

X 射线照相检验

1 范围

本标准规定了航空材料、零部件及构件的 X 射线照相检验方法及影响检验结果的主要因素的质量控制要求。

本标准适用于航空工业生产和科研部门,也适用于为航空产品提供材料、零部件及构件毛坯和成品的其它部门。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,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 3323 — 87 | 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级 |
| GB 4792 — 84 | 放射卫生防护基本标准 |
| GB 5618 — 85 | 线型象质计 |
| GB 9582 — 88 | 工业 X 射线胶片感光度和平均斜率的测定方法 X 射线测定法 |
| GB/T 12604.2—90 | 无损检测术语 射线检测 |
| GJB 1038.2 — 90 | 纤维增强塑料无损检验方法 X 射线检验 |
| GJB 1187 — 91 | 射线检验 |
| HB 5357 — 90 | 航空航天无损检测人员的资格鉴定 |

3 定义

本标准所用术语参见 GB/T12604.2。

4 一般要求

4.1 射线检验人员

- 4.1.1 从事 X 射线检验的人员应按 HB5357 的规定进行培训、考核并取得相应等级的资格证书。
- 4.1.2 无论经矫正或未经矫正,单眼近距离视力不应低于 1.0。

4.2 环境条件

4.2.1 检验场所

- 4.2.1.1 X 射线检验场所的卫生防护要求应符合 GB4792 的有关规定。

4.2.1.2 X 射线机房应有足够的面积,一般不宜小于 35m²。对于小型设备可酌情减小,但应有足够的活动余地。机房内不要堆放与检验无关的杂物。

4.2.1.3 机房内光照要柔和,透照场附近的照度不应低于 300lx, 并应远离粉尘、高温、噪声及有害气体污染的场所。同时应安装每小时换风量不低于 5 次的通风设备。

- 4.2.1.4 外场检验时,除采取有效的防护措施外,还应设置标志明显的安全警戒线。

4.2.2 暗室

4.2.2.1 “干区”与“湿区”应分开。“干区”用于胶片的贮存、开封、裁切及包装；“湿区”用于胶片的处理。

4.2.2.2 “干区”和“湿区”内应安装空调设备，使室温保持在 $20\text{C} \pm 5\text{C}$ 。“干区”内的湿度应控制在 $30\% \sim 60\%$ 范围内，工作台应保持清洁有序。

4.2.2.3 “湿区”地面应铺设防滑瓷釉砖或水磨石，水槽要用瓷砖贴衬。墙壁应涂深色油漆。

4.2.3 评片室

X 射线检验部门应设整洁、安静的专用评片室。光线应暗而柔和，评片人员所在处的光照度以 251x 为宜。室内温度应控制在 $20\text{C} \pm 5\text{C}$ 范围内。

4.2.4 底片干燥室或干燥箱

采用手工处理的部门，应设专用底片干燥室或干燥箱。室内应通风良好且无过量的灰尘。

4.2.5 底片贮存库

归档的底片应贮存在通风、阴凉、不燥的专用库房内。

4.3 设备、器材

4.3.1 X 射线机

4.3.1.1 应根据待检材料种类、最大可能透照厚度及检验的像质要求，选择适宜的 X 射线机。

4.3.1.2 检验轻金属及低密度非金属材料时，推荐采用钨窗口软 X 射线机；检验大的环形焊缝时，推荐采用具有周向辐射能力的 X 射线机。

4.3.1.3 当电源电压波动影响射线机正常工作时，应装稳压电源。

4.3.1.4 X 射线机电压表、电流表应按有关规定检定合格。

4.3.2 观片灯

穿过底片后的亮度应不低于 $30\text{cd}/\text{m}^2$ ，尽量达到 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 。为了观察不同光学密度（以下简称“密度”）的底片，观片灯的亮度应满足表 1 的要求。

观片灯观察面的亮度应均匀。强光观片灯应具有良好的散热条件，使底片与其接触 10min 不致损坏，其亮度及观察范围均应可调。

表 1 观察不同密度底片所需的最低亮度值

| 最大密度值 | 最低亮度值 cd/m^2 |
|-------|------------------------------|
| 1.0 | 300 |
| 2.0 | 3000 |
| 3.0 | 10000 |
| 4.0 | 100000 |

4.3.3 光学密度计(简称“密度计”)

4.3.3.1 检验现场应配备准确度不低于 ± 0.05 ，最大可测密度不低于 4.0 的密度计，称为“工作密度计”。必要时，射线检验技术指导部门可配备一台准确度不低于 ± 0.02 、最大可测密度不低于 4.0 的密度计，称为“校验密度计”。用于对“工作密度计”的标准密度片进行检定。

4.3.3.2 “校验密度计”的标准密度片每年送计量部门检定一次；“工作密度计”的标准密度片每年用“校验密度计”检定一次，无“校验密度计”的部门，应送有关部门进行检定。

4.3.3.3 在使用两种密度计时，应随时用相应的标准密度片进行校验。

4.3.4 暗室安全红灯

4.3.4.1 暗室中的安全红灯应采用安全电压和胶片生产厂推荐的安全滤光片。

4.3.4.2 安全红灯的亮度要适当。可用下述的简易方法检查安全红灯的安全性：

切一条胶片，放在平常切包胶片的位置上，一半用黑纸遮盖，另一半暴露在安全红灯下，其暴露时间不短于通常包装胶片的最长时间。然后，按正常的程序进行暗室处理，测量两边有无密度差，如果两边的密度差不高于0.05，则认为红灯是安全的。

4.3.4.3 安全红灯的安全性每年检查一次，但当更换灯泡或滤光片时，应随时进行安全性检查。

4.3.5 定时装置

采用手工处理的暗室应配备定时钟或其它定时装置。

4.3.6 辐射剂量仪器

外场检验场所应配备辐射剂量仪或辐射剂量报警器，现场检验人员应配带个人剂量计。上述仪器应按规定的检定周期送中国计量科学研究院或其它经授权的计量部门进行检定。

4.3.7 胶片

4.3.7.1 应根据检验对象及像质要求，参照表2选取适宜的胶片。

4.3.7.2 要求A级(普通级)像质时，宜使用 J_1 和 J_2 类胶片。要求B级(高级)像质时，宜使用 J_0 和 J_1 类胶片。

表2 胶片分类及适用范围

| 类别 | 性能 | | | 适用范围 |
|-------|-----|------|----|--|
| | 感光度 | 平均斜率 | 粒度 | |
| J_0 | 最低 | 最高 | 微粒 | 具有很高的射线照相灵敏度，适用于电子元件，薄的金属和非金属材料的检验。 |
| J_1 | 低 | 很高 | 细粒 | 具有很好的射线照相灵敏度。适于用低、中、高管电压的X射线或 γ 射线对金属和非金属材料的检验。 |
| J_2 | 中 | 高 | 中 | 在较短的曝光时间内或低管电压下，具有较高的射线照相灵敏度，适于用低能X射线对非金属材料的检验及低、中、高能X射线和 γ 射线对各种金属材料的检验。 |
| J_3 | 高 | 中 | 粗 | 像质不高，但曝光时间可明显缩短。适用于很厚的重金属和其它材料的检验。 |

4.3.7.3 胶片购入后，首先应在一个月内进行如下验收试验：

- 灰雾度(包括片基密度)测量。其实测值不得高于胶片的出厂标准；
- 质量抽检。对每个批号的胶片至少应从任意一盒中抽出三张(两侧和中间)进行试透照，不应存在影响检验质量的气泡、白花、划伤、静电感光、发霉及涂布不均、胶膜等缺陷。
- 必要时可按GB 9582进行胶片感光特性测量。测得的感光度和平均斜率应与所测胶片的出厂指标相符。

4.3.7.4 使用中的胶片灰雾度应满足下述要求：

当要求A级像质时，其灰雾度不得高于0.35；当要求B级像质时，其灰雾度不得高于0.25。因此，胶片投入使用前需测定其灰雾度。对于已开封的剩余胶片，每周至少抽查一次灰雾度。

贮存中的胶片应避免光照、受压、过热、潮湿及一切有害气体，并远离辐射源。贮存温度和湿度应分别为5~25℃和30%~60%。

4.3.7.5 达到有效期的胶片，应按4.3.7.3a和4.3.7.3b的抽查办法进行复验，其中灰雾度应满足4.3.7.4的要求，表观质量应符合4.3.7.3b的要求。检查合格的胶片可延长使用六个月，在胶片盒上盖上复验合格印记，注明“可使用至某年某月”的字样。复验不合格的胶片不准再用。

胶片一旦达到规定有效期或延长期，就应进行复验，直到用完或复验不合格为止。

4.3.7.6 国内、国外常用各种型号胶片的分类见附录 B(提示的附录)。

4.3.8 增感屏

4.3.8.1 当管电压高于 100kV 时,应使用铅增感屏。其厚度与射线能量间的关系见表 3。

4.3.8.2 增感屏应平整、光亮,无破损、翘曲、划伤、皱折、油污不洁等缺陷。

4.3.8.3 增感屏与胶片应紧贴包装,其间不得有绒毛、纸屑等异物。

4.3.8.4 在射线具有足够穿透能力的情况下,不应使用金属荧光屏和荧光增感屏;当由于射线能量不足,致使曝光时间持续过长时,经供需双方同意亦可使用。但应规定并达到相应的像质要求。

表 3 铅增感屏的选用

mm

| 射线能量范围 | 前屏厚度 | 后屏厚度 |
|---------------------|-----------|-------------|
| $\leq 100\text{kV}$ | — | ≥ 0.10 |
| 100~250kV | 0.02~0.13 | ≥ 0.10 |
| 250~450kV | 0.05~0.16 | ≥ 0.10 |
| 1~3MeV | 1.0~1.6 | 1.0~1.6 |
| 8~25MeV | 1.0~1.6 | — |

4.3.9 暗袋

暗袋应由非透光、在射线作用下不发光的低吸收材料(如黑纸、塑料薄膜等)制成。发现漏光的暗袋应及时修复或剔除。推荐使用真空暗袋。

4.3.10 像质计

4.3.10.1 除另有规定外,对于金属材料应采用 GB5618 规定的 R'10 系列像质计;对于纤维增强塑料可参照 GJB1038.2—90 中 3.6 选用适当的像质计。也可由委托方与检验部门共同商定采用其它形式的像质计。

4.3.10.2 像质计材料应与受检验材料的吸收特性相同或相似。像质计的生产厂应经航空工业总公司航空材料、热工艺及理化测试技术发展中心考核、认可。

4.3.11 胶片处理用溶液

4.3.11.1 显影液、停影液、定影液及补充液一般应按胶片生产厂推荐的配方和方法配制。

4.3.11.2 配制或贮存溶液的容器应由玻璃、硬橡胶、塑料、搪瓷、不锈钢等材料制成。不准使用锡、铜、钢、铝及锌制容器。

4.3.11.3 配制溶液用的化学药品纯度不应低于化学纯,配制好的溶液应贮存在加盖的容器内且应避免光照,以防止氧化。最佳贮存温度为 4—27℃。

4.3.11.4 新配制的处理溶液应放置 24h 后才能使用。

4.3.11.5 除自行配制外,也可使用满足影像质量要求的浓缩套药。

5 详细要求

5.1 曝光曲线

5.1.1 对于每台使用中的 X 射线机均应绘制出待检材料的曝光曲线。曝光曲线通常有两种形式:

a. 在固定焦点至胶片距离、曝光量、胶片型号、增感方式、暗室处理条件和底片密度的情况下,绘制材料厚度与管电压间的关系曲线;

b. 在固定焦点至胶片距离、胶片型号、增感方式、暗室处理条件和底片密度的情况下,分别绘制各种不同管电压下材料厚度与曝光量间的关系曲线。

5.1.2 对阶梯试块曝光时,所选用的焦点至胶片距离应使每个阶梯的几何不清晰度不大于表 5 规定的数值。

5.1.3 曝光后的胶片应在经老化的显影液、停影液和定影液中按标准条件进行手工或自动处理。

注:老化处理的显影液是指在新配制的显影液中,按每升溶液显影一张经可见光曝光,尺寸为 350mm×350mm 的过期胶片(亦可用新胶片)后所得到的显影液。

5.1.4 每年至少应对使用中的曝光曲线校验一次(校验时可选薄、中、厚三种厚度)。如密度值超过额定值±15%时,应对原曲线进行修正或重新绘制。如遇对 X 射线透照工艺参数有影响的元器件修理或更换时,应随时进行校验。

5.1.5 曝光曲线应由 II 级或 III 级人员绘制和审核。

5.1.6 绘制曝光曲线用的阶梯试块可自行加工,阶梯厚度增量以 2~4mm,宽度不小于 20mm 为宜。

5.2 射线照相检验图表

5.2.1 对批量生产的零件,应根据底片的像质要求,参照相应的曝光曲线编制“射线照相检验图表”。图表的内容及格式可参考附录 C(提示的附录)和 GJB1187—91 中 5.1.1。

5.2.2 编制图表时应尽量采用较大的曝光量和较低的管电压。当焦点至胶片距离不大于 1.5m 时,A 级像质的曝光量不宜小于 20mA·min,B 级像质的曝光量不宜小于 30mA·min。随着焦点至胶片距离的增加,亦应适当增加曝光量。

5.2.3 图表应由 III 级人员编制,并经 III 级人员或主管工程师审核后送主管部门批准。对已编的图表应定期复核。如技术参数有所更改,应履行一定的审批手续。

5.2.4 实际操作人员应严格按图表规定的参数进行透照,不准私自任意改变。

5.3 检验数最和范围

5.3.1 需经 X 射线检验的零件目录及验收标准由设计部门及冶金工艺部门提出,经厂无损检测主管部门审核会签,并履行签批手续后生效。

5.3.2 应根据图样、合同或其它有关技术文件的规定,决定检验的数量和部位。当图样、合同和其它有关技术文件中只规定 X 射线检验但未指明检验的数量和部位时,可视为 100% 检查。

5.4 检验工序

5.4.1 焊接件的 X 射线检验一般应在热处理前进行;铸件的 X 射线检验一般在热处理后进行。

5.4.2 加工前后的检验

5.4.2.1 初次透照后,由于机械加工或其它加工方法使其厚度减少一半或更多且图样或相关的技术文件中又有要求时,应进行第二次透照。

5.4.2.2 除另有规定外,两次检验应分别按加工前、后的截面厚度确定验收的质量等级。

5.5 多胶片透照技术

对于截面厚度变化较大的零件,为减少曝光次数,可以采用多胶片透照技术。即在同一暗袋中包装两张或多张感光度不同(有时也可相同)的胶片同时进行曝光。当胶片的感光度不同时,每张底片评定区内的密度和影像质量应分别符合 5.14.1 和 5.14.2 的规定。当胶片的感光度相同时,低密度区(大厚度截面)重叠观察时的密度和影像质量也应符合 5.14.1 和 5.14.2 的规定。

5.6 对送检工件的要求

5.6.1 送交 X 射线检验的工件应经表面检验质量合格。

5.6.2 送检前,应清除妨碍检验和影响底片上缺陷辨认的多余物。对于铸件,应清除型砂、型芯、金属屑及油污。当要求 A 级像质时,切除后的浇、冒口残留量不得超过所透照部位厚度的 10%;当要求 B 级像质时,浇、冒口应完全切除。对于焊接件应清除表面氧化皮、油污。当要求 B 级像质时,还应将焊缝加工成与母材齐平。

5.7 透照厚度的确定

透照厚度系指受检区的实测厚度,实测有困难时,对于铸件和非金属构件可采用图样所标注的尺寸;对

于焊接件(包括对接接头、T 型接头及内角接接头)可按表 4 确定其透照厚度。

表 4 几种不同接头型式焊接件的透照厚度

mm

| 接头类型 | 母材厚度 | 焊缝余高 | 透照厚度 T_A |
|--------------------|----------------|-------|---------------------|
| 对接接头 | T | — | T |
| | T | 单面 | T+2 |
| | T | 双面 | T+4 |
| | T | 单面、垫板 | T+2+T _b |
| 对接接头 (环缝双壁透照法) | T | — | 2T |
| | T | 单面 | 2T+2 |
| | T | 双面 | 2T+4 |
| | T | 单面、垫板 | 2T+2+T _b |
| T 型接头 (包括内角接接头) | T | — | 2.2T |
| | $T_1 \neq T_2$ | — | $1.1(T_1 + T_2)$ |

注:表中 T、T₁、T₂ 为母材厚度;T_b 为垫板厚度。母材厚度均为公称厚度。

对接接头中母材厚度不同时,取薄者为母材厚度。

5.8 几何条件

5.8.1 射线源至胶片距离

射线源至胶片距离应不小于按式(1)计算的最小距离。

$$F_{min} = t(1 + \frac{d}{U_{gmax}}) \dots\dots\dots (1)$$

式中: F_{min} ——射线源至胶片的最小距离, mm;

t ——工件射线源侧表面至胶片的距离, mm;

d ——射线源的有效尺寸, mm;

U_{gmax} ——允许的最大几何不清晰度, mm。

其中 d 按 GJB 1187 — 91 附录 A(补充件)的方法计算。 U_{gmax} 应符合表 5 的规定。

表 5 不同 t 值范围内允许的 U_{gmax}

mm

| t 值范围 | | $t \leq 50$ | $50 < t \leq 100$ | $100 < t \leq 150$ |
|------------|-----|-------------|-------------------|--------------------|
| U_{mgax} | A 级 | 0.3 | 0.50 | 0.75 |
| | B 级 | 0.2 | 0.30 | 0.40 |

5.8.2 焊缝的透照厚度比值 K

透照厚度比值 K 的计算公式为(见图 1):

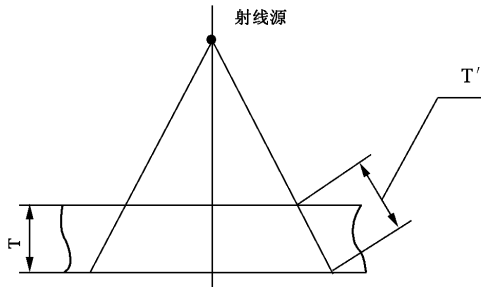


图 1 透照厚度比示意图

$$K = T'/T \dots\dots\dots (2)$$

式中: T ——母材厚度, mm;

T' ——射线束倾斜透照时的最大穿透厚度, mm。

对于环形焊缝, A 级 K 值一般不大于 1.1, B 级 K 值一般不大于 1.06; 对于纵缝, A 级 K 值一般不大于 1.03, B 级 K 值不大于 1.01。

5.8.3 透照方向及透照配置

射线束一般应指向被透照部位的中心, 并在该点与被透照区平面或曲面的切平面相垂直。如果不能从此方向透照, 或者从此方向透照不利于缺陷的检出时, 也可从其它认为合适的方向透照。一些典型工件的透照配置方式参见附录 D(提示的附录)。

裂纹的检出率取决于射线束的方向。当裂纹破裂面与射线束的方向间夹角不大于 10° 时, 才有较大的检出可能性。

5.9 散射线的防护

5.9.1 对工件进行局部透照时, 可利用丸粒、补偿液、补偿膏、铅板等屏蔽物对非透照区进行遮挡。也可用铅制光栏或锥形罩将射线束限制在透照区范围内。

5.9.2 为防止背散射的有害影响, 暗袋背面应衬以适当厚度的铅板。铅板的实际厚度可通过试验予以确定。其方法是:

选一试件或试板, 其厚度应能在射线机最高管电压和生产检验常用的曝光量下产生正常的底片密度。透照时在胶片暗袋与铅板之间放一铅字“B”(B 的高度为 13mm, 厚度为 1.6mm), 透照后按常规的暗室条件进行处理。如果在底片上出现了铅字“B”的光亮影像, 则说明背散射防护不足, 需增加铅板的厚度。

此项试验仅在初次曝光确定工艺是否合理时进行。

5.10 滤波板

为了减弱低能散射线的有害影响, 可在射线源窗口处或工件与胶片暗袋之间加一铜或铅制滤波板。滤波板的厚度一般应根据材料类型、厚度变化范围及射线的能量等因素通过试验确定。

5.11 像质计的放置及数量

除确定工件中缺陷是否排除、检验工件壁厚及检查部件内是否有多余物可不放置像质计外, 每透照一个部位一般均应放置像质计。但当在一张胶片上可同时透照多个小型工件时, 则可在其中靠近边缘的一个工件上放置。

5.11.1 铸件、非金属材料及其构件

5.11.1.1 在通常情况下, 应将像质计放在工件射线源侧的表面上, 并靠近受检区的边缘, 线型像质计的最细丝居于外侧。当透照形状不规则的工件时, 应将像质计放在距胶片较远的截面上。

5.11.1.2 当无法将像质计放置在工件射线源侧的表面上时, 可将像质计放置在材料和厚度与受检件相同, 平面尺寸不小于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的试块上。透照时, 试块应尽可能靠近受检区, 并使试块射线源侧的表面与胶片的距离等于工件受检区射线源侧的表面与胶片间的距离。

5.11.1.3 当受检区底片密度变化超过像质计所在处密度值的 $+30\%$ 或 -15% 时, 则应使用两只像质计。其中一只放在相应于底片密度值最高处的表面上; 另一只则放在相应于底片密度值最低处的部位上。但最高和最低密度值应在 5.14.1 规定的范围内。

5.11.1.4 对于圆环形和平板形件, 当一次曝光使用几张胶片时, 像质计应放在工件朝向射线源侧透照区边缘的表面上。但当将射线源置于圆环件的轴线上进行 360° 全景透照时, 在其内表面上每隔 90° 放置一只像质计。

5.11.2 焊接件

线型像质计金属丝应与焊缝方向垂直横跨在受检焊缝射线源一侧的表面上,细丝朝外。其具体摆放位置应根据焊缝的形状及采用的透照技术而定。

5.11.2.1 对于纵缝或采用单壁透照方法检查部分环缝时,像质计应置于焊缝受检区的端部。

5.11.2.2 当采用双壁双影法检查管径小于 90mm 的环形焊缝时,应将像质计置于射线源一侧管壁焊缝的外表面上。且应将需要发现的金属丝对准中心标记。亦可使用 GB3323 — 87 附录 E(补充件)中 E2.3.1 推荐的专用像质计。

5.11.2.3 当采用双壁单影法检查管径不小于 90mm 靠近胶片一侧的部分环缝时,应将像质计置于受检区焊缝的内表面上。如无法放入时,则可按下述两方法中的一种加以处理:

a. 将像质计放置在厚度等于一个单壁厚度加余高的试块上,再将一个单壁厚度的试块放在像质计上面。试块的材料应与受检件相同或相似,其平面尺寸不小于 100mm×100mm,并尽可能靠近受检区。

b. 将像质计置于胶片一侧的工件表面上,但应通过对比试验以确定应达到的像质要求并用铅字“F”以示区别。对比试验方法如下:截取一段与受检件相同的短试样。在被检部位的内外表面各放一只像质计,采用与工件相同的透照条件进行曝光。观察所得到的底片,以确定应看到的相应最细金属丝直径或编号。

5.11.2.4 当采用将射线源置于环形焊缝的中心进行 360°全景曝光时,在焊缝内表面上每隔 90°放置一只像质计。

5.11.2.5 拟在透照环形焊缝的同时,检查与其相接的部分纵缝时,应在纵缝受检区距环缝较远的一端放置一只像质计。

5.11.2.6 当受检区底片的密度变化超过像质计所处密度值的 +30% 或 -15% 时,应按 5.11.1.3 处理。

5.12 标记

5.12.1 定位标记

标志透照部位的铅制标记包括中心标记“⊥”和搭接标记“↑”。后者应同时出现在两张相邻的底片上,并距底片的边缘不得少于 10mm。对于焊接件,搭接标记的放置方法可参考 GB3323 — 87 附录 C(补充件)。对于铸件和非金属结构件可不必放置中心标记。

5.12.2 识别标记

除放置定位标记外,还应放置区分工件及其透照部位的识别标记。它应包括炉批号,工件编号及透照部位序号等。对于返修件应在上述识别标记后加 R1, R2…… 标记。R 表明返修,数字表明返修的次数。

对于铸件或非金属构件,标记的影像应尽可能不要掩盖底片评定区的影像。对于焊接件标记的影像应至少离开焊缝边缘 5mm。

5.13 暗室处理

手工处理和自动处理两种方式均可采用。

5.13.1 手工处理

5.13.1.1 推荐使用深槽式处理装置,在处理过程中要防止相邻胶片相互粘贴,并每隔 10~15s 沿水平和垂直两方向各摆动胶片架 2~3 次。

5.13.1.2 浅盘式处理方法不宜采用。如无条件或处理量不大时亦可采用。但在处理过程中应不停地依次翻动胶片,以保证每张胶片都得到均匀的处理。

5.13.1.3 应按胶片生产厂推荐的温度和时间进行处理。严禁利用提高溶液浓度和温度的手段缩短处理时间。当将胶片从显影液移入定影液之前要经停影处理或充分的水洗(约 1min),以减少溶液间的相互污

染。

5.13.2 自动处理

应按自动处理机的使用说明书对胶片进行处理,并按规定对处理溶液的温度、处理速度、溶液补充速率等影响处理质量的参数进行定期调整。

5.13.3 为保证胶片的处理质量,应按附录 A(标准的附录)规定的方法进行溶液有效性试验。

5.14 底片质量

5.14.1 底片密度

有效评定区的底片密度应控制在 1.5~4.0 范围内。最佳密度值为 2.0,但焊接件焊缝区的底片密度允许低至 1.2。

5.14.2 影像质量(像质)

5.14.2.1 透照钢、钛及其合金、铝及其合金时,其像质分为 A 级和 B 级。除另有规定外,一般应选用 A 级。表 6 列出了上述三种材料在不同厚度范围内的像质指数(即像质计丝的编号)和相应的最细丝的直径。

表 6 透照厚度范围及其像质要求

| 应达到的像质指数 | 线径 mm | 透照厚度 TA | |
|----------|-------|----------|----------|
| | | A 级 | B 级 |
| 16 | 0.100 | — | ≤6 |
| 15 | 0.125 | ≤6 | >6~8 |
| 14 | 0.16 | >6~8 | >8~10 |
| 13 | 0.20 | >8~12 | >10~16 |
| 12 | 0.25 | >12~16 | >16~25 |
| 11 | 0.32 | >16~20 | >25~32 |
| 10 | 0.40 | >20~25 | >32~40 |
| 9 | 0.50 | >25~32 | >40~50 |
| 8 | 0.63 | >32~50 | >50~80 |
| 7 | 0.80 | >50~80 | >80~150 |
| 6 | 1.00 | >80~120 | >150~200 |
| 5 | 1.25 | >120~150 | — |

注:此表不适用于环形焊缝的双壁双影透照法

5.14.2.2 对于纤维增强塑料,其像质应符合 GJB1038.2—90 中 4.4 的规定。

5.14.2.3 当检验镁合金而使用铝丝像质计、检验高温合金而使用钢丝像质计时,应分别符合表 7 和表 8 的规定。

表 7 镁合金的像质要求

| 透照厚度范围 mm | ≤4 | >4~8 | >8~12 | >12~16 | >16~24 | >24~32 | >32~40 | >40~50 | >50~60 |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 应达到的像质指数 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| 线径 mm | 0.100 | 0.125 | 0.16 | 0.20 | 0.25 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.63 |

表 8 高温合金的像质要求

| 透照厚度范围 mm | ≤2 | >2~4 | >4~6 | >6~8 | >8~10 | >10~12 | >12~16 |
|--------------|-------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| 应达到的 像质指数 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 |
| 线径 mm | 0.100 | 0.125 | 0.16 | 0.20 | 0.25 | 0.32 | 0.40 |

注:此处高温合金包括铁钴镍基金属。

5.14.2.4 采用双壁双影法透照管径小于 90mm 的环形焊缝时,其像质可降低一档。

5.14.2.5 像质计的位置及数量应符合 5.11 的规定,且应发现的金属丝在焊缝影像上的长度不得小于 10mm,而在铸件影像上应能百分之百发现。

5.14.3 透照区

铸件透照区应完整。

5.14.4 假缺陷

在底片评定区内不应存在任何可能与真实缺陷相混淆的假显示。当某一显示无法辨其真伪、同时又对验收结果有影响时,应重新进行透照。

5.14.5 标记齐全

底片上应显示出 5.12 规定的标记。

5.15 检验记录与底片

5.15.1 检验人员应逐项如实填写检验记录。

检验记录的格式可根据产品特点自行设计。记录表内一般应包括下述内容:a. 零件名称、图号及编号;b. 底片编号;c. 底片密度和像质;d. 评定结果;e. 底片收藏号或检验报告号;f. 检验者、评片者、审核者;g. 其它。

5.15.2 评定后的底片应编号保存,保存期限可根据具体情况决定,但至少不得少于 5 年。

5.16 底片的评定与报告

5.16.1 应由 II 级或 III 级射线检验人员对符合 5.14 要求的底片进行评定和审核,并签发检验结果报告。最后由专业负责人签字后发出。

5.16.2 评片时可以使用 3~10 倍带刻度尺的放大镜。

5.16.3 为使视觉适应暗场条件,准确发现和评定底片上的缺陷影象,评片前应有一定的适应时间:从明亮的阳光下进入评片室,至少需 10min 的适应时间;从一般光线的房间进入评片室,适应时间至少需 30s。在评定下一张底片前,仍至少需 30s 的适应时间。

5.16.4 检验报告的格式可自行设计,但至少应包括:报告编号、零件名称、图号及编号、材料牌号、零件类别、验收标准、超标缺陷的类型及尺寸或级别、评定结论、评片者、审核者、专业负责人及日期等内容。

5.16.5 检验报告应至少一式两份,由检验部门和委托部门各持一份。检验报告应归档保存,保存期限与底片保存期限相同。

5.17 检验后工件的处理

5.17.1 不合格件

当检验后的工件内部存在超过有关验收标准的缺陷时,应与合格件分开放置,并设明显的标记,然后按有关质量控制文件规定的程序进行处理。对确认报废的工件应作出明显的报废标记,隔离存放。

5.17.2 合格件

5.17.2.1 对完全符合验收标准的工件,应作出适当标记。标记的方法和位置应对工件的使用性能无害,且在后续加工中不被去除或污损。如果后续加工会去除所做的标记时,应在工件的报告中用文字或符号加以说明。

5.17.2.2 可采用下述推荐的标记方法:

a. 钢印——当有关的规范或图样允许时,应采用钢印法;

b. 腐蚀——当有关的规范或图样允许时,也可采用此法,但要采用合适的腐蚀剂和方法;

c. 涂色——当上述两法不合适时,可采用涂色法;

d. 其它方法——对于完全磨光或抛光的工件,如因结构、粗糙度或功能要求不宜采用以上方法时,可采用其它的替代方法,如标签法等。

5.17.2.3 对合格件,建议采用下述标记符号:

a. 当允许采用钢印或腐蚀法时,可采用由圆环围上“X”的符号(即“ \otimes ”)表示百分之百检验合格件;用由方框围上“X”的符号(即“ \boxed{X} ”)表示抽检合格件;

b. 当可以采用涂色法时,可用蓝色表示通过百分之百检验合格件;用桔黄色表示抽检合格件。

5.18 工艺检验

5.18.1 为了评价整个工艺过程,应为每台射线机准备一块标准试板或作曝光曲线阶梯试块,按相应材料的曝光曲线选取“标准曝光参数”,并在试板或阶梯试块相应厚度射线源侧的表面上放置一只像质计,进行曝光。然后在经过老化的显影液、停影液和定影液中按标准条件进行手工或自动处理,所得到的底片作为“基准底片”,其中心附近三点的平均密度值即为“基准密度值”。

5.18.2 采用自动处理机的部门,每天在正式生产检验前应对标准试板或阶梯试块(同时放置像质计)用标准曝光参数进行透照后进行自动处理,然后将底片中心附近三点的平均密度值与“基准密度值”进行比较。如密度值变化超过 $\pm 15\%$ 或像质低于5.14.2的规定时,应停止正常生产检验,并对检验系统的各个环节进行检查,待查明原因并排除后,方可进行正式生产检验。

5.18.3 采用手工处理部门的工艺检验可每月抽查1次,但应密切观察日常生产检验的结果,如发现底片密度值和像质有较明显异常时,应随时进行系统的工艺检验。

附录 A

(标准的附录)

显影液有效性试验方法

A1 指定一盒胶片作为试验用胶片。

A2 取一张胶片,用工艺检验用标准试板(或阶梯试块)进行透照,然后将已曝光的胶片切成7~8条,取其中一条在标准条件下用新显影液进行暗室处理。将测得的底片密度值(选择曝光参数时,应保证使其密度值达到 2.00 ± 0.30)作为基准密度值,将其余几条已曝光胶片装入暗盒妥善保存备用。

A3 以后每个工作日的第一班,首先应取出一条胶片的同样标准条件下进行暗室处理。然后将其密度值与基准密度值进行比较,如果变化量超过 $\pm 15\%$ 时,则待测溶液不准再用。

A4 当将前一批胶片条用到只剩一条,且密度值变化仍不超过 $\pm 15\%$ 时,则需在同样曝光参数下用标准试板(或阶梯试块)对新的一张胶片进行透照。然后同样切成7~8条,并取一条与前次剩下的一条一起进行处理。如果密度值变化量不超过 $\pm 15\%$ 时,则显影液可继续使用。

附录 B
(标准的附录)
国内、国外胶片型号分类

国内、国外常用胶片的分类示于表 B1

表 B1 国内、国外常用胶片分类

| 胶片类别 | 胶片型号 |
|----------------|---|
| J ₀ | Kodak R; Dupont NDT45; Agfa D ₂ ; Fuji50 [#] |
| J ₁ | Kodak M. T; Dupont NDT 55; Agfa D ₁ , D ₃ ; Fuji 80 [#] , 天津牌 V 型, 上海 GX - A5 |
| J ₂ | Kodak AA; Dupont NDT70, 75; Agfa D ₇ ; Fuji100 [#] , 天津牌 IV - C, NⅢ型, 上海 GX - A7, 汕头 E7, 无锡阿尔梅 332 型 |
| J ₃ | Agfa D10 |

附录 C
(标准的附录)
X 射线照相检验图表

X 射线照相检验图表参考格式如下:

X 射线照相检验图表

| 零件名称 | | 图号 | 材料牌号 | | | | | | |
|----------------|---------|------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 零件分类 | | 验收标准 | X 射线机型号 | | | | | | |
| 示意图 或 照片 | | | | | | | | | |
| 部位 序号 | 焦距 m | 入射角 | 滤波析 类型 | 胶片 类型 | 胶片尺寸 cm | 增感屏 类型 | 管电压 kV | 管电流 mA | 时间 min |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 制表者 | | 审校者 | | 批准者 | | 日期 | | | |

附录 D

(提示的附录)

典型结构工件的透照配置

D1 铸件和非金属构件

D1.1 平板

主要指工件的平面部分或曲率半径较大的曲面局部(见图 D1)。

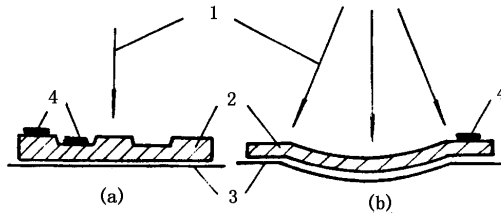


图 D1

1—射线方向; 2—工件; 3—胶片; 4—像质计

D1.2 转角部位

主要指两个面相连接的转角过渡区(见图 D2 和图 D3)。

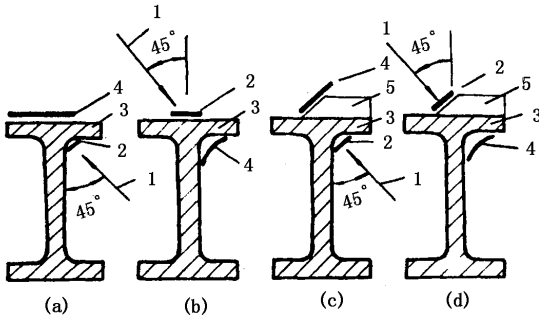


图 D2

1—射线方向; 2—像质计; 3—工件;
4—胶片; 5—补偿块

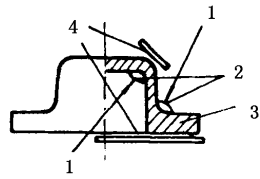


图 D3

1—射线方法; 2—像质计;
3—工件; 4—胶片

D1.3 圆筒

对于圆筒件只要可能应尽量采用单壁透照(见图 D4)。此时应根据具体情况分若干段分别进行透照。但由于内径很小,无法将胶片放入时,则可按圆柱体透照(见图 D5)。

D1.4 圆柱

实心圆柱体的透照至少应互成 90° 角曝光两次(见图 D5)。必要时可参照图 D6 和图 D7 用金属丸粒或补偿液进行补偿。

D5 球体

透照球形工件时,应采用适当的补偿方法(见图 D6 和图 D7)。一般应互成 90° 曝光三次。

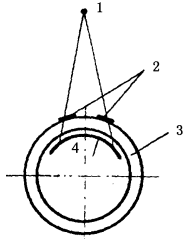


图 D4

1—射线源 2—像质计；
3—工件；4—胶片

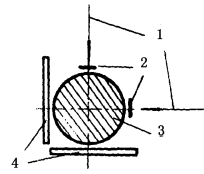


图 D5

1—射线方向；2—像质计；
3—工件；4—胶片

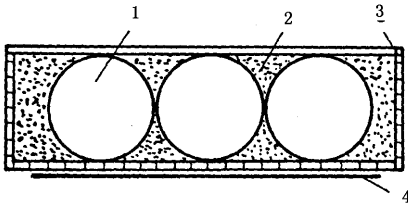


图 D6

1—工件；2—金属粉末；
3—容器；4—胶片；

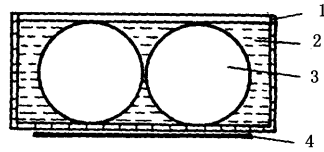


图 D7

1—容器；2—补偿液；
3—工件；4—胶片

D2 焊接件

D2.1 平板对接接头

平板对接接头包括单板对焊、锅炉或容器的纵缝等(见图 D8)。

D2.2 T型和内角对接接头

一般应倾斜一定的角度透照(见图 D9)。

D2.3 环形焊缝

D2.3.1 当可将胶片置于内壁时,可采用射线源在外的单壁透照方式(参见图 D4)。

D2.3.2 当管径足够大,射线源可置于管子内部时,可采用射线源在内、胶片在外的单壁透照方式(见图 D10)。

D2.3.3 当管径不小于 90mm 时,可采用双壁单影法透照(见图 D11)。

D2.3.4 当无法将胶片或射线源置于内部,且管径小于 90mm 时,可采用双壁双影法透照(见图 D12)。

但当管径很小,上下管壁的焊缝影像难以分开时,可采用垂直透照方式(见图 D13)。

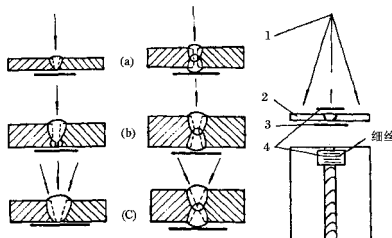


图 D8

(a)平头对焊；(b)U型对焊；(c)V型对焊

1—射线源；2—工件；3—胶片；4—像质计。

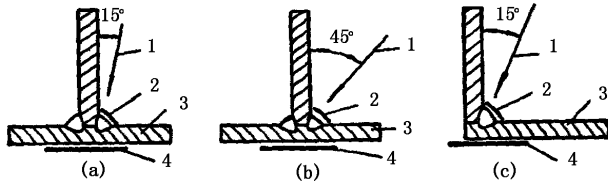


图 D9

1—射线方向;2—像质计;3—工件;4—胶片

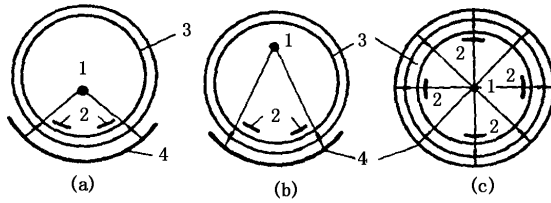


图 D10

1—射线源;2—像质计;3—工件;4—胶片

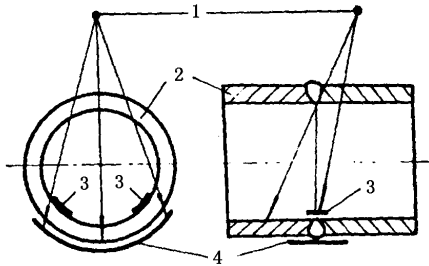


图 D11

1—射线源;2—像质计;3—工件;4—胶片

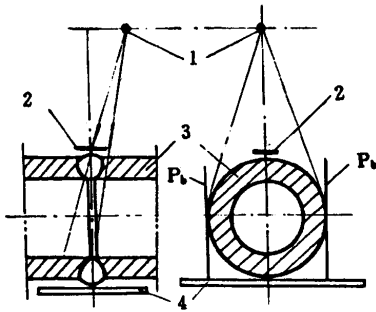


图 D12

1—射线方向 2—像质计;
3—工件;4—胶片

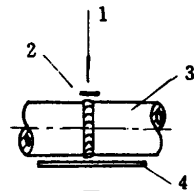


图 D13

1—射线方向;2—像质计;
3—工件;4—胶片