

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



HUNNINGTU JI QITI JIEGOU

混凝土 及砌体结构

黄 炜 薛建阳 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



HUNNINGTU JI QITI JIEGOU

混凝土 及砌体结构



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共分16章,主要包括钢筋混凝土材料的物理力学性能、结构设计基本原理、受弯构件正截面承载力、受弯构件斜截面承载力、受压构件承载力、受拉构件承载力、受扭构件承载力、混凝土结构的使用性能及耐久性、预应力混凝土构件、混凝土楼盖结构、单层厂房结构、框架结构、砌体材料及砌体的力学性能、无筋砌体构件承载力的计算、混合结构房屋墙体设计。本书根据全国高等院校土木工程专业指导委员会对土木工程专业学生的基本要求和审定的教学大纲,并参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写而成。全书内容精炼、概念清楚、由浅入深、循序渐进;书中各类型例题均给出计算流程,章末附有小结、思考题及习题等内容。

本书可作为普通高等院校土木工程专业的教材,也可作为工程管理、工程造价等专业的教材,还可供从事混凝土及砌体结构设计、施工、科研及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土及砌体结构/黄炜,薛建阳主编. —北京:中国电力出版社,2010.7

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5123-0520-5

I. ①混… II. ①黄…②薛… III. ①混凝土结构—高等学校—教材②砌块结构—高等学校—教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第107783号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010年8月第一版 2010年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 21.75印张 531千字

定价 35.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

混凝土及砌体结构课程是土木工程相关专业的专业必修课之一,在培养学生独立分析和综合运用土木工程专业知识和基本能力方面起着重要作用。

全书共16章,分为三个部分:第一部分是混凝土构件设计基本原理。主要讲述钢筋混凝土材料的物理和力学性能,结构设计的基本原理,受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件和预应力混凝土构件的受力性能、承载力与变形裂缝的计算方法、耐久性设计及构造措施等。第二部分是混凝土结构设计。主要讲述混凝土楼盖结构、单层厂房结构、多层框架结构的内力分析和设计计算方法等。混凝土楼盖结构的设计方法是混凝土受弯构件、受剪构件计算方法和构造措施的综合应用。单层工业厂房和多层框架结构的内力分析、构件设计及节点构造等反映了两种具有代表性房屋的结构设计方法。通过对房屋的结构布置、组成以及荷载传递路线的了解,可加深对房屋整体工作性质的理解;同时,这部分内容也是混凝土构件设计基本原理、计算方法及力学分析等知识在房屋设计中的具体应用。第三部分是砌体结构。讲述块体、砂浆及砌体的物理力学性能,砌体结构构件的承载力计算,并介绍混合结构房屋的墙体设计方法等。

本书内容精炼、概念清楚、由浅入深、循序渐进。为使读者对设计计算方法的掌握更加系统化、形象化,本书各类型例题均给出计算流程;为引导学生对基本概念、基本内容的深入思考及巩固提高,本书章末附有小结、思考题及习题等内容。

参加本书编写工作的人员有:西安建筑科技大学黄炜(第1、4、6、10章)、薛建阳(第3、5章)、朱佳宁(第7、8、9章)、丁怡洁(第11、12、13章)、谢启芳(第2、14、15、16章)。全书由黄炜、薛建阳任主编。

资深教授赵鸿铁先生对全书进行了审阅,并提出许多宝贵的意见。西安建筑科技大学土木工程学院混凝土结构教研室全体同事在本书的编写过程中给予了热情支持和帮助。另外,吴浩珍、侯莉娜、张程华、王斌、薛伟伟、陈海燕等研究生为本书绘制了部分插图并协助校核。在此一并表示衷心地感谢。

编写过程中参考和引用了国内外近年正式出版的有关混凝土及砌体结构的设计规范、教材及论著等,在此谨向有关作者表示感谢。限于编者的水平和经验,书中难免有不妥之处,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编者

2010年4月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 混凝土结构的基本概念	1
1.2 混凝土结构的优缺点	2
1.3 混凝土结构的发展与工程应用	3
1.4 砌体结构的基本概念	6
1.5 本课程的主要内容及学习方法	8
小结	10
思考题	10
第2章 钢筋混凝土材料的物理力学性能	11
2.1 钢筋的物理力学性能	11
2.2 混凝土的物理力学性能	14
2.3 钢筋与混凝土的粘结	20
小结	23
思考题	24
第3章 结构设计基本原理	25
3.1 结构可靠度及结构安全等级	25
3.2 荷载和材料强度的标准值	27
3.3 概率极限状态设计法	28
3.4 极限状态设计表达式	31
小结	35
思考题	35
第4章 受弯构件正截面承载力	36
4.1 概述	36
4.2 正截面受弯性能的试验研究	37
4.3 正截面受弯承载力分析	41
4.4 单筋矩形截面受弯承载力计算	45
4.5 受弯构件的构造要求	49
4.6 双筋矩形截面受弯承载力计算	52
4.7 T形截面受弯承载力计算	57
小结	64
思考题	64

习题	65
第 5 章 受弯构件斜截面承载力	67
5.1 概述	67
5.2 受弯构件受剪性能的试验研究	67
5.3 受弯构件斜截面受剪承载力计算	73
5.4 受弯构件斜截面受剪承载力的设计计算	76
5.5 受弯构件斜截面受弯承载力和钢筋的构造要求	81
小结	89
思考题	89
习题	90
第 6 章 受压构件承载力	92
6.1 概述	92
6.2 轴心受压构件正截面受压承载力	92
6.3 偏心受压构件正截面破坏形态	98
6.4 偏心受压构件的二阶效应	100
6.5 矩形截面非对称配筋偏心受压构件正截面承载力计算	102
6.6 矩形截面对称配筋偏心受压构件正截面承载力计算	112
6.7 偏心受压构件斜截面受剪承载力	118
小结	118
思考题	119
习题	120
第 7 章 受拉构件承载力	122
7.1 概述	122
7.2 轴心受拉构件正截面受拉承载力	122
7.3 偏心受拉构件正截面受拉承载力	123
7.4 偏心受拉构件斜截面受剪承载力	127
小结	127
思考题	128
习题	128
第 8 章 受扭构件承载力	129
8.1 概述	129
8.2 纯扭构件的受力性能及承载力计算	129
8.3 弯剪扭构件承载力	133
8.4 压弯剪扭构件承载力	137
8.5 受扭构件的构造要求	137
小结	140
思考题	140

习题	141
第 9 章 混凝土结构的使用性能及耐久性	142
9.1 概述	142
9.2 钢筋混凝土构件的裂缝宽度验算	142
9.3 受弯构件挠度验算	147
9.4 混凝土结构的耐久性	152
小结	155
思考题	155
习题	156
第 10 章 预应力混凝土构件	157
10.1 预应力混凝土的基本知识	157
10.2 预应力混凝土构件设计的一般规定	162
10.3 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	168
10.4 预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算	173
10.5 预应力混凝土构件的构造要求	180
小结	182
思考题	183
习题	183
第 11 章 混凝土楼盖结构	185
11.1 概述	185
11.2 单向板肋梁楼盖	186
11.3 双向板肋梁楼盖	200
11.4 单向板肋梁楼盖设计实例	203
11.5 楼梯	214
小结	216
思考题	217
第 12 章 单层厂房结构	218
12.1 概述	218
12.2 单层厂房结构的组成和布置	219
12.3 排架内力分析	227
12.4 单层厂房主要构件设计	233
小结	238
思考题	239
第 13 章 框架结构	240
13.1 框架结构体系及布置	240
13.2 现浇钢筋混凝土框架结构内力与位移的近似计算方法	241
13.3 框架结构荷载效应组合及最不利内力	246

13.4 框架结构构件设计及构造要求·····	247
小结·····	250
思考题·····	251
第 14 章 砌体材料及砌体的力学性能 ·····	252
14.1 砌体材料·····	252
14.2 砌体的类型·····	255
14.3 砌体的物理力学性能·····	257
小结·····	267
思考题·····	268
第 15 章 无筋砌体构件承载力的计算 ·····	269
15.1 受压构件·····	269
15.2 局部受压·····	275
15.3 轴心受拉、受弯和受剪构件·····	285
小结·····	287
思考题·····	288
习题·····	288
第 16 章 混合结构房屋墙体设计 ·····	290
16.1 混合结构房屋的结构布置·····	290
16.2 房屋的静力计算方案·····	292
16.3 刚性方案房屋墙、柱的计算·····	297
16.4 弹性与刚弹性方案房屋墙、柱的计算·····	301
16.5 混合结构房屋的构造要求·····	304
小结·····	312
思考题·····	313
习题·····	313
附录 ·····	314
附录 1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 附表·····	314
附录 2 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表 ·····	321
附录 3 双向板计算系数表符号说明 ·····	327
附录 4 框架柱反弯点高度比 ·····	332
参考文献 ·····	339

第1章 绪 论

1.1 混凝土结构的基本概念

混凝土是由水泥、石子、砂子和水按一定比例拌和,经振捣密实,凝固后形成的人工石材。以混凝土为主要材料制成的结构称为混凝土结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、型钢混凝土结构及配置各种纤维的混凝土结构等。由无筋或仅配置构造钢筋的混凝土制成的结构称为素混凝土结构。由配置普通受力钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构称为钢筋混凝土结构。由配置预应力受力钢筋,通过预应力张拉工艺建立预加应力的混凝土制成的结构称为预应力混凝土结构。型钢混凝土结构又称钢骨混凝土结构,它是指以型钢或钢板焊成的钢骨架为主作为配钢的混凝土结构。这些结构广泛应用于建筑、道路、桥梁、隧道、矿井、水利、港口等工程中。

钢筋混凝土结构由钢筋和混凝土两种物理和力学性质完全不同的材料组成。钢筋的抗拉能力很强,混凝土的抗压能力较强而抗拉能力却很弱。在钢筋混凝土结构中,主要是利用混凝土的抗压能力,钢筋的抗拉能力,使其协调工作,以满足工程结构的使用要求。如图1-1所示为两根截面尺寸、跨度、混凝土强度完全相同的简支梁,图1-1(a)为素混凝土简支梁,当荷载较小时,截面上的应变如同弹性材料的梁一样,沿截面高度呈直线分布;当荷载增大时截面受拉区边缘纤维拉应变达到混凝土抗拉极限应变时,该处混凝土被拉裂,裂缝沿截面高度方向迅速开展,试件随即发生断裂破坏。这种破坏由混凝土的抗拉强度控制,抗压强度得不到充分利用,其破坏荷载值很小,具有突然性。

图1-1(b)为钢筋混凝土简支梁,在截面受拉区配有适量的受拉钢筋。当受拉区混凝土开裂后,受拉区的拉应力主要由钢筋承受,中和轴以上受压区的压应力仍由混凝土承受。此时,荷载还可以继续增加,直到受拉区的钢筋达到屈服强度,随后荷载仍可继续上升,受压区混凝土压应力不断提高,直至受压区混凝土被压碎,梁即告破坏。梁破坏前,其变形和裂缝都具有较为充分的发展,呈现出明显的破坏预兆,且这种梁的极限承载力大大超过同等条件的素混凝土梁。

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料组成的,钢筋和混凝土这两种物理和力学性能差别很大的材料之所以能够有效地结合在一起而共同工作,主要依赖于下述三个条件:

1) 钢筋和混凝土之间存在着粘结力,使两者能够有效地结合在一起。在外荷载作用下,结构中的钢筋与混凝土协调变形,共同工作。粘结力是这两种不同性质材料能够共同工作的基础。

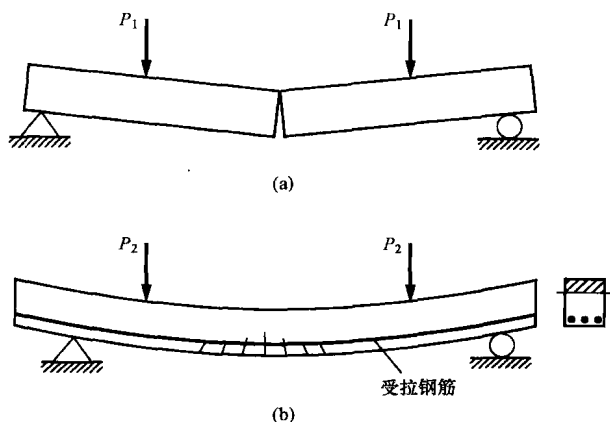


图1-1 简支梁

(a) 素混凝土; (b) 钢筋混凝土

2) 钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数相近, 钢筋为 1.2×10^{-5} , 混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$, 因此, 当温度变化时, 不会产生较大的相对变形而破坏两者间的粘结力。

3) 钢筋埋置于混凝土中, 混凝土对钢筋可起到保护作用, 使钢筋不容易发生锈蚀, 保证结构的耐久性; 同时, 受压时不易压曲失稳, 并在遭受火灾时不致因钢筋的迅速软化而导致结构整体破坏。

此外, 为了提高混凝土结构的抗裂性和耐久性, 可在加载前张拉钢筋的方法使混凝土截面内产生预压应力, 以全部或部分抵消荷载作用下的拉应力, 即为预应力混凝土结构; 也可在混凝土中加入各种纤维 (如钢纤维、碳纤维等), 形成纤维加强混凝土结构。

1.2 混凝土结构的优缺点

1. 混凝土结构的主要优点

(1) 就地取材

砂、石是混凝土的主要成分, 均可就地取材。在工业废料 (例如矿渣、粉煤灰等) 较多的地方, 也可利用工业废料制成人造骨料用于混凝土结构中。

(2) 承载力高

混凝土结构与砌体、木结构相比, 其承载力高。在一定条件下, 可以用来代替钢结构, 达到节约钢材、降低造价的目的。

(3) 耐久性

在钢筋混凝土结构中, 钢筋受到混凝土保护不易锈蚀, 故混凝土结构具有良好的耐久性。对处于侵蚀性环境下的混凝土结构, 经过合理的设计及采取有效措施后, 一般也可满足工程需要。

(4) 耐火性

混凝土为不良导热体, 埋置在混凝土中的钢筋受高温影响远较暴露的钢结构小。只要钢筋表面的混凝土保护层具有一定厚度, 则在发生火灾时钢筋不会迅速软化, 这样可以避免结构发生倒塌。

(5) 整体性

现浇或装配整体式钢筋混凝土结构具有良好的整体性, 从而使结构的刚度及稳定性较好, 有利于抗震、抵抗振动和爆炸冲击波等。

(6) 节约钢材

钢筋混凝土结构合理地利用了材料的性能, 发挥了钢筋与混凝土各自的优点, 与钢结构相比能节约钢材并降低造价。

(7) 可模性

新搅拌的混凝土具有可塑性, 因此可根据需要制成任意形状和尺寸的结构, 有利于建筑造型。

(8) 保养费低

钢筋混凝土结构很少需要维修, 不像钢、木结构需要经常性的保养。

2. 混凝土结构的缺点

(1) 自重大

混凝土结构自身重力较大,故所能负担的有效荷载相对较小。这对于大跨度结构、高层建筑结构等都是不利的。另外,自重大会使结构的地震作用加大,故对结构抗震也不利。

(2) 抗裂性差

钢筋混凝土结构在正常使用情况下构件截面受拉区通常存在裂缝,如果裂缝过宽,则会影响结构的耐久性和应用范围,还会使使用者产生不安全感。

(3) 脆性较大

与钢结构和木结构相比,混凝土的性质较脆,其脆性随着强度等级的提高而增大。

此外,混凝土结构施工工序复杂,周期较长,需要大量模板支撑,且受季节气候的影响大,新旧混凝土不易连接,如遇损伤则修复困难,隔热、隔声性能也比较差。

然而,随着科学技术的不断发展,混凝土结构的缺点正在逐渐克服或有所改进。例如采用轻质、高强混凝土及预应力混凝土,可减小结构自身重力并提高其抗裂性能;采用可重复使用的钢模板,会降低工程造价;采用预制装配式结构,可以改善混凝土结构的制作条件,少受或不受气候条件的影响,并能提高工程质量及加快施工进度等。

1.3 混凝土结构的发展与工程应用

1.3.1 混凝土结构的发展阶段

钢筋混凝土结构与砖石砌体结构、钢结构、木结构相比,历史并不长,自19世纪中期出现,至今约160年的历史,但是,在土木工程各个领域取得了飞速的发展和广泛的应用。混凝土结构的发展可大致划分为四个阶段。

第一阶段从1850年到1920年。1824年英国人J阿斯普汀(J Asptin)发明了波特兰水泥,1856年转炉炼钢成功,为钢筋混凝土的发明提供了充分而坚实的物质基础。当时由于钢筋和混凝土的强度都很低,仅能建造一些小型的梁、板、柱和基础等构件,钢筋混凝土本身的计算理论尚未建立,结构设计按弹性理论进行。

第二阶段从1920年到1950年。这一阶段钢筋和混凝土的强度有所提高。1928年法国工程师弗雷西内(E. Freyssinet)成功研制了预应力混凝土,为钢筋混凝土结构向大跨度、高层发展提供了可能。这时已经建成各种空间结构,在计算理论上已开始考虑材料的塑性,按破损阶段进行构件截面设计。

第三阶段从1950年到1980年。由于材料强度的提高,混凝土的应用范围进一步扩大。世界上相继建造了一大批超高层建筑、大跨度桥梁、特长跨海隧道、高耸结构等大型工程,混凝土高层建筑的高度已达262m,各种现代化施工方法普遍采用,同时广泛采用预制构件,在计算理论上结构构件设计已过渡到按极限状态的设计方法。

第四阶段大致从1980年起至今。尤其是近10余年来,钢筋混凝土结构在世界范围内获得飞速发展。计算机辅助设计和绘图的程序化,改进了设计方法并提高了设计质量,大大减轻了设计工作量。半概率极限状态设计法已经逐步被近似概率设计法取代,非线性有限元分析方法的广泛应用,推动了混凝土强度理论和本构关系的深入研究。混凝土材料的制作技术已进入高科技时代,高性能混凝土在国外已得到较大发展,并在工程中应用,使混凝土结构

更适于向大跨、超高层发展。各种特殊用途的混凝土不断研制成功并获得应用，如钢纤维混凝土和聚合物混凝土，防射线、耐热、耐火、耐磨、耐腐蚀、防渗透、保温等有特殊要求的混凝土。钢材的发展以提高其屈服强度和综合性能为主，使钢筋具有更高强度、耐腐蚀、较高延性和较好的防火性能。

1.3.2 混凝土结构的工程应用

混凝土结构广泛应用于土木工程的各个领域，下面简要介绍其主要应用情况。

混凝土强度随科学技术的发展而不断提高，目前 C50~C80 混凝土甚至更高强度等级的混凝土的应用已较为普遍。各种特殊用途的混凝土不断研制成功并获得应用，例如超耐久性混凝土的耐久性年限可达 500 年；耐热混凝土可达 1800℃ 的高温；钢纤维混凝土和聚合物混凝土，防射线、耐磨、耐腐蚀、防渗透、保温等有特殊要求的混凝土也开始大量应用于实际工程中。

房屋建筑中的住宅和公共建筑，广泛采用钢筋混凝土楼盖和屋盖。高层建筑中混凝土结构的应用也甚为广泛。特别指出的有：如图 1-2 (a) 阿联酋迪拜塔，160 层，高 828m，成为当今世界最高建筑物，共使用 33 万 m³ 混凝土、3.9 万吨钢材及 14.2 万 m² 玻璃；图 1-2 (b) 台北 101 大厦，地上 101 层，地下 5 层，高 508m，为世界第二高楼；图 1-2 (c) 上海环球金融中心，地上 101 层，地下 3 层，高度 492.5m，结构形式为钢—混凝土混合结构，比目前已建成的中国台北 101 大厦主楼主体高度高出 12m（台北 101 大厦实体高度加天线高度为 508m），为世界第三高楼。



(a)



(b)



(c)

图 1-2 世界著名高层建筑

(a) 阿联酋迪拜塔；(b) 台北 101 大厦；(c) 上海环球金融中心

预应力混凝土箱形截面斜拉桥或钢与混凝土组合梁斜拉桥是当前大跨桥梁的主要结构形式之一。我国建成的杭州湾跨海大桥全长 36km, 是世界上最长、工程量最大的跨海大桥, 大桥的结构为双塔钢筋混凝土斜拉桥, 大桥设南、北两个航道, 双向 6 车道, 设计时速 100km, 设计使用寿命 100 年。

另外, 电视塔、水塔、水池、烟囱、仓库等特殊构筑物也普遍采用混凝土结构。同时, 混凝土结构已从工业与民用建筑、交通设施、水利水电建筑和基础工程扩大到了近海工程、海底建筑、地下建筑、核电站安全壳等领域, 甚至已开始构思和试验用于月球建筑。随着轻质高强材料的使用, 在大跨度、高层建筑中的混凝土结构会越来越多。

1.3.3 混凝土结构的新进展

钢筋混凝土和预应力混凝土结构除在一般工业与民用建筑中得到了极为广泛的应用外, 当前令人瞩目的是它在高层建筑、大跨桥梁及高耸结构应用中日新月异的发展, 混凝土结构在所用材料和配筋方式上都有许多新进展, 形成了一批新的混凝土结构形式, 如高强混凝土、纤维增强混凝土及钢与混凝土组合结构等。

1. 高强混凝土结构

我国《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 将混凝土强度等级超过 C50 的混凝土划为高强混凝土。高强混凝土的强度高、变形小、耐久性好, 适应现代工程结构向大跨、重载、高耸发展和承受恶劣环境条件的需要。配置高强混凝土必须采用很低的水灰比并应掺入粉煤灰、矿渣、沸石灰、硅粉等混合料。在混凝土中加入高效减水剂可有效地降低水灰比; 掺入粉煤灰、矿渣、沸石灰则能有效地改善混凝土拌和料的工作度, 提高硬化后混凝土的力学性能和耐久性; 硅粉对提高混凝土的强度最为有效并使混凝土具有耐磨和耐冲刷的特性。

高强度混凝土在受压时表现出较小的塑性和更大的脆性, 在结构构件计算方法和构造措施上与普通强度混凝土具有一定差别, 故在某些结构的应用上受到限制, 如有抗震设防要求的混凝土结构, 混凝土强度等级不易超过 C60 (设防烈度为 9 度时) 和 C70 (设防烈度为 8 度时)。

2. 纤维增强混凝土结构

在普通混凝土中掺入适当的各种纤维材料而形成纤维增强混凝土, 其抗拉、抗剪、抗折强度和抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震和抗爆等性能均有较大提高, 因而获得较大发展和应用。

目前应用较多的纤维材料有钢纤维、合成纤维、玻璃纤维和碳纤维等 (图 1-3)。钢纤维混凝土是将短的、不连续的钢纤维均匀乱向地掺入普通混凝土之中而制成, 分为无筋钢纤维混凝土结构和钢纤维钢筋混凝土结构。钢纤维混凝土结构的应用非常广泛, 如机场的飞机跑道、地下人防工程、地下泵房、水工结构、桥梁与隧道工程等。合成纤维 (尼龙基纤维、聚丙烯纤维等) 可以作为主要加筋材料, 以提高混凝土的抗拉和韧性等结构性能, 主要用于各种水泥基板材, 也可以作为一种次要加筋材料, 用于提高水泥混凝土材料的抗裂性等。碳纤维具有轻质、高强、耐腐蚀、施工便捷等优点, 已广泛用于建筑、桥梁结构的加固补强以及机场飞机跑道工程等。

3. 钢与混凝土组合结构

用型钢 (轧制型钢或焊接型钢)、圆钢管、方钢管或压型钢板与混凝土组合成整体, 共同工作的结构, 称为钢与混凝土组合结构。国内外常用的组合结构有压型钢板与混凝土组合楼板、钢与混凝土组合梁、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和外包钢混凝土结构等五大类。

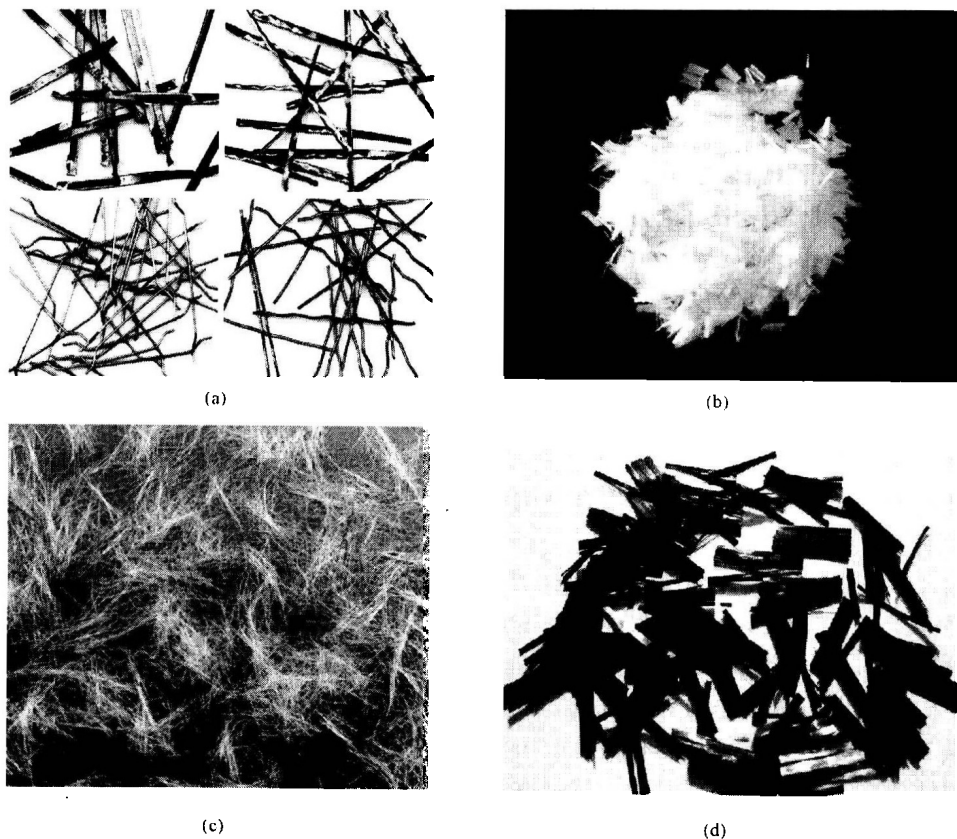


图 1-3 各种纤维材料

(a) 钢纤维；(b) 合成纤维；(c) 玻璃纤维；(d) 碳纤维

钢与混凝土组合结构除具有钢筋混凝土结构的优点外，还具有抗震性能好、施工方便、能充分发挥材料性能等优点，因而得到了广泛应用。在各种结构体系，如框架、框架—剪力墙、剪力墙、框架—核心筒等结构体系中的板、梁、柱、墙均可采用组合结构。例如美国近年建成的太平洋第一中心大厦（44 层）和双联广场大厦（58 层）的核心筒大直径柱子，以及北京环线地铁站柱，都采用了钢管混凝土结构；上海金茂大厦外围柱以及上海浦东世界环球金融中心大厦的外框架柱，也采用了型钢混凝土柱。

1.4 砌体结构的基本概念

1.4.1 砌体结构的基本概念概述

砌体结构是指用砖、石或砌块为块体，用砂浆砌筑而成的结构。按照所采用的砌体不同，砌体可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三大类。由于过去大量应用的是砖砌体和石砌体，所以习惯上也称为砖石结构。

砌体结构在我国有着非常悠久的历史。早在五千多年前就已出现石砌的祭坛和围墙，到了西周时期（公元前 1097 年～前 771 年），已烧制出粘土瓦和铺地砖。秦汉时代，我

国的砖瓦生产已很发达，著名的“秦砖汉瓦”在一定程度上代表了当时的科技发展水平。古代的砌体结构主要用于陵墓、城墙、佛塔、石拱桥、佛殿等。驰名中外的万里长城（图 1-4），蜿蜒雄伟，气势磅礴，堪称砌体结构的典范。河北赵县的安济桥，建于隋朝，至今已有 1400 多年的历史，是世界上最早的一座空腹式石拱桥，在材料使用、结构受力、经济美观等诸方面都达到了很高的水平。西安的大雁塔（图 1-5）、小雁塔、开封的嵩岳寺塔、南京灵谷寺的无梁殿等砌体结构古建筑，在我国文明史上都占有一席之地。

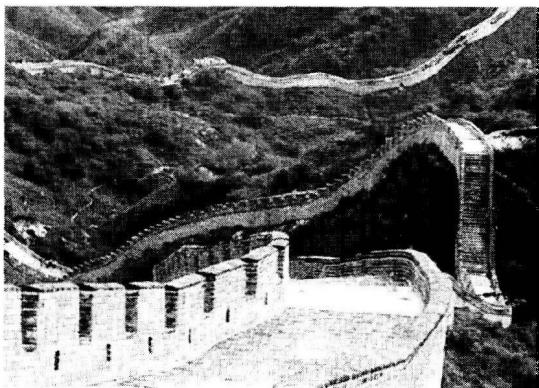


图 1-4 万里长城



图 1-5 大雁塔

1.4.2 砌体结构的优缺点及应用范围

1. 砌体结构的优点

砌体结构之所以不断发展，成为世界上应用最广泛的结构形式之一，其重要原因在于砌体结构具有以下优点：

(1) 就地取材

砌体结构材料来源广泛，石材、粘土、砂等均是天然材料，分布地域广，价格也较水泥、钢材、木材便宜。此外，工业废料如煤矸石、粉煤灰、页岩等都是制作块材的原料，用于生产砖或砌块不仅可以降低造价，也有利于保护环境。

(2) 耐久性和耐火性好

处于正常环境下的砌体结构具有良好的耐久性、很好的耐火性、较好的化学稳定性和大气稳定性等。因此，砌体结构的使用年限长，并且在发生火灾时一般可以避免结构倒塌。

(3) 保温、隔热性好

砌体结构，特别是砖砌体，具有较好的保温、隔热、隔声性能，节能效果明显。

(4) 造价低

采用砌体结构较钢筋混凝土结构可以节约水泥、钢材和木材，并且砌筑时不需要模板及特殊的技术设备。

(5) 施工方便

新砌筑的砌体即可受一定荷载，因而可以连续施工。当采用砌块或大型板材作墙体时可减轻结构自重，加快施工进度，进行工业化生产和施工。

2. 砌体结构的缺点

除以上优点外，砌体结构有以下缺点：

(1) 自重大

一般砌体的强度低, 建筑物中墙、柱的截面尺寸较大, 材料用量较多, 因而结构的自重大。为减小构件的截面尺寸, 减轻结构自重, 应加强轻质高强砌体材料的研究, 如采用空心砖、提高砖的抗压强度等。

(2) 强度低

由于砌体是由块体通过灰缝的砂浆粘结而成, 而砌筑砂浆与块体之间的粘结力较弱, 故无筋砌体的抗压强度较好, 但抗拉和抗剪强度都很低, 抗震及抗裂性能较差。因此, 应研制推广高粘结性能砂浆, 必要时采用配筋砌体, 并加强砌体结构抗震、抗裂的构造措施。

(3) 劳动强度大

砌体结构基本上都是采用手工方式砌筑, 劳动量大, 生产效率低, 且手工操作铺砌的灰缝较难保证均匀饱满。因此, 有必要进一步推广砌块、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法, 以逐步克服这一缺点。

(4) 占用大量农田

砖砌体结构的粘土砖用量很大, 占用农田过多, 影响农业生产。据统计, 全国每年生产粘土砖上千亿块, 毁坏农田近 10 万亩, 使我国人口多、耕地少的矛盾与其致命弱点更显突出。因此, 必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖等粘土砖的替代品。

3. 目前我国砌体结构的主要应用范围

1) 多层住宅、办公楼等民用建筑的基础、墙、柱和地沟等构件大量采用砌体结构, 在抗震设防烈度 6 度区, 烧结普通砖砌体住宅可建到 8 层, 在非抗震设防区, 可建高度更高。

2) 跨度小于 24m, 且高度较小的俱乐部、食堂, 以及跨度在 15m 以下的中、小型工业厂房常采用砌体结构作为承重墙、柱及基础。

3) 60m 以下的烟囱、料仓、地沟、管道支架和小型水池等结构也常采用砌体结构。

4) 挡土墙、涵洞、桥梁、墩台、隧道和各种地下渠道, 也常用砌体结构。

1.4.3 砌体结构的发展方向

由于砌体结构的诸多优点, 在土木工程今后相当长的时期内仍占有重要地位。随着科学技术的发展, 砌体结构也会快速发展, 砌体结构发展的方向着重在以下几个方面:

1) 加强砌体材料研究, 使砌体向轻质高强方向发展。

2) 加强配筋砌体的研究, 提高砌体的抗震性能。

3) 利用工业废料、生活垃圾等制造建筑砖, 逐渐取代以粘土为主要原料的各种砖块。

4) 革新砌体结构的施工技术, 提高生产效率和减轻劳动强度。

5) 进一步加强砌体结构的试验和理论研究, 不断提高砌体结构的设计水平和施工水平。

1.5 本课程的主要内容及学习方法

1.5.1 课程主要内容

本课程共分三部分。

第一部分是混凝土构件设计基本原理。主要讲述钢筋混凝土材料的物理和力学性能, 混凝土结构设计的基本原则, 受弯构件、受剪构件、受压构件、受拉构件、受扭构件和预应力混凝土构件的受力性能、承载力和变形裂缝的计算方法、耐久性设计及构造措施等。

第二部分是混凝土结构设计。主要讲述混凝土楼盖结构、单层厂房结构、多层框架结构的内力分析和设计计算方法等。混凝土楼盖结构的设计方法是混凝土受弯构件、受剪构件计算方法和构造措施的综合应用,与其相匹配还编写有现浇混凝土楼盖结构的设计例题。单层工业厂房和多层框架结构的内力分析、构件设计及节点构造等反映了两种具有代表性房屋的结构设计方法。通过对房屋的结构布置、组成以及荷载传递路线的了解,可加深对房屋整体工作性质的理解;同时,这部分内容也是混凝土构件设计基本原理、计算方法及力学分析等知识在房屋设计中的具体应用。

第三部分是砌体结构。讲述块体、砂浆及砌体的物理力学性能,砌体结构构件的承载力计算,并介绍了混合结构房屋的墙体设计方法等。

1.5.2 课程特点与学习方法

本课程主要讲述混凝土及砌体结构的基本理论和设计方法。由于钢筋混凝土是由非线性且拉压强度相差悬殊的混凝土和钢筋组合而成,受力性能复杂,而砌体的受力性能更为复杂,所以本课程具有不同于一般材料力学和结构力学的一些特点,学习时应予以注意。

1) 钢筋混凝土构件是由钢筋和混凝土两种材料组成的构件,且混凝土是非均匀、非连续和非弹性材料;砌体构件由块体和砂浆组成,也是非均匀、非连续和非弹性材料。因此,材料力学公式一般不能直接用来计算钢筋混凝土及砌体构件的承载力和变形,但材料力学解决问题的基本方法,即由材料的物理关系、变形的几何关系和受力的平衡关系建立基本方程的手段,同样适用于混凝土及砌体构件,只是在具体应用时应考虑钢筋混凝土及砌体各自的特性。

2) 钢筋混凝土及砌体结构的计算理论和计算方法是建立在大量试验基础上的。根据构件受力性能试验,研究其破坏机理和受力性能,建立物理和数学模型,并根据试验数据拟合出半理论半经验公式。因此,学习时一定要深刻理解构件的破坏机理和受力性能,特别要注意构件计算方法的适用条件和应用范围。

3) 进行混凝土结构设计时离不开计算,但是,现行规范的计算方法主要考虑荷载效应及地震作用,工程中一些难以计算但影响不大的问题往往通过经验和构造措施来解决,如混凝土收缩、温度影响以及地基不均匀沉降等,都难以用计算公式来表达。构造措施是长期工程实践经验的积累,是试验研究与理论分析的成果。在本课程中,有很多内容是介绍规范规定的构造要求,学习时,对于各种构造措施必须给予足够的重视。

4) 构件和结构设计是一个综合性问题,设计过程包括结构方案、构件选型、材料选择、配筋构造、施工方案等,同时还需要考虑安全适用和经济合理。设计中许多数据可能有多种选择方案,因此设计结果并不唯一。最终设计结果应经过各种方案的比较,考虑使用、材料、造价、施工等各项指标的可行性,才能确定一个较为合理的设计结果。

5) 本课程的实践性很强,其基本原理和设计方法必须通过构件设计来掌握,并在设计过程中逐步熟悉和正确运用我国有关的设计规范和标准。本课程的内容主要与《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等有关。规范是国家颁布的具有法律约束力的文件,是进行结构设计的技术规定和标准。应用规范的目的是为了贯彻国家的技术经济政策,保证设计质量,达到设计方法的统一性。而设计工作是一项创造性工作,一方面在混凝土结构设计中必须按照规范进行,另一方面只有深刻