

高等学校交通运输与工程类专业规划教材
普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
国家精品课程建设核心教材

结构设计原理

Principle of Structural Design

(第三版)

叶见曙 主 编
李国平 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

C14056906

TU318
37-3

高等学校交通运输与工程类专业规划教材
普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
国家精品课程建设核心教材

Principle of Structural Design

结构设计原理

(第三版)

叶见曙 主 编
李国平 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



北航

C1741974

TU318

37-3

30820110

内 容 提 要

本书根据高等学校土木工程专业、道路桥梁及渡河工程专业结构设计原理课程的教学要求,参考中华人民共和国国家标准和交通运输部颁发的现行交通行业标准与设计规范,对公路桥涵钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、圬工结构和钢结构的各种基本构件受力特性、设计原理、计算方法和构造设计作了详尽介绍,同时对钢—混凝土组合结构构件的设计原理和方法也作了介绍。

本书为高等学校土木工程、道路桥梁与渡河工程专业用教材,也可供公路和城市建设部门从事桥梁设计、工程研究、施工和管理的技术人员参考。

本教材配套多媒体课件,可通过加入桥梁工程课群教学研讨 QQ 群(138253421)索取

图书在版编目(CIP)数据

结构设计原理 / 叶见曙主编. — 3 版. — 北京 :
人民交通出版社股份有限公司, 2014. 6
ISBN 978-7-114-11450-2

I. ①结… II. ①叶… III. ①建筑结构—结构设计
IV. ①TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 113225 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材
普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材
国家精品课程建设核心教材

书 名: 结构设计原理(第三版)

著 者: 叶见曙

责任编辑: 曲 乐 卢俊丽 王文华 潘艳霞

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 38.25

字 数: 902 千

版 次: 1997 年 4 月 第 1 版 2005 年 5 月 第 2 版 2014 年 7 月 第 3 版

印 次: 2014 年 8 月 第 3 版 第 2 次印刷 总第 44 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11450-2

定 价: 59.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员: 沙爱民 (长安大学)

副主任委员: 梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委员: (按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

石京 (清华大学)

申爱琴 (长安大学)

朱合华 (同济大学)

任伟新 (合肥工业大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘扬 (长沙理工大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

关宏志 (北京工业大学)

李亚东 (西南交通大学)

杨晓光 (同济大学)

吴卫国 (武汉理工大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何民 (昆明理工大学)

何东坡 (东北林业大学)

张顶立 (北京交通大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈红 (长安大学)

陈峻 (东南大学)

陈宝春 (福州大学)

陈静云 (大连理工大学)

邵旭东 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

黄侨 (东南大学)

黄立葵 (湖南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

符锌砂 (华南理工大学)

葛耀君 (同济大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

戴公连 (中南大学)

秘书长: 孙奎 (人民交通出版社股份有限公司)

第三版前言

《结构设计原理》(第二版)自2006年修改并出版发行以来,已使用了八年。期间,本教材先后被东南大学(交通运输工程专业)和长沙理工大学(土木工程专业)获批的国家级精品课程列为教学用书和建设教材。

《结构设计原理》(第三版)仍保持了第二版的编写体系、特点与风格,但对相关章节的内容进行了更新和完善:

(1)参照国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50513—2008),修改了混凝土结构概率极限状态设计相关内容,同时还充实了混凝土结构耐久性的内容。

(2)修改和完善了圬工结构内容。

(3)按以概率理论为基础的极限状态设计方法,介绍了钢结构和钢—混凝土组合构件的计算原理。

(4)全面修订了计算示例。

为了便于教学,对于重要的概念和文字,采用了黑体字。

全书由东南大学叶见曙教授主编,同济大学李国平教授主审。

参加第三版编写的人员及分工为:总论,第1、3、4、6、7、10和11章由叶见曙(东南大学)编写;第2章由张建仁(长沙理工大学)编写;第5、8、9和15章由吴文清(东南大学)编写;第12和13章由安琳(东南大学)、张娟秀(东南大学)编写;第14章由田仲初(长沙理

工大学)编写;第16和17章由张克波(长沙理工大学)编写;第18、19、20、21、22、23和24章由周绪红(长安大学)和狄谨(长安大学)编写。

本教材的配套教学课件由叶见曙教授组织,张娟秀博士(东南大学)和马莹博士(南京工程学院)编制,并由人民交通出版社股份有限公司制成光盘版和在线版两种形式正式出版。其中,光盘版可致电(010-85285984)索取;电子版可加入桥梁工程课群教学研讨QQ群(138253421)索取。

教材编写过程中得到同济大学范立础教授、陈艾荣教授、肖汝诚教授、吴冲教授,东南大学黄侨教授,长安大学徐岳教授、贺栓海教授,重庆交通大学顾安邦教授、向中富教授,长沙理工大学颜东煌教授、彭建新副教授,南京航空航天大学艾军教授,河海大学吉伯海教授,华南理工大学单成林教授,石家庄铁道学院张庆芳副教授,交通运输部公路科学研究院张劲泉研究员、任红伟研究员,中交公路规划设计研究院王仁贵教授级高级工程师、赵君黎教授级高级工程师,中交第一公路勘测设计研究院刘士林教授级高级工程师和中交第二公路勘测设计研究院鞠金荧教授级高级工程师的帮助,在此表示衷心感谢。

衷心感谢邵容光教授、赖国麟教授、毛瑞祥教授和袁国干教授。

东南大学研究生付一小、刘杰、赵品、朱骄健、许学娟,长安大学研究生朋茜、杨桂杰、李芹子、李光玲、秦立新参加了本教材的例题核算和插图绘制工作。

对于本书存在的错误和缺点,恳请读者批评指正,有关意见可寄东南大学交通学院桥梁与隧道工程研究所(江苏省南京市四牌楼2号,邮编210096)或发邮件至 yejianshu@seu.edu.cn。

编者

2014年4月

第二版前言

教材《结构设计原理》(1996年版)自出版发行以来,在全国高等院校相关专业的教学中得到广泛使用。近年来,我国公路桥梁建设技术及工程研究有了很大的发展,新的技术标准和部分设计规范已颁布。为了适应工程技术新的发展和专业教学要求,东南大学、长安大学和长沙理工大学组织进行了《结构设计原理》教材第二版的编写工作。

在国家标准《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)基础上,交通部颁布了交通行业标准《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)。与1985年颁布的设计规范比较,无论是在内容上(设计原则、计算方法和构造要求)还是在形式上(术语、符号和计量单位等)都有很大的改变,特别是在钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁的结构设计原则上,由半概率极限状态法改为近似概率极限状态法,因此,本书根据上述新颁布的设计规范对这部分教材内容作了相应修改。由于公路桥涵圬工结构和钢结构设计规范尚在修改中,故本书对圬工结构、钢结构和钢—混凝土组合结构仍参照原设计规范修改。

本书仍保持原《结构设计原理》(1996年版)的编写体系、特色与风格,在总结教材使用意见的基础上,为便于教学,对其中某些章节内容进行了简化调整。符

号和计量单位也按照国家标准及设计规范作了全面调整。

在教材第二版的编写中,进一步注意了内容的编排、文字的表述,增加了对有关专业术语的解释,并且增编了主要章节的复习思考题与习题。

全书由东南大学叶见曙主编,同济大学李国平主审。

参加修订版编写人员及分工为:总论,第1、3、4、6、7、10和11章由叶见曙(东南大学)编写;第2章由张建仁(长沙理工大学)编写;第5、8、9和15章由吴文清(东南大学)编写;第12和13章由安琳(东南大学)编写;第14章由田仲初(长沙理工大学)编写;第16和17章由张克波(长沙理工大学)编写;第18、19、20、21、22、23和24章由周绪红(长安大学)和狄谨(长安大学)编写。

教材第二版编写过程中得到同济大学范立础教授、陈艾荣教授,长安大学徐岳教授,哈尔滨工业大学黄侨教授和中交公路规划设计院鲍卫刚教授级高级工程师的指导和帮助,在此表示衷心感谢。

衷心感谢邵容光教授、赖国麟教授、毛瑞祥教授和袁国干教授。

东南大学研究生张娟秀、王毅、郑亚明、王曦婧、高晶;长安大学研究生戴鹏、石宇、陈爱萍、商岸帆、高志勇;长沙理工大学研究生张连英、黄宏辉参加了本教材的例题核算和插图绘制工作。

对于本书存在的错误和缺点,恳请读者批评指正,有关意见可寄东南大学交通学院桥梁与隧道工程研究所(江苏省南京市四牌楼2号,邮编210096)。

编 者

2004年12月

第一版前言

本书根据1994年全国高等院校路、桥及交通工程专业教学指导委员会会议审定通过的(结构设计原理)教材编写大纲编写。

本书共分五篇。第一篇至第四篇分别介绍钢筋混凝土结构,预应力混凝土结构、砌体结构和钢结构的设计原理和计算方法。第五篇介绍的内容是钢—混凝土组合结构构件。

本书编写的主要依据为我国交通部部颁标准《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)、《公路砖、石及混凝土桥涵设计规范》(JTJ 022—85)和《公路桥涵钢结构和木结构设计规范》(JTJ 025—86)。

全书主要内容按照高等学校公路与城市道路专业、桥梁工程专业的结构设计原理课程教学大纲和教学基本要求编写。编写内容密切结合我国的工程实际和研究成果,力求文字简练、深入浅出以及理论联系实际。全书在讲清基本概念和基本原理的基础上,介绍了工程设计中实用的计算方法,并列举了较多的计算示例。

根据国内外结构工程的发展,本书还编写了钢—混凝土组合构件、双预应力混凝土梁、深梁等内容,以扩大学生的知识面。对于这些内容,可根据不同的教学要求和学时安排,作为选学和自学内容。

本书均采用国家法定计量单位。

全书由叶见曙主编,同济大学袁国干教授主审。

本书编写人员及分工为:总论,第一、三、四、六、七、十、十一、二十四章由叶见曙(东南大学)编写;第二章由张建仁(长沙交通学院)编写;第五、十五章由朱征平、叶见曙(东南大学)编写;第八、九章由刘其伟、叶见曙(东南大学)编写;第十二、十三章由赖国麟(东南大学)编写;第十四章由田仲初(长沙交通学院)编写;第十六、十七章由张克波(长沙交通学院)编写;第十八、十九、二十、二十一、二十二章由毛瑞样(西安公路交通大学)编写;第二十三章由毛瑞样、叶见曙编写。

在本书编写过程中,邵容光教授给予热情指导,在此表示衷心感谢。

限于编者的水平,本书一定存在不少缺点,请使用本书的学校和个人批评指正有关意见可寄东南大学交通学院桥梁工程教研室(邮编:210096)。

编者

1996年4月

目录

CONTENTS

总论	1
0.1 各种工程结构的特点及使用范围	2
0.2 学习本课程应注意的问题	3

第一篇 钢筋混凝土结构

第1章 钢筋混凝土结构的概念及材料的物理力学性能	7
1.1 钢筋混凝土结构的概念	7
1.2 混凝土	9
1.3 钢筋	19
1.4 钢筋与混凝土之间的粘结	22
复习思考题与习题	26
第2章 结构按极限状态法设计计算的原则	28
2.1 概率极限状态设计法的概念	30
2.2 我国《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 (JTG D62—2004)的计算原则	39
2.3 材料强度的取值	41
2.4 作用、作用的代表值和作用效应组合	43

复习思考题与习题	47
第3章 受弯构件正截面承载力计算	48
3.1 受弯构件的截面形式与构造	48
3.2 受弯构件正截面受力全过程和破坏形态	53
3.3 受弯构件正截面承载力计算的原理	57
3.4 单筋矩形截面受弯构件	62
3.5 双筋矩形截面受弯构件	68
3.6 T形截面受弯构件	73
复习思考题与习题	81
第4章 受弯构件斜截面承载力计算	84
4.1 受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	84
4.2 影响受弯构件斜截面抗剪承载力的主要因素	89
4.3 受弯构件的斜截面抗剪承载力	91
4.4 受弯构件的斜截面抗弯承载力	95
4.5 全梁承载能力校核与构造要求	99
4.6 连续梁的斜截面抗剪承载力	112
复习思考题与习题	117
第5章 受扭构件承载力计算	118
5.1 纯扭构件的破坏特征和承载力计算	119
5.2 在弯、剪、扭共同作用下矩形截面构件的承载力计算	127
5.3 T形和工字形截面受扭构件	131
5.4 箱形截面受扭构件	132
5.5 构造要求	133
复习思考题与习题	136
第6章 轴心受压构件的正截面承载力计算	138
6.1 配有纵向钢筋和普通箍筋的轴心受压构件	139
6.2 配有纵向钢筋和螺旋箍筋的轴心受压构件	146
复习思考题与习题	150
第7章 偏心受压构件的正截面承载力计算	151
7.1 偏心受压构件正截面受力特点和破坏形态	153
7.2 偏心受压构件的纵向弯曲	156
7.3 矩形截面偏心受压构件	159
7.4 工字形和T形截面偏心受压构件	177

7.5 圆形截面偏心受压构件	184
复习思考题与习题	191
第8章 受拉构件的承载力计算	193
8.1 概述	193
8.2 轴心受拉构件	194
8.3 偏心受拉构件	194
复习思考题与习题	198
第9章 钢筋混凝土受弯构件的应力、裂缝和变形计算	200
9.1 概述	200
9.2 换算截面	201
9.3 应力计算	204
9.4 受弯构件的裂缝及最大裂缝宽度验算	206
9.5 受弯构件的变形(挠度)验算	212
9.6 混凝土结构的耐久性	219
复习思考题与习题	227
第10章 局部承压	228
10.1 局部承压的破坏形态和破坏机理	230
10.2 混凝土局部承压强度提高系数	232
10.3 局部承压区的计算	234
复习思考题与习题	236
第11章 深受弯构件	237
11.1 深受弯构件的破坏形态	237
11.2 深受弯构件的计算	239
复习思考题与习题	243

第二篇 预应力混凝土结构

第12章 预应力混凝土结构的概念及其材料	247
12.1 概述	247
12.2 预加应力的方法与设备	251
12.3 预应力混凝土结构的材料	259

12.4 预应力混凝土结构的三种概念	267
复习思考题与习题	270
第13章 预应力混凝土受弯构件的设计与计算	271
13.1 受力阶段与设计计算原则	271
13.2 预应力混凝土受弯构件承载力计算	275
13.3 预加力的计算与预应力损失的估算	281
13.4 预应力混凝土受弯构件的应力计算	292
13.5 预应力混凝土构件的抗裂验算	300
13.6 变形计算	303
13.7 端部锚固区计算	305
13.8 预应力混凝土简支梁设计	307
13.9 预应力混凝土简支梁计算示例	316
复习思考题与习题	340
第14章 部分预应力混凝土受弯构件	343
14.1 部分预应力混凝土结构的受力特性	344
14.2 允许开裂的部分预应力混凝土受弯构件的计算	346
14.3 允许开裂的部分预应力混凝土受弯构件的设计	356
14.4 构造要求	359
复习思考题与习题	359
第15章 无粘结预应力混凝土受弯构件	361
15.1 无粘结预应力混凝土受弯构件的受力性能	362
15.2 无粘结部分预应力混凝土受弯构件的计算	364
15.3 无粘结部分预应力混凝土受弯构件的截面设计	367
15.4 无粘结部分预应力混凝土受弯构件的构造	368
复习思考题与习题	369

第三篇 圬工结构

第16章 圬工结构的材料与材料	373
16.1 圬工结构的材料	373
16.2 圬工材料	374

16.3 砌体的强度与变形·····	378
复习思考题与习题·····	383
第 17 章 圬工结构构件的承载力计算 ·····	384
17.1 计算原则·····	384
17.2 受压构件的承载力计算·····	385
17.3 局部承压以及受弯、受剪构件的承载力计算·····	399
复习思考题与习题·····	402

第四篇 钢结构

第 18 章 钢结构的概念与材料 ·····	405
18.1 钢结构的特点及应用·····	405
18.2 钢材的主要力学性能·····	406
18.3 影响钢材性能的因素·····	410
18.4 钢材在复杂应力状态下的工作性能·····	415
18.5 钢材种类、规格及其选用·····	416
复习思考题与习题·····	419
第 19 章 钢结构的计算原则 ·····	420
19.1 钢材的破坏形式·····	420
19.2 计算原则·····	421
复习思考题与习题·····	428
第 20 章 钢结构的连接 ·····	429
20.1 焊缝连接·····	430
20.2 普通螺栓连接·····	447
20.3 高强度螺栓连接·····	458
复习思考题与习题·····	464
第 21 章 钢桁架 ·····	467
21.1 钢桁架的构造·····	467
21.2 实腹式轴心受拉构件·····	470
21.3 实腹式轴心受压构件·····	474
21.4 格构式轴心受压构件·····	484

21.5 实腹式拉弯构件和压弯构件·····	493
21.6 钢桁架节点设计·····	504
复习思考题与习题·····	509
第 22 章 钢板梁 ·····	512
22.1 钢板梁的构造·····	512
22.2 钢板梁的强度·····	513
22.3 钢板梁的刚度·····	516
22.4 钢板梁的整体稳定·····	516
22.5 钢板梁的局部稳定和腹板加劲肋的设计·····	520
22.6 钢板梁的截面变化·····	528
复习思考题与习题·····	531

第五篇 钢—混凝土组合构件

第 23 章 钢—混凝土组合梁 ·····	535
23.1 概述·····	535
23.2 组合梁的设计计算基本原则及一般规定·····	537
23.3 组合梁的承载能力极限状态设计计算·····	544
23.4 组合梁的正常使用极限状态设计计算·····	553
23.5 抗剪连接件设计·····	557
复习思考题与习题·····	561
第 24 章 钢管混凝土构件 ·····	563
24.1 钢管混凝土的特点及应用·····	563
24.2 钢管混凝土受压构件的工作性能·····	565
24.3 钢管混凝土受压构件的承载力计算·····	568
24.4 钢管混凝土构件的一般构造要求·····	572
复习思考题与习题·····	573
附表·····	574
参考文献·····	591

总论

《结构设计原理》主要讨论土木基础设施工程中各种工程结构的基本构件受力性能、计算方法和构造设计原理,它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。

桥、涵洞、隧道、挡土墙等都是土木基础设施工程中的构造物,作为单项工程实体,必须由它的承重骨架来承受各种外荷载的作用。一般把构造物的承重骨架组成部分统称为结构。例如,桥的桥跨、墩(台)及基础组成了桥的承重体系,它们就被称为结构。

构造物的结构都是由若干基本构件连接而成的。这些构件的形式虽然多种多样,但按其主要受力特点可分为受弯构件(梁和板)、受压构件、受拉构件和受扭构件等典型的基本构件。

在实际工程中,结构及基本构件都是由建筑材料制作成的。根据所使用的建筑材料种类,作为总称,常用的结构一般可分为:

(1)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。无筋或不配置受力钢筋的结构为素混凝土结构,钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构统称为配筋混凝土结构。

(2)钢结构。以钢材为主制作的结构。

(3)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。

(4)木结构。以木材为主制作的结构。