

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

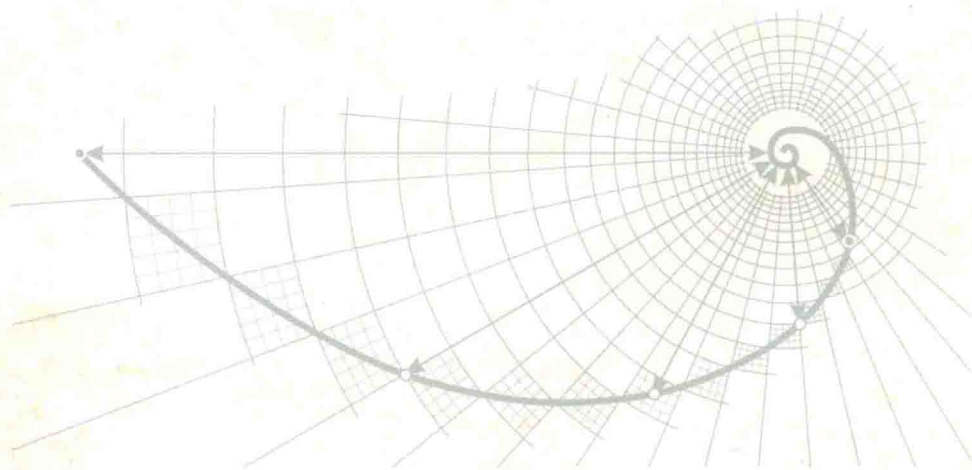


结构设计软件

STRUCTURAL DESIGN SOFTWARE

(学科基础课适用)

谷 岩 编著 张晋元 主审



普通高等教育土木工程学科精品规划教材(学科基础课适用)

结构设计软件

STRUCTURAL DESIGN SOFTWARE

谷 岩 编著
张晋元 主审

内 容 提 要

本书紧密结合现行建筑结构规范,介绍了中国建筑科学研究院 PMCAD、SATWE 软件(V2.1 版)和北京迈达斯技术有限公司 MIDAS Building 软件在结构设计中的应用。本书分为三篇,第 1 篇主要介绍结构初步设计的相关知识;第 2 篇主要介绍建立结构计算模型的 PMCAD 软件和进行多、高层结构计算分析的 SATWE 软件;第 3 篇主要介绍 MIDAS Building-Structure Master 的应用。

本书可作为高等院校本科土木工程专业“结构设计软件”课程的教材和教学参考书,也可作为“结构设计软件”课程设计和毕业设计的上机指导书,同时又可作为广大土木工程设计人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

结构设计软件/谷岩编著. —天津:天津大学出版社,
2014. 7

普通高等教育土木工程学科精品规划教材. 学科基础课
适用

ISBN 978-7-5618-5122-7

I. ①结… II. ①谷… III. ①建筑结构—结构设计—
计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教材 IV.
①TU318-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 157721 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 15.25
字 数 381 千
版 次 2015 年 1 月第 1 版
印 次 2015 年 1 月第 1 次
印 数 1—3 000
定 价 40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编审委员会

- 主任:顾晓鲁 天津大学教授
- 委员:戴自强 天津大学教授
- 董石麟 浙江大学教授
- 郭传镇 天津大学教授
- 康谷贻 天津大学教授
- 李爱群 东南大学教授
- 李国强 同济大学教授
- 李增福 天津大学教授
- 刘惠兰 天津大学教授
- 刘锡良 天津大学教授
- 刘昭培 天津大学教授
- 石永久 清华大学教授
- 沈世钊 哈尔滨工业大学教授
- 沈祖炎 同济大学教授
- 谢礼立 中国地震局工程力学研究所研究员

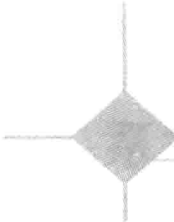
普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编写委员会

主 任:姜忻良

委 员:(按姓氏汉语拼音排序)

毕继红	陈志华	丁 阳	丁红岩	谷 岩	韩 明
韩庆华	韩 旭	亢景付	雷华阳	李砚波	李志国
李忠献	梁建文	刘 畅	刘 杰	陆培毅	田 力
王成博	王成华	王 晖	王铁成	王秀芬	谢 剑
熊春宝	闫凤英	阎春霞	杨建江	尹 越	远 方
张彩虹	张晋元	郑 刚	朱 涵	朱劲松	



总序

随着我国高等教育的发展,全国土木工程教育状况有了很大的发展和变化,教学规模不断扩大,对适应社会的多样化人才的需求越来越紧迫。因此,必须按照新的形势在教育思想、教学观念、教学内容、教学计划、教学方法及教学手段等方面进行一系列的改革,而按照改革的要求编写新的教材就显得十分必要。

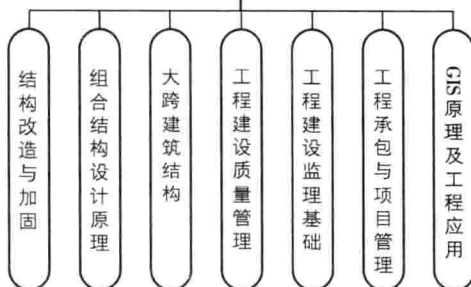
高等学校土木工程学科专业指导委员会编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》),《规范》对规范性和多样性、拓宽专业口径、核心知识等提出了明确的要求。本丛书编写委员会根据当前土木工程教育的形势和《规范》的要求,结合天津大学土木工程学科已有的办学经验和特色,对土木工程本科生教材建设进行了研讨,并组织编写了“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”。为保证教材的编写质量,我们组织成立了教材编审委员会,聘请全国一批学术造诣深的专家作教材主审,同时成立了教材编写委员会,组成了系列教材编写团队,由长期给本科生授课的具有丰富教学经验和工程实践经验的老师完成教材的编写工作。在此基础上,统一编写思路,力求做到内容连续、完整、新颖,避免内容重复交叉和真空缺失。

“普通高等教育土木工程学科精品规划教材”将陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程学科本科生教育的发展与教学质量的提高以及土木工程人才的培养产生积极的作用,为我国的教育事业和经济建设作出贡献。

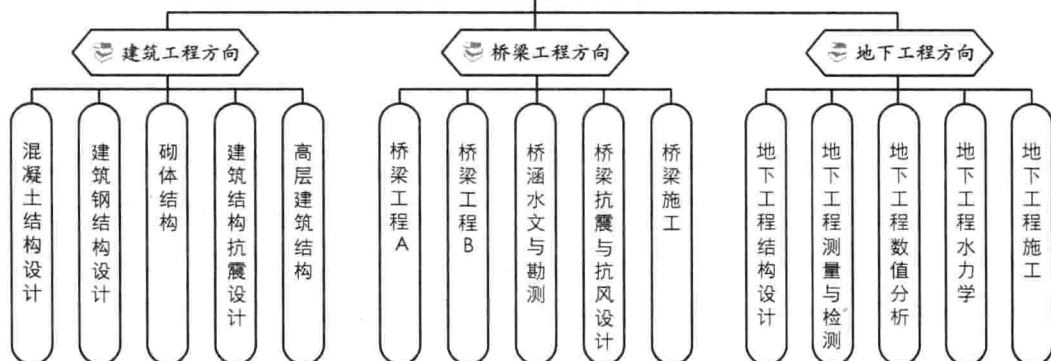
丛书编写委员会

土木工程学科本科生教育课程体系

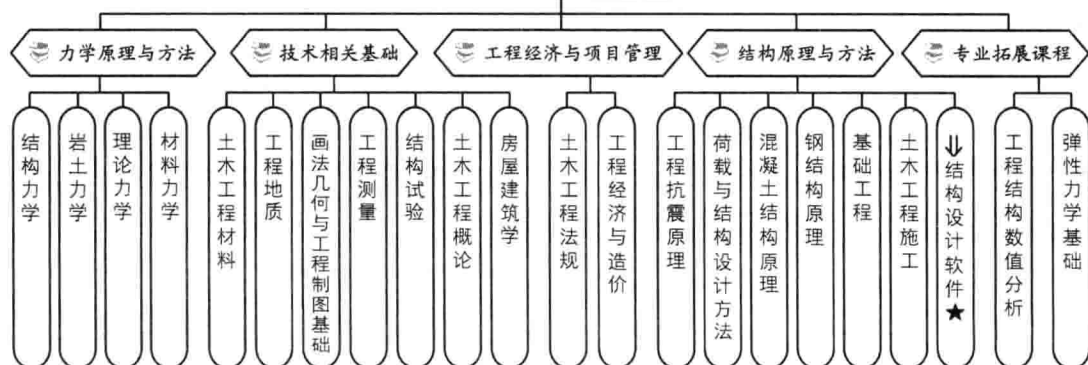
专业任选课程

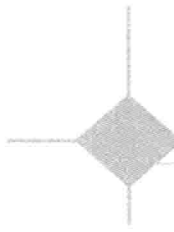


课群方向课程



学科基础课程





前言

“结构设计软件”课程是土木工程专业的学科方向专业课,也是一门实践性很强的专业必修课。本书根据最新的建筑结构设计规范,按中国建筑科学研究院 PMCAD、SATWE 软件(V2.1 版)和北京迈达斯技术有限公司 MIDAS Building 软件编写。本书首先简要讲述建筑结构设计的初步知识,然后就计算机辅助设计的建立模型、计算分析步骤详细介绍 PMCAD、SATWE 和 MIDAS Building 结构大师的基本使用方法及操作步骤。

本书在编写过程中参考了中国建筑科学研究院 PKPM 系列软件和北京迈达斯技术有限公司 MIDAS Building 软件的用户手册,同时也参考了其他许多公开发表的文献,在此谨向作者表示衷心的感谢。

因编者的水平有限,错误和遗漏在所难免,不足之处,敬请读者批评指正。

编著者
2014 年 6 月

目 录

第 1 篇 结构初步设计与结构设计软件应用概述

第 1 章 结构体系与结构布置	(2)
1.1 结构体系	(2)
1.1.1 结构体系简介	(2)
1.1.2 结构体系的选择	(3)
1.2 结构布置	(4)
1.2.1 结构平面布置	(4)
1.2.2 结构竖向布置	(5)
1.3 规范关于不规则结构的界定	(6)
第 2 章 结构体系方案设计	(8)
2.1 楼盖结构	(8)
2.1.1 楼盖结构的作用	(8)
2.1.2 楼盖结构的选型	(8)
2.1.3 现浇楼盖的尺寸估算	(9)
2.2 框架结构	(10)
2.2.1 结构布置原则	(10)
2.2.2 柱网及构件尺寸初步拟订	(11)
2.2.3 梁柱偏心	(13)
2.2.4 框架填充墙	(13)
2.3 剪力墙结构	(13)
2.3.1 结构布置原则	(13)
2.3.2 剪力墙的数量和墙肢厚度估算	(14)
2.4 框架-剪力墙结构	(15)
2.4.1 框架-剪力墙结构中剪力墙的形式	(15)
2.4.2 结构布置原则	(15)
2.4.3 剪力墙数量的初步估算	(16)
第 3 章 荷载导算	(17)
3.1 楼(屋)面荷载	(17)
3.1.1 屋面荷载	(17)
3.1.2 楼面荷载	(19)
3.2 填充墙荷载	(21)
3.3 楼梯荷载	(21)
3.4 吊车荷载	(23)
3.4.1 吊车竖向荷载	(23)
3.4.2 吊车横向水平荷载	(24)

3.4.3 吊车纵向水平荷载	(25)
第4章 结构软件计算与分析	(26)
4.1 结构常用分析软件介绍	(26)
4.1.1 结构分析软件的计算模型及适用范围	(26)
4.1.2 常用结构计算软件介绍	(27)
4.2 结构分析软件的选择与使用	(32)
4.2.1 结构分析软件的选择	(32)
4.2.2 结构分析软件的使用	(32)
4.3 计算结果的分析、判断和调整	(34)
4.3.1 合理性的判断	(35)
4.3.2 渐变性的判断	(36)
4.3.3 平衡性的判断	(36)
4.3.4 与振型有关的概念	(36)
4.3.5 需要注意的几个限值	(37)
4.3.6 构件配筋的分析和判断	(40)

第2篇 建研院 PKPM 多、高层结构设计软件应用

第5章 结构计算模型的建立	(42)
5.1 结构几何模型的建立	(42)
5.1.1 概述	(42)
5.1.2 轴线输入	(44)
5.1.3 网格生成	(45)
5.1.4 楼层定义	(47)
5.1.5 楼板生成	(54)
5.1.6 楼梯布置	(57)
5.2 荷载输入	(59)
5.2.1 楼面荷载	(60)
5.2.2 构件荷载	(61)
5.2.3 人防荷载	(62)
5.2.4 吊车荷载	(63)
5.2.5 荷载的显示校核	(65)
5.3 设计参数	(65)
5.3.1 总信息	(66)
5.3.2 材料信息	(67)
5.3.3 地震信息	(68)
5.3.4 风荷载信息	(69)
5.4 楼层组装	(70)
5.4.1 普通楼层组装	(70)
5.4.2 广义楼层组装	(71)
5.4.3 工程拼装	(72)

5.5 保存和退出程序	(74)
5.6 平面荷载显示校核	(75)
5.6.1 荷载选择	(76)
5.6.2 荷载归档	(77)
5.6.3 查荷载图	(77)
5.6.4 竖向导荷	(77)
第6章 多、高层结构计算分析	(80)
6.1 概述	(80)
6.2 分析与设计参数补充定义	(81)
6.2.1 总信息	(82)
6.2.2 风荷载信息	(90)
6.2.3 地震信息	(92)
6.2.4 活荷信息	(97)
6.2.5 调整信息	(99)
6.2.6 设计信息	(106)
6.2.7 配筋信息	(109)
6.2.8 荷载组合	(110)
6.2.9 地下室信息	(112)
6.3 特殊构件补充定义	(114)
6.3.1 特殊构件的颜色	(114)
6.3.2 特殊梁	(115)
6.3.3 特殊柱	(115)
6.3.4 弹性楼板	(115)
6.4 特殊荷载设置	(116)
6.4.1 温度荷载定义	(116)
6.4.2 特殊风荷载定义	(116)
6.4.3 多塔结构补充定义	(117)
6.4.4 施工次序补充定义	(117)
6.4.5 活荷载折减系数补充定义	(118)
6.5 生成 SATWE 数据文件及数据检查	(118)
6.6 结构内力与配筋计算	(119)
6.6.1 层刚度比计算	(119)
6.6.2 地震作用分析方法	(120)
6.6.3 线性方程组解法	(120)
6.6.4 位移输出方式	(121)
6.7 分析结果的图形输出	(121)
6.7.1 混凝土构件配筋及钢构件验算简图	(122)
6.7.2 混凝土剪力墙边缘构件	(127)
6.7.3 底层墙、柱最大组合内力	(128)
6.8 文本输出结果	(130)

6.8.1	结构设计信息输出文件	(130)
6.8.2	周期、地震力及振型计算结果输出文件	(133)
6.8.3	结构位移输出文件	(135)
6.8.4	框架柱倾覆弯矩及 $0.2V_0$ 调整系数	(136)
6.8.5	简化薄弱层验算文件	(137)
6.8.6	超筋超限信息	(137)

第3篇 MIDAS Building-Structure Master 应用

第7章	结构计算模型的建立	(142)
7.1	结构几何模型的建立	(142)
7.1.1	概述	(142)
7.1.2	轴网输入	(143)
7.1.3	构件	(144)
7.1.4	边界	(153)
7.1.5	构件荷载	(157)
7.1.6	标准层和楼层	(159)
7.2	模型控制	(162)
7.2.1	总信息	(163)
7.2.2	边界条件	(164)
7.2.3	网格尺寸	(164)
7.2.4	其他	(165)
7.3	荷载控制	(165)
7.3.1	一般选项卡	(166)
7.3.2	风荷载	(167)
7.3.3	地震作用	(169)
7.3.4	活荷载控制	(173)
7.3.5	人防和地下室	(175)
第8章	结构分析与设计	(177)
8.1	分析设计参数定义	(177)
8.1.1	控制信息	(177)
8.1.2	调整信息	(183)
8.1.3	设计信息	(187)
8.1.4	钢筋信息	(190)
8.2	构件类型	(191)
8.3	荷载组合	(191)
8.4	运行分析和设计	(193)
8.5	查看结果	(193)
8.5.1	图形结果	(194)
8.5.2	文本结果	(206)
8.5.3	结构分析结果	(211)

8.5.4 层结果表格	(214)
8.5.5 规则性验算表格	(217)
8.6 专家校审系统	(219)
8.6.1 自动校审	(219)
8.6.2 自动校审内容说明	(222)
8.6.3 自动校审结果	(227)
参考文献	(228)

第 1 篇 结构初步设计与 结构设计软件应用概述

第 1 章 结构体系与结构布置

1.1 结构体系

1.1.1 结构体系简介

民用建筑中常用的多层及高层钢筋混凝土结构体系主要包括框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构和筒体结构。各结构体系的特点分别介绍如下。

1. 框架结构

框架结构的特点是建筑平面布置灵活,可以取得较大的使用空间,具有较好的延性。但其整体侧向刚度较小,在强烈地震作用下侧向变形较大,非结构构件破坏比较严重,不仅地震中危及人身安全和财产安全,而且震后的修复量大,费用也很高。水平荷载作用下,框架结构的侧向变形特征为剪切型。

2. 剪力墙结构

剪力墙结构刚度大,空间整体性好,在水平荷载作用下侧向变形小,有利于避免设备管道及非结构构件的破坏,由于没有梁、柱等构件的外露与凸出,空间使用效率高。其缺点是受平面布置的限制,不能提供较大的使用空间,结构自重较大。水平荷载作用下,剪力墙结构的侧向变形特征为弯曲型。为了争取底部有较大空间,可以在一些剪力墙底部开设大洞,使部分剪力墙“不落地”,用柱子和梁来支承上部的剪力墙,这就是部分框支剪力墙结构。

短肢剪力墙是指截面厚度不大于 300 mm,墙肢截面高度与厚度之比的最大值大于 5 但不大于 8 的剪力墙。一般情况下,当剪力墙结构中短肢剪力墙所承担的第一振型底部地震倾覆力矩达到结构总底部地震倾覆力矩的 50% 时,可认为是短肢剪力墙结构。短肢剪力墙结构可减轻结构自重,平面布置灵活,住宅建筑应用较多。

剪力墙结构适用于高度较高的高层建筑。部分框支剪力墙结构的最大适用高度较一般剪力墙结构要低,短肢剪力墙结构则更低。

3. 框架-剪力墙结构

框架-剪力墙结构既具有框架结构布置灵活、使用空间较大的特点,结构刚度又较大,具有多道抗震防线和良好的抗震性能,应用范围较为广泛。其缺点是由于建筑使用功能要求,剪力墙的平面布置往往受到限制,可能会造成结构的偏心过大、结构的平面不规则等。水平荷载作用下,框架-剪力墙结构的侧向变形特征为弯剪型。

有抗震设计要求的一般高层建筑,宜优先选用框架-剪力墙结构。

4. 筒体结构

筒体结构主要包括框架-核心筒结构、筒中筒结构和多筒体结构。框架-核心筒结构中的主要抗侧力构件是布置在楼层中央由剪力墙围成的核心筒,它具有较大的抗侧力刚度和承载力。框架-核心筒结构的周边为较大柱距的框架,结构的受力特点类似于框架-剪力墙。筒中筒结构的内筒与框架-核心筒结构的核心筒相似,但外筒与框架-核心筒结构

的外框架不同。筒中筒结构的外筒是由密排柱和截面高度相对较大的边梁组成,具有很好的空间性能以及更大的抗侧力刚度和承载力,其受力特点不同于框架-核心筒结构。通常,在结构高宽比大于3时,才能充分发挥外筒的作用,因此筒中筒结构更适用于高度更高的高层建筑,而不宜用于高度低于60 m的建筑。

筒体结构的共同特点是整体性好、空间刚度大,适用于较高的高层建筑。

1.1.2 结构体系的选择

通常,结构体系在建筑方案中有所体现,但结构体系是否合理,应根据建筑的抗震设防类别、抗震设防烈度、建筑高度、场地条件、地基、结构材料和施工等因素,经技术经济和使用条件(如建筑功能、建筑平面及立面布置等)综合比较确定。常用结构体系及其适用范围见表1-1。

表1-1 常用结构体系及其适用范围

结构体系	适用范围
砌体结构	五层或五层以下建筑,如住宅、宿舍、办公楼、教学楼、实验楼、医院建筑等
底部框架-抗震墙砌体结构	底部为商店、餐厅、邮局等生活服务设施,上层为住宅的临街多层建筑
框架结构	办公楼、教学楼、实验楼、医院建筑、商业建筑、旅馆、多层工业厂房等
排架结构、门式钢架结构	单层工业厂房、仓库等
框、排架结构	单层空旷房屋,如礼堂、影剧院、体育馆、展览馆建筑等
剪力墙结构	高层住宅、公寓、旅馆、写字楼
框架-剪力墙结构	中高层、高层公共建筑
框支剪力墙结构	高层多功能建筑
筒体结构	高层公共建筑、多功能建筑
异形柱框架、框架-剪力墙结构	多层住宅、公寓、旅馆、写字楼

确定结构体系时,应符合下列各项要求:

- (1)应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径;
- (2)应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;
- (3)应具备必要的承载能力,良好的变形能力和消耗地震能量的能力;
- (4)对可能出现的薄弱部位,应采取有效措施予以加强;
- (5)结构体系宜有多道抗震防线;
- (6)结构体系的竖向和水平布置应具有合理的刚度和承载力分布,避免因局部突变和扭转效应而形成薄弱部位或产生过大的应力集中或塑性变形集中;
- (7)结构体系在两个主轴方向的动力特性宜相近。

此外,各种结构体系的最大适用高度还应满足国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010(后面均简称《抗震规范》)第6.1.1条和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010(后面均简称《高规》)第3.3.1条的规定;最大高宽比应满足《高规》第3.3.2条的规定。

1.2 结构布置

1.2.1 结构平面布置

一般建筑平面的形状如图 1-1 所示。在高层建筑的一个独立结构单元内,宜使结构平面形状简单、规则、均匀、对称,使结构受力明确、传力直接,有利于抵抗水平和竖向荷载,减少扭转影响和构件的应力集中。

结构首选平面是图 1-1(a)至(e)所示具有两个或多个对称轴的平面形状,当采用矩形平面时,结构的长宽比不宜大于 6。

图 1-1(k)至(o)所示的平面形状比较不规则、不对称,且传力路线复杂,容易引起结构的较大扭转和一些部位的应力集中。图 1-1(n)、(o)所示角部重叠和细腰形的平面形状,在中央部位形成狭窄部分,地震时容易产生震害,尤其在凹角部位,因应力集中易使楼板开裂,不宜采用。必须采用时,则这些部位应采用加大板厚、增加板内配筋、设置集中配筋的边梁、配置 45° 斜向钢筋等方法予以加强。

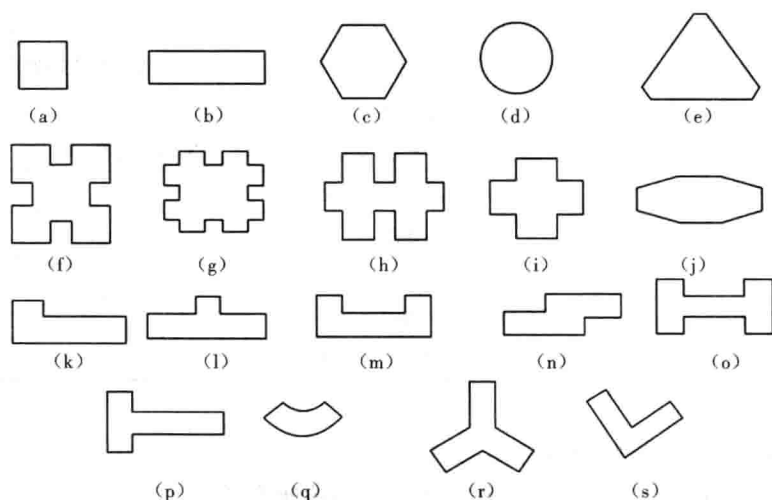


图 1-1 建筑平面形状

结构平面布置时应保证楼板在自身平面内有很大的刚度。当楼板平面比较狭长、有较大的凹入和开洞而使楼板刚度有较大削弱时,应在设计中考虑楼板刚度削弱产生的不利影响。楼板凹入或开洞尺寸不宜大于楼面宽度的一半;楼板开洞总面积不宜超过楼板面积的 30%;在扣除凹入或开洞后,楼板在任一方向的最小净宽度不宜小于 5 m,且开洞后每一边的楼板净宽度不应小于 2 m,如图 1-2 所示。

“卅”字形、“井”字形等外伸长度较大的建筑,当中央部分楼、电梯间使楼板刚度有较大削弱时,应加强楼板及连接部位墙体的构造措施。在不妨碍建筑使用的原则下,可以设置如图 1-3 所示的拉梁 a,拉梁内配置受拉钢筋;或设置如图 1-3 所示不上人的外挑板或可以使用的阳台板 b,在板内双层双向配置钢筋,每层、每向配筋率 0.25%。

楼板开大洞使其刚度削弱后,宜采取以下构造措施予以加强: