

全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书

基本概念体系

建筑结构基础

(第二版)

Logic System of
Building Structure

郑
琪
编
著

中国建筑工业出版社

全国高等美术院校

术设计专业教学丛书

Logic System of Building Structure

基本概念体系

建筑结构基础

(第二版)

郑 琪 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基本概念体系 建筑结构基础 / 郑琪编著. —2 版.
北京: 中国建筑工业出版社, 2016.9
(全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书)
ISBN 978-7-112-19670-8

I. ①基… II. ①郑… 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 194949 号

责任编辑: 李东禧 唐 旭

责任校对: 王宇枢 张 颖

全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书

基本概念体系

建筑结构基础

(第二版)

郑 琪 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 19¹/₄ 字数: 517千字

2016年12月第二版 2016年12月第二次印刷

定价: 48.00元

ISBN 978-7-112-19670-8

(29046)

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)

《全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书》

编 委 会

顾问 (以姓氏笔画为序)

马国馨 张宝玮 张绮曼 袁运甫 萧 默 潘公凯

主编

吕品晶 张惠珍

编委 (以姓氏笔画为序)

马克辛 王国梁 王海松 王 澍 苏 丹 李东禧
李江南 吴 昊 李炳训 陈顺安 何晓佑 吴晓敏
杨茂川 郑曙旸 郝大鹏 赵 健 郭去尘 唐 旭
黄 耘 黄 源 黄 薇 傅 祎

ORDER 1

序 1

背负强烈的社会责任感和对中国建筑学未来的憧憬，北京市建筑设计研究院和中央美术学院于 2002 年的深秋合作创办了建筑学院，在美术类院校中设立建筑学专业还是首次尝试。在大学里开办建筑学院是一件并不容易的事情，更何况我们面对的是艺术学校的传统文化背景和知识爆炸的全球开放的现实，可想而知建筑学院自从成立之初到现在所走过的每一步都是非常艰难的。

值得庆幸的是，参与合作办学的双方领导和所有教师们都有一个坚定的信念，始终将建筑文化的繁荣与发展作为己任，致力于向社会输送多元化的建筑人才。面对经济全球化和中国改革开放的格局，如何培养具有国际视野和原创能力的建筑师，这是中国建筑教育必须回答的问题。随着教学工作的不断推进，很多需要落实的工作逐渐得以完成，这其中一项重要的内容就是出版适应艺术类院校建筑学专业的基础教材。我们之所以没有沿用现行建筑教育的传统教材，其中主要原因就是希望通过我们的努力，突破过去各专业之间的独立与封闭，从培养建筑师执业所需的知识结构的角度出发，对之重新进行梳理，从而形成专业领域的新的教科书。当然，目前仍在初创阶段，还有许多问题存在，并不能代表这方面探索的终结。

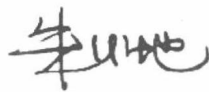
《基本概念体系 建筑结构基础》是《全国高等美术院校建筑与环境艺术设计专业教学丛书》中的一本，由北京市建筑设计研究院年轻的教授级高级结构工程师郑琪先生主编。他在建院工作的十多年时间内完成了大量的结构设计工作，在与市场的接触和与建筑师的交流过程中，重新审视建筑结构教育对建筑师执业的必要知识。这部教材由外及内、从简单到复杂地介绍结构知识，努力用建筑师的眼光去看

待建筑结构问题，将相关的内容从形式上联系起来，改变过去一味地将结构专业知识生硬地移植到建筑学的教学内容中的做法，强调整体分析思路，希望建筑师们在设计中不要只见树木不见森林；强调建筑师要将结构视为建筑的整体组成部分来看待，要将建筑形式与结构视为一个整体来看待。

这部教材，虽是一个专业的内容，但也是与建筑学教育紧密连接，而且是从事建筑设计的人员必须掌握的，必将会受到广大建筑学专业师生的认可与欢迎。

北京市建筑设计研究院 院长

总建筑师

A handwritten signature in black ink, appearing to read '朱宇迪' (Zhu Yudi).

2005 年 10 月

ORDER 2

序 2

当前我国对建筑设计指导方针仍然是综合考虑适用、经济、美观的原则。要满足这三方面的要求，需要建筑师和工程师相互理解，共同解决。

人类文化进展和科学技术进步，都会影响建筑设计思潮和建筑风格。结构工程师要面向新建筑形式的不断挑战，要与建筑师同心协力创造既满足安全、经济要求又能表现建筑风格的新形势。结构设计要考虑抗御各种灾害作用，是非常复杂的问题，工程师对这些问题进行大量研究，发现一些规律，提出一些措施，更重要的是建筑师要掌握结构设计和一些重要概念，特别是一些有关结构安全的要求，要善于把这一概念贯穿在设计构思阶段。

本书的作者在设计实践的过程中，通过研究和总结，逐步提炼出一些重要的概念，发现了一些结构形式之间的潜在规律。力求用通俗的而不是专业的语言对它们加以介绍。

这本书简明地解释建筑结构设计有关概念，包括结构体系、结构材料、力的作用和概念设计。其中某些章节可能专业性强一些。但是通过工程实践，相互沟通，加深理解，对提高总体设计水平，对满足我国建筑设计指导方针的要求，将会起到很大的作用。

结构设计大师

胡庆昌

2005年8月25日

第二版

前言

这是一本有情节的结构教材，所说的情节就是贯穿全书的认识逻辑的线索。这个认识过程是递进的，第一部分介绍的是结构工程学的分析思路，第二部分则具体到每一种结构材料和由其搭建的结构体系，第三部分更加深入地介绍结构形式的演变过程。这是一个越来越深入的过程，始终强调了形式之下的内在联系，因此这个过程也是一个透过表面逐步深入的过程。第四部分介绍了结构设计的现代方法，使我们对结构设计的认识思路一下拓宽了，在对于建筑形式认识的基础上增加了理论认识内容。

这本书并无高深的理论，只是将我们平日里读书时经常忽略掉的一些东西，积攒起来，重新梳理，并从中获得新的认识和新的启迪。通过这本书的写作，我深刻感受到：学习重要，思考重要，实践重要，在实践中学习与思考，提高认识更加重要。学习的过程不仅仅要认真读书，还要重视设计、研究等实践环节，而且要特别重视相互交流，交流的过程也是学习提高的过程。

写作的过程很辛苦，感谢我的家人！她们承担了很多家里的活儿，并默许我从中逃脱，专心于书稿的内容之中。从她们那儿，我增添了很多信心和勇气。

还有很多朋友纷纷帮忙，虽未一一细数，但却时时谨记在心。在写作的过程中，还回想起很多工作中的趣事，有时候竟一下乐出声来。

书终于写好了，算作一段时间以来学习、实践与思考的总结吧，希望能对大家的工作和学习有所帮助。

郑琪
2016年春节

CONTENTS

目 录

序 1

序 2

第二版 前言

第 1 章 结构概论 /1

1.1 建筑属于自然环境的一部分 /1

1.2 关于建筑结构的两个问题：空间造型问题和建筑安全问题 /1

1.3 建筑师与工程师差异认识 /9

1.4 结构概念搭建的认识体系 /9

结构设计的逻辑思想 /11

第 2 章 场地选择 /12

2.1 地质构造 /12

2.2 场地选择 /32

2.3 场地土层 /36

2.4 场地勘察 /45

第 3 章 地基设计 /48

3.1 地基破坏形态 /48

3.2 地基受力分析 /49

3.3	地基变形设计	/49
3.4	抵抗倾覆设计	/54
3.5	基础埋深设计	/56
3.6	土坡稳定设计	/57

第 4 章	力的作用	/59
-------	------	-----

4.1	直接作用	/59
4.2	间接作用	/68
4.3	两个系数	/71
4.4	荷载组合	/72

第 5 章	从变形到内力	/73
-------	--------	-----

5.1	构件变形和内力	/73
5.2	搭建结构体系	/76
5.3	结构体系变形特点	/82
5.4	结构体系变形性质	/87

第 6 章	结构破坏标准	/90
-------	--------	-----

6.1	结构极限状态	/90
6.2	承载能力极限状态	/91
6.3	正常使用极限状态	/92
6.4	结构破坏典型实例	/94

结构材料和结构体系	/97
第 7 章 木材与木结构	/98
7.1 木材	/98
7.2 木结构	/104
第 8 章 砖石材砌块与砌体结构	/113
8.1 砖	/113
8.2 石材	/114
8.3 砌块	/116
8.4 连接材料	/116
8.5 砌体结构	/117
第 9 章 钢筋混凝土材料与结构	/125
9.1 混凝土	/125
9.2 钢筋	/133
9.3 钢筋混凝土	/136
9.4 钢筋混凝土结构	/138
第 10 章 钢材与钢结构	/143
10.1 钢材	/143
10.2 钢结构	/150

结构形式的发展变化	/156
第 11 章 竖向结构演变	/157
11.1 竖向结构基本体系	/157
11.2 竖向结构发展	/163
11.3 结构形式适用高度	/175
11.4 竖向结构进步历程	/177
第 12 章 水平结构演变	/181
12.1 单向结构	/181
12.2 双向结构	/188
12.3 空间结构	/193
12.4 水平结构的发展进步	/216
第 13 章 基础形式变化	/222
13.1 基础的概念	/222
13.2 浅基础形式	/224
13.3 深基础形式	/228
结构设计方法的发展	/234
第 14 章 结构设计方法	/235
14.1 结构规范	/235
14.2 结构计算	/240
14.3 构造措施	/242

第 15 章 结构抗震概念设计	/244
15.1 抗震设计原则	/245
15.2 选择合理体系	/247
15.3 关注关键部位	/251
第 16 章 建筑结构隔震和消能减震	/256
16.1 建筑隔震	/256
16.2 建筑消能减震	/260
第 17 章 防止连续倒塌	/262
17.1 防止连续倒塌基本设计方法	/263
17.2 建筑结构整体坚固性标准	/264
附录 1 常用材料和构件的重度	/267
附录 2 民用建筑楼面均布活荷载	/277
附录 3 工业建筑楼面均布活荷载	/279
附录 4 屋面积灰荷载	/282
附录 5 木材强度等级、强度设计值和弹性模量及其 调整系数	/283
附录 6 木材、板材材质标准	/285
参考文献	/290

第 1 章 结构概论

关于建筑结构与建筑的关系,可以形象地与人作类比——如果将一幢建筑视为一个人,建筑结构则是其骨骼。骨骼对于一个人而言,既撑起了外表造型,又形成了内部空间,保护各种器官。建筑结构对于建筑来说,其作用是相同的。这也正是二者的联系。

概论部分重点介绍几个概念。首先介绍建筑与自然环境的关系,然后讲述建筑结构的作用,使读者能够对建筑 and 建筑结构二者之间的关系有整体认识。第三部分讲述结构工程师的职业历程,其目的在于告诉读者,关于建筑结构,从结构专家和建筑师的不同视角看,会有很大不同。第四部分概述在学习建筑结构的过程中,概念为什么如此重要。

1.1 建筑属于自然环境的一部分

人类的工作生活每时每刻都在与自然环境打交道,我们就生活在自然环境之中。从古至今,人类在不断探索改变生活环境的过程中,伴随着对环境认识的深入和对自然规律认识的深入,这种探索改变的能力也在不断提升。其中一个表现即是建筑的体量和形式变得愈发庞

大和复杂。然而,当我们静下心来,将建筑放到自然之中去看待它时,可以清楚地发现,建筑只是自然中的一部分。它植根于环境中,受到各种环境作用。可以将一幢高大的建筑看作一棵参天的大树,它们同样植根于土壤中,承受风霜雨雪等自然作用,其区别在于建筑在内部为人类活动提供的空间远远好于树洞空间。通过对比发现,建筑不仅受到自然作用,而且受到人类活动的影响。依照这个思路,渐渐发现研究建筑结构并无玄机可言,跟随自然规律可以很好地理解其中奥妙。

人类运用智慧在努力减少环境对人类活动影响的同时,不可避免地破坏着自然的原生态。建筑作为自然环境的一部分,在从自然界汲取能源、影响环境的同时,设计者有责任努力做到绿色节能设计,实现人类与自然环境之间的和谐平衡。

1.2 关于建筑结构的两个问题:空间造型问题和建筑安全问题

建筑结构在整体建筑中担当的角色,决定了在研究建筑结构过程中始终应关注

的两个问题：一个是空间造型问题，另一个是建筑安全问题。

首先讨论空间造型问题。建筑结构形成了建筑的外部造型和内部空间，因而使建筑具有了独特的形式和功能，悉尼歌剧院是典型的代表。悉尼歌剧院（Sydney Opera House）是丹麦建筑师约恩·伍重的作品，位于澳大利亚新南威尔士州首府悉尼的贝尼朗岬角。这座建筑在现代建筑史上被认为是巨型雕塑式的典型作品，是澳大利亚的象征，被列入《世界文化遗产名录》。整个建筑占地 1.84hm^2 ，长 183m ，宽 118m ，高 67m 。建筑的外部造型由三组巨大的壳片组成，耸立在钢筋混凝土基座上。这个基座长 186m ，最宽处达到 97m 。三组巨大的壳片

像三个三角形翘首于海边，屋顶造型犹如贝壳，有“翘首遐观的恬静修女”的美称。如图 1-1、图 1-2 所示。

与此同时，歌剧院的内部空间也为世界上众多一流的艺术家和数以万计的观众带来了美妙的享受。建筑内部分为三个部分：歌剧厅、音乐厅和贝尼朗餐厅。歌剧厅拥有 1547 个座位，主要用于演出歌剧、芭蕾舞。音乐厅则可以容纳 2679 位观众，通常用于举办交响乐、室内乐、歌剧、舞蹈、合唱、流行音乐和爵士乐等多种表演。贝尼朗餐厅每天晚上可以接纳 6000 人以上用餐。其他活动空间设在底层基座上，其中包括：话剧厅、电影厅、大型陈列厅、接待厅，以及 5 个排练厅、65 个化妆室、图书馆、展览馆、

图 1-1 悉尼歌剧院外部造型一
(图片来源：<http://www.nipic.com>)

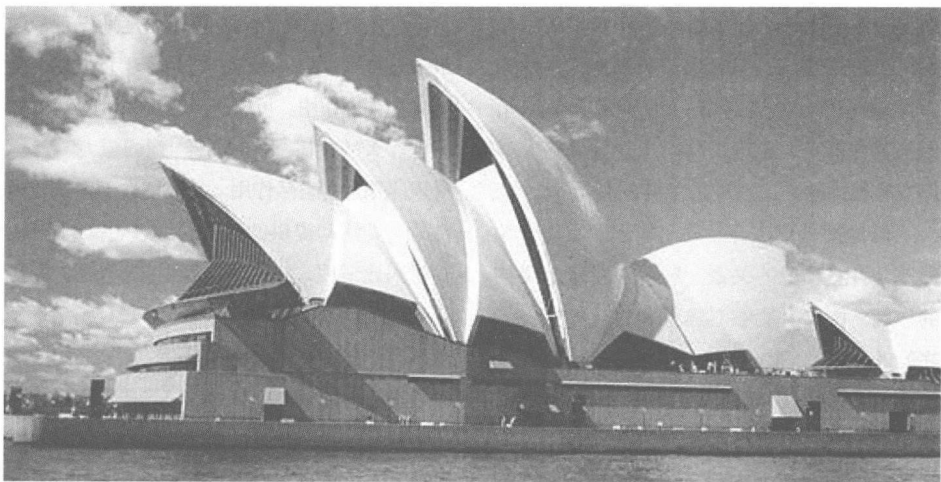
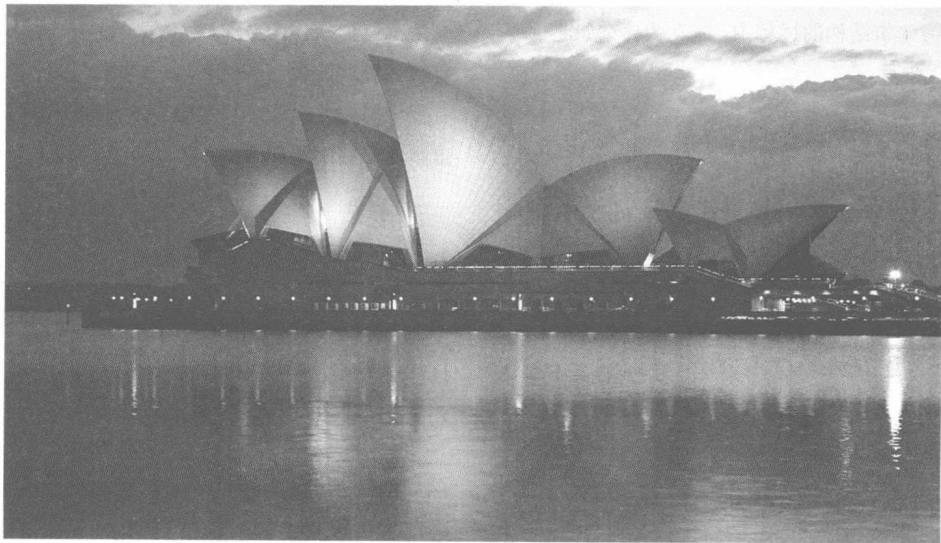


图 1-2 悉尼歌剧院外部造型二
(图片来源：<http://www.3dlyyou.com>)



演员餐厅、咖啡厅、酒吧间等 900 多个厅室。悉尼歌剧院的内部空间为无数观众和参观者留下了深刻的印象。这个美妙的空间正是由巨大的结构体系创造出来的，结构造就了外部造型与内部空间的统一。如图 1-3 ~ 图 1-5 所示。

拥有独特造型和丰富内部空间的悉尼歌剧院，其结构设计异常复杂。从 1957 年到 1963 年，结构工程师反复尝试了 12 种不同的关于壳体的设计方法，在 1961 年中期，工程师们通过统一的球体的方法解决了壳片的设计工作，这项结构设计也是最早采用



图 1-3 悉尼歌剧院室内空间一

(图片来源: <http://zhidao.baidu.com>)

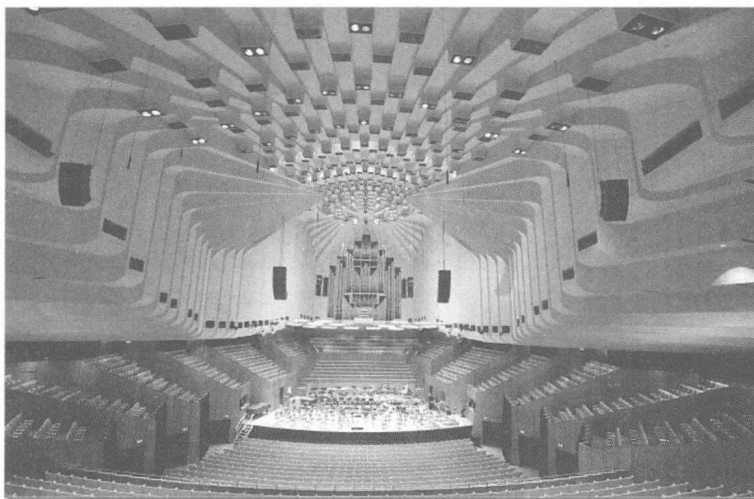


图 1-4 悉尼歌剧院室内空间二

(图片来源: <http://m.ctrip.com>)

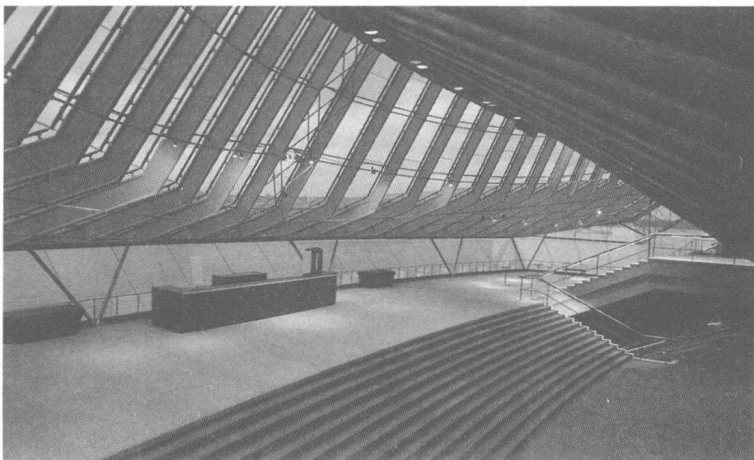


图 1-5 悉尼歌剧院室内空间三

(图片来源: <http://www.huitu.com1>)

计算机进行结构分析的工程之一。最终,这个美丽的造型得以展现在世人面前,珍贵的历史照片记录了当时的施工场景。如图1-6、图1-7所示。

建筑安全问题是另一个研究重点,建筑要求其结构应具备足够的强度和刚度,为人类活动提供安全保证。

这里插入一个小话题,即建筑物与构筑物的区别。构筑物是不具备、不包含或不提

供人类活动功能的人工建造物,如纪念碑、水塔等(图1-8)。建筑物与构筑物的区别在于是否是人类活动提供空间,这也是建筑结构价值的重要体现。

建筑物作为自然环境的一部分,当然会受到自然环境的影响和作用。其中首先是重力的作用,结构必须具有足够的能力承受重力作用。接下来,建筑结构还要能承受外部环境作用,例如风、雪和外部环

图 1-6 悉尼歌剧院壳体拼接施工场景
(图片来源: <http://news.to8to.com>)

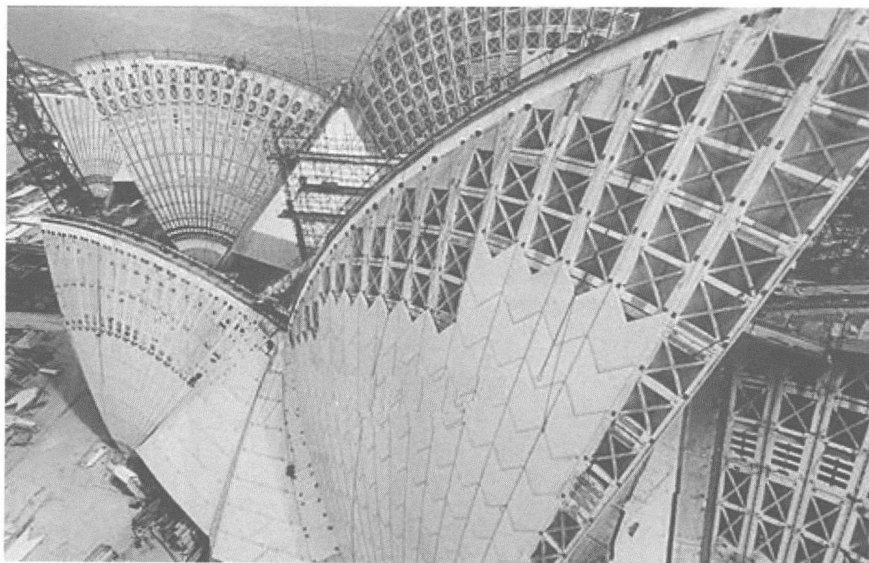


图 1-7 悉尼歌剧院当年施工现场场景
(图片来源: <http://news.to8to.com>)

