

煤炭技师学院“十二五”规划教材

矿 井 通 风

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

煤炭技师学院“十二五”规划教材

矿 井 通 风

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井通风/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会编. --北京:煤炭工业出版社, 2011
煤炭技师学院“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5020-3684-3

I. ①矿… II. ①中… III. ①矿山通风-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 103525 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 × 1092mm^{1/16} 印张 12^{1/4}
字数 283 千字 印数 1—5 000
2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 6494 定价 25.00 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

本书是煤炭技师学院矿井通风与安全专业的专业教材。内容有7个模块：矿井空气、矿井空气流动基本理论、井巷通风阻力、通风动力、矿井通风网络中风量分配与调节、局部通风，以及矿井通风系统。

本书根据培养技师学员的特点，着重培养学员的职业技能和全面素质，使其具有技术创新能力。

本书可作为中等职业院校、成人教育学院和高级技工学校矿井通风与安全专业的教学用书，亦可作为其他专业的参考教材。

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名誉主任	朱德仁						
主任	邱江						
常务副主任	刘富						
副主任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成	
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东	
	李传涛	孙怀湘	程建业				
秘书长	刘富(兼)						
	(按姓氏笔画为序)						
委员	牛宪民	王枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国	
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘富	吕一中	
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良	
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清	
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱江	邹京生	陈季言	
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵杰	赵俊谦	
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆	
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董礼	谢宗东	
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成		
	主编	徐西亮					

前 言

高技能人才是我国煤炭工业人才队伍的重要组成部分，是煤炭行业产业大军的优秀代表，是煤炭技术工人队伍的核心和骨干。在煤炭工业调整产业结构、转变经济发展方式、加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动企业科技创新和技术进步等方面具有不可替代的重要作用。

近年来，煤炭企业认真贯彻落实党和国家关于加强高技能人才队伍建设的方针政策，在高技能人才队伍建设方面做了大量工作，部分企业根据本企业实际出台了相关规定，加强了高技能人才培养基地建设，完善了办学条件，为本企业开展高技能人才培养工作奠定了良好的基础。但是，由于煤炭行业高技能人才培养工作发展很不平衡，多数企业尚在起步阶段，经验不足，教师队伍整体素质有待于进一步提高，教学软件建设还有待于进一步加强。从行业总体上看，缺少规范的教学文件和配套的教材，严重影响了高技能人才培养工作的不断进步和发展。

为进一步认真贯彻落实党和国家《关于进一步加强高技能人才工作的意见》，加快培养一大批数量充足，结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型煤炭高技能人才，为实现煤炭工业安全、健康和可持续发展提供人才保障。中国煤炭教育协会结合煤炭行业高技能人才培养工作的实际，依据煤炭行业高技能人才培养要求，组织行业内有关教师、专家和企业专业技术人员研究制定了部分煤炭专业高技能人才培养教学指导方案，并编辑出版了配套教材。这套教材是煤炭高技能人才培养“十二五”规划教材，它的出版对推动煤炭行业高技能人才培养工作的进步与发展将起到重要作用。

这套教材以能力为核心，突出全面素质提高和能力培养，结构合理，针对性强，适合煤炭技师学院和在职培训使用，也适合相关专业的工程技术人员和致力于自学成才的技术工人自学。

本教材由徐西亮主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育教材
编审委员会
2011年4月

目 次

绪论	1
模块一 矿井空气	3
课题一 矿井有害气体的防治	3
课题二 矿井气候条件的改善	13
模块二 矿井空气流动基本理论	31
课题一 空气的主要物理参数及测定	31
课题二 井下风流点压力的测定与分析	36
课题三 能量方程及其在矿井通风中的应用	47
模块三 井巷通风阻力	54
课题一 降低井巷通风阻力	54
课题二 矿井通风阻力测定	65
模块四 通风动力	81
课题一 自然风压及其测定	81
课题二 矿井主要通风机及其性能测定	85
模块五 矿井通风网络中风量分配与调节	105
课题一 矿井通风网络与网络解算	105
课题二 矿井风量调节	120
模块六 局部通风	127
课题一 局部通风系统设计	127
课题二 局部通风设备的安装与管理	141
模块七 矿井通风系统	153
课题一 矿井通风系统设计	153
课题二 通风设施施工与管理	170
课题三 矿井漏风及其预防	178
附录 井巷摩擦阻力系数表	183
参考文献	186

绪 论

我国煤矿开采大多是井工开采，需要从地面向地下开掘一系列井巷到达煤层，以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，工作地点经常处于变动之中，存在许多特殊的自然灾害和对人体不利的气候环境。特别是瓦斯、炮烟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。有的矿井还伴有高温、高湿等危害，恶化了工作环境。矿井通风是营造矿井正常生产环境和安全生产条件的基础，也是从技术角度解决这些问题的重要手段。

矿井通风的主要任务包括：①供给井下工作人员足够的新鲜空气；②把有毒、有害气体和粉尘稀释到安全浓度以下，并排至矿井以外；③保证井下适宜的气候条件，以利于工人劳动和机电设备正常运转；④增强矿井的防灾、抗灾能力，实现矿井的安全生产。

矿井通风由井工采煤开始，经历了由自然通风向机械通风发展的漫长历史过程。我国明代自然科学家宋应星的《天工开物》（1637年刊行）对矿井通风排气有着详细记载，即用通心竹筒插入井底采落的煤炭中，利用竹筒内外的温度和压力差，使“毒气”自然排出。大约在1640年，人们开始把进风路线和回风路线分开，以利用自然通风压力进行矿井通风。为了加大通风压力，1650年开始在回风路线上设置火筐，1789年又开始在回风路线上设置火炉，加热回风风流。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 $95\text{ r}/\text{min}$ 、风量约 $500\text{ m}^3/\text{min}$ 的蒸汽铁质离心式通风机，1898年轴流式通风机相继投入使用，但其压力仅为 $100\sim 300\text{ Pa}$ ，效率仅为 $15\%\sim 25\%$ 。直到20世纪40年代以后，通风机才得到较快发展。20世纪末期，高效低耗对旋轴流式通风机在中小型煤矿得到广泛应用。

我国是以煤炭作为主要能源的发展中大国，随着国民经济的快速发展和对能源需求的增加，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，重特大事故仍时有发生，煤矿安全形势依然严峻。这就对矿井通风工作提出了新的更高的要求，以不断适应煤炭生产对安全工作的需要。

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。在煤矿生产建设中，必须把职工的生命和健康作为第一位工作来抓，作为一切工作的指导思想 and 行为准则。只有正确地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。

目前，我国在矿井通风技术方面有了长足的发展，通风系统布置大多实现了分区通风，采掘工作面实现了独立通风，在安全监测和质量管理方面采用了矿井通风质量标准化。20世纪70年代以来，电子技术和计算机技术推动了矿井通风设计、通风系统优化和安全监测监控工作，新型智能化通风仪表应用于日常通风检测工作，环境监测系统在煤矿推广应用，新型、高效、大功率的通风机亦在逐渐代替陈旧产品。

今后，矿井通风技术还将持续发展，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；通风设备将向大型化、高效率和自动化控制的方向发展；深、热矿井的通风理论和改善其环境条件的技术措施的研究将更加深入。这些理论的突破及新技术、新工艺、新设备的应用，必将更好地改善煤矿井下环境，使矿井通风更加安全可靠，更有效地保证矿井安全生产。

在矿井合理的通风管理体系建设中，需要配备数量足、素质高的管理和专业技术人员，负责矿井通风安全管理工作，这是矿井通风科学管理和安全生产的组织保证。因此，本教材在介绍了矿井通风的基础理论和基本知识的前提下，着重加强理论与实践相结合的教学内容，以此来提高通风专业技术人员和管理人员的专业知识和应用技术水平。

模块一 矿井空气

在矿井生产过程中，必须将地面空气源源不断地输送到井下各个作业地点，供给人员呼吸，并稀释和排除井下各种有毒、有害气体和粉尘，创造良好的工作环境，保障井下作业人员的身体健康和安全生产。这种向矿井连续输送新鲜空气，供给人员呼吸，稀释并排除有害气体和粉尘，改善井下气候条件的作业称为矿井通风。矿井通风是保障矿井安全的最主要技术手段之一，其首要任务就是要保证矿井空气的质量符合要求。

为此，本模块将重点阐述矿井空气的主要成分，井下常见的有害气体，空气成分和有害气体的安全浓度标准及测定方法，矿井的气候条件，风速、风量测定等主要内容，为进一步学习矿井通风理论奠定基础。

课题一 矿井有害气体的防治

【知识目标】

1. 能解释矿井空气成分的主要性质和对人体的影响。
2. 能概述井下主要有害气体的性质、来源、危害。
3. 能说出《煤矿安全规程》（以下简称《规程》）对各种有害气体的允许浓度标准。
4. 能使用便携式仪器和比长式检定管测定空气主要成分和矿井中有害气体浓度。
5. 能根据有害气体的危害程度，编制防治措施。

【任务分析】

矿井中的有毒、有害气体对人体健康和安全生产危害极大，因此必须经常检测，以便及时发现问题，及时进行处理。要完成该任务，必须知道矿井空气的主要成分和常见的有害气体，掌握常用气体检测仪器的操作使用方法，熟悉矿井空气的检测方法、步骤等知识。

【课题内容】

所谓矿井空气，是指来自地面的新鲜空气和井下产生的有害气体和粉尘的混合物。由于受井下各种自然因素和人为生产因素的影响，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，有毒、有害气体含量增加，粉尘浓度增大，空气的温度、湿度、压力等物理状态变化等。

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，亦称湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气，是由氧、氮、二氧化碳、氩、氖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 干空气主要成分

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。如氧含量降低，二氧化碳含量增加；混入各种有毒、有害气体和粉尘；空气的状态参数（温度、湿度、压力等）发生改变等。通常将井巷中用风地点以前、受污染程度较轻的进风巷道内的空气，称为新鲜空气；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相比，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、氮和二氧化碳。

1. 氧气 (O₂)

氧气是维持人体正常生理机能所必需的气体。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。

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

当空气中的氧浓度降低时，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浓度的关系见表1-3。

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

造成矿井空气中氧浓度降低的主要原因包括：①人员呼吸；②煤岩、坑木和其他有机物的缓慢氧化；③煤炭自燃；④爆破工作；⑤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，也使空气中的氧浓度相对降低。所以，在井下通风不良的地点，空气中的氧浓度可能显著降低，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 (CO₂)

二氧化碳不助燃，也不能供人呼吸，略带酸味。二氧化碳比空气重（其相对密度为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。

在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有二氧化碳，则人体的正常呼吸机能就不能维持。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含量过高时，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。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
1	呼吸急促，心跳加快，头痛，人体很快疲劳
3	呼吸加深，但对工作效率无明显影响
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可发生昏迷
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包括：①煤和有机物的氧化；②人员呼吸；③碳酸性岩石分解；④炸药爆破；⑤煤炭自燃；⑥瓦斯、煤尘爆炸等。此外，有的煤层和岩层也能长期连续地放出二氧化碳，有的甚至能在很短的时间内突然喷出或与煤岩粉一起突然大量喷出二氧化碳，给矿井的安全生产带来极大的危害。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，也不供人呼吸。但空气中含氮量升高，则势必造成氧含量相对降低，从而也可能造成人员的窒息性伤害。正因为氮气具有惰性，因此可将其用于井下防灭火和防止瓦斯爆炸。

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、矿井空气中的主要有害气体及基本性质

矿井空气中常见的有害气体除了前面提到的二氧化碳和氮气以外，主要还有一氧化

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。其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。这里将重点讨论其中部分气体的基本性质、危害、浓度标准和检测方法。

(一) 矿井空气中常见的有害气体及其基本性质

1. 一氧化碳 (CO)

一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体, 对空气的相对密度为 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达到 13% ~ 75% 时, 遇火源有爆炸的危险; 浓度达到 30% 时, 爆炸最为强烈。

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 (血红素是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞), 因此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, 阻碍了其与氧气的正常结合, 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。由于一氧化碳与血红素结合后产生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红色。一氧化碳的中毒程度与中毒浓度、中毒时间、呼吸频率和深度及人的体质有关。一氧化碳中毒症状与浓度的关系见表 1-5。

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
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, 30 min 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包括: ①爆破; ②矿井火灾; ③煤炭自燃以及煤尘瓦斯爆炸事故等。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% 的人员死亡都是因一氧化碳中毒所致。因此, 在进入有瓦斯爆炸和煤尘、瓦斯爆炸危险的矿井时, 所有人员必须佩戴过滤式自救器, 以减少人员伤亡。

防治一氧化碳中毒的措施主要包括: ①防止煤炭自然发火和瓦斯、煤尘爆炸的发生; ②爆破时喷雾洒水; ③加强通风。

2. 硫化氢 (H₂S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋气味的气体, 对空气的相对密度为 1.19, 易溶于水, 能燃烧和爆炸, 爆炸界限为 4.3% ~ 46%。

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。当空气中的硫化氢浓度达到 0.0001% 时, 可闻到臭味, 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”, 反而闻不到。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
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

矿井中硫化氢的主要来源包括: ①坑木等有机物腐烂; ②含硫矿物的水解; ③矿物氧化和燃烧; ④从采空区和旧巷积水中放出。此外, 我国有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。1971年, 我国某矿一上山掘进工作面曾发生一起采空区透水事故, 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。

防治硫化氢中毒的措施: ①向煤层内注入石灰水, 如水力采煤时向水中加石灰; ②加强通风。

3. 二氧化硫 (SO₂)

二氧化硫是无色、有强烈硫黄气味及酸味的气体, 当空气中的二氧化硫浓度达到0.0005%时即可闻到刺激性气味。它易溶于水, 对空气的相对密度为2.22, 是井下有害气体中密度最大的, 常常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黏膜产生强烈的刺激作用, 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, 短时间内即有致命危险。二氧化硫中毒症状与浓度的关系见表1-7。

表1-7 二氧化硫中毒症状与浓度的关系

二氧化硫浓度(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

矿井中二氧化硫的主要来源: ①含硫矿物的氧化与燃烧; ②在含硫矿物中爆破; ③从含硫煤体中涌出。

预防二氧化硫危害的措施: ①预防矿内各种火灾的发生; ②加强通风。

4. 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, 对空气的相对密度为1.59, 易溶于水。

二氧化氮是井下毒性最强的有害气体。它遇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，经过 6 h 甚至更长时间后才出现中毒征兆。其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 1-8 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，胸痛
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
0.0252~4	短时间内可能出现死亡

矿井中二氧化氮的主要来源是爆破工作。炸药爆破时首先产生一氧化氮，而一氧化氮极不稳定，遇到空气中的氧气即转化为二氧化氮。因此，井下爆破后应加强通风，将二氧化氮冲淡排出后，人员方可进入工作面。

5. 氨气 (NH₃)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，对空气的相对密度为 0.596，易溶于水。空气中的氨气浓度达到 30% 时遇火有爆炸危险。

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，严重时使人失去知觉，以致死亡。

空气中氨气的主要来源包括：①爆破工作，用水灭火等；②部分岩层中也有氨气涌出。

6. 氢气 (H₂)

氢气无色、无味、无毒，对空气的相对密度为 0.07，是最轻的气体。氢气能自燃，其点燃温度比瓦斯低 100~200 ℃，当空气中氢气浓度为 4%~74% 时遇火有爆炸危险。

空气中氢气的主要来源包括：①井下蓄电池充电时放出氢气；②有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。

除了上述有害气体之外，矿井空气中最主要的有害气体是甲烷 (CH₄)，它是一种具有窒息性和爆炸性的气体，对煤矿安全生产的威胁最大。煤炭技师学院“十二五”规划教材《煤矿安全技术》中详细介绍了它的主要性质、危害和预防措施，本书不再赘述。

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。

(二) 防止有害气体危害的措施

1. 加强通风，冲淡瓦斯

防止有害气体危害的最根本措施是加强通风，不断供给井下新鲜空气，将有毒、有害气体冲淡到《规程》允许的浓度以下，并排至矿井之外，以保证井下工作人员的安全与健康。

2. 坚持检查，争取主动

应用各种仪器仪表检查、监视井下各种有害气体的产生、发展和积聚情况，是防止有害气体危害的一种重要手段。只有通过检查来掌握情况、发现问题，才可能争取主动，才

谈得上去解决问题，防患于未然。

3. 喷雾洒水，减少生成

在生产过程中，爆破工作将会生成大量的有害气体，为了减少其生成量，应禁止使用非标准炸药，严格爆破制度和执行《规程》有关规定，并尽可能使用水泡泥爆破。掘进工作面爆破时，应进行喷雾洒水，以溶解二氧化氮等有毒、有害气体，并同时消除炮烟和矿尘。有二氧化氮涌出的工作面亦可使用喷雾洒水的办法使其溶于水中。如果在使用的喷雾水中加入石灰或一些药剂，将会提高喷雾洒水的效果。

4. 禁入险区，避免窒息

井下通风不良的地方或不通风的旧巷内，往往聚积大量的有害气体，因此，在不通风的旧巷要设置栅栏，并挂上“禁止入内”的牌子。如果确因工作需要进入这些巷道时，必须先行检查，当确认巷道中空气对人体无害时才能进入，以避免窒息伤亡事故的发生。

5. 及时抢救，减少伤亡

当有人由于缺氧窒息或吸入有害气体中毒时，应立刻将窒息或中毒人员转移到有新鲜空气的巷道或地面进行急救，最大限度地减少人员伤亡。

6. 抽放瓦斯，变害为宝

如果煤岩层中某种有害气体的储量较大，可采取开采前预先抽放的办法。如我国许多矿井都将煤岩层中的瓦斯抽放出来，送到地面，并加以利用，变害为宝。

四、矿井空气成分的质量（浓度）标准

1. 矿井空气主要成分的质量（浓度）标准

在矿井空气的主要成分中，由于氧气和二氧化碳对作业人员身体健康和安全生产影响很大，所以《规程》对其浓度标准做了明确规定。主要内容如下：

(1) 采掘工作面进风流中，按体积计算，氧气浓度不低于 20%，二氧化碳浓度不超过 0.5%。

(2) 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。

(3) 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，采掘工作面风流中二氧化碳浓度达到 1.5% 时，都必须停止工作，撤出人员，采取措施，进行处理。

此外，《规程》对临时停工地点、停风区内的二氧化碳浓度及相应措施，也都有明确的要求。

2. 矿井空气中有害气体的安全浓度标准

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，为了防止有害气体对人体健康和安全生产造成危害，《规程》对常见有害气体的安全标准都做了明确的规定，其值见表 1-9。制定这些标准时，留有较大的安全系数。如空气中一氧化碳浓度达到 0.048% 时，1 h 内才会出现轻微的中毒症状，而《规程》规定的一氧化碳最高允许浓度为 0.0024%，是其轻微中毒浓度的 1/20；再如二氧化氮浓度达到 0.025% 时，中毒者在短时间内有死亡危险，而《规程》规定的二氧化氮最高允许浓度为 0.00025%，是其危险中毒浓度的 1/100。因此，只要我们能够严格遵守《规程》规定，不违章作业，就完全可以避免有害气体对人体的侵害。

表 1-9 矿井空气中有害气体的最高允许浓度

有害气体名称	符号	最高允许浓度/%
一氧化碳	CO	0.0024
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

【任务实施】

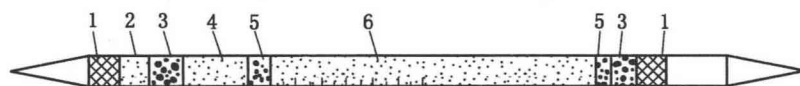
一、矿井有害气体的检测方法

近年来，随着煤矿安全装备水平的不断提高，瓦斯监控系统的普遍应用，有害气体的检测手段也日趋完善，各大中型矿井已经形成了人工定点、定时检测与自动监测相结合的检测体系。人工检测方法有两种。一种称之为取样化验分析法，即把在井下采取的气样送到地面化验室，利用气相色谱仪或气体分析仪分析气样，获得井下空气的成分及其浓度。该方法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浓度），但需要时间长，不能很快作出判断，不能根据现场的具体情况立即采取有效的处理措施。另一种称之为就地检测法，即利用便携式检测仪表在现场对空气中某种气体的浓度进行快捷检测。目前使用最广泛的还是就地检测法。下面介绍的检定管检测法是就地检测法之一。

（一）检定管及其检测原理

1. 检定管的结构

检定管的结构如图 1-1 所示。它由堵塞物、活性炭、硅胶、消除剂、玻璃粉，以及指示剂等组成。其中，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。玻璃粉对指示剂起界限作用。指示剂是用活性硅胶作为载体的吸附化学试剂经加工处理而成。



1—堵塞物；2—活性炭；3—硅胶；4—消除剂；5—玻璃粉；6—指示剂

图 1-1 检定管结构示意图

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，被测气体与指示剂发生化学反应，根据指示剂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，目前主要采用比长式检定管。我国煤矿使用的检定管有一氧化碳、硫化氢、二氧化碳、二氧化氮和氧气检定管等几种，其主要性能见表 1-10。