

混凝土结构构件 设计原理

徐占发 主编



HUNNINGTU
JIEGOU GOUJIAN
SHEJI YUANLI

中国建材工业出版社

混凝土结构构件设计原理

徐占发 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构构件设计原理/徐占发主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2006.9
ISBN 7-80227-140-1

I. 混... II. 徐... III. 混凝土结构—结构设计
IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 095140 号

内 容 提 要

本书是根据我国新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004) 以及高等学校土木工程专业课程教学大纲的基本要求编写的专业基础课教材。内容有绪论, 建筑结构设计概述, 建筑结构荷载, 混凝土结构材料, 建筑结构设计方法, 钢筋混凝土受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件, 钢筋混凝土构件的变形、裂缝与耐久性设计, 预应力混凝土构件, 混凝土结构受冲切、局部受压和深受弯构件, 公路桥涵混凝土基本构件设计以及附录《规范》的有关规定、主要术语与符号等内容。书中备有详细的设计步骤、计算例题、复习思考题和足够的资料, 有利于学生自学和应用。

本书除可作为高等院校土木工程专业本科教材外, 也可作为建筑学、工程管理等相关专业的教材, 还可供土建类专业技术人员参考。

混凝土结构构件设计原理

徐占发 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 21.5

字 数: 529 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次

定 价: 33.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

《混凝土结构构件设计原理》是土木工程专业的一门专业基础课，或称平台课，适用于建筑工程、交通土建工程、地下工程、铁道工程、道桥工程、矿井工程、城镇建设（部分）、工业设备安装工程和水利水电工程等多个专业方向或分支，具有广泛的适用性和覆盖面。目前，我国四年制本科教育可分为研究型本科和应用型本科两种职业类型。应用型本科人才社会需求尤为迫切。本教材就是应土木工程专业应用型本科教学要求而编写的。

本书是根据我国新颁布的《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）和最新颁布的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵规范》（JTG D62—2004）以及高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲关于《混凝土结构基本原理》课程的基本要求，安排了本书内容。

本书共分13章及附录。主要包括：绪论，建筑结构设计概述，建筑结构荷载，混凝土结构材料，建筑结构设计方法，钢筋混凝土受弯构件，钢筋混凝土受压构件，钢筋混凝土受拉构件，钢筋混凝土受扭构件，钢筋混凝土构件的变形、裂缝与耐久性设计，预应力混凝土构件，混凝土结构受冲切、局部受压和深受弯构件，公路桥涵混凝土结构基本构件设计以及附录1《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）有关规定，附录2《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62—2004）的有关规定，附录3主要术语与符号等内容。

本书力求适应当前学生缺乏工程经验和试验感悟的状况，努力做到由浅入深、循序渐进，避免了对繁琐推导和试验过程的描述；力求联系工程实际和生活实例，讲清物理概念、说明工作原理；既考虑学习规律，又兼顾设计工作特点；既讲设计原理，又讲实际构造，并备有详细的设计步骤、例题、复习思考题和教学建议，以利于自学和应用，启发学生创新思维。

本书编写人员有徐占发、施行、孙震、许大江、朱为军、王树和、闫慧清等。

本书编写过程中，除参考了各种规范、标准及有关资料外，还参考了已出版各类教材和专著，并得到有关专家及其所在单位的支持与帮助，谨此深表谢意。并向书中参考引用的已公开发表的文献资料的各位作者，表示衷心感谢。

由于水平所限，时间仓促，书中一定存在缺点和不足，甚至错误，恳请读者批评指正。

编者

2006年7月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 建筑结构和结构构件	1
1.2 建筑与结构的关系	3
1.3 混凝土结构的一般概念	3
1.3.1 混凝土结构的含义与分类	3
1.3.2 混凝土结构的优缺点	4
1.4 混凝土结构的发展简况及其应用	4
1.4.1 混凝土结构的发展简况	4
1.4.2 混凝土结构的发展方向	5
1.5 学习《混凝土结构设计》应注意的问题	13
复习题	13
第2章 建筑结构设计概述	14
2.1 工程设计的程序和基本内容	14
2.1.1 建筑工程的设计阶段	14
2.1.2 单项工程设计步骤	14
2.1.3 结构施工图的绘制	14
2.1.4 结构设计的基本内容	15
2.2 结构的力学模型与受力分析	16
2.2.1 支座、节点和构件的简化	16
2.2.2 结构体系的简化	18
2.2.3 结构受力分析	21
复习题	22
第3章 建筑结构荷载	23
3.1 荷载的分类及其特性	23
3.1.1 结构上的作用	23
3.1.2 荷载的特性	23
3.2 荷载的代表值	24
3.2.1 荷载标准值	25
3.2.2 可变荷载组合值	26
3.2.3 可变荷载频遇值	26
3.2.4 可变荷载准永久值	26
3.2.5 荷载代表值的具体规定	26
3.3 荷载分项系数及荷载设计值	35

3.3.1	荷载分项系数	35
3.3.2	荷载设计值	36
	复习题	38
	教学建议	38
第4章	混凝土结构材料	39
4.1	结构材料性质及强度取值方法	39
4.1.1	材料的机械性质	39
4.1.2	材料强度的取值方法	40
4.2	钢材	42
4.2.1	钢筋的种类	42
4.2.2	钢筋的力学性能	44
4.2.3	钢筋的强度标准值	45
4.2.4	钢筋的冷加工	45
4.2.5	钢筋在重复荷载下的力学性能	47
4.2.6	钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求	47
4.3	混凝土	48
4.3.1	混凝土的强度	48
4.3.2	混凝土的变形	50
4.4	钢筋混凝土	52
4.4.1	钢筋混凝土的受力特点	53
4.4.2	钢筋混凝土的工作机理	53
	复习题	54
	教学建议	55
第5章	建筑结构设计方法	56
5.1	结构的功能要求和极限状态	56
5.1.1	结构的功能要求	56
5.1.2	结构功能的极限状态	56
5.1.3	结构的设计使用年限	57
5.2	概率极限状态设计法	57
5.2.1	作用效应与结构抗力	57
5.2.2	极限状态方程	58
5.2.3	建筑结构的可靠度	58
5.2.4	实用设计表达式	60
5.2.5	荷载效应组合	61
	复习题	64
	教学建议	64
第6章	钢筋混凝土受弯构件	65
6.1	受弯构件的构造	66
6.1.1	板的一般构造要求	66
6.1.2	梁的一般构造要求	67

6.1.3	截面有效高度	68
6.1.4	截面配筋率	68
6.2	单筋矩形截面梁正截面受弯承载力计算	69
6.2.1	钢筋混凝土梁正截面破坏形态	69
6.2.2	计算基本假定	70
6.2.3	基本计算公式	71
6.2.4	适用条件	71
6.2.5	计算方法	72
6.2.6	基本公式应用	73
6.3	双筋矩形截面梁正截面受弯承载力计算	76
6.3.1	基本计算公式	76
6.3.2	适用条件	77
6.3.3	基本公式应用	77
6.4	T形截面梁正截面受弯承载力计算	79
6.4.1	基本计算公式	80
6.4.2	公式应用	82
6.5	受弯构件斜截面受剪承载力计算	85
6.5.1	三种破坏形态	85
6.5.2	受剪承载力计算公式	86
6.5.3	适用范围	88
6.5.4	配筋构造要求	89
6.5.5	受剪承载力的计算步骤	90
6.6	受弯纵向受力钢筋的布置与构造措施	94
6.6.1	抵抗弯矩图 (M_R 图)	94
6.6.2	纵向钢筋切断的构造要求	94
6.6.3	纵向钢筋弯起的构造要求	95
6.6.4	纵向钢筋锚固的构造要求	96
6.6.5	钢筋连接的构造要求	97
6.6.6	钢筋尺寸的计算方法	99
	复习题	102
第7章	钢筋混凝土受压构件	107
7.1	受压构件的构造	107
7.1.1	材料选择	107
7.1.2	截面形式及尺寸	107
7.1.3	配筋	108
7.2	轴心受压构件的正截面承载力计算	109
7.2.1	配有箍筋柱的正截面承载力计算公式	110
7.2.2	构件的计算长度	110
7.2.3	应用举例	111
7.2.4	配有螺旋箍筋柱的正截面承载力计算	111

7.3 偏心受压构件的正截面承载力计算	113
7.3.1 偏心受压构件的破坏形态	113
7.3.2 矩形截面大偏心受压构件正截面受压承载力计算	113
7.3.3 矩形截面小偏心受压构件正截面受压承载力计算	114
7.3.4 偏心距增大系数	115
7.3.5 大偏心受压矩形截面不对称配筋计算	117
7.3.6 小偏心受压矩形截面不对称配筋计算	121
7.3.7 复核截面	123
7.3.8 偏心受压构件矩形截面对称配筋计算	125
7.4 T形和 I形截面受压构件	127
7.4.1 非对称配筋截面	127
7.4.2 对称配筋截面	129
7.5 偏心受压构件的斜截面受剪承载力计算	130
7.5.1 截面尺寸限制条件	130
7.5.2 斜截面受剪承载力计算公式	130
7.5.3 不需进行斜截面受剪承载力计算的条件	130
7.6 双向偏心受压构件的计算	130
7.6.1 弹性理论应力叠加法	131
7.6.2 直接计算法	131
复习题	131
第 8 章 钢筋混凝土受拉构件	133
8.1 轴心受拉构件正截面受拉承载力计算	133
8.2 偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	133
8.2.1 偏心受拉构件的破坏形态	133
8.2.2 矩形截面小偏心受拉正截面承载力计算	134
8.2.3 矩形截面大偏心受拉正截面承载力计算	135
8.3 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	138
复习题	139
第 9 章 钢筋混凝土受扭构件	141
9.1 概述	141
9.2 纯扭构件扭曲截面受扭承载力计算	141
9.2.1 素混凝土纯扭构件扭曲截面受扭承载力计算	141
9.2.2 钢筋混凝土纯扭构件扭曲截面受扭承载力计算	143
9.3 弯剪扭构件扭曲截面承载力计算	148
9.3.1 弯剪扭构件扭曲截面承载力计算公式	149
9.3.2 弯剪扭构件截面配筋的计算方法	149
9.3.3 “叠加法”计算截面配筋的步骤	149
9.4 抗扭钢筋的构造要求	154
9.4.1 抗扭钢箍的构造要求	154
9.4.2 抗扭纵筋的构造要求	154

复习题	155
第 10 章 钢筋混凝土构件的变形、裂缝与耐久性设计	156
10.1 概述	156
10.2 受弯构件的挠度计算	157
10.2.1 单一弹性材料梁的挠度计算	157
10.2.2 钢筋混凝土梁的挠度计算	157
10.3 钢筋混凝土构件裂缝宽度计算	163
10.3.1 轴心受拉构件垂直裂缝的形成规律	163
10.3.2 裂缝的平均间距	163
10.3.3 平均裂缝宽度	164
10.3.4 最大裂缝宽度 w_{\max}	165
10.3.5 轴心受拉构件裂缝宽度计算	165
10.3.6 裂缝宽度验算	166
10.4 混凝土结构的耐久性设计	167
10.4.1 耐久性的概念	167
10.4.2 影响混凝土耐久性的因素	167
10.4.3 《混凝土规范》对混凝土耐久性要求的规定	169
复习题	170
第 11 章 预应力混凝土构件	172
11.1 施加预应力的方法	173
11.1.1 先张法	173
11.1.2 后张法	174
11.1.3 无黏结预应力混凝土后张法	174
11.1.4 先张法和后张法的比较	176
11.1.5 施加预应力的其他方法	176
11.2 预应力混凝土材料	176
11.2.1 混凝土	176
11.2.2 预应力钢筋	176
11.2.3 孔道灌浆材料	177
11.3 张拉控制应力和预应力损失	177
11.3.1 张拉控制应力	177
11.3.2 预应力损失	178
11.3.3 各阶段预应力损失值的组合	183
11.4 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	187
11.4.1 先张法构件	187
11.4.2 后张法构件	190
11.4.3 分析与比较	191
11.5 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	193
11.5.1 使用阶段的计算	193
11.5.2 施工阶段的验算	194

11.6	预应力混凝土受弯构件	201
11.6.1	预应力混凝土受弯构件的应力分析	201
11.6.2	使用阶段的承载力计算	204
11.6.3	使用阶段的抗裂与裂缝宽度验算	207
11.6.4	预应力钢筋的预应力传递长度 l_{tr}	209
11.6.5	使用阶段的挠度计算	209
11.6.6	施工阶段验算	211
11.7	预应力混凝土构件的构造与设备	218
11.7.1	一般构造规定	218
11.7.2	先张法构件	219
11.7.3	后张法构件	220
11.7.4	锚具和夹具	220
	复习题	223
第 12 章	混凝土结构受冲切、局部受压和深受弯构件	225
12.1	混凝土构件受冲切承载力计算	225
12.1.1	概述	225
12.1.2	抗冲切承载力计算	226
12.2	局部受压承载力计算	232
12.2.1	局部受压区的截面尺寸验算	232
12.2.2	局部受压计算底面积的确定	233
12.2.3	配有间接钢筋时局部受压承载力计算	233
12.2.4	配有间接钢筋时的构造要求	234
12.3	深受弯构件	234
12.3.1	概述	234
12.3.2	深梁的三个工作阶段和破坏形态	235
12.3.3	深梁的内力计算	237
12.3.4	深受弯构件的承载力计算	238
12.3.5	深受弯构件的构造要求	240
12.3.6	牛腿设计	244
	复习思考题	247
第 13 章	公路桥涵混凝土结构基本构件设计	248
13.1	公路桥涵结构设计基本规定	248
13.1.1	概率极限状态设计法的概念	249
13.1.2	极限状态表达式	249
13.1.3	材料的强度设计值	249
13.1.4	作用效应组合	250
13.2	公路桥涵受弯构件正截面承载力计算	253
13.2.1	基本假定	253
13.2.2	单筋矩形截面正截面承载力计算	253
13.2.3	双筋矩形截面正截面承载力计算	255

13.2.4	T形截面正截面承载力计算	256
13.2.5	构造要求	260
13.3	公路桥涵受弯构件斜截面承载力计算	263
13.3.1	斜截面抗剪承载力的验算位置	263
13.3.2	斜截面抗剪承载力计算	263
13.3.3	斜截面抗弯承载力的验算方法	268
13.4	受压与受拉构件正截面承载力计算	270
13.4.1	轴心受压构件正截面承载力的计算	270
13.4.2	矩形截面偏心受压构件正截面承载力的计算	271
13.4.3	轴心受拉构件正截面承载力的计算	277
13.4.4	偏心受拉构件正截面承载力的计算	277
13.5	公路桥涵受扭构件承载力计算	279
13.5.1	矩形和箱形截面纯扭构件承载力计算	279
13.5.2	矩形和箱形截面剪扭和弯剪扭构件承载力计算	280
13.5.3	可不进行抗扭承载力计算的条件	281
13.5.4	构造要求	281
13.6	公路桥涵受弯构件的应力、裂缝与变形验算	282
13.6.1	施工阶段的应力验算	282
13.6.2	受弯构件的裂缝宽度验算	283
13.6.3	受弯构件的挠度验算	283
13.7	预应力混凝土构件	285
13.7.1	概述	285
13.7.2	张拉控制应力 σ_{con}	286
13.7.3	预应力损失	287
13.7.4	预应力混凝土受弯构件的应力计算	292
13.7.5	预应力混凝土受弯构件的承载力计算	295
13.7.6	端部锚固区计算	298
13.7.7	变形计算	300
13.7.8	预应力混凝土简支梁设计	302
	复习思考题	307
附录		310
附录 1	《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 有关规定	310
附录 2	《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 (JTG D62—2004) 的有关规定	316
附录 3	主要术语与符号	321
参考文献		330

第1章 绪 论

一般建筑物都是由屋顶、楼板、墙体和地板等基本构件围成的几何空间，供人们从事各种活动，同时避免外界风雨寒暑的影响。

房屋建筑按用途可分为工业建筑、农业建筑、公共建筑和民用建筑等；按层数或高度可分为高层建筑、多层建筑、低层建筑。房屋按构成功能或专业工种可分为建筑、结构和设备三部分。那么，什么叫建筑结构与构件，建筑与结构的关系是什么，什么是混凝土结构，它有何特点，其发展状况和趋势如何？学习本课程应注意什么问题。本绪论将回答以上问题。

1.1 建筑结构和结构构件

建筑结构是指建筑物中由结构构件组成的承重骨架。它的功能是形成建筑功能所要求的基本空间和体型，并且在各种作用下，确保建筑物的安全可靠和正常使用。

结构构件是指组成建筑结构并具有独立功能的结构材料单元或部件，如屋架、梁、屋面板、楼板、墙、柱、基础等。

1. 建筑结构构件

建筑结构基本构件的受力分析是建筑设计的基础。下面介绍主要结构构件的受力特点：

(1) 屋面板承受风、雪、积灰和屋面自重；楼板承受人群、家具、设备及自重。荷载作用方向垂直轴线，产生弯曲变形，内力以弯矩为主，见图 1-1a。板属受弯构件。

(2) 梁承受板传来的荷载及自重，荷载作用方向垂直轴线，产生弯曲变形，内力以弯矩及剪力为主，见图 1-1a。梁也属受弯构件。

(3) 墙承受梁、板传来的荷载及自重，荷载作用方向平行于轴线，产生压缩变形，内力以轴向压力为主，属受压构件。外墙还承受风荷载，此时，作用方向垂直于轴线，产生侧向弯曲变形，受力同板。两者组合起来形成压弯构件，见图 1-1b。

(4) 柱承受梁或屋架传来的压力和自重，荷载方向平行于轴线。作用线与轴线重合时为轴心受压柱，主要受压力；不重合时，称为偏心受压柱，除承受轴力外，还承受弯矩作用，见图 1-1c。柱属于受压构件。

(5) 基础承受墙柱传来的荷载并将其扩散到地基上。地基就是承受基础传来压力的土层。基础承受压力和地基反力作用，见图 1-1d。基础属于受压构件，也有轴心受压和偏心受压之分。

2. 建筑结构的类型

结构构件通过正确的连接，组成能承受并传递荷载的房屋骨架，即建筑结构，见图 1-2。合理的结构体系必须受力明确、传力直接、结构先进、安全可靠。建筑结构设计时，必须判明荷载在结构体系中的传递途径。荷载的一般传递途径如下：

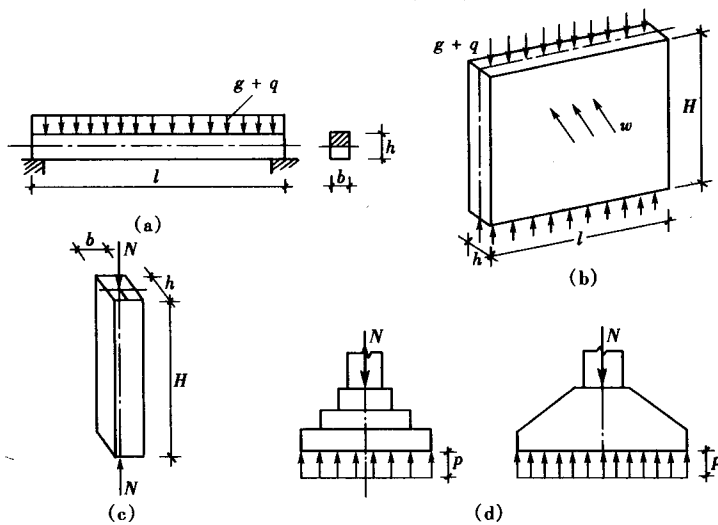
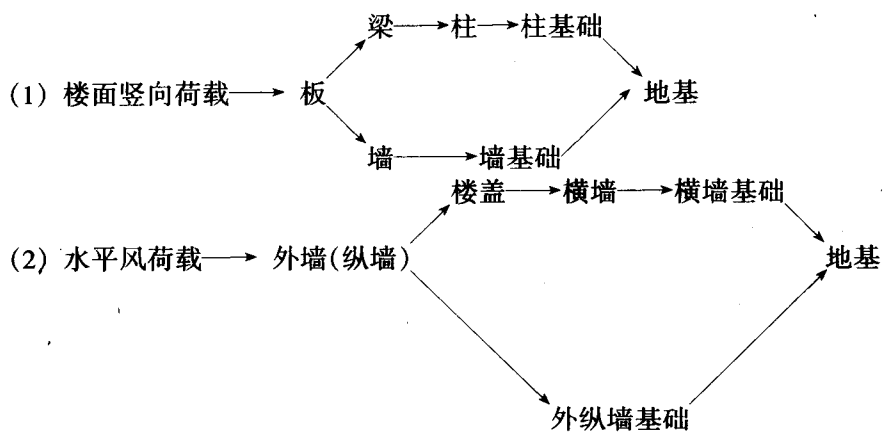


图 1-1 建筑结构构件受力特点示意图

(a) 梁 (板); (b) 墙; (c) 柱; (d) 基础

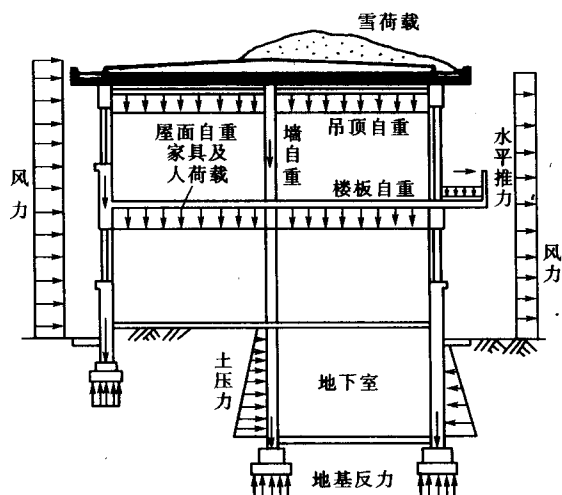


图 1-2 建筑结构受力图

建筑结构类型的划分有不同的方法，主要有按结构所用的材料类别（结构形式）和按结构承重体系来划分的两种类型。

(1) 按结构材料类别可分为四类：混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构。

(2) 按结构承重体系可分为六类：混合结构、排架结构、框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构、筒体结构等。

在建筑结构设计时，选择屋（楼）盖结构形式、基础结构形式及楼梯结构形式，也是确定结构方案的主要内容。建筑结构形式的各种图样见图 1-4 ~ 图 1-9。

1.2 建筑与结构的关系

一幢建筑物按其构成功能或专业工种可分为建筑、结构和设备。建筑是人们运用一定的物质材料创造的空间环境的一种技术艺术品；结构则是由结构构件组成的满足建筑功能要求的承重骨架，结构是建筑物赖以存在的物质基础，建筑推动结构理论的发展，结构则促进建筑形式的创新；设备是保证与改善人们生产和生活的环境条件，如给水排水、供热通风和供电照明等。一切成功的建筑物都是建筑、结构、设备三者巧妙的、有机的结合体。

一幢建筑物的诞生和存在是经过可行性研究、设计、建造和维修的整个过程以及建设部门、建筑设计院、建筑工程公司、建设监理公司等单位的各工种的工人、工程技术人员和管理干部的通力协作，共同完成的。

显然，一项建筑工程的设计工作，是需要土建专业中建筑、结构和设备专业中给水排水、供热通风、供电照明等各工种互相配合完成的。建筑设计是对拟建建筑物预先进行设想和规划，根据建筑物的用途和要求确定其各部分的形式和尺度，并将各部分有机地组合到一起，创造出优美协调的建筑空间环境。建筑设计是根据生产和生活功能进行工程技术与建筑艺术的综合，它又是各专业工种的协调者与领导者，还需全面考虑城乡建设规划、环境保护、材料供应及建筑施工的要求和制约。结构设计是根据建筑布置和荷载大小来选定结构方案，并确定结构各部分用料、尺寸和构造做法。

1.3 混凝土结构的一般概念

1.3.1 混凝土结构的含义与分类

1. 含义

混凝土结构是指以混凝土为主要材料制成的建筑结构。

2. 分类

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和预应力混凝土结构。

(1) 素混凝土结构是由无筋或仅配构造钢筋的混凝土制成的结构，如刚性基础。

(2) 钢筋混凝土结构，是由配置受力钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。

钢筋混凝土结构是最主要的一种结构，广泛用于各类建筑工程中，除用于工业与民用建筑外，还用于地下、水工、港口、桥梁、隧道等土木工程和国防工程中。钢筋形成钢筋骨架，主要承受拉力；混凝土包裹并保护钢筋，主要承受压力。

(3) 型钢混凝土结构, 又称钢骨混凝土结构, 是指由型钢或组合钢骨架作为配筋的混凝土结构。

(4) 钢管混凝土结构是指在钢管内浇灌高强度混凝土的一种结构形式。

(5) 预应力混凝土结构, 是指由配置预应力钢筋的预加应力的混凝土制成的预应力混凝土结构。

1.3.2 混凝土结构的优缺点

1. 钢筋混凝土结构的优点

(1) 耐久性好。在一般环境下, 钢筋受混凝土保护而不易锈蚀, 且混凝土强度随时间增长有所提高, 故耐久性好, 几乎不需要经常维修和保养。

(2) 强度高。和砖木相比, 强度较高。在某些情况下可以代替钢结构, 因而能节约钢材。

(3) 耐火性好。混凝土是不良导热体, 火灾时, 钢筋受混凝土保护不会很快达到软化而导致结构破坏, 其耐火性能比钢结构好。

(4) 可模性好。根据设计需要可以浇筑成各种形状和尺寸的结构, 因而适用于形状复杂的结构, 如空心楼板、空间薄壳等。

(5) 整体性好。有利于抗震和防爆。

(6) 易于就地取材。用量最多的砂、石, 产地普遍, 易于就地取材, 因而可减少运输费用, 降低造价。

2. 钢筋混凝土结构的缺点

(1) 自重大。这对于建造大跨度结构和超高层抗震结构是不利的。

(2) 施工比较复杂, 工序多, 工期长。冬期施工和雨期施工困难, 需要采取必要的措施以保证工程质量。

(3) 抗裂性差。在正常使用时, 普通钢筋混凝土结构往往有裂缝。这对要求不开裂的结构是很不利的。随着科学的发展, 这些缺点已经或正在逐步得到克服, 如采用轻质高强混凝土以减轻结构自重, 采用预应力混凝土以提高构件的抗裂性。

1.4 混凝土结构的发展简况及其应用

1.4.1 混凝土结构的发展简况

1824年英国人阿斯普丁(J. Aspdin)发明硅酸盐水泥距今已有182年。1850年法国人朗波(L. Lambot)制造了第一只钢筋混凝土小船, 到1872年在纽约建造第一座钢筋混凝土房屋, 混凝土结构的开始应用距今也仅150多年。与砖石结构、木结构和钢结构相比, 混凝土结构的历史并不长, 但发展非常迅速。目前混凝土已成为大量土木工程结构中最主要的结构材料, 而且高性能混凝土和新型混凝土结构形式还在不断发展。

1. 混凝土结构的发展大体可分为三个阶段:

(1) 第一阶段是从钢筋混凝土的发明至20世纪初。该阶段所采用的钢筋和混凝土的强度比较低, 主要用于建造中小型楼板、梁、柱、拱和基础等构件。结构内力和构件截面计算均套用弹性理论, 采用容许应力设计方法。

(2) 第二阶段是从20世纪20年代到第二次世界大战前后。随着混凝土和钢筋强度的不断提高, 1928年法国杰出的土木工程师弗莱西奈(E. Freyssnet)的贡献使预应力混凝土进入

了实用阶段，使得混凝土结构可以用来建造大跨度结构。在计算理论上，前苏联著名的混凝土结构专家格沃兹捷夫（А.А.Гвоздев）提出了考虑混凝土塑性性能的破损阶段设计法，20世纪50年代又提出了更为合理的极限状态设计法，奠定了现代钢筋混凝土结构的基本计算理论。

(3) 第三阶段是第二次世界大战后到现在。随着建设速度的加快，对材料性能和施工技术提出了更高的要求，出现了装配式钢筋混凝土、泵送商品混凝土等工业化生产的混凝土结构。高强混凝土和高强钢筋的发展，计算机技术的采用和先进施工机械设备的发明，建造了一大批超高层建筑、大跨度桥梁、特长跨海隧道、高耸结构等大型结构工程，成为现代土木工程标志。在设计计算理论方面，已发展到以概率理论为基础的极限状态设计法、三维混凝土结构非线性分析，钢筋混凝土结构的基础理论研究得到了很大的发展。随着新型混凝土材料及其复合结构形式的出现，给混凝土结构提出了新的课题，并不断促进混凝土结构的发展。

2. 现代混凝土结构中有代表性的土木工程项目：

(1) 世界最高的混凝土建筑，也是世界最高的建筑，是马来西亚吉隆坡市中心的双塔大厦，高450m，为钢骨混凝土结构。

(2) 我国目前最高的建筑是上海的金茂大厦，其主体为钢筋混凝土结构，其中部分柱配置了一些钢骨，88层，高382m。

(3) 我国最高的钢筋混凝土建筑是广州的中天广场，80层，高322m。

(4) 全部为轻混凝土结构的最高建筑是美国的休斯顿贝壳广场大厦，52层，高215m。

(5) 跨度最大的建筑为意大利都灵展览馆，其拱顶由装配式构件组成，跨度达95m。

(6) 跨度最大的薄壳结构是美国西雅图金群体育馆，采用圆球壳，跨度达202m。

(7) 世界最高的电视塔是加拿大多伦多电视塔，高549m（混凝土结构部分），采用预应力混凝土。

(8) 我国最高的电视塔为上海东方明珠电视塔，高415.2m，主体为混凝土结构。

(9) 世界上跨度最大的混凝土拱桥是克罗地亚的克尔克II号桥，形式为敞肩拱桥，跨度达390m，拱券厚6.5m。

(10) 我国跨度最大的拱桥是四川涪陵乌江桥，全长351.83m，主跨200m。

(11) 我国最大的铁路拱桥为丰沙线上的永定河七号桥，跨度达150m。

(12) 我国最大的预应力连续刚架桥是南昆铁路线上的清水河大桥，主桥三跨分别为72m、128m和72m。

(13) 上海杨浦大桥为斜拉桥，主跨602m，其桥塔和桥面均为混凝土结构。

(14) 世界上最高的重力坝是瑞士狄克桑斯大坝，坝高285m，坝顶宽15m，坝底宽225m，坝长695m。

(15) 我国最高的重力坝为龙羊峡水电站的拦河大坝，坝高178m，坝顶长393.4m，坝顶宽15m，坝底宽80m。

1.4.2 混凝土结构的发展方向

钢筋混凝土结构形式在20世纪获得很大发展，钢筋混凝土结构的应用范围在拓宽，新性能的钢筋混凝土结构形式正在形成。如高性能混凝土结构、纤维增强混凝土结构、钢骨混凝土结构、钢管混凝土结构、钢-混凝土组合结构等（图1-3）。

1. 高性能混凝土结构

高性能混凝土是指具有高强度、高耐久性、高流动性等多种优越性能的混凝土，一般认为抗压强度等级大于 C50 的混凝土属于高强混凝土。我国在高层建筑中，已使用 C50 ~ C60 级，个别工程用到 C80，我国已制成 C100 级的混凝土。罗马尼亚已制成 C170 级，美国已制成 C200 级混凝土，预计未来可达到 C400 级。采用高强混凝土可以减小截面尺寸，减轻结构自重，具有良好的耐久性，从而为建造高层建筑、高耸建筑和大跨结构创造条件。

2. 纤维增强混凝土结构

纤维增强混凝土是指在普通混凝土中掺加适量的纤维材料而形成改良混凝土。纤维材料可有钢纤维、耐碱玻璃纤维、合成纤维、植物纤维等。纤维增强混凝土结构，可达到提高结

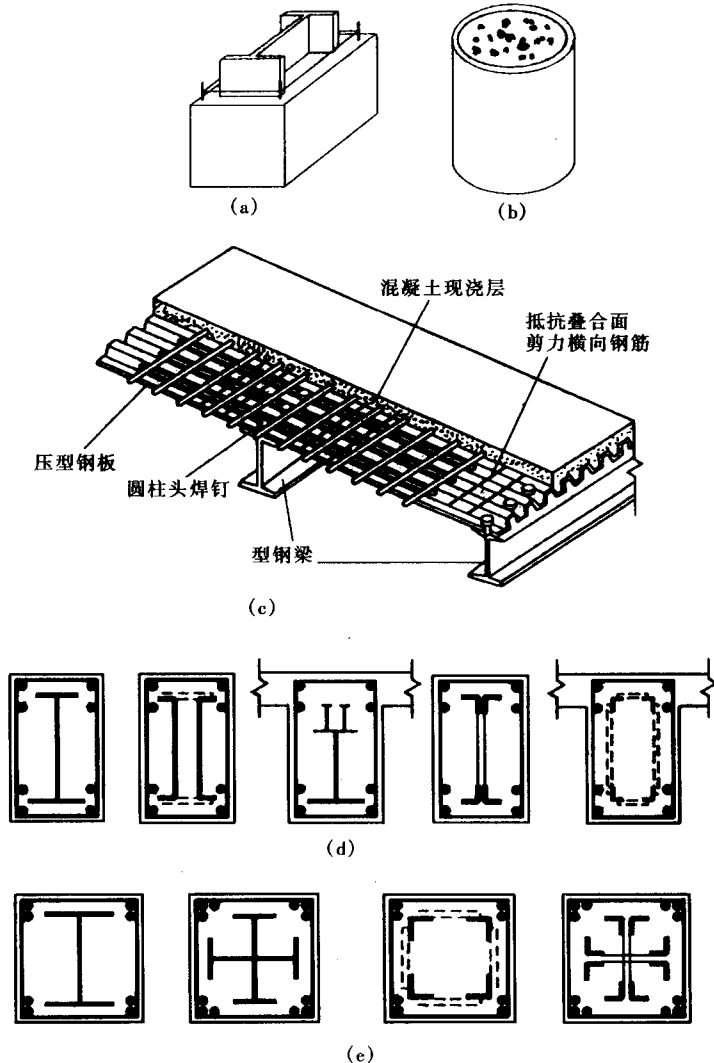


图 1-3 几种特殊形式的钢筋混凝土结构构件示意图
(a) 钢筋混凝土柱；(b) 钢管混凝土柱；(c) 钢和混凝土组合梁板结构；
(d) 钢筋混凝土梁截面形式；(e) 钢筋混凝土柱截面形式