

# NB

## 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47014—2023 NB/T 47015—2023 NB/T 47016—2023  
代替 NB/T 47014—2011 NB/T 47015—2011 NB/T 47016—2011

### 承压设备焊接工艺评定 压力容器焊接规程

### 承压设备产品焊接试件的力学性能检验

Welding procedure qualification for pressure equipments

Welding specification for pressure vessels

Mechanical proper tests of product welded test coupons for pressure equipments



2023-12-28 发布

2024-06-28 实施

国家能源局 发布

# 国家能源局

# 公告

2023 年 第 8 号

根据《中华人民共和国标准化法》《能源标准化管理办法》，国家能源局批准《新能源场站智能化建设基本技术规范》等 281 项能源行业标准（附件 1）、《Specification for Preparation of Special Geological Report on Impoundment-Affected Area for Hydropower Projects》等 33 项能源行业标准外文版（附件 2）、《水电工程放射性探测技术规程》等 3 项能源行业标准修改通知单（附件 3），现予以发布。

附件：行业标准目录

二〇二三年十二月二十八日

## 附件:

## 行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
1~141			(略)				
142	NB/T 11474—2023	承压设备用材环境腐蚀试验 大气环境腐蚀试验			北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
143	NB/T 11475—2023	瓶式压力容器			北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
144	NB/T 11476—2023	在用焦炭塔检验			北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
145	NB/T 11477—2023	电站锅炉可靠性评定规范	JB/T 50087—1997		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
146~164			(略)				
165	NB/T 47013.3—2023	承压设备无损检测 第3部分: 超声检测	NB/T 47013.3—2015		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
166	NB/T 47014—2023	承压设备焊接工艺评定	NB/T 47014—2011		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
167	NB/T 47015—2023	压力容器焊接规程	NB/T 47015—2011		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
168	NB/T 47016—2023	承压设备产品焊接试件的力学性能检验	NB/T 47016—2011		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
169	NB/T 47028—2023	压力容器用镍及镍合金锻件	NB/T 47028—2012		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
170	NB/T 47029—2023	压力容器用铝及铝合金锻件	NB/T 47029—2012		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
171	NB/T 47033—2023	减温减压装置	NB/T 47033—2013		北京科学技术出版社	2023-12-28	2024-06-28
172~281			(略)				

# 目 录

NB/T 47014—2023《承压设备焊接工艺评定》 .....	1
NB/T 47015—2023《压力容器焊接规程》 .....	93
NB/T 47016—2023《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》 .....	143

常州市特种设备检测研究院  
内部收藏



# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47014—2023  
代替 NB/T 47014—2011

## 承压设备焊接工艺评定

Welding procedure qualification for pressure equipments

2023-12-28 发布

2024-06-28 实施

国家能源局 发布



## 目 次

前言	5
1 范围	7
2 规范性引用文件	7
3 术语和定义	9
4 总则	11
5 焊接工艺评定因素及类别划分	12
6 对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定	40
7 耐蚀堆焊工艺评定	56
8 其他	63
附录 A (资料性) 焊接工艺规程流程图	64
附录 B (规范性) 母材、填充金属和焊接方法的补充规定	65
附录 C (规范性) 带堆焊隔离层的对接焊缝焊接工艺评定	67
附录 D (规范性) 不锈钢-钢复合板焊接工艺评定	69
附录 E (规范性) 换热管与管板焊接工艺评定	71
附录 F (规范性) 螺柱电弧焊工艺评定	74
附录 G (资料性) 焊接工艺评定报告推荐格式	78
附录 H (资料性) 焊接工艺评定常用英文缩写及代号	90





## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替了 NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评定》，与 NB/T 47014—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了电子束焊工艺评定（见第 1 章、表 5、6.1.5.6）；
- b) 增加了锆材的焊接工艺评定（见表 1）；
- c) 增加了堆焊隔离层、附加填充金属及带极堆焊焊接热输入等术语，修订了焊接工艺评定、焊接缺陷、缺欠等定义，并将文件中“焊接线能量”统一修改为“焊接热输入”（见第 3 章）；
- d) 调整了 L415、L485、10Ni3MoVD、TA2 母材牌号的类（组）别号，删除了 HP295 等气瓶用钢，删除了 Ni-5 类别中的 015Cr21Ni26Mo5Cu2 奥氏体不锈钢母材牌号（见表 1，2011 年版的表 1）；
- e) 新增了 Q420R、06Ni9D（R）、GB/SA516Gr70、GB/SA537C11、GB/SA387Gr12C12 及锆材等母材牌号（见表 1）；
- f) 新增了锆材的材料类（组）别号（见表 1）；
- g) 修订了铝焊丝的型号（见表 3）；
- h) 删除了埋弧焊焊丝、焊剂各自的类别号，埋弧焊焊丝与焊剂按组合进行分类（见表 4，2011 年版的表 4、表 5）；
- i) 修订了各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素，增加了气电立焊的坡口形式和间隙为“补充因素”，增加了焊条电弧焊改变电流种类或极性为“重要因素”，修订了混合气体规定配比要求等（见表 5）；
- j) 删除了“除气焊、螺柱电弧焊、摩擦焊外，试件经超过上转变温度的焊后热处理”“短路过渡的熔化极气体保护焊，当试件厚度小于 13 mm”“短路过渡的熔化极气体保护焊，当试件焊缝金属厚度小于 13 mm”试件厚度适用于焊件的最大厚度的规定（见 2011 年版的表 10）；
- k) 增加了大管径管状对接焊缝试件的制备及试样位置图（见 6.3.5.3、图 3）；
- l) 增加了焊接接头按设计图样要求的试验温度进行冲击试验规定及不同钢种焊接接头冲击吸收能量的合格指标 [见 6.4.1.7.3 a) ]；
- m) 修订了锅炉焊接接头冲击吸收能量的合格指标 [见 6.4.1.7.3 b) ]；
- n) 修订了堆焊金属重新评定的堆焊工艺因素（见表 15）；
- o) 修订了管状堆焊试件取样位置（见 7.3.1.3.1）；
- p) 新增了带堆焊隔离层对接焊缝的焊接工艺评定（见附录 C）；
- q) 修订了不锈钢-钢复合板先焊基层再焊覆层的焊接工艺评定规则，即基层焊缝需按组合焊缝进行焊接工艺评定 [见 D.2.3 a)、D.3.2.1]；

- r) 增加了先焊覆层再焊基层的焊接工艺评定规则 [ 见 D.2.3 b) 、 D.3.3 ] ；
- s) 删除了试件外径与焊件管外径的评定规则 [ 见 2011 年版的 D.4.2.2 a) ] ；
- t) 修订了孔桥宽度的评定规则 ( 见 E.5.3 ) ；
- u) 将换热管与管板焊接工艺评定试样检验 “测定角焊缝厚度” 修改为 “测量焊脚尺寸  $l$  ” ，并增加了按正方形排列的管头试件 ( 见 E.5.4.5 和图 E.2 ) ；
- v) 修订了预焊接工艺规程、焊接工艺评定报告推荐表格形式，删除了 “换热管与管板焊接工艺卡” 和 “换热管与管板焊接工艺附加评定报告” 推荐表格形式 ( 见附录 G ， 2011 年版的表 F.3 、 F.4 ) 。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件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。

本文件起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、中国特种设备检测研究院、兰州兰石重型装备股份有限公司、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、抚顺机械设备制造有限公司、中国石化工程建设有限公司、上海锅炉厂有限公司、中石化南京化工机械有限公司、中国石油天然气第一建设有限公司、中国石油天然气管道科学研究院有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、国家市场监督管理总局、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、一重集团大连核电石化有限公司。

本文件主要起草人：房务农、李军、张建晓、郭传江、胡希海、窦万波、戈兆文、王金光、王炯祥、朱宁、聂敏、隋永莉、吉方、顾福明、常彦衍、李宜男、袁继军、郭广飞、杨国义、姜海一。

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

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- JB 4708—1992；
- JB 4708—2000；
- NB/T 47014—2011。

# 承压设备焊接工艺评定

## 1 范围

本文件规定了承压设备（锅炉、压力容器、压力管道）焊接工艺评定的规则、试验方法和合格指标。

本文件适用于气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊（包括药芯焊丝电弧焊）、电渣焊、等离子弧焊、摩擦焊、气电立焊、螺柱电弧焊及电子束焊等焊接方法的焊接工艺评定。

本文件不适用于气瓶的焊接工艺评定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150.2 压力容器 第2部分：材料
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 228（所有部分） 金属材料 拉伸试验
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 711 优质碳素结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 1176 铸造铜及铜合金
- GB/T 1527 铜及铜合金控制管
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2054 镍及镍合金板
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 2882 镍及镍合金管
- GB/T 2965 钛及钛合金棒材
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3375 焊接术语

- GB/T 3531 低温压力容器用钢板
- GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分
- GB/T 3621 钛及钛合金板材
- GB/T 3624 钛及钛合金无缝管
- GB/T 3625 换热器及冷凝器用钛及钛合金管
- 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 4237 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
- GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分：无缝圆管
- GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 6479 高压化肥设备用无缝钢管
- GB/T 6614 钛及钛合金铸件
- GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材
- GB/T 6893 铝及铝合金拉(轧)制管材
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 8769 锆及锆合金棒材和丝材
- GB/T 8890 热交换器用铜合金无缝管
- GB/T 9460 铜及铜合金焊丝
- GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB/T 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 12228 通用阀门 碳素钢锻件技术条件
- GB/T 12229 通用阀门 碳素钢铸件技术条件
- GB/T 12230 通用阀门 不锈钢铸件技术条件
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB/T 13237 优质碳素结构钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 13401 钢制对焊管件 技术规范
- GB/T 13814 镍及镍合金焊条
- GB/T 14845 板式换热器用钛板
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 15008 耐蚀合金棒
- GB/T 15620 镍及镍合金焊丝
- GB/T 16253 承压钢铸件
- GB/T 16598 钛及钛合金饼和环
- GB/T 17791 空调与制冷设备用铜及铜合金无缝管
- GB/T 18984 低温管道用无缝钢管

- GB/T 19189 压力容器用调质高强度钢板
- GB/T 21183 锆及锆合金板、带、箔材
- GB/T 21832 (所有部分) 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管
- GB/T 21833 (所有部分) 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
- GB/T 24593 锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管
- GB/T 26283 锆及锆合金无缝管材
- GB/T 29168.2 石油天然气工业 管道输送系统用感应加热弯管、管件和法兰 第2部分: 管件
- GB/T 29168.3 石油天然气工业 管道输送系统用感应加热弯管、管件和法兰 第3部分: 法兰
- GB/T 30059 热交换器用耐蚀合金无缝管
- GB/T 30568 锆及锆合金锻件
- GB/T 32964 液化天然气用不锈钢焊接钢管
- GB/T 34275 压力管道规则 长输管道
- GB/T 38106 压力容器用铝及铝合金板材
- GB/T 38512 压力容器用铝及铝合金管材
- GB/T 39255 焊接与切割用保护气体
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013 (所有部分) 承压设备无损检测
- NB/T 47018 (所有部分) 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47019.2 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第2部分: 规定室温性能的非合金钢和合金钢
- NB/T 47019.3 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第3部分: 规定高温性能的非合金钢和合金钢
- NB/T 47028 压力容器用镍及镍合金锻件
- NB/T 47029 压力容器用铝及铝合金锻件
- NB/T 47046 承压设备用镍及镍合金板
- NB/T 47047 承压设备用镍及镍合金无缝管
- JB/T 10087 汽轮机承压铸钢件 技术条件
- YS/T 753 压力容器用锆及锆合金板材

### 3 术语和定义

GB/T 3375 界定的以及下列术语和定义适用于本文件, 如有不一致, 以本文件为准。

#### 3.1

预焊接工艺规程 (pWPS) **preliminary welding procedure specification**

为进行焊接工艺评定所拟定的焊接工艺文件。

3.2

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

为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评价。

在本文件中，焊接工艺评定指按 pWPS 施焊的焊接接头力学性能、弯曲性能等或耐蚀堆焊层化学成分、耐蚀性能、堆焊件弯曲性能是否符合规定，对 pWPS 进行验证性试验和结果评价的过程。

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 pWPS 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，用于指导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

**焊件 weldment**

由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。

3.7

**试件 test coupon**

按预定焊接工艺焊成的用于焊接试验的焊件。试件包括母材和焊接接头（或堆焊层）两部分。

3.8

**混合焊剂 mixed flux**

将两种不同型号的焊剂按一定的比例混合在一起使用，称为混合焊剂。

3.9

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

能改变焊接接头的组织、性能及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**

弯曲试样受拉面为焊缝正面的弯曲。具有较大焊缝宽度的面为正面，当两面焊缝宽度相等则先完成盖面层焊缝一侧为正面。

## 3.13

**背弯 root bend**

弯曲试样受拉面为焊缝背面的弯曲。

## 3.14

**侧弯 side bend**

弯曲试样受拉面为焊接接头横截面的弯曲。

## 3.15

**气电立焊 electrogas welding**

在立焊位置通过连续送进的焊丝和熔池之间的电弧使之产生接合的弧焊方法，并使用铜滑块及模块，使熔化的焊缝金属强制成型，可采用实心焊丝、金属粉芯焊丝或药芯焊丝，使用单一气体或混合气保护（自保护药芯焊丝不用外加保护气体）。

## 3.16

**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，可用也可不用保护气体或焊剂。

## 3.17

**附加填充金属 supplemental filler metal**

熔入焊缝的除熔化极外的碎焊丝、实心焊丝、金属粉或复合金属材料等。

## 3.18

**缺欠 imperfection**

一切不连续性、不完善性、不健全性、不均匀性等。

## 3.19

**焊接缺欠 weld imperfection**

泛指焊接接头中组织及结构的不连续性、不均匀性、不致密性及其他连接不良的欠缺。

## 3.20

**焊接缺陷 welding defect**

超过规定限值的焊接缺欠。

## 3.21

**带极堆焊焊接热输入 heat input of strip surfacing welding**

带极堆焊时由焊接热源输入给单位面积堆焊金属上的热量，计算公式： $\frac{60 \times I \times U}{V \times \text{带宽}}$  (J/mm<sup>2</sup>)。

## 3.22

**堆焊隔离层 buttering**

在接头准备作最终焊接前，预先在接头的的一个或两个坡口面堆焊以增加材料，以便为后续焊接提供适当的过渡层熔敷焊缝。

## 4 总则

4.1 承压设备的焊接工艺评定，除遵守本文件规定外，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：根据金属材料和焊接材料的焊接性，按照设计文件规定和制造工艺拟定预焊接工艺规程，制备试件，制取试样，检测焊接接头或耐蚀堆焊层是否符合规定的要求，并形成焊接工艺评定报告对 pWPS 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，所列的通用焊接工艺评定因素和对接焊缝、角焊缝专用焊接工艺评定因素中重要因素和补加因素或耐蚀堆焊工艺评定因素中重新评定的工艺因素。

4.5 焊接工艺规程流程图见附录 A。

## 5 焊接工艺评定因素及类别划分

### 5.1 各种焊接方法的通用焊接工艺评定因素及分类

#### 5.1.1 焊接方法及分类

焊接方法的类别为：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（含药芯焊丝电弧焊）、电渣焊、等离子弧焊、摩擦焊、气电立焊、螺柱电弧焊及电子束焊。

#### 5.1.2 金属材料及分类

根据金属材料的化学成分、力学性能和焊接性将焊制承压设备用母材按表 1 进行分类、分组。表 1 以外的母材分类、分组补充规定见附录 B。

表 1 焊制承压设备用母材分类分组

母材		钢号、牌号、级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-1	10	GB/T 699, GB/T 711, GB/T 3087, GB/T 6479, GB/T 8163, GB/T 9948, NB/T 47019.2
		15	GB/T 711, GB/T 13237
		20	GB/T 699, GB/T 711, GB/T 3087, GB/T 6479, GB/T 8163, GB/T 9948, GB/T 13237, NB/T 47008, NB/T 47019.2
		20G	GB/T 5310
		Q195	GB/T 700, GB/T 3091
		Q215A	GB/T 700, GB/T 3091, GB/T 3274
		Q215B	GB/T 700, GB/T 3091, GB/T 3274
		Q235AF	GB/T 700, GB/T 3274
		Q235A	GB/T 700, GB/T 3091, GB/T 3274
		Q235B	GB/T 700, GB/T 3091, GB/T 3274
		Q235C	GB/T 700, GB/T 3274
		Q235D	GB/T 700, GB/T 3274
		Q245R	GB/T 713
		Q275A	GB/T 700
Q275B	GB/T 700		

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-1	10MnDG	GB/T 18984
		20MnG	GB/T 5310
		L175/A25	GB/T 9711
		L175P/A25P	GB/T 9711
		L210/A	GB/T 9711
		L245/B	GB/T 9711
		L245N/BN	GB/T 9711
		L245R/BR	GB/T 9711
		L245Q/BQ	GB/T 9711
		L245M/BM	GB/T 9711
		L290	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L290N	GB/T 9711, GB/T 34275
		L290Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		L290M	GB/T 9711, GB/T 34275
		F290	GB/T 29168.3
		WCA	GB/T 12229
		ZG 200-400	GB/T 11352
		CF370	GB/T 13401
		CF415	GB/T 13401
	CF415K	GB/T 13401	
	LF415K1	GB/T 13401	
	LF415K2	GB/T 13401	
	Fe-1-2	25	GB/T 699, GB/T 12228
		Q345R	GB/T 713
		Q345A	GB/T 3091, GB/T 8163
		Q345B	GB/T 3091, GB/T 6479, GB/T 8163, NB/T 47019.2
		Q345C	GB/T 6479, GB/T 8163, NB/T 47019.2
		Q345D	GB/T 6479, GB/T 8163, NB/T 47019.2
		Q345E	GB/T 6479, GB/T 8163
GB/SA 516 Gr70		GB/T 150.2	
GB/SA 537 C11		GB/T 150.2	
Q355B		GB/T 1591	

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-2	Q355C	GB/T 1591
		Q355D	GB/T 1591
		09MnD	GB/T 150.2
		16Mn	NB/T 47008
		25MnG	GB/T 5310
		16MnD	NB/T 47009
		16MnDR	GB/T 3531
		16MnDG	GB/T 18984
		15MnNiDR	GB/T 3531
		09Mn2VDG	GB/T 18984
		09MnNiDR	GB/T 3531
		09MnNiD	NB/T 47009
		Q390A	GB/T 8163
		Q390B	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q390C	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q390D	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q390E	GB/T 1591, GB/T 8163
		L320	GB/T 9711, GB/T 29168.2
		L320N	GB/T 9711
		L320Q	GB/T 9711
		L320M	GB/T 9711
		L360	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L360N	GB/T 9711, GB/T 34275
		L360Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		L360M	GB/T 9711, GB/T 34275
		L390	GB/T 9711, GB/T 34275
		L390N	GB/T 9711, GB/T 34275
		L390Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		L390M	GB/T 9711, GB/T 34275
		CF485	GB/T 13401
		CF485K	GB/T 13401
		LF485K2	GB/T 13401

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-2	ZG 230-450	GB/T 11352
		ZG18	GB/T 16253
		WCB	GB/T 12229
		WCC	GB/T 12229
		A105	GB/T 12228
		F360	GB/T 29168.3
	Fe-1-3	Q370R	GB/T 713
		15MnNiNbDR	GB/T 3531
		Q420R	GB/T 713
		Q420A	GB/T 8163
		Q420B	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q420C	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q420D	GB/T 8163
		Q420E	GB/T 8163
		Q460C	GB/T 1591, GB/T 8163
		Q460D	GB/T 8163
		Q460E	GB/T 8163
		L415	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L415M	GB/T 9711, GB/T 34275
		L415N	GB/T 9711, GB/T 34275
		L415Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		L450	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L450M	GB/T 9711, GB/T 34275
		L450Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		L485	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L485M	GB/T 9711, GB/T 34275
		L485Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		F415	GB/T 29168.3
		F450	GB/T 29168.3
		F485	GB/T 29168.3
	Fe-1-4	07MnMoVR	GB/T 19189
		07MnNiVDR	GB/T 19189
		07MnNiMoDR	GB/T 19189
		12MnNiVR	GB/T 19189

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-1	Fe-1-4	08MnNiMoVD	NB/T 47009
		10Ni3MoVD	NB/T 47009
		L555	GB/T 9711, GB/T 29168.2, GB/T 34275
		L555M	GB/T 9711, GB/T 34275
		L555Q	GB/T 9711, GB/T 34275
		F555	GB/T 29168.3
Fe-2	—	—	—
Fe-3	Fe-3-1	15MoG	GB/T 5310
		20MoG	GB/T 5310
		12CrMo	GB/T 6479, GB/T 9948, NB/T 47008, NB/T 47019.2
		12CrMoG	GB/T 5310
	Fe-3-2	20MnMo	NB/T 47008
		20MnMoD	NB/T 47009
		10MoWVNb	GB/T 6479, GB/T 13401
		12SiMoVNb	GB/T 6479
	Fe-3-3	13MnNiMoR	GB/T 713
		18MnMoNbR	GB/T 713
		20MnNiMo	NB/T 47008
		20MnMoNb	NB/T 47008
		15NiCuMoNb	NB/T 47008
		15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310
	Fe-4	Fe-4-1	09CrCuSb
12Cr1Mo			GB/T 9948
14Cr1Mo			NB/T 47008
14Cr1MoR			GB/T 713
15CrMo			GB/T 3077, GB/T 6479, GB/T 9948, NB/T 47008, NB/T 47019.2
15CrMoG			GB/T 5310, NB/T 47019.3
15CrMoR			GB/T 713, GB/T 13401
GB/SA 387 Gr12 Cl2			GB/T 150.2
ZG 18CrMo			GB/T 16253

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-4	Fe-4-1	ZG 20CrMo	JB/T 9625, JB/T 10087
		AF11	GB/T 13401
		AF11G	GB/T 13401
		AF12	GB/T 13401
		AF12G	GB/T 13401
	Fe-4-2	12Cr1MoV	GB/T 3077, GB/T 9948, NB/T 47008
		12Cr1MoVG	GB/T 5310, NB/T 47019.3
		12Cr1MoVR	GB/T 713
		AF14	GB/T 13401
		ZG 15Cr1Mo1V	JB/T 9625, JB/T 10087
	ZG 20CrMoV	JB/T 9625, JB/T 10087	
Fe-5A	—	08Cr2A1Mo	GB/T 150.2, NB/T 47019.2
		07Cr2A1MoR	GB/T 713
		12Cr2Mo	GB/T 6479, GB/T 13401, GB/T 9948
		12Cr2MoG	GB/T 5310, GB/T 13401, NB/T 47019.3
		12Cr2Mo1	NB/T 47008, NB/T 47019.2
		12Cr2Mo1R	GB/T 713, GB/T 13401
		07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310, GB/T 13401, NB/T 47019.3
		AF22	GB/T 13401
		AF22G	GB/T 13401
			ZG 17Cr2Mo
Fe-5B	Fe-5B-1	12Cr5Mo	GB/T 6479, NB/T 47008
		12Cr5MoI	GB/T 9948, NB/T 47019.2
		12Cr5MoNT	GB/T 9948, NB/T 47019.2
		AF5	GB/T 13401
		AF5G	GB/T 13401
		ZG 16Cr5Mo	GB/T 16253
	Fe-5B-2	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310, NB/T 47008, NB/T 47019.2, NB/T 47019.3
		10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310, NB/T 47008, NB/T 47019.3
		10Cr11MoW2VNbCu1BN	GB/T 5310
		11Cr9Mo1W1VNbBN	GB/T 5310
	AF91	GB/T 13401	

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-5B	Fe-5B-3	12Cr9MoI	GB/T 9948, NB/T 47019.2
		12Cr9MoNT	GB/T 9948, NB/T 47019.2
		AF9	GB/T 13401
		AF9G	GB/T 13401
Fe-5C	—	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310
		12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310
		12Cr2Mo1VR	GB/T 713
		12Cr2Mo1V	NB/T 47008
		12Cr3Mo1V	NB/T 47008
Fe-6	—	S41008 (06Cr13)	GB/T 3280, GB/T 14976, GB/T 13296
		S41010 (12Cr13)	GB/T 3280, GB/T 14976
		S42020 (20Cr13)	GB/T 3280
Fe-7	Fe-7-1	S11306 (06Cr13)	GB/T 24511, NB/T 47010
		S11348 (06Cr13Al)	GB/T 24511, NB/T 47010
	Fe-7-2	S11710 (10Cr17)	GB/T 3280, GB/T 14976, GB/T 13296
		S11972 (019Cr19Mo2NbTi)	GB/T 24511, GB/T 14976
Fe-8	Fe-8-1	S30210 (12Cr18Ni9)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 24593
		S30403 (022Cr19Ni10)	GB/T 12771, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 14976, GB/T 32964, GB/T 13296, NB/T 47010
		S30408 (06Cr19Ni10)	GB/T 12771, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 14976, GB/T 32964, GB/T 13296, NB/T 47010
		S30409 (07Cr19Ni10)	GB/T 5310, GB/T 9948, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 24511, NB/T 47010
		S30432 (10Cr18Ni9NbCu3BN)	GB/T 5310
		S30453 (022Cr19Ni10N)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593, NB/T 47010
		S30458 (06Cr19Ni10N)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593, NB/T 47010
		S30478 (06Cr19Ni9NbN)	GB/T 3280, GB/T 14976, GB/T 24511
		S31252 (015Cr20Ni18Mo6CuN)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 24511, NB/T 47010
		S31603 (022Cr17Ni12Mo2)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 14976, GB/T 9948, GB/T 32964, GB/T 13296, NB/T 47010
		S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 13401, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 32964, NB/T 47010

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-8	Fe-8-1	S31609 (07Cr17Ni12Mo2)	GB/T 3280, GB/T4237, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, NB/T 47010
		S31653 (022Cr17Ni12Mo2N)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 13296, GB/T 14976, NB/T 47010
		S31658 (06Cr17Ni12Mo2N)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593, NB/T 47010
		S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 24511, GB/T 24593, NB/T 47010
		S31683 (022Cr18Ni14Mo2Cu2)	GB/T 13296, GB/T 14976
		S31688 (06Cr18Ni12Mo2Cu2)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 13296, GB/T 14976
		S31703 (022Cr19Ni13Mo3)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 24511, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 24593, NB/T 47010
		S31708 (06Cr19Ni13Mo3)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 24511, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 24593
		S32168 (06Cr18Ni11Ti)	GB/T 3280, GB/T 12771, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 14976, GB/T 32964, GB/T 13296, NB/T 47010
		S32169 (07Cr19Ni11Ti)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 5310, GB/T 12771, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 9948, GB/T 24511, NB/T 47010
		S34778 (06Cr18Ni11Nb)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 24511, GB/T 14976, GB/T 12771, GB/T 32964, GB/T 13296, GB/T 24593, NB/T 47010
		S34779 (07Cr18Ni11Nb)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 5310, GB/T 12771, GB/T 14976, GB/T 13296, GB/T 24511, GB/T 24593, GB/T 9948, NB/T 47010
		S38148 (06Cr18Ni13Si4)	GB/T 13296
		S39042 (015Cr21Ni26Mo5Cu2)	GB/T 24511, NB/T 47010
		08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310
		CF3	GB/T 12230
		CF3M	GB/T 12230
		CF8	GB/T 12230
		CF8M	GB/T 12230
		CF8C	GB/T 12230
		SF304	GB/T 13401
		SF304L	GB/T 13401
		SF304H	GB/T 13401
		SF310	GB/T 13401
		SF316	GB/T 13401
		SF316L	GB/T 13401
SF316H	GB/T 13401		
SF321	GB/T 13401		



表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-8	Fe-8-1	SF321H	GB/T 13401
		SF347	GB/T 13401
		SF347H	GB/T 13401
	Fe-8-2	S30908 (06Cr23Ni13)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593
		S30920 (16Cr23Ni13)	GB/T 13296
		S31008 (06Cr25Ni20)	GB/T 3280, GB/T 4237, GB/T 12771, GB/T 13296, GB/T 14976, GB/T 24511, GB/T 24593, NB/T 47010
		S31009 (07Cr25Ni21)	GB/T 5310
		S31020 (20Cr25Ni20)	GB/T 13296
		S31042 (07Cr25Ni21NbN)	GB/T 5310
		SF310	GB/T 13401
Fe-9B	—	08Ni3DR	GB/T 3531
		08Ni3D	NB/T 47009
		06Ni3MoDG	GB/T 18984
		LF450K3	GB/T 13401
		ZG 012Ni4	GB/T 16253
Fe-10I	—	S12791 (008Cr27Mo)	GB/T 13296
Fe-10H	—	S21953 (022Cr19Ni5Mo3Si2N)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		S22153 (022Cr21Ni3Mo2N)	GB/T 24511
		S22253 (022Cr22Ni5Mo3N)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		S22053 (022Cr23Ni5Mo3N)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		S22294 (03Cr22Mn5Ni2MoCuN)	GB/T 24511
		S23043 (022Cr23Ni4MoCuN)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		S25073 (022Cr25Ni7Mo4N)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		S25554 (03Cr25Ni6Mo3Cu2N)	GB/T 21832, GB/T 21833, GB/T 24511, NB/T 47010
		SF2225	GB/T 13401
		SF2205	GB/T 13401
SF2507	GB/T 13401		

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Fe-11A	—	06Ni9DR	GB/T 3531
		06Ni9D	NB/T 47009
		06Ni9DG	GB/T 18984
		LF680K4	GB/T 13401
A1-1	—	1050A	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, NB/T 47029
		1060	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, GB/T 38512
		1200	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893
		3003	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, GB/T 38512, NB/T 47029
A1-2	—	3004	GB/T 3880.2
		5052	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893
		5454	GB/T 3880, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 38106
		5A03	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893
A1-3	—	6061	GB/T 3880, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, GB/T 38106, GB/T 38512, NB/T 47029
		6063	GB/T 3880, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, GB/T 38512
		6A02	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893
A1-4	—	—	—
A1-5	—	5083	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893, GB/T 38106, GB/T 38512, NB/T 47029
		5086	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 38512
		5A05	GB/T 3880.2, GB/T 4437.1, GB/T 6892, GB/T 6893
Ti-1	—	TA0	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621
		TA1	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624, GB/T 3625, GB/T 14845, GB/T 16598
		TA1G	GB/T 3620.1, GB/T 3621
		ZTi1	GB/T 6614
		ZTi2	GB/T 6614
		TA2	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624, GB/T 3625, GB/T 16598
		TA2G	GB/T 3620.1, GB/T 3621
		TA7	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 16598
		TA8	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624
		TA9	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624, GB/T 3625, GB/T 16598
Ti-2	—	TA3	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624, GB/T 3625, GB/T 16598
		TA3G	GB/T 3620.1, GB/T 3621

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、级别、型号	标准
类别	组别		
Ti-2	—	TA4	GB/T 2965, GB/T 16598
		TA4G	GB/T 3620.1, GB/T 3621
		TA10	GB/T 2965, GB/T 3620.1, GB/T 3621, GB/T 3624, GB/T 3625, GB/T 16598
Zr-3	—	Zr-3	GB/T 8769, GB/T 21183, GB/T 26283, YS/T 753
		R60702	GB/T 30568
Zr-5	—	Zr-5	GB/T 8769, GB/T 21183, GB/T 26283, YS/T 753
		R60705	GB/T 30568
Cu-1	—	T2	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 4423, GB/T 17791
		TP1	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 17791
		TP2	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 4423, GB/T 17791
		TU2	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 4423, GB/T 17791
Cu-2	—	H62	GB/T 1527, GB/T 4423, GB/T 2040
		HSn62-1	GB/T 1527, GB/T 4423, GB/T 2040
		HSn70-1	GB/T 1527, GB/T 4423, GB/T 8890
		HA177-2	GB/T 8890
Cu-3	—	QSi3-1	GB/T 2040, GB/T 4423
Cu-4	—	B19	GB/T 2040
		BFe10-1-1	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 8890
		BFe30-1-1	GB/T 1527, GB/T 2040, GB/T 4423, GB/T 8890
Cu-5	—	QA1 5	GB/T 2040
		QA1 9-4	GB/T 2040, GB/T 4423
		ZCuAl 10Fe3	GB/T 1176
Ni-1	—	N5	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 4435, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		N6	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 4435
		N7	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 4435, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
Ni-2	—	NCu30	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 4435, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
Ni-3	—	NS3102 (N06600)	GB/T 2054, GB/T 2882, GB/T 15008, GB/T 30059, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS3105 (N06690)	GB/T 15008, GB/T 30059, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS3304 (N10276)	GB/T 2054, GB/T 15008, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS3305 (N06455)	GB/T 15008, NB/T 47046
		NS3306 (N06625)	GB/T 2054, GB/T 15008, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047

表 1 焊制承压设备用母材分类分组（续）

母材		钢号、牌号、 级别、型号	标准
类别	组别		
Ni-4	—	NS3201 (N10001)	GB/T 15008, NB/T 47046
		NS3202 (N10665)	GB/T 15008, NB/T 47046, NB/T 47047
Ni-5	—	NS1101 (N08800)	GB/T 2054, GB/T 15008, GB/T 30059, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS1102 (N08810)	GB/T 2054, GB/T 15008, GB/T 30059, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS1402 (N08825)	GB/T 2054, GB/T 15008, GB/T 30059, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047
		NS1403 (N08020)	GB/T 15008, NB/T 47028, NB/T 47046, NB/T 47047

### 5.1.3 填充金属及分类

5.1.3.1 填充金属包括焊条、焊丝、填充丝、焊带、焊剂、预置填充金属、金属粉、板极、熔嘴等。

5.1.3.2 根据焊接材料焊接性、熔敷金属化学成分和力学性能及参照相配套母材，将焊制承压设备用焊接材料进行分类。焊条按表 2 分类；气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝和填充丝按表 3 分类；埋弧焊用焊丝-焊剂组合按表 4 分类。表 2~表 4 以外的填充金属分类代号补充规定见附录 B。

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 $\geq 430$ MPa, 用于焊接 Fe-1-1 组的 E43 系列焊条	NB/T 47018.2 E43 $\times\times$
FeT-1-2	熔敷金属抗拉强度 $\geq 490$ MPa, 用于焊接 Fe-1-2 组的 E50 系列焊条	NB/T 47018.2 E50 $\times\times$ , E50 $\times\times$ - $\times$
FeT-1-3	熔敷金属抗拉强度 $\geq 550$ MPa, 用于焊接 Fe-1-3 组的 E55 系列焊条	NB/T 47018.2 E55 $\times\times$ - $\times$
FeT-1-4	熔敷金属抗拉强度 $\geq 590$ MPa, 用于焊接 Fe-1-4 组的 E59 系列焊条	NB/T 47018.2 E62 $\times\times$ -N2M1
FeT-2	—	—
FeT-3-1	熔敷金属公称成分与 Fe-3-1 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-1 组的耐热钢焊条	NB/T 47018.2 E55 $\times\times$ -CM
FeT-3-2	熔敷金属公称成分与 Fe-3-2 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-2 组的焊条	NB/T 47018.2 E55 $\times\times$ -G
FeT-3-3	熔敷金属公称成分与 Fe-3-3 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-3 组的焊条	NB/T 47018.2 E59 $\times\times$ -3M2
FeT-4	熔敷金属公称成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的耐热钢焊条	NB/T 47018.2 E55 $\times\times$ -1CM, E55 $\times\times$ -1CMV
FeT-5A	熔敷金属公称成分与 Fe-5A 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5A 类钢的耐热钢焊条	NB/T 47018.2 E62 $\times\times$ -2C1M

表 2 焊条分类 (续)

分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeT-5B	熔敷金属公称成分与 Fe-5B 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5B 类钢的耐热钢焊条	NB/T 47018.2 E62××-9C1M
FeT-5C	熔敷金属公称成分与 Fe-5C 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5C 类钢的耐热钢焊条	NB/T 47018.2 E62××-2C1MV
FeT-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢焊条	NB/T 47018.2 E410-××
FeT-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢焊条	—
FeT-8	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢焊条	NB/T 47018.2 E308-××, E347-××, E316L-××
FeT-9B	熔敷金属 Ni 公称成分与 Fe-9B 相当, 用于焊接 Fe-9B 类钢的焊条	参照 NB/T 47018.2 E50××-N7
FeT-10I	熔敷金属公称成分与 Fe-10I 相类似, 用于焊接 Fe-10I 类钢的不锈钢焊条	—
FeT-10H	熔敷金属为奥氏体-铁素体组织的不锈钢焊条	参照 NB/T 47018.2 E2209-××, E2594-××
CuT-1	纯铜类焊条	GB/T 3670 ECu
CuT-2	青铜类的铜锡合金焊条	GB/T 3670 ECuSn-A, ECuSn-B
CuT-3	青铜类的铜硅合金焊条	GB/T 3670 ECuSi-A, ECuSi-B
CuT-4	白铜类的铜镍合金焊条	GB/T 3670 ECuNi-A, ECuNi-B
CuT-6	青铜类的铜铝合金焊条	GB/T 3670 ECuAl-A2, ECuAl-B, ECuAl-C
CuT-7	青铜类的铜镍铝合金焊条	GB/T 3670 ECuAlNi, ECuMnAlNi
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
FeS-1-1	熔敷金属抗拉强度 $\geq 430$ MPa, 用于焊接 Fe-1-1 组的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER49-1, ER50-6
FeS-1-2	熔敷金属抗拉强度 $\geq 490$ MPa, 用于焊接 Fe-1-2 组的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER49-1, ER50-6
FeS-1-3	熔敷金属抗拉强度 $\geq 550$ MPa, 用于焊接 Fe-1-3 组的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER55-D2, ER55-D2-Ti
FeS-1-4	熔敷金属抗拉强度 $\geq 590$ MPa, 用于焊接 Fe-1-4 组的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER62-G
FeS-2	—	—
FeS-3-1	熔敷金属公称成分与 Fe-3-1 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-1 组钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER49-A1
FeS-3-2	熔敷金属公称成分与 Fe-3-2 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-2 组钢的钢焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER55-Ni1
FeS-3-3	熔敷金属公称成分与 Fe-3-3 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-3 组钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER62-G
FeS-4	熔敷金属公称成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER55-B2, ER55-B2-MnV
FeS-5A	熔敷金属公称成分与 Fe-5A 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5A 类钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER62-B3
FeS-5B	熔敷金属公称成分与 Fe-5B 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5B 类钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER55-B8
FeS-5C	熔敷金属公称成分与 Fe-5C 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5C 类钢的焊丝、填充丝	参照 NB/T 47018.3 W62 2C1MV
FeS-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 S410
FeS-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢焊丝、填充丝	—
FeS-8	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 S308, S347, S316L
FeS-9B	熔敷金属 Ni 公称成分与 Fe-9B 相当, 用于焊接 Fe-9B 类钢的焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 ER55-Ni3
FeS-10I	熔敷金属公称成分与 Fe-10I 相类似, 用于焊接 Fe-10I 类钢的不锈钢焊丝、填充丝	—
FeS-10H	熔敷金属为奥氏体-铁素体组织的不锈钢焊丝、填充丝	NB/T 47018.3 S2209
AlS-1	纯铝焊丝和填充丝	NB/T 47018.6 SA1 1100, SA1 1188
AlS-2	铝镁焊丝和填充丝	NB/T 47018.6 SA1 5183, SA1 5356, SA1 5554, SA1 5556, SA1 5654

表 3 气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝、填充丝分类（续）

分类代号	分类依据	标准及型号示例
AlS-3	铝硅焊丝和填充丝	NB/T 47018.6 SAI 4145, SAI 4043, SAI 4047
TiS-1	纯钛焊丝和填充丝	NB/T 47018.7 ER TA1ELI ER TA2ELI
TiS-2	公称成分为 Ti-Pd 的焊丝和填充丝	NB/T 47018.7 ER TA9
TiS-4	公称成分为 Ti-0.3Mo-0.8Ni 的焊丝和填充丝	NB/T 47018.7 ER TA10
ZrS-3	Zr+Hf 不小于 99.0%的焊丝和填充丝	NB/T 47018.8 ERZr-2
ZrS-5	Zr+Hf 不小于 95.5%的焊丝和填充丝	NB/T 47018.8 ERZr-4
CuS-1	纯铜类焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 1898
CuS-2	青铜类的铜锡合金焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 5210
CuS-3	青铜类的铜硅合金焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 6560
CuS-4	白铜类的铜镍合金焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 7158
CuS-6	青铜类的铜铝合金焊丝和填充丝	GB/T 9460 SCu 6100A
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 6002, SNi 6625
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-焊剂组合分类

分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeMSG-1-1	熔敷金属抗拉强度 $\geq 430$ MPa, 用于焊接 Fe-1-1 组的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 43 × × FB-SU08A, S 43 × × AB-SU26
FeMSG-1-2	熔敷金属抗拉强度 $\geq 490$ MPa, 用于焊接 Fe-1-2 组的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 49 × × FB-SU26, S 49 × × FB-SU34, S 49 × × FB-SU28
FeMSG-1-3	熔敷金属抗拉强度 $\geq 550$ MPa, 用于焊接 Fe-1-3 组的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 55 × × FB-SUM3, S 55 × × FB-SUN2M1
FeMSG-1-4	熔敷金属抗拉强度 $\geq 590$ MPa, 用于焊接 Fe-1-4 组的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 62 × × FB-SUM31, S 62 × × FB-SUM3V
FeMSG-2	—	—
FeMSG-3-1	熔敷金属公称成分与 Fe-3-1 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-1 组钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 49 × × FB-SU1CM2, S 55 × × FB-SU1CM3
FeMSG-3-2	熔敷金属公称成分与 Fe-3-2 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-2 组钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 55 × × FB-SUM3
FeMSG-3-3	熔敷金属公称成分与 Fe-3-3 组钢材类似, 用于焊接 Fe-3-3 组钢的埋弧焊焊丝	NB/T 47018.4 S 62 × × FB-SUM31, S 62 × × FB-SUM3V
FeMSG-4	熔敷金属公称成分与 Fe-4 类钢材类似, 用于焊接 Fe-4 类钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 49 × × FB-SU1CM2, S 55 × × FB-SU1CMV, S 55 × × FB-SU1CM3
FeMSG-5A	熔敷金属公称成分与 Fe-5A 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5A 类钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 55 × × FB-SU × × ×
FeMSG-5B	熔敷金属公称成分与 Fe-5B 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5B 类钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 62 × × FB-SU9C1MV
FeMSG-5C	熔敷金属公称成分与 Fe-5C 类钢材类似, 用于焊接 Fe-5C 类钢的埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 62 × × FB-SU2C1MV
FeMSG-6	熔敷金属为马氏体组织的不锈钢埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S F410 × ×-S410



表 4 埋弧焊用焊丝-焊剂组合分类（续）

分类代号	分类依据	标准及型号示例
FeMSG-7	熔敷金属为铁素体组织的不锈钢埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S F430 × ×-S430
FeMSG-8	熔敷金属为奥氏体组织的不锈钢埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S F308L × ×-S308L, S F316 × ×-S316, S F347L × ×-S347L
FeMSG-9B	熔敷金属 Ni 公称成分与 Fe-9B 相当, 用于焊接 Fe-9B 类钢的焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S 49 × × FB-SUN7
FeMSG-10I	熔敷金属公称成分与 Fe-10I 相类似, 用于焊接 Fe-10I 类钢的不锈钢埋弧焊焊丝-焊剂组合	—
FeMSG-10H	熔敷金属为奥氏体-铁素体双相组织的不锈钢埋弧焊焊丝-焊剂组合	NB/T 47018.4 S F2209 × ×-S2209, S F2594 × ×-S2594
FeMSG-11A	熔敷金属为奥氏体的镍基合金埋弧焊焊丝-焊剂组合	参照 NB/T 47018.4 S F × × × ×-SNi6625

#### 5.1.4 焊后热处理及分类

5.1.4.1 类别号为 Fe-1、Fe-3、Fe-4、Fe-5A、Fe-5B、Fe-5C、Fe-6、Fe-9B、Fe-10I、Fe-10H 及 Fe-11A 的材料焊后热处理类别：

- 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，而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。

5.1.4.2 除 5.1.4.1 外，表 1 中各类别号的材料焊后热处理类别：

- a) 不进行焊后热处理；
- b) 在规定的温度范围内进行焊后热处理。

#### 5.2 每种焊接方法的专用焊接工艺评定因素及分类

5.2.1 专用焊接工艺评定因素分为重要因素、补加因素和次要因素：

- a) 重要因素是指影响焊接接头拉伸性能和弯曲性能的焊接工艺评定因素；
- b) 补加因素是指影响焊接接头冲击韧性的焊接工艺评定因素；
- c) 次要因素是指对焊接接头力学性能和弯曲性能无明显影响的焊接工艺评定因素。

5.2.2 每种焊接方法的专用焊接工艺评定因素及分类按表 5 的规定执行。

5.2.3 带堆焊隔离层的对接焊缝焊接工艺评定规则按附录 C 的规定执行。

5.2.4 不锈钢-钢复合板焊接工艺评定规则按附录 D 的规定执行。

5.2.5 换热管与管板的焊接工艺评定规则按附录 E 的规定执行。

5.2.6 螺柱电弧焊工艺评定规则按附录 F 的规定执行。

表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素										补加因素										次要因素									
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊
接头	1) 改变坡口形式	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2) 增加或取消衬垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3) 改变衬垫的公称成分	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4) 增大坡口根部间隙	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5) 减小坡口根部间隙	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6) 取消单面焊时的衬垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	7) 增加或取消非金属或非熔化的焊接熔池金属成形块(或焊缝背面成形块)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	8) 增加或取消锁底焊缝	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	9) 增加衬垫,或改变衬垫的公称成分	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10) 改变螺柱焊端部的尺寸和形状	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素 (续)

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素										补充因素										次要因素									
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊
接头	11) 改变电弧保护套圈型号或焊剂型号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
接头	12) 两工件端部焊接平面与旋转轴线夹角变化大于评定值±10°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
接头	13) 焊接接头横截面积的变化大于评定值 10%，或两工件相焊处，从实心截面改变为空心截面，或反之	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
接头	14) 管-管相焊处的外径变化超出评定试件±10%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素（续）

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素	补充因素	次要因素
焊接位置	1) 与评定试件相比, 改变焊接位置	—	—	—
	2) 立缝反面清根露出正面合格的焊缝金属时, 根部焊道向上或向下	—	—	—
	*3) 从评定合格的焊接位置改变为向上立焊	—	○	—
	1) 预热温度比已评定合格值降低 55℃以上	—	○	—
预热、后热	*2) 道间最高温度比经评定记录值高 55℃以上	—	○	—
	3) 施焊结束后至焊后热处理前, 改变后热温度和保温时间	—	—	—
	气焊	—	—	—
	焊条电弧焊	—	—	—
	埋弧焊	—	—	—
	熔化极气体保护焊	—	—	—
	钨极气体保护焊	—	—	—
	等离子弧焊	—	—	—
	气电立焊	○	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—
	摩擦焊	—	—	—
	电子束焊	—	—	—
	气焊	—	—	○
	焊条电弧焊	—	○	—
	埋弧焊	—	—	—
	熔化极气体保护焊	—	—	○
	钨极气体保护焊	—	—	○
	等离子弧焊	—	—	○
	气电立焊	—	—	—
	螺柱电弧焊	—	—	—
	摩擦焊	—	—	—
	电子束焊	—	—	—

表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素 (续)

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素										补加因素										次要因素											
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊		
气体	1) 改变可燃气体种类	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2) 改变气体保护方式 (如真空、惰性气体等)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3) 改变单一保护气体种类; 改变混合保护配比超出 GB/T 39255 公称值制备公差; 从单一保护气体改用混合保护气体或反之; 增加或取消保护气体	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4) 当类别号为 Fe-10I、Ti-1、Ti-2、Zr-3、Zr-5、Ni-1~Ni-5 时, 取消焊缝背面保护气体, 或背面保护气体从惰性气体改变为混合气体, 或背面保护气体流量比评定值减少 10% 或更多	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素（续）

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素										补充因素										次要因素									
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊
电 特 性	1) 改变电流种类或极性	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	*2) 增加热输入或单位长度焊道的熔敷金属体积超过评定合格值	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3) 改变焊接电流范围,除焊条电弧焊、钨极气体保护焊外改变电弧电压范围	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4) 在直流电源上叠加或取消脉冲电流	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5) 钨极的种类或直径	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6) 从粗滴过渡、喷射过渡或脉冲过渡改变为短路过渡,或反之	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素 (续)

类别	电特性	重要因素	补充因素	次要因素
焊接工艺 评定因素	7) 与评定值相比, 改变电弧时间超 过±0.1s 8) 与评定值相 比, 改变电流超 过±10% 9) 改变焊接电源 类型 10) 电子束电流 改变超过评定值 ±5%; 电子束电压 改变超过评定值 ±2%; 焊接速度改 变超过评定值 ±2%; 电子束焦点 电流改变超过评 定值±5% 11) 电子枪至工件 距离改变超过评 定值±5%; 振荡幅 度或宽度改变超 过评定值±20%; 电子束脉动频率 相对评定值发生 改变	气焊	—	—
		焊条电弧焊	—	—
		埋弧焊	—	—
		熔化极气体保护焊	—	—
		钨极气体保护焊	—	—
		等离子弧焊	—	—
		气电立焊	—	—
		螺柱电弧焊	○	—
		摩擦焊	—	—
		电子束焊	—	—
		气焊	—	—
焊条电弧焊	—	—		
埋弧焊	—	—		
熔化极气体保护焊	—	—		
钨极气体保护焊	—	—		
等离子弧焊	—	—		
气电立焊	—	—		
螺柱电弧焊	—	—		
摩擦焊	—	—		
电子束焊	—	—		
气焊	—	—		
焊条电弧焊	—	—		
埋弧焊	—	—		
熔化极气体保护焊	—	—		
钨极气体保护焊	—	—		
等离子弧焊	—	—		
气电立焊	—	—		
螺柱电弧焊	—	—		
摩擦焊	—	—		
电子束焊	—	—		

表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素（续）

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素									补充因素									次要因素																								
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊													
技术措施	1) 从氧化焰改为还原焰，或反之	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	2) 左焊法或右焊法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3) 不摆动焊或摆动焊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4) 改变焊前清理和层间清理方法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5) 改变清根方法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6) 机动焊、自动焊时，改变电极（焊丝、钨极）摆动幅度、频率和两端停留时间	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7) 改变导电嘴至工件的距离	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	*8) 由每面多道焊改为每面单道焊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	*9) 机动焊、自动焊时，单丝焊改为多丝焊，或反之	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 各种焊接方法的专用焊接工艺评定因素 (续)

类别	焊接工艺 评定因素	重要因素										补充因素										次要因素											
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊	气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	等离子弧焊	气电立焊	螺柱电弧焊	摩擦焊	电子束焊		
技术措施	10) 机动焊、自动焊时, 改变电极间距	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11) 从手工焊改为机动焊、自动焊, 或反之	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12) 有无锤击焊缝	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13) 喷嘴、喷嘴尺寸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14) 改变螺柱焊枪型号; 与评定值相比, 提升高度变化超过 0.8 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15) 与评定值相比, 工件外表面线速度变化量大于评定值±10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16) 顶锻压力变化量大于评定值±10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17) 转动能量变化量大于评定值±10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## 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

焊接方法改变，需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，需重新进行焊接工艺评定；
- b) Fe-1~Fe-5A 某类别号母材相焊，评定合格的焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊及填丝等离子弧焊焊接工艺，适用于该类别号母材与低类别号母材相焊；
- c) 除 b) 外不同类别号的母材相焊，即使各自母材焊接工艺评定均合格，其焊接接头仍需重新进行焊接工艺评定；
- d) 当热影响区规定冲击时，两类（组）别号母材之间相焊，所拟定的预焊接工艺规程，与他们各自相焊评定合格的焊接工艺相同，则这两类（组）别号母材之间相焊，不需重新进行焊接工艺评定。

##### 6.1.2.2 组别评定规则（螺柱焊、摩擦焊除外）：

- a) 除下述规定外，母材组别号改变时，需重新进行焊接工艺评定；
- b) 某母材评定合格的焊接工艺，适用于同组别号的其他母材；
- c) 在同类别号中，高组别号母材评定合格的焊接工艺，适用于该高组别号母材与低组别号母材相焊；
- d) Fe-1-2 组别号母材评定合格的焊接工艺，适用于 Fe-1-1 组别号母材。

##### 6.1.2.3 摩擦焊时母材的评定规则：

- a) 当母材公称成分或抗拉强度等级改变时，需重新进行焊接工艺评定；
- b) 两种不同公称成分或抗拉强度等级的母材相焊，即使各自母材焊接工艺评定均合格，其焊接接头仍需重新进行焊接工艺评定。

#### 6.1.3 填充金属的评定规则

6.1.3.1 变更填充金属类别号，需重新进行焊接工艺评定，但用强度级别高的类别填充金属代替强度级别低的类别填充金属焊接 Fe-1、Fe-3 类母材时除外。

6.1.3.2 埋弧焊、熔化极气体保护焊时，附加填充金属的增加、取消或其体积改变超过 10%需重新进行焊接工艺评定。

6.1.3.3 当规定进行冲击试验时，在同类别号填充金属中，用冲击吸收能量合格指标较低的填充金属替代较高的填充金属（除冲击吸收能量合格指标较低时仍可符合本文件或设计文件规定）或用非碱性药皮焊条代替碱性药皮焊条均为补加因素，需增补冲击韧性试验。

6.1.3.4 属于 NB/T 47018.4 中奥氏体不锈钢埋弧焊用焊接材料，改变焊剂制造方法（熔炼焊剂、烧结焊剂），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 当规定进行冲击试验时，除气焊、螺柱电弧焊、摩擦焊外，焊后热处理的保温温度或保温时间范围改变后需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，试件保温时间不得少于焊件在制造过程中累

计保温时间的 80%，保温温度相同的多次焊后热处理的保温时间可累加成一次完成。

#### 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 6 或表 7 的规定。

6.1.5.2 当规定进行冲击试验时，焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、等离子弧焊及气电立焊的焊接工艺评定合格后，若  $T \geq 6$  mm 时，适用于焊件母材厚度的有效范围最小值为试件厚度  $T$  与 16 mm 的较小值；当  $T < 6$  mm 时，适用于焊件母材厚度的最小值为  $T/2$ 。如试件经高于上转变温度的焊后热处理、奥氏体-铁素体双相钢焊接接头或奥氏体焊接接头经固溶处理、有冲击试验的焊接工艺评定应用于无冲击要求的焊件时，仍按表 6 或表 7 的规定。

6.1.5.3 当厚度较大的母材焊件属于表 8 所列的情况时，评定合格的焊接工艺适用于焊件母材厚度的有效范围最大值按表 8 的规定。

6.1.5.4 当试件符合表 9 所列的焊接条件时，评定合格的焊接工艺适用于焊件的最大厚度按表 9 的规定。

表 6 对接焊缝试件厚度与焊件厚度规定（试件进行拉伸试验和横向弯曲试验）

单位为毫米

试件母材厚度 $T$	适用于焊件母材厚度的有效范围		适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围	
	最小值	最大值	最小值	最大值
$< 1.5$	$T$	$2T$	不限	$2t$
$1.5 \leq T \leq 10$	1.5			
$10 < T < 20$	5			
$20 \leq T < 38$		$2t (t < 20)$		
$38 \leq T \leq 150$		$2T (t \geq 20)$		
		$2t (t < 20)$		
$> 150^b$	$200^a$	$200^a (t \geq 20)$		
	$1.33T^a$	$2t (t < 20)$		
			$1.33T^a (t \geq 20)$	

<sup>a</sup> 限于焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊，其余按表 8、表 9 或  $2T$ 、 $2t$  ( $t$  为试件每种焊接方法焊接的焊缝金属厚度)。

<sup>b</sup> 试件厚度大于 150 mm 时，应全厚度焊接。

表 7 对接焊缝试件厚度与焊件厚度规定（试件进行拉伸试验和纵向弯曲试验）

单位为毫米

试件母材厚度 $T$	适用于焊件母材厚度的有效范围		适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围	
	最小值	最大值	最小值	最大值
$< 1.5$	$T$	$2T$	不限	$2t$
$1.5 \leq T \leq 10$	1.5			
$> 10$	5			

表 8 焊件在所列表件时试件母材厚度与焊件母材厚度规定

单位为毫米

序号	焊件条件	试件母材厚度 $T$	适用于焊件母材厚度的有效范围	
			最小值	最大值
1	焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和等离子弧焊用于打底焊，当单独评定时	$\geq 13$	按表 6、表 7 或 6.1.5.2 中相关规定执行	按继续填充焊缝的其余焊接方法的焊接工艺评定结果确定
2	部分焊透的对接焊缝焊件	$\geq 38$		不限
3	返修焊、补焊	$\geq 38$		不限
4	不等厚对接焊缝焊件，用等厚的对接焊缝试件来评定	$\geq 6$ (类别号为 Fe-8、Ti、Zr、Ni、Cu、Al)		不限 (厚边母材厚度)
		$\geq 38$ (除类别号为 Fe-8、Ti、Zr、Ni、Cu、Al 外)	不限 (厚边母材厚度)	

表 9 试件在所列表件时试件厚度与焊件厚度规定

单位为毫米

序号	试件的焊接条件	适用于焊件的最大厚度	
		母材	焊缝金属
1	试件为单道焊或多道焊时，若其中任一焊道的厚度大于 13 mm	$1.1T$	按表 6、表 7 中相关规定执行
2	气焊	$T$	

6.1.5.5 对接焊缝试件评定合格的焊接工艺用于焊件角焊缝时，焊件厚度的有效范围不限；角焊缝试件评定合格的焊接工艺用于非受压焊件角焊缝时，焊件厚度的有效范围不限。

6.1.5.6 可测熔深的无衬垫单面焊全焊透电子束焊缝，当试件厚度不大于 25 mm 时，适用于焊件母材最大厚度为  $1.2T$ ；当试件厚度大于 25 mm 时，适用于焊件母材最大厚度为  $1.1T$ 。对于其他焊缝，当试件厚度不大于 25 mm 时，适用于焊件母材最大厚度为  $1.1T$ ；当试件厚度大于 25 mm 时，适用于焊件母材最大厚度为  $1.05T$ 。

## 6.2 各种焊接方法的专用评定规则

6.2.1 当变更任何一个重要因素时，需重新进行焊接工艺评定。

6.2.2 当增加或变更任何一个补加因素时，则可按该因素，增补冲击韧性试验。

6.2.3 当增加或变更次要因素时，不需重新评定，但需变更预焊接工艺规程。

## 6.3 评定方法

6.3.1 试件形式分为板状与管状两种，管状指管道和环，试件形式见图 1。摩擦焊试件接头形状应与产品一致。

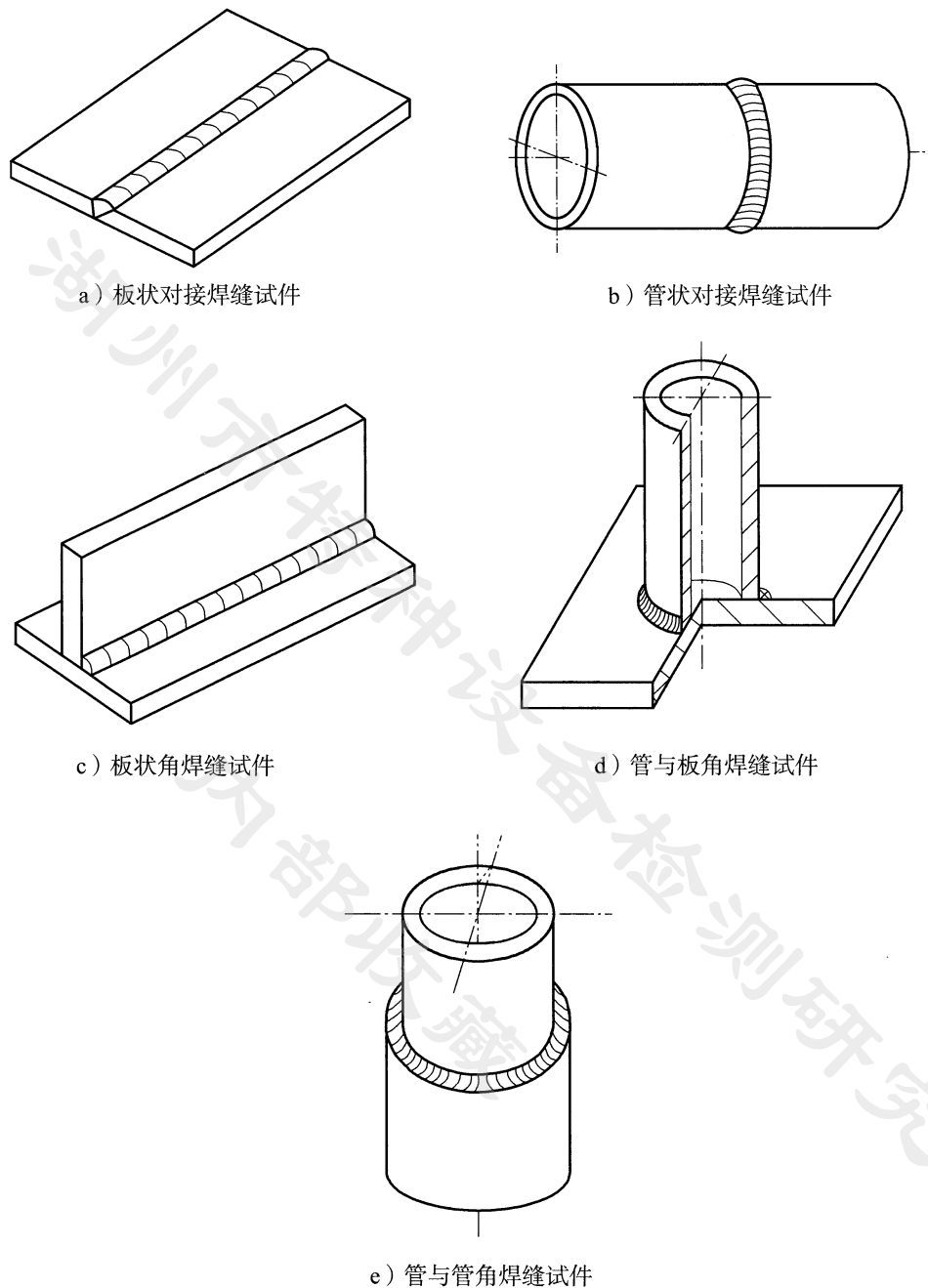


图1 对接焊缝和角焊缝试件形式

6.3.2 评定对接焊缝 pWPS 采用对接焊缝试件时，对接焊缝试件评定合格的焊接工艺，也适用于焊件中的角焊缝。评定非受压角焊缝 pWPS 时，可仅采用角焊缝试件，但当规定进行冲击试验时，需采用对接焊缝试件。

6.3.3 板状对接焊缝试件评定合格的焊接工艺，适用于管状焊件的对接焊缝，反之亦可。任一角焊缝试件评定合格的焊接工艺，适用于所有形式的焊件角焊缝。

6.3.4 当同一条焊缝使用两种或两种以上焊接方法或重要因素、补加因素不同的焊接工艺时，可按每种焊接方法（或焊接工艺）分别进行评定；亦可使用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）焊接试件，进行组合评定。



组合评定合格的焊接工艺用于焊件时，可以采用其中一种或几种焊接方法（或焊接工艺），但应保证其重要因素、补加因素不变，其中每种焊接方法（或焊接工艺）所评定的试件母材厚度和焊缝金属厚度适用于焊件母材厚度和焊缝金属厚度的有效范围按本文件的规定。

### 6.3.5 试件制备

6.3.5.1 母材、焊接材料和试件的焊接必须符合预焊接工艺规程。

6.3.5.2 组合评定的试件，应记录每种焊接方法施焊的焊缝金属厚度，但不包括焊缝余高。

6.3.5.3 试件的数量和尺寸应满足制备试样的要求，试样也可以直接在焊件上切取；管状对接焊缝试件管径 $\geq$ DN500时，焊缝应在立焊位置进行焊接，焊缝长度满足制备试样即可，且不用焊接整圈环焊缝。

### 6.4 检验要求和结果评价

#### 6.4.1 对接焊缝试件和试样的检验

6.4.1.1 试件检验项目：外观检查、无损检测、力学性能试验和弯曲试验。

6.4.1.2 外观检查和无损检测（按 NB/T 47013）结果不得有裂纹。

6.4.1.3 力学性能试验和弯曲试验：

- a) 力学性能试验和弯曲试验项目取样数量除另有规定外，应符合表 10 的规定。
- b) 当规定进行冲击试验时，仅对钢材和含镁量超过 3% 的铝镁合金及奥氏体不锈钢焊接接头进行夏比 V 型缺口冲击试验，铝镁合金、奥氏体不锈钢焊接接头只取焊缝金属冲击试样。
- c) 当试件采用两种或两种以上焊接方法（或重要因素和补加因素不同的焊接工艺）时，拉伸试样和弯曲试样的受拉面应包括每一种焊接方法（或重要因素不同的焊接工艺）的焊接接头；当规定做冲击试验时，对每一种焊接方法（或补加因素不同的焊接工艺）的焊缝金属和热影响区都要经受冲击试验的检验。
- d) 拉伸、弯曲及冲击试样尺寸，根据相关标准或技术文件确定允许公差。

表 10 力学性能试验和弯曲试验项目取样数量

试件母材的厚度 $T$ mm	拉伸试验/个	弯曲试验 <sup>b</sup> /个			冲击试验 <sup>d</sup> /个	
	拉伸 <sup>a</sup>	面弯	背弯	侧弯	焊缝区	热影响区
$T < 1.5$	2	2	2	—	—	—
$1.5 \leq T \leq 10$	2	2	2	—	3	3
$10 < T < 20$	2	2	2	—	3	3
$T \geq 20$	2	—	—	4	3	3

<sup>a</sup> 一根管接头全截面试样可以代替两个带肩板形拉伸试样。

<sup>b</sup> 当试件焊缝两侧的母材之间或焊缝金属与母材之间的弯曲性能有显著差别时，可采用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验。纵向弯曲时，取面弯和背弯试样各 2 个。

<sup>c</sup> 采用不同焊接方法（或重要因素不同的焊接工艺）完成的试件，当  $10 \text{ mm} < T < 20 \text{ mm}$  时，可进行横向侧弯试验，用 4 个侧弯试样代替 2 个面弯试样和 2 个背弯试样；当  $T \leq 10 \text{ mm}$  时，可采用 4 个横向侧弯试样或 2 个面弯试样和 2 个背弯试样。采用同种焊接方法完成的试件，当  $10 \text{ mm} < T < 20 \text{ mm}$  时，可进行横向侧弯试验，用 4 个侧弯试样代替 2 个面弯试样和 2 个背弯试样。

<sup>d</sup> 当焊缝两侧母材的钢号不同时，每侧热影响区都应取 3 个冲击试样，但不需进行冲击试验的除外。

<sup>e</sup> 当需要进行冲击试验，应优先采用  $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 55 \text{ mm}$  标准冲击试样，而无法制备  $5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 55 \text{ mm}$  冲击试样时，免做冲击试验，试件厚度适用于焊件母材厚度的有效范围按 6.1.5.2 的规定。

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按图 2 所示；
- e) 管状对接焊缝试件上试样取样位置按图 3 所示。

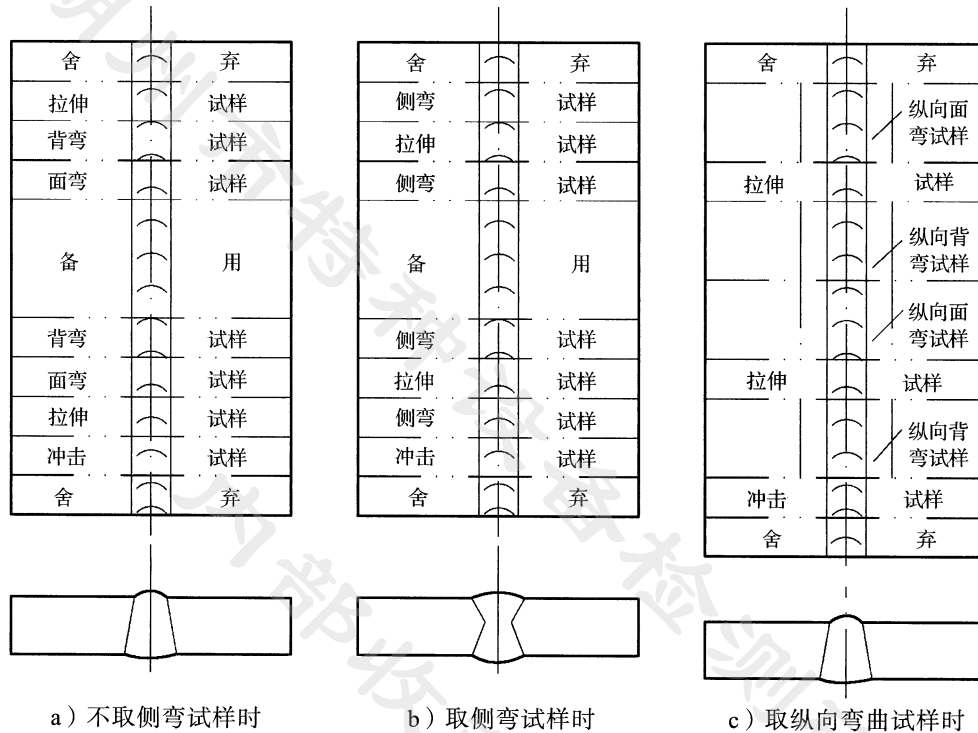
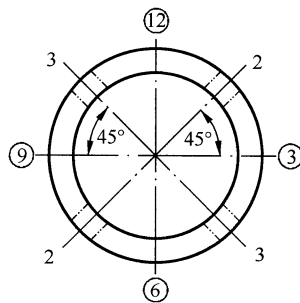
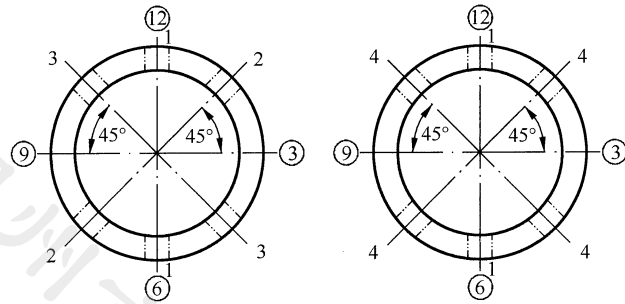


图 2 板状对接焊缝试件上试样位置图

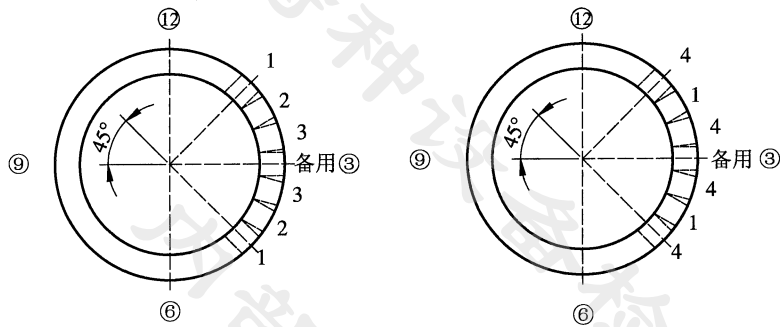


a) 拉伸试样为整管时弯曲试样位置

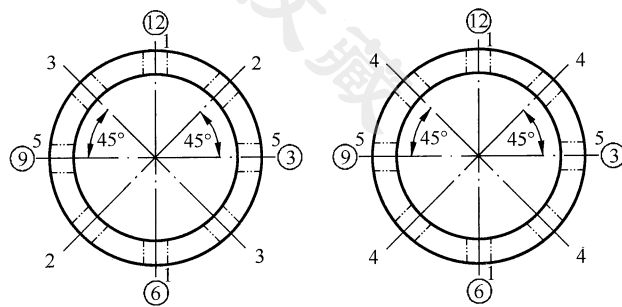
图 3 管状对接焊缝试件上试样位置图



b) 不要求冲击试验时 (管径 $<DN500$ )

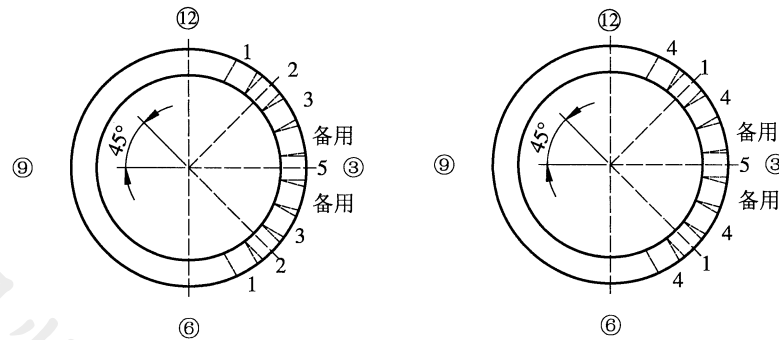


c) 不要求冲击试验时 (管径 $\geq DN500$ )



d) 要求冲击试验时 (管径 $<DN500$ )

图3 管状对接焊缝试件上试样位置图 (续)

e) 要求冲击试验时 (管径 $\geq$ DN500)

标引序号说明:

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

③⑥⑨⑫——钟点记号,表示水平固定位置焊接时的定位标记。

图3 管状对接焊缝试件上试样位置图(续)

#### 6.4.1.5 拉伸试验

##### 6.4.1.5.1 取样和加工要求:

- a) 试样的焊缝余高应以机械方法去除,使之与母材齐平;电子束焊管状对接焊缝试件上取样应避开束流衰减的搭接部位。
- b) 厚度小于或等于 30 mm 的试件,采用全厚度拉伸试样。试样厚度应等于或接近试件母材厚度  $T$ 。
- c) 当试验机受能力限制不能进行全厚度拉伸试验时,则可将试件在厚度方向上均匀分层取样,等分后制取试样厚度应接近试验机所能试验的最大厚度。等分后的两片或多片试样试验代替一个全厚度试样的试验。

##### 6.4.1.5.2 试样形式:

- a) 紧凑型板接头带肩板形拉伸试样(如图4所示)适用于所有厚度板状的对接焊缝试件;
- b) 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 I(如图5所示)适用于外径大于 76 mm 的所有壁厚管状对接焊缝试件;
- c) 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II(如图6所示)适用于外径小于或等于 76 mm 的管状对接焊缝试件;
- d) 管接头全截面拉伸试样(如图7所示)适用于外径小于或等于 76 mm 的管状对接焊缝试件。

6.4.1.5.3 试验方法:按 GB/T 228 的规定测定焊接接头的抗拉强度。

##### 6.4.1.5.4 合格指标:

- a) 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文件规定的母材抗拉强度最低值:

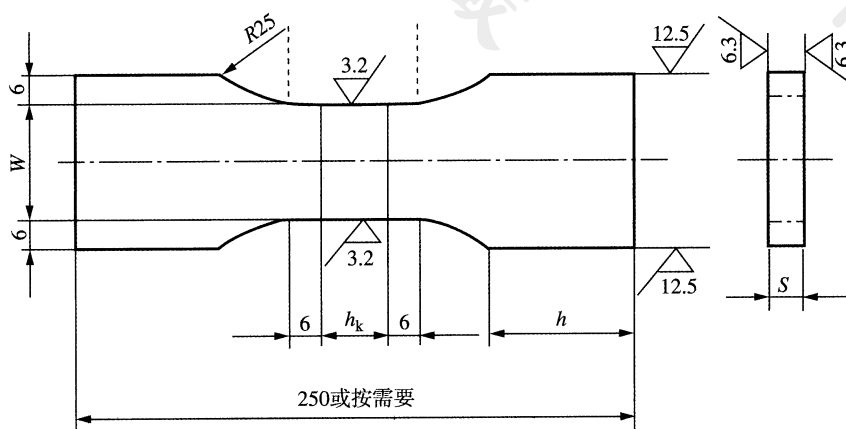
- 1) 钢质母材规定的抗拉强度最低值，等于其标准规定的抗拉强度下限值。
- 2) 铝质母材  
类别为 A1-1、A1-2、A1-5 的母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态标准规定的抗拉强度下限值；类别为 A1-3 的母材规定的抗拉强度最低值按表 11 的规定。

表 11 A1-3 类铝材规定的抗拉强度最低值

牌号及状态 <sup>a</sup>	规定的抗拉强度最低值/MPa
6A02 (T4 态、T6 态)	165
6061 (T4 态、T6 态)	165
6063 (T5 态、T6 态)	118

<sup>a</sup> T4——固溶处理+自然时效；T5——固溶处理+不完全人工时效；T6——固溶处理+完全人工时效。

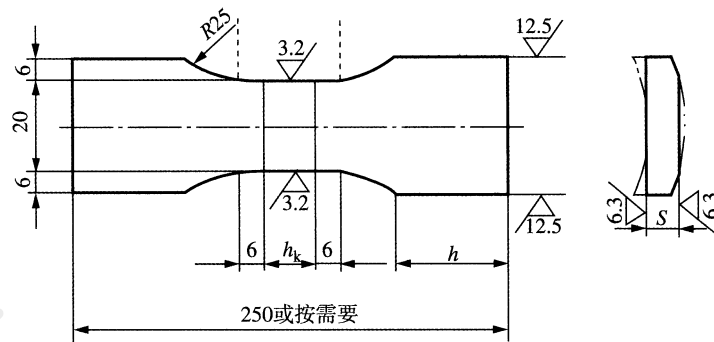
- 3) 钛质母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态标准规定的抗拉强度下限值。
  - 4) 锆质母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态标准规定的抗拉强度下限值。
  - 5) 铜质母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态与其他状态标准规定的抗拉强度下限值中的较小值；当挤制铜材在标准中没有给出退火状态下规定的抗拉强度下限值时，可按原状态下标准规定的抗拉强度下限值的 90% 确定，或按试验研究结果确定。
  - 6) 镍质母材规定的抗拉强度最低值，等于其退火状态（限 Ni-1 类、Ni-2 类）或固溶状态（限 Ni-3 类、Ni-4 类、Ni-5 类）的母材标准规定的抗拉强度下限值。
- b) 试样母材为两种金属材料代号时，每个（片）试样的抗拉强度应不低于本文件规定的两种母材抗拉强度最低值中的较小值。
  - c) 若规定使用室温抗拉强度低于母材的焊缝金属，则每个（片）试样的抗拉强度应不低于焊缝金属规定的抗拉强度最低值。
  - d) 上述试样如果断在熔合线以外的母材上，其抗拉强度值不得低于本文件规定的母材抗拉强度最低值的 95%。



说明：

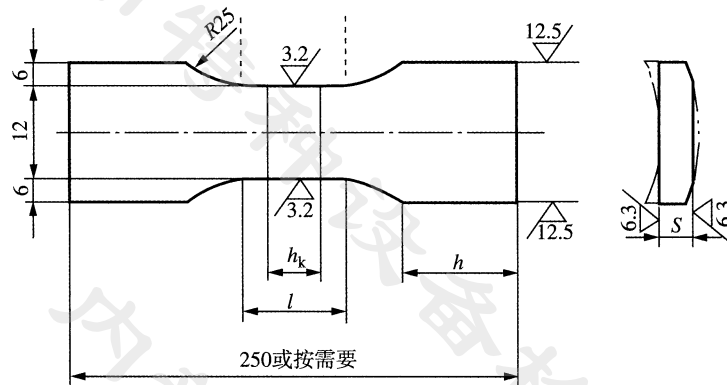
- S——试样厚度，单位为毫米（mm）；
- W——试样受拉伸平行侧面宽度，大于或等于 20 mm；
- $h_k$ ——S 两侧面焊缝中的最大宽度，单位为毫米（mm）；
- h——夹持部分长度，根据试验机夹具而定，单位为毫米（mm）。

图 4 紧凑型板接头带肩板形拉伸试样



注：为取得图中宽度为 20 mm 的平行平面，壁厚方向上的加工量应最少。

图 5 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 I



说明：

$l$ ——受拉伸平行侧面长度，大于或等于  $h_k+2S$ ，单位为毫米（mm）。

图 6 紧凑型管接头带肩板形拉伸试样型式 II

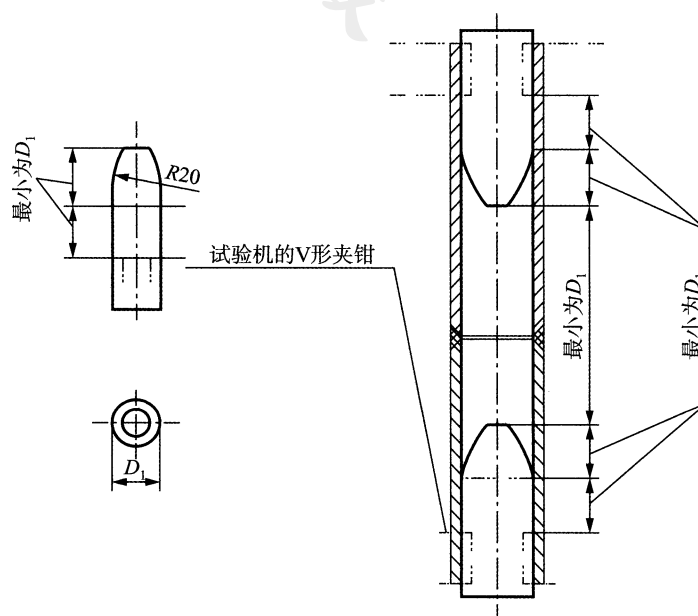


图 7 管接头全截面拉伸试样

#### 6.4.1.6 弯曲试验

6.4.1.6.1 试样加工要求：试样的焊缝余高应采用机械方法去除，面弯、背弯试样的拉伸表面应加工齐平，试样受拉伸表面不得有划痕和损伤。

##### 6.4.1.6.2 试样形式：

a) 面弯和背弯试样如图 8 所示。

1) 表 12 中序号为 1 的母材类别：

当  $T > 3 \text{ mm}$  时，取  $S=3 \text{ mm}$ ，从试样受压面去除多余厚度；当  $T \leq 3 \text{ mm}$  时， $S$  尽量接近  $T$ 。

2) 表 12 中除序号为 1 以外的母材类别：

当  $T > 10 \text{ mm}$  时，取  $S=10 \text{ mm}$ ，从试样受压面去除多余厚度；当  $T \leq 10 \text{ mm}$  时， $S$  尽量接近  $T$ 。

3) 板状及外径  $\phi > 100 \text{ mm}$  管状试件，试样宽度  $B=38 \text{ mm}$ ；当管状试件外径  $\phi$  为  $50 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$  时，则  $B=(S+\frac{\phi}{20}) \text{ mm}$ ，且  $8 \text{ mm} \leq B \leq 38 \text{ mm}$ ； $10 \text{ mm} \leq \phi < 50 \text{ mm}$  时，则

$B=(S+\frac{\phi}{10}) \text{ mm}$ ，且最小为  $8 \text{ mm}$ ；或  $\phi \leq 25 \text{ mm}$  时，则将试件在圆周方向上四等分取样。

b) 横向侧弯试样如图 9 所示。

1) 试样的厚度分别为  $3 \text{ mm}$ （表 12 中序号为 1 的母材类别）或  $10 \text{ mm}$ （表 12 中序号为 1 以外的母材类别）。

2) 当试件厚度  $T \geq 10 \text{ mm}$  时，试样宽度  $B$  等于或接近试件厚度，但试件厚度  $T \geq 38 \text{ mm}$  时，允许沿试件厚度方向分层切成宽度为  $20 \text{ mm} \sim 38 \text{ mm}$  等分的两片或多片侧弯试样的试验代替一个全宽度侧弯试样的试验。

##### 6.4.1.6.3 试验方法：

a) 弯曲试验按 GB/T 2653 和表 12 规定的试验方法测定焊接接头的完好性和塑性；

b) 试样的焊缝中心应对准压头轴线。侧弯试验时，以缺欠较严重一侧作为拉伸面；

c) 弯曲角度应以试样在试验机上承受弯曲最大载荷时测量为准；

d) 表 12 序号 6 中，断后伸长率  $A$  标准规定值下限小于 20% 的母材，若其焊接接头按表 12 序

号 6 规定的弯曲试验不合格，而其实测值小于 20%，则允许加大压头直径重新进行试验，

此时压头直径等于  $\frac{S(200-A)}{2A}$ （ $A$  为断后伸长率的规定值下限乘 100，如两侧为不同钢号

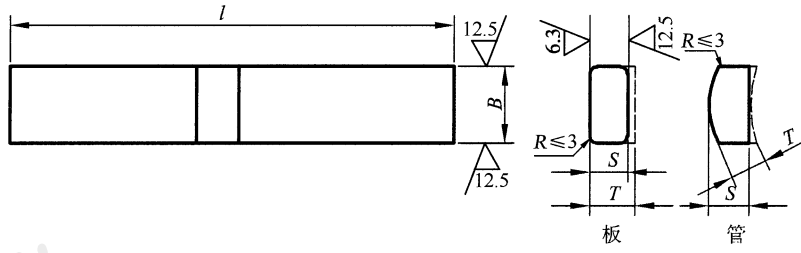
的母材时，断后伸长率  $A$  取较小值），支座间距等于压头直径加  $(2S+3) \text{ mm}$ ；

e) 横向试样弯曲试验时，焊缝金属、熔合区及热影响区应完全位于试样的弯曲部分内。

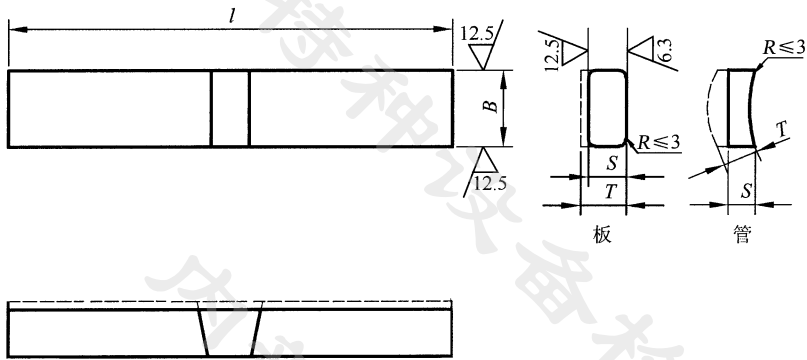
表 12 弯曲试验条件及参数

序号	焊缝两侧的母材类别	试样厚度 $S$ mm	压头直径 $D$ mm	支承辊之间距离 mm	弯曲角度 (°)
1	1) Al-3 与 Al-1、Al-2、Al-3、Al-5 相焊； 2) 用 AlS-3 类焊丝焊接 Al-1、Al-2、Al-3、Al-5（各自焊接或相互焊接）； 3) Cu-5； 4) 各类铜母材用焊条（CuT-3、CuT-6 和 CuT-7）、焊丝（CuS-3、CuS-6 和 CuS-7）焊接时	3	50	58	180
		< 3	$16.5S$	$18.5S+1.5$	
2	Al-5 与 Al-1、Al-2、Al-5 相焊	10	66	89	
		< 10	$6.6S$	$8.6S+3$	
3	Ti-1	10	80	103	
		< 10	$8S$	$10S+3$	
4	Ti-2	10	100	123	
		< 10	$10S$	$12S+3$	
5	Zr-3 Zr-5	10	100	122	
		< 10	$10S$	$12.2S$	
6	除以上所列类别母材外，断后伸长率标准规定值下限大于或等于 20%的母材类别	10	40	63	
		< 10	$4S$	$6S+3$	

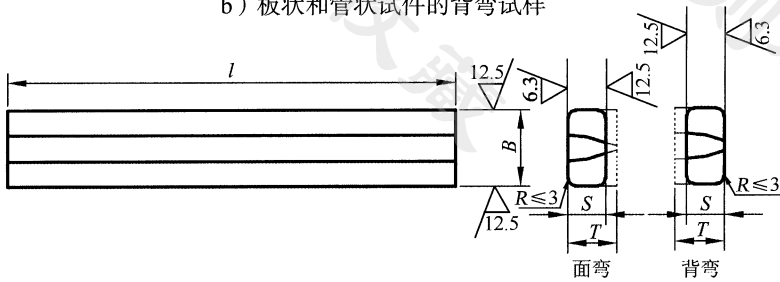




a) 板状和管状试件的面弯试样



b) 板状和管状试件的背弯试样

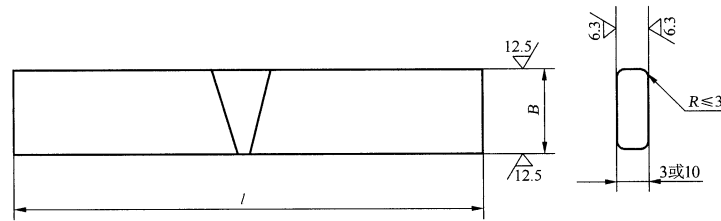


c) 纵向面弯和背弯试样

注：

1. 试样长度  $l \approx D + 2.5S + 100$ ，或按需要，单位为毫米（mm）；
2. 试样拉伸面棱角  $R \leq 3$  mm。

图8 面弯和背弯试样



说明：

$B$ ——试样宽度（此时为试件厚度方向）；

$l \geq 150$  mm。

图9 横向侧弯试样

#### 6.4.1.6.4 合格指标：

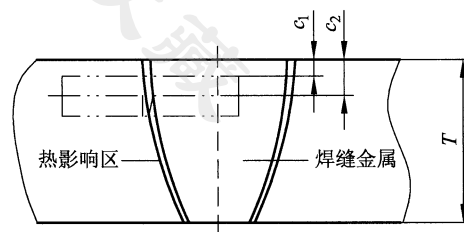
试样弯曲到规定的角度后，其拉伸面上的焊缝、熔合区及热影响区，沿任何方向不得有单条长度大于 3 mm 的开口缺陷，试样的棱角开口缺陷长度一般不计，但由未熔合、夹渣或其他内部缺陷引起的棱角开口缺陷长度应计入。

若采用两片或多片试样时，每片试样都应符合上述要求。

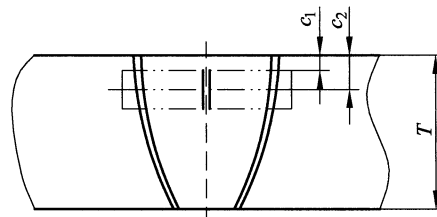
#### 6.4.1.7 冲击试验

##### 6.4.1.7.1 试样制取：

- 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。
- 取样位置：在试件厚度上的取样位置如图 10 所示；当组合评定时，某焊接方法（或补加因素不同的焊接工艺）焊接的焊缝金属和热影响区不在图 10 规定的范围内时，可针对该焊接方法（或补加因素不同的焊接工艺）分别制取焊缝金属和热影响区冲击试样。
- 缺口位置：焊缝区试样的缺口轴线应位于焊缝中心线上。热影响区试样的缺口轴线至试样纵轴线与熔合线交点的距离  $k > 0$  mm，且应尽可能多地通过热影响区，详见图 11。



a) 热影响区冲击试样位置



b) 焊缝金属冲击试样位置

注： $c_1$ 、 $c_2$ 按材料规定标准执行。当材料标准没有规定时， $T \leq 40$  mm，则  $c_1 \approx 0.5$  mm~2 mm；

$T > 40$  mm，则  $c_2 = T/4$ 。双面焊时， $c_2$ 从焊缝后焊面的材料表面测量。

图10 冲击试样位置图

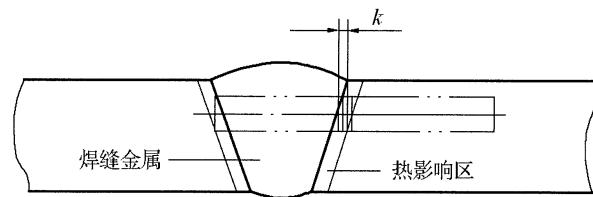


图 11 热影响区冲击试样缺口轴线位置

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 10 mm×10 mm×55 mm 标准试样时，则应依次制备 7.5 mm×10 mm×55 mm 或 5 mm×10 mm×55 mm 的冲击试样。

6.4.1.7.3 合格指标：

- 母材为同种金属材料钢（代）号时，其试验温度不应高于钢材标准规定冲击试验温度或图样规定的试验温度；当试样母材为两种金属材料钢（代）号时，试验温度不应高于钢材标准规定冲击试验温度较高侧母材的冲击试验温度或设计文件规定的试验温度。
- 钢质焊接接头及奥氏体不锈钢焊缝金属冲击吸收能量平均值应符合相关标准规范及设计文件规定，且不低于表 13 中的规定值（其中锅炉钢质焊接接头室温冲击吸收能量平均值应不低于母材规定值，如无此规定值时应不低于 27 J），允许有一个试样的冲击吸收能量低于规定值，但不低于规定值的 70%。
- 含镁量超过 3% 的铝镁合金母材，应进行焊缝金属低温冲击试验，试验温度不应高于最低设计金属温度，其冲击吸收能量平均值应符合设计文件规定，且不应小于 20 J，允许有 1 个试样的冲击吸收能量低于规定值，但不低于规定值的 70%。

表 13 钢质焊接接头及奥氏体不锈钢焊缝金属的冲击性能指标

类别	钢材标准抗拉强度下限 <sup>ab</sup> $R_m$ MPa	3 个标准试样冲击吸收能量平均值 $KV_2$ J
碳钢和低合金钢	≤ 450	≥ 20
	> 450~510	≥ 24
	> 510~570	≥ 31
	> 570~630	≥ 34
	> 630~690	≥ 38（且侧向膨胀量 ≥ 0.53 mm）
	> 690	≥ 47（且侧向膨胀量 ≥ 0.53 mm）
奥氏体不锈钢焊缝金属	—	≥ 31

<sup>a</sup> 对  $R_m$  随厚度增大而降低的钢材，按该钢材最小厚度范围的  $R_m$  确定冲击吸收能量指标。  
<sup>b</sup> 当试样母材为两种金属材料钢（代）号时，冲击吸收能量合格值按两侧母材抗拉强度较低值来确定。

- 7.5 mm×10 mm×55 mm 或 5 mm×10 mm×55 mm 冲击试样的冲击吸收能量合格指标，分别为 10 mm×10 mm×55 mm 标准试样冲击吸收能量合格指标的 75% 或 50%。

6.4.2 角焊缝试件和试样

6.4.2.1 检验项目应包括：外观检查、横截面宏观金相检验。

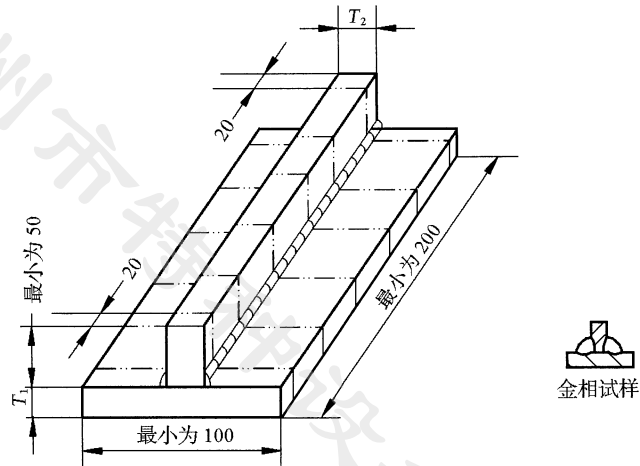
6.4.2.2 角焊缝试件及试样尺寸：

- 板状角焊缝试件和试样尺寸按表 14 和图 12 的规定。金相试样尺寸应包括整个焊接接头。

表 14 板状角焊缝试件尺寸

单位为毫米

翼板厚度 $T_1$	腹板厚度 $T_2$
$\leq 3$	$T_1$
$> 3$	$\leq T_1$ , 但不小于 3

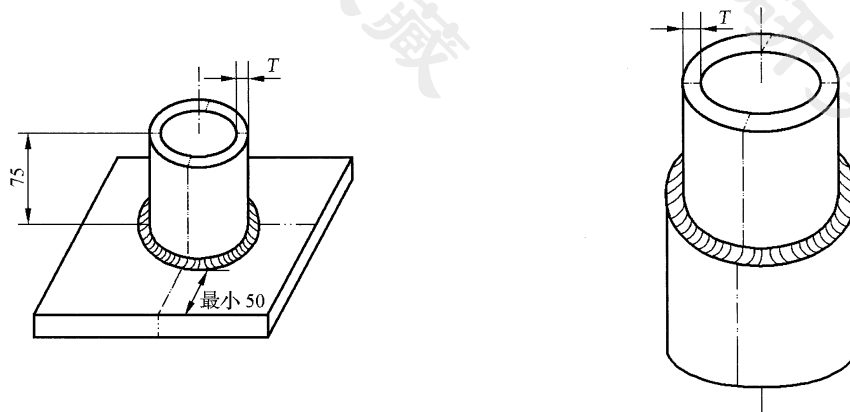


注：最大焊脚尺寸等于  $T_2$ ，且不大于 20 mm。

图 12 板状角焊缝试件及试样

b) 管状角焊缝试件和试样尺寸按图 13 的规定。

宏观金相试样尺寸：包括全部焊缝、熔合区和热影响区即可。



注：

1.  $T$  为管壁厚；
2. 底板母材厚度不小于  $T$ ；
3. 最大焊脚尺寸等于管壁厚；
4. 图中双点划线为切取试样示意线。

a) 管-板角焊缝试件

注：

1.  $T$  为内管壁厚；
2. 外管壁厚不小于  $T$ ；
3. 最大焊脚尺寸等于内管壁厚；
4. 图中双点划线为切取试样示意线。

b) 管-管角焊缝试件

图 13 管状角焊缝试件

6.4.2.3 试件外观检查不允许有裂纹。

6.4.2.4 宏观金相检验

6.4.2.4.1 取样：

a) 板状角焊缝试样：

试件两端各舍去 20 mm，然后沿试件纵向等分切取 5 块试样。

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，焊缝的起点和终点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) 角焊缝根部应焊透，焊缝金属、熔合区和热影响区应无裂纹、未熔合；

b) 角焊缝两焊脚之差不得大于 3 mm。

7 耐蚀堆焊工艺评定

7.1 评定规则

7.1.1 改变堆焊方法，需重新评定堆焊工艺。

7.1.2 各种焊接方法的堆焊工艺评定因素按表 15 的规定。

表 15 各种焊接方法的堆焊工艺评定因素

类别	堆焊工艺评定因素	耐蚀堆焊方法							
		气焊	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊	钨极气体保护焊	电渣焊	等离子弧焊	
堆焊层厚度	堆焊层规定厚度低于已评定最小厚度	—	○	○	○	○	○	○	○
母材	改变基体材料的类别号	—	○	○	○	○	○	○	○
堆焊用填充金属	1) 增加或取消堆焊用附加填充金属	—	—	○	○	—	—	—	—
	2) 堆焊用附加填充金属体积改变超过 10%	—	—	○	○	—	—	—	—
	3) 增加或取消堆焊用填充金属	—	—	—	—	○	—	—	○
	4) 堆焊用填充金属在实芯焊丝、药芯焊丝、金属粉之间变更	—	—	—	—	○	—	—	○
	5) 与评定值相比, 送粉速率改变超过 10%	—	—	—	—	—	—	—	○
	6) 与评定值相比, 金属粉粒度大小范围改变超过 5%	—	—	—	—	—	—	—	○
	7) 从均质粉改变为机械混合粉, 或反之	—	—	—	—	—	—	—	○
	8) 变更焊材标准型号 (变更为同化学成分分类中含碳量较低的除外)	—	○	○	○	○	○	○	○
	9) 带状填充金属公称厚度或宽度的增加	—	—	○	—	—	—	—	—
焊接位置	除横焊、立焊、仰焊位置的评定各都适用于平焊位置外, 改变评定合格的焊接位置	—	○	○	○	○	○	○	○
预热	预热温度比评定值降低 55 °C 以上, 或超过评定记录的最高层间温度	—	○	○	○	○	○	○	○
焊后热处理	改变焊后热处理类别 (耐蚀面层焊后热处理状态改变为焊态除外), 或在焊后热处理保温温度下的总时间增加超过评定值的 25%	—	○	○	○	○	○	○	○
气体	1) 改变单一保护气体种类; 从单一保护气体改变为混合保护气体, 或反之; 混合保护气体超出 GB/T 39255 规定的公称值的制备公差范围; 增加或取消保护气体 [ 等离子弧焊按序号 2 ) ]	—	—	—	○	○	○	○	—



7.1.3 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；横焊、立焊和仰焊位置都评定合格或管状试件 45°固定位置（6G）评定合格的堆焊工艺适用于所有的焊接位置。

7.1.4 试件基层厚度适用于焊件基层厚度范围按表 16 的规定。

表 16 堆焊试件厚度适用于焊件厚度范围

单位为毫米

试件基层厚度 $T$	适用于焊件基层厚度范围
$< 25$	$\geq T$
$\geq 25$	$\geq 25$

## 7.2 评定方法

### 7.2.1 试件形式

堆焊试件分为板状与管状两种，管状指管道和环。

### 7.2.2 试件尺寸

7.2.2.1 板状堆焊试件长度与宽度大于或等于 150 mm，参见图 14。管状堆焊试件可在管外壁或内壁堆焊，长度大于或等于 150 mm，最小直径应满足切取试样数量要求，参见图 15。

7.2.2.2 堆焊层宽度大于或等于 40 mm。

## 7.3 检验要求与结果评价

### 7.3.1 检验项目

应包括：渗透检测、弯曲试验、化学成分和耐蚀性能。

7.3.1.1 按 NB/T 47013 的规定进行 PT 检测，不允许有裂纹。

### 7.3.1.2 弯曲试验

#### 7.3.1.2.1 取样方法：

- a) 堆焊试件表面适当进行机加工，然后在试件上切取 4 个侧弯试样，板状试件可在平行和垂直焊接方向各切取 2 个，或 4 个试样都垂直于焊接方向，管状试件可在平行于管子轴向切取 4 个试样，取样位置如图 14、图 15 中双点划线所示。
- b) 试样宽度至少应包括堆焊层全部、熔合区和基层热影响区。
- c) 当试件  $T \geq 25$  mm 时，则试样宽度（堆焊层除外）大于或等于 25 mm；当试件  $T < 25$  mm 时，则试样宽度（堆焊层除外）等于  $T$ ，试样尺寸参照图 9。



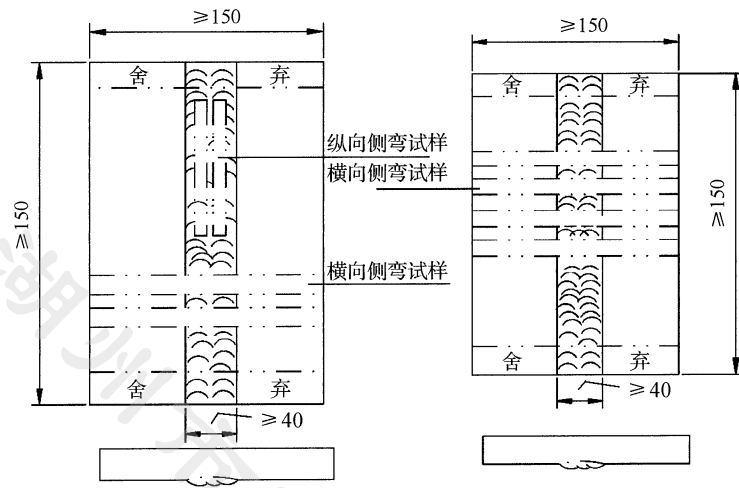
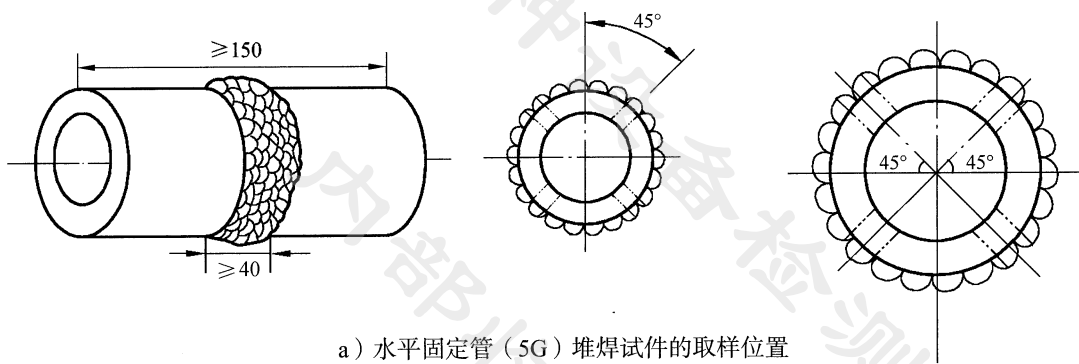
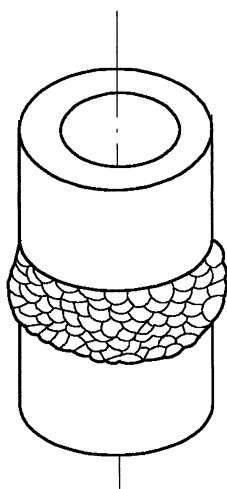


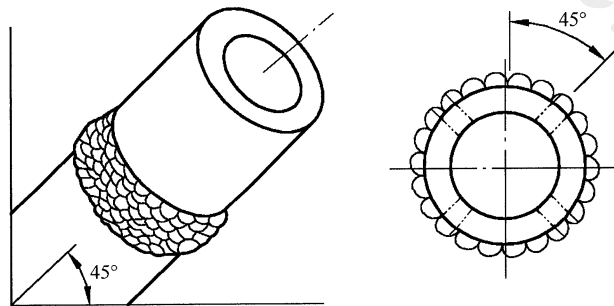
图 14 弯曲试样位置图



a) 水平固定管（5G）堆焊试件的取样位置



b) 垂直固定（2G）和水平转动管（1G）堆焊试件的取样位置



c) 45°固定管（6G）堆焊试件的取样位置

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 12 规定的试验方法测定堆焊金属、熔合区和基层热影响区的完好性和塑性；
- b) 试样的中心应对准压头轴线，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) 表 12 序号 6 中，断后伸长率  $A$  标准规定值下限小于 20% 的母材，若其焊接接头按表 12 序

号 6 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，

此时压头弯心直径等于  $\frac{S(200-A)}{2A}$  ( $A$  为断后伸长率的规定值下限乘 100)，支座间距离

等于压头直径加  $(2S+3)$  mm。

## 7.3.1.2.3 合格指标：

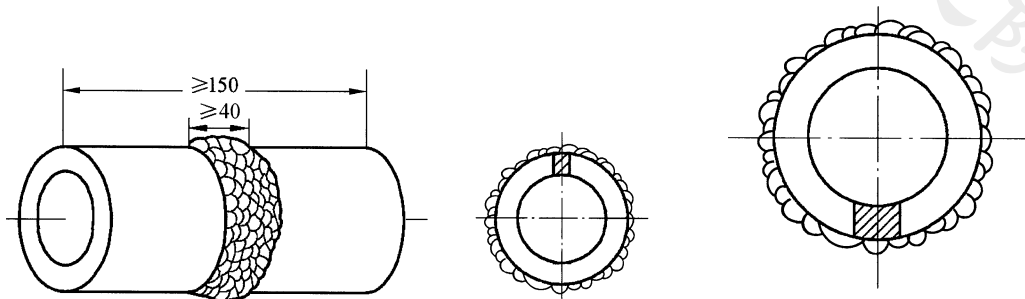
弯曲试样弯曲到规定的角度后，在试样耐蚀堆焊层任何方向上不得有大于 1.5 mm 的任一开口缺陷；在熔合区不得有大于 3 mm 的任一开口缺陷。

## 7.3.1.3 化学成分分析

## 7.3.1.3.1 取样部位：

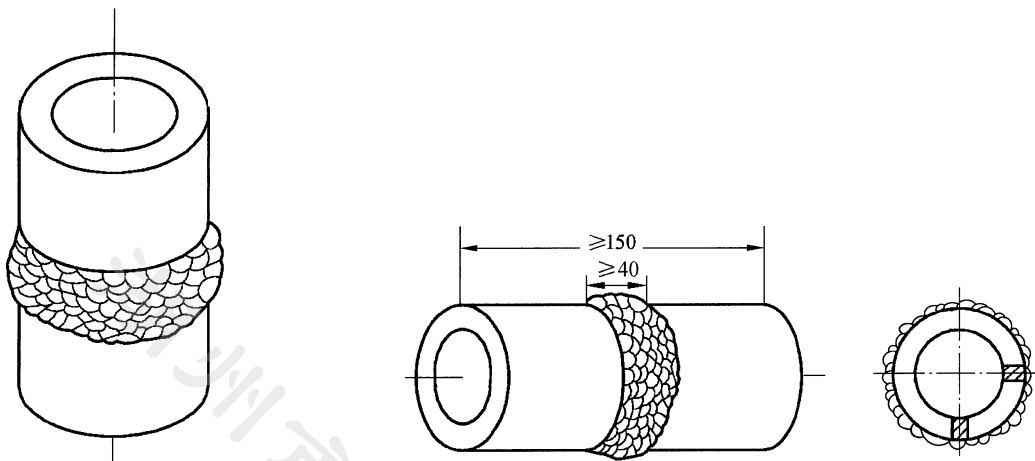
- a) 板状试件从堆焊层长度方向中间部位取样。每个焊接位置的堆焊金属均需制取化学分析试样。立焊时，若焊接方向改变应在向上立焊位置取样。
- b) 管状试件的取样部位与试件焊接位置有关，详见图 16，图中阴影线对应的堆焊层为取样位置。试件 1G、2G 位置为 1 处取样位置，5G 位置选 2 个焊接位置、6G 位置选 3 个焊接位置取样（若有向上立焊与向下立焊时，只在向上立焊位置取样）。

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



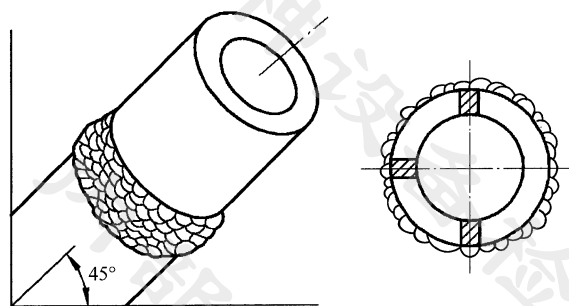
a) 水平转动管（1G）堆焊试件的取样位置

图 16 管状堆焊试件堆焊金属化学成分取样位置图



b) 垂直固定管 (2G) 堆焊试件的取样位置

c) 水平固定管 (5G) 堆焊试件的取样位置



d) 45°固定管 (6G) 堆焊试件的取样位置

图 16 管状堆焊试件堆焊金属化学成分取样位置图 (续)

7.3.1.3.2 测定方法 (见图 17) :

- a) 直接在堆焊层焊态表面上测定, 或从焊态表面制取屑片测定;
- b) 在清除焊态表面层后的加工表面上测定, 或从加工表面制取屑片测定;
- c) 从堆焊层侧面水平钻孔采集屑片测定。

7.3.1.3.3 堆焊金属化学成分的分析方法和合格指标按有关技术文件的规定。

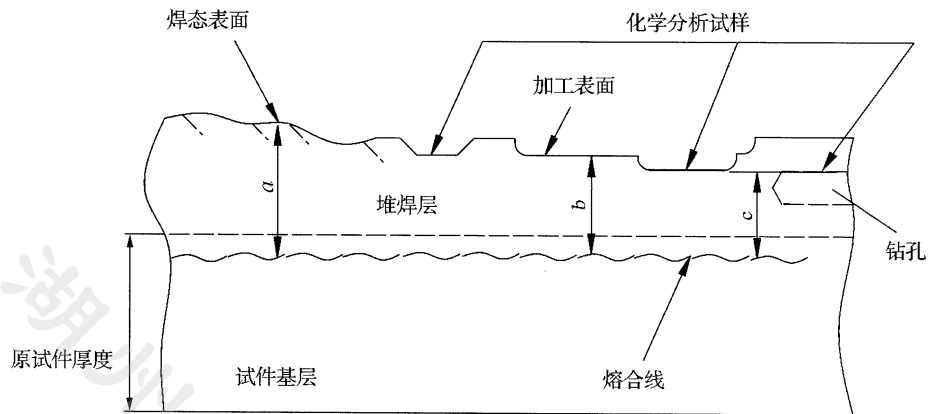


图 17 堆焊金属化学成分分析取样部位和评定最小厚度示意图

### 7.3.2 堆焊层评定

堆焊层评定最小厚度（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  $c$ 。

### 7.3.3 堆焊层耐蚀性能

在堆焊层评定最小厚度以上制取耐腐蚀试样。耐腐蚀试验的试样尺寸、试验方法及合格指标按有关技术文件的规定。

## 8 其他

焊接工艺评定报告推荐格式按附录 G，焊接工艺评定常用英文缩写及代号按附录 H。

附录 A  
(资料性)  
焊接工艺规程流程图

焊接工艺规程流程图，见图 A.1。

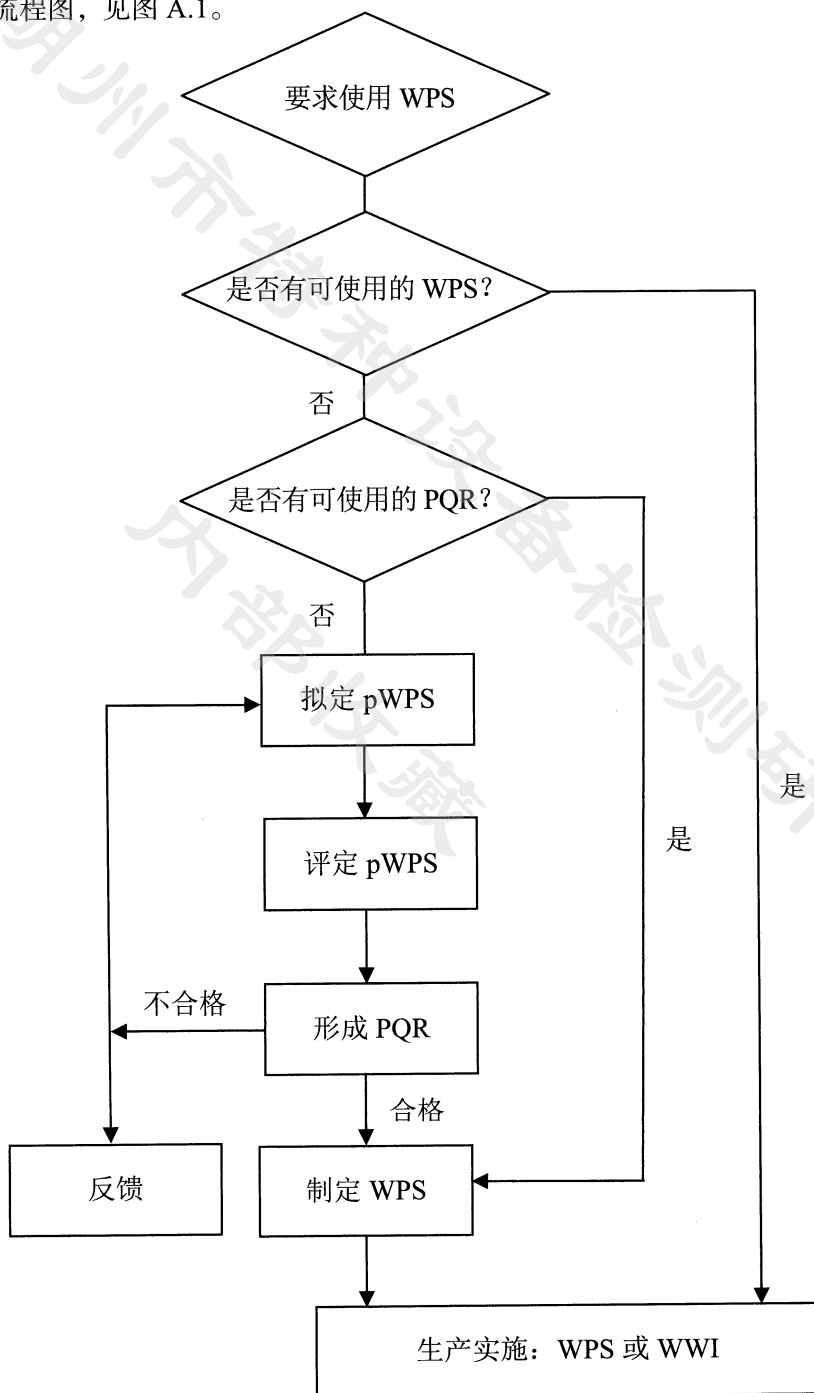


图 A.1 焊接工艺规程流程图

## 附录 B

(规范性)

### 母材、填充金属和焊接方法的补充规定

**B.1** 本文件范围以外的母材、填充金属和焊接方法的焊接工艺评定要求按本附录的规定。

#### 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：

- a) 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，以及设计允许的境外材料，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）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) 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，技术要求不低于本文件的规定，其母材按“母材归类报告”要求分类分组。

**B.2.2** “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。
- c) 产品质量证明书。
- d) 母材的焊接性：
  - 1) 焊接性分析；
  - 2) 工艺焊接性能，使用焊接性能。
- e) 焊接方法、焊接材料和焊接工艺。
- f) 母材的使用业绩及其来源。
- g) 各项结论、数据及来源。
- h) 母材归类、归组陈述。
- i) 结论：该母材归入类别、组别及其母材规定的标准抗拉强度最低值。

**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 4 以外的填充金属

**B.3.1.1** 表 2 至表 4 中有相应类别，但不是所列标准中的填充金属：

- a) 当“填充金属归类报告”表明，承制单位已掌握其化学成分、力学性能和焊接性，则可以在本单位的焊接工艺评定文件中，对其按表 2 至表 4 内的分类依据进行分类；
- b) 除 B.3.1.1.1 所述情况外的填充金属，应按各焊接材料制造厂提供的型号或代号分别进行

焊接工艺评定。

**B.3.1.2** 表 2 至表 4 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，技术要求不低于本文件的规定，其填充材料按“填充金属归类报告”的要求分类。

**B.3.2** “填充金属归类报告”的基本内容：

- 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) 制造厂的型号或牌号；
  - 2) 焊条药皮类型，电流类别及极性，焊接位置，熔敷金属化学成分和力学性能；
  - 3) 埋弧焊焊丝-焊剂组合分类，焊带型号或牌号，焊丝或焊带的化学成分，埋弧焊焊丝-焊剂组合分类熔敷金属 S、P 含量及力学性能；
  - 4) 气焊、气体保护焊、等离子弧焊用焊丝及填充丝的型号、化学成分，熔敷金属 S、P 含量及力学性能；
  - 5) 产品质量证明书。
- c) 填充材料的工艺性能。
- d) 填充材料的焊接性：
  - 1) 焊接性分析；
  - 2) 工艺焊接性能，使用焊接性能。
- e) 填充材料的使用业绩及其来源。
- f) 各项结论、数据及来源。
- g) 填充金属归类陈述。
- h) 结论：该填充金属归入类别。

**B.3.3** “填充金属归类报告”应存档备查。

#### **B.4 焊接方法**

承压设备采用本文件规定范围以外的焊接方法时，应由承制单位遵照本文件相应规定，并参照近期 ASME 及国标等焊接工艺评定标准，编制该焊接方法的焊接工艺评定企业标准。

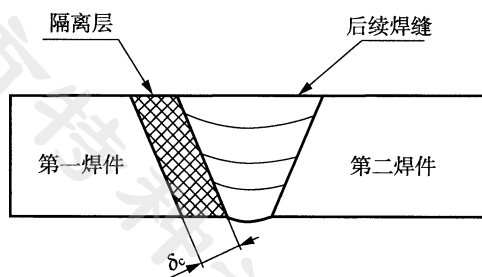
## 附录 C

(规范性)

## 带堆焊隔离层的对接焊缝焊接工艺评定

C.1 带堆焊隔离层的焊缝按本附录的规定。

C.2 带隔离层焊接接头示意图，如图 C.1 所示。 $\delta_c$ 为隔离层的厚度。



注：第一焊件采用试件一，第二焊件采用试件二。

图 C.1 带隔离层焊接接头示意图

C.3 属以下的情况，需堆焊隔离层：

- a) 堆焊隔离层的焊件需经热处理，而后续焊缝不热处理或热处理温度不同；
- b) 堆焊隔离层用填充金属与后续焊缝用填充金属类别号不同。

C.4 隔离层和后续焊缝的所有因素按本文件正文中相对应的焊接方法规定。

C.5 试件制备

- a) 先在试件一坡口上堆焊隔离层，如第一焊件需焊后热处理，则试件一堆焊隔离层后也需相应的焊后热处理，再焊接后续焊缝；如第二焊件需焊后热处理，则对整个试件进行相应的焊后热处理。
- b) 除 a) 外，如隔离层堆焊所用填充金属与后续焊缝所用填充金属公称成分相同，则可按两类（组）别号母材直接对接。

C.6 检验要求和结果评价

焊接接头力学性能和弯曲性能检验要求和结果评价同本文件正文，但隔离层焊缝与后续焊缝应分别取样进行冲击试验（但采用奥氏体不锈钢或镍基焊材堆焊隔离层除外）。

C.7 隔离层堆焊评定厚度

隔离层厚度指堆焊面机加工或打磨后所保留的厚度。如试件上隔离层堆焊厚度小于 5 mm，需测量并记录  $\delta_c$  具体值，该值为隔离层堆焊评定最小厚度。



### C.8 重新评定

当隔离层堆焊后，后续焊缝一个重要因素改变或由另外一个单位完成时，需重新进行焊接工艺评定。

- a) 当原焊接工艺评定试件隔离层评定厚度 $<5$  mm 时，按 C.5 重新制备焊接工艺评定试件，但新的焊接工艺评定试件堆焊隔离层厚度及焊接热输入不允许超过原焊接工艺评定报告上的数值；
- b) 当原焊接工艺评定试件隔离层厚度 $\geq 5$  mm 时，后续焊缝的焊接工艺评定试件可按另一侧母材确定。

绍兴市特种设备检测研究院  
内部收藏

## 附录 D

(规范性)

## 不锈钢-钢复合板焊接工艺评定

D.1 不锈钢-钢复合板（包括轧制复合法、爆炸焊接法和堆焊法生产的复合板）的焊接工艺评定除遵守本文件中相关条款外，还应遵守本附录的规定。

## D.2 覆层厚度参与设计强度计算

D.2.1 试件应以不锈钢-钢复合板制备。

D.2.2 母材厚度：

经评定合格的焊接工艺适用于焊件母材厚度有效范围，应按试件的覆层和基层厚度分别计算。

D.2.3 焊缝金属厚度：

a) 先焊基层再焊覆层：焊接工艺评定试件应按图 17 及 7.3.2 中 b) 的规定测定化学成分，需符合有关技术文件的规定；测量加工表面至过渡层焊缝与基层焊材施焊焊缝金属交界面的距离  $b$ ，即为不锈钢耐蚀层焊缝金属评定最小厚度。经评定合格的焊接工艺适用于焊件焊缝金属厚度有效范围按组合焊缝金属厚度分别计算。

b) 先焊覆层再焊基层：焊接工艺评定试件不需进行焊缝金属化学成分分析，经评定合格的焊接工艺适用于焊件焊缝金属厚度的有效范围按本文件正文执行。

D.2.4 拉伸和弯曲试验时，复合金属材料焊接接头各部位（包括基层、过渡焊缝和覆层）都应得到检验，冲击试验只检验基层的焊接接头。

a) 拉伸试样应包括覆层和基层的全厚度；

b) 弯曲试验应包括覆层和基层的全厚度，应取 4 个侧弯试样，弯曲试验参数按表 12；

c) 只对基层焊缝区（不含过渡层焊缝）及热影响区分别制取冲击试样。

D.2.5 力学性能及弯曲性能试验的合格指标：

a) 拉伸试验：每个试样的抗拉强度  $R_m$  应满足式 (D.1)：

$$R_m \geq \frac{R_{m1}T_1 + R_{m2}T_2}{T_1 + T_2} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$R_{m1}$ ——覆层材料规定的抗拉强度最低值，单位为兆帕 (MPa)；

$R_{m2}$ ——基层材料规定的抗拉强度最低值，单位为兆帕 (MPa)；

$T_1$ ——覆层材料厚度；

$T_2$ ——基层材料厚度。

b) 弯曲试验：合格指标按本文件正文规定；但对轧制复合法、爆炸焊接法和堆焊法生产的复合板的对接接头，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：合格指标按本文件正文中对钢质焊接接头的规定。

### D.3 覆层厚度不参与设计强度计算

覆层厚度不参与复合板设计强度计算的焊接工艺评定可以按 D.2 的规定。拉伸试验需除掉覆层，焊接接头抗拉强度应符合本文件正文的规定；经评定合格的焊接工艺适用于焊件基层焊缝金属（位于复合板复合界面以下）厚度有效范围按组合焊缝金属厚度分别计算。也可以按下列规定进行评定。

**D.3.1** 基层按本文件正文规定进行焊接工艺评定，不必采用不锈钢-钢复合板制备试件。

#### D.3.2 先焊基层后焊覆层

**D.3.2.1** 基层焊缝金属应采用基层焊材和过渡层不锈钢焊材施焊，经评定合格的焊接工艺适用于焊件焊缝金属厚度有效范围，按组合焊缝金属厚度分别计算。

**D.3.2.2** 在基层母材上施焊连接覆层（板或堆焊金属）的焊缝时，则按本文件正文的规定进行耐蚀堆焊工艺评定。

**D.3.3** 先焊覆层后焊基层按本文件正文的规定进行。

特种设备检测研究院  
内部收藏

**附录 E**  
(规范性)  
**换热管与管板焊接工艺评定**

**E.1** 本附录规定了换热管与管板的焊接工艺评定方法。

**E.2** 当相应标准或设计文件没有规定试件类别时，换热管与管板的焊接工艺评定试件采用下列类别任意一种；当相应标准或设计文件规定采用模拟组件进行焊接工艺评定时，不得变更。

- a) 角焊缝试件；
- b) 对接焊缝试件；
- c) 模拟组件。

**E.3** 角焊缝试件与对接焊缝试件按本文件正文中的规定进行焊接工艺评定。

**E.4** 模拟组件按本附录规定的方法进行焊接工艺评定。

**E.5** 模拟组件评定规则、评定方法、检验方法和结果评价按本条款。

**E.5.1 评定规则**

**E.5.1.1** 当发生下列情况时，需重新进行模拟组件焊接工艺评定：

- a) 改变焊接方法及机动化程度（手工、半机动、机动、自动）；
- b) 改变母材类别号及填充金属类别号；
- c) 小于设计要求的  $l$  值；
- d) 焊接接头结构的改变（制造公差除外），如坡口深度增加超过 10%，或焊缝坡口制备角度改变超过  $5^\circ$ ，或改变坡口类型；
- e) 增加或取消焊后热处理；
- f) 改变有色金属焊前清理或层间清理方法（打磨等）；
- g) 改变电流种类或极性；
- h) 预热温度比已评定合格值降低  $55^\circ\text{C}$  以上或道间温度比评定记录值高  $55^\circ\text{C}$  以上；
- i) 增加填充金属公称直径；
- j) 焊前增加管子胀接；
- k) 由单道焊改为多道焊，或反之；
- l) 评定合格的电流值改变超过 10%；
- m) 手工焊时由向上立焊改变为向下立焊，或反之（盖面焊道除外）；
- n) 变更管子与管板接头焊接位置；
- o) 增加或取消预置填充金属；
- p) 增加或取消根部自熔焊。

**E.5.1.2** 当试件中换热管公称壁厚  $b \leq 2.5 \text{ mm}$  时，评定合格的焊接工艺适用于焊件中换热管公称壁厚不得超过  $0.5b \sim 2b$ ；当试件中换热管公称壁厚  $b > 2.5 \text{ mm}$  时，评定合格的焊接工艺适用于焊件公

称壁厚大于 2.5 mm 所有换热管的焊接。

E. 5. 1. 3 当焊件孔桥宽度  $B_n < 10 \text{ mm}$ ，或焊件孔桥宽度  $B_n \geq 10 \text{ mm}$  但小于 3 倍产品管壁厚时，评定试件的孔桥宽度  $B \leq 1.1B_n$ 。

### E. 5. 2 堆焊管板

管板上采用非合金钢、细晶粒钢焊材堆焊的焊缝金属，需有经评定合格的对接焊缝 PQR 支撑，管板试件可采用与堆焊焊缝金属力学性能相当的母材；管板上堆焊耐蚀合金的焊缝金属，需有经评定合格的耐蚀堆焊 PQR 支撑，管板试件可采用与堆焊焊缝金属公称化学成分相当的母材。

### E. 5. 3 评定方法

E. 5. 3. 1 试件接头的结构与型式在焊接前后与焊件基本相同，至少焊接 10 个模拟焊缝。

#### E. 5. 3. 2 试件的尺寸

- a) 管板厚度应不小于最薄的产品管板厚度，可不超过 50 mm。当使用复合金属材料时，管板可采用与覆层同类别的材料。
- b) 试板孔直径和允许偏差、管板孔中心距  $K$  以及试板孔的坡口尺寸按照设计文件的规定。
- c) 试件用换热管长度不小于 80 mm。
- d) 换热管插入管板，换热管伸出长度、平齐或内缩长度按设计文件的规定。
- e) 试件管孔布置按图 E.1 和图 E.2。

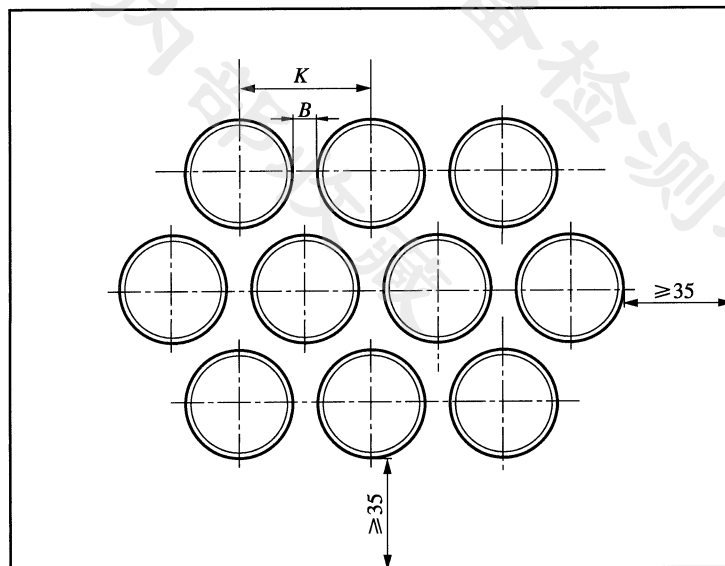


图 E. 1 三角形排列的试件示例图

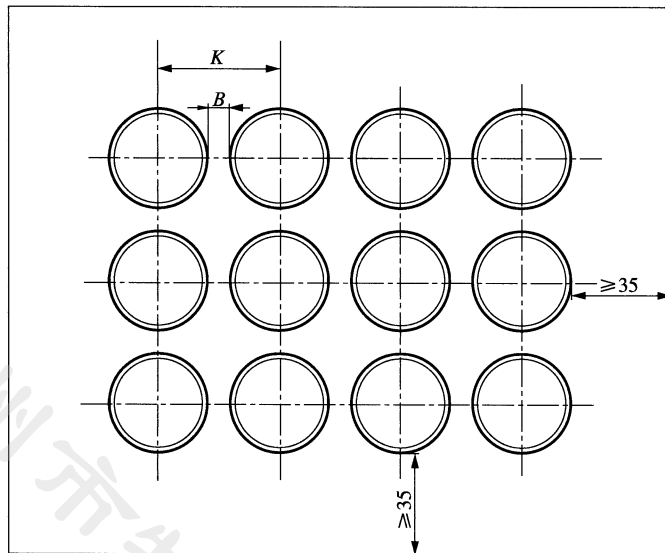


图 E.2 正方形排列的试件示例图

#### E.5.4 检验要求与结果评定

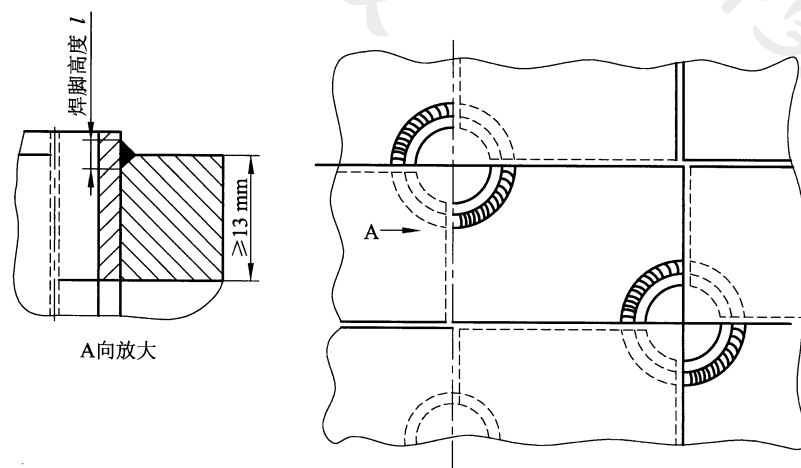
E.5.4.1 检验项目：外观检验、渗透检验、金相检验（宏观）和焊脚高度  $l$  测定。

E.5.4.2 外观检验：表面应无裂纹、气孔、管内壁熔化、管端头烧穿（仅角焊缝）；外径小于或等于 25 mm 的管子，焊瘤不应大于 0.5 mm；外径大于 25 mm 的管子，焊瘤不应大于 1 mm；咬边深度不得超过  $0.1b$ 。

E.5.4.3 渗透检验：焊接接头全按 NB/T 47013.3 进行渗透检测，无裂纹为合格。

E.5.4.4 金相检验（宏观）：按图 E.3 所示，任取呈对角线位置的 2 个管接头切开，两切口互相垂直。切口一侧面应通过换热管中心线，该侧面即为金相检验面，共有 8 个，其中应包括 1 个取自接弧处，焊缝根部应焊透，不允许有裂纹、未熔合。

E.5.4.5 焊脚高度  $l$  测定：在 8 个金相检验面上测定。每个焊脚高度  $l$  都应大于或等于设计文件的规定，且不小于换热管公称壁厚  $b$ 。



注：

1. 切口宽度小于 2 mm；
2. 切断前将管板加工到大于或等于 13 mm 亦可。

图 E.3 试样制取及检验示例图

## 附录 F

(规范性)

### 螺柱电弧焊工艺评定

F.1 承受载荷的螺柱电弧焊工艺评定规则按本附录规定，但对于不承受载荷的螺柱，当采用自动化方式焊接时，不要求进行焊接工艺评定。

#### F.2 评定规则

F.2.1 螺柱电弧焊工艺评定除遵守本文件规定外，还应遵守本附录的规定。

F.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，则该类别号即为此螺柱材料的类别号。

F.2.3 焊后热处理：改变焊后热处理类别，需重新进行焊接工艺评定。

F.2.4 焊接工艺评定因素按表 5 的规定。

#### F.3 评定方法

用自动化方式（手工引弧除外）焊接 10 个螺柱。当螺柱电弧焊不用于保温层时，且与螺柱相焊的底板母材不是 Fe-1 类钢材时，则要焊接 15 个螺柱，其中 5 个螺柱供宏观检验。

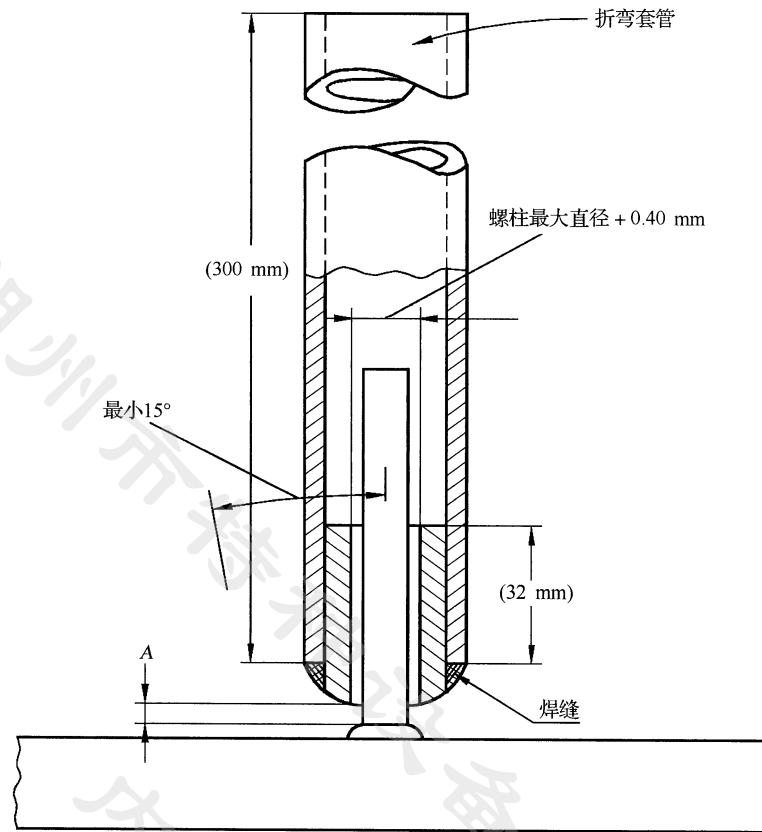
#### F.4 检验要求与结果评价

F.4.1 锤击试验或折弯试验：在螺柱电弧焊试件上间隔取 5 个螺柱电弧焊接头作试验件。

- a) 锤击螺柱上部，使螺柱上部至少 1/4 长度贴合到试件底板母材上，然后再使它恢复原状；
- b) 用图 F.1 所示套管，将已焊好的螺柱弯曲与原位置至少成 15° 夹角，然后再使它恢复原状；
- c) 5 个螺柱焊接头中的每一个试验件的焊缝和热影响区都无肉眼可见的开裂为合格。

F.4.2 将按 F.4.1 间隔取样后剩余的 5 个螺柱焊接头作试验件。

- a) 当螺柱上有螺纹时，进行扭转试验，扭转试验装置如图 F.2 所示。试验时，螺母与螺柱尺寸相配合。螺柱上的螺纹，除残存切削油外应无其他润滑剂。



螺柱直径 mm	套管间距 $A$ mm
3	3
5	3
6	5
10	6
13	8
16	9
20	12
22	12
25	15

图 F.1 螺柱焊折弯试验装置



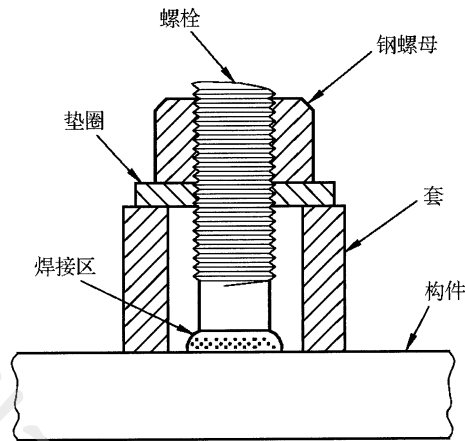


图 F.2 螺柱电弧焊扭转试验装置

- b) 当螺柱无螺纹时，则采用拉伸试验，拉伸试验装置如图 F.3 所示。如果不是图 F.3 中所示的螺栓，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。

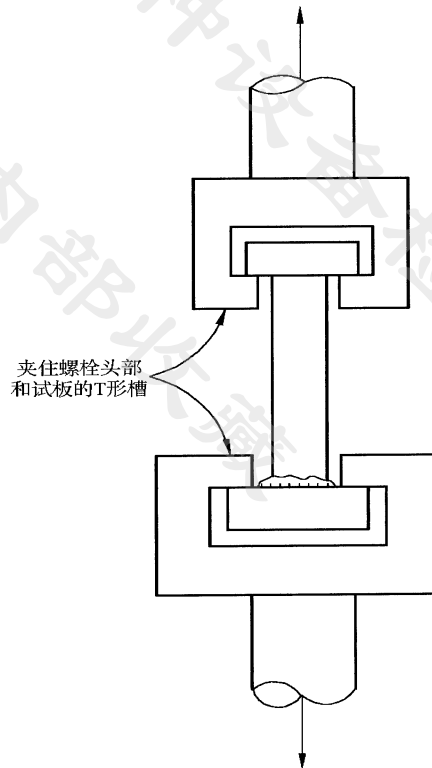


图 F.3 螺柱电弧焊拉伸试验推荐装置

- c) 合格指标：

- 1) 扭转试验的每一个螺柱电弧焊接头破坏前的扭矩不应低于表 F.1 或表 F.2 所列的数值。
- 2) 拉伸试验的碳钢螺柱断裂强度不应低于 240 MPa；奥氏体不锈钢螺柱断裂强度不应低于 210 MPa；其他材料断裂强度不应低于螺柱材料规定最小抗拉强度的一半。断裂强度的计算，除柱体直径小于螺纹内径外，应根据外车制螺纹螺柱的螺纹内直径，或者根据非车制螺纹、内车制螺纹或变缩直径螺柱发生断裂处的原始截面积进行计算。

F.4.3 当母材不是 Fe-1 类钢材时，应将 5 个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 F.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
M12×1.75	42.1
M16×1.5	117
M16×2	103.2
M20×2	232.7
M20×2.5	209.7
M24×2	401.1
M24×3	365.4

表 F.2 奥氏体不锈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	5.4
M6×1	4.8
M8×1	12.6
M8×1.25	11.2
M10×1	26
M10×1.5	22.9
M12×1.5	45.6
M12×1.75	40.4
M16×1.5	111.3
M16×2	98.8
M20×2	221.7
M20×2.5	199
M24×2	387.7
M24×3	348.2

## 附录 G

(资料性)

### 焊接工艺评定报告推荐格式

**G.1** 表 G.1 和表 G.2 适用于焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊或上述方法的组合焊接工艺评定；表 G.3 和表 G.4 适用于电子束焊焊接工艺评定。

**G.2** 其他焊接方法焊接工艺评定报告的表格形式可参照表 G.1 和表 G.2 拟定。

特种设备检测研究院  
内部收藏

表 G.1 预焊接工艺规程 (pWPS)

预焊接工艺规程 (pWPS)					
单位名称: _____					
pWPS 编号: _____					
日期: _____					
焊接方法: _____			简图(接头形式、坡口形式与尺寸、焊层、焊道布置及顺序): (换热管与管板接头: 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)		
自动化程度: 手工 <input type="checkbox"/> 机动 <input type="checkbox"/> 自动 <input type="checkbox"/>					
焊接接头: 对接 <input type="checkbox"/> 角接 <input type="checkbox"/> 堆焊 <input type="checkbox"/>					
衬垫(材料及规格): _____					
其他: _____					
母材:					
试件序号					
材料					
标准或规范					
规格/mm					
类别号					
组别号					
对接焊缝焊件母材厚度范围					
角焊缝焊件母材厚度范围					
管子直径、壁厚范围(对接或角接)					
其他:					
填充金属:					
焊材类别(种类)					
型号(牌号)					
标准					
填充金属规格/mm					
焊材分类代号					
对接焊缝焊件焊缝金属范围/mm					
角焊缝焊件焊缝金属范围/mm					
其他:					
预热及后热:			气体:		
最小预热温度/°C		项目	气体种类	混合比	流量
最大道间温度/°C		保护气			
后热温度/°C		尾部保护气			
后热保温时间/h		背面保护气			
焊后热处理:			焊接位置:		
热处理温度/°C		对接焊缝位置		方向(向上、向下)	
热处理时间/h		角焊缝位置		方向(向上、向下)	

表 G.1 预焊接工艺规程 (pWPS) (续)

预焊接工艺规程 (pWPS)											
电特性: 钨极类型及直径/mm: _____ 喷嘴直径/mm: _____ 熔滴过渡形式 (喷射过渡、短路过渡等): _____ (按所焊位置和厚度, 分别将电流、电压和焊接速度范围填入下表)											
焊道/焊层	焊接方法	填充金属	规格 mm	电流种类及极性	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 (mm/min)	最大热输入 (kJ/cm) (带极堆焊为 kJ/mm <sup>2</sup> )			
技术措施: 摆动焊或不摆动焊: _____ 摆动参数: _____ 焊前清理和层间清理: _____ 背面清根方法: _____ 单道焊或多道焊/每面: _____ 单丝焊或多丝焊: _____ 导电嘴至工件距离/mm: _____ 锤击: _____ 换热管与管板的连接方式: _____ 换热管与管板接头的清理方法: _____ 预置金属衬套: _____ 预置金属衬套的形状与尺寸: _____ 其他: _____											
检验要求及执行标准:             											
编制		日期		审核		日期		批准		日期	

表 G.2 焊接工艺评定报告

焊接工艺评定报告 (PQR)							
单位名称: _____							
PQR 编号: _____				pWPS 编号: _____			
焊接方法: _____				机动化程度: <input type="checkbox"/> 手工 <input type="checkbox"/> 机动 <input type="checkbox"/> 自动 <input type="checkbox"/>			
焊接接头: <input type="checkbox"/> 对接 <input type="checkbox"/> 角接 <input type="checkbox"/> 堆焊 <input type="checkbox"/>				其他: _____			
接头简图 (接头形式、尺寸、衬垫、每种焊接方法或焊接工艺的焊缝金属厚度): (换热管与管板接头: 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)							
母材:							
试件序号							
材料							
标准或规范							
规格/mm							
类别号							
组别号							
填充金属:							
分类							
型号 (牌号)							
标准							
填充金属规格/mm							
焊材分类代号							
焊缝金属厚度							
预热及后热:							
最小预热温度/°C					最大道间温度/°C		
后热温度及保温时间/(°C×h)							
焊后热处理:							
保温温度/°C					保温时间/h		
焊接位置:				气体:			
对接焊缝焊接位置		方向 (向上、向下)		项目	气体种类	混合比	流量
				保护气			
角焊缝焊接位置		方向 (向上、向下)		尾部保护气			
				背面保护气			

表 G.2 焊接工艺评定报告（续）

焊接工艺评定报告（PQR）								
<b>电特性：</b> 钨极类型及直径/mm：_____ 喷嘴直径：_____								
熔滴过渡形式（喷射过渡、短路过渡等）：_____								
（按所焊位置和厚度，分别将电流、电压和焊接速度实测值填入下表）								
焊道	焊接方法	填充金属	规格	电流种类及极性	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 (mm/min)	最大热输入 (kJ/cm) (带极堆焊 为 kJ/mm <sup>2</sup> )
<b>技术措施：</b> 摆动焊或不摆动焊：_____ 摆动参数：_____								
焊前清理和层间清理：_____ 背面清根方法：_____								
单道焊或多道焊/每面：_____ 单丝焊或多丝焊：_____								
导电嘴至工件距离/mm：_____ 锤击：_____								
换热管与管板的连接方式：_____ 换热管与管板接头的清理方法：_____								
预置金属衬套：_____ 预置金属衬套的形状与尺寸：_____								
其他：_____								
<b>拉伸试验（GB/T 228）：</b>					试验报告编号：			
试验条件	编号	试样宽度 mm	试样厚度 mm	$R_m$ MPa	断裂位置 及特征			
<b>弯曲试验（GB/T 2653）：</b>					试验报告编号：			
试验条件	编号	试样尺寸 mm	弯心直径 mm	弯曲角度 (°)	试验结果			

表 G.2 焊接工艺评定报告（续）

焊接工艺评定报告（PQR）												
冲击试验（GB/T 229）：						试验报告编号：						
编号	试样位置		V 型缺口位置			试样尺寸 mm	试验 温度 ℃	冲击吸收能量 J				
金相试验（角焊缝、模拟组合件）：						试验报告编号：						
检验面编号	1	2	3	4	5	6	7	8	结果			
有无裂纹、 未熔合												
角焊缝厚度 mm												
焊脚高 <i>l</i> mm												
是否焊透												
金相检验（角焊缝、模拟组合件）：												
根部： <input type="checkbox"/> 焊透 <input type="checkbox"/> 未焊透 <input type="checkbox"/>												
焊缝： <input type="checkbox"/> 熔合 <input type="checkbox"/> 未熔合 <input type="checkbox"/>												
焊缝及热影响区： <input type="checkbox"/> 有裂纹 <input type="checkbox"/> 无裂纹 <input type="checkbox"/>												
两焊脚之差值： _____												
试验报告编号： _____												
堆焊层复层熔敷金属化学成分/%						执行标准：			试验报告编号：			
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Al	Nb	Fe	…
化学成分测定表面至熔合线距离/mm： _____												
非破坏性试验：												
VT 外观检查： _____ PT： _____ MT： _____ UT： _____ RT： _____												



表 G.2 焊接工艺评定报告（续）

焊接工艺评定报告（PQR）							
附加说明：  <div style="text-align: center; opacity: 0.5; font-size: 2em; transform: rotate(-30deg); pointer-events: none;">                         潮州市特种设备检测研究院 内部收藏                     </div>							
结论：本评定按 NB/T 47014—2023 及技术要求规定焊接试件、无损检测、热处理、测定性能，确认试验记录正确。 评定结果：合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>							
焊工		日期		编制		日期	
审核		日期		批准		日期	
第三方 检验							

表 G.3 电子束焊预焊接工艺规程 (pWPS)

预焊接工艺规程 (pWPS)	
pWPS 编号:	
制备及清理方法:	
设备标识:	
焊机:	
电子枪类型:	
阴极类型:	
填充材料供给系统:	
母材型号:	
材料厚度/mm:	
填充材料或附加材料:	
型号:	尺寸:                      保管:
接头种类:	
薄板或板材: <input type="checkbox"/>	圆柱形: <input type="checkbox"/> 轴向: <input type="checkbox"/>
	径向: <input type="checkbox"/>
	其他: <input type="checkbox"/>
接头设计	焊接操作
夹具、卡具及辅助工具: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
机械固定:	
定位焊方法:	
背面支撑垫: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	支撑材料:
正面支撑垫: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	支撑材料:

表 G.3 电子束焊预焊接工艺规程 (pWPS) (续)

预焊接工艺规程 (pWPS)										
			定位焊道		焊接焊道			修饰焊道		
焊接位置										
焊接操作方法										
加速电压/V										
束流 ——连续 ——脉冲 频率 幅度 其他										
聚焦电流或焦点设定										
束流偏转 ——直流偏转 ——交流振荡 形状 频率 尺寸 纵向 横向										
搭接										
上升										
下降										
升降图形										
移动方向										
表面移动速度										
移动速度变化要求										
送丝速度										
工作距离										
电子枪室压力										
工作室压力										
附属设备										
——预热										
——后热										
焊后操作										
附加信息										
编制		日期		审核		日期		批准		日期

表 G.4 电子束焊焊接工艺评定报告 (PQR)

焊接工艺评定报告 (PQR)	
PQR 编号: _____ pWPS 编号: _____	
制备及清理方法: _____	
设备标识: _____	
焊机: _____	
电子枪类型: _____	
阴极类型: _____	
填充材料供给系统: _____	
母材型号: _____	
材料厚度/mm: _____	
填充材料或附加材料: _____	
型号: _____	尺寸: _____ 保管: _____
接头种类:	
薄板或板材: <input type="checkbox"/>	圆柱形: <input type="checkbox"/> 轴向: <input type="checkbox"/>
	径向: <input type="checkbox"/>
	其他: <input type="checkbox"/>
接头设计	焊接操作
夹具、卡具及辅助工具: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
机械固定: _____	
定位焊方法: _____	
背面支撑垫: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	支撑材料: _____
正面支撑垫: 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	支撑材料: _____

表 G.4 电子束焊焊接工艺评定报告 (PQR) (续)

焊接工艺评定报告 (PQR)			
	定位焊道	焊接焊道	修饰焊道
焊接位置			
焊接操作方法			
加速电压/V			
束流 ——连续 ——脉冲 频率 幅度 其他			
聚焦电流或焦点设定			
束流偏转 ——直流偏转 ——交流振荡 形状 频率 尺寸 纵向 横向			
搭接			
上升			
下降			
升降图形			
移动方向			
表面移动速度			
移动速度变化要求			
送丝速度			
工作距离			
电子枪室压力			
工作室压力			
附属设备			
——预热			
——后热			
焊后操作			
附加信息			

表 G.4 电子束焊焊接工艺评定报告 (PQR) (续)

焊接工艺评定报告 (PQR)								
拉伸试验:					试验报告编号:			
试验条件	编号	截面积 mm <sup>2</sup>	试验温度 ℃	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>el</sub> /R <sub>p0.2</sub> MPa	A %	Z %	断裂位置
弯曲试验:					试验报告编号:			
试验条件	编号	试样尺寸 mm	弯心直径 mm	弯曲角度 (°)		试验结果		
冲击试验:					试验报告编号:			
编号	试样位置	V 型缺口位置		试样尺寸 mm	试验温度 ℃	冲击吸收能量 J		
附加说明:								
结论:								
焊工		日期		编制		日期		
审核		日期		批准		日期		
第三方 检验								

## 附录 H

(资料性)

## 焊接工艺评定常用英文缩写及代号

本附录列出的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
电渣焊	ESW
等离子弧焊	PAW
摩擦焊	FRW
气电立焊	EGW
螺柱电弧焊	SW
交流电源	AC
直流反接	DCEP
直流正接	DCEN
平焊	F
横焊	H
立焊	V
立向下焊	VD
立向上焊	VU
仰焊	O
板材对接焊缝试件平焊位置	1G
板材对接焊缝试件横焊位置	2G
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
管材水平转动对接焊缝试件位置	1G
管材垂直固定对接焊缝试件位置	2G
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
管-板（或管-管）角焊缝	水平固定试件位置	5F

---

内部收藏





标准实施反馈与服务

中华人民共和国能源行业标准  
NB/T 47014—2023

承压设备焊接工艺评定

NB/T 47015—2023

压力容器焊接规程

NB/T 47016—2023

承压设备产品焊接试件的力学性能检验

\*

北京科学技术出版社出版发行  
(北京西直门南大街16号 邮编: 100035)

新华书店经销

河北泓景印刷有限公司印刷

版权专有 不得翻印



155714558

开本 880×1230 1/16 印张 10.25 字数 209 千字  
2024年2月第1版 2024年2月第1次印刷

\*

书号: 155714·558 定价: 198.00 元