



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑结构与选型

Building Structure and Form Selection

侯宇新 于纪森 林淋 编著



清华大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑结构与选型

Building Structure and Form Selection

侯宇新 于纪森 林淋 编著

测绘出版社

·北京·

©侯宇新,于纪森,林淋 2011

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书主要内容包括建筑结构和建筑结构选型两部分,每章均附有思考题。第1章到第5章为建筑结构部分,主要有建筑与建筑结构概述、建筑结构的组成与分类、建筑结构设计基本原理、建筑结构及基本结构构件设计、建筑结构抗震基础知识。第6章到第10章为建筑结构选型部分,主要有单层建筑的结构型式、多层建筑的结构型式、高层建筑结构、大跨度建筑的结构型式、建筑体型与结构布置。

本书可作为高等院校建筑学及其相近专业本科生的建筑结构选型课程的教材,也可作为城市规划、房地产、工程管理等专业人员的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构与选型/侯宇新,于纪森,林淋编著. —北京:测绘出版社,2011.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5030-2285-2

I. ①建… II. ①侯… ②于… ③林… 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(2011)第 072223 号

责任编辑 杨蓬莲 见习编辑 余易举 封面设计 李 伟 责任校对 董玉珍 李 艳

出版发行 测绘出版社

地 址 北京市西城区三里河路 50 号

邮政编码 100045

电子邮箱 smp@sinomaps.com

印 刷 北京金吉士印刷有限责任公司

成品规格 184mm×260mm

印 张 18.25

版 次 2011 年 6 月第 1 版

印 数 0001—2000

电 话 010—68531160(营销)

010—68531609(门市)

网 址 www.sinomaps.com

经 销 新华书店

字 数 450 千字

印 次 2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-2285-2/T·1

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

前 言

本书是在多年使用的“建筑结构与选型”课程讲义基础上,根据我国高等院校建筑学专业指导委员会制定的培养目标、培养方案和我国现行的规范、规程,以及注册建筑师资格考试大纲的相关要求,经修改、充实而成。

本书针对建筑学及相关专业的需求,将建筑与结构的关系的认识、结构分析设计与结构选型中的基本概念、基本原理和方法作为重点加以系统介绍,目的在于为学生充实必需的结构设计及结构选型知识,帮助学生提高分析、处理建筑设计中的相关结构问题的能力,促进其建筑设计方案的可行性和质量。

全书分为 10 章,内容包括建筑结构和建筑结构选型两部分,每章均附有思考题。第 1 章到第 5 章为建筑结构部分,主要有建筑与建筑结构概述、建筑结构的组成与分类、建筑结构设计基本原理、建筑结构及基本结构构件设计、建筑结构抗震基础知识。第 6 章到第 10 章为建筑结构选型部分,主要有单层建筑的结构型式、多层建筑的结构型式、高层建筑结构、大跨度建筑的结构型式、建筑体型与结构布置。

本书着眼于正确认识和处理好建筑与结构、建筑设计与结构设计的关系,本着服务需求,面向工程,注重设计能力培养,力求精炼的原则进行编写,避免与先学课程,如建筑材料、建筑构造等课程的内容重复。编写中注意内容的深入浅出,编排的循序渐进,安排适合的例题和实例配合基本概念和基本原理的讲解,每章进行小结并附有思考题帮助学生理解和掌握。本书重要的特色在于,始终关注专业需求,关注建筑设计与结构设计的总体关系的正确认识,强调由总体构思逐步深入到结构分体系、构件分析的思想方法,而不是孤立、分散地介绍结构设计问题。

本书由侯宇新、于纪森、林淋编写。第 1、2、9、10 章由侯宇新编写,第 4、7 章由于纪森编写,第 3、5、6、8 章由林淋编写,全书由侯宇新统稿。

北京建筑工程学院刘栋栋教授审阅了全书,提出了宝贵的意见和建议,在此感谢!

由于编者水平所限,书中定有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2010 年 5 月 6 日

目 录

第 1 章 建筑与建筑结构概述	1
§ 1.1 建筑与建筑结构的关系	1
§ 1.2 建筑设计过程中的结构问题	4
§ 1.3 结构与设备的关系	7
§ 1.4 结构材料的基本要求	9
§ 1.5 建筑结构选型概述.....	11
本章小结	13
思考题	13
第 2 章 建筑结构的组成与分类	14
§ 2.1 水平构件.....	14
§ 2.2 竖向构件.....	19
§ 2.3 水平分体系与竖向分体系的关系.....	21
§ 2.4 基础.....	22
§ 2.5 建筑结构的分类.....	23
本章小结	24
思考题	24
第 3 章 建筑结构设计基本原理	25
§ 3.1 结构上的荷载.....	25
§ 3.2 概率极限状态设计法.....	30
本章小结	36
思考题	36
第 4 章 建筑结构及基本结构构件设计	37
§ 4.1 砌体结构.....	37
§ 4.2 钢筋混凝土结构.....	64
§ 4.3 钢结构	106
本章小结.....	118
思考题.....	119
习题.....	120
第 5 章 建筑结构抗震基础知识	121
§ 5.1 抗震设计基本概念	121
§ 5.2 多层砌体结构抗震设计	127
§ 5.3 钢筋混凝土结构的抗震设计概述	134
本章小结.....	153

思考题·····	153
第 6 章 单层建筑的结构型式 ·····	154
§ 6.1 梁·····	154
§ 6.2 桁架·····	158
§ 6.3 单层刚架·····	167
本章小结·····	172
思考题·····	173
第 7 章 多层建筑的结构型式 ·····	174
§ 7.1 框架结构·····	174
§ 7.2 无梁楼盖结构·····	179
§ 7.3 多层建筑的其他结构型式·····	182
本章小结·····	186
思考题·····	186
第 8 章 高层建筑结构 ·····	187
§ 8.1 高层建筑的受力特点及结构布置要求·····	187
§ 8.2 高层建筑的结构体系·····	189
§ 8.3 高层建筑结构布置实例·····	195
本章小结·····	196
思考题·····	196
第 9 章 大跨度建筑的结构型式 ·····	197
§ 9.1 拱式结构·····	197
§ 9.2 薄壁空间结构·····	204
§ 9.3 平板网架结构·····	220
§ 9.4 网壳结构·····	230
§ 9.5 悬索·····	239
§ 9.6 组合结构型式·····	251
§ 9.7 大跨度建筑结构的构思及选型手法·····	263
本章小结·····	268
思考题·····	268
第 10 章 体型与结构布置 ·····	269
§ 10.1 概述·····	269
§ 10.2 建筑体型·····	271
§ 10.3 结构布置·····	276
本章小结·····	280
思考题·····	280
附录 ·····	281
参考文献 ·····	283

第 1 章 建筑与建筑结构概述

随着社会和科技的不断发展,建筑的空间构成更为复杂、结构技术不断进步、建筑设备种类日趋多样,现代建筑已经成为了由建筑、结构、设备三大要素构成的综合产品。

建筑、结构、设备这三大要素中,结构与建筑的关系更为密切,彼此影响最大,二者的关联程度明显大于设备。学习建筑结构知识,可以帮助设计人员正确地认识建筑与建筑结构的关系,熟悉建筑结构的组成、各种结构的受力特点,以及建筑结构设计的基本概念和基本原理,明确不同设计阶段的结构问题,使设计人员逐步树立正确的设计观念,促进建筑与结构专业间的有效合作,从而提高建筑设计质量。

§ 1.1 建筑与建筑结构的关系

1.1.1 建筑与结构

1. 建筑

建筑是人们为满足一定的物质和精神需要,利用物质技术条件创造出的人造空间环境。建筑的构成有 3 个要素,即建筑功能、物质技术条件和建筑形象。

建筑功能是指建筑物必须满足人们物质和精神方面的使用要求。人们的使用要求既有物质的,例如,居住、办公、学习、生产等方面的要求;也有精神的,例如体现个性、身份、地位、实力、形成标志等方面的要求。人们对建筑功能的要求随着社会的发展进步而日益提高和多样化,这是建筑发展的内在动力。

物质技术条件是指建造建筑物所使用的建筑材料、建筑结构与构造、设备及施工技术,也包括设计、施工组织等内容。物质技术条件是建筑的物质基础和实现建筑的手段,是建筑发展的外在条件。

建筑形象是指建筑物的内外观感,包括建筑体型、立面处理、内外空间的组织、装修、色彩应用等,反映了建筑物的文化内涵、时代风采、民族风格、地方特色等。建筑形象具有象征意义,这对于使用者来说是非常重要的,因为建筑物是他们生活环境的象征,是社会对他们的态度的象征,是他们审美价值受尊重程度的象征。建筑应当让使用者和看到它的人产生鼓舞人心的、美的感受,这也体现了建筑设计人员的社会责任心。

建筑构成三要素之间是辩证统一,不能分割的,但又有主次之分。首先是建筑功能,是起主导作用的因素;其次是物质技术条件,是达到目的的手段,技术对功能有约束或促进的作用;第三是建筑形象,是功能和技术的反映。

为创造一个有效的建筑物,建筑师必须依据建筑物的功能性质,充分发挥主观作用,在一定功能和技术条件下,将一个建筑物的多种性能有机地组织在一起,构建一定的空间形式,且尽可能达到最优化的集合,从而满足建筑的三项基本要求,即适用、坚固和美观:

适用,是对建筑功能的要求,指建筑物提供的空间能够满足人们的使用要求。坚固,是从物质实体的角度对建筑提出的要求,要求建筑物能够抵抗各种作用,并能够在寿命期内安全、

稳定地存在。美观,是指建筑物形象应该符合人们的审美标准。

2. 建筑结构

从建筑的实体构成来看,一般可以分为承重结构、围护结构、饰面装修和附属部件几部分。建筑结构主要是指承重结构部分,即用来形成一定空间及造型,并具有抵御人为和自然界施加于建筑物的各种作用力,使建筑物得以安全使用的骨架。

建筑结构是建筑物质技术条件的重要组成部分,建筑结构的组成、发展,以及结构方案的确定都受到多种因素影响。

首先,建筑材料是结构的物质基础,使用材料的方式、方法以及构件的连接是构建结构的技术基础。不同建筑材料可形成不同的建筑结构,例如,石结构、木结构、钢筋混凝土结构、钢结构,以及同时使用多种材料的混合结构等。同种建筑材料也可以建成不同结构,例如,使用钢筋混凝土可以建造拱、框架、剪力墙、筒体等多种结构。建筑材料制作成结构构件,各种结构构件通过一定方式连接成整体,成为建筑结构。多种多样的材料、构件和不同的连接方式,构成了多姿多彩的结构形式。

其次,结构分析和设计理论指导人们设计出优化的结构。从结构的整体受力分析到个别构件的设计,到结构方案的比较、优化,都离不开结构理论。结构理论是一门实验科学,不仅需要理论分析,更要依靠工程实践和科学实验来推动。丰富的实践经验和翔实的实验数据,有利于结构理论的深入和提高。计算机的引入使分析、计算、绘图手段得到极大发展,大幅度提高了分析能力和设计速度,对结构设计效率及准确性的提高都有极大帮助。

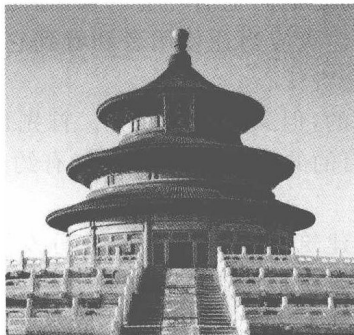
第三,建筑结构设计必须考虑施工要求。如果没有可行的施工方案(包括人力、机械、运输、组织等内容),就不可能在实际中建造起建筑。

此外,经济因素也影响结构方案的选择和确定。

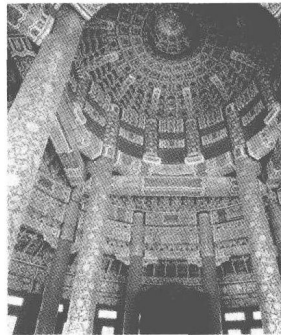
1.1.2 建筑与结构的关系

建筑和建筑结构是两位一体、不可分割的同一实体。不同专业的设计人员从不同的角度看待这一实体:建筑师从空间环境的角度出发,关注并负责解决的核心问题是获得符合使用要求的空间;结构师从实物的角度出发,负责构建能围合出相应空间且坚固、安全的物质实体。

建筑和结构是矛盾的统一体,没有脱离结构的建筑,也没有脱离建筑的结构。无论何种空间组合的建筑方案都离不开结构的支持,结构体系的形式也不可避免地与它要支撑的建筑物的形式密切相关,如图 1-1、图 1-2 所示。



(a) 祈年殿外部



(b) 祈年殿内部

图 1-1 北京天坛祈年殿

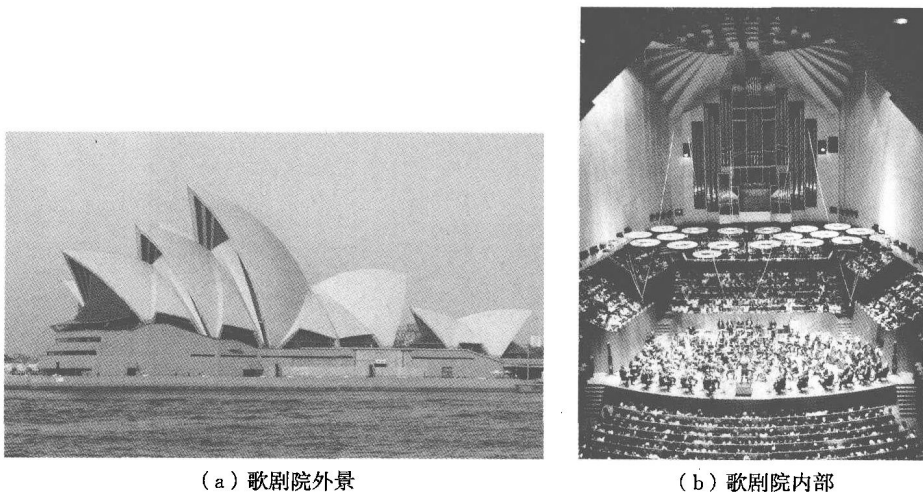


图 1-2 悉尼歌剧院

具体地说:

(1) 建筑结构是建筑的骨架,是建筑赖以安全存在的物质基础。

作用在建筑上的各种荷载主要由结构部分来承受,建筑结构质量的好坏,对建筑物的坚固性和寿命具有决定性作用,对于生产和使用影响重大。

(2) 建筑的发展既依赖于结构的发展,又引领结构的发展。

为满足建筑的功能要求,建筑空间和外观形体不断创新,但建筑物的形式始终受到结构的制约,如空间大小、高低、曲直及外观形体都与所用的结构形式密切相关。从一定时期来看,由于材料、设计及施工等因素的制约,建筑空间的规模和尺度都不会超过建筑结构的承受极限,建筑只能是在结构提供的可能范围内,尽可能发挥各种结构的优势,去创造丰富的空间及其组合形式。某种新型结构材料或结构形式的诞生和使用,则会推动建筑产生较快发展。从历史发展来看,人们对于空间的需求,尤其是规模上的需求,总是推动结构研究不断深入,不断创生出新的、能力更强的结构材料和结构形式。今天,人们对于建筑空间更高、更大,更坚固的要求,推动着结构向超高层、超大跨方向发展,也推动结构在承载力和抗震性能方面的不断提高、完善。

(3) 建筑与结构需要完美结合,科学合理的结构方案是建筑设计成功的基础。

建筑空间的围合、支撑,建筑的空间造型都离不开结构的支持,通过展现结构美而实现建筑美,使建筑与结构完美结合,才能做出成功设计。正如在大跨度建筑中,不同的结构形式对建筑界面(顶界面、侧界面)的建立都有独特的影响,或构成独具个性的第五立面,或构成完整的建筑外观,对建筑形象的塑造有决定性的影响。有的建筑界面(如大跨度建筑的顶界面)直接暴露结构构件,使得结构构件的粗细、走向、网格图案及其韵律直接成为建筑空间艺术的重要组成部分。建筑造型的比例、尺度、节奏、韵律、均衡、稳定等等的形式美问题都需要以结构形态为基础,并同结构形式揉合在一起综合处理,以期达到建筑与结构的有机结合,如图 1-3 所示。

总之,建筑与结构的关系是相互依存,相互促进,共同发展的,只有二者和谐统一,才能是好的建筑作品。从建筑设计伊始,就应该考虑结构方案,包括结构材料、结构形式的选择、布置

设计、施工方案等问题,综合处理好空间形式、物质技术条件和形象的要求,达到优化的集合。

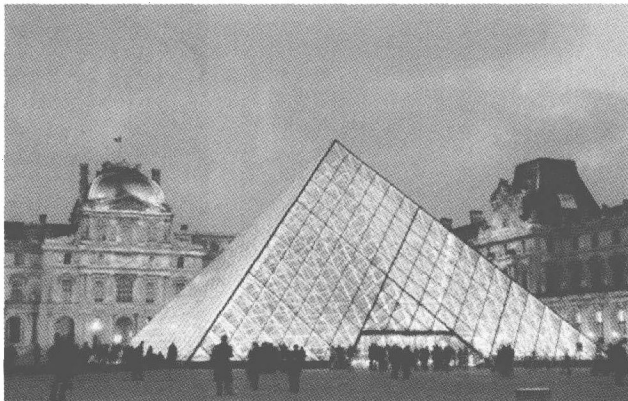


图 1-3 建筑与结构完美结合——卢浮宫“金字塔”

建筑师只有懂得结构知识,才能更好地驾驭结构。古今中外的建筑大师们,往往同时也是结构大师,建筑与结构的完美结合使他们创造出了流传百世的建筑。少数人认为结构知识会制约构思建筑方案时的想象力,是错误的。事实上,有的建筑设计方案恰恰是因为缺少结构概念而不可行,或者存在安全方面的不足而最终被放弃。完全忽略结构,或者相反,完全依赖结构的建筑方案都是应该避免的。

§ 1.2 建筑设计过程中的结构问题

现行的建筑工程设计工作分成建筑、结构、水、暖、电等诸多专业,一般简称为建筑、结构、设备三大专业。设计工作一般由建筑师主持,结构师、设备工程师加以配合。设计中,往往是先由各专业在建筑方案初步构思基础上提出各自专业的设计方案,再经过相互交流、协调、修改等过程,最后综合为共同的设计作品。

1.2.1 建筑专业与结构专业的设计分工与合作

没有专业分工,面对复杂的任务往往难以构思出有创意的设计方案。没有专业合作,则难以扬长避短,发挥各自的聪明才智。

1. 建筑专业与结构专业的设计分工

1) 建筑设计

建筑工程中的建筑设计工作处于先行和主导地位,由建筑师完成,其主要内容是:构思空间形式并创造空间环境,解决好功能、适用和美观的问题。

2) 结构设计

建筑工程中的结构设计工作一般处于服务地位,由注册结构师完成,主要是为建筑构思或方案提供结构方面的构思或方案,解决好坚固性问题。结构师需要评估和改进结构构思,对已经确定的结构方案进行力学分析、计算并提出保证落实的技术细节。

需要指出的是,在一些大型建筑的设计中,例如,大跨建筑,常常是建筑与结构相互渗透、融合,难以确切区分建筑与结构的各自领域。

2. 建筑专业与结构专业的合作

建筑与结构的专业分化,对于知识的深化和科技的发展是有利的,但客观上也一定程度地造成了专业间的技术空白和联系的脱节,有时甚至出现隔阂,造成一些建筑设计的空间形式和技术思路之间的整体关系不协调。这需要通过建筑师与结构师的密切合作加以弥补,以保证圆满完成设计任务。

在合作中,应注意以下几点:

1) 找准专业定位,树立正确的合作观

建筑设计是主导,结构要为建筑构思服务;同时,建筑必须尊重和满足结构的合理要求。在建筑设计中,无论是功能要求的满足、形式美的推敲,还是个性化的表现,都必须以结构形态为基础。而结构设计应坚持量体裁衣,根据建筑需要进行结构构思,不应片面强调结构本身的要求,以避免出现“削足适履”的现象。各专业的工作成果要统一于整体构思之下,要追求建筑设计的整体优化效果,不能各自独立。

2) 扩展知识,建立可靠的合作基础

合理的知识结构是专业合作成功的技术基础。建筑师需要了解 and 掌握结构等相关专业知 识,例如,建筑师熟悉了结构的几何特征、受力特点、材料选择、适用范围和应用方式,并掌握了结构构思方式和选型技巧,将帮助建筑师更好地主持设计,推动与结构专业的合作更加深入,在技术要求上也容易协调。结构师则需要了解建筑设计的基本原理,加强结构形态学知识的学习,提高艺术修养和建筑审美能力,主动推进技术与艺术的和谐与统一。

需要指出的是,与结构师不同,建筑师学习结构知识的目的,在于建立清晰的结构概念而非结构计算,在于了解结构形式的几何特征而非具体的结构尺寸,在于辨析受力特点而非力学演算,在于把握力的传承方式而非具体的支承形式。这些,应认真体会和把握。

3) 目标一致,发扬合作精神

创作出优秀的建筑作品是各专业设计人员合作的共同目标。作为设计核心的建筑师,应同结构师、设备工程师密切协作,互相理解、支持、礼让,应积极协调结构、设备等各个专业的技术交叉和矛盾。结构师要主动配合,勇于探索和创新,努力为建筑创作提供最有力的技术支持。

1.2.2 建筑设计过程中的结构问题

建筑设计过程一般可分为三个阶段:方案阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。分阶段进行设计有利于有序地完成复杂的设计任务,避免在方案构思之初就受到各种细节的干扰,而影响创新性;同时,分阶段设计有利于在方案逐步细化的过程中把握住基本设计思路,保证方案阶段的概念构思很好地贯彻和落实。

建筑设计过程中,尤其是大规模、复杂的建筑设计中,结构因素常常影响,甚至全部推翻建筑师的最初方案构思,所以,明确各个设计阶段的结构问题,分辨出其中更为基本的内容,并在解决时保持构思的始终如一,才能保证设计成功。

1. 方案阶段的结构问题

这一阶段,建筑师用概念构思的方式来确定基本方案的全部空间形式的可行性。概念构思的目的是提出和斟酌整个场地规划、使用活动相互关系及房屋形式方案。为此,必须将注意力集中于场地各部分的基本利用、空间组织,并运用象征性方法确定具体形式。这意味着,首

先要按照基本功能和空间的关系设想和模拟一个抽象的建筑物(见图 1-4(a)),然后对这个抽象的总体空间形式的内含进行探讨。在开始勾画具体的建筑形式时,再考虑基本的场地条件进行修改(见图 1-4(b))。

概念构思需要结构构思同步配合,主要是依据建筑构思,初步确定结构体系的形态,从整体上初步分析受力,构想结构分体系,初步确立可行性。这要求从主要的结构分体系(如结构的水平分体系与竖向分体系)之间的关系,而不是从构件细节去构思整体方案,使得建筑构思易于反馈以改进空间形式方案。如果在此阶段就能预见结构整体性,并考虑其施工可行性及经济性,对后面各阶段设计的顺利推进将大有帮助。

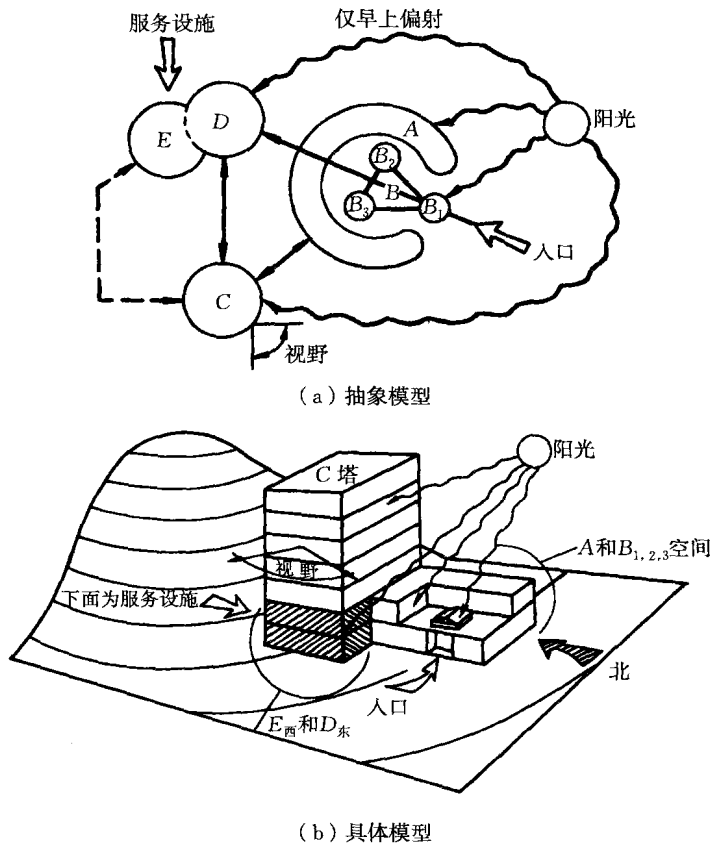


图 1-4 方案阶段的总体构思,从抽象模型到具体模型

这个阶段,建筑师与结构师的合作往往仅在于形成总体构思方面,而实际中结构构思常由建筑师本人兼顾完成。

2. 初步设计阶段的结构问题

这一阶段的工作重点是完善推荐方案,即根据选定的设计方案进行更具体更深入的设计,在论证技术可行性、经济合理性的基础上提出设计标准、基础形式、结构方案以及水、暖、电等各设备专业的设计方案。

在这个阶段,总体结构方案发展到中等具体程度,着重论证和设计主要分体系,例如,水平和竖向分体系,以确定其主要几何尺寸、构件和相互关系。在总体系下,弄清和解决分体系间的关系以及设计中的矛盾,而各细部的考虑尚有选择余地。这须用图形表达出对主要分体系

的要求,而且通过近似估计关键构件的性能来证明它们的基本形式和性能是相互协调的。建筑师与结构师的合作更具体了,已深入到整体结构体系、结构的主要分体系的性能分析、形式和尺寸的确定。

初步设计阶段所做的决定,在未经审批前仍然可以反馈回去,使方案的概念进一步完善,甚至可能有重大的变化。初步设计一经批准后,一般不得随意修改、变更。

3. 施工图设计阶段的结构问题

初步设计经过审批后,全部设计的基本问题解决了,即可进行施工图设计。这个阶段,着重于结构中所有分体系构件的细部设计,所有施工的细节,诸如建筑物的外形轮廓、大小尺寸、结构构造和材料做法的图样,都必须准确详细地设计出来,以作为施工的依据。

实际中,施工图设计一般都是遵循初步设计来完成的。

综上所述,不同的建筑设计阶段都需要考虑结构问题,但不同阶段结构问题的重点有所不同。整个建筑的设计过程应该是一个逐步发展的过程,较前设计阶段所做出的决定影响着后续的设计,如果考虑不周,可能由于后面的工作出现问题而导致变更前面的决定,所以,在各个阶段之间合理地搭接与反馈,才能保证整体性能贯穿一致。

建筑师与结构师的合作是逐步发展的,结构师应该及早介入建筑设计,并在各个阶段与建筑师密切配合。在分析和处理各设计阶段的结构问题时要建立综合的方法,坚持所有设计问题都只是总体设计的延伸,总体设计应控制细部处理效果,而不是相反。只有这样,才能使建筑设计与结构构思的相互促进达到高水平。

§ 1.3 结构与设备的关系

为了实现建筑物的内外交通联系、保证各种物品的运输;为了保证建筑物的使用安全并达到一定的使用质量,在建筑物内部都需要安装一些设备、设施,如水平及竖向交通运输、采暖、通风、空调、电力、水、消防和垃圾处理等设备。

建筑结构需要为设备、设施提供支撑;设备的安装和使用影响结构构件的设计,例如,设备自重会成为构件的荷载,构件设计中需要考虑设备振动影响,大型设备的基础与建筑物基础的协调处理等。结构设计也常常影响采光和音响。

1.3.1 交通运输设备对结构的影响

单层大跨度建筑中,无论是民用建筑还是工业厂房,水平人流、物流的运输往往是设计考虑的重点;在多层公共建筑中(例如,大型医院、车站等),人流与物流的分析往往同步于建筑方案设计;高层建筑中,高效安全的竖向交通运输组织是保证使用的前提。

交通运输设备对结构构件承受的荷载、构件定位及力的传递都产生较大影响。例如,厂房在结构设计时必须考虑桥式吊车等大型运输设备的安装及运行要求,厂房的跨度和柱距必须与吊车的跨度协调,厂房的净高必须保证吊车吊运物件的安全,这对结构构件的定位、受力、尺寸等都产生很大影响。在多层公共建筑(例如商场)内部常常需要设置自动扶梯,倾斜设置的扶梯需要楼板预留出足够大的洞口,梁和柱要避开扶梯的路线,设置必要的梁以承受扶梯的荷载等,这会对结构承重构件的受力产生影响,需提前考虑。高层建筑中需要设置电梯井,如果电梯数量较多,电梯井筒的尺度会相当大,使得电梯的井筒成为结构的中心,如图 1-5 所示。

采暖、通风、空调、电力、给排水等设备需要布设各种水平与垂直的管道、线路,它们需要水平和竖直方向穿过结构,部分设备需要镶嵌或支挂在结构构件上,这些需要整体协调地考虑,以减小所占空间的高度(见图 1-6)。大型中央控制型设备,如中央空调、集中供热等,常由某个中心位置通向各空间;垃圾处理的设施需要竖向管道井,并在底层附近设置收集箱。大的水平或竖向干管通道可以为结构所用,若考虑不周,则可能造成问题。

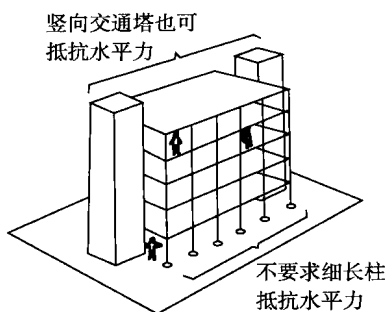


图 1-5 竖向井筒影响总体结构

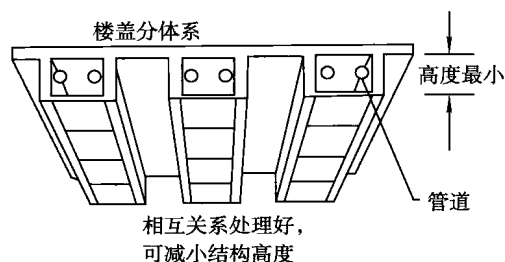


图 1-6 水平管道与楼盖结合

1.3.2 天然采光和人工照明对结构的影响

人工照明常常要求统一考虑结构的水平与竖向分体系和光照空间效果,还要考虑室内安装照明设备所需的空間。天然采光与结构的关系更明显,天然采光可以通过外墙上设窗来实现,也可以通过屋顶天窗实现,或者两者同时设置。例如,设计一个完全封闭的空间就需要全部采用人工照明,一个顶部敞开的空间,可完全依靠天然采光。封闭的外墙或屋顶,可采用实体板或壳式的结构,而开敞的外墙或屋顶一般要采用杆系结构(见图 1-7)。

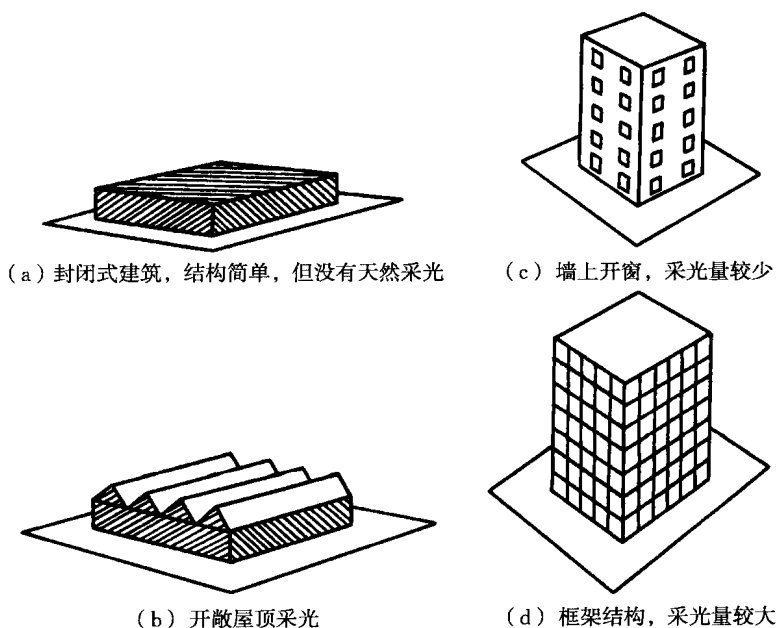


图 1-7 天然采光与结构的关系

1.3.3 音响设备对结构的影响

组成空间的结构形状直接影响音响的性质,如图 1-8 所示。

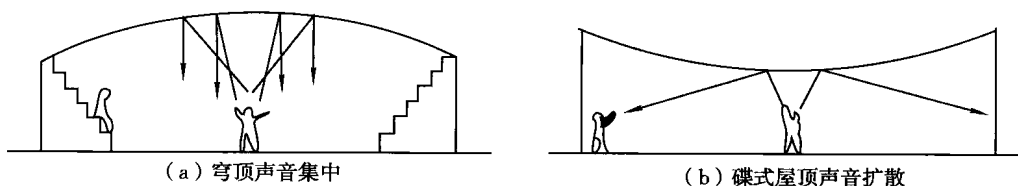


图 1-8 结构形状影响声音分布

例如,悬索结构的屋顶多数是下凹型的,可以减小建筑内部的容量、混响时间及平均自由程,也减少了吸声材料的用量;同时由于下凹顶界面,能把声音均匀地扩散到建筑内各区域,对声学是有利的,建筑内部声学空间形态与结构造型相符。

如果重型设备紧贴在柔性结构上,则需处理好机械和结构的接触面,否则,会使振动和音响干扰传到整个空间。

§ 1.4 结构材料的基本要求

结构材料是指构成建筑物受力构件所用的材料,如梁、板、柱、墙和基础等构件采用的材料就属于结构材料,是结构构件的主要物质基础。我国目前除了继续使用砖、石、木材等传统结构材料外,还广泛、大量地使用钢材、混凝土、砌块等现代结构材料。近年来,包括索和膜在内的新型材料也逐渐在结构中得到使用。

结构或构件的承载力大小和能否满足使用功能要求,直接与所用材料的性能有关。材料的基本性质往往决定了构件及结构的适用范围,而材料的强度高,又往往限制了构件的跨越和覆盖空间的能力。

结构材料使用中必须满足力学性能、耐久性能、加工性能等方面的一些基本要求。

1.4.1 结构材料力学性能的基本要求

反映结构材料力学性能的指标主要有:强度、弹性、塑性、冲击韧性与冷脆性、徐变和松弛等。

1. 强度

强度是材料抵抗破坏能力的指标。根据材料在受力时的变形状态不同,有弹性极限强度、屈服强度、极限强度;根据材料的受力状态不同又有抗压强度、抗拉强度、抗剪强度和抗扭强度等;如果材料受到循环荷载作用,还有疲劳强度。

实际中,往往按某种强度为主选择和使用结构材料,例如,在制作抗压为主的构件时,主要选抗压强度高的材料,当然,其他方面也要满足相应要求。

2. 弹性与塑性

材料在外力作用下产生的变形,当外力去除后能瞬间恢复的部分称为弹性变形,不能恢复的部分,则称为塑性变形。

弹性模量是反映材料受力时抵抗弹性变形能力的一个重要指标。在弹性范围内,弹性模

量为常数,其值等于应力与应变的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1-1)$$

式中, E 为弹性模量(MPa); σ 为材料的应力(MPa); ϵ 为材料的应变。

材料的弹性模量越大,材料的刚度就越大,即越不容易发生变形。

材料的塑性变形为不可逆变形,材料的塑性性能是决定结构或构件是否安全可靠的重要参数之一。塑性材料制作的构件,破坏前会发生较明显的变形,并持续一段时间,破坏的突然性较小;而脆性材料制作的构件,破坏时往往缺少征兆而突然破坏。

3. 冲击韧性与冷脆性

冲击韧性是指材料抗冲击而不破坏的能力。冲击韧性与材料的塑性有关,但不等同于塑性,它是强度和塑性的综合指标。冲击韧性还与其他因素有关,以钢材为例,其冲击韧性与其内在质量、宏观缺陷和微观组成有关;此外,冲击韧性易受温度影响,温度的下降或上升都有可能使材料的冲击韧性下降,对结构安全不利。随着温度的降低,大多数钢材的强度有所增加,而韧性下降,脆性增加,这种金属材料在低温下呈现的脆性称为冷脆性。

4. 徐变和松弛

徐变是指在恒定温度和应力条件下,构件或材料的应变随时间的增加而增大的现象,图 1-9(a)为徐变曲线,图中 ϵ_0 为加载后瞬间产生的应变。混凝土具有徐变特性,钢材在高温下也会发生徐变。

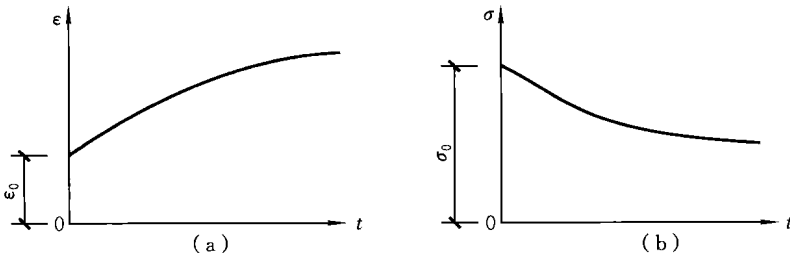


图 1-9 徐变和应力松弛曲线

应力松弛是指在恒定温度和应变条件下,构件或材料的应力随时间的增加而减小的现象,图 1-9(b)为应力松弛曲线,图中 σ_0 为初始应力。对于预应力钢筋混凝土结构,应力松弛将会引起预应力损失,从而降低构件的承载力。

1.4.2 其他要求

在使用中,结构材料还要满足以下一些要求:

1. 协同工作性能

指两种或两种以上的材料或杆件可以融合成一体,共同参与受力和变形,而不会轻易分离的性能。如钢材的可焊性、钢筋和混凝土之间的共同工作性能、砌块与砂浆之间粘结性能等。

2. 耐久性

指材料长久在各种环境因素作用下不变质、不破坏,长期保持良好物理力学性能的性质。耐久性是材料综合性质的评述,如抗冻性、抗风化性、抗老化性、耐化学腐蚀性等;此外,材料的强度、抗渗性、耐磨性等也与耐久性有密切关系。耐久性对建筑物的使用寿命起到至关重要的决定作用。

3. 可加工性

构件制作过程中,要对材料进行加工,如钢材的切割、焊接。材料加工的难易对施工工期、建筑造价等都有重要的影响。选择结构材料时,要充分考虑材料的加工难度和施工企业的实际加工能力。

4. 取材便利,价格合理,经济实用

地方性材料往往价格便宜,且能保证供应,就地取材还可以节约运输成本,降低建筑造价。如果选择供应量少,需长距离运输的材料,会增加建造的费用,对于后期维护也不利。

§ 1.5 建筑结构选型概述

建筑结构选型,简单地说,就是依据建筑设计的方案或构思进行结构方案的总体构思,经过技术经济分析,选择切实可行的结构形式和结构体系,并进一步完成主要结构构件的布置等一系列工作,解决好总体的和重要局部的技术问题,为结构设计奠定基础。建筑结构选型是结构构思的具体体现和落实,它以结构分析为基础,遵守结构自身的相关规定,目标是构建满足建筑空间造型需求的结构体系。

1.5.1 建筑结构选型的意义

建筑结构选型具有以下几方面的意义:

(1) 建筑结构选型是由建筑构思通往可行设计方案的必由之路。

建筑设计伊始,建筑师往往重点关注功能要求的满足、空间形式的建立及相互关系的处理,此时可形成多种构思或方案。对于这些方案,需要初步选择结构体系和结构形式,并建立起结构分析模型,经过粗略地力学分析后评估其可行性,以便取舍。不经过结构选型,力学分析就无法进行,可行性评估也就无法完成。

(2) 建筑结构选型是结构布置及构件设计的前提。

只有在选定了结构体系和结构形式之后,才能根据结构的特点和要求,进行结构构件的布置,再进一步通过力学理论进行计算,进行构件的设计,来保证建筑的安全性与经济性。可以说,结构选型是结构分析和构件设计的前提和起点。

(3) 建筑结构选型是建筑师与结构师沟通、配合,共同解决方案相关问题的平台。

建筑师和结构师在专业上各有长短,双方的沟通需要一个技术平台;而结构体系与结构形式既是建筑方案的总体依托,也是结构计算的总体模型,当结构体系与形式能够做到合理、可行,则建筑设计和结构设计都可以顺利地深入。所以,结构体系与形式必然成为建筑师与结构师有效沟通的平台,在结构选型的层面双方如能做到相互理解、达成共识,将大大有利于在各自的领域内充分发挥优势,设计出建筑与结构完美结合的建筑。

如今,结构选型已跨越了建筑学和建筑结构两大学科领域,成为新兴的边缘学科。一般认为,结构选型属于科学范畴,着重于技术的可行性、合理性与先进性,当然也要具有经济性。当今结构技术的新成就以及多种结构形式的巧妙结合赋予了结构极强的造型能力,使结构本身具有艺术魅力;而结构选型的许多问题需要建筑与结构两个领域加强合作,深入探讨才能很好解决。