

煤矿干部技术知识丛书

矿井通风与安全技术

钱仲德 王家楦 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是《煤矿干部技术知识丛书》的一个分册，其内容包括煤矿矿井通风与安全技术两个部分。书中主要介绍了矿井空气、通风系统、矿井通风参数的测量与计算、通风管理等基本知识；阐述了煤矿井下灾害的发生、预防及其处理方法和井下救护知识等。

本书主要供从事煤矿生产的各级管理干部阅读，也可供矿业院校师生参考。

责任编辑：伊 烈

煤矿干部技术知识丛书
矿井通风与安全技术
钱仲德 王家棣 编著

*

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787×1092 ¹ / ₃₂	印张10 ¹ / ₄
字数227千字	印数1—6,920
1987年8月第1版	1987年8月第1次印刷
书号15035·2814	定价1.70元

前 言

安全生产是党在生产建设上一贯坚定不移的方针，也是社会主义企业管理的一条重要原则。安全 and 生产是不可分割的整体，那种把安全 and 生产对立起来的看法是错误的。要进行生产就有安全问题，安全情况良好，才能保持生产顺利的发展。

矿井通风与安全工作的主要任务是，根据党的安全生产方针和有关政策，采取正确的方法，预防各种自然灾害，将地面新鲜空气不断送到井下，改善井下劳动条件，消除各种影响矿工身体健康和生产安全的因素，从而保证煤炭生产的不断发展，为社会主义建设做出贡献。

为了完成上述任务，煤矿的各级干部必须了解矿井通风与安全技术的基本理论，学习安全生产经验，认识和掌握煤矿自然灾害的性质和规律，加强贯彻执行党的安全生产方针的责任感，坚决执行各项合理的规章制度，从而保证安全的完成和超额完成生产任务。

本书是在一九七六年《通风与安全》和一九八三年《通风与安全》重印本的基础上重新改写的。在章节结构安排方面作了一些改动，内容上有较大的更新和补充。使读者能够基本掌握矿井通风和安全技术的理论知识，熟悉多年来煤矿安全生产的丰富经验和各种有效的预防措施，并能借鉴国外矿井通风和安全技术方面的新技术和新成就。我们期望这本书能对煤矿生产部门各级干部有所帮助。

编 者
1985年9月

目 录

前 言

第一章	矿内气象环境	1
第一节	井下空气	1
第二节	井下主要有害气体	5
第三节	井下空气的温度和湿度变化	13
第二章	煤矿通风系统	19
第一节	全矿通风系统	19
第二节	采区通风系统	25
第三节	掘进通风	34
第三章	井下风流参数的测量和计算	40
第一节	井下空气的物理参量	40
第二节	空气重率和压力的测量及计算	41
第三节	井巷通风压力及其测量	44
第四节	井巷的风速测量和风量计算	50
第四章	矿井通风动力	59
第一节	自然通风	59
第二节	机械通风	60
第五章	井巷通风阻力和风路计算	69
第一节	井巷通风阻力	69
第二节	通风阻力定律和风阻特性曲线	72
第三节	降低矿井通风阻力的方法	74
第四节	通风网路中风流的基本规律	76
第五节	简单通风网路中风流的特殊规律	79
第六节	用电子计算机计算复杂通风网路	82

第六章	通风管理	85
第一节	风流的控制	85
第二节	风速和风量检查	91
第三节	通风阻力测量	92
第四节	矿井通风主要技术指标	94
第七章	矿井瓦斯	97
第一节	矿井瓦斯的生成	97
第二节	矿井沼气涌出	107
第三节	矿井沼气爆炸及其预防	119
第四节	沼气喷出与突出及其预防	141
第五节	矿井沼气的抽放及其利用	162
第六节	沼气浓度的检查及监测	172
第八章	矿尘	186
第一节	矿尘的产生及其危害	186
第二节	煤尘爆炸及预防	191
第三节	矿尘职业病及其预防	219
第九章	矿井火灾	230
第一节	矿井火灾的发生	230
第二节	矿井火灾的预防	238
第三节	矿井火灾的处理	261
第四节	火区管理及启封	279
第十章	矿井水灾	281
第一节	矿井水灾的发生	281
第二节	矿井水灾的防治	286
第三节	矿井透水事故的处理	298
第十一章	煤矿井下救护	301
第一节	煤矿救护组织及装备	301
第二节	矿工自救	313
第三节	矿井灾害预防和处理计划	321

第一章 矿内气象环境

煤矿生产是地下作业，工作环境较之地面复杂、恶劣。为了保证矿工的健康，安全进行生产并不断提高劳动生产率，必须不断供给井下适量的新鲜空气，以冲淡和排除有害气体和矿尘，造成安全良好的工作环境。因此《煤矿安全规程》^①对井下空气的成分、空气的温度、风流速度、空气中的粉尘浓度，以及工作地点的噪音等作了明确规定。它体现了党和国家对煤矿职工的关怀。本章主要讲述矿内气象环境的变化规律，对健康的影响，气象环境各因素的检测方法，以及有关改善矿内气象环境的基本知识。

第一节 井下空气

井下空气来源于地面空气，井下空气是矿井内气体的统称。一般地说，地面空气的成分是一定的，它主要由氧(O_2)，氮(N_2)和二氧化碳(CO_2)三种气体组成。它们在空气中各占的体积百分比为：

氧	20.96%
氮	79.00% ^②
二氧化碳	0.04%

除上述气体外，地面空气中还含有水蒸汽、微生物、灰尘等。它们在空气中含量不定，但这并不影响地面空气的

① 《煤矿安全规程》以下简称《规程》。

② 氮含量中包括一些稀有气体（只占空气体积的0.94%）。

组成。

地面空气进入矿井后,在成分和性质上将发生下列变化:

- (1) 氧气含量减少;
- (2) 混入各种有害气体或爆炸性气体;
- (3) 混入煤尘及岩尘;
- (4) 空气的温度、湿度和压力也有变化。

由此可见,地面空气与井下空气是不同的。空气成分与地面空气成分相差不大或近似相同的矿内空气称为新鲜风流,如靠近进风侧的井底车场、运输石门及运输平巷等处的风流即是。成分和性质发生了变化的矿内空气,如经过采掘工作面流出的风流,称为污浊风流。

矿内空气的主要成分是:

一、氧(O_2)

1. 性质

氧气是无色无味无臭的气体,对空气的比重为1.11。它是非常活泼的元素,易使其他物质氧化,是人和动物呼吸,物质燃烧不可缺少的气体。因此,井下作业场所,人员通行和停留的地点,都必须有足够的氧。《规程》规定,在采掘工作面的进风流中,按体积计算,氧气不得低于20%。

2. 对人体的影响

人呼吸所需要的氧量,在静止时为0.25升/分,在行走和劳动时增至1~3升/分。空气中氧含量减少对人体的影响如表1-1所示。

在通风不良的巷道,火区附近巷道,采空区的旧巷,大量涌出沼气或二氧化碳的巷道,以及停风的独头巷道内,氧的浓度可能很低(有时达1~3%),如不检查氧浓度冒然进入,可能窒息死亡。

表 1-1 空气中氧含量减少对人体的影响

空气中氧含量 (%)	人 体 的 反 应
17	静止时无影响，但工作时能引起喘息，呼吸困难
15	呼吸及脉搏跳动急促，感觉及判断能力减弱，失
10~12	去劳动力失去理智，时间稍长即有生命危险

3. 井下空气中，氧含量减少的主要原因

- (1) 煤及坑木等的氧化；
- (2) 井下火灾，瓦斯或煤尘的爆炸；
- (3) 矿井中因各种气体的放出而相对地降低了氧含量；
- (4) 人的呼吸。

4. 检查方法

- (1) 使用AJY-1型氧气检定器；
- (2) 利用氧气检定管；
- (3) 井下采取气样，送化验室分析。

二、氮(N₂)

氮是一种无色、无味、无臭的气体，比重0.97，不助燃，也不能供人呼吸。在正常情况下，氮对人体无害，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。

井下氮的来源：有机物（坑木）的腐烂；爆破工作（一公斤硝化甘油爆炸生成135升氮）；从煤层及围岩中放出。

在通风正常的巷道中氮含量一般变化不大，采空区及废弃的旧巷内因不通风可能积聚大量的氮。

检查氮的方法是采取气样送化验室分析。

三、二氧化碳(CO₂)

二氧化碳在大气中含量极少，所以对人体无害。但是在井下由于煤和坑木的氧化，爆破工作，人员呼吸以及从煤层和岩层中放出，都会产生多量的二氧化碳。尤其是矿井发生火灾或瓦斯、煤尘爆炸时，生成的二氧化碳量更多，这些二氧化碳参入风流中便可能达到有害的浓度。

1. 对人体的危害

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用，当肺泡中二氧化碳浓度增加时，能刺激呼吸神经中枢，引起呼吸频率和呼吸量增加。肺泡中二氧化碳浓度每增加 0.2%，呼吸量增加一倍。另外，井下空气中二氧化碳浓度过大时，又会相对地使氧含量降低形成缺氧，使人中毒或窒息。空气中二氧化碳含量的变化对人体的影响如表 1-2 所示。

表 1-2 空气中二氧化碳含量对人体的影响

空气内二氧化碳含量 (%)	人 体 的 反 应
1	呼吸感到急促
3	呼吸量增加二倍，易发生疲劳现象
5	呼吸感到困难，耳鸣，感到血液流动很快
10	头昏，发生昏迷状态
10~20	呼吸处于停顿状态，失去知觉
20~25	中毒死亡

二氧化碳是无色、无臭，略有酸味的气体，易溶于水。比重为1.52，比空气重。因此，常积存于巷道的底部或下山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。在恢复旧井巷，打开密闭区时更要提高警惕。已

经停止通风的旧巷不允许进入，以免发生二氧化碳中毒窒息事故。

为了防止二氧化碳的危害，《规程》规定，在矿井总进风和采掘工作面进风中，按体积计算，二氧化碳不得超过0.5%；在总回风流中不得超过0.75%。在采区掘进工作面回风流中的二氧化碳允许达到1%。

2. 检测方法

二氧化碳气体靠人的直观感觉是很难觉察到的。目前，多采用光学瓦斯检定器直接检测二氧化碳的浓度（见井下瓦斯章）。另外可在井下采取气样送化验室分析。

第二节 井下主要有害气体

井下主要有毒气体有一氧化碳、硫化氢、二氧化氮和二氧化硫。主要爆炸性气体有甲烷（沼气）、氢和甲烷同系物（乙烷、丙烷…等）。

一、一氧化碳（CO）

矿井在正常情况下，除爆破过程中可能产生少量一氧化碳外，一般很少出现。不过一旦发生瓦斯、煤尘爆炸，火灾，甚至是最初起的自燃热源，都会生成大量的一氧化碳。瓦斯爆炸后气样分析表明：单纯沼气爆炸，生成的一氧化碳浓度为2%；沼气煤尘同时爆炸，生成的一氧化碳浓度可达3%，甚至达到5~6%。而且瓦斯煤尘爆炸，火灾事故的后果统计表明：70~75%的遇难者是一氧化碳中毒。因此，在有自然发火的矿井、存在火区的矿井，尤其是矿井处于瓦斯煤尘爆炸的非常时刻，必须十分注意一氧化碳的出没情况，以便采取有效的措施。

1. 对人体的危害

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体，比重是0.97，所以它较均匀地分布在巷道的整个断面内。一氧化碳是剧毒气体，日常生活中的煤气中毒，就是一氧化碳中毒。一氧化碳在空气中的含量达到0.4%时，在很短时间内，就会使人丧失知觉或死亡。这是因为人体血液中的血红蛋白与一氧化碳的结合能力要大于它与氧气结合能力的250~300倍。当人们吸入含有一氧化碳的空气后，一氧化碳替换氧被血液吸收，造成人体内的氧化过程即能量代谢过程减弱，出现中毒症状，严重时导致死亡。

一氧化碳中毒的症状：轻微中毒时，头发沉，额部发紧，头晕，耳鸣，两眼冒金花、发黑，流泪；严重中毒时，除有轻微中毒时的各种症状外，并有恶心，呕吐，脉搏加快等症状；致命中毒时，先是出现痉挛，相继而来的是丧失知觉和呼吸停顿。

2. 影响中毒程度的因素

一氧化碳中毒速度和程度取决于：

- (1) 空气中一氧化碳浓度；
- (2) 人的呼吸频率和吸气量，频率和吸气量越高中毒越快；
- (3) 是否连续吸入一氧化碳，间断吸入一氧化碳（例如吸烟）时，并不中毒；
- (4) 中毒程度随吸入一氧化碳的时间增加而加重。

不同浓度与时间下的中毒症状如表1-3所示。

《规程》规定，井下空气中一氧化碳浓度不得超过0.0024%，按重量计不得超过30毫克/米³。

3. 井下一氧化碳的来源

- (1) 爆破作业时，一千克炸药能产生40升一氧化碳；

表 1-3 不同一氧化碳浓度、吸入时间的中毒症状

一氧化碳浓度%	中毒时间	症 状
0.02	2~3小时	轻微头疼
0.04	1~2小时	头疼、眩晕
0.08	45分	头疼、眩晕、恶心呕吐、痉挛
0.10	60分	昏 迷
0.16	20分	头疼、眩晕、恶心、呕吐
	120分	死 亡
0.32	5~10分	头疼、眩晕
	30分	死 亡
0.64	1~2分	头疼、眩晕
	10~15分	死 亡
1.28	1~3分	死 亡

(2) 矿井发生火灾时,木材及其他材料燃烧,特别是不完全燃烧时有大量一氧化碳生成,1米³木材能够产生500米³一氧化碳;

(3) 煤的自燃与燃烧时;

(4) 用水灭火时;

(5) 发生瓦斯及煤尘爆炸时,一般在瓦斯煤尘爆炸后,灾区气样中一氧化碳浓度达1~6%。

4. 检测方法

1) 使用 DCOY 型 一 氧 化 碳 测 定 仪。该仪器为矿用安全火花型,测量范围 0~100ppm, 0~500ppm, 1ppm=0.0001%。

2) 比长式一氧化碳检定管,用此测定时需要的仪器有

抽气唧筒，秒表和一氧化碳检定管如图1-1所示。

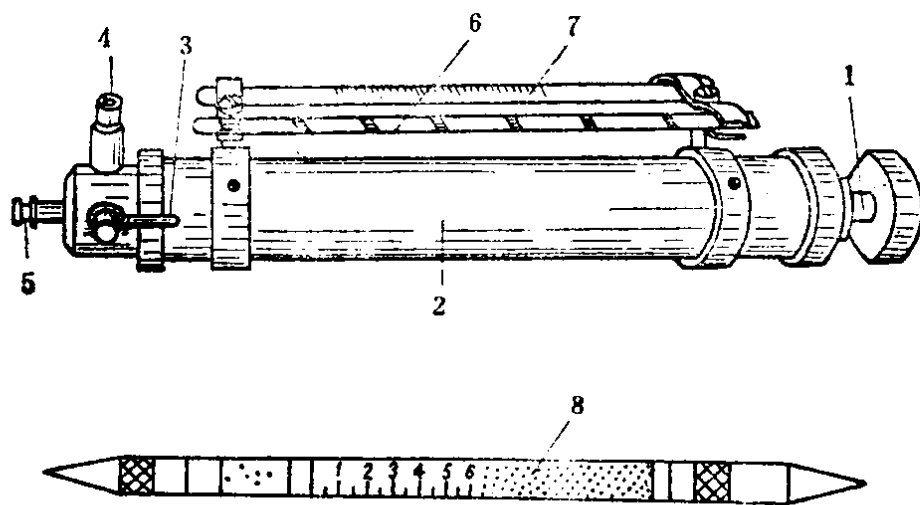


图 1-1 一氧化碳检定器

1—活塞把手；2—抽气唧筒；3—三通开关把手；4—气体入口；5—气体出口；6—比色管；7—温度计；8—检定管

比长式一氧化碳检定管的原理是，玻璃管中利用吸附五氧化二碘 (I_2O_5) 和发烟硫酸的硅胶作指示剂，当含有一氧化碳的气体通过检定管时，管中的指示剂与一氧化碳接触起化学反应 (CO 将 I_2O_5 还原)，产生一个棕色变色圈（游离碘），变色圈的长度与通过检定管的气体中的一氧化碳浓度成正比。因此，变色圈的长度便指示出一氧化碳浓度。这种检测方法的优点是直接快速，所以在矿井普遍采用。具体使用方法如下：

(1) 采取空气试样。将抽气唧筒活塞在测定地点往复抽送2~3次，使唧筒内原来存在的空气被待测气样所置换。

(2) 送入气体试样。把检定管两端的玻璃封口打开，将有黑色物质的一端插入抽气唧筒的插孔。然后把采样唧筒中50毫升气样用100秒钟均匀地送入检定管。这样气样中含有一氧化碳便与指示剂起反应，产生一个变色圈。

(3) 读值。按变色圈上端所指示的长度，由检定管上的刻度直接读出一氧化碳浓度。

对于微量（低于 0.001%）一氧化碳，在测定时可把气体试样送入的时间增大 2~10 倍，再观察其结果。若送气时间增大 10 倍，得出结果为 0.002%，则实际浓度为 0.0002%。也可增加送气次数，然后把所得浓度值被送气次数除，同样得出微量一氧化碳的真实浓度。

3) 在井下采取气样，送地面化验室分析。

4) 气相色谱仪分析气样。

5) 一些地方小煤矿利用小鸟、小白鼠等动物，预报一氧化碳的危险性。这种方法主要是利用了这些小动物呼吸频率高，抵抗一氧化碳能力弱，对一氧化碳反应比人灵敏的生理特点。例如一氧化碳浓度为 0.1% 时，小鸟 7~12 分钟就会倒下。

二、硫化氢 (H_2S)

硫化氢是一种无色、略带甜味和腐鸡蛋臭的气体，比重为 1.19。井下的硫化氢气体，一般是由于坑木腐烂，含硫矿物遇水分解而生成的。因为它有易溶于水的特性，所以常积存于老空积水中。矿井一旦发生涌水事故，常常会放出大量的硫化氢，毒化井下空气，威胁工作人员安全。我国个别矿井硫化氢吸附于煤层内，在采煤过程中便会不断涌出，给生产带来严重威胁，甚至危害工人的身体健康。

1. 对人体的危害

硫化氢是剧毒气体，它能使人的中枢神经中毒，引起延髓中枢麻痹，而损伤神经系统。另外对粘膜有强烈刺激作用，能伤害眼睛和呼吸器官。其对人体的毒害见表 1-4。

《规程》规定：井下空气中硫化氢的最高允许浓度为

表 1-4 硫化氢对人体的毒害

硫化氢浓度		中毒症状
% (体积)	毫克/升	
0.01	0.14	流清鼻涕、呼吸困难、结膜炎、头晕
0.02	0.28	眼、鼻、喉时刺激痛、头疼、呕吐、瞳孔缩小、四肢无力、神志不清、眼底网膜充血
0.05	0.70	30分钟即可失去知觉、瞳孔放大、脸色苍白，窒息，不救即死
0.07	0.98	可以致命
0.10	1.40	几分钟即可死亡

0.00066% (体积) 或10毫克/米³ (重量)。这是指长期在这种环境下工作也不致受害的安全浓度。

2. 检测方法

当硫化氢在空气中的浓度为0.0001%时即可嗅到臭鸡蛋味，浓度在0.0027%时气味最强。超过0.0027%时，人的嗅觉因受到过分刺激而失灵，因此依靠人的嗅觉去发现硫化氢的存在是不可靠的。其检测方法如下。

1) 使用硫化氢检定管检查其浓度，其方法基本与一氧化碳检定管使用方法相同。

2) 井下采集气样，送化验室分析。

3. 消除其危害的措施

1) 加强通风，定期检查。

2) 利用喷雾器 (在放炮后、落煤和装煤期间) 喷洒浓度为1%的碱水或石灰水。如其中加湿润剂 (洗衣粉)，效果会更好。此法适用于硫化氢涌出量不大时。

3) 向煤内注碱水。鹤壁矿务局试验表明，注入3%浓度

的碱水或3%浓度的石灰水，可以使硫化氢分别减少32%与15%。如果1%的碱水中加入0.2%的环氧乙烷（湿润剂），硫化氢可减少67%。煤壁注水钻孔直径为42毫米，孔深为2米，孔间距为2~2.5米，采用胶圈机械式封孔器，注水泵为3DS1.8/200。该法用于硫化氢泄出量大的区段。

4) 水采时，在高压水中加入0.5~1%的石灰水，取得了非常好的消除效果。

5) 个体保护，在硫化氢大量泄出时对保护人员安全具有重要意义。抚顺安全仪器厂生产的硫化氢型自救器，是过滤式的，滤毒罐内装有可以吸收硫化氢的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

三、二氧化氮 (NO_2)

二氧化氮是红褐色，具有特殊气味的气体。它是井下放炮时火药爆炸的产物，比重1.57，常存在于巷道的下部。为了防止其毒害，《规程》规定，风流中二氧化氮的最大允许浓度为0.00025%（体积）或5毫克/米³（重量）。

1. 对人体的危害

二氧化氮遇水后生成硝酸，所以对人的眼、鼻、呼吸器官、肺组织具有强烈的腐蚀作用，特别是破坏肺组织很易引起肺浮肿。当空气中二氧化氮浓度为0.006%时，短时间内即对呼吸器官有刺激作用，咳嗽，胸部发痛。浓度为0.025%时，可以很快使人死亡。二氧化氮中毒的特点是，起初无感觉，经过6~24小时后才出现中毒症状。即使在危险浓度下，起初也只是感觉呼吸道受刺激，咳嗽，吐黄痰，但经过6~24小时后肺部浮肿，呕吐，呼吸困难，以致很快死亡。二氧化氮中毒者的特点是手指头及头发变黄。二氧化氮中毒表现如表1-5所示。

2. 检测方法

表 1-5 浓度与中毒症状

二氧化氮浓度 % (体积)	中毒症状
0.004	2~4小时后有咳嗽症状
0.006	短时间即感到喉受刺激, 咳嗽胸疼
0.01	短时间出现严重咳嗽, 支气管刺激声带痉挛, 恶心, 呕吐, 腹疼, 泄肚, 神经麻木
0.025	短时间作用即会很快地死亡

(1) 使用二氧化氮检定管;

(2) 井下采集气样送化验室分析。

四、二氧化硫(SO₂)

在煤矿中, 二氧化硫是一种极少见的气体。但是在有的矿区从煤层或围岩中放出二氧化硫, 其危害比较突出。二氧化硫是一种无色, 但有强烈硫磺味及酸味的气体, 易溶于水, 比重大(2.2), 所以经常积聚在巷道底部。二氧化硫的其它来源尚有: 含硫矿物的缓慢氧化及自燃; 在含硫的岩层中进行爆破工作; 井下电缆及橡胶类物品燃烧等。

1. 对人体的危害

二氧化硫遇水后生成硫酸, 所以对眼睛有强烈的刺激作用, 对人的呼吸器官也有强烈的腐蚀作用。当空气中二氧化硫浓度为0.0005%时, 嗅觉器官能闻到刺激味; 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, 将可能引起急性支气管炎, 肺水肿, 短时间内中毒死亡。所以《规程》规定, 井下空气中二氧化硫含量不得超过0.0005%(体积)或15毫克/米³(重量)。