

机电工业考评技师复习丛书

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

电 焊 工

机械工业出版社

3

本书简明、系统地介绍了焊接结构生产工艺流程及焊接金属学方面的基础知识。全书共分十四章，主要内容包括：焊接冶金及焊接金属学基础、焊接电弧、手工电弧焊技术、焊条、弧焊设备、各种常用焊接方法与切割、焊接应力及变形、焊接接头静载强度及破坏、常用金属材料的焊接和焊接检验及其焊工考试规则等。每章末附有复习题，且书末还附有复习题答案选摘。

本书供参加考评技师的焊工复习使用，也可供技师考评工作人员参考。

本书由哈尔滨锅炉厂技工学校杨桂宾编写，由山海关桥梁厂技工学校宋承德审稿。

电 焊 工

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

责任编辑：俞逢英 责任校对：刘志文
封面设计：方 芬 版式设计：罗文莉
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 8 · 字数173千字

1990年5月北京第一版·1990年5月北京第一次印刷

印数 00,001—12,400 定价：4.40 元

ISBN 7-111-01912-1/TG·483

编审委员会名单

主 任	郭洪泽
副主任	董无岸 刘葵香 雷柏青(常务)、 杨惠永(常务)
委 员	和念之 陈 东 杨明 张昭海 程新国 胡家振 胡小华

前 言

技师聘任制是在高级技术工人中实行技术职务的一项重要政策。对鼓励工人钻研业务，不断提高技术素质，稳定工人队伍，发挥高级技术工人的作用，适应经济建设需要，具有十分重要的意义。

目前，全国机电行业正在贯彻落实机电工业部和劳动人事部有关文件的精神，积极开展技师职称考评工作。为了配合这项工作的开展，我们组织编写了《机电工业 考评技师复习丛书》。

《丛书》共20种，是依据部颁《工人技术等级标准（通用部分）》有关工种的“应知”要求，参考原国家机械工业委员会人事劳动司审定的《机械工业考评工人技师复习题例》和统编《机械工人技术理论培训教材》编写的。在内容安排上，《丛书》和《题例》配套，围绕《题例》中涉及到的重点问题，结合企业高级工、技师岗位生产（工作）实际，用《培训教材》中的有关内容，从理论上加以阐述，融《题例》和《培训教材》于一体。这是本套《丛书》最大的特点。

《丛书》内容精炼，除了供参加考评技师的工人复习、自测使用外，也可供各级技师考评组织在命题和评定成绩时参考，还可作为高级工和技师日常工作中的参考书。

对《丛书》的不足之处，欢迎提出宝贵意见，以便再版时修订。

机电工业考评技师复习丛书编审委员会

1989年4月

目 录

前 言

第一章 焊接及焊接结构生产工艺1

§ 1.1 焊接的实质与焊接技术的发展概况1

§ 1.2 焊接结构生产工艺流程3

§ 1.3 焊接结构生产工艺的合理性及工艺规程9

复习题15

第二章 焊接电弧17

§ 2.1 焊接电弧的产生17

§ 2.2 焊接电弧的构造及静特性19

§ 2.3 焊接电弧的极性及电弧偏吹21

§ 2.4 电弧焊的熔滴过渡22

复习题24

第三章 手工电弧焊技术26

§ 3.1 焊接接头及焊缝代号26

§ 3.2 引弧和运条方法38

§ 3.3 焊缝的起头、收尾及连接41

§ 3.4 焊接工艺参数43

§ 3.5 各种位置的焊接方法46

§ 3.6 管子的焊接51

§ 3.7 焊接定额的计算55

§ 3.8 手工电弧焊安全技术58

复习题61

第四章 电焊条63

§ 4.1 焊条的组成及作用63

§ 4.2 焊条的分类及型号67

§ 4.3 焊条的选用及保管73

复习题75

第五章 焊接冶金及焊接金属学基础	77
§ 5.1 焊接冶金基础知识	77
§ 5.2 焊接结晶及焊接接头的显微组织	85
§ 5.3 焊缝中的气孔	90
§ 5.4 焊接裂纹	93
复习题	96
第六章 手工电弧焊电源	98
§ 6.1 对手工电弧焊电源的要求	98
§ 6.2 直流弧焊发电机	100
§ 6.3 交流焊机	102
§ 6.4 焊接整流器	104
§ 6.5 手弧焊机的安装使用及维护检修	105
复习题	111
第七章 埋弧自动焊	112
§ 7.1 埋弧自动焊的电弧调节过程	112
§ 7.2 埋弧焊的焊接材料	113
§ 7.3 埋弧自动焊工艺	118
复习题	123
第八章 电渣焊	124
§ 8.1 电渣焊热过程及冶金过程特点	124
§ 8.2 电渣焊焊接材料	125
§ 8.3 电渣焊设备	126
§ 8.4 电渣焊工艺	127
复习题	132
第九章 气体保护电弧焊	133
§ 9.1 气体保护电弧焊概述	133
§ 9.2 二氧化碳气体保护焊	134
§ 9.3 氩弧焊	142
复习题	149
第十章 其它焊接及切割方法	151
§ 10.1 等离子弧焊接与切割	151
§ 10.2 电阻焊	154

§ 10.3	碳弧气刨	155
§ 10.4	重力焊	159
复习题		160
第十一章	焊接应力及变形	161
§ 11.1	焊接应力及变形的概念	161
§ 11.2	焊接应力及变形的产生原因与影响因素	162
§ 11.3	焊接应力及变形的防止与消除	163
§ 11.4	典型结构件的焊接	168
复习题		175
第十二章	焊接接头静载强度及破坏	176
§ 12.1	焊接接头静载强度计算	176
§ 12.2	焊接结构的脆性断裂	188
§ 12.3	焊接结构的疲劳断裂	192
复习题		197
第十三章	常用金属材料的焊接	198
§ 13.1	焊接性及其试验方法	198
§ 13.2	碳素钢的焊接	201
§ 13.3	普通低合金结构钢的焊接	204
§ 13.4	不锈钢的焊接	209
§ 13.5	铸钢及铸铁的补焊	213
§ 13.6	铝、钛、铜及其合金的焊接	217
§ 13.7	堆焊	221
§ 13.8	异种金属的焊接	223
复习题		228
第十四章	焊接检验及焊工考试规则	230
§ 14.1	常见的焊接缺陷	230
§ 14.2	焊接质量检验	232
§ 14.3	焊接缺陷的返修及补焊	236
§ 14.4	焊工考试	237
复习题		240
复习题答案选摘		242

第一章 焊接及焊接结构生产工艺

§ 1.1 焊接的实质与焊接技术的发展概况

焊接是一种重要的金属加工工艺，在航空、航天、原子能、化工、造船、海洋工程、电子、建筑、交通运输、电力、机械制造等工业部门得到了广泛的应用。焊接与铆接、铸造相比，具有节省金属材料、减轻结构重量、简化加工与装配工序、接头的密封性好、强度高及经济效益好，并能改善劳动条件等一系列优点。但焊接结构往往会产生较大的焊接应力及变形，且在焊接接头上会出现较大的组织和性能的不均匀性，为此，在焊接结构的生产和使用中应给予足够的重视。

所谓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，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

焊接的分类方法很多，若按焊接过程中金属所处的状态不同，可把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三大类，每一类中又包括许多焊接方法。

熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态而不加压力完成焊接的方法。如气焊，电弧焊等。

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。如电阻焊、超声波焊。

钎焊是在焊接过程中，采用比母材熔点低的金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点但低于母材熔点的

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。

目前世界上有60%左右的钢材要经过各种形式的焊接加工后才能投入使用，利用焊接方法还可以联接其它一些同种或异种的金属、合金及非金属材料。

近代焊接技术在近百年的历史中得到了飞速发展。1882年出现碳弧焊，但电弧焊方法真正应用于工业生产还是从1930年出现药皮焊条以后才逐渐开始的。40年代后期，由于埋弧焊和电阻焊的应用，使焊接过程的机械化和自动化成为现实。50年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊，60年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到了一个新的水平。随着工业和科学技术的发展，各种特殊性能（如难熔、高强度、耐高温、热敏感性）的金属、合金的焊接，异种金属的焊接以及精密复杂结构件的焊接等的广泛采用，对焊接工艺和焊接设备提出了越来越高的要求，现有的焊接方法不断地被改进和完善，新的焊接工艺方法及设备不断地出现，特别是电子计算机在焊接领域的应用，使焊接技术达到一个新的发展阶段，以满足焊接的高质量、高效率、低消耗、低污染的要求。

1. 电子计算机在焊接生产中的应用

（1）数控电弧焊 将电弧焊过程的基本操作和辅助操作程序，根据产品加工要求（图样），把有关尺寸、工艺要求等转化为计算机数控系统能够处理的数字指令——编程，由计算机进行控制。数控电弧焊改变了焊接生产自动化发展缓慢的局面，使生产率提高，焊接质量可靠，并减轻了繁重的劳动和对人身有害的影响。

（2）数控电弧焊机 随着数控技术的不断发展，使数

控电弧焊机也得到很快发展，点位控制数控电弧焊机、轮廓控制数控电弧焊机等目前已应用于焊接生产，不但可控制运动的轨迹，还可以控制焊机的动作程序及不同位置上的电弧参数。国内研究的这类焊机，可控制焊机动作程序的动作步骤及焊接工艺参数。

(3) 弧焊机器人(机器人电弧焊机) 弧焊机器人是工业机器人技术的一个应用方面。目前国内虽然处于实验研究阶段，但已开始工业应用试验。它模拟人手的动作，按一定程序自动进行生产过程操作，使工人摆脱了手工操作。

2. 微机在焊接领域的应用

(1) 独立的微机处理系统 它具有如下功能：①焊接成本估算；②工件预热计算；③焊缝尺寸测量；④焊接工艺参数的存贮；⑤数控磁带制备；⑥参考资料贮存。

(2) 微机控制系统 它具有如下控制功能：①温度控制；②焊接电源控制；③焊接系统控制；④焊接过程及工艺参数的监控；⑤焊接过程控制。

§ 1.2 焊接结构生产工艺流程

焊接结构是指用各种焊接方法联接而成的金属结构。虽然焊接结构式样繁多，但其生产工艺流程大致相同，如图1-1所示。

钢材复验→钢材矫正→放样划线→下料切割
→成形加工→部件装焊→分段装焊→总体装焊
→变形矫正→除锈油漆→结构验收→提交使用

图1-1 焊接结构生产工艺流程图

焊接是焊接结构生产中的重要工序，在焊接工作以前的工序统称为备料，它包括钢材复验、钢材矫正、放样划线、

切割加工和成形加工等五道工序。

一、钢材复验

焊接结构使用的材料主要是钢板与型钢。为了确保产品质量，在使用前应对每一批钢材进行必要的化学成分、机械性能及焊接性复验，以符合规定的质量要求。复验的项目和数量按有关产品的技术要求标准进行，如果复验不合格，可对不合格项目取双倍的试样再次进行检验，如仍不合格，则该批钢材应作不合格处理。

二、钢材矫正

钢材在轧制、运输或堆放过程中往往会产生各种变形，特别是薄钢板及截面小的型钢，更容易产生变形。这些变形的存在会影响到以后各道工序的正常进行，降低后续加工的精度和质量，甚至导致最终无法装配焊接。所以对于变形量较大的钢材，可以根据金属塑性变形的原理，通过机械矫正或加热矫正法，使变形得到合理的矫正。

机械矫正法的应用比较普遍，常用的矫正设备有滚板机、型钢矫正机、钢管矫直机、撑直机等。滚板机适用于钢板的矫平，见图 1-2。变形的板材经过两排辊轮的滚动而达到矫平的目的。矫正的质量取决于辊筒的数量和钢

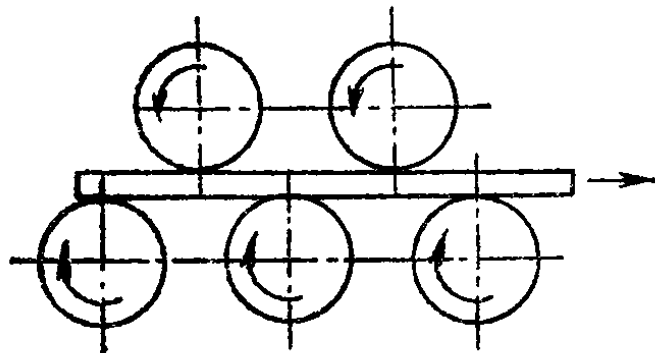


图1-2 钢板矫平示意图

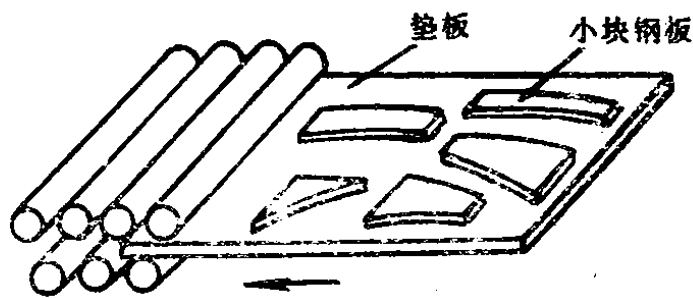


图1-3 小块钢板辊矫

板的厚度。辊筒越多，矫正的质量越高。钢板越厚越容易矫平。扁钢和小块钢板可放在较厚的衬垫钢板上一同进行辊矫，见图1-3。薄钢板的矫平可参照扁钢和小块钢板的方式，也可将数块薄板叠在一起进行辊矫。型钢矫正机专用于角钢、槽钢、工字钢等型材的矫正，其作用原理与滚板机相同，仅是辊筒有着与被矫正型钢轮廓相适应的辊型，矫正槽钢和角钢所用的辊筒辊型，见图1-4。钢管矫直机专用于钢管和圆钢的矫直。撑直机用于矫直或弯曲型钢。

加热矫正有全部加热矫正和局部加热矫正两种形式。全部加热矫正是把钢材的变形区域，全部加热至 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间，使钢材变软，再用机械矫正，主要用于刚度较大的钢材。局部加热矫正是对变形区域进行局部加热，从而产生不均匀的热胀冷缩现象，来矫正原有的变形。角钢弯曲的局部加热矫正如图1-5所示。

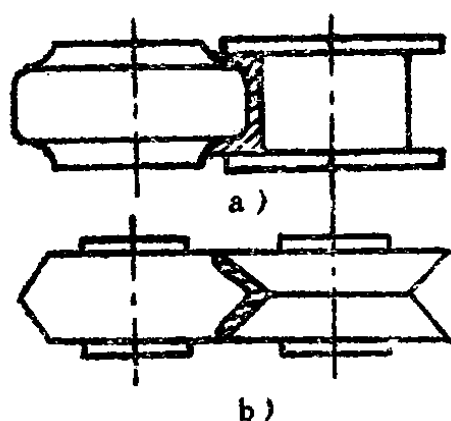


图1-4 型钢矫正机的辊型
a) 槽钢辊筒辊型 b) 角钢辊筒辊型

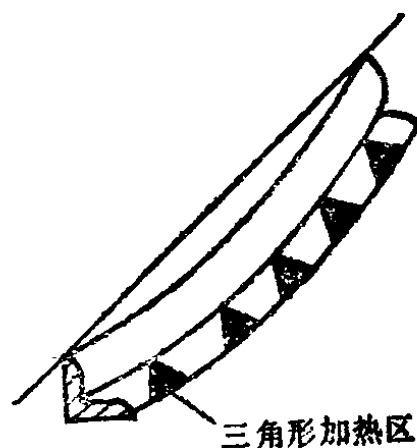


图1-5 角钢弯曲的局部加热矫正方法

三、放样、划线

1. 放样 放样是将图样上结构的形状和尺寸展开成平面的形状和尺寸，以1:1的比例在放样台上画出其平面形

状，制成样板，供划线使用。

2. 划线 划线是将构件的展开平面形状与尺寸画到钢材上，并标注加工符号。批量生产时可以利用样板进行划线，单件生产时可以在钢材上直接放样，再划线。

四、切割加工

切割加工包括下料切割和边缘加工两部分。

1. 下料切割 把钢材切割成所需外形的坯料或零件称为下料切割，其方法有剪切、气割、锯割、冲裁、等离子弧切割和砂轮切割机切割等。其中剪切和气割应用较多。剪切主要用于厚度不超过20mm的平直钢板，它具有经济效益高、切口光洁等一系列优点。气割是利用可燃气体与氧气混合燃烧的预热火焰，将被切割金属加热到燃点，然后喷射切割氧，使割缝处的金属激烈燃烧，同时放出大量的反应热，并吹除燃烧后产生的金属氧化物，而把金属分割开来的方法。气割与剪切相比，不仅能切割直线形构件，还能切割几何形状复杂的曲线形构件，切割厚度大，设备简单，能切割空间任意位置的零件。但切割薄板及直线形工件的生产率和经济性不如剪切。气割按操作控制方法的不同，分手工气割、半自动气割、靠模自动气割、光电跟踪气割、数控气割等多种形式。对于不锈钢和有色金属等不能用氧气切割的材料，可采用等离子弧切割。

2. 边缘加工

边缘加工是利用切割、磨削或机械加工等方法，对工件进行

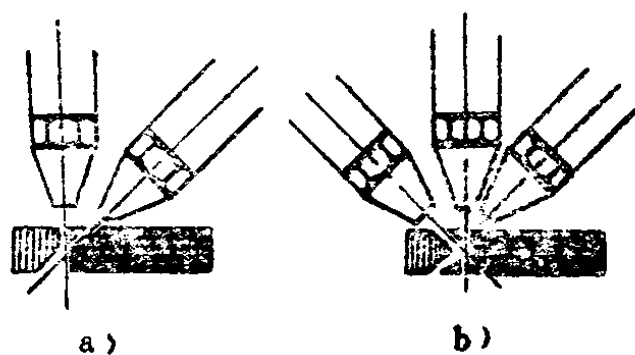


图1-6 坡口气割加工示意图
a) V形坡口加工 b) X形坡口加工

边缘（包括坡口）加工，使边缘得到所需的形状、尺寸、精度和粗糙度。边缘加工的目的有如下两点：①除去剪切边缘的冷作硬化层，修整气割边缘、达到一定的设计和工艺要求；②为焊接和装配作好边缘准备。

气割法在钢板下料切割的同时，还可进行坡口加工，如图1-6所示。

五、成形加工

对于有不同角度或曲面要求的零件或构件，选择折边、弯曲、压制等方法，使钢材产生塑性变形，以达到所需的形状，这个工序称为成形加工。在常温下进行的成形加工称为冷成形。如果构件变形或刚性较大，则需把钢材加热到 $800\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 高温才能进行成形加工，即为热成形。

1. 折边 即把工作件折个角度。折边加工可在专用的折边机或液压机上进行。

2. 弯曲 弯曲包括弯板（卷板）、弯管和型钢的弯制等。

（1）弯板 将钢板弯制成圆柱或圆锥形筒体，常用的设备是三辊卷板机。其原理与钢板矫平相同，但作用相反，见图1-7。通过调整辊轴的相对位置，能弯制不同半径的圆形构件。

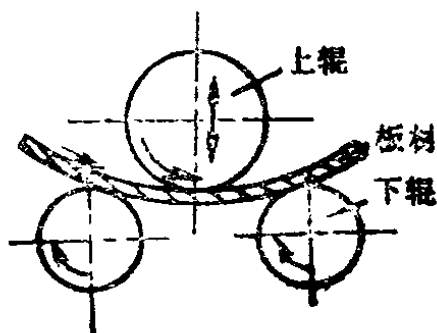


图1-7 三辊卷板机工作原理示意图

卷板按卷制的温度不同可以分为冷卷、热卷和温卷三种情况。

1) 冷卷 在常温下进行的卷制，适用于薄板和中厚板等刚度较小的情况。冷卷在操作上比较方便，曲率容易控制，而且经济。但对较厚的板料要求设备功率大，并易产生

冷作硬化现象，卷制时板材有回弹现象。

2) 热卷 指在温度不低于 700°C 时进行的卷制，常用于厚板。热卷可以克服冷卷的不足之处，但热卷也有其缺点，即板材被加热到高温，表面会产生严重的氧化皮；高温状态下劳动条件差，操作有一定的困难；板材壁厚有轧薄现象；工件表面氧化皮脱落到工件和辊筒之间，易使内外表面卷制后出现严重的麻点和凹坑等表面缺陷。

3) 温卷 指在 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 进行的卷制。它可以克服冷卷及热卷的不足之处。

(2) 弯管 将管子弯制成一定的平面角度或空间角度，通常在弯管机上进行。根据弯制时管子的温度不同，可分为冷弯和热弯两种，其中冷弯应用较多。冷弯又可分为有芯冷弯和无芯冷弯两种。有芯冷弯可以防止或减少弯头内侧形成皱折，并能减小管子弯头处的椭圆度。

(3) 型钢弯曲 将工字钢、槽钢、角钢、扁钢或圆钢弯曲成所需的形状。常用设备是卷板机和专门的型钢弯曲机。

3. 压制成形 压制成形是以金属板材为坯料，利用在压力机上的冲压模具，使板料变形，得到一定形状的设备零件的加工方法。在板材较厚，刚度较大时要采取加热措施。压制成形常用于筒体封头、瓦片筒节等的制造。

封头的压制成形见图1-8，首先将坯料加热到预定的温度后，把它放在下模上，并与下模对中，下模是一个圆环。然后开动水压机，使上模与坯料钢板

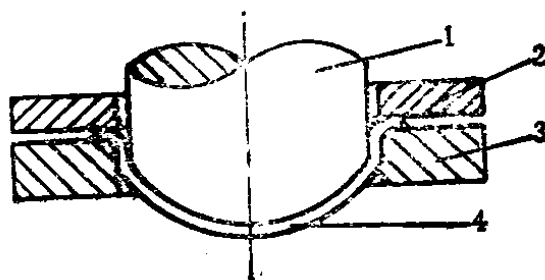


图1-8 封头压制

1—上模 2—压边圈
3—下模 4—坯料

平面接触，再加压，由于上模的形状与封头的形状相一致，随着上模的下压，坯料就包在上模表面，通过下模后即成形。

六、装配焊接

装配是根据图样、有关工艺文件和技术条件的规定，将零件（或部件）用焊接定位或其它连接方式组装到一起的工序。焊接结构的装配定位方法主要是支承、夹紧和定位焊。

1) 支承 通常采用装配平台、垫铁、马板、千斤顶和推撑器等。

2) 夹紧 可以采用挡铁（配合楔铁）、马板、拉紧器和通用及专用的焊接压夹装置。

3) 定位焊（又称点固焊） 它是为组装和固定焊件上的接缝位置而进行的焊接。在大多数情况下，这种焊缝将成为正式焊缝的一部分，因此对定位焊缝的质量要求，与正式焊缝完全相同。

装配工序的基本要求是，不应使构件在装配定位后发生移动、倾斜和扭转；保证装配的正确性及结构符合图样尺寸；同时还必须满足焊接工艺的要求。通常装配是焊接的前一道工序，如果装配工艺不正确，会使结构达不到技术要求，同时对焊接质量也会产生不利的影响。

§ 1.3 焊接结构生产工艺的合理性及工艺规程

合理的焊接结构生产工艺，可以实现优质高产。焊接生产的合理性不仅决定于焊接工艺、设备及材料等方面的因素，而且还要考虑到在整个焊接生产过程中与之相关的许多其它重要环节的影响。

为提高产品质量和生产率，一方面需要采用先进的装焊

工具、胎架和合理的焊接工艺方法；另一方面各道工序要严格遵守操作规则，并保证生产环境的安全与卫生，做到文明生产，安全生产。

焊接结构的生產必須嚴格遵守有關的焊接工藝規程。焊接工藝規程是焊接生產中最主要的和最根本的指導性技術文件，通常包括焊接工藝評定報告、焊接工藝守則和焊接工藝細則卡等項內容。它是焊接生產獲得優質高產的保證，任何人都必須嚴格執行，不能隨意更改。但是，隨著產品設計的改進，對產品質量和數量要求的提高，新材料、新工藝、新技術、新設備的採用，焊接工藝規程也需要不斷地修改和完善的。

一、編制焊接工藝規程的原則

在一定的生產環境和生產規模下所編的工藝規程，必須保證在既經濟又安全的前提下，滿足設計圖樣技術條件的要求，並為不斷地提高產品質量創造條件。焊接工藝規程的編制應遵循下列原則：

- 1) 技術上的先進性 尽可能地選用先進、優質和高效的焊接工藝方法。
- 2) 經濟上的合理性 尽可能地選用省時、省力和節電的方法，在保證質量和生產率的條件下，力求降低成本。
- 3) 現實可行性 從本廠的實際條件出發，充分發揮現有設備的潛力。
- 4) 良好的勞動條件 確保生產環境的安全與衛生，尽可能地採用機械化和自動化方法，並採用較先進的工裝，以降低工人的勞動強度。

二、編制焊接工藝規程的依據

編制焊接工藝規程的依據如下：