



# 异种金属 焊接技术指南

刘中青 刘凯 编著

机械工业出版社

TG 431.1-62  
76

# 异种金属焊接技术 指南

---

刘中青 刘凯 编著

21-106



机械工业出版社

本书是为了适应焊接技术飞速发展的需要，在科学实验及焊接生产实践的基础上，综合目前国内外有关异种金属焊接技术的最新研究成果和生产实例编著而成的。

本书共十章。主要内容有：异种金属的焊接原理、异种钢的焊接、异种有色金属的焊接、钢与有色金属的焊接、铁与其他金属的焊接、计算机在异种金属焊接中的应用、异种金属焊接采用的工业机器人、异种金属的焊接质量检验及异种金属的焊接安全生产技术。通过对异种金属焊接性的分析，阐明了异种金属焊接的焊接方法、焊接参数和焊接操作技术，并列出了大量典型产品的焊接实例，以供借鉴。

本书主要适用于焊工和焊接技师，以及从事异种金属焊接的工程技术人员阅读，也可供从事金属热加工专业、金属材料科学专业和机电类专业的技术人员及广大师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

异种金属焊接技术指南/刘中青，刘凯编著. —北京：  
机械工业出版社，1997.8

ISBN 7-111-05685-X

I. 异… I. ①刘…②刘… III. 异种金属焊接-技术手册 N. TG457.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10931 号

出版人：马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)

责任编辑：何月秋 版式设计：霍永明 责任校对：张 力

封面设计：赵京京 责任印制：路 琳

机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年12月第1版第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1/32</sup>·17.875印张·388千字

0 001-4 000册

定价：26.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

## 前 言

随着现代科学技术的飞速发展,焊接技术也在突飞猛进。据工业发达国家统计,每年需要进行焊接加工所用的钢材占钢总产量的45%左右。在建造各种工程结构中,不仅需要对同种金属进行焊接,也需要对异种金属进行焊接,异种金属焊接已成为工农业生产中不可缺少的一门高、新技术。异种金属的焊接种类之多,应用之广,不胜枚举。

异种金属的焊接构件,在不同温度和各种载荷作用下,具有优良的力学性能;在不同的介质中,具有耐腐蚀和耐浸蚀的性能;尤其在电场、磁场或放射线作用下,其物理、化学性能不起变化。同时,异种金属的焊接可节省大量的贵金属,降低成本,简化结构制造的工艺过程。在某些情况下,异种金属焊接的综合性能甚至超过单一金属结构性能。

目前,我国还缺乏适于广大焊工和焊接技师所用的普及性异种金属焊接书籍。本书就是为了满足各行各业从事异种金属焊接生产的广大焊接工作者(特别是焊工)熟悉和掌握异种金属焊接技术,解决焊接生产实际问题的需要而编写的。

全书由刘中青主编,刘凯协编;由沈阳鼓风机厂孙文哲研究员级高级工程师审稿。在编写此书的过程中,还曾得到吉林工业大学那学忠教授、沈阳工业大学顾玉熹教授、哈尔

滨焊接研究所王有志高级工程师等的指导与帮助，并得到沈阳锅炉厂、沈阳高中压阀门厂、沈阳金属研究所、金州重型机器厂、大连起重机厂、吉林化工机械厂、北京金属结构厂、长春轻工机械厂、中国第一汽车集团公司及其金杯客车制造公司等单位的大力支持，在此一并致谢。

异种金属的焊接是一项综合性的、极其复杂的技术，它涉及物理、化学、电子、冶金、材料、机械、计算机等多方面知识，由于我们水平所限，书中难免有错误和不足之处，望广大读者提出宝贵意见。

作者

# 目 录

## 前言

<b>第一章 异种金属的焊接原理</b> .....	1
第一节 异种金属的焊接性 .....	1
一、异种金属的焊接实质 .....	1
二、异种金属的焊接性分析 .....	5
第二节 异种金属焊接的困难 .....	7
一、异种金属的物理性能差异 .....	7
二、异种金属的化学性能差异 .....	8
三、异种金属焊接的主要困难 .....	10
四、异种金属焊接存在的问题 .....	11
第三节 异种金属接头的连接形式 .....	12
一、异种金属接头的直接连接 .....	12
二、异种金属接头的间接连接 .....	13
第四节 异种金属接头的焊接性 .....	15
一、异种金属接头组合的含义 .....	15
二、异种金属接头组合的熔焊焊接性 .....	15
三、异种金属接头组合的压焊焊接性 .....	20
第五节 异种金属的焊接方法 .....	28
一、异种金属的熔焊 .....	28

二、异种金属的压焊 .....	31
三、异种金属的钎焊 .....	35
复习思考题 .....	38
<b>第二章 异种钢的焊接</b> .....	<b>39</b>
第一节 异种钢焊接用钢种的分类及组合 .....	39
一、按金相组织分类 .....	40
二、按化学成分分类 .....	40
三、按用途分类 .....	41
四、按冶炼方法分类 .....	42
五、异种钢焊接的组合 .....	42
第二节 异种钢焊接用钢的成分及性能 .....	43
一、碳素结构钢 .....	43
二、优质碳素结构钢 .....	46
三、低合金结构钢 .....	49
四、优质合金结构钢 .....	50
五、焊接结构用耐候钢 .....	65
六、不锈钢 .....	68
第三节 碳素钢与低合金结构钢的焊接 .....	75
一、碳素钢与低合金结构钢的焊接性 .....	75
二、碳素钢与低合金结构钢的焊接方法 .....	79
三、碳素钢与低合金结构钢的焊接实例 .....	91
第四节 锅炉钢与低合金结构钢的焊接 .....	96
一、锅炉钢与低合金结构钢的焊接特点 .....	96
二、锅炉钢与低合金结构钢的焊接方法 .....	97
三、锅炉钢与低合金结构钢的焊接实例 .....	103
第五节 碳素钢与优质合金结构钢的焊接 .....	104
一、碳素钢与优质合金结构钢的焊接性 .....	104

二、碳素钢与优质合金结构钢焊接的困难 .....	106
三、防止产生淬硬组织及裂纹的措施 .....	106
四、碳素钢与优质合金结构钢的焊接方法 .....	111
五、碳素钢与优质合金结构钢的焊接实例 .....	111
第六节 异种合金钢的焊接 .....	121
一、异种合金钢的焊接性分析 .....	121
二、异种合金钢焊接存在的主要问题 .....	122
三、异种合金钢的焊接方法 .....	129
四、异种合金钢的焊接实例 .....	129
第七节 碳素钢与硬质合金的焊接 .....	136
一、碳素钢与硬质合金的焊接特点 .....	136
二、碳素钢与硬质合金的焊接方法 .....	140
三、碳素钢与硬质合金的焊接实例 .....	140
第八节 碳素钢与轴承钢的焊接 .....	146
一、碳素钢与轴承钢的焊接性 .....	146
二、碳素钢与轴承钢焊接存在的问题及防止措施 .....	148
三、碳素钢与轴承钢的焊接方法 .....	149
四、碳素钢与轴承钢的焊接实例 .....	149
第九节 碳素钢与铸钢的焊接 .....	153
一、碳素钢与铸钢的焊接性分析 .....	153
二、碳素钢与铸钢的焊接特点 .....	158
三、碳素钢与铸钢的焊接实例 .....	160
第十节 碳素钢与硅钢的焊接 .....	166
一、碳素钢与硅钢的焊接性 .....	166
二、碳素钢与硅钢焊接存在的问题 .....	168
三、碳素钢与硅钢的焊接实例 .....	169
第十一节 高速钢与弹簧钢的焊接 .....	171



一、高速钢与弹簧钢的特点 .....	172
二、高速钢与弹簧钢焊接存在的主要问题 .....	178
三、防止淬硬组织和裂纹的有效措施 .....	179
四、高速钢与弹簧钢的焊接实例 .....	182
第十二节 碳素钢与奥氏体不锈钢的焊接 .....	186
一、碳素钢与奥氏体不锈钢的焊接性 .....	186
二、碳素钢与奥氏体不锈钢的焊接工艺 .....	194
三、碳素钢与奥氏体不锈钢的焊接实例 .....	196
第十三节 碳素钢与马氏体不锈钢的焊接 .....	205
一、碳素钢与马氏体不锈钢焊接的主要问题 .....	205
二、焊接接头冷裂和脆化的防止措施 .....	206
三、碳素钢与马氏体不锈钢的焊接实例 .....	209
第十四节 碳素钢与铁素体不锈钢的焊接 .....	212
一、碳素钢与铁素体不锈钢的焊接性 .....	212
二、碳素钢与铁素体不锈钢的焊接工艺 .....	213
三、碳素钢与铁素体不锈钢的焊接实例 .....	216
第十五节 低合金结构钢与不锈钢的焊接 .....	219
一、低合金结构钢与不锈钢的焊接性分析 .....	219
二、低合金结构钢与不锈钢的焊接方法 .....	220
三、低合金结构钢与不锈钢的焊接实例 .....	228
第十六节 异种不锈钢的焊接 .....	233
一、异种不锈钢的焊接特点 .....	233
二、异种不锈钢的焊条电弧焊 .....	234
三、异种不锈钢的氩弧焊 .....	237
四、异种不锈钢的电阻焊 .....	241
五、异种不锈钢的焊接实例 .....	245
第十七节 复合钢板的焊接 .....	246

一、复合材料的特殊性能 .....	246
二、奥氏体系复合钢板的焊接性 .....	248
三、铁素体系复合钢板的焊接性 .....	251
四、复合钢板的焊接程序 .....	253
五、复合钢板的焊接方法 .....	254
六、复合钢板的焊接实例 .....	260
复习思考题 .....	262
<b>第三章 异种有色金属的焊接</b> .....	<b>269</b>
<b>第一节 铜与铝的焊接</b> .....	<b>269</b>
一、铜与铝的特性 .....	269
二、铜与铝的焊接性分析 .....	271
三、铜与铝的焊接方法 .....	273
四、铜与铝的焊接实例 .....	278
<b>第二节 铜与镍的焊接</b> .....	<b>282</b>
一、镍及镍合金的特殊性能 .....	282
二、铜与镍的焊接性 .....	282
三、焊接铜与镍的有效措施 .....	284
四、铜与镍的焊接实例 .....	285
<b>第三节 铜与钛的焊接</b> .....	<b>289</b>
一、钛及钛合金的特性 .....	289
二、铜与钛焊接的主要问题 .....	289
三、铜与钛或钛合金的焊接实例 .....	291
<b>第四节 铜与钼的焊接</b> .....	<b>293</b>
一、钼的特殊性能 .....	293
二、铜与钼焊接的主要问题 .....	293
三、铜与钼的焊接实例 .....	294
<b>第五节 铜与钨的焊接</b> .....	<b>296</b>

一、钨的特殊性能 .....	296
二、铜与钨焊接的主要问题 .....	296
三、焊接铜与钨的措施 .....	298
四、铜与钨的焊接实例 .....	298
第六节 铝与钛的焊接 .....	299
一、铝与钛的焊接特点 .....	299
二、铝与钛的焊接方法 .....	301
三、铝与钛的焊接实例 .....	302
第七节 铌与钛的焊接 .....	303
一、铌与钛的焊接特点 .....	303
二、铌与钛的焊接方法 .....	304
三、铌与钛的焊接实例 .....	304
第八节 锆与钛的焊接 .....	306
一、锆与钛的焊接性分析 .....	306
二、锆与钛的焊接实例 .....	307
第九节 锆与铌的焊接 .....	308
一、锆与铌的特性 .....	308
二、锆与铌的焊接性 .....	309
三、锆与铌的焊接实例 .....	310
第十节 钼与钨的焊接 .....	312
一、钼与钨的焊接特点 .....	312
二、钼与钨的焊接操作过程 .....	312
三、钼与钨的焊接实例 .....	313
第十一节 银与铂的焊接 .....	314
一、银与铂的特性 .....	314
二、银与铂的焊接特点 .....	316
三、银与铂的焊接实例 .....	316

复习思考题	318
<b>第四章 钢与有色金属的焊接</b>	<b>320</b>
<b>第一节 钢与铜的焊接</b>	<b>320</b>
一、钢与铜的焊接性分析	320
二、钢与铜焊接的主要问题	321
三、钢与铜的焊接工艺	323
四、碳素钢与铜的焊接实例	324
五、不锈钢与铜的焊接实例	329
<b>第二节 钢与铝的焊接</b>	<b>332</b>
一、钢与铝的焊接特点	332
二、钢与铝焊接的主要问题	333
三、钢与铝的焊接方法	334
四、钢与铝的焊接实例	338
<b>第三节 钢与镍的焊接</b>	<b>340</b>
一、钢与镍焊接的缺陷及防止措施	340
二、碳素钢与镍的焊接工艺特点	342
三、不锈钢与镍的焊接实例	344
<b>第四节 钢与钛的焊接</b>	<b>346</b>
一、钢与钛焊接的主要问题	346
二、钢与钛的焊接方法	347
三、钢与钛的焊接实例	349
<b>第五节 钢与锆的焊接</b>	<b>352</b>
一、锆的主要性能	352
二、钢与锆的焊接性分析	353
三、钢与锆的焊接方法	354
四、钢与锆的焊接实例	357
<b>第六节 钢与铍的焊接</b>	<b>359</b>

一、铍的主要性能 .....	359
二、钢与铍焊接的主要问题 .....	359
三、钢与铍的焊接实例 .....	360
第七节 钢与钼的焊接 .....	361
一、钢与钼焊接的主要问题 .....	361
二、钢与钼的焊接实例 .....	362
第八节 钢与铅的焊接 .....	364
一、铅的主要性能 .....	364
二、钢与铅的焊接特点 .....	365
三、钢与铅的焊接实例 .....	366
第九节 钢与铌的焊接 .....	368
一、钢与铌的焊接性 .....	368
二、钢与铌的焊接实例 .....	368
第十节 钢与钨的焊接 .....	369
一、钢与钨焊接的主要问题 .....	369
二、钢与钨焊接的措施 .....	370
三、钢与钨的焊接实例 .....	370
复习思考题 .....	371
<b>第五章 铁与其他金属的焊接 .....</b>	<b>375</b>
第一节 铁的种类及性能 .....	375
一、铁的种类 .....	375
二、铁的性能 .....	375
三、铁碳合金的基本组织 .....	379
第二节 纯铁与铜的焊接 .....	382
一、纯铁与铜的焊接特点 .....	382
二、纯铁与铜的焊接方法 .....	383
三、纯铁与铜的焊接实例 .....	383

第三节 铸铁与铜的焊接	386
一、铸铁的性能	386
二、铸铁与铜的焊接性	387
三、铸铁与铜的焊接措施	388
四、铸铁与铜的焊接实例	389
第四节 铸铁与钢的焊接性	391
一、铸铁与钢的焊接接头出现白口组织	391
二、铸铁与钢的焊接接头容易产生裂纹	392
三、铸铁与钢的异质焊缝形成气孔	395
四、铸铁与钢焊接接头的机械加工性能差	396
第五节 灰铸铁与碳素钢的焊接	396
一、灰铸铁与碳素钢的焊接特点	396
二、灰铸铁与碳素钢的电弧热焊	398
三、灰铸铁与碳素钢的电弧冷焊	399
四、灰铸铁与碳素钢的焊接实例	403
第六节 可锻铸铁与碳素钢的焊接	406
一、可锻铸铁与碳素钢的焊接特点	406
二、可锻铸铁与碳素钢的电弧热焊和冷焊	408
三、可锻铸铁与碳素钢的焊接实例	409
第七节 球墨铸铁与碳素钢的焊接	411
一、球墨铸铁与碳素钢的焊接性	411
二、球墨铸铁与碳素钢的电弧冷焊	412
三、球墨铸铁与碳素钢的焊接实例	413
第八节 铸铁与不锈钢的焊接	415
一、铸铁与不锈钢焊接存在的问题	415
二、铸铁与不锈钢的焊接技术	415
复习思考题	417

<b>第六章 堆焊</b> .....	420
<b>第一节 堆焊焊缝</b> .....	420
一、堆焊的概念及意义 .....	420
二、堆焊的焊缝形状 .....	421
<b>第二节 堆焊填充材料的选择</b> .....	422
<b>第三节 堆焊焊接工艺要点</b> .....	425
一、清理母材金属 .....	425
二、母材金属的预热 .....	425
三、确定堆焊焊接参数 .....	427
四、堆焊后的处理 .....	430
<b>第四节 堆焊的工艺方法</b> .....	430
一、堆焊的种类 .....	430
二、CO <sub>2</sub> 气体保护堆焊 .....	431
三、串联电弧堆焊 .....	431
四、等离子弧堆焊 .....	432
<b>第五节 堆焊实例</b> .....	434
一、阀座焊条电弧堆焊 .....	434
二、25 钢 CO <sub>2</sub> 气体保护堆焊 .....	436
三、45 钢埋弧堆焊 .....	436
四、粉末等离子弧堆焊 .....	436
<b>复习思考题</b> .....	439
<b>第七章 计算机在异种金属焊接中的应用</b> .....	440
<b>第一节 计算机的结构组成</b> .....	440
一、计算机的基本概念 .....	440
二、计算机的主要结构 .....	442
三、计算机的系统构成 .....	444
<b>第二节 计算机的工作过程</b> .....	446

一、算盘计算的步骤 .....	446
二、计算机运算的过程 .....	446
三、计算机的常用术语 .....	447
四、计算机解决焊接生产问题的过程 .....	448
第三节 计算机在异种金属焊接参数采集中的应用 .....	449
一、计算机采集异种金属焊接参数 .....	449
二、异种金属焊接参数监测系统的特点 .....	450
三、计算机控制焊接参数监测系统的过程 .....	450
第四节 计算机在异种金属焊接过程控制中的应用 .....	451
一、异种金属焊接实现微机闭环控制 .....	451
二、异种金属焊接实现微机开环控制 .....	452
第五节 计算机在异种金属焊接质量控制中的应用 .....	452
一、微机控制焊接质量的基本过程 .....	452
二、微机电阻焊控制器的组成 .....	453
三、微机电阻焊控制器的特点 .....	453
复习思考题 .....	454
<b>第八章 异种金属焊接采用的工业机器人 .....</b>	<b>455</b>
第一节 工业机器人及其发展 .....	455
一、工业机器人的概念 .....	455
二、工业机器人的发展 .....	456
三、工业机器人的基本结构 .....	457
第二节 异种金属焊接采用的电阻焊机器人 .....	459
一、电阻点焊机器人的结构组成 .....	459
二、电阻点焊机器人的技术指标 .....	461
三、电阻点焊机器人的应用实例 .....	463
第三节 异种金属焊接采用的弧焊机器人 .....	465
一、弧焊机器人的结构组成 .....	465



二、弧焊机器人的选用 .....	466
三、弧焊机器人的操作 .....	466
复习思考题 .....	468
<b>第九章 异种金属的焊接质量检验 .....</b>	<b>469</b>
第一节 异种金属焊接质量检验的重要性 .....	469
一、异种金属焊接质量检验的内容 .....	469
二、异种金属焊接质量检验的作用 .....	470
第二节 异种金属焊接质量检验的特点 .....	471
一、异种金属焊接质量检验的方法 .....	471
二、异种金属焊接质量检验的原则 .....	474
第三节 异种金属的焊接缺陷及防止措施 .....	475
一、异种金属焊接缺陷的种类 .....	475
二、异种金属焊接缺陷产生的原因及防止措施 .....	478
第四节 异种金属焊接接头的塑性检验 .....	484
一、异种金属焊接接头塑性检验的原理 .....	484
二、异种金属焊接接头塑性检验的方法 .....	484
三、异种金属焊接接头塑性检验的结果 .....	485
第五节 异种金属焊接接头的失效检验 .....	486
一、异种金属焊接接头失效检验的原理 .....	486
二、异种金属焊接接头失效检验的方法 .....	487
三、异种金属焊接接头失效检验的结果 .....	488
第六节 异种金属焊接接头的耐蚀性检验 .....	489
一、异种金属焊接接头耐蚀性检验的特点 .....	489
二、异种金属焊接接头耐蚀性检验的方法 .....	489
第七节 异种金属焊接接头的金相组织检验 .....	491
一、异种金属焊接接头的宏观检验 .....	491
二、异种金属焊接接头的显微检验 .....	491