

2003

# 全国民用建筑工程设计技术措施 结 构

## 第 1 章 总 则

筑 龙 网

建设部工程质量安全监督与行业发展司

中 国 建 筑 标 准 设 计 研 究 所

# 关于发布《全国民用建筑工程设计 技术措施》的通知

建质[2003]4 号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，国务院各有关部门：

为了进一步贯彻《建设工程质量管理条例》，保证和提高设计、施工质量，由我部工程质量安全监督与行业发展司组织中国建筑标准设计研究所等单位编制的《全国民用建筑工程设计技术措施》，包括《规划·筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·力》、《电气》和《建筑产品选用技术》（技术条件）等六个分册，经审查批准，自 2003 年 3 月 1 日起执行。

中华人民共和国建设部

二 三年一月二日

## 前 言

《全国民用建筑工程设计技术措施》是由建设部工程质量安全监督与行业发展司组织中国建筑标准设计研究所等单位编制的一套大型的、以指导民用建筑工程设计为主的技术文件，共有《规划·建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》、《建筑产品选用技术》及《防空地下室》七个分册。编制的目的是为了能够更好地贯彻落实《建设工程质量管理条例》等法律、法规以及《工程建设标准强制性条文》等工程建设技术标准，进一步提高建筑工程设计质量和设计效率，供全国各设计单位参照执行，也可供建设单位和教学、科研、施工人员参考。

《结构》分册是遵照现行国家标准、规范编制的。由于当前处于国家标准、规范修订和新老交替的过程中，本分册有关内容所依据的标准、规范的版本号详见“总则”；对部分已在修订中的标准、规范，如《建筑地基处理技术规范》、《湿陷性黄土地区建筑规范》等，本分册在编制时采用了其报批稿的内容，新版标准、规范批准发布后，如本分册内容与之不相符合的，应以批准发布的新版标准、规范为准。本分册的编制还进行了必要的调查研究，吸取了工程实践的经验，并广泛吸收了全国各主要设计单位的结构设计技术措施的相关内容。

本分册的主要内容包括总则、荷载、建筑场地、地基与基础、建筑结构抗震设计与构造、楼（屋）盖结构设计及构造、砌体结构、木结构、多层及高层钢筋混凝土结构的概念设计与结构分析、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支抗震墙结构、筒体结构、板柱结构、板柱-剪力墙结构、异形柱结构、预应力混凝土结构、房屋钢结构设计的基本规定、门式刚架轻型房屋钢结构、多层房屋钢结构设计的补充规定、高层房屋钢结构、钢-混组合结构以及网架与网壳结构的设计技术措施。

本分册内容中，凡属规范（规程）的细化、引伸部分，是必须贯彻执行；凡属以经验总结为依据的部分，是不得无故变更的，确有特殊情况时，允许采用更合理的措施；凡属“建议”的，可结合实际灵活掌握，使设计更为经济合理；凡属地方性的技术措施，则应结合有关省、市、自治区的技术法规予以实施。

为使设计人员更易理解和使用规范（规程），本分册对部分条文适当采用了图形化的表达方式，对部分行业标准与国家标准不一致的有关条文，给出了符合国家标准规范的使用建议；为正确使用常用结构计算分析程序，给出了合理选择力学模型的较详细内容，以及计算

结果的分析、判断和调整的具体措施；在房屋钢结构设计中，补充了合理选用钢材及连接材料的规定；对工程中常见的设计质量问题，给出了相关预防措施。本措施推荐了有关新技术、新材料和新工艺的使用内容，吸收了部分地方的科研成果，并对新的结构体系的选用给出了原则性建议。

本分册的编制得到了全国许多设计、教学、科研单位的大力支持，在此表示衷心的感谢。参编单位不仅安排技术骨干参加编制任务，并对所编写的内容首先在本单位组织了技术审查；参加函审与审查会的单位有北京市建筑设计研究院、中国轻工国际工程设计研究院、重庆钢铁设计研究院、清华大学、天津大学、同济大学和华中科技大学等 20 余家；感谢容柏生院士、钟善桐教授、方鄂华教授、康谷始教授等 20 余位专家在百忙之中提出许多宝贵意见；特别感谢陈远椿、武人岱、柴昶、苑振芳、侯光瑜、陈健和陈正祥等专家在本措施的编制中给予的积极、热情的支持。我们还得到许许多多专家的关心和支持，在此就不一一列出，一并深表谢意，感谢他们对建设行业技术发展工作的积极支持。

由于结构设计技术措施编制涉及面广、工作量大，编制过程又处在新旧规范交替时期，加之编制时间仓促，因此所涵盖的内容与深度还不够，不少内容有待于补充和完善，也难免存在一些缺点和问题，敬请批评指正，以便我们今后不断修订和更新。

联系地址：北京市西城区车公庄大街 19 号

中国建筑标准设计研究所

邮 编：100044

联系电话：010-88361155-232

联系人：汪洪涛

E-mail：wanght@chinabuilding.com.cn

网 址：Chinibuilding.com.cn 国家建筑标准设计网

《结构》分册编写组

二 三年一月

# 目 录

前 言 .....	3
目 录 .....	5
1.1 建筑结构设计基本原则 .....	6
1.2 建筑结构抗震设计基本原则 .....	9
1.3 复杂建筑结构抗震设计基本原则 .....	15

# 1 总 则

## 1.1 建筑结构设计基本原则

1.1.1 本措施是遵照国家现行标准、规范、规程等编制的，并参照工程的实践经验、广泛吸收全国各主要设计单位的结构设计技术措施和近几年的科研成果，力求适用民用建筑工程的设计特点，内容上较全面地覆盖建筑结构设计范围，对条文作了必要的补充规定。在建筑结构设计中，应遵守国家现行的标准、规范、规程和规定，并根据建筑工程所在地区的实际情况，参照和选用本措施。凡本措施未涉及的部分或与规范等有出入的内容，均应遵守国家有关标准、规范、规程的规定。

1.1.2 在民用建筑结构设计中，要结合工程具体情况精心设计，做到安全适用、经济合理、技术先进和确保质量。

1.1.3 设计前，必须对建筑物的安全性、耐久性和舒适性等使用要求，以及施工技术条件、材料供应情况及工程地质、地形等情况进行补充调查研究，做到心中有数，以使设计符合实际情况。

1.1.4 在确保工程质量与安全的前提下，结构设计应积极采用和推广成熟的新结构、新技术、新材料和新工艺，所选结构设计方案应有利于加快建设速度。

1.1.5 在设计中，应与建筑专业、设备专业和施工单位密切配合。设计应重视结构的选型、结构计算和结构构造，根据功能要求选用安全适用、经济合理，便于施工的结构方案。

1 结构选型是结构设计的首要环节，必须慎重对待。对高风压区和地震区应力求选用承载能力高，抗风力及抗地震作用性能好的结构体系和结构布置方案，应使选用的结构体系受力明确、传力简捷。

2 结构计算是结构设计的基础，计算结果是结构设计的依据，必须认真对待。设计中选择合适的计算假定、计算简图、计算方法及计算程序，是得到正确计算结果的关键。当前结构设计中大量采用计算机，设计中必须保证输入信息和数据正确无误，对计算结果进行仔细分析，保证安全。

3 结构构造是结构设计的保证，构造设计必须从概念设计入手，加强连接，保证结构有良好的整体性、足够的强度和适当的刚度。对有抗震设防要求的结构，尚应保证结构的弹塑

性和延性，对结构的关键部位和薄弱部位，以及施工操作有一定困难的部位或将来使用上可能有变化的部位，应采取加强构造措施，并在设计中适当留有余地，以策安全。

1.1.6 在设计中选用构、配件标准图和通用图时，应按次序采用国家标准图、区标准图和省通用图，并结合工程的具体使用情况，对构、配件的设计、计算和构造进行必要的复核和修改补充，以保证结构安全和设计质量。

1.1.7 建筑物所在地区的抗震烈度应由工程地质勘察报告提供。工程中如发现实际情况与《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 附录 A 的基本烈度表有矛盾时，应协助建设单位委托有关部门做进一步的地震烈度论证再予采用。

1.1.8 民用建筑结构设计尚应符合《建筑设计防火规范》GB 16—87（2001 年版）及《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045—5（2001 年版）等有关条文的要求，应根据建筑的耐火等级、燃烧性能和耐火极限，正确地选择结构与构件的防火与抗火措施，如相应保护层厚度等。

#### 1.1.9 人防设计的原则

1 防空地下室的设防等级和规模应符合建筑工程所在地人民防空主管部门的要求。

2 新建防空地下室，应按照平战结合的原则，处理好地上与地下建筑结构功能的合理结合。如两者发生矛盾，须进行必要的平战转换设计，在保证临战时能采取在 48h 内完善转换措施的前提下，允许采用变通的办法满足平时使用需要，有关转换措施应在施工图设计中明确要求。

3 防空地下室设计除应执行《人民防空地下室设计规范》GB 50038—4（2002 年版）外，尚应遵守国家现行有关标准和规范的规定。

#### 1.1.10 结构设计应遵守的国家标准、规范、规程主要有：

- 1 建筑结构可靠度设计统一标准（GB 50068—2001）
- 2 建筑抗震设防分类标准（GB 50223—95）
- 3 工程结构设计基本术语和通用符号（GBJ 132—90）
- 4 建筑结构设计术语和符号标准（GB / T 50083—97）
- 5 建筑抗震设计规范（GB 50011—2001）
- 6 构筑物抗震设计规范（GB 50191—93）
- 7 建筑结构荷载规范（GB 50009—2001）
- 8 建筑地基基础设计规范（GB 50007—2002）
- 9 建筑桩基技术规范（JGJ 94—94）
- 10 高层建筑箱形与筏形基础技术规范（JGJ 6—9）

- 11 人民防空地下室设计规范 (GB 50038—94) (2002 年版)
- 12 建筑结构制图标准 (GB / T 50105—2002)
- 13 地下工程防水技术规范 (GB 50108—2001)
- 14 建筑地基处理技术规范 (JGJ 79—2002)
- 15 建筑基坑支护技术规程 (JGJ 120—99)
- 16 边坡工程技术规程 (GB 50033—2002)
- 17 地基与基础工程施工质量验收规范 (GB 50202—2002)
- 18 土层锚杆设计与施工规范 (CECS 22 : 89)
- 19 地下防水工程质量验收规范 (GB 50208—2002)
- 20 地基动力特性测试规范 (GB / T 50269—97)
- 21 基桩低应变动力检测规程 (JGJ 106—97)
- 22 基桩高应变动力检测规程 (JGJ / T 93—95)
- 23 湿陷性黄土地区建筑规范 (GB 50025)
- 24 膨胀土地区建筑技术规范 (GBJ 112—87)
- 25 冻土地区建筑地基基础设计规范 (JGJ 118—98)
- 26 建筑变形测量规程 (JGJ / T 8—97)
- 27 岩土工程勘察设计规范 (GB 50021—2001)
- 28 砌体结构设计规范 (GB 50003—2001)
- 29 多孔砖砌体结构技术规范 (JGJ 137—2001)
- 30 设置钢筋混凝土构造柱多层砖房抗震技术规程 (JGJ / T 13—94)
- 31 混凝土小型空心砌块建筑技术规程 (JGJ / T 14—95)
- 32 普通混凝土小型孔心砌块 (GB 8239—1997)
- 33 砌体工程施工质量验收规范 (GB 50203—2002)
- 34 木结构设计规范 (GB 50005)
- 35 木结构工程施工质量验收规范 (GB 50206—2002)
- 36 混凝土结构设计规范 (GB 50010—2002)
- 37 高层建筑混凝土结构技术规程 (JGJ 3—2002)
- 38 混凝土升板结构技术规程 (GBJ 130—90)
- 39 无粘结预应力混凝土结构技术规程 (JGJ / T 92—93)
- 40 混凝土结构工程施工质量验收规范 (GB 50204—2002)
- 41 钢筋焊接及验收规程 (JGJ 18—96)

- 42 钢筋机械连接通用技术规程 (JGJ 107—96)
- 43 带肋钢筋套筒挤压连接技术规程 (JGJ 108—96)
- 44 钢筋锥螺纹接头技术规程 (JGJ 109—96)
- 45 钢筋焊接网混凝土结构技术规程 (JGJ / T 114—97)
- 46 钢结构设计规范 (GB 50017)
- 47 高层民用建筑钢结构技术规程 (JGJ99—98)
- 48 钢结构工程施工质量验收规范 (GB 50205—2002)
- 49 网架结构设计与施工规程 (JGJ7—91)
- 50 钢管混凝土结构设计与施工规程 (CECS28 : 90)
- 51 钢混组合楼盖结构设计与施工规程 (YB9238—92)
- 52 型钢混凝土组合结构技术规范 (JGJ138—2001)
- 53 钢骨混凝土结构设计规范 (YB 9082—97)
- 54 门式钢架轻型房屋钢结构技术规程 (CECS 102)
- 55 钢结构高强度螺栓连接的设计施工及验收规范 (JGJ 82—91)
- 56 工业建筑防腐蚀设计规程 (GB 50046—95)
- 57 钢结构管道涂装工程技术规范 (YB / T 9256—96)
- 58 冷弯薄壁型钢结构技术规范 (GB 50018—2002)
- 59 钢结构防火涂料应用技术规范 (CECS 24)
- 60 建筑设计防火规范 (GBJ 16—87)
- 61 高层民用建筑设计防火规范 (GB 50045—95)
- 62 人民防空工程设计防火规范 (GB 50098—98)
- 63 高耸结构设计规范 (GBJ 135—90)
- 64 建筑抗震鉴定标准 (GB 50023—95)
- 65 预应力混凝土结构抗震技术规程

## 1.2 建筑结构抗震设计基本原则

### 1.2.1 设防标准

- 1 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的民用建筑，必须进行抗震设计。
- 2 一般情况下，抗震设防烈度可采用《中国地震动参数区划图》的地震基本烈度。对已编制抗震设防区划的城市，可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。主要

城镇的抗震设防烈度可按《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001（简称《抗震规范》）附录A采用。

3 甲、乙类建筑，当抗震设防烈度为6~8度时，其抗震措施（除地震作用计算和抗力计算以外的抗震设计内容，包括规范各章所列的抗震构造措施）应符合按本地区抗震设防烈度提高1度的要求；9度时，应符合比9度抗震设防更高的要求。

4 地震期间使用功能不能中断的乙类建筑，除采取高1度的抗震措施外，适当提高结构的抗震承载力，对于减轻震害、确保其正常使用是有益的。

### 1.2.2 建筑场地

1 建筑场地应优先选择开阔平坦地形、较薄覆盖层和均匀密实土层的地段。地震时深厚软弱土层是以长周期振动分量为主导，输入地震能量增多，对建造其上的高楼等较长周期建筑不利。

2 因条件限制需在条状突出山嘴、孤立山丘、土梁、陡坡边缘、河岸边等抗震不利地段建造房屋时，应考虑不利地形对设计地震动参数可能产生的放大作用，将地震影响系数最大值 $\alpha_{\max}$ 乘以增大系数1.2~1.6。

3 土体内存在液化土夹层或润滑粘土夹层的斜坡地段，地震时其上土层可能发生大面积滑移，用作建筑场地时，应采取有效防治措施。

4 软土地区，河岸边宽约5~10倍河床深度的地带，地震时可能产生多条平行河流方向的地面裂隙，用作建筑场地时，应采取有效的应对措施。

5 应探明场地内是否存在发震断裂带，并按《抗震规范》第4.1.7条要求评价断裂对工程的影响。

6 场地划分为四类，建筑场地的类别应根据土层等效剪切波速和覆盖层厚度按《抗震规范》第4.1.6条确定。一般的地基处理和桩基均不能改变场地的类别。

### 1.2.3 地基和基础

1 同一结构单元不宜部分采用天然地基、部分采用人工地基，同一结构单元的基础不宜设置在性质截然不同的地基上。无法避免时，应视工程情况采取措施清除或减小地震期间不同地基的差异沉降量。

2 建筑地基范围内的砂土和饱和粉土（不含黄土），应按《抗震规范》第4.3节的规定进行液化判别和地基处理。

3 地基受力层范围内存在软弱粘性土层与湿陷性黄土时，应结合具体情况综合考虑，采用桩基地基加固处理或《抗震规范》第 4.3.9 条的各项措施，也可根据地基承受的压力估算地震时软土可能产生的震陷量，采取相应的工程措施。

#### 1.2.4 建筑体形与刚度

1 建筑的平面形状及其抗侧力构件的平面布置宜简单、规则、对称。多层、高层建筑平面的外突部分尺寸，宜满足《高层建筑混凝土结构技术规程》（简称《高层规程》）表 4.3.3 的要求。

2 建筑的立面形状宜简单、规则、对称，结构的侧向刚度和水平承载力沿高度宜均匀变化，自下而上逐渐减小，避免出现突变。多层、高层建筑立面内收或外挑的尺寸，宜符合《高层规程》第 4.4.5 条的规定。

3 当建筑存在《抗震规范》表 3.4.2-1 或表 3.4.2-2 所列举的平面或竖向不规则类型时，应按规范第 3.4.3 条的规定进行水平地震作用计算和内力调整，并采取相应的抗震构造措施。

4 建筑结构方案不宜采用“不规则”，尽量避免采用“特别不规则”，不得采用“严重不规则”。

三种级别的“不规则”分别指：一两项达到《抗震规范》表 3.4.2-1、2 中的指标；多项达到两个表中的指标或某一两项超过表中指标；多项超过两个表中的指标。

5 带大底盘的高层建筑，塔楼与裙房宜同心布置。当塔楼与裙房之间不设防震缝时，塔楼在裙房屋面以上第一层，柱的上、下端弯矩宜乘以增大系数 1.25~1.5。

6 《抗震规范》条文中未指明结构类型和结构体系的多层、高层建筑，其防震缝的宽度  $W$ （单位：mm）可按下式计算：

$$W = 0.8(3\Delta_A + 3\Delta_B) + 20 \quad (1.2.4)$$

式中  $\Delta_A$ 、 $\Delta_B$ ——分别为多遇地震作用下建筑 A、建筑 B 在较低建筑屋面高度处的弹性侧移计算值；

常数 3——基本烈度（抗震设防烈度）地震作用下的结构弹塑性侧移与多遇地震作用下结构弹性侧移的比值；

系数 0.8——建筑 A 与建筑 B 地震侧移最大值的遇合系数。

#### 1.2.5 结构材料与延性

1 按照结构延性系数的大小排序，依次是钢结构、钢管混凝土结构、型钢混凝土结构、钢筋混凝土结构、配筋砌体结构、砌体结构。

2 结构的延性系数大，说明结构抗震的变形能力大，结构的耐震性能好。因此，有条件时，建筑的主体结构宜采用延性系数较大的结构材料。

3 防止脆性破坏，使结构能达到其自身最大延性，宜采取以下措施：

1) 对砌体结构，采用圈梁和构造柱来约束墙体。

2) 对钢筋混凝土构件，合理确定截面尺寸，恰当配置纵筋和箍筋（抗剪斜筋），加强钢筋的锚固，避免剪切破坏先于弯曲破坏、混凝土压溃先于钢筋屈服、钢筋粘结锚固失效先于杆件破坏。

3) 对钢构件，合理确定板件宽厚比，防止局部屈曲；强化杆件连接，使屈服截面远离杆件节点。

### 1.2.6 结构体系

1 应能制定出明确的、当前计算手段能解决的平面或空间计算简图。

2 应具有合理的、直接的或基本直接的传力途径。部分框架柱、抗震墙不落地或在某楼层中断，则需要通过楼盖或水平转换构件迂回传递地震力，属于间接传力途径，不利于抗震，应按《抗震规范》第 3.4.3 条等有关规定采取加强措施。

3 应避免因少数脆弱构件或节点等薄弱环节的破坏而导致整个结构传力路线中断、丧失抗震能力或承重能力。非成对设置的单斜杆竖向支撑、弱柱型框架、不合理的水平转换构件、侧向刚度或水平承载力不足的柔弱楼层，均属不安全构件。

4 应具有足够的侧向刚度、较强的水平承载力、良好的变形能力、能吸收和耗散较多的地震输入能量。

5 宜采用具有多道抗震防线的剪切型构件和弯曲型构件并用的双重或多重结构体系，例如，框—墙体系、框—撑体系、筒中筒体系等。若采用框架体系、剪力墙体系等单一结构体系时，应分别符合“强柱弱梁”、“联肢墙居多”的抗震设计准则。

6 宜具有尽可能多的超静定次数，确保结构具有较大赘余度和内力重分配功能，在地震作用下，整个结构能形成总体屈服机制而不发生楼层屈服机制。强柱型框架、偏心（偏交）支撑、强剪型支撑、联肢墙等属总体屈服机制型构件。

7 沿结构平面和竖向，各抗侧力构件应具有合理的刚度和承载力分布，避免因局部削弱或突变形成柔弱楼层或薄弱部位，产生过大的应力集中或塑性变形集中。

8 结构在纵、横两个主轴方向的动力特性宜相近。

9 采用钢筋混凝土“部分框支抗震墙”结构体系的高层建筑，当框支柱采用钢管混凝土柱或型钢混凝土柱时，应视底部框支层数的多少及上部与下部楼层侧向刚度比值的大小，确定是否采取下列措施：框支层的钢筋混凝土核心筒墙体内增设型钢暗框架；框支柱计入

包含塑性变形集中侧移的重力二阶效应；按《高层规程》附录 E 计算转换层上、下楼层的侧向刚度比。

### 1.2.7 房屋高度和高宽比

钢结构、钢-混凝土混合结构、型钢混凝土结构、钢筋混凝土结构房屋的最大适用高度和高宽比，依次应分别符合《高层民用建筑钢结构技术规程》第 1.0.2 条和《建筑抗震设计规范》第 8.1.1 条和 8.1.2 条、《高层建筑混凝土结构技术规程》第 11.1.2 和 11.1.3 条、《型钢混凝土规程》第 4.2.3 条、《抗震规范》第 6.1.1 条和《高层建筑混凝土结构技术规程》第 4.2.2、4.2.3 条的规定。

### 1.2.8 结构分析

1 多遇地震作用下建筑结构的内力和变形分析，结构构件处于弹性工作状态，采用线性静力方法或线性动力方法。

2 罕遇地震作用下建筑结构的弹塑性变形分析，根据结构特点采用静力弹塑性分析方法或弹塑性时程分析方法。

3 进行结构弹性分析时，各层楼（屋）盖应根据其平面内变形状况确定为刚性、半刚性或柔性横隔板。质量和侧向刚度分布基本对称且楼（屋）盖可视为刚性横隔板的结构，可采用平面结构模型进行抗震分析，半刚性楼盖结构应采用空间结构模型进行抗震分析。

4 竖向支撑的斜杆，不论其端部与梁、柱的连接构造属铰接或刚接，均按铰接杆计算。

5 对钢结构、钢-混凝土混合结构，应考虑重力荷载下各柱和墙因弹性压缩、混凝土收缩徐变的竖向变形差，对钢柱下料长度、刚接钢梁内力所产生的影响。

6 对“芯筒—刚臂—框架”体系，刚臂（伸臂衍架）与周边框架柱的连接宜采用铰接或半刚接，并应计入外柱与混凝土筒体竖向变形差引起的桁架杆内力的变化。

7 地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，应避免在地下室顶板开设大洞口，并应采用现浇梁板结构，其楼板厚度不宜小于 180mm，混凝土强度等级不宜小于 C30，应采用双层双向配筋，且每层每个方向的配筋率不宜小于 0.25%；地下室结构的楼层侧向刚度不宜小于相邻上部楼层侧向刚度的 2 倍，地下室柱截面每侧的纵向钢筋面积，除应满足计算要求外，不应少于地上一层对应柱每侧纵筋面积的 1.1 倍；地上一层的框架结构柱和抗震墙墙底截面的弯矩设计值应符合本章第 6.2.3、6.2.6、6.2.7 条的规定，位于地下室顶板的梁柱节点左右梁端截面实际受弯承载力之和不宜小于上下柱端实际受弯承载力之和。

8 高层建筑结构在水平力作用下，当不满足《高层建筑混凝土结构技术规程》第 5.4.1 条的规定，应按第 5.4.2 条和第 5.4.3 条的规定考虑重力二阶效应对水平力作用结构内力和位移的增大影响。

9 下列建筑应采用弹性时程分析法进行多遇烈度地震作用下的补充计算，结构地震作用效应宜取 3 条以上地震时程曲线计算结果的平均值与振型分解反应谱法计算结果两者的较大值。

- 1) 甲类建筑结构；
- 2) 《抗震规范》表 5.1.2-1 所列的乙、丙类高层建筑；
- 3) 《抗震规范》所规定的特别不规则的建筑结构；
- 4) 复杂高层建筑结构：带转换层的结构；带加强层（刚臂层）的结构；错层结构；连体结构；多塔楼结构；
- 5) 质量沿竖向分布特别不均匀的高层建筑结构。

10 为考虑抗震墙和竖向支撑刚度退化导致部分地震力向框架转移，侧向刚度沿竖向分布基本达到均匀变化的多层和高层房屋，采用钢筋混凝土结构框架-抗震墙体系或框架-核心筒体系时，框架部分（总框架）任一楼层承担的水平地震剪力，不应小于结构底部总地震剪力的 20% 与按框架-抗震墙结构分析所得框架部分各楼层地震剪力中最大值 1.5 倍两者的较小者。当采用钢结构框架-支撑体系、框架-抗震墙板体系或“钢框架（型钢混凝土框架）-钢筋混凝土筒体”混合结构体系时，上述的 20% 和 1.5 倍分别增大力 25% 和 1.8 倍。

### 1.2.9 结构构件设计

1 钢筋混凝土框架、框筒的设计宜符合“四强、四弱”准则：

1) 强节弱杆——框架梁-柱节点域的截面抗震验算，应符合《抗震规范》附录 D 的要求，使杆件破坏先于节点破坏。

2) 强柱弱梁——框架各楼层节点的柱端弯矩设计值，应符合《抗震规范》第 6.2.2、6.2.3、6.2.6 和 6.2.10 条的要求，使梁端破坏先于柱端破坏。

3) 强剪弱弯——框架梁、柱的截面尺寸应满足《抗震规范》第 6.2.9 条的要求，框架梁端截面和框架柱的剪力设计值，应分别符合《抗震规范》第 6.2.4、6.2.5 条的要求，使梁柱的弯曲破坏先于剪切破坏。

4) 强压弱拉——框架柱的截面尺寸应满足《抗震规范》第 6.3.7 条的要求。框架梁、柱的纵向受拉钢筋和箍筋的配置，应分别符合《抗震规范》第 6.3.3、6.3.6 条和第 6.3.8~6.3.12 条的要求，使梁、柱截面受拉区钢筋的屈服先于受压区混凝土的压碎。

2 有地震作用效应组合时，仅重力荷载作用下可考虑对钢筋混凝土框架梁端的负弯矩设计值以调幅系数运行调幅。

3 钢筋混凝土结构高层建筑中、上段的设备层（兼作结构转换层的情况除外），因层高突然减小，使全部框架柱的剪跨比均不大于 2 时，对剪跨比不大于 2 但不小于 1.5 的柱的轴

压比限值应比剪跨比大于 2 的数值减小 0.05，对剪跨比小于 1.5 的柱的轴压比限值应专门研究并采取特殊构造措施；对剪跨比均不大于 2 的柱的箍筋加密区取柱全高范围，其箍筋加密区范围内的最小体积配箍率，应符合《建筑抗震设计规范》第 6.4.7 条的规定。

4 设置地下室的多层、高层建筑，地下结构钢筋混凝土柱和型钢混凝土柱的轴压比限值可按《抗震规范》中相应数值增加 0.1。

5 一级框架的钢筋混凝土梁端箍筋加密区段内，宜在距梁底面 200mm 高度处设置 8 横向拉筋，其纵向间距和箍筋相同。

6 高层建筑宜设置地下室。当地下室的层数较多时，为使深基坑能采用造价低、工期短的自支护系统，地下结构宜采用钢管混凝土柱或型钢混凝土柱，并采用逆作业法施工。

7 对钢结构高层建筑，为减缓地下结构到上部钢结构的侧向刚度突变，底层或底部两层宜采用型钢混凝土结构作为过渡层。

8 为确保结构具有足够的延性，所采用高强混凝土的强度等级，8、9 度时宜分别不超过 C70 和 C60，而且在构造方面应符合《抗震规范》附录 B 的规定。

9 多层、高层建筑的顶层为空旷大厅时，除对结构进行弹性时程分析外，对顶层结构构件宜采取高一等级的抗震构造措施，以增强其适应较大变形的能力。

10 对转换层楼盖的托柱梁、托墙梁，作用于其跨间的上层柱（或墙肢）由地震倾覆力矩引起的附加轴压力，宜乘以增大系数 1.5。

### 1.3 复杂建筑结构抗震设计基本原则

1.3.1 建筑设计应符合抗震概念设计的要求，不应采用严重不规则的设计方案。

1.3.2 当存在下列类型的复杂建筑结构时，应按《抗震规范》第 3.4.3 条有关的要求进行水平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。

复杂建筑结构包括建筑及其抗侧力结构的平面不规则类型、竖向不规则类型以及平面不规则且竖向不规则的建筑结构。

1 平面的凹角或凸角不规则类型：平面不对称，局部突出尺寸  $\frac{t}{b} > 1$ ，且  $\frac{t}{b} > 0.3$  的平面不规则的情况，如图 1.3.2-1 所示。

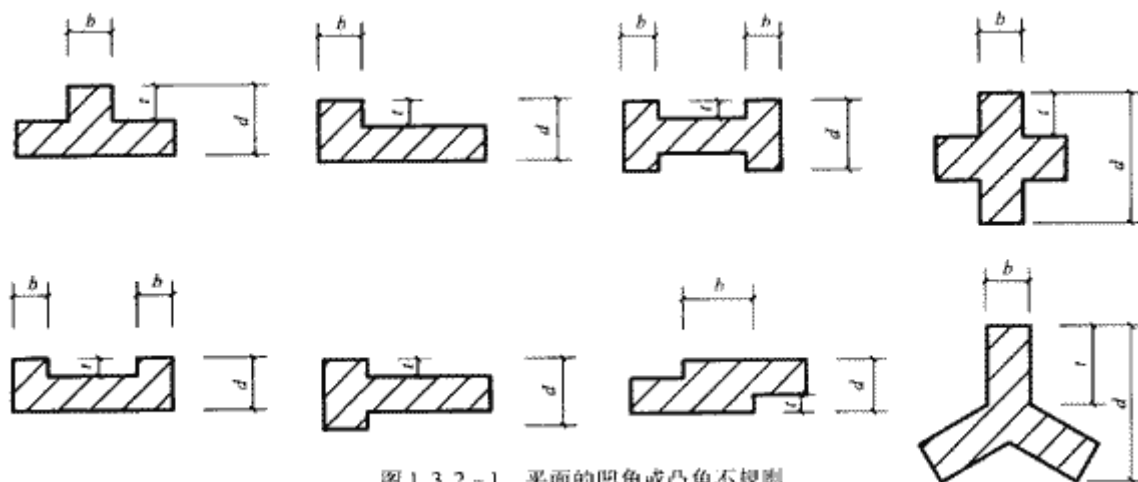


图 1.3.2-1 平面的凹角或凸角不规则

2 扭转不规则类型：抗侧力构件布置不对称及质量分布非常不对称的结构扭转不规则的平面不规则情况，如图 1.3.2-2 所示，当  $\delta_2 > 1.2 \left( \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \right)$ ，则属扭转不规则，但应使  $\delta_2$   $1.5 \left( \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \right)$ 。对于结构扭转不规则，按刚性楼盖计算，当最大层间位移与其平均值的比值为 1.2 时，相当于一端为 1.0，另一端为 1.45；当比值为 1.5 时，相当于一端为 1.0，另一端为 3。

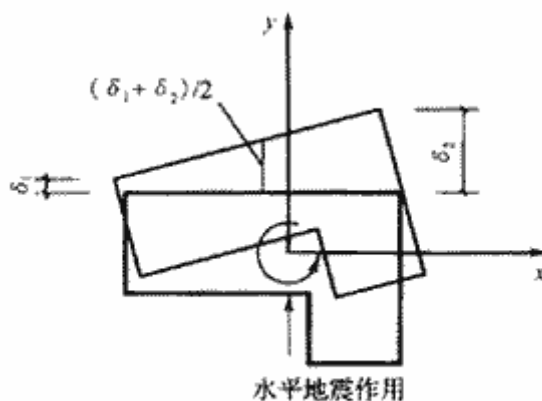


图 1.3.2-2 建筑结构平面的扭转不规则

3 楼板局部不连续不规则类型：楼板的尺寸和平面刚度急剧变化的平面不规则情况，如图 1.3.2-3 所示。有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%；或楼板开洞面积大于该层楼面面积的 30%；或对于较大错层，如超过梁高的错层，需按楼板开洞对待，当错层面积大于该层总面积 30% 时，则属于楼板局部不连续，楼板典型宽度按楼板外形的基本宽度计算。

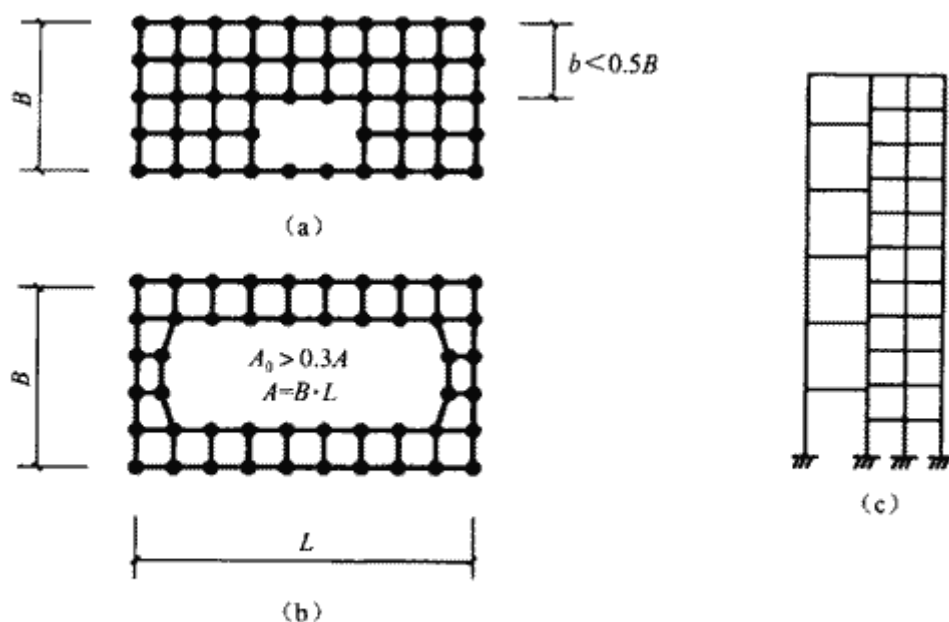


图 1.3.2-3 建筑结构平面的局部不连续（大开洞及错层）

4 立面局部缩进不规则类型：上层缩进尺寸超过相邻下层对应尺寸的  $1/4$ ，即属体型复杂的立面局部缩进尺寸  $b/B < 0.75$  且  $h/b > 1$  的情况；当上部结构楼层相对于下部楼层外挑时，下部楼层的水平尺寸  $b$  不宜小于上部楼层水平尺寸  $B$  的  $0.9$  倍，且水平外挑尺寸  $a$  不宜大于  $4\text{m}$ ，如图 1.3.2-4 所示。

5 体型复杂的楼层刚度变化的侧向刚度不规则类型：抗侧力构件沿竖向的不连续或截面变化，楼层刚度比  $K_i / K_{i+1} < 0.7$  或  $\left( \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \right) < 0.8$  或  $K_i / K_{i+1} < 0.5$ ，如图 1.3.2-5 所示。

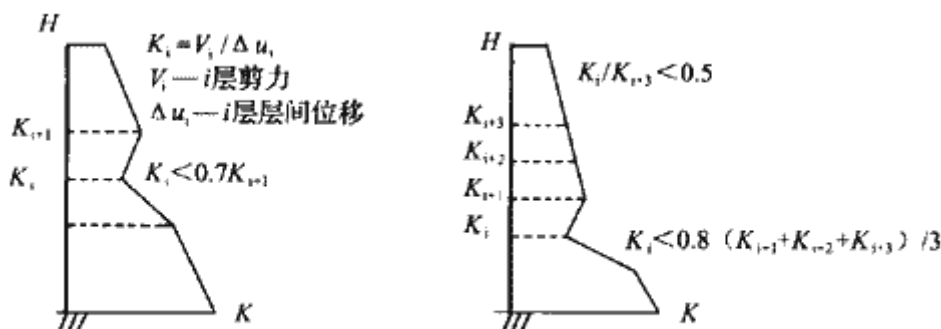


图 1.3.2-5 沿竖向的侧向刚度不规则（有柔软层）

6 楼层承载力突变的竖向不规则类型：抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一层楼的  $80\%$  的；体型复杂沿高度方向承载力存在薄弱层（部位），相邻楼层质量差别大于  $50\%$  以及竖向非直接传力的情况，如图 1.3.2-6 与图 1.3.2-7 所示。

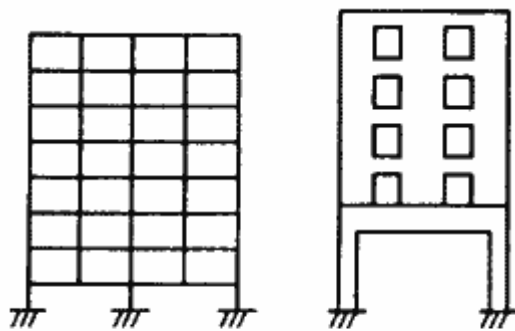


图 1.3.2-6 竖向抗侧力构件不连续

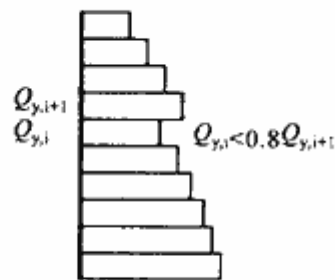


图 1.3.2-7 竖向抗侧力结构屈服抗剪强度非均匀化（有薄弱层）

7 平面不规则与竖向不规则的兼有的建筑结构。

### 1.3.3 复杂建筑结构的抗震作用分析

1 抗震计算时，宜考虑平扭耦连计算结构的扭转效应，振型数不应小于 15，对多塔楼结构的振型数不应小于塔楼数的 9 倍，且计算振型数应使振型参与质量不小于总质量的 90%。

2 需要充分考虑扭转效应时，宜采用《抗震规范》中的平动、扭转耦连振型分解法。

3 除考虑扭转外还要注意结构进入非弹性阶段后，相对薄弱楼层的塑性变形集中问题。当框架结构楼层屈服强度系数  $\xi_y < 0.5$  时，宜进行罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算。不超过 12 层且层刚度无突变的框架结构可采用《抗震规范》的简化算法，此外也可采用弹塑性时程分析。

4 属于特别不规则结构除按第 3 款考虑外，对于 7~9 度抗震等级为一、二级及高度大于 80m 的高层建筑，为了进一步掌握多遇地震作用下地震力和变形的分布，宜补充二维或三维弹性时程分析。

5 以上情况的不同复杂程度在确定分析方法时应具体考虑，在设计中尽量使复杂程度不要过多的超过以上所规定的数值。

### 1.3.4 复杂建筑结构抗震设计措施

对于复杂建筑结构除进行必要的抗震计算分析外，更重要的是掌握概念设计原则并采取有效的措施。

1 复杂结构抗震设计应注意的若干问题：

- 1) 立面上局部突出部位不宜位于平面的端部，立面体型避免上大下小；
- 2) 位于平面的转角及边缘的抗侧力构件宜有较好的变形能力；
- 3) 复杂平面的转折交叉处应避免楼盖有较大洞口削弱整体刚度；
- 4) 合理布置抗侧力构件，尽量减小扭转效应；

5) 有大底盘的高层建筑，主体结构 with 底盘宜同心布置；

6) 为了减小结构进入非弹性阶段的扭转效应，同一楼层内各抗侧力竖向构件的屈服承载力与其承受的竖向荷载宜相互对应，也就是屈服承载力中心与质量中心尽量接近；

7) 对复杂建筑结构应采取措施控制差异沉降及温度伸缩的影响；

8) 基础结构应有良好的整体性和足够承载能力，以保证上部结构的抗震性能。

2 复杂建筑结构的平面转折及体型和承载力突变部位均属于抗震不利部位。对于这些部位应注意采取提高抗震性能的措施。

1) 提高不利部位的结构承载能力，例如，对薄弱楼层提高柱和墙的抗侧力、承载能力以推迟屈服。

2) 提高楼盖的承载能力和整体刚度，确保地震作用的传递。

3) 复杂传力部位的主要构件承载力设计如托墙柱、托墙梁、托柱梁及转换层构件等，根据具体情况宜将该部位的地震作用乘以不小于 1.5 的增大系数。

4) 采取构造措施提高结构不利部位的变形能力（延性）。例如，对不利部位的抗侧力构件适当提高抗震等级，采取相应构造措施（降低轴压比、提高受力钢筋的配筋率、提高横向钢筋的配箍率等）。

5) 根据具体情况提高承载能力和提高变形能力的措施在同一结构部位可以并用。