



新疆维吾尔自治区工程建设标准

J00000-2021

XJJ000-2021

新疆既有建筑减震隔震加固技术规程

Technical specification for seismic energy dissipation and seismic isolation
reinforcement of existing buildings

(征求意见稿)

202X—XX—XX 发布

202X—XX—XX 实施

新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅 发布

前 言

本规程由新疆维吾尔自治区工程建设标准化办公室负责管理，由新疆维吾尔自治区建筑科学研究院（有限责任公司）负责具体技术内容的解释。

本规程实施过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验、积累资料，及时将意见和建议反馈至新疆建筑科学研究院（有限责任公司）（乌鲁木齐市新市区西八家户路 582号，邮编830054，电子邮箱：416465699@qq.com），以供今后修订时参考。

主编单位：新疆建筑科学研究院（有限责任公司）

参编单位：伊犁哈萨克自治州建筑勘察研究院有限责任公司

本标准主要起草人员：刘万义 周丽萍 何 强 赵伟民
安泽勤 乔 军 闫建军 郭庆松
熊志军 何永青 杨 艺 王华寅
梁会兵 杨洪福 郑志超 周 军
王 强 王 志

本标准主要审查人员：钮祥军 侯荣军 张 忠 冉志民
江 涛 马俊德 王 黎 吴光玉
吴兰昊

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 主要符号.....	错误! 未定义书签。
3 基本规定.....	5
4 地震作用和作用效应计算.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 消能减震加固地震作用计算.....	错误! 未定义书签。
4.3 隔震加固地震作用计算.....	错误! 未定义书签。
消能减震篇.....	15
5 消能减震.....	15
5.1 一般规定.....	15
5.2 消能减震装置.....	16
6 既有建筑消能减震加固设计.....	18
6.1 一般规定.....	18
6.2 消能部件设计.....	19
6.3 主体结构设计.....	22
6.4 连接构造设计计算.....	错误! 未定义书签。
7 加固施工.....	28
7.1 一般规定.....	28
7.2 消能减震加固施工要求.....	错误! 未定义书签。
8 消能减震加固验收及维护.....	34
8.1 既有建筑消能减震加固验收及维护.....	34
隔震篇.....	36
9 隔震装置.....	36
9.1 一般规定.....	36
9.2 隔震支座.....	37
10 既有建筑隔震加固设计.....	39
10.1 一般规定.....	39
10.2 隔震层设计.....	40
10.3 上部结构设计.....	43
10.4 下部结构和地基基础设计.....	43
10.5 隔震加固托换设计.....	44
10.6 连接构造措施.....	50
11 加固施工.....	52
11.1 一般规定.....	52
11.2 隔震加固施工要求.....	53
11.3 托换工程施工要求.....	56
12 隔震加固验收及维护.....	60
12.1 隔震加固验收.....	60

12.2 隔震标识.....	61
12.3 隔震支座检查及维护.....	62
12.4 隔震支座更换技术.....	63
本规程用词说明.....	69
引用标准名录.....	70
附录A 既有建筑消能减震与隔震加固抗震性能设计	71
附录B 材料进场检验记录.....	74
附录C 分项工程验收记录.....	75
附录D 分部工程验收记录.....	76
附录E 竣工工程验收记录表.....	77

1 总 则

1.0.1 为规范新疆维吾尔自治区消能减震和隔震技术在既有建筑加固中的应用, 贯彻执行国家技术经济政策, 做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量, 制定本规程。

1.0.1 条文说明: 采用此加固方式是在既有建筑中安装适当数量的消能器或隔震支座, 当建筑遭遇地震作用时, 采用消能减震技术加固, 可以通过消能器的相对变形和相对速度提供附加阻尼, 以消耗输入结构的地震能量, 达到预期防震减灾要求; 采用隔震技术加固, 可以通过在房屋基础、底部或下部结构与上部结构之间设置由橡胶隔震支座和阻尼装置等部件组成具有整体复位功能的隔震层, 以延长整个结构体系的自振周期, 减少输入上部结构的水平地震作用, 达到预期防震要求。

多年来我国在抗震加固方面开展了大量的试验研究, 取得了系统的研究成果, 并在实践中积累了丰富的经验, 为本规程的制定奠定了坚实基础。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 6~9 度新疆维吾尔自治区地区既有建筑结构抗震加固的消能减震和隔震的设计、施工、验收和维护。抗震设防烈度高于 8 度或有特殊要求的既有建筑结构, 在进行消能减震和隔震加固设计、施工、验收和维护, 应进行专门研究与论证。

1.0.2 条文说明: 一般情况下, 建筑的抗震设防烈度采用根据中国地震动参数区划图确定的地震基本烈度。本规程的适用范围与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 一致, 在较低的设防区, 会建有重要的建筑物, 如医院、交通指挥中心等。因此, 采用消能减震和隔震技术可起到主动耗散地震输入能量, 有效保证建筑物具有良好的抗震性能。抗震设防烈度高于 8 度有特殊要求的既有建筑结构也宜采用消能减震和隔震技术进行加固, 可参照本规程进行设计, 但应进行专门研究。

有特殊要求的既有建筑是指: 位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、医院、养老机构、应急指挥中心、应急避难场所等公共建筑

1.0.3 既有建筑的消能减震和隔震加固设计、施工、验收、维护, 除应符合本规程的要求外, 尚应符合国家、行业 and 新疆维吾尔自治区现行相关标准的规定。

1.0.3 条文说明: 既有建筑采用消能减震和隔震技术加固, 其结构设计、施工、验收和维护应严格满足现行国家有关规范、规程的相关要求。

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1 既有建筑 existing buildings
经竣工验收备案并投入使用一年后的建筑或已投入使用的房屋建筑。
- 2.1.2 消能减震加固 seismic strengthening of buildings by energy dissipation method
采用在既有建筑中安装消能部件的方法，使既有建筑达到抗震鉴定的要求所进行的设计及施工。
- 2.1.3 消能部件 energy dissipation part
由消能器和支撑或连接消能器构件组成的部件。
- 2.1.4 消能器 energy dissipation device
通过内部材料或构件的摩擦、弹塑性滞回变形或黏性滞回变形来耗散或吸收能量的装置。包括位移相关型消能器，速度相关性消能器和复合型消能器。
- 2.1.5 位移相关型消能器 displacement dependent energy dissipation device
耗能能力与消能器两端的相对位移相关的消能器，如金属消能器、摩擦消能器和屈曲约束支撑等。
- 2.1.6 速度相关型消能器 velocity dependent energy dissipation device
耗能能力与消能器两端的相对速度有关的消能器，如黏滞消能器、黏弹性消能器等。
- 2.1.7 复合型消能器 composite energy dissipation device
耗能能力与消能两端的相对位移和相对速度有关的消能器，如铅黏弹性消能器等。
- 2.1.8 附加阻尼比 additional damping ratio
采用消能减震结构往复运动时消能器附加给主体结构的有效阻尼比。
- 2.1.9 附加刚度 additional stiffness
消能减震结构往复运动时消能器附加结构和主体结构的刚度。
- 2.1.10 隔震加固 isolation reinforcement
在既有建筑下部指定位置入隔震支座、形成隔震层，使原建筑达到隔震、耗能、吸收输入上部结构的地震能量，从而收到降低建筑物地震反应的效果。
- 2.1.11 隔震层 isolation layer
设置在被隔震的上部结构与下部结构或基础之间的全部隔震装置的总称。包括全部隔震支座、阻尼装置、抗风装置、限位装置、抗拉装置、附属装置及相关的支承或连接构件。
- 2.1.12 上部结构 superstructure above the isolation layer
隔震结构中位于隔震层以上的部分。
- 2.1.13 下部结构 sub-structure below the isolation layer
隔震结构中位于隔震层以下的部分，不包括基础。
- 2.1.14 橡胶隔震支座 laminated rubber isolation bearing
在地震区，用于房屋、桥梁或其他结构隔震的橡胶支座，包括天然橡胶支座（LNR）、铅芯橡胶支座（LRB）和高阻尼橡胶支座（HDR）。
- 2.1.15 隔震结构阻尼装置 damping device of the isolated structure
设置在隔震层的吸收并耗散地震输入能量而使隔震层振动位移反应衰减的装置。
- 2.1.16 抗风装置 anti-wind device
隔震结构中抵抗风荷载的装置。可以是隔震支座的组成部分，也可以单独设置。
- 2.1.17 限位装置 stopper

限制隔震层在最不利状态下产生超过水平容许位移的装置。

2.1.18 上托换梁 above bracketed girder

上托换梁是上部结构的承重托梁，上部结构的竖向荷载传递到托换梁上，通过托换梁再向下传递给隔震支座。

2.1.19 下托换梁 undersurface bracketed girder

下托换梁承担上部结构通过隔震支座传来的全部竖向荷载及水平剪力，再向下传递给基础。

2.1.20 竖向隔震缝 vertical isolation gap

在隔震层相关部位预留的变形缝，以保证地震时隔震建筑上部结构能够自由水平变形。

2.1.21 水平隔震缝 horizontal isolation gap

上部结构与下部结构之间设置的结构缝，防止上下部结构相互摩擦，保证地震时隔震建筑上部结构能够自由水平变形

2.1.22 柔性连接 flexible connection

为保证穿过隔震层的设备管线、管道地震时能够正常工作、不阻碍隔震层的水平位移而采取的处理措施，通常包括柔性接头、柔性管段或设置冗余长度等方式

2.1.23 减震系数 factor of response reduction

对于多层建筑，为按弹性计算所得的隔震与非隔震各层层间剪力的最大比值；对于高层建筑结构，尚应计算隔震与非隔震各层倾覆力矩的最大比值，并与层间剪力的最大比值相比较，取二者的较大值。

2.1.24 后续使用年限 continuous seismic working life

对既有建筑经抗震鉴定后继续使用所约定的一个时期，在这个时期内，建筑不需要重新鉴定和相应加固就能按预期目的使用，并完成预定的功能。

2.2 主要符号

2.2.1 作用和作用效应

G_{eq} 、 G_i ——结构等效总重力荷载、集中于 i 质点的重力荷载代表值；

S ——地震作用效应与其它荷载效应的基本组合；

S_E ——地震作用效应（弯矩、轴向力、剪力、应力和变形）；

S_K ——作用、荷载标准值的效应；

V_{Eki} ——结构第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力；

F ——水平地震作用标准值；

N ——轴向压力。

2.2.2 结构参数

F_{sy} ——设置消能部件的主体结构层间屈服剪力；

T_i ——消能减震结构的第 i 阶振型周期；

- ω ——结构自振频率；
 Δu_{SY} ——设置消能部件的主体结构层间屈服位移；
 T ——结构自振周期；
 W_j ——结构在水平地震作用下的总应变能；
 R ——结构构件承载力；
 $[\theta]$ ——楼层位移角限值。

2.2.3 隔震支座参数

- S_1 ——橡胶隔震支座第一形状系数；
 S_2 ——橡胶隔震支座第二形状系数；
 K_{eq} ——隔震支座水平等效刚度；
 ζ_{eq} ——隔震支座等效阻尼比；
 u_{hi} ——隔震支座在地震作用下位移。

2.2.4 消能器参数

- C_j ——第 j 个消能器由试验确定的阻尼系数；
 F_d ——消能器在相应位移下的抗力（阻尼力）；
 K_d ——沿消能方向消能器刚度；
 K_b ——支撑构件沿消能方向的刚度；
 W_{cj} ——第 j 个消能部件在结构预期层间位移下往复循环一周所消耗的能量；
 ζ_d ——消能部件附加给结构的有效阻尼比；
 u ——沿消能方向消能器两端相对位移；
 Δu_{py} ——位移型消能部件在水平方向的屈服位移；

2.2.5 计算系数

- α ——水平地震影响系数；
 α_{max1} ——隔震后水平地震影响系数最大值；
 α_{max} ——水平地震影响系数最大值；
 γ_G 、 γ_E 、 γ_w ——作用分项系数；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 β ——水平向减震系数；
 ψ ——组合值系数。

3 基本规定

3.0.1 既有建筑进行消能减震、隔震加固前，应依据其设防烈度、抗震设防类别、后续使用年限和结构类型，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 进行抗震能力鉴定，确定A、B、C分类，根据A、B、C不同分类进行计算设计。

3.0.1 条文说明：既有建筑进行消能减震、隔震加固前，一定要求依据设防烈度、抗震设防类别、后续使用年限和结构类型，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定进行抗震鉴定。

本规程与现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 有密切联系，从后续使用年限的选择、不同抗震设防类别的要求、结构构造措施及影响系数、综合抗震能力的验算方法，凡有对应关系可直接引用或配套使用。

3.0.2 既有建筑结构的隔震设计和消能减震加固设计，尚应符合相关专门标准的规定；也可按抗震性能目标的要求，参见附录 A 进行抗震性能化设计。

3.0.3 采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的方法进行抗震验算时，宜计入加固后仍存在的构造影响，并应符合下列要求：

对于后续使用年限 50 年的结构，材料性能设计指标、地震作用、地震作用效应调整。结构构件承载力抗震调整系数均应按国家现行设计规范、规程的有关规定执行；对于后续使用年限少于 50 年的结构，即现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 规定的 A、B 类建筑结构，其设计特征周期、原结构构件的材料性能设计指标、地震作用效应调整等应按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定采用，结构构件的“承载力抗震调整系数”应采用下列“抗震鉴定的承载力调整系数”替代：

1 A 类建筑，加固后的构件仍应依据其原有构件按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 规定的“抗震鉴定的承载力调整系数”值采用；新增钢筋混凝土构件、砌体墙体可仍按原有构件对待；

2 B 类建筑，宜按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的“承载力抗震调整系数”值采用。

3.0.4 既有建筑进行消能减震、隔震加固设计时，隔震装置和消能部件应符合下列要求：

1 隔震装置和消能部件的性能参数应经试验确定；

2 隔震装置和消能部件的设置部位，应采取便于检查和替换的措施；

3 设计文件上应注明对隔震装置和消能部件的性能要求，安装前应按规定进行检测，确保性能符合要求。

4 设计文件中应注明消能器使用的环境、检查和维护要求。

3.0.4 条文说明：隔震支座、阻尼器和消能减震部件在长期使用过程中需要检查和维护。因此，其安装位置应便于维护人员接近和操作。

为了确保隔震和消能减震的效果，隔震支座、阻尼器和消能减震部件的性能参数应严格检验。检验分类：产品检验分为型式检验、出厂检验、见证检验。

隔震支座产品应按照现行行业标准《建筑隔震橡胶支座》JG118、现行国家标准《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB 20688.5和《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T37358 的要求进行出厂检验。隔震工程中所使用的隔震支座产品在安装前应进行见证检验。

同一生产厂家、同一类型、同一规格的产品，取总数量的2%且不少于3个进行隔震支座压缩性能和剪切性能试验，其中检查总数量的每3个支座中，取1个进行水平极限剪切性能试验。

对于特殊设防类、重点设防类建筑，不同型号的橡胶隔震支座水平极限剪应变均不应小于450%。

对于标准设防类建筑，不同型号的隔震支座水平极限剪应变均不应小于400%。

消能器出厂检验宜由具有资质的第三方检测机构进行检验，有检测能力的厂家也可自检，出厂产品应经检验合格并附检测报告。若产品检测合格率未达到100%，应对同批产品按原抽样数量加倍抽检，并重新进行所有项目的检测；如加倍抽检的检测合格率仍未达到100%，则该批次消能器不得在工程中使用。

见证检验的抽检数量，应符合下列规定：

1 见证检验的样品应当在监理单位见证下从项目的产品中随机抽取。随机抽取的样品，同一项目同一类型同一生产厂家的产品抽检总数量的2%且不少于2件；当同一项目同一类型同一生产厂家的产品总数量较少时，抽检总数量的2%但不应少于1件。

2 屈曲约束支撑，所有检测试件应先检测屈服承载力、屈服位移、屈服后刚度、最大承载力、极限位移、滞回曲线、拉压不平衡系数，并抽取其中不少于1件进行60圈疲劳性能检测，被检测后不得用于主体结构。

3 金属屈服型消能器，所有抽检试件均应先检测屈服承载力、屈服位移、屈服后刚度、最大承载力、极限位移、滞回曲线，并抽取中不少于1件进行60圈疲劳性能检测，被检测后不得用于主体结构。

4 摩擦消能器，所有抽检试件均应先检测起滑阻尼力、起滑位移、摩擦荷载、极限位移、滞回曲线、起滑阻尼力与摩擦荷载偏差，并抽取中不少于1件进行60圈疲劳性能检测。

5 黏滞消能器（墙），所有抽检试件均应先检测速度指数、阻尼系数、最大阻尼力、极限位移、极限速度、滞回曲线，并抽取其中不少于1件进行疲劳性能试验，当设计位移大于100mm时连续加载10个循环，当设计位移大于60mm时连续循环加载45圈，当设产品在设设计位移小于60mm时连续加载60圈。

6 黏弹消能器，所有抽检试件均应先检测最大阻尼力、阻尼系数、速度指数、极限应变、滞回曲线，并抽取其中不少于1件进行60圈疲劳性能检测。

型式检验、出厂检验和见证检验应由具有资质的第三方检测机构完成。

3.0.5 上部结构、下部结构和地基基础的加固，应在加固设计文件中依据住房城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（建办质31号文）有关问题的通知提出相应临时性安全措施，并明确要求施工单位必须严格执行。

3.0.6 隔震结构地基基础的设计应符合《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的相关规定。

3.0.7 施工单位采用消能减震与隔震技术加固施工时应符合下列要求：

1 施工过程中，施工单位发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时，应会同加固设计单位采取有效处理措施后方可继续施工。

2 对可能导致的倾斜、开裂或局部倒塌等现象，应预先采取安全措施。

3.0.7 条文说明：为使对既有建筑加固达到有效的要求，施工监理及安全，便成为直接关系到加固工程安全和质量的要害所在。针对加固的特殊性，本规程在施工方面所提出的要求是：

- (1) 对特殊的加固工法应要求由具有相应资质的专业队伍施工；
- (2) 采取有效措施，避免损伤无关原构件，并加强对新旧构件连接效果的检查；
- (3) 原图纸的尺寸只是名义尺寸，加固施工前要复核实际尺寸，作相应调整；
- (4) 注意发现原结构存在的隐患，及时采取补救措施；
- (5) 努力减少施工对生产、生活的影响，并采取措施防止施工中发生安全事故。

4 地震作用和作用效应计算

4.1 一般规定

4.1.1 采用消能减震和隔震加固的既有建筑的地震作用，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 设防烈度为 8 度及有更高设计要求的大跨度、长悬臂，应按有关规定计算竖向地震作用。

5 8、9 度时采用消能减震技术加固及隔震加固的高层建筑结构，应按有关规定进行竖向地震作用计算。

4.1.1 条文说明：抗震设计时，结构所承受的“地震力”实际上是由于地震地面运动引起的动态作用，包括地震加速度、速度和动位移的作用，按照《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 的规定，属于间接作用，不可称为“荷载”应称“地震作用”。

结构应考虑的地震作用方向有下列规定：

1 某一方向水平地震作用主要由该方向抗侧力构件承担，如该构件带有翼缘、翼墙等，尚应包括翼缘、翼墙的抗侧力作用；

2 考虑到地震可能来自任意方向，为此要求有斜交抗侧力构件的结构应考虑对各构件的最不利方向的水平地震作用，一般即与该构件平行的方向。明确相交角度大于 15° 时，应考虑斜向的地震作用；

3 不对称不均匀的结构是“不规则结构”的一种，同一建筑单元同一平面内质量、刚度分布不均匀，或虽在本层平面内对称，但沿高度分布不对称的结构，需考虑扭转影响的结构，具有明显的不规则性。扭转计算应同时“考虑双向地震作用下的扭转影响”。

4.1.2 采用消能减震和隔震加固的既有建筑的抗震计算，应采用下列方法：

1 采用振型分解反应谱法分析时，应采用时程分析法进行多遇地震下的补充计算；当取 3 组加速度时程曲线输入时，计算结果宜取时程法的包络值和振型分解反应谱法的较大值；当取 7 组及 7 组以上的时程曲线时，计算结果可取时程法的平均值和振型分解反应谱法的较大值；

2 采用时程分析法时，应按建筑场地类别和设计地震分组选用实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线，其中实际强震记录的数量不应少于总数的 $2/3$ ，多组时程曲线的平均地震影响系数曲线应与振型分解反应谱法所采用的地震影响系数曲线在统计意义上相符，其加速度时程的最大值可按表 4.1.2 采用。弹性时程分析时，每条时程曲线计算所得结构底部剪力不应小于振型分解反应谱法计算结果的 65% ，多条时程曲线计算所得结构底部剪力的平均值不应小于振型分解反应谱法计算结果的 80% ；

表 4.1.2 时程分析所用地震加速度时程的最大值 (cm/s^2)

地震影响	6 度	7 度	8 度
多遇地震	18	35 (55)	70 (110)
设防地震	50	100 (150)	200 (300)
罕遇地震	125	220 (310)	400 (510)

3 计算罕遇地震下结构的变形，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 第 5.5 节规定，采用简化的弹塑性分析方法或弹塑性时程分析法；

4 平面投影尺度很大的空间结构，应根据结构形式和支承条件，分别按单点一致、点、多向单点或多向多点输入进行抗震计算。按多点输入计算时，应考虑地震行波效应和局部场地效应。6度和7度Ⅰ、Ⅱ类场地的支承结构、上部结构和基础的抗震验算可采用简化方法，根据结构跨度、长度不同，其短边构件可乘以附加地震作用效应系数1.15~1.30；7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8度时，应采用时程分析方法进行抗震验算。

4.1.2 条文说明：进行时程分析时，鉴于不同地震波输入进行时程分析的结果不同，本条规定一般可以根据小样本容量下的计算结果来估计地震作用效应值。通过大量地震加速度记录输入不同结构类型进行时程分析结果的统计分析，若选用不少于2组实际记录和1组人工模拟的加速度时程曲线作为输入，计算的平均地震效应值不小于大样本容量平均值的保证率在85%以上，而且一般也不会偏大很多。当选用数量较多的地震波，如5组实际记录和2组人工模拟时程曲线，则保证率更高。所谓“在统计意义上相符”，指的是多组时程波的平均地震影响系数曲线与振型分解反应谱法所用的地震影响系数曲线相比，在对应于结构主要振型的周期点上相差不大于20%。计算结果在结构主方向的平均底部剪力一般不会小于振型分解反应谱法计算结果的80%，每条地震波输入的计算结果不会小于65%。从工程角度考虑，这样可以保证时程分析结果满足最低安全要求。但计算结果也不能太大，每条地震波输入计算不大于135%，平均不大于120%。

平面投影尺度很大的空间结构，是指跨度大于120m，或长度大于300m，或悬臂大于40m的结构。

4.1.3 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。各可变荷载的组合值系数，应按表4.1.3采用。

表4.1.3 组合值系数

可变荷载种类		组合值系数
雪荷载		0.5
屋面积灰荷载		0.5
屋面活荷载		不计入
按实际情况计算的楼面活荷载		1.0
按等效均布荷载计算的楼面活荷载	藏书库、档案库	0.8
	其它民用建筑	0.5
起重机悬吊物重力	硬勾吊车	0.3
	软勾吊车	不计入

4.1.3 条文说明：按《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的原则规定，地震发生时恒荷载与其他重力荷载可能的遇合结果总称为“抗震设计的重力荷载代表值”，即永久荷载标准值与有关可变荷载组合值之和。组合值系数基本上沿用《建筑抗震设计规范》GB 50011的取值，考虑到藏书库等活荷载在地震时遇合的概率较大，故按等效楼面均布荷载计算活荷载时，其组合值系数为0.8。

本规程表4.1.3中硬勾吊车的组合值系数只适用于一般情况，吊重较大时需按实际情况取值。

4.1.4 非隔震结构的地震影响系数应根据抗震设防烈度、场地类别、设计地震分組和结构自振周期以及阻尼比确定。其水平地震影响系数最大值应按表4.1.4-1采用；特征周期应根据场地类别和设计地震分組按表4.1.4-2采用，计算罕遇地震作用时，特征周期应增加0.05s。

注：周期大于6.0s的建筑物所采用的地震影响系数应专门研究。

表 4.1.4-1 水平地震影响系数最大值

地震影响	6 度	7 度		8 度	
		0.10g	0.15g	0.20g	0.3g
多遇地震	0.04	0.08	0.12	0.16	0.24
设防地震	0.12	0.23	0.34	0.45	0.68
罕遇地震	0.28	0.50	0.72	0.90	1.20

表 4.1.4-2 特征周期 (s)

设计地震分组	场地类别				
	I0	I1	II	III	IV
第一组	0.20	0.25	0.35	0.45	0.65
第二组	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75
第三组	0.30	0.35	0.45	0.65	0.90

4.1.5 非隔震结构地震影响系数曲线(图 4.1.5)的阻尼调整和形状参数应符合下列要求:

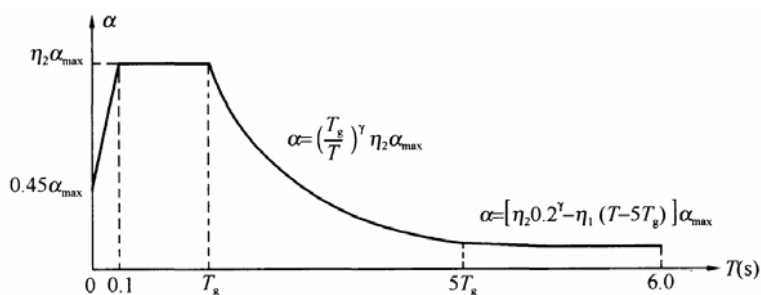


图 4.1.5 地震影响系数曲线

α —地震影响系数； α_{\max} —地震影响系数最大值；

η_1 —直线下降段的下降斜率调整系数； γ —衰减指数；

T_g —特征周期； η_2 —阻尼调整指数； T —结构自振周期

4.1.5.1 当消能减震结构的阻尼比为 0.05 时，地震影响系数曲线的阻尼调整系数应按 1.0 采用，形状参数应符合下列规定：

- ① 直线上升段，周期小于 0.1s 的区段；
- ② 水平段，自 0.1s 至特征周期区段，应取最大值 α_{\max} ；
- ③ 曲线下降段，特征周期至 5 倍特征周期区段，衰减指数应取 0.9；
- ④ 直线下降段，自 5 倍特征周期至 6s 区段，下降斜率调整系数应取 0.02。

4.1.5.2 当消能减震结构的阻尼比不等于 0.05 时，地震影响系数曲线的阻尼调整系数和形状参数应符合下列规定：

(1) 曲线及直线下降段的衰减指数应按下列式确定：

$$\gamma = 0.09 + \frac{0.05 - \zeta}{0.3 + 6\zeta} \quad (4.1.5-1)$$

式中： γ ——曲线下降段的衰减指数；

ζ ——消能减震结构总阻尼比。

(2) 直线下降段的下降斜率调整系数应按下列式确定：

$$\eta_1 = 0.02 + \frac{0.05 - \zeta}{4 + 32\zeta} \quad (4.1.5-2)$$

式中： η_1 ——直线下降段的下降斜率调整系数，小于 0 时取 0。

(3) 阻尼调整系数应按下式确定：

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.08 + 1.6\zeta} \quad (4.1.5-3)$$

式中： η_2 ——阻尼调整系数，当小于 0.55 时，应取 0.55。

4.1.6 抗震验算时，结构任一楼层的水平地震剪力应符合下式规定：

$$V_{Eki} > \lambda \sum_{j=1}^n G_j \quad (4.1.6)$$

式中： V_{Eki} ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力；

λ ——剪力系数，不应小于表 4.1.6 规定的楼层最小地震剪力系数值；对竖向不规则结构的薄弱层，尚应乘以 1.15 的增大系数；

G_j ——第 j 层的重力荷载代表值。

表 4.1.6 楼层最小地震剪力系数值

类别	6 度	7 度		8 度	
		0.10g	0.15g	0.20g	0.3g
扭转效应明显或基本周期小于 3.5s 的结构	0.008	0.016	0.024	0.032	0.048
基本周期大于 5.0s 的结构	0.006	0.012	0.018	0.024	0.036

注：基本周期介于 3.5s 和 5s 之间的结构，可插入取值

4.1.7 结构的楼层水平地震剪力，应按下列原则分配：

1 现浇和装配整体式混凝土楼、屋盖等刚性楼、屋盖建筑，宜按抗侧力构件等效刚度的比例分配。

2 木楼盖、木屋盖等柔性楼、屋盖建筑，宜按抗侧力构件从属面积上重力荷载代表值的比例分配。

3 普通的预制装配式混凝土楼、屋盖等半刚性楼、屋盖的建筑，可取上述两种分配结果的平均值。

4 计入空间作用、楼盖变形、墙体弹塑性变形和扭转的影响时，可按本规程各有关规定对上述分配结果作适当调整。

4.1.8 跨度、长度小于本规范第 4.1.2 条第 4 款规定且规则的平板型网架屋盖和跨度大于 24m 的屋架、屋盖横梁及托架的竖向地震作用标准值，宜取其重力荷载代表值和竖向地震

作用系数的乘积, 竖向地震作用系数可按表4.1.8采用。

表 4.1.8 竖向地震作用系数

结构类型	烈度	场地类别		
		I	II	III、IV
平板型网架、 钢屋架	8	可不计算 (0.10)	0.08 (0.12)	0.10 (0.15)
钢筋混凝土屋架	8	0.10 (0.15)	0.13 (0.19)	0.13 (0.19)

注: 括号中数值用于设计基本加速度为 0.30g 的地区

4.1.9 长悬臂构件和不属于本规范第 4.1.8 条的大跨结构的竖向地震作用标准值, 8 度可取该结构、构件重力荷载代表值的 10% 和 20%, 设计基本地震加速度为 0.30g 时, 可取该结构、构件重力荷载代表值的 15%。

4.1.10 大跨度空间结构的竖向地震作用, 尚可按竖向振型分解反应谱方法计算。其竖向地震影响系数可采用本规范第 4.1.4、第 4.1.5 条规定的水平地震影响系数的 65%, 但特征周期可均按设计第一组采用。

4.1.4-4.1.10 条文说明: 详见《建筑抗震设计规范》GB50011 相关章节条文说明。

4.1.11 既有建筑采用消能减震及隔震技术加固, 其地震作用组合效应、截面抗震验算和截面变形验算应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《建筑消能减震应用技术规程》XJJ075 的相关规定。

4.2 消能减震加固地震作用计算

4.2.1 既有建筑采用消能减震技术加固设计时, 应满足多遇地震下的预期减震要求及罕遇地震下的预期结构位移控制要求

4.2.1 条文说明: 本规程通过消能器的设置来控制预期的结构变形, 从而使主体结构构件在罕遇地震下不发生严重破坏。消能减震设计需解决的主要问题是: 消能器和消能部件的选型, 消能部件在结构中的分布和数量, 消能器附加给结构的阻尼比估算, 消能减震体系在罕遇地震下的位移计算, 以及消能部件与主体结构的连接构造和其附加的作用等等。

罕遇地震下预期结构位移的控制值, 取决于使用要求, 《建筑抗震设计规范》GB 50011 中第 5.5 节的限值是针对非消能减震结构“大震不倒”的规定。采用消能减震技术后, 结构位移的控制可明显小于第 5.5 节的规定。

4.2.2 既有建筑采用消能减震技术加固设计分析, 应符合下列规定:

1 当主体结构基本处于弹性工作阶段时, 可采用线性分析方法作简化估算, 并根据结构的变形特征和高度等, 按本规程第 4.1 节的规定分别采用振型分解反应谱法和时程分析法。消能减震结构的地震影响系数可根据消能减震结构的总阻尼比按本规程第 4.1.5 条的规定采用。

消能减震结构的自振周期应根据消能减震结构的总刚度确定, 总刚度应为结构刚度和消能部件有效刚度的总和。

消能减震结构的总阻尼比应为结构阻尼比和消能部件附加给结构的有效阻尼比的总和; 多遇地震和罕遇地震下的总阻尼比应分别计算。

2 对主体结构进入弹塑性阶段的情况, 应根据主体结构体系特征, 采用静力非线性分析方法或非线性时程分析方法。

在非线性分析中, 消能减震结构的恢复力模型应包括结构恢复力模型和消能部件的恢复力模型。

3 消能减震结构的层间弹塑性位移角限值, 应符合预期的变形控制要求, 宜比非消能

减震结构适当减小。

4.2.2 条文说明：消能减震设计计算的基本内容是：预估结构的位移，并与未采用消能减震结构的位移相比，求出所需的附加阻尼，选择消能部件的数量、布置和所能提供的阻尼大小，设计相应的消能部件，然后对消能减震体系进行整体分析，确认其是否满足位移控制要求。消能减震结构的计算方法，与消能部件的类型、数量、布置及所提供的阻尼大小有关。理论上，大阻尼比的阻尼矩阵不满足振型分解的正交性条件，需直接采用恢复力模型进行非线性静力分析或非线性时程分析计算。从实用的角度，特别是主体结构基本控制在弹性工作范围内时，可采用线性计算方法估计。

4.2.3 消能部件附加给结构的有效阻尼比和有效刚度，可按下列方法确定：

1 位移相关型消能部件和非线性速度相关型消能部件附加给结构的有效刚度应采用等效线性化方法确定；

2 消能部件附加给结构的有效阻尼比可按下式估算：

$$\xi_a = \sum_j W_{cj} / (4\pi W_s) \quad (4.2.3-1)$$

式中： ξ_a ——消能减震结构的附加有效阻尼比；

W_{cj} ——第 j 个消能部件在结构预期层间位移 Ωu_j 下往复循环一周所消耗的能量；

W_s ——设置消能部件的结构在预期位移下的总应变能。

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

3 不计及扭转影响时，消能减震结构在水平地震作用下的总应变能，可按下列式估算：

$$W_s = (1/2) \sum F_i u_i \quad (4.2.3-2)$$

式中： F_i ——质点 i 的水平地震作用标准值；

u_i ——质点 i 对应于水平地震作用标准值的位移。

4 速度线性相关性消能器在水平地震作用下往复循环一周所消耗的能量，可按下列式估算：

$$W = (2\pi^2 / T) C \cos^2 \theta \Delta u_j^2 \quad (4.2.3-3)$$

式中： T_1 ——消能减震结构的基本自振周期；

C_j ——第 j 个消能器的线性阻尼系数；

θ_j ——第 j 个消能器的消能方向与水平面夹角；

Δu_j ——第 j 个消能器两端的相对水平位移。

当消能器的阻尼系数和有效刚度与结构振动周期有关时，可取像相应于消能减震结构基本自振周期的值。

5 位移相关型和速度非线性相关性消能器在水平地震作用下往复循环一周所消耗的能量，可按下列式估算：

$$W_{cj} = A_j \quad (4.2.3-4)$$

式中： A_j ——第 j 个消能器的恢复力滞回环在相对水平位移 Δu_j 时的面积。

消能器的有效刚度可取消能器恢复力滞回环在相对位移 Δu_j 时的割线刚度。

6 消能部件附加给结构的有效阻尼比超过 25% 时，宜按 25% 计算。

4.2.3 条文说明：采用底部剪力法或振型分解反应谱法计算消能减震结构时，需要通过强行解耦，然后计算消能减震结构的自振周期、振型和阻尼比。此时，消能部件附加给结构的阻尼，用消能部件本身在地震下变形所吸收的能量与设置消能器后结构总地震变形能的比值来表征。

国内外的一些研究表明，当消能部件较均匀分布且阻尼比不大于 0.20 时，强行解耦与

精确解的误差,大多数可控制在5%以内。

4.3 隔震加固地震作用计算

4.3.1 隔震设计应根据预期的竖向承载力、水平向减震系数和位移控制要求,选择适当的隔震装置及抗风装置组成结构的隔震层。

1 隔震支座应进行竖向承载力的验算和罕遇地震下水平位移的验算。

2 隔震层以上结构的水平地震作用应根据水平向减震系数确定;其竖向地震作用标准值,8度(0.20g)和8度(0.30g)时分别不应小于隔震层以上结构总重力荷载代表值的20%、30%和40%。

4.3.1 条文说明:本规程对隔震的基本要求是:通过隔震层的大变形来减少其上部结构的地震作用,从而减少地震破坏。隔震设计需解决的主要问题是:隔震层位置的确定,隔震垫的数量、规格和布置,隔震层在罕遇地震下的承载力和变形控制,隔震层不隔离竖向地震作用的影响,上部结构的水平向减震系数及其与隔震层的连接构造等。

隔震层以上结构的水平地震作用和抗震验算,构件承载力留有一定的安全储备。对于丙类建筑,相应的构造要求也可有所降低。但必须注意,结构所受的地震作用,既有水平向也有竖向,目前的橡胶隔震支座只具有隔离水平地震的功能,对竖向地震没有隔震效果,隔震后结构的竖向地震力可能大于水平地震力,应予以重视并做相应的验算,采取适当的措施。

4.3.2 既有建筑采用隔震技术加固设计分析时,应符合下列规定:

1 隔震体系的计算简图,应增加由隔震支座及其顶部梁板组成的质点;对变形特征为剪切型的结构可采用剪切模型;当隔震层以上结构的质心与隔震层刚度中心不重合时,应计入扭转效应的影响。隔震层顶部的梁板结构,应作为其上部结构的一部分进行计算和设计。

2 一般情况下,宜采用时程分析法进行计算;输入地震波的反应谱特性和数量,应符合本规范第5.1.2条的规定,计算结果宜取其包络值;当处于发震断层10km以内时,输入地震波应考虑近场影响系数,5km以内宜取1.5,5km以外可取不小于1.25。

3 砌体结构及基本周期与其相当的结构可按《建筑抗震设计规范》GB50011附录L简化计算。

4.3.2 条文说明:本条规定了隔震体系的计算模型,且一般要求采用时程分析法进行设计计算。在《建筑抗震设计规范》GB 50011附录L中提供了简化计算方法。当隔震结构位于发震断裂主断裂带10km以内时,要求各个设防类别的房屋均应计及地震近场效应。

4.3.3 既有建筑隔震层以上结构的地震作用计算,应符合下列规定:

1 对多层结构,水平地震作用沿高度可按重力荷载代表值分布;

2 隔震后水平地震作用计算的水平地震影响系数可按本规程第4.1.4、第4.1.5条确定。其中,水平地震影响系数最大值可按下式计算:

$$\alpha_{\max 1} = \beta \alpha_{\max} / \psi \quad (4.3.3)$$

式中: $\alpha_{\max 1}$ ——隔震后的水平地震影响系数最大值;

α_{\max} ——非隔震的水平地震影响系数最大值,按本规程第5.1.5条采用;

β ——水平向减震系数,按本规程第5.3.4条采用;

ψ ——调整系数;一般橡胶支座,取0.80;支座剪切性能偏差为S-A类,取0.85;隔震装置带有阻尼器的,相应减少0.05。

注:

1 弹性计算时,若采用简化计算和反应谱分析,宜按隔震支座水平剪切应变为100%时的性能参数进行计算;若采用时程分析法,按设计基本地震加速度输入进行计算。

2 支座剪切性能偏差按现行国家标准《橡胶支座 第3部分:建筑隔震橡胶支座》GB20688.3确定。

3 隔震层以上结构的总水平地震作用不得低于非隔震结构在 6 度设防时的总水平地震作用，并应进行抗震验算；各楼层的水平地震剪力尚应符合本规范第 4.1.6 条对本地区设防烈度的最小地震剪力系数的规定。

4 地震设防烈度为 8 度且水平向减震系数不大于 0.3 时，隔震层以上的结构应进行竖向地震作用的计算。隔震层以上结构竖向地震作用标准值计算时，各楼层可视为质点，并按本规范式 4.1.8 计算竖向地震作用标准值沿高度的分布。

4.3.3 条文说明：隔震后，隔震层以上结构的水平地震作用可根据水平向减震系数确定。对于多层结构，层间地震剪力代表了水平地震作用取值及其分布，可用来识别结构的水平向减震系数。

考虑到隔震层不能隔离结构的竖向地震作用，隔震结构的竖向地震力可能大于其水平地震力，竖向地震影响不可忽略，故至少要求抗震设防烈度 8 度水平和减震系数为 0.30 时应进行竖向地震作用验算。

4.3.4 计算既有建筑隔震加固结构水平地震作用时，水平向减震系数可按下列原则确定：

1 一般情况下，对多层建筑，水平向减震系数应通过隔震房屋和非隔震房屋在多遇地震作用下各层层间剪力最大比值确定；对高层建筑结构，尚应计算隔震房屋与非隔震房屋各层倾覆力矩的最大比值，并与层间剪力的最大比值相比较，取两者的较大值确定。

2 对水平向减震系数计算，应取剪切变形 100% 时的等效刚度和等效粘滞阻尼比；对罕遇地震验算，宜采用剪切变形 250% 时的等效刚度和等效粘滞阻尼比。当隔震支座直径较大时可采用剪切变形 100% 时的等效刚度和等效粘滞阻尼比，当采用时程分析时，应以试验所得滞回曲线作为计算依据。

4.3.5 既有砌体结构隔震加固的水平减震系数及地震作用计算按《建筑抗震设计规范》GB 50011 附录 L 计算。

消能减震篇

5 消能减震

5.1 一般规定

5.1.1 消能器的设计使用年限不宜小于鉴定标准规定的建筑物加固的后续使用年限,当消能器设计使用年限小于建筑物的后续使用年限时,消能器达到使用年限时应及时检测,重新确定消能器后续使用年限或更换。

5.1.1条文说明: 建筑物使用年限是设计规定在既定的时间内,建筑只需进行正常的维护而不需进行大修就能按预期目的使用,完成预定的功能,即房屋建筑在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的使用年限。消能减震结构设计中,消能器的设计至关重要,消能器一旦失效,不仅原有减震设计目标很难达到,而且在地震作用下还可能产生负面效果,如结构刚度的改变、周期改变、加大地震作用,引起破坏等。

目前,还无法对地震的发生做出合理的预测,无法判断其发生的时间、地点和强度。消能器作为结构中消耗地震能量的主要构件之一,设计使用年限内应时刻处于有效工作状态,从而保证地震作用时起到减震作用。至今消能减震技术在实际结构中应用的时间还没有超过现有规范规定的建筑物使用年限,无法对每类消能器实际使用年限范围内的可靠性作出明确限定,只能通过试验推算消能器的使用年限。为此,每类消能器出厂前应由具有资质的第三方进行型式检验,并给出详细的型式检验报告,明确消能器使用年限。为了保证消能减震结构在使用年限内的安全性,消能器必须和建筑具有相同的使用年限,不满足建筑设计使用年限要求时,则在消能器达到其使用年限之前应进行重新检测,确定消能器新的使用年限,当不能满足原有设计要求时应进行更换。

5.1.2 消能器应具有良好的抗疲劳、抗老化性能,消能器工作环境应满足现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209 的要求,不满足时应作保温、除湿等相应处理。

5.1.2条文说明: 国内外众多学者对黏弹性消能器和黏滞消能器进行了试验研究,得出了影响其耗能性能的主要因素是温度、频率和应变幅值。而影响位移相关型消能器如金属消能器、摩擦消能器等的耐久性影响主要包括腐蚀、磨耗及钢材在高温下的软化和低温下的脆性断裂等。摩擦消能器中的金属摩擦材料虽强度高,不易破裂,但经过多次反复滑动后摩擦系数下降快,胶合趋势增大。

为此,消能器的耗能性能很大程度上受温度、徐变、腐蚀、紫外线照射等因素的影响,要求在设计及使用消能器时应考虑到其所处的工作环境因素,必要时须采取特殊的措施消除环境因素的影响。

5.1.3 消能器应经过消能减震结构或子结构力学性能试验,验证消能器的性能和减震效果。

5.1.3条文说明: 消能器的型式检验应根据现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209 的要求对产品各项指标进行的全面检验,报告中应详细注明消能器的各项性能参数指标。

由于消能器的性能试验仅能反应消能器的性能,并不能充分体现出消能器在结构中的真实性能和耗能减震效果。即使是同类型的消能器,不同生产厂家消能器制作工艺的不同,其性能也会有所差异。为此,要求生产厂家对每类消能器至少应进行一次消能器布置于二层及以上的整体结构或子结构中进行动力性能试验或地震模拟振动台试验,验证下列性能:

- 1 消能减震结构的整体工作性能和消能器的工作性能及减震效果;
- 2 消能器和主体结构的连接是否可靠;
- 3 消能部件是否会出现平面外失稳;
- 4 消能器的连接形式对减震效果的影响。

5.1.4 消能器的性能应符合下列规定

1 消能器中非消能构件的材料应达到设计强度要求，设计时荷载应按消能器 1.5 倍设计阻尼力选取，应保证消能器中构件在罕遇地震作用下都能正常工作；

2 消能器在要求的性能检测试验工况下，试验滞回曲线应平滑、无异常。

5.1.4 条文说明：消能器一般由消能元件或构件和非消能构件组成，如金属消能器由连接板和消能板组成、黏滞消能器由消能黏滞材料和非消能的缸体、活塞、密封圈等组成。为避免因材料缺陷、安装偏差、超强地震作用的突增等因素引起的非消能构件失效而导致消能器无法正常工作的情况，消能器中非消能构件必须具有足够的安全储备，为此，在消能器设计时，非消能元件或构件承载能力应大于消能器 1.5 倍极限阻尼力选取。

5.1.5 消能器的设计使用年限遵循下列规定：

- 1 黏弹性消能器的设计使用年限应为 50 年；
- 2 黏滞消能器的设计使用年限应为 50 年；
- 3 金属屈服型消能器的设计使用年限应为 50 年；
- 4 摩擦型消能器的设计使用年限应为 50 年；
- 5 屈曲约束耗能支撑的设计使用年限应为 50 年。

5.2 消能减震装置

5.2.1 采用消能减震方式加固结构的既有建筑中使用的减震装置可采用位移相关型消能器、速度相关型消能器或复合型消能器。

- 1 位移相关型减震装置包括金属屈服型阻尼器、摩擦消能器和屈曲约束耗能支撑；
- 2 速度相关型减震装置包括黏滞阻尼器和黏弹性阻尼器；
- 3 复合型减震装置包括铅黏弹性消能器等。

5.2.1 条文说明：目前国内学者研制开发多种类型的消能减震装置主要包括：金属屈服型阻尼器、摩擦消能器、屈曲约束耗能支撑、黏弹性阻尼器、黏滞阻尼器和复合型减震装置等，根据其消能原理或耗能机制，可分为位移相关型、速度相关型或复合型。许多不同构造形式的减震装置已在新建建筑和既有建筑加固工程中得到应用，取得了良好的经济效果和社会效益。

5.2.2 消能器的外观应符合下列规定：

1 消能器产品应表面洁净、无锈蚀、无机械损伤、无毛刺、标识清晰，对于无外包保护层消能器应进行表面防锈处理；

2 消能器需要考虑防腐、防锈和防火时，应进行相应处理，但不能影响减震装置的正常工作；

5.2.3 消能器的材料、性能应符合行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T209 及《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 中各类型消能器装置的力学性能，耐久性、耐火性能和变形性能的要求。

5.2.4 在既有建筑消能减震加固设计文件中应体现消能器的下列参数：

1 金属消能器的参数：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；

2 摩擦消能器的参数：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；

3 黏滞消能器的参数：最大阻尼力、阻尼系数、阻尼指数、疲劳性能等参数；

4 黏弹性消能器：弹性刚度、最大阻尼力、阻尼系数、阻尼指数、疲劳性能等参数。

5.2.4 条文说明：工程中使用金属消能器、摩擦消能器、黏滞消能器、黏弹性消能器等应满足设计要求，对应要求提供的参数为消能器的关键参数，应进行检测。具体请参考JGJ 297—2013，消能器的疲劳性能，在设计位移或要求位移下往复加载不少于60圈。

6 既有建筑消能减震加固设计

6.1 一般规定

6.1.1 既有建筑的消能减震加固设计可用于钢、钢筋混凝土、钢-混凝土混合等结构类型的房屋。

消能部件应对结构提供足够的附加阻尼，尚应根据其结构类型分别符合本规程相应章节的设计要求。

6.1.1 条文说明：既有建筑采用消能减震加固最基本的特点是：

1 消能装置可同时减少结构的水平和竖向的地震作用，适用范围较广，结构类型和高度均不受限制；

2 消能装置使结构具有足够的附加阻尼，可满足罕遇地震下预期的结构位移要求；

3 由于消能装置不改变结构的基本形式，除消能部件和相关部件外的结构设计仍可按本规范各章对相应结构类型的要求执行。这样，消能减震房屋的抗震构造，与普通房屋相比不降低，其抗震安全性可有明显的提高。

6.1.2 既有建筑采用消能减震技术加固应符合下列要求

1 消能减震加固方案应根据抗震鉴定结果综合分析后确定，宜减少对原结构构件的破坏性加固。

2 采用消能减震技术进行设计后仍需进行常规加固的混凝土构件，框架加固后应避免形成短柱、短梁或强梁弱柱；抗震墙避免形成强弯弱剪；仍需加固的钢结构，加固后应避免形成强梁弱柱或强构件弱节点；

3 刚度分布不均匀的建筑，可采用金属消能器、摩擦阻尼器等其他能够提高刚度的阻尼器，使加固后的结构刚度分布较均匀；

4 应加强楼、屋盖整体性；

6.1.3 既有建筑采用消能减震技术进行抗震加固应保证主体结构符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；楼（屋）盖宜满足平面内无限刚性的要求。当楼（屋）盖平面内无限刚性要求不满足时，应考虑楼（屋）盖平面内的弹性变形，并建立符合实际情况的力学分析模型。抗震计算分析模型应同时包括主体结构与消能部件。

6.1.3 条文说明：对于平面规则并且无大开洞的楼板，可采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中规定的刚性隔板假定。但对于复杂的结构，采用刚性隔板假定时，可能会使消能器消能能力超过实际能力，从而高估了消能器的作用，为此，需考虑采用弹性板对消能减震结构进行分析。

6.1.4 既有建筑采用消能减震技术加固结构的高度超过现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定时，应进行专项研究。

6.1.4 条文说明：在结构中设置消能器增加结构阻尼来减少结构地震反应是公认的事实，随着消能减震技术的发展，为了适应我国经济发展的需要，可利用消能减震技术来减轻结构的地震灾害，从而也推动高烈度区高层建筑的发展。结构中布置消能器后形成消能减震支撑结构体系，当消能器在结构中的布置满足钢支撑在不同结构体系中的要求时，其形成的消能减震高层建筑结构的最大适用高度，可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中钢支撑结构体系要求取值。如果消能减震结构与满足相应抗震设防烈度要求设计的非消能减震结构水平地震影响系数之比小于 0.5，其最大适用高度可按降一度要求考虑，但还应进行专门的研究。

消能减震结构采用屈曲约束支撑时，当屈曲约束支撑的布置符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中钢支撑布置的规定时，其建筑适用的最大高度可按采用钢支撑建筑要求取值。

6.2 消能部件设计

6.2.1 多层和高层钢筋混凝土房屋存在下列情况时,可采用下列消能器进行加固:

- 1 房屋刚度不足、明显不均匀或有明显扭转效应时,可增设位移相关型消能器加固;
- 2 结构构件的承载力不足或抗震构造措施不满足要求且房屋刚度足够时,可增设速度相关型消能器加固;

3 单跨框架,可设置屈曲约束支撑加固,并在必要时加强楼盖和屋盖的整体性。

6.2.1 条文说明:本条列举了几种多层和高层钢筋混凝土房屋采用消能减震技术可采用的具体方法,具体可根据所列情况选用位移相关型消能器(含屈曲约束支撑,下同)、速度相关型消能器等。

6.2.2 既有结构采用消能减震技术加固时,消能部件的相关部位应符合下列要求:

- 1 消能器与支承构件的连接,应符合本规程和有关规程对相关构件连接的构造要求;
- 2 在消能器施加给主结构最大阻尼力作用下,消能器与主结构之间的连接部件应在弹性范围内工作;

3 与消能部件相连的结构构件设计时,应计入消能部件传递的附加内力。

6.2.2 条文说明:既有建筑采用消能减震加固设计时,消能部件的相关部位应符合相关构件连接的构造要求,为了保证消能器发挥作用,消能器与主结构的连接部位在设计时,应当考虑消能部件传递的附加内力,以确保连接部位在弹性范围工作。

6.2.3 消能部件的布置应符合下列规定:

- 1 消能部件的布置宜使结构在两个主轴方向的动力特性相近;
- 2 消能部件的竖向布置宜使结构沿高度方向刚度均匀;
- 3 消能部件宜布置在层间相对位移或相对速度较大的楼层,同时可采用合理形式增加消能器两端的相对变形或相对速度的技术措施,提高消能器的减震效率;
- 4 消能部件的布置不宜使结构出现薄弱构件或薄弱层。
- 5 消能器的布置楼层不宜少于地上层数的2/3,每层X、Y方向消能器的数量分别不应少于2个,且分别不少于每层500m²建筑面积1个。

6.2.4 消能部件的布置宜使消能减震结构的设计参数符合下列规定:

- 1 采用位移相关型消能器时,各楼层的消能部件有效刚度与主体结构层间刚度比宜接近,各楼层的消能部件水平剪力与主体结构的层间剪力和层间位移的乘积之比的比值宜接近。
- 2 采用黏滞消能器时,各楼层的消能部件的最大阻尼力与主体结构的层间剪力与层间位移的乘积之比的比值宜接近。

3 采用黏弹性消能器时,各楼层的消能部件刚度与结构层间刚度的比值宜接近,各楼层的消能部件零位移时的阻尼力与主体结构的层间剪力与层间位移的乘积之比的比值宜接近。

4 消能减震结构布置消能部件的楼层中,消能器的最大阻尼力在水平方向上分量之和不宜大于楼层层间屈服剪力的60%。

6.2.3~6.2.4 条文说明:消能器一般是和支撑(支承构件)一起布置在结构中,支撑(支承构件)和消能器构成消能部件。常见的布置形式有单斜撑、“V”字形撑、“人”字形等,概念设计阶段应根据消能器的类型、构造及原结构空间使用、建筑设计、施工和检修要求选择消能部件的类型。例如:从消能器的构造、类型角度考虑,双阶屈曲约束支撑、圆筒式黏弹性消能器、筒式黏滞消能器等适合采用斜杆支撑;Pall型摩擦消能器、双环金属消能器、加劲圆环金属消能器适合采用交叉支撑;剪切型金属消能器、旋转型摩擦阻尼器、变刚度摩擦阻尼器等适合采用“人”字形支撑或用于耗能剪力墙中。

由于抗震结构体系要求受力明确、传力途径合理、传力路线连续，合理的抗震结构能使结构抗震分析更加符合结构在地震时的实际表现，提高结构的抗震性能，是结构选型与布置结构抗侧力体系时首要考虑因素之一，因此，消能部件的布置应使结构形成均匀合理的受力体系，减少不规则性，提高整体结构的消能能力。

消能器的布置以使结构平面两个主轴方向动力特性相近或竖向方向刚度均匀为原则；对于规则结构，平面上可在两个主轴方向上分别采用对称布置，并且使结构竖向刚度均匀。当结构平面两个主轴动力特性相差较大时，可根据需要分别在两个主轴方向布置，也可以只在较弱的一个主轴方向布置，这时结构设计时应只考虑、单个方向的消能作用。对于结构竖向存在薄弱层可优先在薄弱层布置，然后再考虑沿竖向每层或隔层或跨层布置。

消能减震结构中每一楼层中消能器的布置数量不能无限增加，当布置的消能器的数量较多时，消能器的最大阻尼力之和较大，使得该楼层的层剪力产生突变，但为了满足消能减震结构的布置要求，在其他楼层中也要布置大量的消能器，整个结构需要布置的消能器数量会明显增多，其结构设计是一种不经济的方案。

对于位移相关型消能器和部分复合型消能器，随着位移的增加，消能器的刚度是减小的，楼层中布置消能器数量过多，消能器的最大阻尼力之和过大后，当遭受更大的地震作用时，消能器的阻尼力会小于最初设计值，该楼层可能会出现薄弱构件。

6.2.5 消能部件的设计参数应符合下列规定：

1 位移相关型消能器与斜撑、墙体或梁等支承构件组成消能部件时，消能部件的恢复力模型参数宜符合下列要求：

$$\Delta u_{py} / \Delta u_{sy} \leq 2 / 3 \quad (6.2.5-1)$$

式中： Δu_{py} ——消能部件在水平方向的屈服位移或起滑位移（m）；

Δu_{sy} ——设置消能部件的主体结构层间屈服位移（m）。

2 黏弹性消能器的黏弹性材料总厚度应符合下式规定：

$$t_v \geq \Delta u / [\gamma] \quad (6.2.5-1)$$

式中： t_v ——黏弹性消能器的黏弹性材料总厚度（m）；

Δu ——沿消能方向消能器的最大可能的位移（m）；

$[\gamma]$ ——黏弹性材料允许的最大剪切应变。

3 速度线性相关型消能器与斜撑、墙体或梁等支承构件组成消能部件时，支承构件沿消能器消能方向的刚度应满足下式：

$$K_b \geq 6\pi C_D / T_1 \quad (6.2.5-1)$$

式中： K_b ——支撑构件沿消能器消能方向的刚度（kN/m）；

C_D ——消能器的线性阻尼系数[kN/(m s)]；

T_1 ——消能减震结构的基本自振周期(s)。

6.2.6 采用振型分解反应谱法分析时, 结构有效阻尼比可采用附加阻尼比的迭代方法计算。

6.2.6 条文说明: 对于消能减震结构, 无法预先估计主体结构在加入消能部件后的最终变形情况, 只能是预先假设一个阻尼比, 将消能部件布置于结构中, 并调整消能器的数量和位置, 再对消能减震结构进行计算, 反算出消能器在相应的阻尼比情况下的位移, 通过消能器的恢复力模型和相应的公式求解消能减震结构的附加阻尼比, 并反复迭代, 使计算出的附加阻尼比与预先假设的阻尼比接近时, 则计算结束。

6.2.7 采用时程分析法计算消能器附加给结构的有效阻尼比时, 消能器两端的相对水平位移 Δu_j 、质点 i 的水平地震作用标准值 F_i 、质点 i 对应于水平地震作用标准值的位移此, 应采用符合本规程第 6.1.2 条规定的时程分析结果的包络值。分析出的阻尼比和结构地震反应的结果应符合本规程第 6.1.2 条的规定。

6.2.7 条文说明: 消能减震结构的计算分析可根据主体结构所处的状态采用不同的分析方法, 当主体结构基本处于弹性工作阶段时, 可采用线性分析方法作简化计算, 并根据结构的变形特征和高度等采用振型分解反应谱法和时程分析法。当主体结构进入弹塑性阶段时应采用静力弹塑性分析方法或非线性的时程分析方法。振型分解反应谱法是目前国内结构设计时采用较多的分析方法, 而时程分析方法又是对于消能减震结构设计分析时常需要增加补充计算的分析方法, 但消能减震结构进行时程分析时, 鉴于不同地震波输入进行时程分析的结果存在一定的差异, 现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中规定一般可以根据小样本容量下 (不小于 2 组实际记录和 1 组人工模拟的加速度时程曲线作为输入) 的计算结果来估计结构地震作用效应值, 也可以采用较大样本容量 (不少地 5 组实际记录和 2 组人工模拟时程曲线作为输入) 的计算结果来估计。如果 3 条地震波能满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中规定的“在统计意义上相符”要求, 则 3 条地震波输入计算出结构的地震作用效应不会偏差太大, 为了使设计出的结构更为安全则选用 3 条地震波时程曲线输入计算出结构地震反应的包络值反算消能器附加阻尼比。当取 7 组及 7 组以上的地震波时程曲线输入时, 计算出结构的地震作用效应的保证率更高, 选用 7 组及 7 组以上的地震波时程曲线输入计算出结构地震反应的平均值反算消能器附加阻尼比。

6.2.8 采用静力弹塑性分析方法时, 计算模型中消能器宜采用第 5 章给出的恢复力模型, 并由实际分析计算获得消能器附加给结构的有效阻尼比, 不能采用预估值。位移相关型消能器可采用等刚度的杆单元代替, 并根据消能器的力学特性于该杆单元上设置塑性铰, 以模拟位移相关型消能器的力学特性。

6.2.9 多遇地震和罕遇地震下消能器附加给主体结构的有效阻尼比应分别计算: 当消能部件附加给结构的有效阻尼比超过 25% 时, 宜按 25% 取值。

6.2.8~6.2.9 条文说明: 静力弹塑性分析方法是一种静力的分析方法, 是在结构计算模型上加按某种规则分布的水平侧向力, 单调加载并逐级加大; 一旦有构件开裂 (或屈服) 即修改其刚度 (或使其退出工作), 进而修改结构总刚度矩阵, 进行下一步计算, 依次循环直到结构达到预定的状态 (成为机构、位移超限或达到目标位移), 从而判断是否满足相应的抗震能力要求。消能器产生减震效果主要体现在消能器的滞回耗能上, 消能器需要产生往复位移或速度起作用, 然而, 静力弹塑性分析过程中无法直接体现出消能器的作用, 以直接得出消能器附加结构的阻尼比, 为了使静力弹塑性分析方法能够体现出消能器的作用, 对于消能器的刚度和阻尼需要进行等代, 并布置结构中进行分析。

消能减震结构中, 消能器提供的附加阻尼比是反应消能器减震效果的主要因素。消能器提供的附加阻尼比可按下式计算:

$$\xi_a = \sum W_{cj} / (4\pi W_s)$$

消能减震结构中消能器在多遇地震、设防地震和罕遇地震作用时提供的阻尼比皆不会相同。一般而言, 在罕遇地震时消能器所提供的附加阻尼比会比在多遇地震或设防地震时小 (当主体结构进入弹塑性阶段时, 结构的总应变能包含了弹性应变能和非弹性应变能, 结构的总应变能会比多遇地震时的弹性应变能大很多)。为此, 消能器附加给结构的阻尼比应由实际分析计算

得到，而不能采用预估值。

其主要步骤为：

1 分别确定消能减震结构的主体结构截面、消能部件的非线性恢复模型及消能部件等代单元的塑性镜特性等。

2 对消能减震结构进行非线性全过程静力分析，得到结构参考点水平侧移与结构底部总水平剪力的关系曲线。

3 根据计算出消能减震结构的位移，计算消能减震结构的有效阻尼比，包括主体结构弹塑性变形耗能附加的有效阻尼比和消能器给主体结构附加的阻尼比。

4 将多自由度消能减震结构等效为一个等价的单自由度体系，分别计算等价单自由度体系的能力曲线和反应曲线。

5 图解等价单自由度体系的目标位移。

6 将此位移转化成多自由度消能减震结构各层的层间位移。

6.2.10 消能器的极限位移应不小于罕遇地震下消能器最大位移的 1.2 倍；对速度相关型消能器，消能器的极限速度应不小于地震作用下消能器最大速度的 1.2 倍，且消能器应满足在此极限速度下的承载力要求。

6.3 主体结构设计

6.3.1 既有建筑消能减震结构构件加固设计时，应考虑消能部件引起的柱、墙、梁的附加轴力、剪力和弯矩作用，采取相应的加固措施。消能器与斜撑、混凝土墙体、梁或节点等支承构件的连接，应符合钢构件连接或钢与混凝土构件连接的构造要求。

6.3.2 主体结构的截面抗震验算应符合下列规定：

1 主体结构的截面抗震验算，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

2 振型分解反应谱法计算地震作用效应时，宜按多遇地震作用下消能器的附加阻尼比取值。

3 采用粘滞消能器的主体结构的附加有效阻尼比宜取设防地震下计算得到的附加有效阻尼比。

6.3.2 条文说明：既有建筑采用消能减震技术加固后主体结构的强度和截面验算，依据第 5 章求得的内力按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对不同类建筑结构规定的公式计算。由于消能减震结构中附加刚度和附加阻尼相比于主体结构存在一定的变化，为此，计算地震作用效应时应考虑消能器附加刚度和附加阻尼的影响，并应考虑本规程第 6.2.9 条中规定的要求。

6.3.3 消能减震结构的抗震变形验算应符合下列规定：

1 消能减震结构的弹性层间位移角限值应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 取值；

2 消能减震结构的弹塑性层间位移角限值不应大于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定的限值要求。

6.3.3 条文说明：既有建筑采用消能减震技术加固结构的层间位移角限值应与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致，但又要体现出消能减震技术提高结构抗震能力的优势，消能减震结构的层间位移角限值可比不设置消能减震的结构适当减小，从而更容易实现基于性能抗震设计要求。

6.3.4 既有建筑采用消能减震技术加固时，主体结构的抗震等级应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 取值。主体结构的加固分为如下两种情况：

1 采用消能减震技术后，经验算原主体结构中仍有部分构件（梁、柱、墙）及节点的承载能力和变形能力不满足地震作用要求时应对这部分构件及节点进行抗震加固或采用抗

震构造加强措施；

2 对消能部件所作用的主体结构构件（梁、柱、墙）及节点进行承载力和变形能力验算，若不能满足要求时，应采取加固措施以满足消能部件局部作用的要求。

6.3.5 主体结构的构造措施应符合下列规定：

1 主体结构的抗震等级应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 取值；

2 当消能减震结构的抗震性能明显提高时，主体结构的抗震构造要求可适当降低。降低程度可根据消能减震结构地震影响系数与不设置消能减震装置结构的地震影响系数之比确定，最大降低程度应控制在 1 度以内。

6.3.5 条文说明：对于既有建筑消能减震加固混凝土结构中的主体结构由于消能部件附加的阻尼比使得结构的地震反应降低，构件的截面尺寸可能会有所减小，主体结构的抗震等级是根据设防烈度、结构类型、房屋高度进行区分，主体结构应采用对应结构体系的计算和构造措施执行，抗震等级的高低，体现了对结构抗震性能要求的严格程度。为此，对于消能减震混凝土结构的主体结构抗震等级应根据其自身的特点，按相应的规范和规程取值，当消能减震结构的减震效果比较明显时，主体结构的构造措施可适当降低，即当消能减震的地震影响系数不到非消能减震的 50% 时，主体结构的构造措施可降低一度执行。

6.4 连接构造设计计算

6.4.1 消能器与主体结构的连接一般分为：支撑型、墙型、柱型、门架式和腋撑型等，设计时应根据工程具体情况和消能器的类型合理选择连接形式。

6.4.2 当消能器采用支撑型连接时，可采用单斜支撑布置、“V”字形和“人”字形等布置，不宜采用“K”字形布置。支撑宜采用双轴对称截面，宽厚比或径厚比应满足现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的要求。

6.4.1~6.4.2 条文说明：消能器与主体结构的连接，根据消能器的不同，可采用不同的连接形式（图 6.4.1）。“K”形支撑布置时会在框架柱中部交点处给柱带来侧向集中力的不利作用，在地震作用下，可能因受压斜杆屈曲或受拉斜杆屈服，引起较大的侧向变形，使柱发生屈曲甚至造成倒塌，故不宜采用“K”形布置。

支撑斜杆宜采用双轴对称截面。当采用单轴对称截面（双角钢组合 T 形截面），应采取防止绕对称轴屈曲的构造措施。板件局部失稳影响支撑斜杆的承载力和消能能力，其宽厚比需要加以限制。

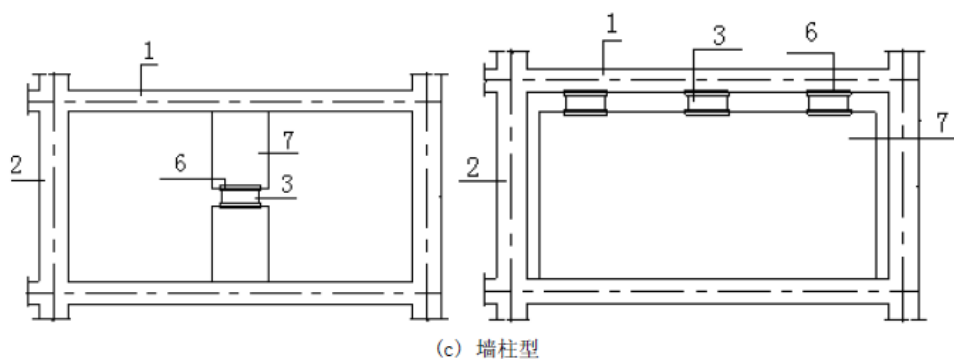
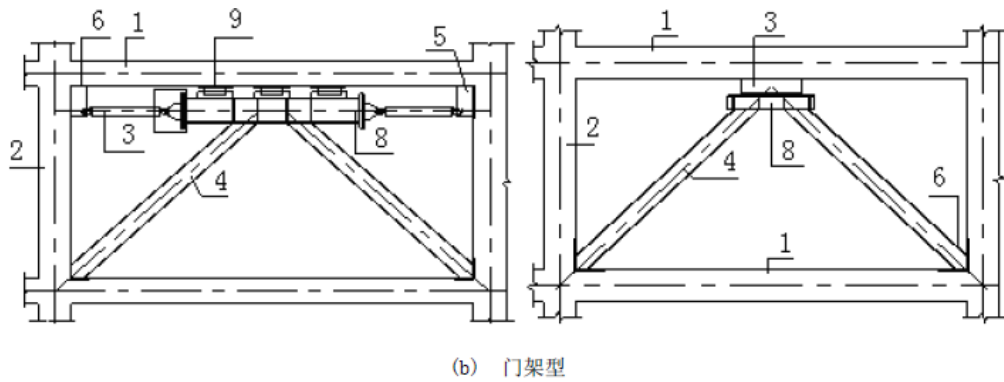
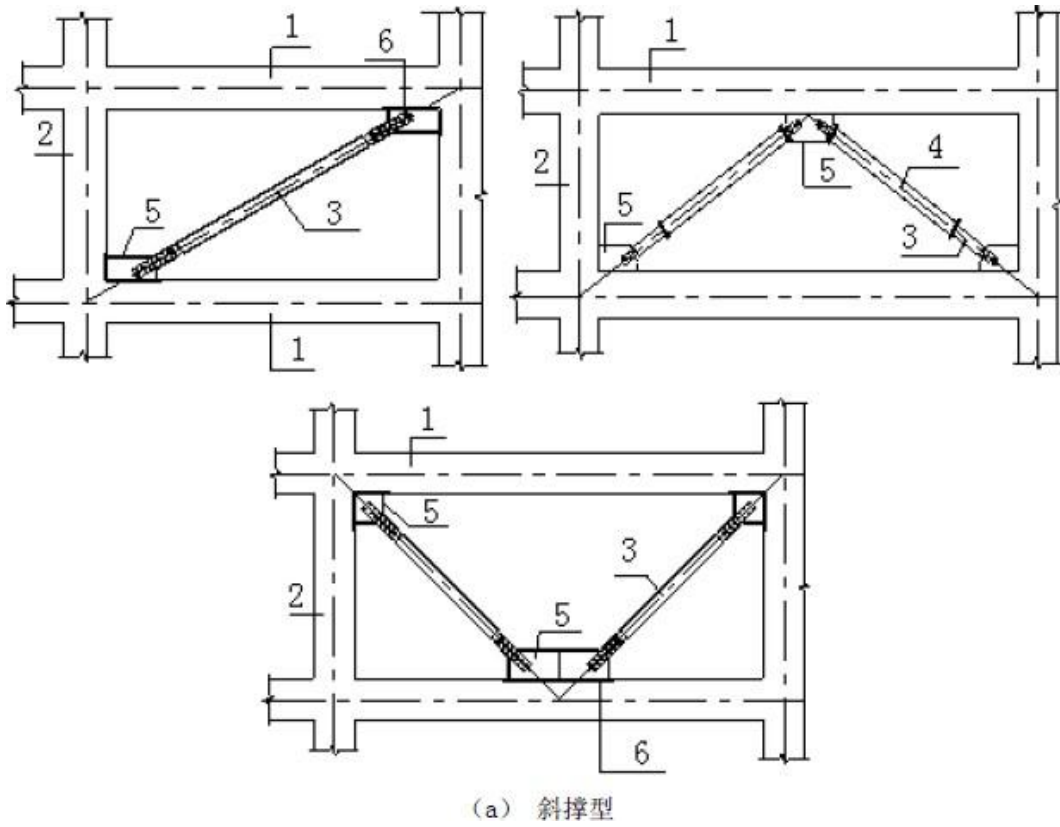


图6.4.1 消能器布置形式

1-梁; 2-柱; 3-消能器; 4-支撑; 5-节点板; 6-预制板; 7-支墩(剪力墙);
8-水平平台; 9-平面外限位装置

6.4.3 消能器与支撑、节点板、预埋件的连接可采用高强度螺栓连接、或销轴，高强螺栓及焊接的计算、构造要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

6.4.3 条文说明：本条内容同现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 有关条文。连接板（或连接件）和结构构件间的连接采用高强度螺栓连接或焊接，当采用螺栓连接时，应保证相连节点在罕遇地震下不发生滑移；当消能器的阻尼力较大时，宜采用刚接；与消能器相连的支撑应保证在消能器最大输出阻尼力作用下处于弹性状态，不发生平面内、外整体失稳，同时与主体相连的预埋件、节点板等也应处于弹性状态，不得发生滑移、拔出和局部失稳等破坏。与支撑相连接的节点承载力应大于支撑的极限承载力，以保证节点足以承受罕遇地震下可能产生的最大内力。消能器与连接支撑、主体结构之间的连接节点，应符合钢构件连接、或钢与混凝土构件连接、或钢与钢-混凝土组合构件连接的构造要求。

6.4.4 预埋件、支撑和支墩（剪力墙）及节点板应具有足够的刚度、强度和稳定性。

6.4.4 条文说明：消能部件一般情况下属非承重构件，其功能仅在结构变形过程中发挥耗能作用，而不承担结构的竖向承载作用，即增设消能器不改变主体结构的竖向受力体系，为此，无论是新建消能减震结构还是既有建筑的抗震加固主体结构都必须满足竖向承载力的要求。与消能器相连的支撑应具有足够刚度，以保证消能部件中的变形绝大部分发生在消能器上，消能器支撑的刚度应根据计算确定。节点板在支撑力（考虑附加弯矩）作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生面外失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋的措施。

以前对于消能减震结构分析时，一般将消能器视为单方向的消能，亦即沿着框架的平面方向消能，所以，一些相关研究皆是以平面框架（二维构架）装设消能器来探讨消能减震结构在地震作用下的反应，由于应用平面框架的概念，对于消能器出平面的方向皆视为不受地震力作用而忽视消能器出平面的力学特性。然而，由于建筑结构体系的复杂及不规则以及应用平面框架理论有其条件的限制，建筑结构大部分已经不再适用平面框架的理论，加上近年来结构分析技术的进步，目前皆是以三维空间构架来做结构分析设计。所以，在三维空间结构分析时，消能器不仅需考虑框架平面内的力学特性，亦需考虑消能器在框架平面外的力学特性。并且由于附加支撑在消能器的阻尼力作用下，常产生轴压变形，在设计附加支撑时经常只考虑到附加支撑平面内的刚度，来保证消能器的大变形而忽略了附加支撑的平面外刚度，导致附加支撑在地震作用时平面外屈曲支撑破坏，使消能器不能发挥其应有的耗能效果。为此，需要保证附加支撑在轴力作用下的平面外刚度。

当使用无刚度黏滞消能器，且采用人字型支撑时，可同时考虑与橡胶支座的合理组合，通过橡胶支座或其它提供平面刚度装置给支撑提供一定的平面外刚度，以保持支撑平面外的稳定，如图 5.4.4 所示。而位移相关型消能器都能提供二个方面的水平刚度，为此，可利用消能器自身的性能使其满足支撑平面外稳定性要求。

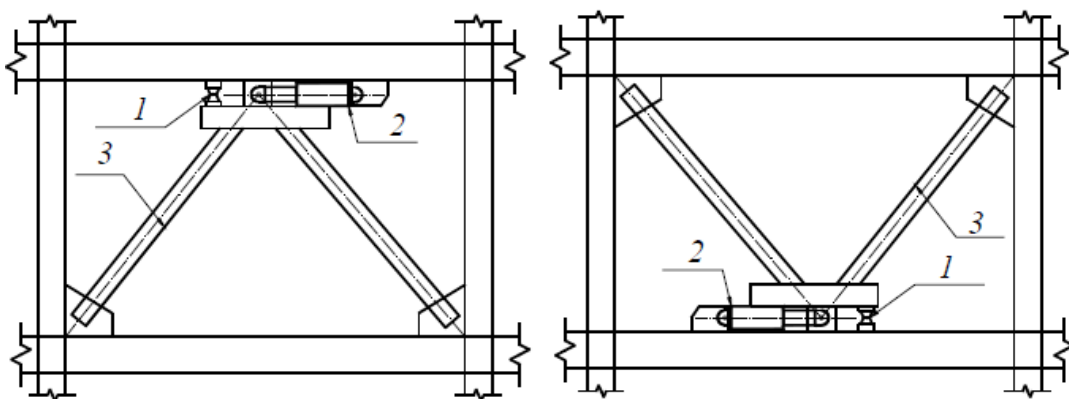


图6.4.4 消能器安装立面图

1-平面外限位支撑；2-消能器；3-支撑

6.4.5 消能器的支撑或连接元件或构件、连接板应保持弹性。

6.4.5 条文说明：由于消能支撑常采用连接板与主体结构相连，从现有的混凝土钢支撑结构和钢结构的支撑破坏情况发现，在地震中常出现连接钢板部分发生互不相同平面外的失稳，由此导致梁发生大的扭转变形并使钢筋混凝土剥落，使消能器不能产生相对位移，从而不能发挥响应的耗能效果。

6.4.6 与位移相关型或速度相关型消能器相连的预埋件、支撑和支墩（剪力墙）及节点板的作用力取值应为消能器设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍。

6.4.6 条文说明：与消能部件相连接的主体结构构件与节点应满足消能器在最大输出阻尼力作用下仍处于不屈服状态，从而保证消能器在罕遇地震作用下能发挥最大的耗能功能。

6.4.7 与速度线性相关型消能器连接的支撑、支墩（剪力墙）的刚度应满足本规程第 5.2.5 条的要求，与其他类型消能器连接的支撑、支墩（剪力墙）的刚度不宜小于消能器有效刚度的 2 倍。

6.4.8 消能部件与混凝土梁柱节点的相连时应进行节点强度验算，梁柱宜采用钢板全围抱或 U 形围抱的方法加固。

6.4.8 条文说明：连接消能部件的锚板、锚栓、节点板、连接件等连接构造在消能部件设计承载力范围内应处于正常工作状态，不应出现平面外失稳、局部屈曲、开焊、滑脱、滑移或拔出等破坏。

连接消能器部件的构造措施应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010

《钢结构设计规范》GB 50017、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 等的有关规定。

6.4.9 当采用钢框嵌套式连接时，可按以下要求进行：

- 1 钢框与梁柱可采用锚栓连接，消能部件通过节点板与嵌入的钢框连接；
- 2 由锚栓承担全部钢框传至框架的内力，按锚栓抗震承载力验算；
- 3 钢框宜采用 H 型钢或槽形钢，混凝土过渡区配筋要求，锚筋按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 要求设计。

6.4.9 条文说明：钢框嵌套可参照《建筑结构消能减震(振)设计》09SG610-2。

6.4.10 消能部件与混凝土框架采用附加框架连接时，应符合下列规定：

- 1 附加框架宜采用钢框架或现浇混凝土框架；
 - 2 现浇混凝土附加框架与既有结构可采用贯穿螺栓连接或采用后锚固抗剪键连接，与附加框架相连的现有结构构件表面应凿毛。抗剪键锚筋应在附加框架内设置拉结弯钩或其他可靠的拉结措施；
 - 3 后锚固抗剪键可采用后锚固扩底型机械锚栓或化学锚栓，或后锚固锚栓加钢筋混凝土抗剪键等形式；
 - 4 附加框架采用现浇钢筋混凝土时，其抗震构造应满足相同抗震等级的新建混凝土框架的要求，箍筋宜通高或全跨加密；
 - 5 附加框架采用钢结构时，钢框架与现有结构构件采用后锚固抗剪键连接，并应采取防锈措施；
 - 6 附加框架宜上下连通设置，宜设置基础，或与既有建筑基础连为整体；
 - 7 后锚固抗剪键的施工应计入附加框架自重变形的影响；
 - 8 附加框架施工宜在既有结构构件或节点加固完成后进行。
- 6.4.11 与消能器相连的埋件，锚筋应与钢板牢固连接，锚筋的锚固长度宜大于 20 倍锚筋直径，且不应小于 250mm。当无法满足锚固长度的要求时，应采取其他有效的锚固措施。

6.4.12 支撑、剪力墙、柱墩的构造要求：

- 1 支撑或套索型支撑应采用钢支撑，钢材强度等级不应低于 Q235；支撑应采用双轴对称截面，支撑长细比、宽厚比应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。

2 剪力墙、柱墩可采用钢筋混凝土支墩或钢支墩，混凝土支墩混凝土强度等级不应低于 C30，支墩沿消能器受力方向全截面箍筋应加密，并配置网状钢筋。

6.4.11~6.4.12 条文说明：消能器的附加内力通过预埋件、支撑和剪力墙（支墩）传递给主体结构构件，因此，要求预埋件、支撑和剪力墙（支墩）在消能器极限位移时附加的外力作用下不会出现失效，其构造措施比一般预埋件要求更高。

6.4.13 消能器与主体结构连接中，与消能器相连的埋件、支撑、剪力墙（支墩）和节点板计算可按《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 进行计算。

7 加固施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 既有建筑消能减震工程施工现场管理，应有健全的质量管理体系与检验制度。
- 7.1.2 既有建筑消能减震工程施工前应编制专项施工组织设计或施工技术方案，并进行专项施工技术交底。
- 7.1.3 既有建筑消能减震工程施工所采用的各类计量器具，均应经校准或检定合格，且应在有效期内使用。
- 7.1.4 既有建筑消能减震工程应作为主体结构分部工程的一个子分部工程进行施工。
- 7.1.5 既有建筑消能减震子分部工程的施工作业，宜划分为二个阶段：
- 1 对于采用消能减震技术加固的建筑宜划分为消能部件进场验收和消能部件安装防护两个阶段；
 - 2 消能器进场验收应提供资料，依照《建筑隔震工程施工及验收规范》JGJ360-2015要求实施。
- 7.1.6 消能部件的尺寸、变形、连接件位置及角度、螺栓孔位置及直径、高强度螺栓、焊接质量、表面防锈漆等应符合设计文件规定。
- 7.1.6 条文说明：**消能部件大多为预制部件，对其制作尺寸及其他加工质量应严格要求。在其制作过程中或进场前，应对其进行检查，对发现的尺寸偏差或其他质量问题应在加工过程中进行修理，不应在消能部件到现场安装时才进行质量检查，导致因质量问题而影响施工工期。
- 7.1.7 消能器安装应在支座安装及上部梁板体系施工验收合格后进行
- 7.1.8 既有建筑减震加固工程应进行工程监理。
- 7.1.9 消能器安装宜由经过专门培训的人员实施。

7.2 消能减震加固施工要求

- 7.2.1 消能部件的制作单元，宜根据制作、安装和运输条件及消能部件的特点确定。
- 7.2.1 条文说明：**消能部件的制作单元一般将现场的安装单元、两个或多个制作单元在工地地面拼装为扩大的安装单元，因此，制作单元除根据生产、运输条件确定外，还要尽量便于安装连接，以保证安装质量。
- 7.2.2 消能器进场验收时，应具有产品检验报告；消能器类型、规格、尺寸偏差和性能参数，应符合设计文件和现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209 的规定。
- 7.2.3 消能器所用的钢材、焊接材料、紧固件和涂料，应具有质量合格证书，还要提供第三方（CMA、CNAS资质）材料性能检测报告，并应符合设计文件。
- 7.2.4 支撑或连接件等附属支承构件的制作单位应提供原材料、产品的质量合格证书。
- 7.2.2~7.2.4 条文说明：**消能器制造通常为是一项专门技术，其采用的材料除钢材、焊接材料和紧固件外，还有油、橡胶及其它黏滞材料和黏弹性材料，还有摩擦材料、矿质材料、涂料等消能材料，为此，产品在进场时各类材料应具有质量合格证。进场时还应提供制作偏差等，这些材料的品种、规格和性能指标应符合现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209 及设计文件中的规定。

II 消能部件的施工安装顺序

- 7.2.5 消能部件的施工安装顺序，应由设计单位、施工单位和消能器生产厂家共同商讨确定，并符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.2.5 条文说明：考虑了已有不同类型及构造特点的消能器安装施工，也有利于新型消能器

及相关部件的研制、开发和推广应用。消能减震结构施工安装前,应确定结构的各类普通构件和消能部件的总体及局部施工安装顺序,这对施工安装质量有重要影响,应遵循本条规定的要求,以确保施工安装质量。

7.2.6 消能减震结构的施工安装时,若与消能部件相关的结构构件需要加固,应首先按照设计文件要求进行加固,待达到设计强度后再安装消能部件。

7.2.7 对于钢结构,消能部件安装顺序宜采用平行安装法,平面上应从中部向四周开展,竖向应从下向上逐渐进行。当消能部件主要承受水平剪力、不承担竖向压力时,宜待竖向变形稳定后终固;当消能部件既承受水平剪力、又承担竖向压力时,安装后即可终固。

7.2.7 条文说明:消能减震钢结构的安装顺序,是根据一般钢结构的安装顺序,并结合消能部件的特点,按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定综合制定的。采用本条的安装顺序,便于构件的安装进度和测量校正。

7.2.8 对于既有现浇混凝土结构,消能部件安装顺序宜采用后装法进行。对于装配式混凝土结构加固,各类构件或部件的总体施工安装顺序,可按本规程相关内容执行。

7.2.8 条文说明:消能减震的现浇混凝土结构施工中,消能部件和主体结构构件的总体安装顺序,应根据结构特点、施工条件等确定。消能减震混凝土结构的后装法可先施工一个或多个结构层的混凝土构件上与消能部件相连的节点预埋件;然后安装消能部件,并与混凝土构件的预埋件连接。当设计中不考虑消能部件的抗风作用时,可在各层混凝土节点预埋件全部施工完毕后,再安装消能部件。

7.2.9 同一部位各消能部件的局部安装顺序编制应符合下列规定:

- 1 确定同一部位各消能部件的现场安装单元、安装连接顺序。
- 2 编制同一部位各消能部件的局部安装连接顺序,包括消能器、支撑、支墩、连接件的类型、规格和数量。

7.2.10 同一部位消能部件的现场安装单元及局部安装连接顺序,同一部位消能部件的制作单元超过一个时,宜先将各制作单元及连接件在现场地面拼装为扩大安装单元后,再与主体结构进行连接。

消能部件的现场安装单元或扩大安装单元与主体结构的连接,宜采用现场原位连接。

7.2.9~7.2.10 条文说明:同一部位的消能部件,当仅有消能器时直接作为安装单元,当还没有附加支撑,或与结构为销栓铰接、球面铰接时,各制作单元及铰接件在现场地面拼装成扩大安装单元后,再与结构进行安装连接。

安装单元与结构的安装连接,精度要求高,连接施工较困难。如何进行安装连接,是消能部件安装中的一个普遍问题,例如黏滞消能器通过专门铰接件与结构连接时要求无间隙连接,经分析研究,总结了有关方法,制定本条款并独立列出。

对于消能减震的钢结构,在消能部件设置部位,柱的安装单元宜采用带悬臂梁段的柱,且在柱与消能部件连接处设置柱上连接件。对于黏滞消能器,其两端与节点连接件为球面铰接、销栓铰接或螺栓连接,其同一部位消能部件的局部安装顺序为:将地面拼装后的消能器及附加连接件一起起吊,并将附加连接件在柱或基础的连接板上初步定位、校正和临时固定,再连接牢固。

对于消能减震的现浇混凝土结构:

1 采用消能部件平行安装法时,同一部位各消能部件的安装,应在其下层混凝土构件浇筑完毕以及其同层周围柱的钢筋、预埋件和模板安装后进行。黏滞消能器安装时,其两端与附加铰接件在地面拼装连接为扩大安装单元后一起起吊,再将消能器下方位端的附加连接件在已浇筑梁或基础预埋板上定位和临时固定(连接件在柱钢筋骨架中留出锚筋),将上方位端在柱的钢筋骨架上定位和临时固定,两端连接牢固之后,安装上部梁板的钢筋骨架、模板和浇筑混凝土。

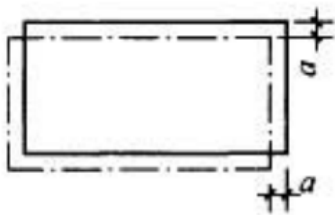
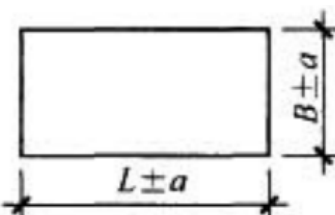
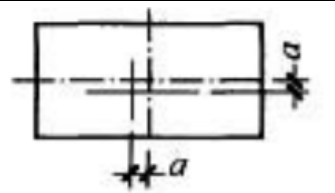
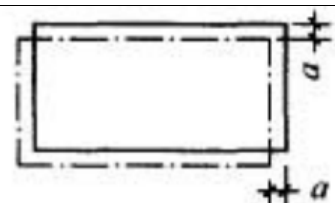
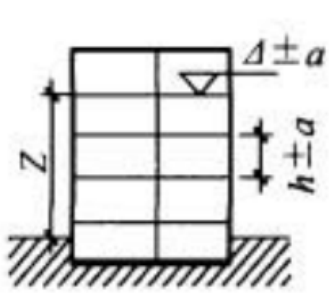
2 采用消能部件后装法时,在地面或楼面将消能部件进行拼装,检查测量拼装后的总尺寸和锚栓孔位置,并与安装部位的相应空当尺寸、锚栓位置进行对照核查,凡是预拼装尺寸大于安装位置预留尺寸,或锚栓与栓孔错位大于本规程或现行国家有关规范的允许偏差,导致不能就位时,安装前应在地面进行修理。对于黏滞消能器,两端与附加铰接件地面拼装后,安牢固。

III 施工测量和消能部件的安装、校正

7.2.11 消能部件平面与标高的测量定位、施工测量放样和安装测量定位应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的要求。

7.2.11 条文说明：多高层建筑结构四廓主轴线及标高点施工测量放样的允许偏差，根据目前国内建筑施工测量水平，建筑物施工放线的允许偏差应符合表 7.2.11-1 规定，表中的允许偏差是根据国家现行标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定，对外廓主轴线及标高点相对于地面或首层的偏差控制，除控制顶部偏差外，增加了每层相对地面的偏差控制，以避免偏差的积累。

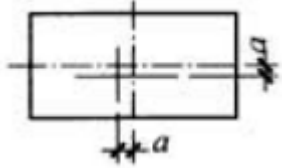
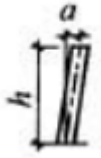

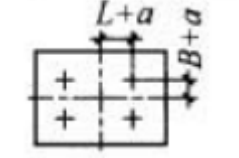
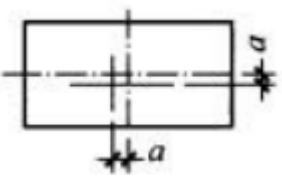

表 7.2.11-1 建筑物施工放线的允许偏差

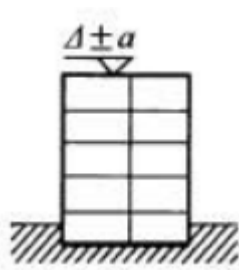
项目		允许偏差 a (mm)	图例	
外廓主轴线位置的防线偏差	相邻层主轴线的相对位置	3.0		
	高 Z 处楼面与首层相对位置 Z ≤ 30m 30m < Z ≤ 60m 标准	5.0		
		10.0		
		60m < Z ≤ 90m		15.0
		90m < Z ≤ 120m		20.0
		120m < Z ≤ 150m		25.0
Z > 150m	30.0			
基础及各层外廓主轴线长度 L、B 的放线偏差	L (B) ≤ 30m 30m < L (B) ≤ 60m	± 5.0		
	60m < L (B) ≤ 90m	± 10.0		
	L (B) > 90m	± 15.0		
		± 20.0		
墙、柱、梁及消能部件定位轴线位置的防线偏移		2.0		
墙、柱、梁及消能部件定位轴线位置的防线偏移		3.0		
结构层标高点放样偏差	相邻楼层或柱节的相对标高	± 3.0		
	高 Z 处楼面与地面相对标高 Z ≤ 30m 30m < Z ≤ 60m 标准	± 5.0		
		± 10.0		
		60m < Z ≤ 90m		± 15.0
		90m < Z ≤ 120m		± 20.0
120m < Z ≤ 150m	± 25.0			
Z > 150m	± 30.0			

消能减震结构的施工安装及连接完成后，消能减震结构施工安装的允许偏差应符合表 7.2.11-2 规定。对于既有建筑加固工程允许偏差根据现场实际情况可做适当调整。

表 7.2.11-2 消能减震结构施工安装允许偏差

项目	允许偏差		图例
	多高层混凝土结构	多高层钢结构	

消能部件底板中心线对定位轴线的安装偏移		10.0	5.0	
消能器的人字形附加支撑的平面外垂直度		10.0	$h/1000$	
消能部件锚栓位置	锚栓预留孔中心对定位轴线偏移	10.0		
	锚栓中心对定位轴线偏移	2.0		
消能部件底板螺栓孔对底板中心线的偏移		1.5	1.5	
墙柱中心线对定位轴线偏移	底层柱的柱底	5.0	3.0	
	上层底柱的柱底	5.0	2.0	
梁轴线对定位轴线的偏移		5.0	2.0	
墙柱垂直度	每层或每节柱高	≤ 5.0	8	
		> 5.0	10	
	主体结构全高		$h/1000$ 且不应大于 30.0	$(h/1000) + 10.0$ 且不应大于 50.0
结构标高对标高线偏移	基础上柱底安装标高偏移	± 5.0	± 2.0	
	每层或每节柱的标高偏移	± 10.0	± 3.0	

	结构顶部标高偏移	用相对标高控制安装	±30.0	$\pm \sum_1^n (a_h + a_z + a_w)$	
		用设计标高控制安装		+h/1000, 且不应大于+30.0-h/1000, 且不应小于-30.0	

7.2.12 消能部件安装前,准备工作应包括下列内容:

- 1 消能部件的定位轴线、标高点等应进行复查;
- 2 消能部件的运输进场、存储及保管应符合制作单位提供的施工操作说明书和国家现行有关标准的规定;
- 3 按照消能器制作单位提供的施工操作说明书的要求,应核查安装方法和步骤;
- 4 对消能部件的制作质量应进行全面复查。

7.2.13 消能部件安装的吊装就位、测量校正应符合设计文件的要求。

IV 消能部件安装的焊接和紧固件连接

7.2.14 消能部件安装接头节点的焊接、螺栓连接,应符合设计文件和国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661 及《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

7.2.15 消能部件采用铰接连接时,消能部件与销栓或球铰等铰接件之间的间隙应符合设计文件要求,当设计文件无要求时,间隙不应大于 0.3mm。

7.2.15 条文说明:消能部件采用铰接连接时,连接间隙会影响消能部件的消能性能的发挥,为了减小其对结构减震性能的影响,对采用铰接连接时,消能部件与销栓或球铰等铰接件之间的间隙应做出相应的规定。

7.2.16 消能部件安装连接完成后,应符合下列规定:

- 1 消能器没有形状异常及损害功能的外伤;
- 2 消能器的黏滞材料、黏弹性材料未泄漏或剥落,未出现涂层脱落和生锈;
- 3 消能部件的临时固定件应予撤除。

8 消能减震加固验收及维护

既有建筑消能减震加固验收及维护

8.1.1 消能部件子分部工程有关安全及功能的见证取样检测项目和检验项目可按表 8.1.1-1 的规定执行。

表 8.1.1-1 消能部件子分部工程有关安全及功能的见证取样检测项目和检验项目

项次	项目	抽检数量及检验方法	合格质量标准
1	见证取样送样检测项目： (1)消能部件钢材复验； (2)高强度螺栓预拉力和扭矩系数复验； (3)摩擦面抗滑移系数复验。	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
2	焊缝质量：(1)焊缝尺寸；(2)内部缺陷；(3)外观缺陷。	一级焊缝抽检100%，二级焊缝按位置随机抽检20%；检验采用超声波或射线探伤及量规、观察	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
3	高强度螺栓施工质量；(1)终拧扭矩；(2)梅花头检查。	按节点数随机抽检 3%，且不应少于 3 个节点；检验方法应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定	《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定
4	消能部件平面外垂直度	随机抽查 3 个部位的消能部件	符合设计文件及《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定

8.1.2 消能部件子分部工程观感质量检查项目可按表 8.1.2-1 的规定执行。

表 8.1.2-1 消能部件子分部工程观感质量检查项目

项次	项目	抽检方法、数量	合格品质标准
1	消能部件的普通图层表面	随机抽查 3 个部位的消能部件	均匀、无气泡、无皱纹
2	连接节点	随机抽查 10%	连接牢固，无明显外观缺陷
3	工作范围内的障碍物	随机抽查 10%	在工作范围内无障碍物

8.1.1~8.1.2 条文说明：在消能部件子分部工程的质量验收中，为便于该子分部工程有关安全及使用功能的见证取样检测和检验的可操作性，本条根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205，结合消能部件子分部工程的施工安装特点，规定了具体检测项目。

8.1.3 消能器安装完成后应进行成品保护。

8.1.4 消能部件应根据消能器的类型、使用期间的具体情况、消能器设计使用年限和设计文件要求等进行定期检查。金属消能器、屈曲约束支撑可不进行定期检查；摩擦消能器在达到设计使用年限或技术要求后应进行检查；黏滞消能器和黏弹性消能器在正常使用情况下一般 10 年或二次装修时应进行目测检查，在达到设计使用年限时应进行抽样检验。

8.1.4条文说明：为保证消能部件在地震作用下能正常发挥预定功能，确保建筑结构的安全，并为以后工程应用和标准修订积累经验，业主或房产管理部门应在建筑结构使用过程中进行维护管理。

定期检查是由物业管理部门对消能部件本身及其与建筑物连接的状况进行的正常检查，其目的是力求尽早发现可能的异常以避免消能部件不能正常使用。

消能器达到使用年限后应进行抽样检验，抽样率不小于3%，当检验结果不合格时，应加大1倍数量进行检验，如检验结果仍不合格时，应进行全数检验，并对不合格的消能器进行更换。

8.1.5 消能部件在遭遇地震、强风、火灾等灾害后应进行抽样检验。

8.1.5条文说明：当遭遇多遇地震时，结构变形较小，消能器位移也不大，通常不需要进行特别关注，只需增加一次常规检查即可。结构遭遇设防地震和罕遇地震后，消能器会发生较大变形，检查时应对消能器、支撑和连接节点进行认真检查。罕遇地震后还应对消能器进行抽检，检验内容由设计单位确定。

8.1.6 消能器目测检查时，应观察消能器、支撑及连接构件等的外观、变形及其他问题。目测检查内容及维护方法应符合表 8.1.6 的规定。

表8.1.6 消能器检查内容及维护方法

序号	检查内容	维护方法
1	黏滞消能器的导杆上漏油，黏滞阻尼材料泄漏	更换消能器
2	黏弹性材料层龟裂、老化	更换消能器
3	金属消能器产生明显的累积损伤和变形	更换消能器
4	摩擦消能器的摩擦材料磨损、脱落，接触面设加压力的装置产生松弛	更换相关材料和压力装置
5	消能器连接部位的螺栓出现松动，或焊缝有损伤	拧紧、补焊
6	黏滞消能器的导杆、摩擦消能器的外露摩擦界面出现腐蚀、表面污垢硬化结斑结块	及时清除
7	消能器被涂装的金属表面外露、锈蚀或损伤，防腐或防火涂装层出现裂纹、起皮、剥落、老化等	重新涂装
8	消能器产生弯曲，局部变形	更换消能器
9	消能器周围存在可能限制消能器正常工作的障碍物	及时清除

8.1.7 支撑目测检查时，应检查支撑、连接部位变形和外观及其他问题等，目测检查内容及维护处理方法应符合表 8.1.7 的规定

表8.1.7支撑目测检查内容及维护处理方法

序号	目测检查内容	维护方法
1	出现弯曲、扭曲	更换支撑
2	焊缝有裂纹、螺栓、锚栓的螺母松动或出现	拧紧、补焊
3	支撑和连接部位被涂装的金属表面、焊接或紧固件表面上、出现外露金属、锈蚀或损伤等	重新涂装

隔震篇

9 隔震装置

9.1 一般规定

9.1.1 隔震支座的技术性能和试验应符合本章的有关要求，并应符合有关产品标准的规定。

9.1.1条文说明：隔震层使结构的振动周期加大并远离地震动的卓越周期，增大了结构体系的阻尼。为达到明显的隔震效果，隔震支座需具备竖向承载性能、隔震特性、复位特性及耗能特性等技术性能，并根据试验判断质量是否合格。

9.1.2 各类隔震支座的产品性能必须经检验合格，并提供下列性能指标：

- 1 在轴压应力设计值作用下的竖向刚度；
- 2 在轴压应力设计值作用下的竖向变形性能；
- 3 竖向极限压应力；
- 4 在水平位移为 0.55 倍有效直径时的竖向极限压应力；
- 5 竖向极限拉应力；
- 6 在轴压应力设计值作用下，水平剪切应变分别为 100%、250%、400%，且相应的水平加载频率分别为 0.3Hz、0.2Hz、0.1Hz 时的有效水平刚度和等效阻尼比；
- 7 在轴压应力设计值作用下的水平极限变形能力；
- 8 耐久性能，包括老化性能、徐变性能和疲劳性能；
- 9 其它相关性能，包括在不同竖向轴压应力、水平剪切应变、水平加载频率、环境温度下的水平刚度和阻尼比的变化率；
- 10 耐火性能；
- 11 有特殊要求的性能，如抗腐蚀性、耐水性等。

9.1.3 对有芯型或其他含有消能器装置的隔震支座，应满足第 9.1.2 条的所有要求，并提供在轴压应力设计值作用下的水平剪切屈服剪力、屈服前水平刚度和屈服后水平刚度。

9.1.4 对单独设置的阻尼装置或抗风装置，应满足第 9.1.2 条第 6、7、8 款的要求，并提供在轴压应力设计值作用下的水平剪切屈服力、屈服前水平刚度和屈服后水平刚度。

9.1.5 对于叠层橡胶隔震支座，支座的压应力破坏极限值不应小于 90MPa，隔震支座的屈服拉应力不应小于 1.5Mpa，极限拉应力不应小于 4.0MPa。

9.1.3~9.1.5 条文说明：隔震支座要能承受上部建筑物的重量，并且在竖向荷载作用下不能有过大变形；其次，为了延长结构的振动周期，减小上部结构的加速度反应，水平向需具有充分的柔度；再次，为了使结构衰减，限制结构的位移，还必须有一定的阻尼。因此，隔震支座应具有足够的竖向承载能力和竖向刚度、小的水平刚度和适当的阻尼衰减特性等。此外，建筑物的设计使用寿命为 50 年或者更长时间，在此期间，隔震支座应能保持正常使用特性，故还应具有耐久性、耐火性及其他相关特性。

9.1.6 橡胶隔震支座及弹性滑板隔震支座中橡胶部应采用天然橡胶整体硫化而成。支座整体设计使用年限不应低于上部结构的设计使用年限，一般不应低于 50 年。

9.1.6 条文说明：橡胶隔震支座及弹性滑板隔震支座中橡胶应采用天然橡胶整体硫化而成，不得分层简单粘接而成，以保证隔震支座在承担竖向荷载和水平大变形时压剪或拉剪荷载时的安全性。

9.2 隔震支座

9.2.1 隔震结构中使用的隔震支座主要包括两种, 橡胶隔震支座和弹性滑板隔震支座(ESB), 橡胶隔震支座包括天然橡胶隔震支座(LNR)、铅芯橡胶隔震支座(LRB)、高阻尼橡胶隔震支座(HDR)。支座形状分为圆形和方形, 宜优先选用圆形支座。

9.2.1条文说明: 圆形支座不具有方向性, 更适合隔震建筑承担来自任意水平方向的地震作用。方形支座在两个方向的交接处容易形成应力集中, 隔震建筑建议优选圆形支座。

9.2.2 橡胶隔震支座可选用现行国家标准规范《橡胶支座第3部分: 建筑隔震橡胶支座》GB20688.3中规定的 I 或 II 型支座。

9.2.2条文说明: 推荐采用 I, II 类支座, 不推荐 III 类支座, 因 III 类支座不能承担拉力。

9.2.3 橡胶隔震支座的形状系数应符合下列要求: (对于这个条目是否应该有其数值要求)

1 橡胶隔震支座的第一形状系数 S_1 , 应按下列式计算:

(1) 无开孔支座:

$$\text{圆形支座: } S_1 = \frac{d_0}{4t_r} \quad (9.2.3-1)$$

$$\text{方形支座: } S_1 = \frac{a}{4t_r} \quad (9.2.3-2)$$

式中: d_0 ——内部钢板的外部直径 (mm);

t_r ——单层橡胶层的厚度 (mm);

a ——方形支座内部橡胶的边长 (mm)。

(2) 开孔支座:

$$\text{圆形支座: } S_1 = \frac{d_0 - d_i}{4t_r} \quad (9.2.3-3)$$

$$\text{方形支座: } S_1 = \frac{4a^2 - \pi d_i^2}{4t_r(4a + \pi d_i)} \quad (9.2.3-4)$$

式中: d_i ——内部钢板的开孔直径 (mm); 若孔洞灌满橡胶或铅, 则按无开孔支座考虑。

2 橡胶隔震支座的第二形状系数 S_2 , 应按下列式计算:

$$\text{圆形支座: } S_2 = \frac{d_0}{T_r} \quad (9.2.3-5)$$

$$\text{方形支座: } S_2 = \frac{a}{T_r} \quad (9.2.3-6)$$

式中: T ——内部橡胶的总厚度。

- 9.2.4 隔震支座的力学性能包括：压缩性能、剪切性能、拉伸性能、剪切性能相关性、压缩性能相关性、极限剪切性能等。具体试验项目见《橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3 中 6.3 条，具体试验方法见《橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法》GB/T 20688.1 第6章。
- 9.2.5 橡胶材料的物理性能包括：拉伸性能、老化性能、硬度、黏合性能、压缩性能、剪切性能、脆性性能、抗臭氧性能、低温结晶性能等。具体试验项目见《橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3 第6.4 条，具体试验方法见《橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法》GB/T 20688.1 第5章。
- 9.2.6 弹性滑板支座一般由上连接板、上封板、下封板、下连接板、滑移面板和滑移材料等部件组成。按照橡胶支座部的形状，可将滑板支座分为圆形和方形两类。
- 9.2.7 弹性滑板隔震支座中橡胶部形状系数应符合现行国家标准《橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB 20688.5 的相关要求。
- 9.2.8 弹性滑板隔震支座的力学性能有：压缩性能、剪切性能、剪切性能相关性、压缩性能相关性、极限性能和耐久性能等。上述性能的具体要求和试验方法应符合《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB 20688.5 的规定。
- 9.2.9 滑板支座的外观要求，允许偏差和检验规则等应符合《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB20688.5 的规定。
- 9.2.10 既有结构采用隔震技术加固时，还可在隔震层使用摩擦摆支座，其外观要求，允许偏差和检验规则等应符合《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T37358 的规定。

10 既有建筑隔震加固设计

10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于对多层砌体结构、多层钢筋混凝土结构、钢结构和钢-混凝土混合结构的既有建筑隔震加固,其他结构形式可依据此做参考。

10.1.1 条文说明:采用隔震技术加固既有建筑,其水平地震作用相对于抗震建筑有显著降低,各种结构类型隔震建筑的最大适用高度应该可以比抗震建筑适当提高。但是,高层隔震建筑自身又存在高宽比受限、倾覆效益显著、隔震支座受拉等问题,我国目前最高的隔震建筑高度在100m左右,高层隔震建筑的建设有待继续发展,且钢结构隔震建筑应用较少,钢-混凝土混合结构隔震建筑的相关规定有待补充完善。

10.1.2 既有建筑采用隔震加固设计时应符合下列各项要求:

1 结构高宽比宜小于4,且不应大于相关规范规程对非隔震结构的具体规定,其变形特征接近剪切变形,最大高度应满足本规范非隔震结构的要求;高宽比大于4或非隔震结构相关规定的结构采用隔震设计时,应进行专门研究。

2 既有建筑场地宜为I、II、III类,并应具有稳定性较好的基础。

3 风荷载和其他非地震作用的水平荷载标准值产生的总水平力不宜超过结构总重力的10%。

4 隔震层应提供必要的竖向承载力、侧向刚度和阻尼;穿过隔震层的设备配管、配线,应采用柔性连接或其他有效措施以适应隔震层的罕遇地震水平位移。

5 对单层面积较大或长度超过100米的建筑,结合当地气候条件,进行变形计算,并考虑上部结构变形导致对隔震支座水平位移变形的影响。

10.1.2 条文说明:在隔震设计的方案比较和选择时仍应注意:

1 隔震技术对低层和多层建筑比较合适,日本和美国的经验表明,不隔震时基本周期小于1.0s的建筑结构效果最佳;但是,不应仅限于基本自振周期在1s内的结构,因为超过1s的结构采用隔震技术有可能同样有效,国外大量隔震建筑也验证了此点。

2 根据橡胶隔震支座抗拉屈服强度低的特点,需限制非地震作用的水平荷载,结构的变形特点需符合剪切变形为主,且房屋高宽比小于4或有关规范、规程对非隔震结构的高宽比限制要求。对高宽比大的结构,需进行整体倾覆验算,防止支座压屈或出现拉应力超过1MPa。

3 国外对隔震工程的许多考察发现:硬土地较适合于隔震房屋;软弱场地滤掉了地震波的中高频分量,延长结构的周期将增大而不是减小其地震反应,墨西哥地震就是一个典型的例子。当在IV类场地建造隔震房屋时,应进行专门研究和专项审查。

4 隔震层防火措施和穿越隔震层的配管、配线,有与隔震要求相关的专门要求。2008年汶川地震中,位于7、8度区的隔震建筑,上部结构完好,但隔震层的管线受损,故需要特别注意改进。

10.1.3 隔震建筑结构的抗震措施,可按隔震结构水平向减震系数及相应地震烈度确定,并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相应设防烈度的要求及下列规定:

1 隔震结构水平向减震系数大于0.4时,隔震结构应按本地区设防烈度采取相应的抗震措施,并符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定;

2 隔震结构水平向减震系数不大于0.4时,隔震层以上结构可降低按本地区设防烈度采取的抗震措施,但烈度降低不得超过1度。

3 与竖向地震作用有关的抗震措施应满足本地区设防烈度的要求,不得降低。

10.1.4 隔震层以下结构抗震措施应按下列要求采用,并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定:

1 位于隔震层以下地面以上的结构抗震措施,在设防烈度为6、7度时,抗震等级按

框架二级、抗震墙一级确定，8度时抗震等级按框架一级、抗震墙一级确定。

2 地下室地下一层抗震等级应与地面上一层相同，以下各层结构构造措施可逐渐降低。地下室顶为隔震层时，地下室抗震等级应与隔震层上一层抗震等级相同；

3 基础隔震时，地下室抗震等级按本标准第 10.1.3 条采用。

10.1.5 既有建筑采用隔震技术加固时，隔震层宜置于建筑首层底部、地下室底部或地下室顶部。当隔震层置于既有建筑其他部位时，应做专门研究。

10.1.5 条文说明：当隔震层置于既有建筑首层底部、地下室底部或顶部时，隔震体系受力较为简单明确，设计计算方法亦较为成熟。在有特殊要求时，隔震层亦可置于房屋的其它部位；但此时隔震体系的动力特性、隔震层及下部结构受力状态将变得复杂，本章规定的等效侧力分析方法等不再适用，故应作专门设计分析。

10.1.6 既有建筑采用隔震技术加固时，设计单位应提出隔震技术加固时的施工要点、难点、危险点等。并要求施工单位编制专项施工方案，经专家组论证、设计单位认可，在监理单位监督下严格按照专项施工方案实施。

10.2 隔震层设计

10.2.1 隔震层设计应符合下列规定：

1 隔震层应由隔震支座、阻尼和抗风装置组成，阻尼、抗风装置可与隔震支座组合为一体，亦可单独设置；在实际中应多采用铅芯橡胶支座提供阻尼性能。

2 隔震层刚度中心宜与上部结构质量中心相重合；

3 隔震支座应按上部结构重力荷载分布设置；

4 阻尼装置和抗风装置单独设置时，应均匀、对称分布于建筑平面的周边；

5 隔震层可设置限位装置，限位装置应有缓冲能力，不对隔震房屋造成有害影响；限位装置的初始作动距离应大于设防地震(或设计基本地震加速度)作用下隔震支座最大位移的 0.75 倍。

10.2.1 条文说明：利用限位装置防止隔震层发生过位移，可能产生对隔震结构不利的冲击作用。因此，限位装置的采用应有充分的计算或试验依据，应使限位装置在隔震层发生较大位移时才起作用，限位装置与隔震结构的接触应是柔性、具有缓冲过程的。

10.2.2 既有建筑隔震层所在位置层高较大时，宜新增梁板体系，并符合下列规定：

1 梁板体系应采用现浇或装配整体式混凝土结构；

2 梁板体系的刚度宜大于上部结构楼面体系的刚度。

10.2.3 既有建筑隔震层所在位置层高较低时，可采用原结构梁板体系作为隔震层顶部。原结构梁板体系应按照本规程相关要求进行承载力及变形验算，对不满足要求的构件，宜采用增大截面法并按照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 相关规范进行加固。

10.2.4 隔震层支墩、支柱及相连构件，应采用隔震结构罕遇地震下隔震支座底部的竖向力、水平力和力矩进行承载力验算。

10.2.5 隔震支座附近的梁、柱应计算冲切和局部承压，加密箍筋并根据需要配置网状钢筋。

10.2.5 条文说明：隔震支座附近的梁、柱受力状态复杂，地震时还会受到冲切，应加密箍筋，必要时配置网状钢筋。

10.2.6 隔震支座、消能器、抗风装置的锚固螺栓应有足够的强度和锚固长度。

10.2.7 隔震层的橡胶隔震支座的压应力和水平位移，应符合下列规定：

1 橡胶隔震支座在重力荷载代表值作用下的竖向压应力设计值，不应超过表 10.2.7-1 的规定；滑板隔震支座在重力荷载代表值作用下的竖向压应力设计值不应超过表 10.2.7-2 的规定；

2 橡胶隔震支座在表 10.2.7-1 所列的压应力下的设计极限水平位移, 不应大于其有效直径的 0.55 倍和支座内部橡胶总厚度 3.0 倍二者的较小值; 其破坏极限水平位移不应大于支座内部橡胶总厚度 4.5 倍;

3 在经历相应设计基准期的耐久性试验后, 橡胶隔震支座刚度、阻尼特性变化不应超过初期值的 $\pm 20\%$; 徐变量不应超过支座内部橡胶总厚度的 5%;

4 对于橡胶隔震支座, 隔震支座压应力限值应符合表 10.2.7-1, 竖向压应力设计值应按永久荷载和可变荷载的组合计算, 楼面活荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定乘以折减系数; 当橡胶隔震支座的第二形状系数小于 5.0 时, 应降低平均压应力限值: 小于 5 不小于 4 时降低 20%, 小于 4 不小于 3 时降低 40%; 外径小于 300mm 的橡胶隔震支座, 丙类建筑的压应力限值为 10MPa。

对于弹性滑板隔震支座, 橡胶支座部及滑移材料的压应力限值均应满足该表 10.2.7-2 规定, 隔震支座部外径不宜小于 300mm。

表 10.2.7-1 橡胶隔震支座在重力荷载代表值下的压应力限值

建筑类别	甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
压应力限值(MPa)	10	12	15

表 10.2.7-2 弹性滑板隔震支座在重力荷载代表值下的压应力限值

建筑类别	甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
压应力限值 (MPa)	12	15	20

10.2.7 条文说明: 在长期荷载 (重力荷载代表值) 作用下, 橡胶隔震支座和弹性滑板隔震支座按照建筑抗震设防类别的不同, 分别设定不同的竖向压应力限值。橡胶隔震支座第二形状系数小于 5 时, 其竖向承载力将降低, 此时其压应力限值随之调整。弹性滑板隔震支座采用材料和内部构造不同于橡胶隔震支座, 一般不存在水平大变形作用下的橡胶受压失稳问题, 其压应力限值比橡胶隔震支座有所提高。对于多层与高层建筑隔震设计, 所采用隔震支座外径不宜小于 300mm, 以保证上部结构的稳定性并提供足够的安全储备。

10.2.8 结构的底部或下部, 其橡胶隔震支座应设置在受力较大的位置, 间距不宜过大, 其规格、数量和分布应根据竖向承载力、侧向刚度和阻尼的要求通过计算确定。隔震层在罕遇地震下应保持稳定, 不宜出现不可恢复的变形; 其橡胶支座在罕遇地震的水平向和竖向地震同时作用下, 屈服拉应力不应大于 1.5MPa, 极限拉应力不应小于 4.0MPa。

10.2.9 刚度和阻尼, 应符合下列规定:

1 隔震层的水平等效刚度和等效阻尼比, 可按下列公式计算:

$$K_{eq} = \sum k_j \quad (10.2.9-1)$$

$$\zeta_{eq} = \sum k_j \zeta_j / K_{eq} \quad (10.2.9-2)$$

式中: ζ_{eq} ——隔震层等效阻尼比;

K_{eq} ——隔震层水平等效刚度 (kN/mm);

ζ_j ——j 隔震支座由试验确定的等效阻尼比; 隔震层设置阻尼装置时, 应包括相应的阻尼比;

k_j ——包括阻尼器在内的隔震支座 j 由试验确定的水平等效刚度 (kN/mm)。

2 由试验确定隔震支座设计参数时, 竖向荷载应采用本标准表 10.2.7-1、10.2.7-2 规定的压应力限值; 滞回曲线应按隔震层中全部隔震装置经试验得到。计算对应不同地震烈度作用时的隔震层水平位移值后, 求得隔震层的等效刚度和等效阻尼比。

10.2.10 的水平位移，应符合下列规定：

$$u_{hi} \leq [u_{hi}] \quad (10.2.10)$$

式中： u_{hi} ——罕遇地震作用下第 i 个隔震支座考虑扭转水平位移（mm）；

$[u_{hi}]$ ——第 i 个隔震支座的水平位移限值（mm）；对橡胶隔震支座，应满足本标准第 9.2.7 条的要求。

10.2.11 合下式要求：

$$\gamma_w V_{wk} \leq V_{Rw} \quad (10.2.11)$$

式中: V_{Rw} ——抗风装置的水平承载力设计值(kN);当抗风装置是隔震支座的组成部分时,可取隔震支座的水平屈服荷载设计值;当抗风装置单独设置时,可取抗风装置的水平承载力,按材料屈服强度设计值确定;

γ_w ——风荷载分项系数,可取 1.5;

V_{wk} ——风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值(kN)。

10.2.12 全部隔震层构件应可置换和便于检查维护。

10.2.12 条文说明: 隔震层构件的使用寿命不应低于隔震建筑的设计使用年限,故在建筑使用中,隔震支座等一般无需更换。但隔震层及隔震构件的日常维护检查,及在特殊情况下进行更换的可能性应在设计时予以考虑。

10.3 上部结构设计

10.3.1 应根据原建筑、结构的竣工图纸、现场情况及其他相关资料,对隔震层以上的结构进行抗震性能校核。

10.3.1 条文说明: 本规程主要针对既有建筑进行改造,必须充分收集原有建筑各项资料,要求业主提供抗震鉴定报告,以利于加固改造的标准确定和后续设计的顺利进行。

10.3.2 隔震层以上的结构截面抗震验算可依据水平向减震系数,按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011及现行相关规范对抗震房屋的规定进行。

10.3.3 上部结构的抗震变形验算应按下列要求进行:

1 对框架、抗震墙和框架抗震墙结构,应进行多遇地震和罕遇地震作用下的层间位移验算。

2 在多遇地震作用下,层间弹性位移角限值可按《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定采用。

3 在罕遇地震作用下,上部结构的层间弹塑性位移角限值可按《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定采用。

10.3.4 对于未设置抗震构造措施以及采用预制装配式楼板的结构,宜加强其抗震整体性,但应避免对原结构产生过大破坏和增加较大自重。

10.3.4 条文说明: 预制装配式楼板曾在房屋中应用较广,而现行规范不再采用此类形式。对于隔震加固工程中的预制装配式楼板,应与传统加固方式有所区分。这主要是考虑到隔震后上部结构的位移以平动为主,楼板相对变形大大减小。另一方面,传统加固方法中对于预制楼板往往需凿除其面层并叠浇钢筋混凝土面板,此类方式对原结构带来一定损伤且增加自重较多,实践中不推荐采用。若仍需补充预制装配式楼板的加固,可考虑通过角钢等轻质加固手段,增加楼板的搁置长度以及整体性。

10.3.5 上部结构重新校核后,承载力或抗震措施仍然不满足现行规范要求的,应按照《混凝土结构加固设计规范》GB 50367和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116对原结构进行加固补强。

10.4 下部结构和地基基础设计

10.4.1 隔震层以下的结构和基础应符合下列要求:

1 隔震层以下的结构(包括地下室和隔震塔楼下的底盘)中直接支承隔震层以上结构的相关构件,应满足嵌固的刚度比和隔震后设防地震的抗震承载力要求,并按罕遇地震进行抗剪承载力验算。隔震层以下地面以上的结构在罕遇地震下的层间位移角限值应满足表

10.4.1要求。

2 隔震建筑地基基础的抗震验算和地基处理应按本地区抗震设防烈度进行，甲、乙类建筑的抗液化措施应按提高一个液化等级确定，直至全部消除液化沉陷。

3 若上述构件不满足要求，应对其进行加固补强，且应符合国家现行标准的相关规定。

表 10.4.1 隔震层以下地面以上结构罕遇地震下层间弹塑性位移角限值

下部结构类型	$[\theta_p]$
钢筋混凝土框架结构和钢结构	1/100
钢筋混凝土框架-抗震墙	1/200
钢筋混凝土抗震墙	1/250

10.4.1条文说明：对隔震层以下的结构部分，主要设计 requirements 是：保证隔震设计能在罕遇地震下发挥隔震效果。因此，需进行与设防地震、罕遇地震有关的验算，并适当提高抗液化措施。此规范增加了隔震层位于下部或大底盘顶部时对隔震层以下结构的规定，进一步明确了按隔震后而不是隔震前的受力和变形状态进行抗震承载力和变形验算的要求。

对不满足要求的构件，宜采用增大截面法对其加固补强，当隔震层下支墩较高时，宜设置拉梁增加其整体稳定性。

10.4.2 隔震加固时，应考虑上部结构及隔震层的荷载变化，以及传力途径的改变，并对原有地基基础进行承载力复核。当地基基础承载力不满足要求时，应按照《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123 对其进行加固处理。

10.4.2条文说明：由于隔震层的现浇混凝土梁板具有一定的厚度，将显著增加传至基础的荷载；同时，若上部结构存在构件加固或装修改造并引起荷载显著增加，应将该部分的荷载增量一并考虑。对于墙下条形基础，隔震加固后上部荷载将由线性均布荷载变为点式荷载，此时可参考柱下条形基础的模式进行地基基础承载力的验算和加固。

10.5 隔震加固托换设计

10.5.1 既有结构的竖向荷载应通过隔震层有效地传递给下部结构及基础。上部结构的荷载须经有效托换后，方可实施结构分离。结构分离时应分区、分段实施避免过大的振动，并控制差异沉降。

10.5.2 托换结构体系应满足上部结构水平或竖向荷载的分布和传递，应进行承载力、刚度和稳定性的综合设计。

10.5.2条文说明：托换结构体系除满足原上部结构的墙、柱荷载传给转换结构及基础体系外，还应考虑托换过程中不均匀受力产生附加应力的影响。

10.5.3 对于承重墙体、填充墙体及带有构造柱的墙体托换，可选择钢筋混凝土单梁或双夹梁托换，双夹梁墙体托换及隔震支座安装宜符合图 10.5.3-1，双夹梁构造柱托换及隔震支座安装宜符合图 10.5.3-2，单梁墙体托换及隔震支座安装宜符合图 10.5.3-3，单梁构造柱下隔震支座安装宜符合图 10.5.3-4。基础所受荷载由线荷载转变为集中荷载，其下的原基础须进行加固。

图 10.5.3-1 双夹梁墙体托换及隔震支座安装示意图

1—隔震支座；2—连接螺栓；3—连接板（上）；4—预埋钢板（上）；5—上支墩；6—连接板（下）；7—预埋钢板（下）；8—下支墩；9—上托换梁；10—下托换梁；11—原墙体；12—销键梁

图 10.5.3-2 双夹梁构造柱托换及隔震支座安装示意图

1—隔震支座；2—连接螺栓；3—连接板（上）；4—预埋钢板（上）；5—上支墩；6—连接板（下）；7—预埋钢板（下）；8—下支墩；9—上托换梁；10—下托换梁；11—原构造柱；12—原墙体；13—销键梁

图 10.5.3-3 单梁墙体托换及隔震支座安装示意图

1—隔震支座；2—连接螺栓；3—连接板（上）；4—预埋钢板（上）；5—上支墩；6—连接板（下）；7—预埋钢板（下）；8—下支墩；9—上托换梁；10—下托换梁；11—原墙体

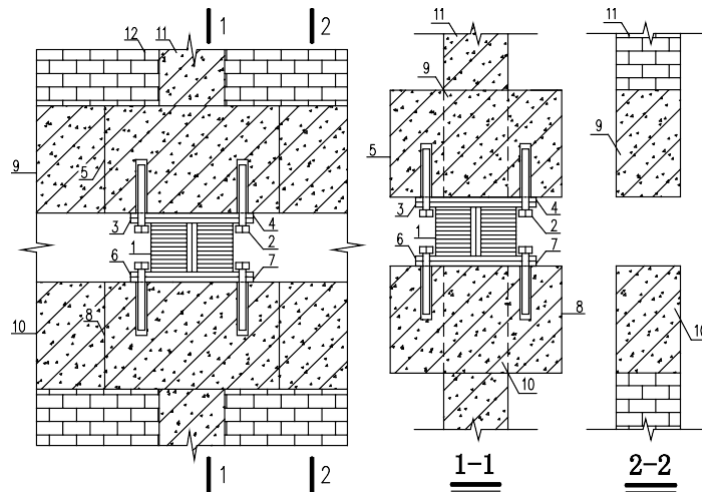


图 10.5.3-4 单梁构造柱下隔震支座安装示意图

1—隔震支座；2—连接螺栓；3—连接板（上）；4—预埋钢板（上）；5—上支墩；6—连接板（下）；7—预埋钢板（下）；8—下支墩；9—上托换梁；10—下托换梁；11—原构造柱；12—原墙体

10.5.4 对于框架柱的荷载托换, 可选择钢筋混凝土托换节点或型钢混凝土托换节点, 并与原框架柱通过植筋、后浇混凝土等措施有效传递剪力。

1 钢筋混凝土框架柱托换及隔震支座安装宜符合图 10.5.4-1, 托换梁或节点应与隔震层楼板形成整体。

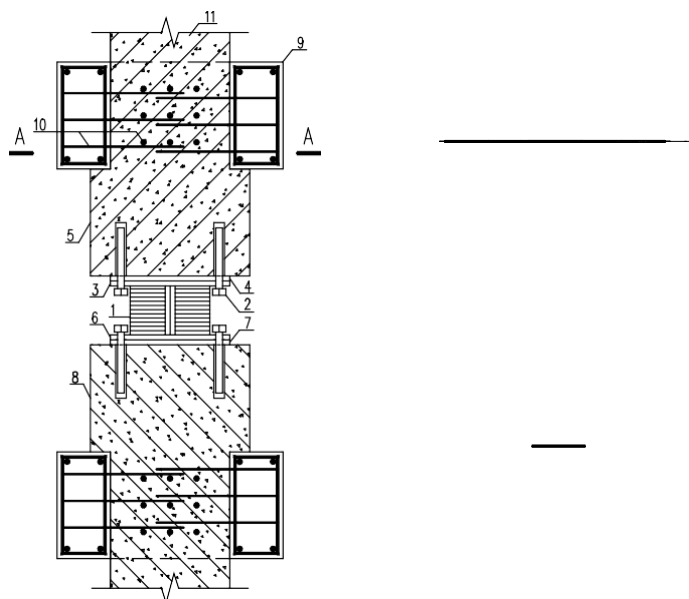


图 10.5.4-1 钢筋混凝土框架柱托换及隔震支座安装示意图

1—隔震支座; 2—连接螺栓; 3—连接板(上); 4—预埋钢板(上); 5—上支墩; 6—连接板(下); 7—预埋钢板(下); 8—下支墩; 9—包柱梁; 10—所植钢筋; 11—原框架柱

2 型钢混凝土框架柱托换及隔震支座安装宜符合图 9.5.4-2, 托换梁或节点应与隔震层楼板形成整体。

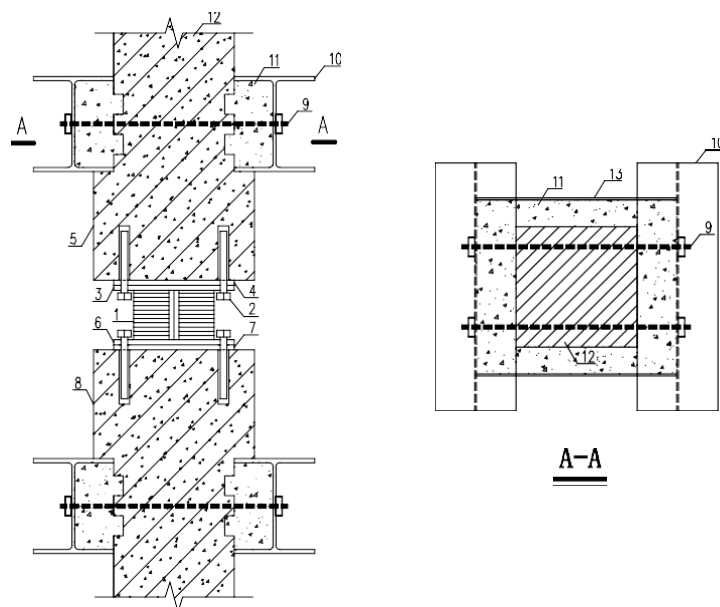


图 10.5.4-2 型钢混凝土框架柱托换及隔震支座安装示意图

1—隔震支座; 2—连接螺栓; 3—连接板(上); 4—预埋钢板(上); 5—上支墩; 6—连接板(下); 7—预埋钢板(下); 8—下支墩; 9—抗剪棒; 10—型钢; 11—混凝土; 12—原框架柱; 13—连接型钢

- 3 当采用单梁托换时，梁宽宜大于柱宽，梁内纵筋不应截断；
4 采用四面包裹式托换方式时，包柱梁的截面尺寸应满足下式要求：

$$\frac{16}{3} b h f_t > N \quad (10.5.4-1)$$

式中： N ——托换柱的轴力设计值（N）；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；

b 、 h ——四周梁的截面宽度和高度。

- 5 四面包裹式托换的柱托换节点，其承载力应满足：

$$kN \leq n_1 V_u = n_1 (V_s + V_{cf}) = n_1 \gamma (f_{cv} A_c + f_{sv} A_s) \quad (10.5.4-2)$$

式中： N ——托换柱的轴向压力设计值（N）；

n_1 ——托换柱周围托换梁受力截面的数量；

k ——系数，取 1.5~2.0；

V_u ——单个托换梁的受剪承载力设计值；

V_s ——植筋的受剪承载力设计值；

V_{cf} ——滑移界面的混凝土粘结力和摩擦力；

γ ——综合影响系数，可取 0.8；

f_{sv} ——植筋的抗剪强度设计值；

A_s ——全部植筋的截面面积；

f_{cv} ——新旧混凝土界面粘结抗剪强度设计值，取 $0.3 f_{tk}$ ；

A_c ——粘结界面总面积；

- 6 根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010，托换梁受剪截面应符合下列规定：

当 $h/b \leq 4$ 时

$$V_{ui} \leq 0.25 \beta_c f_c b h_0 \quad (10.5.4-3)$$

当 $h/b \geq 6$ 时

$$V_{ui} \leq 0.2\beta_c f_c b h_0 \quad (10.5.4-4)$$

当 $4 \leq h/b \leq 6$ 时, 按线性内插法确定。

式中:

β_c ——混凝土强度影响系数: 当混凝土强度等级不超过 C50 时, 取 $\beta_c=1.0$; 当混凝土强度等级为 C80 时, 取 $\beta_c=0.8$; 其间按线性内插法确定;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2);

h ——托换梁截面高度 (mm)。

10.5.5 框架柱节点四周托换梁结构的抗剪和抗弯验算按钢筋混凝土深梁计算。

10.5.6 对隔震层超过原结构首层标高的隔震层, 可考虑采用变截面梁或增设支点的的方式以减小隔震层截面高度。变截面梁托换宜符合图 10.5.6-1, 梁跨中增设支点的宜符合图 10.5.6-2。

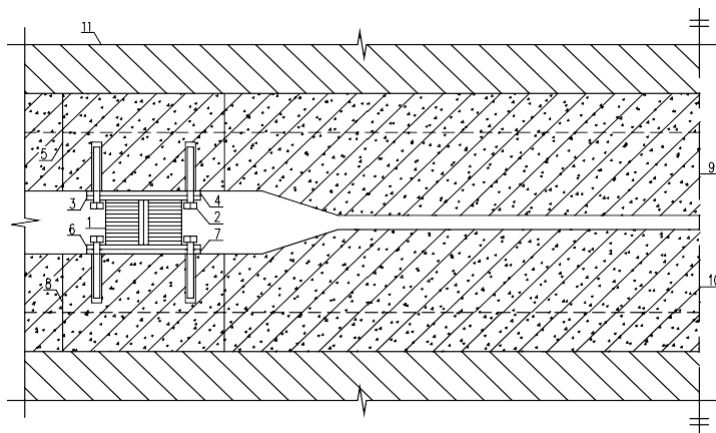


图 10.5.6-1 变截面梁托换示意图

1-隔震支座; 2-连接螺栓; 3-连接板 (上); 4-预埋钢板 (上); 5-上支墩; 6-连接板 (下);
7-预埋钢板 (下); 8-下支墩; 9-上托换变截面梁; 10-下托换变截面梁; 11-原上部结构

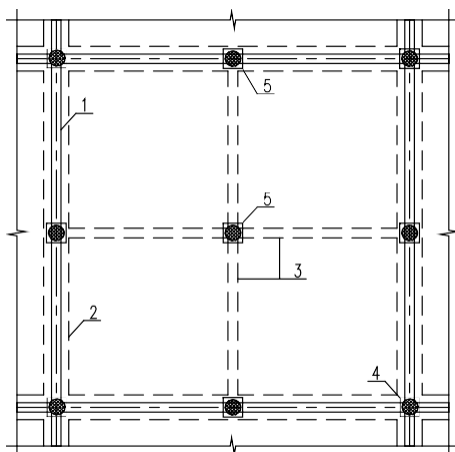


图 10.5.6-2 梁跨中增设支点示意图

1-上部结构; 2-托换梁; 3-隔震层梁; 4-隔震支座; 5-增设支点处的隔震支座

10.5.7 托换结构的托换梁应彼此进行连接, 必要时增设连梁或斜向支撑, 形成稳定的平面桁架体系。托换桁架内力分析方法可采用平面桁架简图进行计算, 杆件截面设计按现行国家标准进行。

10.5.7条文说明: 托换节点和墙体托换梁根据实际结构的首层平面构件设置, 其组成的结构托换底盘往往受力不均、整体性较差或水平刚度不足, 在水平移位荷载作用下, 端柱底

部可能产生较大的相对位移，从而引起结构开裂。因此，托架设计中通常增设连梁或斜向支撑，形成平面刚度很大的整体托架。托架中连梁根据平面刚度大小和传力需要进行设置。

连梁的设置原则为：

- 1 沿轴线设置，通常沿结构轴线拉通；
- 2 较大空间设置时，建议开间和进深大于 $4\text{m}\times 6\text{m}$ 时设置；
- 3 根据外施动力需要设置。

支撑连梁设置可以与轴线平行，也可设计成斜向支撑。

10.5.8 托换结构应满足局部抗压和抗冲切要求。

10.5.8 条文说明：局部抗压和抗冲切按《混凝土设计规范》GB 50010 进行计算。

10.6 连接构造措施

10.6.1 上部结构的构造措施，应符合下列要求：

- 1 隔震支座的相关部位应采用现浇混凝土梁板结构，现浇板厚度不应小于 160mm；
- 2 隔震层顶部梁、板的刚度和承载力，宜大于一般楼盖梁板的刚度和承载力；

10.6.2 隔震支座和阻尼装置的连接构造，应符合下列要求：

- 1 隔震支座和阻尼装置应安装在便于维护人员接近的部位；
- 2 隔震支座与上部结构、下部结构之间的连接件，应能传递罕遇地震下支座的最大水平剪力和弯矩；

3 外露的预埋件应有可靠的防锈措施。预埋件的锚固钢筋应与钢板牢固连接，锚固钢筋的锚固长度宜大于 20 倍锚固钢筋直径，且不应小于 250mm。

10.6.1~10.6.2 条文说明：为了保证隔震层能够整体协调工作，隔震层顶部应设置平面内刚度足

够大的梁板体系。当采用装配式钢筋混凝土楼盖时，为使纵横梁体系能传递竖向荷载并协调横向剪力在每个隔震支座的分配，支座上方的纵横梁体系应为现浇。为增大隔震层顶部梁板的平面内刚度，需加大梁的截面尺寸和配筋。

上部结构的底部剪力通过隔震支座传给基础结构。因此，上部结构与隔震支座的连接件、隔震支座与基础的连接件应具有传递上部结构最大底部剪力的能力。

10.6.3 砌体结构隔震层的构造应符合下列规定：

1 多层砌体房屋的隔震层位于地下室顶部时，隔震支座不宜直接放置在砌体墙上，并应验算砌体的局部承压。

2 隔震层顶部纵、横梁的构造均应符合《建筑抗震设计规范》GB50011 第 7.5.8 条关于底部框架砖房的钢筋混凝土托墙梁的要求。

10.6.4 隔震结构应采取不阻碍隔震层在罕遇地震下发生大变形的下列措施：

1 上部结构的周边应设置竖向隔离缝，缝宽不宜小于各隔震支座在罕遇地震下的最大水平位移值的 1.2 倍且不小于 200mm。对两相邻隔震结构，其缝宽取最大水平位移值之和，且不小于 400mm。

2 上部结构与下部结构之间，应设置完全贯通的水平隔离缝，缝高可取 20mm，并用柔性材料填充；当设置水平隔离缝确有困难时，应设置可靠的水平滑移垫层。

3 穿越隔震层的门廊、楼梯、电梯、车道等部位，应防止可能的碰撞。

10.6.5 隔震层的构造还应符合下列要求：

- 1 隔震支座与上部结构、下部结构应有可靠的连接；
- 2 利用构件钢筋作避雷线时，应采用柔性导线连通上部与下部结构的钢筋，并确保接地线具有足够的变形量；
- 3 穿过隔震层的竖向管线应符合下列要求：

- 1) 柔性管线在隔震层处应预留伸展长度，其值不应小于隔震层在罕遇地震作用下最大水平位移的 1.2 倍，且不宜小于 200mm；
- 2) 重要管道、可能泄露有害介质或可燃介质的管道，隔震层处应采用柔性接头或柔性连接段，柔性接头或柔性连接段安装应严格按照相关工艺和技术要求，保证罕遇地震时水平变形能力满足设计要求，不发生破坏和引发次生灾害；
- 3) 管线接头部分重量很大时，宜设置不阻碍隔震层位移的支撑。
- 4) 当隔震层设置在有耐火要求的使用空间中时，隔震支座和其他部件应根据使用空间的耐火等级采取相应的防火措施，并定期检查以消除火灾隐患；防火措施的耐火等级按《建筑防火设计规范》GB50016上部结构承重墙和柱的要求采用。检测方法应符合《建筑构件耐火试验方法 第7部分：柱的特殊要求》（GB/T9978.7）。防火措施应不妨碍隔震橡胶支座的变形。隔震橡胶支座受火前后的竖向压缩性能和水平剪切性能的变化率不大于±15%。
- 5) 隔震层所形成的缝隙可根据使用功能要求，采用柔性材料封堵、填塞；该材料的燃烧性能等级需不低于外墙外保温材料的燃烧性能，且不低于B1级。
- 6) 隔震层宜留有便于观测和更换隔震支座的空间，并可设置必要的照明、通风及消防设施。
- 7) 隔震层上部结构底板需按照建筑节能设计的要求完善其保温体系。使用的保温材料燃烧性能等级需不低于原设计外保温材料的燃烧性能，且不低于B1级。

10.6.5条文说明：由于隔震后的上部结构需要与周边完全脱开并需要有一定的位移空间，因此独栋建筑相对而言更加适合隔震加固。对于平面设缝的建筑以及紧邻周边建筑的加固项目，应做专项论证。

对于多栋建筑的隔震加固，目前一般有几类做法：一是隔震层形成整体，上部结构不连接，此时应验算各栋单体之间的地震作用组合效应以及位移需求；二是隔震层和上部结构均在各楼层处连接，此时应做整体模型的抗震分析，并仍需满足原结构温度缝等设置需求；三是单体做少量平移，以满足隔震建筑的位移需求；四是在单体间设置耗能阻尼装置，兼有限位作用。

10.6.6 在使用过程中，隔震层应设置检修口，以便隔震层检查、维护。

10.6.6条文说明：由于隔检修口可利用联系隔震层的楼梯或直接在隔震层楼板上开洞来实现。

10.6.7 下人检查口的尺寸应便于施工人员进入，且满足运输隔震支座、连接板及其他施工机械的要求。

11 加固施工

11.1 一般规定

11.1.1 既有建筑隔震加固工程施工现场管理，应有健全的质量管理体系与检验制度。

11.1.2 既有建筑消能减震工程施工前应根据住建部令 2018 年 37 号《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》编制专项施工组织设计或施工技术方案的，并经专家论证后方可组织实施，现场施工时进行专项施工技术交底。

11.1.3 既有建筑隔震加固工程施工所采用的各类计量器具，均须经校准或检定合格，且应在有效期内使用。

11.1.4 既有建筑隔震加固工程应作为主体结构分部工程的一个子分部工程进行施工。

11.1.5 既有建筑隔震加固子分部工程的施工作业，宜划分为二个阶段：

1 对于采用隔震技术加固的建筑宜划分为隔震支座进场验收和隔震支座的安装防护。

2 隔震支座进场验收应提供下列资料：

1) 隔震支座检验报告；

2) 监理单位、建设单位对隔震支座检验的确认单。

11.1.6 隔震支座的尺寸、变形、连接件位置及角度、螺栓孔位置及直径、高强度螺栓、焊接质量、表面防锈漆等应符合设计文件规定。

11.1.6条文说明：隔震支座大多为预制部件，对其制作尺寸及其他加工质量应严格要求。在其制作过程中或进场前，应对其进行检查，对发现的尺寸偏差或其他质量问题应在加工过程中进行修理，不应在隔震支座到现场安装时才进行质量检查，导致因质量问题而影响施工工期。

11.1.7 隔震支座安装应在上道工序交接检验合格后进行施工；支座安装工程施工经质量验收合格后，方可进行后续工程施工。

11.1.8 既有建筑隔震加固工程应进行工程监理。

11.1.9 隔震支座安装宜由经过专门培训的人员实施。

11.1.10 对于上部结构托换工程工期较长的工程，施工方应与设计方密切协作，考虑施工期间抗震抗风要求，安排合理的施工顺序。

11.1.11 既有建筑采用隔震技术加固宜按以下流程施工：

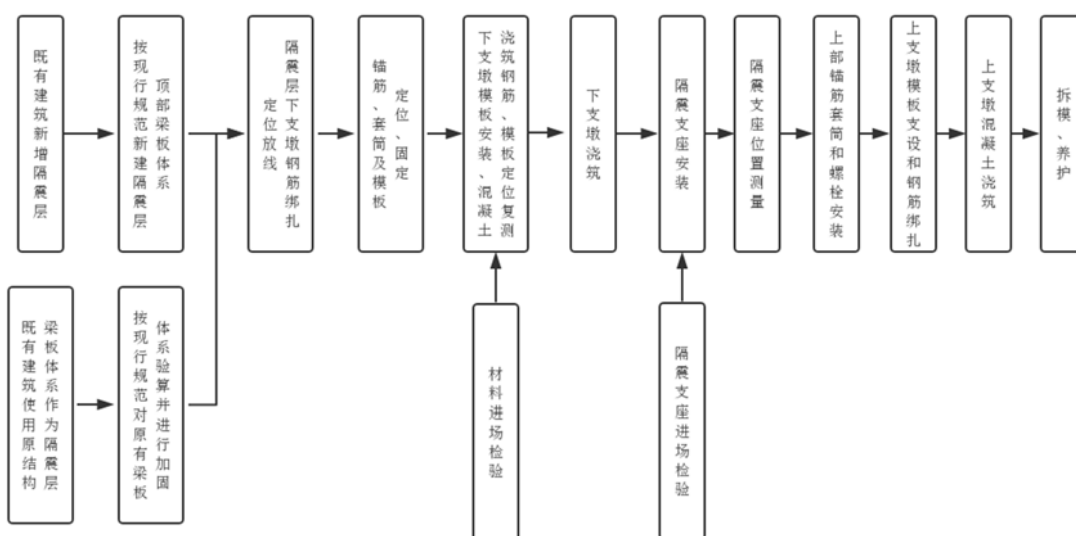


图 11.1.11 隔震支座安装施工流程图

11.2 隔震加固施工要求

I 隔震部件进厂验收

11.2.1 支座和阻尼器产品进场应提供下列质量证明文件：

- 1 原材料检测报告；
- 2 连接件检测报告；
- 3 产品合格证；
- 4 出厂检验报告；
- 5 型式检验报告；
- 6 其他必要证明文件。

11.2.1条文说明：隔震支座和阻尼器进场时，应由厂家提供产品的出厂检验报告和型式检验报告，且应符合相关现行国家标准《橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB 20688.3和现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209及设计文件的规定。其他必要证明文件包括业主要求提供的产品认证证书等。

11.2.2 隔震支座应进行见证检验，具体检验内容及质量要求详见《建筑隔震工程施工及验收规范》JGJ 360-2015中4.2节。

11.2.2条文说明：支座作为支承上部结构和地震时发挥隔震作用的关键结构元件，必须严格进行现场检验。其中，剪切性能要求对试验加载最低频率进行专门规定，以保证试验检测结果具有实用价值。相关标准编制时国内试验条件尚不具备，未对频率作强制性要求或要求过低（仅为0.001Hz）与支座地震时工作状态相差甚远。日本相关规定为不低于0.3Hz即考虑隔震周期不低于3s。考虑现在国内试验条件和高层建筑隔震应用时，隔震周期常常大于3s为保证试验具有实际验证作用，特提出压剪试验加载频率的明确规定。另一方面，水平极限变形能力是检测支座在较大地震时能否可靠有效发挥作用的重要指标，同时也是检验支座生产质量控制能力的关键性指标，亦作明确要求，以区别于出厂检验要求，并对支座性能进行高标准复检。

11.2.3 阻尼器应进行见证检验，并按现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209中的相关要求，对最大阻尼力、阻尼系数、阻尼指数、滞回曲线及耐久性能进行检验，检测后合格的阻尼器方可使用。具体检验内容及质量要求详见《建筑隔震工程施工及验收规范》JGJ 360中4.3节。

11.2.3条文说明：阻尼器作为建筑隔震结构的主要耗能元件，同支座共同工作，保证建筑物的安全性，应进行现场见证检验。阻尼器进场时应提供制作偏差等数据，材料的品种、规格和性能指标尚应符合现行行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209及设计文件中的规定。

11.2.4 支座搬运时应有防止雨淋、日晒、磕碰和锐器划伤等措施。

11.2.5 支座应储存在干燥、通风、无腐蚀性气体、无紫外线直接照射并远离热源的场所，码置应整齐牢固，不得混放、散放。严禁与酸碱、油类、有机溶剂或腐蚀性化学品等接触。开封验货后，应进行包装防护。

11.2.6 应对建筑隔震工程的支座、阻尼器及其连接件等进行进场验收，可按本规范附录B记录。

11.2.6条文说明：建筑隔震工程的参建各方应联合对支座、阻尼器及其连接件、预埋件等进行进场验收。

II 隔震部件安装

11.2.7 支座下支墩（柱）施工应符合下列规定：

1 支座下支墩（柱）钢筋安装、绑扎时，应确定支座下预埋套筒或锚筋的位置，不应相互阻挡。

2 支座下连接板预埋就位后，应校核其标高、平面位置、水平度，并应符合本规范和设计的要求。

3 支座下支墩（柱）的混凝土宜分二次浇筑，浇筑时应有排气措施。第一次宜浇筑至支座下连接板以下，第二次浇筑前应复核支座下连接板的平面位置、标高和水平度。二次浇筑的混凝土宜采用高流动性且收缩小的混凝土、微膨胀或无收缩高强砂浆，其强度等级宜比原设计强度等级提高一级。混凝土不应有空鼓。

4 浇筑混凝土前，应对螺栓孔采取临时封闭措施，不应灌入混凝土。混凝土浇筑完成后应及时将下连接板表面清理干净。

5 混凝土初凝前，应校核下连接板的平面位置、高程和水平度，发现问题应立即采取处理措施以满足要求，并应保留相关记录。

6 二次浇筑混凝土高度严禁超过支座下连接钢板上表面。

11.2.7 条文说明：支座下支墩（柱）和下连接板安装是建筑隔震工程施工的难点和重点。关键是下连接板的定位和板下混凝土浇筑质量。下支墩（柱）的节点处钢筋密集，常与下连接板的套筒或锚筋位置冲突，施工方案须充分研究。必要时与设计人员沟通，根据现场和实际情况，出具设计变更文件。为保证混凝土浇筑质量和支座密贴，建议采用二次浇筑法并且第二次浇筑的支座下混凝土强度宜提高一个等级。

11.2.8 支座安装应符合下列规定：

- 1 下支墩（柱）混凝土强度达到设计强度的 75% 以上时方可进行支座安装；
- 2 支座安装前应复核下连接板的平面位置、标高和水平度，并应保留相关记录；
- 3 支座吊装时，应按厂家提供的吊点安装吊具，吊运过程中，支座宜水平；
- 4 支座安装过程中应采取措施，不得发生水平变形；
- 5 支座就位后，应复核其平面位置、顶面高程和顶面水平度；
- 6 螺栓应对称拧紧；
- 7 支座安装后，支座与下支墩（柱）顶面的连接板应密贴；
- 8 当同一支墩（柱）下采用多个支座组合时，必须采用同一厂家产品。

11.2.9 支座相邻上部结构施工应符合下列规定：

- 1 支座安装验收合格后，方可进行后续工程施工；
- 2 支座上连接板安装后，将锚定螺栓就位，应校核其位置、高程等，并应保留记录；
- 3 支座安装后应立即采取保护措施，后续施工过程中不得污染、损伤；
- 4 支座上部相邻结构的模板和混凝土工程施工时，应对隔震层采取临时固定措施，不应发生水平位移；
- 5 对单层面积较大或长度超过 100m 的支座相邻上部混凝土结构、大跨度的钢结构或设计有特殊要求的，应制定专项施工方案，不应产生过大的温度变形和混凝土干缩变形；
- 6 当支座相邻上部结构为钢结构和钢骨结构时，应对全部支座采取临时固定措施；
- 7 在支座相邻上部结构施工过程中，应定期观测支座竖向变形，并应保留相应记录。

11.2.9 条文说明：本条规定了支座相邻上部结构施工的基本要求。支座相邻上部结构的模板和混凝土工程施工时，混凝土的振捣可能导致支座发生变形，隔震层发生水平位移，对隔震建筑的施工及使用是不利的。因此，应对隔震层采取临时固定措施，不应发生水平位移。

11.2.10 当支座需进行防火保护时，应按设计文件进行。

11.2.11 阻尼器的安装应满足下列要求：

- 1 阻尼器与主体结构的连接方案，应经确认后实施；
- 2 阻尼器的平面布置、吊装就位应符合设计要求；
- 3 阻尼器安装接头的高强度螺栓连接，应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定，并应符合设计要求；
- 4 阻尼器安装接头的焊接连接，应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定，并应符合设计要求；
- 5 阻尼器与铰接件之间的销栓或球铰连接时，其间隙应满足设计文件要求。当设计文

件无要求时, 间隙不应大于 0.3mm;

6 阻尼器安装完成后应撤除临时固定件。

11.2.11 条文说明: 根据现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定, 高强螺栓应对称拧紧, 拧紧过程分为初拧、复拧、终拧三个阶段, 并在 24h 内完成。复拧扭矩等于初拧扭矩, 初拧扭矩宜为终拧扭矩的 50%。高强螺栓施拧采用的扭矩扳手和检查采用的扭矩扳手必须经过标定, 并在每班作业前, 均应进行校正, 其扭矩误差应分别为使用扭矩的 5% 和 3%。

11.2.12 柔性连接的安装应满足下列要求:

1 对穿过隔震层的设备配管、配线, 应采用柔性连接或其他有效措施;
2 对可能泄漏有害介质或可燃介质的重要管道, 在穿越隔震层位置时应采用柔性连接;

3 穿过隔震层的柔性管线, 应在隔震缝处预留足够的伸展长度;

4 利用构件钢筋作避雷线时, 应采用柔性导线连通隔震层上下部分的钢筋。

11.2.12 条文说明:

1 采用柔性连接的设备配管、配线, 地震时管道的柔性连接部位不发生破坏, 避免发生次生灾害和丧失使用功能。

2 燃气、给水等类型管道柔性连接地震时不应发生破坏, 避免重要功能丧失或引发火灾等次生灾害。

隔震建筑中穿越隔震层的燃气、有害介质等管道, 如果柔性连接措施不到位, 地震时发生破坏, 将会造成介质泄漏, 引发火灾、爆炸等严重的次生灾害, 后果严重。因此, 对于该类型管道的柔性处理措施进行强制性规定, 必须采用柔性接头或柔性连接段等可靠性高的处理措施, 保证地震时隔震建筑的管道能够发挥正常使用功能。

3 具有足够伸展长度的柔性管线在地震时能够不阻碍隔震层水平运动, 同时不会发生破坏而导致次生灾害的发生。

11.2.13 上部结构与下部结构之间的水平隔震缝的高度应满足设计要求。当设计无要求时, 缝高不应小于 20mm。

11.2.13 条文说明: 地震时, 水平隔震缝不应阻碍隔震建筑上部结构的相对自由水平运动。

隔震层的上、下部结构之间应按照设计要求设置完全贯通的水平隔震缝, 并采用柔性材料进行填充。在地震时, 才能保证隔震建筑的正常使用功能。在施工过程中, 往往忽视水平隔震缝的处理, 不能保证完全贯通或密闭采用刚性材料封死等情况。缝高的高度要求是为了防止支座沉降或构件变形导致隔震层的上、下部结构相互接触, 而对建筑物的安全带来隐患。

因此, 必须强调水平隔震缝完全贯通的问题。

11.2.14 上部结构周边设置的竖向隔震缝宽度应满足设计要求。当设计无要求时, 缝宽不应小于各支座在罕遇地震下的最大水平位移值的 1.2 倍, 且不应小于 200mm。对两相邻隔震结构, 其竖向隔震缝宽度应取两侧结构的支座在罕遇地震下的最大水平位移值之和, 且不应小于 400mm。

11.2.14 条文说明: 地震时, 竖向隔震缝不应阻碍隔震建筑上部结构的相对自由水平运动。

竖向隔震缝, 也称为隔震沟。设置一定宽度的隔震沟, 对于隔震作用发挥至关重要。如设置不满足要求, 将在地震或罕遇地震时上部结构与周边建筑或障碍物发生碰撞, 产生破坏冲击力, 限制隔震效用发挥, 甚至危及建筑物安全。施工过程中, 常常发生隔震沟宽度预留不足或空间被填充封死。施工过程中必须保证隔震沟宽度和空间清空, 并进行重点检查。

11.2.15 当门厅入口、室外踏步、室内楼梯节点、楼梯扶手、电梯井道、地下室坡道、车道入口处等穿越隔震层时, 应采取隔震脱离措施, 并应符合设计要求。

11.2.15 条文说明: 工程实践中, 门厅入口、楼梯扶手等细部措施容易忽略, 地震时会导致破坏, 影响人员疏散。

11.2.16 对水平隔震缝封闭处理, 宜采用柔性材料或者脆性材料填充; 对竖向隔震缝的封闭处理, 宜采用柔性材料覆盖, 且均不应阻碍隔震缝发生自由水平位移。

11.3 托换工程施工要求

11.3.1 在隔震托换工程施工阶段，应采取下列措施：

- 1 应对隔震支座采取临时覆盖保护措施；
- 2 应对支墩顶面、隔震支座顶面的水平度、隔震支座中心的平面位置和标高进行精确测量校正。
- 3 应保证上部结构、隔震层构配件与周围固定物的最小允许间距。

11.3.1条文说明：安装前要认真检查隔震支座的质量，对支墩的水平、垂直、中心线偏差进行测量校正，确认合格后再进行安装。在施工的全过程中，应有完善的保护措施，防止损坏隔震支座。

11.3.2 单托梁墙体托换施工宜按下列步骤和要求执行：

- 1 对每段墙体划分单元段，墙体交叉处为单独单元；
- 2 第一批单元墙段开洞。开洞应分批，对任意相邻三个单元墙段，每批同时开洞的单元段数量不超过 1 个。当托换梁段混凝土达到设计强度时，才允许进行下一批开洞施工；
- 3 第一批开洞处托换梁施工：支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土；
- 4 第二批单元墙段开洞，第二批托换梁段施工，依次进行，直到所有墙段托换完毕；
- 5 将各托换梁段连接。连接技术要求如下：

托换梁段中的纵筋长度应超出开洞长度，超出长度不小于 $10d$ (d 为钢筋直径)。托换梁段支模前，应将前一批梁段端部浮浆和松动的砂石凿除，并清洗干净，然后浇筑第二梁段混凝土。

托换梁段之间纵筋采用帮条焊或双面搭接焊。焊接搭接长度应符合相关规范的要求。

11.3.2 条文说明：单托梁墙体托换墙体开洞和分段托梁连接技术较为关键。墙体开洞尺寸较大，风险较高，应对施工严格监控，避免野蛮施工。

11.3.3 双夹梁墙体托换的施工宜按下列步骤及要求执行：

- 1 墙体每隔 1~1.5m 开洞，开洞尺寸根据横向拉梁尺寸确定；
- 2 支夹梁底模；
- 3 绑扎夹梁钢筋；
- 4 绑扎横向拉梁纵筋和箍筋；
- 5 支夹梁侧模；
- 6 浇筑混凝土，振捣、养护、拆模。

11.3.3条文说明：横向拉梁中的纵筋起拉结作用，应满足其在夹梁中的锚固长度。

11.3.4 采用钢筋混凝土托换节点施工宜按下列步骤和要求执行：

- 1 在柱面植筋设计位置用电钻钻孔，孔径大于钢筋直径 1~2mm，钻孔深度误差不大于 1cm；
- 2 植筋，技术要求应满足《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的相关规定；
- 3 绑扎托换节点四周及节点间托梁钢筋，托架梁钢筋深入托换节点的长度应满足锚固长度的要求；
- 4 支托换节点和托架梁的模板；
- 5 浇筑混凝土。

11.3.4 条文说明：对钻孔进行精确控制较为困难，但误差过大会造成柱托换节点受力状态改变。本条规定的钻孔限值对施工技术水平要求较高。

11.3.5 采用型钢混凝土托换节点施工宜按下列步骤和要求执行：

- 1 柱表面标出穿柱螺栓的位置，用取芯机钻洞。钻孔应保持水平，偏差角小于 1%；钻孔直径宜大于螺杆直径 1~2mm；
- 2 凿去柱保护层，露出柱纵筋。用切割轮片在型钢翼缘卡入位置切槽。保护层凿除深

度不得超过 35mm；柱表面切槽时不应损伤柱中纵筋；

- 3 在柱下所凿洞中穿入螺杆，螺杆上裹水泥浆或结构胶；
- 4 摆放型钢夹梁，在型钢腹板上标出穿螺杆的位置；
- 5 卸下型钢夹梁，在型钢夹梁腹板上打螺栓孔。螺栓孔直径宜比螺栓直径大 1mm；
- 6 重新安装型钢，将螺杆穿入，拧紧螺母；
- 7 在柱两侧和夹梁垂直的方向焊槽钢，从上面的预留孔向夹梁和槽钢内部灌注微膨胀细石混凝土；
- 8 施工上部维护结构。在钢夹梁上方柱四个面上打膨胀螺栓，并将短构造钢筋和膨胀螺栓、钢夹梁焊接；
- 9 绑扎托架梁钢筋，将托架梁钢筋和型钢夹梁焊接。托架梁钢筋和型钢夹梁之间的焊缝应满足焊接长度的要求；
- 10 支托换节点和上托架梁模板；
- 11 浇筑混凝土。

11.3.5 条文说明：填充混凝土在约束状态下，可以和柱身产生较大的摩擦力，养护时收缩造成约束力减小。本规程建议采用膨胀剂增大约束力，但不作具体参数规定。

11.3.6 植筋钻孔和穿螺栓钻孔位置偏差不宜大于 10mm。

11.3.6 条文说明：对钻孔进行精确控制较为困难，但误差过大会造成柱托换节点受力状态改变。本条规定的钻孔限值对施工技术水平要求较高。

11.3.7 混凝土托换结构应采用早强性能好的混凝土，必要时添加适量膨胀剂。

11.3.7 条文说明：换托工程工期一般较短，往往要求混凝土托换结构应尽快达到设计强度，因此宜采用早强混凝土；采用微膨胀混凝土可以减小新浇筑混凝土的收缩，更好地保证新旧混凝土结合的质量。

11.3.8 托换结构施工宜对称进行。

11.3.8 条文说明：托换结构施工特别是施工砖混结构的托换结构时，会造成底层墙体和基础竖向受力的局部变化，非对称的施工顺序可能导致上部结构产生附加内力并可能导致基础出现不均匀沉降。因此托换结构施工宜对称进行。

11.3.9 柱下托换结构应一次施工完成；承重墙下托换梁宜分段施工，分段长度应根据墙体的整体质量、地基基础承载力、基础整体刚度和上部结构的荷载大小综合确定，分段接茬处应按施工缝处理。

11.3.9 条文说明：柱下托换结构一次施工完成，可以有效保证柱下托换结构的整体性及托换的可靠性，故应避免施工缝；对于承重墙下托换梁，由于施工时需将墙体分批、分段掏空，因此，托换梁也需分批、分段施工，分段接茬处的混凝土施工缝及纵筋的连接应确保质量。控制分段长度主要考虑分段长度过大可能导致托换结构施工时墙体及墙下基础受力过度不均；分段长度过小则会因托换结构施工缝过多而增加施工难度和施工缝处理的工作量。在墙体和基础承载力允许的情况下宜适当减少分批次数，但分批数不应少于三批，掏空段长度不应大于 1.2m，且两个掏空段之间的间隔应不小于 2.0m。

11.3.10 托换结构内纵筋应优先采用机械连接或焊接，并满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 要求。

11.3.11 施工混凝土托换结构时，应将原柱、墙面表面凿毛，清理干净并用水充分湿润，涂刷界面处理剂。当设计有连接插筋时，应保证插筋与原结构连接牢固，并应在柱、墙表面凿毛后施工插筋。

11.3.11 条文说明：托换结构与原柱、墙的结合面的牢固结合是保证托换安全可靠的重要措施，增加原柱、墙与托换结构结合面的粗糙度可以增加结合面的机械咬合作用，涂刷混凝土界面处理剂可以增加混凝土托换结构与原柱、墙的有效粘结。连接插筋宜在柱、墙表面凿毛后施工，主要是防止凿毛时可能对插筋造成的冲击或扰动。

11.3.12 当设有卸荷支撑时，卸荷支撑应安全可靠并宜设置测力装置。

11.3.13 当施工托换结构需对墙体开洞时，不对墙体产生过大的振动或扰动，墙体开洞后，应尽快完成托换结构施工。

11.3.13 条文说明：对墙体开洞应采用振动小的静力切割方式。

11.3.14 结构分离及安装隔震支座的施工应满足下列要求：

- 1 分区分批切断准备安放隔震支座处的墙体（包括构造柱）和框架柱，并做支撑保护；
- 2 在下支墩处安装隔震支座的预埋钢板，将预埋钢板螺栓和下支墩钢筋进行有效连接，确保浇灌混凝土时不移位不变形，并校准预埋钢板的标高和水平度，经检查无误后进行下支墩混凝土的二次浇灌；
- 3 安装上部预埋钢板及螺栓，将预埋钢板螺栓和上支墩钢筋进行有效连接，确保浇灌混凝土时不移位不变形，经检查无误后进行上支墩混凝土的二次浇灌；
- 4 待混凝土达到一定强度时，方可进行隔震支座安装。

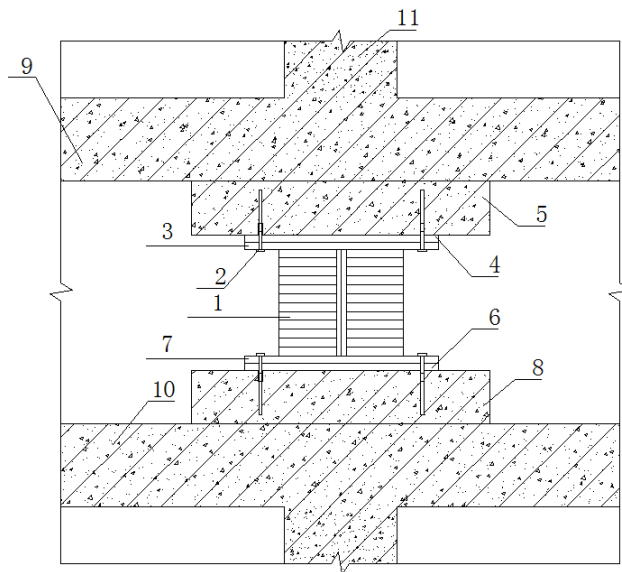


图 11.3.14 隔震支座安装示意图

- 1-隔震支座；2-连接螺栓；3-连接板（上）；4-预埋钢板（上）；5-上支墩；6-预埋钢板（下）；
7-连接板（下）；8-下支墩；9-隔震层梁；10-支柱；11-原混凝土柱。

11.3.14 条文说明：本条有三点需要进行说明：

- 1 在下支墩和预埋钢板螺栓进行二次浇筑前，应确保预埋钢板表面水平，位置准确，预埋钢板螺栓与钢筋连接牢固。确保浇灌混凝土时不发生移位和变形；
- 2 本条对隔震支座托换过程中所需的构件进行了详细的说明，目的是为了说明隔震支座以后是可以更换的。隔震支座预埋钢板、预埋螺栓与上、下托换梁浇筑在一起。预埋钢板、连接板通过预埋螺栓、内螺栓套管和紧固螺栓进行连接，更换支座时，顶升结构，拧开紧固螺栓，就可取出原隔震支座进行更换；
- 3 隔震支座下部混凝土强度不应小于 C30，且连接部位箍筋应加密。

11.3.15 当采用本规程未提及的其他荷载托换方法时，应保证结构的安全可靠。

11.3.16 当隔震支座托换完成后，应对隔震层外露金属部件进行防锈处理；处理方法应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 的有关规定。

11.3.17 建筑基础和建筑主体以及墙、柱等的变形监测，应按一定周期测定其变形值。观测周期应根据荷载情况、设计、施工要求确定。

11.3.18 既有结构托换监测变形时，监测点应布置在拆除施工影响范围之外，每个构件的测点数不得少于 3 点，并分别布置于构件两端和跨中某特征点。形值应符合国家现行有关标准的

规定。

11.3.19 既有结构托换时,建筑物的整体沉降、局部沉降、倾斜值应满足设计要求和相关现行国家标准的规定。

11.3.20 托换施工时应应对托换结构或构件及影响构件进行裂缝监测,裂缝监测宜包括裂缝宽度、深度、长度、走向及其变化,裂缝宽度不得超过国家现行有关标准的要求。

12 隔震加固验收及维护

12.1 隔震加固验收

12.1.1 隔震加固工程验收分为分项工程验收（含隐蔽工程）和竣工工程验收两部分进行。

1 分项工程验收由施工单位组织监理、建设单位进行，分项工程验收记录应按本规程的附录 C 填写。

2 竣工工程验收由建设单位组织设计、监理、施工单位联合进行，竣工工程验收记录应按本规程的附录 D 填写。

12.1.1条文说明：隔震加固工程验收根据工程特点分为分项工程验收和竣工工程验收两个阶段进行。

1 分项工程验收：隔震加固工程在某阶段工程结束或某一分项工程完工后，由施工单位会同监理单位、建设单位进行验收。

2 竣工验收：工程竣工验收是对整个工程建设项目的综合性检查验收。在工程正式验收前，应由施工单位进行预验收，检查有关的技术资料、工程质量，发现问题及时处理。

12.1.2 所有拆除工程、钢筋隐蔽工程、模板工程、混凝土工程和构配件的位置、垂直度、水平度等均应进行分项工程验收，并做好记录。

12.1.3 竣工验收时，应对隔震层及隔震层内的构配件、穿过隔震层的管线处理、金属构件的防腐等进行外观检查。

12.1.4 竣工验收的工程技术资料检查应包括下列内容：

1 对材料、构配件等的产品合格证（质量合格证明文件、规格、型号及性能检测报告等）、进场复验报告、施工过程中重要工序的自检和交接记录、抽样检查报告、见证检测报告等进行检查；

2 对隔震加固工程施工记录、质量验收记录、竖向变形观测记录，隔震垫变形观测记录等进行检查。

12.1.5 隔震加固工程验收除执行本技术规程外，对于钢筋工程、模板工程、混凝土工程、钢结构工程尚应执行国家现行有关标准。

12.1.5条文说明：本规程的工程验收主要对象是隔震加固工程的分项工程和竣工工程，因为隔震构件的钢筋、模板、混凝土工程和加固后对地面和装修的恢复工程，都有现行的施工和验收标准，按相应的标准遵照执行即可。

12.1.6 钢筋进场时，应按国家现行有关标准的规定，抽取试件做力学性能检验，检验结果应符合有关标准的规定。

12.1.6条文说明：钢筋进场时，应检查产品合格证和出厂检验报告，并按相关标准的规定进行抽样检验。

12.1.7 在浇灌混凝土前，应进行钢筋隐蔽工程验收。同时应对模板进行验收，模板安装应牢固可靠，模板内应无杂物。几何尺寸应符合设计要求。

12.1.7条文说明：为了确保受力钢筋的加工、成型、锚固和搭接长度满足设计要求，在浇筑混凝土之前应对隔震层构件钢筋进行验收。钢筋隐蔽工程的验收应包括下列内容：

- 1 钢筋型号、形状、规格和间距等；
- 2 钢筋连接方式、接头位置、同一断面上的接头数量等；
- 3 隔震层梁钢筋搭接长度。

同时应保证模板内部与混凝土接触面应清理干净，以避免夹渣等缺陷，同时几何尺寸必须符合设计要求。

12.1.8 模板拆除后应对隔震层梁和支墩（支柱）进行验收。混凝土应外光内实，应无

明显影响结构质量的缺陷。

12.1.9 在支墩(支柱)混凝土二次浇灌前,应对混凝土的接茬处进行处理,并对预埋螺栓和预埋钢板的位置、标高和水平度等进行检查验收。

12.1.9条文说明:本条提出了应严格按照技术方案对预埋钢板与支墩(支柱)的连接进行验收。因为支墩(支柱)混凝土二次浇灌后,出现任何结构偏差都难以改动,所以应对接茬处、预埋件的标高、水平度等进行认真的检查校正。

12.1.10 隔震支座安装的允许偏差应符合下列要求:

- 1 支撑隔震支座的下支墩(支柱),其顶面水平度误差不宜大于 5‰;
- 2 隔震支座安装后顶面的水平度误差不宜大于 8‰;
- 3 隔震支座中心的平面位置与设计位置的偏差不应大于 5mm;
- 4 隔震支座中心的标高与设计标高的偏差不应大于 5mm。

12.1.10条文说明:对隔震支座的外观提出要求,这些是构件出厂、事故处理以及对构件质量进行验收所必须的。

12.1.11 竣工验收应在地方政府的建设主管部门、建设工程质量监督部门的监督下,由建设单位技术负责人主持,设计单位、施工单位、管理单位技术和专业负责人参加进行。

12.1.11条文说明:隔震加固工程属于重要的抗震改造工程,工程施工前都要向地方建设行政主管部门进行质量监督备案,施工全过程由政府监管,竣工验收时到验收现场监督程序。

12.1.12 竣工验收应包括下列内容:

- 1 设计单位介绍竣工工程设计质量检查情况;
- 2 施工单位介绍施工质量评定总结情况;
- 3 监理单位介绍监理质量评估情况;
- 4 进行工程实体检查验收。
- 5 根据工程情况由主持人决定分组或集中进行,工程量大的也可以抽查方式进行。

12.1.13 隔震加固工程实体检查验收应符合下列要求:

- 1 隔震支座的标识应齐全、清晰,丝扣应无裂纹损毁。
- 2 隔震支座表面应清洁、无油污、泥沙、破损等,防腐涂层应均匀、光洁无漏刷现象。
- 3 隔震支座连接板和外露连接螺栓的防锈保护措施应符合相关要求。
- 4 上部结构、隔震层部件与周围固定物体的脱开距离应符合相关要求。
- 5 隔震沟的封闭、检修孔设置、通风防潮、防水措施应符合相关要求。
- 6 穿越隔震层管线的联接方式应符合相关要求。
- 7 改造后的室内地面等建筑部位恢复应符合相关要求。

12.1.13条文说明:本条列出隔震加固工程实体检查验收的主要内容,个体工程若有实体需要验收的,应在实体检查验收时一并列入。

12.2 隔震标识

12.2.1 隔震建筑应设置标识,并应标明其功能特殊性、使用及维护注意事项。

12.2.1条文说明:隔震建筑应设置标识,描述隔震建筑的功能及其功能发挥的特殊性,提醒业主及其他人员对隔震层支座、阻尼器及隔震构造的维护。隔震建筑的标识设置应符合下列规定:

- 1 标识应醒目;
- 2 标识内容应简单明了;
- 3 标识设置宜统一,并具有警示作用。

12.2.2 隔震建筑的标识设置范围和应符合下列规定：

1 门厅入口处应标明隔震建筑，并应简单阐述隔震原理、房屋使用者注意问题，同时给出主要建筑结构平面图、剖面图、隔震层布置图、隔震缝布置图以及隔震产品描述等；

2 水平隔震缝处应标明此处为上部结构与下部结构完全分开的水平缝；

3 建筑物周围的竖向隔震缝(隔震沟)处应标明地震时此处为建筑物的移动空间，并应在其范围内设置标线或警示线。

12.2.2条文说明：本条提出了隔震建筑标识的具体内容及位置。

1 门厅入口处的标识应注明隔震产品的型号、规格以及功能、特性等，并简要描述其特殊使用要求。

2 水平隔震缝处的标识应注明严禁在此地堆放物体及杂物以及地震时不要在此处逗留等内容。

楼梯隔震缝处的标识应注明当地震来临时在隔震缝处的楼梯会发生滑动，勿在滑动范围内堆放能阻止楼梯滑动的物体，且提醒行人在地震来临时注意。

3 在建筑物周围的竖向隔震缝处的标识应注明地震时建筑将在该范围内移动，禁止往隔震沟倾倒垃圾、堆放杂物等，并且周围停放物应该和建筑物保持一定的避让距离，避免地震时发生碰撞。

12.3 隔震支座检查及维护

12.3.1 隔震建筑的所有者或管理者，应会同隔震装置生产厂家、设计单位等编写使用维护要求，制定维护管理计划并据此实施，以确保隔震装置能正常发挥其功能。

12.3.2 隔震建筑的维护检查可分为常规检查、定期检查、应急检查。

12.3.3 常规检查应每年进行一次，检查方式可采用观察方式。常规检查项目见表12.3.3。特定周期的检查除了包含常规检查项目外，还应包含支座的水平变形和竖向压缩变形。

表 12.3.3 常规检查项目

位置		检查项		检查方法	管理目标
隔震层、建筑物外围	建筑物	周边环境	确保净空间距	目测、确认	移动范围内无障碍物
	隔震构件 管线	周边状况	障碍物	目测、确认	移动范围内无障碍物
			可燃物	目测、确认	无可燃物
			排水条件	目测、确认	排水状况良好
			液体泄露	目测	无异常
隔震构件	隔震支座	橡胶保护	变色	目测	无异常，无异物
		层外观	损伤	目测	无异常，无异物
		钢材部位 状况	锈蚀	目测	无浮锈，无锈迹
			安装部位	目测	螺栓、铆钉无松动
设备管线机柔性连接	设备管线	柔性连接	液体渗漏增加、更换	确认	不增加、更换
	电气线路	变形吸收部位	增加、更换	确认	不增加、更换

12.3.4 必须对受荷开始至不同受荷时期隔震支座本身相对变形进行监测。定期检查应为竣工后的1年、3年、5年、10年,10年以后每10年进行一次。除支座的水平变形和竖向压缩变形应使用仪器测量外,其他项目均可通过观察方式进行检查。

12.3.5 当发生可能对隔震层相关构件及装置造成损伤的地震或火灾等灾害后,应及时进行应急检查。

12.4 隔震支座更换技术

12.4.1 隔震建筑的隔震支座更换分为两种情况:建造过程中出现的隔震支座外观鼓包、开裂缺陷及安装位移偏差须进行更换处理;隔震支座正常使用年限到期后正常更换。

12.4.1 条文说明:本章主要针对现阶段新建及采用隔震技术加固改造的隔震建筑已出现隔震建筑重要部件隔震支座出现的各种质量问题,由于前期在进行隔震设计时为考虑后期更换实际问题,当隔震支座出现质量问题或施工原因造成的隔震垫出现位移、倾斜等质量缺陷及使用寿命到期时须进行隔震支座更换的施工技术。

12.4.2 支座更换采用顶升卸荷方式

12.4.2 条文说明:支座更换需将单个支座节点上部结构顶升一定高度才能满足支座更换工作空间。千斤顶顶升系统应根据支座节点部位上部梁系构件分布形式设置顶升装置,通长采取节点部位交叉梁四边顶升布置,当空间受限或“T”形节点时采用三边顶升,角柱节点采用两遍顶升,当荷载较大时应对接点进行加固处理增设牛腿形成四边顶升,确保顶升期间上部结构整体安全可靠。

12.4.3 顶升设备选择

12.4.3 条文说明:隔震支座更换期间,根据原设计单位提供的更换支座节点处重力荷载大小及支座更换部位操作空间选择配备千斤顶的数量及相应承载力规格型号,计算选择千斤顶型号时还应当考虑设备顶升安全系数,安全系数 K_s 取值 $1.5\sim 2$ 。为保证上支墩节点框梁在顶升过程中出现受力不均匀导致开裂,千斤顶采用电动液压千斤顶同步控制顶升,并安装测力计辅助安装千分表等位移计进行实时测量监控,防止出现超载、冒顶,使顶升构件受力均匀同步进行。

12.4.4 支座顶升部位节点区域构件须先进行复核算

12.4.4 条文说明:支座更换节点部位顶升卸荷通常采取对支座节点上部顶升构件(框梁)进行斜截面承载力验算,并采取梁下加腋措施,顶升区域支座节点抗冲切验算、并对型钢支柱下部原有基础进行抗冲切验算,加大截面处理。

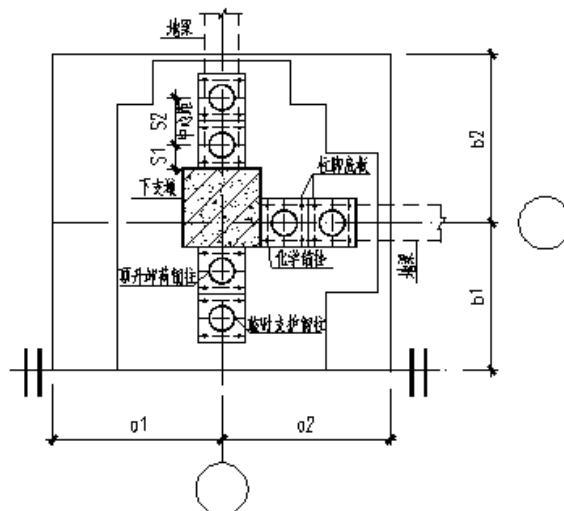


图12.4.4-1 柱节点顶升支撑系统安装平面图

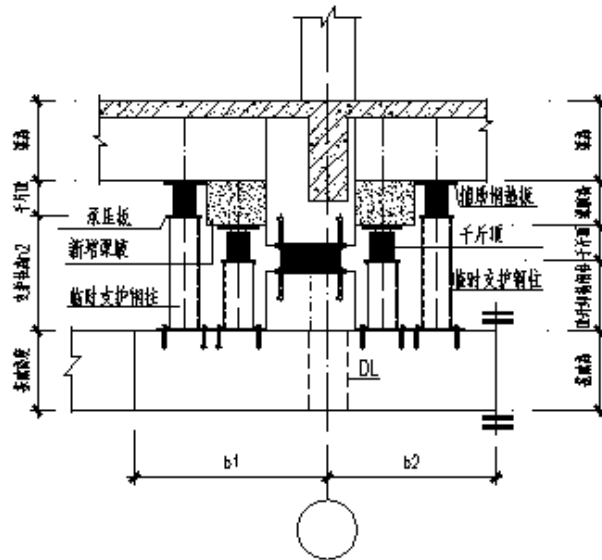


图12.4.4-2 柱节点顶升荷载、支护钢柱安装平面图1

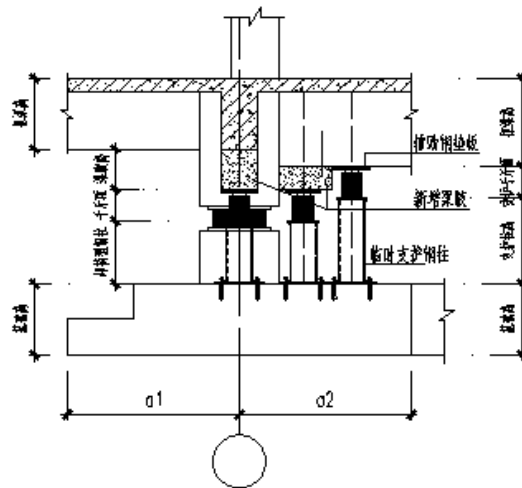


图12.4.4-3 柱节点顶升荷载、支护钢柱安装平面图2

12.4.5 顶升构件挠度控制

12.4.5 条文说明：采用千斤顶进行顶升更换支座节点上支墩时，应严格控制顶升高度不得超过框梁最大挠度控制值，根据《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）3.4.3条规定梁的弹性挠度，允许最大挠度如下：

钢筋混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的准永久组合，预应力混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的标准组合，并均应考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值不应超过表12.4.5规定的挠度限制。

表12.4.5受弯构件的挠度限值

构件类型		挠度限制
吊车梁	手动吊车	$L_0/500$
	电动吊车	$L_0/600$
屋盖、楼盖及楼梯构件	当 $L_0 < 7\text{m}$ 时	$L_0/200 (L_0/250)$
	当 $7\text{m} \leq L_0 \leq 9\text{m}$ 时	$L_0/250 (L_0/300)$
	当 $L_0 > 9\text{m}$ 时	$L_0/300 (L_0/450)$

括号中数值表示对挠度有较高要求的构件

12.4.6 顶升支撑系统

12.4.6 条文说明：（1）顶升支撑系统采用型钢柱作为竖向卸荷传力构件，型钢柱顶部安放千斤顶，下部与原有基础连接，通过千斤顶顶升框梁使节点支座升起，顶升反力通过型钢柱传至下部原有基础。

（2）千斤顶下部支撑一般采用型钢柱支撑，并可循环利用，按照千斤顶顶升反力进行设计型钢柱截面尺寸。型钢柱常采用圆形或箱型，并对型钢柱进行强度、刚度稳定性验算，对钢柱顶部及底部承压板抗冲切验算。

（3）为防止承压板与钢柱结合面焊接部位出现弯曲应力变形失稳，应当对承压板与钢柱周圈进行构造加脰处理。

（4）为防止出现千斤顶失效导致重大安全质量事故发生，除安装千斤顶卸荷支撑系统外还应当在每处顶升部位附加相应支护型钢柱支撑确保卸荷体系安全可靠。

12.4.7 顶升卸荷系统工艺流程



12.4.8 支座顶升

12.4.8 条文说明：节点支座更换顶升采取逐个顶升更换，顶升高度不得超出设计计算要求的高度范围。

12.4.9 顶升控制系统及施工流程

12.4.9 条文说明：（1）支座节点顶升采用单点顶升液压同步顶升控制系统，液压同步顶升是一种力和位移综合控制的顶升方法，这种力和位移综合控制方法，建立在力和位移双控制的基础上。

(2) 通过液压千斤顶精确地按照设计计算的荷重，平稳的顶举上支墩，使顶升过程中梁柱节点受到的附加应力下降至最低，同时液压千斤顶分布位置与相应的百分比位移计组成位置闭环，以便控制上部支座节点水平构件的位移和姿态。液压顶升控制力与相对应的百分表位移计使各组千斤顶达到平衡，实现对支座上部结构安全高效顶升的目的。

(3) 其顶升和降落误差同步精度为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。可以很好的保证顶升的同步性，确保顶升时支座节点梁体结构的安全。

支座顶升施工流程见下图：



12.4.10 施工准备

- 1 进场设备配套标定合格, 位移计和油压表灵敏度复核度量要求。
- 2 型钢柱承台板顶面及框梁底部标定千斤顶安装位置中心线, 安放千斤顶。
- 3 上下支墩部位设置顶升位移监控点, 安装位移计, 并对初始数据进行测量记录。
- 4 液压泵站就位与千斤顶连接, 并与控制柜线路连接, 最后接通电源, 检查油压表及位移计状况是否完好。
- 5 支座上支墩顶升前应将支座上下部高强螺栓卸下, 使上下部结构彻底脱离方可顶升。
- 6 顶升前应将更换支座周边相邻支座上部螺栓卸下, 防止顶升过程中更换支座上部周边水平梁系构件产生固端弯矩应力集中出现梁裂缝。
- 7 卸荷支撑体系钢构件安装质量检查确认。

12.4.11 支座上部顶升施工

顶升施工前设备、仪器就位, 电源联通, 更换支座螺栓及周边支座节点上部螺栓须全部脱离, 更换支座表面打磨清理干净整洁。

1 确定千斤顶安放位置与型钢柱承台板及梁底标定中心线位置正确性, 保证顶升施工顺利进行。

2 确定上下支墩净距高度, 安装位移计, 以确保油压表读数与位移计同步进行。

3 合理布置液压系统等设备, 检查无误后方可进行顶升作业, 注意千斤顶安装位置必须按照设计给定型钢柱承台板与梁底中心线正交位置, 防止出现受力不均匀现象。

4 为防止梁底混凝土局压破坏顶升前将提前预制的钢板块标定中心放置于千斤顶上部使千斤顶活塞柱升起与梁接触稳固后依次进行另外两个支顶部位辅助钢板升起固定工作, 从而增大梁底混凝土接触传力面积。

5 框梁顶升时, 按照位移1mm为一级进行加载, 每一级加载结束后, 应立即记录千斤顶及位移计的实际读数;

6 每加载一级后稳定3~5分钟, 再次记录千斤顶及位移计的读数, 然后进行下一级的加载。

7 隔震支座与上部结构脱离后, 然后使用倒链拉橡胶隔震支座, 如能拉动应立即停止, 反锁千斤顶, 并将千斤顶顶升至指定高度反锁, 如未被拉动, 进行下一级加载, 直至被拉动。
顶升注意事项

1 支座上支墩顶升前须解除约束, 将更换节点支座上下部螺栓及周边相邻节点支座上上部螺栓卸下, 按支座节点编号区分放置。

2 正式顶升时应控制顶升速度和顶升压力, 顶升时一定要压力与行程双控制, 并以行程为最终控制, 避免由于起顶不均匀, 造成上部水平梁系构件剪切破坏。

3 千斤顶顶升力达到设计值后, 如橡胶支座未能与上支墩脱离时, 停止顶升作业, 对支座节点进行全面检查是否有多余约束, 并上报设计单位确定处理方案。

4 由于支座上支墩不能顶升过高, 因此顶升前须将支座处精确划分十字分中定位线, 并延伸至锚板外端, 同时提前将新换支座十字分中线标定与支座下连接板(橡胶垫有代码正向下部钢板)顶面贯穿钢板截面, 使新支座安装就位后新旧支座定位十字线精准重合, 从而保证支座安装精度。

5 顶升设备油压表、位移计应提前进行校验标定工作, 确保仪表、仪器读数可靠, 为顶升作业提供真实有效数据。

6 正式顶升作业前应进行试顶试验, 检查设备、仪表、主控制机是否运行正常, 高压油管连接是否可靠, 千斤顶及高压油管是否存在漏油现象, 为正式顶升作业做好充分准备工

作，确保顶升作业顺利进行。

12.4.12 橡胶隔震支座更换

1 支座更换前可在已有支座外侧拉出方向居中心点焊钢板缀条，使隔震支座沿拉出方向直线运动。

2 支座上支墩顶升脱开后及时将已准备好的吊带与支座外侧临时点焊钢板居中固定，吊带与倒链连接，倒链不得与更换节点上下部支墩接触，可借助支座牵引拉出方向对面已有支墩作为固定点拉出。

3 支座拉出后快速对支座下部承台及垫板表面清理干净，利用手动液压式叉车将新橡胶支座放置下支墩基础顶面，新安装隔震支座提前标定中分线与承台基面中分线重合就位。

4 取出的隔震支座运至首层后标记封样交由委托厂家按照质检部门提出要求进行送样复检。

注意事项：

1 当更换支座拉出后因基面或下部钢垫板表面锈蚀需打磨处理不能及时安放新隔震支座时应采取临时支撑支护处理。

2 框梁顶升高度满足要求后，为防止千斤顶失稳采用预制型钢柱作为应急临时支撑措施，高度按设计要求制作，上部安放2个50T千斤顶做静载临时支护，考虑千斤顶行程，预留40mm空间采用钢垫板提前预制加工好，确保隔震垫更换期间，结构顶升卸荷安全可靠。

3 支座更换前应安排专人对有质量缺陷的橡胶隔震支座进行检查、拍照，更换过程中对关键过程进行拍照、摄像方式留下影像资料，作为存档依据。

12.4.13 卸压落柱

12.4.12 条文说明：当隔震支座更换完毕开启千斤顶进行卸压落柱，落柱时，应按前面顶升加载方式控制回油速度，缓慢松开回油阀门，用百分表控制上支墩下落速度，同时保证各个千斤顶同步下降，直至上支墩落柱完成。

上支墩落柱完成及时进行隔震支座上下连接板高强螺栓安装紧固，紧固使用力矩扳手按照初拧和终拧24小时内完成。

12.4.14 支座顶升过程监控

12.4.13 条文说明：在对隔震支座上支墩节点区域框梁顶升施工中，应对上支墩柱节点、框梁控制截面的位移、混凝土应变、裂缝进行监控。

12.4.15 支座顶升过程监控上支墩节点框梁顶升点位移监控

12.4.14 条文说明：在上支墩节点区域三面框梁顶升一侧及相邻支座上下支墩间设置位移计，顶升、落柱过程中通过位移计读数监测上支墩及框梁位移，并监测各项顶升点处的纵横向位移差，严格控制框梁弯曲扭转变形。

12.4.16 框梁控制截面混凝土裂缝监测

12.4.14 条文说明：（1）混凝土裂缝监测主要对受力关键截面裂缝的发生、开展情况进行观测。

（2）施工前，需对更换支座节点纵横向水平框梁进行外观检查，对上述构件已有裂缝进行长度、宽度测量，并做好相关记录。

（3）框梁裂缝观测截面的选择与应力监测截面相同，可选择框梁跨中截面，根据实际情况选择典型裂缝进行缝长、缝宽监测，并检查有无新生裂缝，做好裂缝性状记录。

（4）上支墩柱节点变形、裂缝监测主要针对墩柱在顶升施工过程中的变形、混凝土应变以及裂缝的发展情况进行监测，在墩柱千斤顶顶升部位布置位移监测系统实施监测变形情况。

本规程用词说明

1 为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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。3)

表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件可以这样做的，采用“可”。

2 规范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（或要求）”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 5 《建筑抗震鉴定标准》 GB 50023
- 6 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 7 《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144
- 8 《混凝土结构施工质量验收规范》 GB 50204
- 9 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 10 《工程测量规范》 GB 50026
- 11 《建筑防腐蚀工程施工规范》 GB 50212
- 12 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 13 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 14 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 15 《橡胶支座第 1 部分：隔震橡胶支座试验方法》 GB/T 20668. 1
- 16 《橡胶支座第 3 部分：建筑隔震橡胶支座》 GB/T 20668. 3
- 17 《橡胶支座第 5 部分建筑隔震弹性滑板支座》 GB/T 20688.5
- 18 《金属材料拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》 GB/T 228.1
- 19 《建筑摩擦摆隔震支座》 GB/T 37358
- 20 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 21 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 22 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 23 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 24 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 25 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 26 《建筑抗震加固技术规程》 JGJ 116
- 27 《既有建筑地基基础加固技术规范》 JGJ 123
- 28 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 29 《建筑消能减震技术规程》 JGJ 297
- 30 《建筑隔震工程施工及验收规范》 JGJ 360
- 31 《建筑消能阻尼器》 JG/T 209
- 32 《建（构）筑物托换技术规程》 CECS 295
- 33 《既有砌体结构隔震支座托换技术规程》 CECS 387
- 34 《建筑消能减震加固技术规程》 T/CECS 547

附录 A 既有建筑消能减震与隔震加固抗震性能设计

A.0.1 既有建筑抗震性能设计应分析加固结构方案的特殊性、选用适宜的结构抗震性能目标，并采取满足预期的抗震性能目标的措施。

既有建筑消能减震与隔震加固结构抗震性能目标应根据表 A.0.1 的规定，综合考虑抗震设防类别、设防烈度、场地条件、隔震层设置和结构的特殊性等各项因素选定。结构抗震性能目标设为 A、B、C、D 四个等级，结构抗震性能应符合本标准表 A.0.2 的规定，每个性能目标均与一组在指定地震地面运动下的结构抗震性能水准相对应。

表 A.0.1 抗震性能目标表

	A	B	C	D
多遇地震	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	4
预估的罕遇地震	2	3	4	5

A.0.2 结构抗震性能水准可按下表进行宏观判别。

表 A.0.2 各性能水准结构预期的震后性能状态

结构抗震性能水准	宏观损坏程度	损坏部位			继续使用的可能性
		关键构件	普通竖向构件	耗能构件	
1	完好、无损坏	无损坏	无损坏	无损坏	不需修理即可继续使用
2	基本完好、轻微损坏	无损坏	无损坏、部分轻微损坏	轻微损坏、部分轻度损坏	稍加修理即可继续使用
3	轻度损坏	轻微损坏	轻微损坏	轻度损坏、部分中度损坏	一般修理后可继续使用
4	中度损坏	轻度损坏	部分构件中度损坏	中度损坏、部分比较严重损坏	修复或加固后可继续使用
5	比较严重损坏	中度损坏	部分构架比较严重损坏	比较严重损坏	需排险大修

A.0.3 不同抗震性能水准的结构可按下列规定进行设计：

1 第 1 性能水准的结构应满足弹性设计要求，在设多遇地震和设防地震作用下，结构构件的抗震承载力应符合下式规定，地震设计状况时荷载和作用的分项系数按表 A.0.3 取值：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ek}^* + \gamma_{Ev} S_{Ek}^* \leq R/\gamma_{RE} \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中： R/γ_{RE} ——构件承载力设计值和承载力抗震调整系数比值；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

γ_G ——重力荷载分项系数；

S_{Ek}^* ——水平地震作用标准值的效应，不考虑与抗震等级有关的增大系数；

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数；

S_{Evk}^* ——竖向地震作用标准值的效应，不考虑与抗震等级有关的增大系数；

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数。

表 A.0.3 地震设计状况时荷载和作用的分项系数

参与组合的荷载和作用	γ_G	γ_{Eh}	γ_{Ev}	说明
重力荷载及水平地震作用	1.2	1.3	—	既有建筑消能减震及加固结构设计均应考虑
重力荷载及竖向地震作用	1.2	—	1.3	7度(0.15g)、8度抗震设计时考虑
重力荷载、水平地震及竖向地震作用	1.2	1.3	0.5	7度(0.15g)、8度抗震设计时考虑
	1.2	0.5	1.3	

2 第2性能水准的结构在设防地震作用下，关键构件抗震承载力应符合本标准式(A.0.3-1)的规定；普通竖向构件的受剪承载力应符合本标准式(A.0.3-1)的规定，其正截面承载力应符合式(A.0.3-2)的规定，7度(0.15g)和8度抗震设计时，水平长悬臂结构和大跨度结构中的关键构件正截面承载力尚应符合式(A.0.3-3)；耗能构件的受剪承载力应符合式(A.0.3-2)的规定，其正截面承载力应符合式(A.0.3-4)的规定：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4S_{Evk}^* \leq R_k \quad (\text{A.0.3-2})$$

$$S_{GE} + 0.4S_{Ehk}^* + S_{Evk}^* \leq R_k \quad (\text{A.0.3-3})$$

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4S_{Evk}^* \leq R / 0.8 \quad (\text{A.0.3-4})$$

式中： R_k ——构件承载力标准值，按材料强度标准值计算。

3 第3性能水准的结构在设防地震或预估的罕遇地震下，关键构件及普通竖向构件的受剪承载力应符合本标准式(A.0.3-1)的规定，其正截面承载力应符合本标准式(A.0.3-2)的规定，7度(0.15g)和8度抗震设计时，水平长悬臂结构和大跨度结构中的关键构件及普通竖向构件正截面承载力尚应符合本标准式(A.0.3-3)的规定；耗能构件受剪承载力应符合本标准式(A.0.3-2)的规定，其正截面承载力应符合本标准式(A.0.3-4)的规定。

4 第4性能水准的结构应进行弹塑性计算分析。在预估的罕遇地震作用下，关键构件的抗震承载力应符合本标准式(A.0.3-2)的规定，7度(0.15g)和8度抗震设计时，水平长悬臂结构和大跨度结构中的关键构件抗震承载力尚应符合本标准式(A.0.3-3)的规定；普通竖向构件的受剪承载力应符合本标准式(A.0.3-2)的规定，7度(0.15g)和8度抗震设计时，水平长悬臂结构和大跨度结构中的普通竖向构件受剪承载力尚应符合本标准式(A.0.3-3)的规定；部分耗能构件进入屈服阶段。

5 第5性能水准的结构应进行弹塑性计算分析。在预估的罕遇地震作用下，关键构件的受剪承载力应符合本标准式(A.0.3-2)的规定，7度(0.15g)和8度抗震设计时，水平长悬臂结构和大跨度结构中的关键构件受剪承载力尚应符合本标准式(A.0.3-3)的规定；部分竖向构件进入屈服阶段，但同一楼层的竖向构件不应全部屈服，且竖向构件的受剪截面应符合式(A.0.3-5)或(A.0.3-6)的规定；大部分耗能构件进入屈服阶段。

$$V_{GE} + V_{Ek}^* \leq 0.15 f_{ck} b h_0 \quad (\text{A.0.3-5})$$

$$(V_{GE} + V_{Ek}^*) - (0.25f_{ak}A_a + 0.5f_{spk}A_{sp}) \leq 0.15f_{dk}bh_0 \quad (\text{A.0.3-6})$$

式中： V_{GE} ——重力荷载代表值作用下的构件剪力 (N)；

V ——地震作用标准值构件剪力 (N)，不需考虑与抗震等级有关的增大系数；

f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm²)；

f_{ak} ——剪力墙端部暗柱中型钢的强度标准值 (N/mm²)；

A_a ——剪力墙端部暗柱中型钢的截面面积 (mm²)；

f_{spk} ——剪力墙墙内钢板的强度标准值 (N/mm²)；

A_{sp} ——剪力墙墙内钢板的横截面面积 (mm²)。

附录 B

材料进场检验记录

工程名称					检验日期		
序号	名称	规格型号	进场数量	生产厂家	检验项目	检查结果	备注
				合格证号			
1	支座				外观		
2					尺寸偏差		
3					力学性能		
	连接板				平面尺寸偏差		
					厚度偏差		
					螺栓孔位置偏差		
					地脚螺栓长度尺寸偏差		
					平整度偏差		
	阻尼器				外观		
					尺寸偏差		
					高强螺栓		
					力学性能		
施工单位检查结果		项目专业技术负责人： 项目专业质量负责人： 年 月 日					
监理单位检查结果		专业监理工程师： 年 月 日					

附录 C

分项工程验收记录

单位（子单位） 工程名称				分部（子分部） 工程名称			
分项工程数量				检验批数量			
施工单位				项目负责人		项目技术 负责人	
分包单位				分包单位 项目负责人		分包内容	
序号	检验批 名称	检验批 容量	部位/ 区段	施工单位检查结果		监理单位验收结论	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
说明：							
施工单位 检查结果			项目专业技术负责人： 年 月 日				
设计单位 验收结论			设计单位项目技术负责人： 年 月 日				
监理单位 验收结论			专业监理工程师： 年 月 日				

附录 D 分部工程验收记录

单位（子单位） 工程名称			分部（子分部） 工程名称		分项工程 数量		
施工单位			项目负责人		技术（质量） 负责人		
分包单位			分包单位 项目负责人		分包内容		
序号	分项工程 名称	检验批 数量	施工单位检查结果		监理单位验收结论		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
质量控制资料							
安全和功能检验结果							
观感质量检验结果							
综合 验收 结论							
施工单位 项目负责人： 年 月 日		分包单位 项目负责人： 年 月 日		设计单位 项目负责人： 年 月 日		监理单位 项目负责人： 年 月 日	

附录 E

竣工工程验收记录表

工程名称		建设单位名称	
验收项目		设计单位名称	
开工日期	年 月 日	施工单位名称	
竣工日期	年 月 日	监理单位名称	
验收内容、范围及数量：			
验收结论 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格			
建设单位签字： 公章： 年 月 日	设计单位签字： 公章： 年 月 日	施工单位签字： 公章： 年 月 日	监理单位签字： 公章： 年 月 日