



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑结构

(第二版)

BUILDING STRUCTURE

湖南大学 邓广 何益斌 主编





住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高校建筑学专业“十三五”规划教材

建筑结构

(第二版)

BUILDING STRUCTURE

湖南大学 邓广 何益斌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/邓广主编, —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 12

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-20216-4

I. ①建… II. ①邓… 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 (2017) 第 004232 号

责任编辑: 仕 帅 陈 桦

责任校对: 王宇枢 关 健

高校建筑学专业指导委员会规划推荐教材

建筑结构

(第二版)

BUILDING STRUCTURE

湖南大学

邓 广 何益斌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 $\frac{3}{4}$ 字数: 647 千字

2017 年 8 月第二版 2017 年 8 月第二十四次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-20216-4

(29662)

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)

本书根据高校建筑学专业指导委员会制订的培养目标、培养方案和我国现行的规范、规程而编写。书中内容以混凝土基本原理和设计为主要内容，将砌体结构、钢结构及木结构等内容有机结合。书中还介绍了多高层结构布置及计算原则、建筑结构选型的基本原则和房屋抗震设计的基本知识等内容。

本书适应于高等院校建筑学专业的本科生，也可作为对建筑结构知识有概括性了解的专业教材或教学参考书。

This book is prepared according to the training objectives, training programs which developed by the Steering Committee of Architecture in University, and the current codes and regulations of China. The major content of this book is the basic principles and design of concrete, which also mixes masonry structure, steel structure and wood structure together. The book also introduces the layout and calculation principles of multi-storey and high-rise structures, the basic principles of building structure type selection and the basic knowledge of the building seismic design and so on.

This book is suitable for undergraduate students majoring in architecture, and also can be used as a general understanding of building structure knowledge of professional teaching material or teaching referencing books.



建工出版社微信

责任编辑：仕 帅 陈 桦

封面摄影：褚冬竹

封面设计：



京点设计
010-88128071

第二版前言

本书出版十多年来，国内外在工程结构理论和设计方法方面都取得了新进展及新成果，尤其是设计规范、规程的修订和新型结构应用对理论研究的推动所取得的成果，基于此我们对该书进行了全面的修订。修订版保持了原书论述较为系统、浅显易懂的特点。尤其针对非结构工程专业类人员对结构分析较困难的特点，修订后侧重原理的论述和分析流程理解。此外，还增加了木结构及混凝土受扭构件承载力计算、框架结构抗震设计等内容，并修订了原书的一些错误，使全书内容及质量有进一步的完善和提高。

本书除第5章由刘桂秋编著，第10章由邓广编著外，其余均由何益斌编著，全书由邓广负责统稿，何益斌审定。

本书作为高等学校建筑学专业指导委员会规划推荐教材，出版十多年来得到了读者的厚爱，此次修订吸收了读者的建议，希望继续得到读者的批评和指正。

本书附多媒体教学课件，有需要的读者可以发送邮件至 lalalawh@sina.cn 索取。

编者

2017.4

第一版前言

我国土木工程领域近年来有了很大的发展，很多大城市都兴建了大量的建筑，随着经济的快速发展和工程经验的不断增加，各类建筑结构规范、规程也在不断更新和完善，本书就是为适应这一变化而编著的。

本书在编写上依据建筑结构的内在联系，以混凝土结构基本原理和设计为主要内容，将砌体结构和钢结构有机结合，形成建筑结构课程体系。此体系充分体现了建筑结构知识的系统性，保证了非土木工程专业对建筑结构知识的基本要求。

在编写中，作者贯彻在教学中以学生为中心、以教师为主导的思想。针对非土木工程专业学生力学和数学知识较弱的特点，注重实用性和工程性，将基本知识、工程概念和基本技能的培养作为重点，力求基本内容讲解透彻、突出重点、开创新意，同时贯彻少而精的原则，使本课程内容和体系能满足非土木工程专业对建筑结构知识的要求。

本书第一、四、十章由何益斌编写，第二章由吴方伯编写，第五、十一章由刘桂秋编写，第三、七、十二章由樊海涛编写，第六、八章由郦世平编写，第九章由邓广编写，第四章有关楼盖例题的内容由夏栋舟完成。全书由何益斌教授负责制定编写大纲并进行统稿。

由于编写时间仓促及编者水平所限，书中定有不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 篇 建筑结构概论

第 1 章 概论	2
1.1 建筑结构与建筑的关系	2
1.2 建筑结构的分类	6
1.3 通用符号和计量单位	13
1.4 本课程的任务	15
第 2 章 建筑结构设计基本原理	17
2.1 结构上的作用	17
2.2 极限状态设计法	22
思考题与习题	27
第 3 章 结构材料力学性能及结构分析方法	29
3.1 结构材料基本要求	29
3.2 结构分析方法	30

第 2 篇 各种建筑结构

第 4 章 混凝土结构	34
4.1 钢筋和混凝土材料及其力学性能	34
4.2 受弯构件正截面承载力计算	50
4.3 受弯构件斜截面承载力计算	71
4.4 受弯构件裂缝与变形验算	84
4.5 轴心受力构件承载力计算	94
4.6 偏心受压构件正截面承载力计算	103
4.7 偏心受拉构件正截面承载力计算	112
4.8 偏心受力构件斜截面承载力计算	114
4.9 受扭构件承载力计算	115
4.10 预应力混凝土结构基本知识	121
4.11 混凝土楼盖结构	132

思考题与习题	152
第 5 章 砌体结构	156
5.1 砌体结构类型	156
5.2 砌体材料及力学性能	157
5.3 墙、柱受压承载力计算	164
5.4 房屋墙、柱静力计算方案	170
5.5 构造要求	174
5.6 墙梁、挑梁、过梁	178
5.7 砌体结构房屋抗震设计简述	179
思考题与习题	185
第 6 章 钢结构	186
6.1 钢结构特点及发展	186
6.2 钢结构材料及力学性能	187
6.3 受拉构件	189
6.4 轴心受压构件	192
6.5 受弯构件	194
6.6 压弯构件	198
6.7 钢结构连接	199
6.8 钢构件连接	207
思考题与习题	209
第 7 章 木结构	210
7.1 木结构特点及发展	210
7.2 木结构材料及力学性能	211
7.3 轴心受力构件	214
7.4 受弯构件	217
7.5 拉弯或压弯构件	219
7.6 木结构连接	220
7.7 木结构防火和防护	224
思考题与习题	225
第 8 章 钢筋混凝土单层厂房	226
8.1 结构类型及结构布置	226
8.2 单层厂房内力计算	236
8.3 厂房主要构件设计	241
思考题与习题	243
第 9 章 多层与高层钢筋混凝土结构	244
9.1 结构体系与结构布置	244

9.2	框架结构	250
9.3	剪力墙结构	257
9.4	框架-剪力墙结构	266
9.5	筒体结构	268
9.6	框架-核心筒结构	272
9.7	巨型结构	276
9.8	带转换层结构	280
9.9	板柱-剪力墙结构	282
9.10	混合结构	283
9.11	国内外高层建筑典型实例	286
	思考题与习题	295
第 10 章	地基与基础	296
10.1	地基土分类及承载力	296
10.2	基础类型及选择	298
10.3	基础设计	301
	思考题与习题	308
第 11 章	大跨度建筑结构	309
11.1	单层刚架	309
11.2	桁架结构	312
11.3	拱结构	321
11.4	薄壳结构	325
11.5	折板结构	335
11.6	网架结构	338
11.7	悬索结构	362
11.8	薄膜结构	371
11.9	组合空间结构	377
	思考题与习题	386

第 3 篇 建筑抗震设计基本知识

第 12 章	抗震设计基本概念	388
12.1	地震基本概念	388
12.2	抗震设计基本要求	392
12.3	设计地震反应谱	399
12.4	水平地震作用计算	402
12.5	结构抗震验算	404
12.6	提高抗震性能措施	407
	思考题与习题	410

第 13 章 多高层钢筋混凝土框架结构抗震设计简述	411
13.1 地震破坏特点	411
13.2 设计一般规定	415
13.3 抗震验算	419
13.4 抗震设计	421
思考题与习题	428
附表	429
参考文献	449

第 1 篇 建筑结构概论

Part 1

Introduction to Building Structure

第 1 章 概 论

1.1 建筑结构与建筑的关系

人类为了生存和生活,必须具备一定的场所来抵御自然灾害,并保存劳动成果、休养生息、抚养子女,以及利用它来进行劳动生产和从事经济文化教育等多方面的活动。这些活动中所包含的要求不仅有物质方面的,还有精神方面的。建筑是根据人们物质生活和精神生活的需求,为满足人们在生产和从事经济文化教育的需要而建造的有组织、有目的的内部及外部空间环境。在历史的不同阶段、不同的人群阶层,对物质生活和精神生活的需求是不同的,导致了不同形式的建筑的出现,建筑具有物质产品和精神产品的双重特点,这也是建筑的主要特征。所谓建筑是建筑物和构筑物的总称,是人们为了满足社会生活需求,利用所拥有的物质技术手段,并运用一定的科学规律和美学法则建造的人工环境,是工程技术和建筑艺术的综合创作。而建筑学作为研究设计和建造建筑物或构筑物的学科,主要内容涉及建筑功能、工程技术、建筑经济、建筑艺术及环境规划等许多方面的问题,其中工程技术涉及的最主要内容即为结构技术。结构技术主要指在既定结构基础上采用的分析、设计方法及所涉及的建筑材料、施工技术。可以说结构技术是建筑得以发展和飞跃的重要因素。所谓建筑结构广义地讲是指房屋建筑和土木工程的建筑物、构筑物及其相应组成部分的实体,具体是指各种工程实体的承重骨架。

建筑的三个最基本要素包括强度、适用和美观。适用是指该建筑的实用功能,即建筑可提供的空间要满足建筑的使用要求,这是建筑最基本的特性;美观是建筑物能使那些接触它的人产生一种美学感受,这种效果可能由一种或多种原因产生,其中也包括了建筑形成的象征意义,形状、花纹和色彩的美学特征;强度是建筑的最基本特征,它关系到建筑物保存的完整性和作为一个物体在自然界的生存能力,满足此“强度”所需要的建筑物部分是结构,结构是建筑物的基础,没有结构就没有建筑物,也不存在适用,更不可能有美观。

结构的主要功能是保证建筑的安全及正常使用,也即满足承载力极限状态要求和正常使用极限状态要求。一般情况下,对承重结构部分必须进行合理分析与设计方可满足二类极限状态要求,对非承重结构部分,一般通过适当的构造要求,即可满足上二类极限状态要求,在以后论述中重点是讨论承重结构。

结构体系的形式不可避免地与其要支撑的建筑物形式和功能密切相关,在满足建筑三个最基本要素前提下,尽量达到经济最省的目标。从一个极端来说,建筑师在建筑物形式的创意过程中可能完全忽略结构因素,并且在建筑物的建造过程中完全隐藏结构构件。如众所周知的纽约港入口处的自由女神像就是这样一个

实例(图1-1),它含有一套包含楼梯和电梯的内部交通系统,被看作一座建筑物,从外观上讲,它已是完全隐藏了结构内涵。2008年奥运会场馆的水立方游泳馆也是这种创意的典型实例(图1-2)。从另一个极端来说,建筑师也可能完全依赖于结构构件,设计建造一个几乎完全由结构组成的建筑,如德国慕尼黑的奥运会体育馆(图1-3)和英国千年穹顶(图1-4)就是这样实例,2008年奥运会主场馆国家体育馆(图1-5)也是一个典型依赖于结构的建筑。

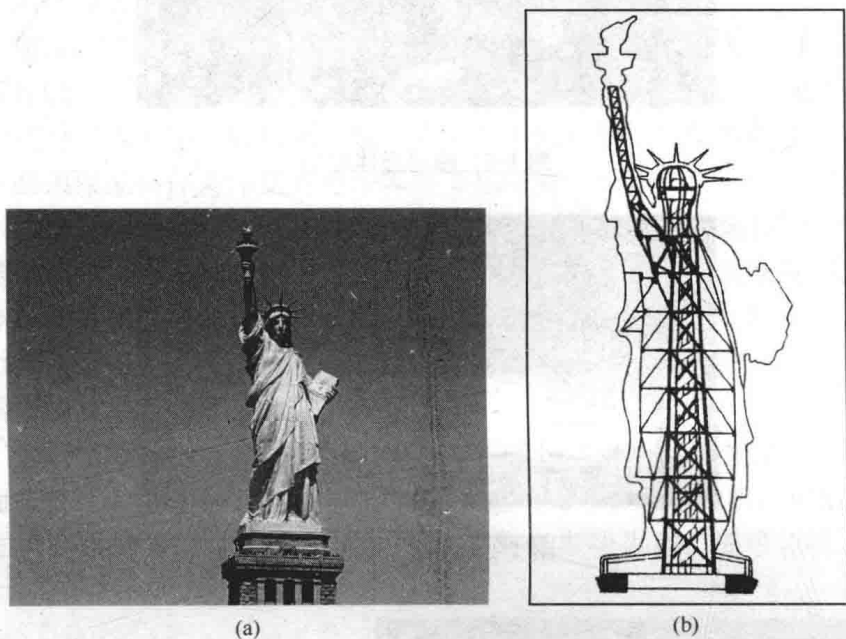


图1-1 自由女神像
(a) 外观; (b) 内部骨架

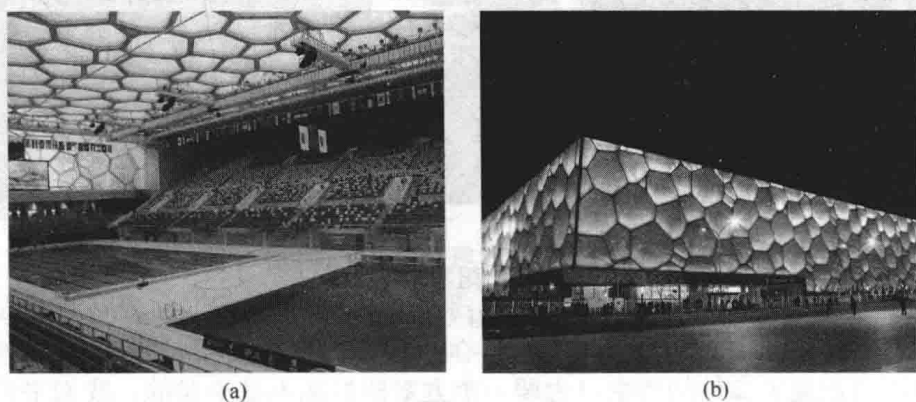


图1-2 水立方游泳馆
(a) 内部; (b) 外观

因此,结构与建筑之间的关系处理能够采用多种形式,结构是建筑物的基本受力骨架,一个优秀的建筑物是各专业人员相互渗透、密切配合的结果。在满足建筑物功能要求下的结构形式及方案的对比分析是很必要的,有时方案的形成还

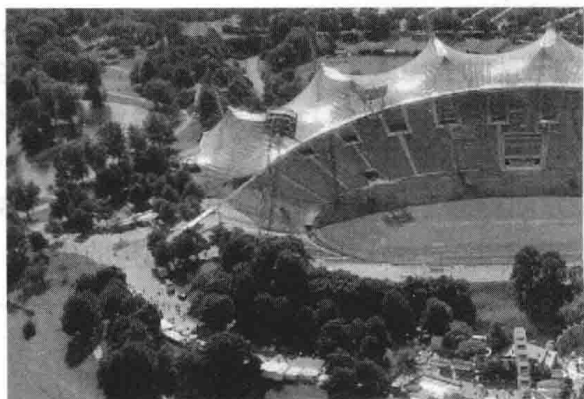


图 1-3 慕尼黑体育馆

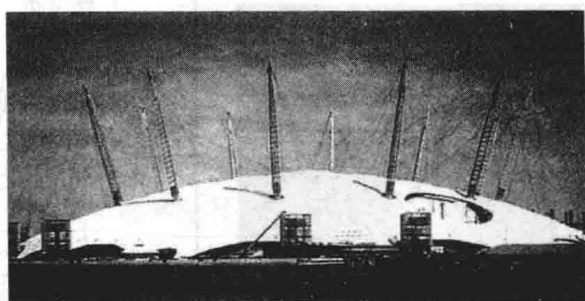


图 1-4 英国千年穹顶



(a)



(b)

图 1-5 国家体育馆

(a) 鸟巢外貌; (b) 鸟巢内部

受当时或当地施工条件的约束,也即一个方案的好坏不是绝对的,我们平常说方案只有更好,而没有最好就含有这方面含义。

一栋好的建筑除了好的建筑元素外,还必定有优质的结构基因包括在内,一个好的建筑师必定是一个结构行家。一般情况下,建筑师在方案阶段应注意在结构上的三大原则概念。

1) 功能优先原则

(1) 满足建筑功能:房屋建筑功能是明确的,当然有些功能不是单一要求

的,如超市建筑要求空间布置灵活多变、视觉开阔,体育馆要求空间高大,为满足这些功能要求,建筑在高度、跨度及空间方面都应区别对待;在结构上应有相应体系与之协调。

(2) 满足造型要求:建筑在立面和平面布局中,为了空间效果,不可避免地有些不规则,如立面的凹凸、悬挑、转角、咬合,为避免这些不规则导致的应力集中或受力复杂,结构上应限制不规则尺寸的程度(大小)、设置变形缝或者加强部位处理等办法解决。

(3) 建筑、结构及施工三协调:建筑造型由结构骨架来体现,而结构骨架的建造离不开施工,因此结构的布局不仅与建筑要协调,还要充分考虑施工条件。结构的构成与施工方法密切相关,施工方法的不同可能导致构件的受力不同,结构分析中必须保证构件实际受力与计算模型相一致。

(4) 选择正确结构体系:不同的结构体系对应其不同的抗侧移刚度(如框架结构、框-剪结构、筒体结构),因此,在不同设防烈度区,建筑高度的大小决定了结构体系的类型。当然,对主、附楼已分开处理的结构选型,可根据主、附楼各自受力特点采用各自不同的结构体系,但须设置必要的变形缝,以避免沉降及地震时房屋的互相碰撞。

(5) 进行超限审查,满足功能要求:为了满足建筑造型新颖的要求,建筑立面、平面布置等不可避免地超过规定的限制,这时必须详细地分析,包括受力及变形等多方面,通过分析计算,如通过专家委员会专项审查,则可以实现新颖的造型。

2) 受力合理原则

(1) 构件传力明确:结构中传力途径可分为两个主要体系,一是水平传力体系,二是竖向传力体系。在力传递过程中,必须明确力的传递路径,为此可以采用调整构件刚度的方法实现,通过主梁、次梁、次次梁等来实现。主梁、次梁和次次梁是一个相对概念,是相对传力途径而言的。

(2) 结构空间受力:从结构力学可知,赘余力越多,结构成为可变机构的可能性就越小。在地震作用下,结构双向抗力显得更为必要。因此,在结构整体布局中,尽量构建空间受力体系。对一些特殊建筑,还可采用设置斜撑方法以加强空间刚度。

(3) 优化构件布置:结构的行为表现在受力合理、变形满足要求及结构自振周期适当等参数上。为使结构受力合理,可将构件设计成连续构件(梁、板),并尽量对称、规则、刚度中心与质量中心重合,尽量减少扭转;各种材料的构件有其优势的受力状态,必须加以充分利用。如使混凝土构件尽量处于受压,甚至轴心受压,砌体结构尽量少受弯、受拉,钢结构处于受压或受拉状态。为使变形满足要求同时自振周期合适,还要控制好结构刚度,须重视“适度”或“优化”的概念。

(4) 多道设防体系:随着建筑高度增加,水平作用已由次要地位占据主导地位。在地震作用下,为实现“大震不倒”的原则,不仅结构抗侧力要足够,而且还应采用多道设防,如在框架-剪力墙结构中,剪力墙是第一道设防体系,等到

此体系失效后, 还有框架结构可以抵抗水平力, 可作为第二道设防体系。

(5) 减轻结构自重: 结构自重的增加主要体现在填充墙用材及建筑装饰用材方面, 自重增加不仅使基础负荷加大, 增加造价, 同时更明显的是增大了地震作用, 相应地增加了工程造价。减轻自重的途径可以是选择轻质的复合材料, 或者是利用其他高效能结构类型, 如用网架作大跨结构、壳体作屋顶等。

(6) 设置合理构造: 由于结构布置的复杂及地质条件的不均匀性, 使结构在施工及使用过程中出现一些难以处理的问题, 如不均匀沉降、受力复杂部位开裂、混凝土徐变性能、收缩性能等导致的裂缝, 这些我们可以通过合理构造来解决。如设置变形缝(沉降缝、伸缩缝和抗震缝)解决不均匀沉降、收缩及房屋相互碰撞导致的裂缝和破坏。设置可滑动键解决构件两端在施工过程中因徐变等性能而引起的相对竖向位移差。这些位移差产生的附加内力可达荷载产生内力的6~8倍, 完全可能引起构件尚未使用就开裂甚至破坏。此时采用滑动键解决问题就是有效方法之一。

3) 实际出发原则

(1) 施工条件: 我国量大、面广的建设所需的人力和技术主要还是以当地条件为主进行。在进行建筑设计时, 必须考虑当地的施工技术水平, 建筑师不能太“任性”, 一味强调新颖的结果必然是高造价, 甚至由于施工技术达不到要求, 导致工程存在不安全因素, 留下安全隐患。

(2) 材料选用: 我国传统的三大主材——钢筋、混凝土及砌体已成为大家所熟悉掌握的材料, 但预应力混凝土大跨结构、高性能混凝土材料等并未在全国各地普遍使用。因此, 对某些特高效能材料使用必须在深入调查基础上方可考虑, 尽量不要别出心裁地为体现发展趋势在局部小范围内采用某些新技术。

(3) 降低造价: 同样的建筑, 用不同的结构体系和不同的材料, 导致的工程造价是不一样的, 一般情况下, 砌体结构造价最低, 钢结构造价最高, 钢筋混凝土结构介于中间。应在保证适用、安全的前提下, 尽量降低造价, 不要盲目地追求建筑的高端、大气、上档次。

(4) 初始投资与全寿命费用: 我国目前注重控制建房时一次性投入, 即初始投资, 但据分析对比, 房屋在后期的维修保养中也将花费不菲的费用。因此, 在前期需综合考虑建筑寿命与结构用材及造价相匹配的问题。

1.2 建筑结构的分类

根据建筑结构采用的材料及受力特点, 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, 现分述如下:

1) 按材料分类

根据建筑结构所采用的材料, 建筑结构可分为:

(1) 木结构

木结构是指以木材为主要受力骨架而建造的结构, 广泛用于住宅、办公楼等中低层建筑之中, 也可用于大跨度建筑中, 如厂房、体育馆及商场等。在古代还