



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校工程管理学科专业指导委员会规划推荐教材

JIAN ZHU JIE GOU

建筑结构 (第二版)

重庆大学 兰定筠 叶天义 黄 音 合编
同济大学 孙继德

清华大学 罗福午 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校工程管理学科专业指导委员会规划推荐教材

建 筑 结 构

(第二版)

重庆大学	兰定筠	叶天义	黄 音	合 编 主 审
同济大学	孙继德			
清华大学	罗福午			

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/兰定筠等合编. —2版. —北京: 中国建筑工程工业出版社, 2016. 7

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高校工程管理学科专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-19455-1

I. ①建… II. ①兰… 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 (2016) 第 110786 号

本书依据“住房和城乡建设部高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会”制定的“高等学校工程管理本科指导性专业规范”, 结合工程管理专业技术课程的改革目标, 按我国现行的新规范、新规程进行编写。其主要内容有: 第一篇建筑结构概论, 包括概述, 建筑结构设计基本原理, 竖向荷载和水平作用; 第二篇各类建筑结构, 包括混凝土结构设计原理, 多层和高层钢筋混凝土结构, 砌体结构, 钢结构, 应用实例: 现浇钢筋混凝土楼盖设计。

本书适用于高等学校工程管理专业和工程造价的技术平台教材, 也可作为高等学校建筑学专业、城市规划专业的教材或教学参考书。

为更好地支持相应课程的教学, 我们向采用本书作为教材的教师免费提供课件素材, 有需要者可与出版社联系, 邮箱: niusong2008@163.com。

责任编辑: 牛 松 王 跃

责任校对: 陈晶晶 党 蕾

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高校工程管理学科专业指导委员会规划推荐教材

建筑结构

(第二版)

重庆大学 兰定筠 叶天义 黄 音 合编
同济大学 孙继德
清华大学 罗福午 主审

*

中国建筑工程出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22¼ 字数: 551 千字

2016 年 5 月第二版 2016 年 5 月第七次印刷

定价: 42.00 元 (赠课件素材)

ISBN 978-7-112-19455-1

(28651)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版前言

《建筑结构》第二版在第一版的基础上,依据“高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会”编制并实施的“高等学校工程管理本科指导性专业规范”中工程技术类主干课程《建筑结构》教学大纲,结合国家最新规范与标准经过改进和完善,再次与读者见面。本书第二版主要在以下方面进行了修订:

第1章:依据《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010,重修定义了高层建筑的概念。对建筑结构体系进行了修订,并对结构概念设计的内涵进行了完善。

第2章:依据《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012,修正了荷载及其取值;完善了荷载组合、荷载效应的内涵;对荷载组合的内容进行了修订,并删除了基本组合的简化规则;将“建筑结构的刚度”纳入本书附录中。

第3章:对风荷载中风振系数的计算进行了修正;对地震作用中罕遇地震特征周期的取值进行了修正。

第4章:依据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010和2015年该规范的局部修订内容,对钢筋的取值、钢筋混凝土构件的内容进行修正,特别是受压构件的计算。为了更好地学以致用,结合我国建筑结构施工图的表达方式,增加了混凝土结构施工图的平面整体表示方法(简称“平法”)的内容,并纳入本书附录中,同时删除平面楼盖中双向板的设计内容。补充了本章习题的解答内容。

第5章:依据《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010,完善了抗震概念设计的内容,比如:规定的水平力、偶然偏心、结构的平面与立面的规则性等。对钢筋混凝土框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构的内容进行了修正。

第6章:依据《砌体结构设计规范》GB 50003—2011,对本章的内容进行了修正,完善了砌体结构的抗震构造内容。

第7章:对钢结构内容的瑕疵进行了改正。

第8章、第9章:地基、基础的内容。此次改版经修改充实后独立成书,作为《地基基础》课程教材。

第10章:依据新规范重新进行了编写,成为第二版第8章。

本书第二版由重庆大学兰定筠、叶天义、黄音,同济大学孙继德主编,清华大学罗福午教授主审。书中第1章、第2章由重庆大学兰定筠修订;第3章由重庆大学叶天义修订;第4章由同济大学孙继德修订;第5章由重庆大学叶天义修订;第6章由重庆大学黄音修订;第7章由重庆大学黄音修订;第8章由西南科技大学杨莉琼修订。

本书虽几经修改,但由于水平有限,缺点错误在所难免,敬请读者予以指正。

第一版前言

随着我国经济的快速发展及城市化进程的不断加快,社会对工程管理专业人才的需求日益强烈,对工程管理专业人才的培养也提出了更高要求,同时,目前我国工程管理专业教学中技术、经济、管理、法律四个平台课程的整合度不够,特别是技术平台课程,传统技术平台课程往往采用土木工程专业相关教材,导致工程管理专业学生较难掌握技术课程内容。为此,住房和城乡建设部高等学校工程管理专业指导委员会认为有必要对技术课程的教学内容进行改革,改革目标是用简单、形象、生动的语言表达复杂的技术问题,进行技术课程的“白话”革命,并且在内容上考虑与经济、管理、法律等相关内容的渗透。

《建筑结构》正是按照上述改革目标,依据“高等学校工程管理专业指导委员会”制定的“工程管理专业”技术类课程中的建筑结构教学大纲进行编写,目的是为工程管理专业提供一部主干技术基础课程教材,使学生掌握建筑结构基本原理、各类建筑结构基本知识、基本技能,具有从事各类建筑结构技术管理的能力。

本教材在编写时,体现了如下特点:

1. 结构整体思维。本书第一章、第二章从建筑结构整体的角度,阐述建筑结构概念设计,总结构体系与水平分体系、竖向分体系、基础分体系的相互关系,从而改变传统的只重视基本构件轻视结构整体分析的教学模式,引导学生形成建筑结构整体思维。

2. 系统性。按结构整体思维,本书系统阐述了荷载、地震作用在建筑结构中的作用及其传递过程,明确水平分体系、竖向分体系、基础分体系之间的力学关系;较系统阐述了钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构的受力特点及基本设计原理,并对结构的基础分体系即地基与基础设计进行介绍,并指出基础设计应结合建筑的上部结构、地基三者相互作用进行考虑,强调从结构整体的角度,解决地基与基础问题。

3. 重原理轻公式。本书在阐述建筑结构设计基本原理、各类建筑结构设计内容时,重视基本原理、基本概念、结构整体分析,侧重于技术知识的有效性,弱化计算公式的推导过程及其参数的讲解,从而引导学生掌握技术课程的精华,学以致用,满足工程管理中技术管理的要求。

4. 简单与形象、生动性。本书采用大量的图文,对建筑结构基本原理、基本概念、力学关系等知识运用简单语言进行阐述,增强学生的理解能力。

5. 实践性。本书最后一章,结合工程实践,进行现浇钢筋混凝土楼盖设计,引导学生掌握建筑结构设计的基本过程,结构施工图的形成过程。

本书的编写工作是在住房和城乡建设部人事司和高等学校工程管理专业指导委员会的领导和组织下进行的,指委会主任任宏教授对本书的编写思路、编写大纲及编写过程给予了悉心指导,在编写过程中得到了主编单位重庆大学和同济大学的大力支持,并经过了清华大学罗福午教授的审阅。

本书第一章、第二章由重庆大学黄音、兰定筠编写,第三章由重庆大学唐建立、蒋时

节编写，第四章由同济大学孙继德编写，第四章第六节由重庆大学黄音编写，第五章由重庆大学黄音、兰定筠编写，第六章由重庆大学黄音编写，第七章由西华大学杨利容编写，第八章由重庆大学黄音、兰定筠编写，第九章、第十章由重庆大学兰定筠、西南科技大学杨莉琼编写。全书由黄音、兰定筠负责制定编写大纲并统稿。

重庆大学研究生谢应坤、谢伟、李凯、王龙等为本书的出版作了许多有益的工作，在此一并表示谢意。

本书虽几经修改，但由于水平有限，缺点错误在所难免，敬请读者予以指正。

目 录

第一篇 建筑结构概论

第 1 章 概述	3
1.1 建筑结构的基本概念	3
1.2 建筑结构基本结构构件、结构单元和结构体系	7
1.3 建筑结构概念设计	18
1.4 建筑结构和工程管理的关系	20
思考题	25
第 2 章 建筑结构设计基本原理	27
2.1 建筑结构的失效和结构的两类极限状态	27
2.2 极限状态设计法	33
2.3 实用设计表达式	35
思考题	38
第 3 章 竖向荷载和水平作用	39
3.1 竖向荷载与荷载传递路线	39
3.2 恒载和竖向活荷载	40
3.3 水平作用及其传递路线	43
3.4 风荷载	50
3.5 地震作用	52
思考题	59

第二篇 各类建筑结构

第 4 章 混凝土结构设计原理	63
4.1 概述	63
4.2 钢筋混凝土受弯构件	74
4.3 钢筋混凝土受压构件	101
4.4 钢筋混凝土其他构件	112
4.5 钢筋混凝土正常使用状态验算	115
4.6 钢筋混凝土平面楼盖	121
4.7 预应力混凝土结构基础	134

思考题	136
习题	137
第5章 多层和高层钢筋混凝土结构	139
5.1 概述	139
5.2 高层建筑结构设计要求与计算假定	149
5.3 框架结构	156
5.4 剪力墙结构	178
5.5 框架—剪力墙结构	189
思考题	194
习题	196
第6章 砌体结构	197
6.1 概述	197
6.2 砌体结构的静力计算方案	208
6.3 砌体受压构件承载力计算	217
6.4 墙、柱的高厚比验算及构造措施	226
6.5 过梁、挑梁、圈梁、构造柱和墙梁	231
6.6 防止或减轻墙体开裂的主要措施	237
6.7 砌体结构抗震设计	240
思考题	249
习题	250
第7章 钢结构	253
7.1 概述	253
7.2 钢结构的连接	258
7.3 轴心受力构件	275
7.4 受弯构件	285
7.5 钢构件间的连接	291
思考题	294
习题	295
第8章 应用实例：现浇钢筋混凝土楼盖设计	299
习题解答	312
附录	321
附录一 钢筋混凝土主要性能参数表	321
附录二 建筑结构的刚度	331
附录三 平法施工图制图规则	337
参考文献	345

第一篇

建筑结构概论

1.1 建筑结构的基本概念

1.1.1 建筑结构的任务

建筑物通常由楼板、屋顶、墙体或柱、基础、楼（电）梯、门窗等几部分组成。其中，板、梁、墙体、柱、基础为建筑物的基本结构构件，它们组成了建筑物的基本结构（图 1-1、图 1-2）^①。

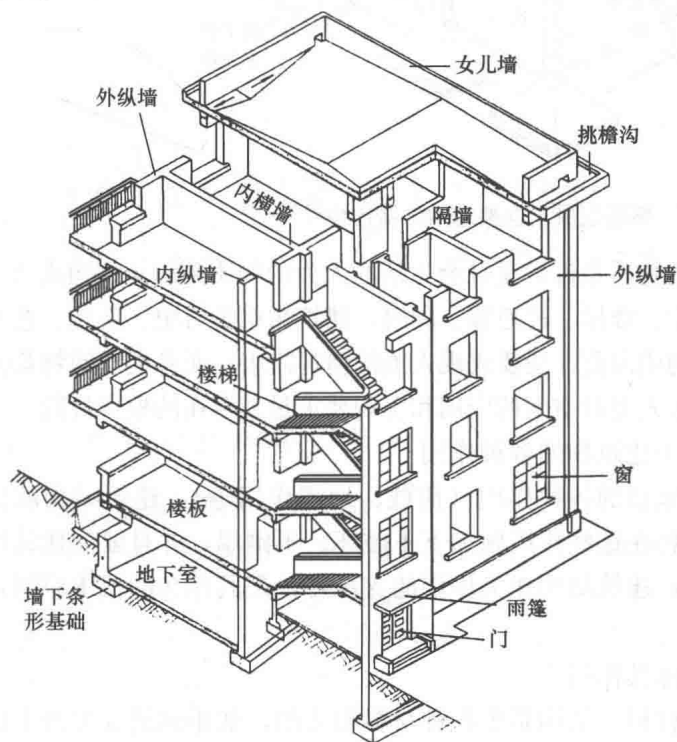


图 1-1 砌体结构的结构构件

1. 建筑结构的任务

在建筑物中建筑结构的任务主要有如下三个方面^②：

(1) 服务于人类对空间的应用和美观需求

① 李必瑜等主编. 建筑构造. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

② 罗福午主编. 建筑结构. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005.

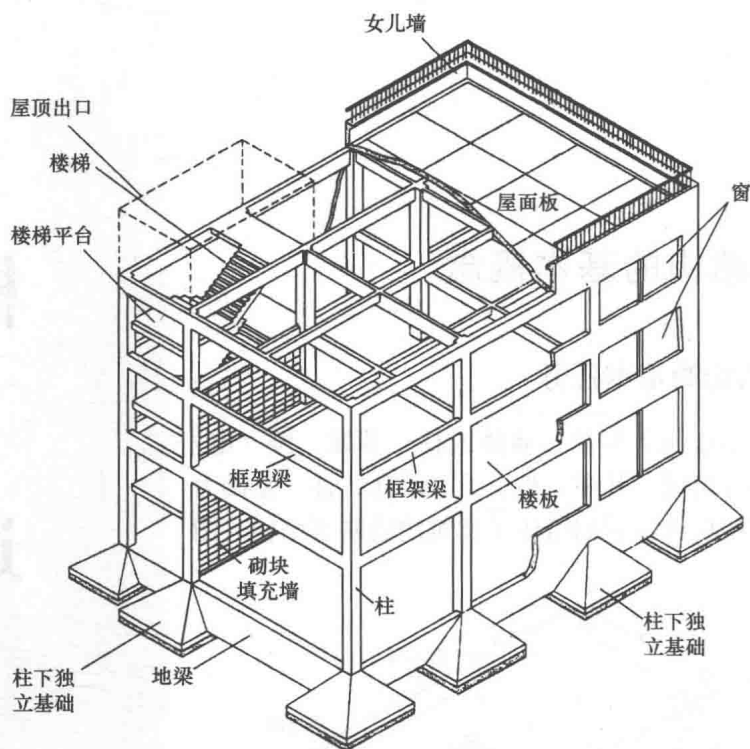


图 1-2 钢筋混凝土框架结构的结构构件

建筑物是人类社会生活必要的物质条件，是社会生活的人为的物质环境，结构成为一个空间的组织者，如各类房间、门厅、楼梯、过道等。同时，建筑物也是历史、文化、艺术的产物，建筑物不仅要反映人类的物质需要，还要表现人类的精神需求，而各类建筑物都要用结构来实现。可见，建筑结构服务人类对空间的应用和美观要求是其存在的根本目的。

(2) 抵御自然界或人为施加于建筑物的各种作用

建筑物要承受自然界或人为施加的各种作用（荷载、地震作用等），建筑结构就是这些作用的支承者，它要确保建筑物在这些作用施加下不破坏、不倒塌，并且要使建筑物持久地保持良好的使用状态。可见，建筑结构作为作用的支承者，是其存在的根本原因，也是其最核心的任务。

(3) 利用建筑材料并充分发挥其作用

建筑结构的物质基础是建筑材料，结构是由各种材料组成的，如用钢筋和混凝土做成的结构称为钢筋混凝土结构，用砖（或砌块）和砂浆做成的结构称为砌体结构，用钢材做成的结构称为钢结构。建筑结构作为各类作用的支承者的能力实质上是材料的强度、刚度性能的反映。一般地，建筑物的工程建设费用大部分用在建筑结构的材料上。可见，建筑结构作为建筑材料的利用者，是其存在的根本条件。

2. 建筑结构上的作用及其分类

何谓施加于建筑结构上的作用？建筑结构所支承的作用来自两类现象：一类是由自然现象产生，如地球的地心引力即重力，因气象变化产生的风力和冰、雪的自重，因材料性能产生的热胀冷缩和干缩，因地质原因产生的地基沉降、地震时的地面运动等；另一类是

由人为现象产生，如机器运行产生的周期振动，爆炸产生的冲击振动，人为施加的预应力等。

上述两类现象，从对结构产生的影响和效应（如结构的内力、应力、位移、应变、裂缝）分析，各自有两种可能：一种是直接施加在结构上使它产生内力和变形的直接作用（也称为荷载），如结构自身的重力荷载，施加在楼（屋）面上的人群及设备的使用荷载；另一种是因某种原因（非直接施加）使结构产生内力和变形的间接作用，如材料的温度变化引起的变形受到约束产生的温差作用，地基不均匀沉降引起的沉降作用，地震使建筑物产生加速度反应导致的地震作用。可见，直接作用（也称为荷载）与间接作用是两种不同性质的作用，其分类见图 1-3 所示。在图中，除结构自身的重力荷载、土压力、预应力等外，其他荷载是随时间及其所处位置变化的，如使用荷载（如楼面活荷载、屋面活荷载）、屋面积灰荷载、施工荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载，因此，这些荷载也称为可变荷载，而将结构自身的重力荷载、土压力、预应力称为永久荷载（习惯称为恒载）。

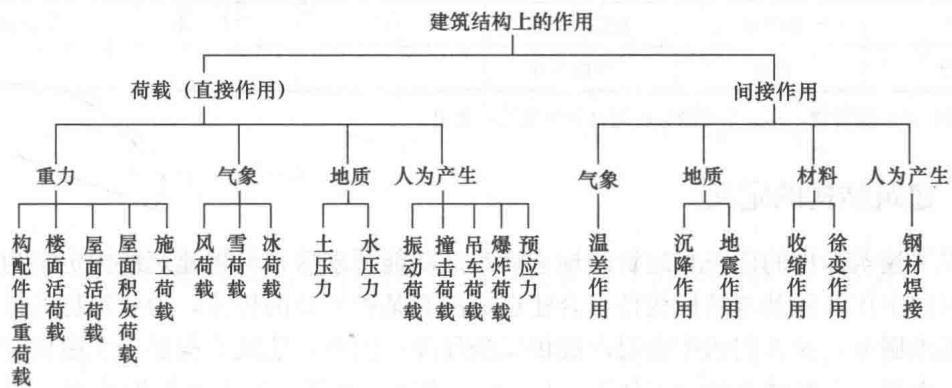


图 1-3 建筑结构上的作用及其分类

1.1.2 建筑结构的性能要求

1. 建筑结构设计使用年限

建筑结构设计使用年限，是指设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期。不同的结构或结构构件，其设计使用年限是不同的。我国《建筑结构设计统一标准》规定：临时性结构（如施工现场临时职工宿舍），其设计使用年限为 5 年；易于替换的结构构件，为 25 年；普通房屋和构筑物，为 50 年；纪念性建筑和特别重要的建筑结构，为 100 年。

2. 建筑结构的性能要求

在规定的结构使用年限内，建筑结构的性能要求，即建筑结构作为支承者的预定功能：

（1）在正常施工和正常使用时，结构能承受可能出现的各种作用。所谓正常施工是指建筑物的工程施工质量满足建筑工程施工质量验收规范的规定；正常使用是指建筑物使用时对结构施加的作用和所处的环境符合建筑结构设计规范的要求。

（2）在正常使用时，结构具有良好的工作性能，即良好地满足使用要求，不会使人有不安感和不舒适感，如梁的挠度不会偏大，墙体不会因温差出现不允许的裂缝等。

(3) 在正常维护下, 结构具有足够的耐久性能, 即对长期的物理环境作用和化学环境作用有足够的抵御能力。

(4) 结构在设计规定的偶然事件(如符合抗震设防烈度有关条件下的地震)发生时及发生后, 结构仍能保持必需的整体稳定性, 即建筑物不会发生整体或局部倒塌, 对人的生命和财产安全有基本保障。

在上述四个预定的功能中, (1)、(4) 是安全性, (2) 是适用性, (3) 是耐久性。安全性、适用性、耐久性三者缺一不可, 同时, 安全性最为重要。

建筑结构的安全性首先表现在确定建筑结构的安全等级上。我国《建筑结构可靠度设计统一标准》规定, 建筑结构设计时, 应根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性, 采用不同的安全等级(表 1-1)。

建筑结构的安全等级

表 1-1

安全等级	破坏后果	建筑物类型	安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的房屋	三级	不严重	次要的房屋
二级	严重	一般的房屋			

注: 对特殊的建筑物, 其安全等级应根据具体情况另行确定。

1.1.3 建筑结构的定义

认识了建筑结构的任务和建筑结构应满足的功能要求后, 可将建筑结构定义为: 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。因此, 建筑结构是一个由构件组成的“整体”, 也是一个被建造的“实体”, 是一个与建筑、设备、外界环境形成对立统一的有特征的“机体”^①。可见, 建筑结构是形式一定的空间及造型, 并具有抵御自然界或人为施加于建筑物的各种作用, 使建筑物得以安全使用的有机的整体骨架。

1.1.4 建筑结构的分类

根据建筑结构采用的材料、受力特点, 可从组成的材料、结构体系及建筑物层数等几方面进行分类。

1. 按建筑结构所采用的材料分类

(1) 混凝土结构

混凝土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。素混凝土结构是由未配置钢筋的混凝土组合而成, 其抗拉性能很差, 所以主要用于受压为主的构件, 如基础垫层、刚性基础等。钢筋混凝土结构是将钢筋和混凝土有机合理地组合在一起共同工作的结构, 其整体受力性能好, 是目前最广泛应用的结构。预应力混凝土结构是针对钢筋混凝土结构抗裂性差的缺点, 在构件受拉区预先施加压应力而形成的结构, 它更适用于跨度较大的梁、板等结构。

(2) 砌体结构

① 罗福午主编. 建筑结构. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005.

砌体结构是由砖砌块、混凝土砌块或石块用砂浆砌筑组合在一起的结构，主要用于低层、多层建筑。

(3) 钢结构

钢结构是以钢材为主要承重骨架而制作的结构。

(4) 混合结构

混合结构是指由钢框架（框筒），或者型钢混凝土框架（框筒），或者钢管混凝土框架（框筒）等与钢筋混凝土筒体所组成的建筑结构。

2. 按建筑物的层数及高度分类

(1) 单层建筑结构

多用于单层厂房、影剧院、仓库等。

(2) 多层建筑结构

一般地，把层数在 2~9 层的建筑物称为多层建筑结构。

(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》规定 10 层及 10 层以上，或者房屋高度超过 28m 的住宅建筑和房屋高度大于 24m 的其他高层民用建筑称为高层建筑结构。一般地，把 40 层及以上或者房屋高度超过 100m 的建筑结构称为超高层建筑结构。

此外，还可按建筑结构的结构形式、受力特点进行划分，具体见下一节。

1.2 建筑结构基本结构构件、结构单元和结构体系

建筑结构是一个由基本结构构件集合而成的空间有机体。有了各种基本结构构件才能组成一个个有使用功能的空间，并使它作为一个整体结构将自然界或人为施加的作用传给基础与地基。结构设计的一个重要内容就是确定用哪些基本结构构件组成结构单元，并将它们联系起来形成符合某种受力特征的结构体系。

1.2.1 建筑结构的基本结构构件^{①②}

在图 1-1、图 1-2 中，其建筑结构的基本结构构件主要有：板、梁、柱、墙。

板，指覆盖一个具有较大平面尺寸，但却有较小厚度的平面形构件，通常在水平方向设置，承受垂直于板面方向的荷载，以受弯曲为主。

梁，指承受垂直于其纵轴方向荷载的直线形构件，其截面尺寸小于其长向跨度，以受弯曲，受剪切为主。

柱，指承受平行于其纵轴方向荷载的直线形构件，其截面尺寸小于其高度，以受压缩、受弯曲为主，也受剪切。

墙，指承受平行于及垂直于墙面方向荷载的竖向平面构件，其厚度小于墙面尺寸，以受压缩为主，有时也受弯曲、受剪切。

此外，建筑结构的基本结构构件还包括：杆、拱、壳、索、膜等。

① 罗福午主编. 建筑结构. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005.

② 王心田编著. 建筑结构体系与造型. 上海: 同济大学出版社, 2003.

杆,指截面尺寸小于其长度的直线形杆件,承受与其长度方向一致的轴力(拉力或压力)。一般地,杆用于组成桁架或网架或用于单独承受拉力的拉杆。

拱,指承受沿其纵轴平面内荷载的曲线形构件,其截面尺寸小于其弧长,以受压缩为主,也受弯曲和剪切。

壳,是一种曲面形且具有很好空间传力性能的构件,能以极小厚度覆盖大跨度空间,以受压缩为主。

索,是一种以柔性受拉钢索组成的构件,有直线形或曲线形。

膜,是一种薄膜材料(如玻璃纤维布、塑料薄膜)制成的构件,它只能受拉。

由杆、拱、壳、索、膜基本结构构件所形的建筑结构,如图 1-4 所示。

上述常见的结构构件可按不同角度进行分类:

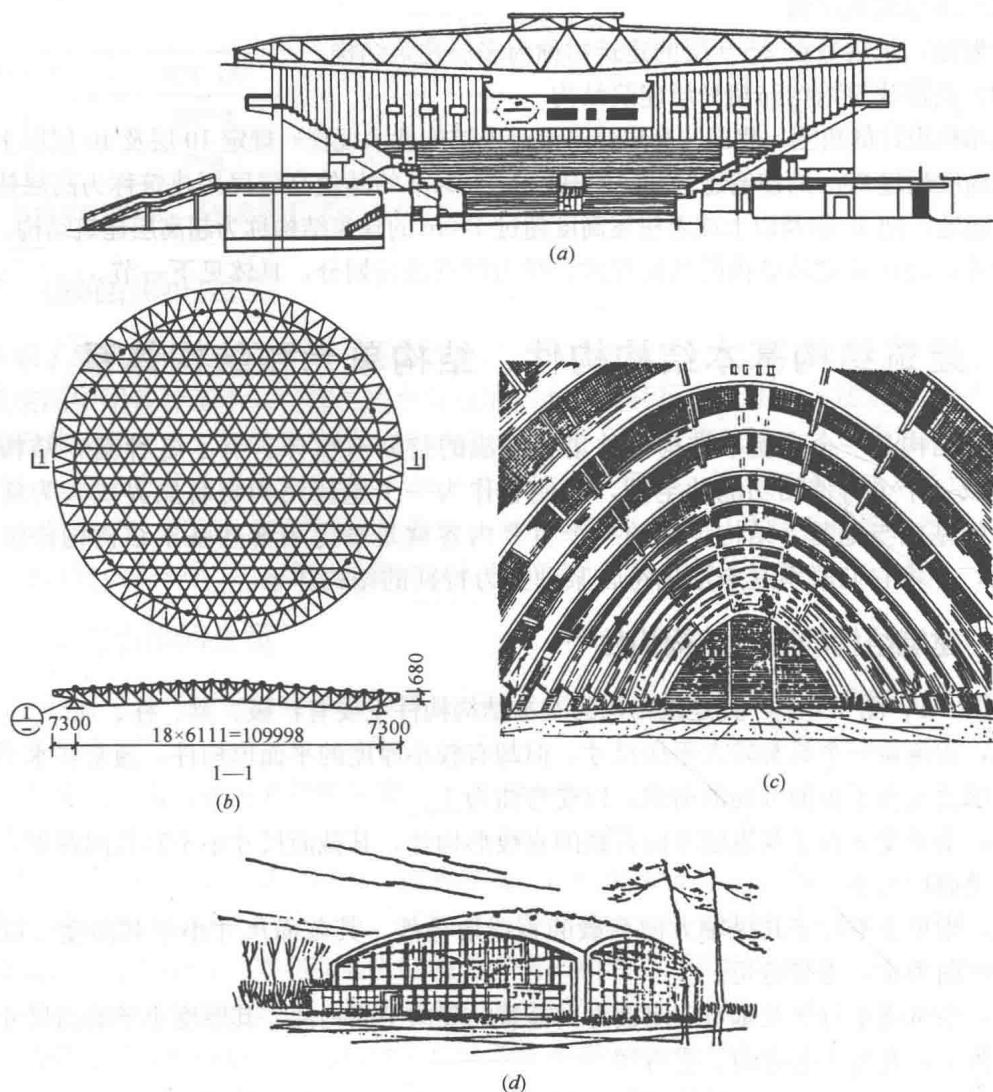


图 1-4 建筑结构 (一)

(a) 贝宁科托努市贝宁友谊体育馆 (桁架); (b) 上海体育馆 (三向平板网架); (c) 湖南湘澧盐矿散盐仓库室内图; (d) 北京网球馆屋盖 (双曲扁壳)

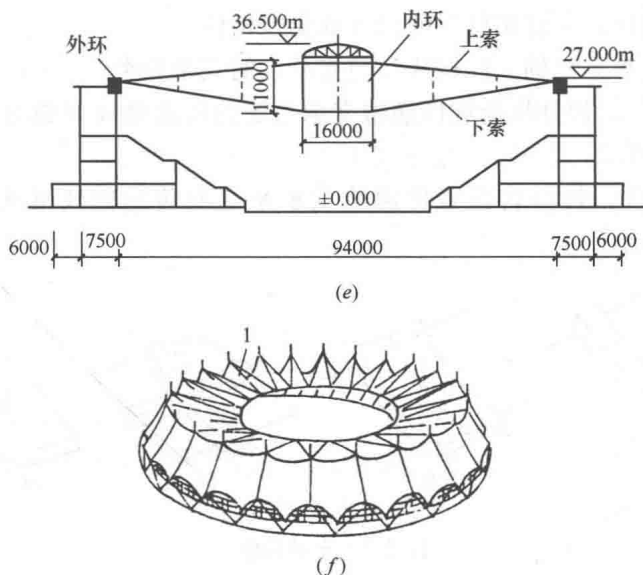


图 1-4 建筑结构 (二)

(e) 北京工人体育馆悬索; (f) 沙特阿拉伯法赫德国际体育场悬挂薄膜

(1) 按构件的受力状态分类

构件的基本受力状态包括拉伸 ($+N$)、压缩 ($-N$)、弯曲 (M)、剪切 (V)、扭转 (M_T) 五种。

- 1) 受弯、受剪构件 (弯矩 M 、剪力 V 常同时存在), 如梁、板等。
- 2) 受压构件 (含压弯构件), 如柱、墙、拱、壳壁、桁架和网架结构中的压杆。
- 3) 受拉构件 (含拉弯构件), 如索、膜、桁架和网架结构中的拉杆。
- 4) 受扭构件, 如曲梁、雨篷梁、框架结构的边框架梁。

(2) 按构件几何形状分类

这可分为线形构件和面形构件, 进一步可细分为:

- 1) 直线形构件, 指截面尺寸比构件长度小得多的直线构件, 如梁、柱、杆、索。
- 2) 曲线形构件, 指截面尺寸比构件弧长小得多的曲线构件, 如曲梁、拱、悬索。
- 3) 平面形构件, 指厚度比平面边长小得多的构件, 如板、墙。
- 4) 单曲面形构件, 指只有一个方向有曲率, 另一方面曲率为零的曲面构件, 如拱板、单曲面筒壳、单曲索面。
- 5) 双曲面形构件, 指两个方向都有曲率的曲面构件, 如球壳、扭壳、充气构件、双曲拉索。

(3) 按构件的刚性特征分类

- 1) 刚性构件, 指在荷载作用下没有显著形状改变的构件, 如梁、板、柱、墙。
- 2) 柔性构件, 指在一种荷载作用下构件只有一个形状, 一旦荷载性质改变 (如均布荷载变为集中荷载), 其形状突然变化的构件, 如悬索、薄膜。

构件的刚性或柔性 with 构件所用材料有关。木材、砌体、普通混凝土等材料一般都做成刚性构件; 钢材即可能做成刚性构件, 也可以做成柔性构件; 塑料薄膜只能做成柔性构件。在结构设计时, 根据构件的刚性或柔性特征, 一般刚性构件可设计成与拉、压、弯、