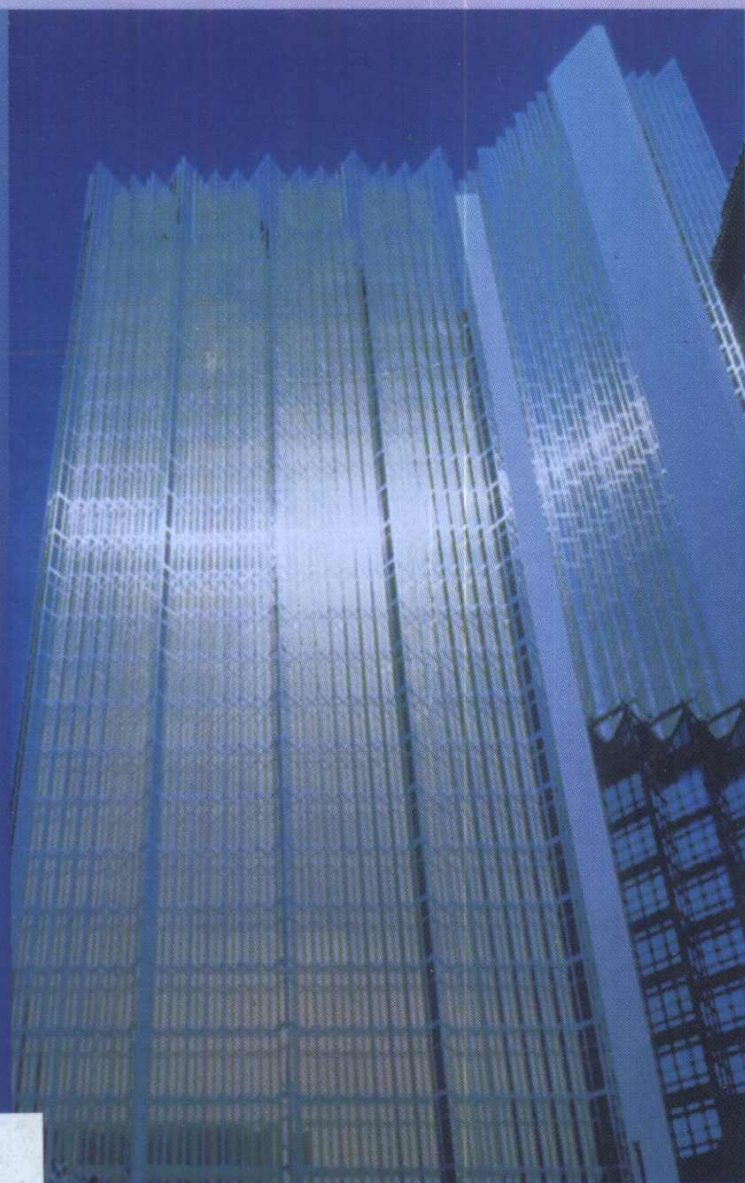




建筑结构 原理及设计

林宗凡



高等教育出版社

建筑结构原理及设计

林宗凡

高等教育出版社

内 容 提 要

本教材按最新颁布的建筑结构设计国家规范编写。全书分两篇,第一篇介绍建筑结构的总体概念和设计基本原则,第二篇分章叙述混凝土结构、砌体结构、钢结构、地基基础结构的设计原理和方法以及建筑结构抗震设计基本概念和方法,并附有思考题和习题。

本书内容精炼,详简适当,层次清晰,行文畅达。适合用作高等院校工程管理专业以及其他土建类非结构专业(建筑学、城市规划、室内设计等)的建筑结构设计课程教材,也可供有关工程技术人员进修及执业资格考试复习使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构原理及设计/林宗凡. —北京: 高等教育出版社, 2002. 8

本科土木工程系列教材

ISBN 7-04-011171-3

I. 建… II. 林… III. ①建筑结构—理论—高等学校—教材②建筑结构—结构设计—高等学校—教材
IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 047499 号

责任编辑 王宪平 封面设计 王 睢 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 康晓燕 责任印制 杨 明

建筑结构原理及设计
林宗凡

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京市联华印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 24.25
字 数 590 000

版 次 2002 年 8 月第 1 版
印 次 2002 年 8 月第 1 次印刷
定 价 27.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

建筑结构设计是工程管理专业学生必修的主干课程,也是其他非结构类专业的主要技术课程。多年来,根据教学计划安排,仅讲授钢筋混凝土与砌体结构及土力学与地基基础知识,课程内容不完备。对钢结构(其应用已日益广泛)、建筑结构抗震设计(我国百分之六十以上地区的结构工程应按抗震设防)没有教学要求。此外,由于缺乏合适教材,许多院校借用建筑结构工程专业的本、专科教材。学生反映教材内容深、要求高,因不具备相应的力学基础知识,学习上不适应,学后又不得要领。实际教学中因课时数限制,教师常根据自己的理解删减部分内容,致使教学内容不完整。同时,往往仅学习结构基本构件的设计计算,不重视建筑结构的总体概念和基本设计原理,学生对建筑结构设计缺乏整体认识,难以达到结构课程的基本要求。这些与专业培养目标、工程技术发展实际及学生不适应的情况亟待改变。

本教材根据工程管理等非结构类专业的培养目标和学生的工程力学基础,构建了课程内容的新体系,目的是使学生切实地学到必要的、而又完整的建筑结构设计知识。全书分两篇,第一篇介绍建筑结构的总体概念和基本设计原则,第二篇分章叙述混凝土结构、砌体结构、钢结构和地基基础结构的设计方法以及建筑抗震设计基本概念和方法。全书根据最新颁布的建筑结构设计国家规范编写,力求理论与应用相结合。各章附有思考题和习题。

念伍舍、劳和山、乐鸣润和郝紫瑚参加了第二篇各章的部分工作。

清华大学张惠英教授审阅了本教材初稿,并提出宝贵建议,支伯谦副教授校阅了全部书稿。编写过程中,得到高等教育出版社、中国建筑科学研究院钱力航教授和同济大学陈建国教授的热情帮助和支持,一并致谢。

编者把这本教材看作是对教育部关于“提高本科教学质量”要求的一种响应,期望不断修改,日臻完善。希望教师和学生提出意见。幸甚!

林宗凡

2002年4月

上海 同济大学

目 录

第一篇 建筑结构设计总论

第 1 章 建筑结构	1	习题	35
1.1 建筑结构的组成	1	第 3 章 建筑结构材料的力学性能	36
1.2 建筑结构的分类	2	3.1 材料的弹性、塑性和延性	36
1.2.1 按建筑材料分类	2	3.2 材料的基本力学性能指标	37
1.2.2 按主体结构体系分类	8	思考题	39
1.2.3 按结构层数分类	13	第 4 章 建筑结构设计原则和过程	40
1.2.4 按竖向荷载的传递途径分类	16	4.1 概念设计和数值设计	40
1.2.5 按结构的空間作用分类	16	4.2 结构设计的基本原则	42
思考题	20	4.2.1 结构的功能要求	42
第 2 章 建筑结构的受力	22	4.2.2 结构的极限状态	43
2.1 结构上的荷载	22	4.2.3 建筑结构设计状况	44
2.1.1 荷载的分类和代表值	22	4.2.4 结构设计原则和方法	45
2.1.2 荷载标准值的计算	24	4.3 实用设计表达式	48
2.2 建筑结构构件及其受力状态	32	4.4 建筑结构设计过程	53
2.2.1 建筑结构的基本构件	32	思考题	54
2.2.2 结构构件的受力状态	33	习题	55
思考题	35		

第二篇 各类建筑结构设计

第 5 章 混凝土结构	56	5.2.5 斜截面受剪承载力	96
5.1 钢筋和混凝土材料的力学性能	56	5.2.6 纵向受力钢筋的截断和弯起	104
5.1.1 钢筋	57	5.2.7 偏心受力梁	107
5.1.2 混凝土	62	5.2.8 裂缝宽度和变形验算	111
5.1.3 粘接作用和锚固	68	5.3 楼盖	116
5.2 梁和板	72	5.3.1 楼盖的结构形式	116
5.2.1 受弯构件正截面受力性能	74	5.3.2 单向板肋梁楼盖	118
5.2.2 单筋矩形截面受弯承载力	79	5.3.3 双向板肋梁楼盖	141
5.2.3 T 形截面受弯承载力	86	5.3.4 楼梯	149
5.2.4 双筋矩形截面受弯承载力	92	5.4 柱	157

5.4.1 柱的构造	157	6.5.1 受压承载力	239
5.4.2 轴心受压柱	157	6.5.2 局部受压承载力	242
5.4.3 偏心受压柱	160	6.5.3 轴心受拉、受弯和受剪承载力	247
5.4.4 牛腿	167	6.6 雨篷与挑梁	248
5.4.5 预制柱的吊装验算	171	6.6.1 雨篷	248
5.5 梁柱节点	172	6.6.2 挑梁	251
5.6 墙	174	6.7 防止或减轻墙体开裂的主要措施	255
5.7 预应力混凝土梁和板	178	思考题	259
5.7.1 施加预应力的方法和材料	179	习题	259
5.7.2 预应力混凝土梁板的构造	182	附录 影响系数	261
5.7.3 预应力损失	185	第7章 钢结构	264
5.7.4 预应力混凝土梁板设计要点	186	7.1 钢结构材料	264
5.8 混凝土结构的耐久性设计	192	7.2 钢结构的可能破坏型式	268
思考题	194	7.3 钢结构的连接	270
习题	196	7.3.1 焊接连接	270
附录 A 钢筋的计算截面面积及理论重量	199	7.3.2 螺栓连接	279
附录 B 混凝土保护层	200	7.3.3 构件连接节点	284
附录 C 纵向受力钢筋的配筋百分率	201	7.4 轴心受力构件	287
附录 D 钢筋混凝土矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算系数	201	7.4.1 轴心受力构件设计要求	287
附录 E 等截面等跨连续梁在常用荷载下的内力系数	202	7.4.2 实腹式轴心受压柱	291
第6章 砌体结构	211	7.4.3 格构式轴心受压柱	294
6.1 砌体结构材料	211	7.4.4 偏心受压柱设计要求	295
6.1.1 块体、砂浆和砌体	211	7.5 钢梁	296
6.1.2 无筋砌体的强度和变形性能	215	7.5.1 钢梁的型式和应用	296
6.2 砌体建筑结构型式	222	7.5.2 梁的强度和刚度	297
6.3 砌体建筑结构的静力计算	225	7.5.3 梁的整体稳定和局部稳定	300
6.3.1 结构静力计算方案	225	7.6 钢屋盖结构	303
6.3.2 刚性方案多层房屋的静力计算	227	7.6.1 钢桁架设计要点	305
6.4 多层砌体结构房屋的基本构造要求	231	7.6.2 钢屋架结构施工图	310
6.5 墙和柱	238	思考题	311
		习题	312
		附录 A 轴心受压构件的截面分类	314
		附录 B 轴心受压构件的稳定系数	315
		第8章 地基和基础结构	318
		8.1 地基岩土的分类和工程特性	318

8.1.1 地基岩土的工程分类·····	318
8.1.2 地基土的主要物理力学 指标·····	319
8.1.3 土的工程特性指标·····	321
8.2 地基基础设计的基本规定 ·····	325
8.3 地基计算 ·····	328
8.4 基础的结构型式和应用 ·····	334
8.4.1 浅基础·····	334
8.4.2 桩基础·····	336
8.5 无配筋扩展基础·····	338
8.6 扩展基础 ·····	340
8.7 柱下条形基础 ·····	349
思考题 ·····	352
习题 ·····	352

第 9 章 建筑结构抗震设计简述 ·····	354
9.1 抗震设计的基本概念 ·····	355
9.1.1 工程抗震的若干概念·····	355
9.1.2 抗震设防目标和设计方法·····	355
9.1.3 抗震设计的基本要求·····	357
9.2 地震作用和结构抗震验算 ·····	362
9.2.1 地震作用的计算·····	362
9.2.2 结构抗震验算·····	368
9.2.3 地基基础抗震设计·····	370
9.3 多层砌体房屋结构的抗震 措施 ·····	371
思考题 ·····	376
习题 ·····	376
参考文献 ·····	378

第一篇 建筑结构设计总论

第1章 建筑结构

建筑,是建筑物和构筑物的通称。

建筑物,是人类利用物质技术手段,在科学规律和美学法则的支配下,通过对空间的限定、组织而创造的人为社会生活与生产环境,如住宅、饭店、体育馆、发电厂等。

构筑物,是人们一般不进入其内生活和直接进行生产活动的建筑,如烟囟、水塔等。广义地说,道路、桥梁、铁路、水利工程等等都属构筑物之列。

建筑结构是建筑物的空间骨架系统,是建筑物得以存在的基本物质要素。

人类的建筑活动,从穴居、巢居到现代摩天高楼,经历了漫长的发展历程。无论是古代人还是现代人,营造建筑的目的都是为了满足人们物质生产和文化生活的需要。建筑物的功能要求随着社会生产力的不断发展和人类物质文化生活水平的不断提高而日益复杂化,建筑结构技术也在历史的进程中不断进步和发展。

建筑结构的功​​能首先是提供一个能良好地为人类生活与生产服务,满足人类审美要求的结构空间。为此,必须选择合理的结构型式,建筑空间应满足使用要求和审美需求,例如体育馆和图书馆的结构型式是截然不同的。

建筑结构的另一重要功能是抵御自然界的各种作用,诸如结构自重、使用荷载、风荷载、地震作用等。为此,必须合理选择结构的材料和受力体系,精心设计、精心施工,保证结构的安全性、适用性和耐久性。从某种意义上来说,结构设计的基本问题是合理确定受力体系以及充分发挥材料的性能,把技术合理性和经济性要求统一起来。

可见,合理的结构型式和结构体系、材料选用与实现建筑结构功能有极为密切的关系,建筑结构设计的质量直接影响建筑工程的社会效益、环境效益和经济效益。

1.1 建筑结构的组成

建筑结构由竖向承重结构体系、水平承重结构体系和下部结构三部分组成。竖向承重的结构构件有墙、柱等,承受竖向荷载和水平荷载;水平承重结构有楼、屋盖、楼梯等,主要承受竖向荷载;下部结构包括地基和基础。

1. 竖向承重结构体系

竖向承重结构体系也就是沿高度方向的结构体系。有墙体结构、框架结构、框架-剪力墙结构、筒体结构等。

2. 水平承重结构体系

(1) 平板结构体系

常用于剪力墙结构或筒体结构中,板直接支承在墙上(图 1.1.1a)。在板柱结构体系中可以采用无梁楼盖(图 1.1.1b,c)。其优点是板底平整,层高较低,但板的跨度不宜过大,否则楼板过厚,会增加结构自重。

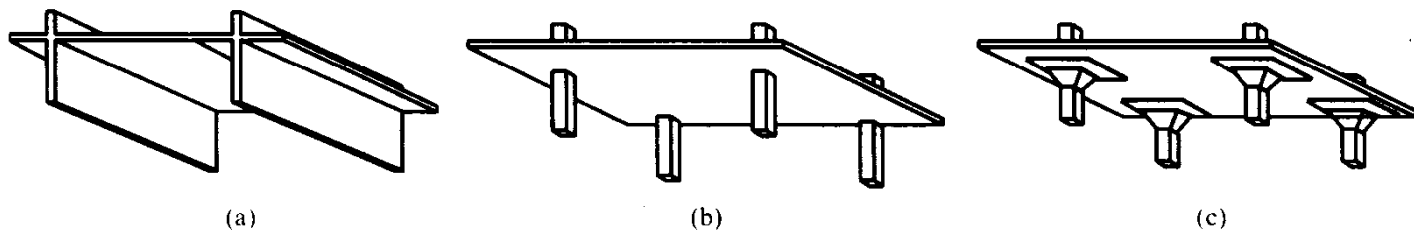


图 1.1.1 平板结构体系

(a) 支承在墙上的板; (b) 无柱帽无梁楼盖; (c) 有柱帽无梁楼盖

(2) 梁板结构体系

由梁和板组成,也称肋梁楼盖(图 1.1.2)。应用广泛,适用于不同的跨度要求,是最常见的水平结构体系。

(3) 密肋结构体系

板由间距较密的梁肋支承,常用于跨度较大而梁高受到限制的场合(图 1.1.3)。

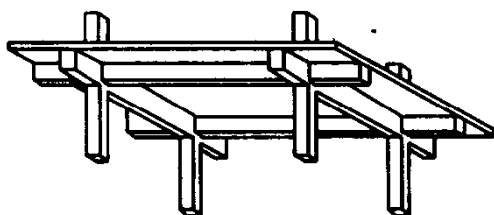


图 1.1.2 梁板结构体系

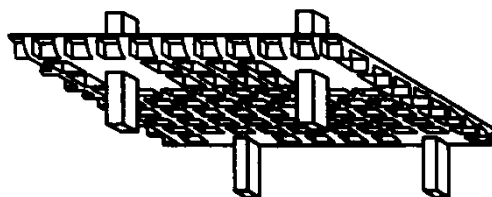


图 1.1.3 密肋结构体系

水平承重结构体系中绝大多数采用现浇钢筋混凝土结构,高层建筑结构中也有采用钢-混凝土梁板结构的。工业厂房中的平台较多采用钢结构。

3. 下部结构

下部结构包括地基和基础。基础主要采用钢筋混凝土,当荷载较小时也可用砌体。

1.2 建筑结构的分类

1.2.1 按建筑材料分类

1. 混凝土结构

混凝土是用水泥、砂、石子和水以一定的配合比生产的人造石料,诞生至今仅有 100 多年的历史,已广泛应用于建筑、水利、桥梁、交通、地下、海洋等土木工程领域,是最常见的建筑材料。

目前,世界上每年的人均混凝土产量达 0.4 m^3 ,我国每年的总产量已接近 10 亿 m^3 。

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构。

(1) 素混凝土结构

素混凝土结构的应用范围很小,仅用于以承受压力为主的结构中,例如柱墩、基础、墙体等。混凝土的特点是抗压强度较高,抗拉强度低,受拉时很容易断裂。在荷载作用下梁、板等构件截面以中和轴为界部分承受压力,部分承受拉力,即使荷载很小,构件也会因截面受拉部分承受不了稍大的拉应力而突然断裂,如图 1.2.1a 所示,所以这类构件不能用素混凝土制作。可见,当承受拉应力时混凝土远远不能充分发挥作用。

(2) 钢筋混凝土结构

为了充分利用混凝土的抗压强度,又不致使构件在不大的荷载下就发生断裂破坏,可以在构件的受拉部位沿拉力方向配置适量的钢筋,形成钢筋混凝土结构。固然,当荷载增大到一定值后,钢筋混凝土构件受拉部位的混凝土仍然会开裂,但这时配置在受拉部位的钢筋可以替代混凝土承担拉应力,明显地提高了构件能承受的荷载值(图 1.2.1b)。在钢筋混凝土结构中,混凝土的抗压强度和钢筋的抗拉强度都能得以充分利用。在构件的受压区也可以配置钢筋,与混凝土一起共同承受压力。

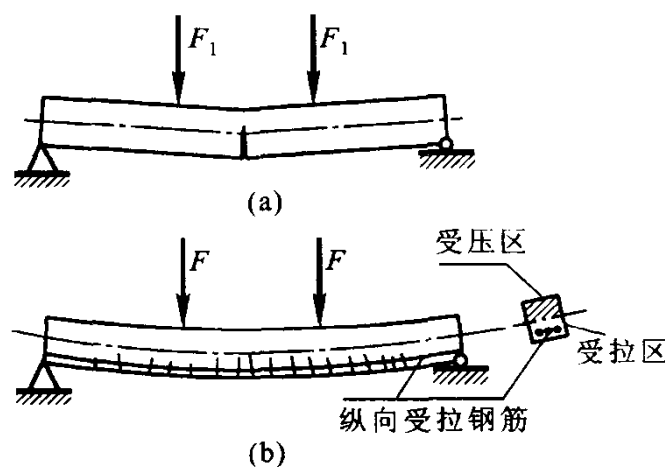


图 1.2.1 混凝土梁的破坏
(a) 素混凝土梁; (b) 钢筋混凝土梁

钢筋和混凝土共同工作的原理在于:混凝土结硬以后,与钢筋之间形成很强的粘结作用,能够保证使用期间两者之间不产生或仅有极小的相对滑移;钢筋和混凝土的线膨胀系数非常接近(钢筋的线胀系数为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$),温度变化不会破坏粘结作用;钢筋有混凝土的保护,在长期使用过程中一般不会锈蚀。构件中适量的钢筋与混凝土形成了良好的共同工作机制,不仅提高了承载能力,变形性能也明显改善。

钢筋混凝土结构具有刚度大,整体性能强,耐久性和耐火性较好等显著优点。新拌制的混凝土是可塑的,可以根据需要浇筑成各种形状的构件,适用性广,取材也比较方便。钢筋混凝土结构的缺点是自重大,抗裂性能差,隔声和隔热效果差,施工复杂,工序多,需要大量的模板、支撑,户外施工受气候条件限制,补强修复比较困难。有效的改进办法有采用轻骨料以减轻自重、采用预应力混凝土提高结构的抗裂性能等。

(3) 预应力混凝土结构

所谓预应力,是在构件承受荷载之前,通过张拉钢筋等方法预先对结构施加压力,从而人为地造成一种与荷载作用下的应力状态相反的应力,借以抵消结构在使用时的一部分拉应力。例如如图 1.2.2 中的简支梁,制作时先张拉梁中受拉区的钢筋,放张后相当于对梁施加一偏心压力 N ,在梁截面的下部(预压区)产生预压应力,在上部(预拉区)产生预拉应力。在荷载作用下,梁截面的应力分布则相反,下部产生拉应力,上部产生压应力。使用期间预应力混凝土梁截面上的应力就相当于上述两种情况的叠加,叠加的结果是梁截面下部仅有很小的拉应力甚至仍是压应力(图 1.2.2a)。图 1.2.2b 是荷载作用下钢筋混凝土梁截面的应力分布。对比两图可知,在相同的荷载作用下,预应力混凝土构件的抗裂性能明显优于普通钢筋混凝土构件,变形也小。另

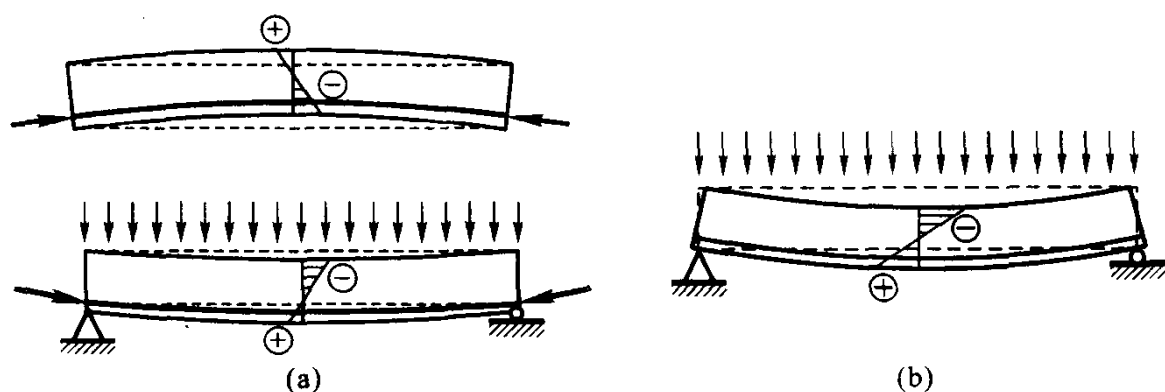


图 1.2.2 混凝土梁截面的应力
(a) 预应力混凝土梁; (b) 钢筋混凝土梁

外,截面受到偏心预加压力作用后,构件产生反拱,也抵消了一部分由荷载作用所引起的变形。

2. 钢结构

钢结构是用型钢、钢板等钢材制成的杆件组成的结构,各杆件或部件间采用焊接、螺栓或铆钉连接。

与其它结构类型比较,钢结构的优点一是材质均匀,可靠性高。因为钢材的生产工艺、检验控制较严格,质量稳定,而且钢材组织均匀,各向的物理力学性质接近,用结构理论计算的结果与钢结构的实际受力情况比较符合;二是强度高,重量轻。钢材重量与强度的比值比其他材料小得多,例如当荷载和跨度相同时,钢屋架的自重约为钢筋混凝土屋架的 30%~45%;三是塑性和韧性好,抗冲击和振动能力强,在一般条件下不会因偶然或局部超载而突然断裂破坏;此外,钢结构还有适宜机械加工,工业化生产程度高,运输、安装方便,建造速度快以及耐热性能较好等优点。钢结构的缺点是耐火性能差,温度达到 600℃ 以上时将丧失承载能力。另外,钢结构容易锈蚀,一般要求定期检修,维修费用高。

钢结构常用于重型工业厂房承重结构和吊车梁结构、大跨度房屋的屋盖结构、高层建筑结构、塔桅结构以及装配式房屋结构。近期发展较快的轻型钢结构用小角钢或冷弯薄壁型钢(图 1.2.3)等材料制成,结构布置灵活,制作、运输和安装都很方便,常用于跨度小、屋面轻的工业、民用和商业建筑中。

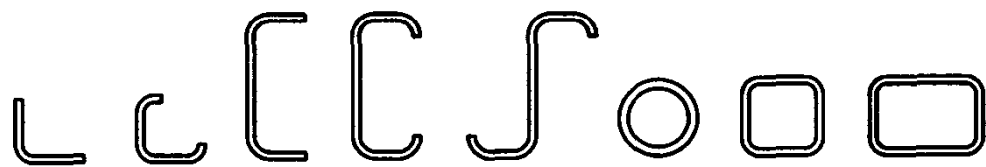


图 1.2.3 冷弯薄壁型钢

3. 钢-混凝土组合结构

使用几种建筑材料建造的结构称为组合结构,例如部分采用钢筋混凝土、部分采用钢材的结构。常见的砌体承重房屋也是一种组合结构,但习惯上称之为混合结构。

钢-混凝土组合结构一般是指结构构件用型钢和混凝土组成,或用型钢、钢筋和混凝土组成的结构。

(1) 钢-混凝土组合梁板结构

钢-混凝土组合梁板结构如图 1.2.4 所示,梁下部用钢梁,上部用混凝土(一般采用压型钢板-混凝土组合板)。为了保证钢梁和混凝土板的共同作用,其间要用剪力连接件连接。组合梁板结构主要用做高层建筑的楼盖、吊车梁以及桥梁结构。如果不设剪力连接件,称为非组合梁。

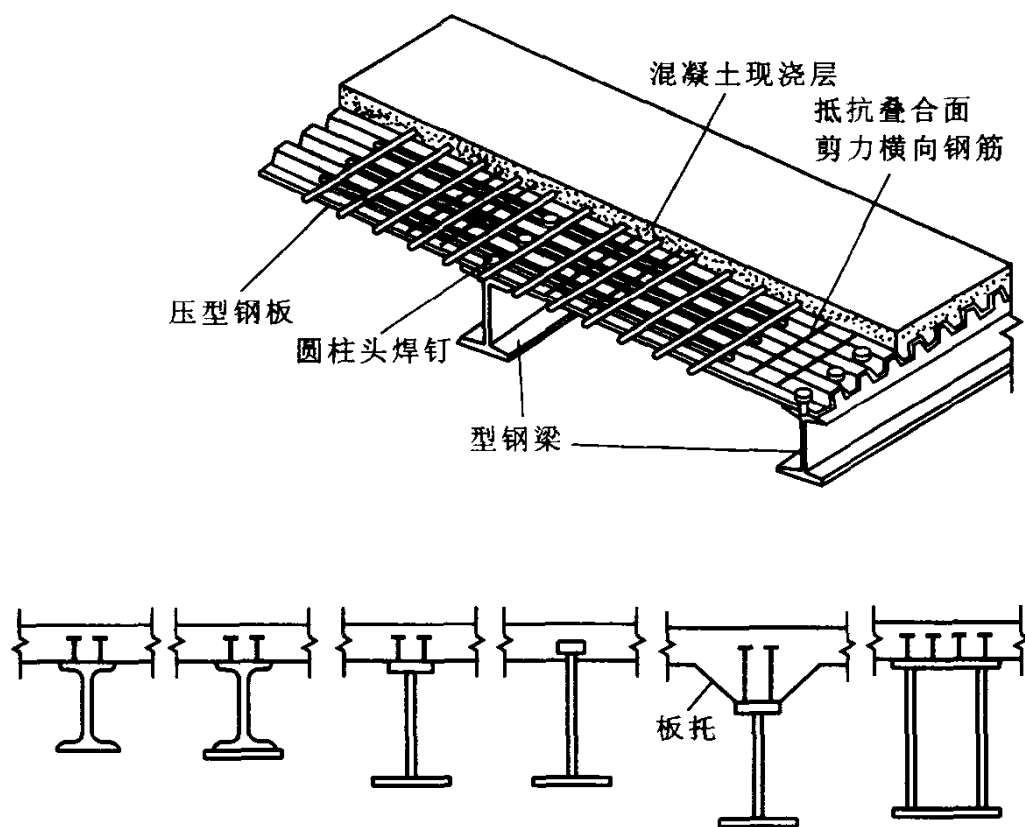


图 1.2.4 钢-混凝土组合梁板结构

钢-混凝土组合梁截面中混凝土主要受压,钢梁受拉,充分发挥了混凝土和钢材的特性,提高了截面的承载能力。而且混凝土板参加组合梁的工作,增加了钢梁截面的高度和有效翼缘宽度,提高了钢梁的竖向和侧向刚度,结构变形小,侧向稳定性好。施工时,还可以利用钢梁承担模板、混凝土板重量和施工荷载,无需设置满堂脚手架,施工进度快。

目前,钢-混凝土组合梁板结构的应用面还较小,除了钢材的锈蚀和耐火问题外,主要原因是混凝土和钢梁间剪力连接件的施工技术还不成熟。

(2) 钢骨混凝土结构

钢骨混凝土结构是指以型钢为骨架外包钢筋混凝土形成的结构,又称劲性混凝土结构。主要用于荷载较大的结构中,以节省结构空间。其典型的梁、柱截面如图 1.2.5 所示。当钢骨全截面处于受拉区时,与钢-混凝土组合梁一样,也应在钢骨翼缘上设置剪力连接件。很显然,与钢筋混凝土结构相比,它的承载力、刚度都有很大的提高。与钢结构相比,还提高了稳定性,外包混凝土也解决了钢材的锈蚀和耐火的难题。

图 1.2.6 所示深圳地王大厦(81 层,高度 325 m),是我国目前最高的钢-混凝土组合结构,58 层以下采用钢骨混凝土柱。

(3) 钢管混凝土结构

钢管混凝土结构是在封闭的薄壁钢管中浇筑混凝土形成的组合结构,一般用作受压构件。

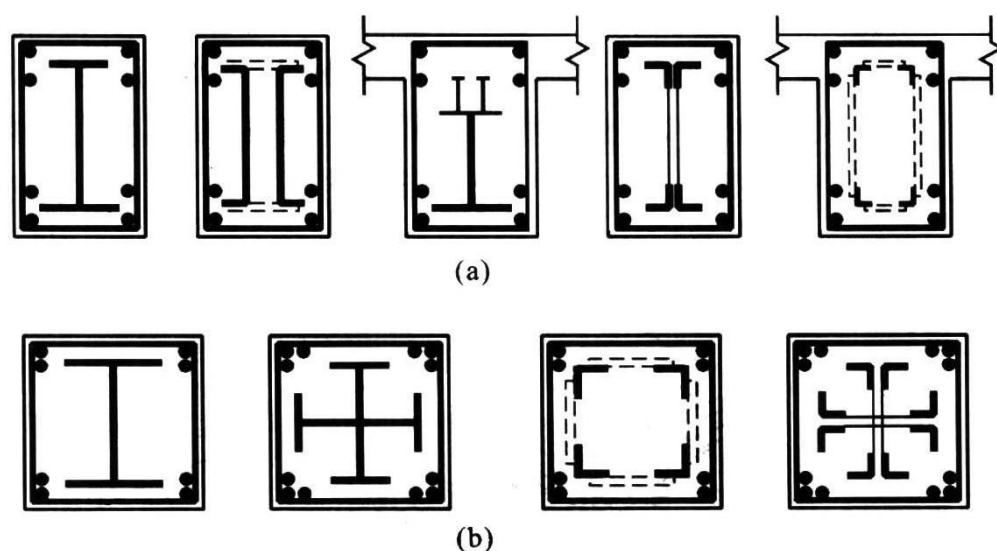


图 1.2.5 钢筋混凝土构件的截面形式
(a) 梁; (b) 柱

薄壁钢管常用圆形和方形截面,如图 1.2.7a 所示。

钢管混凝土柱更充分地发挥了钢管和混凝土两种材料的作用。对混凝土而言,在荷载作用下,混凝土受到钢管的横向约束而处于三向应力状态(图 1.2.7b),抗压强度和变形能力有显著提高。对管壁较薄的钢管而言,在中间填实了混凝土以后,解决了其受压状态下容易局部失稳的问题,大大提高了钢管壁的稳定性,使其强度的潜力得以发挥。所以,钢管混凝土柱的承载力很高。

此外,钢管混凝土结构的重量轻、塑性好、耐疲劳、耐冲击。截面对称、各个方向上的惯性矩、承载力相等,很适用于承受作用方向不确定的风荷载、地震作用。钢管兼有纵向钢筋和箍筋的双重作用,且其制作比钢筋骨架方便得多。钢管本身也是模板,核心混凝土中没有钢筋,浇筑混凝土非常方便。在施工阶段钢管还可以充当支撑,简化施工安装工艺。所以,在受压构件中采用钢管混凝土结构代替钢结构,可以节约钢材。若代



图 1.2.6 深圳地王大厦

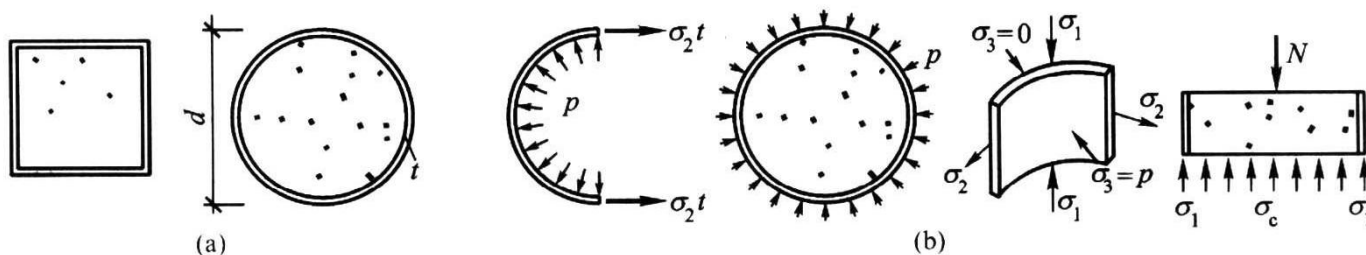


图 1.2.7 钢管混凝土柱
(a) 截面形式; (b) 混凝土和钢管的三向受力

替钢筋混凝土结构,在用钢量大体相同的情况下可减小截面面积 50% 左右。钢管混凝土结构的耐火性能和防腐蚀性能不比钢结构差但不及混凝土结构,此外,梁柱节点的连接构造比较复杂。日本东京中央区高层住宅(地上 33 层,高 99.9 m)采用钢管混凝土柱、钢筋混凝土梁结构,是钢

—混凝土组合结构的一个成功范例。内部 2 排柱用圆管,外部 4 排柱用方管,混凝土强度为 36~42 MPa(图 1.2.8)。

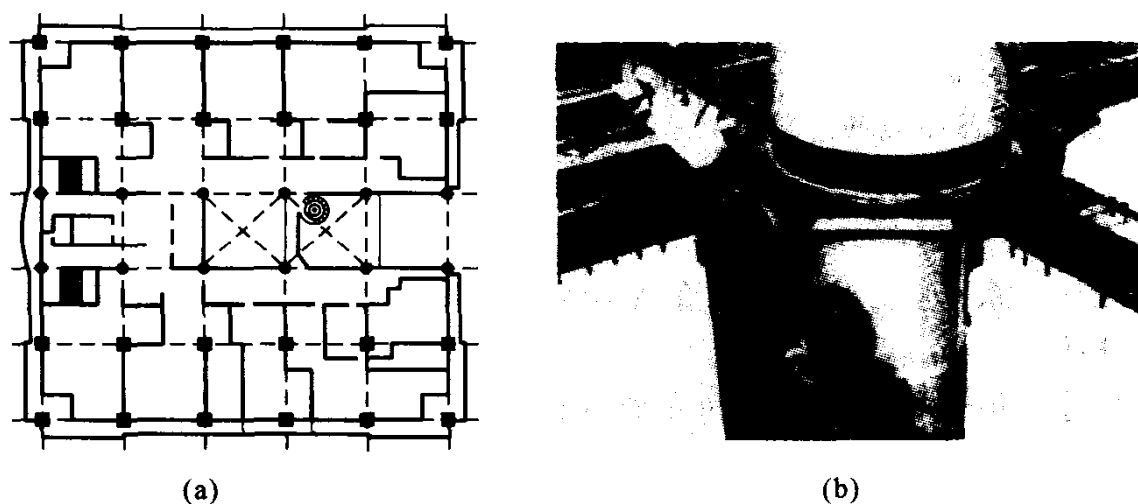


图 1.2.8 日本东京中央区高层住宅
(a) 标准层平面; (b) 梁柱接头

在土木工程中,采用钢管混凝土结构已有近百年的历史,近期得到了迅速的发展。钢管混凝土柱主要用于单柱承载力大的高层、大跨度、重荷载结构中,例如工业厂房框架或排架柱,高层建筑的底层柱,设备和贮藏构筑物的支柱,地下车库、地下商场和地下铁道结构中的柱子,受力较大且高度很高的城市立交桥柱子以及大跨度桥梁中的受压构件等。在大城市施工场地狭窄的结构中,更值得推广。

4. 砌体结构

砌体结构是指用砖块体、各种砌块块体及石料等块材用砂浆砌筑而成的结构,以前惯称砖石结构。

砌体结构在我国有悠久的历史,举世闻名的万里长城是砌体工程结构应用的光辉典范,世界上最早的敞肩式拱桥河北赵县安济石桥于 1991 年被美国土木工程师学会选为世界土木工程技术的第 12 个里程碑。

目前,砌体结构最广泛的应用是建造大量的如住宅、医院、办公楼等多层民用建筑的竖向承重结构。据统计,全国基本建设中 95% 以上的墙体材料采用砌块材料,在住宅建设中,约 90% 的建筑面积为多层砌体结构房屋。在今后一段较长的时期内,砌体结构仍是我国建筑工程中量大面广的常用结构类型。

砌体材料的优点有:可因地制宜,就地取材;可以利用工业废料生产砌块,具有显著的社会效益和环保效益;良好的耐火性能、化学稳定性和大气稳定性;施工简单,不需要特殊的施工设备以及在一定的使用功能条件下,砌体房屋工程造价比较低等。与其它结构材料相比,砌体的抗压强度较低,结构构件截面尺寸大,材料用量多。砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度更低,因而仅能用于墙、柱等受压构件中;由于自重大,在地震中遭受的地震作用力也大,抗震性能差;特别要认识的是,我国烧制粘土砖要破坏大量农业用地,且消耗大量的能源。据统计,每建造 $10\,000\text{ m}^2$ 住宅要毁田 $2\,000\text{ m}^2$,烧砖耗用标准煤 200 t,排放 0.1 t 的二氧化碳及大量的二氧化硫气体。为了贯彻可持续发展战略,我国已决定于 2001 年 6 月 1 日起在沿海城市及其它土地资源贫乏的城市,

禁止使用粘土砖。在未来5年内,170个人均占有耕地面积不足 530 m^2 的城市将全部禁止使用实心粘土砖,代之以环保节能的新型墙体材料,如蒸压粉煤灰砌块、混凝土小型空心砌块等。

5. 木结构

木结构是指由木材制成的承重结构,木结构构件有木构架、木柱、木梁、木屋架等。我国森林资源匮乏,为了保护生态环境和经济的可持续发展,木结构的应用已经少见。

1.2.2 按主体结构体系分类

所谓主体结构体系一般是指竖向承重结构骨架体系,承受水平方向的荷载以及竖向荷载。

1. 墙体结构体系

墙是厚度尺寸远小于长度、高度尺寸的结构构件。全部由墙体承重的结构体系称为墙体结构体系。主要有砌体墙结构体系,钢筋混凝土、钢骨混凝土剪力墙结构体系等。

(1) 砌体墙结构体系

砌体墙结构体系是最常见的结构类型,有时根据需要还可布置柱子。由于这类建筑的楼、屋盖采用其它材料,常称为混合结构,大量用于多层房屋结构。

(2) 钢筋混凝土剪力墙结构体系

剪力墙结构体系中的剪力墙可以沿横向、纵向正交布置或多轴线斜交布置。根据是否开洞以及开洞的数量、大小,剪力墙还可分为整体剪力墙结构、小开口剪力墙结构、双肢或多肢剪力墙结构等等(图1.2.9),联系墙肢的梁称为连梁。图1.2.10所示广州白天鹅宾馆采用大间距(8 m)的纵横墙承重方案的剪力墙结构。

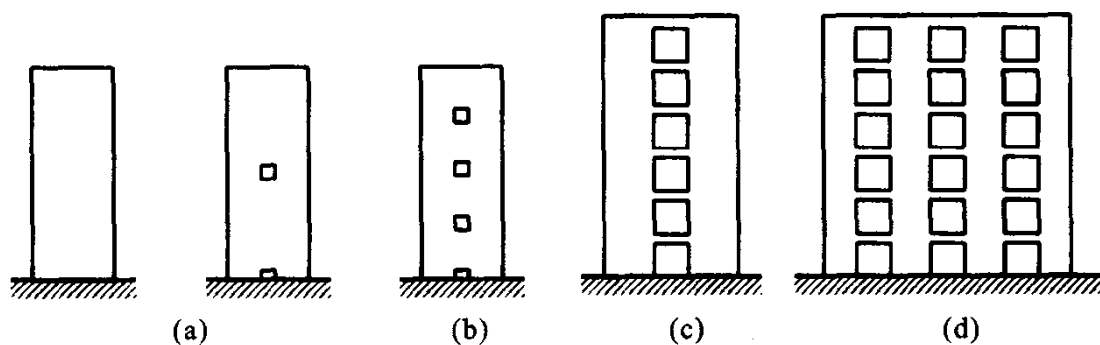


图 1.2.9 剪力墙结构体系

(a) 整体剪力墙; (b) 小开口剪力墙; (c) 双肢剪力墙; (d) 多肢剪力墙

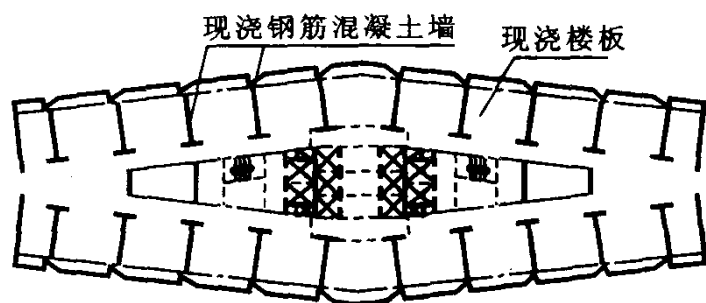


图 1.2.10 广州白天鹅宾馆结构平面

剪力墙结构体系的抗侧移刚度大,空间整体性好,因而建造高度比较大,且抗震能力较好,但是由于结构中墙体多,不容易布置面积较大的房间,平面设计不灵活,使用功能上受到一定的限制。为了满足建筑物门厅、餐厅、会议室等大面积空间的需要、或者在底层有布置商店或公用设施的要求,可以把结构底部的一层或几层的部分墙体取消而代之以框架,形成底部大空间剪力墙结构(图 1.2.11)。底部大空间剪力墙结构的主要问题是底层与上层之间的抗侧移刚度发生突变,于抗震极为不利。美国圣费南尔多地震时,Olive-View 医院主楼(6 层)遭到严重破坏,是柔弱底层结构的典型震例(图 1.2.12)。

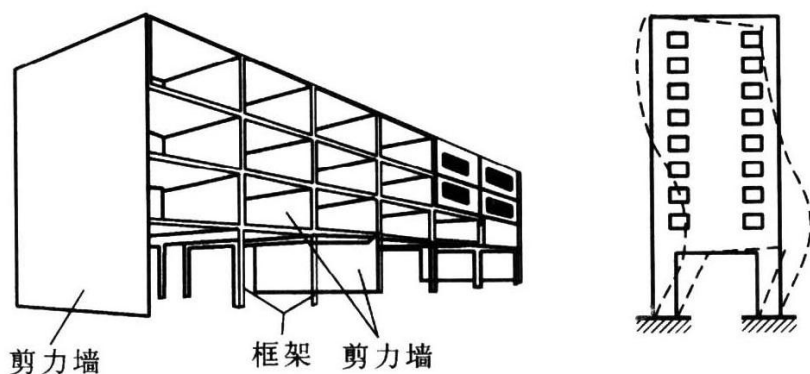


图 1.2.11 底部大空间结构

剪力墙结构体系中还有一种短肢剪力墙结构。与普通剪力墙结构相比,它的多数墙肢较短(墙肢间用连梁连接成整体结构),主要布置在房间分隔墙的交接处,因此多为 T 形、L 形、槽形、Z 形,有时也采用一字形。在这种结构中,除了结构核心区(电梯间)外,墙肢可以灵活布置,墙肢的数量视抗侧移刚度和建筑平面分隔的需要确定。房间内,不露梁露柱,给建筑师提供了丰富的想象空间,所以特别适用于住宅、公寓等高层建筑。结构中的墙体数量较普通剪力墙结构少,减轻了结构自重,因而也减少了水平地震作用,降低了钢筋混凝土用量和基础投资,具有明显的经济效益。图 1.2.13 是短肢剪力墙结构的实例。



图 1.2.12 柔弱底层的纵向侧移

2. 框架结构体系

由横梁和立柱组成的结构称为框架结构。全部由框架组成的房屋承重结构称为框架结构体系,如图 1.2.14。

框架结构体系承受竖向荷载是合理的,但由于构件截面尺寸小,在水平荷载(风荷载、地震作用)下,结构的抗侧移刚度小,水平位移较大,所以一般称它为柔性结构体系,其建造高度因而受到限制。框架结构房屋的主要优点是平面布置比较灵活,能提供较大的室内空间,对于办公楼、旅馆、医院、学校、住宅及多层轻工业厂房等建筑,是最常用的结构体系。

板柱结构体系也可归于框架结构体系之中。

在风荷载或地震作用下,纯钢框架体系的侧向位移较大不能满足规范规定的要求时,可以采

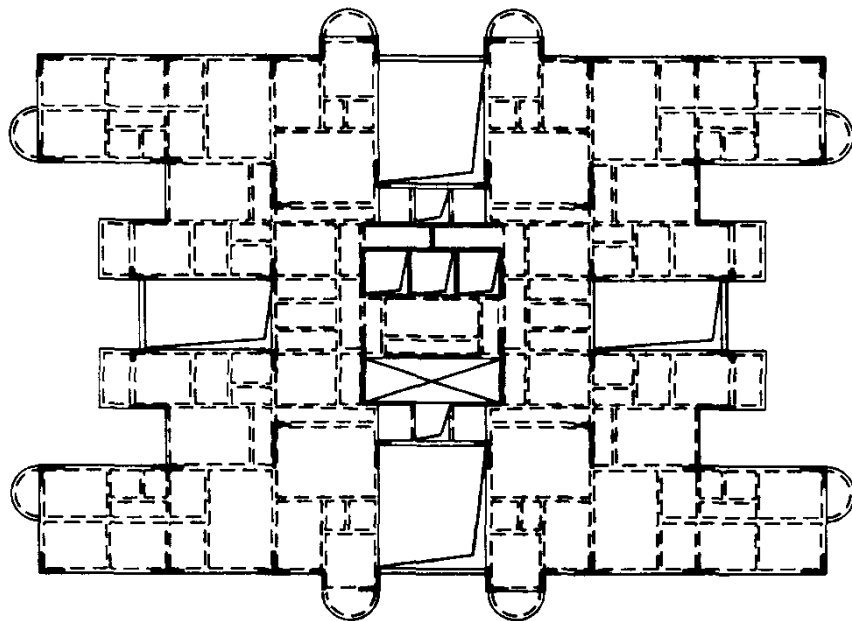


图 1.2.13 短肢剪力墙结构住宅(广州,31层)

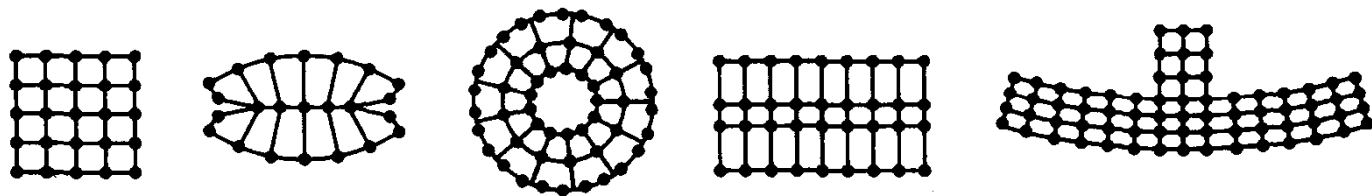


图 1.2.14 框架结构的几种平面

用带支撑框架(框架-支撑结构体系),简称框-撑体系。例如上海锦江饭店分馆(图 1.2.15),地上 44 层,高度 153 m。

3. 排架结构体系

排架结构体系实际上是框架结构体系的一种类型,它由屋面梁或屋架、柱组成,一般下设独立基础,视使用要求的不同可采用钢结构或钢筋混凝土结构。按跨度的大小,屋架可采用钢筋混凝土结构或钢结构。排架结构的特点是屋架与柱铰接,柱与基础固接。装配式钢筋混凝土排架结构是单层工业厂房中应用最为普遍的结构体系,排架内可以设有吊车。根据生产工艺和使用要求,可以设计成等高排架结构、不等高排架结构以及锯齿形排架结构等多种结构型式(图 1.2.16)。

4. 框架-剪力墙结构体系

框架-剪力墙结构体系是部分为框架结构、部分为剪力墙结构的复合结构体系(图1.2.17)。一般为钢筋混凝土结构,其中的框架也可以用钢结构。这种结构体系兼有框架结构和剪力墙结构的优点,布置灵活,使用方便,又具有较大的抗侧移刚度和较强的抗震能力,因而广泛应用于高层办公楼和旅馆建筑中。

5. 筒体结构体系

框架结构、剪力墙结构的工作状态都是平面的,随着建筑层数、高度要求和抗震设防要求的提高,它们已不能满足要求。这时,可把剪力墙围成筒体,由一个或多个筒体构成的结构称为筒体结构体系。单筒结构类似于竖向悬臂的箱形梁。框筒结构是加密柱子并加强梁的刚度形成空