

中华人民共和国国家军用标准

FL 0140

GJB 1187A-2001

代替 GJB 593.2-88

GJB 1187-91

射线检验

Radiographic Inspection

2001-11-23 发布

2002-03-01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

射线检验

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了金属、非金属材料及其零部件和构件射线检验的要求,同时也规定了影响检验结果主要因素的质量控制要求。

1.2 适用范围

本标准适用于军用产品生产制造和科研中使用的金属、非金属材料及其零部件和构件的 X 射线、 γ 射线照相检验。

1.3 分类

X 射线照相技术分为:

- a) A 级(普通级):满足一般的影像质量要求;
- b) B 级(高级):满足较高的影像质量要求。

2 引用文件

GB/T 3323—1987 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB 4792—1984 放射卫生防护基本标准

GB 8703—1988 辐射防护规定

GB/T 12604.2—1990 无损检测术语 射线检验

GB 16357—1996 工业 X 射线探伤放射卫生防护标准

GSB 02—1333—2000 金属线型象质计

HB 7684—2000 射线照相检验用线型象质计

JB/T 7903—1995 工业射线照相底片观片灯

3 定义

3.1

公称厚度 T nominal thickness

不考虑制造偏差时,被检区材料或母材的厚度。

3.2

透照厚度 T_A penetrated thickness

沿射线束方向按公称厚度计算出的材料厚度(包含多重壁透照技术)。

3.3

物体至胶片距离 b object-to-film distance

被检物体源侧表面与胶片间沿中心射线束方向的距离。

3.4

射线源(简称“源”)至胶片距离 F source-to-film distance

沿中心射线束方向测得的射线源(或焦点)与胶片间的距离。

3.5

射线源至物体距离 f source-to-object distance

沿中心射线束方向测得的射线源与被检物体源侧表面间的距离。

3.6

射线源尺寸 *d* source size

射线源的有效尺寸。

3.7

外径 *D_e* external diameter

管子的公称外径。

本标准所用的其它术语见 GB/T 12604.2。

4 一般要求

4.1 射线检验人员

4.1.1 从事射线检验的人员应按相关工业部门制定的无损检测人员资格鉴定与认证标准的规定接受培训、考核并取得相应等级的资格证书。

4.1.2 射线检验人员的健康状况应符合 GB 8703 中附录 K(补充件)的规定。

4.2 射线照相技术级别选择

4.2.1 要求

在无特殊指明时,一般应选用 A 级。A 级不能满足像质要求时,应选用 B 级。

4.2.2 特殊情况

由于技术原因,B 级所规定的条件之一(如:射线源类型或射线源至物体的距离等)不能满足时,经委托和检验双方同意可选用 A 级所规定的条件,由此而引起的灵敏度损失应通过将底片最小密度提高至 3.0 或选用平均斜率更高胶片的方法予以弥补。

4.3 环境条件

4.3.1 检验场所

4.3.1.1 射线检验场所(包括射线机房和外场检验现场)的放射卫生防护要求应符合 GB 4792 及 GB 16357 的有关规定。

4.3.1.2 射线机房的面积一般不应小于 35m²,且不应堆放与检验无关的杂物。

4.3.1.3 射线机房应安装每小时换风量不低于 5 次的通风设备,其环境温度与湿度应满足射线机使用说明书的规定。

4.3.2 暗室

4.3.2.1 暗室的温度应控制在 18~25℃,且应设有通风装置,在处理间隙进行换气,以保证室内空气新鲜。

4.3.2.2 暗室的“干区”和“湿区”应分开:

- a) 用于胶片贮存、开封、裁切及包装的“干区”,相对湿度应控制在 30%~60%,工作台应保持清洁有序;
- b) 用于胶片处理的“湿区”,地面应铺设防滑瓷釉砖或水磨石,水槽应用瓷砖贴衬,墙壁应涂深色油漆。

4.3.3 评片室

4.3.3.1 评片室应整洁、安静,室内温度宜控制在 18~28℃,相对湿度不宜超过 75%。

4.3.3.2 评片室内的光线应暗而柔和,评片人员所在处的光照度以 25 lx 为宜。当评片室内备有多台观片灯时,各观片灯的光线不应相互影响。

4.3.4 底片干燥室

采用手工处理胶片时,应设专用底片干燥室。干燥室内应通风良好且无过量的灰尘。

4.3.5 底片贮存室

应设用于竖直储存归档底片的专用底片贮存室。贮存室内应通风、阴凉、干燥。

4.4 检验用设备与仪器

4.4.1 射线机

- 4.4.1.1 所有的射线机,均应具有合格证或有关合格的证明文件。
- 4.4.1.2 应根据被检材料种类、最大可能透照厚度及射线照相技术级别,选择适宜的 X 射线机、 γ 射线机或加速器等射线源。当电压波动较大而影响射线机正常工作时,应装备稳压电源。
- 4.4.1.3 检验轻金属及低密度的非金属材料时,推荐采用铍窗口软 X 射线机;检验大型环形件时,推荐采用具有周向辐射能力的周向 X 射线机或能量适宜的 γ 射线源。

4.4.2 观片灯

使用中的观片灯的主要技术指标应符合 JB/T 7903 的规定。

4.4.3 光学密度计(简称“密度计”)

- 4.4.3.1 现场使用的密度计最大可测密度应不低于 4.00,不确定度一般不宜超过 0.05。
- 4.4.3.2 密度计的标准密度片每年送计量部门检定一次。使用密度计时,应随时用标准密度片进行校验。

4.4.4 暗室安全红灯

- 4.4.4.1 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,安全红灯的亮度要适当。
- 4.4.4.2 安全红灯的安全性一般每年检查一次;但当更换灯泡或滤光片时,应同时进行安全性检查。
- 4.4.4.3 红灯的安全性可按下述的简易方法检查:

切一条胶片,放在平时切包胶片距安全红灯最近的位置上,一半用黑纸遮盖,另一半暴露在安全红灯下,暴露时间不短于切包胶片所需的最长时间。然后,按实际使用的程序进行暗室处理,测量两边的密度值,其差值应不高于 0.05。

4.4.5 定时装置

暗室配备的定时钟或其它定时装置应定期进行检查。

4.4.6 辐射剂量仪器

- 4.4.6.1 射线检验人员佩带的个人剂量计,应按时送当地防疫部门进行测量。
- 4.4.6.2 外场检验配备的辐射剂量仪或辐射剂量报警器,应按检定周期送计量部门进行检定。

4.4.7 洗片机(胶片处理器)

宜选用全自动工业射线胶片洗片机。洗片机应具有自动控制传输速度、自动控制温度(处理液温度和干燥液温度)、自动等候、自动循环、自动停水、自动补液等功能。洗片机处理胶片的宽度应不小于 350mm。

4.5 检验用材料

4.5.1 胶片

- 4.5.1.1 工业用射线照相胶片按其主要性能分为四类(级)(见表 1)。

表 1 胶片分类

类别		J ₀	J ₁	J ₂	J ₃
性能	感光度	最低	低	中	高
	平均斜率	最高	很高	高	中
	粒度	微粒	细粒	中粒	粗粒

国内外主要型号胶片的分类参见附录 E(参考件)。

- 4.5.1.2 胶片应在入厂后的一个月内进行下列验收试验:

a) 灰雾度(包括片基密度) D_0 测量:其实测值不应高于胶片的出厂标准;

- b) 质量抽检:对于每个批号的胶片,至少应从任意一盒中抽出三张(两侧和中间)进行试透照,底片上不应存在影响检验质量的气泡、白花、划伤、静电感光、发霉及涂布不匀、脱膜等缺陷。

4.5.1.3 胶片投入使用前应测定其灰雾度;对已开封的剩余胶片,每月应至少抽查一次灰雾度。

使用中胶片的灰雾度应满足下述要求:

- a) 当选用 A 级技术时,其灰雾度不得高于 0.35;
b) 当选用 B 级技术时,其灰雾度不得高于 0.25。

4.5.1.4 达到有效期的胶片,应按 4.5.1.2a 和 4.5.1.2b 的规定进行复验,灰雾度应满足 4.5.1.3 的要求,表观质量应符合 4.5.1.2b 的要求。复验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。

胶片一旦达到规定的有效期或延长期,就应进行复验,直到用完或复验不合格为止。

4.5.1.5 贮存中的胶片应避免光照、受压、过热、潮湿及一切有害气体,并远离任何辐射源。贮存温度和相对湿度应分别控制在 5~25℃ 和 30%~60%。

4.5.2 增感屏

4.5.2.1 分类

增感屏按使用性能分为三类:金属屏、荧光增感屏和金属荧光屏。

4.5.2.2 质量要求

增感屏应平整、光亮,无破损、翘曲、划伤、皱折及油污不洁等缺陷。

4.5.2.3 使用要求

在射线源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;射线能量不足,致使曝光时间过长时,经委托和检验双方同意亦可使用,但应达到规定的像质要求。

4.5.3 暗袋(或暗盒)

暗袋(或暗盒)应由不透光,在射线作用下不发光的低吸收材料(如黑纸、黑塑料薄膜等)制成。发现漏光的暗袋应及时修复或剔除。

4.5.4 胶片处理用溶液

4.5.4.1 显影液、停显液、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。配制溶液用的化学药品纯度不应低于化学纯。配制或贮存溶液的容器应由玻璃、硬橡胶、塑料、搪瓷或不锈钢等材料制成。不准使用锡、铜、钢、铝及锌制容器。

4.5.4.2 配制好的胶片处理溶液应贮存在加盖容器内且应避免光照,以防氧化。最佳贮存温度为 4~27℃。新配制的溶液宜放置 24h 后使用。

4.5.4.3 显影液、停显液、定影液及补充液除自行配制外,也可使用经相关部门或机构考核、认证的浓缩套药。

4.6 象质计

4.6.1 象质计材料应与被检材料的吸收特性相同或相近。

4.6.2 象质计的选用原则为:

- a) 对于金属材料应采用符合 HB 7684 或 GSB 02-1333-2000 规定的象质计;对于非金属材料,可使用由委托和检验双方共同商定的象质计。
b) 当没有相应材料的象质计时,可以使用较为接近的其它材料制成的象质计,但必须按附录 F(参考件)给出的等效系数及方法进行等效换算,以确定应发现的象质计最细丝的直径。此方法是一种近似的替代关系,实际使用中需经委托和检验双方共同商定。

4.7 透照技术

4.7.1 透照布置

透照布置表示射线源、被检工件和胶片(或胶片与增感屏组合系统)间的相互位置。它与被检工件的大小、几何形状、被检区的可接近性有关。典型的透照布置见附录 A(补充件)中的示意图。

4.7.2 透照方向

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垂直。如不能从此方向透照或从此方向透照不利于缺陷的检出时,也可从其它合适的方向进行透照。

4.7.3 透照厚度

透照厚度系指被检区的实测厚度。实测有困难时,对于铸件和非金属构件可以采用图样所标注的尺寸;对于焊接件(包括对接接头、T型接头及内角接头),可按表2确定其透照厚度 T_A 。

表2 几种不同接头型式焊接件的透照厚度 mm

接头型式	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)	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 内角接头)	T	—	$2.2T$
	$T_1 \neq T_2$	—	$1.1(T_1 + T_2)$

注:表中 T 、 T_1 、 T_2 为母材厚度, T_b 为垫板厚度。母材厚度为公称厚度。对接接头中母材厚度不同时,取薄者为母材厚度。

4.7.4 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或相同的胶片同时曝光。当感光度不同时,每张底片有效评定区内的密度和像质应分别符合第5.12.1和5.12.2的规定;当胶片的感光度相同时,低密度区(大厚度截面)采用两张底片重叠观察时,每张底片的密度应不低于1.2。

4.8 检验范围和数量

4.8.1 检验范围

需经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(所)主管部门审核会签后生效。

4.8.2 检验数量

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射线检验但未指明检验的数量和部位时,可视为100%检验。

4.9 检验工序

射线检验工序一般应根据制造或装配工艺规范、合同的规定进行安排。在没有明确规定时,可在有利于缺陷检出的制造或装配阶段进行。如果在热处理后需进行渗透或磁粉检验的零部件,可在热处理前进行射线检验,否则应在热处理后进行。

4.10 对送检工件的要求

4.10.1 送交射线检验的工件应经表面检验合格。

4.10.2 送检前,应清除妨碍检验和影响底片上缺陷影像辨认的多余物。

- a) 对于铸件,应清除型砂、型芯、金属屑及油污。当要求A级技术时,切除后的浇、冒口残余量不得

超过透照部位厚度的 10%；当要求 B 级技术时，浇、冒口应完全切除；

- b) 对于焊接件，应清除表面氧化皮、油污。当要求 B 级技术时，根据需要可将焊缝加工成与母材齐平。

4.11 加工前后的检验

4.11.1 初次透照后，由于机械或其它加工方法使其厚度减少 50% 或更多，且相关文件或图样又有要求时，应进行第二次透照。

4.11.2 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 详细要求

5.1 曝光曲线

对于每台在用的射线机均应绘制出常用被检材料的曝光曲线。曝光曲线应由 II 级人员绘制，III 级人员或专业工程师审核。

5.1.1 X 射线曝光曲线

X 射线曝光曲线通常有以下两种形式：

- a) 在固定焦点至胶片距离、曝光量、胶片型号、增感屏材料和厚度、暗室处理条件和底片密度的条件下，绘制管电压与材料厚度间的关系曲线；
- b) 在固定焦点至胶片距离、胶片型号、增感屏材料和厚度、暗室处理条件和底片密度的情况下，分别绘制不同管电压下曝光量常用对数与材料厚度间的关系曲线。

5.1.2 γ 射线曝光曲线

在固定射线源至胶片距离、胶片型号、增感屏材料和厚度、暗室处理条件和底片密度的情况下，分别绘制不同放射源的曝光量（放射性活度与曝光时间的乘积）常用对数与材料厚度的关系曲线。

5.1.3 绘制要求

绘制不同射线照相技术级别的曝光曲线时，所使用的胶片—增感屏组合系统、射线源至物体的距离、底片密度及像质等均应符合本标准的相关规定。曝光后的胶片应在经老化处理的溶液（显影液、停显液和定影液）中按标准条件进行手工或自动处理。

注：老化处理的溶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、尺寸约为 350mm×350mm 的过期胶片（亦可用新胶片）后所得到的显影液。

5.1.4 校验要求

每年应至少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 $\pm 15\%$ 时，应对原曲线进行修正或重新绘制。如遇对 X 射线透照参数有影响的设备部件进行修理或更换时，应随时进行校验。

5.2 射线照相检验图表

5.2.1 对批量生产的工件，应根据射线检验要求编制“射线照相检验图表”。图表主要包括下述内容：

- a) 工件名称、零件类别、图号及材料牌号；
- b) 用工件草图或照片表示出胶片、象质计和射线源间的相对位置、射线束的投射方向、透照部位序号及部位划分规则；
- c) 射线机型号与射线源尺寸；
- d) 胶片型号、增感屏类型及厚度、滤波板材料及厚度；
- e) 透照部位厚度及相应的曝光参数：射线源至物体距离、管电压、管电流或 γ 射线源的种类及其放射性活度以及曝光时间；
- f) 射线照相技术级别；
- g) 像质要求；
- h) 验收标准；

i) 签署及其它认为必要的事项。

图表格式可参见附录 G(参考件)或根据产品特点自行设计。

5.2.2 图表应由Ⅱ级(简单工件)或Ⅲ级人员编制,并经Ⅲ级人员或无损检测工程师审核后送主管部门批准。根据曝光曲线校验结果,如需要更改技术参数,应履行规定的审批手续。

5.2.3 实际操作时应按照图表的规定进行透照。

5.3 X射线管电压和其它射线源的选择

5.3.1 500kV 及以下 X 射线机最高管电压的选择

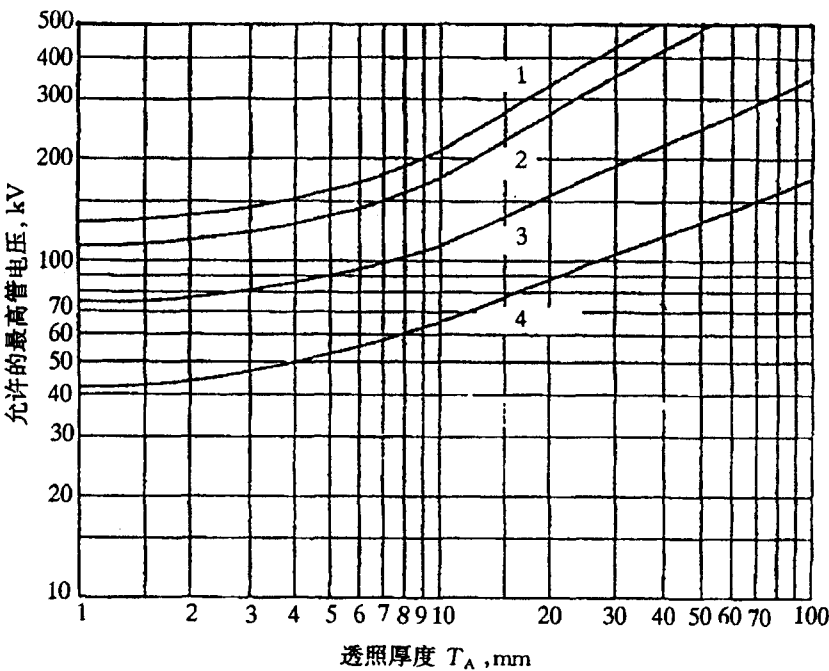
5.3.1.1 使用不高于 500kV 的 X 射线机进行检验时,应尽可能采用较低的管电压,允许的最高管电压与材料的透照厚度之间的关系见图 1。

5.3.1.2 当在一次透照检验中要检查厚度变化较大的变截面工件时,可以将允许的最高管电压适当提高:

- a) 对于钢,提高量不应大于 50 kV;
- b) 对于钛,提高量不应大于 40 kV;
- c) 对于铝,提高量不应大于 30 kV。

5.3.2 其它射线源的选择

γ 射线源和 1MeV 以上 X 射线装置所允许的透照厚度范围见表 3。根据材料种类和透照厚度按照表 3 选择射线源。



1-铜或镍基合金;2-钢;3-钛及其合金;4-铝及其合金
图 1 几种金属材料的允许最高管电压与厚度的关系

表 3 γ 射线源和 1MeV 以上 X 射线对于钢、铜及镍基合金的透照厚度范围

射线源	透照厚度 T_A , mm	
	A 级	B 级
^{170}Tm	≤ 5	≤ 5
$^{169}\text{Yb}^{(1)}$	1~15	2~12
$^{75}\text{Se}^{(2)}$	10~40	14~40
^{192}Ir	20~100	20~90
^{60}Co	40~200	60~150
1~4MeV X 射线	30~200	50~180
>4~12MeV X 射线	≥ 50	≥ 80
>12MeV X 射线	≥ 80	≥ 100
注: 1) 该射线源用于铝和钛时, 其透照厚度范围: A 级为 10~70mm; B 级为 25~55mm;		
2) 该射线源用于铝和钛时, 其透照厚度范围: A 级为 35~120mm。		

5.3.3 γ 射线源的使用

5.3.3.1 在能够使用 X 射线的情况下, 尽量不要用 γ 射线源。对于薄的钢件, 采用 ^{192}Ir 或 ^{60}Co γ 射线源进行透照与用曝光参数合适的 X 射线进行透照相比, 底片的影像质量较差。

5.3.3.2 在使用 γ 射线源进行透照时, 将源由源容器送至预定曝光位置的时间应尽量短, 一般不应超过总曝光时间的 10%。

5.4 胶片和增感屏及其组合

5.4.1 选择原则

应根据射线照相技术级别和所用射线源类型或能量按表 4 和表 5 选用合适的胶片类别及增感屏材料和厚度。

5.4.2 注意事项

5.4.2.1 在使用胶片与增感屏时, 应使胶片与增感屏紧贴。可以采用真空暗袋或适当加压。

5.4.2.2 增感屏应保证完好无损, 中间不得存有绒毛、纸屑等异物。

表 4 对钢、铜及镍基合金射线照相时应选用的最低胶片类别和金属增感屏

射线源	透照厚度 T_A , mm	胶片类别 ¹⁾		金属增感屏材料和厚度	
		A 级	B 级	A 级	B 级
$\leq 100\text{kVX}$ 射线		J_2	J_1	无或最厚 0.03mm 前后铅屏	
>100~150kVX 射线				最厚 0.15mm 前后铅屏	
>150~250kVX 射线				0.02~0.15mm 前后铅屏	
>250~500kVX 射线	≤ 50	J_2	J_2	0.02~0.3mm 前后铅屏	
	>50			0.1~0.3mm 前铅屏, 0.02~0.3mm 后铅屏	
^{169}Yb	<5	J_2	J_1	无或最厚 0.03mm 前后铅屏	
^{170}Tm	≥ 5			0.02~0.15mm 前后铅屏	
^{75}Se		J_2	J_1	0.1~0.2mm 前后铅屏 ²⁾	
^{192}Ir		J_2	J_1	0.02~0.2mm 前铅屏	0.1~0.2mm 前铅屏 ²⁾
				0.02~0.2mm 后铅屏	

表 4(续)

射线源	透照厚度 T_A ,mm	胶片类别 ¹⁾		金属增感屏材料和厚度	
		A 级	B 级	A 级	B 级
^{60}Co	≤ 100	J_2	J_1	0.25~0.7mm 前后钢或铜屏 ³⁾	
1~4MeV X 射线	> 100				
	≤ 100	J_2	J_1	0.25~0.7 mm 前后钢或铜屏 ³⁾	
$>4\sim 12\text{MeVX}$ 射线	> 100				
	≤ 100	J_2	J_2	最厚 1.0mm 前铜、钢或钼屏 ⁴⁾	
	$> 100\sim 300$	J_1	J_1	最厚 1.0mm 铜、钢或最厚 0.5mm 钼后屏	
$>12\text{MeVX}$ 射线	> 300		J_2		
	≤ 100	J_1	最厚 1.0mm 前钼屏 ⁵⁾ , 无后屏		
	$> 100\sim 300$	J_2			J_1
	> 300		J_2	最厚 1.0mm 前钼屏 ⁵⁾ , 最厚 0.5mm 后钼屏	
注:1) 可使用更好的胶片; 2) 如在物体与胶片之间加 0.1mm 的铅屏,则可使用带有最厚 0.03mm 前屏并已包装好的胶片; 3) 对于 A 级也可使用 0.5~2mm 的铅屏; 4) 对于 A 级,经协商同意可使用 0.5~1mm 的铅屏。 5) 经协商同意可以使用钨屏。					

表 5 对铝和钛射线照相时应选用的最低胶片类别和金属增感屏组合

射线源	胶片类别 ¹⁾		增感屏材料及厚度
	A 级	B 级	
≤150kV X 射线		J _I	无或最厚 0.03mm 前铅屏,最厚 0.15mm 后铅屏
>150~250kV X 射线			0.02~0.15mm 前后铅屏
>250~500kV X 射线			0.1~0.2mm 前后铅屏
¹⁶⁹ Yb			0.02~0.15mm 前后铅屏
⁷⁵ Se			0.2mm 前铅屏 ²⁾ , 0.1~0.2mm 后铅屏
注:1) 可使用更好类别的胶片; 2) 可使用 0.1mm 的前铅屏和 0.1mm 厚的铅滤波板。			

5.5 透照布置的选用

5.5.1 选用原则

在选择透照布置时,只有在单壁透照存在困难或不能实现的情况下,方可采用双壁透照方式。

5.5.2 关于椭圆成像

对于管径 De 小于 90mm、壁厚不大于 8mm 的管件,当环形焊缝的宽度不大于 $De/4$ 时,透照方式采用附录 A(补充件)中图 A19 所示的双壁双影方法。椭圆成像的开口度大约为一个焊缝的宽度。如果 T/De 小于 0.12,可互成 90°曝光两次。

当椭圆成像有困难时,可采用垂直透照方式(见附录 A 图 A20),并每隔 120°或 60°曝光一次。

5.6 射线源至物体间的最小距离 f_{min}

5.6.1 射线源至物体间最小距离 f_{min} 取决于射线源尺寸 d 和物体至胶片距离 b 。

在实际可能的情况下, f/d 不应小于式(1)和式(2)给定的数值。

对于 A 级:

$$f/d \geq 7.5b^{2/3} \dots\dots\dots (1)$$

对于 B 级:

$$f/d \geq 15b^{2/3} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- f ——射线源至物体距离,mm;
- d ——射线源尺寸,mm;
- b ——物体至胶片距离,mm。

对于 X 射线源,射线源尺寸 d 应按附录 B(补充件)进行计算;对于 γ 射线源,当源长度大于 3mm 时,应将源至胶片最小距离 F_{min} 乘以从图 3 查出的修正因子 R 。

如果 $b < 1.2T$, 则式(1)、式(2)和图 2 中的 b 可用工件的公称厚度 T 取代;当采用双壁双影椭圆成像透照方式时,则 b 被管外径 De 取代;而采用双壁单影透照方式时, b 仅为管子的壁厚。

根据式(1)和式(2)确定 f_{min} 值的方法制成的诺模图见图 2。

5.6.2 当采用附录 A(补充件)中图 A13 所示的透照布置方式时, f_{min} 可以适当缩短,但缩短量不得超过 50%;当采用附录 A(补充件)中图 A14~图 A18 所示的透照布置方式时, f_{min} 可降低 20%。

当必须用 A 级技术检查平面型缺陷时,则应采用按 B 级技术确定的 f_{min} , 即应将按 A 级技术确定的 f_{min} 乘以 2。

5.7 一次曝光的最大有效区

5.7.1 透照厚度比的规定

一次曝光的最大有效区取决于允许的透照厚度比 K , 即厚度均匀评定区边缘透照厚度 T 与中心射线处的透照厚度 T 之比(见图 4):

- a) 对于平板状的铸件、非金属构件和平直焊缝, A 级的 K 值不大于 1.03, B 级的 K 值不大于 1.01;
- b) 对于环形铸件、非金属构件和环形焊缝, A 级的 K 值不大于 1.2, B 级的 K 值不大于 1.1;
- c) 对于由裂纹敏感性材料制成的环形铸件或环形焊缝, 为了保证裂纹的检出, 应采用比 B 级更好的射线照相技术(如 $K = 1.06$)。

5.7.2 有效评定区的要求

在有效评定区内除满足 K 值的要求外, 其最低底片密度值应符合 5.12.1 的规定, 最高密度值不能高出观片灯能够观察的密度上限。

5.7.3 环形件透照次数的规定

根据环形铸件、非金属构件和焊缝 K 值的规定, 确定不同灵敏度级别下的最少透照次数 N 的图表见附录 C(补充件)。

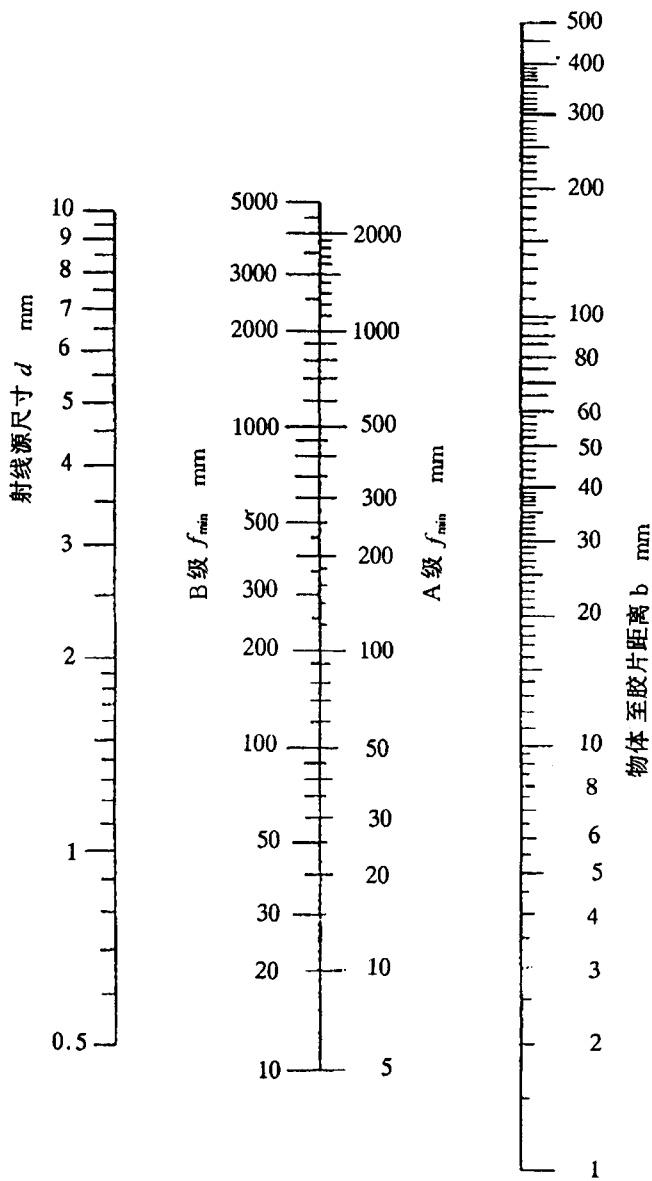


图2 确定射线源至物体间最小距离 $f_{\min}$ 的诺模图

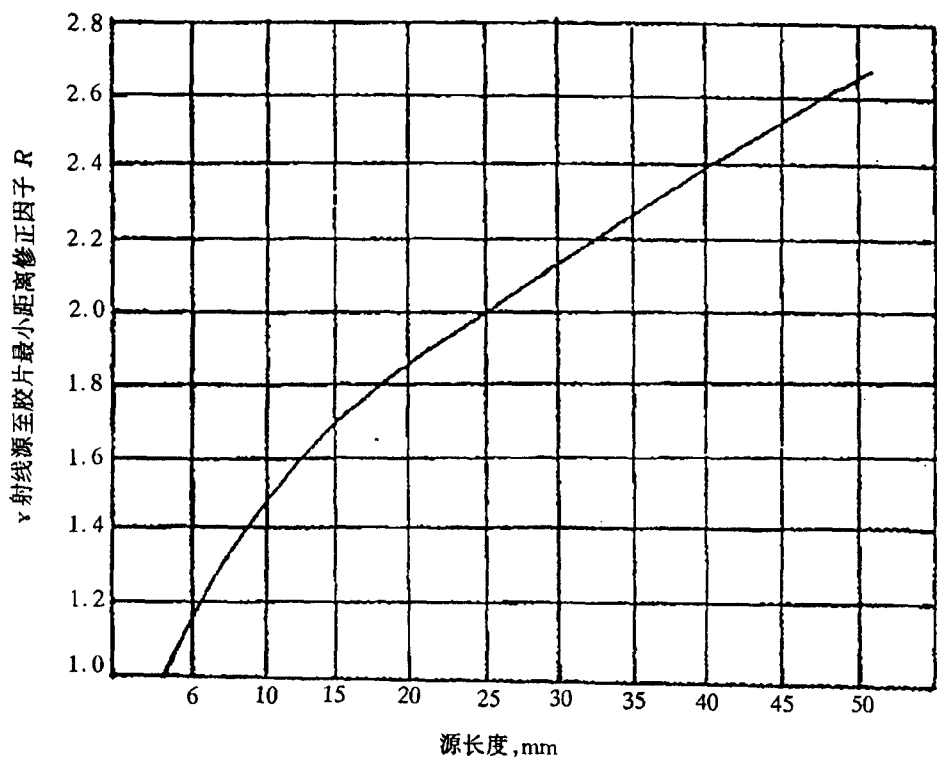


图 3 不同源长度下 $F_{\min}$ 的修正因子

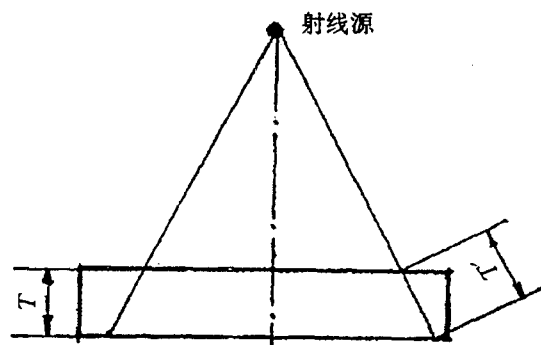


图 4 透照厚度比示意图

5.8 散射线的防护

5.8.1 一般原则

对工件进行透照时,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。

5.8.2 背散射的防护

为防止背散射的有害影响,对于 500kV 以下 X 射线或 γ 射线,暗袋背面应衬以 1~4mm 厚的铅板。铅板的实际厚度可通过试验予以确定。其方法如下:

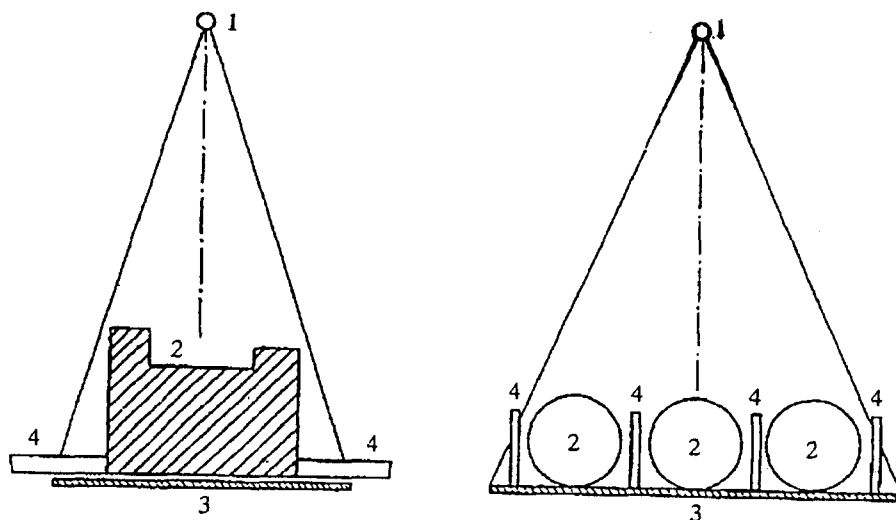
选一试件或试板,其厚度应能在射线机可能使用的最高管电压和生产检验常用的曝光量下产生正常的底片密度。透照时在胶片暗袋与铅板之间放一个铅字“B”(B 的高度 $\geq 10\text{mm}$ 、厚度 $\geq 1.5\text{mm}$),透照后

按常规的暗室条件进行处理。如果在底片上出现铅字“B”的光亮影像,则说明背散射防护不足,需增加铅板的厚度。

注:此项试验仅需在初次确定曝光参数时进行。

5.8.3 侧散射线的防护方法

为减弱由厚工件顶部边缘(位于辐射场内)引起的底片边蚀现象,可采用如图 5 所示的屏蔽措施。



1-射线源;2-工件;3-胶片;4-铅板

图 5 侧散射线的防护方法

5.8.4 滤波板的选用

为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之间加一铜或铅制滤波板。滤波板的厚度一般应根据材料种类、厚度变化范围及射线的能量等因素,通过试验加以确定。如对于 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 射线源,置于工件与胶片暗袋间的铅滤波板厚度,由于被检物体厚度的不同,可在 0.5~2mm 范围内改变。

5.9 象质计的放置及数量

5.9.1 概述

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等情况可不放置象质计外,每透照一个部位一般均应放置象质计。但当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象质计。

5.9.2 铸件

5.9.2.1 在通常情况下,应将象质计放在工件射线源侧的表面上,并靠近被检区的边缘,线形象质计的最细丝居于外侧。当透照形状不规则的工件时,应将象质计放在距胶片较远的截面上。

当无法将象质计放置在工件射线源侧表面上时,可将象质计放在材料和厚度与被检件相同,平面尺寸一般不小于 100mm×100mm 的试块上。透照时,试块尽可能靠近被检区,并使试块射线源侧表面与胶片的距离不小于工件被检区射线源侧表面与胶片间的距离。

5.9.2.2 当被检区底片密度变化超过象质计所处密度值 + 30% 或 - 15% 时,则应使用两只象质计。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符合 5.12.1 的规定。

5.9.2.3 对于圆环形和平板形件,当一次曝光使用几张胶片时,象质计应放在工件射线源侧透照区边缘的表面上。当将射线源置于环形件的中心轴线上进行 360°周向曝光时,在其内表面上每隔 90°或 120°放

置一只象质计。

5.9.3 焊接件

线型象质计金属丝应与焊缝方向垂直横跨在被检焊缝射线源一侧的表面上,细丝靠外。其具体摆放位置应根据焊缝的形状及采用的透照布置而定。

5.9.3.1 对于纵向焊缝或采用单壁透照方法检查部分环形焊缝时,象质计应置于靠近焊缝被检区的端部。当采用双壁双影法检查管径等于或小于 90mm 的环形焊缝时,应将象质计置于射线源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 HB 7684 中的专用象质计。

5.9.3.2 当采用双壁单影法检查管径大于 90mm 靠近胶片一侧的部分环缝时,应将象质计置于被检区焊缝的内表面上。如无法放入时,则可按下述两种方法中的一种加以处理:

- a) 将象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象质计上面。试块的材料应与被检件相同或相似,其平面尺寸不小于 100mm×100mm,并尽可能靠近被检区。
- b) 将象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:截取一段与被检件相同的短试样,在被检部位的内、外表面各放一只象质计,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。

5.9.3.3 当采用将射线源置于环形焊缝中心进行 360°周向曝光时,在焊缝内表面每隔 90°或 120°放置一只象质计。

5.9.3.4 拟在透照环形焊缝的同时,检查与其相接的部分纵缝时,应在纵缝的被检区距环缝较远的一端放置一只象质计。

5.9.3.5 当被检区底片的密度变化超过象质计所在处密度值的 +30% 和 -15% 时,应按 5.9.2.2 条处理。

5.9.4 非金属材料及其构件

对于非金属材料及构件,像质计的选用和摆放数量,可通过委托和检验双方共同协商确定。

5.10 标记

5.10.1 定位标记

标志透照部位的铅质标记包括中心标记“”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 GB/T 3323 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。

5.10.2 识别标记

识别标记应包括炉批号,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, …… 表示返修后重新透照,数字 1, 2, …… 表示返修次数。

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 10mm。

5.11 暗室处理

5.11.1 概述

手工处理和自动处理两种方式均可采用。

5.11.2 手工处理

5.11.2.1 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 沿水平和垂直方向摆动胶片架 2~3 次。

5.11.2.2 一般不宜采用浅盘式处理方法;若无条件或胶片处理量不大时,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。

5.11.2.3 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方法缩短处理时间。将胶片放入显影液前,在水中将其润湿可防止相互粘连,并使胶片显影均匀。将胶片从显影液移入定影液中之前要经停显处理或充分的水洗(约 1min),以减少溶液间的相互污染。

5.11.2.4 连续使用的显影液、定影液,当处理的胶片数量达到规定的数量时应更新;间断使用的显影液、定影液(特别是显影液),当使用的时间较长时可按 5.16 中工艺检验的方法对溶液进行有效性检验。

5.11.3 自动处理

应按自动处理机的使用说明对胶片进行处理,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。必要时应按附录 D(补充件)进行溶液有效性试验。

5.12 底片质量

5.12.1 底片密度

有效评定区内的底片密度 D, A 级应控制在 1.7~4.0, B 级应控制在 2.0~4.0。特殊情况下,经委托方和检验双方协商同意,底片密度的下限允许低至 A 级 1.2, B 级 1.5。

5.12.2 影像质量(象质计灵敏度)

5.12.2.1 影像质量用所发现的象质计最细丝的编号或直径予以描述:

- 对于焊接件所发现的最细丝的长度不得低于 10mm;
- 对于厚度均匀的铸件或非金属构件,所发现的最细丝的长度应为 100%。

5.12.2.2 对于金属材料,单壁透照且象质计置于源侧时,其影像质量,即象质计灵敏度应符合表 6 的规定。

表 6 金属材料单壁透照时的像质要求

应发现的最细 线号	线径 mm	透照厚度 T_A , mm	
		A 级	B 级
19	0.050	—	≤ 1.5
18	0.063	≤ 1.2	$> 1.5 \sim 2.5$
17	0.080	$> 1.2 \sim 2.0$	$> 2.5 \sim 4$
16	0.100	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 4 \sim 6$
15	0.125	$> 3.5 \sim 5.0$	$> 6 \sim 8$
14	0.16	$> 5.0 \sim 7.0$	$> 8 \sim 12$
13	0.20	$> 7 \sim 10$	$> 12 \sim 20$
12	0.25	$> 10 \sim 15$	$> 20 \sim 30$
11	0.32	$> 15 \sim 25$	$> 30 \sim 35$
10	0.40	$> 25 \sim 32$	$> 35 \sim 45$
9	0.50	$> 32 \sim 40$	$> 45 \sim 65$
8	0.63	$> 40 \sim 55$	$> 65 \sim 120$
7	0.80	$> 55 \sim 85$	$> 120 \sim 200$
6	1.00	$> 85 \sim 150$	$> 200 \sim 350$
5	1.25	$> 150 \sim 250$	> 350
4	1.60	> 250	—

5.12.2.3 对于管径小于 90mm 的环形焊缝采用双壁双影透照法,且将象质计分别置于被检焊缝源侧和胶片侧表面时,其影像质量应符合表 7 的规定。其中象质计置于胶片侧的像质要求,也适用于管径不小

于 90mm,采用双壁单影法将象质计置于胶片侧时的情况。

5.12.2.4 对于非金属材料,其像质要求允许由委托方和检验方共同协商确定。

5.12.2.5 对于镁合金和其它专用材料和特殊构件,可按有关行业标准所规定的像质要求执行。

5.12.3 有效透照区

一张或多张底片的有效评定区应完全覆盖工件的整个被检区。采用多张胶片时,每相邻两张胶片间至少有 10mm 的搭接部分。

5.12.4 假缺陷

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

5.12.5 标记影像

底片应清楚地显示出 5.10 规定的标记影像。

表 7 环形焊缝采用双壁透照时的像质要求

应发现的最 细线号	线径 mm	透照厚度 T_A , mm			
		A 级		B 级	
		源侧	胶片侧	源侧	胶片侧
19	0.050	—	—	≤ 1.5	≤ 1.5
18	0.063	≤ 1.2	≤ 1.2	$>1.5\sim 2.5$	$>1.5\sim 2.5$
17	0.080	$>1.2\sim 2.0$	$>1.2\sim 2.0$	$>2.5\sim 4$	$>2.5\sim 4$
16	0.100	$>2.0\sim 3.5$	$>2.0\sim 3.5$	$>4\sim 6$	$>4\sim 6$
15	0.125	$>3.5\sim 5.0$	$>3.5\sim 5.0$	$>6\sim 8$	$>6\sim 12$
14	0.16	$>5.0\sim 7.0$	$>5.0\sim 10.0$	$>8\sim 15$	$>12\sim 18$
13	0.20	$>7\sim 12$	$>10\sim 15$	$>15\sim 25$	$>18\sim 30$
12	0.25	$>12\sim 18$	$>15\sim 22$	$>25\sim 38$	$>30\sim 45$
11	0.32	$>18\sim 30$	$>22\sim 38$	$>38\sim 45$	$>45\sim 55$
10	0.40	$>30\sim 40$	$>38\sim 48$	$>45\sim 55$	$>55\sim 70$
9	0.50	$>40\sim 50$	$>48\sim 60$	$>55\sim 70$	$>70\sim 100$
8	0.63	$>50\sim 60$	$>60\sim 85$	$>70\sim 100$	$>100\sim 180$
7	0.80	$>60\sim 85$	$>85\sim 125$	$>100\sim 170$	$>180\sim 300$

5.13 检验记录与底片

5.13.1 检验记录格式

检验记录的格式可根据产品特点自行设计。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) 底片贮存号或检验报告号;
- f) 检验者(包括透照者、暗室处理者、评片者和审核者);
- g) 其它。

5.13.2 底片保存

评定后的底片应编号保存,保存期限可根据具体情况或质检部门的规定执行,但最少不应少于5年。

5.14 底片的评定与报告

5.14.1 应由Ⅱ级或Ⅲ级射线检验人员按产品的质量验收标准或技术条件对符合5.12要求的底片进行评定和审核,并签发检验报告,最后由专业负责人签字后发出。检验报告至少应一式两份,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。

5.14.2 检验报告的格式可自行设计。一般应包括下述内容:

- a) 报告编号;
- b) 零件名称、零件类别、图号及编号;
- c) 材料牌号;
- d) 验收标准;
- e) 超标缺陷的类型及尺寸或级别;
- f) 评定结论;
- g) 评片者、审核者、专业负责人及日期;
- h) 其它。;

5.14.3 为使视觉适应暗场条件,准确发现和评定底片上缺陷的影像,评片前应有一定的暗室适应时间:

- a) 从明亮的阳光下进入评片室,至少10min;
- b) 从一般光线的房间进入评片室,至少30s;
- c) 在评定两张底片间,至少30s。

5.14.4 评片时可以使用10倍以下并带有刻度尺的放大镜。

5.15 检验后工件的处理

5.15.1 不合格件

当检验后的工件内部存在超标缺陷时,应与合格件分别放置,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。

5.15.2 合格件

5.15.2.1 概述

对于符合验收标准的工件,应做出适当标记。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作的标记时,应在工件的检验报告中用文字或符号加以说明。

5.15.2.2 标记方法

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——当有关规范或图样允许时,也可采用腐蚀法。但要采用合适的腐蚀剂和方法;
- c) 涂色——当钢印或腐蚀法均不合适时,可采用涂色法;
- d) 其它方法——对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上述方法时,可采用其它的替代方法,如标签法等。

5.15.2.3 标记符号

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“×”的符号(即“⊗”)表示百分之百检验合格件;用由方框围上“×”的符号(即“⊠”)表示抽检合格件;
- b) 当可用涂色法时,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。

5.16 工艺检验

5.16.1 方法

为每台射线机准备一块标准试板或作曝光曲线的阶梯试块,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源侧表面上放置一只象质计,进行曝光。然后,在经过老化处理的显影液、停显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”。其指定区中心附近三点的平均密度值作为“基准密度值”。

进行工艺检验时,对标准试板或阶梯块(同时放置象质计)用标准曝光条件进行透照后进行暗室处理。然后将底片指定区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 $\pm 15\%$ 或影像质量低于 5.12.2 的规定时,应停止正常检验,并对检验系统的各个环节进行检查,待查明原因并排除后,方可恢复检验。

5.16.2 要求

检验人员应密切观察日常生产检验的结果,如发现底片密度值或影像质量有较明显的异常时,应随时进行系统的工艺检验。

附录 A
(补充件)
典型透照布置示意图

A.1 铸件和非金属构件

铸件和非金属构件透照布置示意图见图 A.1~A.8。

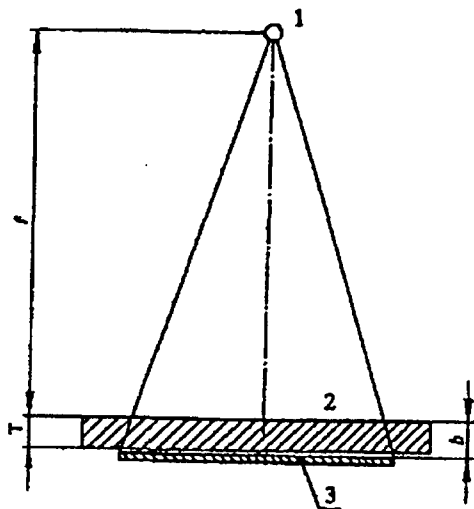


图 A.1 平板形工件单壁透照

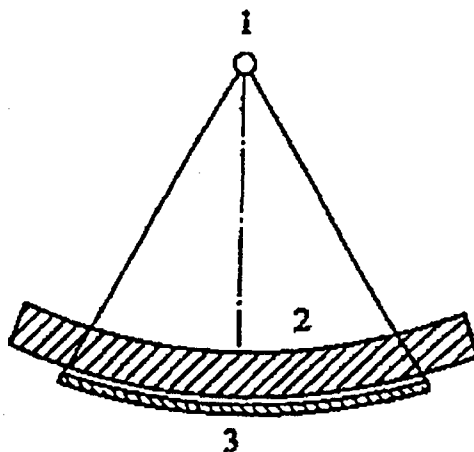


图 A.2 曲面形工件、射线源位于凹面、
胶片在凸面的单壁透照

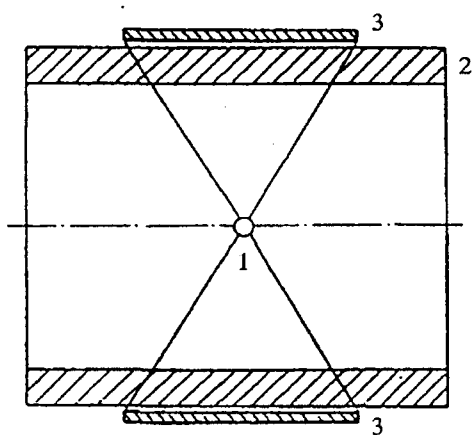


图 A.3 环形件射线源在内中心轴线上、胶片在外 360°周向单壁透照

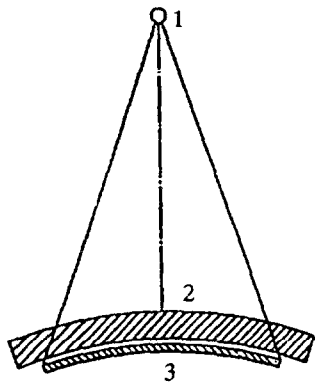


图 A.4 曲面工件射线源置于凸面，
胶片在凹面单壁透照

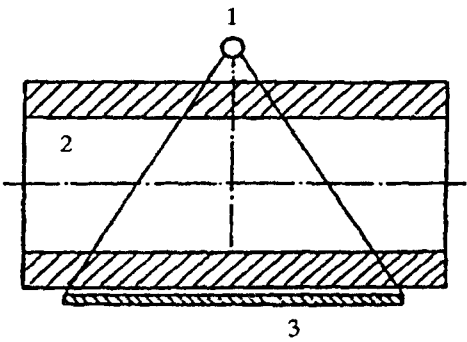


图 A.5 环形件射线源与胶片均在外
双壁单影透照

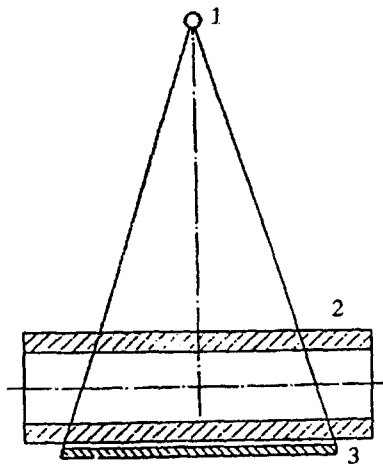


图 A.6 环形件射线源与胶片
均在外的双壁双影透照

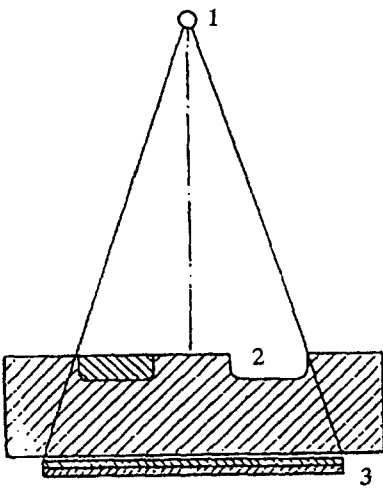


图 A.7 变截面工件采用双胶片
单壁透照

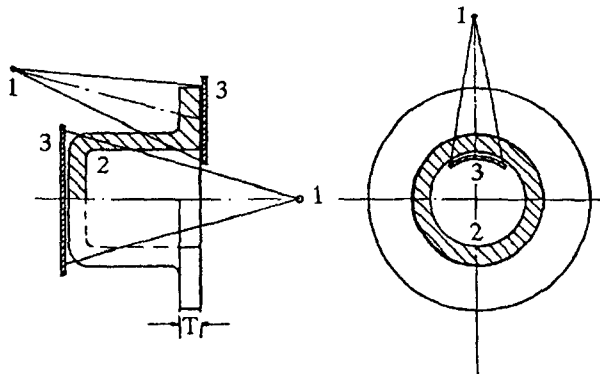


图 A.8 两个面连接转角过渡区及法兰盘安装边的透照

A.2 焊接件

焊接件透照布置示意图见图 A.9~图 A.26

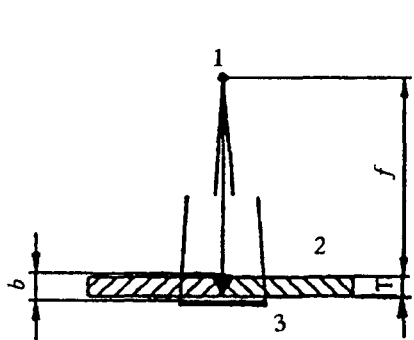


图 A.9 平板对接接头透照

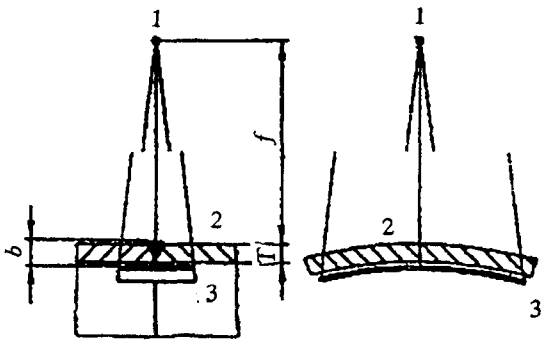


图 A.10 环形或曲面对接接头射线源在外或凸面,胶片在内或凹面的单壁透照

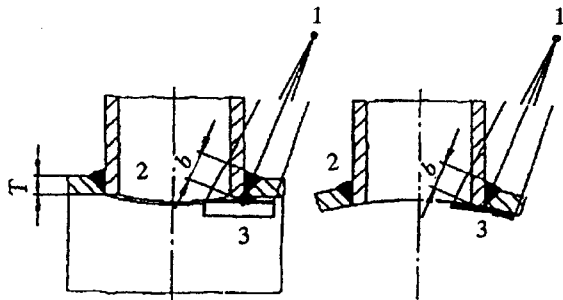


图 A.11 曲面体嵌入角焊单壁透照

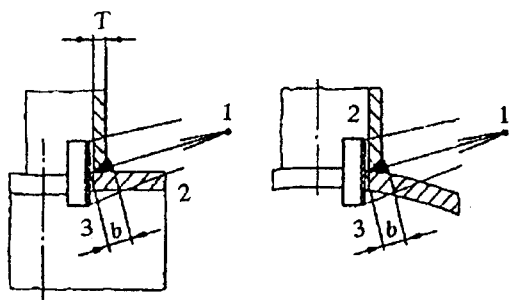


图 A.12 曲面体角接头单壁透照

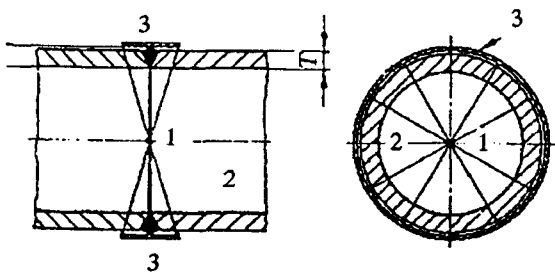


图 A.13 环形对接接头射线源在中心轴线上、胶片在外 360°周向透照

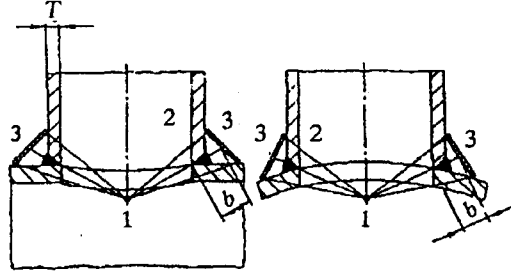


图 A.14 曲面体角接头单壁透照

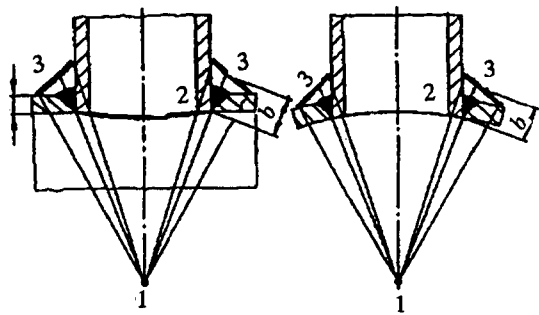


图 A.15 曲面体嵌入角焊接头单壁透照

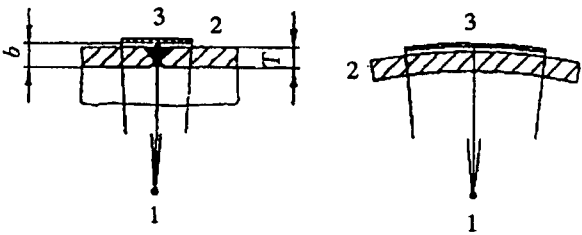


图 A.16 环形或曲面对接头射线源在内或凹面, 胶片在外或凸面单壁透照

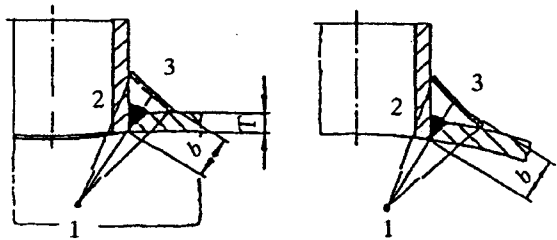


图 A.17 曲面体嵌入角焊单壁透照

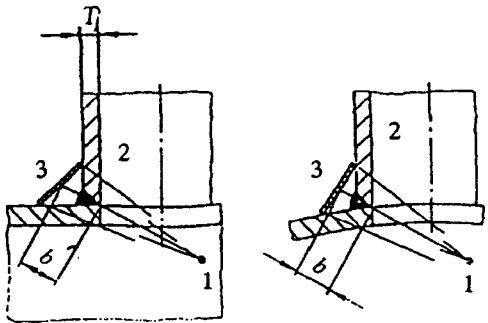


图 A.18 曲面体角焊单壁透照

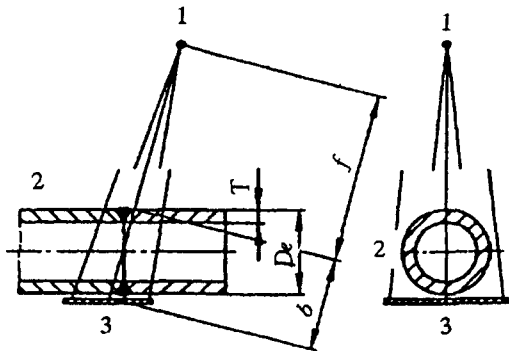


图 A.19 环形对接接头双壁双影椭圆成象

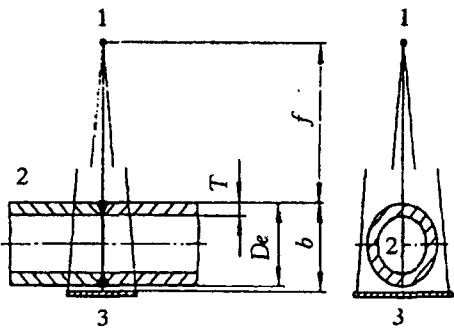


图 A.20 环形对接接头双壁双影垂直成象

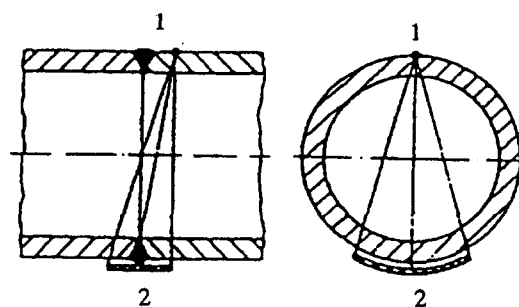
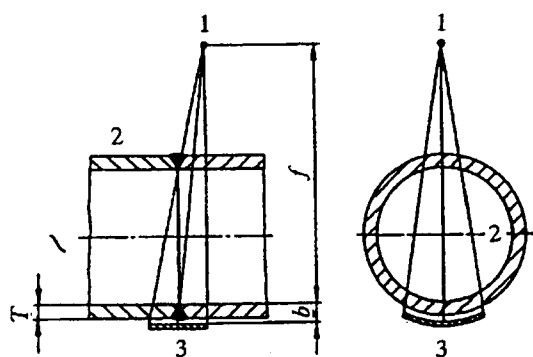


图 A.21 环形对接接头双壁单影透照 ($F > De$) 图 A.22 环形对接接头双壁单影透照 ($F = De$)

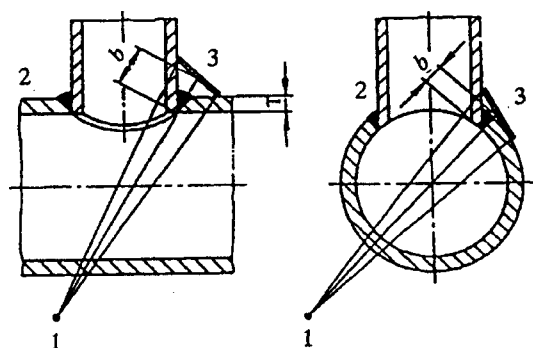
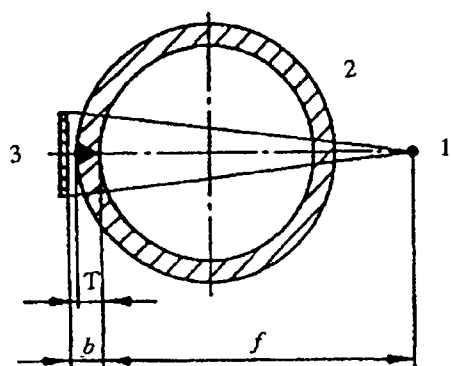


图 A.23 环形件纵向对接接头双壁单影透照 图 A.24 曲面体嵌入角接头双壁单影透照

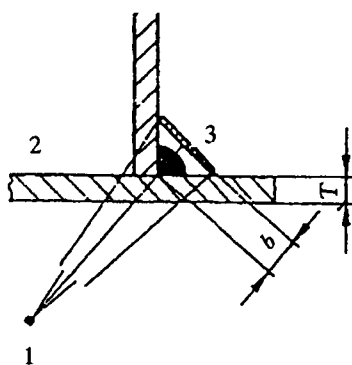


图 A.25 T形角接接头透照

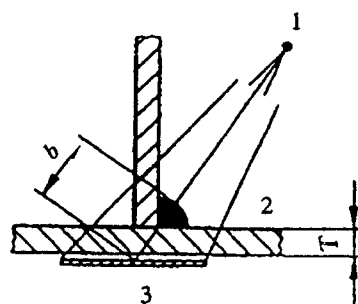


图 A.26 T形角接接头透照

注:本附录所有示意图中:1-射线源;2-工件;3-胶片。

附录 B
(补充件)
X 射线源尺寸的计算

B.1 X 射线源尺寸的计算

当 X 射线机焦点的几何形状与下列任一理想焦点的几何形状相同或相似时,则射线源尺寸 d 的计算见图 B.1。

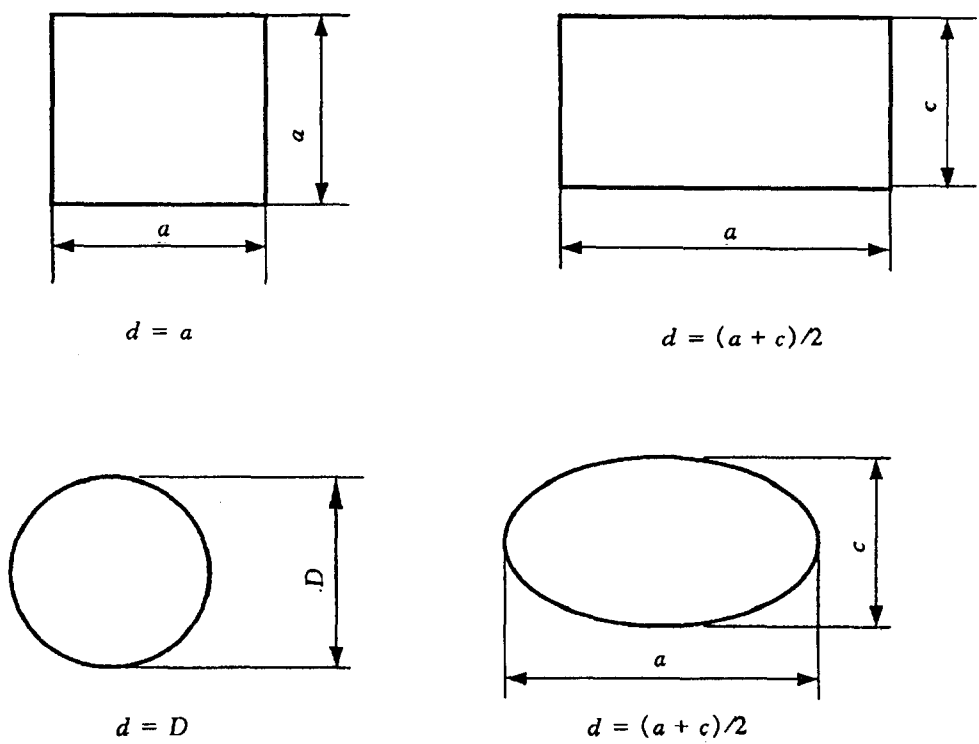


图 B.1 理想焦点图形及有效焦点尺寸 d

附录 C
(补充件)

对接环形焊缝最少透照次数的确定

C.1 对接环形焊缝最少透照次数的确定见图 C.1~C.6。

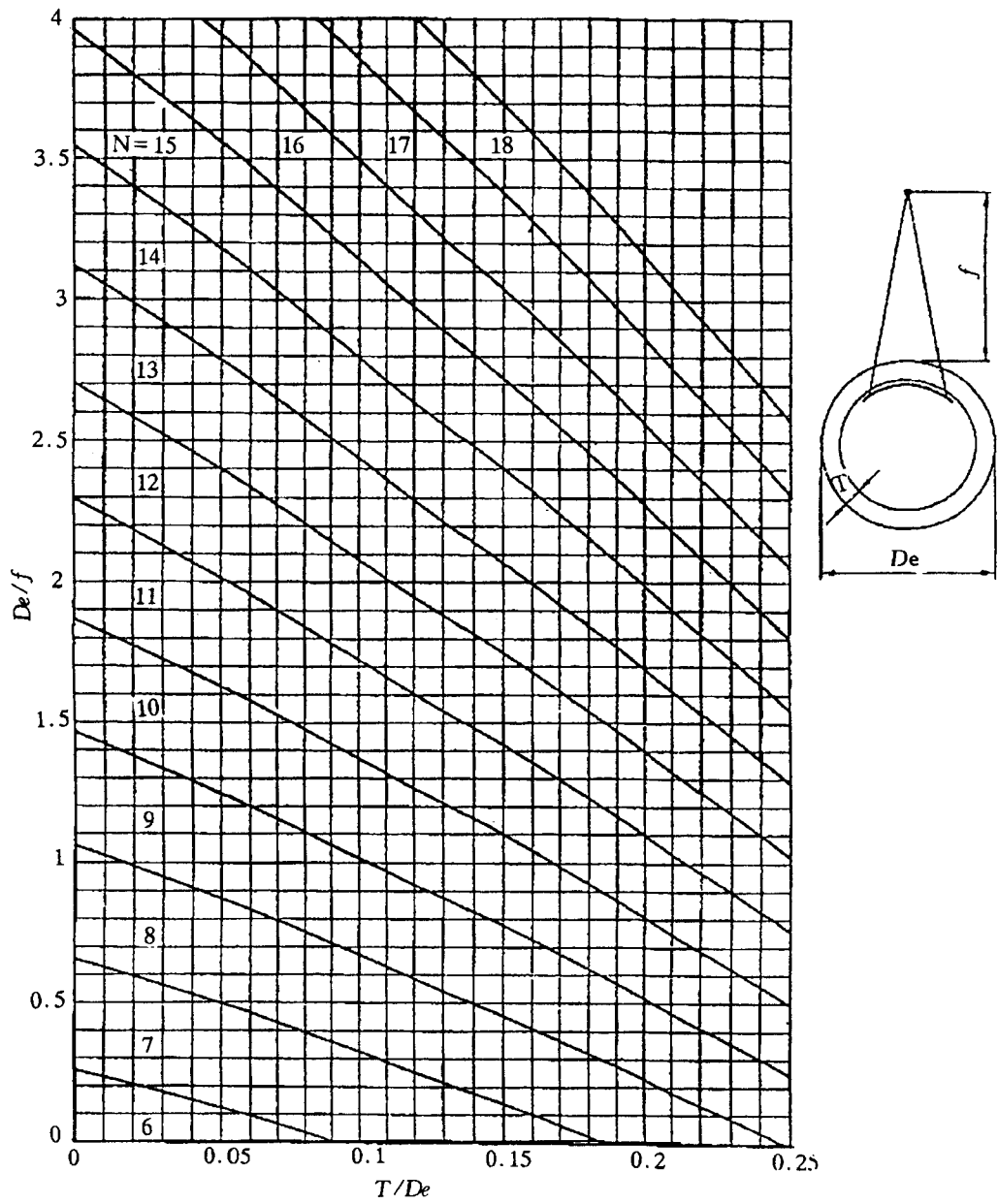


图 C.1 源在外单壁透照 A 级($K = 1.2$)最少透照次数

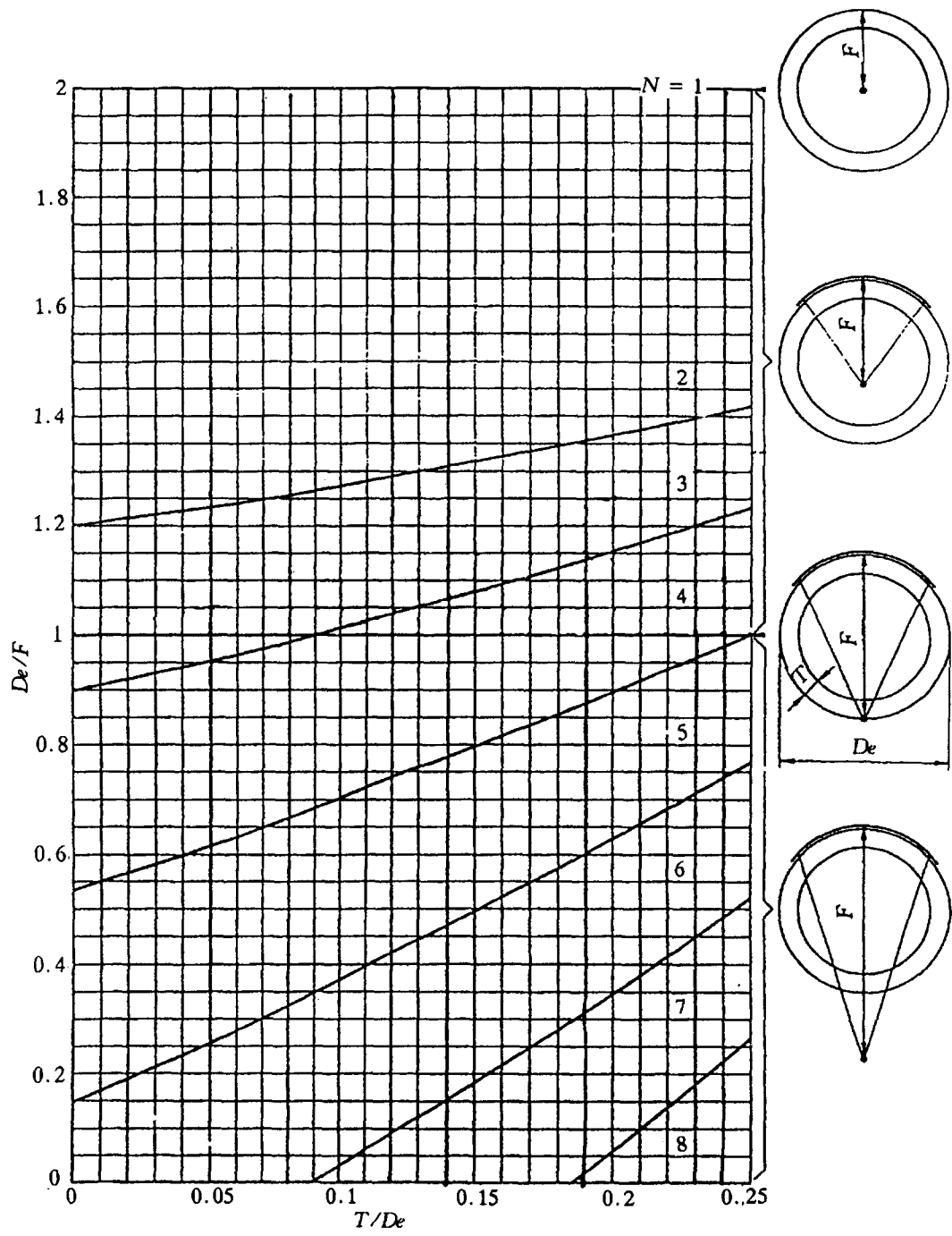


图 C.2 源在内偏心单壁透照和源在外双壁单影透照 A 级($K = 1.2$)最少透照次数

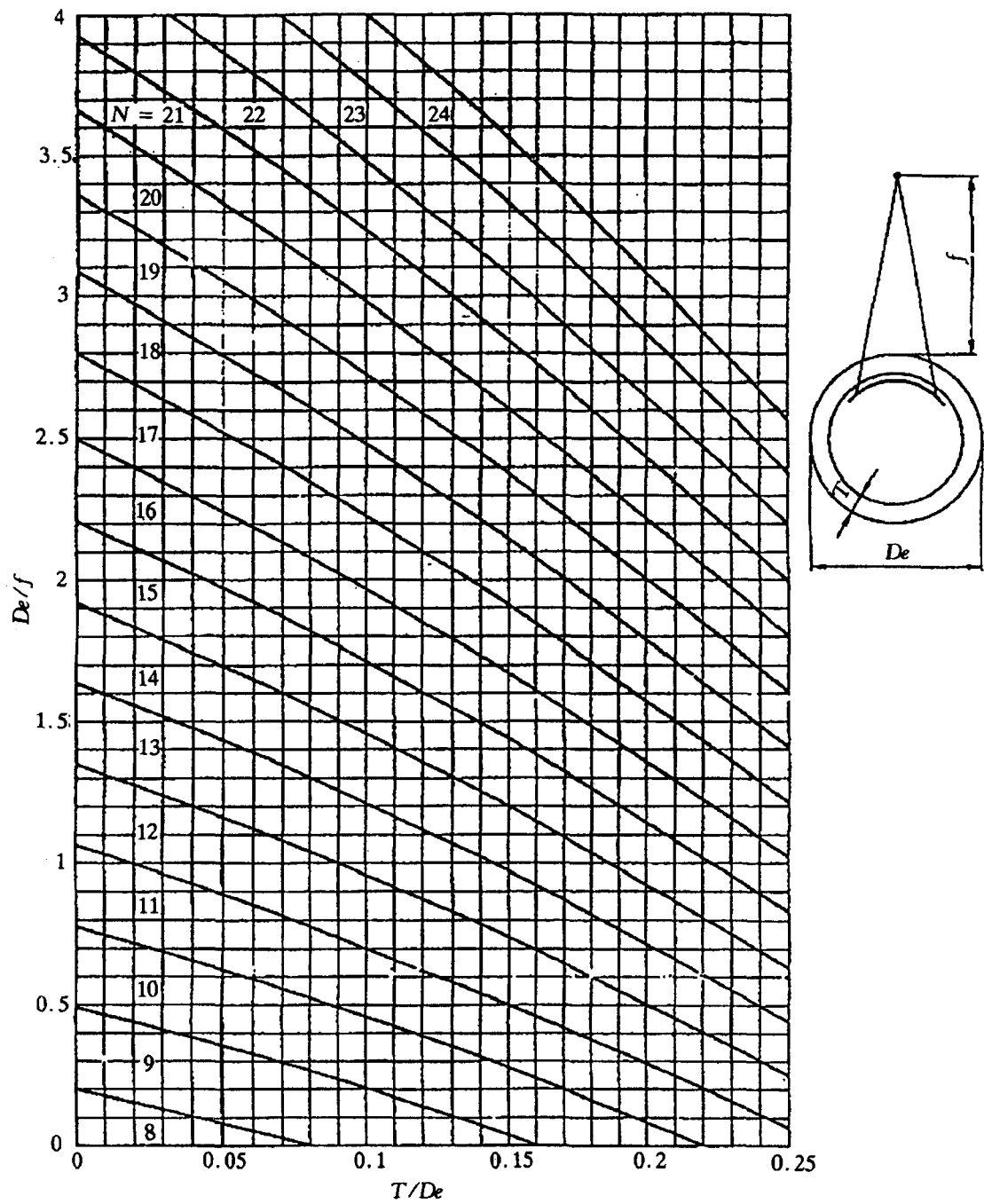


图 C.3 源在外单壁透照 B 级($K = 1.1$)最少透照次数

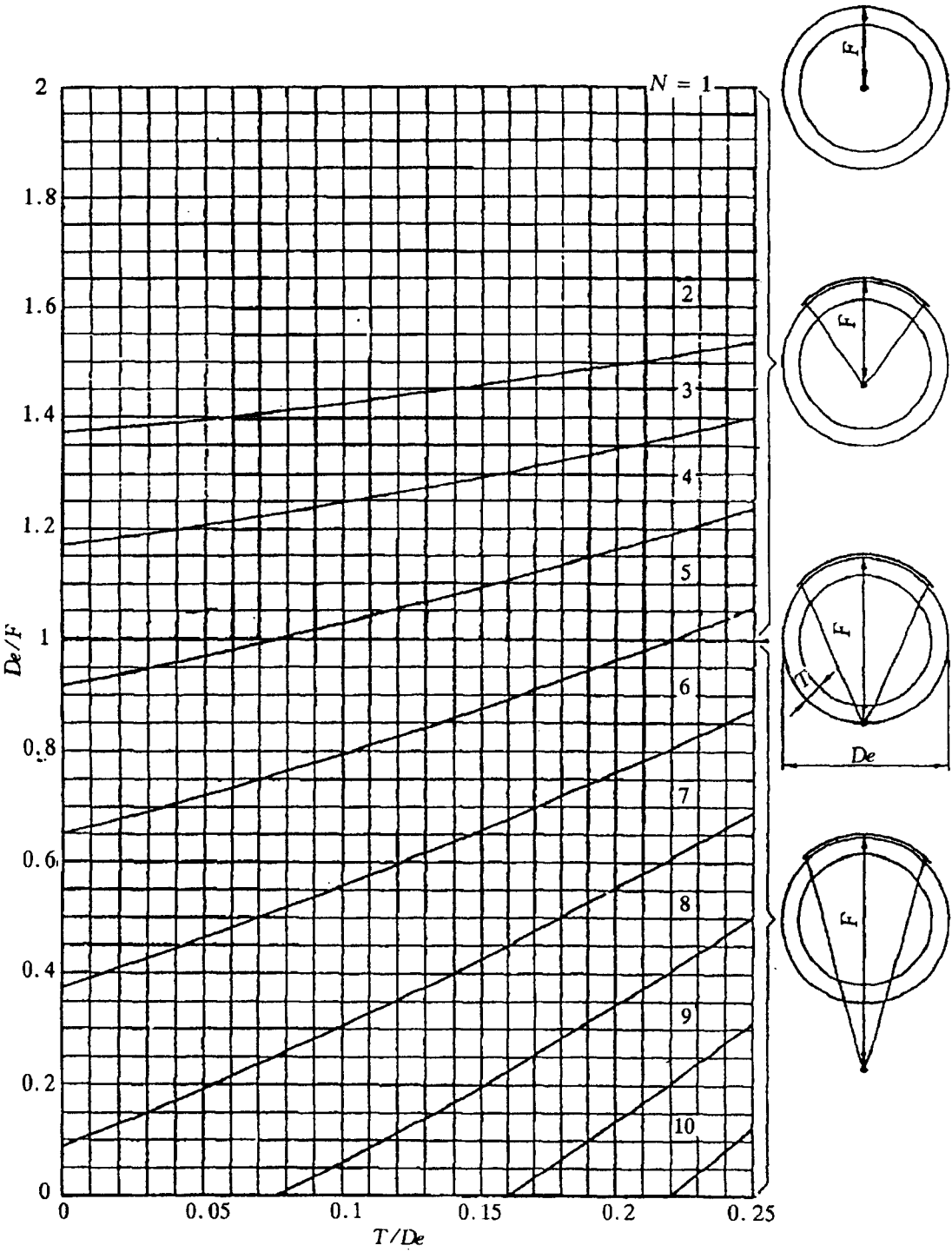


图 C.4 源在内偏心单壁透照和源在外双壁单影透照 B 级($K = 1.1$)最少透照次数

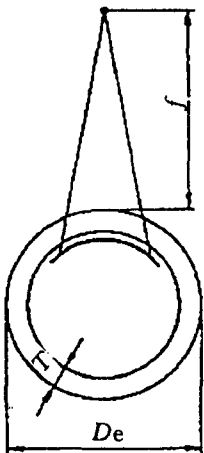
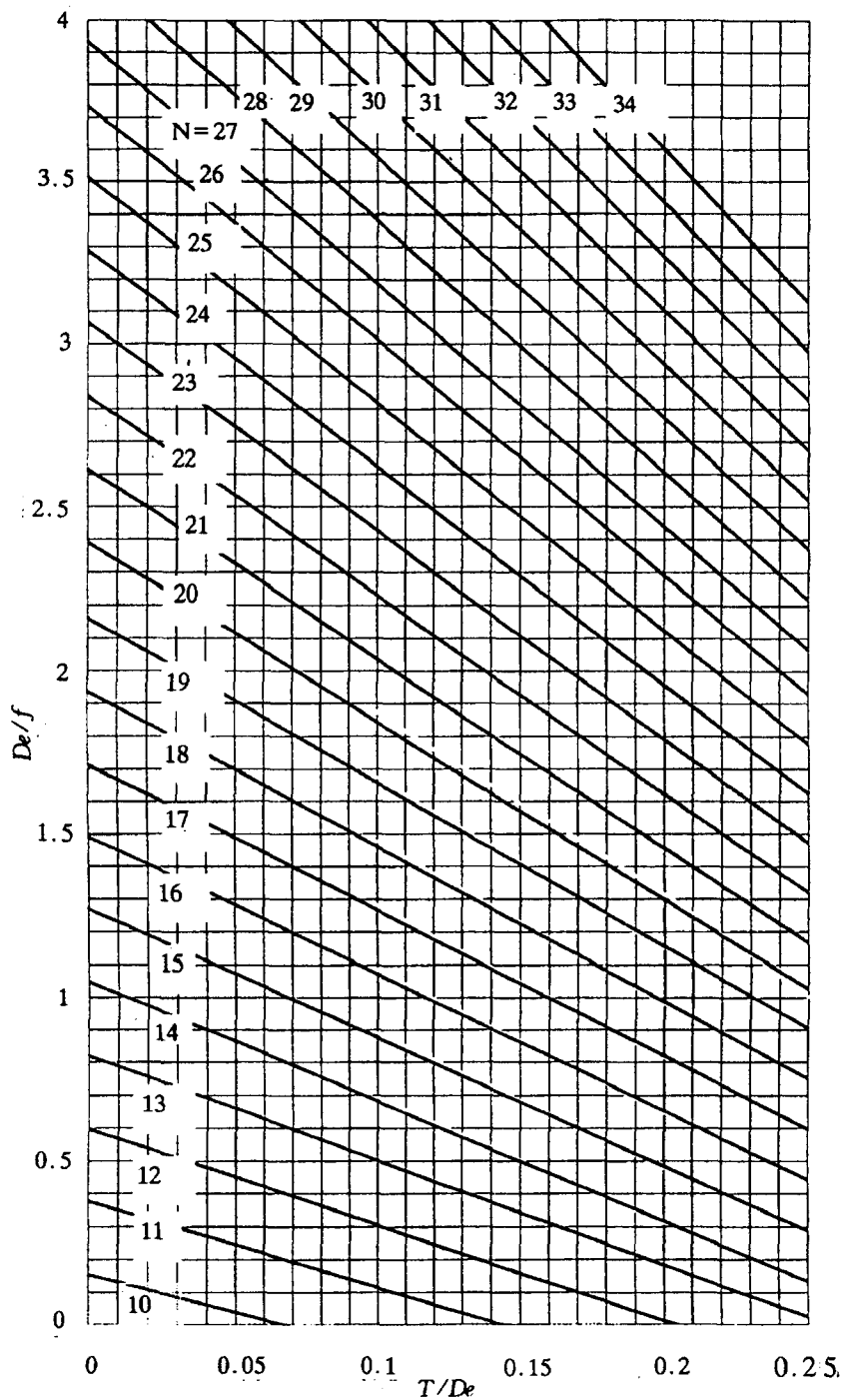


图 C.5 源在外单壁透照($K = 1.06$)最少透照次数

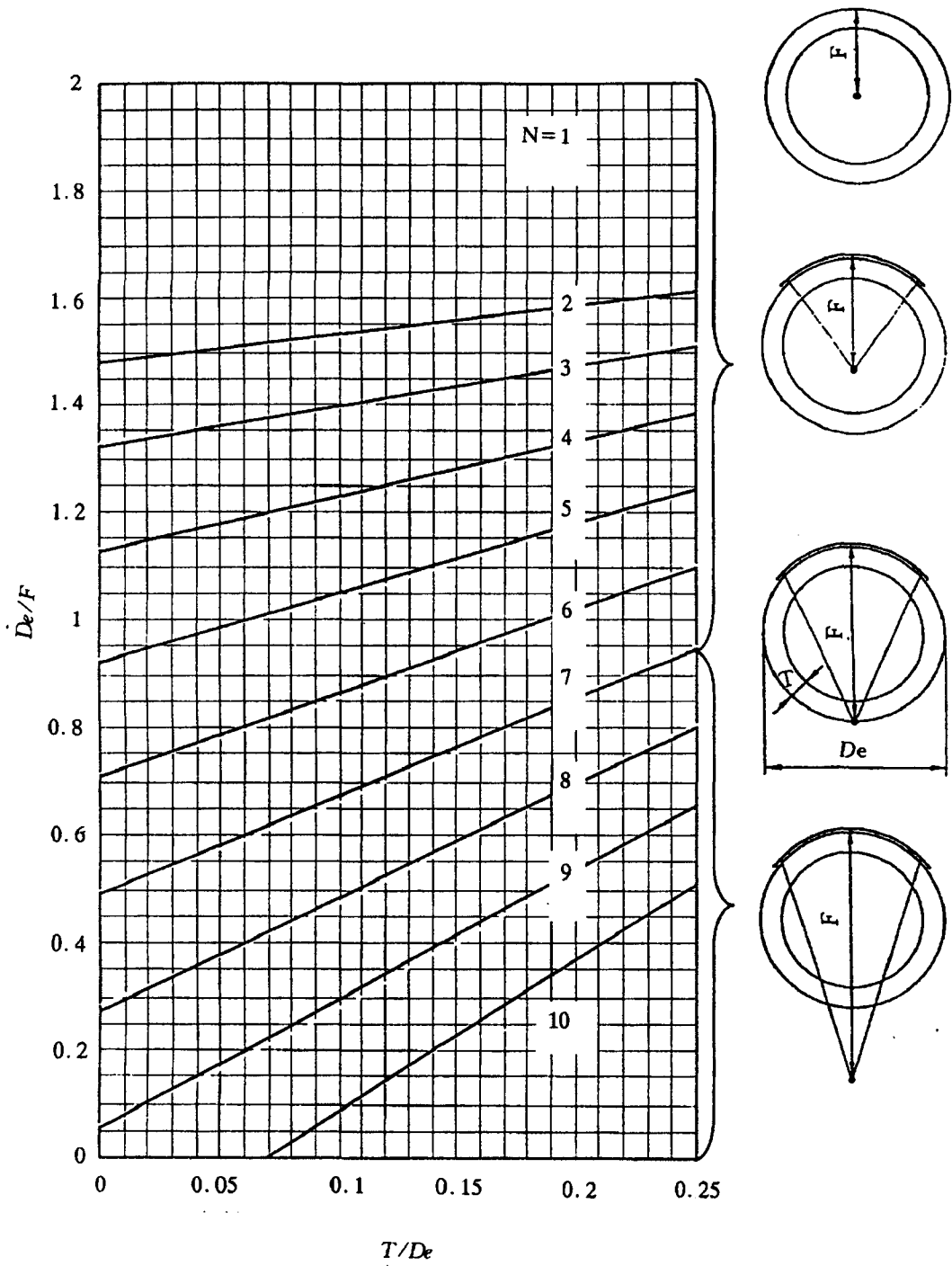


图 C.6 源在内偏心单壁透照和源在外双壁单影透照($K = 1.06$)最少透照次数

附 录 D
(补充件)
显影液有效性检验

D.1 制作显影液有效性检验的胶片

指定一盒胶片作试验用胶片。

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。

D.2 使用方法

每个工作日的第一班,首先从上述胶片中取出一条胶片,在同样的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。

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。如果密度值变化量仍不超过 $\pm 15\%$ 时,则显影液可继续使用。

附录 E
(参考件)
国内外主要型号胶片的分类

E.1 国内、国外主要型号胶片的分类示于表 E.1。

表 E.1 国内外主要型号胶片分类

胶片分类	胶片型号
J ₀	Kodak R. SR, Gevaert D2、D3, Dupout NDT 35、45, Fuji 1X—25
J ₁	Kodak M. T, Gevaert D4、D5, Dupout NDT 55、65, Fuji 50、80, 天津 V 型, 上海 GX—A5
J ₂	Kodak AA. B, Gevaert D7、D8, Dupont NDT 70、75, Fuji 100, 天津 IV—C、N—III, 上海 GX—A7, 汕头 E7, 无锡阿尔梅 332 型
J ₃	Gevaert D10, Kodak No—Screen

附 录 F
(参 考 件)
射 线 照 相 等 效 系 数 及 换 算 方 法

F.1 不同材料的射线照相等效系数见表 F.1。

表 F.1 射线照相等效系数值

材料牌号	射线能量											
	50kV	100kV	150kV	200kV	220kV	250kV	400kV	1MeV	2MeV	6~ 31MeV	¹⁹² Ir	⁶⁰ Co
粘合剂(膜)	0.04											
铝(1100、6061)	1.0	1.0	0.12	0.14	0.18	0.16					0.35	0.35
铝(2024、7075)	1.4	1.2	0.13	0.14	0.14						0.35	0.35
硼环氧树脂	0.75	1.0										
黄铜			1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
铜		1.65	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.1	1.1	1.3	1.1	1.1
玻璃纤维	0.35											
金			2.98	1.96								
碳环氧树脂(碳)	0.07											
X 因康镍合金		16	1.4	1.3	1.3			1.3		1.3	1.3	1.3
铅	126	145	14.0	12.0	12.0	9.0	5.0	3.0	2.5	2.4	4.0	2.3
有机玻璃(透明合成树脂)	0.05											
镁	0.6	0.6	0.05	0.05	0.08							
镍				1.3								
铂			3.19	2.1								
橡胶	0.35											
银			0.81	0.76								
不锈钢(18-8)	12.0	12.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
钢、铁	12.0	12.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
锡			0.69	0.61								
钛	6.2	5.8	0.45	0.54	0.54	0.56	0.71	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
钨			2.41	1.59								
铀					25.0	16.0	12.0	4.0		3.9	12.6	3.4
锌		15	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3			3.9	1.1	1.0
镉			2.3	2.0	2.0	1.7	1.5	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0
注:① 射线能量在 100kV 及其以下时,以铝(1100、6061)为基准,等效系数为 1.0。 注:② 射线能量在 150kV 及其以上时,以钢、铁为基准,等效系数为 1.0。 注:③ 其它材料的实际厚度乘以所用电压下的等效系数,则可换算出等效的铝或钢厚度。												

F.2 任意两种材料间的等效关系见式(F.1):

$$T_1 = (f_2/f_1) T_2 \cdots \cdots \cdots (F1)$$

式中:

T_1 ——第一种材料的厚度,mm;

T_2 ——第二种材料的厚度,mm;

f_1 ——第一种材料相对于铝(射线能量 $\leq 100\text{kV}$)或钢(射线能量 $\geq 150\text{kV}$)的等效系数;

f_2 ——第二种材料相对于铝(射线能量 $\leq 100\text{kV}$)或钢(射线能量 $\geq 150\text{kV}$)的等效系数。

[例 1]:在 100kV 电压下可透照 40mm 厚的镁,求在同样电压下可透照的钛的厚度。

[解]:设镁厚 $T_2 = 40\text{mm}$,在 100kV 时镁相对于铝(1100)的等效系数 $f_2 = 0.6$,而在 100kV 时钛相对于铝(1100)的等效系数 $f_1 = 5.8$,设钛厚度为 T_1 ,则有:

$$T_1 = (f_2/f_1) T_2 = 0.6/5.8 \times 40\text{mm} \approx 4\text{mm}$$

即在 100kV 电压下可透照 4mm 的钛。

[例 2]:在 200kV 电压下可透照 10mm 的镍,求在同样电压下可透照铝(1100)的厚度。

[解]:设镍厚 $T_2 = 10\text{mm}$,在 200kV 时镍相对于钢的等效系数 $f_2 = 1.3$,而在 200kV 时,铝(1100)相对于钢的等效系数 $f_1 = 0.14$,可透照铝(1100)的厚度 T_1 为:

$$T_1 = (f_2/f_1) T_2 = 1.3/0.14 \times 10\text{mm} = 93\text{mm}$$

即在 200kV 电压下可透照 93mm 厚的铝(1100)。

F.3 当使用的实际电压未包括在表 F.1 中时,可采用内插法或外插法作近似计算。

附录 G
(参考件)
射线照相检验图表

G.1 射线照相检验图表参考格式见图 G.1。

射线照相检验图表

零件名称		图号		材料牌号		零件类别		
射线照相技术级别		验收标准		射线机型号				
示意图或照片						附加说明:		
部位序号	透照厚度 mm	焦距 m	胶片 型号	滤波板 类型	增感屏 类型	管电压 (kV)	曝光量 mA·min	应达到的像质
制表		审核		批准		日期		

图 G.1 射线照相检验图表参考格式

附加说明：
本标准由中国航空工业第一集团公司提出。
本标准由航空材料、热工艺标准化技术归口单位归口。
本标准由北京航空材料研究院负责起草，航天机电集团公司新立机器厂参加起草。
本标准主要起草人：赵起良、张建合、郑世才、纪艳玲。
计划项目代号：9HK06