

煤矿干部技术知识丛书

矿山机械

山西省大同煤矿学校编

煤炭工业出版社

煤矿干部技术知识丛书

矿 山 机 械

山西省大同煤矿学校编

煤炭工业出版社

煤矿干部技术知识丛书

矿 山 机 械

山西省大同煤矿学校编

*

煤炭工业出版社 出版

《北京安定门外和平北路16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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $19^{1/2}$ 插页11

字数 432 千字 印数1—28,160

1979年8月第1版 1979年8月第1次印刷

书号15035·2169 定价1.70元

出 版 说 明

为了更好地满足煤矿新、老管理干部全面掌握煤矿生产技术知识的需要，出版了这套《煤矿干部技术知识丛书》，共分七册：煤矿地质、矿图、开采方法、井巷掘进、通风与安全、普通电工与矿山电工、矿山机械，内容通俗易懂，联系实际，适合具有高小以上文化水平、有一定煤矿生产实际经验的干部自学之用。

矿山机械这一分册重点介绍了煤矿井下采煤、掘进和综合机械化采煤设备的结构原理和使用维护；还较详细地介绍了煤矿排水、通风、空压、提升设备和井上下运输机械的结构原理、选型计算和使用维护等。

本书由崔明思、梁兴义同志执笔。

目 录

第一章 矿井排水设备	1
第一节 概 述	1
第二节 离心式水泵的主要零部件	13
第三节 矿用离心式水泵	18
第四节 离心式水泵轴向推力的平衡方法	31
第五节 离心式水泵与管路性能曲线	34
第六节 离心式水泵的联合运转和性能估算	46
第七节 矿井排水设备的选择计算	50
第八节 离心式水泵的运转和维护	57
第二章 矿井通风设备	62
第一节 概 述	62
第二节 矿井通风机	68
第三节 矿井通风机和通风网路的性能曲线	91
第四节 反风设备	100
第五节 矿井通风机的运转和维护	104
第三章 矿井空压设备	109
第一节 概 述	109
第二节 活塞式空压机的结构	117
第三节 L型活塞式空压机的主要部件	126
第四节 L型活塞式空压机的附属装置	138
第五节 活塞式空压机排气量的调节	151
第六节 矿井空压设备的选择计算	157
第七节 活塞式空压机的运转和维护	159
第八节 螺杆式空压机	166

第四章 矿井提升设备	177
第一节 概 述	177
第二节 提升钢丝绳	186
第三节 KJ型矿井提升机	198
第四节 XKT型矿井提升机	205
第五节 2JK-2型矿井提升机	236
第六节 多绳摩擦式矿井提升机	237
第七节 矿井提升设备与井筒的相对位置	247
第八节 单绳缠绕式提升机的选择计算	250
第九节 矿井提升设备的检查、试验与调整	257
第五章 采煤工作面机械	266
第一节 单滚筒采煤机	266
第二节 双滚筒采煤机	345
第三节 MBJ-1型拖钩式刨煤机	412
第四节 可弯曲刮板输送机	420
第五节 液压支架	450
第六章 掘进机械	495
第一节 凿岩机	495
第二节 岩石电钻	516
第三节 装岩机	520
第四节 ZMZ ₂ -17型装煤机	547
第五节 ELMA型半煤岩巷掘进机	560
第七章 运输机械	569
第一节 胶带输送机	569
第二节 JW2100/100型无极绳绞车	592
第三节 电机车	607

第一章 矿井排水设备

第一节 概 述

一、矿井排水设备的重要作用

在煤矿地下开采的过程中，由于地层中含水的涌出，雨雪和江河中的水的渗透，水砂充填和水力采煤矿井的井下供水，将要有大量的水昼夜不停地汇集于井下。如果不能及时地将这些积水排送到井上，井下的安全生产就会得不到保障。矿井排水设备的任务就是把所有流入地下巷道中的矿水排送到地表。

根据统计，每开采 1 吨煤要排出 2~7 吨矿水，有时甚至要排出 30~40 吨矿水。矿井排水设备的电动机功率，小的几千瓦到几十千瓦，大的几百千瓦到上千千瓦。因此，矿井排水设备运转的可靠性（安全运转）与经济性（效率高、电耗量小），具有十分重要的意义。

矿水的成分很复杂，它对水泵和水管的腐蚀性，不仅与游离硫酸的存在有关系，而且也 and 硫酸镁、硫酸铁和硫酸铝的存在有关系。矿水的物理性质和酸度，可用氢离子浓度（又叫氢离子指数）pH 值的大小来表示，如表 1-1 所列。

由于酸性矿水对金属具有腐蚀破坏作用，所以矿井排水设备的钢铁零件，一旦遇到酸性矿水时，将会很快遭到破坏。因此，当 pH 值小于 5 时，就必须采用耐酸泵等防酸措施。

表 1-1 矿水的物理性质与酸度

矿 水	pH值				
	0 ~ 3	4 ~ 6	7	8 ~ 10	11 ~ 14
酸 度	强酸性	弱酸性	中 性	弱碱性	强碱性
物理性质	混浊的， 浓茶色	混浊的，黄色	混浊的	清洁的， 透明的	清洁的，透 明的，味好

二、矿井排水设备的组成

矿井排水设备一般都采用离心式水泵，它主要由离心式水泵、电动机、起动设备、仪表、管路及管路附件等组成，如图1-1所示。

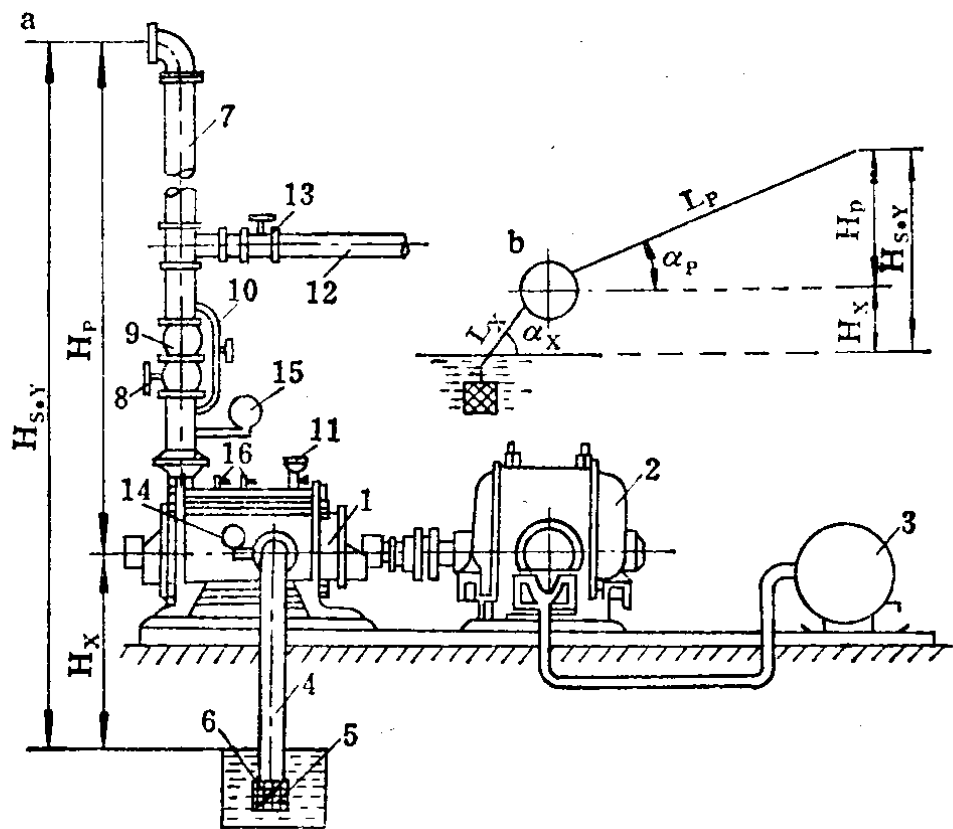


图 1-1 离心式排水设备的示意图

- 1—离心式水泵；2—电动机；3—起动设备；4—吸水管；5—滤水器；
6—底阀；7—排水管；8—调节闸阀；9—逆止阀；10—旁通管；11—灌
引水漏斗；12—放水管；13—放水闸阀；14—真空表；15—压力表；
16—放气栓

（一）滤水器和底阀

滤水器又叫滤网，安装在吸水管的下端，插入吸水井水面下不得低于 0.5 米。滤水器的作用是使吸水井底部沉积的煤泥和杂物不致吸入泵内，以防水泵被堵塞和被磨损。在滤水器内装有舌形底阀，其作用是使灌入水泵和吸水管中的引水，以及停泵后的存水不致漏掉。

（二）闸阀

调节闸阀 8 安装在靠近水泵排水接管上方的排水管路上，位于逆止阀 9 的下方。其功用为：

- 1) 调节水泵的流量和扬程；
- 2) 起动时将它完全关闭，以降低起动电流。

调节闸阀的优点是流动阻力和关闭压力较小，安装时无方向性；能够方便地来调节水泵的流量和扬程等。其缺点是密封面容易擦伤；检修较为困难；高度尺寸较大，在安装位置受到限制时，安装不便；结构较复杂，价格较高。

放水闸阀 13 安装在调节闸阀上方的排水管路的放水管 12 上，其作用为检修排水管路时放水用。

（三）逆止阀

逆止阀 9 安装在调节闸阀 8 的上方，其作用是当水泵突然停止运转（如突然停电）时，或者在未关闭调节闸阀的情况下停泵时，能自动关闭，切断水流，使水泵不致受到水力冲击而遭到损坏。

（四）灌引水漏斗、放气栓和旁通管

灌引水漏斗 11 是在水泵初次起动时，向水泵和吸水管中灌引水用。在向水泵和吸水管中灌引水时，要通过放气栓（又叫气嘴）将水泵和吸水管中的空气放掉。

当排水管中有存水时，也可通过旁通管 10 向水泵和吸水

管中灌引水，此时要将旁通管10上的阀门打开。此外，还可通过旁通管，利用排水管中的压力水的反冲作用，冲掉积存于水泵流通部分和附着于滤水器上的杂物，但此时须通过连接在底阀上的铁丝或链条将底阀提起。

（五）压力表和真空表

压力表15安装在水泵的排水接管上，为检测排水管中水压大小用。常用的压力表为普通弹簧管压力表。根据其结构特征可分为径向无边、径向带边和轴向带边三种。表壳的公称直径有60、100、150、200和250毫米五种。压力表所测出的压力叫做表压力或相对压力，它比绝对压力小1个大气压。

真空表14安装在水泵的吸水接管上，为检测吸水管中的真空度用。根据其结构特征也可分为径向无边、径向带边和轴向带边三种。表壳的公称直径和压力表一样，也分为60、100、150、200和250毫米五种。真空表的测量范围为760~0毫米水银柱。

在离心式水泵起动时，要将压力表和真空表表管上的旋栓关闭，以防被压力水冲坏。当水泵起动起来之后达到额定转速时，再将旋栓打开，进行压力和真空度的检测。

三、离心式水泵的工作原理

（一）压水原理

雨天打伞，如果用手转动伞柄，伞上的水就会被甩出去，如图1-2a所示。这是由于伞在旋转时，伞上的水没有足够大的向心力来维持水作高速圆周运动，水就作离心运动。伞旋转得越快，水点飞出去的也越快。

离心式水泵的水轮好象一把伞，其中充满了水，当水泵起动后高速旋转时，由于水轮中的水没有足够大的向心力来

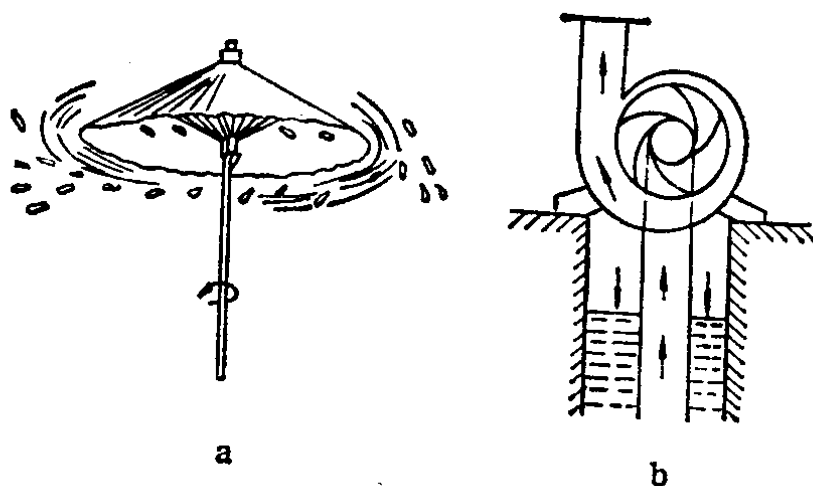


图 1-2 离心式水泵的工作原理

a—雨水在旋转着的伞上作离心运动；*b*—离心式水泵的压水原理

维持水作高速圆周运动，水就作离心运动，以很高的速度和压力从水轮的边缘向四周甩出去，汇集在泵体内成为高压水，沿着出水管路升到高处，如图1-2 *b* 所示。

（二）吸水原理

水往低处流，这是一个人人皆知的自然规律。那么水泵为什么能把低处的水吸上来呢？概括地说，离心式水泵所以能够吸水，就是由于大气压力作用的结果。在密封的灌满引水的泵体内，当水轮高速旋转时，由于水作离心运动冲向水轮的四周，水轮的中心部位即成为一个具有一定真空的低压区（比大气压力低得多），而吸水井水面上却受着大气压力的作用，在大气压力和水泵内部低于大气压力的压力差的作用下，吸水井中的水，经过滤水器，冲开底阀，沿着吸水管进入泵内，如图1-2 *b* 所示。

综上所述，由于水轮不断高速旋转，水作离心运动，以高速高压冲向泵体内，沿排水管排到高处。与此同时，水轮中心部位成为低压区，吸水井中的水便被吸上来。只要水泵

的水轮不停地旋转，水就源源不断地被从低处排到高处，这就是离心式水泵的工作原理。

离心式水泵可以把水从低处吸上来，那么它究竟能够把水吸上多高呢？也就是离心式水泵的最大吸水扬程究竟有多大呢？根据实验和理论分析告诉我们：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 个标准大气压} &= 760 \text{ 毫米水银柱} \\ &= 10.33 \text{ 米水柱} \end{aligned}$$

离心式水泵在工作时，如果水泵内部能够达到绝对真空（即压力为零），那么水泵的最大吸水扬程当为10.33米。但是，离心式水泵进口处不可能达到绝对真空；并且水在流经滤水器、底阀、吸水管和弯头时，要有一定的压力损失；为使水在吸水管中流动还需要有一定的速度水头，因此，离心式水泵的最大吸水扬程永远要小于10.33米，一般仅在4~8米的范围内，所以离心式水泵的几何安装高度（即实际吸水扬程）应限制在5~6米的范围以下。

四、离心式水泵的性能参数

（一）流量

水泵的流量就是水泵的排水量，它表示水泵在单位时间内排出水的数量。水泵的流量有体积流量和重量流量两种计量方法。一般体积流量用符号 Q 表示，其单位为升/秒、米³/秒和米³/时等；重量流量用符号 G 表示，其单位为公斤/秒和吨/时等。

体积流量和重量流量可按下式进行换算：

$$G = \gamma Q \quad (1-1)$$

式中 γ ——水的单位体积的重量，叫做重度，纯水 $\gamma = 1$ 公斤/升 = 1000 公斤/米³；矿水 $\gamma = 1015 \sim 1050$ 公斤/米³。

(二) 扬程

水泵的扬程是指单位重量的水 流 过 水泵后能量的增加值，也就是水泵的扬水高度。不同型号的水 泵 有 不同的扬程。水泵扬程的大小与其水轮直径的大小、水轮数目的多少和水轮转速的高低有关系。并且扬程的大小还随着流量的改变而改变。通常所说的水泵的扬程多高，或铭牌上标明的扬程大小，一般是指这台水泵在最高效率点运转时所能产生的扬程，也就是常说的水泵的总扬程，通常用符号 H 表示，其单位为米水柱，可简化写成米。

1. 实际吸水扬程

如图1-1b所示，从水泵的轴心到吸水井水面之间的垂直高度，也就是水泵把水吸上来的高度，叫做水泵的实际吸水扬程，用符号 H_x 表示。

2. 实际排水扬程

如图1-1b所示，从水泵的轴心到排水管出口中心之间的垂直高度，也就是水泵的实际扬水高度，叫做水泵的实际排水扬程，用符号 H_p 表示。

3. 实际扬程

如图1-1b所示，从吸水井水面到排水管出口中心之间的垂直高度，也就是实际吸水扬程和实际排水扬程之和，叫做水泵的实际扬程，用符号 $H_{s,y}$ 表示，则

$$H_{s,y} = H_x + H_p \quad (\text{垂直管路}) \quad (1-2)$$

$$H_{s,y} = l_x \cdot \sin \alpha_x + l_p \cdot \sin \alpha_p \quad (\text{倾斜管路}) \quad (1-3)$$

式中 l_x ——吸水管的倾斜长度（自水面算起），米；

l_p ——排水管的倾斜长度，米；

α_x ——吸水管与水平面之间的角度，度；

α_p ——排水管与水平面之间的角度，度。

4. 总扬程

水泵的实际扬程 $H_{s.y}$ 和损失扬程 h_s 之和, 叫做水泵的总扬程, 用符号 H 表示, 则

$$H = H_{s.y} + h_s = H_x + H_p + h_s (\text{米}) \quad (1-4)$$

损失扬程为当水流流经管路和管路附件时所损失掉的扬程, 包括在吸水管中的损失扬程和在排水管中的损失扬程。损失扬程的计算方法将在第五节介绍。

各种扬程的计量单位, 除用米水柱之外, 有时也可用工程大气压的单位公斤/厘米²表示。两种计量单位之间的关系为:

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10 \text{ 米水柱}$$

(三) 功率

水泵的功率可分为有效功率、轴功率和配用功率三种。

1. 有效功率

水泵在单位时间 (1 秒钟) 内对流经其内的水所做的有效功的大小, 叫做水泵的有效功率。用符号 N_x 表示, 其表达式为:

$$N_x = \gamma Q H (\text{公斤} \cdot \text{米/秒}) \quad (1-5)$$

$$N_x = \frac{\gamma Q H}{102} (\text{千瓦}) \quad (1-6)$$

$$N_x = \frac{\gamma Q H}{75} (\text{马力}) \quad (1-7)$$

式中 γ ——水的重度, 公斤/升;

Q ——水泵的体积流量, 升/秒;

H ——水泵的扬程, 米。

2. 轴功率

水泵在工作时, 电动机传递给水泵轴上的功率, 叫做水

泵的轴功率。由于水泵有各种能量损失，所以轴功率总是比有效功率大些，两者之差就是水泵的损失功率。用符号 N_z 表示轴功率，其表达式为：

$$N_z = \frac{\gamma Q H}{102 \eta} \quad (\text{千瓦}) \quad (1-8)$$

$$N_z = \frac{\gamma Q H}{75 \eta} \quad (\text{马力}) \quad (1-9)$$

式中 η ——水泵的效率。

3. 配用功率

水泵选用的电动机功率，叫做水泵的配用功率或配套功率，用符号 N_d 表示。由于矿用离心式水泵都是通过联轴器直接传动，传动损失极小（传动效率为 0.99~0.995），故可认为配用功率和轴功率在大小上是基本一致的。但是，由于水位的变化、水中煤泥和杂质含量的变化，可能引起轴功率的增大；此外，由于电动机的输出功率可能由于某些原因而减小（例如由于电压降低而使电动机的输出功率减小），因此，为了保证机组安全运转，配用功率需要比轴功率大些：

$$N_d = K_B \frac{\gamma Q H}{102 \eta} \quad (1-10)$$

式中 N_d ——配用功率，千瓦；

K_B ——功率的备用系数：

$Q < 20 \text{米}^3/\text{时}$ ， $K_B = 1.5$ ；

$Q = 20 \sim 80 \text{米}^3/\text{时}$ ， $K_B = 1.3 \sim 1.2$ ；

$Q = 80 \sim 300 \text{米}^3/\text{时}$ ， $K_B = 1.2 \sim 1.15$ ；

$Q > 300 \text{米}^3/\text{时}$ ， $K_B = 1.1$ ；

γ ——矿水的重度，公斤/升；

Q ——水泵在最高效率点运转时的额定流量，升/秒；

H ——水泵在最高效率点运转时的额定扬程，米；

η ——水泵的最高效率。

4. 效率

水泵在工作时，由于存在着机械摩擦损失、水力摩擦损失和泄漏损失等泵内损失，故其有效功率必然要小于轴功率。水泵的有效功率与轴功率之比的百分数，叫做水泵的效率，通常用符号 η 表示，则

$$\eta = \frac{N_x}{N_z} \times 100\% = \frac{\gamma Q H}{102 N_z} \times 100\% \quad (1-11)$$

水泵的效率大小表明了水泵性能的好坏和动力的利用情况。目前矿用离心式水泵的效率一般在60~85%，有些离心式水泵可能达到90%。

〔例题1-1〕 有一台离心式水泵，其额定流量 $Q = 10.2$ 升/秒，额定扬程 $H = 20$ 米，轴功率 $N_z = 2.5$ 千瓦。试求该泵的效率 and 配用功率各为多大？水的重度 $\gamma = 1$ 公斤/升。

解：根据公式 (1-6)：

$$N_x = \frac{\gamma Q H}{102} = \frac{1 \times 10.2 \times 20}{102} = 2 \text{ 千瓦}$$

根据公式 (1-11)：

$$\eta = \frac{N_x}{N_z} \times 100\% = \frac{2}{2.5} \times 100\% = 80\%$$

根据公式 (1-10)：

$$N_d = K_B \frac{\gamma Q H}{102 \eta} = 1.3 \frac{1 \times 10.2 \times 20}{102 \times 0.8} = 3.25 \text{ 千瓦}$$

〔例题1-2〕 在例题1-1中，如果水泵的效率由80%提高到84%时，问此时的轴功率和配用功率各为多大？

解 根据公式 (1-8)：

$$N_z = \frac{N_x}{\eta} = \frac{2}{0.84} = 2.38 \text{ 千瓦}$$

根据公式 (1-10):

$$N_d = K_B N_z = 1.3 \times 2.38 = 3.1 \text{ 千瓦}$$

5. 转速和运转比例定律

水泵轴每分钟的旋转圈数, 叫做水泵的转速。用符号 n 表示, 单位为转/分。

每台水泵都是按一定的转速设计的, 这个数值标明在水泵的铭牌上, 叫做额定转速。矿用离心式水泵的额定转速多为1450转/分和2900转/分。只有在它的额定转速下运转, 才有可能达到铭牌上标明的额定流量和额定扬程。否则, 流量、扬程和功率都要发生变化。

水泵的流量、扬程和功率随着转速的改变而改变的变化规律, 叫做水泵的运转比例定律, 可用公式表示如下:

1) 水泵的流量与其转速成正比:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1-12)$$

式中 Q_1 ——水泵在原转速 n_1 时的流量;

Q_2 ——水泵在新转速 n_2 时的流量。

2) 水泵的扬程与其转速的平方成正比:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1-13)$$

式中 H_1 ——水泵在原转速 n_1 时的扬程;

H_2 ——水泵在新转速 n_2 时的扬程。

3) 水泵的功率与其转速的立方成正比:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (1-14)$$