

煤矿安全技术培训丛书(四)

煤矿通风安全

许瑞祯 上官波 胡公才 费麟章 编
古惠田 欧治顺 杨树民 张兆祥



煤炭工业出版社

煤矿安全技术培训丛书(四)

煤矿通风安全

主编：许瑞祯

编写：许瑞祯 上官波 胡公才 费麟章

古惠田 欧治顺 杨树民 张兆祥

主审：徐培顺

审稿：肖集成 郝庆彭

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书为煤矿安全技术培训丛书的一个分册,主要包括煤矿通风与安全两部分内容。本书比较系统地简述了煤矿通风的基础知识、应用技术与管理方法,以及煤矿瓦斯、矿尘、火等自然灾害的发生、发展规律和防治措施。

本书以现场实际工作的内容为重点,可作为煤矿职工的安全技术培训教材,也可供煤矿基层管理干部及工程技术人员参考使用。

责任编辑:邓荷香 辛广龙

煤矿安全技术培训丛书(四)

煤矿通风安全

许瑞祯 上官波 胡公才 费麟章
古惠田 欧治顺 杨树民 张兴祥

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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850×1168mm¹/₃₂ 印张13³/₄ 插页1

字数363千字 印数1—10,960

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0593-5/TD·544

书号 3368

定价 7.20元



煤矿安全技术培训丛书编委会

主 任：徐培顺

副主任：吴星一 王兆元 王立民 徐 树 余宝柱
王绪文 令狐世炯

委 员：（以姓氏笔划为序）

卜斯印	卜宪伟	万德营	王承焕	王立民
王兴民	王绪文	王兆元	尹长华	令狐世炯
孙化济	孙善达	许瑞祯	陈世杰	陈正科
孟玉峰	沈继庚	吴星一	余宝柱	杨家廷
张世根	段世喜	郭天云	胡公才	赵 燕
钟德富	顾怀祯	徐 树	徐培顺	袁邦清
展良荣				

主 编：吴星一

副主编：王立民 余宝柱 徐 树 王绪文 万德营
张世根 郭天云 许瑞祯

APB 10/20

前 言

为适应煤炭工业持续、稳定发展的需要，促进煤矿安全状况的根本好转，对煤矿职工实行强制性的安全技术培训是一项十分重要的战略任务。

根据能源部及中国统配煤矿总公司对煤矿职工安全技术培训工作的有关规定，从首先提高煤矿基层干部安全技术素质和安全管理水平出发，徐州矿务局组织部分具有丰富实践经验和较高理论水平工程技术人员、行政管理干部、经济工作者、教师和医务人员编写了《煤矿地质与测量》、《采煤》、《井巷掘进》、《煤矿通风安全》、《煤矿机械基础》、《煤矿电气基础》、《煤矿固定设备》、《煤矿供电及其设备》、《煤矿采掘运设备》、《矿井轨道运输》、《煤矿机电管理》、《煤工尘肺防治》、《创伤急救》和《煤矿安全生产技术参考资料》等一套安全技术培训丛书，以满足正规安全技术培训工作的需要。同时，还编写了《煤矿新工人读本》，以满足新工人岗前培训的需要。

这套教材主要适用于基层科（区、队）长、班组长和高级技工的安全技术培训，也可以作为具有初中以上文化程度的煤矿职工自学之用。

在丛书编写过程中，曾得到中国统配煤矿总公司安全管理局、教育局，江苏省煤炭工业总公司安全监察局、枣庄、兖州、淮北、大屯等矿务局和有关同志的帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免有错误，恳请广大读者批评指正。

目 录

第一章 矿井空气及气候条件	1
第一节 矿内空气	1
第二节 矿内气候条件	6
第二章 矿井风量测算	17
第一节 矿井总风量的计算	17
第二节 矿井风量计算说明	27
第三节 井巷风量的测算	29
第三章 矿井通风压力与阻力	34
第一节 矿井空气压力	34
第二节 矿井通风阻力	55
第三节 矿井通风阻力测定	69
第四章 通风系统	81
第一节 矿井通风系统	81
第二节 采区通风系统	93
第三节 通风系统的确定	97
第五章 矿井机械通风	105
第一节 扇风机的构造	105
第二节 扇风机的特性	110
第三节 扇风机风压与通风阻力的关系	115
第四节 扇风机的性能测定	118
第五节 扇风机的联合工作	133
第六节 扇风机的反风	137
第六章 掘进通风	140
第一节 掘进通风方法	140
第二节 局部扇风机的通风设备与计算	146
第三节 局部扇风机通风的技术管理	157
第七章 矿井瓦斯	168

第一节	概述	168
第二节	沼气的成因及赋存	168
第三节	矿井沼气的涌出	176
第四节	矿井沼气等级鉴定	182
第五节	矿井沼气爆炸及其危害	187
第六节	预防沼气爆炸的措施	197
第七节	瓦斯检查	208
第八章	矿井瓦斯特殊涌出	219
第一节	瓦斯喷出	220
第二节	煤与瓦斯突出	224
第三节	煤与瓦斯突出的防治措施	229
第九章	矿井安全监测系统	243
第一节	矿井安全监测系统的监测内容	243
第二节	通风安全监测系统的构成	245
第三节	监测系统中常用的几种传感器	250
第四节	常用的几种矿井安全监测系统	257
第五节	矿井安全监测系统的选择配置及井下传感器的使用	262
第六节	便携式沼气报警器	269
第七节	沼气检测(遥测)报警断电仪	271
第十章	矿尘	273
第一节	矿尘的生成	273
第二节	矿尘的性质及其危害	277
第三节	矿尘的防治	288
第四节	防止与隔绝煤尘爆炸	318
第五节	矿尘的检测与管理	322
第六节	煤尘爆炸及处理实例	332
第十一章	矿井防灭火	336
第一节	矿井火灾的发生	336
第二节	煤的自然发火	340
第三节	矿井火灾的预防	346
第四节	矿井火灾的处理	376
第五节	火区管理和启封	390

第十二章	矿山救护与矿工自救	399
第一节	矿山救护队	399
第二节	矿工自救	403
第三节	自救器	408
第十三章	矿井灾害预防及处理计划的编制	421
第一节	《计划》内容	421
第二节	《计划》编审程序	427
第三节	灾变处理责任制	428
参考文献		432

第一章 矿井空气及气候条件

煤矿井工生产是地下作业，自然条件比较复杂。地面空气在进入井下并流经各作业场所的过程中，将掺入有害气体和矿尘，成分逐渐发生变化；同时，由于地热作用，人体和机械的散热，水分的蒸发等，井下空气的温度和湿度都会显著增高，造成不良的气候条件。因此，对矿井必须进行通风。

矿井通风的任务是：

- (1) 供给足够的井下工作人员呼吸用的新鲜空气。
- (2) 冲淡和排除有害气体及浮游矿尘，使之符合《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）的要求。
- (3) 提供适宜的温、湿度等良好的气候条件。

第一节 矿内空气

一、地面空气

地面空气是矿内空气的主要来源，它由氮、氧、二氧化碳、氩及其它稀有气体和水蒸气组成。水蒸气在空气中的含量随地区或季节而变，平均的体积浓度为1%。在不考虑水蒸气的情况下，空气的成分组成见表1-1。

二、矿内空气

进入井下混入有害气体及矿尘的地面空气，称为矿内空气。地面新鲜空气进入矿井后，当成分变化不大时，称为新鲜空气，简称新风；当成分变化较大时，称为污浊空气，又称乏风。习惯上，以用风地点为界，将用风点以前的风流称为新风，将用风点以后的风流称为乏风。

矿内空气的主要成分有：

1. 氧气 (O_2)

表 1-1

气体名称	体积浓度(%)	质量浓度(%)
氮(N ₂)	78.13	75.53
氧(O ₂)	20.90	23.14
二氧化碳(CO ₂)	0.03	0.05
氩(Ar)	0.93	1.27
其它稀有气体	0.01	0.01

空气中的氧是一种无色、无味、无臭、化学性质很活泼的气体，易使其它物质氧化，几乎可与所有气体相结合。对空气的相对密度为1.11，是维持井下人员呼吸不可缺少的一种气体。

人的生命主要是靠吃进食物及吸入空气中的氧，在体内进行新陈代谢作用来维持的，所以，当空气中氧的含量减少时，对人体的健康是有害的。在矿井条件下，最有利于呼吸的氧气含量为21%左右，当氧含量降低到17%时，人在工作时就会出现喘息、心跳、呼吸困难现象，氧含量降低到10%~12%时，人将失去理智，生命受到严重威胁，在氧含量为6%~9%时，人在短时间内将失去知觉或死亡。

《规程》对井下空气的成分和防止缺氧窒息作了明确规定。采掘工作面的进风流中，按体积计算，氧气不得低于20%；矿井主要扇风机或局部扇风机停风时，受其影响地点，必须立即停止工作，切断电源，撤出人员；独头盲巷必须设置栅栏、警标或进行封闭；进入串联工作面的风流中，沼气和二氧化碳及其它有害气体都应符合规定等等。这些规定不仅仅是为了防止瓦斯积聚，而且也是为了保证有足够的氧气，不使人窒息。

矿内氧气减少的原因有：

- (1) 有机物及无机物（坑木、煤、岩石）氧化。
- (2) 井下火灾（外因火灾和自然发火）及瓦斯、煤尘爆炸。

- (3) 矿井中各种气体（CH₄、CO₂及其它气体）的放出而

相对降低氧含量。

(4) 人的呼吸(静止状态时为 0.25L/min; 工作及行走时为 1~3L/min; 平均为 1.25L/min)。

2. 氮气 (N_2)

氮气是一种无色、无味、无臭的气体, 相对密度为 0.97, 不助燃, 也不能供人呼吸。在正常情况下, 氮对人无害, 但当空气中氮含量过多时, 能相对地减少氧含量, 而使人窒息。在通风巷道中氮含量一般变化不大。

矿内氮气的来源有:

- (1) 有机物质的腐烂。
- (2) 爆破工作(1kg 的硝化甘油炸药产生 135L 的 N_2)。
- (3) 天然的氮气从煤、岩裂隙中涌出。

3. 二氧化碳 (CO_2)

二氧化碳为无色, 微有酸味的气体, 相对密度为 1.52。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用。当含量达 3% 时, 人的呼吸量增大 2 倍; 达 4%~5% 时, 呼吸量增大 3 倍, 且有较重的耳鸣, 太阳穴处血管剧烈跳动现象; 达 6% 时, 会出现强烈的喘息和虚弱现象; 达 10%~20% 时, 会发生昏迷状态, 人失去知觉; 20% 以上即可中毒死亡。

二氧化碳的来源有:

- (1) 人的呼吸(劳动时, 每小时放出二氧化碳 45~50 L)。
- (2) 爆破工作(1kg 硝化甘油炸药, 产生二氧化碳 250L)。
- (3) 煤及含碳岩石的氧化。
- (4) 有机物质(木材腐朽)的氧化。
- (5) 煤、岩层裂隙自由放出。
- (6) 矿内发生沼气、煤尘爆炸和火灾事故时, 也产生大量的二氧化碳。

三、矿内空气中的有害气体

1. 一氧化碳 (CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体。它的相对密度为 0.97,

即和空气的密度相近似，所以能与空气一样均匀分布在井下巷道中。它可燃烧，同空气混合后的发火点为 $630\sim 810^{\circ}\text{C}$ ，当一氧化碳含量在 $13\%\sim 75\%$ 时，遇火能引起爆炸。一氧化碳极毒，当空气中一氧化碳含量达 0.048% 时，经 1 h 即发生耳鸣、头痛、头眩、强烈的心跳、呕心；在 0.128% 时，经半小时除有上述病症外，尚呈现肌肉痛、下肢软弱、感觉迟钝、呕吐、失去活动能力等；在 0.4% 时，人在短时间（ $20\sim 30\text{ min}$ ）内就可中毒死亡；达 1% 时，经过1、2次吸气即会失去知觉而死亡。

一氧化碳的来源：

（1）煤在各种不同阶段的燃烧和自燃。

（2）木材及其它材料燃烧（当不完全燃烧时， 1 m^3 木材能够产生 500 m^3 的一氧化碳）。

（3）爆破工作（ 1 kg 炸药爆炸，能产生 40 L 的一氧化碳）。

（4）矿井内发生瓦斯爆炸。

（5）矿井内发生火灾。

（6）矿井内煤尘爆炸（ 1 L 煤尘爆炸或燃烧能产生 1.5 m^3 的一氧化碳）。

（7）当用水熄灭矿井内因火灾时，炽热煤温在 1200°C 和水接触时，也生成一氧化碳和氢气。

据统计，徐州矿区建国以来，由于矿井内、外因火灾事故而牺牲的人员均属一氧化碳中毒致死。发生的瓦斯、煤尘爆炸事故而牺牲的人员当中，受一氧化碳中毒而死亡的约占 80% 。

2. 硫化氢 (H_2S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体，相对密度为 1.19 易溶于水，遇火后能燃烧及爆炸，点火温度为 $265\sim 380^{\circ}\text{C}$ ，燃烧温度为 1890°C 。

当空气中硫化氢含量在 $4.3\%\sim 45.5\%$ 时，则形成为具有爆炸性的混合气体。

硫化氢是极毒的，它能使血液中毒，对眼睛及呼吸系统的粘液膜有强烈的刺激作用。

当空气中硫化氢为0.0001%时，就可嗅到臭味；达到0.02%时，即能在5~8min时间内强烈刺激眼睛及喉咙；在0.05%时，经30~60min，即会失去知觉，呈现抽筋、脸色苍白、瞳孔变大，而严重中毒；达到0.1%时，能很快导致死亡。

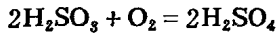
硫化氢的来源：

- (1) 坑木腐烂。
- (2) 含硫矿物遇水分解。
- (3) 赋存在煤(岩)层中的硫化氢，生产落煤时涌出。

3. 二氧化硫(SO₂)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺味及酸味的气体，相对密度为2.22。

当二氧化硫同呼吸气管的潮湿表皮接触时能产生硫酸。其反应式如下：



硫酸能够刺激并麻痹上部呼吸气管的细胞组织，使肺及支气管发炎。

当空气中二氧化硫浓度为0.002%时，能引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉痛；达到0.05%时，引起急性支气管炎、肺水肿，并在短时间内有致命危险。

二氧化硫的来源：

- (1) 煤层或围岩中放出。
- (2) 含硫矿物的氧化及自燃。
- (3) 含硫的岩层爆破。
- (4) 井下电缆及胶管类物品燃烧。

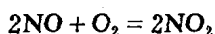
4. 二氧化氮(NO₂)

二氧化氮为红褐色，相对密度为1.57，易溶于水。

二氧化氮为剧毒气体，对人的眼睛及呼吸气管有强烈刺激作用。NO₂气体遇水形成硝酸(HNO₃)，能破坏肺及全部呼吸系统的组织，使血液中毒，经过6~24h后，肺肿发展，呈现严重

咳嗽，并吐黄色的痰、剧烈的头痛、呕吐，人会很快死亡。 NO_2 浓度达0.004%时，经短时间的作用，即会出现喉咙受刺激、咳嗽、胸部发疼现象；达0.01%时，短时间后，会出现严重咳嗽、声带痉挛、恶心、呕吐、腹疼、泄肚、神经系统麻木等症状；当空气中二氧化氮含量达0.025%时，短时间内人即会很快死亡。

在爆破工程中，除了会产生一氧化碳外，还有一氧化氮产生。一氧化氮（NO）是不稳定的化合物，遇空气中的氧（ O_2 ）即转化为二氧化氮（ NO_2 ）。其化学反应式如下：



5. 沼气（ CH_4 ）

沼气的化学名称叫甲烷，无色、无味、无毒。标准状态的密度为 0.716kg/m^3 ，相对密度为0.554，易积聚于巷道上部。在1atm、 20°C 时的溶解度为3.5%。沼气能燃烧和爆炸，且当矿内空气中的沼气浓度超过50%时，能使人因缺氧而窒息死亡。

6. 氨气（ NH_3 ）

氨是无色气体，相对密度为0.6，有似铵水的剧臭，易溶于水，在1L水中，可溶解700L NH_3 。氨气极毒，能刺激皮肤和上部呼吸道，能严重损伤眼睛。

7. 氢气（ H_2 ）

氢气是无色、无味、无臭、无毒的气体，相对密度为0.0695，不助呼吸，能燃烧和爆炸，爆炸浓度为4%~74.2%，在爆炸和燃烧时瞬时温度可达 6600°C 。

第二节 矿内气候条件

井下气候条件的主要参数是空气的温度、湿度和风流速度，而气候条件的好坏又取决于温度、湿度和风速三者的综合作用。为保持工人在生产过程中人体产生的热量与散发热量的平衡，就必须创造适宜的井下气候条件。

一、矿内空气温度及其变化规律

影响井下空气温度变化有以下7个因素：

1. 地面空气温度

地面空气温度对井下空气温度的影响主要表现在冬季和夏季, 尤其当矿井较浅、巷道不长时, 影响就更显著。

地面空气温度的变化, 一年四季呈周期性, 其温差一般为 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$, 如图1-1所示。

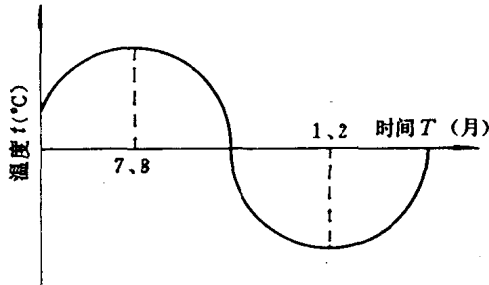


图 1-1 地面空气温度变化示意图

7、8月份温度为最高, 1、2月份温度为最低。

2. 氧化生热

矿井中煤炭和坑木等氧化都能生成大量的热。例如, 在 1m^3 空气中由于煤的氧化而使二氧化碳含量增加 0.1% (2g) 时, 能产生 1799.2J 热量, 而这些热量就足够使 1m^3 空气升温 14.5°C 。

3. 水分蒸发吸热

水分蒸发时, 要从空气中吸收热量, 从而使空气温度降低。每蒸发 1g 水可吸收 2449.278J 的热量, 能使 1m^3 空气的温度下降 1.9°C 。

4. 岩石温度

岩石温度对矿内空气温度有很大影响, 是矿井的主要热源, 约占 $50\%\sim 60\%$ 。

1) 变温带。距地表较浅的地带, 一般距地表 20m 左右, 随地面季节温度而变化, 故称这个地带为变温带。

2) 恒温带。在地表以下, 一般在 $20\sim 30\text{m}$ 深度的地带, 岩

石的温度基本上是常年稳定, 故称这个地带为恒温带。

徐州地区, 恒温带深度为 25~30m, 恒温带温度为 15~16℃。

3) 增温带。随着深度的增加温度升高的地带称为增温带。这个带的温度 (t) 和深度 (Z) 近似成正比。

$$t = t_m + \frac{Z - Z_m}{g_m}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

式中 t_m ——恒温带 Z_m 处的温度, $^\circ\text{C}$;

Z ——地下温度为 t ($^\circ\text{C}$) 处的深度, m;

Z_m ——恒温带深度, m;

g_m ——地温增升率, $\text{m}/^\circ\text{C}$ 。 g_m 一般为 30~35 $\text{m}/^\circ\text{C}$ (徐州地区为 44 $\text{m}/^\circ\text{C}$)。

例1 已知徐州地区 $Z_m = 30\text{m}$, $g_m = 44\text{m}/^\circ\text{C}$, $t_m = 15^\circ\text{C}$, 求 $Z = 600\text{m}$ 处的温度。

$$\text{解 } t = t_m + \frac{Z - Z_m}{g_m} = 15 + \frac{600 - 30}{44} = 15 + 12.95 = 27.95^\circ\text{C}$$

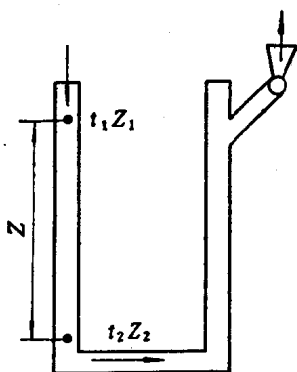


图 1-2 空气流向示意图

5. 空气的压缩与膨胀

空气向下流动时, 受压会产生热量。一般垂深每增加 100m, 温度升高 1°C ; 相反, 空气向上流动时, 会因膨胀而降温, 平均每升高 100m, 温度下降 $0.8 \sim 0.9^\circ\text{C}$ 。

例2 空气向下运动时, 因受压而升温, 如图 1-2 所示。

其中:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{J}{C_p} Z, \text{ } ^\circ\text{C}$$

式中 t_2, t_1 ——上下两点即 Z_1 和 Z_2 处的空气温度, $^\circ\text{C}$;

J ——热功当量, $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{m}$;

c_p ——定压比热, $\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$;

Z —— Z_1 至 Z_2 两点的垂深, m 。

设 Z 为 100m , 求 Δt 。

$$\text{解 } \Delta t = \frac{J}{c_p} Z = \frac{\frac{1}{427}}{0.24} \times 100 = 0.975 \approx 1^\circ\text{C}$$

6. 地下水的作用

矿井地层中如果有高温热泉, 或有热水涌出时, 能使地温升高; 相反, 若地下水活动强烈, 则地温降低。

7. 通风强度

温度较低的空气流经巷道或工作面时, 能吸收热量, 供风量越大, 吸收热量越多。

综上所述, 矿内空气温度受着多种因素的影响, 其中有升温作用, 也有降温作用。但实践证明, 升温作用大于降温作用。其变化规律是:

(1) 在整个风流路线上, 回采工作面一般是气温最高的区段。因为回采工作面除有煤岩氧化外, 还有人体散热和机械运转、爆破等因素, 致使气温升高。

(2) 开采深度大于 2000m 时, 由于风流在进风路线上已充分进行了热交换, 使气温常年基本上保持不变。

(3) 开采深度不大, 进风路线短时, 采掘工作面的气温将随地面气温的变化而变化。

(4) 在回风路线上, 因通风强度较大, 水分蒸发吸热, 加之气流向上流动而膨胀降温, 使气温略有下降, 但基本上常年变化不大。

二、矿内空气温度及其变化规律

空气湿度就是指空气中所含的水蒸气量。空气中的含湿量一般用“相对湿度”来表示。相对湿度是指每立方米空气中含有的水蒸气量与同一温度下饱和水蒸气量之比。

相对湿度 φ 可用下式表示: