



国家示范性高等院校核心课程规划教材

煤矿开采技术专业及专业群教材

# 矿井通风

KUANGJING TONGFENG

主 编 喻晓峰 刘其志

副主编 骆大勇 肖 丹

主 审 贺洪才



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 矿井通风

主 编 喻晓峰 刘其志  
副主编 骆大勇 肖 丹  
主 审 贺洪才

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

全书共分为 10 个情境,内容包括矿井主要有害气体防治、矿井风流的能量及其变化规律、矿井通风阻力、矿井通风动力、掘进工作面通风、采煤工作面通风、矿井通风系统、矿井风量调节、矿井通风设计等。

本书是高等职业院校、高等专科学校煤矿开采技术、通风与安全专业的教材,可作为成人高校、中等职业学校相关专业和煤矿干部培训的教材或教学参考书,也可供从事煤矿科研、设计、管理及工程等技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿井通风/喻晓峰主编. —重庆:重庆大学出版社,  
2010.2

(煤矿开采技术专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-5192-1

I. 矿… II. 喻… III. 矿山通风—高等学校—教材  
IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 209468 号

## 矿 井 通 风

主 编 喻晓峰 刘其志

副主编 骆大勇 肖 丹

主 审 贺洪才

责任编辑:彭 宁 邵孟春 版式设计:彭 宁

责任校对:邹 忌 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:387 千

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—4 000

ISBN 978-7-5624-5192-1 定价:26.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 编写委员会

编委会主任 | 张亚杭

编委会副主任 | 李海燕

编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

栗俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

# 序

本套系列教材,是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育教学改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会

2009年10月

# 前言

本书根据教育部高等职业教育煤矿开采技术专业和矿井通风与安全专业培养培训教学方案的要求,由重庆工程职业技术学院组织编写。在编写过程中,结合培养煤矿开采技术专业和矿井通风与安全专业高技能人才要求,力求突出高等职业教育的特点,理论知识以够用为度,重点加强实践能力的培养与训练,旨在提高学生分析问题和解决问题的能力。

该教材打破传统学科课程体系,基于工作过程系统化建设该课程,针对矿井通风工、矿井测风工、通风技术员等技术岗位,按照矿井通风系统测定与诊断—系统分析—编制措施与设计—组织施工这一工作流程,对完成典型工作任务所需要的知识和能力进行细化,组成该教材内容。

为完成培养目标,本教材设计采用视频、实际案例、情境模拟、任务单和课后拓展作业等多种教学手段,根据矿井通风中的工作任务所需知识和能力来组织编写。教材编写分工如下:喻晓峰、刘其志为主编。刘其志:学习情境1;肖丹:学习情境2、学习情境3、学习情境4;喻晓峰:学习情境5、学习情境6、学习情境7;骆大勇:学习情境8、学习情境9、学习情境10。

本书在编写过程中,得到了本校相关专业教师的大力支持。重庆中梁山煤电气公司贺洪才对全书进行了认真审阅,提出了宝贵的意见。在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者  
2009年8月

# 目 录

学习情境 1 矿井有害气体防治与气候条件改善 .....	1
任务 1 矿井空气主要成分识记 .....	1
任务 2 矿井主要有害气体检测与防治 .....	3
任务 3 矿井气候条件测定及其改善 .....	10
学习情境 2 井巷风量测算 .....	20
任务 1 井巷中风速和风量的测算 .....	20
任务 2 风表校验 .....	26
学习情境 3 通风压力测定与分析 .....	32
任务 1 风流点压力的测量 .....	32
任务 2 矿井主通风机房内静压水柱计使用 .....	43
任务 3 矿井通风中的能量方程及其应用 .....	45
学习情境 4 通风阻力测定与计算 .....	56
任务 1 矿井通风阻力测定 .....	56
任务 2 摩擦阻力产生原因分析 .....	66
任务 3 局部阻力成因及其分析 .....	72
任务 4 矿井总风阻与矿井等积孔 .....	75
任务 5 降低矿井通风阻力措施的制定 .....	78
学习情境 5 矿井通风动力控制与利用 .....	81
任务 1 矿井自然风压利用和控制 .....	81
任务 2 矿井主要通风机及其附属装置 .....	85
任务 3 矿井主通风机的工作特性及其调节 .....	92
任务 4 主通风机安全运转控制与管理 .....	106
任务 5 主通风机性能测试方法 .....	108

<b>学习情境 6 掘进工作面通风</b> .....	117
任务 1 掘进工作面通风方法 .....	117
任务 2 掘进工作面局部通风设计及设备选择 .....	123
任务 3 掘进工作面局部通风设计实例 .....	134
任务 4 掘进通风管理 .....	138
<b>学习情境 7 采煤工作面通风</b> .....	142
任务 1 采煤工作面通风方式选择 .....	142
任务 2 采煤工作面通风管理及特殊情况下采煤工作面 通风管理 .....	148
<b>学习情境 8 通风设施施工与管理</b> .....	150
任务 1 通风设施施工管理 .....	150
任务 2 提高矿井有效风量措施 .....	158
<b>学习情境 9 矿井风量分配与调节</b> .....	160
任务 1 矿井通风网络图绘制 .....	160
任务 2 通风网络的总风阻及其风量分配 .....	163
任务 3 复杂通风网络解算 .....	171
任务 4 矿井总风量调节 .....	179
<b>学习情境 10 矿井通风系统设计与管理</b> .....	188
任务 1 矿井通风系统设计 .....	188
任务 2 生产矿井通风设计 .....	205
任务 3 矿井通风系统管理 .....	206
任务 4 生产矿井的通风能力核定 .....	210
<b>附 录</b> .....	217
<b>参考文献</b> .....	238



# 学习情境 1

## 矿井有害气体防治与气候条件改善

矿井通风的主要任务就是把地面新鲜空气连续不断地送入井下各用风地点,供给人员呼吸,稀释和排除有害气体和矿尘,创造一个良好的矿内气候条件,从而保障井下人员的身体健康和安全生产。所以,有必要对矿井空气的成分及其对人体的影响进行分析,了解矿井各用风地点对新鲜空气的需求。

学习情境 1 主要完成识记矿井空气的主要成分,井下常见的有害气体的任务,熟悉空气成分和有害气体的性质及其测定方法和允许安全标准,并为会测定矿井的气候条件、风速、风量测定,为进一步学习矿井通风理论奠定基础。

### 任务 1 矿井空气主要成分识记

#### 一、地面空气

地面空气又称为大气,是由多种气体组成的混合气体。大气中除了水蒸气的比例随地区和季节变化较大以外,其余化学组成成分相对稳定,尽管随时间、地点和海拔高度有所变化,但变化不大。一般将不含水蒸气的空气称为干空气,它的组成成分和体积百分比分别为氧气(20.96%)、氮气(79%)和二氧化碳(0.04%)。

由于空气和水蒸气组成的混合气体,称为湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气,由氧、氮、二氧化碳、氩、氖和其他一些微量气体所组成的混合气体,其组成成分比较稳定,其主要成分见表 1-1 所示。

表 1-1 地面干空气组成成分

气体成分	按体积计/%	按质量计/%	备注
氧气(O <sub>2</sub> )	20.96	23.32	惰性稀有气体氦、氖、氩、氪、氙等计在氮气中
氮气(N <sub>2</sub> )	79.0	76.71	
二氧化碳(CO <sub>2</sub> )	0.04	0.06	

湿空气中含有水蒸气,但其含量的变化会引起湿空气的物理性质和状态变化。

## 二、矿井空气

地面空气进入井下就成了矿井空气。由于受井下各种自然因素和人为生产因素的影响,与地面空气相比,矿井空气将发生一系列变化。主要有:氧气含量减少;有毒有害气体含量增加;粉尘浓度增大;空气的温度、湿度、压力等物理状态变化等。

在矿井通风中,习惯上把进入采掘工作面等用风地点之前,空气成分或状态变化不大的风流叫做新鲜风流,简称新风,如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上山等处;经过用风地点后,空气成分或状态变化较大的风流叫做污风风流,简称污风或乏风,如采掘工作面回风巷、矿井回风大巷、回风井筒等处。

尽管矿井中的空气成分有了一定的变化,但主要成分仍同地面一样,由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

### 1. 矿井空气的主要成分及其基本性质

#### (1) 氧气(O<sub>2</sub>)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体。在标准状况下,相对密度为 1.429,比空气略大(空气的密度是 1.293 g/L)。它微溶于水,1 L 水只能溶解约 30 ml 氧气。氧气是一种化学性质非常活跃的物质,易使多种物质氧化,能助燃。

氧气是维持人体正常生理机能所不可缺少的气体。人类之所以能够在地球上生存,是因为人体内不断汲取食物和吸入氧气,通过氧化作用,进行细胞的新陈代谢作用而维持的。人体维持正常生命过程所需的氧气量,取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般情况下,人在休息时的需氧量为 0.2 ~ 0.4 L/min;在工作时为 1 ~ 3 L/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 1-2 所示。

表 1-2 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧气浓度(体积)/%	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,氧气浓度要有所降低,氧气浓度降低的主要原因有:人员呼吸;煤(岩)、坑木和其他有机物的氧化;井下爆破;煤岩和生产过程中涌出的瓦斯等有毒有害气体。

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。

#### (2) 氮气(N<sub>2</sub>)

氮气是无色、无味、无臭的气体,与空气的相对密度为 0.97,微溶于水,在通常情况下,1 体积水只能溶解大约 0.02 体积的氮气。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。如1982年9月7日,我国北方某矿因矿井主要通风机停风,井下采空区的氮气大量涌出,致使采煤工作面支架安装人员缺氧窒息,造成多人伤亡事故。

矿井中的氮气主要来源于:井下爆破;有机物的腐烂;天然生成的氮气从煤岩中涌出;因防火注液氮等等。

### (3) 二氧化碳(CO<sub>2</sub>)

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体,相对密度为1.52,不助燃也不能供人呼吸,略带毒性,易溶于水。

新鲜空气中含量约为0.03%的二氧化碳对人是无害的,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1-3所示。

表1-3 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

二氧化碳浓度(体积)/%	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

矿井中二氧化碳的主要来源有:煤和有机物的氧化;人员呼吸;井下爆破;井下火灾;瓦斯、煤尘爆炸等。有时也能从煤岩中大量涌出,甚至与煤或岩石一起突然喷出,给安全生产造成重大影响。如我国某矿,曾在1975年6月发生过一起二氧化碳和岩石突出事故,突出二氧化碳11 000 m<sup>3</sup>。

## 2. 工业卫生标准

矿井空气的主要成分中,由于氧气和二氧化碳对人员身体健康和安全生产影响很大,所以《煤矿安全规程》(2009版)(以下简称《规程》)对其浓度标准做了明确规定。主要如下:

《煤矿安全规程》第一百条规定:井下空气成分符合下列要求:采掘工作面的进风流中,氧气浓度不低于20%,二氧化碳浓度不超过0.5%。

## 任务2 矿井主要有害气体检测与防治

矿井空气中常见的有毒有害气体主要有一氧化碳(CO)、硫化氢(H<sub>2</sub>S)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、氨气(NH<sub>3</sub>)、氢气(H<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)等。在任务2中将重点介绍其中的部分有毒有害气体检测方法及其性质、危害、浓度标准。



## 一、有害气体检测

近年来,随着煤矿安全装备水平的不断提高,瓦斯监控系统的普遍应用,有害气体的检测手段也日趋完善,各大、中型矿井已经形成了人工定点、定时检测与自动监测相结合的检测体系。在人工检测方法中,除了取样分析法之外,目前使用最广泛的还是快速测定法。

### 1. CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> 的快速检测方法

煤矿井下空气中 CO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub> 等有害气体的浓度测定,普遍采用比长式检测管法。它是根据待测气体同检测管中的指示粉发生化学反应后指示粉的变色长度来确定待测气体浓度的。当被测气体以一定的速度通过检测管时,被测气体与指示粉发生有色反应,根据指示粉的变色长度来确定其浓度。测定不同气体的检测管,其指示粉吸附不同的化学试剂。

下面以比长式 CO 检测管为例说明检测原理及检测方法。

如图 1-1 所示,比长式 CO 检测管是一支 φ4~6 mm,长 150 mm 的玻璃管,以活性硅胶为载体,吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸充填于细玻璃管中,两者反应生成的五氧化二碘吸附在硅胶上。当含有一氧化碳的气体通过检测管时,一氧化碳与五氧化二碘反应使碘游离,形成一个棕色环,随着气流通过,棕色环向前移动,移动的距离与被测环境中的一氧化碳浓度成正比。即

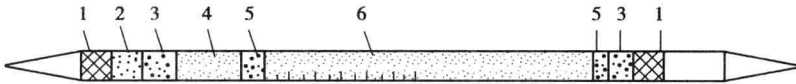
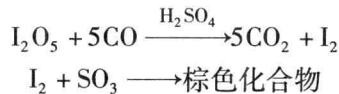


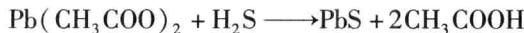
图 1-1 比长式 CO 检测管结构示意图

1—堵塞物;2—活性炭;3—硅胶;4—消除剂;5—玻璃粉;6—指示粉



因此,当检测管中通过定量气体后,根据棕色环移动的距离,便可测得环境空气中一氧化碳的浓度。

硫化氢检测管也以活性硅胶为载体,而它所吸附的化学试剂为醋酸铅,当含有硫化氢的气体通过检测管时,便与指示粉反应,在玻璃管内壁产生一个棕色变色柱,棕色变色柱的移动距离与空气中硫化氢的浓度成正比。其反应式如下:



根据变色柱的距离,便可测得环境空气中硫化氢的浓度。

二氧化碳检测管与上述两种基本相同,它是以活性氧化铝为载体,吸附带有变色指示剂的氢氧化钠充填于玻璃中,当含有二氧化碳气体通过检测管时,它与活性氧化铝上所载的氢氧化钠反应,由原来蓝色色柱变为白色色柱向前移动,其白色色柱的移动距离与被测环境空气中二氧化碳浓度成正比,于是根据移动距离,便可测得空气中二氧化碳的浓度。其反应式如下:



其他有害气体的比长式检测管结构及工作原理与 CO 基本相同,只是检测管内装的指示粉各不相同,颜色变化各有差异。表 1-4 是我国煤矿用比长式气体检测管主要性能表。

表 1-4 我国煤矿用比长式气体检测管主要性能表

检测管名称	型号	测量范围 (体积比)	最小分辨率	最小检测浓度	颜色变化
CO	I	$(5 \sim 50) \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	白→棕褐色
	II	$(10 \sim 500) \times 10^{-6}$	$20 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$	
	III	$(100 \sim 5\ 000) \times 10^{-6}$	$200 \times 10^{-6}$	$100 \times 10^{-6}$	
CO <sub>2</sub>	I	0.2% ~ 3.0%	0.2%	0.1%	蓝色→白色
	II	1% ~ 15%	1%	0.5%	
H <sub>2</sub> S	1	$(3 \sim 100) \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	白→棕色
SO <sub>2</sub>	1	$(2.5 \sim 100) \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$2.5 \times 10^{-6}$	紫→土黄色
NO <sub>2</sub>	1	$(1 \sim 50) \times 10^{-6}$	$2.5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	白→黄绿色
NH <sub>3</sub>	1	$(20 \sim 200) \times 10^{-6}$	$20 \times 10^{-6}$	$20 \times 10^{-6}$	桔黄→蓝灰色
O <sub>2</sub>		1% ~ 21%	1%	0.5%	白→茶色
H <sub>2</sub>	1	0.5% ~ 3.0%	0.5%	0.3%	白→淡红

与比长式检测管配套使用的还有圆筒形压入式手动采样器。主要结构如图 1-2 所示。

采样器由变换阀和活塞筒等部分组成。活塞筒 6 用来抽取气样,变换阀 4 则可以改变气样流动方向或切断气流。当阀门把手 3 处于垂直位置时,活塞筒与接头胶管 2 相通;当阀门把手顺时针方向旋转水平位置时,活塞筒与气嘴 1 相通;阀门把手处于 45°位置时,变换阀将活塞筒与外界气体隔断。在活塞拉杆 7 上刻有标尺,可以表示出手柄拉动到某一位置时吸入活塞筒的气样体积(mL)。

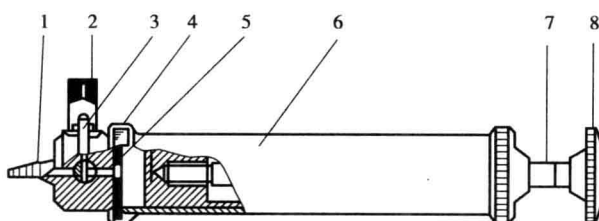


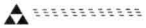
图 1-2 AQY—50 型圆筒形压入式手动采样器结构示意图  
1—气嘴;2—接头胶管;3—阀门把;4—变换阀;  
5—垫圈;6—活塞筒;7—拉杆;8—手柄

使用时先将阀门把手转到水平位置,在待测地点拉动活塞拉杆往复抽送气 2~3 次,使待测气体充满活塞筒,再将把手扳至 45°位置;将检测管两端用小砂轮片打开,按检测管上的箭头指向插入胶管接头;将把手扳至垂直位置,按检测管上规定的送气时间(一般 100 s)把气样以均匀的速度送入检测管,然后,拔出检测管读数。

如果被测环境空气中有害气体的浓度很低,用低浓度检测管也不易测出,可以采用增加送气次数的方法进行测定。测得的浓度值除以送气次数,即为被测对象的实际浓度。例如,抽气筒连续动作 5 次后,从检测管刻度上读得一氧化碳浓度为 0.001 8%,则实际上一氧化碳浓度为

$$\text{检测管刻度显示值} / \text{抽气筒动作次数} = 0.001\ 8\% / 5 = 0.000\ 36\%$$

若被测环境气体浓度大于检测管的上限(即气样未送完检测管已全部变色),在优先考虑测定人员的防毒措施后,可先将待测气体稀释后再进行测定,但测定结果要根据稀释的倍数进行换算。



## 2. 矿井 CO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> 等有害气体快速测定

(1) 矿井有害气体快速测定需用的仪器设备(见表 1-5 所示)

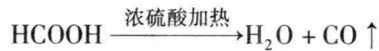
表 1-5 测定所需的仪器和设备

序号	名称	型号或规格	数量	生产厂家
1	手动采样器	AQY—50 型	7	重庆煤矿安全仪器厂
2	秒表	普通	7	
3	气普发生器	普通	1	
4	CO 检测管	I, II, III 型	7	鹤壁式气体检测管厂
5	CO <sub>2</sub> 检测管	I, II 型	7	鹤壁式气体检测管厂
6	H <sub>2</sub> S 检测管	I 型	7	鹤壁式气体检测管厂
7	长颈漏斗	普通	4	
8	烧瓶	普通	4	
9	烧杯	普通	7	
10	广口瓶	普通	7	

(2) 试验内容与步骤

### 1) 试样气体制备

一氧化碳试样气体制备的方法如图 1-3 所示,在长颈漏斗中盛蚁酸,圆底烧杯中盛浓硫酸并加热,其反应式如下:



应预先测定容器中一氧化碳的浓度,以给学生选定检定管的规格。

硫化氢试样制备所用的设备与图 1-3 相同,在长颈漏斗中盛盐酸,圆底烧杯中盛硫化亚铁,其反应式如下:



二氧化碳试样的制备方法如图 1-4 所示。在左边的广口瓶里放大理石小块,从长颈漏斗注入稀盐酸(为了防止气体从长颈漏斗逸出,需将漏斗下端插入液面以下),用向上排空气法可将 CO<sub>2</sub> 收集在右边的广口瓶中。其反应式如下:

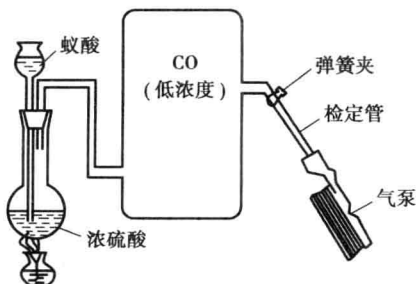


图 1-3 一氧化碳试样制备方法

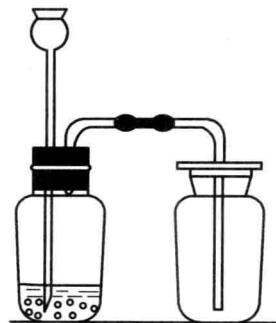
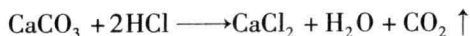


图 1-4 二氧化碳试样制备方法



## 2) 测定方法

使用 AQY—50 型手动采样器时,先将三通阀把手置于水平位置,气嘴入口插入盛 CO 等被测气体的容器中,拉动活塞取样,然后将三通阀把手置于 45° 位置,打开检测管,把浓度标尺“0”的一端插入采样器的接头胶管上,按规定的送气时间以均匀的速度送入检测管,最后从检测管浓度标尺上读出被测气体的浓度,并作记录。

## (3) 实训数据记录表格

实训记录表格见表 1-6 所示。

表 1-6 CO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> 浓度记录表

检定气体	检定管型号	吸气装置	环境温度 /℃	吸气时间 /s	浓度读数/%			
					第一次	第二次	第三次	平均浓度
CO								
NO <sub>2</sub>								
H <sub>2</sub> S								
SO <sub>2</sub>								
NH <sub>3</sub>								

## 3. 瓦斯(CH<sub>4</sub>)的快速检测

煤矿中用于检测瓦斯的仪器有光学瓦斯检定器、便携式瓦斯检测报警仪,瓦斯监测监控系统等。其构造原理及使用方法将在《矿井灾害防治》教材中介绍。

## 二、矿井空气中主要有毒有害气体性质

### 1. 一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体,相对密度 0.97,微溶于水,能燃烧,当空气中一氧化碳体积浓度达到 13% ~ 75% 时,遇火源有爆炸性。

一氧化碳有剧毒。人体血液中的血红素与一氧化碳的亲合力比它与氧气的亲合力大 250 ~ 300 倍,因此,当人体吸入含有一氧化碳的空气时,一氧化碳首先与血红素相结合,阻碍了氧气的正常结合,从而造成人体血液缺氧引起窒息和中毒。一氧化碳的中毒程度与中毒浓度、中毒时间、呼吸频率和深度及人的体质有关。呼吸矿井空气中 CO 的浓度,呼吸时间的关系如表 1-7 所示。

表 1-7 一氧化碳的中毒程度与浓度的关系

一氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
0.016	数小时后有头痛、心跳、耳鸣等轻微中毒症状
0.048	1 h 可引起轻微中毒症状
0.128	0.5 ~ 1 h 引起意识迟钝、丧失行动能力等严重中毒症状
0.40	短时间失去知觉、抽筋、假死。30 min 内即可死亡



一氧化碳中毒除上述症状外,最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈樱桃红色。

矿井中一氧化碳的主要来源有:爆破工作;矿井火灾;瓦斯及煤尘爆炸等。据统计,在煤矿发生的瓦斯爆炸、煤尘爆炸及火灾事故中,70%~75%的死亡人员都是因一氧化碳中毒所致。

### 2. 硫化氢(H<sub>2</sub>S)

硫化氢是无色、微甜、略带臭鸡蛋味的气体,相对密度为1.19,易溶于水,在常温常压下,一个体积的水可溶解2.5个体积的硫化氢,故它可能积存于旧巷的积水中。硫化氢能燃烧,当硫化氢浓度达到4.3%~45.5%时,空气具有爆炸性。

硫化氢有剧毒。它不但能使人体血液缺氧中毒,同时对眼睛及呼吸道的黏膜具有强烈的刺激作用,能引起鼻炎、气管炎和肺水肿。当空气中浓度达到0.0001%时可嗅到臭味,但当浓度较高时(0.005%~0.01%),因嗅觉神经中毒麻痹,臭味“减弱”或“消失”,反而嗅不到。硫化氢的中毒程度与浓度的关系如表1-8所示。

表 1-8 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

硫化氢浓度(体积)/%	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	0.5~1 h 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;从老空区和旧巷积水中放出。1971年,我国某矿一上山掘进工作面曾发生一起老空区透水事故,人员撤出后,矿调度室主任和一名技术员去现场了解透水情况,被涌出的硫化氢熏倒致死。有些矿区的煤层中也有硫化氢涌出。如四川广能集团绿水洞煤矿煤层有硫化氢涌出。

### 3. 二氧化硫(SO<sub>2</sub>)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺气味及酸味的气体,相对密度为2.22,易溶于水。当空气中二氧化硫浓度达到0.0005%时即可嗅到刺激气味。它是井下有害气体中密度最大的,常常积聚在井下巷道的底部。

二氧化硫有剧毒。空气中二氧化硫遇水后生成硫酸,对眼睛有刺激作用。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1-9所示。

表 1-9 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

二氧化硫浓度(体积)/%	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。

#### 4. 二氧化氮( $\text{NO}_2$ )

二氧化氮是一种红褐色气体,有强烈的刺激性气味,相对密度 1.59,易溶于水。

二氧化氮是井下毒性最强的有害气体。它遇水后生成硝酸,对眼睛、呼吸道黏膜和肺部组织有强烈的刺激及腐蚀作用,严重时可引起肺水肿。

二氧化氮的中毒有潜伏期,容易被人忽视。中毒初期仅是眼睛和喉咙有轻微的刺激症状,常不被注意,有的在严重中毒时尚无明显感觉,还可坚持工作,但经过 6 h 甚至更长时间后才出现中毒征兆。主要特征是手指尖及皮肤出现黄色斑点,头发发黄,吐黄色痰液,发生肺水肿,引起呕吐甚至死亡。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系如表 1-10 所示。

表 1-10 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

二氧化氮浓度(体积)/%	主要症状
0.004	2~4 h 内不致显著中毒,6 h 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。我国某矿 1972 年在煤层中掘进巷道时,工作面非常干燥,工人们放炮后立即迎着炮烟进入,结果因吸入炮烟过多,造成二氧化氮中毒,2 名工人于次日死亡。因此在爆破工作中,一定要加强通风,防止炮烟熏人事故。

#### 5. 氨气( $\text{NH}_3$ )

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( $\text{H}_2$ )

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。氢气能燃烧,其点燃温度比瓦斯低 100~200℃。当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。

除了上述有害气体之外,矿井空气中最主要的有害气体是甲烷( $\text{CH}_4$ ),它是一种具有窒息性和爆炸性的气体,对煤矿安全生产的威胁最大,关于它的主要性质、危害和预防措施等将在《煤矿灾害防治》教材中详细介绍,本节不再重复。

### 三、矿井空气中有害气体的安全浓度标准及防治措施

#### 1. 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》第一百条中对其安全浓度(允许