



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



新世纪土木工程系列教材

工程流体力学

(第3版)

主编 禹华谦

副主编 莫乃榕

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



新世纪
工本
材

工程流体力学

(第3版)

主编 禹华谦

副主编 莫乃榕

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是新世纪土木工程系列教材之一,是在第2版基础上修订而成的。本书系统地阐述了工程流体力学的基本概念、基本理论和基本工程应用。全书共分10章,内容包括绪论,流体静力学,流体动力学理论基础,量纲分析和相似理论,流动阻力与水头损失,孔口、管嘴和有压管道流动,明渠恒定流动,堰流,渗流,可压缩气体的一元流动等。书中例题力求富有创意,习题按主观性和客观性两种题型配设,书末附有习题答案。

本书可作为高等学校土木类及近土类的土木工程、市政工程、给水排水工程、环境工程、消防工程、工程地质及水文地质、工程管理等专业的工程流体力学或水力学课程的教材,也可作为相关人员报考硕士研究生或参加国家注册工程师执业资格考试的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程流体力学/禹华谦主编. --3版. --北京:
高等教育出版社,2017.2

ISBN 978-7-04-047337-7

I. ①工… II. ①禹… III. ①工程力学-流体力学-
高等学校-教材 IV. ①TB126

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第020994号

策划编辑 周冉 责任编辑 赵向东 封面设计 李小璐 版式设计 王艳红
插图绘制 杜晓丹 责任校对 杨凤玲 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京新华印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 19.25
字数 350千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2004年1月第1版
2017年2月第3版
印 次 2017年2月第1次印刷
定 价 35.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 47337-00



主编简介

禹华谦，教授。西南交通大学国家工科基础课程力学教学基地、国家工科力学基地教学创新团队建设项目主要骨干，四川省精品课程“工程流体力学”负责人。长期从事流体力学系列课程的教学和教学改革工作。主编高等学校教材《工程流体力学（水力学）》、《流体力学简明教程》等。2004年被评为全国力学教学优秀教师，2009年以“全方位构建培养高素质人才的工科力学教学平台”项目获国家级教学成果二等奖。主要研究领域为工程流体力学、城市防洪。

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/122425>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”,按网站提示输入教材封底防伪标签上的数字,点击“确定”完成课程绑定。

3. 在“正在学习”列表中选择已绑定的课程,点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

账号自登录之日起一年内有效,过期作废。

二、资源使用

与本书配套的易课程数字课程资源包含典型习题解答、配套电子课件(以二维码的形式出现在书中,扫描后即可观看),以及自测题、自测题解答,所有资源均可登录网站进行学习。

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

名誉主任：沈蒲生(湖南大学)

主任委员：周绪红(重庆大学)

副主任委员：(按姓氏笔画排序)

叶志明(上海大学)

白国良(西安建筑科技大学)

沙爱民(长安大学)

吴胜兴(河海大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

强士中(西南交通大学)

委员：(按姓氏笔画排序)

卫 军(中南大学)

王 湛(华南理工大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

江见鲸(清华大学)

李远富(西南交通大学)

张家良(辽宁工业大学)

周 云(广州大学)

高 波(西南交通大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

王 健(北京建筑大学)

王清湘(大连理工大学)

刘 明(沈阳建筑大学)

杨和礼(武汉大学)

张印阁(东北林业大学)

尚守平(湖南大学)

赵明华(湖南大学)

黄政宇(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

霍 达(北京工业大学)

出版者的话

根据1998年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录(1998年)》,我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作,并于2000年成立了由具丰富教学经验、有较高学术水平和学术声望的教师组成的“高等教育出版社土建类教材编委会”,组织出版了新世纪土木工程系列教材,以适应当时“大土木”背景下的专业、课程教学改革需求。系列教材推出以来,几经修订,陆续完善,较好地满足了土木工程专业人才培养目标对课程教学的需求,对我国高校土木工程专业拓宽之后的人才培养和课程教学质量的提高起到了积极的推动作用,教学适用性良好,深受广大师生欢迎。至今,共出版37本,其中22本纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,5本被评为普通高等教育精品教材,若干本获省市级优秀教材奖。

2012年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录(2012年)》。新的专业目录中土木与建筑分开单独设类,土木类包括土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化4个专业,并增加了城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程2个特设专业。其中土木工程专业包含了1998年版专业目录中土建类的土木工程和建筑工程教育。

为了更好地帮助各高等学校根据新的专业目录对土木工程专业进行设置和调整,利于其人才培养,与时俱进,编委会决定,根据新的专业目录精神对本系列教材进行重新审视,并予以调整和修订。进行这一工作的指导思想是:

一、紧密结合人才培养模式和课程体系改革,适应新专业目录指导下的土木工程专业教学需求。

二、加强专业核心课程与专业方向课程的有机沟通,用系统的观点和方法优化课程体系结构。具体如,在体系上,将既有的一个系列整合为三个系列,即专业核心课程教材系列、专业方向课程教材系列和专业教学辅助教材系列。在内容上,对内容经典、符合新的专业设置要求的课程教材继续完善;对因新的专业设置要求变化而必须对内容、结构进行调整的课程教材着手修订。同时,跟踪已推出系列教材使用情况,以适时进行修订和完善。

三、各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平,以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容,贯彻理论联系实际的原则。

四、要正确处理继承、借鉴和创新的关系,不能简单地以传统和现代划线,决定取舍,而应根据教学需求取舍。继承、借鉴历史和国外的经验,注意研究结合我国的现实情况,择善而从,消化创新。

五、随着高新技术、特别是数字化和网络技术的发展,在本系列教材建设中,要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展,发挥综合媒体在教学中的优势,提高教学质量与效率。在开发研制教学软件时,要充分借鉴和利用精品课程建设和精品资源共享课建设的优质课程教学资源,要注意使文字教材与先进的软件接轨,明确不同形式教学资源之间的关系是相辅相成、相互补充的。

六、坚持质量第一。图书是特殊的商品,教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序,最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能,也是沟通作者、编辑、读者的桥梁,一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此,遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为此,编委会在原系列教材的基础上,研究提出了符合新专业目录要求的新的土木工程专业系列教材的选题及其基本内容与编审或修订原则,并推荐作者。希望通过我们的努力,可以为新专业目录指导下的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写和修订都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,恳请读者批评指正!

高等教育出版社
高等教育理工出版事业部
建筑与力学分社
二〇一三年三月一日

第3版前言

本书作为高等教育出版社“新世纪土木工程系列教材”之一,于2004年1月正式出版,2011年1月再版以来,被国内众多土建院校广泛选作工程流体力学或水力学课程教材和硕士研究生入学考试参考书。教材已于2014年入选四川省“十二五”普通高等教育本科规划教材,现根据学科的发展及教学实践的需要再次进行修订。

本次修订仍保持第2版的章节、顺序及主要特色。除对部分内容做了适当补充、部分习题做了精选外,根据读者反馈的意见,每章末尾增加了“本章小结”,以期更能适应教学的需要,并可供有关科技人员报考硕士研究生或参加国家注册工程师执业资格考试进行自修或做参考书之用。

本书由西南交通大学禹华谦教授主编、华中科技大学莫乃榕教授副主编。参加本书修订工作的仍是第1版的编者:禹华谦(第1、3、8章)、莫乃榕(第2、5、10章)、陈春光(第4、6章)和麦继婷(第7、9章)。

由于编者水平有限,书中仍不免有疏漏和不足之处,恳请读者继续给予批评指正。编者邮箱:hqyu@163.com。

编者
2016年5月

第 2 版前言

根据教育部力学教学指导委员会制订的土建类专业流体力学课程教学基本要求编写的《工程流体力学》(第 1 版),作为高等教育出版社“新世纪土木工程系列教材”之一,于 2004 年 1 月正式出版以来,被国内众多土建院校选为工程流体力学或水力学课程教材和研究生考试参考用书,现根据学科的发展及教学实践的需要进行修订再版。

本次修订仍保持第 1 版的章节、顺序及主要特色,但对部分内容作了适当补充,习题作了精选,特别是考虑到国家注册工程师执业资格备考需求,增设了客观性习题,以期更能适应教学的需要。本教材也可供有关科技人员在报考硕士研究生或参加国家注册工程师执业资格考试时,进行自修或作参考书之用。

本教材由西南交通大学禹华谦教授任主编、华中科技大学莫乃榕教授任副主编。参加本书修订工作的仍是第 1 版的编者:禹华谦(第 1、3、8 章)、莫乃榕(第 2、5、10 章)、西南交通大学陈春光(第 4、6 章)和麦继婷(第 7、9 章)。

由于编者水平有限,书中仍不免有疏漏和不足之处,恳请读者继续给予批评指正。编者邮箱:hqyu@163.com。

编 者
2010 年 10 月

第 1 版前言

工程流体力学是高等学校土建类各专业的一门重要技术基础课。面对科学技术的不断发展,更好地适应 21 世纪人才培养,工程流体力学课程的教学改革势在必行。本教材就是根据高等学校土建类专业流体力学教学基本要求和编者多年的教学实践,并本着加强基础理论、拓宽专业面、按大类培养的教育改革思想编写的。教材系统地阐述了工程流体力学的基本概念、基本理论和基本工程应用。在基本理论的阐述上,采用了总流分析与流场分析相结合的方法,并将控制体的概念贯穿全教材。在内容选择上,力求贯彻“少而精”原则,以恒定不可压缩流体为主,考虑到现代土建工程的需要,对可压缩气体动力学基础作了适当介绍。在计算方法上,删除了传统的图表算法,介绍了简单易学的数值计算方法,并适当增加了电算要求。另外,编写中还力求做到概念清晰、重点突出、语言简洁、富有启发性、便于教学和适当反映本学科的最新进展。

本教材可作为高等学校土建类的土木工程、市政工程、给水排水工程、环境工程、地质工程等专业的工程流体力学或水力学课程的教材,也可作为其他相近专业以及全国注册结构工程师考试的参考书。本教材包含了土建类各专业所需的内容,使用时可根据专业要求和学时多少作必要的取舍。

本教材由西南交通大学禹华谦教授主编,华中科技大学莫乃榕教授副主编。参加编写工作的有禹华谦(第 1、3、8 章)、莫乃榕(第 2、5、10 章)、西南交通大学陈春光(第 4、6 章)和麦继婷(第 7、9 章),西南交通大学研究生罗忠贤、杨庆华等参加了部分绘图工作。

北京建筑工程学院李兆年教授审阅了全部书稿,并提出了宝贵的修改建议。在此表示衷心地感谢!

编者水平有限,教材中若有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

主要符号表

1. 英文字母符号

a	加速度;墩形因数
A	面积;逆坡渠道水面曲线
b	宽度;渠道底宽
B	渠道宽度
c	声速
C	常数;谢才系数;临界坡渠道水面曲线
Ca	柯西数
C_D	绕流阻力因数
d	管径
D	管径
e	断面单位能量(断面比能)
E	单位重量流体的机械能;弹性模量
Eu	欧拉数
f	单位质量力
f_x, f_y, f_z	单位质量力在 x, y, z 坐标方向的投影
F	力
F_D	绕流阻力
Fr	弗劳德数
g	重力加速度
G	重力
h	水深;高度
h_0	正常水深(均匀流水深)
h_c	临界水深
h_f	沿程水头损失
h_j	局部水头损失
h_p	堰高

h_s	下游水位高出堰顶的高度
h_v	真空高度(真空度)
h_w	总水头损失
H	高度;水深;作用水头;水泵扬程;平坡渠道水面曲线;含水层厚度
H_0	总水头
i	渠道底坡
i_c	临界坡度
I	惯性矩
J	水力坡度
J_p	测压管水头线坡度
k	渗流系数
K	体积弹性模量;流量模数
l	长度;混合长
L	长度;集水廊道的影响范围
m	质量;边坡因数;流量因数
M	力矩;缓坡渠道水面曲线
Ma	马赫数
n	粗糙系数(糙率);转速;迭代循环次数
p	压强
p_a	大气压强
p_r	相对压强
p_v	真空压强
P	功率
P_e	有效功率(输出功率)
P_x	轴功率(输入功率)
q	单宽流量
q_v	体积流量
Q	热量
r	半径
r_0	井的半径;管道半径
R	定倾半径;水力半径;阻抗;井的影响半径;气体常数
Re	雷诺数
s	沿流程坐标

S	距离;比阻;急坡渠道水面曲线;井的水位降深
t	时间;摄氏温度;含水层厚度
T	热力学温度
u	点流速
u_*	摩阻速度
u_{\max}	过流断面上最大流速;管轴线上的流速
U	速度
v	速度;断面平均流速
V	体积
W	质量力势函数
We	韦伯数
x, y, z	笛卡儿坐标
y_c	形心坐标
y_D	压力中心坐标
z	位置水头

2. 希腊字母符号

α	角度;动能修正因数;充满度
β	动量修正因数
χ	湿周
δ	边界层厚度;堰顶厚度
δ_0	黏性底层厚度
ε	侧收缩因数
φ	流速因数
φ_n	管嘴流速因数
Φ	速度势函数
γ	角变形速度;比热比
η	效率
κ	体积压缩率
λ	沿程损失因数
μ	动力黏度;流量因数
μ_n	管嘴流量因数
ν	运动黏度
π	圆周率

θ	角度	度
ρ	密度	克/厘米 ³
σ	表面张力	达因/厘米
τ	切应力	达因/厘米 ²
τ_0	边壁切应力	达因/厘米 ²
ω	角速度	弧度/秒
ψ	垂向收缩因数	无量纲
Ψ	流函数	厘米 ² /秒
ζ	局部损失因数	无量纲

目 录

第 1 章 绪论	1	§ 3-2 研究流体运动的若干 基本概念	46
§ 1-1 概述	1	§ 3-3 流体运动的连续性 方程	51
§ 1-2 流体的连续介质模型	3	§ 3-4 理想流体的运动微分 方程及其积分	54
§ 1-3 流体的主要物理性质	4	§ 3-5 伯努利方程	56
§ 1-4 作用在流体上的力	9	§ 3-6 动量方程	64
本章小结	10	§ 3-7 流体微团运动的 分析	68
习题	11	§ 3-8 理想流体无旋流动 简介	73
第 2 章 流体静力学	13	本章小结	79
§ 2-1 静止流体的应力 特征	13	习题	80
§ 2-2 流体静止的微分 方程	15	第 4 章 量纲分析和相似 理论	85
§ 2-3 重力作用下静止液体的 压强分布	17	§ 4-1 量纲分析的概念和 原理	85
§ 2-4 液体的相对静止	20	§ 4-2 量纲分析法	88
§ 2-5 测压计	23	§ 4-3 流动相似性原理	93
§ 2-6 静止液体作用在平面 上的总压力	27	§ 4-4 相似准则	95
§ 2-7 静止液体作用在曲面 上的总压力	31	§ 4-5 相似原理应用	99
§ 2-8 潜体和浮体的平衡及 稳定	35	本章小结	102
本章小结	38	习题	103
习题	39	第 5 章 流动阻力与水头 损失	106
第 3 章 流体动力学理论 基础	44	§ 5-1 水头损失的两种 形式	106
§ 3-1 描述流体运动的 方法	44		

§ 5-2 黏性流体运动的两种 流态	108	§ 7-7 棱柱形渠道中恒定非均 匀渐变流的水面曲线 分析	203
§ 5-3 圆管层流	111	§ 7-8 棱柱形渠道中恒定非 均匀渐变流水面 曲线的计算	209
§ 5-4 湍流运动的特点	113	本章小结	214
§ 5-5 边界层理论简介	116	习题	214
§ 5-6 圆管湍流速度分布	122	第8章 堰流	219
§ 5-7 沿程损失因数的变化 规律	128	§ 8-1 堰流的定义及堰的 分类	219
§ 5-8 局部水头损失	136	§ 8-2 堰流基本公式	221
本章小结	142	§ 8-3 薄壁堰溢流	222
习题	142	§ 8-4 宽顶堰溢流	225
第6章 孔口、管嘴和有压管道 流动	146	§ 8-5 小桥孔径水力计算	229
§ 6-1 孔口恒定出流	146	本章小结	233
§ 6-2 管嘴恒定出流	149	习题	233
§ 6-3 孔口(或管嘴)的变 水头出流	151	第9章 渗流	236
§ 6-4 短管的水力计算	152	§ 9-1 渗流基本定律	236
§ 6-5 长管的水力计算	159	§ 9-2 地下水的均匀流和非 均匀流	239
§ 6-6 管网水力计算基础	165	§ 9-3 集水廊道和井	242
§ 6-7 离心式水泵及其水力 计算	169	§ 9-4 井群	247
§ 6-8 水击简介	173	本章小结	249
本章小结	177	习题	250
习题	178	第10章 可压缩气体的一元 流动	254
第7章 明渠恒定流动	184	§ 10-1 可压缩气体的物理 性质	254
§ 7-1 明渠的分类	184	§ 10-2 可压缩气体一元 流动的基本方程	256
§ 7-2 明渠均匀流	186	§ 10-3 微弱压力扰动的传播 声速	258
§ 7-3 无压圆管均匀流	192		
§ 7-4 明渠恒定非均匀流动 的若干基本概念	194		
§ 7-5 水跃和水跌	198		
§ 7-6 明渠恒定非均匀渐变流 的基本微分方程	202		