

混凝土结构

主 编 王运政 刘 翔
副主编 刘可定 许 博 胡婷婷
主 审 刘锡军



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+” 创新系列教材编审委员会

主 任

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

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 李悬亮
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	刘剑勇
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	胡蓉蓉	徐龙辉	徐运明	徐猛勇
高建平	唐茂华	黄光明	黄郎宁	曹世晖	常爱萍
梁鸿韵	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 and 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

内容简介

本书依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等新标准、规范,按照理论“必需、够用”的原则,以职业标准所需的专业知识、专业技能为重点,并结合《实用混凝土结构构造手册》《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(11G101)等规范编写。

全书共14章,内容包括绪论、钢筋混凝土材料的力学性能、混凝土结构的设计方法、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受拉构件承载力计算、受压构件承载力计算、受扭构件承载力计算、构件的变形和裂缝宽度验算、预应力混凝土构件、梁板结构、单层工业厂房、多层框架结构及高层建筑结构简介。每章精心编写了选择题、填空题、问答题等概念分析和工程应用实训题。

本书既可以作为高职高专院校建筑工程技术专业或土建类其他相关专业的教学用书,也可以作为土建工程技术人员的实用参考书。

本书配有多媒体教学电子课件。

前言 PREFACE

本书按照高等职业教育“建筑工程技术专业”职业能力培养目标的要求,以及课程改革对教材建设的需要组织编写。本书的主要特色:

1. 本书参照我国最新修订的国家标准、规范《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等,并结合《实用混凝土结构构造手册》《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(11G101)等规范编写。

2. 按照高职高专的教学要求,结合专业岗位群对职业能力的要求,本书对混凝土结构的教学内容进行了精选和整合,精简理论,突出实践。在教学内容上将基本理论、基本构件、结构与施工图的识读进行融通,在编排形式与内容上,力求通俗易懂、循序渐进,便于理解和学习。

3. 本书设计实例采用真实工程设计实际案例,强调建筑构造知识的应用,加强了对学生识读和绘制结构施工图能力的培养。

4. 本书每章设置了学习目标、导读、小结等内容,突出结构设计概念的培养和专业实践的应用,力求体现高职教育改革的特点,坚持“理论够用为度”的原则,加强实践,吸取有关教材的长处,结合编者的教学和工程经验进行编写。

5. 在每章的练习中,精心编写了选择题、填空题、问答题等概念分析和工程应用实训题,以求通过“教、学、做合一”的实训教学,开阔视野,激发学习兴趣,引导学习。

6. 本书为增强学生的知识面、开拓视野,编排了拓展阅读等选修内容,书中相关内容用小号字排版,并在其前面用*号进行了标注。

全书共14章,内容包括绪论、钢筋混凝土材料的力学性能、混凝土结构的设计方法、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受拉构件承载力计算、受压构件承载力计算、受扭构件承载力计算、构件的变形和裂缝宽度验算、预应力混凝土构件、梁板结构、单层工业厂房、多层框架结构及高层建筑结构简介。

本书由湖南城建职业技术学院王运政、刘翔担任主编，第1, 2, 3章由湖南城建职业技术学院刘可定、胡蓉编写；第4, 5章由湖南城建职业技术学院刘翔、伍文编写；第6章由湖南城建职业技术学院朱思静编写；第7, 9章由湖南城建职业技术学院王运政、蒋焕青编写；第8章由湖南城建职业技术学院李欣俊编写；第10章由湖南城建职业技术学院尹素仙编写；第11章由湖南城建职业技术学院谭敏、胡婷婷编写；第12, 13, 14章由湖南城建职业技术学院许博编写。全书由王运政、刘可定统稿，由湖南科技大学刘锡军教授主审。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请广大读者和同行专家批评、指正。

编 者
2016年8月

目 录 CONTENTS

第 1 章 绪 论 (1)

1.1 混凝土结构的概念 (1)

1.2 混凝土结构的应用和发展概况 (2)

1.3 钢筋混凝土结构的优缺点 (5)

第 2 章 钢筋混凝土材料的力学性能 (7)

2.1 混凝土 (7)

2.1.1 混凝土的强度指标 (7)

2.1.2 混凝土的变形性能 (9)

2.1.3 混凝土的选用 (11)

2.2 钢筋 (11)

2.2.1 钢筋的种类及级别 (11)

2.2.2 钢筋的力学性能 (12)

2.2.3 混凝土结构对钢筋性能的要求 (13)

2.2.4 钢筋的选用 (14)

2.3 钢筋与混凝土的黏结 (15)

2.3.1 黏结的作用及产生原因 (15)

2.3.2 黏结强度及影响因素 (15)

第 3 章 混凝土结构的设计方法 (18)

3.1 结构的功能要求和极限状态 (18)

3.1.1 结构的功能要求 (18)

3.1.2 结构功能的极限状态 (19)

3.2 结构的作用、作用效应和结构抗力 (19)

3.2.1 结构的作用 (19)

3.2.2 作用效应与结构抗力 (22)

3.3 概率极限状态设计法 (23)

3.3.1	可靠度、失效概率与可靠指标	(23)
3.3.2	极限状态实用表达式	(24)
3.4	混凝土结构的耐久性规定	(26)
第4章	受弯构件正截面承载力计算	(30)
4.1	板、梁的一般构造要求	(31)
4.1.1	板的一般构造要求	(31)
4.1.2	梁的一般构造要求	(34)
4.1.3	混凝土保护层及截面有效高度	(37)
4.2	受弯构件正截面承载力的试验研究	(38)
4.2.1	钢筋混凝土梁正截面工作的三个阶段	(38)
4.2.2	各阶段的应力状态	(39)
4.2.3	钢筋混凝土梁正截面的破坏形式	(41)
4.3	受弯构件正截面承载力计算的一般规定	(42)
4.3.1	基本假定	(42)
4.3.2	等效矩形应力图形	(43)
4.3.3	适筋梁的界限条件	(43)
4.4	单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(45)
4.4.1	基本公式及适用条件	(45)
4.4.2	基本公式的应用	(46)
4.5	双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(57)
4.5.1	双筋矩形截面梁的应用范围	(57)
4.5.2	基本公式及适用条件	(57)
4.5.3	基本公式的应用	(59)
4.6	T形截面受弯构件正截面承载力计算	(64)
4.6.1	概述	(64)
4.6.2	T形截面分类及其判别	(66)
4.6.3	基本公式及适用条件	(67)
4.6.4	基本公式的应用	(68)
第5章	受弯构件斜截面承载力计算	(79)
5.1	受弯构件斜截面承载力的试验研究	(80)
5.2	受弯构件斜截面受剪承载力计算	(82)
5.2.1	斜截面受剪承载力计算公式及适用条件	(82)
5.2.2	斜截面受剪承载力计算方法及步骤	(85)
5.3	保证斜截面受弯承载力的构造要求	(91)
5.3.1	抵抗弯矩图(M_u 图)	(91)

5.3.2 纵向钢筋的弯起位置	(92)
5.3.3 纵向钢筋的截断位置	(93)
5.4 受弯构件钢筋构造要求的补充	(94)
5.4.1 钢筋的锚固长度	(94)
5.4.2 钢筋的连接	(97)
5.4.3 箍筋的构造要求	(99)
5.4.4 弯起钢筋的构造要求	(100)
5.4.5 钢筋的细部尺寸	(101)
第 6 章 受拉构件承载力计算	(108)
6.1 轴心受拉构件正截面承载力计算	(108)
6.2 偏心受拉构件正截面承载力计算	(110)
6.2.1 计算公式及适用条件	(110)
6.2.2 公式的应用	(112)
6.3 偏心受拉构件斜截面承载力计算	(114)
第 7 章 受压构件承载力计算	(117)
7.1 受压构件的构造要求	(118)
7.1.1 材料选用	(118)
7.1.2 截面形式及尺寸	(118)
7.1.3 纵向钢筋	(118)
7.1.4 箍筋	(119)
7.2 轴心受压构件承载力计算	(120)
7.2.1 配有普通箍筋的轴心受压柱	(120)
7.2.2 配有螺旋式间接钢筋的轴心受压柱	(124)
7.3 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	(126)
7.3.1 偏心受压构件正截面破坏形态	(126)
7.3.2 附加偏心距和初始偏心距	(128)
7.3.3 受压构件侧向弯曲对弯矩的影响	(128)
7.3.4 正截面受压承载力基本公式及适用条件	(129)
7.3.5 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	(131)
7.4 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算要点	(136)
第 8 章 受扭构件承载力计算	(141)
8.1 纯扭构件承载力计算	(142)
8.1.1 素混凝土纯扭构件的开裂扭矩	(142)
8.1.2 矩形截面钢筋混凝土纯扭构件承载力计算	(142)

8.2 弯剪扭构件承载力计算 (144)

8.2.1 扭矩对弯、剪构件承载力的影响 (144)

8.2.2 矩形截面弯、剪、扭构件承载力计算 (145)

8.2.3 受扭构件的构造要求 (145)

第 9 章 构件的变形和裂缝宽度验算 (153)

9.1 概述 (153)

9.2 受弯构件的变形验算 (155)

9.2.1 受弯构件抗弯刚度的特点 (155)

9.2.2 受弯构件的刚度计算公式 (155)

9.2.3 受弯构件的挠度验算 (157)

9.2.4 提高受弯构件抗弯刚度的措施 (158)

9.3 受弯构件裂缝宽度验算 (159)

9.3.1 裂缝的产生及开展 (159)

9.3.2 裂缝的平均间距 l_m (159)

9.3.3 平均裂缝宽度 ω_m (160)

9.3.4 最大裂缝宽度 ω_{max} (160)

9.3.5 提高受弯构件抗裂的措施 (162)

第 10 章 预应力混凝土结构简介 (166)

10.1 概述 (167)

10.1.1 预应力混凝土的基本概念 (167)

10.1.2 预应力混凝土的特点及适用领域 (167)

10.2 预应力混凝土构件的材料及构造要求 (168)

10.2.1 预应力混凝土构件的材料 (168)

10.2.2 预应力混凝土构件的构造要求 (169)

10.2.3 纵向预应力筋的布置 (170)

10.3 施加预应力的方法 (172)

10.3.1 先张法 (172)

10.3.2 后张法 (172)

10.4 张拉控制应力和预应力损失 (176)

10.4.1 张拉控制应力 (176)

10.4.2 预应力损失 (176)

10.4.3 预应力损失值的组合 (180)

第 11 章 梁板结构 (183)

11.1 概述 (183)

11.1.1	钢筋混凝土楼盖的形式	(184)
11.1.2	单向板与双向板的划分	(184)
11.2	整体式单向板肋梁楼盖	(185)
11.2.1	楼盖的结构布置	(185)
11.2.2	计算简图	(185)
11.2.3	荷载计算	(187)
11.2.4	内力计算	(187)
11.2.5	板的计算要点与构造要求	(194)
11.2.6	次梁计算要点与构造要求	(196)
11.2.7	主梁的计算要点与构造要求	(197)
11.2.8	单向板肋形楼盖设计例题	(198)
11.3	整体式双向板肋梁楼盖	(210)
11.3.1	破坏特征及受力特点	(210)
11.3.2	内力计算	(210)
11.3.3	计算要点与构造要求	(212)
11.3.4	支承梁的计算特点	(212)
11.4	装配式楼盖	(213)
11.4.1	装配式楼盖的构件形式	(214)
11.4.2	装配式楼盖构件的计算特点	(216)
11.4.3	装配式楼盖的构造要求	(216)
11.5	楼梯	(217)
11.5.1	楼梯的类型	(217)
11.5.2	板式楼梯的计算与构造	(219)
11.5.3	梁式楼梯的计算与构造	(223)
11.5.4	折线形楼梯的计算与构造	(224)
* 11.5.5	案例	(225)
11.6	雨篷	(228)
11.6.1	概述	(228)
11.6.2	雨篷板的设计	(229)
11.6.3	雨篷梁的设计	(229)
11.6.4	雨篷抗倾覆验算	(230)
* 11.7	识读钢筋混凝土梁结构施工图	(231)
11.7.1	平面注写方式	(232)
11.7.2	梁支座上部纵筋的长度规定	(237)
11.7.3	不伸入支座的梁下部纵筋长度规定	(239)
11.7.4	非框架梁构造	(239)
11.7.5	案例	(240)

* 11.8	识读钢筋混凝土板结构施工图	(241)
11.8.1	现浇板平法施工图表达方式	(242)
11.8.2	现浇板配筋构造	(246)
11.8.3	楼板相关构造制图规则	(248)
11.8.4	案例	(248)
第12章	单层工业厂房	(256)
12.1	单层工业厂房的结构形式及结构组成	(257)
12.1.1	单层工业厂房的结构形式	(257)
12.1.2	单层工业厂房的结构组成及构件形式	(258)
12.1.3	单层工业厂房的受力特点及传力路线	(259)
12.2	单层工业厂房的结构布置	(260)
12.2.1	柱网与定位轴线	(260)
12.2.2	变形缝	(262)
12.2.3	支撑	(263)
12.3	单层工业厂房排架计算	(268)
12.3.1	结构计算简图	(268)
12.3.2	结构上的荷载	(270)
12.3.3	排架内力计算	(276)
12.3.4	内力组合	(283)
12.4	单层工业厂房排架柱	(284)
12.5	单层工业厂房排架	(289)
12.6	柱下钢筋混凝土独立基础	(292)
第13章	多层框架结构	(302)
13.1	多层框架结构的分类与结构布置	(303)
13.1.1	多层框架结构的分类	(303)
13.1.2	框架结构布置	(304)
13.2	框架结构计算简图及荷载取值	(309)
13.2.1	构件的截面尺寸	(309)
13.2.2	框架结构的计算简图	(312)
13.2.3	框架结构荷载取值	(314)
13.3	内力与位移近似计算	(315)
13.3.1	竖向荷载作用下的内力近似计算——分层法	(315)
13.3.2	水平荷载作用下的内力近似计算——反弯点法和 D 值法	(317)
13.3.3	水平荷载作用下框架结构侧移的近似计算	(323)
13.3.4	重力二阶效应($p-\Delta$ 效应) 计算	(324)

13.3.5 多层框架内力组合	(325)
13.4 框架结构构件设计(非抗震)	(329)
13.4.1 截面配筋	(329)
13.4.2 构造要求	(330)
第 14 章 混凝土高层建筑结构体系简介	(339)
14.1 混凝土高层建筑概况	(339)
14.1.1 高层建筑发展概况	(339)
14.1.2 高层建筑结构特点及高度分级	(340)
14.1.3 水平位移及加速度限值	(342)
14.2 高层混凝土结构体系与布置原则	(343)
14.2.1 常用高层混凝土结构体系	(343)
14.2.2 高层混凝土结构一般布置原则	(346)
14.3 高层混凝土结构上的作用	(349)
14.3.1 风荷载	(349)
14.3.2 地震作用	(351)
14.3.3 温度作用	(351)
附录 A	(354)
附表 A.1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频偶值和准永久值系数	(354)
附表 A.2 活荷载按楼层的折减系数	(355)
附表 A.3 屋面均布活荷载标准值及其组合值、频偶值和准永久值系数	(355)
附表 A.4 常用材料和构件自重	(356)
附表 A.5 屋面积雪分布系数 μ_r	(357)
附表 A.6 常见建筑的风荷载体型系数 μ_s	(358)
附表 A.7 风压高度变化系数 μ_z	(359)
附录 B	(360)
附表 B.1 混凝土强度标准值、设计值和弹性模量	(360)
附表 B.2 钢筋强度标准值、设计值和弹性模量	(360)
附表 B.3 预应力钢筋强度标准值、设计值和弹性模量	(360)
附录 C	(362)
附表 C.1 混凝土的环境类别	(362)
附表 C.2 混凝土保护层的最小厚度 C	(362)
附表 C.3 纵向受力钢筋的最小配筋百分率 $\rho_{\min}$	(363)

附表 C.4	受弯构件的挠度限值	(363)
附表 C.5	结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值	(364)
附录 D		(365)
附表 D.1	钢筋截面面积及理论质量	(365)
附表 D.2	每米板宽内的钢筋截面面积表	(366)
附表 D.3	钢绞线、钢丝公称直径、公称截面面积及理论质量	(366)
附表 D.4	矩形和 T 形截面受弯构件正截面承载力计算系数表	(367)
附录 E		(368)
附表 E.1	均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数	(368)
附表 E.2	按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表	(374)
附录 F	单阶柱柱顶反力与位移系数图表	(378)
图表 F.1	柱顶单位集中荷载作用下系数 C_0 的数值	(378)
图表 F.2	力矩作用在柱顶时系数 C_1 的数值	(378)
图表 F.3	力矩作用在牛腿顶面时系数 C_3 的数值	(379)
图表 F.4	集中荷载作用在上柱($y=0.5H_1$)系数 C_3 的数值	(379)
图表 F.5	集中荷载作用在上柱($y=0.6H_1$)系数 C_5 的数值	(380)
图表 F.6	集中荷载作用在上柱($y=0.7H_1$)系数 C_5 的数值	(380)
图表 F.7	集中荷载作用在上柱($y=0.8H_1$)系数 C_5 的数值	(381)
图表 F.8	均布荷载作用在整个上、下柱系数 C_{11} 的数值	(381)
附录 G		(382)
附录 G.1	均布水平荷载下各层柱标准反弯点高度比 y_0	(382)
附录 G.2	倒三角形荷载下各层柱标准反弯点高度比 y_0	(384)
附录 G.3	上下梁相对刚度变化时的修正值 y_1	(386)
附录 G.4	上下层柱高度变化时的修正值 y_2 和 y_3	(386)
参考文献		(387)

第1章 绪论

【学习目标】

- (1) 了解混凝土结构的分类、基本概念;
- (2) 了解混凝土结构的应用及发展概况;
- (3) 了解混凝土结构的优缺点。

【本章导读】

混凝土结构是以混凝土材料为主要承重构件的结构。它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构等。本章学习混凝土结构的基本知识,并初步了解混凝土结构的相关特点及应用。

1.1 混凝土结构的概念

建筑是人们用各种建筑材料建造的一种供人们居住和使用的三维空间,如住宅、厂房、体育馆等。建筑中由梁、板、柱、墙、基础等构件连接而成的能承受一定“作用”的空间体系称为建筑结构。建筑结构根据其承重结构所用材料的不同,一般可分为:混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构和混合结构等。

混凝土结构包括素混凝土结构(无筋或不配受力钢筋)、钢筋混凝土结构(配置普通受力钢筋)及预应力混凝土结构(配置预应力受力钢筋)。通常所说的混凝土结构一般是指钢筋混凝土结构。

根据混凝土结构的受力和构造特点不同,可将其分为框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支剪力墙体系、筒体结构、排架结构、板柱结构等几种结构体系。

混凝土在建筑工程中是一种应用范围非常广泛的建筑材料,它的抗压强度较高,而抗拉强度却很低。例如 C30 混凝土的轴心抗压强度设计值达 14.3 MPa,轴心抗拉强度设计值却只有 1.43 MPa。因此,未配置钢筋的素混凝土构件只适用于受压构件,且因破坏时较突然,故该类构件在工程中使用极少。图 1.1(a)所示为素混凝土梁,上部受压区因混凝土抗压强度高,不易被破坏,但下部受拉区因混凝土抗拉强度远低于抗压强度,故在外力作用较小时,受拉区混凝土就会达到极限承载力进而产生裂缝,降低了整个素混凝土梁的承载能力。图 1.1(b)所示为钢筋混凝土梁,上部压应力仍由混凝土承担,因梁下部受拉区配有钢筋,受拉区

的拉应力则由抗拉强度极高的钢筋承担，大大提高了梁的承载能力。因此，利用混凝土与钢筋两种材料共同组成的钢筋混凝土结构在建筑结构中应用十分广泛。

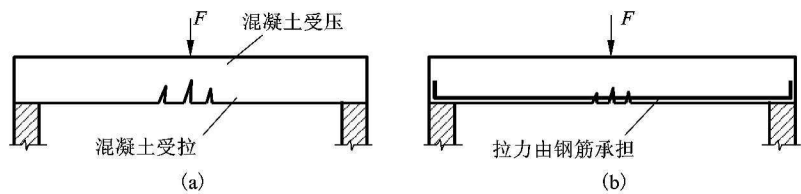


图 1.1 钢筋混凝土梁与素混凝土梁的比较

(a) 素混凝土梁; (b) 钢筋混凝土梁

混凝土与钢筋是不同性质的两种材料，二者之所以能有效地共同工作，是由于以下特征：

(1) 混凝土和钢筋之间有着良好的黏结力，能牢固结成整体，受力后变形一致，不会产生相对滑移。这是混凝土和钢筋共同工作的主要条件。

(2) 混凝土与钢筋的温度线膨胀系数大致相同，所以，当温度发生变化时，不致于产生较大的温度应力而破坏二者之间的黏结。

(3) 钢筋外边有一定厚度的混凝土保护层，可以防止钢筋锈蚀，从而保证了钢筋混凝土构件的耐久性。

1.2 混凝土结构的应用和发展概况

混凝土结构是一种新兴的结构，迄今有 150 多年历史。1824 年，英国人 J. Aspdin(约瑟夫·阿斯普丁) 发明了“波特兰”水泥，为混凝土的诞生奠定基础。1850 年，法国人 Joseph Louis Lambot(兰波特) 用水泥砂浆涂在钢丝网的两面做成了小船，出现了最原始的钢筋混凝土结构。19 世纪中叶，法国人 J. Monier(约瑟夫·莫尼哀) 用钢丝作骨架制成了钢筋混凝土花盆，并在 1867 年获得了专利权。1872 年，世界第一座钢筋混凝土建筑在纽约落成，人类历史的一个崭新纪元就此开始。早期的混凝土结构所用的钢筋和混凝土强度都很低，因而它们主要应用于小型钢筋混凝土梁、板、柱和基础等构件的制作。进入 20 世纪以后，钢筋混凝土结构在组成材料、结构形式、施工工艺、设计理论 and 应用范围等方面有了迅速发展，出现了预应力混凝土结构、装配式钢筋混凝土结构和钢筋混凝土薄壁空间结构等。现今，混凝土结构已成为建筑工程中应用最为广泛的一种结构，有着很大的发展潜力。

在材料方面，现在国内钢筋混凝土结构采用 C20 ~ C40 的混凝土，预应力钢筋混凝土结构采用 C40 ~ C80 的混凝土。近年来国内外高性能混凝土的研究方兴未艾，如美国制成 C200 的混凝土，我国也制成 C100 的混凝土，为混凝土结构在高层建筑、高耸建筑和大跨度桥梁等方面的应用创造了条件。同时，国内外还致力于发展轻集料混凝土以减轻结构自重且充分利用工业废渣废料。如陶粒混凝土、浮石混凝土等，其自重为 $14 \sim 18 \text{ kg/m}^3$ ，比普通混凝土自

重减少了 10% ~ 30%。此外,各种纤维混凝土的应用,使混凝土抗拉性能和延伸性差的缺点有了很大改善。

除混凝土外,钢筋强度也有了新的提高。首先是 400 MPa 和 500 MPa 的高强带肋钢筋在混凝土结构中得到了广泛应用。此外,最近国际上研究颇多的是纤维筋,常用的有树脂黏结的碳纤维、玻璃纤维,研究证明这些纤维制成的筋材强度都很高。

在结构形式方面,近年来值得注意的发展方向之一是钢 - 混凝土组合结构。如型钢 - 混凝土组合梁、钢管混凝土柱及压型钢板混凝土组合楼盖等。另外,近年来预应力混凝土结构的发展也突飞猛进,尤其不能忽视的是无黏结部分预应力混凝土结构,它克服了传统预应力混凝土结构施工工序复杂、工期较长、造价高昂等一系列缺陷。

在施工工艺方面,随着高层、超高层结构的发展,诸如钢管混凝土、型钢混凝土结构的出现,对混凝土的性能、施工工艺都提出了许多新的要求,促进了混凝土性能和施工工艺的不断发展。近几年来对钢管混凝土结构中混凝土的浇筑工艺较普遍地采用了混凝土从管底顶升浇灌的新工艺,这种新工艺目前在许多工程中都成功应用,一次顶升可达 21 m(5 层),取得了显著的效益。自密实混凝土已被较普遍使用,但造价稍高,有待进一步研究,这是发展方向,也是绿色施工的重要方向。

在设计理论方面,从 1955 年我国有了第一批建筑结构设计规范至今,建筑结构设计规范已经修订了五次。现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《规范》),就是在总结 50 多年丰富的工程实践经验、设计理论和最新科研成果的基础上编制而成的。它采用以概率理论为基础的极限状态法,从对结构仅进行线性分析发展到对结构进行非线性分析,从对结构侧重安全发展到全面侧重结构的性能,更加严格地控制裂缝和变形。随着对混凝土弹塑性性能的深入研究,现代测试技术的发展及计算机的广泛应用,混凝土结构的计算理论和设计方法将向更高阶段发展。

在混凝土结构应用方面,工业建筑的单层和多层厂房已广泛采用了钢筋混凝土结构;在民用和公共建筑中大量涌现住宅、旅馆、体育馆、剧院等钢筋混凝土结构建筑。除此以外,在桥梁、国防及特种结构、海洋、地下、水工及港口等工程中也广泛采用了钢筋混凝土结构。尤其是近年来钢筋混凝土高层建筑正迅速发展,如位于阿拉伯联合酋长国的哈利法塔(图 1.2),建成于 2010 年,共 162 层,高 828 m,是目前世界上最高的钢筋混凝土建筑。

随着改革开放的深入和建设事业的发展,国内钢筋混凝土结构的应用也更加丰富,范围亦日益扩大。广州塔(图 1.3),塔身主体高 454 m,总高度 600 m,是中国第一高塔,总建筑面积 114054 m²,已于 2009 年 9 月竣工。我国香港特别行政区的中环广场(图 1.4),高 372 m,共 78 层,于 2003 年 10 月建成。上海浦东的金茂大厦(图 1.5),属钢 - 混凝土结构,大厦于 1998 年建成,高 421 m,共 88 层。与金茂大厦相距仅 40 m 的上海环球金融中心(图 1.6),竣工于 2008 年 8 月,总建筑面积达 377300 m²,塔楼地上 101 层,地面以上高度为 492 m。于 2003 年 10 月建成的台北 101 大楼(图 1.7),楼高 509.2 m,地下 5 层,地面 101 层。在当时即拿下了世界高楼四项指标中的三项,即“最高使用楼层”、“最高屋顶高度”及“最高建筑”。