基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则

Guideline for seismic technology to maintain functionality of buildings in earthquakes

（送审稿）

目　次

前 言 I

1 总则 1

2 术语与符号 2

2.1 术语 2

2.2 符号 3

3 基本规定 4

3.1 性能目标 4

3.2 抗震设计基本要求 5

3.3 场地、地基和基础 6

4 地震作用和结构抗震验算 7

4.1 一般规定 7

4.2 结构构件承载力验算 8

4.3 层间变形验算 10

4.4 楼面水平加速度验算 10

4.5 结构抗震措施 11

5 建筑非结构构件 14

5.1 一般规定 14

5.2 建筑非结构构件选用 14

5.3 建筑非结构构件抗震措施 14

6 建筑附属机电设备和仪器设备 16

6.1 一般规定 16

6.2 建筑附属机电设备和仪器设备选用 16

6.3 建筑附属机电设备和仪器设备抗震措施 16

7 维护与监测 17

7.1 一般规定 17

7.2 地震时正常使用建筑维护 17

7.3 建筑地震反应监测.....17
附录 A 位移敏感型建筑非结构构件.....18
附录 B 加速度敏感型建筑非结构构件.....20
附录 C 附属机电设备.....21
附录 D 仪器设备.....23
附录 E 地震时正常使用隔震建筑维护.....24
附录 F 地震时正常使用减震建筑维护.....25
附录 G 地震反应监测.....27

前 言

为进一步贯彻落实《建设工程抗震管理条例》，提高建设工程抗震防灾能力，降低地震灾害风险，保障人民生命财产安全，更好地鼓励和支持建设工程抗震新技术的研究、开发和应用，在总结国内外建设工程相关科研和实践经验的基础上，组织编制本导则。

本导则共分 7 章，主要内容包括：总则、术语与符号、基本规定、地震作用和结构抗震验算、建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备、维护与监测。

本导则由住房和城乡建设部标准定额研究所组织编制，清华大学负责技术解释。

主 编 单 位：清华大学

广州大学

参 编 单 位：中国地震局工程力学研究所

云南省地震工程研究院

中国建筑科学研究院

中国建筑标准设计研究院有限公司

兰州理工大学

昆明理工大学

北京建筑大学

福州大学

西安建筑科技大学

国机集团科学技术研究院有限公司

中国建筑设计研究院有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

北京市建筑设计研究院有限公司

华诚博远工程技术集团有限公司

北京北建大建筑设计研究院有限公司

震安科技股份有限公司

主要起草人：周福霖　潘　鹏　安晓文　王　涛　谭　平　郁银泉　马玉宏

苗启松　黄世敏　曾德民　祁　皑　潘　文　黄襄云　罗开海

史铁花　杜永峰　冯　远　刘彦辉　王立军　周建龙　陈洋洋

王　载　管庆松　胡明祎　张俊平　束伟农　罗赤宇　黄　伟

林景华　邓　烜　杜志超　尚庆学　王海深　雷远德　史庆轩

王　珏　解琳琳

1 总则

1.0.1 为贯彻执行国家有关建筑工程法律法规，使建筑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，制定本导则。

【1.0.1 解析】随着我国国民经济和城市化水平的发展，我国对建筑的抗震防灾能力提出了更高的要求，《建设工程抗震管理条例》第十六条明确规定“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、广播电视等建筑应当按照国家有关规定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正常使用要求。”本导则的编制旨在明确具体要求、落实控制技术指标，对于贯彻执行《建设工程抗震管理条例》具有重要的工程意义。

1.0.2 本导则适用于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、广播电视等建筑的抗震设计。其它需要保证设防地震时正常使用功能的新建建筑设计和既有建筑加固设计，也可参考本导则执行。

1.0.3 按本导则进行设计的建筑，其抗震性能目标为：当遭受相当于本地区抗震设防烈度地震影响时，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 地震时正常使用建筑的抗震设计，除应符合本导则规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【1.0.4 解析】地震时正常使用建筑采用减震、抗震结构时，除应符合本导则规定外，尚应符合其他国家现行有关标准的规定；采用隔震结构时，除应符合本导则规定外，尚应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 及其他国家现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 保持正常使用功能要求 requirement to maintain functionality

保持正常使用功能要求是指在遭受相当于本地区抗震设防烈度地震影响时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。

2.1.2 地震时正常使用建筑 normally used buildings in earthquakes

在遭受相当于本地区抗震设防烈度地震影响时能保持正常使用功能的新建学校、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、广播电视等建筑。

2.1.3 结构构件 structural members

结构构件指主体结构构件，不包括隔震部件、减震部件等。

2.1.4 建筑非结构构件 architectural non-structural components

建筑中除承重骨架体系以外的固定构件和部件，主要包括非承重墙体，附着于楼屋面结构的构件、装饰构件和部件、固定于楼面的大型储物柜等。

2.1.5 建筑附属机电设备 architectural attached mechanical and electrical equipment

为建筑通用使用功能服务的附属机械、电气设备和系统，主要包括电梯、照明和应急电源、通信设备，管道系统，采暖和空气调节系统，烟火监测和消防系统，公用天线等。

2.1.6 仪器设备 equipment facilities

除建筑附属机电设备外，为建筑特定使用功能直接服务的专门仪器设备及其系统，主要包括医疗设备、教学设备、信息系统等。

2.1.7 设防烈度 seismic precautionary intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况，取 50 年内超越概率 10%的地震烈度。

2.1.8 高烈度设防地区 high seismic fortification intensity area

抗震设防烈度为 8 度及以上的地区。

2.1.9 地震重点监视防御区 key earthquake surveillance and protection area

未来 5 至 10 年内存在发生破坏性地震危险或者受破坏性地震影响，可能造成严重的地震灾害损失的地区和城市。

2.1.10 建筑抗震性能目标 seismic performance objectives of building

对应于不同地震动水准的建筑预期损坏状态或继续使用的要求。

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} ——水平向地震作用分项系数；

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；

S_{Eh} ——水平地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数；

S_{Ev} ——竖向地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数；

R_{k} ——普通竖向构件及重要水平构件承载力标准值；

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}^{*} ——普通水平构件承载力标准值。

3 基本规定

3.1 性能目标

3.1.1 地震时正常使用建筑应保证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。

3.1.2 地震时正常使用建筑分为I类建筑和II类建筑，其分类应按照表3.1.2进行。

表3.1.2 地震时正常使用建筑分类

建筑类型	建筑
I类	应急指挥中心；医院主要建筑；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

【3.1.2解析】根据《建设工程抗震管理条例》第十六条规定：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、广播电视等建筑应当按照国家有关规定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正常使用要求。I类建筑选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类建筑选定原则为用于保护弱势群体的建筑及某些人员密集建筑，综合考虑震后影响规定I类建筑的抗震性能目标高于II类建筑。

其中，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功能的建筑；医院附属用房包括病房楼、食堂等建筑；学校建筑包括教学楼、食堂、宿舍及体育馆等人员密集建筑。除特殊要求外，地震时正常使用建筑不考虑食堂、餐厅、库房等附属建筑。

对于一栋建筑中不同楼层使用功能不同的情况，可根据表3.1.2分类分别满足相应的抗震设计要求，如对于同一栋医院建筑，其低楼层为门诊、急诊，中高楼层为病房，则低楼层应满足I类建筑的抗震设计要求，中高楼层应满足II类建筑的抗震设计要求。

3.1.3 地震时正常使用建筑的性能目标应不低于表3.1.3的规定。

表3.1.3-1 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

继续使用的要求	无需修理可继续使用	简单修理可继续使用

表 3.1.3-2 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
继续使用的要求	无需修理可继续使用	适度修理可继续使用

【3.1.3 解析】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，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，包括对结构整体性有较大影响的水平构件、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，以及消能减震结构中消能子结构的框架梁等。普通水平构件包括一般的框架梁、抗震墙连梁等。

完好，即构件保持弹性状态；基本完好，即构件基本保持弹性状态；轻微损坏，即构件可能出现轻微的塑性变形，但不影响正常使用；轻度损坏，即构件达到屈服状态，但不出现明显的塑性变形；中度损坏，即构件出现明显的塑性变形，但控制在适度修理可继续使用的范围；正常工作，即减震、隔震部件、附属机电设备、仪器设备正常运行，发挥设计预期的作用或功能。

简单修理，即建筑修复费用占比小于 5%且修复时间小于 7 天；适度修理即建筑修复费用占比小于 10%且修复时间小于 30 天。

3.2 抗震设计基本要求

3.2.1 地震时正常使用建筑应按照国家有关规定采用隔震减震等技术。

3.2.2 地震时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面水平加速度验算。

3.2.3 地震时正常使用建筑的主体结构应按照本导则 4.2 节进行抗震承载力验算。

3.2.4 地震时正常使用建筑应进行结构弹塑性时程分析，计算设防地震和罕遇地震作用下的结构层间位移和楼面水平加速度。结构层间变形应满足本导则 4.3 的规定，楼面水平加速度

应满足本导则 4.4 的规定。

3.2.5 地震时正常使用建筑的抗震措施应不低于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相应设防烈度的有关规定；采用隔震结构时抗震措施尚应符合《建筑隔震设计标准》GB/T 51408 的有关规定。

【3.2.5 解析】地震时正常使用建筑的抗震措施应取现行国家相关标准规定的较严格措施，但不重复叠加。

3.2.6 地震时正常使用建筑的设计文件应提供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，并确定建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备的要求。

3.2.7 有特殊要求的建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备应采取专门技术措施。

3.3 场地、地基和基础

3.3.1 地震时正常使用建筑的场地宜选择对抗震有利地段，应避开不利地段；当无法避开时，应采取有效措施。

3.3.2 地面下存在饱和砂土和饱和粉土时，应进行液化判别；存在液化土层的地基，应根据建筑的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况采取相应的措施。

3.3.3 地震时正常使用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。

3.3.4 地震时正常使用建筑地基基础的设计和抗震验算，应满足本地区抗震设防烈度地震作用的要求。

3.3.5 地震时正常使用建筑地基基础的抗震构造措施，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

4 地震作用和结构抗震验算

4.1 一般规定

4.1.1 地震时正常使用建筑的地震作用，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 抗震设防烈度不低于 8 度的大跨度、长悬臂结构及抗震设防烈度 9 度的高层建筑，应计算竖向地震作用。

5 当建筑结构处于发震断层 10km 以内时，应计入近场效应对设计地震动参数的影响。

6 计算模型宜采用空间结构有限元模型。当采用隔震减震技术时，隔震装置和减震装置的计算模型应与产品试验结果相符。

4.1.2 地震时正常使用建筑的地震作用效应计算，应满足下列要求：

1 房屋高度不超过 24m、上部结构以剪切变形为主，且质量和刚度沿高度分布比较均匀的建筑，其结构内力和变形计算可采用底部剪力法。

2 除本条第 1 款外的建筑，其结构内力和变形计算应采用振型分解反应谱法。对于房屋高度大于 60m 的建筑和不规则的建筑，尚应采用时程分析法进行补充计算。

3 楼面水平加速度应采用时程分析法进行计算。

4 时程分析中采用每条地震加速度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%。

【4.1.2 解析】不规则建筑应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 第 3.4.3 条的相关规定划分。

4.1.3 采用振型分解反应谱法时，6、7 度区的水平地震影响系数最大值尚应增大至 1.5 倍，7 度（0.15g）区应取 8 度区与调整后的 7 度区水平地震影响系数最大值的平均值。采用时程分析法分析时，选取的实际强震记录和人工模拟的加速度时程对应的设计地震动参数应满足相关标准规定；6、7 度区的设防地震、罕遇地震对应的加速度时程的最大值尚应增大至 1.5

倍，7 度（0.15g）区应取 8 度区与调整后的 7 度区地震加速度最大值的平均值。

【4.1.3 解析】目前我国 6、7 度区的地震灾害风险防治水平低于 8、9 度区，一旦发生大地震更易造成严重后果；且建国以来灾害性地震多发生在低烈度区。按照目前我国国情，大幅度提高现有抗震设防烈度分布并不现实。地震时正常使用建筑对于抗震防灾意义重大，因此，应对中、低烈度地区的地震时正常使用建筑设计采用的地震动进行一定程度的调整。

4.2 结构构件承载力验算

4.2.1 地震时正常使用建筑的结构构件应按照设防地震作用进行验算。

4.2.2 设防地震下地震时正常使用建筑的关键构件的抗震承载力，应符合下式规定：

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Eh} + \gamma_{Ev} S_{Ev} \le R / \gamma_{RE} \qquad (4.2.2)$$

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_{Eh} ——水平地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数；

S_{Ev} ——竖向地震作用标准值的效应，尚应乘以相应的增大系数或调整系数。

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。

4.2.3 设防地震下地震时正常使用建筑的普通竖向构件及重要水平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：

$$S_{GE}+S_{Eh}+0.4S_{Ev}\le R_k \qquad (4.2.3\text{-}1)$$

$$S_{GE}+0.4S_{Eh}+S_{Ev}\le R_k \qquad (4.2.3\text{-}2)$$

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：

$$S_{GE}+S_{Ehk}+0.4S_{Evk}\le R_k^* \qquad (4.2.4\text{-}1)$$

$$S_{GE}+0.4S_{Ehk}+S_{Evk}\le R_k^* \qquad (4.2.4\text{-}2)$$

式中：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 地震时正常使用建筑应基于设防地震进行地基承载力验算。

4.3 层间变形验算

4.3.1 地震时正常使用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

表 4.3.1-2 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

4.4 楼面水平加速度验算

4.4.1 地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值宜符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值（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	-

【4.4.1 解析】地震时正常使用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。

地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值为客观值，基于国内多次地震的地震烈度划分标准，0.1g：地震烈度 VII 度标准，人皆惊惶从室内逃出，驾驶汽车的人也有感觉，轻家具移动，书物用具掉落；0.2g：地震烈度 VIII度标准，人感到走路困难，家具移动，部分翻倒。

按照地震时正常使用要求，建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备指标限值取值参考《建筑抗震韧性评价标准》GB/T 38591 表 F.1 中损伤状态的中位值及标准差确定。表 F.1 中存在 1 级损伤状态的，指标限值按照 1 级损伤状态的中位值确定；不存在 1 级损伤状态的，指标限值按照最严格标准取 84%保证率确定。按该准则确定的指标限值在楼面水平加速度为 0.25g 时，基本能保证常用建筑附属机电设备的正常使用；楼面水平加速度为 0.45g 时，基本能保证抗震性能良好的常用建筑附属机电设备正常使用。进一步结合中国地震局工程力学研究所对医疗建筑及设备的试验结果，楼面水平加速度为 0.25g 时，基本能保证建筑内设备和药品柜，以及内部药品的正常使用。

综合考虑地震烈度划分标准、建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备正常使用限值要求，规定 I 类建筑设防地震、罕遇地震时最大楼面水平加速度限值分别为 0.25g、0.45g；II 类建筑设防地震时最大楼面水平加速度限值为 0.45g。

4.4.2 当楼面水平加速度不满足 4.4.1 的规定时，应对建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备采取专门措施，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三星，II 类建筑应达到抗震韧性二星及以上。

【4.4.2 解析】根据《建筑抗震韧性评价标准》GB/T 38591 进行抗震韧性评价时，宜考虑所有建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备。

4.5 结构抗震措施

4.5.1 建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体的规则性。不规则的建筑应按规定采取加强措施；特别不规则的建筑应进行专门研究和论证，采取特别的加强措施；不应采用严重不规则的建筑方案。

4.5.2 对于混凝土结构、钢结构、钢-混凝土组合结构的建筑，应根据设防类别、设防烈度、房屋高度、场地地基条件、使用要求和建筑形体等因素综合分析选用合适的结构体系。

4.5.3 对于框架结构建筑，应考虑填充墙、围护墙和楼梯构件的刚度影响，避免不合理设置

而导致主体结构的破坏。

4.5.4 对于混凝土结构、钢结构、钢-混凝土组合结构的建筑，其相关结构构造措施应满足相关标准规定。

4.5.5 隔震结构的抗震措施可按底部剪力比及相应的抗震设防烈度确定；除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相应设防烈度的规定外，尚应符合下列规定：

1 隔震结构底部剪力比大于 0.5 时，隔震结构应按本地区设防烈度规定采取相应的抗震措施，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；

2 隔震结构底部剪力比不大于 0.5 时，上部结构可按本地区设防烈度降低 1 度确定抗震措施；

3 与竖向地震作用有关的抗震措施，应符合按本地区设防烈度的规定，不得降低。

4.5.6 隔震建筑下部结构的抗震措施除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定外，尚应符合下列规定：

1 层间隔震结构位于地面以上的下部结构，其竖向投影向外延伸一跨范围内的所有竖向构件均属于关键构件，抗震设防烈度 6、7 度时钢筋混凝土框架结构的抗震等级为二级、钢筋混凝土抗震墙结构的抗震等级为一级，抗震设防烈度 8、9 度时钢筋混凝土框架结构的抗震等级为一级、钢筋混凝土抗震墙结构的抗震等级为一级；外延伸一跨范围以外结构的抗震等级按抗震建筑采用。

2 层间隔震结构，地下室地下一层抗震等级应与地面上一层相同，以下各层结构抗震等级可逐渐降低，但不得小于三级。

3 基底隔震结构，当隔震层设置在地下室柱或墙顶时，隔震层所在的地下室地下一层抗震等级应与隔震层上一层抗震等级相同，以下各层结构抗震等级可逐渐降低，但不得小于三级。

4.5.7 消能减震结构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措施要求可适当降低，降低程度可根据消能减震结构在罕遇地震作用下的层间位移角与本导则规定的弹塑性层间位移角限值之比确定，当消能减震结构在罕遇地震作用下的层间位移角计算值小于本导则规定的弹塑性层间位移角限值的 50%时，主体结构的构造措施可降低 1 度执行，最大降低程

度应控制在 1 度以内。

4.5.8 消能子结构抗震构造措施应按高于本地区抗震设防烈度 1 度的要求加强；但抗震设防烈度为 9 度时应采用比 9 度更高的要求。

5 建筑非结构构件

5.1 一般规定

5.1.1 地震时正常使用建筑应根据其在设防地震作用下的层间位移角和楼面水平加速度选择适合的建筑非结构构件，所选用的建筑非结构构件应能适应其所在位置的层间位移角和楼面水平加速度。当不能适应建筑的层间位移角和楼面水平加速度时，应重新选择建筑非结构构件，或对其采取专门措施。

5.1.2 柜体设备应采取可靠的固定措施防止倾倒。

5.1.3 大跨空间结构不宜设置吊顶。

5.2 建筑非结构构件选用

5.2.1 位移敏感型建筑非结构构件可按附录 A 选用，对于附录 A 中未涉及的位移敏感型建筑非结构构件，可在专门研究和论证后选用。

【5.2.1 解析】位移敏感型建筑非结构构件是指其地震破坏模式主要受所在楼层相对位移（角）控制的建筑非结构构件，如填充墙、楼梯、隔墙、玻璃幕墙、门窗等。

5.2.2 加速度敏感型建筑非结构构件可按附录 B 选用，对于附录 B 中未涉及的加速度敏感型建筑非结构构件，可在专门研究和论证后选用。

【5.2.2 解析】加速度敏感型建筑非结构构件是指其地震破坏模式主要受所在楼层水平加速度控制的建筑非结构构件，如吊顶等。

5.3 建筑非结构构件抗震措施

5.3.1 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。

5.3.2 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。

5.3.3 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可靠拉结，防震缝处女儿墙的自由端

应予以加强。

4 钢筋混凝土结构中的砌体墙在平面和竖向的布置，宜均匀对称，宜避免形成薄弱层或短柱。

【5.3.3 解析】非承重墙体与主体结构的连接，影响整个结构的动力性能和抗震能力。建议两者之间采用柔性连接或彼此脱开，并采取措施使墙体稳定。

5.3.4 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。

6 建筑附属机电设备和仪器设备

6.1 一般规定

6.1.1 本章节适用于为建筑使用功能服务的建筑附属机电设备、仪器设备及其系统。

6.1.2 地震时正常使用建筑应根据其在设防地震作用下的层间位移角和楼面水平加速度选择适合的建筑附属机电设备和仪器设备，所选用的建筑附属机电设备和仪器设备应能适应其所在位置的层间位移角和楼面水平加速度。当所选的建筑附属机电设备和仪器设备不能适应建筑的层间位移角和楼面水平加速度时，应重新选择建筑附属机电设备和仪器设备，或对其采取专门措施。

6.2 建筑附属机电设备和仪器设备选用

6.2.1 建筑附属机电设备可按附录 C 选用，对于附录 C 中未涉及的建筑附属机电设备，可在专门研究和论证后选用。

6.2.2 仪器设备可按附录 D 选用，对于附录 D 中未涉及的仪器设备，可在专门研究和论证后选用。

6.3 建筑附属机电设备和仪器设备抗震措施

6.3.1 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。

6.3.2 建筑附属机电设备不应设置在可能致使其功能障碍或易发生二次灾害的部位；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。

6.3.3 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。

6.3.4 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主体结构上。

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。

7 维护与监测

7.1 一般规定

7.1.1 对于地震时正常使用建筑，应在其设计文件中明确设置地震反应监测系统的要求。

7.1.2 隔震、减震建筑使用方或管理方应针对隔震、减震建筑特点制定维护管理手册。

7.1.3 监测系统、测点及设备的设置不应影响结构构件、建筑非结构构件、建筑附属机电设备和仪器设备、隔震支座及消能器的正常工作。

7.1.4 对监测系统应定期进行巡视检查和系统维护，当数据异常或发生报警时，应及时对系统及结构进行检查或检测。

7.2 地震时正常使用建筑维护

7.2.1 采用隔震结构的地震时正常使用建筑维护检查项目应符合附录 E 相关规定。

7.2.2 采用减震结构的地震时正常使用建筑维护检查项目应符合附录 F 相关规定。

7.3 建筑地震反应监测

7.3.1 建筑设计时宜留有监测系统的监测仪器和线路的位置。

7.3.2 地震时正常使用建筑地震反应监测系统等级根据地震时正常使用建筑分类可分为两级，I 类建筑监测等级为一级，II 类建筑监测等级为二级。

7.3.3 地震时正常使用建筑的地震监测内容可按附录 G 确定。

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.0.1 选用。

表 A.0.1 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、组合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、组合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.0.1 选用。

表 B.0.1 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	面积≤25m^2；仅纵向支撑	I、II
	面积≤25m^2；纵向支撑与侧向支撑	I、II
	25m^2 < 面积≤95m^2；仅纵向支撑	I、II
	25m^2 < 面积≤95m^2；纵向支撑与侧向支撑	I、II
	95m^2 < 面积≤230m^2；仅纵向支撑	I、II
	95m^2 < 面积≤230m^2；纵向支撑与侧向支撑	I、II
	面积＞230m^2；仅纵向支撑	I、II
	面积＞230m^2；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.0.1 选用。

表 C.0.1 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	曳引电梯	I
	液压电梯	I
变压器	无锚固，无隔振	I、II
	有锚固或隔振	I、II
电机控制箱	无锚固，无隔振	I、II
	有锚固或隔振	I、II
配电盘/低压开关设备	无锚固，无隔振	I、II
	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＞80mm；仅纵向支撑	I、II
	管径＞80mm；纵向与侧向支撑	I、II
热水管（吊挂式）	管径＜80mm；仅纵向支撑	I
	管径＜80mm；纵向与侧向支撑	I、II
	管径≥80mm；仅纵向支撑	I、II
	管径≥80mm；纵向与侧向支撑	I、II
污水管	铸铁管，柔性连接，仅纵向支撑	I、II
	铸铁管，柔性连接，纵向与侧向支撑	I、II
	铸铁管，插接，仅纵向支撑	I、II
	铸铁管，插接，纵向与侧向支撑	I、II
蒸汽管道	管径＜80mm	I
	管径≥80mm	I、II
消防喷淋水管	水平支管，无支撑	I、II
	水平支管，有支撑	I、II
喷头立管	嵌入无支撑柔性可拆卸吊顶，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
	嵌入有支撑柔性可拆卸吊顶，长度不超过 2m	I、II
	无吊顶、长度不超过 2m	I、II
冷却水管	管径＜80mm	I
	管径≥80mm，仅纵向支撑	I、II
	管径≥80mm，纵向与侧向支撑	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	隔振+水平支撑	I、II
	隔振+水平及纵向支撑	I、II

	未隔振+水平支撑	I、II
	未隔振+水平及纵向支撑	I、II
暖通空调风管	截面积＜0.6m^2，水平支撑	I、II
	截面积＜0.6m^2，水平+纵向支撑	I、II
	截面积≥0.6m^2，水平支撑	I、II
	截面积≥0.6m^2，水平+纵向支撑	I、II
支管及风口	位于吊顶内	I、II
	无吊顶，水平支撑	I、II
	无吊顶，水平+纵向支撑	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
	隔振，无限位措施	I、II
	刚性锚固或隔振且采取限位措施	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 仪器设备

D.0.1 地震时正常使用建筑的仪器设备可按表 D.0.1 选用。

表 D.0.1 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
医疗药柜	浮放无锚固	I
输液架	浮放无锚固	I
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、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 在达到设计使用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.0.2 的规定。

表 E.0.2 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、建筑外围	建筑	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
			液体泄漏	目测	无异常
隔震构件	隔震支座	橡胶保护层外观	变色	目测	无异常、无异物
			损伤	目测	无损伤
		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
		力学性能		抽样检验	力学性能满足出厂检验要求
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

附录 F 地震时正常使用减震建筑维护

F.0.1 在达到设计使用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使用年限的消能器，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.0.2 的规定。

表 F.0.2 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	观察、尺量	更换消能器
	金属屈服型消能器	弯曲、损伤、变形	观察、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	观察、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	观察、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	观察，拉线、尺量	更换消能器
	黏弹消能器	黏弹材料老化、龟裂、变形、损伤	观察、尺量	更换消能器
	其他类型消能器	弯曲、局部变形	观察、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		观察、小锤敲击，卡尺测量	拧紧螺栓、补焊，更换销轴
支撑	弯曲、扭曲		观察，拉线、尺量	更换支撑

	螺栓松动、焊缝损伤、焊缝开裂、销轴变形	观察、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	观察	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	观察	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	观察	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						
			隔震层				
	结构位移	加速度响应	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。							