

中等专业学校规划教材

流体力学与流体机械

赵洵众 主编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

流体力学与流体机械

赵洵众 主编

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书包括流体力学基础、矿井通风设备及煤矿抽放瓦斯设备三大部分,共十五章。书中介绍了流体力学中的基本理论、计算公式及计算方法。并着重介绍了后两部分中典型设备的结构特点、工作原理、性能、调节方法、性能测定及选型计算方法等。书中突出应用并注意到设备的经济运行。

本书适用于煤炭中等专业学校、技工学校及成人、干部训练班,也可供有关工程技术人员参考。

中等专业学校规划教材

流体力学与流体机械

赵洵众 主编

责任编辑:刘永清

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安门内和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092mm^{1/16}, 印张13^{1/2}, 插页 1

字数 315千字 印数 1—4,265

1995年4月第1版 1995年4月第1次印刷

ISBN 7-5020-1088-2/TH11

书号 3856 B 0152 定价7.80元

前 言

本书为“八·五”规划教材，是在1989年编写的《教学大纲》的基础上编写的。在编写中本书力求反映以下几点：

1. 紧扣煤炭中等专业学校通风安全专业的培养目标和专业特点，从实际出发，使书中内容尽可能与煤矿通风技术人员的职责相结合；

2. 注意教材的先进性、适用性及科学性；

3. 突出应用，并注意保持理论的系统性、完整性。书中附有必要的插图、表格、例题、小结、思考题与习题。通过例题示范解题方法及公式的应用，引导学生学以致用，从而培养学生分析问题与解决生产实际问题的能力。

本书为通风安全专业流体力学与流体机械课程教材，也可供煤炭成人中专、煤矿技工学校 and 干部培训班使用，以及有关工程技术人员参考。

全书共分三篇十五章。重庆煤炭工业学校赵洵众编写第一至五章，北京煤炭工业学校唐汝明编写第六、七章、陕西煤炭工业学校吴革新编写第八至十一章、山西大同煤炭工业学校杨玉璋编写第十二至十五章。赵洵众担任主编。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1993年11月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 流体力学基础

第一章 基本知识	2
第一节 流体力学的研究任务和对象	2
第二节 流体的几种物理性质	2
第三节 实际流体与理想流体	5
小结	5
思考题与习题	6
第二章 流体静力学基础	7
第一节 流体静压力及其特性	7
第二节 流体静力学基本方程式	8
第三节 等压面	11
第四节 流体静压力的计算基准及其测量	11
第五节 巴斯卡定律	14
小结	15
思考题与习题	15
第三章 流体动力学基础	17
第一节 流体动力学基本概念	17
第二节 流体流动的种类	19
第三节 流体总流的连续性方程式	20
第四节 伯努利方程式及应用	21
小结	28
思考题与习题	29
第四章 流体流动状态及能量损失	30
第一节 流体流动的两种状态和判别	30
第二节 液体流动的水头损失和通风网路阻力损失	32
小结	37
思考题与习题	37
第五章 流体的孔口出流	39
第一节 孔口出流的概念及分类	39
第二节 薄壁淹没孔口出流	41
小结	42
思考题与习题	42

第二篇 矿井通风设备

第六章 矿用通风机的工作理论	43
第一节 概述	43
第二节 离心式通风机的工作理论	45
第三节 轴流式通风机的工作理论	54
第四节 相似理论在通风机上的应用	57
小结	64
思考题与习题	65
第七章 通风机在网路中的工作	67
第一节 矿井通风网路特性与等积孔	67
第二节 通风机的工况及工业利用区	68
第三节 通风机的联合工作	71
第四节 通风机工况的调节	74
小结	77
思考题与习题	78
第八章 通风机的构造及性能	79
第一节 离心式通风机	79
第二节 轴流式通风机	87
第三节 两类通风机的比较	97
小结	98
思考题与习题	100
第九章 通风机的附属装置	101
第一节 扩散器	101
第二节 反风装置	105
第三节 消音装置	108
小结	110
思考题与习题	111
第十章 通风机的使用	112
第一节 通风机的起动与停止	112
第二节 矿用通风设备的经济运行	112
第三节 通风机的性能测定	116
小结	125
思考题与习题	125
第十一章 矿井通风设备的选型计算	126
第一节 要求、原始资料 and 任务	126
第二节 按个体特性曲线选型计算方法	127
第三节 按类型特性曲线选型计算方法	132
小结	141
思考题与习题	141
第十二章 局部通风设备	142
第一节 通风方式	142

第二节	局部通风机与风筒	143
第三节	局部通风设备的选型计算	158
第四节	按经验选择局部通风设备	164
	小结	164
	思考题与习题	165

第三篇 煤矿抽放瓦斯设备

第十三章	矿井瓦斯泵	166
第一节	矿井常用瓦斯泵	166
第二节	各种瓦斯泵的特点及适用条件	186
第三节	瓦斯泵选型计算简介	186
	小结	189
	思考题与习题	190
第十四章	瓦斯泵房及附属设备	191
第一节	瓦斯泵房	191
第二节	安全装置	194
第三节	流量计	196
	小结	198
	思考题与习题	198
第十五章	矿井瓦斯泵的维护与操作	199
第一节	瓦斯泵的日常维护与保养	199
第二节	瓦斯泵的操作及注意事项	199
第三节	瓦斯泵的常见故障及处理方法	203
	小结	206
	思考题与习题	206
	参考文献	207

绪 论

煤炭是我国的第一能源，对国民经济起着重要的作用。煤是工业的粮食，也是人民群众不可缺少的生活资料。高速发展煤炭事业，对于发展我国社会主义经济，实现四个现代化具有重要意义。

煤矿井下开采作业环境特别复杂，在生产过程中往往受到瓦斯、煤尘及火等灾害的威胁。矿井通风与抽放瓦斯工作是保证矿井安全和人身健康、促进高速度开采煤炭的一个重要方面。

安全生产是我们党和国家在领导生产建设中一贯坚持的方针。安全生产的基本含义就是生产必须安全，安全促进生产。同自然作斗争，要尊重客观规律，只有掌握有害因素发生、发展的规律性，采取积极有效的防止措施，使生产在安全条件下进行，才能保证正常生产，促进生产的发展。

这本教材包括流体力学基础、矿井通风设备及矿井抽放瓦斯设备三大部分。流体力学是后两部分的重要理论基础，它是研究流体的平衡与流体运动规律及其在生产实践中的应用。矿井通风设备的基本任务是不断地向矿井井下各作业地点供给足够数量的新鲜空气，稀释和排除各种有害、有毒气体和煤尘，调节井下气候条件，造成一个良好的工作环境，保证井下工作人员的安全健康，提高劳动生产率。为此，通风技术人员必须熟悉通风设备的结构、原理、性能及选型计算方法。抽放瓦斯设备的基本任务是将高瓦斯矿井井下煤层中的瓦斯不断地抽出地面，一方面消除发生瓦斯爆炸的危险性，另一方面抽出的瓦斯还可以作为工业及民用的能源，因此，通风技术人员还应熟悉抽放瓦斯设备的构造、原理、性能、选型原则及维护操作知识。

第一篇 流体力学基础

第一章 基本知识

第一节 流体力学的研究任务和对象

一、任务

流体力学是一门技术科学，它是力学的一个分支。流体力学的任务是研究流体的平衡和运动的规律及应用这些规律去解决实际工程中的问题。

流体力学所研究的基本规律有两大组成部分。一是关于流体平衡的规律，它研究流体处于静止（或相对平衡）状态时，作用于流体上的各种力之间的关系，这一部分称为流体静力学；二是关于流体运动的规律，它研究流体在运动状态时，作用在流体上的力与运动要素之间的关系，以及流体的运动特性与能量的转换等等，这一部分称为流体动力学。

流体力学虽然是一门理论性较强的科学，但它来源于生产实践，并且又能够指导生产实践，所以它又是一门实践性较强的科学。流体力学在煤矿生产中应用得非常广泛，通风、排水、压气输送、液压传动等都要应用它。

二、研究对象

本篇研究的对象是不可压缩的流体，它的基本理论不仅适用于各种液体，也适用于压缩性很小的气体（如矿井通风，由于压力变化很小，其气体压缩性是可以忽略的），故本篇的理论也可用于通风系统中。

流体包括液体和气体，它与其他物质一样，是由彼此之间有空隙的大量分子组成的，而且这些分子永恒不息地进行着复杂的微观运动。

学习流体力学的目的主要是：掌握其基础理论，为今后生产与科学服务；为学习流体机械、液压传动打下理论基础。学习时，要做到理论与实际相结合，理解其基本理论，并掌握它们的应用条件和应用方法，以提高分析问题与解决问题的能力。

第二节 流体的几种物理性质

流体的表现与它的物理性质有关。了解其物理性质是研究流体的力学规律的先决条件。

一、密度与重度

与自然界其他物质一样，流体具有质量。均质流体的质量 m 与体积 V 的比值，即流体单位体积内所具有的质量，叫做密度，用 ρ 表示，即

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

式中 V ——流体的体积， m^3 ；

m ——体积 V 所具有的流体质量， kg 。

流体单位体积所具有的重量，叫做流体的重度（容重），用 γ 表示，即

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

式中 G ——体积 V 所具有的流体重量，N。

由于重量 G 是质量 m 和重力加速度 g 的乘积，即

$$G = mg$$

将上式代入式（1-2）中，可得密度与重度的关系式

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

式中，重力加速度 g 通常可看作常数，其常数值一般为 9.81m/s^2 ，工程也可采用为 10m/s^2 。

在大气压力下，几种常见流体的 ρ 与 γ 如表1-1所示。

表 1-1 几种流体的密度与重度

流 体 名 称	温 度 t	密 度 ρ	重 度 γ
	$^{\circ}\text{C}$	kg/m^3	N/m^3
清 水	4	1000	9810
煤矿井下水		1015~1025	9957~10055
水 银	0	13600	133416
空 气	0	1.293	12.68
空 气	20	1.2	11.77

例1-1 求在一个大气压下， 4°C 时， 0.001m^3 清水的重量 G 和质量 m 。

解：已知体积 $V = 0.001\text{m}^3$ ，清水的 $\gamma = 9810\text{N/m}^3$ ，于是可得 0.001m^3 清水的重量为

$$G = \gamma V = 9810 \times 0.001 = 9.81\text{N}$$

由于清水的 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ，于是可得 0.001m^3 清水的质量为

$$m = \rho V = 1000 \times 0.001 = 1\text{kg}$$

二、压缩性与膨胀性

在温度不变的情况下，流体体积随压力增大而减小（也就是 γ 与 ρ 随压力增大而加大），这种性质称为流体的压缩性。在压力不变的情况下，流体体积随温度升高而膨胀的性质，称为流体的膨胀性。

液体的压缩性和膨胀性都很小。例如当温度为 0°C 时，水从压力为 0.1MPa 增加到 10 个 MPa 时，每增加 0.1MPa ，水的密度增加约为二万分之一。当压力为 0.1MPa ，且温度较低（ $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ）时，温度每增加 1°C ，水的密度减小约为万分之一点五；在温度较高（ $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ ）时，温度每增加 1°C ，水的密度减小也只有万分之七。因此，在一般给水、排水工程中，可以不考虑液体的压缩性与膨胀性。但在作管路水击的计算中，由于压力变化很大，就必须要考虑水的压缩性，不然就会导致很大的误差。

对于气体来说，其压缩性与膨胀性都是很大的，但是，在压力和温度变化很小的情况下，这种性质也是可以忽略的。例如矿井通风系统中的空气压力变化很小，在计算时可以看作和液体一样是不可压缩的流体，这样液体的平衡与运动规律就同样适用于矿井通风系统中。

三、粘性

粘性是液体和气体都具有的一种性质。流体只有在运动时才表现出这种性质，在静止时并不能够发现。

例如当流体在管中流动时，愈近轴心处速度愈大，愈靠近管壁处速度愈小。如果流体的质点都沿着轴向运动，则可把管中的流体看成是许多无限薄的圆筒形流层的运动，各圆筒形的薄层具有不同的运动速度，其运动速度是按一定的曲线分布的，如图1-1所示各流体

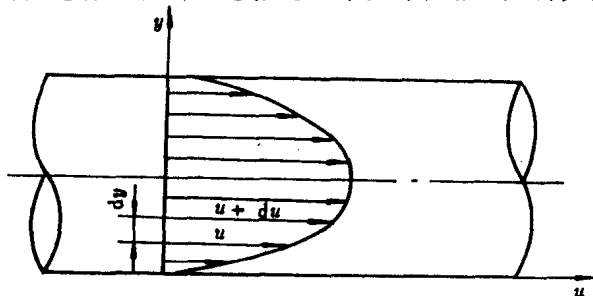


图 1-1 圆管中流体流速分布情况

层之间，速度较大的薄层将带动相邻速度较小的薄层，反之，速度较小的薄层则阻滞速度较大的薄层，这样，在流体层的接触面上产生类似于固体的摩擦过程，从而在流体层间产生内摩擦力（切应力），以反抗相对运动。这种在流体层间因相对运动而产生的内摩擦力，反抗相对运动的性质，叫做流体的粘性。

粘性的大小用粘度来表示，粘度主要有以下量度方法。

1. 动力粘度

根据实验证明，流体运动各层间所产生的内摩擦力 T 与接触面积 S 成正比，与流体运动速度沿横截面的变化率（即速度梯度） $\frac{du}{dy}$ 成正比，与液体的粘性成正比，而与接触面上的压力大小无关。将此实验结果写成表达式，即

$$T = \mu S \frac{du}{dy} \quad (1-4)$$

这就是著名的“牛顿内摩擦定律”。

式中 T —— 流体薄层间内摩擦力，N；

$\frac{du}{dy}$ —— 速度梯度，1/s；

dy —— 两相邻层间的间隔距离，m；

du —— 两相邻层间的速度差（即相对速度），m/s；

μ —— 随着流体不同而异的比例系数，叫做动力粘度，Pa·s。

μ 值愈大，粘性愈大。因为它反映了粘性的动力性质，所以把 μ 称之为动力粘度。

2. 运动粘度

在实际应用中，还常出现动力粘度与密度的比值，称为运动粘度，以 ν 表示，则

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-5)$$

ν 的单位为 m^2/s 。 μ 和 ν 都可表达流体的粘性，但表达形式不同。 ν 没有什么特殊的物

理意义，只是因为流体力学中 μ 与 ρ 的比值常常在计算中出现，所以才采用 ν 这一符号来代替 $\frac{\mu}{\rho}$ ，因为在系数 ν 的单位中只有运动学的量，所以把 ν 称之为运动粘度。

流体的粘度随温度而变化。气体的粘度随温度升高而增加，因为气体分子间距大，其粘性主要起因于分子间的动量交换，温度高时动量交换增加，因而粘性增大；液体的粘性则随温度升高而减小，因为液体的分子间距小，其粘性主要起因于分子之间的引力，温度升高时分子间的引力减小，因而粘性减小。表1-2所示为几种有关流体的粘度。

表 1-2 几种液体的粘度 (0.1MPa, $t = 20^\circ\text{C}$)

流 体 名 称	μ Pa·s	ν m ² /s
水	1.005×10^{-3}	1.007×10^{-6}
空气	18	15.01×10^{-6}
瓦斯 (CH ₄)		15.2×10^{-6}

第三节 实际流体与理想流体

一、实际流体

自然界中实际存在的一切流体均称为实际流体。实际流体都具有一定的粘性，如甘油、沥青、浓度较大的油类等都具有较大的粘性；空气、水、酒精等都具有较小的粘性。流体由于有粘性的存在，使得对流体运动的分析变得非常复杂。

二、理想流体

在流体力学中，为了使问题的分析简化，便于研究起见，引入了“理想流体”的概念。所谓理想流体，就是假想的没有粘性、绝对不可压缩、不能膨胀、没有表面张力的连续介质。有没有粘性是理想流体与实际流体的主要差别。这样的流体在运动时不产生内摩擦力，质点间的滑动没有任何切向阻力。因此，有时实际流体称为粘性流体，理想流体称为非粘性流体。

理想流体在自然界中是不存在的。研究这种流体，如同理论力学中研究刚体一样，不但使问题简化，其结果还能用来解决某些粘性可以忽略的实际流体问题。若流体的粘性不能忽略时，可通过实验对理想流体的结论加以修正，便可用于实际流体。

小 结

流体的主要物理性质是本章的重点，其中粘性是本章的难点。学习时应掌握以下内容：

1. 流体密度和重度的定义及关系式。
2. 矿井排水与通风中的流体都可以不考虑其压缩性及膨胀性。
3. 流体粘性是指流体内部各流层间，因相对运动而产生的内摩擦力以反抗相对运动的性质。粘性的大小用粘度来表示，粘度主要可分为动力粘度 μ 与运动粘度 ν 两种，实际上多用运动粘度，两者的关系式为

$$\mu = \rho\nu$$

4. 实际流体为有粘性的流体,而理想流体则是无粘性的流体,在流体力学中引入“理想流体”这个概念,主要是为了使问题分析简单化。

思考题与习题

1. 流体包括哪些物体?它们在物理性质上有什么不同之处?
2. 密度与重度的定义是什么?它们间的关系式如何?
3. 何谓流体的压缩性与膨胀性?在什么情况下可以不考虑这两种性质?在什么情况下才考虑流体的压缩性?
4. 何谓流体的粘性?它对流体的流动有什么作用?
5. 实际流体与理想流体的主要区别是什么?引入“理想流体”这个概念的目的何在?
6. 空气的重度为 1.197N/m^3 ,它的密度是多大?
7. 酒精的重度为 8000N/m^3 ,它的密度为多大?
8. 如图1-2所示,说明为什么流速 u 分布不均匀。

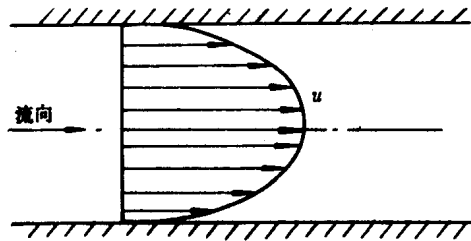


图 1-2 管中水流横断面上的流速分布图

第二章 流体静力学基础

流体静力学是研究流体的平衡规律及其实际应用。

流体的平衡状态有两种：一是静止状态，即流体相对于地球没有运动，处于相对静止；另一种是相对平衡状态，即所研究的整个流体对于地球虽在运动，但流体对于容器或者流体质点之间没有相对运动，处于相对平衡。如沿直线等速行驶或加速行驶的车箱中所盛液体就是处于相对平衡的例子。

研究流体静力学的一个重要目的，就是确定流体对边界的作用力。

流体在平衡状态下，没有内摩擦力出现，因此，在研究流体静力学时，理想流体和实际流体都是一样的。

第一节 流体静压力及其特性

一、流体静压力

由实践知：木桶无箍，盛水后就会散开；未钉牢固的木桶底，盛水后就会掉落；游泳时水淹过人的胸部，人就会感到胸部受压。这些现象表明，处于静止状态的水，对与之接触的壁面（侧壁或底面）以及水的内部质点之间都有压力作用。

流体在静止状态时的压力叫静压力，常以字母 P 表示。

如在平面闸门上取一微小面积 ΔS ，令作用于 ΔS 上的静压力为 ΔP ，则 ΔS 面上单位面积上所受的平均流体静压力为

$$p_P = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (2-1)$$

式中 p_P ——为 ΔS 面上的平均流体静压力。

除了平均流体静压力外，还须引入“点的流体静压力”概念。

当面积 ΔS 趋近于零时， $\frac{\Delta P}{\Delta S}$ 的极限值，叫做流体内某一点静压力，即

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (2-2)$$

二、特性

流体静压力有两个重要的特性：

1. 静压力的方向永远垂直并指向受压面

静止流体不能承受剪切力，如果流体静压力不垂直受压面，则流体将受到剪切力作用而产生运动。因此，处于静止状态的流体内部不可能有剪切力存在。同时，流体不可能抵抗拉力，否则流体质点必然要产生运动，所以其静压力的方向永远垂直并指向受压面。

2. 流体内任一点所受各方向的静压力均相等

该特性可由实验说明之。图2-1是一个用两端开口的U形玻璃管制成的测压计。玻璃管内盛着有色液体。实验前管两端都通大气，这时两侧管中液面在同一水平面上。用橡皮

管把一个扎有橡皮薄膜的小圆盒连到U形测压管A端，B端于大气相通，这时管中液面仍在同一水平面上。

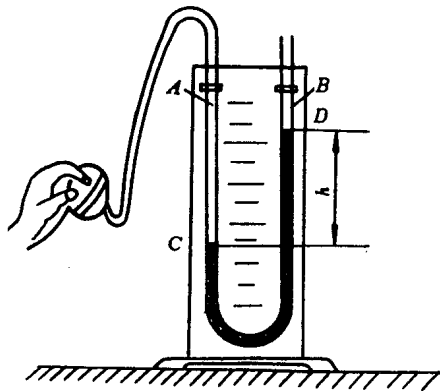


图 2-1 U形管测压计

实验开始，用手指压迫橡皮膜，则A管液面降到C点，管B的液面升到D点。若手指加大压力，则U形管两侧的液面差 h 亦加大，手指放开，则液面又恢复到同一水平面上。

如果将橡皮膜放入水中，同样可看到A管液面降低，B管液面升高。橡皮膜入水愈深，与加大手指压力相似，测压管液面差 h 也愈大。这个实验可以说明静水中是存在压力的，而且静水压力随水深的增加而增大。

当橡皮膜的中心在水中位置不变时，将橡皮膜向各方向转动，而测压计两边的液面均不变化，即液面差 h 不变，如图2-2所示。

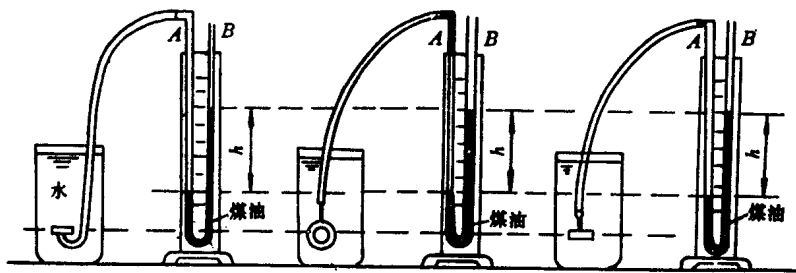


图 2-2 U形管测压实验

由实验可知：静止流体内部任一质点各方向的静压力大小是相等的，与作用面的方位无关。

第二节 流体静力学基本方程式

一、基本方程式

流体静压力是随流体深度的增加而增大的，但它按什么规律变化呢？流体静力学基本方程式，就是解决静止流体在重力作用下的平衡规律，即研究静止流体内部静压力的大小及其分布规律。

在只有重力作用而又处于平衡状态的流体内，如图2-3所示，取一直立的流体柱，高度为 h ，断面面积为 ΔS 。将作用在流体柱各侧面和底面上的力向垂直轴投影：由静压力特性二可知，各侧面上的压力在垂直轴上的投影为零，而顶底两面受力与此流体柱本身重力在垂直轴上的合力也为零，则可写出静压力的平衡方程式为

$$p\Delta S = p_0\Delta S + \gamma h\Delta S$$

等式两边各除以 ΔS ，可得静压力的基本方程式为

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2-3)$$

式中 p —— 深度为 h 处的流体静压力，Pa，

p_0 —— 作用在流体自由面上的压力（即表面压力），Pa，

γ —— 流体的重度，N/m³，

h —— 所研究的点与流体上表面之间的垂直距离，m。

如果流体上表面直接与大气接触，大气压力用符号 p_a 表示，则得

$$p = p_a + \gamma h \quad (2-4)$$

式(2-3)是流体静力学基本方程式。它说明在静止流体中某一点静压力 p 的大小，等于作用在流体自由面上的压力和由流体柱自重所形成的余压力 γh 之和。如流体自由面上的压力 p_0 为一定值，而流体内部某点静压力 p 则随其所在深度的增加而增加。

式(2-4)为式(2-3)的特例。

二、基本方程式的意义

流体静压力基本方程式是流体静力学的基本方程式。今分别从几何角度和能量观点说明如下：

1. 几何意义

在图2-4的容器中，如果我们在静止的液体中任取1、2两点，1点至液面垂直距离为 h_1 ，2点至液面垂直距离为 h_2 ，1、2两点至假定的基准面 $o-o$ 的垂直距离为 z_1 和 z_2 ，若在位置高度 z_1 和 z_2 的边壁上开小孔，孔口处各连接一垂直向上的开口玻璃管（通称测压管），可发现各测压管中有液柱升起。测压管的液面上作用有大气压力 p_a ，根据连通管原理，则余压力见以下两式

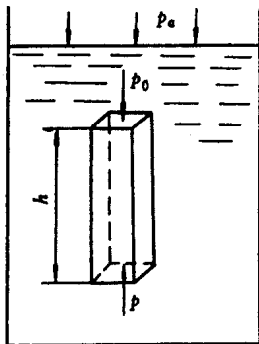


图 2-3 静止流体中深度 h 处的静压力

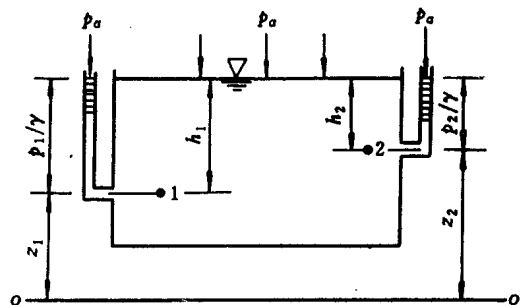


图 2-4 流体静力学基本方程式的几何意义

$$p_1 = \gamma h_1$$

$$p_2 = \gamma h_2$$

因此，测压管液面上升高度为

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}$$

$$h_2 = \frac{p_2}{\gamma}$$

测压管中液面上升高度说明静止液体中各点压力的大小。通常， $h = \frac{p}{\gamma}$ 称为压力水头（简称压头）或测压管高度。这说明当液体的重度为一定值时，一定的液柱高度 h 就相当于确定的静压力值。

在流体力学中，常把某点的位置高度 z （简称位头）和压头之和 $\left(z + \frac{p}{\gamma}\right)$ 叫做该点的测压管水头，用符号 H_P 表示。由实验可知，处于静止状态下的流体中，各点的测压管水头 H_P 为一常数。即

$$H_P = z + \frac{p}{\gamma} = c \quad (2-5)$$

式 (2-5) 是流体静压力基本方程式的另一形式。

常数 c 的大小随所定基准面 $o-o$ 的位置而变，如所选基准面一定，则常数 c 的值就确定了。

连接各点测压管中液面的线，称为测压管水头线。因此，流体静压力基本方程式从几何上表明：静止状态下的流体仅受重力作用时，其测压管水头线必为一水平线。

2. 能量意义

由物理学知：质量 m 的物体在高度 z 的位置具有位置势能（简称位能） mgz ，它反映物体在重力作用下，下落至基准面 $o-o$ 时重力作功的本领。对于流体，它不仅具有位能，而且流体内部的压力也有作功的本领，如图 2-4 的点 1 处设置测压管，则测压管液面上升 $h_1 = \frac{p_1}{\gamma}$ ，这表明液面上升是压力作用的结果。它与位能相似，流体力学中把它叫做压力势能，简称压能。质量为 m 的质点所具有的压能为 $mg \frac{p}{\gamma}$ 。

因此，静止流体中质点 1 具有的全部势能，应为位能与压能之和，即

$$mgz_1 + mg \frac{p_1}{\gamma} = mg \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right)$$

一般在研究时常用单位重量流体所具有的势能，即单位势能的概念。单位势能以 E 表示，即

$$E = \frac{mg}{mg} \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) = z_1 + \frac{p_1}{\gamma}$$

由式 (2-5) 得知

$$E = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = c$$

所以，流体静压力基本方程式从能量的观点表明：仅受重力作用处于静止状态的流体中，任意点对同一基准面的单位势能为一常数。