

# ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器研制

张玉春

(煤科集团沈阳研究院有限公司)

**摘要** 针对目前国内自救器市场普遍存在的国产压缩氧气自救器使用时间达不到设计要求;容易漏气;不使用也需要定期更换二氧化碳吸收剂。而进口的压缩氧气自救器不仅价格昂贵;维修困难;配件也很难跟得上等一系列问题。研制开发了一款新型的 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器。该自救器首创整机双密封技术,可以长期免维护;新型的二氧化碳吸收罐,未经使用就无须更换二氧化碳吸收剂;独立的自动补给装置,适合大功量的个人逃生。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器解决了国产压缩氧气自救器存在的弊端,该产品获得了三项国家实用新型专利和一项国家发明专利。

**关键词** 隔绝式压缩氧气自救器 储备式 双密封 高频热合 激光对焊

## 1 概况

随着过滤式自救器的淘汰。自救器市场上就剩下化学氧自救器和压缩氧气自救器两种。压缩氧气自救器比化学氧更为舒适、安全、可靠。虽然从价格上看压缩氧自救器要高于化学氧自救器。但是压缩氧气自救器使用后可以更换二氧化碳吸收剂和充填氧气,然后再重复使用。所以,从长远的角度看使用压缩氧自救器更为经济划算。

目前,国内的压缩氧气自救器从 15 min 到 120 min,其外形和结构基本上都一样。这些压缩氧气自救器都同时存在下列问题。第一,现有自救器的外壳是不透明的塑料材质或金属材质,这两种材质的外壳都不利于观察自救器的内部状况。想要了解自救器的内部状况需要打开自救器的外壳。同时,产品的安标标识、操作说明以及铭牌等是粘贴或铆接于自救器外壳的外表面,这样自救器在储存或使用一段时间后,会出现磨损或脱落。第二,现有自救器的补给阀装置采用的是杠杆式的补给装置。这样的补给装置不仅补给开启压力的精度低。而且补给开启压力不可以调节。第三,现有自救器的二氧化碳吸收罐大部分采用的是吸收罐体和外壳为一体的复合罐。因为不是独立的吸收罐,系统的气密就是产品外壳的气密,也就是整台产品的气密。这样对整台产品的气密性要求高,而且气密也难保证。因为复合罐内没有压紧装置来压紧吸收剂,吸收剂会因为震动而产生粉末,同时还存在吸收剂不容易装实的问题。而吸收剂的过滤也只是采用双层带小孔的塑料板来过滤,当吸收剂因为震动而产生粉末时,粉末就会随着呼吸气流进入到系统内而进入使用者的呼吸道,对使用者的呼吸系统产生刺激。甚至连自救器的定量孔或补给装置也会因被粉末堵死而无法使用,因此必须定期更换二氧化碳吸收剂。第四,现有自救器的气囊材料是丁基胶

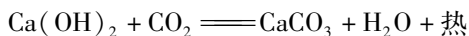
布或 PVC，丁基胶布的加工方法是用胶黏剂粘接而成。丁基胶布时间长了就容易老化，而粘接工艺无法保证气囊的气密性。而 PVC 的物理和化学性能较差。

针对上述问题，煤科集团沈阳研究院有限公司研制开发了 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器采用的是具有高强度透明的塑料外壳。精准的独立供给阀。新型的具有压紧装置的独立二氧化碳吸收罐。采用新工艺的 TPU 气囊。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器是一款国内首创国际领先的精品自救器。

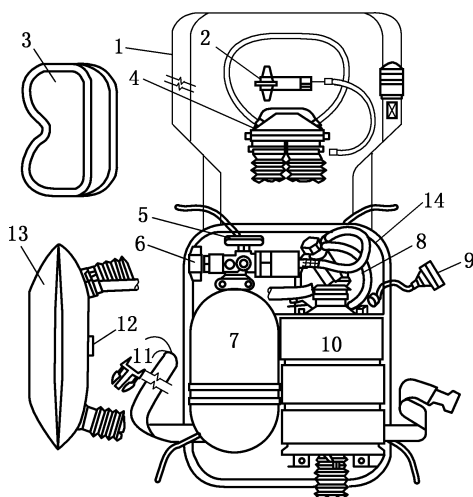
## 2 结构及技术参数

### 2.1 结构

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器是一款储备式自救器。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的结构，如图 1 所示。所有的自救器在使用过程中会有热量产生。这些热量来自两方面：一个是人体呼出的气体带出的热量；另一个是呼出气体中的二氧化碳与吸收剂反应时产生的热量。二氧化碳与吸收剂反应是一个放热反应。而且，是产品热量的主要来源。



压缩氧气自救器是用于个人逃生的装备。因为着眼于方便、快捷、轻便等理念。所以这种逃生装置是没有降温装置的。利用辅助装置来降温、散热是设计的新理念。首先利用呼吸气路来进行散热。传统的压缩氧气自救器的口具是直接连接于气囊上。吸气时直接吸入气囊里的气体。而呼气时，呼出的气体经过在气囊内的呼气软管进入吸收罐。无论是吸气还是呼气温度都很难散出去。而 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器采用的是独立的呼、吸气路。口具分别连接于呼气软管和吸气软管。呼气软管直接连接于二氧化碳吸收罐。吸气软管连接于气囊的出气接口。气囊的进气接口通过连接软管连接于定量供氧装置上。这种独立的呼、吸气路能有效地进行散热。同时，独立的呼吸气路是有呼吸软管的存在使佩戴



1—脖带；2—鼻夹；3—护目镜；4—口具；5—压力表；6—气瓶开关；7—氧气瓶；8—供给阀；  
9—口具塞；10—二氧化碳吸收罐；11—腰带；12—排气阀门；13—气囊；14—密封胶条

图 1 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器结构示意图

者逃生时方便大幅度的转头等动作。使用起来更方便、舒适。加上独立的金属吸收罐使产品吸气温度远低于传统的压缩氧气自救器。

## 2.2 技术参数

额定防护时间：100 min。

氧气瓶额定压力：20 MPa，氧气瓶应符合 GB 5099—1994<sup>[1]</sup>的规定。

氧气质量应符合 GB 8982—1998<sup>[2]</sup>的规定。

定量供氧量： $\geq 1.6$  L/min。

自动补给供氧量： $\geq 60$  L/min。

自动排气压力：150 ~ 300 Pa。

自动补给压力：-100 ~ -400 Pa。

压力表指示范围：0 ~ 30 MPa，压力表应符合 GB/T 1226—2001<sup>[3]</sup>的规定。

二氧化碳吸收剂应符合 MT 454—1995<sup>[4]</sup>的规定。

外壳材质：PC。

静坐防护时间： $\geq 480$  min。

外形尺寸：222 mm × 307 mm × 118.5 mm。

整机质量： $\leq 4.5$  kg。

## 3 特点

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器采用双密封的方式。所谓的双密封一个是指整个循环系统内部的密封。根据 AQ 1054—2008<sup>[5]</sup>的要求，产品出厂前要保证整个呼吸系统在大于 980 Pa 的压力下整个系统不漏气，然后用口具塞将系统密封。另一个密封是指外壳的密封，也就是整个产品的密封。产品的下外壳有一圈密封槽，用于放密封胶条。上下外壳扣合后，保证整个产品在大于 800 Pa 的压力下不漏气，系统的气密是为了保证产品的正常使用。整个产品的气密是为了隔绝外界腐蚀性、有毒、有害气体进入产品内部，延缓产品零件的老化速度，可以确保产品在未使用的情况下长期免维护。

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的所有橡胶件采用的都是耐老化的硅橡胶和天然橡胶。所有的橡胶件都经过权威检测机构检测<sup>[6]</sup>，环境温度 25 ℃ 时储存期为 28.2 年。

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器采用了大流量的供氧方式，其定量供氧为 1.6 ~ 1.7 L/min。大流量的供氧方式适合于大功量的逃生，不仅确保逃生时的舒适度，而且和大容量的气囊相结合能确保自动补给不会频繁开启，也是确保达到设计使用时间的一个关键所在。

### 3.1 透明外壳

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器，其上、下壳采用的是透明的 PC 材料，PC 是聚碳酸酯的简称，这种材料是一种无色透明的无定性热塑性材料。PC 在普通使用温度内都有良好的机械性能，聚碳酸酯的耐冲击性能好，折射率高，加工性能好。PC 具有较好的延伸性、尺寸稳定性及耐化学腐蚀性，较高的强度、耐热性和耐寒性，还具有自熄、阻燃、无毒等特性。PC 的透明度比较高，上下壳体采用高透明性的 PC 材料有以下优势：

(1) 便于日常及佩戴前的检查。不用打开仪器就可以检查仪器状态，简单的视觉检查即可确认仪器在使用前的准备情况，这样就大大节省了使用者在使用产品前的检查时

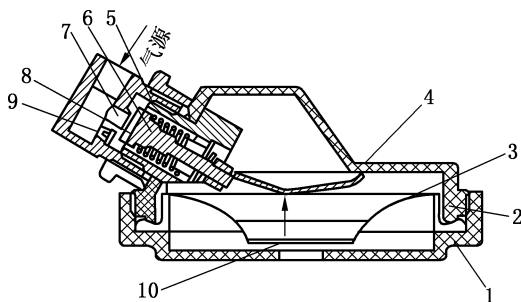
间。

(2) 因为透明度高，所以安标标识、操作说明以及铭牌等可以粘贴于产品的内表面。

(3) 下壳上有通过特殊加工工艺镶嵌的大小 16 个金属嵌件，保证了整台产品的装配需求。

### 3.2 独立的供给阀

自动供给阀是实现压缩氧气自救器产品自动补气功能的一种装置，是三种供气方式之一。自动供给阀归结起来通常有两种方式，一种是膜片式的，膜片式自动供给阀是靠系统内部的压力差，通过膜片变形来实现的。膜片式的自动供给阀零部件较多，结构复杂，对零部件的要求严格，但开启压力精确，而且可以调节开启压力。另一种是杠杆式的自动供给阀，杠杆式自动供给阀通过拨动杠杆来打开补给阀门，而拨动阀杆的力量，同样也来自系统内部。相对于膜片式的自动供给阀，杠杆式自动供给阀零部件少，结构简单。但是，这种结构的供给阀开启压力不稳定，而且杠杆式自动供给阀不具有可调节开启压力的功能。



1—供给阀下壳；2—供给阀上壳；3—补给膜片；4—杠杆；5—弹簧；6—传动轴；  
7—补给阀门；8—传动轴嵌件；9—定量孔；10—膜片嵌件

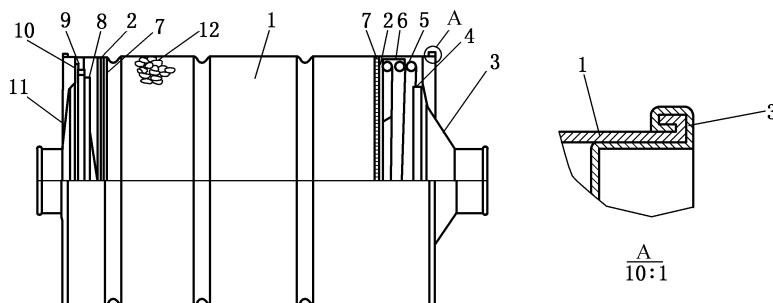
图2 供给阀结构示意图

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器采用了一种既简单又能保证精度的自动补给装置——独立供给阀。从图 2 中可以看出，当系统内部的压力降至自动补给开启压力时，补给膜片在外界大气压的作用下向内变形压动杠杆，而杠杆又拉动传动轴，传动轴向右运动，打开补给阀门，完成补气过程。当完成补气后，传动轴在弹簧力的作用下封住补气阀门。这款供给阀结合了杠杆式和膜片式的优点：零部件较少，结构简单，同时又能保证补给压力的开启精度，还可以调节开启压力。

### 3.3 新型的二氧化碳吸收罐

图 3 所示是 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的二氧化碳吸收罐的结构示意图。从图中可以看出 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的二氧化碳吸收罐是一个独立的金属罐体，这样就容易实现吸收罐的密封，吸收罐的两端分别采用三层过滤网和一层过滤毡的多层过滤结构。图中的过滤网组由粗细两种过滤网组成，罐体内部还有压紧弹簧作为压紧装置，这样就能使二氧化碳吸收剂装紧装实。不仅确保吸收剂不会因震动而产生粉末，也能提高二氧化碳的吸收率。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的罐体是不锈钢材质，采用的是板材激光

对焊成型，既避免了整体罐体拉伸的烦琐工序，同时也避免了板材搭接氩弧焊破坏表面的美观。吸收罐的进、出气端盖与罐体之间采用的是一道工序、两个工步的先进弯曲成型技术。这样的二氧化碳吸收罐具有以下特性：



1—罐体；2—过滤站；3—进气端盖；4—进气端过滤网；5—压紧弹簧；6—弹簧座；7—过滤网组；  
8—出气端过滤网；9—O形圈；10—衬圈；11—出气端盖；12—吸收剂

图3 二氧化碳吸收罐结构示意图

- (1) 气密性好。
- (2) 吸收截面积大，吸收效果好。
- (3) 有弹簧压紧力的存在，不会使产品因为震动而产生过多的粉末。
- (4) 两端的多层过滤装置阻止了吸收剂粉末对定量孔和补给装置的堵塞。
- (5) 两端的多层过滤装置阻止了吸收剂粉末对呼吸道的伤害。
- (6) 两端的多层过滤装置阻止了吸收剂粉末对气囊以及其他零部件的腐蚀。
- (7) 金属外壳的吸收罐有利于散热，是自救器的主要散热途径之一。
- (8) 外表美观。

### 3.4 气囊

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器气囊的囊体采用的是低硬度热塑性弹性体（TPU），而各个接口采用的是高硬度 TPU。这种 TPU 取代了传统的气囊材料。TPU 的主要特性有：硬度范围广，而且随着硬度的增加，其产品仍保持良好的弹性和耐磨性、机械强度高、耐寒性突出、加工性能好、耐油、耐水、耐霉菌、再生利用性好。无论是抗冲击、抗疲劳性、抗撕裂强度、耐摩擦性能以及延伸率等在对化学物质、油品、溶剂和天然气的抵抗能力方面也是传统气囊材料所无法比拟的。所以，气囊的耐老化程度要远高于传统材质的气囊。

ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器气囊的成型采用的是高频热合技术，这样的加工工艺不仅避免了用胶黏剂粘接传统技术所带来的缺陷，同时也保证了表面质量。ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器气囊的容积大于 5 L，大容积的气囊使佩戴者更舒适，也是确保使用时间的因素之一。

## 4 结语

(1) ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的逃生时间是 100 min，在额定防护时间内，煤矿井下逃生距离大于 5 km，地面逃生距离大于 7.5 km。静待救援时间可达 8 h。ZYX100

隔绝式压缩氧气自救器是对国产压缩氧气自救器的一个提升，解决了国产压缩氧气自救器加工工艺相对比较粗糙的缺点。而进口的压缩氧气自救器不仅价格比较昂贵，维修困难，配件也很难跟上。

(2) 在功能上 ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器可以取代负压 2 h 氧气呼吸器，与负压 2 h 正压氧气呼吸器相比较，ZYX100 隔绝式压缩氧自救器不仅价格占很大优势，而且体积小、重量轻、维修方便。

(3) ZYX100 隔绝式压缩氧气自救器的市场前景广阔，不仅可以用于井下避难舱和避难硐室、过渡站，在消防、石油化工系统、隧道、船舶、冶金等部门也有广泛的推广应用前景。

### 参 考 文 献

- [1] 国家技术监督局 . GB 5099—1994 钢质无缝气瓶[S]. 北京：中国标准出版社，1994.
- [2] 国家质量技术监督局 . GB 8982—1998 医用氧[S]. 北京：中国标准出版社，1998.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 . GB/T 1226—2001 一般压力表[S]. 北京：中国标准出版社，2001.
- [4] 中华人民共和国煤炭工业部 . MT 454—1995 压缩氧呼吸器和压缩氧自救器用二氧化碳吸收剂——氢氧化钙技术条件[S]. 北京：煤炭工业出版社，1995.
- [5] 国家安全生产监督管理总局 . AQ 1054—2008 隔绝式压缩氧气自救器[S]. 北京：煤炭工业出版社，2008.
- [6] 辽宁省橡胶制品质量监督检验中心 . 2012421400000230 自救器用硅橡胶检验报告[R]. 沈阳：2012.