

临沂市建筑结构隔震减震技术 应用导则

Application guidelines of building structure isolation and shock
absorption technology in Linyi City

主编单位：临沂市住房和城乡建设局

山东建业工程科技有限公司

中国建筑标准设计研究院

批准部门：临沂市住房和城乡建设局

实施日期：2025 年 2 月 1 日

前 言

为了更好地贯彻落实《建设工程抗震管理条例》（国务院令第 744 号），提升临沂市隔震减震技术应用水平，根据临沂市住房和城乡建设局要求，编制组经广泛深入调查研究，认真总结隔震技术和消能减震技术方面的工程实践经验，参考有关标准和相关技术资料，并在广泛征求意见的基础上，制订本导则。

本导则共分为 11 章，主要内容有：总则、术语和符号、基本规定、地震时正常使用建筑性能目标及设计、建筑隔震设计要点、隔震支座的检验、隔震部件的施工验收与维护、建筑消能减震设计要点、消能器的检验、消能部件的施工验收与维护、既有建筑隔震减震加固设计及有关的附录。

本导则由临沂市住房和城乡建设局负责管理实施，由山东建业工程科技有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在执行本导则的过程中，注意总结经验和积累资料，如有建议或意见，请随时反馈至山东建业工程科技有限公司（地址：山东省临沂市兰山区柳青街道商务齐鲁园 10 楼；邮编：276000；邮箱：lyjgzjsdz@163.com），以供今后修订时参考。

本导则主编单位：临沂市住房和城乡建设局

山东建业工程科技有限公司

中国建筑标准设计研究院

本导则参编单位：临沂市建设安全工程质量服务中心

山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

临沂市建设工程施工图审查有限公司

临沂市建筑设计研究院有限责任公司

天元建设集团有限公司

山东中元建筑设计有限公司

临沂市建设工程监理咨询有限公司

震安科技有份有限公司

上海材料研究所有限公司

本导则主要起草人：马 震 周 辉 周东辉 杨 萍 何 强 刘元鑫

李 刚 赵长冰 侍月华 何子帅 李发山 田坤帅

王仕勇 朱 超 张明明 刘华清 雷远德 朱礼廷

张 琪 张亚辉 王卫东 张亚宗 张兴海 杨永焕

王远征 公茂福 左安霞 孙现玖 胡庆松 管庆松

安晓文 万龙翔 张兆金 丁孙玮 杨 凯 刘秀霞

王在盛

本导则主要审查人：张 鑫 岳庆霞 阮兴群 蔡雅琳 陈 鹤 徐浩博

目 录

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 隔震减震设计及装置要求	5
3.3 地震作用	6
3.4 隔震减震装置分类	7
4 地震时正常使用建筑性能目标及设计	9
4.1 一般规定	9
4.2 构件截面设计	10
4.3 层间变形和楼层水平加速度验算	12
4.4 建筑非结构构件抗震设计	13
4.5 建筑附属机电设备和仪器设备	14
5 建筑隔震设计要点	15
5.1 一般规定	15
5.2 隔震层设计要点	15
5.3 隔震构造连接设计要点	19
6 隔震支座的检验	21
6.1 一般规定	21
6.2 型式检验	21
6.3 出厂检验	22
6.4 见证检验	22
7 隔震部件的施工、验收与维护	24
7.1 一般规定	24
7.2 进场验收及施工	24
7.3 质量验收	25
7.4 维护	26
7.5 隔震标识	27
8 建筑消能减震设计要点	28
8.1 一般规定	28
8.2 消能部件布置原则	29
8.3 主体结构设计要点	29
8.4 消能子结构设计要点	30
8.5 消能部件的连接与构造	33

9 消能器的检验	34
9.1 一般规定	34
9.2 型式检验	34
9.3 出厂检验	34
9.4 见证检验	35
10 消能部件的施工、验收与维护	37
10.1 一般规定	37
10.2 进场验收及施工	37
10.3 质量验收	41
10.4 维护	42
10.5 减震标识	42
11 既有建筑隔震减震加固设计	44
11.1 一般规定	44
11.2 既有建筑的隔震加固设计	44
11.3 既有建筑的消能减震加固设计	46
附录 A 位移敏感型建筑非结构构件	47
附录 B 加速度敏感型建筑非结构构件	48
附录 C 附属机电设备	49
附录 D 功能性仪器设备	50
附录 E 地震时正常使用隔震建筑维护	51
附录 F 地震时正常使用减震建筑维护	52
附录 G 地震反应监测	53
附录 H 消能器力学性能检验规则	54
附录 J 隔震支座力学性能检验规则	55
本导则用词说明	56
引用标准和规范名录	57

1 总 则

1.0.1 为提高临沂市建设工程防震减灾能力，规范建筑隔震减震等技术的应用，确保隔震减震建筑工程质量，做到技术先进、经济合理、安全适用，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于临沂市采用隔震减震技术的建筑工程，包括新建、改建、扩建及既有建筑结构加固等建筑工程的设计、施工、验收和维护。

1.0.3 按本导则进行设计的隔震减震建筑，其基本抗震设防目标应符合下列规定：

1 基本设防目标要求：当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损坏可继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，建筑物可能发生损坏，但经一般性修理可继续使用；当遭遇高于本地区设防烈度的罕遇地震影响时，建筑物不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

2 地震时正常使用建筑基本设防目标：当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震时，无需修理可继续使用；当遭受罕遇地震时，经简单或适度修理可继续使用。

1.0.4 隔震建筑和减震建筑的设计、施工、验收和维护，除执行本导则外，尚应符合国家、行业和山东省现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 隔震建筑 seismically isolated building

为降低建筑的地震响应，在结构中设置隔震层而实现隔震功能的建筑，包括上部结构、隔震层、下部结构和基础。

2.1.2 隔震层 seismic isolation interface

隔震建筑设置在基础或下部结构与上部结构之间的全部部件的总称。包括隔震支座、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等。

2.1.3 上部结构 superstructure

隔震建筑中位于隔震层以上的结构部分。

2.1.4 下部结构 substructure

隔震建筑位于隔震层以下的结构部分，不包括基础。

2.1.5 橡胶隔震支座 laminated rubber isolation bearing

在地震区，用于房屋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)、高阻尼橡胶支座(HDR)。

2.1.6 弹性滑板支座(ESB) elastic slide bearing

由橡胶支座部、滑移材料、滑移面板及上、下连接板组成的隔震支座。

2.1.7 摩擦摆隔震支座(FPS) friction pendulum system

一种通过球面摆动延长结构振动周期和滑动界面摩擦消耗地震能量实现隔震功能的支座。

2.1.8 消能减震建筑 energy dissipation building

在结构中设置消能器的建筑，包括主体结构、消能部件等。

2.1.9 消能器 damping device

消能器是通过内部材料或构件的摩擦，弹塑性滞回变形或黏(弹)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、速度相关型消能器和复合型消能器。

注：也称阻尼器、消能阻尼器或消能减震装置。

2.1.10 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分。

2.1.11 消能子结构 energy dissipation sub-structure

与消能部件直接相连的构件组成的子结构，包括梁、柱、抗震墙及节点。

2.1.12 保持正常使用功能 requirement to maintain functionality

在遭受相当于本地区抗震设防烈度地震影响时能够满足正常使用要求,保证结构和建筑非结构构件基本完好、建筑附属机电设备和仪器设备正常工作。

2.2 符 号

S ——结构构件内力组合的设计值;

R ——构件承载力设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数;

γ_G ——重力荷载分项系数;

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——水平地震作用分项系数、竖向地震作用分项系数;

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应,计算地震作用时,建筑的重力荷载代表;

S_{Ehk}^* ——水平地震作用标准值的效应;

S_{Evk}^* ——竖向地震作用标准值的效应;

R_k ——普通竖向构件及重要水平构件承载力标准值;

R_k^* ——普通水平构件承载力标准值;

V_{Ek_i} ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的剪力;

λ ——水平地震剪力系数;

G_j ——第 j 层的重力荷载代表值;

ζ_{eq} ——隔震层等效黏滞阻尼比;

K_h ——隔震层水平等效刚度;

ζ_j ——第 j 个隔震支座由试验确定的等效黏滞阻尼比;

K_j ——第 j 个隔震支座(含消能器)由试验确定的水平等效刚度;

u_i ——第 i 个隔震支座考虑扭转的水平位移(mm);

$[u_i]$ ——第 i 个隔震支座的水平位移限值(mm);

V_{Rw} ——抗风装置的水平承载力设计值;

γ_w ——风荷载分项系数;

V_{wk} ——风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值;

K_e ——模型中等效刚度;

A_m 、 K_m 、 $2L_m$ ——非耗能段等效面积、刚度、长度;

A_n 、 K_n 、 L_n ——耗能段等效面积、刚度、长度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 建筑结构的隔震设计和消能减震设计方案，应根据建筑抗震设防类别、设计地震动参数、场地条件、建筑结构方案和使用要求，综合考虑技术、经济和使用条件来确定。

3.1.2 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、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求的建筑，按照建筑使用功能划分为表 3.1.2 的Ⅰ类建筑和Ⅱ类建筑。

表 3.1.2 地震时保持正常使用建筑分类

分类	建筑
Ⅰ类	应急指挥中心建筑；医院的主要建筑；应急避难场所建筑；广播电视建筑
Ⅱ类	学校建筑；幼儿园建筑；医院附属用房；养老机构建筑；儿童福利机构建筑

条文说明：Ⅰ类建筑确定原则为在地震发生时和发生后建筑损坏将产生严重次生灾害或严重影响抗震救灾的建筑，Ⅱ类建筑确定原则为用于保护弱势群体的建筑及某些人员密集建筑，综合考虑震后影响，本导则规定的Ⅰ类建筑的抗震性能目标高于Ⅱ类建筑。

其中，学校建筑：包括幼儿园、小学、中学（含中等职业学校）、大学、特殊教育学校的教学楼、图书馆、食堂、学生宿舍及体育馆等人员密集建筑；医院主要建筑包括医技楼、急诊中心、门诊楼等严重影响震后医疗救治功能的建筑；医院附属用房包括病房楼等非医疗功能建筑；养老机构建筑包括独立建造的养老院、老年养护院、老年活动中心、老年人日间照料中心（托老所）、老年医养中心等以老年人为主进行生活或者开展活动的养老机构建筑。当养老机构与其他功能建筑合建时，养老机构面积超过总建筑面积 50%的，或者养老机构建筑面积超过 1000 平方米的，参照养老机构建筑执行。

3.1.3 设防地震时满足正常使用功能的建筑，其结构抗震设计方案应满足下列要求：

1 二层及以上的Ⅰ类、Ⅱ类建筑，应采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防地震时能够满足建筑正常使用要求。

2 单层建筑，可采用隔震减震等技术，且应保证发生本区域设防地震时能够满足建筑正常使用要求。

条文说明：当建筑物采用隔震减震技术受限，或采用隔震减震技术仍难以达到设防目标要求时，应调整建筑方案，或进行专项论证。

3.1.4 建设单位应当组织勘察、设计、施工、工程监理单位建立隔震减震工程质量可追溯制度，利用信息化手段对隔震减震装置采购、勘察、设计、进场检测、安装施工、竣工验收等全过程的信息资料进行采集和存储，并纳入建设项目档案。隔震减震装置生产经营企业应当建立唯一编码制度和产品检验合格印鉴制度，采集、存储隔震减震装置生产、经营、检测等信息，确保隔震减震装置质量信息可追溯。

3.2 隔震减震设计及装置要求

3.2.1 隔震减震建筑设计时应符合下列规定：

- 1 隔震装置和消能器的性能参数应经试验确定。
- 2 隔震层应提供必要的竖向承载力、侧向刚度、水平恢复力和阻尼。
- 3 隔震装置及消能部件的设置，应便于检查、维护和替换，设计文件中应注明装置使用的环境。
- 4 隔震建筑应具有足够的抗倾覆能力，抗倾覆验算应满足现行《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 要求。
- 5 设计文件上应注明隔震装置和消能器的性能要求，安装前应按规定进行抽样检测。

3.2.2 消能器在结构中的布置应遵循“均匀、分散、对称、周边”的原则，且应具有足够的数量。消能减震建筑在罕遇地震作用下消能器总耗能应与地震总输入能量的比值不宜小于表 3.2.2 的限值要求。

表 3.2.2 罕遇地震作用下消能器的耗能占比限值

结构类型	房屋高度 H (m)	耗能占比 (%)	
		I类建筑	II类建筑
框架结构	/	25.0	20.0
框架-剪力墙结构 或剪力墙结构	$H \leq 60$	12.5	10.0
	$60 < H \leq 80$	10.0	8.0
	$H > 80$	应进行专门研究和论证	

注：房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）。

条文说明：消能减震结构地震总输入能主要包括固有阻尼耗能、消能器耗能和结构弹塑性滞回耗能，前者量值相对固定，后两者此消彼长，相互关联。当消能器耗能过小时，意味着结构构件可能更多地进入弹塑性状态，不符合消能减震结构的设计初衷。

3.2.3 隔震装置和消能部件的设计工作年限不宜低于建筑结构的设计工作年限。当隔震减震建筑遭遇地震和火灾、水灾等意外后，应对隔震装置和消能减震装置进行检查和维护，必要时应进行更换。

条文说明：对使用寿命一般低于结构设计工作年限的黏滞消能器等装置，应定期检查，确保其在结构设计工作年限内有效发挥作用，黏滞消能器的维护方法详见

《建筑消能减震技术规程》JGJ 297。隔震减震装置的设计使用年限到期后应抽样检测其相关力学性能，并按检测结果确定后续使用年限或更换。

3.2.4 用于建筑工程中的隔震装置和消能器应进行型式检验、出厂检验和见证检验，检验要求见第 6 章和第 9 章。工程质量检测机构应当建立检测过程数据和结果数据、检测影像资料及检测报告记录与留存制度，对检测数据和检测报告的真实性、准确性负责，不得出具虚假的检测数据和检测报告。

3.2.5 隔震减震建筑宜设置地震反应观测系统，对于特殊设防类或有特殊要求的隔震减震建筑，应设置地震反应观测系统。

3.3 地震作用

3.3.1 隔震减震结构的地震作用，应符合下列规定：

1 一般情况下，应至少在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；其它情况，可采用调整地震作用效应的方法计入扭转影响。

4 以下情况应计算竖向地震作用：

- 1) 不低于 7 度 ($0.15g$) 的大跨度、长悬臂混凝土结构；
- 2) 抗震设防烈度不低于 8 度的大跨度、长悬臂其他结构；
- 3) 抗震设防烈度 9 度的高层建筑。

5 对平面投影尺度很大的空间结构和长线型结构，地震作用计算时应考虑地震地面运动的空间和时间变化。

6 当结构处于发震断层 10km 以内时，其水平地震作用计算应考虑近场影响，乘以增大系数，5km 及以内宜取 1.5，5km 以外可取不小于 1.25。当同时存在靠近发震断层、陡坎或边坡等因素时，应综合考虑其叠加影响。

7 计算模型宜采用空间结构有限元模型。隔震装置和减震装置的计算模型应与产品试验结果相符。

条文说明：该条内容与《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010 中 5.1.1 条类似，并与强制性工程建设规范《建筑与市政工程抗震通用规范》中 4.1.2 条相对应。

3.3.2 根据主体结构的工作状态，隔震减震结构的地震作用效应计算应采用下列方法：

1 计算模型应包括隔震支座、消能器力学模型，相关参数以试验所得滞回曲线作为计算依据，宜采用空间结构有限元模型进行分析。

2 当主体结构处于弹性工作状态，且隔震支座、消能器处于线性工作状态

时,可采用振型分解反应谱法、线性时程分析法。

3 当主体结构处于弹性工作状态,且隔震支座、消能器处于非线性工作状态时,可将隔震支座、消能器进行等效线性化,采用等效阻尼比和等效刚度的振型分解反应谱法、线性时程分析法,也可采用非线性时程分析法。隔减震装置的等效刚度、等效阻尼(比)计算宜采取两种不同分析软件进行校核。

4 当主体结构进入弹塑性状态时,应采用静力弹塑性分析方法或动力弹塑性时程分析方法。

5 对于特殊设防类与高度大于 60m 的重点设防类隔震或消能减震建筑,宜有不少于两种程序的地震作用计算结果进行比较分析。

3.3.3 采用振型分解反应谱法分析时,宜采用时程分析法进行地震作用下的补充计算。当取三组加速度时程输入时,计算结果宜取时程分析法包络值和振型分解反应谱法的较大值;当取七组及以上的时程输入时,计算结果可取时程分析法的平均值和振型分解反应谱法的较大值。

3.3.4 采用时程分析法分析时,应按建筑场地类别和设计地震分组选用实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线,其中实际强震记录的数量不应少于总数的 2/3,加速度时程的最大值和基底剪力要求应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定执行。

3.3.5 场地特征周期应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定执行,计算罕遇地震和极罕遇地震作用时,场地特征周期应分别增加 0.05s 和 0.10s。

3.3.6 地震影响系数应根据烈度、场地类别、结构自振周期以及阻尼比确定。阻尼比 0.05 的水平地震影响系数最大值应按表 3.3.4 采用。

表 3.3.4 水平地震影响系数最大值 $\alpha_{\max}$

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
多遇地震	0.08 (0.12)	0.16 (0.24)	0.32
设防地震	0.23 (0.34)	0.45 (0.68)	0.90
罕遇地震	0.50 (0.72)	0.90 (1.20)	1.40
极罕遇地震	0.72 (1.00)	1.35 (2.00)	2.43

注:括号中数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

3.3.7 除地震时正常使用建筑外,应对隔震减震结构按规定进行多遇地震作用下的截面抗震承载力验算,并应进行多遇地震和罕遇地震下的变形验算。

3.4 隔震减震装置分类

3.4.1 隔震装置可分为天然橡胶支座、铅芯橡胶支座、高阻尼橡胶支座、弹性滑板支座、摩擦摆隔震支座等。

条文说明:结构周边位移因扭转影响可能会稍大,可将铅芯橡胶支座等效水平刚

度较大的支座尽可能布置在周边，天然橡胶支座、弹性滑板支座等效水平刚度较小的支座布置在中间，以提高隔震效率。

3.4.2 建筑消能器可分为速度相关型、位移相关型和复合型三类。

条文说明：速度相关型消能器包括黏滞消能器和黏弹性消能器，利用与速度有关的黏性抵抗地震作用，从黏滞材料的运动中获得阻尼力，消能能力取决于消能器两端相对速度的大小，速度越大，提供的阻尼力越大，消能能力也越强。

位移相关型消能器包括金属消能器和摩擦消能器，消能能力与消能器两端相对位移的大小有关，相对位移越大，消能能力越强。其中，金属消能器利用金属材料屈服时产生的弹塑性滞回变形耗散能量，从受力形式上可分为剪切型、弯曲型等，剪切型刚度相对较大，而弯曲型则可提供相对较大的阻尼；摩擦消能器一般由钢元件或构件、摩擦片和预压螺栓等组成，在地震作用下，钢元件或构件之间发生相对位移产生摩擦做功而耗散能量。

屈曲约束支撑从工作原理上也可认为是位移相关型消能器。一般情况下，利用其可为结构提供较大侧向刚度的特点，将其设计为在多遇地震作用下不屈服、仅提供侧向刚度的结构构件，在设防地震和罕遇地震作用下，核心单元能产生拉压屈服，利用屈服后滞回变形来耗散地震能量，并且不会发生失稳破坏。

复合型类消能器是利用二种以上的消能原理或机制进行耗能的消能器，同时具有位移相关型消能器和速度相关型消能器的性能特征，但有时可能位移相关型消能器的特征比较明显，有时可能速度相关型消能器的特征比较明显，因此，对其性能的要求应根据其组合消能机理或机制具体确定。

3.4.3 建筑消能器可根据消能器的力学性能、结构的力学特点、建筑物使用环境、技术经济指标等因素进行选用。

条文说明：金属消能器、摩擦消能器和黏弹性消能器能为主体结构提供附加刚度和附加阻尼，黏滞消能器只能为主体结构提供附加阻尼。一般情况下，当结构自身刚度较大，在多遇地震作用下位移较小时，可考虑采用速度型消能器；结构对附加刚度的需求较大时，可采用金属消能器、摩擦消能器、屈曲约束支撑等。

在工程实践中，可根据具体情况，同时采用两种或两种以上消能器，也可与隔震支座同时使用，以取得更好的效果。

4 地震时正常使用建筑性能目标及设计

4.1 一般规定

4.1.1 正常使用建筑的性能目标应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1-1 I 类建筑正常使用的性能目标

构件类型	设防地震	罕遇地震
结构构件	完好或基本完好	轻微或轻度损坏
减震部件	正常工作	正常工作
隔震部件	正常工作	正常工作
建筑非结构构件	基本完好	轻度损坏
建筑附属机电设备	正常工作	轻度损坏
仪器设备	正常工作	轻度损坏
总体性能目标	无需修理可继续使用	简单修理可继续使用

表 4.1.1-2 II 类建筑正常使用的性能目标

构件类型	设防地震	罕遇地震
结构构件	基本完好或轻微损坏	轻度或中度损坏
减震部件	正常工作	正常工作
隔震部件	正常工作	正常工作
建筑非结构构件	基本完好	中度损坏
建筑附属机电设备	正常工作	中度损坏
仪器设备	正常工作	中度损坏
总体性能目标	无需修理可继续使用	适度修理可继续使用

条文说明：结构构件根据功能、作用、位置及重要性等可分为关键构件、普通竖向构件、重要水平构件和普通水平构件。关键构件是指构件的失效可能引起结构的连续破坏或危及生命安全的严重破坏，对于隔震或消能减震结构，也包括该构件失效可能导致隔减震功能失效，如隔震支座的支墩、支柱及相连构件、水平转换构件及与其相连的竖向支撑构件、消能减震子结构竖向构件等，也可由结构工程师根据工程实际情况分析确定。普通竖向构件是指关键构件之外的竖向构件；重要水平构件是指关键构件之外不宜提早屈服的水平构件，包括承受较大集中荷载的楼面梁（框架梁、抗震墙连梁）、承受竖向地震的悬臂梁，以及消能子结构的框架梁等。普通水平构件包括一般的框架梁、抗震墙连梁。

4.1.2 正常使用建筑应基于设防地震进行承载力设计，并进行设防地震和罕遇地震作用下的结构变形和楼层水平加速度验算。

条文说明：对于需要进行罕遇地震验算的关键构件的承载力要求，可参考本导则或其他相关标准执行。

4.1.3 正常使用建筑结构层间位移角和楼层水平加速度宜满足本导则 4.3 节的规定。当建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器不适应所在位置的层间位移角和楼面水平加速度时，应重新选择；若不能重新选择，需采取专门措施，并根据《建筑抗震韧性评价标准》GB/T 38591 进行抗震韧性评价，I 类建筑应达到抗震

韧性二星及以上，Ⅱ类建筑应达到抗震韧性一星及以上。

条文说明：结构层间位移角、楼面加速度除与主体结构性能指标相关外，还与非结构构件、机电设备的性能指标相关。非承重围护墙、内填充墙、填充墙饰面、玻璃幕墙等非结构构件性能指标与层间位移角相关，吊顶、电梯、机电管线、机电设备性能指标与楼层加速度相关，正常使用建筑抗震设计时应充分考虑各项韧性指标的要求。

4.1.4 正常使用建筑的抗震措施应符合现行《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 和《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 相应设防烈度的规定。

4.2 构件截面设计

4.2.1 地震时正常使用建筑的结构构件承载力应按照设防地震作用进行验算。

4.2.2 设防地震作用下，关键构件的抗震承载力，应符合下式规定：

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk}^* + \gamma_{Ev} S_{Evk}^* \leq R / \gamma_{RE} \quad (4.2.2)$$

式中： S ——结构构件内力组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值等；

R ——构件承载力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，除另有规定外，应按表 4.2.2-1 采用；

γ_G ——重力荷载分项系数，一般情况应采用 1.3，当重力荷载效应对构件承载能力有利时，不应大于 1.0；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表 4.2.2-2 采用；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应，计算地震作用时，建筑的重力荷载代表值应取结构和构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 4.2.2-3 采用；但有吊车时，尚应包括悬吊物重力标准值的效应；

S_{Ehk}^* ——水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk}^* ——竖向地震作用标准值的效应。

表 4.2.2-1 主体结构承载力抗震调整系数

材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
钢， 组合结构	柱、梁、支撑、节点板件、 螺栓、焊缝	强度	0.75
	柱、支撑	稳定	0.80
混凝土	梁	受弯	0.75
	轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75
	轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80
	抗震墙	偏压	0.85
	各类构件	受剪、偏拉	0.85

表 4.2.2-2 地震作用分项系数

地震作用	γ_{Eh}	γ_{Ev}
仅计算水平地震作用	1.4	0.0
仅计算竖向地震作用	0.0	1.4
同时计算水平与竖向地震作用（水平地震为主）	1.4	0.5
同时计算水平与竖向地震作用（竖向地震为主）	0.5	1.4

表 4.2.2-3 可变荷载的组合值系数

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
	其他民用建筑	0.5
起重机悬吊物重力	硬钩吊车	0.3
	软钩吊车	不计入

注：硬钩吊车的吊重较大时，组合值系数应按实际情况采用。

条文说明：主体结构承载力抗震调整系数与现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 第 4.3.1 条保持一致，地震作用分项系数与现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 第 4.3.2 条保持一致，可变荷载的组合值系数与现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 第 4.1.3 条保持一致。

4.2.3 设防地震下地震时正常使用建筑的普通竖向混凝土构件及重要水平混凝土构件的受剪承载力应符合式（4.2.2）的规定，正截面承载力应符合式（4.2.3-1）、（4.2.3-2）的规定，普通竖向钢构件及重要水平钢构件的受剪承载力和正截面承载力应符合式（4.2.3-1）、（4.2.3-2）的规定：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4S_{Evk}^* \leq R_k \quad (4.2.3-1)$$

$$S_{GE} + 0.4S_{Ehk}^* + S_{Evk}^* \leq R_k \quad (4.2.3-2)$$

式中： R_k ——普通竖向构件及重要水平构件承载力标准值，按材料强度标准值计算。

4.2.4 设防地震下地震时正常使用建筑的普通水平混凝土构件的抗剪承载力应符合式（4.2.3-1）、（4.2.3-2）的规定，正截面承载力应符合式（4.2.4-1）、（4.2.4-2）的规定，普通水平钢构件的抗剪承载力和正截面承载力应符合式（4.2.4-1）、（4.2.4-2）的规定：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* + 0.4S_{Evk}^* \leq R_k^* \quad (4.2.4-1)$$

$$S_{GE} + 0.4S_{Ehk}^* + S_{Evk}^* \leq R_k^* \quad (4.2.4-2)$$

式中： R_k^* ——普通水平构件承载力标准值，按材料强度标准值计算，对钢筋混凝土梁支座或节点边缘截面可考虑将钢筋的强度标准值提高 25%进行计算，对钢梁支座或节点边缘截面可考虑将钢材屈服强度标准值提高 25%进行计算。

4.2.5 设防地震下地震时正常使用建筑的基础构件的受剪承载力应符合式(4.2.2)的规定，正截面承载力应符合式(4.2.3-1)、(4.2.3-2)的规定。

4.2.6 设防地震作用计算时，隔震减震结构各楼层对应于地震作用标准值的剪力应符合式(4.2.6)的要求：

$$V_{Ek_i} \geq \lambda \sum_{j=i}^n G_j \quad (4.2.6)$$

式中： V_{Ek_i} ——第*i*层对应于水平地震作用标准值的剪力(N)；

λ ——水平地震剪力系数，不应小于表 4.2.6 规定的值；对于竖向不规则结构的薄弱层，尚应乘以增大系数，增大系数取值 1.15；

G_j ——第*j*层的重力荷载代表值(N)；

n ——结构计算总层数。

表 4.2.6 楼层最小地震剪力系数值

抗震设防烈度	7 度(0.10g)	7 度(0.15g)	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)	9 度
扭转效应明显或基本周期小于 3.5s 的结构	0.016	0.024	0.032	0.048	0.064
基本周期大于 5.0s 的结构	0.012	0.018	0.024	0.036	0.048

注：基本周期介于 3.5s 和 5.0s 之间的结构，应允许采用线性插值取值。

4.3 层间变形和楼层水平加速度验算

4.3.1 地震作用下保持正常使用功能建筑的最大层间位移角限值应符合表 4.3.1-1 和 4.3.1-2 的规定。

表 4.3.1-1 I 类建筑在设防地震和罕遇地震下的弹塑性层间位移角限值

地震水平	设防地震	罕遇地震
钢筋混凝土框架	1/400	1/150
底部框架砌体房屋中的框架-抗震墙、钢筋混凝土框架-抗震墙、框架-核心筒结构	1/500	1/200
钢筋混凝土抗震墙、板-柱抗震墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层结构	1/600	1/250
多、高层钢结构	1/250	1/100

注：有特殊要求时，应采取专门技术措施，包括采用适应较大层间变形的材料和构造。

表 4.3.2-2 II 类建筑在设防地震和罕遇地震下的弹塑性层间位移角限值

地震水平	设防地震	罕遇地震
钢筋混凝土框架	1/300	1/100
底部框架砌体房屋中的框架-抗震墙、钢筋混凝土框架-抗震墙、框架-核心筒结构	1/400	1/150
钢筋混凝土抗震墙、板-柱抗震墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层结构	1/500	1/200
多、高层钢结构	1/200	1/80

注：有特殊要求时，应采取专门技术措施，包括采用适应较大层间变形的材料和构造。

4.3.2 特殊设防类建筑，尚应验算极罕遇地震下结构最大弹塑性层间位移，其弹塑性层间位移角限值宜按表 4.3.2 采用：

表 4.3.2 极罕遇地震作用下弹塑性层间位移角限值

结构类型	极罕遇地震
钢筋混凝土框架	1/50
底部框架砌体房屋中的框架-抗震墙、钢筋混凝土框架-抗震墙、框架-核心筒	1/100
钢筋混凝土抗震墙、板柱-抗震墙	1/120
多、高层钢结构	1/50

4.3.3 地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值在设防地震作用、罕遇地震下宜符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 地震时正常使用建筑的最大楼层水平加速度限值（g）

地震水平	设防地震	罕遇地震
I 类建筑性能目标	0.25	0.45
II 类建筑性能目标	0.45	—

注：对于每组时程结果，地震时保持正常使用功能建筑的最大楼面水平加速度可取结构各层质心处楼面绝对水平加速度响应时程的最大值。

4.3.4 当楼面水平加速度不满足本导则第 4.3.3 条的规定时，应对建筑非结构构件、建筑附属机电设备和功能性仪器设备采取专门措施并进行专门研究和论证。

4.3.5 地震时正常使用建筑的设计文件应包含相关楼层在设防地震作用下的层间位移和楼面水平加速度响应，并明确建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备的要求。

4.4 建筑非结构构件抗震设计

4.4.1 典型的位移敏感型建筑非结构构件的变形能力可按附录 A 取值。

4.4.2 典型的加速度敏感型建筑非结构构件承受加速度的能力可按附录 B 取值。

4.4.3 建筑非结构构件自身及与结构主体的连接，应按设防地震进行抗震设防。

4.4.4 建筑主体结构中，幕墙、围护墙、隔墙、女儿墙、雨篷、商标、广告牌、顶篷支架、大型储物架等建筑非结构构件的安装部位，应采取加强措施，以承受由建筑非结构构件传递的地震作用。

4.4.5 围护墙、隔墙、女儿墙等非承重墙体的设计与构造应符合下列规定：

1 采用砌体墙时，应设置拉结筋、水平系梁、圈梁、构造柱等与主体结构可靠拉结。

2 墙体及其与主体结构的连接应具有足够变形能力，以适应主体结构不同方向的层间变形需求。

3 人流出入口和通道处的砌体女儿墙应与主体结构锚固，防震缝处女儿墙的自由端应予以加强。

4.4.6 建筑装饰构件的设计与构造应符合下列规定：

- 1** 各类顶棚的构件及与楼板的连接条件，应能承受顶棚、悬挂重物和有关机电设备的自重和地震附加作用；其锚固的承载力应大于连接件的承载力；
- 2** 悬挑构件或一端由柱支承的构件，应与主体结构可靠连接；
- 3** 玻璃幕墙、预制墙板、附属于楼屋面的悬臂构件和大型储物架的抗震构造应符合抗震设防类别和烈度的要求。

4.5 建筑附属机电设备和仪器设备

4.5.1 典型的建筑附属机电设备承受加速度的能力可按附录 C 取值。

4.5.2 典型的仪器设备承受加速度的能力可按附录 D 取值。

4.5.3 建筑附属机电设备及仪器设备，其自身及与结构主体的连接，应按设防地震进行抗震设防。

4.5.4 建筑附属机电设备不应设置在可能致使其功能障碍等二次灾害的部位；抗震设防地震下需要连续工作的附属设备，应设置在建筑结构地震反应较小的部位。

4.5.5 管道、电缆、通风管和设备的洞口位置，应减少对主要承重结构构件的削弱；洞口边缘应有补强措施。管道和设备与建筑结构的连接，应具有足够的变形能力，以满足相对位移的需要。

4.5.6 建筑附属机电设备的基座或支架，以及相关连接件和锚固件应具有足够的刚度和强度，应能将设备承受的地震作用全部传递到建筑结构上。

4.5.7 建筑结构中，用以固定建筑附属机电设备预埋件、锚固件的部位，应采取加强措施，以承受附属机电设备传给主体结构的地震作用。

5 建筑隔震设计要点

5.1 一般规定

5.1.1 隔震建筑结构适用的高宽比和最大高度应满足现行《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 相应结构类型的要求。

5.1.2 设计文件应编制隔震设计专篇，内容包括隔震目标、设计说明、分析与设计软件、结果及结论、隔震支座布置、构造大样、产品力学参数等。

5.1.3 上部结构水平地震作用、抗震措施可根据底部剪力比确定，与竖向地震作用有关的抗震措施不应降低。超长、楼板不连续、凹凸不规则的隔震结构，计算时应考虑楼板的平面内变形的影响。

5.1.4 隔震层的下支墩应有足够的稳定性，其截面最小尺寸不应小于支座法兰板尺寸，悬臂柱下支墩高度与其截面短边长度之比不宜大于 1.5，当超过时应整体分析以考虑其影响。

5.1.5 剪力墙结构、框剪结构采用隔震技术时，隔震层应合理转换并按相关规定进行加强。隔震层转换次数不宜大于 3。

5.1.6 隔震建筑的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荷载代表值的 10%。

5.1.7 隔震建筑的地基应稳定可靠，所在的场地宜为 I、II、III 类；当场地为 IV 类时，应采取有效措施。

5.1.8 对重点设防类建筑的地基抗液化措施，应按提高一个液化等级确定；对特殊设防类建筑的地基抗液化措施应进行专门研究，且不应低于重点设防类建筑的相应要求，直至全部消除液化沉陷。

5.2 隔震层设计要点

5.2.1 隔震层设计应符合下列要求：

1 阻尼装置、抗风装置和抗拉装置可与隔震装置合为一体，亦可单独设置，必要时可设置限位装置；

2 同一隔震层选用多种类型、规格的隔震装置时，每个隔震装置的承载力和水平变形能力应能充分发挥，所有隔震装置的竖向变形应保持一致。橡胶类支座不宜与摩擦摆等钢支座在同一隔震层中混合使用；

3 隔震层采用摩擦摆隔震支座时，应考虑支座水平滑动时产生的竖向位移，及其对隔震层和结构的影响；

4 当隔震层采用隔震装置和消能器时，应使隔震层在地震后基本恢复原位，

隔震层在罕遇地震作用下水平最大位移所对应的恢复力,不宜小于隔震层屈服力与摩阻力之和的 1.2 倍。

条文说明: 一般情况下,摩擦摆等钢支座的竖向刚度特性不同于橡胶类支座,考虑变形协调性,这两类支座在同一隔震层中不宜混用。此外,一般摩擦摆隔震支座水平滑动时会产生竖向位移,形成对所支承结构的顶升作用,因此,考虑结构变形协调性,同一隔震层中不应将这类摩擦摆隔震支座与橡胶类隔震支座等混用,应考虑支座滑动时隔震层和结构的整体协调性。隔震层的摩阻力,指隔震层中各摩擦摆隔震支座,或弹性滑板支座,或摩擦型阻尼装置等滑动时受到的水平动摩擦力的总和。

5.2.2 隔震层的布置应符合下列要求:

1 隔震层宜设置在结构的底部或中下部,其隔震装置应设置在受力较大的位置,隔震支座的规格、数量和分布应根据竖向承载力、侧向刚度和阻尼的要求由计算确定;

2 隔震层刚度中心宜与上部结构的质量中心重合,设防烈度地震作用下的偏心率不宜大于 3%,当偏心率大于 3%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;

3 隔震支座的平面布置宜与上部结构和下部结构中竖向受力构件的平面位置相对应,不能相对应时,应采取可靠的结构转换措施;

4 隔震装置底面宜布置在相同标高位置上;当隔震层的隔震装置处于不同标高时,应采取有效措施保证隔震装置共同工作,且罕遇地震作用下,不同标高的相邻隔震层的层间位移角不应大于 1/1000;

5 同一支承处采用多个隔震装置时,隔震装置之间的净距应能满足安装和更换所需的尺寸。

5.2.3 隔震装置的压应力和徐变性能应符合下列要求:

1 隔震装置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 5.2.3-1 的规定;

2 对于弹性滑板支座,橡胶支座部及滑移材料的压应力限值均应满足表 5.2.3-1、5.2.3-2 的规定,支座部外径不宜小于 300mm;

3 对于摩擦摆隔震支座,摩擦材料的压应力限值也应满足表 5.2.3-1、5.2.3-2 的规定;

4 在建筑设计使用年限内,隔震橡胶支座刚度、阻尼特性变化不应超过初期值的 $\pm 20\%$;天然橡胶支座和铅芯橡胶支座的徐变量不应大于内部橡胶总厚度的 5%,高阻尼橡胶支座的徐变量不应大于内部橡胶总厚度的 10%。

5 橡胶隔震支座、弹性滑板支座和摩擦摆隔震支座的最大竖向压应力不应超过表 5.2.3-2 所规定的限值。

表 5.2.3-1 隔震支座在重力荷载代表值作用下的压应力限值 (MPa)

支座类型	特殊设防类建筑	重点设防类建筑	标准设防类建筑
隔震橡胶支座	10	12	15
弹性滑板支座	12	15	20
摩擦摆隔震支座	20	25	30

注：1 当隔震橡胶支座的第二形状系数（有效直径与橡胶层总厚度之比）小于 5.0 时，应降低平均压应力限值：小于 5 且不小于 4 时降低 20%，小于 4 且不小于 3 时降低 40%；

2 外径小于 300mm 的隔震橡胶支座，标准设防类建筑的压应力限值为 10MPa。

表 5.2.3-2 隔震支座在罕遇地震作用下的最大竖向压应力限值 (MPa)

支座类型	特殊设防类建筑	重点设防类建筑	标准设防类建筑
隔震橡胶支座	20	25	30
弹性滑板支座	25	30	40
摩擦摆隔震支座	40	50	60

注：1 在罕遇地震作用下，隔震支座将会在重力荷载代表值产生的竖向压应力基础上叠加较大的竖向拉、压应力，因此，需要分别设定不同的隔震橡胶支座和弹性滑板支座的竖向压应力限值。

2 隔震橡胶支座的直径小于 300mm 时其压应力限值可适当降低。

5.2.4 罕遇地震作用下隔震支座的拉应力应符合下列规定：

1 隔震橡胶支座竖向拉应力不应超过表 5.2.4 所规定的限值，且同一地震动加速度时程曲线作用下出现拉应力的支座数量不宜超过支座总数的 30%；对出现拉应力的支座宜采用具有可靠抗拉功能的隔震橡胶支座；

2 弹性滑板支座、摩擦摆隔震支座或其他不能承受竖向拉力的支座宜保持受压状态。

表 5.2.4 隔震支座在罕遇地震作用下的竖向拉应力限值 (MPa)

建筑类别	特殊设防类建筑	重点设防类建筑	标准设防类建筑
拉应力限值 (MPa)	0	1.0	1.0

5.2.5 隔震层的水平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黏滞阻尼比可分别按式 (5.2.5-1) 和式 (5.2.5-2) 计算：

$$K_h = \sum K_j \quad (5.2.5-1)$$

$$\zeta_{eq} = \sum K_j \zeta_j / K_h \quad (5.2.5-2)$$

式中： K_h ——隔震层水平等效刚度；

K_j —— j 隔震支座（含消能器）由试验确定的水平等效刚度。

ζ_{eq} ——隔震层等效黏滞阻尼比；

ζ_j —— j 隔震支座由试验确定的等效黏滞阻尼比，设置阻尼装置时，应包括相应阻尼比；

2 当隔震层设有附加阻尼装置时，尚应计入阻尼装置的阻尼。

3 隔震支座和阻尼装置的设计参数,应与产品型式检验的结果相符,检验时支座竖向荷载应采用本导则表 5.2.3 规定的压应力限值,对应不同地震烈度作用时的隔震层水平位移可求得等效刚度和等效阻尼比。

5.2.6 罕遇地震作用下隔震支座的水平位移,宜采用振型分解反应谱法结合迭代的方法或时程分析法,对隔震体系进行整体分析,确定不同设防地震作用下隔震层位移幅值。

5.2.7 隔震支座在地震作用下的水平位移,应符合下式规定:

$$u_i \leq [u_i] \quad (5.2.7)$$

式中: u_i ——第 i 个隔震支座考虑扭转的水平位移(mm);

$[u_i]$ ——第 i 个隔震支座的水平位移限值(mm)。

1 除特殊规定外,在罕遇地震作用下,隔震橡胶支座的 $[u_i]$ 取值不应大于支座直径的 0.55 倍和各层橡胶厚度之和 3.0 倍二者的较小值;弹性滑板支座的 $[u_i]$ 取值不应大于其产品水平极限位移的 0.75 倍;摩擦摆隔震支座的 $[u_i]$ 取值不应大于其产品水平极限位移的 0.85 倍。

2 对特殊设防类建筑,在极罕遇地震作用下隔震橡胶支座的 $[u_i]$ 值可取各层橡胶厚度之和的 4.0 倍;弹性滑板支座、摩擦摆隔震支座的 $[u_i]$ 值可取产品水平极限位移;隔震层宜设置超过极罕遇地震下位移的限位装置。

5.2.8 隔震层的抗风装置应按下式进行验算:

$$\gamma_w V_{wk} \leq V_{Rw} \quad (5.2.8)$$

式中: V_{Rw} ——抗风装置的水平承载力设计值。当抗风装置是隔震支座的组成部分时,取隔震支座的水平屈服荷载设计值(铅芯橡胶支座取屈服力,弹性滑板支座及摩擦摆隔震支座按起滑后的摩阻力);当抗风装置单独设置时,取抗风装置的水平承载力,可按材料屈服强度设计值确定;

γ_w ——风荷载分项系数,采用 1.5;

V_{wk} ——风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值(N)。

5.2.9 隔震房屋抗倾覆验算应符合下列规定:

1 隔震建筑应进行结构整体抗倾覆验算和隔震橡胶支座拉压承载能力验算;

2 进行结构整体抗倾覆验算时,应按罕遇地震作用计算倾覆力矩,并按上部结构重力荷载代表值计算抗倾覆力矩,抗倾覆力矩与倾覆力矩之比不应小于 1.1。抗倾覆力矩的计算可计入隔震层抗拉装置的作用;

3 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;隔震支座在罕遇水平和竖向地震共同作用下,最大压应力、拉应力应符合本标准第 5.2.3、5.2.4 条的规定。

4 上部结构传递到隔震橡胶支座的重力荷载代表值应考虑倾覆力矩所引起

的增加值。

5.3 隔震构造连接设计要点

5.3.1 隔震层顶板，应有足够的平面内水平刚度，应采用现浇混凝土梁板结构，板厚不应小于 160mm，应采用双层双向配筋，且每层每个方向的配筋率不宜小于 0.25%。

5.3.2 当隔震层有防火要求时，隔震橡胶支座应采取防火措施，防火措施不应妨碍隔震橡胶支座的变形。构件的燃烧性能和耐火极限应满足《建筑设计防火规范》GB 50016 中耐火等级为一级的承重墙和柱的要求。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。

条文说明：隔震层为无建筑使用功能的封闭空间，且内部无火灾风险时，相应构件可不作燃烧性能和耐火极限要求。否则，隔震支座和其他部件应采取措施满足规范要求。

5.3.3 隔震层设计应能保证避免上部结构及隔震部件正常位移或变形受到阻挡。特殊设防类隔震建筑考虑极罕遇地震作用时，可采用相应的限位措施进行限位保护。

5.3.4 隔震支座与上部结构及下部结构的连接应可靠，应使隔震支座在达到极限破坏状态时仍不产生连接的破坏。

5.3.5 预埋件的锚固钢筋应与连接板牢固连接。外露的预埋件应按现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 进行防锈处理。隔震支座外露的金属部件表面应按现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 进行防腐处理。

5.3.6 设置隔震支座的柱头应有防止局部受压破坏的构造措施。

5.3.7 上部结构与周围固定物之间应设置完全贯通的竖向隔离缝以避免罕遇地震作用下可能的阻挡和碰撞，隔离缝宽度不应小于隔震支座在罕遇地震作用下最大水平位移的 1.2 倍，且不应小于 300mm。对相邻隔震结构之间的隔离缝，缝宽取最大水平位移值之和，且不应小于 600mm。对特殊设防类建筑，隔离缝宽度尚不应小于隔震支座在极罕遇地震下最大水平位移。

5.3.8 上部结构与下部结构或室外地面之间应设置完全贯通的水平隔离缝，水平隔离缝高度不宜小于 20mm，并应采用柔性材料填塞进行密封处理。

5.3.9 采用悬吊式方案穿越隔震层的电梯井，在电梯井底部可设置隔震支座，也可直接悬空，电梯井与下部结构之间的竖向隔离缝宽度不应小于所在结构与周围固定物的竖向隔离缝宽度。

5.3.10 一般情况下，隔离缝顶部、悬吊式电梯井出入口与下部结构之间，应设置滑动盖板，滑动盖板的设计滑动距离不应小于所在结构与周围固定物的隔离缝宽

度，且应满足检修及清理的要求。滑动盖板应采取一定的防脱落措施。

5.3.11 穿越隔震层的楼梯、扶手、门厅入口、踏步、电梯、地下室坡道、车道入口及其它固定设施，应避免地震作用下可能的阻挡和碰撞，在适当部位做断开或可变形的构造措施。

5.3.12 穿越隔震层的一般管线在隔震层处应采用柔性措施，其预留的水平变形量不应小于隔离缝宽度；穿越隔震层的重要管道、可能泄露有害介质或可燃介质的管道，在隔震层处应采用柔性措施，其预留的水平变形量不应小于隔离缝宽度的 1.4 倍。

5.3.13 穿越隔震层及跨越隔离缝的建筑隔震柔性连接系统，柔性连接处应设置固定支吊架。

5.3.14 利用构件钢筋作避雷针时，应采用柔性导线连接隔震层上部结构和下部结构的钢筋，其预留的水平变形量不应小于隔离缝宽度的 1.4 倍。

5.3.15 立面幕墙在隔离缝位置宜采用分离式幕墙，缝两侧幕墙独立支承，尽量减少相互作用。当采用整体式幕墙时，可根据破坏后果的严重性允许采用设防水准下的隔离缝宽度进行幕墙构造设计。

6 隔震支座的检验

6.1 一般规定

6.1.1 隔震支座应进行型式检验、出厂检验及见证检验。出厂检验和见证检验报告只对采用该产品的项目有效，不得重复使用。

6.1.2 除特殊规定外，隔震支座及隔震层阻尼装置产品的型式检验、出厂检验及见证检验，应符合国家现行相关标准的规定，检验确定的产品性能应满足设计要求。

6.1.3 橡胶隔震支座的产品性能应符合国家现行标准《橡胶支座第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3 和《建筑隔震橡胶支座》JG/T118 规定。

6.1.4 弹性滑板支座的产品性能应符合现行国家标准《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB/T 20688.5 规定。

6.1.5 摩擦摆隔震支座的产品性能应符合现行国家标准《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T 37358 的规定。

6.1.6 支座力学性能试验项目见附录 J。

6.1.7 检验不合格的隔震支座不得在工程中使用。

6.2 型式检验

6.2.1 隔震支座应按照国家现行标准《建筑隔震橡胶支座》JG/T118、《橡胶支座第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3、《橡胶支座第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB/T 20688.5 和《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T 37358 的要求进行型式检验。

6.2.2 型式检验应由具有检测资质的第三方进行检验。

6.2.3 隔震橡胶支座产品有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1 新产品的试制、定型、鉴定；
- 2 当原料、结构、工艺等有较大改变，有可能对产品质量影响较大时；
- 3 正常生产时，每4年检验一次；
- 4 停产1年以上恢复生产时。

6.2.4 摩擦摆支座产品有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- 2 正常生产后，如结构、工艺、材料有较大改变,可能影响产品性能时；
- 3 正常生产时，每五年定期进行一次；
- 4 产品停产超过1年，再恢复生产时。

6.3 出厂检验

6.3.1 出厂检验应由制造厂质检部门或独立的第三方检测机构检验，检验合格并附合格证书方准出厂。

6.3.2 隔震支座应按照国家现行标准《建筑隔震设计标准》GB/T 51408、《建筑隔震橡胶支座》JG/T118、《橡胶支座第3部分：建筑隔震橡胶支座》GB/T 20688.3、《橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB/T 20688.5 和《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T 37358 的要求进行出厂检验：

1 出厂检验可采用随机抽样的方式确定检测试件。若有一件抽样试件的一项性能不合格，则该次抽样检验不合格。不合格产品不得出厂；

2 特殊设防类、重点设防类建筑，每种规格产品抽样数量应为 100%；

3 标准设防类建筑，每种规格产品抽样数量不应少于总数的 50%；有不合格试件时，应 100%检测；

4 每项工程抽样总数不应少于 20 件，每种规格的产品抽样数量不应少于 4 件，当产品少于 4 件时，应全部进行检验。

6.4 见证检验

6.4.1 支座产品在安装前应对工程中所用的各种类型和规格的原型部件应进行见证检验。

6.4.2 见证检验的取样和送检应在建设单位和工程监理单位的见证下，由施工单位按照国家有关技术标准、规范的规定，在施工现场进行随机取样，经见证人员、取样人员共同送到具备相应检测资质的工程质量检测机构进行检测。

6.4.3 见证检验应送建设单位委托的具有相应建设工程质量检测资质的第三方检测机构进行检测。此处的第三方检测机构应具有检验检测机构资质认定证书，应为独立于生产厂家，且不能与生产厂家为同属一个集团公司或同属一个系统管理部门的第三方检测单位。

6.4.4 见证检验应先进行竖向压缩性能和剪切性能检测，合格后随即进行水平极限性能检测。抽样数量和要求按下列规定：

1 特殊设防类建筑，每种规格产品抽样数量应为 100%；

2 标准设防类、重点设防类建筑，每种规格产品抽样数量不应少于总数的 50%；有不合格试件时，应 100%检测；

3 每项工程抽样总数不应少于 20 件，每种规格的产品抽样数量不应少于 4 件，当产品少于 4 件时，应全部进行检验；

4 隔震支座水平极限变形能力见证检验抽样数量：同一生产厂家、同一类型、同一规格的产品，数量不超过 150 个时，取不少于 1 个进行水平极限剪切性能试验；

5 隔震橡胶支座进行水平极限剪切性能试验时，在表 5.2.3-1 所列的压应力下，支座的水平极限变形值应不小于内部橡胶总厚度的 450%，往复循环一圈，支座外观异常，曲线无异常，被检测产品检测后不得再应用于工程项目。

6.4.5 隔震支座见证检验所需的力学性能试验项目见附录 J。

7 隔震部件的施工、验收与维护

7.1 一般规定

7.1.1 建筑隔震工程施工现场管理，应有健全的质量管理体系、施工质量控制与检验制度。

7.1.2 建筑隔震工程施工前，由建设单位组织设计、施工、监理、生产及其他相关单位对设计文件进行技术交底和图纸会审。

7.1.3 建筑隔震工程施工前，施工单位应根据设计文件编制专项施工组织设计和施工技术方案，并经建设和监理单位审核。

7.1.4 隔震减震装置用于建设工程前，应按照相关规定进行见证检验，具体要求见 6.4 节。对检验判定为不合格的产品不得使用。

7.1.5 建筑隔震工程施工的每道工序完成后应按隐蔽工程要求检查验收，并形成记录，同时宜留有图像资料。对重要工序需经设计单位确认合格后，方可进行下道工序的施工。

7.2 进场验收及施工

7.2.1 实行施工总承包的工程，隔震减震装置属于建设工程主体结构的施工，应当由总承包单位自行完成。

7.2.2 隔震支座、消能器及连接件等隔震部件产品进场时，应按相关规定进行进场验收，并经监理（建设）单位核准。

7.2.3 进场验收应有型式检验、出厂检验及相关质量证明文件，并应按规定进行见证检验。见证检验的要求见 6.4 节，当设计有其他要求时，尚应进行相应的检验。

7.2.4 隔震支座和连接件进场应提供下列质量证明文件：

1 隔震支座所用钢板、螺栓、橡胶、铅锭、胶黏剂等原材料质量证明文件，橡胶检验报告；

2 连接件所用钢板、钢筋、套筒、螺栓等质量证明文件，锚筋套筒连接第三方机械连接性能检验报告；

3 隔震支座产品合格证和出厂检验报告；

4 项目所用相关型号隔震支座型式检验报告；

5 其他必要证明文件。

7.2.5 隔震支座和消能器应有防止雨淋、日晒、磕碰和锐器划伤等保护措施。隔震支座和消能器应储存在干燥、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。隔震支座或者消能器如有防火要求的，应采取防火保护措施。

7.2.6 隔震支座和消能器的安装施工应按《建筑隔震工程施工及验收规范》JGJ 360 中规定执行。

7.2.7 隔震建筑施工过程中，应对隔震支座的变形进行监测。

7.2.8 消能器的安装应在支座安装及上部梁板体系施工验收合格后进行，或在隔震层上部结构施工验收合格后进行。

7.2.9 隔震支座和消能器安装宜由经过专门培训的人员实施，且安装时应有监理进行旁站。

7.2.10 对采用新工艺、超长结构、大跨度结构或设计有特殊要求的施工方案，应组织专家进行论证。

7.3 质量验收

7.3.1 建筑隔震工程验收程序应符合下列规定：

1 隔震装置作为结构分部工程的子分部工程，应当在安装完成后，由建设单位组织隔震装置生产企业、施工、监理、设计单位进行验收，验收合格后方可进入下一道施工工序。

2 隔震房屋建筑工程竣工验收前，建设单位应当组织施工、监理、设计单位对隔震装置、隔震沟、隔离缝和柔性连接等部位进行标识，并在工程显著部位设置永久性标牌，标明工程抗震设防烈度和隔震类别等重要信息。

7.3.2 建筑隔震工程施工质量验收应在自检合格的基础上，按检验批、分项工程、子分部工程逐级检查验收，应符合下列规定：

1 工程施工质量应符合本规程和设计要求；

2 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；

3 隐蔽工程在隐蔽前，应由相关单位进行隐蔽工程验收，确认合格后，形成隐蔽验收文件；

4 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行检查；

5 工程的外观质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

7.3.3 橡胶隔震支座、弹性滑板支座、摩擦摆隔震支座安装位置的允许偏差和检验方法应符合表 7.3.3 要求。

表 7.3.3 隔震支座安装位置的允许偏差和检验方法

支座类别	项目		允许偏差	检查数量	检验方法
橡胶隔震支座	支座标高		$\pm 3\text{mm}$	全数检查	用水准仪、钢尺测量
	支座水平位置偏差		$\pm 5\text{mm}$		用全站仪、钢尺测量
	水平度	下支墩顶面	3‰		用水准仪、千分塞尺测量
		支座顶面	3‰		用水准仪、千分塞尺测量
弹性滑板支座	橡胶支座部	中心标高	$\pm 5\text{mm}$	全数检查	用水准仪、钢尺测量
		平面中心位置	$\pm 5\text{mm}$		用全站仪、钢尺测量
		顶面水平度	2‰		用水准仪、千分塞尺测量
	滑移面板	中心标高	$\pm 5\text{mm}$	全数检查	用水准仪、钢尺测量
		平面中心位置	$\pm 5\text{mm}$		用全站仪、钢尺测量
		顶面水平度	2‰		用水准仪、千分塞尺测量
	橡胶支座与滑移面板平面中心位置相对偏差		5mm	全数检查	用全站仪、钢尺测量
摩擦摆隔震支座	支座标高		$\pm 3\text{mm}$	全数检查	用水准仪、钢尺测量
	支座水平位置偏差		$\pm 5\text{mm}$		用全站仪、钢尺测量
	水平度	下支墩顶面	3‰		用水准仪、千分塞尺测量
		支座顶面	5‰		用水准仪、千分塞尺测量

7.3.4 建筑隔震工程质量验收不合格时，应按下列规定处理：

1 经更换构（配）件的检验批，应重新进行验收；

2 经有资质的检测机构鉴定并出具相关鉴定报告，且经设计、监理单位复核，能够满足结构安全和使用功能要求，可予以验收。

7.3.5 建筑隔震工程上部结构验收、竣工验收及维护检查时，应对隔离缝和柔性连接进行验收和检查。

7.4 维护

7.4.1 建设单位应组织设计、监理、隔震构件生产厂家和施工单位等共同编写隔震工程使用说明书及维护管理手册，说明书中应阐述隔震原理、房屋使用者注意的问题，同时给出主要建筑结构平面图、剖面图、隔震层布置图、隔离缝布置图以及隔震产品描述等。

7.4.2 建设工程所有权人应当按照规定对隔震建筑进行检查、修缮和维护，及时排除安全隐患。隔震建筑除对建筑一般维护项目进行检验、检查外，还应对隔震建筑特有的项目进行检验、检查，检查项目包括隔震减震装置、隔震沟、隔离缝、相关构造措施及隔震标识。

7.4.3 任何单位和个人不得擅自变动、损坏或者拆除建设工程抗震构件、隔震沟、隔离缝、隔震装置及隔震标识。

7.4.4 隔震建筑的维护检查分为常规检查、定期检查和应急检查，检查内容见附录 E。

1 常规检查应每年进行一次，检查方式可采用观察和尺量，检查单位为隔震建筑使用或管理单位，或委托专业人员检查；

2 定期检查应为竣工后的第 3 年、第 5 年、第 10 年，第 10 年以后每 10

年进行一次，检查方式可采用观察和尺量，定期检查由专业人员进行，并提供相关报告；

3 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，应急检查由专业人员进行，并提供相关抽样检验报告。

7.4.5 隔震装置进行抽样检验时，应在结构中抽取在役的典型支座，对其基本性能进行原位测试或实验室测试，测试内容应能反映支座在使用期间可能发生的性能参数变化，并应能推定可否达到预定的使用年限。

7.4.6 隔震层部件的改装、更换和加固，宜优先采用原厂家隔震部件。施工前应编制专项施工方案，并由有资质的设计单位确认，或由原设计单位确认。

7.5 隔震标识

7.5.1 隔震建筑应设置标识，标识内容应包括隔震装置的型号、规格及维护要求，以及隔离缝的检查和维护要求。

7.5.2 隔震工程专用主标识应设置于建筑主要入口显著位置。其他隔震专用标识应设置于相关隔震装置或隔震构造的邻近位置。所有隔震工程专用标识应便于识读及维护。

7.5.3 由于隔震建筑上部结构和下部结构在地震时会有相对错动，应在错动构造部位的临近墙面或地面设置疏散避让标识，提示疏散人员进行避让，提示无关物品不得侵占水平隔震间距。下列部位应设置明显疏散避让标识：

- 1** 跨越建筑首层周圈隔震沟的人行出入口、隔震台阶和无障碍坡道部位；
- 2** 跨越隔震沟的地下车库连通口、地下车库地面出入口部位；
- 3** 建筑内部各楼层楼板上设置了竖向隔离缝盖板的部位（隔震与非隔震建筑贴邻建设时）；
- 4** 隔震工程中的断开式楼梯、端部滑动支撑式楼梯的可移动部位；
- 5** 隔震工程中的悬挂式（支承式）楼梯间、悬挂式（支承式）电梯井、悬挂式（支承式）核心筒在楼板处的竖向隔离缝盖板部位；
- 6** 其他因隔震而可能产生相对位移的部位。

7.5.4 隔震工程专用标识在安装前应由设计方确认内容正确，安装后应形成标识数量和样式清单，纳入隔震专项工程验收资料，并提供给后续物业管理单位。

8 建筑消能减震设计要点

8.1 一般规定

8.1.1 消能减震结构应合理设置消能器，形成以消能器为主的消能机制。

8.1.2 设计文件应包含减震设计专篇，内容包括消能减震目标、设计说明、分析与设计软件、结果及结论、消能器布置、构造大样、产品力学参数等。

8.1.3 消能减震结构设计应保证主体结构符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 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。

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

8.1.5 消能减震结构构件设计时，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。

8.1.6 在多层建筑结构中，一般安装消能器的楼层数量不低于总楼层数的 1/2；对于高层建筑而言，该比例一般不低于总楼层数的 1/3。在具体布置消能器的楼层时，消能器的最大间距应参照框剪结构中剪力墙的最大间距标准进行设定。同时，确保至少 50% 的楼层中，消能器的最大出力总和满足该楼层总剪力的 15% 以上。

8.1.7 在温度作用或 10 年一遇标准风荷载作用下，摩擦消能器不应进入滑动状态，金属消能器和屈曲约束支撑不应产生屈服。

条文说明：对于位移相关型消能器和屈曲约束支撑，随着循环圈数的不断增加，可能会出现低周疲劳失效的问题，因此，位移相关型消能器和屈曲约束支撑应保证在弹性范围内具有足够的承载力，以避免过早出现非预期的破坏。

8.1.8 消能部件设计及附加阻尼比可按《建筑消能减震技术规程》JGJ297-2013 第 6.3 节方法计算，并应采用累计能量比较法等其他可靠方法进行校核。

条文说明：累计能量比较法为消能器累积耗能与结构固有模态阻尼累积耗能之比估算的结构附加有效阻尼比，一般可通过快速非线性分析法（FNA 法）计算。

8.1.9 设计中应考虑消能器性能偏差、连接安装缺陷等的不利影响，在附加阻尼比取用时应留有安全储备。

条文说明：附加阻尼比目前存在多种计算方法，均存在一定假定，另外，《建筑消能减震技术规程》JGJ297 等标准允许消能器在检测时有 10~15% 的性能偏差，而且施工中不可避免地存在位置、间隙等缺陷，故提出此要求。中震计算结构附加阻尼比时，可乘以 0.9 的折减系数。

8.1.10 消能减震结构可采用等效弹性振型分解反应谱法进行初步的构件配筋设

计,但应采用能够实际模拟消能器非线性性能的计算模型,利用非线性时程分析进行各构件的配筋校核。

条文说明:等效弹性振型分解反应谱法应能准确考虑结构的附加阻尼比、附加刚度,对于黏滞消能器,尚应考虑附加阻尼力影响。

8.1.11 结构非线性时程分析时,应采用实际截面尺寸和配筋。

8.2 消能部件布置原则

8.2.1 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位移和速度较大的楼层,同时可采用合理构造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。

8.2.2 消能部件的布置宜使消能减震结构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弹性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水平阻尼力与主体结构的弹性层间剪力与层间位移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。

8.3 主体结构设计要点

8.3.1 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《建筑抗震设计标准》GB/T 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。

8.3.2 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《建筑抗震设计标准》GB/T 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《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定的限值要求。

8.3.3 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《建筑抗震设计标准》GB/T 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措施要求可适当降低，降低程度可根据消能减震主体结构地震剪力与不设置消能部件的结构的地震剪力之比确定，最大降低程度应控制在 1 度以内。

条文说明：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。

8.3.4 位移相关型消能器通常需要与支撑构件进行组合，并为结构提供一定初始附加刚度，当位移相关型消能器进入耗能状态后，其附加刚度将发生改变，消能器的等效线性刚度取割线刚度，等效阻尼按能量相等原理等效为线性黏滞阻尼。

8.3.5 确定消能器参数和数量应符合下列要求：

1 黏滞消能器的阻尼力 F 与活塞运动速度 v 之间具有下列关系： $F=Cv^\alpha$ ，其中有两个主要参数：阻尼系数 C 和阻尼指数 α 。

2 根据消能器的设计理论和分配理论，黏滞消能器在确定了附加阻尼比，选定阻尼指数后，先计算出消能器的总阻尼系数值，再用此值除以采用的阻尼系数，可以初算消能器的数量。

8.4 消能子结构设计要点

8.4.1 消能子结构的设计应着重加强节点、构件的延性，可采用沿构件全长提高配箍率、增设型钢等方法。

8.4.2 罕遇地震作用下消能子结构承载力验算时，材料强度可采用《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 附录 M.1.2-4 的规定的极限值，见表 8.4.2。

表 8.4.2 消能子结构材料强度极限值

材料	强度等级	极 限 值(N/mm ²)
钢筋	HRB400	500
	HRB500	625
混凝土	C30	26.4
	C35	30.8
	C40	35.2
	C45	39.6
	C50	44.0
	C55	48.4
	C60	52.8

续表 8.4.2

材料	强度等级	极 限 值(N/mm ²)
钢材	Q235	370
	Q355	470
	Q390	490
	Q420	520
	Q355GJ	490

8.4.3 与消能器直接相连的预埋件、支撑和支墩及节点板等应具有足够的刚度、强度和稳定性。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,应为消能器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍,并应保持弹性。

8.4.4 位于结构外围的消能器及其支承构件应置于外围护墙体内侧;当消能器及其支承构件与内墙处于同一平面时,应采取有效措施确保消能器及其支承构件在地震作用下的变形不受阻碍。

8.4.5 消能子结构的截面抗震验算应符合下列规定:

1 消能子结构中的竖向构件应按关键构件设计,框架梁按重要水平构件设计,并应考虑罕遇地震作用效应和其他荷载作用标准值的效应,其值应小于构件极限承载力。

2 消能子结构中的梁、柱和墙截面设计应考虑消能器在极限位移或极限速度下的阻尼力作用。

3 消能部件采用高强度螺栓或焊接连接时,消能子结构节点部位组合弯矩设计值应考虑消能部件端部的附加弯矩。

4 消能子结构的节点和构件应进行消能器极限位移和极限速度下的消能器引起的阻尼力作用下的截面验算。

5 当消能器的轴心与结构构件的轴线有偏差时,结构构件应考虑附加弯矩或因偏心而引起的平面外弯曲的影响。

8.4.6 消能部件子结构的构造措施应符合下列规定:

1 消能部件子结构的抗震构造措施要求应按设防烈度要求执行。

2 消能部件子结构为混凝土或型钢混凝土构件时,构件的箍筋加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径,应满足国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的要求;消能部件子结构为剪力墙时,其端部宜设暗柱,其箍筋加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径,不应低于国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中框架柱的要求。

3 消能部件子结构为钢结构构件时,钢梁、钢柱节点的构造措施应按国家现

行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中中心支撑的要求确定。

8.5 消能部件的连接与构造

8.5.1 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。

8.5.2 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。

8.5.3 消能器与支撑、节点板、预埋件的连接可采用高强度螺栓、焊接或销轴连接，高强度螺栓及焊接的计算、构造要求应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82 的规定。

8.5.4 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。

8.5.5 消能器与非结构构件之间应采用柔性连接，保证消能器的有效变形空间。

8.5.6 消能器的支撑或连接元件或构件、连接板应保持弹性。

8.5.7 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在设计位移或设计速度下对应阻尼力的 1.2 倍。

8.5.8 预埋件的锚筋和锚板设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计标准》GB 50010 和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的规定。

8.5.9 预埋件的锚筋应按拉剪构件或纯剪构件计算总截面面积。预埋件的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。

条文说明：预埋件的构造形式应根据受力性能和施工条件确定，力求构造简单，传力直接。预埋件可分为受力预埋件与构造预埋件两种。均由两部分组成：埋设在混凝土中的锚筋和外露在混凝土表面部分的锚板。锚筋和锚板都采用可焊性良好的结构钢。锚筋常用钢筋，对于受力较大的预埋件常采用角钢。对于 L 形预埋板相互垂直方向的预埋板承担的内力宜按支撑角度分解轴向力获取。

8.5.10 支撑长细比、宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中中心支撑的规定。

8.5.11 剪力墙、支墩沿长度方向全截面箍筋应加密，并配置网状钢筋。

9 消能器的检验

9.1 一般规定

9.1.1 除特殊规定外，消能器的型式检验、出厂检验及见证检验，应符合国家现行相关标准的规定，检验确定的产品性能应满足设计要求。

9.1.2 检验不合格的消能器不得在工程中使用。

9.1.3 不同类型的消能器检验项目应按附录 H 执行。

9.2 型式检验

9.2.1 型式检验应由具有检测资质的第三方进行检验，抽样试件数目不得少于 3 件，型式检验项目应为本规程要求的所有项目，各项指标应全部符合本规程和国家现行标准的相关规定，否则为不合格。当有以下情况之一时应当进行型式检验：

- 1 新产品的试制定型鉴定；
- 2 当原料、结构、工艺等有较大改变，有可能对产品质量影响较大时；
- 3 正常生产时，每 5 年检验一次；
- 4 停产一年以上恢复生产时；
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 6 因特殊需要而必须进行型式检验时。

9.3 出厂检验

9.3.1 出厂检验应由制造厂质检部门或独立的第三方检测机构检验，检验合格并附合格证书方准出厂。

9.3.2 消能器应按照国家现行标准《建筑消能阻尼器》JG/T209、《建筑消能减震技术规程》JGJ297 的要求进行出厂检验：

1 出厂检验的检验项目应包括建筑消能器的外观、尺寸偏差、基本力学性能。检验比例应符合下列规定：

1) 对屈曲约束支撑、金属屈服型消能器、摩擦消能器和黏弹性消能器，抽检数量不少于同一工程同一类型同一规格数量的 3%，当同一类型同一规格的消能器数量较少时，可在同一类型消能器中抽检总数量的 3%，但不应少于 2 件，检测合格率为 100%，该批次产品可用于主体结构。检测后的消能器不应用于主体结构。

2) 黏滞消能器用于标准设防类、重点设防类、特殊设防类工程时, 试件抽样比例分别不应少于同一工程同一类型同一规格总数的 20%、50%、100%, 且不应少于 2 件。检测合格率应为 100%, 检测合格后, 消能器若无任何损伤、基本力学性能仍满足正常使用要求时, 可用于主体结构, 否则不得用于主体结构。

2 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主体结构中使用。

9.4 见证检验

9.4.1 安装前应对工程中所用的各种类型和规格的消能器进行见证检验。见证检验报告只对采用该产品的项目有效, 不得重复使用。

9.4.2 见证检验的取样和送检应在建设单位和工程监理单位的见证下, 由施工单位按照国家有关技术标准、规范的规定, 在施工现场进行随机取样, 经见证人员、取样人员共同送到具备相应检测资质的工程质量检测机构进行检测。

9.4.3 减震装置力学性能的见证检验应送建设单位委托的具有相应建设工程质量检测资质的第三方检测机构进行检测。此处的第三方检测机构应具有检验检测机构资质认定证书, 应为独立于生产厂家, 不应与生产厂家存在利害关系的检测单位。。

9.4.4 见证检验所需的力学性能试验项目见附录 H。当设计有其他要求时, 尚应进行相应的检测。

9.4.5 见证检验的抽样数量和要求按下列规定:

1 黏滞消能器产品抽样检验数量: 同一工程同一类型同一规格数量, 标准设防类取 20%, 重点设防类取 50%, 特殊设防类取 100%, 但不应少于 2 个。检测合格后, 消能器若无任何损伤、力学性能仍满足正产使用要求时, 可用于主体结构。

2 黏弹性消能器、摩擦消能器、金属消能器和复合型消能器、屈曲约束耗能支撑产品抽样检验数量: 同一工程同一类型同一规格数量的 3%, 当同一类型同一规格的消能器产品数量较少时, 可以在同一类型消能器中抽检总数量的 3%, 但不应少于 2 个。

3 以上抽样不少于 1 件完成疲劳性能检验, 检测后的消能器不得应用于主体结构。

9.4.6 力学性能应按《建筑消能阻尼器》JGT 209、《建筑消能减震技术规程》JGJ297 要求进行检测。

9.4.7 消能器力学性能检测结果判定应符合下列规定:

1 应进行力学性能检测, 检测均合格, 该批次判定为合格;

2 力学性能检测有不合格的，应在同批次产品中加倍进行抽样检测，加倍检测合格，该批次判定为合格；加倍抽样不合格的，该批次判定为不合格。

10 消能部件的施工、验收与维护

10.1 一般规定

10.1.1 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。

10.1.2 消能部件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和质量验收，并应符合以下规定：

- 1 分项工程可按消能器产品类别、消能器施工工艺进行划分；
- 2 检验批可按工程量、楼层、结构缝或施工段划分。

10.1.3 消能部件子分部工程施工项目的施工，宜根据本规程规定，结合主体结构的材料、体系、消能部件及施工条件，编制专项施工组织设计，确定施工技术方案。

10.1.4 消能部件子分部工程的施工作业，宜划分为二个阶段：消能部件进场验收和消能部件安装防护。消能部件进场验收提供下列资料：

- 1 消能器检验报告；
- 2 监理单位，建设单位对消能器检验的确认单。

10.1.5 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、表面防锈漆等制作安装与防护，应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定，并满足设计文件的要求。

10.2 进场验收及施工

10.2.1 实行施工总承包的工程，减震装置属于建设工程主体结构的施工，应当由总承包单位自行完成。

10.2.2 消能部件进场时，应进行进场验收，并经监理（建设）单位核准。

10.2.3 消能部件进场应有型式检验、出厂检验及相关质量证明文件，并应按规定进行见证检验。见证检验的要求见 9.4 节，当设计有其他要求时，尚应进行相应的检验。

10.2.4 消能部件进场应提供下列质量证明文件：

- 1 消能器、支撑和连接件所用钢材、紧固件、黏滞材料、摩擦材料、黏弹性材料等原材料的检测报告；
- 2 消能器产品合格证和出厂检验报告；
- 3 型式检验报告；
- 4 其他必要证明文件。

10.2.5 消能部件应有防止雨淋、日晒、磕碰和锐器划伤等保护措施。消能部件进场后，应按种类、规格、批次分开贮存。存储环境应选在干燥、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。

10.2.6 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标准》GB 50205 的规定。

10.2.7 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最终固定；当消能部件既承受水平剪力、又承担竖向压力时，安装后即可最终固定。

10.2.8 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组成单元超过一个时，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。

10.2.9 消能器的外观质量、尺寸偏差及涂装质量检测应符合表 10.2.9 的规定。

表 10.2.9-1 屈曲约束支撑检测项目及要求

检查项目		检查方法	质量标准	检查数量
外观质量	永久标识	目视检查	产品标识清晰，信息准确，固定牢固。	全数检查
	损伤和变形	目视检查	表面平整，无锈蚀，无毛刺，无机械损伤。	
	涂装	目视检查	外表应采用防锈措施，涂层应均匀。	
	耗能段和非耗能段连接	目视检查	耗能段和非耗能段应光滑过渡，不应出现缺陷。	
尺寸偏差	支撑长度	1 采用钢卷尺测量； 2 测量相邻两个方向的长度，每个方向测量三次，取其平均值； 3 相邻两个方向长度的平均值为支撑长度检测值，精确至 1.0mm。	不应超过产品设计值的 $\pm 3\text{mm}$	全数检查
	支撑横截面有效尺寸	1 采用钢直尺测量； 2 支撑的两端及中部每个部位测量三次取平均值，精确至 1.0mm。	不应超过产品设计值的 $\pm 2\text{mm}$	
	支撑侧弯矢量	1 采用拉线法和钢直尺进行测量； 2 测量相邻两个方向的长度，每个方向测量三次，取其平均值； 3 取相邻两个方向的最大值为侧弯矢量检测值，精确至 1.0mm。	$\leq L/1000$ ，且 $\leq 10\text{mm}$	

续表 10.2.9-1

检查项目		检查方法	质量标准	检查数量
尺寸偏差	支撑扭曲	1 用拉线、直角尺和钢尺检查所要测量的物体； 2 把需检测的端面上弹绘出边、中线，然后按设计截面拉出边、中线，两者的偏差就是扭曲度，精确至 1.0mm。	$\leq h(d)/250$ ，且 $\leq 5\text{mm}$	全数检查
涂装质量	外观质量	目视检查	无锈蚀；表面涂层无裂纹、无起皮、无剥落等。	全数检查
	涂层厚度	1 采用涂层测厚仪进行检测； 2 每个支撑检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点，取其平均值为涂层厚度的检测值，精确至 $1.0\mu\text{m}$ 。	当设计对涂层厚度无要求时，涂层总厚度：室外不应小于 $150\mu\text{m}$ ，室内不应小于 $125\mu\text{m}$ 。漆膜厚度的允许偏差应为 $\pm 25\mu\text{m}$ 。	按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

表 10.2.9-2 金属屈服型消能器检测项目及要

检查项目		检查方法	质量标准	检查数量
外观质量	永久标识	目视检查	产品标识清晰，信息准确，固定牢固。	全数检查
	损伤和变形	目视检查	表面平整，无锈蚀，无毛刺，无机械损伤。	
	涂装	目视检查	外表应采用防锈措施，涂层应均匀。	
尺寸偏差	长度、宽度和高度	1 采用钢卷尺、钢直尺或游标卡尺测量； 2 每个部位测量三次取平均值，精确至 1.0mm。	不应超过产品设计值的 $\pm 2\text{mm}$ 。	全数检查
涂装质量	外观质量	目视检查	无锈蚀；表面涂层无裂纹、无起皮、无剥落等。	全数检查
	涂层厚度	1 采用涂层测厚仪进行检测； 2 每个消能器检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点，取其平均值为涂层厚度的检测值，精确至 $1.0\mu\text{m}$ 。	当设计对涂层厚度无要求时，涂层总厚度：室外不应小于 $150\mu\text{m}$ ，室内不应小于 $125\mu\text{m}$ 。漆膜厚度的允许偏差应为 $\pm 25\mu\text{m}$ 。	按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

表 10.2.9-3 摩擦消能器检测项目及要

检查项目		检查方法	质量标准	检查数量
外观质量	永久标识	目视检查	产品标识清晰，信息准确，固定牢固。	全数检查
	损伤和变形	目视检查	表面平整，无锈蚀，无毛刺，无机械损伤。	
	涂装	目视检查	外表应采用防锈措施，涂层应均匀。	

续表 10.2.9-3

检查项目		检查方法	质量标准	检查数量
尺寸偏差	总宽度、总高度、总厚度	1 采用钢卷尺、钢直尺或游标卡尺测量； 2 每个部位测量三次取平均值，精确至 1.0mm。	不应超过产品设计值的 $\pm 2\text{mm}$ 。	全数检查
涂装质量	外观质量	目视检查	无锈蚀；表面涂层无裂纹、无起皮、无剥落等。	全数检查
	涂层厚度	1 采用涂层测厚仪进行检测； 2 每个消能器检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点，取其平均值为涂层厚度的检测值，精确至 $1.0\mu\text{m}$ 。	当设计对涂层厚度无要求时，涂层总厚度：室外不应小于 $150\mu\text{m}$ ，室内不应小于 $125\mu\text{m}$ 。漆膜厚度的允许偏差应为 $-25\mu\text{m}$ 。	按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

表 10.2.9-4 黏滞消能器（黏滞阻尼墙）检测项目及要

检测项目		检测方法	质量标准	检查数量
外观质量	永久标识	目视检查	产品标识清晰，信息准确，固定牢固。	全数检查
	外观检查	目视检查	表面平整，无机械损伤，无锈蚀，无渗漏。	
	涂装	目视检查	外表应采用防锈措施，涂层应均匀。	
	损伤和变形	目视检查	无弯曲、无变形，无形状异常及损害功能的外伤。	
尺寸偏差	长度	1 采用钢卷尺测量； 2 每个消能器测量三次取平均值，精确至 1.0mm。	不应超过产品设计值的 $\pm 2\%$ 。	全数检查
	截面有效尺寸	1 采用游标卡尺测量； 2 两端及中部每个部位测量三次取平均值，精确至 1.0mm。		
涂装质量	外观质量	目视检查	无锈蚀；表面涂层无裂纹、无起皮、无剥落等。	全数检查
	涂层厚度	1 采用涂层测厚仪进行检测； 2 每个消能器检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点，取其平均值为涂层厚度的检测值，精确至 $1.0\mu\text{m}$ 。	当设计对涂层厚度无要求时，涂层总厚度：室外不应小于 $150\mu\text{m}$ ，室内不应小于 $125\mu\text{m}$ 。漆膜厚度的允许偏差应为 $-25\mu\text{m}$ 。	按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

表 10.2.9-5 黏弹性消能器见证检测项目技术要求

检测项目		检测方法	质量标准	检查数量
外观质量	永久标识	目视检查	产品标识清晰，信息准确，固定牢固。	全数检查

表续 10.2.9-5

检测项目		检测方法	质量标准	检查数量
外观质量	外观检查	目视检查	表面平整, 无机械损伤, 无锈蚀, 无渗漏。	全数检查
	涂装	目视检查	外表应采用防锈措施, 涂层应均匀。	
	损伤和变形	目视检查	无弯曲、无变形, 无形状异常及损害功能的外伤。	
尺寸偏差	长度	1 采用钢卷尺测量; 2 每个消能器测量三次取平均值, 精确至 1.0mm。	黏弹性消能器钢构件和黏弹性层长宽的尺寸允许偏差应为产品设计值的 $\pm 2\%$ 。	全数检查
	截面有效尺寸	1 采用游标卡尺测量; 2 两端及中部每个部位测量三次取平均值, 精确至 1.0mm。	黏弹性层厚度允许偏差应为产品设计值的 $\pm 3\%$, 不同地方厚度允许偏差应为 $\pm 5\%$ 。	
涂装质量	外观质量	目视检查	无锈蚀; 表面涂层无裂纹、无起皮、无剥落等	全数检查
	涂层厚度	1 采用涂层测厚仪进行检测; 2 每个消能器检测 5 处, 每处的数值为 3 个相距 50mm 测点, 取其平均值为涂层厚度的检测值, 精确至 1.0 μm 。	当设计对涂层厚度无要求时, 涂层总厚度: 室外不应小于 150 μm , 室内不应小于 125 μm 。漆膜厚度的允许偏差应为 -25 μm 。	按照构件数抽查 10%, 且同类构件不应少于 3 件。

10.2.10 部件安装完成后应对消能器及其连接件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及安装连接部位的涂层进行现场补漆, 并应符合原涂装工艺和设计要求。

10.2.11 消能器预埋件安装完成后应进行隐蔽验收, 合格后方可进入下道工序施工, 隐蔽验收应形成隐蔽验收记录和必要的图像资料。

10.3 质量验收

10.3.1 消能部件子分部工程验收程序应符合下列规定:

1 检验批及分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目技术负责人等进行验收;

2 消能部件子分部工程完工后, 应由总监理工程师组织设计单位结构专业技术负责人、施工单位项目负责人和项目技术负责人等进行验收并提交子分部工程验收报告。

10.3.2 消能部件子分部工程施工质量验收应在自检合格基础上, 按检验批、分项工程、子分部工程验收, 并符合下列规定:

- 1 工程施工质量应符合本规程有关规定和设计要求;
- 2 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应资格;
- 3 隐蔽工程在隐蔽前, 应进行隐蔽工程验收, 形成隐蔽验收文件;
- 4 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收, 主控项目合格率 100%,

一般项目的合格率应不小于 80%；

5 工程的外观质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

10.3.3 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方法应按《建筑消能减震技术规程》JGJ 297 第 8.6 条和本导则有关规定执行。

10.4 维护

10.4.1 消能部件子分部工程竣工验收前，应提交由设计、消能器生产厂家、施工等单位共同编写的使用说明书及维护管理手册，说明书中应阐述减震原理、房屋使用者注意的问题，同时给出主要建筑结构平面图、剖面图、消能器布置图以及消能器产品描述等。

10.4.2 建设工程所有权人应当按照规定对减震建筑进行检查、修缮和维护，及时排除安全隐患。减震建筑除对建筑一般维护项目进行检验、检查外，还应对减震建筑特有的项目进行检验、检查，检查项目包括消能器、支撑、连接件、相关构造措施及减震标识。

10.4.3 任何单位和个人不得擅自变动、损坏或者拆除建设工程抗震构件、减震装置及减震标识。

10.4.4 减震建筑的维护检查可分为常规检查、定期检查、应急检查，检查内容见附录 F。

1 常规检查应至少每一年进行一次，检查方式可采用观察和尺量，检查单位为减震建筑使用或管理单位，或委托专业人员检查；

2 定期检查应根据消能器类型、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，设计无要求时为竣工验收后的第 3 年、第 5 年、第 10 年，第 10 年以后每 10 年进行一次，检查方式可采用观察、敲击和尺量，定期检查由专业人员进行，并提供相关报告；

3 当发生地震、强风、火灾等可能会损伤消能器及其相关部件的灾害后，应及时进行应急检查，应急检查由专业人员进行，并提供相关抽样检验报告。

10.4.5 消能部件抽样检验时，应在结构中抽取在役的典型消能器，对其基本性能进行原位测试或实验室测试，测试内容应能反映消能器在使用期间可能发生的性能参数变化，并应能推定可否达到预定的使用年限。

10.4.6 消能器的改装、更换和加固，宜优先采用原厂家减震部件。施工前应编制专项施工方案，并由有资质的设计单位确认，或由原设计单位确认。

10.5 减震标识

10.5.1 减震建筑应设置标识，标识内容应包括减震装置的型号、规格及维护要求，以及消能器周围构造的检查和维护要求。

10.5.2 减震工程专用主标识应设置于建筑主要入口显著位置。其他减震专用标识应设置于相关减震装置或减震构造的邻近位置。所有减震工程专用标识应便于识读及维护。

10.5.3 减震工程专用标识在安装前应由设计方确认内容正确，安装后应形成标识数量和样式清单，纳入减震专项工程验收资料，并提供给后续物业管理单位。

11 既有建筑隔震减震加固设计

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于经鉴定不满足抗震设防要求的既有建筑的隔震减震加固设计。应遵循先检测、鉴定，后加固设计、施工与验收的原则。

11.1.2 建设工程所有权人应当对存在严重抗震安全隐患的建设工程进行安全监测，并在加固前采取停止或者限制使用等措施。对抗震性能鉴定结果判定需要进行抗震加固且具备加固价值的已经建成的建设工程，所有权人应当进行抗震加固。位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等已经建成的建筑进行抗震加固时，应当经充分论证后采用隔震减震等技术，保证其抗震性能符合抗震设防强制性标准。

11.1.3 既有建筑按后续工作年限分为 A 类建筑、B 类建筑、C 类建筑。既有建筑采用消能减震或隔震加固改造时，抗震设防目标不应低于现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 和《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的规定。

11.1.4 既有建筑采用消能减震或隔震加固改造前，应根据国家现行有关标准进行结构安全性鉴定和抗震鉴定，必要时应补充地质勘察。

11.1.5 既有建筑在隔震减震加固设计前，应收集原结构的设计、施工、检测鉴定及相关资料，掌握结构现状，了解建筑周边环境条件。应根据抗震设防类别、结构类型、环境条件和功能需求、施工条件等，合理选择隔震或消能减震加固方案。

11.1.6 既有建筑隔震减震加固后的后续使用年限，宜由业主和设计依据实际需要和实施可行性确定，并应符合下列规定：

1 既有建筑后续使用年限不得少于建筑剩余工作年限：

- 1) 剩余使用年限不大于 30 年的建筑，后续使用年限不得少于 30 年；
- 2) 剩余使用年限大于 30 年且不大于 40 年的建筑，后续使用年限不得少于 40 年；
- 3) 剩余使用年限大于 40 年的建筑，后续使用年限宜采用 50 年。

2 后续使用年限为 50 年的建筑，应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定。

11.1.7 既有建筑进行隔震减震加固，可采用加强结构抗震整体性的构造措施。

11.2 既有建筑的隔震加固设计

11.2.1 采用隔震加固的既有建筑，计算地震作用应按本导则第 3.3 节的要求。

11.2.2 既有隔震建筑上部结构构件在地震设计状况下的承载力应按下式验算：

$$S \leq R / \gamma_{Ra} \quad (11.2.2)$$

式中：\$S\$——作用组合的效应设计值，应将本导则式(4.2.2)中 \$S\$ 以 \$CS_{Ehk}\$ 代替后采用(N)；其中，\$S_{Ehk}\$ 为水平地震作用标准值的效应(N)；\$C\$ 为既有建筑水平地震作用调整系数，取 1/3；

\$R\$——构件承载力设计值(N)；

\$\gamma_{Ra}\$——承载力抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 相关规定采用。

11.2.3 采用现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 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，并应符合现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的规定。

11.2.4 既有建筑隔震后，上部结构的抗震措施，可按底部剪力比及相应地震烈度确定：

1 隔震结构底部剪力比大于 0.5 时，隔震结构应按原设防烈度采取相应的抗震措施。

2 隔震结构底部剪力比不大于 0.5 且大于 0.25 时，上部结构可适当降低按原设防烈度采取的抗震措施，但烈度降低不得超过 1 度。下部结构应仍按原设防烈度采取相应的抗震措施。

3 隔震结构底部剪力比不大于 0.25 时，上部结构可适当降低按原设防烈度采取的抗震措施，但烈度降低不得超过 2 度。下部结构应仍按原设防烈度采取相应的抗震措施。

11.2.5 既有建筑经隔震加固，按《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 的要求进行调整后，应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 抗震鉴定与加固相关标准的变形、承载能力及抗震措施的要求。有特殊要求的，可提出更高的性能设计目标。

11.2.6 既有建筑周边存在邻近建筑时，其净距应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 的变形规定；不符合时可通过局部切割、平移或设置消能阻尼限位装置等方式解决。

11.2.7 上部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。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。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，并应与原框架柱通过植筋、后浇混凝土等措施有效传递剪力。托换梁或节点应与隔震层楼板形成整体。

11.2.8 当原基础埋深较浅不便于隔震层设置时，可采用变截面梁或增设支点的方式，减小梁高以便于隔震支座的设置。

11.2.9 隔震层楼板宜在同一标高，当存在错层时，应加强错层部位的构造措施。多栋单体整体隔震时，连接两个单体的隔震层应做局部加强。

11.2.10 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。

11.3 既有建筑的消能减震加固设计

11.3.1 采用消能减震技术加固设计的结构，应进行罕遇地震作用下的非线性分析。计算结果应经分析判断确定其合理、有效，并符合本导则及国家现行有关标准的相关规定后方可用于工程设计。

11.3.2 消能减震加固应符合下列规定：

- 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，减少对原结构构件的加固量；
- 2 不规则建筑加固后的结构刚度宜分布均匀；
- 3 单跨框架结构可采用金属消能器的消能减震加固方案，消能部件布置间距不宜大于 12m；
- 4 原结构采用预制楼板时应加强楼、屋盖整体性；
- 5 结构地基和基础抗震加固应符合现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ116 的有关规定。

11.3.3 确定消能减震加固方案时，消能部件的布置应符合下列规定：

- 1 消能部件宜根据需要沿结构两个主轴方向设置，形成均匀合理的受力体系；
- 2 消能部件宜设置在层间相对变形或速度较大的位置；
- 3 采用金属消能器时，宜沿结构上下连续布置，当受建筑方案影响无法连续布置时，可在邻跨布置；
- 4 消能部件的设置，应便于检查、维护和替换。

11.3.4 多遇地震下，单个消能部件承担的水平剪力不宜大于楼层剪力的 1/4。

11.3.5 当既有建筑有更高的抗震设防需求或有加固性能需求时，可采用消能减震加固性能化设计方法。

附录 A 位移敏感型建筑非结构构件

A.0.1 地震时正常使用建筑的位移敏感型建筑非结构构件可按表 A 选用。

表 A 位移敏感型建筑非结构构件适用的建筑类型

构件类型	构造特征	适用的建筑类型
填充墙	轻钢龙骨石膏板，到顶，上、下端固定	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	轻钢龙骨石膏板，不到顶，下端固定、上端侧向支撑	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	轻钢龙骨石膏板，到顶，下端固定，上端滑槽	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC
	木龙骨石膏板，到顶，上、下端固定	IB、IC、IIC
	砌体填充墙，柔性连接	IA、IB、IC、IIB、IIC
	蒸压加气混凝土条板隔墙	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
楼梯	非滑动楼梯或滑动楼梯	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
隔墙饰面	石膏板+墙纸（或瓷砖），不到顶，下端固定、上端侧向支撑；大理石或木饰面，不到顶，下端固定、上端侧向支撑	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC
玻璃幕墙	普通框架式单片玻璃幕墙	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	普通框架式幕墙，双层隔热型玻璃幕墙	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	框架式幕墙，双层隔热钢化玻璃，厚度 6mm+13mm 或 6mm+6mm	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	框架式幕墙、单片夹胶钢化玻璃厚度 6mm	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	框架式幕墙、单片非夹胶钢化玻璃厚度 6mm	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
	框架式幕墙，双层隔热钢化玻璃，厚度 6mm+12mm	IA、IB、IC、ID、IIA、IIB、IIC、IID
门窗	塑钢平开门窗	IA、IB、IC、IIB、IIC

注：

IA——满足 I 类建筑中钢筋混凝土框架结构的层间位移角限值；

IB——满足 I 类建筑中钢筋混凝土框架-抗震墙、框架-核心筒结构的层间位移角限值；

IC——满足 I 类建筑中钢筋混凝土抗震墙、板-柱抗震墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层结构的层间位移角限值；

ID——满足 I 类建筑中多、高层钢结构的层间位移角限值；

IIA——满足 II 类建筑中钢筋混凝土框架结构的层间位移角限值；

IIB——满足 II 类建筑中钢筋混凝土框架-抗震墙、框架-核心筒结构的层间位移角限值；

IIC——满足 II 类建筑中钢筋混凝土抗震墙、板-柱抗震墙、筒中筒、钢筋混凝土框支层结构的层间位移角限值；

IID——满足 II 类建筑中层间位移角限值的多、高层钢结构的层间位移角限值。

附录 B 加速度敏感型建筑非结构构件

B.0.1 地震时正常使用建筑的加速度敏感型建筑非结构构件可按表 B 选用。

表 B 加速度敏感型建筑非结构构件适用的建筑类型

构件类型	构造特征	适用的建筑类型
吊顶	仅纵向支撑	I
	纵向支撑与侧向支撑	I、II

注：

- I——满足 I 类建筑楼面水平加速度限值；
- II——满足 II 类建筑楼面水平加速度限值。

附录 C 附属机电设备

C.0.1 地震时正常使用建筑的附属机电设备可按表 C 选用。

表 C 附属机电设备适用的建筑类型

构件类型	构造特征	适用的建筑类型
电梯	常规曳引电梯、常规液压电梯	I
	曳引电梯，轨道支撑点加密	I、II
	液压电梯，轨道支撑点加密	I、II
变压器	有锚固或隔振	I、II
电机控制箱	有锚固或隔振	I、II
配电盘	有锚固或隔振	I、II
低压开关设备	有锚固或隔振	I、II
悬挂式灯具	抗震设计	I、II
冷水管（吊挂式）	管径 $>80\text{mm}$ ，设置纵向支撑	I、II
热水管（吊挂式）	管径 $<80\text{mm}$ ，仅纵向支撑	I
	管径 $<80\text{mm}$ ，纵向与侧向支撑	I、II
	管径 $\geq 80\text{mm}$ ，设置纵向支撑	I、II
污水管	铸铁管，柔性连接，设置纵向支撑	I、II
	铸铁管，插接，设置纵向支撑	I、II
蒸汽管道	管径 $<80\text{mm}$	I
	管径 $\geq 80\text{mm}$	I、II
消防喷淋水管	水平支管	I、II
喷头立管	嵌入柔性可拆卸吊顶，长度不超过 2m	I、II
	嵌入无支撑刚性可拆卸吊顶，长度不超过 2m	I
	无吊顶、长度不超过 2m	I、II
冷却水管	管径 $<80\text{mm}$	I
	管径 $\geq 80\text{mm}$ ，设置纵向支撑	I、II
冷水机组	有锚固或隔振	I、II
空气压缩机	有锚固或隔振	I
暖通空调管道风机	设置水平支撑	I、II
暖通空调风管	设置水平支撑	I、II
支管及风口	位于吊顶内	I、II
	无吊顶，设置水平支撑	I、II
VAV 箱带卷盘	水平或纵向支撑	I、II
空调系统风机	无隔振，无锚固	I
	刚性锚固或隔振	I、II
空气处理机组	有锚固	I、II
柴油发电机	有锚固或隔振	I、II
冷却塔	无锚固，无隔振	I
	有锚固或隔振	I、II

注：

I——满足 I 类建筑楼面水平加速度限值；

II——满足 II 类建筑楼面水平加速度限值。

附录 D 功能性仪器设备

D.0.1 地震时正常使用建筑的功能性仪器设备可按表 D.0.1 选用。

表 D 功能性仪器设备适用的建筑类型

构件类型	构造特征	适用的建筑类型
核磁共振仪	有锚固	I、II
X 光机	有锚固	I、II
CT 机	有锚固	I、II
医疗药柜	浮放无锚固	I
	有锚固	I、II
输液架	浮放无锚固	I
	悬吊式，设置纵向支撑	I、II
抢救车	刹车放松	I
	刹车锁死	I、II
医用病床	刹车放松	I
	刹车锁死	I、II
立式无影灯	浮放无锚固	I
	有锚固	I、II
通信机柜	有锚固	I、II

注：

I——满足 I 类建筑楼面水平加速度限值；

II——满足 II 类建筑楼面水平加速度限值。

附录 E 地震时正常使用隔震建筑维护

E.0.1 在达到设计工作年限或遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响后，应对地震时正常使用隔震建筑进行检查并进行性能评估，且应进行隔震装置抽样检验以判断是否进行修理或更换。

E.0.2 隔震建筑维护检查项目应符合表 E 的规定。

表 E 隔震建筑维护检查项目表

位置	检查项目		检查方法	管理目标
隔震层	周边环境	净空间距	目测、确认	移动范围内无障碍物
	隔震支座及管线周边状况	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、无积水
隔震支座	橡胶保护层外观	变色	目测	无异常、无变色
		损伤	目测	无损伤
	钢材部位状况	锈蚀	目测	无锈迹
		安装部位	目测	螺栓、铆钉无松动
	力学性能		抽样检验	力学性能满足出厂检验要求
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

附录 F 地震时正常使用减震建筑维护

F.0.1 在达到设计工作年限或遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响后，应对地震时正常使用减震建筑进行检查并进行性能评估，且应进行减震装置抽样检验以判断是否进行修理或更换。对于使用寿命小于设计工作年限的消能器，应定期检查以判断是否进行更换。

F.0.2 减震建筑维护检查项目应符合表 F 的规定。

表 F 减震建筑维护检查项目表

检查项目	检查内容		检查方法	维护方法
消能器	黏滞消能器	漏油、阻尼材料泄露、弯曲、变形、损伤	目测、尺量	更换消能器
	金属屈服型消能器	弯曲、损伤、变形	目测、尺量	更换消能器
	摩擦消能器	摩擦材料磨损、脱落，接触面施加压力的装置松弛，消能器变形、损伤	目测、尺量	更换相关材料、压力装置，更换消能器
	调谐质量消能器	变形、损伤，零部件损坏	目测、尺量	更换相关零部件、更换消能器
	屈曲约束支撑	变形、损伤、芯材外露	目测、尺量	更换消能器
	黏弹消能器	黏弹材料老化、龟裂、变形、损伤	目测、尺量	更换消能器
	其他类型消能器	弯曲、局部变形	目测、尺量	更换消能器
	力学性能		抽样检验	力学性能满足出厂检验要求
消能器与主体结构或消能子结构连接部位	螺栓松动、焊缝损伤、焊缝开裂、销轴变形		目测、小锤敲击，卡尺测量	拧紧螺栓、补焊，更换销轴
支撑	弯曲、扭曲		目测、尺量	更换支撑
	螺栓松动、焊缝损伤、焊缝开裂、销轴变形		目测、小锤敲击，卡尺测量	拧紧螺栓、补焊，更换销轴
	支撑和连接部位被涂装的金属表面、焊缝或紧固件表面出现金属外露、锈蚀或损伤		目测	重新涂装
消能器外露金属面、摩擦面；消能器、支撑、连接件表面涂装	黏滞消能器导杆、摩擦消能器外露摩擦面出现腐蚀、表面污垢硬化结斑结块；被涂装金属表面外露、锈蚀或损伤，防腐或防火涂装出现裂纹、起皮、剥落、老化等		目测	及时清除；重新涂装
消能器周围构造	限制、阻碍消能器正常工作的障碍物		目测	及时清除

附录 G 地震反应监测

G.0.1 地震时正常使用建筑的地震监测内容可包括但不限于结构位移、加速度响应等，当设计无特殊要求时，监测项目可按表 G.0.1 选用。

表 G. 0. 1 地震时正常使用建筑地震反应监测项目

监测等级	监测项目						
	结构位移	加速度响应	隔震层				
			隔震部件变形	转换梁变形	支墩变形	易燃、易爆气体传输管线柔性连接段	有压管道柔性连接
一级	√	√	√	√	√	√	√
二级	√	√	√	√	√	√	√
监测等级	监测项目						
	非隔震建筑或隔震建筑的非隔震层						
	重要结构构件变形	消能器工作方向变形	屋面重要的天线及信号传输设备	重要机房	易燃、易爆气体传输管线、设备	高放射物品存储设施	剧毒、细菌、病毒存储设施
一级	√	√	√	√	√	√	√
二级	Δ	√	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
注：√为应测项目；Δ为宜测项目。							

附录 H 消能器力学性能检验规则

H.0.1 检验项目

表 H.0.1 消能器力学性能检验项目

产品名称	检验项目		型式检验	出厂检验	见证检验
屈曲约束支撑	力学性能	屈服承载力	√	√	√
		屈服位移	√	√	√
		最大承载力	√	√	√
		极限位移	√	√	√
		滞回曲线	√	√	√
		弹性刚度	√	△	△
		第 2 刚度	√	△	△
	耐久性	疲劳循环次数 N_f	√	√	√
金属屈服型消能器	力学性能	屈服位移	√	√	√
		最大承载力	√	√	√
		极限位移	√	√	√
		滞回曲线	√	√	√
		弹性刚度	√	△	△
		第 2 刚度	√	△	△
	耐久性	疲劳循环次数 N_f	√	√	√
黏滞消能器	力学性能	极限位移	√	√	√
		最大阻尼力	√	√	√
		阻尼系数	√	√	√
		阻尼指数	√	√	√
		滞回曲线	√	√	√
	疲劳性能	最大阻尼力	√	√	√
		滞回曲线	√	√	√
黏弹性消能器	力学性能	表观剪应变极限值	√	√	√
		最大阻尼力	√	√	√
		表观剪切模量	√	√	√
		损耗因子	√	√	√
		滞回曲线	√	√	√
	疲劳性能	最大阻尼力、表观剪切模量、损耗因子	√	√	√
		变形	√	√	√
		外观	√	√	√

附录 J 隔震支座力学性能检验规则

J.0.1 检验项目

表 J.0.1 支座力学性能检验项目

产品名称	检验项目		型式检验	出厂检验	见证检验
天然橡胶支座、 高阻尼橡胶支座、 铅芯橡胶支座	压缩性能	竖向压缩刚度	√	√	√
		压缩位移（压缩变形性能）	√	√	√
		竖向极限压应力	√	×	×
		当水平位移为支座内部橡胶直径 0.55 倍状态时的极限压应力	√	×	×
	拉伸性能	竖向极限拉应力	√	×	×
		竖向拉伸刚度	√	△	△
天然橡胶支座	水平剪切性能	水平等效刚度	√	√	√
高阻尼橡胶支座	水平剪切性能	水平等效刚度	√	√	√
		等效阻尼比	√	√	√
铅芯橡胶支座	水平剪切性能	水平等效刚度	√	√	√
		等效阻尼比	√	√	√
		屈服后刚度	△	△	△
		屈服力	△	△	△
天然橡胶支座、 高阻尼橡胶支座、 铅芯橡胶支座	极限剪切性能	水平极限变形能力	√	×	√
摩擦摆隔震支座	压缩性能	竖向压缩变形	√	√	√
		竖向承载力	√	×	×
	剪切性能	静摩擦系数	√	√	√
		动摩擦系数	√	√	√
		屈服后刚度	√	√	√
	水平极限变形能力	极限剪切变形	√	△	△
备注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验					

本导则用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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”。

2 规程中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准和规范名录

1. 《中国地震动参数区划图》GB 18306
2. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
3. 《混凝土结构设计标准》GB 50010
4. 《建筑抗震设计标准》GB/T 50011
5. 《建筑设计防火规范》GB 50016
6. 《钢结构设计标准》GB 50017
7. 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
8. 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
9. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
10. 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
11. 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
12. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
13. 《钢结构焊接规范》GB 50661
14. 《建筑工程容许振动标准》GB 50868
15. 《橡胶支座 第1部分：橡胶隔震支座试验方法》GB/T 20688.1
16. 《橡胶支座 第3部分：建筑橡胶隔震支座》GB/T 20688.3
17. 《橡胶支座 第5部分：建筑隔震弹性滑板支座》GB/T 20688.5
18. 《工程结构通用规范》GB 55001
19. 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
20. 《建筑摩擦摆隔震支座》GB/T 37358
21. 《建筑抗震韧性评价标准》GB/T 38591
22. 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
23. 《建筑隔震设计标准》GB/T 51408
24. 《建筑构件耐火试验方法 第7部分：柱的特殊要求》GB/T 9978.7
25. 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
26. 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
27. 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81
28. 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
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. 《建筑橡胶隔震支座》JG/T 118
32. 《建筑消能阻尼器》JG/T 209
33. 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251