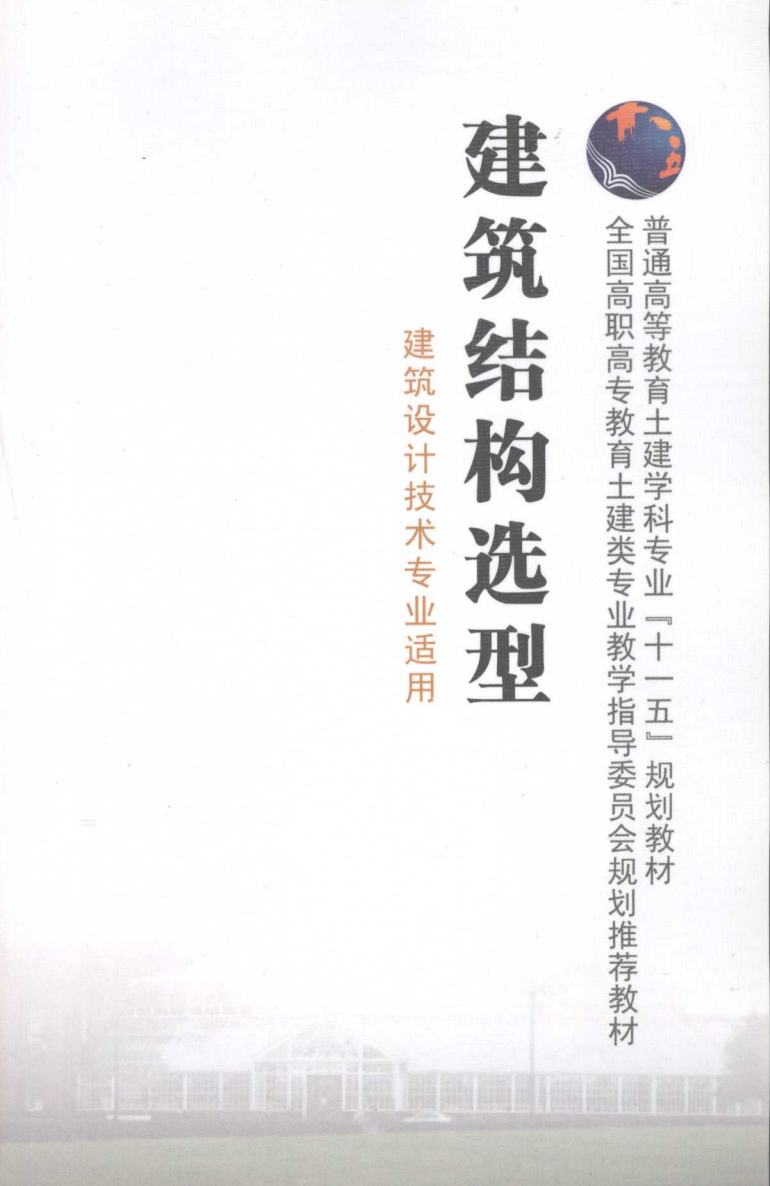




普通高等教育土建类专业「十一五」规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑结构选型

建筑设计技术专业适用



本教材编审委员会组织编写
戚豹 主编

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业「十一五」规划教材

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑结构选型

本教材编审委员会组织编写

戚豹 主编

张建勋 主审

中国建筑工业出版社

- [65] 李善臣. 钢筋混凝土柱筒壳的设计与施工. 第一届全国结构学...
- [66] 升子. 公共建筑设计总结. 第三届全国结构学术交流会议论文集. 中国建筑工业出版社, 1982.
- [67] 慎铁刚. 建筑力学与结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [68] 慎铁刚. 建筑力学与结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [69] 慎铁刚. 建筑力学与结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [70] 宋国光. 空间结构和薄壁杆件. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [71] 宋国光. 空间结构和薄壁杆件. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [72] 宋国光. 空间结构和薄壁杆件. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [73] 宋国光. 空间结构和薄壁杆件. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.
- [74] 孟广林. 楼结构的发展及其在中国的应用前景. 第八届全国结构学...
- [75] 孟广林. 楼结构的发展及其在中国的应用前景. 第八届全国结构学...
- [76] 李中仁. 楼结构. 国外楼结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996 (3).
- [77] 李中仁. 楼结构. 国外楼结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996 (3).
- [78] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [79] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [80] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [81] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [82] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [83] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [84] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [85] 戚豹. 楼结构的结构选型. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.



图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构选型/本教材编审委员会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 建筑设计技术专业适用

ISBN 978-7-112-09051-8

I. 建... II. ①本...②戚... III. 建筑结构-结构形式-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 014920 号

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑结构选型

(建筑设计技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

戚豹 主编

张建勋 主审

*

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

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 380 千字

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-09051-8

(15715)

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)

本书简洁地叙述了各种常见结构体系设计的基本理论以及原理,全面系统地介绍了建筑结构的形式,包括:桁架、刚架、拱、薄壳、网架、网壳、悬索、薄膜结构、混合空间结构、多层建筑结构、高层建筑结构、楼盖结构等,对上述结构选型分别介绍结构组成、受力特点、布置方式、适用范围、构造要点等。

本书适用于高职高专建筑设计技术专业的学生,同时也可以作为土木、建筑类专业大、中专教育教学的教材,也可以作为有关工程技术人员的参考书。

* * *

责任编辑:朱首明 杨虹

责任设计:董建平

责任校对:王雪竹 安东

序

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会是建设部受教育部委托,由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是,研究如何适应建设事业发展的需要设置高等职业教育专业,明确建设类高等职业教育人才的培养标准和规格,构建理论与实践紧密结合的教学内容体系,构筑“校企合作、产学结合”的人才培养模式,为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下,自成立以来,全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会的工作取得了多项成果,编制了建筑类高职高专教育指导性专业目录;在重点专业的专业定位、人才培养方案、教学内容体系、主干课程内容等方面取得了共识;制定了“建筑装饰技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲;制定了教材编审原则;启动了建设类高等职业教育建筑类专业人才培养模式的研究工作。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会指导的专业有建筑设计技术、室内设计技术、建筑装饰工程技术、园林工程技术、中国古建筑工程技术、环境艺术设计等6个专业。为了满足上述专业的教学需要,我们在调查研究的基础上制定了这些专业的教育标准和培养方案,根据培养方案认真组织了教学与实践经验丰富的教授和专家编制了主干课程的教学大纲,然后根据教学大纲编审了本套教材。

本套教材是在高等职业教育有关改革精神指导下,以社会需求为导向,以培养实用为主、技能为本的应用型人才为出发点,根据目前各专业毕业生的岗位走向、生源状况等实际情况,由理论知识扎实、实践能力强的双师型教师和专家编写的。因此,本套教材体现了高等职业教育适应性、实用性强的特点,具有内容新、通俗易懂、紧密结合实际、符合高职学生学习规律的特色。我们希望通过这套教材的使用,进一步提高教学质量,更好地为社会培养具有解决工作中实际问题的有用人才打下基础。也为今后推出更多更好的具有高职教育特色的教材探索一条新的路子,使我国的高职教育办的更加规范和有效。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会
2007年6月

前 言

结构工程师对具体选定的结构体系，一般都能进行静、动力学的力学分析、构件设计和整体设计。但在初步设计阶段，对于建筑设计人员来说，在多种结构体系中决定采用何种结构体系是十分棘手的，却是非常重要的实际问题。设计者必须在对各类结构体系特点、适用范围和构造要求进行深入了解和掌握的基础上，才能作出合理的选择。

本书较全面系统地介绍了常用的建筑结构型式，包括桁架、刚架、拱、薄壳、网架、网壳、悬索、薄膜结构、混合空间结构、多层建筑结构、高层建筑结构、楼盖结构等。对上述各种结构型式分别介绍其结构组成、受力特点、布置方式、适用范围、构造要点等。编写时力求对各种结构型式的系统归纳，给学生一个完整的结构体系的概念，同时又注意介绍国内外各种结构体系的实例，巩固和加深对这些概念的认识，开拓学生的设计思路。

本教材着重培养学生对各类常见建筑结构体系的认识能力和分析能力。教材内容覆盖面广且有一定深度，涵盖了大多数新颖建筑结构体系，并且对建筑、结构、构造、经济等诸方面及其相互关系都进行了分析。特别对结构在建筑设计中的重要地位进行了深入分析，这对结构、建筑设计等专业的学生来说是非常有意义的。书中既有理论知识，又有很多新近的工程实例，能开拓学生的视野。教材的内容也很有新意，大跨度空间结构、高层建筑新体系及新概念等一些章节对相关内容的扩展和归纳。对一些新型结构体系和最近的结构理念已收录在教材中。

目前，适合建筑设计专业学生学习“建筑结构选型”课程的教材尚不多见。本书完全能满足建筑设计专业教学大纲的要求。它既具有教材的系统性，又对本专业中有关课程中重复的内容进行了提炼，并且反映了一些最新的科技成果。该书不仅可以作为土木、建筑类专业大、中专教育教学的教材，也可以作为有关工程技术人员参考书。

本书的特点之一是简洁地叙述了各种常见结构体系设计的基本理论及原理，而不仅仅满足于向读者简单描述公式和方法；特点之二是结合近年来国内工程的实践经验，对于各种常见结构体系都给出了典型的节点处理、设计实例和部分设计施工图，可供读者参考其设计方法。本书第1、2、3、4章由焦文俊、康文梅撰写；第5、6、7、8、9、10章由戚豹撰写；第11、12章由康文梅、焦文俊撰写。本书由福建工程学院张建勋主审。

由于编者水平所限，书中错误或不当之处，敬请各方面的同行和读者批评指正。

目 录

绪论	1
0.1 建筑物的功能要求	3
0.2 建筑结构材料对结构选型的影响	8
0.3 施工技术对建筑结构形式的影响	10
0.4 结构计算手段的进步和设计理论的发展的影响	11
0.5 经济因素对于结构选型的影响	13
0.6 《建筑结构选型》课程的学习方法	13
第1章 力学基础	14
1.1 静力学基础	16
1.2 力系的平衡问题	27
1.3 平面体系的几何组成分析	37
1.4 静定结构的内力	40
1.5 构件失效分析基础	50
1.6 构件的应力与强度基本计算方法	57
习题	64
第2章 砖混结构体系	67
2.1 砖混结构的优缺点和应用范围	68
2.2 砖混结构房屋的墙体布置	69
2.3 砖混结构房屋的楼盖布置	71
2.4 砖混结构在房屋建筑中的地位与展望	75
习题	75
第3章 框架结构体系	76
3.1 框架的结构特点	78
3.2 框架结构的类型	78
3.3 框架结构的布置、柱网尺寸及构件截面尺寸	79
3.4 框架结构的运用与建筑艺术技巧的配合	83
3.5 框架结构的适用层数和高宽比要求	84
3.6 无梁楼盖结构	88
习题	92
第4章 剪力墙结构体系	93
4.1 剪力墙结构的概念	94
4.2 剪力墙结构体系的类型、特点和适用范围	95

4.3	剪力墙的形状和位置	97
4.4	剪力墙的主要构造	99
	习题	105
第5章 高层建筑结构 107		
5.1	高层建筑的发展概况	108
5.2	高层建筑结构的侧移控制	120
5.3	结构选型与建筑体型的配合	130
5.4	多层与高层房屋地下室的设置与基础类型	131
5.5	转换层在多、高层建筑中的应用	134
5.6	高层建筑塔楼旋转餐厅的结构设计	142
5.7	高层建筑防火	146
5.8	高层建筑实例	150
	习题	155
第6章 门式刚架结构 156		
6.1	门式刚架的结构特点和适用范围	158
6.2	门式刚架结构的类型与构造	161
6.3	预应力门式刚架结构	167
6.4	轻型钢结构厂房简介	168
	习题	172
第7章 桁架结构 173		
7.1	桁架结构的特点	174
7.2	桁架外形与内力的关系	175
7.3	屋架结构的形式与屋架材料	178
7.4	屋架结构的选型	185
7.5	屋架结构的工程实例	189
	习题	189
第8章 拱结构 192		
8.1	拱结构的受力特点	194
8.2	拱结构形式与主要尺寸	196
8.3	拱结构水平推力的处理	200
8.4	拱结构实例	203
	习题	205
第9章 薄壳结构 206		
9.1	薄壳结构的特点	208
9.2	薄壳结构形式与曲面的关系	209

9.3	圆顶薄壳	211
9.4	圆柱形薄壳	214
9.5	双曲扁壳	218
9.6	鞍壳、扭壳	219
9.7	薄壳工程实例	222
	习题	226
第 10 章	网架与网壳结构	227
10.1	网架、网壳结构的特点及其适用范围	228
10.2	平板网架、网壳的分类	229
10.3	平板网架、网壳的结构选型	240
10.4	网架、网壳的主要尺寸及构造	242
10.5	网架的支承方式、屋面材料与坡度的设置	245
10.6	网架、网壳工程实例	248
	习题	256
第 11 章	悬索结构	257
11.1	悬索结构的特点、组成和受力状态	258
11.2	悬索结构的形式及实例分析	259
11.3	悬索结构的柔性和屋面材料	263
	习题	264
第 12 章	膜结构和索膜结构	265
12.1	薄膜结构的特点	266
12.2	膜结构的形式	267
12.3	膜结构材料和设计	270
12.4	工程实例	274
	习题	276
参考文献		277



结构选型对于从事建筑设计的人员来说尤其重要。一个好的建筑设计方案，必须要有一个好的结构形式作为支撑才能实现。结构形式的好坏，关系到建筑物是否安全、适用、经济、美观。

结构选型不单纯是结构问题，而是一个综合性的科学问题。一个好的结构形式的选择，不仅要考虑建筑功能，结构安全，方案合理，施工技术条件，也要考虑造价上的经济价值和艺术上的造型美观。结构选型既是建筑艺术与工程技术的综合，又是建筑、结构、施工、设备、造价等各个专业工种的配合。其中，特别是建筑与结构的密切配合尤为重要。只有正确符合结构逻辑的建筑才能具有真实的表现力和实际的实践性，单纯追求艺术表现而忽视结构原理，设计出来的只能是艺术作品或是虚假的造型而已。充分利用和发挥结构自身造型特点，来塑造新颖且富有个性的建筑艺术造型，才是一个成功的建筑作品。以建筑构思和结构构思的有机融合去实现建筑个性的艺术表现，这种高明和有效的手法，绝非是那种单纯追求装饰趣味的做法所能比拟的。即使是从建筑艺术的角度来看，作为一个建筑设计工作者，也必须努力提升自己运用结构的素质、技术和技巧的能力。

结构选型课题的性质要求从建筑师的角度去考虑问题。建筑设计一般分三个阶段，即方案阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。在设计过程中各专业要密切配合，互相协调合作，不断修改完善，以满足建筑、结构、设备等各方面的要求。建筑设计师应当全面了解各种结构形式的基本力学特点及其适用范围，并尽可能熟练掌握。只有这样，建筑师不仅与结构工程师有了共同语言，而且在创作建筑空间的时候，也就能主动考虑并建议最适宜的结构体系，使之与建筑形象融合起来。也只有这样，建筑师在设计领域里才能比较自由地进行创造性工作。

建筑结构是作为建筑物的基本受力骨架而形成人类活动的空间，以满足人类的生产、生活需求及对建筑物的美观要求。结构是建筑物赖以存在的物质基础。无论工业建筑、居住建筑、公共建筑或某些特种构筑物，都必须承受自重和外部荷载作用（如楼面活荷载、风荷载、雪荷载和地震作用等）、变形作用（温度变化引起的变形、地基沉降、结构材料的收缩和徐变变形等）以及外部环境作用（阳光、雷雨和大气污染作用等）。倘若结构失效将带来生命和财产的巨大损失。建筑师在建筑设计过程中应充分考虑如何更好地满足结构最基本的功能要求。古罗马的维多维奇（Vitruvius）曾为建筑定下基本要求：坚固、适用和美观，这至今仍是指导建筑设计的基本原则。在这些原则中，又以坚固最为重要，它由结构形式和构造所决定。建筑材料和建筑技术的发展决定着结构形式的发展，而结构形式对建筑的影响最直接最明显。

在建筑学中，艺术和技术过去曾长期是一个统一体，现在越来越多地转入工程师的工作范围。随着科学技术的迅速发展，各学科专业的分工越来越细，在建筑工程范围内建筑学、城市规划、建筑材料、工程力学、结构工程、地基基础工程、施工组织和管理、施工技术、房屋建筑设备等许多学科

发展都很快。各门学科都有各自的研究范围和重点,这对学科的发展是十分重要的。然而,建筑设计过程中过细的分工往往导致人们从各自的专业着眼,而不能充分地从总体方面考虑问题,从方案的最初阶段各专业之间就可能经常产生分歧和矛盾。一栋成功的建筑是建筑师、结构工程师、设备工程师、施工人员等许多专业人员创造性合作的产物,其中各专业相互渗透、密切协调和配合十分重要。建筑专业人员要做到:第一、对结构有较全面的了解,与结构工程师作充分的沟通。第二、充分落实结构工程师的建议,并兼顾设计及造价。第三、在方案阶段和初步设计阶段将结构选型作为一个重要的内容进行考虑,以决定建筑总体方案和造型。

罗得列克·梅尔(A. Roderick Males)曾指出,“构造技术是一门科学,实行起来却是一门艺术”。德国建筑师柯特·西格尔(Curt Siegel)说,“没有将建筑设想变成物质现实的工程技术,就没有建筑艺术”;他还指出“必须先有一定的技术知识,才能理解技术造型。单凭直觉是不够的。同样对受技术影响的建筑造型,没有技术的指引,也不会完全理解。要想了解建筑造型的世界,就必须具备技术知识,这标志着冷静的理智闯进了美学的领域。如果想深入探讨具有决定性技术趋向的现代建筑的造型问题时,必须清楚地认识到这一观点”。近几十年来,世界各国不乏把完善功能、优美造型、先进结构、现代工艺等有机结合起来的建筑实例,创作了许多适用、新颖、先进的建筑作品。然而不可否认,也存在不少以追求新奇效果,奇特怪异造型的建筑实例,它们完全抛弃了功能适用、经济合理的原则,让结构方案去适应不正确、不合理的建筑设计的要求。

建筑方案设计和结构选型的构思是一项带有高度综合性和创造性的、复杂而细致的工作,只有充分考虑各种影响因素并进行科学的全面综合分析才有可能得到合理可行的结构选型结果。一般而言,建筑物的功能要求、建筑结构材料对结构形式的影响、施工技术对建筑结构选型的影响、结构设计理论和计算手段的发展对结构选型的影响和经济因素对于结构选型的制约等构成了影响结构选型的主要因素。这一点已成为业内人士的广泛共识,下面将影响结构选型的主要因素作简要介绍,以便于学习参考,但真正能够深入理解和善于灵活把握这些影响因素,还有待于读者在今后的学习和工程设计过程中去领会和实践。

0.1 建筑物的功能要求

建筑物的功能要求是建筑物设计中应考虑的首要因素,功能要求包括使用空间要求、使用功能要求以及美观要求,考虑结构选型时应满足这些功能要求。

0.1.1 使用空间的要求

建筑物的三维尺度、体量大小和空间组合关系都应根据业主对建筑物客观空间环境的要求来加以确定。例如,体育馆设计中首先考虑根据比赛运动项目

定出场地的最小尺度及所要求的最小空间高度,然后再根据观众座位数量、视线要求和设备布置等最后定出建筑物跨度、长度和高度。

工业建筑则应考虑车间的使用性质、工艺流程及工艺设备、垂直及水平运输要求,以及采光通风功能要求初步定出建筑物的跨度、开间及最低高度。比如,我国酒泉卫星发射中心的火箭垂直总装测试厂房是承担神舟六号载人飞船发射任务的核心工程,它的总高达100m,相当于30多层的高楼(图0-1),是亚洲目前最高的单层工业厂房。这座巨型垂直厂房采用的是钢筋混凝土

巨型刚架-多筒体空间结构体系,是世界上航天发射建筑中的首创。厂房拥有世界最重的箱形屋盖,13030t的屋盖高15m,跨度26.8m,距离地面81.6m,跨度大、空间高、自重重大。高74m,350t的厂房被誉为“亚洲第一大门”。垂直总装厂房,技术厂房与勤务塔的两项功能合二为一,机房密布,技术设施健全而先进,可容纳千余人同时工作。垂直测试厂房使火箭从检测到运送发射的过程中都处于垂直状态,避免了从水平检测再到垂直发射而产生的诸多不利因素,创造了钢筋混凝土结构火箭垂直总装测试厂房世界第一,混凝土箱型屋盖高、大、重为世界第一,单层钢筋混凝土厂房高度世界第一,混凝土框架支撑高度世界第一。

建筑结构所覆盖的空间除了使用空间外,还包括非使用空间,后者包括结构体系所占用的空间。当结构所覆盖的空间与建筑物的使用空间接近时,可以提高空间的使用效率、节省围护结构的初始投资费用、减少照明采暖空调负荷、节省维修费用。因此,这是降低建筑物全寿命期费用的一个重要途径。为了达到此目的,在结构选型时要注意以下两点:

(1) 结构形式应与建筑物使用空间的要求相适应

例如:体育馆屋盖选用悬索结构体系时,场地两侧看台座位向上升高与屋盖悬索的垂度协调一致,既能符合使用功能要求又能经济有效地利用室内空间,立面造型也可处理成轻巧新颖的形状。图0-2为我国在20世纪60年代建成的北京工人体育馆,建筑平面为圆形,能容纳15000名观众。比赛大厅直径94m,外围为7.5m宽的环形框架结构,共4层,为休息廊和附属用房。大厅屋盖采用圆形双层悬索结构,由索网、边缘构件(外环)和内环三部分组成。

对于要求在建筑物中间部分有较高空间的房屋(如散粒材料仓库),采用落地拱最适宜。例如,湖南某盐矿2.5万t散装盐库在结构选型时比较了两种方案,方案I为钢筋混凝土排架结构,方案II为拱结构,如图0-3所示。方案I的缺点是3/5的建筑空间不能充分利用,而且盐通

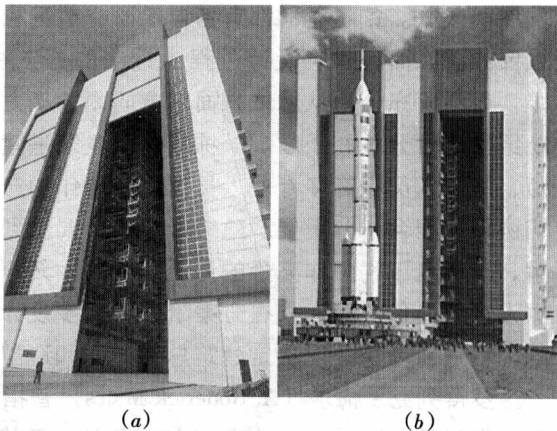


图0-1 酒泉卫星发射中心的火箭垂直总装测试厂房



图0-2 北京工人体育馆外景

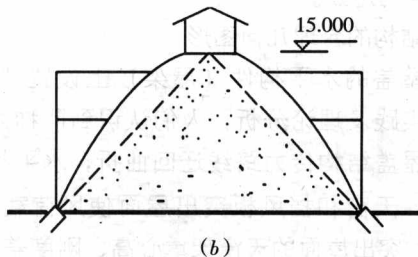
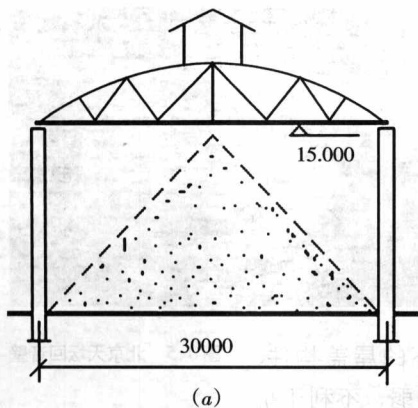


图0-3 盐库两种结构
方案
(a) 排架结构方案;
(b) 拱结构方案

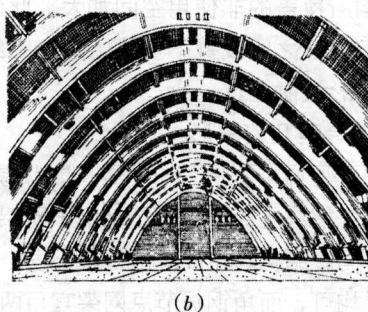
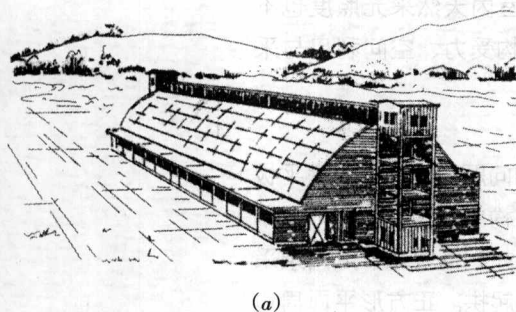


图0-4 落地拱散装盐库
(a) 透视图; (b) 屋内图

过皮带运输机从屋顶天窗卸入仓库时,经常冲击磨损屋架和支撑、对钢支撑和屋架有不利影响,因而没有采用。方案Ⅱ采用落地拱,由于选择了合适的矢高和外形,建筑空间得到了比较充分的利用。这一方案把建筑使用空间与结构形式较好地结合起来,收到了良好的效果,见图0-4。

(2) 尽量减小结构体系本身所占用的空间高度

例如:大跨度平板网架结构是三维空间结构,整体性及稳定性较好,结构刚度及安全储备均较大。因此平板网架结构的构造高度可较一般平面结构降低,从而使室内空间可得到较充分利用。例如,钢桁架构造高度为跨度的 $1/12 \sim 1/8$,而平板网架结构的构造高度仅为跨度的 $1/25 \sim 1/20$ 。

多层或高层建筑的楼盖采用肋梁结构体系,梁的高度为跨度的 $1/14 \sim 1/12$ 。当采用密肋楼盖时由于纵横交叉的肋的间距较密而形成刚度较大的楼盖,楼盖高度可取跨度的 $1/22 \sim 1/19$ 。当柱距为9m时,采用肋梁体系的梁高约为70cm,而密肋楼盖的高度约为47cm,即每层约可减少结构高度23cm。对于层数为30层的高层建筑则可在得到同样的使用空间的效果下,降低建筑物高度 $30 \times 0.23\text{m} = 6.9\text{m}$,约可降低2个楼层的高度,或可在同样建筑物高度条件下增加两层的使用空间。这样的经济效益是很明显的。

0.1.2 建筑物的使用要求与结构的合理几何形体相结合

(1) 建筑物的声学条件与结构的合理几何形体

在结构选型设计中应注意和善于利用结构几何形体对于声学效果的影响。

这方面,我国北京天坛回音壁是人们熟悉的实例(图0-5)。现代大型厅堂建筑在声学条件上要求有较好的清晰度和丰满度,要求声场分布均匀并具有一定的混响时间,还要求在距声源一定距离内有足够的声强。

(2) 采光照明与结构的合理几何图形

传统的方法是在屋盖的水平构件(屋架)上设置“ Π ”形天窗。通过多年的实践及理论分析,人们认识到此种方法具有种种缺陷。首先屋盖结构传力路线迂回曲折,水平构件跨中弯矩增大。此外,天窗和挡风板突出屋面使风荷载作用下的屋盖构件、柱、基础的受力增大。突出屋面的天窗架重心高、刚度差、连接弱,不利于抗震。此种天窗还使结构所覆盖的非使用空间加大。此外室内天然采光照度也不均匀。而利用桁架上下弦杆之间设置下沉式天窗,在结构受力、空间利用与采光效果方面都比“ Π ”形天窗优越。

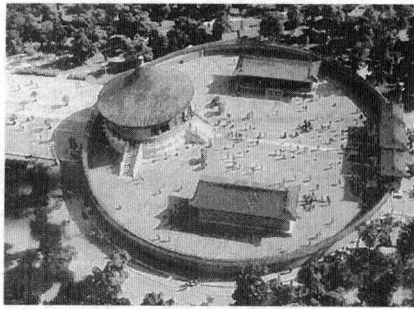


图0-5 北京天坛回音壁

(3) 排水与结构的合理几何图形

在结构选型设计中,屋面排水是另一个需着重考虑的问题。例如大跨度平板网架结构一般通过起拱来解决屋面排水问题。由于网架结构单元构件组合方案不同以及节点构造方案不同,结构起拱的灵活性也不同。例如,钢管球节点网架采用两坡起拱或四坡起拱均可,而角钢板节点网架宜用两坡起拱。正方形平面周边支承两向正交斜放交叉桁架型网架适于四坡起拱,而两向正交正放交叉桁架型网架只适于两坡起拱。正交正放抽空四角锥网架起拱较方便,而斜放四角锥网架起拱较困难。

0.1.3 美观功能要求

不同的使用功能要求不同的建筑空间,处理好建筑功能和建筑空间的关系,并选择合理的结构体系,就自然形成建筑的外形。建筑师应该在这个基础上,根据建筑构图原理,进行艺术加工,发现建筑结构自身具有美学价值的因素,并利用它来构成艺术形象。这样就可以使建筑最终达到实用、经济和美观的目的。结构是构成建筑艺术形象的重要因素,结构本身富有美学表现力。为了达到安全与坚固的目的,各种结构体系都是由构件按一定的规律组成的。这种规律性的东西本身就具有装饰效果。建筑师必须注意发挥这种表现力和利用这种装饰效果,自然地显示结构,把结构形式与建筑的空间艺术形象融合起来,使两者成为统一体。在建筑设计中,不求建筑自身形体的美,专靠附贴式装饰,浓妆艳抹,堆砌贵重的装修材料,这只能给人以虚假、庸俗的感觉,达不到真实的美的效果,既浪费了人力和物力,又不坚固和耐久。

所谓自然地显示结构,不是说结构就是美,而是要袒露具有美学价值的因素,经过建筑师的艺术加工,来达到表现建筑美的目的,而不是简单地表现结构本身。世界上有许多被公认为成功的建筑,是通过对结构体系的袒露和艺术加工而表现建筑美的。下面介绍意大利奈尔维设计的两个建筑,就是在这方面

的典范。

1. 意大利佛罗伦萨运动场的大看台

这是一个钢筋混凝土梁板结构（图0-6）。雨篷的挑梁伸出17m，意大利佛罗伦萨运动场大看台。建筑师把雨篷的挑梁外形与其弯矩图（二次抛物线）统一起来。但又不是简单的统一，建筑师利用混凝土的可塑性对挑梁的外轮廓进行了艺术处理，在挑梁的支座附近挖了一个三角形孔，既减耗了结构重力，也获得了很好的艺术效果。这个建筑，直接地显示了结构的自然形体，进行了恰如其分的艺术加工，而又不做任何多余的装饰，使结构的形式与建筑空间艺术形象高度的融合起来，形象优美，轻巧自然，给人以建筑美的享受。

这个例子说明，建筑物的重力感、力的传递与其支承的关系，也就是结构的作用，同样也是建筑艺术表现力的重要源泉。

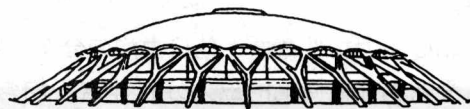
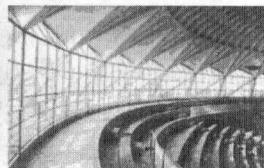
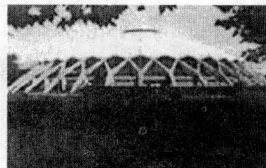
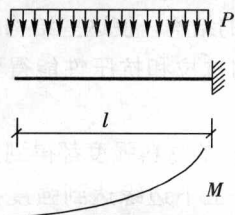
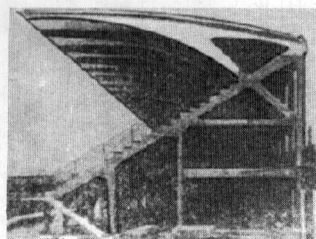
2. 意大利罗马小体育宫

罗马小体育宫建于1957年，是为1960年在罗马举行的奥林匹克运动会修建的练习馆，兼作篮球、网球、拳击等比赛用（图0-7）。罗马小体育宫可容纳6000名观众，加活动看台能容纳8000名观众。设计者为意大利建筑师A. 维泰洛齐和工程师P. L. 奈尔维。这座朴素而优美的体育馆是奈尔维的结构设计代表作之一，在现代建筑史上占有重要地位。

小体育宫平面为圆形，直径60m，屋顶是一球形穹顶，在结构上与看台脱开。穹顶的上部开一小圆洞，底下悬挂天桥，布置照明灯具，洞上再覆盖一小圆盖。穹顶宛如一张反扣的荷叶，由外露的沿圆周均匀分布的36个Y形斜撑承托，有力的把巨大的装配整体式钢筋混凝土网肋型扁圆球壳托起，把荷载传到埋在地下的一圈地梁上。斜撑中部有一圈白色的钢筋混凝土“腰带”，是附属用房的屋顶，兼作连系梁。球顶下缘由各支点间均分，向上拱起，避免了不利的弯矩，结构清晰、欢快，极富结构力度。从建筑效果上看，既使轮廓丰富，又可防止因视错觉产生的下陷感。小体育宫的外形比例匀称，小圆盖、球顶、Y形支撑、“腰带”等各部分划分得宜。小圆盖下的玻璃窗与球顶下的带形窗遥相呼应，又与屋顶、附属用房形成虚实对比。“腰带”在深深的背景上浮现出来，既丰富了层次，又产生尺度感。Y形斜撑完全暴露在外，混凝土表面不加装饰，显得强劲有力，表现出体育所特有的技巧和力量。使建筑获得强烈的个性。

图0-6 意大利佛罗伦萨运动场的大看台（左）

图0-7 罗马小体育宫（右）



从外观看,在结构接近地面处,由于高度不够无法使用,于是把这部分结构划在隔墙之外,这样不仅在外形上清楚地显示了建筑物的结构特点,而且十分形象地表现了独具风格的艺术效果。穹隆的檐边构件,作为屋面向Y形支承构件的过度,承上启下,波浪起伏,使建筑外形显得丰富优美而自然。屋面中央的天窗,在功能上是非常需要的,恰如其分地凸起,在外观上起着提神的作用。整个建筑的外观,比例谐调,形象优美、质朴而又洗练。

同时,这个建筑还对施工问题做了很周密的考虑。采用装配整体式结构,既省了大量模板,又保证了结构的整体性。施工时,起重机安放在中央天窗处,这是最理想的位置。而且由于整个建筑物没有任何多余的装饰,因此经济效果亦较好。

以上例子说明,一个好的建筑设计,建筑和结构必然是有机结合的统一体。当然,要达到这一效果不是轻而易举或者一蹴而就的,它必然是建筑师和结构工程师相互了解、配合默契的产物。建筑师要掌握各种结构体系的概貌和基本特点及其经济效果,这样建筑师才能在草拟建筑方案时选择合适的结构体系。

例如拱结构是大跨度结构中常采用的一种结构体系。合理选择拱轴线可使拱内弯矩达到最小值,主要内力是轴向压力,充分发挥出混凝土材料抗压强度高的优越性。但是拱的支座推力大,因此常需设置拉杆而使室内使用空间减小。北京崇文门菜市场采用不带拉杆的拱结构,而将其置于抗推力的框架的顶部(图8-13)。这样的方案既适应了菜市场的大空间要求,又满足了两侧翼需要较小空间的要求。在中间部分由于跨度较大,采用拱结构不但较经济而且使建筑立面较活泼,满足了美观要求。

0.2 建筑结构材料对结构选型的影响

结构形式很多,如梁板、拱、刚架、桁架、悬索、薄壳等。组成结构的材料有钢、木、砖、石、混凝土及钢筋混凝土等。结构的合理性首先表现在组成这个结构的材料的强度能不能充分发挥作用。随着工程力学和建筑材料的发展,结构形式也不断发展。人们总是想用最少的材料,获得最大的效果。以下两点是在确定结构形式时应当遵循的原则:

(1) 选择能充分发挥材料性能的结构形式

由于构件轴心受力比偏心受力或受弯状态能更充分利用材料的强度,因此人们根据力学原理及材料的特性创造出了多种形式的结构,使这些结构的构件处于无弯矩的状态或减小弯矩峰值,从而使材料的抗拉和抗压性能得到充分发挥。

轴心受力构件截面上的应力均匀分布,整个截面的材料强度都得到充分利用。受弯构件截面上的应力分布非常不均匀,除了上下边缘达到强度指标之外,中间部分的材料没有充分发挥作用。因此应该把中间部分的材料减少到最