

## 前 言

根据国家经济贸易委员会电力司电力〔2000〕70号文的要求，国家电力公司电力建设研究所组织电力行业内有关专家组成规范修订小组，对DL/T 5069—1996《电力建设施工及验收技术规范（钢制承压管道射线检验篇）》进行了修订。其编写格式和规则遵从DL/T 600—2001《电力行业标准编写基本规定》的规定。

本标准修订参照了国际标准《无损检测-金属 X 射线和  $\gamma$  射线照相检验基本规则》（ISO 5579—1998）。

修订后的标准保留了原规范中经长期实践、行之有效的有关探伤工艺方面的条款。

修订后的标准增加了新的  $\gamma$  射线源种  $Se^{75}$ （硒 75）。

本标准实施后代替DL/T 5069—1996。

本标准的附录 B、附录 C 为规范性附录。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准的主要起草单位：国家电力公司电力建设研究所、浙江省火电建设公司、天津电力建设公司、黑龙江省火电第三工程公司。

本标准的主要起草人：包乐庆、严正、吴树森、杨建平、李长辉、郭军。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会负责解释。

本标准首次发布时间：1985 年，1996 年第一次修订，本次为第二次修订。

# 钢制承压管道对接焊接接头 射线检验技术规程

## 1 范围

本标准规定了承压钢管对接熔化焊接头（以下简称对接接头）的射线透照工艺及质量分级。

本标准适用于电力行业制作、安装和检修发电设备时，透照厚度为2mm~175mm部件的射线检验，包括承压管子、管道和集箱单面施焊、双面成型的对接接头。焊制焊管（纵缝焊管、螺旋焊管）和管件（三通、弯头）的射线检验也可参照使用。

本标准不适用于摩擦焊、闪光焊等机械方法焊接的对接接头。

## 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 4792	放射卫生防护基本标准
DL/T 675	电力工业无损检测人员资格考核规则
DL 5007	电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）
JB/T 7902	线型象质计

## 3 射线检测人员

### 3.1 射线检测人员的基本条件

3.1.1 射线检测人员除具有良好的身体素质外，视力必须满足下列要求：

- 校正视力不得低于1.0，应每年检查一次；
- 从事射线评片人员应能辨别距离400mm远的一组高为0.5mm、间距为0.5mm的印刷字母。

3.1.2 射线检测人员必须经过技术培训，并通过按DL/T 675规定进行的考核，取得相应的资格证书。

3.1.3 射线检测人员必须符合GB 4792的要求，射线检测人员必须经过由国家卫生防护部门组织的技术培训，并取得国家卫生行政部门颁发的放射工作人员证。

### 3.2 射线检测人员的技术等级

3.2.1 射线检测人员按技术等级分为Ⅲ（高）、Ⅱ（中）、Ⅰ（初）级。

3.2.2 取得各技术等级的人员，在有效期内只能从事与该等级相符的射线检测工作，并承担相应的技术责任。

### 3.3 射线检测人员的职责

3.3.1 Ⅰ级射线检测人员应按射线检测作业指导书独立进行操作，能记录检测数据，整理检测数据和检测资料，严格执行安全文明生产的规定。

3.3.2 Ⅱ级射线检测人员应熟悉射线检测方法的适用范围，根据标准、规范和技术条件编制射线检验工艺卡（见附录A）进行射线检测工作，评定检测结果，签发检测报告，培训、指导Ⅰ级射线检测人员。

3.3.3 Ⅲ级射线检测人员应根据规程、标准编制检验方案，审批射线检测作业指导书，对确定的技术条件和工艺文件负责；审核检测报告，解释检测结果，仲裁Ⅱ级射线检测人员对检测结果的技术争议，

培训、指导 I、II 级射线检测人员。

3.3.4 射线底片的评定应由 II、III 级射线检测人员担任。

#### 3.4 射线检测责任工程师及其职责

3.4.1 射线检测责任工程师，负责保证本标准的正确实施，受理检验委托。当工作环境不符合本标准和相关规程规定的工艺要求和安全防护规定时，射线检测责任工程师应拒绝受理委托的检验。

3.4.2 射线检测责任工程师，应由具有电力工业射线检测 III 级或 II 级资格者担任。

### 4 透照工艺

#### 4.1 表面状态

对接接头的表面质量（包括余高部分），应经外观检查符合 DL 5007 的要求。表面的不规则状态在底片上的影像不应影响对接接头中的缺陷评定，否则应作适当的修整。

#### 4.2 透照方法

##### 4.2.1 外透法

##### 4.2.1.1 单壁透照法

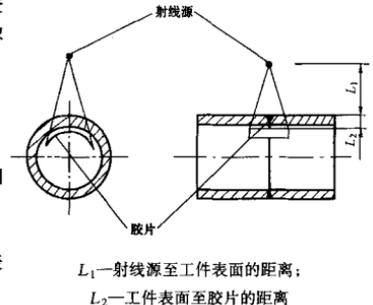
射线源置于钢管外，胶片放置在射线源侧钢管内壁相应对接接头的区域上，并与其贴紧（见图 1）。

##### 4.2.1.2 双壁单投影法

射线源置于钢管外，胶片放置在射线源对侧钢管外表面相应对接接头的区域上，并与其贴紧（见图 2）。

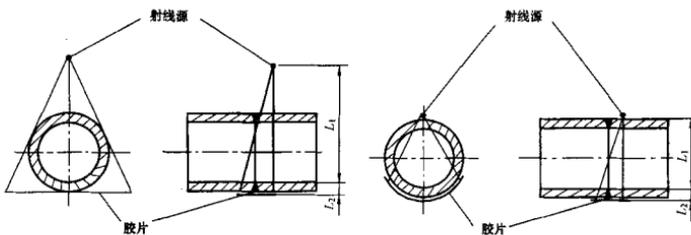
##### 4.2.1.3 双壁双投影法

- 倾斜透照。射线源置于钢管外，胶片放置在射线源对侧钢管外表面相应对接接头的区域上，且使射线的透照方向与环缝纵向平面成适当的夹角，使上下两焊缝在底片上的影像呈椭圆形显示，其椭圆短轴内侧间距一般以 3mm~10mm 为宜 [见图 3 (a)]。
- 垂直透照。射线源置于钢管外，胶片应贴紧放置在射线源对侧钢管外表面相应对接接头的区域上，射线的透照方向与环缝纵向平面重合，使上、下两焊缝在底片上的影像重合 [见图 3 (b)]。



$L_1$ —射线源至工件表面的距离；  
 $L_2$ —工件表面至胶片的距离

图 1 单壁透照法



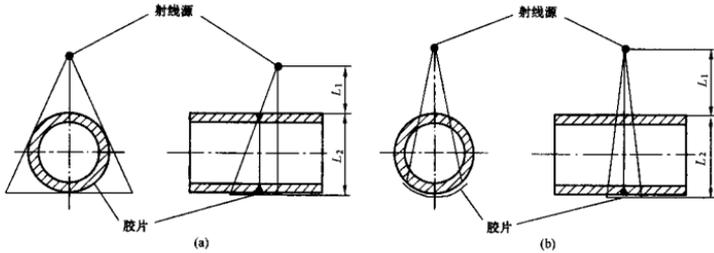
$L_1$ —射线源至工件表面的距离； $L_2$ —工件表面至胶片的距离

图 2 双壁单投影法

#### 4.2.2 内透法

##### 4.2.2.1 中心全周透照法

使用  $\gamma$  射线源时，射线源应置于钢管环缝纵向切面中心位置；采用周向 X 射线机时，应使 X 射线



$L_1$ —射线源至工件表面的距离； $L_2$ —工件表面至胶片的距离

图3 双壁双投影法

(a) 胶片平放；(b) 胶片包绕

管的中心与钢管中心重合，胶片放置在钢管外表面对接接头上，并与其贴紧（见图4）。

#### 4.2.2.2 偏心透照法

射线源置于钢管内环缝纵向切面中心以外的位置，胶片放置钢管外表面相应对接接头的区域上，并与其贴紧（见图5）。

#### 4.3 定位标记和识别标记

##### 4.3.1 定位标记

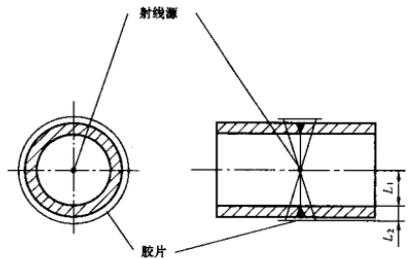
对接接头透照部位一般应有中心标记（ $\oplus$ ），分段透照或抽查时还应有搭接标记（ $\uparrow$ ）。当抽查时，搭接标记称为有效区段透照标记。采用中心全周透照法时，可用铅质标尺代替搭接定位标记。

##### 4.3.2 识别标记

4.3.2.1 被检的每段焊缝附近均应有下列铅质识别标记：工件编号、对接接头编号、部位编号、焊工代号和透照日期。

4.3.2.2 外径小于或等于89mm的管子被检焊缝附近，至少应有工件编号、对接接头编号和焊工代号，加倍抽检的对接接头应有“JB”标记。返修后的对接接头透照部位还应有返修标记R1、R2、…（其数码1，2，…指返修次数）。

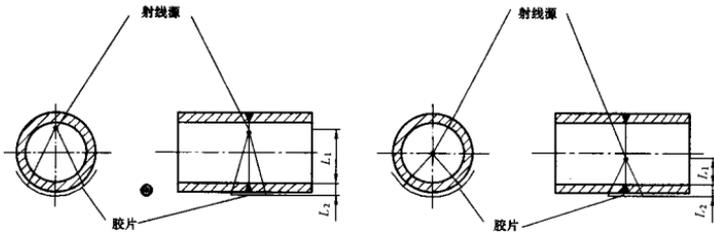
4.3.2.3 定位标记和识别标记应距焊缝边缘大于或等于5mm，并在底片上显示。



$L_1$ —射线源至工件表面的距离；

$L_2$ —工件表面至胶片的距离

图4 中心全周透照法



$L_1$ —射线源至工件表面的距离； $L_2$ —工件表面至胶片的距离

图5 偏心透照法

4.3.2.4 透照检验过的工件应作出永久性标识或采用详细的透照部位草图，以作为底片位置对照的依据。

#### 4.4 象质计

4.4.1 外径大于 89mm 的管道，其对接头透照应采用 JB/T 7902 中规定的 R'10 系列象质计。

4.4.2 外径大于 76mm 且小于或等于 89mm 的管子，其对接头透照应采用附录 B 规定的 I 型专用象质计。

4.4.3 外径小于或等于 76mm 的管子，其对接头透照应采用附录 B 规定的 II 型或 I 型专用象质计。

4.4.4 除双壁双投影透照方式外，透照厚度  $T_A$  应根据透照方法，按表 1 确定。

表 1 透照厚度

透照方法		透照厚度 $T_A$
外透法	单壁透照法	$T + h$
	双壁单投影法	$2T + h$
内透法	中心全周透照法	$T + h$
	偏心透照法	$T + h$
注：T 为钢管实际壁厚。 h 为焊缝的余高。		

4.4.5 用双壁双投影法透照椭圆一次成像时，其透照厚度应按附录 C 的规定计算，垂直透照时应加一个余高。

4.4.6 象质指数应根据透照厚度确定，并符合表 2 的规定。

表 2 透照厚度与象质指数的关系

透照厚度 $T_A$ mm		$\leq 6$	$>6$ ~8	$>8$ ~12	$>12$ ~16	$>16$ ~20	$>20$ ~25	$>25$ ~32	$>32$ ~50	$>50$ ~80	$>80$ ~120	$>120$ ~150	$>150$ ~175
象质指数	线编号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
	线径 mm	0.125	0.16	0.20	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60

4.4.7 R'10 系列线型象质计应放在射线源侧的工件表面上被检焊缝区的一端（被检区长度的 1/4 部位）。金属丝应横跨焊缝并与焊缝垂直，细丝置于外侧。当射线源侧无法放置象质计时，也可放在胶片侧的工件表面上，但象质计指数应提高一级，或通过对比试验使实际象质指数达到规定的要求。象质计放在胶片侧工件表面时，应附加“F”标记以示区别。

4.4.8 采用射线源置于圆心位置的周向曝光透照工艺时，象质计应每隔 90° 放置一个。

4.4.9 I 型专用象质计应放在射线源侧管子正中的表面上，金属丝应横跨焊缝并与焊缝垂直。

4.4.10 II 型专用象质计的金属丝应置于焊缝中心，围绕全周。

4.4.11 当透照呈排状的管子并使数个管子焊缝透照在同一张底片上时，象质计应放在最外侧的管子上。

#### 4.5 深度对比块

小径管对接接头的未焊透和内凹深度，应采用附录 C 的 I 型深度对比块。当管子外径大于 89mm 时，采用 II 型深度对比块。对比块应平行于焊缝放置，且距焊缝边缘大于或等于 5mm。

#### 4.6 胶片

##### 4.6.1 胶片的分类和选择

工业 X 射线胶片按银盐颗粒度由细到粗的顺序，分为 J1、J2、J3 三种，见表 3。通常，如需缩短曝

光时间，则选用表中号数较大的胶片；如需提高射线透照的底片质量，则选用号数较小的胶片。

表 3 工业射线胶片的类型

胶片类型	感光度	反差	粒度
J1	低	高	细
J2	中	中	中
J3	高	低	粗

4.6.2 胶片在使用前，应对每箱（或盒）胶片进行灰雾度的抽查，本底灰雾度应小于或等于 0.3。

#### 4.7 增感屏

4.7.1 射线透照应采用金属增感屏或不用增感屏。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一定压力来达到这一要求。

4.7.2 金属增感屏的材料及前、后屏的厚度应根据不同的射线能量参照表 4 的规定选择。

表 4 增感屏的选择

射线源种类	增感屏材料	前屏厚度 mm	后屏厚度 mm
X 射线：<120kV 120kV~250kV >250kV	铅	— 0.025~0.125 0.05~0.16	≥0.10
γ 射线：Tm <sup>170</sup>		0.02~0.15	0.02~0.15
γ 射线：Se <sup>75</sup>		0.10~0.20	0.10~0.20
γ 射线：Ir <sup>192</sup>		0.02~0.20	0.02~0.20
γ 射线：Co <sup>60</sup>		0.25~2.00	0.50~2.00

4.7.3 增感屏的表面应经常擦拭，保持洁净、平整和干燥，以防止产生造成影响底片图像的影像或假缺陷。

#### 4.8 射线能量的选择

射线能量的选择取决于透照工件的材料种类、透照方式和透照厚度（ $T_A$ ）。通常，随着射线能量的降低，透照图像的对比度将增加。因此，在保证穿透力和检测范围的前提下，应尽量采用较低的射线能量。

##### 4.8.1 X 射线的能量选择

使用管电压为 400kV 以下的 X 射线透照对接接头时，应根据透照厚度（ $T_A$ ）选取管电压值，一般不应超过图 6 的规定。

##### 4.8.2 γ 射线源的选择

不同种类的 γ 射线源的平均能量（MeV）和透照厚度范围见表 5。对于透照厚度差较大的工件，当透照厚度（ $T_A$ ）大于或等于 10mm 时，采用适宜的 γ 射线源透照，可获得较大的检测范围。

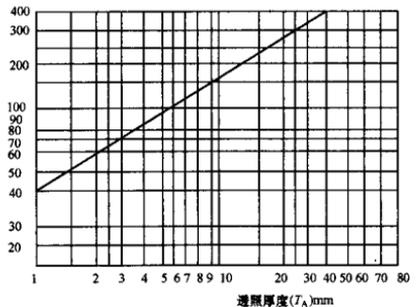


图 6 透照厚度和允许使用最高管电压的关系

表 5  $\gamma$  射线源的透照厚度范围

射线源		透照厚度 ( $T_A$ ) 范围 mm
名称	能量 (平均值) MeV	
$Tm^{170}$	0.08	$T_A \leq 5$
$Se^{75}$	0.20	$10 \leq T_A \leq 40$
$Ir^{192}$	0.35	$20 \leq T_A \leq 95$
$Co^{60}$	1.25	$50 \leq T_A \leq 175$

4.8.3 外径小于或等于 89mm 的管子, 当壁厚大于 6mm 时, 若选用 X 射线透照, 应采用双胶片暗盒, 即在暗盒内装两张感光速度不同的胶片, 以弥补透照厚度差导致检出范围减小的不足。

#### 4.9 散射线的屏蔽

4.9.1 为尽可能减少散射线的影晌, 应采用适当的方法限制和缩小照射面积并采取屏蔽措施。

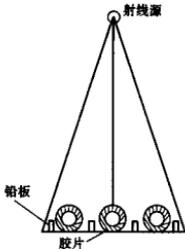


图 7 减少散射线影晌的方法

4.9.2 当透照成排管子时, 因管子间散射线影晌大, 通常可在管子间用铅板来屏蔽散射线, 如图 7 所示。

4.9.3 在  $\gamma$  射线透照中, 操作要迅速、正确。当采用射线源置于工件内部, 暗盒置于工件外表面的透照工艺时, 应在暗盒背面覆一层 2mm~3mm 的铅板, 以避免射线源进出工件时对胶片额外曝光, 增加底片的灰雾度。

4.9.4 为检查散射线的影晌, 可在暗盒背面贴附一个“B”铅字标记, 其高度为 13mm, 厚度为 1.3mm。若在较黑背景上出现“B”的较淡影象, 说明背散射线屏蔽不够, 应采取有效措施并重照。如在较淡背景上出现“B”字的较黑影象, 此影象不能作为该底片判废的依据。

#### 4.10 分段透照的数量

4.10.1 采用双壁单投影法透照时, 射线源至管子外表面的距离, 当小于或等于 15mm 时, 至少分 3 段透照, 即每段对应的中心角应小于或等于  $120^\circ$ ; 当大于 15mm 时, 至少分 4 段透照, 即每段对应的中心角小于或等于  $90^\circ$ 。

4.10.2 对外径大于 76mm 且小于或等于 89mm 的管子, 其焊缝采用双壁双投影法透照时, 至少分两次透照, 透照角度每次偏转小于或等于  $90^\circ$ 。

4.10.3 对外径小于或等于 76mm 的管子, 其焊缝采用双壁双投影法透照时, 允许一次透照并应选择较高管电压, 曝光量宜控制在  $7.5mA \cdot \min$  以内, 管子内壁轮廓应清晰地显示在底片上。

4.10.4 当采用射线探伤方法对厚壁管道对接接头进行焊接过程的中间检验时, 应满足下列要求:

4.10.4.1 焊缝的下部焊接厚度为 20mm 左右。

4.10.4.2 透照方式及胶片的放置见图 8。当采用图 8 (a) 方式时, 暗盒宽度与坡口宽度相适宜, 暗盒与焊缝表面应贴紧。

4.10.4.3 底片上应有必要的标记。当分段透照时, 还应有搭接标记。

4.10.5 对较大直径管道对接接头射线透照检验时, 为提高横向裂纹检出率, 应选用周向 X 射线机或

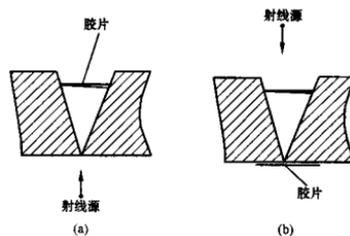


图 8 透照方式及胶片的位置

(a) 射线源在管道内; (b) 射线源在管道外

$\gamma$ 射线源,采用中心全周透照法。若采用其他透照方法,则对被检区两端的最大穿透厚度与射线中心线穿透厚度比  $K$  值应满足:环缝  $K$  值不大于 1.1,纵缝  $K$  值不大于 1.03。

4.10.6 当透照带有内壁螺旋槽的锅炉受热面管子和易产生裂纹的管材对接接头时,宜采用垂直透照,即前、后壁焊缝重叠,以提高裂纹的检出率 [见图 3 (b)]。

4.10.7 当检验管排对接接头时,胶片的长度不应小于 300mm。

#### 4.11 透照的几何条件

射线源至工件表面距离  $L_1$  可由下式确定:

$$L_1 \geq 10dL_2^2/3$$

式中:

$d$ ——焦点尺寸,当焦点为圆形或正方形时, $d$  等于圆直径或正方形边长;当焦点为矩形(边长分别为  $a$  和  $b$ ) 时, $d = (a + b)/2$ 。

$L_2$ ——射线源侧工件表面至胶片的距离。

在特殊情况下, $L_1$  不能满足上式的要求时,可由合同双方确认;当厚壁管采用内透法时,必须采取有效措施对焊缝根部质量进行监控。

#### 4.12 胶片的暗室处理

4.12.1 胶片的暗室处理应按胶片的使用说明书或公认的有效方法处理。

4.12.2 胶片的自动冲洗应严格控制胶片显影、定影、水洗和干燥等工序的温度、传送速度和药液量。

4.12.3 胶片手工冲洗宜采用槽浸方式,在规定的温度(20℃左右)和时间内进行显影、定影等操作。不允许显影时用红灯观察,以调整显影时间的方法控制底片黑度。定影后的底片应充分水洗和除污,以保证底片的质量。

4.12.4 可采用定期添加补充液的方法来保持显影性能的稳定。但添加补充液的总量不允许超过原显影液体积的 3 倍。

### 5 底片质量和观察

5.1 底片的质量是透照工艺的综合反映,是评定焊接质量的依据,凡不符合下述条款的底片,均视为废片,不得作为质量评定的依据。

#### 5.1.1 象质指数

底片上必须显示出与象质指数对应的最小钢丝线径。I 型应显示三根及三根以上。

#### 5.1.2 标志

底片应清晰地显示出象质计、深度对比块、定位标记和识别标记,位置正确且不掩盖被检焊缝影像,此外应能清晰地看到长度不小于 10mm 的象质计钢丝影像。

#### 5.1.3 不应有的假缺陷

底片有效评定区域内不应有因胶片处理不当引起的假缺陷或其他妨碍评定的假缺陷。

#### 5.1.4 底片黑度

底片有效评定范围内的黑度, X 射线应在 1.5~3.5 (包括固有灰雾度) 范围内;  $\gamma$  射线应在 1.8~3.5 (包括固有灰雾度) 范围内。

#### 5.2 评片

5.2.1 评片应在专用评片室内进行。评片室内的光线应暗淡,室内照明用光不得在底片表面产生反射。

5.2.2 观片灯最大亮度应不小于 100000cd/m<sup>2</sup>,且观察的漫射光亮度应可调。对不需要观察或透光量过强的部分,应采用适当的遮光板遮蔽强光。经照射后的底片亮度应不小于 30cd/m<sup>2</sup>。

5.2.3 评片时允许使用放大倍数小于或等于 5 的放大镜辅助观察底片的局部细微部分。

## 6 对接焊接接头质量分级

根据焊接缺陷类型尺寸和数量，将焊接接头质量分为四个等级。

## 6.1 裂缝未熔合缺陷的评级

I、II、III级焊缝内应无裂纹、未熔合，凡焊缝内有裂纹、未熔合即为IV级。

## 6.2 圆形缺陷的评级

## 6.2.1 评定方法

6.2.1.1 长宽比小于或等于3的缺陷（包括气孔、夹渣、夹钨）定义为圆形缺陷。它们可以是圆形、椭圆形或带有尾巴（在测定尺寸时应包括尾巴）等不规则的形状。

6.2.1.2 圆形缺陷用评定框尺进行评定，框尺长边应与焊缝方向平行且应置于缺陷最严重或集中处，评定框尺寸的选定应依母材厚度确定，并符合表6规定。

表6 缺陷评定区 mm

母材厚度	≤25	>25~100	>100
评定框尺寸	10×10	10×20	10×30

6.2.1.3 评定时需把圆形缺陷尺寸换算成点数，并应符合表7的规定。

表7 缺陷点数换算表 mm

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

6.2.1.4 评定时不计点数的缺陷尺寸应根据母材厚度  $T$  确定，并符合表8的规定。

表8 不计点数的缺陷尺寸 mm

母材厚度	缺陷长径
≤25	≤0.5
>25~50	≤0.7
>50	≤1.4% $T$

6.2.1.5 当缺陷在评定区边界线上时，应把它划为该评定区内计算点数。

6.2.1.6 当评定框尺附近缺陷较少，且确定只用该评定框尺大小划分级别不适当时，经合同双方协商，可将评定框尺面积沿焊缝方向扩大到3倍，求出缺陷总点数，用此值的1/3进行评定。

## 6.2.2 分级评定

圆形缺陷的焊缝质量分级应根据母材厚度和评定框尺尺寸确定，各级允许点数的上限值符合表9的规定。

表9 圆形缺陷的分级

评定框尺尺寸 mm	10×10			10×20		10×30
	母材厚度 mm					
点数	≤10	>10~15	>15~25	>25~50	>50~100	>100
质量级别						
I	1	2	3	4	5	6
II	3	6	9	12	15	18
III	6	12	18	24	30	36
IV	缺陷点数大于III级者，单个缺陷长径大于 $1/2T$ 者					

6.2.2.1 I级焊缝和母材厚度小于或等于5mm的II级焊缝内，在评定框尺内不计点数的圆形缺陷数不得多于10个，超过10个时，焊缝质量的评级应分别降低1级。

### 6.3 条状缺陷的评级

6.3.1 长宽比大于3的缺陷定义为条状缺陷。包括气孔、夹渣和夹钎。

6.3.2 条状缺陷的焊缝质量分级应符合表10的规定。

表10 条状缺陷的分级

mm

质量级别	母材厚度	条状缺陷总长	
		连续长度	断续总长
I		0	0
II	$T \leq 12$	4	在任意直线上，相邻两缺陷间距均不超过6L的任何一组缺陷，其累计长度在12T焊缝长度内不超过T
	$12 < T < 60$	$\frac{1}{3}T$	
	$T \geq 60$	20	
III	$T \leq 9$	6	在任意直线上，相邻两缺陷间距均不超过3L的任何一组缺陷，其累计长度在6T焊缝长度内不超过T
	$9 < T < 45$	$\frac{2}{3}T$	
	$T \geq 45$	30	
IV	大于III级者		

注：

- (1) 表中L为该组条状缺陷最长者的长度，T为母材厚度。
- (2) 当被检焊缝长度小于12T（II级）或6T（III级）时，可按被检焊缝长度与12T（II级）或6T（III级）的比例折算出被检焊缝长度内条状缺陷的允许值。当折算的条状缺陷总长度小于单个条状缺陷长度时，以单个条状缺陷长度为允许值。
- (3) 当两个或两个以上条状缺陷在一直线上且相邻间距小于或等于较小条状缺陷尺寸时，应作为单个连续条状缺陷处理，其间距也应计入条状缺陷长度，否则应分别评定。

### 6.4 未焊透的评级

6.4.1 外径大于89mm的管子，未焊透的焊缝质量分级应符合表11的规定。

表11 未焊透的分级

质量级别	未焊透深度		未焊透总长 mm	
	占壁厚百分比 %	极限深度 mm	连续未焊透长度	断续未焊透长度
I	0	0	0	0
II	$\leq 10$	$\leq 1.5$	$T \leq 12$ 时，不大于4； $12 < T < 36$ 时，不大于 $1/3T$ ； $T \geq 36$ 时，不大于12	在任意直线上，相邻两缺陷间距均不超过6L的任何一组缺陷，其累计长度在12T焊缝长度内不超过T

表 11 (续)

质量级别	未焊透深度		未焊透总长 mm	
	占壁厚百分比 %	极限深度 mm	连续未焊透长度	断续未焊透长度
Ⅲ	≤15	≤2.0	$T \leq 9$ 时, 不大于 6; $9 < T < 30$ 时, 不大于 $2/3T$ ; $T \geq 30$ 时, 不大于 20	在任意直线上, 相邻两缺陷间距均不超过 $3L$ 的任何一组缺陷, 其累计长度在 $6T$ 焊缝长度内不超过 $T$
Ⅳ	大于Ⅲ级者			
注: (1) 表中 $L$ 为断续未焊透中最长者的长度, $T$ 为管壁厚度。 (2) 同一焊缝质量级别中, 未焊透深度中占壁厚的百分比和极限深度此两个条件须同时满足。 (3) 当两个或两个以上未焊透在一直线上且相邻间距小于或等于较小未焊透长度尺寸时, 应作为单个连续未焊透处理, 其间距也应计入未焊透长度, 否则应分别评定。 (4) 当被检焊缝长度小于 $12T$ (Ⅱ级) 或 $6T$ (Ⅲ级) 时, 可按被检焊缝长度与 $12T$ (Ⅱ级) 或 $6T$ (Ⅲ级) 的比例折算出被检焊缝长度内未焊透缺陷允许值。当折算的未焊透缺陷总长度小于单个 (连续) 未焊透缺陷长度时, 以单个 (连续) 未焊透缺陷长度为允许值。 (5) 按 DL 5007 规定, 采用氩弧焊打底的对接接头不允许有根部未焊透缺陷。				

6.4.2 外径小于或等于 89mm 的管子, 未焊透的焊缝质量分级应符合表 12 的规定。

表 12 未焊透的分级

质量级别	未焊透深度		连续或一直线上断续未焊透 总长占焊缝周长的百分比 %
	占壁厚百分比 %	极限深度 mm	
Ⅰ	0	0	0
Ⅱ	≤10	≤1.5	≤10
Ⅲ	≤15	≤2.0	≤15
Ⅳ	大于Ⅲ级者		
注: (1) 表中 $L$ 为断续未焊透中最长者的长度, $T$ 为管壁厚度。 (2) 同一焊缝质量级别中, 未焊透深度中占壁厚的百分比和极限此两个条件须同时满足。 (3) 当两个或两个以上未焊透在一直线上且相邻间距小于或等于较小未焊透长度尺寸时, 应作为单个连续未焊透处理, 其间距也应计入未焊透长度, 否则应分别评定。 (4) 按 DL 5007 规定, 采用氩弧焊打底的对接接头不允许有根部未焊透缺陷。			

## 6.5 根部内凹的评级

6.5.1 外径大于 89mm 的管子，其焊缝根部内凹缺陷的质量分级应符合表 13 的规定。

表 13 焊缝根部内凹分级

质量级别	内 凹 深 度		内凹总长占焊缝总长的百分比 %
	占壁厚百分比 %	极限深度 mm	
I	≤10	≤1	≤25
II	≤15	≤2	
III	≤20	≤3	
IV	大于Ⅲ级者		

6.5.2 外径小于和等于 89mm 的管子，其焊缝根部内凹缺陷的质量分级应符合表 14 的规定。

表 14 焊缝根部内凹分级

质量级别	内 凹 深 度		内凹总长占焊缝总长的百分比 %
	占壁厚百分比 %	极限深度 mm	
I	≤10	≤1	≤30
II	≤15	≤2	
III	≤20	≤3	
IV	大于Ⅲ级者		

## 6.6 母材厚度的确定

6.6.1 采用射线探伤对厚壁管对接接头进行中间检验，在对底片上焊接缺陷评级时，母材厚度仍取管道的公称壁厚。

6.6.2 当对接接头两侧的母材厚度不同时，应取薄侧的厚度。

## 6.7 综合评级

在评定框尺内，同时存在几种类型缺陷时，应先按各类缺陷分别评级，然后将各自评定级别之和减 1 作为最终级别（大于Ⅲ级者为Ⅳ级）。

## 7 检验报告及底片保存

7.0.1 检验报告至少应包括以下内容：

- a) 委托单位、工程名称、部件名称；
- b) 被检工件材质、规格；
- c) 焊接方法、坡口型式、焊工代号；
- d) 检测设备的名称、型号及编号；
- e) 检验部位草图及焊接接头编号；

- f) 透照方式及工艺；
- g) 检测标准、缺陷位置及性质、评定级别及结论；
- h) 返修情况；
- i) 检测人员、评片人员、审核人签字及其技术资格；
- j) 检验报告编号及检测日期。

7.0.2 底片是检验结果的档案资料，为便于查阅和避免相互混淆，底片应分别装在特制的底片袋中，放在专用柜内妥善保存。

**附录 A**  
**(资料性附录)**  
**射线检验工艺卡**

编号 No: \_\_\_\_\_

工程名称				规格/材料			
试件名称		焊接方法		坡口型式			
验收标准		合格级别		工艺标准			
透照方式		透照厚度	mm	透照比例	%	透照次/张	
射线源		焦点尺寸	mm	胶片类型		规格	mm
象质指数		象质计 型 号		增感方式		前屏	mm
						后屏	mm
$L_1$	mm	$L_2$	mm	透照几何布置 (图示)			
透照角度	(°)	一次透照 有效长度	mm				
能量	kV	曝光量	mA·min				
	源种		min				
黑度	D	检验时机					
散射线控制方式				防护措施			
冲洗方式		配 方		温 度	℃	时 间	min
其他要求							
编制		级 别		审 核		级 别	日 期

附录 B  
(规范性附录)

专用象质计、深度对比块的型式和规格

B.1 I型专用象质计

I型专用象质计由五根直径相同的钢丝和铅符号组成，钢丝材料同工件。其制作要求符合JB/T 7902的规定。其型式、线编号见图B.1。图B.1中编号由3位字母表示，第1、2位F、E表示材料；第3位A表示线编号。

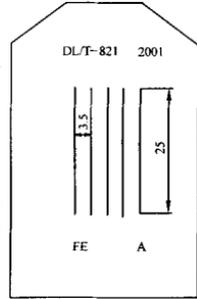


图 B.1 I型专用象质计

B.2 II型专用象质计

II型专用象质计由一根或两根钢丝（其长度大于所透照管子的外周长）和铅符号组成，钢丝材料同工件。制作要求应符合JB/T 7902的规定，其型式、线编号见图B.2。

B.3 I型深度对比块

I型深度对比块的型式和规格应符合图B.3和表B.1的规定。专用对比块的材料应与被检体的材料相同。

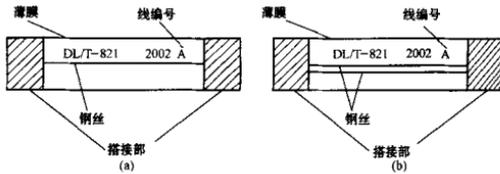
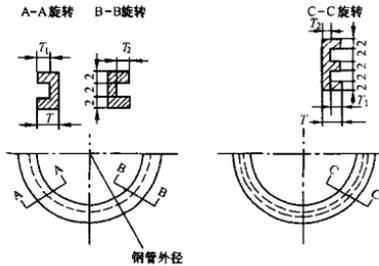


图 B.2 II型专用象质计  
(a) 一根钢丝；(b) 两根钢丝



$T_1$ —第一阶厚度； $T_2$ —第二阶厚度；

图 B.3 I型深度对比块

表 B.1 I 型深度对比块

mm

管壁厚度	$T$	偏差	$T_1$	偏差	$T_2$	偏差
3.5	1.0	0 -0.06	0.35	+0.025 0	0.50	+0.025 0
4.0	1.0		0.40		0.60	
5.0	1.0		0.50		0.75	
6.0	1.0		0.60		0.90	

## B.4 II 型深度对比块

II 型深度对比块的型式和规格应符合图 B.4 和表 B.2 的规定。沟槽对比块的材料应与被检体的材料相同。

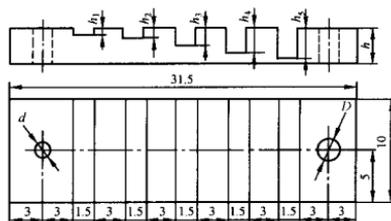


图 B.4 II 型深度对比块

表 B.2 II 型深度对比块

mm

尺寸 编号	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	偏差	$h$	偏差	$d$	偏差	$D$	偏差
I	0.2	0.6	1.0	1.4	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

附 录 C  
(规范性附录)  
透照厚度计算方法

外径小于或等于 89mm 的钢管对接接头，采用双壁双投影法一次椭圆成像透照时，透照厚度  $T_A$  应按下列公式计算：

$$T_A = 0.8 \times \sqrt{(D - T) \times T} + T$$

式中：

$D$ ——钢管外径，mm；

$T$ ——管壁厚度，mm。