



射线检测

第四章 射线透照工艺



4.5 焊缝透照常规工艺

源创力无损检测培训中心
www.chndt.org.cn

4.5.1 透照工艺的分类和内容

□ 无损检测工艺文件：工艺规程、操作指导书（工艺卡）

□ 工艺规程：根据相关法规、技术标准、有关的技术文件，针对本单位的特点和技术条件编制的技术文件

- 3级人员编制、多文字形式

□ 操作指导书：根据工艺规程并结合检测对象的具体检测要求编制的技术文件

- 2级人员编制、3级人员审核、多图表形式
- 包括：适用范围、检测设备和器材、检测技术与工艺、暗室处理方法和条件要求、底片观察技术、底片质量要求、验收标准、操作指导书的验证要求等

产品编号	15T01			产品名称	塔式容器筒节				
产品规格	φ3200x2000x26mm			产品材质	Q345R	焊接方法	埋弧自动焊接		
执行标准	NB/T47013.2-2015			检测技术等级	AB	验收等级	II 级		
探伤机型号	RF300EG-B2F2.2 型定向 X 射线机			焦点尺寸	φ3x1mm	检测时机	焊接完成目视检查合格后		
胶片牌号	Agfa-D7			胶片规格	360x100mm	增感屏	Pb0.03mm		
像质计型号	FE 7-13			像质计灵敏度	10 号丝	底片黑度	$2.0 \leq D \leq 4.5$		
显影配方	Agfa-D7 型配方			显影时间	5min	显影温度	20℃		
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照方式	透照厚度 (mm)	焦距 F (mm)	透照次数	一次透照长度 (mm)	管电压 Kv 或源活度 Ci	曝光时间 (min)
A1	2000	100	源在外单壁透照	26	700	7	286	220	3 (5mA)
透照布置示意图									
技术要求及说明	1、射线源放置：射线束中心垂直指向透照中心； 2、散射线屏蔽：暗盒背面加铅板进行背散射防护； 3、像质计使用：像质计置于射线源侧，横跨并垂直于焊缝放置于透照长度的 1/4 处，细丝朝外； 4、检测范围包括焊缝金属及相对于焊缝边缘至少 5mm 的相邻母材区域； 5、操作人员防护用品穿戴齐全，佩戴个人剂量计并携带剂量报警仪； 6、初次使用的操作指导书应进行工艺验证，以验证底片质量是否能达到标准规定的要求。								
曝光参数计算	焦距 F=700mm 时，管电压 5mA，曝光时间 t=3min， 焦距 F=600mm 是，管电压 5mA，曝光时间 t=2.2min， 查图，T=26，t=2.2mm，对应的管电压为 220KV。								
不允许存在的缺陷	1、裂纹、未熔合、未焊透 2、圆形缺陷：在 10x20mm 的评定区内，点数超过 12 点； 3、条形缺陷：①单个缺陷长度超过 8.7mm，②在任意长度为 312mm 的评定区内，一组条形缺陷累计长度超过 26mm； 4、圆形缺陷评定区域内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时综合评级超过 II 级的缺陷。								
编制	XXX(RT-II)			审核	XXX(RT-III)		时间	2021-XX-XX	

4.5.1 透照工艺的分类和内容

□ 操作指导书（工艺卡）

□ 工件情况

- ◆ 产品名称、材质、壁厚、焊接方法、坡口形式、检测比例、执行标准、检测等级、验收等级等；

□ 透照条件参数

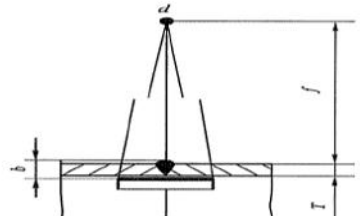
- ◆ 设备型号、焦点尺寸、透照方式、焦距、一次透照长度、管电压、曝光时间、胶片系统、像质计等

□ 注意事项和辅助措施

□ 散射线防护、滤板、双胶片技术

□ 示意图

□ 签署人员

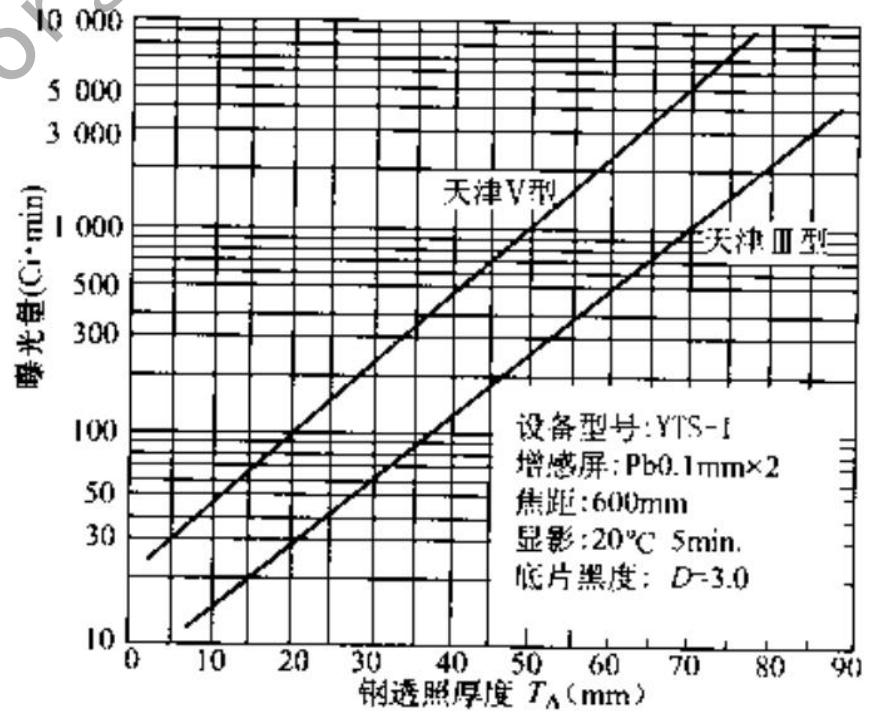
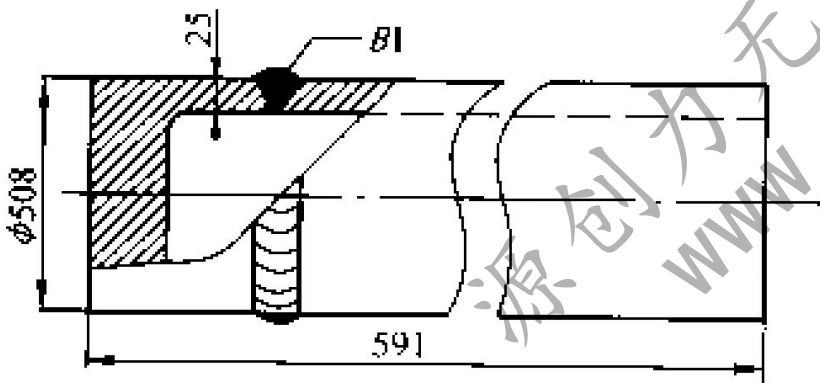
产品编号	15T01			产品名称	塔式容器筒节				
产品规格	φ3200x2000x26mm			产品材质	Q345R	焊接方法	埋弧自动焊接		
执行标准	NB/T47013.2-2015			检测技术等级	AB	验收等级	II 级		
探伤机型号	RF300EG-B2F2.2 型定向 X 射线机			焦点尺寸	φ3x1mm	检测时机	焊接完成目视检查合格后		
胶片牌号	Agfa-D7			胶片规格	360x100mm	增感屏	Pb0.03mm		
像质计型号	FE 7-13			像质计灵敏度	10 号丝	底片黑度	$2.0 \leq D \leq 4.5$		
显影配方	Agfa-D7 型配方			显影时间	5min	显影温度	20℃		
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照方式	透照厚度 (mm)	焦距 F (mm)	透照次数	一次透照长度 (mm)	管电压 Kv 或源活度 Ci	曝光时间 (min)
A1	2000	100	源在外单壁透照	26	700	7	286	220	3 (5mA)
透照布置示意图									
									
技术要求及说明	1、射线源放置：射线束中心垂直指向透照中心； 2、散射线屏蔽：暗盒背面加铅板进行背散射防护； 3、像质计使用：像质计置于射线源侧，横跨并垂直于焊缝放置于透照长度的 1/4 处，细丝朝外； 4、检测范围包括焊缝金属及相对于焊缝边缘至少 5mm 的相邻母材区域； 5、操作人员防护用品穿戴齐全，佩戴个人剂量计并携带剂量报警仪； 6、初次使用的操作指导书应进行工艺验证，以验证底片质量是否能达到标准规定的要求。								
曝光参数计算	焦距 F=700mm 时，管电压 5mA，曝光时间 t=3min， 焦距 F=600mm 是，管电压 5mA，曝光时间 t=2.2min， 查图，T=26，t=2.2mm，对应的管电压为 220KV。								
不允许存在的缺陷	1、裂纹、未熔合、未焊透 2、圆形缺陷：在 10x20mm 的评定区内，点数超过 12 点； 3、条形缺陷：①单个缺陷长度超过 8.7mm，②在任意长度为 312mm 的评定区内，一组条形缺陷累计长度超过 26mm； 4、圆形缺陷评定区域内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时综合评级超过 II 级的缺陷。								
编制	XXX(RT-II)			审核	XXX(RT-III)		时间	2021-XX-XX	

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

示例1

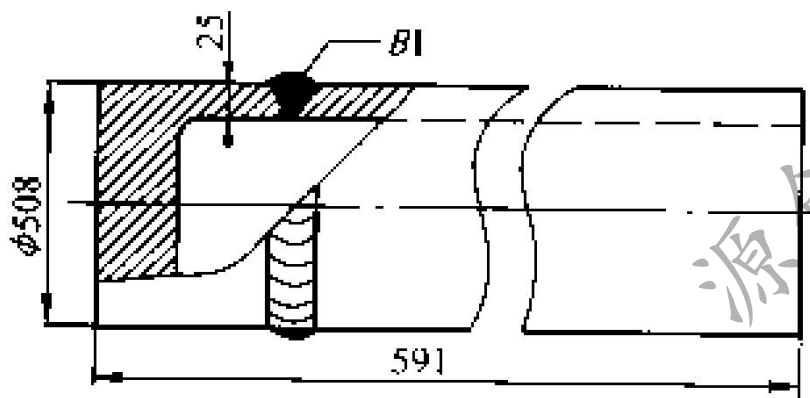
电站锅炉集箱，焊接结构图如图所示，设计压力 $P=4.3\text{Mpa}$ ，设计温度 $t=336^{\circ}\text{C}$ ，材料12Cr1MoV。焊接方法为氩弧焊封底，埋弧自动焊盖面，焊缝余高2mm，用Ir192射线机（源的初始强度 $I=50\text{Ci}$ ，已使用100天，焦点尺寸 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ ，曝光曲线如图）。

对B1焊缝进行射线检测，按NB/T47013标准编制《射线照相工艺卡》



4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

电站锅炉集箱，焊接结构图如图所示，设计压力 $P=4.3\text{Mpa}$ ，设计温度 $t=336^{\circ}\text{C}$ ，材料 12Cr1MoV 。焊接方法为氩弧焊封底，埋弧自动焊盖面，焊缝余高 2mm ，用 Ir192 射线机（源的初始强度 $I=50\text{Ci}$ ，已使用 100 天，焦点尺寸 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ ，曝光曲线如图）。对 $B1$ 焊缝进行射线检测，按 NB/T47013 标准编制《射线照相工艺卡》



第一步：确定透照方式

- ☐ 单壁透照
- ☐ 双壁透照
- ☒ 中心透照

验证焦距：

$$f \geq 10d \cdot b^{2/3}$$

$$f \geq 10 \times 3 \cdot 27^{\frac{2}{3}} = 270\text{mm}$$

$$\text{题中 } f = (508 - 25 \times 2) / 2 = 229$$

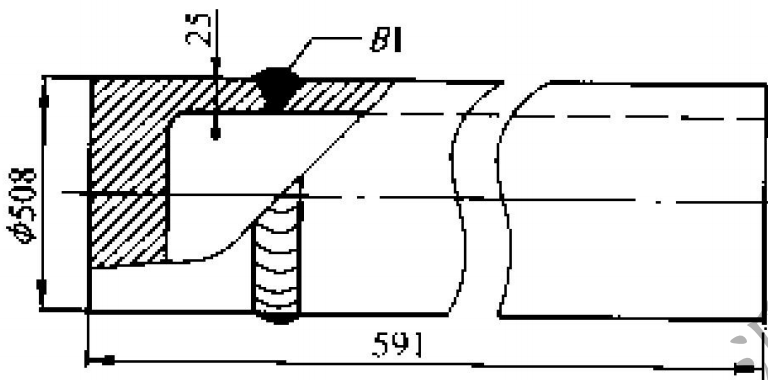
中心透照， f 允许减小50%，即最小可为135mm

满足中心透照要求。

✓ 中心透照

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

电站锅炉集箱，焊接结构图如图所示，设计压力P=4.3Mpa，设计温度t=336℃，材料12Cr1MoV。焊接方法为氩弧焊封底，埋弧自动焊盖面，焊缝余高2mm，用Ir192射线机（源的初始强度I=50Ci，已使用100天，焦点尺寸3mmx3mm，曝光曲线如图）。对B1焊缝进行射线检测，按NB/T47013标准编制《射线照相工艺卡》



产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		Φ 508x25		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机		
胶片牌号				胶片规格	360x80		增感屏		
像质计型号				像质计丝号			底片黑度		
显影液配方				显影时间			显影温度		
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照厚度 W(mm)	透照方式	焦距 F(mm)	一次透照长度 L3(mm)	底片张数 N(张)	源强度 (Ci)	曝光时间 (min)
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	

焊缝长度: $L_z = 508 \times 3.14 = 1595mm$

焦距: $F = 508/2 + 2 = 256mm$

底片张数: $N = 1595 \div (360 - 20) = 4.7 \approx 5张$

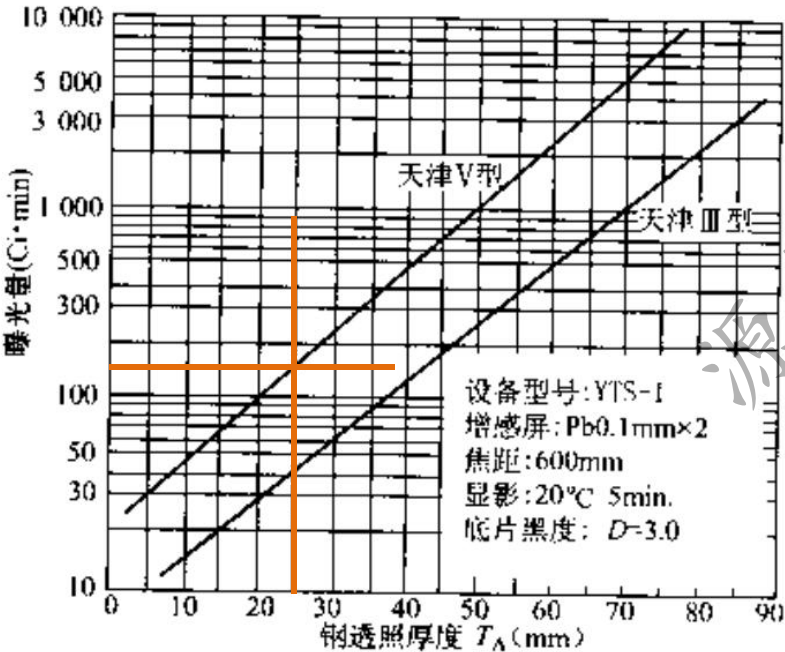
源强度: $A = 50 \times 1/2^{\frac{100}{74}} = 19.6 Ci$

- 焊缝长度、透照厚度、一次透照长度时不计余高，
- 焦距应加上胶片侧的余高。

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

胶片选择（标准5.4）：

- ❑ C5：A，AB级检测技术等级
- ❑ C4：
 1. B级检测技术等级，
 2. γ射线、高能X射线、
 3. 抗拉强度下限 $R_m \geq 540\text{Mpa}$



产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		Φ 508x25		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机		
胶片牌号				天津V		胶片规格	360mmx80mm	增感屏	0.1Pb（前、后）
像质计型号						像质计丝号		底片黑度	
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照厚度 W(mm)	透照方式	焦距 F(mm)	一次透照长度 L3(mm)	底片张数 N(张)	源强度 (Ci)	曝光时间 (min)
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	1.39

曝光时间: $\frac{150}{600^2} = \frac{19.6t}{256^2} \quad t = 1.39$

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

检测时机（标准5.1）：

- 1. 一般材料：焊接完成，外观检测合格后
- 2. 有延迟裂纹倾向的材料：焊后24小时

- 哪些材料具有延迟裂纹倾向：
- ◆ 抗拉强度 $R_m \geq 540\text{Mpa}$ 的低合金钢：
18MnMoNbR、13MnNiMoR、
07MnMoVR、07MnNiVDR
 - ◆ 耐热钢：
15CrMoR，14Cr1MoR，及12CrMo1R
 - ◆ 马氏体不锈钢：
12Cr13，20Cr13，40Cr13

产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		$\phi 508 \times 25$		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机	焊后24小时	
胶片牌号		天津V型		胶片规格	360x80		增感屏	0.1Pb（前、后）	
像质计型号				像质计丝号			底片黑度		
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照厚度 W(mm)	透照方式	焦距 F(mm)	一次透照长度 L3(mm)	底片张数 N(张)	源强度 (Ci)	曝光时间 (min)
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

像质计（标准5.16）：

- ❑ 单壁透照-源侧：表5、表6
 - ❑ 双壁双影-源侧：表7、表8
 - ❑ 双壁双影 双壁单影-片侧：表9，表10
- 确定像质计丝号时，透照厚度不计余高；
 - 单壁透照，如像质计无法置于源侧，允许置于片侧，但是应进行对比试验。

像质计 型号	1号	6号	10号	13号
线号	1 - 7	6 - 12	10 - 16	13 - 19

产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		Φ 508x25		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机	焊后24小时	
胶片牌号		天津V		胶片规格	360mmx80mm		增感屏	0.1Pb（前、后）	
像质计型号				10-FE-JB		像质计丝号		12（比对试验）	
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		底片黑度		
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照厚度 W(mm)	透照方式	焦距 F(mm)	一次透照长度 L3(mm)	底片张数 N(张)	源强度 (Ci)	曝光时间 (min)
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	1.39

表 5 线型像质计灵敏度值——单壁透照、像质计置于射线源侧

应识别丝号 丝径/mm	公称厚度 (T) 范围/mm		
	A 级	AB 级	B 级
19 (0.050)	—	—	≤1.5
18 (0.063)	—	≤1.2	> 1.5 ~ 2.5
17 (0.080)	≤1.2	> 1.2 ~ 2.0	> 2.5 ~ 4.0
16 (0.100)	≤1.2 ~ 2.0	> 2.0 ~ 3.5	> 4.0 ~ 6.0
15 (0.125)	> 2.0 ~ 3.5	> 3.5 ~ 5.0	> 6.0 ~ 8.0
14 (0.160)	> 3.5 ~ 5.0	> 5.0 ~ 7.0	> 8.0 ~ 12
13 (0.20)	> 5.0 ~ 7.0	> 7.0 ~ 10	> 12 ~ 20
12 (0.25)	> 7.0 ~ 10	> 10 ~ 15	> 20 ~ 30
11 (0.32)	> 10 ~ 15	> 15 ~ 25	> 30 ~ 35
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	—	—

注：管或支管外径 ≤ 120mm 时，管座角焊缝的像质计灵敏度值可降低一个等级。

$15 < T \leq 25$

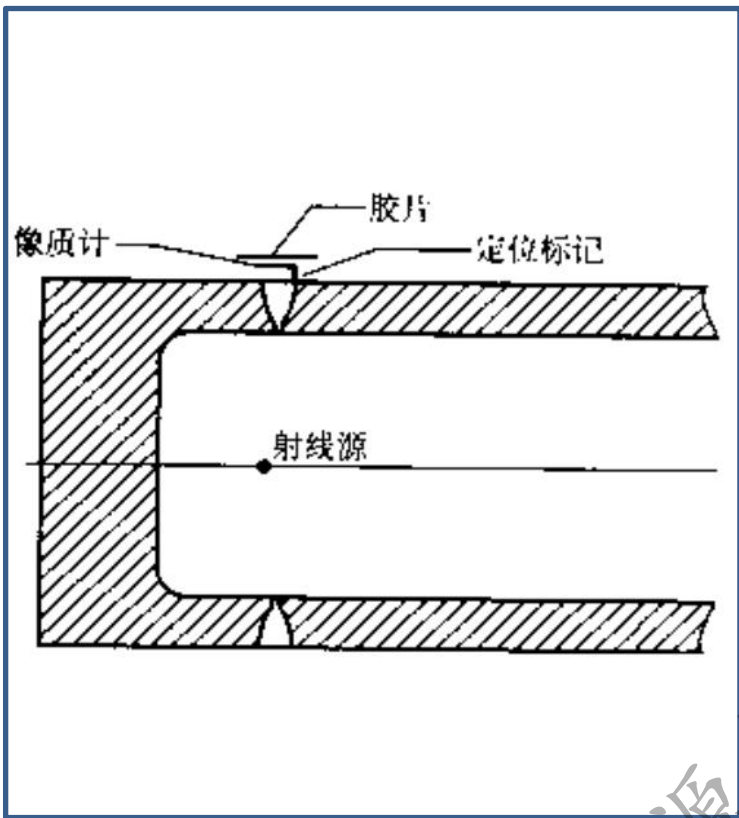
4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

底片黑度（标准5.16）：

- 一般情况：
 - A级： $1.5 \leq D \leq 4.5$
 - AB级： $2.0 \leq D \leq 4.5$
 - B级： $2.3 \leq D \leq 4.5$
- 双胶片技术：
 - $2.7 \leq D \leq 4.5$ （单片不低于1.3）
- 小径管或其他大厚度比工件，使用X射线透照时（ γ 射线透照不适用）：
 - AB级： $1.5 \leq D \leq 4.5$
 - B级： $2.0 \leq D \leq 4.5$

产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		$\phi 508 \times 25$		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机	焊后24小时	
胶片牌号		天津V		胶片规格	360mmx80mm		增感屏	0.1Pb（前、后）	
像质计型号		10-FE-JB		像质计丝号	12（比对试验）		底片黑度	2.0~4.5	
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照厚度 W(mm)	透照方式	焦距 F(mm)	一次透照长度 L3(mm)	底片张数 N(张)	源强度 (Ci)	曝光时间 (min)
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	1.39

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例



透照布置示意图

产品编号		G2000-1		产品名称	集箱		产品类别	锅炉部件	
规格		Φ 508x25		材料	12Cr1MoV		焊接方法	氩弧焊/埋弧自动焊	
执行标准		NB/T47013		照相等级	AB		验收等级	II	
探伤设备型号		YTS-1		焦点尺寸	3mmx3mm		检测时机	焊后24小时	
胶片牌号		天津V		胶片规格	360mmx80mm		增感屏	0.1Pb（前、后）	
像质计型号		10-FE-JB		像质计丝号	12（比对试验）		底片黑度	2.0~4.5	
显影液配方		天津V型配方		显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度（mm）	检测比例（%）	透照厚度W（mm）	透照方式	焦距F（mm）	一次透照长度L3（mm）	底片张数N（张）	源强度（Ci）	曝光时间（min）
B1	1595	100	25	中心透照	256	1595	5	19.6	1.39

透照布置示意图

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

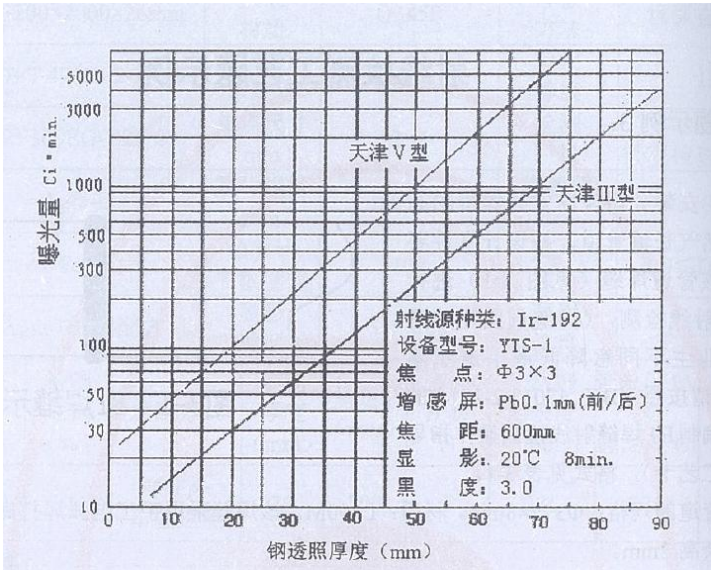
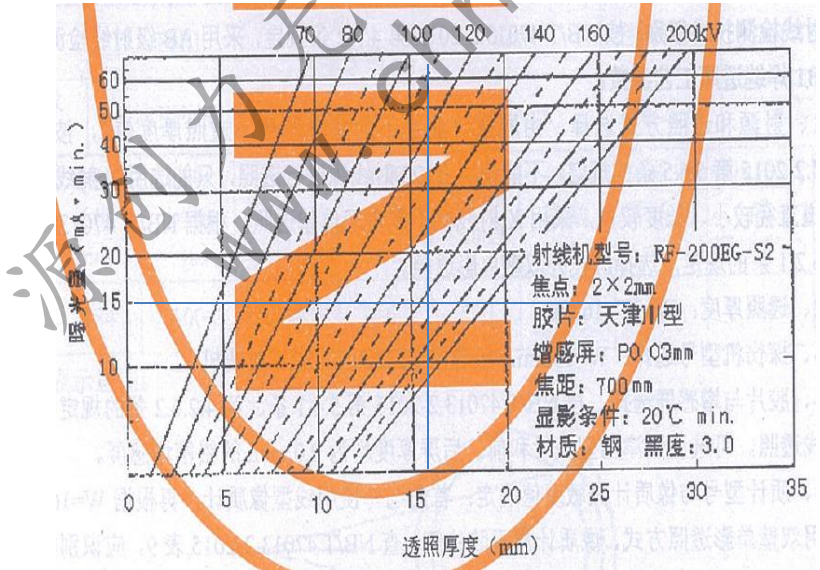
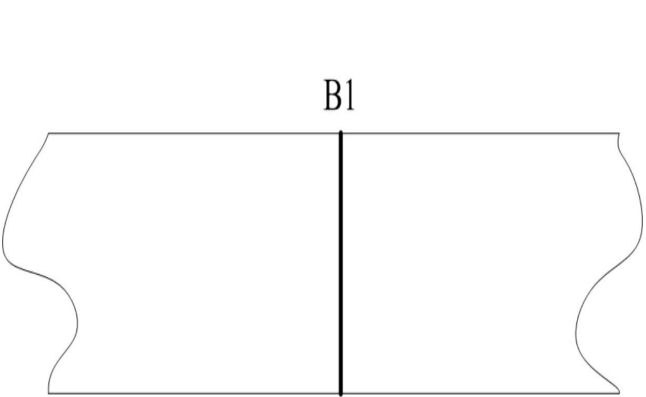
示例2

某安装公司现场安装焊接高压天然气长输管道（编号：P06-04），按设计文件要求对该管道B1焊缝进行100%射线检测，Ⅱ级合格，焊缝周围无障碍物，业主不同意降低最小透照厚度。

规格：Φ 377×8mm，材质：L290M（屈服强度290MPa，抗拉强度Rm415MPa），采用手工电弧焊，余高2mm。

现有下列检测设备和器材：RF-200EG.S2定向X射线机（焦点到机头窗口距离150mm），Ir-192γ射线探伤机（现有活度40Ci）；天津Ⅲ型、V型胶片（胶片规格：360×100mm，200×100mm）。(曝光曲线见图)。

请按照NB/T47013.2-2015的规定编制B1焊缝射线检测操作指导书（工艺卡）。



4.1.1 射线源和能量的选择

γ源射线源和1MeV以上X射线设备的透照厚度范围（标准：表4）

射线源	透照厚度 mm	
	A级、AB级	B级
Tm170	≤ 5	≤ 5
Yb169	≥ 1 - 15	≥ 2 - 12
Se75	≥ 10 - 40	≥ 14 - 40
Ir192	≥ 20 - 100	≥ 20 - 90
Co60	≥ 40 - 200	≥ 60 - 150
X射线 (1~4MeV)	≥ 30 - 200	≥ 50 - 180
X射线 (> 4~12MeV)	≥ 50	≥ 80

- 5.6.4 采用中心透照方式，允许γ射线最小透照厚度取表4下限值的1/2，
- 5.6.5 采用其他透照方式，经合同双方商定，A/AB级Ir192源的最小透照厚度可降至10mm。

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

检测时机（标准5.1）：

- 1. 一般材料：焊接完成，外观检测合格后
- 2. 有延迟裂纹倾向的材料：焊后24小时

➤ 哪些材料具有延迟裂纹倾向：

- ◆ 抗拉强度 $R_m \geq 540\text{Mpa}$ 的低合金钢：
18MnMoNbR、13MnNiMoR、07MnMoVR、
07MnNiVDR
- ◆ 耐热钢：
15CrMoR，14Cr1MoR，及12CrMo1R
- ◆ 马氏体不锈钢：
12Cr13，20Cr13，40Cr13

产品 编号				产品 名称					
产品 规格				产品 材质		焊接 方法			
执行 标准				检测技术 等级		验收 等级			
探伤机 型号				焦点 尺寸		检测 时机			
胶片 牌号				胶片 规格		增感屏			
像质计 型号				像质计灵 敏度		底片 黑度			
显影 配方				显影 时间		显影 温度			
焊缝 编号	焊缝 长度 (mm)	检测 比例 (%)	透照 方式	透照厚度 (mm)	焦距F (mm)	透照 次数	一次透 照长度 (mm)	管电压 Kv或源 活度Ci	曝光时间 (min)

2008-10-01 11:11。 (除几出线元出)。

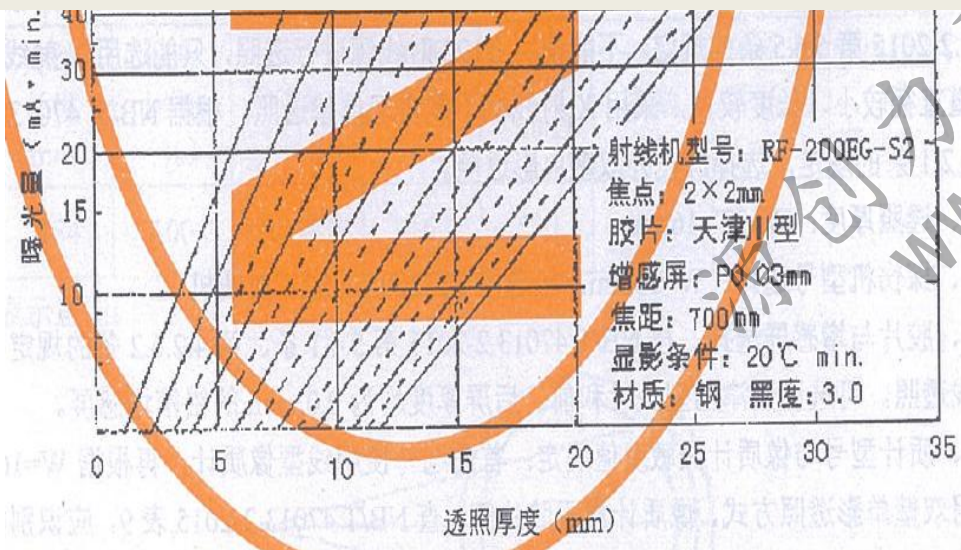
4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

胶片选择 (标准5.4) :

□ C5: A, AB级检测技术等级

□ C4:

1. B级检测技术等级,
2. γ 射线、高能X射线、
3. 抗拉强度下限 $R_m \geq 540\text{Mpa}$

[illegible]

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

表9 线型像质计灵敏度值——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
19 (0.050)			≤1.5
18 (0.063)	—	≤1.2	>1.5 ~ 2.5
17 (0.080)	≤1.2	>1.2 ~ 2.0	>2.5 ~ 4.0
16 (0.100)	>1.2 ~ 2.0	>2.0 ~ 3.5	>4.0 ~ 6.0
15 (0.125)	>2.0 ~ 3.5	>3.5 ~ 5.0	>6.0 ~ 12
14 (0.160)	>3.5 ~ 5.0	>5.0 ~ 10	>12 ~ 18
13 (0.20)	>5.0 ~ 10	>10 ~ 15	>18 ~ 30
12 (0.25)	>10 ~ 15	>15 ~ 22	>30 ~ 45
11 (0.32)	>15 ~ 22	>22 ~ 38	>45 ~ 55
10 (0.40)	>22 ~ 38	>38 ~ 48	>55 ~ 70
9 (0.50)	>38 ~ 48	>48 ~ 60	>70 ~ 100
8 (0.63)	>48 ~ 60	>60 ~ 85	>100 ~ 180
7 (0.80)	>60 ~ 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	—	—

[illegible]

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

底片黑度 (标准5.16) :

□ 一般情况:

A级: $1.5 \leq D \leq 4.5$

AB级: $2.0 \leq D \leq 4.5$

B级: $2.3 \leq D \leq 4.5$

□ 双胶片技术:

 $2.7 \leq D \leq 4.5$ (单片不低于1.3)

□ 小径管或其他大厚度比工件，使用X射线透照时（ γ 射线透照不适用）：

AB级: $1.5 \leq D \leq 4.5$

B级: $2.0 \leq D \leq 4.5$

200×100mm)。(曝光曲线见图)。

[illegible]

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例



产品 编号	P06-04			产品 名称	B1环缝				
产品 规格	φ377x8mm			产品 材质	L290M	焊接 方法	手工电弧焊		
执行 标准	NB/T47013.2-2015			检测技术 等级	AB	验收 等级	II级		
探伤机 型号	RF300EG-B2F2.2型 定向X射线机			焦点 尺寸	2x2mm	检测 时机	焊接完成 目视检查合格后		
胶片 牌号	天津III			胶片 规格		增感屏	Pb0.03mm		
像质计 型号	10-FE -JB			像质计灵 敏度	12号丝	底片 黑度	2.0≤D≤4.5		
显影 配方	天津III型配方			显影 时间	5min	显影 温度	20±2℃		
焊缝 编号	焊缝 长度 (mm)	检测 比例 (%)	透照 方式	透照厚度 (mm)	焦距F (mm)	透照 次数	一次透 照长度 (mm)	管电压 Kv或源 活度Ci	曝光时间 (min)
B1	1184	100	双壁 单影 透照	16	529				

$L_z = 377 \times 3.14 = 1184mm$ 验证焦距:

$F = 377 + 150 + 2 = 529mm$

$f \geq 10d \cdot b^{2/3}$

$f \geq 10 \times 2 \cdot (8 + 2)^{\frac{2}{3}} \approx 93mm$

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

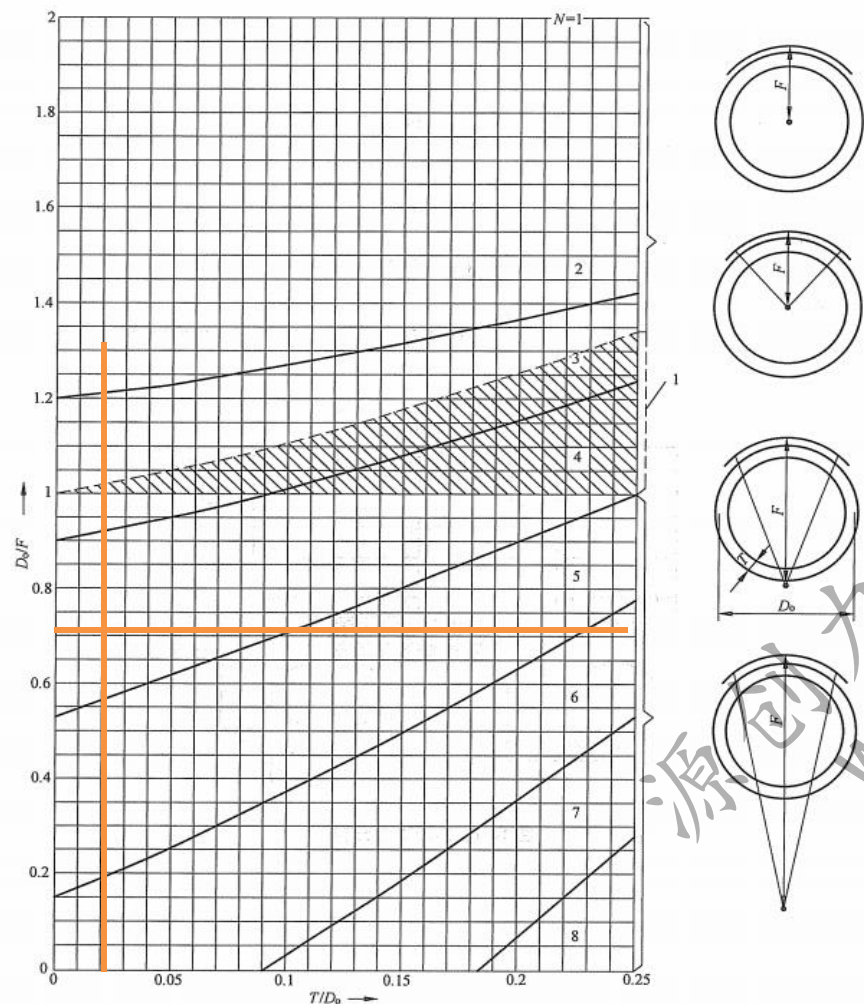


图 F.6 其他方式透照环向焊接接头，透照厚度比K=1.2时的透照次数

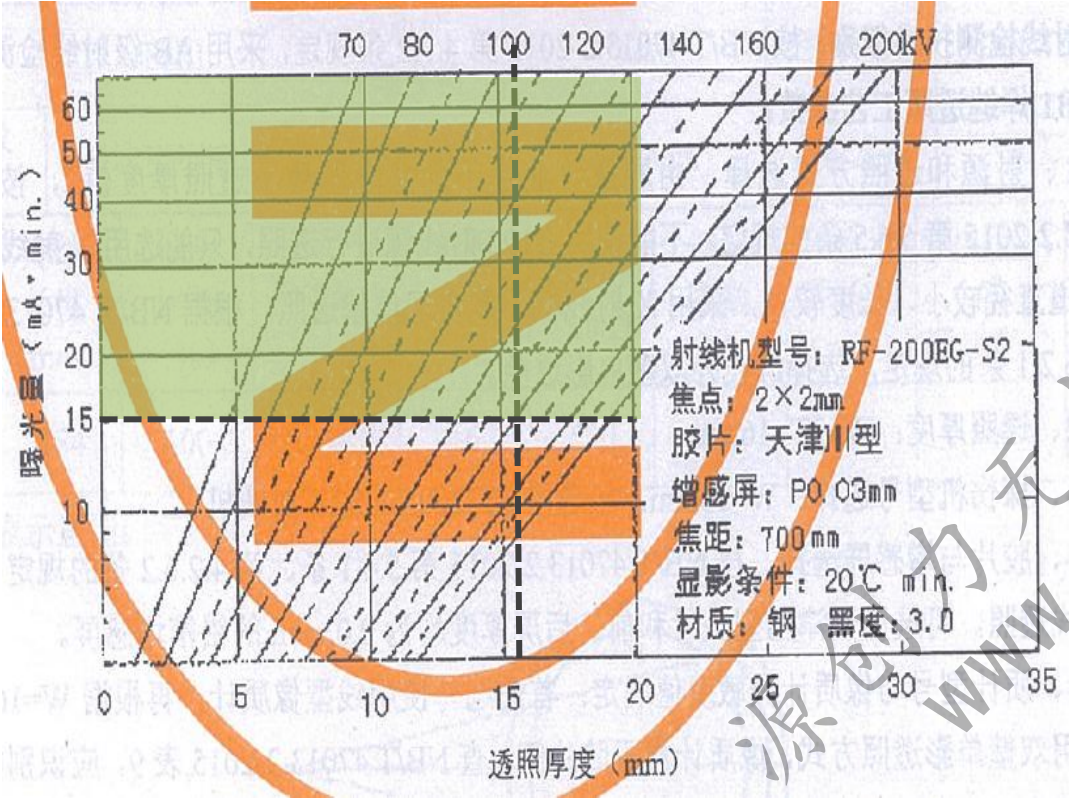
产品编号	P06-04			产品名称	B1环缝				
产品规格	φ377x8mm			产品材质	L290M		焊接方法	手工电弧焊	
执行标准	NB/T47013.2-2015			检测技术等级	AB		验收等级	Ⅱ级	
探伤机型号	RF300EG-B2F2.2型定向X射线机			焦点尺寸	2x2mm		检测时机	焊接完成 目视检查合格后	
胶片牌号	天津Ⅲ			胶片规格	360x100mm		增感屏	Pb0.03mm	
像质计型号	10-FE-JB			像质计灵敏度	12号丝		底片黑度	2.0≤D≤4.5	
显影配方	天津Ⅲ型配方			显影时间	5min		显影温度	20±2℃	
焊缝编号	焊缝长度 (mm)	检测比例 (%)	透照方式	透照厚度 (mm)	焦距F (mm)	透照次数	一次透照长度 (mm)	管电压 Kv或源活度Ci	曝光时间 (min)
B1	1184	100	双壁单影透照	16	529	4	296		

焊缝长度： $L_Z = 377 \times 3.14 = 1184mm$

$X = \frac{T}{D_0} = \frac{8}{377} = 0.02, Y = \frac{D_0}{F} = \frac{377}{529} = 0.71, N = 4$

$L_3 = \frac{L_Z}{N} = \frac{1184}{4} = 296mm$

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例



产品编号	P06-04			产品名称	B1环缝				
产品规格	φ377x8mm			产品材质	L290M	焊接方法	手工电弧焊		
执行标准	NB/T47013.2-2015			检测技术等级	AB	验收等级	II级		
探伤机型号	RF300EG-B2F2.2型定向X射线机			焦点尺寸	2x2mm	检测时机	焊接完成目视检查合格后		
胶片牌号	天津III			胶片规格	360x100mm	增感屏	Pb0.03mm		
像质计型号	10-FE -JB			像质计灵敏度	12号丝	底片黑度	2.0≤D≤4.5		
显影配方	天津III型配方			显影时间	5min	显影温度	20±2℃		
焊缝编号	焊缝长度(mm)	检测比例(%)	透照方式	透照厚度(mm)	焦距F(mm)	透照次数	一次透照长度(mm)	管电压Kv或源活度Ci	曝光时间(min)
B1	1184	100	双壁单影透照	16	529	4	296	160	1.7(5mA)

$$\frac{15}{700^2} = \frac{E}{529^2}$$

$$E \approx 8.6mA \cdot min, \quad t = \frac{8.6}{5} \approx 1.7min$$

4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

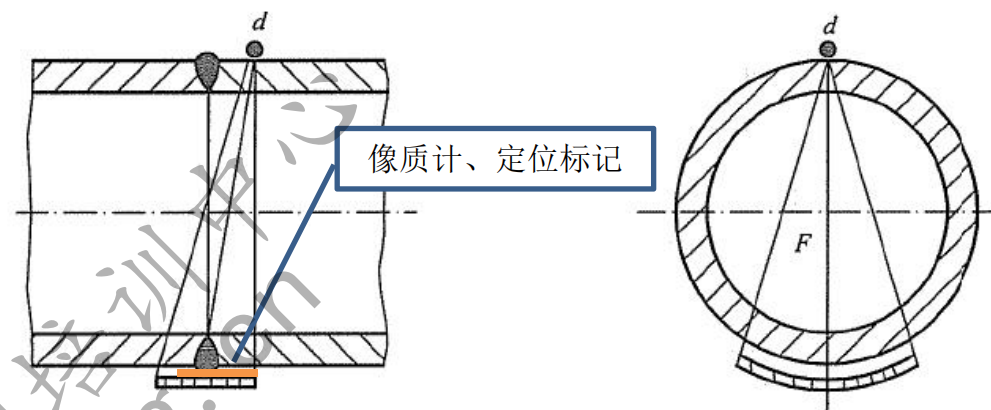
示例2

某安装公司现场安装焊接高压天然气长输管道（编号：P06-04），按设计文件要求对该管道B1焊缝进行100%射线检测，II级合格，焊缝周围无障碍物，业主不同意降低最小透照厚度。

规格： $\Phi 377 \times 8\text{mm}$ ，材质：L290M（屈服强度290MPa，抗拉强度 $R_m 415\text{MPa}$ ），采用手工电弧焊，余高2mm。

现有下列检测设备和器材：RF-200EG.S2定向X射线机（焦点到机头窗口距离150mm），Ir-192 γ 射张探伤机（现有活度40Ci）；天津III型、V型胶片（胶片规格：360 $\times$ 100mm，200 $\times$ 100mm）。（曝光曲线见图）。

请按照NB/T47013.2-2015的规定编制B1焊缝射线检测操作指导书（工艺卡）。



4.5.2 焊缝透照专用工艺卡示例

示例2

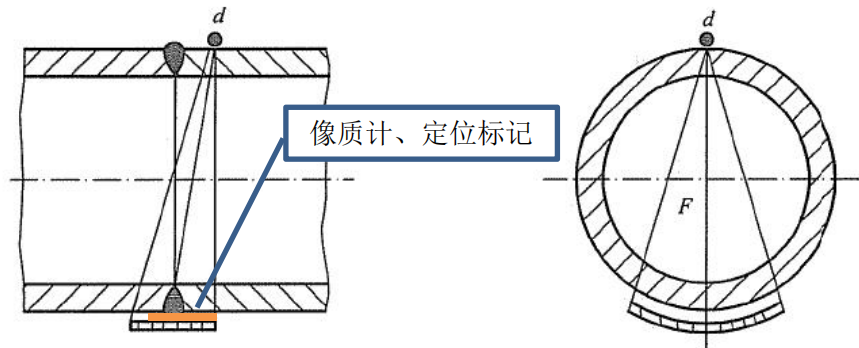
某安装公司现场安装焊接高压天然气长输管道（编号：P06-04），按设计文件要求对该管道B1焊缝进行100%射线检测，Ⅱ级合格，焊缝周围无障碍物，业主不同意降低最小透照厚度。

规格: $\Phi 377 \times 8 \text{mm}$, 材质: L290M (屈服强度 290MPa, 抗拉强度 $R_m 415 \text{MPa}$), 采用手工电弧焊, 余高 2mm。

现有下列检测设备和器材：RF-200EG.S2定向X射线机（焦点到机头窗口距离150mm），Ir-192 γ 射张探伤机（现有活度40Ci）；天津III型、V型胶片（胶片规格：360 $\times$ 100mm，200 $\times$ 100mm）。(曝光曲线见图)。

产品 编号	P06-04			产品 名称	B1环缝				
产品 规格	φ377x8mm			产品 材质	L290M		焊接 方法	手工电弧焊	
执行 标准	NB/T47013.2-2015			检测技术 等级	AB		验收 等级	II级	
探伤机 型号	RF300EG-B2F2.2型 定向X射线机			焦点 尺寸	2x2mm		检测 时机	焊接完成 目视检查合格后	
胶片 牌号	天津III			胶片 规格	360x100 mm		增感屏	Pb0.03mm	
像质计 型号	10-FE -JB			像质计灵 敏度	12号丝		底片 黑度	2.0≤D≤4.5	
显影 配方	天津III型配方			显影 时间	5min		显影 温度	20±2℃	
焊缝 编号	焊缝 长度 (mm)	检测 比例 (%)	透照 方式	透照厚度 (mm)	焦距F (mm)	透照 次数	一次透 照长度 (mm)	管电压 Kv或源 活度Ci	曝光时间 (min)
B1	1184	100	双壁 单影 透照	16	529	4	296	160	1.7 (5mA)

透照布置示意图





射线检测

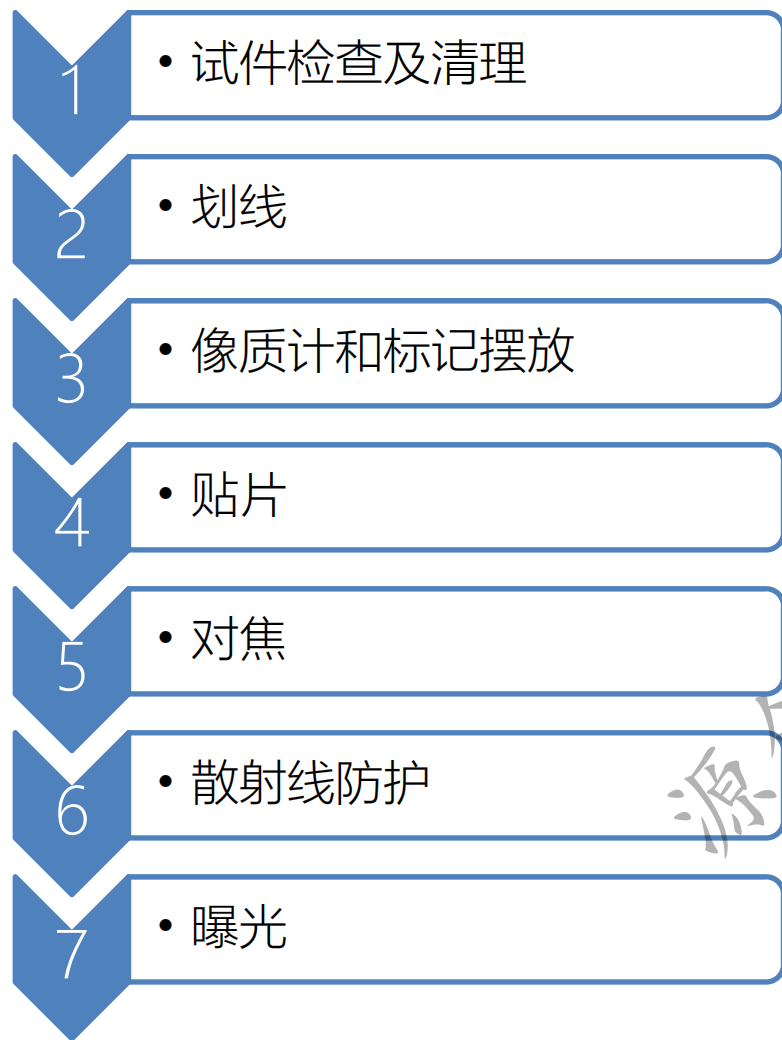
第四章 射线透照工艺



4.5 焊缝透照常规工艺

源创力无损检测培训中心
www.chndt.org.cn

4.5.3 焊缝透照的基本操作



像质计摆放 (2.4.3 像质计) :

- ❑ 摆放位置在灵敏度较低的部位, 如: 离胶片远的工件表面、透照厚度大的部位;
 - ❑ 焊缝单壁透照, 放在源侧, 透照区一侧 (1/4), 并横贯焊缝且与焊缝垂直, 直径小的 (丝号大的) 向外; 中心透照时, 每隔120°放置一个; 单壁透照中若无法放置于源侧, 像质计允许置于片侧, 但需要做对比试验。
- ❑ 双壁单影透照规定像质计放置在胶片侧; 双壁双影透照像质计可放置在源侧, 也可放置在胶片侧。

标记摆放 (4.2.2 一次透照长度的计算) :

- ❑ 各种标记的摆放应距离焊缝边缘至少5mm;
- ❑ 搭接标记: 双壁单影或源在内 $F > r$ 的透照方式, 应放在胶片侧; 其余透照方式应放在射线源侧 (中心透照可置于源侧也可置于胶片侧)