



新编焊接 工艺500问

XINBIAN HANJIE GONGYI 500WEN

杜国华 编

取材实际 务求简明

按题索骥 必有所获



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新编焊接工艺 500 问

杜国华 编



机械工业出版社

本书汇集了与金属材料焊接工艺相关的内容 520 题,以问答形式编写。全书分为 11 章,介绍了焊接工艺要素和不同熔焊方法的焊接参数。涉及的金属材料包括碳素钢、低合金钢、不锈钢、其他高合金钢、铸铁、铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、镍及镍合金和异种金属。本书以介绍常用金属材料的熔焊工艺为主,所补充的一些非常用金属材料,使用面并不广,焊接难度却相对较大,读者可有选择地阅读。

本书主旨为常用金属材料熔焊工艺,以材料为“纲”,焊接方法为“目”,依次编写。除介绍各类金属材料的典型熔焊工艺外,还列举了若干实例,以供读者参考借鉴。

本书读者对象以焊工和初、中级焊接技术人员为主,也可供技校师生和非本专业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

新编焊接工艺 500 问/杜国华编. —北京:机械工业出版社,
2009.3

ISBN 978-7-111-26045-5

I. 新… II. 杜… III. 焊接工艺—问答 IV. TG44-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 003008 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:俞逢英 责任编辑:王华庆

版式设计:霍永明 责任校对:张玉琴

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 25.25 印张·618 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26045-5

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379083

封面无防伪标均为盗版

前言

本书问世前,机械工业出版社曾于2004年7月出版过徐初雄先生编写的《焊接工艺500问》一书。两书书名雷同,内容却大相径庭。徐先生的著作以与焊接工艺直接或间接相关的一些问题为主,本书则纯系金属材料的焊接工艺问题。故本书既非《焊接工艺500问》的再版,也非原著的改编,除了借鉴徐先生著作的书名以外,两书从编写体例到内容,都毫无共同之处。这是本书编者所要声明的内容之一。

焊接工艺从属于焊接方法,金属焊接方法又可分为熔焊、压焊、钎焊三大领域,故任何一种金属材料的焊接工艺都应当包括其熔焊工艺、压焊工艺和钎焊工艺。但限于篇幅,不可能把这三大领域的焊接工艺问题都浓缩在“500问”内,除非改为《焊接工艺1500问》或更多。而那将会是一本篇幅浩大的巨著,并不符合出版社对此类书籍的编写要求。将来如果有需要,倒是可以再出《压焊工艺500问》和《钎焊工艺500问》之类的读物予以补充。此外,材料大系中,除了金属材料以外,尚有种类繁多的非金属材料。它们之间的连接,过去是由机械连接或胶接实现的,现在部分非金属材料如陶瓷、塑料、玻璃、石墨等自身或与金属材料间也已能进行焊接。基于同样理由,也未能在本书中有所反映。这是本书编者所要声明的内容之二。

本书之所以未取名为《熔焊工艺500问》,一是基于至少到目前为止,出版社方面似尚无出版《压焊工艺500问》、《钎焊工艺500问》和《非金属材料及其与金属材料间焊接工艺500问》等书的计划;二是“焊接”一词,出现最早,也最为普及,除了业内人士,外界只知有“焊接”,而不知熔焊、压焊、钎焊。事实上,熔焊的使用面和涉及范围也比压焊和钎焊要广得多,以“熔焊”泛指“焊接”,编者以为大多数读者可以接受,而“压焊”或“钎焊”则不能。这是本书编者所要声明的内容之三。

本书特色是以材料为“纲”,以涉及的熔焊方法为“目”,依次列出其不同的焊接工艺。有些材料几乎可以使用所有的熔焊方法(如低碳钢和低合金钢),其所举例子也多;有些材料只能使用少数熔焊方法(如钛及钛合金焊接),其所举例子也少;至于各类铸铁,尽管使用量不亚于钢,但因焊接性差,一般并不作为焊接结构用材,仅有焊补需要,高碳钢也是如此,故所举例子就更少。此外,材料大系中,除了所举例子的多寡,还取决于该材料在焊接结构中的使用频率,其中低碳钢和低合金钢在焊接结构中的使用频率最大,占80%以上,故所举例子也最多,其次是不锈钢、铜及铜合金、铝及铝合金。铝及其合金尽管适用的熔焊方法不多(以各类惰性气体保护焊和等离子弧焊为主),但在非铁金属中的使用频率已与铜及铜合金不相上下,故所举例子也较多。这是本书编者所要声明的内容之四。

为了发挥不同材料的优势,在近代金属结构中,有很大一部分已非单一金属结构,而是多种不同金属的组合。它们或以异种金属相焊的形式,或以复合金属板形式,或以堆焊形式出现。究其实质,无论复合金属板焊接或金属堆焊,实际上均属异种金属焊接范畴,为了节约篇幅,复合金属板与金属的堆焊就不再另列一章,而均归于异种金属焊接一章内。异种金属焊接由于其涉及面之广和焊接工艺复杂,故篇幅与结构钢焊接不相上下,这是本书编者所

要声明的内容之五。

本书开卷之初,首先简要介绍了熔焊工艺要素及不同熔焊方法的焊接参数,以为后续诸章作铺垫。初学者必须有所了解,方能顺利阅读后续各章。其他与焊接工艺问题直接或间接相关的知识,如读者尚有不解之处,可参考本书的姊妹篇《新编焊接技术问答》,此书已先于本书出版(机械工业出版社2008年4月第1版,书号ISBN 978-7-111-23473-9)。本书第1、2章的内容大都取材于此。由于两书均鄙人编写,在内容上可互补,也不存在抄袭之嫌。这是本书编者所要声明的内容之六。

本书读者对象为初、中级焊接工作者,包括各级焊工、技师和初、中级焊接技术人员,也可供技校师生和非专业人士参考。以编者从事焊接工作近50年的经验,常有同行或业外人士来咨询某种材料该怎么焊?意思是该采用何种焊接方法?何种焊接材料?具体焊接工艺又如何等。故本书除作为焊接类的通俗读物外,尤宜于带着问题寻求帮助的读者群。

本书分11章520问,其中阐述各类金属材料焊接工艺要素及通用焊接工艺的共327问,各类金属材料及不同焊接结构的实例共193问。内容除编者自撰部分外,余皆取材于已出版的焊接类书籍和国内近年来公开出版的期刊,是有据可查的。编者希望做到“言”必有“据”,以免误导读者。因众多文献中介绍的各类工艺参数,编者是不可能予以一一去核实的,只能对一些明显错误或不合常理之处,以“编者注”的方式适当说明。由于功力所限,鄙人自撰之处,错误亦在所难免,敬请读者及有识之士指正,以期待有机会再版时改正。

本书在选材和编写过程中得到顾曾迪教授的多方指导,编写完成后顾教授又对全文进行了细致审阅,避免了一些不必要的失误,对此编者深表感谢。本书从策划到编写,出版社与编者始终保持着全方位联系,为本书的定调和顺利出版奠定了基础,对此编者一并致谢。

编者

目 录

前言

第 1 章 焊接工艺要素暨主要熔焊方法的焊接参数	1
1.1 试述焊接接头的组成及热影响区、过热区、熔合区、熔合线的定义	1
1.2 何谓焊接化学冶金, 焊接化学冶金有哪些特点	1
1.3 何谓焊接熔渣, 焊接熔渣如何分类, 如何判断焊接熔渣的酸、碱性	1
1.4 何谓焊缝金属的合金化, 合金化的目的何在, 焊缝金属合金化有哪些方法	2
1.5 如何改善焊接熔池的一次结晶	2
1.6 何谓变质处理, 变质剂有哪几种形式	2
1.7 如何改善焊接熔池的二次结晶	2
1.8 何谓焊接热输入, 焊接热输入对焊接热循环有何影响	3
1.9 何谓焊接热循环, 焊接热循环有哪些主要参数	3
1.10 何谓熔滴过渡, 熔滴过渡有哪几种方式	4
1.11 钢的熔化极气体保护焊(MIG/MAG 焊)适用的熔滴过渡方式有哪些	4
1.12 铝及铝合金的熔化极气体保护焊(MIG 焊)适用的熔滴过渡方式有哪些	5
1.13 何谓临界电流, 何谓跳弧, 跳弧与临界电流之间有何关系	5
1.14 何谓焊接工艺和焊接参数, 何谓焊接工艺规程, 编制焊接工艺规程目的何在	6
1.15 何谓正接和反接, 如何选择极性	6
1.16 何谓熔合比, 何谓稀释和稀释率, 计算熔合比有何实际意义	7
1.17 何谓钢的热处理, 钢焊缝热处理涉及哪几种热处理方法, 焊后热处理的目的何在	7
1.18 何谓后热, 后热有何作用, 与焊后热处理有何不同	8
1.19 何谓层(道)间温度, 对层(道)间温度有何要求	8
1.20 何谓固溶强化, 何谓固溶处理, 固溶处理的利用和用途何在	8
1.21 何谓稳定化和稳定化处理, 其各自目的何在	8
1.22 试述熔焊焊接材料的选用原则	9
1.23 熔化极气体保护焊为何常用混合气体, 试述不同混合气体配比的应用范围	9
1.24 焊条电弧焊有哪些焊接参数	9
1.25 埋弧焊有哪些焊接参数	9
1.26 气体保护焊有哪些焊接参数	9
1.27 等离子弧焊有哪些焊接参数, 如何选择	11
1.28 电子束焊有哪些焊接参数, 对熔深和焊缝形状有何影响	12
1.29 激光深熔焊有哪些焊接参数, 试述其相互关系及对熔深和焊缝形状的影响	12
1.30 激光热传导焊有哪些焊接参数, 如何选择	14
1.31 电渣焊焊接参数如何分类, 如何选择主要焊接参数	15
1.32 气焊有哪些焊接参数, 如何选择	16

第 2 章 金属材料的熔焊焊接性	19
2.1 何谓金属材料的焊接性	19
2.2 焊接性怎样分类	19
2.3 材料因素如何影响其焊接性	19
2.4 试述低碳钢的熔焊焊接性	19
2.5 试述中碳钢的熔焊焊接性	20
2.6 试述高碳钢的熔焊焊接性	20
2.7 试述热轧正火钢的熔焊焊接性	21
2.8 试述低碳调质钢的熔焊焊接性	21
2.9 试述中碳调质钢的熔焊焊接性	22
2.10 试述低合金无镍低温钢的熔焊焊接性	22
2.11 试述低合金含镍低温钢的熔焊焊接性	23
2.12 试述低合金耐候钢及耐海水腐蚀钢的熔焊焊接性	23
2.13 试述奥氏体不锈钢的熔焊焊接性	23
2.14 试述马氏体不锈钢的熔焊焊接性	24
2.15 试述铁素体不锈钢的熔焊焊接性	24
2.16 试述奥氏体-铁素体双相不锈钢的熔焊焊接性	25
2.17 试述析出硬化型不锈钢的熔焊焊接性	26
2.18 试述高锰钢的熔焊焊接性	26
2.19 试述马氏体时效钢的熔焊焊接性	26
2.20 试述高温合金的熔焊焊接性	27
2.21 试述灰铸铁的熔焊焊接性	28
2.22 试述球墨铸铁的熔焊焊接性	28
2.23 试述其他铸铁的熔焊焊接性	28
2.24 试述纯铜和无氧铜的熔焊焊接性	29
2.25 试述黄铜的熔焊焊接性	29
2.26 试述青铜的熔焊焊接性	29
2.27 试述白铜的熔焊焊接性	30
2.28 试述铝及铝合金的熔焊焊接性	30
2.29 试述工业纯钛及钛合金的熔焊焊接性	30
2.30 试述镍及镍基耐蚀合金的熔焊焊接性	31
2.31 试述不同珠光体钢之间以及珠光体钢与铁素体钢之间的熔焊焊接性	32
2.32 试述不同高铬钢之间的熔焊焊接性	32
2.33 试述不同奥氏体钢之间以及奥氏体钢与铁素体钢之间的熔焊焊接性	32
2.34 试述珠光体钢与奥氏体钢之间的熔焊焊接性	33
2.35 试述复合钢的熔焊焊接性	33
2.36 试述钢与铝及其合金的熔焊焊接性	33
2.37 试述钢与铜及其合金的熔焊焊接性	33
2.38 试述钢与镍及其合金的熔焊焊接性	34

2.39	试述铜与铝的熔焊焊接性	34
2.40	试述钢与钛及其合金的熔焊焊接性	34
2.41	试述铜与镍及镍合金的熔焊焊接性	34
2.42	试述钛与铜及钛与铝的熔焊焊接性	35
2.43	试述金属堆焊焊接性	35
第3章	碳素钢和低合金强度用结构钢焊接工艺	36
3.1	低碳钢焊接时, 什么情况下需要预热, 预热温度有何规定	36
3.2	如何确定中碳钢的预热温度	36
3.3	如何确定高碳钢的预热温度	36
3.4	如何确定热轧、正火钢的预热温度	36
3.5	如何确定低碳调质钢的预热温度	37
3.6	如何确定中碳调质钢的预热温度	37
3.7	碳素结构钢在何种情况下需要进行焊后热处理	38
3.8	热轧、正火钢焊后热处理有何规定	38
3.9	低碳调质钢焊后热处理有何规定	39
3.10	中碳调质钢焊后热处理有何规定	39
3.11	低碳钢焊条电弧焊时, 如何按接头使用要求选择焊条	40
3.12	中碳钢焊条电弧焊时, 如何按母材焊接性及接头强度要求选择焊条	40
3.13	低碳钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	40
3.14	中碳钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	40
3.15	高碳钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	41
3.16	结构钢焊条电弧焊时, 如何选择焊条直径	41
3.17	结构钢焊条电弧焊时, 怎样选择焊接电流, 如何评价焊接电流的重要性	41
3.18	中碳钢焊条电弧焊有哪些工艺要点	42
3.19	高碳钢焊条电弧焊有哪些工艺要点	42
3.20	热轧、正火钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	43
3.21	低碳调质钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	43
3.22	中碳调质钢焊条电弧焊时, 母材和焊条如何匹配	43
3.23	热轧、正火钢焊条电弧焊有哪些工艺要点	43
3.24	低碳调质钢焊条电弧焊有哪些工艺要点	45
3.25	中碳调质钢焊条电弧焊有哪些工艺要点	45
3.26	低碳钢埋弧焊时母材和焊丝-焊剂如何匹配	45
3.27	热轧、正火钢埋弧焊时母材和焊丝-焊剂如何匹配	45
3.28	低碳调质钢和中碳调质钢埋弧焊时, 母材和焊丝-焊剂如何匹配	46
3.29	埋弧焊工艺对坡口设计有何要求	46
3.30	埋弧焊工艺对装配和定位焊有何要求	46
3.31	埋弧焊选择焊接参数有哪些步骤和原则	48
3.32	埋弧焊如何选择焊接参数	48
3.33	如何进行结构钢预留间隙 I 形坡口纵缝双面埋弧焊	51

3.34	如何进行结构钢预留间隙开坡口纵缝双面埋弧焊	52
3.35	如何进行结构钢预留间隙 I 形坡口纵缝单面焊双面成形埋弧焊	52
3.36	如何进行结构钢开坡口纵缝单面焊双面成形埋弧焊	54
3.37	悬空埋弧焊工艺对坡口钝边有何要求	54
3.38	结构钢悬空埋弧焊有哪些工艺特点	54
3.39	如何确定结构钢纵缝悬空埋弧焊主要焊接参数	55
3.40	带永久衬垫埋弧焊焊接工艺有哪些特点	56
3.41	手工焊封底埋弧焊有哪些主要工艺特点, 试举例说明	57
3.42	环缝对接埋弧焊对组对和定位焊有何要求	58
3.43	结构钢环缝对接埋弧焊有哪些工艺要点, 焊丝偏距在环缝焊接中有何作用	58
3.44	结构钢角对接埋弧焊有哪些工艺要点	60
3.45	如何制订结构钢手工钨极氩弧焊焊接工艺	61
3.46	如何确定结构钢对接接头手工钨极氩弧焊焊接参数	62
3.47	如何选择结构钢的脉冲氩弧焊焊接参数	62
3.48	如何确定 CO ₂ 气体保护焊焊接参数, 最佳焊接参数应满足哪些条件	62
3.49	如何选择结构钢短路过渡 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.50	如何选择结构钢细颗粒过渡 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.51	如何确定结构钢对接接头 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.52	如何确定结构钢角接头 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.53	如何确定结构钢 T 形接头 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.54	如何确定结构钢药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	63
3.55	如何确定结构钢无衬垫对接接头药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	68
3.56	如何确定结构钢带衬垫对接接头药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	68
3.57	如何确定结构钢角接头药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊焊接参数	68
3.58	结构钢熔化极富氩混合气体保护焊与 CO ₂ 气体保护焊在工艺因素上有何差别	69
3.59	如何确定结构钢喷射过渡富氩混合气体保护焊焊接参数	70
3.60	如何确定结构钢短路过渡富氩混合气体保护焊焊接参数	70
3.61	如何确定结构钢穿透型等离子弧焊的焊接参数	70
3.62	如何确定结构钢熔透型等离子弧焊的焊接参数	70
3.63	如何确定结构钢微束等离子弧焊的焊接参数	70
3.64	如何确定结构钢电渣焊的焊接参数	71
3.65	如何确定结构钢气焊的焊接参数	73
3.66	窄间隙埋弧焊对焊接设备有何特殊要求, 如何确定结构钢窄间隙焊的焊接参数	73
3.67	如何确定结构钢窄间隙熔化极气体保护焊焊接参数, 对焊接设备有何要求	74
3.68	如何确定结构钢带极埋弧焊焊接参数	75
3.69	如何确定结构钢多丝埋弧焊焊接参数	75
3.70	如何进行低碳钢薄板对接熔化极富氩混合气体保护自动焊单面焊双面成形	76
3.71	如何进行低碳钢小直径薄壁筒体纵缝埋弧焊单面焊双面成形	77
3.72	如何进行低碳钢中厚壁钢结构 CO ₂ 气体保护焊封底埋弧焊盖面的焊接	77

3.73	如何进行低碳钢的管极电渣焊	78
3.74	如何进行厚度为 1mm 低碳钢冷轧板的激光拼焊	79
3.75	如何进行中碳钢厚壁管的 TIG + SMAW 焊	79
3.76	如何进行厚壁中碳钢的 SMAW + SAW 焊	80
3.77	如何进行厚壁中碳钢的丝极电渣焊	81
3.78	如何进行高碳钢钢轨的焊条电弧焊	81
3.79	试述热轧、正火钢厚壁压力容器的一般焊接工艺	82
3.80	如何进行热轧、正火钢特厚板的常规埋弧焊	83
3.81	如何进行热轧、正火钢特厚板的窄间隙埋弧焊	84
3.82	如何进行热轧、正火钢特厚板的丝极电渣焊	86
3.83	如何进行热轧、正火钢厚壁压力容器的药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	87
3.84	如何进行长输管线对接接头野外施工中的 SMAW + FCAW 焊	88
3.85	如何进行管线钢 X80 的现场自动焊	90
3.86	如何进行低碳调质高强度钢的常规药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	91
3.87	如何进行低碳调质钢制球罐的 SMAW 和 TIG + SMAW 焊	92
3.88	如何进行低碳调质钢厚壁容器的双丝窄间隙埋弧焊	93
3.89	如何进行低碳调质钢 15CrMnMoVA 与 16CrNi3MoA 的真空电子束焊	95
3.90	如何进行中碳调质钢 35CrMo 的焊条电弧焊	96
3.91	如何进行中碳调质钢 H11 的 TIG 焊和 MIG 焊	97
3.92	如何进行中碳调质钢 D6AC 的等离子弧焊	99
3.93	如何进行中碳调质钢 30SiMn2MoVA 薄壁筒体的激光焊	100
3.94	如何进行厚壁中碳调质钢 AISI 4145H 的窄间隙熔化极气体保护焊	101
3.95	如何进行大厚度 20SiMn 钢的 MAG + NG-SAW 焊	102
3.96	如何进行高强度钢 HQ1080 的 MIG 焊	103
3.97	如何进行中碳调质钢 30CrMnSiA 压缩天然气气瓶的 TIG 焊	104
第 4 章	其他用途合金钢焊接工艺	105
第 1 节	低合金低温用钢焊接工艺	105
4.1	低合金低温用钢在焊接工艺上有何特定要求	105
4.2	低合金低温钢选择焊接材料时有何要求	105
4.3	试述 09Mn2VDR 低温钢的常规焊接工艺	106
4.4	试述 06MnNbDR 低温钢的常规焊接工艺	107
4.5	试述 06AlNbCuN 低温钢的常规焊接工艺	107
4.6	试述 2.5 ~ 3.5Ni 低温钢的常规焊接工艺	108
4.7	如何进行 3.5Ni 低温钢产品的 SMAW 和 SAW 焊	109
4.8	如何进行 12Ni14 低温钢的 MAG 焊	110
4.9	试述 9Ni 低温钢的常规焊接工艺	112
4.10	如何进行 -40℃ 级低温钢的焊条电弧焊	114
4.11	如何进行 -40℃ 级低温钢的埋弧焊	115
4.12	如何进行 -70℃ 级低温钢的焊条电弧焊和埋弧焊	116

4.13	如何进行 -70℃ 级低温钢的混合气体保护焊	118
4.14	如何进行低镍低碳调质高强度低温钢 LT-50 的焊条电弧焊	119
第 2 节 低合金耐蚀钢焊接工艺		120
4.15	焊接耐候钢及耐海水腐蚀钢时对母材和焊接材料有何要求	120
4.16	焊接耐候钢及耐海水腐蚀钢时对焊接工艺有何要求	121
4.17	耐候钢及耐海水腐蚀钢焊条电弧焊时怎样选择焊条	121
4.18	耐候钢及耐海水腐蚀钢埋弧焊时怎样选择焊丝-焊剂组合	121
4.19	耐候钢及耐海水腐蚀钢气体保护焊时怎样选择焊丝和保护气体	122
4.20	如何进行耐候钢 09MnCuPTi 的焊接	122
4.21	如何进行耐候钢 10MnPNbRE 的焊接	122
4.22	如何进行耐候钢 05CuPCrNi 的等离子弧焊	122
4.23	如何进行高强度耐候钢 Q450NQR1 和 B450NbRE 的焊接	123
4.24	如何进行耐硫酸露点腐蚀的 ND 钢 SMAW 焊	125
第 3 节 低、中合金耐热钢焊接工艺		127
4.25	低合金耐热钢有何特点	127
4.26	影响低合金耐热钢焊接性的因素有哪些	127
4.27	如何改善低合金耐热钢的焊接性	128
4.28	如何确定低合金耐热钢的预热温度	128
4.29	低合金耐热钢对焊后热处理有何规定	129
4.30	中合金耐热钢的焊接有何特点	130
4.31	如何选择中合金耐热钢的焊接材料	131
4.32	如何确定中合金耐热钢的预热温度	131
4.33	中合金耐热钢焊后热处理目的何在, 如何确定其焊后热处理规范	131
4.34	如何进行 12Cr1MoVG 珠光体耐热钢管的焊接	132
4.35	如何进行大厚度 15CrMoR 珠光体耐热钢的焊接	133
4.36	如何进行 Cr-Mo 珠光体耐热钢的热丝埋弧焊	135
4.37	如何进行 SA387-Cr12 珠光体耐热钢热壁加氢反应器的焊接	136
4.38	如何进行 10CrMo910 珠光体耐热钢管道的 TIG + SMAW 焊	138
4.39	如何进行水力除焦钻杆 P110(27CrMo410S) 的焊接	139
4.40	试述厚度为 70mm 的 16Mo3 钢双弧四丝埋弧焊工艺及其在厚壁结构中的应用	141
4.41	如何进行 X20CrMoV121(F12) 大口径耐热钢管的焊接	141
4.42	如何进行 T5(Cr5Mo) 耐热钢管线焊接	143
4.43	如何进行 T91/P91 马氏体热强钢的焊接	145
4.44	如何进行 P92 马氏体热强钢的焊接	146
第 4 节 高锰钢和马氏体时效钢焊接工艺		148
4.45	如何选择高锰钢的焊接方法	148
4.46	高锰钢焊接时如何选择焊接材料	148
4.47	高锰钢焊接时如何选择焊接工艺条件	149
4.48	高锰钢焊接时可采取哪些工艺措施	149

4.49	试述以焊条电弧焊补焊 ZGMn13 高锰钢铸件的焊接工艺	149
4.50	如何进行低碳钢与 ZGMn13 高锰钢的焊条电弧焊	150
4.51	如何进行低合金结构钢与 ZGMn13 高锰钢的焊条电弧焊	150
4.52	高锰钢为何要采用水下焊, 水下焊接有何特点	151
4.53	高锰钢为何要采用脉冲焊条电弧焊, 脉冲焊条电弧焊有何特点	151
4.54	如何进行轧制高锰钢的 MAG 焊	151
4.55	如何选择马氏体时效钢的焊接方法	152
4.56	如何选择马氏体时效钢的焊接材料	153
4.57	如何选择马氏体时效钢的保护气体	153
4.58	试述马氏体时效钢的常规焊接工艺	153
4.59	试述马氏体时效钢的电子束焊焊接工艺	154
4.60	如何进行壁厚 4mm 的 18Ni 马氏体时效钢制压力容器的 TIG 焊	155
第 5 章	不锈钢焊接工艺	156
5.1	试述不锈钢对焊接方法的适应性	156
5.2	如何制订奥氏体型不锈钢的焊条电弧焊焊接工艺	157
5.3	如何制订奥氏体型不锈钢的焊后热处理规范	157
5.4	如何制订奥氏体型不锈钢的埋弧焊焊接工艺	158
5.5	如何制订奥氏体型不锈钢的钨极氩弧焊焊接工艺	158
5.6	如何制订奥氏体型不锈钢的熔化极氩弧焊焊接工艺	159
5.7	奥氏体型不锈钢如何应用等离子弧焊、电子束焊、激光焊焊接工艺	159
5.8	如何制订铁素体型不锈钢的焊接工艺	159
5.9	制订马氏体型不锈钢焊接工艺时主要应注意哪些方面	160
5.10	马氏体型不锈钢焊接时如何制订预热和焊后热处理规范	160
5.11	奥氏体-铁素体型双相不锈钢的焊接工艺有哪些特点	161
5.12	析出硬化型不锈钢的焊接工艺有哪些特点	161
5.13	试述奥氏体不锈钢对接接头焊条电弧焊常规焊接参数	161
5.14	试述奥氏体不锈钢角接头焊条电弧焊常规焊接参数	162
5.15	试述奥氏体不锈钢对接接头钨极氩弧焊常规焊接参数	163
5.16	试述奥氏体不锈钢角接头钨极氩弧焊常规焊接参数	163
5.17	试述奥氏体不锈钢钢管 V 形坡口对接接头钨极氩弧焊常规焊接参数	165
5.18	试述奥氏体不锈钢钢管 U 形坡口对接接头钨极氩弧焊常规焊接参数	166
5.19	试述奥氏体不锈钢管子-管板自动钨极氩弧焊焊接参数	167
5.20	试述奥氏体不锈钢薄板对接钨极脉冲氩弧焊常规焊接参数	167
5.21	试述奥氏体不锈钢薄壁管全位置焊手工钨极脉冲氩弧焊焊接参数	167
5.22	试述奥氏体不锈钢薄板短路过渡熔化极氩弧焊焊接参数	168
5.23	试述奥氏体不锈钢对接接头熔化极氩弧焊常规焊接参数	168
5.24	试述奥氏体不锈钢熔化极脉冲氩弧焊单面焊双面成形焊接参数	169
5.25	试述奥氏体不锈钢熔化极脉冲氩弧焊中厚板对接焊缝焊接参数	169
5.26	试述奥氏体不锈钢熔化极脉冲氩弧焊角焊缝焊接参数	170

5.27	试述奥氏体不锈钢熔化极脉冲混合气体保护焊焊接参数	171
5.28	试述穿透型等离子弧焊焊接奥氏体不锈钢的焊接参数	171
5.29	试述熔透型等离子弧焊焊接不锈钢的焊接参数	172
5.30	试述穿透型等离子弧焊焊接不锈钢的焊接参数	172
5.31	试述微束等离子弧焊焊接不锈钢的焊接参数	173
5.32	试述手工微束等离子弧焊焊接 1Cr18Ni9Ti 不锈钢的焊接参数	173
5.33	试述奥氏体不锈钢对接接头埋弧焊的焊接参数	174
5.34	试述不锈钢 I 形坡口(直边对接)双面埋弧焊焊接参数	174
5.35	如何进行 Cr25Ni20 不锈钢耐热钢炉管的对接水平固定焊条电弧焊	175
5.36	如何进行 SUS316LN 不锈钢 600m 长管对接脉冲自动 TIG 焊	176
5.37	如何进行 316L 钢的厚板埋弧焊	177
5.38	如何进行 0Cr19Ni9 奥氏体不锈钢的 MIG 焊单面焊双面成形和厚板 MIG + SAW 焊	177
5.39	如何进行 1Cr19Ni9Ti 奥氏体不锈钢容器的双人同步 TIG 焊打底 SAW 焊盖面焊	179
5.40	试述 00Cr17Ni14Mo2 超低碳不锈钢高压管道焊接工艺	180
5.41	如何进行超薄奥氏体不锈钢的常规 TIG 焊	181
5.42	如何进行奥氏体不锈钢筒体纵缝的 MIG/MAG 焊	182
5.43	如何进行奥氏体不锈钢容器的药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	182
5.44	如何进行超低碳奥氏体不锈钢 316L 的穿透型等离子弧焊	183
5.45	如何进行厚度为 0.22mm 奥氏体不锈钢带的激光焊	183
5.46	试述 000Cr10Ni14Si5 超纯不锈钢的焊接工艺	184
5.47	如何进行不锈钢薄壁管的脉冲微束等离子弧焊	185
5.48	如何进行不锈钢薄板的自动 TIG 焊	186
5.49	如何进行超低碳高镍奥氏体不锈钢 904L 的焊接	187
5.50	如何焊接超级奥氏体不锈钢 254SMO	188
5.51	如何进行 Cr13 系列马氏体不锈钢的焊条电弧焊	189
5.52	如何进行 4Cr13 马氏体不锈钢铸管的对接焊	190
5.53	如何进行马氏体不锈钢水轮机转轮上、下冠和叶片的药芯焊丝 MIG 焊	190
5.54	如何进行马氏体不锈钢水轮机转轮特厚板的 ESW + SMAW 焊	191
5.55	如何进行耐碱蚀超低碳高纯铁素体不锈钢 00Cr26Mo1 的 TIG 焊	192
5.56	如何进行铁路货车车辆用不锈钢 TCS345 的焊接	193
5.57	如何进行 00Cr22Ni5Mo3N 超低碳铁素体-奥氏体双相不锈钢的 TIG 焊	195
5.58	如何进行超低碳 22Cr 铁素体-奥氏体双相不锈钢天然气集输管道的焊接	196
5.59	如何进行半奥氏体析出硬化型不锈钢 0Cr17Ni7Al 的自动脉冲 TIG 焊	198
5.60	如何进行半奥氏体析出硬化型不锈钢 17-7PH 超薄膜盒的焊接	198
第 6 章	铸铁补焊工艺	201
6.1	试述常用铸铁补焊方法的比较	201
6.2	铸铁补焊时有哪些减小焊接应力和防止焊接裂纹的措施	202
6.3	铸铁补焊时怎样选择焊接材料	202
6.4	铸铁气焊时常用的焊丝和熔剂有哪些	202

6.5	铸铁焊条电弧焊时常用哪些焊条	203
6.6	试述大型灰铸铁件的气焊补焊工艺(实例1)	204
6.7	试述大型灰铸铁件的气焊补焊工艺(实例2)	204
6.8	试述大型灰铸铁件的电弧冷焊补焊工艺(实例1)	204
6.9	试述大型灰铸铁件的电弧冷焊补焊工艺(实例2)	205
6.10	试述大型灰铸铁件的电弧冷焊补焊工艺(实例3)	205
6.11	试述大型灰铸铁件的电弧冷焊补焊工艺(实例4)	205
6.12	试述大型球墨铸铁件的电弧冷焊补焊工艺	206
6.13	试述大型灰铸铁件的 CO ₂ 气体保护焊补焊工艺(实例1)	207
6.14	试述大型灰铸铁件的 CO ₂ 气体保护焊补焊工艺(实例2)	207
6.15	如何进行铸铁与钢的 CO ₂ 气体保护焊(实例1)	207
6.16	如何进行铸铁与钢的 CO ₂ 气体保护焊(实例2)	208
6.17	如何以自动 CO ₂ 气体保护焊在大型灰铸铁件上堆焊不锈钢	209
6.18	如何进行白口铸铁件表面局部剥离的焊接修复	209
第7章	铜和铜合金焊接工艺	211
7.1	怎样选择铜及铜合金的焊接方法	211
7.2	怎样选择铜及铜合金焊接的坡口形式及尺寸	211
7.3	怎样选择铜及铜合金的焊接接头形式和预热温度	212
7.4	铜及铜合金焊接时对焊件装配有何要求	212
7.5	试述纯铜气焊工艺要点	213
7.6	试述纯铜碳弧焊工艺要点	214
7.7	试述纯铜焊条电弧焊工艺要点	214
7.8	试述纯铜手工钨极氩弧焊工艺要点	215
7.9	试述纯铜埋弧焊工艺要点	216
7.10	试述纯铜熔化极氩弧焊工艺要点	216
7.11	试述纯铜等离子弧焊工艺要点	217
7.12	试述黄铜气焊工艺要点	218
7.13	试述黄铜手工钨极氩弧焊工艺要点	219
7.14	试述黄铜等离子弧焊工艺要点	219
7.15	如何进行黄铜铸件的补焊	219
7.16	试述锡青铜的常规焊接工艺	220
7.17	试述铝青铜气焊工艺要点	221
7.18	试述铝青铜碳弧焊工艺要点	221
7.19	试述铝青铜焊条电弧焊工艺要点	221
7.20	试述铝青铜手工钨极氩弧焊工艺要点	222
7.21	试述铝青铜熔化极氩弧焊工艺要点	222
7.22	如何进行硅青铜的焊接	223
7.23	如何进行白铜的焊接	223
7.24	如何进行纯铜薄壁容器的手工 TIG 焊	224

7.25	如何进行纯铜厚壁压力容器的半自动 MIG 焊	225
7.26	如何进行化铁高炉纯铜螺旋风口的自动 MIG 焊	225
7.27	如何进行大厚度纯铜板的碳弧焊	226
7.28	如何进行板厚为 10mm 纯铜的 TIG 焊单面焊双面成形	227
7.29	如何进行板厚为 8mm 磷脱氧铜 TP2 的 SAW 焊和板厚为 20mm 纯铜 T2 厚板的 SMAW 焊	229
7.30	如何进行大截面组合铜板间和厚铜板及多层薄铜板间的 TIG 焊	230
7.31	如何进行纯铜的钨极氩-氮混合气体保护焊	232
7.32	如何进行铸造黄铜和青铜螺旋桨裂纹的 TIG 焊补焊	233
7.33	如何进行铸造黄铜和青铜螺旋桨裂纹的 SMAW 焊补焊	234
7.34	试述 B10 白铜厚板的焊接工艺	235
第 8 章	铝和铝合金焊接工艺	237
8.1	焊接铝及铝合金时对焊前和焊后清理有何要求	237
8.2	焊接铝及铝合金时对焊前预热和使用垫板有何要求	237
8.3	铝及铝合金焊接时如何选择焊丝和保护气体	238
8.4	试述铝及铝合金的 TIG 焊工艺要点	240
8.5	铝及铝合金 TIG 焊接时怎样选择焊接参数	242
8.6	试述铝及铝合金的单人双面同时 TIG 立焊焊接工艺要点及焊接参数选择	243
8.7	试述铝及铝合金的熔化极氩弧焊(MIG)焊接工艺要点	244
8.8	铝及铝合金 MIG 焊时怎样选择焊接参数	245
8.9	试述铝及铝合金的脉冲氩弧焊(PTIG、PMIG)焊接工艺要点	247
8.10	铝及铝合金脉冲氩弧焊时怎样选择焊接参数	247
8.11	如何进行纯铝中、厚板双丝 MIG 焊单面焊双面成形	248
8.12	试述铝及铝合金的等离子弧焊(PAW)焊接工艺要点	249
8.13	如何选择铝合金的等离子弧焊焊接参数	249
8.14	如何进行工业纯铝管的手工 TIG 焊	250
8.15	如何进行壁厚 6~8mm 纯铝容器的手工 TIG 焊	251
8.16	如何进行厚壁铝锰合金 3A21 的 TIG 焊	251
8.17	如何进行铝镁合金 5A06R(LF6R)薄壁筒体的自动 TIG 焊	252
8.18	如何进行铝镁合金 5083(LF4)和铝镁硅合金(LD30)的 TIG 焊	253
8.19	如何进行 6063(LD31)铝合金散热器的 TIG 焊	254
8.20	如何进行硬铝合金 2A12(LY12)的 TIG 焊	255
8.21	如何进行超硬铝合金 7A09(LC9)的 TIG 堆焊	255
8.22	如何进行 ZL101A 和 5A06(LF6)异种铝合金的 TIG 焊单面焊双面成形	256
8.23	如何进行 6063(LD31)铝合金母线管路的半自动 MIG 焊	256
8.24	如何进行铝合金管线的全位置自动 MIG 焊	257
8.25	如何进行铝合金 2A16(LY16)的 MIG 焊	258
8.26	如何进行厚壁纯铝容器的半自动 MIG 焊	260
8.27	如何进行装甲铝合金 2519-T87 的自动 MIG 焊	260
8.28	如何进行大截面铸铝母线的 MIG 焊	261

8.29	如何进行铝镁合金 5A05(LF5) 和硬铝 2A14(LD10) 中厚板的变极性等离子弧焊	263
8.30	如何进行 5A02(LF2) 铝镁合金薄板的 TIG 焊和激光焊	264
第 9 章 钛和钛合金的焊接工艺		267
9.1	钛及钛合金焊接时对坡口保护有何要求	267
9.2	如何鉴别钛及钛合金 TIG 焊的保护效果, 发现保护效果不佳时如何补救	268
9.3	如何选择钛及钛合金的焊接坡口	268
9.4	钛及钛合金焊接时如何选择焊丝	269
9.5	试述钛及钛合金手工 TIG 焊工艺要点	270
9.6	如何选择钛及钛合金手工 TIG 焊焊接参数	270
9.7	如何选择钛及钛合金自动 TIG 焊焊接参数	272
9.8	钛及钛合金热丝 TIG 焊有何特点, 试述其工艺要点	273
9.9	钛及钛合金 MIG 焊有何特点, 为什么钛及钛合金 MIG 焊要选用脉冲喷射过渡方式	273
9.10	如何进行钛合金厚板的 MIG 焊	274
9.11	试述钛及钛合金等离子弧焊(PAW) 的适用范围及工艺特点	275
9.12	如何选择钛及钛合金等离子弧焊焊接参数	275
9.13	试述钛及钛合金真空电子束焊工艺特点及焊接缺陷防止措施	277
9.14	如何进行钛及钛合金的焊后热处理	277
9.15	如何进行钛管的 TIG 焊	278
9.16	试述 TA2 降膜蒸发器的 TIG 焊工艺	279
9.17	试述 TC4 钛合金制高压球形气瓶的自动 TIG 焊工艺	280
9.18	如何进行 2×200MW 汽轮机凝汽器钛管与钛钢复合管板间的自动脉冲 TIG 焊	280
9.19	如何进行 TA1 钛管与 TA1+16Mn 钛钢复合管板间的 TIG 焊	281
9.20	如何进行 TA2 钛合金螺旋管的焊接	282
9.21	如何进行 TA2 钛合金换热器的 TIG 焊	282
9.22	如何进行磁力驱动器中 TC4(或 TC7) 钛隔离套的 TIG 焊	283
9.23	如何进行钛合金 TA2 薄板的微束等离子弧焊	285
9.24	如何进行 TC4 钛合金球形容器的等离子弧焊	286
9.25	如何进行汽提塔钛板衬里的等离子弧焊	287
第 10 章 镍及镍基合金的焊接工艺		289
10.1	试述镍及镍基合金的焊条电弧焊工艺	289
10.2	镍及镍基合金焊条电弧焊时如何选择焊条	290
10.3	镍及镍基合金 TIG 焊时如何选择焊丝和保护气体	291
10.4	试述镍及镍基合金 TIG 焊工艺要点	291
10.5	如何选择镍及镍基合金的 TIG 焊焊接参数	291
10.6	试述镍及镍基合金 MIG 焊工艺要点	293
10.7	如何选择镍及镍基合金的 MIG 焊焊接参数	294
10.8	试述镍及镍基合金 PAW 焊的适用范围和工艺要点	295
10.9	如何选择镍及镍基合金的 PAW 焊焊接参数	295
10.10	试述镍及镍基合金真空电子束焊的适用范围和焊接工艺举例	296

10.11	如何进行大截面纯镍棒的对接 TIG 焊	296
10.12	如何进行纯镍管-管板的 TIG 焊	297
10.13	如何进行铸造镍基合金厚壁炉筒的焊条电弧焊	297
10.14	试述 Monel 400 Ni-Cu 合金管道的 TIG + SMAW 焊工艺	298
10.15	如何进行 Inconel 625 Ni-Cr-Fe 合金的脉冲 MIG 焊	299
10.16	如何进行厚度为 12mm Incoloy 825 Ni-Fe-Cr 合金管的 TIG 焊	300
10.17	如何进行 Incoloy 800Ni-Fe-Cr 合金厚板的 SMAW 焊	301
10.18	如何进行 Hastelloy 合金管道的 TIG 焊	302
10.19	如何进行铁镍基高温合金 HP45NbTi 炉管的 TIG 焊	304
10.20	如何进行铁镍基高温合金 Incoloy 800HT 炉管的 TIG + SMAW 焊	305
10.21	如何进行镍基耐蚀合金 C-276 的 TIG + SMAW 焊	306
10.22	如何进行镍基高温合金 GH4169 的脉冲自动 TIG 焊	307
第 11 章 异种金属与复合钢的焊接工艺		310
第 1 节 异种钢焊接		310
11.1	异种钢焊接时如何对钢种进行合理分类	310
11.2	异种钢焊接时怎样按钢的金相组织进行焊接组合	311
11.3	异种钢焊接时选择焊接方法的基本原则有哪些	311
11.4	何谓异种钢(异种金属)焊接时的过渡层焊接法	311
11.5	异种低碳钢及低合金钢相焊时如何选择焊接材料	312
11.6	异种低碳钢及低合金钢相焊时如何选择预热温度和层温	312
11.7	异种低碳钢及低合金钢相焊时如何选择焊接热输入和焊后热处理规范	313
11.8	珠光体耐热钢与碳钢、低合金钢相焊时如何选择焊接材料	313
11.9	珠光体耐热钢与碳钢、低合金钢相焊时如何选择预热温度和层温	314
11.10	珠光体耐热钢与碳钢、低合金钢相焊时如何选择焊后热处理规范	314
11.11	异种高铬钢相焊时如何选择焊接材料	315
11.12	异种高铬钢相焊时如何选择预热温度、层温和焊后热处理规范	315
11.13	如何制订异种奥氏体耐酸不锈钢间的焊接工艺	315
11.14	如何制订异种奥氏体耐热不锈钢间和热强不锈钢间的焊接工艺	315
11.15	如何制订奥氏体耐热不锈钢和热强不锈钢间的焊接工艺	316
11.16	如何制订异种奥氏体耐酸不锈钢与热强不锈钢的焊接工艺	316
11.17	如何制订珠光体钢、珠光体耐热钢与高铬钢、高铬铁素体钢间的焊接工艺	316
11.18	珠光体钢与奥氏体钢相焊时如何选择焊接材料	317
11.19	如何制订珠光体钢与奥氏体钢相焊时的焊接工艺	318
11.20	如何制订高铬钢与奥氏体钢相焊时的焊接工艺	319
11.21	如何进行低碳钢 Q235 与高碳马氏体钢 35CrMo 间的焊接	320
11.22	如何进行厚壁铸造低合金结构钢 ZG40Cr 与低碳钢 Q235 间的埋弧焊	320
11.23	如何进行珠光体耐热钢 12Cr1MoV 与低碳钢 20g 的管-管间焊接	321
11.24	如何进行低合金高强度钢铸件 ZG28CrMnMo 与锻件 18MnMoNb 的焊接	322
11.25	如何进行大厚度 20MnMo 钢锻件与 07MnNiCrMoVR 钢的焊接	322