

21 世纪能源与动力系列教材
Textbook Series of Energy & Power for 21st Century

工程流体力学

Fluid Mechanics with Engineering Applications

◇ 主 编 / 赵孝保

◇ 副主编 / 周 欣



东南大学出版社

21 世纪能源与动力系列教材

工 程 流 体 力 学

主 编 赵孝保

副主编 周 欣

主 审 顾伯勤

东南大学出版社

内 容 提 要

工程流体力学是力学的基本原理在液体和气体中实际应用的一门科学。本书融合了国内外最新教材的特点,侧重于基础性和工程应用性。主要介绍了流体静力学中流体静止或相对静止时流体内压力分布、压力测量、作用在平面和曲面上的静压力;流体运动学中流场、流线、速度分布、有旋与无旋流动、流函数、势函数和流网;流体动力学中不可压缩流体与可压缩流体的质量、能量和动量守恒定律,以及这些定律在管道内部和物体外部流动中的实际应用。

本书可以作为能源动力工程、建筑环境与设备工程、环境工程、机械工程、石油和化学工程、航空航天工程以及生物工程等专业的学生学习的教材,还可以作为从事与流体流动相关的研究和应用的工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工程流体力学/赵孝保主编. —南京:东南大学出版社,2004.1

(21世纪能源与动力系列教材)

ISBN 7-81089-382-3

I. 工... II. 赵... III. 工程力学:流体力学
IV. TB126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 125667 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京工大印务有限公司印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.75 字数:368千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025—83795801)

21 世纪能源与动力系列教材编委会

主任 侯小刚

编委 侯小刚 赵孝保 丁轲轲

徐生荣 张 奕 周 欣

郭恩震 卢 平 余跃进

辛洪祥

序

热现象是自然界中最普遍的物理现象。工程热力学、传热学是以热现象为研究对象的学科,主要研究热能与机械能或其他形式能量之间的转换与传递规律,研究热能的合理、有效利用技术及方法。热能的转换、传输、控制、优化与利用的各环节都离不开对流体流动规律的认识与利用,离不开燃烧理论与技术的研究与运用。因此,工程流体力学、工程热力学、传热学、燃烧理论与技术等几门课程成为能源与动力类专业的主要技术基础课。

古人云:巧心、劳力、成器物者曰工。作为工程技术学科的教材,要体现探求规律,认识规律,运用规律,物化成果的要求。针对应用型工程技术专业的实际需要,南京师范大学等院校开展了对能源与动力学科系列课程的建设与改革,在此基础上组织编写了工程流体力学、工程热力学、传热学、燃烧理论与技术等课程教材,作为能源动力类系列教材推出。几本教材既相互联系,又各具特色。随着教育、教学改革的深入,将陆续出版能源动力类系列教材。

工程专业是关于科学知识的开发应用和关于技术的开发应用的,在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的,一种有创造力的专业。因此,对于工程应用专业人才,需要他们具备宽广的专业面、全面的工程素质。上述几本教材,还可以作为大多数工程技术专业的公共技术基础课程用,在培养全面发展的工程技术人才方面发挥作用。

侯小刚

2003 年 10 月于南京师范大学

前 言

工程流体力学是热能与动力工程、建筑环境与设备工程和环境工程等专业必修的专业基础课程。本课程主要研究包括气体和液体在内的流体在静止和运动时的力学规律及流体与固体壁面间的相互作用力。因为流体普遍存在于生活和工程中,所以流体力学同时是动力工程、城市建筑工程、环境工程、机械工程、冶金工程、石油与化学工程、航空航天工程以及生物工程等诸多领域的基础知识之一。流体力学已经成为部分工科院校的相同的基础课程。

本教材融合了国内外最新教材的长处和特点,突出了基础性和工程应用性。全书共分10章,第0章引言介绍了流体力学的工程应用和学习流体力学的方法,第1章流体性质介绍了与流体流动相关的流体性质,第2章流体静力学介绍了流体静止或相对静止时力学规律及工程应用,第3章流体动力学基础分析并引入了描述流体运动和流体与固体壁面间相互作用的几个重要的基本方程,第4章量纲分析与相似性原理介绍了量纲和量纲分析方法及相似性原理的应用,第5章管内不可压缩流体流动介绍了管内流体流动的计算与管网分析,第6章绕流流动与边界层介绍了流体绕物体的流动及计算,第7章理想流体流动介绍了无粘性理想流体流动的数学分析,第8章流体测量介绍了流体流动速度和流量等参数的测量方法,第9章气体动力学基础介绍了可压缩气体的流动规律。

全书由赵孝保博士任主编,周欣老师任副主编,其中第0、1、5、6、7、8章由南京师范大学动力工程学院赵孝保博士编写,第2、9章由南京工程学院动力工程系周欣老师编写,第3、4章由周欣老师和赵孝保博士共同编写。本书由南京工业大学机械与动力工程学院常务副院长顾伯勤教授任主审。

教材编写得到了东南大学出版社朱珉老师的热情支持和帮助,得到了南京师范大学动力工程学院领导的支持和鼓励,得到了南京师范大学品牌与特色专业建设项目的资助。由于编者水平所限,书中存在的错误在所难免,敬请读者赐教和指正。

编者

2003年12月

主要符号表

A	面积(m^2)
a	加速度(m/s^2); 湍流系数(/)
B	宽度(m)
C	流量系数(/)
C_c	收缩系数
c_p	压差阻力系数(/); 定压比热[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]
c_v	定容比热[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]
C_f	摩擦阻力系数(/)
C_D	绕流阻力系数(/)
C_L	浮力系数(/)
c	音速(m/s); 压力波传播速度(m/s)
D	直径(m)
d_e	当量直径(m)
E_v	液体弹性模量(N/m^2)
E_s	壁面弹性模量(N/m^2)
e	当量粗糙高度(m)
F	力(N)
F_D	绕流阻力(N)
F_f	摩擦阻力(N)
F_L	浮力(N)
f	单位质量力(N/kg); 旋涡脱离频率($1/\text{s}$)
G	重量(N)
g	重力加速度($= 9.81\text{m}/\text{s}^2$)
H, h	高度(m)
h	比焓
h_f	沿程摩擦阻力损失(m)
h_i	局部阻力损失(m)
h_L	阻力损失(m)
h_p	水泵扬程(m)
K	微压计系数(/); 流动系数(/)
k	比例系数(/); 绝热指数(/)
L, l	管长(m)
L_e	入口段长度(m); 当量管长(m)
M	分子量力矩($\text{N} \cdot \text{m}$)
n	转速(r/min)
P	做功量(W)
p	压力(单位面积上的压力)(N/m^2)

P_a	大气压力(N/m ²)
p_f	压力损失(N/m ²)
p_g	表压力(N/m ²)
p_p	风机压头(N/m ²)
p_v	饱和蒸汽压(N/m ²);真空压力(N/m ²)
p_0	驻点处压力(N/m ²)
Q	发热量(J)
q_v	体积流量(m ³ /s)
q_m	质量流量(kg/s)
q	源流强度
R	气体常数[J/(kg·K)];射流断面半径(m)
R_h	水力半径(m)
r	半径(m)
s	射流长度(m);比熵
T	绝对温度(K);力矩(N·m)
T_r	传播时间(s)
t	时间(s)
U, u	流速(m/s);圆周速度(m/s)
u	内能
V	体积(m ³)
V_p	压力体(m ³)
v	比容;平均速度(m/s)
w	相对速度(m/s)
x	坐标轴(m)
Y	膨胀系数(/)
y	坐标轴(m)
z	坐标轴(m);位置高度(m)
α	热胀系数(1/K);夹角(°);与速度分布有关的系数(/)
β	液体压缩率(m ² /N);与速度分布有关的系数(/)
χ	湿周(m)
Γ	环流量(速度环量)
γ	重度(N/m ³)
δ	平板间距(m);壁面厚度(m);边界层厚度(m)
δ_s	粘性底层厚度(m)
ϵ	运动旋涡粘度(m ² /s)
η	旋涡粘度(N·s/m ²);无量纲坐标(= y/δ)
θ	角度(°)
λ	沿程阻力系数(/)
μ	绝对粘度(N·s/m ²)
ν	运动粘度(m ² /s)
ξ	局部阻力系数(/)
ρ	密度(kg/m ³)
σ	表面张力(N/m)

τ	应力(N/m ²)
τ_0	壁面切应力(N/m ²)
φ	势函数
ψ	流函数
Ω	旋涡量
π	势函数,无量纲组合参数
ω	旋转角速度(1/s);旋转速率
Eu	欧拉数($= \frac{p}{\rho v^2}$)
Fr	弗汝德数($= \frac{v^2}{gl}$)
Re	雷诺数($= \frac{vd}{\nu}$)
Mu	马赫数($= \frac{v}{c}$)
We	韦伯数($= \frac{\rho v^2}{\sigma}$)

目 录

主要符号表	(1)
■ 引言	(1)
0.1 流体力学的应用	(1)
0.2 流体力学的内容及发展	(1)
0.3 工程流体力学的学习	(2)
■ 流体性质	(4)
1.1 流体的定义	(4)
1.2 密度与可压缩性	(4)
1.3 理想气体及状态方程	(7)
1.4 粘性	(8)
1.5 表面张力	(11)
1.6 液体的蒸汽压力	(13)
本章小结	(14)
习 题	(14)
■ 流体静力学	(16)
2.1 作用在流体上的力	(16)
2.1.1 质量力	(16)
2.1.2 表面力	(16)
2.2 流体静压力及其特性	(17)
2.2.1 流体静压力	(17)
2.2.2 流体静压力的特性	(17)
2.3 流体的平衡微分方程	(18)
2.3.1 流体平衡微分方程	(18)
2.3.2 力的势函数和有势力	(19)
2.3.3 等压面	(20)
2.4 重力场中流体的平衡	(20)
2.4.1 静力学基本方程式	(20)
2.4.2 静力学基本方程式的物理意义与几何意义	(21)
2.4.3 绝对压力 相对压力 真空	(21)
2.5 非惯性坐标系中液体平衡	(23)

2.5.1 等加速直线运动容器内液体的相对平衡	(23)
2.5.2 等角速度旋转容器中液体的相对平衡	(24)
2.6 液柱式测压计	(28)
2.6.1 测压管	(28)
2.6.2 U形管测压计	(28)
2.6.3 U形管差压计	(29)
2.6.4 倾斜微压计	(29)
2.7 静止液体作用在平面上的总压力	(31)
2.7.1 总压力的大小	(31)
2.7.2 总压力的作用点	(32)
2.8 静止液体作用在曲面上的总压力	(33)
2.8.1 总压力的大小和方向	(33)
2.8.2 总压力的作用点	(34)
2.8.3 压力体	(35)
2.9 浮力原理	(36)
本章小结	(38)
习 题	(40)
3 流体动力学基础	(46)
3.1 研究流体运动的方法	(46)
3.2 流动的分类	(47)
3.2.1 按流体性质分类	(47)
3.2.2 按与时间的关系分类	(48)
3.2.3 按与空间的关系分类	(48)
3.2.4 按运动状态分类	(49)
3.3 流体动力学的基本概念	(49)
3.3.1 迹线	(49)
3.3.2 流线	(49)
3.3.3 流管、流束和总流	(50)
3.3.4 过流断面及水力要素	(50)
3.3.5 流量和平均流速	(51)
3.3.6 稳定流动的类型	(51)
3.4 系统与控制体	(52)
3.4.1 系统与控制体的概念	(52)
3.4.2 系统内的某种物理量对时间的全导数公式	(52)
3.5 一维流动的连续性方程	(54)
3.6 理想流体一维稳定流动伯努里能量方程	(55)
3.6.1 欧拉方程	(55)
3.6.2 伯努里方程	(56)
3.6.3 理想流体一维稳定流动能量方程的物理意义和几何意义	(56)

3.6.4 理想流体相对运动的伯努里方程	(57)
3.7 沿流线主法线方向的压力和速度变化	(58)
3.8 粘性流体总流的伯努里方程	(59)
3.8.1 粘性流体微元流束的伯努里方程	(59)
3.8.2 粘性流体总流的伯努里方程	(59)
3.8.3 恒定气体流动的伯努里方程	(60)
3.9 伯努里方程的应用	(61)
3.10 动量方程与动量矩方程	(64)
3.10.1 动量方程	(64)
3.10.2 动量矩方程	(65)
本章小结	(69)
习 题	(71)
4 量纲分析与相似原理	(78)
4.1 单位和量纲	(78)
4.2 相似性原理	(79)
4.2.1 几何相似	(79)
4.2.2 运动相似	(79)
4.2.3 动力相似	(80)
4.3 相似准则数	(80)
4.3.1 欧拉(Eu)数	(80)
4.3.2 弗汝德(Fr)数	(81)
4.3.3 雷诺(Re)数	(81)
4.3.4 马赫(Ma)数	(81)
4.3.5 韦伯(We)数	(82)
4.4 近似模型试验	(82)
4.5 量纲分析	(84)
4.5.1 瑞利法	(84)
4.5.2 π 定理	(85)
本章小结	(88)
习 题	(88)
5 管内不可压缩流体流动	(91)
5.1 层流与湍流流动	(91)
5.2 等截面管道内粘性流动沿程水头损失	(92)
5.3 圆管道内切应力分布	(93)
5.4 圆管道内层流流动及粘性摩擦损失	(94)
5.5 层流流动入口段长度	(95)
5.6 湍流旋涡粘度与混合长度理论	(96)
5.7 湍流流动中的粘性底层	(99)

5.8	湍流流动中的速度分布	(101)
5.9	沿程摩擦阻力系数计算	(103)
5.10	摩擦系数曲线图(莫迪 Moody 图)	(104)
5.11	简单管道内流动计算	(104)
5.12	局部阻力损失	(108)
5.12.1	管道进口处损失	(108)
5.12.2	突然扩大损失	(109)
5.12.3	渐扩管	(110)
5.12.4	出口处损失	(111)
5.12.5	收缩管道处的局部损失	(111)
5.12.6	弯管处的水头损失	(111)
5.12.7	附件处流动损失	(112)
5.13	管路流动计算	(112)
5.13.1	简单管路流动阻力计算	(112)
5.13.2	管道中有泵、风机和水轮机的管路计算	(114)
5.14	管路及管网阻力计算	(115)
5.14.1	串联管路	(115)
5.14.2	并联管路	(116)
5.14.3	分叉管路系统	(118)
5.14.4	管网计算	(119)
5.15	管路中的水锤现象	(121)
	本章小结	(123)
	习 题	(124)
6	绕流流动与边界层	(127)
6.1	绕流流动阻力	(127)
6.2	边界层	(128)
6.3	不可压缩流体边界层内摩擦阻力	(129)
6.4	光滑平板表面上不可压缩流体流动的层流边界层	(130)
6.5	光滑平板上不可压缩流体流动的湍流边界层	(131)
6.6	光滑平板上具有过渡区域的不可压缩流体摩擦阻力	(133)
6.7	边界层分离和压差阻力	(133)
6.8	不可压缩流体绕三维物体流动时的阻力	(135)
6.9	不可压缩流体绕长柱体的流动阻力	(139)
6.10	升力	(140)
6.11	气体射流	(140)
6.11.1	射流结构与特征	(141)
6.11.2	圆断面射流分析	(142)
6.12	纳维尔-斯托克斯方程(N-S 方程)及其求解	(143)
6.12.1	粘性应力分析	(143)

6.12.2 粘性力	(144)
6.12.3 N-S方程	(144)
6.12.4 N-S方程的求解	(145)
本章小结	(147)
习 题	(149)
7 理想流体流动	(150)
7.1 连续性微分方程	(150)
7.2 不旋转流动	(151)
7.3 速度环量与旋涡量	(153)
7.4 流函数	(153)
7.5 基本流动的流场与流场叠加	(154)
7.5.1 均匀直线流动	(154)
7.5.2 源流或汇流	(155)
7.5.3 流场叠加	(155)
7.6 速度势	(156)
7.7 流网	(157)
本章小结	(159)
习 题	(160)
8 流体测量	(162)
8.1 流体物性测量	(162)
8.2 静压测量	(163)
8.3 用毕托(Pitot)管测量流速	(165)
8.4 测量速度的其他方法	(166)
8.4.1 水流计和风速仪	(166)
8.4.2 热线风速仪	(166)
8.4.3 漂浮测量	(166)
8.4.4 照相和光学测量	(166)
8.4.5 激光技术	(166)
8.4.6 其他测速仪器与方法	(167)
8.5 流量测量	(167)
8.6 孔口、喷嘴和管嘴出流	(167)
8.6.1 出流的定义	(167)
8.6.2 出流系数	(168)
8.6.3 自由出流的水头损失	(168)
8.6.4 淹没出流的水头损失	(169)
8.7 文丘里(Venturi)流量计	(170)
8.8 喷嘴流动	(172)
8.9 孔板流量计	(172)

8.10 可压缩流体的流量测量	(174)
8.11 测量流量的其他方法	(175)
本章小结	(176)
习 题	(176)
9 气体动力学基础	(179)
9.1 音速 马赫数	(179)
9.1.1 音速	(179)
9.1.2 马赫(Ma)数	(181)
9.2 气体一维绝能定常流动和等熵定常流动	(181)
9.2.1 绝能定常流动	(181)
9.2.2 等熵定常流动	(182)
9.2.3 三种特定状态	(183)
9.2.4 速度系数	(185)
9.2.5 流量函数	(186)
9.3 正激波	(187)
9.3.1 正激波的形成及传播速度	(187)
9.3.2 正激波前后气流参数的关系	(189)
9.4 微弱扰动在气体中的传播	(193)
9.5 膨胀波	(194)
9.6 斜激波	(195)
9.6.1 斜激波的形成	(195)
9.6.2 斜激波前后参数的关系	(196)
9.6.3 经过斜激波气流的转折角	(198)
9.6.4 波阻的概念	(200)
9.7 变截面管流	(201)
9.7.1 气流速度与通道截面的关系	(201)
9.7.2 喷管	(202)
9.8 在等截面管中有摩擦的绝热流动	(208)
9.8.1 绝热摩擦管流	(208)
9.8.2 摩擦管流中气流参数的计算	(210)
9.8.3 摩擦壅塞	(211)
9.9 在等截面管中有摩擦的等温流动	(213)
本章小结	(215)
习 题	(216)
参考文献	(218)

0 引言

流体包括气体和液体,其中空气和水是最典型而广泛存在的流体。流体力学是研究流体平衡和运动规律以及流体与固体壁面间作用力的一门科学。本书除了特殊情况,一般不严格区分液体和气体,统称为流体,因为它们具有相同的行为和现象。

0.1 流体力学的应用

流体及流体力学现象充斥在我们生活的各个方面,如云彩的漂浮、鸟的飞翔、水的流动、波浪的上下起伏、天气变化、风速变化、呼吸空气、说话和声音等普遍存在于我们日常生活中;管道内液体流动、风道内气体的流动、空气阻力和升力、建筑物上风力的作用、土壤内水分的运动、石油通过地质结构的运动、射流、润滑、燃烧、灌溉、冶金、海洋等都是存在于生活及生产各个方面;血液和氧气在人体内的流动,如心脏泵送血液将氧气和营养提供给细胞,将废物带出并保持身体内的均匀温度,肺吸入氧气并排出二氧化碳等使流体力学与生物工程和生命科学相联系;水从地下、湖泊或河流中用泵输送到每家每户的供水系统和废水的排放系统,液体和气体燃料送到炉膛内燃烧产生热水或蒸汽用于供热的供热系统或产生动力的动力系统,通过流体携带将热量从低温送到高温空气中的制冷系统,在炎热的夏季将室内热量送到室外的制冷与空调系统,废液和废气的处理与排放系统等等使流体力学现象与日常生活密切相关;个人计算机冷却系统、水库和导管、城市水处理厂、垃圾焚烧炉和发电厂以及家用电器等等都表明了流体力学及现象无处不在;飞机和船舶的设计不仅要求它们能够在流体中保持住,即使在恶劣的天气下也不会损坏,而且还要求消耗最小的能量以获得最快的速度,汽车设计也是如此;电是我们生活中的不可缺少的能量,绝大多数电能是利用流体机械将燃料的化学能、蓄水的重力能,甚至风的动能转换得到的,所有这些设计和应用都说明流体力学在工程技术及高技术领域的突出应用。

总之,了解和掌握流体力学知识可以更好地理解和设计,如发电厂系统、化工系统及设备、水供给及处理系统与设备、供热与空调系统、废液和废气处理系统与设备、汽轮机、水泵及风机等流体机械设备、水坝溢水结构、阀门、流量计、水力波的吸收和制止、汽车、飞机、船舶、潜艇、火箭、轴承、人工器官、甚至体育中的高尔夫球和赛车等等。流体力学是动力工程、城市建筑工程、环境工程、机械工程、石油和化学工程、航空航天工程以及生物工程等诸多领域研究和应用的最基础的知识之一。因此,在以上领域从事与流体流动相关的研究和工程应用的技术人员都应该或必须了解流体力学的基本原理及应用。

0.2 流体力学的内容及发展

流体力学是力学的基本原理在液体和气体中应用的一门科学,工程流体力学是流体力

学的基本原理在工程中的实际应用。力学原理包括质量守恒、能量守恒和牛顿运动定律,在研究可压缩流体时,还应用热力学定律。流体力学可以分为:(1)研究流体处于平衡状态时的压力分布和对固体壁面作用的流体静力学;(2)研究不考虑流体受力和能量损失时的流体运动速度和流线的流体运动学;(3)研究流体运动过程中产生和施加在流体上的力和流体运动速度与加速度之间关系的流体动力学。

流体静力学介绍流体静止或相对静止时流体内压力分布、压力测量、作用在平面和曲面上的静压力;流体运动学介绍流场、流线、速度分布、有旋与无旋流动、流函数、势函数和流网等等;流体动力学介绍不可压缩流体和可压缩流体的质量、能量和动量守恒定律,以及这些定律在管道内部和物体外部流动中的实际应用。

最早的流体力学又称为水力学,主要研究没有摩擦的理想流体的运动,且局限于数学分析,局限在水及其应用领域。随着航空、化学工程、石油工业的发展,流体力学的应用得到了扩大和发展,导致了经典的分析理想流体运动的水力学与实际流体(包括液体和气体)研究相结合,产生了流体力学。现代流体力学是水动力学的基本原理与实验数据的结合。实验数据可以用来验证理论或为数学分析提供基础数据。因此,现代流体力学可以用来解决具有工程意义的流体流动问题。

我们通常可以了解到关于流体的一些古代文明,如古老的灌溉系统和航运的历史。古罗马在公元4世纪就建造了浴池,有的到现在还可以使用。古希腊很早就进行了流体测量,最著名的是公元3世纪阿基米德发现了浮力原理。罗那多·达·芬西(1452—1519年)进行了波和射流、旋涡和流线以及飞行等实验、观察和推测,奠定了对流动理解的基础。伊萨克·牛顿(1642—1727年)通过计算运动定律、粘性定律,充实了积分定律为流体力学理论的大发展铺平了道路。利用牛顿运动定律,在18世纪,许多数学家解决了大量的无摩擦(零粘性)的流动问题。但是,绝大部分流动受到了粘性作用的影响,因此,17世纪和18世纪的工程师们发现无粘性流动的解是不适用的,并且通过实验发展了经验公式从而建立了水力学理论。19世纪末,无量纲参数的重要性和它们与湍流之间的关系从而诞生了量纲分析的方法。1904年路德唯希·普朗特发表了一篇关键性文章,提出了低粘性流体的流场可以分为两个区域,即粘性起主要作用的边界层和边界层之外的近似为无粘性作用的外部区域。这个理论解释了许多以前令人困惑的问题,并使得以后的研究者分析了许多更为复杂的流动。但是,至今对湍流问题还没有一个完整的理论,因此,现代流体力学仍然是实验结果和理论分析的结合。

随着生产和技术的发展以及在不同行业和场合下的应用,现代流体力学产生了许多新的分支,如非牛顿流体力学、生物流体力学、化学工程流体力学、稀薄气体力学、磁流体力学和物理—化学流体力学等等。随着计算机的发展,计算流体力学也已经成为流体力学研究和应用中一个最活跃的新的分支。尽管如此,应用最广泛的仍然是工程流体力学。

0.3 工程流体力学的学习

流体力学包括很多内容,在分析和讨论时必须对内容作一定限定,如流体静力学讨论流体静止或相对静止时的力学规律;理想流体忽略了粘性作用;而粘性流动远比非粘性流动复杂,粘性影响大,粘性流动对装置和系统中效率损失的影响非常重要;可压缩流动中将出现