

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



流体流动与传热

LIUTI LIUDONG YU CHUANRE

主 编 刘敏丽



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

流体流动与传热

主 编 刘敏丽

北 京
冶金工业出版社
2011

内 容 提 要

本书分为三个模块——流体力学、流体输送机械和传热,主要讲解流体力学与传热学的基本原理与计算方法,相关典型操作设备的构造、工作原理、性能、操作调节方法、计算、选用等工程实践知识。本书在编写过程中,力求体现高职教育特点,本着“理论必需、够用为度,强化应用能力培养”的编写原则,引入很多工程实例。为便于读者加深理解和学用结合,各单元根据需要配有思考题或习题。

本书可作为职业院校的教材,也可作为职业教育的培训教材,同时也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

流体流动与传热/刘敏丽主编. —北京:冶金工业出版社,2011.3

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5487-6

I. ① 流… II. ① 刘… III. ① 流体流动—高等职业教育—教材 ② 传热学—高等职业教育—教材
IV. ① 0351.2 ② TK124

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 031238 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 陈慰萍 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 石 静 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5487-6

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 3 月第 1 版,2011 年 3 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;15 印张;358 千字;225 页

30.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是在近几年高职高专流体力学与传热学相关内容的教材建设成果的基础上,充分汲取编者多年在课程内容改革、探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,从高职高专的人才培养目标出发,本着理论必需、够用为度,强化应用技能培养的编写原则编写而成的。

本书主要介绍流体力学与传热学基本原理及相关典型操作设备的构造、工作原理、性能、操作调节、计算、设备选用等。书中简化了理论公式的推导,并以大量的生活事例、自然现象和工程实际问题为实例,在强调基础理论知识的同时,注重后续专业课程的知识及技能的培养,体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。

本书可作为高职高专冶金、材料成型、化工等相关专业的教材,也可作为现场岗位培训和岗前培训教材,同时也可供相关专业技术人员参考。

本书由内蒙古机电职业技术学院刘敏丽任主编,任俊英、吴晓娜任副主编。其中绪论、模块1由刘敏丽编写,模块2、附录由吴晓娜编写,模块3由任俊英编写。山西工程职业技术学院张庭祥、包头钢铁公司高级工程师李国华担任本书的主审,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年11月

目 录

绪论	1
0.1 本课程的性质	1
0.2 本课程课论在生产中的应用	1
0.3 本课程的任务和教学方法	2

模块1 流体力学

单元1 流体及基本性质	3
1.1 流体的概念	3
1.1.1 流体的概述	3
1.1.2 流体作为连续介质的概念	4
1.2 流体的物理性质	5
1.2.1 密度和比体积	5
1.2.2 压缩性和膨胀性	7
1.2.3 黏性	9
1.3 流体的水力要素	13
1.4 作用在流体上的力	15
思考题	16
习题	16
单元2 流体静力学	19
2.1 静压力的概念和表示方式	19
2.1.1 静压力的概念	19
2.1.2 静压力的特性	20
2.1.3 压力的表示方法	21
2.1.4 压力的单位	22
2.2 流体静力学基本方程	23
2.2.1 流体静力学基本方程的推导	23
2.2.2 流体静力学基本方程式的讨论	23
2.3 流体静力学基本方程式的应用	24
2.3.1 压力差或表压力的测定	24

2.3.2 液位测量	28
2.3.3 液封高度的计算	29
2.4 静止流体对平面壁的作用力	32
思考题	34
习题	34
单元3 流体动力学	38
3.1 流体流动的基本概念	38
3.1.1 迹线和流线	38
3.1.2 流管、流束和总流	38
3.1.3 流动的分类	38
3.1.4 运动要素	39
3.2 流体流动的连续性方程——质量守恒定律	39
3.2.1 稳定流动的连续性方程	39
3.2.2 连续性方程的应用	40
3.3 流体流动的伯努利方程——能量守恒定律	41
3.3.1 流动系统的能量类型	41
3.3.2 伯努利方程的推导	42
3.3.3 伯努利方程的讨论	43
3.3.4 伯努利方程的应用	44
思考题	49
习题	50
单元4 流体阻力	51
4.1 流体阻力的表现与形成原因	51
4.1.1 流体阻力的表现	51
4.1.2 流体阻力的形成原因	52
4.2 流体的流动状态	52
4.2.1 流动状态的划分	52
4.2.2 流体流动状态的判定	53
4.3 圆管中的速度分布	54
4.3.1 流体在圆管内做层流运动时的速度分布	54
4.3.2 流体在圆管内做紊流运动时的速度分布	54
4.4 管流系统的能量损失	55
4.4.1 直管阻力损失	55
4.4.2 局部阻力损失	59
4.4.3 系统的总能量损失	63
思考题	66
习题	66

单元5 管路基础及简单管路的计算	68
5.1 管路的分类	68
5.2 管路的基本构成	69
5.2.1 管材	69
5.2.2 常用管件	70
5.2.3 常用阀门	71
5.3 管子的选用	71
5.4 单一管路计算	72
5.4.1 单一管路计算所解决的问题	72
5.4.2 管路计算中的常用方法——试差法	73
思考题	75
习题	75
单元6 流速与流量测量	77
6.1 测速管	77
6.1.1 结构	77
6.1.2 测量原理	77
6.1.3 讨论	78
6.2 孔板流量计	79
6.2.1 结构	79
6.2.2 测量原理	80
6.3 文丘里流量计	81
6.3.1 结构	81
6.3.2 测量原理	82
6.3.3 讨论	82
6.4 转子流量计	82
6.4.1 结构	82
6.4.2 测量原理	83
思考题	83
习题	84

模块2 流体输送机械

单元7 流体输送机械概述	85
7.1 流体输送机械的作用	85
7.2 流体输送机械的分类	85

单元 8 离心泵	87
8.1 离心泵的主要部件及工作原理	87
8.1.1 离心泵的主要部件	88
8.1.2 离心泵的工作原理	91
8.2 离心泵的主要性能参数与特征曲线	91
8.2.1 离心泵的主要性能参数	91
8.2.2 离心泵的特性曲线	94
8.3 影响离心泵性能的主要因素	94
8.3.1 液体物性对离心泵特性的影响	94
8.3.2 转速对离心泵特性的影响	95
8.3.3 叶轮直径对离心泵特性的影响	95
8.4 离心泵的吸上高度与气蚀现象	95
8.4.1 离心泵的吸上高度	95
8.4.2 离心泵的气蚀现象	96
8.4.3 离心泵的允许吸上高度	96
8.5 离心泵的工作点与调节	98
8.5.1 管路特性曲线与泵的工作点	98
8.5.2 离心泵的流量调节	100
8.5.3 离心泵的并联和串联	101
8.6 离心泵的类型与选用	103
8.6.1 离心泵的类型	103
8.6.2 离心泵的选用	106
思考题	108
习题	109
单元 9 其他生产用泵	112
9.1 往复泵	112
9.1.1 流量(排量能力)	113
9.1.2 扬程	114
9.1.3 流量调节	114
9.1.4 允许气蚀余量	114
9.1.5 稳流装置——空气室	115
9.2 计量泵	116
9.3 齿轮泵	117
9.4 螺杆泵	117
9.5 旋涡泵	118
9.6 轴流泵	119
9.7 生产用泵性能比较	119

思考题	120
习题	120
单元 10 气体输送机械	121
10.1 通风机	121
10.1.1 轴流式通风机	121
10.1.2 离心式通风机	122
10.2 鼓风机	124
10.2.1 离心式鼓风机	124
10.2.2 旋转式鼓风机	125
10.3 压缩机	125
10.3.1 往复式压缩机	126
10.3.2 离心式压缩机	130
10.3.3 液环式压缩机	132
10.4 真空泵	133
10.4.1 往复式真空泵	133
10.4.2 水环真空泵	133
10.4.3 喷射式真空泵	134
思考题	135
习题	136

模块 3 传 热

单元 11 传热概述	137
11.1 传热的基本方式	137
11.2 传热基本概念	138
思考题	139
单元 12 热传导	140
12.1 傅里叶定律及导热系数	140
12.1.1 温度场与等温面	140
12.1.2 傅里叶定律	140
12.1.3 导热系数	141
12.2 平壁的定态热传导	141
12.2.1 单层平壁的定态热传导	141
12.2.2 多层平壁的定态热传导	142
12.3 圆筒壁的热传导	143
12.3.1 单层圆筒壁的定态热传导	144

12.3.2 多层圆筒壁的定态热传导	145
思考题	146
习题	146
单元 13 对流传热	147
13.1 对流传热分析	147
13.2 对流传热速率方程及牛顿冷却定律	148
13.2.1 对流传热速率方程	148
13.2.2 对流传热系数及其影响因素	149
13.3 对流传热中量纲分析法的应用	150
13.3.1 流体无相变时的强制对流传热过程	150
13.3.2 应用数群关联式应注意的问题	150
13.4 流体无相变时的对流传热系数的经验关联式	151
13.4.1 流体在管内做强制对流	151
13.4.2 流体在管外做强制对流	154
13.4.3 自然对流	156
13.5 流体有相变时的对流传热系数	157
13.5.1 蒸气冷凝	157
13.5.2 液体沸腾	159
思考题	160
习题	161
单元 14 传热计算	162
14.1 热负荷计算	162
14.2 总传热速率方程	162
14.2.1 总传热系数的数值范围	163
14.2.2 总传热系数的计算	164
14.2.3 污垢热阻	165
14.2.4 提高总传热系数途径的分析式	165
14.3 平均温度差法	166
14.3.1 恒温传热	167
14.3.2 变温传热	167
14.4 传热面积的计算	172
14.5 壁温的计算	172
思考题	173
习题	173
单元 15 辐射传热	175
15.1 热辐射的基本概念	175

15.2 物体的辐射能力	176
15.2.1 黑体的辐射能力与斯蒂芬-玻耳兹曼定律	176
15.2.2 灰体的辐射能力及克希霍夫定律	176
15.3 两固体的辐射传热	177
15.3.1 两固体间的相互传热	177
15.3.2 辐射、对流联合传热	178
思考题	180
习题	180
单元 16 换热器	181
16.1 换热器的分类	181
16.2 间壁式换热器	181
16.3 其他高效换热器	185
16.4 列管式换热器的设计	187
16.5 列管式换热器的选用和设计计算步骤	191
思考题	194
单元 17 过程强化与展望	195
附录	197
附录 1 计量单位换算	197
附录 2 物理性质	199
附录 3 水的饱和蒸气压	204
附录 4 饱和水蒸气性质	205
附录 5 黏度	207
附录 6 比热容	210
附录 7 液体汽化潜热	213
附录 8 导热系数	214
附录 9 管子的规格	216
附录 10 常用离心泵的规格	217
附录 11 离心式通风机的规格	222
附录 12 列管式换热器规格	223
参考文献	225

绪 论

流体力学与传热学是两门独立的学科,但其间有着一定的联系,并且都是材料类专业的重要基础理论,因此现按课程综合化要求,合并成一门课程开设。

0.1 本课程的性质

在一定条件下,自然界中各种物质分别以固体、液体和气体状态存在,液体和气体统称为流体。关于固体的基本力学问题,已在理论力学和材料力学课程进行了讨论;而有关流体的基本力学问题,则是流体力学所研究的。

流体力学是采用理论分析与实验相结合的方法,研究流体的平衡和运动规律以及这些规律在实际中应用的一门学科。它是从宏观角度来对流体运动现象进行观察,分析流体运动过程中力(动量、动能)与运动(位移、速度)之间的制约关系。

流体包括液体和气体,因此流体力学也就包括液体力学和气体力学。在研究中,液体通常是以水为代表,故液体力学一般也称为水力学。本书的内容将侧重于水力学的基本知识,从分析研究液体着手,所建立的有关液体的一些基本规律,对于平衡的或运动速度低于声速的气体也是适用的。

流体输送机械是用来输送流体并提高其压能和动能的设备。本书着重介绍离心泵的构造、原理、性能及选型。

传热学是研究热量传递的一门学科。在自然界中,普遍存在着温度差,只要有温差存在,热量就会自发地从高温传向低温,因此热的传递是一个很普遍的自然现象。传热学就是研究热传递和热平衡的基本规律,并运用这些规律去分析解决工程技术中的实际问题。

0.2 本课程课论在生产中的应用

流体力学是一门基础性很强、应用性很广的学科。20 世纪 60 年代以前,它主要围绕航空、航天、大气、海洋、航运、水利等方面,研究流体运动中的动量传递问题,即局限于研究流体的运动规律,研究流体与固体、液体或大气界面之间的相互作用力问题。20 世纪 60 年代以后,能量、环境保护、化工和石油等领域中的流体力学问题,逐渐受到重视。例如:研究大气和海洋运动可以作好天气与海情预报,以便为农业、渔业、航空、航海、国防和人民生活服务;研究各种空间飞行物体,如飞机、人造卫星、导弹、炮弹,以及各种水上或水下运动物体,如船舶、潜艇、鱼雷等的运动,可以了解它们与空气和水的动力性能,以便获得阻力小、稳定性高的最佳物体外形;研究河流、渠道和各种管路系统内的流动,可以掌握它们的运行规律,特别是它们与各种壁面之间的作用力,以便获得耗能低、安全性高的工程设计;研究核反应堆、动力设备中的冷却系统如热交换器、水暖系统以及各种化工设备总的流动系统,不仅可以了解它们的运动规律,而且可以掌握它们在壁面的传热、传质规律等。此外,油田气田的开发、地下水的利用以及机械的润滑等,均与流体力学密切相关。特别是近几十年来,流体

力学与相邻学科相结合,发展了许多新的交叉分支学科,大大充实了流体力学的研究内容,扩大了它的研究和应用领域。

从对传热过程的要求来看,工程中的传热问题可以分为两种类型:一是增强传热,即提高换热设备的传热能力,或在满足传热量的前提下使设备的尺寸尽量缩小;二是削弱传热,即减少热损失或保持设备内适宜的工作温度。学习传热的目的就在于分析和认识传热规律,能动地控制热量传递,有效地解决工程技术中增强或削弱传热的问题,实现能源的合理使用,提高设备的生产能力。

0.3 本课程的任务和教学方法

“流体流动与传热”课程是材料类及相关专业学生必修的一门技术基础课。其任务是了解流体的性质,掌握流体平衡和运动规律,学习流动阻力和能力损失、热传递的基本理论,掌握相应的计算方法,熟悉相关设备结构、工作原理、操作调控方法、主要性能和有关技术问题,并掌握一定的运算能力、选型及设计能力,为学习专业课和解决工程实际问题奠定一定的基础。

本课程理论性较强,应以课堂教学为主,重点要放在基本概念、基本理论和基本计算方法上,力求达到概念正确、掌握牢固。有些内容可采用分析与讨论相结合的方式进行教学,以促进对学生思维、分析和解决问题能力的培养。

要重视实验和直观教学,这样既有利于学生理解和验证一些比较抽象的概念,也有助于培养学生的实践能力。

本书每单元后附有思考题和习题,以便学生明确和加深所学知识,掌握方法,培养分析能力,解决实际问题。

流体力学

流体力学包括流体静力学与流体动力学两部分,分别研究、解决流体处于静止及流动时的有关工程实际问题。其中,流体静力学研究静止流体中压强分布规律及对固体接触面的作用力等问题;流体动力学研究运动流体中各种运动参数变化的规律、流体与固体接触面的相互作用力等问题。

单元1 流体及基本性质

学习目标

- (1) 掌握流体的概念,流体的物理性质,流体物性参数的定义、特性、数据确定方法。
- (2) 理解流体的水力要素。
- (3) 了解作用在流体上的力。

在论述流体的力学规律之前,必须首先对流体建立明确的概念,并对决定流体平衡和运动规律的内部原因——流体的力学性质进行分析和探讨。

1.1 流体的概念

1.1.1 流体的概述

自然界中常见的物质有三种状态,即固态、液态和气态,处在这三种状态下的物质分别称为固体、液体和气体。从它们的外部特征上看:固体有一定的形状,而气体和液体不能像固体那样保持一定的形状,任何微小的外力都可以促使气体和液体产生很大的变形。

通常说能流动的物质为流体,液体和气体易流动,我们把液体和气体称为流体。但这样说不严格的,严格地说应该用力学的语言来叙述:在任何微小剪切力的持续作用下能够连续不断变形的物质,称为流体。

固体的分子排列紧密,分子间的引力和斥力都较大,分子被束缚在平衡位置附近,只能做微小的振动而不能相对移动。因此分子间的距离和相对位置都较难改变,可以抵抗压力、拉力和切力三种力,在所受作用力不大时,可以保持自身体积和形状固定不变。

流体和气体与固体相比,分子排列松散,分子间引力较小,分子运动强烈,除可在平衡位

置附近做振动外,还可离开平衡位置做无规则的相对移动,使分子间距离和相对位置发生较大改变,不能抵抗拉力和切力,因而不易保持一定的形状,表现出较大的流动性,所以液体和气体统称为流体。这就是流体同固体在力学性质上存在显著区别的根本原因。

液体和气体具有的共同特性是流动性,但它们还存在以下不同特性:

液体分子间的距离比固体分子(或离子)间的距离大,但比气体分子之间的距离小,分子之间的引力尚能使液体保持一定的体积。故在重力作用下有边界(自由)液面,有比较固定的体积,而在受到压缩时因分子之间的斥力较大,故有一定抗力,因而在实用意义上具有不可压缩的特性。

然而,气体由于其分子之间的距离很大,引力很弱,因此,既不能保持一定的形状,也不能保持一定的体积,总是完全地充满所占容器的空间,没有自由面,表现出较大的膨胀性。同时由于气体分子之间的斥力很弱,因而很容易被压缩,被认为是可压缩流体。

因此,只要所研究的问题不涉及压缩性时,所建立的流体力学规律,对气体和液体均是适用的;否则,气体和液体应分别处理。

1.1.2 流体作为连续介质的概念

流体由分子组成,而分子之间是存在空隙的。流体的分子总是不断地做杂乱无章的热运动。如果要考虑这种微观物质的不连续性(空隙),并从每一个分子的运动出发去掌握整个流体平衡与运动的规律,是很困难甚至是不可能的。1753年,欧拉(Euler)建议采用连续介质这一概念来对流体的运动进行研究。即把真正的流体看成是一种假想的、由无限多流体质点所组成的稠密而无间隙的连续介质,而且这种连续介质仍然具有流体的一切基本力学性质。

将流体看成是一种连续介质是可行的。因为流体力学所研究的并不是个别分子的微观运动,而是研究由大量分子组成的宏观流体的机械运动。宏观流体总是具有一定体积的。即使是微小的流体质点,虽然其体积相对于流动空间来说小到可以忽略不计,但它相对于分子距和分子的平均自由行程的尺寸来说,却是足够大的,其内仍含有大量的分子。例如,在标准状况下,每立方毫米的空气中包含 2.7×10^{16} 个分子,空气分子的平均自由行程约为 7×10^{-6} cm,可见分子距和分子的平均自由行程都是极其微小的,它们与机械运动的距离相比是微不足道的。所以在对流体进行宏观研究时,完全可以把流体看成是既没有空隙也没有分子运动的连续介质。

必须注意,所谓流体的连续性,不仅是指物质的连续不间断性,也是指一些物理参数的连续不突变性。即反映宏观流体的密度、流速、压力等物理量也必定是空间坐标的连续函数。这样,在流体力学的研究中,就可以应用连续函数来描述和解决各类问题。

在实际工程问题中,通常运用连续介质模型进行数学物理分析以后所得的结果,与通过实验实测的数据进行比较,结果证明这种模型是可靠的。

流体介质连续概念包括两个内容:

(1) 流体是由连续排列的流体质点所组成的,即流场内的每一点都被确定的流体质点所占据,流场中毫无间隙。因此,流体中的任一物理参数(如速度、压力、密度等)都可以表示成空间坐标 (x, y, z) 和时间 (t) 相对应的函数形式,例如压力 $p = p(x, y, z, t)$ 。

(2) 在充满连续介质的空间里,所有物理量的函数,如压力 $p = p(x, y, z, t)$,必然是连续函

数,而且是连续可微函数。在某些特殊情况下,允许在流场中的某些点、线、面上存在不连续。

由此可见,有了连续性的假定,就可以使流体力学摆脱研究分子运动的复杂性,只考虑外力作用下的宏观机械运动。同时,因为流体是连续的,表征流体特性的各个物理量,如温度、密度、流速、压力和切应力等在一般情况下也是连续的,这样就可以利用连续函数这一有利的数学工具,分析和研究流体各个物理量的变化规律。

应当指出,上述对流体连续性的基本假设是有一定范围的,若超过这个范围,假设将不再成立。例如,在高真空的真空泵中,温度为 293 K 的空气,当压力为 1.33336×10^{-5} Pa 时,其分子距约为 4.5 mm,这个数值与真空泵的尺寸就可以比拟了,此时就不能再将气体看成是连续介质了。

本书所研究的流体均是指上述所说的连续介质。它是由无穷多个连续分布的微小流体团所组成。这种微小的流体团被称为流体质点,有时也称流体微团。

1.2 流体的物理性质

在研究流体的力学规律之前,必须首先了解流体的基本物理性质,因为流体的平衡与机械运动规律固然与流体外部因素有关,但更主要的是内部因素。鉴于实际流动现象的复杂性,在研究每一个具体物理过程时,往往不是一开始就把所有的内在因素全部考虑进去,而是抓住影响问题本质的最基本因素,忽略一些次要因素,先建立研究的模型,然后再考虑次要因素,对研究结果逐步修正。流体力学正是遵循这样一种普遍的研究规律来解决每一个具体问题而不断发展的。

1.2.1 密度和比体积

1.2.1.1 密度

按照牛顿定律,流体总是力图保持它原来的运动状态不变,这个性质就是所谓的惯性。当流体受外力作用而改变运动状态时,流体必然产生反抗改变的惯性力。惯性的大小是用质量来度量的,质量越大,惯性就越大。为了便于比较不同流体惯性的大小,通常用密度来表明流体质量的密集程度。

单位体积流体内所具有的质量称为密度,用希腊字母 ρ 表示。

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

式中 ρ ——流体的密度, kg/m^3 ;

m ——流体的质量, kg ;

V ——流体的体积, m^3 。

对于均质流体,各点密度相同,其密度计算公式见式(1-1)。对于非均质流体,密度随点而异。若取包含某点在内的体积和质量,则该点密度需要用极限方式表示,即

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$$

式中 ΔV ——包含该点的微小流体体积;

Δm —— ΔV 内的流体质量。

1.2.1.2 比体积

单位质量的流体所占有的体积称为比体积,用 v 表示,单位为 m^3/kg ,计算公式为:

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-2)$$

可以看出流体的密度与比体积之间互为倒数关系,即

$$\rho = \frac{1}{v} \quad (1-3)$$

例如:在常温下,水的密度 $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$,其比体积 $v = 1/1000 = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。

1.2.1.3 影响流体密度的因素

A 流体种类

密度是流体的一种天然属性,它随流体种类的不同而不同。表 1-1 给出了几种常见流体的密度值。

表 1-1 常见流体的密度

流体名称	温度 $t/^\circ\text{C}$	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	流体名称	温度 $t/^\circ\text{C}$	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
汽油	15 ~ 20	700 ~ 750	氨	0	0.771
苯	60	873	氮		1.251
甘油	0	1260	空气		1.293
煤油	15	769	氧		1.429
蒸馏水	4	1000	氯		3.217
重油	15	900 ~ 950	氢		0.0899
酒精	15 ~ 18	790	甲烷		0.717
水银	0	13600	一氧化碳		1.250
海水	15	1020 ~ 1030	二氧化碳		1.976
乙醚	0	740	乙烯		1.206
甲醇	4	810	二氧化硫		2.925

流体种类不同,其密度差别很大。水的密度(4°C)是空气密度(0°C)的 773 倍。由此可见,液体的密度比气体的密度大得多,因此当液体与气体共同存在于同一容器或管道之中时,气体的质量往往可以忽略不计。

B 温度和压力

流体的密度随压力和温度的变化而变化。这是因为温度和压力变化,流体的体积就要发生变化。一般情况下,液体的密度随压力和温度的改变变化很小,而气体的密度随压力和温度的改变变化较大。表 1-2 列出了不同温度下水的密度值。

表 1-2 不同温度下水的密度(0.1 MPa)

温度 $t/^\circ\text{C}$	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	温度 $t/^\circ\text{C}$	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	温度 $t/^\circ\text{C}$	密度 $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
0	999.9	30	995.7	70	977.8
4	1000.0	40	992.2	80	971.8
10	999.7	50	990.1	90	965.3
20	998.2	60	983.2	100	958.4