

(翻译版·原书第10版)

流体力学 及其工程应用

Fluid Mechanics with Engineering Applications

Tenth Edition

(美) E·约翰芬纳莫尔(E. John Finnemore) 编著
约瑟夫B·弗朗兹尼(Joseph B. Franzini)
钱翼稷 周玉文 等译



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

麦格劳—希尔教育出版集团

时代教育·国外高校优秀教材精选

流体力学及其工程应用

(翻译版·原书第10版)

(美) E·约翰芬纳莫尔 (E. John Finnemore) 编著
约瑟夫 B·弗朗兹尼 (Joseph B. Franzini)

钱翼稷 周玉文 等译



机械工业出版社
麦格劳-希尔教育出版集团

这本经典教科书《流体力学及其工程应用》(原书第10版),继承并发扬了讲述流体力学物理现象的传统,并以最简单而且尽可能是最清晰,但又不使用复杂数学工具的方式来应用各项基本原理。

对工科大学生而言,最重要的事情是把所探讨的物理现象非常清晰地予以形象化。因此,本书大力强调流体力学的物理现象,一直贯穿于全书。在本书中,着重讲述流体力学的基本原理、基本假设以及在其应用方面的条件,然后演示怎样应用这些基本原理来解决实际的工程问题。本书文稿中有范例,节后有操练题,章后有习题。并列出了大量的BG制、SI制的例题和习题,使学生熟悉两种单位制的转换。书中的操练题和习题总数已达到了1354题。

这本受到高度尊重的教科书虽然一直在大规模地修订,但仍然保持了其传统的方法,即通过求解工程问题来讲授基本概念。在本书中,所有专题的内容都讲解得更加清楚而且更加集成化了。本书还选编了许多挑战性的习题,可以选用计算机及可编程的计算器来求解。有些新选的习题可以使用Excel、Mathcad以及HP-48G求解。

本书可作为水利工程、土木工程、航空航天、能源动力工程等专业的专业基础课教材和相关专业工程技术人员的技术书籍。

《流体力学及其工程应用》(第10版)由The McGraw-Hill公司的McGraw-Hill高教部主发。国际版:ISBN 0-07-112196-X。

本书由McGraw-Hill出版,版权©2002,1997,1985,1977,1965,1954都归The McGraw-Hill股份有限公司所拥有。此前出版的书名是“水力学”,版权©1937,1925,1919,1916归McGraw-Hill股份有限公司所拥有。1953及1965年的增订版版权归R. L. Daugherty所有,1982年增订版版权归Marguerite R. Daugherty所有。事先未经The McGraw-Hill公司同意,本出版物的任何部分都不得以任何形式或任何手段予以复制或分发或存入数据库或可恢复的系统,这包括(但不限于)任何网络或任何电子存储或传输部件或远程教育的广播手段。

本书中文简体字翻译版由机械工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面同意,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有McGraw-Hill公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号:图字01-2003-5126。

图书在版编目(CIP)数据

流体力学及其工程应用:(翻译版·原书第10版)/(美)E·约翰芬纳莫尔(Finnemore, E. J.), (美)约瑟夫B·弗朗兹尼(Franzini, J. B.)编著. —北京:机械工业出版社, 2005. 11 (2009. 9重印)
(时代教育·国外高校优秀教材精选)
ISBN 978-7-111-17723-4

I. 流… II. ①E… ②约… III. 流体力学—高等学校—教材—英文 IV. 035

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第125990号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:季顺利 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔
封面设计:饶薇 责任印制:李妍
高等教育出版社印刷厂印刷
2009年9月第1版·第2次印刷
184mm×260mm·37.25印张·924千字
标准书号:ISBN 978-7-111-17723-4
定价:78.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379408
封面无防伪标均为盗版

译者序

《流体力学及其工程应用》一书，自从 1916 年出了第 1 版以后，迄今为止，已历时约 89 年。在此期间，不断地修订和完善，于 2002 年已出到第 10 版。此书继承并发扬了讲述流体力学物理现象的传统，不使用复杂的数学推导，而用最简洁、最清晰的方式讲解、应用流体力学的现象和原理。所以，得到了很多相关学科领域读者们的欢迎，得以不断修订和再版。一本教科书，经历了近一个世纪而仍然兴盛不衰，是太值得借鉴和学习了。所以，我们将这个最新的版本译成中文，介绍给中国的读者。

此书得以长期保持兴盛不衰的主要原因是在学术领域内能够与时俱进。例如，过去的流体力学书上讲述空穴（Cavitation）时，往往只附有船用螺旋桨叶受到腐蚀后的金相照片。现在不同了，所附照片是金属材料受到腐蚀的物理现象，即蒸汽泡爆聚的显微照片。并告诉读者，当发生爆聚时，局部压强和温度会有多大。这就有力地说明了气蚀为什么会使金属材料腐蚀，这比展示气蚀的后果大大前进了。又如，本书介绍了计算流体动力学的基本概念以及激光测速法（激光多普勒测速（LDV）及粒子图像测速（PIV））。还有，在范例、操练题及习题中，共安排了 116 道必需用方程求解器或编程上机求解的题目，并在附录中介绍了有关的软硬件。这都是随着时代步伐前进的内容。

“不使用复杂的数学推导”，并不是说不作推导，而是“用最简洁、最清晰的方式”讲解、应用流体力学的基本原理。以伯努利方程为例，书中的推导就很仔细，但没有“使用复杂的数学”。推导过程中用到的五个条件，列举得非常明确。这样，既保持了理论体系的严谨性，又保持了推导过程的简明与直观性。

作为一本教科书，为了使學生巩固所学理论，需要有大量的题目进行操练和巩固。本书的题目有三类：一是范例（Sample Problems）计 147 题。这是作者以示范的方式很仔细地告诉读者怎样应用所学理论一步步地求解一个具体问题；二是操练题（Exercises），应用前面刚才讲过的理论或定理或公式解决比较简单的问题；三是各章末的习题（Problems），这些是要综合应用本章及以前各章已讲过的理论解决一些实际问题。操练题与习题的总数竟然多达 1354 题！经过这么严格的锻炼，相信大学生们是一定能掌握好这一门学科的。

流体力学是物理学的一个分支学科，所涉及的物理量都要在一定的单位制之下进行量度。虽然大多数国家采用了国际单位制（SI），但英美仍在采用英国重力单位制（BG）。美国目前是两种单位制并存。所以，本书对这两种单位制都作了详细介绍，并仔细讲述了其换算关系。这对于只熟悉国际单位制的我国工程技术人员及大学师生，虽然会感到不太方便，但对于国际交流而言是有好处的。为便于学生学习，我们特别在文前增加了物理量单位换算表。

本书虽有与之配套的大量例题与习题，但没有实验指南，这是本教科书的一个缺点。所以，在教学工作中，一定要结合各校的具体情况设法安排一定数量的教学实验（例如观察层流和湍流的雷诺实验、观察翼型绕流的烟风洞实验、边界层内的速度分布测量实验，等等），使学生获得感性的知识。即使有多媒体课件（国内已有这样的课件）也要作实验，因

为多媒体课件永远不能代替由学生亲手操作的实验。

本书的翻译分工为：钱翼稷翻译第1~8章及文前内容，张英翻译第9、11章，周玉文翻译第10、12、13、14章和附录等，白玉华翻译第15、16章。全书由北京航空航天大学钱翼稷教授和北京工业大学周玉文教授审校。

由于时间仓促和译者水平的限制，书中可能存在一些不足之处，敬请读者批评指正。

译者

原 书 序

基本原理及历史发展

《流体力学及其工程应用》(第 10 版), 继承并发扬了讲述流体力学物理现象的传统, 并以最简单而且尽可能是最清晰, 但又不使用复杂数学工具的方式来应用各项基本原理。尽管书中也大力介绍了机械与宇航工程的问题, 但本书重点讲授的却是建筑、环保及农业工程问题, 本书可用作工科一年级大学生的流体力学课程教材, 但有足够的专业面广度。如果需要, 本书的许多方面也可以用作二年级的教材。

全世界已有成千上万的工科大学生和实际工作者使用本书长达 85 年以上了。本书作为国际版是广泛流传的, 并已被翻译成了西班牙文和朝鲜文。本书的现任作者已是第三代了。尽管这次的第 10 版已经与初版大不相同, 但仍然保留了将流体力学作为一门工科主修课程的学术体系和讲授方法, 而这正是第 1 版的作者 Robert L. Daugherty 根据其在康奈尔大学以及随后在加州理工学院下属 Rensselaer 工学院多年教学经验所首创的。Daugherty 教授著作的第 1 版成书于 1916 年, 当时取名为“水力学”。他对此书作过四次修订。在出第 5 版时(第 4 次改写本), Alfred C. Ingersoll 博士给他当了助手。他们将书名更改为《流体力学及其应用》。第 6 版和第 7 版则完全是由 Franzini 教授一个人改写的。Franzini 是 Daugherty 在加州理工学院教过的学生。他从本书第 4 版开始, 首次在这门流体力学主修课上亮相。在改编本书的第 8 版和第 9 版时, Franzini 教授得到了 Finnemore 教授的帮助, 后者是 Franzini 在斯坦福大学教过的学生。现在这本第 10 版是由 Finnemore 主笔, 但其中的第 15、16 两章则是由 Franzini 博士改写的。

本书的组织结构

我们认为, 对工科大学生而言, 最重要的事情是把所探讨的物理现象非常清晰地予以形象化。因此, 大力强调流体力学的物理现象, 一直贯穿于本

书。在此书中，着重讲述流体力学的基本原理、基本假设以及在其应用方面的限制，然后演示怎样应用这些基本原理来解决实际的工程问题。这里要强调的是，教师要有较高的教学水平，以及师生双方都要有高度的智力。这样，他们才能很容易地掌握这些基本原理及其应用。书中列举了许多例题来证明这些基本原理的用法。当然，这些例题也有助于理解本教材的内容。在最重要的一些章末，附有带答案的运算练习，这有助于迅速增强学生对所讲解的主题及概念的理解。各章末所附的习题都是经过仔细挑选的、供学生作的课外作业，使学生能够彻底解决对基本原理的应用问题。只有通过许多运算练习和解题，学生才能感受到学习所必需的循序渐进过程。本书还在第1章中推荐了学习流体力学的方法以及解题方法。

本书实质上是很“自足”的。这样处置，使教师一般不需要依靠其他的资料即可回答预计学生在通常情况下可能提出的问题。这就要求对某些仅仅作了肤浅介绍的内容作更加详细的讨论。本书末提供了一份参考资料附表，可以指导那些希望深入探讨流体力学不同领域的学生。附录中包含了流体物理属性的内容以及其他有用的数值表。第1章写进了量纲和单位的知识。为了便于引用，本章还列出了各种转换系数以及一些重要的物理量和定义。

即使我们用的是英国重力（BG）单位制（英尺，斯勒，秒，磅）作为基本单位制，本书也列出了相应的SI单位制（国际单位制），本书还分别以BG制和SI制（二者的数值差不多相等的情况）编写了一些范例、操练题及习题。我们还使从BG制到SI制的转换简单易行。本书第1章写了对单位制及其转换的讨论。我们鼓励教师把习题按单位制来分配，使学生熟悉两种单位制的转换。

本版的改进之处

本版最显著的改进之处是增添了许多插图（110幅以上），用来帮助阐明操练题及习题，并帮助解释某些范例的答案。本书从头到尾采用了有选择性的编程习题及计算机算题。还编写了可用多种方法试凑求解的习题，增添了较多的相互参照条目。

本次改版中，着重改写了前8章。其中，通过课文简洁化以及增添更多的示范例题使课文更容易理解，并且使语言彻底现代化了。同时，增加了很

多插图。这 8 章中的例题及习题，有 40% 是新编的或更换了旧版中的题。

第 5 章改写得最多。伯努利方程的推导前移到了很早的位置，并增加了另外一种表达形式。该方程所依据的基本假设讲得更清楚了。导管中由壁面摩擦所产生的头损失和导管的总头损失之间的明显差别讲得更清楚了。这个结果将在后续章节中用到，关于气蚀怎样导致事故的问题，本版引用内向爆聚的最新显微摄影技术作了更好的解释。

其他章节的一些新增内容：计算流体力学（附图及照片），对水力效率最佳的槽道流动作了更清晰的讲解，单管流动的各个方面现在分拆成了好几个节，向运动水体中排放的淹没式出流，明渠中的输运问题，总结水坝作用的一览表，讲述用激光测量流速的各种方法，大地沉积中的流体传输数据，以及有关系的仿射定律的讨论。书中的操练题和习题总数已增加到了 1354 道。

有两个附件是新编的。其一总结了流体力学所用几类主要方程式的特征和性质；另一个附件则提供了在 HP48G 计算器上及在 Excel 和 MathCad 中应用方程求解器和多项式求解器进行求解所选定的范例。此外，对编程和计算机应用方面的附录 C 进行了升级，办法是增添了应用软件来模拟流动系统、流动组件、流动过程以及流场的许多算例。

本书的用法及课程规划

最出色、最简明的第一门流体力学课程应由本书第 1~7 章以及第 8 章的前半部组成；不过也有人希望将第 11 章（流体测量）的部分内容以及第 14 章（理想流的数学问题），放在前面。对流体力学有紧急需求的有些学校可能希望将本教材全部列入其课程或全体工程师要求的各门课程中。还有一些学校，可能只要求对所有的工程师讲授本书的部分内容就够了，而对于一些特殊的机械类专业的学生来说，可能还要开第二门课来讲授本书的其他内容。因此，对于建筑、环保以及农业工程师来说，要在第二门课程中强调第 10 章和第 12 章；而对于机械工程师来说，在第二门课程中大概只要着重讲授第 9 章和第 13 章就够了。有许多学校将本书作为水力机械专业的教科书。

对教师来说，与本书一同发行的解题手册可以从 McGraw-Hill 书店买到。其中有全部操练题和各章末所附习题的答案。为了方便起见，这些答案中重

复了对问题的描述以及附图。此手册中还提出了一些建议，即：怎样最有效地挑选习题作为课外作业。每一章还附有习题选择指南，它按难度、篇幅、所采用的单位制以及任何其他特点对各章的习题作了分类。

作者：E. John Finnemore

Joseph B. Franzini

物理量单位换算表

密度

$$1.00 \text{ kg/m}^3 = 1.9404 \times 10^{-3} \text{ slug/ft}^3 = 6.2430 \times 10^{-2} \text{ lbm/ft}^3$$
$$1.00 \text{ lbm/ft}^3 = 3.1081 \times 10^{-2} \text{ slug/ft}^3 = 16.018 \text{ kg/m}^3$$

能量或功

$$1.00 \text{ cal} = 4.187 \text{ J} = 4.187 \text{ N} \cdot \text{m}$$
$$1.00 \text{ Btu} = 778.2 \text{ ft} \cdot \text{lbf} = 0.2520 \text{ kcal} = 1055 \text{ J}$$
$$1.00 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.600 \times 10^6 \text{ J}$$

流量

$$1.00 \text{ gal/min} = 6.309 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 2.228 \times 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{sec}$$

力

$$1.00 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn} = 0.2248 \text{ lbf}$$
$$1.00 \text{ lbf} = 4.4482 \text{ N}$$
$$1.00 \text{ lbf} = 16.0 \text{ oz}$$
$$1.00 \text{ U. S. ton} = 2000 \text{ lbf} = 2.0 \text{ kip}$$

长度

$$1.00 \text{ m} = 3.2808 \text{ ft} = 39.37 \text{ in}$$
$$1.00 \text{ km} = 0.6214 \text{ mile} = 1093.6 \text{ yd}$$
$$1.00 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm}$$
$$1.00 \text{ ft} = 12 \text{ in} = 0.333 \text{ yd}$$
$$1.00 \text{ mile} = 5280 \text{ ft} = 1760 \text{ yd} = 1609.344 \text{ m}$$

质量

$$1.00 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 2.2047 \text{ lbm}$$
$$1.00 \text{ slug} = 32.174 \text{ lbm} = 14.593 \text{ kg}$$

功率

$$1.00 \text{ kW} = 1000.0 \text{ W} = 1000.0 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 0.2388 \text{ kcal/s}$$

$$1.00 \text{ kW} = 1.341 \text{ hp}$$

$$1.00 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lbf/sec} = 0.7457 \text{ kW}$$

$$1.00 \text{ Btu/s} = 1.415 \text{ hp}$$

$$1.00 \text{ Btu/h} = 0.29307 \text{ W}$$

压强

$$1.00 \text{ N/m}^2 = 1.4504 \times 10^{-4} \text{ lbf/in}^2 = 2.0886 \times 10^{-2} \text{ lbf/ft}^2$$
$$1.00 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$
$$1.00 \text{ psi} = 1.00 \text{ lbf/in}^2 = 6.8947 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$
$$1.00 \text{ psi} = 1.00 \text{ lbf/in}^2 = 144.00 \text{ lbf/ft}^2$$

比热容

$$1.00 \text{ N} \cdot \text{m} / (\text{kg} \cdot \text{K}) = 1.00 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K}) = 2.388 \times 10^{-4} \text{ Btu} / (\text{lbm} \cdot ^\circ \text{R}) = 5.979 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / (\text{slug} \cdot ^\circ \text{R})$$
$$1.00 \text{ Btu} / (\text{lbm} \cdot ^\circ \text{R}) = 32.174 \text{ Btu} / (\text{slug} \cdot ^\circ \text{R}) = 4.1879 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m} / (\text{kg} \cdot \text{K}) = 4.1879 \times 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

温度

$$\text{冰点的温度 } 273.15 \text{ K } (491.67^\circ \text{R})$$

$$1.00 \text{ K} = 0.556^\circ \text{R}$$

$$\text{K} = ^\circ \text{C} + 273.15$$

$$^\circ \text{R} = ^\circ \text{F} + 459.67$$

$$\text{T} \cdot ^\circ \text{F} = 1.8 (\text{T}/^\circ \text{C}) + 32$$

$$\text{T} \cdot ^\circ \text{R} = 1.8 (\text{T}/\text{K})$$

速度

$$1.00 \text{ m/s} = 3.60 \text{ km/h}$$

$$1.00 \text{ km/h} = 0.2778 \text{ m/s} = 0.6214 \text{ mile/h} = 0.9113 \text{ ft/sec}$$

$$1.00 \text{ ft/s} = 0.6818 \text{ mile/h} = 0.59209 \text{ knot}$$

$$1.00 \text{ mile/h} = 1.467 \text{ ft/sec} = 1.609 \text{ km/h} = 0.4470 \text{ m/s}$$

$$1.00 \text{ knot} = 1.15155 \text{ mile/h}$$

粘度

$$1.00 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1.00 \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s}) = 0.67197 \text{ lbm} / (\text{ft} \cdot \text{sec}) = 2.0866 \times 10^{-2} \text{ lbf} \cdot \text{sec} / \text{ft}^2$$

$$1.00 \text{ lbm} / (\text{ft} \cdot \text{sec}) = 3.1081 \times 10^{-2} \text{ lbf} \cdot \text{sec} / \text{ft}^2 =$$

$$1.4882 \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s})$$

$$1.00 \text{ lbf} \cdot \text{sec} / \text{ft}^2 = 47.88 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = 47.88 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1.00 \text{ cp} = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 0.001 \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s}) = 6.7197 \times 10^{-4} \text{ lbm} / (\text{ft} \cdot \text{sec})$$

$$1.00 \text{ stoke} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

体积

$$1.00 \text{ L} = 1000.00 \text{ cm}^3$$

$$1.00 \text{ barrel} = 5.6146 \text{ ft}^3$$

$$1.00 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3 = 0.03704 \text{ yd}^3 = 7.481 \text{ gal} = 28.32 \text{ L}$$

$$1.00 \text{ gal} = 3.785 \text{ L} = 3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1.00 \text{ bushel} = 3.5239 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

物理量符号表

A 为任何面积, ft^2 (m^2)	$\text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$
为与速度垂直的气流横截面积, ft^2 (m^2)	c_v 为气体的等容比热容, $\text{ft} \cdot \text{lb}/(\text{slug} \cdot ^\circ\text{R})$ [$\text{N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$
为与流体的绝对速度方向垂直的涡轮或泵中的面积, ft^2 (m^2)	D 为管道、涡轮转子、或泵的叶轮直径, ft 或 mm (m 或 mm)
A_r 为周向气流面积, ft^2 (m^2)	$D''V$ 为管直径 (按 in 计) 与平均流速 (按 ft/s 计) 的乘积
A_s 为水箱或水库中的液面面积, ft^2 或 acre (m^2 或 hectare)	Eu 为欧拉数 $= V/\sqrt{2\Delta p/\rho}$ [量纲为 1]
a 为与流体的相对速度垂直的涡轮或泵中的面积, ft^2 (m^2)	E 为明渠中的比能 $= \gamma + V^2/2g$, ft (m)
为移动加速度, ft/sec^2 (m/s^2)	为线性弹性模量, lb/ft^2 (N/m^2)
B 为任何宽度, ft (m)	E_j 为弹性流体在弹性管道中的“联合”体积弹性模量, lb/ft^2 (N/m^2)
为明渠的水面宽度, ft (m)	E_v 为体积弹性模量, lb/ft^2 (N/m^2)
为涡轮转子或泵的叶轮在圆周方向的宽度, ft (m)	e 为表面粗糙度的投影高度 ft (mm)
b 为明渠的底部宽度, ft (m)	为 2.71828182846...
C 为空穴数 $= (p - p_v) / \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right)$ [量纲为 1]	Fr 为弗鲁德数 $= V/\sqrt{gL}$ [量纲为 1]
C 为任何系数 [量纲为 1]	F 为任何力, lb (N)
为谢齐系数 [$\text{ft}^{1/2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ($\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$)]	F_D 为阻力, lb (N)
C_c 为收缩系数	F_L 为升力, lb (N)
C_d 为流量系数	f 为管流的摩擦系数 [量纲为 1]
C_v 为速度系数	G 为重量流量 $= dW/dt = \dot{m}g = \gamma Q$, lb/sec (N/s)
C_D 为阻力系数 [量纲为 1]	g 为重力加速度 $= 32.1740\text{ft}/\text{s}^2$ ($9.80665\text{m}/\text{s}^2$) (标准)
C_f 为全部表面上的平均摩擦阻力系数 [量纲为 1]	为 $32.2\text{ft}/\text{sec}^2$ ($9.81\text{m}/\text{s}^2$), 用于一般计算
C_{HW} 为哈森-威廉管道粗糙度系数, $\text{ft}^{0.37}/\text{sec}$ ($\text{m}^{0.37}/\text{s}$)	H 为总能头 $= p/\gamma + z + V^2/2g$, ft (m)
C_L 为升力系数 [量纲为 1]	为堰或溢洪道的压头, ft (m)
C_p 为压强系数 $= \Delta p / \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right)$ [量纲为 1]	h 为任何压头, ft (m)
c 为液体的比热容, $\text{Btu}/(\text{slug} \cdot ^\circ\text{R})$ [$\text{cal}/(\text{g} \cdot \text{K})$] 或 $\text{N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	为单位质量气体的焓 (能量) $= i + p/\rho$, $\text{ft} \cdot \text{lb}/\text{slug}$ ($\text{N} \cdot \text{m}/\text{kg}$)
为波速 (快捷度), ft/sec (m/s)	h' 为次要压头损失, ft (m)
为声 (音) 速 (快捷度), ft/sec (m/s)	h_a 为加速压头 $= (L/g) (dV/dt)$, ft (m)
c_f 为局部摩擦系数 [量纲为 1]	h_c 为面积的形心深度, ft (m)
c_j 为弹性管道内弹性流体中压力波的传播速度 (快捷度), ft/sec (m/s)	h_f 为壁面或管道摩擦导致的压头损失, ft (m)
c_p 为气体的等压比热容, $\text{ft} \cdot \text{lb}/(\text{slug} \cdot ^\circ\text{R})$ [$\text{N} \cdot \text{m}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	h_L 为所有因素导致的总压头损失, ft (m)
	h_M 为由某种机械加给单位重量流体的能量, $\text{ft} \cdot \text{lb}/\text{lb}$ ($\text{N} \cdot \text{m}/\text{N}$)

h_0 为气体的滞止 (或总) 焓 $= h + \frac{1}{2} V^2$, ft · lbf/sulg (N · m/kg)

h_p 为压力中心的深度, ft (m)

为泵加给液流的压头, ft (m)

h_t 为涡轮机从液流中获取的压头, ft (m)

I 为一块面积的惯性矩, ft⁴ 或 in⁴ (m⁴ 或 mm⁴)

为单位重量流体的内部热能 $= i/g$, ft · lbf/lbf (N · m/N)

I_c 为绕形心轴的惯性矩, ft⁴ 或 in⁴ (m⁴ 或 mm⁴)

i 为单位质量流体的内部热能 $= gI$, ft · lbf/sulg (N · m/kg)

K 为任何常数 [量纲为 1]

k 为任何损失系数 [量纲为 1]

为比热容比 $= c_p/c_v$ [量纲为 1]

L 为长度, ft (m)

L_r 为 $1/\lambda$ = 尺度比 $= L_p/L_m$ [量纲为 1]

l 为混合长度, ft 或 in (m 或 mm)

Ma 为马赫数 $= V/C$ [量纲为 1]

M 为分子质量, sulg/sulg-mol (kg/kg-mol)

m 为质量 $= W/g$, sulg (kg)

$\dot{m}$ 为质量流量 $= dm/dt = \rho Q$, sulg/s (kg/s)

N 为任何量纲为 1 的数

N_s 为比速度 $= n_e \sqrt{gpm}/h^{3/4}$ (泵) } [量纲为 1]
为比速度 $= n_e \sqrt{bhp}/h^{5/4}$ (涡轮) }

NPSH 为净正抽吸压头, ft (m)

n 为某个指数或一般情况下的任意数目

为粗糙度的曼宁系数, sec/ft^{1/3} (s/m^{1/3})

为转数/分钟, min⁻¹

n_e 为水力机械以最大效率运行时的转速, r/min

P 为功率, ft · lbf/sec (N · m/s)

为堰或溢洪道顶部到渠道底部的高度, ft (m)

为湿周长, ft (m)

p 为流体压强, lbf/ft² 或 lbf/in² (N/m² = Pa)

p_{atm} 为大气压强, lbf/in² abs (N/m² abs)

p_b 为气流的反压, lbf/ft² 或 lbf/in² (Pa)

p_o 为滞止压强, lbf/ft² 或 lbf/in² (Pa)

p_v 为蒸汽压强, lbf/ft² abs (N/m² abs)

Q 为体积流量 (出流流量), ft³/s (m³/s)

Q_H 为对单位质量气流的加热量, ft · lbf/lbf (N · m/N)

q 为矩形渠道单位宽度的体积流量, ft²/sec (m²/s)

q_H 为单位质量流体所传递的热量, ft · lbf/sulg (N · m/kg)

Re 为雷诺数 $= LV\rho/\mu = LV/\nu$ [量纲为 1]

R 为气体常数, ft · lbf/(sulg · °R) 或 N · m/(kg · K)

R_h 为水力半径 $= A/P$, ft (m)

R_m 为压力计读数, ft 或 in (m 或 mm)

R_0 为通用气体常数 $= 49709 \text{ ft} \cdot \text{lbf}/(\text{sulg} \cdot \text{mol} \cdot \text{°R})$ [8312 N · m/(kg · mol · K)]

r 为任意半径, ft 或 in (m 或 mm)

r_0 为管道半径, ft 或 in (m 或 mm)

S 为能量坡度线的斜率 $= h_L/L$

S_c 为明渠流动的临界斜率 } [量纲为 1]
 S_o 为渠底的斜率 }
 S_w 为水面的斜率 }

s 为流体的相对密度 = 密度与标准流体 (水, 空气, 或氢) 的密度之比 [量纲为 1]

T 为温度, °F 或 °R (°C 或 K)

为压力波传播的时间周期, sec (s)

为力矩, ft · lbf (N · m)

T_0 为气体的滞止温度 $= T + \frac{1}{2} V^2/c_p$, °F 或 °R (°C 或 K)

T_r 为压力波的传播时间 (脉冲间隔), sec (s)

t 为时间, sec (s)

为厚度, ft 或 in (m 或 mm)

t_c 为阀门完全关闭或部分关闭所需时间, sec (s)

U, U_0 为流体的直匀速度, ft/sec (m/s)

u 为一个固体物的速度, ft/sec (m/s)

为旋转物体上一个点的切向速度 $= r\omega$, ft/sec (m/s)

为流体的局部速度, ft/sec (m/s)

u' 为沿流向的湍流速度脉动, ft/sec (m/s)

u_* 为剪应力速度或摩擦速度 $= \sqrt{\tau_o/\rho}$, ft/sec (m/s)

V 为流体的平均速度, ft/sec (m/s)

为水力机械中流体的绝对速度, ft/sec (m/s)

V_c 为明渠流动中的临界平均速度, ft/sec (m/s)

V_j 为射流速度, ft/sec (m/s)

V_m 为子午面上的速度, ft/sec (m/s)

V_r 为径向分速 $= V \sin \alpha = v \sin \beta$, ft/sec (m/s)

V_u 为切向分速 $= V \cos \alpha = u + v \cos \beta$, ft/sec (m/s)

$\forall$ 为任意体积, ft³ (m³)

v 为水力机械中流体的相对速度, ft/sec (m/s)

为比体积 $= 1/\rho$, ft³/sulg (m³/kg)

v_r 为相对速度的径向分速 $= v \sin \beta$, ft/sec (m/s)

v_u 为相对速度的切向分速 $= v \cos \beta$, ft/sec (m/s)

v' 为垂直于流动方向的湍流速度脉动, ft/sec (m/s)

u, v, w 为沿 x, y, z 方向的速度分量, ft/sec (m/s)

Wb 为韦伯数 $= V/\sqrt{\sigma/\rho L}$ [量纲为 1]

W 为总重量, lbf (N)

x 为距离, 通常与气流平行, ft (m)

x_c 为从前缘到边界层变为湍流的那一点的距离, ft (m)

y 为流体静力学中沿着一个平面的距离, ft (m)

为明渠流动的总深度, ft (m)

y_c 为明渠流动的临界深度, ft (m)

为到形心的距离, ft (m)

y_h 为水力学 (平均) 深度 $= A/B$, ft (m)

y_0 为明渠中直匀流的深度 (垂直深度), ft (m)

y_p 为到压心的距离, ft (m)

z 为任何一个基准面以上的高度, ft (m)

α 为旋转机械中, V 和 u 之间的夹角, 沿正方向度量

为动能修正系数 [量纲为 1]

β 为旋转机械中, v 和 u 之间的夹角, 沿正方向度量

为动量修正系数 [量纲为 1]

Γ 为环量, ft²/sec (m²/s)

γ 为重度, lbf/ft³ (N/m³)

δ 为边界层厚度, in (mm)

δ_c 为湍流中, 粘性底层的厚度, in (mm)

δ_t 为湍流中, 转换边界层的厚度, in (mm)

ε 为运动涡粘性, ft²/sec (m²)

η 为涡粘性, lbf · sec/ft² (N · s/m²)

为水力机械效率

θ 为任意角度

λ 为模型比或模型尺度 $= 1/(\text{尺度比}) = L_m/L_p$ [量纲为 1]

μ 为绝对粘度或动力粘度, lbf · s/ft² (N · s/m²)

ν 为运动粘度 $= \mu/\rho$, ft²/sec (m²/s)

ξ 为涡度, sec⁻¹ (s⁻¹)

Π 为量纲为 1 的参数

$\pi = 3.14159265359 \dots$

ρ 为密度, 单位体积的质量 $= \gamma/g$, sulg/ft³ (kg/m³)

ρ_o 为气体的滞止密度, sulg/ft³ (kg/m³)

Σ 为求和

σ 为表面张力, lbf/ft (N/m)

为涡轮机中的气蚀参数 [量纲为 1]

为堰的沉入度 $= h_d/h_o$ [量纲为 1]

σ_c 为涡轮机中的临界空穴参数 [量纲为 1]

τ 为剪应力, lbf/ft² (N/m²)

$\bar{\tau}_0$ 为壁面或边界处的剪应力, lbf/ft² (N/m²)

ϕ 为任何函数

为速度位, ft²/sec (m²/s) (二维流)

为周向速度系数 $= u_{\text{周向}}/\sqrt{2gh}$ [量纲为 1]

ϕ_c 为最大效率点处的周向速度系数 [量纲为 1]

ψ 为流函数, ft²/sec (m²/s) (二维流)

ω 为角速度 $= u/r = 2\pi n/60$, rad/sec (rad/s)

目 录

译者序

原书序

物理量单位换算表

物理量符号表

第1章 绪论 1

- 1.1 流体力学的范畴 1
- 1.2 流体力学的发展简史 2
- 1.3 本书的内容及怎样学好
流体力学 2
- 1.4 解题的方法 3
- 1.5 量纲和单位 5

第2章 流体的属性 10

- 2.1 固体和流体的区别 10
- 2.2 气体和液体的区别 10
- 2.3 密度 重度 比体积
相对密度 11
- 2.4 可压缩流体与不
可压缩流体 12
- 2.5 液体的压缩性 13
- 2.6 液体的重度 14
- 2.7 完全气体的属性关系式 16
- 2.8 完全气体的压缩性 19
- 2.9 标准大气 20
- 2.10 理想流体 22
- 2.11 粘性 22
- 2.12 表面张力 28
- 2.13 液体的蒸气压 30
- 习题 31

第3章 流体静力学 35

- 3.1 一点处的压强与方向无关 35
- 3.2 静止液体中压强的变化 36

3.3 用流体高度表示的压强 39

3.4 绝对压强与表压 41

3.5 压强的测量 42

3.6 平面面积上的作用力 50

3.7 压力中心 51

3.8 曲面上的作用力 58

3.9 浮力与淹没物体及浮体的
稳定性 61

3.10 有加速度作用时的
液体质量 66

习题 69

第4章 流体运动学基础 73

- 4.1 流体流动分类 73
- 4.2 层流与湍流 74
- 4.3 定常流与直匀流 76
- 4.4 轨线、流线及染色线 77
- 4.5 流量与平均流速 77
- 4.6 流体系统与控制体 79
- 4.7 连续方程 81
- 4.8 一维流、二维流及三维流 82
- 4.9 流动网络 83
- 4.10 流动网络的应用与限制 85
- 4.11 流动问题中的参考架构 87
- 4.12 定常流中的速度和加速度 88
- 4.13 非定常流中的速度
和加速度 91
- 习题 93

第5章 定常流中的能量 96

- 5.1 运动流体中的各种能量 96
- 5.2 理想流体沿流线的定常流运动
方程及伯努利定理 99
- 5.3 实际流体沿流线的定常

流运动方程	101	6.12 机械功的压头当量	166
5.4 流体流动时的压强	104	6.13 通过旋转通道的流动	166
5.5 任意流体定常流的 通用能量方程	105	6.14 有旋转条件下的反作用	167
5.6 不可压缩流体定常流的能量 方程及伯努利定理	108	6.15 动量定理在螺旋桨及风车 上的应用	168
5.7 可压缩流体定常流的能量 方程	111	习题	171
5.8 能量头	113	第7章 相似律及量纲分析	177
5.9 运动流体的功率	113	7.1 相似律的定义及应用	177
5.10 空化	116	7.2 几何相似	177
5.11 水力坡度线与能量线的 定义	118	7.3 运动相似	178
5.12 淹没式出流的压头损失	120	7.4 动力相似	178
5.13 水力坡度线与能量线的 应用	120	7.5 尺度比	184
5.14 液体流动问题的求解方法	123	7.6 对模型的一些说明	185
5.15 射流轨迹	126	7.7 量纲分析	187
5.16 弯曲通道中的流动	128	习题	192
5.17 强迫涡或有漩涡	129	第8章 加压导管中的定常不可 压缩流	195
5.18 自由涡或无漩涡	131	8.1 层流与湍流	195
习题	134	8.2 临界雷诺数	196
第6章 运动流体的动量和力	139	8.3 水力半径、水力直径	197
6.1 动量定理的推导	139	8.4 等截面导管中的摩擦头损失	197
6.2 纳维—斯托克斯方程	141	8.5 圆形导管中的摩擦损失	199
6.3 动量修正系数	142	8.6 非圆形导管中的摩擦损失	201
6.4 动量定理的应用	143	8.7 圆管层流	202
6.5 作用在压力管道上的力	145	8.8 层流的进口段状况	203
6.6 自由射流作用在固定叶片或 浆叶上的力	149	8.9 湍流	205
6.7 运动叶片的绝对速度与相对 速度之间的关系	151	8.10 湍流的粘性底层	208
6.8 射流作用在一个或多个运动 叶片上的力	152	8.11 湍流的速度型	211
6.9 射流的反作用	156	8.12 管壁粗糙度	213
6.10 喷气推进	159	8.13 摩擦系数图线	216
6.11 旋转机械的连续性、相对 速度及转矩	160	8.14 单管流动：求解的基础	218
		8.15 单管流动：猜试法求解	219
		8.16 单管流动：直接求解	224
		8.17 单管流动：自动化求解	227
		8.18 单管流动的经验公式	228
		8.19 不严谨的压头损失公式	229
		8.20 湍流的次要损失	230

8.21 进口段的压头损失	231	第 10 章 明渠中的定常流	311
8.22 淹没式出流的压头损失	232	10.1 明渠	311
8.23 收缩损失	234	10.2 均匀流	312
8.24 扩张损失	235	10.3 均匀流问题的解	316
8.25 管接头中的损失	238	10.4 明渠中的流速分布	319
8.26 弯管与弯头中的损失	239	10.5 宽而浅的水流	320
8.27 有次要损失的单管流动	241	10.6 水力最佳断面	321
8.28 装有水泵或水轮机的管路	246	10.7 非满流的圆形断面	324
8.29 分支管路	249	10.8 明渠中的层流	326
8.30 串联管路	255	10.9 矩形渠道中的比能与水深的 关系	328
8.31 并联管路	257	10.10 缓流与急流	331
8.32 管网	260	10.11 非矩形渠道的临界水深	332
8.33 管道流动的进一步讨论	263	10.12 临界水深的出现	334
习题	264	10.13 隆起与收缩	335
第 9 章 绕流物体所受的力	276	10.14 非均匀流或变流	339
9.1 引言	276	10.15 渐变流的能量方程	340
9.2 不可压缩流边界层的摩擦 阻力	277	10.16 渐变流水面线(矩 形渠)	342
9.3 不可压缩流体沿光滑平板的 层流边界层	279	10.17 水面线的举例	345
9.4 不可压缩流体沿光滑平板的 湍流边界层	281	10.18 水跃	348
9.5 不可压缩流体沿着带有转 捩区的光滑平板摩擦阻力	284	10.19 水跃的位置	352
9.6 边界层的分离与压差阻力	286	10.20 重力波的速度	354
9.7 作用在三维物体上的阻力 (不可压缩流体)	288	10.21 弯渠水流	356
9.8 作用在二维物体上的阻力 (不可压缩流体)	293	10.22 过渡区	358
9.9 升力与环量	295	10.23 涵洞的水力学	360
9.10 圆柱体的理想流体绕流	296	10.24 明渠流动的深入论题	363
9.11 翼型的升力	299	习题	364
9.12 有限翼展机翼的诱导阻力	300	第 11 章 流体的测量	372
9.13 升力及阻力图线	302	11.1 流体属性的测量	372
9.14 压缩性对阻力和升力的 影响	304	11.2 静压的测量	374
9.15 小结	305	11.3 用皮托管测量液体的速度	375
习题	306	11.4 用其他方法测量水流速度	378
		11.5 流量的测量	380
		11.6 孔口、喷嘴、管嘴	381
		11.7 文丘里管流量计	388
		11.8 流量喷嘴	392