

煤炭技工学校“十一五”规划教材



中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

# 矿井通风与安全

## —— 通风技术

KUANGJING TONGFENG YU ANQUAN — TONGFENG JISHU

煤炭工业出版社

煤炭技工学校“十一五”规划教材

# 矿井通风与安全

## ——通风技术

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

·北京·

# 中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名誉主任	朱德仁						
主任	邱江						
常务副主任	刘富						
副主任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成	
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东	
	李传涛	孙怀湘	程建业				
秘书长	刘富(兼)						
委员	牛宪民	王枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国	
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘富	吕一中	
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良	
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清	
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱江	邹京生	陈季言	
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵杰	赵俊谦	
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆	
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董礼	谢宗东	
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成		
主编	严建华						
副主编	胡献伍						
参编	管金海						

# 前 言

为适应煤炭工业新形势对煤炭职业教育和职工培训工作的要求，加快煤炭职业教育教材建设步伐，坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，完成“创新结构、配套专业、完善内容、提高质量”的工作任务，中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会于2004年5月份召开了第一次全体会议，对煤炭行业职业教育教材建设工作提出了具体意见和要求。经过几年的工作，煤炭行业职业教育教材建设工作进展顺利，煤炭行业职业教育教材建设“十一五”规划已经完成，新的教学方法研究和新的教材开发都取得了可喜成绩。一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校通用教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的不断发展提供有力的技术支持。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学及工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《矿井通风安全——通风技术》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由严建华同志主编，严建华、胡献伍编写了第一章，严建华编写了第二章，管海金编写了第三、四章，胡献伍编写了第五章。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

中国煤炭教育协会职业教育教材  
编审委员会

# 目 录

<b>第一章 矿井通风系统</b> .....	1
第一节 矿井空气.....	1
第二节 矿井通风设施.....	8
第三节 矿井通风系统 .....	22
第四节 矿井通风系统图 .....	32
项目综合技术训练 .....	34
复习思考题 .....	43
<b>第二章 矿井风量测算</b> .....	45
第一节 矿井风量计算与分配 .....	45
第二节 井巷风速测定 .....	51
项目综合技术训练 .....	59
复习思考题 .....	63
<b>第三章 阻力与压力测算</b> .....	64
第一节 矿井大气参数 .....	64
第二节 风流能量与压力 .....	72
第三节 矿井通风阻力 .....	92
项目综合技术训练.....	105
复习思考题.....	115
<b>第四章 局部通风</b> .....	118
第一节 局部通风方式、方法及适用条件.....	118
第二节 局部通风机、风筒及其安装要求.....	122
第三节 循环风、串联通风、巷道贯通.....	136
第四节 局部通风机的设备选型.....	138
项目综合技术训练.....	140
复习思考题.....	148
<b>第五章 矿井风量调节</b> .....	149
第一节 通风网络与网路解算.....	149
第二节 局部风量调节.....	157
第三节 矿井（或一翼）总风量的调节.....	160
项目综合技术训练.....	161
复习思考题.....	167
附录.....	168
参考文献.....	171

# 第一章 矿井通风系统

## 第一节 矿井空气

### 知识要点

1. 矿井空气的主要成分
2. 矿井空气中的有害气体
3. 矿井空气成分的浓度标准

### 课程内容

#### 一、矿井空气的主要成分

矿井通风的主要任务就是把地面新鲜空气源源不断地送入井下，供给人员呼吸，排除各种有毒有害气体和矿尘，创造一个良好的矿内气候条件，从而保障井下人员的身体健康和安全生产。所以，矿井空气的质量和数量是反映矿井通风效果的主要指标。地面空气进入矿井以后即称为矿井空气。矿井空气由于受到井下各种自然因素和生产过程的影响，其与地面空气在成分和质量上有着程度不同的区别。

##### (一) 地面空气的主要成分

地面空气是由干空气和水蒸气组成的混合气体，通常称为湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气，它是由氧 ( $O_2$ )、氮 ( $N_2$ )、二氧化碳 ( $CO_2$ )、氩、氦和其他一些微量气体所组成的混合气体。干空气的组成成分比较稳定，其主要成分见表 1-1。

表 1-1 地面空气成分

气体名称	在空气中所占比率/%	
	按体积计算	按质量计算
氧	20.90	23.14
氮	78.13	75.53
二氧化碳	0.03	0.05
氩和其他稀有气体	0.94	1.28

湿空气中还含有少量的水蒸气，但其含量的变化会引起湿空气的物理性质和状态发生变化。

## (二) 矿井空气的主要成分

地面空气进入矿井以后，在成分和性质上将发生一系列的变化。如氧浓度降低，二氧化碳浓度增加；混入各种有毒、有害气体和矿尘；空气的状态参数（温度、湿度、压力等）发生改变等。一般来说，将井巷中经过用风地点以前、受污染程度较轻的进风巷道内的空气称为新鲜空气；经过用风地点以后、受污染程度较重的回风巷道内的空气称为污浊空气。

尽管矿井空气与地面空气相比，在性质上存在许多差异，但在新鲜空气中其主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

### 1. 氧 (O<sub>2</sub>)

#### 1) 性质

空气中的氧是一种无色、无味、无臭、化学性质活泼的气体，易使其他物质氧化，几乎可以与所有气体相结合，相对空气的密度为 1.11，是人与动物呼吸和物质燃烧不可缺少的气体。

#### 2) 对人体的影响

氧是维持人体正常生理机能所必需的。人不断吸入氧气、呼出二氧化碳维持体内的新陈代谢。一般情况下，人体需氧量与劳动强度的关系见表 1-2。

当空气中的氧浓度降低时，人体就可能产生不良的生理反应，出现种种不适症状，严重时可能导致缺氧死亡。人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系见表 1-3。

表 1-2 人体需氧量与劳动强度的关系

劳动强度	呼吸空气量/ (L·min <sup>-1</sup> )	氧气消耗量/ (L·min <sup>-1</sup> )
休息	6~15	0.2~0.4
轻劳动	20~25	0.6~1.0
中度劳动	30~40	1.2~1.6
重劳动	40~60	1.8~2.4
极重劳动	40~80	2.5~3.0

表 1-3 人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系

氧浓度/%	主要症状
17	静止时无影响，工作时能引起喘息和呼吸困难
15	呼吸及心跳急促，耳鸣目眩，感觉和判断能力降低，失去劳动能力
10~12	失去理智，时间稍长有生命危险
6~9	失去知觉，呼吸停止，如不及时抢救几分钟内可导致死亡

### 3) 矿井空气中氧浓度降低的主要原因

矿井空气中氧浓度降低的主要原因：人员的呼吸；煤岩和其他有机物的缓慢氧化；煤炭自燃；瓦斯、煤尘爆炸；爆破工作等。此外，煤岩和生产过程中产生的各种有害气体，也使空气中氧浓度相对降低。

所以，在井下通风不良的地点，空气中的氧浓度可能显著降低，如果不经检查而贸然进入，就会引起人员的缺氧窒息。缺氧窒息是造成矿井人员伤亡的原因之一。

## 2. 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)

### 1) 性质

二氧化碳是一种无色、略带酸味、易溶于水的气体，相对空气的密度为 1.52，有“重气”之称。二氧化碳不助燃，也不能供人呼吸。在风速较小的巷道中，底板附近浓度较大；在风速较大的巷道中，一般能与空气均匀地混合。

### 2) 对人体的影响

在新鲜空气中含有微量的二氧化碳对人体是无害的。二氧化碳对人体的呼吸中枢神经有刺激作用，如果空气中完全不含有二氧化碳，则人体的正常呼吸功能就不能维持。所以在抢救遇难者进行人工输氧时，往往要在氧气中加入 5% 的二氧化碳，以刺激遇难者的呼吸机能。但当空气中二氧化碳的浓度过高时，使空气中的氧浓度相对降低，轻则使人呼吸加快，呼吸量增加，严重时也可能造成人员中毒或窒息。

空气中二氧化碳对人体的危害程度与浓度的关系见表 1-4。

表 1-4 二氧化碳中毒症状与浓度的关系

二氧化碳浓度/%	主要症状
1	呼吸加深，但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促，心跳加快，头痛，人体很快疲劳
4~5	呼吸困难，头痛，恶心，呕吐，耳鸣
6	严重喘息，极度虚弱无力
7~9	动作不协调，大约十分钟可发生昏迷
9~11	几分钟内可导致死亡

### 3) 二氧化碳的主要来源

矿井空气中二氧化碳的主要来源是：煤和有机物的氧化；人的呼吸；碳酸性岩石分解；工程爆破；煤炭自燃；瓦斯、煤尘爆炸等。此外，有的煤层和岩层中也能长期连续地放出二氧化碳，有的甚至能与煤岩粉一起突然大量喷出，给矿井带来极大的危害。例如吉林省营城煤矿五井，曾在 1975 年 6 月发生过一起二氧化碳和岩石突出的事故，突出岩石 1005t，二氧化碳 11000m<sup>3</sup>。

## 3. 氮 (N<sub>2</sub>)

### 1) 性质

氮是一种无色、无味、无臭的惰性气体，是新鲜空气中的主要成分，相对空气的密度



为 0.97，它本身无毒、不助燃，也不供呼吸。但空气中若氮浓度升高，则势必造成氧浓度相对降低，从而导致人员的窒息性伤害。正因为氮为惰性气体，因此又可将其用于井下防灭火和防止瓦斯爆炸。

2) 矿井空气中氮主要来源

井下爆破和生物的腐烂，有些煤岩层中有氮气涌出。

二、矿井空气中的主要有害气体

矿井中常见的有害气体主要有一氧化碳 (CO)、硫化氢 (H<sub>2</sub>S)、二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)、二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)、氨气 (NH<sub>3</sub>)、氢气 (H<sub>2</sub>) 等。这些有害气体对井下作业人员的生命安全和身体健康危害极大，必须引起高度的重视。

(一) 矿井空气中常见有害气体的基本性质

1. 一氧化碳 (CO)

1) 性质

一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体，相对空气的密度为 0.97，微溶于水，能与空气均匀地混合。一氧化碳能燃烧，当空气中一氧化碳浓度在 13%~75% 时有爆炸的危险。

2) 对人体的危害

一氧化碳与人体血液中血红蛋白的亲合力比氧大 250~300 倍。一氧化碳进入人体后，首先就与血液中的血红蛋白相结合，因而阻碍了血红蛋白与氧正常结合，使血红蛋白失去输氧功能，造成人体血液“窒息”。所以，医学上又将一氧化碳称为血液窒息性气体。人体吸入一氧化碳后的中毒程度与空气中一氧化碳浓度和时间的关系见表 1-5。由于一氧化碳与血红蛋白结合后，生成鲜红色的碳氧血红蛋白，故一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者粘膜和皮肤均呈樱桃红色。

表 1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

一氧化碳浓度/%	主要症状
0.02	2~3h 内可能引起轻微头痛
0.08	40min 内出现头痛，眩晕和恶心。2h 内发生体温和血压下降，脉搏微弱，出冷汗，可能出现昏迷
0.32	5~10min 内出现头痛、眩晕。半小时内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

3) 空气中一氧化碳的主要来源

井下爆破，矿井火灾，煤炭自燃以及煤尘、瓦斯爆炸事故等。

2. 硫化氢 (H<sub>2</sub>S)

1) 性质

硫化氢无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋味，当空气中浓度达到 0.0001% 即可嗅到，但当浓度较高时，因嗅觉神经中毒麻痹，反而嗅不到。硫化氢相对密度为 1.19，易溶于水，在常温、常压下 1 体积水可溶解 2.5 体积的硫化氢，所以它可能积存于旧巷的积水中。硫

化氢能燃烧，空气中硫化氢浓度为 4.3%~45.5%时有爆炸危险。

### 2) 对人体的危害

硫化氢剧毒，有强烈的刺激作用，不但能引起鼻炎、气管炎和肺水肿，还能阻碍生物的氧化过程，使人体缺氧。当空气中硫化氢浓度较低时主要以腐蚀刺激作用为主；浓度较高时能引起人体迅速昏迷或死亡，腐蚀刺激作用往往不明显。硫化氢中毒症状与浓度的关系见表 1-6。

表 1-6 硫化氢中毒症状与浓度的关系

硫化氢浓度/%	主要症状
0.0025~0.003	有强烈臭味
0.005~0.01	1~2h 内出现眼及呼吸道刺激症状，臭味“减弱”或消失
0.015~0.02	出现恶心，呕吐，头晕，四肢无力，反应迟钝。眼及呼吸道有强烈刺激症状
0.035~0.045	0.5~1h 内出现严重中毒，可发生肺炎、支气管炎及肺水肿，有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷，短时间内死亡

### 3) 空气中硫化氢的主要来源

硫化氢的主要来源是有机物腐烂、含硫矿物的水解、矿物氧化和燃烧、从老空区和旧巷积水中放出。我国有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。

### 3. 二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)

#### 1) 性质

二氧化氮是一种红褐色的气体，有强烈的刺激气味，相对密度为 1.59，易溶于水。

#### 2) 对人体的危害

二氧化氮溶于水后生成腐蚀性很强的硝酸，对眼睛、呼吸道粘膜和肺部组织有强烈刺激及腐蚀作用，严重时可引起肺水肿。二氧化氮中毒有潜伏期，有的在严重中毒时尚无感觉，还可坚持工作。但经过 6~24h 后发作，中毒者指头出现黄色斑点，并出现严重咳嗽、头痛、呕吐甚至死亡。二氧化氮中毒症状与浓度的关系见表 1-7。

表 1-7 二氧化氮中毒症状与浓度的关系

二氧化氮浓度 (体积) /%	主要症状
0.004	2~4h 内可出现咳嗽症状
0.006	短时间内感到喉咙刺激，咳嗽，胸疼
0.01	短时间内出现严重中毒症状，神经麻痹，严重咳嗽，恶心，呕吐
0.025	短时间内可能出现死亡

### 3) 主要来源

井下爆破工作。

#### 4. 二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)

##### 1) 性质

二氧化硫无色、有强烈的硫磺气味及酸味，当空气中二氧化硫浓度达到 0.0005% 即可嗅到。其相对密度为 2.22，在风速较小时，易积聚于巷道的底部。二氧化硫易溶于水，在常温、常压下 1 体积水可溶解 4 个体积的二氧化硫。

##### 2) 对人体的危害

二氧化硫遇水后生成亚硫酸，对眼睛及呼吸系统粘膜有强烈的刺激作用，可引起喉炎和肺水肿。当空气中二氧化硫浓度达到 0.002% 时，眼及呼吸器官即感到有强烈的刺激；浓度达到 0.05% 时，短时间内即有生命危险。

##### 3) 空气中二氧化硫的主要来源

含硫矿物的氧化与自燃，在含硫矿物中爆破以及从含硫矿层中涌出。

#### 5. 氨气 (NH<sub>3</sub>)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，相对空气的密度为 0.596，易溶于水，空气中浓度达到 30% 时有爆炸危险。氨气对皮肤和呼吸道粘膜有刺激作用，可引起喉头水肿。空气中氨气的主要来源：爆破工作，用水灭火等；部分岩层中也有氨气涌出。

#### 6. 氢气 (H<sub>2</sub>)

氢气无色、无味、无毒，相对空气密度为 0.07。氢气能自燃，其点燃温度比甲烷低 100~200℃，当空气中氢气浓度为 4%~74% 时有爆炸危险。空气中氢气的主要来源：井下蓄电池充电时可放出氢气，有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。

#### (二) 防止有害气体危害的措施

为了防止有害气体的危害，应采取以下措施：

(1) 加强通风，冲淡瓦斯。防止有害气体危害的最根本的措施就是加强通风，不断供给井下新鲜空气，将有害气体冲淡到《煤矿安全规程》(以下简称《规程》) 规定的安全浓度以下，并排至矿井以外，以保证工作人员的安全与健康。同时，这也是矿井通风的基本任务之一。

(2) 坚持检查，争取主动。应用各种仪器仪表检查、监视井下各种有害气体的发生、发展和积聚情况，是防止有害气体危害的一种重要手段。只有通过检查来掌握情况、发现问题，才可能争取主动，才谈得上去解决问题，防患于未然。

(3) 喷雾洒水，减少生成。在生产过程中爆破工作将会生成大量的有害气体，为了减少其生成量，应禁止使用非标准炸药，严格爆破制度和执行《规程》有关规定，并尽可能使用水炮泥爆破。掘进工作面爆破时，应进行喷雾洒水，以溶解二氧化氮等有害气体，并同时消除炮烟和煤尘。有 CO<sub>2</sub> 涌出的工作面亦可使用喷雾洒水的办法使其溶于水中。

在所使用的喷雾洒水中加入石灰或一些药剂，效果会更好。

(4) 禁入险区，避免窒息。井下通风不良的地方或不通风的旧巷内，往往聚积大量的有害气体，因此，在不通风的旧巷口要设置栅栏，并挂上“禁止入内”的牌子。如果要进入这些巷道，必须先进行检查，当确认巷道中空气对人体无害时才能进入，以避免窒息死亡事故的发生。

(5) 及时抢救，减少伤亡。当有人由于缺氧窒息或呼吸有害气体中毒时，应立刻将室

息或中毒者移到有新鲜空气的巷道或地面，进行急救，最大限度地减少人员伤亡。

(6) 抽放瓦斯，变害为宝。如果煤、岩层中某种有害气体的储藏量较大，可采取回采前预先抽放的办法。如我国许多矿井将煤岩层中的瓦斯预先抽放出来，送到地面，并加以利用——变害为宝。

### 三、矿井空气成分的浓度标准

《规程》对井下空气成分作出了明确规定。

(1) 采掘工作面的进风流中，氧气浓度不低于 20%，二氧化碳浓度不超过 0.5%。

(2) 有害气体的浓度不超过以下规定(表 1-8)。

瓦斯、二氧化碳和氢气的允许浓度按《规程》的有关规定执行。矿井中所有气体的浓度按体积的百分比计算。

表 1-8 矿井有害气体最高允许浓度

名 称	最高允许浓度/%
一氧化碳 CO	0.0024
二氧化氮(换算成二氧化氮 NO <sub>2</sub> )	0.00025
二氧化硫 SO <sub>2</sub>	0.0005
硫化氢 H <sub>2</sub> S	0.00066
氨 NH <sub>3</sub>	0.004

## 矿井有害气体浓度测定技术训练

### 一、训练目的要求

学习并掌握检定管法测矿内空气中有害气体浓度的原理和方法。

### 二、训练内容

用一型、二型 CO 检定管测定 CO 浓度，用 H<sub>2</sub>S 检定管测定 H<sub>2</sub>S 气体浓度。

### 三、训练内容方法、步骤

(1) 训练所需仪器：CO 和 H<sub>2</sub>S 检定管若干支，多种气体检定器、秒表及训练前准备好的 CO 和 H<sub>2</sub>S 气样。

(2) 训练前，由指导老师，进行 CO 和 H<sub>2</sub>S 气体浓度测定演示操作。

(3) 在测定地点，将多种气体检定器的开关把手置于水平位置，并将多种气体活塞往复推拉 2~3 次，清洗唧筒，然后将待测气样容器与唧筒的进气口相连接，拉动活塞，待测气体试样进入唧筒中，将开关把手置于 45° 位置，防止漏气。

(4) 将检定管两端用砂片切断，将检定管进气口插入多种气体检定器的排气口中，随之将开关把手扳至水平位置。打开秒表按检定管要求的送气时间均匀地推压活塞，保证气样匀速通过检定管。

(5) 根据检定管的变色长度，读取被测气体浓度。

(6) 重复上述操作进行第二次测定。

### 四、测量数据记录 (表 1-9)

表 1-9 CO、H<sub>2</sub>S 浓度测定记录表

测量次数	CO 浓度测定			H <sub>2</sub> S 浓度测定				
	检定管型号	采样量/ mL	送气时间/s	测量浓度/ ppm <sup>①</sup>	检定管型号	采样量/mL	送气时间/s	测量浓度/ ppm
第一次								
第二次								
第三次								

①1ppm=μL/L

## 第二节 矿井通风设施

### 知识要点

1. 引导风流设施
2. 隔断风流的通风设施
3. 控制风流设施

### 课程内容

为保证井下各个用风地点得到所需风量、控制风流的方向和数量而设置的构筑物，统称为通风设施。通风设施的位置、数量和质量对通风系统的安全性、可靠性、抗灾能力和经济效益起着十分重要的作用。

(1) 根据通风设施的用途不同，可分为引导风流的设施、隔断风流的设施和控制风流的设施。引导风流的设施主要有风硐、风桥等；隔断风流的设施主要有防爆门、防突门、风门、挡风墙等；控制风流的设施主要有调节风窗等。

(2) 根据通风设施构筑的服务年限不同，又可分为永久通风设施和临时通风设施两大类。永久通风设施包括永久风门、永久风量调节门、永久风硐、永久风桥、永久挡风墙等。临时通风设施包括临时风门、临时风量调节门、临时风桥和临时挡风墙等。

矿井通风设施的主要作用是控制井下风流，但在使用过程中又必须防止它们造成大量漏风或风流短路。因此，对于通风设施必须正确设计，合理选择位置，保证施工质量，严格管理制度。否则，会破坏通风系统的稳定性，对矿井安全带来严重的后果。《规程》对矿井通风设施设置位置有明确的规定：进、回风井之间和主要进、回风巷之间的每个联络巷中应建立永久性挡风墙。需要使用的联络巷，应设置不少于 2 道的正向和反向永久性风门，防止行人或反风时风流短路。与采空区连通的所有巷道（包括风眼、溜煤眼），必须建筑永久性挡风墙。行人、行车巷道，采区之间的联络巷，采区入、回风巷联络道，应根据通风设施服务时间及作用，建立永久性或临时性挡风墙及永久性或临时性风门（包括风量调节门）。为避免串联通风，水平交叉的进、回风巷应设风桥，将入风流与回风流隔开。

主要运输巷道中应设立永久性自动风门，经常行进风门应自动闭锁或专人看管。斜巷不应设立风门。超过 6m 的盲巷及废弃巷道均应设立永久性或临时性挡风墙。

现根据通风设施用途的不同加以介绍。

## 一、引导风流设施

### 1. 风硌

风硌是矿井主要通风机和出风井之间的一段联络巷道。由于风硌风量通过大，而且其内外的压力差较大，因此应特别注意降低风硌阻力和减少漏风。在风硌设计时应满足以下要求：

(1) 风硌的断面不宜太小，其风速以 10m/s 为宜，最大不应超过 15m/s。

(2) 风硌的风阻应不大于  $0.0196\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$ ，风硌的阻力不大于 100~200Pa。因此，风硌不宜过长，转弯部分要呈圆弧形，内壁光滑，拐弯平缓，并保持无堆积物，以减少通风阻力。风硌与风井之间的夹角应按下式确定

$$\cos\beta = 0.5 \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$$

式中  $S_2$ ——风井断面积， $\text{m}^2$ ；

$S_1$ ——风硌断面积， $\text{m}^2$ 。

式中， $\beta$ 变化在  $60^\circ \sim 90^\circ$  之间。实验研究证明，风硌拐弯处用双曲线形时，其阻力最小。

(3) 风硌及其闸门等装置，要结构严密，以防止大量漏风。

(4) 风硌内应安设测量风速及风流压力的装置，风硌和主要通风机相连的一段长度应不小于 10~20 倍主要通风机的动轮直径。

### 2. 风桥

风桥是将两股平面交叉的新风和污风隔成立体交叉的一种控制风流的设施。一般污浊风流从桥上通过，新鲜风流从桥下通过。

#### 1) 风桥的种类

风桥按其结构不同，主要可分为绕道式风桥、混凝土风桥、铁风筒风桥 3 种。

(1) 绕道式风桥 绕道式风桥如图 1-1a 所示。它适用于通过风量大（一般在  $20\text{m}^3/\text{s}$  以上）、需要行车和服务年限长的地点。这种风桥工程量大、耐用、漏风极小，绕道须开掘在岩石中。

(2) 混凝土风桥 混凝土风桥由混凝土浇筑而成，如图 1-1b 所示。这种风桥常在通过风量较大（一般在  $10 \sim 20\text{m}^3/\text{s}$ ）、服务年限较长的条件下采用。

(3) 铁筒式风桥 铁筒式风桥由一节或数节铁质风筒组成，如图 1-1c 所示。这种风桥通常在通过风量小（一般在  $10\text{m}^3/\text{s}$  以下）、服务年限很短的条件下使用。

#### 2) 风桥的建筑质量要求

风桥一般应符合下列要求：

(1) 用不燃性材料建筑，桥面平整，手触感觉不到漏风，漏风率不大于 2%。

(2) 风桥通风断面不小于原巷道断面的 80%，成流线形，坡度小于  $30^\circ$ 。

(3) 风桥前后 5m 范围内巷道支护良好，无杂物、积水和淤泥。

(4) 风桥两端接口严密，四周见实帮、实底，充填结实。壁厚不小于 0.45mm。

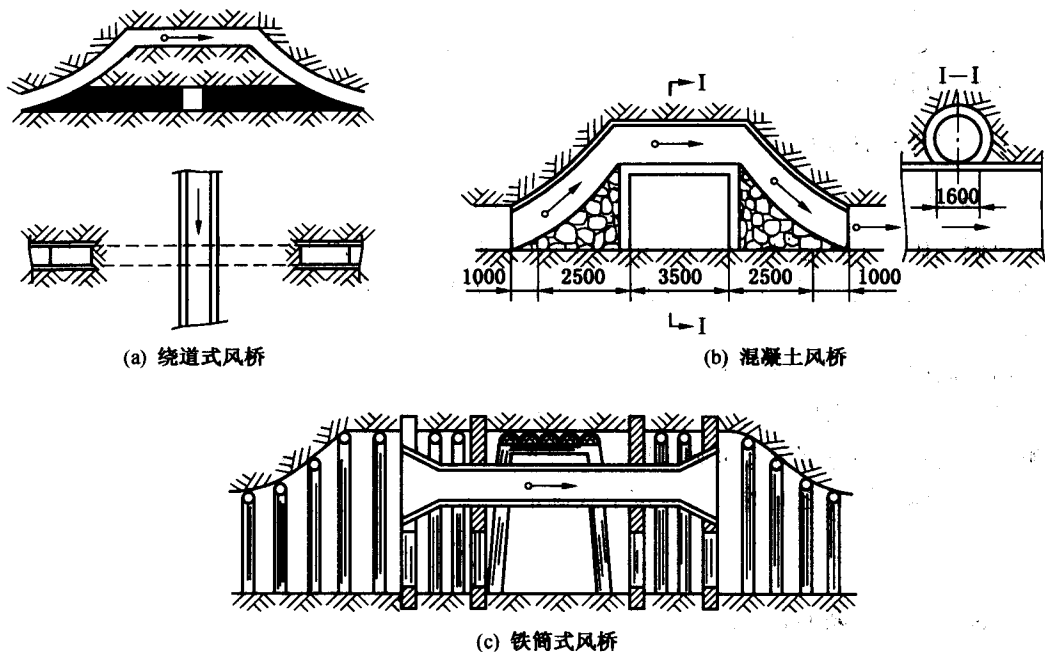


图 1-1

- (5) 风桥上下不得设风门。
- (6) 铁筒式风桥（隔墙）四周须掏槽；风筒直径不得小于 750mm，风筒壁厚不得小于 5mm。
- (7) 漏风率不大于 3%。
- (8) 通风阻力不得超过 150Pa，风速不大于 10m/s。

## 二、隔断风流的通风设施

### 1. 防爆门

《规程》规定，装有主要通风机的出风井口，应安装防爆门。防爆门不得小于出风井口的断面积，并正对出风口的风流方向。当井下发生瓦斯或煤尘爆炸事故时，爆炸气浪将防爆门掀起，从而起到保护主要通风机的作用。如图 1-2 所示为出风立井井口的钟形防爆门。防爆门 1 用钢板焊接而成，一般在四周用 4 条钢丝绳绕过滑轮 3，以平衡锤 4 牵住防爆门，其下端放入井口圈 2 的凹槽中，槽中盛水，以防止漏风，凹槽的深度必须大于防爆门内外的压差。

防爆门的设计应符合下列要求：

- (1) 防爆门应布置在出风井同一轴线上，其断面积不应小于出风井的端面积。
- (2) 出风井与风硐的交叉点到防爆门的距离，比该点到主要通风机吸风口的距离至少要短 10m。
- (3) 防爆门应靠主要通风机的负压侧并保持关闭状态，安设平衡锤或采取措施，以便

防爆门易于开启。

(4) 防爆门的结构必须有足够的强度，并有防腐和防抛出的设施。

(5) 防爆门应封闭严密不漏风。如果采用液体作密封时，在冬季应选用不燃的防冻液。

## 2. 挡风墙

挡风墙是指在既不允许风流通过，也不准许行人和通车的巷道中所设置的一种控制风流的设施，也叫密闭。按服务年限长短，挡风墙分为永久性挡风墙和临时性挡风墙 2 种。

(1) 永久性挡风墙 其结构如图 1-3 所示。要用不燃性材料（如砖、料石、水泥等）建筑，墙上部厚度不小于 0.45m，下部不小于 1m；挡风墙前后 5m 以内的巷道支护要完好且为防腐支架；无积煤、无片帮、冒顶；四周要掏槽，在煤中槽深度不小于 1m，在岩石中槽深不小于 0.5m；墙面要抹平、抹严、刷白、不漏风。挡风墙内有涌水时，应在墙上安装放水管，放水管应制成 U 形，利用水封防止放水管漏风。

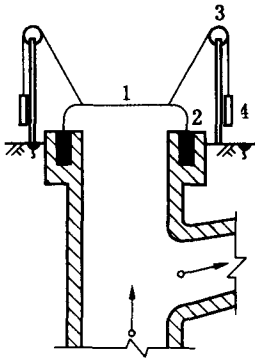


图 1-2 钟形防爆门示意图

- 1—防爆门；2—井口圈；
- 3—滑轮；4—平衡锤

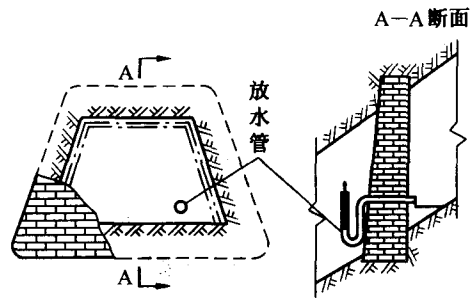


图 1-3 挡风墙结构示意图

(2) 临时性挡风墙 由于服务年限短，可用木桩、木板、可塑性材料等建造。木板需鱼鳞式搭接，用黄泥、石灰抹面，无裂缝，基本不漏风，要设在顶板良好处，四周要掏槽，在煤中槽深不小于 0.5m，在岩石中槽深不小于 0.3m；墙内外 5m 巷道支护要良好，用防腐支架，无积煤；墙外要设置栅栏和揭示警标。

## 3. 风门

风门是指在不允许风流通过，但需行人或通车的巷道内设置的一种控制风流的设施——隔断风流的门。风门关闭时，切断风流；启开时，行人，通车。每道风门至少要建立 2 座风门，间距大于运输工具的长度，以便一座风门开启时，另一座风门是关闭的。风门分为普通风门和自动风门两类。自动风门是借助各种动力来开启与关闭的一种风门，自动风门中有机械传动式、电气传动式、气动式和水动式等。

### 1) 普通风门

以行人为主、车辆通过不频繁的地点可用图 1-4 所示的单扇木制普通风门。这种风门的结构特点是门扇与门框呈斜面对接触。接触处有可缩性衬垫，比较严密、结实，一般使用 1.5~2a。迎着风流方向用人力开启，靠风门内外空气的压力差把门关紧；门框和门轴都要向关闭的方向倾斜  $80^\circ\sim 85^\circ$ ，使风门能靠自重而关闭；门框下设门坎，过车的门坎要



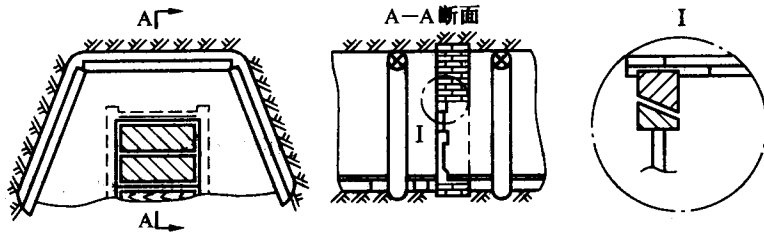


图 1-4 普通风门示意图

留有轨道穿过的槽缝；门墙两帮和顶底都要掏槽，在煤中厚度不小于 0.3m，在岩石中槽深不小于 0.2m，槽中要填实；门墙厚度不小于 0.3m；门板要错口搭接，木板厚度不小于 30mm，铁板厚度不小于 2mm；通车巷道的门坎下部要设挡风帘；通过电缆、水管和风管的孔口要堵严，风门前后 5m 内的巷道要支护完好，无空帮和空顶；漏风率不大于 2%。

## 2) 自动风门

(1) 撞杆式自动风门。撞杆式风门结构如图 1-5 所示。撞杆式自动风门门扇采用双扇梯形门扇，门轴倾斜  $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。当矿车通过时撞击铁撞杆，因矿车对撞杆挤压，将两扇门同时打开。风门撞开后，能依靠自重自动关闭。

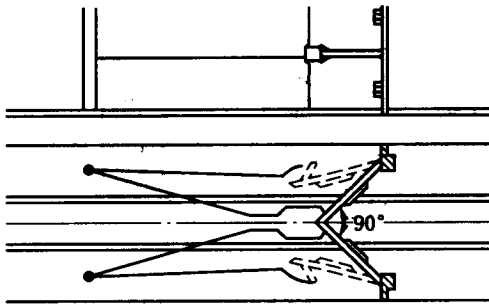


图 1-5 撞杆式自动风门结构示意图

撞杆式风门的结构由两扇梯形门扇、铁撞杆及固定风门门扇的滑道组成。滑道要固定在门扇中间，长度与门扇宽度大体一致。撞杆制作成弧形，有滑轮的一端要安设在铁柱上，一般用水平轴或圆筒折页

的转动轴。撞杆长度及弧度，应根据风门面积的大小、风门的开度来设计制作。风门扇上的滑道必须与撞杆水平转动轴保持同一高度，以防撞杆受压时变形。撞杆一般采用  $\Phi 50 \sim 73\text{mm}$  壁厚的钢管。撞杆滑轮一般采用  $\Phi 22\text{mm}$  的圆形钢柱。因撞杆两扇门面组合后，上下形成“ $\Delta$ ”断面，在砌筑门墙时用砖、料石等不燃性材料是无法建成上部“ $\Delta$ ”形断面的。因此，门框与风门要分别加工制作，即在原门框的上部安设三角形挡板，挡板的主边应与门框、巷道顶板接严并固定牢固。另两条边与门扇接触处要包边沿口，保证风门关闭后严密不漏风。

(2) 水压式自动风门。水压式自动风门是以压力水和配重为动力的自动风门。此风门上部门框做成等腰梯形，两扇风门之间设联动杆。其结构原理如图 1-6 所示。

风门门框 9 制做成等腰梯形，两扇风门 1 为连杆 2 所联动，重锤 3 起到关门作用，重锤 4 的重量大于重锤 3 的重量，起到开门的作用。重锤 3 和重锤 4 都通过牵引绳 8 及滑轮 7 控制主动门扇。水缸内的活杆塞直接支撑重锤 4。当水缸排水时，则重锤 4 下降，将风门拉开。风帘 10 的作用是当风门关闭时，借风流压力将风门下部门缝闭严。水缸水源由矿井供水管路供给，根据水压大小和开关门扇所需要的力量大小决定活塞直径和水缸内