

# 煤矿安全概论

主 编 高德民

副主编 邢书仁 张克春

主 审 吴 强

MEIKUANG ANQUAN GAILUN

黑龙江科学技术出版社

# 煤矿安全概论

主 编 高德民

副主编 邢书仁 张克春

主 审 吴 强

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

---

图书在版编目(CIP)数据

煤矿安全概论/高德民主编.—哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 2007.10

ISBN 978-7-5388-5583-8

I.煤... II.高... III.煤矿—矿山安全—基本知识  
IV.TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第162732号

---

责任编辑 石 颖

封面设计 薛 冰

煤矿安全概论

MEIKUANG ANQUAN GAILUN

主 编 高德民

副主编 邢书仁 张克春

主 审 吴 强

---

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

印 刷 哈尔滨骅飞印务有限公司

发 行 黑龙江科学技术出版社

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.5

字 数 316000

版 次 2007年12月第1版·2007年12月第1次印刷

印 数 1—1 000

书 号 ISBN 978-7-5388-5583-8/TD.8

定 价 22.50 元

# 前 言

安全问题是随着生产的产生而产生，随着生产的发展而发展，随着科学技术的进步而进步。安全是人类生存、生产、生活和发展过程中永恒的主题。煤炭是我国一次能源的主体，煤炭工业承载着经济发展、社会进步和民族振兴的历史重任。因此，煤矿安全工作成为全国工业安全工作的重中之重。

为了使煤矿企业经营管理者了解和掌握基本的安全生产知识和管理方法，减少和杜绝灾害事故发生，我们根据当前煤矿企业安全生产特点和实际，结合近年来的培训教学实践和研究工作，编写了《煤矿安全概论》。

本书共有六章，即矿井通风技术、矿井瓦斯防治理论与技术、矿尘防治技术、矿井火灾防治技术、矿井水灾防治技术、煤矿安全管理。本书主要作为矿山企业经营管理者和技术人员进行日常工作和安全培训使用，也可供高等院校师生教学用书或参考书。

本书力求重点突出，简明扼要。初稿完成后，由吴强教授进行了比较细致的审阅，并提出了许多宝贵的修改意见，在此表示最诚挚的谢意。在编写过程中，本书吸收和借鉴了同类教材和参考书的精华，谨向各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促、经验不足，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2007年6月

# 目 录

第一章 矿井通风技术.....	1
第一节 井下空气及气候条件.....	1
第二节 矿井空气流动的基础知识.....	6
第三节 矿井通风方法和设备.....	7
第四节 矿井通风系统.....	11
第五节 风量计算与风量调节.....	16
第六节 采区通风系统.....	21
第七节 掘进通风.....	29
第二章 矿井瓦斯防治理论与技术.....	37
第一节 矿井瓦斯的来源与性质.....	37
第二节 煤层瓦斯的赋存含量.....	38
第三节 矿井瓦斯的涌出及预测.....	43
第四节 瓦斯爆炸及预防.....	50
第五节 煤(岩)与瓦斯突出及防治.....	59
第三章 矿尘防治技术.....	73
第一节 矿尘的性质及危害.....	73
第二节 尘肺病及其预防.....	76
第三节 煤尘爆炸及其预防.....	78
第四节 综合防尘技术.....	87
第四章 矿井火灾防治技术.....	90
第一节 矿井火灾概述.....	90
第二节 矿井内因火灾的防治.....	92
第三节 矿井外因火灾的防治.....	115
第五章 矿井水灾防治技术.....	117
第一节 概述.....	117
第二节 煤矿床充水条件分析.....	118
第三节 煤矿不同类型水害的防治.....	124
第四节 煤矿主要防治水技术.....	133
第六章 煤矿安全管理.....	140

第一节	煤矿安全管理基础知识 .....	140
第二节	安全管理的基本原理 .....	141
第三节	安全管理的特点和基本原则 .....	143
第四节	我国煤矿安全管理方法 .....	146
第五节	矿井灾害预防和处理计划 .....	148
第六节	矿山事故管理 .....	151
第七节	事故报告和抢救 .....	153
第八节	矿山事故的调查处理及审批结案 .....	156
第九节	矿山企业的安全教育与培训 .....	160
<b>参考文献</b> .....		<b>171</b>

# 第一章 矿井通风技术

矿井通风是煤矿安全生产和防止瓦斯爆炸、保障工人健康的主要措施。其任务是利用矿井通风动力，以经济合理的方式，向井下各用风地点提供足够的新鲜空气，稀释和排出井下的有害气体和粉尘，创造良好的气候条件，使之符合国家安全生产要求。

矿井通风的目的有两个：在正常生产时期，保证向矿井各用风地点输送足够数量的新鲜空气，用以稀释有毒有害气体，排除矿尘和保持良好的工作环境，确保矿井安全生产；在发生灾变时，能有效、及时地控制风向及风量，并与其他措施结合，防止灾害扩大。

矿井通风工作，对于保证矿井安全生产，保证工人身体健康以及提高劳动生产率，具有十分重要的意义，必须充分重视。

## 第一节 井下空气及气候条件

### 一、 井下空气

井下空气来源于地面空气。地面空气一般由氧气、氮气、二氧化碳以及少量的水蒸气和灰尘组成。按体积计算，空气中  $O_2$  为 20.96%， $N_2$  为 79.00%， $CO_2$  为 0.04%。如前所述，地面空气进入井下后会受到污染，空气含氧量降低，混入各种有害气体和矿尘，空气的湿度、温度和压力也会发生变化。

井下空气，有的地方污染程度较轻，如靠近进风侧的井底车场、运输石门及运输平巷中的风流；有的地方污染严重，如经过采掘工作面的风流。如果井下空气成分与地面空气成分相同或相似，这种井下空气称为新鲜风流。污染严重的井下空气，称为污浊风流。

### 二、 井下空气中的有害气体及其来源

井下空气中的有害气体，主要是指一氧化碳、硫化氢、二氧化氮、二氧化硫等。

#### 1. 一氧化碳 (CO)

一氧化碳俗称煤气，是一种无色无味的气体。在非煤地下矿中，主要是发生矿井火灾时会产生大量的一氧化碳。除此之外，爆破时会产生少量的一氧化碳，柴油机废气中也含有少量的一氧化碳。

一氧化碳比空气稍轻，能够均匀地散布在空气中，是一种可燃气体。空气中的一氧化碳含量按体积计算在 13%~75% 时，遇火能引起爆炸。一氧化碳还是毒性很大的气体，空气中

的一氧化碳含量达到 0.4% 时，在很短的时间内，就会使人丧失知觉或死亡。

一氧化碳轻微中毒时，会出现头发沉、额头发紧、头晕、耳鸣、两眼冒金花、两眼发黑、流泪等症状；严重中毒时，除有轻微中毒的各种症状外，还会出现恶心、呕吐以及脉搏加快等症状；致命中毒时，先是出现痉挛，相继而来的便是丧失知觉和呼吸停顿。

《金属非金属地下矿山安全法规》规定，井下空气中一氧化碳最高浓度不得超过  $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。由于一氧化碳无色无味，且均匀散布于空气中，所以人的直观感觉无法发现，被称为无形杀手，因此在井下要注意使用检测工具测定一氧化碳的浓度。

## 2. 硫化氢 ( $\text{H}_2\text{S}$ )

硫化氢是一种无色有臭鸡蛋味的气体。矿井中的硫化氢，一般是由于坑木腐烂、含硫矿物遇水分解而生成的。硫化氢比空气稍重，易溶于水，所以常滞留于采空区积水中。矿井一旦发生涌水事故，常常会放出多量的硫化氢。

硫化氢能燃烧和爆炸，其爆炸浓度范围在 4.3%~46% 之间。硫化氢有很强的毒性，能使人的中枢神经中毒，对黏膜有强烈刺激作用，能伤害眼睛和呼吸器官。硫化氢轻度中毒即会引起眼结膜炎、头晕、恶心、呕吐、全身虚弱以至反应迟钝，甚至会发生肺水肿和肺炎；严重中毒可引起眼底网膜充血，突然昏迷以至死亡。

实践证明，硫化氢浓度在 0.002% 以下对人体没有危害，浓度在 0.08% 以上时短时间内就会危及人的生命。当在空气中硫化氢的浓度为 0.001%~0.0002% 时即可闻到臭鸡蛋味，浓度在 0.0027% 时气味最强，超过 0.0027% 时，人的嗅觉因为受到过分刺激而失灵。因此依靠人的嗅觉有时可以发现硫化氢，但不可靠，仍需要采用工具测量。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，井下空气中硫化氢最高浓度不得超过  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 3. 二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )

二氧化氮是炸药爆炸后产生的一种有毒气体，呈褐红色并具有强烈的窒息性。在井下所谓炮烟中毒就是二氧化氮中毒。柴油机废气中也含有二氧化氮。二氧化氮比空气稍重，易溶于水，遇水后生成硝酸，所以对人的眼、鼻、呼吸器官和肺部组织具有强烈的腐蚀作用，特别是破坏肺部组织很容易引起肺部浮肿。二氧化氮中毒后有较长的潜伏期。中毒初期症状不明显，也许只是感觉呼吸道受刺激，咳嗽，吐黄痰等，但经 6~24h 后会肺部浮肿、呕吐、呼吸困难，以致很快死亡。二氧化氮中毒的主要特征是中毒者的手指和头发变黄。

当空气中二氧化氮浓度为 0.006% 时就会对呼吸器官有刺激作用，短时间内就会造成咳嗽、胸部发痛。浓度达到 0.025% 时，可以使人死亡。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，井下空气中二氧化氮的最高浓度不得超过  $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，同时还规定，只有在工作面的炮烟被吹散后，才准许人员进入工作面。

## 4. 二氧化硫 ( $\text{SO}_2$ )

二氧化硫是一种无色，有强烈硫磺味及酸味的气体。井下二氧化硫的来源，一般是开采高硫矿石时硫化矿物的缓慢氧化产生的二氧化硫，有时围岩中也会放出二氧化硫，此外井下电缆及胶皮类物品燃烧等也会产生二氧化硫。

二氧化硫对空气的相对密度为 2.2，即比空气要重一倍多，所以通常积聚在巷道底部。二氧化硫易溶于水。二氧化硫遇水而生成硫酸，所以对眼睛有强烈的刺激作用，对呼吸器官有腐蚀作用，会使喉咙和支气管发炎，呼吸麻痹，严重时引起肺水肿及死亡。

当空气中二氧化硫的浓度为 0.0005% 时，鼻子能闻到刺激味，浓度为 0.002% 时，就能引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉头发痒等症状。浓度达到 0.05% 时，将会引起急性支气



管炎、肺水肿，短时间内中毒死亡。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，矿内空气中二氧化硫含量不得超过  $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 5. 二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )

二氧化碳是一种无色，略有酸味的气体。二氧化碳在地面空气中含量极少，所以对人体无害。但是在井下由于坑木氧化、爆破工作、人员呼吸、柴油设备作业等原因，有时会产生多量的二氧化碳。尤其是矿井发生火灾时，会生成更多的二氧化碳，达到对人体有害的浓度。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用，当人体内二氧化碳增加过多时，能刺激人的呼吸神经中枢，引起呼吸频繁，使人的需氧量增多。此外，井下空气中二氧化碳的浓度过大时，又会相对地使风流中的氧含量降低形成缺氧，使人中毒或窒息。

当空气中二氧化碳的浓度达到 1% 时，会使人感到呼吸急促；达到 3% 时，会使人呼吸量增加两倍，易发生疲劳现象；达到 5% 时，会使人感到呼吸困难，耳鸣，血液流动很快；达到 10% 时，人会感到头晕，进入昏迷状态；达到 10% 以上，会使人呼吸处于停顿状态，失去知觉，中毒死亡。

二氧化碳比空气重，因此常积存于巷道的底部或盲巷没有风流的地方。所以在掘进巷道接近老空区的下部边缘时，要十分注意加强检查，以防二氧化碳透过裂隙大量涌入工作地点。在恢复旧巷道，打开密闭区时更要提高警惕。已经停止通风的旧巷禁止随便进入，以防发生二氧化碳中毒窒息事故。

《金属非金属地下矿山安全法规》规定，按体积计算，在总进风和采掘工作面进风中，二氧化碳不得超过 0.5%，在总回风中不得超过 0.75%，在个别掘进工作面和恢复旧巷道时，风流中的二氧化碳含量允许达到 1%。

## 三、 有害气体的测定方法

井下生产要求能够快速准确地测定有害气体的种类和浓度，当发现有人中毒时，更应及时查明情况。现场广泛采用检定管快速测定法测定有害气体。

检定管测定法可用于测定一氧化碳、硫化氢、二氧化氮等有害气体。其原理是根据待测气体于检定管中的指示剂发生化学反应后指示剂改变颜色的深浅或长度来确定气体含量的浓度。其中以变色深浅来确定有毒气体浓度的方法称为比色法，以变色长度确定浓度的方法称为比长法。

## 四、 有毒气体中毒时的急救

当发现井下有人中毒或缺氧时，应采取正确的急救措施及时进行抢救。当发现中毒者时，应立即将其移至新鲜空气处或地表，将中毒者口中一切妨碍呼吸的东西如假牙、黏液、泥土等物除去，将衣领及腰带松开，同时注意使中毒者保暖。及时给中毒者输氧，清洗和排除其体内毒物。如果是一氧化碳、硫化氢中毒时，最好在纯氧中加 5% 的一氧化碳，以刺激呼吸中枢神经，增强呼吸能力，促使毒气排出体外。如果是二氧化硫和二氧化氮中毒，因中毒后会引起肺水肿，所以施行人工呼吸时应尽量避免对中毒者肺部的刺激，以免加剧肺部浮肿。特别是二氧化氮中毒，只能用拉舌头的人工呼吸法刺激神经引起呼吸，并在喉部注入小苏打水，以减轻肺水肿现象。当出现硫化氢中毒时，可用浸有氯水的棉花或手帕：放在中毒者的嘴边或鼻旁，或者给中毒者喝稀氯水溶液，利用药物解毒。

## 五、 井下空气中的矿尘

在矿山生产过程中会产生大量的能悬浮于空气中的尘粒，即矿尘。矿尘会严重污染井下空气，对人体健康有很大危害，要注意防治。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，入风井巷和采掘工作面的风源含尘量不得超过  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；井下作业地点的空气中，含游离二氧化硅 10% 以上的粉尘（石英、石英岩等）的最高浓度不得超过  $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，石棉粉尘及含石棉 10% 以上的粉尘最高浓度不得超过  $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，含游离二氧化硅 10% 以下的滑石粉尘含量的最高浓度不得超过  $4\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 六、 井下空气的气候条件

标志井下气候条件的主要参数是空气的温度、湿度和风流速度，气候条件的状态取决于温度、湿度和风速三者的综合作用。气候条件的好坏直接影响着工人身体健康和工作效率。为了保护工人的身体健康和提高工作效率，就要创造适宜的井下气候条件。

### 1. 空气温度

矿内空气的温度是影响井下气候条件的重要因素，温度过高或过低对人体都有不良影响。对人体最适宜的温度为  $15\sim 25^\circ\text{C}$ 。采掘工作面的温度不应超过  $26^\circ\text{C}$ ，机电硐室的温度不应超过  $30^\circ\text{C}$ 。如果进风井筒冬季结冰，对工人身体健康、提升和其他装置有危害时，必须装设暖风设备。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，冬季应保持进风井口以下的空气温度经常在  $2^\circ\text{C}$  以上，禁止用明火直接加热进入矿井的空气。

影响矿内空气温度变化的主要因素有地面空气温度、岩石温度、氧化生热、空气受压缩与膨胀等。地面空气温度对井下空气主要表现在冬季和夏季，尤其是当矿井较浅，井下巷道不长时影响就更显著。我国北方一般冬季气温较低，地面冷空气进入矿井时，会使矿井入风段气温降低，如不预热，进风段会有冻结。

岩石温度对矿内空气温度有很大影响。地面以下约  $25\sim 30\text{m}$  深度的地带，岩石的温度基本上是常年恒定，故称这一地带为恒温带。恒温带的岩石温度等于该地区的年平均温度。在恒温带以上，岩石温度随地面气候而变化；在恒温带以下，岩石温度随深度的增加而升高。岩石温度每增高  $1^\circ\text{C}$  所对应增加的深度（m）叫做地温率，不同地区的地温率会有所差异。在井巷中当风流与岩石温度不同时，就要产生热的相互交换作用。冬季冷空气进入矿井后，将从岩石吸收热量，使空气的温度升高，而在夏季则相反，故井下有冬暖夏凉的感觉。

空气受压缩和膨胀后自身温度会发生变化。当空气沿井筒向下流动时，由于井筒加深，空气受压缩而放出热量，使矿井温度升高。当空气向上流动时，则膨胀而吸热，使矿井温度降低。矿井中的坑木以及高硫矿石的氧化都会产生大量的热量，有时会严重影响井下空气温度。

此外，井下人体散热、各种灯火、电气设备以及放炮和岩石破碎等作业过程散发的热量都是热源。不过一般情况下这类热源所散发的热量对空气温度的影响较小。

### 2. 空气湿度

空气湿度是指空气中水蒸气的含量，可用绝对湿度和相对湿度来表示。绝对湿度是指每立方米空气中含有水蒸气质量（g）。当空气中水蒸气的含量达到该温度下所容纳的最大值时的空气状态，称为饱和状态。相对湿度是指每立方米中含有水蒸气的质量（g）与同一温度

下饱和水蒸气的质量之比。

空气中的饱和水蒸气量是随温度变化而变化的，空气温度升高。饱和水蒸气量增大。如果空气中的含湿量不变，则相对湿度会随着温度的升高而降低，随着温度的降低而升高。

冬季地面空气温度低，在矿井进风线路上，因温度升高而饱和能力加大，所以沿途吸收井巷中的水分。在夏季，地面空气进入矿井后，因温度逐渐降低而饱和能力变小，使矿内空气中一部分水蒸气析出，在支架或巷道壁上凝结成水珠。因此在进风路线上可能会出现冬干夏湿的现象。风流经过进风路线沿途吸收水分到达回采工作面和回风巷道，一般湿度都比较大，在接近回风井时，相对湿度一般都达到95%以上。井巷内滴水是影响井下空气湿度的重要因素，能使空气湿度增至90%~95%。因此要采取有效措施防止井巷内的滴水。井下空气的湿度，可用湿度计进行测定。

### 3. 创造舒适的气候条件

空气的温度和湿度及风速对于人体的散热效果有极大的影响。人体散热分为对流、辐射和蒸发几种方式。对人体最适宜的空气温度为15~25℃。温度很低时，人体对流与辐射散热太多，人易感冒。当空气的温度达到30℃时，人体主要靠出汗蒸发来散热。如果这时空气比较潮湿，汗水就很难蒸发，人体要感到闷热。温度达到37℃时，对流与辐射完全停止，蒸发成为唯一的散热方式。温度超过37℃时，人体将从空气中吸热，会感到闷热难忍，甚至会出现中暑现象。

井下最适宜的相对湿度为50%~60%。如果相对湿度低于30%，人体会感到干燥，并引起黏膜干裂。当相对湿度大于80%时，人体出汗不易蒸发，影响散热效果。

要创造适宜的气候条件，空气的湿度、温度、风速三者要相互配合得当。一般说来，在井下，对空气的湿度很难控制，所以，调节矿井气候条件，主要是从温度和风速两方面着手。例如空气在30℃以下时，风速为1~2m/s时能达到最好的散热效果。要降低井下气温，可采取综合的降温措施。例如，可增加矿井或个别区域的通风强度，杜绝热源及减弱其散热强度，在工作面或进风巷道放置冰块或安设喷雾风扇以降低工作面温度，在矿井进风口或井底车场安设冷却机冷却空气等等。

## 七、 井下风速

井下流经各井巷的风流的速度不能太快，以免吹起井壁及地面上的粉尘，污染井下空气，或者给井下作业造成其他不利影响。《金属非金属地下矿山安全法规》规定，专用风井、风硐的最高风速不得超过15m/s，专用物料提升井的最高风速不得超过12m/s，风桥的最高风速不得超过10m/s，提升人员和物料的井筒、主要进、回风井以及修理中的井筒的最高风速不得超过8m/s，运输巷道、采区进风道的最高风速不得超过6m/s，采场、采准巷道的最高风速不得超过4m/s。

为了满足排尘的要求，流经某些巷道的风流的速度也不能过低，《金属非金属地下矿山安全法规》对此作了具体规定。

## 第二节 矿井空气流动的基础知识

### 一、矿井空气流动原理

井巷中的风流就是空气在井巷中的流动。那么，空气为什么会流动呢？

我们知道，地球表面包围着一层空气，而空气是有重量的，它对地面要产生压力，这种压力我们称之为大气压力。为了进一步说明大气压力，让我们做一个简单试验。把一根灌满水银的玻璃管，倒立在水银槽中，如图 1-1 所示，管中水银就要下降，待下降到一定高度时即自行停止。为什么水银柱不再下降呢？这是因为此时玻璃管内水银面上方没有空气即处于真空状态，而作用在管外水银面上的大气压力支持着水银柱。此水银柱的高度，就是大气压力。

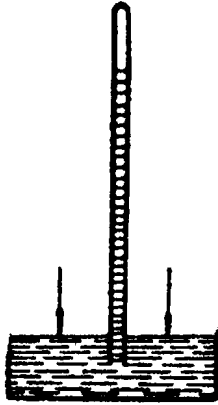


图 1-1 大气压力实验

通常把相当于 760mm 水银柱的大气压，叫做标准大气压。它相当于每平方米的面积上受到 10 339kg 的压力。

我们不难理解，由于大气压力是由空气层的重量产生的，所以在不同的高度上，压力是不同的，越往上大气压力就越小，反之则越大。有时尽管高度相同，但由于不同地区的空气密度会有所不同，大气压力也会有差异。因此，在地面上会有气压高和气压低的地方。空气常常从气压高的地方流向气压低的地方，由此而产生气流，这就是我们十分熟悉的风。

矿井空气流动的原理与此相同。它是利用扇风机及矿井空气自身温度的变化，在矿井风流的起点和终点之间造成压力差，迫使地面空气进入井下，清洗工作面后，从回风井排出。

因此，为了在矿井中形成风流，在矿井或巷道的起点和终点要有压力差，而空气总是从压力高的地方流向压力低的地方。这种压力差叫做通风压力，又称风压。

### 二、矿井通风阻力

空气在巷道流动过程中，要克服巷道和其他障碍物的摩擦、阻挡、冲击所产生的阻力，

这种空气在流动过程中所遇到的阻力，称为通风阻力。通风阻力分为摩擦阻力和局部阻力，其中以摩擦阻力占主要比重。摩擦阻力是空气与巷道壁面以及空气分子之间的摩擦而产生的阻力。摩擦阻力的大小与巷道壁的光滑程度、断面大小、巷道长度和风速等因素有关。显然，巷道壁越光滑，巷道越短和风速越小，则摩擦阻力越小，反之，摩擦阻力则大。局部阻力是由于风流速度或方向突然发生变化以及障碍物阻挡所产生的一种阻力。

在矿井通风过程中，风流要克服通风阻力，因此风压要逐渐减少或损失。矿井巷道的通风阻力越大，消耗的风压也越大，从而使矿井扇风机的电能消耗也大。所以在矿井生产过程中要尽量降低通风阻力。

为降低通风阻力，可采取多种措施方法。巷道断面不易过小，特别是主要进风和回风巷道的断面要适当大些。要经常保持巷道的整洁，不用的旧坑木、支架、碎石及其他杂物要及时运出。巷道周壁应尽可能砌筑光滑，各种支架要架设整齐。尽可能避免不同断面的巷道直接连接，如果必须连接时，要采用逐渐扩大或逐渐缩小的形式连接。要避免直角拐弯。此外，巷道风速也不宜过大。

### 第三节 矿井通风方法和设备

矿井内的空气之所以能够流动，是由于进风口与出风口之间存在着压力差。造成这种压力差，促使矿井空气流动的动力，称为通风动力。按通风动力不同，可将矿井通风方法分为自然通风和机械通风。

#### 一、自然通风

##### 1. 自然通风的概念及其影响因素

自然通风是利用自然条件产生的通风压力促使空气在井下流动的通风方法。自然条件产生的通风压力称为自然风压。图 1-2 是矿井自然通风示意图。矿井产生自然通风的原因是由于进风井筒与出风井筒的空气柱的重量不同，从而产生了自然压力差。自然风压的大小与两井筒内空气的温度、湿度和井筒深度及标高等有关。两井筒的空气温度差是影响自然风压大小的主要因素，温差越大，则空气柱的重量差也就越大，矿井的自然风压也越大。空气温度不仅使矿井的自然风压大小发生变化，在平硐与竖井联合开拓或浅矿井内还能改变风流的方向。冬季地面气温低于竖井内空气温度，因此外部空气比竖井的空气柱重，这样空气由平巷进入，由竖井排出。而夏季的情况则正好相反，这时竖井进风，平硐出风。在山区，昼夜温差大，矿内风流方向有可能在一昼夜内就发生变化。

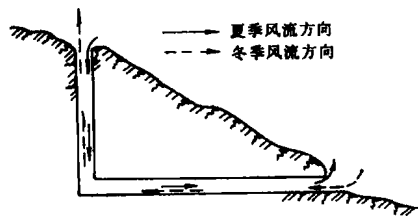


图 1-2 矿井自然通风

由于矿区地形、开拓方式和矿井深度的不同以及是否采用主扇通风，地表气温变化对自然风压的影响程度也有所不同。一般而言，山区平硐开拓的矿井、深部露天转地下的矿井、井筒开拓的浅矿井，自然风压受地表气温变化的影响较大，因而自然风压的变化较大，一年之间自然风压的大小和方向的变化规律一般如图 1-3 所示。

矿井深度对自然通风有较大影响。在侵蚀基准面以下竖井开拓的深矿井，由于地温随深度而增加，地面空气进入矿井后与岩体发生热量交换，地表气温的影响就比较小了，因此自然风压的大小一年内虽有变化，但其方向一般不太可能变化，特别是在有主扇通风的情况下更是如此。一般可以近似认为，自然风压的大小与矿井深度成正比。曾有报道，有一个 1 000m 深的矿井，主扇运转时风量为 90m<sup>3</sup>/s，而当主扇停止运转时自然通风量达到 20~65m<sup>3</sup>/s。

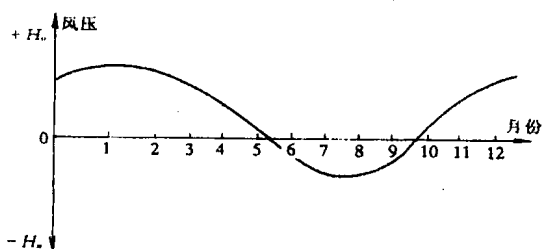


图 1-3 自然风压的变化

自然通风的风流方向与风量大小常随季节而变化，很不稳定，在春秋两季，地面温度和井下空气温度大致相同。就会使井下风流停滞不前。井下发生火灾时，由于火风压的作用，风流也难以控制，所以在一般情况下矿井不宜采用自然通风。但应该认识到矿井自然风压的存在，在设计计算矿井通风问题时应加以考虑。特别是在山区，出风井一般都设在高山上，因而自然通风的因素决不能忽视。另外，在特殊情况下，如矿区突然停电时，自然通风还可以作为矿井通风的应急措施。乡镇小型矿山在确保自然通风能够满足要求的前提下，可以以自然通风方法为矿山主要通风方法。

## 2. 自然通风的利用和控制

生产实践证明，在小型矿山，特别是那些山区平硐开拓的中小矿井，自然通风能够发挥重要作用。因此，要采取有效方法和途径，合理利用自然通风，节约通风费用，并减少自然通风的不利影响。

(1) 设计和建立合理的通风系统是利用自然通风的关键所在。在山区平硐开拓的矿井，

一年时间里,上行自然通风的时间一般要比下行的更多一些,而且上行自然通风风压一般也更大一些,为了排除污风,采取上行通风一般较为有利。因此,设计通风系统时,要考虑全年气温的变化,以利用低温季节的上行自然风流为主,对高温季节的下行风流采取适当的限制措施,以期不致扰乱和破坏拟定的上行通风线路。如果采空区遍布,并与地表贯通,高温季节将有大量的自然风流经采空区下贯,严重扰乱原定的通风线路和影响生产,往往成为需要解决的关键问题。在这种情况下,可以根据矿体的赋存空间条件,采用灵活性较大的分区通风系统。分区通风系统范围小,分散独立,比较好控制。加强密闭,建立相对稳定的接近作业区的专用回风道,安设小型扇风机以便收集和排出下部采场的污风和下窜的自然风。对于大范围贯通地表的采空区,有条件时可将其隔离于生产区以外。如果不能将其完全隔离,那么在自然风流行时期必须保证生产区的污风不致排入大采空区,防止污风从大采空区随风下贯再进入生产区。

在丘陵和平缓地带用井筒开拓的矿井,应尽可能利用进风与回风井口的高差,井口位置较高的井筒应作为回风井。进风平硐口可能时要迎着常年风向,否则可在硐口外设置导风墙。而在排风硐口则应设挡风墙。

(2)降低风阻是一种有效措施。在一定时期和一定的范围内,自然风压基本上是定值,降低风阻就能提高风量。降低风阻的主要措施有:在采场进风侧规划好进风风路,在平面上缩短进风风路,尽可能组织多条平行平巷进风;各采场之间皆用并联通风,疏通采场回风天井及其井口断面、回风侧的回风道;清除杂物,扩大过风断面。如果回风道接近通达地表的采空区,可以在上风季节适当利用采空区进行回风。

(3)人工调整进、回风井内空气的温差也是一种有效措施。有些矿井在进风巷设置水冷却空气。如果大量淋水,势必会增加排水费用,因此这一方法通常仅适用于矿井下部具有疏干放水平硐的情况。

(4)要注意对高温季节从上部采空区下行自然风流的利用和控制问题。有的矿井由于采场不掘进风天井,或者生产一侧存在大片通达地表的采空区从而这片采空区就好象一个进风井筒,在类似这样的条件下,在净化风源的前提下,可以考虑利用下行自然风流。否则,对于高温季节下行的自然风流应采取密闭、小型扇风机局部抵制等方法进行控制。如果上部通达地表的采空区垂高很大,通道很多,因而下行风量很大时,可在上部中段寻找回风道分别用扇风机将下行风流引导排出,同时兼排下部作业区上行的污风。必要时,还在下部中段设置风机往上送风,以抵制自然风压。

## 二、机械通风与通风设备

机械通风是采用专门的机械设备即扇风机来促使井下空气流动的通风方法。采用机械通风法,季节变化对通风影响不大,风流方向及风量可以调节。因此,机械通风是一种为矿山广泛采用的可靠的通风方法。

### 1. 矿用扇风机

矿用扇风机按照构造原理可分为离心式和轴流式两大类。

离心式扇风机主要由螺旋形外壳、动轮、进风道和扩散器等部件组成,如图1-4所示。

离心式扇风机的工作原理是,当电动机带动动轮旋转时,动轮叶片之间的空气随着旋转而产生离心力,从动轮甩到螺旋形外壳,并从扩散器排出。当动轮叶片间一部分空气被甩出时,轮心部分便形成低压区,这时外界的空气在大气压力的作用下,由扇风机的进风道与扇

风机轴平行的方向进入动轮。随着动轮不停地旋转，就可把井下空气不断地抽出。目前矿山常用的离心式扇风机主要有：G4-73-11 型、4-72 型、T4-72 型、4-79 型等。

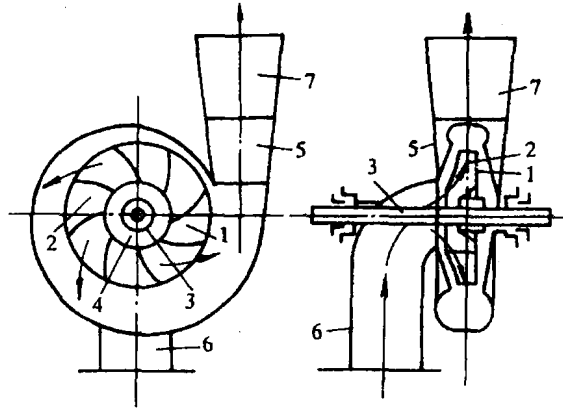


图 1-4 离心式扇风机

轴流式扇风机主要由外壳、流线罩、动轮、前导器、集风口、整流器、扩散器、轴等部件组成，如图 1-5 所示。

轴流式扇风机的工作原理是。当动轮叶片在空气中快速扫过时，由于叶片的凹面冲击空气，使空气获得了能量，产生了正压力，空气则从叶道流出。叶片的凸面牵动背面的空气，从而产生负压力，将空气吸入叶道。如此一吸一推造成了空气的流动。空气经过动轮时获得了能量，即给风流提高了风压。目前矿山常用的轴流式扇风机主要有：70B2-11 / 21 型、62A13-11 型、50A11-12 型等。扇风机按照工作用途，还有主扇、辅扇和局扇之分。用于全矿井某一翼区的扇风机，称为主力扇风机，简称主扇；用于矿井通风网路内的某些支路中借以调节其风量，帮助主扇工作的扇风机，称为辅助扇风机，简称辅扇；用于矿井局部地点通风的，产生的风压几乎全部用于克服它所连接的风筒的阻力的扇风机，称为局部扇风机，简称局扇。用作局扇的扇风机主要有：JBT-4J 型、BT-5 型、JF-5 型、JBT-6 型等。

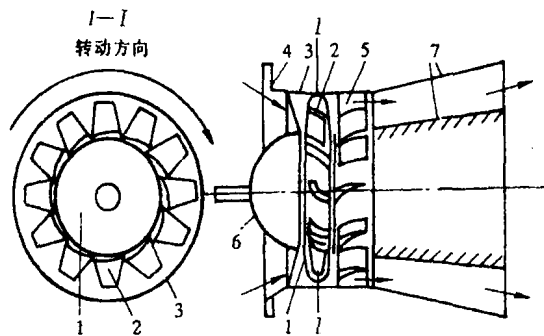


图 1-5 轴流式扇风机

1. 动轮 2. 叶片 3. 圆筒形外壳 4. 集风器 5. 整流器 6. 前流线性体 7. 环形扩散器

## 2. 通风方法



根据扇风机的安装位置及工作方式，矿井通风有压入式通风和抽出式通风两种方法。

抽出式通风是把扇风机安设在回风井口附近，并用风硐把它和回风井筒相连，同时把回风井口封闭，如图 1-6 所示。扇风机工作后，风硐中的一部分空气被抽出，使井内空气的压力低于地面大气压力，迫使地面空气从进风井口进入井下，再由回风井排出。

采用抽出式通风时，进风井口处的压力是当地大气压，而井下任一点的风流压力都小于井外同高度的大气压。因此这种通风方法也叫负压通风。

压入式通风是把扇风机安设在进风井井口附近，经风硐与进风井筒相连通，如图 1-7 所示。扇风机工作时，把地面新鲜空气压入井内，迫使井内空气由出风井排出。

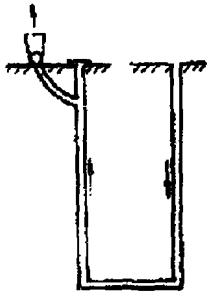


图 1-6 抽出式通风

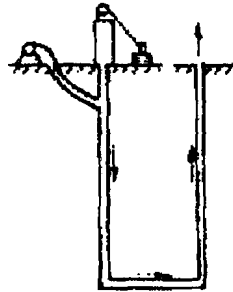


图 1-7 压入式通风

采用压入式通风时，出风井口处的压力是当地大气压，而井下任一点的风流压力都大于井外同高度的大气压。因此这种通风方法也叫正压通风。

### (三) 扇风机安装和使用注意事项

扇风机的安装和使用应注意下列事项：

一是主要扇风机必须安装在地面，装有扇风机的井口必须封闭严密；二是主要扇风机必须保持经常运转；三是主要扇风机必须同时安装两部，其中一部备用。备用扇风机必须能在 10min 内开动；四是主要扇风机要有两条供电线路；五是装有主扇风机的井口，必须安装防爆门，防爆门不得小于该井口的断面积，并且必须正对出风井的风流方向；六是主要扇风机必须安装有反风装置，要能在 10 分钟内改变巷道中的风流方向，当风流改变方向后，主要扇风机供给的风量不应小于正常风量的 60%；七是主要扇风机至少每月由矿山机电部门检查一次，反风设备每季至少由矿山机电部门检查一次，每年举行一次反风演习。

## 第四节 矿井通风系统

矿井通风系统是向矿井各作业地点供给新鲜空气，排除污浊空气的通风网络、通风动力及其装置和通风控制设施（通风构筑物）的总称。

矿井通风时，风流行进路线一般是：新鲜风流由进风井送入矿井内，经石门、阶段运输平巷、横巷、天井等到达工作面；冲洗工作面后的污浊风流经天井、上部阶段回风巷道、回风石门等，最后由出风井排出地表。为了合理的分配风量以及使风流按规定的路线流动，还