

中华人民共和国石油天然气行业标准

石油天然气钢质管道对接焊缝
射线照相及质量分级

Methods for Radiographic Inspection and
Quality Classification of Welded Girth Butt
Joints in Oil and Gas Steel Pipelines

SY 4056—93

主编部门：中国石油天然气总公司基建工程局

批准部门：中华人民共和国能源部

施行日期：1993年9月1日

石油工业出版社

1993·北京

目 次

1	总则	(1)
2	射线透照工艺方法	(2)
2.1	透照技术条件	(2)
2.2	透照工艺方法	(7)
3	暗室处理	(10)
4	底片质量及观察	(11)
4.1	底片质量	(11)
4.2	底片观察	(11)
5	焊缝质量分级	(12)
6	探伤报告及底片保存	(16)
附录A	油气管道环向对接接头透照厚度	(17)
附录B	管道环缝射线照相工艺补充	(18)
附录C	本标准用词说明	(21)
附加说明	(22)

能源部文件

能源技〔1993〕277号

关于批准发布《油气田工程测量规范》 等六十项石油天然气行业标准的通知

各有关单位：

《油气田工程测量规范》等六十项标准草案经审查通过，现批准为石油天然气行业标准，予以发布。各项标准的编号、名称如下：

序号	标准编号	标准名称
1	SY 0054—93	油气田工程测量规范 (代替SYJ 0054—83)
2	SY 0070—93	油田注水配水间设计规范
3	SY/T 0071—93	油气集输管子及管路附件选用标准
4	SY 0075—93	油罐区防火堤设计规范
5	SY/T 0519—93	原油屈服值测定 U形管法
6	SY/T 0520—93	原油粘度测定 旋转粘度平衡法
7	SY/T 0521—93	原油析蜡点测定 显微观测法
8	SY/T 0522—93	原油析蜡点测定 旋转粘度计法
9	SY 4008—93	抽油机安装施工及验收规范 (代替SYJ 4008—86)
10	SY 4011—93	注水泵安装施工及验收规范 (代替SYJ 4011—86)

- 11 SY 4014—93 埋地钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层施工及验收规范
(代替SYJ 4014—87)
- 12 SY/T 4055—93 球形储罐 γ 射线全景曝光技术要求
- 13 SY 4056—93 石油天然气钢质管道对接焊缝射线照相及质量分级
- 14 SY/T 4057—93 液体环氧涂料内防腐涂层钢管技术条件
- 15 SY 4058—93 埋地钢质管道外防腐层和保温层现场补口补伤施工及验收规范
- 16 SY/T 4059—93 钢质容器防腐和保温工程施工及验收规范
- 17 SY 4060—93 天然气净化装置设备与管道安装工程施工及验收规范
- 18 SY 4061—93 稠油热采管道施工及验收规范
- 19 SY/T 4062—93 长输管道线路敷设流水作业施工工艺
- 20 SY 4063—93 电气设施抗震鉴定技术要求
- 21 SY 4064—93 常压立式储罐抗震鉴定技术要求
- 22 SY 5030—93 石油钻机用190系列柴油机
(代替SY 5030—83)
- 23 SY/T 5102—93 石油勘探开发仪器基本环境试验方法
试验K:高温高压试验(代替SY 5102—85)
- 24 SY/T 5134—93 石油勘探开发仪器基本环境试验方法
试验G:振动(正弦试验代替SY 5134—86)
- 25 SY 5200—93 钻柱转换接头(代替SY 5200—87)
- 26 SY/T 5563—93 DSZI地震数据增音站
- 27 SY/T 5564—93 可控震源编码扫描发生器
- 28 SY/T 5565—93 掺水电子水表

- 29 SY/T 5566—93 低能源原油含水分析仪
- 30 SY/T 5567—93 小直径流量含水测试仪检修规范
- 31 SY/T 5568—93 可控震源电子控制箱体
- 32 SY/T 5569—93 遥测地震仪电源站
- 33 SY/T 5570—93 YKZ480 遥测数控地震仪
- 34 SY 5571—93 固井水泥头
- 35 SY/T 5572—93 钻井用打捞工具分类与通用技术条件
- 36 SY/T 5573—93 石油物探企业计量器具配备规范
- 37 SY/T 5574—93 石油天然气地质录井企业计量器具配备规范
- 38 SY 5575—93 钻杆测试资料处理方法
- 39 SY 5576—93 钻井队野营房
- 40 SY 5577—93 套管装卸运输与贮存技术要求
- 41 SY/T 5578—93 油田地面建设工程施工企业计量器具配备规范
- 42 SY/T 5579—93 砾岩储集层描述方法
- 43 SY/T 5580—93 油田用原油破乳剂、污水处理剂技术管理规定
- 44 SY/T 5581—93 TA1031原油破乳剂
- 45 SY/T 5582—93 石油勘探开发仪器基本环境试验方法
试验N：宽带随机振动
- 46 SY/T 5583—93 石油仪器仪表产品标准编写要求
- 47 SY/T 5584—93 石油勘探开发仪器基本环境试验方法
试验J：密封试验
- 48 SY/T 5585.1～4—93 地震数传电缆电参数测试方法
特性阻抗和传播时间测试
- 49 SY/T 5586—93 石油工业成套设备引进合同规范
- 50 SY/T 5587.4—93 油水井常规修井作业 油层套管封隔器查漏作业规程
- 51 SY/T 5587.11—93 油水井常规修井作业 可钻式封隔

器钻铤工艺作法

- 52 SY/T 5587.12—93 油水井常规修井作业 抽油泵打捞
作业方法
- 53 SY 5589—93 管式磁防蜡器
- 54 SY/T 5590—93 冻胶调剖剂性能评价方法
- 55 SY/T 5591—93 石油企业物资仓储管理工作等级标准
- 56 SY 5592—93 聚合物冻胶型PIA—605调剖剂
- 57 SY 5593—93 钻井取心质量指标
- 58 SY/T 5594—93 水驱砂岩油田开发规划编制方法
- 59 SY 5490—93 钻井液试验用钠膨润土
- 60 SY 4065—93 石油天然气钢质管道对接焊缝超声波探伤
及质量分级

以上标准自一九九三年九月一日起施行。

中华人民共和国能源部

1993年3月27日

1 总 则

1.0.1 根据石油天然气管道的特殊条件,为确保管道的安全性,并获得最佳经济效益,特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于用X射线和 γ 射线照相方法检查壁厚为2~30mm的低碳钢和低合金钢质石油天然气长输、集输管道及其他油气管线的环向对接焊缝。

1.0.3 从事射线探伤人员必须经专业技术培训,掌握一定探伤基础知识和操作技能及安全、卫生防护知识,并持有关部门颁发的相应资格技术资格证书。

1.0.4 进行射线检测时,必须严格遵守国家标准 GB 4792—84《放射性卫生防护基本标准》中的有关规定。当工作环境不符合本规范工艺要求和安全防护规定时,检测人员有权拒绝探伤。

1.0.5 相关标准及引用标准

GB 3323 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

SD 143 钢制承压管道对接焊缝射线检验篇

GB/T 12605 钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级

GB 4792 放射性卫生防护基本标准

GB 5618 线型象质计

2 射线透照工艺方法

2.1 透照技术条件

2.1.1 透照条件应符合下列规定:

2.1.1.1 在满足射线穿透力的前提下,宜使用较低管电压。当对外径小于或等于114mm的管道焊缝用双壁双影法时,可适当提高管电压,缩短曝光时间。

2.1.1.2 采用放射性同位素不用增感屏或用铅箔增感屏进行射线透照时, γ 射线源宜采用 ^{192}Ir 。

2.1.1.3 射线源至工件上表面距离 L_1 (mm),应按下列公式计算:

$$L_1 \geq 10EL_2^{2/3} \quad (2.1.1)$$

式中 E ——射线源焦点尺寸, mm;

L_2 ——工件上表面至胶片距离, mm。

2.1.2 工业射线胶片和增感屏应符合下列要求:

2.1.2.1 胶片类型应符合表2.1.2-1的规定。胶片类型应根据射线源种类、能量及照相质量要求进行选用。采用放射性同位素进行射线透照时,宜选用J1型胶片。

工业射线胶片的类型

表 2.1.2-1

胶片类型	感光度(S)	反差系数(γ)	粒度(G)
J1	低	高	细
J2	中	中	中

2.1.2.2 射线透照应采用铅箔增感屏,不得采用荧光增感屏和

金属荧光增感屏。铅箔增感屏的厚度应符合表2.1.2-2的规定。

增感屏厚度的选用 (mm)

表 2.1.2-2

射线源种类	前屏厚度	后屏厚度
低能X射线 (400kV以下)	0.05~0.16	≥0.10
^{192}Ir	0.05~0.16	≥0.16

2.1.3 线型象质计, 沟槽测深计应符合下列要求:

2.1.3.1 象质计的型号、规格应符合《线型象质计》的要求, 专用象质计的型号规格应符合《钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》附录A的要求。

2.1.3.2 外径大于114mm的管道焊缝射线透照时, 象质指数应符合表2.1.3-1的规定。

象质指数表 (mm)

表 2.1.3-1

要求达到的象质计指数	线 直 径	透照厚度 T_A
16	0.100	
15	0.125	≤6
14	0.160	>6~8
13	0.200	>8~12
12	0.250	>12~16
11	0.320	>16~20
10	0.400	>20~25
9	0.500	>25~32

注: 用双壁单影法透照时, 象质指数按此表规定的数值减少一个指数。

2.1.3.3 管道外径小于或等于76mm, 采用双壁双影透照法透照时, 应使用Ⅱ型专用象质计, 单根钢丝长度应大于管道的周长。

2.1.3.4 管道外径小于或等于 114 mm，采用双壁双影法透照时，应选用 I 型专用象质计，且应符合表 2.1.3-2 的规定。

象质计的选用

表 2.1.3-2

要求达到的象质指数	线直径 (mm)	管道透照单壁厚度 (mm)
9	0.50	11.6~15
10	0.40	7.1~11.5
11	0.32	4.1~7.0
12	0.25	3.1~4.0
13	0.20	2.1~3.0
14	0.16	<2.0

2.1.3.5 判定未焊透和内凹的深度，应使用沟槽式测深计。沟槽式测深计的厚度宜与焊缝余高相近，其型式和规格应符合《钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》中附录 A 的要求。

2.1.4 透照方式应符合下列要求：

2.1.4.1 采用单壁单影外透法时，射线源应置于管道外，胶片应放置在离源最近一侧管道内壁的相应区域上，并贴紧焊缝（见图 2.1.4-1）。透照厚度见附录 A。

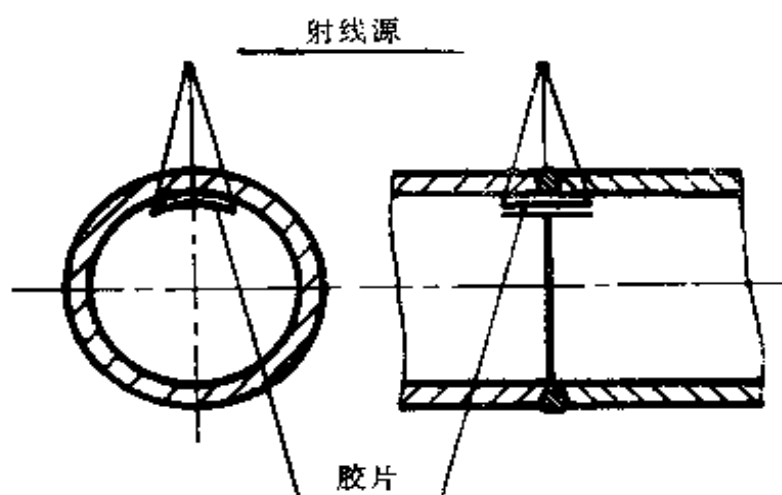


图 2.1.4-1 单壁单影外透法

2.1.4.2 采用单壁单影内照法时，大口径管道可将源焦点调整于管内圆心点。360°一次曝光成象，每隔 90° 应放一只象质计（见图2.1.4-2）。透照厚度见附录A。

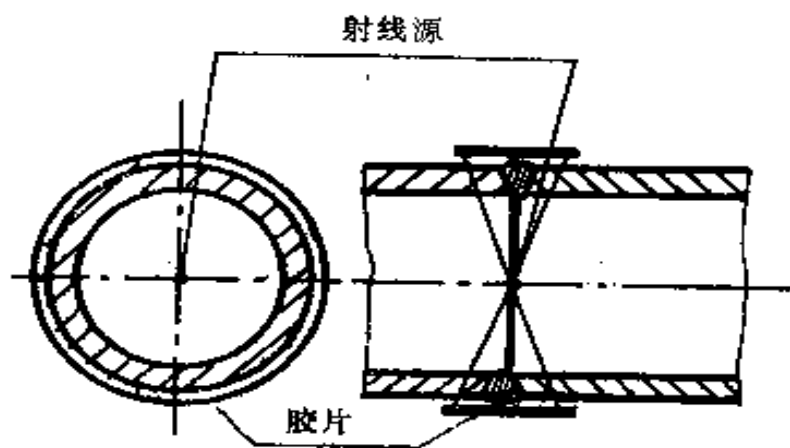


图 2.1.4-2 单壁单影内照法

2.1.4.3 采用双壁单影透照法时，射线源置于钢管外，胶片应放置在远离射线源一侧管道外表面相应焊缝区域上，并与焊缝贴紧（见图2.1.4-3）。透照厚度见附录A。

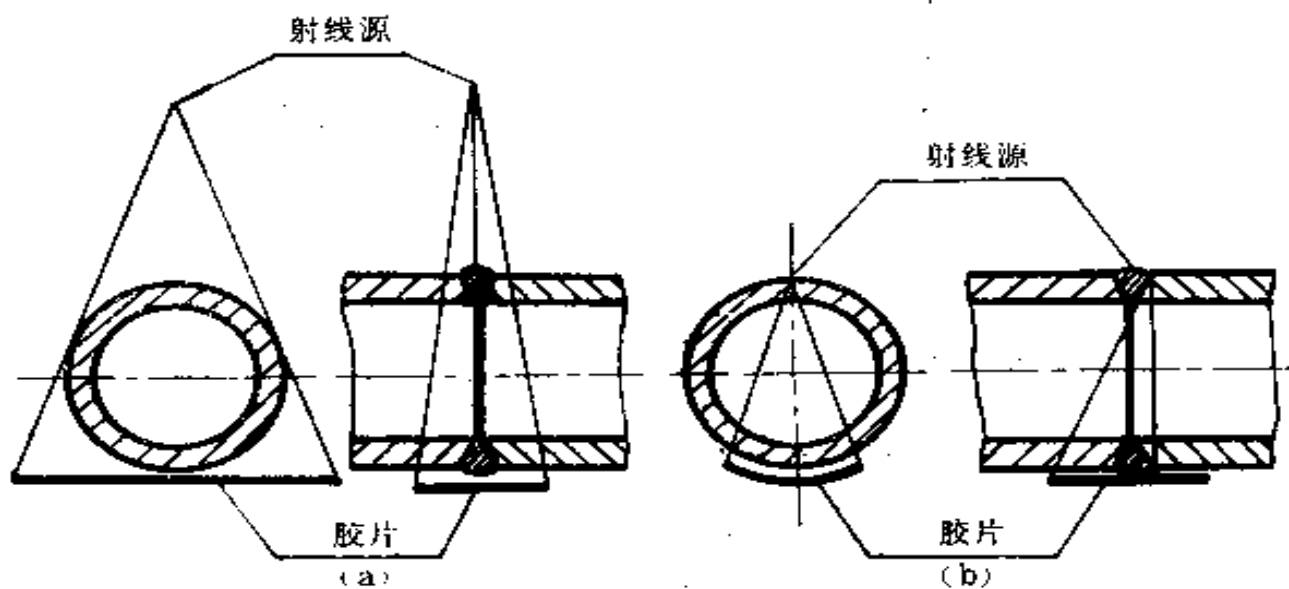


图 2.1.4-3 双壁单影外照法

2.1.4.4 当管道外径小于或等于 114mm 时，当采用双壁双影

法，底片呈椭圆焊缝影象，其间距应控制在3~10mm。为保证检测整个焊缝，至少要在互相垂直方向两次透照（见图2.1.4-4）。照相的具体工艺见附录B中的 B.0.2，透照厚度见附录A。

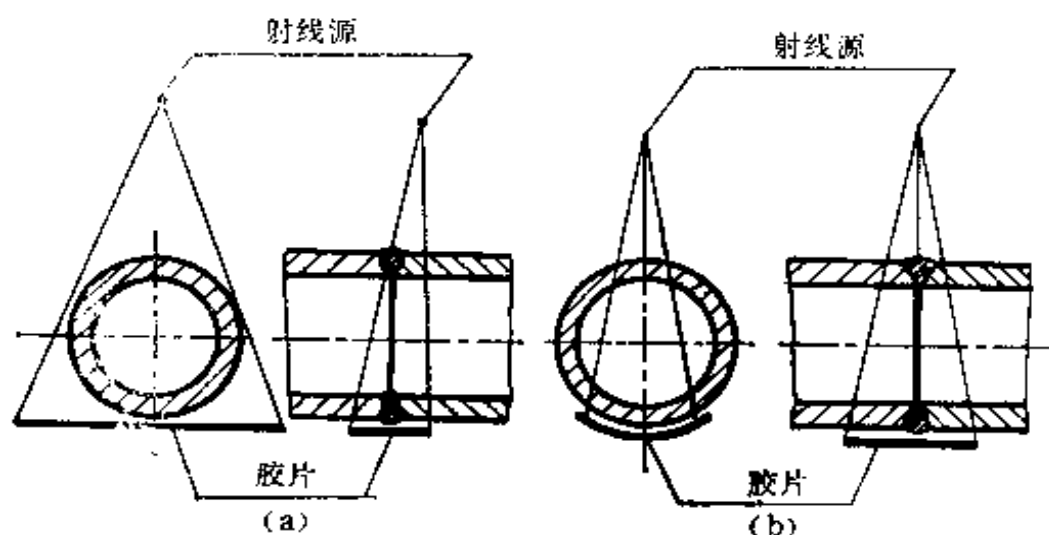


图 2.1.4-4 双壁双影外照法

2.1.4.5 对外径小于或等于76mm管道，其焊缝应采用双壁双影法透照并允许椭圆一次成象，但必须保证其检出范围不小于周长的90%，其测量方法应符合附录B中B.0.3的规定。

2.1.4.6 管壁厚度不同的对接焊缝透照，胶片应放置在管外表面相应焊缝区域上，并与之贴紧（见图2.1.4-5）。其透照厚度见附录A。

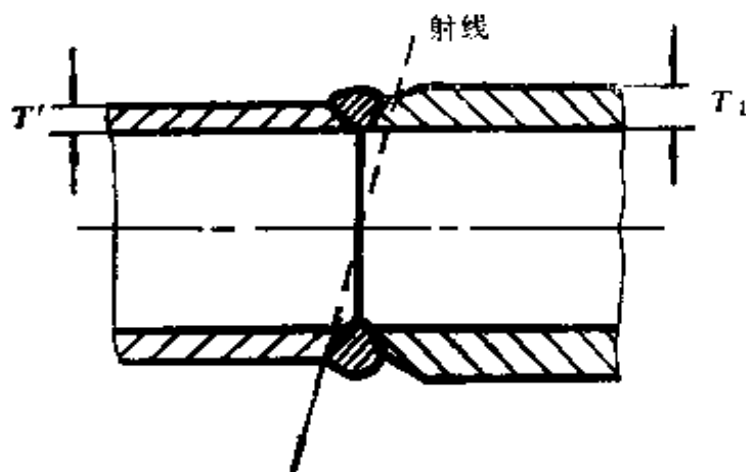


图 2.1.4-5 管壁厚度不同对接焊缝透照

2.1.4.7 带垫板的对接焊缝的透照, 胶片应贴紧对面焊缝(见图2.1.4-6)。透照厚度见附录A。

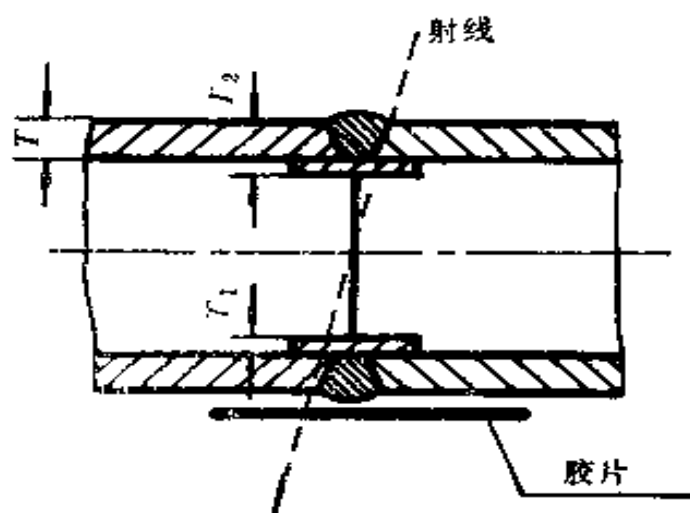


图 2.1.4-6 带垫板的对接焊缝透照

2.2 透照工艺方法

2.2.1 焊缝及热影响区的表面质量(包括余高高度)应经外观检查合格。表面的不规则状态在底片上的图象应不掩盖焊缝中的缺陷或与之相混淆, 否则应做适当修正。

2.2.2 管道焊缝进行倾斜透照时, 倾斜角度或水平位移应符合下列规定:

2.2.2.1 对于外径50mm以下管道, 倾斜角度宜为 10° ; 外径大于或等于50mm管道, 宜为 7° 。

2.2.2.2 水平位移的距离 S_0 应按下式计算(见图2.2.2):

$$S_0 = (b + g) \frac{L_1}{L_2} \quad (2.2.2)$$

式中 S_0 ——水平位移, mm;

b ——焊缝宽度, mm;

g ——椭圆投影间距, mm。

2.2.3 管道透照前, 应根据设备穿透能力、增感方式、管道直径、壁厚等选择最佳曝光条件进行工艺试件透照, 绘制曝光曲线。同一类管道的透照应采用同一曝光条件。

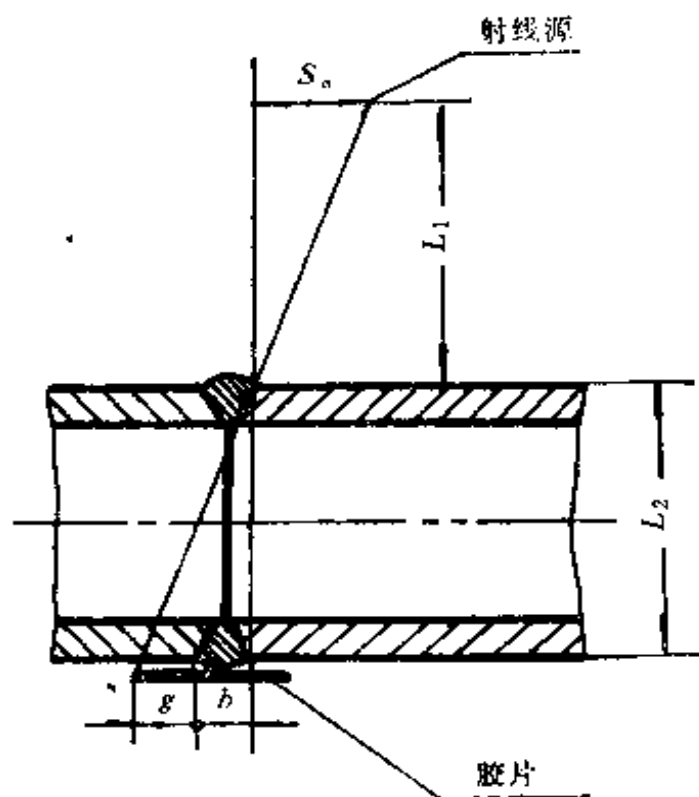


图 2.2.2 水平位移距离

2.2.4 象质计、标记、搭接标记的摆放应符合下列规定：

2.2.4.1 底片应清晰显示象质计、中心标记和管道焊缝编号的影象。百分之百透照时，还应显示搭接标记的影象。

2.2.4.2 管道外径大于114mm时，象质计应放在胶片的1/4处。当放置在胶片一侧时，应做对比试验以达到相应的象质指数。

2.2.4.3 管道外径小于或等于114mm时，采用双壁双影法透照时，象质计应放置胶片中心处。

2.2.4.4 如数个管道对接接头在一张底片同时显示时，应至少放置一个象质计，且在最边缘的管子接头上。

2.2.4.5 定位标记及管道焊缝编号距焊缝应至少5mm。

2.2.4.6 对管径大于114mm的环焊缝，应在底片上清楚显示100%检查的标记。

2.2.5 散射线的屏蔽应符合下列规定：

2.2.5.1 在透照时，应充分限制辐射场范围，对于背散射应

充分屏蔽。

2.2.5.2 暗盒背面应附有“B”字，若在底片较黑的背影上出现“B”字较淡影象，说明背散射防护不够，应予重照。如在较淡的背影上出现“B”字较黑影象，则不作为底片判废的依据。

3 暗室处理

3.0.1 胶片应按胶片说明书或有效方法处理。处理溶液应保持良好状况，应注意温度、时间和抖动对冲洗效果的影响。自动冲洗时，应精确控制传送速度及药液的补充。

3.0.2 不得用增加显影时间来弥补透照曝光不足。

4 底片质量及观察

4.1 底片质量

4.1.1 X射线底片黑度允许范围为：1.2~3.5， γ 射线底片黑度允许范围为：1.8~3.5。

4.1.2 底片必须显示的最小钢丝直径与相应的象质指数见表2.1.3-1，表2.1.3-2。

4.1.3 底片上象质计影象位置应正确，定位标记和识别标记齐全，且不掩盖被检焊缝影象。

4.1.4 底片有效评定区域内不应有因胶片处理不当引起的缺陷或其他妨碍底片评定的缺陷。

4.2 底片观察

4.2.1 评片室内光线应暗淡，室内照明不应在底片上产生反射。

4.2.2 观片灯应能观察最大黑度为3.5以上，且亮度可调。

5 焊缝质量分级

5.0.1 根据焊接缺陷性质和数量，焊缝质量分为Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ四个质量等级。

5.0.2 Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ级焊缝不得有裂纹和未熔合，凡是有裂纹、层间未熔合、坡口部位未熔合缺陷的焊缝应评为Ⅳ级。

5.0.3 Ⅰ级焊缝还不得有未焊透和长宽比大于3的条状缺陷。

5.0.4 长宽比小于或等于3的圆形缺陷用评定区进行评定。圆形缺陷质量分级应符合表5.0.4-1的规定。其评定区应符合表5.0.4-2的规定，缺陷点数换算应符合表5.0.4-3的规定。评定时不计点数的缺陷尺寸应根据母材厚度确定并符合表5.0.4-4的规定。

圆形缺陷质量分级

表 5.0.4-1

评 定 区		10×10			10×20
质量等级	母材厚度 (mm)	2~5	>5~15	>15~25	>25~30
Ⅰ	缺 陷 点 数	1	2	3	4
Ⅱ		3	6	9	12
Ⅲ		6	12	18	24
Ⅳ		缺陷点数大于Ⅲ级者			

圆形缺陷评定区

表 5.0.4-2

母材厚度 (mm)	≤25	>25~30
评定区尺寸 (mm)	10×10	10×20

缺陷点数换算表

表 5.0.4-3

缺陷长径 (mm)	≤ 1	$>1\sim 2$	$>2\sim 3$	$>3\sim 4$	$>4\sim 6$	$>6\sim 8$	>8
点 数	1	2	3	6	10	15	25

不计点数缺陷尺寸表

表 5.0.4-4

母材厚度 (mm)	≤ 25	$>25\sim 30$
缺陷长径 (mm)	≤ 0.5	≤ 0.7

5.0.5 圆形缺陷长径大于 $1/2$ 壁厚时, 评为Ⅳ级。

5.0.6 Ⅰ级焊缝和母材厚度等于或小于5mm的Ⅱ级焊缝, 计点数与不计点数气孔之和不得多于10个, 若超过10个, 则应降低一级。

5.0.7 外径小于或等于114mm的管道焊缝的条状缺陷质量分级应符合表5.0.7的规定。

外径小于或等于114mm管道焊缝的
条状缺陷的质量分级

表 5.0.7

质量级别	条状缺陷宽度	单个缺陷长度	缺陷总长度
Ⅰ	2.0mm	$L^{(1)} \leq 2T^{(2)}$	圆周的5%, 但最大可为12mm
Ⅱ		$L \leq 3T$	圆周的8%, 不超过25mm, 但最大可为20mm
Ⅳ	大于Ⅲ级者评为Ⅳ级		

注: (1) 为单个缺陷长度 (mm)。

(2) 为管壁厚 (mm)。

5.0.8 外径大于114mm的管道焊缝的条状缺陷的质量分级应符合表5.0.8的规定。

**外径大于114mm的管道焊缝条状缺陷
的质量分级 (mm)**

表 5.0.8

质量 级别	缺 宽	陷 度	单个缺 陷长度	缺 陷 总 长 度
I	≤ 2.0		$L \leq 7$	在300mm底片长度内, 不得超过 25mm, 底片不足300mm时, 按比例折算, 但其总长度最大可为7mm
II	≤ 2.0		$L \leq 13$	在300mm底片长度内, 不得超过 50mm, 底片不足300mm时, 按比例折算, 但其总长度最大可为13mm
IV	缺陷尺寸大于 III 级者			

5.0.9 根部内凹的质量分级应符合表5.0.9的规定, 且其长度不得超过同一级别未焊透长度的规定。

根部内凹的质量分级

表 5.0.9

质量 级别	内 凹 深 度	
	占壁厚百分比 (%)	极限深度 (mm)
I	≤ 15	且 ≤ 2
II	≤ 20	且 ≤ 3
IV	大 于 III 级 者	

5.0.10 根部未焊透缺陷的质量分级应符合表5.0.10规定。

5.0.11 底片上黑度较大的缺陷, 如确认为柱孔或针孔缺陷, 应评为 **IV** 级。

5.0.12 在圆形缺陷评定区内, 同时存在圆形缺陷、条状缺陷和未焊透或内凹时应各自评级, 将级别之和 减 去 一级作为最终级别。

根部未焊透缺陷的质量分级 (mm)

表 5.0.10

质量 级别	根 部 未 焊 透			由于错口形成的单侧根部未焊透		
	深度 h	单个 长度	总 长 度	深度 h	单个 长度	总 长 度
I	$h \leq 10\%$ 壁厚, 且 最大不超 过1.5	≤ 12	(1) 在 300mm 焊缝长度 内, 总长度应不超过 18mm, 焊缝长度不足300 mm 时, 按比例折算, 但 最大可为12mm (2) 小口径管未焊透总 长度应不超过圆周的 10%, 且应小于18mm	$h \leq 10\%$ 壁厚, 且 最大不超 过1.5	≤ 25	(1) 在 300 mm 焊缝长 度内, 总长度应不超过 50mm, 焊缝不足 300mm 时, 按比例折算, 但最大 可为25mm (2) 小口径管单侧未焊 透总长度应等于或小于圆 周的 10%, 且应小于 25mm
II	$h \leq 15\%$ 壁厚, 且 最大不超 过2	≤ 25	(1) 等于或小于 300 mm 长度底片内总长度应不超 过25毫米 (2) 小口径管未焊透总 长度应不超过圆周的 15%, 且应小于25mm	$h \leq 15\%$ 壁厚, 且 最大不超 过2	≤ 50	(1) 在 300mm长度焊 缝 内, 总长度应不超过 76mm, 焊缝不足 300mm 时, 按比例折算, 但最大 可为50mm (2) 小口径管单侧未焊 透应等于或小于圆周的 15%, 且应不小于25mm
III	缺陷尺寸大于 II 级者评为 III 级					

注: ①深度、长度两个条件必须同时满足。

②小口径管道指外径小于或等于114mm的管道。

③大口径管道指外径小于或等于114mm的管道。

6 探伤报告及底片保存

6.0.1 管道探伤报告应有探伤顺序示意图,图中所注明项目应符合下列要求:

6.0.1.1 从始口到末口焊接顺序号、焊口号和焊工号。

6.0.1.2 穿、跨越、拐点、固定口、活动口标记。

6.0.1.3 注明射线,超声波探伤复验及焊口合格情况。

6.0.2 探伤报告应包括以下内容:

6.0.2.1 被检管线情况(包括:管线名称、编号,管线材质规格,坡口形式,焊接方法、焊条牌号)。

6.0.2.2 探伤条件(包括:使用仪器型号,胶片增感方式, L_1 , L_2 ,管电压、电流,曝光时间,透照方法)。

6.0.2.3 探伤要求(包括探伤比例,执行标准及合格级别)。

6.0.2.4 探伤结果(包括探伤数量及返修扩探情况)。

6.0.2.5 探伤人员姓名、资格日期、探伤时间。

6.0.3 底片存档应至少保存五年。

附录A 油气管道环向对接接头透照厚度

油气管道环向对接接头透照厚度 (mm) 附表A

透 照 方 法	透照厚度 T_A
单壁内、外透照	$T_A = T + e^{(1)}$
双壁单影法	$T_A = T + e$
双壁双影法	$T_A = 2T + e$
双壁双影法(厚薄不同)	$T_A = 2T'^{(2)} + e$
双壁双影法(加垫板)	$T_A = 2T' + e + 2T_1^{(3)}$

注: (1) e : 余高, mm;

(2) T' : 较薄管壁厚, mm;

(3) T_1 : 垫板厚度, mm;

①双壁双影法象质计的选择可按2.1.3条规定。

附录B 管道环缝射线照相工艺补充

B.0.1 管径大于114mm环缝透照

B.0.1.1 管道环缝的照相采用双壁单影法透照时,射线入射方向与管壁表面倾斜一个角度,上下焊缝影象不得重叠,底片上可现一只象质计影象。象质计、搭接标记、片号等标记位置摆放如图B.0.1.1所示。

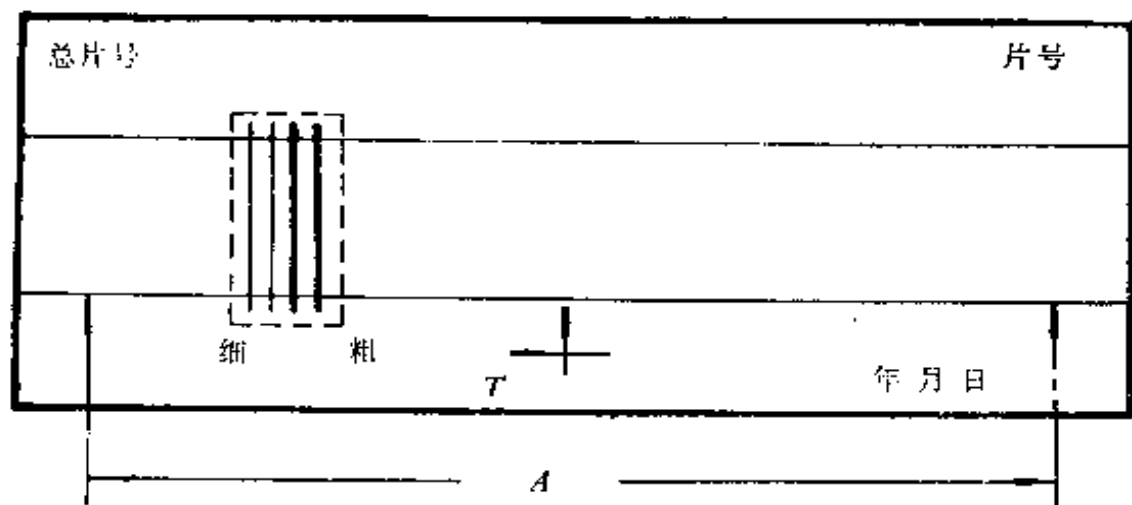


图 B.0.1 大口径管双壁单影象质计摆放

B.0.2 管径等于或小于114mm环缝透照

B.0.2.1 采用双壁双影法,焊缝影象呈椭圆形状显示,两焊缝影象间距应控制在3~10mm。

B.0.2.2 较小管径的排管透照时,底片上允许显示多个环缝的影象。此时象质计应放在最边缘的管道焊缝上,如图B.0.2-1所示。

B.0.2.3 透照最小焦距按下列公式计算:

$$F_{\min} = L_1 + L_2 \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$L_1 = 10EL_2^{2/3} \quad (\text{B.0.2-2})$$

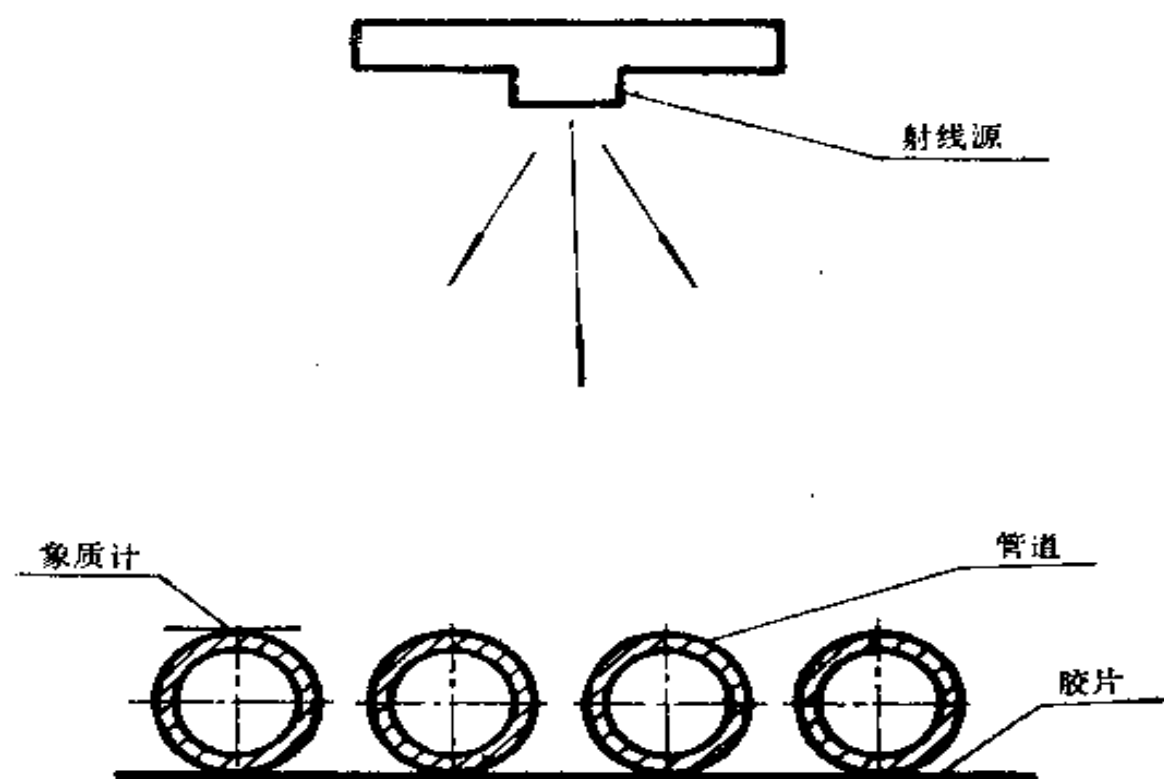


图 B.0.2-1 小径管排管透照示意图

式中 F_{\min} ——最小焦距, mm。

B.0.2.4 小径管双壁双影法透照象质计及其他标记布置应符合规定 (见图B.0.2.4)。

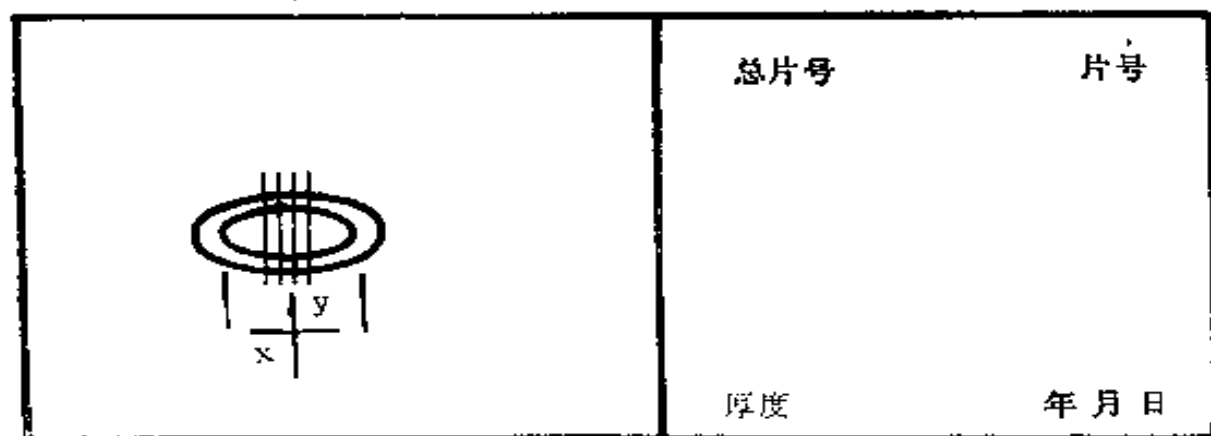


图 B.0.2-2 双壁双影法象质计标记摆放

B.0.3 管径小于或等于76mm环缝的透照

B.0.3.1 管径小于或等于76mm的钢管环缝, 采用双壁双投影法一次椭圆成象透照, 透照厚度 T_A 的计算应符合下列公式:

$$T_A = 0.8\sqrt{(D-T) \times T} + T \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中 D ——钢管外径, (mm)。

B.0.3.2 若用 (B.0.3-1) 式计算不便, 可用下式进行等效 T_A 计算:

$$T_A = 2T (1 + d_{\text{内}}/D) \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中 $d_{\text{内}}$ ——钢管内径, mm。

B.0.3.3 对于双壁双投影一次椭圆成象的透照工艺, 其检出范围必须保证90%以上, 并应按下式计算。

$$A = \frac{\pi D - 4N}{\pi D} \times 100\% \quad (\text{B.0.3-3})$$

式中 A ——检出范围, mm;

N ——底片上不见金属丝区域的一段长度, mm。

附录C 本标准用词说明

C.0.1 执行本标准条文时，对要求严格程度的用词作如下规定，以便执行时区别对待。

C.0.1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

C.0.1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

C.0.1.3 对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

C.0.2 条文中指定应按其他有关标准和规范执行的写法为：

C.0.2.1 “应按……执行”或“应符合……要求”或“规定”。

C.0.2.2 非必须按所指定的标准和规范执行的写法为“可参照……”。

附加说明

主编单位：华北石油管理局第二油田建设公司

中国石油天然气总公司管道局二公司

参加单位：中国石油天然气总公司工程技术研究所

主要起草人名单：李厚平、宋宪斌

P

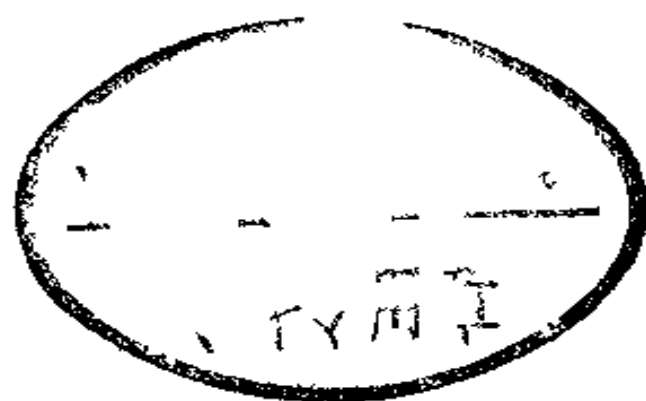
中华人民共和国石油天然气行业标准

石油天然气钢质管道对接焊缝 射线照相及质量分级

Methods for Radiographic Inspection and Quality
Classification of Welded Girth Butt Joints in
Oil and Gas Steel Pipeline

SY 4056—93

条 文 说 明



1 9 9 3 北 京

中华人民共和国石油天然气行业标准

石油天然气钢质管道对接焊缝
射线照相及质量分级

Methods for Radiographic Inspection and Quality
Classification of Welded Girth Butt Joints in
Oil and Gas Steel Pipeline

SY 4056—93

条 文 说 明

石油工业出版社

1993·北京

制 订 说 明

根据石油天然气总公司(90)中油科字第53号文和(91)中油科字142号通知的要求,由华北石油管理局油建二公司、石油天然气总公司管道局第二工程公司负责主编,石油天然气总公司工程技术研究所参编的《石油天然气钢质管道对接焊缝射线照相及质量分级》经中华人民共和国能源部1993年3月27日以能源技〔1993〕277号文批准发布。

在标准的编写过程中,编写人员遵照国家有关方针、政策进行了比较广泛的调查研究,认真总结了石油天然气行业无损检测方面的经验,并广泛地征求了石油施工企业等各方面的意见,经过反复讨论和修改,最后由石油天然气总公司基建局和石油施工专业标准化委员会组织有关单位审查定稿。

本标准共分6章,3个附录,其主要内容包括:总则;射线透照工艺方法;暗室处理;底片质量及观察;焊接质量分级;探伤报告及底片保存等。

为便于广大施工和检验等有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文的规定,本标准的编写人员还依照国家有关规定,按照正文的章、节、条的顺序编写了《石油天然气钢质管道对接焊缝射线照相及质量分级 条文说明》,供大家参考。

鉴于本标准系初次编写,希望各单位在执行过程中,结合实践,认真总结经验,注意积累资料,将标准的修正、补充意见与有关资料寄交河北任丘华北石油管理局油建二公司技术科或天津塘沽津塘公路40号石油天然气总公司工程技术研究所标准室,以

便今后修改时参考。

华北石油管理局第二油田建设公司
石油天然气总公司管道局二公司
1993年3月

目 次

1	总则	(1)
2	射线透照工艺方法	(3)
2.1	透照技术条件.....	(3)
3	暗室处理.....	(6)
4	底片质量及观察	(7)
5	焊缝质量分级	(8)
6	探伤报告及底片保存	(11)

1 总 则

1.0.1 制订标准的目的

石油天然气长输、集输管道的施工，是在野外环境下进行的。根据管道现场施工技术条件、设计强度以及使用管理等要求，制订了具有本行业特点的射线探伤检验工艺方法和验收标准。在编写过程中我们遵循既不是质量不足，又不是质量过剩这一宗旨，以获得最佳经济效益。

石油管道施工时，管材需经长距离拉运，管口的损伤以及管径的制造偏差是客观存在的，这样就给施工现场组装造成一定数量的“错口”，经焊接后往往形成单侧未焊透的缺陷。由于设计时往往只考虑工程造价、经济效益和采用了较高的焊缝强度安全系数等方面的因素，因此在管道施工时大部分管道焊接不采用氩弧焊打底的单面焊接双面成型的工艺方法，从而不可避免的产生根部未焊透和错口等焊接缺陷。石油天然气管道的射线探伤检验标准从JB 928—67到国际《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB 3323)，均规定对未熔合缺陷不能验收，对未焊透的控制也十分严格。即使国际《钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》(GB/T 12605)标准出台后，与国际上同行业技术标准规范相比，其适应性仍有一定的距离。

鉴于以上情况，从管材供货、施工环境条件、焊接、检验技术和焊缝设计强度等方面考虑，并参考和引用了国际上先进工业国家同行业技术标准中的优越部分，经多次会议讨论和反复验证，我们完成了本标准的编写。本标准有以下三个突出特点：

(1) 对于根部未焊透、错口形成的未焊透及条状夹渣都作了适度的放宽，这样一来比较客观的解决了管道施工中存在的技术难题。过多的对根部缺陷进行返修是得不偿失的，这会给焊缝带

来局部的焊接残余应力，并且不同程度地产生金相组织的恶化，从而降低焊缝结构的安全性和工程建设经济效益。

(2) 本标准对双壁单影法管道环缝透照次数不作硬性规定，而从严格透照工艺和操作技术上进行照相质量控制，以满足技术上的要求。使底片搭接处完整搭接，黑度，象质指数，清晰度符合标准要求。

(3) 对于小径管双壁双影法透照管道的口径范围，通过验证，突破常规，放宽到114mm。

1.0.2 标准的适用范围

照相质量相当于JISZ 3104标准的普通级，或国标《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》中的AB级。

在编制标准时，如果要求所有石油输送管道的焊接质量都一致，而不考虑管道的材质、壁厚、介质、焊缝的抗拉强度和韧性以及操作运行条件，管道一旦发生破坏所产生的危害程度等因素，是不合理的、不经济的。因此本标准把焊缝的质量分成四级，供不同层次要求的管道选用。

2 射线透照工艺方法

2.1 透照技术条件

2.1.1 射线源能量选用

根据被检管件壁厚、透照方法等条件选用射线源及其能量。在适应的射线能量范围内，尽可能使用较低的能量，以获得高的照相质量。

使用X射线源照相，本标准规定管电压应选在250kV以下范围内。但对小口径管双壁双影法透照时由于透照厚度差大，为增大宽容度，提高检出率，本标准中规定可采用适当提高管电压，减少曝光时间的特殊工艺方法。

使用放射性同位素照相时，本标准规定宜选用活度在20~50Ci范围的 ^{192}Ir 源。

2.1.2 工业射线胶片和增感屏

工业射线胶片与增感屏合理匹配是提高象质的重要技术措施之一。X射线透照时，可选用天津Ⅲ型胶片或其他同类型中等感光度胶片（例如：富士100号、柯达C、AA、杜邦75胶片等），与铅箔增感屏匹配。若使用 γ 源照相时应选用超微粒胶片或极微粒胶片，（如天津V型、富士80号、50号）应与铅箔增感屏匹配或不用增感屏。

2.1.3 象质计、沟槽测深计

本条关于象质计的规定是引用《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》和《钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》中的有关内容。

沟槽测深计是用来比较内凹缺陷和未焊透深度的。透照时应放置在距离焊缝边缘5~10mm的中心位置上，本标准推荐使用

《钢管环焊缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》中的沟槽测深计或专用对比试块。

2.1.4.4 $\phi 114\text{mm}$ 管径采用双壁双影法透照的依据

(1) 当 $T/D \leq 0.146$ (T : 钢管壁厚, mm; D : 钢管外径, mm) 时, 可以拍两张底片。

这是根据《压力容器》1992年第3期“小径管道对接焊缝 X 射线检验技术”的内容编写的。

(2) 在德国标准 DIN 54111/1—1988 中也规定:

$T/D \leq 0.12$ 时就可以拍两张底片。

我国石油管道中, $\phi 114\text{mm}$ 管径的管道使用量大面广, 其壁厚分别为 4, 6, 8, 10, 13mm, 按 T/D 计算, 壁厚 13mm, 则 $13/114 = 0.11$, 可见双壁双影法放至 $\phi 114\text{mm}$ 是可行的。

对此我们又进行了实际透照, 并将结果列入表 1。

表 1

片号	管子规格 (mm)	曝光透照条件					黑 度	灵敏度
		kV	mA	min	L_1	L_2		
1-1	$\phi 114 \times 10$	190	5	2.5	595	116	可	可
1-2	$\phi 114 \times 10$	190	5	2.5	595	116		
0-1	$\phi 114 \times 10$	165	5	3	595	116		
1-2	$\phi 114 \times 10$	165	5	3	595	116		
1	$\phi 114 \times 10$	160	5	3.5	595	116		
2	$\phi 114 \times 10$	160	5	3.5	595	116	高	高
2-1	$\phi 114 \times 4$	135	5	5	595	116		
2-2	$\phi 114 \times 4$	135	5	5	595	116		

注: 表中 L_1 为射线源至工件上表面距离, mm; L_2 为工件上表面至胶片距离 mm。

由试验可见, 壁厚越薄, 底片灵敏度、黑度越佳。对壁厚为 13mm 的管道, 选择焦距为 711mm 也是透照中常用的。只要正确选择透照工艺, 把双壁双影法适用范围扩大至 $\phi 114\text{mm}$ 管道是可

行的。

(3) 按2.1.1.3要求, 以 $\phi 114\text{mm}$ 管道为例进行计算,

$L_1 = 10EL_2^{2/3}$, 取探伤仪焦点尺寸 $E = 2.5\text{mm}$,

$L_2 = 114 + 2$ (管道直径 + 余高), 代入式中求得: $L_1 = 10 \times 2.5 \times (114 + 2)^{2/3} = 595\text{mm}$

再以 $\phi 114\text{mm}$ 管道为例, 计算几何不清晰度 (U_g)

$\because U_g \leq 1/10(L_2^{1/3})$, 将上述 L_2 的数值代入此式,

求得 $U_g \leq 1/10(114 + 2)^{1/3} = 0.48$

再按 $U_g = EL_2/L_1$ 公式验算

$U_g = 2.5 \times (114 + 2) / 595 = 0.48\text{mm}$

可见, 选焦距 $711\text{mm}(L_1 + L_2)$, 充分屏蔽, 并正确冲洗, 对于 $\phi 114\text{mm}$ 的管道能保证其底片灵敏度和黑度。实际透照也证明这点。

3 暗室处理

本章内容与《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》中的13章内容相同。

4 底片质量及观察

本章内容与《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》中的14章内容相同。

5 焊缝质量分级

5.0.4 关于圆形缺陷的分级,本标准原来是按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》标准进行质量分级的,见表2:

表 2

质量分级	母材厚度 (mm)	评定区 (mm)	10×10		
			≤10	>10~15	>15~25
I			1	2	3
II			3	6	9
III			6	12	18
IV			缺陷点数大于 III 级者		

在试验验证会议上,代表们结合油气管道特点及本单位情况,认为母材厚度小于或等于 10mm 这一范围还应划细些,才符合石油管道的评定,故将表2修改为正文的表5.0.4-1。

5.0.6 关于“小管径”圆形缺陷评级,对 I 级焊缝不计点数的规定,与《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》不同。如: $T=15\text{mm}$, 评定区 $\phi 1 \times 2$ 、 $\phi 0.5 \times 9$, 按该国家标准,可评2点(不大于3点)为 I 级。而 $T=15\text{mm}$, 气孔 $\phi 0.5 \times 11$, 多于10点评 II 级,这样显然不合理。所以本标准修改为:在评定区内,“计点数与不计点数气孔之和不得多于10个。”“这样才更适用于管道射线探伤标准。

5.0.7~5.0.8 关于条状缺陷评级说明

(1) 参考 API 1104《管线及其配件》引入了缺陷宽度的概念;大口径管与小口径管焊缝缺陷宽度不论 II 或 III 级均为焊缝宽度 b 不大于 12mm。

(2) 大口径管单个缺陷长度参考《管线及其配件》中关于孤立缺陷长度的规定(即12.7mm), 本标准中规定:Ⅲ级为13mm, Ⅱ级为7mm。

条状缺陷总长度是参考了《管线及其配件》中关于细长缺陷的规定:即在300mm内的焊缝中, 缺陷总长度不大于50mm为合格。本标准规定:Ⅲ级为缺陷总长度不大于50mm, Ⅱ级为不大于25mm, 当焊缝不足300mm时, 按比例折算。

(3) 小口径管道包括 $\phi 114$ mm以下的各种规格的管道, 壁厚和管径都存在较大的差异, 因此只能给缺陷长度定量一个较大的范围。例如114mm管径的周长为358mm, 其5%为17.9mm, 而38mm管径的周长为119mm, 其5%为6mm。

本标准对缺陷总长度的规定参考了API中关于小口径管细长缺陷的规定:即取圆周的8%为Ⅲ级定量。为弥补较小管径缺陷总长度定量太严, 如 $\phi 38$ mm管径5%周长为6mm。因此对较小管径的缺陷总长度作了适当的放宽:Ⅱ级以 $\phi 76$ mm管(小径管管径中间值)周长的5%作为总长度的最大值即12mm;Ⅲ级以 $\phi 76$ mm管周长的8%作为总长度的最大值即20mm, 但最长不得超过25mm。关于小口径管道单个缺陷参考《管线及其配件》标准中小于 $\phi 60.3$ mm单个细长缺陷的规定, 长度以不大于3倍壁厚为合格。本标准规定:Ⅲ级总长度 L 不大于 $3T$, Ⅱ级总长度不大于 $2T$ (孤立缺陷的规定)。

5.0.9 根部内凹评级

本条主要参考了《钢管环缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级》中内凹的评级。

5.0.10 关于未焊透的评级是参考了《管线及其配件》标准与国标《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》中根部未焊透及根部错口形成的未焊透两种情况编写的。

(1) 引用了国标《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》对未焊透深度的规定:

Ⅱ级未焊透深度 h 不大于10%壁厚, 且不超过1.5mm;

Ⅲ级未焊透深度 h 不大于15%壁厚，且不超过2mm。

(2) 未焊透长度参考了《管线及其配件》标准中对单个和总长度的规定：大口径管单个长度 L 不大于25mm为合格。本标准中规定：单个长度：Ⅲ级为 L 不大于25mm，Ⅱ级为 L 不大于12mm。总长度：Ⅱ级在300mm焊缝长度内，不超过18mm，焊缝不足300mm，按比例折算；Ⅲ级在300mm焊缝长度内，不超过25mm。对于根部由于错口形成的未焊透长度根据《管线及其配件》也分别较《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》放宽了要求。

(3) 对于小口径管道包括 $\phi 114\text{mm}$ 以下的各种规格的管道，本标准规定：未焊透总长度Ⅱ级为周长的10%，且最大应小于等于18mm；Ⅲ级为周长的15%，且最大应小于等于25mm。

5.0.11 对黑度值极高的针孔、柱孔、烧穿，虽然点数不超标，但考虑这些缺陷应力集中（特别是薄工件）危害性较大，评片人可根据自己的经验判该部位不合格。

5.0.12 当缺陷与评定框相交时，不论条状缺陷相切或相割都要和框内气孔综合评级。如果是气孔与框线相交，则与框线相切不计，相割计圆形缺陷的点数。

在评定区内有几种缺陷时，应将缺陷各自评级之和减掉缺陷种类之和，减去1为最终级别。

如：两种缺陷。将各自评级后，减去1级；

三种缺陷，减去2；

四种缺陷，减去3。

6 探伤报告及底片保存

6.0.1 管道探伤有100%探伤与抽查两种规定。若抽查则应抽查固定口，并且每个焊工都应抽查。因此，报告上都应注明焊口顺序号、焊工号。

6.0.2 探伤报告各单位形式不相同，但都应包括以下内容：

- (1) 被检管道情况；
- (2) 探伤条件；
- (3) 探伤要求；
- (4) 探伤结果。

在此推荐使用如表3的射线探伤报告首页格式。使用时，每一工程只需填写一份首页，当改变探伤条件时，再改变报告首页内容。

射线探伤报告（首页）

表 3

委托单位_____ 年____月____日 报告编号_____

工程名称		所用仪器		增感方式	
管道编号		L_1 (mm)		透照方式	
管道类别		L_2 (mm)		照相质量等级	级
管道规格				显影条件	℃/min
材 质		A (mm)		定影条件	℃/min
坡口形式		管电压 (kV)		执行标准	
焊接方法		管电流 (mA)		探伤比例	%
使用胶片		曝光时间 (min)		合格级别	