

中等专业学校教学用书

煤矿机械

李玉林 主编

煤炭工业出版社

T74
-271

中等专业学校教学用书

煤矿机械

李玉林 主编

煤炭工业出版社

739351

中等专业学校教学用书

煤矿机械

李玉林 主编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街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 787×1092mm¹/₁₆ 印张 16³/₄ 插页 2

字数 392 千字 印数 57,051—67,075

1984 年 11 月第 1 版 1991 年 5 月第 4 次印刷

ISBN 7-5020-0286-3/TD·275

书号 2667

定价 4.10 元

内 容 简 介

本书是根据 1981 年 审定煤矿中等专业学校煤矿电气化专业、煤矿财经类专业教学大纲编写的“煤矿机械”课程教材。内容分两篇，第一篇是煤矿固定机械；第二篇是工作面采掘运机械。书中全面介绍了—般机械化矿井和综采矿井所使用的各种机械，并对一些典型机械的工作原理、受力分析、具体机构都作了介绍，是全面了解煤矿机械设备的通俗教材。不仅可作为煤矿中等专业学校以及技工学校有关专业教学使用，也可供工人自学和技术人员参考。

责任编辑：王 树 范

前 言

本书是根据煤炭中等专业学校煤矿电气化和煤炭工业企业计划统计两专业《煤矿机械》教学大纲编写的。内容包括：煤矿固定机械、煤矿采、掘、运输机械。书中介绍了这些机械的结构、工作原理、性能、以及选型计算的基本知识。

本书由辽源煤矿学校李玉林同志编写第一、五、六、七章及第八章第一节，温英复同志编写第二、三、四章及第八章第二、三节，并由李玉林同志负责主编。

由于编者水平所限，书中错误、缺点在所难免，请读者予以指正。

目 录

前 言

第一篇 煤矿固定机械

第一章 水力学基本知识	1
第一节 液体的主要物理性质	1
一、流动性	1
二、密 度	1
三、重 度	1
四、压缩性与膨胀性	2
五、粘 性	2
第二节 水静力学基本知识	4
一、水静压力及其特性	4
二、水静力学基本方程式	5
三、水静压力的测量	6
第三节 水动力学基本知识	9
一、水动力学的基本概念	9
二、液流的连续性方程式	11
三、液流的伯努里方程式及其应用	13
第四节 液体在管路中的水头损失	19
一、液体流动的两种状态	19
二、液流在管路中的两种水头损失	20
三、液流沿程水头损失的确定	21
四、液流的局部水头损失的确定	21
第二章 矿井排水设备	24
第一节 概述	24
一、矿井排水设备的作用	24
二、离心式水泵排水设备的组成	24
三、排水设备的分类	24
四、矿井排水系统	25
第二节 矿用离心式水泵的工作原理及构造	25
一、离心式水泵的工作原理	25
二、离心式水泵的分类	26
三、离心式水泵的工作参数	26
四、多级离心式水泵性能、结构和主要零部件简述	27
五、D型泵的特点、型号意义及技术规格	30
六、其它型式离心泵简介	30
第三节 离心式水泵的比例定律	32

第四节 离心式水泵在管路中工作	33
一、管路的特性曲线与水泵的工作点	33
二、离心式水泵流量和压头的调节	35
第五节 排水设备的选型计算	36
一、具体任务	37
二、必备资料	37
三、步骤和方法	37
第三章 矿井通风设备	45
第一节 概述	45
一、矿井通风设备的作用	45
二、矿井需要的风量	45
三、矿井沼气等级	45
四、矿井通风方式	46
五、矿井通风系统	46
六、对通风机的要求	47
第二节 矿井通风机的工作原理及结构	47
一、工作原理	47
二、工作参数	48
三、离心式通风机的结构	49
四、70B ₂ 型轴流式通风机结构	51
五、型号含义和技术性能	51
第三节 通风机在网路中工作	52
一、通风机的性能曲线	52
二、通风网路的特性曲线	53
三、通风机的工作点和工业利用区	55
四、通风机工作点的调节	56
第四节 矿井通风机的布置和反风设备	58
一、反风的意义	58
二、通风机的布置与反风设备	58
第五节 矿井通风设备的选择计算	59
一、具体任务	59
二、必备资料	59
三、步骤和方法	59
第四章 矿井压气设备	63
第一节 概述	63
第二节 往复式空气压缩机的工作原理及工作循环	64
一、往复式空气压缩机的工作原理	64
二、气体基本状态参数	65
三、往复式空气压缩机的理论循环	65
四、往复式空气压缩机的实际工作循环	68
五、两级压缩	69
第三节 空气压缩机的排气量、功率与效率	70
一、空气压缩机的排气量	70

二、空气压缩机的功率与效率	71
第四节 矿用空气压缩机的结构、主要部件和附属装置	75
一、L型空气压缩机	76
二、其它型式空气压缩机	81
第五节 空气压缩机排气量的调节	82
一、排气量调节的目的	82
二、排气量调节方法	83
第六节 矿井空气压缩机设备选择计算	85
一、具体任务	86
二、必备资料	86
三、步骤和方法	86
第五章 矿井提升设备	90
第一节 概述	90
一、矿井提升设备的用途	90
二、矿井提升设备的主要组成	90
三、矿井提升设备的分类	91
四、矿井提升容器	92
五、井架与天轮	99
第二节 提升钢丝绳	101
一、钢丝绳构造、分类与技术性能	101
二、钢丝绳的标记方法与技术性能	103
三、矿井提升钢丝绳的选择计算	103
第三节 矿井提升机	108
一、KJ型矿井提升机的结构	108
二、XKT型矿井提升机的结构	109
三、JK2~5米系列矿井提升机	114
四、提升机的选择	114
五、矿用绞车	118
六、制动装置与制动系统	119
第四节 矿井提升设备的运行理论	127
一、矿井提升系统的基本动力方程式	127
二、提升系统变位质量的计算	129
三、提升设备运动学的计算	131
四、提升设备动力学的计算	133
第五节 矿井提升机的电动机	137
一、矿井提升电动机	137
二、提升电动机容量的计算	142
三、提升设备的电耗量和效率的计算	144
第六节 矿井提升设备的选择计算	146
一、提升方式的确定	146
二、选型设计的依据和主要内容	147
三、提升设备选型计算示例	148
第七节 多绳摩擦式提升机简介	158

一、多绳摩擦式提升机的工作原理	158
二、多绳摩擦式提升机的优缺点	159
三、多绳摩擦式提升机的布置及其技术性能	159
四、多绳摩擦式提升机的结构及其主要部件	160

第二篇 煤矿采煤、掘进、运输机械

第六章 采煤工作面机械	163
第一节 概述	163
第二节 煤矿用单滚筒采煤机	163
一、MLQ ₁ -80型采煤机的概述	163
二、组成部件及结构原理	164
三、操作与维护	181
四、采煤机的生产能力	187
五、MLQ ₁ -80型采煤机的特点及改进问题	188
六、其他类型单滚筒采煤机的技术性能	189
第三节 煤矿用双滚筒采煤机	189
一、MLS ₃ -170型采煤机的概述	189
二、主要组成部分及结构	192
三、MLS ₃ -170型采煤机的主要特点	200
第四节 可弯曲刮板输送机	201
一、概述	201
二、SGW-44型可弯曲刮板输送机	206
三、刮板输送机的选型计算	209
第五节 液压支架	214
一、概述	214
二、BYZ型掩护式液压支架	218
三、乳化液泵站	221
第七章 掘进工作面机械	223
第一节 概述	223
第二节 装岩机	225
一、类型及其适用范围	225
二、耙斗装岩机	227
三、铲斗装岩机	230
第八章 煤矿运输机械	236
第一节 胶带输送机	236
一、概述	236
二、矿用胶带输送机的主要类型	237
第二节 轨道与矿车	244
一、轨道	244
二、矿车	245
第三节 电机车运输	247
一、概述	247
二、矿用电机车的机械结构	251
三、列车运行理论	253
四、电机车运输车组重量的计算	257

第一篇 煤矿固定机械

第一章 水力学基本知识

水力学是矿井排水、通风、压气设备以及矿山机械中液压传动的理论基础。它的研究范围是液体的平衡与运动规律。

第一节 液体的主要物理性质

研究液体的平衡与运动规律，必须首先了解液体的主要物理性质。在研究过程中我们认定：液体质点完全占满所占空间，没有空隙存在；物理性质和运动要素都是连续分布的；液体为均质，各部分和各方向的物理性质是一样的。下面简单介绍水力学中和液体运动有关的液体的几个主要物理性质。

一、流动性

液体和气体统称为流体。流动性是液体和气体的特殊性质。与固体不同的是流体的各质点之间的内聚力极小，易于流动，它不能自由地保持固定形状，只能随容器的形状而变化，这种特性叫做流动性。

液体与气体的主要区别，在于液体分子之间的距离较小，在压力作用下体积改变很小。气体的分子间距离较大，随压力的变化体积改变较大。

水力学所研究的对象是液体，具有代表性的液体是水。气体在“热力学”和“气体动力学”中研究，可是水力学中的理论基础及结论，在一定条件下适用于气体，结果是非常近似的。

二、密度

单位体积内具有的液体质量，叫做液体的密度，用 ρ 表示，即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{公斤力} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4) \quad (1-1)$$

式中 V ——液体体积 (米^3)，

M ——体积 V 内所具有的液体质量 $\left(\text{质量} M = \frac{G}{g} \right)$ ($\text{公斤力} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}$)。

实验证明液体密度 ρ 与压力 P 和湿度 t 有关，但在通常状态下液体是处于大气压力之下，并且温度的变化范围不大可以忽略。所以液体的密度可视为一常数。在标准状态下水的密度 $\rho = 102 \text{公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4$ ，空气的密度 $\rho = 0.132 \text{公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4$ 。

三、重度

液体单位体内所具有的重量，叫做液体的重度（或称容重、重率），用 γ 表示。即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{公斤} / \text{米}^3) \quad (1-2)$$

式中 G ——液体的重量 (公斤)。

液体的重度也和密度一样与压力和温度有关，但因其变化很小，一般也视为常数。水

的重度常采用的数值为 1000 公斤/米³。根据物理学中的运动第二定律，重度与质量有以下关系，若将 (1-1) 式双方各乘以 g ，则

$$\rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{V} = \frac{G}{V}$$

显然：

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

g 的数值大小和纬度有关，一般可视为常数，采用 9.8 米/秒²。

对于淡水在标准状态下，其重度 $\gamma = 1000$ 公斤/米³，矿水的重度一般 $\gamma = 1015 \sim 1025$ 公斤/米³，有的可达 1050 公斤/米³。0℃ 时的水银重度 $\gamma = 13600$ 公斤/米³。空气的重度 $\gamma = 1.29$ 公斤/米³。

四、压缩性与膨胀性

液体在压力作用下改变其体积大小的性质，叫做液体的压缩性。即液体受压，体积变小，除去外力后能恢复原状。液体受外力压缩变形时所产生的企图恢复原状的内力，影响液体的运动状况。

液体的压缩性决定于体积压缩系数 α_v 。体积压缩系数是当改变一个大气压力时液体体积的缩小率。液体的压缩性很小，它与气体不同。例如 0℃ 的水，当压力增加一个大气压时，仅缩小原体积的 1/20000。由于液体的压缩性极小，因此在水力学中，除个别情形（如发生水击现象时）需要考虑其压缩性外，一般认为液体是不可压缩的。

液体随温度变化改变其体积大小的性质，叫做液体的膨胀性。它可用体积膨胀系数 α_t 表示，体积膨胀系数是当温度上升 1℃ 时液体体积的相对变化值。对于水，当温度为 4~10℃ 和压力为一个大气压时 $\alpha_t = 0.000014$ ，当温度变化为 10~20℃ 时， $\alpha_t = 0.000015$ 。由此可见液体体积受温度的影响极小，所以在计算时一般也不予考虑。但在温度变化很大时，必须注意。

五、粘性

当液流作相对运动时，由于液体与固体界壁的附着力及液体本身的内聚力，使液体各处的流速不同。以圆筒中的液流为例，接近筒心处速度愈大，靠近管壁处速度愈小。如液体的质点都沿着轴向运动，则可把管中液流看成是无数个无限薄的圆筒形流层的运动，如图 1-1 所示。此时各圆筒形薄层有不同的运动速度，如图 1-2 所示，在垂直于圆筒轴心线的截面上各点液体的运动速度是按一定曲线分布的。各液流层之间，速度较小的薄层将阻止相邻速度较大的薄层运动，这样，在各液流层的接触面上产生类似于固体的摩擦过程，也就是在液流层之间产生内摩擦力或切应力。产生这种内摩擦力或切应力的性质，叫做液体的粘性。内摩擦力阻止液体内部的相对运动，它影响液体的运动状况。由于粘性存在，液体在运动过程中因克服内摩擦力必然要做功，所以液体的粘性也是液体中发生机械能量损失的根源。

粘性的大小用粘度表示，在液压系统中所使用的油液主要是根据粘度来选择。

如用 τ 表示液体两薄层间的单位面积上的内摩擦力，即粘性切应力，则

$$\tau = \frac{F}{S} \quad (1-4)$$

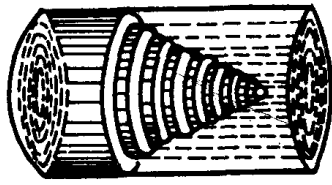


图 1-1 圆筒形液流层

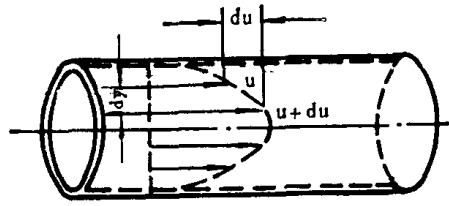


图 1-2 圆管中液流速度分布情况

式中 F ——液体流层间的内摩擦力；
 S ——相邻两薄层间的接触面积。

由牛顿 (Newton) 根据试验提出并经后人加以验证的液体内摩擦定律。

内摩擦力 F 与下列各因素有关。

- (1) 与液体薄层间的接触面 S 的大小成正比；
- (2) 与液流速度沿横截面的变化率 (即速度梯度) $\frac{du}{dy}$ 成正比；
- (3) 与液体的类别有关，即与液体的动力粘度有关；
- (4) 与压力大小关系不大。

内摩擦定律为：

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dy} \quad (1-5)$$

由 (1-4)、(1-5) 式可得

$$\tau = \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (1-6)$$

式中 $\frac{du}{dy}$ ——液流的速度梯度，即液体相邻两层的轴向单位距离的速度增量；

du ——为相邻层间的相对流动速度；

dy ——为相邻层的距离；

μ ——表示液体粘性的动力粘性系数。

式中负号在取摩擦力方向与流动方向相反时用之。

在国际单位制中，动力粘性系数用牛顿·秒/米²。在工程单位制中 μ 的单位是公斤·秒/米²。

在实际应用中常采用运动粘性系数 ν ，它是动力粘性系数与密度的比值，即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{米}^2/\text{秒}) \quad (1-7)$$

ν 叫运动粘性系数的原因是由于它的单位只含有运动的要素。

实验证明液体的粘性随温度增高而迅速减小。而气体的粘性则随温度增加而增加。如当温度由 15℃ 增至 50℃ 时，水的 μ 值约减小一半，而空气的 μ 值仅增加约 9%。

由于液体粘性的存在，使实际液体流动的研究变得相当复杂，为了研究问题方便，首先研究理想液体，所谓理想液体，就是一种完全没有压缩性和膨胀性并且没有粘性的液体。显然这种液体实际上并不存在。对于粘性很小的液体，可以应用理想液体研究所得的

结论。如果粘性不可忽略，应将理想液体的结论加以修正。

第二节 水静力学基本知识

水静力学的任务是研究液体在静止状态下的平衡规律及其应用。

一、水静压力及其特性

在静水中由于外力作用，在其内部产生的压力叫做水静压力。设静水中有一作用面，面积为 ΔS ，其上的总压力为 ΔP ，则当面积缩小为一点时平均压强 $\Delta P/\Delta S$ 的极限值就是该点的水静压力（或压强），用符号 p 表示，则

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (1-8)$$

在国际单位制（简称SI）中，压力 P 的单位是牛顿（简称牛）（N）、千牛（kN），压强 p 的单位是（牛/米²）（N/m²），又称帕（pa）、千牛/米²（kN/m²）。目前应用工程单位制的，则其压强单位是吨/米²（t/m²）、公斤/厘米²（kg/cm²）。气压单位用巴（bar）、毫巴（mbar）。它们之间的关系是： $1 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ N/m}^2 = 0.102 \text{ t/m}^2 = 0.0102 \text{ kgf/cm}^2 = 0.01 \text{ bar} = 10 \text{ mbar}$ 。

作用在面积为 S 上的表面力如果是很均匀时，则

$$p = \frac{P}{S} \quad (\text{公斤/厘米}^2) \quad (1-8')$$

静水压力有两个特性：一是它的方向和作用面的内法线方向一致；二是任何一点上各个方向的压力大小都相等，与作用面的方位无关。

特性一，在静水中取出一液体体积如图1-3，用任意一个平面将其体积切割成两部分，则切割面上的作用力就是其间的相互作用力。取其下半部为隔离体（见图剖面部分）。假如切割平面上某一点A处的水静压力 p 的方向不是内法线方向而是任意方向，则 p 可以分解为垂直于切割平面上的压力 p_n （法向分量）和平行于切割面的剪切力 p_r （切向分量）。在平衡的液体中剪切力是不存在的，即 $p_r = 0$ 。如 $p_r \neq 0$ 时液体的相对静止状态将遭到破坏，A点必将沿切割面滑动与静止平衡不相符。如有拉力也将破坏平衡。所以水静压力唯一可能的方向就是和作用面的内法线方向一致。

特性二，在平衡液体中取一棱体液块如图1-4所示，通过A点取一微小水平面1—1，它与平面0—0相平行，面积都是 dS ，在S点再任取一倾斜角 α 的微小平面2—2，其面积为 $\frac{dS}{\cos\alpha}$ ， p_0 、 p_1 和 p_2 分别为作用在各对应面上的水静压力，棱柱体的重量为 dG 。由平衡条件可知，沿液块中心线方向对平面1—1的平衡方程式为：

$$\Sigma F_1 = 0$$

$$p_0 dS + dG = p_1 dS$$

对平面2—2的平衡方程式为

$$\Sigma F_2 = 0$$

$$p_0 dS + dG = p_2 \frac{dS}{\cos\alpha} \cos\alpha$$

由以上两式可知： $p_1 = p_2$

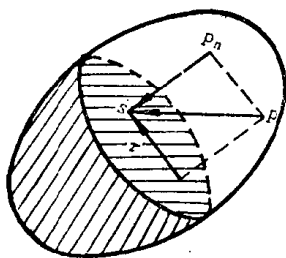


图 1-3 水静压力特性

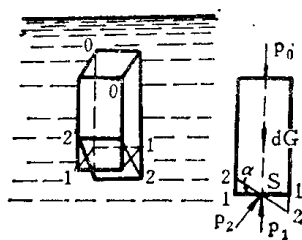
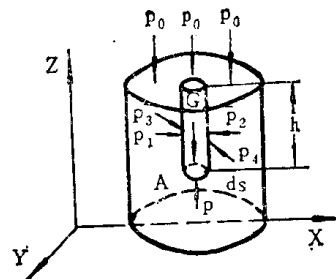


图 1-4 水静压力特性

图 1-5 深度 h 处 A 点的液体压力

因 α 角是任意取的, 所以绕 S 点任何方向的水静压力都相等。

二、水静力学基本方程式

水静力学基本方程式是研究相对静止液体中某点的水静压力的大小, 以及液体在平衡时水静压力分布规律的数学表达式。

如图1-5所示, 设作用在容器中静止液体自由面的单位面积上的压力为 p_0 。(不一定等于大气压力), 现在来确定自由面以下, 深度为 h 处 A 点的水静压力 p 。

为确定此压力, 先取围绕 A 点的一个微小圆形水平面积 dS , 并通过其周线作底面积为 dS , 高度为 h 的垂直向上的圆柱体。将此垂直圆柱与周围液体分离出来, 并分析它的平衡条件。

作用在微小圆柱体上的力有:

- 1) 垂直向上作用于底面上的总压力 $P = pdS$, 此力现在为未知数;
- 2) 垂直向下作用于顶面上 (即自由面上) 的总压力 $P_0 = p_0 dS$;
- 3) 作用于圆柱体侧面上的总压力为 P_1 、 P_2 、 P_3 等, 其方向均为水平;
- 4) 圆柱体的自重 $G = \gamma h dS$, 方向为垂直向下。

按图1-5将作用于圆柱体上的各力均投影在坐标轴上。由理论力学可知: 圆柱体保持平衡 (液体静止), 各力在每一坐标轴上的投影之和必等于零。水平方向的圆柱体侧面的总压力 P_1 、 P_2 、 P_3 等是平衡的, 这样, 分离出来的圆柱体保持平衡, 只要 P 、 P_0 和 G 在 Z 轴上的投影之和等于零即可。其平衡方程式为:

$$pdS - p_0 dS - dSh\gamma = 0$$

消去 ds 后则得:

$$p = p_0 + \gamma h \quad (\text{公斤/米}^2) \quad (1-9)$$

式中 p —— 深度为 h 处的水静压力 (公斤/米²);

h —— 所研究的点与自由液面之间的距离 (深度) (米);

γ —— 液体的重度 (公斤/米³);

p_0 —— 作用在自由面上的压力 (公斤/米²)。

这就是重力作用下的液体平衡, 上式即为水静力学基本方程式。

从 (1-9) 式可以看出: 作用在液体内部任意点的水静压力等于作用在液体面上的压力 p_0 与由于液体自重所造成的压力 γh 之和。

如果 p_0 为一定值, 则液体内部某点的水静压力与其所在的深度成正比。

同时由上式可知：在同一容器、及同一液面深度的水静压力相等。由压力相等的各点所组成的面叫做等压面。液体与空气的接触面就是等压面。

例 若水面上大气压力 $p_0 = 1$ 公斤/厘米²，水的重度 $\gamma = 1000$ 公斤/米³，试求水面下30米处的水静压力。

解：按公式（1-9）可求得水面以下30米处的水静压力 p 为

$$p = p_0 + \gamma h = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 + 0.001 \text{ 公斤/厘米}^3 \times 3000 \text{ 厘米} = 4 \text{ (公斤/厘米}^2\text{)}$$

三、水静压力的测量

1. 液体水静压力的表示法

压力 p 的大小可以从不同的基准算起，因而有不同的表示方法。以设想没有气体存在的完全真空为零算起，这种压力值称为绝对压力，以符号 p_{abs} 表示。常以大气压力 p_a 作为压力的基准，以当地大气压力为零算起的压力值称为相对压力，又称计示压力或表计压力，以符号 p_r 表示。

即

$$p_r = p_{abs} - p_a \text{ (公斤/米}^2\text{)} \quad (1-10)$$

一般讨论压力或具体进行数值计算时，都按相对压力进行，故相对压力用不加下标的 p 表示，而用绝对压力时则另加下标说明。

绝对压力总是正值，而相对压力要根据该压力大于或小于当地大气压而决定其正负。如果液体中某处的绝对压力小于大气压，则相对压力为负值，称为负压，或者说该处存在着真空。真空压力 p_v 用绝对压力比当地大气压 p_a 小多少来表示，即

$$p_v = p_a - p_{abs} \quad (1-11)$$

水静力学基本方程式中，如 p 代表相对压力，则应改写为：

$$p = p_0 + \gamma h - p_a \quad (1-12)$$

如自由表面压力 p_0 就是当地大气压 p_a ，则又可以化简为：

$$p = \gamma h \quad (1-13)$$

或

$$h = \frac{p}{\gamma} \text{ (米)}$$

因为重度 γ 是常数，故液柱高度就反映了压力 p 的大小。在水力学中除了用公斤/米²以及吨/米²、公斤/厘米²等应力单位作为压力的度量单位以外，也常用液柱高度作为压力的单位。因此，真空压力 p_v 也可以用水柱高度 h_v 表示，称为真空度。

$$h_v = \frac{p_v}{\gamma} = \frac{p_a - p_{abs}}{\gamma} \text{ (米)} \quad (1-14)$$

即在工程上凡低于大气压力的静压力，都可用真空表测定。真空值只能在0~1大气压的范围内。

因此，高于大气压力的静水压力值，可表示为：

$$(\text{绝对压力}) = (\text{大气压力}) + (\text{表压力})$$

$$(\text{表压力}) = (\text{绝对压力}) - (\text{大气压力})$$

低于大气压力的静水压力值，可表示为：

$$(\text{绝对压力}) = (\text{大气压力}) - (\text{真空度})$$

$$(\text{真空度}) = (\text{大气压力}) - (\text{绝对压力})$$

2. 液体静水压力的单位

通常可采用下列几种单位来度量液体的静水压力：

- 1) 单位面积上的力，如公斤/米²，公斤/厘米²。

$$1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10^4 \text{ 公斤/米}^2$$

- 2) 液体柱高度，如米水柱，毫米水柱，毫米水银柱。

- 3) 大气压力，如物理大气压，工程大气压。

$$1 \text{ 物理大气压} = 10.336 \text{ 米水柱} = 760 \text{ 毫米水银柱} = 1.0336 (\text{公斤/厘米}^2)$$

$$1 \text{ 工程大气压} = 10 \text{ 米水柱} = 735.5 \text{ 毫米水银柱} = 1 (\text{公斤/厘米}^2)$$

3. 水头

在水力学中常用“水头”代表高度。现将所用几种水头分述如下：

- 1) 位置水头（比位能）

如图1-6所示，在密闭容器下取一水平面 0-0，叫做参考平面或称基准面。容器内任意点 A 在基准面上的高度 Z 叫做位置水头。它的单位为米。

Z 的物理意义：如果重量为 G 公斤的液体，位于基准面以上的高度 Z 米处，那么重力对于该液体就能完成 GZ 这样大的功。

对于单位重量液体来说，Z 表示单位重量液体的位置势能 $\left(\frac{GZ}{G} = Z\right)$ ，我们把单位重量液体从某一基准面算起所具有的位置势能叫做比位能或位置水头。

位置水头与所取的基准面位置有关，当基准面位于 A 点的水平面上时，则 A 点的位置水头为零。基准面不同，Z 值也不同。

- 2) 压力水头（比压能）

在图1-6中，若在 A 点挂一根上端封闭的管子，假设管内为绝对真空，则液体在 A 点的压力 P 的作用下，上升 h_{pr} 的高度， $h_{pr} = \frac{P}{\gamma}$ ，则 h_{pr} 为比压能，其单位为米。

$\frac{P}{\gamma}$ 的物理意义如图1-7所示，在充满压力为 P 的液体容器中安上一个测压管，当闸门 K 关闭时，测压管内没有液体，闸门 K 打开时，测压管中液体将上升到 h_p 的高度，对于此

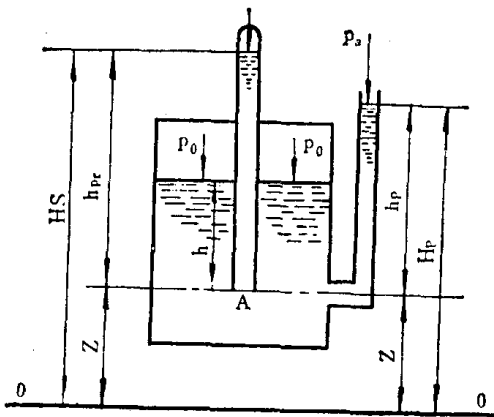


图 1-6 几种水头

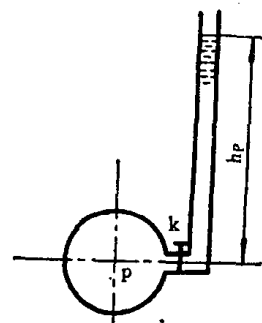


图 1-7 测压管

高度 G 公斤的液体就做了 Gh_p 公斤米的功, 而对单位重量的液体来说, 所做的功为 $h_p = \frac{p}{\gamma}$,

因此, $\frac{p}{\gamma}$ 为单位重量液体所具有的压能, 叫做比压能或压力水头。

压力水头与所取的基准面的位置无关。可见测压管所测出的液柱高度是压力水头的形式。

3) 静力水头 (比势能)

液体某一点 A (如图1-6) 对于任何一水平面 $0-0$ (基准面) 的静力水头 H_s 系指该点的静力高度与位置高度之和, 即

$$H_s = h_p + z \quad (1-15)$$

$$H_s = \frac{p}{\gamma} + z \quad (1-15')$$

将 $p = p_0 + \gamma h$ 代入 (1-15) 式中, 则

$$H_s = \frac{p_0}{\gamma} + (h + z) = \text{常数} \quad (1-15'')$$

此式说明液体内部一切点的静力水头是一个常数。

从物理学观点 (能量观点) 来看, 静力水头是表示按单位重量来计算的液体势能, 亦即液体的比势能。

4) 测压管水头

液体某一点对任一水平面的测压管水头系指该点的测压管高度与位置高度之和, 即

$$H_p = h_p + z \quad (1-16)$$

在测压管中, 静水压力 $p = p_0 + \gamma h_p$ 。

则
$$h_p = \frac{p - p_a}{\gamma}$$

将此式代入 (1-16) 式, 得

$$H_p = \frac{p - p_a}{\gamma} + z = \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) - \frac{p_a}{\gamma} = H_s - \frac{p_a}{\gamma} \quad (1-16')$$

因 p_a 与所讨论点在液体中的位置水头无关, 又由于 $H_s = \text{常数}$, 故可写成,

$$H_p = h_p + z = \frac{p - p_a}{\gamma} + z = \text{常数} \quad (1-16'')$$

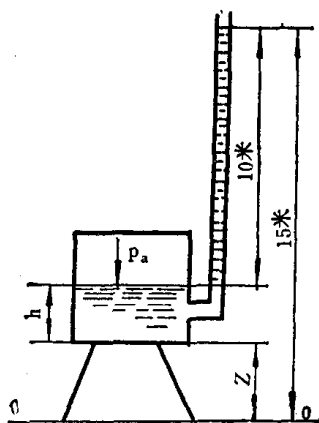


图 1-8 求圆柱形容器液面压力 头。

由式 (1-15') 与 (1-16'') 中可以看出, 静力水头和测压管水头只差 $\frac{p_a}{\gamma}$ 项, 测压管水头面低于静力水头面, 相当于 p_a 的水柱高度, 因此, 从物理学观点看, 测压管水头也是表示流体的比势能。

例 有一圆柱形容器 (图1-8) 充水高度 $h = 2$ 米, 作用在自由水面的压力 $p_0 = 2$ 大气压, 如果容器位于地面 $0-0$ 线以上的高度 $Z = 3$ 米, 试求容器内水的静力水头和测压管水头。