

416122

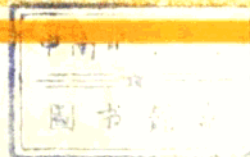
高等学校试用教材

勘探掘进学

(第二分册)

通风与装岩运输

武汉地质学院 刘昭明 张国屏 编



地质出版社

Handwritten signature or mark.

高等学校试用教材

勘探掘进学

(第二分册)

通风与装岩运输

武汉地质学院

刘昭明 张国屏 编

地质出版社

内 容 提 要

《勘探掘进学》共三个分册。第一分册《钻眼爆破》、第二分册《通风与装岩运输》、第三分册《井巷掘进与支护》。本册为第二分册，主要内容包括：井巷通风的基本理论、通风方法、通风设备和防尘、(附排水、压气)、装载设备、运输设备和提升设备。

本书为地质类高等院校勘探掘进专业试用教材，亦可作为井巷工程技术人员及高等院校有关专业的教学参考书。

勘 探 掘 进 学 (第二分册)

通风与装岩运输

武汉地质学院 刘昭明 张国屏 编

责任编辑 高澜庆 李怀宇 等

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：21⁷/₈字数：518,000

1981年9月北京第一版·1981年9月北京第一次印刷

印数1—2,500册·定价3.30元

统一书号：15038·教129

前 言

本书是根据地质高等院校勘探掘进专业教学计划和《勘探掘进学》教学大纲的要求编写的。全书共分三册。内容包括岩石物理力学性质及分级、钻眼爆破、通风、压气、排水与装岩运输提升、井巷掘进与支护。

教材编写本着加强基础理论、兼顾实践，反映当前国内外先进科学技术成就与经验。在精选内容的基础上，系统地介绍了勘探掘进技术有关的专业基本理论和施工工艺。

编写采用的资料，除来源于地质系统各地质勘探队，探矿机械厂及本专业历年教学与科研积累的资料外，还大量参阅和选取了冶金、煤炭和铁道系统各高等院校的教材、以及国内外有关科研单位的科研成果和报道资料。在编写过程中，地质部教育司、探矿司、北京钢铁学院、地质科学院勘探技术研究所、四川地质局、山西地质局、长春地质学院、成都地质学院、昆明地质学校和浙江地质局技校等单位的许多同志给予大力支持，并参加审稿讨论，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

本书由武汉地质学院勘探掘进教研室编写。参加编写的人员有：张天锡（第一篇）、魏伴云（第二篇）、陈庆寿（第三篇）、刘昭明（第四篇）、张国屏（第五篇）、吴力文（第六篇）、孟澍森（第七篇）。最后由北京钢铁学院于亚伦、丁钦贡、冯铭汉、龙维祺、李怀宇、高澜庆、周鹏里、丁预展、虞汉良、方祖烈和陈新万等审查定稿。

由于编者受水平限制，书中难免存在不少缺点或错误，诚恳欢迎读者批评指出。

编 者

1980年12月

目 录

第四篇 通风、排水、压气

第十四章 通风	2
第一节 概述	2
第二节 矿内大气	4
第三节 井巷风流的基本理论与测定	13
第四节 井巷通风阻力	30
第五节 平巷局部通风方法与风量的确定	37
第六节 局部通风机与风筒	48
第七节 平巷局部通风设备的选择计算	69
第八节 井筒掘进通风及特殊条件下的掘进通风	76
第九节 防尘	86
第十五章 排水	102
第一节 概述	102
第二节 离心式水泵	103
第三节 气泡泵与喷射泵	117
第四节 井筒掘进时排水设备的选择计算	119
第五节 排水设备的运转与维护	125
第十六章 压气	127
第一节 概述	127
第二节 往复式空气泵压缩机	129
第三节 压气系统的测试	143
第四节 空压机与输气管路的选择计算	148
第五节 压气系统的安装注意事项与运转和维护	151

第五篇 装载、运输、提升

第十七章 装载	155
第一节 装载机概述	155
第二节 装岩机	156
第三节 耙斗式装载机	174
第四节 耙爪式装载机	178
第五节 装运卸机	181
第六节 装载机生产率及装载机的分析述评	203
第七节 转载调车方法与设备	211
第八节 梭式矿车	216
第十八章 运输	232
第一节 轨道	232
第二节 矿车	244

第三节	机车运输	253
第四节	柴油机车（机械）的废气净化	279
第十九章	提升	288
第一节	概述	288
第二节	提升容器	289
第三节	钢丝绳	296
第四节	提升机、天轮、井架	302
第五节	单绳提升机与井筒相对位置确定	309
第六节	提升设备运动学	313
第七节	提升设备动力学	319
第八节	提升设备的电力拖动	325
第九节	探井提升施工技术	330
参考文献		344

第四篇 通风、排水、压气

在采掘生产中，通风、排水与提供压气是三项重要的工作。

随着生产的进行，爆破和装运等作业将产生各种有害有毒气体和粉尘。而且，井下空气与周围物体的热交换，状态的变化和滴水的蒸发又会恶化井巷内的气候条件。

井巷掘进和采矿时，如遇含水岩层，水就会流入掘进作业面而影响劳动条件。如果岩层中含有大量的溶洞水或老硐积水，当工作面与其贯通时将出现大量涌水，甚至酿成事故。

这些，将严重地影响井下人员身体健康和生命安全，降低劳动生产率。为了确保安全生产和采掘工作正常进行，必须采取措施创造良好的工作环境，掘进工作面的通风和排水就是其中的两项。压气是采掘生产中各种风动工具和设备的动力，需风地点能否获得足够的压气，直接关系着生产率的高低。

通风、排水与压气均以流体作为工作介质，三者共同的理论基础是流体力学。在工程上，通风与排水的工作介质可视为不可压缩流体，因此可按照有关不可压缩流体的流体力学理论进行计算。压气是将空气压缩成7—8个计示大气压以上，故除了一般流体力学理论外，尚需热力学的理论基础。

对于输送空气的设备，按其产生压力的大小可以分为：

通风机：小于0.1计示大气压

鼓风机：0.1—3计示大气压

压气机：大于3计示大气压

真空泵：小于0.5绝对大气压

通风与排水设备的工作原理和结构十分相似，只是由于工作介质的不同，它们之间才有所差异。通风的工作介质是空气，井下空气重度 1.2 公斤力/米^3 左右，排水的工作介质是水，清水重度为 1000 公斤力/米^3 。

本篇的重点放在通风部分。对于排水与压气部分着重于了解设备的工作原理、结构、性能，并掌握设备的选择使用与性能测试方法。

在通风一章中，关于设备部分的要求与排水、压气相同，在原理方面，还要求掌握掘进独头巷道时通风的基本理论，为此需与流体力学和空气动力学的部分内容紧密联系起来学习。这一内容将贯穿在第十四章通风的第三、四、五、六、九各节之中。

第十四章 通 风

第一节 概 述

一、通风工作的目的和内容

勘探巷道的掘进作业，是在地下几十米到几百米的有限空间内进行的，一般只有一个出口与地表相通。随着掘进施工的进行，井巷内产生了各种有害有毒气体及大量的岩矿粉尘。同时地下巷道内空气的湿度、温度也会发生变化而与地表不同。为保证劳动卫生与安全及高效率掘进，必须进行通风。其目的是：

（一）供给掘进井巷与工作面足够的新鲜空气

所谓新鲜空气，是指与地表大气相比其成分变化不大的空气。我国矿山安全规程规定：在新鲜风流中氧气的含量不得低于20%。

（二）稀释并排除各种有害有毒气体及粉尘

工作面爆破后，炸药会产生大量有毒气体，如CO，NO_x，……等。在掘进的各项作业中都会产生矿岩粉尘，有的粉尘如煤尘，还具有爆炸性。在某些岩石中施工时，还会遇到放射性物质。以上这些有毒有害物质严重地威胁着施工人员的健康和生命，因此必须用新鲜气流将这些物质稀释并排除。

（三）造成良好的气候条件

在地下施工时，没有阳光，湿度大，温度高，工人长期在这种条件下劳动，不但效率低，而且容易患各种职业病。为了保证工人的身体健康和提高劳动生产率，必须以适当的气流速度来调节井巷的温度与湿度。

为达到以上目的，通风工作的内容是：

1. 研究井巷内有毒有害气体与矿岩粉尘的生成、性质、分布及测试与消除的方法。
2. 研究井巷风流的运动规律，以便经济、有效地输送新鲜气流并排除井巷内的污浊气流。
3. 正确地择用通风方法与设备，以确保通风目的的实现。

二、矿井通风与局部通风的概念

（一）矿井通风的概念

矿井通风系统是以巷道作为空气流动的通道，一般都有两个或两个以上的风流出口及入口，如图14—1所示，新鲜风流自入风井口沿箭头方向进入，通过井下各巷道流到采掘工作面后，再沿回风巷道至出风井筒排出地面。空气之所以流动，是由于进风侧与出风侧存在着压力差。若这种压力差是由通风机造成的，则称为机械通风。若利用矿井的自然地形条件产生压力差，则称为自然通风。图14—2为自然通风示意图。平硐口与出风井口标高差为Z米，由于井外空气柱与井内空气柱温度不同，则空气的重度不同，在1，2两点单位面积上的压力不同，便产生了空气的流动。由自然因素造成的压力差称为自然风压，以

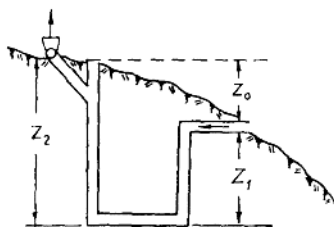


图 14—1 矿井通风示意图

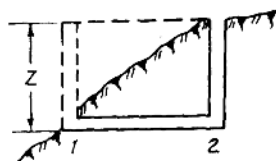


图 14—2 自然通风原理

h_n 表示。

$$h_n = \gamma Z - \gamma_1 Z \quad \text{公斤力/米}^2 \quad (14-1)$$

式中 γ ——地面空气的重度, $\frac{\text{公斤力}}{\text{米}^3}$;

γ_1 ——井筒内空气的平均重度, $\frac{\text{公斤力}}{\text{米}^3}$ 。

由式 (14-1) 知: 决定自然风压大小的主要因素是两侧空气的温度和井口的高差: 在冬季, 地面气温低, 故 $\gamma > \gamma_1$, 气流将自点 1 向点 2 方向流动, 经出风井排到地面。在夏季, 地面气温高于井筒内的平均气温, 故 $\gamma < \gamma_1$, 自然风压为负值, 气流沿相反的方向流动。在春秋季节, 地面气温与井筒内空气平均温度相差不大, 自然风压很小, 甚至风流停滞。在一些山区, 由于地面气温在一昼夜之间也有较大变化, 所以自然风压也会随之变化, 常有夜晚平硐进风, 午间平硐出风的现象。有时, 也利用两个井筒内空气温度差产生自然风压的原理, 在进风侧洒水降温; 或用地面锅炉的余热或废气加热出风井空气的温度, 来造成较大的自然风流。

由于井口的标高差越大, 自然风压越大, 因此可以充分利用地形, 将进风口与出风口布置在不同高度, 以造成有利的自然风压。

对于某些小型矿山, 可尽量利用自然通风, 但由于自然风压一般都比较小, 且不稳定, 所以, 凡有条件的矿井均宜采用机械通风。采用机械通风的矿井, 自然风压也是始终存在的, 有时有利, 有时不利, 随时影响着矿井通风工作, 因此在矿井通风的管理中, 应对自然风压给予充分的重视。

(二) 局部通风的概念

在勘探掘进巷道中, 往往只有一个通往地面的出口; 在生产探矿时, 是在地下掘进施工井巷, 也只有一个出口。这些只有一个出口的井巷称为独头巷道。独头巷道的通风叫做局部通风。

局部通风的方法有:

1. 扩散通风 不采用任何设施, 依靠新鲜风流的紊流扩散作用进行通风。这种方法只适用于掘进 10~15 米以内的独头工作面, 如在靠近新鲜风流的巷道处开掘穿脉短巷道或小断面硐室时采用。

2. 利用矿井总风压通风 在生产矿井中掘进独头巷道时, 往往利用风墙、风幛或风筒等设施将新鲜风流入独头工作面, 以排除其中污浊空气。如图 14-3a, 所示。

在 A-A 处设置带调节风窗的密闭门, 新鲜风流从风筒流入工作面, 改变调节窗的大小可

以改变独头工作面的风量。图14—3b, 为风墙结构图, 在木风墙接缝处应涂黄泥、粘土或水泥, 以减少漏风。长巷道时采用砖砌风墙, 在较短巷道可采用帆布或塑料风障。

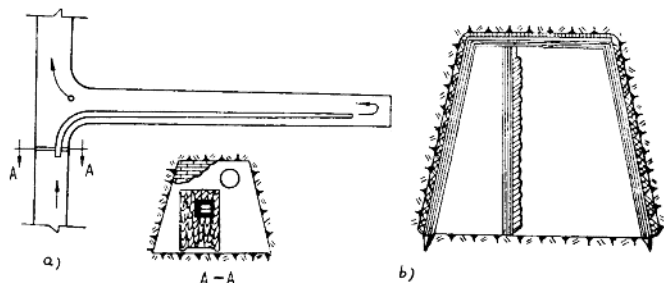


图 14—3

a—利用矿井总风压通风示意图; b—风墙结构图

3. 利用压力水或压气引射器通风

4. 利用局部通风机通风。

后二种局部通风方法将在第五节中详述。

第二节 矿内大气

地面空气是干空气与水蒸汽的混合物, 所谓纯干空气的成分如表 14—1 所示。水蒸汽约占 0.1~3% (按体积计)。此外还含有微量的灰尘和微生物等。

表 14—1

空气成分	按体积百分比	按重量百分比
氧	20.95%	23.14%
氮	78.09%	75.53%
二氧化碳	0.03%	0.05%
氢及其它稀有气体	0.93%	1.28%

由于地球上经常进行着气体产生和消灭的一系列化学物理反应过程, 如: 动物吸入氧气, 呼出二氧化碳, 而植物的光合作用则相反, 吸收二氧化碳, 放出氧气。又由于地面空气的存在量十分巨大, 约为 6×10^{15} 吨, 且具有很大的流动性和一定的扩散性, 因此地面空气的主要组成成分能保持稳定不变。但是, 从环境保护的角度出发, 对局部污染严重地区必须采取切实可行的防护措施。

地面空气进入地下井巷后, 便会发生一系列的变化, 其主要规律是: 含氧量降低, 二氧化碳量增高, 混入有毒有害气体和粉尘, 温度、湿度和压力也随之改变。

一、矿内空气的主要成分

(一) 氧气 O_2

氧气为无色、无味、无臭的气体, 对空气的比重为 1.11。它的化学性质很活泼, 能与很多元素起氧化反应。氧能助燃和供人与动物呼吸。氧对人的生命有密切关系, 人的生存

表 14-2

各主要有毒气体的来源、性质、危害及安全浓度

名称	来源	比重	色、味	溶水性	危害	中毒症状	安全浓度 %	预防	急救
一氧化碳 CO	爆破, 火灾, 内燃机运转。	0.97	无色、无味、无臭	微溶	极毒。CO与血红素的结合力比O ₂ 与血红素的结合力大250—300倍, 使血液中毒, 阻碍O ₂ 与血红素结合, 使人体缺氧窒息, 死亡。浓度达13—75%时, 有爆炸性。	轻微时: 耳鸣、头痛、心跳。严重时: 四肢无力, 呕吐, 丧失行动能力。致命中毒: 丧失知觉, 痉挛, 呼吸停顿, 假死。致命中毒浓度为0.4%	(体积比) <0.0016 (或16ppm) 短时间内: <0.02 (或200ppm)	放炮后喷雾, 加强通风。防止煤自燃, 瓦斯爆炸等事故的发生。	立即移到新鲜风流中, 进行人工呼吸, 注意保暖。
硫化氢 H ₂ S	有机物腐烂, 硫化矿物水解, 煤岩中放出, 不完全爆破。	1.19	无色、微甜、臭鸡蛋味, 0.0001%时可嗅到。	易溶	有强烈毒性。能使血液中毒, 对眼睛粘膜及呼吸系统有强烈刺激作用。当浓度达4.3—46%时, 有爆炸性。	浓度0.01—0.015%时, 流唾液和流鼻涕, 呼吸困难。浓度达0.02%时, 眼、鼻、喉受强烈刺激; 头痛、呕吐、四肢无力。浓度达0.05%时, 半小时失去知觉, 痉挛, 死亡。	<0.00066	向煤体注入石灰水(水采时可在水中加石灰), 加强通风。	立即移到新鲜风流中, 人工呼吸。喝稀氨水溶液解毒。用1%硼酸水(或明矾水)冲洗眼睛。
二氧化硫 SO ₂	含硫矿物氧化及自燃。含硫矿层中进行爆破。硫化矿尘爆炸。	2.2	有刺激臭及酸味	易溶	有强烈毒性。对眼、呼吸道有强烈腐蚀作用, 引起肺水肿。	浓度0.002%时, 引起眼红肿, 流泪、头痛、喉痛。浓度0.005%时, 引起急性支气管炎, 肺水肿, 在短时间内死亡。	<0.0007	预防火灾, 加强通风。	立即移到新鲜风流中, 人工呼吸。用1%硼酸水, 或弱明矾水冲洗眼睛。
二氧化氮 NO ₂	爆破工作。	1.57	棕红色、有刺激臭。	极易溶	有强烈毒性, 对眼、鼻、呼吸道有强烈刺激作用, 对肺组织起破坏作用, 引起肺浮肿。	浓度0.006%, 咳嗽胸部发痛。浓度0.01%, 剧烈咳嗽、呕吐, 神经系统麻木。浓度0.025%, 短时间内死亡。	<0.00025	加强通风。用水封爆破。喷雾洒水。	立即移到新鲜风流中, 人工呼吸。用1%硼酸水或弱明矾水冲洗眼睛。
氫 H ₂	蓄电池充电时放出	0.07	无色、无味、无臭		浓度达4—74%, 时有爆炸性。		<0.5	加强通风。	
沼气 CH ₄	煤层中涌出	0.654	无色、无味、无臭	难溶	浓度达5—16%时, 遇高温(650℃—750℃)会引起爆炸。		<1	加强通风	

是由于吃进食物与吸入空气中的氧在体内进行新陈代谢作用来维持。人体维持正常生命过程的需氧量取决于人的体质、精神状态和劳动强度等，一般在休息时平均需氧量为0.25升/分，工作和行走时为1~3升/分。井巷内空气中氧的含量是会不断减少的，因为矿内各种有机物（如木材）和无机物（矿物、岩石）的氧化，工作人员的呼吸及井巷内不断放出的有害气体也相对地降低了氧气的含量。当空气中含氧量减少到17%时，人们在工作时会引起喘息，呼吸困难和心跳；氧气减少到15%时会失去劳动能力；减少到10—12%时会失去理智，甚至威胁人的生命。因而进入通风不良或废旧巷道之前必须预先进行检查，不可冒然进入。我国矿山安全规程规定：在进风流中，按体积计的含氧量不得小于20%。

（二）二氧化碳 CO_2

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体，比重为1.52，故常聚于巷道底部。它不助燃也不能供人呼吸。它对人的呼吸有刺激作用，当肺泡中二氧化碳增加时，能刺激人的呼吸神经中枢，使呼吸频繁、呼吸量增加，因而在急救有毒气体受害者时，常常使其先吸入含5%二氧化碳的氧气，以增强肺部呼吸。但空气中二氧化碳浓度过高时，会使氧气浓度相对减少，引起人员缺氧窒息。当空气中二氧化碳浓度为1%时，人的呼吸感到急促；达到5%时，就会出现耳鸣、无力，呼吸困难等现象。矿内空气中二氧化碳浓度的增加是由于：有机物、无机物的氧化，矿井水与碳酸性岩石的分解作用，爆破工作……等。有的煤层还会短时间内喷出大量二氧化碳。我国矿山安全规程规定：有人工作的井巷， CO_2 含量不得超过0.5%；在总回风流中 CO_2 不得高于1%。

（三）氮 N_2

氮为无色、无味、无臭的惰性气体，比重0.97，不助燃也不供人呼吸，在正常情况下对人体无害，但在废旧巷道或隔离着的火区内，可积存大量氮气，使氧气浓度相对减少，致使人因缺氧而窒息。

二、矿内空气中的有害气体

采掘生产中常见的有害气体是：一氧化碳 CO ，二氧化硫 SO_2 ，二氧化氮 NO_2 ，硫化氢 H_2S ，氢气 H_2 ，煤矿中还有沼气 CH_4 （也称作瓦斯）。

（一）各主要有害气体的来源、性质、危害及安全浓度（见表14—2）

概括起来，这些有害气体的来源有两个方面：一是自然形成；一是人为造成（如爆破工作等）的。而控制有害气体的主要原则不外：预防、排除、抑制、密闭及稀释这五个方面。

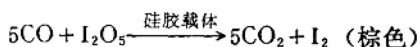
（二）有毒气体的检测

有毒气体对人体的危害很大，宜采用快速、准确的测定方法。下面仅介绍现场广泛采用的检定管快速测定法。

1. 检定管测定法的原理 待测的有毒气体与检定管中的指示剂发生化学变化以后，指示剂的变色深浅或变色长度随有毒气体的浓度而不同。以变色深浅来确定有毒气体浓度的叫作“比色法”；以变色长度来确定浓度的叫作“比长法”。比长法较准确、便宜。我国生产的检定管有测定 CO ， H_2S ， SO_2 ， NO ， NO_2 等数种。

2. 检定管测定法需用仪器 有抽气唧筒、秒表和气体检定管。图14—4为抽气唧筒，由铝合金管及气密性良好的活塞等组成，容积为50毫升。活塞杆上每5毫升有一刻度。三通阀的三个位置是，水平：抽取气体试样，垂直：与检定管插孔相通， 45° 位置：密闭。

气体检定管，以比长式 CO 检定管为例说明如下：检定管内装的指示剂是吸附五氧化二碘和发烟硫酸的硅胶，将其装于玻璃管中，当含有 CO 的气体通过检定管时，其中的指示剂与 CO 起化学反应，CO 将 I_2O_5 还原，产生一个棕色的变色圈（游离碘），变色圈的长度与通过检定管气体中的 CO 浓度成正比，故从检定管上的刻度可直接读出 CO 的浓度值。其化学反应式为：



为了消除乙烯、硫化氢、二氧化硫等气体的干扰，在检定管的前端，装有吸附 H_2S 和 SO_2 的黑色活性炭，以及消除 C_2H_4 的硫酸、硫酸银等消除剂。

3. 具体测定步骤 一般按下述进行：

(1) 采取空气试样。用抽气唧筒在测定地点先将活塞往复抽送 2~3 次，使唧筒内原来存在的空气被待测气体完全置换。

(2) 通入空气试样。将检定管两端的玻璃封口打开，把呈黑色的一端插入检定管插孔，然后将抽气唧筒内的 50 毫升气样，用 100 秒时间均匀注入检定管，则在指示剂上产生一个变色圈。

(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 CO 浓度。每一大格表示 0.01%，每一大格又分五小格，故每小格表示的浓度为 0.002%。

4. 测定注意事项 计有：

(1) 检定管打开后不要放置太久，以免影响准确性。

(2) 检定管应储放在阴凉处，不要碰破两端封口，否则不能再用。

(3) 检定管的测定范围是 0.001%~0.1%。对于浓度小于 0.001% 的微量 CO，测定时，可将气体试样送入的时间增大 2~10 倍，或增加送气次数，再观察结果。此时，实际浓度等于直接读数除以时间增大倍数，或除以送气次数。如：送气时间增大 10 倍，读数为 0.002%，则实际浓度为 0.0002%。当浓度大于 0.1% 时，应首先考虑测定人员的防毒措施，再进行测定。测定前，先准备一个胶皮气囊，其中装以新鲜空气。测定时，先抽取巷道中气样，再从气囊中抽取新鲜空气使之冲淡，实际的 CO 浓度为测定读数乘以冲淡的倍数。

三、粉尘

在采掘生产过程中所产生的一切细散矿物和岩石的颗粒统称为粉尘。粉尘又分浮尘与落尘，前者悬浮于空气中，后者沉落于巷道壁。粉尘是一种有害物质，危害人体的健康。它落于人的潮湿皮肤上时，有刺激作用，引起皮肤发炎，特别是硫化矿尘，它进入五官也会引起炎症。有毒矿尘（铅、砷、汞）进入人体还会引起中毒。粉尘的最大危害是：当人体长期吸入含有游离二氧化硅（ SiO_2 ）的粉尘时，会引起硅肺病。粉尘中游离 SiO_2 含量愈高，对人体危害越大。一般金属矿山游离 SiO_2 的含量在 30~70%，也有高达 90% 以上的。我国矿山安全规程中规定：当空气中粉尘含游离 SiO_2 高于 10% 时，粉尘浓度不得超过

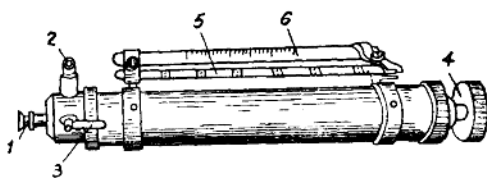


图 14-4 抽气唧筒

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

2毫克/米³；粉尘含游离SiO₂低于10%时，粉尘浓度不得超过10毫克/米³。有关防尘问题将在第九节详述。

四、放射性气体

在开采含铀、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，除钍品位很高的矿山和处理工厂中可能出现氡浓度超过国家安全规定外，矿内空气中氡一般不会对人体造成伤害性影响。因此矿内空气中对人体构成危害的放射性气体主要是氡及其子体。由于自然界中铀的分布极广，一切含铀的矿物和土壤都能析出氡，因此，在非铀矿山的地下采掘中也有可能出现防氡的问题。

(一) 氡的性质

氡是一种放射性气体，无色、无味、透明，其重度为9.37公斤力/米³，是最重的气体。其半衰期（指放射性强度衰变到最初值的一半所需的时间）为3.825天。氡是一种惰性气体，一般不参加化学反应。氡能溶于水、油类，有机溶剂及其它液体，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。

氡是铀、镭衰变形成的，在铀镭衰变系中，铀衰变到镭，镭又衰变成氡，氡又继续按下述规律衰变：氡 $\xrightarrow{3.825\text{天}}$ 镭A $\xrightarrow{3.05\text{分}}$ 镭B $\xrightarrow{26.8\text{分}}$ 镭C $\xrightarrow{19.7\text{分}}$ 镭C' $\xrightarrow{1.6\times 10^{-4}\text{秒}}$ 镭D $\xrightarrow{22\text{年}}$ 铅。由镭A到镭D，半衰期都很短，称为氡的短寿命子体，这些氡子体具有金属特性，有荷电性，与物质粘附性很强，易与粉尘结合、粘着形成放射性气溶胶。

(二) 氡及氡子体的危害

放射性物质在衰变过程中，会产生一定量的 α 、 β 、 γ 射线，这三种射线的特性不同，对人类的损伤表现也不同。 α 射线穿透力差，但电离本领很强，当它从口、鼻进入人体内进行照射时（内照射），对人体组织的危害较大，多表现为呼吸系统的疾病。 β 、 γ 射线的穿透力强，故在体外就能对人体进行照射（外照射），引起神经和心血管系统的疾病。对含铀金属矿来说，主要的放射性危害是内照射。地下天然放射性元素对人体的危害，主要是氡及氡子体衰变时所产生的 α 射线。这些含氡空气进入肺部，大部分子体沉积在上呼吸道上，此时具有 α 放射线的镭A，镭C'成为对肺组织的直接辐射来源，这是含铀矿山工人产肺癌的原因之一；而镭B，镭C的 β 、 γ 射线所造成辐射剂量是极微的。

(三) 最大容许浓度

氡及其子体对人体构成危害的条件是：

1. 空气中氡及氡子体要超过一定浓度；
2. 空气中氡及氡子体要能进入人体内；
3. 人体接受一定浓度的氡及氡子体要超过一定时间。防氡的任务就是破坏这三个条件。

放射线强度的单位是居里，1居里就是1克镭，每秒钟有 3.71×10^{10} 个原子核衰变。放射强度为1居里的氡，体积为0.66立方毫米，重量为6.5微克。我国放射性防护规定：矿山井下工作场所氡在空气中的最大容许浓度为 1×10^{-10} 居里/升，也叫1艾曼。

用“潜能值”表示氡子体的最大容许浓度为 4×10^4 兆电子伏/升，或0.3个“工作水平”。潜能值表示1升空气中所有氡子体全部衰变到镭D时，所释放 α 粒子的能量。一个工作水平相当于1升空气中，氡子体全部衰变到镭D时所释放的 α 粒子能量有 1.3×10^5 兆电子伏。

(四) 氡及其子体的检测

为了了解并巷内氡气析出量的变化及防氡措施的效果, 需要经常检测井下空气中氡及其子体的浓度。检测方法很多, 这里列举三种:

1. 用FD-105型静电计测氡气浓度;
2. 气球法快速测定氡;
3. 用“潜能法”测氡的短寿命子体。

以气球法快速测定氡为例, 其基本原理是: 将氡气压入气球内, 等待较短一段时间后, 氡气在气球内产生了“新子体”, 然后将这些“新子体”过滤在装好采样头的滤纸上, 用FJ-13型 α 测量仪, 测定滤纸上的 α 放射性, 便可以换算出氡的浓度来。“气球法”所需设备: FJ-13 α 测量仪一台; DK-60采样泵一台; 乳胶采样气象气球一个; 采样装置一套; 计时钟表等。测定方法如下:

1. 以30升/分采样1分钟。将试样在气球内等待3分钟。
2. 3分钟后开始放气, 用DK-60泵抽气, 约30~40秒放完。
3. 气球所放气体经过采样装置, 这样氡子体便留在采样滤膜上。
4. 用FJ-13 α 测量仪测量3分钟积累计数 n 。
5. 用标定好的公式可求氡气浓度 C_{Rn} :

$$C_{Rn} = k \cdot n \quad (14-2)$$

式中 k —— 气球常数。

五、矿内气候条件

矿内气候条件是指矿内空气的温度、湿度和风速三者的综合状态而言。无论在工作或休息时, 人体都不断地产生热量和散失热量, 以保持平衡, 使体温维持在36.5~37℃, 此时人体才感到舒适。影响人体产生热量主要决定于劳动强度, 影响人体散失热量的是矿内气候条件, 故矿内气候条件的好坏对人体的健康和劳动生产率有重要影响。

(一) 矿内空气的温度

矿内空气温度是矿内气候条件的重要因素。气温过高, 人体散热困难; 温度过低, 则散热太快。最适宜的温度是15~20℃。矿内空气温度受多种因素的影响:

1. 岩石温度 在地表以下深度为20~30米的地带, 岩石温度不受地表空气的影响, 其温度比当地年平均气温高1~2℃, 此地带叫作恒温带。恒温带以下的岩石温度随深度增加而升高, 按下式计算:

$$t = t_0 + \frac{Z - Z_0}{g'} \quad (14-3)$$

式中 t —— 深度为 Z 米处的岩层温度, ℃;

t_0 —— 恒温带温度, ℃;

Z_0 —— 恒温带深度, 米;

g' —— 地温率, 米/℃。

即: 岩石温度增加1℃所增加的垂直深度。石油与沥青地层约为10~15米/℃; 含煤地层30~35米/℃; 含金属矿地层45~50米/℃。

地面空气进入并巷后, 由于与岩石有温度差而发生热交换, 当进风温度高于岩石温度时, 岩石吸热, 空气温度降低; 当进风温度低于岩石温度时, 则岩石放出热量, 空气温度增

高。

2. 空气的压缩与膨胀 空气流入井下时, 由于空气柱增加, 空气受到压缩而放出热量, 一般垂直深度增加100米, 气温增高 1°C 左右; 相反, 当空气向上流动时, 则因膨胀而吸热, 平均每升高100米, 气温将下降 $0.8\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

3. 氧化生热 井巷内的矿物、坑木、充填材料、油垢、布料等都能氧化发热, 如: 经氧化生成2克二氧化碳时能产生热量4.34卡, 可使 1米^3 空气升温 14.5°C 。最易氧化的矿物是硫化矿石和煤, 它们可使矿内空气温度升高很多。

4. 水分蒸发 水分蒸发时从空气中吸收热量, 使空气温度降低, 每蒸发1克水可吸收0.585千卡的热量, 能使 1米^3 空气降温 1.9°C 。

5. 通风量 通风是降温的主要措施之一。温度较低的空气流过巷道或工作面时, 吸收热量, 通风量越大, 吸收热量越多, 井巷温度就会有明显降低。

6. 地面空气温度的变化 地面气温对井下气温有直接影响。尤其是对于短、浅坑道, 井下气温受地面气温的影响更为显著。

7. 其它因素 如机械运转, 人体散热, 照明等等, 都对井下气温有一定的影响。

综上所述, 井下气温受多种因素影响, 其中有升温作用, 也有降温作用。一般来说, 升温作用大于降温作用, 所以, 井下气温随风流经过距离的加长而逐渐升高。对于深井, 主要影响因素是: 岩石与空气的热交换, 以及空气受压缩和氧化生热。对于浅井, 主要受地面气温的影响。

(二) 矿内空气的湿度

1. 空气湿度的表示方法 湿度是指空气中所含水蒸汽数量。湿度的表示法有两种:

绝对湿度一指 1米^3 或1公斤重的空气中所含水蒸汽的克数。近年来, 常用水蒸汽压表示绝对湿度。以毫米汞柱或毫巴作单位。

相对湿度一指某一体积空气中实际含有水蒸汽量与同温度下的饱和水蒸汽量之比的百分数。可用下式表示:

$$\begin{aligned}\varphi &= \frac{\gamma_p}{\gamma_{sa}} \times 100\% \\ &= \frac{e_p}{e_{sa}} \times 100\% \end{aligned} \quad (14-4)$$

式中 γ_p —— 1米^3 空气中实际含有水蒸汽量, 克;

e_p ——空气中实际含有水蒸汽的压力, 毫米汞柱;

γ_{sa} ——同一温度下, 1米^3 空气中的饱和水蒸汽量, 克;

e_{sa} ——同一温度下, 饱和水蒸汽压力, 毫米汞柱。

空气中饱和水蒸汽量的大小取决于空气的温度, 温度愈高, γ_{sa} 值愈大, 如表14-3所示。当湿空气中水蒸汽含量达到该温度下所容纳的最大值时, 过多的水蒸汽将变为水滴凝结下来, 此时叫做饱和状态。湿空气在其含有的水蒸汽压力不变的情况下, 冷却到饱和状态时的温度称为露点。

2. 影响矿内空气湿度的因素 地面空气湿度随季节变化较大, 阴雨季节湿度大。夏季气温高, 相对湿度较低; 冬季气温低, 相对湿度较大。此外湿度与地理位置有关: 我国沿海地区较高, 平均 $70\sim 80\%$, 西北地区最低, 平均为 $30\sim 40\%$ 。矿内空气的湿度, 由于涌

温度 t 与饱和蒸汽量 γ_{sa} 及饱和蒸汽压 e_{sa} 的关系

表 14-3

t °C	-20	-15	-10	0	5	10	15	20	25	30	35	40
γ_{sa} 克/米 ³	1.1	1.5	2.3	3.4	4.9	6.8	9.4	12.8	17.2	22.9	39.3	50.8
e_{sa} 毫米汞柱	0.96	1.45	2.16	4.58	6.53	9.21	12.79	17.5	23.8	31.8	44	56

水量较大,滴水较多,水珠又易于蒸发,故井下比较潮湿,一般金属矿山井下湿度在80~90%左右。在盐矿,由于涌水小,盐类吸湿性较强,相对湿度一般为15~25%。矿内空气湿度变化规律大致是:冬天,地面空气进入井下后,温度升高,空气饱和能力加大,故沿途吸收水分,使井巷空气干燥;夏天则相反,地面空气进入井下后,温度逐渐降低,饱和能力逐渐变小,空气中一部分水蒸汽凝结成水珠,使沿途井巷潮湿。如果进风巷道有淋水,则冬天也是潮湿的。一般来说,排出的污风所含水蒸汽量总是大于进风流中所含水蒸汽量(夏季多雨期例外),所以,在某种意义上矿井通风也有部分排水的功能。

3. 湿度的测量 测量湿度的仪器有:毛发湿度计和干湿球湿度计(分为固定式、手

摇式和风扇式),井下常用后者。图14-5a,

与图14-5b,分别是手摇式干湿球湿度计和

风扇式干湿球湿度计示意图。干湿球湿度计是

由两支相同的温度计构成,其中一支温度计的

液球上包以浸湿的纱布。在一定的温度和风速

条件下,如果空气中相对湿度大,湿纱布上的

水分不易蒸发,则干、湿温度计的差值小;反

之,空气的相对湿度小,则干、湿温度计的差

值大。根据干球温度计的读数与干、湿温度计

的读数差值,在表14-4中就可查出空气的相

对湿度 φ 值。现以手摇式干湿球湿度计为例:

测定时,手握摇把,以每分钟150转的速度,旋

转1~2分钟,使湿纱布的水分充分蒸发吸热,

则湿温度计读数降低。若此时干温度计读数

$t_D=22^\circ\text{C}$,干、湿温度差 $\Delta t=2^\circ\text{C}$,查表14-

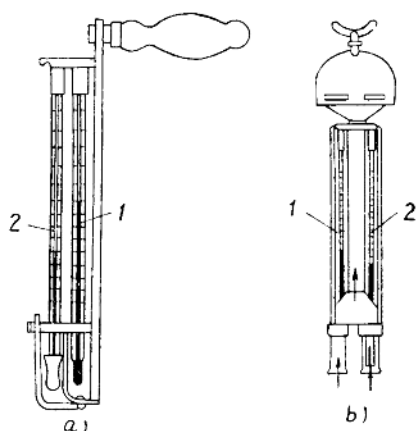


图 14-5 手摇温度计 (a) 和风扇温度计 (b)

1—干温度计; 2—湿温度计

4得相对湿度 $\varphi=82\%$ 。

当空气温度在 0°C 以下时,水分已结冰,此时干湿温度计已不能测出相对湿度,可采用毛发湿度计。毛发湿度计是利用脱脂毛发随空气湿度发生伸缩变化的性能制成的。

(三) 矿内气候条件对人体的影响及其测定

1. 矿内气候条件对人体的影响:在人体内,由食物取得营养物质不断产生能量,其中有1/3消耗于人体维持一定的体温,其余2/3的热量要散发到体外。人体所产生的热量大小与劳动强度有关,据观察:休息时为70~80大卡/时,轻微劳动时为120大卡/时,中等劳动时为180大卡/时,重体力劳动时为250大卡/时,繁重体力劳动时为400大卡/时。

人体的散热方式有对流、辐射和蒸发三种。温度很低时,对流与辐射散热太强,人易