

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

KUANGJING
TONGFENG JISHU

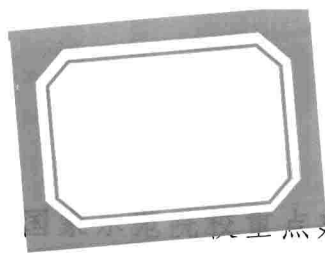
矿井通风技术

第二版

主编 杜卫新

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

矿井通风技术

(第二版)

主 编 杜卫新

副 主 编 刘保福 孙欢欢

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是煤炭高等职业教育矿井通风与安全专业的工学结合核心课程教材之一,与《矿井瓦斯防治技术》、《粉尘防治技术》等教材配套使用。全书共分八个项目,系统地介绍了矿井空气成分、矿井空气参数、矿井通风阻力、矿井通风动力、矿井通风设施、掘进通风、矿井通风网络绘制及风量调节、矿井通风系统设计等内容。每个项目之后附有项目小结和思考与练习。书后附录给出了井巷摩擦阻力系数 α 值、通风阻力测定记录与计算表、离心式通风机特性曲线、轴流式通风机特性曲线、BD系列通风机特性曲线、通风机性能测定记录表。

本书可作为煤炭高等职业院校矿井通风与安全专业的教材,也可作为煤矿开采技术专业、中等职业学校相关专业和煤矿干部培训的教学用书,还可供从事煤矿科研、设计、管理工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风技术/杜卫新主编. —2版. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2014. 1

(国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材)

ISBN 978 -7 - 5646 - 2084 - 4

I. ①矿… II. ①杜… III. ①矿山通风 IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 247684 号

书 名 矿井通风技术

主 编 杜卫新

责任编辑 章 毅 耿东锋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 11 字数 273 千字

版次印次 2014 年 1 月第 2 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书是煤炭高等职业教育矿井通风与安全专业的工学结合核心课程教材之一,与《矿井瓦斯防治技术》、《矿尘防治技术》等教材配套使用。

本书尽量体现培养高等技术应用型人才的要求,体现高等职业技术教育特点,同时也适当兼顾中等职业技术教育和煤炭企业安全培训的需要,以项目和任务形式进行编写。在内容上力求简而精,体现新理论、新技术、新方法、新设备,保证先进性、科学性和系统性,以传授基本理论和基础知识为主,充实了矿井通风实用技术,增强了教材的实用性和灵活性。

编写过程中,除了参考新规程、新规范、新标准以外,还吸收了现有的各大、中专相关教材的优点,为此,特向各位作者表示感谢!

本书由杜卫新任主编,刘保福、孙欢欢任副主编。具体分工如下:

项目一、项目二、项目三由杜卫新(平顶山工业职业技术学院)编写。

项目四、项目五、项目八由刘保福(平顶山工业职业技术学院)编写。

项目六、项目七由孙欢欢(平顶山工业职业技术学院)编写。

附录由孙和应(平顶山工业职业技术学院)编写。

杜卫新对全书进行了统稿。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中的错误和不妥之处在所难免,恳切读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

项目一 矿井空气成分	1
任务一 矿井空气主要成分	1
任务二 矿井空气中有害气体	3
项目二 矿井空气参数	11
任务一 矿井空气的温度和湿度	11
任务二 井巷风速和风量	16
项目三 矿井通风阻力	26
任务一 矿井通风压力	26
任务二 矿井通风阻力	34
项目四 矿井通风动力	55
任务一 自然风压	55
任务二 通风机风压及工作特性	59
任务三 矿井主要通风机性能测定	68
项目五 矿井通风设施	83
任务一 通风设施基础知识	83
任务二 通风设施施工与管理	87
项目六 掘进通风	94
任务一 掘进通风基础知识	94
任务二 掘进通风系统设计	102
项目七 矿井通风网络绘制及风量调节	111
任务一 通风网络图识读和编绘	111
任务二 矿井风量调节	118

项目八 矿井通风系统设计·····	127
附录·····	146
附录一 井巷摩擦阻力系数 α 值·····	146
附录二 通风阻力测定记录与计算表·····	150
附录三 离心式通风机特性曲线·····	152
附录四 轴流式通风机特性曲线·····	154
附录五 BD 系列通风机特性曲线 ·····	161
附录六 通风机性能测定记录表·····	166
参考文献·····	169

项目一 矿井空气成分

知识点

1. 描述矿井空气主要成分及其基本性质。
2. 列举矿井空气主要成分的检测方法。
3. 描述矿井空气中的有害有毒气体及其基本性质。
4. 列举矿井空气中的有害有毒气体的检测方法。

技能点

1. 能使用仪器检测空气主要成分的浓度,并判断其是否符合《煤矿安全规程》规定的安全标准。
2. 能使用仪器检测矿井空气中的有害有毒气体的浓度,并判断其是否符合《煤矿安全规程》规定的安全标准。

任务一 矿井空气主要成分

相关知识

一、地面空气组成

地面空气又称为地表大气,是由干空气和水蒸气组成的混合气体,通常称为湿空气。一般将不含水蒸气的空气称为干空气。地面空气中水蒸气所占比例随地区和季节变化较大,但干空气组分相对稳定,其主要组分如表 1-1 所列。

表 1-1 干空气的组成成分

气体成分	按体积计/%	按质量计/%	备注
氧气(O_2)	20.96	23.23	惰性稀有气体氦、氖、氩、氪、氙等计在氮气中
氮气(N_2)	79.00	76.71	
二氧化碳(CO_2)	0.04	0.06	

二、矿井空气主要成分及其基本性质

进入井下后的地面空气即称为矿井空气。由于受井下各种自然因素和人为因素的影响,与地面空气相比,其成分和状态将发生一系列变化,如氧气含量减少,二氧化碳含量增加,混入了各种有毒有害气体和矿尘,空气的温度、湿度、压力等物理参数发生变化等。

在矿井通风中,一般把进入采掘工作面、硐室等用风地点之前,空气成分或状态变化较小的风流称为新鲜风流,简称新风,如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上(下)山等处的气流;将经过用风地点后,空气成分或状态变化较大的风流称为污风风流,简称污风或乏风,如采掘工作面回风巷、采区回风上(下)山、矿井回风大巷、回风井筒等处的气流。

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。

(一) 氧气(O₂)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体,略重于空气(与空气的相对密度为 1.105)。氧是很活跃的化学元素,易使多种元素氧化,能助燃。更重要的是,人类要在地球上生存,就要不断地吸入氧气,呼出二氧化碳。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,人体需氧量与劳动强度的关系如表 1-2 所列。

表 1-2 人体需氧量与劳动强度的关系

劳动强度	呼吸空气量/(L·min ⁻¹)	氧气消耗量/(L·min ⁻¹)
休 息	6~15	0.2~0.4
轻 劳 动	20~25	0.6~1.0
中度劳动	30~40	1.2~1.6
重 劳 动	40~60	1.8~2.4
极重劳动	40~80	2.5~3.0

空气中的氧浓度直接影响着人体健康和生命安全。当氧浓度降低时,人体就会产生不良反应,出现种种不舒服的症状,严重时 would 因缺氧而死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系如表 1-3 所列。

表 1-3 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧浓度(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
15	呼吸心跳急促,耳鸣目眩,感觉和判断能力降低,失去劳动能力
10~12	失去知觉,时间稍长有生命危险
6~9	失去知觉,呼吸停止,如不及时抢救几分钟内可能导致死亡

地面空气进入井下后,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。此外,煤岩和生产过程中所产生的有毒有害气体,也会相对降低氧气浓度。

在井下通风不良的巷道中,应特别注意对氧气浓度的检查,严禁贸然进入,以防发生缺氧窒息事故。如平顶山矿区某小煤窑,因废弃巷道未及时密闭,一名矿工误入其中,导致缺氧而窒息死亡。

(二) 二氧化碳(CO₂)

二氧化碳无色、略带酸臭味,不助燃也不能供人呼吸,微溶于水。二氧化碳比空气重(与空气的相对密度为 1.52),常积聚在风速较小的巷道底板、水仓、溜煤眼、盲巷、采空区等通风不良处;在风速较大的巷道内,一般能与空气均匀混合。

新鲜空气中微量二氧化碳对人体是有利的。二氧化碳对呼吸中枢神经有刺激作用,若空气中完全不含二氧化碳,则正常的呼吸功能就不能维持。所以为中毒或窒息人员输氧时,

要在氧气中加入 5% 的二氧化碳,以刺激遇难者的呼吸机能。但是,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。空气中二氧化碳对人体的危害程度与浓度的关系如表 1-4 所列。

表 1-4

二氧化碳中毒症状与浓度关系

二氧化碳浓度(体积分数)/%	人体主要症状
1	呼吸加深,急促,但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,很快疲劳
5	呼吸困难,头痛,恶心,呕吐,耳鸣
6	严重喘息,极度虚弱无力
7~9	动作不协调,大约 10 min 发生昏迷
9~11	几分钟内死亡

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。此外,在个别煤层和岩层中也能长期连续涌出,甚至与煤或岩石一起突然喷出,给安全生产造成重大影响。

甘肃窑街三矿 1650 北大巷掘进过程中,曾发生两次岩石与二氧化碳突出事故。在 1977 年 2 月 3 日,突出的二氧化碳从工作面向外蔓延 1 200 m,其中逆风流 300 m,共波及四条巷道,总长度达 1 900 m,突出岩石 540 车,在 20 min 内二氧化碳喷出量约为 4 900 m³,从 2 月 3 日至 5 月 25 日累计排放二氧化碳 12.8 万 m³。该巷道在 1978 年 5 月 24 日又发生了岩石与二氧化碳突出事故,突出二氧化碳 24 万 m³,岩石 1 050 m³,逆风流 1 700 m。

(三) 氮气(N₂)

氮气是新鲜空气的主要成分,本身无色、无味、无臭,略轻于空气(与空气的相对密度为 0.97),难溶于水,不助燃,无毒,不能供人呼吸。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。但利用氮气的惰性,可将其用于井下防灭火。实践证明,氮气防灭火是防治煤炭自燃的一项十分有效的技术,并得到广泛应用。

矿井中的氮气主要来源有:井下爆破和有机物的腐烂;个别煤岩层中也会有氮气涌出。

任务二 矿井空气中有害气体

相关知识

矿井空气中常见的有害气体主要有:一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、氨气(NH₃)、氢气(H₂)、甲烷(CH₄)等。

一、矿井空气中有害有毒气体及其基本性质

(一) 一氧化碳(CO)

一氧化碳气体无色、无味、无臭,略轻于空气(与空气的相对密度为 0.97),难溶于水,能与空气均匀地混合。一氧化碳能燃烧,在空气中体积分数达 13%~75%时有爆炸性。

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氧大 250~300 倍,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,因而减少了血红素与氧结合的机会,使血红素失去输氧功能,造成人体血液缺氧“窒息”,这就是一氧化碳中毒机理。一氧化碳与血红素结合后,生成鲜红色的碳氧血红素,因此,一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈现樱桃红色。一氧化碳的中毒程度与一氧化碳浓度、时间及人的体质有关,如表 1-5 所列。

表 1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

CO 浓度(体积分数)/%	主 要 症 状
0.02	2~3 h 内能引起轻微头痛
0.08	40 min 内出现头痛、眩晕和恶心;2 h 发生体温下降,脉搏微弱,出冷汗,可能出现昏迷
0.32	5~10 min 内出现头痛、眩晕;半小时内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

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、煤尘爆炸及火灾事故中,约 70%~75%的人员死亡是一氧化碳中毒所致。

(二) 硫化氢(H_2S)

硫化氢气体无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋气味,比空气重(与空气的相对密度为 1.19),易溶于水,能燃烧,当浓度达 4.3%~45.5%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 0.000 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,反而嗅不到。硫化氢的中毒程度与浓度的关系如表 1-6 所列。

表 1-6 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

H_2S 浓度(体积分数)/%	主 要 症 状
0.002 5~0.003	有强烈臭鸡蛋味
0.005~0.01	1~2 h 内眼及呼吸道有刺激感,臭味“减弱”或“消失”
0.015~0.02	出现恶心、呕吐、头晕、四肢无力,反应迟钝;眼及呼吸道有强烈刺激感
0.035~0.045	0.5~1 h 内严重中毒,可发生肺炎、支气管炎及肺水肿,有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷,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,含硫矿物的水解,矿物氧化和燃烧,从老空区和旧巷积水中放出,有些煤层中也有硫化氢涌出。2006 年 9 月 1 日,新疆阜康市金龙煤矿在建井期间,掘进巷道时突然发生冒顶事故,随之涌出硫化氢气体,当场就熏倒两人,

下井救援人员也中毒了,其中包括三位煤矿领导。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。

(三) 二氧化硫(SO₂)

二氧化硫气体无色、有强烈硫黄气味及酸味,当空气中二氧化硫浓度达到 0.000 5%时即可嗅到。它易溶于水,比空气重(与空气的相对密度为 2.22),当风速较小时,常常积聚在巷道的底部。

二氧化硫有剧毒。二氧化硫遇水后生成亚硫酸、硫酸,对眼睛和呼吸道黏膜有强烈刺激作用,可引起喉炎和肺水肿,矿工们将其称之为“瞎眼气体”。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系如表 1-7 所列。

表 1-7 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

SO ₂ 浓度(体积分数)/%	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:含硫矿物的氧化与自燃;在含硫矿物中爆破;从含硫煤体中涌出。

(四) 二氧化氮(NO₂)

二氧化氮是一种红褐色气体,有强烈的刺激性气味,比空气重(与空气的相对密度为 1.59),易溶于水。二氧化氮遇水后生成硝酸,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 6~24 h 后才出现中毒征兆。主要特征是指头及皮肤出现黄色斑点,吐黄色痰液,甚至死亡。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系如表 1-8 所列。

表 1-8 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

NO ₂ 浓度(体积分数)/%	主 要 症 状
0.004	2~4 h 内无明显症状,6 h 后出现咳嗽症状
0.006	短时间内喉咙感到刺激,咳嗽,胸痛
0.01	短时间内出现严重中毒症状,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。

2007 年 6 月 28 日,云南个旧森源矿业有限责任公司在坑道内进行爆破作业时发生炮烟熏人事故,造成现场作业人员和施救人员 5 人死亡,8 人受伤。因此在爆破工作中,一定要加强通风,待炮烟排出巷道后再进入工作地点,防止炮烟熏人事故的发生。

(五) 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,比空气轻(与空气的相对密度为 0.6),易溶于水。当空气中的氨气浓度达 30% 时具有爆炸危险。

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。

氨气的主要来源:爆破工作;用水灭火时产生;部分岩层中也有氨气涌出。

(六) 氢气(H_2)

氢气无色、无味、无毒,比空气轻(与空气的相对密度为 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。

氢气的主要来源:井下蓄电池充电;有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。

二、矿井空气主要成分和有毒有害气体的检测方法

矿井必须建立严格的通风安全检查制度,要定期化验井下空气成分,检查用风地点的进风流中 O_2 、 CO_2 浓度和回风流空气中 CO_2 浓度是否符合安全标准。矿井空气主要成分和有毒有害气体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采取井下空气试样,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,可完成多种气体的检测分析。它的优点是定性准确、分析精度高,且一次进样可同时完成多种气体的分析;缺点是采样、送检时间长,检测费用高。一般用于井下火区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。其中,生产现场常采用比长式气体检定管测定矿井空气的浓度,我国常用比长式气体检定管的主要性能如表 1-9 所列。

表 1-9 我国常用比长式气体检定管的主要性能

检定管名称	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}	白色→棕褐色
	II	$(10\sim 500)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}	
	III	$(100\sim 5\,000)\times 10^{-6}$	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_2S	I	$(3\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	3×10^{-6}	白色→棕色
SO_2	I	$(2.5\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	紫色→土黄色
NO_2	I	$(1\sim 50)\times 10^{-6}$	2.5×10^{-6}	1×10^{-6}	白色→黄绿色
NH_3	I	$(20\sim 200)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	20×10^{-6}	橘黄色→蓝灰色
O_2	I	1%~21%	1%	0.5%	白色→茶色
H_2	I	0.5%~3.0%	0.5%	0.3%	白色→淡红色

知识链接

一、多种气体采样器

与检定管配套使用的还有圆筒形压入式手动采样器。其外观及结构如图 1-1 所示。

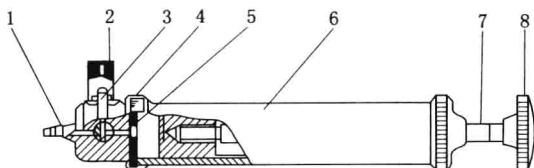


图 1-1 圆筒形压入式手动采样器结构示意图

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——活塞拉杆；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，阀门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 8 拉动到某一位置时吸入活塞筒的气样体积(mL)，采样器最大导气量一般为 50 mL。

二、气体检定管

检定管配合采样器快速测定法，具有操作方便、快速准确、费用低廉等优点。检定管可分为比长式和比色式两种。比长式检定管的测定原理是：当待测气体通过检定管时，将与管内指示剂发生变色反应，根据变色长度来确定待测气体浓度；比色式检定管的测定原理是：当待测气体通过检定管时，将与管内指示剂发生变色反应，根据指示剂变色程度不同，来确定待测气体浓度。由于各种气体检定管检测方法基本相同，故仅以比长式 CO 检定管予以说明，其结构如图 1-2 所示。

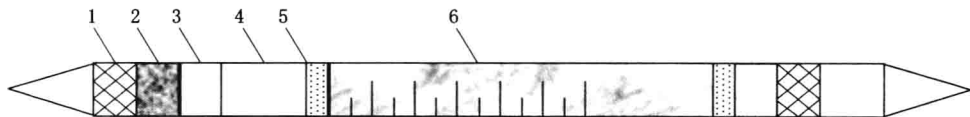
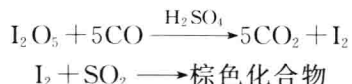


图 1-2 比长式 CO 检定管结构示意图

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

它是一支 $\phi(4\sim6)\times 150$ mm 的玻璃管，以活性硅胶为载体，化学试剂发烟硫酸和碘酸钾反应生成 I_2O_5 为指示剂并吸附在硅胶上，当 CO 和 I_2O_5 接触时，CO 能使 I_2O_5 还原成游离碘， I_2 和 SO_2 作用生成棕色化合物，反应式如下：



生成的棕色化合物会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，故可从玻璃管上的刻度直接读值。

国内生产 CO 检定管的厂家较多,规格型号略有差异。下面仅介绍鹤煤集团和西安煤矿安全仪器厂生产的比长式 CO 检定管的主要性能,如表 1-10 所列。

表 1-10 我国煤矿用比长式 CO 检定管的主要性能表

厂家	型号	测量范围/%	采样体积/mL	送气时间/s	颜色变化
鹤煤集团多种经营分公司	一型	0.000 5~0.005	100	200	白色→棕色
	二型	0.001~0.05	50	100	白色→棕色
	三型	0.01~0.5	50	100	白色→棕色
	四型	0.2~5	50	100	白色→棕色
	五型	0.5~15	50	100	白色→褐色
西安煤矿安全仪器厂	C ₁ D	0.000 5~0.005	100	200	白色→棕色
	C ₁ Z	0.005~0.1	50	100	白色→棕色
	C ₁ G	0.05~1	50	100	白色→棕色

三、氧气检测仪

检测井下氧气的便携式仪器种类较多,数字式氧气检测仪的外部结构如图 1-3 所示。

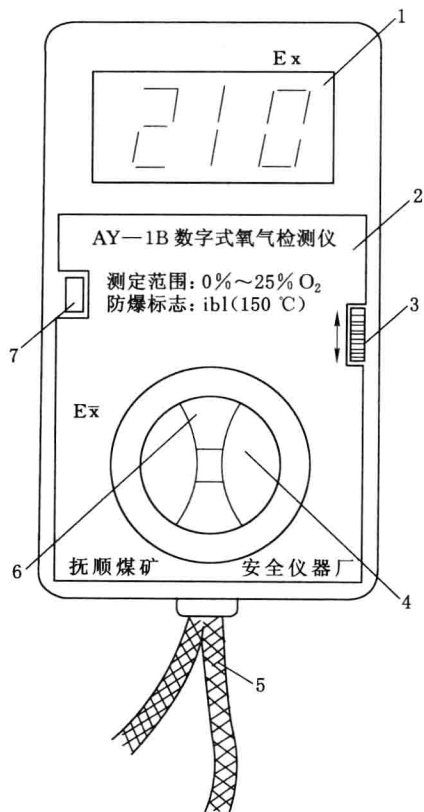


图 1-3 氧气检测仪

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

检测氧气的便携式仪器种类主要有 AY—1B 型、JJY—1 型(可测 O_2 、 CH_4 两种气体)等。其中 AY—1B 型是普遍使用的数字式氧气检测仪,其为本质安全型,具有功率小、结构简单、测量线性好等特点。

四、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《煤矿安全规程》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测和监控。按照规定的通风安全管理制度,采用合理的检测方法和煤矿安全环境监测监控系统,及时发现事故隐患,采取有效措施进行处理。

③ 爆破时使用水炮泥和喷雾。水炮泥爆破后会产生水雾,水雾能溶解炮烟中的二氧化氮、二氧化硫、氨气等有害气体,从而降低其浓度,方法简单有效。

④ 瓦斯抽放。对煤层或围岩中存在的大量瓦斯,可以采用抽放的方法加以解决,不仅可减少采掘作业中的瓦斯涌出量,预防煤与瓦斯突出,而且抽到地面的瓦斯还能加以利用,变废为宝。

⑤ 加强通风不良处和井下盲巷的管理。工作面采空区应及时封闭;临时停风的地点要设置栅栏和警标,需要进入时,必须检查有害气体,确认无害时方可进入。

⑥ 下井人员随身佩戴自救器。一旦发生火灾、瓦斯或煤尘爆炸事故,人员可迅速打开自救器,沿避灾路线迅速撤离灾区。

⑦ 对缺氧窒息或中毒人员及时救护。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或其他急救措施。

五、《煤矿安全规程》中有关规定

(一) 矿井空气主要成分的质量(浓度)标准

矿井空气的主要成分中,由于氧气和二氧化碳对人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。

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,必须停止工作,撤出人员,采取措施,进行处理。

(二) 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》对其安全标准做了明确规定,如表 1-11 所列。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%。

表 1-11 矿井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

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》有关规定,不违章作业,就可避免有害气体对人体的伤害。

项目小结

煤矿生产为地下作业,煤(岩)内又赋存着以甲烷为主的有毒有害气体,因此,搞好煤矿安全工作有一定的艰巨性。矿井空气是矿井通风技术课程的基础,又与矿工的身心健康密切相关。经过该项目的系统学习,将掌握矿井空气的检测方法、浓度标准及防治措施,对从事煤矿生产和管理的人员是大有帮助的。

本项目紧紧围绕“矿井气体及其检测”,主要介绍了矿井空气主要气体成分和有毒有害气体的性质、危害、安全标准及检测方法等相关知识。同时,为扩大学生的知识面,又设计了气体检测仪表、井下有害气体防治措施及《规程》有关规定等链接知识。为了做到理论与实践的有机结合,该项目配有专项实训项目,以确保提高学生该方面的知识和技能。

思考与练习

1. 地面空气进入矿井后在成分和性质上将发生哪些变化? 为什么会发生这些变化?
2. 《规程》对矿井空气主要成分有哪些规定?
3. 简述一氧化碳的性质、来源、危害及安全标准。
4. 为了防止有害气体的危害,我们应该采取哪几个方面的措施?
5. 某矿技术员,用比长式 CO 检定管测定一氧化碳浓度时发现了两个问题:① 50 mL 气样没送完,检定管已达到最高值;② 50 mL 气样送完,棕色环并没出现。请解释原因,并提出解决方案。
6. 采用检定管法快速测定气体浓度时,为何普遍使用比长式检定管,而较少使用比色式检定管?

项目二 矿井空气参数

知识点

1. 描述影响矿井空气温度的因素。
2. 解释矿井空气温度和湿度的变化规律。
3. 列举测定矿井空气参数的方法和步骤。

技能点

能操作仪器设备测定矿井空气参数。

任务一 矿井空气的温度和湿度

相关知识

矿井气候是指矿井空气的温度、湿度和风速这三个矿井空气参数的综合作用状态。这三个参数的不同组合,便构成了不同的矿井气候条件。矿井气候条件同人体的热平衡状态有密切关系,直接影响着井下作业人员的身体健康和劳动生产率的提高。

一、影响矿井温度的因素

空气的温度是影响矿井气候的重要因素。最适宜的矿井空气温度为 $15\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

矿井空气的温度受地面气温、井下围岩温度、机电设备散热、煤炭等有机物的氧化、人体散热、水分蒸发、空气的压缩或膨胀、通风强度等多种因素的影响。对开采深度和强度较大的矿井,井下围岩温度为影响矿井空气温度的主要因素,且岩层温度随垂直深度的变化而有规律地变化,为了解其变化规律,预测某一深度的岩层温度,需掌握以下几个概念。

(一) 变温带

一般距地表 20 m 左右范围内,其地层温度随地面季节温度而变化,故称这个地带为变温带。

(二) 恒温带

一般距地表 $20\sim 30\text{ m}$ 的地层处,地层的温度常年基本不变,故称这个地带为恒温带。某地区恒温带的温度约等于该地区年平均地表温度。

(三) 地温梯度和地温率

在恒温带以下,岩层温度随着深度的增加而升高,而不受地面季节温度变化的影响,且岩层温度 t 与深度 z 成正比。在恒温带以下,垂直深度每增加 100 m 岩层所升高的温度 ($^{\circ}\text{C}$) 被称为地温梯度,用 G_t 表示;与此对应,岩层温度增加 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时所增加的垂直深度 (m) 被称为地温率,用 g_t 表示。如果知道某地区恒温带温度和地温梯度(或地温率),就可以用下式预测深部水平的岩层温度,即:

$$t = t_{\text{恒}} + \frac{z - z_{\text{恒}}}{g_t} \quad (2-1)$$