

第十二篇

矿井通风、防尘及排水

第一章 矿井通风的目的

在井下,由于开采作业和矿物的氧化等原因,空气成分要发生变化,主要表现为氧气减少,有毒有害气体增加,矿尘混入,温度、湿度、气压的变化等。这些变化有害于工人的健康和安全生产。为了保证工人的身体健康和合适的劳动条件,使其安全持续地生产,需要把地面上的新鲜空气送到井下,将井下的污浊空气排至地面,这就是矿井通风的目的。

第一节 井下空气中有毒有害气体的危害性

井下爆破、矿石氧化与自燃、坑木腐烂、井下火灾等,都会产生有毒有害气体。

二氧化碳 CO_2 在氧气不足时,它是一种窒息性气体,不能供呼吸,不能助燃,略带毒性,无色透明,易溶于水,比重 1.52。二氧化碳量的增加,使人产生缺氧症。我国矿山安全规程规定为井下作业地点,二氧化碳含量不大于 0.5%。

一氧化碳 CO 主要是爆破时的气体产物。它的毒性很大,在各种事故中一氧化碳中毒所占的比重较大。它是一种无色、无味、无臭的气体,比重 0.97,难溶于水。它与血中色素的亲和能力比氧大 250 ~ 300 倍,因此当血液中 CO 达到饱和时,就完全失去输送氧的能力,就会使人死亡。

二氧化氮 NO_2 主要是爆破时的气体产物。它易溶于水,生成硝酸或亚硝酸,少量吸收,会刺激呼吸道及肺部,大量吸入会引起剧烈咳嗽、胸痛、呕吐、神经系统麻木直至死

亡。

硫化物(硫化氢 H_2S 和二氧化硫 SO_2)它们是由硫化矿物的氧化、白燃、爆破等所产生的有毒气体。这两种气体都是剧毒的,当其超过一定浓度时,甚至在短时间内也能使人中毒死亡。

为了保证工人的健康与安全,冶金部颁布的《矿山通风防尘试行规定》中,规定了上述气体都不得超过某一允许的浓度,如 NO_2 为 0.00025%, SO_2 为 0.0007%, CO 为 0.0016%, H_2S 为 0.00066% 等。如果超过上述浓度,必须及时采取措施,使它降到规定的数字以下。

第二节 矿尘的危害性

矿尘就是指在采矿过程中所产生的矿石或岩石的细小颗粒。矿尘对人体的危害很大(直径在 5 微米以下的矿尘对人体危害最大),特别是矿井空气中飘浮含有游离二氧化硅 SiO_2 的矿尘超过一定值时,对矿工的身体健康就会造成极大的威胁,就是人们常说的矽肺病。冶金部颁布的《通风防尘试行规定》中规定:若粉尘中含游离的二氧化硅在 10% 以上时,空气含尘量不得超过 2 毫克/米³;在 10% 以下时,不得超过 10 毫克/米³。如果超过这个标准,必须采取预防措施。

采矿过程中,尤其以凿岩、爆破等所产生的矿尘最为严重。因此,在采矿过程中采取预防措施是非常重要的。

第三节 井下空气温度、湿度的变化

1. 井下空气温度

井下空气温度是气候条件的重要因素,温度过高,人体散热困难,过低,散热太强,感觉很冷,所以温度过高过低都不合适。井下最适宜的温度为 15 ~ 20℃。

影响井下空气温度的因素很多,进风温度直接受到地表温度的影响。例如北方冬季地表温度低,冷空气流入井下,井下(特别是井口)有可能结冰;夏季地表温度高,热空气

流入井下,井下温度升高,如不采取预防措施,劳动条件就要恶化。地表岩石随地表气温而变化,但在 20~30 米的深度以下,岩石不受地表气温的影响,而随深度的增加而增加(按地热增温率计算)。开采硫化矿床时,由于矿石氧化生热,井下机电设备的散热等等对井下气温都有一定的影响。

2. 井下空气的湿度

井下空气湿度是指空气中所含水蒸气量。空气湿度一般用相对湿度表示,就是指某一体积空气中实际含有的水蒸气量与同一温度下饱和水蒸气量之比的百分数。当相对湿度小于 40%时,说明空气干燥,大于 80%时,空气比较潮湿,再过大,就会影响出汗蒸发散热的效果。最适宜的相对湿度是 50%~60%。井下空气湿度除受地面空气湿度的影响外,还受井下滴水、潮湿等因素的影响。

第二章 空气在井巷中流动的基本规律

第一节 空气压力

1. 空气压力的概念

某一点的压力称为点压力,两点间的压力之差称为压力差(或压差)。空气压力一般用毫米水柱或毫米水银柱表示。

一个标准大气压力 = 10336 毫米水柱
= 760 毫米水银柱,

而一毫米水柱的压力相当于 1 公斤/米^2 。

点压力可以用绝对压力和相对压力表示。

(1)绝对压力 是从真空计算的压力,因为真空的压力为零,所以绝对压力总为正值;

(2)相对压力 是与某一标准大气压力相差的压力值,大于此标准压力的为正压,小于此标准压力的为负压。

2. 静压与动压

在流动的空气中,空气任一点的压力都是由静压和动压(也叫速压)组成。

(1)静压 是指空气分子之间的压力或空气对巷道壁的压力。

(2)动压 是指流动的空气作用于风流的垂直平面压力,其数值永远为正值。

静压和动压之代数和称为全压。

3. 巷道两点压力差

如果巷道中 A 、 B 两点的压力大小不相等,如图 2-1 所示,则在 A 、 B 两点之间产生压力差。由于这种压力差是由矿井扇风机或自然风力造成的,故压力差又叫做通风压力。它是用来克服巷道阻力的,其数值一般可通过测定求得。

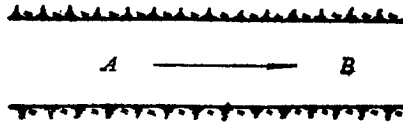


图 2-1 巷道内的风流流动

第二节 气体流动的连续性

空气流经巷道不同断面,沿途如无漏损,则任何断面在单位时间内所通过的风量不变。

$$Q_1 = Q_2 = \text{常数} \quad (2-1)$$

而单位时间内空气的流量为

$$Q = V \cdot S, \text{米}^3/\text{秒} \quad (2-2)$$

式中 Q ——单位时间内空气的流量,米³/秒;

V ——空气的流动速度,米/秒;

S ——巷道的断面积,米²。

这时可将公式(2-1)式改写成

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (2-3)$$

式中 S_1, S_2 ——不同巷道的断面面积,米²;

V_1, V_2 ——对应不同巷道断面的空气流动速度,米/秒。

公式(2-3)表示了空气在井巷中流动时的连续规律,即巷道断面越小,其风流速度越大;巷道断面越大,其风流速度越小。

第三节 巷道通风阻力

通风压力与通风阻力是矛盾的两个方面,是作用力与反作用力的关系,即力的方向相反,数值相等。巷道的通风阻力有:

1. 摩擦阻力

风流与井巷周壁互相摩擦以及空气分子间互相碰撞而产生的阻力,它与巷道断面的大小、巷道壁的粗糙程度以及支架形式有关。根据水力学的实验及计算,摩擦阻力大小为:

$$h_{\text{摩}} = a \frac{LP}{S^3} Q^2, \text{毫米水柱} \tag{2-4}$$

- 式中 $h_{\text{摩}}$ ——井巷摩擦阻力,毫米水柱;
 a ——井巷摩擦阻力系数,公斤·秒²/米⁴;
 L ——井巷的长度,米;
 P ——井巷的周边长度,米;
 S ——井巷净断面积,米²;
 Q ——井巷中流过的风量,米³/秒。

摩擦阻力系数。值的大小可在现场实际测得,也可根据经验公式计算或查表得出。通常设公式(2-4)中

$$a \frac{LP}{S^3} = R_{\text{摩}}$$

则公式(2-4)可写成

$$h_{\text{摩}} = R_{\text{摩}} \cdot Q^2, \text{毫米水柱} \tag{2-5}$$

- 式中 $R_{\text{摩}}$ ——摩擦风阻,单位用千微米 $k\mu$ 表示(计算时令 W 公斤·秒²/米² = 1 千微米)。

摩擦阻力约占井巷通风阻力的 80~90%,是造成空气压力(通风压力)损失的主要因素,因此必须很好地了解它的特性。

2. 局部阻力

风流在巷道中流动时,当巷道断面突然扩大,见图 2-2a 所示,突然缩小,见图 2-2b 所示,以及转弯时,空气分子间有冲击而产生的阻力叫做局部阻力。该阻力大小按下式

计算

$$h_{\text{局}} = \xi \frac{v^2}{2g} \gamma, \text{毫米水柱} \quad (2-6)$$

式中 $h_{\text{局}}$ ——井巷局部阻力,毫米水柱;

ξ ——局部阻力系数,无因次;

v ——局部阻力处的风速,米/秒;

g ——重力加速度,米/秒²;

γ ——空气的重率,公斤/米³。

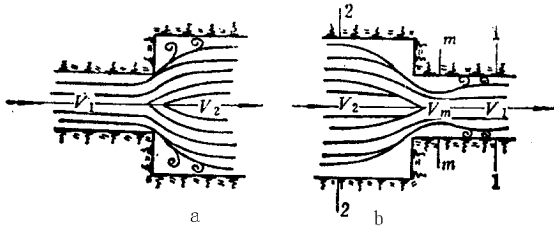


图 2-2 巷道断面突然扩大和突然缩小

若公式(2-6)的右边分子分母同乘以巷道断面 S^2 ,则可写成

$$h_{\text{局}} = \xi \frac{v^2 S^2}{2g S^2} \gamma = \xi \frac{\gamma}{2g S^2} Q^2, \text{毫米水柱} \quad (2-7)$$

式中 Q ——井巷通过的风量,米³/秒。

令
$$\xi \frac{\gamma}{2g S^2} = R_{\text{局}}, \text{千微米}$$

则公式(2-7)可以写成

$$h_{\text{局}} = R_{\text{局}} Q^2, \text{毫米水柱} \quad (2-8)$$

局部阻力系数 ξ 与相应的风速有关,由实验求得。局部阻力一般都比较小,在计算整个通风阻力时,可以忽略不计。

3. 正面阻力

当巷道中有障碍物(堆积物、矿车等)时,风流流时产生的阻力叫做正面阻力,其阻力值的大小可按下式计算:

$$h_{\text{正}} = R_{\text{正}} Q^2$$

式中 $h_{\text{正}}$ ——井巷的正面阻力,毫米水柱;

Q ——井巷通过的风量,米³/秒;

$R_{\text{正}}$ ——井巷的正面风阻,千微米。

正面阻力在井巷中比较小,一般都忽略不计,已包括在摩擦阴力与局部阻力之中。
综上所述,井巷通风总阻力应是

$$\begin{aligned} h_{\text{阻}} &= h_{\text{摩}} + h_{\text{局}} = (R_{\text{摩}} + R_{\text{局}})Q^2 \\ h_{\text{阻}} &= R_{\text{总}}Q^2, \text{毫米水柱} \end{aligned} \qquad (2-9)$$

第四节 井巷风阻的特性曲线

对于某一条管道来说,风阻 R 可以看成是常数,不同的风量 Q ,相应地会产生不同的压力差 h 。若以 h 为纵坐标, Q 为横坐标,按照已给定的月值,即可以作出一条 $h-Q$ 关系曲线,这就是井巷风阻特性曲线。它是一个二次抛物线,这条曲线清楚地表示出矿井通风的难易程度。曲线越陡,说明风阻越大,通风困难。反之,曲线越缓,说明风阻越小,通风容易。图 2-3 中的风阻 R_1 大于 R_2 。

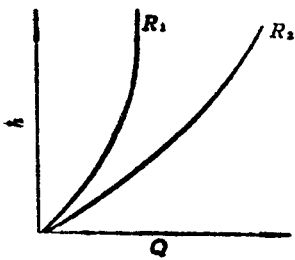


图 2-3 井巷风阻特性曲线

第三章 矿井通风系统

为了把足够的新鲜空气沿着一定的方向和路线送到井下采掘工作面,同时又以一定的方向和路线把采掘工作面的污浊空气排出矿井,就必须要求矿井有合理的通风系统来保证。

第一节 通风系统的类型

1. 中央式

进风井与出风井的位置大致在矿体走向的中央。这种通风系统只有两个通达地表的井筒(或平硐),如图 3-1 所示。这种布置形式多在矿体埋藏比较深的情况下,在我国金属矿山很少采用。

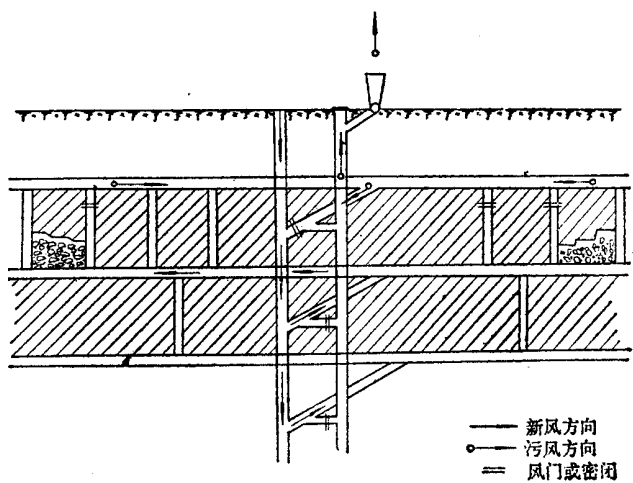


图 3-1 中央式通风系统

2. 对角式

进风井与出风井分别位于矿体走向的中央和矿体走向的边界上。对角式通风分两翼式和单翼式两种。双翼式通风系统有三个通达地表的井巷,其中一个为进风井,其余两个是出风井,如图 3-2 所示;或者其中两个是进风井,其余一个是出风井。单翼式通风系统是进风井与出风井分别位于矿体走向的两端,如图 3-3 所示。无论是两翼式或单翼式通风系统,在我国金属矿山中应用都比较广泛。

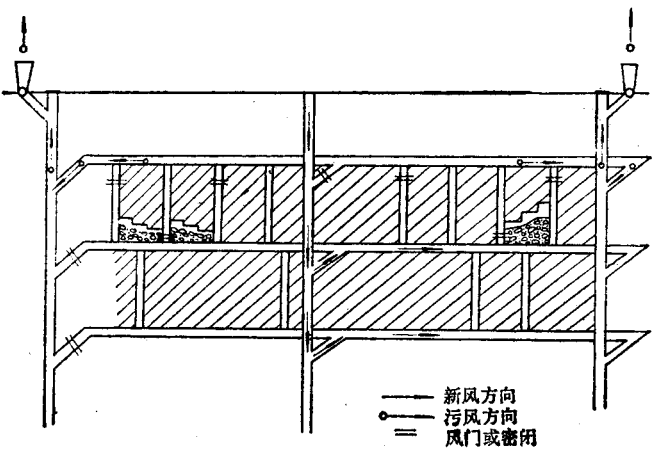


图 3-2 两翼式通风系统

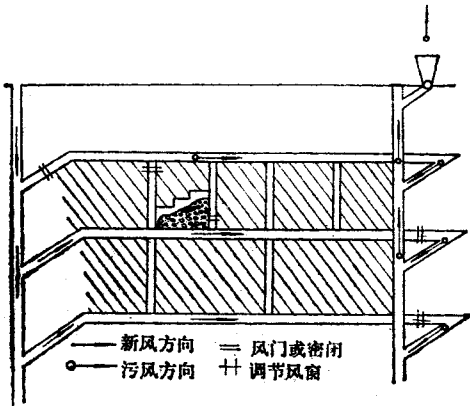


图 3-3 单翼式通风系统

3. 混合式

进风井与出风井由三个以上井筒组成,并按中央式与对角大混合布置。这种通风系统在我国金属矿山也很少采用。

第二节 井巷连接的方式及其特性

井巷连接的方式主要有串联和并联两种。

1. 串联

如果一条巷道紧接着一条巷道,中间没有分支,这种连接方式叫做串联(图 3-4)。



图 3-4 巷道串联

串联巷道中所流过的总风量等于每条巷道中所流过的风量,即

$$Q_{\text{总}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 \cdots = Q_n, \text{米}^3/\text{秒} \quad (3-1)$$

串联巷道的总风压等于各条的风压之和,即

$$h_{\text{总}} = h_1 + h_2 + h_3 \cdots h_n, \text{毫米水柱} \quad (3-2)$$

也可写成

$$R_{\text{总}} Q_{\text{总}}^2 = R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + \cdots R_n Q_n^2$$

因为

$$Q_{\text{总}} = Q_1 = Q_2 \cdots = Q$$

所以

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n, \text{千微米} \quad (3-3)$$

此式说明串联巷道的总风阻等于各条巷道的风阻之和。

2. 并联

两个或两个以上的巷道在同一地点分开,然后又在另一处汇合,其间没有交叉巷道,这种联接叫做并联,如图 3-5。

并联巷道的总风量等于各条巷道的风量之和,即

$$Q_{\text{总}} = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n, \text{米}^3/\text{秒} \quad (3-4)$$

并联巷道的总风压等于每条巷道的风压

$$h_{\text{总}} = h_1 = h_2 = \cdots = h_n, \text{毫米水柱} \quad (13-3-5)$$

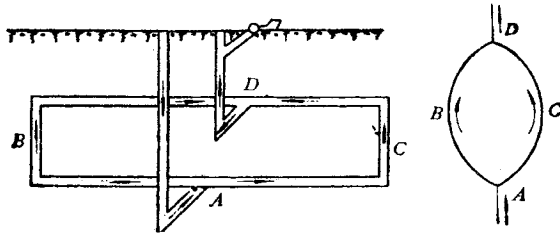


图 3-5 巷道并联

根据 $h = RQ^2$
同样可以求出并联巷道的总风阻为

$$\frac{1}{\sqrt{R_{\text{总}}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \cdots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

或

$$R_{\text{总}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \cdots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}\right)^2}, \text{千微米} \quad (3-6)$$

若只有两条巷道并联,其总风阻为

$$R_{\text{总}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)^2}, \text{千微米} \quad (3-7)$$

当两条巷道的风阻相等时

$$R_1 = R_2$$

则

$$R_{\text{总}} = \frac{R_1}{4} = \frac{R_2}{4}, \text{千微米} \quad (3-8)$$

由此可以看出,并联巷道的总风阻比任何一条单独分支的风阻都小,所以采用并联巷道通风,可以降低矿井的风阻。同时可以避免巷道串联通风中污风串联的现象,保证工作面都是新鲜风流。应尽量采用并联巷道通风。

不难看出,在并联巷道通风时,如果不加人为的控制,任其风量自然分配,必然是风阻大的巷道通过的风量小,而风阻小的巷道通过的风量多,其数值按下式计算

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{总}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}, \text{米}^3/\text{秒} \quad (3-9)$$

$$Q_2 = \frac{Q_{\text{总}}}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}, \text{米}^3/\text{秒} \quad (3-10)$$

如果是多条巷道并联时,如图 3-6 所示。

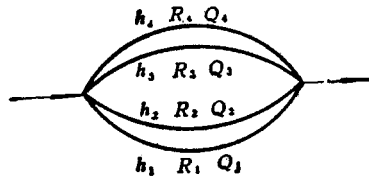


图 3-6 多条巷道并联

$$Q_n = \frac{Q_{\text{总}}}{\sqrt{\frac{R_n}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_n}{R_3}} + \cdots + \sqrt{\frac{R_n}{R_n}}}, \text{米}^3/\text{秒} \quad (3-11)$$

第三节 风流的控制设施

为了保证把新鲜空气送到各个工作面,同时把污风按一定路线排出地面,风流在井巷中不能任其自然分配,必须加以控制,以达到所有工作面的通风都处于良好状态。控制风流的设备有风窗、风桥、密闭墙和风门等。

1. 风窗

为了使并联巷道内的风流能够按设计所要求的风量通过,对于不同的巷道断面大小要加以调节,最简单的一种方法就是设置风窗。如图 3-7 所示,一般是在风门上开一小窗,用一活动木板来调节风窗面积的大小。

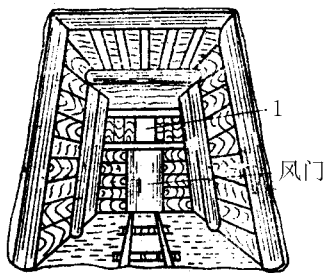


图 3-7 风窗

2. 风桥

为了避免新风和污风交汇的一种构筑物。一般在下列情况下要设置风桥。

(1)当设计通新风和通污风的巷道有交叉处时。图 3-8 是在两条平巷交叉处构筑的混凝土风桥。巷道 1 进新风,巷道 2 走污风。图 3-9 是在天井附近掘进的绕道型风桥。1 为回风天井,2 为进新风巷道。此种巷道一般多用在风量大于 20 米³/秒的地方。

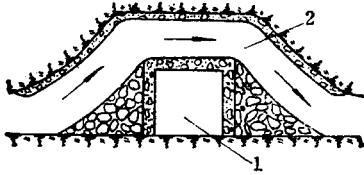


图 3-8 混凝土风桥

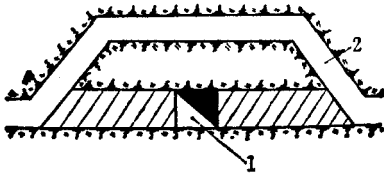


图 3-9 绕道型风桥

(2)遇有两条交叉巷道,一条走新风,一条走污风,为了把新风和污风隔开,也需要构筑风桥。图 3-10 是用铁风筒将新风和污风隔开的一种风桥结构。巷道 1 进新风,巷道 2 走污风,3 是排污风的铁风筒,4 是新、污风的隔开墙,墙上留有人行道 5。此种风桥多用在 10 米³/秒以下的地方。

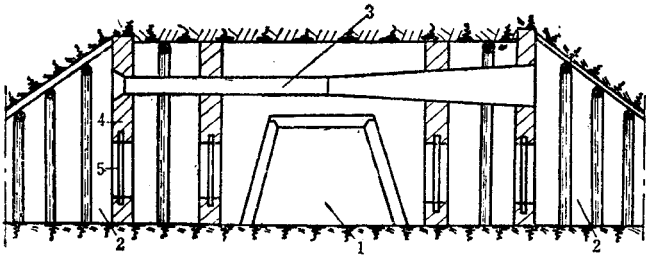


图 3-10 铁风筒风桥

3. 密闭墙

将采空区、废巷等用砖、混凝土等材料构筑的墙封闭,防止通风巷道漏风,以保证工作面有足够的风量。

4. 风门

在既需要隔断风流,又需要行人或运输的巷道中可设置风门。风门有木制的和铁制的。现在一般采用自动风门,如江西下垄钨矿使用的水动自动风门,如图 3-11 所示。这种风门是靠水缸和配重相互配合达到风门自动开启和关闭的目的。当停水停电时,风门是启开的,所以这种风门安全可靠。另外,风门还有电动、气动和机械动作的。

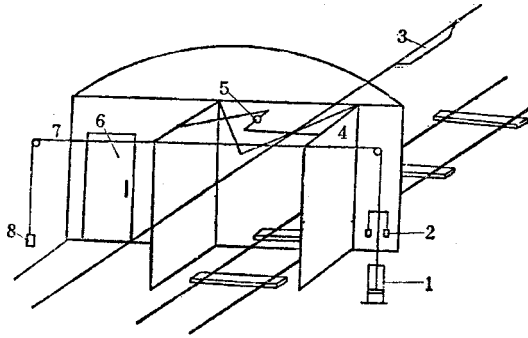


图 3-11 水动自动风门

- 1—水缸;2—重锤;3—机车架线;4—风门;5—传动连杆;
6—人行门;7—钢丝绳;8—配重

第四章 矿井通风方法

为了把地面的新鲜空气送到井下,并克服井巷风阻,使工作面得到充足的风量,就需要具有通风动力。通风动力有两种,一种是机械通风,另一种是自然通风。自然通风受地面气候条件的影响,往往不稳定。随着矿山机械化水平的提高,我国金属矿山多数采用机械通风。高山地区的小型矿山也有采用自然通风的。

第一节 机械通风

1. 扇风机

目前矿井用的扇风机有两种:

(1)轴流式扇风机 其特点是进风方向与出风方向成一直线,并与轴平行。图 4-1 是轴流式扇风机的示意图。当工作轮不停地转动,由于叶片为机翼形,与旋转面成一定夹角,因此在叶片前进的后方产生低压区吸入空气,叶片前进的前方产生高压区压出空气。

(2)离心式扇风机 其特点是进风方向与出风方向互相垂直。当工作轮在螺旋形机壳内旋转时,由于叶片产生的离心力,在机壳内使空气沿着叶片运动的路线从工作轮的切线方向流动。这样,在工作轮的中心部分产生低压区,吸入空气;轮缘部分产生高压,把空气从扩散器压出去。图 4-2 是离心式扇风机的示意图。

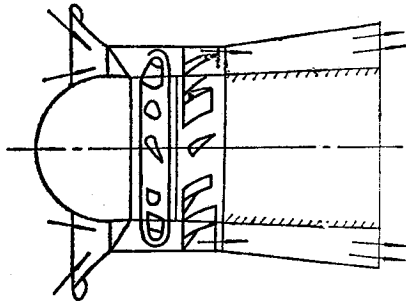


图 4-1 轴流式扇风机

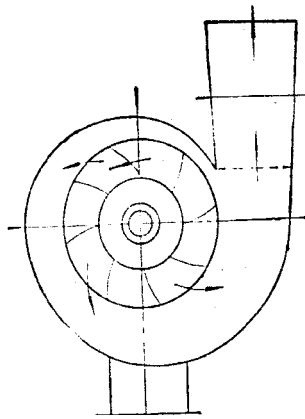


图 4-2 离心式扇风机

轴流式扇风机和离心式扇风机相比较,前者效率高,重量轻,动轮叶片的角度可以调整,目前金属矿山应用较为广泛,但其噪音大,维修复杂。

矿井使用的扇风机根据用途不同分为:用于全矿通风的扇风机叫主要扇风机(简称主扇);用于加强某一区段通风的扇风机叫辅助扇风机(简称辅扇);用于独头工作面通风的扇风机叫局部扇风机(简称局扇)。

2. 扇风机的工作方式

可以分为三种:压入式、抽出式、压入与抽出联合式。

选择什么样的工作方式,要根据矿山开拓、采矿和地表等情况综合考虑决定。例如,图 4-3a 的情况,采用抽出式通风就不尽合理,因为空气通过地表裂缝进入采空区,并把采空区内污浊空气和矿尘带到井下,使井下空气污染。在这种情况下宜采用压入式通风,如图 4-3b 所示。这样不但避免了上述缺点,还可以减轻扇风机的负担。因为污风从裂缝排出地表,相当于与风井并联了许多出口,减少了矿井通风阻力。

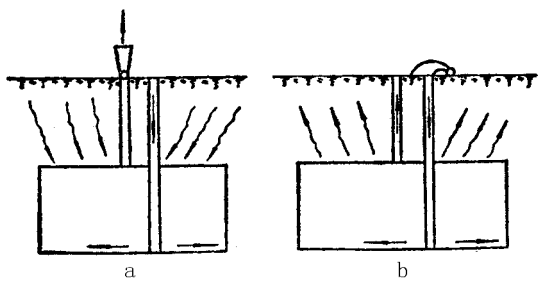


图 4-3 有裂缝通达地表时通风方式的选择
a—抽出式;b—压入式

3. 反风装置

主要扇风机必须有反风装置。当矿井发生火灾和矿尘爆炸时,为防止灾害扩大及适应救护工作的要求,有时需要改变矿井风流方向。反风装置与扇风机类型有关,如图 4-4 为轴流式扇风机常用的反风道反风装置。在反风时提起闸门 1,放下闸门 2。

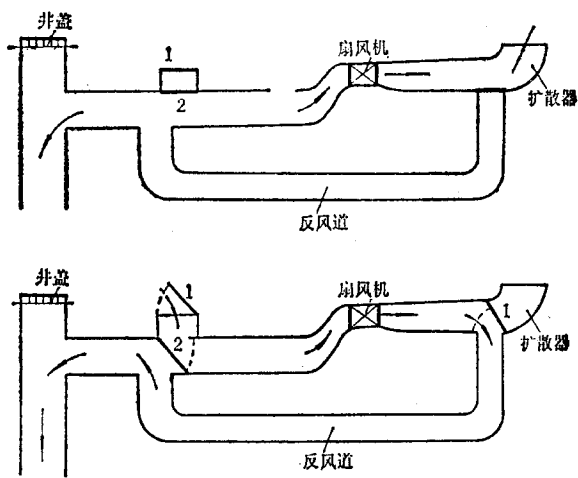


图 4-4 反风装置示意图

第二节 自然通风

自然通风的动力是依靠进风口和出风口的自然压力差,由千压力差的作用促使空气流动。自然压力差也称自然风压。

自然风压的大小与两个井筒的温度、湿度和井筒的深度有关。其中影响自然风压的主要因素是两个井筒空气柱的温度差。两井筒空气柱的温度差越大,则两井筒空气柱的重量差也就越大,矿井的自然风压也就越大。如图 4-5 所示,硐口与井口标高不同,冬季地面寒冷,空气重率大,所以空气柱 AB 重于空气柱 DC ,这样就使处于同一标高的 B 和 C 点所受的空气柱重量不一样,即 B 点的空气重力大于 C 点的空气重力。也就是冬季从平窿进风,从井筒出风(图中虚线箭头所示),而当夏季时,地面温度高,所以风流方向与冬季风流方向相反(图中实线箭头所示)。

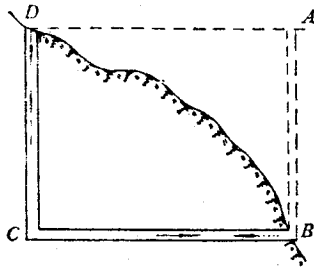


图 4-5 自然通风

第五章 防尘措施

矿尘的产生是造成矽肺病的主要原因,它既危害工人的安全、健康,也影响劳动生产率的提高。所以,防尘工作是贯彻执行安全生产和矿工健康的一项重要工作。《矿山通风防尘试行规定》第三条中指出:“凡有矽尘危害的矿山,必须认真贯彻‘预防为主’的方针。”在预防方面,我国金属矿山在与矿尘长期斗争的过程中,总结出了“风、水、密、护、革、管、教、查”等综合防尘措施。这是防尘工作行之有效的方法。

第一节 凿岩防尘

在采矿与掘进过程中,凿岩作业产生的矿尘所占的比例较大,尤其干式凿岩,有的资料统计,干式凿岩约占井下矿尘量的 85%。可见,凿岩防尘是矿井防尘的重要一环。其防尘措施有:

1. 湿式凿岩

按供水方式分中心供水湿式凿岩和旁侧供水湿式凿岩。

(1)中心供水湿式凿岩 将具有一定压力的水,经过纵穿凿岩机机膛的水钎,进入钎子中心孔,然后通过钎头将水射出,冲洗眼底粉尘。

(2)旁侧供水湿式凿岩 是从机头旁侧直接供水,在钎杆圆柱体部分钻一个通往钎孔的进水侧孔,在这个进水孔上套一个带密封圈的供水外套与供水管相连。凿岩机工作时,打开水阀,压力水进入外套,经过密封圈、钎肩进水侧孔和钎孔,到达炮眼底冲洗粉

尘。

实践证明,旁侧供水湿式凿岩较中心供水湿式凿岩有如下优点:

- 1)消除了炮眼中的充气现象,提高了水的捕尘效果;
- 2)可以适应增加永压和水量,这不仅能提高捕尘效果,而且能提高凿岩速度;
- 3)杜绝了压力水进入机腔,从而改善了凿岩机的润滑情况,减少机件磨损,提高了凿岩机的使用寿命;
- 4)由于堵塞了凿岩机的活塞和螺旋棒上的水针孔,增加了活塞的受压面积,提高了凿岩的冲击功和扭矩,使凿岩速度得到提高。

根据冶金部 1956 年组织的有关矿山和科研单位的调查,旁侧供水湿式凿岩的作业地点空气粉尘浓度可降低到 $1.1 \sim 1.6$ 毫克/米³(低于规定标准),比中心供水湿式凿岩的捕尘效果高 47%,凿岩速度提高 20 ~ 28%。由此看来,凡有条件的矿山,应大力推广旁侧供水湿式凿岩。

2. 干式凿岩捕尘

凡采用干式凿岩的地方都应使用捕尘器。国内外多数使用的是孔底捕尘方法。由于干式凿岩在井下较少使用,所以关于干式凿岩捕尘的方法就不介绍了。

第二节 爆破防尘

井下爆破时产生的矿尘量很大,据有的矿山测量,有时约占井下矿尘量的 42%。爆破防尘的措施有:

1. 水封爆破

用塑料水袋装入炮眼内代替一部分炮泥。其降尘作用是,装填在炮孔中的水借爆炸作用成为水雾飞散在空中,与空气中飞扬的细小尘粒互相粘结,增加其重量,促使尘粒下降。同时也减少爆破时产生的矿尘量。除用塑料袋装水外,还有另外两种装水方法。

(1)竹筒装水 采用长 150 ~ 200 毫米,直径 32 ~ 35 毫米的竹筒,先装好水,待炮眼装完药后,再将盛水的竹筒装进炮眼内,外面填塞炮泥;

(2)炮眼内直接装水 炮眼装完药以后,靠近药包部分装两个炮泥,中间留 200 ~ 300 毫米长的空间,眼口部分再装炮泥,然后插入水针,接上水绳,向其空间灌水,灌满水后,抽出水针,填死小孔,如图 5-1 所示。实践证明,这种在炮眼内直接装水的方法效果更

好。

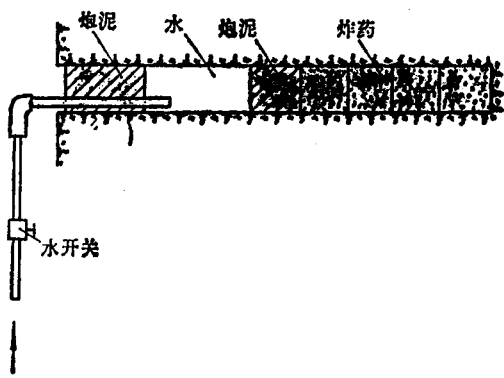


图 5-1 装水爆破法示意图

2. 喷雾洒水

喷雾洒水的降尘效果与喷雾速度和雾滴大小有关。

(1)风水喷雾器 金属矿山用的一种风水喷雾器的结构如图 5-2 所示。它是由通压缩空气的内套管和联接压力水的外套管组成。压缩空气从风接头沿轴线从喷口喷出，使水滴碎成更细的水雾，吹向前方。其使用方法见图 5-3。

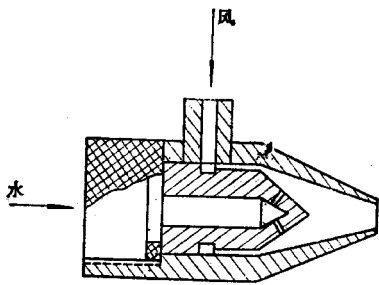


图 5-2 喷雾器

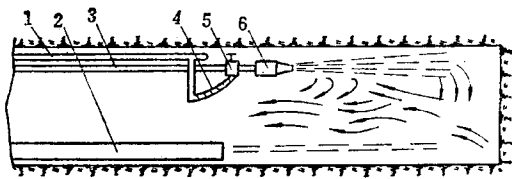


图 5-3 风水喷雾器使用方法示意图

1—压气管;2—风筒;3—水管;4—压气软管;5—带受波片的水开关;6—风水喷雾器

(2) 爆破波自动水幕 利用爆破波的冲击力打开水幕的开关,使其爆破后能自动喷雾,其结构如图 5-4 所示。

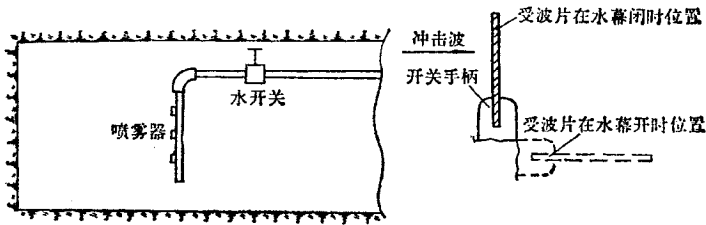


图 5-4 爆破波自动水幕

第三节 装岩防尘

装岩时粉尘产生量不多,但在通风不好的地方,装岩时产生粉尘浓度显著提高,不容忽视。

我国金属矿山在使用装岩机装岩时的防尘方法有两种:一种是在距工作面 4~5 米的顶板两侧悬挂两个喷雾器,喷雾器对准装岩机活动的地区,喷雾器的射程大体与装岩铲斗的活动半径一致。随着装岩机向前推进,喷雾器也要向前安放。另一种是在装岩机铲斗上安装喷雾器,铲斗装载和卸载时要喷雾,铲斗运行过程停止喷雾。

第四节 装卸矿时防尘

在溜井(或漏斗)装卸矿过程中,也有矿尘产生,下面介绍几种防尘方法。

1. 脚踏式自动水幕

如图 5-5 所示,当矿车压上踏板时,将水阀打开,这时进行喷雾,当矿车离开踏板时,水阀靠弹簧作用而关闭,即停止喷雾。

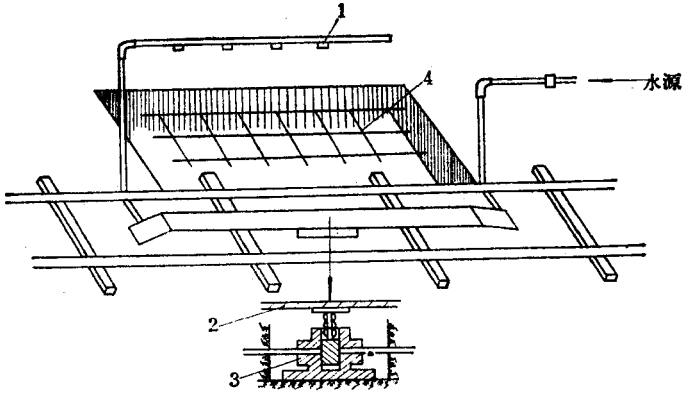


图 5-5 脚踏式自动水幕

1—喷雾器;2—踏板;3—常闭开关;4—漏斗

2. 扇风机抽尘装置

如图 5-6 所示,这种装置是将卸矿时溜井中飞扬的矿尘用扇风机抽至湿式旋风除尘器中进行除尘。

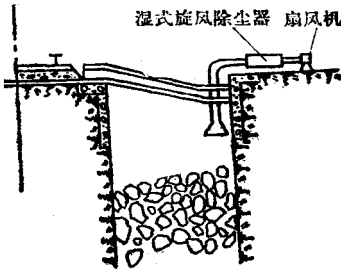


图 5-6 溜井扇风机轴尘装置示意图

3. 溜井封闭

溜井中贯穿的风流,往往把矿尘吹起,污染井下空气,同时卸矿时也引起矿尘的再次飞扬。所以密闭溜井十分重要。密闭的方法很多,图 5-7 是其中的一种。当矿石通过钢板门时,由于矿石的重力将板门打开,进入溜井,矿石通过后,钢板门又恢复垂直状态,使门口关闭,溜井内矿尘不能逸出。当有矿石堵塞时,拉动钢丝绳可以消除溜斗口的堵塞现象。

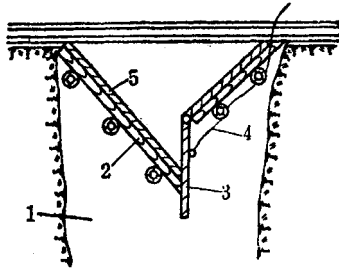


图 5-7 溜矿井密闭

1—溜井;2—木板;3—钢板门;4—钢丝绳;5—铁板

第五节 风流净化

由于某种原因,进风巷道的新鲜空气往往混入矿尘,当含尘量超过 0.5 克/米^3 时,就需要净化。通常采用的净化方法是通过安装在巷道中的水幕来实现的。

水幕净化风流一般是在装矿、卸矿的溜井口附近安装 4~8 个喷雾器组成的水幕,如图 5-8 所示。为了使水幕喷雾自动化,目前一些矿山采用一种踏板式自动水幕,另一种是光电控制自动水幕。踏板式自动水幕,是在进水管的上边安设三个常开开关,开关上有带受压弹簧的活塞杆和踏板相接触,当行人踏上踏板时,水开关关闭,停止喷雾,如图 5-9 所示。

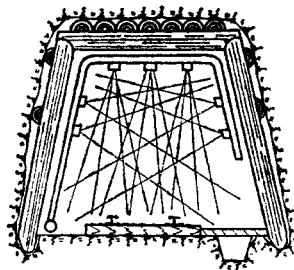


图 5-8 水幕

从上述各种防尘方法中看出,喷雾洒水是一种行之有效的降尘措施,所以寻求一种结构合适的喷雾器是非常重要的。几年来。现场和科研部门经过多次设计改进,先后制成了武安 I 型、II 型、III 型和 IV 型喷雾器。目前,矿山广泛采用的是武安 III 型和 IV 型等。

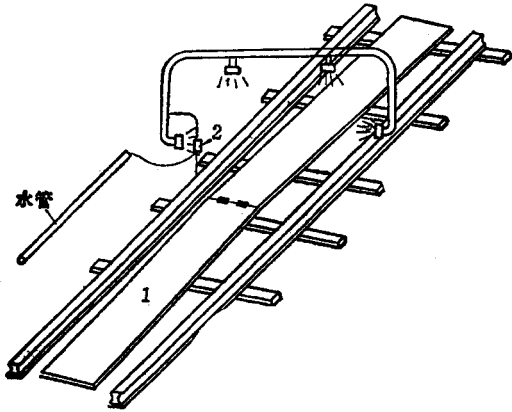


图 5-9 踏板式自动水幕
1—踏板;2—控制开关

第六节 洗 壁

为了防止沉降在巷道周壁的粉尘重新飞扬,冶金部《矿山通风防尘试行规定》中规定:凿岩、出矿(岩)前,距工作面 10 米内应洗壁。主要掘进巷道每季度最少清洗一次。

洗壁是综合防尘措施的重要环节之一。根据许多矿山的经验,如果洗壁工作坚持不好,空气含尘浓度很难达到国家卫生标准。所以,在每个工作面凿岩前和爆破后,都应坚持对工作面 15 米范围内的巷道周壁进行清洗,抑制粉尘飞扬。15 米以外的其它巷道,应每两周冲洗一次。

第七节 个体防护

经验说明,矿山井下在一起工作的工人,出现矽肺病的情况各有不同,这与工人的体质和个体防护有关,故除增强工人的体质外,加强个体防护是必不可少的重要条件。个体防护的常用方法是戴防尘口罩。

我国矿山一直坚持从上述的各方面采取综合性防尘措施,大大地减少了矿尘对工人的危害。江西某矿,矿山围岩含游离二氧化硅高达 70%,但由于防尘措施搞得好,据统计,从 1958 年进矿接触粉尘的工人至今没有一个患矽肺病的。这就充分证明,只要坚持以防为主的方针,防止矿尘危害是完全可以做到的。

第六章 矿井的防水和排水

第一节 矿 井 水

矿井水的来源有两个方面：

1. 自然因素

主要是：降雨和融雪；地表水体（河流、湖泊、水库、池塘等）；地质条件（地下含水层、岩石孔隙、裂缝，断层破碎带与地表水或地下水相通、喀斯特溶洞等）。当地表水与地下水发生联系时，地表水又不断地补给地下水。

2. 人为因素

主要是：废弃巷道或采空区积水；未封闭或封闭不严的勘探钻孔；采矿施工错误造成与含水层或水源相通；露天矿转入地下开采其上部坑内积水、地下采空区塌陷造成地表陷坑积水与地下水相通。

水，在矿山企业中被用来满足各种技术和生活上的需要（矿井水一般不能直接饮用），但也往往给采矿工作带来不利条件。大多数金属矿山井下巷道中都有渗水或涌水现象。这些矿井水使井下大气湿度增加，对工人的健康不利；水能加速硫化矿石的氧化，以致酿成井下火灾；水常使矿石和围岩的稳固性降低，造成维护上的困难；酸性水还会腐蚀各种金属设备、管路、轨道和支架；有时，水和流砂还可能突然地涌入井内给矿山带来灾害。因此，为了保证井下人员的安全和生产顺利地进行，就必须采取各种措施防止水进入矿井，或将进入矿井的水排至地表。前者叫防水，后者叫排水。

单位时间内流入矿井的水量称为矿井涌水量,常以 m^3/h 表示。

全年涨水量与年产矿石量之比叫做含水性系数。

矿井的涌水量随着矿井的地质、水文、地形、气候以及开采范围和深度等条件不同而变化;就是同一矿井一年四季的涌水量亦有所不同,有最大、最小和正常涌水量之分。正常涌水量是措一年中间最长的涌水量,最大涌水量往往出现在雨季或融雪之后。

第二节 矿井防水

过去,一般把与矿井涌水作斗争的实质仅仅理解为依靠排水设备进行疏干,这是片面的。因为有时地表水与井下往往是连通的,造成往复循环,所以正确的途径是贯彻以防为主、防排结合的方针。

实践证明,为了达到矿井防水的目的,必须从切断水源和杜绝涌水通道两个方面采取施施。矿井防水的内容有:矿床疏干、地面防水、地下防水等几个方面。

1. 矿床疏干

矿床疏干就是对充水矿床进行人工泄水,在采矿之前就降低地下水位,以保证采掘工作安全和正常进行。疏干的方法有:

(1)深水泵疏干法(亦称地表疏干法) 在需要疏干的地段,在地面钻凿大口径钻孔,安装深井泵或深井潜水泵,向地面排水,降低地下水位。它适用于疏水性良好、含水丰富的含水层。

(2)巷道疏干法 利用垂直地下水流方向布置的若干疏干巷道,有时还配合从疏干巷道钻凿的疏水钻孔以降低地下水位的疏干方法。这种方法的疏干效果比较好。图 6-1 是用排水平巷疏干矿床方法的实例。

2. 地表防水

地表防水十分重要,特别是有的矿山,当地表水通过很多渠道与地下水相连时,使地表水与地下水往复循环,尽管井下排水能力很大,也难以排出雨季,尤其是山洪爆发时的最大涌水量,甚至可能造成水灾。因此,从积极的观点出发,应采取预防措-施,防止地表水进入井下。地表防水的措施有:

(1)切实了解矿山水文地质情况,掌握水流的季节性变化;

(2)为防止坡面降雨汇水涌入矿井,可采取截洪沟或拦水坝将洪水导出矿区以外;

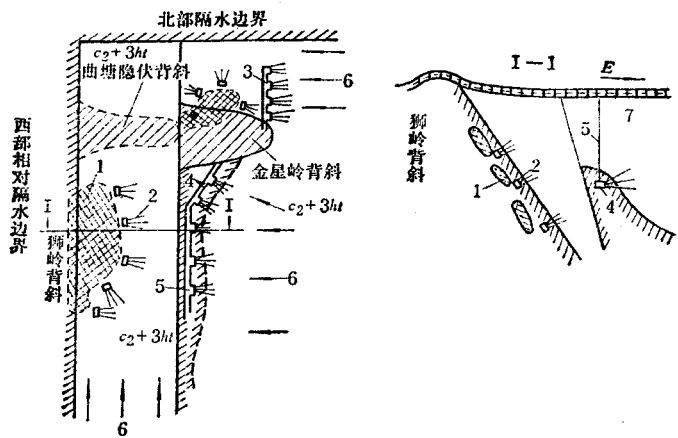


图 6-1 疏干巷道布置图

1—矿休;2—放水孔;3—疏干巷道;4—疏干硐室;5—直流式放水孔;
6—地下水进水方向;7—地下水静止水位

(3)河流改道,河流直接从矿床上部地面流过,而且河水能够沿地下通路 与采区相连 注入井下,可以考虑河流改道;

(4)因地形不允许河流改道或经济不合理时,则应考虑蓄排防洪。蓄排防洪是用堤 坝拦截水流形成调洪水库,以排洪平硐或排洪渠道泄洪,将洪水引出矿区。同时用黄泥、 粘土、水泥砂浆、沥青等修补河底,以消除漏水;

(5)当巷道通至地表的出口,或塌陷区、露天矿场的位置在地表水流最高水位以下 时,应修筑防拱堤挡住水流。

在雨季前后,都应对所有防水工程进行详细检查。在洪水期,要发动群众,组织防汛 队伍,准备必要的防汛器材。

3. 地下防水

地下防水的任务是预防突然涌水,限制和阻挡地下水进入矿井。地下防水的措施 有:

(1)防渗帷幕 在地表或井下钻凿一系列钻孔,向孔内灌注胶结材料(水泥、配有适 量的粘土),使其扩散到岩、土的裂隙或孔洞中,凝结成石,封闭裂隙和孔洞,并在地下形 成一道能够阻挡地下水进入矿井的帷幕。实践证明,帷幕防水是我国矿山防水工作中新 的途径。它的优点是:可以节省大量的排水费用;在岩石溶洞发育的矿区,可以避免因矿 床疏干带来的大面积塌陷,又可使某些因受地下水威胁而无法开采的矿床得到开采。

(2)探水钻孔和放水钻孔 井下含水层,特别是砾石层、流沙层、具有喀斯特溶洞的

石灰岩层等都是危险的含水层,当其积水具有很大压力或和固定水源相通时,对采掘工作威胁甚大,一旦不慎掘透,就会产生突然大量涌水,造成严重灾害。因此,在上述地下水体附近进行采掘工作时,必须打超前探水钻孔,一般在距可疑水源 70 米以外处即开始打钻,钻孔深度应经常使工作面前方保持 5 ~ 10 米厚的岩壁,钻孔数目至少要有个中心眼和与其成一定角度的两个帮眼,以便对工作面正前方的中心,上下、左右都起探水作用。放水钻孔的直径不应大于 75 毫米,以便遇水时好加以控制。

(3)防水墙和防水门 当井下某一区段的涌水量达到短期内不能用水泵将其排出,造成这一区段将被淹没的危险,需要用防水墙或防水门与水源隔绝。防水墙设在需要永久截水的地点,见图 6-2,防水门设在既要防水,又要运输、行人的巷道内,如井下水泵房、变电所的出入口以及有涌水危险,但在生产上又有联系的采区之间,见图 6-3 防水墙和防水门均应构筑在岩石坚固、没有裂隙处,并用手镐或风镐开凿岩石,以免原岩受爆破作用而产生裂隙。

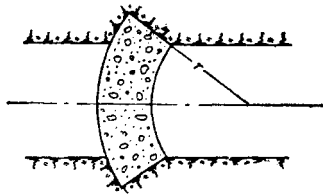


图 6-2 防水墙示意图

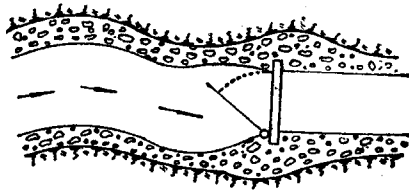


图 6-3 防水门示意图

第三节 矿井排水

矿井排水是战胜水害的重要手段之一,尤其是含水矿床在没有得到彻底疏干的情况下,必须依靠矿井排水,以保证在安全的条件下顺利地进行生产。

1. 排水方式

矿山排水方式有两种:自流式排水和扬升式(也叫压升式)排水。在地形许可的条件下,利用平硐自流排水是最经济,最可靠的,应尽量采用。在地形受限制的矿井,采用扬升式排水,依靠水泵将水排至地面。扬升式排水又分为固定式和移动式两种。井下水泵房都是固定式的,只有在掘进竖井和斜井时,才将水泵吊在专用钢丝绳上,随掘进面前进而移动。

平硐排水的水沟断面多为倒梯形,有效断面积应取决于通过的水量,一般为 $0.05 \sim 0.15 \text{ m}^2$,巷道纵向坡度为 $3 \sim 5\text{‰}$,水的正常流速为 $0.4 \sim 0.6 \text{ m/s}$ 。

2. 排水系统

由于金属矿山同时工作的阶段数目较多,所以其排水系统的布置方式也很多。合理地选择排水系统对于提高采掘进度和安全生产都有很重要的意义。

(1)每个水平(即每个阶段的主要运输水平)各自设置水泵房直接排水,如图 6-4a 所示。这种排水系统的优点是各水平有独立的排水系统,缺点是每个水平都需要设置水泵和独立的管路,井筒内管路多,管理、维修复杂。

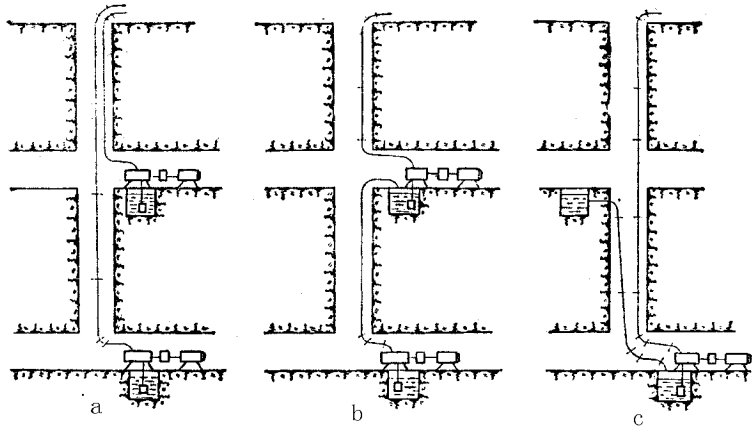


图 6-4 排水系统图

(2)当下部水平涌水量小,上部水平涌水量大时,可采用图 6-4b 所示的排水系统。即下部水平安设辅助水泵,将水排至上部水平,再由上部水平主水泵房集中排至地表。

(3)当下部水平涌水量大,上部涌水量小时,可采用图 6-4c 所示的排水系统。上部水平的水,可用钻孔、管道、放水天井等办法将水放至下部水平,再由下部水平集中排至地表。这种系统的优点是简单,基建费用低(减少了水泵、管子以及开掘硐室和各种联络道的费用),管路敷设简单,管理费用低。缺点是上部水平的水流到下部水平后再排出,

增加了电能消耗。在金属矿山这种排水系统用的比较多。但如有突然涌水危险的矿井,主水泵房不应设在最低水平。

3. 排水设备和管路

(1) 排水设备 地下金属矿山采用的排水设备很多,最常用的有卧式电动离心式水泵。图 6-5 是单级离心式水泵构造示意图。它包括外壳和叶轮(也称动轮),下面装有吸水管,上面排水管。当扬程小时采用这种单级水泵;当扬程大时,采用多级水泵。即在一根轴上串联若干个叶轮,最多可串联 11~12 个叶轮。除此之外,在吸水管上装有带底阀的过滤罩,在排水管上装有闸阀、止逆阀、旁通管和放水管,同时在水泵上装有灌水漏斗和放气嘴以及在水泵的出入口处分别装压力表、真空计。

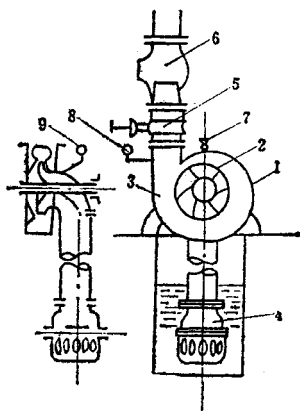


图 6-5 单级离心式水泵构造示意图

1—机壳;2—叶轮;3—排水管;4—吸水管;5—闸阀;6—止逆阀;
7—灌水漏斗;8—压力表;9—真空计

水泵的台数和能力,应根据雨季的长短、涌水量的大小和扬程的高低来决定。必须有足够的备用水泵。

在雨季长、涌水量大的矿井,主要排水设备应由三台同类型的水泵组成,其中任意一台能在 20 小时内排出一昼夜矿井的正常涌水量,两台同时工作时能排出矿井一昼夜的最大涌水量。在雨季短、涌水量小于 $50 \text{ m}^3/\text{时}$ 的矿井,主要排水设备可安装同类型的水泵两台,其中一台能在 20 小时内排出一昼夜的正常涌水量。

国产水泵的型式很多,地下金属矿山可采用 DA 型、DC 型等。

(2) 排水管路 排水网路包括排水管道和吸水管。一般矿井所用的普通排水管有:铸铁管、钢管、无缝钢管。

使用铸铁管的优点是经济、耐用;但重量大。在乎巷和斜井尤其是在露天矿中更为

适用。当它用作垂直排水管时,其总长度不能超过 100 米,水压不超过 10 公斤/厘米²。

有的矿井水是酸性水(pH 值小于 5),具有腐蚀性,必须进行防腐处理,并使用耐酸水泵,以提高使用寿命。防腐的方法主要是在管内外壁涂喷生漆、沥青等防腐物质。

排水管道的敷设主要是垂直管道的安装问题。井筒内的排水管安装在管子间时,应充分考虑安装和检修空间。排水管由水泵房进入井筒的拐弯处时,应设置弯管支座以承担管重和水柱重。拐弯处的排水管用支座曲管连接,此支座曲管固定在弯管支座上。当管道长度大于 200 米时,将整个管道分成数段,每段均设置支承管,分别承担每段管道的重量。支承管固定在中间承架上,中间承架的一端插入井壁。为避免管道纵向弯曲,在一定距离内(8~10 米),应设有导向管夹子。为适应温度变化引起管道胀缩,每隔一定距离安设伸缩节。

由于矿井水中含有混合的和化合的杂质,经过一定时间后,在排水管壁上形成相当厚的积垢。管道内积垢增加,相对减小了管道内径,致使内壁的摩擦阻力增加,增大了电能的消耗,同时还减少了水泵的扬水量。因此,无论从技术上、经济上或安全的角度看,都必须认真地清洗管道。

4. 主水泵房的布置

主水泵房一般设在提升材料井附近。要求硐室坚固、干燥、照明和通风良好;便于设备的运转和修理;无火灾也无爆炸气体钻入其中的危险;严密封闭,防止涌水量突然增大时受到水害。由于主水泵用电量比较大,一般常和中央变电所连接在一起,并设防火墙隔开,如图 6-6 所示。

主水泵房必须有两个通道,一个是水平的,一个是倾斜的。倾斜通道与竖井梯子间及管子间直接相连,用以敷设排水管和电缆以及当发生水灾时搬运设备和通行人员。倾斜通道的出口一般高出井底车场轨面 10 米左右,并在主水泵房与井底车场联络的出入口处设置密闭的防水门,此门在发生突然涌水时应能迅速关闭。

由于主水泵房经吸水井与水仓相通,因此在吸水井中必须安设放水阀或闸门,以备在必要时能够与水隔绝。采用大型水泵时,为检修时起重的需要,应设有能承受 3~5 吨的手动滑车的工字梁。

为了集中、沉淀和排出矿扑水,在水泵房旁应设置水仓,水仓的容积应能容纳 4 小时正常涌水量。为便于轮流清理,水仓应由两部分独立的巷道构成,并分别与水泵的抽水井相通。水仓应经常清理,至少应在每年雨季之前清理一次。水仓的清理是一件繁重的工作,有的矿山仍用人工清理,应逐步实现机械化。图 6-7 是一种比较简单的排泥罐清理法。

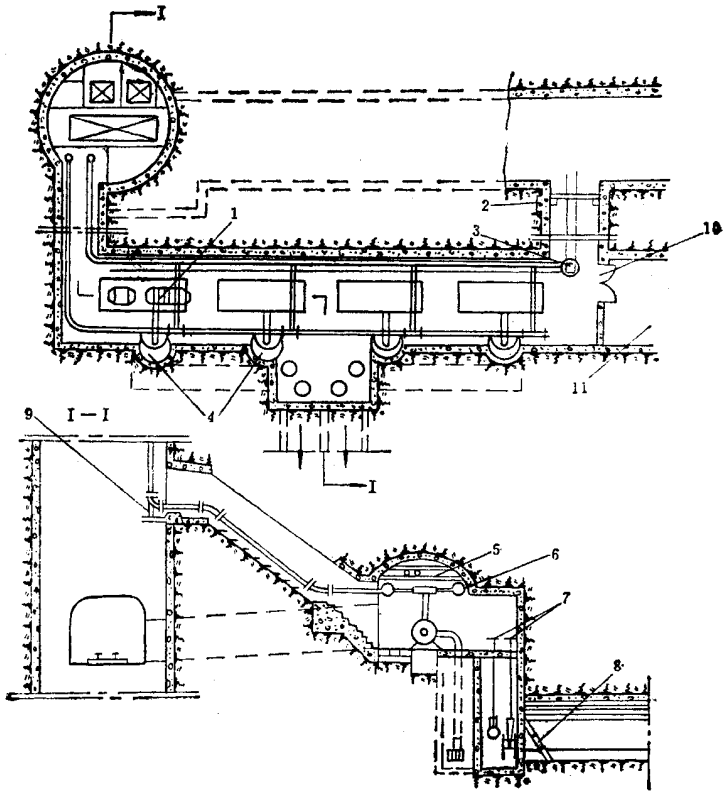


图 6-6 主水泵房布置

1—水泵;2—防水门;3—轨道转盘;4—吸水井;5—固定超重梁;
6—手动葫芦;7—分水闸;8—吸水井格栅;9—支承弯管;10—防火门;11—变电所

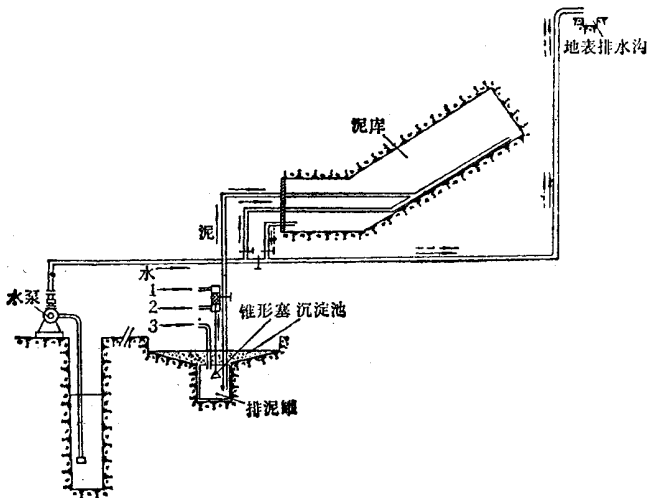


图 6-7 排泥罐排泥原理图

在水仓底板以下,每 15 ~ 20 米安装一个排泥罐,将底板作成倾向排泥罐方向的坡度。工作时,先将排泥罐的钟形阀打开,泥浆自流入罐内,当充满泥浆后,关闭钟形阀,通进压缩空气,利用空气的压力膨胀作的功,将泥浆排到一个密闭的泥仓内,待泥仓装满后利用水泵排出的高压水的压力,将密闭泥仓内的泥浆排到地面。

用这种排泥灌清理法,可随时排出水仓中的淤泥。

水泵的自动控制在我国矿山中的中小型排水设备中,得到比较广泛的应用,一般多用水仓中的水位高低水面浮漂来自动控制水泵的启动和停车。而大型水泵,必须关闭闸阀启动,而后慢慢打开闸阀;停车前也须慢慢关闭闸阀,以免水力打击,这就使水泵的自动控制复杂化了。

上面所述是一般水泵房的情况。此外还有一种叫潜没式水泵房的,它的特点是水泵房的位置比水仓低。它与一般水泵房比较,其优点是:由于压力进水,提高了水泵工作的可靠性和效率;由于水泵没有底阀,阻力小,耗电量小;不需要水泵的罐水设备,水泵的自动化控制简单;由于没有气蚀现象,水泵的寿命提高。其缺点是:水泵房硐室开凿量增加,需要多开搬运设备的斜通道、辅助卷扬设备硐室和控制水仓水量分配闸阀的通道;如矿井涌水量大并有突然涌水的情况下,有淹没水泵的危险,所以潜没式水泵房前必须设密闭防水门;水泵房通风条件差。