

国家示范院校工学结合系列教材

GUOJIA SHIFAN YUANXIAO GONGXUE JIEHE XILIE JIAOCAI

矿井通风 实用技术

KUANGJING TONGFENG Shiyong Jishu

刘保福 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

结合系列教材

矿井通风实用技术

主 编 刘保福

副主编 刘彦伟 常松岭 刘志强

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书共分9个项目,系统介绍了矿井空气及测定、矿井通风阻力及测定、矿井通风动力及测定、掘进通风与管理、矿井通风设施及施工、矿井通风系统与管理、矿井风量调节、矿井通风能力核定与评价和矿井通风课程设计等内容,每个项目配套有工程案例、作业标准、规程规定和思考与练习等。书后附录介绍了通风各工种操作规程、煤矿井下开采通风技术条件、矿井通风工技能鉴定标准。

本书可作为煤炭高等职业院校矿井通风与安全专业教材,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参考书,同时,也可供从事煤矿科研、设计、管理及工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风实用技术 / 刘保福主编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1986 - 2

I. ①矿… II. ①刘… III. ①矿山通风—高等职业教育—教材 IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)187163 号

书 名 矿井通风实用技术

主 编 刘保福

责任编辑 耿东锋 章 毅

责任校对 张从从

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 《中国平煤神马报》社有限公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 22.75 字数 566 千字

版次/印次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书是平顶山工业职业技术学院立项建设的校矿合作、工学结合系列教材之一,是国家示范性高职院校重点建设的矿井通风与安全专业核心课程配套教材之一。

本书尽量体现培养高技能型人才的要求,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。主要有以下特点:

1. 本书紧密结合中国平煤神马集团生产矿井现场资料,评述了矿井通风技术的应用情况,实用性强。本书结合校内实验实训条件,开发了一系列模拟现场情景的通风技术测定项目,可操作性强。

2. 书中融入大量规程规定、行业标准、作业规程、技术措施等内容,充实了矿井通风实用技术,体现了新理论、新技术、新方法、新设备,使本书具有先进性、科学性、系统性、实用性和灵活性。满足了教学理论和煤矿生产实际相结合的要求。

3. 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专、中专相关教材的优点,为此,特向各教材的作者们表示感谢!

本书由刘保福、刘彦伟任主编,常松岭、刘志强任副主编,具体分工如下:

项目一、项目四由刘保福(平顶山工业职业技术学院)编写。

项目三、项目七由刘彦伟(河南理工大学)编写。

项目五、项目八由汪潇(河南城建学院)编写。

项目六、项目九由常松岭(平顶山工业职业技术学院)编写。

项目二由张松朝(平顶山工业职业技术学院)编写。

附录由刘志强(平煤股份八矿)编写。

刘保福对全书进行了统稿。在编写过程中得到了现场工程技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢!

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,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 11 月

目 录

项目一 矿井空气及测定.....	1
任务一 矿井空气成分测定.....	1
任务二 矿井气候参数及测定	13
任务三 矿井空气调节	35
项目二 矿井通风阻力及测定	42
任务一 风流压力及测定	42
任务二 矿井风流能量方程及应用	53
任务三 矿井通风阻力	61
项目三 矿井通风动力及测定	94
任务一 自然风压及测定	94
任务二 矿用主要通风机装置及性能测定.....	100
任务三 矿井反风技术.....	128
项目四 掘进通风.....	152
任务一 掘进通风方法及应用.....	152
任务二 局部通风设备的安装、维护及管理	156
项目五 矿井通风设施.....	176
任务一 矿井通风设施的施工、验收及管理	176
任务二 矿井漏风及防治措施.....	190
项目六 矿井通风系统.....	194
任务一 矿井通风方法和方式.....	194
任务二 采区通风系统及管理.....	198
任务三 矿井通风网路及解算.....	208
项目七 矿井风量调节.....	227
任务一 局部风量调节.....	228
任务二 矿井总风量调节.....	234

项目八 矿井通风能力核定与评价.....	239
任务一 矿井通风能力核定.....	239
任务二 矿井通风系统评价.....	246
项目九 矿井通风设计.....	266
附录.....	333
附录一 通风各工种操作规程.....	333
附录二 煤矿井工开采通风技术条件.....	339
附录三 矿井通风工技能鉴定标准.....	355
参考文献.....	357

项目一 矿井空气及测定

【应知】 熟知矿井空气主要成分及有害气体的基本性质、检测方法、安全标准;熟知矿井空气温度、湿度的影响因素、变化规律、测定方法、规程规定;熟知井巷断面风速分布规律、测风方法、测风仪表种类及工作原理;熟知矿井测风、通风报表种类、制作方法、上报制度;熟知矿井空气调节的方法。

【应会】 能使用相关仪器检测空气主要成分和有害气体的浓度,并判断其是否符合《煤矿安全规程》规定;能操作相关仪器、仪表测定矿井空气温度、湿度、风速、压力等参数,会计算井巷风量,并判断其是否符合《煤矿安全规程》规定;能制定改善井下气候条件的措施;会制作和上报各种测风、通风报表。

任务一 矿井空气成分测定

矿井通风的定义就是向矿井连续输送新鲜空气,供给人员呼吸,稀释并排出有害气体和浮尘,改善矿井气候条件及救灾时控制风流的作业。即利用机械或自然通风压力为动力,使地面空气进入井下,并在井巷中作定向和定量流动,最后将污浊空气排出矿井的全过程。因此,矿井通风的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,稀释和排除各种有害气体和矿尘,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矿井安全生产。所以,评价矿井通风效果的主要指标就是矿井空气的质量和数量。



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 所示。

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(新鲜空气)和井下产生的有害气体及浮尘的混合体即称为矿井空气。由于受井下各种自然因素、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)山等处的风流。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、回风井筒等处的风流。

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

1. 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,人类之所以能够在地球上生存,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 所示。

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 所示。

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)/%	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,煤岩和生产过程中产生的有毒、有害气体也会相对降低氧浓度。

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,导致缺氧窒息死亡。

2. 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,易溶于水。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了。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,以刺激患者的呼吸机能。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。二氧化碳中毒症状与浓度的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 二氧化碳中毒症状与浓度的关系

二氧化碳浓度(体积)/%	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。

如甘肃窑街三矿 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 500 m³,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。

3. 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),微溶于水,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,氮气防灭火是一项防治煤炭自燃十分有效的技术,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,个别煤岩层中氮气的涌出。

三、矿井空气中有害气体及其性质

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。

1. 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),微溶于水,能

与空气均匀混合。一氧化碳能燃烧,在空气中体积浓度达 12.5%~74%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。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 所示。

表 1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

CO 浓度(体积)/%	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%的死亡人员是由于一氧化碳中毒所致。

2. 硫化氢(H₂S)

硫化氢气体无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋气味,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,能引起肺炎、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 所示。

表 1-6 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

H ₂ S 浓度(体积)/%	主 要 症 状
0.002 5~0.003	有浓烈臭鸡蛋味
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,部分煤层中硫化氢的涌出。

如 2006 年 9 月 1 日,新疆阜康市金龙煤矿在建井期间,在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 2 人,下井救援人员也中毒了,其中包括 3 位矿领导;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。

3. 二氧化硫(SO_2)

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(相对密度为 2.22),是井下最重的有害气体。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,对眼睛和呼吸黏膜有强烈刺激作用,可引起喉炎和肺水肿,矿工们将其称为“瞎眼气体”。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系如表 1-7 所示。

表 1-7 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

SO_2 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:含硫矿物的氧化与自燃,在含硫矿物中爆破,从含硫煤体中涌出。

4. 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,比空气重(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。二氧化氮中毒具有潜伏期,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,有的人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 所示。

表 1-8 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

NO_2 浓度(体积)/%	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。炸药爆炸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,防止炮烟熏人事故发生。

5. 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,比空气轻(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,

甚至死亡。氨气的主要来源有:爆破工作,用水灭火时产生,部分岩层中氨气涌出。

6. 氢气(H₂)

氢气无色、无味、无毒,比空气轻(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,中等变质的煤层中氢气涌出。

四、安全标准

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》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。

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》中对其安全标准做了明确规定,如表 1-9 所示。《煤矿安全规程》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 1-9 矿井空气中有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有关规定,不违章作业,就可避免有害气体对人体的伤害。

五、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,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,揭示警标,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。



实验实训

实训一 矿井气体成分测定

一、实训目的

- (1) 熟悉气体采样器和检定管的结构及工作原理。
- (2) 掌握检定管的测定方法及操作步骤。
- (3) 能够分析矿井空气成分是否符合安全标准。

二、实训仪器及原理

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,检查用风地点进风流中 O_2 、 CO_2 浓度和回风流空气中 CO_2 及有害气体浓度是否符合安全标准。矿井空气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。

1. 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。此种方法一般用于井下火区成分检测或需精确测定空气成分的场合。

2. 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及有害气体浓度。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) 多种气体检定管

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:

① 比长式的测定原理是: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。

② 比色式测定原理是:当待测的气体通过检定管时,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。

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,比长式 CO 检定管结构如图 1-1 所示。

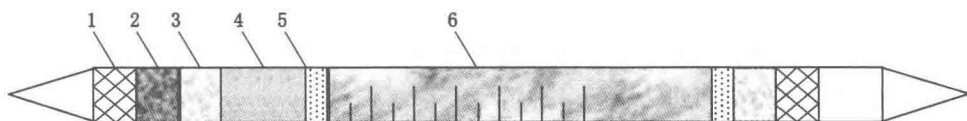
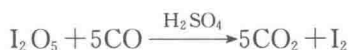


图 1-1 比长式 CO 检定管结构示意图

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 $\phi(4\sim6)\times 150\text{ mm}$ 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。

国内生产气体检定管的厂家较多，主要性能如表 1-10 所示。

表 1-10

我国使用的比长式气体检定管的主要性能

检测管名称	型号	测量范围(体积比/%)	颜色变化
CO	I	$(5\sim 50)\times 10^{-4}$	白色→棕褐色
	II	$(10\sim 500)\times 10^{-4}$	
	III	$(100\sim 5\,000)\times 10^{-4}$	
	IV	0.2~5	
CO ₂	I	0.2~3.0	蓝色→白色
	II	1~15	
H ₂ S	I	$(3\sim 100)\times 10^{-4}$	白色→棕色
SO ₂	I	$(2.5\sim 100)\times 10^{-4}$	紫色→土黄色
NO ₂	I	$(1\sim 50)\times 10^{-4}$	白色→黄绿色
NH ₃	I	$(20\sim 200)\times 10^{-4}$	橘黄色→蓝灰色
O ₂	I	1~21	白色→茶色
H ₂	I	0.5~3.0	白色→淡红色

比色式 CO 检定管结构如图 1-2 所示，它是一根 $\phi(4\sim 6)\text{ mm}\times 160\text{ mm}$ 两端封闭的玻璃管，管内装有黄色指示剂和白色硅胶，黄色指示剂是由以活性硅胶为载体吸附酸氨和硫酸钡的混合溶液而制成，白色硅胶为吸水剂。

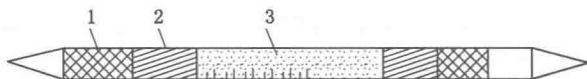


图 1-2 比色式 CO 检定管结构示意图

1——脱脂棉；2——活化硅胶；3——指示剂

当含有 CO 的气体通过检定管时，在硫酸钡的催化作用下，酸氨被 CO 还原，随 CO 浓度

增加指示剂颜色由黄色变成黄绿色、绿黄色、绿色、蓝绿色、蓝色。指示剂变色程度与通气时间及 CO 浓度的乘积成正比,因此根据指示剂变色程度不同,来确定待测气体浓度。

(2) 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 1-3 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。

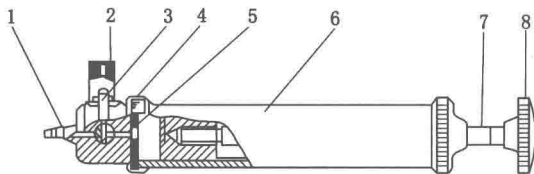


图 1-3 圆筒形压入式手动采样器外观及结构示意图

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

三、实训任务

- (1) 气体采样器采集待测气样。
- (2) 矿井空气中 CO、CO₂、O₂ 浓度测定。
- (3) 测定结果分析,判断是否超过安全浓度标准。

四、实训步骤

(1) 准备工作

首先检查气体采样器的气密性和检定管完好性。将气体采样器阀门把手转到 45°位置,拉动活塞拉杆,若能自动回复到原位置,则表明气体采样器不漏气。检查检测管的生产日期、有效期及破损情况,确保检测管完好。

(2) 采取气样

圆筒形压入式手动采样器使用时,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。

(3) 送入气样

按检测管上的箭头指向,首先用小砂轮片打开箭头尾部一端,迅速插入胶管接头,再打开检定管另一端。把采样器阀门把手扳至垂直位置,按检定管上规定的送气时间,把气样均匀地送入检定管。

(4) 读值

拔出检定管,变色环所指的刻度即为待测气体的浓度。

五、注意事项

- (1) 检定管应放在阴凉处,两端切勿碰坏,使用时不要过早打开两端,以防影响测定效果。
- (2) 比长式检定管的推送待测气体时间应根据厂家标定的时间。

(3) 微量气体测定:如果所测气体浓度低于检定管最小示值时,可采用延长推送时间或增加送气次数的方法进行测定。其结果要除以时间延长的倍数或增加送气的次数,即为被测气体的实际浓度。

计算公式如下:

被测气体的真实浓度=检定管指示值/时间延长的倍数或增加送气的次数

(4) 高浓度气体测定: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,可采取下述措施测定。先抽取一部分待测气体试样,然后用新鲜空气进行稀释若干倍,最后将所测结果乘以稀释倍数,即为所测气体实际浓度。

计算公式如下:

被测气体的真实浓度=检定管指示值×稀释倍数

六、考核标准

考核标准如表 1-11 所示。

表 1-11

考核标准

考核任务(选一)	考核内容	配分	考核标准	得分
矿井空气中 CO 浓度测定	利用检定管和多种气体采样器测定 CO 浓度	100	1. 能够正确使用检定管和多种气体采样器(30 分) 2. 能够测定矿井空气中 CO 浓度(50 分) 3. 能够分析矿井空气中 CO 浓度是否符合标准(20 分)	
矿井空气中 CO ₂ 浓度测定	利用检定管和气体采样器测定 CO ₂ 浓度	100	1. 能够正确使用检定管和多种气体采样器(30 分) 2. 能够测定矿井空气中 CO ₂ 浓度(50 分) 3. 能够分析矿井空气中 CO ₂ 浓度是否符合标准(20 分)	
矿井空气中 O ₂ 浓度测定	利用检定管和多种气体采样器测定 O ₂ 浓度	100	1. 能够正确使用检定管和多种气体采样器(30 分) 2. 能够测定矿井空气中 O ₂ 浓度(50 分) 3. 能够分析矿井空气中 O ₂ 浓度是否符合标准(20 分)	
总配分		300	合计得分	

七、实训反馈

(1) 某矿技术员,用比长式 CO 检定管测定 CO 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,棕色环并没有出现。请解释原因,并提出解决问题的方案。

(2) 采用检定管法测定气体浓度时,为何普遍用比长式检定管,而较少用比色式检定管?

(3) 某矿通风队技术员,在一采煤工作面回风流中用检定管测定 CO₂ 浓度时,分别在靠近巷道顶板、巷道中部、靠近底板三个部位抽取气样并测定 CO₂ 浓度,得出三个不同的测定结果,分别是 0.40%、0.42%和 0.44%。请分析原因,并确定该回风流中 CO₂ 浓度。

(4) 某矿通风队技术员,在一次安全检查中,发现某掘进工作面进风流中 CO₂ 浓度为 0.55%,他该如何处理?

(5) 某矿通风队技术员,在一次安全检查中,发现某掘进工作面进风流中 O₂ 浓度为 19%,他该如何处理?

(6) 某高校一学生在实验室用 O₂ 检定管测定室外空气浓度时,反复测定几次,其结果均小于地面空气中氧气平均浓度 20.96%。请分析原因。



工程案例

案例一 生产矿井气体检测技术的应用

经调研,采用检定管快速测定矿井空气成分及含量,所用仪器简单、体积小、重量轻,便于携带。仪器经久耐用、性能可靠,测量精度完全能满足要求。仪器操作简单,经过简单培训,即可上岗,其最大优点是成本低,一次测定成本为1~2元;若采用取样送检分析,一个气样成本为100~200元。

因此,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。煤矿现场多采用检定管配合采样器测定井下气体成分及浓度,尤其是自然发火严重的矿井,多采用该方法测定一氧化碳的浓度,查阅网络资料和期刊文献,全国已推广应用。但缺点是需手工操作,间断性测定,不能实现连续监测监控,不能形象、迅速反映气体浓度变化趋势,不能及时预测预报自燃发生和发展过程。

为准确和迅速预测预报煤炭自燃状况,需要现代化的安全监测、监控技术,在此作简要介绍。随着科技的迅速发展,先进的检测仪表及监测、监控技术在中平能化集团下属大型现代化矿井已装备使用。

一、数字式检测仪表

1. 氧气检测仪

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。数字式氧气检测仪外部结构如图1-4所示。

2. 便携式多参数气体检测报警仪

EM—4便携式多参数气体检测报警仪(如图1-5所示),适用于煤矿井下作业环境中的瓦斯(CH_4)、一氧化碳(CO)、氧气(O_2)及硫化氢(H_2S)气体浓度的测定和报警。其检测现场中气体浓度,并可以进行声光报警,具有操作简单、体积小、携带方便、精度高等特点。



图 1-4 数字式氧气检测仪外部结构



图 1-5 EM—4 便携式多参数气体检测报警仪

二、一氧化碳传感器

GTH1000(B)矿用一氧化碳传感器是矿用连续检测井下一氧化碳浓度的高精度仪表,如图1-6所示。传感器能够实时地测量并且显示矿井下的一氧化碳浓度,而且根据浓度值的大小产生声光报警信号,并且输出与一氧化碳浓度相对应的模拟信号。传感器能在具有瓦斯、煤尘爆炸的矿井内,对煤层自然发火、机电设备、运输胶带事故等多种因素可能引发的