

Renlei Yong Huxi Baohu Zhuangbei

人类 (用)

呼吸保护装备

赵立 聂雅玲 马善清 编著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

人类用呼吸保护装备

赵 立 聂雅玲 马善清 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了我国救护行业的呼吸保护装备,包括潜水用、登山用、地面环卫用、化工用、劳动防护用和城市消防用以及航空航天用呼吸保护装备,对军用特种防护装备也作了简单介绍。

作者长期从事这方面的质检工作,第一次从专业的角度来进行总结,对各种呼吸保护装备的发展方向、动态趋势作了预测,对各种呼吸保护装备的特点作了点评。

本书适用于呼吸保护装备研究及应用领域的专业人员。

图书在版编目(CIP)数据

人类用呼吸保护装备/赵立,聂雅玲,马善清编著.

徐州:中国矿业大学出版社,2009.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0493 - 6

I. 人… II. ①赵…②聂…③马… III. 呼吸防护—防护
设备—研究 IV. X924.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 173871 号

书 名 人类用呼吸保护装备

编 著 赵 立 聂雅玲 马善清

责任编辑 杨 廷

责任校对 徐 玮

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)

营销热线 (0516)83885307 83884995

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 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 880×1230 1/16 印张 29 字数 915 千字

版次印次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价 80.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

研究呼吸保护 为人类健康
和安全生产贡献智慧和力量

中国科学院 大连化学物理研究所

林励吾

2006年7月17日

中国科学院院士，大连化学物理研究所原所长
林励吾同志为本书题词。

以人为本 珍爱生命
祝贺《人类用呼吸器研究》一书
的出版！

赵世泰

2006年7月18日

于山东烟台

原解放军总装备部工化局赵世泰教授为本书题词。

序

呼吸,生命,世界的灵魂。——这是一首诗中西方著名哲学家的心声和感叹。

生命,呼吸,尊崇。——这是泰山顶上石碑所刻中国古代圣人的游记和铭言。

可见,中西方的圣贤对人类的呼吸有着几乎相同的论断。

是的,在人的生命活动之基本要素中,如果停止了呼吸,就意味着心脏停止了跳动,也就预示着生命的结束。呼吸无疑是至关重要的,对于常人而言,没有食物和水可以使生命顽强地延续几天,但如果没有空气,或完全停止呼吸,恐怕几分钟都难以支撑。人的一切实践活动和创造都源于生命,生命是宝贵的。生命的基础是呼吸,关于呼吸保护的研究和探索就显得尤为重要。特别是现代工业高速发展以及在被人为破坏的某些自然资源环境中特殊行业的有毒有害环境中,使用呼吸保护器、研究呼吸保护器具有非凡的意义和价值。

在墨西哥、美国大峡谷、中国贵州等地都发现过奇怪的山谷、溶洞等。这些地方经过日积月累,积聚有多种有毒气体,有的比空气重,沉积在地表,只毒害窒息牲畜和走兽;有的比空气轻,漂浮积聚在山洞顶部,只毒害窒息飞禽,而对人或走兽无妨;有的积聚在空气中层,只对处在该层中呼吸的生命有害。种种奇怪的生命现象,客观地决定了现代人类需要研究和使用的各种呼吸保护器,包括人类用呼吸器和其他动物(如犬)用呼吸保护等。所以,开发、研制呼吸保护器具有非常重要的意义。

因作者水平所限,书中难免有错误和不足之处,恳请读者批评指正。希望此书的出版为社会作出应有的贡献。

作 者

2009年9月

目 录

序.....	1
--------	---

第一篇 呼吸保护器基础知识

第一章 呼吸保护器的发展历史及其当代综合水平.....	3
第一节 呼吸保护器的发展历史.....	3
第二节 当代人类呼吸保护器的发展与应用水平.....	6
第三节 今后发展形势展望.....	7
第二章 呼吸保护器的生理学知识.....	9
第一节 氧在人体组织中的输送过程和作用.....	9
第二节 有毒有害气体对人体的危害和影响人体呼吸运动的因素	11
第三节 呼吸保护器的生理学要求	27
第三章 呼吸保护器的用途和分类	31
第一节 呼吸保护器的用途	31
第二节 呼吸保护器分类	32

第二篇 呼吸保护器各论

第四章 航空、航天用呼吸保护器.....	37
第一节 空中大气的特点和航空飞行器中的呼吸保护器	37
第二节 航天用呼吸保护器	40
第五章 地面用呼吸保护器	43
第一节 登山和高原用呼吸保护器	43
第二节 城市消防用呼吸器	45
第三节 森林消防用呼吸保护器	55
第四节 军事防化用呼吸保护器	56
第五节 劳动防护用呼吸保护器	61
第六节 医疗救护用呼吸保护器	69
第七节 船舶备用的压缩空气式紧急逃生呼吸装置	79
第六章 地下矿用呼吸保护器	81
第一节 地下设施中大气的特点	81
第二节 矿用自救器	81
第三节 急救呼吸器和压风自救装置.....	126
第四节 矿用氧气呼吸器.....	129
第五节 防热衣及其呼吸保护系统.....	205
第六节 自动苏生器.....	210
第七节 目前最新科技.....	218

第七章 水下用呼吸保护器	222
第一节 浅水区简易式潜水呼吸器	222
第二节 中深度多用途水下呼吸器	228
第三节 深海潜水呼吸保护装置	239

第三篇 呼吸保护器的专用辅助设备、药品及检验

第八章 呼吸保护器的辅助设备	247
第一节 氧气充填泵	247
第二节 空气压缩机	255
第三节 大型储气瓶和空气调节器	258
第四节 高压氧气瓶及水压试验装置	258
第九章 呼吸保护器的专用校验仪器	263
第一节 自救器气密检查仪	263
第二节 氧气呼吸器校验仪	270
第三节 多功能步行机和肺功能测定仪及苏生器检查仪	290
第十章 呼吸保护器中所用的药品	294
第一节 干燥剂	294
第二节 一氧化碳触媒	298
第三节 化学生氧剂	303
第四节 二氧化碳吸收剂	309
第五节 吸湿剂	315
第六节 冷却剂	317
第七节 呼吸保护器全面罩用防雾剂	317
第十一章 呼吸保护器的性能检测	319
第一节 呼吸保护器的防护性能检测系统	319
第二节 呼吸保护器有关材料、零部件的功能测试	344

附 录

煤矿用一氧化碳过滤式自救器	353
隔绝式压缩氧气自救器	364
过滤式自救器用一氧化碳氧化催化剂	378
超氧化钾片状生氧剂技术条件	383
化学氧自救器初期生氧器	388
隔绝式负压氧气呼吸机	395
隔绝式化学氧自救器、压缩氧自救器、氧气呼吸器防护性能检验装置	406
隔绝式氧气呼吸器和自救器用氢氧化钙技术条件	413
煤矿用自动苏生器	419
隔绝式正压氧气呼吸器	428
隔绝式化学氧自救器	440
参考文献	452

第一篇

呼吸保护器基础知识

第一章 呼吸保护器的发展历史及其当代综合水平

呼吸是人类维持生命机体新陈代谢和其他功能活动所必需的基本生理过程,氧气是人类生命活动不可或缺的物质,缺少或丧失呼吸功能的危重人员以及在存在有毒有害气体、缺氧或无氧环境里生活和工作的有关人员,必须依赖滤毒、生氧、贮氧装置及与其配套的相关装置,才能保证正常呼吸,以维持正常的生命体征。滤毒、生氧、贮氧装置及与其配套的相关装置统称为人类呼吸保护器。

第一节 呼吸保护器的发展历史

一、人类最早使用的呼吸保护器

人类最早使用的呼吸保护装备是应用于水下活动的。最初人们潜水只会“扎猛子”,深吸一口气没入水下,最多只能坚持几分钟。但自从学会利用将苇秆含在口中的方法呼吸水面上的空气之后,就能在水下坚持十几分钟乃至几十分钟。这根小小的苇秆,就是最早期、最简单的人类呼吸保护器。

后来,人们要到更深的水中活动,就需要把吸气管加长、加固,于是开始利用竹筒、金属管、塑料管、橡胶管。但随着吸管长度的增加,吸气阻力也逐渐变大,不得不在吸管入口处加压,促使气流进入吸管,以增加氧气浓度,减小吸气阻力,这样就产生了长管式呼吸器。当然,那时的仪器性能还很不完善,特别是在呼气阀和呼气阻力方面尚未有良好的解决办法。

20世纪50年代以后,人们通过不断改进,研制了中深度的潜水型呼吸器。当时的潜水呼吸器都是开路式的,压缩空气瓶中的气体呼吸一次就被排掉,使用时间很短。当矿用闭路式呼吸器推广使用时,才出现了闭路式潜水呼吸器,后来又发展成为如今各类轻便型、安全型的开路或闭路式潜水呼吸器,相信将来还会有更新的发展。

二、登山和航空用的呼吸保护器

登山和航空用的呼吸保护器一般都是备用仪器,只有当携带者感到呼吸困难时才打开并佩戴使用。这类仪器最初都是采用常温常压的空气或氧气贮存袋来制作的,承受压力低,使用时间短。后来,当矿用氧气呼吸器出现后,才使用压缩氧气钢瓶、碳纤维高压贮气瓶储备氧气。如今还研制了各种化学生氧剂式的仪器。这些固体物质的化学生氧剂,使用时在一定条件下可产生并放出足够的氧气供人呼吸,平时则在呼吸保护器中的生氧药罐内安全地存放。微量化学生氧剂就可产生大量氧气,慢慢释放可延长使用时间。

三、地下矿井用呼吸保护器

1853年比利时学者施瓦纳姆发明了压缩氧气呼吸器并应用于煤矿^①,为煤矿安全救护事业作出了重要贡献。由于当时的呼吸器体积大、质量大,为了缩小体积、减轻质量,人们又逐渐研制开发出了压缩氧自救器系列产品。虽然这类仪器比呼吸器轻巧、灵活,便于携带,但其使用时间和呼吸舒适程度却比不上呼吸器。

在矿用呼吸保护器中,体积最小、质量最轻的当属过滤式自救器,它是最有应用潜力的一种呼吸器。这是由于地下矿井中环境条件恶劣,工作人员携带仪器的重量和体积成了重要的参数,呼吸器应越轻巧越好。事实上,在矿井煤尘、瓦斯爆炸及火灾事故中,绝大多数遇难人员不是直接死于爆炸燃烧,而往往是死于一氧化碳中毒或缺氧窒息,即间接死亡。据有关资料统计,日本在煤矿瓦斯、煤尘爆炸中直接死

^① 参见《中国煤炭工业百科全书》(安全卷)第221页。

亡人数与间接死亡人数比为 1:9~1:5;火灾事故中直接死亡人数与间接死亡人数比为 1:10(平均数)。在我国煤矿火灾事故中,中毒或窒息间接死亡人数占总死亡人数的 80%以上。所以,为解决一氧化碳中毒和缺氧窒息问题,各国都把发展过滤式自救器和小型隔绝式自救器(压缩氧、化学氧两种形式)作为重点。这些类型的自救器在 20 世纪 40 年代以后发展很快,并取得了突出的成就。

1919 年美国约翰·霍普金斯大学的弗莱哥和斯克林研制成功了一种价格低廉、制造工艺简单、生产方便的 CO 催化剂(触媒),为研制过滤式自救器奠定了基础。1924 年,美国研制出 BM—1402 型过滤式自救器,开创了人类历史上使用矿用过滤式自救器的先河。美国煤矿配备过滤式自救器几年后,在几个大型矿区就有几百人在灾难险情中安全逃生。为此,世界各国都开始重视过滤式自救器的研制和使用,详见表 1-1-1。

表 1-1-1

20 世纪各国研制和使用过滤式自救器的情况

国别	50 年代以前 (过滤式产品)	50~70 年代 产品(过滤式自救器)	80 年代以后 产品(过滤式自救器)
美 国	1919 年发明了霍加拉特剂 1924 年, BM—1402 型(30 min)	1969 年, W65 型 W65—2 型(60 min)	90 年代初, 计划淘汰过滤式改换为化学氧和压缩氧式自救器
前苏联及以后的独 联体国家	1929 年前, CД—1 型 CД—2 型	CД—1~9 型系列 CД—2 型, CД—4 型	CД 系列, 90 年代初, 下令停止使用过滤式自救器, 改用隔离式产品
英 国		1953 年, BOK—1 型	BOK—1 型
日 本		1951 年, SR—20 型	曾从德国购进隔绝式自救器
德 国		1951 年, 623 型(45 min) FSR—810 型 FSR—850 型(160 min)	W65—2 型, 910 型, 950 型, 990 型, W—95 型
波兰、捷克、比利时	比利时最早装备压缩氧式	开始从外国进口过滤式自救器	
中 国		1958 年, 仿苏 CД—9 产品为定型, ZJL45 型	AZL—40, AZL—60, AZL—60W, AZL—90, KDLZ—210(W), MZ—1, 2, 3, 4, 5, 6
土耳其、菲律宾、印 度、南非			从中国进口过滤式自救器

然而,过滤式自救器毕竟有它的局限性,不能用于缺氧环境,即氧气浓度不能低于 18%,CO 浓度不能太大,否则即使佩戴过滤式自救器也仍有可能发生死亡。所以,20 世纪中叶一些发达国家发明研制了隔绝式自救器特别是化学氧自救器之后,就极力推广使用,并在 90 年代末期呼吁淘汰过滤式自救器,全部使用隔绝式自救器。但由于过滤式自救器具有轻便、耐用、价格低廉等优点,直到今天,除美国、俄罗斯和日本等国家外,其余国家都还在发展和使用过滤式自救器。中国和德国的过滤式自救器产品,在世界上也是质量最先进的,而且中国使用和生产的数量最多。过滤式自救器的缺点是使用场所受局限,只能防 CO 毒气,而不能防缺氧。压缩氧式自救器优点是呼吸舒适,吸气温度低,氧气流量可调控,使用操作方便,(可防一切毒气),用完充氧换氢氧化钙后可重复使用;其缺点是体积大,质量重,制作工艺复杂,密封可靠性差,价格也最高,是过滤式的 5~6 倍,是化学氧式的 2~4 倍。化学氧式自救器的价格、体积、质量等参数都是介于过滤式和压缩氧式之间,并且具有与压缩氧式自救器同样的防护性能,所以很有发展前景。表 1-1-2 是各国研制发展化学氧自救器的情况。

表 1-1-2

各国研制发展化学自救器情况

国别	20 世纪 50 年代之前	20 世纪 60~70 年代	20 世纪 80 年代至今
美国	首先研制 1 h 化学氧呼吸器装备海军 1935 年研制军用 1946 年转人民用	美国西屋公司研制氧烛型化学氧自救器。 MSA 公司研制生产 MSA10 型 60 型应用于煤矿	要求用隔绝式取代过滤式自救器 MSA60min, SR-100 和 OXY-SR-60B 大批量生产应用
前苏联及以后的独联体国家	开始研制和应用化学氧自救器	шс-3, шс-5, шсм-1 型	下令取消过滤式自救器, 全部使用隔绝式 с-7M; шсс 型大量生产
德国	1904 年德国在《应用化学杂表》上发表“过氧化物”的文章	有 7 个化学氧自救器站, 数千台都是美国进口产品	发布规则, 煤矿大批量应用, 自行设计制造: OXY-SR-60; OXY-SR-60B; OXY-80KS-K; OXY-K30, 50 型
中国		1960 年开始研制, 1967 年研制成功: AZG-40; HFT-40	AZH-20, 40, 60 系列 HNK-20, 40, 60 系列 OSR-20, 40, 60 系列, 无启动装置型系列

我国是生产和使用矿用自救器最多的国家之一, 其中过滤式自救器最多, 化学氧式次之, 压缩氧式最少。在 1989~1995 年的生产高峰期, 我国过滤式自救器的年生产(包括修复)量超过百万台(1989 年达 300 万台), 化学氧式自救器的年生产量超过 20 万台, 压缩氧式自救器的年生产量也超过了 3 万台。

我国矿山救护队专用的氧气呼吸器, 最初是从前苏联引进的, 在 20 世纪五六十年代又研制出了国产 AHG-1, 2, 3, 4 型系列产品, 后又将前苏联 P-30 型改进为 AYH-6 型, 这是 20 世纪 80 年代之前性能比较先进的产品, 很受用户欢迎。90 年代至今, 又引进了美国、德国、日本、法国等国的正压呼吸器, 如 HAY-240, Biopak240LW, BG4 等。同时, 国内也根据国情开发研制出了一批性能优良的正压呼吸器, 如 KF-1, HYZ4T, HYZ4, PB4 等, 形成了正压型呼吸器的鼎盛时期, 大有彻底淘汰负压型呼吸器的态势。

四、地面用呼吸保护器

地面用呼吸保护器是在 20 世纪 50 年代以后才大规模发展起来的。最初由于矿山救护队的出色表现和影响, 城市消防队也迅速崛起, 他们最先配备的呼吸保护器是长管式呼吸器和压缩氧式呼吸器。因为在火区佩戴液态氧式呼吸器和压缩氧式呼吸器存在着火危险性(氧气有助燃的特性), 所以后来又改用开路式压缩空气呼吸器, 还将矿山用重型防热衣改进为专供地面消防和冶炼炉前工作使用的轻型防热衣等, 同时又研制出了一大批各种型号的防毒面具、面罩。这是呼吸保护器在地面各个行业工作中的发展和引用。

五、载人航天器中的人类呼吸保护器

载人航天器中的人类呼吸保护器是在 20 世纪 50 年代末开始研制, 60 年代制造试验成功, 70 年代初期在登月时实际使用的。

航天用人类呼吸保护器共有三种基本的形式: 第一种是利用压缩氧气和氮气减压释放混合后在工作舱内形成的模拟地面大气环境的装置系统, 工作舱与外界隔绝, 形成一个将人包在其中的“空气罐”, 内部用高效二氧化碳吸收剂——氢氧化锂来吸收人呼出的 CO_2 气体, 净化空气; 第二种是长管式压缩氧气呼吸器, 宇航员到飞船外部附近活动时就可利用这种呼吸保护装置; 第三种是便携式压缩氧气呼吸装置, 宇航员可以将呼吸器(装置)背在身上或挂在腰间, 与宇航服配套连接好, 通过专门的进出口到飞船外较远的地方从事工作和活动。前苏联、美国的宇航员在首次登月时都是使用长管式压缩氧气呼吸器, 在后来的月面考察活动中都是使用便携式压缩氧气呼吸装置。

第二节 当代人类呼吸保护器的发展与应用水平

如今人类呼吸保护器的发展已经达到相当高的水平。人们利用它们不但可以到达那些通常情况下不能到达、不敢涉足、不可停留、无法工作的地点、区域和环境,而且能够在那里自由活动和长时间地工作,还能够有一些特殊情况下(如事故灾难中)利用它们逃生、脱险、撤离并返回到安全地点。

一、科技应用程度

从高科技运用程度方面来说,当今呼吸器产品首推航天用呼吸保护器。虽然这种仪器装置的原理和使用程序简单,但装置结构却很复杂精细,在保温、冷却降温、测温测压、呼吸参数显示、流量、氧耗量调控、剩余气体的预测和报警提示等方面,均是自动化、数字化监控调节,充分显示了当代高科技的综合运用程度,这也是尖端科技的水平和客观要求所决定的。但是这类仪器数量极少,成本造价极高(与宇航服配套使用的便携式压缩氧呼吸器,包括一套宇航服,造价几百万美元),不具有普遍性。

其次是水下用潜水类呼吸器。这类仪器也有很高的科技水平,能够根据潜水深度和水温、水压以及人体呼吸量的要求迅速、自动地作出反应,自动调节供气参数,保证佩戴者的安全和正常、舒适的呼吸。而且无论是长管式潜水器还是轻便型旅游健身潜水器,以及水底探险考察专用的中深度重型潜水呼吸器,都可带有辅助的安全保护装置(即小型备用逃生器),当遇到特殊的危险情况时,可以启用备用装置安全撤退返回水面。备用装置的使用时间足以保证佩戴者安全返回。

再者是矿井地下用呼吸保护器。现在的正压型呼吸器可安全使用 4 h,有的即使用来潜水 0.5~1 h 也不影响其正常的防护性能。供氧方式有三种,即定量供氧、手动补给供氧和自动补给供氧,可以根据人的运动量、呼吸量的要求进行合理的自动调节或手动调节;并设有降温器,能有效降低吸气温度,以提高佩戴者的舒适程度;还有气瓶压力显示,剩余气体压力的声、光报警提示系统装置,以保证使用者安全返回基地。对于专业的救护队员来说,一般都携带工作型仪器和辅助型仪器两套呼吸保护器,一是自用,二是备用或救人使用。

地面用呼吸保护器也有了较高的科技应用水平。例如有的防毒面具具有综合性多功能的特点,可过滤多种有毒、有害气体。为提高安全舒适程度,有的呼吸保护器上装有安全型饮水器。在有毒环境中工作较长时间时,由于过滤器防毒滤毒过程中发生化学反应产生高温,使得吸气温度升高许多,加上工作出汗使人体缺水,需要饮水补充,饮水同时也能起到降温的效果,这时可以通过安全饮水器饮水,无任何危险和危害。还有防热衣、防化衣等,不仅呼吸供气系统性能好,而且防护衣的材料质量也有很大提高,能防火、阻燃、防辐射、无静电、不怕水或者耐酸、碱性腐蚀,防毒气侵袭,质轻结实,安全可靠,样式也美观、新颖、款式多。

在地面某些特殊场合,如毒气种类特殊或浓度十分大的区域,还可用到某些特殊的呼吸保护器,这就是具有过滤式防毒面具和压缩氧气钢瓶配套隔绝式呼吸器双重装置、两位一体的综合防护装置,使用过滤式还是隔绝式供气系统完全由使用者根据环境条件随时调控,操作灵活、简单、快速。

二、产品种类、数量与应用情况

从产品种类和数量、应用规模方面来说,首先是地下矿用类呼吸保护器。这类仪器包括各种自救器,呼吸器,供风输氧装置,防热衣,苏生器,各种防毒、防尘面具和急救呼吸器等。世界上已有 100 多种型号的矿用呼吸保护器产品,年产量超过 4 000 万台。地下矿用自救器是呼吸保护器中使用最多的产品,型号也最多。很多国家都明文规定矿工下井必须人人配备自救器。

其次是地面用呼吸保护器。由于涉及各行各业,如工业、农业、国防、科技、运输等,所以产品也十分丰富,种类繁多。据 20 世纪 90 年代末的统计,包括各类防毒面具、面罩,防热、防化衣,各种呼吸器等,产品型号已近百种,仅军用和民用的各类防毒、防尘面具(罩)和呼吸器产品就达 70 余种。每年世界总产量超过 1 000 万台(只)。

再者就是潜水型呼吸保护器。这类仪器近几年的发展形势与开发海洋特别是海洋旅游业、近海养殖业的迅速发展有关,在产品的型号、数量和质量上都有了较大的突破,年产量已超过 300 万台(据

2000 年资料统计)。

高原、登山和航空用的呼吸保护器,一般都是备用仪器,当携带者感觉呼吸不畅时即可佩戴使用。长期以来,这类呼吸保护器都是采用压缩氧式呼吸器,近年来试用化学氧式仪器取得了成功。登山运动员多次登上雪峰使用化学生氧剂呼吸器的效果良好,为化学氧类呼吸保护器的发展开辟了一条新路。

进入 21 世纪,世界各国都根据自己的国情,特别是受到某些重大历史事件的影响时呼吸保护器发展战略都作了重要调整。而一些先进发达国家的技术和产品又影响和带动了周边国家甚至世界各国产品技术的发展。例如,在“9·11”事件之后,美国有关专家调查发现大部分的死亡者都是被浓烟(CO 等毒气、粉尘)窒息而死的,所以其后美国在严打、严防恐怖活动的同时,也采取相应的自身建设性防护措施,在各个高层建筑和大型集会场合都发展和配置了多种防毒式面罩、面具以及自救逃生器等,由此也引起了其他各国的重视和效仿,争相引进和开发了一批消防用呼吸器保护器产品,特别是过滤式仪器。再如,第三世界的一些国家,由于管理与地质开采条件等方面的影响,在 2000 年前后的一个时期经常发生地下矿井瓦斯爆炸事件,因此,矿用自救器、呼吸器等救护仪器装备受到关注和重视,形成新的发展时期。还有德国、美国、英国、法国等,有的率先开发了在船舶上备用的呼吸保护器,主要是预备船舱火灾事故时的处理以及在对有毒、有害气体集聚角落里的物品处理等情况下使用。这种呼吸保护器将头盔、披肩、防护手套与呼吸系统设计在一起,方便着装,非常实用。另外,我国还开发了煤矿井下与地面消防可以通用的超小型过滤式自救器,有若干型号的产品,还有复合型(即过滤式和压缩氧式组合)的自救逃生器。新型的小巧压缩氧式自救器(保健型、活力氧、制氧机)等相继问世,不但适用于火灾事故时自救,而且日常中缺氧吸氧,体弱吸氧健身也很适用。另外,新型的自救器矿灯将过滤式或隔绝式自救器放在矿灯的电池盒中,设计巧妙,方便携带。

在军事方面,用于防化战的呼吸保护器也因战争(如“海湾战争”)中广泛大量地使用而得到了刺激和发展。

目前,新型材料的发展对呼吸保护器的发展有了进一步的促进。比如有了高分子聚合材料,其专项性能(降温、吸湿、保温、吸收或转化毒剂等)是以前所用普通材料或药剂效果的几十倍甚至上百倍,一旦采用就会发生根本性的变革,对呼吸保护器的性能、体积、质量、外观等方面都产生很大的改进,如薄薄几毫米(约 3 mm)厚的一方手帕,或更小巧玲珑、丰富多彩的口罩,就能与现在 1.1 kg、1 700 cm³ 的过滤式自救器具有相同的防毒效果,可见新材料的功效之显著。再如,高吸水性树脂(醋酸、乙烯、顺丁烯=酸=甲酯共聚物材料)吸水量为其本身的 390 倍,且能将水分保持在其内部,这是以往任何其他吸湿剂都无法做到的,吸水效果根本无可比拟。

另外,从综合防毒的效果来看,新材料、新药剂的应用也同样有了巨大发展。例如,将霍加拉特剂和贵金属氧化物层装或混装制成的滤毒罐,不仅可以防止 CO,还可以防止微量或低浓度的氢氰酸、氯气和氮氧化物等。

在高科技领域,利用各种自然资源和人工资源进行制氧和制造清新空气的活动也已成为人们研究和探讨的热门和焦点。

第三节 今后发展形势展望

可以预测,在今后几十年内,呼吸保护器的发展格局仍是稳定的。地下矿用类呼吸保护器数量仍然占据首位,其次是地面用呼吸保护器。

目前,地下矿用类仪器的数量、型号和技术都占有领先地位,地面用呼吸器多是在矿用呼吸保护器的基础上复制、仿制和参考改进的。这说明矿用呼吸保护器在行业中具有举足轻重的地位,除航空、航天、潜水领域所用的仪器外,基本能代表当今世界在这一科技领域中的发展潮流和方向。

从呼吸保护器本身的技术条件来说,其具有向小型化、高效力、多功能、综合式的方向发展的趋势。这是因为当今呼吸保护器还普遍存在体积大、质量重、结构复杂、功能单一、不便携带等不足。过滤式自救器、防毒面具等呼吸保护器产品之所以受人欢迎,主要是因为其小巧玲珑、结构简单、便于使用以及价

格低廉等特点。总的来说,所有呼吸保护器发展的重点应是减轻质量,缩小体积,降低吸气温度和呼吸阻力,增长防护工作时间、改进密封和检查方法,增加其他有关功能。近几年,使用高强度、无毒性塑料制造产品壳体,采用真空密封等技术正在风行。

随着各国、各行业之间同类产品之间的交流和技术及制造工艺等方面的合作与交流日益频繁,呼吸保护器产品也进一步流通于国际贸易市场。各国每年都有进出口的呼吸保护器产品,这对于加强国际间的技术交流与合作将起到巨大的推进作用,便于相互取长补短,综合发展。

第二章 呼吸保护器的生理学知识

呼吸是人类最基本的生理需求和最重要的生命活动,就像心脏的跳动、血液的循环一样。事实上,呼吸同心跳和血液流动又是紧密相连的,它们的共同目的就是为了使人体吸入氧气,排出二氧化碳,完成新陈代谢作用,以维持人的生命细胞和物理运动及其高级的精神活动。而呼吸保护器的宗旨正是为了在缺氧或有毒的环境中保证佩戴者正常地吸入氧气,防止毒气侵入人体。那么,氧在人体中的作用和运动过程是怎样的?人体是如何进行代谢的?地面和地下矿井大气中有哪些有毒有害气体?它们会对人体造成怎样的危害?影响人体生理和呼吸运动的主要因素是什么?呼吸保护器的生理学要求又是怎样的呢?本章将对以上问题加以阐述。

第一节 氧在人体组织中的输送过程和作用

一、氧的生理作用与输送过程

氧气吸入人体被消耗,首先变成热量,然后再转化成人体的机械运动和精神活动等机体生命运动。这是一个生物化学活动的过程,其规律符合能量守恒等物理、化学方面的规则。

人在活着的时候,时时刻刻都在释放能量。这些能量分别以热量、机械力、思维、智力、情绪和声音等各种形式释放出来。这些能量都是从食物氧化过程中获得的。在人体机械细胞的作用下,食物中的碳、氢、氮、硫等元素,与氧化放出的能量和营养被人体吸收,同时生成 CO_2 、 H_2O 、尿素和硫酸盐以及未被消化的食物残渣等排泄物,这就是人体中的氧化过程。

人体氧化过程中产生的排泄物通过肺、脾脏、肾脏、皮肤、大肠等机体器官排出体外,如呼气、汗水、尿和大便等。这一过程叫做代谢作用,也称为新陈代谢。由此可见,氧是人体代谢中最关键的元素,是人体获得能量所必需的。假如停止对人体供氧,人体就不能再进行氧化过程,也就意味着停止了细胞体的生命运动,人很快就会死亡。

当人吸气时,空气中的氧是通过人的鼻孔或嘴,经喉、气管、支气管等被吸入人的左右肺的。肺的主要功能和作用就是吸入氧化过程所需要的氧气,然后排出氧化过程产生的代谢物—— H_2O 、 CO_2 ,也就是说肺主管吸入和呼出。气管是一根粗管,管外有环节软管支撑着。它分叉出若干支气管,支气管又分叉出更多的小支气管,小支气管又分叉出若干毛细支气管,最后在终端形成密密麻麻、难以胜数相互连在一起的小口袋状的软组织,叫做肺泡。整个状态就像树枝、树杈、树叶、树冠一样。肺泡是柔软、富于弹性、壁很薄的纤维组织,其上面又布满着毛细血管,所以气体很容易透过薄壁进行扩散。扩散的方向取决于其两边气体的分压大小。当吸气时,肺泡中获得的空气中氧分压比血液中氧分压大,氧气从肺泡扩散到血液中去;呼气时,血液中 CO_2 分压比肺泡中气体 CO_2 分压大, CO_2 则从血液中扩散到肺泡中来,亦即呼吸过程中,血液吸收了空气中的 O_2 ,放出了 CO_2 和水汽。人体中的血液,靠心脏运动在体内闭路循环式地不断流动。心脏就像水泵,其扩张与收缩使血液进行肺循环和体循环,从而把吸收的氧输送到人体各个角落。当心脏收缩时,右心室把血液压入肺动脉,再进入肺泡的毛细管中,并在肺泡内吸收氧气,放出 CO_2 完成气体交换。由于肺泡总表面积达 $80\sim 90\text{ m}^2$,吸收氧气的红血球表面积更大,达 280 m^2 (成年人),所以气体交换的速度相当快,在很短的时间内就能完成,呼吸瞬间就能保证完全、彻底交换。肺泡血管又同肺静脉血管连在一起,静脉管的终端同左心房连在一起。这样,吸收了氧气的血液,在心脏收缩时由左心房进入左心室,再鼓入大动脉和分支动脉血管再流通到人体各个部分的分支动脉血管网,再经分支,最后到达身体各部组织与肌肉中的毛细血管。这里,血液中带来的氧气便在机体