

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

中国土木工程学会教育工作委员会 审订

建筑结构选型概论

(第2版)

J Z J G X X G L

叶献国 主编



WUTP

武汉理工大学出版社

013032409

TU3
29-2

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

建筑结构选型概论

(第2版)

主 编 叶献国
副主编 汤保新 李嘉华



武汉理工大学出版社
· 武 汉 ·



北航

C1641009

TU3

29-2

【内 容 简 介】

本书由常见单层及多、高层建筑结构型式、超高层建筑结构型式和大跨特殊结构型式等内容组成,较全面系统地对常用的建筑结构型式及其结构组成、构造要点、布置方式、受力特点和适用范围等做了介绍,包括砌体结构、排架结构、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、钢筋混凝土平面楼盖、筒体结构、高层钢结构、巨型框架结构、空间网架结构、网壳结构、门式刚架结构、桁架结构、悬索结构、拱结构、折板结构、薄壳结构、膜结构、大跨度预应力混凝土结构等内容。作者在简要叙述各种结构型式的力学原理和结构概念的基础上,结合最新搜集到的文献资料,引用国内外典型工程结构实例,力求深入浅出地对各种结构型式加以介绍,以便更好地帮助读者了解和掌握结构选型知识,开阔眼界和思路,学会将建筑方案构思与结构选型有机地结合,培养和锻炼在建筑设计中的应用能力和创新意识。

本书可作为建筑学及其相近专业、土木工程、建筑工程管理等专业的学生学习结构概念、体系和选型的教材或教学参考书,也可供建筑、结构设计人员和建筑工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构选型概论/叶献国主编.—2版.—武汉:武汉理工大学出版社,2013.1

ISBN 978-7-5629-3928-3

I. ① 建… II. ① 叶… III. ① 建筑结构-结构形式 IV. ① TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 316213 号

项目负责人:蔡德民 刘永坚 田道全

责任编辑:田道全

责任校对:万三宝

装帧设计:翰之林

出版发行:武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

网址:<http://www.techbook.com.cn>

经销者:各地新华书店

印刷者:湖北睿智印务有限公司

开本:880×1230 1/16

印张:16.25

字数:534 千字

版次:2013 年 1 月第 2 版

印次:2013 年 1 月第 1 次印刷 总第 8 次印刷

印数:22001~25000 册

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会

(第4届)

学术顾问:

吕西林 李杰 罗福午 李少甫 甘绍熺 包世华 毛鹤琴
辛克贵 刘立新 李必瑜 彭少民 何铭新 吴培明 胡敏良

主任委员:

李国强 朱宏亮 田高

副主任委员:

刘伟庆 邹超英 白国良 徐礼华 雷宏刚 贾连光 朱彦鹏
张永兴 张俊平 刘殿忠 缪昇 王岚 周学军 赵明华

委员:(以姓氏笔画为序)

王林 王燕 王月明 王天稳 王社良 王泽云 袁海庆
邓铁军 王新武 王毅红 吴炎海 卢文胜 白晓红 蒋沧如
叶献国 孙俊 孙强 刘长滨 李书进 李启令 曾志兴
李怀建 刘剑飞 孙家齐 过静珺 李碧雄 张立人 窦立军
陈水生 邵旭东 陈伯望 宋固全 张国强 张科强 戴国欣
吴雪茹 吴辉琴 何培玲 周云 俞晓 饶云刚 魏瑞演
姜玉松 段兵廷 柳炳康 赵瑞斌 徐伟 秦建平 袁广林

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘书长:蔡德民

前 言

(第2版)

建筑是社会物质文明、精神文明的集中体现,从原始社会以来,建筑活动始终在社会活动中占有十分重要的地位。我们常以“衣、食、住、行”来表达人类生活的基本要求。实际上人类生活的各个方面均离不开建筑物。人类在有意识地创造并美化居住环境的活动中积累知识,总结经验,不断创新,逐渐形成建筑学。建筑学是技术和艺术相结合的学科。建筑设计是一种创造性的活动,一个建筑物的形式和内容,既取决于设计者的主观因素,更取决于实际存在的各种客观因素。

随着科学技术和经济建设的快速发展,建筑技术的进展日新月异,新的结构理论、新材料、新的施工技术和新设备的运用,高层建筑和大跨度建筑的发展,体现了新技术的威力。建筑工业化体系的应用,加速了大量性建筑的发展。电子计算机技术进入建筑设计领域所引起的设计方法论的研究势必深刻地影响建筑学的发展。在世界范围内,尤其在我国的,建筑工程进入一个相对快速发展的阶段,涌现了一大批反映时代特征的新建筑。另一方面,随着我国高等教育改革的推进,教学计划和教学技术也出现新的变化。这些对建筑结构选型课程的教材建设提出了新的要求。为适应这一情况,武汉理工大学出版社组织有关高校教师编写了《建筑结构选型概论》这本教材,以供有关院校根据实际需要选用。

本书较全面系统地对常用的建筑结构型式及其结构组成、构造要点、布置方式、受力特点和适用范围等做了介绍,内容包括砌体结构、排架结构、框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、钢筋混凝土平面楼盖、筒体结构、高层钢结构、巨型框架结构、空间网架结构、网壳结构、门式刚架结构、桁架结构、悬索结构、拱结构、折板结构、薄壳结构、膜结构、大跨度预应力混凝土结构等主要结构型式。编者试图在简要叙述各种结构型式的力学原理和结构概念的基础上,结合最新搜集到的文献资料,引用国内外典型工程结构实例,力求深入浅出地对各种结构型式加以系统介绍,以便更好地帮助读者了解和掌握结构选型知识,开阔眼界和思路,学会将建筑方案构思与结构选型有机地结合,培养和锻炼在建筑设计中的应用能力和创新意识。目的在于帮助读者在建筑构思与设计的同时,能够进行建筑主体的结构构思,便于建筑设计人员与结构设计人员拥有更多的共同语言,创造出合理、美观、经济适用、切实可行的建筑方案与设计。

本书可作为高等院校建筑学、城市规划及其相近专业、土木工程、建筑工程管理、房地产等本(专)科专业的学生学习结构概念、体系和选型的教材或教学参考书,也可供建筑、结构设计人员和建筑工程技术人员参考。

本教材作为武汉理工大学出版社“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”之一,由普通高等学校土木工程新编系列教材编审委员会组织撰稿,自2003年第一版发行以来,在许多高校的教学中得到采用,受到师生们的欢迎,多次加印。随着时间的推移,建筑结构领域的科学技术有了新的发展,有关设计规范也作了修订。为了适应形势的变化,应武汉理工大学出版社的要求,作者对本教材作了修订,再版发行。

本教材由合肥工业大学叶献国教授(博士生导师、国家一级注册结构工程师)担任主编,扬州大学汤保新、西南科技大学李嘉华担任副主编。本教材的具体编写分工如下:合肥工业大学叶献国编写绪论、第1、9、12(第1至5节)和第15章;扬州大学汤保新编写第2、8、11、14、18章、以及第12章中的第6节,西南科技大学张誉、李嘉华编写第3章,西南科技大学李嘉林编写第4章,西南科技大学陈小川、李嘉林编写第7章,西南科技大学周俐俐、李嘉华编写第13章,西南科技大学王亚莉编写第16章,合肥工业大学王成刚编写第10和第17章,合肥工业大学种迅编写第5、6、19章和第20章。全书由叶献国主编负责统稿,部分研究生参加了资料的搜集与书稿的校对工作。

本书编写过程中参考借鉴了众多的文献资料,难以在参考文献中一一详列,编者谨此向著作者们表示衷心的感谢。武汉理工大学出版社的有关同志在组织教材编写、书稿编辑和校对过程中付出了大量工作,在此一并致以感谢。

本教材内容编写的综合性要求很高,限于编者的理论水平和工程经验,加之调研分析和资料搜集工作尚不够全面和充分,尽管做了很大努力,仍难免有肤浅和欠妥之处,恳切希望得到各方面专家的批评指正。

编 者

2012年12月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 建筑物的功能要求	(2)
0.1.1 使用空间的要求	(2)
0.1.2 建筑物的使用要求与结构的合理几何形体相结合	(4)
0.1.3 美观功能要求	(6)
0.2 建筑结构材料性能对结构选型的影响	(8)
0.3 施工技术水平对建筑结构型式的影响	(10)
0.3.1 施工技术是实现先进结构型式的保障	(11)
0.3.2 结构选型要考虑实际施工条件	(11)
0.4 结构计算手段的提升和设计理论的发展	(12)
0.4.1 计算手段的提升对复杂新型结构的设计产生影响	(12)
0.4.2 抗震设计理论的研究和发展	(12)
0.5 经济因素对于结构选型的制约	(14)
1 砌体结构	(15)
1.1 砌体结构的优缺点	(15)
1.2 砌体结构的沿革和应用	(16)
1.3 砌体结构的常用材料和结构形式	(16)
1.3.1 烧结砖	(17)
1.3.2 非烧结砖	(17)
1.4 根据建筑功能要求选择合理的承重体系	(19)
1.4.1 横墙承重体系	(19)
1.4.2 纵墙承重体系	(20)
1.4.3 纵横墙承重体系	(20)
1.4.4 内框架承重体系	(20)
1.4.5 底部框架上部砖房结构	(21)
1.5 砌体结构布置与静力计算方案	(21)
1.6 砌体结构与结构选型有关的构造要求	(23)
1.7 防止和减轻砌体结构墙体裂缝的主要措施	(24)
1.7.1 墙体裂缝产生的原因	(24)
1.7.2 预防及减少裂缝的主要措施	(25)
1.8 砌体结构抗震要求	(27)
1.8.1 多层砌体房屋的主要震害特征	(27)
1.8.2 砌体房屋的抗震概念设计	(28)

1.9 砌体结构的发展趋向·····	(30)
本章小结·····	(31)
思考题与习题·····	(32)
2 排架结构·····	(33)
2.1 排架结构的特点·····	(33)
2.2 排架结构的类型·····	(33)
2.3 排架结构的组成·····	(34)
2.4 排架结构承受的主要荷载·····	(36)
2.5 主要构件的选型·····	(36)
2.5.1 选型的原则·····	(36)
2.5.2 主要构件的选型·····	(36)
2.6 单层厂房排架结构设计步骤·····	(37)
本章小结·····	(38)
思考题与习题·····	(38)
3 框架结构·····	(39)
3.1 概述·····	(39)
3.2 框架结构的组成与布置·····	(41)
3.2.1 框架结构的组成与分类·····	(41)
3.2.2 框架结构的布置·····	(42)
3.3 抗震设防区框架体系房屋设计·····	(44)
3.3.1 框架结构房屋最大适用高度·····	(44)
3.3.2 框架结构抗震等级·····	(45)
3.3.3 规则结构与不规则结构·····	(45)
3.3.4 框架结构的布置要求·····	(46)
3.4 框架结构构件截面尺寸·····	(46)
3.4.1 框架梁截面尺寸·····	(46)
3.4.2 框架柱截面尺寸估算·····	(47)
本章小结·····	(48)
思考题与习题·····	(48)
4 剪力墙结构·····	(49)
4.1 剪力墙结构体系的概念、特点及适用范围·····	(49)
4.1.1 剪力墙结构的概念·····	(49)
4.1.2 剪力墙结构体系的特点·····	(49)
4.1.3 剪力墙结构体系的适用范围及拓展适用范围的方法·····	(50)
4.2 剪力墙的形状和结构布置原则·····	(50)
4.2.1 剪力墙的形状·····	(50)
4.2.2 剪力墙结构布置原则·····	(50)
4.3 剪力墙的构造及一般规定要求·····	(52)
4.3.1 剪力墙的材料要求·····	(52)
4.3.2 剪力墙的厚度要求·····	(52)

4.3.3 剪力墙所适应的最大高度和高宽比	(52)
4.3.4 剪力墙墙体上开洞的基本要求	(53)
4.3.5 框支剪力墙	(55)
4.4 工程实例	(55)
本章小结	(58)
思考题与习题	(58)
5 框架-剪力墙结构	(59)
5.1 概述	(59)
5.2 结构变形特点	(59)
5.3 结构的受力特点	(60)
5.4 结构的抗震性能	(61)
5.5 结构的布置要求	(61)
5.5.1 一般要求和截面尺寸要求	(61)
5.5.2 结构布置原则	(62)
5.5.3 剪力墙布置的位置和要求	(62)
5.6 工程实例	(63)
本章小结	(66)
思考题与习题	(66)
6 钢筋混凝土平面楼盖	(67)
6.1 概 述	(67)
6.2 现浇肋梁楼盖	(67)
6.2.1 概述	(67)
6.2.2 单向板肋梁楼盖	(68)
6.2.3 双向板肋梁楼盖	(69)
6.3 密肋楼盖结构	(70)
6.3.1 概述	(70)
6.3.2 单向密肋楼盖	(71)
6.3.3 双向密肋楼盖	(71)
6.4 无梁楼盖	(72)
6.4.1 概述	(72)
6.4.2 结构布置	(72)
6.4.3 受力特点	(72)
6.5 无粘结预应力楼盖	(73)
6.5.1 概述	(73)
6.5.2 无粘结预应力楼盖组成及结构布置	(73)
6.5.3 无粘结预应力楼盖的设计原则	(76)
6.6 预制板楼盖体系	(76)
6.6.1 装配式钢筋混凝土楼盖	(76)
6.6.2 装配整体式楼盖	(78)
本章小结	(79)
思考题与习题	(79)

7 筒体结构	(80)
7.1 筒体结构的类型	(80)
7.1.1 框筒结构	(81)
7.1.2 筒中筒结构	(81)
7.1.3 框架核心筒结构	(81)
7.1.4 多重筒结构	(81)
7.1.5 束筒结构	(81)
7.2 筒体结构的受力性能和工作特点	(82)
7.3 筒体结构的布置	(83)
7.3.1 平面布置和截面尺寸	(83)
7.3.2 平面布置实例	(84)
7.3.3 竖向布置	(85)
7.4 筒体结构的楼盖	(85)
7.5 筒体结构的工程实例	(86)
本章小结	(88)
思考题与习题	(89)
8 高层钢结构	(90)
8.1 概述	(90)
8.2 高层钢结构的设计原则	(90)
8.2.1 体形设计	(90)
8.2.2 结构布置	(91)
8.2.3 场地选择	(92)
8.3 高层建筑钢结构体系	(92)
8.3.1 框架结构体系	(93)
8.3.2 框撑结构体系	(93)
8.3.3 框筒结构体系	(95)
8.3.4 筒中筒结构体系	(96)
8.3.5 束筒结构体系	(96)
8.3.6 巨型框架	(97)
本章小结	(98)
思考题与习题	(98)
9 巨型框架结构	(99)
9.1 巨型建筑结构的概况	(99)
9.2 巨型结构的优点	(99)
9.3 巨型结构的形式和工程实例	(100)
本章小结	(106)
思考题与习题	(106)
10 空间网架结构	(107)
10.1 网架结构的特点、适用范围	(107)

10.2	网架的结构形式及选型	(108)
10.2.1	网架的结构形式	(108)
10.2.2	网架的组成	(113)
10.2.3	网架的结构选型	(113)
10.3	网架的主要尺寸	(114)
10.3.1	网架的高度	(114)
10.3.2	网格尺寸	(114)
10.3.3	腹杆布置	(115)
10.4	网架的杆件与节点	(115)
10.4.1	网架的杆件	(115)
10.4.2	网架的节点	(115)
10.5	网架的支承方式与支座节点	(116)
10.5.1	网架的支承方式	(116)
10.5.2	网架的支座节点	(117)
10.6	网架的屋面做法与屋面坡度	(119)
10.6.1	网架的屋面做法	(119)
10.6.2	屋面坡度	(119)
10.7	网架工程实例	(120)
10.7.1	国内外网架实例	(120)
10.7.2	网架工程图例	(121)
	本章小结	(125)
	思考题与习题	(125)
11	网壳结构	(126)
11.1	概述	(126)
11.2	网壳的分类	(126)
11.2.1	按高斯曲率分类	(126)
11.2.2	按层数分类	(127)
11.2.3	按材料分类	(130)
11.3	网壳结构选型	(131)
11.3.1	满足建筑使用要求	(131)
11.3.2	考虑工程的经济性	(132)
11.4	典型工程	(132)
	本章小结	(134)
	思考题与习题	(134)
12	门式刚架结构	(135)
12.1	门式刚架结构的适用范围	(135)
12.2	门式刚架的种类与受力特点	(135)
12.3	门式刚架的结构选型	(138)
12.3.1	钢筋混凝土门式刚架	(139)
12.3.2	预应力混凝土门式刚架	(140)
12.3.3	钢刚架结构	(140)

12.3.4 胶合木刚架结构·····	(141)
12.4 门式刚架的结构布置·····	(141)
12.5 门式刚架节点的连接构造·····	(143)
12.5.1 钢筋混凝土刚架节点的连接构造·····	(143)
12.5.2 钢结构门式刚架节点的连接构造·····	(144)
12.5.3 刚架铰节点的构造·····	(145)
12.6 轻型钢结构厂房简介·····	(146)
本章小结·····	(146)
思考题与习题·····	(146)
13 桁架结构 ·····	(147)
13.1 桁架结构的特点·····	(147)
13.1.1 由简支梁发展成为桁架·····	(147)
13.1.2 桁架结构的特点·····	(147)
13.1.3 桁架结构计算的假定·····	(148)
13.1.4 桁架结构的内力·····	(148)
13.2 屋架结构的型式及适用范围·····	(151)
13.2.1 木屋架·····	(151)
13.2.2 钢屋架·····	(151)
13.2.3 钢-木组合屋架·····	(152)
13.2.4 轻型钢屋架·····	(153)
13.2.5 钢筋混凝土屋架·····	(154)
13.2.6 钢筋混凝土-钢组合屋架·····	(155)
13.2.7 板状屋架·····	(155)
13.2.8 桁架结构的其他型式·····	(156)
13.3 屋架结构的选型与布置·····	(157)
13.3.1 屋架结构的几何尺寸·····	(157)
13.3.2 屋架结构的选型·····	(158)
13.3.3 屋架结构的布置·····	(158)
13.3.4 屋架结构的支撑·····	(159)
13.4 屋架结构的建筑实例·····	(160)
本章小结·····	(160)
思考题与习题·····	(160)
14 悬索结构 ·····	(163)
14.1 概述·····	(163)
14.2 悬索结构的组成·····	(163)
14.3 悬索结构的结构形式及实例分析·····	(164)
14.3.1 单曲面单层悬索结构·····	(164)
14.3.2 单曲面双层悬索结构·····	(164)
14.3.3 双曲面单层悬索结构·····	(165)
14.3.4 双曲面双层悬索结构·····	(166)
14.3.5 双曲面交叉索网结构·····	(167)

14.4 悬索结构的刚度	(169)
本章小结	(169)
思考题与习题	(169)
15 拱结构	(170)
15.1 拱结构的受力特点和适用范围	(170)
15.1.1 支座反力	(170)
15.1.2 拱肋截面的内力	(171)
15.2 拱结构的类型	(172)
15.3 拱轴的形式与合理轴线	(173)
15.3.1 拱的合理轴线	(173)
15.3.2 拱的矢高	(173)
15.4 拱结构水平推力的平衡	(174)
15.4.1 落地拱——利用地基基础直接承受水平推力	(174)
15.4.2 推力由竖向结构承担	(174)
15.4.3 拉杆拱——水平推力由拉杆直接承担	(175)
15.4.4 水平推力通过刚性水平结构传递给总拉杆	(176)
15.5 拱的截面形式与主要尺寸	(176)
15.6 拱的结构选型与布置	(177)
15.6.1 并列布置	(177)
15.6.2 径向布置	(177)
15.6.3 环向布置	(177)
15.6.4 井式布置	(177)
15.6.5 多叉布置	(178)
15.7 拱结构实例(新型的结构组合形式)	(178)
本章小结	(180)
思考题与习题	(180)
16 折板结构	(181)
16.1 概述	(181)
16.2 折板受力特点	(181)
16.3 选型设计	(182)
16.3.1 折板结构形式	(182)
16.3.2 V形折板选型	(184)
16.4 V形折板屋盖设计要点	(184)
16.4.1 几何参数	(184)
16.4.2 材料及配筋	(184)
16.5 折板结构的演变与应用	(186)
16.5.1 折板结构的演变	(186)
16.5.2 工程实例	(187)
本章小结	(188)
思考题与习题	(188)

17 薄壳结构	(189)
17.1 概述	(189)
17.2 薄壳结构的曲面形式	(190)
17.2.1 旋转曲面	(190)
17.2.2 平移曲面	(190)
17.2.3 直纹曲面	(191)
17.2.4 复杂曲面	(192)
17.3 圆顶薄壳	(192)
17.3.1 圆顶薄壳的组成及结构型式	(193)
17.3.2 受力特点	(194)
17.3.3 工程实例	(195)
17.4 筒壳	(196)
17.4.1 筒壳的结构组成与型式	(196)
17.4.2 受力特点	(198)
17.4.3 筒壳的采光与洞口处理	(198)
17.4.4 工程实例	(199)
17.5 双曲扁壳	(199)
17.5.1 双曲扁壳的结构组成与型式	(200)
17.5.2 受力特点	(200)
17.5.3 工程实例	(200)
17.6 鞍壳、扭壳	(201)
17.6.1 鞍壳、扭壳结构组成和型式	(201)
17.6.2 受力特点	(203)
17.6.3 工程实例	(204)
本章小结	(206)
思考题与习题	(206)
18 膜结构	(207)
18.1 概述	(207)
18.2 膜结构的形式	(208)
18.2.1 张拉式膜结构	(208)
18.2.2 充气式索膜结构	(208)
18.2.3 膜结构的预张力	(208)
18.3 膜结构材料	(209)
18.3.1 膜材的内部材料	(209)
18.3.2 膜材的外涂层	(209)
18.4 膜结构的设计	(209)
18.4.1 初始平衡形状分析	(209)
18.4.2 荷载分析	(210)
18.4.3 裁剪分析	(210)
18.5 工程实例	(210)
本章小结	(212)

思考题与习题	(212)
19 大跨度预应力混凝土结构	(213)
19.1 概述	(213)
19.2 施加预应力的方法	(214)
19.2.1 先张法	(214)
19.2.2 后张法	(215)
19.3 预应力混凝土使用的机具和材料	(216)
19.3.1 锚具和夹具	(216)
19.3.2 预应力混凝土的材料	(216)
19.4 预应力技术对建筑功能的影响	(216)
19.5 预应力混凝土大跨结构实例	(217)
19.5.1 预应力混凝土框架结构	(217)
19.5.2 预制整体预应力混凝土大跨度屋盖	(220)
19.5.3 大跨度预应力混凝土大梁	(221)
19.5.4 梁板合一的单层建筑	(222)
19.5.5 预应力拱—悬索结构	(223)
19.5.6 预应力混凝土大悬臂结构	(224)
19.5.7 预应力刚架结构	(226)
19.5.8 预应力双拱架结构体系	(229)
本章小结	(230)
思考题与习题	(230)
20 预制混凝土结构	(231)
20.1 预制混凝土结构的特点	(231)
20.2 预制混凝土结构的应用及实例	(231)
20.3 预制混凝土框架结构	(233)
20.3.1 模仿现浇结构的预制混凝土框架结构	(233)
20.3.2 具有自身特性的预制混凝土框架结构	(235)
20.4 预制混凝土剪力墙结构	(236)
20.4.1 预制混凝土大板结构	(236)
20.4.2 叠合板剪力墙结构	(237)
20.4.3 后张无粘结预应力预制混凝土剪力墙结构	(238)
本章小结	(239)
思考题与习题	(239)
参考文献	(240)

0 绪 论

建筑设计一般要分三个阶段,即方案阶段、初步设计阶段和施工图阶段。在设计过程中各专业要密切配合,互相协调,不断修改完善,以满足建筑、结构、设备等各方面的要求。建筑师应当全面了解各种结构型式的基本力学特点及其适用范围,并尽可能熟练地掌握。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,并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。

建筑结构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)以及环境作用(阳光、雷雨和大气污染作用等)。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。古罗马的维多维丘(Vitruvius)曾为建筑定下基本要求:坚固(结构的永久性)、适用和美学,这至今仍成为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,它由结构型式和构造所决定。建筑材料和建筑技术的发展决定着结构型式的发展,而结构型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、房屋设备及环保节能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,而不能充分地从事体方面考虑问题,有时从方案的最初阶段各专业之间就可能产生分歧。一栋成功的建筑是建筑师、结构工程师、设备工程师等许多专业人员创造性合作的产物,其中各专业相互渗透、密切配合是十分重要的。由于建筑专业处于龙头地位,为了扮好统筹者的角色,建筑师对结构应有相当的了解。不难理解如下理由:第一,建筑师唯有对结构有全面的了解,才能与结构工程师做充分的沟通。第二,建筑师在具备这些知识后,方能落实结构工程师的建议,并兼顾设计及造价预算。第三,建筑师在方案阶段和初步设计阶段即将结构选型作为一个重要的考虑内容,对决定建筑总体方案和造型均会大有益处。

结构选型不单纯是结构问题,而是一个综合性的科学问题。一个优秀的建筑物,建筑与结构必然是有机结合的统一体。当然,要做到这一步并非轻而易举,这需要双方互相了解、互相渗透,具有更多的共同语言,才能做到结合紧密、配合默契。故要求建筑设计者要掌握各类结构体系的概貌、基本特点和经济效果,才能在方案与设计的建筑构思中同时进行结构构思,并选择合适的结构体系。一个好的结构型式的选择,不仅要考虑建筑上的作用功能,结构上的安全合理,施工上的可能条件,也要考虑造价上的经济价值和艺术上的造型美观。所以,结构选型问题,既是建筑艺术与工程技术的综合,又是建筑、结构、施工、设备、预算等各个专业工种的配合。其中,建筑与结构的密切配合特别重要。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,设计出来的只能是雕塑作品或是虚假的造型而已。如果能够充分利用和发挥结构本身所具有的造型特点,去塑造出新颖而富有个性的建筑艺术造型,才是一个非常成功的建筑作品。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,这种手法的高明和有效,绝非是那种单纯追求装饰趣味的做法所能比拟的。所以即使是从建筑艺术的角度来看,作为一个建筑设计工作者,他也必须努力提高自己运用结构概念的素养和技巧。

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,世界各国不乏将完善功能、优美造型、先进结构、现代工艺等有机结合起来建筑实例,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,奇特怪诞造型的建筑实例,它们完全抛弃了功能适用、经济合理的原则,使结构方案从属于不合理的建筑设计。

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型式的影响、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公识,例如,陈章洪在《建筑结构选型手册》曾作了比较全面的归纳总结。下面将影响结构选型的主要因素做一简要介绍,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。



图 0.1 酒泉卫星发射中心的火箭垂直总装测试厂房

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五号载人飞船发射任务的核心工程,它的总高达 93.75m,相当于 30 多层的高楼(图 0.1),是亚洲目前最高的单层建筑。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,13000t 的屋盖高 15m,距离地面 80 多 m,跨度大、空间高、自重重大。高 74m,整体质量达 350 余 t 的厂房大门堪称亚洲第一大门。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) 所选择的结构形式的剖面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,