

中等专业学校教材

工程流体力学 泵与风机

重庆电力学校主编

电力工业出版社

中等专业学校教材

工程流体力学 泵与风机

重庆电力学校主编



内 容 提 要

本书为中等专业学校热能动力设备专业教学用书, 亦可供从事热力发电厂有关技术工作人员参考。

本书包括两部分内容: 第一部分是工程流体力学; 第二部分是泵与风机。工程流体力学部分阐述流体的基本物理性质、液体静力学、液体动力学、水力阻力、管道水力计算以及气体动力学的基础知识; 泵与风机部分介绍泵与风机的构造、原理、性能以及运行维护的有关知识。此外, 还结合国内大中型热力发电厂的生产情况, 介绍了热力发电厂常用的泵与风机, 以及叶轮水力设计的初步知识。

中等专业学校教材
工程流体力学 泵与风机
重庆电力学校主编

电力工业出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)
水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 28印张 635千字 插图2张
1980年1月第一版 1980年1月北京第一次印刷
印数00001—15000册 每册2.30元
书号 15036·4007

前 言

这本《工程流体力学泵与风机》是根据一九七八年水利电力部召开的中等专业学校热能动力设备专业教学大纲协调会审定的大纲，由重庆电力学校侯文纲、郑德奎，西安电力学校常石明、李大志等同志共同编写的。重庆电力学校侯文纲同志主编，哈尔滨电力学校孙昌人同志主审。参加本书绘图工作的有徐晓云、张春秀、梁兴元等同志，参加本书审阅的还有熊成佑、于新容、韩显文、杜敏、徐晓云、盛志麟、姚健、孙金榜、袁绩泰及王杏珍等同志。

本书是在热能专业一九六一年交流讲义及一九六四年修改稿的基础上重新编写的。在编写过程中，力求注意加强基础理论的阐述，既照顾到课程自身的系统性，也考虑了中专教学的特点。在泵与风机部分还介绍了国内大中型热力发电厂相应的配套设备。考虑到学生的阅读能力，本书尽可能作到语言通俗易懂和概念明确。为了使学生能深入掌握所学的内容，各章还选编了适当的例题、习题和思考题。本书最后一章主要讲解离心泵与风机叶轮水力设计的有关知识，最后还结合电厂泵与风机的改造安排了一个大型作业，对三年制学生，可不安排这部分教学内容。

本教材在编写过程中曾得到各兄弟学校、各有关电厂及武汉、长沙、沈阳、上海、天津等地水泵厂与风机厂的大力协助与支持，在此我们表示衷心的感谢！

限于我们的政治思想及业务水平，加之编写时间仓促，书中难免存在错误和缺点，恳切地希望各兄弟学校师生在使用过程中提出宝贵意见，以便今后进一步修订。

编 者

一九七九年三月

目 录

前言

绪论	1
第一节 学习本课程的目的和任务	1
第二节 工程流体力学泵与风机的发展概况	1

第一篇 工 程 流 体 力 学

第一章 流体的基本物理性质	3
第一节 流体的概念	3
第二节 密度和比重	4
第三节 压缩性和膨胀性	6
第四节 流体的粘滞性	10
第五节 内聚力和表面张力	15
思考题	16
习题	16
第二章 液体静力学	17
第一节 液体静压力	17
第二节 液体静压力的特性	19
第三节 液体静力学基本方程式	21
第四节 绝对压力、相对压力及真空	22
第五节 连通器及等压面	26
第六节 测压计	29
第七节 作用面上的总压力	33
第八节 巴斯加定律	40
第九节 阿基米德定律	41
第十节 液体的相对平衡	44
第十一节 水头的概念	48
思考题	51
习题	52
第三章 液体动力学	60
第一节 概述	60
第二节 迹线、流线、流束及液流	63
第三节 涡线、涡束及涡强	65
第四节 水力要素、流量、平均流速	67
第五节 稳定流的类型	70

第六节	液流的连续性方程式	72
第七节	液流的能量方程式	74
第八节	液流能量方程式的意义	78
第九节	液流能量方程式的应用	81
第十节	液流的动量方程式	88
思考题		92
习题		93
第四章	水力阻力	98
第一节	液体运动的两种状态——层流及紊流	98
第二节	均匀流的基本方程式	102
第三节	圆管中的层流运动	104
第四节	圆管中的紊流运动	106
第五节	紊流运动的沿程阻力损失计算	111
第六节	局部阻力损失计算	116
第七节	水力阻力迭加原理	123
第八节	两相流动的阻力计算	126
思考题		132
习题		132
第五章	管道水力计算	134
第一节	简单管道的水力计算	135
第二节	复杂管道系统的水力计算	139
第三节	虹吸管	143
第四节	发电厂管道的水力计算	145
第五节	管道特性曲线	152
第六节	水锤	155
思考题		159
习题		159
第六章	气体动力学基础	163
第一节	音速及 M 数	163
第二节	气体流动的基本方程式	167
第三节	环量与环流	172
第四节	旋涡定理	174
第五节	流体通过叶栅的作用	176
第六节	升力定理	180
第七节	附面层	183
第八节	激波	185
第九节	激波的物理本质及波阻	190
思考题		192
习题		192

第二篇 泵 与 风 机

第七章 离心式泵与风机的分类及构造	194
第一节 离心式泵与风机的分类	194
第二节 离心泵的构造	202
第三节 离心式风机的构造	219
思考题	226
第八章 离心式泵与风机的原理	227
第一节 离心式泵与风机的工作过程	227
第二节 速度三角形	230
第三节 泵与风机的基本方程式	232
第四节 叶片型式	238
第五节 离心式泵与风机总扬程或全风压的确定	243
第六节 功率及效率	251
第七节 汽蚀	259
思考题	272
习题	273
第九章 离心式泵与风机的性能	275
第一节 离心泵的性能曲线	275
第二节 离心式风机的性能曲线	280
第三节 离心式泵与风机的相似定律	282
第四节 比转数	285
第五节 比例定律	292
第六节 离心泵叶轮的车削	298
第七节 离心式风机的无因次性能曲线	300
思考题	304
习题	305
第十章 轴流式及其它型式的泵与风机	307
第一节 轴流式泵与风机的工作原理	307
第二节 轴流式泵与风机的基本型式与结构	314
第三节 轴流式泵与风机的性能	324
第四节 往复式水泵	329
第五节 转子泵	331
第六节 水环式真空泵	335
第七节 喷射泵	336
第八节 旋涡泵	337
第九节 回转式鼓风机	339
思考题	339
第十一章 泵与风机的运行与维护	341
第一节 离心式泵与风机的工作稳定性	341

第二节	泵与风机的调节	344
第三节	离心式泵或风机的联合工作	350
第四节	离心式泵与风机的正常运行及维护	354
第五节	离心式泵与风机的常见故障及消除方法	358
思考题		362
习题		362
第十二章	发电厂常用泵与风机	364
第一节	发电厂常用泵	364
第二节	发电厂常用风机	383
思考题		386
第十三章	离心式泵与风机的叶轮水力设计	386
第一节	电厂风机改造选型计算	387
第二节	离心式高效风机改变叶轮宽度的选型计算	393
第三节	4-72 4-73型高效风机叶轮宽度变化后斜切叶片 A—A 截面的修正	397
第四节	离心泵的叶轮设计	402
第五节	离心泵的叶型绘制	411
大型作业一		426
大型作业二		426

绪 论

第一节 学习本课程的目的和任务

本课程共分两篇，第一篇是工程流体力学，第二篇是泵与风机。工程流体力学是电厂热能动力设备专业的专业基础课，泵与风机是这个专业的专业课。学习本课程的目的，在于掌握工程流体力学以及泵与风机的基础理论知识，这些知识作为一个热力工程技术人员是必须具备的。

工程流体力学是研究工程实际问题中流体静止与运动的规律，以及流体与固体间相互作用的一门科学。

工程流体力学从它所研究的对象来看，可以分为两部分：一部分是液体力学，它所研究的是不可压缩流体——主要是指液体（气体压缩量很小时亦可当作液体对待）静止和运动的基本规律。因为通常讨论的液体是水，所以一般称为水力学；另一部分是气体动力学，它所研究的是可压缩流体——气体运动的某些规律。

提高流体机械能的机械称为泵与风机。当流体是液体时叫做泵，是气体时就叫做风机。泵与风机部分主要研究它们的构造、工作原理、性能、运行维护以及叶轮水力设计的有关知识。

现代热力发电厂中各个系统的循环，都是依靠流体（例如水蒸汽、水、油及空气等）的运动来实现的。要正确地分析与流体运动有关的各种问题、进行管道水力计算等就必须具备工程流体力学的基本知识。此外，在锅炉、汽轮机、热工测量等课程中也广泛地应用到工程流体力学知识。目前，工程技术的各个部门都与流体有着密切的关系。因此，工程流体力学实际上已经成为一门重要的技术基础课程。

泵与风机则是国民经济各个生产部门都广泛应用的通用机械，在热力发电厂中，它们的工作正常与否直接影响到发电厂的安全与经济生产，因而掌握泵与风机的有关知识非常必要。

第二节 工程流体力学泵与风机的发展概况

工程流体力学泵与风机和其他科学一样，也是在人类社会生产实践中产生和发展起来的，并且今后将随着生产的发展日臻完善。

还是在古代的时候，人类为了生存，在向洪水与干旱作斗争的实践中，就已经积累了不少水力学方面的知识。如我国在公元前两千多年前就有大禹治水的传说，到春秋战国和秦朝时，修建了都江堰、郑国渠和灵渠三大著名水利工程，隋朝时开凿了闻名中外的大运河，全长1782公里，对沟通南北交通发挥了很大的作用。作为水力学的萌芽，是古希腊学者阿基米德在公元前250年写的《论浮体》一文。

到了欧洲文艺复兴时期（15~17世纪），由于资本主义的兴起，工程流体力学得到较快地发展。在这一时期的一些学者，如达·芬奇、伽利略、巴斯加、牛顿等在工程流体力学方面都有比较大的贡献。但是，他们的工作都是个别的、孤立的，还不足以使当时工程流体力学成为一门完整的科学。虽然如此，他们的研究成果却奠定了这门科学进一步发展的基础。

在十八世纪，欧洲资本主义蓬勃发展，特别是产业革命更加促进了自然科学的发展。在这一时期，流体力学分成两个发展方向：一个方向是放弃影响实际流体运动的次要因素，只考虑主要的因素，将其理想化，并应用严格的数学分析作为工具建立了古典理论流体力学。在这方面的学者，如欧拉、伯诺里、拉格朗日等都有杰出的成就。但是，由于理论流体力学忽略了实际现象中的各种复杂因素，因而所得结论与实际情况总是不相符合的，不能解决工程实际问题，于是人们又进行了大量的实验和观察，一些学者和工程师们，根据从实践经验中总结出来的规律，建立了流体力学的另一个发展方向——实用水力学，实用水力学几乎完全是一种试验性的科学。在很长一段时期里，理论流体力学与实用水力学各自走着完全不同的发展道路。实用水力学忽视理论无力概括与分析大量由试验获得的数据，理论流体力学又不重视实际不可能说明工程实际问题中所出现的复杂水力现象，其结果是妨碍了流体力学这门学科进一步的发展。直到十九世纪后期，特别是本世纪以来，由于现代工业的飞速发展，使工程流体力学进入了一个新时期，即理论流体力学与实用水力学两者相结合，使工程流体力学发展成为一门完善的应用科学。

随着科学技术的不断进步，火箭、宇宙飞行、磁流体等一系列新技术又对工程流体力学提出了许多新的研究课题，这必将促使工程流体力学向着更新的阶段前进。

在古代，为了生产和生活的需要，人类逐步学会了挖井取水，创造了戽斗、吊杆、辘轳等取水工具。随着农业的发展，需要用水来灌溉田地，于是产生了结构较复杂、效率较高的取水机械，如水车，木制往复式水泵等。由于冶金事业的出现，开始应用了风箱，随后又出现了风车等。十八世纪至十九世纪中叶，因为蒸汽机的发明和采矿、钢铁工业的发展，出现了比较完善的蒸汽作用的往复式水泵与风机。也就在这一时期欧拉提出了离心式泵与风机的基本方程式，随着出现了离心水泵。但是，这些泵由于缺乏高速转动的原动机，始终没有得到广泛的应用。到了十九世纪末，由于高转速原动机的出现，以及工程流体力学、材料力学、机械制造工艺等方面的迅速发展，为离心式泵与风机的应用提供了良好的条件。因此，在二十世纪初离心式泵与风机取得了巨大的发展，并广泛地被应用到国民经济的各个部门。

近期以来，热力发电厂中广泛地采用大容量、高参数的锅炉和汽轮机等设备，这便促使泵与风机向着大流量、高压头、高效率、高转数的方向发展。但是无论在理论上还是材料和制造工艺方面都还有许多问题没有得到解决，还有待今后进一步研究。

第一篇 工程流体力学

第一章 流体的基本物理性质

工程流体力学是研究流体(液体和气体)的平衡和运动的规律,以及应用这些规律来解决实际问题的一门科学。这些规律一方面和作用于流体的外部因素及条件有关,但更主要的是决定于流体本身的性质。因此,本章将讨论流体的基本物理性质,以及它对流体本身的平衡和运动规律的影响。

第一节 流体的概念

一、流体的定义

在讨论流体的基本物理性质以前,应先明确流体这个概念。自然界中常见的物质不外乎有三种形态,即固体、液体和气体。固体可以保持一定的形状,液体和气体却不能像固体那样保持一定的形状,任何微小的外力都可以使液体和气体产生很大的变形,甚至在没有任何阻碍时,液体和气体在其本身的重力作用下也要发生流动,这个特性称为流动性。因为液体和气体都具有这种流动性,故统称为流体。

流体和固体为什么具有这些不同的物理属性呢?这是因为流体和固体都是由大量分子组成的,分子与分子之间存在着相互作用力。固体的分子排列最紧密,相互作用力最大,液体次之,气体最小。所以,固体具有一定的体积和一定的形状,液体和气体则没有一定的形状并具有流动性。其中,液体在形状改变后,可以继续保持原来的体积,并与气体有明显的分界面——自由表面;而气体在容器形状改变后,它尽量的充满容器,扩大自身体积,没有自由表面。

液体唯一与固体相同的是能够承受巨大的压力,很不容易被压缩,这在工程上具有极为重要的意义,液压机和液压传动技术等的作用原理,就是以此为依据的。

二、连续介质的概念

从物理概念来看,流体是由大量分子组成的,显然分子之间有一定的间隙。为了研究方便,在工程流体力学中引入了一个很重要的假定,这就是把流体的流动看作是一种没有微观分子运动的由无数流体质点所组成的连续介质的流动。认为流体连续地充满所占空间,没有间隙,而且那些与工程流体力学有关的各特征量,例如流体的密度、流速、压力和切应力等的空间分布也都是连续的。这样就可以摆脱研究分子运动的复杂性,而着眼于工程实际所关心的宏观机械运动,并能利用连续函数这一有力的工具,应用上既方便又有足够的精确性。

把流体看作是一种连续介质,这种假定在工程上是否可行呢?从物理学中知道,不论是

液体或气体的分子都只有很小的体积，一立方厘米的液体中有 3×10^{24} 个分子，一立方厘米的气体中有 2.7×10^{19} 个分子，由此可见，分子之间的间隙实在微不足道。在这种情况下，显然单个分子的微观运动不会对流体的宏观运动有任何影响。另外，更重要的则在于从工程实用的观点来看，主要要求掌握流体的宏观运动规律，而个别分子的微观运动，不是工程流体力学所要研究的问题。譬如说，水箱中的水，从分子运动的观点来看，水分子始终在不断地运动，因此，水箱中的水不是静止的；如果从宏观的角度来看，水箱中的水并没有运动，是静止的。很显然从工程实用的观点来看，后者才具有实用意义。因此，在一般工程上有充分根据认为流体是连续介质。

应该指出，连续介质的假定也有一定的应用范围，譬如当研究的区域很小，与分子的大小处于同一数量级时，或者在很稀薄的空气中，连续介质的假定就不再合适，而必须考虑为不连续介质；另外，当流体性质有局部突变时，连续介质的假定也不再合适，例如液流中局部地区的压力很低发生汽化现象形成气穴时，就会破坏液体的连续性。

最后还应说明，虽然认为流体是连续介质，不研究微观的分子运动，但是由于流体的一些宏观特性（如粘滞性、表面张力等）是由其微观分子运动决定的。因此，在研究流体的物理性质时，往往还需从微观的角度来说明，但这只是用来说明宏观特性产生的原因，而不是用来分析流体的机械运动规律。

上面简单介绍了流体的基本特性和连续介质的概念。下面进一步讨论与工程流体力学有关的流体的几个基本物理性质——密度和比重，膨胀性和压缩性，粘滞性及表面张力等。

第二节 密度和比重

质量和重量是研究流体运动的两个重要特性。由力学中已经知道，任何流体都有质量，因此，对于任何改变它运动状态的作用都显示出惯性。惯性的度量就是质量，质量越大则惯性也越大。地球表面上的一切流体都处在地球引力的作用之下，因此，具有质量的流体也必具有重量。在工程流体力学中，流体具有质量和重量的特性，常常用密度和比重来表示。

对于均质流体来说，单位体积内所具有的质量称为密度，用 ρ 表示。即

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

式中 M ——流体的质量，公斤·秒²/米；

V ——流体的体积，米³。

密度的物理单位是达因·秒²/厘米⁴=克/厘米³（因为 1 达因=1 克·厘米/秒²），工程单位是公斤·秒²/米⁴。根据 1 克重=980 达因，两种单位制的换算关系为 1 公斤·秒²/米⁴= 9.81×10^{-3} 克/厘米³。

对于均质流体来说，单位体积内所具有的重量称为比重，用 γ 表示。即

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

式中 G ——流体的重量, 公斤;

V ——流体的体积, 米³。

流体的密度和比重的关系, 可由下式导出:

$$G = Mg \tag{1-3}$$

上式两边同除以流体体积 V , 则得

$$\frac{G}{V} = \frac{M}{V}g$$
$$\gamma = \rho g \tag{1-4}$$

式中 g ——重力加速度, 在工程单位制中其数值为9.81米/秒²。

在锅炉设备中, 常见的气体如烟气等, 都是各种气体的混合物。几种彼此不起化学作用的液体也可以构成混合液体。混合流体的比重, 可按混合的百分比计算:

$$\gamma = 0.01(\gamma_1\alpha_1 + \gamma_2\alpha_2 + \cdots + \gamma_n\alpha_n) \tag{1-5}$$

式中 $\gamma_1, \gamma_2, \cdots, \gamma_n$ ——混合流体各成份的比重, 公斤/米³;

$\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n$ ——混合流体各成份之百分数。

表1-1和表1-2中列举了一些工程中常见的液体和气体在1大气压下的比重。

表 1-1 几种常见液体的比重

液体名称	温度 (°C)	比重(公斤/米 ³)	液体名称	温度 (°C)	比重(公斤/米 ³)
汽 油	15~20	700~750	润 滑 油	15	900
苯	60	882	重 油	15	900~950
甘 油	0	1260	酒 精	15~18	790
煤 油	15	760	水 银	0	13600
蒸 馏 水	4	1000	海 水	15	1020~1030

表 1-2 几种常见气体的比重

气体名称	温度 (°C)	比重(公斤/米 ³)	气体名称	温度 (°C)	比重(公斤/米 ³)
氮	0	1.2507	甲 烷	0	0.7170
氨	0	0.7710	一 氧 化 碳	0	1.2500
空 气	0	1.293	二 氧 化 碳	0	1.9760
氧	0	1.429	乙 稀	0	1.2610
氯	0	3.217	水 蒸 汽	0	0.8040
氢	0	0.0899	二 氧 化 硫	0	2.9270

流体的密度和比重不仅随流体种类而异, 而且随流体的温度和压力的变化而变化。因为当温度和压力不同时, 流体的体积要发生变化, 所以其密度及比重亦是随之而变的。对液体来讲, 比重和密度受压力和温度变化的影响不大, 因此, 在通常情况下, 可近似的认为液体的比重和密度是常数。对气体来讲, 压力和温度对比重和密度的影响就较大。

对于气体，密度和比重随温度和压力的变化关系，可用理想气体的状态方程式来表示，即

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \tag{1-6}$$

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \tag{1-7}$$

式中 $\gamma_1, \rho_1, p_1, T_1$ ——表示状态变化前的比重、密度、压力和绝对温度；

$\gamma_2, \rho_2, p_2, T_2$ ——表示状态变化后的比重、密度、压力和绝对温度。

表1-3中列举出在1大气压下，几种常用流体的比重随温度的变化关系。

表 1-3 几种常用流体的比重随温度的变化关系

温度(°C) 流 体	0	4	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
水	999.87	1000.00	999.73	998.23	995.37	992.24	988.12	983.24	977.82	971.83	965.30	958.38
柴 油			915.0	908.4	902.0	895.5	889.0	882.4	876.0	870.0	863.1	857.0
*30透平油			905	899	893	886	880	873	867	861	854	848
空 气	1.293	1.273	1.247	1.205	1.165	1.128	1.093	1.060	1.029	1.000	0.972	0.946

例 1-1 水在4℃时的比重 $\gamma = 1000$ 公斤/米³。空气在0℃时，1大气压下的比重 $\gamma = 1.293$ 公斤/米³。试分别求水和空气的密度为若干？

解 根据公式(1-4)求得

水的密度 $\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1000}{9.81} = 101.93$ 公斤·秒²/米⁴

空气的密度 $\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1.293}{9.81} = 0.1320$ 公斤·秒²/米⁴

例 1-2 已知烟气温度在0℃，压力在760毫米水银柱下的比重近似为 1.3 公斤/米³。求烟气在锅炉内燃烧到800℃时的比重和密度？

解 根据公式(1-7)，当压力不变时，烟气的比重与温度的关系为

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{T_1}{T_2}$$

800℃时烟气的比重为

$$\gamma_2 = 1.3 \times \frac{273}{273 + 800} = 0.331 \text{ 公斤/米}^3$$

800℃时烟气的密度为

$$\rho_2 = \frac{\gamma_2}{g} = \frac{0.331}{9.81} = 0.0338 \text{ 公斤·秒}^2/\text{米}^4$$

第三节 压缩性和膨胀性

流体体积的大小随流体所承受的压力和温度的变化而变化。当温度维持不变，流体所

承受的压力增大时，流体体积会缩小的性质，称为流体的压缩性。压力维持不变，温度升高，流体体积会增大的性质，称为流体的膨胀性。这两个性质对液体和气体有很大的不同，因此必须分别讨论。

一、液体的压缩性

液体的压缩性通常用体积压缩系数 β_p 或弹性系数 E_0 来表示。

压缩系数是表示当温度不变时，压力每升高1个工程大气压时，液体单位体积的缩小量。假定液体原来的体积为 V ，当压力增加了 Δp 时，体积缩小了 ΔV 。对单位体积而言，体积则缩小了 $\frac{\Delta V}{V}$ 。所以体积压缩系数应为：

$$\beta_p = -\frac{\frac{\Delta V}{V}}{\Delta p} = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \tag{1-8}$$

- 式中 β_p ——液体的压缩系数，厘米²/公斤；
- ΔV ——液体压缩后体积的缩小量，其值等于液体压缩后的体积与原来的体积之差，米³；
- V ——液体原来的体积，米³；
- Δp ——压力的增值，公斤/厘米²。

由于压力增加，液体体积缩小。所以当 Δp 为正时，引起的 ΔV 总是负的。为了保持 β_p 为正值，故公式（1-8）中加一负号。

弹性系数 E_0 是压缩系数 β_p 的倒数，即

$$E_0 = \frac{1}{\beta_p} = -\frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} \tag{1-9}$$

式中 E_0 ——弹性系数，公斤/厘米²。

表1-4中列出了在温度为0℃时不同压力下水的压缩系数 β_p 。

表 1-4 0℃ 时 水 的 压 缩 系 数 β_p 值

压力(大气压)	5	10	20	40	50
压缩系数 β_p (厘米 ² /公斤)	0.529×10^{-4}	0.527×10^{-4}	0.521×10^{-4}	0.513×10^{-4}	0.505×10^{-4}

从表1-4可知，在温度为0℃，压力为5个大气压的情况下，水的体积压缩系数 $\beta_p = 0.529 \times 10^{-4} = \frac{0.529}{10000}$ 。这表明水在温度为0℃，压力为5个大气压的情况下，压力每增高1个大气压，水的体积只改变万分之零点五左右。与水类似，其它液体的压缩性也很小。

液体体积缩小后，原体积的质量和重量并未改变。因此体积的缩小，就会使液体的比重和密度有相应的增加。但因为在一条件下，液体所承受的压力不大时，所引起液体体积的变化很小，所以，在工程计算中常常可以忽略，并认为液体的比重及密度都是常量，

缩系数为 $\beta_p = 0.0000475$ 厘米²/公斤。
由拧入油缸内密封良好的活塞来造成所需要的压力,活塞直径 $d = 1$ 厘米,假若螺距 $t = 2$ 毫米,在一个大气压力之下,校正器内油的体积 $V = 200$ 厘米³。试问为了造成200个大气压的压力时,手轮需要摇的转数为若干?

解 根据公式(1-8)可以求出油液需要减少的体积为

$$\Delta V = \beta_p V \Delta p$$

原式中的负号代表压力增加体积减少之意,此处可以舍去。

另一方面减少的体积与手轮转数 n 有关,即

$$\Delta V = \frac{\pi}{4} d^2 t n$$

故所求的转数

$$n = \frac{4\beta_p V \Delta p}{\pi d^2 t} = \frac{4 \times 0.0000475 \times 200 \times 200}{3.14 \times 1^2 \times 0.2} = 12.1 \text{ 转}$$

例 1-4 汽轮机调速系统中采用的作用筒(油动机)如图 1-2 所示,借以将液压转变为机械能而使活塞移动。液压油的体积膨胀系数 $\beta_t = 650 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$,作用筒直径 $d = 15$ 厘米,长 $L = 40$ 厘米。若油液完全封闭在作用筒内,试问温度从 -20°C 升到 $+20^\circ\text{C}$ 时油液体积增大若干?

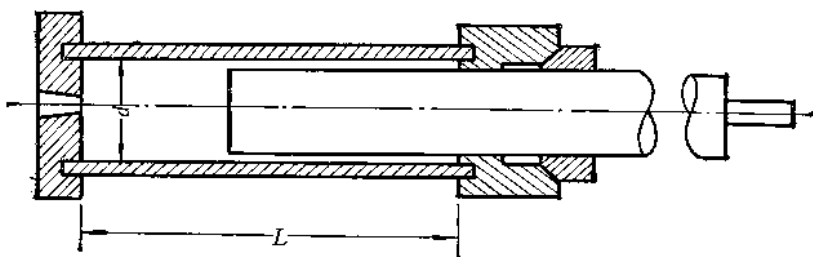


图 1-2 作用筒

解 根据公式(1-10)可以求出增大的体积

$$\Delta V = \beta_t V \Delta t$$

根据题意可知

$$\Delta t = [20 - (-20)] = 40^\circ\text{C}$$

作用筒最大体积为

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 L = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15^2 \times 40 = 7065 \text{ 厘米}^3$$

故

$$\Delta V = 0.000650 \times 7065 \times 40 = 183.7 \text{ 厘米}^3$$

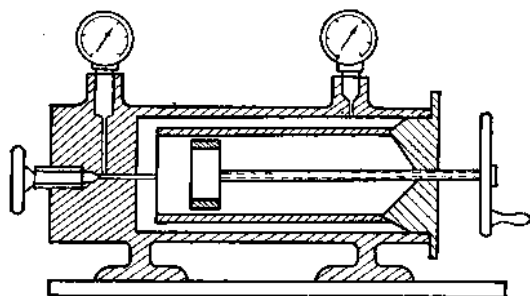


图 1-1 压力表校正器