

CNG 加气站设备安全风险评价的关键问题^{*}

谭金会¹ 何太碧¹ 杨菡² 林秀兰¹

(1.西华大学交通与汽车工程学院 2.中国石油西南油气田销售分公司)

谭金会等.CNG 加气站设备安全风险评价的关键问题.天然气工业,2008,28(11):117-120.

摘要 随着城市加气站的蓬勃发展和国家大力提倡的城际间加气站网络建设逐步展开,CNG 汽车加气站及设备保有量与日俱增,加气站设备安全风险评价十分必要和迫切。提出了加气站设备选型及安全风险评价必须遵循“安全第一,性能第二,成本第三”的基本原则,对其安全风险评价中的关键问题进行了深入研究:①加气站安全事故的表现形式及爆炸危险区域划分;②安全风险评价应考虑的关键系统及关键部件;③安全风险评价易忽略的危险因素——主要易损件的安全可靠性及使用寿命、气质问题、在线检测系统及报警系统、辅助电加热(保温)、降温及强制通风设备、含油率问题。明确了加气站安全风险评价应从站内扩展到站外,并对储气型式的安全风险评价提出了新的判断标准。据此为政府部门加强安全监管、加气站业主加强安全自评提出了切实有效的操作性建议。

关键词 压缩天然气 汽车 加气站 设备 安全 风险分析

“十五”、“十一五”期间,我国加气站建设进入黄金时期。尤其在科技部“863”计划节能与新能源汽车重大项目中将“代用燃料汽车区域化示范运行考核与应用”列入研究课题后,燃气汽车区域化运行及大面积应用推广成为大势所趋。为缓解燃气汽车区域化运行瓶颈之一的加气站建设问题,加气站及其设备保有量的急速增加将成为必然。随着 CNG 汽车加气站(简称“加气站”)网络的逐步形成,加气站设备役龄的增加,加气站安全形势日趋严峻,加气站设备安全风险评价已成为当务之急。

经过加气站设备安全风险评价指标体系通用层次模型^[1]分解,确立了加气站各大系统的安全性缺陷项目,建立了加气站设备安全风险评价指标体系及其评价标准。而在实际操作过程中,如何权衡站内因素为主、站外因素为辅,既考察指标体系要求,又兼顾生产运行数据,尚需深入探讨。笔者根据实际调研情况,对加气站设备安全风险评价中的关键问题进行了深入研究。

一、加气站设备选型及安全风险评价基本原则

在加气站建设期,设备选型、施工规范、安全间

距对加气站的潜在安全风险影响最大。加气站投入生产运行后,环境因素(如站内外交通情况、车载气瓶等)和人为因素(如管理水平、操作规程等)对加气站潜在安全风险影响最大^[2]。“安全第一,性能第二,成本第三”,这既是设备选型原则,也是进行安全风险评价的基本原则。

“安全第一”,指选型和评价时必须达到相关技术安全性的要求,不能有漏项和瑕疵^[1]。值得注意的是,安全第一并非无限制地追求绝对安全性,否则会浪费社会资源。“性能第二”,指在满足安全性前提下,须将设备技术性能放在重要位置;选型时不应一味追求高性能而忽视国产设备的进步,评价标准不仅要考察理论数据,更要以满足实际生产作为判别依据。“成本第三”,指在满足安全和性能要求基础上,选型时尽可能选择购置成本和设备运行费用低的设备,评价时影响经济性的指标(如水、电能耗)也必须考虑。

二、加气站安全事故表现形式及爆炸危险区域

1.表现形式

加气站安全事故表现形式主要有爆炸、爆燃、泄

^{*} 本文为国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(编号:2006AA11A1E3)和四川省教育厅自然科学重点项目(编号:07ZA119)部分研究成果。

作者简介:谭金会,女,1970年生,讲师,工学硕士;现主要从事汽车工程技术研究。地址:(610039)四川省成都市金牛区金周路999号。电话:(028)87720534。E-mail:jinhui@163.com

漏、爆脱、环境性损伤、机件解体或飞溅、设备内腐蚀、设备外腐蚀等形式^[3]。很多事故都伴随着天然气的泄漏,泄漏量达到爆炸极限时如遇明火,则造成灾害性事故。风险评价的重要性在于预防和减少重特大事故的发生和蔓延,因此严格遵守 GB50156-2002 汽车加油加气站设计与施工规范(2006 年版本)所规定的爆炸危险区域划分标准,可极大提高加气站的主动安全性和被动安全性。标准中重点针对加气机、储气瓶(井)、压缩机组及相关法兰、阀门进行了爆炸危险区域划分。

2. 爆炸危险区域划分

调研中发现,部分 2002 年前建设的加气站由于建站时缺乏相关标准规范,要么是爆炸危险区域划分不合理,要么安全距离过大或过小,造成安全隐患或浪费土地资源。

CNG 加气机爆炸危险区域划分应符合下列规定:①加气机壳体内部空间划为 1 区;②以加气站中心线为中心线,半径为 4.5 m,高度为自地面至加气机顶部以上 0.5 m 的圆柱形空间划为 2 区(见图 1)。

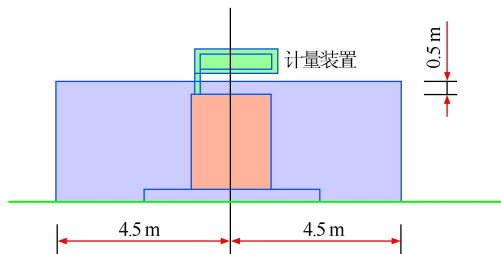


图 1 CNG 加气机爆炸危险区域划分图

室外或棚内 CNG 储气瓶组(储气井)爆炸危险区域划分应符合下列规定:以放散管管口为中心,半径为 3 m 的球形空间和距储气瓶组壳体(储气井) 4.5 m 以内并延至地面的空间划为 2 区(见图 2)。

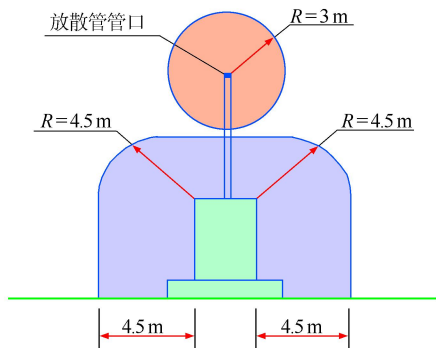


图 2 室外或棚内 CNG 储气瓶组(储气井)爆炸危险区域划分图

天然气压缩机、阀门、法兰或类似附件的房间爆炸危险区域划分应符合下列规定:①压缩机、阀门、法兰或类似附件的房间内部空间划为 1 区;②有孔、洞或开式墙外,以孔、洞边缘为半径(R)以内至地面的空间划为 2 区(见图 3)。

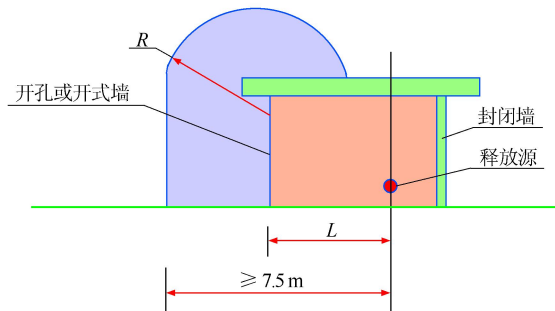


图 3 天然气压缩机、阀门、法兰或类似附件的房间爆炸危险区域划分图

露天(棚)设置的天然气压缩机组、阀门、法兰或类似附件的爆炸危险区域划分应符合下列规定:距压缩机、阀门、法兰或类似附件壳体 7.5 m 以内并延至地面的空间划为 2 区(见图 4)。

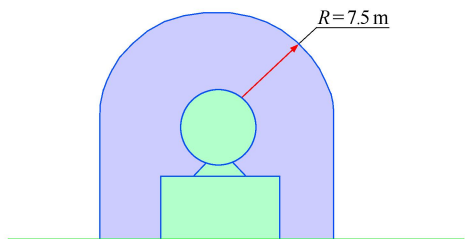


图 4 露天(棚)设置的天然气压缩机组、阀门、法兰或类似附件爆炸危险区域划分图

存放 CNG 储气瓶组的房间爆炸危险区域划分应符合下列规定:①房间内部空间划为 1 区;②有孔、洞或开式墙外,以孔、洞边缘为半径(R)以内并延至地面的空间划为 2 区(见图 5)。

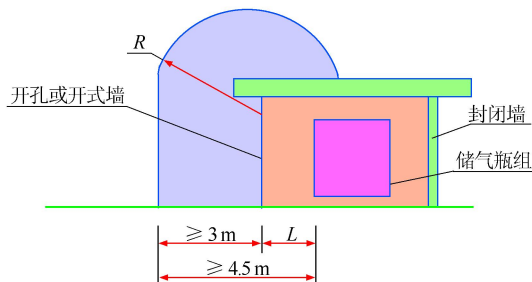


图 5 存放压缩天然气储气瓶组的房间爆炸危险区域划分图
注: $L \geq 1.5 m$ 时, $R=3 m$; $L < 1.5 m$ 时, $R=4.5 m-L$

三、评价应考虑的关键系统及部件

加气站设备安全风险评价是复杂的系统工程,必须抓大放小、抓主要略次要、抓现实安全运行实际又抓长久发展规划,评价时应以各系统、各部件的一个产品寿命周期作为时间段进行全方位考察。

加气站设备的几大组成系统与加气站安全运行都有直接关系,但事故多发生在储气设备、售气设备、天然气增压设备,故它们是关键系统。从生产运行实际看,这3大系统的设备安全事故及安全事故隐患仍然十分突出。

售气设备应考察的关键部件是:电磁阀、质量流量计、加气枪、安全拉断阀、高压软管、卡套等;储气设备应考察的关键部件是:各类阀件(安全阀、瓶阀、球阀)及其附件、压力表、接头卡套、易熔塞等,同时必须考察气质对储气设备的内腐蚀及外部介质对其产生的外腐蚀;压缩机组应考虑的关键部件除易损件、各级压力表、温度表、压缩机组远程适时控制系统以外,当是曲柄连杆机构(笔者在川南某加气站进行调研时就发现曾经有压缩机爆炸的重大安全事故的发生)。

同时,也要高度重视和完善控制系统的监控功能。当加气站设备出现温度压力异常、振动烈度异常、润滑油位异常、可燃气体浓度超标或天然气大量漏失等瞬间,控制系统必须迅速做出反映,关闭气源、电源,关停压缩机等运动设备。

另外,由于加气站的特殊性,必须对各类设备的防雷防火、静电接地具有严格的要求。

四、评价中容易忽略的危险因素

1. 主要易损件的安全可靠性及使用寿命

主要易损件包括各大系统常用的各类阀、环、弹簧、密封圈,如安全阀、球阀、压缩机填函、活塞环、易熔塞、气阀弹簧、压缩机主进气阀、加气枪单向阀、减压阀等以及管网过滤器、压缩机的级间分离器、机后除油过滤器、脱水装置前、后过滤器、再生系统气液分离器等。调研中发现国产易损件的安全可靠性及使用寿命有待进一步提升。这些配件虽价格较低,但对安全性影响很大,应引起高度重视。

2. 气质问题

通过走访CNG汽车驾驶员、公交公司、气瓶检测站等发现,许多气瓶报废是由于内腐蚀,积水、杂

质沉积及脱硫不净导致复杂的理化作用,使气瓶在瓶底或局部壁厚偏小或脆化^[4]。在加气站调研中还发现,由于脱水不净,当CNG节流制冷效应时,高压管线产生冰堵,导致压力升高,增加了安全隐患。一些加气站前置除尘装置除尘不净,使高压管线或阀门组件堵塞或失效,也是一大安全隐患。

3. 在线检测及报警系统

在线检测设备主要指在线水分析仪、在线H₂S检测仪。调研的加气站大多虽已配备,但很多没有完整的检测记录或记录不全,未坚持每天公布气质成分。调研还发现一些加气站报警系统(此指甲烷探测报警装置)年久失修或未配备。必须引起足够重视,这既是设备问题,更是管理问题。

4. 辅助电加热(保温)、降温及强制通风设备

由于净化设备循环再生过程中的节流制冷效应,在寒冷地区天然气中含有微量水分也会很快产生冰堵,从而导致整个管道压力急剧升高,形成安全隐患,因此管件或阀门应采用辅助电加热或保温设计;由于气体压力随温度变化有近似线性同比增长的关系,故温度升高,压力会迅速增加,因此在高温高热地区,储气瓶组应有降温设施(如喷淋),这既提高了储气效率,又能保证储气瓶组的最高储气压力符合安全要求。

由于天然气的密度比空气小,机械爆炸(如压缩机机体爆裂、机件解体等)发生的几率极低,通常情况下,只要有足够的空间和良好的通风条件,就能避免恶性安全事故的发生。储气棚必须设置强制通风系统(储气井可不做此要求)。

5. 含油率问题

《车用压缩天然气》(GB 18047-2000)对气质总含硫量、H₂S质量分数和固体颗粒直径作了明确规定,但国家对含油量还没有相关标准。通过实地调研燃气汽车驾驶员、加气站、检测测试站等,发现含油率偏高是普遍问题。解决CNG气体带油问题的根本办法是采用无油润滑压缩机,因为压缩机组除油器只能过滤直径大于1 μm的油雾滴,不可能除尽气体中的全部油雾。

CNG专用压缩机在高压、高温、高转速和轻质气体条件下运行,限于国内现有技术和材料,采用无油润滑技术并非易事。国内压缩机仍多采用有油润滑,且油耗较高,并已对后续设备和汽车发动机造成损害。但有关加气站和燃气汽车的法规、标准中均未对天然气中的含油量指标做出限定。而压缩气体的过滤除油技术早已成熟,过滤设备安装、使用、维

护甚为方便,性价比令人满意。从维护消费者权益出发,应对CNG含油量立法树规,推广普及。

因此,对含油量的安全风险评价有待于进一步

研究。但一个可以定性的做法是参照《汽车加气站用天然气压缩机》(JB/T 10298-2001),根据表1之规定考察压缩机组的润滑油消耗量^[4]。

表1 不同驱动机功率匹配压缩机的润滑油消耗量表

驱动机功率 $P(\text{kW})$	$P < 55$	$55 \leq P < 90$	$90 \leq P < 160$	$160 \leq P < 250$
润滑油总消耗量(g/h)	50	70	105	150

6. 风险评价应从站内拓展到站外

站内因素包括设备安全、管理到位、制度落实、排放达标等。设备是导致安全事故的源头,管理是杜绝和减少事故的保障。而站外设备(如车用气瓶)是加气站安全的潜在风险,近几年国内加气站的恶性爆炸事故大多是由车用气瓶爆炸危及加气站安全。再如加气站所处地区的地方性安全标准及相应的安全管理政策环境等,也是评价时应当考虑的因素。

五、慎重选择储气型式

目前,国内加气站的储气型式主要有3种:储气瓶组、储气罐、地下储气井。从国内的技术研究及加气站的发展趋势可以看出,由于储气瓶组接头多,高压管线错综复杂,安装调试及检验相对繁琐,随着早期站点设备更新改造步伐加快,这种储气型式呈下降趋势。国家“十五”科技攻关项目“我国加气站设备技术水平评价、改进建议及应用推广分析”研究成果表明,国内的加气站现在大多选用储气罐和地下储气井,两者的市场占有率几乎相等。

由于地下储气井具有使用寿命长、占地面积小、省空间、防火间距小、检测周期长、且能节约一些辅助设施,故目前国内一些专家和加气站从业人员在加气站储气型式上首推地下储气井。笔者广泛的实地调研表明,地下储气井的安全隐患正日益显现,即固井问题一直解决不好,储气井套管时有窜动,排污问题也不是想象的那么完善和可靠,更值得关注的是地下储气井的检测问题始终没有解决。但与此形成比较的是,储气罐的广泛采用也面临新问题,尽管其外部腐蚀及应力损坏及裂纹可以通过外观检查及磁力探伤发现,但是其内部裂纹检测依然是个难题。

在国内目前尚未有其他更好的储气型式情况下,各加气站在储气型式的选择上还是应从实际出发,因地制宜。

笔者推荐的做法是:在用地紧张的繁华闹市应以地下储气井为主,但要随时注意检测储气井的外观,注意固井水泥是否有裂纹或松脱、储气井套管是

否有窜动。建议使用寿命年限定为12a(国家标准规定最大使用寿命25a);在用地不太紧张的较繁华地带或城郊结合部,推荐采用储气罐。除生产规模较小的加气站外,不推荐采用储气瓶组;更不能在同一个加气站采取多种储气型式混合储气的方式。

在进行加气站风险评价时,不能先入为主,应根据加气站所处地理环境及生产规模,以受评加气站现有储气型式为基础,参照对应的评价指标体系,对照评价标准与不同储气型式失效和缺陷的不同表现表征,结合目测进行具体判定。

六、结 论

加气站设备安全风险评价涉及环境工程学、机械学、电子学、技术经济学等多门学科,所需数据量大面广,数据采集和处理及评价是个庞杂的系统工程。在加气站设备安全风险评价时,应在评价指标体系及评价标准基础上,重点关注和考察爆炸危险区域划分、关键系统及关键设备、主要易损件的安全性及使用寿命、气质、在线检测及报警系统、辅助电加热(保温)、降温及强制通风设备、含油率及站外因素,并针对不同储气型式,以保证评价结果客观公正。

参 考 文 献

- [1] 何太碧,黄海波,杨菡,等.CNG加气站设备安全风险评价指标体系[J].天然气工业,2007,27(4):118-119.
- [2] 黄海波,杨建军,李开国,等.CNG加气站设备失效与爆炸燃烧风险评价[J].西华大学学报:自然科学版,2005(4).
- [3] 朱清澄,黄海波,何太碧.CNG加气站几个安全技术问题[J].西华大学学报:自然科学版,2006(1):14-15.
- [4] 何太碧,黄海波,张浩,等.CNG汽车加气站国产设备使用情况研究[J].天然气工业,2006,26(8):144-145;2006,26(9):138-140.

(修改回稿日期 2008-09-28 编辑 赵 勤)