



普通高等教育“十五”国家级规划教材

Jianzhu
Jiegou

土建学科高等职业教育专业委员会规划推荐教材

建 筑 结 构

(第二版)

(建筑工程类专业适用)

本教材编审委员会组织编写



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

普通高等教育“十五”国家级规划教材
土建学科高等职业教育专业委员会规划推荐教材

建筑结构（第二版）

（建筑工程类专业适用）

本教材编审委员会组织编写

张学宏 主编

安震中 李社生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/本教材编审委员会组织编写. —2版. —北京:

中国建筑工业出版社, 2003

普通高等教育“十五”国家级规划教材

土建学科高等职业教育专业委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06132-6

I. 建… II. 本… III. 建筑结构—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2003) 第097687号

本书共分十三章, 是在原高等职业教育建筑施工专业系列教材之一《建筑结构》的基础上, 按照新规范的规定, 并参照原教材在推广使用过程中的反馈意见修订而成的。主要内容有: 绪论, 钢筋和混凝土的力学性能, 混凝土结构的基本设计原则, 受弯构件, 受扭构件, 受压构件, 钢结构, 建筑结构抗震设计基本知识等。

本书既可作为高等职业教育建筑工程类专业教材, 也可供建筑工程技术人员学习、参考。

* * *

责任编辑 朱首明 张 晶

责任设计 崔兰萍

责任校对 王金珠

普通高等教育“十五”国家级规划教材
土建学科高等职业教育专业委员会规划推荐教材

建筑结构·(第二版)

(建筑工程类专业适用)

本教材编审委员会组织编写

张宇宏 主编

安震中 李社生 主审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 31¼ 插页: 1 字数: 758 千字

2004 年 1 月第二版 2004 年 7 月第六次印刷

印数: 22001—27000 册 定价: 42.00 元

ISBN 7-112-06132-6

TU·5399 (12145)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

教材编审委员会名单

主任委员：杜国城

副主任：杨力彬 张学宏

委 员（按姓氏笔画为序）：

丁天庭 王武齐 危道军 朱勇年 朱首明

杨太生 林 密 周建郑 季 翔 胡兴福

赵 研 姚谨英 葛若东 潘立本 魏鸿汉

序 言

高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会（以下简称土建学科高等职业教育教学指导委员会）是受教育部委托并接受其指导，由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究如何适应建设事业发展的需要设置高等职业教育专业，明确建设类高等职业教育人才的培养标准和规格，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。在建设部人事教育司的领导下，2002年，土建学科高等职业教育教学指导委员会的工作取得了多项成果，编制了建设类高职高专指导性专业目录；在“建筑工程技术”、“工程造价”、“建筑装饰技术”、“建筑电气技术”等重点专业的专业定位、人才培养方案、教学内容体系、主干课程内容等方面取得了共识；制定了建设类高等职业教育专业教材编审原则；启动了建设类高等职业教育人才培养模式的研究工作。

近年来，在我国建设类高等职业教育事业迅猛发展的同时，土建类高职高专的教学改革工作亦在不断深化之中，对教育定位、教育规格的认识逐步提高；对高等职业教育与普通本科教育、传统专科教育和中等专业教育在类型、层次上的区别逐步明晰；对必须背靠行业、背靠企业，走校企合作之路，逐步加深了认识。但由于各地区的发展不尽平衡，既有理论又能实践的“双师型”教师队伍尚在建设之中等原因，高等职业教育的教材建设对于保证教育标准与规格，规范教育行为与过程，突出高等职业教育特色等都有着非常重要的现实意义。

“建筑工程技术”专业（原“工业与民用建筑”专业）是建设行业对高等职业教育人才需求量最大的专业，也是目前建设类高职院校中在校人数最多的专业。改革开放以来，面对建筑市场的逐步建立和规范，面对建筑产品生产过程科技含量的迅速提高，在建设部人事教育司和中国建设教育协会的领导下，对该专业进行了持续多年的改革。改革的重点集中在实现三个转变，变“工程设计型”为“工程施工型”，变“粗坯型”为“成品型”，变“知识型”为“岗位职业能力型”。在反复论证人才培养方案的基础上，中国建设教育协会组织全国各有关院校编写了高等职业教育“建筑施工”专业系列教材，于2000年12月由中国建筑工业出版社出版发行，受到全国同行的普遍好评，其中《建筑构造》、《建筑结构》和《建筑施工技术》被教育部评为普通高等教育“十五”国家级规划教材。土建学科高等职业教育教学指导委员会成立之后，根据当前建设类高职高专院校对高等职业教育“建筑工程技术”专业教材的迫切需要，根据新材料、新技术、新规范急需进入教学内容的现实需求，积极组织全国建设类高等职业技术学院和建筑施工企业的专家，在对该专业课程体系充分研讨论证之后，在原高等职业教育“建筑施工专业”系列教材的基础上，组织编写了《建筑识图与构造》、《建筑力学》、《建筑结构》（第二版）、《地基与基础》、《建筑材料》、

《建筑施工技术》(第二版)、《建筑施工组织》、《建筑工程计量与计价》、《建筑工程测量》、《高层建筑施工》、《工程项目招投标与合同管理》等11门主干课程教材。

教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新的过程,希望这套教材能对进一步开展建设类高等职业教育的教学改革发挥积极的推进作用。

土建学科高等职业教育教学指导委员会
规划推荐教材编审委员会

前 言

我国的高等职业教育起步于1987年。1993年《中国教育改革和发展纲要》发布后,高职教育犹如雨后春笋,在全国各地蓬勃发展。

高等职业教育与传统的高等教育不同,它以培养学生的岗位职业能力为目标,遵循理论与实践并重的原则组织教学。毕业生除应具有一定的专业理论知识外,还应具有较强的解决实际问题的能力。基于以上特点,高职教育必须采用特定的教材,而不能借用传统的高校教材。

编者积多年高等职业教育之经验,曾于2000年编写了以建筑施工专业适用的《建筑结构》教材,由中国建筑工业出版社出版,并通过教育部“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”的评审。该书在全国发行后曾多次重刷。本书第二版是在第一版的基础上,依据高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会制定的建筑工程技术专业的教育标准、培养方案和本课程教学基本要求,并参照新颁布的有关国家标准修订而成。

根据高等职业教育理论与实践并重,理论课时较少的情况,本书内容按“必需、够用”的原则编排;鉴于目前已普遍采用计算机进行结构计算的现状,本书重点介绍结构的基本概念和构造要求而不是计算。故而本书不同于其他的建筑结构教材。本课程建议学时数为140。

本书由苏州建筑职工大学张学宏任主编,并编写了第一、二、五、六、八章,李明编写了第三、七章,广州大学谢光编写了第四章、李向真编写了第九章,新疆建筑职业技术学院刘晓平编写了第十、十三章,长安大学王冰编写了第十一章,湖北省城乡建设职业技术学院吴建林编写了第十二章。本书由无锡城建职工大学安震中和甘肃建筑职业技术学院李社生主审。

在本书编写过程,得到了建设部人事教育司和编写者所在单位的大力支持,在此一并致谢。

限于编者的水平,书中定有欠妥之处,请广大读者批评指正。

编者 2003年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 建筑结构的一般概念	1
第二节 砌体结构、钢结构和混凝土结构的概念及优缺点	1
第三节 建筑结构的发展简况	4
思考题	5
第二章 钢筋和混凝土的力学性能	6
第一节 钢筋的力学性能	6
第二节 混凝土的力学性能	9
第三节 钢筋与混凝土之间的粘结作用	14
思考题	15
第三章 钢筋混凝土结构的基本设计原则	17
第一节 建筑结构的性能要求和极限状态	17
第二节 极限状态设计方法	18
思考题	24
第四章 受弯构件	25
第一节 概述	25
第二节 受弯构件的一般构造要求	25
第三节 正截面承载力计算	31
第四节 斜截面承载力计算	53
第五节 受弯构件裂缝及变形验算简介	71
思考题	82
习 题	83
第五章 受扭构件	86
第一节 概述	86
第二节 矩形截面纯扭构件承载力计算	86
第三节 矩形截面弯剪扭构件承载力计算	88
第四节 受扭构件的构造要求	90
思考题	92
习 题	93
第六章 受压构件	94
第一节 概述	94
第二节 构造要求	94

第三节	轴心受压构件的计算	97
第四节	偏心受压构件的计算	103
思考题	.....	126
习 题	.....	126
第七章	受拉构件和预应力混凝土构件	128
第一节	受拉构件简介	128
第二节	预应力混凝土概述	130
第三节	张拉控制应力和预应力损失	134
第四节	预应力混凝土构件计算	139
第五节	预应力混凝土构件的构造要求	141
思考题	.....	144
第八章	钢筋混凝土梁板结构	145
第一节	概述	145
第二节	单向板肋梁楼盖	147
第三节	现浇双向板肋梁楼盖设计简介	175
第四节	楼梯	181
第五节	雨篷	190
思考题	.....	196
习 题	.....	197
第九章	单层厂房排架结构	198
第一节	概述	198
第二节	排架结构的组成、传力途径及设计内容	199
第三节	结构布置	201
第四节	排架的内力计算	207
第五节	单层厂房柱设计	216
第六节	几种承重构件的选型	222
第七节	各构件间的连接	226
思考题	.....	228
第十章	多层框架结构房屋	229
第一节	概述	229
第二节	框架结构的计算简图	233
第三节	荷载的简化与计算	237
第四节	多层框架的内力和侧移计算简介	239
第五节	无抗震设防要求时框架结构构件设计	248
第六节	非抗震设计时框架节点的构造要求	249
第七节	多层框架设计实例	252
思考题	.....	258
第十一章	砌体结构	259
第一节	概述	259
第二节	砌体材料及砌体的力学性能	260

第三节	砌体结构构件的承载力计算	269
第四节	混合结构房屋墙和柱的设计	290
第五节	过梁、挑梁和砌体结构的构造措施	307
思考题	.....	319
习 题	.....	320
第十二章	钢结构	322
第一节	钢结构的材料	322
第二节	钢结构的连接	331
第三节	钢结构构件	357
第四节	钢桁架及屋盖结构	380
思考题	.....	392
习 题	.....	392
第十三章	建筑结构抗震设计基本知识	394
第一节	概述	394
第二节	抗震设计的基本要求	399
第三节	场地、地基和基础	403
第四节	多层砌体房屋和底部框架、内框架房屋的抗震规定	409
第五节	多、高层钢筋混凝土房屋的抗震规定	419
思考题	.....	428
附录	.....	429
参考文献	.....	489

第一章 绪 论

第一节 建筑结构的一般概念

建筑结构是指建筑物中用来承受各种作用的受力体系。通常,它又被称为建筑物的骨架。组成结构的各个部件称为构件。在房屋建筑中,组成结构的构件有板、梁、屋架、柱、墙、基础等。

结构上的作用是指能使结构产生效应(内力、变形)的各种原因的总称。作用可分为直接作用和间接作用两类。直接作用是指作用在结构上的各种荷载,如土压力、构件自重、楼面和屋面活荷载、风荷载等。它们能直接使结构产生内力和变形效应。间接作用则是指地基变形、混凝土收缩、温度变化和地震等。它们在结构中引起外加变形和约束变形,从而产生内力效应。

结构按所用材料分类,可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构等。由于木材存在着强度低、耐久性差等诸多缺点,现已极少使用木结构,故本书仅介绍前三类结构与设计有关的内容。

建筑结构设计任务是选择适用、经济的结构方案,并通过计算和构造处理,使结构能可靠地承受各种作用。为使设计人员在一般情况下能有章可循,各国均根据自身的科技发展和经济状况不断制订出符合当时国情的各种设计标准和规范。我国现行的建筑结构设计标准和规范有:《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)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)等。这些标准和规范是我国建国以来,在建筑结构方面的科研成果和工程实践经验的结晶,是我国目前建筑设计的重要依据,也是编写本书的主要依据。

第二节 砌体结构、钢结构和混凝土结构的概念及优缺点

一、砌体结构的概念及优缺点

用砂浆把块体连接而成的整体材料称为砌体,以砌体为材料的结构称为砌体结构。因块体有石、砖、和砌块三种,故而砌体结构又可分为石结构、砖结构和砌块结构。根据需要,有时在砖砌体或砌块砌体中加入少量钢筋,这种砌体称为配筋砌体。

与其他结构相比,砌体结构具有以下几项主要的优点:

- 1) 容易就地取材,造价低廉。

2) 耐火性良好, 耐久性较好。

3) 隔热、保温性能较好。

除上述优点外, 砌体结构也存在下述一些缺点:

1) 承载能力低。由于砌体的组成材料-块体和砂浆的强度都不高, 导致砌体结构的承载能力较低, 特别是拉、弯、剪承载能力很低。

2) 自重大。由于砌体的强度较低, 构件所需的截面一般较大, 导致自重较大。

3) 抗震性能差。由于结构的拉、弯、剪承载力很低, 在房屋遭受地震时, 结构容易开裂和破坏。

二、钢结构的概念及优缺点

钢结构是用钢材制作而成的结构。与其他结构相比, 它具有以下优点:

1) 承载能力高。由于钢材的抗拉和抗压强度都很高, 故钢结构的受拉、受压等承载力都很高。

2) 自重小。由于钢材的强度高, 构件所需的截面一般较小, 故自重较小。

3) 抗震性能好。由于钢材的抗拉强度高, 并有较好的塑性和韧性, 故能很好地承受动力荷载; 另外, 由于钢结构的自重较小, 地震作用也就较小, 因而钢结构的抗震性能很好。

4) 施工速度快, 工期短。钢结构构件可在工厂预制, 在现场拼装成结构, 施工速度快。

钢结构存在以上优点的同时, 也存在着以下缺点:

1) 需要大量钢材, 造价高。

2) 耐久性和耐火性均较差。一般钢材在湿度大和有侵蚀性介质的环境中容易锈蚀, 故需经常油漆维护, 费用较大。当温度超过 250°C 时, 其材质变化较大, 当温度达到 500°C 以上时, 结构会完全丧失承载能力, 故钢结构的耐火性较差。

三、混凝土结构的概念及优缺点

仅仅或者主要以混凝土为材料的结构称为混凝土结构。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构三种。

素混凝土是不放钢筋的混凝土。尽管它的抗压强度比砌体高, 但其抗拉强度仍然很低。素混凝土构件只适用于受压构件, 且破坏比较突然, 故在工程中极少采用。

在混凝土构件的适当部位, 放入钢筋, 便得到钢筋混凝土构件。与素混凝土构件相比, 钢筋混凝土构件的受力性能大为改善。图 1-1 (a)、(b) 分别表示两根截面尺寸、跨度、混凝土强度完全相同的简支梁, 前者是素混凝土的, 后者在梁的下部受拉区边缘配有适量的钢筋。试验表明, 两者的承载能力和破坏性质有很大的差别。素混凝土梁, 由于混凝土抗拉性能很差, 当荷载较小时其受拉区边缘混凝土的应变就达到混凝土的极限拉应变, 随之出现裂缝, 导致梁脆性断裂而破坏, 但此时梁受压区的混凝土压应力还远小于混凝土的抗压强度。钢筋混凝土梁则完全不同, 当其受拉边混凝土开裂后尚不会断裂, 而可继续增加荷载。此时开裂截面的拉力将由钢筋承担, 直至钢筋拉应力达到屈服强度, 裂缝迅速向上延伸, 受压区面积迅速减小, 受压区混凝土应力迅速增大, 最终导致混凝土压应力达到抗压强度, 混凝土受压区边缘应变达到其极限压应变而被压碎, 梁才告破坏。因此, 钢筋混凝土梁能充分发挥钢筋的抗拉性能和混凝土的抗压性能, 大大提高梁的承载能力。

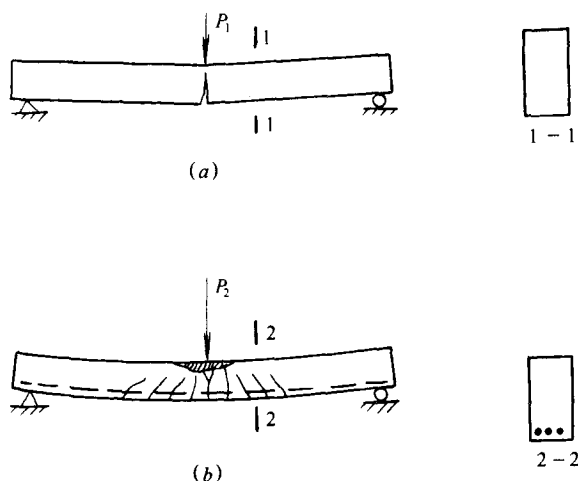


图 1-1

(a) 素混凝土梁的破坏；(b) 钢筋混凝土梁的破坏

在受压为主的构件中，通常也配置一定数量的钢筋来协助混凝土分担一部分压力以减小构件的截面尺寸，此外钢筋还可改善构件受压破坏的脆性性质。

钢筋和混凝土这两种力学性能不同的材料所以能结合在一起共同工作的原因是：

1) 硬化后的混凝土与钢筋的接触面上会产生良好的粘结力，使两者可靠地结合在一起，从而保证构件受力后，钢筋和其周围混凝土能共同变形。

2) 钢筋与混凝土的温度线膨胀系数接近 [钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$]，当温度变化时，不致产生较大的温度应力而破坏两者之间的粘结力。

钢筋混凝土受弯或受拉构件的受力性能虽说比素混凝土构件大为改善，但是存在着一个明显的缺点：当荷载不大时，构件受拉区便会出现裂缝。为使裂缝不致过大而影响正常使用，钢筋混凝土构件中只能采用强度不高的钢筋，并采用较大的截面来承受不太大的荷载。

预应力混凝土构件一般是指在上述构件使用前，预先对其使用时的受拉区混凝土施加一定的压应力而得到的构件。与钢筋混凝土构件相比，它的抗裂性能大大提高，构件受荷后裂缝很小或不裂，构件的刚度较大，在同样的跨度和荷载作用下，截面尺寸可以较小，且可采用高强度钢筋。

与其他结构相比，混凝土结构有以下主要优点：

- 1) 承载力比砌体结构高。
- 2) 比钢结构节约钢材。
- 3) 耐久性能和耐火性均比钢结构好。
- 4) 抗震性能比砌体结构好。

混凝土结构虽有较多的优点，但也有以下缺点：

- 1) 比钢结构自重重大。
- 2) 比砌体结构造价高。

第三节 建筑结构的发展简况

石结构、砖结构和钢结构已有悠久的历史,并且我国是世界上最早应用这三种结构的国家。

早在五千年前,我国就建造了石砌祭坛和石砌围墙(先于埃及金字塔)。我国隋代在公元595~605年由李春建造的河北赵县安济桥是世界上最早的空腹式单孔圆弧石拱桥。该桥净跨37.37m,拱高7.2m,宽9m;外形美观,受力合理,建造水平较高。

我国生产和使用烧结砖也有三千年以上的历史。早在西周时期(公元前1134年~前771年)已有烧制的砖瓦。在战国时期(公元前403~前221年)便有烧制的大尺寸空心砖。至秦朝和汉朝,砖瓦已广泛应用于房屋结构。

我国早在汉明帝(公元60年前后)时便使用铁索建桥(比欧洲早70多年)。用铁造房的历史也比较悠久。例如现存的湖北荆州玉泉寺的13层铁塔便是建于宋代,已有1500年历史。

与前面三种结构相比,砌块结构出现较迟。其中应用较早的混凝土砌块问世于1882年,也仅百余年历史。而利用工业废料的炉渣混凝土砌块和蒸压粉煤灰砌块在我国仅有30年左右的历史。

混凝土结构最早应用于欧洲,仅有170多年的历史。

1824年,英国泥瓦工约瑟夫·阿斯普丁(Joseph·Aspadin)发明了波特兰水泥(因硬化后的水泥石的性能和颜色与波特兰岛生产的石灰石相似而得名)。以后,混凝土便开始在英国等地使用。1850年,法国人郎波特(Lambot)用加钢筋的方法制造了一条水泥船,开始有了钢筋混凝土制品。1867年,法国人莫尼埃(Manier)第一次获得生产配有钢筋的混凝土构件的专利。以后,钢筋混凝土日益广泛应用于欧洲的各种建筑工程。及至1928年,法国人弗列新涅提出了混凝土收缩和徐变理论,采用了高强钢丝,并发明了预应力锚具后,预应力混凝土开始应用于工程。预应力混凝土的出现,是混凝土技术发展的一次飞跃。它使混凝土结构的性能得以改善,应用范围大大扩展。由于预应力混凝土结构的抗裂性能好,并可采用高强度钢筋,故可应用于大跨度、重荷载建筑和高压容器等。

1955年,我国有了第一批建筑结构设计规范。至今,结构规范已修订了四次。

改革开放以来,我国的建设事业蓬勃发展,建筑结构在我国也得到迅速发展。高楼大厦如雨后春笋般涌现。我国已建成的高层建筑有18000多幢,其中超过100m的有200多幢。我国香港特别行政区的中环大厦建成于1992年,73层,301m高(不计塔尖),目前是世界

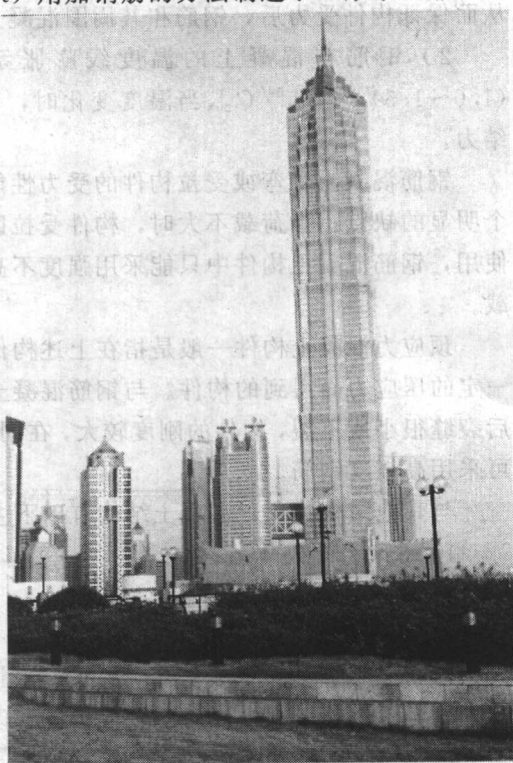


图1-2 上海金茂大厦

上最高的钢筋混凝土结构建筑。上海浦东的金茂大厦(图1-2)建成于1998年,93层,370m高(不计塔尖),钢和混凝土混合结构,是我国第一、世界第三高度的高层建筑。1999年我国已建成跨度为1385m,列为中国第一、世界第四跨度的钢筋混凝土桥塔和钢悬索组成的特大桥梁—江阴长江大桥(图1-3)。在材料方面,高强混凝土(不低于C60)在我国已得到较普遍的应用。



图1-3 江阴长江大桥

以上成就表明,我国在建筑结构的实践和科学研究方面均已达到世界先进水平。

由于砌体结构具有经济和保温隔热性能好等优点,现仍广泛应用于多层民用建筑,特别是多层住宅。

思考题

1. 什么叫建筑结构?
2. 什么叫结构上的作用?哪些是直接作用?哪些是间接作用?
3. 建筑结构设计的任务是什么?
4. 什么叫砌体结构?它有哪些优缺点?
5. 什么叫钢结构?它有哪些优缺点?
6. 什么叫混凝土结构?混凝土结构包括哪三种?
7. 钢筋和混凝土这两种力学性能不同的材料为什么能结合在一起共同工作?
8. 混凝土结构有哪些优缺点?
9. 为什么说预应力混凝土的出现是混凝土技术发展的一次飞跃?
10. 举例说明我国在建筑结构的实践和研究方面的取得的巨大成就。

第二章 钢筋和混凝土的力学性能

第一节 钢筋的力学性能

一、钢筋的分类

钢筋可按化学成分、外形、加工方法和供货形式进行分类。

钢筋按化学成分的不同可分为碳素钢筋和合金钢筋,碳元素和合金元素的含量还有低、中、高之分。

钢筋按外形的不同分为光圆钢筋、带肋钢筋、刻痕钢筋和钢绞线(图2-1)。带肋是指表面带有凸纹。目前,带肋钢筋的凸纹一般为月牙纹^①。刻痕是将表面刻出椭圆形的浅坑。钢绞线则由多股高强度光圆钢筋^②绞合而成。

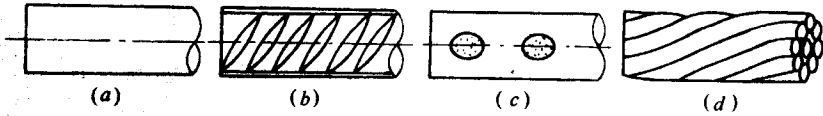


图2-1 钢筋按外形分类

(a) 光圆钢筋; (b) 带肋钢筋; (c) 刻痕钢筋; (d) 钢绞线

钢筋按加工方法的不同可分为热轧钢筋、冷拉钢筋、冷轧钢筋和热处理钢筋等。

热轧钢筋是用低碳钢或低合金钢在高温下轧制而成。根据其强度的不同,热轧钢筋又分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个级别。级别越高,钢筋的强度也越高,但塑性越差。Ⅰ级钢筋用普通低碳钢(含碳不大于0.25%)制成,表面光圆,最小直径为6mm。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋用低、中碳的低合金钢(含碳不大于0.6%,其他合金总量不大于5%)制成,表面有助纹,最小直径一般为10mm。各种级别热轧钢筋的符号和所用钢材的牌号列于表2-1。

冷拉钢筋是在常温下,把热轧钢筋拉伸至强化阶段所得到的钢筋。热轧钢筋经冷拉后屈服强度有较大提高,经时效处理后抗拉极限强度也有所提高,但钢筋的塑性则有所下降。冷拉钢筋也为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个级别,符号分别为 ϕ' 、 Φ' 、 Φ' 、 Φ' 。

各种级别热轧钢筋的符号和牌号

表2-1

热轧钢筋级别	符 号	牌 号 ^③	曾用牌号
Ⅰ	ϕ	HPB235	Q235
Ⅱ	Φ	HRB335	20MnSi
Ⅲ	Φ	HRB400	20MnSiV、20MnTi、20MnSiNb、K20MnSi
Ⅳ	Φ	HRB540	40Si2Mn、48Si2Mn、45Si2Cr

注:Ⅲ级K20MnSi钢筋系余热处理钢筋。牌号中的字母H表示热轧;P表示光圆,R表示带肋;B表示钢筋。数字表示最低屈服强度。

① 曾经用过螺旋纹和人字纹的等高肋,现仅用于Ⅲ级钢筋。

② 有时也把直径小于6mm的钢筋称为钢丝。

③ 这里的牌号在《混凝土规范》中称为级别。

冷拔钢筋^①是在常温下,使热轧光圆钢筋通过硬质合金拔丝模上比钢筋直径稍小的锥形孔,强行拉拔而成(图2-2)。拉拔次数越多,直径就越小,强度就越高。冷拔低碳钢筋用Ⅰ级热轧钢筋冷拔而成,分为甲、乙两级;甲级强度较高,但必须逐盘检验,并根据检验所得的抗拉强度分为Ⅰ、Ⅱ两组,其直径有4mm和5mm两种;乙级强度较低,仅要求分批检验,直径为3~5mm。冷拔低碳钢筋的符号为 ϕ^d 。冷拔钢筋强度虽高,但表面光滑,与混凝土之间的粘结力较差,现已很少采用。

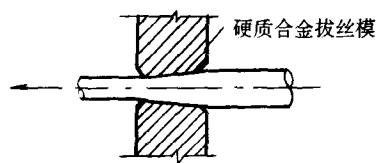


图2-2 钢筋冷拔

冷轧钢筋是在常温下,将光圆的普通低碳或低合金钢筋(Q215、Q235、20MnSi、24MnTi)经过轧制,使其减小直径,并且表面带肋(一般为三面带有月牙纹肋)的钢筋。目前使用的冷轧带肋钢筋按其极限抗拉强度分为CRB550、CRB650和CRB800三个牌号。其中,CRB550一般用Q215圆钢冷轧而成,CRB650用Q235圆钢冷轧而成,CRB800则是用20MnSi或24MnTi圆钢冷轧而成。CRB550钢筋的直径为4~12mm,CRB650钢筋的直径4~6mm,CRB800钢筋的直径目前只有5mm一种。

冷轧钢筋强度较高,且表面带肋,可用来取代小直径的Ⅰ级光圆钢筋或冷拔低碳钢丝。目前,CRB550钢筋一般用来取代Ⅰ级光圆钢筋,用于现浇板或梁柱箍筋;而CRB650和CRB800钢筋则一般用来取代甲级冷拔低碳钢丝,用于中小型预应力构件(如预应力多孔板、预应力檩条等)。

热处理钢筋是将Ⅳ级热轧钢筋经过加热、淬火和回火等调质处理后得到的钢筋,其强度比Ⅳ级钢筋高得多,而塑性却降低不多。热处理钢筋用于大型预应力混凝土构件。该种钢筋的符号为 Φ^h 。

大型预应力混凝土构件除采用热处理钢筋外,还常用消除应力钢丝和钢绞线。它们的强度均很高。

消除应力钢丝采用高碳圆钢(含碳量0.7%~1.4%),经过加热、淬火、冷拔和回火等工艺制成,其符号为 ϕ^p (光面)、 ϕ^h (螺旋肋)或 ϕ^i (刻痕)。

钢绞线是将多根碳素钢丝(一般为7根)用绞盘绞制而成。其标志直径为截面外接圆的直径,其符号为 ϕ^s 。

钢筋按供货形式可分为直条钢筋和盘圆钢筋两种。直径为10~50mm的钢筋通常用直条供应,长度为6~12m;直径小于10mm的钢筋通常用盘圆供应。

二、钢筋的强度和变形

钢筋的强度和变形方面的性能主要用钢筋拉伸试验所得的应力-应变曲线来表示。钢筋的种类、级别不同,其应力-应变曲线也不同。热轧和冷拉钢筋的应力-应变曲线具有明显的流幅,该类钢筋又被称为软钢;冷拔、冷轧、热处理钢筋、高强钢丝和钢绞线的应力-应变曲线则无明显流幅,该类钢筋又被称为硬钢。

软钢典型的拉伸应力-应变曲线如图2-3所示。在a点之前,材料处于弹性阶段,应力与

① 直径通常小于6mm,又称冷拔钢丝。