



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40424—2021

## 管与管板的焊接工艺评定试验

Welding procedure qualification test for tubes to tube-plate joints

(ISO 15614-8:2016, Specification and qualification of welding  
procedures for metallic materials—Welding procedure test—  
Part 8: Welding of tubes to tube-plate joints, MOD)

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 前言 .....                                          | Ⅲ  |
| 1 范围 .....                                        | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                                   | 1  |
| 3 术语和定义 .....                                     | 1  |
| 4 符号 .....                                        | 2  |
| 5 预焊接工艺规程(pWPS) .....                             | 2  |
| 5.1 总则 .....                                      | 2  |
| 5.2 焊接工艺参数 .....                                  | 2  |
| 5.3 特定焊接方法的参数 .....                               | 3  |
| 6 焊接工艺评定 .....                                    | 4  |
| 7 试件焊接 .....                                      | 4  |
| 7.1 总体要求 .....                                    | 4  |
| 7.2 试件的种类 .....                                   | 4  |
| 8 试验和检验 .....                                     | 5  |
| 8.1 实施 .....                                      | 5  |
| 8.2 合格等级 .....                                    | 7  |
| 8.3 复试 .....                                      | 9  |
| 9 认可范围 .....                                      | 9  |
| 9.1 总体要求 .....                                    | 9  |
| 9.2 有关制造商 .....                                   | 9  |
| 9.3 有关材料 .....                                    | 9  |
| 9.4 所有焊接方法的通用性 .....                              | 10 |
| 10 焊接工艺评定报告(WPQR) .....                           | 10 |
| 附录 A (资料性) 本文件与 ISO 15614-8:2016 的技术性差异及其原因 ..... | 12 |
| 附录 B (资料性) 钢材分类指南 .....                           | 13 |
| 附录 C (资料性) 铝及铝合金材料分类指南 .....                      | 15 |
| 附录 D (资料性) 镍及镍合金材料分类指南 .....                      | 16 |
| 附录 E (资料性) 管与管板的焊接工艺评定报告示例(WPQR) .....            | 17 |
| 参考文献 .....                                        | 21 |
| 图 1 符号表示示例 .....                                  | 2  |
| 图 2 三角形分布试件 .....                                 | 4  |
| 图 3 方形分布试件 .....                                  | 5  |
| 表 1 试件的试验和检验 .....                                | 5  |

表 2 目视检验 ..... 7

表 3 射线检测 ..... 8

表 4 低倍金相检验 ..... 8

表 5 几何参数的认可范围 ..... 9

表 A.1 本文件与 ISO 15614-8:2016 的技术性差异及其原因 ..... 12

表 B.1 钢材分类体系 ..... 13

表 C.1 铝及铝合金的分类 ..... 15

表 D.1 镍及镍合金的分类 ..... 16



## 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。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 15614-8:2016《金属材料焊接工艺的规范与评定焊接工艺试验 第8部分：管及管板的焊接》。

本文件与 ISO 15614-8:2016 相比在结构上有调整，本文件资料性附录 E 为 ISO 15614-8:2016 附录 A。

本文件与 ISO 15614-8:2016 相比存在技术性差异，附录 A 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本文件还做了下列编辑性修改：

——修改了标准名称；

——增加了资料性附录 A、附录 B、附录 C、附录 D。

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。

本文件由全国焊接标准化技术委员会(SAC/TC 55)提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨焊接研究院有限公司、东营市元捷石油机械有限公司、元创实业(郑州)有限公司、抚顺市特种设备监督检验所、厦门美科安防科技股份有限公司、浙江金洲管道科技股份有限公司、上海市安装工程集团有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、福建省工业设备安装有限公司、无锡庆源激光科技有限公司、河南华电金源管道有限公司、浙江国检检测技术股份有限公司、福建大威科技有限公司、广东满亚科技有限公司。

本文件主要起草人：苏金花、李海伟、李孜志、朱健、王凤平、杨伟芳、陆欢军、魏绍鹏、曾军河、马国龙、曹晓程、张丰收、王慧、刘步永、范志忠、荆文、林晓辉、宿士乔。



# 管与管板的焊接工艺评定试验

## 1 范围

本文件规定了管与管板的焊接工艺评定试验方法和要求。

本文件适用于金属材料管与管板的接头弧焊。

## 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 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口(GB/T 985.1—2008, ISO 9692-1:2003,MOD)

GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法(GB/T 2654—2008,ISO 9015-1:2001,IDT)

GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分:X和伽玛射线的胶片技术(GB/T 3323.1—2019,ISO 17636-1:2013,MOD)

GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号(GB/T 5185—2005,ISO 4063:1998,IDT)

GB/T 6417.1 金属熔化焊接头缺欠分类及说明(GB/T 6417.1—2005,ISO 6520-1:1998,IDT)

GB/T 15169 钢熔化焊焊工技能评定(GB/T 15169—2003,ISO 9606-1:2002,IDT)

GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分:总则(GB/T 18851.1—2012,ISO 3452-1:2008, IDT)

GB/T 19805 焊接操作工 技能评定(GB/T 19805—2005,ISO 14732:1998,IDT)

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则(GB/T 19866—2005,ISO 15607:2003,IDT)

GB/T 19867.1 电弧焊焊接工艺规程(GB/T 19867.1—2005,ISO 15609-1:2004,IDT)

GB/T 19869.1 钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验(GB/T 19869.1—2005,ISO 15614-1:2004, IDT)

GB/T 24598 铝及铝合金熔化焊焊工技能评定(GB/T 24598—2009,ISO 9606-2:2004,MOD)

GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验(GB/T 26955—2011,ISO 17639:2003,MOD)

GB/T 30563 铜及铜合金熔化焊焊工技能评定(GB/T 30563—2014,ISO 9606-3:1999,MOD)

GB/T 32257 镍及镍合金熔化焊焊工技能评定(GB/T 32257—2015,ISO 9606-4:1999,MOD)

GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测(GB/T 32259—2015,ISO 17637:2003,MOD)

GB/T 36234 钛及钛合金、锆及锆合金熔化焊焊工技能评定(GB/T 36234—2018,ISO 9606-5:2000,MOD)

GB/T 39255 焊接与切割用保护气体(GB/T 39255—2020,ISO 14175:2008,MOD)

## 3 术语和定义

GB/T 19866 界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号

下列符号适用于本文件,符号表示见图 1。

- $a$  ——焊缝有效厚度,单位为毫米(mm);
- $b$  ——余高宽度,单位为毫米(mm);
- $d_a$  ——管子外径,单位为毫米(mm);
- $d_1$  ——两管之间的最小距离,单位为毫米(mm);
- $d_p$  ——气孔尺寸,单位为毫米(mm);
- $g$  ——管子与管板之间的间隙,单位为毫米(mm);
- $h$  ——缺欠的高度或宽度,单位为毫米(mm);
- $s_p$  ——根部焊道的起始点,单位为毫米(mm);
- $t$  ——管子壁厚,单位为毫米(mm);
- $t_1$  ——覆层厚度,单位为毫米(mm);
- $t_2$  ——管板厚度,单位为毫米(mm);
- $x$  ——焊瘤。

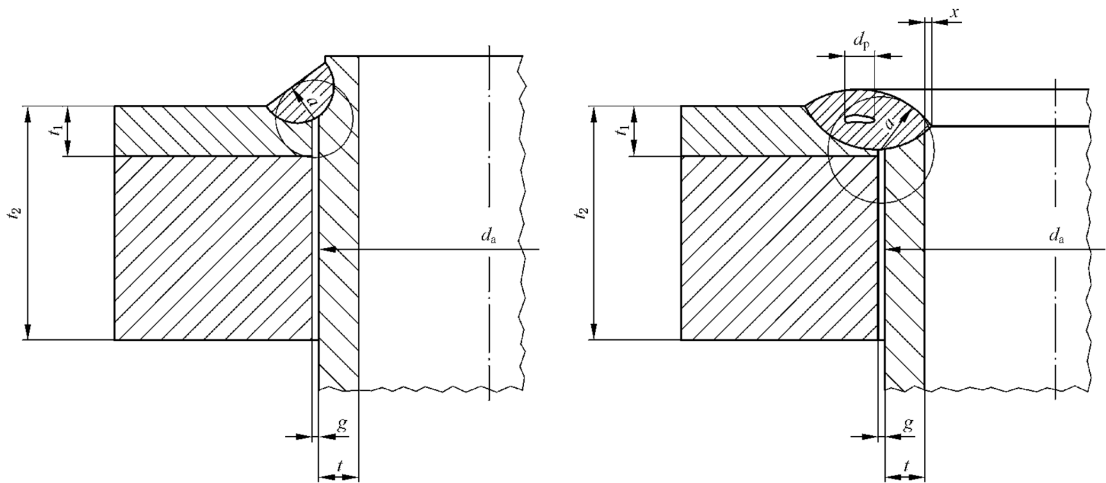


图 1 符号表示示例

5 预焊接工艺规程(pWPS)

5.1 总体要求

管及管板的焊接工艺评定试验应以 GB/T 19867.1 规定的 pWPS 为基础。预焊接工艺规程应规定 5.2、5.3 列出的内容参数。

5.2 焊接工艺参数

下列内容应包括在 pWPS 中:

- a) 一种焊接方法或用多种方法焊接一个接头时;
- b) 管板的技术条件和厚度,过渡层及其厚度;
- c) 管子技术条件、厚度及外径;

- d) 分布类型(矩形或三角形)及管子之间的距离;
- e) 接头几何形状、实际管孔直径和组对公差(示意图);
- f) 清理和去脂(制造阶段的时间和类型);
- g) 固定或定位焊,定位焊和胀接位置;
- h) 管板及焊接位置;
- i) 焊接材料的种类及(或)牌号;
- j) 尺寸(直径)及焊丝送丝速度或每道焊道的焊丝填充长度;
- k) 预热及道间温度,包括控制方法;
- l) 焊接速度(机械化焊接);
- m) 焊道的数量及分布,焊道的引弧点及焊缝尺寸(示意图);
- n) 焊接顺序;
- o) 焊后热处理,包括控制方法;
- p) 必要时,焊接材料在使用之前的烘干温度和时间;
- q) 所有特殊要求,包括热输入要求、热流效应或焊后管胀接。

### 5.3 特定焊接方法的参数

应在 5.2 通用参数基础上详细记录 5.3a)~d) 所列特定焊接方法的参数。焊接方法代号按照 GB/T 5185。

- a) 焊条电弧焊(111):
  - 1) 交流或直流及极性;
  - 2) 电流。
- b) 实心或药芯焊丝的、气保护或自保护的 MIG 焊、MAG 焊(114)、(135)、(136)、(137):
  - 1) 保护气体的种类(按照 GB/T 39255)和牌号;
  - 2) 电弧电压;
  - 3) 送丝速度或电流;
  - 4) 脉冲焊接的脉冲时间和频率、脉冲电流和基值电流。
- c) TIG 焊(141):
  - 1) 保护气体的种类(按照 GB/T 39255)和牌号;
  - 2) 交流或直流及极性;
  - 3) 电流;
  - 4) 脉冲焊接的脉冲时间和频率、脉冲电流和基值电流;
  - 5) 是否填丝。
- d) 机械化或自动化焊接,b)和c)所列的所有项目及必要时的下列参数:
  - 1) 弧长或弧压;
  - 2) 填丝时,填/送丝速率及焊丝直径[见 5.2j)];
  - 3) 其他 pWPS 的焊接参数:
    - 保护气体的预通气和滞后时间,
    - 电流等级的变化,
    - 电流上升及下降速率;
  - 4) 焊接速度及搭接量;
  - 5) 考虑正面焊接时,下列附加信息:
    - 电极的转动半径;
    - 电极相对管轴线的角度。

对所有其他焊接方法而言,应规定焊接参数。

6 焊接工艺评定

管与管板的焊接工艺评定应按相关的产品标准或规程进行。

7 试件焊接

7.1 总体要求

试件应按照 7.2 要求制备,应模拟生产所用的接头形式或与 pWPS 要求相近。焊工应按照 GB/T 15169、GB/T 24598、GB/T 30563、GB/T 32257 或 GB/T 36234 考试合格。对于焊接操作工或设备人员能按 GB/T 19805 考试合格。

7.2 试件的种类

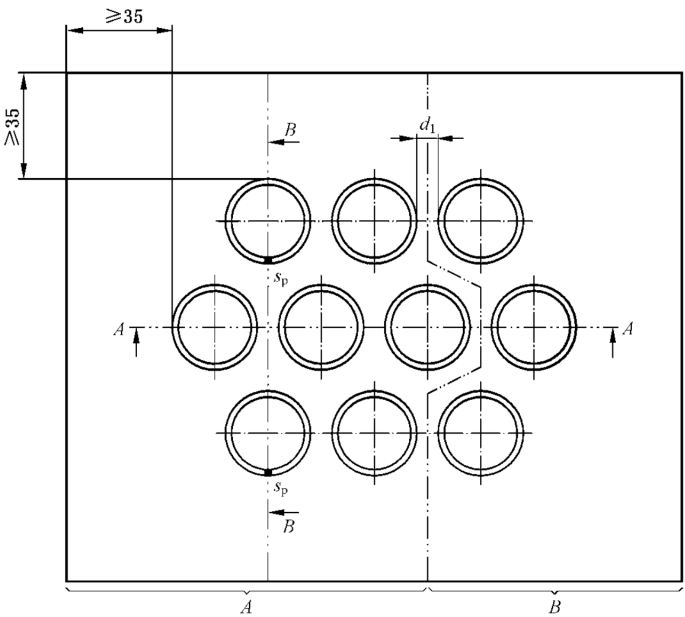
7.2.1 接头的加工制备

接头加工制备按 GB/T 985.1 要求。

7.2.2 三角形分布的管板试板

三角形分布的管试件应至少包括 10 个端头(管外径小于 40 mm 时);或者至少 7 个管端(管外径大于或等于 40 mm 时)具体见图 2 中的 A 区。

单位为毫米



标引序号说明:

$d_1$  —— 两管之间的最小距离;

$s_p$  —— 根部焊道的起始点。

注: A—A/B—B 试样的打磨部位(切割线位置示例)。

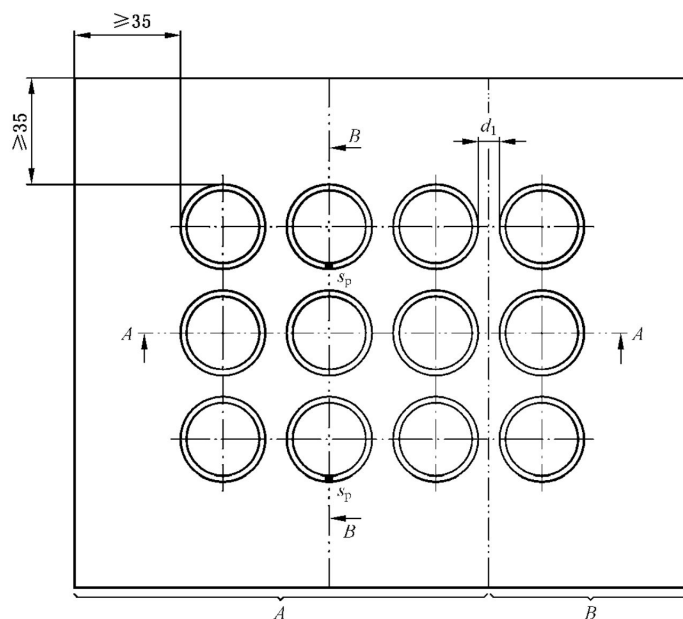
图 2 三角形分布试件

7.2.3 方形分布的管板试板

方形分布的管试板应至少包括 12 个管(外径小于 40 mm 时);或者 9 个管(管外径大于或等于

40 mm 时)具体见图 3 中的 A 区。

单位为毫米



标引序号说明:

$d_1$  ——两管之间的最小距离;

$s_p$  ——根部焊道的起始点。

注: A—A/B—B 试样的打磨部位(切割线位置示例)。

图 3 方形分布试件

## 8 试验和检验

### 8.1 实施

#### 8.1.1 总体要求

进行焊接工艺合格评定时,8.1.2~8.1.6 要求的试验应在同一焊接试件上进行,有拉脱试验要求时(如 8.1.7 规定),拉脱试验应在同一焊接试件上做,具体要求见表 1。

表 1 试件的试验和检验

| 管板中的管分布         | 焊缝数量和试验种类                  | 试验内容                     |
|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| 三角形分布<br>(见图 2) | —— $d_a < 40$ mm(10 个管端)   |                          |
|                 | —— $d_a \geq 40$ mm(7 个管端) |                          |
|                 | ——目视检验                     | 100%                     |
|                 | ——渗透检测                     | 100%                     |
|                 | ——射线检测 <sup>a</sup>        | 100%                     |
|                 | ——金相检验                     | 6 个试样( $d_a < 40$ mm)    |
|                 | ——硬度试验(排) <sup>b,c</sup>   | 5 个试样( $d_a \geq 40$ mm) |
|                 | ——拉脱试验                     | 第一管端焊接试样<br>如果规定要求       |

表 1 试件的试验和检验 (续)

| 管板中的管分布                                                                                                                                                | 焊缝数量和试验种类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 试验内容                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>方形分布<br/>(见图 3)</p>                                                                                                                                 | <p>——<math>d_a &lt; 40</math> mm (12 个管端)<br/>                     ——<math>d_a \geq 40</math> mm (9 个管端)<br/>                     ——目视检验<br/>                     ——渗透检测<br/>                     ——射线检测<br/>                     ——金相检验<br/> <br/>                     ——硬度试验(排)<sup>b,c</sup><br/>                     ——拉脱试验</p> | <p>100 %<br/>                     100 %<br/>                     100 %<br/>                     7 个试样(<math>d_a &lt; 40</math> mm)<br/>                     6 个试样(<math>d_a \geq 40</math> mm)<br/>                     第一管端焊接试样<br/>                     如果规定要求</p> |
| <p><sup>a</sup> 拉脱试验除外。<br/> <sup>b</sup> 钢分组 1.1 和 7.1、组 8 组 10 和组 41~组 48 不需要,但分组 1.1 和组 8 之间的不同接头除外。<br/> <sup>c</sup> 对于加层管端,硬度试验还应覆盖包层下母材的区域。</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### 8.1.2 目视检验

目视检验应在适当清理和焊后热处理之后(有焊后热处理要求时),试件切割加工之前,按 GB/T 32259 进行。

焊缝应外形均匀,无超标余高,管孔无飞溅并符合表 2 要求。

#### 8.1.3 渗透检测

所有焊缝的外表面应按照 GB/T 18851.1 进行渗透检测。

#### 8.1.4 射线检测

除拉脱试验之外,所有焊缝应按照 GB/T 3323.1 做射线检测。

#### 8.1.5 低倍金相检验

目视检验和射线检测之后,试件应按图 2 和图 3 解剖加工,根部焊道的两个起弧点暴露在解剖面上。低倍金相试样应按照 GB/T 26955 制备并检验。

当射线检测出现气孔以外的其他缺陷时,为了验证是否符合 8.2 规定的验收标准,应对其附加低倍金相检验。

为了评估是否满足 8.2 合格等级的附加显微检验应在射线检测显示无气孔的部位进行。

#### 8.1.6 硬度试验

硬度一般按 GB/T 2654 规定的 HV10 进行,具体要求见表 1。焊缝金属、母材及热影响区上的硬度均应记录,必要时过渡层部位的硬度值亦应记录。

#### 8.1.7 拉脱试验

管板拉脱试验,宜按规程有关要求进行。



## 8.2 合格等级

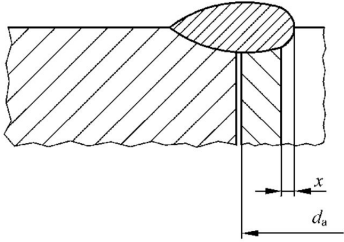
### 8.2.1 总体要求

下述规定适用于管板焊接工艺评定试验,特定产品标准按相关规定执行。

### 8.2.2 目视检验

目视检验的具体要求见表 2。

表 2 目视检验

| 序号 | 缺欠名称            | 代号<br>GB/T 6417.1 | 说明                                                                                   | 缺欠限值                                                                                     |
|----|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 裂纹              | 100               | 所有种类的裂纹                                                                              | 不准许                                                                                      |
| 2  | 弧坑裂纹            | 104               |                                                                                      | 不准许                                                                                      |
| 3  | 表面气孔<br>弧坑缩孔    | 2017<br>2024      | 所有表面可见的气孔                                                                            | 不准许                                                                                      |
| 4  | 管壁烧穿            |                   |                                                                                      | 不准许                                                                                      |
| 5  | 焊瘤              | 506               |  | 外径小于或等于 25 mm 的管子, $x \leq 0.5 \text{ mm}$ ;<br>外径大于 25 mm 的管子,<br>$x \leq 1 \text{ mm}$ |
| 6  | 管端头烧穿<br>(仅角焊缝) |                   |                                                                                      | 不准许;这种缺欠会减少<br>焊缝底部要求的尺寸                                                                 |
| 7  | 咬边              | 5011              |                                                                                      | $0.1t$                                                                                   |
| 8  | 焊缝余高            | 502               |                                                                                      | $h \leq 1 + 0.1b$<br>其中 $b$ 为焊缝的宽度                                                       |

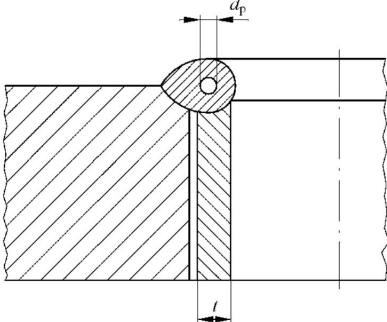
### 8.2.3 渗透检测

焊缝金属或热影响区内不应有任何尺寸的缺陷。

### 8.2.4 射线检测

射线检测的具体要求见表 3。

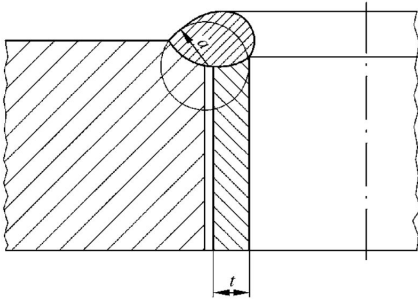
表 3 射线检测

| 序号 | 缺欠名称                 | 代号<br>GB/T 6417.1 | 说明                                                                                                                                                   | 缺欠限值                        |
|----|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1  | 裂纹                   | 100               | 所有种类的裂纹                                                                                                                                              | 不准许                         |
|    |                      | 1001              | 微裂纹                                                                                                                                                  |                             |
| 2  | 条形气孔                 | 2015              |                                                                                                                                                      | 不准许                         |
|    | 虫形气孔                 | 2016              |                                                                                                                                                      |                             |
| 3  | 局部密集气孔               | 2013              |                                                                                                                                                      | 不准许                         |
| 4  | 球形气孔<br>均布气孔<br>链状气孔 | 2011              |  <p>——每个管接头最多允许有两个尺寸不超标气孔；<br/>——在环周方向上,两个气孔之间的最小距离至少为气孔尺寸的两倍。</p> | $d_p \leq 0.25t$<br>最大 1 mm |
|    |                      | 2012              |                                                                                                                                                      |                             |
|    |                      | 2014              |                                                                                                                                                      |                             |
|    |                      |                   |                                                                                                                                                      |                             |
| 5  | 固体夹杂                 | 300               |                                                                                                                                                      | 不准许                         |
| 6  | 未熔合                  | 401               |                                                                                                                                                      | 不准许                         |
| 7  | 未焊透                  | 402               |                                                                                                                                                      | 不准许                         |

8.2.5 低倍金相检验

低倍金相检验的具体要求见表 4。

表 4 低倍金相检验

| 序号  | 缺欠名称 | 代号<br>GB/T 6417.1 | 说明                                                                                                                                    | 缺欠限值          |
|-----|------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1-7 |      |                   | 参见表 3                                                                                                                                 |               |
| 8   | 焊缝厚度 |                   |  <p>焊缝有效厚度 <math>a</math> 相当于中心设在焊缝根部的最大内切圆半径</p> | $a \geq 0.9t$ |

### 8.2.6 硬度试验

硬度试验的结果应满足 GB/T 19869.1 的要求。

### 8.2.7 拉脱试验

拉脱试验要求按产品规程确定。

## 8.3 复试

如果试件不符合 8.1 规定的检验要求,应焊制一个新的试件做同样的试验检验。如果该附加试件未通过评定试验,则评定失败。

## 9 认可范围

### 9.1 总体要求

下述每个主要参数及条件应得到满足,主要参数发生规定范围之外的变化应需要重新进行焊接工艺评定试验。

### 9.2 有关制造商

制造商评定合格的焊接工艺规程在其相同的技术条件和质保体系下有效。

### 9.3 有关材料

#### 9.3.1 母材

材料分类见附录 B、附录 C 和附录 D。评定试验所用的材料适用于同类组中的其他材料。

#### 9.3.2 管板及尺寸

表 5 给出了所有几何尺寸的认可范围。

表 5 几何参数的认可范围

| 名称   | 试件尺寸<br>mm                  | 认可范围<br>mm              |
|------|-----------------------------|-------------------------|
| 覆层厚度 | $t_1 < 3$<br>$t_1 \geq 3$   | $\geq t_1$<br>$\geq 3$  |
| 管板厚度 | $t_2 < 35$<br>$t_2 \geq 35$ | $\geq t_2$<br>$\geq 35$ |
| 管壁厚度 | $t$                         | $0.5t \sim 2t$          |
| 管子外径 | $d_a$                       | $\geq d_a$              |

#### 9.3.3 管距分布

评定试验所采用的管距及分布适用于同类型的管距分布,其前提条件为,两个管之间的距离  $d_1$  (见图 2 和图 3) 不小于评定试验所用的间距。

## 9.4 所有焊接方法的通用性

### 9.4.1 焊接方法

评定仅适用于评定试验所采用的方法。在多种方法的评定试验中,评定仅适用于试验过程采用的多种方法。

### 9.4.2 管板的焊接位置

评定仅适用于评定试验所使用的焊接位置。

### 9.4.3 接头种类

评定仅适用于评定试验所使用的接头种类。

### 9.4.4 填充金属型号

焊接材料的认可范围包括其他焊接材料,具体为:

- 强度级别相同,但药皮类型变化时需要重新做评定;
- 或者是处在相同的名义化学成分范围内。

### 9.4.5 填充金属尺寸

评定试验所用的焊丝直径或特定消耗材料(如惰性气体)仅对该尺寸有效。

### 9.4.6 电流种类

评定试验所用的电流种类(交流、直流或脉冲电流)及极性仅对该电流种类/极性有效。

### 9.4.7 热输入

无填充焊接或对焊接热输入有控制要求时,允许的焊接热输入下限值为评定所用热输入,超出该热输入值 25%时,应重新评定。

### 9.4.8 预热温度

评定的下限值为评定开始时的预热温度。

### 9.4.9 道间温度

评定的上限值为评定时的公称道间温度。

### 9.4.10 焊后热处理

有焊后热处理的评定不适用于无焊后热处理的焊接工艺评定,反之亦然。评定的温度范围为认可的范围。有要求时,加热速率、冷却速率和保温时间应与产品构件相对应。

### 9.4.11 保护气体

保护气体的认可范围限于评定所用的气体种类(其成分按照 GB/T 39255 规定)。

## 10 焊接工艺评定报告(WPQR)

焊接工艺评定报告应记录每个试件(包括复试试件)的评定结果。报告应记录第 5 章所列的相关参

数及特性说明(按第 8 章要求是否合格)。

如果无否决项或不合格结果,则焊接工艺评定结果合格,应由考官或考试机构签署姓名和日期。

焊接工艺评定报告(为了便于参数的统一说明和评估),应用于记录焊接工艺细节及试验结果,以便统一说明和参数评估。

WPQR 格式见附录 E。

附 录 A

(资料性)

本文件与 ISO 15614-8:2016 的技术性差异及其原因

表 A.1 给出了本文件与 ISO 15614-8:2016 的技术性差异及其原因。

表 A.1 本文件与 ISO 15614-8:2016 的技术性差异及其原因

| 本标准<br>章条编号 | 技术性差异                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 原因             |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2           | <p>关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下:</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 985.1 代替了 ISO 9692-1(见 7.2.1);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 2654 代替了 ISO 9015-1(见 8.1.6);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 3323.1 代替了 ISO 17636-1(见 8.1.4);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 5185 代替了 ISO 4063(见 5.3);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 6417.1 代替了 ISO 6520-1(见表 3);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 15169 代替了 ISO 9606-1(见 7.1);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 18851.1 代替了 ISO 3452-1(见 8.1.3);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 19805 代替了 ISO 14732(见 7.1);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 19866 代替了 ISO 15607(见第 3 章);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 19867.1 代替了 ISO 15609-1(见 5.1);</p> <p>——用等同采用国际标准的 GB/T 19869.1 代替了 ISO 15614-1(见 8.2.6);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 24598 代替了 ISO 9606-2(见 7.1);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 26955 代替了 ISO 17639(见 8.1.5);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 30563 代替了 ISO 9606-3(见 7.1);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 32257 代替了 ISO 9606-4(见 7.1);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 32259 代替了 ISO 17637(见 8.1.2);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 36234 代替了 ISO 9606-5(见 7.1);</p> <p>——用修改采用国际标准的 GB/T 39255 代替了 ISO 14175(见 5.3、9.4.11)</p> | 适用我国生产<br>技术要求 |
| 7.2.1       | 删除了接头的加工要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 适用我国生产<br>技术要求 |
| 8.1.4       | 删除了国际标准中的图 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 工艺已过时          |
| 8.1.5       | 增加射线检测出现气孔以外的其他缺陷的情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 适用我国生产<br>技术要求 |

**附 录 B**  
(资料性)  
钢材分类指南

根据 ISO/TR 15068<sup>[1]</sup> 的钢材分类见表 B.1。

**表 B.1 钢材分类体系**

| 类别 | 组别  | 钢种                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |     | 屈服极限 $R_{eh} \leq 460 \text{ N/mm}^{2a}$ , 且成分为:<br>$C \leq 0.25\%$<br>$Si \leq 0.60\%$<br>$Mn \leq 1.8\%$<br>$Mo \leq 0.70\% ^b$<br>$S \leq 0.045\%$<br>$P \leq 0.045\%$<br>$Cu \leq 0.40\% ^b$<br>$Ni \leq 0.5\% ^b$<br>$Cr \leq 0.3\%$ (0.4% 铸钢) <sup>b</sup><br>$Nb \leq 0.06\%$<br>$V \leq 0.1\% ^b$<br>$Ti \leq 0.05\%$ |
|    | 1.1 | 屈服极限 $R_{eh} \leq 275 \text{ N/mm}^2$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | 1.2 | 屈服极限 $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eh} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    | 1.3 | 屈服极限 $R_{eh} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的细晶粒正火钢                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | 1.4 | 改进型耐候钢(某一种元素可能超过类组 1 的规定值)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2  |     | 屈服极限 $R_{eh} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|    | 2.1 | 屈服极限 $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eh} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | 2.2 | 屈服极限 $R_{eh} > 460 \text{ N/mm}^2$ 的热控轧处理的细晶粒钢和铸钢                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3  |     | 屈服极限 $R_{eh} > 360 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢和沉淀硬化钢(不锈钢除外)                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 3.1 | 屈服极限 $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eh} \leq 690 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | 3.2 | 屈服极限 $R_{eh} > 690 \text{ N/mm}^2$ 的调质钢                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | 3.3 | 沉淀硬化钢(不锈钢除外)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4  |     | $Mo \leq 0.7\%$ 且 $V \leq 0.1\%$ 的低钒 Cr-Mo-(Ni) 钢                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|    | 4.1 | $Cr \leq 0.3\%$ 且 $Ni \leq 0.7\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 4.2 | $Cr \leq 0.7\%$ 且 $Ni \leq 1.5\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5  |     | $Cr \leq 0.35\%$ 的无钒 Cr-Mo 钢 <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | 5.1 | $0.75\% \leq Cr \leq 1.5\%$ 且 $Mo \leq 0.7\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|    | 5.2 | $1.5\% < Cr \leq 3.5\%$ 且 $0.7\% < Mo \leq 1.2\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 5.3 | $3.5\% < Cr \leq 7.0\%$ 且 $0.4\% < Mo \leq 0.7\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 5.4 | $7.0\% < Cr \leq 10.0\%$ 且 $0.7\% < Mo \leq 1.2\%$ 的钢                                                                                                                                                                                                                                                                         |

表 B.1 钢材分类体系 (续)

| 类别                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 组别   | 钢种                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      | 高钒 Cr-Mo-(Ni)合金钢                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.1  | $0.3\% \leq \text{Cr} \leq 0.75\%, \text{Mo} \leq 0.7\%, \text{V} \leq 0.35\%$ 的钢         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.2  | $0.75\% < \text{Cr} \leq 3.5\%, 0.7\% < \text{Mo} \leq 1.2\%, \text{V} \leq 0.35\%$ 的钢    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.3  | $3.5\% < \text{Cr} \leq 7.0\%, \text{Mo} \leq 0.7\%, 0.45\% \leq \text{V} \leq 0.55\%$ 的钢 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.4  | $7.0\% < \text{Cr} \leq 12.5\%, 0.7\% < \text{Mo} \leq 1.2\%, \text{V} \leq 0.35\%$ 的钢    |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      | $\text{C} \leq 0.35\%, 10.5\% \leq \text{Cr} \leq 30\%$ 的铁素体钢、马氏体钢或沉淀硬化不锈钢                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7.1  | 铁素体不锈钢                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7.2  | 马氏体不锈钢                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7.3  | 沉淀硬化不锈钢                                                                                   |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      | $\text{Ni} \leq 31\%$ 的奥氏体不锈钢                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8.1  | $\text{Cr} \leq 19\%$ 的奥氏体不锈钢                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8.2  | $\text{Cr} > 19\%$ 的奥氏体不锈钢                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8.3  | $4.0\% < \text{Mn} \leq 12\%$ 的含锰奥氏体不锈钢                                                   |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      | $\text{Ni} \leq 10\%$ 的镍合金钢                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9.1  | $\text{Ni} \leq 3.0\%$ 的镍合金钢                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9.2  | $3.0\% < \text{Ni} \leq 8.0\%$ 的镍合金钢                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9.3  | $8.0\% < \text{Ni} \leq 10\%$ 的镍合金钢                                                       |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                           |      | 奥氏体-铁素体双相不锈钢                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10.1 | $\text{Cr} \leq 24\%$ 的奥氏体-铁素体不锈钢                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10.2 | $\text{Cr} > 24\%$ 的奥氏体-铁素体不锈钢 d                                                          |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                           |      | $0.25\% < \text{C} \leq 0.85\%$ , 其余成分与 1 类钢 <sup>c</sup> 相同的钢                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11.1 | $0.25\% < \text{C} \leq 0.35\%$ , 其余成分与 1 类钢相同的钢                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11.2 | $0.35\% < \text{C} \leq 0.5\%$ , 其余成分与 1 类钢相同的钢                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11.3 | $0.5\% < \text{C} \leq 0.85\%$ , 其余成分与 1 类钢相同的钢                                           |
| 注: 以实物分析为准, 2 类钢可以考虑作为 1 类钢。                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                                                                           |
| <sup>a</sup> 按照钢的产品标准, $R_{\text{eh}}$ 可用 $R_{\text{p0.2}}$ 或 $R_{\text{t0.5}}$ 代替。<br><sup>b</sup> 当 $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{V} \leq 0.75\%$ 时, 更高的值也可接受。<br><sup>c</sup> 当 $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{V} \leq 1\%$ 时, 更高的值也可接受。 |      |                                                                                           |



附录 C  
(资料性)  
铝及铝合金材料分类指南

根据 ISO/TR 15068<sup>[1]</sup>, 铝及铝合金分类指南见表 C.1。

表 C.1 铝及铝合金的分类

| 类别                                 | 组别   | 铝及铝合金的种类                                                                   |
|------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------|
| 21                                 |      | 杂质(或合金含量)的纯铝                                                               |
| 22                                 |      | 非热处理铝合金                                                                    |
|                                    | 22.1 | 铝镁合金                                                                       |
|                                    | 22.2 | $Mg \leq 1.5\%$ 的铝镁合金                                                      |
|                                    | 22.3 | $1.5\% < Mg \leq 3.5\%$ 的铝镁合金                                              |
|                                    | 22.4 | $Mg > 3.5\%$ 的铝镁合金                                                         |
| 23                                 |      | 热处理铝合金                                                                     |
|                                    | 23.1 | Al-Mg-Si 合金                                                                |
|                                    | 23.2 | Al-Zn-Mg 合金                                                                |
| 24                                 |      | $Cu \leq 1\%$ 的 Al-Si 合金                                                   |
|                                    | 24.1 | $Cu \leq 1\%, 5\% < Si \leq 15\%$ 的 Al-Si 合金                               |
|                                    | 24.2 | $Cu \leq 1\%, 5\% < Si \leq 15\%, 0.1\% < Mg \leq 0.80\%$ 的 Al-Si 合金       |
| 25                                 |      | $5.0\% < Si \leq 14\%; 1.0\% < Cu \leq 5.0\%, Mg \leq 0.8\%$ 的 Al-Si-Cu 合金 |
| 26                                 |      | $2.0\% < Cu \leq 6.0\%$ 的 Al-Cu 合金                                         |
| 类别 21、22、23 一般为锻件,类别 24、25、26 为铸件。 |      |                                                                            |

附 录 D

(资料性)

镍及镍合金材料分类指南

根据 ISO/TR 15608<sup>[1]</sup>, 镍及镍合金分类见表 D.1。

表 D.1 镍及镍合金的分类

| 类别 | 镍及镍合金种类                                                        |
|----|----------------------------------------------------------------|
| 41 | 纯镍                                                             |
| 42 | $\text{Ni} \geq 45\%$ , $\text{Cu} \geq 10\%$ 的镍铜合金            |
| 43 | $\text{Ni} \geq 40\%$ 的镍铬合金                                    |
| 44 | $\text{Ni} \geq 45\%$ , $\text{Mo} \leq 32\%$ 的镍钼合金            |
| 45 | $\text{Ni} \geq 31\%$ 的镍铁铬合金                                   |
| 46 | $\text{Ni} \geq 45\%$ , $\text{Co} \geq 10\%$ 的镍铬钴合金           |
| 47 | $\text{Ni} \geq 45\%$ 的镍铁铬铜合金                                  |
| 48 | $31\% \leq \text{Ni} \leq 45\%$ , $\text{Fe} \geq 20\%$ 的镍铁铬合金 |

## 附录 E

(资料性)

## 管与管板的焊接工艺评定报告示例(WPQR)

# 焊接工艺评定——试验报告

制造商焊接工艺评定报告:

考官/检验机构：

代号：

代号：

制造商:

地址：

规程/试验标准:

焊接日期:

评定范围:

焊接方法:

接头类型:

### 渗透检验:管板

覆层:

管子：

管板厚度(mm):

覆层(mm):

管子(mm):

管外径(mm):

間隙( $g$ )(mm):

填充材料类型:

保护气体:

焊接电流类型:

焊接位置:

预热:

焊后热处理:

其他信息:

经认证,试验焊缝的制备、焊接和测试符合上述规范/测试标准的要求。

地点:

签发日期:

考官或考试机构  
姓名、日期和签名

管及管板的焊接工艺评定试验报告

地点：  
 制造商的焊接工艺规程参考编号：  
 WPQR 编号：

制造商：  
 焊工姓名：  
 焊接工艺规程：  
 接头种类：

考官或考试机构：  
 制备及清理方法：  
 母材规格： 管板：  
 覆层：  
 管子：  
 材料厚度(mm)： 管板：  
 覆层：  
 管子：  
 管子外径(mm)：  
 焊接位置：

| 试件示意图 | 接头制备的示意图 |
|-------|----------|
|       |          |

焊接参数

| 焊道 | 焊接方法 | 焊材规格 | 焊接电流 A | 电弧电压 V | 电流种类/极性 | 送丝速度 m/min | 焊接速度 <sup>1)</sup> cm/min | 热输入 <sup>1)</sup> kJ/cm |
|----|------|------|--------|--------|---------|------------|---------------------------|-------------------------|
|    |      |      |        |        |         |            |                           |                         |

清洗和脱脂：  
 填充金属的分类和商标：  
 特殊烘干或干燥要求：  
 气体保护：  
 气体流量保护：  
 钨电极类型及尺寸：  
 焊前管子固定方式：  
 预热温度：  
 道间温度：  
 焊后热处理及/或时效处理：  
 时间、温度、方法、加热及冷却速度：

制造商  
 姓名、日期及签名

考官或考试机构  
 姓名、日期及签名

1) 如果需要。

更多信息：

摆动(摆幅、频率)：  
导电嘴到工件距离：  
焊炬角度：  
电流增加(A)：从            到            用时(s)：  
熔池信息(A)：                            时间(s)：  
送丝速度(mm/s)：  
                                            第一道<sup>2)</sup>：                            第二道<sup>2)</sup>：  
最小电流(A)：  
                                            第一道<sup>2)</sup>：                            第二道<sup>2)</sup>：  
最大电流(A)：  
                                            第一道<sup>2)</sup>：                            第二道<sup>2)</sup>：  
脉冲频率：  
循环时间：  
                                            第一道<sup>2)</sup>：                            第二道<sup>2)</sup>：  
电流下降(A)：从            到            用时(s)：  
脉冲，直线式：是☐                            否☐  
脉冲，旋转式：是☐                            否☐  
焊接设备制造商：

电流：  
极性：

试验结果

制造商焊接工艺                                            试验人员或试验单位  
代号：                                            代号：

目视检测

|                               |                              |    |
|-------------------------------|------------------------------|----|
| 没有缺陷 <input type="checkbox"/> | 有缺陷 <input type="checkbox"/> | 附注 |
|-------------------------------|------------------------------|----|

渗透检测

|                               |                              |    |
|-------------------------------|------------------------------|----|
| 没有缺陷 <input type="checkbox"/> | 有缺陷 <input type="checkbox"/> | 附注 |
|-------------------------------|------------------------------|----|

射线检测

|                               |                              |    |
|-------------------------------|------------------------------|----|
| 没有缺陷 <input type="checkbox"/> | 有缺陷 <input type="checkbox"/> | 附注 |
|-------------------------------|------------------------------|----|

2) 适用于自动焊数据。

宏观检验

| 焊缝厚度 |                                                       | 评定                                                            | 附注 |
|------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| 要求   | 实测                                                    | 没有缺陷 <input type="checkbox"/><br>有缺陷 <input type="checkbox"/> |    |
|      | 最小(mm)                                                |                                                               |    |
|      | 最大(mm)                                                |                                                               |    |
| 可接受  | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |                                                               |    |

硬度试验<sup>3)</sup>

类型/载荷：  
母材：  
HAZ：  
焊缝金属：

拉脱试验<sup>3)</sup>

|    | $R_e/(N/mm^2)$ | $R_m/(N/mm^2)$ | 断裂位置 | 附注 |
|----|----------------|----------------|------|----|
| 要求 |                |                |      |    |

其他试验：  
附注：

完成试验的要求：  
试验报告代号：  
试验结果：接受 ☐ 不接受 ☐

完成试验的人或单位：试验人员或单位

姓名日期签名

3) 如果需要。

参 考 文 献

- [1] ISO/TR 15608 Welding—Guidelines for a metallic materials grouping system
-

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
管与管板的焊接工艺评定试验

GB/T 40424—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年8月第一版

\*

书号: 155066 · 1-68051

版权专有 侵权必究



GB/T 40424-2021