

11 37-62

第二版

钢筋混凝土 建筑结构与特种 结构手册

主编 陈载赋 四川科学技术出版社

下

本书被中国书刊发行业协会
评为全国优秀畅销书

钢筋混凝土建筑结构与 特种结构手册

第 二 版

(下)

陈载赋 陈正祥 余忠兴
许银坤 杨春田 林 金 等编著
鞠建英 卢盛澄 陈洁非
陈载赋 主 编

四川科学技术出版社

第四篇

建筑结构的抗震设计

4.1 基本规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 适用范围

1. 适用于抗震设防烈度为 6~9 度地区的一般建筑抗震设计。

2. 抗震设防烈度为 10 度地区和行业有特殊要求的建筑抗震设计，应按有关专门规定执行。建设部（89）建抗字第 426 号文，关于 10 度地区建筑抗震设防暂行规定，摘录如下：

我国地震基本烈度 10 度及以上地震区，虽然只占全国国土的百分之一左右，但这些地区仍有可能进行建设，而现行《建筑抗震设计规范（GBJ11—89）》（以下简称“抗震规范”）未做具体规定，为满足 10 度区抗震设计的需要，特作如下规定：

1) 10 度区一般是七级以上强震的震中地区，新建工程也应严加控制，必须建设时，应由省、部抗震主管部门审查、批准。

2) 10 度区工程建设的设防标准是：按本规定设计的建筑物，当遭遇 10 度地震影响时，不致造成严重破坏以至倒塌，避免造成人员伤亡。

3) 10 度区的重要建筑抗震设计须经抗震主管部门组织专家审查。

4) 10 度区建筑应符合以下基本要求

(1) 应特别注意选择对抗震有利的场地，避免因高烈度地区地质、地形、地貌变化而加重建筑物震害。

(2) 应采取整体性和刚性好的基础，对软弱粘性土、液化土、新近填土或不均匀土层必须处理或采用相应的措施。

(3) 应严格遵守平面、立面简单，重量、刚度均匀对称等建筑布置原则，限制建筑物高度，严禁修建高层建筑。

(4) 应选择合理的抗震结构体系，采用多道设防的结构，加强整体性，提高变形和耗能能力。

(5) 严禁修建女儿墙、门脸等易倒塌的装饰物，应加强其他非结构构件与主体结构的锚

固和联接，防止倒塌和坠落。

5) 10度区建筑结构设计应符合下列要求

(1) 多层砖房总高度不应超过9米(三层)，并须设置钢筋混凝土构造柱和现浇或装配整体式楼(屋)盖。

(2) 钢筋混凝土房屋应设置剪力墙，不应采用框支结构，应采用现浇或装配整体式楼(屋)盖。

6) 10度区建筑物的地震作用和截面抗震验算均按“抗震规范”的有关规定执行，但水平和竖向地震影响系数最大值分别取9度时的1.50倍和1.80倍，反应谱曲线接近震取用。

7) 10度区建筑的抗震构造措施，应根据“抗震规范”的建筑类别区别对待，可暂按9度区的构造措施采用或加强。

4.1.1.2 抗震的概念设计

影响地震作用的因素很多，目前的计算手段很难确定，因此抗震设计颇大程度上依赖于对已往震害的调查分析和试验研究，从而采取相应的措施，这种方法称之为“概念设计”，它和抗震计算同是抗震设计中的重要内容。

抗震概念设计的要点为：

1. 以预防为主，使建筑具有小震不坏大震不倒的抗震能力。作为参考，表4.1-1列出了各种房屋的破坏等级。2. 选择有利于抗震的场地，处理好基础。3. 选择合理的结构型式及合适的自振周期。4. 设置多道抗震防线。5. 采用规则对称的平、立面。6. 控制薄弱层塑性变形。7. 使结构具有良好的整体性与变形能力。8. 防止非结构构件的震害。以上内容，本书将在后面有关章节中进一步阐述。

表4.1-1 各种房屋的地震破坏等级

房屋类型	基本完好	轻微损坏	中等破坏	严重破坏	倒塌
多层砖房	承重墙体完好，个别轻微裂缝；屋盖完好；附属构件有不同程度的破坏	部分承重墙体轻微裂缝；屋盖完好或轻微破坏；出屋面小建筑、楼梯间墙体明显裂缝；个别非承重构件明显破坏；附属构件开裂或倒塌	个别承重墙体严重裂缝或倒塌，部分墙体明显裂缝；个别屋盖构件塌落；个别非承重构件，严重裂缝或局部酥碎	多数承重墙体明显裂缝，部分墙体严重裂缝，局部酥碎或倒塌；部分楼屋盖塌落；非承重墙体成片倒塌	房屋残留部分不足50%
钢筋混凝土框架房屋	框架柱、梁完好，个别墙体与柱连接处开裂	个别框架柱、梁轻微裂缝；部分墙体明显裂缝；出屋面小建筑明显破坏	部分框架柱轻微裂缝或个别柱明显裂缝；个别墙体严重裂缝或局部酥碎	部分框架柱主筋压屈，混凝土酥碎、崩落；部分楼层倒塌	房屋的框架残留部分不足50%
底层框架砖房	承重墙体完好；底层框架柱、梁完好；非承重墙体轻微裂缝	个别承重墙轻微裂缝；底层个别框架柱、梁轻微裂缝；出屋面小建筑、楼梯间墙体明显裂缝；部分非承重墙体明显裂缝	部分承重墙体明显破坏；底层部分框架柱轻微裂缝或个别明显裂缝；个别非承重墙体严重裂缝	多数承重墙体明显裂缝，部分严重裂缝，局部酥碎或倒塌；底层部分柱主筋压屈，混凝土酥碎崩落；部分楼屋盖塌落	底层倒塌或房屋残留部分不足50%

续表 4.1-1

多层内框架砖房	承重墙体完好;内框架完好;个别非承重墙体轻微裂缝	部分承重墙体轻微裂缝或个别明显裂缝;内框架完好;出屋面小建筑明显破坏;非承重墙体明显裂缝或个别严重裂缝或局部酥碎	部分承重墙体明显裂缝;内框架柱轻微裂缝;非承重墙体严重裂缝或局部酥碎	多数承重墙体严重裂缝或局部倒塌;部分内框架柱主筋压屈,混凝土酥碎崩落;部分楼屋盖塌落	多数墙体倒塌,部分内框架梁和板塌落
单层钢筋混凝土柱厂房	屋盖构件及柱完好;个别墙体轻微裂缝;支撑完好	部分屋面构件连接松动,柱完好;个别天窗架明显破坏;支撑完好;部分墙体明显裂缝或掉砖	屋面板错位,个别塌落;部分柱轻微裂缝;部分天窗架竖向支撑压屈;部分柱间支撑明显破坏;部分墙体倒塌	部分屋架塌落;部分柱明显破坏;部分支撑压屈或节点破坏	多数屋盖塌落;多数柱折断
单层砖柱厂房	柱完好;山墙、围护墙轻微裂缝;屋面与柱连接松动,溜瓦	个别柱、墙轻微裂缝;个别屋盖与柱连接处位移	部分柱、墙明显裂缝;山尖墙局部塌落;个别屋面构件塌落	多数柱、墙严重裂缝或局部酥碎;部分屋盖塌落	多数柱、墙倒塌
单层空旷房屋	大厅与前、后厅个别连接处墙有轻微裂缝;承重墙、柱完好	大厅与前、后厅部分连接处墙有轻微裂缝;个别承重墙、柱轻微裂缝	大厅与前、后厅连接处墙明显裂缝;部分承重墙、柱明显裂缝;山尖墙局部塌落;舞台口承重悬墙严重裂缝	多数承重墙、柱严重裂缝;部分屋盖塌落	房屋残留部分不足50%
民房	木柱、砖柱、承重墙体完好;屋面溜瓦;非承重墙体轻微裂缝;附属构件有不同程度破坏	木柱、砖柱、承重墙体完好或部分轻微裂缝;非承重墙体多数轻微裂缝,个别明显裂缝;山墙轻微外倾或掉砖;附属构件严重裂缝或塌落	木柱、砖柱、承重墙体多数轻微破坏或部分明显破坏;个别屋面构件塌落;非承重墙体明显破坏	木柱倾斜,砖柱及承重墙体多数明显破坏或部分严重裂缝;屋架或檩条断落引起部分屋面塌落;非承重墙体多数严重裂缝或倒塌	木柱多数折断或倾倒;砖柱及承重墙体多数塌落
砖烟囱	完好或上部轻微裂缝	上部轻微裂缝	明显裂缝或轻微错位,顶部有局部剥落	筒身断裂,严重错位或掉头	筒身折断,残留部分严重错位或酥碎
砖支承水塔	砖筒或柱完好	砖筒个别部位或个别砖柱轻微裂缝	砖筒或部分柱明显裂缝	砖筒严重裂缝并错位;多数砖柱严重裂缝或酥碎;水柜移位	水柜塌落

4.1.2 各类建筑的抗震设计

4.1.2.1 建筑分类

1. 建筑应根据其重要性分为甲、乙、丙、丁四类。

1) 甲类建筑——特殊要求的建筑,如遇地震破坏会导致严重后果的建筑等,必须经国家规定的审批权限批准。

2) 乙类建筑——国家重点抗震城市的生命线工程的建筑,国家重点抗震城市在表 4.1-1

4 中其下画有横线。生命线工程是指给水、供电、交通、电讯、煤气、热力、医疗、消防等方面的工程。

3) 丙类建筑——甲、乙、丁类以外的建筑。

4) 丁类建筑——次要的建筑,如遇地震破坏不易造成人员伤亡和较大经济损失的建筑等。一般指储存低值物品且人员活动少的单层仓库。

2. 部分行业的建筑分类,如表 4.1—2,未列出的一般可按丙类建筑考虑。

4.1.2.2 地震作用计算

甲类建筑的地震作用,应按提高设防烈度一度计算;其它各类建筑的地震作用,应按本地区的设防烈度计算,但设防烈度为 6 度时,除建造于 IV 类场地上较高的高层建筑与高耸结构外,可不进行地震作用计算。

4.1.2.3 构造措施

1. 甲类建筑应按提高设防烈度一度采取抗震措施;乙类建筑除地基基础及有具体规定外,可按本地区设防烈度提高一度采取抗震措施,但设防烈度为 9 度时,可适当提高;丙类建筑应按本地区设防烈度采取抗震措施;丁类建筑可按本地区设防烈度降低一度采取抗震措施,但设防烈度为 6 度时可不降低。

2. 当建筑场地为 I 类场地时,可按原设防烈度降低一度采取抗震措施,地震作用仍按原设防烈度计算,但 6 度时构造措施不应降低,丁类建筑亦不再降低。

4.1.2.4 基本烈度

1. 地震烈度为受震地区地面及建筑物遭受地震破坏的程度。地震烈度目前可参考表 4.1—3。关于表 4.1—3 的说明如下:

1) 1~5 度以地面上人的感觉为主;6~10 度以房屋震害为主,人的感觉仅供参考;11~12 度以地表现象为主。11~12 度的评定,需要专门研究。

2) 一般房屋包括用木构架和土、石砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋,可根据具体情况,对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。

3) 震害指数以房屋“完好”为 0,“毁灭”为 1,中间按表列震害程度分级。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言,可以用普查或抽查方法确定之。

4) 使用本表时可根据地区的具体情况,作出临时的补充规定。

5) 在农村可以自然村为单位,在城镇可以分区进行烈度的评定,但面积以 1 平方公里左右为宜。

6) 烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

7) 表中数量词,个别为 10%以下,少数为 10~50%,多数为 50~70%,大多数为 70~90%,普遍为 90%以上。

8) 加速度、速度系指水平向而言。

2. 《中国地震烈度区划图(1990)》上所标示的地震烈度值,系指在 50 年期限内,一般场地条件下,可能遭遇超越概率为 10%的烈度值。该烈度值称为地震基本烈度,可作为一般工业与民用建筑的抗震设防标准,不适用于重大工程、特殊工程和可能引起严重次生灾害的工程,例如:1) 新建大型水厂的蓄水,贮油、贮气、冷库等重点工程;2) 各类新建大型企业和重要的国防、军事单位;3) 大中型水库、水电站及位于城市或其上游的一级挡水坝建筑,大型送变电工程;4) 新建大功率广播电视发射台、广播电视中心,地球卫星站,国际通信电

台，省会城市长途通讯枢纽、重要市话局汇接局的主机房；5) 铁路、公路主要干线的大桥、长隧道、二级以上车站，二类以上机场、轮船客运大站；6) 地震时容易造成严重次生灾害的大中型化工厂、尾矿坝，危险品生产厂的车间或储存仓库，储存放射性物质的装置、核反应堆、核电站等；7) 建筑抗震设计规范（即 GBJ11—89）中规定的甲类建筑和其他涉及国计民生的重大、特殊工程。

3. 根据《中国地震烈度区划图（1990）》，全国一些主要城市的基本烈度摘录如表 4.1—4. 在表中：

1) 6 度的城市一栏附录了少数小于 6 度的城市，抗震设计时应区别对待。

2) 右上角有“°”号的城市系在《中国地震烈度区划图（1990）》的烈度线上，其基本烈度值，须由有关省市建设主管部门校定，本表在编写时均按较大的烈度采用。

3) 城市名下有横线者为国家重点抗震城市。

4.1.2.5 设防烈度的确定

1. 设防烈度应按国家规定的权限审批、颁发的文件（图件）确定，一般情况下可采用基本烈度。

2. 本篇一般略去“设防烈度”字样，如设防烈度 6 度称 6 度，设防烈度 7 度称 7 度。

3. 近震和远震

1) 当建筑所在地区遭受的地震影响来自本设防烈度区或比该地区设防烈度大一度地区的地震时，抗震设计应按有关近震的规定；当建筑所在地区遭受的地震影响可能来自设防烈度比该地区大二度或二度以上地区的地震时，应按有关远震的规定。

2) 近震和远震的区分 图 4.1—1

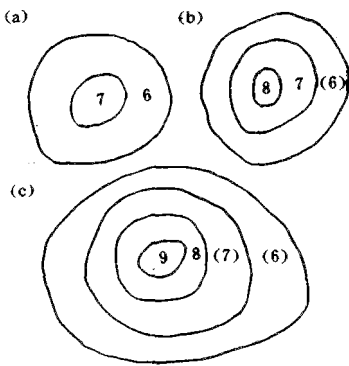


图 4.1—1

同一烈度影响区内最高为 7 度，则 6、7 度区均属近震，如图 (a) 所示；同一烈度影响区内最高为 8 度，则 7、8 度区为近震，6 度区为远震，如图 (b) 所示；同一烈度影响区内最高为 9 度，则 8、9 度区为近震，6、7 度区为远震，如图 (c) 所示。图 4.1—1 中括号所示的烈度区为远震区。9、10 度区一般都属于近震。

3) 我国绝大多数地区只考虑近震影响，需要考虑远震影响的城市，目前有以下一些供参考。

(1) 《建筑抗震设计规范 GBJ11—89》条文说明第 2.1.1 条资料

8 度：独山子、泸定、石棉

7 度：候马、连云港、徐州、淮阴、蚌埠、德州、枣庄、攀枝花、乌鲁木齐、喀什、伊宁、拉萨、五原、南投、高雄

6 度：赤峰、济宁、青岛、济南、泰安、潍坊、阳泉、安丘、商丘、盐城、滁县、盐津、招远、承德、本溪、哈密、库尔勒、永昌、武威、托克逊、吐鲁番、景洪、景谷、定西、雅安、株州、湘潭、益阳、莆田

(2) 《建筑抗震设计手册》资料

8 度：山东——郯城；江苏——新沂、邳县、睢宁；新疆——喀什、疏勒、疏附、独山子；西藏——林周、米林、林芝、隆子；四川——泸定、炉霍；甘肃——天祝

7 度：山东——临沐、临沂、苍山；江苏——东海、沐阳、泗阳、淮阴、徐州、灌云、连

云港；安徽——灵璧、泗县、五河；内蒙——托克托、和林格尔、武川；甘肃——永登、成县、舟曲；青海——达日、兴海、都兰；新疆——新和、拜城、精河、奎屯、乌苏、沙湾、石河子、玛纳斯、伽师、岳谱湖；西藏——墨竹工卡、达孜、曲水、贡嘎、措美、丁青、类乌齐、尼玛；云南——元江、红河、元阳、个旧、开远、曲靖、陆良、弥勒、安宁、兰坪、云龙、华坪、宁蒗；四川——黑水、会东、布拖、昭觉、越西、甘洛、荣经、天全、丹巴

6度：黑龙江——肇源、肇州；辽宁——凌源、喀喇沁；河北——迁安、迁西、遵化、兴隆、易县、平泉、崇礼、丰宁、馆陶、广平；山东——东平、巨野、高密、胶南、胶州；江苏——涟水、灌南、淮安、洪泽、金湖；安徽——萧县、淮北、宿州、怀远；广东——大浦、梅州、五华、揭西、陆河；海南——琼中、万宁；山西——五寨、岚县、中阳、石楼、大宁、阳城、陵川；陕西——铜川、淳化、洛南、商县、柞水；河南——卢氏、洛宁、淅池、义马、沁阳、巩县、密县；内蒙——东胜、伊金霍洛旗、察右中旗、四子王旗、乌拉特后旗、阿拉善左旗；甘肃——安西、泾川；青海——共和；新疆——哈密、吐鲁番、奇台、沙雅、皮山、且末；云南——墨江、宣威；四川——红原、稻城、犍为、筠连

4. 小震、中震和大震

- 1) 小震为多遇地震，据以计算结构的承载力和弹性变形。
- 2) 中震的烈度为基本烈度。
- 3) 大震为罕遇地震，据以计算结构薄弱层（部位）的弹塑性变形。
- 4) 小震、中震和大震的有关参数见表 4.1—5。

表 4.1—2 部分行业的建筑分类

建筑系统	建筑分类	建 筑 名 称	备 注
广播、电视	甲	中央级、省级的电视调频广播发射塔建筑	
	乙	中央级广播发射台、节目传送台、广播中心、电视中心；省级广播中心、电视中心、电视发射台及 200kw 以上广播发射台	
邮电通信	甲	国际电信楼、国际海缆登陆站、国际卫星地球站、中央级的电信枢纽（含卫星地球站）	
	乙	大区中心和省中心长途电信枢纽、邮政枢纽、海缆登陆局、重要市话局（汇接局、承担重要通信任务和终局容量超过 50000 门的局）、卫星地球站、地区中心长途电信枢纽楼的主机房和天线支承物	
交通运输	乙	铁路——I、I 级干线枢纽及相应的工矿企业铁路枢纽的行车调度、运转、通信、信号、供电供水房屋，特大型站候车室 公路——高速公路、一级公路和一级汽车客运站等的监控室 水运——50 万人口以上城市的水运通信、导航等重要设施的国家和重要客运站、海难救助打捞等部门的重要建筑 空运——国际或国内主要干线机场中的航空站楼、航管楼、大型机库、通讯及供电、供热、供水、供气的建筑	
能源	乙	电厂——单机容量为 300Mw 及以上或规划容量为 800Mw 及以上的火力发电厂，330kV、500kV 变电所，220kV 及以下的重要枢纽变电所，不应中断的通信设施和在地震时必须维持正常供电的重要电力设施的主厂房、电气综合楼、网控楼、调度通信楼、配电装置楼、烟囱、烟道、碎煤机室、输煤转运站和输煤栈桥	水力发电 厂可参 照执行
		石油天然气——大型油、气田的联合站、压缩机房、加压气站泵房、阀组间、加热炉建筑；大型计算机房和磁带库；油品储运系统液化气站、轻油泵房及氮气站，长输管道首末站、中间加压泵站；油、气田主要供电、供水建筑	
		煤炭——年产 90 万吨及以上的矿井提升系统、供排水系统、供电系统、通风系统、通讯系统、瓦斯排放系统的建筑；矿区救灾系统、供电系统、供水系统的建筑	煤炭工业 的主厂房 可按丙类 建筑考虑

续表 4.1-2

原 材 料		冶金、建材——大中型冶金企业的动力系统建筑；大型冶金矿山的风机室、排水泵房、配电及变电室、炸药及雷管库、硝酸铵硝酸钠库及其热处理加工车间、起爆材料加工车间；大型和不容许中断生产的中型建材企业的动力系统建筑；大型非金属矿山的提升、供排水、供电、通风、炸药生产等系统的建筑	黑色及有色冶金生产厂房、建筑材料生产厂房、工业厂房，可按丙类考虑
	乙	化工及石油化工——大中型企业主要生产装置及其控制系统的建筑；生产中有剧毒、易燃、易爆物质厂房及其控制系统的建筑；大中型企业的动力系统建筑和消防车库	化纤生产企业中，具有特殊性的工业建筑，可按丙类考虑
		轻工原材料——大型制浆造纸厂、大型洗涤剂原料厂的主要装置及其控制系统的建筑；生产中有剧毒、易燃、易爆物质厂房及其控制系统的建筑；大型原材料企业中的动力系统建筑和消防车库	
加 工 制 造		航空工业——部级及部级以上的计量基准所在的建筑，系统记录航空主要产品（如飞机、发动机、导弹等）或关键产品的科研成果、光磁盘、磁带等所在的建筑；对航空工业发展有重要影响的整机或系统性能试验设施，关键设备所在的建筑（如大型风洞及其测试间，发动机高空试车台及其动力装置、测试间，全机电磁兼容试验建筑）；具有国内少有或仅有的重要精密设备的建筑；大中型企业主要动力系统建筑和消防车库	
	乙	航天工业——重要的科研楼、生产厂房和试验设施的建筑，动力系统建筑；有剧毒、易燃、易爆物质的建筑；重要的演示、通信、计量、培训中心等的建筑 轻工业——有剧毒、易燃、易爆物质厂房及相关的控制系统的建筑	
		大型机械、电子、船舶、轻工加工、纺织工业的动力系统建筑和消防车库	机械、船舶、电子工业的生产厂房，轻、纺工业的其他生产厂房，可按丙类考虑
城 市 抗 震 防 灾	甲	三级特等医院的住院、医技、门诊部的建筑	三级医院的标准：病床 > 500，建筑面积 ≥ 60m ²
	乙	大中城市三级医院的住院、医技、门诊部的建筑；县及县级市的二级医院的住院、医技、门诊部的建筑；县级以上急救中心的指挥、通信、运输系统的重要建筑；县级以上的独立采、供血机构的建筑；消防车库；50万人口以上城市的动力系统建筑	二级医院的标准：病床 > 100，建筑面积 ≥ 45m ² 三级特等医院为承担特别重要任务的三级医院
民 用 及 其 他 建 筑	甲	研究、中试生产和存放剧毒生物制品和天然人工细菌与病毒（鼠疫、霍乱、伤寒）的建筑	
	乙	存放国家一、二级重要珍贵文物的博物馆，观众座位 ≥ 6000 个的大型体育馆、观众座位 ≥ 1200 个的大型影剧院、大型商业零售商场等公共建筑；存放放射性物质、剧毒、易燃、易爆的危险品仓库	大型零售商场的标准：固定资产 ≥ 5000 万元，年营业额 ≥ 1.5 亿元，人流密集的多层建筑，面积 ≥ 10000m ²

表 4.1—3 地 震 烈 度

烈度	人的感觉	一般房屋		其它现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震害 指数		加速度 (cm/s ²)	速度 (cm/s)
1	无感.					
2	室内个别静止中的人感觉.					
3	室内少数静止中的人感觉.	门、窗轻微作响.		悬挂物微动.		
4	室内多数人感觉. 室外少数人感觉. 少数人梦中惊醒.	门、窗作响.		悬挂物明显摆动. 器皿作响.		
5	室内普遍感觉. 室外多数人感觉. 多数人梦中惊醒.	门窗、屋顶、屋架颤动作响. 灰土掉落, 抹灰出现微细裂缝.		不稳定器物翻倒.	31 (22~44)	3 (2~4)
6	惊慌失措, 仓皇逃出.	损坏: 个别砖瓦掉落. 墙体微细裂缝.	0~0.10	河岸和松软土上出现裂缝. 饱和砂层出现喷砂冒水. 地面上有的砖烟囱轻度裂缝、掉头.	63 (45~89)	6 (5~9)
7	大多数人仓皇逃出.	轻度破坏: 局部破坏、开裂, 但不妨碍使用.	0.11~0.30	河岸出现坍方. 饱和砂层常见喷砂冒水. 松软土地裂缝较多. 大多数烟囱中等破坏.	125 (90~177)	13 (10~18)
8	摇晃颠簸, 行走困难.	中等破坏: 结构受损, 需要修理.	0.31~0.50	干硬土上亦有裂缝. 大多数砖烟囱严重破坏.	250 (178~353)	25 (19~35)
9	坐立不稳 行动的人可能摔跤.	严重破坏: 墙体龟裂, 局部倒塌, 修复困难.	0.51~0.70	干硬土上有许多地方出现裂缝, 基岩上可能出现裂缝. 滑坡、坍方常见. 砖烟囱出现倒塌.	500 (354~707)	50 (36~71)
10	骑自行车的人会摔倒. 处于不稳状态的人会摔出几尺远. 有抛起感.	倒塌: 大部倒塌, 不堪修复.	0.71~0.90	山崩和地震断裂出现. 基岩上的拱桥破坏. 大多数砖烟囱从根部破坏或损毁.	1000 (708~1414)	100 (72~141)
11		毁灭.	0.91~1	地震断裂延续很长. 山崩常见. 基岩上拱桥毁坏.		
12				地面剧烈变化, 山河改观.		

表 4.1-4 一些主要城市的基本烈度

基本烈度	省(区)	城市名称	基本烈度	省(区)	城市名称
6	黑龙江	哈尔滨市、大庆市、鹤岗市、佳木斯市*、齐齐哈尔市、七台河市、双鸭山市(<6)、鸡西市(<6)、牡丹江市(<6)、伊春市(<6)	7	河南	郑州市、开封市、焦作市、鹤壁市、安阳市、濮阳市
	吉林	四平市、辽源市、通化市(<6)、浑江市(<6)		山西	大同市、朔州市、侯马市、阳泉市
	辽宁	阜新市、本溪市、锦州市		山东	淄博市、潍坊市、烟台市、枣庄市、济宁市、威海市、德州市
	河北	石家庄市、沧州市、承德市		陕西	宝鸡市、安康市
	河南	洛阳市、平顶山市、漯河市、许昌市		甘肃	金昌市、玉门市、嘉峪关市
	山西	长治市、晋城市		青海	西宁市
	山东	济南市、青岛市、泰安市		内蒙	赤峰市
	陕西	延安市、汉中市		新疆	伊宁市、克拉玛依市、奎屯市、石河子市
	内蒙古	集宁市、二连浩特市(<6)		上海市	
	江苏	常州市、无锡市、苏州市、南通市		江苏	南京市、镇江市、扬州市、盐城市、徐州市、连云港市、淮阴市、泰州市
	浙江	杭州市、宁波市、绍兴市、嘉兴市、湖州市、温州市、金华市(<6)、衢州市(<6)		浙江	舟山市
	福建	三明市		福建	福州市、泉州市、厦门市、漳州市
	安徽	马鞍山市、芜湖市、安庆市、铜陵市、淮南市、淮北市、宿州市、六安市		安徽	合肥市、蚌埠市、阜阳市
	江西	九江市、南昌市(<6)、景德镇市(<6)、鹰潭市(<6)、新余市(<6)、萍乡市(<6)		湖南	岳阳市、常德市
	湖南	长沙市、湘潭市(<6)、株洲市(<6)、衡阳市(<6)、邵阳市(<6)		广东	广州市、佛山市*、中山市、深圳市、珠海市、阳江市、湛江市、茂名市
	湖北	武汉市、黄石市、鄂州市、襄樊市、荆门市、沙市市、宜昌市、十堰市			香港、澳门
	广东	梅州市、惠州市、韶关市、清远市、肇庆市、河源市		四川	成都市、自贡市、攀枝花市、乐山市、宜宾市、雅安市
	广西	南宁市、北海市、桂林市(<6)、柳州市(<6)		云南	个旧市
	海南	三亚市		西藏	日喀则市
	贵州	贵阳市、六盘水市、安顺市、遵义市(<6)		北京市	
	四川	重庆市、达县市、广元市、泸州市、绵阳市、德阳市、内江市、万县市、涪陵市、遂宁市(<6)、南充市(<6)		河北	唐山市
吉林	长春市、吉林市、白城市	山西	太原市、榆次市、临汾市		
7	辽宁	沈阳市、抚顺市、辽阳市、营口市、大连市、盘锦市、丹东市、朝阳市、铁岭市、鞍山市	陕西	西安市、咸阳市*	
	天津市		甘肃	兰州市、天水市	
	河北	保定市*、秦皇岛市、张家口市*、邯郸市、邢台市*	宁夏	银川市、石咀山市	
			内蒙	呼和浩特市、包头市、乌海市	
			新疆	乌鲁木齐市、喀什市	
			海南	海口市	
			台湾	台北市	
			广东	汕头市、潮州市	
			云南	昆明市	
			西藏	拉萨市	
			四川	西昌市、康定	
			云南	东川市、大理市*	

表 4.1-5 小震、中震和大震的有关参数

地震类别	在设计基准期 50 年内的超越概率	重现期 (年)	水平地震影响系数最大值 α_{max}		
			7 度	8 度	9 度
小震	0.632	50	0.08	0.16	0.32
中震	0.100	475	0.23	0.45	0.90
大震	0.03~0.02	约 2000	0.50	0.90	1.40

4.1.3 场地、地基和基础

4.1.3.1 建筑场地选择

建筑场地宜选择有利地段，避开不利地段，当无法避开时应采取适当的抗震措施，不应在危险地段建造甲、乙、丙类建筑，各类地段的划分如表 4.1-6。

4.1.3.2 场地土类型

1. 场地土的类型，宜根据土层剪切波速按表 4.1-7 划分。表中 V_s 为土层剪切波速， V_{sm} 为土层平均剪切波速，取地面下 15m 且不深于场地覆盖层厚度范围内各土层剪切波速，按土层厚度加权的平均值。

1) 剪切波速 V_s (m/s) 的参考值

(1) 各类土的 V_s 值范围：填土——90~270；粘性土（包括粉土）——100~450；砂土——150~560；砾石、卵石、碎石——200~510；风化岩——350~500

(2) V_s 的近似计算式

$$\ln(V_s) = 5.49 + 0.29 \ln(1+H) - 0.22 \ln(d_{ov}) \quad (4.1-1) a$$

$$V_s = 116N^{0.256} \quad (4.1-1) b$$

式中：

H ——土层深度 (m)

d_{ov} ——覆盖层厚度 (m)

N ——标准贯入值

2) 平均剪切波速 V_{sm} (m/s)

(1) 计算式

$$V_{sm} = \frac{\sum (V_{si} h_i)}{\sum h_i} \quad (4.1-2)$$

式中：

V_{si} ——第 i 层土的剪切波速 (m/s)。当无实测值或无邻近地区的实测值可供参考时，中硬土可取 $V_s = 370$ m/s，中软土可取 $V_s = 200$ m/s；软弱土可取 $V_s = 100$ m/s

h_i ——第 i 层土厚度 (m)

$\sum h_i$ ——各土层厚度的总和 (m)， $\sum h_i \leq 15$ m， $\sum h_i \leq$ 覆盖层厚度 d_{ov}

(2) 【例】

(1) 如图 4.1—2 所示资料, 求平均剪切波速 V_{sm} , 图中所注数字为剪切波速 V_s (m/s), 代号 1 表示岩石面。

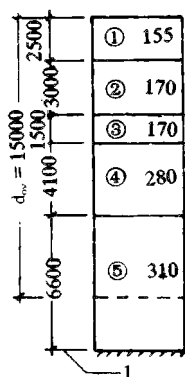


图 4.1—2

1——岩石面 ①——杂填土 ②——粘性土
③——粉土 ④——卵石 ⑤——卵石

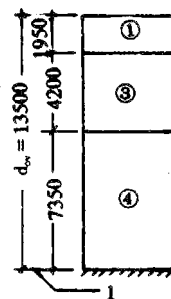


图 4.1—3

1——岩石面

解: 因覆盖层厚度 $d_{ov} > 15\text{m}$, 所以 $\sum h_i$ 应算至 15m 处, 如图中虚线所示, 由 (4.1—2) 式

$$V_{sm} = \frac{2.50 \times 155 + 3 \times 170 + 1.50 \times 170 + 4.10 \times 280 + 3.90 \times 310}{15} = 234\text{m/s}$$

(2) 如图 4.1—3 所示资料, 求 V_{sm} , 图中代号①为杂填土、③为粉土、④为卵石

解: 由于无 V_s 的实测值, 对杂填土①按软弱土取 $V_s = 100\text{m/s}$, 对粉土③按中硬土取 $V_s = 200\text{m/s}$, 对卵石④按中硬土取 $V_s = 370\text{m/s}$, 因 $d_{ov} = 13.50\text{m}$, 取 $\sum h_i = 13.50\text{m}$, 由 (4.1—2) 式

$$V_{sm} = \frac{1.95 \times 100 + 4.20 \times 200 + 7.35 \times 370}{13.50} = 278.11\text{m/s}$$

2. 当丙、丁类建筑无实测剪切波速时, 可按表 4.1—8 划分土的类型, 并可按下列原则确定场地土类型: 当为单一土层时, 土的类型即为场地土类型; 当为多层土时, 场地土类型可根据地下 15m 且不深于场地覆盖层厚度范围内各土层类型和厚度综合评定。在表 4.1—8 中, f_k 为地基土静承载力标准值 (kPa)。

3. 场地覆盖层厚度 d_{ov} (m), 应按地面至剪切波速 $V_s > 500\text{m/s}$ 的土层或坚硬土顶面的距离确定。

4.1.3.3 场地类别

建筑的场地类别, 应根据场地土类型和场地覆盖层厚度, 如表 4.1—9 划分为 I~IV 类。

4.1.3.4 地基及基础的抗震验算

1. 下列建筑可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算。

- 1) 砌体房屋, 多层内框架砖房, 底层框架砖房。
- 2) 地基主要受力层范围内不存在软弱粘性土层的一般单层厂房、单层空旷房屋和多层民用框架房屋及与其基础荷载相当的多层框架厂房。软弱粘性土层系指 7 度、8 度和 9 度时, 地基土静承载力标准值 f_k 分别小于 80、100 和 120kPa 的土层。
- 3) 7 度和 8 度时, 高度不超过 100m 的烟囱。
- 4) 可不进行上部结构抗震验算的建筑。

2. 地基土的抗震承载力 f_{se} 由 (4.1—3) 式计算

$$f_{se} = \zeta_s f_s$$

(4.1—3)

式中:

f_{se} ——调整后的地基土抗震承载力设计值 (kPa)

ζ_s ——地基土抗震承载力调整系数,按表 4.1—10 采用

f_s ——地基土静承载力设计值 (kPa)

3. 天然地基地震作用下的竖向承载力按 (4.1—4) 式验算,且基础底面与地基土之间零应力区面积不应超过基础底面面积的 25%.

$$\left. \begin{aligned} p &\leq f_{se} \\ p_{\max} &\leq 1.20f_{se} \end{aligned} \right\} \quad (4.1-4)$$

式中:

p ——基础底面地震组合的平均压力设计值 (kPa)

p_{\max} ——基础边缘地震组合的最大压力设计值 (kPa)

4.1.3.5 地基抗震措施

1. 在 6 度时一般不考虑液化影响,乙类建筑当对液化敏感时可按 7 度考虑. 7~9 度时可按原烈度考虑.

2. 饱和的砂土或粉土当符合下列条件之一时,可初步判别为不液化或不考虑液化影响.

1) 地质年代为第四纪晚更新世 (Q_3) 及其以前时,可判为不液化土.

2) 用六偏磷酸钠作分散剂测定粉土粒径小于 0.005mm 的颗粒,其含量在 7、8、9 度分别不小于 10%、13%、16% 时,可判为不液化土.

3) 采用天然地基的建筑,当上覆非液化土层的厚度和地下水位深度符合 (4.1—5) 式之一时,可不考虑液化影响.

$$d_u > d_o + d_b - 2 \quad (4.1-5)_a$$

$$d_w > d_o + d_b - 3 \quad (4.1-5)_b$$

$$d_u + d_w > 1.50d_o + 2d_b - 4.50 \quad (4.1-5)_c$$

式中:

d_w ——地下水位深度 (m),宜按建筑使用期内年平均最高地下水位采用,也可按近期内年最高地下水位采用

d_u ——上覆非液化土层厚度 (m). 计算时宜将淤泥和淤泥质土层扣除

d_b ——基础埋置深度 (m),不超过 2m 时应采用 2m

d_o ——液化土特征深度 (m),可按表 4.1—11 采用

3. 当需进一步进行液化判别时,应由有关部门采用标准贯入试验,一般判别在地面下 15m 深度范围内的液化土. 存在液化土层的地基,应确定液化指数 I_{le} .

4. 液化等级按表 4.1—12 确定,不同液化等级的地面喷水冒砂现象及其对建筑的危害,可参见表 4.1—13.

5. 地基抗液化措施

1) 当液化土层较平坦且均匀时,可按表 4.1—14 选用抗液化措施. 除丁类建筑外,不应将未经处理的液化土层作为天然地基的持力层.

2) 全部消除地基液化沉陷的措施

(1) 采用桩基时,桩端伸入液化深度以下稳定土层中的长度 (不包括桩尖部分),应按计算确定,且对碎石土、砾、粗、中砂、坚硬粘性土和密实粉土尚不应小于 500mm,对其它非岩石土尚不宜小于 1.50m.

(2) 采用深基础时, 基础底面埋入液化深度以下稳定土层中的深度, 不应小于 500mm.

(3) 采用振冲、振动加密、砂桩挤密、强夯等加密法加固时, 应处理至液化深度下界, 且处理后土层的标准贯入锤击数的实测值 N_i 应大于相应的临界值 $N_{(r)}$.

振冲法——用振冲器边振动边冲水, 对地基进行加固; 振动加密法——在钻孔中放置炸药进行爆炸, 产生振动使松散的砂层趋向密实; 砂桩挤密法——先向土中打入桩管成孔, 然后在拔出桩管的同时向孔中填砂或其它材料, 并捣实形成“砂桩”. “砂桩”和周围被挤密的土共同组成基础下的持力层; 强夯法——用 8~30t 的锤, 从 6~30m 高自由落下, 夯实地基.

(4) 挖出全部液化土层.

3) 部分消除地基液化沉陷的措施

(1) 处理深度应使处理后的地基液化指数 I_{le} 不大于 4, 对独立基础与条形基础, 尚不应小于基础底面下 5m 和基础宽度的较大值.

(2) 处理深度范围内, 应挖除液化土层或采用加密法加固, 使处理后土层的标准贯入锤击数实测值 N_i 大于相应的临界值 $N_{(r)}$.

4) 基础和上部结构宜采取以下措施减轻液化影响:

(1) 选择合适的基础埋置深度.

(2) 调整基础底面积, 减少基础偏心.

(3) 采用箱基、筏基或钢筋混凝土十字形基础, 加设基础圈梁、基础系梁等, 以加强基础的整体性和刚性.

(4) 减轻荷载, 增强上部结构的整体刚度和均匀对称性, 合理设置沉降缝, 避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式.

(5) 管道穿过建筑处应预留足够尺寸或采用柔性接头等.

4.1.3.6 桩基

1. 可不进行桩基抗震承载力验算的范围

1) 前提

(1) 主要承受竖向荷载的低承台桩基, 如图 4.1-4; (2) 地面下无液化土层; (3) 承台周围无淤泥、淤泥质土及静承载力标准值 $f_k \leq 100\text{kN/m}^2$ 的填土.

2) 满足“1)”中所列条件时, 下列建筑可不进行桩基抗震承载力验算:

(1) “4.1.3.4”序号 1 中第 1)、3)、4) 规定的建筑; (2) 7 度和 8 度时, 一般单层厂房、单层空旷房屋和多层民用框架房屋及与其基础荷载相当的多层框架厂房.

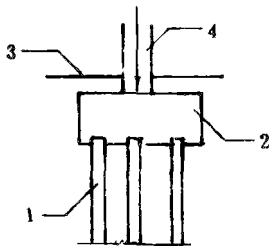


图 4.1-4

1——桩 2——承台 3——地面 4——柱

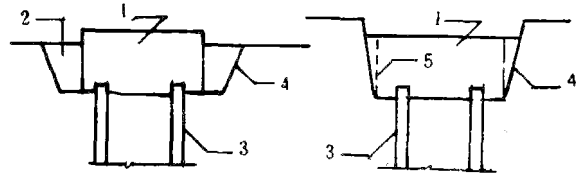


图 4.1-5

1——承台 2——承台完工后不支模另浇混凝土
3——桩 4——土坑壁 5——虚线表示承台的设计轮廓

2. 桩基抗震的一些规定

1) 抗震等级

桩基抗震等级可按表 4.1-15 确定。A 级要求最为严格；D 级相当于非抗震设计，可按现行地基基础规范的要求。

2) 构造措施

各级桩基的构造措施见表 4.1-16，表中字符的意义：①——预制桩；②——灌注桩；③——直径 $D \geq 800\text{mm}$ 的灌注桩； D ——圆桩的直径； b ——方桩的边长； α ——桩的水平变形系数；不利地基——指液化土、软弱粘性土、新近填土、不均匀地基等。表中插图见图 4.1-5~图 4.1-9。

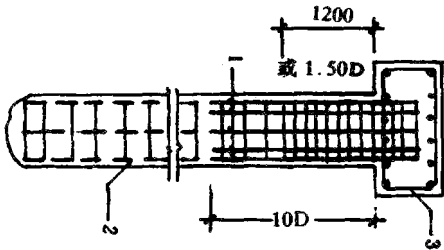


图 4.1-6

1——纵向钢筋 2——虚线表示仅 50% 上部纵筋配置量伸到桩底，其根数不少于 8 3——承台

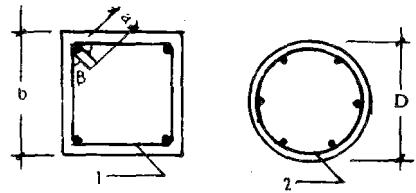


图 4.1-7

1——用于预制桩的方形箍筋， $\beta=45^\circ$ ， $a \geq 10d_1$
2——用于灌注桩的螺旋箍筋或焊环

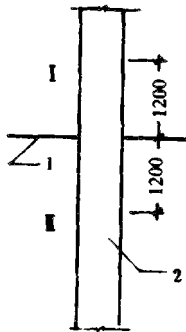


图 4.1-8

1——I、II 类土的分界面，
I 类土为软土或液化土，
II 类土为硬土或非液化土
2——桩

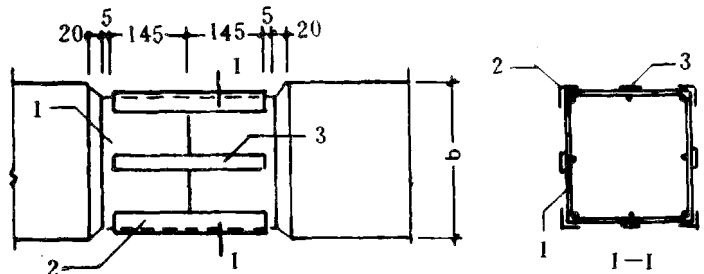


图 4.1-9

1—— 150×10
2—— $\angle 75 \times 6$
3—— 80×8

3) 液化地基上的桩基

(1) 承台底面上下为液化土层时，7~9 度地区的甲、乙、丙类建筑宜进行地基抗液化处理，在图 4.1-10 中虚线范围内处理深度不宜浅于承台底面下 2m，图中 $a \geq 6000\text{mm}$ 。

(2) 若在“(1)”的情况下不能进行抗液化处理时，则应：(1) 承台作为一个质点，按高承台桩基计算 (2) 桩下端伸入液化层下稳定土层中的深度不宜小于 $\frac{4}{\alpha}$ ，如图 4.1-11 (3) 按规定设置系梁。

3. 系梁

1) 设置条件

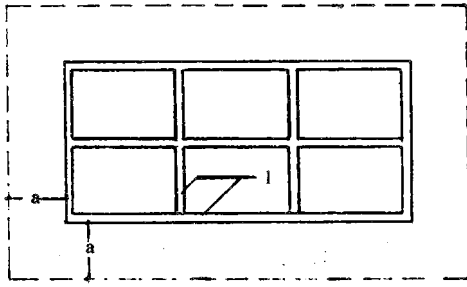


图 4.1-10
1—承台平面

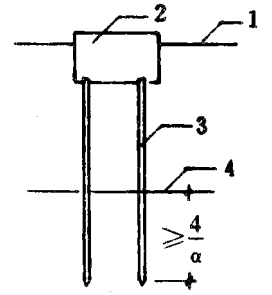


图 4.1-11
1—地面 2—承台
3—桩 4—液化土层下界

(1) A 级桩基和有抗滑要求的桩基；(2) 严重不均匀地基上的 B~D 级桩基；(3) 软弱土和新近填土地基上的 B、C 级桩基；(4) 一般液化地基的 B、C 级桩基。当 7~9 度时承台底面上下有未经处理的液化土层的 B~D 级桩基；(5) 一、二级框架柱的桩基。

2) 各种系梁的设置

(1) 单层厂房

(1) 一般可仅沿纵向柱列设置如图 4.1-12 (a)。当纵向柱列设有基础梁时，可不再设系梁。

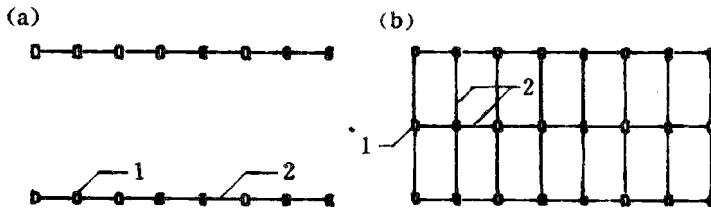


图 4.1-12

1—柱 2—系梁

(2) 单桩承台及单独承台底面上下有未经处理的液化土层时，对甲、乙、丙类建筑宜在纵横两个方向设置系梁如图 4.1-12 (b)。

(3) 采用单排桩的条形承台，以及条形承台底面上下有未经处理的液化土层时，甲、乙、丙类建筑宜在垂直承台方向设置系梁，其间距 L 对 A、B 级桩基 $L \leq 12\text{m}$ ，对 C、D 级桩基 $L \leq 18\text{m}$ 。

(2) 框架柱单独承台应在纵横两个方向设置系梁。

3) 系梁的有关规定

(1) 混凝土及保护层与承台相同。

(2) 截面尺寸 图 4.1-13

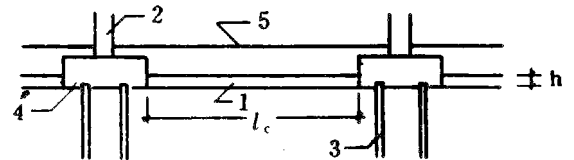


图 4.1-13

1—系梁 2—柱 3—桩 4—承台 5—地面