

焊接试验与检验 实用手册

张应立 周玉华 主编

HANJIE SHIYAN YU
JIANYAN
SHIYONG SHOUC

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

焊接试验与检验实用手册

张应立 周玉华 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

全书共分三章,较详细地介绍了焊接材料质量评定试验,焊接性试验,产品焊接试板的力学性能试验,磷铜钎料化学元素含量的测定,熔炼焊剂化学元素含量的测定,喷焊合金粉末化学元素含量的测定,焊接接头常用非破坏性检验,焊接接头常用破坏性检验等试验与检验方法,同时对焊接质量检验标准作了较全面的介绍。

本书全部采用现行的国家及行业标准,资料翔实、文字流畅、图文并茂、立足实用,是焊接试验人员、操作人员、管理人员的必备工具书,亦可供高等院校焊接专业师生和相关科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接试验与检验实用手册/张应立,周玉华主编. —北京:
中国石化出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5114-1551-6

I. ①焊… II. ①张… ②周… III. ①焊接试验-技术手册 ②焊接-检验-技术手册 IV. ①TG115.6-62 ②TG441.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 090536 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,
或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 32 印张 808 千字

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

定价:88.00 元

前 言

随着改革开放的不断深入和国民经济又好又快的发展，机械制造业也得到了飞速发展。机械制造在很大程度上离不开焊接，因此，焊接对企业和国民经济持续发展起着十分重要的作用。

焊接试验与检验是保障焊接质量的重要手段，而焊接质量又是机械产品质量的前提和保证，如果忽视了焊接试验与检验这一重要环节，焊接质量达不到标准规定的要求，将导致机械产品质量下降，严重的会造成质量事故，如锅炉、压力容器、起重机械等因焊接缺陷导致的设备和人身伤害事故就时有发生，给国家和人民生命财产造成重大损失，因此，对焊接试验与检验必须引起焊接企业的重视，从而保证产品的焊接质量。为此，我们在有关部门和企业公司指导下编写了《焊接试验与检验实用手册》一书。本书采用法定计量单位和现行使用的国家及行业标准，文字流畅、资料翔实、图文并茂、立足实用。相信本书将成为焊接实验与检验人员、操作人员、管理人员的良师益友。

本书由张应立、周玉华主编，参加编写的还有贾晓娟、张峥、谢美、周玉良、杨再书、刘军、周琳、周月、张国军、陈洁、张举素、吴兴莉、吴兴惠、陈明德、李家祥、耿敏、王正常、梁润琴、唐猛、钱璐、薛安梅、徐婷、黄月圆、李守银、王海、陈彩娟、方汪键、张莉、王登霞、程世明等，全书由高级工程师张梅审定。在编写过程中得到地方质量监督部门和贵州路桥工程有限公司的领导、专家和审定者的大力支持与帮助，值此出版之际，特向关心和支持本书编写的各位领导、专家、审定者和参考文献的编著者表示衷心感谢。

出于作者水平有限，经验不足，书中缺点和错误在所难免，恳请专家和使用本书的读者批评指正。

目 录

第一章 焊接试验	(1)
第一节 焊接材料质量评定试验	(1)
一、焊条质量评定试验	(1)
二、焊剂质量评定试验	(69)
三、焊丝质量评定试验	(76)
第二节 焊接性(可焊性)试验	(134)
一、焊接性试验方法分类	(135)
二、焊接冷裂纹试验	(138)
三、焊接热裂纹试验	(146)
四、焊接再热裂纹试验	(150)
五、焊接消除应力裂纹的直接试验	(151)
六、应力腐蚀裂纹敏感性试验	(151)
七、层状撕裂的直接试验	(152)
第三节 产品焊接试板的力学性能试验	(154)
一、焊接试板试样的制备	(154)
二、焊接试板的拉伸试验	(155)
三、焊接试板的弯曲试验	(155)
四、焊接试板的冲击试验	(156)
五、焊接试板焊接接头裂纹张开位移(COD)试验	(157)
六、复验	(170)
第四节 钢筋焊接接头试验	(170)
一、总则	(170)
二、焊接接头拉伸试验	(170)
三、焊接接头剪切试验	(175)
四、焊接接头弯曲试验	(177)
五、焊接接头冲击试验	(180)
六、焊接接头疲劳试验	(182)
第五节 钢筋焊接骨架及其预埋件 T 形接头试验	(184)
一、概述	(184)
二、钢筋焊接骨架和焊接网试验	(188)
三、钢筋闪光对焊接头试验	(190)
四、钢筋电弧焊接头试验	(191)
五、钢筋电渣压力焊接头试验	(192)
六、钢筋气压焊接头试验	(192)

七、预埋件钢筋 T 形接头试验	(193)
八、钢筋焊接试验报告	(194)
第六节 其他试验方法	(194)
一、钎焊接头强度试验	(194)
二、钎料润湿性试验	(205)
第二章 焊接材料化学元素含量的测定	(210)
第一节 磷铜钎料化学元素含量的测定	(210)
一、EDTA 容量法测定铜量	(210)
二、氯化银重量法测定银量	(211)
三、钒钼酸光度法测定磷量	(212)
四、碘化钾光度法测定锑量	(214)
五、次磷酸盐还原容量法测定锡量	(215)
六、丁二酮肟光度法测定镍量	(217)
第二节 熔炼焊剂化学元素含量的测定	(218)
一、重量法测定二氧化硅量	(218)
二、电位滴定法测定氧化锰量	(220)
三、高锰酸盐光度法测定氧化锰量	(222)
四、EDTA 容量法测定氧化铝量	(223)
五、磺基水杨酸光度法测定氧化铁量	(226)
六、热解法测定氟化钙量	(227)
七、氟氯化铅-EDTA 容量法测定氟化钙量	(229)
八、钼蓝光度法测定磷量	(231)
九、火焰光度法测定氧化钠、氧化钾量	(233)
十、燃烧-库仑法测定碳量	(235)
十一、燃烧-碘量法测定硫量	(236)
十二、EDTA 容量法测定氧化钙、氧化镁量	(238)
第三节 喷焊合金粉末化学元素含量的测定	(240)
一、一般规定	(240)
二、气体容量法测定碳量	(241)
三、丙三醇脱水动物胶沉淀硅重量法测定硅量	(243)
四、酸碱滴定容量法测定硼量	(244)
五、过硫酸铵银盐容量法测定铬量	(246)
六、氢氧化物分离——重铬酸钾滴定法测定铁量	(249)
七、硫氰酸盐光度法测定钨量	(250)
八、离子交换分离——丁二酮肟镍重量法测定镍量	(251)
九、离子交换分离——电位滴定法测定钴量	(253)
十、过硫酸铵吸光光度法测定锰量	(254)
十一、高锰酸钾氧化法测定钒量	(255)
十二、BCO 吸光光度法测定铜量	(257)
十三、硫氰酸盐吸光光度法测定钼量	(258)

十四、铜试剂分离——铬天青 S 吸光光度法测定铝量	(260)
十五、喷焊合金粉末的化学成分合格标准	(262)
第四节 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量的测定	(265)
一、适用范围	(265)
二、磁性法	(265)
三、金相法	(267)
第五节 喷焊合金粉末硬度、粒度的测定	(272)
一、喷焊合金粉末的硬度测定	(272)
二、喷焊合金粉末的粒度测定	(272)
第六节 溶敷金属中扩散氢测定	(273)
一、主题内容与适用范围	(273)
二、试样准备	(273)
三、氢含量测定方法	(276)
四、氢含量计算	(278)
五、使用分类及记录项目	(279)
第三章 焊接质量检验	(280)
第一节 焊接接头的非破坏性检验	(280)
一、外观检验	(280)
二、焊接容器的密封性检验	(284)
三、焊接容器的耐压实验	(285)
四、焊缝的无损探伤检验	(286)
五、堆焊层超声波探伤检验	(335)
六、钢制管道环向焊缝对接接头超声检测	(337)
七、常压钢质储罐焊缝超声检验	(345)
八、金属管道熔化焊环向对接接头射线照相检验	(351)
九、伽马射线全景曝光照相检验	(370)
十、石油天然气钢质管道无损检测	(373)
第二节 焊接接头的破坏性检验	(404)
一、焊接接头机械性能试验取样方法	(404)
二、焊接接头冲击试验	(409)
三、焊接接头拉伸试验	(412)
四、焊缝及熔敷金属拉伸试验	(416)
五、焊接接头弯曲试验	(419)
六、焊接接头四点弯曲疲劳试验	(432)
七、焊接接头硬度试验	(434)
八、焊接接头的金相检验	(442)
九、焊接接头的不锈钢晶间腐蚀试验	(445)
十、焊接接头 ECO 试验	(456)
十一、焊接接头的化学分析试验	(460)
十二、焊接接头疲劳裂纹扩展速率侧槽试验	(463)

十三、焊接接头的微型剪切试验	(470)
第三节 异种金属焊接质量检验	(471)
一、异种金属焊接接头力学性能检验	(471)
二、异种金属焊接接头耐腐蚀性能检验	(471)
三、异种金属焊接接头金相组织检验	(471)
第四节 焊接质量检验标准	(472)
一、钢结构焊缝外形尺寸	(472)
二、钢的弧焊接头缺陷质量分级指南	(474)
三、金属熔化焊焊接接头射线照相	(479)
四、金属管道熔化焊环向对接接头射线照相质量分级	(482)
五、钢制焊接压力容器技术条件	(488)
六、钢焊缝手工超声波探伤结果的质量分级	(489)
七、钢制管道环向焊缝对接接头超声检验结果的质量分级	(490)
八、石油天然气钢质管道射线检测质量分级	(491)
九、石油天然气钢质管道对接接头超声检测质量分级	(495)
十、二氧化碳气体保护焊质量评定标准	(495)
十一、铝制压力容器一般技术要求	(495)
十二、蒸汽锅炉的焊接质量评定标准	(499)
十三、磁粉检测缺欠磁痕的分级	(501)
十四、焊缝渗透检测缺欠迹痕的分级	(501)
十五、钎缝外观质量评定标准	(502)
参考文献	(503)

(337)	.....
(342)	.....
(351)	.....
(370)	.....
(373)	.....
(404)	.....
(404)	.....
(408)	.....
(414)	.....
(416)	.....
(419)	.....
(432)	.....
(434)	.....
(444)	.....
(447)	.....
(456)	.....
(460)	.....
(463)	.....

第一章 焊 接 试 验

第一节 焊接材料质量评定试验

焊接时所消耗材料(包括焊条、焊丝、焊剂、气体等)的通称叫做焊接材料。焊接材料不仅会影响焊接过程的稳定性,还会影响焊缝的外观质量和内在质量,因此,对焊接材料的质量进行评定试验,保证符合有关标准的焊接材料投入生产中使用,是保证焊缝质量的关键。

一、焊条质量评定试验

全宗(一) 碳钢焊条质量评定试验(GB/T 5117—1995)

1. 外观质量检验

1) 焊条几何尺寸检验

利用钢直尺、千分尺等测量工具检验焊条的尺寸、夹持端长度,目测药皮外观质量、引弧端露芯情况。

(1) 焊条尺寸 常用碳钢焊条的尺寸,应符合表 1-1 规定,表中的焊条直径是指焊条的焊芯直径。焊条长度取决于焊条直径、焊芯材质和焊条药皮的类型。

表 1-1 焊 条 尺 寸

mm

焊 条 直 径		焊 条 长 度	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
1.6	±0.50	200 ~ 250	±2.0
2.0			
2.5			
3.2			
4.0			
5.0			
5.6			
6.0			
6.4			
8.0		450 ~ 700	

(2) 焊条夹持长度 焊条夹持端长度应符合表 1-2 规定。

表 1-2 夹持端长度

mm

焊 条 直 径	夹持端长度
≤4.0	10 ~ 30
≥5.0	15 ~ 35

注:用于重力焊的焊条,夹持端长度不得小于 25mm。

(3) 药皮质量及引弧端露芯长度

① 焊芯和药皮不应有任何影响焊条质量的缺陷。

② 焊条引弧端药皮应倒角，焊芯端面应露出，以保证易于引弧。焊条露芯应符合如下规定：

a. 低氢型焊条，沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的 1/2 或 1.6mm 两者的较小值。

b. 其他型号焊条，沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的 2/3 或 2.4mm 两者的较小值。

c. 各种直径焊条沿圆周方向的露芯不应大于圆周的一半。

2) 焊条偏心度检验

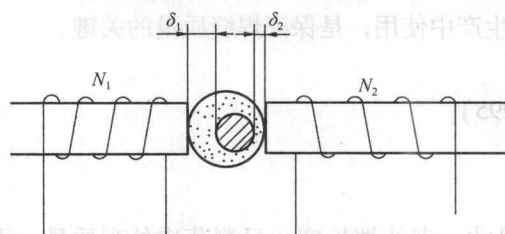


图 1-1 PX-1 型焊条偏心仪的工作原理

利用专门的 PX-1 型焊条偏心仪进行测量，其工作原理见图 1-1。在被测量焊条的间隙两侧有两个铁芯，上面分别绕上了匝数完全相同的线圈 N_1 和 N_2 。当焊条放进测量间隙时，如果焊条无偏心，不论焊条旋转到任何位置， δ_1 和 δ_2 始终相等， N_1 和 N_2 各自对焊芯的磁路对称，磁导率 μ_1 和 μ_2 相等。根据线圈电感的

计算公式：

$$L = \frac{N\mu A}{l} \quad (1-1)$$

式中 N ——线圈匝数；

l ——线圈长度；

μ ——磁导率；

A ——线圈截面积。

由式(1-1)可知，两线圈的电感 L 相等，两线圈的阻抗也相等，因此，外部环形电路中的检流计无电流通过，指针不动。

如果焊条存偏心，则 $\delta_1 \neq \delta_2$ 。如果 $\delta_1 > \delta_2$ ，则 $\mu_1 < \mu_2$ ，因而 $L_1 < L_2$ ，线圈 N_1 的阻抗小于 N_2 的阻抗，使外部环形电流中的检流计有电流通过，指针有指示。根据指示值通过计算，就可以测得焊条的偏心度。

具体测量方法：将焊条放进偏心仪的测量间隙，每根焊条测量两处。一处为引弧端，测量点大约与偏心仪支架外侧取平；另一处为夹持端，测量点大约在除掉药皮的磨削边缘处，也与偏心仪支架外侧取平。测量部位中若有影响焊条偏心测量的缺陷时，测量点可以向焊条中部移动。被测焊条在偏心仪支架上旋转一周，指针左右摆到最大位置时，两边格数之和即为偏心值的直接读数(每格读数为 0.01mm)。焊条外径按任选 5 根焊条的外径平均值计算。焊条偏心度的计算(见图 1-2)公式如下：

$$\text{焊条偏心度} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{2}(T_1 + T_2)} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 T_1 ——焊条断面药皮层最大厚度 + 焊芯直径，mm；

T_2 ——焊条断面药皮层最小厚度 + 焊芯直径，mm。

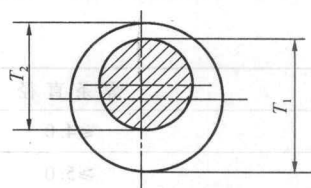


图 1-2 偏心度计算方法

计算出的两端偏心度取两者中大者为该焊条的偏心度。

合格标准：直径不大于 2.5mm 的焊条，偏心度不应大于 7%；直径为 3.2mm 和 4.0mm 的焊条，偏心度不应大于 5%；直径不小于 5.0mm 的焊条，偏心度不应大于 4%。

3) 药皮强度检验

将水平放置的焊条自由落到厚度不小于 14mm 水平放置的光滑平整的钢板上。当焊条直径小于 4mm 时，试验高度为 1m；当焊条直径大于或等于 4mm 时，试验高度为 0.5m。焊条落下后，观察受检焊条药皮的破裂情况。如果破裂只在两端，且破裂总长不大于 30mm，可判定为合格。每次测试 5 根。

4) 药皮耐潮性检验

将焊条静置于常温 (15 ~ 25℃) 水中，4h 后观察，药皮不应有胀开或脱落现象。每次测试 5 根。

2. 焊接工艺性能评定试验 (JB/T 8423—1996)

本试验方法适用于手工电弧焊用碳钢焊条，低合金钢焊条，不锈钢焊条，堆焊焊条、铸铁焊条、镍及镍合金焊条、铝及铝合金焊条、铜及铜合金焊条及其他焊条。

在评定试验中如无特殊要求，焊条烘干规范及焊接电流按现行的原机械工业部编《焊接材料产品样本》的规定，平焊时焊接电流比样本规定的最大电流低 15A，交直流两用焊条采用交流施焊。除镍、铜、铝焊条采用相应的试板外，其他焊条采用 Q235、16Mn 或与其相应的钢板，试板的焊接面要去除氧化皮、油污等。

1) 电弧稳定性试验

通过测定断弧长度和灭弧、喘息次数来评定焊条电弧稳定性。

(1) 断弧长度法 测定方法的原理见图 1-3。试板尺寸为 200mm × 200mm × (12 ~ 20)mm，将已烘干的焊条垂直夹在支架上，焊条引弧端距试板 (Q235A 钢) 2.5mm，焊接电源一极接焊条，另一极接试板。用石墨片引燃电弧，待焊条燃烧一定时间后，自行断弧。断弧后，轻轻将焊缝上的焊渣敲掉，并去掉焊条端头的焊渣和药皮，用内卡钳和游标卡尺垂直测量焊缝顶部与焊条端部的间距，该间距即为断弧长度。每种焊条测试 3 根，取其平均值。

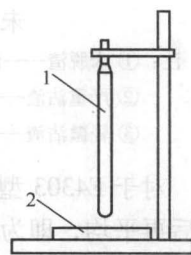


图 1-3 断弧长度测定装置

1—焊条；2—试板

(2) 灭弧、喘息次数法 用同一焊机，采用低的空载电压 (通常为 60V) 和相同的焊接电流。试板尺寸为 400mm × 100mm × (12 ~ 20)mm。由同一焊工用烘干好的焊条在钢板 (Q235A) 上施焊一条焊缝，焊至距焊条夹持端 50mm 处止。在施焊过程中，由 3 人观察并记录灭弧、喘息次数，以 2 人的观察结果为准，每种焊条测试 3 根，取其平均值。然后采用下述公式计算出折合灭弧次数：

$$\text{折合灭弧次数} = \text{灭弧次数} + 1/2 \text{ 喘息次数}$$

2) 再引弧性试验

试板尺寸为 400mm × 100mm × (12 ~ 20)mm (施焊板) 和 200mm × 100mm × (12 ~ 20)mm (再引弧板)，再引弧板必须无氧化皮且平整光洁，与导线接触良好。由 1 名焊工用待测焊条先在 Q235A 钢板上施焊。当焊条燃烧 15s 时强行停弧，停弧至规定的“间隔”时间，然后在再引弧板上 (温度为室温) 进行再引弧。再引弧时以焊条熔化端与钢板垂直接触，不做敲击动作，不得破坏焊条的套筒，看其是否能引燃。如果能引燃，用另一根焊条用同样焊接电流，延长间隔时间重复上述试验，直至不能再次引燃为止；如果不能引燃，则缩短间隔时间

重复试验,直至能够再次引燃时为止。对同一间隔时间,用同一根焊条重复3次,3次中有2次以上引燃者则判定通过。将能够再次引燃的最大间隔时间作为评定焊条再引弧性能的指标。酸性焊条“间隔”时间从5s起,碱性焊条从1s起。

3) 脱渣性试验

将两块400mm×100mm×(14~16)mm,一侧开有坡口的Q235A钢板对接进行定位焊,其坡口角度为 $70^{\circ}\pm 1^{\circ}$, $\phi 5.0$ mm的焊条坡口角度为 $90^{\circ}\pm 1^{\circ}$,钝边为1mm不留间隙,手工施焊。由同一焊工用同一焊机、相同的操作手法和尽量一致的焊接参数在试板的坡口内施焊,试板两侧空出不焊。焊接时采用单道焊,焊条不摆动,焊条熔化比(熔化比=焊道长度/熔化焊条长度)约为1:1.3。整个试验中,坡口内需焊接两层:第一层为250mm左右;第二层在第一层焊缝上焊200mm左右,分别计算脱渣率,每层施焊1根焊条,焊条头剩余50mm。焊完第一层以后,将焊缝朝下平置于锤击台座上,用压板螺栓将试板定位固定。把重2kg的铁球置于1.3m的架子上,当焊后时间达到1min时,让铁球以初速为零的自由落体运动锤击试板中心。各种焊条锤击次数不同,其中,E4313型焊条第一层连续锤击5次,第二层连续锤击3次;E4303型焊条第一层连续锤击5次,缓冷至室温后再锤击5次,第二层连续锤击5次;E4315、E5016、E5015型焊条第一层连续锤击10次,第二层连续锤击5次。

脱渣率计算公式为:

$$\text{脱渣率} = \frac{\text{焊道总长}(\text{mm}) - \text{未脱渣率}^{\text{①}} \text{总长}(\text{mm})}{\text{焊道总长}(\text{mm})}$$

$$\text{未脱渣总长} = \text{未脱渣长} + \text{严重沾渣}^{\text{②}} \text{长} + 0.2(\text{轻微沾渣}^{\text{③}} \text{长})$$

注:① 未脱渣——渣完全未脱,呈焊后原始状态。

② 严重沾渣——渣表面脱落,仍有薄渣层,不露焊道金属表面。

③ 轻微沾渣——焊道侧面有沾渣,焊道部分露出焊道金属或渣表面脱落,断续地露出焊道金属。

对于E4303型焊条,由于其第一层锤击试板焊缝两回,因而需计算出每一回的脱渣率,然后再平均,即为其第一层脱渣率。

4) 熔渣的流动性和焊缝成形试验

(1) 上坡焊和下坡焊 将两块400mm×200mm×(12~20mm)的Q235A钢试板放置成与水平面倾斜 10° ,然后,由同一焊工用同一台焊机和尽量一致的焊接参数分别对两块试板进行上坡焊和下坡焊。上坡焊时,焊条由下向上作直线运动;下坡焊时,焊条由上向下作直线运动。焊条与试板的倾斜角均为 80° 左右。施焊过程中,观察熔渣的流动性。焊完清渣以后,用肉眼或放大镜观察焊缝的表面成形。

(2) 宽波焊 将400mm×200mm×(12~20mm)的Q235A钢试板置于水平位置,使焊条与试板的夹角为 70° ,在试板上堆焊两层焊缝金属,第一层宽度为20~25mm,待试板冷却至室温后堆焊第二层,第二层宽度与第一层接近,施焊过程中观察溶渣的流动性。焊完清渣以后,用肉眼或放大镜观察焊缝的成形情况。

5) 飞溅性试验

(1) 试板尺寸为280mm×50mm×20mm。

(2) 试板竖放在约3mm厚的紫铜板上。

(3) 在紫铜板上放置一个用约1mm厚的紫铜薄板围成的高400mm的椭圆筒,其周长为1500~2000mm,以防止飞溅物散失。

(4) 试验在椭圆筒内进行,焊条熔化至距夹持端约50mm处灭弧。

(5) 每组试验取三根焊条, 分别在三块试板上焊接。

(6) 焊前称量焊条质量, 焊后称量焊条头和飞溅物(渣和铁珠)的质量, 称量精度为 0.01g。试板表面上的飞溅物不计。

(7) 计算公式:

$$\text{飞溅率} = \frac{\text{飞溅物重(g)}}{\text{焊条重(g)} - \text{焊条头重(g)}} \times 100\% \quad (1-3)$$

6) 熔化系数试验

(1) 试板尺寸为 280mm × 50mm × 20mm。

(2) 每组试验取三根焊条, 分别在三块试板上施焊, 焊条剩余长度约 50mm。

(3) 焊前测量焊条长度。

(4) 焊接时要准确记录焊接电流和焊接时间。

(5) 焊后将剩余焊条去掉药皮, 用细砂纸擦光, 测量焊后焊芯长度和称量质量, 称量精度为 0.1g。

(6) 计算公式:

$$\text{熔化系数} [g/(A \cdot h)] = \frac{\text{焊前焊芯重(g)} - \text{焊后焊芯重(g)}}{\text{焊接电流(A)} \times \text{焊接时间(h)}} \times 100\% \quad (1-4)$$

$$\text{焊前焊芯重(g)} = \frac{\text{焊条长度(mm)} \times \text{焊后焊芯质量(g)}}{\text{焊后焊芯长度(mm)}} \quad (1-5)$$

7) 焊条发尘量试验

(1) 焊条焊接发尘量的测定采用抽气捕集法。试验装置为半密封容器, 体积约 0.12m³ (直径 500mm, 高 60mm), 测尘装置见图 1-4。

(2) 试板尺寸为 300mm × 200mm × (12 ~ 20)mm。

(3) 每组试验用三根焊条, 编号并分别称重, 称量精度为 0.1g。

(4) 将三张编号的慢速定量滤纸及装有约 5g 脱脂棉的纸袋同时放入干燥皿中干燥 2h 以上, 然后分别迅速用 1/10000 分析天平称重。

(5) 试验前擦净测尘装置的筒体和大小锥体的内壁, 然后用吹风机吹干。

(6) 将试板及焊条放在筒体内, 然后将一张称过质量的滤纸放在小锥体开口处的铜网下面并紧固大小锥体。接通冷却水, 开动机械泵, 打开三通活塞, 抽气量调节到 5m³/h, 观察 U 形水压计的水压差是否正常, 筒体内应为负压, 然后进行施焊。

(7) 焊接时, 焊条应尽量垂直不摆动, 焊道间距约 10mm, 焊条剩余长度约 50mm。

(8) 停焊后继续抽气 5min, 关闭三通活塞, 打开小锥体取下集尘滤纸折叠后单独放在小纸袋中保存。用称过重的少量脱脂棉擦净小锥体内壁的尘, 将带尘的棉花放回原处。

(9) 重复上述操作, 焊完三根后打开大小锥体帽, 用剩余的脱脂棉擦净大筒体和大小锥

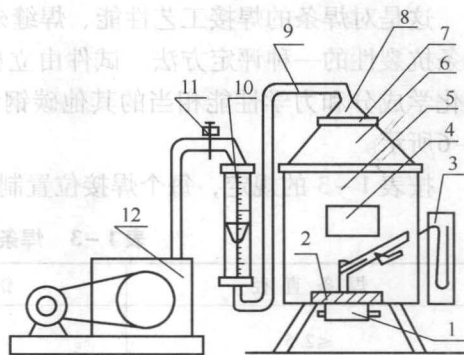


图 1-4 测尘装置的构成

1—冷却水; 2—试板; 3—U 形水压计; 4—观察孔; 5—筒体; 6—大锥体; 7—滤纸和铜网; 8—小锥体; 9—胶管; 10—LZB-25 转子流量计; 11—三通活塞; 12—真空泵

体内壁上的尘，将带尘的棉花放回原处。为了避免混入飞溅颗粒，大筒体下部 180mm 处以下不擦。

(10) 将带尘脱脂棉及滤纸一同放入干燥皿中，干燥时间与称量原始质量前的干燥时间相同，然后进行第二次称重，并分别称量每根焊条头的质量。

(11) 计算公式：

$$\text{发尘量(g/kg)} = \frac{(\Delta g_1 + \Delta g_2)/3}{\Delta g_3} \times 1000 \quad (1-6)$$

式中 Δg_1 = 滤纸集尘后重(g) - 滤纸重(g)

Δg_2 = 棉花集尘后重(g) - 棉花重(g)

Δg_3 = 焊条重(g) - 焊条头重(g)

上述计算公式为每根焊条每千克(kg)的发尘量，焊条发尘量为三根焊条的算术平均值。

8) 焊条耗电量

(1) 试板尺寸为 280mm × 50mm × 20mm。

(2) 每组试验取三根焊条，分别在三块试板上施焊，焊条剩余长度约 50mm。

(3) 焊接前后分别称量试板质量，称量精度为 ±1g，增质量为熔敷金属质量。

(4) 焊接时准确记录焊接电流(A)、焊接电压(V)及焊接时间(h)。

(5) 计算公式：

$$\text{耗电量(kW} \cdot \text{h/kg)} = \frac{\text{三根焊条耗电量} \left(\frac{AV_h}{1000} \right)}{\text{三根焊条熔敷金属重量(g)}} \times 1000 \quad (1-7)$$

9) T 形接头角焊缝试验

这是对焊条的焊接工艺性能、焊缝外观质量和内在质量具有综合意义的试验，也是评定焊条抗裂性的一种评定方法。试件由立板和底板组成，材质为 Q235A 钢板或与焊条熔敷金属化学成分和力学性能相当的其他碳钢。T 形接头角焊缝的试样及焊接位置如图 1-5 和图 1-6 所示。

按表 1-3 的规定，每个焊接位置制备一套试板。

表 1-3 焊条直径适应的钢板厚度和板长 mm

焊 条 直 径	钢 板 厚 度 T	钢 板 板 长 L
≤ 2.5	4 ~ 6	150 ~ 300
> 2.5 及 ≤ 8	5 ~ 16	250 ~ 400

试板的最低温度为 20℃，在接头的一侧焊一道单道焊缝，第一根焊条应连续焊完，焊条残头不大于 50mm，然后焊第二根焊条，完成整个接头焊接。第一根焊条末端距试板末端小于 100mm 时，可采用引弧板或较长的试板，引出电弧后熄灭电弧。立焊时，E5048 型碳素钢焊条应进行立向下焊；E5010 型、E5510 型、E5016 型及 E7010 型焊条，可进行立向上焊或立向下焊，其他型号焊条均应立向上焊接。

焊后的焊焊缝应首先做肉眼检查，观察焊缝断面的质量，查看有无裂纹、气孔、夹渣、咬边、未熔合等缺陷。焊缝金属不允许有裂纹，也不允许有密集或连续的气孔或夹渣，在断口中每 100mm 范围内出现的气孔或夹渣不应超过两个，气孔或夹渣的大小，对直径大于 3.2mm 的焊条不应超过 1.5mm，对直径等于或小于 3.2mm 的焊条不应超过 1mm。允许有个

别短而深度小于1mm的咬边。然后按图1-5所示截取一个宏观试样，截得两断面中的任意一面均可用于检验。断面经抛光腐蚀后，按图1-7所示划线，测量焊脚尺寸、焊脚及凸形角焊缝的凸度，测量误差精确到0.1mm。剩余的两块接头按图1-8所示的折断方向沿整个角焊缝纵向折断，检查断裂表面。如果断在母材上则不能认为焊缝金属不合格，应重新试验。

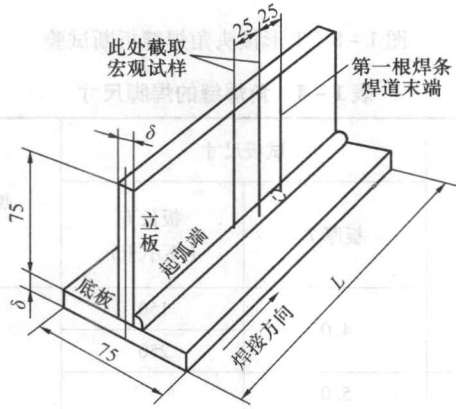


图 1-5 T形接头角焊缝试样

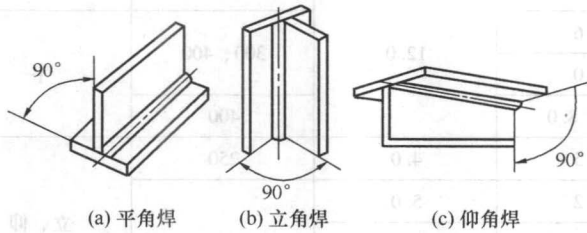


图 1-6 T形接头角焊位置

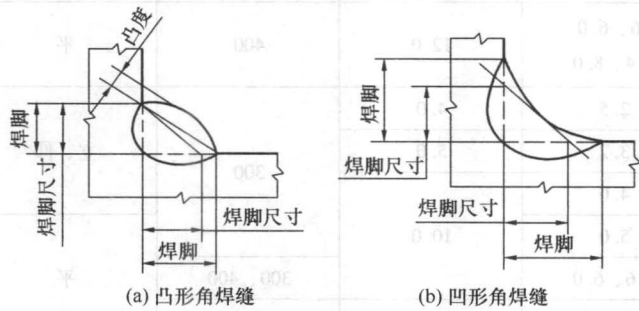


图 1-7 T形接头角焊缝断面

为了保证断于焊缝，可采用下述的一种或几种方法：

- (1) 焊缝的每个焊趾处焊一条加强焊缝，如图1-8(a)；
- (2) 改变立板在底板上的位置，如图1-8(b)；
- (3) 焊缝表面开一缺口，如图1-8(c)。

常用低碳钢 T 形接头角焊缝的焊角尺寸应符合表 1-4 规定。凸形角焊缝的凸度及角焊缝的两焊角长度之差应符合表 1-5 规定。

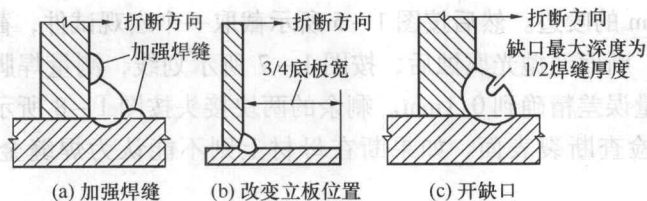


图 1-8 T 形接头角焊缝折断试验

表 1-4 角焊缝的焊脚尺寸

mm

焊条型号	焊条直径	试板尺寸		焊接位置	焊脚尺寸
		板厚 T	板长 L (不小于)		
E4300 EXX01 EXX03 E4312 E4313	1.6、2.0	4.0	150	立、仰	≤ 3.2
	2.5		250		
	3.2	5.0	300		≤ 4.8
	4.0	10.0			≤ 6.4
	5.0				≤ 9.5
	5.6	12.0	300、400	平	≥ 6.4
	6.0				
	6.4、8.0				400	$\geq 8.0$
EXX10 EXX11	2.5	4.0	250	立、仰	≤ 4.0
	3.2	5.0			≤ 4.8
	4.0	10.0	300		≤ 6.4
	5.0				≤ 8.0
	5.6、6.0、 6.4、8.0	12.0	400	平	≥ 6.4
	E5014	2.5	4.0	300	立、仰	$\leq 4.0$
3.2		5.0	≤ 4.8		
4.0			≤ 8.0		
5.0		10.0	≥ 6.4		
5.6、6.0			300、400	平	≥ 6.4
6.4、8.0		16.0	400		≥ 8.0
EXX15 EXX16	2.5	4.0	250	立、仰	≤ 4.0
	3.2	6.0			≤ 4.8
	4.0	10.0	300		≤ 8.0
	5.0				≥ 4.8
	5.6、6.0	12.0	300、400	平	≥ 6.4
	6.4、8.0		400		≥ 8.0

焊条型号	焊条直径	试板尺寸		焊接位置	焊脚尺寸
		板厚 T	板长 L (不小于)		
E5018	2.5	4.0	250、300	立、仰	≤ 4.8
	3.2	6.0	300		≤ 6.4
	4.0	10.0			≤ 8.0
	5.0	12.0	300、400	≥ 6.4	
	5.6、6.0			400	≥ 8.0
	6.4、8.0				
E4320	3.2	6.0	300	平	≥ 3.2
	4.0	10.0			≥ 4.0
	5.0	300、400	≥ 4.8		
	5.6、6.0	12.0	400		≥ 6.4
	6.4、8.0				≥ 8.0
EXX23 EXX24 EXX27 EXX28	2.5	6.0	250	立向下、仰	≥ 4.0
	3.2		300		≥ 4.8
	4.0	10.0	300、400		≥ 6.4
	5.0	12.0			400、650
	5.6、6.0	12.0	400、650		≥ 8.0
	6.4、8.0				
E5048	3.2	6.0	300	立向下、仰	≤ 6.4
	4.0	10.0			≤ 8.0
	5.0		300、400	平、立向下	≥ 6.4

注：焊条型号中的“XX”代表“43 或 50”。

1-5 凸形角焊缝的凸度及角焊缝的两焊脚长度之差 mm

焊 脚 尺 寸	凸度(不大于)	两焊脚之差(不大于)
≤ 3.2	1.2	0.8
≤ 4.0		1.2
≤ 4.8		1.6
≤ 5.6	1.6	2.0
≤ 6.4		2.4
≤ 7.1		2.8
≤ 8.0	2.0	3.2
≤ 8.7		3.6
≤ 9.5		4.0