



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

矿井通风技术

● 主 编 严建华



● 煤炭工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

矿井通风技术

主 编 严建华
副 主 编 焦 健
参编人员 任世英 管金海

煤炭工业出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井通风技术/严建华主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2005 (2009.9 重印)

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5020-2703-2

I. 矿… II. 严 III. 矿山通风-专业学校-教材
IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 059787 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

北京玥实印刷有限公司 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 10³/₄

字数 246 千字 印数 36,001—41,000

2005 年 8 月第 1 版 2009 年 9 月第 7 次印刷

社内编号 5474 定价 20.00 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

本书的突出特点是在贯彻执行劳动保护与安全生产法规的基础上,研究矿井通风的科学技术理论。本书系统地阐述了井下空气的成分、性质、变化规律、安全标准和检测;井下空气的物理参数、变化规律和安全标准;矿井风流的能量变化规律与测算;矿井通风阻力的类型、变化规律与测算;矿井通风动力的类型、基本规律、测算与选择;矿井通风网络中风量分配的基本原则与计算方法;矿井风流控制设施的类型、要求与选择;采区、掘进区通风系统的类型与设计;全矿井通风系统的类型与设计。

本书是中等职业学校采矿技术专业和矿井通风与安全专业的通用教材,也可供煤炭生产技术人员参考。

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，以满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001年10月

前 言

本套教材是中国煤炭教育协会和煤炭工业出版社受教育部职业与成人教育司委托,根据2000年教育部《面向21世纪职业教育课程改革和教材建设规划》采矿技术专业教学指导方案,组织部分职业教育院校的教师编写的。教材编审委员会于2004年11月在北京召开了教材编写大纲审定会议,于2005年3月在无锡召开了审稿会,会后各书主编根据提出的意见进行修改与完善。各书主审人员对书稿进行了认真的审阅。

采矿技术专业中等职业教育国家规划教材全套书共12本,可作为中等专业学校、技工学校 and 职业中学采矿技术专业及相关专业的通用教材,可作为企业在职人员的培训教材,也可作为从事矿井开拓、采煤(矿)、掘进、运输、通风与安全、矿井地质勘探与测量的技术人员以及生产组织管理者的参考用书。

本教材力求内容先进性、实用性和系统性的统一,同时考虑中等职业教育的特点、人才培养的基本规格和知识、能力、素质结构的要求,着重学生生产实践能力培养。使学生在牢固掌握采矿技术专业必需的文化基础知识和专业知识的基础上,具有综合职业技能和全面素质,具有继续学习的能力、创业创新能力。

《矿井通风技术》一书是采矿技术专业中等职业教育国家规划教材中的一本,徐州机电工程高等职业学校严建华编写了绪论、第一章、第二章,甘肃煤炭工业学校焦健编写了第六章、第七章、第八章,参编石家庄工程技术学校任世英编写了第四章、第五章,徐州机电工程高等职业学校管金海编写了第三章;辽工大职业技术学院孟宪臣担任此书主审。在此,对本教材成书过程中提供帮助的人士表示感谢。

中等职业学校“采矿技术专业”

教材编审委员会

2005年6月

目 录

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	6
第三节 矿井气候条件	13
第二章 矿井通风压力	27
第一节 空气的主要物理性质	27
第二节 风流能量与压力	28
第三节 通风能量方程	40
第三章 矿井通风阻力	48
第一节 井巷断面上的风速分布	48
第二节 矿井通风阻力	50
第三节 通风阻力定律及其特性	55
第四节 矿井通风阻力测定	57
第四章 矿井通风动力	66
第一节 自然风压	66
第二节 矿用通风机	67
第三节 通风机的特性	72
第四节 矿井反风技术	78
第五节 矿井中通风机风压与通风阻力的关系	82
第六节 通风机的性能试验	84
第五章 矿井与采区通风系统	95
第一节 矿井通风方法	95
第二节 矿井通风方式	96
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	103
第五节 矿井通风设施及漏风	109
第六节 矿井通风系统图及网络图	113

第六章 矿井风量调节	117
第一节 局部风量调节.....	117
第二节 矿井总风量调节.....	121
第七章 掘进通风	123
第一节 掘进通风方法.....	123
第二节 局部通风设备.....	127
第三节 掘进通风管理.....	135
第八章 矿井与采区通风设计	139
第一节 矿井通风设计内容与要求.....	139
第二节 矿井总风量计算和分配.....	140
第三节 采区通风设计.....	145
附录I 实验指导书	149
附录II 井巷摩擦阻力系数 α_0 值表	159
参考文献.....	162

绪 论

矿井通风是保障矿井安全的最主要技术手段之一。在矿井生产过程中,必须向矿井连续地输送新鲜空气,供给人员呼吸,稀释和排出有害气体和浮尘,改善井下气候条件及救灾时控制风流的作业。这种利用机械或自然通风为动力,使地面空气进入井下,并在井巷中作定向和定量地流动,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。

矿井通风技术是治理煤矿瓦斯、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,煤矿生产机械化程度的提高,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。

矿井通风技术经历过较长的发展过程。约在1640年,人们开始把进风和回风路线分开,以利用自然通风压力进行矿井通风。为了加大通风压力,1650年在回风路线上设置火筐,1787年又在回风路线上设置火炉,给回风风流加热。1807年风量约 $200\text{ m}^3/\text{min}$ 的兽力活塞式空气泵,1849年转速约 95 r/min 、风量约 $500\text{ m}^3/\text{min}$ 的蒸气铁质离心式通风机,1898年电力初型轴流式通风机相继投入使用。20世纪40年代以来,矿井已使用功率约 1500 kW 和 3000 kW 的电力轴流式和离心式大型通风机。

1672年人们只知道身穿潮湿衣帽,伏在底板上,手举一端装有燃着蜡烛的木棍,把局部积存的瓦斯燃烧掉。由于危险,后来改用背上装有燃着蜡烛的骡马去燃烧掉瓦斯。1813年开始用安全油灯照明并检查瓦斯和二氧化碳的浓度。20世纪40年代以来,各种气体的检测技术有了较大的发展。特别是20世纪60年代以来,风流中各参数(瓦斯和一氧化碳的浓度、风速、压力、温度等)已经实现了遥测和遥讯。

安全生产是我国一贯遵循的生产方针。搞好安全生产工作,切实保障人民群众的生命财产安全,是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容,是实施可持续发展战略的组成部分,是政府履行社会管理和市场监管职能的基本任务,是企业生存发展的基本要求。建国以来,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,先后多次制订颁布了《安全生产法》、《煤炭法》、《矿山安全条例》,明确要求煤炭工业必须坚持安全第一的生产方针,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。20世纪50年代,我国颁布了《煤矿和油母页岩矿保安规程》,60~70年代又先后颁布了《煤矿保安暂行规程》和《煤矿安全生产试行规程》,在此基础上,80年代原煤炭工业部又颁布了《煤矿安全规程》。它是煤矿安全生产的必须遵循的准则,煤炭工业系统各企业、事业单位及其主管部门,都必须严格执行这个规程。到目前,国家已经对《煤矿安全规程》进行了多次修订。此外,我国还颁布了《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。

《矿井通风技术》是采矿技术专业的一门专业课，是矿山安全工程科学的一个分支。《矿井通风技术》科目的突出特点是在贯彻执行劳动保护与安全生产法规的基础上，研究矿井通风的科学技术理论。

《矿井通风技术》课程的基本内容是：井下空气的成分、性质、变化规律、安全标准和检测；井下空气的物理参量、变化规律和安全标准；矿井风流的能量变化规律与测算；矿井通风阻力的类型、变化规律与测算；矿井通风动力的类型、基本规律、测算与选择；矿井通风网络中风量分配的基本原则与计算方法；矿井风流控制设施的类型、要求与选择；采区、掘进区通风系统的类型与设计；全矿井通风系统的类型与设计等。

煤矿安全生产工作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，以创造安全生产条件，促进生产发展。因此，必须努力学习矿井通风与安全的科学技术知识，提高技术管理水平，为早日实现煤炭工业现代化、赶超世界先进水平作出贡献。

第一章 矿 井 空 气

第一节 矿井空气成分

地面空气进入矿井后即称为矿井空气。矿井空气由于受到井下各种自然因素和生产过程的影响，其与地面空气在成分和质量上有着较大的区别。

一、地面空气的组成

地面空气是由于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/%
氧气 (O ₂)	20.90	23.14
氮气 (N ₂)	78.13	75.53
二氧化碳 (CO ₂)	0.03	0.05
氩气和其他稀有气体	0.94	1.28

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

地面空气进入矿井后，由于受到污染，其成分和性质要发生一系列的变化：氧气含量降低，二氧化碳含量增加；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。一般将井巷中没经过用风地点、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，在质量上有较大差异，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)

(1) 性质。

空气中的氧是一种无色、无味、无臭、化学性质很活泼的气体，易使其他物质氧化，几乎可以与所有气体相结合，与空气的相对密度为1.11，是人与动物呼吸和物质燃烧不可缺

少的气体。

(2) 对人体的影响。

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。

当空气中的氧气含量降低时，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，甚至死亡。人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系见表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浓度的关系

氧浓度 (体积) / %	主要症状
17	静止时无影响，工作时会造成喘息和呼吸困难
15	呼吸及心跳急促，耳鸣目眩，感觉和判断能力降低，丧失劳动能力
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，几分钟内可导致死亡

(3) 矿井空气中氧浓度降低的主要原因。

矿井空气中氧浓度降低的主要原因：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，也使空气中氧浓度相对降低。所以，在井下通风不良的地点，空气中的氧浓度可能很低，如果不经检查而贸然进入，就可能引起人员的缺氧窒息。

2. 二氧化碳 (CO_2)

(1) 性质。

CO_2 不助燃，也不能供人呼吸，略带酸臭味。 CO_2 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 CO_2 浓度较大；在风速较大的巷道中， CO_2 一般能与空气均匀地混合。

(2) 对人体的影响。

在新鲜空气中含有微量的 CO_2 对人体无害。 CO_2 对人体的呼吸中枢神经有刺激作用，如果空气中完全不含 CO_2 ，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 CO_2 ，以刺激遇难者的呼吸机能。但当空气中 CO_2 的浓度

过高时，也将使空气中的氧浓度相对降低，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。

空气中CO₂ 对人体的危害程度与浓度的关系见表1—4。

表1—4 CO₂ 中毒症状与浓度的关系

CO ₂ 浓度 (体积) /%	主 要 中 毒 症 状
1	呼吸加深，但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促，心跳加快，头痛，人体很快疲劳
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，约10 min 后，可发生昏迷
9~11	几分钟内可导致死亡

(3) CO₂ 的主要来源。

矿井空气中CO₂ 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CO₂，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 月发生过一起CO₂ 和岩石突出的事故，突出岩石1005 t，CO₂ 突出量为11000 m³。

3. 氮气 (N₂)

(1) 性质。

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，则势必造成氧浓度相对降低，从而有可能导致人员的窒息性伤害。正因为氮气为惰性气体，因此又可将其用于井下防灭火和防止瓦斯爆炸。

(2) 矿井空气中氮气主要来源。

井下爆破和生物的腐烂及煤（岩）层中氮气的涌出均是矿井空气中氮气的来源。

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《煤矿安全规程》（以下简称《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：“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—5 规定。

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。”

表1—5 矿井有害气体最高允许浓度

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

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,必须引起高度的重视。本节将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。

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%时有爆炸的危险。

(2) 对人体的危害。一氧化碳与人体血液中血红蛋白的亲合力比氧大250~300倍(血红蛋白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蛋白相结合,因而减少了血红蛋白与氧结合的机会,使血红蛋白失去输氧的功能,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程度与空气中一氧化碳浓度和时间的关系见表1-6。由于一氧化碳与血红蛋白结合后,生成鲜红色的碳氧血红蛋白,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红色。

表1-6 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
0.02	2~3 h内可能引起轻微头痛
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
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,甚至死亡

(3) 空气中一氧化碳的主要来源有井下爆破,矿井火灾,煤炭自燃以及煤尘、瓦斯爆炸事故等。

2. 硫化氢(H₂S)

(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、常压下一个体积的水可溶解2.5个体积的硫化氢,所以它可能积存于旧巷的积水中。硫化氢可燃,空气中硫化氢浓度为4.3%~45.5%时有爆炸危险。

(2) 对人体的危害。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—7。

表1—7 硫化氢中毒症状与浓度的关系

硫化氢浓度（体积）/%	主 要 症 状
0.0025~0.003	有强烈臭味
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
0.015~0.02	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
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
0.06~0.07	很快昏迷，短时间内死亡

(3) 空气中硫化氢的主要来源有：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) 对人体的危害。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如表1—8 所示。

表1—8 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
0.004	2~4 h 内可出现咳嗽症状
0.006	短时间内感到喉咙刺激，咳嗽，胸疼
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
0.025	短时间内可能出现死亡

(3) 主要来源是井下爆破工作。

4. 二氧化硫 (SO_2)

(1) 性质。二氧化硫无色，有强烈的硫磺气味及酸味，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，易积聚于巷道的底部。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) 对人体的危害。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) 空气中二氧化硫的主要来源有含硫矿物的氧化与自燃，在含硫矿物中爆破以及从含硫矿层中涌出。

5. 氨气 (NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，密度为0.596，易溶于水，空气中氨气浓度中达30%即有爆炸危险。

氨气对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用，可引起喉头水肿。

空气中氨气的主要来源有爆破工作，用水灭火等，部分岩层中也有氨气涌出。

6. 氢气 (H_2)

氢气无色、无味、无毒，相对密度为0.07。氢气能自燃，其燃点较甲烷低100~200℃，当空气中氢气浓度为4%~74%时有爆炸危险。

空气中氢气的主要来源有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的规定见表1—5。

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，还是预测井下自然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。另一种为就地检测方式。下面介绍的检定管检测法是就地快速检测方法之一。

用检定管检测矿井有害气体浓度的仪器由检定管及吸气装置两部分组成。

（一）检定管及检测原理

1. 检定管的结构

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。堵塞物用的是玻璃丝布、防声棉或耐酸涤纶，它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，其用途是除去对指示胶变色有干扰的气体。隔离层一般用的是有色玻璃粉或其他惰性有色颗粒物质，它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。

2. 检定管的工作原理

当含有被测气体的空气以一定的速度通过检定管时，被测气体与指示胶发生化学反应，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。由

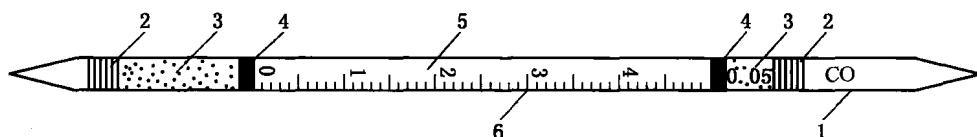


图1—1 检定管结构示意图

1—外壳；2—堵塞物；3—保护胶；4—隔离层；5—指示胶；6—指示被测气体浓度的刻度

于比色式检定管存在灵敏度低,颜色不易辨认,两个色阶代表的浓度间隔太大,成本高,定量测定准确性差等缺点,所以目前主要应用比长式检定管。我国煤矿使用的检定管有一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、二氧化氮和氧气检定管等几种。测定时应注意,测定不同的气体必须使用不同的检定管,或者说必须使用与待测气体相一致的检定管,不得出现差错。

(1) 一氧化碳检定管是以活性胶为载体,吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸作为指示胶,当含有一氧化碳的空气通过检定管时,与指示胶反应,有碘生成,沿玻璃管壁形成一个棕色环,随着气流通过,棕色环向前移动,其移动的距离与被测空气中一氧化碳浓度成正比关系,因此当检定管中通过定量空气后,根据色环移动的距离便可测得空气中一氧化碳浓度。目前国内生产的比长式一氧化碳检定管的主要型号见表1-9。

表1-9 比长式一氧化碳检定管的种类

型 号	测定范围/%	采样量/mL	送气时间/s	使用温度/℃
一型	0.00025~0.005	50	100	15~35
二型	0.001~0.05	50	100	15~35
三型	0.001~0.1	50	100	15~35
四型	0.01~0.5	50	100	15~35
五型	0.5~20	50	100	15~35
C ₁ D 型	0.0005~0.01	50	90	10~30
C ₁ Z 型	0.005~0.1	50	90	10~30
C ₁ G 型	0.05~1	50	90	10~30
CO 型	0.0008~0.024	100	100	

(2) 硫化氢检定管也是以活性硅胶为载体,而它所吸附的化学试剂为醋酸铅,当含有硫化氢的空气通过检定管时,与指示胶反应并沿玻璃管壁产生一褐色的变色柱,变色柱的长度与空气中硫化氢的浓度成正比关系。根据这一原理便可测得空气中硫化氢的浓度。硫化氢检定管的主要型号见表1-10。

表1-10 硫化氢检定管的种类

型 号	测定范围/%	采样量/mL	送气时间/s	使用温度/℃
一型	0.0001~0.01	50	100	不限
二型	0.001~0.1	50	100	不限
三型	0.005~0.5	50	100	不限
S ₁ D 型	0.0005~0.01	50		不限
S ₁ Z 型	0.005~0.1	50		不限