

JB

中华人民共和国行业标准

JB/T 4730.2—2005

代替JB 4730—1994部分

承压设备无损检测 第2部分：射线检测

Nondestructive testing of pressure equipments—
Part 2: Radiographic testing

2005-07-26 发布

2005-11-01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	22
1 范围	23
2 规范性引用文件	23
3 一般要求	23
4 具体要求	25
5 承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测质量分级	33
6 承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接焊接接头射线检测质量分级	38
7 射线检测报告	41
附录 A (资料性附录) 工业射线胶片系统的特性指标	42
附录 B (资料性附录) 黑度计(光学密度计)定期校验方法	43
附录 C (资料性附录) 典型透照方式示意图	44
附录 D (资料性附录) 环向对接焊接接头透照次数确定方法	47
附录 E (规范性附录) 焦点尺寸计算方法	54
附录 F (规范性附录) 专用像质计的型式和规格	55
附录 G (规范性附录) 搭接标记的摆放位置	56
附录 H (规范性附录) 对比试块的型式和规格	58

前 言

JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005《承压设备无损检测》分为六个部分：

- 第 1 部分：通用要求；
- 第 2 部分：射线检测；
- 第 3 部分：超声检测；
- 第 4 部分：磁粉检测；
- 第 5 部分：渗透检测；
- 第 6 部分：涡流检测。

本部分为 JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005 的第 2 部分：射线检测。本部分主要根据国内多年的研究成果和应用经验，参考欧洲 EN 标准、ASME《锅炉压力容器规范》第 V 卷、JIS 标准，以及行业反馈意见进行修订。本部分与 JB 4730—1994 相比主要变化如下：

1. 对射线照相技术等级的指标重新划定，增加了不同情况下选择射线照相技术等级的规定。
2. 对不同透照厚度、不同透照方式射线底片的像质计灵敏度要求进行了修订，灵敏度有所提高。
3. 增加了工业射线胶片系统分类的内容，将胶片分为 T1、T2、T3、T4 四类。增加附录 A（资料性附录），对胶片系统的特性指标提出了要求。
4. 在附录 D（资料性附录）中增加了根据不同 K 值要求，确定相应环向对接焊接接头透照次数的图表。
5. 对原标准规定的不同射线源适用的底片黑度范围进行了修订，底片黑度范围有所提高。
6. 对小径管环向对接焊接接头的透照布置和透照次数的内容进行了修订。
7. 增加了 Se-75 射线源应用的规定。
8. 增加了曝光曲线的内容。
9. 对观片灯亮度的有关要求进行了修改。
10. 对钢、铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金不同厚度允许的最高管电压图进行了修订。
11. 增加黑度计（光学密度计）内容，在附录 B（资料性附录）中对黑度计的定期校验方法作了明确规定。
12. 增加了镍及镍合金、铜及铜合金制承压设备对接焊接接头射线检测质量分级内容。
13. 增加了钢、镍、铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金制承压设备管子及压力管道环向对接焊接接头的射线检测质量分级内容。

本部分的附录 E、附录 F、附录 G 和附录 H 为规范性附录，附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）归口。

本部分主要起草人：强天鹏、袁榕、郑世才、李伟、陈文虎、李衍、何泽云。

承压设备无损检测

第 2 部分：射线检测

1 范围

JB/T 4730 的本部分规定了承压设备金属材料受压元件的熔化焊对接接头的 X 射线和 γ 射线检测技术和质量分级要求。

本部分适用于承压设备受压元件的制造、安装、在用检测中对接焊接接头的射线检测。用于制作焊接接头的金属材料包括碳素钢、低合金钢、不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、镍及镍合金。

本部分规定的射线检测技术分为三级：A 级——低灵敏度技术；AB 级——中灵敏度技术；B 级——高灵敏度技术。

承压设备的有关支承件和结构件的对接焊接接头的射线检测，也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款，通过 JB/T 4730 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GB 11533—1989	标准对数视力表
GB 16357—1996	工业 X 射线探伤放射卫生防护标准
GB 18465—2001	工业 γ 射线探伤放射卫生防护要求
GB 18871—2002	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB/T 19384.1—2003	无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分：工业射线胶片系统的分类
GB/T 19384.2—2003	无损检测 工业射线照相胶片 第 2 部分：用参考值方法控制胶片处理
HB 7684—2000	射线照相用线型像质计
JB/T 4730.1	承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求
JB/T 7902—1999	线型像质计
JB/T 7903—1999	工业射线照相底片观片灯

3 一般要求

射线检测的一般要求除应符合 JB/T 4730.1 的有关规定外，还应符合下列规定。

3.1 射线检测人员

3.1.1 从事射线检测的人员上岗前应进行辐射安全知识的培训，并取得放射工作人员证。

3.1.2 射线检测人员未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力应不低于 5.0（小数记录值为 1.0），测试方法应符合 GB 11533 的规定。从事评片的人员应每年检查一次视力。

3.2 射线胶片

3.2.1 胶片系统按照 GB/T 19384.1—2003 分为四类，即 T1、T2、T3 和 T4 类。T1 为最高类别，T4 为最低类别。胶片系统的特性指标见附录 A（资料性附录）。胶片制造商应对所生产的胶片进行系统性能测试并提供类别和参数。胶片处理方法、设备和化学药剂可按照 GB/T 19384.2—2003 的规定，用胶片制造

商提供的预先曝光胶片测试片进行测试和控制。

3.2.2 A级和AB级射线检测技术应采用T3类或更高类别的胶片，B级射线检测技术应采用T2类或更高类别的胶片。胶片的本底灰雾度应不大于0.3。

3.2.3 采用 γ 射线对裂纹敏感性大的材料进行射线检测时，应采用T2类或更高类别的胶片。

3.3 观片灯

3.3.1 观片灯的主要性能应符合JB/T 7903的有关规定。

3.3.2 观片灯的最大亮度应能满足评片的要求。

3.4 黑度计（光学密度计）

3.4.1 黑度计可测的最大黑度应不小于4.5，测量值的误差应不超过 ± 0.05 。

3.4.2 黑度计至少每6个月校验一次。校验方法可参照附录B（资料性附录）的规定进行。

3.5 增感屏

射线检测一般应使用金属增感屏或不用增感屏。增感屏的选用应符合表1的规定。

表1 增感屏的材料和厚度

射线源	前屏		后屏	
	材料	厚度, mm	材料	厚度, mm
X射线 ($\leq 100\text{kV}$)	铅	不用或 ≤ 0.03	铅	≤ 0.03
X射线 ($>100\text{kV} \sim 150\text{kV}$)	铅	≤ 0.10	铅	≤ 0.15
X射线 ($>150\text{kV} \sim 250\text{kV}$)	铅	0.02 ~ 0.15	铅	0.02 ~ 0.15
X射线 ($>250\text{kV} \sim 500\text{kV}$)	铅	0.02 ~ 0.2	铅	0.02 ~ 0.2
Se-75	铅	A级 0.02 ~ 0.2	铅	A级 0.02 ~ 0.2
		AB级、B级 0.1 ~ 0.2 ¹⁾		AB级、B级 0.1 ~ 0.2
Ir-192	铅	A级 0.02 ~ 0.2	铅	A级 0.02 ~ 0.2
		AB级、B级 0.1 ~ 0.2 ¹⁾		AB级、B级 0.1 ~ 0.2
Co-60	钢或铜	0.25 ~ 0.7	钢或铜	0.25 ~ 0.7
	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 2.0	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 2.0
X射线 (1MeV ~ 4MeV)	钢或铜	0.25 ~ 0.7	钢或铜	0.25 ~ 0.7
	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 2.0	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 2.0
X射线 ($>4\text{MeV} \sim 12\text{MeV}$)	铜、钢或钨	≤ 1	铜、钢	≤ 1
			钨	≤ 0.5
	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 1.0	铅 (A级、AB级)	0.5 ~ 1.0
X射线 ($>12\text{MeV}$)	钨	≤ 1	不用后屏	

1) 如果AB级、B级使用前屏小于或等于0.03mm厚的真空包装胶片，应在工件和胶片之间加0.07mm ~ 0.15mm厚的附加铅屏。

3.6 像质计

3.6.1 底片影像质量采用线型像质计测定。线型像质计的型号和规格应符合JB/T 7902的规定，JB/T

7902 中未包含的丝径、线号等内容,应符合 HB 7684 的有关规定。

3.6.2 像质计的材料、材料代号和不同材料的像质计适用的工件材料范围应符合表 2 的规定。

表 2 不同材料的像质计适用的材料范围

像质计材料代号	Fe	Ni	Ti	Al	Cu
像质计材料	碳钢或奥氏体不锈钢	镍—铬合金	工业纯钛	工业纯铝	3号纯铜
适用材料范围	碳钢、低合金钢、不锈钢	镍、镍合金	钛、钛合金	铝、铝合金	铜、铜合金

3.7 表面要求和射线检测时机

3.7.1 在射线检测之前,对接焊接接头的表面应经外观检测并合格。表面的不规则状态在底片上的影像不得掩盖或干扰缺陷影像,否则应对表面作适当修整。

3.7.2 除非另有规定,射线检测应在焊后进行。对有延迟裂纹倾向的材料,至少应在焊接完成 24h 后进行射线检测。

3.8 射线检测技术等级选择

3.8.1 射线检测技术等级选择应符合制造、安装、在用等有关标准及设计图样规定。承压设备对接焊接接头的制造、安装、在用时的射线检测,一般应采用 AB 级射线检测技术进行检测。对重要设备、结构、特殊材料和特殊焊接工艺制作的对接焊接接头,可采用 B 级技术进行检测。

3.8.2 由于结构、环境条件、射线设备等方面限制,检测的某些条件不能满足 AB 级(或 B 级)射线检测技术的要求时,经检测方技术负责人批准,在采取有效补偿措施(例如选用更高类别的胶片)的前提下,若底片的像质计灵敏度达到了 AB 级(或 B 级)射线检测技术的规定,则可认为按 AB 级(或 B 级)射线检测技术进行了检测。

3.8.3 承压设备在用检测中,由于结构、环境、射线设备等方面限制,检测的某些条件不能满足 AB 级射线检测技术的要求时,经检测方技术负责人批准,在采取有效补偿措施(例如选用更高类别的胶片)后可采用 A 级技术进行射线检测,但应同时采用其他无损检测方法进行补充检测。

3.9 辐射防护

3.9.1 放射卫生防护应符合 GB 18871、GB 16357 和 GB 18465 的有关规定。

3.9.2 现场进行 X 射线检测时,应按 GB 16357 的规定划定控制区和管理区、设置警告标志。检测工作人员应佩戴个人剂量计,并携带剂量报警仪。

3.9.3 现场进行 γ 射线检测时,应按 GB 18465 的规定划定控制区和监督区、设置警告标志,检测作业时,应围绕控制区边界测定辐射水平。检测工作人员应佩戴个人剂量计,并携带剂量报警仪。

4 具体要求

4.1 透照布置

4.1.1 透照方式

应根据工件特点和技术条件的要求选择适宜的透照方式。在可以实施的情况下应选用单壁透照方式,在单壁透照不能实施时才允许采用双壁透照方式。典型的透照方式参见附录 C(资料性附录)。

4.1.2 透照方向

透照时射线束中心一般应垂直指向透照区中心,需要时也可选用有利于发现缺陷的方向透照。

4.1.3 一次透照长度

一次透照长度应以透照厚度比 K 进行控制。不同级别射线检测技术和不同类型对接焊接接头的透照厚度比应符合表 3 的规定。整条环向对接焊接接头所需的透照次数可参照附录 D(资料性附录)的曲线图确定。

表3 允许的透照厚度比 K

射线检测技术级别	A级, AB级	B级
纵向焊接接头	$K \leq 1.03$	$K \leq 1.01$
环向焊接接头	$K \leq 1.1^1$	$K \leq 1.06$
1) 对 $100\text{mm} < D_0 \leq 400\text{mm}$ 的环向对接焊接接头 (包括曲率相同的曲面焊接接头), A级、AB级允许采用 $K \leq 1.2$ 。		

4.1.4 小径管环向对接焊接接头的透照布置

小径管采用双壁双影透照布置, 当同时满足下列两条件时应采用倾斜透照方式椭圆成像:

- a) T (壁厚) $\leq 8\text{mm}$;
- b) g (焊缝宽度) $\leq D_0/4$ 。

椭圆成像时, 应控制影像的开口宽度 (上下焊缝投影最大间距) 在 1 倍焊缝宽度左右。

不满足上述条件或椭圆成像有困难时可采用垂直透照方式重叠成像。

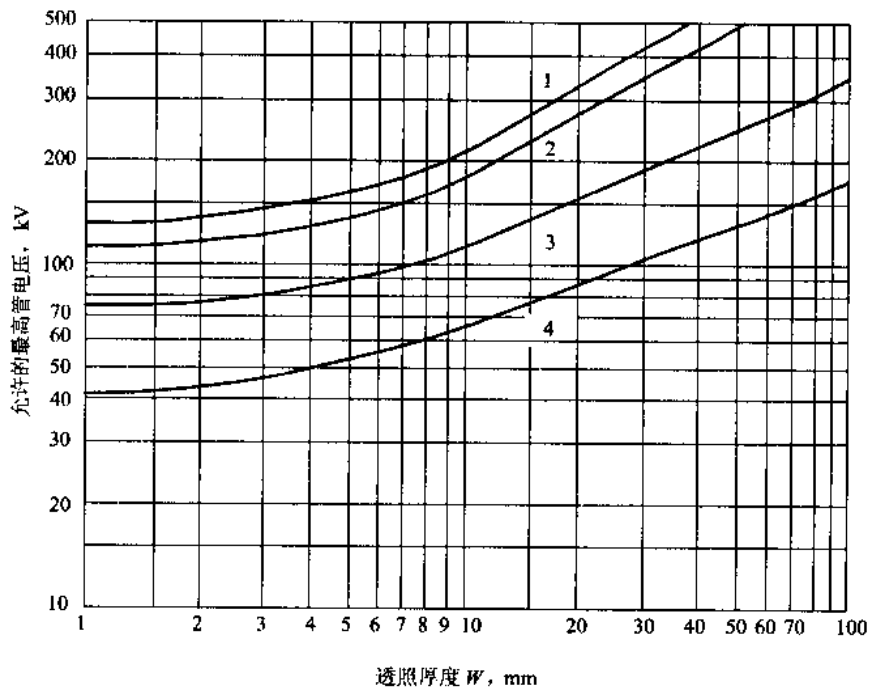
4.1.5 小径管环向对接接头的透照次数

小径管环向对接焊接接头 100% 检测的透照次数: 采用倾斜透照椭圆成像时, 当 $T/D_0 \leq 0.12$ 时, 相隔 90° 透照 2 次。当 $T/D_0 > 0.12$ 时, 相隔 120° 或 60° 透照 3 次。垂直透照重叠成像时, 一般应相隔 120° 或 60° 透照 3 次。

由于结构原因不能进行多次透照时, 可采用椭圆成像或重叠成像方式透照一次。鉴于透照一次不能实现焊缝全长的 100% 检测, 此时应采取有效措施扩大缺陷可检出范围, 并保证底片评定范围内黑度和灵敏度满足要求。

4.2 射线能量

4.2.1 X 射线照相应尽量选用较低的管电压。在采用较高管电压时, 应保证适当的曝光量。图 1 规定了不同材料、不同透照厚度允许采用的最高 X 射线管电压。



注: 1—铜及铜合金; 2—钢; 3—钛及钛合金; 4—铝及铝合金。

图 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压

对截面厚度变化大的承压设备,在保证灵敏度要求的前提下,允许采用超过图1规定的X射线管电压。但对钢、铜及铜合金材料,管电压增量不应超过50kV;对钛及钛合金材料,管电压增量不应超过40kV;对铝及铝合金材料,管电压增量不应超过30kV。

4.2.2 γ 射线源和高能X射线适用的透照厚度范围应符合表4的规定。

采用源在内中心透照方式,在保证像质计灵敏度达到4.11.3要求的前提下,允许 γ 射线最小透照厚度取表4下限值的1/2。

采用其他透照方式,在采取有效补偿措施并保证像质计灵敏度达到4.11.3要求的前提下,经合同各方同意,A级、AB级技术的Ir-192源的最小透照厚度可降至10mm,Se-75源的最小透照厚度可降至5mm。

表4 γ 射线源和能量1MeV以上X射线设备的透照厚度范围(钢、不锈钢、镍合金等)

射线源	透照厚度 W, mm	
	A级, AB级	B级
Se-75	$\geq 10 \sim 40$	$\geq 14 \sim 40$
Ir-192	$\geq 20 \sim 100$	$\geq 20 \sim 90$
Co-60	$\geq 40 \sim 200$	$\geq 60 \sim 150$
X射线(1MeV~4MeV)	$\geq 30 \sim 200$	$\geq 50 \sim 180$
X射线(>4MeV~12MeV)	≥ 50	≥ 80
X射线(>12MeV)	≥ 80	≥ 100

4.3 射线源至工件表面的最小距离

4.3.1 所选用的射线源至工件表面的距离 f 应满足下述要求:

——A级射线检测技术: $f \geq 7.5d \cdot b^{2/3}$

——AB级射线检测技术: $f \geq 10d \cdot b^{2/3}$

——B级射线检测技术: $f \geq 15d \cdot b^{2/3}$

图2是A级和B级射线检测技术确定 f 的诺模图,图3是AB级射线检测技术确定 f 的诺模图。有效焦点尺寸 d 按附录E(规范性附录)的规定计算。

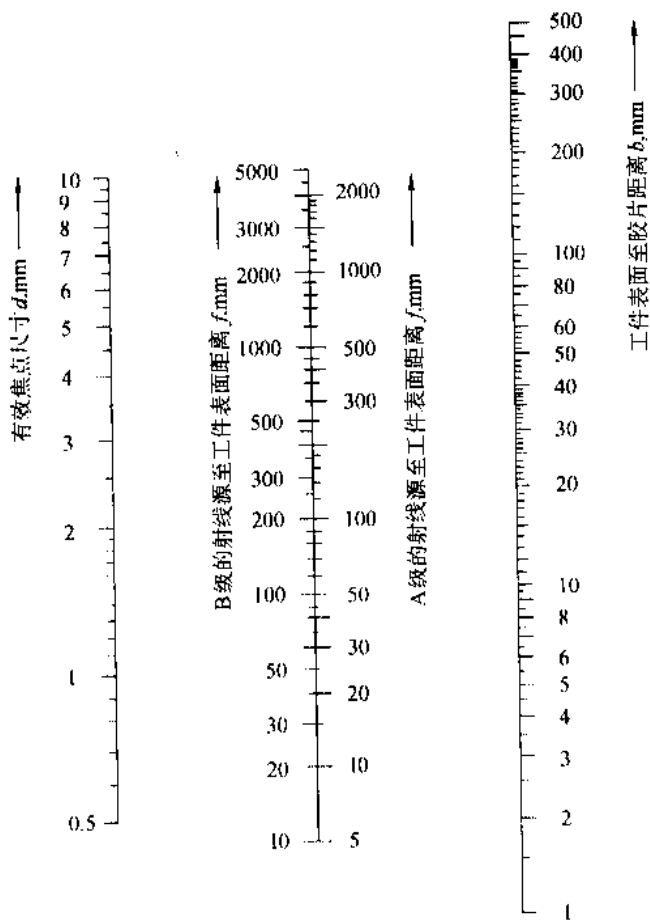


图2 A级和B级射线检测技术确定焦点至工件表面距离的诺模图

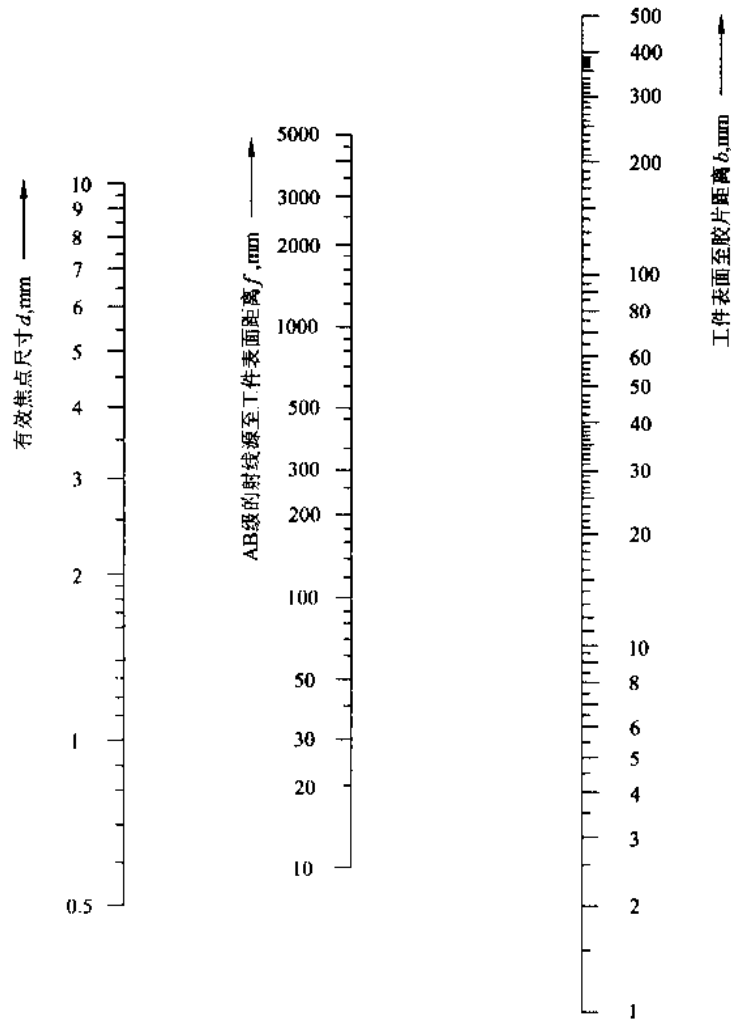


图3 AB级射线检测技术确定焦点至工件表面距离的诺模图

4.3.2 采用源在内中心透照方式周向曝光时，只要得到的底片质量符合 4.11.2 和 4.11.3 的要求， f 值可以减小，但减小值不应超过规定值的 50%。

4.3.3 采用源在内单壁透照方式时，只要得到的底片质量符合 4.11.2 和 4.11.3 的要求， f 值可以减小，但减小值不应超过规定值的 20%。

4.4 曝光量

4.4.1 X 射线照相，当焦距为 700mm 时，曝光量的推荐值为：A 级和 AB 级射线检测技术不小于 $15\text{mA} \cdot \text{min}$ ；B 级射线检测技术不小于 $20\text{mA} \cdot \text{min}$ 。当焦距改变时可按平方反比定律对曝光量的推荐值进行换算。

4.4.2 采用 γ 射线源透照时，总的曝光时间应不少于输送源往返所需时间的 10 倍。

4.5 曝光曲线

4.5.1 对每台在用射线设备均应作出经常检测材料的曝光曲线，依据曝光曲线确定曝光参数。

4.5.2 制作曝光曲线所采用的胶片、增感屏、焦距、射线能量等条件以及底片应达到的灵敏度、黑度等参数均应符合本部分的规定。

4.5.3 对使用中的曝光曲线，每年至少应校验一次。射线设备更换重要部件或经较大修理后应及时对曝光曲线进行校验或重新制作。

4.6 无用射线和散射线屏蔽

4.6.1 应采用金属增感屏、铅板、滤波板、准直器等适当措施，屏蔽散射线和无用射线，限制照射场范围。

4.6.2 对初次制定的检测工艺，或使用中检测工艺的条件、环境发生改变时，应进行背散射防护检查。

检查背散射防护的方法是：在暗盒背面贴附“B”铅字标记，一般“B”铅字的高度为13mm、厚度为1.6mm，按检测工艺的规定进行透照和暗室处理。若在底片上出现黑度低于周围背景黑度的“B”字影像，则说明背散射防护不够，应增大背散射防护铅板的厚度。若底片上不出现“B”字影像或出现黑度高于周围背景黑度的“B”字影像，则说明背散射防护符合要求。

4.7 像质计的使用

4.7.1 像质计一般应放置在工件源侧表面焊接接头的一端（在被检区长度的1/4左右位置），金属丝应横跨焊缝，细丝置于外侧。当一张胶片上同时透照多条焊接接头时，像质计应放置在透照区最边缘的焊缝处。

4.7.2 像质计放置原则

- a) 单壁透照规定像质计放置在源侧。双壁单影透照规定像质计放置在胶片侧。双壁双影透照规定像质计可放置在源侧，也可放置在胶片侧。
- b) 单壁透照中，如果像质计无法放置在源侧，允许放置在胶片侧。
- c) 单壁透照中像质计放置在胶片侧时，应进行对比试验。对比试验方法是在射源侧和胶片侧各放一个像质计，用与工件相同的条件透照，测定出像质计放置在源侧和胶片侧的灵敏度差异，以此修正应识别像质计丝号，以保证实际透照的底片灵敏度符合要求。
- d) 当像质计放置在胶片侧时，应在像质计上适当位置放置铅字“F”作为标记，“F”标记的影像应与像质计的标记同时出现在底片上，且应在检测报告中注明。

4.7.3 原则上每张底片上都应有像质计的影像。当一次曝光完成多张胶片照相时，使用的像质计数量允许减少但应符合以下要求：

- a) 环形对接焊接接头采用源置于中心周向曝光时，至少在圆周上等间隔地放置3个像质计。
- b) 球罐对接焊接接头采用源置于球心的全景曝光时，至少在北极区、赤道区、南极区附近的焊缝上沿纬度等间隔地各放置3个像质计，在南、北极的极板拼缝上各放置1个像质计。
- c) 一次曝光连续排列的多张胶片时，至少在第一张、中间一张和最后一张胶片处各放置一个像质计。

4.7.4 小径管可选用通用线型像质计或附录F（规范性附录）规定的专用（等径金属丝）像质计，金属丝应横跨焊缝放置。

4.7.5 如底片黑度均匀部位（一般是邻近焊缝的母材金属区）能够清晰地看到长度不小于10mm的连续金属丝影像时，则认为该丝是可识别的。专用像质计至少应能识别两根金属丝。

4.8 标记

4.8.1 透照部位的标记由识别标记和定位标记组成。标记一般由适当尺寸的铅（或其他适宜的重金属）制数字、拼音字母和符号等构成。

4.8.2 识别标记一般包括：产品编号、对接焊接接头编号、部位编号和透照日期。返修后的透照还应有返修标记，扩大检测比例的透照应有扩大检测标记。

4.8.3 定位标记一般包括中心标记和搭接标记。中心标记指示透照部位区段的中心位置和分段编号的方向，一般用十字箭头“⊕”表示。搭接标记是连续检测时的透照分段标记，可用符号“↑”或其他能显示搭接情况的方法表示。

4.8.4 标记一般应放置在距焊缝边缘至少5mm以外的部位，搭接标记放置的部位还应符合附录G（规范性附录）的规定。所有标记的影像不应重叠，且不应干扰有效评定范围内的影像。

4.9 胶片处理

4.9.1 可采用自动冲洗或手工冲洗方式处理，推荐采用自动冲洗方式处理。

4.9.2 胶片处理一般应按胶片使用说明书的规定进行。

4.10 评片要求

4.10.1 评片一般应在专用的评片室内进行。评片室应整洁、安静，温度适宜，光线应暗且柔和。

4.10.2 评片人员在评片前应经历一定的暗适应时间。从阳光下进入评片的暗适应时一般为 5min ~ 10min；从一般的室内进入评片的暗适应时间应不少于 30s。

4.10.3 评片时，底片评定范围内的亮度应符合下列规定：

a) 当底片评定范围内的黑度 $D \leq 2.5$ 时，透过底片评定范围内的亮度应不低于 30cd/m^2 。

b) 当底片评定范围内的黑度 $D > 2.5$ 时，透过底片评定范围内的亮度应不低于 10cd/m^2 。

4.10.4 底片评定范围的宽度一般为焊缝本身及焊缝两侧 5mm 宽的区域。

4.11 底片质量

4.11.1 底片上，定位和识别标记影像应显示完整、位置正确。

4.11.2 底片评定范围内的黑度 D 应符合下列规定：

A 级： $1.5 \leq D \leq 4.0$ ；

AB 级： $2.0 \leq D \leq 4.0$ ；

B 级： $2.3 \leq D \leq 4.0$ 。

用 X 射线透照小径管或其他截面厚度变化大的工件时，AB 级最低黑度允许降至 1.5；B 级最低黑度可降至 2.0。

采用多胶片方法时，单片观察的黑度应符合以上要求。双片叠加观察仅限于 A 级，叠加观察时，单片的黑度应不低于 1.3。

对评定范围内的黑度 $D > 4.0$ 的底片，如有计量检定报告证明所用观片灯在底片评定范围内的亮度能够满足 4.10.3 的要求，允许进行评定。

4.11.3 底片的像质计灵敏度

单壁透照、像质计置于源侧时应符合表 5 的规定；双壁双影透照、像质计置于源侧时应符合表 6 的规定；双壁单影或双壁双影透照、像质计置于胶片侧时应符合表 7 的规定。

4.11.4 底片评定范围内不应存在干扰缺陷影像识别的水迹、划痕、斑纹等伪缺陷影像。

表 5 像质计灵敏度值——单壁透照、像质计置于源侧

应识别丝号 (丝径, mm)	公称厚度 (T) 范围, mm		
	A 级	AB 级	B 级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	≤ 2.0	$> 2.5 \sim 4.0$
16 (0.100)	≤ 2.0	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 4 \sim 6$
15 (0.125)	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 3.5 \sim 5.0$	$> 6 \sim 8$
14 (0.160)	$> 3.5 \sim 5.0$	$> 5.0 \sim 7$	$> 8 \sim 12$
13 (0.20)	$> 5.0 \sim 7$	$> 7 \sim 10$	$> 12 \sim 20$
12 (0.25)	$> 7 \sim 10$	$> 10 \sim 15$	$> 20 \sim 30$
11 (0.32)	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 25$	$> 30 \sim 35$

表 5 (续)

应识别丝号 (丝径, mm)	公称厚度 (T) 范围, mm		
	A 级	AB 级	B 级
10 (0.40)	> 15 ~ 25	> 25 ~ 32	> 35 ~ 45
9 (0.50)	> 25 ~ 32	> 32 ~ 40	> 45 ~ 65
8 (0.63)	> 32 ~ 40	> 40 ~ 55	> 65 ~ 120
7 (0.80)	> 40 ~ 55	> 55 ~ 85	> 120 ~ 200
6 (1.00)	> 55 ~ 85	> 85 ~ 150	> 200 ~ 350
5 (1.25)	> 85 ~ 150	> 150 ~ 250	> 350
4 (1.60)	> 150 ~ 250	> 250 ~ 350	—
3 (2.00)	> 250 ~ 350	> 350	—
2 (2.50)	> 350	—	—

表 6 像质计灵敏度值——双壁双影透照、像质计置于源侧

应识别丝号 (丝径, mm)	透照厚度 (W) 范围, mm		
	A 级	AB 级	B 级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	≤ 2.0	> 2.5 ~ 4.0
16 (0.100)	≤ 2.0	> 2 ~ 3.0	> 4 ~ 6
15 (0.125)	> 2.0 ~ 3.0	> 3.0 ~ 4.5	> 6 ~ 9
14 (0.160)	> 3.0 ~ 4.5	> 4.5 ~ 7	> 9 ~ 15
13 (0.20)	> 4.5 ~ 7	> 7 ~ 11	> 15 ~ 22
12 (0.25)	> 7 ~ 11	> 11 ~ 15	> 22 ~ 31
11 (0.32)	> 11 ~ 15	> 15 ~ 22	> 31 ~ 40
10 (0.40)	> 15 ~ 22	> 22 ~ 32	> 40 ~ 48
9 (0.50)	> 22 ~ 32	> 32 ~ 44	> 48 ~ 56
8 (0.63)	> 32 ~ 44	> 44 ~ 54	—
7 (0.80)	> 44 ~ 54	—	—

表 7 像质计灵敏度值——双壁单影或双壁双影透照、像质计置于胶片侧

应识别丝号 (丝径, mm)	透照厚度 (W) 范围, mm		
	A 级	AB 级	B 级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	≤ 2.0	> 2.5 ~ 4.0

表 7 (续)

应识别丝号 (丝径, mm)	透照厚度 (W) 范围, mm		
	A 级	AB 级	B 级
16 (0.100)	≤2.0	>2.0 ~ 3.5	>4 ~ 6
15 (0.125)	>2.0 ~ 3.5	>3.5 ~ 5.5	>6 ~ 12
14 (0.160)	>3.5 ~ 5.5	>5.5 ~ 11	>12 ~ 18
13 (0.20)	>5.5 ~ 11	>11 ~ 17	>18 ~ 30
12 (0.25)	>11 ~ 17	>17 ~ 26	>30 ~ 42
11 (0.32)	>17 ~ 26	>26 ~ 39	>42 ~ 55
10 (0.40)	>26 ~ 39	>39 ~ 51	>55 ~ 70
9 (0.50)	>39 ~ 51	>51 ~ 64	>70 ~ 100
8 (0.63)	>51 ~ 64	>64 ~ 85	>100 ~ 180
7 (0.80)	>64 ~ 85	>85 ~ 125	>180 ~ 300
6 (1.00)	>85 ~ 125	>125 ~ 225	>300
5 (1.25)	>125 ~ 225	>225 ~ 375	—
4 (1.60)	>225 ~ 375	>375	—
3 (2.00)	>375	—	—

5 承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测质量分级

5.1 钢、镍、铜制承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测质量分级

5.1.1 范围

本条规定适用于厚度为 2mm ~ 400mm 的碳素钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍及镍合金制承压设备, 以及厚度为 2mm ~ 80mm 的铜及铜合金制承压设备的熔化焊对接焊接接头射线检测的质量分级。

管道和压力管道环向对接焊接接头射线检测质量分级按照第 6 章规定执行。

5.1.2 缺陷类型

对接焊接接头中的缺陷按性质可分为裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷和圆形缺陷共五类。

5.1.3 质量分级依据

根据对接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度, 其质量等级可划分为 I、II、III、IV 级。

5.1.4 质量分级一般规定

5.1.4.1 I 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透和条形缺陷。

5.1.4.2 II 级和 III 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合和未焊透。

5.1.4.3 对接焊接接头中缺陷超过 III 级者为 IV 级。

5.1.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时, 以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

5.1.5 圆形缺陷的质量分级

5.1.5.1 圆形缺陷用圆形缺陷评定区进行质量分级评定, 圆形缺陷评定区为一个与焊缝平行的矩形, 其尺寸见表 8。圆形缺陷评定区应选在缺陷最严重的区域。

表 8 缺陷评定区

mm

母材公称厚度 T	≤ 25	$> 25 \sim 100$	> 100
评定区尺寸	10×10	10×20	10×30

5.1.5.2 在圆形缺陷评定区内或与圆形缺陷评定区边界线相割的缺陷均应划入评定区内。将评定区内的缺陷按表 9 的规定换算为点数，按表 10 的规定评定对接焊接接头的质量级别。

表 9 缺陷点数换算表

缺陷长径, mm	≤ 1	$> 1 \sim 2$	$> 2 \sim 3$	$> 3 \sim 4$	$> 4 \sim 6$	$> 6 \sim 8$	> 8
缺陷点数	1	2	3	6	10	15	25

表 10 各级别允许的圆形缺陷点数

评定区 (mm×mm)	10×10			10×20		10×30
母材公称厚度 T , mm	≤ 10	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 25$	$> 25 \sim 50$	$> 50 \sim 100$	> 100
I 级	1	2	3	4	5	6
II 级	3	6	9	12	15	18
III 级	6	12	18	24	30	36
IV 级	缺陷点数大于 III 级或缺陷长径大于 $7T$					
注: 当母材公称厚度不同时, 取较薄板的厚度。						

5.1.5.3 由于材质或结构等原因, 进行返修可能会产生不利后果的对接焊接接头, 各级别的圆形缺陷点数可放宽 1~2 点。

5.1.5.4 对致密性要求高的对接焊接接头, 制造方底片评定人员应考虑将圆形缺陷的黑度作为评级的依据。通常将黑度大的圆形缺陷定义为深孔缺陷, 当对接焊接接头存在深孔缺陷时, 其质量级别应评为 IV 级。

5.1.5.5 当缺陷的尺寸小于表 11 的规定时, 分级评定时不计该缺陷的点数。质量等级为 I 级的对接焊接接头和母材公称厚度 $T \leq 5\text{mm}$ 的 II 级对接焊接接头, 不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不得多于 10 个, 超过时对接焊接接头质量等级应降低一级。

表 11 不计点数的缺陷尺寸

mm

母材公称厚度 T	缺陷长径
≤ 25	≤ 0.5
$> 25 \sim 50$	≤ 0.7
> 50	$\leq 1.4\%T$

5.1.6 条形缺陷的质量分级

条形缺陷按表 12 的规定进行分级评定。

表 12 各级别对接焊接接头允许的条形缺陷长度

mm

级别	单个条形缺陷最大长度	一组条形缺陷累计最大长度
I	不允许	
II	$\leq 7/3$ (最小可为 4) 且 ≤ 20	在长度为 $12T$ 的任意选定条形缺陷评定区内, 相邻缺陷间距不超过 $6L$ 的任一组条形缺陷的累计长度应不超过 T , 但最小可为 4
III	$\leq 2T/3$ (最小可为 6) 且 ≤ 30	在长度为 $6T$ 的任意选定条形缺陷评定区内, 相邻缺陷间距不超过 $3L$ 的任一组条形缺陷的累计长度应不超过 T , 但最小可为 6
IV	大于 III 级者	
注 1: L 为该组条形缺陷中最长缺陷本身的长度; T 为母材公称厚度, 当母材公称厚度不同时取较薄板的厚度值。 注 2: 条形缺陷评定区是指与焊缝方向平行的、具有一定宽度的矩形区, $T \leq 25\text{mm}$, 宽度为 4mm; $25\text{mm} < T \leq 100\text{mm}$, 宽度为 6mm; $T > 100\text{mm}$, 宽度为 8mm。 注 3: 当两个或两个以上条形缺陷处于同一直线上、且相邻缺陷的间距小于或等于较短缺陷长度时, 应作为一个缺陷处理, 且间距也应计入缺陷的长度之中。		

5.1.7 综合评级

5.1.7.1 在圆形缺陷评定区内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时, 应进行综合评级。

5.1.7.2 综合评级的级别如下确定: 对圆形缺陷和条形缺陷分别评定级别, 将两者级别之和减一作为综合评级的质量级别。

5.2 铝制承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测质量分级

5.2.1 范围

本条规定适用于厚度为 2mm ~ 80mm 铝及铝合金制承压设备的熔化焊对接焊接接头射线检测的质量分级。

5.2.2 缺陷类型

对接接头中的缺陷按性质可分为裂纹、未熔合、未焊透、夹铜、条形缺陷和圆形缺陷六类。

5.2.3 质量分级依据

根据对接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度, 其质量等级可划分为 I、II、III、IV 级。

5.2.4 质量分级一般规定

5.2.4.1 I 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透、夹铜和条形缺陷。

5.2.4.2 II 级和 III 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透和夹铜缺陷。

5.2.4.3 对接焊接接头中缺陷超过 III 级者为 IV 级。

5.2.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时, 以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

5.2.5 圆形缺陷的分级评定

5.2.5.1 圆形缺陷用圆形缺陷评定区进行质量分级评定, 圆形缺陷评定区为一个与焊缝平行的矩形, 其尺寸见表 13。圆形缺陷评定区应选在缺陷最严重的区域。

表 13 缺陷评定区

mm

母材公称厚度 T	≤ 20	$> 20 \sim 80$
评定区尺寸	10×10	10×20

5.2.5.2 在圆形缺陷评定区内或与圆形缺陷评定区边界线相割的缺陷均应划入评定区内。将评定区内的缺陷按表 14 的规定换算为点数, 按表 15 的规定评定对接焊接接头的质量级别。

5.2.5.3 对由于材质或结构等原因, 进行返修可能会产生不利后果的焊接接头, 各级别的圆形缺陷点数

可放宽 1~2 点。

表 14 圆形缺陷点数换算表

缺陷长径, mm	≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~6	>6~8	>8~10
缺陷点数	1	2	3	6	10	15	25

表 15 各级别对接接头允许的圆形缺陷最多点数

评定区, mm×mm	10×10				10×20	
	≤3	>3~5	>5~10	>10~20	>20~40	>40~80
母材公称厚度 <i>T</i> , mm	≤3	>3~5	>5~10	>10~20	>20~40	>40~80
I 级	1	2	3	4	6	7
II 级	3	7	10	14	21	24
III 级	6	14	21	28	42	49
IV 级	缺陷点数大于 III 级或缺陷长径大于 $2T/3$ 或缺陷长径大于 10mm					

注：当母材公称厚度不同时，取较薄板的厚度。

5.2.5.4 当 III 级对接焊接接头允许的缺陷点数连续存在、并超过评定区尺寸的 3 倍时，对接接头质量应评定为 IV 级。

5.2.5.5 对致密性要求高的对接焊接接头，制造方底片评定人员应考虑将圆形缺陷的黑度作为评级的依据，通常将黑度大的圆形缺陷定义为深孔缺陷，当对接焊接接头存在深孔缺陷时，其质量等级应评为 IV 级。

5.2.5.6 当缺陷的尺寸小于表 16 的规定时，分级评定时不计该缺陷的点数。但对于 I 级对接焊接接头和母材公称厚度 $T \leq 5\text{mm}$ 的 II 级对接焊接接头，不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不得多于 10 个，超过时对接焊接接头质量应降低一级。

表 16 不计点数的缺陷尺寸 mm

母材公称厚度 <i>T</i>	缺陷长径
≤20	≤0.4
>20~40	≤0.6
>40	≤1.5% <i>T</i>

5.2.6 条形缺陷的分级评定

条形缺陷按 5.1.6 的规定进行质量分级评定。

5.2.7 综合评级

5.2.7.1 在圆形缺陷评定区内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时，应进行综合评级。

5.2.7.2 综合评级的级别如下确定：对圆形缺陷和条形缺陷分别评定级别，将两者级别之和减一作为综合评级的质量级别。

5.3 钛及钛合金制承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测质量分级

5.3.1 范围

5
每
评
5.3.5
可放
据,通
5.3.5.

本条规定适用于厚度为 2mm ~ 50mm 的钛及钛合金制承压设备熔化焊对接焊接接头射线检测的质量分级。

5.3.2 缺陷类型

焊接接头中的缺陷按性质可分为裂纹、未熔合、未焊透、条形和圆形缺陷共五类。

5.3.3 质量分级依据

根据对接焊接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度，其质量等级可划分为 I、II、III、IV 级。

5.3.4 质量分级一般规定

5.3.4.1 I 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透和条形缺陷。

5.3.4.2 II 级和 III 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透。

5.3.4.3 对接焊接接头中缺陷超过 III 级者为 IV 级。

5.3.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时，以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

5.3.5 圆形缺陷的分级评定

5.3.5.1 圆形缺陷用圆形缺陷评定区进行质量分级评定，圆形缺陷评定区为一个与焊缝平行的矩形，其尺寸见表 17。圆形缺陷评定区应选在缺陷最严重的区域。

表 17 圆形缺陷评定区

mm

母材公称厚度 T	≤ 20	$> 20 \sim 50$
评定区尺寸	10×10	10×20

5.3.5.2 在圆形缺陷评定区内或与圆形缺陷评定区边界线相割的缺陷均应划入评定区内。将评定区内的缺陷按表 18 的规定换算为点数，按表 19 的规定评定对接焊接接头的质量级别。

表 18 缺陷点数换算表

缺陷长径, mm	≤ 1	$> 1 \sim 2$	$> 2 \sim 4$	$> 4 \sim 8$	> 8
缺陷点数	1	2	4	8	16

表 19 各级别对接接头允许的圆形缺陷最多点数

评定区 (mm×mm)	10×10				10×20	
	≤ 3	$> 3 \sim 5$	$> 5 \sim 10$	$> 10 \sim 20$	$> 20 \sim 30$	$> 30 \sim 50$
母材公称厚度 T mm						
I 级	1	2	3	4	5	6
II 级	2	4	6	8	10	12
III 级	4	8	12	16	20	24
IV 级	缺陷点数大于 III 级或缺陷长径大于 $T/2$					

注：当母材公称厚度不同时，取较薄板的厚度。

5.3.5.3 对由于材质或结构等原因，进行返修可能会产生不利后果的焊接接头，各级别的圆形缺陷点数可放宽 1 ~ 2 点。

5.3.5.4 对致密性要求高的对接焊接接头，制造方底片评定人员应考虑将圆形缺陷的黑度作为评级的依据，通常将黑度大的圆形缺陷定义为深孔缺陷，当对接焊接接头存在深孔缺陷时，其质量应评为 IV 级。

5.3.5.5 当缺陷的尺寸小于表 20 的规定时，分级评定时不计该缺陷的点数。但对于 I 级对接接头和母

材公称厚度 $T \leq 5\text{mm}$ 的Ⅱ级对接焊接接头, 不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不得多于 10 个。母材公称厚度 $T > 5\text{mm}$ 的Ⅱ级对接焊接接头, 不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不得多于 20 个。母材公称厚度 $T > 5\text{mm}$ 的Ⅲ级对接焊接接头, 不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不得多于 30 个。超过上述规定时对接焊接接头质量应降低一级。

表 20 不计点数的缺陷尺寸

mm

母材公称厚度 T	缺陷长径
≤ 10	≤ 0.3
$> 10 \sim 20$	≤ 0.4
$> 20 \sim 50$	≤ 0.7

5.3.6 条形缺陷的分级评定

条形缺陷按 5.1.6 的规定进行质量分级评定。

5.3.7 综合评级

5.3.7.1 在圆形缺陷评定区内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时, 应进行综合评级。

5.3.7.2 综合评级的级别如下确定: 对圆形缺陷和条形缺陷分别评定级别, 将两者级别之和减一作为综合评级的质量级别。

6 承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接焊接接头射线检测质量分级

6.1 钢、镍、铜制承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接焊接接头射线检测质量分级

6.1.1 范围

本条适用于壁厚 $T \geq 2\text{mm}$ 的碳素钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍及镍合金、铜及铜合金制承压设备管子及压力管道的熔化焊环向对接焊接接头射线检测的质量分级。

6.1.2 缺陷类型

对接焊接接头中的缺陷按性质可分为裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷、圆形缺陷、根部内凹、根部咬边共七类。

6.1.3 质量分级依据

根据对接焊接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度, 其质量等级可划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。

6.1.4 质量分级的一般规定

6.1.4.1 Ⅰ级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷、根部内凹、根部咬边。

6.1.4.2 Ⅱ级和Ⅲ级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、双面焊以及加垫板单面焊中的未焊透。

6.1.4.3 对接焊接接头中缺陷超过Ⅲ级者为Ⅳ级。

6.1.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时, 以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

6.1.5 圆形缺陷的分级评定

按 5.1.5 的规定进行质量分级评定。但对小径管缺陷评定区取 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

6.1.6 条形缺陷的分级评定

按 5.1.6 的规定进行质量分级评定。

6.1.7 不加垫板单面焊的未焊透缺陷的分级评定

管外径 $D_o > 100\text{mm}$ 时, 不加垫板单面焊的未焊透缺陷按表 21 的规定进行质量分级评定。管外径 $D_o \leq 100\text{mm}$ 的小径管不加垫板单面焊的未焊透缺陷按表 22 的规定进行质量分级评定。管外径 $D_o > 100\text{mm}$ 的管子未焊透深度可采用附录 H (规范性附录) 规定的一般对比试块 (Ⅱ型) 进行测定。管外径

$D_o \leq 100\text{mm}$ 的小径管的未焊透深度可采用附录 H (规范性附录) 规定的小径管专用对比试块 (I_A 型或 I_B 型) 进行测定, 测定时, 对比试块应置于靠近被测未焊透缺陷附近部位。

表 21 管外径 $D_o > 100\text{mm}$ 时不加垫板单面焊未焊透的分级

级别	未焊透最大深度, mm		单个未焊透最大长度, mm (T 为壁厚)	未焊透累计长度 mm
	与壁厚的比	最大值		
I	不允许			
II	$\leq 10\%$	≤ 1.0	$\leq T/3$ (最小可为 4) $H \leq 20$	在任意 $6T$ 长度区内应不大于 T (最小可为 4), 且任意 300 长度范围内总长度不大于 30
III	$\leq 15\%$	≤ 1.5	$\leq 2T/3$ (最小可为 6) $H \leq 30$	在任意 $3T$ 长度区内应不大于 T (最小可为 6), 且任意 300 长度范围内总长度不大于 40
IV	大于 III 级者			
注: 对断续未焊透, 以未焊透本身的长度累计计算总长度。				

表 22 管外径 $D_o \leq 100\text{mm}$ (小径管) 时不加垫板单面焊未焊透的分级

级别	未焊透最大深度, mm		未焊透总长度与焊缝总长度的比
	与壁厚的比	最大值	
I	不允许		
II	$\leq 10\%$	≤ 1.0	$\leq 10\%$
III	$\leq 15\%$	≤ 1.5	$\leq 15\%$
IV	大于 III 级者		
注: 对断续未焊透, 以未焊透本身的长度累计计算总长度。			

6.1.8 根部内凹和根部咬边的分级评定

管外径 $D_o > 100\text{mm}$ 时, 不加垫板单面焊的根部内凹和根部咬边缺陷按表 23 的规定进行质量分级评定。管外径 $D_o \leq 100\text{mm}$ 的小径管不加垫板单面焊的根部内凹和根部咬边缺陷按表 24 的规定进行质量分级评定。管外径 $D_o > 100\text{mm}$ 的管子和容器根部内凹和根部咬边深度可采用附录 H (规范性附录) 规定的一般对比试块 (II 型) 进行测定。管外径 $D_o \leq 100\text{mm}$ 的小径管的根部内凹和根部咬边深度可采用附录 H (规范性附录) 规定的小径管专用对比试块 (I_A 型或 I_B 型) 进行测定, 测定时, 对比试块应置于管的源侧表面、靠近被测根部内凹和根部咬边缺陷附近部位。

表 23 外径 $D_o > 100\text{mm}$ 时根部内凹和根部咬边的分级

级别	根部内凹和根部咬边最大深度, mm		根部内凹和根部咬边累计长度, mm
	与壁厚的比	最大值	
I	不允许		
II	$\leq 15\%$	≤ 1.5	在任意 $3T$ 长度区内不大于 T ; 总长度不大于 100
III	$\leq 20\%$	≤ 2.0	
IV	大于 III 级者		
注: 对断续根部内凹和根部咬边, 以根部内凹和根部咬边本身的长度累计计算总长度。			

表 24 外径 $D_0 \leq 100\text{mm}$ 时根部内凹和根部咬边的分级

级别	根部内凹和根部咬边最大深度, mm		根部内凹和根部咬边最大总长度 与焊缝总长度的比
	与壁厚的比	最大值	
I	不允许		
II	$\leq 15\%$	≤ 1.5	$\leq 30\%$
III	$\leq 20\%$	≤ 2.0	$\leq 30\%$
IV	大于 III 级者		

注: 对断续根部内凹和根部咬边, 以根部内凹和根部咬边本身的长度累加计算总长度。

6.1.9 综合评级

在条形缺陷评定区内同时存在多种缺陷时, 应进行综合评级。对各类缺陷分别评定级别, 取质量级别最低的级别作为综合评级的级别; 当各类缺陷的级别相同时, 则降低一级作为综合评级的级别。

6.2 铝及铝合金制承压设备管子及压力管道熔化焊环形对接接头射线检测质量分级

6.2.1 范围

本条适用于壁厚 $T \geq 2\text{mm}$ 的铝及铝合金制承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接接头射线检测的质量分级。

6.2.2 缺陷类型

焊接接头中的缺陷按性质可分为裂纹、未熔合、未焊透、夹铜、条形缺陷、圆形缺陷、根部内凹、根部咬边共八类。

6.2.3 质量分级依据

根据对接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度, 其质量等级可划分为 I、II、III、IV 级。

6.2.4 质量分级的一般规定

6.2.4.1 I 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透、夹铜、条形缺陷、根部内凹、根部咬边。

6.2.4.2 II 级和 III 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、双面焊以及加垫板单面焊中的未焊透、夹铜。

6.2.4.3 对接焊接接头中缺陷超过 III 级者为 IV 级。

6.2.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时, 以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

6.2.5 圆形缺陷的分级评定

按 5.2.5 的规定进行质量分级评定。

6.2.6 条形缺陷的分级评定

按 5.2.6 的规定进行质量分级评定。

6.2.7 不加垫板单面焊的未焊透缺陷的分级评定

按 6.1.7 的规定进行质量分级评定。

6.2.8 根部内凹的和根部咬边分级评定

按 6.1.8 的规定进行质量分级评定。

6.2.9 综合评级

按 6.1.9 的规定进行评定。

6.3 钛及钛合金制承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接焊接接头射线检测质量分级

6.3.1 范围

本条适用于壁厚 $T \geq 2\text{mm}$ 的钛及钛合金制承压设备管子及压力管道熔化焊环向对接焊接接头射线检测的质量分级。

6.3.2 缺陷类型

按 6.1.2 的规定分类。

6.3.3 质量分级依据

根据对接焊接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度，其质量等级可划分为 I、II、III、IV 级。

6.3.4 质量分级的一般规定

6.3.4.1 I 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷、根部内凹、根部咬边。

6.3.4.2 II 级和 III 级对接焊接接头内不允许存在裂纹、未熔合、双面焊以及加垫板单面焊中的未焊透。

6.3.4.3 对接焊接接头中缺陷超过 III 级者为 IV 级。

6.3.4.4 当各类缺陷评定的质量级别不同时，以质量最差的级别作为对接焊接接头的质量级别。

6.3.5 圆形缺陷的分级评定

按 5.3.5 的规定进行质量分级评定。

6.3.6 条形缺陷的分级评定

按 5.3.6 的规定进行质量分级评定。

6.3.7 不加垫板单面焊的未焊透缺陷的分级评定

按 6.1.7 的规定进行质量分级评定。

6.3.8 根部内凹和根部咬边的分级评定

按 6.1.8 的规定进行质量分级评定。

6.3.9 综合评级

按 6.1.9 的规定进行评定。

7 射线检测报告

检测报告至少应包括下述内容：

- a) 委托单位；
- b) 被检工件：名称、编号、规格、材质、焊接方法和热处理状况；
- c) 检测设备：名称、型号和焦点尺寸；
- d) 检测标准和验收等级；
- e) 检测规范：技术等级、透照布置、胶片、增感屏、射线能量、曝光量、焦距、暗室处理方式和条件等；
- f) 工件检测部位及布片草图；
- g) 检测结果及质量分级；
- h) 检测人员和责任人员签字及其技术资格；
- i) 检测日期。

附录 A

(资料性附录)

工业射线胶片系统的特性指标

A.1 胶片系统的主要特性指标

工业射线胶片系统的主要特性指标见表 A.1。

表 A.1 胶片系统的主要特性指标

胶片系统类别	感光速度	特性曲线平均梯度	感光乳剂粒度	梯度最小值 G_{\min}		颗粒度最大值 σ_{\max}	(梯度/颗粒度)最小值 $(G/\sigma)_{\min}$
				$D=2.0$	$D=4.0$		
T1	低	高	微粒	4.3	7.4	0.018	270
T2	较低	较高	细粒	4.1	6.8	0.028	150
T3	中	中	中粒	3.8	6.4	0.032	120
T4	高	低	粗粒	3.5	5.0	0.039	100

注：表中的黑度 D 均指不包括灰雾度的净黑度。

附录 B

(资料性附录)

黑度计(光学密度计)定期校验方法

B.1 黑度计校验的一般规定

黑度计可按照生产厂推荐的方法或按 B.2 规定的方法校验。

B.2 黑度计校验步骤

B.2.1 接通黑度计外电源和测量开关,预热 10min 左右。

B.2.2 用标准黑度片(密度片)的零黑度点(区)校准黑度计零点,校准后顺次测量黑度片上不同黑度的各点的黑度,记录测量值。

B.2.3 按 B.2.2 的规定反复测量 3 次。

B.2.4 计算出各点测量值的平均值,以平均值与黑度片该点的黑度值之差作为黑度计的测量误差。

B.2.5 对黑度不大于 4.5 的各点的测量误差均应不超过 ± 0.05 ,否则黑度计应校准、修理或报废。

B.2.6 所使用的标准黑度片至少应每 2 年送计量单位检定一次。

附录 C
 (资料性附录)
 典型透照方式示意图

C.1 典型透照方式

图 C.1 ~ 图 C.8 给出了常用的典型透照方式示意图, 可供透照布置时参考。图中 d 表示射线源, F 表示焦距, b 表示工件至胶片距离, f 表示射线源至工件距离, T 表示公称厚度, D_0 表示管子外径。

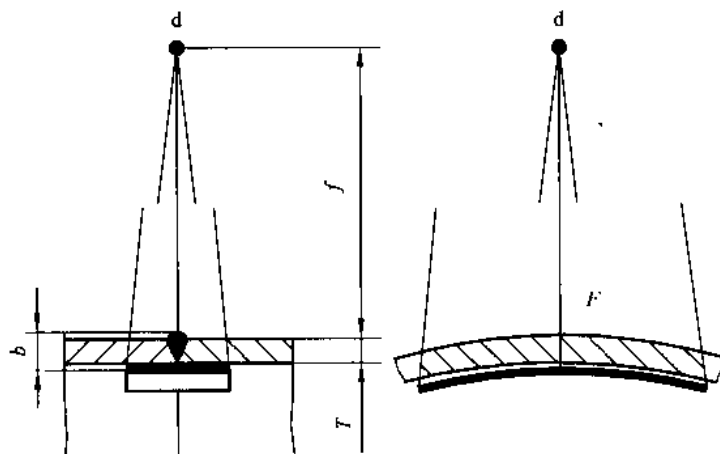


图 C.1 纵、环向焊接接头源在外单壁透照方式

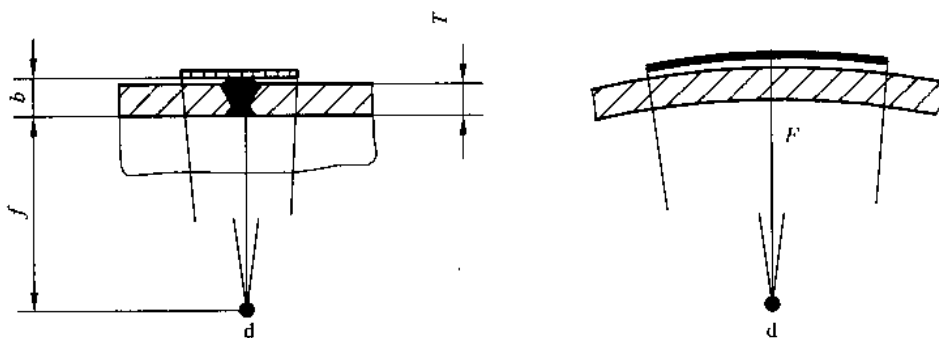


图 C.2 纵、环向焊接接头源在内单壁透照方式

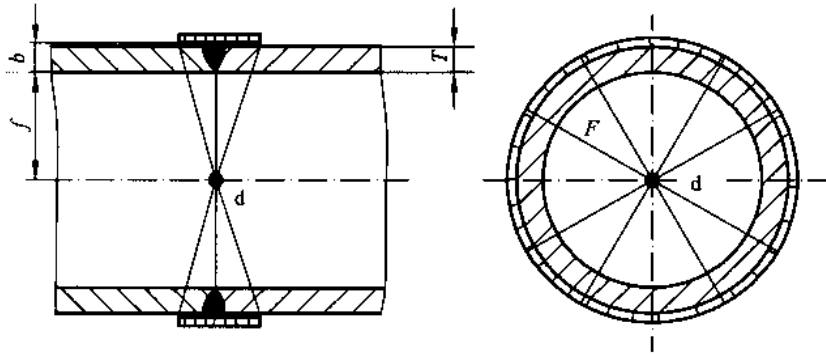


图 C.3 环向焊接接头源在中心周向透照方式

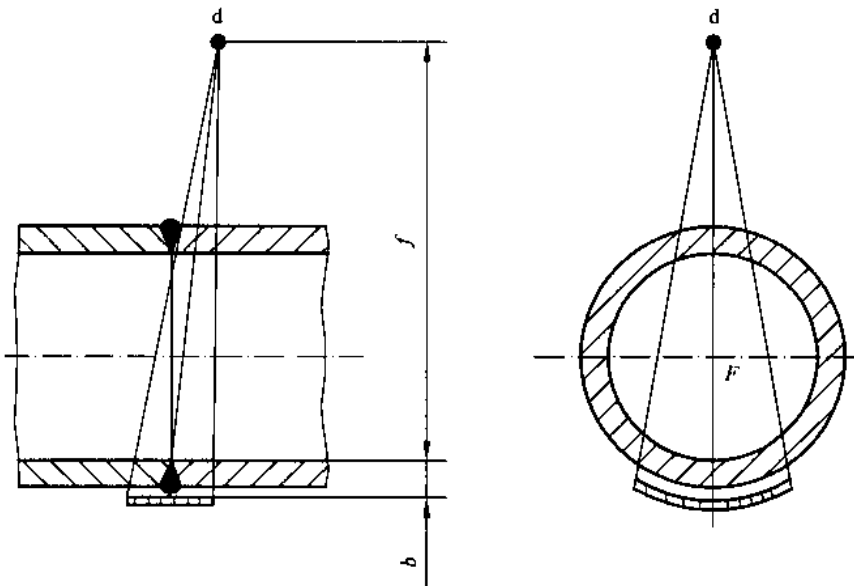


图 C.4 环向焊接接头源在外双壁单影透照方式 (1)

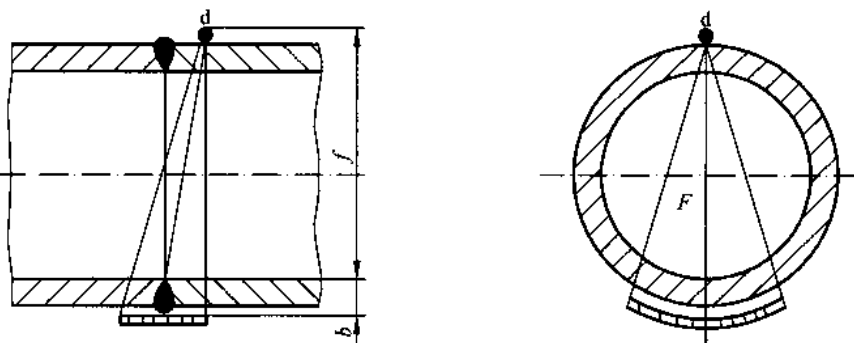


图 C.5 环向焊接接头源在外双壁单影透照方式 (2)

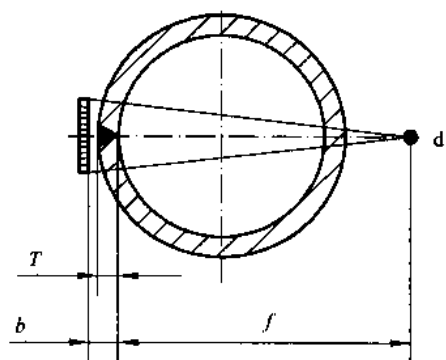


图 C.6 纵向焊接接头源在外双壁单影透照方式

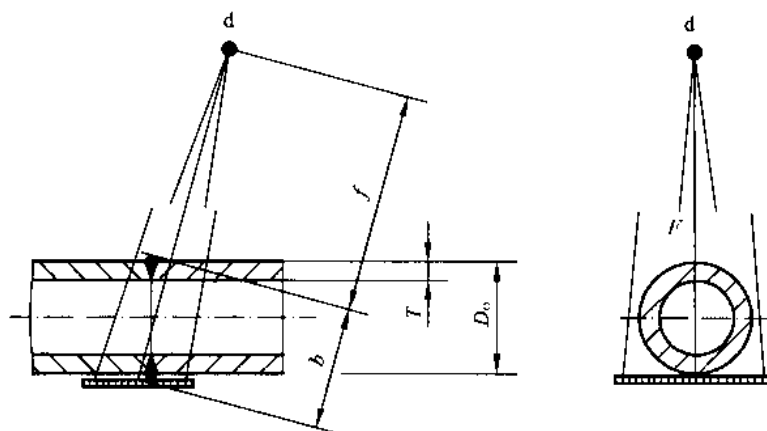


图 C.7 小径管环向对接焊接接头倾斜透照方式(椭圆成像)

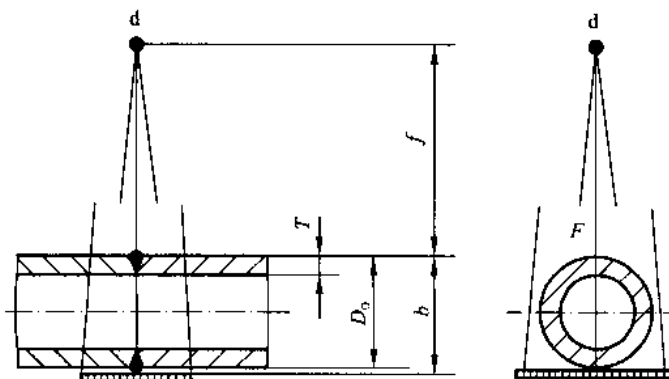


图 C.8 小径管环向对接焊接接头垂直透照方式(重叠成像)

附录 D

(资料性附录)

环向对接焊接接头透照次数确定方法

D.1 透照次数曲线图

对外径 $D_0 > 100\text{mm}$ 的环向对接焊接接头进行 100% 检测, 所需的最少透照次数与透照方式和透照厚度比有关, 这一数值可从图 D.1 ~ 图 D.6 中直接查出。

- a) 图 D.1 为源在外单壁透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.06$ 的透照次数曲线图。
- b) 图 D.2 为用其他方式 (偏心内透法和双壁单影法) 透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.06$ 的透照次数曲线图。
- c) 图 D.3 为源在外单壁透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.1$ 的透照次数曲线图。
- d) 图 D.4 为用其他方式 (偏心内透法和双壁单影法) 透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.1$ 的透照次数曲线图。
- e) 图 D.5 为源在外单壁透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.2$ 的透照次数曲线图。
- f) 图 D.6 为用其他方式 (偏心内透法和双壁单影法) 透照环向对接焊接接头, 透照厚度比 $K=1.2$ 的透照次数曲线图。

D.2 由图确定透照次数的方法

从图中确定透照次数的步骤是: 计算出 T/D_0 、 D_0/f , 在横坐标上找到 T/D_0 值对应的点, 过此点画一垂直于横坐标的直线; 在纵坐标上找到 D_0/f 对应的点, 过此点画一垂直于纵坐标的直线; 从两直线交点所在的区域确定所需的透照次数; 当交点在两区域的分界线上时, 应取较大数值作为所需的最少透照次数。

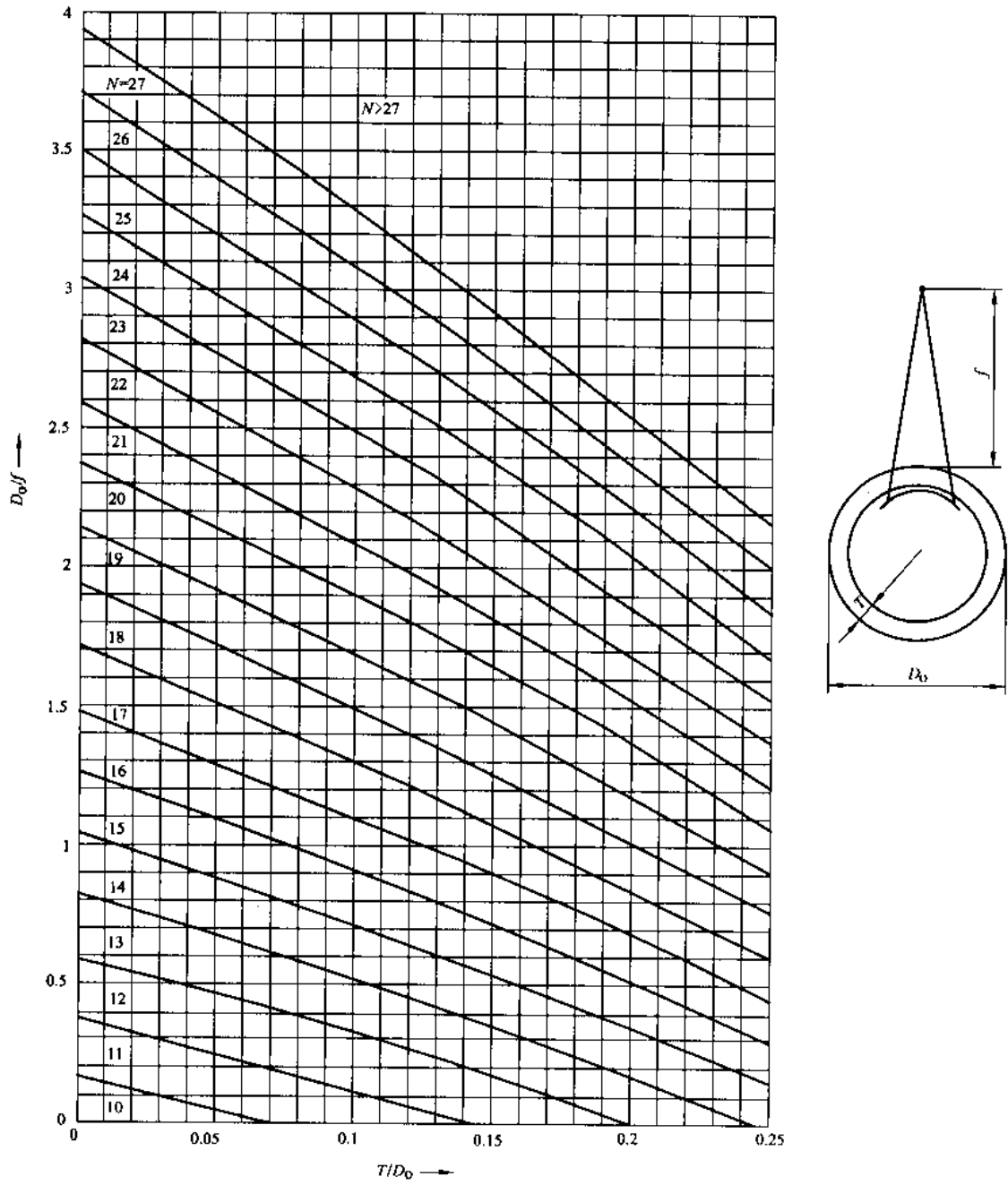


图 D.1 源在外单壁透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.06$ 的透照次数图

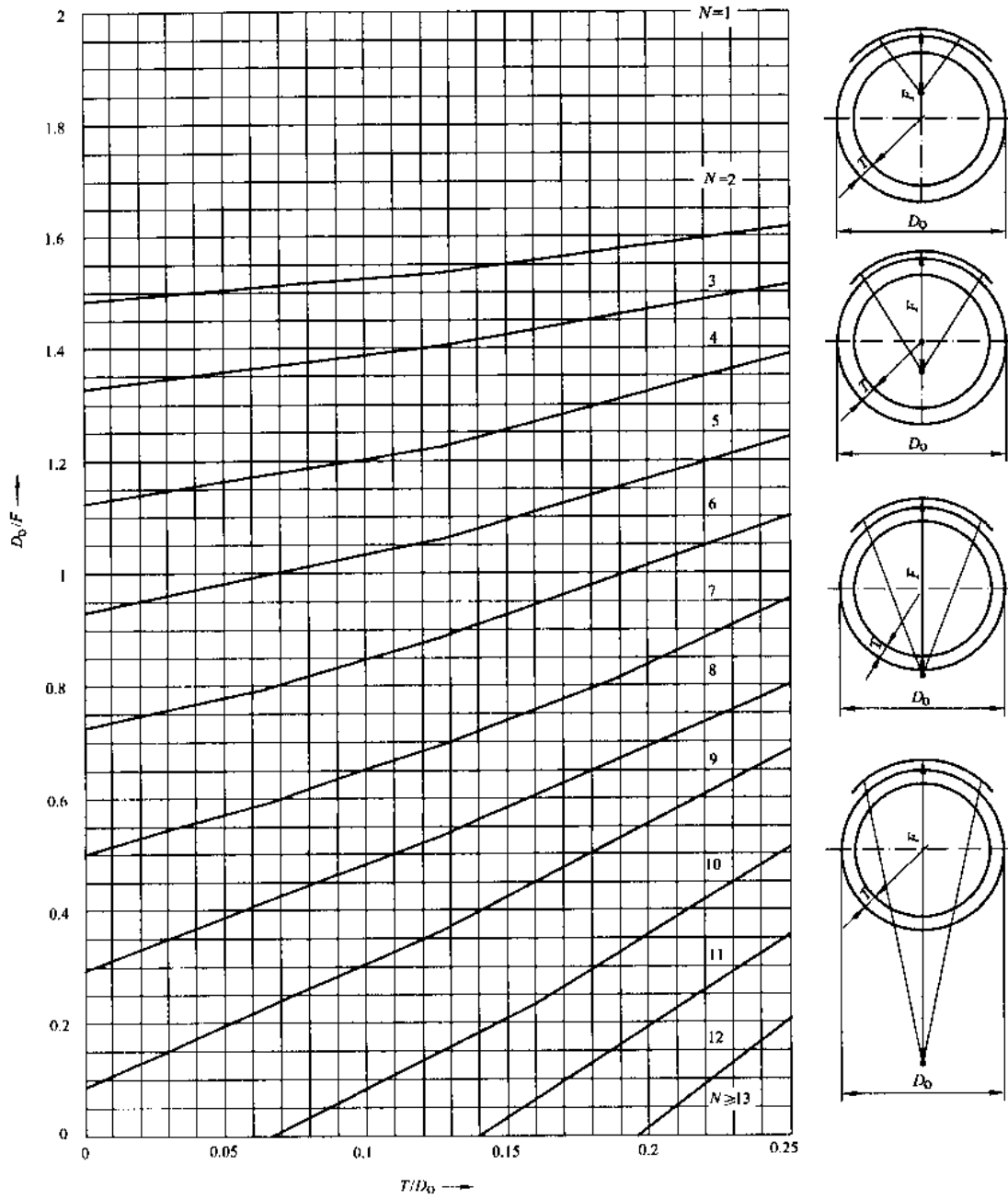


图 D.2 其他方式透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.06$ 的透照次数图

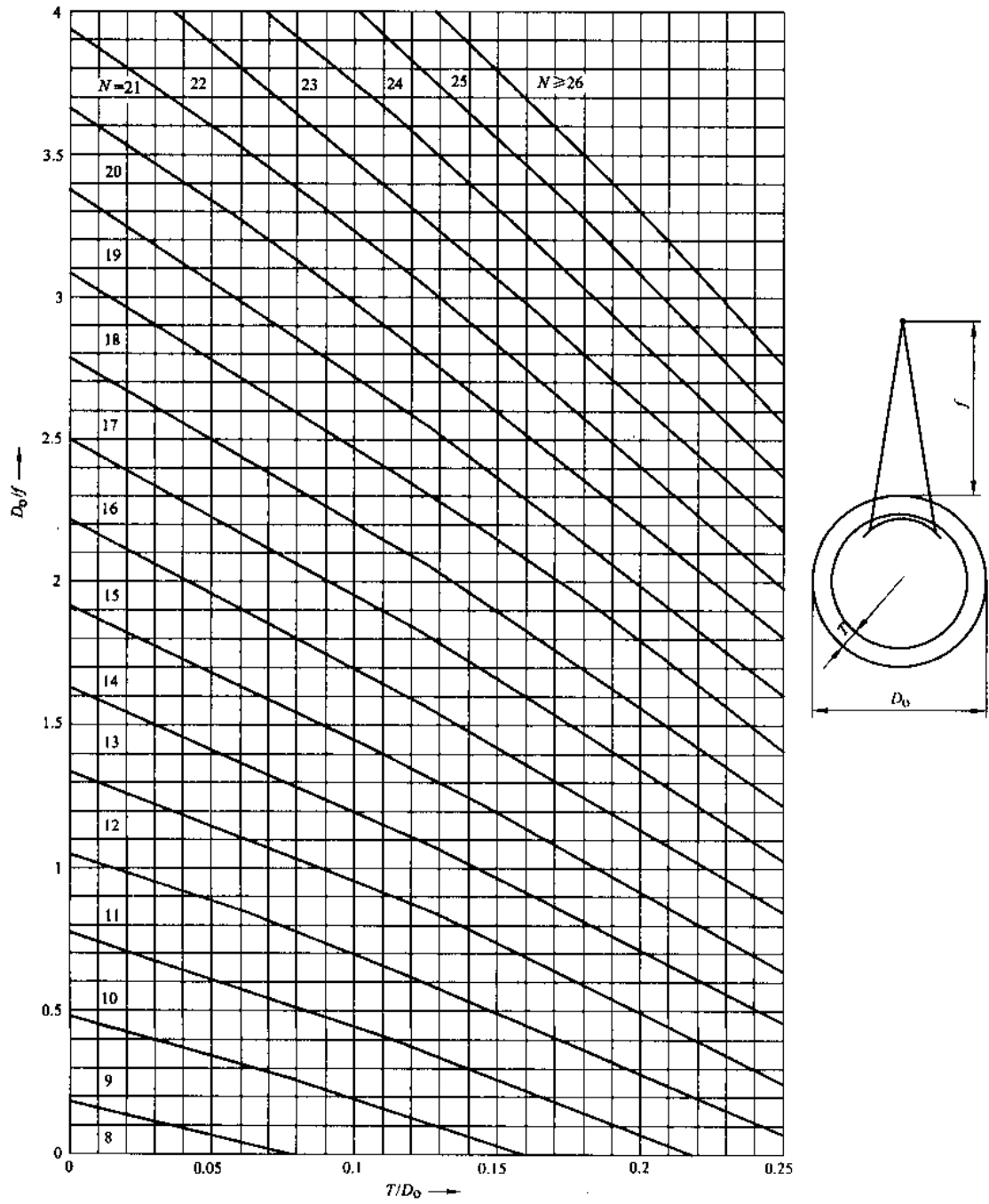


图 D.3 源在外单壁透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.1$ 的透照次数图

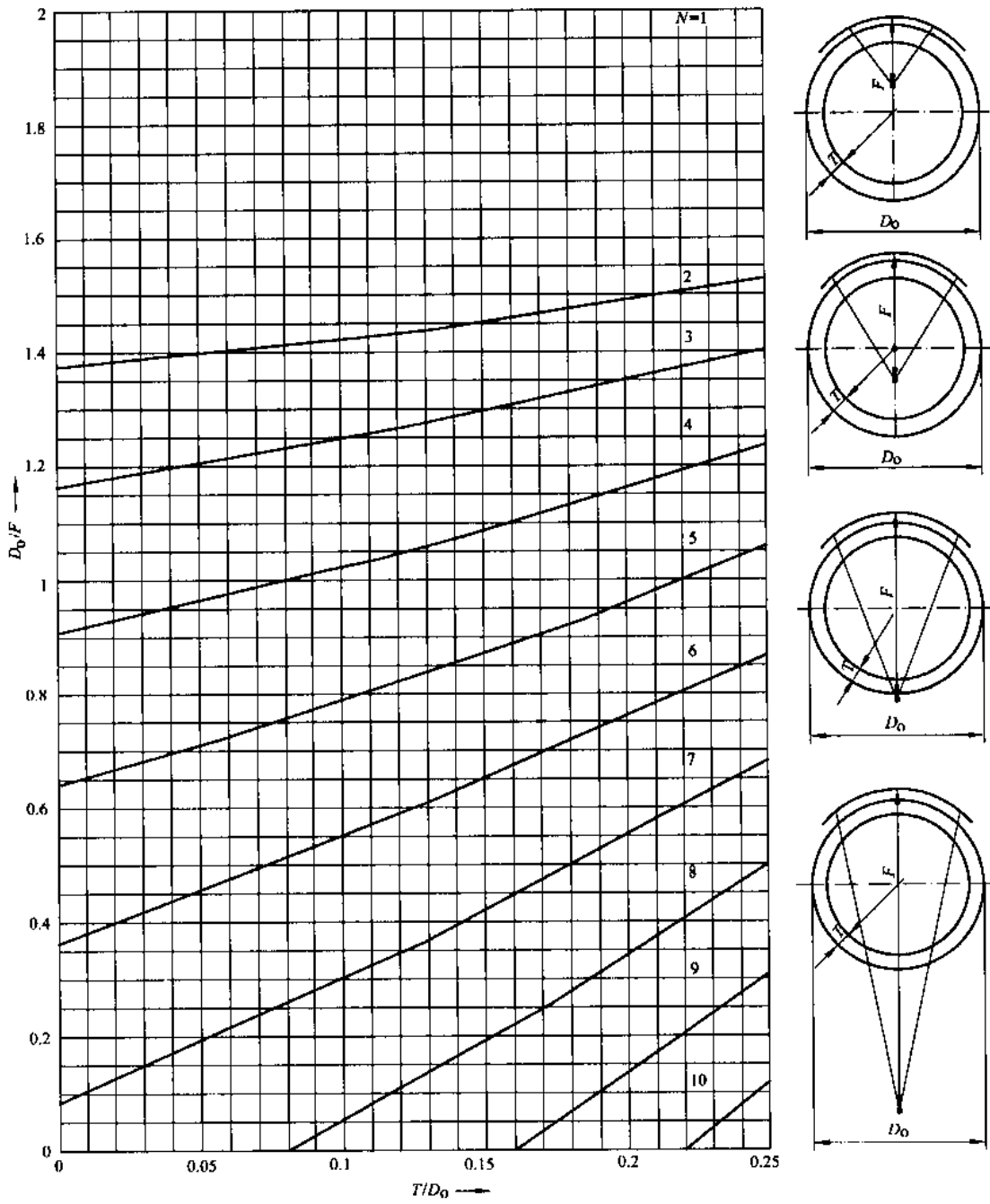


图 D.4 其他方式透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.1$ 的透照次数图

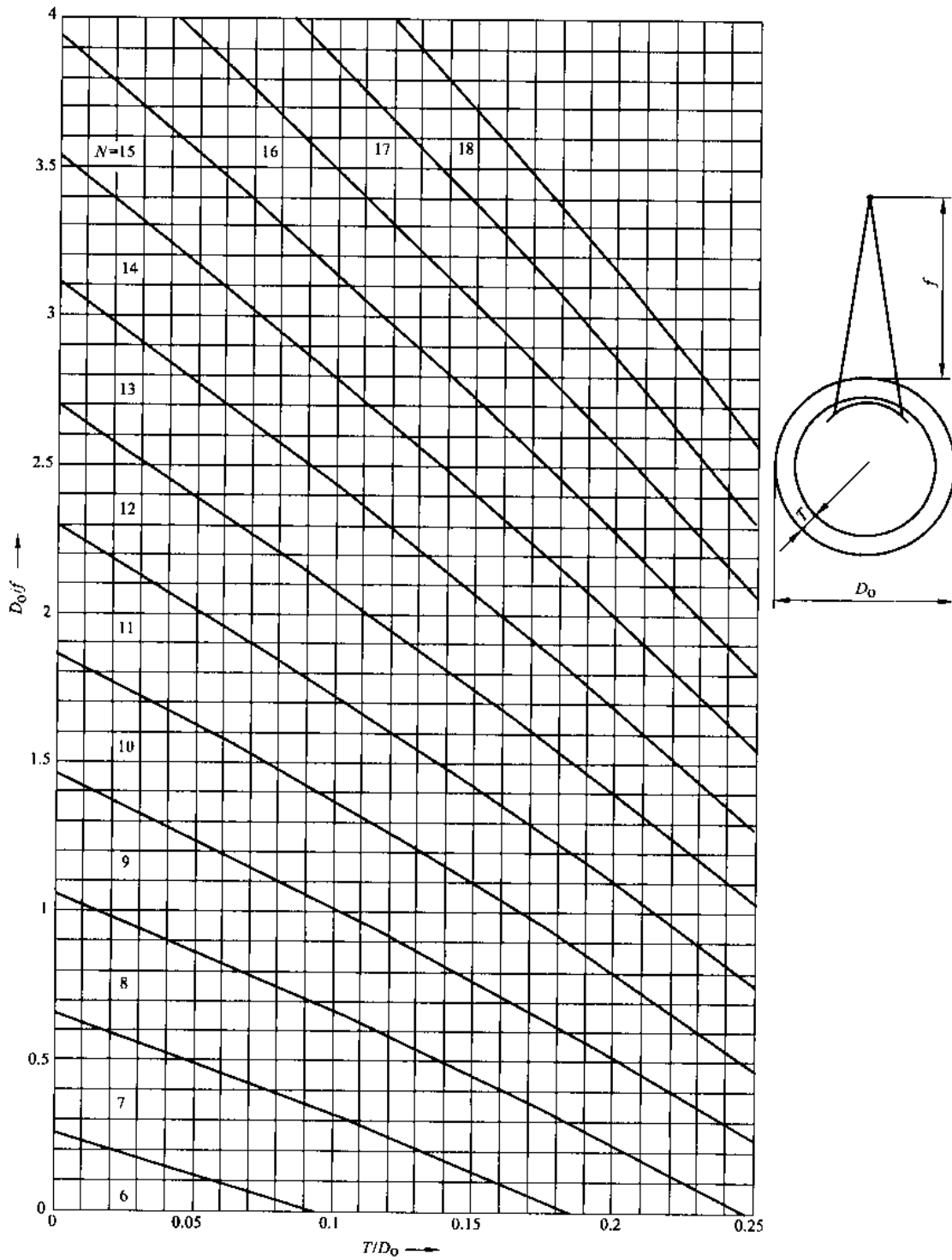


图 D.5 源在外单壁透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.2$ 的透照次数图

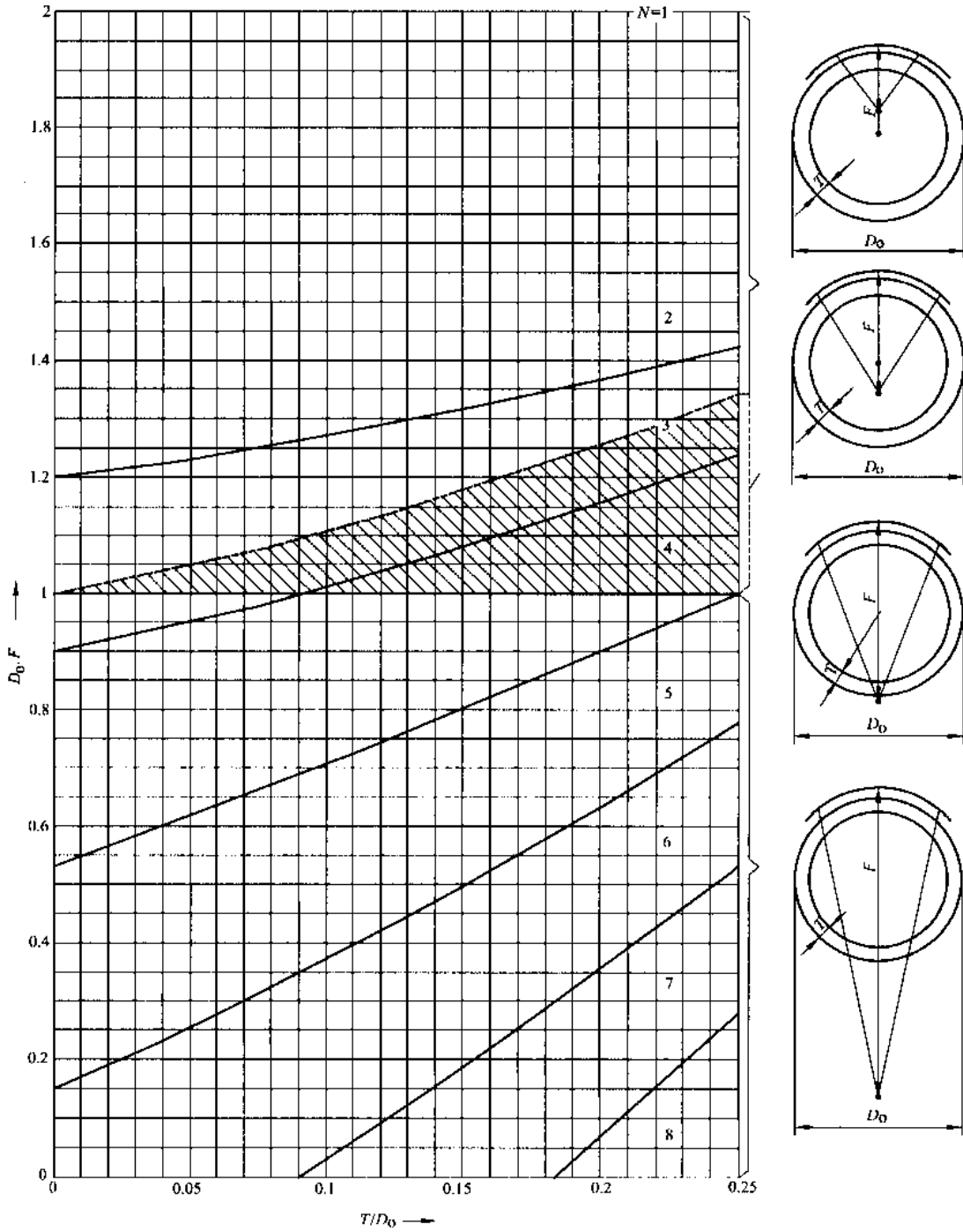


图 D.6 其他方式透照环向对接焊接接头，透照厚度比 $K=1.2$ 的透照次数图

附 录 E
(规范性附录)
焦点尺寸计算方法

E.1 焦点尺寸计算

射线源焦点形状按图 E.1 所示划分为正方形、长方形、圆形、椭圆形四类，其有效焦点尺寸 d 分别按式 (E.1)、式 (E.2) 和式 (E.3) 计算。

正方形焦点：

$$d = a \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

长方形、椭圆形焦点：

$$d = (a + b) / 2 \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

圆形焦点：

$$d = d \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

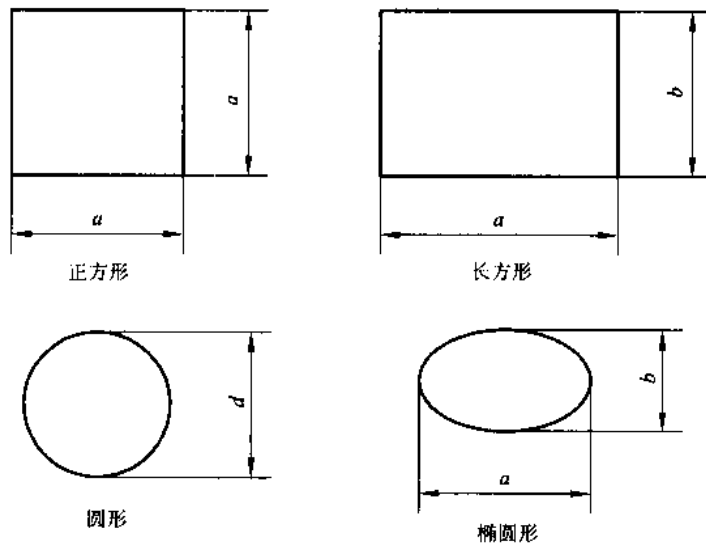


图 E.1 焦点形状分类

附 录 F
 (规范性附录)
 专用像质计的型式和规格

F.1 专用像质计的样式

专用像质计的样式如图 F.1 所示，丝的数目一般为 5 根，有特殊要求时也可为 3 根。

F.2 专用像质计的型式、规格和材料

专用像质计的型式、规格和材料等应符合本部分 3.6 的规定。

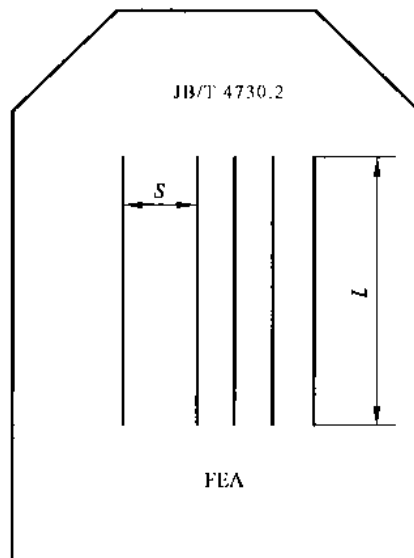


图 F.1 专用像质计的基本样式

附录 G
(规范性附录)
搭接标记的摆放位置

G.1 搭接标记的摆放位置

搭接标记的摆放位置应符合图 G.1 ~ 图 G.5 所示的规定。

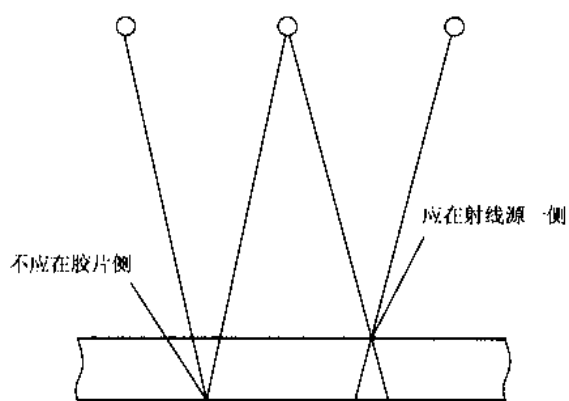


图 G.1 平面工件或纵焊接接头

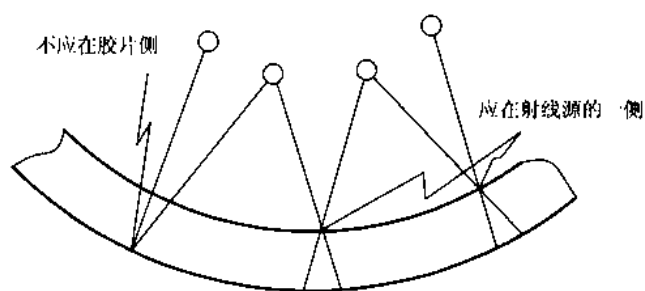


图 G.2 射线源到胶片距离 F 小于曲面工件的曲率半径

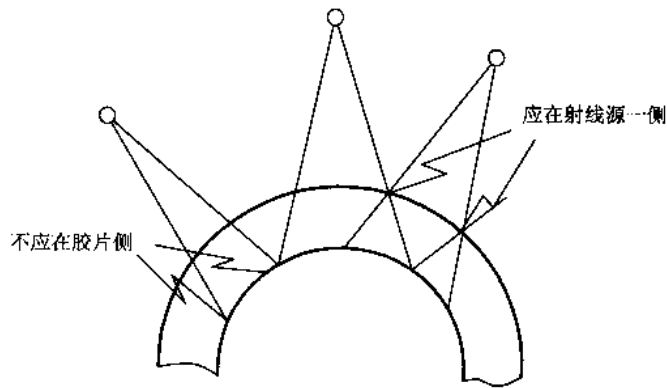


图 G.3 凸面朝向射线源的曲面部件

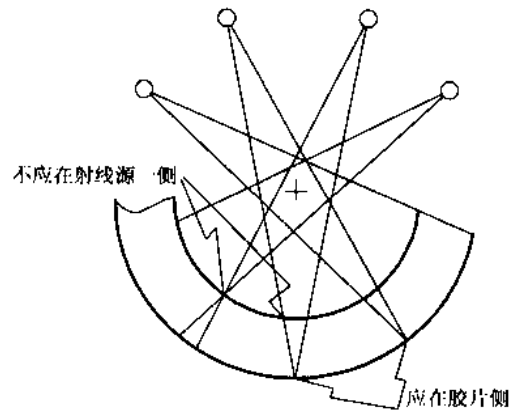


图 G.4 射线源到胶片距离 F 大于曲面工件的曲率半径

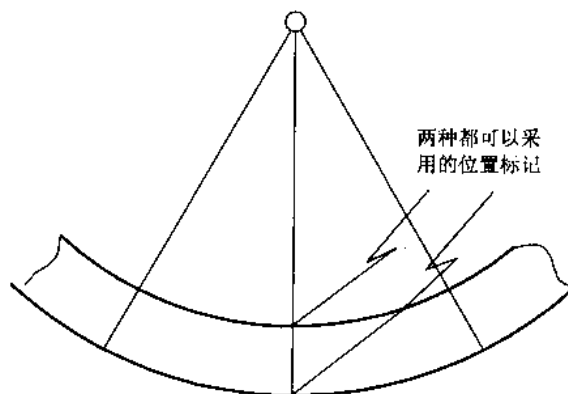


图 G.5 射线源在曲面工件的曲率中心

附录 H
(规范性附录)
对比试块的型式和规格

H.1 对比试块

对比试块分为小径管专用对比试块 (I 型) 和一般对比试块 (II 型) 两类。制作对比试块的材料应与被检工件的材料的射线吸收系数相同或相近。

H.2 小径管专用对比试块的型式、规格和尺寸

I 型专用对比试块分 I_A 和 I_B 两种型式, 其规格和尺寸应符合图 H.1 和表 H.1 的规定。

H.3 一般对比试块的型式、规格和尺寸

II 型对比试块的型式、规格和尺寸应符合图 H.2 和表 H.2 的规定。

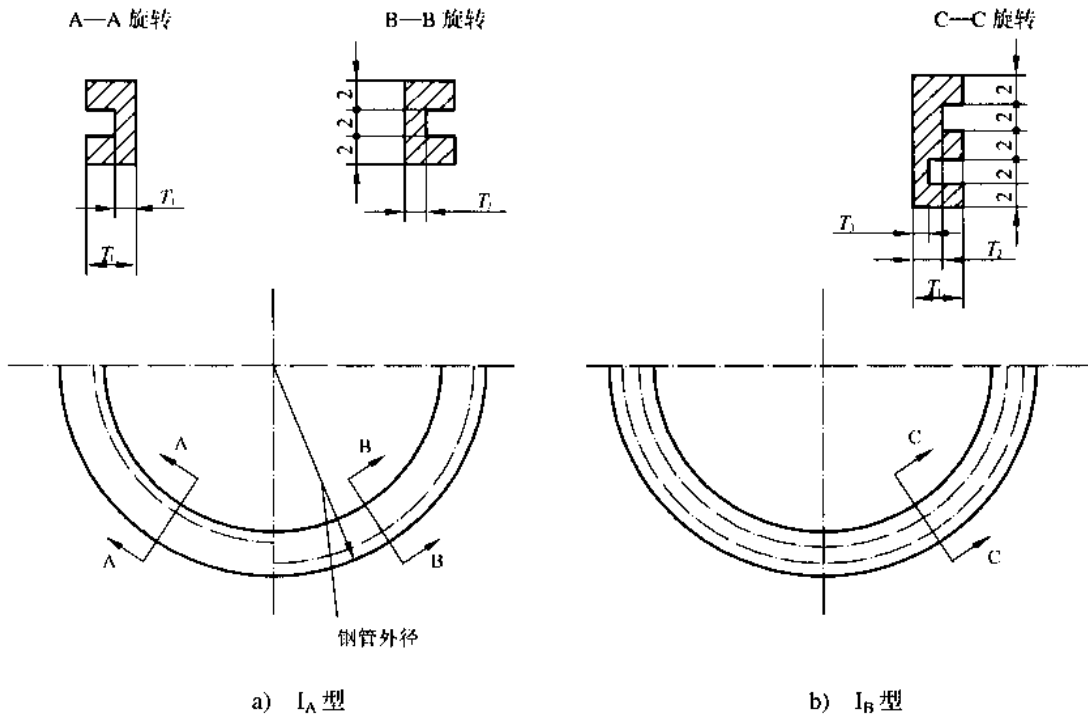


图 H.1 小径管专用对比试块 I 型

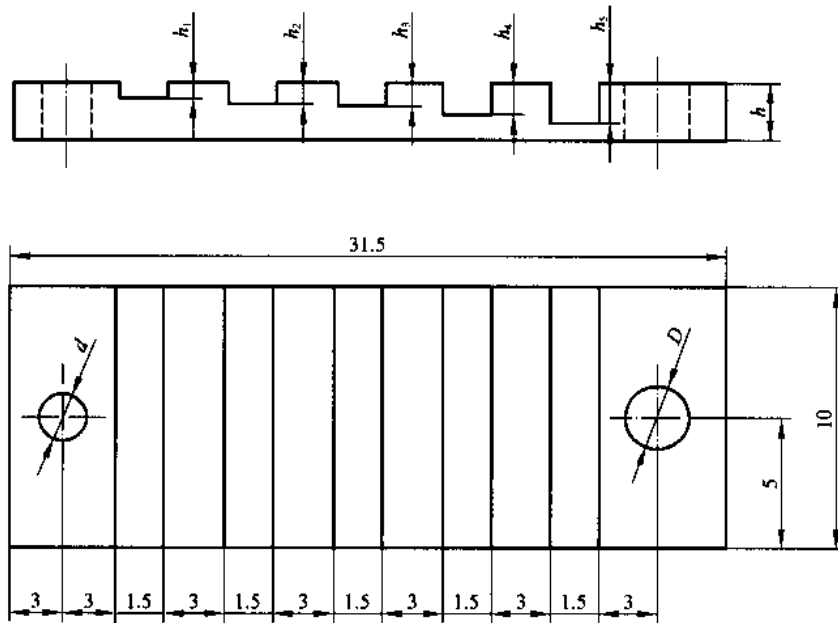


图 H.2 一般对比试块 (II型)

表 H.1 小径管专用对比试块 (I型) 的尺寸

mm

管壁厚 T	第一阶厚度 T_1	偏差	第二阶厚度 T_2	偏差	第三阶厚度 T_3	偏差
3.5	1	0 -0.06	0.65	+0.025 0	0.5	+0.025 0
4	1		0.6		0.4	
5	1		0.5		0.25	
6	1		0.4		0.1	

表 H.2 一般对比试块 (II型) 的尺寸

mm

尺寸		h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	$h_1 \sim h_5$ 的偏差	h	h 的 偏差	d	d 的 偏差	D	D 的 偏差
对比 块编 号	I	0.3	0.6	1.2	1.5	1.8	0 -0.06	2.5	0 -0.10	1.0	+0.06 0	-	-
	II	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	0 -0.10	3.5	0 -0.12	1.0	+0.06 0	2.0	+0.06 0