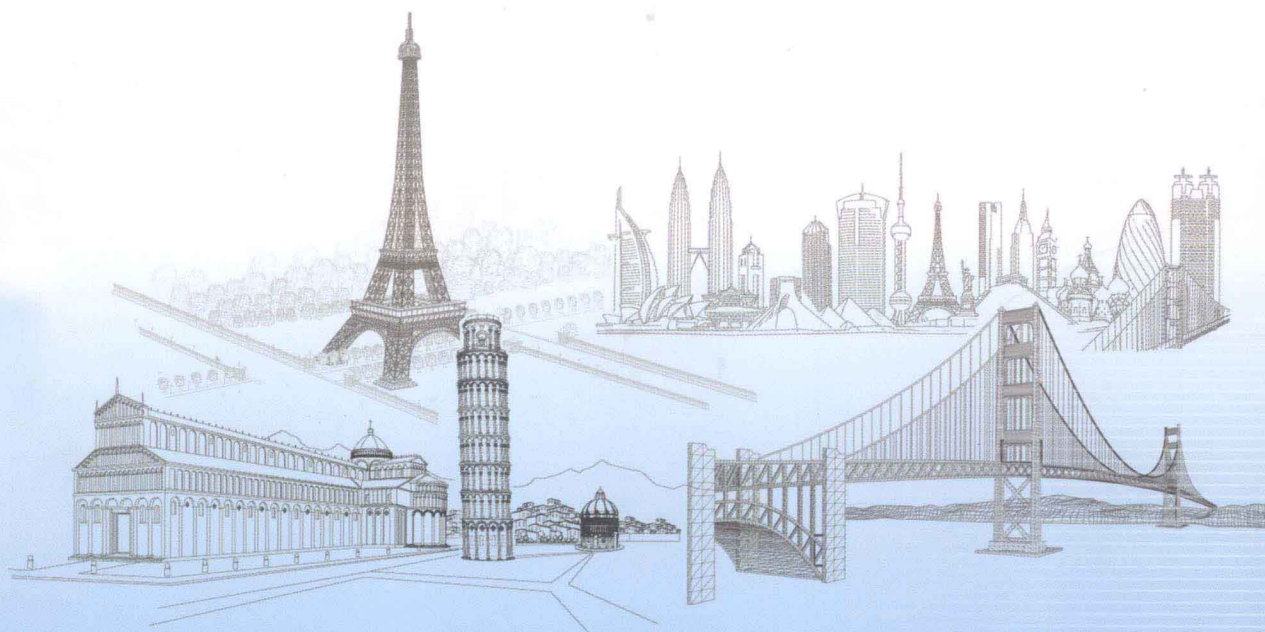




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材  
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

# 建筑结构与选型

■ 主 编 何培玲



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材  
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

# 建筑结构与选型

主 编 何培玲

副主编 赵冰华 郭诗惠

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构与选型/何培玲主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2013.6  
ISBN 978-7-5629-3957-3

I. ①建 … II. ①何 … III. ①建筑结构-结构形式-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 030284 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华 责任编辑:段 超  
责任校对:戴皓华 装帧设计:湖北语新文化  
出版发行:武汉理工大学出版社  
地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号  
邮 编:430070  
网 址:<http://www.techbook.com.cn>  
经 销:各地新华书店  
印 刷:武汉兴和彩色印务有限公司  
开 本:787×1092 1/16  
印 张:21.75  
字 数:543 千字  
版 次:2013 年 6 月第 1 版  
印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷  
定 价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。  
本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

## 前 言

本书根据高等院校土建学科教学指导委员会建筑学、城市规划专业指导委员会制定的培养目标和全国注册建筑师考试大纲要求而编写。全书采用我国现行的建筑结构新规范、新规程、新标准,既强调结构构件和结构单元的结构设计原理,又注重建筑结构整体的概念设计和估算,力求做到理论联系实际,减少各结构体系间的重复内容,节省学时,章节清晰,图文并茂,极大地加强了教材内在严谨性、逻辑性和完整性。

本书概括地说明与结构相关的几个总体问题,并全面地叙述主要的结构构件、结构单元,力求让学生学会构件截面计算和一些构造措施来认识、了解建筑结构。改变以往建筑结构教学中只熟悉构件的截面计算,而忽视构件组成的结构及结构布置,甚至对整个建筑物不甚了解的现象。在编写中注意适当减少抽象理念,化解公式多、图例少的弊端,同时适当增加直观形象的案例,培养学生的形象思维 and 创新能力。书中虽然包含了荷载与结构设计原理、钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、结构抗震等多门课的主要内容,但是脉络清晰,教师和学生都可以根据需要自由选择。

本书由何培玲任主编,赵冰华、郭诗惠任副主编。具体编写分工为:何培玲(第1~4章),郭诗惠(第5~6章),赵子莉(第7~8章),赵冰华(第9章及附录),王晓可(第10章)。全书由何培玲、赵冰华做统一修改后定稿;由长江大学许成祥教授主审。

由于时间仓促及编者水平所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正,以便再版时更正。

编 者

2012年9月

# 目 录

1 概述 .....	(1)
1.1 建筑与结构的关系 .....	(1)
1.2 建筑结构的任务 .....	(5)
1.3 建筑结构的分类 .....	(6)
2 结构上的作用、作用效应和抗力 .....	(9)
2.1 作用与荷载 .....	(9)
2.2 荷载代表值 .....	(10)
2.3 作用效应与结构抗力 .....	(13)
3 结构基本设计原则 .....	(14)
3.1 结构的功能要求 .....	(14)
3.2 结构的极限状态 .....	(15)
3.3 结构设计原则 .....	(17)
3.4 实用设计表达式 .....	(18)
4 建筑结构构件与体系 .....	(22)
4.1 实际结构简化模型的基本概念 .....	(22)
4.2 建筑结构的主要基本构件 .....	(24)
4.3 建筑结构的 layered 与高层结构体系 .....	(27)
4.4 大跨度结构体系 .....	(47)
4.5 其他结构体系 .....	(68)
5 混凝土结构 .....	(69)
5.1 钢筋混凝土结构的特点 .....	(69)
5.2 钢筋混凝土结构材料的力学性能 .....	(70)
5.3 钢筋混凝土受弯构件 .....	(77)
5.4 钢筋混凝土受压构件 .....	(112)
5.5 钢筋混凝土平面楼盖的设计特点 .....	(123)
5.6 预应力混凝土基本知识 .....	(139)
6 砌体结构 .....	(148)
6.1 砌体结构的特点 .....	(148)

6.2	砌体材料的力学性能 .....	(148)
6.3	砌体结构受压构件的承载力计算 .....	(159)
6.4	砌体结构房屋设计 .....	(169)
6.5	墙、柱高厚比验算及构造要求 .....	(173)
6.6	过梁、圈梁、挑梁 .....	(179)
6.7	墙体开裂原因及预防减轻措施 .....	(183)
7	<b>钢结构</b> .....	(188)
7.1	钢结构的特点和应用 .....	(188)
7.2	钢结构材料的选择 .....	(190)
7.3	轴心受力构件承载力计算 .....	(194)
7.4	受弯构件承载力计算 .....	(207)
7.5	钢结构的连接及构造 .....	(224)
8	<b>木结构</b> .....	(234)
8.1	木结构的特点 .....	(234)
8.2	木结构材料的力学性能 .....	(235)
8.3	木结构构件承载力计算 .....	(238)
8.4	木结构的连接及构造 .....	(243)
8.5	木结构的防火与防护 .....	(249)
9	<b>建筑结构抗震</b> .....	(253)
9.1	地震概述 .....	(253)
9.2	抗震设计基本要求 .....	(257)
9.3	地震作用 .....	(262)
9.4	抗震设计基本构造要求 .....	(270)
10	<b>地基与基础</b> .....	(288)
10.1	地基与基础概述 .....	(288)
10.2	地基土的物理性质 .....	(288)
10.3	地基基础设计基本规定 .....	(294)
10.4	地基计算 .....	(299)
10.5	基础设计 .....	(311)
	<b>附录</b> .....	(323)
	<b>参考文献</b> .....	(340)

# 1 概 述

## 1.1 建筑与结构的关系

维特鲁威(Vitruvius)早在罗马帝国创建时期就提出了建筑的三个基本要素:坚固、适用和美观(firmitas, utilitas and venustas),为建筑的检测和评价提供了基本的标准。

“坚固”是建筑最基本的要素。它是建筑物保存自身实际完整性和作为一个物体在世界上生存的基础。满足“坚固”所需要的建筑物部分就是结构。结构是建筑物的基础,没有结构便没有建筑物,因此也就没有“适用”,更没有了“美观”。

成就一个成功的建筑作品,需要有一种将建筑物看作结构体的直觉,并对建筑物建成的原理有一定的了解。

结构的功能可以概括为:提供阻止建筑物倒塌所需要的强度和刚度。结构可以更确切地定义为:用以抵抗施加在建筑物上荷载的建筑物的组成部分。

结构与建筑形式在诸多方面相互联系。设计建筑物的行为就是确定它的整体形式,也正是结构设计的行为。因此,结构体系的形式与它支撑的建筑物的形式密切相关。结构设计和建筑设计的关系能够采用多种形式,结构能够用不同的方式与非结构部分组合在一起,使得建筑物内部结构的位置并不总是明显的,可以是隐性形式,也可以是显性形式。建筑师甚至可能会在建筑形式的创意过程中完全忽略结构因素,并且在建筑物中完全隐藏结构构件,如:法国郎香教堂、美国马歇尔大厦等;但也有可能建造一个几乎完全由结构组成的建筑物,如:法国巴黎蓬皮杜艺术与文化中心、中国香港汇丰银行大楼。在这两个极端之间,可以有許多不同的结构与建筑关系的处理方法。

### (1)法国郎香教堂



图 1-1 法国郎香教堂

如图 1-1 所示。建于 1950~1953 年,是现代建筑创作中表现个性倾向的代表之一。



## (2) 马歇尔大厦

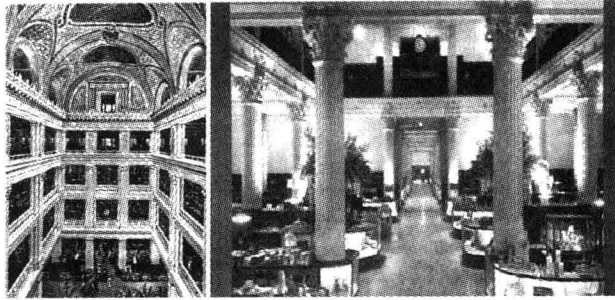


图 1-2 马歇尔大厦

如图 1-2 所示。室内中庭及拱顶, 铸铁的柱子外面包以科林斯柱式。

## (3) 法国巴黎蓬皮杜艺术与文化中心

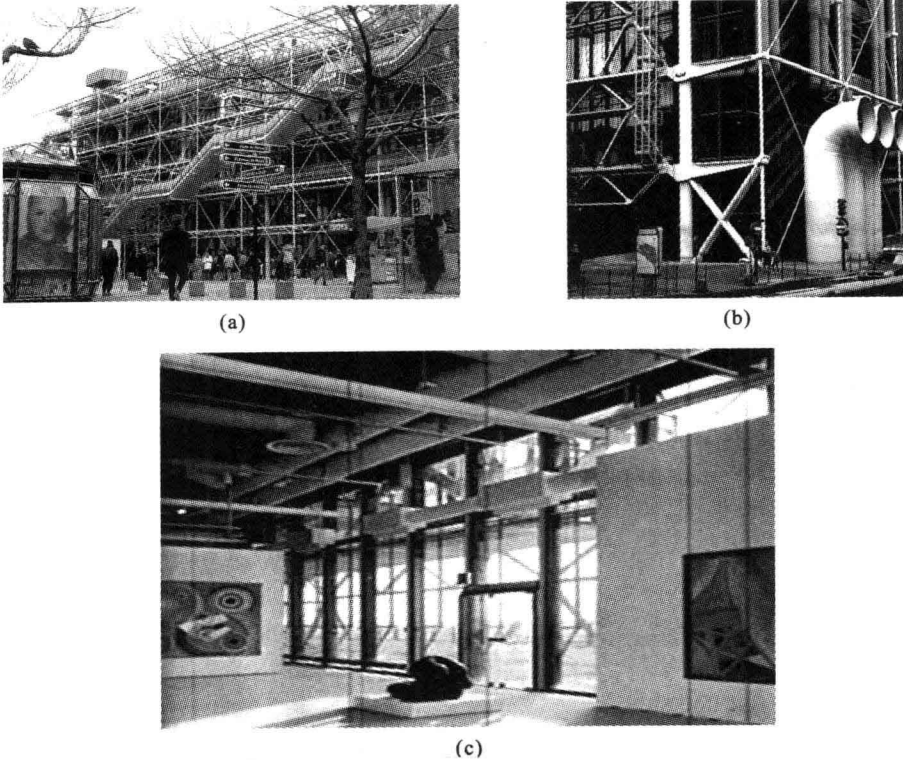


图 1-3 法国巴黎蓬皮杜艺术与文化中心

如图 1-3 所示。与一般建筑不同, 它的钢柱、钢梁、木桁架等结构构件都裸露在建筑物的表面, 甚至运货电梯电缆、上下水管也置于临街立面并漆成大红大绿的颜色。设计者突破常规的建筑观念, 建立现代建筑应该是利用现代手段造成的一种框架、一种装置或一个容器, 让人们在其中方便灵活地进行各种活动, 是高技派建筑风格的代表作。

## (4) 中国香港汇丰银行大楼

如图 1-4 所示。属于高技派风格, 大楼上显著暴露的是钢柱和钢桁架, 它的底部完全敞开, 有一对自动扶梯从楼板上伸下来, 供人出入。大楼内部也处处开通, 给人以一种现代化的、



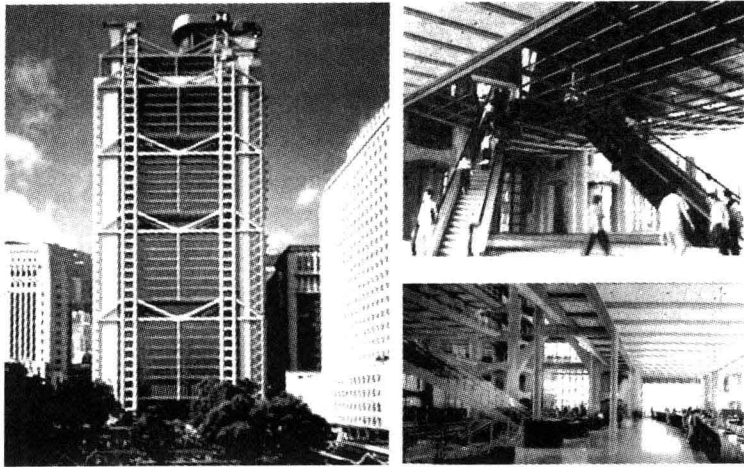


图 1-4 中国香港汇丰银行大楼

技术先进的印象。高技派不另加装饰,但实际上造价并未减省。

总的来说,所有的建筑物都含有结构,结构的作用是通过传导施加在建筑物上的力来支撑建筑物围护结构。结构发挥其功能的有效程度影响着建筑物的质量。

同结构与建筑形式之间的关系一样,建筑师与结构工程师之间的关系也可以有很多形式。一方面,在众多的现代建筑物中,占有统治地位的建筑师与结构工程师之间的关系是从意大利文艺复兴时期就已经建立的,即建筑物的形式完全由建筑师决定,结构工程师只负责将建筑物建造起来,这种关系主导着现代主义建筑(包括后现代主义建筑和解构主义建筑)的所有建筑风格;另一方面,结构工程师与建筑师属同一人,决定建筑物的形式和所有涉及建筑其他方面的设计,设计出了属于结构作为建筑、结构产生建筑形式或经过装饰的结构范畴的建筑,即将建筑物作为一种技术作品使美学概念简单化,如用索膜式穹顶或拉杆结构展示的大跨度外壳建筑物。两个极端的中间形式是建筑师和结构工程师精诚合作,共同决定建筑物的形式并完成建筑物的设计,正是这种关系使得高技派的建筑风格,如摩天大楼式建筑成为可能。两者的关系为何种类型将对相关的建筑特性产生重大的影响。

当然,设计师不可能做到既是一个好建筑师,又是一个好结构工程师,但这却是努力的方向。作为对设计全面负责的建筑师来说,理应自觉考虑设计中的结构体系和布置;作为结构工程师也理应自觉理解建筑功能、建筑体型、建筑美感在结构体系和布置方面的要求,并加以贯彻落实。在工程实践中,设计人员至少必须做到相互结合。可以肯定地说,一个好的建筑物的落成,必定是建筑师和结构工程师乃至设备工程师、施工工程师完美结合的产物。

总之,建筑作为一种需求和观念是难以量化的,但作为一个实体的建筑又是必须量化的,而这种量化只有达到建筑和结构的协调才能实现。建筑作为文化和历史的反映,有它主观和激情的一面,但其作为科学和技术的一面又是客观和理智的,只有建筑和结构协调才能体现它的科学性;建筑的体型、美感、品位影响人们对它的体验,而建筑又必然取决于它所处的环境,取决于对过去和现在的理解,取决于传统和创新之间的平衡,只有建筑和结构的协调才能做到这种平衡。美国著名建筑大师赖特(F. L. Wright)说过:“形式和功能是统一的。”伟大的西班牙结构工程师托罗哈(E. Torroja)的座右铭是:“永远将一个建筑工程的功能、结构、美观方面表现为一个本质上和形式上的整体。”香港中国银行大厦和罗马小体育宫就充分体现了这种建

筑和结构的协调性,成为近代和现代建筑工程的典范。要做到这种建筑和结构的协调,要求建筑师和结构工程师都熟悉并掌握对方的设计内容,用“建筑 and 结构”的观点,而不仅仅是“在建筑中考虑结构”或“在结构中考虑建筑”的观点去处理建筑工程的设计问题。

#### (5) 香港中国银行大厦

如图 1-5 所示。由美籍华裔建筑师贝聿铭在 1988 年设计建成。

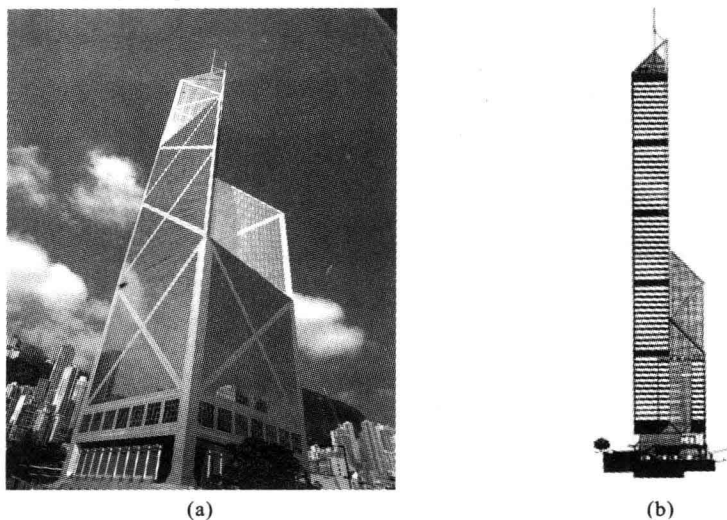


图 1-5 香港中国银行大厦

(a) 建筑外立面;(b) 结构示意

结构:以 4 个角柱和 1 个悬空立柱为主要骨架的空间桁架式框架结构,是高层建筑的合理结构体系。

建筑:外观显示结构体系,内部空间宽敞适用,建筑体型寓意哲学理念:“竹子生长节节高”,隐喻新中国成就蒸蒸日上,与时俱进。

#### (6) 罗马小体育宫

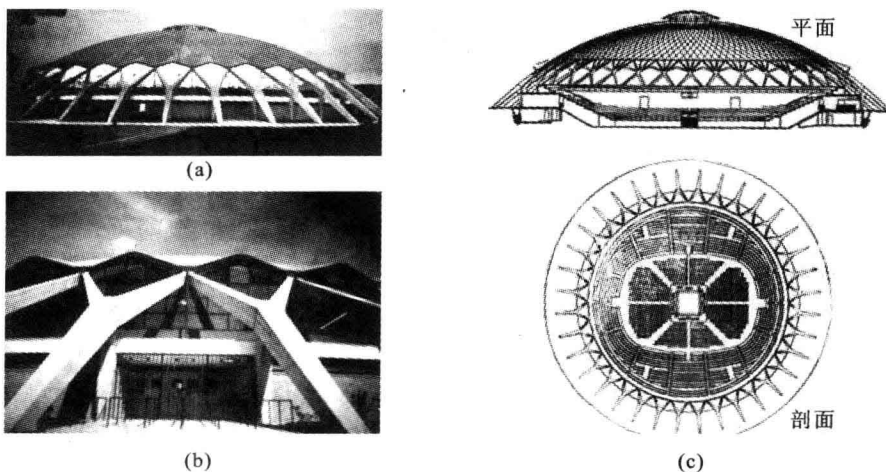


图 1-6 罗马小体育宫

(a) 立面图;(b) 入口;(c) 平面、剖面图

如图 1-6 所示。由意大利著名结构工程师、建筑师奈尔维(P. L. Nervi)在 1957 年设计建成。

它以精巧的圆形屋顶著称于世。建筑的外观和平面无论是俯视还是仰视都像一个盛开的向日葵。

屋顶直径 60m,由 1620 个钢筋混凝土预制棱形构件拼合而成。这些构件最薄的地方只有 25mm 厚,它们不但在力学上十分合理,而且组成了一个非常完整、秀美的天顶图案。

## 1.2 建筑结构的任务

### 1.2.1 结构在建筑物中的任务

一般来说,结构在服务建筑物上主要有 4 个方面的使命:①空间的构成者:如各类房间、通道以及各种构筑物,如水塔、贮液池、挡土墙等,反映的是人类对物质的需要;②体型的展示者:建筑物是历史、文化、艺术的产物,各种形状的建筑物都要用结构来展现,反映的是人类对精神的需求;③荷载的传承者:承载着建筑物的各种荷载并有效地传递到地基上,使建筑物保持良好的使用状态;④材料的利用者:结构是以各种材料为物质基础的(如钢结构、木结构、钢筋混凝土结构等)。结构作为支承者的能力实质上是材料强度和刚度性能的反映;结构发生的变形和位移实质上是材料应变性能的反映;建筑物自身的物理、化学性能,如质量、体积、胀缩、腐蚀等都是组成它的材料性能的反映。一般来说,建筑物所花的费用大部分用在结构材料上。

建筑物设计的根本矛盾之一是“以较少、较好的材料达到最佳的效果”,这个矛盾主要是通过巧妙的结构设计来解决的。

由此可见:

- (1)结构存在的根本目的是服务于人类对空间的应用和美观需求;
- (2)结构存在的根本原因是抵御自然界对建筑物生成的各种荷载;
- (3)结构存在的根本条件是利用并发挥了建筑材料的作用。

### 1.2.2 建筑结构的定义

建筑结构是在一个建筑空间中用各种基本结构构件组合建造成的有某种特征的机体,为建筑物的持久使用和美观需求服务,对人们的生命财产提供安全保障。

一个优质的建筑结构应该具有以下特色:

- (1)在应用上,要充分满足空间和多项使用功能要求;
- (2)在安全上,要完全符合承载、变形、稳定的持久需要;
- (3)在造型上,要能够与环境规划和建筑艺术融为一体;
- (4)在技术上,要力争体现科学、技术和工程的新发展;
- (5)在建造上,要合理用材、节约能源与施工实际密切结合。

## 1.3 建筑结构的分类

建筑结构是由基本构件组合而成的一个有使用功能空间的有机体。这个有机整体结构将所承受的荷载传给地基。

### 1.3.1 按结构材料分类

#### 1.3.1.1 混凝土结构

混凝土结构是以混凝土为主要材料制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

素混凝土结构是由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构,常用于路面和一些非承重结构。

钢筋混凝土结构顾名思义由钢筋与混凝土两种不同材料组成,即由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。

预应力混凝土结构是充分利用高强度材料来改善钢筋混凝土结构的一种抗裂性能的结构。是由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预应力的混凝土结构。

后两种结构常用作土木工程中的主要承重结构。在多数情况下混凝土结构是钢筋混凝土结构。

钢筋和混凝土都是土木工程中重要的建筑材料,钢筋的抗拉和抗压强度都很高,混凝土的抗压强度较高而抗拉强度却很低。为了充分发挥这两种材料性能的优势,把钢筋和混凝土按照合理的组合方式有机地结合在一起共同工作,使钢筋主要承受拉力,混凝土主要承受压力,以满足工程结构的使用要求。

钢筋混凝土结构应用十分广泛。它具有可模性好、就地取材、耐火性好、抗震性能好等优点,但也存在自重大、抗裂性能差等缺陷。而预应力混凝土结构就能很好地解决抗裂性能差的问题。

#### 1.3.1.2 砌体结构

砌体结构是指由天然的或人工合成的石材、黏土、混凝土、工业废料等材料制成的块体,和由水泥、石灰膏等胶凝材料与砂、水拌和而成的砂浆,砌筑而成的墙、柱等作为建筑物主要受力构件的结构。由烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砖砌体结构。由天然毛石或经加工的料石与砂浆砌筑而成的结构称为石砌体结构。由普通混凝土、轻骨料混凝土等材料制成的空心砌块作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为砌块砌体结构。根据需要在砌体的适当部位配置水平钢筋、竖向钢筋或钢筋网作为建筑物主要受力构件的结构则总称为配筋砌体结构。砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构以及配筋砌体结构统称为砌体结构。

砌体结构在我国应用很广泛,这是因为它可以就地取材,具有很好的耐久性及较好的化学稳定性和大气稳定性,有较好的保温隔热性能。较钢筋混凝土结构节约水泥和钢材,砌筑时不需模板及特殊的技术设备,可节约木材。砌体结构的缺点是自重大、体积大,砌筑工作繁重。由于砖、石、砌块和砂浆间黏结力较弱,因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都很低。由于其组成的基本材料和连接方式,决定了它的脆性性质,从而使在遭受地震时受破坏较重,抗震性

能很差,因此对多层砌体结构的抗震设计需要采用构造柱、圈梁及其他拉结等构造措施以提高其延性和抗倒塌能力。此外,砖砌体所用黏土砖用量很大,占用农田土地过多,因此把实心砖改成空心砖,特别发展高孔洞率、高强度、大块的空心砖以节约材料。利用工业废料,如粉煤灰、煤渣或者混凝土制成空心砖块代替红砖等都是今后砌体结构的方向。

### 1.3.1.3 钢结构

钢结构是用钢材通过焊接、铆接、螺栓连接等方式制作而成的结构,是主要的建筑结构类型之一。钢材的特点是强度高、自重轻、刚度大,故用于建造大跨度和超高、超重型的建筑物特别适宜。材料匀质性和各向同性好,属理想弹性体,最符合一般工程力学的基本假定;材料塑性、韧性好,可有较大变形,能很好地承受动力荷载;建筑工期短;其工业化程度高,可进行机械化程度高的专业化生产;加工精度高、效率高、密闭性好,故可用于建造气罐、油罐和变压器等。其缺点是耐火性和耐腐蚀性较差。主要用于重型车间的承重骨架、受动力荷载作用的厂房结构、板壳结构、高耸电视塔和桅杆结构、桥梁和仓库等大跨结构、高层和超高层建筑等。如图 1-7 所示。

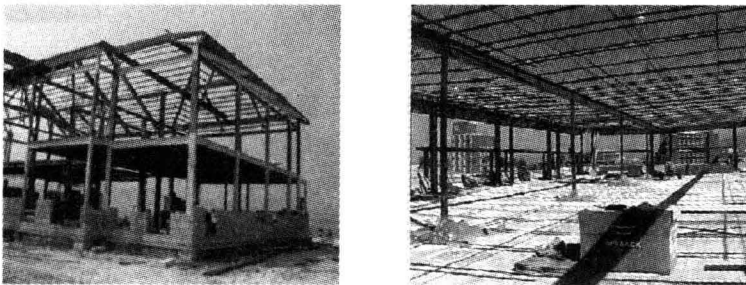


图 1-7 施工中的轻钢结构别墅和厂房

钢结构今后应致力于研究高强度钢材,提高其屈服点强度;此外要轧制新品种的型钢,例如 H 形钢(又称宽翼缘型钢)和 T 形钢以及压型钢板等以适应大跨度结构和超高层建筑的需要,如图 1-8 所示。

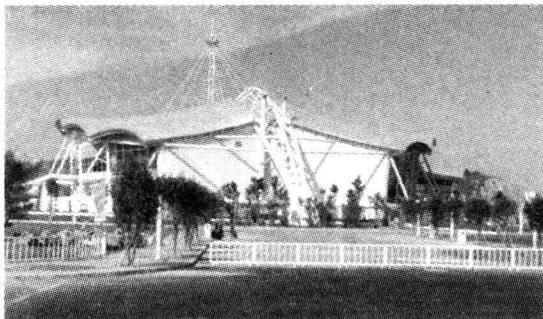


图 1-8 铝合金压型屋面板建筑

### 1.3.1.4 组合结构

组合结构是指同一截面或各构件由两种或两种以上的材料制作的结构。具体而言,包括两种结构:钢与混凝土组合结构和组合砌体结构。

钢与混凝土组合结构:用型钢或钢板焊(或冷压)成钢截面,再在其四周或内部浇灌混凝土,使混凝土与型钢形成整体共同受力,通称钢与混凝土组合结构。国内外常用的组合结构

有：①压型钢板与混凝土组合楼板；②钢与混凝土组合梁；③型钢混凝土结构（也叫劲性混凝土结构）；④钢管混凝土结构；⑤外包钢混凝土结构五大类。组合结构有节约钢材、提高混凝土利用系数、降低造价、抗震性能好、施工方便等优点，在建设中得到迅速发展。

组合砌体结构：是由砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组成的组合砖砌体构件，适用于无筋砌体承载力不足而截面尺寸又受到限制时的情况。

#### 1.3.1.5 木结构

木结构是单纯由木材或主要由木材承受荷载的结构，通过各种金属连接件或卯榫手段进行连接和固定。这种结构因为是由天然材料所组成，受着材料本身条件的限制，因而木结构多用在民用和中小型工业厂房的屋盖中。木屋盖结构包括木屋架、支撑系统、吊顶、挂瓦条及屋面板等。

木材是一种再生的天然资源，且人类使用木材的历史悠久，在木材的防腐、防虫、防火措施日臻完善的条件下，充分发挥木材自重轻、制作方便的优点，做到次材优用、小材大用，提高木材的利用率。除继续用于一般建筑外，在大跨度建筑屋盖结构方面有其一定的前途。

#### 1.3.2 按承重体系分类

按承重体系可以把建筑结构分为：混合结构、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构和大跨度结构等。其中混合结构是指建筑物中竖向承重结构的墙、柱等采用砌体材料，横向承重的梁、楼板、屋面板等采用钢筋混凝土材料。适合开间进深较小、房间面积小、多层或低层的建筑。混合结构的承重墙体不能改动，而框架结构则可以对墙体的大部分进行改动。

#### 1.3.3 按建筑物层数分类

中国《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)将住宅建筑依层数划分为：一层至三层为低层住宅，四层至六层为多层住宅，七层至九层为中高层住宅，十层及十层以上为高层住宅。除住宅建筑之外的民用建筑，高度不大于24m者为单层或多层建筑，大于24m者为高层建筑（不包括建筑高度大于24m的单层公共建筑），大于100m者为超高层建筑。



## 2 结构上的作用、作用效应和抗力

### 2.1 作用与荷载

#### 2.1.1 作用的定义

所谓结构上的作用,是指施加在结构上的集中荷载或分布荷载以及引起结构外加变形或约束变形的原因。前者称直接作用,习惯上称荷载;后者称间接作用,如地基变形、混凝土收缩、温度变化或地震等引起的作用。

#### 2.1.2 荷载分类

结构上的各种作用,若在时间上或空间上相互独立时,则每一种作用均可按对结构单独的作用考虑,例如楼面活荷载和风荷载;当某些作用密切相关,且经常以其最大值同时出现时,可将这些作用按一种作用考虑。

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)将结构上的作用按下列性质进行分类。

##### 2.1.2.1 按随时间的变异分类

(1)永久作用:也称为永久荷载(恒荷载)。在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。例如,结构自重(自重是指材料自身重量产生的荷载——重力)、土压力、预应力等;

(2)可变作用:也称为可变荷载(活荷载)。在结构使用期间,其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略不计的荷载。例如,楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等;

(3)偶然作用:在设计基准期内不一定出现,而一旦出现其量值很大且持续时间很短的作用。例如,地震、爆炸力、撞击力等。

##### 2.1.2.2 按随空间位置的变异分类

作用按随空间位置的变异分类,是由于进行荷载效应组合时,必须考虑荷载在空间的位置及其所占面积的大小。

(1)固定作用:在结构上具有固定分布的作用,即在结构上出现的空间位置固定不变,但其量值可能具有随机性。例如,房屋建筑楼面上位置固定的设备荷载、屋盖上的水箱等。

(2)自由作用:在结构上一定范围内可以任意分布的作用。可以在结构的一定空间上任意分布,出现的位置及量值都可能是随机的。例如,楼面的人员荷载等。

##### 2.1.2.3 按结构的反应特点分类

(1)静态作用:使结构产生的加速度可以忽略不计的作用;

(2)动态作用:使结构产生的加速度不可忽略不计的作用。

作用按结构的反应分类,主要是因为进行结构分析时,对某些出现在结构上的作用需要考虑其动力效应(加速度反应)。作用划分为静态或动态作用的原则,不在于作用本身是否具有动力特性,而主要在于它是否使结构产生不可忽略的加速度。有很多作用(例如民用建筑楼面上的活荷载)本身可能具有一定的动力特性,但使结构产生的动力效应可以忽略不计,这类作用仍应划为静态作用。

对于动态作用,在结构分析时一般均应考虑其动力效应。有一部分动态作用(例如吊车荷载)设计时可采用增大其量值(即乘以动力系数)的方法按静态作用处理。另一部分动态作用(例如地震作用、大型动力设备的作用等)则需采用结构动力学方法进行结构分析。

作用按时间、按空间位置、按结构反应进行分类,是三种不同的分类方法,各有其不同的用途。例如吊车荷载,按随时间变异分类为可变作用,按随空间位置变异分类为自由作用,按结构反应分类为动态作用。每种作用按此分类方法各属何类,需依据作用的性质具体确定。

## 2.2 荷载代表值

在结构设计时,应根据各种极限状态的设计要求采用不同的荷载代表值。永久荷载以其标准值作为代表值;对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值。对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。

荷载标准值是荷载的基本代表值,而其他代表值都可在标准值的基础上乘以相应的系数后得出。

### 2.2.1 荷载标准值

荷载标准值是指其在结构的使用期间可能出现的最大荷载值。由于荷载本身的随机性,因而使用期间的最大荷载也是随机变量,原则上可用它的统计分布来描述。《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)规定,荷载标准值统一由设计基准期(50年)最大荷载概率分布的某个分位值来确定,规范对分位值的百分位未作统一规定。

因此,对某类荷载,当有足够资料而有可能对其统计分布做出合理估计时,则在其设计基准期最大荷载的分布上,可根据协议的百分位,取其分位值作为该荷载的代表值,原则上可取分布的特征值(均值、众值或中值)。实际上,对于大部分自然荷载,包括风荷载,习惯上都以其规定的平均重现期来定义标准值,相当于以其重现期内最大荷载的分布的众值为标准值。但是,有些荷载并不具备充分统计资料,只能结合工程实践经验,经分析判断协议确定一个公称值作为代表值。《建筑结构荷载规范》对各类荷载标准值的取法规定如下。

#### 2.2.1.1 永久荷载的标准值

对于结构或非承重构件的自重,由于变异性不大,一般以其平均值作为荷载标准值,即可按结构构件的设计尺寸和材料或结构构件单位体积(或面积)的自重平均值确定。对于自重变异性较大的材料,在设计中应根据其对结构有利或不利的情况,分别取其自重的下限值或上限值。《建筑结构荷载规范》附录 A 给出了材料的自重,对某些变异性较大的材料,则分别给出其自重的上限值和下限值。

#### 2.2.1.2 可变荷载的标准值

《建筑结构荷载规范》已给出了各种可变荷载的标准值取值,设计时可直接查用。为便于

学习应用,摘录民用建筑楼面均布活荷载和屋面活荷载。见表 2-1、表 2-2。

表 2-1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类别	标准值 (kN/m <sup>2</sup> )	组合值 系数 $\psi_c$	频遇值 系数 $\psi_f$	准永久值 系数 $\psi_q$
1	(1)住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院、病房、托儿所、 幼儿园	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2)教室、实验室、阅览室、会议室、医院门诊室			0.6	0.5
2	食堂、餐厅、一般资料档案室	2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1)礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台	3.0	0.7	0.5	0.3
	(2)公共洗衣房	3.0	0.7	0.6	0.5
4	(1)商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等 候室	3.5	0.7	0.6	0.5
	(2)无固定座位的看台	3.5	0.7	0.5	0.3
5	(1)健身房、演出舞台	4.0	0.7	0.6	0.5
	(2)舞厅	4.0	0.7	0.6	0.3
6	(1)书库、档案室、储藏室	5.0	0.9	0.9	0.8
	(2)密集柜书库	12.0			
7	通风机房、电梯机房	7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽车通道及停车库:				
	(1)单向板楼盖(跨度不小于 2m)				
	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
	消防车	35.0	0.7	0.7	0.6
	(2)双向板楼盖和无梁楼盖(柱网尺寸不小于 6m× 6m)				
	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
消防车	20.0	0.7	0.7	0.6	
9	厨房:				
	(1)一般的	2.0	0.7	0.6	0.5
	(2)餐厅的	4.0	0.7	0.7	0.7
10	浴室、厕所、盥洗室:				
	(1)第 1 项中的民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2)其他民用建筑	2.5	0.7	0.6	0.5
11	走廊、门厅、楼梯:				
	(1)宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2)办公楼、教室、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5
	(3)消防疏散楼梯、其他民用建筑	3.5	0.7	0.5	0.3
12	阳台:				
	(1)一般情况	2.5	0.7	0.6	0.5
	(2)当人群有可能密集时	3.5			

注:①本表所给各项活荷载适用于一般使用条件,当使用荷载较大或情况特殊时,应按实际情况采用。

②第 6 项书库活荷载当书架高度大于 2m 时,书库活荷载尚应按每米书架高度不小于 2.5kN/m<sup>2</sup>确定。

③第 8 项中的客车活荷载只适用于停放载人少于 9 人的客车;消防车活荷载是适用于满载总重为 300kN 的大型车辆;当不符合本表的要求时,应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则,换算为等效均布荷载。

④第 11 项楼梯活荷载,对预制楼梯踏步平板,尚应按 1.5kN 集中荷载验算。

⑤本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按恒荷载考虑,当隔墙位置可灵活自由布置时,非固定隔墙的自重可取每延米长墙重(kN/m)的 1/3 作为楼面活荷载的附加值(kN/m<sup>2</sup>)计入,附加值不小于