

液氧的危险性分析及其安全防护技术措施

王爱玲

(西安航天动力试验技术研究所)

摘要 液氧是液体火箭发动机的一种常用氧化剂,它具有火灾、爆炸的危险性,会引起人员冻伤和氧中毒。从防火防爆、人员冻伤和氧中毒防治三个方面提出液氧的安全防护技术措施,保证液氧的使用安全。

关键词 液氧 火灾 爆炸 危害 安全防护

1 前言

液氧是液体火箭发动机的一种常用无污染氧化剂,与燃料燃烧时产生的巨大推动力可使火箭拔地而起。液体火箭在核推进器研制完成之前,一直在航天领域占据着主导地位。土星—阿波罗运载火箭的总载重量约为 3000t,其中 2000t 以上是液氧。航天工业消耗的大部分液氧主要用于火箭发动机的研制和试验上,每天的用量已超过 1000t。液氧具有引发火灾、爆炸的危险性,会引起人员冻伤和氧中毒。由于液氧是强氧化剂,又属于低温推进剂,加之航天企业使用量大,若生产、贮存、运输、使用不当,易引发重大工业事故,因此,研究液氧的安全使用技术,对实现航天企业安全生产具有重要意义。

2 液氧的基本特性及危害

2.1 液氧的基本特性

液氧是氧的液态形式,呈浅蓝色,沸点为 -183°C ;冷却到 -218.8°C 成为雪花状的淡蓝色固体,液氧密度(在沸点时)为 $1.14\text{g}/\text{cm}^3$ 。氧在常态时为无色、无臭、无味的气体。氧气是空气的成分之一,氧气比空气重,在标准状况(0°C 和 101.325kPa 大气压强)下密度为 $1.429\text{g}/\text{L}$,能溶于水,但溶解度很小。

在标准状态下:1L 干燥氧重 1.43g ;1L 水中仅溶解 48mL 氧。氧气由液氧经气化而成,在空气中氧的浓度达到一定比例时可促进燃烧,氧气助燃但不能

自然。氧气能与很多元素直接化合,生成氧化物。氧气是燃烧和动植物呼吸所必需的气体,富氧空气用于医疗和高空飞行,纯氧用于炼钢和切割、焊接金属,液氧用做火箭发动机的氧化剂。生产上应用的氧气由液态空气分馏而得。

2.2 火灾危险性

液氧是不可燃的,但它能强烈地助燃,火灾危险性为乙类。它和燃料接触通常也不能自燃,如果两种液体碰在一起,液氧将引起液体燃料的冷却并凝固。凝固的燃料和液氧的混合物对撞击是敏感的,在加压的情况下常常转为爆炸。

有两种类型的燃烧反应,这取决于氧和燃料的混合比和点火情况:一种是燃料和液氧在混合时没有发生着火,但是这种混合物当点火或受到机械撞击时能发生爆轰。另一种是液氧与燃料互相接触之前或接触时燃烧已经开始,着火或燃烧并伴随有反复的爆炸。燃烧反应的强度取决燃料性能。

一吨液氧完全气化可得到 0°C 时和 1 个大气压状态下的气氧 700m^3 ,因此一吨液氧蒸发成气体后压力增加 700 倍以上。液氧泄漏后,会使空气中的氧含量增高,一旦出现火情,会引起富氧燃烧事故,产生严重后果。

所谓的富氧燃烧,是指氧含量高于 21%的富氧空气或纯氧代替空气作为助燃气体的一种高效强化燃烧。其特点是燃烧反应速度加快,火焰温度提高。所以说,在有液氧存在的环境为了避免火灾事故发生

生,一定要严禁烟火。

2.3 爆炸危险性

所有可燃物质(包括气体、液体、固体物质在内)和液氧混合时就呈现爆炸危险性,这种混合物常常由于静电、机械撞击、电火花和其它类似的作用,特别是当混合物被凝固时经常能发生爆炸。

液氧的泄漏可以形成有潜在危险的高浓度氧气。在液氧转注操作过程中,尤其是当液氧进入温暖的系统时,由于液氧的汽化,可以形成大量的氧气,在封闭的场地内,由于静电、电火花或火源,会引起气态氧和燃料蒸汽的混合物发生爆炸。

当液氧积存在封闭的系统中,而又不能保温,则可能发生压力破坏,当温度升高到 -118.4°C 而又不增加压力,则液氧就不能维持液体状态,若泄压不及时,也会导致物理性爆炸。液氧积存在两个阀门之间,可导致管路的猛烈破坏。如果氧气不泄出或压力不能适当排除,当冷冻失效时,将导致贮箱的破坏,真空夹套贮箱中的真空失效。如果系统不能承受额外的负载,则会引起蒸发加速和排空系统的破坏。

2.4 人员冻伤

由于液氧的沸点极低为 -183°C ,当液氧发生“跑、冒、滴、漏”事故时,一旦液氧喷到人的皮肤上将会引起严重冻伤事故。

2.5 氧中毒

空气中氧气约占 21%。人类诞生在这样的环境中,经过漫长的进化适应,人体的各种生理机能已经适应了正常氧含量的环境。如同缺氧打破了人体自身代谢平衡一样,摄入过多氧气也会打破人体自身代谢平衡,产生氧中毒。常压下,当氧的浓度超过 40%时,有可能发生氧中毒,吸入 40%~60%的氧浓度的混合气体时,会出现胸骨后不适感、轻咳,进而胸闷,胸骨后烧灼感和呼吸困难,咳嗽加剧;严重时刻发生肺水肿,甚至出现呼吸窘迫综合症。吸入氧浓度 80%以上时,出现面部肌肉抽动、面色苍白、眩晕、心动过速、虚脱,继而全身强直性抽搐、昏迷、呼吸衰竭而死亡。长期处于氧分压为 60kPa~100kPa(相当于氧浓度 40%左右)的条件下,可发生眼损害,严重者可失明。

一个人连续不断地呼吸 100%的氧气,将会在细胞膜和酶中产生中毒现象,肺部亦会不断发炎,造成疼痛、咳嗽,最后造成细胞损坏。其原因是过量吸入

纯氧,血浆中溶解的氧已经基本满足了组织的需要,与血红蛋白结合的氧基本不再解离,因而影响了相当一部分二氧化碳的运输和排出,促使组织中二氧化碳积聚,酸度增加,也影响正常代谢。大约连续 24h 呼吸 1 个大气压的 100%的氧和连续 12h 呼吸 2 个大气压的 100%的氧,将对肺部产生同等程度的破坏。

氧中毒造成的影响是全身性的,会对全身机体产生功能性或器质性的损害。氧中毒的临床症状是:面色苍白、出冷汗、头晕、恶心、甚至抽搐、脚痛、咳嗽和呼吸急促,有些患者出现细胞溶血。

3 液氧的安全防护技术措施

3.1 防火、防爆措施

3.1.1 防止易燃、易爆系统的形成

防止可燃物质、液氧(或氧气)、引火源同时存在;防止可燃物质、氧气混合形成爆炸性混合物与引火源同时存在。

为了防止可燃物与氧气形成危险状态,在液氧的生产使用过程中,首先应加强对液氧的管理和控制,防止液氧泄漏形成富氧环境;其次是防止可燃物与液氧接触或是防止可燃物与氧气形成爆炸性混合物。

(1)加强密闭,防止液氧泄漏

为了避免液氧泄漏形成富氧危险环境,应设法使液氧贮存容器、槽车和管道等工艺系统尽可能密闭操作。液氧的工艺系统不可采用不耐压的贮罐或管道,应采用符合液氧特性的低温容器、真空管道和低温阀门等等特殊设备。液氧的容器的绝热通常采用夹层结构,内装绝热材料。用于制造液氧系统设备的金属材料必须在低温下具有良好的物理性能,并在液氧条件下,有较好的化学稳定性。贮存容器夹层里的保温材料不得使用有机材料。

由于液氧是低温液体,贮存过程中始终有蒸发损失,即使是容器的绝热性能非常好,也只能是短期贮存。为保证液氧操作系统的密闭性,在保证安装检修方便的情况下,应尽可能地少用法兰连接。

(2)通风排气,防止氧气积存

为了避免氧气积存,必须采取有效的通风排气措施。应合理选择通风方式。通风方式一般宜采用自然通风,当自然通风不能满足要求时采取机械通风。

避免氧气积存。液氧库容器间可采用网架结构,彩钢板屋顶,具有良好自然通风效果。其次,还要有在液氧发生意外泄漏时将液氧引至安全地带使其自然蒸发掉的设施,避免液氧随意流淌。

液氧自然蒸发而产生的氧气会吸附在棉衣或头发上,因此在液氧附近停留一段时间的人员,离开液氧现场后 20~30min 内禁止吸烟和接近火源。

(3)清除易燃物

液氧库内及库外 10m 不得存放易燃易爆物质。在液氧运输容器和管道周围禁止存放酒精、汽油、煤油、棉纱等易燃物以及乙炔、甲烷等易燃气体。

3.1.2 防止液氧气化爆炸

液氧贮存容器以及输送管道应按要求设计压力表、安全阀或安全爆炸膜片等安全附件。这些压力容器、压力管道及其安全附件都要按《特种设备安全管理条例》的规定定期进行检验,确保液氧工艺系统设备良好,不带故障运行。这样一旦发生液氧汽化超压故障时,可通过安全阀或安全爆炸膜片及时泄压,保障安全。

3.1.3 消除、控制引火源

为预防火灾及爆炸,对引火源进行控制是消除燃烧三要素同时存在的一个重要措施。引起液氧火灾爆炸事故的引火源主要有明火、高温表面、摩擦和撞击、化学反应、电气火花、静电火花和雷击等。

液氧库应设计有静电接地和防雷接地系统,输送管道应有静电接地系统。

在液氧生产、贮存、运输及使用场所,应悬挂“严禁烟火”的安全标识。

3.1.4 有效监控、及时处理

液氧一旦发生泄漏,应做到早发现、早排除、早控制,防止事故发生和蔓延扩大。

在液氧可能发生泄漏的区域设置氧气检测报警仪,这是监测空气中氧超标的重要措施。当液氧万一旦发生泄漏而操作人员尚未发现时,检测报警仪可在设定的安全浓度范围内发出警报,便于及时处理泄漏点,从而避免发生重大事故。

3.2 人员冻伤的防治

进行液氧操作时应采取下面安全防护措施:(1)手和脚的防护:当进行有危险的深冷处理时要戴石棉手套,手套要宽松合适,以便液氧进入时能立即脱

掉,要穿皮革制成的高筒靴,裤脚应套在外边,并超过靴顶,防止液氧进入;(2)头、面部身体的防护:处理液氧的操作人员应对头和面部进行防护,最好的安全防护是戴防酸型护目镜、面罩和头盔,如果液氧的处理是在敞开系统中进行,则应围上皮革做成的围裙。

冻伤人员的救治:及时发现并尽快将病人脱离液氧环境。救治的关键是尽早施行快速复温,把冻伤的部位浸泡在 42℃左右的温水中,若受冻者的手套或靴筒被液氧冻住,一时脱不下来,则可连同肢体一起浸入温水中,待融化后脱下,水温要维持在(37~45)℃之间,要尽量避免受冻组织自融或处于(10~25)℃的“危险温度”范围,以免失掉早期复温的时机,早期快速复温,往往可收到良好的效果,若出现水泡或血疱等严重后果,应及时拨打 120 急救电话,送往医院进行专业治疗。

3.3 氧中毒的防治

不要在氧浓度超过 40%的环境中工作,若情况危急,需要在高浓度的氧环境进行抢险作业时,应佩戴空气呼吸器。

有人中毒时,应及时发现尽快让病人脱离富氧环境,把病人放在通风环境好的安全地带,保持呼吸道畅通,防止突然发生惊厥。严重时打 120 急救电话请专业人员治疗。

4 结束语

随着我国新一代无污染、大推力液体火箭发动机的研制,航天企业将大量地使用液氧。尽管液氧有一定的危害性,但是可以通过科学地认识它的危险,采取相应的安全技术防护措施,加强安全管理和液氧安全技术培训教育,使人们正确地利用液氧和正确地操作液氧设备,这样就可以有效地控制危险,避免事故的发生。同时,对液氧的认识也是一个不断深入的过程,人类必将随着科学技术的发展进步不断地研制出新的液氧安全技术预防措施。◇

参 考 文 献

- [1] 国家安全生产监督管理总局.安全评价(M).北京:煤炭工业出版社.2005