

中等专业学校规划教材

# 矿井通风与安全

(修订版)

任洞天 主编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

# 矿井通风与安全

(修订版)

任洞天 主编

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了矿井通风的基础理论与技术管理知识,煤矿中瓦斯、矿尘、水、火等自然灾害的发生、发展规律与防治措施,以及必要的矿山救护知识。每章之后附有复习题、例题和习题。书后附录给出了井巷通风阻力系数、通风机特性曲线和矿井通风与安全实验指导书。

本书是根据原中国统配煤矿总公司教育局制定的《矿井通风与安全》教学大纲编写的,是煤矿中等专业学校地下采煤专业《矿井通风与安全》课程的教材,亦可作为煤矿干部培训教材或供煤矿工程技术人员参考。

### 中等专业学校规划教材 矿井通风与安全

(修订版)

任洞天 主编

责任编辑:刘社育

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: [www.cciph.com.cn](http://www.cciph.com.cn)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 27<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

字数 656 千字 印数 21,396—23,395

1993 年 9 月第 1 版 2006 年 6 月第 9 次印刷

ISBN 7-5020-0805-5/TD·744

社内编号 3573 定价 44.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

## 前 言

为了适应煤炭科学技术的发展和满足教学的需要，1990年我们接受了编写煤炭中专地下采煤专业《矿井通风与安全》教材的任务，1991年7月脱稿，1992年8月修改定稿。

本书是根据1989年6月，中国统配煤矿总公司教育局制定的《矿井通风与安全》教学大纲编写的。教材尽力体现煤炭中专培养人才的特点，并适当照顾煤炭企业安全培训的需要，在1984年版《矿井通风与安全》教材的基础上，充实了矿井通风的基本理论，反映了矿井通风与安全方面的新技术和新的科学管理知识，并附有实验课的指导书，加强了实践性的内容，是一本培养煤炭企业应用型人才的较理想的教材或专业参考书。

本书由任洞天（绪论、第1~5章、附录）、朱天安（第6、7章）、卢秉阁（第8、9、14章）、童阳中（第10章）和王春新（第11~13章）等同志合编，任洞天同志任主编。在编写过程中，得到一些院校和厂矿的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免出现一些缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

编 者

1993年2月

# 目 录

绪 论	1
第一章 矿井大气	3
第一节 矿井空气的主要成分	3
第二节 矿井空气中的主要有害气体	4
第三节 矿井气候条件	8
第二章 空气的主要物理性质及风速测定	19
第一节 空气的主要物理性质	19
第二节 空气的流动状态	21
第三节 井巷中风流的流速及测定	22
第三章 矿井风流的能量及其变化规律	29
第一节 矿井空气压力	29
第二节 井巷风流中任一断面上的能量	31
第三节 矿井空气压力测量	33
第四节 矿井风流的能量方程及其应用	41
第四章 矿井通风阻力	51
第一节 摩擦阻力	51
第二节 局部阻力	55
第三节 通风阻力定律及其特性	58
第四节 通风阻力测量	61
第五章 矿井通风动力	73
第一节 自然通风	73
第二节 矿用通风机	77
第三节 通风机的特性	83
第四节 通风机风压与通风阻力的关系	91
第五节 通风机的性能试验	94
第六节 通风机的联合工作	99
第六章 矿井通风系统	108
第一节 主通风机的工作方法	108
第二节 矿井通风方式	109
第三节 通风网路的基本形式及其特性	111
第四节 采区通风系统	116
第五节 通风网路的解算	122
第六节 通风设施及漏风	131
第七节 矿井通风系统图	137
第七章 矿井风量调节	143
第一节 局部风量调节	143
第二节 矿井总风量调节	153

第三节	多台主通风机联合运转的相互调节 .....	155
<b>第八章</b>	<b>掘进通风</b> .....	165
第一节	掘进通风方法 .....	165
第二节	局部通风机通风设备与选择 .....	168
第三节	局部通风机通风技术管理 .....	174
<b>第九章</b>	<b>矿井通风设计</b> .....	180
第一节	拟定矿井通风系统 .....	180
第二节	矿井总风量的计算与分配 .....	182
第三节	矿井通风阻力计算 .....	187
第四节	选择矿井通风设备 .....	189
第五节	概算矿井通风费用 .....	190
第六节	生产矿井通风设计简述 .....	191
<b>第十章</b>	<b>矿井瓦斯</b> .....	199
第一节	煤层瓦斯含量 .....	199
第二节	矿井瓦斯涌出 .....	205
第三节	矿井瓦斯爆炸及其预防 .....	213
第四节	矿井瓦斯检测及监测 .....	223
第五节	瓦斯喷出和煤与瓦斯突出及其预防 .....	231
第六节	矿井瓦斯抽放 .....	245
<b>第十一章</b>	<b>矿尘</b> .....	260
第一节	概述 .....	260
第二节	矿尘的性质及危害 .....	261
第三节	煤矿尘肺病及其预防 .....	263
第四节	煤尘爆炸及其预防 .....	269
第五节	矿尘浓度测定 .....	282
<b>第十二章</b>	<b>矿井火灾及其防治</b> .....	289
第一节	概述 .....	289
第二节	煤炭自燃 .....	290
第三节	矿井防火 .....	298
第四节	矿井灭火 .....	318
第五节	火区的管理与启封 .....	334
<b>第十三章</b>	<b>矿井水灾及其防治</b> .....	337
第一节	概述 .....	337
第二节	矿井防治水 .....	340
第三节	矿井透水事故的处理 .....	351
<b>第十四章</b>	<b>矿山救护</b> .....	355
第一节	矿山救护队 .....	355
第二节	矿工自救 .....	359
第三节	现场急救 .....	363
第四节	矿井灾害预防和计划 .....	367
<b>附 录</b>	.....	371
附录一	井巷摩擦阻力系数 $\alpha$ 值表 .....	371

附录二	井巷局部阻力系数 $\xi$ 值表 .....	375
附录三	通风阻力测量记录及计算表 .....	376
附录四	4-72-11离心式通风机性能表 .....	378
附录五	轴流式通风机特性曲线 .....	392
附录六	通风机性能试验记录表和计算表 .....	399
附录七	矿井通风与安全实验指导书 .....	403
参考文献	.....	431

## 绪 论

煤炭工业在国民经济中占有非常重要的地位，它是社会主义现代化建设的先行工业，是工业和交通运输业发展的基础。矿井通风与安全工作则是对煤矿安全生产起保证作用的重要一环，它直接关系到矿工的生命安全、身体健康和煤炭工业的发展。因为我国煤炭工业有90%是地下开采，井下作业需要经常与水、火、瓦斯、煤尘和顶板事故作斗争，而采掘地点也在不断地移动和更替，这给安全工作带来困难。随着矿井的不断延深，将出现地压增大、瓦斯增多、温度升高、涌水增大等一系列问题，特别是有许多矿井存在煤与瓦斯突出和矿山冲击地压等重大隐患，稍有疏忽，就可能造成重大伤亡事故。所以，必须认真做好安全工作，不断改善井下劳动条件，消除各种影响矿工身体健康、生命安全的有害因素，才能实现安全生产，保证煤炭工业的高速发展。

矿井通风与安全工作是为煤矿安全生产服务的，其基本任务是：供给井下各工作地点新鲜空气，以冲淡并排出井下对人体有危害的气体和粉尘，创造良好的工作环境；应用科学技术手段防止各种伤害和爆炸事故，保证井下人员的身体健康和生命安全，保护国家资源和财产不受损失。所以，矿井通风与安全工作在煤矿生产和建设中起着重要的作用。

安全第一是我国生产建设中一贯坚持的安全生产方针。这一方针的提出是由我们国家的性质和制度决定的。我国是社会主义国家，生产的目的是为了满足不同人民日益增长的物质生活和文化生活的需要。劳动者是国家的主人，既是物质财富的创造者，又是生产建设事业的组织和管理者，国家利益与劳动人民的根本利益是完全一致的。所以，在组织和发展生产、提高生产力、建设“四化”的同时，要竭尽全力保护劳动者的生命安全和身体健康，以体现党和国家对劳动人民的极大关怀和社会主义制度的优越性。

安全第一的方针，就是在生产斗争中必须坚持安全第一，当生产与安全发生矛盾时，生产必须服从于安全，不消除事故隐患不能生产，不安全不能生产。社会主义煤矿确定实行安全第一的方针，其含义主要有三点：一是在煤矿生产建设整个过程中，要树立起人是最宝贵的思想，把职工生命安全放在第一位；二是在煤矿生产建设整个过程中，必须把保护煤矿职工生命安全和健康，作为第一位工作来抓；三是把安全第一作为煤矿搞好生产建设的指导思想和行动准则。安全第一的方针是我国煤矿在生产实践中经历了多次惨痛教训付出了血的代价才总结出来的，所以在煤矿生产中，只有坚持安全第一，才符合煤矿生产的客观规律，如果违背安全第一的方针，必然要受到惩罚。

怎样实现安全生产，我们经过长期的实践，积累了很多经验。要实现安全生产，必须从多方而采取有力措施，但主要有三个方面：一是坚持安全第一的方针，实行科学管理和监督监察；二是完善矿井安全设施，采用先进的安全技术和装备，增强矿井的抗灾能力；三是进行安全教育培训，提高工人的技术和思想素质。

为了贯彻安全生产方针，实现科学管理和监督监察，我们国家和企业部门颁布了一系列安全方面的文件、条例和规定，这些文件、条例和规定统称为安全法规。1986年2月13日，国务院颁布了《矿山安全条例》和《矿山安全监察条例》，同年7月，煤炭工业部第



七次修改并颁布了《煤矿安全规程》，这是现行的三个矿山安全法规，也是社会主义国家的行政法规。

《煤矿安全规程》是贯彻党和国家安全生产方针和国家《矿山安全条例》的具体规定，它包括了安全管理工作、监督监察工作、安全技术标准、安全责任制和奖罚标准等内容，这是多年来煤矿生产实践经验的总结，也是煤矿安全生产的基本规律，因此，煤矿的全体职工都必须严肃、认真地贯彻执行。

采用先进的安全技术和装备是我国安全生产的技术政策和发展方向。当前重点煤矿发生灾害比较严重、事故较多、伤亡较大的矿井，主要是高瓦斯矿井，煤与瓦斯突出矿井，自然发火严重的矿井，以及有冲击地压的矿井。对这些矿井必须采用先进的安全技术和装备，否则不可能控制重大恶性事故。例如技术政策中规定：采掘工作面、机电硐室要装备瓦斯检测断电仪；高瓦斯与煤与瓦斯突出矿井，要安装全矿井安全监测系统；一般矿井要普遍推广便携式瓦斯警报仪等等。我国已经用引进的和本国制造的安全监测系统，装备了重点煤矿中的高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井，近几年来这类矿井的安全生产情况比以前好转，先进的安全装备起了重要作用。

建国以来，经过40多年来的努力，我国煤矿在矿井通风与安全方面所取得的成绩是巨大的。统配煤矿都采用了机械通风，大部分老矿井都经过技术改造，改进了矿井通风系统，完善了矿井的安全设施，重点煤矿采用了先进的安全技术和装备，增强了矿井的抗灾能力；健全了安全法规，实行了科学管理；煤矿管理干部、技术人员和技术工人的业务水平与操作技能都有很大的提高；重大恶性事故得到控制，百万吨死亡率明显下降。但是我国的煤矿安全工作与世界上某些产煤大国相比还有差距，因此，改变这种落后状况，掌握安全的主动权，是我们青年煤炭工作者面临的一个重要任务。

# 第一章 矿 井 大 气

## 第一节 矿井空气的主要成分

人们生活离不了空气，所以，在井下采煤时，就必须把地面新鲜空气送到井下去。地面空气是由氧、氮、二氧化碳、氩和其它稀有气体组成的混合气体。按体积的百分数计算，氧为20.90%；氮为78.13%；二氧化碳为0.03%；氩0.93%；其它稀有气体0.01%。此外还含有数量不定的水蒸汽、微生物和灰尘等。

地面空气进入井下后，要发生一系列的物理变化和化学变化；如：（1）含氧量减少；（2）混入各种有害气体；（3）混入煤尘和岩尘；（4）空气的温度、湿度和压力也发生变化。这种变化了的空气叫矿井空气，但在煤矿中习惯上将变化程度不大的叫新鲜空气，也叫新风，如井下进风巷道中的风流；变化程度较大的叫污浊空气，也叫污风，如井下回风巷道中的风流。

尽管矿井空气与地面空气不同，但其主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

### 一、氧 (O<sub>2</sub>)

氧是一种无色、无味、无臭的气体，它对空气的比重为1.11。氧的化学性质很活泼，易使其它物质氧化，并能助燃，产生CO<sub>2</sub>和CO，故应阻止空气进入采空区和火区，以防氧对煤炭氧化面自燃。

氧对人的生命有着密切关系。人所以能生存，是因为人体内不断进行着细胞的新陈代谢作用，即新细胞不断代替衰亡了的旧细胞，而新陈代谢作用是靠人吃进食物与吸入空气中的氧，在体内进行氧化过程来维持的。因此，凡是井下作业场所和人通行、聚集的地点，都必须有充足的氧气。

人体维持正常生命过程所需的氧气量，取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般认为人在休息时平均需氧量为0.25l/min，在工作时为1~3l/min。

空气中的氧浓度对人体健康影响很大。最适于人呼吸的空气中氧浓度为21%左右；当氧浓度降到17%时，人在静止状态尚无影响，但在工作时能引起喘息、呼吸困难和心跳；当氧浓度降到10%~12%时，人将失去知觉，对人的生命已有严重威胁；在氧浓度为6%~9%时，人在短时间内将死亡。因此，《煤矿安全规程》（以后简称《规程》）规定：在采掘工作面进风流中，按体积计算，氧气浓度不得低于20%。

地面空气进入井下后，氧浓度要不断地降低，其原因是：（1）煤和坑木等物质的氧化；（2）爆破工作；（3）井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸；（4）混入各种有害气体，使氧浓度相对地降低；（5）人员的呼吸。因此，在井下通风不良的巷道中，或发生火灾、瓦斯和煤尘爆炸后，氧浓度可能降到很低的程度，在进入这些巷道之前，要认真地进行空气成分的检查，否则可能有窒息的危险。氧浓度的检查可用AY-1型氧气测定仪测定。

### 二、氮(N<sub>2</sub>)

氮是一种无色、无味、无臭的惰性气体，它对空气的比重为0.97；不助燃也不能维持

呼吸。在正常情况下，氮对人体无害，但当空气中含氮量过多时，能使氧浓度相对减少，因缺氧而使人窒息。氮微溶于水，在高温下能与氧化合成有毒气体 $\text{NO}_2$ 与氢化合成 $\text{NH}_3$ 。

矿井中氮气来源于有机物质（如坑木等）的腐烂、爆破工作和从煤层或岩层的裂缝内涌出。

### 三、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )

二氧化碳是无色、略带酸味的气体，它对空气的比重为1.52，易溶于水，不助燃也不能维持呼吸，略带毒性，对眼睛、喉咙及鼻的粘膜有刺激作用。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用。当肺泡中二氧化碳增多时，能刺激呼吸中枢神经，因而引起频繁的呼吸。所以在急救受有害气体伤害的患者时，常常首先让其吸入混有5%二氧化碳的氧气，以加强呼吸。但空气中二氧化碳浓度过高时，又会相对地减少氧的浓度，并使人中毒或窒息。

二氧化碳对人体的影响与二氧化碳浓度和氧浓度有关。例如，当在空气加入3%的二氧化碳时，相对的氧浓度为20.4%，氮浓度为76.6%；但是如果因氧消耗而使二氧化碳增加3%时，则氧浓度仅为18%，氮浓度仍为79%。尽管两种情况二氧化碳相同，但后者氧浓度减少量较大，所以危险性也大，而煤矿井下二氧化碳浓度的增大，多数是由于氧化而生成的。

空气中二氧化碳浓度增加后对人体的危害是：当浓度为1%时，呼吸感到急促，易感疲劳；浓度增加到5%时，呼吸困难，同时有耳鸣和血液流动加快的感觉；浓度达10%以上时，失去知觉，中毒死亡。因此，《规程》规定：在采、掘工作面的进风流中，按体积计算，二氧化碳不得超过0.5%，矿井总回风或一翼回风中二氧化碳浓度不得超过0.75%，采掘工作面、采区回风道和采掘工作面回风道风流中二氧化碳浓度超过1.5%时，必须停止工作，撤出人员，进行处理。

因为二氧化碳比空气重，所以它常积聚在下山、水仓、溜煤眼以及通风不良的巷道底部。当进入这些巷道时，应认真进行检查，以防发生窒息事故。二氧化碳浓度的检查，可用二氧化碳检定管或瓦斯检定器测定。

井下二氧化碳的来源是：煤和坑木等物质的氧化；矿井火灾；瓦斯和煤尘爆炸；爆破工作；矿井水（酸性水）遇碳酸性岩石（方解石、石灰石等）分解产生；从煤和围岩中放出；人员呼吸生成。

## 第二节 矿井空气中的主要有害气体

### 一、矿井空气中的主要有害气体

矿井空气中的主要有害气体有：一氧化碳、硫化氢、二氧化硫、二氧化氮和沼气等，以沼气为主的这些有毒有害气体总称为瓦斯。

#### （一）一氧化碳 ( $\text{CO}$ )

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体，它对空气的比重为0.97，微溶于水。在一般温度与压力下，一氧化碳的化学性质不活泼。能自燃，不能助燃，浓度为13%~75%时遇火能引起爆炸。

一氧化碳毒性很强。它的毒性是因为人体内红血球所含血色素对它的亲和力比对氧气的亲和力大250~300倍。因此一氧化碳吸入人体后，就阻碍了氧和血色素的正常结合，使

人体各部分组织和细胞产生缺氧现象，引起窒息和中毒以至死亡。

一氧化碳中毒程度与中毒速度和下列因素有关：（1）空气中一氧化碳的浓度；（2）与一氧化碳接触的时间；（3）呼吸频率和呼吸深度。

人处于静止状态时，一氧化碳与中毒程度的关系如表1-1所示。

表 1-1 一氧化碳的浓度与中毒程度的关系

CO 浓度		中毒时间	中毒程度	征 兆
mg/l	% (按体积计)			
0.2	0.016	数小时		无征兆或有轻微征兆
0.6	0.048	1h以内	轻微中毒	耳鸣、头痛、头晕与心跳
1.6	0.128	0.5~1h	严重中毒	除有轻微中毒的各种征兆外，并出现四肢无力、呕吐、感觉迟钝、丧失行动能力
5.0	0.40	短时间内	致命中毒	丧失知觉、痉挛、呼吸停顿、假死

一氧化碳中毒后除有表1-1中所述征兆外，其显著特征是嘴唇呈桃红色，两颊有红斑点。

若一氧化碳的浓度达到1%时，人只要呼吸几口即可失去知觉；如果长期在含有0.01%的一氧化碳空气中生活与工作，会产生慢性中毒。因此《规程》中规定，井下空气中一氧化碳的浓度（按体积计算）不得超过0.0024%。

井下一氧化碳的来源是：井下火灾；瓦斯、煤尘爆炸；爆破工作。由于瓦斯、煤尘爆炸会迅速生成大量一氧化碳，因此对人危害最大。

一氧化碳的快速测定方法可使用DQJD-1型多种气体检定器或AT2型一氧化碳测量仪。DQJD-1型多种气体检定器是由比长式一氧化碳检定管和吸气泵组成。比长式一氧化碳检定管如图1-1所示，它是以活性硅胶为载体，吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸充填于细玻璃管中制成。测量时，含有一氧化碳的空气通过检定管，一氧化碳与指示胶所载试剂发生化学反应，形成一个棕色环。随气流通过，棕色环前移，而移动的距离与被测环境空气中的一氧化碳浓度成正比。于是，在玻璃管的刻度上可直接读出被测环境空气的一氧化碳浓度。西安煤矿仪表厂生产的一氧化碳检定管有3种规格，其测定范围是：C<sub>1</sub>D型（0.0005%~0.01%）；C<sub>1</sub>Z型（0.005%~0.1%）；C<sub>1</sub>G型（0.05%~1%）。测定时可根据一氧化碳的不同浓度选用。

吸气泵如图1-2所示，它是由上压盖2、下压盖7和橡皮波纹管3组成的吸气球，上压盖带有插管座1为进气口，下压盖带有出气阀门8为排气口，弹簧6可使气球压缩后恢复原位，链条4是限制弹簧伸张力以保持气球为50ml的容积，支撑环5是支撑波纹管使其不变形。

使用时将检定管两端打开，按检定管上的箭头指向插入吸气泵的管座内，手握吸气泵使其完全压缩后，放松气泵开始计算时间到90s后，即可拔出检定管。如被测空气中含有—氧化碳，则检定管上就出现一个棕色变色圈，由变色圈的高度可以直接从检定管刻度上读出一氧化碳的浓度。如果被测—氧化碳浓度很低，用C<sub>1</sub>D型低浓度检定管也不易测出，可增加通过检定管气样的体积，即增加吸气泵的动作次数。例如吸气泵连续动作五次后，从检定管刻度上读得—氧化碳浓度为0.0018%，则实际—氧化碳浓度为：

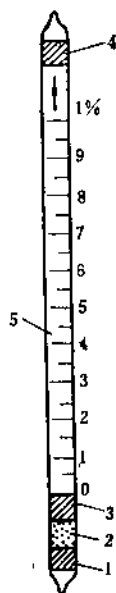


图 1-1 比长式一氧化碳检定管

1、4—玻璃；2—硅胶消除剂；3—玻璃粉；  
5—白色指示剂

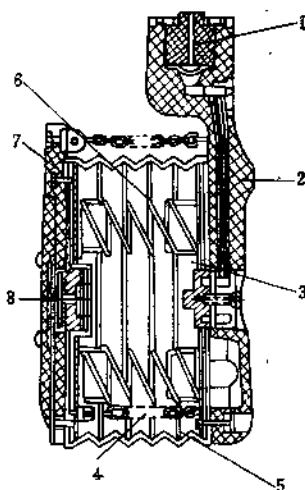


图 1-2 吸气泵

1—插管座；2—上压盖；3—橡皮波纹管；4—链条；  
5—支撑环；6—弹簧；7—下压盖；8—出气阀门

$$\frac{\text{检定管刻度示值}}{\text{吸气泵动作次数}} = \frac{0.0018\%}{5} = 0.00036\%$$

### (二) 硫化氢 (H<sub>2</sub>S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体。它对于空气的比重为1.19，易溶于水。硫化氢能燃烧，当浓度达4.3%~46%时，具有爆炸性。

硫化氢有很强的毒性，能使血液中毒，对眼睛粘膜及呼吸道有强烈的刺激作用。当空气中硫化氢的浓度达到0.0001%时，就能嗅到臭味；达到0.01%时，流唾液和清鼻涕，瞳孔放大，呼吸困难；达到0.05%时，数分钟即中毒，半小时即失去知觉；达到0.1%时，短时间即死亡。因此《规程》规定，井下空气中硫化氢的浓度（按体积计算）不得超过0.00066%。

井下硫化氢的来源是：坑木的腐烂；含硫矿物（黄铁矿、石膏等）遇水分解；从旧巷涌水中或自煤及围岩中放出；爆破工作。

硫化氢的快速测定可使用比长式硫化氢检定管与吸气泵进行，其测定方法与一氧化碳相同。

### (三) 二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)

二氧化硫是一种无色、具有强烈硫磺燃烧味的气体，它对空气的比重为2.2，易溶于水。由于它对眼睛及呼吸器官有强烈的刺激作用，矿工们称之为“瞎眼气体”。

二氧化硫与呼吸道的湿表面接触后能形成硫酸，因而对呼吸器官有腐蚀作用，使喉咙及支气管发炎，呼吸麻痹，严重时会引起肺水肿。当空气中二氧化硫的浓度达0.0005%时，嗅觉器官能闻到刺激味；达0.002%时，有强烈的刺激，可引起头痛和喉痛；达0.005%时，引起急性支气管炎和肺水肿，短时间内即死亡。因此《规程》规定，井下空气中二氧

化硫的浓度（按体积计算）不得超过0.0005%。

井下二氧化硫的来源是：含硫矿物缓慢氧化或自燃生成；从煤或围岩中放出；在含硫矿物中爆破生成。

二氧化硫的快速测定可使用比长式二氧化硫检定管与吸气泵进行，其测定方法与一氧化碳相同。

#### （四）氧化氮（NO、NO<sub>2</sub>）

氧化氮主要是指一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO<sub>2</sub>），其它还有N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>等。除N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为白色固体外，其它氧化氮在常温下都是气体。

一氧化氮是一种极不稳定的气体，在常温下能很快与空气中的氧化合成二氧化氮。所以，井下的氧化氮以二氧化氮为主。

二氧化氮是红褐色气体，它对空气的比重为1.57，极易溶于水，对眼睛、鼻腔、呼吸道及肺部有强烈的刺激作用。二氧化氮与水结合形成硝酸，因此对肺部组织起破坏作用，引起肺部的浮肿。

二氧化氮中毒后的最重要特征是经过6h甚至更长的时间才能出现中毒征兆，即在危险的浓度下，起初也只是感觉呼吸道受刺激，开始咳嗽，但经过20~30h后，就会发生较严重的支气管炎，呼吸困难，手指尖及头发变黄，吐出淡黄色痰液，发生肺水肿，引起呕吐现象，以致很快死亡。

当空气中二氧化氮浓度为0.004%时，2~4h，还不会引起中毒现象；当浓度为0.006%时，就会引起咳嗽，胸部发痛；当浓度为0.01%时，短时间内对呼吸器官就有很强烈的刺激作用，咳嗽、呕吐、神经麻木；当浓度为0.025%时，很快使人中毒死亡。因此《规程》规定，井下空气中二氧化氮的浓度（按体积计算）不得超过0.00025%。

通常放炮后生成一氧化氮。一氧化氮遇空气中的氧即转化为二氧化氮。因此，放炮后应加强通风或喷雾洒水，排除二氧化氮之后方可进入工作面。

二氧化氮的快速测定可使用比长式二氧化氮检定管与吸气泵进行，其测定方法与一氧化碳相同。

#### （五）瓦斯

瓦斯是一种无色、无臭、无味的气体，但有时由于伴生着碳氢化合物和微量硫化氢，会发出一种类似苹果香的特殊气味。瓦斯对空气的比重为0.554，差不多比空气轻一半，容易积聚在巷道的顶板处，特别容易积聚在上山巷道的掘进头。

瓦斯不易溶于水，有迅速扩散的性质。瓦斯的渗透性很强，较空气大1.6倍，容易从邻近煤层经过岩层裂缝与孔隙聚集在采空区内。瓦斯本身虽无毒，但当空气中浓度较高时，就会相对地降低空气的氧含量，使人窒息。瓦斯不助燃，但当它在空气中的浓度较低时，遇火源能够燃烧，当浓度在5%~16%之间，遇火即能爆炸。

井下瓦斯的来源是在生产过程中从煤层和岩层中放出的。放出量的大小用矿井瓦斯涌出量来说明。矿井瓦斯涌出量可用两种方法表示：

（1）绝对瓦斯涌出量。是指在单位时间内涌出瓦斯的立方米数。用符号 $Q_{CH_4}$ 表示。单位为 $m^3/min$ 或 $m^3/d$ 。

（2）相对瓦斯涌出量。是指平均日产煤一吨的瓦斯涌出量。用符号 $q_{CH_4}$ 表示，其单位为 $m^3/t$ 。

为了便于对瓦斯矿井进行管理, 依据不同的瓦斯涌出量或二氧化碳涌出量确定供风标准, 按照平均日产一吨煤涌出瓦斯量的大小和瓦斯涌出形式来划分矿井瓦斯等级。矿井瓦斯等级分为:

低瓦斯矿井	10m <sup>3</sup> /t及其以下
高瓦斯矿井	10m <sup>3</sup> /t以上
煤与瓦斯突出矿井	

## 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。将各种有害气体冲淡到《规程》规定的浓度以下, 是目前与井下有害气体作斗争的主要措施之一。

(2) 加强检查。应用各种仪器或煤矿安全集中监测系统监视井下各种有害气体的动态, 以便及时采取相应的措施。

(3) 如果某种有害气体的产生量比较大, 可采用抽放措施。如我国有许多矿井将瓦斯抽至地面, 并加以利用。

(4) 井下通风不良的地区或不通风的旧巷内, 往往聚集大量的有害气体。因此, 在不通风的旧巷口要设栅栏, 并挂上“禁止入内”的牌子。若要进入这些旧巷时必须先进行检查, 当确认对人体无害时才能进入。

(5) 当工作面有二氧化碳放出或放炮生成二氧化氮时, 可使用喷雾洒水的办法使其溶于水。在所使用的喷洒水中加入石灰或一些药剂, 效果会更好。

(6) 若有人由于缺氧窒息或呼吸有毒气体中毒时, 应立刻将中毒者移到新鲜空气的巷道或地面, 并进行人工呼吸 (NO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 中毒除外) 施行急救。

## 第三节 矿井气候条件

矿井气候条件是指井下空气的温度、湿度和风速对人体的综合影响。人不论在休息或工作时, 身体不断地产生和丧失热量, 以保持人体热平衡, 使体温保持在36.5~37℃, 如果失去这种平衡, 人体就感到不舒适。这种热平衡直接受井下气候条件的影响。因此, 气候条件的好坏, 对人体的健康和劳动生产率的提高有着重要的影响。

### 一、矿井空气的温度

矿井空气的温度是影响气候条件的主要因素, 温度过高或过低, 都会使人感到不舒适。最适宜的矿井空气温度是15~20℃。

影响矿井空气温度的因素有: 岩层温度、地面空气的温度、井下生成热及吸热、空气压缩或膨胀、通风强度等。

#### (一) 岩层温度

一般在地面以下20~30m深度地带, 岩层温度在全年内保持不变, 其温度等于该地区年平均地表温度, 这一地带称为恒温带。在恒温带以下, 岩层温度随着深度的增加而升高, 不受地面气候变化的影响。岩层温度增加与深度成正比, 用地温率表示, 即岩层温度增加1℃时所增加的垂直深度(m)。它与岩石的性质、种类有关, 因此各地不同。我国抚顺龙凤矿测定其平均地温率为25~30m, 河北唐山为35m。因此, 只要知道本地区的恒温带温度和地温率, 就可用下式预计深部水平地层的岩层温度。

$$t = t_{\text{恒}} + \frac{Z - Z_{\text{恒}}}{g_{\text{地}}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (1-1)$$

式中  $t$  —— 深度为  $Z$  处的岩层温度,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{恒}}$  —— 恒温带的岩层温度,  $^\circ\text{C}$ ;

$Z$  —— 地表至某处的深度,  $\text{m}$ ;

$Z_{\text{恒}}$  —— 恒温带的深度,  $\text{m}$ ;

$g_{\text{地}}$  —— 地温率,  $\text{m}/^\circ\text{C}$ 。

当空气进入井下后, 因与岩层有温差, 故在流动的同时进行热交换。如地面空气温度低于岩层温度时, 则岩石放热, 使气温逐渐升高; 反之, 则岩石吸热, 使气温逐渐降低。

### (二) 地面空气的温度

地面空气的温度对井下气温有直接影响。冬季地面温度很低, 冷空气流入矿井后, 会使井下温度降低, 如不预热, 入风井会有结冰现象。夏季地面温度很高, 热空气流入井下后会使气温升高。特别是浅井, 由于不能有充分的热交换时间, 一般是井下的气温随地面的季节不同而变化, 冬季气温低, 夏季气温高。

### (三) 井下生成热及吸热

井下煤炭、坑木等物质的氧化生热, 机电设备、人体和地下热水的散热, 都能使井下气温升高。例如, 经氧化生成  $2\text{g}$  二氧化碳时 (相当于空气中二氧化碳增加  $0.1\%$ ) 能产生热量  $18\text{kJ}$ , 可使  $1\text{m}^3$  空气温度升高  $14.5^\circ\text{C}$ , 可见氧化发热是井下气温升高的主要因素之一。

水分蒸发能从空气中吸收热量使气温降低, 例如,  $1\text{kg}$  水蒸发时可吸收  $2.4\text{kJ}$  的热量, 能使  $1\text{m}^3$  的空气降低  $1.9^\circ\text{C}$ 。因风流排出时带走大量的水分, 其蒸发时所吸收的热量也是相当大的。因此水的蒸发是降低温度的主要因素之一。

### (四) 空气的压缩或膨胀

当空气沿井筒向下流动时, 由于空气受到压缩而产生热量, 一般垂深每增加  $100\text{m}$ , 其温度升高  $1^\circ\text{C}$  左右; 相反空气向上流动时, 则又因膨胀而降温, 平均每升高  $100\text{m}$ , 温度下降  $0.8\sim 0.9^\circ\text{C}$ 。

### (五) 通风强度

通风强度是指单位时间内进入井下风量多少而言。温度较低的空气流经井下巷道和工作面时, 由于热交换作用能吸收热量。因此, 流经井巷的风量越大, 吸收的热量也越多, 气温就会降低。所以, 加大通风强度是降温措施之一。

综上所述, 当地面空气进入井下后, 由于受上述诸因素的影响, 沿途气温要发生变化。在进风井与井底车场附近, 由于岩石的吸热和散热作用, 对气温起调节作用, 在夏季使气温降低, 在冬季使气温升高, 所以与地面气温相比, 有冬暖夏凉感觉。当风流流经一定距离后, 不论冬季或夏季, 气温将随进风路线的延长而逐渐升高, 当到达回采工作面时, 温度一般达到最高。回风路线的气温沿途略有下降, 且常年变化不大。

上述诸因素中有升温因素, 也有降温因素, 但从许多矿井的实践看, 一般升温作用大于降温作用, 所以工作面的温度一般都较高, 因此《规程》规定, 采掘工作面的空气温度不得超过  $26^\circ\text{C}$ ; 机电硐室的空气温度不得超过  $30^\circ\text{C}$ , 否则, 就要采取降温措施。



## 二、矿井空气温度

空气的湿度是指空气中所含的水蒸气量。表示湿度的方法有两种：

(1) 绝对湿度。是指  $1\text{m}^3$  或  $1\text{kg}$  空气中所含水蒸气的质量 ( $\text{g}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{kg}$ )，用  $f$  表示。

(2) 相对湿度。是指某一体积的空气中实际含有的水蒸气量 ( $f$ ) 与同温度下的饱和水蒸气量 ( $F_{\text{饱}}$ ) 之比的百分数，用公式表示如下：

$$\varphi = \frac{f}{F_{\text{饱}}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中： $\varphi$ ——相对湿度，%；

$f$ ——空气中所含水蒸气量（即绝对湿度）， $\text{g}/\text{m}^3$ ；

$F_{\text{饱}}$ ——在同一温度下空气中饱和水蒸气量， $\text{g}/\text{m}^3$ （见表1-2）。

表 1-2 饱和水蒸气量

温度 ℃	在 $1\text{m}^3$ 空气内 $\text{g}/\text{m}^3$	在 $1\text{kg}$ 空气内 $\text{g}/\text{kg}$	水蒸气压力		温度 ℃	在 $1\text{m}^3$ 空气内 $\text{g}/\text{m}^3$	在 $1\text{kg}$ 空气内 $\text{g}/\text{kg}$	水蒸气压力	
			mmHg	Pa				mmHg	Pa
-20	1.1	0.8	0.96	128	14	12.0	9.8	11.99	1597
-15	1.6	1.1	1.45	193	15	12.8	10.5	12.79	1704
-10	2.3	1.7	2.16	288	16	13.6	11.2	13.64	1817
-5	3.4	2.6	3.17	422	17	14.4	11.9	14.5	1932
0	4.9	3.8	4.58	610	18	15.3	12.7	15.5	2065
1	5.2	4.1	4.92	655	19	16.2	13.5	16.5	2198
2	5.6	4.3	5.29	705	20	17.2	14.4	17.5	2331
3	6.0	4.7	5.68	757	21	18.2	15.3	18.7	2491
4	6.4	5.0	6.04	811	22	19.3	16.3	19.8	2638
5	6.8	5.4	6.53	870	23	20.4	17.3	21.1	2811
6	7.3	5.7	7.00	933	24	21.6	18.4	22.4	2984
7	7.7	6.1	7.49	998	25	22.9	19.5	23.8	3171
8	8.3	6.6	8.02	1068	26	24.2	20.7	25.2	3357
9	8.8	7.0	8.58	1143	27	25.6	22.0	26.7	3557
10	9.4	7.5	9.21	1227	28	27.0	23.4	28.4	3784
11	9.9	8.0	9.84	1311	29	28.5	24.8	30.1	4010
12	10.0	8.6	10.52	1402	30	30.1	26.3	31.8	4236
13	11.3	9.2	11.23	1496	31	31.8	27.3	33.7	4490

通常所说的湿度都是指相对湿度而言，一般认为相对湿度在50%~60%为适宜。

井下空气的相对湿度一般用手摇湿度计测定。手摇湿度计如图 1-3 所示，它是将两支温度计装在一个金属框架上，其中一支为干温度计，另一支为湿温度计（水银球外包裹湿纱布）。测定时手握摇把以  $150\text{r}/\text{min}$  的速度旋转  $1\sim 2\text{min}$ ，由于湿纱布上水分充分蒸发，吸收热量，使湿温度计的读数比干温度计的读数低。根据干、湿温度计的读数差值和干温度计上的读数就可在表 1-3 中查得相对湿度值。

井下空气的湿度是随着地面空气湿度和井下滴水情况不同而变化的。在冬季地面空气进入井下后，因温度升高，空气的饱和能力加大 ( $F_{\text{饱}}$  值变大)，使相对湿度降低，所以沿途要使井巷中水分蒸发，进风路线的井巷就显得干燥；在夏季正相反，地面空气进入井下后，因温度降低，空气的饱和能力变小，使相对湿度升高，此时空气中的一部分水蒸气就