

# 建筑与市政工程抗震通用规范

(征求意见稿)

# 目 次

1	总则 .....	1
2	基本规定 .....	2
	2.1 性能要求.....	2
	2.2 地震影响.....	2
	2.3 城镇抗震防灾.....	2
	2.4 抗震设防分类和设防标准.....	6
	2.5 工程抗震体系.....	7
	2.6 材料与施工.....	8
3	岩土工程抗震 .....	10
	3.1 场地抗震勘察.....	10
	3.2 地基与基础抗震.....	11
4	地震作用和结构抗震验算 .....	12
	4.1 一般规定.....	12
	4.2 水平地震作用.....	13
	4.3 竖向地震作用.....	14
	4.4 抗震验算.....	15
5	建筑工程抗震措施 .....	18
	5.1 一般规定.....	18
	5.2 混凝土结构房屋.....	22
	5.3 钢结构房屋.....	25
	5.4 钢-混凝土组合结构房屋.....	27
	5.5 砌体结构房屋.....	29
	5.6 木结构房屋.....	32
	5.7 土石结构房屋.....	33
	5.8 混合承重结构建筑.....	34
6	市政工程抗震措施 .....	37
	6.1 城镇桥梁.....	37
	6.2 城镇给水排水和燃气热力工程.....	39
	6.3 城镇地下工程结构.....	43
	附：起草说明 .....	45

# 1 总则

**1.0.1** 为贯彻执行国家有关建筑和市政工程防震减灾的法律法规并实行预防为主方针，使建筑与市政工程经抗震设防后达到减轻地震破坏、避免人员伤亡、减少经济损失、加快震后的恢复与重建进程的目的，制定本规范。

**1.0.2** 抗震设防烈度6度及以上地区的各类新建、扩建、改建建筑与市政工程，其规划、勘察、设计、施工以及使用必须符合本规范要求。

**1.0.3** 本规范是各类新建、扩建、改建建筑与市政工程抗震设防的基本要求。当建筑与市政工程采取的抗震技术措施与本规范规定不一致时、应进行合规性评估并符合本规范第2.1节规定。

**1.0.4** 抗震设防的各类新建、改建、扩建建筑工程和市政工程，除应符合本规范的专门规定外，尚应遵守相关通用规范的要求。

## 2 基本规定

### 2.1 性能要求

2.1.1 抗震设防的各类建筑与市政工程，其抗震设防目标不应低于下列的要求：

1 当遭遇低于本地区设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损坏或基本无损伤，震后可立即使用。

2 当遭遇相当于本地区设防烈度的设防地震影响时，可能发生局部损坏，但震害影响范围有限，不致产生较严重的次生灾害，主体结构不需修理或经一般性修理可继续使用。

3 当遭遇高于本地区设防烈度的罕遇地震影响时，不致倒塌或发生危及生命的破坏或产生严重的次生灾害。

2.1.2 抗震设防的建筑与市政工程，其多遇地震动、设防地震动和罕遇地震动的概率水准不应低于表2.1.2的要求：

表2.1.2 建筑与市政工程的各级地震动的概率水准

	多遇地震动	设防地震动	罕遇地震动
居住建筑与公共建筑	63.2%/50年	10%/50年	2%/50年
城镇桥梁	63.2%/100年	10%/50年	2%/50年
城镇给排水工程	63.2%/50年	10%/50年	2%/50年
城镇燃气热力工程	63.2%/50年	10%/50年	2%/50年
城镇地下工程结构	63.2%/50年	10%/50年	2%/50年

### 2.2 地震影响

2.2.1 各地区的抗震设防烈度必须依据国家规定权限批准、发布的文件(图件)确定。

除特殊规定外，各类工程的抗震设防烈度不得低于本地区的抗震设防烈度。

2.2.2 各地区遭受的地震影响，应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度和特征周期表征，并应符合下列要求：

1 各地区设计基本地震加速度应根据《中国地震动参数区划图》GB18306的规定，按II类场地条件下的基本地震动峰值加速度取值。各地区抗震设防烈度与设计基本地震加速度取值的对应关系应符合表2.2.2-1的规定。

表2.2.2-1 抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系

抗震设防烈度	6	7		8		9
设计基本地震加速度值	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g

2 特征周期应根据工程所在地的设计地震分组和场地类别按本规范第4.2.2条规定确定。设计地震分组应根据《中国地震动参数区划图》GB18306 II类场地条件下的基本地震动加速度反应谱特征周期值按表2.2.2-2的规定确定。工程场地类别应按本规范第3.1.3条规定确定。

表2.2.2-2 设计地震分组与地震动加速度反应谱特征周期的对应关系

设计地震分组	第一组	第二组	第三组
基本地震动加速度反应谱特征周期	0.35s	0.40s	0.45s

### 2.3 城镇抗震防灾要求

2.3.1 城镇抗震防灾规划的编制和实施应符合本节的规定。

城镇总体规划及其他专项规划的编制和修编，除应符合相关的规划规范外，尚应符合本章的专门要求。

**2.3.2** 城镇抗震防灾规划应贯彻“以预防为主，防、抗、避、救相结合”的方针，根据城镇的抗震防灾需要，按照以人为本、平灾结合、因地制宜、突出重点、统筹规划的原则进行编制，并应符合下列规定：

1 抗震防灾规划应与总体规划相互协调、同步实施，并遵循总体规划确定的城镇性质和规模。

2 城镇抗震防灾规划应对城镇抗震防御目标与抗震设防标准、规划抗震控制指标、城镇用地抗震适宜性规划、防灾设施规划、基础设施和城区建筑的防灾建设与改造、次生灾害防御、规划实施与保障对策等作出安排，并应按照设定防御标准确定防灾设施规模布局与建设要求。

3 抗震防灾规划中的抗震设防标准、用地防灾管控措施、防灾设施布局与建设要求、要害系统规划控制措施、高风险区防灾管控措施应列为总体规划的强制性内容。

**2.3.3** 城镇抗震防御目标不应低于下列基本要求：

1 当遭受多遇地震影响时，城镇功能正常，建设工程一般不发生破坏。

2 当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，城镇要害系统、应急保障基础设施和避震疏散场所不应发生影响救援和疏散功能的破坏，其应急功能正常，其他重要工程设施基本正常，一般建设工程可能发生损坏但基本不影响城镇整体功能，重要工矿企业能很快恢复生产或运营。

3 当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，城镇需要应急保障的重要工程设施不应遭受严重破坏；要害系统、应急保障基础设施和避难建筑不应发生危及救援和疏散功能的中等破坏，其应急功能基本正常或可快速恢复；可能导致特大灾害损失的潜在危险因素可在灾后得到有效控制，不发生严重的次生灾害；应无重大人员伤亡，受灾人员可有效疏散、避难并满足其应急和基本生活需求。

**2.3.4** 城镇抗震防灾规划时，应充分收集和利用城镇现有各类基础资料、规划成果和已有的专题研究成果。当现有资料不足时，应补充进行现场勘察测试、调查及专题抗震防灾研究。

**2.3.5** 当有下列情形之一时，城镇抗震防灾规划应进行修编：

1 城镇总体规划修编。

2 城镇抗震防御目标或抗震设防标准发生重大变化。

3 规划区遭受到重大或特大地震灾害影响，原有城镇抗震防灾体系不健全或遭到严重破坏。

4 城镇规划区或行政区域发生重大改变，城镇功能、规模或基础资料发生较大变化，现行城镇抗震防灾规划已不能适应。

5 有关法律法規要求进行修编及其它特殊情形。

**2.3.6** 城镇用地抗震适宜性规划应综合考虑地震、地质条件及社会经济等因素，以城镇用地抗震适宜性评价结果为依据，确定规划布局和防灾对策，并应符合下列要求：

1 优先考虑适宜用地、较适宜用地。对有条件适宜用地和不适宜用地，应明确限制或禁止使用要求。

2 确需利用不利地段时，应提出相应的土地利用对策、建设抗震设防标准、抗震措施和减灾对策。

3 城镇建设用地应避开地表断错，地质崩塌、滑坡、泥石流、地裂等抗震危险地段。线状市政工程无法避开抗震不利地段或危险地段时，应采取的有效抗震措施并纳入规划建设管控程序。

4 城镇规划应确保用地安全，并应对易燃易爆等重大危险源地段采取有效管控措施。

**2.3.7** 城镇基础设施的抗震防灾规划应符合下列要求：

1 明确基础设施中需要加强抗震安全的重要建筑和构筑物、关键设备。

2 确定供水、供电、交通和通讯等应急保障基础设施的规模和布局，明确其抗震应急功能保障级别、抗震设防标准和抗震措施，提出建设和改造要求。

**2.3.8 城区建筑抗震性能评价和规划应符合下列要求：**

- 1 明确城市中需要加强抗震安全的重要建筑。
- 2 划定高密度、抗震高风险的地段。

**2.3.9 城市抗震防灾规划应根据各类次生灾害特点，制定次生灾害源的规划布局和控制要求、以及需采取的防护措施与治理对策，并应符合下列要求：**

1 下列设施和地区应作为地震时可能造成特大灾难性后果的次生灾害源进行评价和规划：

- 1) 核材料的生产、储存设施；
- 2) 核设施；
- 3) 水面高于城镇用地标高、决堤或溃坝后可能重大灾害的水库、湖泊、堰塞湖等大面积水域；
- 4) 抗灾能力不足、储存规模巨大的危险品贮罐区、库区、生产企业、尾矿库；
- 5) 灾害的遇合影响、耦合效应或连锁效应可能特别突出的地区。

2 列出可能产生严重影响的次生灾害源点，并应提出搬迁改造的规划要求和防治对策。

**2.3.10 城镇规划时应根据城市规模等因素设置必要的紧急避震疏散场所和固定避震疏散场所，并应符合下列要求：**

1 城市固定避震疏散场所规模不应小于罕遇地震影响下的疏散要求。

2 城市中心避震疏散场所和固定避震疏散场所应规划安排应急交通、供水等应急保障基础设施。

**2.3.11 城镇规划的抗震防灾控制指标应符合下列规定：**

1 紧急避震疏散场所不应小于 $1.0\text{m}^2/\text{人}$ ；固定避震疏散场所不应小于 $2.0\text{ m}^2/\text{人}$ ；应急医院不应低于 $15\text{ m}^2/\text{床}$ 。

2 应急功能保障医院服务范围的常住人口规模不应大于20万人。

3 应急储水或取水量不应低于 $3\text{升}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，应急医疗人员、伤病人员不应低于 $20\text{升}/\text{人}\cdot\text{日}$ 。

**2.3.12 城镇用地抗震适宜性评价应结合城镇地质灾害防治的专业规划和建设用地地质灾害危险性评估结果，以必要的勘察资料为基础，进行城镇用地抗震防灾类型分区及场地地震破坏效应评价，划分适宜、较适宜、有条件适宜和不适宜用地。**

场地地震破坏效应评价应包括地表断错，地质崩塌、滑坡、泥石流、地裂、地陷，场地液化、震陷，故河道、现代河滨、海滨液化侧向扩展或流滑等地震地质灾害影响等。

**2.3.13 应急保障基础设施应符合下列要求：**

1 应急供水设施应能保障罕遇地震时灾民基本生活用水和救灾用水的需要：

- 1) 抗震防灾规划应对应急供水的来源、水处理设施、输配水管线、应急储水装置和应急取水设施作出安排；
- 2) 应急供水的来源应采用市政应急供水、应急储水或应急取水等多种方式相结合的原则进行保障；
- 3) 应急储水装置或取水设施应能保障紧急或临时阶段、维持基本生存的生活和医疗抢救的需水量。
- 4) 对应急指挥、医疗救治、救灾物资储备和固定避难的场所，尚应对次生火灾的应急消防作出规划和安排。

2 城镇规划时，应根据应急功能的保障要求规划安排相互衔接的应急通道，并应符合下

列要求：

- 1) 应急通道的有效宽度，救灾干道不应低于15m，疏散主、次通道分别不应低于7m和4m；
- 2) 跨越应急通道的各类工程设施，应保证通道净空高度不低于4.5m；
- 3) 应急通道应与应急保障对象和城镇重要公共设施的出入口相衔接；
- 4) 超大、特大和大城市及山地城市救灾干道应采用增强抗灾能力方式确定抗灾设防标准，针对关键节点规划预备措施。

3 城镇规划时，应根据应急功能的保障要求设置应急供电系统。应急供电系统应按罕遇地震影响计算灾时负荷需求，并根据保障要求进行供电系统的冗余配置和设置应急电源系统。

4 城镇应急医疗卫生建筑工程布局和建设应能满足应急医疗服务的覆盖范围要求，其出入口及连接通道应确保灾后出入通行。

5 城镇应急物资的储备、分发系统应符合下列要求：

- 1) 救灾物资储备库的选址应遵循储存安全、调运方便的原则，对外通道应保持通畅；
- 2) 市级及以上救灾物资储备库，应能满足本地区设防地震影响下的应急需求，其对外连接道路应能满足大型货车双向通行的要求；
- 3) 城市应急物资储备、分发用地规模应能满足罕遇地震影响下的应急需求。

6 位于较适宜、有条件适宜和不适宜用地上的应急保障基础设施所采取的相应抗震防灾措施，应能满足适应场地最大灾害效应造成的破坏位移的要求。

7 沿海、沿江河的城市以及山地城市应采取应急码头、直升机起降场地等补充措施增强应急交通能力。

**2.3.14** 城市出入口应与城市应急通道衔接，分散设置，中小城市不应少于4个，大城市不应少于8个，特大城市、超大城市应按城市组团分别考虑，并应采用有效措施，保证不少于半数出入口在罕遇地震后能有效通行。

**2.3.15** 城市避震疏散场所的设置应符合下列要求：

1 城市避震疏散场所应依据避难安全、固定避难居住地为主就近疏散和就地紧急疏散相结合的原则进行设置。

2 避震疏散功能用地的选址，应避开地震危险地段、远离易燃易爆等危险源、避免洪涝灾害。

3 城市的中心避震疏散场所应与城市救灾干道以及周边的其他避震疏散场所互联互通，构成可靠的应急疏散和救援网络。

4 作为地震避难场所使用的建筑，应进行必要的抗震冗余设计，用于人员避难的楼层不应超过地上三层。

**2.3.16** 直接服务于城镇应急救灾和避震疏散的交通、供水、供电、通信等应急保障基础设施的抗震应急功能保障级别应按表2.3.16划分为 I、II 和 III 级，分别采用冗余设置、增强抗震能力或多种保障方式组合保证满足应急功能保障要求。

表2.3.16 应急保障级别最低配置要求

项目 编号	应急保障对象		应急功能保障级别			
	类别	项目	交通	供水	供电	通信
1	应急 指挥	市级应急指挥中心	I	I	I	△
2		设置市、区应急指挥的避震疏散场所	I	I	I	△
3		区或市属部门应急指挥中心	II	II	II	△
4	交通 设施	承担重大抗灾救灾功能的城镇主要出入口	I			
5		第4项规定以外其他承担抗震救灾功能的城镇出入口	II			
6		承担重大抗灾救灾任务的机场、港口、火车站	I	I	I	△
7		第6项规定以外其他承担抗震救灾任务的机场	II	II	II	△

项目编号	应急保障对象		应急功能保障级别			
	类别	项目	交通	供水	供电	通信
8		第 6 项规定以外其他承担抗震救灾任务的港口、交通车站	II	II	III	
9		城镇交通网络中占关键地位、承担交通量大的大跨度桥	I			
10		高速铁路、客运专线（含城际铁路）、客货共线 I、II 干线和货运专线的铁路枢纽，高速公路、一公路及城镇交通网络中的交通枢纽。	II	II		
11	供水设施	应急保障水源地及取水设施	II		I	△
12		承担保障基本生活和救灾应急供水的水质净化处理厂	I	I	I	△
13		承担保障基本生活和救灾应急供水的主要取水设施和输水管线	I	I	I	
14		承担保障基本生活和救灾应急供水的主要配水管线及配套设施	II	II	II	
15		城镇供水系统中服务人口超过 30000 人的主干管线及配套设施	III	III	III	
16		长期设置的应急储水设施	II	II	II	
17	电力设施	国家和区域的电力调度中心	I	I	I	△
18		省、自治区、直辖市的电力调度中心	I	I	I	△
19		作为城镇双重电源的发电设施	I	I		△
20		330kV 及以上的变电所、换流站	II	II		△
21		220kV 及以下枢纽变电所	II	II		△
22		通信调度中心	II	II		△
23	承担城镇集中供热的热电站	II	II		△	
24	消防设施	消防指挥中心、特勤消防站	I	I	I	△
25		其它消防站	II	II	II	△
26	避难设施	中心避震疏散场所	I	I		△
27		中长期固定避震疏散场所	II	II		
28		短期固定避震疏散场所	III	III		
29		需要确保机械通风的中心避震疏散场所的避难建筑			I	
30		需要确保机械通风的固定避震疏散场所的避难建筑			II	
31	医疗卫生设施	设置市、区应急医疗卫生设施的避震疏散场所	I	I	I	△
32		市、区应急保障医院	I	I	I	△
33		承担重症人员救治任务的应急医疗卫生场所	II	II	II	△
34		疾病预防与控制中心	II	II	II	△
35		县及以上的独立采供血机构的建筑	II	II	II	△
36		承担应急任务的其它医疗卫生机构	III	III	III	△
37	应急物资储备设施	中央和省救灾物资储备库	I	I	I	△
38		市应急物资储备分发场地	II	II		△
39		市、县救灾物资储备库	II	II	II	△
40		区应急物资储备分发场地	II	II		△
41		其他应急物资储备分发场地	III	III		
42		需确保机械通风要求的市物资储备场所			I	
43		需确保机械通风要求的区物资储备场所			II	
44	外援救灾用地	大型救灾备用地	I	I		
45		设置专业救灾队伍驻扎区的避震疏散场所	I	I		△
46	重大危险源	重大危险品仓库	II	II	I	△
47		中等及以上城镇燃气管网运营调度指挥中心、门站、应急储气设施	II	II	I	△
48		一级重大危险源	II	II	II	
49		燃气管网高压 B 以上供气厂站	III	III	II	
		二级重大危险源	III	III	II	

注：表中“△”表示应配置应急通信设施；空白表示允许按照国家其他相关标准配置，本规范不做特殊要求。

## 2.4 抗震设防分类和设防标准

2.4.1 抗震设防的各类建筑和市政工程，均应根据其遭受地震破坏后可能造成的人员伤亡、

经济损失和社会影响程度、及其在抗震救灾中的作用等因素划分为以下四个抗震设防类别：

1 特殊设防类：指使用上有特殊设施，涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果，需要进行特殊设防的建筑。简称甲类。

2 重点设防类：指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑，以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果，需要提高设防标准的建筑。简称乙类。

3 标准设防类：指大量的除 1、2、4 款以外按标准要求进行设防的建筑。简称丙类。

4 适度设防类：指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害，允许在一定条件下适度降低要求的建筑。简称丁类。

**2.4.2** 各抗震设防类别建筑和市政工程，其抗震设防标准应符合下列要求：

1 标准设防类，应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用，达到在遭遇高于当地抗震设防烈度的预估罕遇地震影响时不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏的抗震设防目标。

2 重点设防类，应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施；但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施；地基基础的抗震措施，应符合有关规定。同时，应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

3 特殊设防类，应按高于本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；但抗震设防烈度为 9 度时应按比 9 度更高的要求采取抗震措施。同时，应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定其地震作用。

4 适度设防类，允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低其抗震措施，但抗震设防烈度为 6 度时不应降低。一般情况下，仍应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

5 当工程场地为 I 类时，对特殊设防类和重点设防类工程，允许按本地区设防烈度的要求采取抗震构造措施；对标准设防类工程，抗震构造措施允许按本地区设防烈度降低一度、但不得低于 6 度的要求采用。

6 当工程场地为 III、IV 类时，抗震构造措施应比本地区抗震设防烈度要求适当提高采用。

7 对于城市桥梁，其地震作用尚应根据抗震设防类别的不同乘以相应的重要性系数进行调整。特殊设防类、重点设防类、标准设防类以及适度设防类的城市桥梁，其重要性系数分别不应低于 2.0、1.7、1.3 和 1.0。

## 2.5 工程抗震体系

**2.5.1** 建筑与市政工程的抗震体系应根据工程抗震设防类别、抗震设防烈度、工程的空间尺度、场地条件、地基条件、结构材料和施工等因素，经技术、经济和使用条件综合比较确定，并应符合下列基本要求：

- 1 具有合理、稳定、可靠的地震作用传递途径。
- 2 具备必要的抗震承载能力、变形能力和地震能量耗散能力。
- 3 避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力。
- 4 桥梁结构尚应有可靠的位移约束措施，防止地震时发生落梁破坏。

**2.5.2** 建筑工程的抗震体系尚应满足下列各项要求：

1 结构体系应具有足够的牢固性和抗震冗余度，防止地震下连续倒塌。

2 建筑结构布局应能保证结构的质量、刚度和承载力的分布均匀、合理，避免因局部削弱或突变形成薄弱部位，产生过大的应力集中或塑性变形集中。

3 楼、屋盖应具有足够的面内刚度和整体性。采用装配整体式楼、屋盖时，应采取措施保证楼、屋盖的整体性及其与竖向抗侧力构件的连接。楼板洞口不应超过本规范第 5.1.2 条楼板局部不连续的标准，否则，应计入楼板面内变形对结构体系的影响。

- 4 基础应具有良好的整体性和抗转动能力，避免地震时基础转动加重建筑震害。
- 5 结构构件应具有足够的整体性和延性，避免脆性破坏。
- 6 构件连接的设计与构造应能保证构件或连接件的破坏先于节点或锚固件的破坏。

**2.5.3** 城镇给水排水和燃气热力工程的抗震体系尚应满足下列各项要求：

- 1 同一结构单元应具有良好的整体性，对局部薄弱部位应采取加强措施。
- 2 埋地管道应采用延性良好的管材或沿线设置柔性连接措施。
- 3 结构构件应具有足够的整体性和延性，避免脆性破坏。
- 4 装配式结构的连接构造，应保证结构的整体性及抗震性能要求。
- 5 管道与构筑物或固定设备连接时，应采用柔性连接构造。

**2.5.4** 相邻建筑物（构筑物）之间或同一建筑物不同结构单体之间的伸缩缝、沉降缝、防震缝等缝隙应符合下列要求，避免地震作用下的碰撞或挤压破坏：

- 1 缝隙净宽度不应小于设防地震下两侧结构在潜在碰撞点处的侧向变形的总和。
- 2 在施工和使用期间，应保持缝隙内通畅，不得封堵或遗留杂物。
- 3 跨越缝隙的非结构构件及连接应能满足两侧结构的变形要求。

## 2.6 材料与施工

**2.6.1** 抗震结构体系对结构材料(包含专用的结构设备)、施工工艺特别要求，应在设计文件上注明。

**2.6.2** 抗震设防的建筑工程和市政工程，其结构材料性能指标不应低于下列要求：

- 1 砌体结构材料应符合下列规定：
  - 1) 普通砖和多孔砖的强度等级不应低于MU10，砌筑砂浆强度等级不应低于M10；
  - 2) 混凝土小型空心砌块的强度等级不应低于MU7.5，砌筑砂浆强度等级不应低于Mb7.5。
  - 3) 地下或半地下砌体结构，应采用砖砌体或块石砌体；砖强度等级不应低于MU15，块石强度等级不应低于MU20；砌筑砂浆应采用水泥砂浆，强度等级不应低于M10。
- 2 混凝土结构材料应符合下列规定：
  - 1) 混凝土的强度等级，框支梁、框支柱及抗震等级为一级的框架梁、柱、节点核心区，不应低于C30；盛水构筑物和地下管道，不应低于C25；构造柱、芯柱、圈梁及其它各类构件不应低于C20；
  - 2) 建筑工程中抗震等级为一、二、三级的框架和各类斜撑构件(含梯段)，其纵向受力钢筋采用普通钢筋时，钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于1.25；钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于1.3，且钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于9%。
- 3 钢结构的钢材应符合下列规定：
  - 1) 屈服强度波动范围不应大于120N/mm<sup>2</sup>；
  - 2) 屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于0.85；
  - 3) 应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于20%；
  - 4) 应有良好的焊接性和合格的冲击韧性；
  - 5) 用于燃气工程储气结构的钢材，尚应保证冷弯检验合格；
  - 6) 燃气、热力工程中的结构用钢，不得采用Q235A和Q345A级钢材。

**2.6.3** 对钢筋混凝土结构，当施工过程中需要以强度等级较高的钢筋替代原设计中的纵向受力钢筋时，应符合《混凝土结构通用规范》的相关规定及本规范相应的抗震构造要求。

对于砌体抗震墙，其施工应先砌墙后浇构造柱和框架梁柱。

### 3 场地与地基基础抗震

#### 3.1 场地抗震勘察

3.1.1 建筑与市政工程的岩土抗震勘察应符合下列要求：

- 1 根据工程场址所处地段的地质环境等情况，对地段抗震性能作出有利、一般、不利或危险的评价。
- 2 应对工程场地的类别进行评价与划分。
- 3 对工程场地的地震稳定性能（含液化、震陷、横向扩展、崩塌和滑坡等）进行评价，并给出相应的工程防治措施建议方案。
- 4 对局部突出地形（如条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸和边坡边缘等）等不利地段，尚应提供相对高差、坡角、场址距突出地形边缘的距离等参数的勘测结果。
- 5 对存在隐伏断裂的不利地段，应查明工程场地覆盖层厚度以及距主断裂带的距离。
- 6 对需要采用时程分析法进行补充计算的工程，尚应根据设计要求提供土层剖面、场地覆盖层厚度以及其他有关的动力参数。

3.1.2 建筑与市政工程进行场地勘察时，应根据工程需要和地震活动情况、工程地质和地震地质等有关资料按表3.1.2对地段进行划分。对不利地段，应提出避开要求；当无法避开时应采取有效的措施。对危险地段，严禁建造甲、乙类建筑，不应建造丙类建筑。

表3.1.2 有利、一般、不利和危险地段的划分

地段类别	地质、地形、地貌
有利地段	稳定基岩，坚硬土、开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段
不利地段	软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层（含故河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基），高含水量的可塑黄土，地表存在结构性裂缝等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表位错的部分

3.1.3 场地类别的划分应符合下列要求：

- 1 工程场地应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表3.1.3进行分类。

表3.1.3 各类场地的覆盖层厚度（m）

岩石的剪切波速 $V_s$ 或土的等效剪切波速 $V_{se}$ （m/s）	场地类别				
	I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	II	III	IV
$V_s > 800$	0				
$800 \geq V_s > 500$		0			
$500 \geq V_{se} > 250$		<5	≥5		
$250 \geq V_{se} > 150$		<3	3~50	>50	
$V_{se} \leq 150$		<3	3~15	15~80	>80

2 当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表3.1.3所列场地类别的分界线±15%范围内时，允许按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期。

- 3 场地覆盖层厚度的确定，应符合下列要求：

- 1) 一般情况下，应按地面至剪切波速大于500m/s且其下卧各层岩石的剪切波速均不小于500m/s的土层顶面的距离确定。
- 2) 当地面5m以下存在剪切波速大于其上部各土层剪切波速2.5倍的土层，且该层及其下卧各层岩石的剪切波速均不小于400m/s时，允许按地面至该土层顶面的距离确定。

- 3) 剪切波速大于500m/s的孤石、透镜体，应视同周围土层。
- 4) 土层中的火山岩硬夹层，应视为刚体，其厚度应从覆盖土层中扣除。
- 4 土层的等效剪切波速应按下列公式计算：

$$v_{se} = d_0 / t \quad (3.1.3-1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si}) \quad (3.1.3-2)$$

- 式中  $v_{se}$  —— 土层等效剪切波速(m/s)；
- $d_0$  —— 计算深度(m)，取覆盖层厚度和20m两者的较小值；
- $t$  —— 剪切波在地面至计算深度之间的传播时间；
- $d_i$  —— 计算深度范围内第*i*土层的厚度(m)；
- $v_{si}$  —— 计算深度范围内第*i*土层的剪切波速(m/s)；
- $n$  —— 计算深度范围内土层的分层数。

## 3.2 地基与基础抗震

**3.2.1** 天然地基的抗震验算，应采用地震作用效应的标准组合和地基抗震承载力进行。地基抗震承载力应取地基承载力特征值与地基抗震承载力调整系数的乘积。

**3.2.2** 对抗震设防烈度不低于7度的建筑与市政工程，当地面下20m范围内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，应根据工程的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况采取相应的抗液化措施。

**3.2.3** 低承台桩基的抗震承载力验算应符合下列要求：

1 非液化土中低承台桩基的抗震验算，应符合下列规定：

- 1) 单桩竖向和水平向抗震承载力特征值按非抗震设计承载力特征值的1.25倍取值；
- 2) 桩基承担全部地震作用，当承台周边填土达到填土地基的要求时，允许计入承台正面填土的抗力作用。

2 存在液化土层的低承台桩基抗震验算，应符合下列规定：

- 1) 不应计入承台周围土的抗力或刚性地坪对水平地震作用的分担作用；
- 2) 桩基承担全部地震作用；
- 3) 单桩承载力应考虑液化土层的影响进行修正。

**3.2.4** 液化土和震陷软土中桩的配筋范围，应自桩顶至液化深度以下符合全部消除液化沉陷所要求的深度，且其纵向钢筋应与桩顶截面相同，箍筋应加粗和加密。

## 4 地震作用和结构抗震验算

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 各类建筑与市政工程地震作用计算时，其设计地震动参数的选择与调整应符合《工程结构通用规范》的规定外，尚应符合下列要求：

1 当工程结构处于发震断裂两侧10km以内时，应计入近场效应的影响对设计地震动参数进行放大调整，5km以内放大系数不小于1.5，5km~10km时放大系数不小于1.25。

2 当工程结构处于条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石和强风化延时的陡坡、河岸与边坡边缘等不利地段时，应考虑不利地段对水平设计地震参数的放大作用。放大系数应根据不利地段的具体情况准确确定，其数值不得小于1.1，但不必超过1.6。

3 应考虑工程场地的地震效应，根据工程场地类别对设计地震动参数进行调整。

**4.1.2** 各类建筑与市政工程的地震作用计算，应符合下列规定：

1 工程结构的地震作用，应按本规范第4.1.1条确定的设计地震动参数，并采用符合结构实际工作状况的分析模型进行计算；

- 1) 一般情况下，应至少沿结构两个主轴方向分别计算水平地震作用；当结构中存在与主轴交角大于15°的斜交抗侧力构件时，尚应计算斜交构件方向的水平地震作用；
- 2) 计算各抗侧力构件的水平地震作用效应时，应计入扭转效应的影响；
- 3) 抗震设防烈度不低于8度的大跨度、长悬臂结构和隔震结构以及抗震设防烈度9度的高层建筑物、盛水构筑物、贮气罐、储气柜等，应计算竖向地震作用；
- 4) 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；
- 5) 对地下建筑和埋地管道，应考虑地震地面运动的位移向量影响进行地震作用效应计算。

2 地震作用的计算方法，应根据工程结构的工作状况、结构设计的实际需要等采用底部剪力法、振型分解反应谱法、时程分析法或其他更精确的方法。

**4.1.3** 计算地震作用时，建筑与市政工程结构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、城镇给水排水和燃气热力工程	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。

**4.1.4** 各类建筑与市政工程结构的抗震设计应符合下列要求：

1 除下列情况外，各类建筑与市政工程结构均应进行构件截面的抗震验算。

- 1) 设防烈度6度时建造于I、II、III类场地的规则建筑；
- 2) 生土房屋；
- 3) 符合本规范第5.6节规定、允许不进行截面抗震验算的木结构房屋；
- 4) 符合本规范第6.1节规定、允许不进行截面抗震验算的城镇桥梁；
- 5) 符合本规范第6.2节规定、允许不进行截面抗震验算的给水、排水、燃气、热力工

程。

- 2 按本规范相关规定进行抗震变形验算。
- 3 按本规范规定采取必要的抗震措施。

## 4.2 水平地震作用

4.2.1 建筑与市政工程的水平地震作用应按下列要求确定：

- 1 采用底部剪力法或振型分解反应谱法计算建筑结构、桥梁结构、地上管线、地上构筑物等建筑与市政工程的水平地震作用时，水平地震影响系数的取值应符合本规范第4.2.2条规定。
- 2 采用时程分析法计算建筑结构、桥梁结构、地上管线、地上构筑物等市政工程的水平地震作用时，输入激励的数量、组成、频谱特性、有效峰值以及有效持续时间应符合本规范第4.2.3条规定。
- 3 地下工程结构的水平地震作用应根据结构构件的刚度以及地震地面运动的差异变形采用简化方法或时程分析方法确定。

4.2.2 各类建筑工程的水平地震影响系数取值，应符合下列规定：

- 1 水平地震影响系数应根据烈度、场地类别、设计地震分组和结构自振周期以及阻尼比确定。
- 2 水平地震影响系数最大值不应小于表 4.2.2-1 的规定；

表4.2.2-1 水平地震影响系数最大值

地震影响	6度	7度		8度		9度
	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
多遇地震	0.05	0.09	0.14	0.18	0.28	0.36
设防地震	0.13	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00
罕遇地震(2%/50)	0.46	0.74	0.99	1.20	1.40	1.55

- 3 特征周期应根据场地类别和设计地震分组按表 4.2.2-2 采用，计算罕遇地震作用时，特征周期应增加 0.05s。

表4.2.2-2 特征周期值 (s)

设计地震分组	场地类别				
	I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	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

4.2.3 采用时程分析法计算建筑与市政工程的水平地震作用时，输入激励应满足下列要求：

- 1 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作为输入激励。输入激励的总数不得少于3组，其中实际强震记录的数量不应少于总数的2/3。
- 2 多组输入激励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。
- 3 各输入激励的有效峰值加速度不应小于表4.2.3的规定。
- 4 各输入激励的有效持续时间不应小于 $5T_1$ ， $T_1$ 为结构相关方向的基本自振周期。
- 5 弹性时程分析时，每组输入激励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%，多组输入激励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%。
- 6 当输入激励少于七组时，应取时程法的包络值和振型分解反应谱法的较大值进行结构设计；当输入激励不少于七组时，应采用时程法的平均值和振型分解反应谱法的较大值进行结构设计。

表4.2.3 时程分析所用各输入激励的有效峰值加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

地震影响	6度	7度		8度		9度
	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
多遇地震	18	35	55	70	110	140
设防地震	50	100	150	200	300	400
罕遇地震	180	290	390	470	550	620

4.2.4 多遇地震下，各类建筑与市政工程结构的水平地震剪力标准值应符合下列要求：

1 建筑结构抗震验算时，各楼层水平地震剪力标准值应符合下式要求：

$$V_{Eki} \geq \lambda \sum_{j=i}^n G_j \quad (4.2.4-1)$$

式中  $V_{Eki}$ ——第*i*层水平地震剪力标准值；

$\lambda$ ——最小地震剪力系数，应按本条第3款的规定取值，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*层重力荷载代表值。

2 市政工程结构抗震验算时，其基底水平地震剪力标准值应符合下式要求：

$$V_{Ek0} \geq \lambda G \quad (4.2.4-2)$$

式中  $V_{Ek0}$ ——基底水平地震剪力标准值；

$\lambda$ ——最小地震剪力系数，应按本条第3款的规定取值；

$G$ ——总重力荷载代表值。

3 多遇地震下，建筑与市政工程结构的最小地震剪力系数取值应符合下列规定：

- 1) 对扭转效应明显或基本周期小于3.5s的结构，最小地震剪力系数不应小于表4.2.4的基准值；
- 2) 对基本周期大于5.0s的结构，最小地震剪力系数不应小于表4.2.4的基准值的0.75倍；
- 3) 对基本周期介于3.5s和5s之间的结构，最小地震剪力系数不应小于表4.2.4的基准值的 $(9.5-T_1)/6$ 倍，其中， $T_1$ 为结构计算方向的基本周期；
- 4) 对位于III、IV类场地的工程结构，按本款第1)~3)项规定确定的最小地震剪力系数尚应乘以不小于1.05的放大系数。

表4.2.4 最小地震剪力系数基准值 $\lambda_0$

设防烈度	6度	7度	7度 (0.15g)	8度	8度 (0.30g)	9度
$\lambda_0$	0.008	0.016	0.024	0.032	0.048	0.064

## 4.3 竖向地震作用

4.3.1 对需要考虑竖向地震作用效应的结构或构件，其竖向地震作用的确定应符合下列要求：

1 设计地震动竖向峰值加速度不应小于水平峰值加速度的65%；竖向反应谱特征周期按表4.2.2-2的设计地震分组第一组取值。

2 对于需要考虑竖向地震作用效应的结构，应采用整体结构模型进行计算分析；对于需要考虑竖向地震作用效应的构件，应采用子结构模型或整体结构模型进行计算。子结构模型应包括需要考虑竖向地震作用的构件，并考虑相邻构件的刚度影响。

3 需要考虑竖向地震作用的构件及其支承构件均应考虑竖向地震作用效应。

4 竖向地震作用的计算应根据结构或构件的实际情况和工程设计的需要采用简化方法、振型分解反应谱法、时称分析法或其他更精确的方法进行。

4.3.2 需要考虑竖向地震作用效应的高层建筑，其竖向地震作用标准值不应低于下式（图4.3.2）。各楼层结构构件承担的竖向地震作用应根据其承受重力荷载代表值的比例确定，并应考虑地震作用分布的不均匀性进行放大调整，调整系数不应低于1.5。

$$F_{Evk} = \alpha_{vmax} G_{eq} \quad (4.3.2-1)$$

$$F_{vi} = \frac{G_i H_i}{\sum G_j H_j} F_{Evk} \quad (4.3.2-2)$$

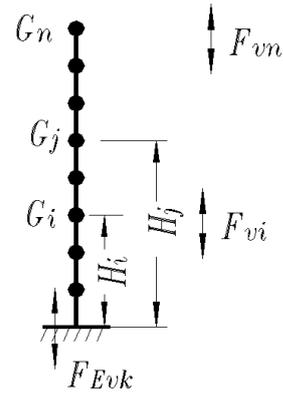


图4.3.2 结构竖向地震作用计算简图

式中  $F_{Evk}$ —— 结构总竖向地震作用标准值；

$F_{vi}$ —— 质点i的竖向地震作用标准值；

$\alpha_{vmax}$ —— 竖向地震影响系数的最大值，取水平地震影响系数最大值的65%；

$G_{eq}$ —— 结构等效总重力荷载，不小于重力荷载代表值的75%。

4.3.3 抗震设防烈度不低于8度的大跨度结构、长悬臂结构，其竖向地震作用应符合下列规定：

1 下列结构或构件的竖向地震作用标准值与其重力荷载代表值的比值不应小于表4.3.3的竖向地震作用系数：

- 1) 跨度不大于120m或长度不超过300m、且满足规则性要求的平板型网架屋盖；
- 2) 跨度大于18m的钢屋架、屋盖钢横梁及钢托架；
- 3) 跨度大于18m的混凝土屋架、屋盖混凝土横梁及混凝土托架。

表4.3.3 竖向地震作用系数

结构类型	抗震设防烈度	场地类别		
		I	II	III、IV
平板型网架	8度	不需计算	0.08	0.10
	8度(0.30g)	0.10	0.12	0.15
	9度	0.15	0.15	0.20
钢屋架、屋盖钢横梁及钢托架	8度	不需计算	0.08	0.10
	8度(0.30g)	0.10	0.12	0.15
	9度	0.15	0.15	0.20
混凝土屋架、屋盖混凝土横梁及混凝土托架	8度	0.10	0.13	0.13
	8度(0.30g)	0.15	0.19	0.19
	9度	0.20	0.25	0.25

2 抗震设防烈度8度、8度(0.30g)和9度时，下列结构或构件的竖向地震作用标准值分别不应低于其重力荷载代表值的10%、15%和20%：

- 1) 抗震设防烈度8度和8度(0.30g)时，悬挑长度不低于2.0m的悬臂结构或构件；
- 2) 抗震设防烈度9度时，悬挑长度不低于1.5m的悬臂结构或构件；
- 3) 除本条第1款第1)项以外的其他大跨结构。

## 4.4 抗震验算

4.4.1 结构构件的截面抗震验算，应采用下列设计表达式：

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (4.4.1)$$

式中  $S$ —— 结构构件的地震组合内力设计值，按4.4.2条规定确定；

$R$ ——结构构件承载力设计值，按结构材料的强度设计值确定；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数，除本规范另有专门规定外，应按表4.4.1采用。

表4.4.1  
承载力抗震调整系数

材料	结构构件	受力状态	$\gamma_{RE}$
钢	柱, 梁, 支撑, 节点板件, 螺栓, 焊缝 柱, 支撑	强度	0.75
		稳定	0.80
砌体	两端均有构造柱、芯柱的承重墙	受剪	0.90
	其它承重墙	受剪	1.00
	自承重墙	受剪	0.75
混凝土 钢-混凝土组合	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
木	受弯、受拉、受剪构件	受弯、受拉、受剪	0.90
	轴压和压弯构件	轴压和压弯	0.90
	木基结构板剪力墙	强度	0.80
	连接件	强度	0.85
	竖向地震为主的地震组合内力起控制作用时		

4.4.2 结构构件抗震验算的组合内力设计值应采用地震作用效应和其它作用效应的基本组合值，并按下式计算：

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \gamma_{Sv} S_{Svk} + \gamma_{ep} S_{epk} + \gamma_{gw} S_{gwk} + \psi_t \gamma_t S_{tk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (4.4.2)$$

式中  $S$ ——结构构件地震组合内力设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值等；

$\gamma_G$ ——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力有利时，不应大于1.0；

$\gamma_{Eh}$ 、 $\gamma_{Ev}$ ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，应按表4.4.2采用；

$\gamma_{Sv}$ 、 $\gamma_{ep}$ 、 $\gamma_{gw}$ ——分别为竖向土压力、侧土压力、地下水压力的分项系数，当荷载效应对构件承载力不利时应取1.3，当荷载效应对构件承载力有利时，应取1.0；

$\gamma_t$ ——温度作用分项系数，应取1.5；

$\gamma_w$ ——风荷载分项系数，应采用1.5；

$S_{GE}$ ——重力荷载代表值的效应，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；

$S_{Svk}$ ——竖向土压力标准值的效应；

$S_{epk}$ ——侧向土压力标准值的效应；

$S_{gwk}$ ——地下水压力标准值的效应；

$S_{tk}$ ——温度作用标准值的效应；

$S_{wk}$ ——风荷载标准值的效应；

$\psi_t$ ——温度荷载组合值系数，应取0.65；

$\psi_w$ ——风荷载组合值系数，一般结构取0.0，风荷载起控制作用的建（构）筑物应采用0.2。

表4.4.2 地震作用分项系数

地震作用	$\gamma_{Eh}$	$\gamma_{Ev}$
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	0.6
同时计算水平与竖向地震作用(竖向地震为主)	0.6	1.4

#### 4.4.3 各类结构的抗震变形验算应符合下列要求:

1 钢筋混凝土结构、钢结构、钢-混凝土组合结构等房屋建筑,应按下列规定进行多遇地震下的弹性变形验算和罕遇地震下的弹塑性变形验算:

1) 多遇地震下建筑结构的层间弹性变形应符合下式要求:

$$\Delta u_e \leq [\theta_e] h \quad (4.4.3-1)$$

式中  $\Delta u_e$ ——多遇地震作用标准值下最大弹性层间变形,采用结构线弹性分析结果。计算时,结构构件的截面刚度采用弹性刚度,并计入结构扭转效应;

$[\theta_e]$ ——弹性层间位移角限值,按有关技术标准的规定取值;

$h$ ——楼层层高。

2) 罕遇地震下建筑结构的弹塑性层间变形应符合下式要求:

$$\Delta u_p \leq [\theta_p] h \quad (4.4.3-2)$$

式中  $\Delta u_p$ ——罕遇地震下结构的弹塑性层间变形,采用结构弹塑性分析结果。等效线性分析方法计算时应采用结构构件的等效刚度,采用其他方法计算时,应考虑屈服后构件刚度的退化影响;

$[\theta_p]$ ——弹塑性层间位移角限值,按有关技术标准的规定取值;

$h$ ——楼层层高。

2 桥梁结构,应按下列公式验算罕遇地震作用下顺桥向和横桥向桥墩墩顶的位移或桥墩塑性铰区域塑性转动能力:

$$\Delta_d \leq \Delta_u \quad (4.4.3-3)$$

$$\theta_p \leq \theta_u \quad (4.4.3-4)$$

式中  $\Delta_d$ ——罕遇地震作用下墩顶的位移(cm)

$\Delta_u$ ——桥墩容许位移(cm);

$\theta_p$ ——罕遇地震作用下,塑性铰区域的塑性转角;

$\theta_u$ ——塑性铰区域的最大容许转角。

## 5 建筑工程抗震措施

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 房屋建筑的设计方案应特别重视抗震概念设计，明确建筑结构的规则性分类，建筑平面形状和立面、剖面的变化应规则，结构布局应平面均匀对称、竖向连续。

对不规则的建筑应按规定采取加强措施；对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；不得采用严重不规则的建筑方案。

**5.1.2** 建筑结构的平面和竖向规则性划分应符合下列要求：

1 混凝土结构房屋、钢结构房屋和钢-混凝土组合/混合结构房屋，当存在表5.1.2-1或表5.1.2-2不规则类型的一项时，应属于不规则的建筑，当存在多项不规则或某项不规则超过规定的参考指标较多时，应属于特别不规则的建筑。

表5.1.2-1 平面不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
扭转不规则	在具有偶然偏心的规定的水平力作用下，楼层两端抗侧力构件的弹性水平位移（或层间位移）的最大值与平均值的比值大于1.2
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的30%
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的50%，或开洞面积大于该层楼面面积的30%，或较大的楼层错层

表5.1.2-2 竖向不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的水平向尺寸大于相邻下一层的25%
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件(柱、抗震墙、抗震支撑)的内力由水平转换构件(梁、桁架等)向下传递
楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的80%

2 砌体房屋、木结构、大跨屋盖建筑平面和竖向规则性划分，应符合本规范有关章节的规定。

**5.1.3** 不规则的建筑结构，应按下列要求进行地震作用计算和内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施：

- 1 应采用空间结构模型进行地震作用效应分析。
- 2 仅平面不规则的建筑应符合下列要求：
  - 1) 扭转不规则时，应计入扭转影响，且在具有偶然偏心的规定水平力作用下，楼层两端竖向抗侧力构件最大的弹性水平位移或层间位移的最大值与平均值的比值不应大于1.6；
  - 2) 平面不对称、凹凸不规则或楼板局部不连续时，应采用符合楼板平面内实际刚度变化的计算模型，并对扭转效应较大的部位采取加强措施。
- 3 仅竖向不规则的建筑应符合下列要求：
  - 1) 刚度小的楼层，地震剪力应乘以不小于1.15的增大系数；
  - 2) 薄弱层应按有关规定进行弹塑性变形分析；
  - 3) 侧向刚度不规则时，相邻层的侧向刚度比应依据其结构类型符合本规范相关章节的规定；
  - 4) 竖向抗侧力构件不连续时，被转换构件传递给水平转换构件的地震内力应根据烈度高低和水平转换构件的类型、受力情况、几何尺寸等，乘以1.25~2.0的增大系数；
  - 5) 楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一楼层的

65%。

4 平面、竖向均不规则的建筑，应根据不规则类型的数量和程度，有针对性地采取不低于本条2、3款要求的各项抗震措施。特别不规则的建筑，应经专门研究，采取更有效的加强措施。

**5.1.4** 对于框架结构房屋，进行规则性评价时尚应计入填充墙和楼梯构件的刚度影响，避免填充墙或楼梯构件的不合理设置而导致主体结构的破坏：

1 考虑楼梯构件和填充墙平面不对称、不均匀布置导致的扭转效应，避免建筑平面扭转严重不规则。

2 避免填充墙竖向不均匀布置导致建筑侧向刚度严重不规则。

3 考虑框架与填充墙相互作用产生的局部不利影响，对可能产生短柱剪切破坏和节点冲切破坏的部位应采取可靠的加强措施。

**5.1.5** 建造于山地和复杂地形的建筑布置尚应符合下列要求：

1 应根据地质、地形条件和使用要求，因地制宜设置符合抗震设防要求的边坡工程。

2 建筑基础与土质、强风化岩质边坡的边缘应留有足够的距离。

**5.1.6** 地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，地下室的抗震设计应符合下列要求：

1 嵌固部位之下一层的抗震构造措施应与上部结构相同，再往下允许逐层降低，但不得低于6度设防要求。

2 地下室顶板应具有足够的面内刚度和强度，避免开设大洞口，在上部结构的相关范围内应采用现浇梁板等整体性较好的楼盖体系，保证地震剪力的有效传递。

3 嵌固部位之下的结构应有足够的侧向刚度，周边土体的侧向约束应完整，并应满足相关技术规范的嵌固要求。

4 上部结构竖向构件的根部设计应能保证其潜在塑性铰区不发生转移。

**5.1.7** 采用隔震或消能减震的建筑，其建筑结构布局除应符合本规范第2.5节、第5.1.1~5.1.5条规定外，尚应符合下列要求：

1 隔震建筑应符合下列规定：

1) 隔震建筑应具有足够的抗倾覆能力，防止罕遇地震下的上部结构整体倾覆。上部结构的高宽比不应大于4，否则，应采取有效的加强措施并按法定程序确认其可行性；

2) 隔震建筑与周边土体或其他工事之间应留设隔震沟，隔震沟的宽度应能满足罕遇地震下结构各方向位移的需要；

3) 穿过隔震层或隔震沟的设备管线以及煤气管线等生命管线应能适应罕遇地震下的相对位移；

4) IV类场地上的房屋建筑采用隔震设计时，应采取有效措施并按法定程序确认其可行性。

2 消能减震房屋应符合下列要求：

1) 消能部件的设置应能满足结构多遇地震和罕遇地震下的位移控制要求，并考虑其设置对建筑规则性的影响，避免产生水平或竖向严重不规则；

2) 消能器及其与主体结构的连接设计，应能保证罕遇地震下消能器的正常工作。

**5.1.8** 隔震和消能减震房屋，其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抽样检测，

确保性能符合要求。

**5.1.9** 隔震建筑的隔震层、上部结构、下部结构以及隔震层与上下部结构的连接设计尚应符合下列要求：

1 隔震层设计应符合下列要求：

- 1) 隔震设计应根据预期的竖向承载力、水平向减震和位移控制要求，选择适当的隔震装置、抗风装置以及必要的阻尼装置、限位装置等组成结构的隔震层；
- 2) 隔震层的隔震装置应设置在受力较大的部位，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；
- 3) 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；
- 4) 高层建筑尚应进行罕遇地震下倾覆承载力验算。

2 隔震层以上结构的抗震设计应符合下列要求：

- 1) 隔震层以上结构的总水平地震作用，不得低于6度设防非隔震结构的总水平地震作用；
- 2) 隔震层以上结构的竖向地震作用标准值，8度（0.20g）、8度（0.30g）和9度时分别不应小于其总重力荷载代表值的20%、30%和40%；
- 3) 各楼层的水平地震剪力尚应符合本规范第4.2.4条对本地区设防烈度的最小地震剪力系数的规定；
- 4) 隔震层以上结构的抗震措施，应根据隔震后上部结构地震作用的降低幅度确定。当隔震后上部结构在设防地震作用下处于弹性状态时，允许按本规范相关章节规定降低1度采用。

3 隔震层以下结构（包含地基和基础）的抗震设计，应能保证隔震层在罕遇地震下仍能安全工作，并应符合下列要求：

- 1) 直接支承隔震装置的支墩、支柱及相连构件，应采用隔震结构罕遇地震下的作用效应组合进行承载力验算；
- 2) 隔震层以下的结构（包括地下室和隔震塔楼下的底盘）中，上部结构的水平投影区域及相关范围，其侧向刚度与上部结构侧向刚度的比值应满足嵌固条件的要求，抗震承载能力应能满足隔震后设防地震下的弹性要求，抗剪承载能力应满足隔震后罕遇地震下的弹性要求；
- 3) 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5.1.9的要求。

**表5.1.9 隔震层以下地面以上结构罕遇地震作用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

- 4) 隔震建筑地基基础的抗震验算和地基处理仍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。

4 隔震层与上、下部结构的连接，应符合下列基本规定：

- 1) 隔震层顶部应设置现浇混凝土梁板式楼盖，板厚不应小于160mm；
- 2) 隔震支座附近的梁、柱应考虑冲切和局部承压效应，加密箍筋并根据需要配置网状钢筋；
- 3) 隔震支座与上、下部结构之间的连接，应能传递罕遇地震下的最大支座反力。

**5.1.10** 采用消能减震设计的建筑，其抗震设计尚应符合下列规定：

1 消能减震结构的地震作用和抗震验算尚应符合下列要求：

- 1) 消能减震结构的总水平地震作用，不得低于6度设防非消能结构的总水平地震作用；
- 2) 各楼层的水平地震剪力尚应符合本规范第4.2.4条对本地区设防烈度的最小地震剪力系数规定；
- 3) 主体结构构件的截面抗震验算，应本规范第4.4.2条规定。其中，与消能部件相连的梁、柱等结构构件的截面设计尚应考虑消能器最大阻尼力的作用效应。

2 消能减震结构的抗震变形验算应符合下列要求：

- 1) 多遇地震下消能减震结构的层间变形验算应符合本规范第4.4.3条规定。其中，主体结构构件应采用截面弹性刚度，消能器应考虑其非线性性能；
- 2) 罕遇地震下消能减震结构的层间变形验算应符合本规范第4.4.3条规定。其中，主体结构构件应考虑弹塑性性能，消能器应考虑其非线性性能。

3 消能减震结构的抗震措施应符合下列要求：

- 1) 消能减震房屋建筑，其抗震措施应符合本规范相关章节的规定；
- 2) 当主体结构构件的抗震承载能力与多遇地震下的组合内力设计值的比值不小于2.0时，其抗震构造措施允许降低1度采用；
- 3) 与消能器相连的混凝土或型钢混凝土构件，其构造措施应符合《混凝土结构通用规范》、《组合结构通用规范》的相关要求；
- 4) 与消能器相连的钢构件，其构造措施应足《钢结构通用规范》的相关要求。

**5.1.11** 建筑非结构构件，其自身及与结构主体的连接，应进行抗震设计。

建筑非结构构件指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，附着于楼面和屋面结构的构件、装饰构件和部件、固定于楼面的大型储物架等。

**5.1.12** 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，以承受由非结构构件传递的地震作用。

**5.1.13** 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要求：

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的延性和变形能力，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。

**5.1.14** 建筑装饰构件(顶棚、广告牌等)的设计与构造应符合下列要求：

1 各类顶棚的构件及与楼板的连接件，应能承受顶棚、悬挂重物和有关机电设施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 悬挑雨篷或一端由柱支承的雨篷，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，应符合相关专门标准的规定。

**5.1.15** 各类建筑工程的附属机电设备，除下列情况外，其自身及其与结构主体的连接尚应按本节规定采取抗震措施。

1 重量低于1.8kN设备。

2 内径小于25mm的燃气管道。

3 内径小于60mm的电气配管和重量小于150N/m的电缆梯架、电缆槽盒、母线槽。

4 矩形截面面积小于 $0.38\text{ m}^2$ 和圆形截面直径小于 $0.70\text{m}$ 的风管。

5 吊杆计算长度不超过 $300\text{mm}$ 的吊杆悬挂管道。

注：建筑附属机电设备指为现代建筑使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统，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。

**5.1.16** 建筑附属机电设备不应设置在可能致使功能障碍等二次灾害的部位；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。

**5.1.17** 管道、电缆、通风管和设备的洞口设置，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。

**5.1.18** 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。

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。

## 5.2 混凝土结构房屋

**5.2.1** 抗震设防的混凝土结构房屋，除应符合国家标准《混凝土结构通用规范》的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

**5.2.2** 混凝土结构房屋，应根据设防烈度、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框架、抗震墙、框架-抗震墙、筒体、板柱-抗震墙、板柱-支撑、板柱-框架等结构体系，并应符合下列要求：

1 按本节后续规定设计时，各类结构体系的最大适用高度不应超过表5.2.2的规定，超过时，应采取有效的加强措施并按法定程序确认其可行性。

**表5.2.2 混凝土结构房屋适用的最大高度(m)**

结构类型	设防烈度				
	6	7	8(0.2g)	8(0.3g)	9
框架结构	60	50	40	35	24
框架-抗震墙结构	130	120	100	80	50
抗震墙结构	140	120	100	80	60
部分框支抗震墙结构	120	100	80	50	不应采用
框架-核心筒结构	150	130	100	90	70
筒中筒结构	180	150	120	100	80
板柱-抗震墙	80	70	55	40	不应采用
板柱-支撑结构	60	50	40	不应采用	不应采用
板柱-框架结构	22	18	15	不应采用	不应采用

2 混凝土结构房屋的建筑结构布局尚应符合下列要求：

- 1) 框架结构中，抗侧力框架应沿建筑主轴方向双向设置。框架梁、柱间的偏心距大于柱宽的 $1/4$ 时，应计入偏心的影响；
- 2) 框架-抗震墙结构、框架-核心筒结构中，底层框架部分按刚度分配的地震倾覆力矩不应超过结构总地震倾覆力矩的 $50\%$ ；
- 3) 部分框支抗震墙结构中，框支层侧向刚度不应小于相邻非框支层的 $50\%$ ，落地抗震墙间距不应超过 $24\text{m}$ ，底层框架部分按刚度分配的地震倾覆力矩不应超过结构总地震倾覆力矩的 $50\%$ ；
- 4) 板柱-支撑结构和板柱-框架结构中，底层板柱部分按刚度分配的地震倾覆力矩不应超过结构总地震倾覆力矩的 $50\%$ ；
- 5) 混凝土结构建筑中的非结构构件，尚应按本规范第5.1节的相关要求采取抗震措施。

**5.2.3** 钢筋混凝土结构房屋应根据设防类别、设防烈度、结构类型和房屋高度按下列规定采用不同的抗震等级，并应符合相应的内力调整和抗震构造要求。

1 丙类建筑的抗震等级应按表 5.2.3 确定。

表5.2.3 丙类混凝土结构房屋的抗震等级

结构类型		设防烈度										
		6		7			8			9		
框架	高度 (m)	≤24	>24	≤24		>24	≤24		>24	≤24		
	框架	四	三	三	二	二	一	一	一	一		
	跨度不小于18m的框架	三		二			一			一		
抗震墙	高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	<24	25~80	>80	≤24	>25	
	抗震墙	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一	
部分框支抗震墙	高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	>25	/			
	抗震墙	一般部位	四	三	四	三	二	三				二
		加强部位	三	二	三	二	一	二				一
框支层框架	二		二			一			一			
框架-核心筒	框架	三		二			一			一		
	核心筒	二		二			一			一		
筒中筒	外筒	三		二			一			一		
	内筒	三		二			一			一		
板柱-抗震墙	高度 (m)	≤35	>35	≤35	>35	≤35		>35	/			
	框架、板柱的柱	三	二	二	二	一						
	抗震墙	二	二	二	一	二	一					
板柱-支撑结构	高度 (m)	≤35	>35	≤35	>35	≤40		/				
	框架、板柱的柱	三	二	二	二	一						
	支撑框架	二	二	二	一	一						
板柱-框架结构	板柱的柱	三		二			一			一		
	框架	二		一			一			一		

2 甲、乙类建筑的抗震措施应符合本规范第 2.4.2 条的规定；当房屋高度超过本规范表 5.2.3 相应规定的上限时，应采取更有效的抗震构造措施。

3 当房屋高度接近或等于表 5.2.3 的高度分界时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

4 当结构构件抗震承载力设计值与多遇地震组合内力设计值的比值不小于 2.0 时，其抗震等级允许按降低一度采用，但不得低于四级。

**5.2.4** 框架结构中，构件的抗震承载力应符合下列规定：

1 梁柱节点处，除框架顶层和柱轴压比小于 0.15 者外，应能保证梁端先于柱端进入受弯屈服状态。

2 框架柱、框架梁的抗震设计应能保证其正截面受弯破坏先于斜截面受剪破坏，端截面的组合剪力设计值应根据能力设计原则和内力平衡条件确定。

3 对于框架结构的角柱，弯矩和剪力设计值在本条 1、2 款调整的基础上，尚应乘以不小于 1.1 的增大系数。

**5.2.5** 抗震墙结构中，墙肢和连梁的组合内力设计值应按下列要求进行调整：

1 墙肢的设计应能保证其底部加强部位先于其他部位进入正截面受压破坏状态，底部加强部位以上的墙肢组合弯矩设计值和组合剪力设计值应乘以不小于 1.1 的增大系数。

2 墙肢的底部加强部位应从地下室顶板算起，向上延伸高度不小于总高度的 1/10，且不得少于 2 层，当建筑总高度不超过 24m 时，允许仅取底部 1 层；向下延伸到计算嵌固端。

3 连梁和墙肢的抗震设计应能保证其正截面破坏先于斜截面受剪破坏。连梁的端部组合和墙肢底部加强部位的组合剪力设计值应根据能力设计原则和内力平衡条件确定

**5.2.6** 框架-抗震墙结构、框架-核心筒结构中，各抗侧力构件的抗震设计应符合下列要求：

1 框架部分应具有足够的承载能力裕度，抗震墙或核心筒遭受地震破坏、刚度退化后，整体结构仍应具有承受竖向荷载和抗御地震作用的能力。

2 框架-抗震墙结构、框架-核心筒结构中，任一楼层框架部分的抗剪承载能力不应小于结构底部总地震剪力的20%和框架部分各楼层计算剪力最大值1.5倍的较小值。

3 框架柱、框架梁的内力调整应符合本规范5.2.4条规定。

4 抗震墙中，墙肢和连梁的内力调整应符合本规范第5.2.5条规定。

**5.2.7** 部分框支抗震墙结构中，各构件内力调整应符合下列要求：

1 框支柱应具有足够的承载能力裕度，在落地抗震墙刚度退化后，整体结构仍应具有承受竖向荷载和抗御地震作用的能力，各项内力应按下列要求调整：

1) 地震剪力，当框支柱不少于10根时，总和不应小于结构底部总地震剪力的20%；当框支柱少于10根时，单根柱的地震剪力不应小于结构底部总地震剪力的2%；

2) 地震弯矩，应根据本款第1)项要求相应调整；

3) 地震轴力，一、二级时应分别乘以不小于1.5、1.2的增大系数；

4) 框支柱端部（顶层柱上端和底层柱下端）组合弯矩设计值，一、二级分别乘以不小于1.5、1.25的增大系数；中间节点，应满足本规范第5.2.4条第1款的要求。

2 抗震墙墙肢和连梁的内力调整应符合本规范第5.2.5条规定。

**5.2.8** 预应力混凝土结构构件截面抗震验算时，应计入预应力作用效应。当预应力作用效应对结构不利时，预应力分项系数应取1.3，有利时应取1.0。

**5.2.9** 框架结构的抗震设计尚应符合下列基本构造要求：

1 框架梁、柱的截面尺寸应符合《混凝土结构通用规范》的相关规定，且重力荷载代表值下框架柱的轴压比不应大于0.75。

2 框架梁和框架柱的潜在塑性铰区和局部应力集中部位应采取箍筋加密措施。

3 框架梁、柱和节点核心区的配筋和构造尚应符合国家标准《混凝土结构通用规范》的有关抗震构造要求。

4 框架结构的填充墙布置和连接构造，应符合本规范关于建筑非结构构件的抗震要求。

**5.2.10** 抗震墙结构、部分框支抗震墙结构、框架-抗震墙结构的抗震设计应符合下列基本构造要求：

1 抗震墙最小厚度和分布钢筋的最小配筋率、框支柱和框架柱的最小纵向钢筋配筋率应符合《混凝土结构通用规范》的有关规定。

2 抗震墙的墙肢和连梁、框架梁、框架柱以及框支框架等构件的潜在塑性铰区和局部应力集中部位应采取箍筋加密等延性加强措施。

3 各类结构构件的配筋和构造尚应符合国家标准《混凝土结构通用规范》的有关要求。

**5.2.11** 框架-核心筒结构、筒中筒结构等筒体结构的抗震设计应符合下列要求：

1 抗震墙的厚度、分布钢筋配筋率应符合《混凝土结构通用规范》的有关规定。

2 加强层的大梁或桁架应与核心筒内的墙肢贯通，结构整体分析应计入加强层变形的影响。

3 框架-核心筒结构的外框架应有足够刚度，确保结构具有明显的双重抗侧力体系特征。当加强层及其相邻上下层以外的框架部分计算剪力最大值小于底部总地震剪力的10%时，应采取提高外框架部分的抗剪承载能力，使其不小于结构底部总地震剪力的15%，同时，尚应

加强核心筒墙体的抗剪承载能力和延性构造措施。

**5.2.12** 板柱-抗震墙结构、板柱-支撑结构和板柱-框架结构的抗震设计尚应符合下列要求：

- 1 抗震墙的最小厚度、分布钢筋的最小配筋率应符合《混凝土结构通用规范》的有关规定。
- 2 房屋的周边应采用有梁框架。
- 3 各结构构件的抗震承载能力应满足下列要求：
  - 1) 房屋高度大于12m时，抗震墙、支撑框架或抗弯框架应具备承担结构全部地震作用的能力；
  - 2) 各层板柱和框架部分至少应能承担本层地震剪力的20%。
- 4 板柱节点，沿两个主轴方向通过柱截面的连续预应力筋及板底非预应力钢筋应符合下式规定：

$$f_{py}A_p + f_yA_s \geq N_G \quad (5.2.12)$$

式中： $A_s$ ——板底通过柱截面连续非预应力钢筋总截面面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$A_p$ ——板中通过柱截面连续预应力筋总截面面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$f_y$ ——非预应力钢筋的抗拉强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$f_{py}$ ——预应力筋的抗拉强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ），对无粘结预应力混凝土平板，应取用无粘结预应力筋的应力设计值 $\sigma_{pu}$ ；

$N_G$ ——本层楼板重力荷载代表值作用下的柱轴压力设计值，8、9度时，尚应计入竖向地震作用效应。

- 5 各类结构构件的配筋和构造尚应符合国家标准《混凝土结构通用规范》的有关要求。

## 5.3 钢结构房屋

**5.3.1** 抗震设防的钢结构房屋，除应符合《钢结构通用规范》的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

**5.3.2** 钢结构房屋，应根据设防烈度、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框架、框架-支撑或筒体等结构体系，并应符合下列要求：

- 1 按本章后续规定设计时，各类结构体系的最大适用高度不应超过表5.3.2的规定，超过时，应采取有效的加强措施并按法定程序确认其可行性。

**表5.3.2 钢结构房屋适用的最大高度(m)**

结构类型	6、7度 (0.10g)	7度 (0.15g)	8度		9度 (0.40g)
			(0.20g)	(0.30g)	
框架	110	90	90	70	50
框架-中心支撑	220	200	180	150	120
框架-偏心支撑(延性墙板、屈曲约束支撑)	240	220	200	180	160
筒体(框筒,筒中筒,桁架筒,束筒)和巨型框架	300	280	260	240	180

- 2 钢结构房屋的建筑结构布局尚应符合下列要求：

- 1) 钢框架结构的抗侧力框架、框架-支撑结构的支撑框架应沿建筑主轴方向双向设置；

- 2) 中心支撑轴线偏离梁柱轴线交点的距离不应超过支撑杆件的宽度，并应计入偏心距的影响；
- 3) 偏心支撑的设置应能保证梁端形成有效的消能梁段；
- 4) 钢框架-筒体结构，设置伸臂加强层时，伸臂桁架应贯通内筒；
- 5) 房屋高度超过50m的钢结构应设置地下室。设置地下室时，框架-支撑(抗震墙板)结构中竖向连续布置的支撑(抗震墙板)应延伸至基础；钢框架柱应至少延伸至地下一层，其竖向荷载应直接传至基础；
- 6) 框架-支撑结构、框架-筒体结构中，不含支撑的框架承担的地震倾覆力矩不应超过结构底部总倾覆力矩的50%。

**5.3.3** 钢结构房屋应根据设防类别、设防烈度和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的内力调整和抗震构造要求。

1 丙类建筑的抗震等级应按表5.3.3确定。

**表5.3.3 丙类钢结构房屋的抗震等级**

房屋高度	烈 度			
	6	7	8	9
≤50m	—	四	三	二
>50m	四	三	二	一

2 甲、乙类建筑应设防烈度提高一度确定其抗震等级。

3 当房屋高度接近或等于表 5.3.3 的高度分界时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

4 当结构构件抗震承载能力与多遇地震的组合内力设计值的比值不小于 2.0 时，其抗震等级允许按降低一度采用，但不得低于四级。

5 高层钢结构中，加强层和相邻上、下层的竖向构件及其连接部位，尚应按规定采取比上述抗震等级更严的抗震构造措施。

**5.3.4** 框架结构中，构件的抗震承载能力应符合下列规定：

1 除下列情况外，梁柱节点的抗震设计应能保证梁端先于柱端进入受弯屈服状态，节点处柱端截面全塑性抗弯承载力不应小于梁端塑性抗弯承载力：

- 1) 柱所在楼层的抗剪承载力至少比相邻上一层高出 25%；
- 2) 柱轴压比不超过 0.4，或 2 倍地震作用下柱的轴向受压仍保持弹性状态；
- 3) 与支撑相连的梁柱节点。

2 梁柱节点的抗震设计应能保证梁端受弯破坏先于节点域的剪切破坏。

**5.3.5** 框架-中心支撑结构，其构件的抗震承载能力应符合下列要求：

1 不含支撑的框架部分应具有足够的强度储备，任一楼层框架部分的抗剪承载能力不应小于结构底部总地震剪力的25%和框架部分各楼层计算剪力最大值1.8倍的较小值。

2 支撑框架的设计应能保证支撑先于梁柱进入破坏状态。

3 框架节点和节点域的设计应符合本规范第5.3.4条规定。

**5.3.6** 框架-偏心支撑结构，其构件的抗震承载能力应符合下列要求：

1 不含支撑的框架部分应具有足够的强度储备，任一楼层框架部分的抗剪承载能力不应小于结构底部总地震剪力的25%和框架部分各楼层计算剪力最大值1.8倍的较小值。

2 支撑框架的设计应能保证消能梁段先于支撑、柱和普通梁段进入破坏状态。支撑、柱和普通梁段的内力设计值，应根据消能梁段受剪屈服时各构件的地震组合内力值，按抗震等级进行放大调整，调整系数不得小于1.1

3 框架节点和节点域的设计应符合本规范第5.3.4条规定。

**5.3.7** 钢结构抗侧力构件的连接设计应符合下列要求：

- 1 钢结构抗侧力构件连接的承载力设计值，不应小于相连构件的承载力设计值；高强度螺栓连接不得滑移。
- 2 钢结构抗侧力构件连接的极限承载力应大于相连构件的屈服承载力。

**5.3.8** 框架结构的抗震设计尚应符合下列基本构造要求：

- 1 框架梁潜在塑性较区的上下翼缘应设置侧向支承或采取其他有效措施，防止平面外失稳破坏。
- 2 框架柱的长细比、框架梁和柱的板件宽厚比、连接构造应符合国家标准《钢结构通用规范》的有关抗震构造要求。
- 3 框架结构的填充墙（含围护墙）布置和连接构造，应符合本规范关于建筑非结构构件的抗震要求。

**5.3.9** 框架-中心支撑的抗震设计尚应符合下列构造要求：

- 1 无支撑框架的抗震构造措施应符合本规范第5.3.8条规定。当房屋高度不高于100m且无支撑框架部分的计算剪力不大于结构底部总地震剪力的25%时，其抗震构造措施允许降低一级，但不得低于四级。
- 2 中心支撑的长细比和宽厚比以及节点的连接构造尚应符合《钢结构通用规范》的有关抗震要求。

**5.3.10** 框架-偏心支撑的抗震设计尚应符合下列构造要求：

- 1 无支撑框架的抗震构造措施应符合本规范第5.3.8条规定。当房屋高度不高于100m且无支撑框架部分的计算剪力不大于结构底部总地震剪力的25%时，其抗震构造措施允许降低一级，但不得低于四级。
- 2 偏心支撑的长细比和宽厚比应符合国家标准《钢结构通用规范》的有关轴心受压构件的相关要求。
- 3 消能梁段的钢材屈服强度不应大于345MPa。消能梁段的长度、板件宽厚比、加劲肋设置等应符合国家标准《钢结构通用规范》的有关抗震要求。

## 5.4 钢-混凝土组合结构房屋

**5.4.1** 抗震设防的钢-混凝土组合结构房屋，除应符合国家标准《组合结构通用规范》的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

**5.4.2** 钢-混凝土组合结构房屋，应根据设防烈度、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框架、抗震墙、框架-抗震墙、板柱-抗震墙或筒体等结构体系，并应符合下列要求：

- 1 按本节后续规定设计时，各类结构体系的最大适用高度不应超过表5.4.2的规定，超过时，采取有效的加强措施并按法定程序确认其可行性。

**表5.4.2 钢-混凝土组合结构房屋适用的最大高度(m)**

结构类型	设防烈度				
	6	7	8(0.2g)	8(0.3g)	9
型钢混凝土柱框架结构	60	50	40	35	24
钢管混凝土柱框架结构	70	60	50	40	30
型钢混凝土柱框架-抗震墙结构	130	120	100	80	50
钢管混凝土柱框架-抗震墙结构	160	140	120	100	50
型钢混凝土抗震墙结构	140	120	100	80	60
型钢混凝土柱部分框支抗震墙结构	120	100	80	50	不应采用
钢管混凝土柱部分框支抗震墙结构	140	120	80	50	不应采用
型钢混凝土柱框架-核心筒结构	220	190	150	130	70

钢管混凝土柱框架-核心筒结构					
型钢混凝土筒中筒结构	280	230	170	150	90
钢管混凝土筒中筒结构					
板柱-抗震墙	80	70	55	40	不应采用

2 钢-混凝土组合结构房屋的建筑结构布局尚应符合下列要求：

- 1) 框架结构中，抗侧力框架应沿建筑主轴方向双向设置。框架梁、柱间的偏心距不应大于柱宽的1/4，否则，应计入偏心的影响；
- 2) 框架-抗震墙结构、框架-核心筒结构中，底层框架部分按刚度分配的地震倾覆力矩不应超过结构总地震倾覆力矩的50%；
- 3) 部分框支抗震墙结构中，框支层侧向刚度不应小于相邻非框支层的50%，落地抗震墙间距不应超过24m，底层框架部分按刚度分配的地震倾覆力矩不应超过结构总地震倾覆力矩的50%；
- 4) 钢-混凝土组合建筑中的非结构构件，尚应按本规范第5.1节的相关要求采取抗震措施。

5.4.3 钢-混凝土组合结构房屋应根据设防类别、设防烈度、结构类型和房屋高度按下列规定采用不同的抗震等级，并应符合相应的内力调整和抗震构造要求。

1 丙类建筑的抗震等级应按表 5.4.3 确定。

表5.4.3 丙类钢-混凝土组合结构房屋的抗震等级

结构类型		设防烈度										
		6度		7度		8度		9度				
框架结构	房屋高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24		
	框架	四	三	三	二	二	一	一				
	跨度不小于18m的框架	三		二		一		一				
框架-抗震墙结构	房屋高度 (m)	≤60	>60	≤24	25~60	>60	≤24	25~60	>60	≤24	25~50	
	钢管(型钢)混凝土框架	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一	
	钢筋混凝土抗震墙	三	三	三	二	二	二	一	一	一	一	
抗震墙结构	房屋高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~50	
	型钢混凝土抗震墙	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一	
部分框支抗震墙结构	房屋高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~80	/			
	抗震墙	一般部位	四	三	四	三	二	三				二
		底部加强部位	三	二	三	二	一	二				一
	钢管(型钢)混凝土框支框架	二	二	二	二	一	一	一				
框架-核心筒结构	房屋高度 (m)	≤150	>150	≤130	>130	≤100	>100	≤70				
	钢管(型钢)混凝土框架	三	二	二	一	一	一	一				
	钢筋混凝土核心筒	二	二	二	一	一	特一	特一				
筒中筒结构	房屋高度 (m)	≤180	>180	≤150	>150	≤120	>120	≤90				
	钢管(型钢)混凝土外筒	三	二	二	一	一	一	一				
	钢筋混凝土核心筒	二	二	二	一	一	特一	特一				
板柱-抗震墙	高度 (m)	≤35	>35	≤35	>35	≤35	>35					
	框架、板柱的柱	三	二	二	二	一						
	抗震墙	二	二	二	一	二	一					

2 甲、乙类建筑的抗震措施应符合本规范第 2.4.2 条的规定；当房屋高度超过本规范表 5.4.3 相应规定的上限时，应采取更有效的抗震构造措施。

3 当房屋高度接近或等于表 5.4.3 的高度分界时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

4 当结构构件抗震承载能力与多遇地震组合内力设计值的比值不小于 2.0 时，其抗震等

级允许按降低一度采用，但不得低于四级。

**5.4.4** 钢-混凝土组合结构房屋中，各类结构构件的抗震能力应符合本规范第 5.2.4 条~第 5.2.7 条的相关要求。

**5.4.5** 钢-混凝土组合框架结构的抗震构造措施应符合下列要求：

- 1 框架梁、柱的截面尺寸应符合《组合结构通用规范》的相关规定。
- 2 框架梁和框架柱的潜在塑性铰区和局部应力集中部位应采取箍筋加密措施。
- 3 框架梁、柱和节点的构造尚应符合国家标准《组合结构通用规范》的有关抗震构造要求。

**5.4.6** 抗震墙结构、部分框支抗震墙结构、框架-抗震墙结构的抗震设计应符合下列基本构造要求：

1 抗震墙厚度、含钢率和分布钢筋的配筋率、框支柱和框架柱的含钢率以及纵向钢筋配筋率等应符合《组合结构通用规范》的有关规定。

2 抗震墙的墙肢和连梁、框架梁、框架柱以及框支框架等构件的潜在塑性铰区和局部应力集中部位应采取箍筋加密等延性加强措施。

3 各类结构构件的配筋和构造尚应符合国家标准《组合结构通用规范》的有关要求。

**5.4.7** 框架-核心筒结构、筒中筒结构等筒体结构的抗震设计应符合下列要求：

- 1 抗震墙的厚度、含钢率、分布钢筋配筋率应符合《组合结构通用规范》的有关规定；
- 2 加强层的大梁或桁架应与核心筒内的墙肢贯通，结构整体分析应计入加强层变形的影响；

3 框架-核心筒结构的外框架应有足够刚度，确保结构具有明显的双重抗侧力体系特征。当加强层及其相邻上下层以外的框架部分计算剪力最大值小于底部总地震剪力的10%时，应采取提高外框架部分的抗剪承载能力，使其不小于结构底部总地震剪力的15%，同时，尚应加强核心筒墙体的延性构造措施。

## 5.5 砌体结构房屋

**5.5.1** 抗震设防的砌体结构房屋，除应符合砌体结构相关技术规范的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

**5.5.2** 砌体结构房屋抗震体系应符合下列要求：

- 1 建筑平面应简单、规则，平面轮廓的凹凸尺寸不应超过典型尺寸的50%。
- 2 结构承重方案应优先采用横墙承重或纵横墙共同承重的结构体系，不应采用砌体墙和混凝土墙混合承重的结构体系。
- 3 砌体抗震墙的布置应平面均匀、对称，竖向连续；抗震横墙的间距应符合下列要求：
  - 1) 抗震横墙间距不应超过表5.5.2的规定；
  - 2) 多层砌体房屋顶层的抗震横墙间距，除木屋盖外，允许比表5.5.2中的数值适当放宽，但应采取相应加强措施；
  - 3) 多孔砖抗震横墙厚度为190mm时，最大横墙间距应比表中数值减少3m。

**表5.5.2 房屋抗震横墙的间距 (m)**

房屋类别	烈 度			
	6	7	8	9
现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖	15	15	11	7
装配式钢筋混凝土楼、屋盖	11	11	9	4
木屋盖	9	9	4	—

- 4 各层楼板应具有足够的面内整体刚度，以有效传递水平地震作用，楼板局部洞口尺寸

不应超过楼板典型宽度的30%，且墙体两侧不应同时开洞。

5 同一楼层的板面高差不应超过500mm，否则，应按错层处理。

6 采取有效措施加强纵横墙体间、楼屋盖与竖向墙体间的拉结，保证房屋建筑的整体性。

### 5.5.3 多层砌体房屋的层数和高度应符合下列要求：

1 一般情况下，房屋的层数和总高度不应超过表5.5.3的规定。乙类的多层砌体房屋允许按本地区设防烈度查表，但层数应减少一层、总高度应降低3m。

表5.5.3 砌体房屋的层数和总高度限值 (m)

房屋类别	最小抗震墙厚度 (mm)	烈度和设计基本地震加速度											
		6		7		8		9					
		0.05g		0.10g		0.15g		0.20g		0.30g		0.40g	
高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数		
普通砖砌体房屋	240	21	7	21	7	21	7	18	6	15	5	12	4
多孔砖砌体房屋	240	21	7	21	7	18	6	18	6	15	5	9	3
多孔砖砌体房屋	190	21	7	18	6	15	5	15	5	12	4	—	—
小砌块砌体房屋	190	21	7	21	7	18	6	18	6	15	5	9	3

2 横墙较少的多层砌体房屋，总高度应比本条第1款的规定降低3m，层数相应减少一层；各层横墙很少的多层砌体房屋，还应再减少一层。

3 6、7度时，横墙较少的丙类多层砌体房屋，当按规定采取加强措施并满足抗震承载力要求时，其高度和层数应允许仍按表5.5.3的规定采用。

4 采用蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖的砌体的房屋，当砌体的抗剪强度仅达到普通粘土砖砌体的70%时，房屋的层数应比普通砖房减少一层，总高度应减少3m；当砌体的抗剪强度达到普通粘土砖砌体的取值时，房屋层数和总高度的要求同普通砖房屋。

5 房屋总高度的计算应符合下列要求：

- 1) 计算的起点，无地下室时取室外地面标高处，带有半地下室时取地下室室内地面标高处，带有全地下室或嵌固条件好的半地下室时应允许取室外地面标高处；
- 2) 计算的终点，对平屋顶，取为主要屋面板板顶或檐口的标高处；对带阁楼的坡屋面取山尖墙的1/2高度处；
- 3) 室内外高差大于0.6m时，房屋总高度应允许比本条第1~5款确定值适当增加，但增加量不应超过1.0m。

6 本节中，横墙较少的砌体房屋是指同一楼层内开间大于4.2m的房间占该层总面积的40%以上的砌体房屋；横墙很少的砌体房屋是指开间不大于4.2m的房间占该层总面积不到20%且开间大于4.8m的房间占该层总面积的50%以上的砌体房屋。

### 5.5.4 各类砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值，应按下列公式确定：

$$f_{VE} = \zeta_N f_v \quad (5.5.4)$$

式中： $f_{VE}$ ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值；

$f_v$ ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值；

$\zeta_N$ ——砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数，应按表5.5.4采用。

表5.5.4 砌体强度的正应力影响系数

砌体类别	重力荷载代表值的砌体截面平均压应力与抗剪强度的比值 $\sigma/f_v$							
	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0	$\geq 16.0$
普通砖，多孔砖	0.80	0.99	1.25	1.47	1.65	1.90	2.05	—
小砌块	—	1.23	1.69	2.15	2.57	3.02	3.32	3.92

### 5.5.5 砌体房屋进行楼层地震剪力分配时，墙段的层间等效侧向刚度应按下列原则确定：

1 墙段按门窗洞口划分，其层间等效侧向刚度根据高宽比按下列要求计算：

- 1) 高宽比小于1时，只计算剪切变形；高宽比不大于4且不小于1时，同时计算弯曲和剪切变形；高宽比大于4时，等效侧向刚度取0.0。

2) 墙段高宽比应按楼层高度与墙长的比值计算,对于门窗洞边的小墙段按洞口净高与洞侧墙宽的比值计算。

2 对设置构造柱、且开洞率不超过30%的小开口墙段,其层间等效侧向刚度允许按墙体毛截面计算并乘以相应的洞口影响系数确定。

### 5.5.6 砌体房屋应按下列要求设置现浇钢筋混凝土构造柱(以下简称构造柱)或芯柱:

1 除另有特别规定外,多层砖砌体房屋构造柱设置应符合表5.5.6-1的要求,多层小砌块房屋芯柱或构造柱设置应符合表5.5.6-2的要求。

2 外廊式和单面走廊式的多层房屋,至少应按总层数增加一层的要求设置构造柱或芯柱,且单面走廊两侧的纵墙均应按外墙处理。

3 横墙较少的房屋,至少应按总层数增加一层的要求设置构造柱或芯柱。

4 各层横墙很少的房屋,至少应按总层数增加二层的要求设置构造柱或芯柱。

5 采用蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖的砌体房屋,当砌体的抗剪强度仅达到普通黏土砖砌体的70%时,至少应按总层数增加一层的要求设置构造柱。

6 对于多层小砌块房屋,外墙转角、内外墙交接处、楼电梯间四角等部位允许采用钢筋混凝土构造柱替代部分芯柱。

表5.5.6-1 多层砖砌体房屋构造柱设置要求

房屋层数				设置部位	
6度	7度	8度	9度		
四、五	三、四	二、三		楼、电梯间四角,楼梯斜梯段上下端对应的墙体处;	隔12m或单元横墙与外纵墙交接处; 楼梯间对应的另一侧内横墙与外纵墙交接处
六	五	四	二	外墙四角和对应转角; 错层部位横墙与外纵墙交接处;	隔开间横墙(轴线)与外墙交接处; 山墙与内纵墙交接处
七	≥六	≥五	≥三	大房间内外墙交接处; 较大洞口两侧	内墙(轴线)与外墙交接处; 内墙的局部较小墙垛处; 内纵墙与横墙(轴线)交接处

表5.5.6-2 多层小砌块房屋芯柱设置要求

房屋层数				设置部位	设置数量
6度	7度	8度	9度		
四、五	三、四	二、三		外墙转角,楼、电梯间四角,楼梯斜梯段上下端对应的墙体处; 大房间内外墙交接处; 错层部位横墙与外纵墙交接处; 隔12m或单元横墙与外纵墙交接处	外墙转角,灌孔不少于3个; 内外墙交接处,灌孔不少于4个; 楼梯斜段上下端对应的墙体处,灌孔不少于2个
六	五	四		同上; 隔开间横墙(轴线)与外纵墙交接处	
七	六	五	二	同上; 各内墙(轴线)与外纵墙交接处; 内纵墙与横墙(轴线)交接处和洞口两侧	外墙转角,灌孔不少于5个; 内外墙交接处,灌孔不少于4个; 内墙交接处,灌孔不少于4个; 洞口每侧灌孔不少于1个
	七	≥六	≥三	同上; 横墙内芯柱间距不大于2m	外墙转角,灌孔不少于7个; 内外墙交接处,灌孔不少于5个; 内墙交接处,灌孔不少于4个; 洞口每侧灌孔不少于1个

### 5.5.7 砌体房屋应按下列要求设置现浇钢筋混凝土圈梁:

1 装配式钢筋混凝土楼、屋盖或木屋盖的砖房,应按表5.5.7的要求设置圈梁;纵墙承重

时，抗震横墙上的圈梁间距应比表内要求适当加密。

2 现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖，当沿抗震墙体周边的楼板内设置加强钢筋并与相应构造柱钢筋可靠连接时，允许不另设圈梁，否则，应按第1款要求设置圈梁。

表5.5.7 多层砌体房屋现浇钢筋混凝土圈梁设置要求

墙 类	烈 度		
	6、7	8	9
外墙和内纵墙	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处
内横墙	同上； 屋盖处间距不应大于4.5m； 楼盖处间距不应大于7.2m； 构造柱对应部位	同上； 各层所有横墙，且间距不应大于4.5m； 构造柱对应部位	同上； 各层所有横墙

5.5.8 约束砌体房屋应在纵横墙交接处设置现浇钢筋混凝土构造柱或芯柱，在楼、屋面标高处设置现浇钢筋混凝土圈梁。

5.5.9 多层砌体房屋的楼、屋盖应符合下列要求：

- 1 楼板在墙上或梁上应有足够的支承长度，防止罕遇地震下楼板跌落或拉脱；
- 2 装配式钢筋混凝土楼板或屋面板，应采取有效的拉结措施，保证楼、屋盖的整体性；
- 3 楼、屋盖的钢筋混凝土梁或屋架应与墙、柱（包括构造柱）或圈梁可靠连接；不得采用独立砖柱。跨度不小于6m的大梁，其支承构件应采用组合砌体等加强措施，并满足承载力要求。

5.5.10 砌体结构楼梯间尚应符合下列要求：

- 1 不应采用悬挑式踏步或踏步竖肋插入墙体的楼梯，8、9度时不应采用装配式楼梯段。
- 2 装配式楼梯段应与平台板的梁可靠连接。
- 3 楼梯栏板不应采用无筋砖砌体。
- 4 楼梯间及门厅内墙阳角处的大梁支承长度不应小于500mm，并应与圈梁连接。
- 5 顶层及出屋面的楼梯间，构造柱应伸到顶部，并与顶部圈梁连接，墙体应设置通长拉结钢筋网片。
- 6 顶层以下楼梯间墙体应在休息平台或楼层半高处设置钢筋混凝土带或配筋砖带，并与构造柱连接。

## 5.6 木结构房屋

5.6.1 抗震设防的木结构房屋，除应符合相关技术规范的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

本节的木结构房屋包括穿斗木构架、木柱木屋架和木柱木梁等传统木结构房屋，以及轻型木结构、木框架支撑结构、木框架剪力墙结构、正交胶合木剪力墙结构等现代木结构房屋。

5.6.2 木结构房屋的建筑结构布置除应符合本规范第2~4章和第5.1节规定外，尚应符合下列要求：

- 1 房屋的平面布置应简单规则，避免平面凹凸或拐角。
- 2 纵横向围护墙体的布置应均匀对称，上下连续。
- 3 楼层不应错层。
- 4 木框架支撑结构、木框架剪力墙结构、正交胶合木剪力墙结构中的支撑、剪力墙等构件应沿结构两主轴方向均匀、对称布置。
- 5 乙类、丙类设防的木结构房屋，其高度和层数应符合表5.6.2的规定。甲类设防木结构房屋的高度和层数，6~8度设防时应满足设防烈度提高1度的要求，9度设防时应专门研究。

表5.6.2 木结构房屋的层数和总高度限值 (m)

结构类型		烈度和设计基本地震加速度											
		6度		7度				8度				9度	
		0.05g		0.10g		0.15g		0.20g		0.30g		0.40g	
		高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
传统木结构	木柱木屋架房屋	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	3	1
	穿斗木构架房屋	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	3	1
	木柱木梁房屋	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
现代木结构	轻型木结构	20	6	20	6	20	6	17	5	17	5	13	4
	木框架支撑结构	20	6	17	5	17	5	15	5	13	4	10	3
	木框架剪力墙结构	32	10	28	8	28	8	25	7	20	6	20	6
	正交胶合木剪力墙结构	40	12	32	10	32	10	30	9	28	8	28	8

6 房屋总高度的计算应符合本规范第5.5.3条规定。

5.6.3 抗震设防的木结构房屋尚应符合下列基本构造要求：

- 1 木柱与屋架(或梁)间应采取加强连接的措施，穿斗木构架应在木柱上、下端设置穿枋。
- 2 斜撑及屋盖支撑与主体构件的连接应采用螺栓连接，椽与檩的搭接处应满钉。
- 3 围护墙与木柱的拉结应牢固可靠。

## 5.7 土石结构房屋

5.7.1 抗震设防的土、石结构房屋，除应符合相关技术规范的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

本节的土结构房屋指的是未经焙烧的土坯、灰土和夯土承重墙体的房屋及土窑洞、土拱房。

本节的石结构房屋指的是砂浆砌筑的料石砌体(包括有垫片或无垫片)承重的房屋。

5.7.2 土、石结构房屋的高度和层数应符合下列要求：

表5.7.2 土、石结构房屋的层数和总高度限值 (m)

	烈度和设计基本地震加速度											
	6		7				8				9	
	0.05g		0.10g		0.15g		0.20g		0.30g		0.40g	
	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
土结构房屋	6	2	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—
细、半细料石砌体(无垫片)	16	5	13	4	13	4	10	3	10	3	—	—
粗料石及毛料石砌体(有垫片)	13	4	10	3	10	3	7	2	7	2	—	—

5.7.3 土、石结构房屋的建筑结构布置应符合下列要求：

- 1 房屋的平面布置应简单规则，避免平面凹凸或拐角。
- 2 纵横向承重墙的布置应均匀对称，上下连续。
- 3 楼层不应错层，不得采用板式单边悬挑楼梯。

5.7.4 土、石房屋的结构材料应符合下列要求：

- 1 生土墙体土料应选用杂质少的粘性土。
- 2 石材应质地坚实，无风化、剥落和裂纹。

5.7.5 抗震设防的生土房屋尚应符合下列基本构造要求：

1 生土房屋的屋盖应采用轻质材料，硬山搁檩的支承处应设置垫木，纵向檩条之间应采取加强连接的措施。

- 2 内外墙体应同时、分层、交错砌筑或咬砌。
- 3 外墙四角和内外墙交接处应设置混凝土或木构造柱，并采取加强整体性的拉结措施。
- 4 应采取措施保证地基基础的稳定性和承载能力。

**5.7.6** 抗震设防的石结构房屋尚应符合下列基本构造要求：

- 1 多层石砌体房屋，应采用现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖。
- 2 多层石砌体房屋的抗震横墙间距，6、7度不应超过10m，8度不应超过7m。
- 3 多层石砌体房屋应在外墙四角、楼梯间四角和每开间内外墙交接处设置钢筋混凝土构造柱，各楼层处应设置圈梁；圈梁与构造柱应牢固拉结。
- 4 不得采用石梁、石板作为承重构件。

## 5.8 混合承重结构建筑

**5.8.1** 抗震设防的混合承重结构建筑，除应符合混凝土结构、钢结构、砌体结构相关技术规范的要求外，尚应遵守本节的专门规定。

本节的混合承重结构建筑包括底部框架-抗震墙砌体结构房屋、混凝土-钢混合结构房屋以及大跨屋盖建筑。

**5.8.2** 底部框架-抗震墙砌体房屋的总高度和层数应符合下列要求：

- 1 甲、乙类建筑不应采用底部框架-抗震墙砌体结构。
- 2 除本规范另有规定外，丙类底部框架-抗震墙砌体房屋的总高度和层数不应超过表5.8.2的规定。

表5.8.2 丙类底部框架-抗震墙砌体房屋总高度(m)和层数限值

上部砌体抗震墙类别	上部砌体抗震墙最小厚度(mm)	烈度和设计基本地震加速度							
		6		7		8		8	
		0.05g		0.10g		0.15g		0.20g	
		高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
普通砖 多孔砖	240	22	7	22	7	19	6	16	5
多孔砖	190	22	7	19	6	16	5	13	4
小砌块	190	22	7	22	7	19	6	16	5

2 上部为横墙较少时，底部框架-抗震墙砌体房屋的总高度，应比表5.8.2的规定降低3m，层数相应减少一层；上部砌体房屋不应采用横墙很少的结构。

3 6度、7度时，底部框架-抗震墙砌体房屋的上部为横墙较少时，当按规定采取加强措施并满足抗震承载力要求时，房屋的总高度和层数应允许仍按表5.8.2的规定采用。

4 房屋总高度的计算应符合本规范第5.5.3条规定。

**5.8.3** 底部框架-抗震墙砌体房屋的结构体系，应符合下列要求：

- 1 底部框架-抗震墙部分的结构布置应符合下列规定：
  - 1) 应双向设置框架-抗震墙体系；
  - 2) 抗震墙应均匀对称布置，6度、7度、8度时抗震墙的间距分别不应大于18m、15m、11m；
  - 3) 抗震墙的选用应符合表5.8.3-1的规定：

表5.8.3-1 底部抗震墙的选用要求

设防烈度及层数	允许采用的抗震墙
6度、总层数不超过4层	钢筋混凝土抗震墙、配筋小砌块砌体抗震墙、嵌砌于框架之间的约束砌体抗震墙

6度、总层数超过4层	钢筋混凝土抗震墙、配筋小砌块砌体抗震墙
7度	钢筋混凝土抗震墙、配筋小砌块砌体抗震墙
8度	钢筋混凝土抗震墙

4) 采用约束砌体抗震墙时，底层的抗震验算尚应计入砌体墙体对框架的附加轴力和附加剪力，且同一方向不应同时采用钢筋混凝土抗震墙和约束砌体抗震墙。

2 上部砌体部分的结构布置应符合下列规定：

- 1) 砌体墙体与底部的框架梁或抗震墙，除楼梯间附近的个别墙段外均应对齐；
- 2) 抗震墙的间距应符合本规范第5.5.2条的规定。

3 底部框架-抗震墙砌体房屋应按表5.8.3-2的要求控制上下楼层的侧向刚度比值，其中，砌体楼层的侧向刚度尚应计入构造柱的影响。

表5.8.3-2 底部框架-抗震墙砌体房屋侧向刚度比的控制要求

房屋类型		6、7度	8度
底层框架-抗震墙砌体房屋	2层与1层的刚度比 $K_2/K_1$	$1.0 \leq K_2/K_1 \leq 2.5$	$1.0 \leq K_2/K_1 \leq 2.0$
底部两层框架-抗震墙砌体房屋	2层与1层的刚度比 $K_2/K_1$	$0.9 \leq K_2/K_1 \leq 1.1$	$0.9 \leq K_2/K_1 \leq 1.1$
	3层与3层的刚度比 $K_3/K_2$	$1.0 \leq K_3/K_2 \leq 2.0$	$1.0 \leq K_3/K_2 \leq 1.5$

4 底部框架-抗震墙砌体房屋的底部抗震墙应设置条形基础、筏形基础等整体性好的基础。

5.8.4 底部框架-抗震墙砌体房屋的地震作用效应，应按下列规定调整：

1 对底层框架-抗震墙砌体房屋，底层的纵向和横向地震剪力设计值均应乘以增大系数；其值应允许在1.2~1.5范围内选用，第二层与底层侧向刚度比大者应取大值。

2 对底部两层框架-抗震墙砌体房屋，底层和第二层的纵向和横向地震剪力设计值亦均应乘以增大系数；其值应允许在1.2~1.5范围内选用，第三层与第二层侧向刚度比大者应取大值。

3 底层或底部两层的纵向和横向地震剪力设计值应全部由该方向的抗震墙承担，并按各墙体的侧向刚度比例分配。

5.8.5 底部框架-抗震墙砌体房屋的抗震设计，除应符合本规范第4章、第5.2节、第5.5节的相关规定外，尚应符合下列要求：

1 底部混凝土部分应符合本规范第6章的有关要求，其中，混凝土框架和抗震墙的抗震等级应按表5.8.5采用。

表5.8.5 底部框架-抗震墙砌体房屋混凝土部分的抗震等级

		抗震设防烈度		
		6	7	8
底部框架-抗震墙砌体房屋	混凝土框架	三	二	一
	混凝土抗震墙	三	三	二

2 上部砌体抗震墙，应根据房屋的总层数按本规范第5.5.6条规定设置钢筋混凝土构造柱或芯柱。

3 底部框架-抗震墙砌体房屋的楼盖应符合下列要求：

- 1) 过渡层的底板应采用现浇钢筋混凝土板，板厚不应小于120mm；不应开设大洞口，洞口尺寸超过800mm时，洞口周边应设置边梁；
- 2) 其它楼层，采用装配式钢筋混凝土楼板时，应设现浇圈梁；采用现浇钢筋混凝土楼板时，允许不另设圈梁，但楼板沿抗震墙体周边均应加强配筋并应与相应的构造柱可靠连接。

4 钢筋混凝土托墙梁的两端和其他应力集中部位应采取箍筋加密措施，纵向受力钢筋应按受拉要求在柱内锚固。

5 底部框架-抗震墙砌体房屋楼梯间的构造措施尚应符合本规范第5.5.10条的规定。

**5.8.6** 混凝土-钢混合建筑，应根据设防烈度、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钢支撑-混凝土框架、钢框架-混凝土核心筒等结构体系，并应符合下列要求：

1 按本节规定设计时，各类结构体系的最大适用高度不应超过表5.8.6的规定，超过时，应采取有效的加强措施并按法定程序确认其可行性。

**表5.8.6 混凝土-钢混合结构房屋适用的最大高度(m)**

结构类型	设防烈度				
	6	7	8(0.2g)	8(0.3g)	9
钢支撑-混凝土框架	95	85	70	60	—
钢框架-混凝土核心筒	185	165	140	120	—

2 楼、屋盖应具有足够的面内刚度和整体性。

3 钢支撑-混凝土框架结构的结构布置尚应符合下列要求：

- 1) 钢支撑-混凝土框架结构中，含钢支撑的框架应在结构的两个主轴方向均匀、对称设置，避免不合理设置导致结构平面扭转不规则；
- 2) 钢框架-混凝土核心筒结构中，周边钢框架的梁柱节点应采用刚性连接；钢框架柱下部采用型钢混凝土柱时，应设置过渡层，避免刚度和承载力突变；
- 3) 规定水平力作用下，钢支撑-混凝土框架结构的钢支撑框架部分或钢框架-混凝土核心筒结构的核心筒部分，按刚度分配的底部倾覆力矩不应小于结构总倾覆力矩的50%；
- 4) 钢框架-核心筒结构的周边钢框架应有足够刚度，确保结构具有明显的双重抗侧力体系特征。一般情况下，除加强层及其相邻上下层外，钢框架部分的计算剪力最大值不应小于底部总地震剪力的10%；否则，应采取提高钢框架部分的抗剪承载能力，使其不小于结构底部总地震剪力的15%，同时，尚应加强核心筒墙体的延性构造措施。

**5.8.7** 混凝土-钢混合结构房屋应根据设防类别、设防烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的内力调整和抗震构造要求。

1 一般情况下，丙类建筑的抗震等级应按表 5.8.7 确定。

**表5.8.7 丙类混凝土房屋的抗震等级**

结构类型		设防烈度					
		6		7		8	
钢支撑-混凝土框架结构	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
	钢支撑框架	三	二	二	一	一	一
	混凝土框架	四	三	三	二	二	一
	大跨度混凝土框架	三		二		一	
钢框架-混凝土核心筒结构	高度 (m)	≤50	>50	≤50	>50	≤50	>50
	钢框架	四	三	三	二	二	一
	核心筒	三	二	二	一	一	一

2 甲、乙类建筑应设防烈度提高一度确定其抗震等级。

3 当房屋高度接近或等于表 5.8.7 的高度分界时，应结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

4 当结构构件抗震承载能力与多遇地震的组合内力设计值的比值不小于 2.0 时，其抗震等级允许按降低一度采用，但不得低于四级。

**5.8.8** 混合结构进行地震作用效应计算时，应按下列要求进行内力调整：

1 钢支撑-混凝土框架结构，应考虑钢支撑破坏退出工作后的内力重分布影响，混凝土框架应按框架结构和支撑框架结构两种模型地震作用效应的较大值进行设计。

2 钢框架-核心筒结构的钢框架部分应具有足够的强度储备，除伸臂加强层及相邻楼层外，

任一楼层钢框架部分的抗剪承载能力不应小于结构底部总地震剪力的 20%和框架部分各楼层计算剪力最大值 1.5 倍的较小值,且不小于结构底部地震剪力的 15%。

3 混凝土框架、混凝土抗震墙相关的其他内力调整应符合本规范第 5.2.4 条、5.2.5 条要求、钢支撑、钢框架相关的其他内力调整应符合本规范第 5.3.4 条、5.3.5 条要求。

**5.8.9** 混合结构的抗震设计尚应符合下列基本构造要求:

1 钢支撑与混凝土梁、柱的连接构造,应符合连接支撑先于其他构件破坏的要求。

2 钢支撑、钢框架应符合本规范第 5.3 节的相关构造要求;混凝土框架、混凝土核心筒应符合本规范第 5.2 节的相关构造要求。

**5.8.10** 本节适用于常用的拱、平面桁架、立体桁架、网架、网壳、张弦梁、弦支穹顶等七种基本形式及其组合而成的大跨度屋盖结构。

当屋盖结构的跨度大于120m、结构单元长度大于300m、悬挑长度大于40m或采用以上非常用结构形式时,除满足本节的规定外,还应进行专门研究和论证,采取有效的加强措施。

**5.8.11** 大跨屋盖建筑的结构选型和布置应符合下列要求:

1 屋盖及其支承结构的选型和布置应具有合理的刚度和承载力分布,避免局部削弱或突变,形成薄弱部位。应能保证地震作用分布合理,避免产生过大的内力或变形集中。

2 屋盖结构的形式应同时保证各向地震作用能有效传递到下部支承结构。

3 单向传力体系的结构布置,主结构(桁架、拱、张弦梁)间应设置可靠的支撑,保证垂直于主结构方向的水平地震作用的有效传递。

**5.8.12** 大跨屋盖结构的地震作用计算,除应符合本规范第5章的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 计算模型应计入屋盖结构与下部结构的协同作用。

2 除单向传力体系的大跨屋盖结构外,应采用空间结构模型计算,并应考虑地震作用三向分量的组合效应。

**5.8.13** 屋盖构件截面抗震验算除应符合本规范第5.4节的有关规定外,尚应符合下列要求:

1 关键杆件和关键节点应具有足够的抗震承载力储备,其地震组合内力设计值应根据设防烈度的高低进行放大调整,调整系数最小不得小于1.10。

2 预张拉结构中的拉索,在多遇地震作用下,应保证拉索不发生松弛而退出工作。

**5.8.14** 大跨屋盖结构的抗震设计尚应符合下列基本构造要求:

1 屋盖普通钢杆件的长细比应满足《钢结构通用规范》关于相关杆件长细比的限值要求;关键杆件的长细比限值应降低不少于10%。

2 支座节点应具有足够的强度和刚度,在荷载作用下不应先于杆件和其它节点破坏,也不得产生不可忽略的变形。支座节点构造形式应传力可靠、连接简单。

3 对于水平可滑动的支座,应采可靠措施保证屋盖在罕遇地震下的滑移不超出支承面。

4 屋盖结构采用隔震或减震支座时,其性能要求、设计与构造要求、运营和维护要求等应符合本规范第5.1节的有关规定。

## 6 市政工程抗震措施

### 6.1 城镇桥梁

**6.1.1** 本节适用于城市梁式桥和跨度不超过150m的拱桥的抗震设防。斜拉桥、悬索桥和跨度

超过150m的拱桥，其抗震设防应进行专门研究。

**6.1.2 城市桥梁的抗震设计方法应符合下列规定：**

- 1 城市桥梁的抗震设计类别应根据抗震设防烈度和所属的抗震设防类别按表6.1.2选用。

表6.1.2 城市桥梁抗震设计方法

抗震设防烈度	抗震设防类别		
	乙	丙	丁
6度	B	C	C
7度及以上	A	A	B

- 2 桥梁的各抗震设计类别应符合下列要求：

- 1) 抗震设计类别A，应进行多遇和罕遇地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足相关构造和抗震措施的要求；
- 2) 抗震设计类别B，应进行多遇地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足相关构造和抗震措施的要求；
- 3) 抗震设计类别C，允许不进行抗震分析和抗震验算，但应满足相关构造和抗震措施的要求。

**6.1.3 对抗震设计类别为A类的桥梁，其抗震体系应符合下列要求之一：**

- 1 类型I：地震作用下，桥梁的弹塑性变形、耗能部位位于桥墩。
- 2 类型II：地震作用下，桥梁的耗能部位位于桥梁上、下部连接构件（支座、耗能装置）。

**6.1.4 城市桥梁的抗震分析应符合下列要求：**

- 1 桥梁的抗震分析方法应根据其抗震设计类别、规则性以及地震作用水准按表6.1.4选用。

表6.1.4 桥梁抗震分析方法

地震作用水准	抗震设计类别			
	A类		B类	
	规则	非规则	规则	非规则
多遇地震作用	单振型反应谱法 多振型反应谱法	多振型反应谱法 时程分析法	单振型反应谱法 多振型反应谱法	振型反应谱法 时程分析法
罕遇地震作用	单振型反应谱法 多振型反应谱法	多振型反应谱法 时程分析法	—	—

- 2 桥梁的规则性应根据其地震响应的复杂程度分为规则和非规则两类。

**6.1.5 桥梁结构能力保护构件的地震组合内力设计值应符合下列要求：**

1 当罕遇地震作用下结构未进入塑性工作范围时，墩柱的组合剪力设计值、基础和盖梁的组合内力设计值，允许采用罕遇地震的计算结果按本规范第4.4.2条的规定确定。

2 对抗震设计类别为A类、且抗震体系类型为I类的桥梁，其盖梁、基础、支座和墩柱的剪力设计值应根据墩柱塑性铰区域横截面的超强弯矩按能力保护设计方法确定。

**6.1.6 桥梁墩柱的箍筋配置与构造应符合下列要求：**

- 1 7度及以上地区，墩柱潜在塑性铰区的箍筋应加密配置，并应满足下列规定：

- 1) 加密区范围，应由最大组合弯矩所在截面处算起，长度不应小于弯曲方向墩柱截面边长，且加密区边缘截面的组合弯矩不应大于0.8倍最大组合弯矩；当墩柱高度与弯曲方向截面边长之比小于2.5时，柱加密区范围应取墩柱全高；
- 2) 加密区的最小体积配箍率  $\rho_{smin}$ ，7、8度时应按下式确定，9度时尚应乘以不小于1.2的放大系数，且均不得小于0.4%：

$$\rho_{s\min} = \begin{cases} 1.52[0.14\eta_k + 5.84(\eta_k - 0.1)(\rho_i - 0.01) + 0.028] \frac{f_{cd}}{f_{yh}} & \text{圆形截面} \\ 1.52[0.10\eta_k + 4.17(\eta_k - 0.1)(\rho_i - 0.01) + 0.020] \frac{f_{cd}}{f_{yh}} & \text{矩形截面} \end{cases} \quad (6.1.6)$$

- 3) 加密区的箍筋，直径不应小于10mm，间距不应大于100mm或 $6d_{bl}$ 或 $b/4$ ，其中， $d_{bl}$ 为纵筋的直径， $b$ 为墩柱弯曲方向的截面边长；
- 4) 螺旋式箍筋的接头必须采用对接焊，矩形箍筋应有135°弯钩，且伸入核心混凝土的长度不得小于5倍箍筋直径。

2 墩柱非加密区的体积配箍率不应少于加密区的50%。

**6.1.7** 桥梁结构应采用有效的防坠落措施，且梁端至墩、台帽或盖梁边缘的搭接长度，6度不应小于 $400+0.005L$ ，7度及以上，不应小于 $700+0.005L$ ，其中， $L$ 为梁的计算跨径（单位，mm）。

**6.1.8** 桥梁抗震措施的使用不应导致主要构件地震反应发生重大改变，否则，抗震分析时应考虑抗震措施与主要构件的相互影响。

## 6.2 城镇给水排水和燃气热力工程

**6.2.1** 抗震设防的城镇给水排水和燃气热力工程，除应符合本规范第1~5章和相关技术标准的规定外，尚应符合本节的专门要求。

**6.2.2** 城镇给水、排水和燃气、热力工程中的房屋建筑，除本节特殊规定外，应按本规范第5章的有关规定执行。

**6.2.3** 城镇给水、排水和燃气、热力工程各类构筑物中，非结构构件和附属设备，其自身及其与结构主体的连接，应由相关专业人员分别负责进行抗震设计。

**6.2.4** 9度地区的燃气工程中采用水槽式螺旋导轨和直立导轨储气柜时，其抗震设防应专门研究。

**6.2.5** 城镇给水、排水和燃气、热力工程中各类构筑物的防震缝宽度除应符合本规范第2.5.4条要求外，尚应符合下列规定：

1 盛水构筑物的防震缝宽度不得小于30mm，当缝两侧结构在多遇地震最大变形值超过10mm时尚应适当加宽，同时应明确止水带相应的技术要求。

2 彼此贴建的双墙水池各自独立工作时，其防震缝宽度不应小于单侧挡水墙多遇地震最大位移的2倍，且不得小于50mm。

**6.2.6** 城镇给水、排水和燃气、热力工程中单层现浇混凝土结构的抗震等级不得低于表6.2.6的规定：

表6.2.6 单层混凝土结构的抗震等级

结构类型		设防烈度							
		6		7		8		9	
单层 框架 结构	高度 (m)	≤12	>12	≤12	>12	≤12	>12	≤12	
	框架	乙类	四	三	三	二	二	一	一
		丙类	四	四	四	三	三	二	二
	跨度不小于 18m的框架	乙类	二		一		一		一
丙类		三		二		一		一	
单层排架结构		乙类	三		二		一		一
		丙类	四		三		二		一
钢筋混凝土构筑物、 管道		乙类	三		三		二		二
		丙类	四		四		三		三

**6.2.7** 城镇给水、排水和燃气、热力工程中各类结构的抗震验算应符合下列规定：

- 1 各类建筑物、构筑物的结构构件应按本规范第4章的相关规定进行截面抗震强度验算。
- 2 承插式连接埋地管道或预制拼装结构（如盾构、顶管等），应按下式要求进行抗震变位验算

$$\gamma_E \Delta_{pk} \leq \lambda_c \sum_{i=1}^n [u_a]_i \quad (6.2.7-1)$$

式中： $\Delta_{pk}$  —— 剪切波行进中引起半个视波长范围内管道沿管轴向的位移量标准值；

$\gamma_E$  —— 水平向地震作用分项系数，应取1.20；

$[u_a]_i$  —— 管道*i*种接头方式的单个接头设计允许位移量；

$\lambda_c$  —— 半个视波长范围内管道接头协同工作系数，应取0.64；

*n* —— 半个视波长范围内，管道的接头总数。

- 3 7度及7度以上的整体连接埋地管道，应按下列要求进行截面应变变量验算：

$$S \leq \frac{[\varepsilon_{ak}]}{\gamma_{PRE}} \quad (6.2.7-2)$$

$$S = \gamma_G S_G + \gamma_{Eh} S_{Ek} + \psi_t \gamma_t C_t \Delta_{tk} \quad (6.2.7-3)$$

式中： $S_G$  —— 重力荷载的作用标准值效应；

$S_{Ek}$  —— 地震作用标准值效应；

$[\varepsilon_{ak}]$  —— 不同材质管道的容许应变变量标准值；

$\gamma_G$  —— 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；

$\gamma_{Eh}$  —— 水平向地震作用分项系数，应取1.40；

$\gamma_{PRE}$  —— 埋地管道抗震调整系数，应取0.90。

$\Delta_{tk}$  —— 温度作用标准值

$C_t$  —— 温度作用效应系数

$\gamma_t$  —— 温度作用分项系数，取1.5

$\psi_t$  —— 温度作用组合系数，取0.65

- 4 对污泥消化池、挡墙式结构等，尚应进行罕遇地震下的整体稳定性（抗倾覆、抗滑移）验算。

**6.2.8** 城镇给水排水厂站工程中，水池的设计与构造应符合下列规定：

- 1 设防烈度不高于7度时，允许采用砌体结构，但池壁拐角处等地震易损部位应采取加强措施。
- 2 钢筋混凝土水池的池壁配筋满足下列要求：

- 1) 8、9度时，矩形钢筋混凝土水池池壁应采用双层配筋，且拐角处单层水平配筋率不得小于0.3%，水平向钢筋在两侧池壁应充分锚固；
- 2) 地面式敞口钢筋混凝土矩形水池，池壁顶部200mm~300mm范围内外侧各设3根通长水平附加钢筋。

3 水池顶部盖板应符合下列规定：

- 1) 采用预制混凝土板时，板在池壁上的搁置长度不应小于100mm或采取其它措施，防止设防地震下脱落；
- 2) 采用钢盖板、钢格板、玻璃钢盖板等非结构盖板时，应采取措施防止盖板地震时跌落；
- 3) 当整体现浇钢筋混凝土顶板作为水池抗震体系的有机组成部分使用时，顶板开洞面积不应过大，且洞口周边应采取加强措施。

4 水池内部构件应符合下列规定：

- 1) 8度、9度时，水池内部的结构柱应采用钢筋混凝土柱，且断面最小边长不应小于250mm；
- 2) 导流墙、配水墙等非抗震构件，应与主体结构可靠连接；主体结构抗震设计时，应充分考虑其对主体结构抗震的不利影响，并采取有效有效措施；
- 3) 8度、9度时，导流墙不得采用普通砌体。

6.2.9 城镇燃气工程中的储气柜应符合下列规定：

- 1 7度及7度以上地区，储气柜的高径比不得超过表6.2.9规定：

表6.2.9 储气柜高径比

类型	低压湿式储气柜	橡胶膜密封储气柜	稀油密封储气柜
高径比	≤1.2	≤1.3(1.6)	≤1.7

- 2 III、IV类场地时，与储气柜相连的进出口燃气管，应设置弯管补偿器或采取其他柔性连接措施。

6.2.10 城镇给水排水工程中砌体取水（排水）泵房应符合下列构造要求：

- 1 砂浆强度等级不应低于M10。
- 2 窗间墙的宽度不应小于1.0m。
- 3 7度、8度采用预制装配式钢筋混凝土屋盖时，板缝应配置不少于1 $\phi$ 6钢筋，并与墙顶圈梁或楼面梁可靠拉结。

4 9度时，墙体转角处尚应设置断面不小于240mm×180mm的混凝土构造柱；门、窗洞口边应设置厚度不小于120mm的钢筋混凝土边框。

5 8度、9度III、IV类场地时，各类矩形泵房的地下部分（或半地下部分）应采用混凝土墙体，且纵横墙相交处应设置尺寸不小于200mm或2/3墙体厚度的腋角，腋角配筋不应小于同侧墙体水平配筋面积的1/2。

6.2.11 城镇给水排水工程中水柜的支承结构应符合下列要求：

- 1 钢筋混凝土支承筒时应符合下列构造要求：
  - 1) 筒壁的竖向钢筋直径不应小于12mm，间距不应大于200mm；
  - 2) 筒壁门洞边应设置加厚门框，并加强配筋，两侧门框竖向加强筋不得少于被截断钢筋的1.5倍；洞口顶角内外层分别增设不少于2 $\phi$ 12的加强斜筋；
  - 3) 筒壁窗洞或其它孔洞处，周围应设置加强筋；加强筋构造同门洞处要求，但八字斜筋应上下均设置。
- 2 钢筋混凝土支承构架应符合下列构造要求：

- 1) 横梁箍筋搭接长度不应少于40倍钢筋直径；箍筋间距，不应大于200mm，在梁端的1倍梁高范围内，不应大于100mm；
- 2) 柱箍筋间距，不应大于200mm，加密区不应大于100mm；箍筋直径，7度、8度不应小于8mm，9度不应小于10mm；
- 3) 水柜以下的环梁或支架梁，端部应加设腋角，并配置不少于主筋截面积50%的钢筋。

3 6度以及7度I、II类场地，允许采用砖筒支承。但6度IV类场地和7度I、II类场地时应全高采用配筋砖筒，并应符合下列要求：

- 1) 竖向分布筋，直径不应小于10mm，间距不应大于700mm，总根数不得少于6根；
- 2) 竖槽配筋，每槽不少于1 $\phi$ 12，间距不大于1000mm，总根数不得少于6根；
- 3) 环向配筋，不应小于8mm，间距不应大于360mm。

**6.2.12** 城镇给水排水和燃气热力工程中，管道及其连接的材料尚应符合下列要求：

- 1 输送水、气的有压管道，其管材的材质应具有较好的延性。
- 2 设防烈度不高于8度时，地下直埋或架空敷设的热力管道的外保温材料应具有良好的柔性。
- 3 7、8度液化土地段或9度时，热力管道干线的附件均应采用球墨铸铁或铸钢材料。

**6.2.13** 混合结构的矩形管道应符合下列要求：

- 1 钢筋混凝土盖板与侧墙应有可靠连接。7、8度III、IV类场地时，预制装配顶盖不得采用梁板结构（不含钢筋混凝土槽形板结构）。
- 2 基础应采用整体底板。8度III、IV类场地或9度时，底板应为钢筋混凝土结构。

**6.2.14** 城镇给水排水和燃气热力工程中，各类管道尚应采取下列措施：

- 1 直埋承插式圆形管道和矩形管道，在下列部位应设置柔性连接接头或变形缝：
  - 1) 穿越铁路及其它重要的交通干线两端；
  - 2) 承插式管道的三通、四通、大于45°的弯头等附件与直线管段连接处。  
注：附件支墩的设计应符合该处设置柔性连接的受力条件。
- 2 管道穿过建（构）筑物的墙体或基础时，应符合下列要求：
  - 1) 在穿管的墙体或基础上应设置套管，穿管与套管间的缝隙内应填充柔性材料。
  - 2) 当穿越的管道与墙体或基础嵌固时，应在穿越的管道上就近设置柔性连接装置。
- 3 输水、输气等埋地管道穿越活动断裂带时，应采取下列措施：
  - 1) 管道应敷设在套筒内，周围填充砂料；
  - 2) 管道及套筒应采用钢管；
  - 3) 断裂带两侧的管道上（距断裂带一定距离）应设置紧急关断阀门。
- 4 燃气厂及储配站的出口处，均应设置紧急关断阀门。
- 5 管网上的阀门均应设置阀门井。

**6.2.15** 架空管道的滑动支架应设置侧向挡板，挡板应与管道支架协同设计，地震作用不应小于管道支座横向水平地震作用标准值的75%。

## 6.3 城镇地下工程结构

**6.3.1** 抗震设防区的城镇地下工程结构，除应符合相关技术标准的规定外，尚应符合本节的专门要求。

本节的城镇地下工程主要包括地下车库、过街通道、地下变电站和地下综合体等单建式地下工程结构等。

**6.3.2** 城镇地下工程的抗震设防目标应符合下列要求：

- 1 抗震设防类别属于丙类的城镇地下工程，其抗震设防不应低于本规范第2.1.1条要求。
- 2 抗震设防类别属于甲、乙类的城镇地下工程，其抗震设防不应低于下列要求：
  - 1) 遭遇相当于本地区设防烈度的设防地震影响时，主体结构不受损坏或不需修理可继续使用；
  - 2) 遭遇高于本地区设防烈度的罕遇地震时，可能发生损坏，但经一般性修理可继续使用；
  - 3) 遭遇高于本地区设防烈度的极罕遇地震影响时，不致整体倒塌。

**6.3.3** 城镇地下工程的选址和岩土勘察应符合本规范第3章的相关要求。

**6.3.4** 城镇地下工程的布局应符合下列要求：

- 1 总体布置应力求简单、对称、规则、平顺。
- 2 结构体系应根据使用要求、场地工程地质条件和施工方法等确定，并应具有良好的整体性，避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。
- 3 出入口通道两侧的边坡和洞口仰坡，应依据地形、地质条件选用合理的口部结构类型，提高其抗震稳定性。

**6.3.5** 丙类钢筋混凝土地下结构的抗震等级，6、7度时不应低于四级，8、9度时不应低于三级。甲乙类钢筋混凝土地下结构的抗震等级，6、7度时不应低于三级，8、9度时不应低于二级。

**6.3.6** 除下列情况外，城镇地下工程均应进行地震响应分析：

- 1 6、7度设防时位于I、II场地中的丙类、丁类地下工程。
- 2 8度(0.20g)设防时位于I、II类场地、层数不超过二层、体型规则且跨度不超过18m的丙类和丁类地下工程。

**6.3.7** 地下工程的地震响应分析模型，应能反映周围挡土结构和内部各构件的实际受力状况。对于周围地层分布均匀、规则且具有对称轴的长线型地下工程，允许采用平面应变分析模型；其他情况，应采用空间结构分析模型。

**6.3.8** 地下工程进行地震响应分析时，各设计参数应符合下列要求：

- 1 地震作用的方向应符合下列规定：
  - 1) 对于采用平面应变分析模型的地下结构，允许仅计算横向水平地震作用；
  - 2) 对采用空间结构分析模型的地下工程，应同时计算横向和纵向水平地震作用；
  - 3) 抗震设防烈度不低于8度时，尚应计及竖向地震作用。
- 2 结构的重力荷载代表值应取结构、构件自重和水、土压力的标准值及各可变荷载的组合值之和。
- 3 采用土层-结构时程分析法或等效水平地震加速度法时，土、岩石的动力特性参数应符合工程实际情况。

**6.3.9** 地下工程的抗震验算，除应符合本规范第4章的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应根据预期的设防目标，进行第一或第二水准地震作用下的构件截面承载力和结构弹

性变形验算。

2 应根据预期的设防目标，进行第三水准地震作用下的弹塑性变形验算。

3 液化地基中的地下工程，尚应进行液化时的抗浮稳定性验算。

**6.3.10** 地下工程的顶板、底板和楼板，应符合下列要求：

1 当采用板柱-抗震墙结构时，无柱帽的平板应在柱上板带中设构造暗梁。

2 地下工程的顶板、底板及各层楼板的负弯矩钢筋至少应有50%锚入地下连续墙，正弯矩钢筋应锚入内衬。钢筋的锚入长度应满足受力要求，并不应小于规定的锚固长度。

3 楼板开孔时，孔洞宽度应不大于该层楼板典型宽度的30%；洞口周边应设置边梁或暗梁。

**6.3.11** 地下工程周围土体和地基存在液化土层时，应采取下列措施：

1 对液化土层采取注浆加固和换土等消除或减轻液化影响的措施。

2 进行地下结构液化抗浮验算，必要时采取增设抗拔桩、配置压重等相应的抗浮措施。

**6.3.12** 地下工程穿越地震时岸坡可能滑动的古河道或可能发生明显不均匀沉陷的软土地带时，应采取更换软弱土或设置桩基础等防治措施。

**6.3.13** 位于岩石中的地下工程，应采取下列抗震措施：

1 口部通道和未经注浆加固处理的断层破碎带区段采用复合式支护结构时，内衬结构应采用钢筋混凝土衬砌，不得采用素混凝土衬砌。

2 采用离壁式衬砌时，内衬结构应在拱墙相交处设置水平撑抵紧围岩。

3 采用钻爆法施工时，初期支护和围岩地层间应密实回填。干砌块石回填时应注浆加强。

## 附：起草说明

### 一、起草过程

根据国务院《深化标准化工作改革方案》（国发[2015]13号）要求，2016年住房城乡建设部印发了《关于深化工程建设标准化工作改革的意见》（建标[2016]166号），并在此基础上，全面启动了构建强制性标准体系、研编工程规范工作。2019年住房城乡建设部正式下达了《建筑与市政工程抗震通用规范》的制定任务。

### 二、起草单位、起草人员和审查人员

（略）

### 三、术语和符号

#### （一）术语

#### 1 抗震设防烈度 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 抗震设防标准 seismic precautionary criterion

衡量抗震设防要求高低的尺度，由抗震设防烈度或设计地震动参数及建筑抗震设防类别确定。

#### 3 地震动参数区划图 seismic ground motion parameter zonation map

以地震动参数（以加速度表示地震作用强弱程度）为指标，将全国划分为不同抗震设防要求区域的图件。

#### 4 地震作用 earthquake action

由地震动引起的结构动态作用，包括水平地震作用和竖向地震作用。

#### 5 设计地震动参数 design parameters of ground motion

抗震设计用的地震加速度(速度、位移)时程曲线、加速度反应谱和峰值加速度。

#### 6 设计基本地震加速度 design basic acceleration of ground motion

50年设计基准期超越概率10%的地震加速度的设计取值。

#### 7 设计特征周期 design characteristic period of ground motion

抗震设计用的地震影响系数曲线中，反映地震震级、震中距和场地类别等因素的下降段起始点对应的周期值，简称特征周期。

#### 8 场地 site

工程群体所在地，具有相似的反应谱特征。其范围相当于厂区、居民小区和自然村或不小于1.0km<sup>2</sup>的平面面积。

#### 9 建筑抗震概念设计 seismic concept design of buildings

根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想，进行建筑和结构总体布置并确定细部构造的过程。

#### 10 抗震措施 seismic measures

除地震作用计算和抗力计算以外的抗震设计内容，包括抗震构造措施。

#### 11 抗震构造措施 details of seismic design

根据抗震概念设计原则，一般不需计算而对结构和非结构各部分必需采取的各种细部要求。

## (二) 符号

### 1 作用和作用效应

$F_{Ek}$ 、 $F_{Evk}$	—	结构总水平、竖向地震作用标准值；
$G_E$ 、 $G_{eq}$	—	地震时结构(构件)的重力荷载代表值、等效总重力荷载代表值；
$k$	—	风荷载标准值；
$S_E$	—	地震作用效应(弯矩、轴向力、剪力、应力和变形)；
$S$	—	地震作用效应与其它荷载效应的基本组合；
$S_k$	—	作用、荷载标准值的效应；
$M$	—	弯矩；
$N$	—	轴向压力；
$V$	—	剪力；
$p$	—	基础底面压力；
$u$	—	侧移；
$\theta$	—	楼层位移角。

### 2 材料性能和抗力

$K$	—	结构(构件)的刚度；
$R$	—	结构构件承载力；
$f$ 、 $f_k$ 、 $f_E$	—	各种材料强度(含地基承载力)设计值、标准值和抗震设计值；
$[\theta]$	—	楼层位移角限值。

### 3 几何参数

$A$	—	构件截面面积；
$A_s$	—	钢筋截面面积；
$B$	—	结构总宽度；
$H$	—	结构总高度、柱高度；
$L$	—	结构(单元)总长度；
$a$	—	距离；
$a_s$ 、 $a_s'$	—	纵向受拉、受压钢筋合力点至截面边缘的最小距离；
$b$	—	构件截面宽度；
$d$	—	土层深度或厚度，钢筋直径；
$h$	—	构件截面高度；
$l$	—	构件长度或跨度；
$t$	—	抗震墙厚度、楼板厚度。

### 4 计算系数

$\alpha$	—	水平地震影响系数；
----------	---	-----------

$\alpha_{\max}$	—	水平地震影响系数最大值；
$\alpha_{v\max}$	—	竖向地震影响系数最大值；
$\gamma_G$ 、 $\gamma_E$ 、 $\gamma_w$	—	作用分项系数；
$\gamma_{RE}$	—	承载力抗震调整系数；
$\zeta$	—	计算系数；
$\eta$	—	地震作用效应(内力和变形)的增大或调整系数；
$\lambda$	—	构件长细比，比例系数；
$\zeta_y$	—	结构(构件)屈服强度系数；
$\rho$	—	配筋率，比率；
$\varphi$	—	构件受压稳定系数；
$\psi$	—	组合值系数，影响系数。

## 5 其它

$T$	—	结构自振周期；
$N$	—	贯入锤击数；
$I_{LE}$	—	地震时地基的液化指数；
$X_{ji}$	—	位移振型坐标( $j$ 振型 $i$ 质点的 $x$ 方向相对位移)；
$Y_{ji}$	—	位移振型坐标( $j$ 振型 $i$ 质点的 $y$ 方向相对位移)；
$n$	—	总数，如楼层数、质点数、钢筋根数、跨数等；
$v_{se}$	—	土层等效剪切波速；
$\Phi_{ji}$	—	转角振型坐标( $j$ 振型 $i$ 质点的转角方向相对位移)。

## 四、条文说明

为便于政府有关管理部门和建设、设计、施工、科研等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，规范起草组按照条、款顺序编制了本规范的条文说明。但本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

**1.0.1** 本条明确本规范的编制目的和编制依据。我国地处环太平洋地震带和喜马拉雅-地中海地震带上，地震频发，且多属于典型的内陆地震，强度大、灾害重，是世界上地震导致人员伤亡最为严重的国家之一。在当前的科学技术条件下，地震本身是无法控制和避免的，临震地震预报尚缺乏足够的准确性，因此，采取工程技术措施，增强建筑与市政工程的抗震能力，减轻其地震损伤程度，是避免地震人员伤亡、减轻经济损失的根本途径。本条根据《中华人民共和国防震减灾法》、《中华人民共和国建筑法》等国家法律以及《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》等行政法规，明确了本规范技术规定的宗旨，即加强建筑与市政工程的抗震设防对策，减轻地震破坏、避免人员伤亡、减少经济损失。根据《中华人民共和国防震减灾法》第三十五条规定“新建、扩建、改建建设工程，应当达到抗震设防要求”，第三十六条规定“有关建设工程的强制性标准，应当与抗震设防要求相衔接”。本规范作为建筑与市政工程抗震设防的强制性标准，是贯彻落实《防震减灾法》第三十五条要求的具体体现。

**1.0.2** 本条明确了本规范的适用范围，也是建筑与市政工程抗震质量监管的基本依据，改自现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第1.0.2条（强制性条文）。

现行《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第1.0.2条要求“抗震设防烈度为6度及以上地区的建筑，必须进行抗震设计”。本规范进行了以下几个方面的修改：

1、“建筑”改为“各类新建、改建、扩建建筑工程和市政工程”。其一，根据研编任务安排，本规范的覆盖对象为建筑和市政工程；其二，根据《中华人民共和国防震减灾法》第三十五条规定“新建、扩建、改建建设工程，应当达到抗震设防要求”，同时，《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223-2008第1.0.3条（强制性条文）明确规定“抗震设防区的所有建筑工程应确定其抗震设防类别。新建、改建、扩建的建筑工程，其抗震设防类别不应低于本标准”。因此，本规范中有抗震设防要求的对象是“各类新建、改建、扩建建筑工程和市政工程”。

2、从工程阶段上，由“抗震设计”扩展为“勘察、设计、施工以及使用”等全过程。根据《建设工程质量管理条例》（国务院令279号）第三条规定，建设工程的质量负责主体包括建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、工程监理单位等，责任事项分别包括建设和使用、勘察、设计、施工、监理，涵盖了工程建设的全过程。同时，该条例还在第15条和第69条明确规定了房屋建筑装修等使用活动的约束要求和相应罚则。另一方面，我国现行的《建筑抗震设计规范》GB50011-2010的技术内容已经涵盖了规划选址、场地勘察、设计、材料、施工以及使用和维护的相关要求。

**1.0.3** 本条对后续各章节条文规定的属性和定位进行界定，同时，明确了采用与本规范不一致的技术措施时的合规定性判定要求。

**1.0.4** 本规范在起草过程中，有些条文直接引用了相关规范。此外，还有些技术内容在其他规范中已有明确规定，为避免不必要的重复规定，本规范没有进行引用规定，但这些技术规定是全面执行和落实本规范要求的必要条件。因此，相关规范的技术规定也是必须执行的

**2.1.1** 本条规定了建筑与市政工程抗震设防的最低目标，属于工程抗震质量安全的控制性底线要求。

按照什么样的标准进行抗震设防，要达到什么样的目标，是工程抗震设防的首要问题。现行的《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第1.0.1条、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032第1.0.2条以及《城市桥梁抗震设计规范》CJJ166-2011第3.1.2条分别规定了建筑工程、城镇给排水和燃气热力工程以及城市桥梁工程的抗震设防目标要求。按照《标准化法修订案》、国务院《深化标准化工作改革方案》以及住房和城乡建设部《关于深化工程建设标准化工作改革的意见》的要求，本条规定系由上述相关规定经整合精简而成。

现行《建筑抗震设计规范》GB50011-2010采用的时三级设防思想，规定了普通建筑工程的三水准设防目标，即遭遇低于本地区设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损坏或不需修理可继续使用；遭遇相当于本地区设防烈度的设防地震影响时，可能发生损坏，但经一般性修理可继续使用；遭遇高于本地区设防烈度的罕遇地震影响时，不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

现行《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032采用的也是三水准设防，其在第1.0.2条规定，室外给水排水和燃气热力工程在遭遇低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，不致损坏或不需修理仍可继续使用；遭遇本地区抗震设防烈度的地震影响时，构筑物不需修理或经一般修理后仍能继续使用，管网震害可控制在局部范围内，避免造成次生灾害；遭遇高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时，构筑物不致严重损坏危及生命或导致重大经济损失，管网震害不致引发严重次生灾害，并便于抢修和迅速恢复使用。

现行《城市桥梁抗震设计规范》CJJ166-2011采用的是两级设防思想，其在第3.1.2条规定了各类城市桥梁的抗震设防标准（表C2.1.1-1），同时，在第3.1.3条规定了各类城市桥梁的E1和E2地震调整系数（表C2.1.1-2）。从E1和E2地震的调整系数看，其E1水准地震动要稍大于建筑工程的多遇地震动，E2水准地震动相当于建筑工程的罕遇地震动。

为便于管理和操作，本条将各类工程的抗震设防思想统一为三水准设防。

表2.1.1-1 城市桥梁抗震设防标准

桥梁抗震 设防分类	E1地震作用		E2地震作用	
	震后使用要求	损伤状态	震后使用要求	损伤状态
甲	立即使用	结构总体反应在弹性范围，基本无损伤	不需修复或经简单修复可继续使用	可能发生局部轻微损伤
乙	立即使用	结构总体反应在弹性范围，基本无损伤	经抢修可恢复，永久性修复后恢复正常运营功能	有限损伤

丙	立即使用	结构总体反应在弹性范围,基本无损伤	经临时加固,可供紧急救援车辆使用	不产生严重的结构损伤
丁	立即使用	结构总体反应在弹性范围,基本无损伤	——	不致倒塌

表C2.1.1-2 各类城市桥梁的E1和E2地震调整系数

抗震设防分类	E1地震作用				E2地震作用			
	6度	7度	8度	9度	6度	7度	8度	9度
乙	0.61	0.61	0.61	0.61	-	2.2 (2.05)	2.0 (1.7)	1.55
丙	0.46	0.46	0.46	0.46	-	2.2 (2.05)	2.0 (1.7)	1.55
丁	0.35	0.35	0.35	0.35	-	-	-	-

对于设计使用年限不超过5年的临时性建筑与市政工程,我国自74版抗震规范开始,历来的对策是在满足静力承载要求的前提下可不设防。

**2.1.2** 本规范第2.1.1条规定了各类工程的三水准设防思想,本条兼顾各类工程见的差别,规定了给类工程的三级地震动水准取值。

**2.2.1** 抗震设防烈度是确定工程抗震措施的主要依据,本条的目的在于明确各地区及各类工程设防烈度的确定原则。根据《中华人民共和国防震减灾法》等法律法规的规定,作为各地区抗震防灾主要依据的文件或图件系由国家有关主管部门依照规定的权限批准、发布的,各类建设工程的抗震设防不应低于本条要求。本条主要改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第1.0.4条(强制性条文)“抗震设防烈度必须依据国家规定权限批准、发布的文件(图件)确定”。同时,补充了各类工程抗震设防烈度的确定原则。

**2.2.2** 采用什么样的参数、以何种方式来表征预期的地震地面运动是进行工程抗震设防和设计时需要首先解决的基本技术问题。本条目的在于明确设防烈度、设计基本加速度和设计地震分组等表征地震地面运动参数的确定原则,改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.2.1、3.2.2、3.2.3条等条文。根据《防震减灾法》等法律法规的规定,由国务院地震主管部门负责编制并发布《中国地震动参数区划图》。现行的《中国地震动参数区划图》GB18306-2015采用双参数,即基本地震动峰值加速度和基本地震动加速度反应谱特征周期,来表征地震地面运动,同时,为了适应工程抗震设防的需要,还给出了基本地震烈度与基本地震动峰值加速度的对应关系。

**2.3.1** 明确本节的适用范围以及抗震防灾对总体规划和其他专项规划的强制性要求。

**2.3.2** 规定城镇抗震防灾规划的基本原则和要求,明确与城镇总体规划的基本关系。依据《中华人民共和国防震减灾法》、《城镇抗震防灾规划管理规定》等法律法规的规定,抗震防灾规划与城镇总体规划是相互制约的关系。本条主要改自《城镇抗震防灾规划管理规定》第三条、第四条,以及《城镇抗震防灾规划标准》1.0.3条、1.0.4条、3.0.1条、3.0.4条(强条)。

**2.3.3** 依据建设部117号令《城镇抗震防灾规划管理规定》明确城镇抗震防灾规划的最低防御目标。本条主要改自《城镇抗震防灾规划管理规定》第八条以及《城镇抗震防灾规划标准》3.0.2条(强条)。

**2.3.4** 本条规定规划的基础资料要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》3.0.11条。

**2.3.5** 本条规定规划的修编要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》3.0.14条。

**2.3.6** 本条规定城镇用地抗震适宜性规划要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》4.3.2条(强条)、4.3.3条(强条)、4.3.4条。

**2.3.7** 本条规定城镇基础设施抗震规划要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》5.3.1条(强条)、5.3.2条(强条)。

**2.3.8** 本条规定城区建筑抗震规划要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》6.2.2条(强条)。

**2.3.9** 本条规定次生灾害防御的抗震规划要求,主要改自《城镇抗震防灾规划标准》7.1.2(强条)、7.2.2条、7.2.3条。

**2.3.10** 本条规定了城镇避震疏散场所的规划要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》 8.1.4条、8.2.1。

**2.3.11** 本条规定了城镇抗震防灾主要控制指标的底线要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》 8.2.8条。

**2.3.12** 本条规定城镇用地抗震适宜性评价的基本要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》4.1.1条、4.1.4条（强条）、4.2.2条、4.2.3条（强条）、4.3.8条。

**2.3.13** 本条规定应急保障基础设施的基本要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》5.4.7条、5.4.8条、5.4.9条（强条）、5.4.10条（强条）、5.4.11条、5.4.12条、5.4.13条。

**2.3.14** 本条规定城市出入口的基本要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》8.2.1条。

**2.3.15** 本条规定避震疏散场所设置的基本要求，主要改自《城镇抗震防灾规划标准》8.2.6条（强条）4.1.4、8.2.7条（强条）。

**2.3.16** 本条规定了应急保障级别的最低配置要求。

**2.4.1** 明确建筑与市政工程抗震设防分类的基本原则和类别划分标准。按照遭受地震破坏后可能造成的人员伤亡、经济损失和社会影响程度、及其在抗震救灾中的作用等因素将建筑与市政工程划分为不同的类别，采取不同的设防标准，是我国抗震防灾工作三大基本对策之一，即区别对待对策，是根据现有技术和经济条件的实际情况，为达到既要减轻地震灾害又要合理控制建设投资而作出的科学决策，也是世界各国抗震设计规范普遍采用的抗震对策。

本条文改自现行《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223-2008(以下简称《分类标准》)。《分类标准》第3.0.1条从建筑破坏后果、城镇规模、建筑功能失效的影响等角度给出了建筑工程分类的基本原则。《分类标准》第3.0.2条为强制性条文，明确给出了四个类别的界定标准。本条系由上述相关规定精简合并后形成。

**2.4.2** 明确各类工程的抗震设防标准。划分抗震设防类别，是为了体现抗震防灾对策的区别对待原则，其主要体现在抗震设防标准的差别上。所谓的抗震设防标准，指衡量工程结构所应具有抗震防灾能力高低的尺度。结构的抗震防灾能力取决于结构所具有的承载力和变形能力两个不可分割的因素，因此，工程结构抗震设防标准具体体现为抗震设计所采用的抗震措施的高低和地震作用取值的大小。这个要求的高低，依据抗震设防类别的不同在当地设防烈度的基础上分别予以调整。本条改自《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223-2008第3.0.3条（强制性条文）、《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.3.2条（强条）、3.3.3条、《城市桥梁抗震设计规范》CJJ-2011第3.2.2条。

抗震措施，指的是除地震作用计算和抗力计算以外的所有抗震设计内容，即包括设计规范对各类结构抗震设计的一般规定、地震作用效应(内力)调整、构件的尺寸、最小构造配筋等细部构造要求等等设计内容。在当代的地震科学发展阶段，地震区划图所给出的烈度具有很大不确定性，抗震措施对于保证结构抗震防灾能力是十分重要的。因此，在现有的经济技术条件下，我国抗震设防标准的不同主要采用抗震措施的差别，与某些发达国家侧重于只提高地震作用(10%~30%)而不提高抗震措施，在设防概念上有所不同：提高抗震措施，目的是增加结构延性，提高结构的变形能力，着眼于把有限的财力、物力用在增加结构关键部位或薄弱部位的抗震能力上，是经济而有效的方法；而提高地震作用，目的是增加结构强度，进而提高结构的抗震能力，结构的所有构件均需全面增加材料，投资全面增加而效果不如前者。

各类工程设防标准的差别汇总如表C2.4.2所示，需要注意的是：标准设防类的要求是最基本要求，是其他各类工程抗震设防标准提高或降低的基准。重点设防类和特殊设防类的抗震措施均是在标准设防类的基础上，再提高一度进行加强；适度设防类的抗震措施，允许根据实际情况，在标准设防类的基础上适当降低。除特殊设防类外，其他各类建筑的地震作用均应根据本地区的设防烈度确定；特殊设防类工程的地震作用应按地震安全性评价结果确定，但是安评结果要满足以下两个条件方可使用：①安评结果必需经过地震主管部门的审批，②安评结果不应低于现行抗震规范的地震作用要求。

表 C2.4.2 各类工程抗震设防标准比较表

设防类别	设防标准	
	抗震措施	地震作用

标准设防类	按设防烈度确定	按设防烈度，根据规范确定
重点设防类	提高一度确定	按设防烈度，根据规范确定
特殊设防类	提高一度确定	按批准的安评结果确定，但不应低于规范
适度设防类	适度降低	按设防烈度，根据规范确定

**2.5.1** 明确各类工程结构抗震体系确定的总体原则和基本要求。抗震体系是工程结构抗御地震作用的核心组成部分，对其选型和基本要求作出强制性规定，是实现预期抗震设防目标的基本保障。

为提高桥梁结构抗震性能，在吸取历次地震震害教训基础上，提出防落梁要求，防止地震作用下桥梁结构整体倒塌破坏，切断震区交通生命线。

本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.5.1、3.5.2（强制性条文）条，《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ166-2011）第3.4.1条

**2.5.2** 明确建筑工程抗震体系的基本措施要求。抗震措施是建筑抗震能力的重要组成部分，本条针对房屋建筑的具体情况，给出的基本措施要求是历次地震灾害的经验或教训的总结，并经过了实际强震检验证明属于行之有效的、基本的抗震概念或原则，也是保证工程抗震质量，实现预期设防目标的基本手段，需要在国家层面作出强制性要求。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.5.3-3.5.6条、第6.1.5条、第8.1.5条等。

**2.5.3** 明确城镇给水排水和燃气热力工程抗震体系的基本措施要求。抗震措施是城镇给水排水和燃气热力工程抗震能力的重要组成部分，本条给出的基本措施要求是历次地震灾害的经验或教训的总结，并经过了实际强震检验证明属于行之有效的、基本的抗震概念或原则，也是保证工程抗震质量，实现预期设防目标的基本手段，需要在国家层面作出强制性要求。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.5.3-3.5.6条及《城镇给水排水技术规范》GB 50788相关内容。

**2.5.4** 明确相邻建筑（或结构）的地震碰撞控制要求。鉴于近期大地震中相邻建筑（或结构）碰撞破坏频繁，且实际工程中防震缝的使用、管理不当进一步加重碰撞风险，本规范提出要保证在设防地震作用下相邻建筑（或结构）不发生碰撞，并对防震缝的管理和使用提出明确要求。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.4.5条，并参考欧洲规范EN1998-1：2004第4.4.2.7条有关防震缝的设置要求。

**2.6.1** 明确设计文件中必需注明的抗震相关材料、施工以及附属设施的特别要求。结构材料、施工质量以及附属机电设备的抗震措施等均会对工程抗震防灾能力构成重要影响，为保证工程实现预期设防目标，需要在设计文件中明确上述特别要求。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.9.1（强条）条。

**2.6.2** 明确建筑与市政工程抗震体系对材料的专门要求。结构材料是影响工程抗震质量的重要因素，为保证工程具备必要的抗震防灾能力，必需对材料的最低性能要求作出强制性规定。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.9.2（强条）条、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-201X第3.7.1、3.7.2、3.7.5条。关于砌体结构的砌筑砂浆强度，现有强制性条文规定的最低强度为M5（砖砌体）和M7.5（砌块砌体），此次研编根据近期地震中砌体房屋破坏程度与砂浆强度的调查结果，提出应适当提高砌筑砂浆强度，以提高砌体结构的抗剪强度，为此，将砌筑砂浆的最低强度统一提高为M10。

**2.6.3** 明确建筑工程抗震体系对施工的特别要求。施工工艺和施工质量是确保工程抗震质量的关键环节，对显著影响工程抗震质量的关键工序作出强制性规定是必要的。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.9.4（强条）条、3.9.6（强条）条、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-201X第3.7.3条。

**3.1.1** 明确场地和岩土抗震勘察的基本要求。地震造成建筑的破坏，除了地震动直接引起的结构破坏外，还有场地的原因，诸如地基不均匀沉降、砂性土液化、滑坡、地表错动和地裂、局部地形地貌的放大作用等。为了减轻场地造成的地震灾害、保证勘察质量能满足抗震设防的需要，应对岩土工程的抗震勘察提出强制性要求。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.1.8条（强条）、4.1.9条（强条）。

**3.1.2** 明确工程场址选择的基本原则和地段划分标准。地震造成建筑的破坏，情况多种做样，

大致可以分为三类，其一是地震动直接引起的结构破坏，其二是海啸、火灾、爆炸等次生灾害所致，其三是断层错动、山崖崩塌、河岸滑坡、地层陷落等严重地面变形导致。因此，选择有利于抗震的工程场址是减轻地震灾害的第一道工序。作为建筑与市政工程抗震防灾的国家标准，对场址选择的基本原则提出强制性要求是非常必要的。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.3.1条（强条）和第4.1.1条。

**3.1.3 明确场地类别的划分标准。**场地类别是工程抗震设计的重要参数，对其划分标准作出强制性要求是必要的。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.1.4条、4.1.5条、4.1.6条（强条）。

**3.2.1 明确天然地基抗震验算的原则要求。**地基抗震验算是抗震设计的重要内容，效应组合和抗力如何取值时验算正确与否的关键，因此，对天然地基抗震验算的效应和抗力取值作出强制性要求是必要的。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.2.2条（强条）。

**3.2.2 明确液化判别要求和处理原则。**地震时由于砂性土(包括饱和砂土和饱和粉土)液化而导致建筑或工程破坏的事例很多，因此，应对沙土液化问题充分重视。作为强制性要求，本条较全面地规定了减少地基液化危害的对策：首先，液化判别的范围为，除6度设防外存在饱和砂土和饱和粉土的土层；其次，一旦属于液化土，应确定地基的液化等级；最后，根据液化等级和建筑抗震设防类别，选择合适的处理措施，包括地基处理和对上部结构采取加强整体性的相应措施等。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.3.2条（强条）。

**3.2.3 明确桩基抗震验算基本要求。**桩基抗震验算是地基基础抗震设计的重要内容，单桩抗震承载力的取值、桩基抗震验算的原则等是抗震验算的关键，需要作出强制性规定。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.4.2条、4.4.3条。

**3.2.4 明确液化桩基的构造要求。**桩基理论分析已经证明，地震作用下的桩基在软、硬土层交界面处最易受到剪、弯损害，但在采用m法的桩身内力计算方法中却无法反映，目前除考虑桩土相互作用的地震反应分析可以较好地反映桩身受力情况外，还没有简便实用的计算方法保证桩在地震作用下的安全，因此必须采取有效的构造措施。本条的要点在于保证软土或液化土层附近桩身的抗弯和抗剪能力，是保证液化土和震陷软土中桩基安全的关键。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第4.4.5条（强条）。

**4.1.1 明确设计地震动参数的调整要求和控制底线。**通常工程设计地震动参数可由《中国地震动参数区划图》GB18306确定。但区划图给出的地震动参数仅为一般场地条件下的参数，对于近场效应、局部突出地形、实际场地条件等影响因素并无规定。为了确保工程地震安全，尚需考虑上述因素的影响对区划图的参数进行调整，方可用于工程设计。本条规定了考虑近场效应、局部突出地形以及场地条件影响的调整原则和最低调整要求，条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.10.3条、4.1.8条（强条）、4.1.6条（强条），相关规定详见《工程结构设计通用规范》。

**4.1.2 明确地震作用计算的基本原则和要求。**静力设计中，各类结构的荷载取值是一个十分重要的关键设计参数；同样，在抗震设计中，正确的地震作用取值也是十分重要的。本条规定了地震作用计算时结构计算模型、水平地震作用方向、扭转效应、竖向地震作用、地震地面运动的空间特性、地面位移的基本要求和计算方法的选择原则。本条文改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.6.6条、5.1.1条（强条）、5.1.2条。

**4.1.3 明确重力荷载代表值的取值要求。**建筑结构抗震计算时，重力荷载代表值的取值十分重要，按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》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 $G_E$ ”，即永久荷载标准值与有关可变荷载组合值之和。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.3条（强条）、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032-201X第3.7.3条第5.1.6条（强条）。

**4.1.4 明确结构构件抗震验算的范围和设计基本要求。**强烈地震下结构和构件并不存在承载力极限状态的可靠度。从根本上说，建筑结构的抗震验算应该是在强烈地震下的弹塑性变形能力和承载力极限状态的验算。本条结合我国工程实践的实际情况，对构件抗震承载力验算范围和设计基本要求提出强制性要求，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.6条（强条）、《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50011-201X的相关规定。

**4.2.1** 明确地震作用计算方法的选取原则。地震作用计算是结构抗震设计的重要内容，而地震作用取值的合适与否很大程度上取决于地震作用计算方法选择的是否合适。本条对各种地震作用计算方法的基本原则进行强制性规定是合适的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.2条、5.1.4条（强条）等。

**4.2.2** 明确各类建筑与市政工程水平地震影响系数取值的规定。弹性反应谱理论仍是现阶段抗震设计的最基本理论，我国工程界习惯采用地震影响系数曲线形式来表述反应谱。本条规定了不同设防烈度、设计地震分組和场地类别的地震影响系数的基本设计参数——最大值和设计特征周期等，是正确计算建筑结构地震作用的关键。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.4条（强条）、5.1.5条。

关于地震影响系数最大值，现行《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.4条的规定是基于标准反应谱动力放大系数最大值 $\beta_{\max}$ 取2.25、罕遇地震概率水准取2~3%/50年作出的。此次的《规范（草案）》根据各方面要求提高房屋建筑抗震设防水平的呼声，做了两点修改，其一是将标准反应谱的动力放大系数最大值 $\beta_{\max}$ 由2.25提升为2.50，其二是将各烈度区的罕遇地震的概率水准由2~3%/50年统一为2%/50年。

**4.2.3** 明确各类建筑与市政工程时程输入激励的控制性要求。时程分析方法，作为相对先进的结构地震响应分析方法，可同时考虑地震动的三要素，即幅值、频谱和持时，但由于其计算分析结果对输入激励具有高度的相关性和依赖性，因此，为了确保工程设计的安全可靠，对时程分析法的输入激励提出控制性要求是非常必要的，也是正确计算建筑结构地震作用的关键。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.1.2条。

关于输入地震动的有效峰值取值，此次《规范（草案）》的主要变动是，将各烈度区的罕遇地震的概率水准由2~3%/50年统一为2%/50年。

**4.2.4** 明确水平地震作用的下限控制要求。地震作用的取值直接决定着工程结构的抗震承载能力，是抗震设计的重要内容之一。但鉴于现阶段的科学技术手段，尚难以对地震以及地震地面运动的强度、频谱、持续时间等特性作出准确的预测，另一方面，结构计算本身仍然存在很大的不确定性，因此，为了保证工程结构具备必要的抗震承载能力，对用于结构设计的地震作用作出下限规定，已成为国际通行的做法。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.2.5条（强条）。

**4.3.1** 明确竖向地震作用计算的基本要求。对于大跨空间结构、长悬臂构件以及其他竖向地震作用效应明显的结构或构件，竖向地震作用计算是其抗震设计的重要内容之一。本条对竖向地震动参数的取值、计算模型的建立、计算方法的选择作出原则性规定，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.3.4条。

**4.3.2** 明确高层建筑竖向地震作用的控制要求。鉴于地震地面运动的不确定性以及结构计算本身的不确定性，对高层建筑竖向地震作用的取值作出下限控制要求，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.3.1条。

**4.3.3** 明确大跨和长悬臂结构（构件）竖向地震作用的控制要求。鉴于地震地面运动的不确定性以及结构计算本身的不确定性，对大跨和长悬臂结构（构件）竖向地震作用的取值作出下限控制要求，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.3.2、5.3.3条。

**4.4.1** 明确结构构件抗震承载力验算的基本原则和要求。结构在设防烈度下的抗震验算根本上应该是弹塑性变形验算，但为减少验算工作量并符合设计习惯，对大部分结构，将变形验算转换为众值烈度地震（多遇地震）作用下构件承载力验算的形式来表现。现阶段大部分结构构件截面抗震验算时，采用了各有关规范的承载力设计值 $R_d$ ，因此，抗震设计的抗力分项系数，就相应地变为非抗震设计的构件承载力设计值的抗震调整系数 $\gamma_{RE}$ ，即 $\gamma_{RE}=R_d/R_{dE}$ 或 $R_{dE}=R_d/\gamma_{RE}$ 。为了保证结构构件抗震承载力验算的准确性，对抗震验算的基本表达式及关键参数取值提出强制性要求，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.4.2（强条）、5.4.3（强条）条。

关于荷载分项系数的取值，《规范（草案）》的变动是，根据上级主管部门提高结构安全度的指示、经与《工程结构通用规范》协调确定。

**4.4.2** 明确结构构件截面的地震组合内力计算原则和要求。地震作用效应组合是结构构件抗震

设计的重要内容，设计人员应严格执行。需要注意的是，鉴于地震本身的不确定性以及结构抗震计算的不确定性，结构计算所得的地震作用效应尚应根据抗震概念设计的原则要求进行必要的调整。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.4.1（强条）。

**4.4.3** 明确各类结构的地震变形验算原则和要求。结构抗震验算根本上应该是弹塑性变形验算，现行抗震相关技术标准主要进行的是结构构件抗震承载力验算，其主要目的是为了减少验算工作量并符合设计习惯。鉴于抗震变形验算的重要性以及结构计算分析技术和手段的丰富与发展，本条对各类工程结构抗震变形验算的基本原则和要求作出强制性要求，既可以促进结构弹塑性分析技术的发展和运用，也可以确保工程结构的抗震安全性，是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第5.5.1、5.5.5条、城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）7.2.1、7.3.1条。

**5.1.1** 明确建筑方案的概念设计原则。宏观震害经验表明，在同一次地震中，体型复杂的房屋比体型规则的房屋容易破坏，甚至倒塌。建筑方案的规则性对建筑结构的抗震安全性来说十分重要。本条对建筑师的建筑设计方案提出了强制性要求，要求业主、建筑师、结构工程师必须严格执行，优先采用符合抗震概念设计原理的、规则的设计方案；对于一般不规则的建筑方案，应按规范、规程的有关规定采取加强措施；对特别不规则的建筑方案要进行专门研究和论证，采取高于规范、规程规定的加强措施，对于特别不规则的建筑应进行严格的抗震设防专项审查；对于严重不规则的建筑方案应要求建筑师予以修改、调整。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.4.1（强条）条。

**5.1.2** 明确建筑结构规则性标准。规则的建筑结构体现在体型(平面和立面的形状)简单，抗侧力体系的刚度和承载力上下变化连续、均匀，平面布置基本对称。即在平面、竖向图形或抗侧力体系上，没有明显的、实质的不连续(突变)。合适可靠的规则性划分标准是正确贯彻和执行上述抗震概念设计的前提，本条对各类房屋建筑的规则性划分标准作出明确规定，是合适的，也是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.4.2条。

**5.1.3** 明确不规则建筑结构抗震设计的基本要求。不规则建筑的地震震害明显重于规则的建筑结构，因此，对于不规则建筑结构应该根据不规则的程度采取相应的加强措施。本条对各类不规则建筑结构的计算模型、内力调整等作出强制性要求，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.4.3条。

**5.1.4** 明确框架填充墙不利影响的控制要求。在框架结构中，隔墙和维护墙采用实心砖、空心砖、硅酸盐砌块、加气混凝土砌块砌筑时，这些刚性填充墙将在很大程度上改变结构的动力特性，对整个结构的抗震性能带来一些有利的或不利的影晌。规范对这些隔墙和维护墙的总体设计 requirements 是，在工程设计中考虑其有利的一面，防止其不利的一面。砌体填充墙由于具有较大的抗推刚度，其布置合理与否直接关系到框架的剪力分布以及整个房屋的抗震安全。震害调查表明，如果刚性非承重墙体布置不合理，会造成主体结构不同程度的破坏，甚至倒塌。本条对框架结构填充墙的不利影响提出控制性要求，是必要的。汶川和玉树地震中，框架结构大量出现楼梯构件及相应的主体结构破坏现象，为此，《建筑抗震设计规范》GB50011-2010修订时，专门增加了对框架结构楼梯抗震的若干技术要求。本条对楼梯构件的不利影响提出控制性要求是合适的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.7.4条（强条）、6.1.15条。同时，参考了欧洲规范EN 1998-1:2004第4.3.6节“砌体填充框架补充规定”以及第5.9节“砌体或混凝土填充墙的局部影响”的若干原则。

**5.1.5** 明确山地建筑的特殊要求。地震造成建筑的破坏，除了地震动直接引起结构破坏外，还有场地条件的原因，比如地表错动和断裂、地基不均匀沉降、滑坡、液化、震陷等。山区建筑工程，应依据地形、地质条件和使用要求，从总体规划、选址、勘察、边坡工程、地基基础设计、建筑施工等各个方面给予特别的重视。本条对山地建筑的边坡工程和地基安全提出强制性要求，十分必要。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.3.5条。

**5.1.6** 明确建筑嵌固部位的基本设计要求。嵌固部位是上部结构的关键部位，其设计的合适与否直接决定着建筑抗震质量安全。嵌固部位的总体要求是强烈地震下结构能够在嵌固部位以上形成塑性铰区，且不发生塑性铰转移，为此，本条对嵌固部位以下结构侧向刚度和抗震等级选择、嵌固部位楼盖的刚度和强度、嵌固部位以上结构的根部设计等提出原则性要求，是合适的和必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.1.3、6.1.13条。

- 5.1.7** 明确隔震或消能减震建筑结构布局的基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第12.1.3、12.1.4条等。
- 5.1.8** 明确隔震装置、消能部件性能的基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第12.1.条（强条）。
- 5.1.9** 明确隔震建筑抗震设计的特殊要求，包括上部结构、隔震层、下部结构以及隔震层与上下部结构的连接构造等基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第12.2.1（强条）、12.2.5、12.2.8、12.2.9条（强条）。
- 5.1.10** 明确消能减震结构抗震设计的特殊要求,包括地震作用与抗震验算、变形验算、构造措施等基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第12.3节。
- 5.1.11** 明确建筑构件抗震设计要求和范围。非结构构件，一般不属于主体结构的一部分，非承重结构构件在抗震设计时往往容易被忽略，但从震害调查来看，非结构构件处理不好往往在地震时倒塌伤人，砸坏设备财产，破坏主体结构，特别是现代建筑，装修造价占总投资的比例很大。因此，非结构构件的抗震问题应该引起重视。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.7.1条（强条）。
- 5.1.12** 明确结构设计时，非结构安装部位的加强要求。主体结构中非结构构件的安装部位，一般会伴随着应力集中现象，同时，也是非结构构件地震作用向主体结构传递的关键节点，需要采取加强措施。本条加强的原则性要求是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.3.1条。
- 5.1.13** 明确非承重墙体的基本构造要求。汶川、玉树等近期大地震中，大量出现填充墙、围护墙、女儿墙等非承重墙体破坏的现象，造成了相当大的人员伤亡和财产损失。因此，对于非承重墙体的抗震问题应该给予足够的重视。本条对非承重墙体与主体结构的拉结、墙体本身及其与主体结构连接的变形能力等提出原则性要求，是非常必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.3.2条。
- 5.1.14** 明确建筑装饰构件的基本构造要求汶川、玉树等近期地震中，建筑顶棚等建筑装饰构件出现大量破坏，严重影响建筑使用功能，甚至造成人员伤亡。本条对建筑装饰构件的基本构造要求提出原则性要求，是非常必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.3.7、13.3.8、13.3.9条。
- 5.1.15** 明确建筑设备抗震设计要求和范围。建筑机电设备，不属于主体结构，抗震设计时往往容易被忽略，但附属机电设备直接影响着建筑的使用功能，同时，破坏时也容易导致次生灾害。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.7.1条（强条）、第13.4.2条；《建筑机电工程抗震设计规范》GB50981-2014第3.1.6条、5.1.3条、5.1.1条、7.1.2条等。
- 5.1.16** 明确机电设备布局的基本要求。附属设备，特别是应急系统的备用电源、存储有害物质的容器等，不应设置在容易导致使用功能发生故障等二次灾害的部位，包括房门、人流出入口和通道附近。设防地震下需要连续工作的附属设备，包括烟火检测和消防系统，其支架应能保证在设防地震下的正常工作，应设置在结构地震反应较小的部位。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.4.3条。
- 5.1.17** 明确管道设备的基本构造要求。当管道、电缆、通风管和设备的洞口设置不合理时，将削弱主要承重构件的抗震能力，必须予以防止。地震时，各种管道自身的损坏并不多见，主要是管道支架之间或支架与设备之间的相对位移造成的连接损坏。因此，合理设计各种支架、支座及其连接，除了增设斜杆以提高支架刚度、整体性和承载力外，采取增加连接变形能力的措施是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.4.4条。
- 5.1.18** 明确设备支架的基本构造要求。附属机电设备地震破坏的一个主要原因是基座或支架与主体结构连接不牢或固定不足造成设备移位或滑落，因此，对附属机电设备的基座或支架以及相关连接件和锚固件的抗震性能提出原则性要求时必要的。同时，结构体系中，用以固定建筑附属机电设备预埋件、锚固件的部位，也应采取加强措施，以承受附属机电设备传给主体结构的地震作用。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第13.4.5条。
- 5.2.1** 明确本节的适用范围。作为涉及房屋建筑抗震安全的技术性规定，其使用是有条件的，即仅在一定范围内是适用的。另一方面，对于符合本节适用条件的房屋建筑，本节后续条款规

定必须执行。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第6.1.1条。

**5.2.2** 明确混凝土房屋抗震体系选用的基本原则。房屋建筑抗震体系选择的合适与否直接决定着其抗震能力的高低，本条基于抗震概念设计的基本原则，对抗震体系选用的基本原则作出强制性要求是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第6.1.1、6.1.5条、6.1.9条等。关于适用高度的限定，主要是基于以下两个原因：其一，所谓适用高度，是指现有抗震技术的有效范围，一旦超出此范围，现有抗震技术措施的可靠性将大打折扣，所以，从确保技术安全的角度来讲，应该针对现有技术划定一个安全、合适、可操作的使用范围；其二，适用高度的规定，也是与超限高层建筑抗震设防专项审查制度相互衔接的必然选择。超限审查制度，作为一项行政许可制度，已经实行了近20年，对我国高层建筑的发展和抗震质量安全起到了重要的保障作用，因此，作为超限的主要标志之一，应该对各类体系的适用高度作出明确的界定。

**5.2.3** 明确混凝土房屋抗震等级的基本规定。钢筋混凝土房屋的抗震等级是重要的设计参数，抗震等级不同，不仅计算时相应的内力调整系数不同，对配筋、配箍、轴压比、剪压比的构造要求也有所不同，体现了不同延性要求和区别对待的设计原则。本条综合考虑设防烈度、设防类别、结构类型和房屋高度四个因素给出抗震等级的基本规定是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.1.2条（强条）、6.1.3条等。

**5.2.4** 明确框架结构能力设计的基本原则。目前为止，能力设计方法仍然是钢筋混凝土结构实现整体屈服机制的重要手段，本条基于能力设计方法的基本概念对节点的屈服机制（强柱弱梁）、构件的屈服形态（强剪弱弯）、关键构件（角柱）和关键部位（柱根）的冗余设计等提出原则性要求和最低控制标准，是保障混凝土框架结构地震安全的重要措施，十分必要。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.2.2、6.2.3、6.2.4、6.2.5、6.2.6条等。

**5.2.5** 明确抗震墙结构能力设计的基本原则。目前为止，能力设计方法仍然是钢筋混凝土结构实现整体屈服机制的重要手段，本条基于能力设计方法的基本概念对墙肢的潜在塑性较区（底部加强部位）提出基本设计原则和控制要求、对墙肢和连梁的屈服破坏形态提出控制性要求（强剪弱弯）和相应的最低设计标准，是保障混凝土抗震墙架结构地震安全的重要措施，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.1.10、6.2.7、6.2.8条等。关于底部加强区以上墙肢组合弯矩调整系数，现行《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.2.7条第1款规定，可采用1.2，本规范作为安全控制底线，建议按“不得小于1.1”进行控制，是合适的。

**5.2.6** 明确框架-抗震墙结构等双重体系的基本设计原则。框架-抗震墙结构、框架-核心筒结构、板柱-抗震墙结构等双重抗侧力体系结构的设计难点在于多道抗震防线的设置与控制，以及各道防线本身的能力设计准则。本条文对双重抗侧力体系结构的第二道防线——框架部分（含板柱的柱）的抗剪承载能力提出基本原则要求和设计控制标准，并给出各道防线的能力设计准则，这对保障此类结构地震安全是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.2.2、6.2.4、6.2.5、6.2.8、6.2.13、6.6.3条等。

**5.2.7** 明确部分框支抗震墙结构的基本设计原则。框支抗震墙本身属于竖向不连续的抗侧力构件，是一种抗震不利构件。部分框支抗震墙结构的设计关键在于框支框架如何设计与控制。本条文对框支柱提出强度冗余设计的基本原则要求以及最小设计内力（剪力、弯矩、轴力）的控制要求，并给出抗震墙的能力设计准则，这对保障此类结构地震安全是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.2.10条等。

**5.2.8** 关于预应力结构构件截面抗震验算的补充规定。改自《预应力混凝土结构抗震技术规程》第XXX条等。

**5.2.9** 明确框架结构基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条从框架结构的构件断面、潜在塑性较区的箍筋加密要求、梁柱和节点的配筋构造、非结构墙体的布局与拉结等角度提出原则性要求，是保障混凝土框架结构房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.3节，仅规定了柱子最小断面和最低配筋率、以及梁柱箍筋的加密要求、梁柱和节点的配筋构造、非结构墙体的布局与拉结等原则性要求。至于框架梁、柱的详细配筋构造、以及柱轴压比等则由《混凝土结构通用规范》详细规定。关于柱最小断面要求，本条除了保持现行规范的400mm、以及长边与短边比值不应大于3的要求外，增补了重力荷载代表值下的轴压比不应大于0.75的要求，主要是根据中国建筑科学研究院关于我国不同烈度区框架结构倒塌概率分析

结果，6、7度地区的框架结构的大震倒塌概率明显高于8、9度地区，主要原因是6、7度地区框架结构设计控制因素是柱子的轴压比，而8、9度地区的控制因素是小震下的弹性变形。由于6、7度时（四、三级）柱子轴压比的限值较为宽松，进而导致柱子断面普遍偏小，抗震潜力普遍不足。为了切实提高6、7度地区框架结构的地震安全度，本条增加重力荷载代表值下的轴压比要求。

**5.2.10** 明确抗震墙结构、部分框支抗震墙结构、框架-抗震墙结构的基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条从抗震墙的厚度、配筋率、框支柱和框架柱的配筋率等提出最低要求，以及各类构件的箍筋加密和配筋构造的原则性要求，是保障此类混凝土房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.4、6.5节，仅规定了抗震墙的最小厚度、最低配筋率、框支柱和框架柱的最小配筋率等，以及各类构件箍筋加密的原则性要求。至于各类构件的配筋构造则由《混凝土结构通用规范》进一步详细规定。

**5.2.11** 明确筒体结构的基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条对抗震墙的厚度、配筋率、水平加强构件（大梁或桁架）的布置、外框架刚度要求及设计对策等提出原则性要求或下限控制标准，是保障此类混凝土房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.7节。

**5.2.12** 明确板柱-抗震墙结构的基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条对板柱-抗震墙结构的抗震墙厚度、边框架布置、多道防线控制原则、抗连续倒塌设计以及构件构造措施等提出原则性要求或下限控制标准，是保障此类混凝土房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.6节。

**5.3.1** 明确本节的适用范围。作为涉及房屋建筑抗震安全的技术性规定，其使用是有条件的，即仅在一定范围内是适用的。另一方面，对于符合本节适用条件的房屋建筑，本节后续条款规定必须执行。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 第8.1.1条。

**5.3.2** 明确钢结构建筑抗震体系的选用原则。房屋建筑抗震体系选择的合适与否直接决定着其抗震能力的高低，本条基于抗震概念设计的基本原则，对抗震体系选用的基本原则作出强制性要求是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.1.1、8.1.5~8.1.9条等。房屋建筑抗震体系的选择，首先是根据房屋高度确定合适的结构体系，即各类结构体系均应有一个适用的高度界限。对适用高度作出限定，主要是基于以下两个原因：其一，所谓适用高度，是指现有抗震技术的有效范围，一旦超出此范围，现有抗震技术措施的可靠性将大打折扣，所以，从确保技术安全的角度来讲，应该针对现有技术划定一个安全、合适、可操作的使用范围；其二，适用高度的规定，也是与超限高层建筑抗震设防专项审查制度相互衔接的必然选择。超限审查制度，作为一项行政许可制度，已经实行了近20年，对我国高层建筑的发展和抗震质量安全起到了重要的保障作用，因此，作为超限的主要标志之一，应该对各类体系的适用高度作出明确的界定。

**5.3.3** 钢结构抗震等级的基本规定。抗震等级是我国钢结构房屋抗震设计的重要参数。抗震等级不同表征的是结构或构件延性要求的差别，这里的延性包括两个层面的基本内容，即整体延性条件和局部延性条件，前者主要指的是能力设计相关内容（强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱杆件等），后者主要指的是构件本身的延性性能改善要求，多为构造要求。抗震设计时，根据抗震等级不同，对能力设计相关的内力调整以及延性改善相关的构造措施采取不同的对策，体现了区别对待的设计原则。本条综合考虑设防烈度、设防类别、结构类型和房屋高度四个因素给出抗震等级的基本规定是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.1.3条（强条）等。

**5.3.4** 明确钢框架结构能力设计的基本原则。目前为止，能力设计方法仍然是实现整体屈服机制的重要手段，而钢框架能力设计的主要内容在于保证节点的屈服机制（强柱弱梁）、节点域的屈服形态（强剪弱弯）等，本条对这两个方面提出原则性要求和最低控制标准，是保障钢框架结构地震安全的重要措施，十分必要。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.2.5条等。

**5.3.5 明确钢框架-中心支撑结构能力设计的基本原则。**钢框架-中心支撑结构的总体设计要求，结构层面，要确保双重抗侧力体系的实现，即含支撑框架处于第一道防线、不含支撑的框架处于第二道防线；在构件层面，应能保证支撑先于梁柱进入屈服状态，梁先于柱进入屈服状态，节点的剪切破坏先于弯曲破坏等。因此，本条对二道防线的强度、支撑框架的设计原则、梁柱节点和节点域的设计要求提出原则性规定和最低控制标准，是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.2.3条、8.2.5条等。

**5.3.6 明确钢框架-偏心支撑结构能力设计的基本原则。**钢框架-偏心支撑结构的总体设计要求是，结构层面，要确保双重抗侧力体系的实现，即含支撑框架处于第一道防线、不含支撑的框架处于第二道防线；在构件层面，应能保证消能梁段先于支撑、柱和普通梁段进入破坏状态，梁先于柱进入屈服状态，节点的剪切破坏先于弯曲破坏等。因此，本条对二道防线的强度、偏心支撑框架的设计原则、梁柱节点和节点域的设计要求提出原则性规定和最低控制标准，是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.2.3条、8.2.5条等。

**5.3.7 明确钢结构连接设计的基本原则。**钢结构构件连接的总体设计 requirements 是强连接弱杆件，按照现行《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.2.8条要求，钢结构连接需要进行二阶段设计，即（1）连接的设计强度不应小于相连杆件的设计强度，以保证杆件先进入屈服状态；（2）连接的极限强度应大于相连构件的屈服强度，以保证相连杆件充分工作。因此，本条对连接的二阶段设计提出原则性要求，是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.2.8条等。

**5.3.8 明确钢框架结构的基本构造要求。**构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条对钢框架结构潜在塑性铰区的构造要求、柱长细比、梁柱板件的宽厚比、连接构造以及非结构墙体的布局与拉结等提出原则性要求，是保障钢框架结构房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.3节，仅规定了梁塑性铰区的构造要求、柱长细比、梁柱板件的宽厚比、连接构造以及非结构墙体的布局与拉结等原则性要求。至于具体的细部构造等则由《钢结构通用规范》详细规定。

**5.3.9 明确钢框架-中心支撑结构的基本构造要求。**构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。钢框架-中心支撑结构与钢框架结构相比，区别在于支撑杆件及其连接的设计要求，本条除无支撑框架的构造要求保持与框架结构相同外，对中心支撑的长细比和板件宽厚比以及节点连接构造提出原则性要求，是保障钢框架-中心支撑结构房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.4节，仅规定原则性要求，具体构造措施详见《钢结构通用规范》的相关要求。

**5.3.10 明确钢框架-偏心支撑结构的基本构造要求。**构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。钢框架-偏心支撑结构与钢框架结构相比，区别在于消能梁段、偏心支撑杆件及其连接的设计要求，本条除无支撑框架的构造要求保持与框架结构相同外，对偏心支撑的长细比和板件宽厚比、节点连接构造、消能梁段的细部构造提出原则性要求，是保障钢框架-偏心支撑结构房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第8.5节，仅规定原则性要求，具体构造措施详见《钢结构通用规范》的相关要求。

**5.4.1 明确本节的适用范围。**作为涉及房屋建筑抗震安全的技术性规定，其使用是有条件的，即仅在一定范围内是适用的。另一方面，对于符合本节适用条件的房屋建筑，本节后续条款规定必须执行。本条参照《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.1.1条。

**5.4.2 明确钢-混凝土组合结构房屋抗震体系选用的基本原则。**房屋建筑抗震体系选择的合适与否直接决定着其抗震能力的高低，本条基于抗震概念设计的基本原则，对抗震体系选用的基本原则作出强制性要求是必要的。本条参照《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.1.1、6.1.5条、6.1.9条等。关于适用高度的限定，主要是基于以下两个原因：其一，所谓适用高度，是指现有抗震技术的有效范围，一旦超出此范围，现有抗震技术措施的可靠性将大打折扣，所以，从确保技术安全的角度来讲，应该针对现有技术划定一个安全、合适、可操作的使用范围；其二，适用高度的规定，也是与超限高层建筑抗震设防专项审查制度相互衔接的必然选择。超限审查制度，作为一项行政许可制度，已经实行了近20年，对我国高层建筑的发展和抗震质量安全起到了重要的保障作用，因此，作为超限的主要标志之一，应该对各类体系的适用高度作

出明确的界定。

**5.4.3** 明确钢-混凝土组合结构房屋抗震等级的基本规定。抗震等级是钢-混凝土组合结构房屋的重要的设计参数，抗震等级不同，不仅计算时相应的内力调整系数不同，对配筋、配箍、轴压比、剪压比的构造要求也有所不同，体现了不同延性要求和区别对待的设计原则。本条综合考虑设防烈度、设防类别、结构类型和房屋高度四个因素给出抗震等级的基本规定是必要的。本条参照GB50011-2010第6.1.2条（强条）、6.1.3条等。

**5.4.4** 明确钢-混凝土组合结构房屋中各类结构构件的能力设计要求。

**5.4.5** 明确框架结构基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条从框架结构的构件断面、潜在塑性铰区的箍筋加密要求、梁柱和节点的配筋构造、非结构墙体的布局与拉结等角度提出原则性要求，是保障混凝土框架结构房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条参照《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.3节，仅规定了柱子最小断面和最低配筋率、以及梁柱箍筋的加密要求、梁柱和节点的配筋构造、非结构墙体的布局与拉结等原则性要求。至于框架梁、柱的详细配筋构造、以及柱轴压比等则由《组合结构通用规范》详细规定。关于柱最小断面要求，本条除了保持现行规范的400mm、以及长边与短边比值不应大于3的要求外，增补了重力荷载代表值下的轴压比不应大于0.75的要求，主要是根据中国建筑科学研究院关于我国不同烈度区框架结构倒塌概率分析结果，6、7度地区的框架结构的大震倒塌概率明显高于8、9度地区，主要原因是6、7度地区框架结构设计控制因素是柱子的轴压比，而8、9度地区的控制因素是小震下的弹性变形。由于6、7度时（四、三级）柱子轴压比的限值较为宽松，进而导致柱子断面普遍偏小，抗震潜力普遍不足。为了切实提高6、7度地区框架结构的地震安全度，本条增加重力荷载代表值下的轴压比要求。

**5.4.6** 明确抗震墙结构、部分框支抗震墙结构、框架-抗震墙结构的基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条从抗震墙的厚度、配筋率、框支柱和框架柱的配筋率等提出最低要求，以及各类构件的箍筋加密和配筋构造的原则性要求，是保障此类混凝土房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.4、6.5节，仅规定了抗震墙的最小厚度、含钢率、最低配筋率、框支柱和框架柱的含钢率和最小配筋率等，以及各类构件箍筋加密的原则性要求。至于各类构件的细部构造则由《组合结构通用规范》进一步详细规定。

**5.4.7** 明确筒体结构的基本构造要求。构造措施是抗震设计的重要内容和不可或缺的组成部分，也是工程结构抗震能力的重要保障。本条对抗震墙的厚度、配筋率、水平加强构件（大梁或桁架）的布置、外框架刚度要求及设计对策等提出原则性要求或下限控制标准，是保障此类混凝土房屋抗震能力的重要手段，是必要的。本条参照《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第6.7节。

**5.5.1** 明确本节的适用范围。作为涉及房屋建筑抗震安全的技术性规定，其使用是有条件的，即仅在一定范围内是适用的。另一方面，对于符合本节适用条件的房屋建筑，本节后续条款规定必须执行。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第7.1.1条。

**5.5.2** 明确砌体结构房屋抗震概念设计的基本原则。所谓“抗震概念设计”，是指人们根据地震灾害和工程经验等所形成的、行之有效的抗震设计基本原则和指导思想，实践经验表明，其对建筑抗震的重要性远非“计算分析”可以比拟的，对于砌体结构房屋尤其如此。本条对砌体房屋的建筑平面布局、承重体系选择、抗侧力构件布置、楼屋盖的整体性要求、楼板高差要求、整体性拉结措施等提出原则性或底线控制性要求，是十分必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第7.1.5(强条)、7.1.7条。

**5.5.3** 明确多层砌体房屋的高度和层控制要求。国外对地震区砌体结构房屋的高度限制较严，有的甚至规定不允许使用无筋砌体结构。我国历次地震的宏观调查资料表明，不配筋砖结构房屋的高度越高，层数越多，则震害越重，倒塌的比例也越大。震害经验还表明，控制无筋砌体结构房屋的高度和层数是一种既经济又有效的重要抗震措施。因此，基于砌体材料的脆性性质和震害经验，严格限制其层数和高度目前仍是保证该类房屋抗震性能的主要措施。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.1.2条（强条）、《约束砌体与配筋砌体结构技术规程》JGJ13-2014第5.1.5条（强条）。

**5.5.4** 明确砌体抗震抗剪强度设计值的取值要求。由于在地震作用下砌体材料的强度指标与静力条件下不同，本条专门给出了关于砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值的规定。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.2.6条（强条）、《约束砌体与配筋砌体结构技术规程》JGJ13-2014第5.3.1条（强条）。

**5.5.5** 明确砌体墙段的刚度调整要求。砌体房屋层数不多，其刚度沿高度分布一般较均匀且以剪切变形为主，故抗震计算分析时通常采用底部剪力法做简化计算。水平地震作用在各墙段之间的分配主要取决于相对刚度的大小，因此，墙段刚度的取值直接决定着其相对地震剪力的大小。本条文依据墙段高宽比的不同给出等效刚度取值的规定，对恰当评估墙段地震剪力是非常重要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.2.3条。

**5.5.6** 明确无筋砌体房屋构造柱和芯柱的设置要求。根据地震经验和大量的试验研究成果，设置钢筋混凝土构造柱是防止砖房倒塌的十分有效的途径。研究表明，构造柱可提高砌体抗剪能力约10%~30%，其提高的幅度与墙体高宽比、正应力大小和开洞情况有关。构造柱的作用主要是对墙体形成约束，以显著提高其变形能力，构造柱应设置在震害可能较重、连接构造薄弱和易于应力集中的部位，这样做效果较好。构造柱截面不必很大，但要与圈梁等水平的钢筋混凝土构件组成对墙体的分割包围才能充分发挥其约束作用。总的说来，构造柱应根据房屋用途、结构部位、设防烈度和该部位承担地震剪力的大小来设置。混凝土小型砌块作为墙体改革的材料，大力推广应用是很有必要的。为提高混凝土小型砌块房屋的抗震安全性，不仅需要对高度、层数限制和建筑结构布置提出强制性要求，还应对多层小砌块房屋的芯柱设置做出强制性规定。小砌块房屋芯柱的作用类似于砖房的构造柱，技术要求上也有一定的对应关系。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第7.3.1条（强条）、第7.4.1条（强条）。

**5.5.7** 明确无筋砌体房屋圈梁设置要求。震害表明，抗震圈梁能增加预制楼盖的整体性，是提高房屋抗震能力的有效措施。圈梁与构造柱一起形成对墙体的约束，是确保房屋整体性的重要措施。本条文按不同的设防烈度对圈梁最大间距提出强制性要求，是必要的。历次的震害资料表明，现浇楼盖有良好的整体性，不需要另设圈梁，但楼板沿纵横墙体的周边应加强配筋，并通过钢筋与相应构造柱可靠连接，形成对墙体的约束。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第7.3.3条（强条）、第7.4.4条（强条）。

**5.5.8** 明确约束砌体房屋圈梁和构造柱的设置原则。圈梁与构造柱是改善和提高砌体房屋抗震能力的有效措施，这一点对约束砌体房屋也不例外。鉴于约束砌体要比无筋砌体性能优越的事实，其圈梁与构造柱设置要求不必与无筋砌体一样严格，但规定圈梁与构造柱的基本设置要求，已加强墙体相互拉结、确保房屋的整体性还是十分必要的。本条改自《约束砌体与配筋砌体结构技术规程》JGJ13-2014第6.2.1条。

**5.5.9** 明确砌体房屋楼屋盖构件（板、梁）的基本构造要求。楼屋盖在房屋建筑抗震体系中的地位非常重要，其横隔效应是保证砌体房屋建筑的整体性、构建空间立体抗震体系的关键环节，因此，世界各国的抗震设计规范均十分重视横隔板设计。本条对楼板的支承长度和拉结措施、以及楼屋盖大梁的支承条件和拉结措施等提出原则性要求和底线控制性要求是非常必要的。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第7.3.5条（强条）、第7.3.6条（强条）。

**5.5.10** 明确砌体房屋楼梯间的构造要求。历次地震震害表明，楼梯间作为地震疏散通道，而且地震时受力比较复杂，常常破坏严重，必须采取一系列有效措施。突出屋顶的楼、电梯间，地震中受到较大的地震作用，因此在构造措施上也应当特别加强。要求砌体结构楼梯间墙体在休息平台或半层高处设置钢筋混凝土带或配筋砖带，以及采取其他加强措施，特别要求加强顶层和出屋面楼梯间的抗震构造——相当于约束砌体的构造要求。总体意图是形成突发事件发生时的应急疏散安全通道，提高对生命的保护。本条改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第7.3.8条（强条）。

**5.6.1** 明确本节的适用范围。本节的木结构房屋指的是穿斗木构架、木柱木屋架和木柱木梁等房屋。

**5.6.2** 明确木结构房屋布局的基本要求，以及总高度和总层数的限制性要求。《建筑抗震设计规范》GB 50011第11章。

**5.6.3** 明确木结构房屋的基本构造要求。

**5.7.1** 明确本节的适用范围。本节的土结构房屋指的是未经焙烧的土坯、灰土和夯土承重墙

体的房屋及土窑洞、土拱房。本节的石结构房屋指的是砂浆砌筑的料石砌体(包括有垫片或无垫片)承重的房屋。

**5.7.2** 明确土、石结构总高度和总层数的限制性要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第11章。

**5.7.3** 明确土、石结构房屋布局的基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第11.1.1条。

**5.7.4** 明确土、石房屋结构材料的基本要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第11.1.5条。

**5.7.5** 明确生土房屋的基本构造要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第11.2节。

**5.7.6** 明确石结构房屋的基本构造要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011第11.4节。

**5.8.1** 明确本节的适用范围。本节的混合承重结构建筑包括底部框架-抗震墙砌体结构房屋、混凝土-钢混合结构房屋以及大跨屋盖建筑。

**5.8.2** 底框砌体房屋的高度和层控制要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.1.2条（强条）、《底部框架-抗震墙砌体房屋抗震技术规程》JGJ248-2012第3.0.2条（强条）。

**5.8.3** 底框砌体房屋的抗震体系的基本原则。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.1.6条（强条）、7.1.8条（强条）、《底部框架-抗震墙砌体房屋抗震技术规程》JGJ248-2012第3.0.6条（强条）、3.0.9条（强条）。

**5.8.4** 底框砌体房屋的内力调整规定。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.2.4条（强条）、《底部框架-抗震墙砌体房屋抗震技术规程》JGJ248-2012第3.0.6条（强条）、3.0.9条（强条）。

**5.8.5** 底框砌体房屋的基本构造要求。改自《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010第7.1.9条、7.5.1条、7.5.7条（强条）、7.5.8条（强条），以及《底部框架-抗震墙砌体房屋抗震技术规程》JGJ248-2012的相关条款。

**5.8.6** 明确钢-混凝土混合结构建筑抗震体系的选用原则。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010附录G.1.1、G.1.3、G.2.1、G.2.3条等。（分别引用钢和混凝土相关强条内容）。

**5.8.7** 混合结构抗震等级的基本规定。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第G.1.2条、G.2.2等。

**5.8.8** 混合结构的内力调整基本规定。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第G.1.3条、G.2.3等。

**5.8.9** 混合结构的基本构造要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第G.1.5条、G.2.6条等。

**5.8.10** 明确本节的适用范围。目前工程应用的大跨屋盖结构形式总体上分为刚性体系和柔性体系两类,这两类体系可按结构计算分析时是否应考虑几何非线性效应来区分。对于悬索结构、索杆张力结构、膜结构这些柔性体系,由于非线性效应的影响,其地震作用计算方法和抗震设计与刚性体系存在明显差别,尚需继续研究,目前列入规范的条件还不成熟。但这些柔性结构体系往往具备自重轻、地震作用小、结构强度富余度高等特点,故抗震验算对其设计一般不起控制作用。因此,这些柔性体系的抗震设计只要严格执行《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第1~5章的相关规定,一般能满足其抗震设计的要求。对于形式复杂、跨度较大的柔性体系,还会进行“超限”审查来保证其抗震设计的合理性。绝大多数大跨建筑的屋盖结构采用的是刚性体系。刚性体系的形式虽然众多,但总体上可归纳为拱、平面桁架、立体桁架、网架、网壳、张弦梁、弦支穹顶等七种基本形式或这些基本形式的组合。对于上述常用屋盖结构形式的抗震研究开展较多,并已积累了一定的抗震设计经验,故也是有抗震设防要求的大跨屋盖结构应优先选择的形式。对结构抗震设计进行规范,并不表示要限制大跨屋盖结构形式的创新。但由于对新结构形式抗震性能的认识不足,因此对非常用的屋盖结构形式以及跨度或体量较大的屋盖结构就必须进行专门的研究和论证,并采取有效的加强措施(一事一议)。这是本规范条文应明确的重要原则之一。

**5.8.11** 大跨屋盖建筑的结构选型和布置基本原则。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第10.2.2、10.2.3条。绝大多数常用大跨屋盖结构通常具有优良的抗震性能。6、7度时,按非抗

震满应力设计确定构件截面的结构，不仅可以满足“小震不坏”（小震弹性验算），大多数情况甚至可以满足“中震不坏”。“大震不倒”的设防水准也容易达到。8度时，地震作用虽会对中、大跨度（60米以上）的屋盖结构的构件截面设计起控制作用，但也并非起绝对控制作用。在中震作用下，结构虽会出现一定的塑性变形，但并不会对结构性能造成明显影响。除屋盖结构或下部结构布置非常不规则以外，8度时屋盖结构一般都容易满足“大震不倒”的要求。因此，做好大跨屋盖结构的抗震设计的原则和措施并不复杂，确保结构地震作用分布合理、传力途径明确也是重要的原则。

**5.8.12** 明确大跨屋盖结构地震作用计算的基本原则。屋盖结构自身的地震效应是与下部结构协同工作的结果。由于下部结构的竖向刚度一般较大，以往在屋盖结构的竖向地震作用计算时通常习惯于仅单独以屋盖结构作为分析模型。但研究表明，不考虑屋盖结构与下部结构的协同工作，会对屋盖结构的地震作用，特别是水平地震作用计算产生显著影响，甚至得出错误结果。即便在竖向地震作用计算时，当下部结构给屋盖提供的竖向刚度较弱或分布不均匀时，仅按屋盖结构模型所计算的结果也会产生较大的误差。因此，考虑上下部结构的协同作用是屋盖结构地震作用计算的基本原则。考虑上下部结构协同工作的最合理方法是按整体结构模型进行地震作用计算。因此对于不规则的结构，抗震计算应采用整体结构模型。当下部结构比较规则时，也可以采用一些简化方法（譬如等效为支座弹性约束）来计入下部结构的影响。但是，这种简化必须依据可靠且符合动力学原理。对于单向传力体系，结构的抗侧力构件通常是明确的。桁架构件抵抗其面内的水平地震作用和竖向地震作用，垂直桁架方向的水平地震作用则由屋盖支撑承担。因此，可针对各向抗侧力构件分别进行地震作用计算。除单向传力体系外，一般屋盖结构的构件难以明确划分为沿某个方向的抗侧力构件，即构件的地震效应往往是三向地震共同作用的结果，因此其构件验算应考虑三向（两个水平向和竖向）地震作用效应的组合。为了准确计算结构的地震作用，也应该采用空间模型。这也是基本原则。

**5.8.13** 大跨屋盖建筑的内力调整原则。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第10.2.12条。拉索是预张拉结构的重要构件。在多遇地震作用下，应保证拉索不发生松弛而退出工作。在设防烈度下，也宜保证拉索在各地震作用参与的工况组合下不出现松弛。

**5.8.14** 大跨屋盖结构的基本构造要求。改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第10.3节。支座节点往往是地震破坏的部位，也起到将地震作用传递给下部结构的重要作用。此外，支座节点在超过设防烈度的地震作用下，应有一定的抗变形能力。但对于水平可滑动的支座节点，较难得到保证。因此建议按设防烈度计算值作为可滑动支座的位移限值（确定支承面的大小），在罕遇地震作用下采用限位措施确保不致滑移出支承面。

**6.1.1** 明确本节的适用范围，改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第1.0.2条。  
《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第1.0.2条规定，“本规范适用于地震基本烈度6、7、8和9度地区的城市梁式桥和跨度不超过150m的拱桥。斜拉桥、悬索桥和大跨度拱桥可按本规范给出的抗震设计原则进行设计”。

**6.1.2** 明确城市桥梁抗震设计方法的选用原则，引自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第3.3.2条。

**6.1.3** 明确A类设计桥梁抗震体系的基本要求，改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第3.3.2条。

**6.1.4** 明确桥梁抗震分析方法选择的原则，改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第6.1.4条。

**6.1.5** 能力保护构件设计内力调整的基本要求。改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第6.6.1和第6.6.2条。

**6.1.6** 墩柱箍筋的配置要求，改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第8.8.1(强条)条、8.1.2条、8.1.3条。。

**6.1.7** 桥梁的防落要求及墩梁间搭接长度规定，改自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第11.1.1条、第11.2.1和11.3.2条。

**6.1.8** 桥梁抗震措施对主要构件地震反应影响的控制原则，引自《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ-2011）第11.1.2条。

**6.2.1** 明确本节的适用范围。

**6.2.2** 根据城镇给水、排水和燃气、热力工程系统中一些厂站工程的实际情况，有很多单层的建筑在具体结构抗震设计时，无法从现行《建筑抗震设计规范》GB 50011找到有针对性的规定，一般遇到这种情况时，设计只能参照同类型多层建筑机构的抗震规定进行结构设计，因此也出现了很多不合理的情况。本节特对此类建筑抗震做了具体规定，以满足城镇给水、排水和燃气、热力工程系统中此类工程设计的需要。

**6.2.3** 本条文重点强调的是构筑物非结构构件，如：给水排水厂站中污水处理池、净水厂中清水池的导流墙、泵房内的布水墙、设备支承墙、托架、吊架等，此类构件虽不参与构筑物的结构抗震，但需根据构件的具体功能进行必要的抗震设计。

**6.2.4** 由于湿式气柜的抗震性能较差，一般国内不推荐在9度地震区采用湿式气柜方案，如拟采用湿式气柜方案，应有建设部门组织专家对项目的抗震设计进行专项论证或进行超限审查。

**6.2.5** 实际工程设计中盛水构筑物变形缝宽度一般为30mm。经过几次大的地震实际检验，可以认为目前的变形缝构造对常规的地下或半地下盛水构筑物能够满足性能要求。但对一些超常规的地上式盛水构筑物，尤其池深较大或变形缝两侧结构抗侧刚度存在较大差异，当其遭遇大震情况时，有个别案例出现防震缝两侧混凝土有局部挤压的情况，这说明防震缝宽度可能偏小。盛水构筑物的变形缝宽度的改变是一个系统问题，涉及到材料、止水带产品以及工程设计与施工等多个方面，不可能只靠工程标准解决问题。故本次修订补充了防震缝的宽度规定，并对超常规盛水构筑物的防震缝设计增加变形分析，以此作为附加措施。对于两池或多池并行贴建情况即所谓双挡水墙结构形式，此条文是针对双墙等高的情况，当两侧池墙不同高时，可取较低一侧池墙顶部的计算位移值。因水池结构抗震只考虑第一振型影响，故双墙在地震时并不产生相向位移，此规定旨在双墙结构处于各种工况条件下均不发生触碰；若采用双墙有条件共构设计即协同受力时，其变形缝构造不在此规定的范围之内。

**6.2.6** 给水排水、燃气热力场站工程中的附属单层建筑，如：输配水泵房、设备机房、配电室、备品备件仓库等，常采用单层单跨的框架结构、框排架结构、排架结构。现行《建筑抗震设计规范》GB50011并没有针对单层框架、框排架结构的抗震构造及措施，在以往的工程设计中，设计人基本是套用多层对应结构的抗震构造及措施。由于给水排水、燃气热力场站工程中的单层框架绝大部分框架柱的轴压比都很低，几乎没有有超过0.15的情况（从实际工程设计调查看绝大多数在0.1附近且结构自振周期也较短），故而导致这种对相关规范抗震措施“简单借用”的设计做法存在明显的不合理，这种不合理在汶川地震中都有很明确的体现，这显然有悖于延性抗震的基本理念和三阶段抗震设防准则；另一方面，在施工图设计审查中由于没有准确的依据，审图单位往往也难以把握，经常为某些具体条款的执行，设计方与审查方产生意见歧异。为此，北京市市政工程设计研究总院有限公司与北京工业大学合作，自2016年初开始历经约10个月的时间，对此进行了专项研究。课题组通过有限元模拟分析及2:1缩尺混凝土框架实体模型的推覆实验并得出相应结论，即在同地震效应作用工况下，作为上述单层结构的抗震构造和抗震措施可以在同类型多层建筑结构的抗震构造和抗震措施的基础上适当降低。

**6.2.7** 明确给水排水、燃气热力场站工程结构构件抗震验算的基本规定。

**6.2.8** 明确给水排水厂站工程中水池的抗震设计基本要求。

**6.2.9** 明确燃气工程中储气柜的抗震基本要求。

**6.2.10** 明确取水泵房的抗震基本要求。地下取水泵房（包括一些立交排水泵房）一般建筑的体量较小，故多采用砌体结构。当为砌体结构时，即可参照《建筑抗震设计规范》GB50011相关章节条款规定执行。本条款修改只是在文字表述方面与《建筑抗震设计规范》GB50011中有关砌体结构章节的相协调；当抗震设防烈度为9度时，明确增加在墙体四角的位置，应设置构造柱的规定，此规定旨在提高9度区砌体泵房的抗震性能。此外，取消某些已为当下淘汰的工程做法（如预制板加现浇层）的规定，在此类建筑中亦不再适用。由于《建筑抗震设计规范》GB50011中并没有明确涉及地下取水泵房这类单层建筑抗震构造，故此只能参照执行。

**6.2.11** 明确给水排水工程中水柜支承结构的抗震基本要求。

**6.2.12** 明确给水排水和燃气热力工程中管道及其连接材料的基本要求。

**6.2.13** 明确矩形管道应的抗震基本要求。

**6.2.14** 明确给水排水和燃气热力工程中各类管道的基本构造措施。

**6.2.15** 作为滑动支座侧向挡板除在正常运行时可以间接或直接起到导向作用外，在地震时具有防止架空管道坠落的功能，因此对其受力有一定要求，具体设计可参照本规范有关非结构构件抗震设计规定执行。

**6.3.1** 明确本节的适用范围。地下建筑种类较多，有的抗震能力强，有的使用要求高，有的服务于人流、车流，有的服务于物资储藏，抗震设防应有不同的性能化设计要求。本条规定本章适用范围为单建式地下建筑，且不包括地下铁道和城市公路隧道，因为附建式地下建筑的性能要求通常与地面建筑一致，地下铁道和城市公路隧道等的抗震设防要求另有规定。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.1.1条及其条文说明。

**6.3.2** 明确地下建筑的设防目标要求。甲、乙类地下建筑通常使用功能重要，并常具有结构形式复杂，空间尺度大，周围环境复杂，一旦发生震害修复技术难度大，耗费时间长，直接、间接经济损失多，并易发生次生灾害，影响居民生活，造成负面社会影响等特点。如1995年1月17日发生在日本的阪神地震中，明挖法施工的大开地铁车站破坏严重，整个车站有一半以上的中柱发生严重的倒塌破坏，破坏最严重处混凝土楼板坍塌导致地面发生近3m的塌陷。大开车站震后的修复经过工作降水、施作支撑结构、挖土、支撑、铺设临时路面、拆除原有结构的受损部分、一层部分修复、线路防护网的设置、列车通过、二层部分修复、出入口大厅的重建、防水处理、回填、出入口重建等一系列繁杂过程，整个修复工作历时一年，可见，地下结构一旦发生损坏，修复难度很大，经济成本极高。因此，对甲、乙类地下建筑，有必要适当提高其抗震设防目标。经济分析方面，鉴于地下建筑的地震响应一般小于同一地点的地面建筑，对其适当提高抗震设防目标一般并不需要明显增加建设费用。如上海临港新城滴水湖站交通枢纽工程（含三柱四跨框架结构地铁车站和配套地下空间），主体为地下两层结构，局部中楼板缺失，属于复杂地下大空间综合体。在7度设防地震动作用下，结构最大层间位移角为1/1700，远小于弹性层间位移角限值1/550；在7度罕遇地震动作用下，地下空间中地下一层和地下二层的最大层间位移角为1/1400，也远小于弹塑性层间位移角限值1/250。可见，对甲、乙类地下建筑，对其适当提高抗震设防目标一般并不需要明显增加建设费用。

**6.3.3** 明确地下工程的选址和勘察要求。处于可能液化或产生震陷、地质条件变化显著、地质灾害可能波及等抗震不利地段的地下建筑，应进行专项岩土工程勘察。需利用临近建筑的勘察资料时，应检查其是否满足专项岩土工程勘察的要求。有些基岩起伏的场地尽管尺度变化不大，但地质条件变化显著。如青岛市地质情况多为上部软弱土层、下部坚硬岩层，具有土层分布不均匀，杂填土、岩土结合，持力层起伏较大，临海等复杂地质特点。地层剖面岩性的变化会导致地震对地下建筑结构的非一致作用。已有研究表明，地震作用下，地下结构受周围地层影响显著，对处于可能液化或产生震陷、地质条件变化显著、地质灾害可能波及等抗震不利地段的地下建筑，地下结构的地震反应将受明显的影响，对此类地下建筑应进行专项岩土工程勘察，并给出用于结构地震响应分析的土体动力学参数。属于重大建设工程项目的地下建筑，尚按规定进行工程场地地震安全性评价。

**6.3.4** 明确地下工程布局的基本要求。对称、规则并具有良好的整体性，及结构的侧向刚度宜自下而上逐渐减小等是抗震结构建筑布置的常见要求。区别在于，与地面建筑结构相比较，地下建筑结构尤应力求体型简单，纵向、横向外形平顺，断面形状、构件组成和尺寸不沿纵向经常变化，使其抗震能力提高。口部结构往往是岩石地下建筑抗震能力薄弱的部位，而洞口的地形、地质条件则对口部结构的抗震稳定性有直接的影响，故应特别注意洞口位置和口部结构类型的选择的合理性。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.1.3条、14.1.5条的条文及说明。

**6.3.5** 明确钢筋混凝土地下工程结构的抗震等级。鉴于以往并未对地下钢筋混凝土建筑结构开展抗震等级的研究，本条主要根据积累的经验并参照地面建筑的规定提出具体建议，相关要求略高于高层建筑地下室，这是由于：高层建筑地下室使用功能的重要性与地面建筑相同，楼房倒塌后地下室一般即弃之不用，单建式地下建筑则在附近房屋倒塌后仍常有继续服役的必要，其使用功能的重要性常高于高层建筑地下室；地下结构一般不宜带缝工作，尤其是在地下水位较高的场合，其抗震设计要求应高于地面建筑；地下空间通常是不可再生的资源，损坏后一般不能推倒重来，而要求原地修复，难度较大，抗震设防要求应高于地面建筑。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.1.4条及条文说明。

**6.3.6 明确地下工程地震响应分析的范围。**根据以往的工程设计和震害调查资料，地下工程与地面建筑在地震作用下的振动响应有很大的不同。其主要原因在于，地面建筑的自振特性，如质量、刚度等对结构地震响应影响很大，而地下工程受周围岩土介质的约束作用，结构的动力响应一般不能充分表现出自振特性的影响，通常是地震下的土体变形或应变以及土-结作用起主要作用。因此，地下工程的地震响应是极为复杂的，为了确保强烈地震时地下工程的安全性及可靠性，要求地下工程进行地震响应分析是必要的。另一方面，根据我国唐山（1976）和日本阪神（1995）等大地震中地下工程的震害资料，对于遭遇烈度较低、且地质条件较好的地下工程，采取合适的抗震措施后，其抗震能力是能够满足预期设防目标的要求的。因此，对于6、7度设防时位于I、II场地中的丙类、丁类地下工程、以及8度（0.20g）设防时位于I、II类场地、层数不超过二层、体型规则且跨度不超过18m的丙类和丁类地下工程，允许不进行地震响应分析。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.2.1条的条文及条文说明。

**6.3.7 明确地下工程地震响应分析模型的基本要求。**结构型式、土层和荷载分布的规则性对结构的地震反应都有影响，体型复杂的地下结构其地震反应将有明显的空间效应，因此，对于体型复杂的地下工程，适用于平面应变问题分析的反应位移法、等效水平地震加速度法和等效侧力法等已不适用，必须采用具有普遍适用性的空间结构分析计算模型并采用土层-结构时程分析法计算设防地震和罕遇地震作用下的地震响应。体型复杂的地下工程指：长宽比和高宽比均小于3的地下工程，开洞面积较大的地下工程，以及除了“周围地层分布均匀、规则且具有对称轴的纵向较长的地下工程”以外的地下工程。地下工程层数不多，平面面积则较大，地层岩性随平面尺度增加而变化的几率大。建筑面积越大的地下工程，存在不连续（如开洞）情况的几率大大增加，同时，结构竖向地震响应可能会增强。当前，城市地下空间开发已经进入快速发展阶段，涌现越来越多的大面积地下工程。如上海市后世博超高层建筑群地下大空间综合体，一个片区地下工程面积就高达45万平方米；再如上海港汇广场三层地下室和临港新城复杂地下大空间综合体。对于诸如此类面积较大的地下工程，鉴于其重要性和安全性，均必须采用空间结构分析计算模型并采用土层-结构时程分析法计算设防地震和罕遇地震作用下的地震响应。本条参考《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.2.3条的条文及条文说明。

**6.3.8 明确地下工程地震响应分析时参数取值的基本要求。**作用方向与地下工程结构的纵轴方向斜交的水平地震作用，可分解为横断面上和沿纵轴方向作用的水平地震作用，二者强度均将降低，一般不可能单独起控制作用。因而对其按平面应变问题分析时，一般可仅计算沿结构横向的水平地震作用。研究表明按平面应变问题进行抗震计算的方法一般适用于离端部或接头的距离达1.5倍结构跨度以上的地下工程结构。端部和接头部位等的结构受力变形情况较复杂，进行抗震计算时原则上应按空间问题进行分析。结构型式、土层和荷载分布的规则性对结构的地震反应都有影响，差异较大时地下结构的地震反应也将有明显的空间效应的影响，因此即使是抗震设防烈度为7度的、外形相仿的长条形结构，必要时对其也宜按空间结构模型进行抗震计算和分析，包括考虑计及竖向地震作用。对地下工程结构，水、土压力常是主要荷载，故在确定地下工程结构的重力荷载的代表值时，应包含水、土压力的标准值。采用土层-结构时程分析法或等效水平地震加速度法计算地震反应时，土、岩石的动力特性参数的表述模型及其参数数值宜由试验确定。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.2.3条的条文及条文说明。

**6.3.9 明确地下工程抗震验算的基本要求。**一般情况，应进行多遇地震作用下截面承载力和构件变形的抗震验算，并假定结构处于弹性受力状态。对甲、乙类地下工程，应进行设防地震作用下截面承载力和构件变形的抗震验算，但也假定结构处于弹性受力状态。罕遇地震作用下混凝土结构弹塑性层间位移角限值 $[\theta_p]$ 宜取1/250。在有可能液化的地基中建造地下工程结构时，应注意检验其抗浮稳定性，并在必要时采取措施加固地基，以防地震时结构周围的场地液化。经采取措施加固后地基的动力特性将有变化，宜根据实测液化强度比确定液化折减系数，用以计算地下连续墙和抗拔桩等的摩阻力。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.2.4条的条文及条文说明。

**6.3.10 明确地下工程顶板、地板以及楼盖结构的基本构造要求。**为加快施工进度，减少基坑暴露时间，地下工程结构的底板、顶板和楼板常采用无梁肋结构，由此使底板、顶板和楼板等的受力体系不再是板梁体系，故在必要时宜通过在柱上板带中设置暗梁对其加强。为加强楼盖结构的整体性，提出第2款为加强周边墙体与楼板的连接构造的措施。水平地震作用下，地下工程侧墙、顶板和楼板开孔都将影响结构体系的抗震承载能力，故有必要适当限制开孔面积，

并辅以必要的措施加强孔口周围的构件。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.3.2条的条文及条文说明。

**6.3.11** 明确地下工程抗液化基本要求。对周围土体和地基中存在的液化土层，注浆加固和换土等技术措施常可有效地用于使其消除或减小场地液化的可能性。而在对周围土体和地基中存在的液化土层未采取措施消除或减小其液化的可能性时，应考虑其上浮的可能性，并在必要对其采取抗浮措施。鉴于经采取措施加固后地基的动力特性将得到改善，故在对采取的抗浮措施的有效性进行检验时，应根据实测液化强度比或由经验类比选定的液化强度比确定液化折减系数后，进而计算地下连续墙和抗拔桩等的摩阻力。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.3.3条的条文及条文说明。

**6.3.12** 明确穿越潜在震陷区或滑动区的基本抗震措施。震陷或滑落等严重的地面变形对地下工程的破坏往往时致命的，对于穿越潜在震陷区或滑动区的地下工程，除了要加强结构本身的刚度、强度和整体性外，尚应采取必要的地质灾害防治措施。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.3.4条的条文及条文说明。

**6.3.13** 明确岩石中地下工程的基本抗震措施要求。汶川地震隧道震害的调查表明，断层破碎带的复合式支护采用素混凝土内衬结构时，地震作用下内衬结构有可能严重裂损并大量坍塌，而采用钢筋混凝土内衬结构的隧道口部地段，复合式支护的内衬结构却仅出现裂缝，表明在断层破碎带中采用钢筋混凝土内衬结构的必要性。本条改自《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第14.3.5条的条文及条文说明。