

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

● 建筑 结 构 ●

主 编 佟 颖 汪文萍

副主编 南水仙



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国水利水电高职教研会
中国高职教研会水利行业协作委员会

规划推荐教材

高职高专土建类专业系列教材

建筑结构

主 编 佟 颖 汪文萍

副主编 南水仙



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是高职高专教育统编教材。是根据高职高专建筑工程技术专业的教学基本要求,根据建设部颁布的相关最新规范和标准编写的。全书共分16章,主要内容有:绪论,钢筋混凝土材料的力学性能,钢筋混凝土结构的设计方法,钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算,钢筋混凝土受压构件承载力计算,钢筋混凝土受拉构件承载力计算,钢筋混凝土受扭构件承载力计算,钢筋混凝土构件的变形、裂缝,钢筋混凝土结构正常使用极限状态验算,预应力混凝土构件,钢筋混凝土梁板结构,单层工业厂房结构,多层框架结构简介,砌体材料和砌体的类型,无筋砌体构件承载力计算,配筋砌体受压计算,砌体墙(柱)的构造措施。

本书可作为高等职业技术学院建筑工程技术专业教材,也可作为土木建筑类相关专业技术人员及成人教育师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/佟颖,汪文萍主编.——北京:中国水利水电出版社,2008

(高职高专土建类专业系列教材)

全国水利水电高职教研会、中国高职教研会水利行业
协作委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-5084-5203-6

I. 建… II. ①佟…②汪… III. 建筑结构—高等学校:
技术学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第196691号

书 名	高 职 高 专 土 建 类 专 业 系 列 教 材 全 国 水 利 水 电 高 职 教 研 会 规 划 推 荐 教 材 中 国 高 职 教 研 会 水 利 行 业 协 作 委 员 会 建 筑 结 构
作 者	主 编 佟 颖 汪 文 萍 副 主 编 南 水 仙
出 版 发 行	中 国 水 利 水 电 出 版 社 (北 京 市 三 里 河 路 6 号 100044) 网 址 : www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电 话 : (010) 63202266 (总 机)、68331835 (营 销 中 心)
经 售	北 京 科 水 图 书 销 售 中 心 (零 售) 电 话 : (010) 88383994、63202643 全 国 各 地 新 华 书 店 和 相 关 出 版 物 销 售 网 点
排 版	中 国 水 利 水 电 出 版 社 微 机 排 版 中 心
印 刷	北 京 市 地 矿 印 刷 厂
规 格	787mm×1092mm 16 开 本 19.75 印 张 468 千 字
版 次	2008 年 1 月 第 1 版 2008 年 1 月 第 1 次 印 刷
印 数	0001—4000 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

高职高专土建类专业系列教材

编 审 委 员 会

主 任 孙五继

副主任 罗同颖 史康立 刘永庆 张 健 赵文军 陈送财

编 委 (按姓氏笔画排序)

马建锋	王 安	王付全	王庆河	王启亮	王建伟
王培风	邓启述	包永刚	田万涛	刘华平	汤能见
佟 颖	吴伟民	吴韵侠	张 迪	张小林	张建华
张思梅	张春娟	张晓战	张漂清	李 柯	汪文萍
周海滨	林 辉	侯才水	侯根然	南水仙	胡 凯
赵 喆	赵炳峰	钟汉华	凌卫宁	徐凤永	徐启杨
常红星	黄文彬	黄伟军	董 平	董千里	满广生
蓝善勇	靳祥升	颜志敏			

秘书长 张 迪 韩月平

前言

本书是高职高专土建类专业系列教材。是根据土建类高职高专建筑工程技术专业的培养目标,根据我国最新修订的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等编写的。为适应土木建筑类各部门的需要,培养具有较强技能的应用型人才,密切联系工程实际,充分体现高等职业教育的特点。本教材共16章,分为钢筋混凝土结构和砌体结构两部分。内容包括各类结构的材料性能、设计原理和方法、基本构件的计算、基本结构的设计和构造等。

参加本教材编写的有:湖南水利水电职业技术学院汪文萍(绪论、第五、第六、第七、第八章),沈阳农业大学高等职业技术学院佟颖(第一、第十二、第十三、第十四、第十六章),山西水利职业技术学院南水仙(第二、第三章),杨凌职业技术学院刘洁(第四、第九章),黄河水利职业技术学院宋艳清(第十章的第一、第二、第三节),广西水利电力职业技术学院谢洁(第十章的第四、第五节和第十五章),山西电力职业技术学院关春敏(第十一章)。

全书由佟颖和汪文萍任主编,南水仙任副主编,四川水利职业技术学院董千里主审。中国水利水电出版社的编辑同志对本书的文字和插图进行了处理,在此深表感谢。本书在编写过程中,参考和引用了有关文献和资料的部分内容,为此对所有文献的作者深表感谢。

《建筑结构》是一门专业性、实践性很强的课程,内容很多,在教材的编写过程中力求体现高职高专的教学特点,突出对学生的实践技能的培养,但限于编者的水平有限,难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2007年12月

目 录

前言

绪论	1
0.1 建筑结构的一般概念	1
0.2 钢筋混凝土结构的特点	2
0.3 混凝土结构的发展及应用简况	4
0.4 课程内容及学习中应注意的问题	5
思考题	6

第1篇 钢筋混凝土结构

第1章 钢筋混凝土材料的力学性能	7
1.1 钢筋	7
1.2 混凝土	11
1.3 钢筋与混凝土之间的黏结力	18
思考题	20
第2章 钢筋混凝土结构的设计方法	21
2.1 几个基本概念	21
2.2 结构的可靠度理论	24
2.3 极限状态实用设计表达式	27
思考题	34
习题	34
第3章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	35
3.1 受弯构件的一般构造	35
3.2 受弯构件正截面破坏的试验分析	39
3.3 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	42
3.4 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	50
3.5 T形截面受弯构件正截面承载力计算	55
思考题	61
习题	62

第4章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	64
4.1 受弯构件斜截面的破坏	64
4.2 有腹筋梁斜截面受剪承载力计算	67
4.3 钢筋混凝土梁斜截面受弯承载力	74
4.4 钢筋骨架的构造	78
4.5 钢筋混凝土构件施工图	81
4.6 钢筋混凝土外伸梁设计实例	83
思考题	88
习题	88
第5章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	90
5.1 受压构件的构造规定	90
5.2 轴心受压构件正截面承载力计算	93
5.3 偏心受压构件的破坏特性	95
5.4 偏心受压构件正截面承载力计算	98
5.5 矩形截面对称配筋的偏心受压构件正截面承载力计算	104
5.6 工字形截面偏心受压构件正截面承载力计算	106
5.7 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	111
5.8 小结	112
思考题	112
习题	113
第6章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	114
6.1 概述	114
6.2 轴心受拉构件正截面承载力计算	114
6.3 偏心受拉构件承载力计算	115
6.4 小结	119
思考题	119
习题	119
第7章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	120
7.1 概述	120
7.2 矩形截面纯扭构件承载力计算	120
7.3 弯剪扭构件承载力计算	123
7.4 小结	127
思考题	127
习题	128
第8章 钢筋混凝土构件的变形、裂缝	129
8.1 钢筋混凝土受弯构件的挠度验算	129
8.2 钢筋混凝土构件的裂缝宽度验算	137

8.3 小结	140
思考题	141
习题	141
第9章 预应力混凝土构件	142
9.1 预应力混凝土的基本概念	142
9.2 预应力的施加方法	143
9.3 预应力混凝土的材料	146
9.4 张拉控制应力及预应力损失	146
9.5 预应力混凝土轴心受拉构件	151
9.6 预应力混凝土构件的构造	157
思考题	159
第10章 钢筋混凝土梁板结构	160
10.1 概述	160
10.2 整体式单向板肋梁楼盖	161
10.3 整体式双向板肋梁楼盖	181
10.4 装配式楼盖	188
10.5 楼梯	196
思考题	204
习题	204
第11章 单层工业厂房结构	205
11.1 概述	205
11.2 单层工业厂房的结构组成	205
11.3 单层工业厂房的结构布置和主要构件选型	209
11.4 单层工业厂房排架柱的设计	221
思考题	229
第12章 多层框架结构简介	230
12.1 多层框架结构的类型	230
12.2 多层框架结构的布置	231
思考题	232

第2篇 砌体结构

第13章 砌体材料和砌体的类型	233
13.1 砌体材料	233
13.2 砌体的种类	237
13.3 无筋砌体的力学性能	238

思考题	244
第 14 章 无筋砌体构件承载力计算	245
14.1 砌体结构的计算原理	245
14.2 无筋砌体受压承载力计算	246
14.3 局部受压计算	251
14.4 轴心受拉、受弯、受剪承载力计算	256
思考题	260
习题	260
第 15 章 配筋砌体受压计算	262
15.1 配筋砌体的种类	262
15.2 网状配筋砖砌体受压计算	263
15.3 组合砖砌体构件	266
15.4 组合砖墙砌体受压计算	271
15.5 配筋砌块砌体构件	272
思考题	277
习题	277
第 16 章 砌体墙（柱）的构造措施	279
16.1 墙（柱）高厚比验算	279
16.2 墙（柱）的一般构造	284
16.3 墙体开裂的原因及预防措施	286
思考题	287
附表 1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下按弹性分析的内力系数表	288
附表 2 双向板按弹性分析的计算系数表	301
参考文献	306

附录 2 双向板按弹性分析的计算系数表

.....	附录 2 双向板按弹性分析的计算系数表
.....	附录 2 双向板按弹性分析的计算系数表
.....	附录 2 双向板按弹性分析的计算系数表
.....	附录 2 双向板按弹性分析的计算系数表

绪 论

0.1 建筑结构的一般概念

在工业与民用建筑中，由屋架、梁、板、柱、墙体和基础等构件组成并能满足预定功能要求的承力体系称为建筑结构。建筑结构按所用材料可分为以下几类：

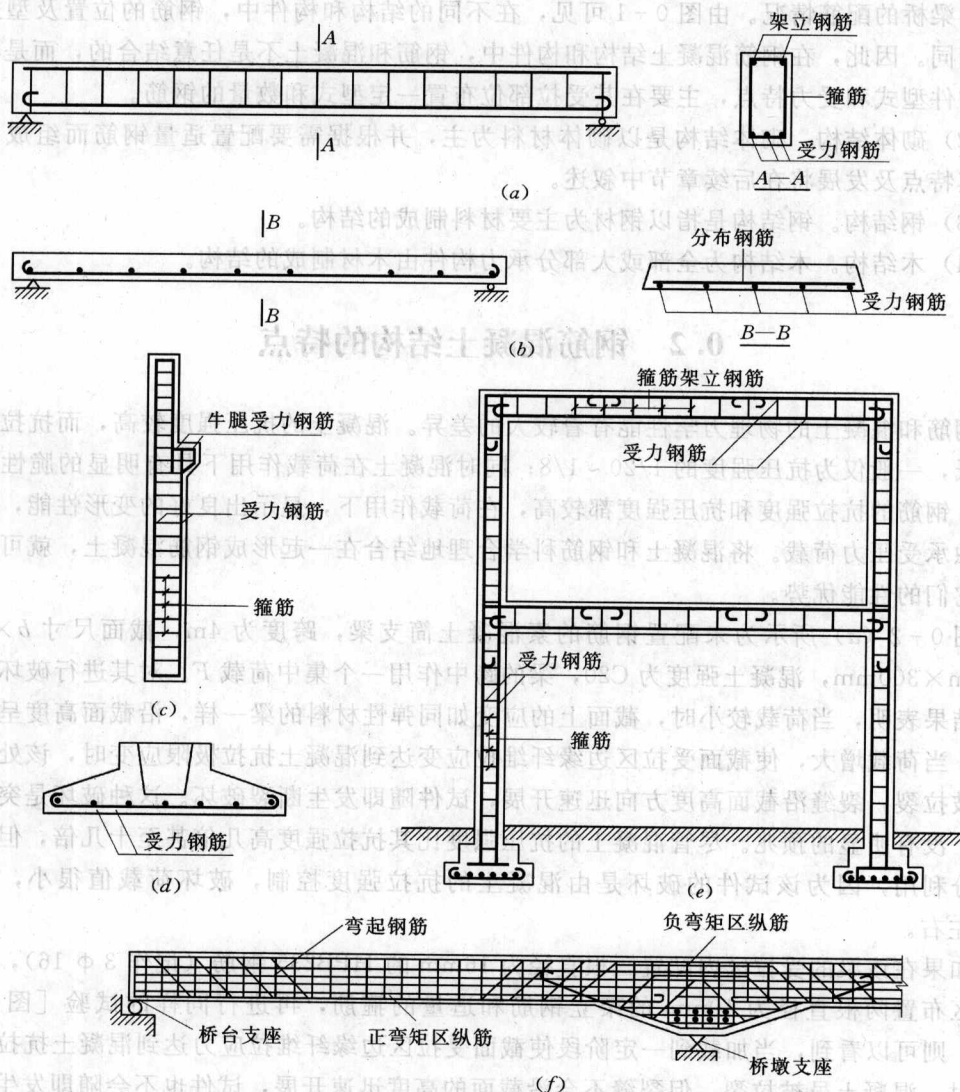


图 0-1 常见钢筋混凝土结构和构件配筋实例

- (a) 钢筋混凝土简支梁的配筋；(b) 钢筋混凝土简支平板的配筋；(c) 装配式钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋；
(d) 钢筋混凝土杯形基础的配筋；(e) 两层单跨钢筋混凝土框架的配筋；(f) 钢筋混凝土连续梁桥的配筋



(1) 混凝土结构。混凝土结构是以混凝土为主要材料,并根据需要在其内部放置钢材制成的结构。混凝土结构包括不配置钢材或不考虑钢筋受力的素混凝土结构;配有受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的钢筋混凝土结构;具有受力的预应力钢筋,通过张拉预应力钢筋或其他方法建立预加应力的预应力混凝土结构;将型钢或钢板焊成的钢骨架作为配筋的钢骨架混凝土结构;由钢管和混凝土组成的钢管混凝土结构。

图 0-1 为常见钢筋混凝土结构和构件的配筋实例。其中,图 0-1 (a) 为钢筋混凝土简支梁的配筋情况,图 0-1 (b) 为钢筋混凝土简支平板的配筋情况,图 0-1 (c) 为装配式钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋情况,图 0-1 (d) 为钢筋混凝土杯形基础的配筋情况,图 0-1 (e) 为两层单跨钢筋混凝土框架的配筋情况,图 0-1 (f) 为钢筋混凝土连续梁桥的配筋情况。由图 0-1 可见,在不同的结构和构件中,钢筋的位置及型式不完全相同。因此,在钢筋混凝土结构和构件中,钢筋和混凝土不是任意结合的,而是根据结构构件型式和受力特点,主要在其受拉部位布置一定型式和数量的钢筋。

(2) 砌体结构。砌体结构是以砌体材料为主,并根据需要配置适量钢筋而组成的结构。其特点及发展将在后续章节中叙述。

(3) 钢结构。钢结构是指以钢材为主要材料制成的结构。

(4) 木结构。木结构为全部或大部分承力构件由木材制成的结构。

0.2 钢筋混凝土结构的特点

钢筋和混凝土的物理力学性能有着较大的差异。混凝土的抗压强度较高,而抗拉强度却很低,一般仅为抗压强度的 $1/20 \sim 1/8$;同时混凝土在荷载作用下具有明显的脆性破坏特征。钢筋的抗拉强度和抗压强度都较高,在荷载作用下,显示出良好的变形性能,但不能单独承受压力荷载。将混凝土和钢筋科学合理地结合在一起形成钢筋混凝土,就可充分发挥它们的性能优势。

图 0-2 (a) 所示为未配置钢筋的素混凝土简支梁,跨度为 4m,截面尺寸 $b \times h = 200\text{mm} \times 300\text{mm}$,混凝土强度为 C20,梁的跨中作用一个集中荷载 F 。对其进行破坏性试验,结果表明,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,使截面受拉区边缘纤维拉应变达到混凝土抗拉极限应变时,该处的混凝土被拉裂,裂缝沿截面高度方向迅速开展,试件随即发生断裂破坏。这种破坏是突然发生的,没有明显的预兆。尽管混凝土的抗压强度比其抗拉强度高几倍甚至十几倍,但得不到充分利用,因为该试件的破坏是由混凝土的抗拉强度控制,破坏荷载值很小,只有 8kN 左右。

如果在该梁的受拉区内配置三根直径为 16mm 的 HPB235 钢筋 (记作 $3\phi 16$),并在受压区布置两根直径为 10mm 的架立钢筋和适量的箍筋,再进行同样的试验 [图 0-2 (b)],则可以看到,当加载到一定阶段使截面受拉区边缘纤维拉应力达到混凝土抗拉极限强度时,混凝土虽被拉裂,但裂缝不会沿截面的高度迅速开展,试件也不会随即发生断裂破坏。混凝土开裂后,裂缝截面的混凝土拉应力由纵向受拉钢筋来承受,故荷载还可进一步增加,此时变形将相应发展,裂缝的数量和宽度也将增大,直到受拉钢筋抗拉强度和受

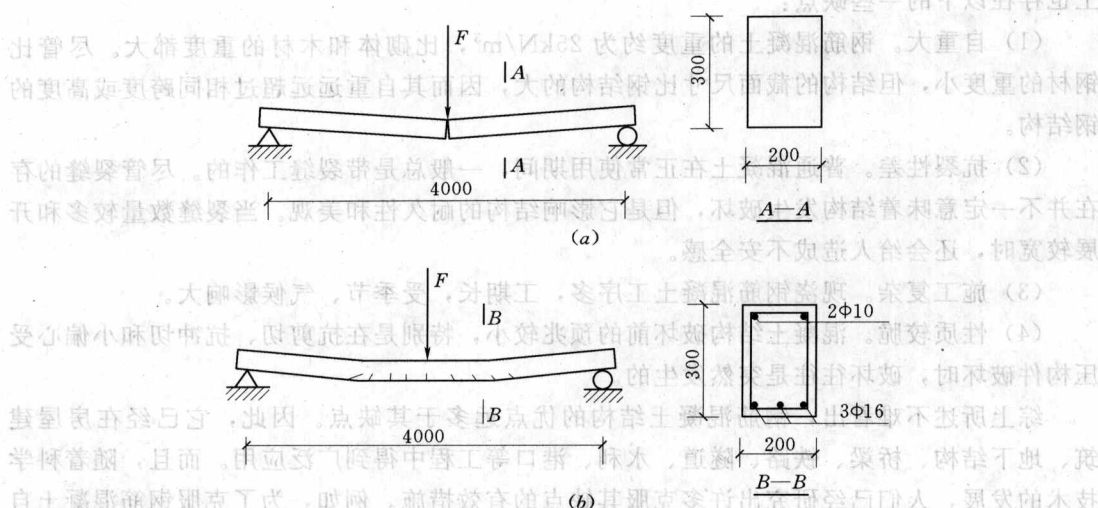


图 0-2 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

压区混凝土抗压强度被充分利用时,试件才发生破坏。试件破坏前,变形和裂缝都发展得很充分,呈现出明显的破坏预兆。虽然试件中纵向受力钢筋的截面面积只占整个截面面积的 1% 左右,但破坏荷载却可以提高到 36kN 左右。因此,在混凝土结构中配置一定型式和数量的钢筋,可以收到下列的效果:

(1) 结构的承载能力有很大的提高。

(2) 结构的受力性能得到显著的改善。

钢筋和混凝土之所以能够结合在一起并有效地共同工作,原因主要有以下几点:

(1) 钢筋和混凝土的接触面上存在着良好的黏结力,可以保证两者协调变形,整体工作。

(2) 钢筋与混凝土的温度线膨胀系数基本相同,钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。因此,当温度变化时,钢筋和混凝土之间不会存在较大的相对变形和温度应力而发生黏结破坏。

(3) 钢筋的混凝土保护层可以防止钢筋锈蚀,保证结构的耐久性。

钢筋混凝土除了能充分利用钢筋和混凝土材料的性能,比素混凝土结构具有较高的承载力和较好的受力性能外,与其他结构相比较还有以下优点:

(1) 耐久性好。混凝土的强度随时间的增加而有所提高,钢筋由于混凝土的保护而不锈蚀,因此,钢筋混凝土的耐久性可满足工程要求。

(2) 耐火性好。混凝土是不良的热导体,厚度为 30mm 的混凝土保护层可耐火 2h,钢筋不会因升温过快而丧失承载力,故比木结构、钢结构耐火性好。

(3) 整体性好。现浇钢筋混凝土结构的整体性好,有利于抗震、抗爆、防辐射。

(4) 可模性好。根据使用需要,可将混凝土浇筑成各种形状和各种尺寸的结构。

(5) 便于就地取材。混凝土所用大量的砂、石等来源广,可就地取材,经济方便。

由于钢筋混凝土具有上述优点,因此在土建工程中得到广泛的应用。但是,钢筋混



土也存在以下的一些缺点:

(1) 自重大。钢筋混凝土的重度约为 25kN/m^3 , 比砌体和木材的重度都大。尽管比钢材的重度小, 但结构的截面尺寸比钢结构的大, 因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构。

(2) 抗裂性差。普通混凝土在正常使用期间, 一般总是带裂缝工作的。尽管裂缝的存在并不一定意味着结构发生破坏, 但是它影响结构的耐久性和美观。当裂缝数量较多和开展较宽时, 还会给人造成不安全感。

(3) 施工复杂。现浇钢筋混凝土工序多, 工期长, 受季节、气候影响大。

(4) 性质较脆。混凝土结构破坏前的预兆较小, 特别是在抗剪切、抗冲切和小偏心受压构件破坏时, 破坏往往是突然发生的。

综上所述不难看出, 钢筋混凝土结构的优点远多于其缺点。因此, 它已经在房屋建筑、地下结构、桥梁、铁路、隧道、水利、港口等工程中得到广泛应用。而且, 随着科学技术的发展, 人们已经研究出许多克服其缺点的有效措施。例如, 为了克服钢筋混凝土自重大的缺点, 已经研究出许多重量轻、强度高的混凝土和强度很高的钢筋; 为了克服普通钢筋混凝土容易开裂的缺点, 可以对它施加预应力; 为了克服其性质较脆的特点, 可以采取加强配筋或在混凝土中掺入短段纤维等措施。

0.3 混凝土结构的发展及应用简况

混凝土结构在土木建筑工程中的应用历史较砌体结构、钢结构和木结构要短, 仅为 150 多年, 但其在材料性能、结构类型、施工技术、设计计算理论与方法、工程应用等方面的发展非常快, 大体上可分为以下三个阶段。

第一阶段是 19 世纪 50 年代至 20 世纪 30 年代。在这个阶段, 由于所用的钢筋和混凝土的强度比较低, 因此钢筋混凝土仅用于建造中小型楼板、梁、柱、拱和基础等构件。

第二阶段是 20 世纪 30~50 年代。由于钢筋和混凝土的强度不断提高, 特别是预应力混凝土的出现, 使得混凝土结构可用于建造大跨度结构、高层建筑以及对抗震、防裂等有较高要求的结构, 大大地扩展了混凝土结构的应用范围。

第三阶段是 20 世纪 50 年代至现在。这个阶段是混凝土技术飞速发展的时期。随着人们对建筑功能和建筑速度要求的不断提高, 出现了轻质、高强、高性能的混凝土和高强、高延性、低松弛的钢筋与钢丝等新型结构材料, 为大量地建造超高层建筑、大跨度桥梁等创造了条件。世界各国所使用的混凝土平均强度, 在 20 世纪 30 年代约为 10MPa , 到 20 世纪 50 年代已提高到 20MPa , 20 世纪 60 年代约为 30MPa , 20 世纪 70 年代已提高到 40MPa 。20 世纪 80 年代初, 在发达国家采用减水剂的方法已制成强度为 200MPa 以上的混凝土。高强混凝土的出现更加扩大了混凝土结构的应用范围, 为钢筋混凝土在防护工程、压力容器、海洋工程等领域的应用创造了条件。改善混凝土性能的另一个重要方面是减轻混凝土的自重。从 20 世纪 60 年代以来, 轻骨料(陶粒、浮石等)混凝土和多孔(主要是加气)混凝土得到迅速发展, 其重度一般为 $14\sim 18\text{kN/m}^3$ 。用轻集料混凝土制作墙、板时, 不但可以承重, 而且建筑物理性能也优于普通混凝土。



在计算理论与设计方法方面,20世纪30年代以前,将钢筋混凝土视为理想弹性材料,按材料力学的允许应力法进行设计计算。但从20世纪初即开始了对钢筋混凝土构件考虑材料塑性性能的研究。前苏联在1938年颁布了世界上第一个按破损阶段设计钢筋混凝土构件的规范,标志着钢筋混凝土构件承载力计算的实用方法进入了一个新的发展阶段。20世纪30年代以后,在钢筋混凝土超静定结构中考虑塑性内力重分布的计算理论也取得了很大进展,从20世纪50年代开始,已在双向板、连续梁及框架的设计中得到了应用。20世纪60年代以来,随着计算机的普及与计算力学的发展,将有限元法用于钢筋混凝土的理论研究与设计计算,大大促进了钢筋混凝土理论及设计方法的发展。

在结构的安全度及可靠度设计方法方面,20世纪50年代以前,基本上处于经验性的允许应力法阶段。20世纪五六十年代,世界各国逐步采用半经验半概率的极限状态设计法。20世纪70年代以来,以概率论数理统计学为基础的结构可靠度理论有了很大的发展,使结构可靠度的近似概率法进入了工程设计中。

目前,钢筋混凝土结构已成为现代工程建设中最为广泛使用的结构。如建于1998年的上海金贸大厦高420.5m,共88层。江阴长江大桥,建成于1999年,跨度为1835m,为中国第一、世界第四高度的钢筋混凝土桥塔和钢悬索组成的特大桥。钢筋混凝土结构在水利水电工程中的应用很广泛,如已建成的具有防洪、发电、航运、养殖、供水等综合利用效益的长江三峡水利枢纽工程,坝高175m,采用了2715万 m^3 的混凝土结构和28.1万吨的金属结构,是世界水利工程建筑史上的壮举。

0.4 课程内容及学习中应注意的问题

本课程由“混凝土结构”和“砌体结构”两部分组成。通过学习,应掌握混凝土结构和砌体结构的基本概念、基本理论和设计计算方法,为学习专业课程和从事水利工程、土木建筑工程设计、施工及管理打下基础。

本课程主要讲述混凝土结构和砌体结构的材料性能、设计计算原则、基本构件的受力性能与设计计算方法、结构设计计算方法及相应的构造要求等内容。混凝土基本构件包括受弯构件、受剪构件、受扭构件、受压构件和受拉构件,它们是组成工程结构的基本单元,其受力性能与理论分析构成了混凝土结构和砌体结构的基本理论。结构设计包括梁板结构、单层厂房结构、框架结构及砌体结构房屋的结构布置、荷载计算、受力体系、内力分析组成以及配筋计算、构造要求等,是基本理论在实际工程中的应用与延伸。

在学习本课程的过程中,应注意以下几点:

(1) 材料力学主要研究的是匀质、连续的弹性材料组成的构件,而混凝土结构和砌体结构基本构件研究的是混凝土、钢筋、块体、砂浆等两种或两种以上的材料组成的复合构件,混凝土和砌体又是非匀质、非连续、非弹性的材料。由于材料性能具有较大的差异,因此材料力学公式一般不能直接应用于混凝土结构与砌体结构的基本构件设计计算。但其解决问题的理论分析方法,如利用几何关系、物理关系与平衡关系建立基本方程的途径,同样适用于本课程。

(2) 混凝土结构和砌体结构所用材料性能的复杂性,导致构件基本理论和计算公式需



要通过大量的科学试验研究才能建立;同时,为保证结构的可靠性,还必须经过工程验证方可应用。因此,在学习本课程的过程中,要注意试验研究结果,重视受力性能分析,掌握计算公式的适用范围和限制条件,以便正确的应用公式解决实际工程问题。

(3) 结构设计不仅要考虑结构体系受力的合理性,而且要考虑使用功能、材料供给、地形地质、施工技术和经济合理等方面的因素,因而是一个综合性很强的问题。同时在实际设计计算工作中,同一工程问题可有多种解决的方案供选择,其结果不是唯一的。所以,在学习本课程时,要注意培养分析问题、解决问题的综合能力。

(4) 进行混凝土结构设计离不开计算。但是,现行的计算方法一般只考虑荷载效应,其他影响因素如:混凝土收缩、温度影响以及地基不均匀沉降等,难以用计算公式来表达。GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》根据长期的工程实践经验,总结出一些构造措施来考虑这些因素的影响。因此,在学习本课程时,除了要对各种计算公式了解和掌握以外,对于各种构造措施也必须给予足够的重视。在设计混凝土结构、砌体结构时,除了进行各种计算之外,还必须检查各项构造要求是否得到满足。

(5) 混凝土结构和砌体结构是一门实践性较强的课程,在学习过程中,应针对性地到施工现场参观,以增加感性认识,积累工程经验,加深对理论知识的理解。

(6) 为了指导结构的设计工作,各国都制订了专门的技术标准和设计规范。这些标准和规范是各国在一定时期内理论研究成果和实际工程经验的总结,在学习过程中,应很好地熟悉、掌握和运用它们。建筑结构是一门比较年轻和迅速发展的学科,许多计算方法和构造措施还不一定尽善尽美。也正因为如此,各国每隔一段时间都要对其结构设计标准或规范进行修订,使之更加完善合理。因此,在很好地学习和运用规范的过程中,也要善于发现问题,灵活运用,并且要勇于进行探索和创新。

思考题

0-1 混凝土结构包括哪些种类?

0-2 在素混凝土结构中配置一定数量的和型式的钢材后,结构的性能将发生什么样的变化?

0-3 钢筋和混凝土是两种物理、力学性能很不相同的材料,它们为什么能结合在一起共同工作?

0-4 钢筋混凝土结构有哪些重要优缺点?

0-5 人们正在采取哪些措施来克服钢筋混凝土结构的主要缺点?

0-6 在学习本课程的过程中,应注意哪些问题?

第1篇 钢筋混凝土结构

建筑结构是建筑物中承受荷载的骨架部分，钢筋混凝土结构是很多建筑物中最基本的结构型式。钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成共同受力的结构，它是现代工程建设中应用非常广泛的建筑结构，目前，它的应用跨度和高度都在不断增大，它的计算理论、材料制造及施工技术等方面都在不断向前发展，发展前景广阔。本篇是依据我国现行的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)编写的。

第1章 钢筋混凝土材料的力学性能

钢筋混凝土结构是由两种力学性能不同的材料——钢筋和混凝土所组成的。掌握两种材料的力学性能，是掌握钢筋混凝土结构构件的受力特征和设计计算方法的基础。

1.1 钢筋

1.1.1 钢筋的分类

1. 钢筋的成分

我国建筑工程中所用的钢材按其化学成分的不同，分为碳素钢和普通低合金钢。碳素钢根据含碳量的多少，分为低碳钢（含碳量小于0.25%）、中碳钢和高碳钢（含碳量大于0.6%）。随着含碳量的增加，钢材的强度提高，塑性降低，可焊性变差。普通低合金钢是在碳素钢的基础上，又加入了少量的合金元素，如锰、硅、钒、钛等，使钢材强度提高，塑性影响不大。普通低合金钢一般按主要合金元素命名，名称前面的数字代表平均含碳量的万分数，合金元素尾标数字表明该元素含量的取整百分数，当其含量小于1.5%时，不加尾标数字；当其含量大于1.5%、小于2.5%时，取尾标数为2。例如40硅2锰钒（40Si2MnV）表示平均含碳量为40‰，元素硅的含量约为2%，锰、钒的含量均小于1.5%。

2. 钢筋的品种和级别

钢筋（直径 $d \geq 6\text{mm}$ ），按生产加工工艺和力学性能的不同分为热轧钢筋、冷拉钢筋、热处理钢筋等。热轧钢筋是在高温状态下轧制成型的，按其强度由低到高分为四个级别，分别是HPB235、HRB335、HRB400和RRB400四个等级。随着钢筋强度等级的提高，其塑性



降低。热轧钢筋常用于普通混凝土结构。

冷拉钢筋是由热轧钢筋在常温下用机械拉伸而成的。冷拉后其屈服强度高于相应等级的热轧钢筋，但塑性降低。冷拉钢筋主要用于预应力混凝土结构。

热处理钢筋是将热轧钢筋经过加热、淬火和回火等调质工艺处理后制成的，其强度大幅度提高，而塑性降低并不多。热处理钢筋可直接用作预应力钢筋。

钢丝（直径 $d < 6\text{mm}$ ）分为碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线（用光面钢丝绞在一起）和冷拔低碳钢丝等几种。直径愈细，其强度愈高。除冷拔低碳钢丝外都作为预应力钢筋用。

钢筋按其外形特征的不同，分为光面钢筋和变形钢筋两类。HPB235级钢筋是光面钢筋，HRB335、HRB400和RRB400级钢筋都是变形钢筋。变形钢筋包括月牙纹钢筋、人字纹钢筋和螺纹钢筋，如图1-1所示。

1.1.2 钢筋的力学性能

1.1.2.1 钢筋的强度

建筑结构中所用的钢筋，按其应力—应变曲线特性的不同分为两类：一类是有明显屈服点的钢筋，另一类是无明显屈服点的钢筋。有明显屈服点的钢筋习惯上称为软钢，包括热轧钢筋和冷拉钢筋；无明显屈服点的钢筋习惯上称为硬钢，包括钢丝和热处理钢筋。

1. 有明显屈服点的钢筋

有明显屈服点的钢筋在单向拉伸时的应力—应变曲线如图1-2所示。 a 点以前应力与应变成直线关系，符合胡克定律， a 点对应的应力称比例极限， oa 段属于弹性工作阶段； a 点以后应力与应变不成正比，到达 b 点后，应力不增加而应变继续增加，钢筋进入屈服阶段，产生很大的塑性变形， bc 段中对应于最低点的应力称为屈服强度。应力—应变曲线中出现的水平段，称为屈服阶段或流幅。过 c 点后，应力与变形继续增加，应力—应变曲线为上升的曲线，进入强化阶段，曲线到达最高点 d ，对应于 d 点的应力称为抗拉极限强度。过了 d 点以后，试件内部某一薄弱部位应变急剧增加，应力下降，应力—应变曲线为下降曲线，产生“颈缩”现象，到达 e 点钢筋被拉断，此阶段称为破坏阶段。由图1-2可知，有明显屈服点的钢筋应力—应变曲线可分为四个阶段：弹性阶段、屈服阶段、强化阶段、破坏阶段。

对于有明显屈服点的钢筋，取其屈服强度作为设计强度的依据。因为在混凝土中的钢筋，当应力达到屈服强度后，荷载不增加，应变会继续增大，使混凝土裂缝开展较宽，构件变形过大而不能正常使用。设计中采用钢筋的屈服强度，也是为了使构件具有一定的安全储备。

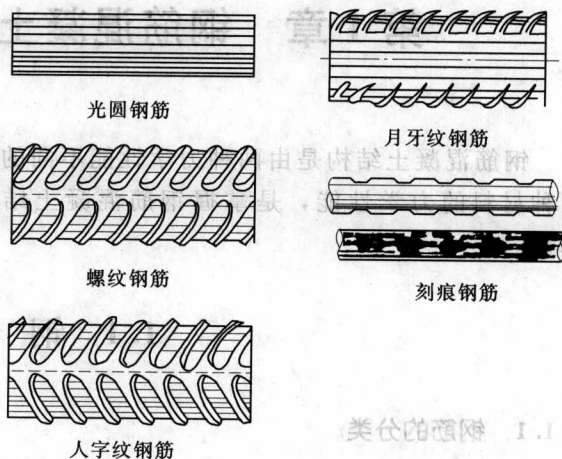


图1-1 各种钢筋形式