

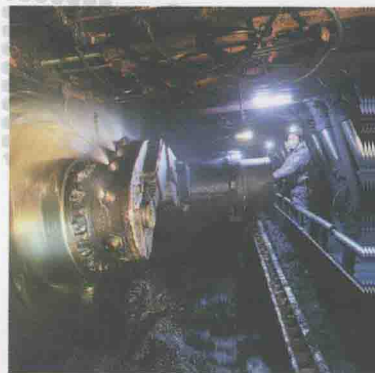


远程教育“十二五”规划教材

矿井通风

KUANGJING TONGFENG

张春 编著



东北大学出版社
Northeastern University Press

远程教育“十二五”规划教材

矿 井 通 风

张 春 编著

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 张 春 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井通风 / 张春编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5517-0478-6

I. ①矿… II. ①张… III. ①矿山通风 IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 016515 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 14. 75

字 数: 378 千字

出版时间: 2014 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 莹

封面设计: 刘江旻

责任校对: 辛 思

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0478-6

定 价: 29. 50 元

远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

主 任 姜茂发

常务副主任 卢俊杰 刘常升

委 员 (以姓氏笔画为序)

于天彪 马 明 吕文慧 孙新波

巩亚东 宋叔尼 李鸿儒 李 晶

杜宝贵 陈国秋 周成利 赵 文

徐文清 栗 志 黄卫祖 蒋 敏

总 序

2010年,党中央、国务院召开了新世纪第一次全国教育工作会议,发布了《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》。纲要中明确指出:“加快发展继续教育。更新继续教育观念,加大投入力度,加快各类学习型组织建设,基本形成全民学习、终身学习的学习型社会。”“大力发展现代远程教育……为学习者提供方便、灵活、个性化的学习条件。”指明了教育事业科学发展的方向,描绘了教育改革发展的宏伟蓝图。

2012年6月,教育部颁布《国家教育事业第十二个五年规划》,对我国未来五年继续教育体系建设做出了科学规划。强调要发挥现代信息技术在继续教育中的作用,把发展现代远程教育作为建设学习型社会的重要战略举措。

自教育部1999年3月批准现代远程教育第一批试点高校以来,已有68所高校开展了远程教育的试点工作。到2010年年底,远程教育在校本专科学生数达到453万人,占当年全国继续教育人数的35%(数据来源:教育部网站)。远程教育已经成为继续教育体系中的重要组成部分。

教材是与远程学习者关系最为密切的一个要素,是资源建设的一个重要组成部分。随着试点工作的不断深入,各高校在人才培养模式、资源建设、学习支持服务等方面开展了积极的探索与实践,远程教育教材建设工作越来越为各试点高校所重视。开发建设适合远程教育学习的教材,直接影响学习者的学习成效,关系到远程教育的质量。

在十几年来远程教育试点工作经验基础上,针对远程教育的特点及学生的实际情况,我们开发了“远程教育‘十二五’规划教材”。在教材开发过程中,从教材建设指导委员会到每一位编著者,都对远程教育的现状与特点做了认真研究;教材编著者都是远程教育的课程主讲教师,熟悉远程教育教学模式,了解学生实际情况及

需求,保证了教材具有较强的先进性、针对性和实用性。

教材是远程教育资源的重要组成部分,教材建设工作是一项长期而艰巨的任务。符合远程教育实际,能够满足学生实际需求的教材,对于提高学生学习效率,构建学生自主学习环境具有重要意义。我们希望通过“远程教育‘十二五’规划教材”的建设工作,探索出一条教材建设工作的新思路、新方法,为我国远程教育事业的发展起到积极的推动作用。

(东北大学) 远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

2012年11月18日

前 言

我国的矿井约有90%为井工开采，而井工开采的首要条件是要保证井下工作空间的氧气供给、有害气体的驱散及矿尘的排除等。因此，为了能够保障矿井的安全生产、工作人员的健康，矿井生产空间必须通风。矿井通风是始终伴随着矿井生产的一项基础工作，矿井通风相关知识也是煤矿安全生产技术人员所必须掌握的知识。

矿井通风是煤矿安全专业、煤矿开采专业必修的专业课程之一。本书包含的主要内容有：矿井大气、矿井风流的基本性质、风流能量方程及其在矿井通风中的应用、井巷通风阻力、矿井通风动力、通风网络及风量调节、掘进通风、通风系统、矿井通风设计等。本书在编写过程中，侧重实践技术方面相关知识的探讨，如井巷中风流速度的测定及校正、通风机性能的测定、矿井通风阻力的测定及通风构筑物的构建要求等，力求使读者在学习完本书内容之后，能够将理论与实践更好地结合，能够更快地将所学知识应用到煤矿的安全生产中。

本书在编写过程中，参考了其他相关文献，这里对所参考文献的作者表示感谢。由于篇幅的原因，矿井通风中的有些知识不能够比较深入全面地进行介绍，希望读者能够谅解。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有不妥之处，敬请广大读者批评、指正。

编 者

2013年3月

目 录

绪 论	1
第一章 矿井大气	3
第一节 矿井空气组成	3
第二节 矿井空气中常见的有害气体	7
第三节 矿井气候条件	12
第四节 巷道中风速与风量的测定方法	21
第二章 矿井风流的基本性质	27
第一节 矿井空气的物理参量	27
第二节 矿内气流的流动状态	30
第三章 风流能量方程及在矿井通风中的应用	33
第一节 风流能量构成	33
第二节 空气压力测定及压力关系	36
第三节 能量方程在矿井通风中的应用	44
第四章 井巷通风阻力	54
第一节 摩擦阻力	55
第二节 局部阻力	61
第三节 井巷风阻与等积孔	64
第四节 井巷通风阻力测定	68
第五章 矿井通风动力	79
第一节 自然风压	80
第二节 主要通风机及附属装置	83
第三节 主要通风机风压及特性曲线	91
第四节 通风机的联合运转	99
第五节 主要通风机的性能测定	101
第六章 通风网络与风量调节	110
第一节 矿井通风系统图	110

第二节	串、并联通风网络及性质	115
第三节	风量分配及网络解算	120
第四节	矿井风量调节	125
第七章 掘进通风		137
第一节	掘进通风方法	138
第二节	掘进通风设备	143
第三节	掘进工作面风量计算	148
第四节	掘进通风系统设计	149
第五节	掘进通风管理	151
第八章 通风系统		158
第一节	矿井通风方法与通风方式	159
第二节	采区通风系统	162
第三节	通风构筑物	170
第四节	矿井漏风及预防	178
第五节	矿井通风系统图	180
第九章 矿井通风设计		183
第一节	概 述	183
第二节	拟定矿井通风系统与绘制通风系统图	185
第三节	矿井总风量计算与分配	187
第四节	矿井通风总阻力计算	192
第五节	矿井通风设备的选择	194
第六节	矿井通风费用概算	196
第七节	生产矿井通风设计	197
附 录		201
附录 1	井巷摩擦阻力系数 a 值表($\rho = 1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	201
附录 2	井巷局部阻力系数 ξ 值表	205
附录 3	通风阻力测量记录与计算表	206
附录 4	离心式通风机性能曲线	208
附录 5	轴流式通风机性能曲线	210
附录 6	BD 系列风机特性曲线	218
附录 7	通风机性能试验数据记录表和计算表	222
参考文献		226

绪 论

矿井通风经历了较长的发展过程。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,使回风风流加热。1807 年风量约 $200\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ 的兽力活塞式空气泵,1849 年转速约 $95\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、风量约 $500\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ 的蒸气铁质离心式扇风机,1898 年电力初型轴流式扇风机相继投入使用。20 世纪 40 年代以来,矿井已使用功率约 1500kW 和 3000kW 的电力轴流式和离心式大型扇风机。

《煤矿安全规程》规定:“每一矿井都必须采用机械通风”,即每一矿井都不得单靠自然风压,必须用机械动力将足够的、适量的地面新鲜空气沿矿山井巷输送给各采掘工作面、各硐室及其他各用风地点,并将井下污浊空气排入地面大气。矿井通风的主要任务是:向井下连续输送新鲜空气,供给人员呼吸;稀释并排除井下的有毒有害气体和矿尘;创造良好的井下气候条件。合理的矿井通风不仅是预防瓦斯、粉尘、火灾等事故和治理高温热害、创造舒适气候环境的基本措施,也是控制、缩小、消灭灾害的重要手段。

我国是以煤炭为主要能源的发展中大国,目前,煤炭在一次能源生产和消费构成中所占的比例达到 70%。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要求,以不断适应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。我国是社会主义国家,劳动人民是国家的主人,既是物质财富的创造者,又是生产建设的组织者和管理者,国家利益与人民利益是一致的。同时,安全生产方针还体现了人是最宝贵的思想。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和行动准则。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。

中华人民共和国成立以来,党和政府十分重视煤矿通风安全工作,颁布了一系列的安全生产法规和劳动保护法令,成立了专门的监察机构,先后多次修订、颁布了《煤矿安全规程》,特别是《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国煤炭法》《中华人民共和国矿山安全法》等。这些法律法规的颁布实施,使我国的煤矿安全生产全面走向了法制化轨道。为了适应行业发展和体制改革的新要求,国家成立了煤矿安全监察机构,颁布了《煤矿安全监察条例》,实行煤矿安全监察制度。此外,我国在矿井通风技术方面也有了长足的发展。各类煤矿普遍实现了机械通风,通风系统布置大多实现了分区通风,在安全检

测和质量管理方面,基本实现了矿井通风质量标准化管理。20世纪70年代以来,随着电子技术和计算机技术的发展与应用,推动了矿井通风设计、通风系统优化和监测工作,编制出了多种通风网络解算、主要通风机选型优化等应用软件,开发了一些新型的、功能齐全的和智能化的通风仪表,环境监测系统已经得到广泛应用,一些新型、高效、大功率的通风机正在替代陈旧产品,矿井通风设备和设施的安全性、可靠性都在不断加强。

今后一段时期,矿井通风的发展趋势主要表现在以下几方面:一是在进一步深入研究井下风流稳态流动的同时,注重非稳定流动理论及采空区渗流理论等方面的研究,为矿井防灭火、防瓦斯和控制灾变时期的风流提供理论依据;二是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;三是通风设备将朝着大型化、高效率 and 自动控制的方向发展;四是深、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。这些通风理论的突破及新技术、新工艺、新设备的应用,必将彻底改善煤矿井下环境,使矿井通风更加安全可靠,更加有效地保证矿井安全生产。

矿井通风是矿山安全工程学科中的一个基本分支,矿井通风课程是煤矿开采技术专业和矿井通风与安全专业的主要专业课程之一。根据专业要求和人才培养目标,本课程的基本内容是:矿井空气及有害气体的成分、性质、安全标准和检测方法;风流的能量、压力及相互关系、能量方程及其应用;矿井通风阻力的类型、变化规律及测定;矿井通风动力的类型、基本规律、测定方法;通风网络中风量的分配原则和风量调节方法;矿井通风系统的类型和要求;掘进通风的方法和安全技术管理;矿井通风设计的内容和程序等。

根据本课程的性质和内容,与矿井通风密切相关的课程是煤矿安全,它们是相辅相成、有机相联的。此外,必须重视和学好矿山流体机械、井巷工程、煤矿开采方法等相关课程,它们是学好本课程的基础。

本章导学

【学习要点】

- ① 矿井空气的主要成分、质量(浓度)标准及检测方法;
- ② 矿井有害气体种类、危害性、浓度要求及检测方法;
- ③ 矿井气候条件的影响因素、表示方法、改善措施及安全标准;
- ④ 矿井湿度的表示方法及测定方法;
- ⑤ 矿井风速的测定方法及要求标准。

【学习要求】

- ① 了解矿井有害气体的种类、产生原因及危害;
- ② 掌握矿井有害气体的检测方法;
- ③ 理解矿井气候条件的影响因素及改善措施;
- ④ 掌握矿井空气湿度和风速的测定方法;
- ⑤ 掌握矿井空气浓度、温度及风速的要求标准。

【学习重点】

- ① 矿井空气浓度、温度及风速的要求标准;
- ② 矿井空气湿度和风速的测定。

【学习难点】

矿井风速的测定。

第一章 矿井大气

第一节 矿井空气组成

地面空气又称为大气,是由多种气体组成的混合气体。大气中除了水蒸气的比例随着地区和季节变化较大以外,其他化学组成成分尽管随着时间、地点和海拔高度有所变化,但相对稳定,变化不大。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百分比分别为氧气(20.90%)、氮气(78.13%)、二氧化碳(0.03%)、氩气(0.93%)和其他气体(0.01%)。

地面空气进入井下后,在成分和性质上发生的变化有:氧气含量减少,混入了各种有害气体,混入了煤尘和岩尘,空气的温度、湿度和压力也发生了变化。

在矿井通风中,习惯上把进入采掘工作面等用风地点之前,空气成分或状态变化不大的风流称为新鲜风流,简称新风,如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上山等处;经过用风地点后,空气成分或状态变化较大的风流称为污风风流,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。

尽管矿井中的空气成分有了一定的变化,但主要成分仍同地面一样,由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

一、矿井空气的主要成分及其基本性质

1. 氧气(O₂)

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。氧气是很活跃的化学物质,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。人类之所以能够在地球上生存,是因为人体内不断摄取食物和吸入氧气,通过氧化作用,进行细胞的新陈代谢作用而维持的。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 $0.2 \sim 0.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$,在工作时的需氧量为 $1 \sim 3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

空气中的氧气浓度直接影响着人体健康和生命安全,当氧气浓度降低时,人体就会产生不良反应,严重者会缺氧窒息甚至死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系见表 1-1。

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、瓦斯和煤尘爆炸;煤岩和生产中产生其他有害气体等。

在正常通风的井巷和采掘工作面中,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。

2. 氮气(N₂)

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,会相应地降低氧气浓度,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。

3. 二氧化碳(CO₂)

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)/%	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11000m³。

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。

二、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》)对其浓度标准作了明确规定。主要内容如下。

① 采掘工作面进风流中,按照体积计算,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的措施,也都有明确的要求。

三、矿井空气主要成分的检测方法

矿井空气主要成分的检测方法可分为两大类:一是取样分析法,二是快速测定法。

(一) 取样分析法

《规程》规定:井下空气应定期取样化验,取样地点和次数由矿井通风部门确定。一

一般是每个月最少取 1 次空气试样在化验室进行分析。取样方法分为湿式取样和干式取样两种。

① 湿式取样法。即利用在取样地点排出取样容器中的水来采取空气试样。这种取样法只能采集不溶或难溶于水的气体(如 CH_4 , O_2 , CO , H_2)或要求精度不高的 CO_2 等气体。

目前,取样容器多用图 1-1 所示的取样瓶。取样前,将瓶子洗刷干净,装满蒸馏水或洁净的清水,然后将两端的塞子拧紧,呈封闭状态。到达井下取样地点后,拧开两端的塞子,使瓶内的水从一端流出,则应采集的空气样便从另一端进入瓶内,瓶内水流完后,将两端的塞子拧紧,送往化验室。

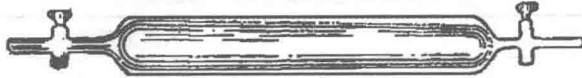


图 1-1 取样瓶

② 干式取样法。一般多用吸气手球或唧气筒将空气试样压入橡皮囊(如球胆或暖水袋),封闭后,送往化验室分析。这种方法易使气样扩散遗失,所以取样后,必须在 10h 内化验。另外,由于橡胶易吸收 SO_2 ,故不宜用此法采取 SO_2 试样,可改用特殊的玻璃管,将其中空气抽出后,再将两端的熔接封闭,到取样地点,将熔接的管端截断,空气试样便进入其中,然后将两端封闭,送往化验室。

由于有害气体在巷道断面的上下不同部位的浓度可能不同,为采集到平均气样,在取样地点的同一巷道断面上,应按照图 1-2 所示的路线移动取样容器进行采样。

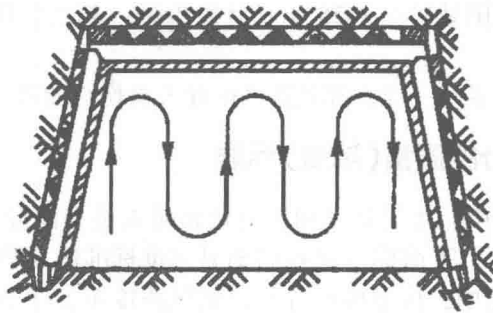


图 1-2 采集气样路线(线路法测风)

为了加强对矿内空气成分或有害气体的检测工作,随着科学技术和电子工业的发展,检测方法和工艺也在不断地发展与进步,已由分散采样、单一分析阶段,走向集中监测适时控制阶段。

最早使用束管监测系统的是英国,始于 1970 年,后来在西欧各国推广。近年来,我国一些矿务局为了预防煤炭自燃火灾,也在发展这种系统,如平庄、枣庄、南票、抚顺等。

该系统即是利用由聚氯乙烯塑料制成的如同电缆的一束导管,将井下的一些检测地点与化验室连通,用吸气泵将气样通过导管抽至化验室,送入分析仪器进行分析。其组成部分有:井上下的管路及管路附属装置,吸气泵或吸气泵组,气样分送装置,气样分析仪或分析仪组。

(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

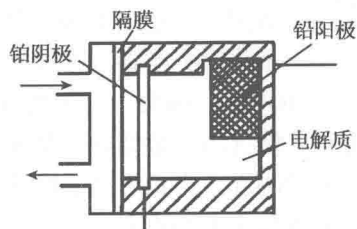
① 利用氧气检测仪检测。井下氧气的便携式仪器种类较多,主要有 AYIB 型(图 1-3)、JJY-1 型(可测 O_2 , CH_4 两种气体)等。其中,AYIB 型是普遍使用的氧气检测仪,用来检测采掘工作面、回风巷、采空区、瓦斯抽放管路及瓦斯、煤尘爆炸或火灾等事故灾区中的氧气浓度。仪器为本质安全型,具有功率小、结构简单、测量线性好等特点。

AYIB 型氧气检测仪采用的是电化学“隔膜式伽伐尼电池”原理。氧气传感元件(隔膜式伽伐尼电池)分别由铂、铅两种不同的金属做阴极和阳极,碱性溶液做电解液,通过聚四氟乙烯薄膜将其封闭构成,如图 1-3(a)所示。当氧气透过隔膜在电极上发生电化学反应时,在两个电极间将形成同氧气浓度成正比的电流值,通过测定电极间的电流值即可实现对氧气浓度的测定。图 1-3(b)为 AYIB 型氧气检测仪的外部结构图。

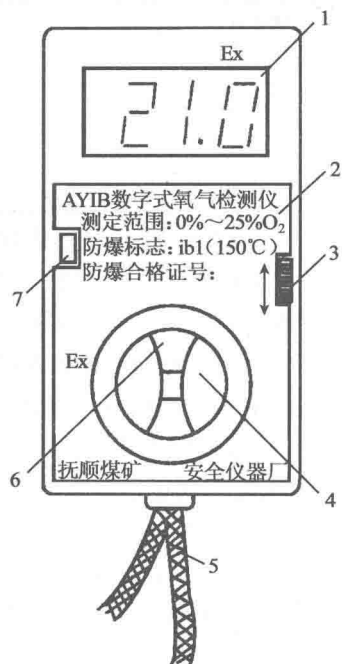
② 利用比长式氧气检测管检测。这种方法与矿井中主要有害气体的检测基本相同(详见第一章第二节)。

2. 二氧化碳浓度的快速检测方法

矿井空气中二氧化碳的测定主要使用光学瓦斯鉴定器(检查方法详见《煤矿安全》教材),也可利用比长式检测管法检测。



(a) 隔膜式伽伐尼电池结构示意图



(b) AYIB型氧气检测仪的外部结构图

图 1-3 AYIB 型氧气检测仪

1—氧气浓度显示器; 2—仪器铭牌; 3—示值调准电位器旋钮; 4—氧气扩散孔; 5—提手; 6—密封封; 7—开关

第二节 矿井空气中常见的有害气体

矿井空气中常见的有害气体除了第一章第一节提到的二氧化碳和氮气以外,主要还有一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO_2)、硫化氢(H_2S)、二氧化氮(NO_2)、氨气(NH_3)、氢气(H_2)、甲烷(CH_4)等。本节将重点介绍其中的部分气体性质、危害、浓度标准和测定方法。

一、矿井空气中的有害气体及其基本性质

1. 一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、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。人体血液中的血红素与一氧化碳的亲合力比它与氧气的亲合力大 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素相结合,阻碍了氧气的正常结合,从而造成人体血液缺氧,引起窒息或中毒。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、人的体质有关。一氧化碳中毒程度和中毒浓度的关系如表 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)/%	人体主要症状
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的呼吸道黏膜和皮肤呈樱桃红色。一氧化碳的中毒程度、中毒速度除和空气中一氧化碳的含量有关外,还与和一氧化碳的接触时间、呼吸频率和深度、人的体质等有关。

空气中一氧化碳浓度达到 1% 时,人只要吸几口,即可丧失知觉。如果长期(每天数小时)在含有 0.01% 一氧化碳的空气中生活和工作,也会引起头痛、胃口不好、记忆力衰退和失眠等慢性中毒。

《规程》规定,井下空气中,一氧化碳的体积浓度不得超过 0.0024%。换算成质量浓度,约为 $30\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

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% 人员的死亡都是因为一氧化碳中毒所致。

2. 二氧化硫(SO₂)

二氧化硫是无色、有强烈硫磺气味及酸味的气体,当空气中二氧化硫的浓度达到 0.0005% 时,即可嗅到刺激气味。它易溶于水,对空气的相对密度为 2.2,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或倾斜巷道的独头处。

二氧化硫有剧毒。空气中的二氧化硫遇水后生成亚硫酸,对眼睛有刺激作用,矿工们将其称为“瞎眼气体”。此外,也能对呼吸道的黏膜产生强烈的刺激作用,引起喉炎或肺水肿。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

二氧化硫浓度(体积)/%	人体主要症状
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

《规程》规定,矿内空气中二氧化硫含量不得超过 0.0005% 或不超过 $14.3\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

矿内空气中二氧化硫的来源有含硫矿物的缓慢氧化及自燃,在含硫的岩层中进行爆破,硫化矿物的矿尘爆炸等。二氧化硫在金属矿内较多,在煤矿中很少见。