

锅炉安全监察基础

(中 册)



水利电力部电力生产司
西北电业管理局

前 言

锅炉压力容器是生产、生活中广泛使用的具有爆炸危险的，设备这些设备或其某一部件的损坏都可能导致灾难性的后果，因此世界各国都十分重视它们的安全问题。实施设计、制造、安装、检修、使用等阶段的全过程安全监察是世界各国普遍实行的制度。

电站锅炉与热力系统压力容器是火力发电厂生产过程中不可缺少的设备，其安全运行是发电厂安全生产的重要决定因素。我国电力工业锅炉监察体系始于五十年代，在当时的历史条件下，主要以苏联经验为蓝本，制定了《电力工业锅炉监察规程》，培训了一批锅炉监察工程师，建立健全了发电厂锅炉防爆制度，而后又相继组建了化学监督、金属监督、热工仪表监督专业，加强了焊接工作的管理，包括焊工与无损检验人员的考核培训等工作。在发电设备向高参数、大容量发展进程中，在确保发电设备的安全可靠运行，起了很大的作用。在文革期间，发电厂锅炉监察工作受到冲击被削弱、设备制造质量下降，运行管理水平下降，事故以致恶性事故不断。针对上述情况，根据国务院1982年颁发的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》，水利电力部于1983年决定恢复锅炉监察工程师建制，逐步实现由锅炉监察归口管理、化学、金属、焊接、热工各方面配合协作的发电厂锅炉压力容器安全监察体系，并逐步扩大为包括设计、制造、安装在内的全过程安全监察，以求大幅度、稳定地改变发电厂锅炉压力容器的不安全状况。

锅炉压力容器安全监察是一种技术性很强的管理工作，它以事故预防为主要目的。作为锅炉监察工作者，必须十分熟悉国内外有关规程，掌握国内外发生的锅炉压力容器事故的信息。随着发电设备的技术进步与诊断技术的不断发展，又需要不断实现自身的技术进步。

锅炉监察工作的技术领域包括力学、冶金、冷热加工、焊接、传热、水动力、失效分析及安全系统工作等诸方面，要从事事故分析、规程制度、反事故措施的制订审查工作，以科学态度实行安全监察在知识的广度与深度方面无疑有一定的要求。

在此恢复锅炉监察工程师建制，实行干部新老交替的情况下，部锅炉压力容器监察委员会认为有必要组织出版一些规程汇编、事故汇编、手册和学习参考材料。供从事电力系统锅炉压力容器安全监察工作的同志全面提高业务能力之用，并认为这些资料的出版发行将有利于各项规程制度的贯彻。

这本锅炉压力容器安全监察基础知识是上述资料的重要组成部分，是由西北电管局安监处负责组织撰稿，由国内许多有实践经验的同志编写而成的，希望它能对各级锅炉监察工程师广泛地掌握有关锅炉压力容器安全监察业务知识有所帮助。

本书内容以大、中型火力发电厂燃煤电站锅炉为主，对从事其他锅炉、压力容器制造、安装、使用修理、改造工作的工程技术人员也有参考价值。

能源部锅炉压力容器安全监察委员会办公室主任

钱祥鹏

88.10.28

第四篇 锅 炉 焊 接

西安电力机械厂

陈桂俭 工程师

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

第一章 锅炉应用的焊接方法

第一节 埋弧自动焊.....	(3)
第二节 氩弧焊.....	(10)
第三节 管道焊口手工钨极氩弧焊打底操作技术.....	(15)
第四节 管道氩弧焊打底工艺.....	(21)
第五节 电渣焊.....	(25)
第六节 气焊与气割.....	(29)
第七节 等离子弧焊接与切割.....	(33)
第八节 接触焊对焊.....	(36)
第九节 摩擦焊.....	(39)

第二章 手工电弧焊工艺

第一节 手工电弧焊特点.....	(42)
第二节 手工电弧焊的基本要求.....	(42)
第三节 基本操作技术.....	(44)
第四节 管子焊接工艺.....	(47)
第六节	

第三章 焊接材料

第一节 手工电弧焊用焊接材料.....	(54)
第二节 埋弧焊用焊接材料.....	(71)
第三节 手工钨极氩弧焊用焊接材料.....	(72)
第四节 气焊用焊接材料.....	(76)

第四章 焊接接头的焊后热处理

第一节 焊后热处理的作用.....	(77)
第二节 焊后热处理规范的选择.....	(78)
第三节 焊后热处理的加热方法.....	(81)
第四节 焊后热处理的管理、质量检验和其他.....	(84)

第五章 焊接缺陷

第一节 焊接缺陷的种类、产生原因和预防措施.....	(86)
第二节 焊接缺陷的危害.....	(95)
第三节 焊接缺陷的返修.....	(95)

第六章 焊接质量检验

第一节 焊接质量检验的要求和分类.....	(97)
第二节 非破坏性试验方法.....	(98)
第三节 破坏性检验方法.....	(104)

第五篇 锅炉化学监督

西安热工所高级工程师 何辉纯

西安热工所
高级工程师 何辉纯

目 录

第一章 目的和任务	(107)
第二章 建设和试运阶段的化学监督	(108)
一、机组和热力设备的出厂监督和现场保管	(108)
二、安装时的清扫和预冲洗	(109)
三、水压用水及机组的防蚀保养	(110)
四、锅炉和热力系统投产前的化学清洗	(111)
五、机组起动前的冷态冲洗	(114)
六、热态冲洗及锅炉热态造膜	(115)
七、蒸汽吹洗	(117)
八、整机起动时的水工洗及洗硅运行	(117)
第三章 运行期间的化学监督	(121)
一、运行期间水汽质质的监督	(121)
二、炉水处理	(132)
三、锅炉的汽水品质试验	(136)
第四章 大修期间的化学监督	(138)
第五章 停用期间的化学监督	(141)
第六章 电厂水化学基础知识	(147)
一、天然水中的杂质	(147)
二、炉外水处理系统	(151)
三、水垢和沉积物的形成及其防止	(172)
四、热力设备的腐蚀及其防止	(176)
五、蒸汽的污染及其防止	(185)
六、锅炉的化学清洗	(189)
第七章 典型锅炉事故实例	(194)

第六篇 锅炉安全附件与保护装置

浙江省电力工业局 林崇渭 高级工程师

目 录

第一章 水位计

第一节 概述	(198)
第二节 就地水位计	(199)
一、玻璃板水位计	(199)
二、云母片水位计	(200)
三、双色水位计	(201)
第三节 差压型低置水位计	(202)
一、差压型低置水位计的基本原理	(202)
二、轻液水位计	(204)
三、QXZ型气动色带水位计	(205)
四、差压型水位计汽包压力自动校正	(206)
第四节 电极式水位计	(207)
一、基本工作原理	(207)
二、电极和水位容器	(208)

第二章 安全阀

第一节 概述	(209)
第二节 几种安全阀简介	(209)
一、杠杆式安全阀	(209)
二、弹簧式安全阀	(210)
三、带辅助载荷装置的安全阀	(211)
四、高压高温弹簧式安全阀	(214)
五、脉冲式安全阀	(215)
第三节 安全阀的选择	(219)
一、阀型的选择	(219)
二、确定压力	(219)
三、确定直径	(220)
四、安全阀的选择	(220)
第四节 安全阀的排放	(221)

第五节 安全阀的设计、安装、试验和调整	(224)
一、安全阀系统的设计	(224)
二、安全阀的安装	(224)
三、安全阀的试验和调整	(225)

第三章 温度计和压力表

第一节 膨胀式温度计	(228)
第二节 热电偶温度计	(229)
一、热电偶	(229)
二、辅助设备及补偿导线	(232)
三、显示表计	(232)
第三节 热电阻温度计	(232)
一、热电阻	(232)
二、显示表计	(233)
第四节 非接触式温度计	(234)
第五节 液柱式压力计	(236)
第六节 弹性元件压力计	(236)
一、弹性元件测量压力的原理	(237)
二、弹簧管压力表	(241)
三、膜盒式风压表(微压表)	(241)
第七节 远传压力表	(241)
第八节 显示表计	(242)
一、指示表计	(243)
二、记录仪表	(245)
三、数字显示式仪表	(247)

第四章 锅炉保护装置

第一节 锅炉汽压保护	(251)
第二节 锅炉水位保护	(252)
第三节 直流锅炉断水保护	(255)
第四节 再热机组的旁路保护	(255)
第五节 锅炉灭火保护	(256)
一、概述	(256)
二、简易灭火保护装置	(257)
三、MHB—1型炉膛灭火保护装置	(258)
四、其他灭火保护装置简介	(261)
第六节 锅炉辅机联锁	(262)

第七篇 电站锅炉检验

苏州热工研究所

张丽娟 工程师

目 录

第一章 概述

第一节 电站锅炉监督检验的重要性	(264)
第二节 电站锅炉监督检验的目的	(265)
第三节 电站锅炉监督检验的分类	(266)
第四节 电站锅炉监督检验的机构	(268)

第二章 设计阶段的监督检验—设计审查

第一节 锅炉受压元件的材料选用	(269)
第二节 锅炉受压元件结构的基本要求	(171)
第三节 电站锅炉结构的安全要求	(272)
第四节 锅炉房的设计审查	(278)
第五节 安全附件、热工仪表及保护装置的设计要求	(281)

第三章 锅炉安装的监督检验

第一节 锅炉安装单位资格的审核	(284)
第二节 安装中锅炉受压元件材料的管理	(284)
第三节 安装中锅炉受压元件焊接的管理	(285)
第四节 电站锅炉的安装检验	(287)
第五节 热工仪表、控制装置的安装施工监督检验要点	(300)
第六节 锅炉机组的启动、试验及验收	(301)

第四章 进口锅炉的检验

能源部关系近期进口的电站锅炉压力容器安全性能检验工作的通知(摘要)	(308)
-----------------------------------	-------

第五章 在用电站锅炉的检验

第一节 概述	(312)
第二节 锅炉外部检验内容	(312)
第三节 锅炉内部检验内容	(315)
第四节 超压水压试验(全面检验)	(321)
第五节 其他检验方法	(325)
第六节 锅炉检验中的安全注意事项	(327)

绪 论

两种或两种以上的材料（同种或异种）通过原子之间或分子之间的结合和扩散而造成永久性联接的工艺过程叫焊接。

焊接技术是十九世纪末叶、二十世纪初发展起来的一种重要的金属加工工艺。由于它具有一系列技术上和经济上的优越性、目前已发展成为一门独立的科学，广泛应用于航空、航天、原子能、化工、造船、电子技术、建筑、交通运输、电力、机械制造等工业部门。自六十年代以来，随着工业的发展焊接新能源的开发和焊接新工艺的应用达到了一个新水平。目前，除生产率较高的埋弧自动焊已大量使用以外，厚板结构的电渣焊、高效率的气电焊、真空电子束焊、激光焊以及等离子切割和焊接等工艺，也日益得到推广应用。

由于许多设备日益向着高参数（如高温、高压、高容量、高寿命）、大型化的方向发展，因而不不断提出具有特殊性能的材料焊接的新问题，如高强度钢、超高强度钢、不锈钢、耐热钢、耐蚀钢、铝合金、钛合金、高温合金、各种活性金属、难熔金属、异种金属及金属与非金属的焊接。这对焊接技术提出了更高的要求，促使焊接工艺方法、焊接材料、焊接设备、焊接基础理论和研究方法以及焊工的培训等都有了很大的发展。

按照焊接过程中金属所处的状态不同，可以把焊接方法分为三大类。

熔焊是把要联接的金属加热至熔化状态，再加入（或不加入）填充金属而结合的方法。它是最有利于金属原子间结合的方法。如气焊、电弧焊，气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

压焊是利用焊接时所施加的压力使接触处的金属相结合的方法。这类焊接有两种形式一是将被焊金属局部加热至塑性状态或半熔化状态，再施加一定的压力，以使金属原子间相互结合形成牢固的接头。如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是属于这种类型的压焊方法。二是不进行加热，仅在被焊金属的接触面施加足够大的压力，借助于压力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头，这种压焊的方法有冷压焊，爆炸焊等，这种方法只适用于塑性变形相当好的金属材料。

铅焊是把比被焊金属熔点低的铅料金属熔化至液态，然后使其渗透到被焊金属间隙间中而达到结合的方法。焊接时，被焊金属处于固体状态，只适当的加热（有的不加热），依靠液体金属与固体金属间原子扩散作用形成牢固的焊接接头。铅焊是一种古老的焊接方法，但由于它在焊接时被焊金属不变形和一些特殊的性能，所以在现代焊接技术中仍占有很重要的地位，目前已独立的形成了一个系统。常见的有烙铁铅焊，火焰铅焊等。

焊接方法的优点：

1. 节省金属，
2. 质量好，
3. 焊接工序简单，劳动生产率高。
4. 工人的劳动强度减轻，劳动条件较好，
5. 成本低。

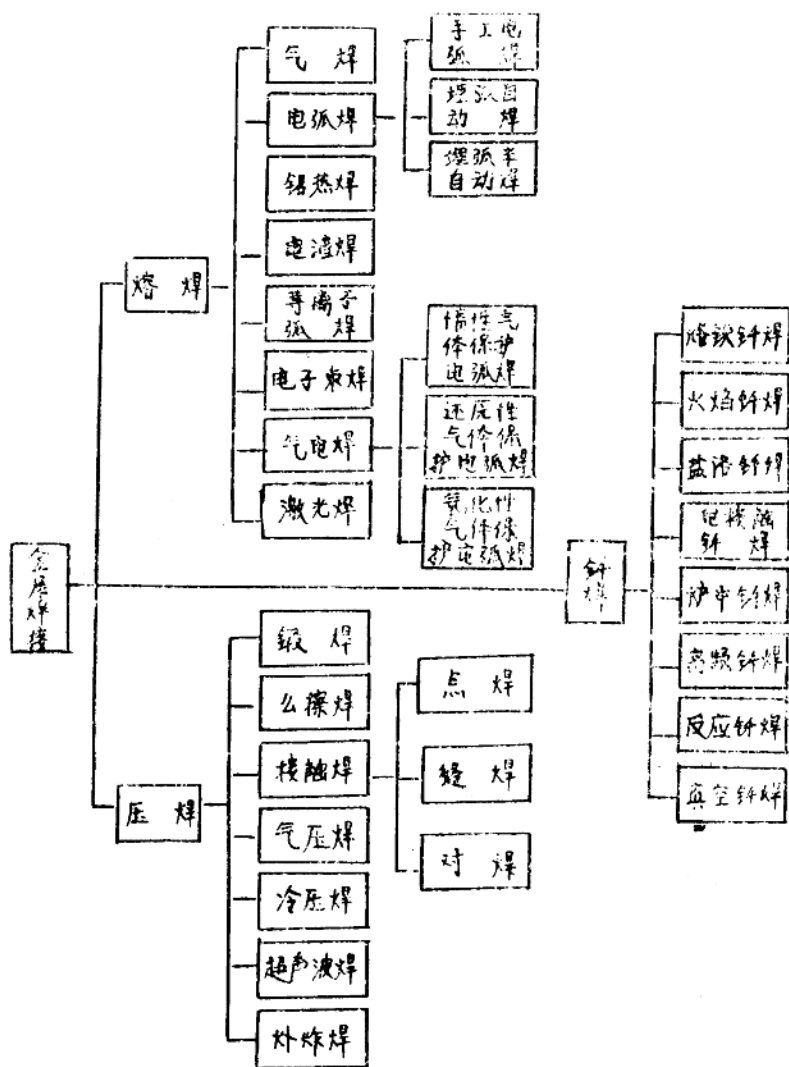


图40-1 金属焊接的分类

第四篇 锅炉焊接

第一章 锅炉应用的焊接方法

第一节 埋弧自动焊

电弧焊过程的机械化与自动化是近代焊接技术中的一项重要发展。它不仅标志着更高的焊接生产率和更好的焊接质量，而且还大大改善了工人的劳动条件。

在手工电弧焊过程中，主要的焊接动作是引燃电弧、送进焊条以维持一定弧长、向前移动电弧和熄弧，如果这几个动作都由机械自动来完成，则称为自动焊。

自动焊分为明弧与埋弧两种，各种明弧自动焊约能提高生产率两倍左右，而埋弧自动焊、可提高生产率5~10倍，因此锅炉制造业普遍应用的是埋弧自动焊。

一、埋弧自动焊的焊接过程

埋弧自动焊也称“熔剂层下自动焊”，电弧是在焊剂（熔剂）层下面燃烧的，如图4—1—1所示。自动焊机头将焊丝自动送入电弧区保证选定的弧长，电弧靠焊机控制均匀地向前移动。在焊丝前面，焊剂从漏斗中不断流出撒在工作表面上。焊后，部分焊剂成为渣壳覆盖于焊缝表面，大部分未熔化的焊剂可收回重新使用。

图4—1—2是焊接进行时的纵截面图。电弧燃烧后，工件金属被熔化成较大体积（可达20

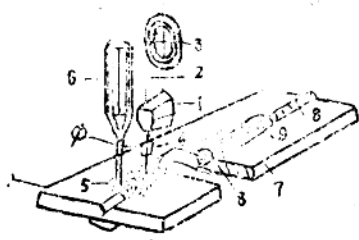


图4—1—1 埋弧自动焊示意图

1—自动焊机头 2—焊丝 3—焊丝盘 4—导电嘴
5—焊剂 6—焊剂漏斗 7—工件 8—焊缝 9—渣壳

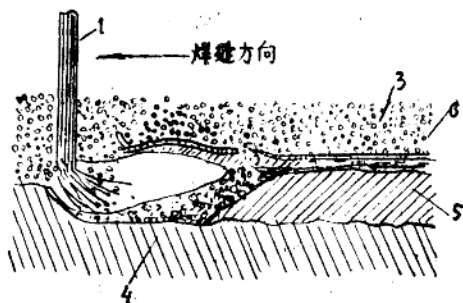


图4—1—2 埋弧自动焊的纵截面图

1—焊丝 2—熔渣泡 3—焊剂 4—金属熔池
5—焊缝 6—渣壳

厘米³）的熔池。由于电弧向前移动，熔池金属被电弧气体排挤向后堆积。焊剂层厚度约40~60毫米，焊剂熔化后形成熔渣，能和液体金属起有利的物理化学作用。电弧则被熔渣泡和由电弧所造成的蒸汽和气体所包围，因此电弧区保护得很好。熔渣泡呈封闭形状，有一定粘度，能承受一定压力，因此使用大电流（超过1000安培）也不致引起金属滴向熔渣泡外面飞溅。熔渣泡还能减少电弧热能的损失，使电弧热量比较充分地利用。焊接电流增大后，焊丝电流密度增大，所以埋弧自动焊的熔深比手工电弧焊大得多。

埋弧自动焊（以下简称自动焊）和手工电弧焊比较有以下优点：

1. 生产率高。自动焊的电流常大到1000安培以上，即比手工电弧焊高5~7倍，又因焊接过程中节省了更换焊条的辅助时间，所以自动焊比手工焊能提高生产率5~10倍。

2. 焊接质量高而且稳定。自动焊焊剂供给充足，电弧区保护严密，而且焊接规范可自动控制调节，所以焊接质量高而且稳定，焊缝表面美观平整。

3. 节省金属及电能。采用自动焊焊接时，焊丝金属没有飞溅损失，没有焊条头。20~25毫米以下的工作用自动焊时，也可以不开坡口，所以能节省大量焊接金属材料 and 熔化金属的电能。

4. 改善劳动条件。自动焊看不到弧光，焊接烟雾也很小，焊接时不需要焊工用手操作，所以劳动条件得到很大改善。

因此，埋弧自动焊在锅炉制造业得到普遍的应用。常用来焊接长的直线焊缝和钢管等较大直径筒体的环焊缝。当板厚增加和批量生产时，其优点尤为显著。

但自动焊焊接时，电弧区不可见，因此对接头加工与工件装配要求严格。自动焊一般要求在不平位置进行焊接，对狭窄位置的焊缝以及薄板焊接，采用自动焊也有一定困难。

（一）焊接接头型式及坡口

埋弧自动焊一般是在平焊位置进行焊接，主要是焊接对接接头和丁字接头。

由于自动焊电流大，熔深大，所以在焊接14毫米以下对接焊缝时，可不开坡口，实现单面焊双面成形。

当工件厚度在10~30毫米时，可不开坡口，留一定间隙，进行双面焊接。焊接规范参数应选择合适的，使两面焊成的焊缝有2~3毫米重叠，以保证焊透。

为减少焊缝加强高，在焊接厚度较大的工件时，常采用开坡口的焊接方法。

（二）埋弧自动焊焊接工艺

埋弧自动焊焊接规范的选择比较复杂，为了解规范参数对焊接质量的影响，现将焊缝形状系数、焊缝的熔合比和焊接线能量作一简单的叙述。

1. 焊缝形状系数与焊缝的熔合比

所谓焊缝形状，一般是指焊接熔池的横截面而言。如图4-1-3所示，图中 b 称为焊缝熔化宽度， t 称为焊缝熔化深度， h 称为焊缝加强高。焊缝熔化宽度 b 与焊缝熔化深度 t 的比值，称为“焊缝形状系数”，即

$$\psi = \frac{b}{t}$$

式中： ψ ——焊缝形状系数；
 b ——焊缝熔化宽度，毫米；
 t ——焊缝熔化深度，毫米。
 焊缝形状系数 ψ 大，表示

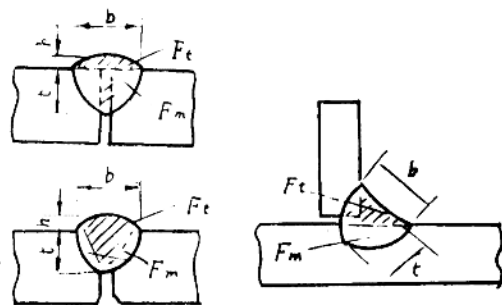


图4-1-3 焊缝形状图

b —焊缝熔化宽度 t —焊缝熔化深度 h —焊缝加强高
 F_m —焊缝中基本金属熔化的横截面积
 F_t —焊缝中填充金属的横截面积

焊缝宽而浅， ψ 小则表示焊缝窄而深。一般情况下，应将 ψ 控制在1.3~2中间，这时，焊缝比较宽且浅，有利于熔池中的气体和杂质浮出，对防止气孔、夹渣与热裂纹都比较有利。如果 ψ 选得过小，则容易产生气孔、夹渣与热裂纹等缺陷。

焊缝中基本金属熔化的横截面积 F_m 与焊缝横截面积 (F_m+F_f) 的比值(见图41—3)，称为焊缝的熔合比，即

$$\gamma = \frac{F_m}{F_m + F_f}$$

式中： γ ——焊缝的熔合比；

F_m ——焊缝中基本金属熔化的横截面积，毫米²；

F_f ——焊缝中填充金属的横截面积，毫米²。

熔合比 γ 主要影响焊缝的化学成分、金相组织和机械性能。因为熔合比的大小，表示在整个焊缝中基本金属所占的比例，当填充金属与基本金属的化学成分基本相近且熔池保护良好时，熔合比对焊缝和熔合区的性能影响不大。当填充金属与基本金属的化学成分不同时(如碳、合金元素或硫、磷等差别较大)，在焊缝中紧邻熔合区的部位，化学成分的变化则比较大。变化的幅度与两种金属化学成分之差及熔合比的大小有关。

例如，用自动焊焊接43钢材时，基本金属就比焊接材料含有较多的杂质(如硫、磷等)。熔合比越大，基本金属中杂质元素混入到焊缝中的量也就愈多，结果使焊缝金属的塑性和韧性下降，增大裂纹的倾向性。

当基本金属含合金元素较多，而焊接材料含合金元素较少时，例如用H08A焊丝、431焊剂焊接16Mn钢时，由于母材比焊接材料中的含锰量高，故增加熔合比可使焊缝中含锰量有所增加，从而可提高焊缝的强度与韧性。

因此，熔合比 γ 的数值变化范围比较大，可在10~85%内变化。应根据具体情况与要求，对熔合比进行适当选择控制。对一般的自动焊来说，熔合比 γ 在60~70%之间。

2. 焊接规范与焊接线能量

焊缝形状系数 ψ 和熔合比 γ 数值的大小，主要取决于焊接规范。埋弧自动焊焊接规范的主要参数有焊丝直径、焊接电流、焊接电压和焊接速度。另外，焊接电源种类和接法、坡口型式与装配间隙、焊接层数、工件预热温度等也属于焊接规范。

焊接规范的大小，决定了焊接电弧所产生的热量及其分配情况，一般都用“焊接线能量 q ”来表示。所谓焊接线能量，是指单位长度焊缝上所得到的电弧热能量。单位时间焊接电弧所产生的热能一般可用下式表示：

$$Q = 0.24UI$$

式中： Q ——电弧在单位时间内产生的热能。卡/秒；

U ——电弧电压(焊接电压)，伏；

I ——焊接电流，安。

但由于热辐射、对流、熔化焊剂或药皮以及飞溅等热能损失，故真正用于熔化焊缝金属的有效热能 $Q_{\text{效}}$ 应为

$$Q_{\text{效}} = \eta Q$$

式中： η ——加热有效系数，或称为热效率。

对下不同焊接方法、焊接规范和焊接材料， η 的数值不同。一般手工电弧焊，可取为 0.75，对于埋弧自动焊，可取为 0.85。

有效热能 $Q_{\text{效}}$ 呈单位时间内焊缝上获得有效电弧热的多少，所以单位长度焊缝上所得到的热能量——焊接线能量 q 应为：

$$q = \frac{Q_{\text{效}}}{V} = \frac{0.24\eta UI}{V} \quad \text{卡/厘米}$$

式中： V ——焊接速度，厘米/秒。

考虑到埋弧自动焊焊接速度的单位常用米/小时，热能量单位用焦耳表示，经单位换算，焊接线能量又可用下式表示：

$$q = \frac{36\eta UI}{V} \quad \text{焦耳/厘米}$$

式中： V ——焊接速度，米/小时。

例如，用 4 毫米焊丝进行自动焊，焊接电流 700 安，电弧电压 36 伏，焊接速度为 32 米/小时，则焊接线能量 q 的值为：

$$q = \frac{36 \times 0.85 \times 36 \times 700}{32} = 24098 \quad \text{焦耳/厘米}$$

式中：0.85 为埋弧自动焊的热效率。

即对每一厘米长度焊缝，电弧输入的热能量为 24098 焦耳。显然，如果电流或电压增大，则焊接线能量增大；焊接速度增大，则焊接线能量减小。

不同焊接方法的常用焊接线能量范围有很大差别，表 4-1-1 列举了几种焊接方法在典型焊接规范下的焊接能量。可以看出：埋弧自动焊焊接线能量最大，手工电弧焊次之，手工钨极氩弧焊最小。

表 4-1-1

不同焊接方法的线能量

焊接方法	焊接电流 (安)	焊接电压 (伏)	焊接速度 (米/小时)	热效率 η	焊接线能量 (焦耳/厘米)
埋弧自动焊	700	36	32	0.85	24098
手工电弧焊	180	24	9	0.75	12960
手工钨极氩弧焊	180	11	9	0.75	5280

从焊接线能量的概念可以看出，它决定焊接接头的加热速度，对焊缝横截面的大小与形状起决定性的作用。同时还影响焊接接头在高温停留的时间和焊后的冷却速度。

因此，实际生产中，要根据钢材的化学成分、刚性等因素，在保证焊缝成形良好的前提下，适当调节焊接规范，用合适的线能量进行焊接，才能保证焊接接头具有良好的性能。焊接线能量过大或过小，都可能产生缺陷。

3. 焊接规范对焊缝形状和质量的影响

以下仅将焊接规范当中，对焊缝形状与质量影响显著的几个主要工艺参数进行初步讨论。

(1) 焊丝直径与焊接电流：在电流一定的情况下，随焊丝直径的增加，电弧的摆动作用加强，焊缝峰宽 b 加大，熔深 t 则稍有下降。减小焊丝直径，则电流密度增加，可使

熔深增大，焊缝形状系数减小。因此对一定直径的焊丝，电流应适中，如3毫米焊丝，电流应在350~600安范围之内。4毫米焊丝的电流应在500~800安范围之内，5毫米焊丝的电流应在700~1000安范围之内。

增大电流，能提高生产率，同时使焊缝熔宽 b 、熔深 t 及加强高 h 都相应增加，其中熔深 t 增大的比较显著，见图4—1—4。

当电流过大时，焊缝形状系数随之减小，将不利于熔池中气体和夹杂物的上浮逸出，对焊缝的结晶也不利，易促成气孔、夹渣和裂纹的产生。因此随焊接电流的增加应相应地增加焊接电压。

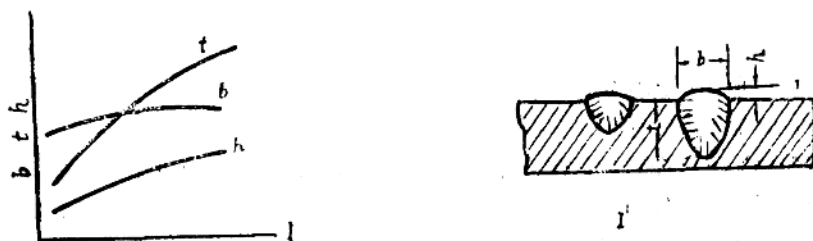


图4—1—4 焊接电流 I 对焊缝形状的影响

(2) 焊接电压，当其它条件保持不变，焊接电压的变化对焊缝熔宽 b 、熔深 t 和加强高 h 的影响如图4—1—5所示，即随着焊接电压的增加，焊缝熔宽有明显的增加，而熔深和加强高则有所下降。因此适当增加焊接电压，提高焊缝形状系数，对提高焊接质量是有利的。

但过分增加焊接电压，会使熔深变小，造成工件未焊透。而且熔剂的熔化量大，耗费多，还将造成焊缝表面焊波粗糙，脱渣困难。

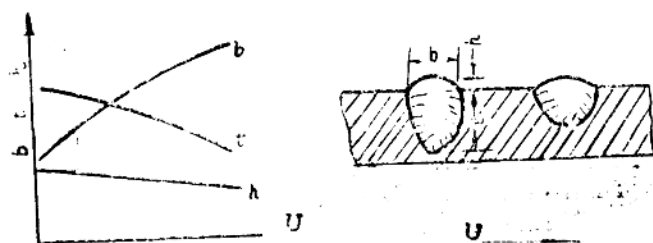


图4—1—5 焊接电压 U 对焊缝形状的影响

(3) 焊接速度：焊接速度的变化，将直接影响电弧热的分配情况，因此对焊缝形状的影响非常显著。当其他参数不变时，随着焊接速度的增加，单位长度焊缝上电弧加热能量（焊接线能量）减小，熔宽 b 明显变窄，熔深 t 则不然，当焊接速度在一定范围内增加时，因电弧向后的倾角增加，电弧对熔池的液态金属排挤作用加强，所以熔深反而有所加。当焊接速度增加到超过某一数值时，由于焊接线能量的减少，熔深则显著减小。焊接速度对焊缝形状的影响见图4—1—6。

自动焊接规范参数的选择，通常是用查表法或试验法来进行的。查表法，是查阅类似焊接情况所用的典型规范表，作为新规范的选择参考；试验法，是在与工件相同的试板上进行工艺参数试验，看选择什么规范时焊接质量较好即可选用。

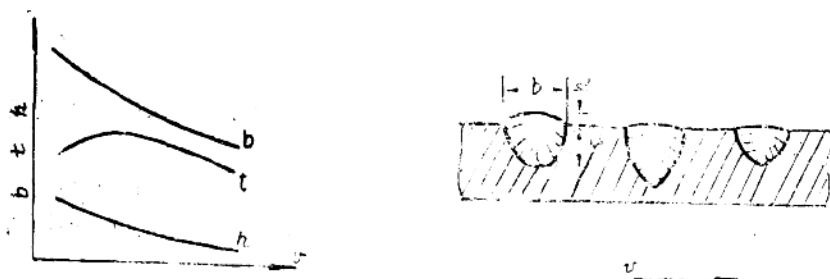


图4—1—6 焊接速度 V 对焊缝形状的影响

三、埋弧自动焊焊接技术

(一) 焊前准备工作

自动焊焊前应对焊丝、工件待焊表面进行严格清理，焊剂要烘干，工件和装配工作应准确，装配定位焊应仔细焊接，焊肉不要太大。焊接重要构件时，为保证焊接质量，最好使用胎夹具装配定位。为避免引弧与熄弧处的缺陷，一般常在纵缝的两端焊上引弧板与收弧板（如图4—1—7），即在引弧板上开始引弧焊接，而后再进入工作，焊接到焊缝尽头以后，将电弧引到收弧板上再熄弧停止焊接，焊后将引弧板和收弧板切下。

(二) 对接接头焊接技术

1. 单面焊：常用于14毫米以下的中薄板对接。工件不开坡口，留一定间隙，背面用焊剂垫、钢板垫或焊剂—铜垫垫上（见图4—1—8）。使用较大的焊接线能量（主要是较大的焊接电流），将工件一次焊透，焊接熔池在焊剂或钢板垫上冷却凝固，以达到一次焊接成形。如使用钢板垫，焊后垫板即附在工件之上。

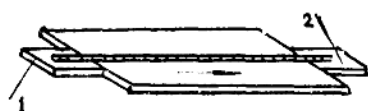


图4—1—7 引弧板与收弧板示意图

1—引弧板 2—收弧板

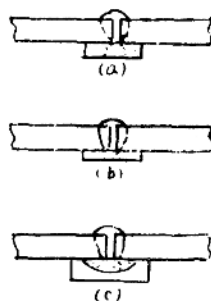


图4—1—8 自动焊单面对接焊

(a) —焊剂垫 (b) 钢板垫 (c) —焊剂—铜垫

单面焊双面成形的自动焊焊接规范示例如表4—1—2所示。

2. 双面焊：当工件厚度超过12~14毫米时，采用单面焊有一定困难。为保证焊透，一般都采用双面焊。第一面焊接可在焊剂垫上进行，工件间要留一定的间隙，焊后将工件翻转，再从背面焊接一次，焊接规范的选择应保证两面焊缝有2~3毫米的重叠[如图4—1—9(a)]。为减少焊缝加强高，焊第二面焊缝之前，也可用碳弧气刨刨出一条一定深度的沟槽，再进行焊接[如图4—1—9(b)]。

表4-1-2

单面焊双面成形焊接规范示例

焊件厚度 (毫米)	装配间隙 (毫米)	焊丝直径 (毫米)	焊接电流 (安)	焊接电压 (伏)	焊接速度 (米/时)
6	3	4	550~600	33~35	37.5
8	3~4	4	680~720	35~37	32
10	4	4	780~820	38~40	27.5
14	5	4	900~920	39~41	21.5

对于厚度较大的工件,为保证焊透和避免过大的加强高,常采用开坡口的焊接方法。坡口型式由工件厚度决定。工件厚度小于或等于22毫米时,可选用V型坡口,大于22毫米时,常选用X型坡口。第一面焊缝在焊剂垫焊接,再用较小规范焊背面焊缝。

开坡口双面焊的自动焊接规范示例见表4-1-3。

3. 环缝焊接:对锅炉锅筒或其它受压筒体环缝进行对接焊时,应使用相应的胎具等辅助装置,以保证圆筒形工件能按选定的速度作匀速旋转。一般是在圆筒内部用外

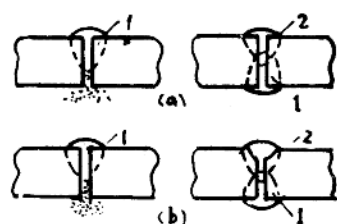
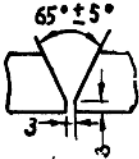


图4-1-9 自动焊留间隙双面焊

(a) 一用焊剂垫 (b) 一用碳弧气刨制内槽

表4-1-3

开坡口双面焊焊接规范示例

焊件厚度 (毫米)	坡口型式	焊丝直径 (毫米)	顺 序	焊接电流 (安)	焊接电压 (伏)	焊接速度 (米/时)
18		5	1	830~860	36~38	20
2			600~620	38~38	45	
22		6	1	1050~1150	38~40	18
		5	2	600~620	36~38	45
24		6	1	1050~1150	38~40	24
30		5	2	800~840	36~38	26
		6	1	1000~1100	38~40	18
			2	900~1000	38~40	20

焊剂垫焊接内环缝,如图4-1-10所示,焊剂垫由辊轮和承托焊剂的皮带组成。焊接时,自动焊机头放在圆筒内部并托架起来,使工件以选定的焊接速度旋转进行焊接。为防止熔池中液态金属和熔渣从转动的焊件表面流失,焊丝位置要偏离焊件中心线一定距离 a 。