

ICS:19.100

CCS:H26

团 体 标 准

T/CAMAC 0006—2020

民用航空无损检测 射线照相检测

Civil Aviation Nondestructive Testing

Radiographic Testing

2020年5月12日 发布

2020年5月18日 实施

中国民用航空维修协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
5 详细要求	4
附录 A （规范性附录）胶片处理控制	13
附录 B （规范性附录）可替代型像质计类型的结构	15
附录 C （规范性附录）焊接件	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 MH/T3009-2012《航空器无损检测射线照相检测》。

本标准与MH/T3009-2012相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修正了标准中部分描述。
- GBZ 117-2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》已替代 GBZ/T 117-2006《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》，本标准引用新标准 GBZ 117-2015。
- 在规范性引用文件中增加 ASTM E1742, ASTM E1390, ASTM E1079, ASTM E94, GB18871。
- 增加了部分缩略语（见 3.2）。
- 增加了对人员和机构的要求（见 4.1）。
- 明确了胶片处理时安全灯的要求（见 4.3.1）
- 增加了胶片漏光的处置（见 4.4.2）。
- 修正了像质计的鉴定性曝光的要求（见 5.13.4）。
- 修正了评定像质计区域的要求（5.17）
- 修正了铅增感屏厚度要求（见表 1）
- 明确测量设备计量校准周期（见表 2）
- 增加了溶液老化处理的方法（见附录 A 1.1.2）
- 修正了发现监控胶片超差时，对之前的产品胶片的处理要求。（见附录 A1.1.3）
- 本标准由中国民用航空维修协会无损检测人员资格鉴定委员会提出。
- 本标准由中国民用航空维修协会批准立项。
- 本标准由中国民用航空维修协会归口。

本标准起草单位：北京飞机维修工程有限公司成都分公司、厦门太古飞机工程有限公司、广州飞机维修工程有限公司。

本标准主要起草人：付杭君、雷跃、杨剑英、刘善文

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：MH/T 3002.3-1997，MH/T3009-2004，MH/T3009-2012

民用航空无损检测

射线照相检测

1 范围

本标准规定了民用航空器所用金属与非金属材料及零部件 X 射线照相检测的一般要求和详细要求。

本标准适用于民用航空器所用金属与非金属材料及零部件的 X 射线照相检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 12604.2 无损检测术语 射线照相检测
- GBZ 117 工业 X 射线探伤放射卫生防护要求
- GB18871 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- T/CAMAC 0001—2020 民用航空无损检测人员资格鉴定与认证
- ASTM E1742 射线照相检测标准规范
- ASTM E1390 用于评定工业射线底片的观片灯的标准规范
- ASTM E1079 透射式密度计校准的标准规范
- ASTM E94 射线照相检验标准导则
- JB/T7902 线型像质计
- ASTM E747 射线检测线型像质计的设计、制造和材料组分类
- ASTM E999 工业胶片处理质量控制指导
- ASTM E1025 射线检测用孔型像质计的设计、制造及材料组分类
- ASTM E1254 射线底片及未曝光工业射线胶片储存指南
- ASTM E1255 射线荧光实时成像检测
- ASTM E1411 射线荧光实时成像检测系统鉴定标准
- ASTM E1815 工业射线胶片体系分类测试方法

3 术语和定义

3.1 术语定义

GB/T 12604.2 确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1 认可的工程机构 cognizant engineering organization

对要求射线照相检测的系统或零件负责设计或最终使用的公司、代理商或其他被授权的机构。该机构包括设计人员、材料、工艺、应力分析、无损检测或质量组织以及其它相关的人员。

3.1.2 类似截面 like section

与被进行射线照相检测的零件具有相似形状和横截面，并且由同种材料或相似射线吸收系数材料制成的独立截面。

3.1.3 材料组 material group

主要合金成分相同并能够使用相同像质计检测的材料。

3.1.4 射线照相检测质量等级 radiographic quality level

用像质计灵敏度来表征的射线照相检测能力。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准：

SRM 标准参考材料

NIST 美国国家标准与技术研究院

4. 一般要求

4.1 资格

4.1.1 人员

从事射线照相检测的人员应按T/CAMAC 0001的规定进行资格鉴定与认证，或按合同、订单中的要求执行。同时，还应取得环境保护部门颁发的辐射安全与防护培训合格证书并定期参加复训和体检，合格人员方可继续从事射线照相工作。

4.1.2 机构

从事射线照相检测的机构应获得中国民用航空局颁发的适航维修许可证。同时，还应取得环境保护部门颁发的辐射安全许可证，在其许可的范围内从事射线照相检测工作。

4.2 厂房设备

4.2.1 安全措施

房屋和设备不应対人员或财产的安全造成损害。应按 GB18871 和 GBZ 117 的要求实施射线照相检测程序，使人员在射线照相检测中所吸收的辐射剂量不超过相关规定的最大剂量。

4.2.2 射线照相检测曝光区域

射线照相检测曝光区域应保持清洁，并且配置齐全以便得到符合本标准要求的底片。

4.2.3 暗室

暗室设备和材料应能处理出质量稳定的射线底片，不应存在影响底片评定的因素。

4.2.4 底片观察区

观片室内光线应柔和以避免在底片表面产生影响底片评定的反射光。

4.3 材料

4.3.1 胶片

应依据射线源管电压、零件厚度、零件形状和底片影像质量要求选择射线胶片。只有得到认可的工程机构批准或满足 ASTM E1815 要求的胶片才可以使用。胶片的存储应按 ASTM E1254 的要求或制造厂家的要求进行。应在胶片制造厂家推荐的安全灯光条件下进行胶片处理。

4.3.2 无胶片记录介质

经认可的工程机构批准可以使用其他记录介质，例如感光纸和类似的感光带。

4.3.3 胶片处理溶液

处理胶片的溶液应符合本标准的要求。溶液的控制应符合附录 A 的相关要求。胶片的处理应符合 ASTM E999 的要求。

4.4 设备

4.4.1 X 射线源

应依据被检零件的变量（材料类型和厚度）和曝光时间选择合适的电压和电流值。合适的曝光参数应达到透照质量等级要求和符合本标准规定的相应要求。

4.4.2 胶片袋和暗盒

胶片袋和暗盒不应透光，所用材料不应影响底片质量和检测灵敏度。除非漏光影响了底片的评定，否则无需拒收底片。使用前对胶片袋和暗盒进行检查，如果发现胶片袋或暗盒漏光，应修理或废弃。

4.4.3 增感屏

4.4.3.1 铅增感屏

当射线源管电压超过 150kV 时，宜使用铅增感屏。铅增感屏应与所用胶片具有同样尺寸，并在曝光过程中紧贴胶片。铅增感屏厚度应按表 1 进行选择，铅增感屏应无任何裂纹、折痕、划伤或在胶片

上产生非相关影像的外来材料。

4.4.3.2 荧光、金属荧光或其他金属增感屏

在保证获得规定的射线照相检测质量等级、密度和对比度的情况下可以使用荧光、金属荧光或其他金属增感屏。

表1 铅增感屏厚度

kV 范围	铅增感屏厚度 ^a	
	前屏最大厚度 mm(in)	后屏最小厚度 mm(in)
0 ~150 kV ^b	0~0.025(0.000~0.001)	0.127(0.005) ^c
151kV~200kV	0~0.127(0.000~0.005)	0.127(0.005) ^c
201kV~320kV	0.025~0.254 (0.001~0.010)	0.127(0.005)
321kV~450kV	0.127~0.381 (0.005~0.015)	0.254(0.010)

a. 对于不同管电压范围列出的铅增感屏厚度是推荐厚度而不是必需的厚度。只要能达到所要求的射线照相检测质量等级、对比度和密度,可以使用其他的厚度。

b. 预包装带铅增感屏胶片可用于 80 ~ 150 kV, 低于 80kV 时不推荐使用铅增感屏。预包装胶片可以用于更高管电压, 只要能达到对比度、密度、射线照相检测质量等级和背散射防护要求。为降低在更高管电压上产生的散射影响, 可能需要额外的铅屏。

c. 在满足 5.21 的背散射防护要求下可不需要后屏。

4.4.4 观片灯

4.4.4.1 观片灯亮度应可调, 以便根据不同密度的底片选择最佳亮度。

4.4.4.2 光源亮度应足以观察评定区域的底片密度(见 5.26.4)。

4.4.4.3 观片灯观察屏的亮度应均匀, 不应有过多的眩光。观片灯首次使用或维修后应满足 ASTM E1390 的要求。

4.4.4.4 观片灯应配备合适的风扇、吹风机或采用其他方法使观察窗保持适宜的温度, 避免在观片时因高温损伤底片。

4.4.4.5 除局部进行高密度底片评定需高强度光而采用独立的观察口外, 观片灯的每一个观察口前应装置半透明材料。

4.4.4.6 应配备一套不透明遮光板、可调光阑或其他可缩小观察区域的附件。

4.4.5 数字化技术

经认可的工程机构批准, 可采用数字化技术。

4.4.6 密度计

密度计应能测量密度达到 4.0 的底片, 分辨力为 0.02。当底片密度允许大于 4.0 时, 则应使用能测量最大密度的密度计。

4.4.7 底片观察的辅助设备

可以根据需要使用 3 倍到 10 倍的放大镜来帮助判断和确定显示尺寸。特殊放大镜的使用应根据评定要求确定。用于确定缺陷尺寸所用的设备(例如带有刻度的放大镜)应按表 2 中规定周期校准。

4.5 像质计

4.5.1 像质计

像质计应与合同要求一致。在要求使用像质计时, 可使用符合 ASTM E 1025 或附录 B 规定的孔型像质计, 也可使用符合 JB/T7902 规定的线型像质计。如果使用线型像质计, 应按 ASTM E 747 修正到孔型射线照相检测质量等级。

4.5.2 射线照相检测中可替代的像质计材料

两块相同厚度的材料, 一块是被检透照材料, 另一块是与像质计相同的材料, 在同一胶片上以所

用最低管电压曝光。如果像质计材料与被检透照材料的底片密度差在 0~+15%范围内（也就是说，像质计材料射线衰减略强），同时这两种材料的底片密度在 2.0~4.0 之间，可认为像质计材料与被检透照材料相似，可使用低密度材料的像质计。

4.5.3 可替代型像质计

使用其他类型像质计或 4.5.1 中规定的修正像质计时，应得到认可的工程机构的批准。像质计的结构、材料名称及厚度要求等应写入作业指导书中，或按 5.1 要求在图纸上注明。

4.5.4 像质计控制

像质计的获得或制造应符合 ASTM E1025 或附录 B 的规定，制造厂应提供相关合金和尺寸的鉴定证书。根据表 2 目视检查像质计的损伤和清洁度。

表2 质量控制检查

检查项目		检查周期和要求	参考段落
缺陷测量设备		光学设备获得时检查， 测量设备应计量，校准周期为 12 个月	4.4.7
像质计	鉴定证书	获得时	4.5.4
	检查（状态）	使用前，不需文件记录	4.5.4
自动冲片	冲片机性能	每天 ^a	附录 A1.1
	灰雾度	每天 ^a	附录 A1.5
	显影液温度	使用前，不需文件记录	附录 A1.3
	补液速率	在预防性维护或修理期间、当溶液变化时应测量和记录	附录 A1.2
	送片速度	在预防性维护或修理期间应测量和记录	附录 A1.4
手工冲片	冲片性能	每天 ^a	附录 A2.1
	灰雾度	每月	附录 A1.5
	显影液温度	使用前应检查温度，该项检查要求作文件记录	
密度计校验	鉴定检查	工作前或维修时（更换灯泡或光阑）	5.26.5
	校准检查	3 个月或鉴定检查不在误差范围内	5.26.5
观片灯亮度		采购时，以及灯泡类型或功率改变，或者 维修后	5.26.4
温度计校验		6 个月	附录 A1.3
环境可见光		6 个月	5.26.6
亮度计/照度计		12 个月	5.26.4
			5.26.6
阶梯楔块密度片校验		12 个月	5.26.5
a 若当日无工作，可在下一次工作前检查。			

5 详细要求

5.1 作业指导书

无损检测机构有责任以书面形式编制可操作的作业指导书，按该作业指导书能够获得所期望的、连续一致的结果和射线照相检测质量等级。在合同或定单有要求时，该作业指导书应提交认可的工程机构批准。作业指导书至少包括以下内容：

- a) 用来表示每次曝光时被检件、胶片、像质计与辐射源相对位置的图样、示意图或被检件照片，包括射线束与被检件的角度关系，射线源至胶片的距离，以及所用垫块或遮蔽方法。

- b) 划分零件区域和验收标准。如需要可以通过图样、表格或参照包含此类信息的文件来实现。
- c) 射线机的曝光参数：管电压、管电流、曝光时间以及有效焦点尺寸；
- d) 所用胶片，增感屏，滤波板类型以及底片密度范围；
- e) 被检件名称、材料类型和厚度；
- f) 像质计尺寸和类型，以及所要求的射线照相检测质量等级。如果使用其他的像质计（见 4.5.3），应包括结构细节或者参照包含这些信息的文件；
- g) 垫片或垫块，或两者的材料厚度及类型（如使用时）；
- h) 编制该作业指导书的无损检测机构名称和地址、作业指导书的日期或版本。
- i) 用于识别被检部件与底片影像对应位置的方法。如果对于许多部件的作业指导书都类似，则可制定用于多种部件的通用作业指导书。所有的作业指导书都应经具有射线照相检测 3 级资格证书的人员批准。

5.2 验收要求

根据本标准实施检测时，工程图样、技术条件或其他应用文件应给出部件的评定验收标准。复杂部件可以划分区域验收，根据设计要求对不同区域分别确定验收标准。对按 ASTM 射线照相检测标准实施检测时，应包括各个部件或区域允许的不连续的等级。

5.3 表面准备

除了可能干扰射线照相检测影像正确判断的表面状态应去除外，零件在检测时可不进行表面准备或修整。铸件、锻件和焊接件只要满足下列条件，可在铸造、锻造和焊接状态下进行射线照相检测。

5.3.1 对于铸件和锻件，表面状况不影响结果评定时；

5.3.2 可接近的焊接件表面准备应符合附录 C 中 C.1 的要求。

5.4 射线底片识别标记

每张底片都应有识别标记，即部件系列编号，如果需多次透照时，还应有透照部位顺序编号。每张底片上还应有完成该部件检测的无损检测机构的识别标记和检测日期标记。修理区域的射线底片应用 R1、R2、R3 等标记以显示其修理的次数。

5.5 检测和透照范围

被检测零件的数量和每个零件射线照相检测的范围应在图样、射线照相检测工艺、射线照相检测手册、飞机技术文件或其他适用的技术文件中规定。被检测区域应在图样上使用易于识别的符号做出标记。如果被检零件的数量和每个零件的检测范围未作规定时，则所有零件都应百分之百进行检测。

5.6 检测工序

在生产过程中进行射线照相检测的工序应在制造或组装技术文件、合同或采购单中规定。如果未予规定，则射线照相检测应在制造或装配阶段易于发现不连续性的工序中实施。如果在热处理后要实施液体渗透或磁粉检测时，则射线照相检测可在热处理前实施。

5.7 非胶片技术

当采购单、合同和技术条件允许时，非胶片按相关标准、规范或射线荧光实时成像检测法应符合 ASTM E 1255 的要求。射线荧光实时成像检测系统的鉴定应符合 ASTM E 1411 规定。详细的检测、评定及质量控制程序应由 3 级射线人员批准。

5.8 多胶片技术

在规定部位单底片或多底片叠合观察能达到适当的射线照相检测质量等级和底片密度要求时（见 5.9 和 5.10），则允许在同一胶片盒中放置感光速度相同或不同的两张或多张胶片。

5.9 射线照相检测质量等级

根据像质计厚度和在射线底片上孔型像质计的 1、2 或 3 个孔在底片上产生影像的能力在表 3 中列出了五种质量等级。如果图纸或其他相关文件上没有规定质量等级，则质量等级应为 2-2T。除非认可的工程机构另有规定，孔型像质计用于检测厚度小于或等于 6.35mm (0.250 in) 的材料时，其最小厚度为 0.13mm (0.005 in)。

表3 射线照相检测的质量等级

像质计标号	射线照相检测质量等级	最大像质计厚度 ^a , %	最小孔径 ^b	等效像质计灵敏度 ^c , %
00	1-1T	1	1T	0.7
0	1-2T	1	2T	1.0
1	2-1T	2	1T	1.4
2	2-2T	2	2T	2.0
3	2-4T	2	4T	2.8
a 以材料厚度的百分数表示。 b 以像质计的厚度倍数表示。 c 等效像质计灵敏度是指在相同射线照相检测条件下,能清楚观察到 2T 孔时以试样厚度百分数表示的像质计厚度。				

5.10 底片密度

单底片观察时, 评定区的底片密度应 ≥ 1.5 。双重底片观察时, 评定区重叠底片密度应达到 2.0, 每一底片需评定区域的密度不低于 1.0。在观片灯可读密度范围内, 并认可的工程机构许可时, 允许底片密度大于 4.0。任何情况下都不允许底片最大密度超过 4.5。不要求使用像质计的单底片观察时, 允许底片密度小于 1.5 (见 5.18)。最大可读底片密度取决于所用观片灯和其最大亮度。

5.11 射线胶片处理

射线底片中应无掩盖缺陷或影响底片评定的瑕疵。

5.12 像质计选择

像质计的厚度应以不大于被透照工件标称厚度为基础。在双壁双影法中, 应根据部件的双壁厚度选择像质计。在双壁单影法中, 应根据部件单壁的厚度选择像质计。在任何情况下, 像质计的厚度都不应大于根据透照厚度所选择的像质计厚度。对于焊接件, 像质计应根据附录B选择。

5.13 像质计的放置

5.13.1 正常情况下像质计的放置

除了许多相同部件同时曝光在一张胶片上的情况外, 每个射线照相检测的部件在曝光期间都应放置像质计。在这种情况下, 应将像质计放置在辐射锥体外侧、部件的辐射源侧的检测表面上或在曝光位置最远侧 (即距射线束中心线最远处) 放置一个像质计。对于不规则物件的检测, 像质计应放置在距离胶片最远的部件区域上。由于在像质计正下方的区域不能做出验收或拒收的判断, 因此像质计应放置在邻近检测区域的位置。当不能将像质计放置在工件上时, 可以采用 5.13.2 或 5.13.3 中的方法。

5.13.2 垫片、垫块或类似截面的像质计的放置

当像质计不能放置在被透照零件表面时, 可以放在射线源一侧与被透照零件同一材料组 (或与透照材料相似, 或射线衰减更低材料, 见 4.5.2) 的垫片、垫块或类似截面的表面上靠射线束锥形区的边缘。垫片、垫块或类似截面应超过像质计的尺寸, 以保证在射线照片上至少可以看到像质计的三个侧边。如需要, 垫片应放置在低吸收率的材料上 (如聚苯乙烯塑料或与其相当的材料), 确保像质计不会比零件表面或检测区域 (靠近射线源处) 到胶片的距离更近。

5.13.3 像质计置于胶片侧

对于双壁零件如管道或空心铸件, 零件在靠近射线源一侧不能放置像质计时, 可按 5.13.3.1 和 5.13.3.2 的规定将像质计放置在胶片侧, 并应在邻近像质计处放置字母“F”。

5.13.3.1 当进行双壁双影检测时, 将像质计放置于胶片侧的方法应在一个类似截面上进行透照验证。方法是将像质计放置在靠近射线源一侧的类似截面上, 然后再选择厚度范围为要求厚度至 1/4 要求厚度的一组线型像质计 (或一组孔型像质计) 放置于靠近胶片一侧进行曝光。如果靠

近射线源一侧的像质计能够达到所要求的透照质量等级，并且置于胶片一侧最细直径或最薄孔型像质计的影像在底片上可见，则可以使用这种放置方法进行透照。

5.13.3.2 当进行双壁单影检测且检查区域为靠近胶片的一侧时，将像质计放置于胶片一侧的方法应在一个类似截面上进行透照验证。其方法是将一个要求使用的像质计放置于零件内部，然后按 5.13.3.1 的方法在胶片一侧放置一组像质计。如果零件内部的像质计能够达到所要求的透照质量等级，并且置于胶片一侧最细直径或最薄孔型像质计的影像在底片上可见，则可以使用这种放置方法进行透照。

5.13.4 像质计的鉴定性曝光

5.13.4.1 如果在书面工艺文件中已包括并经 3 级射线人员批准，单次使用适用的像质计曝光可用于鉴定整个检测过程。

5.13.4.2 当部件需要多次曝光而不能在部件上连续放置像质计时，在检测过程中可作单次的像质计曝光鉴定。只要不改变射线照相检测工艺，后续的曝光可在无像质计的情况下进行。每天或者下述参数变化时应进行一个新的鉴定性曝光：

- a) 射线管电压；
- b) 曝光量；
- c) 射线源与胶片距离；
- d) 增感屏、准直器、遮蔽或滤波板；
- e) 胶片类型；
- f) 胶片处理参数。

5.13.4.3 后续曝光应当采用序列化或其他方法与鉴定曝光正确关联。鉴定曝光的副本应提交给所有具有复审权的人员。

5.13.5 重新透照

因胶片的质量或不适当的操作导致对解释结果或底片清晰度产生疑问时应重新透照。

5.14 遮蔽

丸粒、遮蔽溶液、薄铅板和铝箔、聚四氟乙烯、塑料或其他低密度非金属吸收材料均可用做遮蔽物以使散射线或边蚀的影响最小化。丸粒可以是不同直径丸粒的组合，从而提供一致的密度。如果用做遮蔽的重金属化学溶液有毒，则应采取卫生安全措施和做出标志。

5.15 滤波板

当低能散射线引起对比度降低，不能达到所需射线照相检测质量等级或射线照相检测范围的要求时，可使用滤波板。

5.16 多个胶片暗盒曝光

在一次曝光中，使用多个胶片暗盒以覆盖检测区域时，离辐射束中心最远的胶片边缘的射线照片上至少应出现一个像质计影像。当辐射源位于物体轴线上，对整个圆周进行一次曝光时，如果可能，至少应等间距放置三个像质计。

5.17 评定像质计区域

5.17.1 像质计直接放置在零件上时，像质计所代表的评定区的密度与通过像质计本体所测量的密度变化范围为-15%~+30%，该规定适用于像质计放在零件上的情况。当使用孔型像质计且放在垫片上时，只要能满足认可工程机构要求的像质计灵敏度和底片密度，可以超出 30%的密度限制，该规定不适用于使用垫块的情况。除 5.16、5.17.2 和 5.18 中规定的以外，每张底片上应至少使用一个像质计，当像质计放置在焊缝上时，在像质计正下方的区域不能直接做验收或拒收的评定。

5.17.2 当检测区底片密度变化超过 5.17.1 中规定时，可以按照下述方法使用双像质计。如果一个像质计在底片密度值最高处显示可验收的灵敏度，而另一个像质计在底片密度值最低处显示可验收的灵敏度，则这两个像质计可用于鉴定 5.17.1 的密度范围限制加上-15%~+30%范围内的射

线底片。在后续曝光中，如果有需要，可使用另外的成对像质计以覆盖被检物件的整个厚度范围。对于铸造和锻造的变截面工件，不能使用两个像质计时，可以只使用一个像质计。应根据被检查的最薄壁厚度来选择像质计，并放置在最厚壁厚度处，不必满足-15%~+30%的密度变化（见 5.17.1），但是检测区内的密度应介于 1.5~4.0 之间，并应获得所要求的射线照相检测质量等级。

5.18 不必使用像质计的条件

在下列情况下不必使用像质计：

- 对装配件中的非相关物进行射线照相检测；
- 如果在最终检测中放置了像质计，则在此之前对该区域进行缺陷去除后的检测；
- 为显示组合件中两种或多种材料之间的细节或差异而进行的射线照相检测，包括在蜂窝区检测加工的不规则情况和材料的有无；
- 经认可的工程机构批准，对于表面不能接近而需要采用替代的方法时。

5.19 焊接件

焊接件的检测应按附录 C 的规定进行。

5.20 对比度

底片的对比度应通过测量底片上像质计的密度和相邻的基体材料之间的密度差来确定。对于 1 级和 2 级透照质量等级，像质计和基体材料之间的最小密度差应在图 1 给定的范围内。

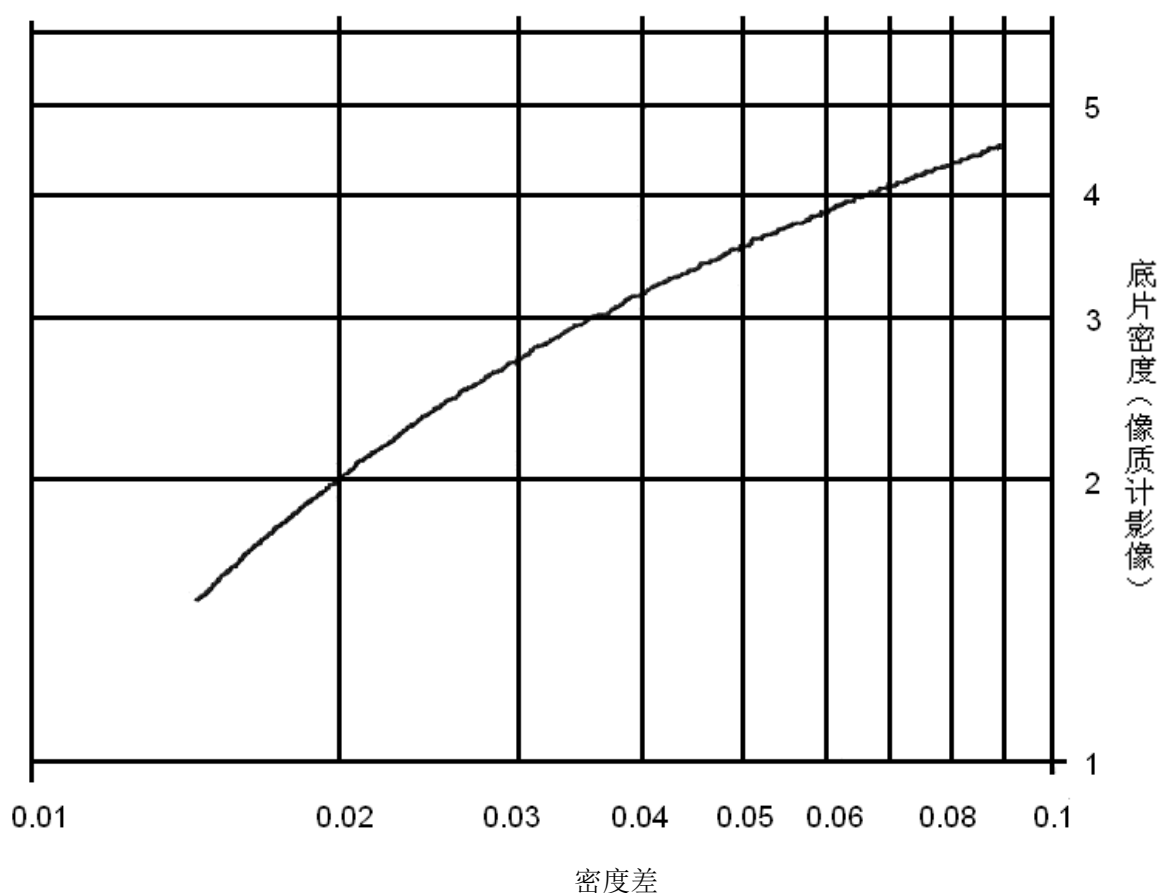


图1 孔型像质计和邻近基体金属材料影像间最小密度差

5.21 背散射

每次曝光时应监控胶片的背散射。每个胶片暗盒上应有一个铅字“B”，高度不低于 12.7mm(0.5in)，厚度不小于 1.59mm(0.0625in)，放置在胶片后面并且在胶片的观察区域内。如果铅字“B”的白影像出现在底片上，则底片不可接受，应进行防护。通过采用增感屏、铅垫或其他适当的措施以减小背散射。除非黑影（高密度“B”影像）会引起误解或干扰检测区域的评定，黑影的出现可以忽略。当相同的零件或零件的相同部分用同一方法检查时，只要背散射物体的特性和邻近区域以及总体相似状况保持不变，字母“B”就可用作鉴定初始曝光而在后续曝光时可以省略。无论下述任何参数发生变化时都应进行新的曝光鉴定；：

- a) 射线管电压；
- b) 曝光量；
- c) 射线源至胶片距离；
- d) 增感屏、准直器、遮蔽或滤波板；
- e) 胶片类型；
- f) 胶片处理参数；
- g) 背垫材料的类型或厚度；
- h) 辐射源改变或重新定位。

5.22 射线源到胶片距离

除非认可的工程机构另有规定，射线源到胶片的最短距离应采用表 4 中的材料厚度和几何不清晰度按公式（1）计算：

$$SFD = (Ft/Ug) + t \dots\dots\dots(1)$$

式中：

SFD- 射线源到胶片的最短距离

F - 射线源尺寸

t - 从物体的射线源侧到胶片的距离（不考虑物体是否与胶片接触）

Ug - 几何不清晰度

公式（1）中SFD、Ug、F和t的计量单位可以同是SI单位制或英制，但不能混用。

表4 几何不清晰度 (Ug) (最大值) 单位为毫米 (英寸)

材料厚度	几何不清晰度
小于 50.80 (2)	0.51 (0.020)
50.80~101.60 (2~4)	0.76 (0.030)
大于 101.60 (4)	1.02 (0.040)

5.23 识别标记

射线照相检测胶片和部件应提供标记，以便使射线底片能与所检测部件相对应（见 5.27.6）。

5.24 定位标记

用于表示部件与胶片对应位置标记的影像应出现在底片上而又不影响对底片的评定并能证实整个透照区完全被覆盖。在部件上应确定定位标记的部位，在射线照相检测中，标记的位置应保留在工件上。如果整个工件采用一张胶片进行射线照相检测，并且工件相对于胶片的位向是明显的，则不需要定位标记。

作为位置标记的替代方法，只要底片与零件的相对位置能表明所需的透照范围且可确定缺陷位置，则可以使用透照部位编号（见 5.4）。

5.25 裂纹检查

当检查被飞机蒙皮遮盖的组件和零件在使用中产生的裂纹时，只有在射线束锥度 10° 范围内（整个锥体 10°，射线源为顶点，锥体中心线等于射线束中心轴线）的射线底片应作为有效评定区域。

5.26 质量保证条款

5.26.1 检测责任

除非在合同或采购单中另有规定，无损检测部门负责提供合同或采购单要求的所有设备，以及实施本标准包含的所有检测要求。本标准包含的检测规定应成为无损检测部门整个检测系统或质量程序的一部分。

5.26.2 检测报告

所有射线照相检测的结果应根据合同或采购单的要求记录并存档。检测报告可参照本标准或相关的技术条件对特定部件或成批部件提供追溯性，并应包括检测者、检测日期、部件处理（验收或拒收）以及拒收的理由。

5.26.3 胶片处理控制

胶片处理应按附录 A 进行监控。

5.26.4 观片灯

5.26.4.1 观片灯的每个观察口的最大光亮度应使用亮度计测量（单位： cd/m^2 或footlamberts）并按图 2 进行控制。（ $1 \text{ cd}/\text{m}^2=3.426 \text{ footlamberts}$ ）

5.26.4.2 对于点式窗口，应在窗口中央进行测量亮度值，对于其他类型的窗口应在亮度最暗的地方测量读值。亮度值应按表 2 进行记录。

5.26.4.3 最大可读底片密度值应按照本标准图 2 确定并标贴于观片灯的对应窗口位置。

5.26.4.4 当获得观片灯时应确定其最大可读底片密度，并且在观片灯进行维修、改装或更换灯泡后重新确定其最大可读底片密度。

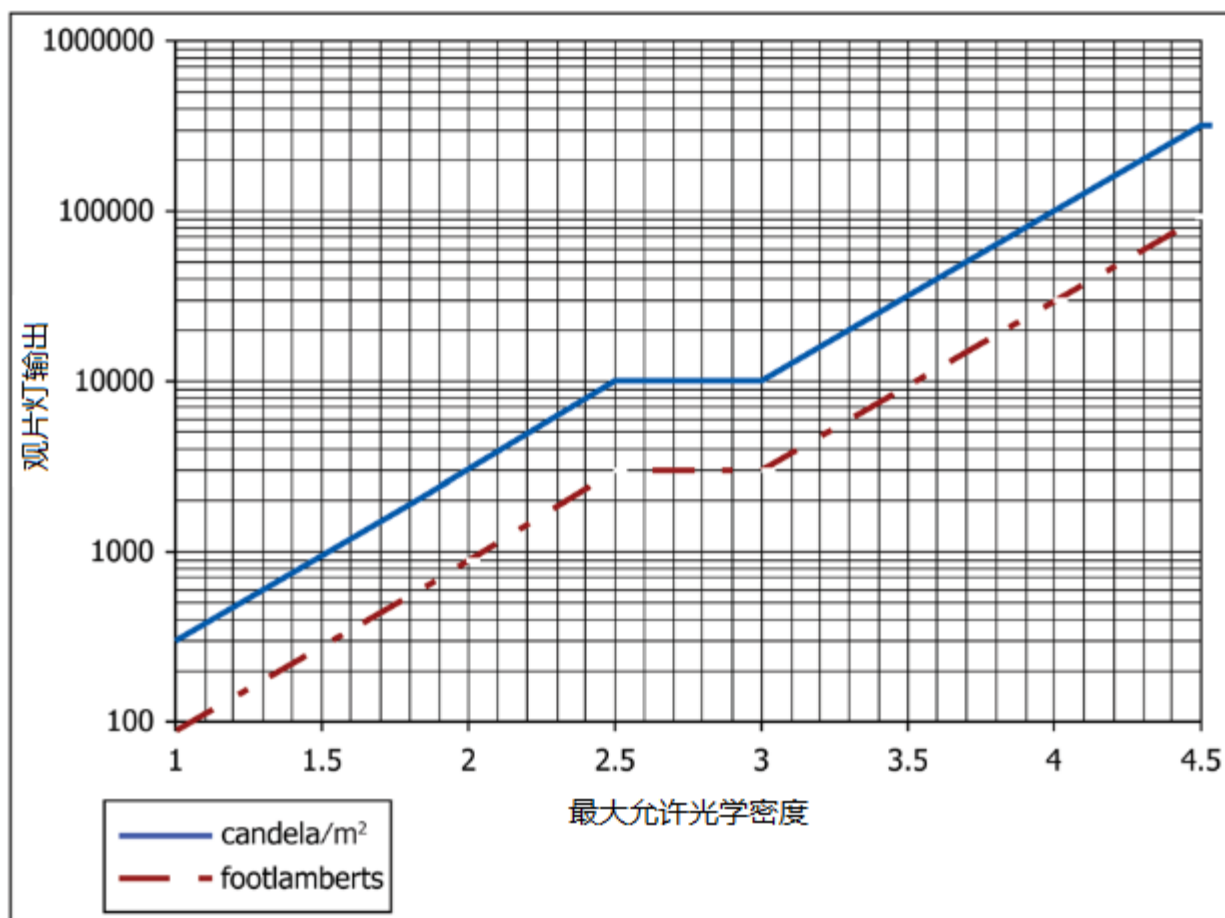


图2 观片灯亮度与最大允许底片密度

5.26.5 密度计校准与鉴定检查

密度计应按 ASTM E1079 和表 2 的要求进行校准与鉴定检查。阶梯楔型密度片的校准应与 NIST 系列化阶梯密度片 (SRM 1001 或 SRM 38100C) 进行对比鉴定, 其校准周期应按照本标准表 2 的要求进行。

5.26.6 环境光

观片室里的光照度应暗而柔和。背景照明光不应妨碍射线照片的评定。在观片灯关闭的条件下, 观片灯表面的环境光照度不应超过 30lx (3fc), 检查周期按表 2。

5.26.7 暗适应

进入观片区域后, 观片者在辨别射线照片上的像质计特征 (孔和像质计轮廓) 前应有足够的适应时间。如果眼睛短暂感受到观片灯的直接照射, 则至少应有 30s 的再适应期。

5.26.8 底片的保存

底片和其他记录应按合同的规定保存和交付。如果对底片的保存和交付没有特殊规定, 它们将归部件拥有者或使用者所有。

5.26.9 底片的储存

底片应按 ASTM E1254 的规定储存。

5.26.10 底片的复制

5.26.10.1 复制底片时, 质量保证方案应包含一个监控底片复制过程准确性的程序, 使复制的同样大小的底片能提供跟原始底片相同的像质计影像或所要求的灵敏度。

5.26.10.2 复制方法应提交认可的工程机构批准。

5.26.10.3 微缩胶片的程序应包含适当的要求, 包括曝光、扫描、对焦、对比度、分辨率和区分在复制影像可能出现的人为底片缺陷。

5.26.10.4 当把影像投影到原始尺寸并可以看到如同原始底片的像质计影像或所要求的灵敏度时, 可以使用投影系统复制底片。

5.26.10.5 采用投影系统进行复制时, 投影图像应调整到射线照片的原始尺寸; 像质计影像和要求的灵敏度应与原始底片相同。

5.27 标记

5.27.1 可验收的部件

经射线照相检测合格的部件应根据相关的图样、采购单、合同或本标准的规定予以标记。施加标记的方式和位置应对工件无害。标记在以后的操作中应不会消除, 当以后的操作会去除标记时, 标记应适当地附在随同部件或组件的记录上。

5.27.2 印章、激光标识或振动铭刻

印章、激光标识或振动铭刻仅用于相关的技术条件或图样允许的情况。除非另有规定, 标记应位于邻近部件编号的区域。

5.27.3 蚀刻

当禁止使用印章、激光标识或振动铭刻时, 部件可以采用蚀刻标识。允许采用适当的蚀刻剂和施加方法, 也可以采用不同于液体腐蚀的蚀刻方法。

5.27.4 染色

当蚀刻、印章、激光标识或振动铭刻都不适用时, 可以采用染色或墨印标识。

5.27.5 其他标记

其他的标记方法 (如标签) 可用于结构件、抛光件或要求不能使用蚀刻、印章、振动铭刻、激光标识、染色或墨印的情况。

5.27.6 标志

5.27.6.1 当印章、激光标识、振动铭刻、刻蚀或墨印适用时, 采用符号标志。符号应包含无损检测部门的识别符号。

除非有特殊规定, 用圆圈围住符号“X”表示百分之百射线照相检测。

当采用抽样检测时，实际进行了射线照相检测的工件应用圆圈围住符号“X”表示百分之百射线照相检测。在抽样检查基础上其余可接受的工件（此部分工件并没有进行实际射线照相检测）应采用椭圆围住符号“X”作标记。

5.27.6.2 当采用染色标识时，用蓝色表示百分之百射线照相检测。当采用抽样检查时，用橙色表示可接收的部件（该部分部件并没有进行实际射线照相检测），实际进行射线照相检测的部件则用蓝色表示。

附 录 A (规范性附录)

胶片处理控制

A. 1 自动处理

A. 1.1 冲片机的性能

A. 1.1.1 冲片机的性能应按A1.1.2和表2规定通过控制胶片与监控胶片的对比加以确定，处理胶片的显影液应是新配制并经老化处理。

A. 1.1.2 控制胶片采用感光胶片条带或已曝光的试件胶片。试件应是具有均匀厚度的试块或阶梯楔状试块。两者都应足够大以保证不会因为边蚀现象影响关注的区域。当使用标准试块方法制作控制胶片时，应建立标准化的方法并使用同一批次胶片以减少变量。控制胶片应至少有一个区域的密度为2.0~2.5，并包括一处未曝光区域以监控灰雾度。应采用足够的屏蔽保证监控灰雾度的区域不会接受到射线曝光。控制胶片的密度应测量并记录，以确定标称控制值。在处理控制胶片前，应按厂家说明添加化学活性剂或按照每加仑（3.8升）的显影液处理3张17英寸×14英寸（或等效）的胶片（胶片可以是过期的，不可用的，但必须是被可见光曝光的），对新更换的溶液进行老化处理。

A. 1.1.3 为了监控冲片机的性能，应使用按照标准化的方法得到的胶片或感光胶片条带。监控胶片的密度应在与控制胶片相同的区域测量并与控制胶片的密度相比较。监控胶片密度应在现行控制胶片密度的±10%以内。如果监控胶片的密度超出此范围，则需采取纠正措施后经过处理另外的监控胶片验证该问题是否已纠正。保存最近四星期的监控胶片以备审核。对于上一次检查合格后处理的产品胶片，若其射线照相检测质量等级和底片密度能达到5.9和5.10的要求，则无需报废。密度测量周期应按表2进行控制和记录。

A. 1.2 补液速率

在预防性维护和与补液系统相关的维护中，显影液与定影液的补液速率应保持在制造商所推荐的范围之内并在溶液更换时检查。补液速率应根据制造商的说明书检查（预防性维护不包括日常的外观清洁等）。补液速率应按表2进行控制和记录。

A. 1.3 温度

显影液的温度应保持在制造商限定的范围内并在使用冲片机前检查。在预防性维护时应使用经过校准的温度计来验证温度。

A. 1.4 送片速度

送片速度应按制造商的规定设定。应按表2进行控制和记录。

A. 1.5 灰雾度

灰雾度水平应被监控并包含在试验胶片中，作为胶片的未曝光区域。最大灰雾度对于I、II级或特殊胶片系统为0.30，应按表2进行控制和记录。

A. 1.6 清洗

采用流水清洗去除底片可能引起射线影像损害（污渍）和退化的残留定影液，清洗的有效性可参考ASTME999规定的方法检查。

A. 2 手工处理

A. 2.1 处理溶液性能

通过处理按照所述感光胶片条带或已曝光试块胶片的方法进行处理溶液监控。此次测试应在每日或使用前进行。

A. 2.2 显影液温度

时间—温度系统应保持在制造商推荐的范围内。显影液应在显影前搅拌和进行温度检查。

A. 2.3 胶片处理记录

应在胶片处理记录上记录胶片处理数量、尺寸和日期。

A. 2.4 补液速率

应按制造商的推荐进行补液。补液日期和混合新溶液日期应予记录。

附录 B
(规范性附录)
可替代型像质计类型的结构

B.1.1 可替代型像质计尺寸按图B.1或图B.2所示。

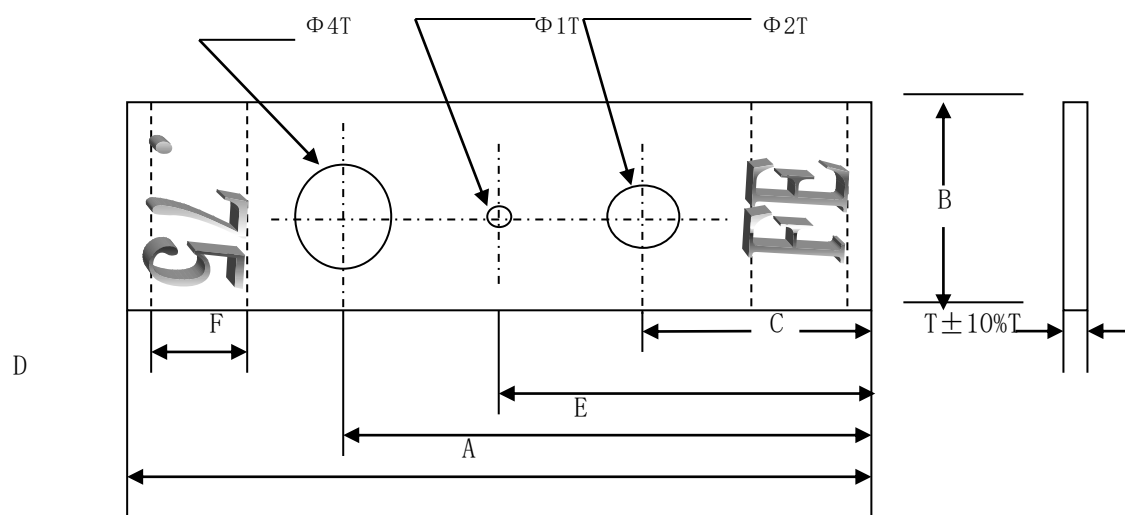
B.1.2 可替代型像质计应使用与被射线照相检测物体相同材料组（见3.3）或射线照相检测类似的材料（见4.5.2）。

B.1.3 可替代型像质计应按材料组（见图B.1）标识，其厚度与被射线照相检测部件的厚度相关。识别标志应由铅字母与数字或类似的射线难于穿透的材料制成的字母与数字组成。

B.1.4 材料的标识应为主要元素的化学符号。一些常用材料的标识在表B.1中列出。当材料是复合材料或没有主要元素时，应建立用于像质计标识的控制系统，并在书面工艺程序（见5.1）中说明。示例：如果铁是主要元素，用“FE”表示。

B.1.5 可替代型像质计厚度标识由小圆点加两位数字组成，这两位数字表示被检材料厚度的百分数。

B.1.6 示例：19.05mm (3/4in) 厚度的试样，需要两位数字.75标识的像质计。



单位为毫米（英寸）

T	增量	A	B	C	D	E	F
0.127~0.508 (0.005~0.020)	0.064 (0.0025)	50.800 (2.000)	12.700 (0.500)	13.200 (0.520)	20.300 (0.800)	29.200 (1.150)	6.350 (0.250)
0.636~1.27 (0.025~0.050)	0.127 (0.005)	50.800 (2.000)	12.700 (0.500)	13.200 (0.520)	20.300 (0.800)	29.200 (1.150)	6.350 (0.250)
1.520~4.060 (0.060~0.160)	0.254 (0.010)	72.400 (2.800)	25.400 (1.000)	20.300 (0.800)	31.800 (1.250)	48.300 (1.900)	9.250 (0.375)

最小像质计厚度为 0.13(0.005)±0.013 (0.0005)

1T 孔最小直径为 0.25(0.010)±0.025 (0.001)，厚度小于 0.25(0.010)不是 1T 孔。

2T 孔最小直径为 0.51(0.020)±0.051 (0.002)，厚度小于 0.25(0.010)不是 2T 孔。

4T 孔最小直径为 1.02(0.040)±0.102 (0.004)，厚度小于 0.25(0.010)不是 4T 孔。

图 B.1 厚度小于或等于 4.06mm(0.160in) 的像质计结构

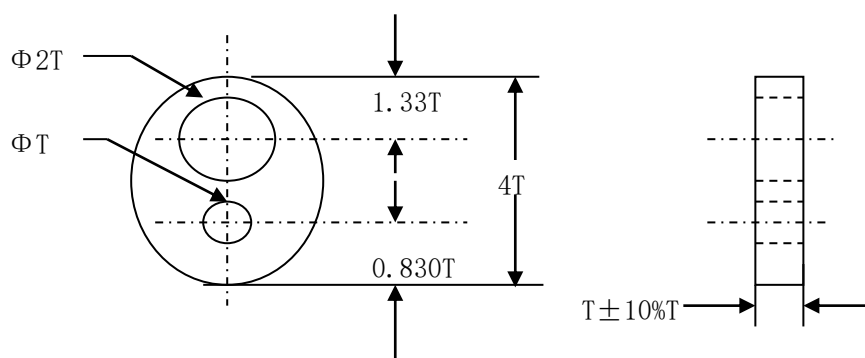


图 B.2 厚度大于或等于 4.57mm(0.180in) 并以 0.51mm(0.020in) 增量的像质计结构

表 B.1 常用材料的标识

符号	材料
SS	不锈钢
AL	铝
FE	铁
MG	镁
CU	铜
TI	钛

孔应正确并垂直于像质计表面，不应有倒角。
 像质计厚度和孔直径的公差应为其尺寸的 $\pm 10\%$ 或像质计尺寸之间厚度增量的 $1/2$ ，以较小的值为准。
 钢质像质计(FE)和不锈钢像质计(SS)可认为是相同材料组。

附录 C (规范性附录) 焊接件

C.1 焊缝

焊珠、焊波之间的凹谷或其他的表面不规则会影响底片的对比度，与缺陷相混淆。如果可能，被检焊缝表面应符合焊接加工技术条件的要求。

C.2 用于焊缝的像质计选择

C.2.1 一般要求

简单结构例如管道和平板上的对接接头，像质计厚度应根据单壁厚度加上余高的厚度来选择。对于 T 型接头、搭接接头、角接接头、填充焊、焊缝表面或者位于复杂组件中且两面都无法接近的焊缝，像质计厚度应根据射线束通过的总厚度来选择。如果是不同截面尺寸的焊缝，像质计厚度应根据较薄的截面厚度来选择。背垫条或环不应认为是焊缝的一部分。应根据基体材料加余高厚度选取像质计。如果随后的机械加工减小焊缝厚度，则像质计应根据最终产品厚度来选择。如果不能得到所要求的灵敏度，射线照相检测应在最终的机械加工后进行。

C.2.2 像质计在焊缝上的摆放位置

像质计应置于射线源一侧，与射线照相检测焊缝平行且距离射线照相检测焊缝至少 3.20mm(0.125in) 但不大于 32mm(1.25in)。当焊缝与像质计不属于射线照相检测类似材料或部件几何形状不适合放置像质计时，如果可能，线型或孔型像质计可放置在焊缝上被检区域的外侧。当焊缝余高（焊珠）、背垫环（条）未去除时，可将同材料组或射线照相检测类似材料（见 4.5.2）的垫片放置在像质计和基体材料之间，使像质计下的材料厚度近似等于焊缝余高加壁厚和背垫环或条的平均厚度。

C.2.3 焊缝的检测范围

除非工程图样或其他合同文件另有规定，射线照相检测的焊接部件焊缝区全长应百分之百作射线照相检测，包括焊接热影响区。

C.2.4 纵缝环缝交接

射线照相检测环缝时，与环缝相交接的纵向焊缝部分也应同时进行检测，附加的像质计应放置在纵向焊缝上并位于透照环缝的辐射束圆锥外缘。

C.2.5 纵向焊缝

射线照相检测纵向焊缝时，像质计应放置在被检测区域的最末端。像质计的长轴应与焊缝边缘平行，距离至少 3.20mm(0.125) in 但不大于 32.00mm(1.25in)。

C.2.6 环型焊缝

C.2.6.1 双壁双影

直径 88.9mm(3.5in) 或以下的管道，可以采用双壁双影法射线照相检测。射线穿过双壁，双壁同时进行评定。像质计应根据双壁厚度加两倍焊缝余高来选择。像质计应放置在射线源侧壁近似等于两倍焊缝余高的垫片上面。作为替代方法，相同的像质计和垫片可放置在射线源侧邻近被射线照相检测焊缝的类似截面处。如果上述方法不可行，在允许的情况下，像质计可放置在近似等于两倍壁厚加两倍焊缝余高的试块顶部。像质计和试块应放置在低密度材料上（如聚苯乙烯塑料或与其相当的材料）邻近被检测焊缝，试块顶部与管道上表面平齐。应以管子外径作为材料厚度“t”计算最小焦距（见 5.22）。

C.2.6.2 双壁单影

直径大于 88.9mm(3.5in) 的管道焊缝，只需检测最靠近胶片的焊缝区域。像质计相应按单壁厚度加单壁焊缝余高来选择。像质计应放置在邻近内壁焊缝且厚度等于焊缝余高的垫片上部。如果这种方

法不可行，可把相同的像质计和垫片放置在与管道类似截面的内壁，邻近被射线照相检测的焊缝。当没有管道相似截面时，像质计可放置在邻近被射线照相检测焊缝的试块上。试块厚度应当等于两倍壁厚加单壁焊缝余高。试块顶部应不低于管道内壁的内表面。应以单壁材料厚度“ t ”计算最小焦距（见5.22）。

C.2.6.3 叠加投影

除C.2.6.1和C.2.6.2中的规定外，应以单壁透照为宜。当采用双壁透照方法时，可采用叠加投影或椭圆（偏移）投影。

C.3 电子束（EB）焊接

射线中心束的方向应与熔合面平行。当射线束与焊缝坡口的角度超过 2° 时，应得到认可的工程机构的批准。