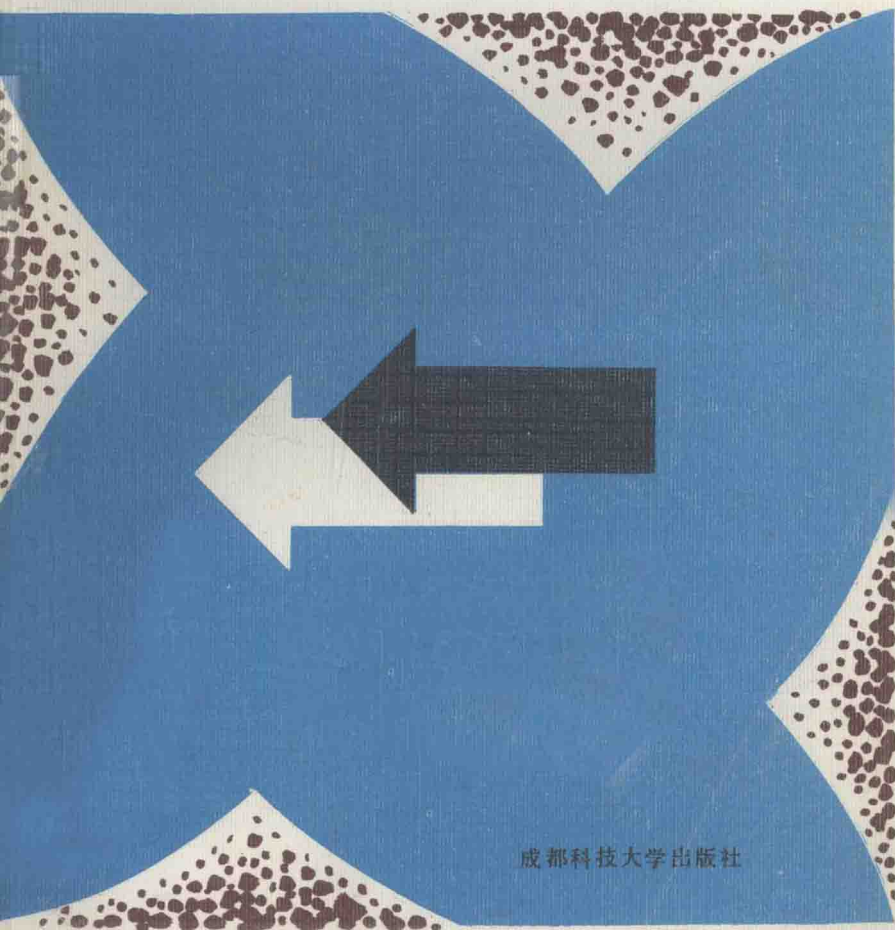


矿井通风防尘

周询远 徐石铮 汪德淇 编著



成都科技大学出版社

矿井通风防尘

周洵远 徐石铮 汪德淇 编著

成都科技大学出版社

内 容 简 介

本书按“金属矿床地下开采”专业专科教学计划的要求编写，系统阐述了矿井通风基本理论，着重介绍了有关通风管理和检测方面的基本知识，并引入了电子计算机应用新技术。

本书可作专科学校采矿专业教材，也可供从事地下开采工作的工程技术人员参考。

矿 井 通 风 防 尘

周洵远 徐石铮 汪德洪 编著

成都科技大学出版社出版发行

四川省新华书店经销

成都市小天印刷厂印刷

开本：787×1092mm 1/32 印张：10.75

1987年12月第1版 1988年11月第1次印刷

字数：240千字

印数：1—1500

ISBN7-5616-0243-X/TD·5(课)

定价：2.13元

前 言

为适应高等教育多层次发展的需要，按“金属矿床地下开采”专业专科教学计划及大纲要求编写了本书。考虑专科的培养目标在系统阐述基本理论的前提下，书中介绍了通风设计基本方法，并着重介绍了通风管理和检测方面的知识，每章安排了复习题。对于一些比较成熟的新技术，如电子计算机解算矿井通风网路及扇风机联合工作、新型矿用扇风机、降氧技术等，书中都作了必要的阐述。

本书由云南矿冶专科学校周洵远主编，一至五章由徐石铮编写，六至九章由汪德洪编写。对于书中的缺点及错误敬请批评指出。

全书由昆明工学院赵梓成教授审阅，特此感谢。

目 录

前 言

第一章 矿内大气	1
第一节 概述	1
第二节 矿内的主要有毒气体	3
第三节 放射性元素产生的有害物质	8
第四节 矽尘及其危害	10
第五节 矿内气候条件	11
第六节 矿内大气与矿井通风	15
第七节 矿内大气的检查	16
第二章 矿井风流的压力	25
第一节 风流的点压力	25
第二节 矿井通风的压差	30
第三节 伯努利方程式在矿井 通风中的应用	36
第四节 矿井压差梯度图	42
第五节 矿内空气压力的测定	47
第三章 矿井风流的阻力	57
第一节 矿井风流的流动状态与阻力定律	57
第二节 摩擦阻力	60
第三节 局部阻力和正面阻力	66
第四节 矿井通风阻力的特性	70

第五节	风速实测方法	75
第四章	矿井风流的自然分配	82
第一节	串联通风网路	82
第二节	并联通风网路	83
第三节	角联通风网路	88
第四节	矿井通风网路风量自然分配的 总规律	92
第五节	复杂通风网路解算	93
第六节	用电子计算机解算通风网路	103
第五章	自然通风	115
第一节	产生自然通风的原因	115
第二节	自然压差的计算	117
第三节	自然压差的测定	119
第四节	自然通风的特性	123
第六章	矿井扇风机	127
第一节	扇风机的类型、构造及工作原理	127
第二节	扇风机的特性	129
第三节	扇风机的联合工作	142
第四节	自然通风对扇风机工作的影响	145
第五节	应用电子计算机解算扇风机工作	146
第七章	矿井漏风	172
第一节	漏风的概念	172
第二节	漏风对矿井通风的影响	173
第三节	克服漏风的措施	178
第八章	矿井风流的管理	181
第一节	矿井风量调节	181

第二节	通风构筑物	191
第三节	矿井风流的管理	195
第四节	矿井通风图的绘制	201
第九章	掘进工作面通风	209
第一节	局部通风方法	209
第二节	风筒	216
第三节	局扇通风设计	219
第十章	矿井通风设计	227
第一节	矿井通风设计的任务与内容	227
第二节	工作面所需风量计算	229
第三节	通风系统的拟定	237
第四节	风量分配与调节	244
第五节	全矿总压差计算	249
第六节	主要扇风机的选择	253
第七节	矿井通风费用预算	255
第八节	矿井风流的预热及冷却	256
第十一章	矿井通风系统的检查	263
第一节	衡量矿井通风系统效果的标准	263
第二节	风量实测	266
第三节	压差测量	268
第四节	扇风机效率实测	285
第十二章	矿井防尘	288
第一节	矿尘的来源	288
第二节	粉尘的性质	290
第三节	通风除尘与风流净化	294
第四节	防尘供水	298

第五节	采掘工作面防尘	303
第六节	溜井防尘	309
第七节	个体防护	311
第十三章	排氮通风	316
第一节	概述	316
第二节	矿井氮析出量	318
第三节	铀矿通风	321
第四节	非铀矿井的排氮通风	322
附录		328

第一章 矿内大气

第一节 概 述

地表空气是由氧、氮及二氧化碳组成的，其体积比分别为20.96%、79.00%及0.04%。此外还含有微量的水蒸气、微生物与灰尘等。

人们长期生活在一定的温度、压力及湿度的大气环境中，每当这种环境一旦改变，人们就会不舒服，以致影响健康甚至危及生命。

矿井里的环境有所不同，不仅空气有限，而且只有少数出口与地表相通，井下氧气的补给困难，而且长期缓慢的氧化现象，消耗着氧并产生二氧化碳，此外还会出现一些有毒有害气体及矿尘，这些都会直接危害井下工人的健康和全。所以在生产的同时，除了不断降低矿内空气中有毒有害气体及矿尘含量外，还应不断地送入足够的新鲜空气，排出废旧空气，造成适宜的气候条件，为井下各工作地点创造一个良好的工作环境，以保证安全生产。这个工作就是矿井通风与防尘。

与地面空气相比，若井下空气成分变化不大就称为新鲜空气，如进风巷道中的风流；反之则称为污浊风流，如回风道中的风流。矿内空气的主要成分是：

1. 氧 (O_2)

是一种无色、无味的气体，比重为1.11。人对氧的需要

量是随人的体质强弱及劳动强度大小而定。休息时，所需的氧量不少于0.25l/min；行走和劳动时则为1~3l/min。

因此，井下工作必须供给有足够氧气的新鲜空气（见表1-1）。我国矿山安全规程规定：在总进风和采掘工作面进风中，按体积计算，氧气含量不应低于20%。

表1-1 人体对空气中含氧量减少的反应

空气中含氧量%	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，失去劳动力。
10~12	失去理智，时间稍长即有生命危险。
6~9	失去知觉，呼吸停止，心脏在几分钟内尚能跳动，不进行急救会导致死亡。

表1-2 人体对空气中CO₂含量的反应

空气中CO ₂ 含量%	人 体 的 反 应
1	呼吸感到急促
3	呼吸量增加两倍，并很快发生疲劳
5	呼吸感到困难，耳鸣，血液流动快（太阳穴跳动快）
6	发生严重喘息，极度虚弱无力
10	头晕，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

2. 二氧化碳 (CO_2)

是一种无色略带酸臭味的气体,比重为1.52,因此容易聚集在巷道底部或下山盲巷没有风流的地方,井下空气中 CO_2 浓度过大时,对人有刺激作用,使人中毒或窒息(表1-2)。

为了防止 CO_2 的危害,安全规程规定:在总进风和采掘工作面进风中,按体积计算, CO_2 含量不得超过0.5%。

3. 氮 (N_2)

是一种无色、无味的气体,比重0.97。在正常情况下,氮对人体无害,但当空气中氮含量增加时,会使氧含量相对减少,而使人窒息。

在矿井里,由于矿岩及木材等缓慢氧化,不断地消耗大量氧气,并产生 CO_2 。在通风不良的地方,尤其是火灾地区及采空区附近,以及有 CO_2 放出的独头巷道,氧的含量可能会降低到1~3%。所以进入巷道前,应该进行检查,贸然进入,有窒息的危险。

第二节 矿内的主要有毒气体

一、爆破及内燃设备产生的主要有毒气体

爆破后人们不能立即进入工作面,因为现代各种工业炸药的爆炸分解都是建立在可燃物质(如碳、氢、氧等)气化的基础上的。炸药爆炸时产生的炮烟,除含有水蒸气和氮外,还含二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物等有毒有害气体。若炮烟不能及时排出,就会危害矿工的健康和安全。

柴油是由碳(按重量85~86%)、氢(13~14%)和硫

(0.05~0.7%)组成的。柴油的燃烧一般不是理想的完全燃烧,会产生很多局部氧化和不燃烧的东西。所以,柴油设备排出的废气是多种成分的混合物,以一氧化氮、二氧化氮、一氧化碳、醛类和油烟等成分为主,毒性较大,于人不和利。一般柴油机废气中的氮氧化合物浓度按体积计为0.005~0.025%,一氧化碳为0.016~0.048%。

1. 一氧化碳(CO)

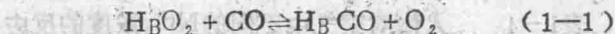
是一种无色无味的气体,比重.97,与空气重量相近,易于均匀散布在巷道中,不用仪器测定很难察觉。

CO是一种极毒的气体,在井下中毒事故中,由它引起的事和故所占比例较大。这是因为它与人体血色素的亲合力比氧大250~300倍,即血液吸收CO的速度比吸收氧要快。当人体吸入的空气含有CO时,人体内循环的不是氧素血色素(HbO_2),而是碳素血色素 $HbCO$,使人患缺氧症(表1—3)。当血液中CO达到饱和时,就完全失去输送氧的能力,使人死亡。但是,氧、一氧化碳与血色素之间的反应是可以互相转

表1-3 人体对空气中不同的CO浓度的反应

CO浓度		对 人 体 的 反 应
mg/l	体积%	
0.2	0.016	连续呼吸数小时,人感到耳鸣、头痛等。当吸入新鲜空气后,即恢复正常。
0.6	0.048	连续呼吸一小时,就会感到耳鸣、头痛、心跳。
1.6	0.128	连续呼吸0.5~1小时,四肢无力,呕吐,感觉迟钝,丧失行动能力。
5.0	0.4	连续呼吸20~30分钟,丧失知觉,呼吸停顿,以致死亡。
12.5	1.0	1~2分钟死亡。

换的。如下式:



这说明空气中的一氧化碳CO含量过高会妨碍人体吸收氧;反之,有足够的氧气也会排出人体内的CO。因此发生CO中毒时只要吸入新鲜空气,就会减轻中毒程度。所以对CO中毒者应尽快转移到新鲜风流处进行人工呼吸。

安全规程规定:井下作业点空气中CO浓度不得超过0.0024%,按质量计不得超过0.03mg/l。这个允许浓度远小于表1—3中有轻微症状的中毒浓度。安全规程规定,爆破后在连续不断送入新鲜风流的情况下,CO浓度降到0.02%时,就可以进入工作面。

若经常在CO超过允许浓度的环境中工作,虽不会发生急性病状,但由于血液长期缺氧和中枢神经系统受到伤害,会引起慢性中毒。另外,发生井下火灾时,由于氧气供应不充分,会产生大量的CO。

2. 氮氧化物

爆破和柴油机废气中的一氧化氮是极不稳定的气体,在空气中容易转化为二氧化氮(NO₂)。它是一种褐红色气体,比重1.57,NO₂遇水后生成硝酸,对人的眼、鼻、呼吸道和肺部组织具有强烈的腐蚀作用,甚至会引起肺部浮肿。

NO₂中毒往往要经过6~24小时后才出现征兆。即使在危险浓度下,起初也只有呼吸道受到刺激,6~24小时后,就会发生严重的支气管炎,呼吸困难,吐黄痰,发生肺水肿,呕吐,以致很快死亡。

安全规程规定:井下作业点空气中NO₂的浓度不得超过0.00025%(换算为N₂O₅的氮化物为0.0001%)。按质量计

不得超过0.005mg/l。

表1-4 人体对空气中不同的NO₂浓度的反应

二氧化氮浓度		对 人 体 的 反 应
mg/l	体积%	
0.08	0.004	经过2~4小时还不会引起显著的中毒现象。
0.12	0.006	短时间对呼吸道有刺激作用，咳嗽，胸痛。
0.20	0.01	短时间呼吸器官引起强烈刺激作用，剧烈咳嗽，声带痉挛性收缩，呕吐，神经系统麻木。
0.51	0.025	短时间内死亡。

二、含硫矿床产生的有毒气体

在含硫矿床的矿井里，眼和鼻会有特殊感觉，这是因为硫化矿物被水分解产生硫化氢以及含硫矿物的缓慢氧化、自燃和爆破等产生的二氧化硫所引起的。

1. 硫化氢 (H₂S)

表1-5 人体对空气中不同的H₂S浓度的反应

H ₂ S的浓度		对 人 体 的 反 应
mg/l	体积%	
0.14	0.01	数小时后，发生轻度中毒，流唾液，滴鼻涕，瞳孔放大，呼吸困难。
0.28	0.02	一小时后昏迷头痛，呕吐，四肢无力。
0.7	0.05	30分钟到一小时失去知觉，痉挛，脸色发白，不急救就死亡。
1.4	0.10	很快有死亡的危险。

是一种无色的气体，比重1.19，具有臭鸡蛋及微甜味。

当空气中含量为0.0001~0.0002%时，可以明显地感到它的臭味。易溶于水，能燃烧。性极毒，能使人体血液中毒。并对眼膜及呼吸系统有强烈的刺激作用（表1—5）。

安全规程规定：矿内作业点空气中 H_2S 的含量不得超过0.00066%。应当注意到， H_2S 容易出现在一些老硐中，由于它的比重大，易溶于水，很容易聚集在老硐的水塘中，稍遇搅动，就会放出。

2. 二氧化硫 (SO_2)

是一种无色的气体，具有强烈的烧硫磺味，比重2.2，易溶于水。对人有刺激作用（表1—6），当空气中浓度为0.0005%时，嗅觉器官会感到刺激。它与呼吸道潮湿的表皮接触后，能产生硫酸，对呼吸器官有腐蚀作用，使喉咙、支气管发炎，呼吸麻痹，严重时引起肺水肿。所以， SO_2 中毒的伤员不能进行人工呼吸。

表1—6 人体对空气中不同的 SO_2 浓度的反应

SO_2 浓度 mg/l 体积%		对 人 体 的 反 应
0.057	0.002	对眼睛和呼吸气管有强烈的刺激，引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉痛等现象。
1.43	0.05	引起急性支气管炎，肺水肿，短期内中毒死亡。

安全规程规定：矿内作业点空气中 SO_2 的含量不得超过0.0005%。

第三节 放射性元素产生的有害物质

一、氡及其危害

自然界存在很多放射性元素，它们在不断地进行衰变，并不断放出各种射线。一种原子核放出射线后，变成另一种原子核，称为放射性衰变。现已查明，自然界存在铀、钍、镭三个衰变系，在衰变过程中，它们都有一个在常温常压下以气体形式存在的放射性元素，其中铀系中的氡容易对井下工作人员造成危害。

地壳中铀的含量大约是百万分之三，有的富集成具有开采价值的铀矿。铀几乎在所有岩石中都能找到它的踪迹，所以在空气中也能普遍发现氡的踪迹，在井下空气中还会出现相当高的氡的浓度。因此，认为只有在铀矿井中才需要防氡的看法是片面的。

氡是一种无色无味的情性气体，比重8.1，能溶于水及油，在空气中具有相当强的扩散能力。氡对人体无直接危害，但氡子体呈固态颗粒形式，粒径为0.001~0.05微米，具有一定的荷电性，有很强的附着能力。因此在空气中容易与粉尘结合形成“放射性气溶胶”，它被吸入人体后，氡及其子体继续衰变放射出 α 射线，长期作用能使支气管和肺组织产生慢性损伤，据认为它是导致矿工患肺癌的原因之一。

实践证明，即使在铀矿山， γ 射线对人体的照射也很弱。所谓矿井的放射性防护是针对被吸入人体的氡及其子体放射

的 α 射线而言的。

二、矿内大气中氡的来源

岩石中铀的不断衰变，便不断产生氡气。并从岩石裸露表面进入空气。所以，在铀品位不变的情况下，岩石的自由面越多，析出的氡也就越多。实践说明通风不好的非铀矿井、岩石裂隙及有大量充填物的采空区中，往往也存在着高浓度的氡。当矿内气压低于岩石裂隙及采空区的气压时，氡就进入矿内空气中。

氡在水中的溶解度不大，但由于岩石裂隙中存在高浓度的氡，致使地下水溶解了大量的氡，一经流入矿井，促使氡从水中析出。

采矿及掘进都在不断地破碎岩石，随着矿岩裸露面的增加，也就增加了矿井氡的析出量。

三、氡及氡子体的最大允许浓度

衡量放射性强度的单位为贝可勒尔，简称贝可，用Bq表示。1Bq的含义是指在一秒钟内有一次原子核衰变。

放射性强度的单位曾经使用过“居里”(Ci)。一居里的放射性强度为 3.7×10^{10} 次衰变每秒，所以

$$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$$

空气中氡浓度的单位还使用过“艾曼”。一艾曼表示每一升空气中，每秒钟内发生3.7次衰变。则一立方米的空气中每秒钟发生3700次衰变。所以

$$1\text{艾曼} = 3.7\text{kBq/m}^3$$

或者说 $1 \times 10^{-10}\text{Ci/l} = 3.7\text{kBq/m}^3$

把不含子体的氡放入封闭的容器里，它就马上开始衰变，