

电力技术标准汇编

火电部分第7册

焊 接

国家经济贸易委员会电力司 主编
中国电力企业联合会标准化中心 汇编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力技术标准汇编

火电部分第 7 册

焊 接

国家经济贸易委员会电力司 主编
中国电力企业联合会标准化中心 汇编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为了适应电力企业安全文明生产和创一流工作,加强电力行业技术标准管理,促进电力技术标准的全面实施,提高电力生产的安全运行和经济运行,以满足各级电力企业人员对成套标准的需求,国家经贸委电力司和中国电力企业联合会标准化中心组织编制了《电力技术标准汇编》,分综合部分(2册)、火电部分(10册)、水电水利与新能源部分(13册)、电气部分(15册)共四部分40册,主要收集了截至2002年6月底国家和部委颁布的国家标准、行业标准等约1400个标准、规定和规程,共约5000万字。

本书为《电力技术标准汇编》(火电部分 第7册 焊接),主要内容是:钢熔化焊角缝射线照相方法和质量分级、电站钢结构焊接通用技术条件、焊工技术考核规程、火力发电厂异种钢焊接技术规程、铝母线焊接技术规程、火力发电厂焊接热处理技术规程、电力建设施工及验收技术规范(火力发电厂焊接篇)、钛材管板焊接技术规程等14个标准。

本书可作为全国各网省电力公司、供电企业、火力发电厂、水力发电厂电力试验研究院、电力调度中心、电力设计院和有关电力施工企业从事500kV及以下电力设计、施工、验收、试验、运行、维护、检修、安全、调度、通信、用电、计量和管理等方面的工人、技术人员、领导干部和科技管理人员的必备标准工具书,也可作为电力工程相关专业人员和师生的参考工具书。

电力技术标准汇编

火 电 部 分

第 7 册

焊 接

国家经济贸易委员会电力司 主编

中国电力企业联合会标准化中心 汇编

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

北京通天印刷厂印刷

*

2002年12月第一版 2002年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.25印张 458千字

印数 0001—2000册

*

书号 155083·659 定价 60.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

标准化是人类社会化大生产的经验总结，是经济发展和社会进步的重要标志之一。随着我国加入世界贸易组织和经济结构战略性调整的进一步深入，我国社会主义市场经济进入了一个新的发展时期。在这个时期，标准化工作的重要性和迫切性更加凸现。技术标准在提高生产力水平和企业管理水平、推动技术进步、调整产业结构、提高产品质量、提高经济效益和生产效率、促进市场贸易、规范行为、保护环境、保障安全等方面发挥着不可替代的作用。

为适应新的形势，推动电力技术标准的实施，促进电力标准成果向生产力的转化，更好地为电力建设、生产和运行服务，根据《电力行业标准化管理办法》（国家经贸委令第10号）的规定，经与有关方面共同研究，我司组织中国电力企业联合会、中国电力出版社共同编辑出版了《电力技术标准汇编》。

经有关单位和各标委会专家精心遴选和审查，《电力技术标准汇编》共收入2002年6月底以前发布的现行有效的电力国家标准、行业标准及其他相关技术标准1346项，编辑成四大部分共40册，其中综合部分2册，火电部分10册，水电水利与新能源部分13册，电气部分15册。此套《电力技术标准汇编》是目前比较完整和系统的电力技术标准工具书。

此次《电力技术标准汇编》的编辑和出版工作，得到了中国电力企业联合会、中国电力出版社的大力支持，国家电力公司、中国电力工程顾问有限公司、中国水电工程顾问有限公司、中国水利水电工程总公司、国家电力调度通信中心、中国电力信息中心以及有关电力科研院所、全国标准化技术委员会、电力行业各专业标准化技术委员会给予了大力协助，在此一并表示感谢。

国家经济贸易委员会电力司

二〇〇二年七月

综合部分	第1册 总目录
	第2册 通用与基础（上下）
火电部分	第1册 火电通用与基础
	第2册 锅炉及辅机
	第3册 汽轮机及辅机
	第4册 热工自动化
	第5册 电厂化学（上中下）
	第6册 金属及管道
	第7册 焊接
	第8册 电站阀门与燃煤机械
	第9册 环境保护
	第10册 勘测设计（上中下）
水电水利与新能源部分	第1册 水电通用与基础
	第2册 勘测（上下）
	第3册 规划
	第4册 水工
	第5册 材料与试验
	第6册 施工组织设计
	第7册 施工
	第8册 金属结构
	第9册 机电设计
	第10册 机电安装与试验
	第11册 机电设备与运行检修
	第12册 大坝安全与环保
	第13册 风电
电气部分	第1册 电气通用与基础
	第2册 电力系统与变电所
	第3册 电机
	第4册 变压器（含电抗器、互感器）
	第5册 高压开关设备
	第6册 高压电气试验
	第7册 电力线路与电力金具
	第8册 带电作业与工器具
	第9册 电力电缆
	第10册 电网控制与调度自动化（上下）
	第11册 电力电容器及避雷器
	第12册 继电保护与自动装置
	第13册 电测仪表
	第14册 电气工程施工与安装
	第15册 农村电气化

目 录

前言

1	DL/ T 541—1994	钢熔化焊角焊缝射线照相方法和质量分级	1
2	DL/ T 542—1994	钢熔化焊 T 形接头角焊缝超声波检验方法和质量分级	13
3	DL/ T 678—1999	电站钢结构焊接通用技术条件	29
4	DL/ T 679—1999	焊工技术考核规程	55
5	DL/ T 734—2000	火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则	89
6	DL/ T 752—2001	火力发电厂异种钢焊接技术规程	105
7	DL/ T 753—2001	汽轮机铸钢件补焊技术导则	119
8	DL/ T 754—2001	铝母线焊接技术规程	129
9	DL/ T 819—2002	火力发电厂焊接热处理技术规程	147
10	DL/ T 820—2002	管道焊接接头超声波检验技术规程	161
11	DL/ T 821—2002	钢制承压管道对接焊接接头射线检验技术规程	193
12	DL 5007—1992	电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）	211
13	SD 339—1989	钛材管板焊接技术规程	247
14	SD 340—1989	火力发电厂锅炉、压力容器焊接工艺评定规程	257

1

DL/T 541-1994

钢熔化焊角焊缝射线照相方法和质量分级

目 次

1	主题内容与适用范围	3
2	引用标准	3
3	检验等级与像质要求	3
4	无损检测人员	4
5	检测设备	4
6	工业射线胶片和增感屏	4
7	像质计	5
8	表面状态	7
9	补偿块	7
10	透照工艺	8
11	底片的观察	10
12	焊缝质量分级	11
13	射线照相检验报告及底片存档	12
14	射线照相防护	12

中华人民共和国电力行业标准

钢熔化焊角焊缝射线照相 方法和质量分级

DL/T 541—1994

Methods of Radiographic Testing and Classification of
Measuring Results for Fillet Fusion Welded in Steel

1 主题内容与适用范围

本标准适用于电力机械、水电设备及水电建筑物钢结构中 T 形接头角焊缝和搭接接头角焊缝的射线照相及质量评定。其他类似结构的角焊缝也可以参照采用。

本标准适用于透照厚度（指在一定透照角度下，中心射线束贯穿被检部位的厚度）为 6~120mm 的钢熔化焊 T 形接头角焊缝、搭接接头角焊缝的 X 射线和 γ 射线照相方法和焊缝的质量分级。

2 引用标准

GB3323 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB3375 焊接名词术语

GB5618 线型像质计

GB4792 放射卫生防护基本标准

ZBY201 工业 X 射线探伤机通用技术条件

ZBY202 便携式工业 X 射线探伤机技术条件

3 检验等级与像质要求

3.1 检验等级及其适用范围

3.1.1 检验等级

本标准规定了 A（普通级）、B（中级）、C（高级）三种检验等级。

3.1.2 检验等级的适用范围

3.1.2.1 A 级检验适用于承受静载荷的焊接钢结构件。

3.1.2.2 B 级检验适用于承受动载荷或对焊缝强度要求较高的焊接钢结构件。

3.1.2.3 C 级检验适用于承受交变载荷或工况条件恶劣、因破坏能引起重大灾害事故的焊接钢结构件。

3.2 像质要求

3.2.1 像质分级

按底片的影像质量，射线照相的像质分为普通级、较高级和高级。选用高级像质时，角焊缝表面应打磨光滑并圆滑过渡。

3.2.2 像质级的适用范围

3.2.2.1 普通像质级适用于 A 级检验。

3.2.2.2 较高像质级适用于 B 级和 C 级检验。

3.2.2.3 高像质级只适用于有特殊要求的 C 级检验。

检验等级、像质要求等的选择

检验等级、像质要求、照相范围以及抽检时部位选取方法、焊缝质量的验收等级等应按有关的标准和规范进行选择，特殊情况下可以由设计、制造和使用单位根据产品的使用情况进行选择。

4 无损检测人员

4.1 从事焊缝射线照相的检验人员，必须持有国家有关部门颁发的与其工作相适应的技术资格证书。

4.2 评片人员的视力应每年检查一次，矫正视力不得低于 5.0，并要求距离 400mm 能读出高为 0.5mm、间隔为 0.5mm 的一组印刷体字母。

5 检测设备

5.1 低能 X 射线探伤设备的性能应达到 ZBY201、ZBY202 标准的要求。

5.2 γ 射线和高能 X 射线的探伤设备的性能应满足安全使用要求和有关规定。

5.3 γ 射线和 1MeV 以上 X 射线透照厚度范围见表 1。

表 1 γ 射线和 1MeV 以上 X 射线透照厚度范围 mm

穿 透 厚 度				
检验等级		A 级	B 级	C 级
射线源	X 射线 1~2MeV	30~120	30~120	40~120
	X 射线 >2MeV	>30	>40	>40
	Ir 192	10~100	20~90	30~80
	Co 60	40~120	50~120	60~120

6 工业射线胶片和增感屏

6.1 胶片

胶片按银盐颗粒度由小到大的顺序分为 J1、J2、J3 三种，见表 2。可按像质级别由高而低的顺序选用。

表 2 胶片的类型

胶片类型	感光度	反差	粒 度	像质级别
J1	低	高	细	高 级
J2	中	中	中	较高级
J3	高	低	粗	普通级

6.2 增感屏

射线照相采用金属增感屏或不用增感屏。金属增感屏的选用见表 3。在个别情况下，可使用荧光增感屏或金属荧光增感屏，但只限于 A 级。

表 3 增 感 屏 的 选 用 mm

射 线 种 类	增 感 屏 材 料	前 屏 厚 度	后 屏 厚 度
<120kV	铅 箔	—	≥0.10
120~250kV	铅 箔	0.025~0.10	≥0.10
250~400kV	铅 箔	0.05~0.10	≥0.10
1~3MeV	铅 箔	1.00~1.60	1.00~1.60
3~8MeV	铜箔、铅箔	1.00~1.60	1.00~1.60
8~35MeV	钨箔、钨箔、铅箔	1.00~1.60	1.00~1.60
Ir192	铅 箔	0.05~0.16	≥0.16
Co60	铜箔、铁箔	0.50~2.00	0.25~1.00

注：① 钨箔或钨箔增感屏所获得的探伤灵敏度比铅箔高。
② 使用铜箔或铁箔能获得最佳探伤灵敏度。

6.3 胶片和增感屏的放置

胶片和增感屏在透照过程中应始终相互紧贴。

7 像质计

7.1 线型像质计

7.1.1 线型像质计的型号和规格应符合 GB5618 的规定。
7.1.2 根据角焊缝的透照厚度和检验等级所要求达到的像质指数，选用 GB5618 规定的 R10 系列线型像质计，见表 4。

表 4 线 型 像 质 计 的 选 用

像质指数	线 直 径 mm	透 照 厚 度 mm		
		普通像质级	较高像质级	高像质级
16	0.100	—	—	≤6
15	0.125	—	≤6	>6~8
14	0.160	≤6	>6~8	>6~10
13	0.200	>6~8	>8~12	>10~16
12	0.250	>8~10	>12~16	>16~25
11	0.320	>10~16	>16~20	>25~32
10	0.400	>16~25	>20~25	>32~40
9	0.500	>25~32	>25~32	>40~50
8	0.630	>32~40	>32~50	>50~80
7	0.800	>40~60	>50~80	>80~150
6	1.000	>60~80	>80~120	—
5	1.250	>80~150	—	—

7.2 槽式像质计

7.2.1 槽式像质计主要用于缺陷测深的比较，其外形尺寸见图 1。
7.2.2 槽式像质计应采用轧制钢制成。

7.3 像质计的放置

角焊缝透照时，射线源、像质计、胶片的相对位置见图 2，像质计应放在射线源一侧的工件表面上。采用上表面补偿透照法时，像质计应平放在补偿块上，见图 2 (a)、(b)、(c)。采用下表面补偿透照法时，像质计应倾斜放在焊缝上，见图 2 (d)。

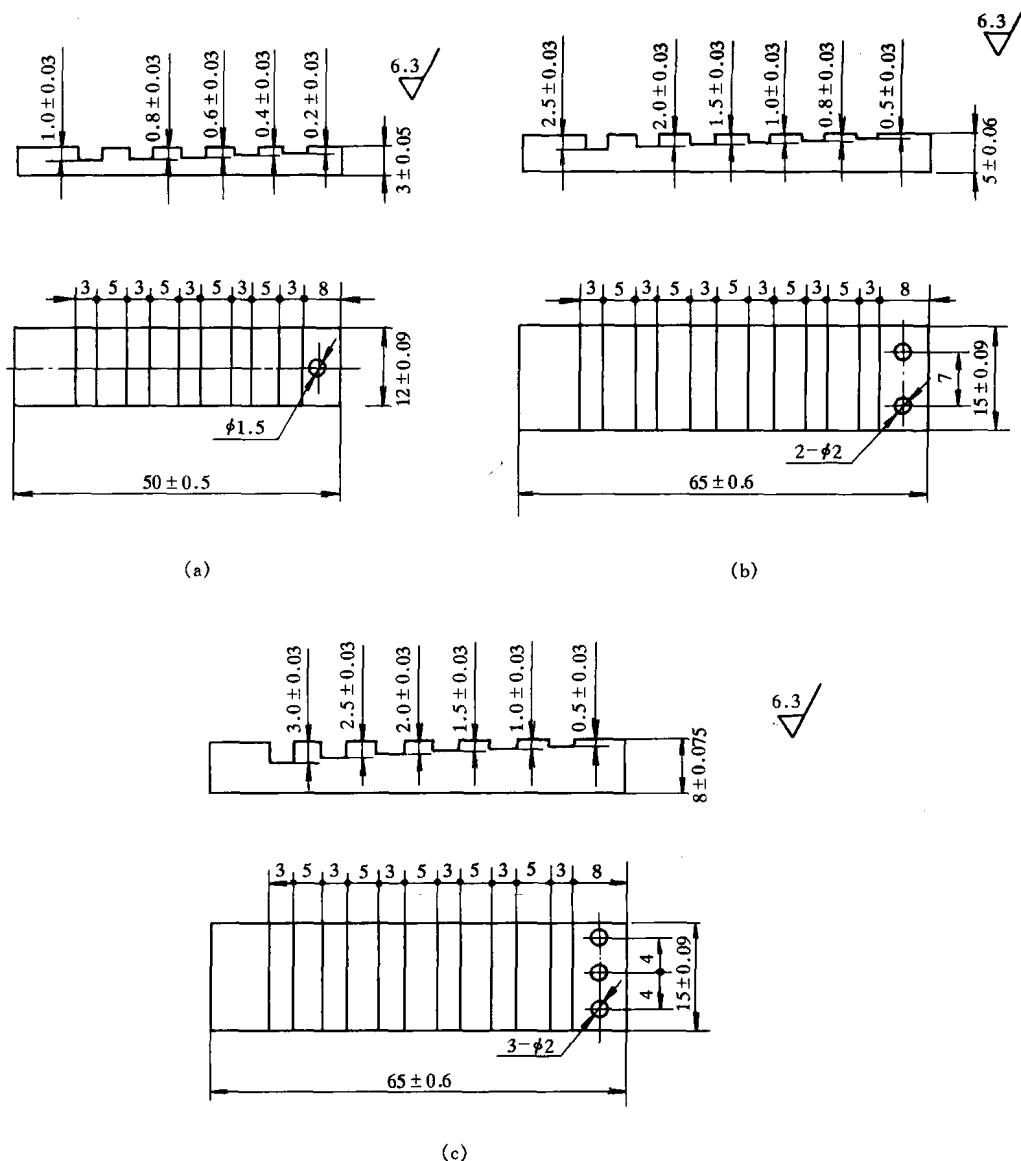


图1 槽式像质计外形尺寸

7.3.1 线型像质计的放置

7.3.1.1 线型像质计中间一根金属丝，应位于一次透照长度端部的 1/4 部位，细丝向外，横跨焊道，并与焊道垂直。

7.3.1.2 当射线源一侧无法放置线型像质计时，像质计也可放在胶片一侧的工件表面上，但应通过对比试验，使实际像质指数达到规定的要求。像质计放在胶片一侧的工件表面上时，像质计应附加“F”标记，以示区别。

7.3.2 槽式像质计的放置

槽式像质计应放在射线源一侧透照区中心部位的补偿块或母材表面上。像质计的沟槽垂直于焊道，槽口面向射线源，距焊缝边缘约 3mm~5mm，以保证槽式像质计的影像不与焊缝的影像重叠，影响底片评定。

8 表面状态

焊缝的表面应规则，被射线贯穿的翼板的表面应平整光滑，若表面的不规则状态有可能与内部缺陷相混淆或掩盖内部缺陷时，应作适当的修整。

9 补偿块

- 9.1 补偿块的材料应与被补偿材料相同或相近。
- 9.2 补偿块的长度应比一次透照长度长 20mm 以上。
- 9.3 补偿块的宽度应不小于 40mm。
- 9.4 补偿块的厚度。
 - 9.4.1 无斜楔补偿块的厚度为角焊缝焊脚尺寸的 0.5~0.7 倍。
 - 9.4.2 上表面用有斜楔补偿块的厚度与角焊缝焊脚尺寸相等。
 - 9.4.3 下表面用有斜楔补偿块的厚度应根据透照要求制做，也可以制做成三角形补偿块。
- 9.5 有斜楔补偿块的斜率应与被检焊缝表面相吻合。
- 9.6 补偿块的表面粗糙度均不大于 $12.5\mu\text{m}$ 。
- 9.7 补偿块的放置。
 - 9.7.1 无斜楔补偿块应与焊道平行放置，距翼板或下搭接板焊趾应有一定的距离，其大小应使补偿块上边缘的影像距焊趾影像 2~4mm。无斜楔补偿块放置示意图见图 3 (b)、图 4 (b)。
 - 9.7.2 有斜楔补偿块应与焊缝表面紧贴放置或与翼板和下搭接板表面紧贴放置，并与焊道平行。有斜楔补偿块放置示意图见图 3 (c)、(d) 和图 4 (c)。

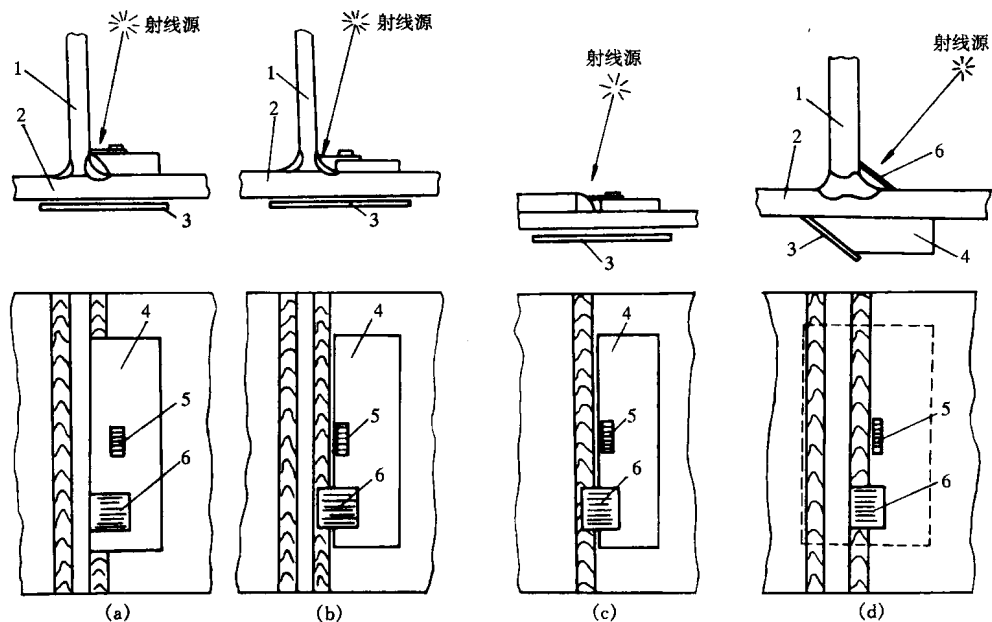


图 2 像质计放置位置示意图

1—腹板；2—翼板；3—胶片；4—补偿块；5—槽式像质计；6—线型像质计

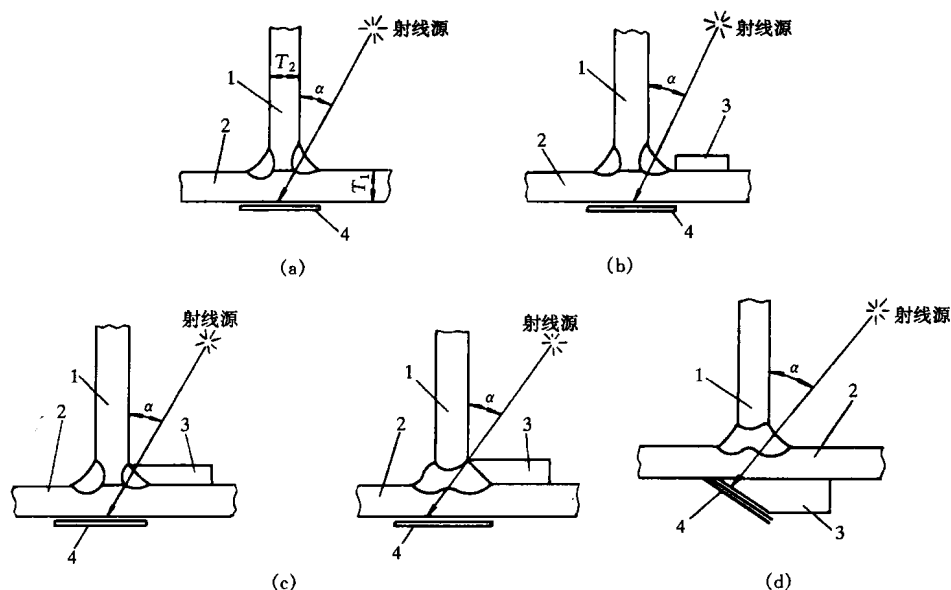


图3 T形接头角焊缝透照示意图

- (a) 不使用补偿块；(b) 在工件上表面偏置无斜楔的补偿块；
(c) 在工件上表面放置有斜楔的补偿块；(d) 在工件下表面与胶片间放置有斜楔的补偿块
1—腹板；2—翼板；3—补偿块；4—胶片

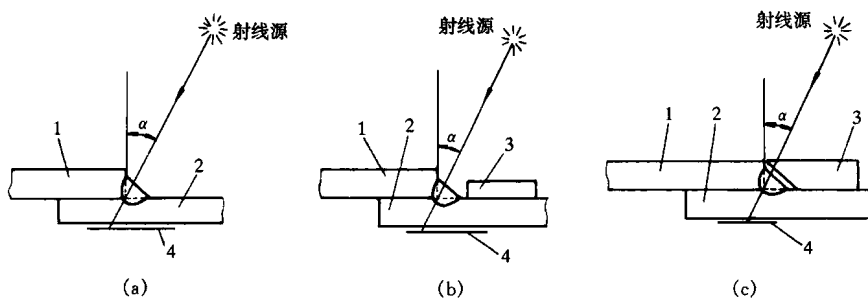


图4 搭接接头角焊缝透照示意图

- (a) 不使用补偿块；(b) 在工件上表面放置无斜楔的补偿块；(c) 在工件上表面放置有斜楔的补偿块
1—上搭接板；2—下搭接板；3—补偿块；4—胶片

10 透照工艺

10.1 透照方式

T形接头角焊缝的透照方式如图3所示，搭接接头角焊缝透照方式推荐采用图4(b)、(c)两种方式。

10.2 透照角度

10.2.1 T形接头角焊缝的透照角度 α (中心射线束与腹板面的夹角) 一般为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 。T形接头中的K形坡口、V形坡口和U形坡口等熔透型角焊缝的透照角度，一般为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。具体角度要根据试件几何尺寸和形状、透照厚度差、欲检测的缺陷种类、透照技术条件等进行综合考虑决定。

10.2.2 搭接接头角焊缝的透照角度 α (中心射线束与搭接板侧面的夹角) 一般为 $0^\circ \sim 30^\circ$, 具体角度要根据工件状况、欲检测的缺陷种类、透照技术条件等综合考虑决定。

10.3 几何条件

10.3.1 射线照相采用分段曝光时, 每次曝光所检验焊缝长度的底片有效评定区的黑度应符合 10.10.1 的规定。

10.3.2 角焊缝沿焊缝长度方向的纵向透照厚度比 K 值一般不大于 1.1。

10.3.3 焦点至像质计之间的距离 L_1 和像质计与胶片之间的距离 L_2 应符合以下规定。

$$\text{A 级} \quad L_1 \geq 7.5 L_2^{2/3} d$$

$$\text{B 级} \quad L_1 \geq 10 L_2^{2/3} d$$

$$\text{C 级} \quad L_1 \geq 15 L_2^{2/3} d$$

式中: d ——射线源有效焦点尺寸, mm。

10.3.4 焦点和像质计之间的距离与透照区有效长度 L_3 之间的关系, 也应符合以下规定。

$$\text{A、B 级} \quad L_1 \geq 2L_3$$

$$\text{C 级} \quad L_1 \geq 3L_3$$

10.4 胶片感光特性曲线

根据实际工作的需要应有满足要求的胶片感光特性曲线。

10.5 曝光曲线

应根据设备、胶片和增感屏按实际条件制做或选用合适的曝光曲线, 并以此选择曝光参数。管电压的选择应综合考虑曝光量 (以不低于 $15\text{mA} \cdot \text{min}$ 为宜) 和与透照厚度差相对应的底片黑度差。

10.6 透照厚度的计算

10.6.1 T 形接头中 I 形坡口角焊缝与搭接接头的填角焊缝的透照厚度计算。

a. 无补偿块的直接透照方式见图 3 (a) 和图 4 (a), 透照厚度计算方法如下:

$$T = (T_1 + 0.5 \sim 0.7K) / \cos \alpha$$

式中: T_1 ——T 形接头翼板厚度或搭接接头的下搭接板厚度, mm;

K ——焊脚尺寸或有效焊缝厚度, mm;

α ——射线透照角度。

b. 有补偿块的透照方式, 见图 3 (b)、(c), 图 4 (b)、(c), 透照厚度计算方法如下:

$$T = (T_1 + T_3) / \cos \alpha$$

式中: T_3 ——补偿块厚度, mm。

10.6.2 T 形接头中 K 形坡口、V 形坡口或 U 形坡口等熔透型角焊缝的透照厚度计算。

a. 当射线透照角度为 30° 时, 见图 5 (a)。

$$T = 1.1 (T_1 + T_2)$$

式中: T_2 ——腹板厚度, mm。

b. 当射线透照角度为 45° 时, 见图 5 (b)。

$$T = 1.4 (T_1 + T_2)$$

10.7 无用射线和散射线的屏蔽

10.7.1 为减少散射线的有害影响, 应采用适当的屏蔽措施。

10.7.2 为检查背散射, 应在暗盒背面贴附一个“B”的铅质符号 (B 字的高度为 13mm,

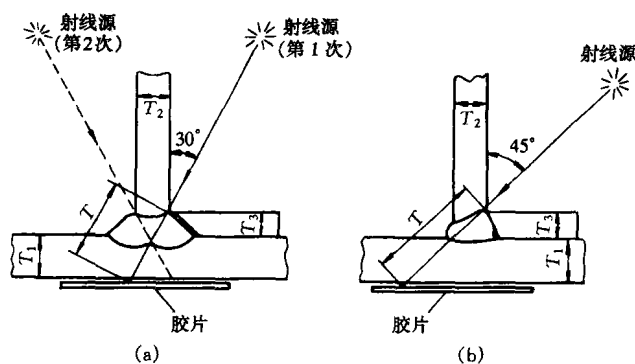


图5 T形接头K形或V形坡口角焊缝的透照厚度
(a) 照射角度 30°; (b) 照射角度 45°

厚度为 1.6mm)。若底片上出现较淡的 B 的影像, 则说明背散射防护不够, 此底片视为不合格, 应改善屏蔽条件后重照。

10.8 定位标记和识别标记

10.8.1 定位标记

表明焊缝透照部位的铅质定位标记包括中心标记 (—↑—)、搭接标记 (↑) (当抽查时称为有效区段标记)。

10.8.2 识别标记

被检的每段焊缝附近均应贴有下列铅质识别标记: 工件编号、焊缝编号、部位编号或底片编号。返修透照部位还应有返修标记 R_1 、 R_2 、… (其注脚 1、2 指返修次数)。

10.8.3 标记位置

上述识别和定位标记, 均需显示在底片上适当的位置, 离焊缝边缘应不小于 5mm。

10.9 胶片处理

胶片应按胶片说明书规定的方法处理。

10.10 底片质量

10.10.1 黑度

选择的曝光条件应使底片有效评定区域内的黑度 D 在 1.0~3.5 之间, 底片本底灰雾度 $D_0 \leq 0.3$ 。如果观片条件允许, 黑度的最大值可为 4.0。

10.10.2 像质指数

底片上必须显示的最小钢丝直径与相应的像质指数应满足表 4 的要求。

10.10.3 影像识别要求

底片上的像质计影像应位置正确, 定位标记和识别标记齐全, 且不掩盖被检焊缝影像。在焊缝底片上若能清晰地看到长度不小于 10mm 的像质计钢丝的影像, 即认为是可识别的。

10.10.4 底片评定

底片评定区域内不应有妨碍底片评定的伪缺陷。

11 底片的观察

11.1 评片的环境

评片应在专用的评片室内进行。室内光线应暗淡。室内照明用光不得在底片表面上产生反射光。

11.2 观片灯

观片灯至少应有观察底片黑度为 3.5 的最大亮度，且观察的漫射光亮度可调。对不需要观察或透光过强的部分应采用适当的遮光板以屏蔽强光。经照明后的底片亮度应不小于 30cd/m²。为能观察最大黑度的底片，观片灯最大亮度应不小于 100000cd/m²。

12 焊缝质量分级

12.1 根据缺陷的性质和数量，每一检验等级中的焊缝质量均分为四级。

12.2 A 级检验中应无裂纹、未熔合。焊根未焊透的允许长度与条状缺陷允许长度相同，但缺陷影像宽度不大于 K 值的 1/5，最大不超过 3mm。（K 为焊脚尺寸或有效焊缝厚度，对于熔透型 T 形接头角焊缝 K 为腹板厚度，以下均同）。

12.3 B 级检验的焊缝内应无裂纹、未熔合。焊根允许存在少量的未焊透，其允许长度为条状缺陷的允许长度之半，但缺陷影像宽度不大于 K 值的 1/6，最大不超过 2mm。

12.4 C 级检验的焊缝内应无裂纹、未熔合及未焊缝。

12.5 焊缝内允许存在的点状缺陷的点数见表 5。

12.6 点状缺陷用评定区进行评定，评定区的大小当 K≤25mm 时，以 10mm×20mm 为计算单位。当 K>25mm 时，则以 20mm×20mm 为计算单位。

12.7 评定点状缺陷时，应将缺陷尺寸按表 6 换算成缺陷点数。

表 5 点状缺陷点数的允许限值

检验等级		A 级				B 级				C 级			
K (mm)		≤6	>6~12	>12~25	>25	≤6	>6~12	>12~25	>25	≤6	>6~12	>12~25	>25
质量等级	I	5	6	7	8	3	4	5	6	1	2	3	4
	II	10	12	14	16	6	8	10	12	2	4	6	8
	III	20	24	28	32	12	16	20	24	4	8	12	16
	IV	缺陷点数大于Ⅲ级者											

表 6 点状缺陷的缺陷点数换算表

缺陷长径 (mm)	≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~6	>6~8	>8
点 数	1	2	3	6	10	16	25

12.8 不计点数的缺陷尺寸见表 7。这些缺陷应以分散状态存在，超出评定区域所允许的限量时，则超出个数将计点数。

表 7 不计点数的缺陷尺寸

K (mm)	≤12	>12~20	>20
缺陷长径 (mm)	≤0.5	≤0.7	≤0.7
允许数量 (个)	≤5	≤8	≤10

12.9 垂直于焊缝的缺陷的影像尺寸长径大于 K 值的 1/2 时应评为Ⅳ级。

12.10 条状缺陷的质量分级见表 8。