

ICS 25.160.10

J 33

NB

中华人民共和国行业标准

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

代替 JB 4708—2000

承压设备焊接工艺评定

Welding procedure qualification for pressure equipment

2011-07-01 发布

2011-10-01 实施

国家能源局 发布



目 次

前言	4
1 范围	7
2 规范性引用文件	7
3 术语与定义	9
4 总则	11
5 焊接工艺评定因素及类别划分	11
6 对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定	36
7 耐蚀堆焊工艺评定	51
附录 A (资料性附录) 焊接工艺规程流程图	59
附录 B (规范性附录) 母材、填充金属和焊接方法的补充规定	60
附录 C (规范性附录) 复合金属材料焊接工艺评定	62
附录 D (规范性附录) 换热管与管板焊接工艺评定和焊接工艺附加评定	64
附录 E (规范性附录) 螺柱电弧焊工艺评定	67
附录 F (资料性附录) 焊接工艺评定表格推荐格式	71
附录 G (资料性附录) 焊接工艺评定常用英文缩写及代号	78
编制说明	81

前 言

本标准与 JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》相比，主要变化如下：

——适用范围从压力容器扩大到锅炉、压力容器和压力管道；

在焊接工艺评定表格推荐格式中，增加了表 F.3 “换热管与管板焊接工艺卡”、表 F.4 “换热管与管板焊接工艺附加评定报告”。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 是规范性附录。

本标准的附录 A、附录 F 和附录 G 是资料性附录。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 提出并归口。

本标准负责起草单位及起草人：

合肥通用机械研究院	戈兆文、窦万波、房务农
中国特种设备检测研究院	寿比南、谢铁军、杨国义
国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局	张建荣、王晓雷

本标准参加起草单位及起草人：

上海锅炉厂有限公司	杨佩良
哈尔滨锅炉厂有限责任公司	杨 松
兰州兰石机械设备有限责任公司	雷万庆
抚顺机械设备制造有限公司	胡希海
中航黎明锦西化工机械 (集团) 有限责任公司	王钰玮
大连冰山集团全洲重型机器有限公司	嵇 奇

1 范围

规范性引用文件

中国化学工程第三建设公司

夏节文

金盾压力容器有限公司

马夏康

石油天然气兰州工程质量监督站

张建军

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 负责解释。

本标准所代替的历次版本发布情况为：

—— JB 4708—1992；

JB 4708—2000



承压设备焊接工艺评定

1 范围

本标准规定了承压设备（锅炉、压力容器、压力管道）的对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定、耐蚀堆焊工艺评定、复合金属材料焊接工艺评定、换热管与管板焊接工艺评定和焊接工艺附加评定以及螺柱电弧焊工艺评定的规则、试验方法和合格指标。

本标准适用于气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊、摩擦焊、气电立焊和螺柱电弧焊等焊接方法。

本标准不适用于气瓶。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本

文件。凡是引用文件的最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 150 (所有部分)

GB 151

GB/T 228

GB/T 229

压力容器

管壳式换热器

金属材料 拉伸试验

金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

GB/T 3375

焊接术语

GB 3531

低温压力容器用低合金钢钢板

GB/T 3621

钛及钛合金板材

GB/T 3624

钛及钛合金无缝管

钛及钛合金无缝管

GB/T 3670

铜及铜合金焊条

GB/T 3880 (所有部分)

一般工业用铝及铝合金板、带材

GB/T 4227

不锈钢热轧钢板和钢带

GB/T 4423

铜及铜合金拉制棒

GB/T 4435

镍及镍合金棒

铜及铜合金拉拔管 第1部分：无缝圆管

GB/T 16253	承压钢铸件
GB/T 16598	钛及钛合金饼和环
GB/T 17791	空调与制冷设备用无缝铜管
GB/T 17854	埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂
GB/T 18984	低温管道用无缝钢管
GB 19189—2011	压力容器用调质高强度钢板
GB/T 20878	不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
GB/T 21833	奥氏体 铁素体型双相不锈钢焊接钢管

GB/T 21833	奥氏体 铁素体型双相不锈钢无缝钢管
GB 24511—2009	承压设备用不锈钢钢板及钢带
GB/T 24593	锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管
NB/T 47008	承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47009	低温承压设备用低合金钢锻件
NB/T 47010	承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47018 (所有部分)	承压设备用焊接材料订货技术条件
JB/T 4730 (所有部分)	承压设备无损检测
JB/T 4734	铝制焊接容器
JB 4741	压力容器用镍铜合金热轧板材
JB 4742	压力容器用镍铜合金无缝管
JB 4743	压力容器用镍铜合金锻件
JB/T 9625	锅炉管道附件承压铸钢件技术条件
JB/T 9626	锅炉锻件 技术条件
JB/T 10087	汽轮机承压铸钢件 技术条件
YB/T 5264	耐蚀合金锻件
YB/T 5353	耐蚀合金热轧板
YB/T 5354	耐蚀合金冷轧薄板

3 术语与定义

GB/T 3375 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焊接工艺评定 **welding procedure qualification**

3.3

焊接工艺评定报告 (PQR) **procedure qualification record**

记载验证性试验及其检验结果,对拟定的预焊接工艺规程进行评价的报告。

3.4

焊接工艺规程 (WPS) **welding procedure specification**

根据合格的焊接工艺评定报告编制的,用于产品施焊的焊接工艺文件。

3.5

焊接作业指导书 (WWI) **welding working instruction**

与制造焊件有关的加工和操作细则性作业文件。焊工施焊时使用的作业指导书,可保证施工时质量的再现性。

3.6

焊接工艺附加评定 **supplementary welding procedure qualification**

为使焊接接头附加特性(如换热管和管板的角焊缝厚度)符合规定,对拟定的焊接工艺规程进行验证性试验及结果评价。

3.7

焊件 **weldment**

用焊接方法连接的或有堆焊层的承压设备或其零部件。焊件包括母材和焊接接头(或堆焊层)两部分。

3.8

试件 **test coupon**

按照预定的焊接工艺制成的用于试验的焊件。试件包括母材和焊接接头(或堆焊层)两部分。

3.9

焊后热处理 (PWHT) **post weld heat treatment**

能改变焊接接头的组织和性能或焊接残余应力的热过程。

3.10

下转变温度 **lower transformation temperature**

加热期间开始形成奥氏体的相变温度。

3.11

上转变温度 **upper transformation temperature**

加热期间完成奥氏体转变的相变温度。

3.12

面弯 **face bend**

在焊接接头根部相背面的弯曲。具有较大焊缝密度的面为正面。当两面焊缝宽度相等则先

3.15

螺柱电弧焊 stud arc welding

金属螺柱（或类似零件）的端部与工件表面在电弧和外压力作用下，熔化的两部分互相融合的焊接方法。焊接时不使用填充金属，保护气体、焊剂可用可不用。

3.16

缺欠 imperfection

在焊接接头与母材中，无损检测标准允许存在的不连续部位。

4 总则

4.1 承压设备的焊接工艺评定，除遵守本标准规定外，还应符合锅炉、压力容器和压力管道产品相关标准、技术文件的要求。

4.2 焊接工艺评定一般过程是：根据金属材料的焊接性能，按照设计文件规定和制造工艺拟定预焊接工艺规程，施焊试件和制取试样，检测焊接接头，且不符合规定的要求，并形成焊接工艺评定报

告对预焊接工艺规程进行评价。

4.3 焊接工艺评定应在本单位进行。焊接工艺评定所用设备、仪表应处于正常工作状态，金属材料、焊接材料应符合相应标准，由本单位操作技能熟练的焊接人员使用本单位设备焊接试件。

4.4 评定合格的焊接工艺是指合格的焊接工艺评定报告中，所列通用焊接工艺评定因素和专用焊

3.3

焊接工艺评定报告 (PQR) **procedure qualification record**

记载验证性试验及其检验结果, 对拟定的预焊接工艺规程进行评价的报告。

3.4

根据合格的焊接工艺评定报告编制的, 用于产品施焊的焊接工艺文件。

3.5

焊接作业指导书 (WWI) **welding working instruction**

与制造焊件有关的加工和操作细则性作业文件。焊工施焊时使用的作业指导书, 可保证施工时质量的再现性。

3.6

焊接工艺附加评定 **supplementary welding procedure qualification**

为使焊接接头附加特性 (如换热管和管板的角焊缝厚度) 符合规定, 对拟定的焊接工艺规程进行验证性试验及结果评价。

3.7

焊件 **weldment**

用焊接方法连接的或有堆焊层的承压设备或其零部件。焊件包括母材和焊接接头 (或堆焊层) 两部分。

3.8

3.15

螺柱电弧焊 stud arc welding

金属螺柱(或类似零件)的端部与工件表面在由弧和外压力作用下熔化的两部分互相融合的

3.16

缺欠 imperfection

在焊接接头与母材中,无损检测标准允许存在的不连续部位。

4 总则

4.1 承压设备的焊接工艺评定,除遵守本标准规定外,还应符合锅炉、压力容器和压力管道产品相关标准、技术文件的要求。

4.2 焊接工艺评定一般过程是:根据金属材料的焊接性能,按照设计文件规定和制造工艺拟定预

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-1	Q235A.F	GB/T 3274
		Q235A	GB/T 700, GB/T 912, GB/T 3091, GB/T 3274, GB/T 13401
		Q235B	GB/T 700, GB/T 912, GB/T 3091, GB/T 3274, GB/T 13401
		Q235C	GB/T 700, GB/T 912, GB/T 3274
		Q235D	GB/T 700, GB/T 3274
		Q245R	GB 713
		Q295	GB/T 1591, GB/T 8163
		L175	GB/T 9711.1
		L210	GB/T 9711.1
		L245	GB/T 9711.1, GB/T 12459
		L290	GB/T 9711.1
		L245NB	GB/T 9711.2
		L245MB	GB/T 9711.2
		L290NB	GB/T 9711.2
		L290MB	GB/T 9711.2
		10MnDG	GB/T 12459, GB/T 18984
		20MnG	GB 5310, GB/T 12459
		WCA	GB/T 12229
	70, 200, 400	GB/T 11352	

表 1 (续)

L390

GB/T 9711.1

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-4	08MnNiMoVD	NB/T 47009
		L485	GB/T 9711.1
		L555	GB/T 9711.1
		L485MB	GB/T 9711.2
		L555MB	GB/T 9711.2
		L485QB	GB/T 9711.2
		L555QB	GB/T 9711.2
Fe-2	—	—	—
	Fe-3-1	15MoG	GB 5310
		20MoG	GB 5310
		12CrMo	GB 6479, GB 9948, JB/T 9626
		12CrMoG	GB 5310
		20MnMo	NB/T 47008
		20MnMoD	NB/T 47009

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
Fe-4	Fe-4-2	12Cr1MoVG	GB 5310
		12Cr1MoVR	GB 713
		ZG 15Cr1Mo1V	JB/T 9625, JB/T 10087
		ZG 20CrMoV	JB/T 9625, JB/T 10087
Fe-5A	—	08Cr2A1Mo	GB 150.2
		12Cr2Mo	GB 6479, GB/T 12459
		12Cr2MoG	GB 5310, GB/T 12459
		12Cr2Mo1	GB 150.2, NB/T 47008
		ZG 12Cr2Mo1G	GB/T 16253
		12Cr2Mo1R	GB 713, GB/T 13401
Fe-5B	Fe-5B-1	1Cr5Mo	GB 6479, GB/T 9948, GB/T 12459, NB/T 47008
		ZG 16Cr5MoG	GB/T 16253
	Fe-5B-2	10Cr9Mo1VNb	GB 5310
Fe-5C	—	12Cr2MoWVTiB	GB 5310
		12Cr2Mo1VR	GB 150.2
		12Cr2Mo1V	NB/T 47008
		12Cr3Mo1V	NB/T 47008
		12Cr3MoVSiTIB	GB 5310
Fe-6	—	06Cr13 (S41008)	GB/T 3280, GB/T 14976, GB/T 20878
		12Cr13	GB/T 3280
		20Cr13	GB/T 3280
Fe-7-1	—	06Cr13 (S11306)	GB 24511, NB/T 47010
		06Cr13A1	GB 24511

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
		07Cr19Ni10 (S30409)	GB 24511, NB/T 47010
		06Cr18Ni11Nb	GB/T 3280, GB/T 4237
		06Cr18Ni11Ti (S32168)	GB/T 12771, GB 24511, GB/T 24593, NB/T 47010

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
Fe-8	Fe-8-1	CF8M	GB/T 12230
		CF8C	GB/T 12230
	Fe-8-2	06Cr23Ni13	GB/T 4237
		0Cr23Ni13	GB/T 12459, GB/T 12771, GB 13296, GB/T 13401, GB/T 14976
		2Cr23Ni13	GB 13296
		06Cr25Ni20 (S31008)	GB 24511, NB/T 47010
		0Cr25Ni20	GB/T 12459, GB/T 12771, GB 13296, GB/T 13401, GB/T 14976
		2Cr25Ni20	GB 13296
		Fe-9B	—
06Ni3MoDG	GB/T 12459, GB/T 18984		
ZG 14Ni4D	GB/T 16253		
08Ni3DR	GB 150.2		
08Ni3D	NB/T 47009		
Fe-10I	—	00Cr27Mo	GB 13296

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
A1-3	—	6A02	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6893
A1-4	—	—	—

表 1 (续)

母材		牌号、级别、型号	标 准
类别	组别		
Ni-1	—	N5	GB/T 2054
		N6	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 4435, GB/T 12459, YB/T 5264
		N7	GB/T 2054
Ni-2	—	NCu30	GB/T 2054, GB/T 12459, JB 4741, JB 4742, JB 4743

表 2 焊条分类

分类代号	分类依据	标准及型号示例	
FeT-1-1	熔敷金属抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$,用于焊接Fe-1-1组的E43系列焊条	NB/T 47018.2	E43××
	熔敷金属抗拉强度 $\geq 490\text{MPa}$,用于焊接Fe-1-2组的E50	NB/T 47018.2	E50××

表 2 (续)

分类代号	分类依据	标准及型号示例
NiT-1	纯镍焊条	GB/T 13814 ENi 2061
NiT-2	镍铜合金焊条	GB/T 13814 ENi 4060
NiT-3	镍基类镍铬铁合金焊条和镍铬钼合金焊条	GB/T 13814 ENi 6062, ENi 6133 ENi 6182, ENi 6093 ENi 6002, ENi 6625 ENi 6276, ENi 6275 ENi 6620, ENi 6455
NiT-4	镍基类镍钼合金焊条	GB/T 13814 ENi 1001, ENi 1004, ENi 1066
NiT-5	铁镍基类镍铬钼合金焊条	GB/T 13814 ENi 6985

表 3 气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝、填充丝分类

分类代号	分类依据	标准及型号示例
	按母金属抗拉强度 > 420MPa 用气焊丝 E-1 组的	

表 3 (续)

分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeS-5C	熔敷金属公称成分与 Fe-5C 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5C 类钢的低合金钢焊丝、填充丝	—

表 3 (续)

分类代号	分类依据	标准及型号示例
CuS-7	青铜类的铜镍铝合金焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 6325
NiS-1	纯镍焊丝和填充丝	GB/T 15620 SNi 2061
NiS-2	镍铜合金焊丝和填充丝	GB/T 15620 SNi 4060
NiS-3	镍基类镍铬钼合金和镍铬铁合金焊丝及填充丝	GB/T 15620 SNi 6082, SNi 6062, SNi 7092 SNi 6002, SNi 6625 SNi 6276, SNi 6455
NiS-4	镍基类镍钼合金焊丝和填充丝	GB/T 15620 SNi 1001, SNi 1003 SNi 1004, SNi 1066
NiS-5	铁镍基类镍铬钼合金和镍铬铁合金焊丝及填充丝	GB/T 15620 SNi 6975 SNi 6985 SNi 8065

表 4 埋弧焊用焊丝分类

分类代号	分类依据	标准及牌号示例
------	------	---------

表 4 (续)

分类代号	分类依据	标准及牌号示例
FeMS-4	熔敷金属公称成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的低合金钢埋弧焊焊丝	NB/T 47018.4 H08CrMoVA H08CrMoA H13CrMoA
FeMS-5A	熔敷金属公称成分与 Fe-5A 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5A 类钢的低合金钢埋弧焊焊丝	—

- a) 不进行焊后热处理;
- b) 低于下转变温度进行焊后热处理;
- c) 高于上转变温度进行焊后热处理 (如正火);
- d) 先在高于上转变温度, 然后在低于下转变温度进行焊后热处理 (即正火或淬火后回火);
- e) 在上下转变温度之间进行焊后热处理。

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

主要因素	摩擦焊	—	—	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	○	—	—	○	—	—	—	—
	等离子弧焊	○	—	—	○	—	○	○	—
	钨极气体保护焊	○	—	—	○	—	○	○	—
	熔化极气体保护焊	○	—	—	○	○	○	—	—

素	摩擦焊	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	—	—

次 熔化和气体保护焊

表 6 (续)

次要因素	摩擦焊	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	○	—	—
	等离子弧焊	○	○	—	—	—	—
	钨极气体保护焊	○	○	—	—	—	—
	熔化极气体保护焊	○	○	—	—	—	○
	埋弧焊	○	—	—	—	—	○
	焊条电弧焊	○	○	—	—	—	○
补充因素	气焊	○	—	—	○	—	—
	摩擦焊	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	○	—	○	—
	钨极气体保护焊	—	—	○	—	○	—
	熔化极气体保护焊	—	—	○	—	○	—
	埋弧焊	—	—	—	—	○	—
焊条电弧焊	—	—	○	—	○	—	

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

素	摩擦焊	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	—	—

表 6 (续)

		次要因素						
		摩擦焊	螺柱电弧焊	气电立焊	等离子弧焊	钨极气体保护焊	熔化极气体保护焊	埋弧焊
补充因素	摩擦焊	—	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	—	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	—	—	—	—	—
	钨极气体保护焊	—	—	—	—	—	—	—
	熔化极气体保护焊	—	—	—	—	—	—	—
	埋弧焊	—	—	—	—	—	—	—
	焊条电弧焊	—	—	—	—	—	—	—
次要因素	摩擦焊	—	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—	—
	气电立焊	—	—	—	—	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	—	○	—	—	—
	钨极气体保护焊	—	—	—	○	○	○	○
	熔化极气体保护焊	—	—	—	○	○	○	○
	埋弧焊	—	—	—	—	—	—	—
	焊条电弧焊	—	—	—	—	—	—	—

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

	摩擦焊	—	—	—	—	—	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—	—	—	—	—	—

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

6 对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定

6.1 各种焊接方法的通用评定规则

6.1.1 焊接方法的评定规则

改变焊接方法，需要重新进行焊接工艺评定。

6.1.2 母材的评定规则

6.1.2.1 类别的评定规则（螺柱焊、摩擦焊除外）：

a) 母材类别号改变，需要重新进行焊接工艺评定；

- a) 用非低氢型药皮焊条代替低氢型 (含 E××10, E××11) 药皮焊条;
- b) 当用冲击试验合格指标较低的填充金属替代较高的填充金属 (若冲击试验合格指标较低时仍可符合本标准或设计文件规定的除外)。

6.1.3.3 Fe-1 类钢材埋弧多层焊时, 改变焊剂类型 (中性焊剂、活性焊剂), 需重新进行焊接工艺评定。

6.1.4 焊后热处理的评定规则

6.1.4.1 改变焊后热处理类别, 需重新进行焊接工艺评定。

6.1.4.2 除气焊、螺柱电弧焊、摩擦焊外, 当规定进行冲击试验时, 焊后热处理的保温温度或保温时间范围改变后要重新进行焊接工艺评定。试件的焊后热处理应与焊件在制造过程中的焊后热处理基本相同。低于下转变温度进行焊后热处理时, 试件保温时间不得小于焊件在制造过程中保温

温时间的 80%。

6.1.5 试件厚度与焊件厚度的评定规则

6.1.5.1 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺适用于焊件厚度的有效范围, 按表 7 或表 8 规定。

6.1.5.2 用焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、等离子弧焊和气电立焊等焊接方法完成的试件, 当规定进行冲击试验时, 焊接工艺评定合格后, 若 $T > C_{min}$ 时, 适用工艺

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

... (零件进行拉伸试验和纵向弯曲试验) 单位为 mm

6.2.3 当增加或变更次要因素时,不需重新评定,但需重新编制预焊接工艺规程。

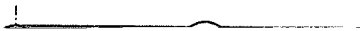
6.3 评定方法

6.3.1 试件形式:试件分为板状与管状两种,管状指管道和环。

6.3.1.1 试件形式示意如图 1。摩擦焊试件接头形状应与产品规定一致。



a) 板状对接焊缝试件



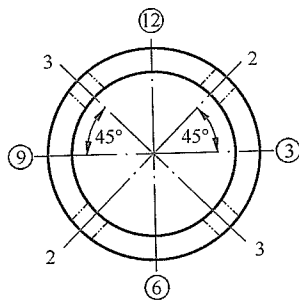
b) 管状对接焊缝试件

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

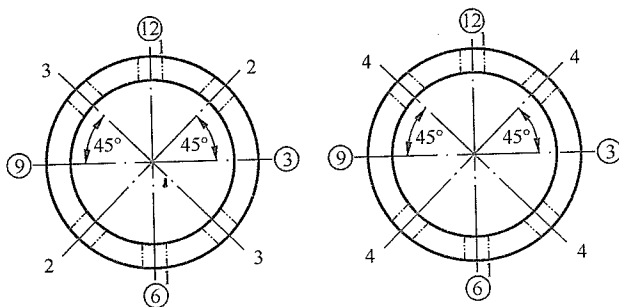
适用于所有形式的焊件角焊缝。

6.4.1.4 力学性能试验和弯曲试验的取样要求:

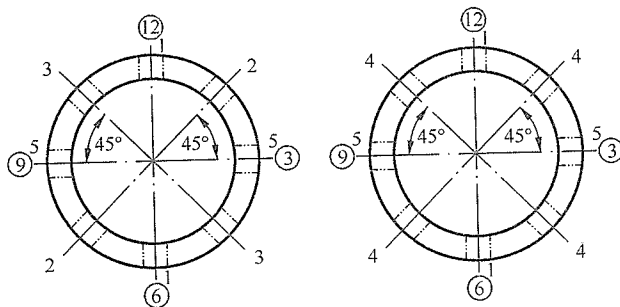
- a) 取样时,一般采用冷加工方法,当采用热加工方法取样时,则应去除热影响区;
- b) 允许避开焊接缺陷、缺欠制取试样;
- c) 试样去除焊缝余高前允许对试样进行冷校平;
- d) 板状对接焊缝试件上试样取样位置见图 2;
- e) 管状对接焊缝试件上试样取样位置见图 3。



a) 拉伸试样为整管时弯曲试样位置



b) 不要求冲击试验时



c) 要求冲击试验时

1——拉伸试样；2——背弯试样；3——侧弯试样；4——侧弯试样；5——冲击试样。

对接焊缝试件；

c) 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II (见图 6) 适用于外径小于或等于 76mm 的管状对接焊缝试件；

d) 管接头全截面拉伸试样 (见图 7) 适用于外径小于或等于 76mm 的管状对接焊缝试件。

6.4.1.5.3 试验方法：拉伸试验按 GB/T 228 规定的试验方法测定焊接接头的抗拉强度。

6.4.1.5.4 合格指标：

1) 试样母材为同一金属材料代号时 每个 (片) 试样的抗拉强度应不低于本标准规定的母材抗

拉强度最低值：

1) 钢质母材规定的抗拉强度最低值，等于其标准规定的抗拉强度下限值；

2) 铝质母材

类别为 A1-1、A1-2、A1-5 的母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态标准规定的抗拉强度下限值；

类别为 A1-3 的母材规定的抗拉强度最低值见表 12。

表 12 A1-3 类铝材规定的抗拉强度最低值

牌号及状态	规定的抗拉强度最低值，MPa
-------	----------------

מב/ת 47014-2011 (מב/ת 4708)

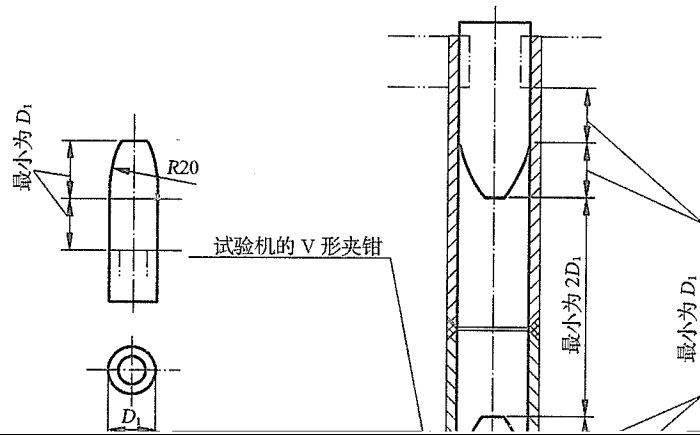


图7 管接头全截面拉伸试样

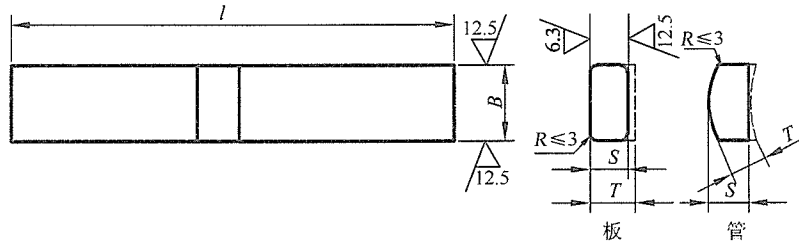
6.4.1.6 弯曲试验

6.4.1.6.1 试样加工要求。试样的焊缝全高应采用机械方法去除，而弯曲试样的拉伸表面应

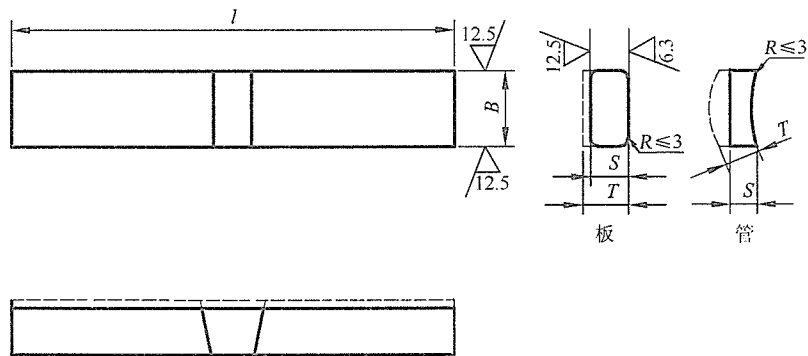
NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

— 弯曲试验按 GB/T 2653 和表 13 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性；

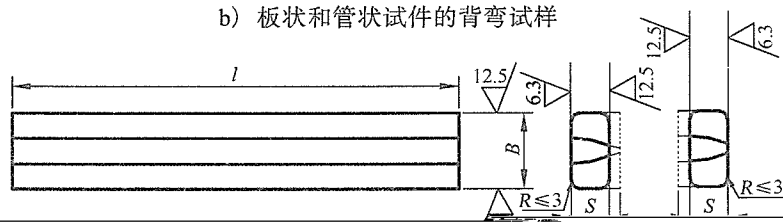
侧作为拉伸面；



a) 板状和管状试件的面弯试样



b) 板状和管状试件的背弯试样

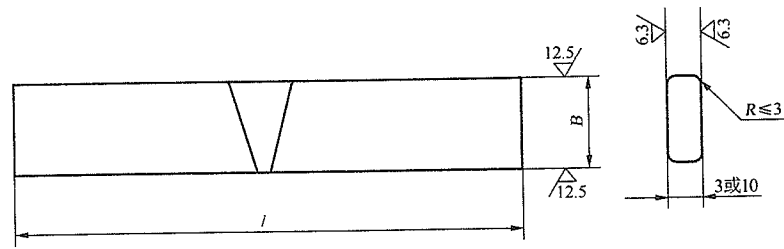


面弯 背弯

c) 纵向面弯和背弯试样

注 1: 试样长度 $l \approx D + 2.5S + 100$, 单位为 mm。

注 2: 试样拉伸面棱角 $R \leq 3$ mm。



注1: B ——试样宽度(此时为试件厚度方向)。

注2: $l \geq 150\text{mm}$ 。

图9 横向侧弯试样

6.4.1.6.4 合格指标

对接焊缝试件的弯曲试样弯曲到规定的角度后,其拉伸面上的焊缝和热影响区内,沿任何方向不得有单条长度大于3mm的开口缺陷。试样的棱角开口缺陷一般不计,但由未熔合、夹渣或其他

内部缺欠引起的棱角开口缺陷长度应计入。

此系指在制备试样时,每一试样都应符合上述要求

6.4.1.7 冲击试验

6.4.1.7.1 试样制取:

a) 试样取向:试样纵轴线应垂直于焊缝轴线,缺口轴线垂直于母材表面;

b) 取样位置:在试件厚度上的取样位置见图10;

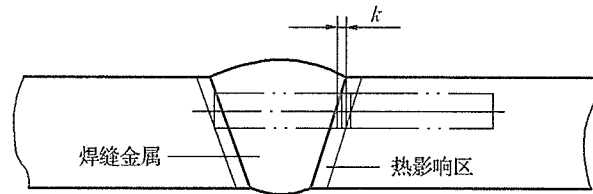


图 11 热影响区冲击试样缺口轴线位置

6.4.1.7.2 试样形式、尺寸和试验方法应符合 GB/T 229 的规定。当试件尺寸无法制备标准试样(宽度为 10mm)时,则应依次制备宽度为 7.5mm 或 5mm 的小尺寸冲击试样。

6.4.1.7.3 合格指标:

- a) 试验温度应不高于钢材标准规定冲击试验温度;
- b) 钢质焊接接头每个区 3 个标准试样为一组的冲击吸收功平均值应符合设计文件或相关技术文件规定,且不应低于表 14 中规定值,至多允许有 1 个试样的冲击吸收功低于规定值,但不得低于规定值的 70%;
- c) 含镁量超过 3% 的铝镁合金母材,试验温度应不高于承压设备的最低设计金属温度,焊缝区 3 个标准试样为一组的冲击吸收功平均值,应符合设计文件或相关技术文件规定,且不应小于 20J。至多允许有 1 个试样的冲击吸收功低于规定值,但不低于规定值的 70%;

表 14 钢材及奥氏体不锈钢焊缝的冲击功最低值

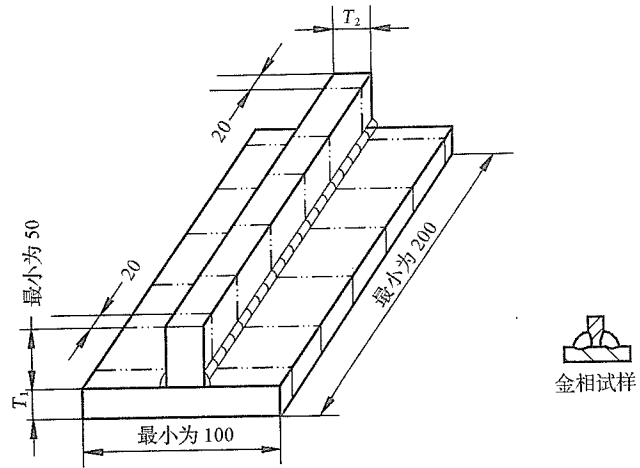
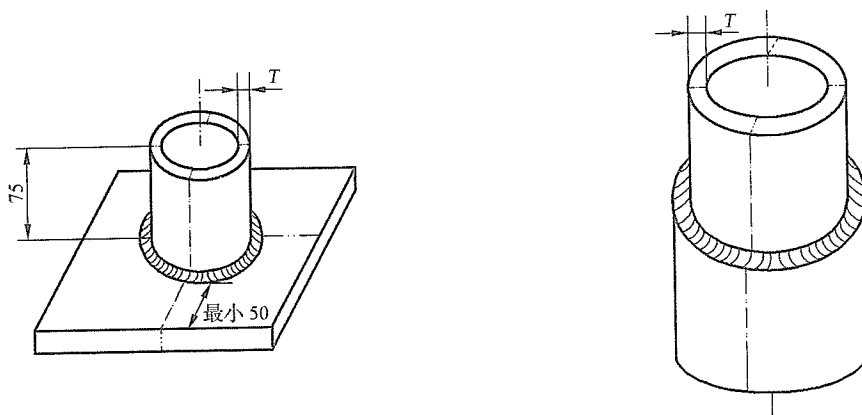


图 12 板状角焊缝试件及试样

1) 筒状角焊缝试件和试样尺寸见图 13。

金相试样尺寸：只要包括全部焊缝、熔合区和热影响区即可。



每块试样取一个面进行金相检验。任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

b) 管状角焊缝试样:

将试件等分切取 4 块试样, 焊缝的起始和终止位置应位于试样焊缝的中部。

每块试样取一个面进行金相检验, 任意两检验面不得为同一切口的两侧面。

6.4.2.4.2 合格指标:

a) 焊缝根部应圆滑, 焊缝余高和热影响区不应有裂纹。焊缝

b) 角焊缝两焊脚之差不大于 3mm。

7 耐蚀堆焊工艺评定

7.1 评定规则

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

保护焊	电渣焊	等离子弧焊
	○	○
	○	○
	○	—
	○	—
	—	○
	—	—
	—	○
	—	○
	—	○
	—	○
	—	—
○	○	○
—	○	—
—	○	—
○	—	○

	等离子弧焊	○	○	—	○	○	○	○	—	○
	电渣焊	○	○	—	—	—	—	○	○	—
	极气体保护焊	○	○	○	—	—	—	○	○	—

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

	等离子弧焊	○	—	○	—	—	○	○	○	○	○	
--	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

7.1.3 下列情况不需重新评定堆焊工艺：

- a) 管状试件水平固定位置 (5G) 评定合格堆焊工艺适用于平焊、立焊和仰焊；
- b) 横焊、立焊和仰焊位置都评定合格的堆焊工艺适用于所有的焊接位置。

c) 管状试件 45° 固定位置 (6G) 评定合格堆焊工艺适用于所有焊接位置。

7.1.4 试件基层厚度适用于焊件基层厚度范围见表 17。

表 17 堆焊试件厚度适用于焊件厚度范围

单位为 mm

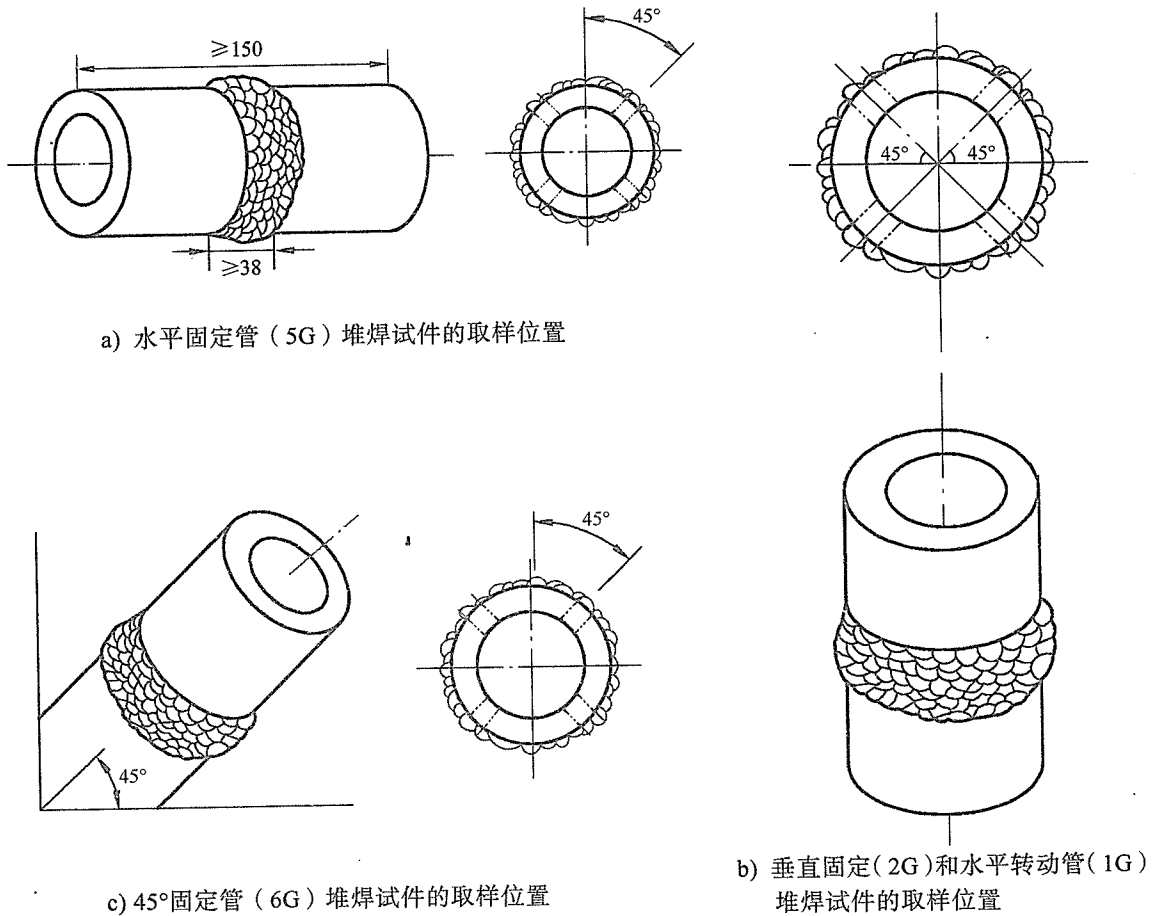


图 15 管状堆焊试件弯曲试样位置图

7.3.1.2.2 试验方法:

- a) 弯曲试验按 GB/T 2653 和表 13 规定的试验方法测定堆焊金属、熔合线和基层热影响区的完好性和塑性;
- b) 试样的中心应对准弯心轴线,若试样表面存在缺欠,则以缺欠较严重一侧作为拉伸面;
- c) 弯曲角度应以试样承受载荷时测量为准;
- d) 除表 13 序号 1~序号 4 所列的母材外,对于断后伸长率 A 标准规定值下限小于 20% 的母材,若按表 13 序号 5 规定的弯曲试验不合格而其实测值小于 20%,则允许加大弯心直径重新进行试验,此时弯心直径等于 $\frac{S(200-A)}{2A}$ (A 为断后伸长率的规定值下限乘以 100),支座间距离等于弯心直径加 $(2S+3)$ mm。

7.3.1.2.3 合格指标

弯曲试样弯曲到规定的角度后,在试样拉伸面上的堆焊层内不得有大于 1.5mm 的任一开口缺陷;在熔合线内不得有大于 3mm 的任一开口缺陷。

7.3.1.3 化学成分分析

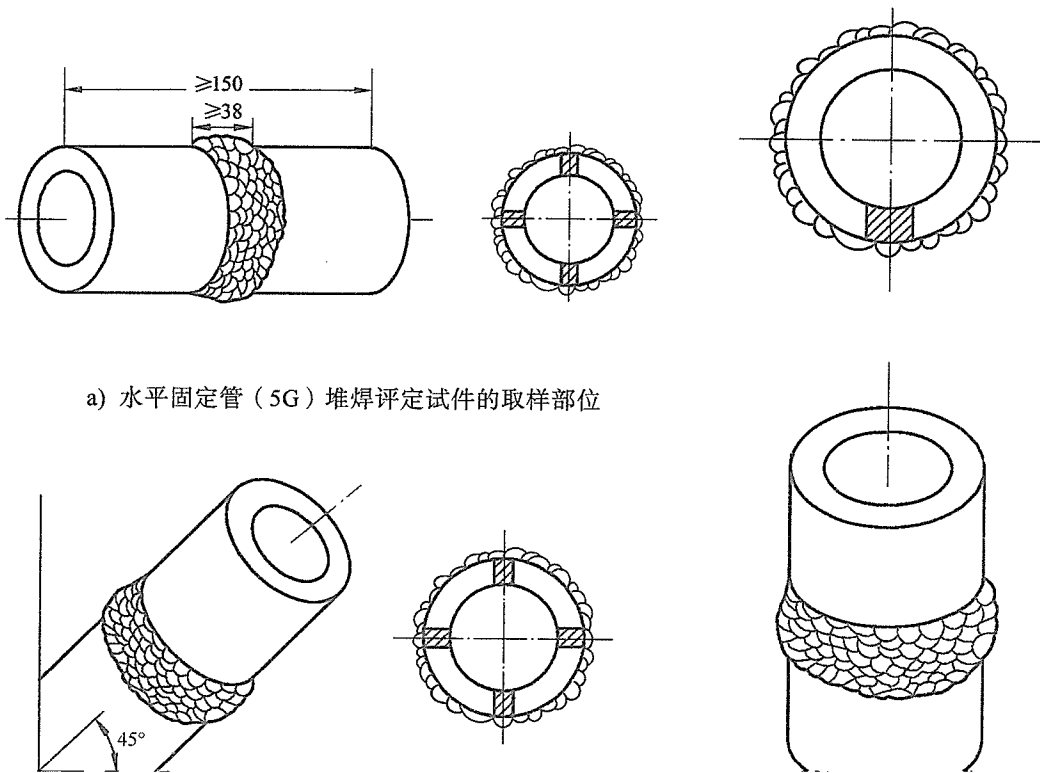
7.3.1.3.1 取样部位:

- a) 板状试件从堆焊层长度方向中间部位取样。每个焊接位置的堆焊金属都要取化学分析试

- 样。立焊时，若焊接方向改变应分别取样；
 b) 管状试件的取样部位与试件焊接位置有关，详见图 16。图中阴影线对应的堆焊层为取样位

置。试件 1G、2G 为一处取样位置，5G、6G 可选三个焊接位置取样（向上立焊与向下立焊当作两个焊接位置）。

试件 5G 用机动焊或自动焊时，若相邻焊道堆焊方向交替变换，并与管中心线垂直时，则向上立焊与向下立焊当作一个立焊位置取样。



a) 水平固定管 (5G) 堆焊评定试件的取样部位

c) 45°固定管 (6G) 堆焊评定试件的取样部位

b) 垂直固定和水平转动管 (2G 和 1G) 堆焊试件的取样部位

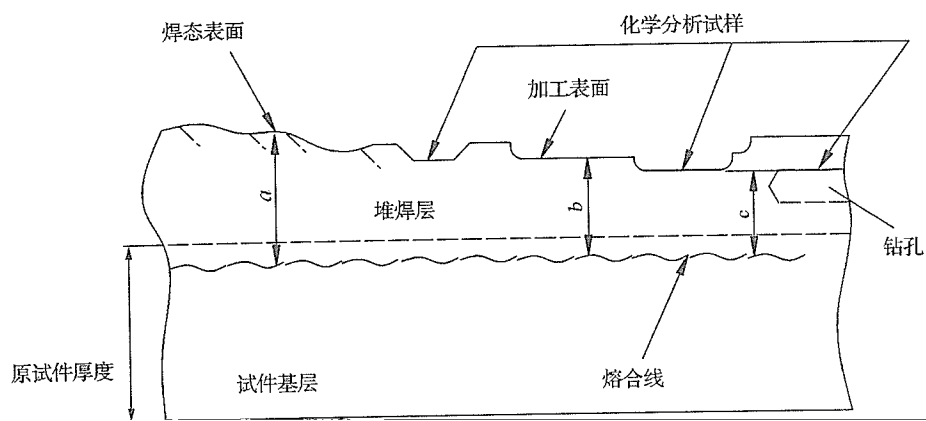


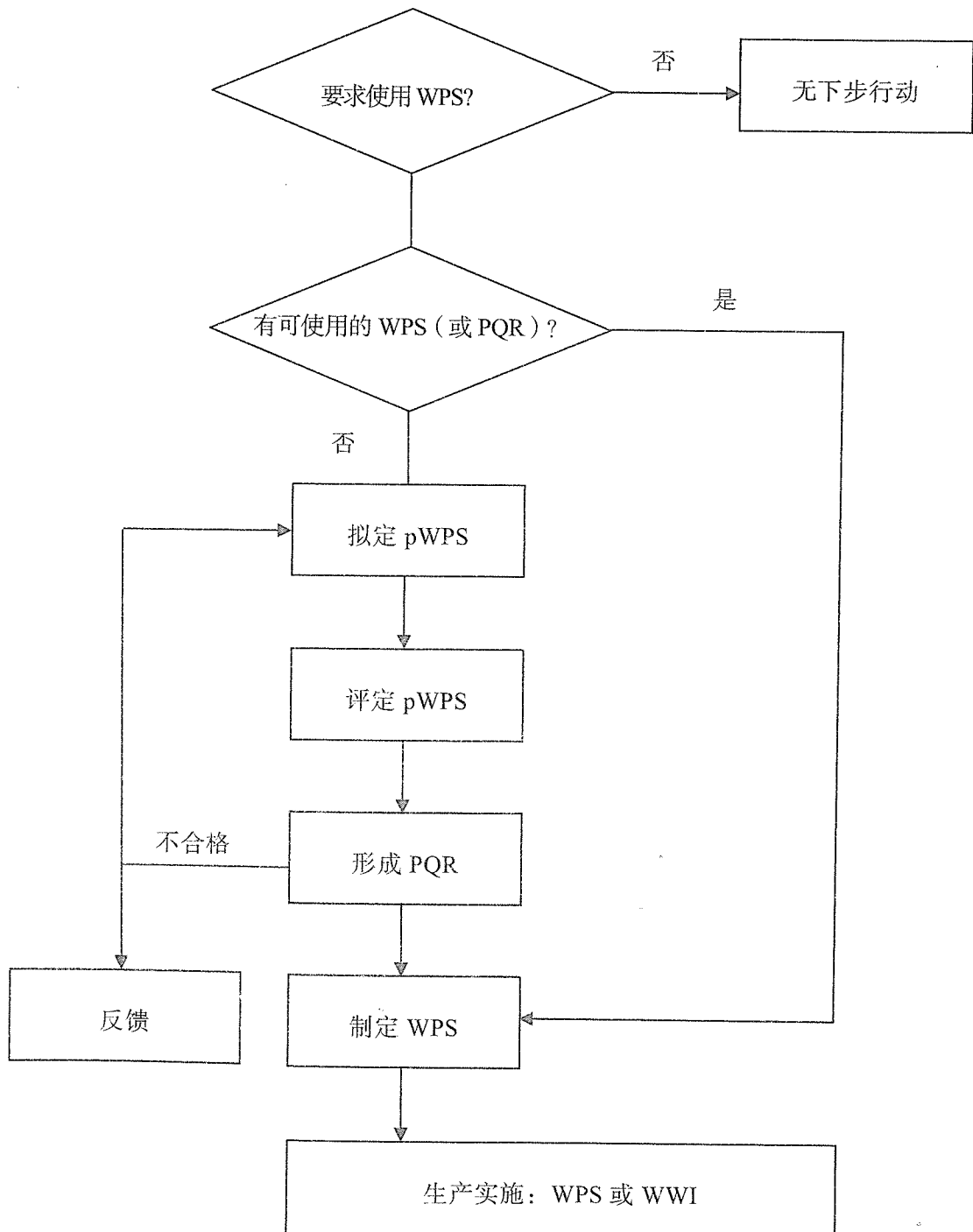
图 17 堆焊层测定最小厚度和加工表面位置示意图

7.2.2 堆焊层测定最小厚度 (见图 17):

- a) 在焊态表面上进行测定时, 则是从熔合线至焊态表面的距离 a ;
- b) 在清除焊态表面层后的加工表面上进行测定时, 则是从熔合线至加工表面的距离 b ;
- c) 从侧面水平钻孔采取屑片进行测定时, 则是从熔合线至钻孔孔壁上沿的距离 c 。

附录 A
(资料性附录)
焊接工艺规程流程图

A.1 焊接工艺规程流程图



母材、填充金属和焊接方法的补充规定

B.1 范围

本附录规定了本标准范围以外的母材、填充金属和焊接方法的焊接工艺评定要求。
本附录适用于按本标准进行焊接工艺评定的锅炉、压力容器和压力管道。

B.2 母材

B.2.1 表 1 以外的母材

B.2.1.1 公称成分在表 1 所列母材范围内时应满足以下规定。

B.2.1.1.1 符合承压设备安全技术规范，且已列入国家标准、行业标准的金属材料，以及相应承压设备标准允许使用的境外材料，当“母材归类报告”表明，承制单位已掌握该金属材料的特性（化学成分、力学性能和焊接性能）并确认与表 1 内某金属材料相当，则可在本单位的焊接工艺评定文件中将该材料归入某材料所在类别、组别内。

B.2.1.1.2 除 B.2.1.1.1 所列情况外，应按每个金属材料代号（依照标准规定命名）分别进行焊接工艺评定。

B.2.1.2 公称成分不在表 1 所列母材范围内时，承制单位应制订供本单位使用的焊接工艺评定标准，技术要求不低于本标准，其母材按“母材归类报告”要求分类分组。

B.2.1.2 “母材归类报告”的基本内容。

- a) 母材相应的标准或技术条件；
- b) 母材的冶炼方法、热处理状态、制品形态、技术要求及产品合格证明书；
- c) 母材的焊接性能：
 - 1) 焊接性能分析；
 - 2) 焊接性能：工艺焊接性能，使用焊接性能。
- d) 焊接方法、焊接材料和焊接工艺；
- e) 母材的使用业绩及其来源；
- f) 各项结论、数据及来源；
- g) 母材归类、归组陈述；
- h) 结论：该母材归入类别、组别，及其母材规定的抗拉强度最低值。

B.2.3 “母材归类报告”应存档备查。

B.3 填充金属

B.3.1 表 2 至表 5 以外的填充金属

B.3.1.1 表 2 至表 5 中有相应类别，但不是所列标准中的填充金属。

艺评定。

B.3.1.2 表 2 至表 5 中尚未列出类别的填充金属，承制单位应制订供本单位使用的焊接工艺评定

标准。其技术要求不低于本标准。其技术要求应符合《承压设备焊接工艺评定》(NB/T 47014—2011)的要求。

- a) 填充材料相应的标准或技术条件；
- b) 填充材料原始条件：
 - 1) 制造厂的牌号，型号或代号；
 - 2) 焊条药皮类别，电流类别及极性，焊接位置，熔敷金属化学成分、力学性能；

附 录 C
(规范性附录)
复合金属材料焊接工艺评定

C.1 总则

- C.1.1 本附录适用于轧制法、爆炸轧制法、爆炸法和堆焊生产的复合金属材料制承压设备。
- C.1.2 复合金属材料的焊接工艺评定除遵守本标准中相关条款外，还应遵守本附录的规定。
- C.1.3 复合金属材料焊接工艺评定分为两种情况：覆层厚度参与复合金属材料的设计强度计算和覆层厚度不参与复合金属材料的设计强度计算。

C.2 覆层厚度参与复合金属材料的设计强度计算时的焊接工艺评定

C.2.1 适用于复合金属材料(包括基层和覆层)制备。

C.2.2 经评定合格的焊接工艺适用于焊件(包括母材和焊缝金属)厚度有效范围，应按试件的覆层和基层厚度分别计算。

且该范围内的化学成分

对轧制法、爆炸轧制法、爆炸法生产的复合金属材料，侧弯试样复合界面未结合缺陷引起的分层、裂纹允许重新取样试验；

- c) 冲击试验：试验温度应不高于钢材标准规定冲击试验温度，每个区 3 个标准试样为一组的冲击吸收功平均值应符合设计文件或相关技术文件规定，且不应低于表 14 中规定值，至

宽度为 7.5mm 或 5mm 的小尺寸冲击试样的冲击功指标，分别为标准试样冲击功指标的 75% 或 50%。

C.3 覆层厚度不参与复合金属材料的设计强度计算的焊接工艺评定

覆层厚度不参与复合金属材料的设计强度计算的焊接工艺评定可以按 C.2 规定，也可以按下列规定进行评定。

C.3.1 基层按本标准规定进行焊接工艺评定，不必采用复合金属材料制备试件。

C.3.2 在基层母材上施焊连接覆层（板或堆焊金属）的焊缝时，则按本标准规定进行耐蚀堆焊工艺评定。

附录 D
(规范性附录)

换热管与管板焊接工艺评定和焊接工艺附加评定

D.1 范围

本附录规定了换热管与管板的焊接工艺评定和焊接工艺附加评定的规则、评定方法、检验方法

和结果评价。

本附录适用于换热管与管板连接的强度焊、胀焊并用的焊缝。

D.2 换热管与管板焊接接头的焊缝(限对接焊缝、角焊缝及其组合焊缝)可当作角焊缝进行焊接工艺评定,其中对接焊缝焊脚(对接焊缝与换热管熔合线长度)由设计确定。

D.3 焊接工艺评定规则按本标准正文的规定。

D.4 焊接工艺附加评定规则

当发生下列情况时,需重新进行焊接工艺附加评定。

D.4.1.1 通用规定:

- a) 焊前改变清理方法;
- b) 变更焊接方法的机动化程度(手工、半机动、机动、自动);
- c) 由每面单道焊改为每面多道焊,或反之;
- d) 评定合格的电流值变更 10%;
- e) 手工焊时由向上立焊改变为向下立焊,或反之;
- f) 焊前增加管子胀接;
- g) 变更管子与管板接头焊接位置。

- b) 试件中换热管公称外径 $d > 50\text{mm}$ 时, 评定合格的焊接工艺适用于焊件中换热管公称外径最小值为 50mm ;
- c) 试件中换热管为公称壁厚 $b > 2.5\text{mm}$ 的任一外径时, 评定合格的焊接工艺适用于焊件中换热管公称外径不限。

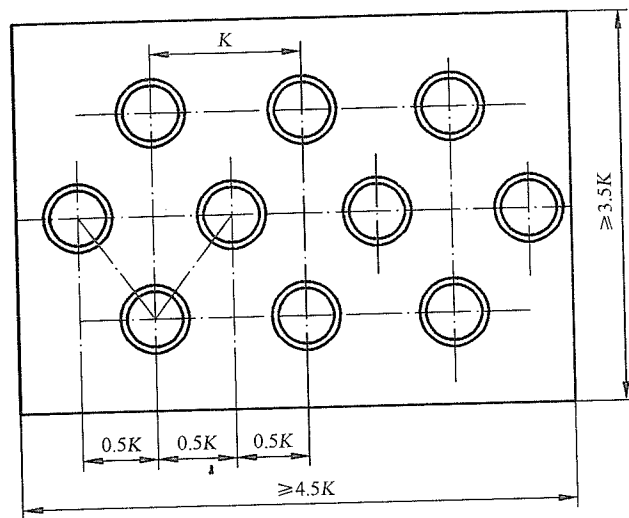
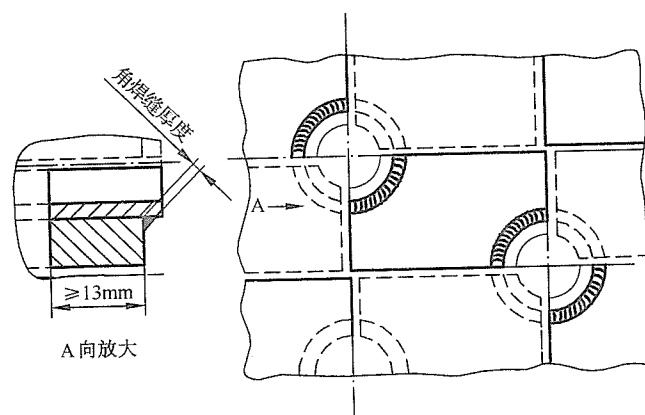


图 D.1 试件接头焊前的结构与形式示例图



注 1: 切口宽度小于 2mm。

注 2: 如焊缝厚度增加到大于等于 13mm 亦可。

附录 E
(规范性附录)
螺柱电弧焊工艺评定

E.1 范围

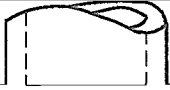
本附录适用于承受载荷的螺柱。对于不承受载荷的螺柱，当采用自动化方式焊接时，可参照进行。

E.2 评定规则

E.2.1 螺柱电弧焊工艺评定除遵守本标准外，还应遵守本附录的规定。

E.2.2 母材：当底板（管）母材类别号与螺柱材料类别号的组合改变后，要重新进行焊接工艺评定。当螺柱材料的公称成分与表 1 中某类别公称成分相同时，则该类别号即为该螺柱材料的类别号。

折变套管



螺柱最大直径 +0.40mm

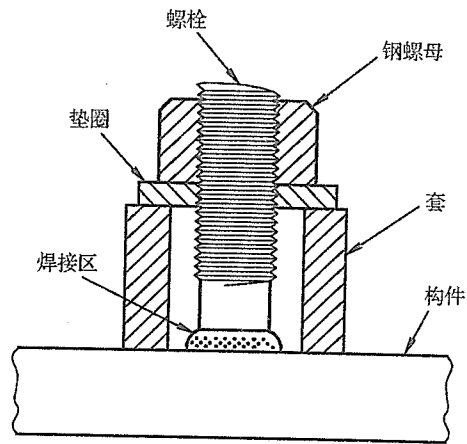
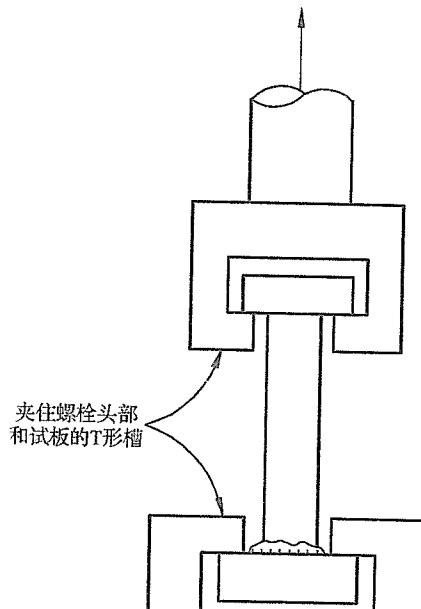


图 E.2 螺柱电弧焊扭转试验装置

E.4.2.2 拉伸试验：当螺柱无螺纹时，则采用拉伸试验，拉伸试验装置如图 E.3 所示。如果不是图 E.3 中所示螺栓，而是螺柱，可用拉伸试验机的钳口夹紧螺柱上部，进行拉伸试验。



NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)

b) 拉伸试验：碳钢螺柱的断裂强度应不低于 241MPa；奥氏体不锈钢螺柱的断裂强度应不低于 207MPa；其他材料的断裂强度应不低于螺柱材料规定最小抗拉强度的一半。

E.4.3 宏观检验（当母材不是 Fe-1 类钢材时）：将螺柱电弧焊接头从中间剖开，用 10 倍放大镜检验，5 个螺柱电弧焊的接头剖面都不得有裂纹。

表 E.1 碳钢螺柱电弧焊试验扭矩规定最低值

螺 纹 代 号	试验扭矩, N·m
M6×0.5	6.1
M6×1	5.1
M8×1	13.2
M8×1.25	12
M10×1	26.9
M10×1.5	23.8
M12×1.5	47.6

附录 F

(资料性附录)

焊接工艺评定表格推荐格式

表 F.1 (续)

	注
--	---

表 F.2 焊接工艺评定报告

单位名称 _____	
焊接工艺评定报告编号 _____ 预焊接工艺规程编号: _____	
焊接方法 _____ 机动化程度: (手工、机动、自动)	
接头简图: (坡口形式、尺寸、衬垫、每种焊接方法或焊接工艺的焊缝金属厚度)	
母材:	焊后热处理:
材料标准 _____	保温温度 (°C) _____
材料代号 _____	保温时间 (h) _____
	保护气体: _____

表 F.2 (续)

试验报告编号: _____	_____
---------------	-------

表 F. 2 (续)

金相检验 (角焊缝):

表 F.4 换热管与管板焊接工艺附加评定报告

单位名称_____										
焊接工艺附加评定报告编号_____					焊接工艺卡编号_____					
接头简图： 换热管与管板接头：标注母材类别、换热管外径、管壁厚、管孔周边管板结构、预置金属衬套形状与尺寸、孔桥宽度					评定因素： 焊接方法及机动化程度_____ 焊接位置_____ 焊条直径_____ 填充金属公称直径_____ 手工焊时立焊方向（向上、向下）_____ 角焊缝厚度_____ 每面单道焊/多道焊_____ 焊接电流值_____ 预置金属衬套_____ 预置金属衬套的形状与尺寸_____ 换热管与管板的连接方式_____ 换热管与管板接头的清理方法_____					
					外观检验：_____					报告编号_____
结果_____										
渗透检验：_____					报告编号_____					
接头编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有、无裂纹										
金相检验：_____					报告编号_____					
检验面编号	1	2	3	4	5	6	7	8	是否合格	
有无裂纹，未熔合										
角焊缝厚度（mm）										
是否焊透										
结论：本附加评定按 NB/T 47014—2011 附录 D 规定焊接试件、检验试样，确认试验记录正确 评定结果：（合格 不合格）_____										
焊工姓名				焊工代号				施焊日期		
编制		日期		审核		日期		批准		日期

附录 G

(资料性附录)

焊接工艺评定常用英文缩写及代号

本附录列出焊接工艺评定常用英文缩写及代号，适用于焊接工艺评定文件。

预焊接工艺规程	pWPS
焊接工艺规程	WPS
焊接工艺评定报告	PQR
焊后热处理	PWHT
气焊	OFW
焊条电弧焊	SMAW
埋弧焊	SAW
钨极气体保护焊	GTAW
熔化极气体保护焊	GMAW
药芯焊丝电弧焊	FCAW

摩擦焊	FRW
气电立焊	EGW
螺柱电弧焊	SW
交流电源	AC
直流电源反接	DCEP
直流电源正接	DCEN
平焊	F
横焊	H

板材对接焊缝试件立焊位置	3G
板材对接焊缝试件仰焊位置	4G

管材垂直固定对接焊缝试件位置

管材水平固定对接焊缝试件位置	5G
管材 45°固定对接焊缝试件位置	6G
板材角焊缝试件平焊位置	1F
板材角焊缝试件横焊位置	2F
板材角焊缝试件立焊位置	3F
板材角焊缝试件仰焊位置	4F
管-板(或管-管)角焊缝 45°转动试件位置	1F
管-板(或管-管)角焊缝 垂直固定横焊试件位置	2F
管-板(或管-管)角焊缝 水平转动试件位置	2FR
管-板(或管-管)角焊缝 垂直固定仰焊试件位置	4F



NB/T 47014—2011 (JB/T 4708) 《承压设备焊接工艺评定》 编制说明

1. 概况

压力容器与锅炉在设计、材料、制造与管理等方面有极大的相似性，统一它们的材料、焊接及检验方面的标准是两行业共同的呼声。早在2001年，国家质量技术监督局就组织有关单位，

- (9) DL/T 868—2004《焊接工艺评定规程》;
- (10) GB 50236—1998《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》;
- (11) SY/T 4103—1995《钢质管道焊接及验收》;
- (12) SY/T 0452—2002《石油天然气金属管道焊接工艺评定》。

上述锅炉、压力容器和压力管道行业中主要的焊接工艺评定标准,除 SY/T 4103 外,都是参照采用 ASME《锅炉压力容器规范》第 IX 卷“焊接和钎接评定”(以下简称 ASME IX)。ASME IX 的权威性与广泛性一直为世界各国所公认,至 2010 年 10 月底我国共有 482 家企业取得 ASME 各类钢印。近些年来,欧洲标准 EN 288《金属材料的焊接工艺规程及评定》,后来发展成为 ISO 9956《金属材料焊接工艺规程及评定》。

iii 力图参照 ASME IX 的分类原则对我国母材划分类别,但这并不表明焊接工艺评定时,NB/T 47014 与 ASME IX 中母材类别可以互相通用,也不说明这两个标准中的相同类别母材可以相互交换。

中 美两国母材 特别是低合金强度钢和低温钢差别很大,若两国母材问题是...

■ 参照 ASME IX 焊接工艺评定标准,对母材分类原则,特别是低合金强度钢和低温钢差别很大,若两国母材问题是...

6.1.2.1 b) 等离子弧焊使用的填丝工艺 (melt-in technique), 即是在熔池前沿加入填充丝而获得焊道的技术。

③ 焊接工艺评定规则只是在焊接工艺评定时使用, 焊接工艺评定规则与焊接规程是两个不同概念。

(10) 6.3 评定方法

焊接工艺评定试件分类对象是焊缝而不是焊接接头, 在本标准中只是对角焊缝和对接焊缝的焊接工艺评定作出了规定 (详见 6.3.1)。6.3 条规定与 ASME IX 相同。

(11) 6.4 检验要求与结果评价

本标准与 ASME IX 相比增加了试件外观检查与无损检测结果不得有裂纹 与 IR

② B.2.1 与 B.3.1 规定的实质是本标准范围以外的母材、填充金属，只能在本标准现有类别组别范围内，才能享受免做焊接工艺评定的待遇；

③ 建立“母材归类报告”与“填充金属归类报告”条款的目的是规范标准外母材和填充金属的焊接工艺评定方法，促使焊接工艺人员广泛搜集资料、充分试验和认真思考，从内涵上把握材料的焊接工艺评定特性。

(15) 附录 C 复合金属材料焊接工艺评定

2000年版的 JB 4708 中实际上只对覆层厚度参与复合金属材料的设计强度计算时的焊接工艺评定作了规定。在新版中，增加了覆层厚度不参与复合金属材料的设计强度计算时的焊接工艺评定方法。

(16) 附录 D 换热管与管板焊接工艺评定和焊接工艺附加评定

我们主要参照 2007 年版 ASME IX “管子与管板焊接工艺评定”内容编制了附录 D。

① 管子与管板首先要保证焊接接头的力学性能 因而必须要按对接焊缝与角焊缝评定规则进行

NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)《承压设备焊接工艺评定》编制说明

录 I 中有关厚度覆盖规则只有 7 项, 而 ASME IX 中有 24 项规则。ASME IX 中厚度范围覆盖还要受焊后热处理保温时间限制。

对于换热管与管板接头的焊接在 NB/T 47014 中首先考虑的是确保焊接接头力学性能要进行焊接工艺评定。为了保证换热管与管板之间剪切力, 还要在评定合格的焊接工艺规程基础上编制焊接

6. 水平与建议

从参与本标准编制人员的广泛性、代表性，标准适用范围及其内容深度广度、标准编制程序、征求意见广泛性深入程度、与中国实际情况结合的紧密程度、对标准理解及创新等层面出发，与国内同类标准作了对比。本标准水平为国内先进，也不低于国外同类标准。

本标准整个编制过程中一直受到国家质量技术监督部门的关注与指导。将承压设备的制造工艺方法标准统一，也是质量技术监督部门的一贯思想。我们建议在承压设备行业（气瓶除外）焊接工艺评定执行 NB/T 47014—2011 (JB/T 4708)，建议不再使用下列规范与标准中的附录：