

空气压缩机储气罐安全使用问题分析

刘志朋

(烟台市特种设备检验研究院 山东 烟台 265400)

摘要: 空气压缩机储气罐的选材与设计、疲劳开裂检查,已成为不同化工企业安全生产所面临的主要问题之一。针对空气压缩机储气罐的不同使用工况,通过采取金属磁记忆检测、金相检测等技术,进行储气罐设计材质、裂纹开裂原因、安全使用问题的探究分析,并据此提出储气罐的安全使用管理规范、安全隐患预防与消除措施,为空气压缩机储气罐的本体设计、安装施工、安全检验与管理工作,提供安全使用管理借鉴。

关键词: 空气压缩机; 储气罐; 安全使用; 问题分析

0 引言

空气压缩机储气罐通常分为高压、常压、低压等储气罐类别,被安装于空气压缩机、压缩空气管网的设备之间,广泛应用于化工生产、煤矿开采、医药包装等领域,去除压缩空气中的杂质、起到净化作用,以及维持压缩空气供气量、需气量之间的平衡。基于此,针对空气压缩机储气罐的疲劳开裂、爆炸事故情况,提出进行罐体检测、安全隐患预防的措施,以实现储气罐安全使用的设备维护与管理。

1 空气压缩机储气罐本体的选材与设计

1.1 空气压缩机储气罐的选材

空气压缩机储气罐为重要的压力容器之一,其外部壳体常用的钢材材料,包括 16MnR 低合金钢、16MnDR 低温容器钢板、Q235-B 碳素结构钢等材料类别。这些钢材材料在空气压缩机储气罐制造中的使用,主要依照 GB 150-2011《钢制压力容器》的标准要求,进行多种钢材材料使用状态、温度范围的设置,如:16MnR 低合金钢的使用状态为热轧、正火,钢板使用的温度范围设定在 $-20\sim+470^{\circ}\text{C}$; 16MnDR 低温容器钢板的使用状态为正火,钢板使用的温度范围设定在 $-40\sim+350^{\circ}\text{C}$; Q235-B 碳素结构钢的使用状态为热轧,钢板使用的温度范围设定在 $0\sim350^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 空气压缩机储气罐的设计

空气压缩机储气罐作为特种压力容器设备,而这一空气压缩机储气罐的设计与管理工作,也会参照储气罐本身使用的操作压力,对储气罐壳体的材料强度、材料厚度、使用温度范围等进行设置。

如中小企业化工生产厂家的空气压缩机储气罐设

计,储气罐本体的材质为 Q235-B 碳素结构钢,内部直径为 1300mm、罐壁厚为 6mm 以上,内部承受设计压力为 1.15MPa。依照 GB 150-2011《钢制压力容器》的要求,对以上储气罐本体的材质、直径、壁厚等的设计参数进行分析后,发现该储气罐设计的壁厚、强度校核不符合 3 级安全级别的标准要求,存在重大的安全使用隐患,应作出罐体材质、结构形制、使用温度等的改进设计,以符合 1.15MPa 压力的安全运行要求,延长空气压缩机储气罐的使用寿命。

2 金属磁记忆检测技术、金相检测技术

2.1 金属磁记忆检测技术

金属磁记忆检测是以地磁场作为发射源的检测技术,主要根据铁性工件、磁性工件的外应力受力情况,进行空压机储气罐的应力受力、裂缝集中区域检测,得出储气罐的罐体裂缝、应力和变形隐患发展状况。因而使用金属应力集中检测仪,包括 ZSG、TSC 等的智能金属磁记忆检测仪,可检测不同铁磁性工件所受的地球磁场作用力、外部应力作用力,以及储气罐材料表面形成的漏磁场应力。相较于传统的超声波检测、射线检测、渗透性检测、涡流检测等方案而言,金属磁记忆检测可对空压机储气罐制作完成初期存在的应力集中情况、裂缝状况进行测试,得到的测量精度也更加准确。

如某锅炉厂家使用 TSC-2M-8 金属磁记忆检测仪,对其内部购置的多台空压机储气罐进行检测,针对空气储气罐的裂纹、裂缝、外壁焊缝区域进行局部裂缝长宽、磁场强度 HP 的磁记忆检测,将监测仪器的探头移动至空压机储气罐的支撑腿边缘处,经过多次的数据复验后,可确定空气储气罐裂纹、裂缝、焊缝区域的应力状况。

2.2 金相检测技术

金相检测技术也被称为金相检验,主要使用金相显微镜对低合金钢、合金结构钢、热轧普碳钢等钢材制作的储气罐,展开相关合金成分、组织和性能放大观察检验。首先对空气压缩机储气罐的裂纹位置区域,使用机械设备打磨抛光、使用 4% 硝酸酒精溶液侵蚀,使合金的内部组织结构得以显现。之后利用金相显微镜设备放大 2 倍、多倍观察裂纹的缺陷,发现空气压缩机储气罐的裂纹为珠光体、铁素体相结合的组织结构,裂纹的缺陷形貌为穿晶型。

3 空气压缩机储气罐的裂纹开裂、安全使用问题分析

3.1 空气压缩机储气罐的裂纹开裂问题

根据 GB 150-2011《钢制压力容器》的标准要求,某一化工厂家于 2015 年投入资金,购置了一批空气压缩机储气罐共计 4 台。该批空气压缩机储气罐本体的材质为 Q345R 容器钢板,内部直径为 900mm、罐壁厚为 16mm 以上,内部承受设计压力为 2.2MPa、使用压力为 1.8MPa,腐蚀裕度为 3.0mm,设计使用寿命为 15 年,存储的气体类型为空气、 N_2 和 CO_2 。

在 2018 年 1 月,对该批空气压缩机储气罐进行初次定检,从外部进行罐体裂纹、裂缝、应力集中情况的检验,得到的最终定检报告符合 3 级安全级别的要求。2021 年 1 月,对该批次的空气压缩机储气罐进行二次定检,发现储气罐支撑腿边缘的下封头开裂,裂纹面长度约为 100mm、宽度为 1~10mm 不等,裂纹沿储气罐呈横向走向,对裂纹缺陷进行先打磨、再补焊处理后,复检结果合格。2021 年 6 月,地方政府安全督查巡视小组对化工厂内的空气压缩机储气罐进行再次检验,发现在二次定检的同一位置又出现了裂纹开裂的问题,裂纹面长度约为 90mm,中间裂纹宽度较宽、两头宽度较窄,大多为 1~10mm 不等,发现问题后责令厂家暂停使用该设备,同时要求其及时查明原因、修补裂缝。

3.2 空气压缩机储气罐的安全使用问题

对于空气压缩机储气罐的安全使用,通常指派持有特种设备作业证的人员,包括操作人员、安全管理人员,进行储气罐压力容器的使用、维护管理。但现阶段空气压缩机储气罐的使用通常会遇到以下几方面的安全问题:

(1) 空压机储气罐所处区域的环境温度,高于其本身的工作温度,如储气罐安装于室外,且未作出恒温处理,则不能保证储气罐在安全的温度之内进行正常工作。

(2) 操作人员未对储气罐的工作状态进行控制,使其内部的使用温度、压力超出既定的设计温度、设计

压力。

(3) 空气压缩机的最大体积流量超出与之相连接的储气罐的安全阀泄放流量,且操作人员、安全管理人员未在中間加装压力释放装置。

(4) 空气压缩机未根据 GB/T 13277-91《一般用压缩空气品质等级》的要求,进行油润滑、除油及除水等的处理,使得进入储气罐的压缩空气品质较差。

(5) 空气压缩机、储气罐之间的安装距离过近(小于 2m),且采用硬管连接时没有设置弯管作为缓冲,使得储气罐在长时间工作的情况下,出现进气管、下部支座等部位的裂纹裂缝问题。

(6) 空压机储气罐内的压缩空气温度一旦超过罐体设定的设计温度,则将导致压缩机内的积碳问题。特别针对使用往复式压缩机、储气罐等的配套装置情况,若没有在二者之间安装油分离器、水冷冷却器,那么在储气罐内的压缩空气温度很难得到控制,产生的积碳问题也不能及时得到控制与去除。

4 空气压缩机储气罐的安全使用管理规范、安全隐患预防措施研究

4.1 空气压缩机储气罐裂纹裂缝的原因探讨

在不同厂区中使用的空气压缩机储气罐,通常用于存储空气、 N_2 和 CO_2 等气体类型,因而对于储气罐采购的材质、设计要求的控制一般较低,这也是储气罐裂纹、裂缝产生的主要原因之一。其中,中小企业采购的特种储气罐设备,一般设计压力范围为 1.0~3.0MPa,可能在使用过程中由于压力过大,而发生储气罐破裂、爆炸等安全隐患问题。

如以上化工厂家购置的空气压缩机储气罐,在长时间使用过程中,储气罐罐体的支撑腿、边缘下封头母材等部位出现裂纹,经过金属磁记忆检测、金相检测后发现,裂纹部位为珠光体、铁素体相结合的组织结构,且存在应力高度集中的情况。在现场巡视小组完成巡视后,安全管理人员对现场进一步检查,了解到该储气罐上连接有 2 台空气压缩机,其中 1 台空气压缩机通过使用排气管与储气罐的进气管路法兰形成连接,另 1 台空气压缩机则直接与储气罐的进气管路法兰形成连接,进气管路的连接长度为 500mm,连接部位呈 90° 直角。

由于在第二周期内,进行空气压缩机储气罐的二次定检后,对裂纹缺陷作出先打磨、再补焊的修复操作,复检结果合格,但继续投入半年使用后,发现储气罐又出现裂纹、裂缝的问题,这表明补焊的焊接工艺、焊接程序符合要求,造成裂纹失效可能存在其他的原因。

经过对整个空气压缩机、储气罐之间的连接检查后得出:2台空气压缩机的水平排气管,在气体流动过程中对储气罐形成侧向推动力,引起储气罐左右方向的振动,导致储气罐罐体的支撑腿、边缘下封头母材由于巨大的应力作用产生振动疲劳,长此以往出现开裂裂纹、腐蚀的问题,因此合理调整管路结构、消除管线振动,才能避免开裂。

4.2 空气压缩机储气罐安全使用的管理规范

为保证空气压缩机储气罐的安全使用,不同企业单位需构建起严格的、完善的安全使用管理制度,并聘请持有特种设备作业证的人员,包括操作人员、安全管理人员,进行储气罐压力容器的使用、维护管理。通常需要建立以下几方面的储气罐安全使用工作规范:

(1)持证上岗的安全操作人员,应按照相关规章制度的规定,进行储气罐运行前的设备检查、启动管理、日常维护保养,准确填写巡检时储气罐设备的运行记录。

(2)明确制定空气压缩机储气罐的操作规范,包括使用准备、设备启动、运行看管、工作暂停等阶段的操作执行要领,对储气罐的温控器、压力表和安全阀等安全附件作出定期的检验和校验操作。

(3)严禁对购置的空气压缩机储气罐作改装操作,在空气压缩机、储气罐之间的连接过程中,应严格按照设备的设计与安装要求,设置合适的排气管、压气管、球阀或逆止阀,应尽量减少使用异径管,避免管道弯曲连接,以降低管线由于巨大应力而产生的储气罐振动疲劳、裂纹裂缝现象。对于已产生剧烈振动的管道,需要判断引起振动的原因,并在空气压缩机与储气罐连接处,增加缓冲器、适当加大缓冲器容积,改变空压机排气管、储气罐的拐弯管线连接,减少由于气流脉动压力带来的管道强烈振动问题。

4.3 空气压缩机储气罐超压、积碳等安全隐患的预防措施

空气压缩机储气罐在开始工作前,需要在通向储气罐的进口管道处安装设置压力表、减压阀、安全阀等调节器。首先,依据 TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》、TSG R0003-2016《简单压力容器安全技术监察规程》的标准要求,在储气罐的进口管道上,装设压力表、减压阀、安全阀或爆破片等安全组件,压力表、安全阀应安装于减压阀的低压侧,对储气罐内气体额定压力进行调节。一旦安全阀、压力调节器等装置

出现故障,则不能及时有效限制储气罐是进口管道气压力,因此,安全操作人员必须对压力表、压力调节器、安全阀等装置,作出准确的调试、定期的校验,以保证其操作的灵活可靠性。

其次,在储气罐积碳的安全隐患预防方面,要合理选用气缸润滑油、油分离器、水冷冷却器等装置,进行储气罐的排气温度控制、积碳结垢处理,及时对空气压缩机曲轴箱的漏入机油、冷却器管壁的积垢作出清除,加强储气罐内气阀、管路的检修,并在运行温度过高时自动切断电源,才能有效防止与避免储气罐的积碳问题。

5 结语

由于储气罐本身材质、特殊结构等的特殊性,在具体使用过程中,其本身很容易发生疲劳开裂、爆炸事故的问题。因此,在空气压缩机储气罐罐体的结构设计、安全使用过程中,通常依据 GB 150-1998《钢制压力容器》、TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》和 TSG R0003-2016《简单压力容器安全技术监察规程》的标准要求,进行压力储气罐的本体设计、制造与安装、安全使用、检验与维护,对存在的应力集中、裂缝、爆炸等的状况做测试管理,以保证空气压缩机储气罐的正常运转。

参考文献:

- [1] 张杨. 高压储气罐的有限元分析设计 [J]. 石油和化工设备, 2017(08): 22-26.
- [2] 孟大润. 德国化工园区发生爆炸事故 [J]. 中国石油和化工, 2021(08): 54-55.
- [3] 王云. 分析煤矿爆炸事故及救援技术 [J]. 当代化工研究, 2020(07): 108-109.
- [4] 李晶晶, 库宇心, 邹家皓. 引发工厂爆炸事故的原因及其防治对策 [J]. 化工管理, 2020(13): 132-133.
- [5] 郭建平. 煤矿爆炸事故及救援技术分析 [J]. 当代化工研究, 2021(07): 163-164.
- [6] 赵梦竹. 3起危险化学品爆炸事故的风险管理启示 [J]. 安全、健康和环境, 2021(06): 10-12.

作者简介: 刘志朋(1983-), 男, 汉族, 山东烟台人, 本科, 研究方向: 设备安全管理。