



中等职业教育“十二五”规划教材

中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

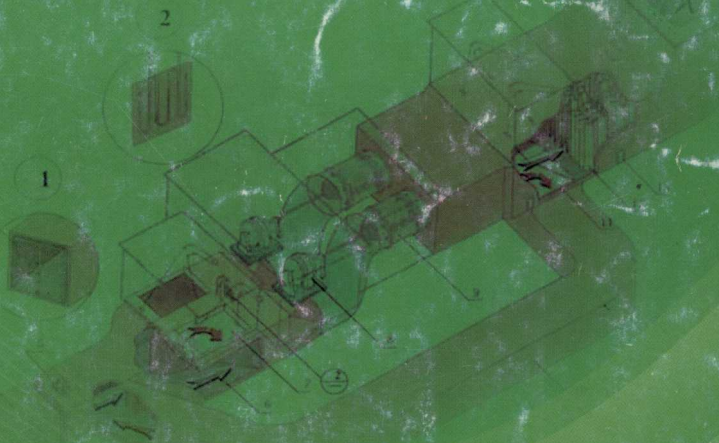
中国矿业大学图书馆藏书



C01675703

# 矿井通风(通风)

◆ 主 编 张红兵



煤炭工业出版社

4  
2

TD724  
Z-372

中等职业教育“十二五”规划教材  
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

# 矿井通风

(通风)

主 编 张红兵  
副主编 余 岚 刘 磊  
参编人员 刘法根 屈 扬



中国矿业大学图书馆藏书



C01675703

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

矿井通风: 通风/张红兵主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2011

中等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3867-0

I. ①矿… II. ①张… III. ①矿井通风系统-中等专业学校-教材 IV. ①TD724

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 102904 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址: [www.cciph.com.cn](http://www.cciph.com.cn)  
煤炭工业出版社印刷厂 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 17<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
字数 405 千字 印数 1—3 000  
2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷  
社内编号 6741 定价 35.00 元

**版权所有 违者必究**

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

## 内 容 提 要

本书系统论述了矿井空气的成分及性质、安全标准及检测方法；矿井空气的物理参数、变化规律及测算；矿井通风阻力类型、特性及测算；矿井通风动力类型、特性、选择及计算；矿井通风网络中风量分配、调节及相关计算；矿井、采区、掘进通风系统设计等内容。

本书可作为中等职业学校矿井通风与安全专业的专业教材，也可作为从事煤矿通风安全工作的工程技术人员、管理人员和工人的参考书。

主 编 孙 康

主 审 康 余

参 审 孙 康



煤炭工业出版社

北京



# 煤炭中等专业教育分专业教学与教材建设委员会

(矿井通风与安全类专业)

主任 郝玉柱

副主任 张红兵

委员 张长喜 杨成章 苏 寿 任世英 周 虎

龚琴生 焦 健

# 前 言

为贯彻《教育部办公厅、国家安全生产监督管理总局办公厅、中国煤炭工业协会关于实施职业院校煤炭行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》（教职成厅〔2008〕4号）精神，加快煤炭行业专业技能型人才培养培训工程建设，培养煤矿生产一线需要，具有与本专业岗位群相适应的文化水平和良好职业道德，了解矿山企业生产全过程，掌握本专业基本专业知识和技术的技能型人才，经教育部职成司教学与教材管理部门的同意，中国煤炭教育协会依据“矿井通风与安全”专业教学指导方案，组织煤炭职业学（院）校专家、学者编写了矿井通风与安全专业系列教材。

《矿井通风（通风）》一书是中等职业教育规划教材矿井通风与安全专业中的一本，可作为中等职业学校矿井通风与安全专业基础课程教学用书，也可作为在职人员培养提高的培训教材。

本书由河南工程技术学校张红兵主编并统稿，其编写了绪论、模块五；甘肃煤炭工业学校余岚任副主编，其编写了模块一；淮北煤电技师学院刘磊任副主编，其编写了模块四；河南工程技术学校屈扬编写了模块二和模块六；河南工程技术学校刘法根编写了模块三。

中国煤炭教育协会职业教育  
教学与教材建设委员会

2011年5月

# 目 次

|  |     |
|--|-----|
| 绪论   | 1   |
| 模块一 矿井空气   | 3   |
| 项目一 矿井空气成分   | 3   |
| 项目二 矿井气候条件   | 23  |
| 项目三 矿井空气压力   | 44  |
| 模块二 矿井通风阻力   | 67  |
| 模块三 矿井通风动力   | 96  |
| 项目一 自然风压   | 96  |
| 项目二 矿用通风机  | 105 |
| 项目三 矿用通风机性能测试  | 118 |
| 模块四 矿井通风系统   | 146 |
| 项目一 矿井通风方法与方式  | 146 |
| 项目二 采区通风系统   | 151 |
| 项目三 掘进通风系统   | 157 |
| 项目四 矿井通风管理   | 171 |
| 模块五 矿井通风网络及风量分配与调节   | 184 |
| 项目一 矿井通风网络及风量分配  | 184 |
| 项目二 矿井风量调节   | 210 |
| 模块六 矿井通风设计   | 234 |
| 附录   | 257 |
| 附录一 井巷摩擦阻力系数 $\alpha$ 值表 ( $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ) | 257 |
| 附录二 井巷局部摩擦阻力系数 $\xi$ 值表                                    | 263 |
| 附录三 矿井通风阻力测定表  | 264 |
| 参考文献   | 266 |

## 绪 论

在矿井生产过程中向矿井连续不断地输送新鲜空气，以供给人员呼吸，稀释和排出井下有害气体和浮尘，改善井下气候条件，且在救灾时能有效控制风流的作业过程称为矿井通风。

我国90%以上的煤炭是井工开采，需要从地面向地下开掘一系列井巷到达煤层，从中布置工作面进行生产。与地面作业相比，井下作业空间狭小，光线不足，工作地点多变，地质条件复杂，自然灾害严重，气候条件恶劣。特别是瓦斯、炮烟等有害气体和粉尘等有害物质严重影响着矿工的身体健康和生命安全，威胁着煤矿的安全生产；随着开采深度的增加，有的矿井还伴有高温、高湿等危害，进一步恶化了工作环境。矿井通风正是从技术角度解决这些问题的重要手段，是创造矿井正常生产环境和安全条件的基础，不仅关系到职工的生命安全与健康，而且关系到煤炭工业的发展和效益的提高。

为更好地改善矿井气候条件和煤矿安全状况，国家煤矿安全管理部门提出了“一通三防”的概念。所谓“一通三防”，就是指加强矿井通风，防治瓦斯、煤尘、火灾事故。搞好煤矿“一通三防”工作，是煤矿安全工作的重中之重，也是杜绝重大灾害事故、实现煤矿安全状况根本好转的关键。为了创造良好的煤矿生产作业环境，对瓦斯、煤尘和火灾实施切实可行的防治措施，提高矿井的抗灾救灾能力，最经济、最基础的解决方法就是搞好矿井通风工作。

矿井通风的基本任务有以下3个方面：

- (1) 将足够的新鲜空气送到井下，供给井下人员呼吸所需要的氧气。
- (2) 将冲淡有害气体和矿尘后的空气排出地面，保证井下空气质量并使矿尘浓度控制在规定的安全范围内。
- (3) 新鲜空气送到井下后，能够调节井下巷道和工作场所的气候条件，满足井下规定的风速、温度和湿度，创造良好的作业环境。

我国是以煤炭为主要能源的国家，煤炭在一次能源生产和消费构成中的比例占到70%左右，随着我国国民经济的快速发展和对能源的需求增加，煤炭产量还有不断增加的趋势。多年来，尽管我国的煤炭产量不断提高，煤矿的技术结构、组织结构、产品结构得到了进一步优化，但并未实现对煤矿灾害事故的有效控制和安全状况的根本好转，重特大事故时有发生，安全形势依然严峻，这就对矿井通风工作提出了新的更高要求。

今后一段时期，矿井通风的发展趋势表现在以下几方面：一是在进一步深入研究井下风流稳态流动的同时，注重非稳定流动理论及采空区渗流理论等方面的研究，为矿井防灭火、防瓦斯和控制灾变时期的风流提供理论依据；二是新型自动化通风参数测试仪表的研制和计算机管理技术将进一步得到推广应用；三是通风设备将向大型化、高效率 and 自动控制的方向发展；四是深、热矿井的通风理论和改善其环境条件技术措施的研究将更加深入。这些通风理论的突破及新技术、新工艺、新设备的应用，必将彻底改善煤矿井下环



境,更有效地保证矿井安全生产。

我国煤矿安全生产的指导方针是“安全第一、预防为主”,这是在总结我国煤炭生产建设多年经验和教训的基础上确定的,也是由煤矿生产的自然规律及其特殊条件决定的。只有正确理解和把握安全生产方针,才能把矿井通风工作摆在合理的位置上,才能为安全生产起到保驾护航的作用。

新中国成立以来,党和政府十分重视煤矿通风安全工作,颁布了一系列安全生产法规和劳动保护法令,成立了专门的监察机构,不断修订《煤矿安全规程》。特别是《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国煤炭法》、《中华人民共和国矿山安全法》等法律法规的颁布实施,使我国的煤矿安全生产全面走向了法制化轨道。此外,在矿井通风技术方面也有了长足的发展。当前,我国的各类煤矿普遍实现了机械通风,通风系统布置大多实现了分区通风,在安全检测和质量管理方面基本实现了矿井通风质量管理。计算机技术在煤矿生产领域得到了广泛应用,推动了矿井通风设计、通风系统优化和监测工作,编制出了多种通风网络解算、主要通风机选型优化等应用软件;开发了一些新型的、功能齐全的智能化通风仪表,环境监测系统已经得到广泛应用;一些新型、高效、大功率通风机正在替代陈旧产品,矿井通风设备和设施的安全性、可靠性都在不断加强。

矿井通风是矿山安全工程学科中的一个基本分支,矿井通风课程是矿井通风与安全类专业的一门专业课。从事煤矿技术工作的人员,不仅要熟悉煤矿安全生产的有关规定,而且要透彻了解这些规定的含义及其科学依据,才能因地制宜地贯彻执行。因此在本课程的学习过程中,必须分析研究教材中的主要问题,勤学善问,理论联系实际,弄清基本原理和概念。同时要积极进行技能训练,不断提高动手能力,加深对理论知识的理解,提高技术管理水平,为解决生产实际问题打下坚实的基础。

# 模块一 矿井空气

## 项目一 矿井空气成分

### 知识目标

1. 了解矿井空气的主要成分及其基本性质。
2. 能口述矿井空气主要成分的检测方法。
3. 掌握矿井空气中有毒有害气体的种类及其基本性质。
4. 能口述矿井空气中有毒有害气体的检测方法。

### 技能目标

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》规定的浓度标准。
2. 能使用仪器检测矿井空气中有毒有害气体的浓度。
3. 能采取措施防治有害气体的危害。

### 相关知识

#### 一、矿井空气的主要成分

##### (一) 地面空气的组成

空气分为干空气与湿空气两种，一般将不含水蒸气的空气称为干空气。地面空气又称大气，是由干空气和水蒸气组成的混合气体，通常称为湿空气。大气中除了水蒸气的比例随地区和季节变化较大以外，其余成分相对稳定，其主要组成成分见表1-1。

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 <sub>2</sub> )    | 20.96  | 23.23  | 惰性稀有气体氦、氖、氩、氪、氙等计在氮气中 |
| 氮气 (N <sub>2</sub> )    | 79.00  | 76.71  |                       |
| 二氧化碳 (CO <sub>2</sub> ) | 0.04   | 0.06   |                       |

##### (二) 矿井空气主要成分及其基本性质

地面空气进入井下后就成为矿井空气。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,矿井空气将发生一系列变化。主要有氧气含量减少;二氧化碳浓度升高,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。

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;把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,但其主要成分仍同地面空气一样,由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

### 1. 氧气 ( $O_2$ )

氧气是一种无色、无味、无臭的气体,略重于空气,相对密度为 1.105。氧气是一种化学活性很强的气体,易和其他物质发生氧化反应,能助燃,是人体维持正常生命的基础,人体需氧量取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。人体需氧量与劳动强度的关系见表 1-2。

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/( $L \cdot \min^{-1}$ ) | 氧气消耗量/( $L \cdot \min^{-1}$ ) |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| 休息     | 6~15                          | 0.2~0.4                       |
| 轻体力劳动  | 20~25                         | 0.6~1.0                       |
| 中度体力劳动 | 30~40                         | 1.2~1.6                       |
| 重体力劳动  | 40~60                         | 1.8~2.4                       |
| 极重体力劳动 | 40~80                         | 2.5~3.0                       |

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见表 1-3。

表 1-3 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                                | 氧气浓度(体积)/% | 人体主要症状                             |
|------------|---------------------------------------|------------|------------------------------------|
| 17         | 静止状态无影响,工作时<br>会感到喘息、呼吸困难             | 10~12      | 失去知觉,时间稍长有生命<br>危险                 |
| 15         | 呼吸及心跳急促,耳鸣目<br>眩,感觉和判断能力降低,<br>失去劳动能力 | 6~9        | 失去知觉,呼吸停止,如<br>不及时抢救几分钟内可能导<br>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;煤岩自燃、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;煤岩中涌出和生产中产生的其他有害气体等。

所以在井下通风不良的巷道中，应特别注意对氧气浓度的检查，以防发生窒息事故。

### 2. 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)

二氧化碳是一种无色、略带酸臭味、略带毒性、易溶于水的气体，比空气重，相对密度为 1.52，不助燃也不能供人呼吸。

新鲜空气中含有的微量二氧化碳对人是有利的，二氧化碳对人体的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。但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，严重时可能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度对人体的影响见表 1-4。

表 1-4 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

| 二氧化碳浓度 (体积)/% | 主要症状              | 二氧化碳浓度 (体积)/% | 主要症状              |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| 1             | 呼吸加深，急促           | 10            | 头痛，头昏，呼吸困难，昏迷     |
| 3             | 呼吸急促，心跳加快，头痛，很快疲劳 | 10~20         | 呼吸停顿，失去知觉，时间稍长会死亡 |
| 5             | 呼吸困难，头痛，恶心，耳鸣     | 20~25         | 短时间内中毒死亡          |

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；煤炭自燃；瓦斯、煤尘爆炸等。有时二氧化碳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。二氧化碳也能使人窒息，是造成矿井人员伤亡的重要原因之一。

### 3. 氮气 (N<sub>2</sub>)

氮气是一种无色、无味、无臭、无毒、不助燃、难溶于水的惰性气体，略轻于空气，相对密度为 0.97，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，从而可能导致人员窒息。同时，氮气是惰性气体，可以将其用于井下防火和防止瓦斯爆炸。

矿井中氮气的主要来源有：井下爆破；有机物的腐烂；天然生成的氮气从煤岩中涌出等。有时在井下废弃旧巷或封闭的采空区中，也会积存氮气。

## 二、矿井空气中的有害气体

矿井空气中常见的有害气体除二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 和氮气 (N<sub>2</sub>) 外，还有一氧化碳 (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。

### 1. 一氧化碳(CO)

一氧化碳是一种无色、无味、无臭、难溶于水的气体,略轻于空气,相对密度为0.97,能与空气均匀混合。

一氧化碳能燃烧,在空气中体积分数达到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,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,从而造成人体血液缺氧而“窒息”。一氧化碳与血红素结合后生成鲜红色的碳氧血红素,因此一氧化碳中毒者最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈樱桃红色。一氧化碳中毒症状与一氧化碳浓度、时间及人的体质有关,见表1-5。

矿井中一氧化碳的主要来源有:爆破工作;矿井火灾;煤炭自燃;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%的人员是死于一氧化碳中毒。

### 2. 硫化氢(H<sub>2</sub>S)

硫化氢是一种无色、微甜、略带臭鸡蛋味、易溶于水的气体,比空气重,相对密度为1.19,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。硫化氢中毒症状与浓度的关系见表1-6。

表1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

| 一氧化碳浓度<br>(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;<br>2 h发生体温下降,脉搏微弱,出冷汗,<br>可能出现昏迷 |
| 0.32             | 5~10 min内出现头痛、眩晕;半小<br>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   |

表1-6 硫化氢中毒症状与浓度的关系

| 硫化氢浓度<br>(体积)/% | 主要症状                                  |
|-----------------|---------------------------------------|
| 0.0025~0.003    | 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<br>“减弱”或“消失”       |
| 0.015~0.02      | 出现恶心、呕吐、头晕、四肢无力,<br>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、<br>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;含硫矿物的水化;从老空区和旧巷积水中放出。有些矿区的煤层中也有硫化氢涌出,如2006年9月1日,新疆某矿在建井期间,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,就连下井救援人员也中毒了。

### 3. 二氧化硫(SO<sub>2</sub>)

二氧化硫是一种无色、有强烈硫黄气味及酸味的气体,当空气中二氧化硫浓度达到



0.0005% 时即可嗅到刺激性气味。它易溶于水,比空气重,相对密度为 2.22,是井下有害气体中密度最大的,易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硫酸,对眼睛有刺激作用,矿工们将其称为“瞎眼气体”。此外,二氧化硫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。二氧化硫中毒症状与浓度的关系见表 1-7。

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。

#### 4. 二氧化氮( $\text{NO}_2$ )

二氧化氮是一种红褐色、有强烈刺激性气味、易溶于水的气体,比空气重,相对密度为 1.59。

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。二氧化氮中毒症状与浓度的关系见表 1-8。

表 1-7 二氧化硫中毒症状与浓度的关系

| 二氧化硫浓度<br>(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 |

表 1-8 二氧化氮中毒症状与浓度的关系

| 二氧化氮浓度<br>(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。如 2007 年 6 月 28 日,云南某矿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。

#### 5. 氨气( $\text{NH}_3$ )

氨气是一种无色、有浓烈臭味、易溶于水的气体,比空气轻,相对密度为 0.6。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。

矿井中氨气的主要来源有:爆破工作;用水灭火时产生;部分岩层中也有氨气涌出。

## 6. 氢气( $H_2$ )

氢气是一种无色、无味、无毒的气体,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。

矿井中氢气的主要来源有:蓄电池充电;有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。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。

### 三、矿井空气成分的质量浓度标准

由于矿井空气质量对人员健康和矿井安全有着重要的影响,所以《煤矿安全规程》对其浓度标准作了明确规定:

第一百条 井下空气成分必须符合下列要求:

(一) 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%。

(二) 有害气体的浓度不超过表1-9规定。

表1-9 矿井有害气体最高允许浓度

| 名称             | 最高允许浓度/% | 名称            | 最高允许浓度/% |
|----------------|----------|---------------|----------|
| 一氧化碳(CO)       | 0.0024   | 硫化氢( $H_2S$ ) | 0.00066  |
| 氧化氮(换算成二氧化氮)   | 0.00025  | 氨( $NH_3$ )   | 0.004    |
| 二氧化硫( $SO_2$ ) | 0.0005   |               |          |

瓦斯、二氧化碳和氢气的允许浓度按本规程的有关规定执行。

矿井中所有气体的浓度均按体积的百分比计算。

第一百三十一条 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%。

### 技能训练

矿井空气中主要有有害气体浓度的测定方法有取样分析法、检定管检测法和直读式仪表检测法。

#### 一、取样分析法

取样分析法是利用采样袋或取样瓶提取井下空气试样,送往地面化验室进行分析。分析仪器多用气相色谱仪,这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;缺点是操作复杂,技术要求高。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。

1. 测定前的准备工作

1) 测定仪器的准备

测定仪器主要有球胆采样袋、金属管、吸气球、弹簧夹和GC-85型矿井自动气相色谱仪(图1-1)。

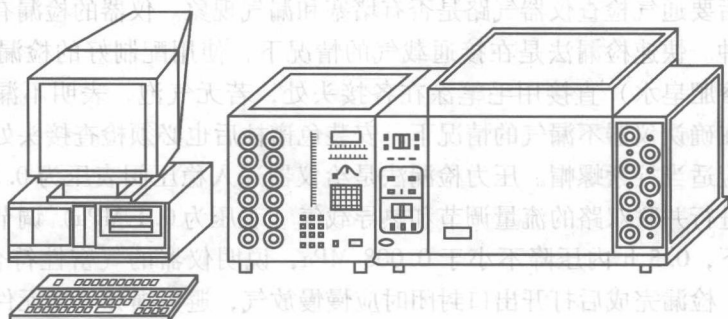


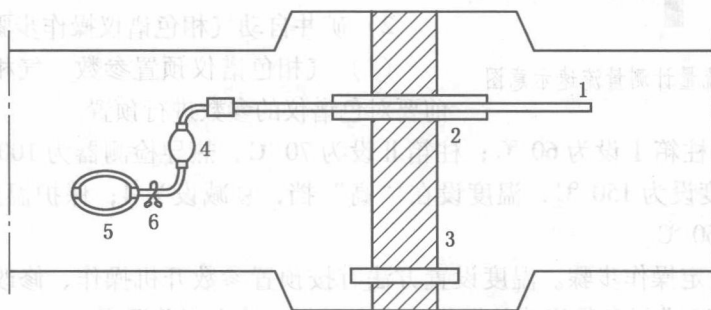
图 1-1 GC-85 型矿井自动气相色谱仪外形示意图

## 2) 测定气样的准备过程

(1) 球胆采样袋的气密性检查。新买的球胆采样袋要进行气密性检查。检查时，先将球胆采样袋充满空气，用弹簧夹将气嘴夹紧，然后将整个球胆采样袋全部浸入水中，检查是否有小气泡渗出，当确认不漏气时才可采用。对于旧的球胆采样袋或聚氯乙烯袋，也需要用上述方法检查气密性。在使用过程中每月检查一次。

经过气密性检查合格的采样袋要进行冲洗，冲洗时先将采样袋原有气体全部挤出，然后用被采样的气体充满采样袋，再压挤，排尽，反复 3 次，才能开始采样。

(2) 采样步骤。采样时先将一个带孔的木塞塞入密闭墙上观察用的金属管中，然后将采样管通过木塞孔插入金属管，最好伸出金属管外一段。采样管外端通过吸气球直接与球胆采样袋连接，进行采样（图 1-2）。



1—采样管；2—金属管；3—密闭墙；4—吸气球；5—采样袋；6—弹簧夹

图 1-2 密闭墙内采样

## 2. 测定方法

在某采区的密闭火区内用球胆采样袋采集空气试样，用 GC-85 型矿井自动气相色谱仪手工进行分析，根据密闭区内气体成分浓度的变化判断火区熄灭程度。

## 3. 测定步骤

### 1) GC-85 型矿井自动气相色谱仪使用前的准备工作

(1) 仪器气路连接检查。先检查气路外接气源是否连接到色谱仪主机箱的各气源入口处，即载气（载 I 接“氢气”，载 II 接“氮气”）、氢气、空气 3 种气体满足要求。仪器

气路检查完成后要通气检查仪器气路是否有堵塞和漏气现象。仪器的检漏有快速检漏法和压力检漏法两种。快速检漏法是在接通载气的情况下,使用配制好的检漏液(十二烷基硫酸钠中性水溶肥皂水)直接用毛笔涂在各接头处,若无气泡,表明不漏气;反之,说明仪器漏气。在确认仪器不漏气的情况下,安装色谱柱后也必须检查接头处是否漏气,如有气泡出现,应适当拧紧螺帽。压力检漏法是给仪器通入稳压阀表压为 0.3 MPa 的氮气,用两个稳压阀进行并联双路的流量调节和热导载气(表压为 0.1 MPa)调节,封闭气路出口,在此压力下,0.5 h 内压降不小于 0.008 MPa,说明仪器的气密性符合要求;反之,说明仪器漏气。检漏完成后打开出口封闭时应慢慢放气,避免损坏热导元件。

(2) 气体流量的测量。将皂膜流量计接入色谱仪检测器的出口,把皂液滴灌到流量计下端的橡皮球中,以皂液刚刚盖上测量管为准。随后通载气,轻轻挤压橡皮球,使测量管中形成皂泡,记录载气将皂泡带到刻度管上移动 10 mL 或 20 mL 所经过的时间,以 mL/min 为单位计算气体的流速。皂膜流量计测量流速如图 1-3 所示。

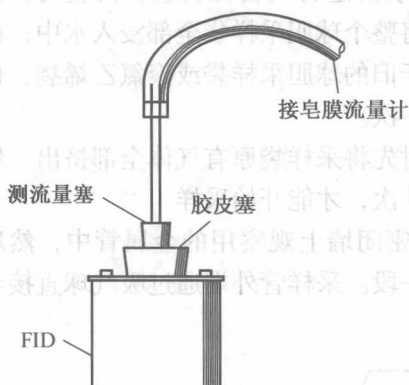


图 1-3 皂膜流量计测量流速示意图

(3) 电路连接检查。供电的电压与相位,确保仪器电源插座上的“1”点接通电源。检查各电路板固定是否可靠,各插头是否插在电器部件上,首次启动仪器前应打开控制箱侧盖检查接头是否松动。检查各单元有关接口板信号输出线的连接是否松动,固定件是否松动。

完成上述检查后,接通电源检查各单元的运行情况是否正常,预置参数是否需要修改,然后再运行。

## 2) 矿井自动气相色谱仪操作步骤

(1) 气相色谱仪预置参数。气相色谱仪在使用前要对色谱仪的参数进行预置。

柱箱温度:柱箱 I 设为 60 ℃;柱箱 II 设为 70 ℃;热导检测器为 100 ℃,衰减设为 7;氢焰检测温度设为 150 ℃,温度设在“高”挡,衰减设为 4;保护温度设为 150 ℃,转化温度设为 360 ℃。

(2) 温度设定操作步骤。温度设置方法有按预置参数开机操作、修改设定参数的操作和在运行状态下进行参数修改的操作,应在运行中检查当前温度。

预置参数开机操作:按预先设定好的参数进行开机、启动的操作,见表 1-10。

表 1-10 预置参数开机操作

| 步骤 | 按键 | 显示    | 设定  | 功能说明                      |
|----|----|-------|-----|---------------------------|
| 1  | 红键 | 总电源   |     | “编程”灯亮,柱箱 I 灯亮,恒温操作不升温    |
| 2  | 编程 | 0     | 0   | “编程”灯灭,“阶数”灯亮,设定温度为 0 ℃   |
| 3  | 输入 | 60.0  | 60  | “阶数”灯灭,“柱箱”灯亮,设定温度为 60 ℃  |
| 4  | 输入 | 100.0 | 100 | “柱箱”灯灭,“热导”灯亮,设定温度为 100 ℃ |
| 5  | 输入 | 150.0 | 150 | “热导”灯灭,“检测”灯亮,设定温度为 150 ℃ |