

教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材

矿井通风技术

主编 刘殿武 杨胜强

Kuangjing Tongfeng Jishu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材

矿井通风技术

主 编 刘殿武 杨胜强
副主编 王国臣 何 林

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材之一。全书由十一章组成,主要包括:矿井空气、井巷风流能量与能量方程、矿井通风阻力、矿井通风动力、矿井通风网络中风量自然分配、矿井通风网络中风量按需分配、矿井通风系统、掘进通风、矿井通风安全监控、矿井空气调节和矿井通风设计。

本书系统阐述了矿井通风技术的基础理论,重点介绍矿井通风安全涉及的各种实用技术和管理措施。内容精练,深浅适度,理论适用,突出应用技术训练,强化专业能力的培养,适用于高职高专、中等职业院校、职业培训等的相关专业教学,也是从事矿山开采技术和通风安全科研、设计、管理及生产一线工程技术人员的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风技术/刘殿武,杨胜强主编. —徐州:中国矿业大学出版社 2009. 8

ISBN 978 - 7- 5646 - 0450 - 9

I. 矿… II. ①刘…②杨… III. 矿山通风 IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 142539 号

书 名 矿井通风技术

主 编 刘殿武 杨胜强

责任编辑 耿东锋 张 岩

责任校对 孙 景

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 468 千字

版次印次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

目前,我国各行各业的经济建设正在蓬勃发展,为国家和社会“培养有道德、有技能和有持续发展能力的高素质技能型人才”已经成为我国各高职高专院校培养人才和发展的努力方向。

为更好地适应整个社会对高职高专安全类专业人才的需求,满足高职高专院校“安全技术管理”及其相关安全工程专业的人才培养需要,高职高专安全类专业教学指导委员会于2008年4月在徐州召开了有关高职高专安全类专业教材编写会议,聘请来自全国30多所高职高专院校安全类专业的专家、学者参与教材编写,计划出版一套全国高职高专安全类专业院校较为适用的全国统编教材,以促进全国高职高专安全类专业院校的健康发展和教学水平的全面提高。

安全专业是一门知识面宽、涉及专业广、跨多学科的系统工程,各院校对此专业的基础课、专业基础课和专业课的设置均有自己的特色和办学经验。在尊重各院校办学的基础上,决定对所设的主要课程“安全管理”、“安全系统工程”、“安全人机工程”、“事故管理与应急处置”、“矿井通风与安全”、“安全管理文书写作”和“瓦斯防治与开采技术”等10多门课程的教材进行统一编写,以进一步提高教学水平,增强高职高专安全类专业学生的实际工作(竞争)能力。

在教材编写过程中,以重实践、重能力和重应用作为本套教材编写的宗旨。体现职业技术教育的理念、特点和要求,突出行业特点,突显理论联系实际和培养实际动手能力为主的职业教育特色;在不同章节体系上考虑不同教学方法的特点和要求,引用最新的典型事例;在知识结构上以传统与现代相结合,保持知识结构的稳定性、代表性、前沿性和前瞻性;将安全生产方针和法规融入到具体知识内容之中。增加具有职业技术教育特点的实训内容,并增加有关能力与素质培养的训练题。

本套教材有别于理论课程的教学设计和教学组织,强调学习过程和方法,从学生素质、兴趣和发展的角度出发,全面构建课程知识与技能,过程与方法等方面的协调一致。课程的学习应当是学生自主学习为主,教师引导为辅,把“过程和方法”的培养作为课程教学目标之一,将学习重心从知识的传承积累向知识的探究积累过程转化。

本套教材是目前高职高专安全类专业较为系统和实用的专用系列教材,可满足当前安全类高职高专院校的教学需要,可大大提高安全类高职高专院校的教学水平,为规范教学创造了条件。

教育部高等学校高职高专安全专业类教学指导委员会

2008年8月8日

前 言

煤炭工业是我国的重要基础工业。煤炭是我国最主要的原生能源,其产量的 97% 靠地下开采。与世界主要产煤国家比,我国煤矿的生产条件更复杂,瓦斯、自燃隐患更为严重,高瓦斯和有瓦斯突出危险的矿井总数占 44% 以上。另外,随着矿井开采深度的不断延伸,高温也成为矿井的又一大自然灾害。“矿井通风”是人们长期以来与矿井自然灾害作斗争过程中,不断积累经验教训,不断总结研究成果而形成的一门学科,是采矿技术、通风与安全等专业的核心专业课。矿井通风技术经历了数百年的发展过程。从 1640 年开始的自然通风,到人工干预自然通风,到机械通风技术,通风技术手段也经历了由被动承受到主动控制的发展过程,现在已经能够对矿井通风进行连续自动检测、自动控制,煤矿安全生产形式有了根本性好转。然而,与世界先进国家相比,我国矿井通风安全技术水平还比较落后,有待于广大科研工作者和生产一线的工程技术人员共同攻关。

本书是教育部高等学校高职高专安全专业类规划教材之一,是根据“矿井开采技术、通风与安全类专业教学大纲”编写的。全书由湖南安全技术职业学院刘殿武教授和中国矿业大学杨胜强教授共同主编,具体编写任务分配如下:第一章、第十章由新疆工业高等专科学校丁永明编写,第二章、第三章由湖南安全技术职业学院刘殿武编写,第四章由石家庄工程技术学校任世英编写,第五章由吕梁高等专科学校张信兴编写,第六章、第八章由中国矿业大学杨胜强编写,第七章、第九章由鸡西大学王国臣主编,第十一章由云南能源职业技术学院何林编写。

本书的特点是内容精练,深浅适度,理论适用,突出应用技术训练,强化专业能力的培养,有较多的实训例题和能力训练题,特别适用于高职高专、中等职业教育、职业培训等相关专业教学,也是从事矿山开采技术和通风安全科研、设计、管理及生产一线工程技术人员的重要参考书。

本书在编写过程中得到了教育部高职高专安全类专业教学指导委员会、中国矿业大学安全工程学院、中国矿业大学出版社和湖南安全技术职业学院的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

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

2008 年 12 月

目 录

第一章 矿井空气	1
第一节 矿井空气主要成分.....	1
第二节 矿井空气中常见有害气体及其检测.....	4
第三节 矿井空气中主要有害气体浓度测定实训.....	9
第四节 矿井气候条件及改善	11
第五节 矿井空气温度和湿度的测定技术实训	17
第六节 井巷风量测算	19
第七节 井巷风流断面上风速测量技术实训	24
能力训练题	27
第二章 井巷风流能量与能量方程	29
第一节 矿井空气的主要物理参数	29
第二节 风流能量与压力	32
第三节 空气压力测量及其相互关系	36
第四节 风流中点压力测量及其相互关系实验	43
第五节 井巷风流能量方程及其应用	44
能力训练题	51
第三章 矿井通风阻力	52
第一节 摩擦阻力	52
第二节 局部阻力	57
第三节 矿井总风阻与矿井等积孔	59
第四节 降低矿井通风阻力的措施	64
第五节 矿井通风阻力测定	66
第六节 通风阻力测定实训	77
能力训练题	78
第四章 矿井通风动力	80
第一节 自然风压	80
第二节 矿用通风机	83
第三节 通风机的特性	88
第四节 矿井反风技术	95
第五节 通风机反风及其附属装置实训	99
第六节 通风机联合运转分析.....	101

第七节 通风机性能试验·····	103
第八节 通风机性能试验实训·····	110
能力训练题·····	111
第五章 矿井通风网络中风量自然分配·····	114
第一节 通风网络及其特性·····	114
第二节 通风网络中风量自然分配·····	119
第三节 通风网络特性实验·····	129
能力训练题·····	132
第六章 矿井通风网络中风量按需分配·····	135
第一节 局部风量按需分配方法·····	135
第二节 矿井总风量按需调节方法·····	142
能力训练题·····	144
第七章 矿井通风系统·····	150
第一节 矿井通风系统·····	150
第二节 采区通风系统·····	155
第三节 井下通风设施·····	164
第四节 采区通风系统认识实训·····	172
第五节 矿井漏风及其预防·····	173
第六节 矿井通风系统图·····	176
第七节 矿井通风网络图的绘制技术实训·····	179
能力训练题·····	181
第八章 掘进通风·····	183
第一节 掘进通风方法·····	183
第二节 局部通风设备·····	187
第三节 掘进工作面风量计算·····	192
第四节 掘进工作面通风阻力计算·····	193
第五节 掘进通风系统设计·····	195
第六节 掘进通风管理·····	197
能力训练题·····	201
第九章 矿井通风安全监控·····	205
第一节 采掘工作面通风监控·····	205
第二节 矿井通风系统监控·····	212
能力训练题·····	219

第十章 矿井空气调节	221
第一节 进风井口空气加热	221
第二节 矿井主要散热源及风流热湿量计算	224
第三节 井下空气降温措施	230
能力训练题	235
第十一章 矿井通风设计	236
第一节 概述	236
第二节 拟定矿井通风系统	237
第三节 计算和分配矿井总风量	238
第四节 计算矿井通风总阻力	246
第五节 选择矿井通风设备	248
第六节 概算矿井通风费用	252
第七节 生产矿井通风设计	254
能力训练题	261
附录	264
附录一 井巷摩擦阻力系数 α 值表($\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$)	264
附录二 井巷局部阻力系数 ξ 值表	269
附录三 通风阻力测定记录与计算表	270
附录四 离心式通风机特性曲线	272
附录五 轴流式通风机特性曲线	274
附录六 BD 系列通风机特性曲线	282
附录七 通风机性能测定记录表	287
主要参考书	290

第一章 矿井空气

本章主要阐述矿井空气的主要成分,井下常见有害气体及其安全标准等基本知识。重点培养学生检测有害气体浓度、测定矿井气候条件和井巷风量等能力。

矿井通风是保障矿井安全的最主要技术手段之一,其主要任务就是把地面新鲜空气源源不断地送入井下,供给人员呼吸,稀释并排出各种有害气体和矿尘,降低环境温度,创造一个良好的矿内气候条件,在发生灾变时能够根据撤人救灾的需要调节和控制风流,从而保障井下人员的身体健康和安全生产。矿井空气的质量和数量是反映矿井通风效果的主要指标。

第一节 矿井空气主要成分

本节主要讲述矿井空气的主要成分,重点分析《煤矿安全规程》对各种气体浓度的有关规定,掌握氧气浓度的测定技术。

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:氧气占 20.96%,氮气占 79%(惰性稀有气体氦、氩等计在氮气中),二氧化碳占 0.04%。

地面空气从井筒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。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。

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。

矿井中的有毒有害气体对人体健康和安全生产危害极大,因此必须经常检测,以便及时发现问题,进行处理。

一、氧气(O_2)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体,对空气的相对密度为 1.105。氧气的化学性质较活泼,易使多种元素氧化,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。

地面空气进入井下后,氧气浓度有所降低,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缓慢氧化;爆破工作;井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸;煤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。

二、氮气(N₂)

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。正因为氮气具有的惰性,因此可将其用于井下防灭火和防止瓦斯爆炸。

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等。

三、二氧化碳(CO₂)

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。

二氧化碳比空气重,常常积聚在煤矿井下的巷道底板、水仓、溜煤眼、下山尽头、盲巷、采空区及通风不良处。

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。

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。

四、矿井空气主要成分的规定标准

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,严重者可缺氧窒息甚至死亡。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)/%	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

新鲜空气中含有的微量二氧化碳对人是无害的,但二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用,

所以在为中毒或窒息的人员输氧时,常常要在氧气中加入 5% 的二氧化碳,以促使患者加强呼吸。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。

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)/%	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	短时间死亡

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》(以下简称《规程》)对其浓度标准做了明确规定。主要内容如下:

采掘工作面的进风流中,按体积计算,氧气浓度不低于 20%,二氧化碳浓度不超过 0.5%;矿井总回风巷或一翼回风巷风流中,二氧化碳浓度超过 0.75% 时,必须立即查明原因,进行处理。采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中二氧化碳浓度超过 1.5% 时,采掘工作面风流中二氧化碳浓度达到 1.5% 时,都必须停止工作,撤出人员,进行处理。

五、矿井空气主要成分的检测方法

矿井空气主要成分的检测方法可分为两大类:一是取样分析法,二是快速测定法。

(一) 取样分析法

利用取样瓶或吸气球等容器提取井下空气试样,送往地面化验室进行分析。分析仪器多用气相色谱仪,它是一种通用型气体分析仪器,可完成多种气体的定性和定量分析。其优点是分析精度高,定性准确,分析速度快,一次进样可以同时完成多种气体的分析;缺点是所需时间长,操作复杂,技术要求高。一般用于井下火区空气成分检测或需精确测定空气成分的场所。

(二) 快速测定法

利用便携式仪器在井下就地检测,快速测定出主要气体成分。尽管它的测定精度不如取样分析法高,但基本能满足矿井的一般要求,是目前普遍采用的测定方法。

1. 氧气浓度的快速测定方法

(1) 利用氧气检测仪检测

检测井下氧气的便携式仪器种类较多,主要有 AY—1B 型、JJY—1 型(可测 O_2 、 CH_4 两种气体)等。其中 AY—1B 型是普遍使用的氧气检测仪,用来检测采煤工作面、回风巷、采空区、瓦斯抽放管路及瓦斯、煤尘爆炸或火灾等事故灾区中的氧气浓度。仪器为本质安全型,具有功率小、结构简单、测量线性好等特点。图 1-1 为 AY—1B 型氧气检测仪的外部结构图。

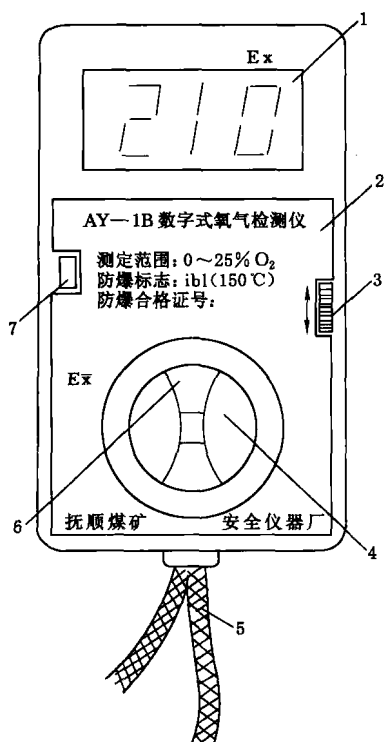


图 1-1 AY—1B 型氧气检测仪外部结构图

- 1——氧气浓度显示器;2——仪器铭牌;3——示值准电位器旋钮;
4——氧气扩散孔;5——提手;6——密封盖;7——开关

(2) 利用比长式氧气检测管检测

这种方法与矿井中主要有害气体的检测基本相同(详见本章第二节)。

2. 二氧化碳浓度的快速检测方法

矿井空气中二氧化碳的测定主要使用光学瓦斯鉴定器,检查方法详见《煤矿瓦斯防治》教材,也可利用比长式检测管法检测。

第二节 矿井空气中常见有害气体及其检测

本节主要讲述矿井空气的主要有害气体的性质、危害和来源,重点分析《煤矿安全规程》对各种有害气体浓度的有关规定,以一氧化碳为例,训练各种有害气体浓度的测定技术。

矿井空气中常见的有害气体主要有一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、氨气(NH_3)、氢气(H_2)、甲烷(CH_4)等。本节将重点介绍其中的部分气体性质、危害、浓度标准和检测方法。学生需掌握常见有害气体检测仪器的操作方法、步骤等知识。

一、常见有害气体

(一) 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,难溶于水,能燃烧,当体积浓度达

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,阻碍了与氧气的正常结合,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。一氧化碳的中毒程度和浓度的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 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粘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,约 70%~75% 的死亡人员都是因一氧化碳中毒所致。

(二) 硫化氢(H_2S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体,相对密度为 1.19,易溶于水,当浓度达 4.3%~46% 时具有爆炸性。

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粘膜具有强烈的刺激作用,能引起鼻炎、气管炎和肺水肿。当空气中硫化氢浓度达到 0.000 1% 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 1-4 所示。

表 1-4 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
0.000 1	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放出。

(三) 二氧化硫(SO_2)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺气味及酸味的气体,当空气中二氧化硫浓度达到 0.000 5% 时即可嗅到刺激气味。它易溶于水,相对密度为 2.32,是井下密度最大的有害气体,常常积聚在井下巷道的底部。

二氧化硫有剧毒。空气中的二氧化硫遇水后生成亚硫酸,对眼睛有刺激作用,矿工们将其称之为“瞎眼气体”。此外,二氧化硫也能对呼吸道的粘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 1-5 所示。

表 1-5 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
0.000 5	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。

(四) 二氧化氮(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、呼吸道粘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 1-6 所示。

表 1-6 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。在爆破工作中,一定要加强通风,防止炮烟熏人事故发生。

(五) 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。它对皮肤和呼吸道粘膜有刺激作用,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。

(六) 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时也会产生氢气。

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(CH_4),又称沼气。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《煤矿瓦斯防治》教材中详细介绍,本节不再重复。

在煤矿生产中,通常把以甲烷为主的这些有毒有害气体总称为瓦斯。

二、常见有害气体的安全标准

为了防止有害气体对人体和安全生产造成危害,《煤矿安全规程》(以下简称《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 1-7 所示。

表 1-7 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	0.002 4
氧化氮(换算成二氧化氮)	NO ₂	0.000 25
二氧化硫	SO ₂	0.000 5
硫化氢	H ₂ S	0.000 66
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%。

对矿井中涌出量较大的甲烷(瓦斯)气体,《规程》对其安全浓度和超限后的措施都有更为详尽的规定,具体见《煤矿瓦斯防治》教材。

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。

三、常见有害气体的检测技术

近年来,随着煤矿安全装备水平的不断提高和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,目前使用最广泛的是快速测定法。

(一) CO、NO₂、H₂S、SO₂、NH₃、H₂ 的快速检测方法

煤矿井下空气中 CO、NO₂、H₂S、SO₂、NH₃ 和 H₂ 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。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 1-2 所示,比长式 CO 检测管是一支 $\phi 4\sim 6$ 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管中,当 CO 气体通过时,与指示粉起反应,在玻璃管壁上形成一个棕色环,棕色环随着气体通过向前移动,移动的长度与气样中所含 CO 浓度成正比。因此,可以根据玻璃管上的刻度直接读出 CO 的浓度值。

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 1-8 是我国煤矿用比长式气体检测管主要性能表。

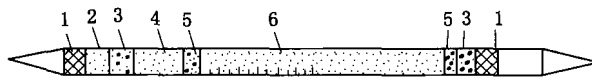


图 1-2 比长式 CO 检测管结构示意图

1——堵塞物；2——活性炭；3——硅胶；4——消除剂；5——玻璃粉；6——指示粉

表 1-8 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	$(5\sim 50)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	5×10^{-6}	白→棕褐色
	II	$(10\sim 500)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}	
	III	$(100\sim 5000)\times 10^{-6}$	200×10^{-6}	100×10^{-6}	
CO ₂	I	0.2%~3.0%	0.2%	0.1%	蓝色→白色
	II	1%~15%	1%	0.5%	
H ₂ S	1	$(3\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	3×10^{-6}	白→棕色
SO ₂	1	$(2.5\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	紫→土黄色
NO ₂	1	$(1\sim 50)\times 10^{-6}$	2.5×10^{-6}	1×10^{-6}	白→黄绿色
NH ₃	1	$(20\sim 200)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	20×10^{-6}	橘黄→蓝灰色
O ₂		1%~21%	1%	0.5%	白→茶色
H ₂	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 1-3 所示。

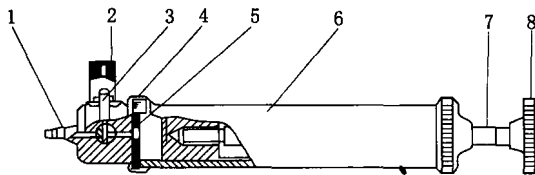


图 1-3 圆筒形压入式手动采样器结构示意图

1——气嘴；2——接头胶管；3——阀门把手；4——变换阀；
5——垫圈；6——活塞筒；7——拉杆；8——手柄

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至水平位置时，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)。

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。

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。

(二) 瓦斯(CH_4)的快速检测方法

煤矿中用于检测瓦斯的仪器有光学瓦斯检定器、瓦斯检测报警仪、瓦斯断电仪等。其构造原理及使用方法将在《煤矿瓦斯防治》教材中介绍。

四、井下防止有害气体危害的主要措施

1. 加强通风

用通风的方法将各种有害气体浓度稀释到《规程》规定的安全标准以下,这是目前防止有害气体危害的主要措施之一。

2. 加强对有害气体的检查

按照规定的检查制度,采用合理的检查方法和手段,及时发现存在的隐患和问题,采取有效措施进行处理。

3. 瓦斯抽放

对煤层或围岩中存在的大量高浓度瓦斯,可以采用抽放的方法加以解决,既可以减少井下瓦斯涌出,减轻通风压力,抽到地面的瓦斯还能加以利用。

4. 放炮喷雾或使用水炮泥

喷雾器和水炮泥爆破后产生的水雾能溶解炮烟中的二氧化氮、二氧化碳等有害气体,降低其浓度,方法简单有效。

5. 加强对通风不良处和井下盲巷的管理

工作面采空区应及时封闭,临时通风的巷道要设置栅栏,揭示警标,需要进入时必须首先进行有害气体检查,确认无害后方可进入。

6. 井下人员必须随身佩带自救器。

井下人员必须随身佩带自救器,一旦矿井发生火灾、瓦斯煤尘爆炸事故,人员可迅速使用自救器撤离危险区。

7. 对缺氧窒息或中毒人员及时进行急救

发生中毒事故后,一般是先将伤员移到新鲜风流中,根据具体情况采取人工呼吸(NO_2 、 H_2S 中毒除外)或其他急救措施。

第三节 矿井空气中主要有害气体浓度测定实训

本节重点以比长式 CO 检定管为例,训练学生掌握测定井下各种有害气体的技能。

一、实训内容

(1) 掌握 AQY—50 型手动采样器的构造、原理和使用方法;