



普通高等教育“十二五”规划教材

混凝土及砌体结构

(第二版)

黄 炜 薛建阳 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014035655

TU37-43
15-2

普通高等教育“十二五”规划教材

(第二版)

混凝土及砌体结构

主 编 黄 炜 薛建阳
编 写 谢启芳 朱佳宁 丁怡洁
主 审 童岳生



TU37-43

15-2



中国电力出版社



北航

C1723053

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书分为16章,主要包括钢筋混凝土材料的物理力学性能、结构设计的基本原理、受弯构件正截面承载力、受弯构件斜截面承载力计算、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—2010)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)编写而成。全书内容精练、概念清楚、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、工程管理、工程造价等专业的教材,也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.—2版.—北京:
中国电力出版社,2014.4
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5123-5308-4

I. ①混… II. ①黄…②薛… III. ①混凝土结构—高等学校—教材②砌体结构—高等学校—教材 IV. ①TU37②TU36
中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第294093号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010年8月第一版

2014年4月第二版 2014年4月北京第三次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 22.75印张 553千字

定价 40.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

为使读者了解新修订的国家标准内容，本书在第一版的基础上，根据《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）、《工程结构可靠度设计统一标准》（GB 50153—2008）、《砌体结构设计规范》（GB 50003—2011）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）进行了再版修订。本次再版修订工作，除了对第一版中的不妥之处进行修订外，主要做了下述工作：

补充了新牌号钢筋的强度指标以及所有钢筋混凝土结构用钢筋的最大力下的总伸长率限值等；修改和补充了极限状态的标志、极限状态设计表达式、作用组合的效应设计值的组合方法等；修改了构件斜截面受剪承载力计算公式和局部受压承载力计算公式；完善了考虑轴向压力在构件中产生二阶效应后控制截面弯矩设计值的计算方法；完善了拉、扭，以及拉、弯、剪、扭构件承载力计算方法；修改了钢筋混凝土构件裂缝宽度和受弯构件挠度的计算方法；修改和补充了预应力混凝土构件的张拉控制应力、预应力损失计算方法等；增加了混凝土普通砖等适用节能减排、成熟可行的新型砌体材料及提高砌体耐久性的有关规定；修订了部分砌体强度的取值方法，对砌体强度调整系数进行了简化；完善和补充了框架填充墙、夹心墙设计的构造要求。同时，按照新修订的相关内容，修改了书中的例题、习题和设计实例。

参加本书修订工作的人员有：黄炜（第1、4、6、10章）、薛建阳（第3、5章）、谢启芳（第2、14、15、16章）、朱佳宁（第7、8、9章）、丁怡洁（第11、12、13章）。全书最后由黄炜、薛建阳修改定稿。

在编写过程中，童岳生教授审阅了这本教材，提出了许多宝贵意见。另外，研究生张敏、张巍为本修订版绘制了部分插图并协助校核。在此一并表示衷心的感谢。

本书编写过程中，参考与引用了大量的参考文献，在此向文献的相关作者深表谢意！

由于时间仓促，水平所限，本修订版中一定会有不妥或疏误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2013年10月



第一版前言

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。

本书内容精练、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。在此一并表示衷心的感谢。

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	1
第一版前言	2
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	9
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 钢筋与混凝土的黏结	21
小结	24
思考题	25
第3章 结构设计的基本原理	26
3.1 结构可靠度及结构安全等级	26
3.2 荷载和材料强度的标准值	28
3.3 概率极限状态设计法	30
3.4 极限状态设计表达式	33
小结	37
思考题	38
第4章 受弯构件正截面承载力	39
4.1 概述	39
4.2 正截面受弯性能的试验研究	40
4.3 正截面受弯承载力分析	44
4.4 单筋矩形截面受弯承载力计算	48
4.5 受弯构件的构造要求	52
4.6 双筋矩形截面受弯承载力计算	55
4.7 T形截面受弯承载力计算	60
小结	67
思考题	67

习题	68
第 5 章 受弯构件斜截面承载力计算	69
5.1 概述	69
5.2 受弯构件受剪性能的试验研究	69
5.3 受弯构件斜截面受剪承载力计算	74
5.4 受弯构件斜截面受剪承载力的设计计算方法	78
5.5 受弯构件斜截面受弯承载力和构造措施	85
5.6 钢筋的构造要求	89
小结	91
思考题	91
习题	92
第 6 章 受压构件承载力	93
6.1 概述	93
6.2 轴心受压构件正截面受压承载力	93
6.3 偏心受压构件正截面破坏形态	99
6.4 偏心受压构件的二阶效应	101
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	104
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	117
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 压弯剪扭构件的承载力	137
8.5 受扭构件的构造要求	137
小结	140
思考题	140

习题	140
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	148
9.4 混凝土结构的耐久性	153
小结	156
思考题	157
习题	157
第10章 预应力混凝土构件	158
10.1 预应力混凝土的基本知识	158
10.2 预应力混凝土的材料	160
10.3 施加预应力的方法	161
10.4 张拉控制应力和预应力损失	163
10.5 预应力混凝土轴心受拉构件	170
10.6 预应力混凝土构件的构造要求	178
小结	180
思考题	181
第11章 混凝土楼盖结构	183
11.1 概述	183
11.2 单向板肋梁楼盖	184
11.3 双向板肋梁楼盖	198
11.4 单向板肋梁楼盖设计实例	201
11.5 楼梯	213
小结	216
思考题	216
第12章 单层厂房结构	217
12.1 概述	217
12.2 单层厂房结构的组成和布置	218
12.3 排架内力分析	228
12.4 单层厂房主要构件设计	234
小结	242
思考题	243
第13章 框架结构	244
13.1 框架结构体系及布置	244
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	245
13.3 框架结构荷载效应组合及最不利内力	250
13.4 框架结构构件设计及构造要求	251

小结	254
思考题	254
第 14 章 砌体材料及砌体的力学性能	255
14.1 砌体材料	255
14.2 砌体的类型	259
14.3 砌体的物理力学性能	261
小结	271
思考题	272
第 15 章 无筋砌体构件承载力的计算	273
15.1 受压构件	273
15.2 局部受压	280
15.3 轴心受拉、受弯和受剪构件	290
小结	292
思考题	293
习题	293
第 16 章 混合结构房屋墙体设计	295
16.1 混合结构房屋的结构布置	295
16.2 房屋的静力计算方案	298
16.3 刚性方案房屋墙、柱的计算	302
16.4 弹性与刚弹性方案房屋墙、柱的计算	307
16.5 混合结构房屋的构造要求	310
小结	322
思考题	322
习题	323
附录 1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 附表	324
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	333
附录 3 双向板计算系数表符号说明	341
附录 4 框架柱反弯点高度比	346
参考文献	353

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，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)所示为素混凝土简支梁。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；随着荷载不断增大，当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。

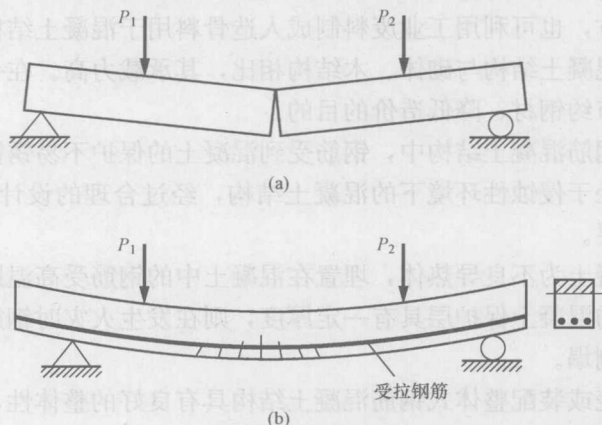


图1-1 简支梁

(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁

图1-1(b)所示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,其变形和裂缝均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黏结力,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。黏结力是这两种不同性质材料能够共同工作的基础。

(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之间的黏结力。

(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,可在加载前采用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,钢筋受到混凝土的保护不易锈蚀,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,不同于钢、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被克服或有所改进。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、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,但已在土木工程各个领域均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:1850~1920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:1920~1950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:1950~1980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:1980年至今。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,并在工程中的应用,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°C 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: 图 1-2 (a) 为阿联酋迪拜塔, 160 层, 高 828m, 当今世界最高建筑物, 共使用 33万 m^3 混凝土、 3.9万 t 钢材及 14.2万 m^2 玻璃; 图 1-2 (b) 为台北 101 大厦, 地上 101 层, 地下 5 层, 高 508m, 为世界第二高楼; 图 1-2 (c) 为上海环球金融中心, 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。

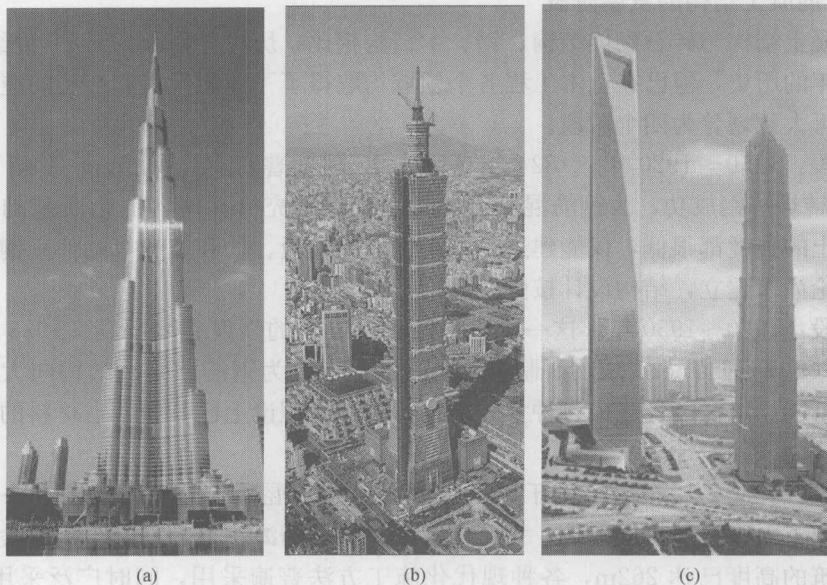


图 1-2 世界著名高层建筑

(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,甚至已开始构思和实验用于月球建筑。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,如高性能混凝土、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—2010)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,混凝土强度等级不宜超过 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、抗折强度及抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震、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(见图 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制成的,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五大类。

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

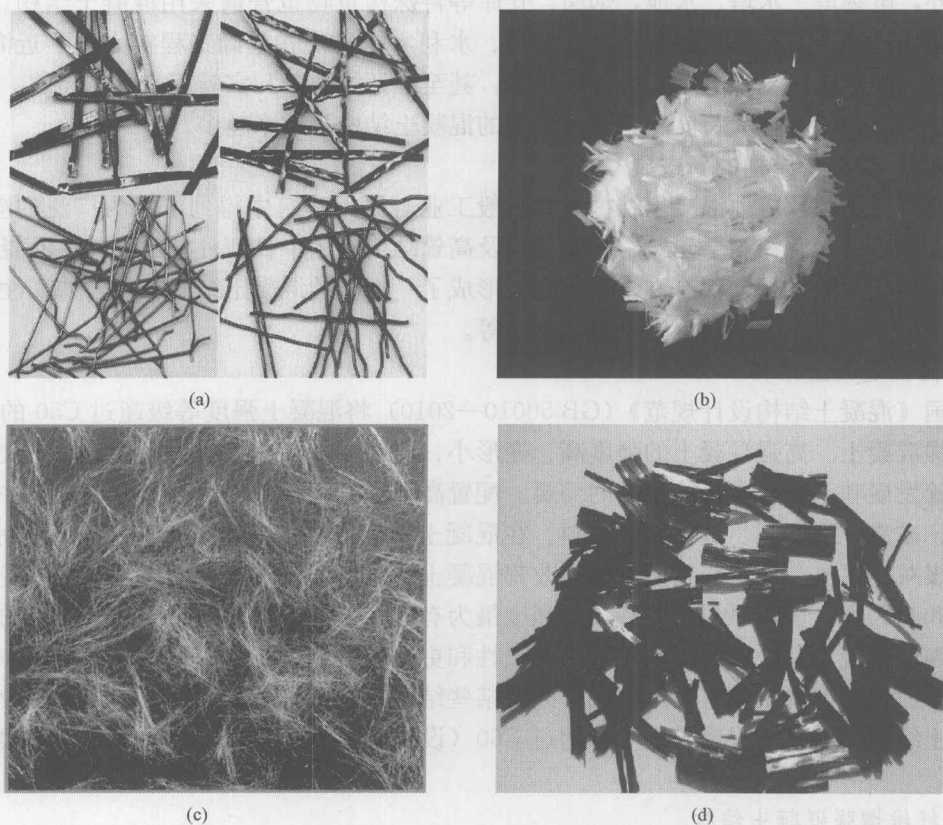


图 1-3 各种纤维材料

(a) 钢纤维; (b) 合成纤维; (c) 玻璃纤维; (d) 碳纤维

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

砌体结构是指由块体(各种砖、各种砌块或石材)及砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。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~前771年),已烧制出黏土瓦和铺地砖。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(见图1-4)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(见图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。

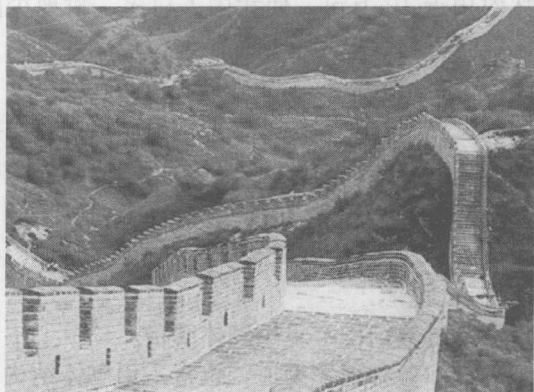


图1-4 万里长城

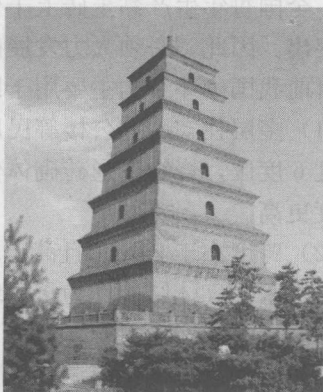


图1-5 大雁塔

1.4.2 砌体结构的优缺点及应用范围

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、黏土、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、隔音性好。砌体结构所用砖的蓄湿性、透气性较好,有利于调节室内的空气湿度,使人感到舒适。

(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。当采用空心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。

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黏结而成,而砌筑砂浆与块体之间的黏结力较弱,故无筋砌体的抗压强度较好,但抗拉和抗剪强度均很低,抗震及抗裂性能较差。因此,应研制推广高黏结性能砂浆,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。砖砌体结构的黏土砖用量很大,占用农田过多,影响农业生产。据统计,全国每年生产黏土砖上千亿块,毁坏农田近 10 万亩,使我国人口多、耕地少的矛盾更显突出。因此,必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖等黏土砖的替代品。

目前我国砌体结构主要用于以下方面:

(1) 多层住宅、办公楼等民用建筑的基础、墙、柱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 7 层,在非抗震设防区或采用配筋砌体结构,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) 小型烟囱、料仓、地沟、管道支架和水池等结构常采用砌体结构。

(4) 小型挡土墙、涵洞、桥梁、墩台、隧道和各种地下渠道,也常采用砌体结构。

1.4.3 砌体结构的发展方向

砌体结构由于诸多的优点,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,逐渐取代以黏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,与其相匹配的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。