

无损检测标准

应用

手册

DESTRUCTIVE

(下册)

TESTING

PRACTICAL HANDBOOK OF NON-DESTRUCTIVE TESTING STANDARDS

云南科技出版社

目 录

无损检测 表面检查的金相复制件技术(GB/T 17455—1998)	(680)
X 射线计算机断层摄影装置影像质量保证检测规范(GB/T 17589—1998)	(682)
气瓶对接焊缝 X 射线实时成像检测(GB 17925—1999)	(686)
贵金属首饰含量的无损检测方法 X 射线荧光光谱法(GB/T 18043—2000)	(694)
金属压力容器声发射检测及结果评价方法(GB/T 18182—2000)	(696)
焊接钢管(埋弧焊除外)用于确认水压密实性的超声波检测方法(GB/T 18256—2000)...	(704)
滑动轴承 多层金属滑动轴承结合强度的超声波无损检验(GB/T 18329.1—2001)	(707)
无损检测 超声检验 探头及其声场的表征(GB/T 18694—2002)	(713)
无损检测 渗透检验 标准试块(GB/T 18851—2002)	(724)
汽轮机、汽轮发电机转子和主轴锻件超声波探伤方法(JB/T 1581—1996)	(727)
汽轮机叶轮锻件超声波探伤方法(JB/T 1582—1996)	(734)
液浸式超声纵波直射探伤方法(JB/T 4008—1999)	(738)
接触式超声纵波直射探伤方法(JB/T 4009—1999)	(741)
汽轮发电机用钢制护环超声探伤方法(JB/T 4010—1985)	(745)
压力容器无损检测(JB 4730—1994)	(748)
重型机械通用技术条件铸钢件无损探伤(JB/T 5000.14—1998)	(815)
重型机械通用技术条件锻钢件无损探伤(JB/T 5000.15—1998)	(840)
内燃机摩擦焊气门超声波探伤技术条件(JB/T 5093—1991)	(858)
铁路机车车辆滚动轴承零件磁粉探伤规程(JB/T 5391—1991)	(860)
压缩机球墨铸铁零件的超声波探伤(JB/T 5439—1991)	(869)
压缩机锻钢零件的超声波探伤(JB 5440—1991)	(875)
压缩机铸钢零件的超声波探伤(JB/T 5441—1991)	(881)
压缩机重要零件的磁粉探伤(JB/T 5442—1991)	(887)
工业 X 射线图像增强器电视系统技术条件(JB/T 5453—1991)	(893)
单通道声发射检测仪技术条件(JB/T 5754—1991)	(899)
金属电阻焊接头缺陷分类(JB/T 6043—1992)	(904)
焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级(JB/T 6061—1992)	(912)
焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级(JB/T 6062—1992)	(918)
磁粉探伤用磁粉 技术条件(JB/T 6063—1992)	(925)
渗透探伤用镀铬试块技术条件(JB/T 6064—1992)	(930)
磁粉探伤用标准试片(JB/T 6065—1992)	(932)

磁粉探伤用标准试块(JB/T 6066—1992)	(936)
阀门受压铸钢件磁粉探伤检验(JB/T 6439—1992)	(940)
阀门受压铸钢件射线照相检验(JB/T 6440—1992)	(945)
内燃机进、排气门磁粉探伤(JB/T 6719—1993)	(955)
内燃机连杆磁粉探伤(JB/T 6722—1993)	(957)
内燃机曲轴、凸轮轴磁粉探伤(JB/T 6729—1993)	(959)
周向 X 射线管技术条件(JB/T 6828—1993)	(962)
金属陶瓷 X 射线管技术条件(JB/T 6829—1993)	(967)
旋转磁场探伤仪技术条件(JB/T 6870—1993)	(972)
阀门铸钢件液体渗透检查方法(JB/T 6902—1993)	(978)
阀门锻钢件超声波检查方法(JB/T 6903—1993)	(984)
泵产品零件无损检测 磁粉探伤(JB/T 6912—1993)	(990)
在役高压气瓶声发射检测和评定方法(JB/T 6916—1993)	(997)
钎缝外观质量评定方法(JB/T 6966—1993)	(1001)
大中型钢质锻制模块 (超声波和夹杂物)质量分数(JB/T 6979—1993)	(1004)
空气分离设备铜焊缝射线照相和质量分级(JB/T 7260—1994)	(1008)
圆柱螺旋压缩弹簧磁粉探伤方法(JB/T 7367—1994)	(1015)
试验机术语 无损检测仪器(JB/T 7406.2—1994)	(1019)
电磁轭探伤仪技术条件(JB/T 7411—1994)	(1045)
固定式(移动式)工业 X 射线探伤机(JB/T 7412—1994)	(1050)
便携式工业 X 射线探伤机(JB/T 7413—1994)	(1060)
材料超声速度的测量方法(JB/T 7522—1994)	(1072)
渗透检验用材料技术要求(JB/T 7523—1994)	(1077)
建筑钢结构焊缝超声波探伤(JB/T 7524—1994)	(1085)
在役压力容器声发射检测评定方法(JB/T 7667—1995)	(1093)
500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则(JB/T 7788—1995)	(1098)
工业 X 射线探伤机主参数系列(JB/T 7808—1995)	(1101)
线型像质计(JB/T 7902—1999)	(1102)
工业射线照相底片观片灯(JB/T 7903—1999)	(1105)
内燃机 活塞销 磁粉探伤技术条件(JB/T 8118.3—1999)	(1108)
声发射检测仪器性能测试方法(JB/T 8283—1999)	(1110)
磁粉探伤机(JB/T 8290—1998)	(1116)
工业探伤 X 射线管主参数(JB/T 8387—1996)	(1121)
磁性和涡流式覆层厚度测量仪(JB/T 8393—1996)	(1122)

金属覆盖层 镍-磷合金镀层 X 射线衍射试验方法(JB/T 8426—1996)	(1127)
校正钢焊缝超声检测仪器用标准试块(JB/T 8428—1996)	(1132)
锻钢件液体渗透检验方法(JB/T 8466—1996)	(1133)
锻钢件超声波探伤方法(JB/T 8467—1996)	(1141)
锻钢件磁粉检验方法(JB/T 8468—1996)	(1145)
泵产品零件无损检测泵受铸钢件射线检测方法及底片的等级分类(JB/T 8543.1—1997)	(1152)
泵产品零件无损检测渗透检测(JB/T 8543.2—1997)	(1160)
工业探伤用 X 射线管通用技术条件(JB/T 8764—1998)	(1168)
堆焊层超声波探伤方法(JB/T 8931—1999)	(1176)
大型锻造曲轴的超声波检验(JB/T 9020—1999)	(1179)
离心机、分离机锻焊件常规无损探伤技术规范(JB/T 9095—1999)	(1182)
常压钢质油罐焊缝超声波探伤(JB/T 9212—1999)	(1188)
无损检测——渗透检查 A 型对比试块(JB/T 9213—1999)	(1193)
A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法(JB/T 9214—1999)	(1195)
控制射线照相图像质量的方法(JB/T 9215—1999)	(1203)
控制渗透探伤材料质量的方法(JB/T 9216—1999)	(1206)
射线照相探伤方法(JB/T 9217—1999)	(1208)
渗透探伤方法(JB/T 9218—1999)	(1219)
球墨铸铁 超声声速测定方法(JB/T 9219—1999)	(1226)
超声硬度计 技术条件(JB/T 9377—1999)	(1231)
内燃机 连杆螺栓磁粉探伤技术条件(JB/T 9743—1999)	(1237)
内燃机零、部件 磁粉探伤方法(JB/T 9744—1999)	(1240)
焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法(JG/T 3034.1—1996)	(1246)
螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤及质量分级法(JG/T 3034.2—1996)	(1255)
黑色金属电磁(涡流)分选检验方法(YB/T 127—1997)	(1264)
涡流探伤信号幅度误差测量方法(YB/T 143—1998)	(1268)
超声探伤信号幅度误差测量方法(YB/T 144—1998)	(1270)
钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法(YB/T 145—1998)	(1273)
钢轨超声波探伤方法(YB/T 951—1981)	(1277)
钢管自动超声探伤系统综合性能测试方法(YB/T 4082—2000)	(1280)
钢管自动涡流探伤系统综合性能测试方法(YB/T 4083—2000)	(1283)
炮弹用方钢(坯)超声波探伤方法(YB/T 4094—1993)	(1285)

GB/T 17455—1998

无损检测 表面检查的金相复制件技术

【主要内容】 本标准规定了用透明硝化纤维膜料(凡力水)、醋酸纤维素或塑料材料(带有或不带有框架)进行表面检查的复制技术,该技术记录机械或冶金原因使金属表面产生的不均匀性。

1 应用场合

本标准优点是适合某些难以检查的部位。而且,复制件能在现场用低倍光学装置或带到实验室在高倍金相显微镜下检查。

2 表面准备

2.1 清除油脂

应充分清洁表面、去除油脂并得到干燥。可采用合适的溶剂,就能方便地清除表面油脂,随后用丙酮清洁并且用热风干燥表面。

2.2 宏观准备

宏观准备适用于各类表面,包括因运行情况造成的破裂面。参照 2.1 方法,就可使表面清洁、去除油脂和干燥。

2.3 微观准备

2.3.1 这种检查目的在于显示出表面冶金状态。去除油脂后,表面应进行一系列很细的机械抛磨,这种抛磨后一次比前一次细。一般情况表面抛磨深度在 0.2mm 以内。许多情况下,抛磨深度是很浅的。进行抛磨操作时,不应产生过大的压力,以免过热而使金属加工硬化。用上下左右交叉形式依序逐次抛磨并在每次操作后用丙酮清洁表面。

2.3.2 上述机械抛磨后,需进行最后抛光。这种抛光可采用以下任何一种方法:

a. 用一种由海绵状材料包着的不锈钢电极浸在适当的电解液中进行电解的方法;

b. 在小电解槽内电解的方法;

c. 为产生符合要求的表面,可用金钢石研磨软膏、氧化铝或其他化合物进行机械抛光。

抛光完成后,表面先用水洗涤,然后用丙酮洗涤,再用热风干燥。表面准备的最后阶段是用适当的试剂进行适度浸蚀。浸蚀后,表面再一次用水和丙酮洗涤并干燥。

3 复制操作

要特别小心保证在尽可能干燥又去除所有灰尘的情况下进行复制操作。

3.1 膜料(凡力水)复制

膜料(凡力水)应是透明的并且以硝化纤维、醋酸纤维素或塑料为基本原料。应用前要特别注意不应搅动膜料,否则会形成气泡,对结果产生不利影响。膜料应该用橡胶或塑料制成的刮勺(见注),使膜料铺展在被检表面,形成一层厚度均匀的薄层,然后根据膜料(凡力水)制造单位的推荐说明进行干燥。

注:为避免复制件内形成残留气泡,膜料的施加不能用刷子之类工具。

3.2 膜片复制

3.2.1 在被检表面用合适溶剂润湿。然后把合适成分和尺寸以及最小厚度为 0.1mm 的膜片塑料材料不加压地施加于被检表面上。

3.2.2 操作时把塑料膜片中心部位放于接近被检表面的中央。这样有利于排除多余溶剂,而且能避免皱折和气泡的形成。为帮助

塑料膜片粘在金属表面,可用手指对塑料膜片施加些压力,压力应由中间向两边方向由内向外施加。

4 从表面剥离复制件

4.1 复制件应沿着一边尽可能平整地掀起剥离,剥离时要小心保证角度不超过 80° 。

4.2 应非常小心地保持平稳取下,应小心连续操作并且避免在工作时对复制件留下手指印。

5 复制件的安置和观察

5.1 复制件的观察应在反射光或直射光中

进行。用反射光观察时,复制件应固定在具有良好反射面的镜子或金属板上(例如用粘带方法),使含有印记的表面朝着显微镜的物镜。另一种是用真空沉积法,把铝或其他合适的金属沉积在不含印记的表面作为反射面。

5.2 用直射光观察时,把复制件作为一种幻灯片,安置在两块玻璃板之间,使复制件的图像投影在屏幕上。

注:为保证复制件不受损伤,应注意两点,一是安置时使复制件被拉伸变形,另一种是检查时由于光源过热而使复制件损坏。

GB/T 17589—1998

X 射线计算机断层摄影装置影像质量保证检测规范

【主要内容】 本标准规定了医用 X 射线计算机断层摄影装置(X-ray equipment for computed tomography,以下简称 CT 机)影像质量保证的检测项目与要求及其检测方法。

本标准适用于 CT 机的验收检测和使用中 CT 机的状态检测及稳定性检测。本标准不适用于 CT 机生产中的质量控制以及与 CT 机配套使用的影像硬拷贝系统。

【应用指要】 缺陷在焊接件中埋藏深度的测定,除一般常用的射源或工件平移作两次曝光成像的所谓射线照相视差法及立体照相法外,还有计算机辅助层析照相法(CAT 或 CT 法)。CT 法在医学界应用要比工业应用历史长得多。

在工业上,CT 技术已用于大型固体燃料火箭发动机、现场管道支管、武器弹药及多股电线等试件的断面检查,焊缝缺陷测深定位的应用报告尚不多见。

本标准规定的是医用 X 射线 CT 成像系统技术特性验收方法,对工业 CT 成像系统的特性测试也有一定参考价值。

1 定义

本标准采用下列定义。

1.1 CT 剂量指数 CT dose index

沿着一条垂直于断层平面直线从 $-7T$ 到 $+7T$ 对剂量剖面曲线积分,除以标称层厚与单次扫描产生断层数 N 的乘积,计算按式(1)。

$$CTDI = \int_{-7T}^{+7T} \frac{D(z)}{N \times T} dz \quad (1)$$

式中 T ——标称层厚;

N ——单次扫描所产生的断层数;

$D(z)$ ——一条沿着垂直于断层平面的直线 Z 的剂量剖面曲线。

注:一次扫描包括许多层面。

1.2 CT 值 CT number

用来表示与 CT 影像每个像素对应区域相关的 X 线衰减平均值。

注:CT 值通常用 Hounsfield 作为单位。利用式(2),将测得的衰减按照国际统一的 Hounsfield 标度转换为 CT 值。

$$\text{物质的 CT 值} = \frac{\mu_{\text{物质}} - \mu_{\text{水}}}{\mu_{\text{水}}} \times 1000 \quad (2)$$

式中 μ ——线性衰减系数。

按照上述标度定义 CT 值,则必然有:水的值为 0,空气的值为 -1000 。

1.3 剂量剖面曲线 dose profile

将剂量表示为垂直于断层平面的直线上位置的函数。

1.4 半值全宽 full width at half-maximum

相当于曲线最大值一半处的曲线两点之

间平行于横坐标的间距。

1.5 高对比分辨力 high-contrast resolution
即空间分辨力(见 1.12)

1.6 平均 CT 值 mean CT number
在一特定感兴趣区内所有像素 CT 值的平均值。

1.7 噪声 noise
在均匀物质影像中,给定区域 CT 值对其平均值的变异。其大小可用感兴趣区中均匀物质的 CT 值的标准偏差表示。

1.8 标称层厚 nominal tomographic slice thickness

CT 机控制面板上选定并指示的层厚。

1.9 感兴趣区 region of interest
在给定时间内对影像中特别感兴趣的局部区域。

1.10 灵敏度剖面曲线 sensitivity profile
CT 系统相关响应量作为垂直于断层平面的直线上位置的函数。

1.11 层厚 slice thickness
扫描野中心处灵敏度剖面曲线的半值全宽。

1.12 空间分辨力 spatial resolution; 高对比分辨力 high-contrast resolution

在物体与背景在衰减程度上的差别与噪声相比足够大的情况下,CT 机成像时分辨不同物体的能力。

注:1. 通常,物体与背景的衰减系数之间的差别导致其相应的 CT 值相差几百 Hounsfield 时被认为是足够大。

2. 高对比分辨力是空间分辨力的别称。

1.13 均匀性 uniformity
整个扫描野中,均匀物质影像 CT 值的一致性。

1.14 低对比分辨力 low-contrast resolution
CT 机分辨与均匀物质背景成低对比的物体的能力。

注:通常,认为物体与背景的衰减系数之间的差别小于 1% 时属于低对比。

1.15 基线值 baseline value

基线值是 X 射线诊断设备功能参数的参考值。是在验收或状态检测合格之后,由最初的稳定性监测得到的数值,或由相应的标准给定的数值。

1.16 验收检测 acceptance test

验收检测是 X 射线诊断设备安装完毕或重大维修后,为鉴定其影响影像质量的性能指标是否符合约定值而进行的检测。

1.17 状态检测 status test

状态检测是为评价设备状态而进行的检测。

1.18 稳定性检测 constancy test

稳定性检测是为确定 X 射线诊断设备或在给定条件下形成的影像相对于一个初始状态的变化是否仍符合控制标准而进行的检测。

2 检测项目与要求

检测项目与要求应符合表 1 中的规定。

3 检测方法

3.1 定位光标

3.1.1 采用均质材料制成圆柱形模体,其表面应有清晰易见的定位标记,内部嵌有与均质环境成高对比的特定形状的物体,此物体的形状、位置应与模体表面定位标记具有严格的空间几何关系。

3.1.2 将模体放置在诊断床上,使模体圆柱轴线垂直于扫描平面并处于扫描野中心位置,微调模体使表面定位标记与定位光标重合。

3.1.3 采用厂家说明书中给定的头部或体部扫描条件进行扫描。

3.1.4 在 CT 影像中测定高对比物体在扫描层面中所处的准确位置。

3.1.5 利用模体表面标记与内嵌的高对比物体的空间几何关系测出定位光标对实际扫描层面位置的偏差。

表 1 CT 机检测项目与要求

序号	检测项目	检测条件		验收检测	状态检测		稳定性检测	
				要求	要求	周期	要求	周期
1	定位光精度,mm	头部模体		±2	±3	二年	—	—
2	层厚偏差(s),mm	s≥8		±10%	±15%	二年	与基线值偏差 s>2mm 时,±1.0mm s<2mm 时,±50%	每月
		8>s>2		±25%	±30%	二年		每月
		s≤2		±50%	±70%	二年		每月
3	CT 值(水),HU	头部模体		±4	±6	二年	与基线值偏差±4	每月
4	噪声	头部模体		参照厂家数据		二年	基线值的±10%	每月
5	均匀性,HU	头部模体		+5	+6	二年	与基线值偏差±2	每月
6	高对比分辨率 mm 或 LP/cm	头部模体	剂量 ≤50mGy	≤0.8mm	≤1.25mm	二年	基线值的+15%	每季
		头部模体		≥6.25LP/cm	≥4.0LP/cm		基线值的-15%	
7	低对比分辨率 (对比度 0.6%),mm	头部模体		≤4.0	≤5.6	二年	—	—
		体部模体		≤8.0	≤12.0			
8	CT 剂量指数,mGy	头部模体	中心	参照厂家数据		二年	基线值的±20%	半年
			表面					
		体部模体	中心					
			表面					
9	诊断床定位精度,mm	定位		±2	±2	二年	±2	每月
		归位		±2	±2	二年	±2	每月
10	扫描架倾角,(°)	±15		±2	—	—	—	—

注:1) 头部模体直径可在 15cm~22cm 范围内,体部模体直径可在 30cm~32cm 范围内。2) 测低对比分辨率时,如所用模体对比度不是 0.6%,可根据在同一剂量条件下,低对比分辨率与对比度乘积为一常数(称为对比细节常数)的特点进行推算。3) 大修后的验收检测可根据具体情况按状态检测要求执行。

3.1.6 也可采用胶片法进行测量。

3.2 层厚

3.2.1 配置一圆柱形模体,内嵌有与均质环境成高对比的铝片,铝片平面与模体圆柱轴线成一定交角。

3.2.2 使模体圆柱轴线与扫描层面垂直并处于扫描野中心。

3.2.3 采用厂家说明书中给定的头部或体部扫描条件进行扫描。

3.2.4 调整 CT 影像的窗宽、窗位,窗宽调到最窄,调整窗位使背景影像恰好消失,测出背景的 CT 值和铝片的最大 CT 值,并记录。

3.2.5 将背景 CT 值与铝片最大 CT 值之和除以 2,其结果称为 CT 值的半值,并记录。

3.2.6 将窗位调至 3.2.5 记下的 CT 值半值处,窗宽仍保持最窄,测出铝片的斜面宽度(半值全宽),即为层厚。

3.2.7 如果用多个片状物组成的多斜面,同时按 3.2.4~3.2.6 的步骤分别测量,分别得出层厚值,再取其平均值为层厚。

3.3 CT 值、噪声及均匀性

CT 值、噪声及均匀性的检测方法,可以通过对模体进行扫描,测 CT 图像均匀性的同时获得 CT 值、噪声值。

3.3.1 配置均质(水或线性衰减系数与水相近的其他均匀物质)圆柱形模体。仲裁检测时采用水模。

3.3.2 使模体圆柱轴线与扫描层面垂直并

处于扫描野中心。

3.3.3 采用厂家说明书中给定的头部和体部扫描条件分别进行扫描。

3.3.4 对每幅图像进行下列测量：

a. 在图像中心取一大于 100 个像素点并小于图像 10% 面积(如 1cm^2 左右)的区域,测出此区域的 CT 值和噪声。

b. 在相当于钟表时针 3、6、9、12 时的方向上,距模体边缘 1cm 处,每个位置的面积大小同于 a 条规定的区域,分别测出四个区域的 CT 值。其中与中心区域 CT 值的最大差值用来表示图像的均匀性。

3.4 高对比分辨力

3.4.1 检测高对比分辨力使用适合直接进行图像视觉评价的检测模体或者使用适合于测定调制传递函数的检测模体,仲裁检测时采用前一种模体。

3.4.2 用来直接进行图像视觉评价的检测模体必须具有周期性结构(如排列的孔洞或条纹),这种周期性结构之间的平均间距要相当于单个周期性结构自身宽度的 2 倍,周期性结构的有效衰减系数与均质环境的有效衰减系数相差应大于 10%。

3.4.3 将模体置于扫描野中心,并使圆柱轴线垂直于扫描层面。

3.4.4 采用厂家说明书中给定的头部扫描条件进行扫描,每次扫描模体中心位置处辐射剂量应不大于 50mGy。

3.4.5 调整观察图像的条件,使各种周期结构物图像达到最清晰状态,确定能区分开的最小周期性结构尺寸。

3.5 低对比分辨力

3.5.1 对于用来直接进行图像视觉评价的低对比分辨力检测模体来说,在它的检测面上应具有分布均匀及形状相同的周期性结构,这种周期性结构的有效衰减系数与环境的衰减系数应有小于 1% 的偏差。检测低对比分辨力时,应同时测出该偏差。

3.5.2 将模体置于扫描野中心并使模体轴

线与扫描层面垂直。

3.5.3 采用厂家说明书中给定的头部和体部扫描条件进行扫描,每次扫描模体中心位置处辐射剂量应不大于 50mGy。

3.5.4 调整窗宽和窗位,环境材料平均 CT 值与周期性结构材料平均 CT 值之差再加上五倍的周期性结构材料标准偏差值作为窗宽值。环境材料平均 CT 值与周期性结构材料平均 CT 值的平均值作为窗位值,确定能区分开的最小周期性结构尺寸。

3.6 CT 剂量指数

3.6.1 用 X 射线线性衰减系数与人体组织相近的物质(一般用聚甲基丙烯酸甲酯)制成均质圆柱形模体,头模 $\phi 16\text{cm}$,体模 $\phi 32\text{cm}$,分别在中心和距表层 1cm 处放置剂量探头,剂量仪表的相对误差应小于等于 5%。

3.6.2 将头模或体模置于扫描野中心,模体圆柱轴线与扫描层面垂直,探头约有效敏感中心位于扫描层面的中间位置。

3.6.3 采用厂家说明书中给定的头部和体部扫描条件进行扫描。

3.6.4 记录剂量仪表显示值。

3.7 诊断床定位

3.7.1 将一分度值为 1mm,有效长度为 500mm 的直尺靠近诊断床面固定并与床面运动方向平行,在床面上作一与直尺刻度相对应的标记。

3.7.2 将 70kg 重物放在床面上。

3.7.3 分别对诊断床给出“进 300mm 和退 300mm”的指令。

3.7.4 记录进、退起始点和终止点在直尺上的示值,测出定位误差和归位误差。

3.8 扫描架倾角

3.8.1 首先将扫描架倾角调至 0° ,将一斜率指示器固定在扫描装置的合适位置。

3.8.2 将扫描架分别前倾 15° 、后倾 15° 。

3.8.3 记录前倾、后倾时斜率指示器的示值,测量出误差。

GB 17925—1999

气瓶对接焊缝 X 射线实时成像检测

【主要内容】 本标准 of 气瓶对接焊缝 X 射线实时成像无损检测标准。

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。

【应用指要】 本标准规定的 X 射线实时成像检测方法,适用于大批量的,如钢和有色金属制气瓶之类厚度不大于 20mm 的对接焊缝探伤。此法具有快速、高效、动态、多方位、反复检测等优点,但实施此法检验时,必须具备:性能和功能符合要求的实时成像检测系统;证明可获得规定要求图像质量的检测工艺;掌握计算机知识与操作技能的、且取得相应等级资格的检验人员。

1 定义

本标准采用下列定义。

1.1 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。

1.2 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。

1.3 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。

1.4 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)。

1.5 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)。

2 人员要求

2.1 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。

2.2 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。

2.3 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。

2.4 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。

3 X 射线实时成像系统

3.1 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。

3.2 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。

3.3 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。

3.4 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。

3.5 计算机系统

3.5.1 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。

3.5.2 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。

3.6 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件 A(标准的附件)。系统分辨率应定期测试。

3.7 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。

4 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 GB 4792 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。

5 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。

6 图像质量

6.1 像质指数

图像像质指数应达到 JB 4730—1994 表 5-3 中 AB 级的要求。

6.1.1 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 JB 4730—1994 中表 5-2 的规定选用。

6.1.2 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,也可放往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。

6.1.3 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。

6.1.4 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,则认为像质计是可以识别的。

6.2 图像分辨率

6.2.1 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。

6.2.2 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。

6.3 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。

表 1 图像有效评定区域内
要求达到的分辨率

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

6.3.1 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。

6.4 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。

7 成像技术

7.1 X 射线能量的选择

7.1.1 透照不同厚度材料时允许使用的最高 X 射线管电压,按 JB 4730—1994 中图 5-6 的规定选择。

7.1.2 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 JB 4730—1994 中的表 5-1。

7.2 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:

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

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;

L_2 ——被检焊缝表面至图像增强器输入屏表面的距离,mm。

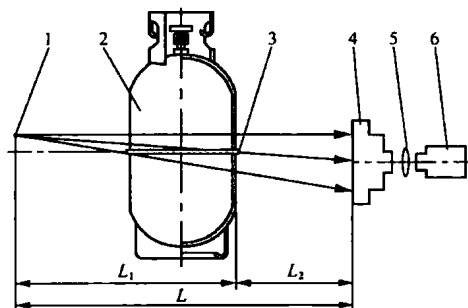


图 1 X 射线源、气瓶、图像增强器相互位置图

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

7.3 图像不清晰度

图像放大后的不清晰度 U 为:

$$U = \frac{U_0}{M} \quad (2)$$

式中 U_0 ——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件 A。

7.4 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:

$$U_0 = (U_s^3 + U_g^3)^{1/3} \quad (3)$$

X 射线实时成像系统固有不清晰度的测试方法见附件 A。

7.5 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:

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

式中 d ——X 射线管的焦点尺寸,mm。

7.6 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} :

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

7.7 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:

$$d_{min} = \frac{U_s}{M^{2/3}} \quad (6)$$

7.8 图像储存

检测的图像储存在计算机内,并可转储到光盘等保存媒体中。

7.9 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。

8 工艺评定

8.1 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,详见附件 C(标准的附件)。

8.2 工艺条件改变后,应重新进行工艺评定。

9 检测方法

9.1 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。但不论何种透照方式,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。

9.2 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:

$$K = \frac{T''}{T} \quad (7)$$

式中 T ——母材厚度,mm。

T'' ——射线束斜向最大透照厚度,mm。

9.3 透照厚度

透照厚度按 JB 4730—1994 中的附件 C “对接焊缝透照厚度”确定。

9.4 检测长度的测量

9.4.1 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,标尺的结构见附件 B。

9.4.2 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。

9.5 图像幅数

9.5.1 焊缝连续检测时,一条焊缝内检测图

像的幅数 N 为:

$$N = \frac{\text{一条焊缝长度}}{\text{一幅图像约有效检测长度}} \quad (8)$$

图像幅数 N 应取大于、等于上式计算值的整数。

9.5.2 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。

9.5.3 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。

9.6 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。

10 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。

11 图像评定

11.1 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。

11.2 图像灰度的测量

用计算机程序测量图像灰度级别。

11.3 焊缝缺陷尺寸的测量

用计算机程序测量焊缝缺陷尺寸。

11.3.1 图像评定尺的标定

将铅质标尺(见附件 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。

11.3.2 测量误差

图像尺寸的测量误差应小于或等于 0.5mm。

12 焊缝缺陷等级评定

焊缝缺陷等级评定按照 JB 4730—1994 第二篇第 6 章中有关“焊缝缺陷等级评定”的内容进行。

13 检测报告及图像保存

13.1 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。

13.2 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。

13.2.1 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。

14 射线防护

射线防护应符合 GB 4792 约有关规定。

15 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。

16 相关标准

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。

GB 4792—1984 放射卫生防护基本标准

JB 4730—1994 压力容器无损检测

附件 A 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:

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

式中, a ——栅条宽度,mm;

p ——对数,LP/mm。

栅条宽度偏差为 $\pm 5\%$ 。

A2.5.3 栅条数目 n 按下式计算:

$$n = 5p + 1 \quad (\text{A2})$$

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 $n/\text{条}$	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。

附件 B 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。

附件 C 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、X 射线管电流、成像距离、放大倍数、散射线屏蔽、低能射线的吸收、图像帧叠加频次。