



国家示范性高等院校核心课程规划教材

技术专业及专业群教材

矿井灾害防治

KUANGJING ZAIHAI FANGZHI

主 编 刘其志 肖 丹
副主编 王兴生 张仁松



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

矿井灾害防治

主 编 刘其志 肖 丹
副主编 王兴生 张仁松

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是采矿工程专业教学实践一体化系列教材之一,以工程实例结合专业理论的形式阐述了煤矿灾害的主要类型及其防治技术措施。全书共分为5个学习情境,内容包括瓦斯防治,矿井粉尘防治,矿井火灾防治,矿井水灾防治,矿山救护等。

本书可作为煤炭高等职业院校、高等专科学校采矿工程专业及其相关专业的教材,也可作为成人高校、中等职业学校相关专业和煤矿安全技术培训的教材或教学参考书,同时也可供从事煤矿工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井灾害防治/刘其志,肖丹主编. —重庆:重庆大学出版社,2010.1

(煤矿开采技术专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-5255-3

I. 矿… II. ①刘…②肖… III. 煤矿—灾害防治—高等学校:技术学校—教材 IV. TD712

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第235190号

矿井灾害防治

主 编 刘其志 肖 丹

副主编 王兴生 张仁松

责任编辑:周 立 版式设计:谭 敏

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆东南印务有限责任公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:449千

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 978-7-5624-5255-3 定价:32.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编写委员会

编委会主任 张亚杭

编委会副主任 李海燕

编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

粟俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

序

本套系列教材是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会
2009年10月

前言

本书根据教育部高等职业教育采矿工程专业培养培训教学方案的要求编写。在编写过程中,结合培养采矿工程专业高技能人才要求,力求突出高等职业教育的特点,基本理论以够用为度,重点加强实践知识和技能的培养与训练,旨在提高学生实际分析问题和解决问题的能力。

该教材打破以理论知识传授为主的传统学科课程模式,转变为基于工作过程系统化进行课程建设。全书共分为5个学习情境,内容包括瓦斯防治,矿井粉尘防治,矿井火灾防治,矿井水灾防治,矿山救护等,并进一步划分“矿井瓦斯检查”等13个单元,各单元再确定具有教学价值的典型工作任务,如“排放盲巷瓦斯安全措施编制”等共36个任务。每一个教学情境都按照矿井灾害系统测定和诊断—系统分析—编制措施—组织施工这一工作流程,对完成实际工作任务所需要的知识和能力进行序化;为方便师生使用,各单元列入了课程标准的要求及单元复习与习题,针对5个学习情境中“矿山救护”情境教学的特殊性,我们从“矿山救护装备操作技能训练”单元起,增加了单元学习情境小结与学习指导的内容附在各单元学习完成之后;每个任务的理论与实践教学设计一般划分为学习型工作任务(含阅读理解与集中讲解)与实作训练;教材以完成典型工作任务来驱动,教学过程中可通过视频、案例分析、情境模拟、任务单和课后拓展作业等多种手段来保障学生对知识技能的有效吸收;由于课程标准将随着技术的进步和生产的发展而调整,所以本书具有开放性的特点,甚至包括单元的划分,典型工作任务的增删都可以根据实际需求而修订课程标准,进而调整实际教学内容。从这个意义上讲,本书探索与创新了一种“技能型”人才培养的教学模式,供有关人员参考选用。

本书是集体智慧的结晶,刘其志(重庆工程职业技术学院副教授、工程师)、肖丹(重庆工程职业技术学院讲师、注册安全工程师)任主编,王兴生(重庆天府矿业有限公司安全部部长)、

张仁松(原重庆煤矿安全技术协会安全咨询专业委员会秘书长)任副主编。编写任务分工如下:刘其志编写学习情境1,肖丹编写学习情境2,张仁松编写学习情境3,喻晓峰(重庆工程职业技术学院)编写学习情境4,王兴生编写学习情境5。全书由刘其志统稿,由冯明伟(重庆工程职业技术学院高级工程师)主审。

本书在编写过程,得到了重庆工程职业技术学院、天府矿业有限公司、重庆能源投资集团公司、重庆市垫江监狱等单位的大力支持,在此,谨向上述单位和领导表示衷心谢意。

书中不妥之处在所难免,恳请广大专家、学者、管理人员及所有读者提出宝贵意见,以便今后修订完善。

编者

2009年10月

目 录

学习情境1 瓦斯防治	1
单元1.1 矿井瓦斯检查	2
任务1.1.1 光学瓦斯检测仪器的现场使用与维护	2
任务1.1.2 传感器的安装使用与瓦斯监控系统的维护	14
单元1.2 矿井瓦斯等级的鉴定	39
任务1.2.1 矿井瓦斯等级的鉴定准备	40
任务1.2.2 矿井瓦斯等级的鉴定实测	48
单元1.3 排放瓦斯方法	49
任务1.3.1 排放盲巷瓦斯安全措施的编制	49
单元1.4 区域防突	57
任务1.4.1 瓦斯突出及防治概述	58
任务1.4.2 煤层突出危险性的预测	71
任务1.4.3 区域防突措施	89
单元1.5 局部防突	103
任务1.5.1 石门和其他岩巷揭煤防治突出措施	103
任务1.5.2 采掘工作面防治突出措施	113
任务1.5.3 防突安全防护措施	122
单元1.6 瓦斯抽放	134
任务1.6.1 抽放系统的建立	134
任务1.6.2 瓦斯抽放设计	143
学习情境2 矿井粉尘防治	152
任务2.1.1 煤矿粉尘浓度检测	153
任务2.1.2 煤尘治理	161
任务2.1.3 煤尘防爆	173

学习情境 3 矿井火灾防治	179
任务 3.1.1 矿井火灾初识	180
任务 3.1.2 外因火灾及其预防	182
任务 3.1.3 内因火灾及其防治	185
任务 3.1.4 矿井火灾的扑灭	198
任务 3.1.5 矿井火区的管理与启封	202
学习情境 4 矿井水灾防治	206
任务 4.1.1 矿井水害识别	207
任务 4.1.2 矿井水灾预测	209
任务 4.1.3 矿井突水预兆	213
任务 4.1.4 矿井水害防治	214
任务 4.1.5 采空区水害防治	226
学习情境 5 矿山救护	231
单元 5.1 矿山救护队军事化训练	231
任务 5.1.1 矿山救护队军事化训练	233
单元 5.2 矿山救护装备操作技能训练	235
任务 5.2.1 氧气呼吸器的使用	235
任务 5.2.2 苏生器的使用	235
任务 5.2.3 自救器的使用	236
单元 5.3 创伤急救技能训练	239
任务 5.3.1 人工呼吸训练	240
任务 5.3.2 创伤止血训练	241
单元 5.4 矿井灾害应急救援计划编制	244
任务 5.4.1 资料准备工作	244
任务 5.4.2 矿井灾害应急救援预防和处理计划	257
单元 5.5 事故应急救援体系及预案	259
任务 5.5.1 事故应急救援体系概述	259
任务 5.5.2 事故应急救预案编制	262
参考文献	275

学习情境 1

瓦斯防治



教学内容

在煤矿生产过程中伴随着生产的进行瓦斯涌出到生产空间,对井下生产构成威胁。瓦斯,不论其涌出量多少,一直是矿井生产最主要的一个危险源,瓦斯灾害的治理就成为矿井最根本、最重要的任务。在情境 1 中将介绍矿井瓦斯检查、矿井瓦斯等级的鉴定、排放瓦斯方法、区域防突、局部防突、瓦斯抽放等方面的内容。



教学条件、方法和手段要求

准备光学瓦检器、瓦斯传感器、瓦斯鉴定记录表、矿井图纸、测量仪器、教学图片、教学视频录像、排放盲巷瓦斯安全措施样本、煤层突出危险性的检测报告样本、区域煤层突出防治措施样本、瓦斯等级报告样本、监测系统瓦斯传感器布置的方案样本等。

建议采用在矿井监测监控实训室、模拟矿井中进行集中讲授、动态教学、分组实训的方法教学。



学习目标

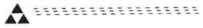
1. 会使用光学瓦检器检测瓦斯,并根据检查结果提出及时处理瓦斯超限的初步建议;能提出瓦斯监测系统传感器布置的方案建议;能进行传感器的安装和“对零”调试。

2. 掌握矿井瓦斯等级鉴定的方法,鉴定过程的控制,对数据结果的分析处理,以及瓦斯等级的确定标准。

3. 会结合实际编制排放(盲巷)瓦斯的安全措施;能使用局部通风措施组织实施排放局部积聚瓦斯;能提出及时处理瓦斯超限的完整建议和矿井瓦斯防治的初步方案;会选择适当的方法控制排放风流;能对排放效果进行评价。

4. 会划分瓦斯突出区域,会测各种突出预测指标,会对突出煤层预测。

5. 会选择适当的局部防突措施和安全防护措施,会对防突工作进行管理,会编写局部防突安全技术措施。



6. 会选择瓦斯抽放的方法,会进行抽放系统的安装、使用与管理,会确定瓦斯抽放钻孔参数,能对瓦斯抽放工作进行管理,会进行瓦斯抽放设计。

单元 1.1 矿井瓦斯检查

“矿井瓦斯浓度的测定”单元是本情境课程其他单元的基础。通过该单元的学习训练,要求学生熟悉瓦斯的燃烧爆炸性,能够使用光学瓦检器检测瓦斯。

拟实现的教学目标:

1. 能力目标

会使用光学瓦检器检测瓦斯,并根据检查结果提出及时处理瓦斯超限的初步建议;能提出瓦斯监测系统传感器布置的方案建议;能进行传感器的安装和“对零”调试。

2. 知识目标

能够熟练陈述煤矿瓦斯测定方法,熟悉瓦斯爆炸的条件,概述预防瓦斯爆炸的措施,了解井下瓦斯浓度的有关规定,熟悉瓦斯报表的内容。

3. 素质目标

通过实测定瓦斯浓度,训练检测监测矿井瓦斯的能力;通过实际操作训练,培养学生一丝不苟的从严精神。

任务 1.1.1 光学瓦斯检测仪器的现场使用与维护

一、学习型工作任务

(一) 阅读理解

矿井瓦斯是煤的伴生气体产物,又称煤层气或煤层甲烷。它是一种赋存于本煤层及其煤层围岩中的自生自储或气藏中(岩层中)的天然气。矿井瓦斯具有双重性:一是煤炭开采过程中,在其自身压力和矿井通风负压的作用下,便从煤(岩)层中涌入采掘空间而污染矿井大气,特别是由于它具有易燃易爆的性质,则成了有害气体。当具备适宜的条件时(井巷、采场、风流中瓦斯含量、氧气充足、有明火源),就会发生瓦斯燃烧或爆炸的恶性事故。所以,瓦斯是影响矿井安全的重大隐患。二是矿井瓦斯、煤层气的主要成分是甲烷(CH_4),类同于石油天然气。因此从能源角度看,矿井瓦斯是名副其实的气体矿产资源。

1. 矿井瓦斯的组成

(1) 空气的基本成分和性质

地面新鲜空气的主要成分是氧、氮和二氧化碳,另外含有少量的水蒸气、其他惰性气体。

① 氧气(O_2)

氧气是无色、无味、无臭的气体,难溶于水,性活泼,能助燃,供人呼吸。

氧气是人维持生命不可缺少的气体。人呼吸所需要的氧气量:静止状态时为 0.25 L/min ;工作或行走时为 $1 \sim 3 \text{ L/min}$ 。

当空气中的氧浓度下降到 17% 时,人工作时感到喘息和呼吸困难;下降到 15% 时,失去劳动能力;下降到 $10\% \sim 12\%$ 时,会失去理智,时间稍长有死亡危险。

《煤矿安全规程》规定,在采掘工作面的进风流中,氧气浓度不得低于 20% ,以保证矿工身

体健康和良好的劳动条件。

②氮气(N_2)

氮气是无色、无味、无臭的惰性气体,微溶于水(约溶2%),不易燃,无毒,但有窒息性。

在高温下能与氧化合生成有毒气体 NO_2 ,与 H_2 化合生成 NH_3 。空气中含氮量增高时,氧浓度相对降低,会使人缺氧窒息。

③二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是无色略有酸臭味的气体,易溶于水,属惰性气体,不助燃。二氧化碳对口腔、鼻、眼的黏膜有刺激作用,能刺激中枢神经,使呼吸加快。当空气中 CO_2 的浓度达到3%时,人的呼吸急促,易感疲劳;达到5%时,耳鸣、呼吸困难;达到10%时,出现昏迷。所以,二氧化碳也是有害气体。

《煤矿安全规程》规定:采掘工作面进风流中, CO_2 的浓度不得超过0.5%;矿井总回风巷或一翼回风巷风流中, CO_2 的浓度不得超过0.75%;采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中, CO_2 的浓度不得超过1.5%。

(2) 矿井内空气中的有害气体和性质

矿井内空气中常见的有害气体有一氧化碳、二氧化氮、硫化氢、二氧化硫和甲烷等。

①一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体,微溶于水(约溶3%),常温、常压下化学性质不活泼,有爆炸性。

CO 有剧毒,对人体内的红血球所含血色素的亲和力较氧气大250~300倍, CO 被吸入人体后,阻碍着氧与血色素的正常结合,造成人体组织和细胞缺氧,使之中毒以至死亡。

空气中的 CO 浓度达到0.016%时,数小时人体无或有轻微征兆;达到0.048%时,轻微中毒,耳鸣、头痛、头晕和心跳加速;达到0.128%时,经0.5~1h能严重中毒,除有上述征兆外,还会出现肌肉疼痛、四肢无力、呕吐、意识迟钝、丧失行动能力的症状;达到0.4%时,可致命中毒、丧失知觉、痉挛、停止呼吸、假死,经20~30min后死亡。

人经常在 CO 略高于允许浓度的环境下劳动,虽短时间内不会出现急性症状,但由于血液和组织的长期缺氧以及对中枢神经的侵害,也会引起头痛、眩晕、胃口欠佳、乏力、失眠等慢性中毒症状。

《煤矿安全规程》规定,井下空气中 CO 的最高允许浓度为0.0024%。

②硫化氢(H_2S)

硫化氢是一种无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体,易溶于水,一个体积的水能溶2.5个体积的 H_2S 。硫化氢有剧毒,能使血液中毒,对眼睛及呼吸系统有刺激作用。

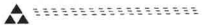
空气中的 H_2S 达到0.0001%时,能嗅到臭鸡蛋味;达到0.01%~0.015%时,流唾液和清水鼻涕,瞳孔放大,呼吸困难;达到0.02%时,强烈刺激眼及喉咙黏膜,感到头痛、呕吐、乏力;达到0.05%时,经0.5~1h失去知觉、抽筋、瞳孔放大,甚至死亡;达到0.1%时,很快死亡。

《煤矿安全规程》规定:井下空气中 H_2S 的最高允许浓度为0.00066%。

③二氧化硫(SO_2)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺味及酸味的气体,易溶于水,对眼睛和呼吸器官有强烈的刺激作用。

空气中的 SO_2 浓度达到0.0005%时,能嗅到刺激味;达到0.002%时,对眼睛和呼吸器官



有强烈的刺激作用,眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉痛等;达到 0.05% 时,引起急性支气管炎、肺水肿,在短时间内死亡。

《煤矿安全规程》规定:井下空气中 SO_2 的最高容许浓度为 0.000 5%。

④二氧化氮(NO_2)

二氧化氮是褐色、剧毒性气体,易溶于水并生成硝酸。

二氧化氮对眼、鼻、呼吸道及肺有强烈的刺激作用和腐蚀作用,可引起肺水肿。二氧化氮中毒有潜伏期,可能当时无明显感觉,经 6~24 h 后发作,咳嗽、头痛、呕吐,甚至死亡。

空气中的二氧化氮浓度达到 0.004% 时,2~4 h 内中毒症状不明显;达到 0.006% 时,短时间内呼吸器官感到刺激,咳嗽、胸痛;达到 0.01% 时,刺激呼吸器官,严重咳嗽、声带痉挛、呕吐、神经系统麻木;达到 0.025% 时,短时间内死亡。

《煤矿安全规程》规定:井下空气中 NO_2 的最高容许浓度为 0.000 25%。

⑤甲烷(CH_4)

甲烷是无色、无味、无毒的气体。在 1 个标准大气压和温度 20℃ 时,溶解度为 3.5%。甲烷虽无毒,但当空气中甲烷的浓度大于 50% 时,能使人缺氧而窒息死亡。甲烷不助燃,有爆炸性。

《煤矿安全规程》规定,不同地点的允许瓦斯浓度如下:

矿井总回风或一翼回风巷中瓦斯或二氧化碳浓度超过 0.75% 时,必须立即查明原因,进行处理。

采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中瓦斯浓度超过 1.0% 或二氧化碳浓度超过 1.5% 时,必须停止工作,撤出人员,采取措施,进行处理。

装有矿井安全监控系统的机械化采煤工作面、水采和煤层厚度小于 0.8 m 的保护层的采煤工作面,经抽放瓦斯(抽放率 25% 以上)和增加风量已达到最高允许风速后,其回风巷风流中瓦斯浓度仍不能降低到 1.0% 以下时,回风巷风流中瓦斯浓度不得超过 1.5%,并应符合《煤矿安全规程》的要求。

采煤工作面瓦斯涌出量大于或等于 $20 \text{ m}^3/\text{min}$ 、进回风巷道净断面 8 m^2 以上,经抽放瓦斯和增大风量已达到最高允许风速后,其回风巷风流中瓦斯浓度超过最高允许浓度 1.5%,按管理权限报批,可采用专用排瓦斯巷。该巷回风流中瓦斯浓度不超过 2.5%,并符合《煤矿安全规程》的规定。

采掘工作面及其他作业地点风流中瓦斯浓度达到 1.0% 时,必须停止用电钻打眼;爆破地点附近 20 m 以内风流中瓦斯浓度达到 1.0% 时,严禁爆破。

采掘工作面及其他作业地点风流中瓦斯浓度达到 1.5% 时,必须停止工作,切断电源,撤出人员,进行处理。

电动机或其开关安设地点附近 20 m 以内风流中瓦斯浓度达到 1.5% 时,必须停止工作,切断电源,撤出人员,进行处理。

采掘工作面及其他巷道内,体积大于 0.5 m^3 的空间内积聚瓦斯浓度达到 2.0% 时,附近 20 m 内必须停止工作,切断电源,撤出人员,进行处理。

在回风流中的机电设备峒室的进风侧必须安装甲烷传感器,瓦斯浓度不超过 0.5%。

在局部通风机及其开关地点附近 10 m 以内风流中瓦斯浓度都不超过 0.5% 时,方可人工开启局部通风机。

符合《煤矿安全规程》规定的串联通风系统中,必须在进入被串联工作面的进风风流中装设甲烷断电仪,且瓦斯和二氧化碳浓度不超过 0.5%。

对因瓦斯浓度超过规定被切断电源的电气设备,必须在瓦斯浓度降到 1.0% 以下时,方可通电开动。

采掘工作面进风流中,二氧化碳浓度不超过 0.5%。

采掘工作面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,制订措施,进行处理。

停工区内瓦斯或二氧化碳浓度达到 3.0% 而不能立即处理时,必须在 24 h 内封闭完毕。

专用排瓦斯巷内必须安设甲烷传感器,甲烷传感器应悬挂在距专用排瓦斯巷回风口 15 m 处,当甲烷浓度达到 2.5% 时,能发出报警信号并切断工作面电源,工作面必须停止工作,进行处理。

⑥其他有害气体

氨(NH₃)是无色、有臭味的气体,易溶于水,氨有剧毒,能刺激皮肤及上呼吸道,引起咳嗽、流泪、头晕,严重时失去知觉以至死亡。空气中 NH₃ 的浓度达到 15.7% ~ 27.4% 时能爆炸。《煤矿安全规程》规定氨的最高允许浓度为 0.004%。

氢(H₂)是无色、无味、无臭的气体,难溶于水,不能供呼吸,有爆炸性,最高允许浓度为 0.5%,主要产生于机电设备硐室。

压缩空气中的有害气体有油蒸气、CO 及 CH₄ 等。油蒸气有爆炸性。

(3)煤层瓦斯组分

国内外对煤层瓦斯组分的大量测定表明,煤层瓦斯有约 20 种组分:甲烷及其同系烃类气体(乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷等)、二氧化碳、氮、二氧化硫、硫化氢、一氧化碳和稀有气体(氦、氖、氩、氪、氙)等。其中,甲烷及其同系物和二氧化碳是成煤过程的主要产物。当煤层赋存深度大于瓦斯风化带深度时,煤层瓦斯的主要成分(>80%)是甲烷。

(4)矿井瓦斯组分的来源

矿井瓦斯(或称矿井有毒有害气体)的来源,大致可归为三个方面:煤(岩)层和地下水释放出来的;化学及生物化学作用产生的;煤炭生产过程中产生的。

①甲烷

甲烷是腐殖型有机物在成煤过程中产生的。在漫长的地质年代中,煤中的瓦斯大部分逸散和释放。在煤炭开采过程中,矿井的甲烷一般主要来自开采煤层和顶底板的邻近煤层和煤线,少量来自岩层。

②重烃

重烃是煤变质过程中的伴生气体,煤的变质程度不同其重烃含量亦有差异,以中等变质煤的含量为最多。同时,重烃在煤的分布是不均匀的。在煤的开采过程中,部分重烃气体能够解吸并从煤体释放出来进入开采空间。

③二氧化碳

二氧化碳亦是成煤过程中的伴生气体,有些煤层中甲烷与二氧化碳混生,赋存较深的煤层中有时甲烷与二氧化碳均很大;地表生物圈内生物化学氧化反应产生二氧化碳,溶解于地下水中并携带至煤系地层;岩浆与火山气体中有大量的二氧化碳,当岩浆沿断层流动和上升时因温度下降而析出二氧化碳储存于煤系地层中;碳酸岩在高温下(如火成岩侵入)分解出二氧

化碳。

煤、岩层中赋存的二氧化碳,在开采过程中向开采巷道涌出,污染矿井大气。此外,有机(坑木等)的氧化碳酸盐的水解、内因和外因火灾,以及瓦斯和煤尘爆炸等均能产生二氧化碳。

二氧化碳的次要来源:人的呼吸,人均一小时呼出二氧化碳为 50 L;爆破工作,1 kg 的硝酸铵炸药爆炸时产生 150 L 二氧化碳。

④一氧化碳

通常认为,成煤过程中不产生一氧化碳,但是个别煤层已发现有微量的一氧化碳。

矿井内一氧化碳的主要来源是爆破工作与矿内火灾,1 kg 炸药爆炸后约生成 100 L 一氧化碳;其次是瓦斯和煤尘爆炸以及支架、坑木燃烧,当 1 m^3 木材不完全燃烧时,能生产 500 m^3 一氧化碳。

⑤二氧化硫

在个别煤层中,二氧化硫以巢状聚集的形式存在,并能泄入矿井巷道。矿内二氧化硫的来源,还有含硫矿物氧化与自燃及其矿尘的爆炸等。

⑥硫化氢

矿内硫化氢的来源:有机物的腐烂;硫化矿物的水解;含硫矿物的氧化、燃烧;在含硫矿体中爆破以及从含硫矿层中涌出等。

⑦二氧化氮

煤层瓦斯组分中不含二氧化氮。炸药爆破时产生一系列的氮氧化物,如 NO , NO_2 等。

NO 遇空气中的氧,即氧化为 NO_2 。

⑧氢

煤层中含有少量氢,亦为有机质的变质过程产物;煤受热变质时,在高温下热分解能产生氢。

矿内火灾或爆炸事故时,可能产生氢;蓄电池充电硐室有氢气泄出。

⑨氮

煤、岩和地下水释放的瓦斯组分中,往往含有氮。煤层接近露头及瓦斯风化带内,由于生物化学作用产生大量氮气。

矿内爆破工作时,1 kg 硝化甘油炸药产生 135 L 氮气。有机质的腐烂也是氮气的一种来源。

2. 瓦斯的性质

(1) 瓦斯的特性

未受任何污染的矿井瓦斯,无色、无臭、无味,看不见也摸不着,相对密度小,为 0.554,在温度 $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$,大气压力 $P = 760 \text{ mmHg}$ 时,瓦斯密度为 0.716 kg/m^3 ,由于瓦斯相对密度小于矿井大气相对密度(1.2),在微风、无风和风流作用不到的地方呈层流状态,聚集在巷道里、巷道和工作面的高冒顶处、独头上山巷道等处成为矿井安全生产的重大隐患。经验证明,瓦斯具有较好的吸热发冷的特点,人一旦触及到瓦斯积聚处,则给人以冷(凉)感。瓦斯与氮气类同,既不助燃,又不助呼吸,由于它的存在降低了空气中应有的氧含量,当氧气含量低于 12% 时,人会窒息死亡。

(2) 瓦斯具有易扩散和自然涌出的性质

通过种种途径来自煤(岩)的瓦斯,一到采掘空间就本能地迅速布满其间。除此,瓦斯渗

透通过固体的能力大,其渗透系数是空气的1.6倍。瓦斯是以压力状态赋存于煤(岩)层之中的,以其自身的潜能作用涌出煤(岩)层。瓦斯极易穿过相邻的煤(岩)层涌入采掘空间,这是因为甲烷分子直径远远小于煤的孔隙直径的缘故。“甲烷分子直径小于 $4 \times 10^{-8} \text{ cm}$ (4 \AA);而煤的孔隙:微孔 $\leq 0.00001 \text{ mm}$ (100 \AA),中孔 $< 0.001 \text{ mm}$ (10000 \AA),大孔 $> 0.001 \text{ mm}$ ($> 10000 \text{ \AA}$)”。由于甲烷的分子直径太小,用分子筛回收风井中大量的低浓度瓦斯也成了很难的事。由上述可见,瓦斯分子小而活跃,又有很强的穿过煤(岩)层的本能。所以,在风量不足和停风很短的时间内就可以充满采掘空间,在未经抽放瓦斯的场所更是这样。

(3) 甲烷化学性质极不活泼

它几乎不与任何化学物质化合。甲烷也难溶于水,其溶解度:当 $\text{CH}_4 = 20\%$, t (温度) $= 15 \text{ }^\circ\text{C}$,大气压力 $P = 760 \text{ mmHg}$ 时,1 L水溶解甲烷 7.4 cm^3 ;当 $\text{CH}_4 = 5\%$ 时,溶解 1.8 cm^3 。甲烷或瓦斯难溶于水中有两种现象可以表明:一是瓦斯矿井的巷道积水时,常见从积水中连续不断地冒出气泡,经检定器检查证明是瓦斯涌出水面;二是海底赋存着甲烷水。这说明在很高的深海水压力作用下,甲烷没有或很少溶于海水中。前者可看作是煤层瓦斯涌出源的显现。

(4) 瓦斯具有爆炸性

① 甲烷不助燃,易燃烧

在充满瓦斯的硐室或容器中,放入燃烧火种,其火焰会立即熄灭。众所周知,物质的燃烧是从其被氧化的反应开始的,而这个温度是大大小于发火点或引火温度。甲烷被氧化的反应从温度 $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ 时才开始进行,其引火温度为 $650 \sim 750 \text{ }^\circ\text{C}$ 。有这么大的波动范围,是受下述几个因素影响所致:一是瓦斯浓度(甲烷含有率)的不同,其热容量亦不同,瓦斯浓度越高,需要引火温度越低;浓度低却相反,过低时也就不易点燃了。

二是与混合气体的压力相关,在1个大气压时,引火温度为 $700 \text{ }^\circ\text{C}$;在28个大气压时,引火温度为 $460 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

三是火源的性质。瓦斯浓度越高,引火延迟时间越长,而火源温度越高,延迟时间越短,接触火源表面越大,接触的时间越长越容易爆炸。

② 瓦斯的爆炸性

A. 矿井瓦斯燃烧或爆炸的迟延性

到高温火源引燃瓦斯时,并非立刻燃烧或爆炸,而是有点感应、延缓性,其延缓(迟延)时间长短与热源温度相关,例如,当混合气体中 $\text{CH}_4 = 6.5\%$ 时,其爆炸迟延时间:

$$t = 650 \sim 700 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{为 } 10 \sim 11 \text{ s}$$

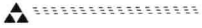
$$t = 1000 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{为 } 1 \text{ s}$$

$$t = 1200 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{为 } 0.02 \text{ s}$$

瓦斯燃烧爆炸的延缓性对井下安全爆破有很大的好处。安全炸药的理论之一,就是这种延缓性质。安全炸药的火焰延续时间只有万分之几秒,大大小于瓦斯燃爆迟延时间,就是说,在含瓦斯的煤(岩)层爆破时,所发生的炸药高温气体可以利用瓦斯引火迟延时间进行较充分的冷却。但是,应当指出的是,有的爆破引发的瓦斯燃烧现象大都是爆破工艺操作违规,发生爆破火焰造成的。当然,只有严格遵守爆破规程,才能利用好瓦斯燃爆的迟延时间,创造安全爆破的效果。

B. 有氢气混入时瓦斯的爆炸温度

矿井混合瓦斯中氢的含量高或有外来的氢气混入到瓦斯中,由于氢气的引火温度(闪燃



点)比较低,相对降低了瓦斯的燃爆温度。应用这种理论指导井下灭火工作是有实际意义的。

C. 瓦斯爆炸生成一氧化碳

瓦斯爆炸产生大量的一氧化碳有害气体,在供氧不充分条件下的瓦斯燃烧或爆炸就能产生大量的一氧化碳(CO)气体(占产物的2%~6%),并混入风流中使人中毒,重者身亡。为此,必须遵守规程规定,入井工作人员必须随身携带自救器,确保自身安全。

D. 瓦斯爆炸界限

瓦斯爆炸界限指瓦斯爆炸时,甲烷浓度范围最小值为下限,最高值为上限。许多技术规程对井下瓦斯爆炸浓度界限虽已指明,但是必须依据实际情况运用。在灾变中,在瓦斯浓度不在爆炸界限条件下时,会争得时机,抢险救灾,转危为安。这是因为影响瓦斯爆炸的因素是多方面的,诸如火源的性质、引火温度、有无爆炸性气体和惰性气体参与、甲烷浓度的变化、瓦斯混合气体压力以及瓦斯组分的不同而爆炸界限差别很大的缘故。

一般地,在1个大气压力、引火温度750℃的条件下:

CH₄浓度<5%时,混合气体无爆炸性,但是在高温热源周围也能燃烧(用这样的气体可以助燃、省燃料)。

CH₄浓度=5%~16%时,混合气体有爆炸性,并从下限5%开始增长爆炸威力,增加到CH₄=9.5%时(理论值,实际是8.5%左右),爆炸威力最大(约0.9MPa),再增加到9.5%~16%时,爆炸力下降。

CH₄浓度>16%时,混合气体无爆炸性,但有外部供氧时,会如同煤气一样燃烧起来。火源温度高时(>750℃),爆炸界限扩大,5%~7%<CH₄浓度<16%这种情况是有爆炸性的。火花的温度高于千度,如果爆炸发生在密闭的空间,爆炸产物温度高达2150~2650℃。

瓦斯混合气体中,CH₄浓度>16%,O₂浓度<12%,在封闭的条件下,就失去了爆炸性。

(二) 光学瓦斯检测仪器的现场使用与维护集中讲解

矿井瓦斯检查是煤矿安全生产管理中不可缺少的一项内容,是矿井瓦斯管理的一项重要工作。检查矿井瓦斯的目的是:①了解和掌握井下不同地点、不同时间的瓦斯涌出情况,以便进行风量计算和分配,调节所需风量,达到安全、经济、合理通风的目的;②防止和及时发现瓦斯超限或积聚等隐患,采取针对性的措施,妥善处理,防止瓦斯事故(爆炸、窒息等)的发生。

1. 矿井主要地点瓦斯浓度的检查测定

矿井瓦斯检查地点主要有:

矿井总回风、一翼回风、水平回风、采区回风。

采掘工作面及其进回风巷、采煤工作面上隅角、采煤机附近、采煤工作面输送机槽、采煤工作面采空区侧。

机电硐室、钻场、密闭、盲巷、顶板冒落或突出孔洞。

爆破地点、电动机及其开关附近、局部通风机及其开关附近、回风流中电气设备附近。

井下电焊、气焊等作业地点。

其他有人员作业的地点:由矿井技术负责人确定。

2. 矿井主要检测地点的瓦斯浓度检查

(1) 巷道风流中瓦斯和二氧化碳的检查测定

巷道风流范围的划定:有支架的巷道,距支架和巷底各为50mm的巷道空间内的风流;无支架或用锚喷、砌碛支护的巷道,距巷道顶、帮、底各为200mm的巷道空间内的风流。