

SHUIGONG GANGJIN  
HUNNINGTU JIEGOU

■ 赵瑜 主编  
李凤兰 副主编

水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材

# 水工 钢筋 混凝土 结构

中央广播电视大学出版社

TV 332  
2

水利水电工程（专科起点本科）专业系列教材

# 水工钢筋混凝土结构

赵 瑜 主 编

李凤兰 副主编

中央广播电视大学出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

水工钢筋混凝土结构/赵瑜主编. —北京: 中央广播电视大学出版社,  
2003.12

(水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材)

ISBN 7-304-02487-9

I. 水… II. 赵… III. 水工结构—钢筋混凝土结构—成人教育:  
高等教育—升学参考资料 IV. TV332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 117517 号

版权所有, 翻印必究。

水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材

**水工钢筋混凝土结构**

赵瑜 主编

李凤兰 副主编

---

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-68519502 总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

---

策划编辑: 旷天鉴

责任编辑: 安红

印刷: 北京银祥印刷厂

印数: 001~5000

版本: 2003 年 10 月第 1 版

2003 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 21 字数: 481 千字

---

书号 ISBN 7-304-02487-9/TV·11

定价: 28.00 元

---

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

# 水利水电工程（专科起点本科）专业系列教材

## 课程建设委员会

顾 问 陈肇和

主 任 刘汉东

副主任 段 虹 蒋克中 董幼龙

委 员 （按姓氏笔画排列）

王 圻 牛志新 白家骢 白新理 任 岩

孙东坡 孙明权 刘洪建 许士国 李国庆

陈南祥 陈德新 陆桂明 张立中 赵 瑜

赵中极 郭雪莽 鄢小平 陶水龙 徐建新

高辉巧 解 伟

# 前 言

本书是根据中央广播电视大学开放教育试点工作办公室下达的水利水电工程专业教学计划编写的“水工钢筋混凝土结构”课程的通用教材。全书共分十章，主要内容为钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件设计的基本理论及其应用。

本书内容的编写主要依据国家行业标准《水工混凝土结构设计规范》(SL/T191—96)，同时也参考了国内的其他有关规范，如《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)等。

本书内容突出基本理论的掌握和应用，为便于自学，每章除附有学习指导、小结、习题外，还有提示旁白。提示旁白是本书的一个重要特点，它提供了一种交互式的学习方式，也反映了编者的长期教学经验和独到见解。

本书由中央广播电视大学开放教育试点工作办公室组织华北水利水电学院有多年丰富教学经验的老师编写。具体分工为：第0，1，2章由赵瑜编写；第3，4章和附录由赵瑜、陈爱玖编写；第5章由李凤兰编写；第6，7章由靳彩编写；第8，10章由赵瑜、李凤兰编写；第9章由潘丽云编写。全书由华北水利水电学院赵瑜教授担任主编，李凤兰副教授担任副主编。本书由郑州大学刘立新教授、华北水利水电学院赵顺波教授、李树瑶教授等专家审定，刘立新教授为主审。

本书编写过程中参考了国内同行的论文资料、著作和教材，在此谨致谢忱。由于编者水平有限，本教材中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2003.5

## 内容提要

本书是依据《水工混凝土结构设计规范》(SL/T191—96)编写的。全书共分十章,主要内容有:钢筋混凝土结构的材料,钢筋混凝土结构设计计算原则,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,钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算,预应力混凝土结构构件计算和装配式钢筋混凝土矩形渡槽设计。为便于自学,每章均附有学习指导、小结、习题和提示旁白,体现出交互式教材的特点。

本书系中央广播电视大学开放教育水利水电工程专业课程的教材,也可作为水利水电工程技术人员的参考书。

# 目 录

<b>第0章 绪 论</b> .....	(1)
学习指导.....	(1)
§ 0.1 混凝土结构的基本概念 .....	(1)
§ 0.2 混凝土结构的发展简况 .....	(3)
§ 0.3 本课程的任务和特点 .....	(5)
本章小结.....	(7)
习题.....	(7)
<b>第1章 钢筋混凝土结构的材料</b> .....	(8)
学习指导.....	(8)
§ 1.1 钢筋 .....	(8)
§ 1.2 混凝土 .....	(15)
§ 1.3 钢筋与混凝土的黏结 .....	(23)
本章小结.....	(27)
习题 .....	(28)
<b>第2章 钢筋混凝土结构设计计算原则</b> .....	(30)
学习指导.....	(30)
§ 2.1 结构的功能要求和极限状态 .....	(30)
§ 2.2 结构的作用、作用效应和结构抗力 .....	(33)
§ 2.3 概率极限状态设计法 .....	(34)
§ 2.4 极限状态计算的实用设计表达式 .....	(41)
本章小结.....	(47)
习题.....	(48)

<b>第3章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算</b> .....	( 50 )
学习指导 .....	( 50 )
§ 3.1 概述 .....	( 50 )
§ 3.2 受弯构件的一般构造 .....	( 51 )
§ 3.3 受弯构件正截面的试验研究 .....	( 54 )
§ 3.4 正截面受弯承载力计算原则 .....	( 58 )
§ 3.5 单筋矩形截面承载力计算 .....	( 62 )
§ 3.6 双筋矩形截面承载力计算 .....	( 70 )
§ 3.7 T形截面承载力计算 .....	( 76 )
本章小结 .....	( 83 )
习题 .....	( 84 )
<b>第4章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算</b> .....	( 87 )
学习指导 .....	( 87 )
§ 4.1 概述 .....	( 87 )
§ 4.2 无腹筋梁的斜截面受剪承载力 .....	( 89 )
§ 4.3 有腹筋梁的斜截面受剪承载力 .....	( 94 )
§ 4.4 钢筋混凝土梁的斜截面受弯承载力 .....	( 105 )
§ 4.5 钢筋骨架的构造 .....	( 111 )
§ 4.6 钢筋混凝土构件施工图 .....	( 115 )
§ 4.7 钢筋混凝土伸臂梁设计 .....	( 117 )
本章小结 .....	( 124 )
习题 .....	( 125 )
<b>第5章 钢筋混凝土受压构件承载力计算</b> .....	( 128 )
学习指导 .....	( 128 )
§ 5.1 概述 .....	( 128 )
§ 5.2 轴心受压构件正截面承载力计算 .....	( 131 )
§ 5.3 偏心受压构件正截面承载力计算研究 .....	( 135 )
§ 5.4 不对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算 .....	( 139 )
§ 5.5 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算 .....	( 151 )
§ 5.6 偏心受压构件正截面承载力 $N_u-M_u$ 相关曲线 .....	( 154 )
§ 5.7 偏心受压构件斜截面承载力计算 .....	( 155 )
本章小结 .....	( 156 )



习题 .....	(157)
<b>第6章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算</b> .....	(163)
学习指导 .....	(163)
§ 6.1 概述 .....	(163)
§ 6.2 轴心受拉构件正截面承载力计算 .....	(164)
§ 6.3 偏心受拉构件正截面承载力计算 .....	(165)
§ 6.4 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算 .....	(170)
本章小结 .....	(171)
习题 .....	(171)
<b>第7章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算</b> .....	(173)
学习指导 .....	(173)
§ 7.1 概述 .....	(173)
§ 7.2 纯扭构件的承载力计算 .....	(174)
§ 7.3 弯剪扭构件的承载力计算 .....	(181)
本章小结 .....	(187)
习题 .....	(188)
<b>第8章 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算</b> .....	(190)
学习指导 .....	(190)
§ 8.1 概述 .....	(190)
§ 8.2 抗裂验算 .....	(192)
§ 8.3 裂缝宽度验算 .....	(199)
§ 8.4 变形验算 .....	(210)
§ 8.5 混凝土结构的耐久性 .....	(216)
本章小结 .....	(219)
习题 .....	(220)
<b>第9章 预应力混凝土结构构件计算</b> .....	(223)
学习指导 .....	(223)
§ 9.1 概述 .....	(223)
§ 9.2 施加预应力的方法和预应力混凝土结构的材料 .....	(226)
§ 9.3 预应力钢筋的张拉控制应力及预应力损失 .....	(231)
§ 9.4 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析和承载力计算 .....	(237)

§ 9.5 预应力混凝土受弯构件的应力分析和承载力计算	(246)
§ 9.6 预应力混凝土构件的抗裂、裂缝宽度及变形验算	(254)
§ 9.7 施工阶段的验算	(261)
§ 9.8 预应力混凝土结构构件的构造要求	(265)
本章小结	(273)
习题	(274)
<b>第 10 章 装配式钢筋混凝土矩形渡槽设计</b>	<b>(277)</b>
学习指导	(277)
§ 10.1 渡槽设计任务	(277)
§ 10.2 渡槽结构设计指导	(279)
§ 10.3 渡槽槽身结构设计示例	(293)
本章小结	(307)
习题	(307)
<b>附录 1 水工结构若干作用随时间变异的分类</b>	<b>(308)</b>
<b>附录 2 水利水电工程等别和水工建筑物级别</b>	<b>(309)</b>
<b>附录 3 结构安全级别、结构环境条件类别、结构系数及荷载   分项系数</b>	<b>(310)</b>
<b>附录 4 材料强度的标准值、设计值及材料的弹性模量</b>	<b>(312)</b>
<b>附录 5 钢筋、钢绞线的计算截面面积及公称质量</b>	<b>(316)</b>
<b>附录 6 一般构造规定</b>	<b>(319)</b>
<b>附录 7 构件抗裂、裂缝宽度、挠度验算中的有关限值   及系数值</b>	<b>(321)</b>
<b>参考文献</b>	<b>(324)</b>

# 第0章 绪 论

## 学习指导

**[教学要求]** 了解钢筋混凝土结构受力性能的复杂性及配筋对其受力性能的影响。掌握混凝土结构的优、缺点及发展方向。学会正确理解和应用设计规范。

**[学习重点]** 钢筋混凝土梁与素混凝土梁的差别，钢筋与混凝土共同工作的条件，钢筋混凝土结构的优、缺点。

## § 0.1 混凝土结构的基本概念

混凝土结构是以混凝土为主要材料制成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等<sup>①</sup>。素混凝土结构是指由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构；钢筋混凝土结构是指由配置受力钢筋的混凝土制成的结构；预应力混凝土结构是指由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构。其中，钢筋混凝土结构在工程中应用最为广泛。

① 混凝土结构这一广义概念是在(GBJ10—89)规范中首先提出的。(SL/T191—96)规范认同这一概念。

### 0.1.1 钢筋混凝土结构的特点

众所周知，混凝土是一种抗压能力较强而抗拉能力很弱的建筑材料（一般抗拉强度只有抗压强度的1/8~1/20），且破坏时具有明显的脆性性质，这就使得素混凝土结构的应用受到很大限制<sup>②</sup>。例如，一根截面为200 mm×300 mm、跨长为2.5 m、混凝土立方体强度为22.5 N/mm<sup>2</sup>的素混凝土简支梁，跨中承受13.5 kN的集中力，就会因梁底拉应力超过混凝土的抗拉强度而使混凝土受拉开裂，有效受力面积减小，导致整根梁迅速受拉断裂破坏，如图

② 主要用于以受压为主的基础和一些非承重结构。

0-1 (a) 所示, 混凝土抗压强度高的特点未得到充分利用, 且无明显预兆。但是, 如果在这根梁的受拉区配置 2 根直径 20 mm、屈服强度为  $338.2 \text{ N/mm}^2$  的钢筋 (图 0-1 (b)), 则梁底开裂后, 用钢筋来代替开裂的混凝土承受拉力, 裂缝受到钢筋的约束而逐渐向上发展, 直到钢筋受拉屈服, 受压区混凝土压碎而破坏, 破坏时梁能承受的集中力可增加到 72.3 kN。由此可见, 同样截面形状、尺寸及混凝土强度的钢筋混凝土梁可比素混凝土梁承受大得多的外荷载, 破坏性质也得到改善, 即有明显的破坏预兆<sup>①</sup>。

从上述对比举例可以知道, 一般情况下, 钢筋混凝土是以混凝土承受压力、钢筋承受拉力, 能比较充分合理地利用混凝土和钢筋这两种材料的力学特性<sup>②</sup>。钢筋有时也可以用来协助混凝土受压, 改善混凝土的受压破坏性能和减少截面尺寸。

钢筋和混凝土这两种材料的物理、力学性能很不相同, 但能够共同工作, 其主要原因是:

(1) 钢筋与混凝土之间存在有良好的黏结力, 能牢固地形成整体, 保证在荷载作用下, 钢筋和外围混凝土能够协调变形, 相互传力, 共同受力<sup>③</sup>。

(2) 钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近 (钢材为  $1.2 \times 10^{-5}$ , 混凝土为  $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ ), 当温度变化时, 两者间不会产生很大的相对变形而破坏它们之间的结合。

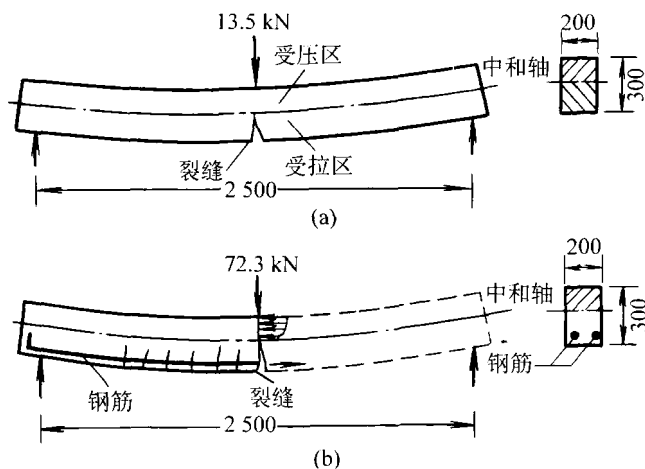


图 0-1 素混凝土与钢筋混凝土简支梁的破坏情况对比

### 0.1.2 钢筋混凝土结构的优点<sup>④</sup>

钢筋混凝土结构与其他结构相比, 主要有如下优点:

① 钢筋混凝土梁只是多配了  $2\Phi 20$  的钢筋, 造价增加不多, 但承载力大大提高, 破坏也呈延性特征, 有明显的裂缝和变形发展过程。技术经济效益显著。详见第 3 章。

② 钢筋混凝土结构利用了混凝土的高抗压性能和钢筋的高抗拉性能及良好的塑性。

③ 黏结作用是钢筋和混凝土共同工作的关键。否则, 钢筋在混凝土中自由滑动, 就无法受力参与工作。

④ 只有了解了钢筋混凝土结构的优缺点, 才能扬长避短, 合理利用。

(1) 合理用材。能充分合理地利用钢筋（高抗拉性能）和混凝土（高抗压性能）两种材料的受力性能。对于一般工程结构，经济指标优于钢结构。

(2) 耐久性好。在一般环境下，钢筋受到混凝土保护而不易生锈<sup>①</sup>，而混凝土的强度随着时间的增长还有所提高，所以其耐久性较好，不像钢结构那样需要经常维修和保养。对处于侵蚀性气体或受海水浸泡的钢筋混凝土结构，经过合理的设计及采取特殊的措施，一般也可以满足工程需要。

(3) 耐火性好。混凝土是不良导热体，遭火灾时，钢筋因有混凝土包裹而不至于很快升温到失去承载力的程度<sup>②</sup>，这是钢、木结构所不能比拟的。

(4) 可模性好。混凝土可根据设计需要支模浇筑成各种形状和尺寸的结构，因而适用于建造形状复杂的结构及空间薄壁结构，这一特点是砌体、钢、木等结构所不具备的。

(5) 整体性好。整体浇筑的钢筋混凝土结构整体性好，再通过合适的配筋，可获得较好的延性，有利于抗震、防爆和防辐射，适用于防护结构。

(6) 易于就地取材。混凝土所用的原材料中占很大比例的石子和沙子，产地普遍，便于就地取材。另外，还可有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料<sup>③</sup>。

① 锈蚀还会降低钢筋直至构件的承载力，见第8章讨论。

② 30 mm 厚混凝土保护层可耐火约 2 小时。

③ 有利于环境保护。

### 0.1.3 钢筋混凝土结构的缺点

(1) 自重偏大。相对于钢结构来说，混凝土结构自重偏大，这对于建造大跨度结构和高层建筑是不利的<sup>④</sup>。

(2) 抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度较低，在正常使用时，钢筋混凝土结构往往带裂缝工作，裂缝存在会降低抗渗和抗冻能力，影响使用性能，并会导致钢筋锈蚀，影响结构物的耐久性，这对水工钢筋混凝土结构尤为不利。

(3) 施工比较复杂，工序多。需要支模、绑钢筋、浇筑、养护，工期长。现浇钢筋混凝土使用模板多，木材耗费量大<sup>⑤</sup>。

(4) 施工受季节、天气的影响较大。冬季和雨天施工困难，为保证工程质量，需采取必要的措施。

(5) 新老混凝土不易形成整体。混凝土结构一旦破坏，修补和加固比较困难。

④ 大型结构受力大，需要的构件尺寸大，自重必然大。

⑤ 仅对使用木模板而言。

## § 0.2 混凝土结构的发展简况

从 19 世纪中叶开始采用混凝土结构以来，距今仅 150 多年，但混凝土结

构发展极为迅速,它已成为现代工程建设中应用非常广泛的建筑结构。为了克服混凝土结构的缺点,发挥其优势,以适应社会建设不断发展的需要,对混凝土结构的计算理论、材料制造及施工技术等方面的研究也在不断地发展。

(1) 在计算理论方面。从把材料看作弹性体的容许应力古典理论(结构内力和构件截面计算均套用弹性理论,采用容许应力设计方法),发展为考虑材料塑性的极限强度理论,并迅速发展成按极限状态计算体系<sup>①</sup>。目前在工程结构设计规范中已采用基于概率论和数理统计分析的可靠度理论,混凝土的微观断裂机理、混凝土的强度理论及非线性变形的计算理论等方面也有很大进展。有限元方法和现代测试技术的应用<sup>②</sup>,使得混凝土结构的计算理论和设计方法向更高的阶段发展,并日趋完善。

(2) 在材料研究方面。混凝土主要是向高强、轻质、耐久、易成型及具备某种特殊性能的高性能混凝土方向发展。早期钢筋和混凝土的强度都较低,目前强度为 $100 \sim 200 \text{ N/mm}^2$ 的高强混凝土已在工程上实际应用<sup>③</sup>。各种轻质混凝土(重度仅为 $14 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ ,自重减少 $20\% \sim 30\%$ ),如陶粒混凝土、浮石混凝土和炉渣混凝土等的应用,能有效减小地震作用,节约材料、降低造价。各种特殊性能混凝土,如纤维混凝土(碳纤维、玻璃纤维等)、聚合物混凝土、耐腐蚀混凝土、微膨胀混凝土和水中不分散混凝土等的应用,可提高混凝土的抗裂性、耐磨性、抗渗和抗冻能力等,对混凝土的耐久性十分有利。另外,品种繁多的外加剂也在工程上得到应用,对改善混凝土的性能起着很大的作用。

钢筋的发展方向是高强、防腐、较好的延性和良好的黏结锚固性能。我国用于普通混凝土结构的钢筋强度已达 $400 \text{ N/mm}^2$ ,预应力构件中将采用强度为 $1570 \sim 1860 \text{ N/mm}^2$ 高强钢丝和钢绞线。业已开发了综合性能良好的钢筋,如低松弛高强预应力钢丝、钢绞线等。为了提高钢筋的防腐性能,带有环氧树脂涂层的热轧钢筋已开始在某些有特殊防腐要求的工程中应用。

这样就使得大跨度结构、高层建筑、高耸结构和具备某种特殊功能的钢筋混凝土结构的建造成为可能。

(3) 在结构形式方面。预应力混凝土结构由于抗裂性能好,可充分利用高强度材料,各种应用发展迅速。近几年来,钢板与混凝土或钢板与钢筋混凝土组成的结构、型钢与混凝土组成的结构、外包钢混凝土结构及钢管混凝土结构也已在工程上逐步推广应用<sup>④</sup>。这些高性能新型组合结构具有能充分利用材料强度、较好的适应变形能力(延性)、施工较简单等特点,从而大大拓宽了钢筋混凝土结构的应用范围。

(4) 在施工技术方面。水工钢筋混凝土结构常因整体性要求而采用现浇混凝土施工,尤其是大型水利工程的工地建有拌和楼(站)集中搅拌混凝土,

① 奠定了现代钢筋混凝土结构的基本计算理论。

② 有限元方法和试验相结合,为无法按结构力学进行受力分析的复杂结构的分析计算提供了可靠保证。

③ 水工混凝土结构设计规范(SL/T191-96)仅列到C60级的混凝土,但实际工程应用的等级已超出此范围。

④ 组合结构的设计计算,有的已颁布技术规程,有的已有成熟的理论或正在研究之中。两种(或两种以上)材料的有

并可将混凝土运至浇筑地点,这给机械化现浇混凝土施工带来很大方便。建筑工程中广泛采用标准化(设计标准化、制造工业化、安装机械化)的装配式或装配整体式结构<sup>①</sup>,虽然这在施工上具有一定的优越性,但一些大型建筑工地预拌混凝土(或称商品混凝土)、泵送混凝土及滑模施工等新技术的应用,既保证了混凝土质量,又节约了原材料和能源,还减少了环境污染,从而实现了文明施工,所以建筑工程中现浇整体式结构得到较为迅速的发展。采用预先在模板内填实粗骨料,再将水泥浆用压力灌入粗骨料空隙中形成的压浆混凝土,以及用于大体积混凝土结构(如水工大坝、大型基础)、公路路面与厂房地面的碾压混凝土,它们的浇筑过程都采用了先进的机械化施工,浇筑工期可大为缩短,并能节约大量材料,从而获得较高的经济效益。

另外,模板使用和钢筋绑扎技术也有一定发展。在模板方面,除了目前使用的木模板、钢模板、竹模板、硬塑料模板外,今后将向多功能发展。发展薄片、美观、廉价又能与混凝土牢固结合的永久性模板,将使模板可以作为结构的一部分参与受力,还可省去装修工序。透水模板的使用,可以滤去混凝土中多余的水分,大大提高混凝土的密实性和耐久性。在钢筋的连接成型方面,正在大力发展各种钢筋成型机械及绑扎机具,以减少大量的手工操作。除了现有的绑扎搭接、焊接、螺栓及挤压连接方式外,随着化工胶结材料的发展,还出现了胶接方式。

(5) 在工程应用方面。目前钢筋混凝土结构的跨度和高度都在不断地增大。在房屋建筑工程中,最高的钢筋混凝土高层建筑已达 508 m;在水利工程中,最高的钢筋混凝土坝高达 285 m;在桥梁工程中,预应力高强混凝土公路桥的跨度已超过 600 m;在高耸结构与特种结构中,最高的预应力混凝土电视塔高达 549 m。某些有特殊要求的结构,例如核电站安全壳和压力容器、海上采油平台、大型蓄水池、储气罐及储油罐等结构,抗裂及抗腐蚀能力要求较高,采用预应力混凝土结构有其独特的优越性,而非其他材料可比拟。

总之,随着科学技术的发展和对混凝土结构研究的深入,混凝土结构的缺点正在得到克服和改善,混凝土结构在土木工程领域将得到更为广泛的应用,发展前景更加广阔。

### § 0.3 本课程的任务和特点

本课程是水利水电工程专业中较为重要的专业基础课程。学习本课程的主要目的和任务是:掌握水工钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件设计计算的基本理论和构造知识,为学习有关专业课程和顺利地从事混凝土建筑物的

机组合,可以充分发挥各自的长处,创造出多种形式的组合结构,适应各种不同的受力要求,取得很好的综合经济效益。

① 装配式结构采用工厂预制、现场吊装方法,施工方便,但构件接头难以可靠处理,整体性差;装配整体式结构采用部分预制、部分现浇方法,其性能介于整体式与装配式之间。

结构设计和研究奠定基础。

学习本课程需要注意以下特点<sup>①</sup>：

(1) 本课程是研究钢筋混凝土材料的力学理论课程。因为钢筋混凝土不是理想弹性材料，与研究弹性体的“材料力学”有很大的不同，在学习时应注意它们之间的异同点。钢筋混凝土的力学特性及强度理论较为复杂，难以用力学模型和数学模型来推导建立。因此，目前钢筋混凝土结构的计算公式常常是经大量试验研究结合理论分析建立起来的，由受力性能试验→理论和试验分析→工程应用。学习时应注意每一理论的适用范围和条件，而且能在实际工程设计中正确运用这些理论和公式。

(2) 本课程要学习有关构造知识和构造规定<sup>②</sup>。在结构设计时，计算与构造是同样重要的，是设计中不可缺少的内容，有时甚至更关键。因此，要充分重视对构造知识的学习。在学习过程中不必死记硬背构造的具体规定，但应注意弄清其中的道理，通过平时的作业和课程设计逐步掌握一些基本构造知识。

(3) 在学习本课程时要学会运用设计规范。这是力学课程所没有的问题。为了贯彻国家的技术经济政策，保证设计质量，达到设计方法上必要的统一化、标准化，国家各部委制定了适用于各工程领域的混凝土结构设计规范，对混凝土结构构件的设计方法和构造细节都作了具体规定<sup>③</sup>。本课程的内容在很多方面是与设计规范密切相关的，是对规范概念的理论解释和设计公式的应用指导。规范反映了国内外混凝土结构的研究成果和工程经验，是理论与实践的高度总结，设计人员一定要遵循，并能熟练应用。

由于科学技术水平和生产实践经验是在不断发展的，设计规范也必然要不断进行修订和补充。因此，要用发展的眼光来看待设计规范，在学习和掌握钢筋混凝土结构理论和设计方法的同时，要善于观察和分析，不断进行探索和创新。

(4) 本课程同时又是一门实践性很强的结构设计课程，主要讲授了杆件结构（如受弯、受压等受力构件）的设计，由构件设计→结构设计。结构设计是一个综合性的问题，需要考虑安全、适用、经济和施工的可行性等各方面的因素。同一构件在给定荷载作用下，可以有不同的截面，需经过分析比较，才能作出合理的选择。因此，要搞好工程结构设计，除了形式、尺寸、配筋数量等多种选择，往往需要进行适用性、材料用量、造价、施工等项指标的综合分析，除了要有坚实的基础理论知识以外，还必须通过实践工作，逐步增强对各种因素的综合分析能力。此外，为了培养从事设计工作的能力，必须掌握结构分析计算、整理编写设计书、绘制（人工或计算机辅助进行）施工图纸等基本技能。

① “建筑材料”和“工程力学”是本课程重要的先修基础课程，但“建筑材料”主要研究材料的物理性能，本课程主要利用力学概念研究钢筋混凝土结构的受力性能。

② 构造规定是对结构设计中一些不便计算、不必计算和施工等方面的要求作出的具体规定，是经过长期的科学实验和工程经验总结出来的。

③ 目前，我国各部门制定的设计规范尚不统一，在运用时要注意规范的配套连续性，不要混用。如《水工混凝土结构设计规范》（SL/T191—96）配套《水工建筑物荷载设计规范》（DL5077—1997）和《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》（GB50199—94）等。



## 本章小结

1. 钢筋混凝土是把钢筋和混凝土这两种材料结合在一起共同工作,充分发挥两种材料各自优点的一种复合材料。在混凝土中配置一定形式和数量的钢筋形成钢筋混凝土构件后,可以使构件的承载力得到很大提高,构件的受力性能也得到显著改善。

2. 钢筋和混凝土能够有效地结合在一起共同工作的主要原因是钢筋和混凝土之间存在黏结力,使两者之间能传递力和变形;钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近,这种黏结力不会因温度变化丧失。

3. 钢筋混凝土结构的主要优点是承载力高、耐久性好、耐火性好、可模性好、整体性好、易于就地取材等。主要缺点是结构自重大、抗裂性较差、一旦损坏修复比较困难、施工受季节环境影响较大等。

4. 混凝土材料主要发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂性和易于成型等。钢筋的发展方向是高强、较好的延性和较好的黏结锚固性能等。

5. 设计规范条文,尤其是强制性条文是设计中必须遵守的法律性技术文件,遵守《规范》是为了使设计方法达到统一化和标准化,从而有效地贯彻国家的技术经济政策,保证工程质量。但设计工作也不应被规范束缚,在经过各方面的可靠性论证后,应积极采用先进的理论和技术。

## 习 题

0-1 什么是混凝土结构?

0-2 在素混凝土结构中配置一定形式和数量的钢材以后,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主要优点?