

压力管道检验中存在问题刍议

孟德国

(滨化集团股份有限公司, 山东 滨州 256600)

摘要:本文为解决压力管道多输送高压、高温、易燃、易爆、有毒、有腐蚀性介质,且涉及的工业流程复杂,生产环境严苛,而引起的灾难事故,本文以某公司高压空气管道的定期检验为例,对检验过程要点及超标缺陷进行研究,提出管道宏观检测以及管道焊缝无损检测等措施,以期相关工程提供参考。

关键词:压力管道;检验;问题

中图分类号:TH49

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)31-0198-02

随着我国经济水平及工业化程度的不断提升,压力管道在生产制造各领域的地位越来越重要。根据国家市场监督管理总局相关统计,截至2019年年底全国压力管道总长度达56.13万km,因此,压力管道被称为“工业动脉”。然而,由于压力管道多输送高压、高温、易燃、易爆、有毒、有腐蚀性介质,且涉及的工业流程复杂,生产环境严苛,一旦发生泄漏或爆炸则可能导致灾难事故的发生。因此,如何在管道定期检验过程中把握检验重点,如何科学处理严重焊接缺陷值得广泛研究。

1 检验情况介绍

本次检验对象为高压空气管道,长度约为1200m,管道输送的压缩空气供应产业园区30余家单位使用。该管道级别为GC2,投入使用日期为2013年4月,管道资料有使用单位提供的《压力管道基本信息汇总表》及部分设计图纸,其他资料缺失,管道规格及使用参数如表1所示。

2 定期检验重点项目及要求

(1)管道整体宏观检验。宏观检验主要检验项目包括管道结构、几何尺寸、管道外观(例如裂纹、腐蚀、泄漏、变形等)以及焊接接头、防腐层、隔热层等。一般来说,管道定期检验前应先进行宏观检查,即通过检验人员视觉、嗅觉、触觉等对管道内外部进行整体检验(必要时利用内窥镜、放大镜或者其他辅助检测仪器设备、测量工具)。宏观检验重点对管道的布置情况、支吊架松动情况、管道支管的连接形式、焊缝质量宏观检验、管道外表面腐蚀磨损变形等进行检查。例如检验发现管道部分管段存在等径开孔连接且无补强结构,由于管道等径开孔需进行应力计算或者等面积补强,否则,影响管道使用强度及柔性,针对相应结构应由使用单位进行重点监控。

首次定期检验时应当检验管道结构和几何尺寸,再次定期检验时,仅对承受疲劳载荷的管道、经过改造或者重大修理的管道,重点进行结构和几何尺寸异常部位有无新生缺陷的检验。

(2)主要管件壁厚测定。主要管件壁厚测定是管道定期检验中使用较常见的一种手段,能对管道整体腐蚀及局部腐蚀情况作出判断。壁厚测定主要仪器为超声波测厚仪,精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$,测厚过程中应选用合适口径的探头,保证测厚点耦合良好。壁厚测定重点选取易受腐蚀、冲蚀,制造成型时壁厚减薄和使用过程中易产生变形、积液、磨损部位。例如,弯头背弯位置、异径管管径变化位置以及泵出口位置等。壁厚测定应当绘制测定点简图,图中应当标注测定点位置和记录测定的壁厚值。在检验中,发现管道壁厚有异常情况时,应当在壁厚异常部位附近增加测厚点,并且确定壁厚异常区域,必要时,可适当提高整条管道壁厚测定的抽查比例。本次高压空气管道级别为GC2,弯头(弯管)、三通和异径管壁厚测定抽查比例应大于或者等于20%。

(3)管道焊缝无损检测。在当前各类管道的定期检验过程中,采用的无损检测方法多为超声UT检测及射线RT检测,主要对管道连接焊缝内部缺陷进行检测,可发现未焊透、未熔合、条形及圆形缺陷等焊接质量问题。检验过程中的重点抽查部位为返修焊缝,错边量超过安装标准的焊缝,泄漏部位焊缝,安装时的固定焊缝以及泵、压缩机出口附近的焊缝、支吊架损坏部位附近的焊缝、异种钢焊缝、管道变形较大部位焊缝等。无损检测发现问题焊口时,应严格按照检验规范进行评级,必要时,对管道焊缝进行返修或进行合于使用评价。本次高压空气管道级别为GC2,管道焊接接头超声检测或射线检测抽查比例应为焊接接头数量的10%,且不少于2个。

(4)其他检验方法。定期检验过程中,根据现场实际情况还可以进行安全附件与仪表检验、材质分析、应力分析、金相检测等,从多方面对管道安全状况进行全面评价。

3 焊缝超标圆形缺陷(气孔)的合于使用评价

本次高压空气管道定期检验过程中发现超标圆形缺陷焊缝1道,气孔率约为4%,缺陷长径大于 $0.5t_e$,依据《压力管道定期

表1 管道规格及使用参数

管道介质	管子材料	主要规格	设计压力	工作压力	设计温度	工作温度	防腐层材料
压缩空气	20#	$\phi 159 \times 7.1\text{mm}$	4.0MPa	1.60MPa	110.0℃	常温	油漆

检验规则—工业管道(TSGD 7005—2018)》3.2.6 定为 4 级。该焊缝位于管道主管段上,如果停气返修则会对下游 30 余家企业的正常生产带来较大影响。因此,本次检验依据《在用含缺陷压力容器安全评定(GB/T 19624—2019)》附录 H: 压力管道直管段体积缺陷安全评定方法对该焊口缺陷的安全性进行评价。

(1) 缺陷参数。缺陷形式为圆形缺陷(气孔),缺陷轴向长度 8.0mm,环线长度为 8.0mm,最大高度为 0.4mm。按照《在用含缺陷压力容器安全评定(GB/T 19624—2019)》附录 H.6.1.3 要求将缺陷进行规则化处理(如图 1 所示)。

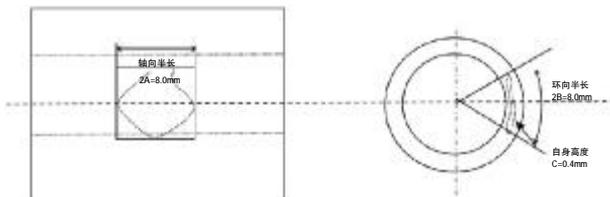


图 1 缺陷位置及规格

所以:

$$\text{缺陷相对轴向长度: } a=A/\sqrt{R_0 T}=4/\sqrt{79.5 \times 7.1}=0.17$$

$$\text{缺陷相对环向长度(相对外表面缺陷): } b=B/(\pi R_0)=4/(3.14 \times 79.5)=0.016$$

$$\text{相对深度: } c=C/T=0.4/7.1=0.056$$

$$\text{材料流变应力: } \bar{\sigma}=(\sigma_s+\sigma_b)/2=(245+410)/2=327.5$$

(2) 极限内压及塑形极限弯矩 M_{L0} 。无缺陷管道在纯内压下的塑性极限内压 P_{L0} 和纯弯矩下的塑形极限弯矩 M_{L0} 。

$$P_{L0}=\frac{2}{3}\bar{\sigma}\ln\frac{R_0}{R_i}=\frac{2}{3}\times 327.5 \times \ln 1.1=20.74\text{MPa}$$

$$M_{L0}=4\bar{\sigma}\frac{R_0^3-R_i^3}{3}=15.50\text{kN}\cdot\text{m}$$

含缺陷管道在纯内压和纯弯矩下的塑形极限载荷的确定:

$$\text{纯内压下的塑性极限内压: } P_{L5}=p_{L5}\times P_{L0}$$

其中:

$$p_{L5}=0.95-(0.85+0.013a/b)A_e(0<a/b<60)$$

$$A_e=c(a_e+bc)^{1/3}=0.056 \times (a_e \times 0.016 + 0.056)^{1/3}$$

$$a_e=\min(3.0, a)=\min(3.0, 0.17)=0.17$$

故:

$$a_e=0.17, A_e=0.056 \times 0.0534=0.003$$

$$P_{L5}=0.95-(0.85+0.013 \times 10.625) \times 0.003=0.95$$

因此:

$$P_{L5}=p_{L5}\times P_{L0}=0.95 \times 15.50=14.73\text{MPa}$$

纯弯矩下的塑性极限弯矩:

$$M_{L5}=m_{L5}\times M_{L0}$$

其中:

$$m_{L5}=\begin{cases} \cos\left(\frac{c\pi b}{2}\right)-\frac{c\sin(\pi b)}{2} & (c < \frac{1-b}{b}) \\ (1-c)\sin\left[\frac{\pi(1-bc)}{2(1-c)}\right]+\frac{C\sin(\pi b)}{2} & (c \geq \frac{1-b}{b}) \end{cases}$$

由于:

$$0.056=c < \frac{1-b}{b}=61.5$$

故:

$$m_{L5}=\cos\left(\frac{c\pi b}{2}\right)-\frac{c\sin(\pi b)}{2}=\cos(0.0014)-0.028\sin(0.05)=0.998$$

因此:

$$M_{L5}=m_{L5}\times M_{L0}=0.998 \times 15.50=15.47\text{MPa}$$

又因为通过管道应力分析软件得出管道弯矩载荷 $M=0.48\text{kN}$ 。故:

$$\left(\frac{P}{P_{L5}}\right)^2+\left(\frac{M}{M_{L5}}\right)^2=0.012+0.001=0.013 \leq 0.44$$

因此,评价结果为可被接受。证明管道缺陷在监控条件下可安全运行。

4 结语

开展压力管道定期检验是针对在用压力管道进行安全隐患排查的重要手段之一,通过定期检验可以发现管道运行过程中的一些常见问题,也可以发现一些不可预见的安全隐患,因此,应根据管道特性及现场使用情况把握检验重点,制定检验方案。做好压力管道检验及监控工作,不仅能保证其运行稳定性,而且还能推动我国社会经济长远发展。因此,管道使用单位或安装单位必须秉持实事求是的工作原则,持续革新压力管道的检验技术,从根源上认识到开展压力管道材料检验的必要性及重要性,强化检验及监控的力度,持续提升检验及监控的工作效率,并且搭建完善的检验机制,突出检验标准的作用,以此保证压力管道检验质量水平的提升。同时,针对检验发现的问题应积极协助使用单位进行整改或严格按照规范要求进行合于使用评价,为管道的安全稳定运行奠定基础。

参考文献

- [1] 市场监管总局关于 2019 年全国特种设备安全状况的通告(2020 年第 7 号)[EB/OL].国家市场监督管理总局,2020-04-14.http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/tzsbj/202004/t20200416_314297.html.
- [2] 王庆云.压力管道全面检验中的一些问题及建议[J].工艺设计改造及检测维修,2017(24):72,75.
- [3] 刘孝峰,李长亮,李海涵.对在用压力管道检验中存在问题的探讨[J].科技信息,2010(15):831.
- [4] 李华萍.压力管道检验的相关问题分析[J].科技资讯,2016,3(24):50.
- [5] 郑韶锋.压力管道检验缺陷分析及防止措施[J].科技与企业,2016,3(13):237.
- [6] 路建雷.在用压力管道检验中存在问题的探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2016,3(12):16.
- [7] 李茂东,吴文栋,辛明亮,等.非金属压力管道元件标准体系现状分析与对策[J].中国塑料,2018,32(10):123-131.
- [8] 吕民.压力管道检验存在问题及改善措施[J].化工设计通讯,2020,46(4):80-81.
- [9] 曾敏超.压力管道检验中存在的问题及改善措施探究[J].化工管理,2020(2):117-119.
- [10] 陈平林.压力管道检验存在问题及改善措施探讨[J].中国标准化,2018(8):195-197.

收稿日期:2021-07-01

作者简介:孟德国(1988—),男,汉族,山东滨州人,本科,助理工程师,主要从事特种设备管理工作。