

21世纪全国高职高专机电一体化专业通用教材

焊工工艺

郭新照 主编



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

焊工工艺

山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工工艺 / 郭新照主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2017.7

高职一体化通用教材

ISBN 978-7-5331-8943-3

I. ①焊… II. ①郭… III. ①焊接工艺 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 139368 号

焊工工艺

郭新照 主编

主管单位: 山东出版传媒股份有限公司

出 版 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发 行 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印 刷 者: 山东金坐标印务有限公司

地址: 莱芜市嬴牟西大街28号

邮编: 271100 电话: (0634)6276023

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印张: 19

字数: 486 千

印数: 1~2000

版次: 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-8943-3

定价: 32.00 元

前言

为了进一步贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的文件精神，加强职业教育教材建设，满足职业院校深化教学改革对教材建设的要求，满足广大青年学习技术、掌握技能，我们组织编写了这套浅显易懂、图文并茂的培训教材。

本教材以职业活动为导向，采用项目化模式、学习内容与工作内容用任务一体化的方式编辑。本教材以国家中、高级焊工等级标准中的内容为主要标准，介绍了焊接从业者应掌握的基本知识和基本技能。教材共有 10 个项目：焊接技术概论、气焊与气割、弧焊电源、焊条电弧焊、金属熔化焊过程、焊接应力与变形、埋弧焊、气体保护电弧焊、常用金属材料的焊接、其他焊接、切割方法与技术等内容。本教材的特色是着重焊接工艺知识与基本操作技术的有机结合，以培养读者在实践中分析和解决问题的能力。

本教材由东营市技师学院、东营市中等专业学校焊接专业教师编写，郭新照任主编，负责整体设计、资源整合与组织协调，孙明越、汪兴科任副主编，项目一、项目三由郭新照编写，项目二由汪兴科编写，项目四由徐秀环编写，项目五由孙明越编写，项目六由刘治强编写，项目七由胡玉文编写，项目八由牛迅编写，项目九由樊静编写，项目十由周洁编写，全书由郭新照统稿，由齐顺亭、王荣三主审。

本教材适合作为高职高专焊接专业的教材，也可作为中职中专学校相关专业学生的教材和学习参考书。

本教材在编写过程中，参阅了许多相关教材和资料，得到了学院领导的大力支持，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在疏漏及不妥，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 焊接技术概论	1
任务 1 焊接实质及分类	2
任务 2 焊接技术发展史	6
任务 3 焊接安全及防护	8
任务 4 焊接劳动保护	12
思考与练习	17
项目二 气焊与气割	18
任务 1 认识气焊、气割用材料	19
任务 2 气焊、气割用设备	22
任务 3 气焊、气割用工具	25
任务 4 气割的原理及参数选择	33
任务 5 手工气割操作技术	36
任务 6 气焊火焰及焊接参数选择	42
任务 7 气焊操作技术	47
思考与练习	51
项目三 弧焊电源	52
任务 1 焊接电弧	53
任务 2 常用弧焊电源	58
任务 3 焊条电弧焊其他设备及工具的使用	64
思考与练习	67



项目四 焊条电弧焊	68
任务1 焊条电弧焊的原理及特点	69
任务2 焊条的组成及作用	72
任务3 焊条的分类	77
任务4 焊条的型号及牌号	80
任务5 焊接接头类型	90
任务6 焊缝形式及形状尺寸	98
任务7 认识焊接符号	103
任务8 焊接及相关工艺方法代号	110
任务9 认识焊接结构装配图	112
任务10 焊接工艺参数影响及选用	116
思考与练习	123
项目五 金属熔化焊过程	124
任务1 焊条、焊丝的加热及熔化	125
任务2 熔滴的过渡	126
任务3 焊接过程中对焊接区金属的保护	130
任务4 有害元素对焊缝金属的作用	132
任务5 焊缝金属的一次结晶	138
任务6 焊缝金属的二次结晶	141
任务7 熔合区的组织性能和焊接热循环	142
任务8 分析焊接热影响区的组织和性能	143
任务9 控制和改善焊接接头性能	145
思考与练习	147
项目六 焊接应力与变形	148
任务1 焊接应力与变形的形成	149
任务2 预防焊接残余变形的设计和工艺措施	153
任务3 焊接残余应力的控制方法	163
思考与练习	172

项目七 埋弧焊	173
任务1 埋弧焊过程	174
任务2 埋弧焊的自动调节	177
任务3 埋弧焊机的分类	178
任务4 埋弧焊焊剂与焊丝的选配	181
任务5 埋弧焊焊接参数的选择	186
任务6 埋弧焊工艺技术	189
思考与练习	191
项目八 气体保护电弧焊	192
任务1 认识气体保护电弧焊	193
任务2 CO ₂ 气体保护电弧焊	195
任务3 CO ₂ 气体保护焊的焊接材料及设备	201
任务4 CO ₂ 气体保护电弧焊的焊接参数	205
任务5 钨极氩弧焊	207
任务6 熔化极氩弧焊	213
任务7 脉冲氩弧焊	214
思考与练习	216
项目九 常用金属材料的焊接	217
任务1 认识焊接性	218
任务2 低碳钢的焊接	222
任务3 中碳钢的焊接	225
任务4 高碳钢的焊接	228
任务5 低合金高强度结构钢的焊接	230
任务6 珠光体耐热钢的焊接	235
任务7 低温钢的焊接	239
任务8 不锈钢的焊接	242
任务9 不锈复合钢的焊接	250
任务10 铸铁的焊接	255



任务 11 铝及铝合金的焊接	260
任务 12 铜及铜合金的焊接	265
思考与练习	271
项目十 其他焊接、切割方法与技术	272
任务 1 等离子弧	273
任务 2 等离子弧切割	275
任务 3 等离子弧焊接	278
任务 4 认识电阻焊	280
任务 5 钎焊的应用	283
任务 6 电渣焊的应用	286
任务 7 碳弧气刨的特点及应用	289
任务 8 焊接机器人	291
思考与练习	294
参考文献	295

项目一

焊接技术概论

任务1 焊接实质及分类

任务2 焊接技术发展史

任务3 焊接安全及防护

任务4 焊接劳动保护

学习目标

- ◆掌握焊接的实质及分类
- ◆掌握焊接技术的特点
- ◆了解国内外焊接技术发展与应用
- ◆掌握焊接过程中的有害因素
- ◆掌握焊接时防止触电、火灾、烟尘、辐射等的安全操作技术
- ◆能够认识焊接劳动保护用品, 并会正确使用劳动保护用品



任务1 焊接实质及分类

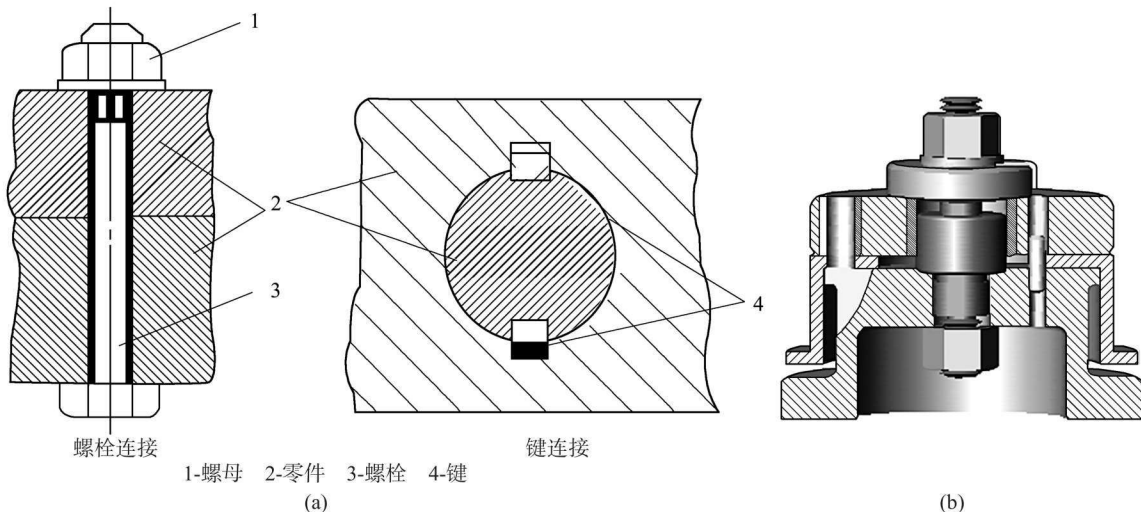


图1-1 电弧焊接

在现代工业中，金属是不可缺少的重要材料。高速行驶的火车、汽车，以及船舶、压力容器乃至宇宙航行工具等，都离不开金属材料。这些工业产品在制造过程中，需要把各种各样加工好的零件按设计要求连接起来。焊接就是将这些零件连接起来的一种加工方法，如图 1-1 所示。

基础知识

在金属结构和机器的制造中，经常需要用一定的连接方式将两个或两个以上的零件按一定形式和位置连接起来。金属连接方式可分为两大类：一类是可拆卸连接，如图 1-2 (a) 和 1-2 (b) 所示，即不必毁坏零件（连接件、被连接件）就可以拆卸，如螺栓连接、键和销连接等。另一类是永久性连接，如图 1-3 (a) 和 1-3 (b) 所示，也称不可拆卸连接，其拆卸只有在毁坏零件后才能实现，如铆接、焊接和粘接等。



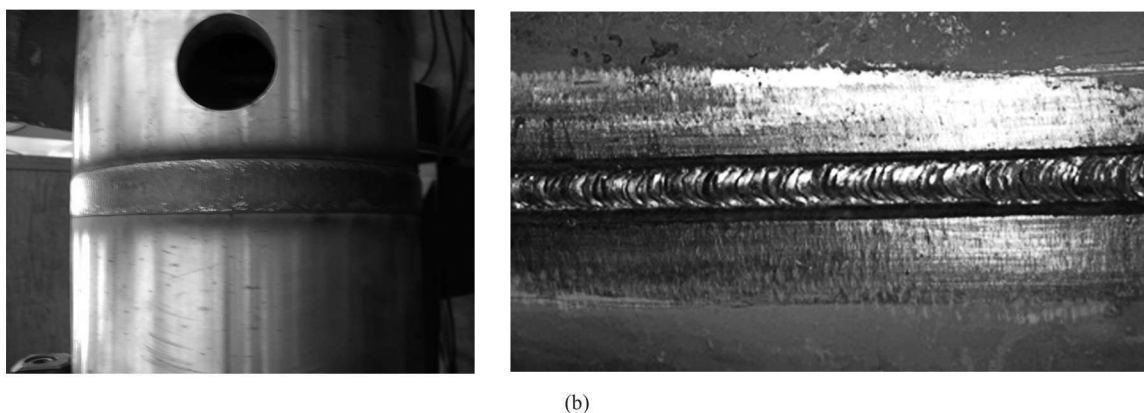
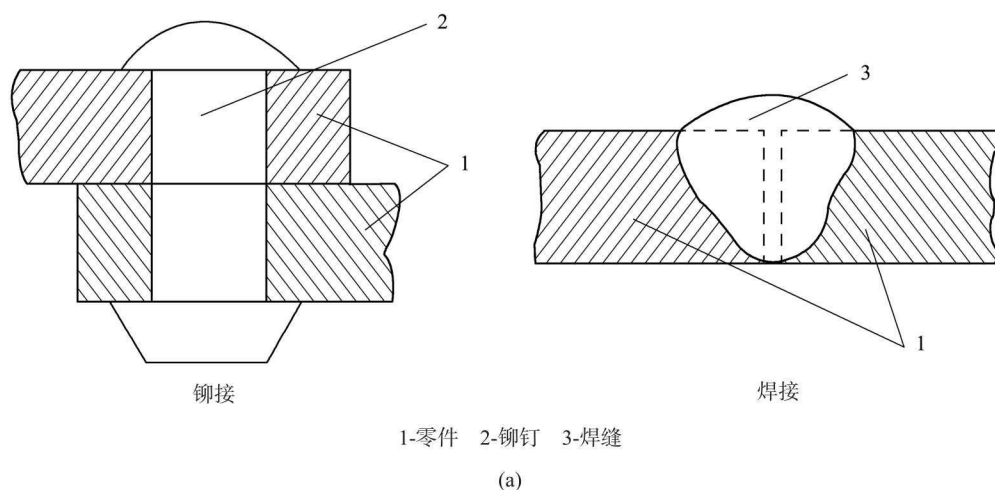


图1-3 永久性连接

任务实施

一、焊接的定义

焊接就是通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件达到结合的一种加工工艺方法。

由此可见，焊接最本质的特点就是通过焊接使焊件达到结合，从而将原来分开的物体形成永久性连接的整体。要使两部分金属材料达到永久连接的目的，就必须使分离的金属相互非常接近，使之产生足够大的结合力，才能形成牢固的接头。这对液体来说是很容易的，而对固体来说则比较困难，需要外部给予很大的能量，如电能、化学能、机械能、光能、超声波能等，这就是金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的原因。



二、焊接方法的分类

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熔焊、压焊和钎焊三类，如图 1-4 所示。

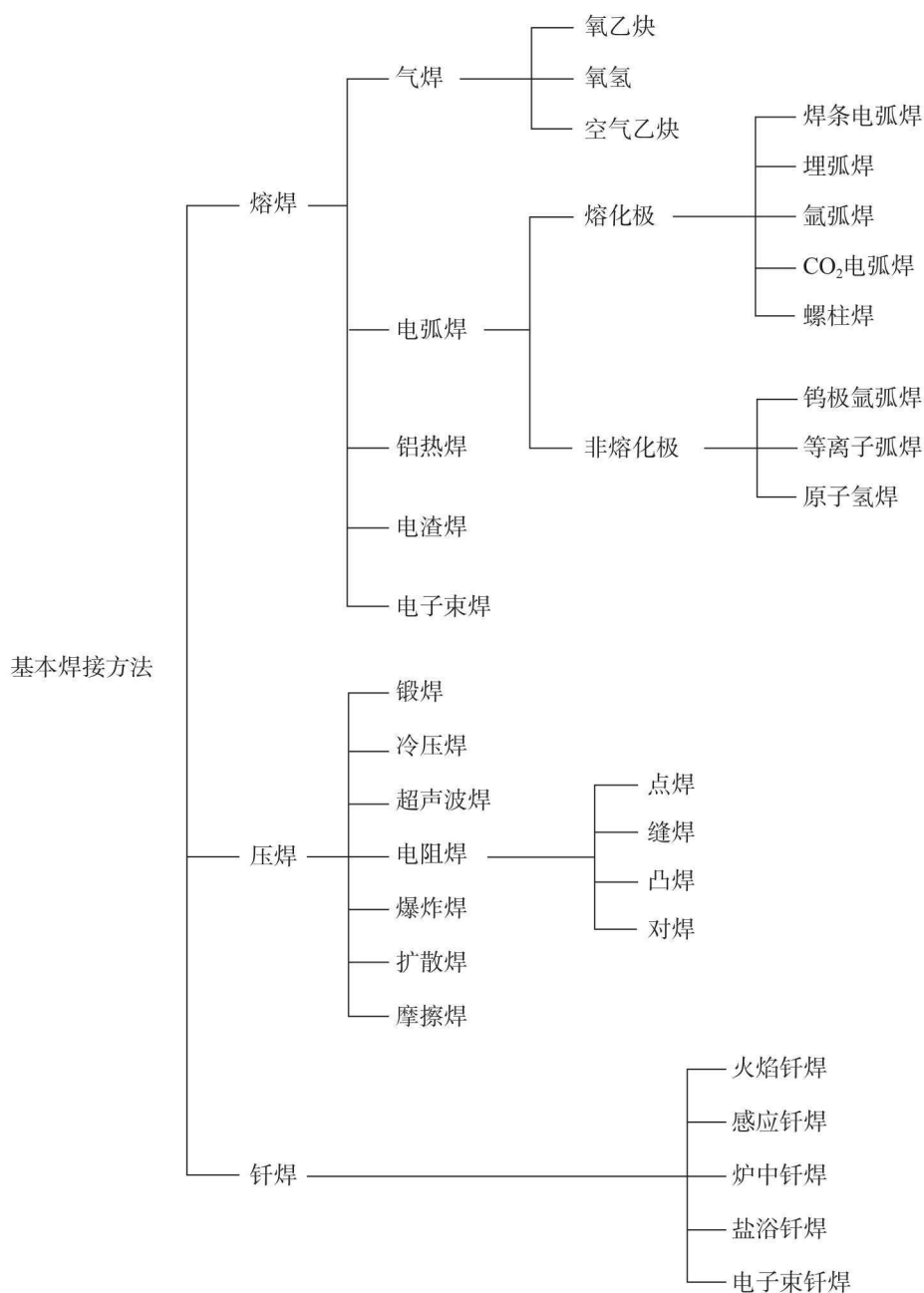


图1-4 焊接方法的分类

熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压力完成焊接的方法，如图 1-5 所示。目前熔焊应用最广，常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等属于熔焊。

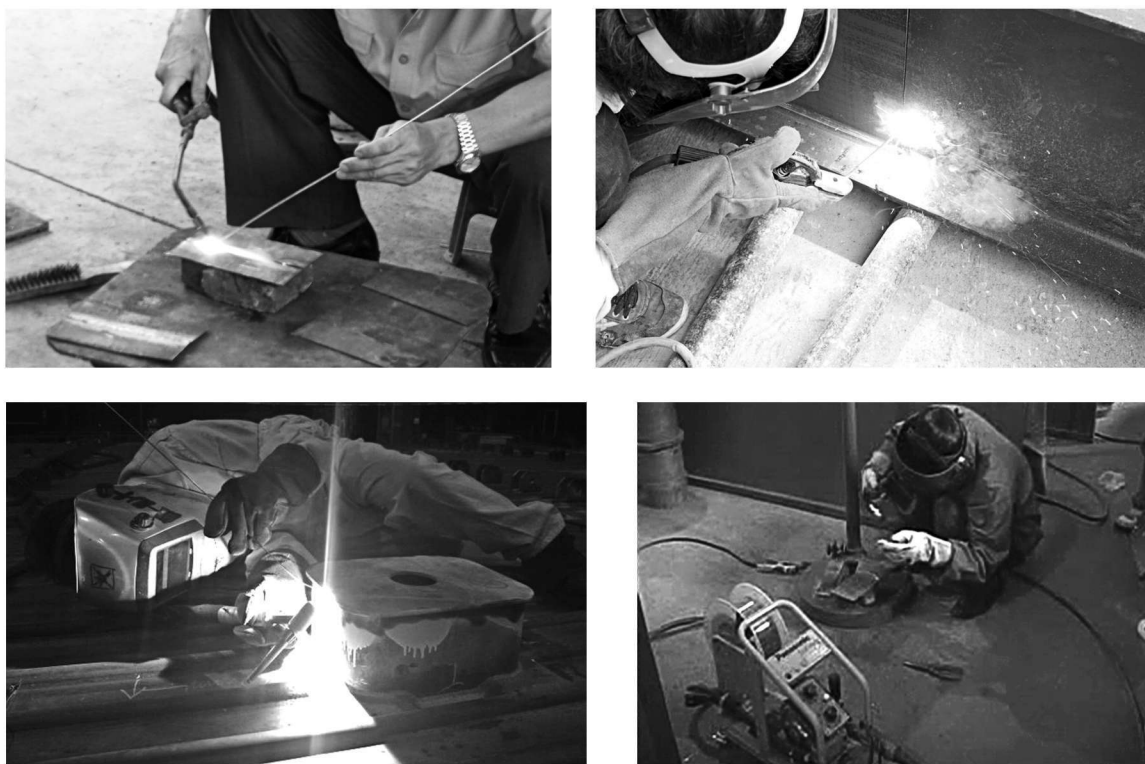


图1-5 熔焊

压焊是在焊接过程中，必须对焊件施加压力（加热或不加热），以完成焊接的方法，如图 1-6 所示。如电阻焊、摩擦焊、气压焊、冷压焊、爆炸焊等属于压焊。

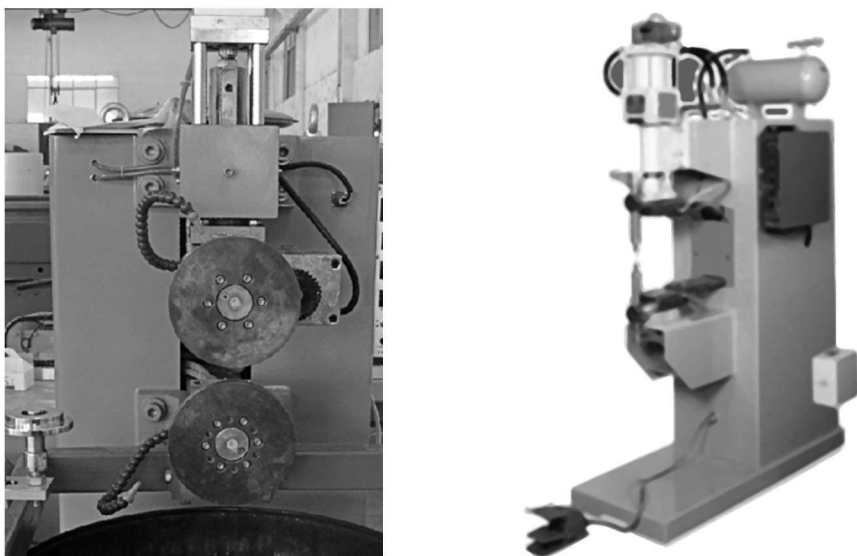


图1-6 压焊



钎焊是采用比母材熔点低的钎料作填充材料,焊接时将焊件和钎料加热到高于钎料熔点,低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件的方法,如图 1-7 所示。常见的钎焊方法有火焰钎焊、烙铁钎焊等。

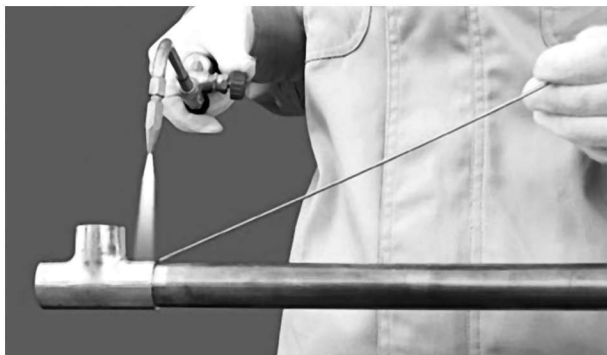


图1-7 钎焊

拓展提高

焊接技术的特点

焊接与铆接、铸造相比,可以节省大量金属材料,减轻结构的重量,成本较低;简化加工与装配工序,工序较简单,生产周期较短,劳动生产率高;焊接接头不仅强度高,而且其他性能(如耐热性能、耐腐蚀性能、密封性能)都能与焊件材料相匹配,焊接质量高;劳动强度低,劳动条件好等优点。

焊接的主要缺点是产生焊接应力与变形,焊接中存在一定数量的缺陷,产生有毒有害的物质等。

目前世界各国年平均生产的焊接结构用钢已占钢产量的 45% 左右,所以,焊接是目前应用极为广泛的一种永久性连接方法。

任务2 焊接技术发展史

基础知识

焊接技术是随着金属的应用而出现的,在中国古代就应用了焊接技术,如商朝制造的铁

刃铜钺就是铁与铜的铸焊件，其表面铜与铁的熔合线蜿蜒曲折，接合良好。春秋战国时期曾侯乙墓中的建鼓铜座上有许多盘龙，是分段钎焊连接而成的。

近代焊接技术是从 1885 年出现碳弧焊开始，直到 20 世纪 40 年代才形成较完整的焊接工艺体系，特别是 40 年代初期出现了优质电焊条后，焊接技术得到了一次飞跃。现在世界上已有 50 余种焊接工艺方法应用于生产中。焊接方法的发展简史见表 1-1。

表 1-1 焊接方法的发展简史

焊接方法	发明年代	发明国家	焊接方法	发明年代	发明国家
碳弧焊	1885	苏联	冷压焊	1948	英国
电阻焊	1886	美国	高频电阻焊	1951	美国
金属极电弧焊	1892	苏联	电渣焊	1951	苏联
热剂焊	1895	德国	CO ₂ 气体保护电弧焊	1953	美国
氧乙炔焊	1901	法国	超声波焊	1956	美国
金属喷镀	1909	瑞士	电子束焊	1956	法国
原子氢焊	1927	美国	摩擦焊	1957	苏联
高频感应焊	1928	美国	等离子弧焊	1957	美国
惰性气体保护电弧焊	1930	美国	爆炸焊	1963	美国
埋弧焊	1935	美国	激光焊	1965	美国

拓展提高

一、焊接技术的新发展

随着工业和科学技术的发展，焊接技术也在不断进步，焊接已从单一的加工工艺发展成为综合性的先进工艺技术。焊接技术的新发展主要体现在以下几个方面：

1. 提高焊接生产率，进行高效化焊接

焊条电弧焊中的铁粉焊条、重力焊条和躺焊条工艺；埋弧焊中的多丝焊、热丝焊、窄间隙焊接；气体保护电弧焊中的气电立焊、热丝 MAG 焊、TIME 焊等，是常用的高效化焊接方法。

2. 提高焊接过程自动化、智能化水平

国外焊接过程机械化、自动化已达很高程度，而我国手工焊接所占比例却很大。按焊丝与焊接材料的比来计算机械化、自动化比例，1999 年日本为 80%，西欧为 74%，美国为



71%，2000 年我国为 23%。焊接机器人的应用是提高焊接过程自动化水平的有效途径，应用焊接专家系统、神经网络系统等都能提高焊接过程智能化水平。

3. 研究开发新的焊接热源

焊接工艺几乎运用了世界上一切可以利用的热源，如火焰、电弧、电阻、激光、电子束等。但新的更好的更有效的焊接热源研发一直在进行，例如采用两种热源的叠加，以获得更强的能量密度，如等离子束加激光、电弧中加激光等。

任务3 焊接安全及防护

焊工在焊接时要与电、可燃及易爆的气体、易燃液体、压力容器等接触，焊接时会产生一些因素，如有害气体、金属蒸气、烟尘、电弧辐射、高频磁场、噪声和射线等，有时还要在高处、水下、容器设备内部等特殊环境作业。所以，焊接生产中存在一些危险因素，如触电、灼伤、火灾、爆炸、中毒、窒息等，因此必须重视焊接安全生产。

国家有关标准明确规定，金属焊接（气割）作业是特种作业，焊工是特种作业人员。特种作业人员，须进行培训并经考试合格后，方可上岗作业。

基础知识

一、焊接过程中的有害因素

1. 电对人体的危害。
2. 焊接烟尘与气体的危害。
3. 弧光辐射的危害。
4. 噪声的危害。
5. 热源的危害。

二、焊接劳动保护

所谓劳动保护，是指为保障职工在生产劳动过程中的安全和健康所采取的措施。

任务实施

一、预防触电的安全技术

1. 焊工要熟悉和掌握有关电的基础知识,以及预防触电和触电后的急救方法等知识,严格遵守有关部门规定的安全措施,防止触电事故发生。
2. 遇到焊工触电时,切不可赤手去拉触电者,应先迅速将电源切断。如果切断电源后触电者呈昏迷状态,应立即对其施行人工呼吸,直至送到医院为止。
3. 在光线昏暗的场地或容器内操作或夜间工作时,使用的工作照明灯的安全电压应不大于 36 V,高空作业或特别潮湿的场所,其安全电压不超过 12 V。
4. 焊工的工作服、手套、绝缘鞋等应保持干燥。
5. 在潮湿的场地工作时,应用干燥的木板或橡胶板等绝缘物作垫板。
6. 焊工在拉、合电源开关或接触带电物体时,必须单手进行。

二、预防火灾和爆炸的安全技术

1. 焊接前要认真检查工作场地周围是否有易燃易爆物品(如棉纱、油漆、汽油、煤油、木屑等),如有易燃易爆物品,应将这些物品移至距离焊接工地 10 m 以外。
2. 在焊接作业时,应注意防止金属火花飞溅而引起火灾。
3. 严禁设备带压时焊接或切割,带压设备一定要先解除压力(卸压),并且焊割前必须打开所有孔盖。未卸压的设备严禁操作,常压而密闭的设备也不许进行焊接或切割。
4. 凡被化学物质或油脂污染的设备都应清洗后再进行焊接或切割。如果是易燃、易爆或者有毒的污染物,更应彻底清洗,经有关部门检查,并填写动火证后,才能进行焊接或切割。
5. 在进入容器内工作时,焊接或切割工具应随焊工同时进出,严禁将焊接或切割工具放在容器内而焊工擅自离去,以防混合气体燃烧和爆炸。
6. 焊条头及焊后的焊件不能随意乱扔,要妥善管理,更不能扔在易燃、易爆物品的附近,以免发生火灾。
7. 离开施焊现场时,应关闭气源、电源,将火种熄灭。

三、预防有害气体和烟尘中毒的安全技术

1. 焊接场地应有良好的通风。焊接区的通风(包括机械通风和自然通风)是排出烟尘和有毒气体的有效措施。