

新编 **采矿**
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

矿井 通风与防尘

支学艺 张红婴 编著

KUANGJING TONGFENG YU FANGCHEN



化学工业出版社

新编 **采矿**
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

矿井 通风与防尘

支学艺 张红婴 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书侧重矿山现场通风与防尘技术的实际应用,全面介绍了矿井通风与防尘所涉及的技术与安全知识,主要内容包括矿井井下空气和通风阻力的测定,主要通风设备、通风网络、全矿井通风系统、风流控制、通风管理、矿山防尘等。作者结合自身多年的教学 and 实践经验,并根据相关规程对工程实际中的注意事项进行介绍,使本书更具实用性。

本书适合矿山有关工程技术人员以及相关安全生产和管理人员阅读,同时也可作为高等院校的教学用书,或企业职工培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井通风与防尘/支学艺,张红婴编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 2
(新编采矿实用技术丛书)
ISBN 978-7-122-16240-3

I. ①矿… II. ①支…②张… III. ①矿山通风②矿
井-除尘 IV. ①TD72②TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 002821 号

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 颜克俭
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张 15½ 字数 334 千字 2013 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

丛书前言

20 世纪以来，矿产资源被人类持续、大规模、掠夺性地开发，资源枯竭与社会需求的矛盾日显突出。如何保持矿产资源的可持续发展和利用已成为国家层面上的重要课题，而作为矿业工作者，我们的责任就在于如何更科学、合理、高效地开采矿业。

采矿工业是一种最基础的原材料工业，在人类现代文明的进程中，采矿工业是最早兴起的工业之一。采矿工程是一个庞大而且复杂的系统工程，牵涉面很广，综合性很强。除采矿方法本身以外，它由开拓、运输提升、供电、排水、充填、供气、供水和通风系统等 8 大系统构成，缺一不可。采矿生产是从地壳中将可利用物质开采出来的行为、过程或作业，直接为矿物加工工程提供矿石，然后成为能源、冶金、化工、建材等行业的原料。而要完成这样一种工程行为，劳动者和管理者必须对采矿工艺流程和支撑采矿工程的相关专业知识有足够的了解和掌握。

《新编采矿实用技术丛书》（下简称《丛书》）是在原《采矿实用技术丛书》的基础上重新编著的。《丛书》根据我国矿山企业生产的发展特点和实际需求进行改编，增加了采矿生产技术的最新研究成果，并新增了矿山法律法规解读和矿山数字化方面的内容。全书共有 11 个分册，即《矿床地下开采》、《矿床露天开采》、《矿山地压测试技术》、《井巷工程》、《矿山工程爆破》、《矿井运输与提升》、《矿井通风与防尘》、《矿山安全工程》、《矿山工程机械》、《计算机在矿业中的应用》和《矿山安全生产法规读本》。

《丛书》结合矿山生产实际，强调实用性与可操作性。从采矿的基础知识入手，深入浅出，图文并茂，通俗易懂，可读性强。《丛书》分册作者具有多年的教学和科研实践经验，从而使图书的内容更符合矿山技术人员的需求，也为生产管理人员提供了有益的借鉴。

《丛书》适合矿山采矿工程技术人员、劳动者、矿山企业领导、技术和安全生产管理人员阅读，也可作为矿山企业采矿工程的培训教材。同时，也可选作矿业类大专院校相关专业教材或教学参考书。

编者

前言

矿井通风与防尘是确保矿山安全生产的主要内容，培养一支理论知识扎实、实践能力强的通风防尘工程技术人才队伍是做好矿井通风与防尘的保证。目前矿井通风与防尘教材大部分是针对煤矿编写的，尤其缺乏针对金属、非金属矿山现场工程技术人员参考用书。

《矿井通风与防尘》是《新编采矿实用技术丛书》的一种。

本书侧重现场矿井通风与防尘工程应用技术。书中系统地阐述了井下空气的成分、性质和检测；矿井风流运动规律；矿井通风阻力的类型、计算与测定；矿用通风机类型与选型；矿井通风网络种类和风量分配；矿井通风系统的类型与设计；矿井通风管理与检查技术；矿井防尘主要论述矿尘性质，以风、水为主的综合防尘技术等内容。本书可以作为高等院校采矿工程专业、安全工程专业教学用书，也可作为金属、非金属矿山工程技术人员的培训教材，可供矿山采矿、安全和管理及有关工程技术人员参考。

本书由江西理工大学支学艺、张红婴编著，其中支学艺编写了第1~8章，张红婴编写了第9~12章。赖春明、张弛、刘伟、徐绍梅、蒋先成、吴圆、柯伟、吴永波等同志在收集资料、绘图等方面做了大量工作。特别对参考文献的作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处难免，欢迎读者批评指正。

编著者

第1章

矿井大气

1

1.1 矿井空气的主要成分	1
1.2 矿井空气中常见的有害气体	3
1.2.1 有毒气体的来源	3
1.2.2 常见有毒气体的性质	4
1.2.3 矿井空气中有害气体的安全浓度标准	6
1.2.4 有毒气体中毒时的急救	7
1.2.5 有毒气体的测定	7
1.3 放射性气体	8
1.4 矿井气候条件	10
1.4.1 矿井空气的湿度、含湿量	11
1.4.2 矿井空气温度	12
1.4.3 井下气候条件的舒适性	13
1.4.4 矿井气候条件的改善	15

第2章

矿井风流的基本性质与运动能量方程

16

2.1 矿井空气的密度及计算	16
2.2 矿井空气压力及测定	17
2.2.1 空气压力	17
2.2.2 矿井空气压力的测定	19
2.3 矿井风流的流动	22
2.3.1 矿井风流的流动状态	22
2.3.2 矿井风流的流速及测定	23
2.3.3 矿井风流的流动形式	28
2.4 矿井风流流动的能量方程式	30
2.4.1 不可压缩性实际流体能量方程式	30
2.4.2 能量方程在通风阻力测定中的应用	32
2.4.3 能量方程式在分析通风动力与阻力关系时的应用	33
2.4.4 有分支风路的能量方程式	39

2.4.5 可压缩性实际流体能量方程式	40
---------------------------	----

第3章	43
矿井通风阻力	

3.1 概述	43
3.2 摩擦阻力	43
3.3 局部阻力和正面阻力	48
3.3.1 局部阻力	48
3.3.2 正面阻力	50
3.4 降低井巷通风阻力的方法	51
3.5 井巷等积孔与井巷风阻特性曲线	52

第4章	55
矿井自然通风	

4.1 矿井自然通风的基本概念	55
4.2 矿井自然风压的计算	56
4.2.1 流体静力学方法	56
4.2.2 热力学方法	57
4.3 矿井自然风压的测定	58
4.4 矿井自然通风的特性	59
4.5 矿井自然通风的利用与控制	61

第5章	63
矿井机械通风	

5.1 扇风机的构造与分类	63
5.2 扇风机的个体特性曲线	65
5.3 扇风机参数的比例定律	71
5.4 扇风机的类型特性曲线	73
5.5 扇风机联合作业	75

第6章	81
矿井风流基本定律和风量分配	

6.1 概述	81
6.2 串联、并联通风网路的基本性质	83
6.3 角联通风网路	86
6.4 复杂通风网路解算	88

6.5	应用电子计算机解算通风网路	90
6.6	矿井风量调节	94
6.6.1	并联网路的风量调节	94
6.6.2	复杂网路的风量调节	100
6.6.3	矿井总风量的调节	103

第7章

矿井通风系统 **106**

7.1	统一通风与分区通风	106
7.2	进风井与回风井的布局	109
7.3	主扇工作方式与安装地点	111
7.4	阶段通风网路结构	114
7.5	采场通风网路及通风方法	116
7.6	矿井通风构筑物	118
7.7	通风系统的漏风及有效风量	125

第8章

矿井局部通风 **128**

8.1	局部通风的方法	128
8.2	局扇通风计算	131
8.3	长巷道、天井、竖井掘进时的通风	135

第9章

矿井通风系统设计 **141**

9.1	矿井通风设计的任务与内容	141
9.2	矿井通风系统选择的原则	142
9.3	全矿所需风量的计算	143
9.4	矿井风量分配	149
9.5	全矿通风阻力计算	150
9.6	矿井通风设备的选择	152
9.7	通风井巷经济断面的选择	153
9.8	通风设计经济部分的编制	154

第10章

矿井通风管理与监测 **156**

10.1	矿井通风管理与监测的主要内容	156
------	----------------------	-----

10.2	矿井总风量和风量分配的测定	157
10.3	矿井通风阻力的测定	158
10.4	主扇工况测定	167
10.5	矿井通风系统自动化管理	170
10.6	矿井通风系统测定鉴定指标	172

第11章

矿井通风技术的新发展

176

11.1	深热矿井降温技术	176
11.1.1	矿井热源	176
11.1.2	非人工制冷降温技术	178
11.1.3	人工制冷降温技术	180
11.2	矿井通风自动化	183
11.2.1	矿井通风网络软件	183
11.2.2	矿井通风仿真系统	185
11.2.3	矿井通风自动化监测与管理技术	188
11.3	矿井通风系统的可靠性	189

第12章

矿井防尘技术

195

12.1	矿井粉尘的产生、性质及其危害	195
12.2	矿井综合防尘技术	200
12.2.1	通风防尘	201
12.2.2	湿式作业防尘	204
12.2.3	密闭抽尘及净化	217
12.2.4	个体防护	228

附录

231

附录 I	常用压力单位互换表	231
附录 II	用不完全的棚架支护的巷道摩擦阻力系数 $\alpha (\times 10^3)$ 值表	231
附录 III	稳流扩散系数值	232
附录 IV	平巷天井采场通风井等摩擦阻力系数 (α) 表	232
附录 V	提升竖井摩擦阻力系数	233

参考文献

235

第1章

矿井大气

1.1 矿井空气的主要成分

地面空气一般由以下主要气体混合组成：

气体	质量分数	体积分数
氧	23.17%	20.90%
氮	75.55%	78.13%
二氧化碳	0.05%	0.03%
其他稀有气体	1.28%	0.94%

此外，地面空气中尚含有一定量的水蒸气、微生物与灰尘等。

在地球上，经常进行一系列气体的产生和消失的化学物理的反应过程。往往由于这些过程的相互作用，而使空气的主要成分保持不变。如动物吸气时吸进氧，呼气时放出二氧化碳；而植物的光合作用则相反，吸收二氧化碳，放出氧气。在局部地区（如工业区和城市区），地面空气往往被自然界和人们生活、生产过程产生的各种烟尘及有毒有害气体所污染。但由于地面空气的存在量十分巨大（ $5.1 \times 10^{15} \text{ t}$ ），并具有特别大的流动性和一定的扩散性，因此地面空气的主要成分仍能保持稳定不变。然而，从环境保护的角度出发，对于局部污染严重地区，三废（废气、废渣、废水）的处理问题应引起足够的重视，必须采取切实可行的防护措施。

正常的地面空气进入矿井后，当其成分与地面空气成分相同或近似，符合安全卫生标准时，称为矿井新鲜空气。由于井下生产过程产生了各种有毒有害的物质，使矿井空气成分发生一系列变化。其表现为：含氧量降低，二氧化碳量增高，并混入了矿尘和有毒有害气体（如 CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 ），空气的温度、湿度和压力也发生了变化等。这种充满在矿井巷道中的各种气体、矿尘和杂质的混合物，统称为矿井污浊空气。

矿井空气的主要成分是氧、氮和二氧化碳。而氮为惰性气体，在井下变化很小。

（1）氧 O_2 氧为无色、无味、无臭的气体，相对密度为 1.11。它是一种非常活泼的元素，能与很多元素起氧化反应，能帮助物质燃烧和供人和动物呼吸，是空气中不可缺少的气体。

当氧与其他元素化合时，一般是发生放热反应，放热量决定于参与反应物质的量和成分，而与反应速率无关。当反应速率缓慢时，所放出的热量往往被周围物质所吸收，而无显著的热力变化现象。

人体维持正常的生命过程所需的氧量，取决于人的体质、神经与肌肉的紧张程度。休息时需氧量为 $0.25\text{L}/\text{min}$ ，工作和行走时为 $1\sim 3\text{L}/\text{min}$ 。

空气中的氧气浓度直接影响着人体健康和生命安全，当氧气浓度降低时，人体就会产生不良反应，严重者会缺氧窒息甚至死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧气浓度（体积分数）/%	人体主要症状
17	静止状态无影响，工作时会感到喘息、呼吸困难和强烈心跳
15	呼吸及心跳急促，无力进行劳动
10~12	失去知觉，昏迷，有生命危险
6~9	短时间内失去知觉，呼吸停止，可能导致死亡

地面空气进入井下后，氧气浓度会有所降低，氧气浓度降低的主要原因有：人员呼吸；坑木和其他有机物的缓慢氧化；爆破工作；井下火灾、矿尘爆炸；矿岩和生产中产生其他有害气体等。

在正常通风的井巷和工作面中，氧气浓度与地面相比一般变化不大，不会对人体造成太大影响。但在井下盲巷、通风不良的巷道中或发生火灾、爆炸事故后，应特别注意对氧气浓度的检查，以防发生窒息事故。

我国金属非金属矿山安全规程规定，矿井空气中氧含量不得低于 20%。

(2) 二氧化碳 CO_2 二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体，相对密度为 1.52，是一种较重的气体，很难与空气均匀混合，故常积存在巷道的底部，在静止的空气中明显的分界。二氧化碳不助燃，也不能供人呼吸，易溶于水，生成碳酸，使水溶液成弱酸性，对眼鼻、喉黏膜有刺激作用。

二氧化碳对人的呼吸起刺激作用。当肺气泡中二氧化碳增加 2% 时，人的呼吸量就增加一倍，人在快步行走和紧张工作时感到喘气和呼吸频率增加，就是因为人体内氧化过程加快后，二氧化碳生成量增加，使血液酸度加大刺激神经中枢，因而引起频繁呼吸。在有毒气体（譬如 CO 、 H_2S ）中毒人员急救时，最好首先使其吸入含 5% CO_2 的氧气，以增强肺部的呼吸。

当空气中的二氧化碳浓度过高时，将使空气中的氧气含量相对降低，轻则使人呼吸加快，呼吸量增加，严重时也能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度对人体的危害程度如表 1-2 所示。

二氧化碳比空气重，常常积聚在矿井的巷道底板、水仓、盲巷、采空区及通风不良处。

矿井中二氧化碳的主要来源有：有机物的氧化；人员呼吸；井下爆破；井下火灾；爆炸等。有时也能从矿岩中大量涌出，甚至与岩石一起突然喷出，给安全生产造成重大影响。

表 1-2 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

二氧化碳浓度（体积分数）/%	人体主要症状
1	呼吸加深，急促
3	呼吸急促，心跳加快，头痛，很快疲劳
5	呼吸困难，头痛，恶心，耳鸣
10	头痛，头昏，呼吸困难，昏迷
10~20	呼吸停顿，失去知觉，时间稍长会死亡
20~25	短时间中毒死亡

二氧化碳窒息同缺氧窒息一样，都是造成矿井人员伤亡的重要原因之一。

我国金属非金属矿山安全规程规定：有人工作或可能有人到达的井巷，二氧化碳不得大于 0.5%；总回风流中，二氧化碳不超过 1%。

(3) 氮气 (N_2) 氮气是无色、无味、无臭的惰性气体，相对密度为 0.97，微溶于水，不助燃，无毒，不能供人呼吸。

氮气在正常情况下对人体无害，但当空气中的氮气浓度增加时，会相应降低氧气浓度，人会因缺氧而窒息。在井下废弃旧巷或封闭的采空区中，有可能积存氮气。矿井中的氮气主要来源于：井下爆破；有机物的腐烂；天然生成的氮气从矿岩中涌出等。

1.2 矿井空气中常见的有害气体

金属矿山井下常见的对安全生产威胁最大的有毒气体有：一氧化碳 (CO)、二氧化氮 (NO_2)，二氧化硫 (SO_2)、硫化氢 (H_2S) 等。

1.2.1 有毒气体的来源

(1) 爆破时所产生的炮烟 炸药在井下爆炸后，产生大量的有毒有害气体，种类和数量与炸药的性质、爆炸条件与介质有关。在一般情况下，产生的主要成分大部分为一氧化碳和氮氧化合物。如果将爆破后产生的二氧化氮，按 1L 二氧化氮折合 6.5L 一氧化碳计算，则 1kg 炸药爆破后所产生的有毒气体（相当于一氧化碳量）为 80~120L。

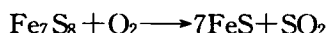
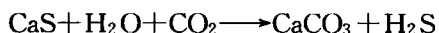
(2) 柴油机工作时产生的废气 柴油机的废气成分很复杂，它是柴油在高温高压下燃烧时所产生的各种有毒有害气体的混合物。一般情况下有氮氧化物，含氧碳氢化合物、低碳氧化合物、油烟等，但其中的主要成分为氧化氮、一氧化碳、醛类和油烟等。柴油机排放的废气量由于受各种因素的影响，变化较大，没有统一标准，1975 年原一机部、冶金部召开的废气净化座谈会上，提出了坑内矿用柴油机废气排放指标，列入表 1-3。当管理不善时，柴油机释放的废气往往超过上述指标，恶化井下空气。

表 1-3 坑内柴油机废气排放指标

单位: g/(kW·h)

成分	1.35 系列柴油机	105 系列柴油机
CO	10.06	10.06
NO _x	6.71	8.05
CH	1.34	1.34

(3) 硫化矿物的氧化 在开采高硫矿床时, 由于硫化矿物缓慢氧化除产生大量的热外, 还会产生二氧化硫和硫化氢气体, 如:



在含硫矿岩中进行爆破工作, 或硫化矿尘爆炸以及坑木腐烂和硫化矿物水解, 都会产生硫化气体 (SO₂, H₂S)。

(4) 井下火灾 当井下失火引起坑木燃烧时, 会产生大量一氧化碳, 如一架棚子 (直径为 180mm, 长 2.1m 的立柱两根和一根长 2.4m 的横梁, 体积为 0.17cm³) 燃烧所产生的 CO 约 97m³, 这样多的 CO 足使断面为 4~5m² 的巷道在 2km 长范围以内的空气中 CO 含量达到致命的数量。

在煤矿中瓦斯和煤尘爆炸, 也会产生大量的一氧化碳, 往往成为重大死亡事故的主要原因。

1.2.2 常见有毒气体的性质

(1) 一氧化碳 CO 一氧化碳是无色、无味、无臭的气体, 对空气的相对密度为 0.97, 故能均匀地散布于空气中, 不用特殊仪器不易察觉。一氧化碳微溶于水, 一般化学性质不活泼, 但浓度在 13%~75% 时能引起爆炸。

一氧化碳极毒: 当空气中 CO 浓度为 0.4% 时, 在很短时间内人就会失去知觉, 抢救不及时就会中毒死亡。

日常生活中的“煤气中毒”就是 CO 中毒。一氧化碳的毒性: 人体血液中的血红蛋白是专门从肺部吸收空气中的氧气以维持人体的需要, 而血红蛋白有另外一种特性, 就是它与一氧化碳的亲合力超过它与氧的亲合力的 250~300 倍, 由此, 当人体吸入含一氧化碳的空气后, 一氧化碳很快与血红蛋白相结合, 这就大大降低了血红蛋白吸收氧的能力。使人体各部分组织和细胞产生缺氧现象, 引起窒息和血液中毒, 严重时造成死亡。

一氧化碳的中毒程度和中毒快慢与下列因素有关。

① 空气中一氧化碳的浓度。人处于静止状态时, CO 浓度与人中毒程度关系如表 1-4 所示。

② 与含有 CO 的空气接触时间。接触时间愈长, 血液内 CO 量就愈大, 中毒就愈深。

③ 呼吸频率与呼吸深度。人在繁重工作或精神紧张时, 呼吸急促, 频率高, 呼吸深度也大, 中毒就快。

表 1-4 一氧化碳浓度与人体中毒程度的关系

中毒程度	中毒时间	CO 浓度 (mg/L)	CO(体积 分数) / %	中毒特征
无征兆或有轻微征兆	数小时	0.2	0.016	无征兆或有轻微征兆
轻微中毒	1h 以内	0.6	0.048	耳鸣、心跳、头昏、头痛
严重中毒	0.5~1h	1.6	0.128	头痛、耳鸣、心跳、四肢无力、哭闹、 呕吐
致命中毒	短时间内	5.0	0.400	丧失知觉、呼吸停顿

④ 与人的体质和体格有关。人们经常处于 CO 略微超过允许浓度的条件下工作时,虽短时间不会发生急性病兆,但由于血液和组织长期轻度缺氧,以及对神经中枢的伤害,会引起头痛、胃口不好、记忆力衰退及失眠等慢性中毒病症。

我国《金属非金属矿山安全规程》规定:矿井空气中 CO 浓度不得超过 0.0024% (体积分数),按重量计算不得超过 0.03mg/L。爆破后,在通风机连续运转条件下,CO 的浓度降至 0.02% 时。就可以进入工作面了。

(2) 氮氧化物 NO₂ 炸药爆炸可产生大量的一氧化氮和二氧化氮,其中的一氧化氮极不稳定,遇空气中的氧即转化为二氧化氮。

二氧化氮是一种红褐色有强烈窒息性的气体。对空气的相对密度为 1.57,易溶于水,而生成腐蚀性很强的硝酸。所以它对人的眼、鼻、呼吸道及肺组织有强烈的腐蚀作用,对人体危害最大的是破坏肺部组织,引起肺水肿。

二氧化氮中毒后有较长的潜伏期,初期没有什么感觉(经过 4~12h 甚至 24h 以后才发生中毒征兆),即使在危险的浓度下,初期也只是感觉呼吸道受刺激,开始咳嗽,吐黄痰,呼吸困难,以致很快死亡。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系如表 1-5 所示。

表 1-5 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

二氧化氮浓度 (体积分数) / %	主要症状
0.004	2~4h 内不致显著中毒,6h 后出现中毒症状,咳嗽
0.006	短时间内喉咙感到刺激、咳嗽、胸痛
0.01	强烈刺激呼吸器官,严重者咳嗽、呕吐、腹泻、神经麻木
0.025	短时间即可致死

矿井中二氧化氮的主要来源是爆破工作。炸药爆破时会产生一系列氮氧化物,如一氧化氮(遇空气即转化为二氧化氮)、二氧化氮等,是炮烟的主要成分。我国金属非金属矿山安全规程规定,NO₂ 浓度不得超过 0.00025%。

(3) 硫化氢 H₂S 硫化氢是一种无色、有臭鸡蛋味的气体。它对空气的相对密度为 1.19,易溶于水。通常情况下,一个体积的水中,能溶解 2.5 个体积的 H₂S,故它常积存于巷道的积水中。硫化氢能燃烧,当浓度达到 6% 时,具有爆炸性。

硫化氢具有很强的毒性,能使血液中毒,对眼睛黏膜及呼吸道有强烈的刺激作用。硫化氢的中毒程度与浓度的关系如表 1-6 所示。

表 1-6 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

硫化氢浓度（体积分数）/%	主 要 症 状
0.0001	有强烈臭鸡蛋味
0.01	流唾液和清鼻涕，瞳孔放大，呼吸困难
0.05	0.5~1h 严重中毒，失去知觉、抽筋、瞳孔变大，甚至死亡
0.1	短时间内死亡

矿井中硫化氢的主要来源有：坑木等有机物腐烂；含硫矿物的水化；从老空区和旧巷道积水中放出。

我国《金属非金属矿山安全规程》（以下简称《规程》）中规定：井下空气中硫化氢含量不得超过 0.00066%。

(4) 二氧化硫 SO_2 二氧化硫是一种无色、有强烈硫黄味的气体，易溶于水，对空气的相对密度为 2.2，常存在于巷道的底部，对眼睛有强烈刺激作用。

二氧化硫有剧毒。空气中的二氧化硫遇水后生成硫酸，对眼睛有刺激作用，矿工们将其称为“瞎眼气体”。此外，也能对呼吸道的黏膜产生强烈的刺激作用，引起喉炎和肺水肿。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系如表 1-7 所示。

表 1-7 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

二氧化硫浓度（体积分数）/%	主 要 症 状
0.0005	嗅到刺激性气味
0.002	头痛、眼睛红肿、流泪、喉痛
0.05	引起急性支气管炎和肺水肿，短时间内有生命危险

矿井中二氧化硫的主要来源有：含硫矿物的氧化与燃烧；在含硫矿物中爆破；从含硫煤体中涌出。

我国《规程》规定：空气中 SO_2 含量不得超过 0.0005%。

(5) 氨气 (NH_3) 氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，相对密度为 0.6，易溶于水。当空气中的氨气浓度达到 30% 时遇火有爆炸性。

氨气有剧毒。它对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用，可引起喉头水肿，严重时失去知觉，以致死亡。

氨气主要是在矿井发生火灾或爆炸事故时产生。

(6) 氢气 (H_2) 氢气无色、无味、无毒，相对密度为 0.07，是井下最轻的有害气体。空气中氢气浓度达到 4%~74% 时具有爆炸危险。

井下氢气的主要来源是蓄电池充电。此外，矿井发生火灾和爆炸事故中也会产生。

1.2.3 矿井空气中有害气体的安全浓度标准

为了防止有害气体对人体和安全生产造成危害，《规程》中对其安全浓度（允许浓度）标准做了明确规定，其中主要有毒气体的浓度标准如表 1-8 所示。

表 1-8 矿井空气中有害气体最高允许浓度

有害气体名称	符号	最高允许浓度/%
一氧化碳	CO	0.0024
氧化氮（换算成二氧化氮）	NO ₂	0.00025
二氧化硫	SO ₂	0.0005
硫化氢	H ₂ S	0.00066
氨	NH ₃	0.004

此外,《规程》还规定:井下充电室风流中以及局部积聚处的氢气浓度不得超过 0.5%。

通过上述有害气体的安全浓度标准可以看出,最高允许浓度的制定都留有较大的安全系数,只要在矿井生产中严格遵守《规程》规定,不违章作业,人身安全是完全有保障的。

1.2.4 有毒气体中毒时的急救

当井下工作人员遇到有毒气体中毒或缺氧时,应立即抢救,以便及早脱离危险,保障其生命安全。

中毒时的急救措施,可按下列方法:

- ① 立即将中毒者移至新鲜空气处或地表;
- ② 将患者口中一切妨碍呼吸的东西如假牙、黏液、泥土除去,将衣领及腰带松开;
- ③ 使患者保暖;
- ④ 为排除患者体内的毒物,应给患者输氧。当 CO、H₂S 中毒时,最好在纯氧中加 5% 的 CO₂,以刺激呼吸中枢神经,增强呼吸能力,促使毒气排出体外。当 SO₂ 和 NO₂ 中毒时,进行人工呼吸应特别注意,因为患者中毒后会引发肺水肿,所以施行人工呼吸时应尽量避免对患者肺部的刺激,以免加剧肺部浮肿,特别是 NO₂ 中毒时。只能用拉舌头的人工呼吸法刺激神经引起呼吸,并在喉部注入碱性溶液 (NaHCO₃ 即小苏打水),以减轻肺水肿现象。
- ⑤ H₂S 中毒时用浸有氯水的棉花或手帕,放在患者的嘴或鼻旁,或者给中毒者喝稀氯水溶液,利用药物解毒。

1.2.5 有毒气体的测定

有毒气体测定方法很多,因有毒气体对人危害甚大,应以快速准确的测定法为宜,现场广为采用的测定方法为检定管快速测定法。

检定管快速测定法所使用的仪器有检定管、抽气唧筒和秒表。

检定管检定各种有害气体的原理,是根据待测气体与检定管中的指示剂发生化学变化后变色的深浅或长度来确定。以变色深浅来确定有毒气体浓度者为比色法,以变色长度确定浓度者为比长法。指示剂是根据所测有毒气体的性质来配制。目前我国所生产的检定管有测一氧化碳、硫化氢、氧化氮等数种。

抽气唧筒（图 1-1），用于采集试样。容积为 50mL，活塞杆上每 5mL 有刻度，有一个三通开关。当开关把手在水平位置时，入口与唧筒相通，当把手在垂直位置时唧筒与出口相通。

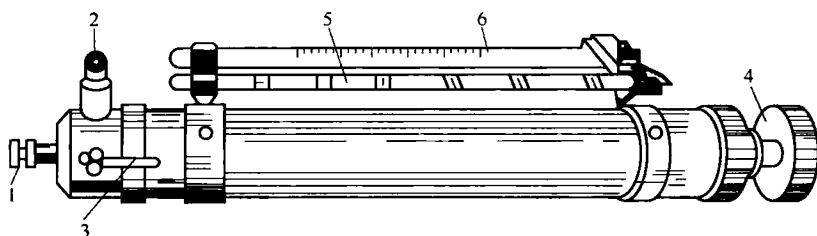


图 1-1 抽气唧筒

1—气体入口；2—检定管插孔；3—三通阀阀把；
4—活塞柱；5—比色板；6—温度计

测定步骤：

- ① 将检定管玻璃封口锯开，插在抽气唧筒出口上；
- ② 将唧筒的三通开关转到水平位置，抽取待测气体 50mL；
- ③ 将三通开关转到垂直位置，用 100s 时间缓慢压送唧筒内待测气体，使之均匀通过检定管。此时管中指示剂起化学反应，改变颜色，颜色变化的深浅与标准比色板相比，即可得出气体浓度。若用比长检定管，根据其变色的长短即可确定待测气体浓度。

目前，柴油机在井下逐步推广使用，测定 CO、NO 就更为重要了。一般使用的仪表有红外线 CO 分析仪、红外线 NO 分析仪。

1.3 放射性气体

开采铀矿床及含铀、钍伴生的金属矿床时，必须注意对空气中的放射性气体氡、氡的防护。事实上，除钍品位甚高的矿山和处理工厂中可能出现氡浓度超过国家规定的最大允许浓度外，矿井空气中的氡一般不会对人体造成伤害性影响。因此矿井空气中对工人造成危害的放射性气体主要是氡及其子体。

（1）氡及其子体的性质 氡是一种无色、无味、透明的放射性气体，其半衰期为 3.825d。氡是一种惰性气体，一般不参加化学反应。氡能溶于水、油类、有机溶剂及其他溶剂，它在脂肪中的溶解度为在水中溶解度的 125 倍。氡也能被固体物质所吸附，吸附力最强的是活性炭。

氡及氡子体是放射性元素。在铀镭衰变系中，铀衰变成镭，镭又衰变成氡，氡又继续按下述规律衰变：

