

## 气瓶安全与检验问答(二十五)

孙萍辉

(大连市 甘井子区 金西路邮政局 1-20 号信箱, 辽宁 大连 116031)

中图分类号: TQ 051.3

文献标识码: C

文章编号: 1007-7804(2004)02-0037-04

**问:** 乙炔管道的水压试验压力和气密性试验压力是怎样规定的, 试验时应注意什么?

**答:** 管道水压试验压力为:

1. 管道工作压力小于 0.7 MPa 时, 水压试验压力为 2.2 MPa;

2. 管道工作压力在 0.7~0.15 MPa 时, 水压试验压力为 3.2 MPa;

3. 压缩机后的高压管道, 水压试验压力为管道工作压力的 2 倍。

在试验过程中, 先升压至水压试验压力, 保压 10 min, 然后将压力降至气密性试验压力, 进行外观检查, 如无破裂、变形、渗水和降压现象, 则认为水压试验合格。

水压试验合格后, 再以气压进行气密性试验。气密性试验压力为工作压力的 1.25 倍。试验时升压至气密性试验压力后, 在所有连接处涂以皂水。若未发现漏气缺陷, 则认为管道是严密的, 继续保压 12 h, 按下式计算平均每小时的渗漏率。如渗漏率不大于 0.5%, 则认为试验合格。

渗漏率 A 按下式计算:

$$A = \left[ 1 - \frac{(273 + t_1) \cdot P_2}{(273 + t_2) \cdot P_1} \right] \times 100\% \times \frac{1}{12}$$

式中,  $t_1$ 、 $t_2$  为试压开始、终了时的温度 (°C);  $P_1$ 、 $P_2$  为试压开始、终了时的绝对压力 (kgf/cm<sup>2</sup>, 1 kgf/cm<sup>2</sup> = 0.098 MPa)。

管道  $D_g$  不小于 0.3 m 时, 渗漏率 = 0.5% × 0.3/ $D_g$ 。

气密性试验结束后, 必须用氮气吹扫管道。管道投入使用前, 应用 3 倍管道容积的氮气 (含氧量不大于 1%) 进行吹扫和置换管内的空气。吹扫和置换应在管末端设置排放阀和通向室外的排放管。

如排放出的氮气含氧量低于 3%, 则认为置换合格。在管内充满氮气的条件下送入乙炔, 当排放管排出的乙炔纯度达到 98% 以上时, 关闭排放阀投入正常运行。

**问:** 溶解乙炔气瓶充装量失常的原因是什么?

**答:** 永久气体 (氧、氮、氩) 气瓶的充装量是以压力计量; 液化气体 (氨、氯、二氧化碳) 气瓶的充装量是以重量计量; 溶解乙炔气瓶因其内部充填着多孔填料和丙酮溶剂, 而乙炔在丙酮中的溶解量又与既定温度下的平衡压力有关, 所以既要计压又要计重, 两者不可偏废。影响溶解乙炔气瓶充装量失常的主要因素有五项, 即乙炔充装量、丙酮充装量、平衡压力、气相空间 (安全空间) 和炔酮比 (乙炔充装度)。这五项因素中只要有一项因素发生变化, 均会造成乙炔充装量失常。

在溶解乙炔气瓶充装量失常的多种原因中常见的是: 1. 溶解乙炔气瓶在使用过程中, 丙酮随乙炔带出一部分, 在再次充装前补加丙酮时, 由于计算和称重误差, 造成丙酮缺量或超量均会使乙炔充装量发生相应的变化; 2. 当被充乙炔的纯度降低时, 有“不容性”杂质气体存在, 其分压会使充气静置后的瓶内平衡压力升高, 导致瓶内乙炔气充装量减少; 3. 丙酮或乙炔中含水量增大, 造成瓶内溶剂的“假重”现象, 致使乙炔充装量剧减。由此可见, 保持额定的优质丙酮量和乙炔纯度是保证乙炔正常充装量的关键。

乙炔与丙酮充装量失常, 对乙炔瓶是很危险的。乙炔瓶最高许用温度为 40 °C, 在充装量正常情况下, 超温会使压力升高, 瓶内填料阻爆性能降低, 致使乙炔瓶处于危险状态。超装后的超温更危险, 如果产生“液压”, 瓶内压力约以 1.4~1.5

MPa/℃的幅度递增。因此,严格控制乙炔与丙酮的充装量,以及最高许用压力是十分重要的。下表是正常充装量与充装量失常在不同温度下引起气相空间减小与压力升高的情况。

表 1 乙炔与丙酮正常充装量与充装量失常的比较

	丙酮 装量 kg/L	乙炔 装量 kg/L	炔酮比 kg/L	温度 ℃	气相 空间 %	平衡 压力(表) MPa
正常充装	0.3268	0.172	0.528	15	12.01	1.55
				40	7.74	2.6
丙酮超装 10%, 乙炔超装 10%	0.3595	0.1892	0.526	40	消失	液压

从表 1 中看出,正常充装量下,40℃时气相空间减少至 7.74%,压力 2.6 MPa,而充装量失常的情况下,40℃时气相空间消失产生液压。

问:影响溶解乙炔气瓶安全使用的主要因素是什么?

答:影响溶解乙炔气瓶安全使用(性能)的主要因素概括起来大致有如下几点。

从理论和实践来说,溶剂、填料和安全空间是决定溶解乙炔气瓶安全性能的三大重要因素,其首要因素是填料的质量。

溶解乙炔之所以较气态乙炔或液态乙炔安全,不仅在于它溶解在溶剂中,而且还在于溶剂及其溶解的乙炔被均匀分布进多孔填料的细孔中,从而使被溶剂分子所隔离的乙炔分子又被细孔壁隔离,乙炔分解爆炸的连锁反应即被中断无法传播。由此可见,填料质量的优劣直接关系到乙炔瓶安全性能的强弱。

填料与瓶壁的轴向间隙、径向间隙以及填料内部和表面的孔洞统称为空隙。这个瓶内空隙对乙炔瓶的安全性能有着直接影响,因为空隙内的乙炔均为气态,且处于高压下,易引发分解爆炸,其爆炸时释放的能量与空隙容积大小,即与集聚的高压气态乙炔量的多少有着密切关系。在当前生产水平还难以消除瓶内空隙的情况下,必须按 GB11638《溶解乙炔气瓶》的规定严格控制瓶内的空隙。

乙炔瓶的环境温度与静置后的压力是影响乙炔瓶安全性能的外来因素。环境温度高就会使乙炔瓶静置后的压力升高,而压力升高将导致爆炸所需温度和能量相应降低。另外,温度高瓶内安全空间减小,有可能产生“液压”导致乙炔瓶爆炸。再者,在压力高、温度低的情况下,瓶内会出现液态乙炔,其爆炸所需能量就降低,轻微震动或撞击就会

使乙炔瓶发生爆炸。因此,在实际工作中,必须严格控制环境温度,特别是要严格控制乙炔瓶静置后的压力。

乙炔瓶的极限压力,在任何情况下都不得超过 2.5 MPa,否则将使填料阻止乙炔分解爆炸传播的性能失去作用。

乙炔瓶内溶剂和乙炔充装量及其留有的安全空间,对乙炔瓶的安全性能影响也是很大的。在实际充装工作中,必须严格控制溶剂和乙炔的充装量。

溶剂超装的危害性在于有可能使乙炔量增加而超装,使安全空间减小,在瓶温为 40℃就会使瓶内压力超高,致使填料的阻爆性能降低,使气瓶处于危险状态。既超装乙炔又超温危险性更大,一旦出现“液压”,瓶内压力约以 1.4~1.5 MPa/℃的幅度增加。在这样情况下,无论是高压乙炔的分解还是产生“液压”,都会导致气瓶爆炸。

溶剂充装量不足的危害性不仅会使乙炔充装量相应减少,还会使安全空间增大,从而导致气态乙炔量增大易发生分解爆炸。如果在溶剂充装量不足的情况下,硬行提高压力来达到规定的乙炔充装量,就会降低乙炔瓶的阻火性能,使气瓶处于危险状态。

乙炔气瓶的安全性能与摩擦、撞击、绝热压缩、高温、明火、静电等等激发能源有着密切关系,在实际工作中应注意预防。

问:从 2003 年 6 月 1 日施行《气瓶安全监察规定》后,瓶装气体充装站的安全责任加重。为向液化石油气用户宣传安全知识,杜绝用户自行处理钢瓶残液和瓶对瓶倒气,希提供有关事故案例。

答:负责向钢瓶使用者宣布安全知识是液化石油气充装站应履行的义务之一。下面提供几起有关事故案例供参考。

### 1. 乱倒残液

(1) 1995 年 12 月,辽宁省普兰店市李兰村村民常某经营液化石油气,村民王某前去送“空瓶”,准备在常某门口倒残液,被正在锅台烧火做饭的常妻招呼回来,叫王某把残液倒入放在灶门旁边的废水桶里。一对无知的人遇到了一起,王某便顺从的把瓶内残液倒入废水桶。王某回身走出屋门不久,桶内残液挥发出的可燃气体遇到灶门的明火,引发空间燃烧爆炸,常妻的下半身衣服烧尽皮肤烧伤,其女儿的面部和手烧成重伤。

(2) 1992 年,辽宁省某县市一青年农民,在去液化石油气站途中,心想“都说液化气比汽油危

险，不如借倒残液试试看。”便把钢瓶从车上提到地面，开启瓶阀将钢瓶倒置向地面排放残液，而后划了一根火柴投向地面上的残液，还没来得及跑，就被空间燃爆的气浪连同钢瓶一起推倒在地上，两条裤腿被烧没了。

## 2. 嘴对嘴倒气

(1) 1999年6月27日0时4分，陕西省绥德县原四十铺液化气站发生燃爆事故，死3人，重伤3人。当时，临时借用于该站的人员，偷偷用嘴对嘴倒瓶方式分装液化石油气，泄漏的液化石油气遇明火引发燃爆，将房屋炸塌。

(2) 1999年5月12日10时17分，广西陆川县长马坡镇大良村液化气店发生燃爆事故，死1人，重伤8人，轻伤16人。当时，店主正在用两只钢瓶嘴对嘴倒气，同时用电热管烧水对钢瓶加热。当液化气泄出后，又匆忙关闭电热管的电源开关，产生的电火花引起液化石油气燃爆，进而酿成火灾，致使在该店购物的群众和附近学校的学生罹难。

**问：从效率和成本来看，使用低温气瓶储运液态氧、氮、氩，比使用钢质气瓶储运气态氧、氮、氩有什么优越性？**

答：储运气态氧、氮、氩，一般是采用容积40 L的钢质无缝气瓶。这种气瓶的重量约60 kg，当充装压力为14.7 MPa时，充装的氧、氮、氩的标准体积为6 m<sup>3</sup>。因氧、氮、氩的标准密度分别为1.429 kg/m<sup>3</sup>、1.251 kg/m<sup>3</sup>、1.784 kg/m<sup>3</sup>，所以其充装的氧、氮、氩的重量分别为8.574 kg、7.506 kg、10.704 kg。气瓶净重与气体重量之比，分别为6.998、7.994、5.605。由此可见，每运输1 kg气体，就要运输5.6~8 kg钢铁，运输效率极低。

采用低温气瓶储运液态氧、氮、氩时，由于在标准状态下，液态氧、氮、氩的密度分别为1140 kg/m<sup>3</sup>、810 kg/m<sup>3</sup>、1410 kg/m<sup>3</sup>，分别为标准状态下气态密度的797.76倍、647.48倍、790.36倍，或分别为14.7 MPa下20℃时气态氧的142.81倍，气态氮的115.91倍、气态氩的141.49倍。

运输液态氧、氮、氩的低温气瓶的重量与运输的液态气体重量之比更小得多。例如，四川空分设备厂产的可储运147 L或168 kg液氧的低温气瓶重量只有110 kg，其重量与运输的液态气体重量之比仅为0.655，若改用钢质无缝气瓶运输168 kg气

态氧，则需要容积40 L的气瓶20只，其总重量为1200 kg，其气瓶重量与瓶内气体重量之比为7.14，后者为前者10.9倍。

从节省运输燃料来看，一只容积175 L的低温气瓶，相当于运输气态气体的钢质气瓶20只。若用4 t的载重汽车运输，每辆汽车可装载6~8只低温气瓶。若按装载6只计算，相当于每车装载120只钢质气瓶。这相当于运输瓶装气态气体（每辆汽车装载50只）时运输效率的2.4倍。若运距相同，则可节省燃料油58%。

**问：为防止液化石油气钢瓶瓶体在使用中发生漏气，在钢瓶定期检验中应着重检查瓶体哪几个部位？**

答：液化石油气钢瓶瓶体在定期检验中应着重检查的易发生漏气部位大致如下：

### 1. 瓶阀座与瓶体的连接焊缝

瓶阀座焊缝漏气的原因是钢瓶制造厂在瓶阀座与瓶体焊接中产生的穿透性气孔造成的。这种缺陷的出现是由于瓶阀座的焊接都是采用手工焊接，而在标准中也未提出对这道焊缝进行探伤的规定，从而易使带此种缺陷的钢瓶出厂。

### 2. 瓶体主焊缝

瓶体主焊缝漏气的原因也是由于钢瓶制造厂在焊接中造成的，且又不是进行逐只钢瓶探伤，所以易使带此缺陷的钢瓶出厂。

### 3. 瓶体底部

(1) 底座磨损或破损致使瓶体下封头中心部位与地面接触，从而导致瓶底受潮腐蚀、磨损或被地面尖锐硬物顶撞穿孔漏气。

(2) 底座内壁上端与瓶壁连接处形成的易被忽视和不易维护的夹缝，此处易潮湿不易干燥，日久就会使瓶壁遭受腐蚀而穿孔漏气。

(3) 底座通风孔过小或过少，都易使底座内侧瓶底附着的潮气得不到干燥，致使瓶底腐蚀穿孔漏气。

4. 钢瓶充装的液化石油气，如果含硫化氢过量时，易在钢瓶内壁，尤其是瓶底产生很厚的硫化铁膜导致瓶壁出现密集的针孔状穿孔漏气。这种缺陷不易被发现，即使在水压试验过程中有时也不会被发现，除非预先把硫化铁膜除掉。

**问：二氧化碳气瓶公称工作压力为15 MPa，充装结束时的压力也不过是7~8 MPa，远低于公称工作压力，为什么强调“严禁超装”，必须按0.6 kg/L标准充装？**

答：在瓶装气体中属于高压液化气体，其临界温度为 31℃，当温度低于 31℃ 时加压即可液化，当温度等于或高于 31℃，瓶内液态二氧化碳就转化为气态二氧化碳。

按 0.6 kg/L 标准充装二氧化碳时，在温度接近 31℃ 时，瓶内呈现的压力是气—液共存状态下，液体界面上的饱和蒸汽压为 7.39 MPa。当温度达到或超过 31℃ 时，则发生液体向气体的相变，瓶内压力不再是二氧化碳饱和蒸汽压的延伸，而是液态二氧化碳大量汽化而骤然上升的压力。此时表征瓶内的压力状况，实质上 and 永久气体一样。当温度继续升到 54℃ 时，瓶内压力约增至 15 MPa，与气瓶公称工作压力相当。由于瓶装二氧化碳具有这些特点，为保证气瓶在充装、储存、运输和使用时的安全，应严格按照规定的充装系数进行充装。

气瓶是一个独立的无绝热层的薄壁密闭容器，瓶内二氧化碳的压力不仅与温度有关，而且与充装量有关。气瓶的公称工作压力，对于永久气体气瓶是指 20℃ 时所充装气体的限定充装压力，充装量是以压力计量；对于盛装二氧化碳等高压液化气体的气瓶是指温度为 60℃ 时瓶内气体压力的限定值，充装量是以重量计量的。若不按 0.6 kg/L 标准充装，而采取超量充装，瓶内的气相空间相应减小，随着温度的升高，液态二氧化碳的体积相应膨胀，气相空间继续减小，最终造成瓶内“满液”和气相空间消失。

表 2 不同充装系数下的满液温度

充装系数/kg·L <sup>-1</sup>	0.790	0.750	0.688	0.664
满液温度/℃	18.1	21.8	26.3	28.4

瓶内出现满液现象，其压力不再是饱和蒸汽压，而是液态二氧化碳体积膨胀的胀力。此胀力远大于饱和蒸汽压。液态二氧化碳的体积膨胀系数较大，在 -5~35℃ 范围内，温度每升高 1℃，瓶内压力相应升高 0.314~0.834 MPa，所以超装很容易使气瓶超压爆炸。

问：英国、日本和韩国规定的气瓶颜色标记比其他国家都简单，不知出于何种考虑？

答：这种简单的规定，原出于英国，日本是沿着英国思路走的，而韩国是沿着日本思路走的，尽管各自规定的颜色不同。

这种简单的规定，是出于下列种种考虑：

1. 已知的气体 and 气体混合物，名目多至几百种，欲想用一种颜色或颜色组合来标示每一种气体，会造成混淆和错判；
2. 气瓶被反复地使用，会使涂上的颜色标记磨损、变色或被覆盖；
3. 有些人患有色盲，他们无从辨别光谱上所有的颜色；
4. 在某些光源，例如荧光灯和汞（气）灯的灯光下，颜色显示不同；
5. 供应气体的单位之间，所采用的颜色，往往不一致。

问：当气瓶受到外界火焰威胁时，必须怎样紧急处置？

答：气瓶受到外界火焰威胁时，必须根据火焰对气瓶威胁程度确定救急措施。若火焰尚未波及到气瓶，应全力扑灭火源；若火焰已波及到气瓶或气瓶已处于火中，为防止气瓶受热爆炸，在气瓶还未过热之前，必须迅速将气瓶转移到安全场所。从火中抢救气瓶的时间很有限，只有 10 min 左右的时间。如果当时条件不允许，在保证安全距离的前提下，用水龙带或其它方法喷射大量的水进行冷却。事后，采用适应瓶内气体性质的方法，将被烧过的气瓶中的气体放出，而后把气瓶送至气瓶检验单位进行检验和评定可否继续使用。

如果火焰发自瓶阀或输气管道接头或管阀，在保证不被烧伤的前提下，迅速关闭瓶阀或管道上流阀门切断气源。如果情况不允许，则必须确保气体在受控下燃烧，严防火焰蔓延烧损其它气瓶或设施。

问：溶解气瓶的皮重是指什么说的？

答：溶解乙炔气瓶皮重是指钢瓶、填料、附件（瓶阀、固定式专用瓶帽、易熔合金塞和检验标记环）的质量与丙酮规定充装量之和。

=====

欢迎投稿，欢迎刊登广告！