

JINCHENG MEIYE JITUAN KUANGJING TONGFENG SHIXUN JIAOCAI



Jincheng Meiye Jituan *Kuangjing Tongfeng* Shixun Jiaocai

晋城煤业集团 矿井通风 实训教材

晋城煤业集团实训教材编委会 编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

晋城煤业集团 矿井通风实训教材

晋城煤业集团实训教材编委会 编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书较全面系统地阐述了矿井通风的基础理论、通风设计原理以及有关的通风技术基础知识,具有较强的可操作性。全书共分五章,主要内容有:矿井通风、矿井瓦斯防治、安全监测监控、矿井防尘和防灭火、矿工自救互救与现场急救。

本书主要作为煤矿井下通风专业的安全技术培训教材,亦可供有关技术人员、基层管理干部、入矿新工人和煤炭院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

晋城煤业集团矿井通风实训教材/晋城煤业集团实训
教材编委会编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2008. 5
ISBN 978 - 7 - 81107 - 928 - 9

I. 晋… II. 晋… III. 煤矿—矿山通风—技术培训—教
材 IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 011842 号

书 名 晋城煤业集团矿井通风实训教材
编 者 晋城煤业集团实训教材编委会
责任编辑 王江涛
责任校对 孙 景
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏徐州新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 890×1240 1/32 印张 7.875 字数 205 千字
版次印次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷
定 价 15.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《晋城煤业集团实训教材》编委会

主 任	朱晓明	高玉斌			
副 主 任	苏清政				
编 委	白正午	王锁奎	牛海金	时旺杰	
	李海贵	鲁风光	李承红	李永浚	
	刘海山				
主 编	苏清政				
副 主 编	宋二奎	赵 辉	冯志强	宋新华	
	张虎庆	李碰林	祁国平	陈江华	
执行主编	靳建伟	常海虎			
编 审	王占元	李金山	王东平	刘国伟	
	文天福	姜 勇	魏桂萍	张艳梅	
	魏晋生	岳晋军	郭梅梅	边 强	
	梁永庆	贺光明	孙贺军	杨新亮	
	杨贵云	成建军	常会儒	张俊成	
	彭业晋	张鸿斌	苏文明	司晋阳	
	王永志	宋乃彬	宋强军	陈永新	
	梁绍宾	毛向阳	李晋胜	张全胜	
	牛海明	田志勇	王春进	刘 军	
	王一名	何武朝	杨太平		

序

晋城煤业集团在实施“煤、气、电、化综合发展,建设环保型绿色矿山”中长期发展战略过程中,始终把煤炭主业的可持续发展放在中心位置,紧紧抓住建立国家级大型煤炭基地的机遇不放,一方面努力挖掘老矿生产潜力,另一方面超前规划积极开发新矿井,公司产量实现了跨越发展,原煤产量突破3 000万t大关。

安全技术培训是保障企业安全生产的重要途径,是建立煤矿安全生产长效机制的根本举措。为全面贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》和《国务院关于大力发展职业教育的决定》,从根本上解决实训教学相对薄弱的不良局面,切实提高煤炭从业人员的操作技能和综合素质,晋城煤业集团坚持“培训是最大的福利,是回报率最高的投资”的管理理念,围绕培训基地建设、师资队伍建设和实训教材建设三个环节,针对现有专业教材多倾向于理论知识讲解的实际情况,以解决理论与实践相互脱节的矛盾为目标,在长治煤炭职业技术学院大力支持下,组织工程技术人员和管理人员编写了一套适合煤矿职工和煤炭类高等院校使用的实训教材,目的是让煤炭从业人员全面系统地掌握煤矿生产基本知识和技能,为煤炭类高等院校毕业生尽快适应煤矿生产探索一条新路。

“实训教材”的编制以晋城煤业集团凤凰实训基地为基本依托,分采煤、掘进、机电、运输、通风、地质测量等六大部分,在兼顾理论知识介绍的同时更加突出岗位应知应会和实际操作技能的讲解,内容简明扼要、通俗易懂,更适合煤矿工人使用。

我们有理由相信,“实训教材”的出版必将改变煤炭企业实训教



材相对短缺的实际,为快速提高煤炭企业从业人员岗位操作技能和综合素质做出应有贡献,从而不断提高煤矿安全教育和技术培训的质量和水平。最后,向为实训教材的编制、出版、发行过程中付出辛勤劳动的编审人员表示感谢。

苏惜改

二〇〇七年十一月

前 言

煤炭在我国当前一定时期内的能源结构中仍占据着主导地位。但煤炭行业却普遍存在着井下从业人员短缺,而新入矿工人又不能尽快地服务于生产的矛盾。为进一步提高煤矿井下技术工人,特别是煤矿新工人的安全操作技能水平,我们在建设井下实训基地的基础上,组织相关人员编写了《晋城煤业集团实训教材》。

这套教材结合当前煤矿井下各专业的特点进行编写,共分为采煤、掘进、机电、运输、通风、地质防治水六册。以各专业应知应会的内容为切入点,举一反三,结合井下实训基地的设备进行讲解。根据煤矿井下生产的特点,从强化培训效果着手,结合井下现场来学习应知应会内容和实际操作要点,旨在迅速提高井下工人的安全操作技能素质。在编写过程中,我们尽可能让书本知识贴近于生产实践,力争做到通俗易懂,希望通过我们的努力确实能为广大的煤炭工作者服务。

这套教材现为内部发行,暂作为晋煤集团内部员工岗位实际操作培训的基础教材。本套书在编写过程中,得到了有关院校的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在瑕疵,恳请广大读者提出宝贵意见。

晋城煤业集团实训教材编委会

二〇〇七年十一月

目 录

第一章 矿井通风	1
第一节 矿井空气.....	1
第二节 矿井通风压力	19
第三节 矿井通风阻力	30
第四节 矿井通风动力	37
第五节 通风系统	42
第六节 矿井风量的计算、分配与调节.....	71
第二章 矿井瓦斯及其防治	79
第一节 煤层瓦斯含量	79
第二节 矿井瓦斯涌出	81
第三节 瓦斯爆炸及其预防	85
第四节 瓦斯管理与检测	98
第五节 瓦斯喷出和煤与瓦斯突出及其预防.....	124
第六节 矿井瓦斯抽放.....	143
第三章 安全监测监控	148
第一节 矿井安全监控系统.....	148
第二节 瓦斯传感器的设置.....	150



第四章 矿井防尘和防灭火	164
第一节 矿尘防治.....	164
第二节 矿井防灭火.....	193
第三节 矿井消防、洒水系统	202
第五章 矿工自救互救与现场急救	205
第一节 矿工自救互救.....	205
第二节 现场急救.....	223
参考文献	239

第一章 矿井通风

矿井通风是煤矿生产中一项重要工作,其主要任务是把地面新鲜空气源源不断地送入井下,供给人员呼吸,冲淡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安全生产。

第一节 矿井空气

矿井空气是指矿井井巷内所有气体的总称。由于受井下各种自然因素和人为生产因素的影响,矿井空气与地面空气相比将发生一系列变化,主要表现在:① 氧气含量减少;② 有毒有害气体含量增加;③ 粉尘浓度增大;④ 空气的温度、湿度和压力等物理状态发生变化等。

在矿井通风中,习惯上把进入采掘工作面等用风地点之前,空气成分或状态与地面空气相比变化不大的风流叫做新鲜风流,简称新风,如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上山等处的风流;经过用风地点后,空气成分或状态变化较大的风流叫做污风风流,简称污风或乏风,如采掘工作面回风巷、矿井回风大巷、回风井筒等处的风流。

一、矿井空气的主要成分及其基本性质

尽管空气进入矿井其成分发生一定的变化,但主要成分仍与地面一样,由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

(一) 氧气(O_2)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体,对空气的相对密度为1.11。

它的化学性质很活泼,几乎可与所有气体相化合,并能助燃。

氧气是维持人体正常生理机能所不可缺少的气体。人之所以能生存,是因为人体内不断进行着细胞的新陈代谢,而细胞的新陈代谢过程是靠人吃进食物和吸入空气中的氧,在体内进行氧化来维持的。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,人在休息时的需氧量为 $0.2 \sim 0.4$ L/min,在工作时为 $1 \sim 3$ L/min。在正常通风的井巷和工作面中,氧气浓度与地面相比一般变化不大,不会对人体造成太大影响;但在井下盲巷、通风不良的巷道中或发生火灾、爆炸事故后,应特别注意对氧气浓度的检查,以防发生窒息事故。

(二) 氮气(N_2)

氮气是无色、无味、无臭的惰性气体,对空气的相对密度为0.97,微溶于水,不助燃,无毒,不能供人呼吸。

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,人会因缺氧而窒息。

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。

(三) 二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体,对空气的相对密度为1.52,不助燃,也不能供人呼吸,略带毒性,易溶于水。

新鲜空气中含有的微量二氧化碳对人体是无害的,但二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用,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。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,严重时也可能造成人员中毒或窒息。

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;瓦斯、煤尘爆炸等。有时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。二氧化碳窒息同缺氧窒息一样,都是造成矿井人员伤亡的重要原因之一。

矿井空气的主要成分中,由于氧气和二氧化碳对人员身体健康和安全生产影响很大,所以《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)对其浓度标准做了明确规定。主要如下:

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。

采区回风巷和采掘工作面回风巷风流中,二氧化碳浓度达到 1.5% 时,必须停止工作,撤出人员,查明原因,制定措施,进行处理。

二、矿井空气中的有害气体及其基本性质

矿井空气中常见的有害气体除了前面提到的二氧化碳以外,主要还有一氧化碳、硫化氢、二氧化硫、二氧化氮、氨气、氢气和甲烷等。

(一) 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,能燃烧,当体积浓度达到 13%~75% 时遇火源有爆炸性。

一氧化碳有剧毒。人体血液中的血红蛋白与一氧化碳的结合力比它与氧气的结合力大 250~300 倍,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蛋白相结合,阻碍氧气的正常结合,从而造成人体血液缺氧引起窒息和中毒。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。

一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈樱桃红色。

矿井中一氧化碳的主要来源有:爆破作业;矿井火灾;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,约 70%~75% 的死亡人员都是由于一氧化碳中毒所致的。

(二) 硫化氢(H_2S)

硫化氢是无色、微甜、具腐蛋异臭的气体,对空气的相对密度为 1.19,易溶于水,当空气中硫化氢浓度达 4.3%~45.5% 时具有爆炸性。

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;从老空区和旧巷积水中释放出。1971 年,我国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。有些矿区的煤层中也有硫化氢涌出。

(三) 二氧化硫(SO_2)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺气味及酸味的气体,当空气中二氧化硫浓度达到 0.000 5% 时即可嗅到刺激气味。二氧化硫易溶于水,对空气的相对密度为 2.32,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。

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。

(四) 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,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,有的人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。矿井中二氧化氮的主要来源是爆破作业。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。因此在爆破工作中,一定要加强通风,防止炮烟熏人事故。

(五) 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,对空气的相对密度为 0.59,易溶于水。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,严重时失去知觉以至死亡。

氨气主要在矿井发生火灾或爆炸事故时产生。

(六) 氢气(H_2)

氢气无色、无味、无毒,对空气的相对密度为 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。

井下氢气的主要来源是蓄电池充电,此外矿井发生火灾和爆炸事故中也会产生。

除上述有害气体之外,矿井空气中最主要的有害气体是甲烷(CH_4),又称沼气。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。关于它的主要性质、危害和预防措施等将在第二章中详细介绍。

三、矿井空气中有毒气体的安全浓度标准

为防止有害气体对人体和安全生产造成危害,《规程》中对其安全浓度(允许浓度)标准做了明确规定,其中主要有毒气体的浓度标准如表 1-1 所列。

表 1-1 矿井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

此外,《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%。

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《规程》规定,不违章作业,人身安全是完全有保障的。

四、矿井空气主要成分及有害气体的检测方法

(一) 取样分析法

利用取样瓶或吸气球等容器提取井下空气试样,送往地面化验室进行分析。分析仪器多用气相色谱仪,它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。它的优点是分析精度高,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;缺点是所需时间长,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。

(二) 快速测定法

利用便携式仪器在井下就地检测,快速测定出矿井空气中的主要气体成分。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. 氧气浓度的快速测定方法

① 利用氧气检测仪检测。凤凰山煤矿现采用瓦斯、氧气两用检测报警仪。

② 利用比长式氧气检测管法检测。

2. 二氧化碳浓度的快速检测方法

① 矿井空气中二氧化碳的测定主要使用光学瓦斯检定器。

② 利用比长式检测管法检测。

3. 瓦斯的快速检测方法

煤矿中用于检测瓦斯(CH_4)的仪器有光学瓦斯检定器和瓦斯检测报警仪等。

4. CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 和 H_2 的快速检测方法

煤矿井下空气中 CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 和 H_2 等有害气体的浓度测定,普遍采用比长式检测管法。它是根据待测气体同检测管中的指示粉发生化学反应后指示粉的变色长度来确定待测气体浓度的。

五、防止有害气体危害的措施

① 加强通风。用通风的方法将各种有害气体浓度冲淡到《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查。按照规定的检查制度,采用合理的检查方法和手段,及时发现存在的隐患和问题,采取有效措施进行处理。

③ 瓦斯抽放。对煤层或围岩中存在的大量高浓度瓦斯,可以采用抽放的方法加以解决,既可以减少井下瓦斯涌出,减轻通风压力,抽到地面的瓦斯还能加以利用。

④ 放炮喷雾或使用水炮泥。喷雾器和水炮泥爆破后产生的水雾能溶解炮烟中的二氧化氮、二氧化碳等有害气体,从而降低其浓度。该方法简单有效。

⑤ 加强对通风不良处和井下盲巷的管理。工作面采空区应及时封闭,临时停风的巷道要设置栅栏,揭示警标,需要进入时必须首先进行有害气体的检查,确认无害时方可进入。

⑥ 井下人员必须随身佩戴自救器。一旦矿井发生火灾、瓦斯煤尘爆炸事故,人员可迅速使用自救器撤离危险区。

⑦ 对缺氧窒息或中毒人员及时进行急救。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(NO_2 、 SO_2 中毒除外)或其他急救措施。

六、矿井气候条件

矿井气候是指矿井空气的温度、湿度和风速等参数的综合作用状态。这三个参数的不同组合,便构成不同的矿井气候条件。矿井气候条件同人体的热平衡状态有密切联系,直接影响着井下作业人员的身体健康和劳动生产率。人体散热主要通过皮肤表面与外界的对流、辐射和汗液蒸发三种基本形式进行。对流散热主要取决于周围空气的温度和风速;辐射散热主要取决于周围物体的表面温度;汗液蒸发散热则取决于周围空气的相对湿度和风速。

(一) 矿井空气的温度

空气的温度是影响矿井气候的重要因素。最适宜的矿井空气温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。矿井空气的温度受地面气温、井下围岩温度、机电设备散热、煤炭等有机物的氧化、人体散热、水分蒸发、空气的压缩或膨胀、通风强度等多种因素的影响,有的起升温作用,有的起降温作用。在不同矿井、不同的通风地点,影响因素和影响大小也不尽相同。但总的来看,升温作用大于降温作用,因此,随着井下通风路线的延长,空气温度逐渐升高。

在进风路线上,矿井空气的温度主要受地面气温和围岩温度的影响。冬季地面气温低于围岩温度,围岩放热使空气升温,夏季则相反,围岩吸热使空气降温,因此有冬暖夏凉之感。当然,根据矿井深