

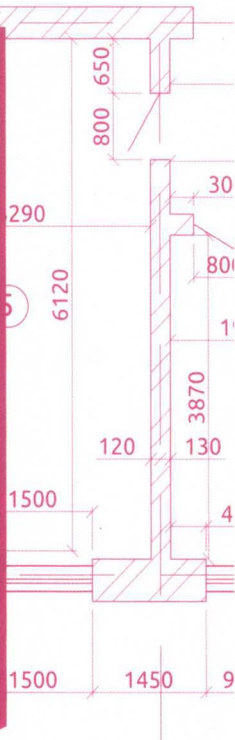


高职高专土建类“十三五”规划“互联网+”创新系列教材

# 高层建筑 施工

GAOCENG JIANZHU  
SHIGONG

主 编 姬栋宇  
副主编 韦 静 李 聪 李 奎 任玲玲  
主 审 王运政



## “互联网+”教材特点

扫描书中二维码，阅读丰富的

- 工程图片 演示动画
- 操作视频 工程案例
- 拓展知识 三维模型



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



高职高专土建类“十三五”规划“互联网+”创新系列教材

内容简介

# 高层建筑 施工

GAOCENG JIANZHU  
SHIGONG

主 编 姬栋宇

副主编 韦 静 李 聪 李 奎 任玲玲

主 审 王运政



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

## 内容简介

本教材系统地介绍了高层建筑发展的简况、各种高层建筑的结构体系、高层建筑基础工程、主体结构工程等施工、高层建筑运输机械等。通过本课程的学习,学生能根据高层建筑施工的特点,选用相应的施工机具,掌握深基坑支护、大体积混凝土施工等施工工艺和施工方法。本书适合作高等职业院校土建类专业教材,也可作为土建施工技术人员的参考书。

本教材配有多媒体教学电子课件。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工 / 姬栋宇主编. —长沙:中南大学出版社, 2017.7  
ISBN 978-7-5487-2832-0

I. ①高… II. ①姬… III. ①高层建筑—工程施工—教材  
IV. ①TU974

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第155506号

---

## 高层建筑施工

主 编 姬栋宇

副主编 韦 静 李聪 李 奎 任玲玲

主 审 王运政

---

责任编辑 谭 平

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙德三印刷有限公司

---

开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 355千字

版 次 2017年7月第1版 2017年7月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-2832-0

定 价 38.00元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换





## 高职高专土建类“十三五”规划“互联网+” 创新系列教材编审委员会

### 主任

(以姓氏笔画为序)

王运政 玉小冰 刘孟良 刘 霁 陈安生  
陈翼翔 赵 慧 郑 伟 胡六星 彭 浪

### 副主任

(以姓氏笔画为序)

王超洋 刘庆潭 刘锡军 杨晓珍 李玲萍 李恳亮  
李精润 陈 晖 欧长贵 周一峰 项 林 胡云珍

### 委员

(以姓氏笔画为序)

万小华 卢 滔 叶 姝 吕东风 朱再英 伍扬波  
刘小聪 刘天林 刘心萍 刘可定 刘旭灵 刘汉章  
刘晓辉 许 博 阮晓玲 孙光远 孙 明 孙湘晖  
杨 平 李为华 李 龙 李 冬 李亚贵 李进军  
李丽君 李 奇 李 侃 李海霞 李清奇 李鸿雁  
李 鲤 肖飞剑 肖恒升 肖 洋 何立志 何 珊  
宋士法 宋国芳 张小军 陈贤清 陈淳慧 陈 翔  
陈婷梅 易红霞 罗少卿 金红丽 周 伟 周良德  
周 晖 赵亚敏 徐龙辉 徐运明 徐猛勇 高建平  
唐茂华 姬栋宇 黄光明 黄郎宁 曹世晖 常爱萍  
梁鸿颀 彭 飞 彭子茂 彭东黎 蒋买勇 蒋 荣  
喻艳梅 曾维湘 曾福林 熊宇璟 魏丽梅 魏秀瑛

# 出版说明 INSTRUCTIONS

遵照《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》(国发〔2014〕19号)提出的“服务经济社会发展和人的全面发展,推动专业设置与产业需求对接,课程内容与职业标准对接,教学过程与生产过程对接,毕业证书与职业资格证书对接”的基本原则,为全面推进高等职业院校土建类专业教育教学改革,促进高端技术技能型人才的培养,依据国家高职高专教育土建类专业教学指导委员会高等职业教育土建类专业教学基本要求,通过充分的调研,在总结吸收国内优秀高职高专教材建设经验的基础上,我们组织编写和出版了这套高职高专土建类专业“十三五”规划教材。

高职高专教学改革不断深入,土建行业工程技术日新月异,相应国家标准、规范,行业、企业标准、规范不断更新,作为课程内容载体的教材也必然要顺应教学改革和新形势的变化,适应行业的发展变化。教材建设应该按照最新的职业教育教学改革理念构建教材体系,探索新的编写思路,编写出版一套全新的、高等职业院校普遍认同的、能引导土建专业教学改革的“十三五”规划系列教材。为此,我们成立了规划教材编审委员会。教材编审委员会由全国30多所高职院校的权威教授、专家、院长、教学负责人、专业带头人及企业专家组成。编审委员会通过推荐、遴选,聘请了一批学术水平高、教学经验丰富、工程实践能力强的骨干教师及企业专家组成编写队伍。

本套教材具有以下特色:

1. 教材依据国家高职高专教育土建类专业教学指导委员会《高职高专土建类专业教学基本要求》编写,体现科学性、创新性、应用性;体现土建类教材的综合性、实践性、区域性、时效性等特点。
2. 适应高职高专教学改革的要求,以职业能力为主线,采用行动导向、任务驱动、项目载体,教、学、做一体化模式编写,按实际岗位所需的知识能力来选取教材内容,实现教材与工程实际的零距离“无缝对接”。
3. 体现先进性特点。将土建学科的新成果、新技术、新工艺、新材料、新知识纳入教材,结合最新国家标准、行业标准、规范编写。

4. 教材内容与工程实际紧密联系。教材案例选择符合或接近真实工程实际,有利于培养学生的工程实践能力。

5. 以社会需求为基本依据,以就业为导向,融入建筑企业岗位(八大员)职业资格考试、国家职业技能鉴定标准的相关内容,实现学历教育与职业资格认证相衔接。

6. 教材体系立体化。为了方便老师教学和学生学学习,本套教材建立了多媒体教学电子课件、电子图集、教学指导、教学大纲、案例素材等教学资源支持服务平台;部分教材采用了“互联网+”的形式出版,读者扫描书中“二维码”,即可阅读丰富的工程图片、演示动画、操作视频、工程案例、拓展知识。

高职高专土建类专业规划教材

编审委员会

# 前言 PREFACE

“高层建筑施工”是高等职业技术教育建筑工程技术专业的一门专业课程，主要研究高层建筑施工关键工序的施工方案的施工方案，主要工种的施工工艺、技术和方法，是一门实践性很强的课程。本教材系统地介绍了高层建筑发展的简况、各种高层建筑的结构体系、高层建筑基础工程、主体结构工程的施工方案。通过本课程的学习，学生能根据高层建筑施工的特点，选用相应的施工机具和设备，掌握深基坑支护、大体积混凝土施工等施工工艺和施工方法。

本课程在培养高端技术技能型人才的工作中占据重要地位。按照“对接产业(行业)、工学结合、提升质量，促进职业教育链深度融入产业链，有效服务经济社会发展”的职业教育发展思路，为全面推进高等职业院校教育教学改革，促进人才培养质量的不断提升，我们在总结已有的优秀高职教材的基础上，根据最新颁布的国家、行业规范及标准，编写了《高层建筑施工》教材。本教材的突出特点如下：

1. 以“互联网+”形式增加了拓展阅读。读者可通过手机的“扫一扫”功能，扫描书中的二维码，阅读丰富、直观的拓展知识内容，使学习变成一种乐趣。书中有针对性地配有工程实践图片、演示动画、操作视频，理论联系实际，不仅可以拓宽学生的知识面，而且便于学生掌握和理解专业知识和技能要点。

2. 突出技能培养，融入技能抽查标准。教材把提高学生能力放在突出的位置，注重创新能力和综合素质培养。尽量做到理论与实践的零距离，教材的编写注重技能性、实用性，加强实训环节，力争将高职院校“技能抽查标准”的相关内容有机地融入到教材中来，便于师生掌握专业技能抽查的要点。

3. 体现“双证融通”，融入行业、企业相关技术标准。以社会需求为基本依据，以就业为导向，对接行业、企业相关技术标准，融入职业资格认证的相关内容，重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力，实现学历教育与职业资格认证相衔接，有效实现了“双证融通”。

参加本书编写的人员有：湖南城建职业技术学院姬栋宇、韦静、陈梦琦；湖南万力建设集团公司李聪；中铁十二局集团第七工程有限公司李国庆；河南建筑职业技术学院李奎；郑州财经学院任玲玲；中建五局华东建设有限公司刘宋维。

## 目 录 CONTENTS

模块一 概 述 .....	(1)
1.1 高层建筑的定义与意义 .....	(1)
1.1.1 高层建筑的定义 .....	(1)
1.1.2 高层建筑的意义 .....	(2)
1.1.3 高层建筑的不足 .....	(2)
1.2 高层建筑的发展 .....	(3)
1.2.1 古代 .....	(3)
1.2.2 近代与现代 .....	(4)
1.3 高层建筑的结构体系 .....	(6)
1.3.1 主要结构体系及其特点 .....	(6)
1.3.2 高层建筑结构材料 .....	(9)
1.4 高层建筑施工的特点与发展 .....	(9)
1.4.1 高层建筑施工的特点 .....	(9)
1.4.2 高层建筑施工技术的发展 .....	(9)
1.4.3 高层建筑施工的施工管理 .....	(11)
本模块小结 .....	(12)
课后习题 .....	(12)
模块二 高层建筑垂直运输机械 .....	(14)
2.1 塔式起重机 .....	(15)
2.1.1 分类 .....	(15)
2.1.2 塔式起重机的选择 .....	(17)
2.1.3 附着式塔式起重机 .....	(18)
2.1.4 内爬式塔式起重机 .....	(20)
2.1.5 塔式起重机操作要点 .....	(22)
2.2 施工电梯 .....	(22)
2.2.1 分类 .....	(23)
2.2.2 使用 .....	(24)
2.3 泵送混凝土施工机械 .....	(24)
2.3.1 混凝土搅拌运输车 .....	(24)



2.3.2	混凝土泵 .....	(26)
2.4	高层建筑施工脚手架工程 .....	(30)
2.4.1	脚手架概述 .....	(30)
2.4.2	落地式钢管脚手架 .....	(31)
2.4.3	悬挑式脚手架 .....	(37)
2.4.4	附着式升降脚手架 .....	(38)
2.4.5	吊篮脚手架 .....	(40)
	本模块小结 .....	(42)
	课后习题 .....	(42)
<b>模块三</b>	<b>基础工程施工</b> .....	<b>(44)</b>
3.1	高层建筑基础工程特点及类型 .....	(44)
3.1.1	高层建筑基础工程的特点 .....	(44)
3.1.2	高层建筑基础工程的类型 .....	(44)
3.2	降低地下水位 .....	(47)
3.2.1	降低地下水位概述 .....	(47)
3.2.2	降水方式 .....	(48)
3.3	深基坑土方开挖 .....	(56)
3.3.1	基坑土方开挖方式 .....	(57)
3.3.2	深基坑开挖工程的施工组织设计的内容 .....	(57)
3.3.3	基坑开挖实例 .....	(59)
3.4	基坑支护工程 .....	(59)
3.4.1	深基坑支护结构类型和组成 .....	(59)
3.4.2	支护结构的选型 .....	(60)
3.5	桩基工程 .....	(64)
3.5.1	桩的分类 .....	(64)
3.5.2	预制桩施工 .....	(65)
3.5.3	混凝土灌注桩 .....	(70)
3.6	土层锚杆在基础工程中的应用 .....	(75)
3.6.1	土层锚杆的发展与应用 .....	(75)
3.6.2	土层锚杆的构造和工作特性 .....	(76)
3.6.3	土层锚杆支护结构的设计分析 .....	(77)
3.6.4	土层锚杆的施工 .....	(78)
3.7	土钉支护在基坑工程中的应用 .....	(82)
3.7.1	土钉支护的发展与应用 .....	(82)

3.7.2	土钉支护的构造和工作性能	(83)
3.8	地下连续墙施工	(89)
3.8.1	地下连续墙的工艺原理及适用范围	(89)
3.8.2	地下连续墙施工	(90)
3.8.3	逆作(筑)法施工	(101)
3.9	大体积混凝土基础结构施工	(102)
3.9.1	混凝土裂缝	(102)
3.9.2	混凝土温度应力的计算	(107)
3.9.3	控制温度裂缝的技术措施	(108)
	本模块小结	(115)
	课后习题	(116)
模块四	主体结构工程施工	(123)
4.1	高层建筑施工测量	(124)
4.1.1	精度要求	(124)
4.1.2	外控法	(124)
4.1.3	内控法	(126)
4.2	现浇钢筋混凝土结构施工	(132)
4.2.1	现浇框架结构施工	(132)
4.2.2	现浇剪力墙结构施工	(134)
4.3	预制装配结构施工	(144)
4.3.1	装配式预制框架结构施工	(145)
4.3.2	装配整体式框架结构工程施工	(146)
4.3.3	装配式大板剪力墙结构工程施工	(148)
4.3.4	高层预制盒子结构施工	(150)
4.3.5	高层升板法施工	(151)
4.4	钢结构高层建筑施工	(155)
4.4.1	钢结构材料和结构构件	(156)
4.4.2	钢结构的安装	(163)
4.4.3	钢结构的防火与防腐施工	(173)
4.4.4	型钢混凝土结构	(177)
4.4.5	钢管混凝土结构	(180)
	本模块小结	(183)
	课后习题	(184)

**模块五 专项施工方案的编制** ..... (186)

**5.1 专项施工方案编制** ..... (186)

        5.1.1 专项施工方案 ..... (186)

        5.1.2 安全专项施工方案的审批与实施 ..... (189)

**5.2 脚手架计算** ..... (190)

        5.2.1 荷载 ..... (190)

        5.2.2 荷载效应组合 ..... (191)

        5.2.3 基本设计规定 ..... (192)

        5.2.4 计算方法 ..... (193)

**5.3 脚手架计算算例** ..... (198)

        5.3.1 铺设竹笆板脚手架计算算例 ..... (198)

        5.3.2 铺设竹串片板脚手架计算算例 ..... (205)

**主要参考文献** ..... (211)

1. 1.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

2. 2.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

3. 3.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

4. 4.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

5. 5.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

6. 6.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

7. 7.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

8. 8.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

9. 9.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

10. 10.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

11. 11.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

12. 12.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

13. 13.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

14. 14.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

15. 15.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

16. 16.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

17. 17.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

18. 18.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

19. 19.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

20. 20.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

21. 21.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

22. 22.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

23. 23.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

24. 24.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

25. 25.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

26. 26.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

27. 27.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

28. 28.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

29. 29.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

30. 30.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

31. 31.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

32. 32.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

33. 33.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

34. 34.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

35. 35.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

36. 36.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

37. 37.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

38. 38.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

39. 39.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

40. 40.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

41. 41.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

42. 42.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

43. 43.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

44. 44.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

45. 45.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

46. 46.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

47. 47.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

48. 48.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

49. 49.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

50. 50.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

51. 51.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

52. 52.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

53. 53.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

54. 54.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

55. 55.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

56. 56.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

57. 57.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

58. 58.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

59. 59.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

60. 60.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

61. 61.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

62. 62.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

63. 63.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

64. 64.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

65. 65.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

66. 66.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

67. 67.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

68. 68.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

69. 69.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

70. 70.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

71. 71.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

72. 72.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

73. 73.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

74. 74.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

75. 75.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

76. 76.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

77. 77.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

78. 78.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

79. 79.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

80. 80.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

81. 81.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

82. 82.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

83. 83.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

84. 84.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

85. 85.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

86. 86.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

87. 87.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

88. 88.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

89. 89.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

90. 90.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

91. 91.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

92. 92.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

93. 93.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

94. 94.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

95. 95.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

96. 96.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

97. 97.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

98. 98.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

99. 99.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

100. 100.1 地基与基础工程施工 ..... (211)

## 模块一 概述

### 【知识目标】

1. 掌握高层建筑的定义。

2. 理解高层建筑的基础与结构体系。

3. 了解高层建筑的发展。

### 【能力目标】

能够解释高层建筑的定义。

## 1.1 高层建筑的定义与意义

### 1.1.1 高层建筑的定义

高层建筑,通俗来说就是指的高度比较高、层数比较多的建筑,也是一种由高度和层数影响其规划、设计、建造和使用的建筑。可以说,“高度”和“层数”是判断一幢建筑是否为高层建筑的两个主要评判指标。但是,多少层或者多么高的建筑可以被称为高层建筑?不同的国家和地区亦会有不同的理解。到目前为止,世界各国对高层建筑的划分界限并不统一。同时,随着高层建筑的发展,划分标准也在相应调整。

在美国,高度24.6 m或7层以上的建筑被视为高层建筑;在日本,高度31 m或8层及以上的建筑被视为高层建筑;在英国,把高度等于或大于24.3 m的建筑视为高层建筑。

1972年8月,在美国宾夕法尼亚州伯利恒市,由联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会召开的国际高层建筑会议上,建议按高层建筑的层数和高度对高层建筑进行分类:

第一类高层建筑 9~16层(最高50 m)

第二类高层建筑 17~25层(最高到75 m)

第三类高层建筑 26~40层(最高到100 m)

超高层建筑 40层以上(高度100 m以上)

我国的《高层建筑混凝土结构技术规程》(以下简称《高规》)(JGJ 3—2010)条文2.1.1规定:高层建筑是指10层及10层以上或房屋高度大于28 m的住宅建筑和房屋高度大于24 m的其他高层民用建筑。

另外,由《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)条文3.1.2可知,其将10层及10层以上的住宅建筑和除住宅建筑之外的民用建筑高度大于24 m者称为高层建筑(不包括建筑高度大于24 m的单层公共建筑)。

“高层建筑”大多根据不同的需要和目的进行定义,我国不同标准中有着不同的定义。但从实际应用方面看,上述两个关于“高层建筑”的定义,基本协调。作为设计规程,《高规》的

定义主要从结构设计的角度进行考虑。而《民用建筑设计通则》的定义则是从防火方面的要求进行考虑。

### 1.1.2 高层建筑的意义

自古以来,人类都有着向更高的地方发展的想法,随着社会文明的进步,这些想法逐渐在土木工程的建筑中成为现实。

高层建筑存在和发展的意义在于以下几个方面:

#### 1. 高层建筑是社会需求的体现

我们生活的地球,71%的面积是被水所覆盖,陆地面积仅为29%。而在这些陆地中,绝大部分为高山、丘陵、森林和沙漠,可用于居住和耕种的土地只占地球表面面积的6.3%。但是,地球上的人口却在不断增加,人们只能利用有限的土地解决人口需求问题。高层建筑对解决土地资源紧张的问题有着显著的功效。所以高层建筑会在今后的社会生活中越来越普遍。

可以从城市的容量去看建筑的高度。在目前实践研究中,可以通过建高层建筑来提高城市容量,也就是说,当城市对容量的需求达到一定程度时,而土地资源被限制,那么容量就必须通过建筑的高度去实现。因为高层建筑能使一定范围内的土地得到最大限度的使用,节约出空地给城市绿化和环境改善。在当今的社会情形下,发展高层建筑是一个趋势。

所以,人类为了自身更好的生存与发展,高层建筑的发展势在必行。

#### 2. 高层建筑是时代发展的必然

在现代社会中,随着城市工业和商业的发展,城市人口在迅速增加,建设用地渐渐紧张,促使建筑物向高空发展。在实际应用过程中人们发现,高层建筑不但能够节省土地,而且能够减少政府对公共设施的开发周期和投资。

而且,高层建筑还有加快城市建设的优点。随着时代的进步,高层建筑在大城市的发展建设中越来越受青睐。

高层建筑是一个国家和地区经济繁荣与科技进步的象征。同时,地标性的超高层建筑也能够极大地展现一个城市的综合实力。

因此,高层建筑已经成为城市建筑活动的主要内容。

不仅如此,在全球经济高速发展的背景下,高层建筑已经引起了各国的关注。现在高层建筑已经成为国内外建筑领域研究的重要内容。

#### 3. 高层建筑是先进技术的综合

高科技技术的发展与应用为高层建筑的发展提供了科学基础。同时,高强轻质材料的出现以及机械化、电气化在建筑中的实现等,为超高层建筑的发展提供了应用条件和物质基础。

与此同时,建筑设计领域中的智能化方式也为高层建筑的发展提供了新的平台。建筑施工领域中新工艺、新技术、新材料、新产品的出现和运用,极大地推动了近现代高层建筑飞速发展。

### 1.1.3 高层建筑的不足

目前,在社会需求、经济发展和技术进步的共同作用下,高层建筑已经成为城市发展建

设中不可或缺的建筑形式。高层建筑对提升城市形象、提高土地利用率、促进科技进步带来了积极发展作用。高层建筑虽然体现了人们工作和生活的繁荣、活力与发展,但是,高层建筑带来的一些弊病也不容忽视。

(1)成本偏高。高层建筑与一般多层建筑相比施工难度大,设备投资高,建设成本高。而且由于楼层高,高层建筑的运营使用成本也比较高,因而造价必然大大高于多层建筑。因此,需要各专业设计人员密切合作使平面布局合理,提高使用系数,力求做到构造简洁,功能齐全,自重轻便,从而整体性地降低综合造价。

(2)防火不易。高层建筑最突出的问题是防火安全设计,高层建筑由于高度高,火灾救援不方便,其防火安全的设计相对困难。一旦发生火灾,逃生不易,损失重大。所以,设计时应严格遵守高层建筑设计防火规范的规定。而且,必须采取合理的防火措施。

(3)光污染严重。高层建筑中常用的玻璃幕墙光污染严重。在建筑物的装饰中,常用的玻璃幕墙、釉面瓷砖、磨光大理石以及装饰中的各种彩色光源,都有可能成为光污染源。医学研究发现,长期处在超标或不协调的光辐射照射下,会出现头晕、目眩、失眠、心悸等精神衰弱症状。

## 1.2 高层建筑的发展

高层建筑究竟是从何时何地开始出现的目前尚无定论,但是,高层建筑自古就有。高层建筑不仅是经济实力和技术的表现,而且是精神追求和创造愿望的体现。

### 1.2.1 古代

古代的高层建筑是为了防御、宗教或者航海的需要而建造。

公元前280年,埃及亚历山大港口的灯塔,高120 m,加上塔基,整个高度约135 m。灯塔全部用石砌筑,曾耸立在港口1500多年,一直在暗夜中为水手们指引进港的路线。另外,在欧洲,古罗马帝国的一些城市就曾采用砖石作为承重结构,建造了10层左右的建筑。

我国古代建造的不少高塔就属于高层建筑。例如,公元523年,北魏建于河南登封县的嵩岳寺塔,为青砖、黄泥砌筑的15层密檐式砖塔,平面呈正十二边形。公元1055年建于河北定县的开元寺塔,整个结构11层,高达84 m,砖砌双层筒体结构,平面为正八角形。可登塔瞭望,监视敌情,所以俗称“瞭敌塔”。开元寺塔为我国现存最早最高的砖塔,也是世界上现存最高的砖木结构古塔之一。还有建于1056年的山西应县木塔,又被称为“释迦塔”,整体层数为9层,高度达67 m,整体结构采用双层环形空间木构架,平面为正八角形,是保存至今的最古老、最高的木结构建筑。

另外,位于西藏拉萨的布达拉宫,外观13层,内部9层,高度为115.7 m。始建于公元7世纪,后陆续重建扩建。整体采用花岗岩砌筑。布达拉宫是世界上海拔最高,集宫殿、城堡和寺院于一体的宏伟建筑,也是西藏最庞大、最完整的古代宫堡建筑群。

这些古代高层建筑在经历了上百年甚至是上千年的各种自然因素考验,至今基本完好,这一点充分体现了我国古代劳动人民的智慧和才能,也表明了我国古代具有较高的设计能力和施工技术。

总结起来,古代高层建筑的建造是以砖、石、木材为主要的建筑材料,受当时的技术能



力限制,不仅缺乏垂直运输设施,也缺少防火、防雷等一些基本设施。古代高层建筑为近代和现代高层建筑的发展奠定了坚实的基础。

### 1.2.2 近代与现代

近代高层建筑主要是为满足商业要求和居住需求而建造的。发达的经济环境为高层建筑的发展提供了经济基础,同时,电力、升降机、钢铁、水泥的出现为高层建筑的发展提供了物质基础。

近代高层建筑是从19世纪后逐渐发展起来的。19世纪末至20世纪初是近代高层建筑发展的初始阶段,这个时期的高层建筑结构虽然有了很大进步,但因受到建筑材料和设计理论等限制,结构自重较大,结构型式单一。

在近代高层建筑的历史上,美国的芝加哥被誉为“高层建筑的故乡”。美国不仅是近代高层建筑的发源地,也是高层建筑的发展中心。作为近代高层建筑起点的标志是1886年在芝加哥建成的家庭保险公司大楼,该建筑高度55 m,有11层,采用铸铁作框架,部分钢梁和砖石作承重外墙。1903年在辛辛那提建造的英格尔大楼,高16层,是世界上第一栋钢筋混凝土框架结构的高层建筑。1931年,在纽约建成帝国大厦,102层,高381 m,在此之后的40年中一直是世界上最高的建筑物。后来,直到1973年,在纽约建成了世界贸易中心北楼、南楼,两楼均为110层,北楼(北塔)高度为417 m,南楼(南塔)高度为415 m。可惜,2001年9月11日,两架遭到恐怖分子劫持的飞机分别撞向世界贸易中心南楼和北楼,两座大楼在两个小时内相继坍塌。2006年4月27日,世界贸易中心1号大楼(又被称为“自由塔”)开始兴建,该楼高541 m,有104层。该大楼坐落于“911事件”中倒塌的原世界贸易中心双子塔楼的旧址。该大楼在2013年竣工,号称是纽约最环保的建筑之一。

近现代高层建筑的迅速发展是从20世纪50年代开始的。由于轻质高强材料的发展,新的设计理论和电子计算机的应用,以及新的施工机械和施工技术的涌现,都为规模化和经济化地修建高层建筑提供了可能。由此,高层建筑的发展进入新阶段。

1974年,西尔斯大厦(现在改名为“威利斯大楼”)在芝加哥落建,高度为443 m,共地上110层,地下3层。西尔斯大厦超越当时的世界贸易中心,成为当时世界上最高的大楼。此后西尔斯大厦雄踞世界最高建筑宝座21年。

然而,世界最高的高度在不断地被刷新。1996年,马来西亚吉隆坡的石油大厦双塔建成,88层,高450 m,成为当时世界最高建筑物。2003年在台北建成101大厦,101层,高508 m,取代石油双塔成为当时世界最高建筑物。2010年在阿联酋迪拜又建成了哈利法塔(曾用名“迪拜塔”),高达828 m,成为现在的世界第一高楼。

我国的高层建筑起源于上海。20世纪初,我国首先在上海地区出现高层建筑。上海也是世界上发展高层建筑较早的地区之一。

1903年建造的英国上海总会(即现在的外滩东风饭店)是第一座钢筋混凝土建筑,1906年建造的汇中饭店(即现在的和平饭店南楼)是上海第一次使用电梯的建筑,1916年建造的天祥洋行大楼(现在的大北大楼)是上海第一座钢结构建筑。1921年出现了10层的字林西报大楼(现在的桂林大楼),1927年建成的沙逊大厦(现在的和平饭店),属于钢结构。1929年建成13层华懋饭店(现在的锦江饭店)。上海国际饭店建成于1934年,地下2层,地上22层,高82.5 m,钢结构,是当时远东地区最高的建筑。1937



年抗日战争爆发前,在上海已建成10层以上商务办公楼、公寓和饭店约35栋。

除上海外,天津于1936年建成渤海大楼,7层,局部11层;1938年建成利华大楼(即海河饭店),高10层,钢筋混凝土框架结构,均由天津永和营造工程公司承包。

广州于1934年兴建15层爱群大厦,1937年开业,为中国南部之冠,长达30年。

1949年,中华人民共和国成立以后,百废待兴。在20世纪50年代,北京建成一批小高层的饭店、国家机关办公楼和大型公共建筑。20世纪50年代,在广州、沈阳、兰州、太原等地建成一些高层的旅馆、办公楼。

20世纪60年代,广州开始兴建旅游建筑,1968年建成的广州宾馆,27层,高87.6m,首次在层数和高度上超过了1934年建成的上海国际饭店。60年代,香港经济迅速发展,人口高度集中,大量高层建筑开始兴建。

20世纪80年代,全国各大城市和一批中等城市普遍兴建了高层建筑。如深圳于1985年建成的国际贸易中心,50层,高160m;北京于1989年建成的国贸大厦,39层,高155m;香港于1989年建成的中银大厦,70层,高369m。

20世纪90年代以后是高层建筑发展最快时期,我国先后建成了深圳地王大厦(81层,高325m)、广州中天广场(80层,高322m)、上海金茂大厦(88层,高420m)等世界著名的超高层建筑,另外高层建筑在中小城市也有很大的发展。

2000年以后高层建筑如雨后春笋般地冒了出来,遍布全国的各个城市。高层住宅已经成为城市居民主要居住场所。尤其是超高层建筑更是得到了迅猛的发展,在国内正在兴建和已经建成的超过400m的建筑就有二十几座。

2008年竣工的上海环球金融中心,楼高492m,地上101层,地下3层。上海中心大厦,121层,高632m,2014年竣工。天津中国117大厦,117层,高597m,主体结构已经于2015年12月封顶。

目前,上海中心大厦是“中国第一高”。上海中心大厦位于上海市浦东新区陆家嘴金融贸易区。该处地块东邻上海环球金融中心,北面为金茂大厦。上海中心大厦建筑总高度632m。这一建筑高度,使上海中心大厦与周边420m的金茂大厦和492m的上海环球金融中心在顶部呈现弧线上升。

另外在深圳、广州、北京、沈阳、南京等城市都在兴建城市的代表作。例如,正在兴建的深圳平安国际金融中心,最终高度将达600m,建成后将成为华南第一高楼。

截至2016年1月,全球已建成并投入使用的超高层建筑排行榜见表1-1。

表1-1 全球已建成并投入使用的超高层建筑排行

排名	名称	高度	层数	所在地	建成时间	用途
1	哈利法塔	828.00 m	163层	迪拜(阿联酋)	2010年	写字楼、酒店、住宅
2	上海中心大厦	632.00 m	125层	上海(中国)	2014年	写字楼、酒店、商业
3	皇家钟塔酒店	601.00 m	95层	麦加(沙特阿拉伯)	2011年	酒店
4	世界贸易中心1号楼	541.33 m	105层	纽约(美国)	2013年	写字楼



续表 1-1

排名	名称	高度	层数	所在地	建成时间	用途
5	台北 101 大厦	509.00 m	101 层	台北(中国)	2004 年	写字楼、酒店、商业
6	上海环球金融中心	492.00 m	101 层	上海(中国)	2008 年	写字楼、酒店、商业
7	环球贸易广场	484.00 m	108 层	香港(中国)	2010 年	写字楼、酒店
8	双子塔 1 座	451.90 m	88 层	吉隆坡(马来西亚)	1998 年	写字楼
9	双子塔 2 座	451.90 m	88 层	吉隆坡(马来西亚)	1998 年	写字楼
10	绿地广场紫峰大厦	450.00 m	88 层	南京(中国)	2009 年	写字楼、酒店、商业
11	威利斯大楼	442.14 m	108 层	芝加哥(美国)	1974 年	写字楼
12	京基金融中心	441.80 m	100 层	深圳(中国)	2011 年	写字楼、酒店、商业
13	国际金融中心	440.75 m	103 层	广州(中国)	2010 年	写字楼、酒店
14	特朗普国际酒店大厦	423.22 m	98 层	芝加哥(美国)	2009 年	酒店、住宅
15	金茂大厦	420.53 m	88 层	上海(中国)	1999 年	写字楼、酒店、商业
16	国际金融中心二期	412.00 m	88 层	香港(中国)	2003 年	写字楼
17	中信广场	391.10 m	80 层	广州(中国)	1997 年	写字楼
18	地王大厦	383.95 m	69 层	深圳(中国)	1996 年	写字楼
19	帝国大厦	381.00 m	102 层	纽约(美国)	1931 年	写字楼
20	高雄 85 大楼	378.00 m	85 层	高雄(中国)	1997 年	写字楼、酒店、商业

## 1.3 高层建筑的结构体系

### 1.3.1 主要结构体系及其特点

从受力方面来说,高层建筑结构可以简化成为支承在地基上的竖向悬臂构件。

相对于多层建筑以承受竖向荷载为主的受力特点,在高层建筑中,抵抗水平力成为设计的主要矛盾。由力学知识可以知道,多层到高层,是一个水平荷载起作用由小到大的量变过程。同时,量变的积累给高层建筑的受力带来质的变化。随高度的增加,内力和变形呈非线性增长。所以,从结构的观点看,凡是水平荷载起主要作用的建筑就可认为进入了高层建筑结构的范畴。

高层建筑所采用的结构材料、结构类型和施工方法与多层建筑有很多共同之处,但因为高层建筑不仅要承受较大的垂直荷载,还要承受较大的水平荷载,而且随着高度增加,受到的荷载相应增大,因此高层建筑所采用的结构材料、结构类型和施工方法又有一些特别之处。对于高层建筑而言,需要根据众多因素选择适宜的结构体系。

下面一一说明高层建筑常见的几种结构体系(图 1-1)。