



自救器

崔连富 编著

777

煤矿安全仪器仪表丛书

内 容 提 要

本书扼要地介绍了各种类型的自救器的特点及国内外自救器的使用情况,较详细地介绍了几种国产自救器的用途、结构原理、性能试验及使用维护方法,对煤矿装备自救器的组织管理工作也作了较详细地叙述。内容注重实用,可供从事煤矿安全工作的领导干部、技术人员及工人阅读,亦可做为普及自救器知识的参考书。

煤 矿 安 全 仪 器 仪 表 丛 书

自 救 器

崔 连 富 编 著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $2^{5/8}$

字数 55 千字 印数1—10,000

1981年12月第1版 1981年12月第1次印刷

书号15035·2461 定价0.35元

前 言

矿井瓦斯煤尘爆炸、煤与沼气突出、火灾是严重威胁煤矿安全生产的重大灾害。矿井安全监测仪器仪表和救护装备，是预防和处理灾害的有力武器。为了使用好这些装置，切实保障煤矿井下工作人员的人身安全，特组织编写《煤矿安全仪器仪表丛书》。

本《丛书》包括沼气检测、监视、遥测仪器；井下有害气体和矿尘测定仪表；自救、灭灾装备等。《丛书》主要介绍仪器仪表的原理、结构、组装、调试、操作、检验、修理及管理。内容实用，通俗易懂。适合于从事煤矿通风、安全工作的领导干部、工程技术人员以及使用、维护安全仪器仪表的专业人员学习参考。亦可供现场生产技术管理人员、设计人员、煤矿学校和安全技术培训班使用。

《丛书》由煤炭部安全局、制造局负责组织抚顺、西安、重庆安全仪器仪表厂、抚顺、重庆、上海煤研所，鹤壁矿务局，山西矿业学院等单位的有关同志参加编写。在编写过程中，曾得到编写单位的领导大力支持和有关同志的协助，谨此表示感谢。

一九八一年六月

目 录

第一章 概述	1
第一节 矿井大气	1
第二节 自救器在煤矿中的应用	8
第二章 AZL-40 型过滤式自救器	13
第一节 主要技术特征	13
第二节 结构与原理	14
第三节 产品性能的试验	19
第四节 使用与维护	31
第三章 AZG-40型隔离式自救器	38
第一节 主要技术特征	38
第二节 结构与原理	39
第三节 产品性能的试验	46
第四节 使用与维护	56
第四章 压缩氧自救器	62
第五章 煤矿装备自救器的组织管理	68
第一节 自救器的选用	68
第二节 自救器的配备及日常管理	70
第三节 教育与训练	74
第四节 自救器的管理制度	76

第一章 概 述

第一节 矿 井 大 气

充满在煤矿井下巷道中的空气称为矿井大气。矿井大气的成分与地面空气是有一定差别的，有时可能相差很大。由于地面空气的流动性很大，故地面各处空气的成分大致相同，其组成为：

氧气	20.96%
氮气	79%
二氧化碳	0.04%

地面空气中除上述气体外，还带有数量不等的水蒸气和少量的稀有气体。当地面空气进入煤矿井下时，其成分就会发生变化，这是因为煤矿井下生产的作业环境比较复杂。煤矿井下的显著特点是不见阳光，有地下水渗出，空气潮湿。煤层或岩层中有沼气 CH_4 （亦叫甲烷）和二氧化碳渗出，井下有机物及无机物的氧化过程，人的呼吸，动力机械中燃料的燃烧等也都产生一些其它的有害气体，另外空气流通不畅。这就使得煤矿井下的空气成分发生了一系列的变化。这些变化是：

1. 氧气 O_2 含量降低

地面空气中氧气含量为 20.96%，当进入井下时，由于有机物及无机物的氧化过程以及人的呼吸都要消耗一部分氧气，尤其是煤层中不断放出的沼气、二氧化碳进一步冲淡了

井下空气中的氧气，使煤矿井下氧气浓度相对的降低。

人一时一刻也离不开氧气。人在呼吸过程中，主要依靠肺从空气中摄取氧气，排出二氧化碳，这就是通常所说的人体的气体代谢过程。在正常的矿井大气中还是有足够的氧气供人呼吸的。但当煤矿井下发生事故的时候，氧气含量往往会发生很大的变化。氧气含量降低到一定浓度时，人就会因缺氧而窒息。缺氧窒息的最大危险是：这时人丝毫不能报告他自己处于危险状态，完全不能采取任何措施把自己的感觉告诉别人。

空气中氧气浓度降至14%时，可以认为是吸入空气不致产生严重功能紊乱的一个下限。因此当空气中的氧气浓度在15~16%的时候，人体动脉血液吸收氧气就可以达到100%的饱和度。所以，再提高空气中氧气的浓度，也不会提高血液吸收氧气的能力。氧气减少却和氧气增多完全不同。当吸入空气中的氧气浓度降低到8~10%的时候，丧失知觉的现象就会出现；当氧气浓度降低到6%的时候，痉挛现象就会迅速产生，呼吸即将停止，持续几分钟就会死亡。

由此可见，保持井下空气中有足够的氧气供人呼吸，是煤矿通风的主要任务。

2. 含有沼气 CH_4

在沼气矿井中，因煤层中不断涌出沼气，使井下空气中含有沼气。在这些矿井中，沼气的涌出是井下空气污浊的一个主要因素。

沼气是一种无色、无味、无嗅的气体，对空气的比重为0.552，比空气轻得多，因此常积聚在巷道的顶部、上山及顶板冒落地方。沼气不助燃，当它与空气混合达到适当的浓度（5~16%）时遇火易爆炸，浓度为9.5%时爆炸力最强。

沼气是煤矿中的一种爆炸性气体。

沼气在一般的情况下对人体无害。但它的浓度过高时会冲淡空气中的氧，尤其当沼气突出的时候，氧气浓度会急剧下降，造成工作人员缺氧窒息死亡。所以，沼气也是一种窒息性气体。

3. 二氧化碳 CO_2 浓度增高

地面空气中的二氧化碳含量为0.04%，而井下空气中二氧化碳含量则较高。除由煤层放出外，人的呼吸、煤及木材的氧化、木材支柱的腐烂、放炮、动力机械中燃料的燃烧等均能产生。

二氧化碳是一种无色的气体，对空气的比重为1.528。二氧化碳具有酸臭味，不能供人呼吸，属于窒息性气体，但在含量增高时，也会引起中毒。

二氧化碳浓度低于2%时通常不会引起呼吸的不舒服。当浓度增加到4~5%时，人们的呼吸深度和呼吸频率将显著增加，两鬓感到血液在冲动，并且略有头痛。二氧化碳浓度达到8%时，则将发生剧烈的头痛、头昏以及全身不舒服。如果二氧化碳的浓度高达10%的时候，人通常就会失去知觉，以致死亡。

4. 含有一氧化碳 CO

地面新鲜空气中没有一氧化碳，而煤矿井下空气中却含有一氧化碳。一氧化碳除由煤的自燃和放炮产生外，井下发生火灾、瓦斯爆炸、煤尘爆炸等事故时，则能产生更多的一氧化碳。

一氧化碳是一种无色、无味、无嗅的气体。对空气的比重为0.967。一氧化碳是对煤矿井下工人生命安全威胁最大的一种毒气。这是因为一氧化碳进入血液后，即取代了氧和

血红蛋白的结合。红细胞内的血红蛋白主要是携带氧的，它与氧容易结合，也容易分离。但血红蛋白与一氧化碳的亲合力是氧与一氧化碳的亲合力的250~300倍，而且亲合的一氧化碳血红蛋白其分离速度极慢。因此，大量的血红蛋白和一氧化碳亲合以后，氧便失去了与血红蛋白亲合的机会，使身体各部分组织缺乏氧的供应，呼吸发生障碍，这就是通常所说的煤气中毒。

一氧化碳中毒的程度，基本上取决于三个因素：一是空气中一氧化碳浓度；二是人吸入一氧化碳的时间；三是肺的换气量。因此，在有一氧化碳的空气中进行工作比保持静止的状态更容易中毒。不同浓度一氧化碳对人的机体的生理影响，可参见表1-1。

表 1-1 不同浓度CO对机体所起的生理反应

中毒的程度 CO (%)	中 毒		轻 中 毒		无 症 状	
	吸入时间 (分)	CO吸入 量(毫升)	吸入时间 (分)	CO吸入 量(毫升)	吸入时间 (分)	CO吸入 量(毫升)
0.3	18	1620	12	1080	5	450
0.2	30	1800	20	1200	7	420
0.1	60	1800	40	1200	15	450
0.08	80	1920	50	1200	20	480
0.05	110	1650	80	1200	35	525
0.03	180	1620	120	1090	60	540
0.01	500	1500	360	1080	200	600

5. 含有氮氧化合物

地面的新鲜空气中没有氮氧化合物。而煤矿井下空气中却常含有氮氧化合物。它基本上是由使用炸药而产生的。所以，放炮以后应当加强通风。

氮氧化合物是由不同比例的氮和氧结合起来的气体混合物,主要有一氧化氮NO、二氧化氮NO₂、四氧化二氮N₂O₄等。在这些氮氧化合物中,除了二氧化氮外,其它化合物都极不稳定。因此,在煤矿井下最常见的是二氧化氮。

二氧化氮为红褐色气体,对空气比重为 1.539 , 和水作用生成硝酸与亚硝酸。二氧化氮是一种刺激性很强的气体,它能强烈地刺激眼睛和呼吸系统 (鼻、喉、肺),它与呼吸道上的水分反应生成硝酸,使肺浮肿致命,且初期时不易发觉,有时数小时后才有毒征兆。不同浓度的二氧化氮对人的机体的生理影响,可参见表1-2。

表 1-2 不同浓度NO₂对机体所起的生理反应

NO ₂ 浓度 (%)	作用时间和引起的生理反应
0.004	在长时间作用下,不致引起明显的后果
0.006	在短时间作用下,对喉头具有刺激作用
0.01	在短时间作用下,对支气管具有刺激作用,发生咳嗽的现象。而在长时间的作用下,对生命具有危险性
0.025	在短时间作用下,很快死亡

6. 含有二氧化硫SO₂

在井下发生火灾和进行爆破工作时 (假若炸药中含有硫或在爆破含硫岩石时),生成二氧化硫。在某些矿井内有少量的二氧化硫同沼气一起泄出。

二氧化硫是一种无色,具有令人咳嗽的较强地刺激眼睛和呼吸系统的有害气体,它对眼睛刺激尤为剧烈,能使眼睛红肿,俗称害眼气体。它对空气的比重为2.2。极易溶于水,与水反应生成亚硫酸和硫酸。它和潮湿的呼吸道粘膜接触

时，便转变成破坏机体组织的亚硫酸和硫酸。二氧化硫在相当小的浓度时，对人体的影响就很显著。浓度越高影响越厉害。不同浓度二氧化硫对人体的生理影响，可参见表1-3。

表 1-3 不同浓度SO₂对人体所起的生理反应

SO ₂ 浓度 (%)	作用时间和引起的生理反应
0.0005	在长时间作用下无害，但可以感觉到SO ₂ 的气味
0.001~0.002	在长时间作用下无直接的 危险，但对眼睛 和喉头有刺激作用，发生咳嗽
0.005~0.01	在 1 小时以内的持续作用下，无直接的 危险
0.05	在短时间的持续作用下，对生命具有危险性

7. 某些煤矿中含有硫化氢H₂S

我国有的煤矿在采掘过程中还泄出硫化氢气体，使井下空气被硫化氢所污染。

硫化氢是一种无色，但具有臭鸡蛋气味的气体。它对空气的比重为 1.172。易溶于水。它对眼睛和呼吸系统有强烈的刺激作用。

硫化氢主要由呼吸道吸入，也可以经皮肤浸入人体。它主要对人的组织呼吸酶呈现抑制作用，使机体内细胞的氧化过程受到抑制和停止，组织发生缺氧症及无氧症现象，使呼吸中枢麻痹而引起呼吸停止，造成死亡。不同浓度硫化氢对人体的生理影响，可参见表1-4。

8. 空气中粉尘增多

地面空气中含有极少的灰尘。而煤矿井下空气中的粉尘却很多。这是因为岩石掘进要产生岩尘，煤掘进及采煤过程

表 1-4 不同浓度 H_2S 对机体所起的生理反应

H_2S 浓度 (%)	作用时间和引起的生理反应
0.01~0.015	吸入 H_2S 几小时后,发生肺部中毒的征象
0.02	吸入 H_2S 5~8分钟后,发生眼、鼻、喉等部分剧烈刺激的征象
0.05~0.07	吸入 H_2S 1小时后,具有严重中毒的危险
0.1~0.3	发生迅速的致命的中毒征象

中要产生煤尘。并且井下通风的风流也会扬起粉尘。粉尘中游离二氧化硅能引起尘肺病的发生,直径10微米以下的煤尘还具有爆炸性。尤其煤尘含量达到一定浓度时,遇火就可以发生爆炸。或与沼气混爆,会起助爆作用。爆炸后产生大量的一氧化碳,造成人的中毒和伤亡。

此外,井下空气中的微生物也较地面空气中的微生物多,温度、湿度也发生变化。

为了保障煤矿井下工人的安全,我国《煤矿安全规程》对井下通风做了一系列明确的规定。例如:

(1) 按井下同时工作的最多人数计算,每人每分钟供给风量不得少于4米³。

(2) 在采掘工作面的进风流中,按体积计算,氧气不得少于20%,二氧化碳含量不得超过0.5%。

(3) 井下空气中各种有毒气体的最高允许浓度分别为:一氧化碳0.0024%;氧化氮(换算成 NO_2)0.00025%;二氧化硫0.0005%;硫化氢0.00066%;氨0.004%。

(4) 对矿井空气中的沼气和二氧化碳浓度按采掘方法、采掘工作面和巷道的不同情况,提出了不同的浓度限制。如规定“采区回风道、采掘工作面回风道风流中的沼气

或二氧化碳超过1%时，必须停止工作”。

(5) 采掘工作面的空气温度不得超过摄氏26度；机电硐室的空气温度不得超过摄氏30度。

由于加强了对矿井大气的管理，在正常通风的情况，煤矿井下空气的成分与地面空气区别不大。如果管理不善或发生了事故，矿井大气的成分就会发生变化，甚至威胁井下工人的生命安全。

第二节 自救器在煤矿中的应用

前面讲过，煤矿在正常通风的情况下，井下空气成分变化不大时还是比较新鲜的，完全可以满足人的呼吸要求。但当煤矿井下一旦发生爆炸或火灾等事故时，井下空气成分就会发生变化。例如，煤矿井下发生瓦斯、煤尘爆炸或自燃发火燃烧等事故的时候，空气中就会有毒性很强的一氧化碳；发生沼气或二氧化碳突出的时候，要喷出大量的沼气或二氧化碳，氧气浓度会降得很低，使人窒息死亡。

根据有关文献介绍：煤矿井下发生瓦斯、煤尘爆炸或火灾等事故的时候，多数的遇难矿工不是直接的死于爆炸和燃烧，而是有害气体中毒或缺氧窒息而死。例如日本在1964年《采矿与保安》杂志上曾介绍过爆炸直接死亡与因中毒间接死亡的比例是1:5~1:9。从我国煤矿发生的爆炸或火灾事故来看，绝大多数的遇难人员也是间接的因一氧化碳中毒或缺氧窒息死亡。如果当时井下人员都随身携带自救器，就不会死亡那么多人。为了减少事故中间接死亡人数，一些国家相继研制出了适合煤矿井下工人使用的各种类型的自救器。

一、自救器的用途及分类

自救器是一种轻便的、尺寸不大的、作用时间较短、便

于携带、着装迅速的个人呼吸防护装备。

自救器的主要用途，就是当煤矿井下发生火灾，瓦斯、煤尘爆炸，煤与沼气突出或二氧化碳突出等事故的时候，供矿工佩戴脱险，免于中毒或窒息。

目前煤矿用的自救器，按其防护特点分为过滤式自救器和隔离式自救器两类。

过滤式自救器的防护特点是：戴着这种自救器的人，呼吸时所需要的氧气，仍然是外界环境空气中的氧。

隔离式自救器的防护特点是：戴着这种自救器的人，呼吸时所需要的氧气，由自救器本身供给。不呼吸外界空气，与外界空气成分无关。

按其作用原理，自救器又可分为过滤式、化学氧和压缩氧自救器三种。

过滤式自救器，主要是靠化学药剂把有毒气体滤掉。煤矿中普遍应用的是防止一氧化碳中毒的一氧化碳过滤式自救器。

化学氧自救器，主要是靠自救器内部的固体生氧剂产生氧气，供人呼吸。呼吸系统与外界气体相隔离。

压缩氧自救器，主要是靠自救器内部的高压氧气瓶储存的压缩氧气，供人呼吸。呼吸系统亦与外界气体相隔离。

因此，化学氧自救器和压缩氧自救器，按其防护特点均属于隔离式自救器。

不同种类自救器的防护特点，可用表1-5表示。

二、国外自救器应用概况

自救器是在军工和其它工业用防毒面具及氧气呼吸器的基础上发展起来的，已有几十年的历史。如美国1916年出版的《煤矿工人袖珍手册》中就介绍过一种供煤矿工人使用的

表 1-5 不同种类自救器的防护特点

种 类	名 称	防护的有毒气体	防护特点
过滤式自救器	一氧化碳	CO	呼吸时所需要的氧气，仍然是外界环境中的氧
	过滤式自救器		
隔离式自救器	化学氧自救器	不 限	呼吸时所需要的氧气，由自救器本身供给，与外界空气成分无关
	压缩氧自救器	不 限	

隔离式氧气瓶再生式呼吸器，这种装置重约 6.5 磅，安全使用时间30分钟。由于这种装置存在着吸气温度高、吸气阻力大等缺陷，没有得到大量的推广使用。

1919 年，美国约翰-霍普金斯 (John-Hopkins) 大学的弗莱哥 (C.W.Frager) 和斯克林 (C.C.Scalione) 两名学者，成功地研制成了一种称为霍加拉特的催化剂。催化剂的主要成分是锰和铜的氧化物。它可以在常温下将毒性很强的一氧化碳转化成无毒的二氧化碳。为发展一氧化碳过滤式自救器奠定了基础。如美国在1924年研制成了BM-1402型过滤式自救器（本书以后提到的过滤式自救器，均指防护一氧化碳的过滤式自救器）。在 1969 年美国明确规定“矿业公司应为每一名矿工提供一台经内政部批准的，足以保证矿工使用达一小时或一小时以上的自救装置。各矿业公司应训练每一名矿工使用这种装置”。法律规定发布以后，装备了新式的 W65型过滤式自救器，重量 1 公斤，安全使用时间60分钟。

苏联在三十年代给煤矿装备了 CΠ-1 型过滤式自救器。以后对自救器进行了一系列的研究和改进，到五十年代已全面推广使用，矿工下井都带自救器。

西德于1951年1月开始在鲁尔煤矿使用德莱格(Dräger)公司研制的623型过滤式自救器。到1957年末井下已有90%的工人装备了过滤式自救器。并规定从1958年1月起井下人员都必须带自救器。

英国于1953年在六个矿井进行过滤式自救器试验，到1967年开始广泛采用，1968年所有井下矿工必须携带自救器。

德意志民主共和国，1963年1月1日煤矿井下人数28万人。当时煤矿中设有过滤式自救器30万个。

日本在1951年研制成功了过滤式自救器。于1961年7月修订煤矿保安规程，规定井下要经常设置过滤式自救器。在六十年代中期普遍推广使用。

比利时在1957年也采用了过滤式自救器。

总之，早在五、六十年代，国外工业比较发达的一些国家，在煤矿中已广泛地推广使用了过滤式自救器，并收到了显著的效果。如西德到1967年底，就有1800人用了过滤式自救器，使用者全部安全脱险。西德从使用过滤式自救器以来到1971年底为止，先后在291次事故中使用了过滤式自救器4211个。德意志民主共和国截至1962年底，在140次事故中使用过滤式自救器2170个。

在过滤式自救器获得普遍推广使用的同时，为了解决过滤式自救器防护性能的局限性，各国先后又研制了化学氧自救器和压缩氧自救器。目前，这两种原理的自救器，已在一些国家中获得了应用。例如，美国在法律上已经明确规定从1981年开始矿工要用化学氧自救器。因此，可以预料化学氧自救器在美国今后将会有较快的发展。

三、我国自救器发展情况

解放前，我国煤矿没有自救器。解放后，为了解决煤矿井下工人在事故中的呼吸器官防护问题，从国外进口了一部分过滤式自救器，并从五十年代开始自行研制 AZL-45 型过滤式自救器。经过几年的研究试验，于 1958 年正式生产了 AZL-45 型过滤式自救器。它的重量是 1.3 公斤，使用时间 45 分钟。工作原理与国外同类产品基本相同，也是利用霍加拉特剂将毒性很强的一氧化碳转化成无毒的二氧化碳。

为了解决沼气突出事故中氧气浓度降低，因缺氧造成井下工人窒息的问题，从 1965 年开始研制化学氧原理的 AZG-40 型隔离式自救器。经过两年的研究试验，在 1967 年 6 月研制成功并取得了国家鉴定证书。1969 年正式投产装备煤矿使用。该自救器重量 2.1 公斤，使用时间 40 分钟。

《煤矿安全规程》第 11 条中明确规定“每一下井人员必须随身携带自救器”。为了尽快贯彻这一规定，煤炭工业部决定由抚顺煤矿安全仪器厂研制一种外形尺寸小、重量轻、携带方便的过滤式自救器，供适合装备过滤式自救器的煤矿使用。抚顺煤矿安全仪器厂在煤炭科学研究院抚顺研究所的协助下，研制成功了 AZL-40 型过滤式自救器。并于 1980 年 10 月经过国家鉴定，正式投产装备煤矿使用。

第二章 AZL-40型过滤式自救器

AZL-40 型 过滤式自救器，是一种专门过滤一氧化碳的自救器。使用时外界气体中氧气浓度不能低于18%，一氧化碳浓度不得大于 1.5%。因此，它主要用于煤矿井下发生火灾或瓦斯爆炸产生一氧化碳时，供井下作业人员佩戴安全退出受灾区域。

第一节 主要技术特征

AZL-40型过滤式自救器的主要技术特征如下：

- (1) 有效防护时间 连续使用40分钟。
- (2) 吸气阻力 在有效防护时间终了时，以 30 升/分钟的稳定气流通过自救器时，阻力不得大于30毫米水柱。
- (3) 呼气阻力 以 30 升/分钟的稳定气流通过热交换器和呼气阀时，阻力不得大于15毫米水柱。
- (4) 吸气温度 不高于65℃。
- (5) 呼气阀逆向漏气量 在负压 100 毫米水柱时，其逆向漏气量不得超过10毫升/分钟。
- (6) 开启封口条拉力 不大于10公斤。
- (7) 外壳气密性 在 100 毫米汞柱压力下不得漏气。
- (8) 霍加拉特剂（触媒）数量 160毫升。
- (9) 干燥剂数量 160毫升。
- (10) 外形尺寸 100×94×145（毫米）。
- (11) 重量 不大于1.1公斤。