

普通高等教育“十二五”规划教材
建筑学与城市规划系列

建筑结构

刘雁 李琮琦 ■ 主编

邹小静 杨鼎久 ■ 副主编



化学工业出版社

014005231

TU3-43
43

普通高等教育“十二五”规划教材·建筑学与城市规划系列

建筑结构

刘雁 李琮琦 主编
邹小静 杨鼎久 副主编



TU3-43
43



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1692233

014002531

本书是根据《全国高等学校建筑学专业本科（五年制）教育评估标准》对“建筑结构”课程的基本质量要求，依据国家最新颁布、实施的相关规范编写的教材。全书共计 14 章，主要内容包括：建筑结构抗震设计基本知识，建筑结构抗震概念设计，建筑结构设计基本原理，工程结构材料的力学性能，混凝土梁、板的设计，柱、墙的设计，预应力混凝土结构的基本知识，平面楼盖设计，钢木结构，多层框架结构设计，混凝土高层建筑结构设计，砌体结构抗震构造，地基与基础。每章均配有本章小结和思考题与习题。

本书可作为高等院校建筑类建筑学及相关本科专业的教材，还可作为工程管理类专业的教材或教学参考书，以及供从事土木工程技术的专业人员学习、参考。

内 容 提 要

主 编 刘 雁 李 琮 琦
副主编 关 飞 蒋 宇

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/刘雁，李琮琦主编. —北京：化学工业出版社，2013.8

普通高等教育“十二五”规划教材·建筑学与城市规划系列

ISBN 978-7-122-17734-6

I. ①建… II. ①刘…②李… III. ①建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 137632 号

责任编辑：尤彩霞
责任校对：蒋 宇

文字编辑：咎景岩
装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印 装：三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 558 千字 2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：45.00 元

版权所有 违者必究

前言

“建筑结构”课程是建筑学专业的主要学科基础课程之一。长期以来,该课程所采用的教材大多是土木工程专业多本专业教材的简单浓缩,缺乏较全面涵盖建筑结构知识内容、针对建筑学专业特点的教材。本教材按照《全国高等学校建筑学专业本科(五年制)教育评估标准(简称《评估标准》)》对“建筑结构”课程的基本质量要求,依据国家现行的相关规范,结合建筑工程实践经验以及作者的教学经验进行编写。本教材共14章,主要包括结构抗震、混凝土结构、砌体结构、钢木结构、地基与基础等相关内容。

结合《评估标准》对“建筑结构”课程的基本质量要求和建筑学专业学生自身的学习特点,教材首先介绍建筑结构抗震设计基本概念、建筑结构抗震概念设计;其次按照梁、板、柱、墙等构件讲解设计计算和构造要求,最后介绍几种常见建筑结构的设计方法。

本教材将基本知识、工程概念以及相关规范有机结合,配以典型的例题、思考题与习题帮助学生理解和巩固。教材力求讲清概念,突出重点,注重基本理论,淡化过程推导,重视构造。针对学生学习过程中反映的“建筑结构”课程存在“内容多、概念多、公式符号多、构造规定多”以及复习不易抓住要领的问题,每章还编排了“本章小结”,总结、归纳本章的基本知识和主要内容。

参加本教材编写的有:刘雁(第1、2、3和14章)、李琮琦(第4、8和9章)、邹小静(第11、12和13章)和杨鼎久(第5、6、7和10章);刘雁负责全书统稿,研究生郭楷、周超、李娟、袁沈峰等同学帮助绘制了部分图表,编写了部分计算例题等。编写过程中,参考、借鉴并引用了许多优秀教材、著作及相关文献资料;也得到了编者所在单位和化学工业出版社的大力支持和帮助,在此一并表示真诚的感谢!

由于教材涉及的范围广、内容多,加之编者的水平有限,书中难免会有不妥和疏漏之处,恳望读者批评指正,以便修改完善。

编者

2013年9月

第4章 建筑结构设计基本原理 41

4.1 建筑结构的性能要求和极限状态	41
4.2 结构上的作用、作用效应及结构抗力	42
4.3 荷载和材料强度	43
4.4 概率极限状态设计法	45
4.5 地震作用与结构抗震验算	50
4.6 混凝土结构耐久性设计	58

目录

第1章 绪论 /1

1.1 建筑结构和建筑的关系	1
1.2 建筑结构的 basic 概念	3
1.3 建筑结构体系	5
1.4 各类结构在工程中的应用	11
1.5 本课程的主要内容、任务和学习方法	13
本章小结	14
思考题与习题	14

第2章 建筑结构抗震设计基本知识 /15

2.1 地震特性	15
2.2 地震震害简述	18
2.3 几个重要的抗震设计基本概念	20
本章小结	22
思考题与习题	23

第3章 建筑结构抗震概念设计 /24

3.1 选择有利场地	24
3.2 确定合理建筑体型	26
3.3 采用合理抗震结构体系	31
3.4 多道抗震设防	37
3.5 结构整体性	38
3.6 保证非结构构件安全	38
3.7 结构材料和施工质量	39
3.8 采用隔震、减震技术	39
本章小结	39
思考题与习题	40

第4章 建筑结构设计基本原理 /41

4.1 建筑结构的 功能要求和极限状态	41
4.2 结构上的作用、作用效应及结构抗力	42
4.3 荷载和材料强度	43
4.4 概率极限状态设计法	45
4.5 地震作用与结构抗震验算	50
4.6 混凝土结构耐久性设计	56

本章小结	57
思考题与习题	58
第 5 章 工程结构材料的力学性能 /59	
5.1 结构对工程材料性能的基本要求	59
5.2 钢筋和混凝土材料	60
5.3 砌体结构材料	71
5.4 钢结构材料	73
5.5 木材	77
本章小结	81
思考题与习题	81
第 6 章 混凝土梁、板的设计 /83	
6.1 混凝土受弯梁	83
6.2 混凝土梁受扭承载力计算	114
6.3 钢筋混凝土梁的变形、裂缝和混凝土结构的耐久性	118
本章小结	123
思考题与习题	124
第 7 章 柱、墙的设计 /127	
7.1 混凝土柱	127
7.2 砌体墙、柱	136
本章小结	151
思考题与习题	152
第 8 章 预应力混凝土结构的基本知识 /154	
8.1 预应力混凝土的概念及优缺点	154
8.2 预应力的施加方法	156
8.3 预应力混凝土结构的材料和锚具	157
8.4 预应力混凝土构件设计的一般规定	161
8.5 预应力混凝土结构计算基本原理	166
8.6 预应力混凝土构件的截面形式和基本构造要求	176
本章小结	178
思考题与习题	178
第 9 章 平面楼盖设计 /179	
9.1 概述	179
9.2 现浇整体式钢筋混凝土单向板肋梁楼盖的设计与计算	182
9.3 现浇整体式钢筋混凝土双向板肋梁楼盖的设计与计算	207
9.4 现浇整体式钢筋混凝土无梁楼盖的受力特点与构造要求	216
9.5 现浇混凝土空心楼盖	218
9.6 钢筋混凝土楼梯与雨篷	220
9.7 木楼盖	225

本章小结	228
思考题与习题	228

第 10 章 钢木结构 /230

10.1 钢结构	230
10.2 木结构	247
本章小结	255
思考题与习题	256

第 11 章 多层框架结构设计 /257

11.1 概述	257
11.2 框架结构内力与水平位移的近似计算方法	258
11.3 多层框架内力组合	265
11.4 多层钢筋混凝土框架结构房屋抗震设计	267
本章小结	272
思考题与习题	273

第 12 章 混凝土高层建筑结构设计 /274

12.1 高层建筑的受力特点	274
12.2 剪力墙结构	274
12.3 框架-剪力墙结构	282
本章小结	286
思考题与习题	286

第 13 章 砌体结构抗震构造 /288

13.1 砌体结构房屋的震害	288
13.2 建筑布置与结构选型	290
13.3 砌体房屋的抗震构造措施	290
本章小结	294
思考题与习题	294

第 14 章 地基与基础 /295

14.1 概述	295
14.2 地基	297
14.3 基础	300
本章小结	307
思考题与习题	307

附录 /309

参考文献 /332

第 1 章 绪 论

1.1 建筑结构和建筑的关系

建筑是人类物质文明发展历史的烙印，也是人类当代精神文化的有力表现。一个好的建筑是建筑与结构设计相互密切配合的结果。结构设计的好坏，关系到建筑物是否适用、经济、美观。特别是在抗震设防区，建筑设计必须在满足结构抗震要求的前提下，才能谈得上建筑物的造型美观、功能完善等要求。因此要设计出既要满足建筑美观、造型优美，又要使结构安全、经济、合理的建筑物是每个建筑师与结构师都必须关注的问题。

1.1.1 建筑物设计流程

一般建筑物的设计从业主组织设计竞赛或委托方案设计开始，到施工图设计完成为止，整个设计工程可划分为：方案设计、初步设计和施工图设计三个主要设计阶段。对于小型和功能简单的建筑物，设计工程可分方案设计和施工图设计两个阶段；对于重大工程项目，在三个设计阶段的基础上，通常会在初步设计之后增加技术设计环节，然后进入施工图设计阶段。图 1-1 为建筑物的设计流程和各设计阶段的相互关系。

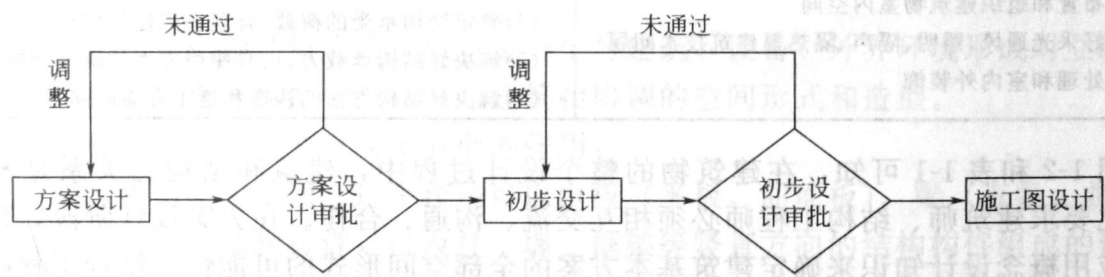


图 1-1 建筑物的设计流程

1.1.2 建筑物各设计阶段的主要工作

在建筑物的方案设计、初步设计阶段，目前特别强调概念设计。建筑物的概念设计包括建筑概念设计和结构概念设计两大部分，二者之间相互影响、相互协调、相互整合。建筑设计和结构设计各设计阶段的主要工作和二者的相互关系以及反馈过程见图 1-2。

从图 1-2 可知，建筑物的结构概念设计是从整体的角度来确定建筑结构的总体布置方案和结构体系。一般结构概念设计主要依据力学知识、结构破坏机理、震害、试验现象和工程经验所获得的基本设计原则和设计思想来实现，通常不需要进行数值计算。结构概念设计的目标是使结构方案达到安全性好、功能合理、造型美观、技术领先、施工先进可行，同时，应能以最少的代价获得最大的经济效益。

1.1.3 建筑与结构的关系

建筑物的设计过程，需要建筑师、结构工程师和其他专业工程师（水、暖、电）共同合作完成，特别是建筑师和结构工程师的分工、合作，在整个设计工程中尤为重要，二者各自

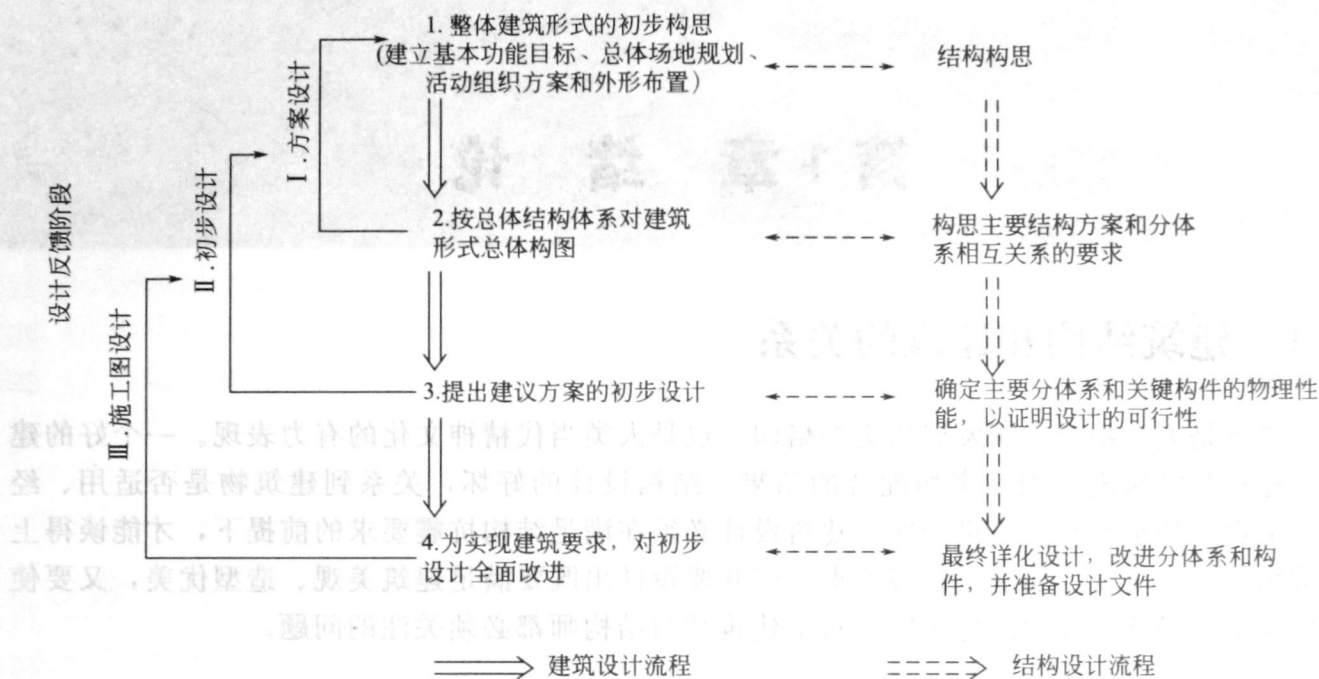


图 1-2 建筑设计和结构设计各设计阶段的主要工作

的主要设计任务见表 1-1。

表 1-1 建筑设计和结构设计的主要任务

建筑设计	结构设计
(1) 与规划的协调, 建筑体型和周边环境的设计 (2) 合理布置和组织建筑物室内空间 (3) 解决好采光通风、照明、隔声、隔热等建筑技术问题 (4) 艺术处理和室内外装饰	(1) 合理选择、确定与建筑体系相称的结构总体系和分结构布置方案, 满足建筑室内空间要求 (2) 确定结构承受的荷载, 合理选用建筑材料 (3) 解决好结构承载力、正常使用方面的所有结构技术问题 (4) 解决好结构方面的构造和施工方面的问题

由图 1-2 和表 1-1 可知, 在建筑物的整个设计过程中, 建筑和结构的关系是密不可分的, 因此要求建筑师、结构工程师必须相互交流、沟通、合作。在方案设计阶段, 建筑师必须首先应用概念设计知识来确定建筑基本方案的全部空间形式的可能性。结构工程师针对建筑师的空间形式, 要进行结构设计的整体构思, 因此, 建筑师和结构工程师在方案设计阶段, 需要进行讨论、合作。

在初步设计阶段, 建筑师的重点转移到精心改善, 并会利用图形表达建筑设计方案, 建筑师对结构的要求也从结构的整体构思转移到结构总体系和分体系的初步确定上, 结构工程师在初步设计阶段应基本确定主要结构体系和分体系构件的几何尺寸, 清楚并能解决结构分系统的相互关系以及设计中可能存在的矛盾。在初步设计阶段, 建筑师和结构工程师的合作比方案阶段更紧密、具体。初步设计阶段的成果仍然可以反馈到方案设计阶段, 使方案概念进一步改善, 有时甚至会对方案进行重大调整。

在施工图设计阶段, 建筑师和结构工程师仍然需要继续合作, 完成所有设计细节、构造, 形成施工图。

综上所述, 一栋建筑物的完成, 是各专业特别是建筑师和结构工程师紧密合作的成果。设计的最终目标是达到形式和功能的统一, 也就是建筑和结构的统一。美国著名建筑师赖特 (F. L. Wright, 1869—1959) 认为, 建筑必须是个有机体, 其建筑、结构、材料、功能、形式与环境, 应当相互协调、完整一致。被公认为建筑师的欧洲结构权威意大利人奈尔维 (P. L. Nervi, 1891—1979) 在 1957 年设计意大利罗马小体育馆时 (图 1-3), 将钢筋混凝土

肋形球壳作为体育馆的屋盖，对肋形球壳网肋的边端进行艺术化处理，构成一幅葵花图案，同时充分发挥结构的美学表现力，球壳的径向推力由 Y 形的斜柱支撑，因其接近地面，净空高度小，无法利用，故将其暴露在室外。敞露的斜柱清晰地显示了力流高度汇集的结构特点，又非常形象地表现了独具风格的艺术效果。整个体育馆的室内空间的结构形式与建筑功能的艺术形象完全融为一体，达到高度的建筑和结构的完美统一，成为世界建筑工程的经典作品。

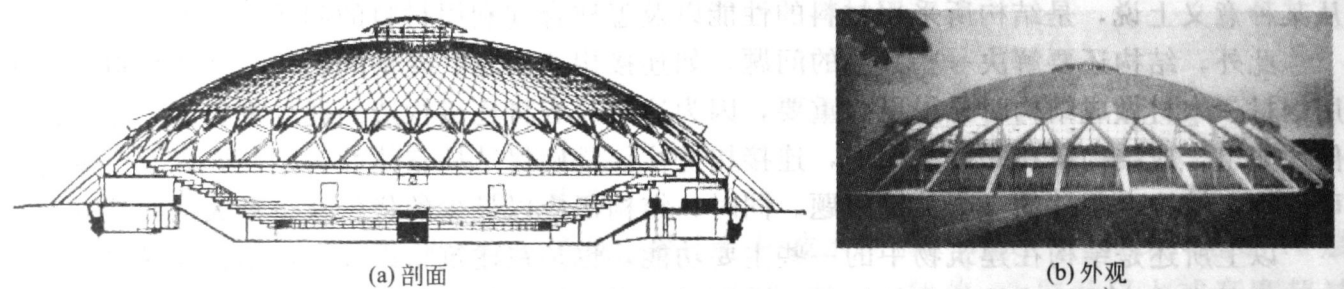


图 1-3 罗马小体育馆

1.2 建筑结构的概述

1.2.1 建筑结构的定义

建筑结构（一般可简称为结构）是指建筑空间中由基本结构构件（梁、柱、桁架、墙、楼盖和基础等）组合而成的结构体系，用以承受自然界或人为施加在建筑物上的各种作用。建筑结构应具有足够的强度、刚度、稳定性和耐久性，以满足建筑物的使用要求，对人们的生命财产提供安全保障。

建筑结构是一个由构件组成的骨架，是一个与建筑、设备、外界环境形成对立统一的有明显特征的体系，建筑结构的骨架具有与建筑相协调的空间形式和造型。

在土建工程中，结构主要有 4 个方面的作用：

(1) 形成人类活动的空间。这个作用可以由板（平板、曲面板）、梁（直梁、曲梁）、桁架、网架等水平方向的结构构件，以及柱、墙、框架等竖直方向的结构构件组成的建筑结构来实现。

(2) 为人群和车辆提供通道。这个作用可用以上构件组成的桥梁结构来实现。

(3) 抵御自然界水、土、岩石等侧向压力的作用。这个作用可用水坝、护堤、挡土墙、隧道等水工结构和土工结构来实现。

(4) 构成为其他专门用途服务的空间。这个作用可以用排除废气的烟囱、储存液体的油罐以及水池等特殊结构来实现。

1.2.2 建筑结构的主要功能

结构要能安全抵御自然界的各种作用力（地心引力、风力、地震力等），即结构要有抵抗力的功能，这是结构存在的根本原因。在正常施工和正常使用条件下，要使结构具有能抵抗各种作用力的承载能力而不致发生破坏，这是结构的承载力问题。除承载力问题外，结构还需要其他的一些抵抗功能。例如，结构在各种力作用下不致倾覆，不致失稳，不致产生过大变形，同时具有耐久性，在偶然事件发生时、发生后结构仍能保持必需的整体稳定等功能也十分重要，这都属于结构抵抗力的范畴。

结构骨架所形成的空间要能良好地服务于人类生活、生产的要求和人类对美观的需求。

前者是物质的,后者是精神的。这是结构存在的根本目的。不同的使用和美观需要,要求有不同的建筑空间,以及与建筑空间相适应的结构形式;而合理的结构形式又必须与建筑使用和美观需要统一起来。因此,建筑结构要具有良好的工作性能,为使用和美观需要服务。

充分发挥组成结构构件的材料的作用是结构的另一重要功能。材料是结构存在的根本条件。结构的承载力、变形问题实质上是组成结构构件的材料的强度和应变问题。结构问题,从某种意义上说,是结构所采用材料的性能以及怎样合理利用材料的问题。

此外,结构还要解决一些其他的问题,如连接构造问题、经济问题等。连接构造,在采用钢材、木材做成结构时显得更为重要,因为这时只有将连接构造问题处理得当,零散的杆件才能组合成结构。在一般结构中,连接构造往往是确保结构整体性、刚性,以及反映施工可行性、结构合理性的一个关键问题。同时,结构还应以最少的代价获得最大的经济效果。

以上所述是结构在建筑物中的一些主要功能,也是在建筑物设计中,结构问题的主要表现。为了成功地设计建筑物中的结构,必须首先弄清结构的功能和结构存在的原因。在这两个问题上,结构和建筑的作用是分不开的。结构永远是建筑物的基本部分。

1.2.3 建筑结构的分类

根据建筑结构采用的材料、建筑结构的受力特点以及层数等几个方面,对建筑结构进行分类。

1.2.3.1 按建筑结构采用的材料分类

(1) 混凝土结构

混凝土结构是指以混凝土为主制成的结构,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。素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构,其抗拉性能很差,主要用于受压为主的结构,如基础垫层等。钢筋混凝土结构则是由钢筋和混凝土这两种材料组成共同受力的结构,这种结构能很好地发挥混凝土和钢筋这两种材料不同的力学性能,整体受力性能好,是目前应用最广泛的结构。预应力混凝土结构是指配有预应力钢筋,通过张拉或其他方法在结构中建立预应力的混凝土结构,预应力混凝土结构很好地解决了钢筋混凝土结构抗裂性差的问题。

(2) 砌体(包括砖、砌块、石等)结构

砌体结构是指用块材(砖、石或砌块)和砂浆砌筑而成的结构。按所用块材的不同,可将砌体分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三类。砌体结构具有悠久的历史,至今仍是应用极为广泛的结构形式。

(3) 钢结构

钢结构是以钢板和型钢等钢材通过焊接、铆接或螺栓连接等方法构筑成的工程结构。钢结构的强度大、韧性和塑性好、质量稳定、材质均匀,接近各向同性,理论计算的结果与实际材料的工作状况比较一致,有很好的抗震、抗冲击能力。钢结构工作可靠,常常用来制作大跨度、重承载的结构及超高层结构。

(4) 木结构

以木材为主要材料所形成的结构体系,一般都是由线形单跨的木杆件组成。木材是一种密度小、强度高、弹性好、色调丰富、纹理美观、容易加工和可再生的建筑材料。在受力性能方面,木材能有效地抗压、抗弯和抗拉,特别是抗压和抗弯具有很好的塑性,所以在建筑结构中得到广泛使用且经千年而不衰。

(5) 组合结构

组合结构是指钢与混凝土共同承受荷载的结构,按其组成方式分为钢骨混凝土结构和混

合结构。钢筋混凝土结构是指将型钢（工字钢、角钢或槽钢）配置在钢筋混凝土的梁柱中而形成的结构；混合结构是指整体结构中一部分结构为钢筋混凝土结构，而另外一部分为钢结构，如钢框架-钢筋混凝土筒体、型钢混凝土框架-钢筋混凝土筒体等。

其他还有塑料结构、薄膜充气结构等。

1.2.3.2 按建筑物的层数、高度和跨度分类

(1) 单层建筑结构

单层工业厂房、食堂、仓库等。

(2) 多层建筑结构

多层建筑结构一般指层数在 2~9 层的建筑物。

(3) 高层建筑结构与超高层建筑结构

从结构设计的角度，我国《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）规定 10 层及以上或高度超过 28m 的混凝土结构为高层建筑结构。一般将 40 层及以上或高度超过 100m 的建筑结构称为超高层建筑结构。

从建筑设计角度，我国《高层民用建筑设计防火规范》（GB 50045—1995）2005 版规定 10 层及以上的居住建筑或 24m 以上的其他民用建筑称为高层建筑。

(4) 大跨建筑结构

一般指跨度在 40~50m 以上的建筑。

按照建筑结构形式、受力特点对建筑结构的分类详见 1.3 节。

1.3 建筑结构体系

建筑结构是一个由基本结构构件集合而成的空间有机体。各种基本结构构件的合理组合才能形成满足建筑使用功能的空间，并能作为整体结构将自然界和人为施加的各种作用传给基础和地基。结构设计的一个重要内容就是确定用哪些基本结构单元组成结构单元，并将结构单元组合形成满足建筑功能要求的、受力合理的结构体系。

1.3.1 建筑结构的基本结构构件

建筑结构的基本结构构件主要有：板、梁、柱、墙、杆、拱、壳、膜等。由基本结构构件形成的建筑结构如图 1-4 所示。

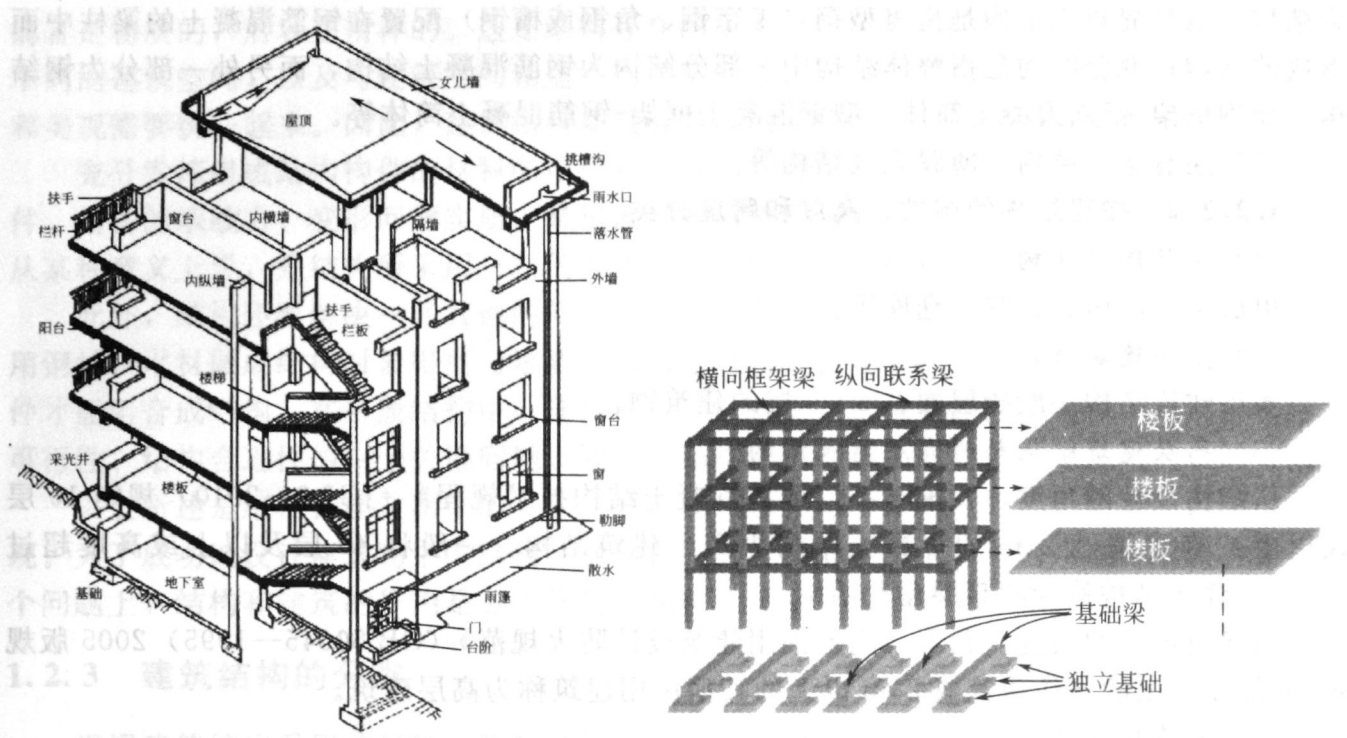
由图 1-4 可见，结构基本构件可以形成多种多样的建筑结构，结构与建筑的紧密结合，可以创造出美轮美奂的优秀建筑作品。

1.3.2 建筑物的结构单元

上述建筑结构的基本结构构件，可单独作为承重结构，但在多数情况下，都是与其他构件组合形成与建筑功能相协调的空间结构。

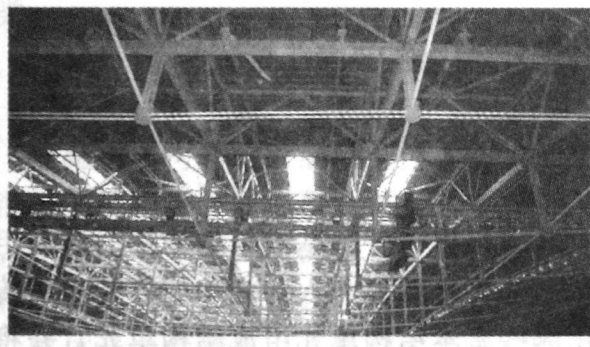
对基本结构构件进行有效组合可形成能满足使用功能要求，同时能承受荷载、合理利用材料的结构单元。例如，一块现浇混凝土板和其下部的 4 面墙就可以组合成一个板-墙单元；一榀落地拱本身也是一个结构单元。一栋建筑物的整体结构往往是多个结构单元的集合，如一栋住宅建筑可能是多个板-墙单元的集合；一座体育馆可能是多个拱单元之间用水平构件连接后的集合。但在一些情况下，一栋建筑物可能仅包含一个结构单元，而不是多个结构单元的集合，如网架作为屋面的体育馆。

理解结构单元的概念，对于确定建筑物的总体结构体系是很重要的，如能将结构单元设

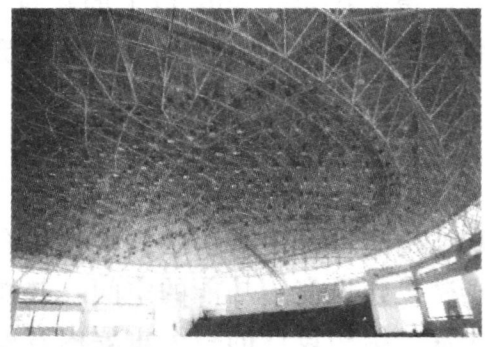


(a) 承重墙结构的结构构件

(b) 混凝土框架结构的结构构件



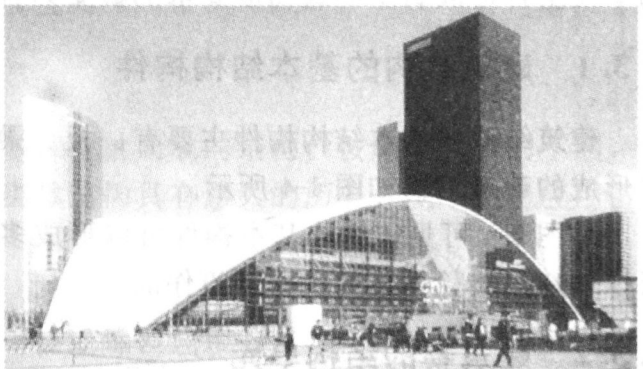
(c) 国家体育馆 (桁架)



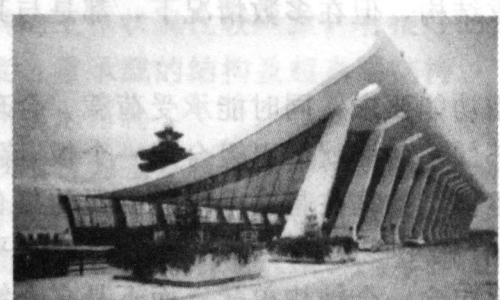
(d) 某体育馆 (网架)



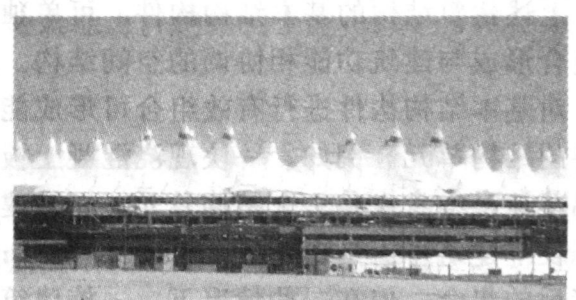
(e) 西班牙塞维利亚高架引水桥 (拱)



(f) 巴黎国家工业与技术中心陈列馆 (双曲薄壳结构屋面)



(g) 华盛顿杜勒斯机场候机厅 (悬索结构)



(h) 沙特阿拉伯法赫德国王国际机场 (膜结构)

图 1-4 结构基本构件形成的建筑结构

计得既受力合理又经济,就能为整个结构体系的设计带来更高的可靠性,建筑结构的功能也能得到更好的实现。同时,还需要理解一个结构单元的尺度总是和拟建建筑物的功能要求密切相关的,如住宅建筑的结构单元的尺度直接和满足住宅本身的功能(住得舒适)需要的尺度相关。因此,学会分析结构单元,在初步设计时确定结构体系是非常有用的。

常用的结构单元如下:

(1) 板-梁结构单元

板-梁结构单元属于楼盖(屋盖)结构的基本结构单元,一般由楼(屋)面板和梁组成,梁是板的支撑,梁又由柱或墙支撑。板-梁结构主要承受楼(屋)面的竖向荷载,该结构单元广泛应用于各类建筑物。

(2) 板-墙结构单元

板-墙结构单元是板直接搁置在墙上的基本结构单元,一般板跨度不能太大,由于墙体较多,故整体刚度大,但建筑空间不灵活,板-墙结构单元常用于住宅、宿舍等建筑物。

(3) 板-柱结构单元

板-柱结构单元是将板直接支撑在柱上的基本结构单元。若采用柱帽(在柱顶板底处将板局部加厚),板跨度可以加大,形成无梁的使用空间,一般用于商业性建筑和仓库等建筑物。

(4) 梁-柱结构单元

梁-柱结构单元是将梁直接搁置在柱上的基本结构单元,梁与柱之间为铰接(不能传递弯矩)。该基本结构单元只能承受竖向荷载,不能承受侧向水平荷载。由该基本结构单元组成的结构需要有能够承受侧向水平力的支撑构件来保证结构的侧向稳定。梁-柱结构单元一般用于单层厂房等工业建筑。

(5) 梁-墙结构单元

梁-墙结构单元是将梁直接搁置在砌体墙上的基本结构单元。一般墙中有圈梁,梁与墙之间为铰接(不能传递弯矩)。一般用于砌体结构房屋建筑物。

(6) 框架结构单元

框架结构单元是梁柱间刚性连接的基本结构单元。框架结构单元既能承受竖向荷载,又能承受侧向水平荷载,该基本结构单元常用于多层办公、商业、文教等建筑物。

(7) 桁架结构单元

桁架是将短直杆组成几何形状不变的三角形、梯形图形的集合,其杆件间为铰接,为二维平面结构。桁架结构单元是将桁架支撑在柱或墙上,桁架两侧有侧向稳定构件(梁或其他支撑杆件)所形成的基本结构单元。该结构单元一般用于屋盖,跨度范围为12~30m。

(8) 网架结构单元

网架结构单元是由多根杆件按照一定的网格形式通过节点连接而成的整体空间结构。具有空间受力、重量轻、刚度大、抗震性能好等优点;可用作体育馆、影剧院、展览厅、候车厅、体育场看台雨篷、飞机库、双向大柱距车间等建筑的屋盖。

(9) 拱结构单元

拱是曲线形构件,拱底有水平推力,需要有能够承受此水平推力的构件连接在一起才能形成独立的拱结构单元。可用于单层建筑的屋盖,多用于大型建筑、工业建筑。

(10) 壳体结构单元

壳体是曲面形构件,壳壁和壳边缘构件一起形成一个独立的壳体结构单元。壳体结构主要用作屋面结构,多用于各类中小型、建筑造型优美的建筑物,以及中大跨度的公共建筑物。

以上系统地介绍了10种基本结构单元的结构类型、构件组成、跨度以及支撑等内容,而整体结构一般是多个基本结构单元集合组成的。因此,熟练掌握基本结构单元的知识,则

整体建筑结构的形式和体系就很好理解了。

1.3.3 建筑结构的结构体系

1.3.2 节中所述各基本结构单元是从某一个典型的建筑空间出发，并与各种单体结构（如梁-板结构、桁架结构等）相关的受力单元。建筑结构的结构体系则是从建筑物的整体入手，形成与建筑相协调的整体空间结构受力骨架。

整体建筑结构的结构体系由水平分体系、竖向分体系和基础分体系三部分构成。

1.3.3.1 水平分体系

水平分体系主要指楼（屋）盖结构，楼盖又称楼板层，是多、高层建筑物的上下分隔板。楼（屋）盖结构的主要类型有：楼面板体系；楼面板和楼面梁组成的板-梁结构体系。楼盖结构又分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、无梁楼盖等。

屋盖是建筑物顶层盖板。其主要类型有：屋面板、屋面梁构成的板-梁结构体系；屋面板、檩条梁、桁架构成的桁架结构体系；屋面板、网架构成的网架结构体系；由拱板、壳体构成的拱结构体系或壳体结构体系；由索或薄膜构成的索结构体系或膜结构体系。

楼（屋）盖结构主要承受楼（屋）盖构件及其构造层的自重恒载、楼（屋）面的活荷载。

1.3.3.2 竖向分体系

竖向分体系既是竖向承重结构体系，又是竖向抗侧力结构体系，一般由墙、柱等构件构成。作为竖向承重结构体系，其主要作用是承受竖向荷载产生的内力效应，竖向抗侧力结构体系的主要作用是承受水平风荷载和水平地震作用产生的内力效应。一般水平分体系的受力传递到竖向分体系，再到基础和地基。

常见的竖向分体系简介如下：

(1) 砌体承重墙结构体系

如图 1-4(a) 所示，砌体承重墙结构体系是指建筑物的楼（屋）盖一般采用混凝土结构构件，墙体由砌体构成的体系。墙体既是竖向结构分体系，也是竖向抗侧力结构分体系，该体系适用于多层住宅建筑。

(2) 排架结构体系

排架结构体系一般由屋面梁（或屋架）、柱和基础组成，该体系中，屋面梁（或屋架）与柱顶铰接，柱与基础顶面为刚性连接（图 1-5），排架结构体系主要用于单层工业厂房。

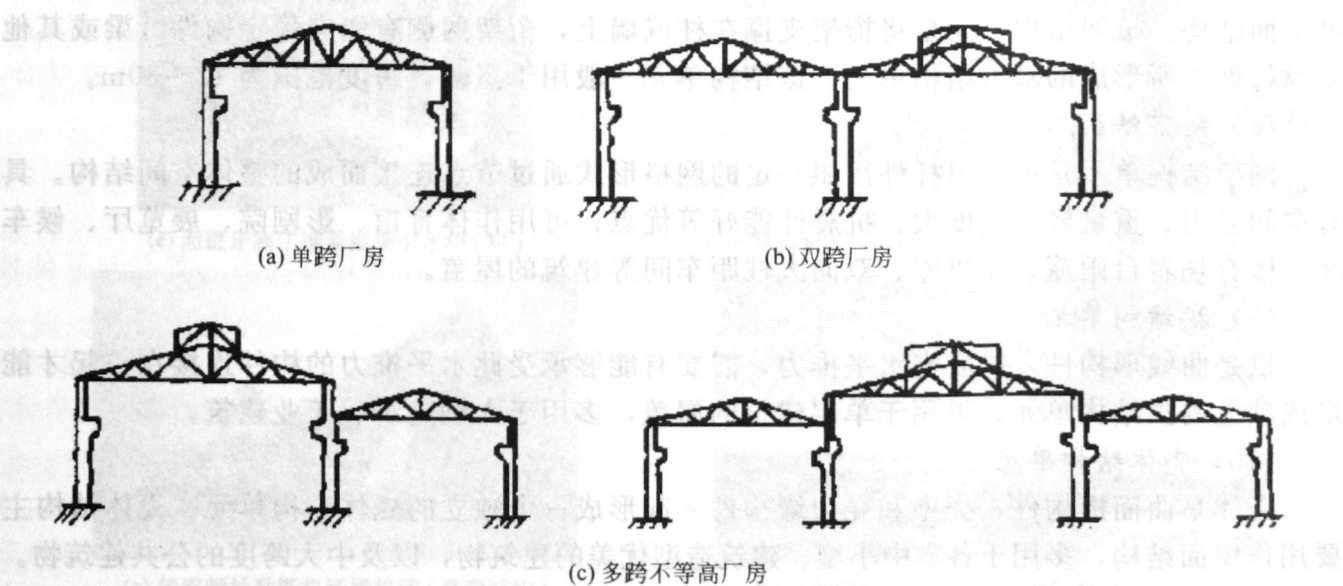


图 1-5 排架结构

(3) 框架结构体系

框架结构体系是由梁、柱等构件刚性连接组成 [图 1-4(b)]。在一般多、高层建筑中, 框架结构体系既是竖向结构分体系, 又是竖向抗侧力结构分体系。但建筑物高度超过一定限值时, 框架结构只能作为竖向结构分体系。该结构体系主要用于多层工业厂房、仓库, 需要较大空间的商业、宾馆、办公建筑, 以及建筑组合较复杂的多层住宅建筑。

(4) 剪力墙结构体系

剪力墙结构体系的墙体由钢筋混凝土构成 (图 1-6), 它既是竖向承重结构分体系, 又是竖向抗侧力结构分体系。与框架结构相比, 该体系具有更强的侧向和竖向刚度, 抵抗侧向水平力的能力强。剪力墙结构体系的缺点是平面布置、竖向布置都受到一定的局限, 该体系主要用于住宅、宾馆等高层建筑。

(5) 框架-剪力墙结构体系

框架-剪力墙结构体系是在框架结构中适当布置一定数量的剪力墙, 以框架-剪力墙共同承受竖向、水平荷载作用 (图 1-7)。由于在结构中有框架, 因此空间布置较为灵活, 方便形成建筑功能要求的大空间; 同时有剪力墙, 使结构具有较强的抗侧刚度。该体系广泛用于高层建筑。



图 1-6 剪力墙结构示意图

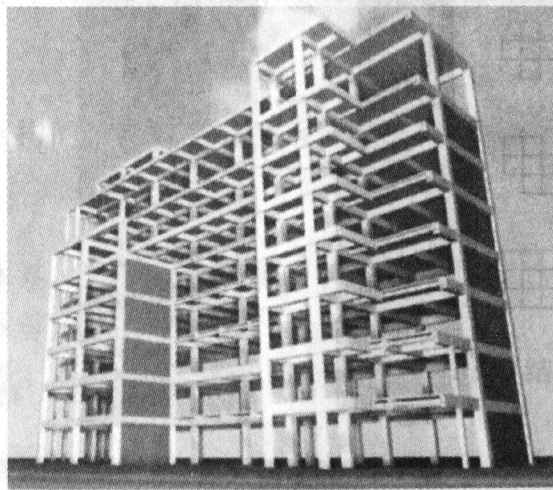


图 1-7 框架-剪力墙结构示意图

(6) 筒体结构体系

筒体结构体系按照筒体的布置以及组成方式不同, 分为框-筒结构体系、筒中筒结构体系和束筒结构体系, 如图 1-8 所示。其中, 框-筒结构体系是指筒体位于结构核心部位, 周边由间距很密的柱和截面较高的梁组成的密柱深梁框架而形成的结构。筒中筒结构体系是指内外筒体组成的结构, 通常内筒为剪力墙薄壁筒, 外筒为密柱 (常指间距不大于 3m 的柱) 组成的框筒。

束筒结构体系是指由多个筒体组合在一起而形成的结构, 具有竖向和水平刚度都很大的优点。如美国芝加哥的希尔斯大厦, 它随着建筑物高度的增加, 束筒数量不断变化, 1~50 层为 9 个筒体组成的平面, 51~66 层在一对角上切两个角, 形成由 7 个筒体组成的平面, 67~90 层在另一对角上又切两个角, 形成由 5 个筒体组成的对称平面, 91 层以上, 再切三个单筒 (图 1-9), 形成了既受力合理, 同时建筑平立面又变化丰富的形体。

(7) 巨型框架结构体系

巨型框架结构体系是指由楼、电梯层组成大尺寸箱型截面巨型柱, 有时也可以是大截面实体柱, 每隔若干层设置一道一或两层楼高的巨型梁 (桁架) (图 1-10), 该结构体系适用于超高层建筑。深圳香格里拉大酒店是国内首座巨型框架结构体系建筑。

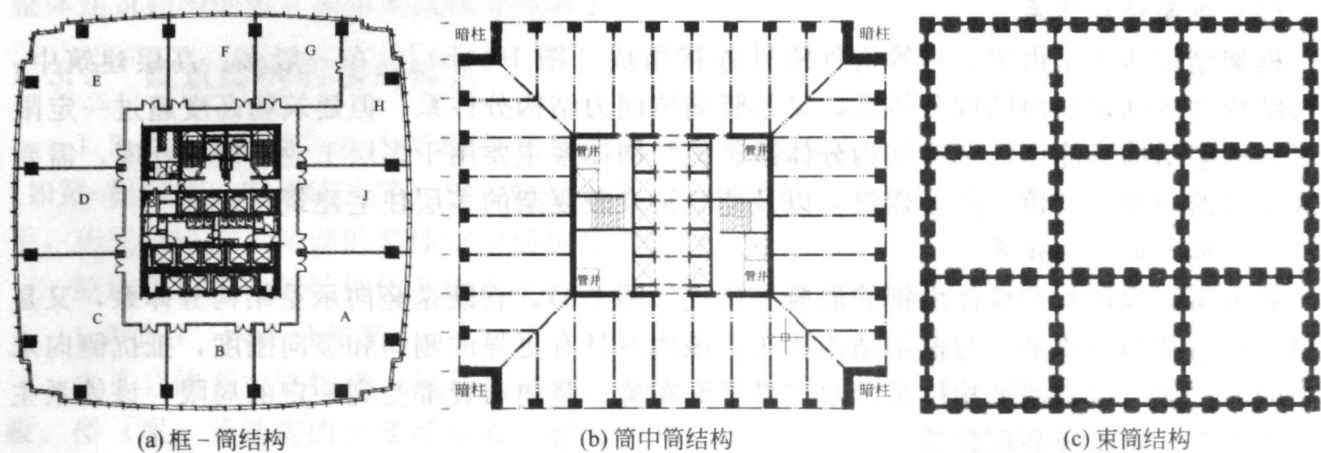


图 1-8 筒体结构

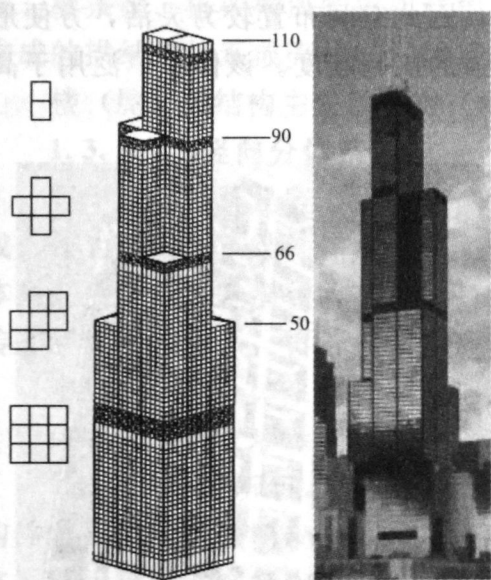


图 1-9 希尔斯大厦

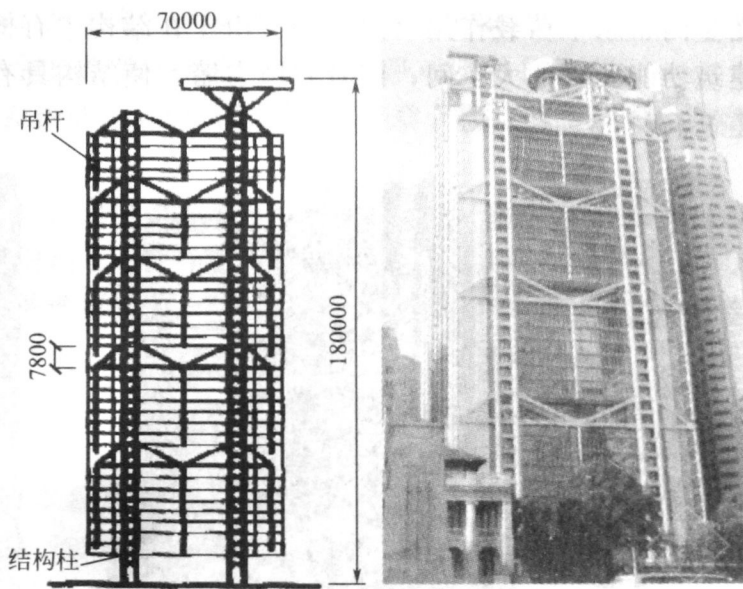


图 1-10 巨型框架结构

(8) 巨型支撑结构体系

巨型支撑结构体系是由空间支撑、支撑平面内的次框架以及结构内部的次框架组成的，竖向支撑在整体建筑物中起着抗侧向水平力作用，适用于超高层建筑，如美国芝加哥汉考克大厦、香港汇丰银行大楼。

除了上述竖向分体系外，其他还有悬挂结构体系，也属于竖向体系，在此不作介绍。

以上介绍了常见建筑物的水平和竖向分体系，需要注意的是，保证建筑结构的竖向分体系和水平分体系的相互联系、相互作用，形成空间结构的整体性是十分重要的。

对于水平分体系，有如下基本要求：

- (1) 水平分体系在竖直方向，主要承受楼面或屋面竖向荷载，通过水平分体系的受弯、受剪，将竖向荷载传递给竖向分体系。
- (2) 水平分体系在水平方向，应能承受侧向水平荷载，并把荷载传至竖向分体系，且能保持其截面的几何形状不变。
- (3) 水平分体系在水平方向，应能起到水平的刚性横隔板和支承竖向分体系中构件的作用，保持竖向构件间的整体性和稳定性。

对于竖向分体系，有如下基本要求：

- (1) 竖向分体系在竖直方向，应能承受由水平分体系传来的全部荷载，并把这些荷载传