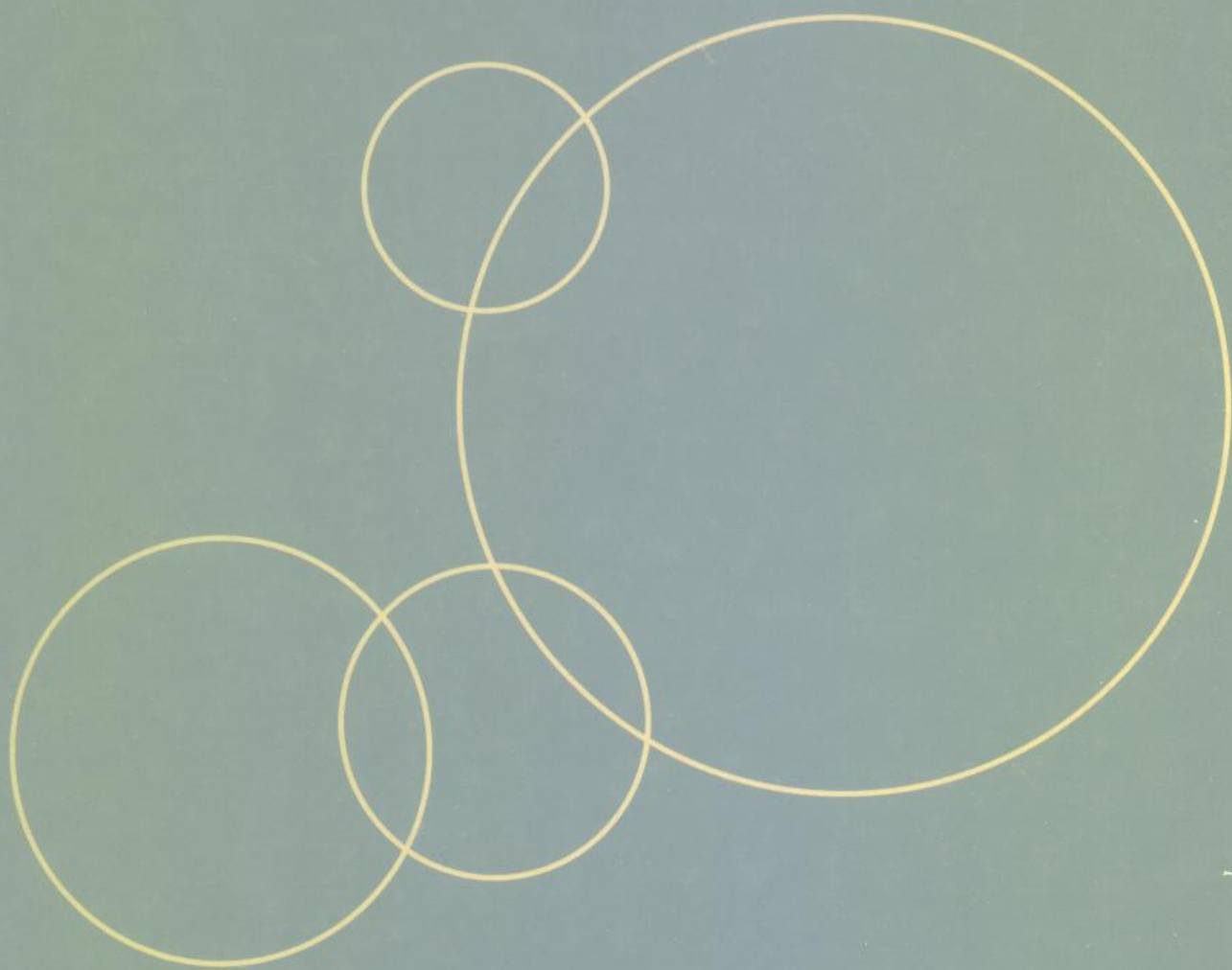


结构概念和体系 (第二版)

STRUCTURAL CONCEPTS AND
SYSTEMS FOR ARCHITECTS
AND ENGINEERS

(SECOND EDITION)

[美] 林同炎 S·D·斯多台斯伯利 著
高立人 方鄂华 钱稼茹 译



中国建筑工业出版社

121
(2)

结构概念和体系

(第二版)

Structural Concepts and Systems for Architects and Engineers Second Edition

[美] 林同炎 S·D·斯多台斯伯利 著
高立人 方鄂华 钱稼茹 译

——献给建筑师与结构工程师



7

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图字: 01-98-2434 号

图书在版编目 (CIP) 数据

结构概念和体系: 第 2 版 / (美) 林同炎, (美) 斯多台斯伯利著;
高立人等译. -北京: 中国建筑工业出版社, 1999

书名原文: Structural Concepts and Systems for Architects and
Engineers

ISBN 7-112-03810-3

I. 结… I. ①林… ②斯… ③高… II. 建筑结构-理论
IV. TU31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 38200 号

Copyright ©1988 by Van Nostrand Reinhold

All rights reserved.

美国 Van Nostrand Reinhold 出版公司正式授权中国建筑工业出版社发行本书中文版。

Structural Concepts and Systems for Architects and Engineers (Second Edition) / T. Y. Lin, Sidney
D. Stotesbury, Van Nostrand Reinhold, 115Fifth Avenue New York, New York 10003

结构概念和体系

(第二版)

[美] 林同炎 S·D·斯多台斯伯利 著
高立人 方鄂华 钱稼茹 译

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27 $\frac{3}{4}$ 字数: 674 千字

1999 年 2 月第二版 1999 年 2 月第二次印刷

印数: 16201—19200 册 定价: 62.00 元

ISBN 7-112-03810-3

TU·2952 (9175)

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)

本书为结构工程师和建筑师提供了深厚而又具独特见解的基础知识和工程实例。书中阐述了结构设计中的基本力学概念，特别介绍了用整体概念来规划设计结构总体方案的方法；介绍了结构总体系和各分体系之间的力学关系；以及简化近似的分析计算方法。

本书构思新颖，叙述深入浅出。对建筑师和结构工程师了解建筑空间形式和结构性能之间的相互关系，进而在设计中创造性地相互配合，提高设计方案的快速比较和选择的能力都大有裨益。

本书可供建筑、结构设计人员及大专院校建筑学及结构专业的师生学习参考。

* * *

责任编辑：王 跃 夏英超

译者序

先进的设计思想可以通过概念设计充分地展现。一个结构项目工程师的主要任务就是在特定的建筑空间中用整体概念来设计结构的总体方案，并能有意识地利用总结构体系与各基本分体系之间的力学关系，而不仅仅是能精确地计算和分析一个给定的分体系或构件。国际上公认的优秀结构设计，都是由一种或几种基本分体系有机地组合而成。这一方面要求结构工程师具有不懈追求尽善尽美的设计思想，同时也要求具备丰富、踏实的整体结构概念和基本分体系的相互比较概念。客观现实是，凡是概念设计做得好的结构工程师，其结构概念是随年龄与实践的增长而越来越丰富，设计成果也越来越创新、完美。反之，只会依赖规范、设计手册、计算机程序做习惯性传统设计的结构工程师，特别是在一体化计算机结构程序全面应用的今天，随着年龄的增长会导致连大学学过的那些孤立的观念都被忘却，更谈不上设计成果的创新。

概念设计可以借助概念性简化计算来完成，虽有一定误差，但概念清楚，定性准确，手算简便、快捷，能很快选择和确定最佳方案。同时也是施工图设计阶段判断计算机计算结果可靠与否的主要依据。

上述一切，作者在本书中都为结构工程师和建筑师提供了深厚而又有独特见解的基础知识和工程实例。本书在美国首次出版时就受到空前的欢迎，这本被公认为最好的一本结构设计专业书籍，又已进行了精心的修订，对第一版中所介绍的概念、原理与方法作了更清晰、简化、更新和扩充的阐述，以跟上该领域的最新观念。

译者有幸作为访问学者在美国旧金山林同炎国际工程顾问公司工作期间，深受林同炎教授的这种先进设计思想的启示和教诲。受益之感受真乃一言难尽，却都潜移默化在每一个设计项目中，不论项目是大是小，都会激起自我的挑战感、创造感和乐趣感，总是在不断充实，越来越顺从自然。翻译本书的目的也旨在愿读者同仁能从林同炎教授深厚的结构设计概念、悟性、判断力与创造性中得到启示和裨益。

林同炎教授对本书的翻译给予了大力支持，特地从美国旧金山寄来了亲笔提写的书名（见扉页）。本书的原出版者序、序言、第6、8、11章、附录F由高立人翻译；第1、2、3、7、12章、附录E由方鄂华翻译；第4、5、9、10、13、14、附录A~D由钱稼茹翻译。由高立人进行总校对和整理。

对王传志教授等第一版的译者同仁在此表示敬意。



原出版者序

对第一版的称赞：

“该书从头到尾充实了非常深厚的知识……学生以及从事专业工作的建筑师或结构工程师都会发现该书的内容是有裨益的。”

——美国建筑学会期刊 (AIA Journal)

“……对建筑学和结构工程专业的学生都有极大的价值。”

——建筑科学评论 (Architectural Science Review)

《结构概念和体系》一书以它的从每一个项目开始就协调建筑和结构设计一致性的这种独特讲授结构设计的方法，在 1981 年首次出版时就受到当时空前的欢迎。这本已被学生和专业建筑师与结构工程师公认为最好的一本结构专业书籍，现在已精心地完成了更新和修订，以跟上该领域的最新论点和观念。

新版本仍然保持着作为一本教科书所必需的这种普及和能被广泛接受的方法和格式。修订是以本书六年来的教学总结为基础，同时反映了 1985 年的委托条例要求，用一种更加切合专业实践的方式来讲授结构设计。

作者林同炎和斯多台斯伯利是两位在该领域很有名望的专家，他们用三个相互关联的学习部分来讲授基本设计原理和房屋结构总体系设计的问题。第一部分从总体上讨论典型房屋形式的方案特征和它们所要求的总结构体系性能之间的关系。第二部分通过介绍具体结构分体系的设计要求，对第一部分的讨论作详细地说明。最后，第三部分涉及到房屋设计中必须考虑的一些特殊问题，其中包括高层和大跨度结构的设计、基础分体系、施工和建筑经济。

读者仅需要有几何、初等静力学和材料力学的基本知识，这些在附录 A-1 和 A-2 中都作了一些简单的复习。书中附有习题和实例。

学生和在职的建筑师与结构工程师都将发现，这本被广泛注视的著作，为结构设计提供了充实而又有见识的基础知识，并促进了建筑师和结构工程师之间的成功合作。

林同炎 (T. Y. Lin) 是旧金山林同炎国际工程顾问公司的董事长，伯克利加州大学的名誉教授。1969 年林同炎教授作为研究和设计的开拓者被选为华盛顿国家工程院院士。科学院和工程院的房屋研究委员会授予他“四分之一世纪奖状”，以表扬他 25 年来 (1952~1977) 对建筑科技的理论和实践所做出的贡献。他是 1986 年在白宫典礼上被总统授予“国家科学勋章”的 20 位美国人之一。他是《预应力混凝土结构设计》一书的作者，和《钢结构设计》一书的合作者，另外还著有 100 多篇有关技术和研究的论文。

S·D·斯多台斯伯利 (Sidney D. Stotesbury) 是堪萨斯州立大学的建筑学副教授。他在伯克利加州大学获得建筑学博士学位。1968 年他参加了林同炎教授为伯克利加州大学教学发展委员会制定和实施的一独特的、整整一年的大学系列课程“技术和都市社会”。他还曾是林同炎国际工程顾问公司的建筑顾问。在堪萨斯州立大学，斯多台斯伯利博士曾开设了三门新课程：建筑学中的环境系统 (I) 和建筑学中的结构体系 (I) 和 (II)。他的研究还涉及太阳能-效应建筑；有关自然舒适和节能的设计；以及建筑设计教学中技术交流和创造性之间的关系。

VAN NOSTRAND REINHOLD

序 言

在1988年,房屋设计中技术上和建筑上的复杂性继续增大。在结构工程与建筑专业之间继续存在着技术共识的空白。而相应的教学和现代信息的分离又继续限制着建筑师与结构工程师之间创造性地相互配合的可能性。这种制约在设计项目的方案阶段尤为重要,致使建筑空间形式和技术思路之间整个关系不协调,从而增加以后的设计阶段出现较大矛盾的机会。

本书意欲在方案设计和初步设计阶段填补这种空白,并以此书献给建筑学和结构工程专业的大学生。本书着重于确定和说明结构设计方案选择的一些比较基本的设想和处理手段,而不是细部设计。为此提出一种强调从总体系列分体系的比较完善的整体设计方法以供学习,并把结构设计思想溶入建筑设计中,或反之。其之所以完善是因为介绍了:1)作为基本形式决定因素的结构设计原理;2)用于概念设计和具体设计的近似分析的简化方法。

第二版对第一版中所介绍的概念、原理与方法作了更清晰、简化、更新和扩充的阐述。本书的主要目的是促进学生了解和掌握建筑方案的结构特性与空间形式性能之间的整体关系。为此,第一个目标是使设计者能在提出房屋的整个总体系之前先做到概念化的方案选择。第二个目标是能很快地对主要结构分体系的设计方案进行比较选择。

本书始终强调选择最佳的主要作用力和作为总结构体系的房屋几何特征的重要性。书中列举了量的分析,但这些公式与计算的应用仅限于分体系的近似计算需要,构件的设计也仅能满足于建立可行的分体系方案和相对有效的主要构件。使用本书的学生需具有代数、几何、三角、初等静力学、结构力学和材料力学的基本知识。

本书分为三个相互关联的学习部分,以便说明如何将整体设计的原理运用到结构总体系方案选择的概念设计和初步计算分体系及其主要构件中去。关于不同材料的问题,本书重点在于静力分析和整体设计基本原理的应用,这对所有的材料都是通用的。

第一部分:第1章至第5章是从总体上讨论典型房屋形式的方案特性与它们所要求的总结构体系性能之间的关系。第1章介绍整体设计方法的概念,说明在房屋设计中结构工程师和建筑师的作用,并在建筑和结构的设计思想之间建立起概念上的联合。第2章和第3章着重概略地探讨了各类房屋形式的选择与力的基本类型之间的关系,以及为达到总体系整体性要求的分体系相互关系。第4章和第5章提供了为估算房屋总荷载的实例与数据,以说明如何应用整体设计方法对不同类型的房屋设计进行方案阶段的分析。

第二部分:第6章至第9章通过介绍具体结构分体系的设计要求对第一部分的内容作详细说明。更深一步地比较分析构件的功能,并通过近似计算求得主要构件的具体布置方

案和初步截面尺寸。

第三部分：第 10 章至第 14 章涉及到房屋设计中必须考虑的一些特殊问题。第 10 章与第 11 章重点介绍了高层和大跨度结构的设计。第 12 章介绍基础分体系。第 13 章介绍施工。第 14 章论述建筑经济。

本书范围很广，但未涉及结构构件及其节点详图的施工图设计。确切地说，只是介绍了基本概念及房屋总体系设计的有关知识。通过对本书的系统学习，读者应该能清楚地了解和掌握作为建筑形式决定因素的结构受力状态、分体系以及它们的相互关系选择的几种基本类型。而且，读者能学会对各种总结构体系和分体系方案作近似的快速分析与比较，这在方案设计和初步设计阶段是非常适用的。

简言之，学习了本书原理的读者是能够在设计项目的方案阶段应用整体结构设计的方法，这样还能保证为建筑和结构设计思想的基本一致性打好一个基础。对那些将继续进行更加专门学习（或已经学过）的学生会发现本书提供了一个广泛的、有独特见识的基础知识，从而有助于巩固和创造性地运用更加专门化的知识。

作者相信，本书通过给建筑学和结构工程专业的学生提供共同的基本知识，会有助于技术交流，同时也有助于设计责任不同的双方相互尊敬，提高将来作为专业人员创造性合作的能力。对于在职的专业人员以及他们的专业职员，本书也是有用的，可以补习如何能在房屋设计中应用整体设计思想。

林同炎

S·D·斯多台斯伯利

目 录

第1章 概述——建筑设计中的结构	2
第1节 总论	3
第2节 建筑设计的过程	5
第3节 结构教育的总体方法	8
第4节 结构和其他分体系	9
第5节 小结	12
第2章 把方案阶段的建筑形式看作总结构体系	14
第1节 整体的假定	15
第2节 估算建筑形式上的总作用力	19
第3节 高宽比与抗倾覆	23
第4节 建筑物的承载力和刚度	27
第5节 建筑形式中的对称与非对称	35
第3章 整体性及主要分体系的相互关系	38
第1节 建筑形式中结构作用的层次	39
第2节 把建筑形式设想为实体结构	42
第3节 把建筑形式看作空间结构	52
第4节 柱式和框架式空间结构	58
第4章 房屋结构总体系的方案分析	72
第1节 把空间组成的部件作为主要结构分体系	73
第2节 总体系分析的整体与局部问题	76
第3节 单层开敞空间建筑	81
例 4-1	
第4节 两层停车库	85
例 4-2	
第5节 12层办公楼	87
例 4-3	
第6节 15层公寓的巨型结构	90
例 4-4	
第5章 结构荷载与结构反应	94
第1节 概述	95
第2节 恒载	96

第3节	活荷载	99
第4节	风荷载	101
第5节	地震作用	104
第6节	结构内部和外部的伸缩变形	108
第7节	结构反应	109
第8节	建筑规范、结构性能和承载力	111
第6章	水平分体系的整体设计	114
第1节	概述	115
第2节	水平分体系的整体结构性能	116
第3节	平板体系	124
	例 6-1: 预应力混凝土平板	
第4节	板-梁体系	128
	例 6-2A	
	例 6-2B	
第5节	主-次梁体系	132
	例 6-3	
第6节	双向密肋体系	138
	例 6-4: 双向密肋体系	
第7节	空间桁架体系	141
	例 6-5: 空间钢桁架体系	
第7章	竖向分体系	144
第1节	概述	145
第2节	墙体系	148
	例 7-1: 剪力墙设计	
	例 7-2: 桁架式剪力墙设计	
第3节	井筒	153
	例 7-3: 筒结构分体系设计	
第4节	竖向荷载作用下的框架结构分体系	156
第5节	水平荷载作用下的框架结构分体系	158
	例 7-4: 框架分析	
第6节	竖向构件的近似侧向变形	164
	例 7-5: 侧向变形	
第8章	直线型水平构件	172
第1节	构件的截面形状与大小	173
第2节	弯矩图	177
第3节	内力抵抗矩	183
第4节	容许应力和极限应力设计	190
第5节	挠度	191
第6节	预加应力与荷载平衡的预应力混凝土设计	193
	例 8-1	
	例 8-2	
	例 8-3	

第 7 节	梁的水平和垂直剪力流	200
第 8 节	设计实例	202
	例 8-4	
	例 8-5	
	例 8-6	
	结论	
第 9 节	水平构件的连接	209
第 10 节	桁架	214
第 9 章	直线型竖向构件	218
第 1 节	拉杆、吊杆和受拉构件	219
第 2 节	承受轴向荷载的短柱	221
	例 9-1: 柱子的设计	
第 3 节	长柱	224
	例 9-2: 细长钢柱的设计	
第 4 节	受弯钢柱	231
	例 9-3: 受弯钢柱的设计	
第 5 节	受弯混凝土柱	233
	例 9-4: 受弯混凝土柱的设计	
	例 9-5: 承受大弯矩的混凝土柱设计	
第 6 节	柱子的抗震设计例题	235
	例 9-6: 混凝土柱	
	例 9-7: 钢柱	
第 10 章	高层建筑	240
第 1 节	概述	241
第 2 节	剪力墙体系	244
	例 10-1 剪力墙房屋的设计	
第 3 节	框架体系	247
	例 10-2: 框架房屋的设计	
第 4 节	筒体结构	249
	例 10-3: 圆筒建筑的设计	
	例 10-4: 芝加哥 Sears-Roebuck 大楼	
第 5 节	特殊体系	254
第 6 节	楼盖体系	260
第 7 节	位移、振动和承载力	262
第 8 节	结构材料的重量	264
第 11 章	拱、悬索和薄壳结构体系	266
第 1 节	概述	267
第 2 节	拱形结构体系	268
	例 11-1: 拱的设计	
第 3 节	悬索结构体系	273
	例 11-2: 悬索结构的设计	
	例 11-3: 斜拉屋盖结构的设计	

第 4 节	折板和筒形薄壳	278
	例 11-4: 竞赛场悬臂壳的设计	
第 5 节	双曲拱壳	282
	例 11-5: 雅加达双曲拱壳的环梁设计	
第 6 节	碟形壳	291
	例 11-6: 碟形壳的设计	
第 7 节	双曲抛物面壳	295
	例 11-7: 双曲抛物面壳屋盖的设计	
第 8 节	轻质充气结构	302
第 12 章	基础	306
第 1 节	概述	307
第 2 节	条形基础和筏形基础	309
第 3 节	独立基础和联合基础	311
	例 12-1: 独立基础的设计	
第 4 节	桩和沉井基础	313
	例 12-2	
第 5 节	挡土墙和围堰	318
	例 12-3: 挡土墙设计	
第 13 章	施工	324
第 1 节	概述	325
第 2 节	钢结构施工	325
第 3 节	现浇混凝土的施工	333
第 4 节	预制混凝土的施工	339
第 14 章	房屋结构的造价	348
第 1 节	概述	349
第 2 节	造价百分比估算	350
第 3 节	用平方英尺估算	351
第 4 节	用体积估算	353
第 5 节	关于造价可变因素的概述	355
第 6 节	大跨度屋盖体系的经济性	358
参考文献	(精选部分)	361
附 录	363
附录 A	结构静力学和材料力学的若干常用原理	364
附录 B	结构体系及构件设计的参考数据	370
附录 C	结构构件的截面特征	376
附录 D	梁的剪力、弯矩和挠度	396
附录 E	高层建筑的位移	402
附录 F	关于两座独特结构的论文	410
计量单位换算系数表	430

结构概念和体系

(第二版)

第 1 章

概述—— 建筑设计中的结构

第 1 节 总论

由于现代技术的发展,建筑设计人员和工程结构设计人员的能力发挥是相互关联的,建筑物应是建筑师和工程师创造性合作的产物。但是这种合作常常是困难的。与大多数产品不同,建筑要表现空间形式,同时它又被感受为一种总体环境。设计任务既是综合的,又是具体的,它既有形,又无形,这使事物变得复杂了。

为创造一个有效的建筑物,设计人员必须处理空间形式表现与三种相互有关联的功能需求:与使用活动有关的、物质的和象征性的需求(图 1-1)。对设计者的要求是要将一个建筑物的多种性能组织在一起,以满足这些要求,而且应该是最优化的集合。

与使用活动有关的需求是所谓运行性能,它来自人类在一个受控环境中进行活动的需要。对于一个给定的工程项目和场地,相互有关的许多活动空间必须按照活动内容、场地范围、相互关系、环境气候和服务设施等特定要求进行组织。当然,如果孤立地看,也可以说有一些物质的需求,可看作是基本的自然的构成。也就是说,设计者必须研究能源提供、机械设备、结构和施工等内容。但是,要成为建筑的一部分,这些物质需求也应放在组织活动空间相互关系的总体方案中加以考虑。

设计者必须以空间形式

组织建筑物的功能性质

以满足使用者的三种要求:

1. 与活动有关的(使用的)

2. 物质的(构造的)

3. 象征的(感受的)

图 1-1 建筑设计是综合的空间组织问题

此外,当设计人员按总体环境设计一个空间形式方案的运行和构造性质时,他们还必须考虑未来使用者在象征性方面的需求。这很重要,因为使用者将感受这个已建成的环境并生活在其中。对使用者来说,建筑物是他们生活环境的象征,是社会对他们的态度以及对房主的社会和审美价值尊重程度的象征。建筑设计人员必须负责,且保证把所有那些价值表现溶入他的整个设计方案中。事实上,所有建筑项目最基本的要求是给人们提供一个有某种追求的活动场所,它应当是鼓舞人心的,而不是其他,更不能是令人产生消极情绪的。

对于建筑师,上述需求表现为一系列相互有关的设计问题,这些问题必须综合地加以处理。因此,通常建筑师的设计思想着眼于总体,而不是个别因素,在设计的前期阶段尤其如此,因为这时建筑师必须构思一个总体的空间形式,目标是保证活动功能、物质的及象征性要求的协调一致。然后他们才用这种全盘考虑的形象来指导以后的工作和合作的设

计者，通过具体设计和细部去完善这个方案。

各建筑项目相互关联的这种性质，使综合方法成为必要。在方案阶段必须有建筑师和工程师的创造性地合作，双方必须都能从总体出发考虑技术问题。遗憾的是，工程师教育的专门化模式导致他们向相反的方向考虑问题，常常由细节开始，而对总体方案缺乏足够的关心。这形成了双方的隔阂，通常它限制了建筑师和工程师之间在各个设计阶段的创造性地合作。而且，当这种隔阂影响了方案和初步设计阶段，它的限制性就更大。由于建筑师受的结构方面的教育常常是浓缩的工程课程，他们无法弥补这种隔阂。其结果是，工程师等待建筑师提出一个空间形式方案（无结构的），然后设法去具体化。这不仅不能充分利用他们的知识、精力和时间，而且还会产生矛盾。

一个时期以来，许多有创见的工程师和建筑师已认识到了这种隔阂对他们的限制作用。他们认识到去学习怎样在形成空间形式概念的组成特性的同时，而不是以后，就形成基本运行和使用特征。这两个领域的许多教育工作者也同意上述观点。尽管事实上工程师受的教育内容需要比建筑师更加专门和深入，但是许多建筑和工程教育工作者都认为，任何一个技术领域，例如结构，必须放在总体设计中加以理解，才可能在环境设计构思其形象的阶段创造性地应用这些技术知识。他们并不否认专门化知识的学习是有用的，但是他们认为对教育者的核心问题是：必须找到一种教育方法，使建筑和结构专业的学生学会在总体设计内容中将技术知识概念化。十分明显，未来环境设计者们的创造性合作是能够增进对总体系构思的。

一般舆论容易认为，过分强调专业教育会影响多数环境设计者的创造性。但是为什么总体构思能力会产生创造性的根本原因是，它是加强综合的、建筑空间形式设计和更加专门、也更关心具体设计的工程师之间联系的自然桥梁（图 1-2）。这可使两种专业人员在同一水平上去认识和解决在广泛的方案上的结构和空间设计的矛盾，然后才能在施工图设计阶段去处理涉及细节的一些问题。总体构思会使设计者相信，他们能够容易地就建筑概念中比较基本的结构内容交换意见，或者反过来也一样。这可使创造性的合作在设计的前期阶段不仅可能，而且受到欢迎，因为它是有利于，而不是干扰总体建筑的形成。

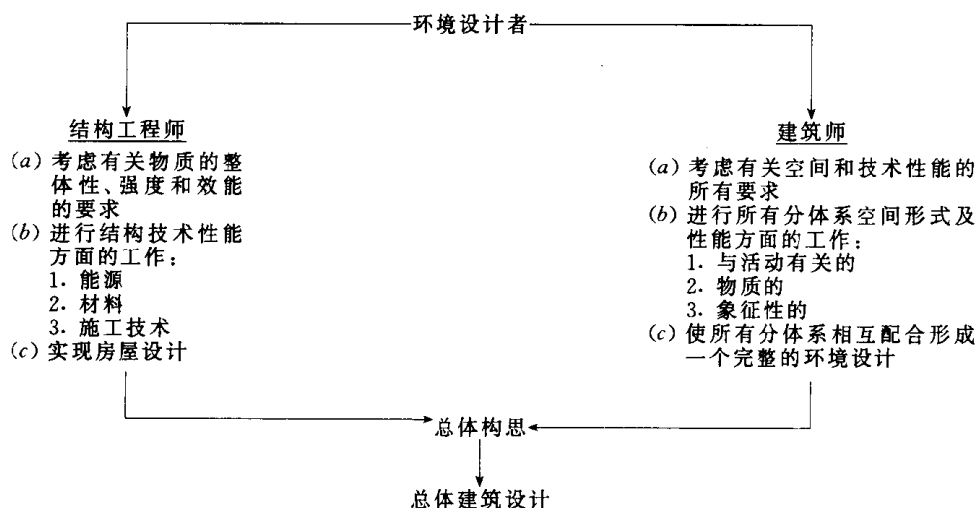


图 1-2 总体构思能使工程和建筑技巧结合

因此，本书强调总体构思应成为结构知识入门的基础，使人们能从整个体系的角度来看待以后专门知识的学习。所以，前四章着重学习结构的总体方法，从整个结构体系的角度