



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

矿井通风与安全

主编◎刘锡明 周静



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

矿井通风与安全

主 编 刘锡明 周 静
副主编 王洪梁 沈 斌 陈文胜
毕业武 刘新蕾 于佳男

北 京

冶金工业出版社

2013

内容简介

本书共分 15 章,第 1 章矿井空气与气候条件;第 2 章矿井风流能量与应用;第 3 章矿井通风阻力与测定;第 4 章通风动力;第 5 章矿井通风网络与风量分配调节;第 6 章局部通风;第 7 章矿井通风系统;第 8 章矿井通风系统设计;第 9 章矿井瓦斯;第 10 章矿井火灾防治;第 11 章矿井水灾防治;第 12 章矿井粉尘防治;第 13 章矿井热害;第 14 章矿井顶板灾害防治;第 15 章矿山救护。

本书可作为普通高等院校矿业专业的教材,也可供电大、函授、业余大学的学生及其他生产实践技术人员、自学考试者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与安全/刘锡明 周静主编. —北京:冶金工业出版社,2013.4

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6271-0

I. ①矿… II. ①刘… III. ①矿山通风—高等学校—教材②矿山安全—高等学校—教材 IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 066158 号

出版人 谭学余

地址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

ISBN 978-7-5024-6271-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京明兴印务有限公司印刷

2013 年 4 月第 1 版,2013 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 27 印张; 674 千字; 433 页

48.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tuogao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

煤炭行业是我国的高危行业,煤层赋存条件及自然地质条件较为复杂,且存在瓦斯、煤尘、水灾、火灾、冒顶等五大自然灾害,涉及的危险、危害因素达上千种;虽然经过多方面的共同努力,近年来,在煤炭产量持续增长的情况下,煤矿安全生产形势保持了稳定好转的态势,但安全生产形势依然十分严峻。

本书系统介绍矿井通风的基本原理、基本方法及管理手段,详细介绍矿井瓦斯、煤尘、水灾、火灾等自然灾害发生的客观规律及其防治理论和技术,采用新技术、新工艺、新装备等最新成果。本书根据煤矿高等院校采矿工程和安全工程专业教学大纲要求编写的。整个教材内容力求深入浅出,重点突出,简明扼要,并注意反映国内外矿井通风与安全技术方面的最新科技成果及其发展动向。以传授基础理论和基本知识为主,并适当阐述典型的应用技术,以求理论与实践相结合。

全书分为 15 章,由刘锡明、周静担任主编。第一章、第三章由沈斌编写,第二章由刘新蕾编写,第四章、第八章由王洪梁编写,第五章、第七章由周静编写,第六章由刘锡明和周静合编,第九章由刘锡明编写,第十章、第十二章由陈文胜编写,第十一章、第十三章、第十四章由毕业武编写,第十五章由于佳男编写,最后刘锡明对全书进行了总审定稿。

在编写过程中吸收了以前诸教材的优点,参阅了国内外近年来发表的相关科技文献,在此特向文献作者们表示感谢。

由于编者水平有限,不妥之处难免,恳请读者不吝指正。

编 者
2013 年 2 月

《矿井通风与安全》编审人员

主 编 刘锡明 周 静

副 主 编 王洪梁 沈 斌 陈文胜 毕业武

主 审 刘锡明

参编人员 刘锡明 周 静 王洪梁 陈文胜

毕业武 沈 斌 于佳男 刘新蕾



目 录

第 1 章 矿井空气与气候条件	(1)
1.1 矿井空气成分	(1)
1.2 矿井空气中的有害气体及其检测	(3)
1.3 空气的主要物理参数	(8)
1.4 矿井气候条件及改善	(10)
第 2 章 矿井风流能量与应用	(15)
2.1 风流能量与压力	(15)
2.2 通风能量方程	(21)
2.3 能量方程在矿井通风中的应用	(28)
第 3 章 矿井通风阻力与测定	(34)
3.1 井巷断面上风速分布	(34)
3.2 摩擦阻力	(37)
3.3 局部阻力	(41)
3.4 矿井总风阻与矿井等积孔	(43)
3.5 降低矿井通风阻力措施	(46)
3.6 矿井通风阻力测定方法及步骤	(48)
第 4 章 通风动力	(62)
4.1 自然风压	(62)
4.2 矿井通风机	(65)
4.3 主要通风机实际特性曲线	(68)
4.4 矿井通风设备选型	(77)
4.5 主要通风机性能测定	(78)
第 5 章 矿井通风网络与风量分配调节	(82)
5.1 通风网络与风量分配基本规律	(82)
5.2 简单网络特性	(87)



5.3	通风网络动态特性分析	(90)
5.4	矿井风量调节	(92)
第6章	局部通风	(101)
6.1	局部通风方法	(101)
6.2	局部通风装备	(109)
6.3	掘进工作面风量计算	(118)
6.4	局部通风系统设计	(121)
6.5	局部通风技术管理及安全措施	(122)
第7章	矿井通风系统	(128)
7.1	矿井通风系统与通风机工作方式	(128)
7.2	采区通风系统	(131)
7.3	通风构筑物及漏风	(133)
7.4	矿井通风能力核定方法	(135)
第8章	矿井通风系统设计	(148)
8.1	拟定矿井通风系统	(148)
8.2	矿井总风量的计算与分配	(151)
8.3	矿井通风阻力的计算	(157)
8.4	通风设备选择	(160)
8.5	通风费用概算	(163)
第9章	矿井瓦斯	(166)
9.1	概 述	(166)
9.2	煤层瓦斯赋存与含量	(167)
9.3	矿井瓦斯涌出	(181)
9.4	瓦斯喷出及防治	(191)
9.5	煤(岩)与瓦斯突出及防治	(192)
9.6	矿井瓦斯抽放	(213)
9.7	瓦斯爆炸及其预防	(220)
9.8	瓦斯检查	(230)
第10章	矿井火灾防治	(244)
10.1	概 述	(244)
10.2	煤炭自燃基础理论	(246)
10.3	采空区三带	(250)
10.4	矿井火灾的预测预报	(251)



10.5	开拓开采技术措施防治内因火灾	(254)
10.6	均压防灭火	(255)
10.7	惰气防灭火	(257)
10.8	凝胶与阻化剂防灭火	(258)
10.9	三相泡沫防灭火技术	(259)
10.10	矿井火灾时期的通风	(260)
10.11	矿井火灾处理	(263)
10.12	火区管理	(265)
10.13	矿井火灾事故案例	(267)
第 11 章	矿井水灾防治	(273)
11.1	概 述	(273)
11.2	矿井充水条件分析与水文地质条件分类	(278)
11.3	矿井涌(突)水及涌水量预测	(287)
11.4	矿井主要防治水技术	(294)
11.5	矿井水害预测预报技术方法	(317)
第 12 章	矿井粉尘防治	(320)
12.1	概 述	(320)
12.2	矿山尘肺病	(322)
12.3	煤尘爆炸及其预防	(324)
12.4	矿山综合防尘	(330)
12.5	矿井粉尘事故案例	(332)
第 13 章	矿井热害	(337)
13.1	矿井热害概论	(337)
13.2	矿井热源分析与计算	(341)
13.3	矿井风流温湿度预测方法	(350)
13.4	矿井降温技术	(356)
第 14 章	矿井顶板灾害防治	(368)
14.1	顶板事故常见类型	(368)
14.2	采煤工作面顶板事故防治	(369)
14.3	巷道顶板事故防治	(376)
第 15 章	矿山救护	(379)
15.1	概 述	(379)
15.2	矿山救护队的任务和组织	(381)



15.3 矿山救护队的技术装备与设施	(384)
15.4 矿山救护工作	(394)
15.5 矿山自救与急救	(401)
附录1 通风中常用单位换算	(415)
附录2 不同温度下饱和水蒸气分压	(416)
附录3 由风扇温度计读值查相对湿度	(418)
附录4 井巷摩擦阻力系数 α 值	(419)
附录5 井巷局部阻力系数 ξ 值表	(423)

第1章 矿井空气与气候条件**知识要点:**

本章讨论矿井空气成分、矿井空气中的有害气体及其检测方法、空气的主要物理参数和矿井气候条件及改善。

学习要求:

- (1) 清楚了解矿井空气成分与地面空气成分的差异,理解矿井空气主要成分的质量(浓度)标准。
- (2) 理解矿井有害气体的来源、危害,掌握有害气体的检测方法。
- (3) 理解并掌握空气的主要物理参数的定义和计算方法。
- (4) 理解矿井气候对人体热平衡的影响,掌握矿井气候条件的衡量指标和安全标准。
- (5) 掌握矿井气候条件的改善方法。

生活在地面的人非常习惯于新鲜空气,但在井下新鲜空气可是来之不易;在开放性的地面一阵自然风就可以把污风吹开,但是在井下却要付出大量的人力物力。矿井如果没有新鲜空气,则不能进行安全生产。矿井空气是关系到安全生产的大事,矿井通风需要从矿井气候说起。

1.1 矿井空气成分

地面空气又称为大气,是混合气体,大气中除了水蒸气的比例随地区和季节变化较大以外,其余化学组成成分相对稳定。一般将不含水蒸气的空气称为干空气,它的组成成分和体积分数分别为氧气(20.96%)、氮气(79%)和二氧化碳(0.04%)。

地面空气从井筒进入井下就成了矿井空气,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。

在矿井通风中,习惯上把风流分作新鲜风流(新风)和污风风流(污风或乏风)。

1.1.1 矿井空气的主要成分及其基本性质**1.1.1.1 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 1.105。氧气很活跃,易使多种元素氧化,能助燃。

氧气是维持人体正常生理机能所不可缺少的气体。一般情况下,人在休息时的需氧量为 0.2~0.4L/min;在工作时为 1~3L/min。

人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系见表 1-1 所示。



表 1-1 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧气浓度(体积)/%	人体主要症状
17	静止状态无影响,工作时会感到喘息、呼吸困难和强烈心跳
15	呼吸及心跳急促,无力进行劳动
10~12	失去知觉,昏迷,有生命危险
6~9	短时间内失去知觉,呼吸停止,可能导致死亡

地面空气进入井下后,氧气浓度要有所降低,氧气浓度降低的主要原因有:人员呼吸;煤岩、坑木和其他有机物的缓慢氧化;爆破工作;井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸;煤岩和生产中产生其他有害气体等。

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。

1.1.1.2 氮气(N_2)

氮气是无色、无味、无臭的惰性气体,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。在井下废弃旧巷或封闭的采空区中,有可能积存氮气。如 1982 年 9 月 7 日,我国某矿因矿井主要通风机停风,井下采空区的氮气大量涌出,致使采煤工作面支架安装人员缺氧窒息,造成多人伤亡事故。

矿井中的氮气主要来源于:井下爆破;有机物的腐烂;天然生成的氮气从煤岩中涌出等。

1.1.1.3 二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体,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。

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,轻则使人呼吸加快,呼吸量增加,严重时也能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度对人体的危害程度如表 1-2 所示。

表 1-2 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

二氧化碳浓度(体积分数)/%	人体主要症状
1	呼吸加深,急促
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,很快疲劳
5	呼吸困难,头痛,恶心,耳鸣
10	头痛,头昏,呼吸困难,昏迷
10~20	呼吸停顿,失去知觉,时间稍长会死亡
20~25	短时间中毒死亡

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。如我国某矿,曾在1975年6月发生过一起二氧化碳和岩石突出事故,突出二氧化碳 11000m^3 。

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。

1.1.2 矿井空气主要成分的质量(浓度)标准

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二氧化碳超过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,进行处理。

1.2 矿井空气中的有害气体及其检测

1.2.1 矿井空气中的有害气体及其基本性质

1.2.1.1 一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体,相对密度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。人体血液中的血红素与一氧化碳的亲合力比它与氧气的亲合力大250~300倍。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。一氧化碳中毒浓度和中毒时间的关系如表1-3所示。

表1-3 一氧化碳的中毒程度与浓度的关系

一氧化碳浓度(体积分数)/%	主要症状
0.016	数小时后有头痛、心跳、耳鸣等轻微中毒症状
0.048	1h可引起轻微中毒症状
0.128	0.5~1h引起意识迟钝、丧失行动能力等严重中毒症状
0.40	短时间失去知觉、抽筋、假死。30min内即可死亡

一氧化碳中毒除上述症状外,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:爆破工作;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%的死亡人员都是因一氧化碳中毒所致。

1.2.1.2 硫化氢(H_2S)

硫化氢是无色、微甜、略带臭鸡蛋味的气体,相对密度为1.19,易溶于水,当浓度达4.3%~



46%时具有爆炸性。

硫化氢有剧毒。它能使人体血液缺氧中毒,对眼睛及呼吸道的黏膜具有强烈的刺激作用,能引起鼻炎、气管炎和肺水肿。当空气中浓度达到 0.0001%时可嗅到臭味,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”,反而嗅不到。硫化氢的中毒程度与浓度的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

硫化氢浓度(体积分数)/%	主要症状
0.0001	有强烈臭鸡蛋味
0.01	流唾液和清鼻涕、瞳孔放大、呼吸困难
0.05	0.5~1h 严重中毒,失去知觉、抽筋、瞳孔变大,甚至死亡
0.1	短时间内死亡

矿井中硫化氢的主要来源有:坑木等有机物腐烂;含硫矿物的水化;从老空区和旧巷积水中放出。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。

1.2.1.3 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 0.0005%时即可嗅到刺激气味。它易溶于水,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。

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,矿工们将其称之为“瞎眼气体”。此外,也能对呼吸道的黏膜产生强烈的刺激作用,引起喉炎和肺水肿。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系见表 1-5 所示。

表 1-5 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

二氧化硫浓度(体积分数)/%	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。

1.2.1.4 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,相对密度 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,有的在严重中毒时尚无明显感觉,还可坚持工作,但经过 6h 甚至更长时间后才出现中毒征兆。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。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系见表 1-6。

表 1-6 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

二氧化氮浓度(体积分数)/%	主要症状
0.004	2~4h 内不致显著中毒,6h 后出现中毒症状,咳嗽
0.006	短时间内喉咙感到刺激、咳嗽,胸痛
0.01	强烈刺激呼吸器官,严重咳嗽,呕吐、腹泻,神经麻木
0.025	短时间即可致死

矿井中二氧化氮的主要来源是爆破工作。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。我国某矿 1972 年在煤层中掘进巷道时,工作面非常干燥,工人们放炮后立即迎着炮烟进入,结果因吸入炮烟过多,造成二氧化氮中毒,2 名工人于次日死亡。因此在爆破工作中,一定要加强通风,防止炮烟熏人事故。

1.2.1.5 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,相对密度为 0.6,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,以致死亡。

氨气主要是在矿井发生火灾或爆炸事故时产生。

1.2.1.6 氢气(H_2)

氢气无色、无味、无毒,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(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 9 章矿井瓦斯中详细介绍,本节不再重复。

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。

1.2.2 矿井空气中有害气体的安全浓度标准

为了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 1-7 所示。

表 1-7 矿井空气中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	0.0024
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_2S	0.00066
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%。

对矿井中涌出量较大的甲烷(瓦斯)气体,《规程》对其安全浓度和超限后的措施都有更为详尽的规定。

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。

1.2.3 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。在人工检测方法中,除了取样分析法之外,目前使用最广泛的还是快速测定法。

1.2.3.1 瓦斯(CH_4)的快速检测方法

煤矿中用于检测瓦斯的仪器有光学瓦斯检定器、瓦斯检测报警仪、瓦斯断电仪等。其构造原理及使用方法将在《安全监测与监控》教材中介绍。

1.2.3.2 CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 、 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。下面以比长式 CO 检测管为例说明检测原理及检测方法。

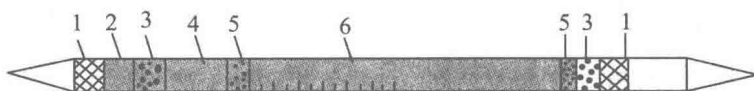


图 1-1 比长式 CO 检测管结构示意图

1—堵塞物;2—活性炭;3—硅胶;4—消除剂;5—玻璃粉;6—指示粉

如图 1-1 所示,比长式 CO 检测管是一支 $\phi 4\sim 6\text{mm}$,长 150mm 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 CO 气体通过时,与指示粉发生反应,在玻璃管壁上形成一个棕色环,棕色环随着气体通过向前移动,移动的长度与气样中所含 CO 浓度成正比。因此,可以根据玻璃管上的刻度直接读出 CO 的浓度值。

其他有害气体的比长式检测管结构及工作原理与 CO 基本相同,只是检测管内装的指示粉各不相同,颜色变化各有差异。表 1-8 是我国煤矿用比长式气体检测管主要性能表。

表 1-8 我国煤矿用比长式气体检测管主要性能

检测管名称	型号	测量范围 (体积比)/%	最小 分辨率	最小检 测浓度	颜色变化
CO	I	$(5\sim 50)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	5×10^{-6}	白→棕褐色
	II	$(10\sim 500)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}	
	III	$(100\sim 5000)\times 10^{-6}$	200×10^{-6}	100×10^{-6}	
CO_2	I	0.2%~3.0%	0.2%	0.1%	蓝色→白色
	II	1%~15%	1%	0.5%	
H_2S	1	$(3\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	3×10^{-6}	白→棕色

检测管名称	型号	测量范围 (体积比)/%	最小 分辨率	最小检 测浓度	颜色变化
SO ₂	1	$(2.5 \sim 100) \times 10^{-6}$	5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	紫→土黄色
NO ₂	1	$(1 \sim 50) \times 10^{-6}$	2.5×10^{-6}	1×10^{-6}	白→黄绿色
NH ₃	1	$(20 \sim 200) \times 10^{-6}$	20×10^{-6}	20×10^{-6}	桔黄→蓝灰色
O ₂		1%~21%	1%	0.5%	白→茶色
H ₂	1	0.5%~3.0%	0.5%	0.3%	白→淡红

与比长式检测管配套使用的还有圆筒形压入式手动采样器。主要结构如图 1-2 所示。

采样器由变换阀和活塞筒等部分组成。活塞筒 6 用来抽取气样,变换阀 4 则可以改变气样流动方向或切断气流。当阀门把手 3 处于垂直位置时,活塞筒与接头胶管 2 相通;当阀门把手顺时针方向旋转水平位置时,活塞筒与气嘴 1 相通;阀门把手处于 45°位置时,变换阀将活塞筒与外界气体隔断。在活塞拉杆 7 上刻有标尺,可以表示出手柄拉动到某一位置时吸入活塞筒的气样体积(mL)。

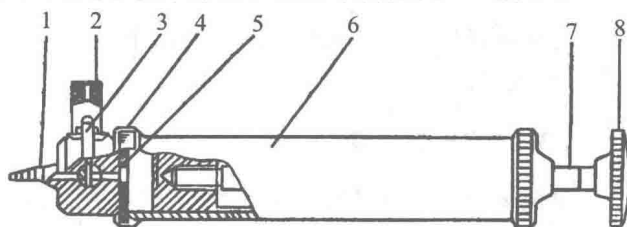


图 1-2 圆筒形压入式手动采样器结构示意图

1—气嘴;2—接头胶管;3—阀门把;4—变换阀;
5—垫圈;6—活塞筒;7—拉杆;8—手柄

使用时先将阀门把手转到水平位置,在待测地点拉动活塞拉杆往复抽送气 2~3 次,使待测气体充满活塞筒,再将把手扳至 45°位置,将检测管两端用小砂轮片打开,按检测管上的箭头指向插入胶管接头;将把手扳至垂直位置,按检测管上规定的送气时间(一般 100s)把气样以均匀的速度送入检测管,然后,拔出检测管读数。

如果被测环境空气中有害气体的浓度很低,用低浓度检测管也不易测出,可以采用增加送气次数的方法进行测定。测得的浓度值除以送气次数,即为被测对象的实际浓度。

若被测环境气体浓度大于检测管的上限(即气样未送完检测管已全部变色),在优先考虑测定人员的防毒措施后,可先将待测气体稀释后再进行测定,但测定结果要根据稀释的倍数进行换算。

1.2.4 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,降低其浓度,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;临时通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检查,确认无害时方可进入。

(6)井下人员必须随身佩带自救器。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 、 H_2S 中毒除外)或其他急救措施。

1.3 空气的主要物理参数

与矿井通风密切相关的物理参数除了反映气候条件的温度、湿度以外,还有密度、比体积、压力、黏性等。

1.3.1 空气的密度

单位体积空气所具有的质量称为空气的密度,用 ρ 来表示。即:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——空气的密度, kg/m^3 ;

M ——空气的质量, m ;

V ——空气的体积, m^3 。

一般来说,空气的密度是随温度、湿度和压力的变化而变化的。在标准大气状况下($P=101325\text{Pa}$, $t=0^\circ\text{C}$, $\varphi=0\%$),干空气的密度为 $1.293\text{ kg}/\text{m}^3$ 。湿空气密度的计算公式为:

$$\rho_{\text{湿}} = 0.003484 \frac{P}{T} (1 - 0.378 \frac{\varphi P_{\text{饱}}}{P}) \quad (1-2)$$

式中 P ——空气的压力, Pa ;

T ——热力学温度($T=273+t$), K ;

t ——空气的温度, $^\circ\text{C}$;

φ ——相对湿度, %;

$P_{\text{饱}}$ ——温度为 $t(^{\circ}\text{C})$ 时的饱和水蒸气压力(见附录 2), Pa 。

由式(1-2)可见,压力越大,温度越低,空气密度越大。当压力和温度一定时,湿空气的密度总是小于干空气的密度。

在矿井通风中,由于通风系统内的空气温度、湿度、压力各有不同,空气的密度也有所变化,但变化范围有限。在研究空气流动规律时,要根据具体情况考虑是否忽略这种变化。

一般将空气压力为 101325Pa ,温度为 20°C ,相对湿度为 60% 的矿井空气称为标准矿井空气,其密度为 $1.2\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

1.3.2 空气的比体积

单位质量空气所占有的体积称为空气的比体积,用 $v(\text{m}^3/\text{kg})$ 表示,比体积和密度互为倒数,它们是一个状态参数的两种表达方式。即: