



中华人民共和国国家标准

GB/T 19943—2005/ISO 5579:1998

无损检测 金属材料 X 和伽玛 射线照相检测 基本规则

Non-destructive testing—Radiographic examination of
metallic materials by X-and gamma-rays—Basic rules

(ISO 5579:1998, IDT)

2006-09-19 发布

2006-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测 金属材料 X 和伽玛
射线照相检测 基本规则
GB/T 19943—2005/ISO 5579:1998

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.bzcbbs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 27 千字
2006 年 4 月第一版 2006 年 4 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-27341 定价 13.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

本标准是首次制定。

本标准等同采用 ISO 5579:1998《无损检测 金属材料 X 和伽玛射线照相检测 基本规则》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 5579:1998。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- c) 删除国际标准的前言;
- d) 使用 GB/T 1.1—2000 规定的引导语。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)归口。

本标准起草单位:上海材料研究所。

本标准主要起草人:金宇飞、宓中玉。

引 言

用 X 射线或伽玛射线进行射线照相检测,其探伤能力取决于射线照相技术的细节。由于射线照相底片的质量不能完全通过使用像质计(IQI)来确保,本标准阐明了获得良好射线照相质量的基本规则和技术步骤。

相关的特定应用标准宜符合这些基本规则。

注:本标准中的术语“伤”,并不涉及拒收与验收的含义。

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义	1
4 射线照相技术分级	2
5 概述	2
5.1 电离辐射防护	2
5.2 检测布置	2
5.3 表面准备和检测时机	2
5.4 射线照相底片的标识	2
5.5 标记	2
5.6 胶片的搭接	2
5.7 像质计(IQI)	6
6 推荐的射线照相技术	6
6.1 X射线管电压和射线源的选择	6
6.2 胶片系统和增感屏	6
6.3 射线束的对准	9
6.4 散射线的控制	9
6.5 源至工件距离	10
6.6 一次曝光最大区域	11
6.7 射线照相底片密度	11
6.8 胶片处理	11
6.9 观片条件	11
7 检测报告	11
参考文献	13

无损检测 金属材料 X 和伽玛射线照相检测 基本规则

1 范围

本标准规定了使用胶片技术、对金属材料和制品实施以探伤为目的的工业 X 和伽玛射线照相的基本规则。

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,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 19348.1 无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分:工业射线照相胶片系统的分类(GB/T 19348.1—2003,ISO 11699-1:1998,IDT)

GB/T 19802 无损检测 工业射线照相观片灯 最低要求(GB/T 19802—2005,ISO 5580:1985,IDT)

GB/T 19803 无损检测 射线照相像质计 原则与标识(GB/T 19803—2005,ISO 1027:1983 Radiographic image quality indicators for non-destructive testing—Principles and identification,IDT)

GB/T 19938 无损检测 焊缝射线照相和底片观察条件 像质计推荐型式的使用(GB/T 19938—2005,ISO 2504:1973 Radiography of welds and viewing conditions for films—Utilization of recommended patterns of image quality indicators(I. Q. I.),IDT)

3 定义

本标准采用的术语定义如下。

3.1

标称厚度 nominal thickness

t

被检范围内材料的标称厚度。

注:不必考虑制造公差。

3.2

透照厚度 penetrated thickness

w

以标称厚度(包括多壁技术)为基础算出的射线束方向上材料的厚度。

3.3

工件至胶片距离 object-to-film distance

b

沿射线束中心线测出的被检工件射线源一侧至胶片表面之间的距离。

3.4

源尺寸 source size

d

射线源的尺寸,等于射线源的最大直径。

3.5

源至胶片距离 source-to-film distance(SFD)

射线束方向上测出的射线源至胶片之间的距离。

3.6

源至工件距离 source-to-object distance

f

沿射线束中心线测出的射线源至射线源一侧的被检工件之间的距离。

4 射线照相技术分级

射线照相技术分为两个级别：

——A级：基本技术；

——B级：优化技术。

当A级技术的灵敏度不够时应使用B级技术。

可征得签约各方同意，采用含有所有适当检测参数的，比B级技术更优的技术规范。

射线照相技术的选择应征得签约各方同意。

如果由于技术原因而不可能满足B级技术规定的某项条件，如射线源种类或源至工件距离 f ，经签约各方同意也可选用A级技术规定的条件。此时灵敏度的损失应通过将最小密度提高到3.0，或选用对比度更高的胶片系统来加以补偿。由于该灵敏度优于A级，检测部位可视为按B级检测。

5 概述

5.1 电离辐射防护

注意：人体任何部位受到X射线或伽玛射线照射都可能严重损害健康。无论在何处使用X射线设备或放射源，均应遵循相应的法规要求。只要使用电离辐射，就应严格遵循地方、国家或国际的安全防护规定。

5.2 检测布置

检测布置包括射线源、被检工件和暗袋中的胶片或胶片-屏组合，并取决于被检工件的形状和尺寸，以及被检区域的可接近性。通常宜从图1至图7中选择，其中图1最常用。

射线束应对准被检部位中心，并应垂直于该点的工件表面，除非已知用其他方向射线束能更好地显示某些伤。

若射线方向与表面不垂直，则应在检测报告中注明。

只有在单壁技术无法使用时，才允许使用双壁技术。

5.3 表面准备和检测时机

通常，表面不需做准备，若表面缺欠或覆盖层有可能使缺陷难以检出时，则该表面就应打磨光滑，或该覆盖层应予去除。

除非另有规定，射线照相应在制造的最终阶段进行，如在打磨或热处理后。

5.4 射线照相底片的标识

工件的每一部位在进行射线照相时应放置标志符号。只要可能，这些标志符号的图像应出现在射线照相底片的评定范围之外，并确保被检部位的标识准确无误。

5.5 标记

为使每张底片准确定位，被检工件上应打上永久性标记。

若材料的特性和(或)其使用条件不允许打上永久性标记，可将位置准确记录在草图上。

5.6 胶片的搭接

一个区域用两张或多张胶片射线照相时，为确保射线照到整个被检范围，胶片间应充分重叠。为此，应在工件表面上放置用于验证的高密度材料的标记，标记应显示在每张底片上。

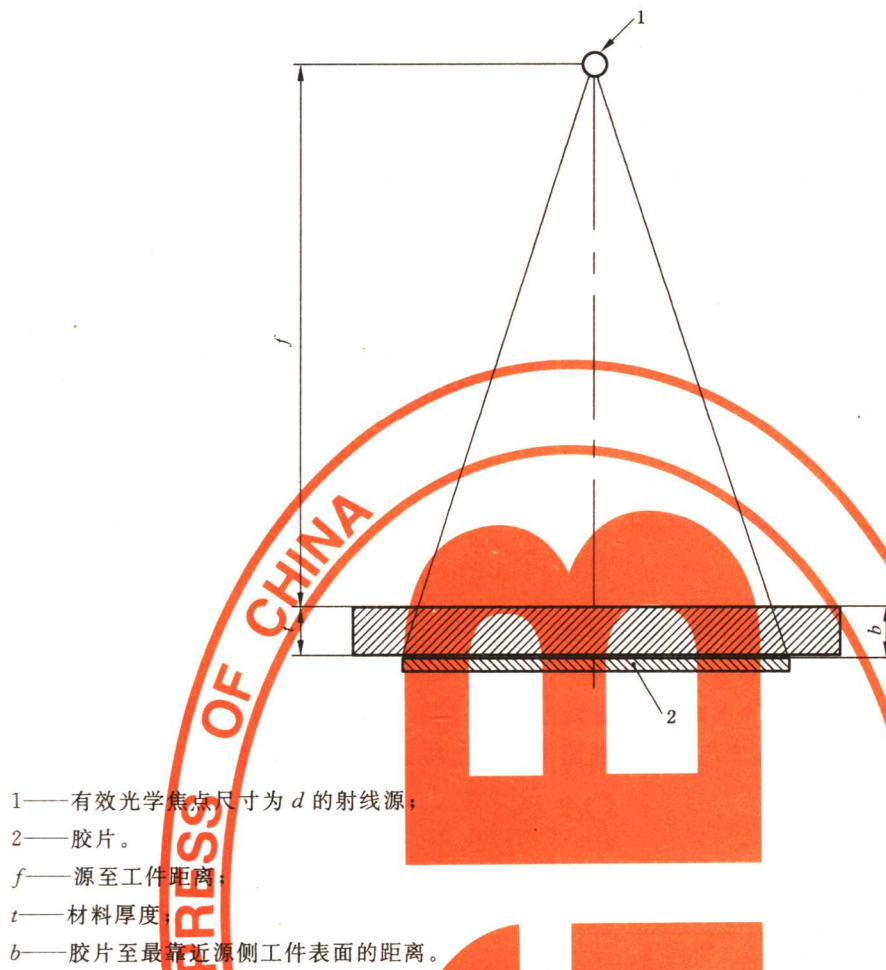
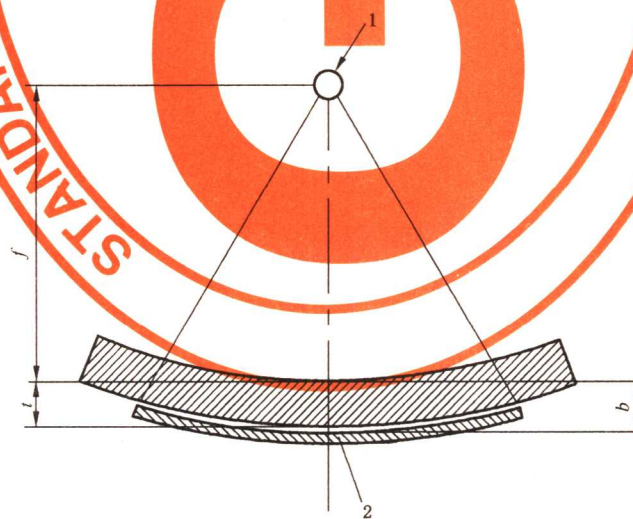


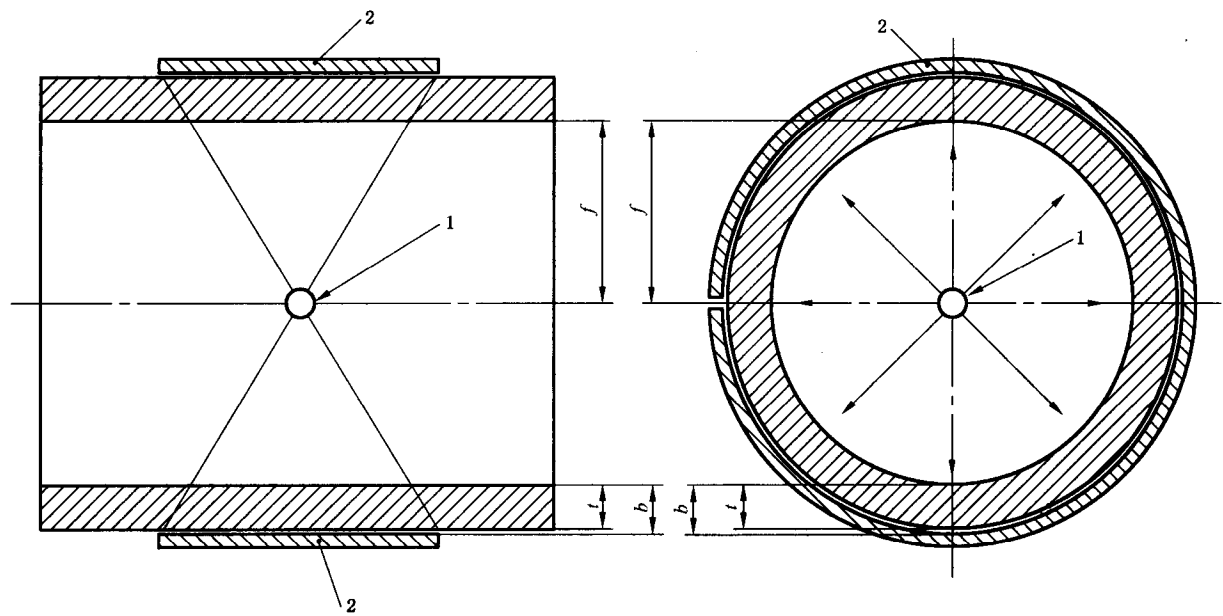
图 1 布置 1:单壁透照 平板工件



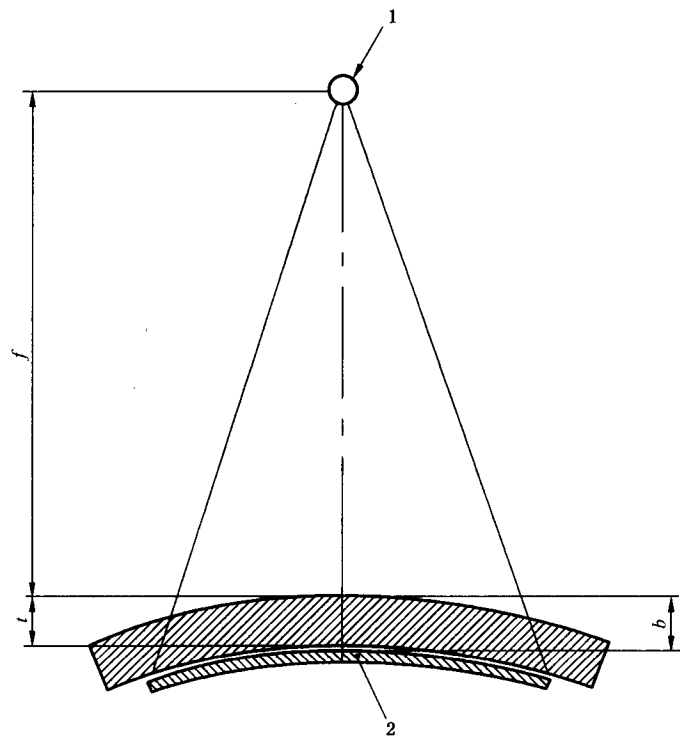
图注见图 1。

注：此布置优于布置 4(见图 4)。

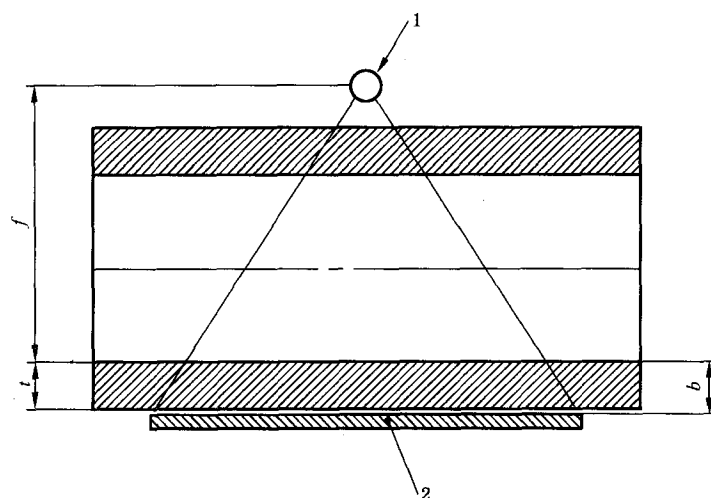
图 2 布置 2:单壁透照 曲面工件 射线源置于凹面侧偏心位置 胶片置于凸面侧



图注见图 1。
注：此技术优点是一次曝光可透照整个圆周。此布置优于布置 2(见图 2)、布置 4(见图 4)或布置 5(见图 5)。
图 3 布置 3:单壁透照 曲面工件 射线源置于圆心位置



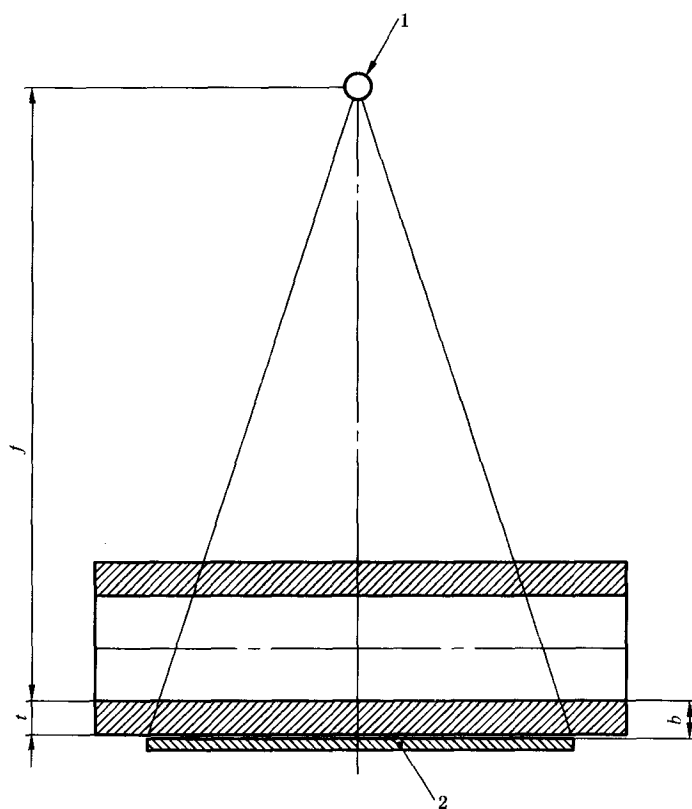
图注见图 1。
图 4 布置 4:单壁透照 曲面工件 射线源置于凸面侧 胶片置于凹面侧



图注见图 1。

注：因射线源紧贴壁，不宜评定上壁内的伤。

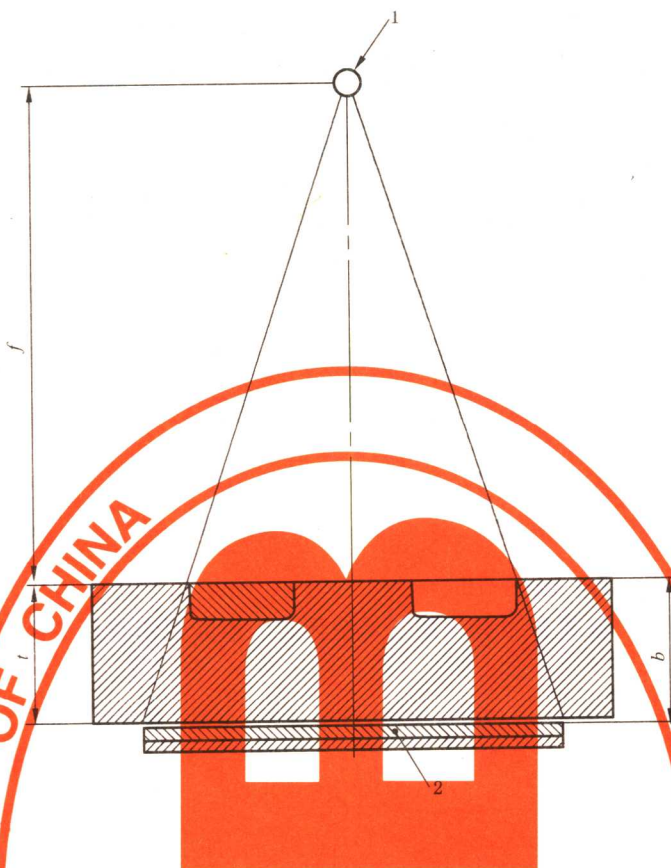
图 5 布置 5：双壁透照 单壁评定 射线源和胶片在两侧



图注见图 1。

注：可评定上壁内的伤。有时可能要用其它角度（即不垂直于胶片面中心）进行透照。

图 6 布置 6：双壁透照 双壁评定 射线源和胶片在两侧



图注见图 1。

图 7 布置 7. 单壁透照 不同厚度或材料的平板或曲面工件 相同或不同感光速度双胶片

5.7 像质计 (IQI)

应按规定的标准 GB/T 19823 和 GB/T 19938 使用像质计验证像质。

6 推荐的射线照相技术

6.1 X 射线管电压和射线源的选择

6.1.1 X 射线设备

为获得良好的探伤灵敏度,应尽可能选用较低的 X 射线管电压。不同厚度的最高管电压值见图 8。

6.1.2 其他射线源

伽玛射线源和大于 1 MeV X 射线设备允许的透照厚度范围见表 1。

用 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 伽玛射线照相薄钢工件,其缺陷检测灵敏度不如采用技术参数适当的 X 射线。但伽玛射线源有操作方便和易于接近被检对象等优点,因此表 1 给出了当使用 X 射线有困难时,可使用伽玛射线源透照的厚度范围。

具体应用时,只要能获得相应的像质,透照厚度范围允许放宽。

用伽玛射线照相时,移送源到指定位置的时间不应超过总曝光时间的 10%。

6.2 胶片系统和增感屏

射线照相检测时,所用的胶片系统类别应与 GB/T 19348.1 一致。

对于不同的射线源,最低的胶片系统类别见表 2 和表 3。

使用增感屏时,要求胶片与增感屏紧密贴合。可使用真空包装胶片或通过施加压力达到这一要求。

对于不同的射线源,表 2 和表 3 给出了推荐的增感屏材料和厚度。

只要满足签约各方所要求的像质,可选用其他厚度的增感屏。

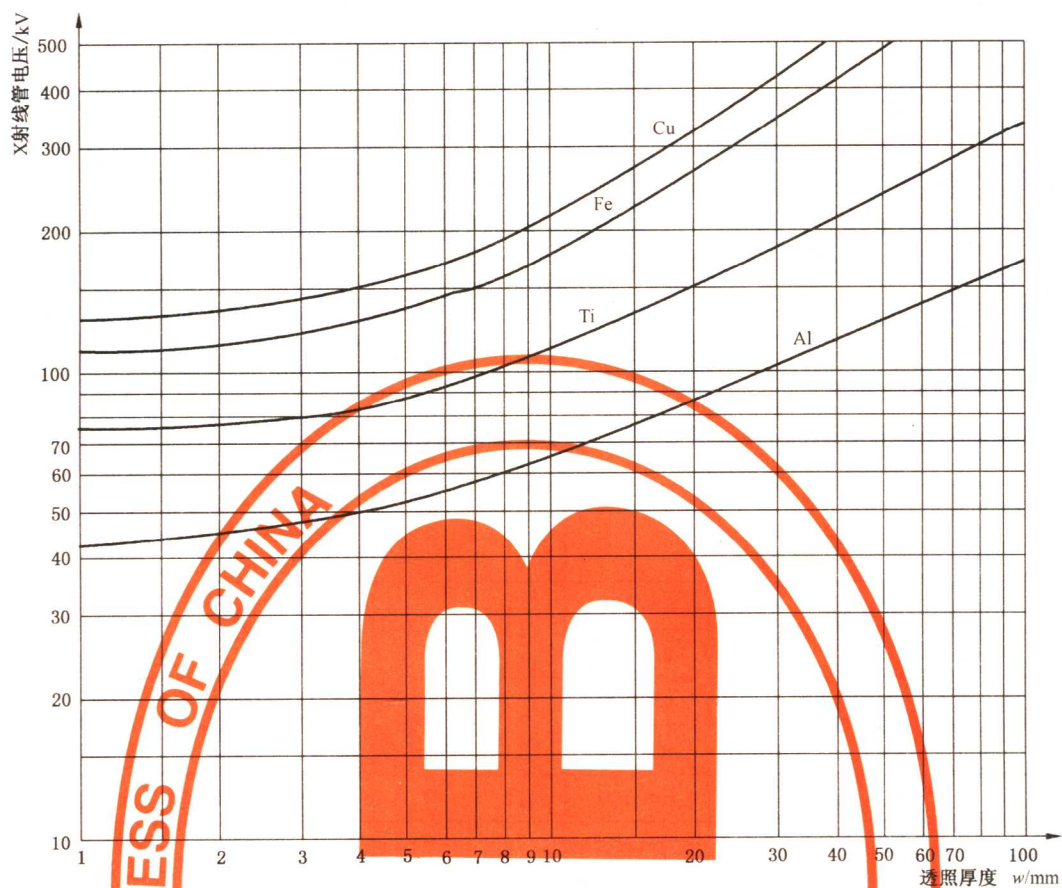


图 8 小于 500 kV X 射线机对不同透照厚度和不同材料的最高管电压

表 1 伽玛射线源和能量大于等于 1 MeV X 射线设备的透照厚度范围(钢、铜和镍基合金)

射线源	透照厚度 w/mm	
	A 级	B 级
^{170}Tm	$w \leq 5$	$w \leq 5$
$^{169}\text{Yb}^a$	$1 \leq w \leq 15$	$2 \leq w \leq 12$
$^{75}\text{Se}^b$	$10 \leq w \leq 40$	$14 \leq w \leq 40$
^{192}Ir	$20 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
^{60}Co	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
能量为(1~4)MeV 的 X 射线设备	$30 \leq w \leq 200$	$50 \leq w \leq 180$
能量大于 4 MeV 和小于等于 12 MeV 的 X 射线设备	$w \geq 50$	$w \geq 80$
能量大于 12 MeV 的 X 射线设备	$w \geq 80$	$w \geq 100$

^a 对铝和钛,允许的透照厚度范围 A 级为 $10 \text{ mm} < w < 70 \text{ mm}$, B 级为 $25 \text{ mm} < w < 55 \text{ mm}$ 。

^b 对铝和钛,允许的透照厚度范围 A 级为 $35 \text{ mm} \leq w \leq 120 \text{ mm}$ 。

表2 钢、铜基和镍基合金射线照相的胶片系统类别和金属增感屏

射线源	透照厚度 w / mm	胶片系统类别 ^a		金属增感屏类型和厚度/mm	
		A 级	B 级	A 级	B 级
≤100 kV 的 X 射线		T3	T2	无屏,或前后铅屏≤0.03	
>100 kV~150 kV 的 X 射线				前后铅屏≤0.15	
>150 kV~250 kV 的 X 射线				前后铅屏 0.02~0.15	
¹⁶⁹ Yb	$w<5$	T3	T2	无屏,或前后铅屏≤0.03	
¹⁷⁰ Tm	$w\geq 5$			前后铅屏 0.02~0.15	
>250 kV~500 kV 的 X 射线	$w\leq 50$	T3	T2	前后铅屏 0.02~0.3	
	$w>50$		T3	前铅屏 0.1~0.3 ^b ,后铅屏 0.02~0.3	
⁷⁵ Se		T3	T2	前后铅屏 0.1~0.2 ^b	
¹⁹² Ir		T3	T2	前铅屏 0.02~0.2	前铅屏 0.1~0.2 ²⁾
				后铅屏 0.02~0.2	
⁶⁰ Co	$w\leq 100$	T3	T3	前后钢屏或铜屏 0.25~0.7 ^c	
	$w>100$				
能量为(1~4)MeV 的 X 射线设备	$w\leq 100$	T3	T2	前后钢屏或铜屏 0.25~0.7 ^c	
	$w>100$				
能量大于 4 MeV 和小于等于 12 MeV 的 X 射线设备	$w\leq 100$	T2	T2	前铜屏、钢屏或钽屏≤1 ^d	
	100< $w\leq 300$	T3	T2	后铜屏或钢屏≤1,后钽屏≤0.5 ^d	
	$w>300$		T3		
能量大于 12 MeV 的 X 射线设备	$w\leq 100$	T2	—	前钽屏≤1 ^e ,无后屏	
	100< $w\leq 300$	T3	T2		
	$w>300$		T3	前钽屏≤1 ^e ,后钽屏≤0.5	
^a 也可用更优的胶片系统类别。					
^b 如果在胶片与工件之间放置 0.1 mm 的铅屏,也可使用带有≤0.03 mm 前屏的现成包装胶片。					
^c A 级也可使用 0.5 mm~2 mm 的铅屏。					
^d 经签约各方同意,A 级可使用 0.5 mm~1 mm 铅屏。					
^e 经商定可使用钨屏。					

表3 铝和钛的胶片系统类别和金属增感屏

射线源	胶片系统类别 ^a		金属增感屏类型和厚度/mm
	A 级	B 级	
≤150 kV 的 X 射线	T3	T2	无屏,或前铅屏≤0.03,后铅屏≤0.15
>150 kV~250 kV 的 X 射线			前后铅屏 0.02~0.15
>250 kV~500 kV 的 X 射线			前后铅屏 0.1~0.2
¹⁶⁹ Yb			前后铅屏 0.02~0.15
⁷⁵ Se			前铅屏 0.2 ^b ,后铅屏 0.1~0.2
^a 也可用更优的胶片系统类别。 ^b 可使用附带 0.1 mm 滤板的 0.1 mm 铅屏代替 0.2 mm 铅屏。			

6.3 射线束的对准

射线束应指向被检区域的中心,并垂直于工件表面,除非能证明某些检测的最佳显示可用其他射线方向获得。在后一种情况下,允许采用合适的射线束方向。

经签约各方同意,也可选用其他射线照相法。

6.4 散射线的控制

散射线是降低像质的重要原因,用 150 kV~400 kV 的 X 射线时尤为明显。散射线可能来自被检工件内部和外部。为使散射线的影响最小,射线辐射场应作遮蔽,使射线束仅限于被检区域。通常的做法是遮蔽初级圆锥状射线束,即在管头上装一物理锥体或光阑。胶片也应防御来自被检工件其他部位、被检工件后面或旁边物体的散射线,能使用厚度较大的后增感屏或使用一片铅板放在胶片-屏组合的后面,此板可插在暗袋里面,或直接放在暗袋后面。根据具体的布置,典型的铅板厚度范围为 1 mm~4 mm。

若厚工件的顶部边缘处于辐射场范围,通常采用降低边缘散射的方法,图 9 为两种典型方法。

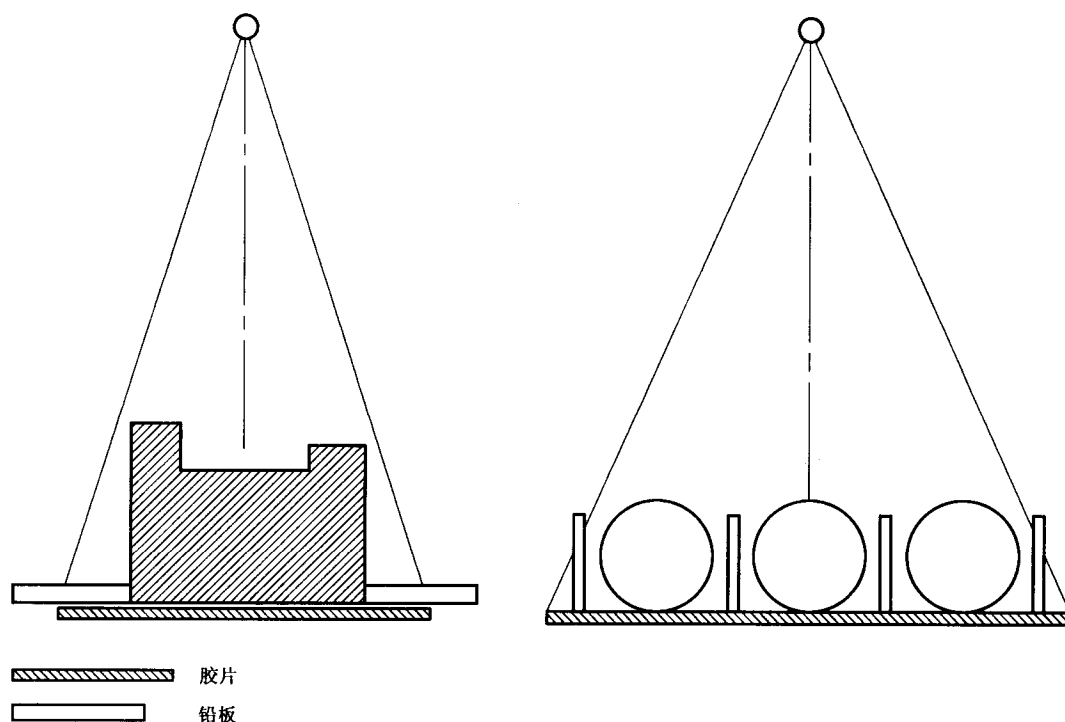


图 9 降低散射线影响的方法

用 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 射线源或出现边缘散射时,工件与暗袋之间可用一片铅板作为低能散射线的滤板。根据具体的透照厚度,铅板厚度为 0.5 mm~2 mm。

用能量大于等于 6 MV 的 X 射线,不用后增感屏,也无需遮蔽散射线,除非紧靠胶片后面的是散射材料。

通常,用 150 kV~400 kV 的 X 射线和用伽玛射线,如果不能使用射线束限制器,例如进行全景曝光时,曝光就应在尽可能大的房间内进行,使物体外的散射线随距离而衰减;只要可能,工件应离地面远些,靠近工件的地面应铺上铅板。

应通过直接放在每个暗袋后面的铅字 B(高至少为 10 mm,厚至少为 1.5 mm)来检验每种检测布置中的散射线影响。此符号的图像若比底片亮,则此底片应判废。此符号的图像若比底片暗或不可见,则此底片合格,即表明散射线防护良好。

6.5 源至工件距离

最小源至工件距离 $f_{\min}$ 取决于源尺寸 d 和工件至胶片距离 b 。
只要可行, 距离 f 应选取使该距离与源尺寸 d 之比, 即 f/d 不小于下式给出的数值。
A 级

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

B 级

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

若距离 $b < 1.2t$, 则式(1)和式(2)及图 10 中的尺寸 b 应以标称厚度 t 取代。
可利用图 10 诺模图来确定源至工件距离 $f_{\min}$ 。

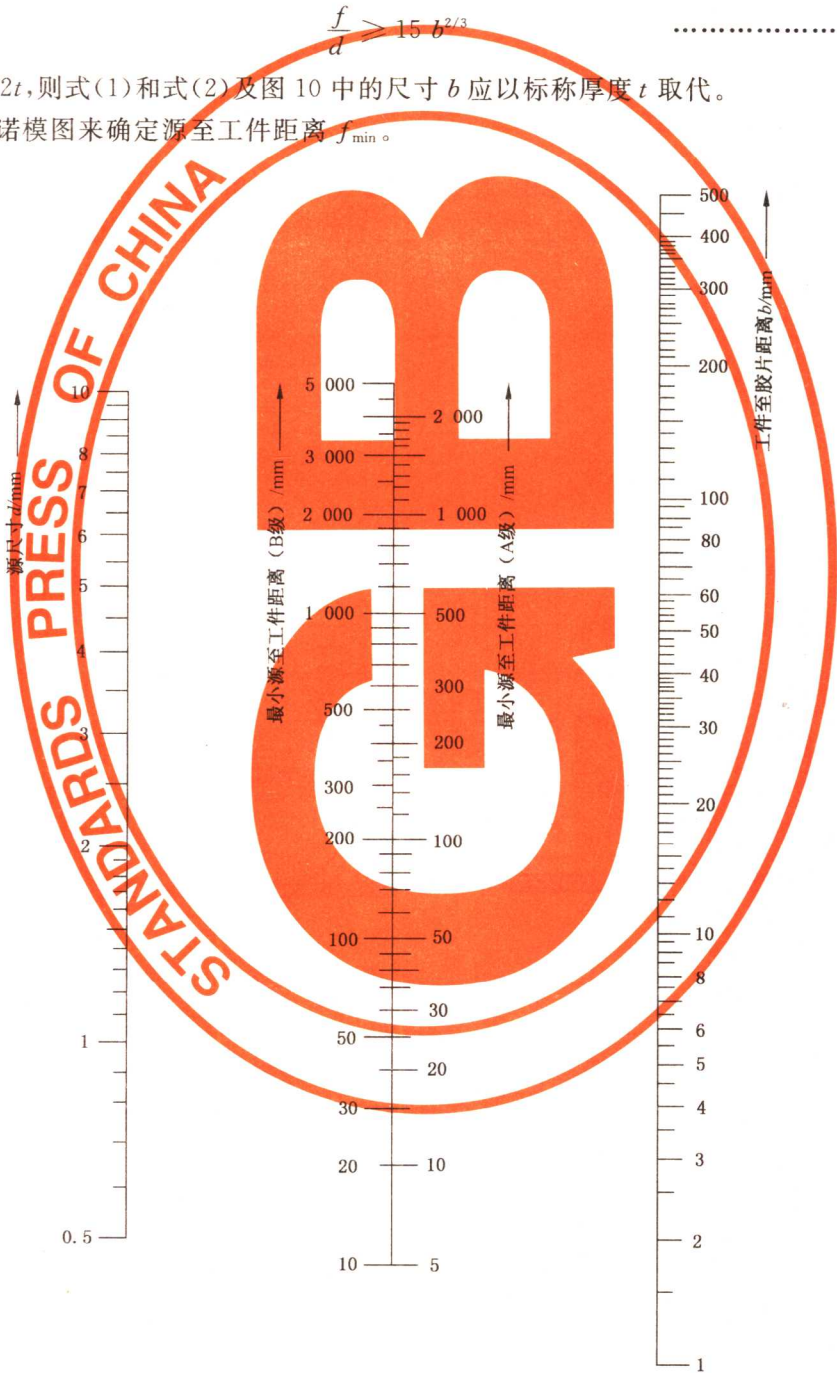


图 10 确定与工件至胶片距离和源尺寸相关的最小源至工件距离 $f_{\min}$ 的诺模图
诺模图是根据式(1)和式(2)作出的。
用 A 级技术时, 如果须检出平面状缺欠, 则最小距离 $f_{\min}$ 应与 B 级相同, 以减小 2 个因子的几何不

清晰度。

对裂纹敏感材料的技术应用,应采用灵敏度比 B 级更高的射线照相技术。

如果射线源能放在被检工件内圆心位置(图 3),则应优先采用此法以获得更适当的照射方向,避免双壁透照(图 5 和图 6)。但最小源至工件距离的减小不宜大于 50%。

6.6 一次曝光最大区域

厚度均匀的一个被检区域的外端与中心射线束的穿透厚度之比,B 级不应大于 1.1,A 级不应大于 1.2。

不同穿透厚度所产生的密度不宜低于 6.7 的规定,且不高于是所用观片灯的允许值(可进行适当的遮蔽)。

6.7 射线照相底片密度

曝光条件宜使被检区域射线照相底片上的总密度(包括片基和灰雾度)大于或等于表 4 给出的数值。

表 4 射线照相底片密度

级 别	密 度 ^a
A	$\geq 2.0^b$
B	$\geq 2.3^c$
a 允许测量误差为±0.1。 b 经签约各方特许,可降为 1.5。 c 经签约各方特许,可降为 2.0。	

按 6.9,若观片灯亮度足够,可采用高密度,这是有益的。

为避免胶片由于老化、显影或温度引起的不正常灰雾度,应在所使用胶片的未曝光样品上定期检验灰雾度,并按实际洗片的同样条件进行操作和处理。灰雾度不应大于 0.3。这里所定义的灰雾度是指未曝光胶片经处理后所得的总密度(包括乳剂和片基)。

当评定采用多胶片技术的单张底片时,每张底片的密度均应符合表 4 规定。

如果要求双片叠合观察时,单张底片的密度不应小于 1.3。

6.8 胶片处理

应按胶片和药品制造商推荐的条件进行胶片处理,以达到选定的胶片系统类别。应特别注意控制温度、显影时间和水洗时间。射线照相底片上不宜存在由于处理或其他原因引起的有碍评定的缺欠。

6.9 观片条件

射线照相底片宜在符合 GB/T 19938 要求的暗室和符合 GB/T 19802 要求的亮度可调的观察屏上评定。评片区域外的观察屏宜遮蔽。

7 检测报告

应对每张底片或成组底片编写检测报告,给出所使用的射线照相技术以及其他有助于较好理解结果的特殊情况等信息。

报告格式和内容宜在特定的应用标准中规定或由签约各方商定。如果检测仅按本标准进行,则检测报告应至少包括下列内容,即:

- a) 检测公司名称;
- b) 唯一的报告编号;
- c) 工件;
- d) 材料;
- e) 检测时机;

- f) 标称厚度;
- g) 射线照相技术和级别;
- h) 所用标记系统;
- i) 检测布置和胶片位置图(若有要求时);
- j) 射线源、设备型号和焦点尺寸;
- k) 所选用的胶片系统、增感屏和滤板;
- l) 管电压和管电流或源活度;
- m) 曝光时间和源至胶片距离;
- n) 像质计类型和位置;
- o) 像质计读数和最小底片密度;
- p) 与本标准的一致性;
- q) 与商定标准的任何偏差;
- r) 责任人姓名、资格和签名;
- s) 曝光日期和报告日期。