

中国矿业大学图书馆藏书



C01675829

职业教育“十二五”规划教材

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(采矿)

◆ 主 编 焦 健



煤炭工业出版社

TD724
J-419

参考文献

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

(采矿)

主 编 焦 健

参编人员 陈德山 管金海

任世英



中国矿业大学图书馆藏书



C01675829

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井通风. 采矿/焦健主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2011

中等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3882-3

I. ①矿… II. ①焦… 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 119862 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

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 × 1092mm¹/₁₆ 印张 11

字数 254 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 6746 定价 22.00 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

煤炭中等专业教育分专业教学与教材建设委员会

(采矿技术类专业)

主 任 郭奉贤

副主任 雷振刚 邵 海

委 员 刘 兵 刘跃林 何水明 张玉山 王春城

庞国强 胡贵祥 胡湘宏 荣保金 郭廷基

常现联 梁新成 龚琴生

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“采矿技术”专业教学指导方案,组织煤炭职业学(院)校专家、学者编写了采矿技术专业系列教材。

《矿井通风(采矿)》一书是中等职业教育规划教材采矿技术专业中的一本,可作为中等职业学校采矿技术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。

本书由甘肃煤炭工业学校焦健担任教材主编,其编写绪论、第六章、第七章;甘肃煤炭工业学校陈德山编写了第一章、第二章;徐州机电工程高等职业学校管金海编写了第三章;石家庄工程技术学校任世英编写了第四章、第五章。

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
第一章 矿井空气	3
第一节 矿井空气成分	3
第二节 矿井空气中的主要有害气体	5
第三节 矿井气候条件	12
第二章 矿井通风压力	22
第一节 空气的主要物理性质	22
第二节 风流能量与压力	23
第三节 通风能量方程	35
第三章 矿井通风阻力	43
第一节 风流的流动状态及判断	43
第二节 矿井通风阻力的类型及计算	44
第三节 矿井总风阻与矿井等积孔	50
第四节 矿井通风阻力测定	52
第四章 矿井通风动力	63
第一节 自然风压	63
第二节 矿用通风机	65
第三节 通风机的特性	71
第四节 矿井反风技术	77
第五节 矿井通风机风压与通风阻力的关系	81
第六节 通风机的性能试验	84
第五章 矿井与采区通风系统	94
第一节 矿井通风方法	94
第二节 矿井通风方式	95
第三节 矿井通风网络的基本形式及特性	98
第四节 采区通风系统	103
第五节 井下通风设施及矿井漏风	110
第六节 矿井通风系统图及网络图	115
第六章 矿井风量调节	119
第一节 局部风量调节	119
第二节 矿井总风量调节	123
第七章 掘进通风	126
第一节 掘进通风方法	126

第二节	局部通风设备	131
第三节	掘进通风管理	139
第八章	矿井与采区通风设计	144
第一节	概述	144
第二节	矿井总风量计算和分配	145
第三节	采区通风设计的步骤	150
附录一	实验指导书	153
实验一	矿井空气中主要有害气体浓度的测定	153
实验二	通风管道中风流点压力和风速的测定	155
实验三	通风管道中风流摩擦阻力及摩擦阻力系数的测定	160
附录二	井巷摩擦阻力系数 α_0 值	163
参考文献		167

绪论

我国煤矿开采大多是井工开采,井下作业场地具有管道性、移动性、分散性,同时开采煤层赋存条件具有多变性,煤矿作业各工种具一定艰苦性等特点。煤矿在开采过程面临五大灾害的威胁,决定了煤矿行业是高危行业,井下作业危险性较高。矿井通风是保障矿井安全生产的主要技术手段之一。在矿井生产过程中,必须源源不断地将地面空气输送到井下各个作业地点,以供给人员呼吸,稀释和排出井下各种有毒有害气体和矿尘,创造良好的矿内工作环境,保障井下作业人员的身体健康和劳动安全。这种利用机械或自然风压为动力,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就称为矿井通风。因此,矿井通风的首要任务就是要保证矿井空气的质量符合要求。

矿井通风技术是煤矿治理瓦斯、煤尘及火灾的基础,合理高效的矿井通风系统是煤矿安全生产的基本保障。随着科学技术的发展,煤矿生产的机械化程度不断提高,矿井开采规模迅速扩大,通风线路随之加长,通风阻力增加,工作面配风困难,通风难度相应增加。另外,随着开采深度的增加,由于地热、机电设备散热、火区散热、气候变热等因素,致使高温矿井也逐渐增加,矿井热害治理也成为矿井通风工作的一个重点。再者,在一些寒冷地区,冬季气温很低,对进风风流预热也成为通风要解决的难题。矿井通风是矿井各生产环节中最基本的一环,它在矿井建设和生产期间始终占有非常重要的地位。

我国现行的煤矿安全生产方针是“安全第一,预防为主,综合治理,整体推进”。这是在总结我国煤矿建设生产多年经验和教训的基础上确定的,也是由于煤矿生产的自然规律和其特殊性决定的。在煤矿生产建设中必须把职工的生命和健康作为第一位来抓,作为一切工作的指导思想和行动准则,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重要的位置上,才能为安全生产起到保驾护航的作用。

新中国成立以来,党中央、国务院高度重视安全生产工作,十分关怀煤矿企业职工的生命安全和身体健康,先后制定并颁布了一系列有关煤矿安全生产的法律法规,明确要求采掘作业必须安全生产,坚持安全第一的方针,要求各级领导干部在管理生产的同时,必须负责管理安全工作。先后对《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)进行了多次修订,还颁布了《矿山安全监察条例》,设置矿山安全监察机构,实行矿山安全监察制度。

矿井通风是为采矿技术专业开设的一门专业课,是矿山安全工程科学的一个分支。为完成矿井通风任务,要求从事矿井通风技术管理的工程技术人员必须能正确解决以下几方面的技术问题:研究矿井内有毒有害气体的生成、分布规律,采取有效措施消除其危害;研究矿内气候条件的变化规律,积极采取改善措施;正确确定各用风地点的需用风量及矿井总风量,并随着生产发展变化及时进行风量的正确调节;掌握矿井通风阻力的分布、变化规律,及时调整通风系统;研究全矿井及采区通风系统的特点,正确确定管理、调整措施;对矿井通风状况进行监测,发现问题及时解决。

煤矿安全生产是关系到矿工的健康和生命安全、保护国家资源和财产的大事。同自然作斗争必须尊重客观规律,尊重科学,只有掌握了有利、有害因素的发生发展规律,才能正确采取有效的预防、处理事故措施,创造安全生产条件,促进生产发展。因此,煤炭中职学生必须努力学习矿井通风的有关理论知识与技能,适应岗位技能要求。

我国同世界上许多国家一样,对安全生产具有悠久的历史。早在西周时期,我国就有了“防”、“救”、“治”三原则。所谓“防”,就是预防为主,防患于未然;所谓“救”,就是事故发生后,要及时采取措施,防止事故扩大;所谓“治”,就是事故发生后,要及时采取措施,防止事故扩大。我国古代劳动人民在长期的生产实践中,积累了丰富的安全生产经验,为现代安全生产理论的形成奠定了基础。随着生产力的发展,安全生产理论也在不断地完善和发展。现代安全生产理论强调预防为主,综合治理,体现了安全生产的科学性和系统性。在安全生产理论中,通风是一个重要的组成部分。通风的好坏直接影响到矿井的安全和矿工的健康。因此,学习矿井通风理论,对于提高矿工的安全意识和技能,具有重要的意义。

我国古代劳动人民在长期的生产实践中,积累了丰富的安全生产经验,为现代安全生产理论的形成奠定了基础。随着生产力的发展,安全生产理论也在不断地完善和发展。现代安全生产理论强调预防为主,综合治理,体现了安全生产的科学性和系统性。在安全生产理论中,通风是一个重要的组成部分。通风的好坏直接影响到矿井的安全和矿工的健康。因此,学习矿井通风理论,对于提高矿工的安全意识和技能,具有重要的意义。

我国古代劳动人民在长期的生产实践中,积累了丰富的安全生产经验,为现代安全生产理论的形成奠定了基础。随着生产力的发展,安全生产理论也在不断地完善和发展。现代安全生产理论强调预防为主,综合治理,体现了安全生产的科学性和系统性。在安全生产理论中,通风是一个重要的组成部分。通风的好坏直接影响到矿井的安全和矿工的健康。因此,学习矿井通风理论,对于提高矿工的安全意识和技能,具有重要的意义。

我国古代劳动人民在长期的生产实践中,积累了丰富的安全生产经验,为现代安全生产理论的形成奠定了基础。随着生产力的发展,安全生产理论也在不断地完善和发展。现代安全生产理论强调预防为主,综合治理,体现了安全生产的科学性和系统性。在安全生产理论中,通风是一个重要的组成部分。通风的好坏直接影响到矿井的安全和矿工的健康。因此,学习矿井通风理论,对于提高矿工的安全意识和技能,具有重要的意义。

我国古代劳动人民在长期的生产实践中,积累了丰富的安全生产经验,为现代安全生产理论的形成奠定了基础。随着生产力的发展,安全生产理论也在不断地完善和发展。现代安全生产理论强调预防为主,综合治理,体现了安全生产的科学性和系统性。在安全生产理论中,通风是一个重要的组成部分。通风的好坏直接影响到矿井的安全和矿工的健康。因此,学习矿井通风理论,对于提高矿工的安全意识和技能,具有重要的意义。

第一章 矿 井 空 气

第一节 矿 井 空 气 成 分

地面空气进入矿井以后即称为矿井空气。矿井空气由于受到井下各种自然因素和生产过程的影响,与地面空气在成分和质量上有着程度不同的区别。

一、地面空气的组成

地面空气是由干空气和水蒸气组成的混合气体,通常称为湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气,它是由氧气、氮气、二氧化碳、氩气、氖气和其他一些微量气体所组成的混合气体。干空气的组成成分比较稳定,其主要成分见表1-1。

表1-1 地表大气组成成分

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、氙等计入氮气中
氮气 (N ₂)	79.00	76.71	
二氧化碳 (CO ₂)	0.04	0.06	

湿空气中仅含有少量的水蒸气,但其含量的变化会引起湿空气的物理性质和状态发生变化。

二、矿井空气的主要成分及基本性质

地面空气进入矿井以后,由于受到污染,其成分和性质要发生一系列的变化,如氧气浓度降低,二氧化碳浓度增加;混入各种有毒有害气体和矿尘;空气的状态参数(温度、湿度、压力等)发生改变等。一般将井巷中经过用风地点以前、受污染程度较轻的进风巷道内的空气称为新鲜空气;经过用风地点以后、受污染程度较重的回风巷道内的空气称为污浊空气。

尽管矿井空气与地面空气在性质上存在许多差异,但在新鲜空气中其主要成分仍然是氧气、氮气和二氧化碳。

1. 氧气 (O₂)

氧气是维持人体正常生理机能所需要的气体。人类在生命活动过程中,必须不断吸入氧气,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见表1-2。

当空气中的氧气浓度降低时,人体就可能产生不良的生理反应,出现种种不舒适的症状,严重时可能导致缺氧死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系见表1-3。

表1-2 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

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)/%	主 要 症 状
17	静止时无影响,工作时能引起喘息和呼吸困难
15	呼吸及心跳急促,耳鸣目眩,感觉和判断能力降低,失去劳动能力
10~12	失去理智,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

造成矿井空气中氧气浓度降低的主要原因有:人员呼吸;煤岩和其他有机物的缓慢氧化;煤炭自燃;瓦斯、煤尘爆炸。此外,煤岩和生产过程中产生的各种有害气体,也使空气中氧气浓度相对降低。因此,在井下通风不良的地点,空气中的氧气浓度可能很低,如果不经检查而贸然进入,就可能引起人员的缺氧窒息。缺氧窒息是造成矿井人员伤亡的原因之一。

2. 二氧化碳 (CO_2)

二氧化碳不助燃,也不能供人呼吸,略带酸臭味。二氧化碳比空气重(与空气的相对密度为1.52),在风速较小的巷道中,底板附近浓度较大;在风速较大的巷道中,一般能与空气均匀地混合。

新鲜空气中含有微量的二氧化碳对人体是无害的。二氧化碳对人体的呼吸中枢神经有刺激作用,如果空气中完全不含二氧化碳,则人体的正常呼吸功能就不能维持。所以在抢救遇难者进行人工输氧时,往往要在氧气中加入5%的二氧化碳,以刺激遇难者的呼吸机能。但当空气中二氧化碳的浓度过高时,也将使空气中的氧气浓度相对降低,轻则使人呼吸加快,呼吸量增加,严重时也可能造成人员中毒或窒息。二氧化碳中毒症状与浓度的关系见表1-4。

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

矿井空气中二氧化碳的主要来源是：煤和有机物的氧化；人员呼吸；碳酸性岩石分解；炸药爆破；煤炭自燃；瓦斯、煤尘爆炸等。此外，有的煤层和岩层中也能长期连续地放出二氧化碳，有的甚至能与煤岩粉一起突然大量喷出，给矿井带来极大的危害。例如，吉林省营城煤矿五井曾在 1975 年 6 月发生一起二氧化碳和岩石突出的事故，突出岩石 1005 t，二氧化碳 11000 m³。

3. 氮气 (N₂)

氮气是一种惰性气体，是新鲜空气中的主要成分，它本身无毒、不助燃，也不供呼吸。但空气中若氮气浓度升高，则势必造成氧气浓度相对降低，从而也可能导致人员的窒息性伤害。利用氮气的惰性性质，可用于井下防火和防止瓦斯爆炸。

矿井空气中氮气的主要来源是：井下爆破和生物的腐烂，有些煤岩层中也有氮气涌出。

三、矿井空气主要成分的质量（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《规程》对矿井空气主要成分（氧气、二氧化碳）的浓度标准作出了明确的规定：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%；矿井总回风巷或一翼回风巷中二氧化碳浓度超过 0.75%，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。

第二节 矿井空气中的主要有害气体

矿井中常见的有害气体主要有一氧化碳 (CO)、硫化氢 (H₂S)、二氧化氮 (NO₂)、二氧化硫 (SO₂)、氨气 (NH₃)、氢气 (H₂) 等。这些有害气体对井下作业人员的安全和身体健康危害极大，必须引起高度重视。本节重点讨论矿井空气中常见有害气体的基本性质、安全标准及其检测方法。

一、矿井空气中常见有害气体的基本性质

1. 一氧化碳 (CO)

(1) 性质。一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体，相对密度为 0.97，微溶于水，能与空气均匀地混合。一氧化碳能燃烧，当空气中一氧化碳浓度在 13% ~ 75% 时有爆炸危险。

(2) 对人体危害。一氧化碳与人体血液中血红素的亲和力比氧气大 250 ~ 300 倍（血红素是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞）。一旦一氧化碳进入人体后，首先就与血液中的血红素相结合，因而减少了血红素与氧气结合的机会，使血红素失去输氧的功能，从而造成人体血液“窒息”。所以，医学上又将一氧化碳称为血液窒息性气体。人体吸入一氧化碳后的中毒症状与浓度的关系见表 1-5。由于一氧化碳与血红素结合后，生成鲜红色的碳氧血红素，故一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤均呈樱桃花色。

(3) 来源。矿井空气中一氧化碳的主要来源：井下爆破；矿井火灾；煤炭自燃以及煤

表 1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

一氧化碳浓度 (体积)/%	主 要 症 状	一氧化碳浓度 (体积)/%	主 要 症 状
0.02	2~3 h 内可能引起轻微头痛	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
0.08	40 min 内出现头痛、眩晕和恶心; 2 h 内发生体温和血压下降, 脉搏微弱, 出冷汗, 可能出现昏迷	1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

尘、瓦斯爆炸事故等。

2. 硫化氢 (H_2S)

(1) 性质。硫化氢无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋味, 当空气中浓度达到 0.0001% 即可嗅到, 但当浓度较高时, 因嗅觉神经中毒麻痹, 反而嗅不到。硫化氢相对密度为 1.19, 易溶于水, 在常温常压下 1 个体积的水可溶解 2.5 个体积的硫化氢, 所以它可能积存于旧巷的积水中。硫化氢能燃烧, 空气中硫化氢浓度为 4.3%~45.5% 时有爆炸危险。

(2) 对人体危害。硫化氢剧毒, 有强烈的刺激作用, 不但能引起鼻炎、气管炎和肺水肿, 而且还能阻碍生物的氧化过程, 使人体缺氧。当空气中硫化氢浓度较低时主要以腐蚀刺激作用为主; 浓度较高时能引起人体迅速昏迷或死亡, 腐蚀刺激作用往往不明显。硫化氢中毒症状与浓度的关系见表 1-6。

表 1-6 硫化氢中毒症状与浓度的关系

硫化氢浓度 (体积)/%	主 要 症 状	硫化氢浓度 (体积)/%	主 要 症 状
0.0025~0.003	有强烈臭味	0.035~0.045	0.5~1 h 内出现严重中毒, 可发生肺炎、支气管炎及肺水肿, 有死亡危险
0.005~0.01	1~2 h 内出现眼及呼吸道刺激症状, 臭味“减弱”或消失	0.06~0.07	很快昏迷, 短时间内死亡
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症状		

(3) 来源。矿井空气中硫化氢的主要来源: 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; 我国有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。

3. 二氧化氮 (NO_2)

(1) 性质。二氧化氮是一种褐红色的气体, 有强烈的刺激气味, 相对密度为 1.59, 易溶于水。

(2) 对人体危害。二氧化氮溶于水后生成腐蚀性很强的硝酸, 对眼睛、呼吸道黏膜和肺部组织有强烈刺激及腐蚀作用, 严重时可引起肺水肿。二氧化氮中毒有潜伏期, 有的在严重中毒时尚无感觉, 还可坚持工作。但经过 6~24 h 后发作, 中毒者指头出现黄色斑

点, 并出现严重咳嗽、头痛、呕吐甚至死亡。二氧化氮中毒症状与浓度的关系见表 1-7。

表 1-7 二氧化氮中毒症状与浓度的关系

二氧化氮浓度 (体积)/%	主 要 症 状	二氧化氮浓度 (体积)/%	主 要 症 状
0.004	2~4 h 内可出现咳嗽症状	0.01	短时间内出现严重中毒症状, 神经麻痹, 严重咳嗽、恶心、呕吐
0.006	短时间内感到喉咙刺激, 咳嗽, 胸疼	0.025	短时间内可能出现死亡

(3) 来源。矿井空气中二氧化氮的主要来源: 井下爆破工作。

4. 二氧化硫 (SO_2)

(1) 性质。二氧化硫无色, 有强烈的硫黄气味及酸味, 当空气中二氧化硫浓度达到 0.0005% 即可嗅到。其相对密度为 2.22, 在风速较小时, 易积聚于巷道底部。二氧化硫易溶于水, 在常温、常压下 1 个体积的水可溶解 4 个体积的二氧化硫。

(2) 对人体危害。二氧化硫遇水后生成硫酸, 对眼睛及呼吸系统黏膜有强烈的刺激作用, 可引起喉炎和肺水肿。当空气中二氧化硫浓度达到 0.002% 时, 眼及呼吸器官即感到有强烈的刺激; 浓度达到 0.05% 时, 短时间内即有生命危险。

(3) 来源。矿井空气中二氧化硫的主要来源: 含硫矿物的氧化与自燃; 在含硫矿物中爆破; 从含硫矿层中涌出。

5. 氨气 (NH_3)

(1) 性质。氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体, 相对密度为 0.596, 易溶于水, 空气中浓度达 30% 时有爆炸危险。

(2) 对人体危害。氨气对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用, 可引起喉头水肿。

(3) 来源。矿井空气中氨气的主要来源: 爆破工作; 用水灭火等; 部分岩层中也有氨气涌出。

6. 氢气 (H_2)

(1) 性质。氢气无色、无味、无毒, 相对密度为 0.07。氢气能自燃, 其点燃温度比甲烷低 100~200℃, 当空气中氢气浓度为 4%~74% 时有爆炸危险。

(2) 来源。矿井空气中氢气的主要来源: 井下蓄电池充电时可放出氢气; 有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。

矿井空气中有害气体对井下作业人员的生命安全危害极大, 因此《规程》对常见有害气体的安全标准都作了明确规定, 见表 1-8。

二、矿井主要有害气体的检测

检测矿井空气中有害气体浓度的目的是为了确定其是否符合《规程》的规定。若不符合规定要求, 则必须采取措施进行处理。另外, 检测井下空气中一氧化碳的浓度, 还是预测井下自燃火灾及分析火区状况的可靠方法之一。

检测矿井有害气体浓度的方式有两种: 一种为取样化验分析法, 即把在井下采取的气

表 1-8 矿井空气中有有害气体最高允许浓度

有害气体名称	最高允许浓度/%	有害气体名称	最高允许浓度/%
一氧化碳 (CO)	0.0024	硫化氢 (H ₂ S)	0.00066
氧化氮 (换算成二氧化氮 NO ₂)	0.00025	氨 (NH ₃)	0.004
二氧化硫 (SO ₂)	0.0005		

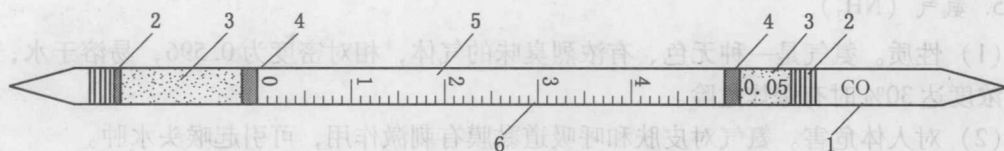
样送到地面化验室进行分析。该方式所测得的数据准确度高、范围广 (如用色谱仪可分析多种气体成分和浓度), 但需要时间长, 不能很快作出判断, 不能根据具体情况及时采取有效的处理措施。另一种为现场快速检测方式。下面介绍的检定管检测法便是现场快速检测方法之一。

用检定管检测矿井有害气体浓度的仪器由检定管和吸气装置两部分组成。

(一) 检定管结构及检测原理

1. 检定管结构

检定管的结构如图 1-1 所示。它由外壳 1、堵塞物 2、保护胶 3、隔离层 4 及指示胶 5 等组成。其中外壳是用中性玻璃管加工而成。堵塞物用玻璃丝布、防声棉或耐酸涤纶制成, 对管内物质起固定作用。保护胶是用硅胶作载体吸附试剂制成, 其作用是除去对指示胶有干扰的气体。隔离层一般用有色玻璃粉或其他惰性有色颗粒物质, 对指示胶起界限作用。指示胶是以活性硅胶为载体吸附化学试剂经加工处理而成。



1—外壳; 2—堵塞物; 3—保护胶; 4—隔离层; 5—指示胶; 6—刻度

图 1-1 一氧化碳检定管结构示意图

2. 检定管的工作原理

当含有被检测气体的空气以一定速度通过检定管时, 被测气体与指示剂发生化学反应, 根据指示胶变色的程度或变色的长度来确定其浓度, 前者称为比色式, 后者称为比长式。目前普遍采用比长式。下面以比长式一氧化碳检定管为例来说明检测原理。

比长式一氧化碳检定管是一支 $\phi 4 \sim 6$ 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, 当一氧化碳气体通过时, 与指示胶发生化学反应, 在玻璃上形成棕色环, 棕色环随着气体通过向前移动, 其移动长度与一氧化碳浓度成正比, 可直接从玻璃管上的刻度读出一氧化碳浓度。

其他有害气体的比长式检定管结构及工作原理与一氧化碳基本相同, 只是检定管内装的指示胶各不相同, 颜色变化有差异。

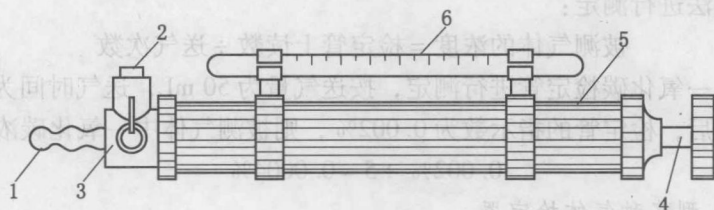
(二) 吸气装置及检测方法

吸气装置有 J-1 型采样器、DQJD-1 型多种气体检定器和 XR-1 型气体检测器。

1. J-1 型采样器

1) 结构

J-1 型采样器实质上是一个取样（抽气）筒，其结构如图 1-2 所示。它是由铝合金管及气密性良好的活塞 4 所组成。抽取一次气样为 50 mL，在活塞上有 10 等分刻度，表示吸入气样的毫升数。采样器前端的三通阀 3 有 3 个位置：阀把平放时，吸取气样；阀把拨向垂直位置时，推动活塞即可将气样通过检定管插孔 2 压入检定管；阀把位于 45° 位置时，三通阀处于关闭状态，便于将气样带到安全地点进行检定。



1—气样入口；2—检定管插孔；3—三通阀；4—活塞；5—吸气筒；6—温度计

图 1-2 J-1 型采样器结构示意图

2) 测定方法

使用 J-1 型采样器检测有害气体的方法如下：

(1) 采样与送气。不同的检定管要求用不同的采样和送气方法。对于很不活泼的气体，如一氧化碳、二氧化碳等，一般是先将气体吸入采样器，在此之前应在测定地点将活塞往复抽送 2~3 次，使采样器内原有的空气完全被气样（含待测气体）所取代。打开检定管两端的封口，把检定管浓度标尺标“0”的一端插入采样器的插孔 2 中，然后将气样按规定的送气时间均匀地送入检定管。如果是较活泼的气体，如硫化氢，则应先打开检定管两端封口，把检定管浓度标尺上限的一端插入采样器的气样入口 1 中，然后以均匀的速度抽气，使气样先通过检定管后进入采样器。在使用检定管时，不论用送气或抽气方式采样，均应按照检定管使用说明书的要求准确采样。

(2) 读取浓度值。检定管上印有浓度标尺。浓度标尺零线一端称为下端，测定上限一端称为上端。送气后由变色柱（或变色环）上端所指示的数字，可直接读取被测气体的浓度。

(3) 高浓度气样的测定。如果被测气体的浓度大于检定管的上限（即气样还未送完，检定管已全部变色）时，应首先考虑测定人员的防毒措施，然后采用下述方法进行测定。

稀释被测气体：在井下测定时，先准备一个装有新鲜空气的胶皮囊带到井下，测定时先吸取一定量的待测气体，然后用新鲜空气使之稀释到 1/10~1/2，送入检定管，将测得的结果乘以气体稀释后体积变大的倍数，即得被测气体的浓度值。

例如用二型一氧化碳检定管进行测定。先吸入气样 10 mL，后加入 40 mL 新鲜空气将其稀释后，在 100 s 内均匀送入检定管，其示数为 0.04%，则被测气体中的一氧化碳浓度为

$$0.04\% \times \frac{10+40}{10} = 0.04\% \times 5 = 0.2\%$$

缩小送气量和送气时间：如采样量为 50 mL，送气时间为 100 s 的检定管，测高浓度时使采样量为 $\frac{50 \text{ mL}}{N}$ 及送气时间为 $\frac{100 \text{ s}}{N}$ ，这时被测气体的浓度 = 检定管读数 $\times N$ 。对于采样量为 100 mL，送气时间为 100 s 的检定管， N 可取 2 或 4；如果要求采样量为 50 mL，送气时间为 100 s 时， N 最好不要大于 2，因为 N 过大，采样量太少，容易产生较大的测定误差。因此，对测定结果要求较高的，最好更换测定上限大的检定管。

(4) 低浓度气样的测定。如果气样中被测气体的浓度低，结果不易量读，可采用增加送气次数的方法进行测定：

被测气体的浓度 = 检定管上读数 $\div$ 送气次数

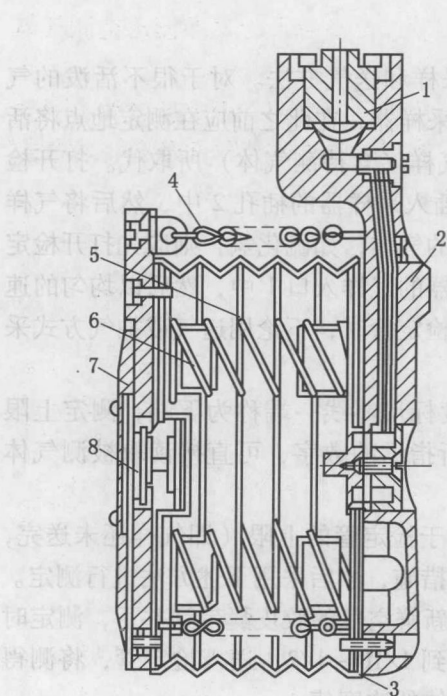
例如用二型一氧化碳检定管进行测定，按送气量为 50 mL，送气时间为 100 s 的要求，连续送 5 次气样后，检定管的指示数为 0.002%，则被测气体中一氧化碳浓度应为

$$0.002\% \div 5 = 0.0004\%$$

2. DQJD-1 型多种气体检定器

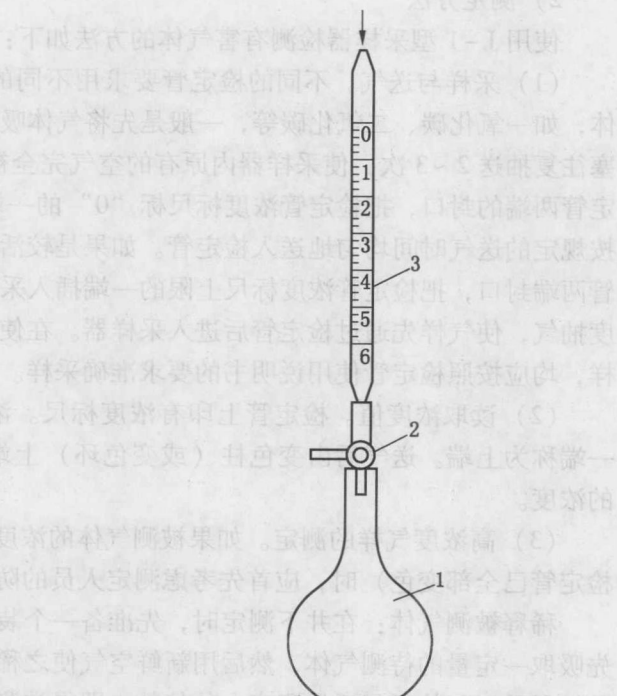
1) 结构

DQJD-1 型多种气体检定器主要由一个橡胶波纹管构成的吸气泵与检定管 (C_1D 型、 C_1Z 型、 C_1G 型、 S_1D 型、 S_1Z 型及 C_2G 型等) 配合使用。吸气泵的结构如图 1-3 所示。吸气泵一次动作吸气体积为 50 mL。



1—插管座；2—上压盖；3—橡胶波纹管；4—链条；
5—支撑环；6—弹簧；7—下压盖；8—出气阀门

图 1-3 吸气泵结构示意图



1—抽气球；2—金属三通；
3—检定管

图 1-4 XR-1 型气体检测器结构示意图