

内 容 提 要

本书论述了流体力学的基本内容、泵与风机的基本原理及选型。全书共分八章，包括流体静力学、流体动力学基础，水流阻力及能量损失，管路计算，相似原理及因次分析，孔口管嘴，泵与风机，气体动力学基础。

读者对象：高等院校机械、汽车拖拉机、农机、铸造、锻压、热处理、港机等专业师生及有关工程技术人员。

高等学校试用教材

流体力学简明教程

罗大海 诸葛茜 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

朝阳区展望印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 8.625 字数 219,000

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷

印数 60,001—9,300

书号 15010·0708 定价 1.55元

前 言

本书是在武汉工学院等校合编的“工程流体力学”讲义(81年)的基础上编写的。可作为高等学校工科非动力机械类专业(机制、铸造、锻压、汽拖、港机、农机……)流体力学课程的试用教材(40学时),也可供有关工程技术人员参考。

在本书编写中注意了加强基础,理论联系实际,简明扼要,深入浅出,循序渐近,利于教学。

本书由罗大海,诸葛茜主编。由山东工业大学孔珑主审,参加编写的有武汉工学院何可金(第一、二章),诸葛茜(第三、四章),罗大海(第六章),武汉城市建设学院唐化骏(第五章),武汉建筑材料学院赵嘉龄(第七章),武汉水运工程学院韦绍祥(第八章)。

在合编“工程流体力学”讲义的过程中参考了各校的自编讲义和唐化骏同志的讲义底稿。并有武汉地质学院陈纪德,武汉锅炉厂方咨询,安徽工学院吕锋等同志参加了修改工作。习题整理和绘图等工作得到了武汉工学院热力学流体力学教研室冉天麟、刘淑筠、刘晓慧、王元良等同志的大力帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中缺点错误在所难免,请批评指出。

编者

一九八五年五月

目 录

绪言	1
一、流体力学的研究对象	1
二、连续介质的概念	1
三、单位制	2
第一章 流体的主要物理性质	3
§ 1-1 流体的密度和重度	3
§ 1-2 流体的压缩性与膨胀性	4
§ 1-3 流体的粘性	7
习题	11
第二章 流体静力学	14
§ 2-1 作用于流体上的力	14
§ 2-2 流体静压强及其特性	15
§ 2-3 流体的平衡微分方程	17
§ 2-4 在重力场中流体静力学基本方程	20
§ 2-5 压强的单位和表示方法	26
§ 2-6 压强的测量	28
§ 2-7 流体的相对平衡	31
§ 2-8 液体对壁面作用力的计算	36
习题	43
第三章 流体动力学基础	49
§ 3-1 研究流体运动的两种方法	49
§ 3-2 流体运动中的几个基本概念	51
§ 3-3 连续性方程	56
*§ 3-4 流体微团运动的分析	62
*§ 3-5 纳维尔-斯托克斯方程	64
§ 3-6 理想流体的运动微分方程及其积分	66
§ 3-7 总流的伯诺里方程	72

§ 3-8 伯诺里方程的应用	75
§ 3-9 动量方程	83
§ 3-10 动量矩方程	90
习题	92
第四章 流动阻力和能量损失	100
§ 4-1 流动阻力及能量损失的两种形式	100
§ 4-2 流体的两种流动状态	102
§ 4-3 附面层的概念	107
§ 4-4 圆管内的层流运动	110
§ 4-5 液体在缝隙中流动	115
§ 4-6 管中紊流运动	122
§ 4-7 沿程阻力系数	127
§ 4-8 局部阻力系数	133
§ 4-9 管路计算	139
§ 4-10 潜体阻力	146
习题	153
第五章 相似原理及因次分析法	159
§ 5-1 相似条件	159
§ 5-2 动力相似准则	162
§ 5-3 近似相似	166
§ 5-4 因次分析的基本概念	168
§ 5-5 因次分析法及其应用	170
习题	174
第六章 孔口、管嘴出流和水击	176
§ 6-1 孔口出流	176
§ 6-2 管嘴的液体出流	182
§ 6-3 容器“泄空”或“充满”的非定常流动	187
§ 6-4 有压管路中的水击	191
§ 6-5 气穴和气蚀	198
习题	201
第七章 离心式风机和泵	205

§ 7-1 离心式风机和泵的工作原理	205
§ 7-2 性能参数	206
§ 7-3 离心式风机和泵的基本方程	206
§ 7-4 离心式风机和泵的特性曲线	209
§ 7-5 相似理论在风机和泵中的应用	213
§ 7-6 风机和泵在管路中的工况	219
§ 7-7 离心式风机或泵的联合运行工况分析	227
§ 7-8 离心式风机的选择	229
§ 7-9 离心泵的结构特点、安装和选型	235
习题	245
第八章 气体的一元流动	248
§ 8-1 声速、马赫数、扰动在气流中的传播	248
§ 8-2 一元定常等熵流的能量方程	251
§ 8-3 喷管中的一元定常等熵气流	258
*§ 8-4 等截面管内有摩擦的绝热流动	261
*§ 8-5 等截面管内有摩擦的等温流动	266
习题	268

绪 言

一、流体力学的研究对象

流体包括液体和气体。流体力学是以流体为对象，研究流体静止和运动的基本规律以及流体与固体相互作用的一门科学。流体力学是力学的一个分支。它包括流体静力学和流体动力学。前者研究流体静止时力的平衡规律；后者研究流体的运动特性及运动时的力学规律。

流体力学在工农业生产和工程技术各部门有着广泛的应用。土木、水利、机械、动力、石油、化工、造船、气象、直至航天等各部门几乎都要涉及到油、气、水等流动物质，因此，需要了解和掌握流体的平衡和运动规律，应用这些知识为四化建设服务。所以，流体力学是一门重要的技术基础课程。

本教程主要论述流体力学的基本概念和基本理论及其在工程上的应用，适用于机械类各专业，对其他专业的学生也可作为参考之用。

二、连续介质的概念

流体的真实结构是由大量的分子所组成，分子之间有间隙，每一个分子都在不断地作不规则的热运动。从微观角度来看，液体是不连续的。但是，在大多数工程应用中，人们关心的是大量分子的总体的统计的（即宏观的）效应，而不是单个分子的行为。当从宏观角度来研究流体的机械运动，而不涉及微观的物质结构时，就认为流体物质是连续分布的。在流体力学中，把流体质点作为最小的研究对象。所谓质点是指含有大量分子和能保持其宏观力学特性的微小体积的流体单元。从而把流体看成是由无数连续分布

的质点所组成,质点之间没有任何空隙,而是完全充满着所占空间的连续体。

实际上,在标准状况下, $1\mu\text{m}^3$ 液体体积中有液体分子 3.35×10^{10} 个, $1\mu\text{m}^3$ 气体中有气体分子 2.7×10^7 个。可见体积已是如此微小,而其中仍含有大量流体分子,故不会因为分子随机出入该体积而影响流体的宏观特性。一般工程中所研究的流体空间远比 $1\mu\text{m}^3$ 大,因此把流体宏观地看成连续介质是合理的。实践证明,根据这个假设所作的分析计算对于一般工程来说是足够精确的。只有某些特殊的问题例外,例如航天飞机进入超高空极稀薄大气中的飞行阶段以及地面上高真空技术等问题,气体分子的平均自由程大到可同物体的特征长度相比拟。此时连续介质的概念自然就不适用,而应采用微观的统计方法来处理。

把流体看成连续介质之后,流体的压强、温度、密度、速度等,在空间应该是连续分布的,从而可以利用连续函数这一强有力的工具,给流体力学的研究带来极大的方便。

三、单 位 制

本教程采用以国际单位制为基础的法定计量单位。国际单位制的通用缩写是 SI。在 SI 单位制中,我们将要涉及的四个基本单位是:质量,长度,时间,热力学温度。力和其他物理量的单位是导出单位。

质量单位是千克(kg)或公斤,长度单位是米(m),时间的单位是秒(s),热力学温度的单位是开尔文(K)。力的单位是导出单位,为牛顿(N),由牛顿第二定律定义为:

$$1 \text{ 牛顿} = 1 \frac{\text{千克} \times \text{米}}{\text{秒}^2} \quad \text{或} \quad 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

其他物理量的导出单位在课文的有关部分介绍。

第一章 流体的主要物理性质

在研究流体力学规律之前，首先应了解流体的主要物理性质。流体与固体不同：固体容易保持一定的形状，流体只能随其所在容器的形状；固体能抵抗一定的剪切力而保持静止，流体则不能。因此，流体不同于固体的主要特征就是易流动（变形）性。至于液体与气体的主要差别则在于气体的分子间隔比液体分子的间隔要大得多，因此气体较容易被压缩，当排除所有外加压力时，气体往往无限地膨胀，从而它总是充满容纳它的整个容器。液体不容易被压缩，当液体与气体相接触时，由于液体分子间的引力较大能使液体结合在一起，在容器中液体能形成一个自由表面（与气体的交界面）。

§ 1-1 流体的密度和重度

流体具有质量和重量。

单位体积的流体所具有的质量称为密度，用 ρ 表示。均匀流体各点的密度相同，即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 m 是流体的质量(kg)， V 是质量为 m 的流体体积 (m^3)。因此密度的单位为 kg/m^3 。

在流动问题中，当流体质量在空间的分布起变化时，各点的密度亦随之变化。根据连续介质的概念，流体质量分布是连续的，因此在流体中也应该有确定的连续分布的密度，但每一质点的密度不一定相同。

单位体积流体所具有的重量称为重度，用 γ 表示：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中 G 为流体的重量(N), V 为流体的体积(m^3), 重度 γ 的单位为 N/m^3 。

流体的重度与密度有以下关系:

$$\gamma = \rho g \quad \text{或} \quad \rho = \gamma / g \quad (1-3)$$

式中 g 为重力加速度, 通常取 $g = 9.807 \text{ m/s}^2$ 。

必须注意, 由于密度 ρ 只取决于流体质量的分布情况, 而与地理位置无关。重度 γ 则随各处重力加速度不同而稍有变化, 所以与地理位置有关。

密度的倒数称为比体积, 用 v 表示, $v = 1/\rho (\text{m}^3/\text{kg})$, 它表示单位质量流体所占有的体积。

液体的比重是指液体的重度 $\gamma_{\text{液}}$ 与标准大气压下 4°C 纯水的重度 $\gamma_{\text{水}}$ 的比值, 用 s 表示

$$s = \frac{\gamma_{\text{液}}}{\gamma_{\text{水}}} = \frac{\rho_{\text{液}} g}{\rho_{\text{水}} g} = \rho_{\text{液}} / \rho_{\text{水}} \quad (1-4)$$

显然, 比重是一个无量纲的纯数, 不要把它跟流体的重度混为一谈。

气体的比重尚无统一规定, 一般也可参照液体比重的定义来理解。

几种常见流体在标准大气压下的物理性质, 见附表 1-1。附表 1-2 列出空气和水在标准大气压下的物理性质随温度变化的数值。

§ 1-2 流体的压缩性与膨胀性

流体中气体分子间的引力比液体的小得多, 因此气体的压缩性和膨胀性要比液体显著得多。

一定量的流体, 当所受的压力增大时, 其体积便会缩小 (或其密度增大), 这种性质称为压缩性或体积弹性。流体受热, 体积膨

附表 1-1 几种常见流体在标准大气压下的物理性质

液 体	温度 °C	密 度 ρ kg/m ³	比 重 s	粘 度 $\mu \times 10^4$ N·s/m ²	蒸发压强 (饱和蒸汽压) p_v kN/m ²	弹性模数 $E_v \times 10^{-9}$ N/m ²
水 蒸 汽	20	0.747	—	0.101	—	—
四氯化碳	20	1588	1.59	9.7	12.1	1100
原 油	20	856	0.86	72	—	—
汽 油	20	678	0.68	2.9	55	—
甘 油	20	1258	1.26	14900	0.000014	4350
空 气	20	1.205	—	0.18	—	—
二氧化碳	20	1.84	—	0.148	—	—
一氧化碳	20	1.16	—	0.182	—	—
水 银	20	13550	13.56	15.6	0.00017	26200
水	20	998	1.00	10.1	2.34	2070
铸化生铁	1200	7000	7.01	—	—	—

胀,密度减小的性质,称为热膨胀性。

设体积为 V 的流体,当压力增大 dp 时,体积减小了 dV ,则由单位压力所引起的体积相对变化量,称为压缩系数,用 β 表示,即

$$\beta = -\frac{dV/V}{dp} \quad (1-5)$$

由于压力增大,体积缩小,所以 dp 与 dV 异号。我们希望系数 β 为正,故上式右边加一负号。流体力学中常用体积弹性模数来衡量流体的压缩性。体积弹性模数是压缩系数的倒数,用 E_v 表示,

$$\text{即} \quad E_v = \frac{1}{\beta} = -\frac{dp}{dV/V} \quad (1-6 a)$$

若用比体积 v 代替式中的体积 V , 则有

$$E_v = -\frac{dp}{dv/v} \quad (1-6 b)$$

由于 $\rho v = 1$, $d(\rho v) = \rho dv + v d\rho = 0$, 因此, $-dv/v = d\rho/\rho$, 代入上式得

$$E_v = \rho \frac{dp}{d\rho} \quad (1-6 c)$$

附表 1-2 在标准大气压下空气和水的物理性质

	温 度 °C	密 度 ρ kg/m ³	重 度 γ N/m ³	粘 度 $\mu \times 10^5$ N·s/m ²	运动粘度 $\nu \times 10^5$ m ² /s
空气	0	1.293	12.63	1.71	1.32
	10	1.248	12.24	1.76	1.41
	20	1.205	11.82	1.81	1.50
	30	1.165	11.43	1.86	1.60
	40	1.128	11.06	1.90	1.68
	60	1.060	10.40	2.00	1.87
	80	1.000	9.81	2.09	2.09
	100	0.916	9.23	2.18	2.31
水	0	999.8	9805	178.1	0.1785
	5	1000.0	9807	151.8	0.1510
	10	999.7	9804	130.7	0.1306
	15	999.1	9793	113.9	0.1139
	20	998.2	9789	100.2	0.1003
	30	995.7	9764	79.8	0.0800
	50	988.0	9689	54.7	0.0553
	70	977.8	9589	40.4	0.0413
	90	965.3	9466	31.5	0.0326
	100	958.4	9399	28.2	0.0284

E_v 的单位是 N/m^2 。

流体的体积弹性模数 E_v 和固体材料的弹性模数 E 的意义相似,单位也相同。显然 E_v 值愈大,流体压缩性愈小,愈不容易被压缩; E_v 值小的流体压缩性就大。

液体的体积弹性模数 E_v 受温度和压强的影响很小。一般计算时取水的 $E_v = 2.1 \times 10^9 \text{N/m}^2$, 液压用油平均的 E_v 值在 $1.4 \times 10^9 \sim 2.0 \times 10^9 \text{N/m}^2$ 范围内。由于液体的 E_v 值很大(即压缩系数很小),因此只有在诸如研究水锤等现象时,考虑其压缩性以外,通常均把液体视为不可压缩的流体。例如当压强增大一个标准大气压,即 $dp = 101325 \text{N/m}^2$ 时,水的体积相对变化量 $\frac{dV}{V} =$

$$-\frac{dp}{E_v} = \frac{-101325}{2.1 \times 10^9} = -0.4825 \times 10^{-4}, \text{式中负号表示体积缩小。}$$

即体积的缩小不到原来体积的万分之 0.5。可见把水视为不可压缩的流体是有道理的。

气体与液体不同，一般需要同时考虑压强和温度对气体密度的影响，才能确定 β 或 E_v 值。例如等温过程时， $p/\rho = C$ ， $dp/d\rho = p/\rho$ ，代入式(1-6 c)得

$$E_v = p \quad (1-7)$$

在一个标准大气压下，对 20°C 的空气，由上式可得其 $E_v = 101325 \text{ N/m}^2$ 。而在同样条件下的水，其 $E_v = 2.07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ，约为空气的二万倍。可见空气的压缩性比液体的大得多。对于气体的等熵过程， $p/\rho^k = C$ ，这里 k 为等熵指数，同样可推知 $E_v = k p$ 。

气体在流动过程中，若流速不大(70~100 m/s)，由于压强和温度的变化不大，因此密度的变化极小，这时也可以把气体视为不可压缩流体。

流体的热膨胀性一般用热膨胀系数 α 来表示。 α 是指在压强不变时，温度升高 1 K 时流体体积的相对增量，即

$$\alpha = \frac{dV/V}{dT} \quad (1/K) \quad (1-8)$$

式中 dT 是流体的温度增量。

液体的热膨胀性很小，一般可忽略不计。

气体在压强不变时，温度每升高 1 K，体积便增大 273 K 时体积的 1/273。因此气体的热膨胀系数

$$\alpha = 1/273 \quad (1/K) \quad (1-9)$$

§ 1-3 流体的粘性

实际流体都是有粘性的，空气和水的粘性都不大，在日常生活中可能不大注意其存在，油的粘性就稍大一点。流体的粘性是在流体流动时体现出来的。现在我们来说一个能表现空气粘性的实验。

如图 1-1 所示,类似于摩擦离合器的两个圆盘 A 和 B 。圆盘 A 由小马达带动旋转,圆盘 B 与 A 隔开,互不相连,因此 A 盘旋转时, B 盘不转动。但当 B 盘逐渐靠近 A 盘达到一定小的距离后, B 盘也跟着 A 盘作同向旋转,但转速较低。 A 、 B 盘没有直接接触(其间只隔一层空气)。为什么 B 盘会跟着 A 盘旋转呢?这是因为空气分子在不断的热运动,空气与圆盘平面有粘附作用力。紧挨 A 盘的一层空气,随 A 盘以同样速度转动,沿法线往外,一层带动一层,气流速度逐渐降低,直至把 B 盘带动起来,但转速低于 A

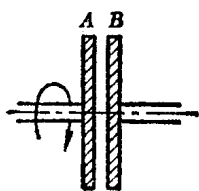


图 1-1

盘。由于 A 、 B 之间各空气层的速度不相等,因此在相邻流层之间的接触面上,必然形成阻碍两流层相对运动的一对大小相等,方向相反的内摩擦力。单位面积上的内摩擦力称为内摩擦应力,或粘性切应力,用 τ 表示。

牛顿在1687年提出流体内摩擦定律,后被很多实验所证实。如图 1-2(a)所示,在两块很大的平行平板之间充满流体。设下板固定不动,上板以给定的速度 U 运动,由于流体的粘附作用,紧挨上板的流体层必以与上板相同的速度 U 运动;紧靠下板面的流体层的速度为零,其它流体层速度从下板的零变到上板的 U ,当二板距离 Y 不大时,则两板之间的速度分布呈直线。

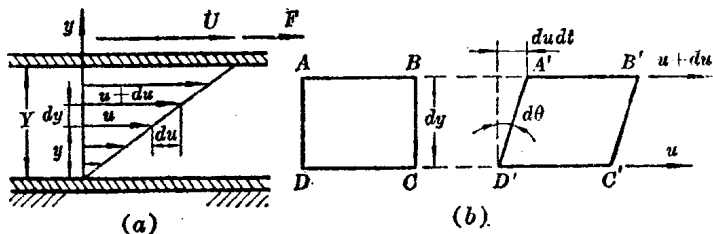


图 1-2

实验表明,当 U 、 Y 不变时,拖动上板需要的力 F (克服流体的内摩擦力)与接触面积 A 成正比, $F \propto A$; 当 A 不变时, $F \propto U/Y$ 。

因此, $F \propto AU/Y$ 。其中比例系数与流体的性质(粘性)有关。通常牛顿内摩擦定律的数学表达式为

$$F = \pm \mu A du/dy \quad \text{或} \quad \tau = \pm \mu du/dy \quad (1-10)$$

式中 μ 为表示流体粘性大小的比例系数, 称为动力粘度或简称为粘度;

du/dy 称为速度梯度, 当各流层速度呈直线分布时, $du/dy = U/Y$ 为常数;

“ $\pm$ ”是为了确保 F 或 τ 为正值而加上的。

由式(1-10)可以看出, 对于同一种流体, 其粘性切应力与速度梯度成正比。速度梯度大, 粘性切应力就大; 速度梯度小, 粘性切应力就小。如果流体静止不流动, 那么速度梯度为零, 粘性力就等于零。

如图 1-2(b) 示, 在运动流体中取出一微小矩形 $ABCD$, 由于上层 AB 和下层 CD 的流速不相等, 经过 dt 时间后, A, B, C, D 各点分别运动至 A', B', C', D' 点, 原来为矩形的流体变成了平行四边形, 角度变动了 $d\theta$, 单位时间内的角变形量即剪切角变形速度 $\frac{d\theta}{dt}$ 可由图示的几何关系推求于下:

$$\frac{d\theta}{dt} \approx \frac{\tan d\theta}{dt} = \frac{du \cdot dt/dy}{dt} = \frac{du}{dy} \quad (1-11)$$

由此可见, 角变形速度 $\frac{d\theta}{dt}$ 即等于速度梯度, 反过来说速度梯度的大小表示了流体微团角变形速度的大小。由于流体具有粘性, 当各流层速度不相等发生剪切时, 流体内部必然产生阻碍变形的内摩擦力, 因此, 粘性是将施加的切应力同产生的应变率联系起来的流体特性。简单地说, 粘性是流体抵抗剪切变形的特性。

变化一下(1-10)式得流体的动力粘度:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

流体的动力粘度即是摩擦应力与速度梯度的比值。当速度梯度为

1 时内摩擦应力的数值恰好等于粘度值 μ 。不同的流体有不同的 μ 值, μ 值愈大, 流体的粘性愈大, 其流动的阻力也愈大。

动力粘度的单位为 $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, 目前广泛采用的动力粘度单位是泊(P)或厘泊(cP), 换算关系如下:

$$1 \text{ P} = 100 \text{ cP} = 0.1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$$

水在 20.2°C 时的粘度恰好等于 1 cP , 因此用厘泊表示的流体粘度值, 就是相当于 20.2°C 水的粘度值的倍数。

在流体力学中还常用动力粘度 μ 和密度 ρ 的比值表示粘性的大小, 这个比值称为运动粘度, 用 ν 表示, 即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-12)$$

ν 的单位为 m^2/s 。然而常用单位是 cm^2/s , 称为斯托克斯, 简称为斯。

另一种表示液体粘度的方法是用恩氏粘度, 用符号 $^\circ\text{E}$ 表示。恩氏粘度是一种相对粘度, 它是指 200 毫升的液体, 从恩氏粘度计中流出所需的时间 $t_1(\text{s})$, 与同量的 20°C 的蒸馏水从同一恩氏粘度计中流出的时间 $t_2(\text{s})$ (约 50 s) 之比, 即

$$^\circ\text{E} = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-13)$$

恩氏粘度 $^\circ\text{E}$ 是无因次的纯数, 当 $^\circ\text{E} > 2$ 时, 它与运动粘度 ν 的换算关系按经验公式如下:

$$\nu = 0.0731 \cdot ^\circ\text{E} - \frac{0.0631}{^\circ\text{E}} \quad \text{cm}^2/\text{s} \quad (1-14)$$

流体的粘度几乎与压强大小无关, 对于高压系统, 液体的 μ 值稍有加大, 因此一般不考虑压强对 μ 值的影响。但是温度对动力粘度的影响较大。不过它对气体和液体却有相反的影响, 这是由于流体的粘性取决于分子间的内聚力和分子的热运动。气体分子间距离大, 内聚力较小, 但分子运动较剧烈, 粘性主要来自流层间分子的动量交换, 当温度升高时, 分子运动加剧, 所以粘性增大。液体则相反, 其粘性主要取决于内聚力, 因为温度升高时, 液体的

内聚力减小,所以液体的粘度随温度的升高而降低。空气和水的粘度随温度变化关系参看附表 1-2。气体的运动粘度 ν 因气体密度随压强变化,因此它受压强的影响较大。

剪切应力与速度梯度的关系符合牛顿内摩擦定律式(1-10)的流体,称为牛顿流体,如水、空气和机油等低分子的流体。不符合式(1-10)关系的流体,称为非牛顿流体,本书只讨论牛顿流体。

实际流体由于有粘性,使得流体运动的研究变得非常复杂。为了便于进行理论分析,在流体力学中引进了理想流体的概念。所谓理想流体就是没有粘性($\mu=0$)的流体,当然这是一种假设,实际上并不存在这种流体。研究没有粘性的理想流体的运动,可以大大简化问题的分析,容易得到流体流动的基本规律。对有些粘性不起主要作用的问题,忽略粘性影响所得的结果,能相当精确地反映实际流体的情况。对于必须考虑粘性作用的问题,如流动阻力问题等,则可以专门对粘性作用进行分析或实验研究,然后再对理想流体的分析结果进行修正和补充。同样可使实际问题得到圆满的解决。

附表 1-3 铸铁和铸钢的粘性系数

合 金	温度 $^{\circ}\text{C}$	粘度 μ cP	运动粘度 cSt	合 金	温度 $^{\circ}\text{C}$	粘度 μ cP	运动粘度 cSt
灰 铸 铁 3.0% C	1300	3.81	0.55	白口铸铁 3.0% C	1300	2.79	0.40
	1400	3.50	0.51		1400	2.02	0.29
灰 铸 铁 3.3% C	1300	3.76	0.54	白口铸铁 3.8% C	1300	2.01	0.29
	1400	3.45	0.51		1400	1.56	0.23
灰 铸 铁 3.9% C	1300	3.51	0.51	铸 钢	1500	2.8	0.40
	1400	3.29	0.49		1700	1.9	0.27

习 题

1-1、容积为 60 升的容器装满了油。油的重量为 503.43 N,求油的重度 γ , 密度 ρ 和比重 s 。
($\gamma = 8390.5 \text{ N/m}^3$; $\rho = 855.6 \text{ kg/m}^3$; $s = 0.856$)

1-2、某种流体的密度 $\rho = 7000 \text{ kg/m}^3$, 试求其重度 γ 和比重 s 。

$$(\gamma = 68649 \text{ N/m}^3; s = 7)$$

1-3、当压强增量 $dp = 50000 \text{ N/m}^2$ 时, 某种液体的密度相对增大 $\frac{d\rho}{\rho} = 0.02\%$, 试求该液体的体积弹性模数 E_v 。

$$(E_v = 2.5 \times 10^9 \text{ N/m}^2)$$

1-4、压强为 4 atm 的空气在等温和等熵时的体积弹性模数各为多少?

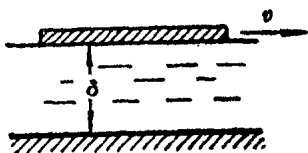
$$(E_v = p; E_v = kp)$$

1-5、由恩氏粘度计测得石油的粘度 $E = 5.6$, 如石油的密度 $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$, 试求其动力粘度。

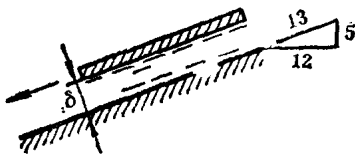
$$(\mu = 33.838 \text{ cP})$$

1-6、图中表示浮在油面上的平板, 其水平方向运动速度为 1 m/s , $\delta = 10 \text{ mm}$, 油的粘度 $\mu = 0.09807 \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$, 求作用在平板单位面积上的阻力。

$$(9.807 \text{ N/m}^2)$$



题 1-6 图



题 1-7 图

1-7、质量为 5 kg , 面积为 $40 \times 45 \text{ cm}^2$ 的一块木板, 沿着涂有滑油的斜面等速向下运动。已知 $v = 1 \text{ m/s}$, $\delta = 1 \text{ mm}$ (油膜厚度), 求滑油的粘度。

$$(1.048 \text{ P})$$

1-8、一个圆锥体绕其铅直中心轴等速旋转, 锥体与内壁之间的距离 $\delta = 1 \text{ mm}$, 全部为润滑油 ($\mu = 0.1 \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$) 充满。当旋转角速度 $\omega = 16 \text{ 1/s}$, 圆锥体底部半径 $R = 0.3 \text{ m}$, 高 $H = 0.5 \text{ m}$ 时, 求作用于圆锥体的阻力矩。

$$(39.56 \text{ N}\cdot\text{m})$$

1-9、一套筒长 $H = 20 \text{ cm}$, 内径 $D = 5.04 \text{ cm}$, 重量 $G = 6.8 \text{ N}$, 套在直径 $d = 5 \text{ cm}$ 的立轴上, 如图所示。当套筒与轴之间充以甘油 ($\mu = 3 \text{ P}$) 时求套筒在自重作用下将以多大速度沿立轴下滑? 不计空气阻力。

1-10、直径为 $D \text{ m}$, 宽度为 $B \text{ m}$ 的滑动轴承, 若与轴颈的间隙为 $\delta \text{ m}$, 间隙均分布且较小时, 其中充以粘度为 $\mu \left(\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} \right)$ 的滑油, 试求当转速为 n