

煤 矿 机 械

西 安 矿 业 学 院 编

一九八一年八月

前 言

本书是根据煤炭部一九七七年审定的煤炭高等院校煤矿电气自动化专业与煤矿机械制造与修配专业教学计划的要求而编写的。全书分四篇：第一篇矿井通风、排水、压气设备；第二篇矿井提升设备；第三篇矿井运输机械；第四篇，采掘机械。

参加本书编写工作的有：第一篇廖启徽同志，第二篇杨坚同志，第三篇曾国元、李中文同志，第四篇方慎权同志。

本书可作为煤炭高等院校煤矿电气自动化专业〈煤矿机械概论〉课程和煤矿机械制造与修配专业〈采掘运输机械〉课程的教材，又能作为“七、二一。”大学和函授大学有关专业的教学用书，也可供煤矿职工自学参考。

由于编者的水平有限，缺点错误在所难免，敬希读者批评指正。

编 者 1981年6月于西安矿业学院

目 录

第一篇 矿井排水、通风、压气设备	1
第一章 矿井排水设备	1
第一节 流体力学基础	1
一、流体的主要物理性质	1
二、流体静压强沿高度的分布	3
三、柏努力方程及其物理意义	5
四、流体沿管路流动的阻力	7
第二节 矿井排水设备	8
一、概述	8
二、矿井固定式排水设备及其工作	9
三、离心式水泵	11
第二章 矿井通风机设备	19
第一节 矿井通风概述	19
第二节 矿井通风机的结构与工作原理	20
一、离心式通风机的结构与工作原理	20
二、轴流式通风机的结构与工作原理	20
第三节 矿井通风机的调节与反风	22
一、矿井通风机的调节	22
二、反风系统	23
第三章 矿井压缩空气设备	25
第一节 概述	25
第二节 往复式压缩机的基本工作原理	26
第三节 往复式压缩机的结构与调节	28
一、往复式压缩机的主要结构	28
二、往复式压缩机的调节	29
第二篇 矿井提升设备	31
第四章 概述	31
第一节 矿井提升系统	31
第二节 矿井提升设备类型	33
第五章 提升容器及提升钢丝绳	34

第一节	提升容器的结构	34
第二节	提升容器的选择	40
第三节	提升钢丝绳的类型, 特性	42
第四节	提升钢丝绳的选择计算	45
第六章	矿井提升机	52
第一节	主轴装置	55
第二节	调绳离合器	55
第三节	制动装置	58
第四节	附属装置	73
第五节	矿井提升机的选择计算	79
第七章	矿井提升的运动学与动力学	82
第一节	提升系统的静阻力	82
第二节	提升设备的基本动力方程式	84
第三节	变位质量	85
第四节	运动学计算	88
第五节	动力学计算	93
第八章	提升电动机容量、电耗及设备效率	100
第一节	提升电动机容量的计算	100
第二节	提升设备电耗与效率的计算	102
第九章	多绳摩擦式提升	117
第一节	摩擦提升的传动原理及防滑安全系数	123
第二节	多绳摩擦提升计算的一般原则	127
第三节	多绳摩擦提升设备的结构特点	129
第十章	斜井提升的特点	134
第一节	斜井提升的类型及提升系统	134
第二节	斜井提升动力学计算特点	135
第三篇	矿井运输机械	138
第十一章	刮板输送机	138
第一节	概述	138
一、	刮板输送机的构造、工作原理和使用范围	138
二、	刮板输送机的主要类型和系列	140
第二节	刮板输送机的结构	142
一、	机头部和机尾部	142

二、溜槽及其附件	148
三、刮链板	152
四、紧链装置	156
五、推移装置和锚固装置	160
第三节 刮板输送机的安装、运转、维护和故障处理	160
一、刮板输送机的安装	160
二、刮板输送机的运转注意事项	162
三、刮板输送机的维护	163
四、刮板输送机的润滑注油	164
五、刮板输送机的故障处理	164
第十二章 胶带输送机	166
第一节 概述	166
一、胶带输送机的工作原理	166
二、胶带输送机的摩擦传动原理	166
第二节 胶带输送机的主要组成部分	170
一、胶带	170
二、托辊和机架	172
三、传动装置	173
四、拉紧装置	174
第三节 绳架式和可伸缩式胶带输送机的结构特点和使用条件	176
一、绳架式胶带输送机	176
二、可伸缩胶带输送机	178
第四节 钢丝绳牵引胶带输送机简介	180
一、钢丝绳牵引胶带输送机的传动系统	180
二、钢丝绳牵引胶带输送机主要部件结构	181
第五节 胶带输送机的运转与维护	185
一、胶带输送机在安装上最主要的要求	185
二、胶带输送机运转维护中几个主要问题	185
三、对于钢丝绳牵引胶带输送机由于工作原理不同, 运转维护的方法也有所异, 主要应注意如下几个问题	186
第十三章 电机车	187
第一节 概述	187
第二节 矿用电机车的机械结构	188
车架	188
轮对	189
轴承和轴承箱	189

弹簧托架	190
制动系统	190
加砂装置	191
齿轮传动装置	191
联接缓冲装置	192
第三节 牵引电动机及其控制	192
一、直流串激电动机的特性	192
二、直流串激电动机的起动	194
三、牵引电动机的调速	196
四、牵引电动机的电气制动	197
五、ZK-7和ZK-10型架线式电机车的电气控制系统	197
第四节 电机车的运行理论和运输计算	200
一、列车运行基本方程式	200
二、电机车牵引力的产生	203
三、电机车制动力的产生	204
四、电机车运输计算	205
第五节 电机车的运转与维护	209
一、司机在车库验收机车时的检查	209
二、交接班时的检查	210
三、机车运行中注意事项	210
四、操作的一般规程	210
五、电机车的修理与保养	210
第四篇 采掘机械	212
第十四章 采煤机械	212
第一节 概述	212
一、普通机械化采煤工作面中各种机械设备的布置情况及工作方法	212
二、对采煤机的一般要求	213
第二节 MIQ ₁ -80型单滚筒采煤机	314
一、用途和组成部分	214
二、总传动系统	216
三、螺旋滚筒	217
四、滚筒升降的液压传动装置	222
五、牵引部液压传动装置	226
第三节 双滚筒采煤机	237
一、双滚筒采煤机的结构和传动特点	237
二、双滚筒采煤机在综合机械化工作面工作情况	240

第四节 采煤机牵引速度的自动调节	242
一、采煤机牵引速度的自动调节原理	242
二、MLS ₃ -170型采煤机牵引部传动系统及自动调整牵引速度装置	243
第五节 刨煤机简介	249
一、概述	249
二、MBT-1型拖钩式刨煤机	251
三、滑行式刨煤机的特点	253
第十五章 液压支架	255
第一节 概述	255
一、液压支架的用途	255
二、对液压支架的基本要求	256
三、液压支架的分类	256
第二节 支撑式液压支架	258
一、组成部分基本结构和动作原理	258
二、液压系统中的控制和操纵元件的结构及一般要求	262
三、泵站	267
第三节 掩护式液压架支和支撑—掩护式液压支架	269
一、掩护式液压支架一般结构特点、应用范围和工作原理	269
二、支撑——掩护式液压支架一般结构特点、应用范围及工作原理	273
第十六章 掘进机械	276
第一节 装载机	276
一、概述	276
二、铲斗式装载机	276
三、耙斗式装载机	280
第二节 掘进机	285
一、煤巷掘进机	285
二、岩巷掘进机	289

第一篇 矿井排水、通风、压气设备

第一章 矿井排水设备

第一节 流体力学基础

一、流体的主要物理性质

1. 流体指的是液体与气体。流体与固体的主要区别就是具有流动性，固体在受力与运动的过程中其形状只有很小的变化，而流体能产生很大的变形，其形状随容器而变。

工程上常遇到的问题大体上可分为两类：一类是流体本身的运动，如水或空气沿各种管路的流动；另一类是流体与固体之间的相互作用，如风机、水泵的工作以及飞机的飞行等等。即使是前一种情况，流体沿管路的流动，也仍然受到固体边界（即管路）的制约，因此流体的运动总是以某种方式和固体联系着，流体力学研究的特点也就是研究流体和固体之间的相互作用。此外还有流体状态的变化。

在实践中常能看到这种情况，当固体与流体接触时，在固体的接触表面上是全部的被流体浸湿，也就是说流体是连续的。虽然流体是由大量的、彼此间有各种相对运动的分子所组成，而各个分子之间彼此并不连续，但因工程上只研究流体的宏观的运动，故不考虑流体分子之间的不连续，而把流体看做是由大量的连续的流体微团（亦即流体质点）所组成，各个流体微团之间是连续的。这里须要有两个条件：一个是流体微团的几何尺寸和有关的固体（如管路、水泵、飞机等）的几何尺寸相比是相对的很小；另一个是流体微团的几何尺寸和流体分子的几何尺寸相比是相对的很大。实际上因为流体的分子非常小，在一立方毫米的空气中就已包含了 2.7×10^{19} 个分子，因此做这种假设是完全合理的。

重度和密度

单位体积的流体所具有的重量称为重度（有时亦称为比重）；

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

式中， γ ——流体的重度，公斤/米³

G ——流体的重量，公斤

V ——流体的体积，米³

单位体积的流体所具有的质量称为密度。

$$\rho = \frac{M}{V} \quad 1-2$$

式中 ρ ——流体的密度，公斤·秒²/米⁴

M ——流体的质量，公斤·秒²/米

Ph

由于 $G = Mg$, 故有

$$\gamma = \rho g$$

1—3

纯水的重度为 1000 公斤/米^3 , 矿井水的重度约为 1020 公斤/米^3 , 在常温常压下空气的重度约为 1.2 公斤/米^3 。

3. 压缩性与膨胀性

当压力增加时流体体积减小的性质称为压缩性, 当温度增加时流体体积变化的性质称为膨胀性。对流体来说其压缩性与膨胀性都是相对的, 如水在常温下每增加一个大气压其体积只减少万分之0.5, 当温度变化时其体积的变化也可忽略; 但当压力变化很大达数千个大气压时, 其体积变化就必须考虑了。又如空气, 当压力增加时其体积减小, 当温度增加时其体积增大, 但如压力, 温度的变化都很小流速也不很高时如通风机的工作, 则可忽略其体积变化而作为不可压缩流体对待。

4. 粘滞性

当流体内部相邻各层流体微团之间产生相对滑动时, 流体本身所具有的阻挡这种相对滑动的性质称为流体的粘滞性, 简称粘性。

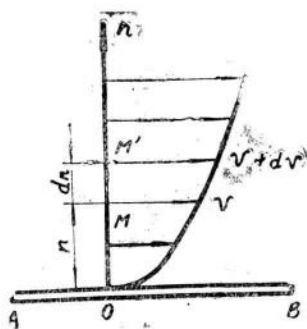


图 1—1

当流体流过静止的固体表面时, 由于粘性的影响, 紧贴固体的一层流体微团即贴附在固体表面上不动, 离固体越远处流速越大, 如图 1—1 所示。在距壁面 n 处取一薄层厚度为 dn 的流体, 其下表面 M 处的流速为 v , 上表面 M' 处的流速为 $v + dv$; dv 为流体在距离 dn 内的速度增量,

$\frac{dv}{dn}$ 即为在 M 点处流速的变化率亦称速度梯度。

根据实验结果当相邻两层流体做相对滑动时, 其单位面积上的摩擦力 τ 与此速度梯度 $\frac{dv}{dn}$ 成正比, 另外还与流体本身的性质有关, 可写成

$$\tau = \mu \frac{dv}{dn} \quad 1-4$$

式中 μ 称为动力粘性系数, 用以表示流体粘性的大小, 其因次为 $\text{公斤} \cdot \text{秒/米}^2$ 。动力粘性系数与流体密度 ρ 的比值称为运动粘性系数:

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

其因次为 $\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒/米}^2}{\text{公斤/米}^3} = \text{米}^2/\text{秒}$

空气与水的粘性系数随温度的变化而变化但近似与压力无关, 其值见表 1—1、1—2。

空气运动粘性系数与温度关系

表1—1

t℃	0	5	10	15	20	30	40	60	80	100
ν (厘米 ² /秒)	0.133	0.142	0.147	0.152	0.157	0.166	0.176	0.196	0.210	0.238

水的运动粘性系数与温度关系

表1—2

t℃	0	5	10	20	30	40	50	60	70	100
ν (厘米 ² /秒)	0.0178	0.0152	0.0131	0.0101	0.0081	0.0066	0.0055	0.0045	0.0035	0.0028

二、流体静压强沿高度的分布

1. 表面力与质量力

作用在流体微团上的力可以分为两种即是表面力与质量力。在流体中任意取一个流体微团，则此微团与其相邻各微团之间必有相互作用的力存在，其邻近各微团对此微团所作用的力是作用在此微团的表面上，故称为表面力，如粘性力、压力等全是表面力，即图1—2中的力 P 与 R ，流体与固体之间相互作用的力也是表面力。除了表面力是作用在流体微团的表面上之外，尚有另一种力均匀的作用在流体内部各个分子上，如重力即图1—2中的 mg ，此种均匀分布在各个分子上的力称为质量力，惯性力亦可做为质量力看待。在理想流体中因为没有粘性，故表面力只有法向的压力。

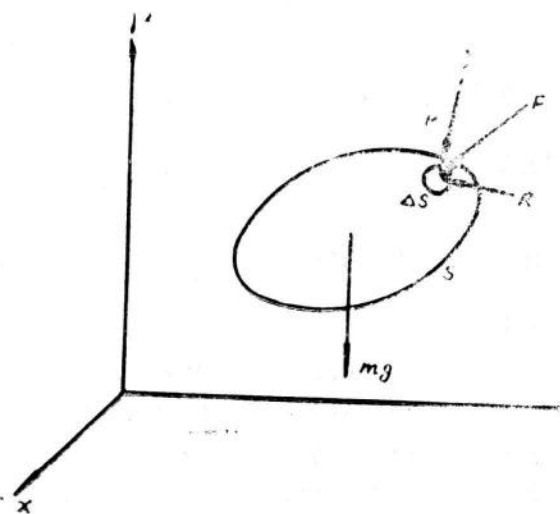


图1—2

2. 流体静压力

在静止流体中任意取出一个流体微团，如图1—3所示，在其表面上任取一个微元面积 ΔS ，与其相邻的流体微团在 ΔS 上的作用力用 ΔP 表示，因为是静止流体，所以 ΔP 的方向必须与法线方向一致，否则，一定能分解出一个沿切向的分力而使流体微团产生变形，破坏了流体是静止的这一条件。

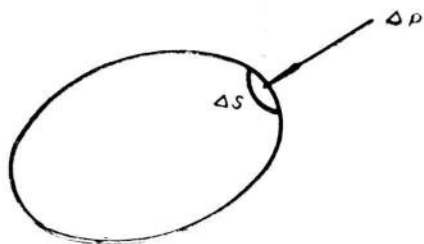


图1—3

比值 $\frac{\Delta P}{\Delta S}$ 即为作用在微团表面单位面积上的力，当

$\Delta S \rightarrow 0$ 而取极限时

$$P = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

1-6

称为作用于该点的静压强（有时也称为静压力）。流体静压力的第一个特点是对任何一个流体微团或流体中的任何一个物体来说，其表面上的静压力一定是沿法线方向。

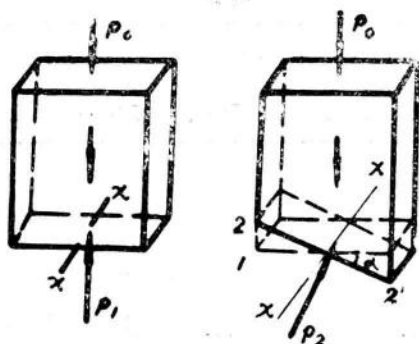


图 1-4

流体静压力的另一个特点是流体中任何一点处的静压力与方向无关，沿任何方向的静压力全相同。如图 1-4a 所示在静止流体中取一长方体研究其受力情况，如此长方体流体重量为 dG 、横截面积为 dF 、上表面处压强为 P_0 ，作用在上表面的总力为 $P_0 dF$ ，下表面处压强为 P_1 ，作用在下表面的总力为 $P_1 dF$ 。见图 a，其沿铅垂方向力的平衡条件为

$$P_0 dF + dG = P_1 dF \quad (1)$$

设通过底面 1-1' 的中心线 X-X 任做一斜面 2-2' 其斜角为 α 见图 b，则因左侧截去的 1-2-X 部分等于右侧添加的 1'-2'-X 部分所以截出的新的斜棱柱体和原长方体的体积相等，故重量仍为 dG 。但斜面 2-2' 的面积变为 $\frac{dF}{\cos \alpha}$ ，如作用在 2-2' 表面上的静压强变为

P_2 ，则作用在 2-2' 面上的总力为 $P_2 \frac{dF}{\cos \alpha}$ 。其在铅垂方向上的分力为 $P_2 \frac{dF}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha = P_2 dF$ 。

故由平衡条件有

$$P_0 dF + dG = P_2 dF \quad (2)$$

由 (1)、(2) 得出 $P_1 = P_2$ ，即流体静压力与方向无关。

3. 静压强沿高度的分布

设有静止液体其重度为 γ 如图 1-5 所示，作用在其自由液面上的压强为 P_0 ，从自由液面起始向下截取高为 h 、横截面积为 dF 的长方体，则此长方体重量为 $\gamma h dF$ 。上表面上作用的总力为 $P_0 dF$ ，方向向下，如底面积上压强为 P ，则底面积上作用的总力为 $P dF$ ，方向向上。今沿铅垂方向取力的平衡条件，因在侧表面上压力全是沿水平方向作用，故不考虑之，有 $P dF = P_0 dF + \gamma h dF$ 。

$$\therefore P = P_0 + \gamma h \quad 1-7$$

式中 P_0 —— 自由液面上的压力、公斤/米²

P —— 从自由液面量起深度为 h 处的液体静压力、公斤/米²

γ —— 液体重度、公斤/米³

1-7 式是用液体推导出来的。但对于不可压缩的气体也同样适用。

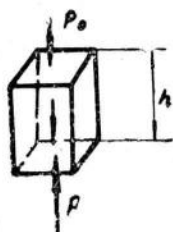


图 1-5

三、柏努力方程及其物理意义

如流体运动时在空间各点处的运动情况不随时间而变，则称为是稳定流。现在研究理想的不可压缩流体沿任何一种管路的稳定流动，如图1—6所示。当在某一瞬间 t 时在管路中任意取两个截面1—1、2—2，在截面1—1与2—2之间截出一块流体11—22。如在截面1—1处截面积为 F_1 、流速为 u_1 、压力为 P_1 、高度为 Z_1 ，而在截面2—2处各对应值分别为 F_2 、 u_2 、 P_2 、 Z_2 ，经过很短的时间 Δt 以后，这块流体运动到了1'1'—2'2'的位置。现在对这一整块流体11—22应用动能定律。

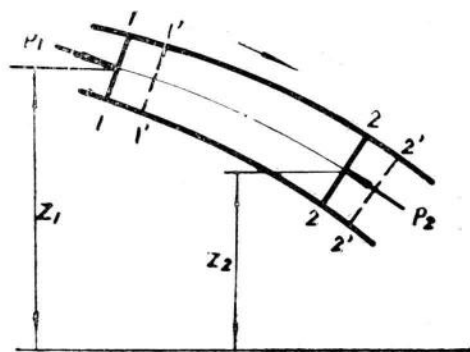


图 1—6

动能定律是说：“运动着的物体质点系，在某一时间间隔内其动能的增加，等于在同一运动时间内作用于该质点系的一切外力所作的总功”。这里讲的是一个前提和两个问题：前提是运动着的物体质点系，此处就是指的所截取的在截面1—1与2—2间的整块流体；两个问题一个是动能的增加，一个是外力所作的总功，现分别讨论之。

首先看动能的增加。因为流体是由11—22运动到1'1'—2'2'，当其在11—22时，可把它看做是由11—1'1'与1'1'—22两部分流体组成，因此，其动能即为此两部分流体动能之和。当经过 Δt 时间后运动到了1'1'—2'2'时，又可看做是由1'1'—22与22—2'2'两部分流体组成，其动能也是等于此两部分流体动能之和。因为是稳定流动，故两者中1'1'—22部分流体的动能不变，所以其动能的增加即是由11—1'1'流体变到22—2'2'流体时动能的增加。

在截面1—1处截面积为 F_1 ，运动速度为 u_1 ，经过 Δt 时间后，截面1—1处的流体运动到了截面1'—1'处，移动距离为 $u_1 \Delta t$ ，所以11—1'1'这块流体的体积为 $\Delta V = F_1 u_1 \Delta t$ ，质量

为 $\Delta V \frac{\gamma}{g}$ ，动能为 $\Delta V \frac{\gamma u_1^2}{g 2}$ 同理22—2'2'流体的体积为 $\Delta V = F_2 u_2 \Delta t$ 动能为 $\Delta V \frac{\gamma u_2^2}{g 2}$ 。这里

应注意由于是不可压缩流体，故11—1'1'部分与22—2'2'部分的体积相等全是 ΔV ，所以

动能的增加为 $\Delta V \frac{\gamma}{2g} (u_2^2 - u_1^2)$ 。

现在再看外力所做的总功。对这块流体来说，外力包括前后两侧外部流体的压力、重力以及管壁的作用力，因为是理想流体，故不考虑各种阻力。在截面1—1处压强为 P_1 、截面积为 F_1 ，故作用在截面1—1上的总压力为 $P_1 F_1$ ，在 Δt 时间内移动的距离为 $u_1 \Delta t$ ，故截面1—1处外部流体做的功为 $P_1 F_1 u_1 \Delta t = P_1 \Delta V$ 。在截面2—2处压强为 P_2 、截面积为 F_2 ，故作用在截面2—2上的总压力为 $P_2 F_2$ ，外部流体做的功为 $-P_2 F_2 u_2 \Delta t = -P_2 \Delta V$ ，此处，因为外部流体压力 P_2 作用的方向与流体运动的方向相反，故做功为负值。所以外部流体所做的功为 $\Delta V (P_1 - P_2)$ 。

关于重力所作的功，因为11—1'1'流体与22—2'2'流体的重量全为 $\Delta V \cdot \gamma$ ，重力方向向下，而图中由 Z_1 到 Z_2 的方向也是向下的，故重力做功为 $\Delta V \cdot \gamma (Z_1 - Z_2)$ 。（如由 Z_1 到 Z_2 的方向是向上即当 $Z_2 > Z_1$ 时，则做功为 $-\Delta V \cdot \gamma (Z_2 - Z_1) = \Delta V \cdot \gamma (Z_1 - Z_2)$ 仍是一样。）在管壁处由于管壁对于流体的作用力即压力是与运动方向互相垂直，故不做功。

由此得出，外力所作的总功为 $\Delta V (P_1 - P_2) + \Delta V \cdot \gamma (Z_1 - Z_2)$ 。由动能定律，外力所作的总功与动能的增加值相等，故有 $\Delta V \cdot \frac{\gamma}{2g} (u_2^2 - u_1^2) = \Delta V (P_1 - P_2) + \Delta V \cdot \gamma (Z_1 - Z_2)$

$$\text{即} \quad (Z_1 - Z_2) + \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \right) + \left(\frac{u_1^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} \right) = 0$$

$$\text{或} \quad Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad 1-8$$

由于截面1—1与2—2可任意选取，故1—8式可改写为

$$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{常数} \quad 1-9$$

式1—9称为柏努力方程，其物理意义即是能量守恒。其中， Z 一项称为高度头，设有 G 公斤流体，位于基准面以上 Z 米高处，则其具有的位能为 ZG 公斤·米，因此，每公斤流体所具有的位能为 $\frac{Z \cdot G}{G} = Z$ 公斤·米/公斤，亦可用米流体柱来表示其单位，故高度头 Z 表示单位重量流体所具有的位能。

$\frac{u^2}{2g}$ 一项称为速度头，如有 G 公斤流体运动速度为 u ，则具有的动能为 $\frac{Gu^2}{2g}$ 而每公斤流

体所具有的动能则为 $\frac{u^2}{2g}$ 公斤·米/公斤，同样也可用米流体柱来表示其单位，故速度头 $\frac{u^2}{2g}$ 表示单位重量流体具有的动能。

$\frac{P}{\gamma}$ 一项称为压力头，它表示单位量重流体所具有的压力能。

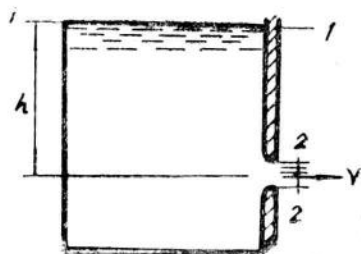


图 1—8

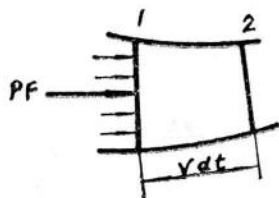


图 1—7

如图1—7所示，在截面1处流体压力为 P ，截面积为 F ，则在截面1处的总力为 PF ，设在该截面处流速为 u 。则在 dt 时间内流体运动的距离为

$u dt$ ，即在截面1处在此 dt 时间内流体压力所做的总功为 $PF u dt$ ，这部分功被那些流体所吸收呢？即是被在此 dt 时间内流过截面1的流体吸收了，而在此 dt 时间内流过截面1的流体重量为 $\gamma F u dt$ ，故得到压力对单位重量流体

所作的功为 $\frac{P F u dt}{\gamma F u dt} = \frac{P}{\gamma}$ ，即是单位重量流体所具有的压能，其单位也是公斤-米/公斤，同样也可用米流体柱来表示。

例一、如图1—8所示，假定水自桶壁上一小孔流出，孔距水面为h，求水流出时的速度u。

如取水面为1—1截面，小孔出口处为2—2截面，并取小孔所在的水平面为基准面。则在1—1截面处压力为大气压 P_1 ，高度为h，假设小孔很小，可近似认为水面处流速为0，而在小孔出口的2—2截面处，则有高度为0，压力为大气压 P_2 ，流速为u。对截面1—1与截面2—2列

柏努力方程式，有 $h + \frac{P_1}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$ ，

$$\therefore u = \sqrt{2gh} \quad 1-10$$

例二、图1—9表示离心式通风机通过进气管自大气中抽取空气，如在进口处用U形管水柱计测得水柱高为h=250mm，入口处直径D=200mm，求每秒钟吸入的空气量，取空气比重 $\gamma_{\text{气}} = 1.2$ 公斤/米³。

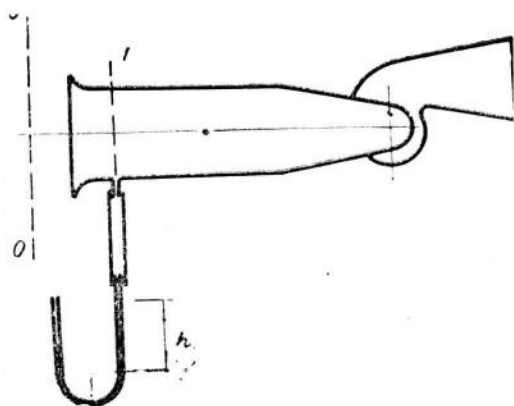


图 1—9

在进风管入口前相当距离处取截面0—0，该处压力为大气压 P_0 ，该处空气流速可认为是0。在入口装设U形管处取截面1—1，其压力 $P_1 = P_0 - \gamma_{\text{水}} h = P_0 - 1000 \times 0.25 = P_0 - 250$ 速度为u，对截面0—0与1—1列柏努力方程式，

$$\text{有 } \frac{P_0}{\gamma_{\text{气}}} + 0 = \frac{P_1}{\gamma_{\text{气}}} + \frac{u^2}{2g},$$

$$u = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_{\text{气}}} \times 250} = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 250}{1.2}} = 63.9 \text{ 米/秒}$$

$$\text{故流量 } Q = \frac{\pi}{4} \times 0.2^2 \times 63.9 = 2 \text{ 米}^3/\text{秒}。$$

四、流体沿管路流动的阻力

矿用流体机械在工作时都离不开各种管路的配合，对水泵来说有排水管，对压缩机来说有输气管，而对通风机来说，矿井的各种巷道就起通风管路的作用。因为流体都是有粘性的，所以在流体流经各种管路时，都有各种不同程度的能量损失产生，对单位重量流体其损失的能量即称为阻力损失，以 h_w 表示。阻力损失分为两种：

第一种阻力损失称为沿程损失，他是由流体和管壁之间的摩擦以及流体内部之间的内摩擦而产生的，只要是流体有运动存在就有这种阻力存在，对单位重量流体的沿程阻力损失用 h_f 表示。

第二种阻力损失称为局部损失，是当流体运动遇到局部障碍（如闸门，弯头，断面变化

等)使流动情况发生急剧变化时,流体微团相互碰撞而产生的,一般的说,只有当流动情况发生较大的改变时,即是流动速度的大小或方向有较大的变化时才有局部阻力产生,对单位重量流体的局部阻力损失用 h_j 表示。故总的阻力损失为

$$h_w = h_f + h_j \tag{1-11}$$

阻力损失的计算一般用经验公式进行。对园管沿程阻力损失

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \tag{1-12}$$

式中, l ——管长, 以米计

d ——管内径, 以米计

v ——管内流速, 以米/秒计

λ ——阻力系数, 可按表1—3选用, 或取为 $\lambda = 0.02 \sim 0.03$

对局部阻力损失, 一般可用其等值管长计算之, 即是

$$h_j = \lambda \frac{l_{\text{等}}}{d} \frac{v^2}{2g} \tag{1-13}$$

对各种管件的等值管长可按表1—4选用。

表1—3

$d_{\text{公称}}$	75	100	125	150	200	250	300
λ	0.0418	0.0380	0.0352	0.0332	0.0304	0.0284	0.0270

表1—4

d	75	100	125	150	200	250	300
带滤网的吸水伐	15	18	23	27	34	39	41
闸 伐	0.45	0.66	0.87	1.31	1.64	2.2	2.78
逆 止 伐 开 启 70°	5.5	7	9	11	15	19	22
弯 头	0.45	0.66	0.89	1.13	1.64	2.2	2.78
合流三通 	5.38	7.89	10.65	13.55	19.73	26.41	33.3
单流三通 	3.59	5.26	7.1	9.04	13.16	17.61	22.4
分流三通 	2.69	3.95	5.33	6.78	9.83	13.2	16.7
直流三通 	1.79	2.63	3.55	4.52	6.58	8.8	11.1

第二节 矿山排水设备

一、概述

泵广泛的应用于国民经济的各个部门, 无论是工业、农业、交通运输等方面, 无论是生

产、生活等方面，都离不开泵，几乎凡是有液体的地方都有泵在工作，在各种机械中泵的使用仅次于电动机而占第二位，由于泵的使用广泛，因此被称为通用机械。

按照泵所处理的液体可以把泵分类为水泵、油泵以及各种化工用泵；按泵的工作原理可以分为离心泵、轴流泵以及各种容积作用泵。在煤矿广泛使用的是离心式清水泵。

煤矿井下的水是由各个岩层渗出。由于在地下的流动过程中溶解了各种矿物质，又由于含有一定数量的泥沙、煤屑等杂质，故矿水的比重较清水为大，一般矿水比重 $\gamma = 1020$ 公斤/米³左右。井下水泵房设于井底车场附近，矿井的涌水集中到水仓以后，由水泵经过排水管排到地面。为了防止水中的泥砂等杂质对水泵的磨损，通常须将矿水沉淀后才由水泵排出。矿水含有酸性，能腐蚀水泵、管路，同时也能腐蚀井下的各种机械设备和金属器材。矿水酸性的程度用PH值表示，一般当 $\text{PH} > 7$ 时为硷性，当 $\text{PH} = 7$ 时为中性，当 $\text{PH} = 4 \sim 6$ 时为弱酸性，当 $\text{PH} \leq 3$ 时为强酸性。当酸性很强时，对机械设备有强烈的腐蚀作用，使得水泵只能运转很短时间即被腐蚀不能使用，因此当矿水的酸性强时采用耐酸泵排水，同时对于管路也须采用防酸措施。

矿井涌水量指的是每小时内浸入矿井的水量，以米³/小时表示之。一般与矿区地形、气候、水文地质等条件有关，在一年内涌水量也随四季而变化，因此涌水量分为正常涌水量与最大涌水量，正常涌水量是指一年内时间最长的涌水量。对矿井的主排水设备一般按装三台同型号的水泵，一台工作、一台备用、一台检修，其中每台水泵应能在20小时内排出矿井24小时的正常涌水量。在涌水量大的矿井可加装水泵，其中工作水泵应能在20小时内排出24小时的正常涌水量，备用水泵台数和工作水泵台数相等，检修水泵台数为工作水泵台数的25%，但不少于一台，所有水泵的总能力应能排出可能的最大涌水量。

对于大涌水量的矿井，排水所耗的电量在全矿总耗电量中占很大比例，因此提高排水设备的运转效率对于降低电耗有很大的意义。

二、矿井固定式排水设备及其工作

图1—10表示离心式水泵排水设备的简图。图中1表示水泵，由吸水管2吸水，由排水管5排水，在吸水管的底部装有底伐3及滤水网4。水泵启动前必须灌满水，底伐的作用即是防止灌水时漏水，水灌满后才能启动电动机。对离心式水泵在启动前一般是将闸伐6关闭，因为关伐门启动时电动机负荷低。水泵启动后，由于离心力的关系水泵出口处压力逐渐升高，待装于水泵出口接管处的压力表读数达到额定扬程值以后，即可逐渐打开闸伐开始排水。图中7是逆止伐，8是压力表，9是真空表。

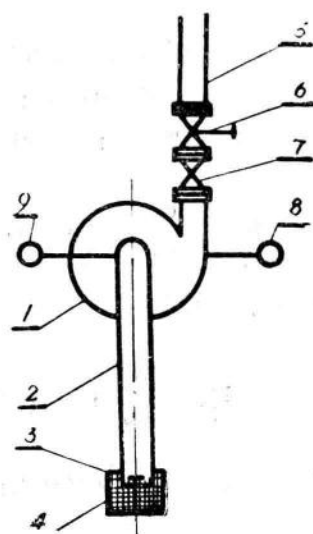


图 1—10

水泵正常工作时，由于工作轮旋转，故工作轮内的液体被工作轮带动一起旋转，受到离心力的作用而向四周围流出，于是在工作轮入口处因液体数量减少而形成低压，此时吸水池内的水即在大气压力作用下克服吸水管的高度差以及阻力等各种损失，沿吸水管而流进工作

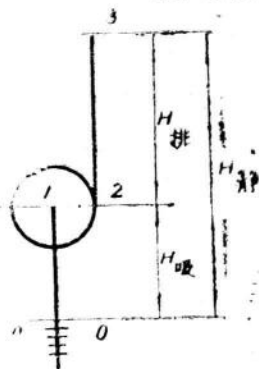


图 1—11

轮入口处。因为工作轮不断地旋转，不断地向外排水，在工作轮入口处不断地造成低压，于是吸水池中的水也不断地流来补充，这样维持水泵的正常排水。

由上述可看出，吸水池中的水不是被水泵吸进水泵的，而是由于水泵入口处形成了低压，因此被大气压力压进水泵的。

现在求离心式水泵的扬程，图1—11是水泵与吸水管路、排水管路的示意图。

对吸水管应用柏努力方程，取水池水面0—0为基准面，取水泵入口处为1—1截面；如吸水高度为 $H_{吸}$ ，吸水管阻力损失为 $\Delta H_{吸}$ ，水泵入口处压力为 P_1 、流速为 C_1 。则有

$$\frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_1}{\gamma} + H_{吸} + \Delta H_{吸} + \frac{c_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} - H_{吸} - \Delta H_{吸} \quad (a)$$

对排水管应用柏努力方程，取水泵出口截面2—2为基准面，如此处压力为 P_2 ，流速为 C_2 ，排水管高度为 $H_{排}$ ，排水管中阻力损失为 $\Delta H_{排}$ ，排水管出口处流速为 $C_{出}$ ；因为 是排入大气中，故排水管出口处压力亦为大气压 P_2 。有

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + H_{排} + \Delta H_{排} + \frac{c_{出}^2}{2g} \quad (b)$$

由(a)、(b)两式得

$$\left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} \right) = (H_{吸} + H_{排}) + (\Delta H_{吸} + \Delta H_{排}) + \frac{c_{出}^2}{2g}$$

在图1—11所示情况水泵入口和出口处高度相同，所具有的位能相同；当 不考虑流体的位能

时，在水泵入口处单位重量流体所具有的总能量为动能与压力能的和即 $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}$ ，在水泵

出口处单位重量流体所具有的总能量为 $\frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g}$ ，两者的差即是水泵对单位重量流体所传

递的能量，称为水泵的扬程，以 H 表示。如令 $H_{静} = H_{吸} + H_{排}$ 表示总排水高度， $\Delta H = \Delta H_{吸} + \Delta H_{排}$ 表示管路中总的阻力损失，则有