

 新世纪现代交通类专业系列教材

# 结构设计原理

闫光杰 编著



清华大学出版社  
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社  
<http://press.bjtu.edu.cn>



新世纪现代交通类专业系列教材

# 结构设计原理

闫光杰 编著

清华大学出版社  
北京交通大学出版社  
· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书是按照最新颁布的公路桥涵设计规范编写的现代交通类教材。全书系统地阐述了公路桥涵钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和圬工结构的各种基本构件的基本设计原理、计算方法和构造要求。

本教材可作为高等院校和远程与继续教育学院道路与桥梁、公路工程监理、公路工程检测、高等级公路管理与维护、公路工程管理等专业的教材,也可作为从事公路桥梁设计、施工、监理等工作人员的参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

结构设计原理/闫光杰编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2010.8  
(新世纪现代交通类专业系列教材)

ISBN 978-7-5121-0281-1

I. ① 结… II. ① 闫… III. ① 公路桥-桥梁结构-结构设计-高等学校-教材  
IV. ① U448.142.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 166893 号

责任编辑:韩 乐 特邀编辑:高振宇

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:18.5 字数:450千字

版 次:2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0281-1/U·57

印 数:1~4000册 定价:32.00元

---

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。  
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

# 前 言

“结构设计原理”是交通土建、桥梁工程及道路工程专业的重要专业基础课程。针对本科生，目前已有比较多的《结构设计原理》优秀教材，而针对高职学生和远程与继续教育学生的《结构设计原理》教材相对还比较少。对于高职学生和远程与继续教育学生，培养的目标主要是培养从事技术（如施工、监理、检测等）方面的工作者，理论知识的教学已够用为主。鉴于此，笔者结合自己的教学与实践，编写了这本教材。

本教材是根据《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2004）、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62—2004）及《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61—2005）等最新规范进行编写的。由于工程结构包括混凝土结构、钢结构、圬工结构与新型结构等多种类型的结构，而在公路桥梁中主要是以钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和圬工结构为主，因此本教材主要介绍了钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和圬工结构3种结构的设计计算原理。

总论部分在介绍工程结构基本概念和分类的基础上，介绍了学习本课程需必备的桥梁结构基本知识。第一篇钢筋混凝土结构部分在阐述钢筋和混凝土这两种材料的力学性能基础上，介绍了极限状态设计法的基本概念和公路钢筋混凝土桥梁结构设计的基本原则，系统介绍了钢筋混凝土受弯和受压构件的设计计算原理，并给出了详细的设计计算示例。第二篇预应力混凝土结构部分在阐述预应力混凝土结构的基本概念和材料的力学性能基础上，主要介绍了全预应力和部分预应力混凝土受弯构件的设计计算原理，给出了详细的设计计算示例。第三篇圬工结构部分在阐述圬工材料的力学性能基础上，介绍了圬工受压构件、受弯构件和受剪构件的设计计算方法。

本教材是按照思路清晰、内容循序渐进、文字浅显易懂的原则进行编写的，并且提供了一些工程图纸，使学生通过识图比较容易地理解和掌握桥梁结构的有关构造要求。

本教材可作为远程与继续教育学院和高等院校道路与桥梁、公路工程监理、公路工程检测、高等级公路管理与维护、公路工程管理等专业的教材，也可作为从事公路桥梁设计、施工、监理等工作人员的参考资料。

本教材主要由交通运输部管理干部学院闫光杰老师编著。交通运输部管理干部学院的李莲莲老师参与了第7章和第13章设计示例的计算和编写工作。交通运输部规划研究院的贾峰工程师提供了本教材编写中所需的设计图纸。我的学生彭德海、李现景、匡伟、胡卫宾、董玉坡、王志刚、陈兵等为本教材的编写做了大量的文字录入工作。在教材编写的过程中，还得到了交通运输部管理干部学院的尤晓晔和张清喜老师的关心和支持。北京交通大学出版社的韩乐和高振宇编辑为本教材的出版付出了辛勤的劳动。在此一并向他们表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，加上对规范的理解还不够深入，教材中难免有不当之处，敬请各位读者批评指正。

作者  
2010年8月

# 目 录

|          |     |
|----------|-----|
| 总论 ..... | (1) |
|----------|-----|

## 第 1 篇 钢筋混凝土结构

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 第 1 章 钢筋混凝土结构的基本概念与材料的物理力学性能 ..... | (6)  |
| 1.1 基本概念 .....                     | (6)  |
| 1.2 混凝土的力学性能 .....                 | (7)  |
| 1.2.1 混凝土的强度 .....                 | (7)  |
| 1.2.2 混凝土的变形 .....                 | (9)  |
| 1.3 钢筋的力学性能 .....                  | (11) |
| 1.3.1 钢筋的品种与等级 .....               | (11) |
| 1.3.2 钢筋的强度与变形 .....               | (13) |
| 1.3.3 钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求 .....        | (14) |
| 1.3.4 钢筋的连接、弯钩与弯折 .....            | (14) |
| 1.4 钢筋与混凝土的黏结 .....                | (17) |
| 1.4.1 钢筋与混凝土之间的黏结破坏机理 .....        | (17) |
| 1.4.2 钢筋与混凝土的黏结强度 .....            | (18) |
| 1.4.3 钢筋的锚固 .....                  | (18) |
| 习题 .....                           | (18) |
| 第 2 章 极限状态法设计的原则 .....             | (20) |
| 2.1 极限状态与极限状态方程 .....              | (20) |
| 2.1.1 结构可靠性与可靠度 .....              | (20) |
| 2.1.2 极限状态的定义与分类 .....             | (20) |
| 2.1.3 极限状态方程 .....                 | (21) |
| 2.1.4 公路桥涵设计基本原则 .....             | (22) |
| 2.2 公路桥涵上的作用、作用标准值和作用效应组合 .....    | (23) |
| 2.2.1 公路桥涵上的作用分类 .....             | (23) |
| 2.2.2 公路桥涵上作用的标准值及其作用效应 .....      | (24) |
| 2.2.3 公路桥涵上的作用效应组合 .....           | (24) |
| 2.3 承载能力极限状态设计原则 .....             | (26) |
| 2.3.1 持久状况承载能力极限状态设计表达式 .....      | (26) |
| 2.3.2 持久状况和短暂状况构件的应力计算原则 .....     | (28) |
| 2.4 正常使用极限状态设计原则 .....             | (28) |
| 2.5 混凝土结构的耐久性设计 .....              | (29) |

|  |             |
|--|-------------|
| 习题 .....                               | (31)        |
| <b>第3章 钢筋混凝土受弯构件构造 .....</b>           | <b>(32)</b> |
| 3.1 钢筋混凝土板的构造要求 .....                  | (33)        |
| 3.1.1 截面形式与尺寸 .....                    | (33)        |
| 3.1.2 钢筋构造 .....                       | (34)        |
| 3.2 钢筋混凝土梁的构造要求 .....                  | (36)        |
| 3.2.1 截面形式与尺寸 .....                    | (36)        |
| 3.2.2 钢筋构造 .....                       | (37)        |
| 3.2.3 预制装配式钢筋混凝土简支实心板桥行车道板构造示例 .....   | (40)        |
| 3.2.4 预制装配式钢筋混凝土简支T形梁桥主梁和翼缘板构造示例 ..... | (40)        |
| 习题 .....                               | (50)        |
| <b>第4章 钢筋混凝土受弯构件持久状况承载力极限状态设计——</b>    |             |
| <b>正截面承载力计算 .....</b>                  | <b>(51)</b> |
| 4.1 正截面承载力计算的基本原则 .....                | (51)        |
| 4.1.1 正截面破坏形态 .....                    | (51)        |
| 4.1.2 正截面承载力计算的基本假定 .....              | (52)        |
| 4.1.3 压区混凝土等效矩形应力图形 .....              | (53)        |
| 4.1.4 相对界限受压区高度——防止超筋梁破坏的条件 .....      | (54)        |
| 4.1.5 最小配筋率——防止少筋梁破坏的条件 .....          | (55)        |
| 4.2 单筋矩形截面抗弯承载力计算 .....                | (55)        |
| 4.2.1 基本公式及适用条件 .....                  | (55)        |
| 4.2.2 计算方法 .....                       | (56)        |
| 4.3 双筋矩形截面抗弯承载力计算 .....                | (61)        |
| 4.3.1 基本公式及适用条件 .....                  | (61)        |
| 4.3.2 计算方法 .....                       | (62)        |
| 4.4 T形截面抗弯承载力计算 .....                  | (65)        |
| 4.4.1 概述 .....                         | (65)        |
| 4.4.2 基本公式及适用条件 .....                  | (69)        |
| 4.4.3 计算方法 .....                       | (70)        |
| 习题 .....                               | (77)        |
| <b>第5章 钢筋混凝土受弯构件持久状况承载力极限状态设计——</b>    |             |
| <b>斜截面承载力计算 .....</b>                  | <b>(79)</b> |
| 5.1 钢筋混凝土受弯构件的斜截面承载力计算 .....           | (79)        |
| 5.1.1 钢筋混凝土梁沿斜截面破坏的主要形态 .....          | (79)        |
| 5.1.2 斜截面抗剪承载力计算 .....                 | (81)        |
| 5.1.3 斜截面抗弯承载力计算 .....                 | (83)        |
| 5.2 剪力包络图、弯矩包络图与抵抗弯矩图 .....            | (84)        |
| 5.2.1 剪力包络图 .....                      | (84)        |
| 5.2.2 弯矩包络图 .....                      | (85)        |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 5.2.3 抵抗弯矩图                          | (85)  |
| 5.3 钢筋混凝土等高度简支梁的腹筋设计                 | (86)  |
| 5.3.1 腹筋初步设计                         | (87)  |
| 5.3.2 全梁承载力校核                        | (89)  |
| 习题                                   | (93)  |
| <b>第6章 钢筋混凝土受弯构件持久状况正常使用极限状态</b>     |       |
| <b>验算与短暂状况构件的应力验算</b>                | (94)  |
| 6.1 持久状况正常使用极限状态验算                   | (94)  |
| 6.1.1 最大裂缝宽度验算                       | (94)  |
| 6.1.2 变形验算                           | (95)  |
| 6.2 短暂状况构件的应力验算                      | (100) |
| 6.2.1 施工时的荷载及其组合                     | (100) |
| 6.2.2 短暂状况构件的应力验算                    | (101) |
| 习题                                   | (102) |
| <b>第7章 装配式钢筋混凝土简支 T 梁桥主梁(内梁)设计示例</b> | (103) |
| <b>第8章 钢筋混凝土轴心受压构件</b>               | (121) |
| 8.1 普通箍筋柱                            | (121) |
| 8.1.1 构造要点                           | (121) |
| 8.1.2 破坏形态分析                         | (123) |
| 8.1.3 正截面抗压承载力计算                     | (124) |
| 8.2 螺旋箍筋柱                            | (126) |
| 8.2.1 构造要点                           | (126) |
| 8.2.2 破坏形态分析                         | (127) |
| 8.2.3 正截面抗压承载力计算                     | (127) |
| 习题                                   | (130) |
| <b>第9章 钢筋混凝土偏心受压构件</b>               | (131) |
| 9.1 钢筋混凝土偏心受压构件的构造                   | (131) |
| 9.1.1 截面形式                           | (131) |
| 9.1.2 钢筋构造                           | (132) |
| 9.2 钢筋混凝土偏心受压构件承载力计算的一般问题            | (134) |
| 9.2.1 钢筋混凝土偏心受压短柱的破坏状态               | (134) |
| 9.2.2 纵向弯曲影响                         | (136) |
| 9.3 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算               | (137) |
| 9.3.1 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算的基本公式        | (137) |
| 9.3.2 实用计算方法                         | (139) |
| 9.4 圆形截面偏心受压构件正截面承载力计算               | (154) |
| 9.4.1 正截面承载力计算的基本公式                  | (154) |
| 9.4.2 实用计算方法                         | (159) |
| 习题                                   | (162) |

## 第2篇 预应力混凝土结构

|   |       |
|---|-------|
| <b>第10章 预应力混凝土结构的基本概念及其材料物理力学性能</b> ..... | (166) |
| 10.1 预应力混凝土结构的基本概念 .....                  | (166) |
| 10.1.1 预应力混凝土结构的基本原理 .....                | (166) |
| 10.1.2 配筋混凝土构件的分类 .....                   | (168) |
| 10.1.3 预应力混凝土结构的优缺点 .....                 | (168) |
| 10.2 预加力的实施方法与设备 .....                    | (169) |
| 10.2.1 预加力的实施方法 .....                     | (169) |
| 10.2.2 张拉设备 .....                         | (173) |
| 10.2.3 锚固设备 .....                         | (173) |
| 10.3 预应力混凝土结构的材料 .....                    | (177) |
| 10.3.1 预应力混凝土结构用混凝土 .....                 | (177) |
| 10.3.2 预应力混凝土结构用钢筋 .....                  | (180) |
| 习题 .....                                  | (183) |
| <b>第11章 预应力混凝土受弯构件的构造</b> .....           | (184) |
| 11.1 预应力混凝土受弯构件的一般构造 .....                | (184) |
| 11.1.1 截面形式 .....                         | (184) |
| 11.1.2 钢筋构造 .....                         | (185) |
| 11.2 预应力混凝土受弯构件构造示例 .....                 | (188) |
| 11.2.1 先张法预应力混凝土简支空心板构造示例 .....           | (188) |
| 11.2.2 后张法预应力混凝土简支T形梁桥主梁构造示例 .....        | (188) |
| <b>第12章 预应力混凝土受弯构件设计计算</b> .....          | (200) |
| 12.1 各受力阶段分析与设计计算内容 .....                 | (200) |
| 12.1.1 各受力阶段分析 .....                      | (200) |
| 12.1.2 设计计算内容 .....                       | (203) |
| 12.2 张拉控制应力与预应力损失计算 .....                 | (204) |
| 12.2.1 预应力钢筋的张拉控制应力 .....                 | (204) |
| 12.2.2 预应力损失计算 .....                      | (204) |
| 12.2.3 预应力钢筋的有效预应力计算 .....                | (213) |
| 12.3 持久状况承载能力极限状态计算 .....                 | (213) |
| 12.3.1 正截面承载力计算 .....                     | (213) |
| 12.3.2 斜截面承载力计算 .....                     | (216) |
| 12.4 持久状况正常使用极限状态计算 .....                 | (217) |
| 12.4.1 抗裂性验算 .....                        | (217) |
| 12.4.2 变形验算 .....                         | (221) |
| 12.5 持久状况和短暂状况构件的应力计算 .....               | (223) |
| 12.5.1 持久状况构件的应力计算 .....                  | (223) |
| 12.5.2 短暂状况构件的应力计算 .....                  | (224) |



|             |                            |              |
|-------------|----------------------------|--------------|
| 12.6        | 锚下局部承压承载力计算                | (226)        |
| 12.6.1      | 先张法构件预应力钢筋的传递长度与锚固长度       | (226)        |
| 12.6.2      | 后张法构件锚下局部承压计算              | (227)        |
|             | 习题                         | (229)        |
| <b>第13章</b> | <b>预应力混凝土简支梁设计</b>         | <b>(232)</b> |
| 13.1        | 预应力混凝土简支梁设计                | (232)        |
| 13.1.1      | 设计内容和设计步骤                  | (232)        |
| 13.1.2      | 截面抗弯效率指标                   | (232)        |
| 13.1.3      | 钢筋估算与布置                    | (233)        |
| 13.2        | 后张法预应力混凝土简支 T 梁桥主梁(内梁)设计示例 | (237)        |
| 13.2.1      | 设计依据                       | (237)        |
| 13.2.2      | 基本资料                       | (237)        |
| 13.2.3      | 主梁尺寸拟定                     | (238)        |
| 13.2.4      | 主梁作用及作用效应计算                | (239)        |
| 13.2.5      | 受拉主钢筋面积估算与布置               | (239)        |
| 13.2.6      | 持久状况承载力极限状态计算              | (247)        |
| 13.2.7      | 预应力损失计算                    | (249)        |
| 13.2.8      | 持久状况构件应力验算                 | (254)        |
| 13.2.9      | 持久状况正常使用极限状态验算             | (256)        |
| 13.2.10     | 配筋率验算                      | (259)        |
| 13.2.11     | 短暂状况构件应力验算                 | (260)        |
| 13.2.12     | 锚下局部承压验算                   | (260)        |
|             | 习题                         | (262)        |

## 第3篇 圬工结构

|             |                     |              |
|-------------|---------------------|--------------|
| <b>第14章</b> | <b>圬工结构的基本概念与材料</b> | <b>(264)</b> |
| 14.1        | 圬工结构的基本概念           | (264)        |
| 14.1.1      | 圬工结构的概念             | (264)        |
| 14.1.2      | 圬工结构的优缺点            | (264)        |
| 14.2        | 圬工结构的材料             | (265)        |
| 14.2.1      | 砌体的材料               | (265)        |
| 14.2.2      | 砌体种类                | (267)        |
| 14.2.3      | 结构混凝土材料             | (268)        |
| 14.2.4      | 圬工材料的选择             | (269)        |
| 14.3        | 砌体的强度               | (269)        |
| 14.3.1      | 砌体的抗压强度             | (269)        |
| 14.3.2      | 砌体的抗拉、抗弯与抗剪强度       | (273)        |
| 14.4        | 砌体的变形               | (276)        |
| 14.4.1      | 砌体的弹性模量与剪变模量        | (276)        |

|               |   |              |
|---------------|---|--------------|
| 14.4.2        | 砌体的线膨胀系数、收缩变形与摩擦系数 .....                | (276)        |
|               | 习题 .....                                | (277)        |
| <b>第 15 章</b> | <b>圬工结构构件的承载力计算 .....</b>               | <b>(278)</b> |
| 15.1          | 圬工结构构件设计计算原则 .....                      | (278)        |
| 15.2          | 圬工结构受压构件的承载力计算 .....                    | (278)        |
| 15.2.1        | 受压构件的偏心距验算 .....                        | (279)        |
| 15.2.2        | 当轴向力偏心距 $e$ 在偏心距限值范围内时,受压构件的承载力计算 ..... | (279)        |
| 15.2.3        | 当轴向力偏心距 $e$ 超过偏心距限值时,受压构件的承载力计算 .....   | (282)        |
| 15.3          | 圬工结构受弯与受剪构件的承载力计算 .....                 | (283)        |
| 15.3.1        | 受弯构件的承载力计算 .....                        | (283)        |
| 15.3.2        | 受剪构件的承载力计算 .....                        | (283)        |
| 15.4          | 圬工结构局部承压承载力计算 .....                     | (283)        |
|               | 习题 .....                                | (284)        |
| <b>参考文献</b>   | .....                                   | <b>(285)</b> |

# 总 论

## 1. 本课程的主要任务

桥梁、涵洞、隧道、挡土墙等都是道路基础设施工程中的构造物。这些构造物都要受到各种外荷载的作用,如车辆荷载、人群荷载、风荷载及自重等。一般把构造物中承受外部荷载的承重骨架部分称为结构。例如,桥梁的桥面板、主梁、横梁、墩台与基础组成了桥梁的承重体系,被称为桥梁结构。构造物的结构是由若干基本构件组成的,例如,桥梁结构的基本构件为桥面板、主梁、横梁、墩台与基础等。《结构设计原理》就是以各种工程结构的基本构件为主要研究对象的一门课题,它主要研究基本构件的受力性能、计算方法和构造设计原理,其主要内容包括如何选择构件的截面尺寸及其连接方式,并根据承受荷载的情况验算构件的强度、刚度、稳定性和裂缝等问题。本课程是学习和掌握桥梁工程和其他道路人工构造物设计的基础,是属于基础课和专业课之间的专业技术基础课。

根据工程结构基本构件的受力与变形特点,构件可归纳为受拉构件、受压构件、受弯构件和受扭构件等几种。在工程实际中,有些构件的受力和变形比较简单,但有些构件的受力和变形比较复杂,常有可能是几种受力状态的复合。常见桥梁结构中的基本构件主要以受弯构件和受压构件为主,所以本教材主要介绍受弯构件和受压构件的设计原理。

在实际工程结构中,结构及其基本构件都是由建筑材料制作而成的。根据所使用的建筑材料的种类不同,常用的结构一般可分为以下几种。

(1) 木结构:以木材为主制作的结构。

(2) 圬工结构:以圬工砌体为主制作的结构,是砖结构、石结构和混凝土砌体结构的总称。

(3) 混凝土结构:以混凝土为主制作的结构,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。

(4) 钢结构:以钢材为主制作的结构。

(5) 组合结构:以多种不同材料结合成整体而共同工作的结构,如钢-混凝土组合结构、钢管混凝土结构、预应力混凝土组合梁等。

常见的桥梁结构主要以钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和圬工结构为主,所以本教材主要介绍钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和圬工结构的材料物理力学性能及其基本构件受力性能,设计计算方法和相关构造要求。

《结构设计原理》课程是一门重要的专业技术基础课,它是在学习《工程力学》、《道路建筑材料》等先修课程的基础上,结合桥梁工程中实际构件的工作特点来研究结构构件设计的一门课程。

本教材是以交通运输部最新颁布的公路桥涵设计规范为主要依据进行编写的,主要有《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)(简称《公路桥规》(JTG D62—2004))、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)(简称《公路桥规》(JTG D61—2005))、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)。这些设计规范均是国家颁布的关于设

设计计算和构造要求的技术规定和标准,具有一定约束性和技术法规性的文件,因此在学习本课程的过程中要学会理解和应用这些设计规范。

## 2. 桥梁工程的基本知识

本教材主要是介绍桥梁结构基本构件的设计原理,所以有必要介绍桥梁工程的有关基本知识。

### 1) 桥梁的基本组成

图0-1和图0-2为公路桥梁中常见的梁式桥和拱式桥的概貌。从图中可见,桥梁一般由5个“大部件”与5个“小部件”组成。

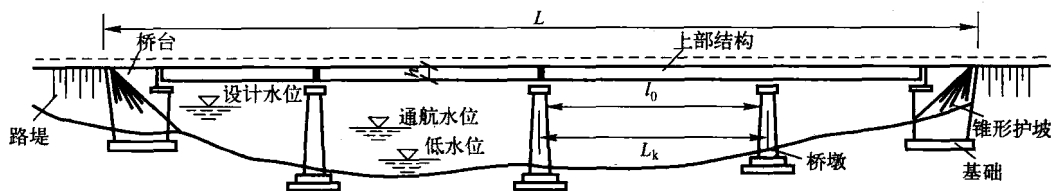


图0-1 梁式桥概貌

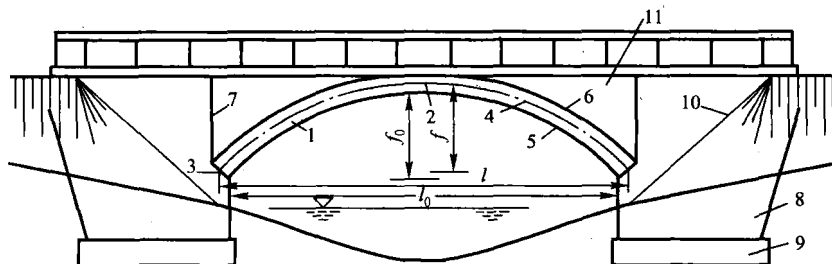


图0-2 拱式桥概貌

- 1—拱圈;2—拱顶;3—拱脚;4—拱轴线;5—拱腹;6—拱背;  
7—变形缝;8—桥台;9—基础;10—锥坡;11—拱上结构

### (1) 5大部件。

5大部件是指桥梁承受汽车或其他运输车辆荷载的桥跨上部结构与下部结构,需要通过承受荷载的计算与分析,是桥梁安全性的保证,包括桥跨结构、支座系统、桥墩、桥台、墩台的基础。前2个部件总称桥梁结构的**上部结构**,后3个部件总称桥梁结构的**下部结构**。

#### ① 桥跨结构。

桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承重结构,是桥梁支座以上(或无铰拱起拱线或刚架主梁底线以上)跨越桥孔的结构总称。

#### ② 支座。

支座是设在墩(台)顶,用于支承桥跨结构的传力装置。它不仅要传递很大的荷载,并且要保证桥跨结构按设计要求能产生一定的变位。

#### ③ 桥墩。

桥墩是支承上部结构并将其传来的恒载和车辆等活载再传至基础的结构物,通常设置在桥的中间部位。

#### ④ 桥台。

桥台也是支承上部结构并将其传来的恒载和车辆等活载再传至基础的结构物,通常设置在桥的两端。桥台除了上述作用外,还与路堤相连接,并抵御路堤土压力,防止路堤填土的塌落。单孔桥只有两端的桥台,而没有中间的桥墩。

#### ⑤ 基础。

桥墩和桥台底部的奠基部分,称为基础。基础承担了从桥墩和桥台传来的全部荷载,这些荷载包括竖向荷载及地震力、船舶撞击墩身等引起的水平荷载。由于基础往往深埋于地基中,在桥梁施工中是难度较大的一个部分,也是确保桥梁安全的关键之一。

#### (2) 5 小部件。

5 小部件都是直接与桥梁服务功能相关的部件,过去总称为桥面构造。5 小部件不但是“外观包装”,而且是服务功能的大问题,包括桥面铺装(或称行车道铺装)、排水防水系统、栏杆(或防撞护栏)、伸缩缝、灯光照明。

#### 2) 相关尺寸术语

下面介绍一些与桥梁布置和结构设计有关的主要尺寸和术语名称。

##### (1) 净跨径。

对于梁式桥,净跨径是指设计洪水位上相邻两个桥墩(或桥台)之间的净距;对于拱式桥,净跨径是指每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。净跨径用  $l_0$  表示。

##### (2) 标准跨径。

对于梁式桥,标准跨径是指两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘线之间的桥中心线长度;对于拱式桥,标准跨径以净跨径为准。标准跨径用  $L_k$  表示。

##### (3) 计算跨径。

对于具有支座的桥梁,计算跨径是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离;对于拱式桥,拱圈(或拱肋)各截面形心点的连线称为拱轴线,计算跨径为拱轴线两 endpoint 之间的水平距离。计算跨径用  $l$  表示。桥梁结构的计算就是以计算跨径  $l$  为准的。

##### (4) 总跨径。

总跨径是指多孔桥梁中各孔净跨径的总和,也称桥梁孔径,即  $\sum l_0$ 。它反映了桥下宣泄洪水的能力。

##### (5) 桥梁全长。

桥梁全长简称桥长,是指桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离,以  $L$  表示。对于无桥台的桥梁为桥面系行车道全长。

##### (6) 净矢高。

净矢高是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离,以  $f_0$  表示。

##### (7) 计算矢高。

计算矢高是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离,以  $f$  表示。

##### (8) 矢跨比。

矢跨比是拱桥中拱圈(拱肋)的计算矢高与计算跨径之比,即  $f/l$ ,也称拱矢度。它是反映拱桥受力特征的一个重要指标。



# 第 1 篇

## 钢筋混凝土结构



# 第1章 钢筋混凝土结构的基本概念 与材料的物理力学性能

## 1.1 基本概念

众所周知,混凝土是一种抗压强度较高,而抗拉强度很低的材料。对于如图1-1(a)所示的梁体而言,当采用素混凝土梁时,在外荷载很小的情况下梁体受拉边缘即会开裂,同时梁立即断裂而被破坏,如图1-1(b)所示。此时,素混凝土梁的承载能力主要取决于混凝土的很低的抗拉强度,而截面中性轴以上的受压区混凝土的强度未得到充分发挥。

钢筋是一种抗拉强度很高的材料,若在梁体的受拉区配置适量的钢筋代替混凝土承受拉力,则该梁的承载能力会远远超过素混凝土梁的承载能力,如图1-1(c)所示。在这种情况下,混凝土的抗压特性和钢筋的抗拉特性得以充分利用,并且克服了混凝土抗拉强度低的缺点,从而使梁体的承载能力得到大大提高。此时,钢筋的作用主要是代替混凝土承受拉力。这种由钢筋和混凝土两种材料复合而成的受力结构即为钢筋混凝土结构。

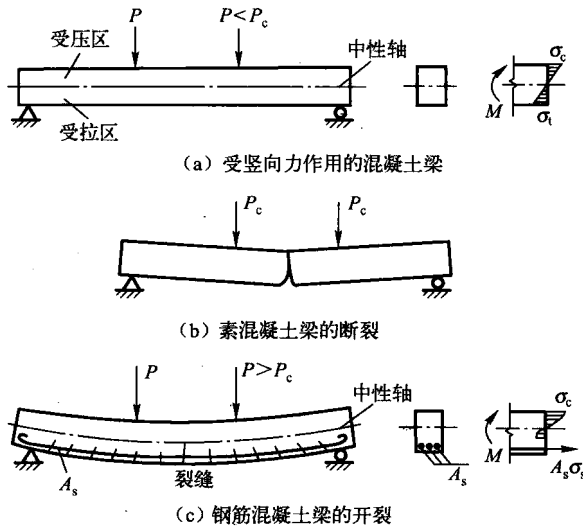


图1-1 素混凝土梁和钢筋混凝土梁的受力性能比较

若在混凝土受压构件中配置受力钢筋构成钢筋混凝土受压构件(图1-2),与素混凝土受压构件相比,不仅承载力大为提高,而且受力性能同时得到改善。在这种情况下,钢筋的作用主要是协助混凝土共同承受压力。

钢筋和混凝土这两种物理力学性能很不相同的材料之所以能有效地结合在一起共同工作,主要基于以下3点。



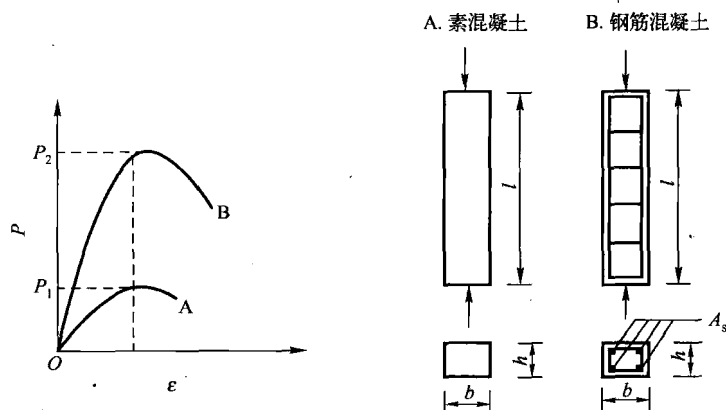


图 1-2 素混凝土和钢筋混凝土轴心受压构件的受力性能比较

(1) 钢筋与混凝土能够很好地黏结在一起。在荷载作用下,较强的黏结力保证了构件中的钢筋能够与外围的混凝土协调变形,共同受力。

(2) 钢筋和混凝土的温度膨胀系数接近(钢筋为  $1.2 \times 10^{-5}$ ,混凝土为  $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ )。当温度变化时,二者间不会产生较大的相对变形而使黏结力受到破坏。

(3) 包裹在钢筋外围的混凝土保护钢筋免遭锈蚀,保证了钢筋与混凝土的共同作用。

钢筋混凝土结构除了合理地利用了钢筋和混凝土两种材料的特性外,还有如下优点。

(1) 就地取材:钢筋混凝土结构所用的原材料中,砂、石所占的比例较大,而砂、石易于就地取材,故可以降低建筑成本。

(2) 适应性强:钢筋混凝土结构既可以整体现浇也可以预制装配,并且可以根据需要浇筑成各种形状和截面尺寸。

(3) 耐久性好:由于钢筋被混凝土所包裹而不致锈蚀,所以钢筋混凝土结构的耐久性是较好的。

(4) 结构刚度大:钢筋混凝土结构在使用荷载作用下的变形较小,可有效地用于对变形有要求的建筑物中。

钢筋混凝土的缺点主要有:自重较大,对大跨度结构不利;抗裂性能较差,在正常使用时往往是带裂缝工作的;施工受气候条件影响较大;修补或拆除较困难等。

钢筋混凝土结构虽有缺点,但毕竟有其独特的优点,所以在桥梁等结构工程中应用极为广泛。随着钢筋混凝土结构的不断发展,上述缺点已经或正在逐步得到改进。

## 1.2 混凝土的力学性能

通过试验方法认识材料的力学性能并提供设计参数是结构设计的基础工作。材料的力学性能包括强度和变形两个方面。本节和下一节将分别介绍混凝土和钢筋这两种材料的力学性能。下面首先介绍混凝土的力学性能。

### 1.2.1 混凝土的强度

#### 1. 混凝土立方体抗压强度

混凝土的立方体抗压强度是按规定的标准试件和标准试验方法得到的混凝土强度的基本代