

气瓶对接焊缝 X 射线实时成像检测

1 范围

- 1.1 本标准为气瓶对接焊缝 X 射线实时成像无损检测标准。
- 1.2 本标准适用于母材厚度为 2.0~20.0mm 的钢及有色金属材料制成的气瓶对接焊缝无损检测。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB4792—1984 放射卫生防护基本标准

JB4730—1994 压力容器无损检测

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 实时成像

图像的采集速度达到 25 帧/秒(PAL 制式)或 30 帧/秒(NTSC 制式),即视为实时成像。

3.2 图像处理

检测信号经计算机数字化后按一定的格式储存在计算机内,利用数字图像处理技术将图像对比度和清晰度进行增强,以获得较好的图像质量。

3.3 灰度级

图像黑白的程度用灰度来表述。本标准将图像中黑白的变化范围定义为 8bit 即 256 灰度级。

3.4 图像分辨率

显示器屏幕图像可识别线条分离的最小间距,单位是线对每毫米(LP/mm)。

3.5 图像不清晰度

与图像清晰程度相对应的物理量。一个边界明显而敏锐的器件成像后,其边界的影像会变得模糊,模糊区域的宽度即为图像不清晰度,单位是毫米(mm)。

4 人员要求

4.1 从事 X 射线实时成像检测的人员,应进行本检测方法的技术培训,并按照“锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则”及有关规定进行考核,取得相应等级资格后方可进行相应的工作。

4.2 检测人员应了解与本检测技术有关的计算机基础知识和掌握计算机的基本操作方法。

4.3 图像评定人员应能辨别距离为 400mm 远的一组高为 0.5mm、间距为 0.5mm 的印刷字母。

4.4 图像评定人员在评定前应进行显示屏视觉适应能力的训练。

5 X 射线实时成像系统

5.1 X 射线实时成像系统的组成

X 射线实时成像系统主要由 X 射线机、X 射线图像增强器、光学镜头、电视摄像机、计算机系统、图像采集单元、图像显示器和图像储存单元及检测工装等设备组成。

5.2 X 射线机

宜采用恒压式小焦点连续检测 X 射线机。当额定电压小于、等于 320kV 时,焦点尺寸应小于、等于 0.6mm×0.6mm;当额定电压小于、等于 160kV 时,焦点尺寸应小于、等于 0.4mm×0.4mm。X 射线的能量应能适应被检焊缝厚度的要求,并有一定的穿透能力储备。

5.3 图像增强器

图像增强器输入屏直径不小于 150mm,分辨率不小于 3.6LP/mm。

5.4 电视摄像机

可选用光电耦合器件(CCD)或电子管线路摄像机,采集分辨不小于 800×600 像素。

5.5 计算机系统

5.5.1 计算机基本配置

主板:具有 PCI 总线,并应有一定数量的插槽,便于安装显示卡、图形加速卡、图像采集卡、网卡。

中央处理器(CPU):Pentium 166MMX。

内存:32MB。

显示卡:平面图形加速卡。

图像采集卡:采集分辨率 768×576 像素。

硬盘:2.0GB。

显示器:显示器屏幕尺寸 380mm,点距 0.25mm,逐行扫描,显示分辨率 1024×768 像素。

另配:光盘驱动器、1.44MB 软盘驱动器和鼠标。

图像储存媒体:光盘或数码磁带。

图像转录器件:光盘刻录机或数码磁带机。

5.5.2 软件基本配置

在 DOS 或 Windows 中文操作系统下,支持图像处理和图像辅助评定程序运行;图像存储文件格式应尽可能采用通用、标准格式。

5.6 系统分辨率

X 射线实时成像系统分辨率应大于、等于 1.4LP/mm,系统分辨率检测方法见附录 A(标准的附录)。系统分辨率应定期测试。

5.7 检测工装

检测工装应至少具备一个自由度,并应具有较高的运转精度。

6 检测环境

操作室室温:10~28℃;相对湿度:≤80%;射线卫生防护条件应符合 GB4792 的要求。

X 射线检测室室温:5~35℃;相对湿度:≤85%。

室内电源应有专用地线,地线电阻小于等于 0.3Ω。

7 图像处理

对采集的图像数据可选用以下方法进行处理,以优化图像质量:

a)连续帧叠加;b)灰度增强;c)边界锐化;d)平滑强度;e)其他。

任何处理方法不得改变采集的原始数据。

8 图像质量

8.1 像质指数 图像像质指数应达到 JB4730—1994 表 5-3 中 AB 级的要求。

8.1.1 像质计的选用

线型像质计金属丝的材料应与被检测气瓶的材料相一致,像质计按 JB4730—1994 中表 5-2 的规定选用。

8.1.2 像质计的放置

线型像质计宜放在靠近射线源一侧的气瓶焊缝表面上,金属丝应横跨焊缝并与焊缝方向垂直。当射线源一侧无法放置像质计时,也可放在靠近图像增强器一侧的焊缝表面上,但像质计指数应提高一级;或通过对比试验,使实际像质指数达到规定的要求。当像质计放在靠近图像增强器一侧焊缝表面时,应附加“F”标记以示区别。

8.1.3 连续检测时像质计的放置

连续检测时,在成像工艺条件不变的情况下,每条焊缝应至少放置一只像质计。如其中的一幅图像有完整的像质计影像,则该幅图像的像质指数可代表同一条焊缝其他幅图像的像质指数。

8.1.4 像质计的识别

在图像焊缝位置上直接观察像质计的影像,如在焊缝位置上能清楚地看到像质计金属丝影像,则测认为像质计是可以识别的。

8.2 图像分辨率

8.2.1 图像有效评定区域内的分辨率

图像有效评定区域内的分辨率应达到表 1 的规定。

表 1 图像有效评定区域内要求达到的分辨率

透照厚度, mm	图象分辨率, LP/mm
<6	≥2.2
6~25	≥1.8
>25	≥1.6

8.2.2 图像分辨率的校验

每连续检测 10 只同型号的气瓶,应至少校验一次图像分辨率。

8.3 图像灰度

图像有效评定区域内的灰度范围应控制在 80~230 级。

8.3.1 图像灰度的校验

每连续检测 10 只同型号的气瓶,应至少校验一次图像灰度。

8.4 图像评定的时机

图像质量满足规定的要求后,方可进行焊缝缺陷等级评定。

9 成像技术

9.1 X 射线能量的选择

9.1.1 透照不同厚度材料时允许使用的最高 X 射线管电压,按 JB4730—1994 中图 5-6 的规定选择。

9.1.2 有色金属材料 X 射线透照等效系数

有色金属材料的 X 射线透照等效系数,见 JB4730—1994 中的表 5-1。

9.2 图像放大

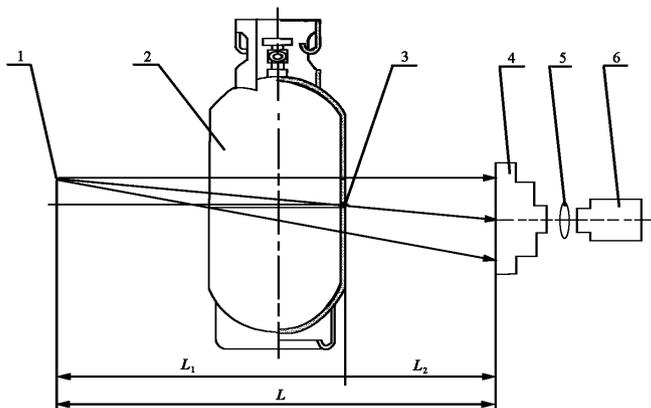
由于检测气瓶不可能紧贴在图像增强器输入屏的表面上,根据 X 射线机、气瓶和图像增强器三者之间相

互位置,检测图像是放大的,如图 1 所示。放大倍数 M 为:

$$M = \frac{L}{L_1} = 1 + \frac{L_2}{L_1} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: L ——X 射线管焦点至图像增强器输入屏表面的距离,mm;

L_1 ——X 射线管焦点至被检焊缝表面的距离,mm;



1—X射线管焦点; 2—气瓶; 3—被检测焊缝; 4—图像增强器; 5—光学镜头; 6—摄像机

图 1 X 射线源、气瓶、图像增强器相互位置图

L_2 ——被检焊缝表面至图像增强器输入屏表面的距离,mm。

9.3 图像不清晰度

图像放大后的不清晰度 U 为:

$$U = \frac{U_o}{M} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: U_o ——图像放大前的不清晰度。

图像放大后的不清晰度测试方法见附录 A。

9.4 图像放大前的不清晰度

在一定的检测条件下,图像放大前的不清晰度由 X 射线实时成像系统的固有不清晰度 U_s 和几何不清晰度 U_g 按(3)式确定:

$$U_o = (U_s^3 + U_g^3)^{1/3} \quad \dots\dots\dots (3)$$

X 射线实时成像系统固有不清晰度的测试方法见附录 A。

9.5 几何不清晰度

几何不清晰度 U_g 与放大倍数 M 之间的关系是:

$$U_g = \frac{d \times L_2}{L_1} = d(M-1) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: d ——X 射线管的焦点尺寸,mm。

9.6 图像检测的最佳放大倍数

随着放大倍数的增大,几何不清晰度也随之增大,根据 X 射线实时成像系统的固有不清晰度 U_s 与 X 射线机焦点尺寸 d 之间的关系,确定图像检测的最佳放大倍数 M_{opt} :

$$M_{opt} = 1 + \left(\frac{U_s}{d} \right)^{3/2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

9.7 可检测出的最小缺陷尺寸

在一定的条件下,图像可检测出的最小缺陷尺寸 d_{min} 为:

$$d_{min} = \frac{U_s}{M^{3/4}} \dots\dots\dots (6)$$

9.8 图像储存

检测的图像储存在计算机内,并可转储存到光盘等保存媒体中。

9.9 图像的显示方式

图像在显示屏上可以正像或负像的方式显示;也可以黑白或彩色的方式显示。

10 工艺评定

10.1 通过工艺试验与评定,确定能满足图像质量要求的工艺参数,详见附录 C(标准的附录)。

10.2 工艺条件改变后,应重新进行工艺评定。

11 检测方法

11.1 透照方式

气瓶焊缝的透照方式可采用纵缝透照、环缝外照、环缝内照、双壁单影透照方式。采用双壁单透照方式,当图像放大倍数 $M \leq 2$ 时,宜以靠近图像增强器一侧焊缝为检测焊缝;当图像放大倍数 $M > 2$ 时,宜以靠近射线源一侧的焊缝为检测焊缝。但不论何透照方式,气瓶表面与图像增强器输入屏表面之间保持一定的距离,以保护图像增强器不致损坏。

11.2 焊缝透照厚度比

焊缝的透照厚度比 K 按式(7)确定。环缝的 K 值不大于 1.1,纵缝的 K 值不大于 1.03。焊缝透照厚度比为:

$$K = T''/T \dots\dots\dots (7)$$

式中: T ——母材厚度,mm。

T'' ——射线束斜向最大透照厚度,mm。

11.3 透照厚度

透照厚度按 JB4730—1994 中的附录 C“对接焊缝透照厚度”确定。

11.4 检测长度的测量

11.4.1 实际检测长度

图像实际检测长度可由计算机程序测量得出。图像检测长度的校验以与被检焊缝同时成像的铅质标尺为准,标尺的结构见附录 B(标准的附录)。

11.4.2 有效检测长度

有效检测长度应小于实际检测长度,其差值应大于等于 5mm。

11.5 图像幅数

11.5.1 焊缝连续检测时,一条焊缝内检测图像的幅数 N 为:

$$N = \frac{\text{一条焊缝长度}}{\text{一幅图像的有效检测长度}} \dots\dots\dots (8)$$

图像幅数 N 应取大于、等于上式计算值的整数。

11.5.2 一条焊缝内多幅检测图像的编号应连续,可用计算机程序自动编号。

11.5.3 连续检测时,如一条焊缝内的第一幅图像有完整的铅字编号影像,则其他幅图像的铅字影像可省略。

11.6 无用射线和散射线的屏蔽

无用射线和散射线应屏蔽:

- a) 用铅质窗口限制主射线束的面积;
- b) 用密度较高的材料做滤板, 减弱低能散射线。

12 图像观察

在光线柔和的环境下观察检测图像。图像显示器屏幕应清洁、无明显的光线反射, 观察距离为 300~500mm。

13 图像评定

13.1 计算机辅助评定

可用计算机程序进行图像质量和焊缝缺陷的评定。焊缝缺陷性质的确定应以取得相应资格的无损检测人员为准, 焊缝缺陷的测长、评级可由计算机辅助评定。

13.2 图像灰度的测量

用计算机程序测量图像灰度级别。

13.3 焊缝缺陷尺寸的测量

用计算机程序测量焊缝缺陷尺寸。

13.3.1 图像评定尺的标定

将铅质标尺(见附录 B)紧贴在被检焊缝的一侧与焊缝同时成像, 用计算机程序多次测量图像上铅质标尺的尺寸, 当测量结果趋近于某一定值时, 则表示标定结果已被确认。气瓶型号和检测工艺改变后, 应重新进行标定。

13.3.2 测量误差

图像尺寸的测量误差应小于或等于 0.5mm。

14 焊缝缺陷等级评定

焊缝缺陷等级评定按照 JB4730—1994 第二篇第 6 章中有关“焊缝缺陷等级评定”的内容进行。

15 检测报告及图像保存

15.1 检测报告

检测报告的主要内容应包括: 产品名称、型号、编号、材质、母材厚度、检测装置型号、检测部位、透照方法、工艺参数、图像质量、缺陷名称、评定等级、返修情况和检测日期等。

检测报告必须有操作人员和评定人员的签名并注明其资格级别。

15.2 图像备份与保存

检测图像宜备份两份, 保存 7 年以上, 相应的原始记录和检测报告也应同期保存。在有效保存期内, 图像数据不得丢失。

15.2.1 保存环境

保存检测图像的光盘或数码磁带应防磁、防潮、防尘、防挤压、防划伤。

16 射线防护

射线防护应符合 GB4792 的有关规定。

17 工艺文件

为了有助于对 X 射线实时成像检测的结果作出正确解释, 应随同检测结果提供所采用技术的详细资料, 这些资料包括以下内容:

- a) 适用范围; b) 检测依据; c) 人员要求; d) 设备条件; e) 工件要求; f) 技术要求; g) 透照方法; h) 检测参数;
- i) 图像评定; j) 记录报告; k) 安全管理; l) 其他必要内容。

附录 A
(标准的附录)

图像分辨率和图像不清晰度的测试方法

A1 概述

用图像测试卡测试 X 射线实时成像系统和检测图像的分辨率和不清晰度。

A2 图像测试卡的结构

A2.1 铅质栅条与线对

在一定宽度内,均匀地排列着若干条宽度相等、厚度为 0.1~0.2mm 的铅质栅条,栅条的间距等于栅条的宽度。一条栅条和与它相邻的一个间距构成一个线对,线对用 LP 表示。

A2.2 毫米线对

1mm 宽度内排列的线对数称为毫米线对,用 LP/mm 表示。

A2.3 线对组

5mm 宽度内均匀的排列着若干个相同的线对,构成一组线对。

A2.4 测试卡的构成

在一定宽度内,均匀地排列着 7 组线对组,相邻两组的距离为 3mm;7 组线对数排列顺序为 1.2LP/mm、1.4LP/mm、1.6LP/mm、1.8LP/mm、2.0LP/mm、2.2LP/mm、2.4LP/mm。

A2.5 栅条的构成

A2.5.1 栅条的长度 $l=20\text{mm}$ 。

A2.5.2 栅条的宽度 a 按下式计算:

$$a = \frac{1}{2} \times \frac{1}{p} \dots\dots\dots (A1)$$

式中: a ——栅条宽度,mm;

p ——对数,LP/mm。

A2.5.3 栅条数目 n 按下式计算:

$$n = 5p + 1 \dots\dots\dots (A2)$$

A2.5.4 栅条的间距 b 等于栅条宽度 a 。

A2.6 图像测试卡的结构和对应关系

图像测试卡的结构和对应关系见表 A1。

表 A1 图像测试卡的结构和对应关系

线对数编号 t	栅条宽度 a mm	栅条间距 b mm	栅条数目 n 条	分辨率 p LP/mm
1.2	0.416	0.416	7	1.2
1.4	0.357	0.357	8	1.4
1.6	0.313	0.313	9	1.6
1.8	0.277	0.277	10	1.8
2.0	0.250	0.250	11	2.0
2.2	0.227	0.227	12	2.2
2.4	0.208	0.208	13	2.4

A2.7 在每组线对栅条的上方标注线对数的铅字标记,在栅条的下方标注标准代号和线对单位的铅字标记。

A2.8 各组线对的栅条紧夹在两块厚度为 1mm 的有机玻璃板之间。

A3 X 射线实时成像系统的分辨率和系统固有不清晰度的测试方法

A3.1 测试方法

将图像测试卡紧贴在图像增强器输入屏表面中心区域,线对栅条与水平位置垂直,按如下工艺条件进行透照,并在显示屏上成像:

a) X 射线管的焦点至图像增强器输入屏表面的距离不小于 700mm;

b) 管电压不大于 40kV;

c) 管电流不大于 2.0mA;

d) 图像对比度适中。

A3.2 X 射线实时成像系统分辨率的确定

在显示屏上观察测试卡的影像,观察到栅条刚好分离的一组线对,则该组线对所对应的分辨率即为系统分辨率。

A3.3 系统固有不清晰度的确定

在显示屏上观察测试卡的影像,观察到栅条刚好重合的一组线对,则该组线对所对应的栅条间距即为系统固有不清晰度。

A4 图像分辨率和不清晰度的测试方法

A4.1 测试方法

将图像测试卡紧贴在被检焊缝的表面上,线对栅条与焊缝垂直,并与焊缝同时成像。

A4.2 图像分辨率的确定

在显示屏上观察测试卡的影像,观察到栅条刚好分离的一组线对,则该组线对所对应的分辨率即为图像分辨率。

A4.3 图像不清晰度的确定

在显示屏上观察测试卡的影像,观察到栅条刚好重合的一组线对,则该组线对所对应的栅条间距即为图像不清晰度。

附录 B

(标准的附录)

铅质标尺

B1 结构

用厚度为 0.1~0.2mm 的铅条制成长度为 170mm、宽度为 25mm 的铅质标尺,标尺的刻度范围为 0~150mm,两端 50mm 范围内的最小刻度为 1mm,中间 50mm 范围内的最小刻度为 0.5mm;在标尺刻度的上方标注厘米数,在标尺的下方标注计量单位。

铅质标尺紧夹在两层软质包装条之间。

B2 使用方法

将铅质标尺紧贴在被检焊缝上,与被检焊缝同时成像。

附录 C

(标准的附录)

工艺评定

C1 工艺评定

在 X 射线实时成像检测技术使用之前,或在检测气瓶型号、工艺因素、检测设备改变之后,均应进行工艺评定。

C2 工艺因素

X 射线实时成像检测的主要工艺因素有: X 射线管电压、J 射线管电流、成像距离、放大倍数、散射屏屏蔽、低能射线的吸收、图像帧叠加频次。

C3 工艺评定的结果

C3.1 工艺评定的结果应能满足图像质量的要求。

C3.2 工艺评定文件应经单位技术负责人批准,并存入技术档案。