担荷载进行计算；

2 当原柱尚能工作，但需降低原柱承载力时，原柱承载力降低程度应由可靠性鉴定结果进行确定；其不足部分由型钢架承担；

3 当原柱存在不适于继续承载的损伤或严重缺陷时，可不考虑原柱的作用，其全部荷载由型钢骨架承担。

7.3.2 钢结构加固木结构可采用以下做法：

1 木结构柱可采用外侧包型钢进行加固，二者宜采用螺栓连接，见图 7.3.2-1；木质受弯构件可采用在梁外侧增加钢构件的做法进行加固，见图 7.3.2-2；

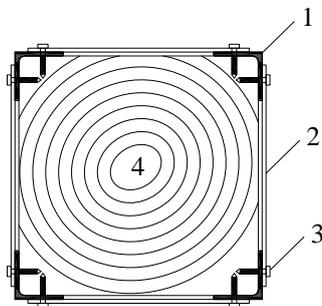


图 7.3.2-1 外包钢加固木柱

1—角钢；2—钢带；3—螺栓；4—原木构件

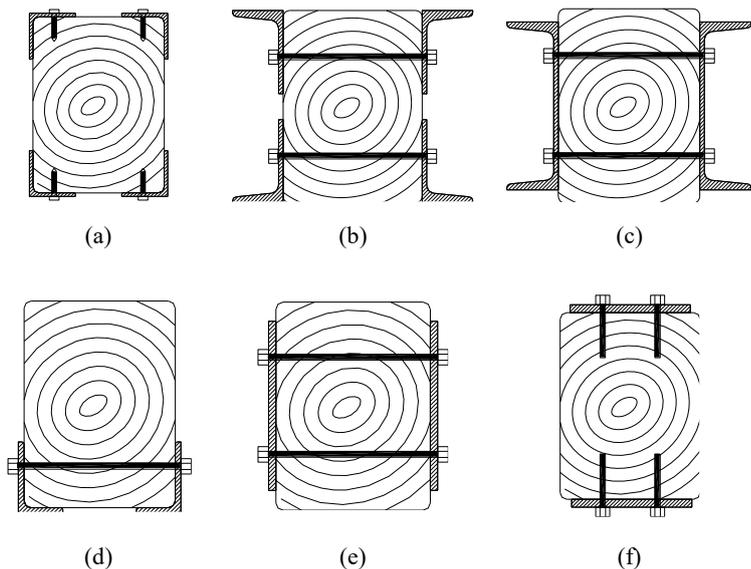


图 7.3.2-2 钢材加固受弯木构件

2 木结构梁、柱构件连接腋下可以通过增设角钢来增加梁的连接强度，见图 7.3.2-3；

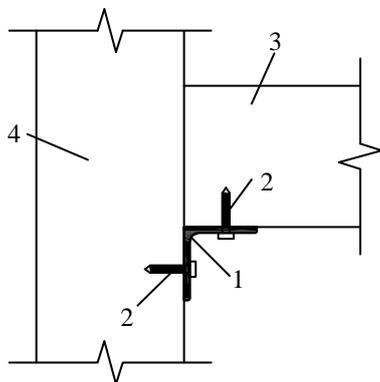


图 7.3.2-3 木梁与木柱节点增加角钢

1—角钢；2—螺栓；3—原木梁；4—原木柱

3 木结构可采用增加支撑的方式增强其抗侧刚度，布置示意图见图 7.3.2-4 和图 7.3.2-5。

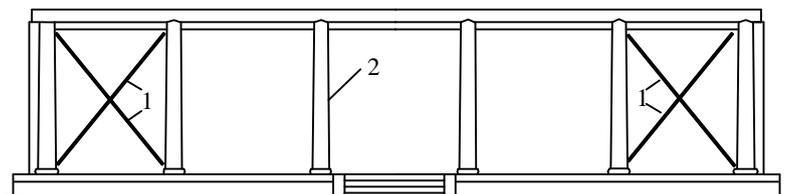


图 7.3.2-4 木结构柱间增加交叉钢支撑

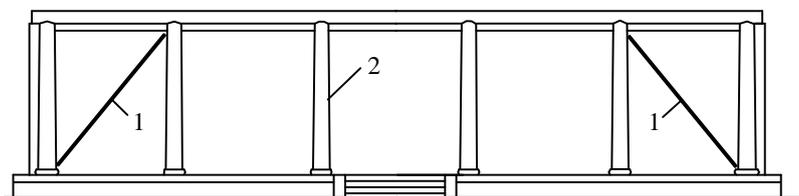
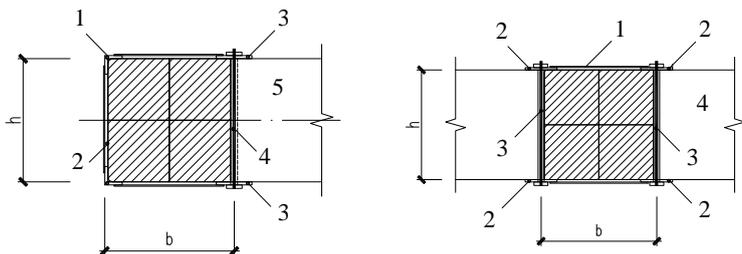


图 7.3.2-5 木柱之间增加单向支撑

1—钢支撑；2—原木柱

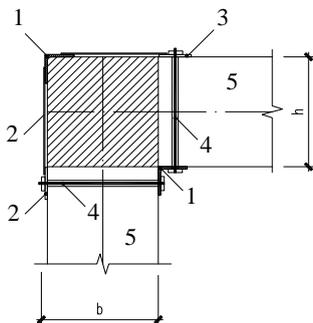
7.4 节点设计与构造

7.4.1 砌体结构外包钢增设等效构造柱和圈梁，通过穿墙螺杆将钢板和角钢（槽钢）与砖石砌体连接起来，形成构造柱和圈梁，见图 7.4.1。



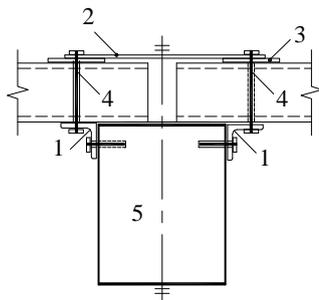
(a) 砌体墙端部增设等效构造柱

- 1—角钢；2—水平钢带；
3—竖向钢带；4—穿墙螺杆；
5—砌体墙



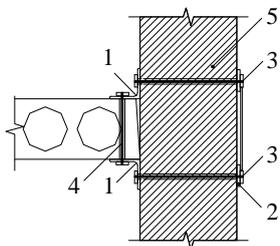
(b) 砌体墙中部增设等效构造柱

- 1—水平钢带；2—竖向钢带；
3—穿墙螺杆；4—砌体墙



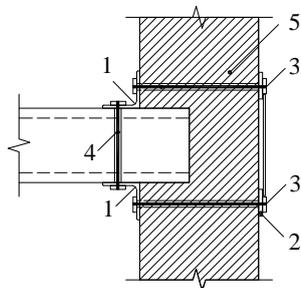
(c) 砌体墙拐角增设等效构造柱

- 1—角钢；2—水平钢带；
3—竖向钢带；4—穿墙螺杆；
5—砌体墙



(d) 顶层增设等效圈梁

- 1—角钢；2—水平钢带；
3—竖向钢带；4—穿板螺杆；
5—混凝土梁



(e) 中间楼层增设等效圈梁（外墙

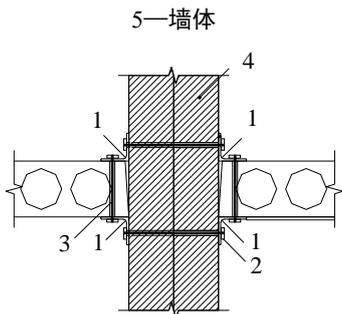
沿预制板方向）

- 1—角钢；2—竖向钢带；
3—穿墙螺栓；4—穿墙螺杆；

(f) 中间楼层增设等效圈梁（外墙

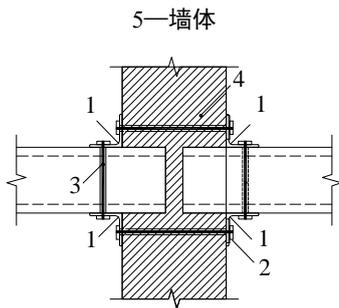
垂直预制板方向）

- 1—角钢；2—竖向钢带；
3—穿墙螺栓；4—穿墙螺杆；



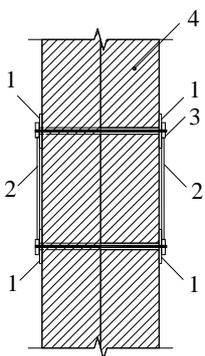
(g) 中间楼层增设等效圈梁（内墙
沿预制板方向）

1—角钢；2—穿墙螺栓；
3—穿墙螺杆；4—砖墙



(h) 中间楼层增设等效圈梁（内墙
垂直预制板方向）

1—角钢；2—穿墙螺栓；
3—穿墙螺杆；4—墙体



(i) 中间楼层增设等效圈梁（无板
区域）

1—水平钢带；2—竖向钢带；
3—穿墙螺栓；4—无楼板处墙体

图 7.4.1 砌体结构增加等效圈梁和构造柱

7.4.2 钢结构网格与砖石结构的连接，应在砖石结构上设置埋件，钢构件通过埋件与砖石结构连接，设置的埋件宜采用对拉螺杆固定，

见图7.4.2。

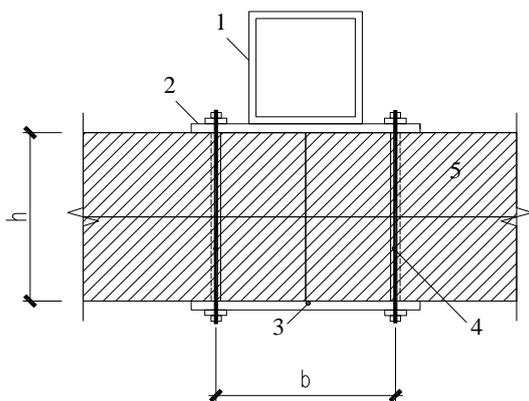


图 7.4.2 钢结构网格与砌体墙连接示意

1—新增网格型钢；2—新增埋件；3—背板；4—穿墙螺杆；5—砌体墙

8 房屋增高（加层）改造设计

8.1 一般规定

8.1.1 房屋增高改造设计时，应根据既有建筑的结构形式、既有建筑老化程度、既有建筑层数、加层钢结构的结构形式、加层层数、地质条件、场地施工条件等因素，并通过计算分析合理选择加层改造方案，且应对改造方案技术做详细的技术可行性评估。

【条文说明】常用的加层改造方案有直接加层与改造法、改变荷载传递加层与改造法、外套结构跃层加层与改造法、夹层技术加层与改造法。

8.1.2 房屋增高改造设计时，新老整体结构的荷载取值应符合《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定。

8.1.3 房屋增高改造设计时，结构整体承载力极限状态和正常使用极限状态设计应满足《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑抗震设计规范》GB 50011等国家现行有关标准的规定。

8.1.4 房屋增高改造设计时，应充分考虑既有建筑与新加层结构在结合面上的连接条件和连接方式，保证其连接传力明确、受力合理。

8.1.5 房屋增高改造设计时，应掌握既有结构的设计图纸、结构计算书、地勘报告、材料和结构型式等。

8.1.6 房屋增高改造设计时，应对既有结构进行可靠性鉴定，要提供既有结构材料检验报告、既有结构设计和计算书等。

8.1.7 加层后房屋的高度满足高层建筑要求时，其结构设计应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99和《高层建筑钢—混凝土混合结构设计规程》CECS 230的规定。

8.1.8 加层后房屋基础承载力和地基变形的重新校核，应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定。

8.1.9 加层前原房屋结构的可靠性鉴定和加层后结构的加固、减震改造应符合《钢结构设计加固标准》GB 51367、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123和《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的规定。

8.2 房屋增高改造方案设计

8.2.1 当加层层数多且既有建筑的占地面积可增大时,宜采用外套结构加层法,如整体式外套筒加层(图8.2.1(a))和分离式外套筒加层(图8.2.1(b)),并应符合下列规定:

- 1 在施工阶段和使用阶段,应避免外套结构与既有建筑可能会发生碰撞,必要时可在外套结构和既有建筑间设置连接件;
- 2 场地施工面积受限时,外套结构可采用桩基础。

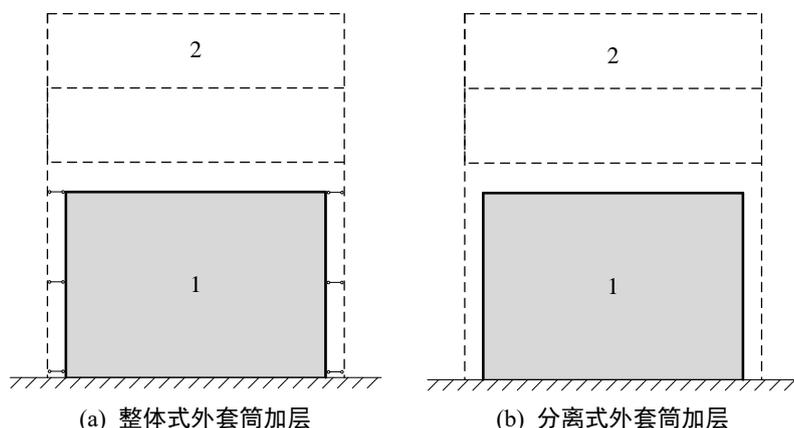


图 8.2.1 外套结构加层法

1—既有建筑; 2—加层结构

8.2.2 当加层层数少且既有建筑的占地面积不可增大时,宜采用于直接加层法(图8.2.2);如房屋使用功能改变且需改变建筑平面布置时,宜采用改变荷载传递加层法。

1 加层结构的柱构件可与既有建筑结构的柱构件、梁构件、板构件和墙构件进行合理连接形成新结构;

2 加层结构与既有建筑结构之间的连接节点的连接方式可采用刚接、半刚接或铰接。

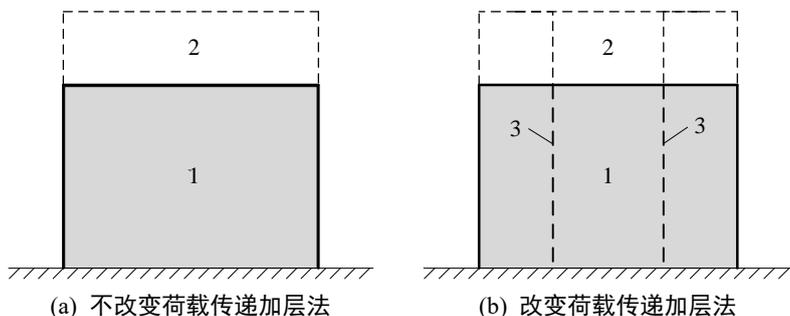


图 8.2.2 直接加层法

1—既有建筑；2—加层结构；3—增设构件

8.2.3 当既有建筑场地仅在某一层间设置夹层时，宜采用于夹层技术加层法（图8.2.3）。

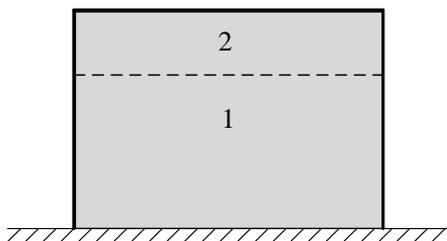


图 8.2.3 夹层技术加层法

1—既有建筑；2—夹层

8.2.4 当采用外套结构加层法进行既有结构改造时，加层结构的二层宜采用层间桁架形式（图8.2.4-1）。此外，既有结构与外套加层结构之间可通过连系梁、连系杆、连系桁架等连系构件连接（图8.2.4-2），或留有间隙但彼此不连接；连系构件亦可采用消能构件。

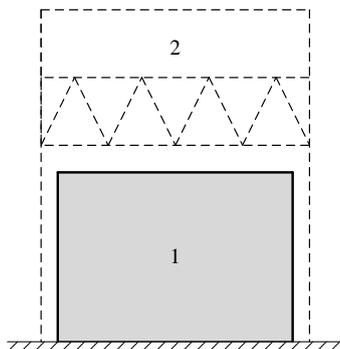


图 8.2.4-1 加层结构采用层间桁架形式

1—既有建筑；2—加层结构

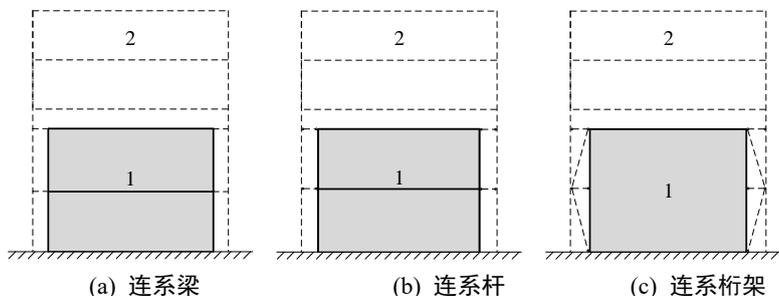


图 8.2.4-2 既有结构与外套结构的连接形式

1—既有建筑；2—加层结构

8.2.5 既有结构基础改造与新加结构基础之间的设计应协调考虑。

8.2.6 既有结构和地基承载力富裕较多时，可在既有结构屋顶上直接增层。

8.2.7 当新加层结构抗侧刚度不足时，宜采用如下结构设计方案：

1 新加层结构设计，应增加新加层屋盖的平面内刚度，可在新加层屋盖采用双向斜交曲面或平面网壳结构，且在新增层两端墙位置设置横向剪力墙（图 8.2.7-1）；

【条文说明】增加屋盖平面内的刚度，并在两端墙内设置剪力墙等，可形成板凳结构以提高其抗侧刚度和承载力。

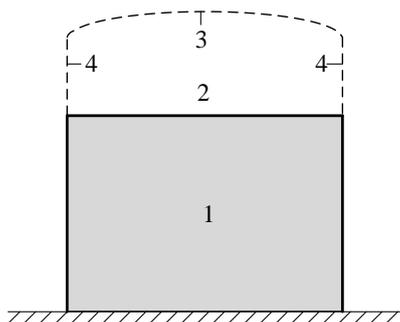
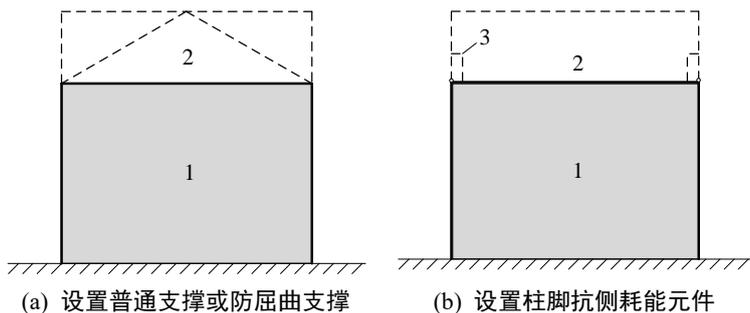


图 8.2.7-1 设置横向剪力墙方案

1—既有建筑；2—加层结构；3—网壳结构；4—钢板剪力墙

2 可在新加层结构中局部设置普通支撑或防屈曲支撑（图 8.2.7-2(a)），或在关键部位采用消能构件，如采用可更换抗侧耗能元件（图 8.2.7-2(b)）；



(a) 设置普通支撑或防屈曲支撑

(b) 设置柱脚抗侧耗能元件

图 8.2.7-2 新加层结构增强方案

1—既有建筑；2—加层结构；3—柱脚抗侧耗能元件

8.2.8 当选定加层方案后，既有结构承载力或变形不满足要求时，需要提升既有结构竖向承载力和抗侧刚度，可对既有结构构件进行加固改造。改造方案和措施如下：

1 新加层结构柱与既有结构柱合并，且在既有结构顶层屋面设置横梁，并与新加层结构柱刚性连接，形成横向框架结构（图 8.2.8-1）。

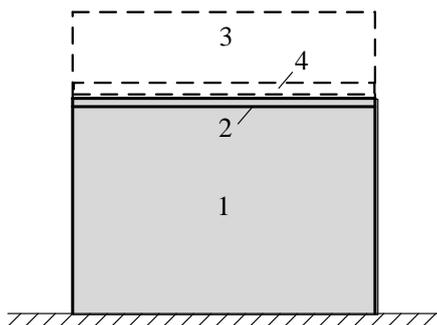


图 8.2.8-1 横向框架结构

1—既有建筑；2—原结构梁；3—加层结构；4—新增结构梁

2 既有结构体系明显不合理时，可采用增设构件的方法对既有结构性能进行改造，如增设钢板剪力墙或支撑构件加固；亦可设置消能减震装置（如防屈曲支撑、屈曲约束剪力墙等）来减少结构在地震下的变形（图 8.2.8-2）。

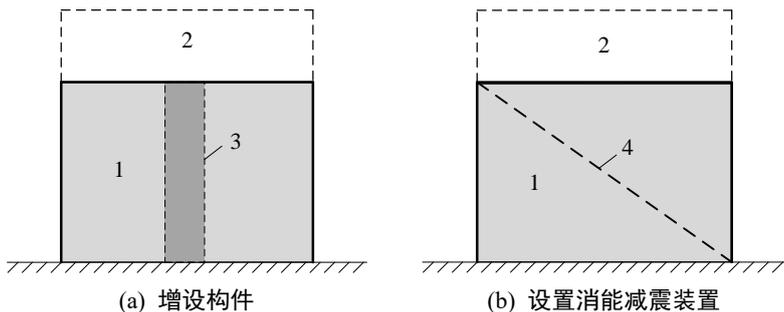


图 8.2.8-2 既有结构增强方案

1—既有建筑；2—加层结构；

3—增设主体受力构件（墙柱等）；4—减震消能构件

8.3 房屋增高计算规定

8.3.1 当房屋增高不大于两层时，可以把新加结构作用等效为荷载

施加到既有结构上进行分析计算。但是，地震作用计算时，应考虑新增结构质量的动力效应。当房屋增高大于（等于）两层时，应将既有结构与新增结构整体建模进行分析和设计。

8.3.2 既有结构分析计算模型应充分考虑材料性能的变化（如老化、缺陷、损伤等）和既有结构的初始变形、初始应力和边界约束条件变化的影响等，并由具有资质的单位提供材料检测和结构质量检测报告。

8.3.3 房屋增高结构计算模型要在既有结构计算模型受荷的基础上叠加新加结构模型，采用能够反映结构组成变化（从既有结构模型到新加结构模型、再到整体结构模型）、加载顺序变化（整体结构计算模型要能够考虑既有结构模型初始内力的影响）的有限元模型及计算软件等。

8.3.4 对增高或加层结构进行整体建模分析地震作用时，应符合本规程第9章的规定。

9 改造结构的抗震设计

9.1 一般规定

9.1.1 进行抗震改造前,既有建筑应根据抗震设防烈度、改造后建筑抗震设防类别、后续使用年限和结构类型,按照《建筑抗震鉴定标准》GB 50023进行抗震鉴定。

【条文说明】依据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023,将现有建筑消能减震抗震加固后续使用年限分为30年、40年、50年三个档次,分别称为A、B、C类建筑。

9.1.2 改造后的建筑应按《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223确定其抗震设防类别及其抗震设防标准。

【条文说明】既有建筑改造后的抗震设防类别及其抗震设防标准应按照现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223分为四类,抗震措施和验算应满足下列条件:

1 适度设防类,抗震措施应比本地区设防烈度低一度;抗震验算允许比本地区设防类度低。

2 标准设防类,抗震措施和验算应满足本地区设防烈度的要求。

3 重点设防类,抗震措施应比本地区设防烈度提高一度;抗震验算不低于本地区设防烈度。

4 特殊设防类,抗震措施应通过专门研究且不可低于重点设防类要求;抗震验算应高于本地区设防烈度要求。

9.1.3 提升既有建筑的抗震性能,宜侧重提高既有建筑结构体系的抗震性能,可采用消能减震技术、隔震技术、抗震韧性提升技术等。

【条文说明】提升既有建筑结构体系的抗震性能可高效提升既有建筑的抗震性能。在进行既有建筑结构体系抗震性能提升设

计时，应根据加固改造设计目标、改造周期以及改造成本等因素适当选择消能减震技术、隔震技术、抗震韧性提升技术等。

9.1.4 改造结构的地震作用，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定确定。

【条文说明】 依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的第 5.1.1 节，各类改造结构的地震作用，应符合下列规定：

1 一般情况下，应至少在建筑结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用，各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担。

2 有斜交抗侧力构件的结构，当相交角度大于 15° 时，应分别计算各抗侧力构件方向的水平地震作用。

3 质量和刚度分布明显不对称的结构，应计入双向水平地震作用下的扭转影响；其他情况，应允许采用调整地震作用效应的方法计入扭转影响。

4 8、9 度时的大跨度和长悬臂结构及 9 度时的高层建筑，应计算竖向地震作用。

注：8、9 度时采用隔震设计的建筑结构，应按有关规定计算竖向地震作用。

9.1.5 改造结构高度超过《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定时，应专门研究。

【条文说明】 当改造结构高度超过现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定时，应适当提高其抗震设防标准，并对改造后结构进行罕遇地震下弹塑性时程分析。

9.1.6 改造工程的抗震设计，应建立整体结构计算模型，必须包含既有建筑结构和新加改造结构等。

【条文说明】 改造工程的抗震设计，应建立改造前后结构的计算模型，计算模型应可较为准确反映关键非线性构件的滞回规则，包括强化规律以及由塑性损伤导致的强度和刚度退化规律，并对结构进行罕遇地震下的弹塑性时程分析。

9.2 地震作用及其效应计算

9.2.1 改造结构进行消能减震、隔震和抗震韧性提升设计时，地震作用及效应计算可采用下列方法：

1 底部剪力法：高度不超过 24m、质量和刚度沿结构高度分布均匀的改造结构，可采用底部剪力法；

2 振型分解反应谱法：除第 1 款之外的改造结构，宜采用振型分解反应谱法；

3 时程分析法：对于特别不规则建筑、高于 100m 的高层建筑以及甲类建筑，还应采用时程分析法进行多遇地震作用的补充计算；当取三组加速度时程曲线输入时，计算结果宜取各时程法计算结果的包络值和振型分解反应谱法的较大值；当取七组及七组以上的时程曲线时，计算结果可取各时程法计算结果的平均值和振型分解反应谱法的较大值。罕遇地震下结构变形计算应采用弹塑性时程分析法。

【条文说明】 既有大量研究表明，应用消能减震、隔震和抗震韧性提升技术的建筑在高度小于 24m、可采用单自由度体系反应结构整体行为时，底部剪力法可满足结构安全要求。

9.2.2 根据后续使用年限，改造结构 A、B、C 类的抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系应符合《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

【条文说明】 依据现行中国工程建设标准化协会标准《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547-2018，改造结构 A、B、C

类的抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 改造结构抗震设防烈度和设计基本地震加速度对应表(g)

设防烈度	6	7	8	9
A	0.041	0.081 (0.123)	0.162 (0.246)	0.324
B	0.046	0.091 (0.138)	0.182 (0.276)	0.364
C	0.050	0.100 (0.150)	0.200 (0.300)	0.400

注：括号内数值分别是 7 度 0.15g 和 8 度 0.3g 地区的不同使用年限的设防烈度加速度。

9.2.3 改造结构计算地震作用时，建筑的重力荷载代表值取值应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

【条文说明】 计算地震作用时，建筑的重力荷载代表值应取结构和构配件自重标准值和各可变荷载组合值之和。

9.2.4 改造结构的地震影响系数应根据烈度、场地类别、设计地震分组和结构自振周期以及阻尼比确定。多遇地震和罕遇地震下改造结构水平地震影响系数最大值取值以及地震影响系数曲线的调整系数和形状参数应符合《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

【条文说明】 地震影响系数是构建地震反应谱的重要参数，是进行结构承载力计算和变形验算的基本前提。现行中国工程建设标准化协会标准《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547-2018 根据不同后续使用年限的建筑分别给出了不同水准地震反应谱曲线的形式及其关键参数的取值方法。

9.2.5 改造结构采用弹性时程法进行补充计算时，宜取 7 组或 7 组以上的加速度时程曲线，计算结果可取时程法计算结果的平均值和振型分解反应谱法的较大值。动力弹塑性分析时宜取 3 组加速度时程曲线计算结果的包络值或 7 组加速度时程曲线计算结果的平均值。

9.2.6 改造结构采用时程法分析时,应按建筑场地类别和设计地震分组选取实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线,其中实际强震记录数量不应少于总数的2/3,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采用的地震影响系数曲线在统计意义上相符且有效持续时间不应小于结构基本周期的5倍和15s中的较大值,地震加速度时程曲线的地震加速度的最大值可按《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的规定取值。弹性时程分析时,每条时程曲线计算所得主体结构底部剪力不应小于振型分解反应谱法计算结果的65%,多条时程曲线计算主体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%。

9.2.7 多遇地震和罕遇地震下的人工模拟地震波加速度时程曲线应符合《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的相关规定。

【条文说明】实际地震发生和特征具有随机性,为了避免结构在多条地震波下计算结果离散性较大,保证计算结果的代表性,规定了输入地震波的要求。对于人工地震波的时程曲线,现行中国工程建设标准化协会标准《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547-2018给出了人工模拟地震动在各周期点的误差限值。

9.3 消能减震设计

9.3.1 提升既有建筑结构(钢结构、混凝土结构、砖石结构和木结构)的抗震性能,可采用金属阻尼器技术、摩擦阻尼器技术、粘滞阻尼器技术等。

【条文说明】在采用消能减震技术提升既有建筑结构的抗震性能时,应根据加固改造设计目标、改造周期以及改造成本等因素适当选择金属阻尼器技术、摩擦阻尼器技术、粘滞阻尼器技术等。

9.3.2 阻尼器的设计使用年限宜大于改造结构后续使用年限。当阻尼器设计使用年限小于改造结构的后续使用年限时,阻尼器达到使

用年限时应及时检测，并重新确定阻尼器后续使用年限。

【条文说明】 阻尼器作为改造结构抗震保险丝，应确保其在结构服役期间可稳定提供消能减震能力。在地震作用下，阻尼器应优先于结构发生破坏，起到消能减震，保护主体结构的作用。

9.3.3 阻尼器应具有良好的耐久性，相关指标应同时符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的有关规定。

【条文说明】 现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209对金属消能器、粘滞阻尼器和粘弹性阻尼器的耐久性能做了相关规定。金属消能器耐久性包括疲劳性能和耐腐蚀性能；粘滞阻尼器耐久性包括疲劳性能和密封性能，且具有阻燃性；粘弹性阻尼器的耐久性包括疲劳性能和抗老化性能。

现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和现行中国工程建设标准化协会标准《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547对摩擦阻尼器的疲劳性能和时效性做了规定。

9.3.4 阻尼器应具有满足设计要求的型式检验报告。

【条文说明】 阻尼器的型式检验报告可以表示阻尼器的生产厂家具备生产该种阻尼器的能力。

9.3.5 阻尼器的防腐、防锈和防火设计应按《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的规定执行。

9.3.6 金属消能阻尼器的选定应符合下列要求：

1 金属消能阻尼器包括屈曲约束支撑、金属剪切型阻尼器和金属弯曲型阻尼器等利用金属材料屈服耗能的消能阻尼器；

2 金属消能阻尼器所用材料的性能应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的相关规定；

3 金属消能阻尼器的力学性能应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

4 设计文件中应规定金属消能阻尼器初始刚度、屈服承载力、设计位移、屈服后刚度比、设计位移下疲劳性能等参数；

5 金属消能阻尼器的连接构造设计应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

9.3.7 摩擦型消能阻尼器的设计应符合下列要求：

1 摩擦型消能阻尼器的外观应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

2 摩擦型消能阻尼器的性能（包括常规性能、疲劳性能和时效性）应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

3 设计文件中应规定摩擦型消能阻尼器的初始刚度、滑动摩擦力、设计位移、设计位移下疲劳性能等参数；

4 摩擦型消能阻尼器的连接构造设计应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

9.3.8 粘滞阻尼器的设计应符合下列要求：

1 粘滞阻尼器的外观应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

2 粘滞阻尼器所用材料应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

3 摩擦阻尼器的力学性能应符合《建筑消能阻尼器》JG/T

209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定；

4 设计文件中应规定粘滞阻尼器的最大阻尼力、阻尼系数、阻尼指数和疲劳性能等参数；

5 粘滞阻尼器的连接构造设计应符合《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

【条文说明】金属阻尼器、摩擦阻尼器和粘滞阻尼器的设计要素、内容、步骤应满足现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 和现行中国工程建设标准化协会标准《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547 的相关规定。

9.4 隔震设计

9.4.1 提升既有建筑结构（钢结构、混凝土结构，砖石结构和木结构）的抗震性能，可采用钢板-橡胶组合支座、摩擦摆隔震支座等为隔振层的隔震减震技术。

9.4.2 隔震支座应进行出厂检验，并应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408的相关规定。

9.4.3 隔震支座与结构的连接构造应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408相关规定。

9.4.4 隔震缝和伸缩缝设计应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408相关规定。

【条文说明】隔震支座的选型、设计和验算可参考现行国家标准《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 相关规定。

10 施 工

10.1 一般规定

10.1.1 既有建筑改造施工，应由具有相应资质等级的专业施工单位承担。改造施工中，施工单位应建立健全安全、质量、环境及职业健康管理体系与制度。

10.1.2 既有建筑改造施工前，施工单位应接受设计单位的技术交底、组织相关人员进行现场实地踏勘、复测建筑物的平面位置、层高及梁柱轴线，并应依据原结构设计及竣工文件说明、结构检测鉴定报告、经审查批准的改造施工图、国家现行有关标准等文件及现场实际情况编制施工组织设计与专项施工方案，制定拆除、加固、新建等工序专项施工流程。对需要监测的既有建筑改造工程，还应编制施工监测与预警方案。

10.1.3 施工组织设计与专项施工方案应经审核批准，方可组织实施。对于既有建筑改造工程中超过一定规模的危大工程专项施工方案，还应组织专家论证。

10.1.4 既有建筑改造工程施工组织设计内容应包括：编制依据、工程概况（包括原结构及其周边环境情况）、施工总体部署、改造施工技术方案、施工计划、安全技术措施及相关计算书等，涉及拆除、加固施工的，还应包括拆除方案、加固方案。

10.1.5 既有重大与复杂建筑改造施工前，应进行施工全过程模拟计算分析。分析发现结构承载力不足或变形过大时，应调整改造施工方案，采取措施卸除或大部分卸除作用在原结构上的活荷载，或经设计单位同意后对结构和构件进行局部加固或增设临时支撑措施。需进行施工全过程模拟计算分析的结构应包括：

- 1 多高层建筑结构；
- 2 柔性空间结构、杂交空间结构或刚性大跨度空间结构；
- 3 带有悬挑楼盖或悬挑屋盖的结构；

4 预应力结构；

5 其它有分析需求的建筑结构。

10.1.6 既有建筑改造施工全过程模拟计算分析应以原设计文件、检测鉴定报告、加固改造与施工方案为依据。计算模型应根据结构现场实测数据建立，并考虑结构变形、构件和节点的腐蚀老化与外观损伤、材料性能退化的影响；模型简化应与结构实际构造、荷载与作用相符。当采取临时支承措施时，计算模型应包括临时支撑。

10.1.7 既有建筑改造工程所采用的材料、半成品及构配件应符合设计要求及国家现行有关标准的规定，并应进行进场验收。改造工程钢构件的制作与安装除符合本规程的规定外，尚应符合《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 81及《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205等国家现行有关标准的规定。

10.1.8 既有建筑改造施工宜采用绿色施工技术，尽量控制其对周边环境及原结构的影响。改造施工前，应对影响改造施工的障碍物及易燃易爆物品进行清理，并搭设稳固可靠的施工操作平台及安全防护措施。施工过程中，应做好成品与原结构的保护措施。

10.1.9 对于在役既有建筑的改造施工，施工前应编制针对性的不停用施工保证措施，并根据现场实际情况合理设置安全通道、安全隔断及安全防护措施。

10.1.10 对于既有重大与复杂建筑的改造施工及在役既有建筑的改造施工，宜结合工程结构与受力特点、现场及周边环境条件等因素，对结构关键部位、受力较大构件的应力、变形、位置及其变化进行施工全过程实时监测，并与理论计算值比较。监测方案与监测参数预警值应满足设计及被监测对象的安全控制要求。监测手段应能反应各施工步骤中关键结构参数的数值及其变化状况。

10.1.11 对于既有建筑结构的加固、改造，应结合加固改造设计方案及现场条件采取适宜的施工方法、施工顺序及技术措施，保证新增构件和部件与原结构连接可靠，新增截面与原截面粘结牢固，形

成整体共同工作；并应避免对未加固改造部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成不利影响。

10.1.12 负荷状态下进行钢结构加固改造时，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。

10.1.13 对加固改造过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的既有建筑结构，施工单位应严格落实加固改造设计文件中提出的临时性安全措施，并执行检查和挂牌验收制度。改造或拆除施工过程中，结构或构件的支承条件发生变化或存在差异时，应进行结构承载力、稳定性等安全性验算。出现异常现象或工况时，应立即停止施工并检查、分析原因，确认无安全隐患或隐患排查后方可继续施工。

10.1.14 在现场核对原结构构造及清理原结构过程中，若发现结构整体牢固性不良或原有的支撑、连接系统有缺损时，应及时向业主或监理单位报告。在设计单位未采取补救措施前，不得按现有加固改造方案进行施工。

10.1.15 采用改变结构体系加固法时，其设计与施工应紧密配合；未经设计允许，不得擅自修改设计对施工的要求。

10.1.16 既有建筑改造工程的冬期施工，应符合《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104的规定，焊接补强与加固的施工环境温度不宜低于5℃。

10.1.17 既有建筑改造工程施工用的机械设备、机具及工器具应满足施工要求，并应在合格检定有效期内。施工设备的选型，应考虑既有建筑结构特点、建筑空间限制及设备荷载对既有结构安全的影响。起重设备附着或支承在原结构上时，应得到设计单位同意，并进行结构安全验算。选用非定型产品作为起重设备时，应编制专项方案，经评审后方可组织实施。

10.1.18 从事既有建筑改造施工的特种作业人员应持有效证件，按

规定配备使用合格的劳动防护用品，方可上岗。

10.1.19 既有建筑改造施工现场应建立健全动火管理制度。动火前应履行动火审批手续，动火过程中应配备专人监护，作业后应确认无火源危险。改造拆除施工遇到有易燃、可燃物时，严禁明火作业。

10.2 加工制作

10.2.1 根据加固改造方案与现场实际条件，既有建筑改造工程中的钢构件及其部件可选择现场就近制作或工厂制作。

10.2.2 既有建筑改造工程中钢构件的分段与出厂状态应根据改造施工方案与运输条件合理确定，构件分段重量与外形尺寸除在施工现场机械设备起重能力范围内外，还应满足场内运输转运的要求。

10.2.3 对于与原结构直接相连的钢构件及其部件，制作前应在原构件表面画线定位，并按设计图纸和实测尺寸下料加工。

10.2.4 外粘或外包型钢工程中的钢骨架与钢套箍的部件，宜在现场按被加固件修整后的外围尺寸进行制作。当在钢部件上进行切口或预钻孔洞时，其位置、尺寸和数量应符合设计图纸的要求。

10.2.5 既有建筑改造工程中钢构件及连接件的表面处理等级、除锈方法及涂装质量应符合设计要求及相关规范要求。对于设计不需要涂装及现场焊缝两侧预留暂不涂装区域，应采取措施防止涂层污染。

10.3 焊接与紧固件连接

10.3.1 既有建筑改造工程现场焊接施工前，应综合考虑被改造结构的材料性质、结构类型、受力特点、加固改造方案及结构安全风险等因素，制定焊接专项方案，选择合理焊接顺序与焊接工艺，以及与被焊接钢材强度相匹配的焊接材料。焊接专项方案除满足《钢结构焊接规范》GB 50661的规定外，尚应评估焊接过程对负荷构件和整体结构承载力的影响，避免焊接过程中因构件或结构丧失承载力而坍塌。

10.3.2 既有建筑改造工程中的钢结构在焊接施工前，应根据具体情况采取必要的临时支护、制定合理的焊接工艺，并符合下列规定：

1 应尽可能卸除待加固改造结构上的可变载荷和永久载荷；

2 应根据施工时的实际载荷（包括施工载荷）对结构进行承载力验算，当待加固改造结构实际有效截面的名义应力与其所用钢材的强度设计值的比值（ β ）满足下列规定时可进行焊接施工：对于承受静态载荷或间接承受动态载荷的构件， β 不大于 0.8；对于直接承受动态载荷的构件， β 不大于 0.4；

3 新老构件之间的可焊性应已得到确认。

10.3.3 采用负荷加固改造方案时，焊接方案除应满足《钢结构焊接规范》GB 50661的规定外，对于重要复杂的改造钢结构或原钢结构构件荷载较大的情况，应对焊接过程的结构安全进行必要的数值计算及评估。

10.3.4 在既有钢结构建筑上进行加固改造焊接作业时，应符合下列规定：

1 应根据钢材材质，选择相应低氢型的焊接材料和焊接方法；

2 应采用小线能量及多层多道的焊接工艺方法；

3 宜采用对称、分散、分段退焊等减少焊接残余应力的焊接顺序和方法；

4 如需预热，应尽可能采用较低的温度，预热温度不宜超过 150℃；

5 焊缝的道间温度不应超过 200℃，每道焊缝厚度不宜大于 3mm；

6 对于承受动荷载的构件，应在构件受力较小的部位引弧和熄弧，补强焊缝表面应修磨平整；

7 补强或加固应从结构最薄弱的部位或构件开始，当采用加大焊缝尺寸方法进行补强加固时，从原焊缝受力较小部位开始施焊。

10.3.5 用于补强或加固的连接件宜对称布置，加固焊缝不宜密集、交叉。在高应力区和应力集中处，不宜布置加固焊缝。

10.3.6 采用焊接方法加固摩擦型高强度螺栓连接的构件并考虑栓接与焊接共同作用时，两种连接形式计算承载力的比值应控制在1.0~1.5范围内。采用焊接方法补强铆接或普通螺栓接头时，补强焊缝应按承担全部荷载考虑。

10.3.7 角焊缝补强宜采用增加原有焊缝长度或增加焊缝有效厚度的方法。当负荷状态下采用加大焊缝厚度的方法补强时，被补强焊缝的长度不应小于50mm；加固后的焊缝应力应符合下式要求：

$$\sqrt{\sigma_f^2 + \tau_f^2} \leq \eta \cdot f_f^w \quad (10.3.7)$$

式中：

σ_f ——角焊缝按有效截面 ($h_e \times l_w$) 计算垂直于焊缝长度方向的名义应力；

τ_f ——角焊缝按有效截面 ($h_e \times l_w$) 计算沿长度方向的名义剪应力；

η ——焊缝强度折减系数，可按表 10.3.7 采用；

f_f^w ——角焊缝的抗剪强度设计值。

表 10.3.7 焊缝强度折减系数

被加固焊缝的长度 (mm)	≥600	300	200	100	50
η	1.0	0.9	0.8	0.65	0.25

10.3.8 既有建筑改造工程中高强度螺栓的储运与保管、安装与检验应符合《高强度螺栓连接技术规程》JGJ 81的有关规定。

10.3.9 当负荷下进行结构加固需要拆除结构原有受力螺栓、铆钉或增加孔数、扩大栓、钉孔径时，应进行结构原有和新增连接件的承载力及板件的净截面强度。如条件允许，螺栓更换宜逐个进行，单个节点更换完成后应及时进行涂装封闭。

10.3.10 采用螺栓或铆钉连接方法增大钢结构构件截面时，应从加

固件端部向中间逐次做孔和安装、拧紧螺栓或铆钉，确保加固与被加固件相互压紧，并避免加固过程中截面的过大削弱。

10.3.11 采用栓焊并用连接加固改造时，施工时必须先紧固高强度螺栓，后实施角焊缝焊接。在焊接24h后还应对高强度螺栓进行补拧，补拧扭矩应为施工终拧扭矩值。

10.4 拆除

10.4.1 当既有建筑改造工程中存在受力结构或受力构件拆除施工时，应制定完整的拆除方案和安全专项施工方案。拆除工程属于超过一定规模的危险性较大分部分项工程范围的话，还应组织专家论证，拆除方案通过后方可实施。

10.4.2 拆除方案应综合考虑原结构特点、总体改造方案与施工部署及现场施工环境，并满足节能、节地、节水和环境保护要求，以及《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ 147、《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80和《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的相关规定。

10.4.3 拆除施工前，应根据既有建筑结构特点、拆除范围及拆除方法进行危险源辨识和安全性评价，并制定针对性的安全技术措施与管理措施，以及安全应急预案。

10.4.4 既有建筑改造工程中的拆除工作宜遵循先围护后结构、先次构件后主构件、先上后下、先外后里的原则。拆除施工前，应完成对影响范围内的管线、设施及树木等的迁移工作，确需保留的应采取有效的保护措施。结构拆除前，应先清理建筑内的水、电、动力管线以及各类设备。

10.4.5 当既有建筑结构节点、构件或结构体系出现下列情况且影响拆除施工安全时，拆除前应提前对结构当前状态的节点、构件或结构体系进行计算分析与承载力评估。

- 1 与竣工图纸不符；
- 2 腐蚀老化且外观损伤严重；

3 受火灾或地震影响严重。

10.4.6 拆除施工前，应对施工作业人员进行书面安全技术交底及班前交底，并签字确认。拆除施工过程中，作业人员应严格按照施工方案及操作规程进行施工，发现不稳定状态或趋势时，应立即停止作业并采取紧急避险措施。

10.4.7 拆除施工时应划定安全警戒区域，并按照当地有关标准在施工现场周围设置封闭围挡和安全警示标志。警戒区的安全距离宜大于拟拆除物地面到其最高拆除高度的距离，当施工现场安全距离不能满足要求时，必须采取相应的有效安全防护措施。拆除作业时，拆除作业范围内应设置警戒线，并派专人值守，严禁无关人员靠近或进入警戒区域。

10.4.8 结构拆除时，宜根据结构形式与特点、受力情况及现场施工环境，以被拆除结构拆除时不倒塌为原则，合理选择拆除顺序、拆除方向及拆除方法，并宜优先选用绿色保护性拆除。当拆除后的构件需进行重新利用时，宜减少或避免构件在拆除过程中的损伤，并妥善堆放和运输。

10.4.9 当既有建筑仅拆除局部结构时，应保证保留部分能形成稳定的结构体系。当不能形成稳定的结构体系时，应采取加固或临时支撑措施。对局部拆除影响结构安全的，应先加固后拆除。

10.4.10 对于预应力结构的拆除，应先采取分级卸载的方式释放结构中的预应力，并确保结构的稳定性。

10.4.11 拆除施工时，应采取防火、防扬尘、防倾倒、防高空坠物及降噪措施，并避免对未拆除结构造成损伤。采用破碎法拆除砌体结构、混凝土结构时，应避免其突然倾倒、坠落造成冲击荷载影响结构安全；采用气割法拆除钢构件时，应采取措施防止钢构件因应力释放产生过大反弹变形伤人事故。

10.4.12 对于既有钢结构的拆除，可根据现场情况采取整体拆除或分段、分块拆除，分段、分块大小与吊点选取应满足其强度及稳定性要求。拆除过程中，宜采取缆风绳、溜绳等临时稳定措施。

10.4.13 进入有限空间拆除作业前，应先检查施工区域，确保安全并保持空气流通后方可进行施工，严禁采用纯氧通风换气和无人监护情况下独自进入有限空间作业。

10.4.14 多台机械同时进行拆除作业时，不得上下立体交叉作业；两台拆除机械平行作业时，两机的间距不得小于拆除机械有效操作半径的2倍。当机械拆除需人工拆除配合时，人员与机械不得在同一作业面上同时作业。

10.4.15 螺栓连接结构宜进行保护性拆除。拆卸扣紧螺母时，应先拧紧普通六角螺母且应使其与扣紧螺母之间产生间隙；锈蚀螺栓应采用松动剂浸润后拆卸，当松动无效时，可采用火焰切割。

10.4.16 拆除施工时，应及时清理已拆除的构配件及散落在建筑物临边与脚手板上的建筑废弃物，避免集中堆载、高空坠物。如需在结构上临时堆放构配件，应进行相关结构验算。每班作业完成后或每天拆除作业结束后，专职安全管理人员应对作业面进行检查。

10.5 安装

10.5.1 既有建筑采用钢结构进行加固改造时，钢结构安装应与结构拆除、加固统筹考虑，有序进行。钢结构安装流程与安装工艺应充分考虑既有建筑结构特点、加固改造总体方案及现场环境条件；钢结构安装顺序应确保安装后的结构能尽早形成稳定的空间刚度单元，如结构自身不能形成稳定体系，应增加临时支承结构或稳定措施。

10.5.2 钢结构安装应采用合适的测量仪器和校正工具，安装误差应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。

10.5.3 既有建筑采用钢结构改造施工前，应对原结构、构件进行清理、修整和支护。原结构的清理、修整和支护应包括以下内容：

- 1 拆迁原结构上影响施工的管道、线路及其他障碍物；
- 2 卸除原结构上的荷载（当设计文件或规范有要求时）；
- 3 修整原结构、构件加固改造部位；

4 搭设安全支撑及工作平台。

10.5.4 既有建筑改造工程钢构件安装前，应做好以下准备工作：

1 钢构件安装部位及周围影响构件吊装就位障碍物的清理；

2 钢构件与原结构连接节点或连接界面的清理。如钢构件与原结构采用后置预埋件进行连接，后置预埋件锚栓应严格按照相关工艺施工，确保与既有结构可靠拉结；如钢构件直接与原结构采用焊缝连接，应进行焊接连接面的打磨处理；

3 构件进场验收与吊索具准备；

4 安全操作平台与安全防护措施搭设；

5 需增设临时支撑的，应提前进行加固支撑或高空安装支撑的安装。

10.5.5 多高层建筑结构改造宜自下而上逐层施工。层间改造施工中，钢结构安装应考虑既有建筑楼板、墙板及机电管线的影响，当需要在既有结构楼板上开设吊装孔、在既有结构墙板上开设钢梁就位孔洞时，应提前征得设计同意，并确保施工过程安全。楼层间新增夹层时，应在完成下层楼层加固验收后再进行新增结构的安装。

10.5.6 根据结构平面布置和改造范围，空间结构改造施工可分为多个施工分区同步施工或分阶段流水施工。对于既包括既有结构加固又包括新增结构的改造工程，应按照先加固改造后新增结构总体顺序进行钢结构施工。改造施工中设置的临时支撑体系，钢结构安装完成后应通过计算分析确定临时支撑卸载方案与拆除顺序。

10.5.7 采用预应力加固法进行钢结构加固改造时，钢结构加固改造用的张拉设备和仪器，应事先进行计量标定。施加预应力的张拉设备的负荷标定值应大于施工拉力值的2倍，施加预应力的偏差不应超过设计值的5%。预应力施工的张拉顺序应符合设计规定，当设计无规定时，应根据结构特点、施工条件确定张拉方案。

10.5.8 采用起重设备在既有建筑结构内部进行改造施工时，改造流程应充分考虑起重设备的开行路线、构件运输路线，确保起重设备顺利退出。利用既有结构梁、柱、屋盖等设计吊点，并采用卷扬

机、电动葫芦等进行钢结构安装时，吊点的选择与节点构造应经过设计、验算，牢固可靠。

10.5.9 改造工程的安装施工过程模拟分析应满足以下规定：

1 既有结构、构件的尺寸宜考虑结构变形、施工误差以及缺陷、损伤、腐蚀等的影响；

2 有限元计算模型应该包括原结构及后续新增加的加强构件的施工顺序、原结构荷载和新加结构荷载的作用顺序、临时支撑构件进入和拆除时点等；

3 有限元计算模型应能反映原结构荷载和新加结构荷载的顺序加载或卸载作用；

4 有限元安装施工过程的模拟分析应能够反映新老结构组成及边界条件变化等。

11 验 收

11.1 一般规定

11.1.1 既有建筑的钢结构加固改造工程的验收应满足《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728等现行国家标准的规定。

11.1.2 既有建筑的钢结构加固改造工程作为建筑工程的一个分部工程，子分部工程和分项工程的具体划分应符合本规程附录A的规定。

11.1.3 既有建筑的钢结构加固改造工程应按下列规定进行施工质量控制：

1 设计单位应按审查批准的施工图，进行技术交底；施工单位应据此编制施工组织设计和施工技术方案，经审查批准后方可组织实施；

2 结构加固材料应按本规程规定、产品应进行进场验收；

3 结构加固改造工程施工前，应对原结构构件进行清理、修整和支护；

4 结构加固改造工程的每道工序均应按本规程和企业施工技术标准进行质量控制；

5 相关各专业工种交接时，应进行交接检验，并应经监理工程师检查认可。

11.2 材料、构件验收

11.2.1 既有建筑加固改造所用材料应满足下列规定：

1 结构加固用的钢板、型钢、钢筋、钢丝、预应力加固专用钢材、连接用的紧固件进场时,应对其出厂检验合格报告等进行检查,并按现行相关国家标准的规定要求进行见证取样复验,其质量必须符合设计和相关标准规定的要求。

2 钢结构制作和安装单位应分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验,现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验,其结果均应满足设计要求。

3 结构加固用的焊接材料,其品种、规格、型号和性能应符合现行国家产品标准和设计要求,进场时应按现行国家标准的要求进行见证取样复验,复验不合格的焊接材料不得使用。

4 结构加固改造用锚栓应采用自扩底锚栓或模扩底锚栓,按工程用量一次进场到位,进场时应对其品种、型号、规格、包装、出厂检验合格报告等进行检查,并对锚栓钢材受拉性能指标进行见证抽样复验,其复验结果必须符合现行国家标准的规定。

5 结构胶粘剂应按工程用量一次进场到位,进场时,应对其品种、批号、包装、产品合格证、出厂检验报告等进行检查;并对其钢与钢拉伸抗剪强度、钢与混凝土正拉粘结强度、耐湿热老化性能等三项重要性能指标以及不挥发物含量进行见证取样复验;对抗震设防烈度为7度及7度以上地区建筑加固改造用的结构胶粘剂,尚应进行抗冲击剥离能力的见证取样复验;所有复验结果均须符合现行国家标准的要求。

6 碳纤维织物、碳纤维预成型板以及玻璃纤维织物等纤维材料应按工程用量一次进场到位,进场时,对其品种、级别、型号、规格、产品合格证、出厂检验报告等进行检查,对进口产品还应检查报关单及商检报告所列的批号和技术内容是否与进场检查结果相符。对以下重要性能和质量指标应按现行国家标准进行见证取样复验:

- (1) 纤维复合材料的抗拉强度标准值、弹性模量和极限伸长率;
- (2) 纤维织物单位面积质量或预成型板的纤维体积含量;

(3) 碳纤维织物的K数。

11.2.2 既有建筑加固改造所采用的结构构件应满足下列规定：

1 钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差应符合表11.2.2-1的规定。

表11.2.2-1 钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
构件直径d	$\pm d/250$ ，且不超过 ± 5.0
构件长度l	± 3.0
构件管口圆度	$d/250$ ，且不大于5.0
构件管端面管轴线垂直度	$d/500$ ，且不大于3.0
构件弯曲矢高	$L/1500$ ，且不大于5.0
构件对口错边	$L/10$ ，且不大于3.0
单层柱、梁、桁架受力支托（支承面）表面至第一安装孔距离	± 1.0
多节柱铣平面至第一安装孔距离	± 1.0
实腹梁两端最外侧安装孔距离	± 3.0
构件连接处的截面几何尺寸	± 3.0
柱、梁连接处的腹板中心线偏移	2.0
受压构件（杆件）弯曲矢高	$L/1000$ ，且不大于10.0

注：L为构件（杆件）长度。对方矩形管，d为长边尺寸。

2 预应力拉杆或撑杆制作和安装时，必须复查其品种、级别、规格、数量和安装位置。复查结果应符合设计要求。

3 预应力杆件锚固区的钢托套、传力预埋件、挡板、撑棒以及其他锚具、紧固件等的制作和安装质量应符合设计要求。

4 钢板剪力墙构件加工外形尺寸主控项目的允许偏差应符合

表11.2.2-2的规定。

表11.2.2-2 钢板剪力墙构件外形尺寸主控项目的允许偏差（mm）

项目		允许偏差	
钢板剪力墙高度、宽度		±4.0	
钢板剪力墙平面内对角线		±4.0	
钢板剪力墙纵向、横向最外侧安装孔距离		±3.0	
钢板剪力墙连接处	截面几何尺寸	±3.0	
	平面度差	螺栓连接	±1.0
		其他连接	±3.0
钢板剪力墙弯曲矢高	受压	h/1000,且不应大于10.0	

注：h为单层墙的垂直高度。

5 钢板剪力墙安装允许偏差应符合表11.2.2-3的规定。

表11.2.2-3 钢板剪力墙安装允许偏差（mm）

项目	允许偏差
定位轴线	1.0
单层垂直度	h/250, 且不应大于15.0
单层上端水平度	(L/1000) +3, 且不应大于10.0
平面弯曲	L (h) /1000, 且不应大于10.0

注：平面弯曲水平方向取钢板剪力墙的宽度L，竖直方向取钢板剪力墙的垂直高度h。

6 屈曲约束支撑构件进场应检验其产品合格证、产品质量证明书、产品出厂检验报告、芯材质保书等资料；并按照支撑的构造形式、芯材和屈服承载力分类进行抽样试验检验，构造形式和芯材相同且屈服承载力在50%至150%范围内的屈曲约束支撑划分为同一类别。

7 金属阻尼器、摩擦阻尼器、粘滞阻尼器等产品的材料性能、相关技术指标的检验、产品制作和安装偏差的控制应按照《建筑消

能阻尼器》JG/T 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297和《建筑消能减震加固技术规程》T/CECS 547的有关规定执行。

11.3 改造分部工程和分项工程验收

11.3.1 依据既有建筑结构与新增钢结构之间界面的划分、界面上的受力情况、新旧结构类型等，确定新增结构分部（子分部）/分项工程的验收范围，且验收应符合相关国家标准的规定。

11.3.2 对于既有大型复杂建筑工程的改造，当既有建筑结构与新增加结构之间关联性强、结构联系紧密且不可分割时，可视既有建筑工程与新加结构为一个整体，按照分部工程验收。

11.3.3 建筑结构加固子分部施工质量不合格时，应由施工单位返工重做，并重新检查、验收。若通过返工后仍不能满足安全使用要求的加固工程，严禁验收。

11.4 竣工验收

11.4.1 建筑结构钢结构加固改造应按分部工程竣工验收。建筑结构应用多种钢结构技术进行加固改造，可划分为若干个子分部工程进行竣工验收。

11.4.2 建筑结构钢结构加固改造工程竣工验收程序和组织应符合下列规定：

1 检验批和分项工程应由监理工程师组织项目技术负责人及专业质量负责人进行验收；

2 子分部工程应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和技术、安全、质量负责人进行验收；该加固项目设计单位工程项目负责人及施工单位部门负责人也应参加；

3 各子分部工程竣工验收完成后，施工单位应向建设单位提交分部工程验收报告，建设单位设计报告后，应指派其加固工程负责人组织施工（含分包单位）、设计、监理等单位负责人进行分部工程竣工验收；

4 分部工程竣工验收合格后，建设单位应负责办理有关建档和备案等事宜。

11.4.3 建筑结构钢结构加固改造工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 竣工图纸、相关设计及变更文件；
- 2 原材料、出厂检验合格证和涉及安全的原材料、产品的进场见证抽样复验报告；
- 3 结构加固各工序应检项目的现场检查记录和检验报告；
- 4 施工过程质量控制记录；
- 5 分项工程所含各检验批质量验收记录；
- 6 子分部工程所含各分项工程质量验收记录；
- 7 隐蔽工程验收记录；
- 8 钢结构加固改造工程质量问题的处理方案和验收记录；
- 9 其他必要的文件和记录。

附录 A 钢结构加固分部：子分部工程、分项工程划分表

序号	子分部工程	分项工程
1	混凝土构件外加预应力工程	原构件修整、预应力部件加工与安装、预加应力、涂装
2	外粘型钢工程	原构件修整、界面处理、钢件加工与安装、焊接、注胶、涂装
3	外粘钢板工程	原构件修整、界面处理、钢板加工、胶接与锚固、防护面层
4	砌体柱外加预应力撑杆加固	原砌体修整、撑杆加工与安装、预加应力、焊接、涂装
5	钢构件增大截面工程	原构件修整、界面处理、钢部件加工与安装、焊接或高强螺栓连接、涂装
6	钢构件焊缝连接补强工程	原焊缝处理、焊缝补强、涂装
7	钢结构裂纹修复工程	原构件修整、界面处理、钢板加工、焊接、高强螺栓连接、涂装
8	植筋工程	原构件修整、钢筋加工、钻孔、界面处理、注胶、养护
9	锚栓工程	原构件修整、钻孔、界面处理、机械锚栓或定型化学锚栓安装
10	混凝土构件绕丝工程	原构件修整、钢丝及钢件加工、界面处理、绕丝、焊接、混凝土浇筑、养护
11	钢-FRP 复合材工程	原构件修整、界面处理、纤维材料粘贴、防护面层
12	钢丝绳网片外加聚合物砂浆面层工程	原构件修整、界面处理、网片安装与锚固、聚合物砂浆喷抹

本规程用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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，在条件许可时首先应这样做的：
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”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 《木结构设计标准》GB 50005
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《钢结构设计标准》GB 50017
- 《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018
- 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
- 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
- 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《工程结构加固材料安全性技术标准》GB 50728
- 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 《钢结构加固设计标准》GB 51367
- 《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021
- 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591

《焊接结构用耐候钢》 GB/T 4172
《不锈钢丝绳》 GB/T 9944
《砌体工程现场检测标准》 GB/T 50315
《胶合木结构技术规范》 GB/T 50708
《建筑隔震设计标准》 GB/T 51408
《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 81
《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
《建筑工程冬期施工规程》 JGJ 104
《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
《建筑拆除工程安全技术规范》 JGJ 147
《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ 276
《建筑消能减震技术规程》 JGJ 297
《建筑结构体外预应力加固技术规程》 JGJ/T 279
《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
《建筑消能阻尼器》 JG/T 209
《混凝土结构工程用锚固胶》 JG/T 340
《木结构现场检测技术标准》 JBJ/T 488
《高层建筑钢—混凝土混合结构设计规程》 CECS 230
《建筑消能减震加固技术规程》 T/CECS 547
《屈曲约束支撑应用技术规程》 T/CECS 817

中国工程建设标准化协会标准

既有建筑钢结构改造技术规程

T/CECS xxx-20xx

条文说明

制定说明

本规程指定过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国钢结构工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《既有建筑钢结构改造技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总 则	XX
3	基本规定	XX
	3.2 改造工程结构分析.....	XX
	3.4 工程改造一体化要求.....	XX
5	钢结构改造设计	XX
	5.2 结构改造设计	XX
	5.3 构件改造设计	XX
	5.4 节点改造设计	XX
6	混凝土结构改造设计	XX
	6.1 一般规定	XX
	6.4 混凝土构件和节点的加固.....	XX
	6.5 构造规定	XX
8	房屋增高（加层）改造设计.....	XX
	8.1 一般规定	XX
	8.2 房屋增高改造方案设计.....	XX

9	改造结构的抗震设计	XX
9.1	一般规定	XX
9.2	地震作用及其效应计算.....	XX
9.3	消能减震设计	XX
9.4	隔震设计	XX