

土木建筑 基本知识丛书

许晟 编著

建筑结构选型

jianzhu jiegou xuanxing



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CHINA MACHINE PRESS

土木建筑基本知识丛书

建筑结构选型

许晟 编著

机械工业出版社

本书将建筑空间与结构形式相沟通，使建筑艺术与结构技术相融合，从而建立起建筑与结构的桥梁，以达到建筑与结构的和谐与统一。本书内容包括：建筑结构选型导论；传统结构及其材料；梁、柱、板等线性杆件和平面构件；桁架、排架、刚架等平面构架；拱、索、壳等曲线和曲面结构；网壳、网架、索挂结构等空间结构；气膜结构；大跨建筑结构；高层建筑结构以及高耸结构等。本书适用于土木建筑界技术人员自学之用，也可供土建设计人员参考，亦可供大专院校土木工程和建筑学专业学生学习，作为相关学科的教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

建筑结构选型/许晟编著. —北京：机械工业出版社，2009. 1

（土木建筑基本知识丛书）

ISBN 978-7-111-25865-0

I. 建… II. 许… III. 建筑结构 - 研究 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 203286 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：杨少彤 马 宏 责任编辑：马 宏

版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：张 静 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（兴文装订厂装订）

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 11.25 印张 · 331 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-25865-0

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）68327259

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

中国改革开放正在深入开展，基本建设的规模不断扩大，举国上下大兴土木，建筑业呈现出一派蓬勃兴旺的景象。举世瞩目的2008年北京奥运会和2010年上海世界博览会，必将会促进中国土木工程和建筑业的巨大发展。一项伟大的土木工程、一座壮丽的建筑，有时可能成为划时代的象征，面对这千载难逢的历史机遇，对决策的民主化和科学化，对建筑界工程技术人员的素质和水平的要求也日益提高，为了适应当前形势发展的需要，本套“土木建筑基本知识丛书”便应运而生。

本丛书以基本知识为主，并考虑了当代科技的最新发展需求和大专院校的课程设置，不仅有科学性、技术性，还有一定的普及性、艺术性，使读者对“土木”和“建筑”发生兴趣。书中的内容，深入浅出，循序渐进，图文并茂，便于读者学习和提高自身素质。本丛书涵盖了“大土木”和“建筑学”以及建筑环境等许多方面的课题，能开拓读者视野。

20世纪的科学技术和土木建筑，取得了突飞猛进的发展，21世纪的科学技术和土木建筑也必将日新月异地前进。希望肩负新世纪科学技术领域重任的土木建筑界的读者们，通过本系列丛书的学习，建立扎实的学科理论基础，在工程实践中发挥自己的应用能力和创造才华。

许文斗

前 言

世界上的建筑纷纭烂漫，是什么赋予了建筑生命力，或者说使建筑形体耸立起来的骨架是什么呢？答案是——结构。建筑表现为空间方面的概念和形式，要满足功能、艺术、美观；结构体现为时间方面的耐力和持久，要保证安全、科学、经济。建筑和结构的关系应该是和谐的、完美的，建筑师如果不能意识到结构所蕴藏的力量，就不能有好的创意和设计；工程师也不能忽视结构的美，什么是结构的美呢？美在风骨，美在选型。

《建筑结构选型》一书将建筑和结构相联系，强调了建筑与结构的互相渗透、互相融合、相得益彰，使两者形成不可分割的整体。在土木建筑系统中，建筑结构选型是一个重要的子系统，一个好的建筑设计，必须通过一个好的结构选型才能实现。本书将力学、建筑、结构等领域进行了沟通联系，以选型为重点，从而建立起建筑与结构的桥梁。

建筑和结构是相辅相成的，建筑结构和结构选型也是相辅相成、密不可分的。《建筑结构选型》向读者提供了一些建筑和结构的正确观念，全面地论述了建筑结构和结构选型的基本知识，以使建筑与结构、结构与选型融为一体。理想的结构选型是建筑结构思维过程的具体化。建筑结构的选型不仅是理性的思考，更应出于内在的创意和直觉，选型是工程科学，是技术，也是艺术。

建筑结构形式的选择，不仅要考虑建筑上的使用功能，结构上的安全可靠，还要考虑施工条件，经济的合理性和艺术上的美观。选型使建筑、结构、环境、施工、设备、经济等各专业能协调配合，只有考虑上述诸多系统，符合结构逻辑的建筑，才能具有真实的表

现力。单纯追求艺术而忽视结构原理和其他因素，作品只能是虚假的造型而已。建造出科学、适用、美观、新颖的建筑，需要既有艺术修养，又兼备结构理论、现代科技造诣的优秀人才。

本书是“土木建筑基本知识丛书”之一，是继《土木系统工程》之后编著的，书中保留了丛书的特点，以基本知识为主，赋有科学性、技术性、艺术性、普及性，使读者对“建筑结构”和“结构选型”发生兴趣。本书的写作宗旨是着重培养读者对各种体系中各类选型的认识和运用能力，因此撰写翔实，由浅入深，循序渐进，便于自学。

本书可供土木建筑界和基本建设部门的工程技术人员自学之用，亦可作为大专院校土木、建筑或相关专业师生的参考书。撰写过程中参考了许多专著、论文，参考文献中未能一一加以注明，借此致谢。

本书由许文斗教授审阅，覃树立先生校对，深表感激。鉴于作者正在美国留学，定稿于海外，时间紧迫，不完善之处在所难免，恳请广大读者指正，以便再版时渐臻完善。

许 晟

目 录

丛书序

前言

第一章 建筑结构选型导论	1
第一节 土木、建筑、结构	1
第二节 建筑结构系统	17
第三节 结构体系与选型	28
第四节 牛顿力学理论	34
第二章 传统结构及其材料	39
第一节 混凝土	39
第二节 钢	48
第三节 砖石	55
第四节 木	68
第三章 线性杆件和平面构件	79
第一节 梁	79
第二节 柱	92
第三节 板	104
第四章 平面构架	116
第一节 桁架	116
第二节 排架	128
第三节 刚架	139
第五章 曲线和曲面结构	150
第一节 拱	150
第二节 索	163
第三节 壳	174
第六章 空间结构	188
第一节 网壳	188
第二节 网架	203
第三节 索挂结构	221

第七章 气膜结构	227
第一节 新型结构体系	227
第二节 充气结构	232
第三节 薄膜结构	238
第四节 气膜结构的应用	243
第八章 大跨建筑结构	252
第一节 组合空间结构	252
第二节 张拉整体结构	261
第三节 开合结构	267
第四节 大跨结构的前景	273
第九章 高层建筑结构	278
第一节 荷载、布置与概念设计	278
第二节 框架、框架-剪力墙、剪力墙结构	291
第三节 筒体和巨型框架结构	303
第四节 基础选型	310
第十章 高耸结构	318
第一节 水塔	318
第二节 输电塔	324
第三节 电视塔	328
第四节 塔、桅和塔桅结构	342
参考文献	348
后记	350

第一章 建筑结构选型导论

古今中外的土木工程异彩纷呈，像一幅幅史诗画卷，记载着人类走向文明的历程。

本章论述土木、建筑、结构的概念；建筑结构系统中的体系与选型；外荷与内力；进而扩展到土木工程和结构选型的理论基础——牛顿力学。

土木泛指建造房屋等工程，如大兴土木。建筑是建筑物和构筑物的统称，是技术和艺术的综合创作。结构是建筑的构造和式样，是构成建筑物的实体。

建筑具有形形色色的形式，空间与形式的关系是建筑技术与建筑艺术的本质；结构具有各式各样的系统，安全与经济是结构科学与结构工程的关键，宜采用系统工程的方法进行分类，使结构体系和结构选型科学化、系统化。

建筑承受荷载——外力，并由荷载产生荷载效应——内力和变形。要使建筑稳若泰山地耸立起来，就必须用自身的强度使外荷与内力保持平衡，用刚度来抵御变形，用整体稳定性来防止屈曲或失稳。

土木建筑是建立在牛顿力学框架基础之上的。经典力学中的牛顿三定律是建筑力学的理论基础。建筑力学包括传统的三大力学——理论力学、材料力学和结构力学。

建筑之美在于形象，结构之美在于选型。选型问题不单纯是建筑或结构问题，而是一个综合性的科学问题。

第一节 土木、建筑、结构

一、土木

1. 土木的源起与土木工程

“土木”一词的出现较为悠久，《国语·晋语九》中写道：“今土木胜，臣惧其不安人也。”《列子·周穆王》中有：“穆王乃为改

筑，土木之功，恶之色，无遗巧焉。”

上列典籍，均出现了“土木”一词。土木亦称土木工程，是工程科学学科之一，系指采用建筑材料——土、砂、砖、石、木、混凝土、钢以及各种金属或非金属材料建造的各种工程。

土木工程的建设项目种类繁多，包括房屋建筑（房屋建筑中有工业建筑的厂房和民用建筑中的居住建筑和公共建筑等），还包括：桥梁、公路、铁路、隧道、运河、港口、机场、市政环境工程、各种福利设施和生命线工程等，故又称“大土木”。

2. 建筑工程

随着科学技术的发展，土木工程逐渐形成了一些专门的学科。譬如建造工业与民用建筑房屋工程均称为建筑工程。图 1-1 所示为天坛祈年殿，图 1-2 为天坛总平面，图 1-3 为美国国会大厦及周围建筑群，均属建筑工程。



图 1-1 北京天坛祈年殿

北京天坛祈年殿创建于公元 1420 年，即明朝永乐十八年，是鎏金宝顶三层檐攒尖式屋顶的圆形建筑，三层檐采用蓝色琉璃瓦，以

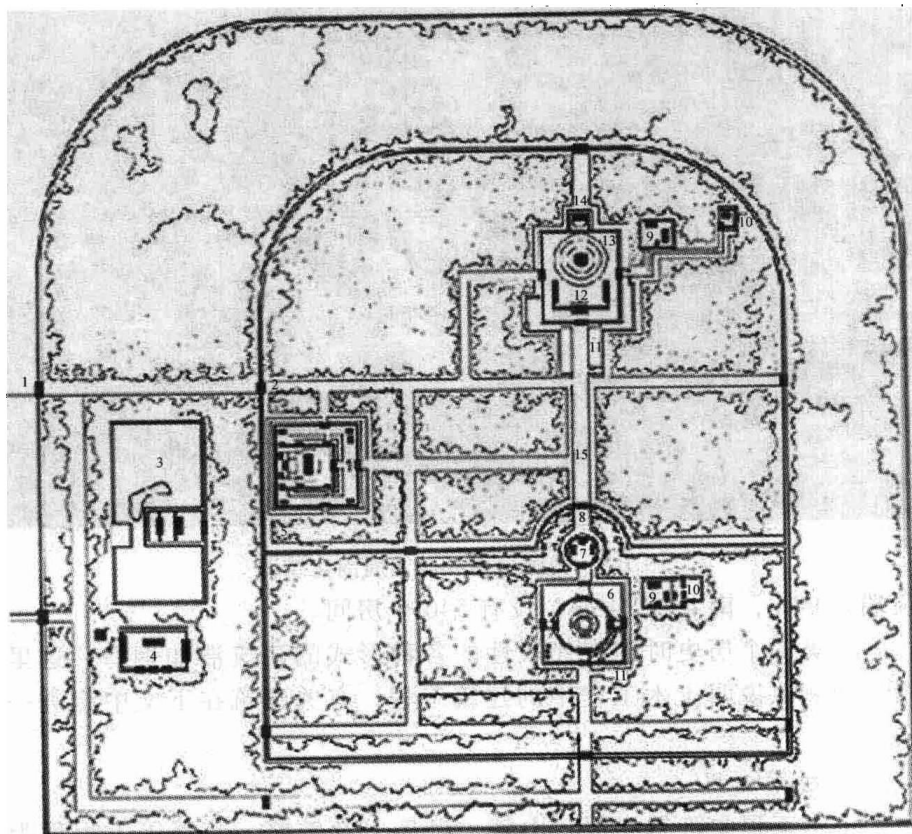


图 1-2 天坛总平面

- 1—天坛西门 2—西天门 3—神乐署 4—牺牲所 5—斋宫 6—圜丘
 7—皇穹宇 8—成贞门 9—神厨神库 10—宰牲亭 11—具服台
 12—祈年门 13—祈年殿 14—皇乾殿 15—月陛桥

示天穹。殿高 38m，直径 30m，为木结构。

祈年殿中央设立四柱，代表四季，外圈有两排柱各 12 根，分别代表 12 个月和 12 个时辰。

天坛祈年殿构思巧妙、寓意深邃、壮丽辉煌，是中国 1961 年 3 月 4 日公布的第一批全国重点文物，也是世界建筑艺术的珍贵遗产。

美国国会大厦是美国历史的缩影。大厦座落在国会山上，其外墙全部使用白色大理石，通体洁白，给人一种神圣纯洁的感受。

大厦始建于 1793 年，乔治·华盛顿埋下了大厦的奠基石。大厦



图 1-3 美国国会大厦及周围建筑群

顶端高 94m，南北长 246m，设有 540 个房间。

人类各个历史时期有代表性的各种形式的建筑浩如烟海，这里仅举两例以说明土木工程中的建筑工程，有关建筑在下文中将进一步论及。

3. 桥梁工程

土木工程中跨越江河、山谷、海岛以及铁路、公路等工程称为桥梁工程。桥梁是交通运输中必不可少的构筑物，在国民经济中占有极其重要的地位。

桥梁的原始雏形是在浅滩溪涧中筑起的石堤，堤间流水，人从石堤上跨越。古时的桥梁有独木桥、浮桥等，结构材料为木材或石料，结构选型为梁式和拱式。世界上现存的古老石桥有希腊罗奔尼撒半岛的单孔桥和著名的中国河北赵州桥。

现代桥梁多用钢筋混凝土、预应力混凝土和钢材建造。图 1-4 所示为中国南京长江大桥，图 1-5 为美国金门大桥，图 1-6 为悉尼大拱桥与歌剧院。

南京长江大桥为铁路、公路两用的双层钢桁架桥，长江江面上的主桥长 1577m，采用平行弦菱形桁架，引桥由多孔预应力混凝土梁与民族形式的双曲拱组成，菱形桁架跨度 160m，桥下可行万吨巨



图 1-4 中国南京长江大桥

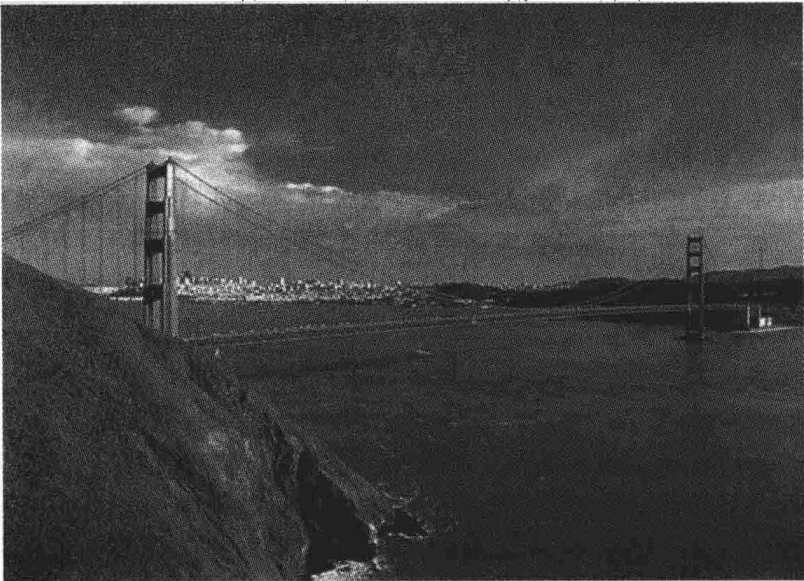


图 1-5 美国金门大桥

轮，整个大桥如彩虹凌架江上，蔚为壮观。

1937年建成的美国旧金山金门大桥，主桥长 1280m，该长度一



图 1-6 悉尼大拱桥与歌剧院

直保持了 27 年的世界纪录。

4. 水利工程

土木工程中还包括开凿运河，修筑堤坝、水库、围堰、灌渠等水利工程，例如中国京杭大运河（图 1-7）、荷兰大海堤、长江三峡水利枢纽（图 1-8）等。

二、建筑

建筑是艺术与美学之源，是一部用石头垒就的史书。

1. 建筑的起源

关于建筑的起源，《周易·系词》中有这样的记载：“上古穴居而野处，后世圣人易之以宫室，上栋下宇，以待风雨。”意思是说，在遥远的古代，人们居住在洞穴里，活动在野外，后世的圣人修建了宫室，改变了人们的居住条件和活动方式，上有栋梁，下有四壁，用来遮避风雨。

梁思成教授在《中国建筑史》一书中有精辟的论述：“中国建筑之原始，究起自何时，殆将永远笼罩在史前之玄秘中，易经所言，

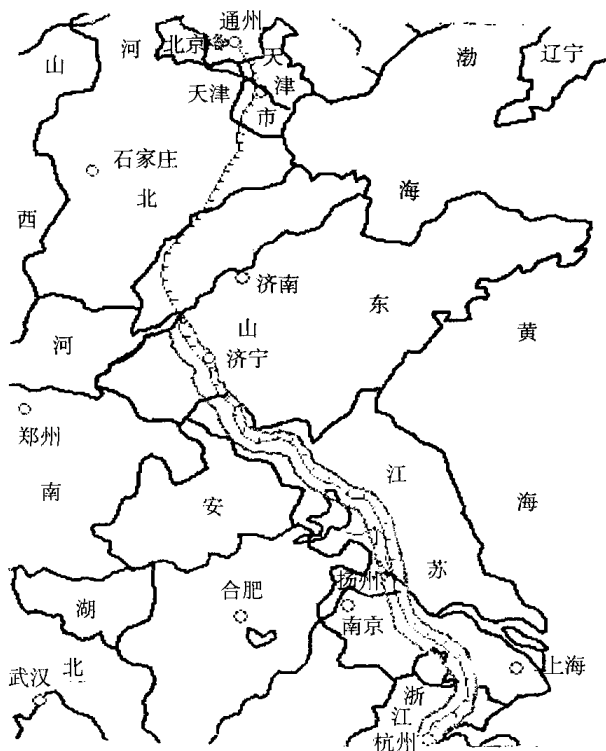


图 1-7 中国大运河流域

固为后世之推测，然其穴居之习，固无疑义，直至今日，穴居仍极普遍。宫室与穴居可同时并存，未必前后相替。”

作者认为，兼蓄并存是一种现象，而其实质已发生变化，上古穴居是居住在天然的山洞土穴里，是利用大自然的环境；今日之窑洞已有门窗并经过装修，已经纳入到建筑的范畴了。

2. 建筑与建筑业

建筑是建筑物和构筑物的统称。建筑物一般也称为“建筑”，指主要供人们生活、生产或其他活动（诸如文娱、体育、旅游、餐饮等）的房屋或场所。

建筑的生产和建造就形成了建筑业，建筑业与工业、农业一样是国民经济的重要组成部分。建筑业应用现代工业的组织与生产方式，就形成了建筑工业。建筑工业包括建筑规划、建筑设计、建筑

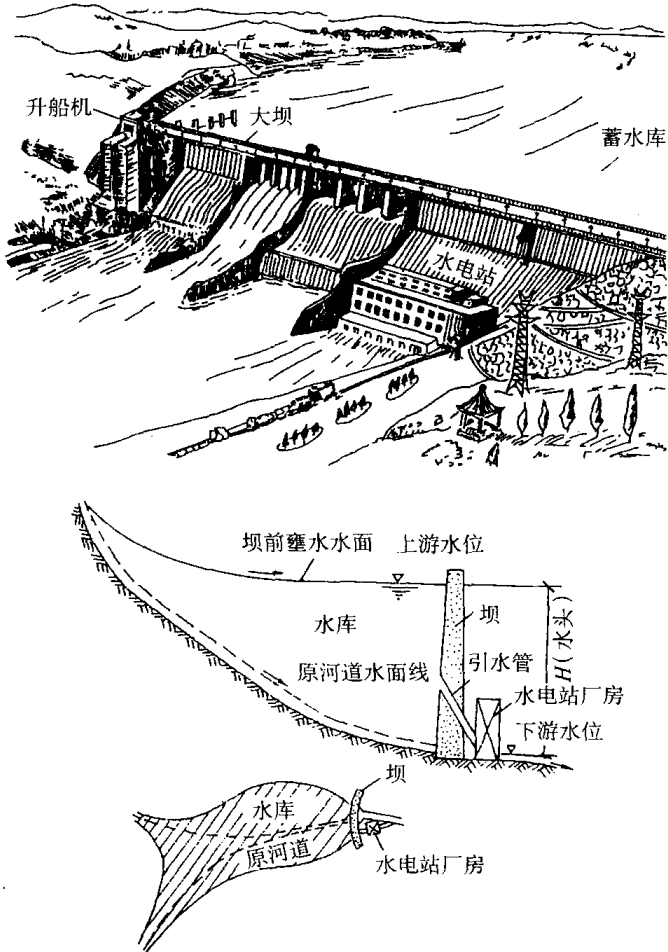


图 1-8 长江三峡水利枢纽

材料和设备的生产、建筑机械设备的安装、建筑施工方法与建筑管理技术等方面的工作。

建筑业综合成一个整体，以实现建筑系统化、生产工业化、施工机械化、管理科学化的“四化”，具有明确的计划、高效的组织和合理的建设程序，以取得综合的经济效益和社会效益。

3. 建筑与建筑设计

建筑应满足功能要求，创造空间环境，它是工程技术和科学、

艺术的综合创作。

建筑创作的理论基础是建筑学，建筑学是设计与建造建筑物并研究空间与环境的一门学科。主要内容有建筑理论、建筑结构、建筑历史、建筑设计等。建筑学要综合研究建筑功能、建筑技术、建筑艺术以及三者的关系，研究设计方法和综合运用建筑的结构、材料、施工、设备等方面的科学技术成就。

关于建筑设计，狭义地讲是仅指建筑方面的设计工作；广义地讲是指建筑物或构筑物在建筑、结构、环境、设备等方面的综合性设计工作。

在中国，多年来建筑设计是以“适用、经济、美观”为原则的。设计依据任务书要求，通过调研、考察，综合考虑功能要求以及结构、构造、材料、施工、投资等因素，设计成单体或群体的蓝图和相关文件——说明书和计算书。

建筑设计一般分为两段设计和三段设计，两段设计包括初步设计和施工图设计；三段设计包括初步设计、技术设计和施工图设计。

4. 建筑与建筑艺术

建筑艺术是通过建筑群体组织、建筑物的形体、平面布置、立面形象、结构选型、内外空间设计、装饰、色彩等多方面处理所形成的一种综合性艺术。

建筑艺术形象，具有特殊的反映社会生活、精神面貌和经济基础的功能。在现代建设中，重视艺术与审美，已成为当今世界各国人民的共识。通过建筑艺术可以提高人的美学素质和文化修养，这种特殊的功能，是科学技术无法代替的。

建筑艺术反映了每个时代的政治、经济、文化和科学的背景，表达了丰富的历史文化信息。我们要想了解人类文明的历程，建筑艺术是不可不知的。

一个国家、一个城市，其标志性建筑都代表着国家和城市的形象，并能反映出民族的传统风格和文化。下面将通过具体实例来赏析一下建筑设计和建筑艺术。

【实例 1-1】 卢孚宫扩建工程——“金字塔”

1988 年建成的法国巴黎卢孚宫扩建工程，建筑精致、抒情和美