



清华大学土木工程系列教材

3

Conceptual Design and Case Study of Building Structure

建筑结构概念设计及案例

罗福午 张惠英 杨 军 编著

Luo Fuwu Zhang Huiying Yang Jun



清华大学出版社

本书是清华大学百门精品课程的教材之一，主要目的是拓宽土木工程专业学生的视野，培养设计的能力。

本书主要论述了建筑结构概念设计的概念、原则和思路，并配以生动的案例及学生作业，为国内土木工程专业“结构概念设计课”的创新教材。

本书是高等学校土木工程专业的教科书或参考书，也可作为结构工程技术人员有价值的参考资料。

ISBN 7-302-07781-9



9 787302 077817 >

定价：25.00元



与时代同步的优质学习资源

清华大学土木工程系列教材

Conceptual Design and Case Study of Building Structure

建筑结构概念设计及案例

罗福午 张惠英 杨 军 编著

Luo Fuwu Zhang Huiying Yang Jun

清华大学出版社
北 京

内容简介

本书提出建筑结构概念设计的概念、原则和思路,并介绍相关案例。“概念”部分说明结构概念设计的地位和作用、基本思路、基本做法以及设计中常用到的结构概念。“原则”部分说明结构概念设计的经验认识、基本要领和基本方法。“案例”部分则通过介绍国内外一些著名建筑结构工程和著名结构工程师所做的结构方案和结构设计要点,探讨他们怎样将一些结构概念运用到设计中。

本书是在总结清华大学土木系“建筑结构概念设计课”的教学成果基础上编写的。书中不但有理论论述和大量案例介绍,更有明确的针对性,即针对当前土木工程专业和建筑工程专业学生缺乏工程意识以及结构设计人员做方案能力不强的现象而写作的。

本书既可以作为高等学校土木工程和建筑工程专业专业的教科书或参考书,也是结构设计人员、科研人员、大中专院校教师学生有价值的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构概念设计及案例 / 罗福午, 张惠英, 杨军编著. —北京: 清华大学出版社, 2003.12

(清华大学土木工程系列教材)

ISBN 7-302-07781-9

I. 建… II. ①罗… ②张… ③杨… III. 建筑结构—结构设计—高等学校—教材 IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 116057 号

出版者: 清华大学出版社

地址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮编: 100084

社总机: 010-62770175

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 徐晓飞

文稿编辑: 梁广平

印刷者: 北京四季青印刷厂

装订者: 三河市新茂装订有限公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 203×253 印张: 15.5 字数: 420 千字

版次: 2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-302-07781-9/TU·213

印数: 1~5000

定价: 25.00 元

前 言

全球飞速发展的工程技术，使我们深刻地认识到培养具有创新能力人才的必然性，也使我们清醒地感受到当前高等院校土木工程专业教学内容改革的迫切需要。从以往我国工业与民用建筑专业所培养的人才来看，他们具有一定的理论水平，但实际应用能力较差；他们可以运用设计和施工规范做好具体工作，但做设计和施工方案的能力较弱；他们能够配合建筑设计意图布置结构系统，但独立创新的工程意识颇低。这些不足，与以往教学中缺乏设计能力的训练以及理论教学脱离工程实际有关。作为高等工程教育工作者，我们一直片面以为学生在校掌握好基本理论知识最为重要，课程设计教学环节不过是让学生经历一个应用所学理论知识去处理工程中常规做法的一个训练过程而已，有创新意识的设计能力培养可以在毕业后到实践中去自行摸索（何况教师自己也不善于做结构方案，而且以往也没有培养学生创新设计能力这方面的要求）。殊不知，高等学校素质教育的重点就是培养学生的创新和实践能力。若要达到这个目标，在工科教育中设计能力的训练正是在掌握理论知识以外的一个重要的教学环节，这一点已被当前国际高等工程教育界人士所重视，并且已经具有共识。美国工程教育界甚至提出“大学本科工程教育计划的重组，应把工程培养所必要的基础知识、工程设计思想和方法、自学和终身自学的能力和兴趣的培养等内容放在首位……”的论点，值得我们重视。

建筑结构的概念设计是建筑工程中结构设计的灵魂，应该在当前土木建筑工程专业教学环节中加以反映。这样才既能建立工程教育中“分析与综合”、“纵向思维与横向思维”、“追求确定与调和折衷”并重的工程范式，对探索改革工程教育的教学模式有利，又能考验学生对所学理论知识的理解和应用，锻炼他们提出问题、分析问题、解决问题的能力，激发他们建立工程意识和培养创新精神。而且这也是当前高等工程教育中进行教学内容和方式改革，提高受教育者学识、能力和素质的

一条通道。

本书提出建筑结构概念设计的概念、原则并介绍一些工程案例。“概念”部分介绍结构概念设计的地位作用、基本思路、基本做法以及设计中常用到的结构概念。“原则”部分介绍结构概念设计的经验认识、基本要领、基本方法。“案例”部分则通过介绍一些著名建筑结构工程和著名结构工程师所做的结构方案和结构设计要点,探讨他们怎样将一些结构概念运用到设计中的。希望本书能成为本专业教师改革课程设计教学的促媒,能给本专业学生学会怎样做结构方案以启发,能对从事设计和施工工作的工程师起到启示作用。

本书第1章为“建筑结构概念设计概述”,重点叙述结构概念设计的概念、原则和结构设计中常用的几个基本概念,由罗福午撰写;第2章为“托罗哈结构概念设计作品案例”,它们是结构概念设计的范例,由罗福午编译并作提示;第3章叙述高层建筑结构的概念并介绍国内外若干著名高层建筑的结构方案和结构设计要点,其中有些选自美国知名高层建筑结构专家塔纳拉特的著作《高层建筑钢 混凝土 组合结构设计》(第2版,罗福午等译,中国建筑工业出版社出版),由罗福午编写;第4章介绍国内外其他知名建筑工程的结构概念方案和结构设计要点,由张惠英、罗福午、杨军编写;第5章为清华大学学生作业案例,由杨军编写。

在清华大学土木系开设的“结构概念设计课”受到了学生们的广泛好评,课程也被评为清华大学首批“百门精品课”。但由于我们对建筑结构概念设计的理解还不够透彻,开设这门课程的时间不长,积累的工程和教学实践经验不多,再加上编写本书的时间较短,书中一定有不少缺点乃至错误,请读者提出批评指正,以便再版时更正。

编 者

2003年1月于清华大学

目 录

前言	I
第 1 章 建筑结构概念设计概述	1
1.1 建筑结构的作用	1
1.2 结构概念设计的概念	1
1.3 概念设计在建设过程中的地位	2
1.4 建筑结构的基本构件类型	5
1.4.1 基本构件的类型	5
1.4.2 各种构件之间的区别与联系	10
1.5 建筑结构的几个基本概念	14
1.5.1 荷载和作用	14
1.5.2 结构失效和材料, 结构受力和荷载	16
1.5.3 结构的可靠度和设计方法	17
1.5.4 结构的三个基本分体系	19
1.5.5 关于地基的基本概念	20
1.5.6 梁、板设计中的几个基本概念	22
1.5.7 梁、拱和索	25
1.5.8 梁柱框架	28
1.5.9 平面桁架 (含空腹桁架) 和空间网架	29
1.5.10 从对比中认识壳体结构	32
1.5.11 折板结构和幕结构	35
1.5.12 帐篷、网索和充气结构	37
1.5.13 结构受力、变形的相对性	39
1.5.14 结构构件的弯曲变形示意图	40
1.5.15 预应力和预应力结构	42
1.5.16 结构抗震设计的基本概念	44
1.5.17 从总体概念上考虑结构设计	46
1.5.18 对标准、规范、规程应有的知识	49
1.6 结构概念设计的原则	50
第 2 章 托罗哈结构概念设计作品案例	54
2.1 关于 E. 托罗哈的评价	54

2.2	运动场旁有轨电车站	56
2.3	圆形手术教室	58
2.4	阿尔捷希拉集贸市场	60
2.5	阿罗丝渡槽	64
2.6	半英里长的渡槽方案	68
2.7	考特温多斯飞机棚	70
2.8	马德里赛马场观众台	72
2.9	拉斯考茨足球运动场观众台	79
2.10	雷索莱多斯回力球场	83
2.11	托雷琼和巴拉加飞机棚	88
2.12	埃斯拉拱桥	92
2.13	建筑结构小品	98
2.13.1	考蒂拉莱斯房屋工程	98
2.13.2	马德里某蓄水池	103

第3章	高层建筑结构概念和结构设计案例	105
3.1	高层建筑的定义和高层建筑的结构体系	105
3.1.1	高层建筑的定义	105
3.1.2	高层建筑的结构体系	105
3.2	高层建筑结构受力概念	109
3.2.1	高层建筑结构受力特征	109
3.2.2	从对比中认识高层建筑结构	110
3.2.3	高层建筑的风荷载	112
3.2.4	高层建筑承受的地震作用	113
3.2.5	高层建筑结构中的传力路线	114
3.2.6	弯曲刚度指数和剪切刚度指数的概念	116
3.3	知名高层建筑结构设计案例	120
3.3.1	香港中国银行	120
3.3.2	香港汇丰银行	124
3.3.3	世界贸易中心和西尔斯大厦	127
3.3.4	帝国大厦和约翰·汉考克中心	133
3.3.5	塔拉纳特提出的高效能高层建筑结构概念	136
3.3.6	拟建超高层建筑——米格林-拜尔特大厦的结构概念设计	139
3.3.7	地王商业大厦和金茂大厦	141
3.3.8	核心筒外伸桁架结构体系概念及其概念设计案例	145
3.3.9	错列桁架结构体系的概念及其概念设计案例	148
3.3.10	有转换层的结构概念设计案例	151

第4章 其他建筑结构概念设计案例	154
4.1 一般肋形楼盖结构	154
4.1.1 楼盖结构在建筑结构中的地位	154
4.1.2 肋形楼盖构件的主要参数估计	155
4.1.3 一般钢筋混凝土肋形楼盖案例	158
4.1.4 扁梁楼盖案例	160
4.2 盒子结构	164
4.2.1 盒子结构概述	164
4.2.2 盒子结构案例	165
4.3 穹顶结构	170
4.3.1 穹顶结构概述	170
4.3.2 古近代穹顶结构案例	171
4.3.3 现代穹顶结构案例	176
4.4 拱结构	181
4.4.1 拱结构特点	181
4.4.2 拱结构案例	182
4.5 悬索结构	190
4.5.1 悬索结构特点	190
4.5.2 悬索结构案例	191
4.6 网架结构	203
4.6.1 网架结构特点	203
4.6.2 网架结构案例	205
4.7 T. 亨特结构概念设计案例(草图)	215
4.7.1 东英格兰大学塞恩斯伯里中心	215
4.7.2 布里斯托尔演奏中心	220
4.7.3 结构小品两例	224
第5章 课程作业案例	227
5.1 本案例工程概况和结构特点	227
5.2 本案例概念设计的任务	230
5.3 教学组织及要求	231
5.4 方案比较及方案的确定	231
参考文献	239

第 1 章 建筑结构概念设计概述

1.1 建筑结构的作用

从分子到宇宙，结构无所不在。建筑物自然也有结构，它将建筑物的各部分有序地组成一个完整的整体，称之为建筑结构。

建筑结构的作用，首先表现为形成人类活动所需要的、功能良好和舒适美观的空间。它既有物质方面的需要（如它的空间尺度、功能需求和通道联系），又有精神方面的需要（如它的文化内涵、新颖形式和高雅表现），这是建筑结构的根本目的和出发点。

建筑结构的作用，其次表现为能够抵御自然的和人为的作用力（前者如地球引力、风力、气温变化和地震作用等，后者如振动、爆炸等），能使建筑物耐久使用，并在突发偶然事件时，保持整体稳定，这是建筑结构之所以存在的根本原因。

建筑结构的作用，第三表现为充分发挥所采用材料的效能。建筑结构都是应用石、砖、混凝土、钢材、木材乃至合金材料、化学合成材料等在土层或岩层上建造的。材料所需的资金占建筑工程投资的大部分。材料是建造结构的根本物质条件。“有效地利用材料、尽可能地节约材料”往往是建筑结构设计的重要指标。

此外，建筑结构必须适应当时当地的环境，并与施工方法有机结合，因为任何建筑工程都受到当时当地政治、经济、社会、文化、科技、法规等因素的制约，任何建筑结构都是靠合理的施工技术来实现的。因此，优秀的建筑结构应具有以下特点：

- (1) 在应用上，要满足空间和功能的需求；
- (2) 在安全上，要符合承载和耐久的需要；
- (3) 在技术上，要体现科技和工程的新发展；
- (4) 在造型上，要与建筑艺术融为一体；
- (5) 在建造上，要合理用材并与施工实际相结合。

1.2 结构概念设计的概念

建筑工程的概念设计在我国应成为一个先于建筑工程的初步设计，以功能优越、造型美观、技术先进的总体方案为目标的设计阶段。建筑工程的概念设计一般有建筑方面的概念设计和结构方面的概念设计两大部分，它们之间相互影响、相互协调、相互结合。

在建筑工程的概念设计里，要求在环境的布局 and 治理、建筑的空间和形式、结构的体系和材料、构筑的方法和效益之间协调一致，做到“功能、结构、美观、建造”的统一。

结构概念设计的前提，是对地区规划和自然环境、建筑意图和使用功能需要的理解，以及对资金状况、材料来源和建造条件的了解。

结构概念设计的成果，是确定结构的总体方案（指主要承重体系）、相应的分结构体系（指屋楼盖、基础等）以及它们间的关系（含主要连接方法）。

结构概念设计的主要手段，是对力学概念、材料性能、结构体系和建造技术的娴熟运用，同时还要有审美的眼光、工程的意识和丰富的实践经验。在结构概念设计过程中，要进行整体的考虑，全面的比较，快速的估算，综合的评价和果断的选择。

结构概念设计所需的时间，既可能在短期内完成，也可能要经历一个反复比较的进程，甚至要进行一些模拟试验；它们都要摆脱设计作品的一般化。

结构概念设计的目的，是在初步设计前为所设计的工程项目设想一个概念性的总体方案，使今后的设计、施工和使用都能够做到“又好、又快、又省”。

做好结构概念设计的思维方式和传统相比，要有以下转变：

- (1) 从习惯于纵向思维（从结构的方案、体系、布置、计算、构造到施工图）转变为兼注意横向思维（规划、建筑、结构、设备、施工的结合）；
- (2) 从习惯于重视设计规范，转变为更重视实践（工程经验积累和多观察工程实际现象）；
- (3) 从习惯于重视理论分析，转变为兼重视综合考虑（人、财、物、时间、空间……）；
- (4) 从习惯于追求“绝对地确定”，转变为注意“相对地比较”（在比较中求相对地好、快、省）；
- (5) 从习惯于标准、定型、传统，转变为改革、更新、创造。

总之，要做到构思有新意，做法有创新，尽可能采用新技术，为新的实践提供新思路。

做好结构概念设计要处理好各种参与者的关系，重视和尊重业主代表、建筑和设备主持人、施工人员的要求、思路、观点和意见，因为他们的根本出发点与结构是一致的，他们与结构间的矛盾可以在互相了解、相互协商、相互探讨中得到统一。

如果说在结构设计中选择好设计程序称为用好“软件（software）”，运用计算机进行计算和绘图称为使用“硬件（hardware）”；那么，做好结构概念设计应称为有了“慧件（wiseware）”。在一项工程设计中，有一个好的慧件似乎比正确地用好软件、硬件更为重要。做好概念设计是设计者应该具备的能力，也是他们具有高素质和高修养的表现；而对于学习者来说，则是高境界的学习阶段，是培养创新思维和创造能力的组成部分。

1.3 概念设计在建设过程中的地位

我国现行建筑工程建设的程序如图 1-1 所示。初步设计以前的“设计构思”，以及在综合地合理处理规划、建筑、结构、设备、施工诸方面关系后所形成的“总体设计方案”，是概念设计的成果。它为完成初步设计文件提供了正确的概念和思路。因而可以认为，概念设计既是设计的灵魂，也是整个建设过程中的灵魂。

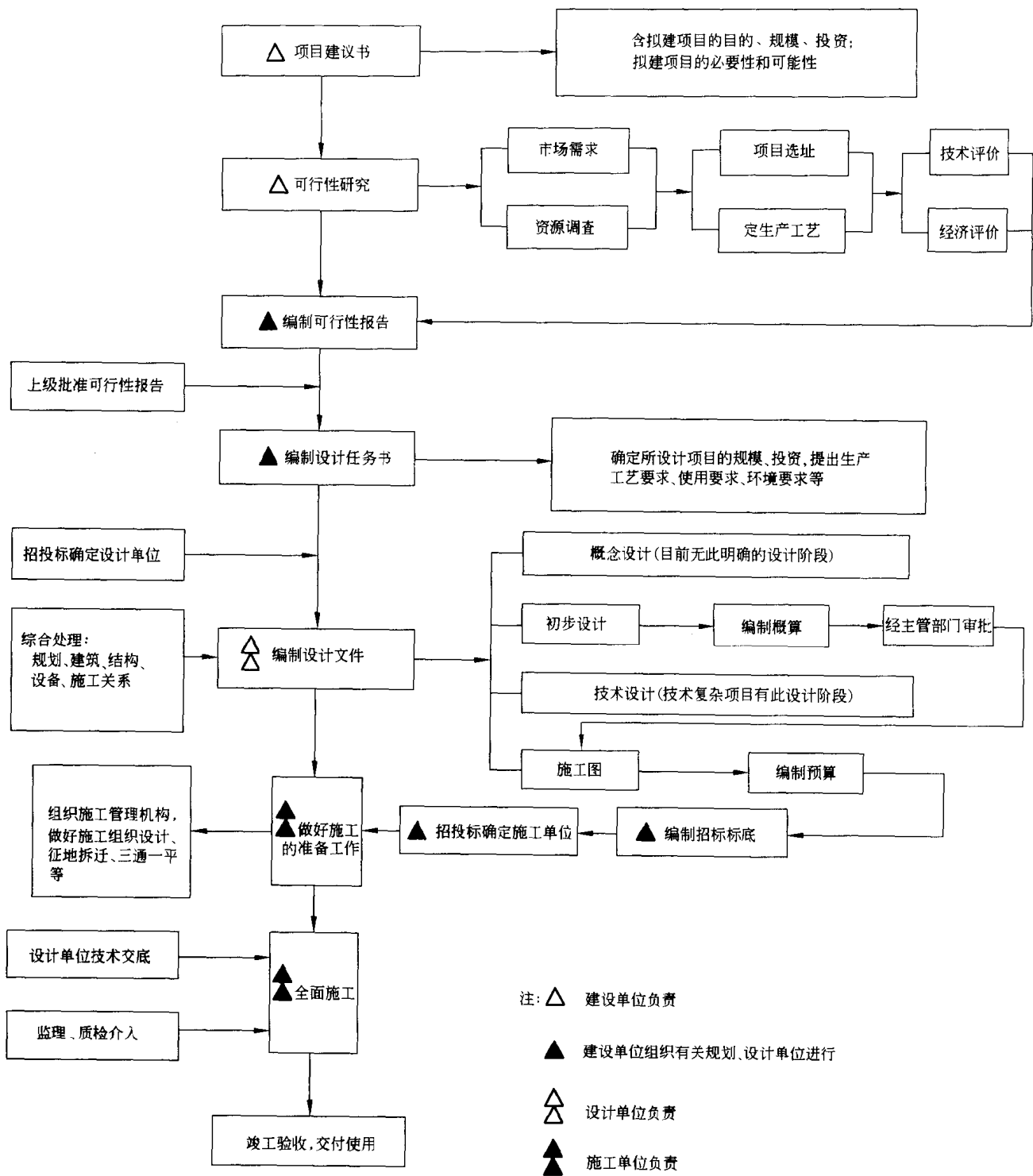


图 1-1 我国现行建筑工程建设程序示意

1. 概念设计与初步设计的关系

初步设计文件应包括以下三方面:

(1) 设计说明——含设计依据、设计规模、设计范围、设计指导思想和特点（对总体布局、选用标准和结构选型的综合叙述）、总指标（占地面积、建筑面积、能源和主要建筑材料消耗量、概算等）。

(2) 设计图纸——含区域位置图、总平面图、建筑平立剖示意图、竖向布置图。

(3) 结构设计——含结构设计总说明（自然条件、安全等级、使用荷载、抗震烈度和其他特殊要求）和结构设计主要内容的说明（结构选型、地基处理、基础型式、材料选用、构造处理等）。

由此可见，概念设计的深度以能够进行上述初步设计的需要为前提。对于结构的概念设计来说，则要按照长期安全使用的要求，建筑设计的需要，技术经济的可能，以及结构受力的分析，巧妙地做到以下几点：

- 确定主体结构的体系（和其相应的楼盖、屋盖、承重结构和基础结构系统）；
- 选择主要的结构用材料；
- 考虑关键部位的构造措施；
- 合理地建议先进的施工技术。

2. 建设过程中各类工程师的职责

建筑物的建设过程是建筑师、结构工程师、设备工程师、施工工程师共同合作的多边复杂过程。各类工程师要解决的主要问题如表 1-1 所示。

表 1-1 建设过程中各类工程师的职责

建筑师的职责	结构工程师的职责
(1) 与规划的协调，房屋体型和周围环境的设计； (2) 合理布置和组织房屋室内空间； (3) 解决好采光通风、照明、隔音、隔热等建筑技术问题； (4) 艺术处理和室内外装饰。	(1) 确定房屋结构承受的荷载，并合理选用结构材料； (2) 正确选用结构体系和结构型式； (3) 解决好结构承载力、变形、稳定、抗倾覆等技术问题； (4) 解决好结构的连接构造和施工方法问题。
设备工程师的职责	施工工程师的职责
(1) 确定水源，给排水标准、系统、装置； (2) 确定热源，供热、制冷和空调的标准、系统、装置； (3) 确定电源，照明、弱电、动力用电的标准、系统、装置； (4) 使水、暖、电系统和建筑、结构布置协调一致。	(1) 施工组织设计和施工现场装置； (2) 确定施工技术方案和选用施工设备； (3) 建筑材料的购置、检验和使用； (4) 熟练技工和劳动力的组织； (5) 确保工程质量和工期进度。

其中，建筑师和结构工程师的密切配合与合作，是最基本的要求。结构工程师和建筑师的关系有 4 个层次：

(1) 合作——即“你做你的设计，我做我的设计，遇到矛盾，合作协商解决”，这是最低层次的要求。

(2) 结合——即“虽然各做各的，但都能懂得对方，主动结合，互相补充”。结构工程师要懂得建筑设计原理，理解建筑艺术需要，熟悉建筑技术问题，清楚本工程的建筑设计思路；同样，建筑师要懂得结构设计原理和结构技术、构造问题，清楚本工程的结构设计思路，这是较高层次的要求。

(3) 融合——即“你中有我，我中有你，融为一体”。结构工程师要自觉地考虑建筑问题，建筑师也要自觉地考虑结构问题。实际上，建筑平面和体型是所采用结构体系的反映，而结构选型又受到建筑设计思路 and 效果的影响。它们之间客观上存在着更高层次的融合关系。

(4) 统一——即“结构工程师就是建筑师，建筑师也是结构工程师”，两类人才的素质都统一在一个人身上。如意大利的奈尔维（P. L. Nervi）和西班牙的托罗哈（E. Torroja）就是这种人物。罗

马小体育馆（见节4.3.3）和马德里赛马场观众台（见节2.8）是他们各自的代表作。这是最高层次的关系，应该作为结构工程师和建筑师的方向。

概念设计时，结构工程师和建筑师之间至少是“结合”关系，应该是“融合”关系。做到“功能、结构、美观、建造的统一”，是概念设计的高标准要求。

如果把建筑物比作一个人，建筑相应于人的气质、精神、体型、容貌，结构相应于人的骨骼、肌肉、耐力、寿命。如果把建筑物比作一棵树，建筑相应于树种、树叶、树形，它的根是文化；结构相应于树干、树茎、树枝，它的根是材料。要融文化的内涵于建筑之中，依靠材料和结构的发展，才能促使建筑的繁荣。要充分掌握材料的性能，充分发挥材料的作用，靠社会和建筑的需求，才能促使和充实结构的发展。

西班牙著名结构工程师托罗哈的座右铭，应该成为进行结构概念设计时的指导思想：

“My final aim always been for the functional, structural and aesthetic aspects of a project to present an integrated whole, both in essence and appearance.”（我的最终目的，是永远将一个设计对象的功能方面、结构方面、美观方面表现为一个在本质上和形式上结合的整体。）

1.4 建筑结构的基本构件类型

建筑结构是在一个空间中用各种基本的结构构件集成成的有着某种特征的有机体；有了各种基本的结构构件，才能够将它们组织成一个具有使用功能的空间，才能够使这个有机体作为一个整体结构将作用在它上面的荷载传递给地基。建筑结构概念设计的一个重要成果，就是确定一个由这些基本的结构构件集成成的合理的主体结构体系，并将它们有效地联系起来，形成需要的某种特征。可以认为，对任何事物的基本认识都是从对该事物的类型群进行系统的、有序的认识开始的；对建筑结构和结构概念设计的基本认识，也将从对组成结构的基本构件类型群开始。

1.4.1 基本构件的类型

常用可供选择的基本结构构件大体有以下12种类型。

1. 板

（1）板的特点

板是覆盖一个具有较大平面尺寸，但却具有相对较小厚度的平面形结构构件。它通常水平设置（有时也可能斜向设置），承受垂直于板面方向的荷载，受力以弯矩、剪力、扭矩为主，但在结构计算中剪力和扭矩往往可以忽略。

（2）板的分类

- 1) 按平面形状分，有方形、矩形、圆形、扇形、三角形、梯形和各种异形板等。
- 2) 按截面形状分，有实心板、空心（如圆孔、矩形孔）板、槽形板、单（双）T形板、单（双）向密肋板、压型钢板、叠合板（如压型钢板与混凝土板叠合、预制预应力薄板与现浇混凝土板叠合）等。
- 3) 按受力特点分，有单向板、双向板；按支承条件又可分为四边支承、三边支承、两边支承、一

边支承和4角点支承板；按支承边的约束条件还可分为简支边（沿支承边无弯矩，板端可发生转角）、固定边（沿支承边有反力、弯矩，无转角）、连续边（沿支承边有反力、弯矩、转角）、自由边（沿支承边无反力、无弯矩）板；按设置方向分，有平板、斜板（如楼梯板）、竖板（如墙板）。板可以仅支承在梁上、墙上、柱上或地平面上，也可以一部分支承在梁上，一部分支承在墙上或柱上。

4) 按所用材料分，有钢筋混凝土板、预应力（含无粘结预应力）混凝土板、钢板、压型钢板、实木板、胶合木板等。

5) 除以上分类外，板还可以组合成空间结构，如V形折板结构、幕结构或其他空间折板结构。它们的受力情况就不仅是承受垂直于板面的荷载，更要作为该空间结构的一些组合构件，承受空间作用时相应的内力。详见节1.5.11。

2. 梁

(1) 梁的特点

梁一般指承受垂直于其纵轴方向荷载的线型构件，它的截面尺寸小于其跨度。如果荷载重心作用在梁的纵轴平面内，该梁只承受弯矩和剪力，否则还受有扭矩。如果荷载所在平面与梁的纵对称轴面斜交或正交，该梁便处于双向受弯、受剪状态，甚至还可能同时受扭矩作用。

(2) 梁的分类

1) 按几何形状分，有水平直梁、斜直梁、曲梁、空间曲梁（螺旋形梁属此）等。

2) 按截面形状分，有矩形、T形、倒T形、L形，倒L形、┐形、工字形、槽形、箱形、空腹、薄腹、扁腹（指截面宽度大于截面高度）等。还有等截面（指全梁的截面等高）、变截面（如鱼腹式、折线式，即全梁的截面不等高）、叠合（指两次浇筑成型）梁等。

3) 按受力特点分，有简支梁、伸臂梁、悬臂梁、两端固定梁、一端简支另一端固定梁、连续梁等。梁的受力特点还与它在结构中所处位置以及所受荷载情况有关，如在平面楼盖中有次梁、主梁、密肋梁、交叉梁（即井字梁）、挑梁，在楼梯中有斜梁，在工业厂房中有承受动力荷载的吊车梁，在桥梁中有桥面梁等；至于圈梁，则是砌体结构中埋置在墙砌体内的一种构件，不直接承受荷载，主要作用是承受因墙体不均匀沉降引起的内力，增加楼（屋）盖的水平刚度。梁的高跨比一般为 $1/16 \sim 1/8$ ，悬臂梁要高达 $1/6 \sim 1/5$ ，预应力混凝土梁可小至 $1/25 \sim 1/20$ 。高跨比大于 $1/4$ 的梁称为深梁。

4) 按所用材料分，有钢筋混凝土梁、预应力混凝土梁、型钢梁、钢板梁、组合梁（如型钢与混凝土组合）、实木梁、胶合木梁等。

3. 柱

(1) 柱的特点

柱是承受平行于其纵轴方向荷载的线形构件，它的截面尺寸小于它的高度，一般以受压和受弯为主，故柱也称压弯构件。

(2) 柱的分类

1) 按截面形状分，有方（矩）形、圆（环）形、工（L、十）字形截面柱，双肢柱、格构柱，单（双）柱（用于有吊车的单层厂房结构）等。

2) 按受力特点分，有轴心受压柱和偏心受压柱两种；至于构造柱，则是墙砌体中的一种构件，不直接承受荷载，其作用主要是增加墙体的延性。

3) 按所用材料分,有石柱、砖柱、砌块柱、钢筋混凝土柱、钢柱、组合柱(如型钢与混凝土组合,砌块与钢筋混凝土组合)、木柱等。

4. 框架

(1) 框架的特点

框架是由横梁和立柱联合组成能同时承受竖向荷载和水平荷载的结构构件。在一般建筑物中,框架的横梁和立柱都是刚性连接,它们间的夹角在受力前后是不变的;连接处的刚性给予框架在承受竖向和水平荷载时衡量承载能力和稳定性的尺度,使框架的梁和柱既受轴力(框架梁在设计时轴力可忽略)又受弯曲和剪切(框架柱在设计时剪切可忽略)。在单层厂房中,由横梁和立柱刚性连接的框架也称刚接排架;横梁和立柱间用铰支承连接的框架则称铰接排架,简称排架。

(2) 框架的分类

1) 按跨数、层数和立面构成分,有单跨、多跨框架,单层、多层框架,以及对称、不对称框架。单跨对称框架又称门式框架。

2) 按受力特点分,若框架的各构件轴线处于一平面内的称平面框架,若不在同一平面内的称空间框架,空间框架也可由平面框架组成。

3) 按所用材料分,有钢筋混凝土框架、预应力混凝土框架、钢框架、胶合木框架和组合框架(如钢筋混凝土柱和型钢梁,组合砖柱和钢筋混凝土梁)等。

5. 桁架

(1) 桁架的特点

桁架是由若干直杆组成的一般具有三角形区格的平面或空间承重结构构件。它在竖向和水平荷载作用下各杆件主要承受轴向拉力或轴向压力(当有侧向荷载作用在桁架的个别杆件上时,它们也会像梁一样受弯曲),从而能充分利用材料的强度;故适用于较大跨度或高度的结构物,如屋盖结构中的屋架、高层建筑中的支撑系统或格构墙体、桥梁工程中的跨越结构、高耸结构(如桅杆塔、输电塔)以及闸门等。

(2) 桁架的分类

1) 按立面形状分,有三角形、梯形、平行弦、折线形、拱形以及空腹桁架等;其中空腹桁架的腹杆间没有斜杆,参见图1-17。

2) 按受力特点分,有静定桁架和超静定桁架,平面桁架和空间桁架(其中网架就是空间桁架中的一种)。

3) 按所用材料分,有钢筋混凝土、预应力混凝土、钢结构、预应力钢结构、木结构、组合结构(如钢和木组合,钢筋混凝土和型钢组合)等。

6. 网架

(1) 网架的特点

网架是由多根杆件按照一定的网格形式,通过节点连接而成的空间结构。各杆件主要承受拉力或压力。网架具有重量轻、刚度大、抗震性能好等优点,主要用于大跨度屋盖结构。

(2) 网架的分类(参见图1-19)

1) 按外形分,有双层平板网架、立体交叉桁架、单(双)层曲面壳型网架等。

2) 按板型网格组成成分, 有交叉桁架网架 (含两向或三向正〈斜〉放、两向或三向斜交斜放)、四角锥网架 (含正〈斜〉放四角锥、正放抽空四角锥、棋盘〈星〉形四角锥)、三角锥网架 (含抽空三角锥、蜂窝形三角锥)、六角锥网架等。

3) 按形成曲面的形式分, 有圆柱面壳网架、球面壳网架、双曲抛物面壳网架等。

4) 按所用材料分, 有钢筋混凝土网架、钢网架、木网架、组合网架等。

7. 拱

(1) 拱的特点

拱是由曲线形或折线形平面杆件组成的平面结构构件, 含拱圈和支座两部分。拱圈在荷载作用下主要承受轴向压力 (有时也承受弯矩和剪力), 支座可作成能承受竖向和水平反力以及弯矩的支墩, 也可用拉杆来承受水平推力。由于拱圈主要承受轴向压力, 与同跨度同荷载的梁相比, 能节省材料, 提高刚度, 跨越较大空间, 可采用砖、石、混凝土等廉价材料, 因而它的应用范围很广泛, 既可用于大跨度结构, 也可用于一般跨度的承重构件。

(2) 拱的分类

1) 按拱轴线的外形分, 有圆弧拱、抛物线拱、悬链线拱、折线拱等。

2) 按拱圈截面分, 有实体拱、箱形拱、管状截面拱、桁架拱等。

3) 按受力特点分, 有三铰拱、两铰拱、无铰拱等。

4) 按所用材料分, 有钢筋混凝土拱、混凝土砌块拱、砖拱、石拱、钢拱 (含钢桁架拱)、木拱 (含木桁架拱) 等。

8. 壳体

(1) 壳体的特点

壳体是一种曲面形的构件, 它与边缘构件 (可由梁、拱或桁架等构成) 组成的空间结构称壳体结构。壳体结构具有很好的空间传力性能, 能以较小的构件厚度覆盖大跨度空间。它可以做成各种形状, 适应多种工程造型的需要; 不论做成什么形状, 一般都能做到刚度大、承载力高、造型新颖, 且可兼有承重和围护双重作用, 能较大幅度地节省结构用材, 因而广泛应用于结构工程中。壳体的曲面一般可由直线或曲线旋转或平移而成; 它们在壳面荷载作用下主要的受力状态为双向受压, 因而可以做得很薄, 但在与边缘构件连接处的附近除受压力还受弯、受剪, 因而需局部加厚。

(2) 壳体的分类

1) 按曲面几何特征分, 有正高斯曲率^①壳 (如圆球面壳、椭圆球面壳、抛物面壳、双曲扁壳)、负高斯曲率壳 (如双曲面壳、双曲抛物面扭壳、双曲抛物面鞍形壳)、零高斯曲率壳 (如圆柱面壳即筒壳、椭圆柱面壳、锥面壳) 等, 参见图 1-24。

2) 按所用材料分, 以钢筋混凝土壳为主, 也可用钢网架壳、砖壳、胶合木壳等。

① 两个方向主曲率 (k_1 和 k_2) 的乘积称高斯曲率 K , $K = k_1 k_2$:
正高斯曲率为 k_1 、 k_2 同号, 即 $K > 0$;
负高斯曲率为 k_1 、 k_2 异号, 即 $K < 0$;
零高斯曲率为 k_1 或 k_2 为零, 即 $K = 0$ 。