

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

焊工技能训练

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

任萱 米国强 主编



“工学结合”新理念
“校企合作”新模式



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

焊工技能训练

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会 组编

机电专业委员会

任 萱 米国强 主编



机械工业出版社

本教材是为适应“工学结合、校企合作”培养模式的要求,根据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的中等职业教育教学计划大纲编写的。本教材主要内容包括:焊条电弧焊、气割和气焊、埋弧焊、CO₂气体保护焊和手工钨极氩弧焊、其他焊接技能训练及钳工、冷作工基本技能训练等,为使学能自如地参加焊工鉴定考核,取证上岗,书中还编写了综合技能训练。另外本书又配置了每分课题小结、部分操作实例、评分标准供读者参考。

本套教材公共课、专业基础课、专业课、技能课、企业生产实践配套,教学计划大纲、教材、电子教案(或课件)齐全,大部分教材还有配套的习题集和解答。

本教材可供中等职业技术学校、技工学校、职业高中使用。

图书在版编目(CIP)数据

焊工技能训练/任萱,米国强主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 7

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 24521 - 6

I. 焊… II. ①任…②米… III. 焊接 - 专业学校 - 教材
IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 096277 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:荆宏智 侯宪国

责任编辑:俞逢英 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:马精明 责任印制:邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 378 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 24521 - 6

定价:24.00 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

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材 编审委员会

主 任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 周学奎 何阳春 林爱平 李长江
 李晓庆 徐 彤 刘大力 张跃英 董桂桥

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王沪均	王德意	方院生
付志达	许炳鑫	杜德胜	李 涛	杨柳青 (常务)	
杨耀双	何秉戌	谷希成	张 莉	张正明	周庆礼
孟广斌	赵杰士	郝晶卉	荆宏智 (常务)	姜方辉	
贾恒旦	奚 蒙	徐卫东	章振周	梁文侠	喻勋良
曾燕燕	蒙俊健	戴成增			

策划组 荆宏智 徐 彤 何月秋 王英杰

焊工技能训练编审人员

主 编 任 萱 米国强

编 者 任 萱 米国强 樊建兵 周生环

主 审 张跃英

序

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，落实文件中提出的中等职业学校实行“工学结合、校企合作”的新教学模式，满足中等职业学校、技工学校和职业高中技能型人才培养的要求，更好地适应企业的需要，为振兴装备制造业提供服务，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会共同聘请有关行业专家制定了中等职业学校6个专业10个工种新的教学计划大纲，并据此组织编写了这6个专业的“十一五”规划教材。

这套新模式的教材共近70个品种。为体现行业领先的策略，编出特色，扩大本套教材的影响，方便教师和学生使用，并逐步形成品牌效应，我们在进行了充分调研后，才会同行业专家制定了这6个专业的教学计划，提出了教材的编写思路和要求。共有22个省（市、自治区）的近40所学校的专家参加了教学计划大纲的制定和教材的编写工作。

本套教材的编写贯彻了“以学生为根本，以就业为导向，以标准为尺度，以技能为核心”的理念，“实用、够用、好用”的原则。本套教材具有以下特色：

1. 教学计划大纲、教材、电子教案（或课件）齐全，大部分教材还有配套的习题集和习题解答。

2. 从公共基础课、专业基础课，到专业课、技能课全面规划，配套进行编写。

3. 按“工学结合、校企合作”的新教学模式重新制定了教学计划大纲，在专业技能课教材的编写时也进行了充分考虑，还编写了第三学年使用的《企业生产实习指导》。

4. 为满足不同地区、不同模式的教学需求，本套教材的部分科目采用了“任务驱动”形式和传统编写方式分别进行编写，以方便大家选择使用；考虑到不同学校对软件的不同要求，对于《模具CAD/CAM》课程，我们选用三种常用软件各编写了一本教材，以供大家选择使用。

5. 贯彻了“实用、够用、好用”的原则，突出“实用”，满足“够用”，一切为了“好用”。教材每单元中均有教学目标、本章小结、复习思考题或技能练习题，对内容不做过高的难度要求，关键是使学生学到干活的真本领。

本套教材的编写工作得到了许多学校领导的重视和大力支持，以及各位老师的热烈响应，许多学校对教学计划大纲提出了很多建设性的意见和建议，并主动推荐教学骨干承担教材的编写任务，为编好教材提供了良好的技术保证，在此对各个学校的支持表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在某些缺点或不足，敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

前 言

本教材是根据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合颁发的《焊工技能训练》教学大纲，并结合中等职业学校现行培养目标编写而成的，是一部以培养实践操作能力为主的教材。

在教材的编写过程中我们坚持以学生就业为导向，以企业用人标准为依据，在专业知识的安排上摒弃“繁、难、偏、旧”的理论知识，坚持“够用、实用”的原则，同时进一步加强技能训练的力度，针对每一技能训练课题，详细介绍了相应的操作姿势、操作步骤及注意事项。在关键的操作要领上配有实际操作图片（照片）和大量的立体插图，使学生能够轻松自如地学习。

本教材的任务是使学生掌握中级焊工应具备的操作技能、技巧。主要用于培养从事焊接操作和气割作业、进行金属构件的焊接或切割成形的中级技术工人，也可以作为一线焊工的参考用书。

本书由任莹、米国强任主编，由张跃英任主审。其中课题一、三由任莹编写；课题二、五、七由米国强编写；课题四由樊建兵编写；课题六由周生环编写。全书由任莹、米国强修改和统稿。

本书广泛吸取了国内众多专家学者的论著和宝贵经验，其中操作图片（照片）由山西省电力建设四公司焊接培训中心提供，在此谨表谢意。由于成书时间仓促，编者水平有限，本书难免存在种种不足和缺点，恳请得到大家的批评指正。

编 者

目 录

序

前言

课题一 焊条电弧焊技能训练	1	训练二 钢管的气焊	91
分课题一 焊前准备	1	技能训练思考题	95
分课题二 平敷焊	9	课题三 埋弧焊技能训练	96
分课题三 平角焊	15	分课题一 焊前准备	96
训练一 板材的平角焊	16	分课题二 平敷焊	101
训练二 板材的船形焊	20	分课题三 I形坡口的对接平焊	104
分课题四 立角焊	21	分课题四 中厚板 V形坡口的对接平焊	107
分课题五 板对接平焊	24	分课题五 厚板 UV形组合坡口的对接平焊	108
训练一 I形坡口的对接平焊	24	技能训练思考题	111
训练二 V形坡口的对接双面平焊	27	课题四 气体保护焊技能训练	112
训练三 V形坡口的对接平焊单面焊双面成形	30	分课题一 CO ₂ 气体保护焊	112
分课题六 板对接立焊	35	训练一 焊前准备	112
分课题七 板对接横焊	39	训练二 平敷焊	115
训练一 板对接横双面焊	39	训练三 V形坡口的对接平焊	118
训练二 板对接横焊单面焊双面成形	42	训练四 V形坡口的对接立焊	121
分课题八 板对接仰焊	46	训练五 V形坡口的对接横焊	123
分课题九 仰角焊	49	训练六 V形坡口的对接仰焊	126
分课题十 固定管的对接焊	52	训练七 T形接头的角焊	127
训练一 小径管对接水平固定全位置焊	52	训练八 中径管对接垂直固定焊	131
训练二 中径管对接垂直固定焊	57	训练九 插入式管板水平固定全位置焊	133
分课题十一 插入式管板焊接	61	分课题二 手工钨极氩弧焊	135
训练一 管板垂直固定平焊	62	训练一 焊前准备	135
训练二 管板水平固定全位置焊	65	训练二 薄板的对接平焊	139
分课题十二 碳弧气刨的刨削	70	训练三 薄板的对接立焊	142
分课题十三 综合训练	75	训练四 薄板的对接横焊	145
技能训练思考题	78	训练五 小径管对接垂直固定焊	147
课题二 气割、气焊技能训练	80	训练六 小径管对接水平固定全位置焊	151
分课题一 气割	80	训练七 中径管对接水平固定氩弧焊打底、焊条电弧焊填充盖面组合焊	153
训练一 厚板的直线气割	80	分课题三 综合训练	158
训练二 法兰的气割	83	技能训练思考题	161
训练三 坡口的气割	84	课题五 其他焊接技能训练	162
分课题二 气焊	85		
训练一 薄板的对接气焊	85		

分课题一 等离子弧焊与切割	162	训练一 矫正	205
训练一 0Cr18Ni9 不锈钢板的 对接平焊	162	训练二 展开放样	211
训练二 不锈钢板的切割	166	训练三 装配	216
分课题二 钎焊	171	技能训练思考题	221
训练一 低碳钢管件的火焰钎焊	171	课题七 综合技能训练	222
训练二 车刀刀体与硬质合金刀片 的火焰钎焊	174	分课题一 焊条电弧焊	222
分课题三 电阻焊	175	训练一 低碳钢板的对接立焊	222
训练一 薄板的点焊	176	训练二 低碳钢板的对接横焊	224
训练二 钢筋的闪光对焊	180	训练三 插入式低碳钢管板的 垂直固定平焊	225
分课题四 电渣焊	182	训练四 插入式低碳钢管板的水平 固定全位置焊	227
训练一 平板对接管状熔嘴电渣焊	183	分课题二 埋弧焊	227
训练二 直缝丝极电渣焊	185	训练 中厚低碳钢板的对接平焊	228
技能训练思考题	188	分课题三 CO ₂ 气体保护焊	229
课题六 钳工、冷作工基本操作技能		训练一 板对接平焊单面焊双面成形	229
训练	189	训练二 板对接横焊单面焊双面成形	231
分课题一 钳工基础知识与技能训练	189	训练三 板对接立焊单面焊双面成形	231
分课题二 划线技能训练	192	分课题四 手工钨极氩弧焊	232
分课题三 平面加工技能训练	197	训练一 小径管对接垂直固定焊	232
训练一 金属的錾削	197	训练二 小径管对接水平固定氩弧焊 打底、焊条电弧焊 填充盖面组合焊	234
训练二 金属的锯削	199	技能训练思考题	235
训练三 金属的锉削	201	参考文献	236
训练四 敲渣锤的制作	203		
分课题四 冷作工基本操作技能训练	205		

课题一 焊条电弧焊技能训练

分课题一 焊前准备

技能训练目标:

- 能够正确地调整、使用焊接设备及各种焊接工具、夹具。
- 了解各种焊接劳动保护用品的特点,学会正确使用,穿戴好各种工作服及防护用品。
- 掌握安全用电、防火、防爆常识,能够对焊接、切割场地,设备及工夹具进行安全检查、会正确使用。

技能训练重点、难点:

正确准备个人劳保用品,并对场地、设备、工具、夹具进行安全检查。

一、相关知识

焊条电弧焊是用手工操作焊条进行焊接的电弧焊方法。适用于焊接碳钢、低合金钢、不锈钢以及铜、铝、钛及其合金等金属材料。

在进行焊条电弧焊操作前应该对焊接设备、焊条、工夹具及防护用品、辅助用具等方面的知识有一个初步的了解,便于在以后技能训练中对其正确地选择和运用。此外,为保护焊工的身体健康和生命安全,我们必须加强焊接劳动保护教育,学会正确地使用焊接劳动保护用品,必须严格执行焊接安全操作规程,掌握安全用电、防火、防爆常识,最大限度地避免安全事故的发生。

二、焊接劳动保护

在焊接作业中会不可避免地产生各种有害因素,这些有害因素大体上包括电弧辐射、高频电子场、金属和非金属烟尘、有毒气体、金属飞溅、射线和噪声等。如焊接方法、焊接参数、母材金属和焊接材料,以及操作者技术的熟练程度不同时,产生有害因素的形式及其差别也会有所不同。这些有害因素将对焊工的身体有不同程度的影响。为此,必须采取措施防患于未然。对有害因素采取的防护措施即为劳动保护。

1. 弧光的防护

(1) 弧光对人体的危害 弧光辐射主要包括红外线、紫外线和可见光线。皮肤受弧光强烈的紫外线作用时,可引起皮炎,呈慢性红斑,有时出现小水泡、有灼烧感、发痒,严重时还伴有头晕、发烧、失眠等症状。焊接电弧的可见光线的光度,比肉眼通常能承受的光度约大1万倍左右。被弧光照射后会使眼睛疼痛、流泪、看不清东西。弧光过度照射还会引起眼睛的急性角膜炎、结膜炎,这种炎症称为电光性眼炎。不戴防护面罩时应禁止观看电焊弧光。

(2) 弧光的防护措施

1) 焊工进行焊接作业时,应穿戴符合要求的作业服、鞋帽、手套、鞋盖等,以防弧光

辐射和飞溅烫伤。

2) 焊工进行焊接作业时, 必须使用手持式或头盔式面罩遮挡面部, 防止眼睛和皮肤受到弧光辐射的伤害。面罩应轻便、不易燃、不导电、不导热和不漏光。

3) 在夜间工作时, 焊接场所应有良好的照明, 否则由于光线亮度反复剧烈变化, 会引起焊工的眼睛疲劳。

4) 一旦发生弧光灼伤眼睛或电光性眼炎, 应及时到医院就医, 也可用人奶或牛奶每隔 1~2min 向眼内滴一次, 连续滴 4~5 次就可止泪; 或用黄瓜片、土豆片等凉物盖在眼上, 闭目休息 20min, 也可减轻症状。

2. 焊接烟尘和有毒气体的防护

金属烟尘是电弧焊的一种主要有害物质, 其主要成分是铁、硅、锰等, 其中主要有毒物是锰。此外, 在焊接电弧的高温和强烈的紫外线作用下, 在弧焊区周围形成臭氧、氮氧化物、一氧化碳和氟化氢等有毒气体。其主要防护措施为: 排除烟尘、有毒气体和采取通风技术措施。必要时应戴静电口罩或氯化布口罩、甚至戴上防毒面具, 可过滤、隔离烟尘和阻止有毒气体的侵入。对焊接作业场所一般要求如下:

1) 采用车间整体通风或焊接工位局部通风, 排除焊接中产生的烟尘和有毒气体等。

2) 在容器内焊接时要备有抽风机, 可随时更换容器内的空气。

3) 焊接有色金属时, 要注意采用高效率的局部排除烟尘设备。

3. 射线的防护

氩弧焊使用的电极主要有钍钨极和钽钨极两种。钽钨极中的钽是天然的放射性元素, 应采取有效的防护措施, 以防止钽的放射性烟尘进入体内。对射线采取的主要防护措施有:

1) 采用高效率的排烟系统和净化装置, 将烟尘排到室外。

2) 钽钨棒贮存地点要固定在封闭铅箱内。

3) 应用专用砂轮机修磨钨棒, 对于砂轮机要安装除尘设备, 砂轮机所处地面上的磨屑要经常做湿式扫除, 并集中深埋处理。磨尖钽钨棒时应戴防尘口罩。

4) 接触钽钨棒后应用流动水和肥皂洗手, 并经常清洗工作服和手套等。

5) 尽量选用钍钨极, 从根本上解决放射性的问题。

三、焊接安全检查

焊工在操作时, 除加强个人防护外, 还必须严格执行焊接安全操作规程, 掌握安全用电、防火、防爆常识, 最大限度地避免安全事故的发生。

1. 焊接场地、设备的安全检查

1) 焊接工作前, 应事先检查焊机、设备和工具是否安全可靠, 如焊机外壳的接地、焊机各接线点接触是否良好、焊接电缆的绝缘有无损坏等。

2) 改变焊机接头、更换焊件需要改接二次回路时, 转移工作地点、更换熔体以及焊机发生故障需要检修时, 必须在切断电源后才能进行。焊工推拉刀开关时, 必须戴绝缘手套, 同时头部应偏斜, 以防电弧灼伤脸部。

3) 更换焊条时, 焊工所戴手套必须干燥、绝缘可靠。电弧电压较高或在潮湿环境操作时, 应用绝缘橡胶衬垫确保焊工与焊件绝缘。夏天焊工身体容易出汗, 衣服潮湿, 故要求其不得靠在焊件、工作台上, 以防触电。

4) 检查焊割场地周围 10m 范围内的各类可燃易爆物品是否清除干净, 如不能清除干

净,则应采取可靠的安全措施,可用水喷湿或用防火盖板、湿麻袋、石棉布等将其覆盖。

5) 在金属容器内或狭小工作场地焊接时,焊工必须采用绝缘橡胶衬垫、穿绝缘鞋、戴绝缘手套,以确保焊工身体与带电体绝缘。并要有良好的通风和照明及防火降温措施,需有两人轮换工作,互相照顾,或请他人监护,便于随时注意焊工的安全动态。

6) 室内作业时,应检查室内通风是否良好。多点焊接作业或与其他工种混合作业时,在各工位间应设防护屏。

7) 室外作业现场要检查以下内容:登高(2m以上)作业现场是否符合高空作业安全要求;在地沟、坑道、检查井、管段和半封闭地段等处作业时,应严格检查有无火灾、爆炸和中毒危险;对附近敞开的孔洞和地沟,应用石棉板盖严,以防止火花进入。

8) 对于带有电流、压力的导管、设备、器具等在未断电、泄压前,严禁进行焊、割作业。

9) 焊工不了解焊、割现场周围情况时,不得盲目焊接;焊工不了解焊、割件内部是否安全,在焊、割件内部未经彻底清洗时,不能进行焊、割作业。对盛装过可燃气体、液体有毒物质的各种容器,未做清洗,禁止进行焊、割作业。

2. 工夹具的安全检查

为了保证焊工安全,在焊接前应对所使用的工具、夹具进行检查。

(1) 焊钳 焊接前应检查焊钳与焊接电缆接头处是否牢固。如果两者接触不牢靠,焊接时将影响电流的传导,甚至会打火花,造成焊钳发热、变烫,影响焊工的操作。

(2) 面罩和护目镜片 主要检查面罩和护目镜是否遮挡严密,有无漏光现象。

(3) 角向磨光机 要检查砂轮的转动是否正常,有没有漏电现象;砂轮片是否已经紧固牢靠,是否有裂纹、破损;防护罩是否完好,无防护罩的一面不得对准自己或有他人作业的场所,杜绝使用过程中砂轮碎片飞出伤人。

(4) 锤子 要检查锤头是否松动,避免在打击中锤头甩出伤人。

(5) 扁铲、錾子 应检查其边缘有无飞刺、裂痕,若有,应及时清除,防止使用中碎块飞出伤人。

四、焊接设备

常用焊条电弧焊焊接设备有以下几类:

1. 动铁心式弧焊变压器

该动铁心式弧焊变压器属于 BX1 系列,包括 BX1—135、BX1—300、BX1—500 等型号。它是一台具有 3 只铁心柱的单相漏磁式降压变压器,其中两边为固定铁心 1,中间为动铁心 2。一二次绕组 N_1 、 N_2 各自分开绕在变压器铁心 1 上,二者之间相距 B ,如图 1-1 所示。铁心 2 可在铁心 1 的窗口内进出移动(在图 1-1 中是垂直于纸面移动),故称动铁心式。

弧焊变压器的下降特性是借助动铁心的增强漏磁作用获得的。空载时,由于无焊接电流通过,形成较高的空载电压,其大小与一、二次绕组圈数比(N_2/N_1)及耦合系数有关。焊接时,二次绕组有焊接电流通过,漏磁增加,相应漏抗增大,从而使二次输出电压下降,获得下降的外特性。短路时,电弧电压为零,空载电压完全降在漏抗上,也就是漏抗限制了短路电流。

焊接电流的调节,这种弧焊变压器是借助改变铁心位置进行焊接电流调节的。当转动手柄使动铁心移出时,铁心间空气隙长度增大而截面积减小,磁阻增大,漏抗减小,且一、二

次绕组耦合系数增大,从而使空载电压升高,焊接电流增大;反之,则使空载电压降低,焊接电流减小。BX1—300 型弧焊变压器的外特性曲线,如图 1-2 所示。

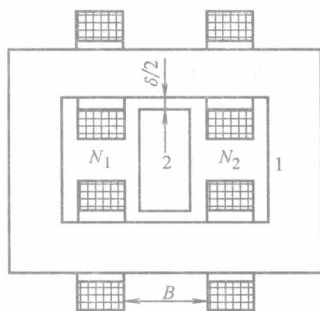


图 1-1 动铁心弧焊变压器结构示意图

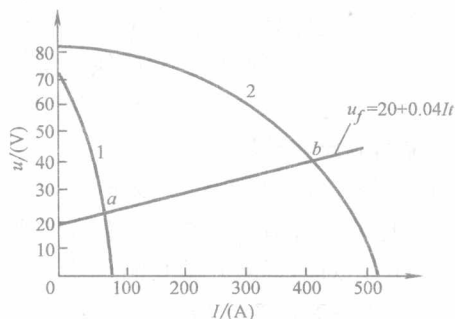


图 1-2 BX1—300 型弧焊变压器外特性曲线
1—陡降外特性曲线
2—缓降外特性曲线

2. 动圈式弧焊变压器

动圈式弧焊变压器属于 BX3 系列,有 BX3—120、BX3—300、BX3—500 等型号。如图 1-3 所示,在两侧心柱上都套有一次绕组 N_1 和二次绕组 N_2 。 N_1 在下方固定不动, N_2 在上方,借助手把可令其沿铁心柱上下移动,以改变其与 N_1 之间的距离 δ_{12} 。由于铁心窗口较高, δ_{12} 可调节范围较大。

空载时,空载电压不仅决定于一次与二次绕组匝数之比,而且与一、二次绕组之间耦合系数有关。当一、二次绕组之间距离增大时,耦合系数减小,反之减小时,其耦合系数增大。所以当一、二次绕组之间距离变化时,空载电压将有 3% ~ 5% 的变化。焊接时,除一次绕组外,二次绕组也产生了漏磁,因而总漏抗增大,使输出电压下降,从而获得下降外特性。短路时,电弧电压等于零,这时要靠总漏抗限制短路电流。

这种弧焊变压器调节焊接电流的方式有两种:一是改变两绕组之间距离以进行均匀调节,即距离增大时,焊接电流减小;距离减小时,焊接电流增大。由于受变压器铁心窗口高度的限制,焊接电流的下限不可能很小,即焊接电流的调节范围较窄。二是改变二次绕组匝数进行有级调节。这两种方式配合使用,既扩大了调节范围,又可实现焊接电流的均匀调节。

3. 弧焊整流器

弧焊整流器是将交流电经变压器降压,并经整流元件转换成直流电来作为焊接电源的。其型号以大写字母“Z”开头,下降特性为 ZX 系列、平特性为 ZP 系列、多特性为 ZD 系列。

(1) 硅弧焊整流器 整流器通常都采用三相整流电路,主要由主变压器、饱和电抗器、硅整流器组、输出电抗器、通风机组以及控制系统等组成,其组成部分见图 1.4。

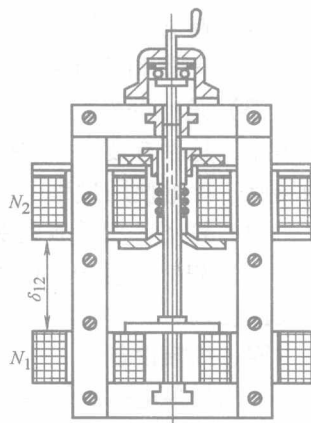


图 1-3 动圈式弧焊变压器结构示意图

1) 主变压器：主变压器的作用是降压，把三相 380V 电压降至所要求的空载电压。

2) 饱和电抗器：可以是交流电抗器或磁放大器（磁饱和电抗器）。当主变压器为增强漏磁式或要求得到平外特性时，则可不用电抗器。它是用以控制外特性形状并调节焊接电流的。

3) 整流器组：整流器组的作用是把三相交流电整流成直流电，常采用三相桥式电路，供焊接使用。

4) 输出电抗器：这种输出电抗器是接在直流焊接电路中的直流电感（由带空隙的铁心和线圈组成），其作用主要是改善和控制动特性以及滤波。

这类弧焊电源中，常用于焊条电弧焊的焊机型号有 ZXG—300、ZXG—400 型等。

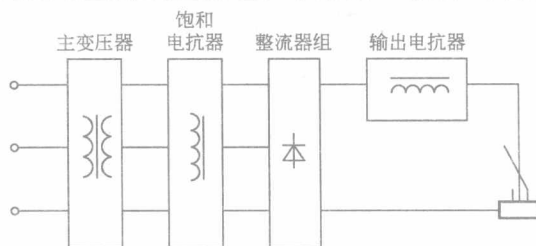


图 1-4 硅弧焊整流器的组成

(2) 晶闸管式弧焊整流器 晶闸管式

焊整流器是用晶闸管作整流元件，其组成如图 1-5 所示。其主电路由变压器 T，晶闸管整流器 VT 和输出电感 L 组成。当要求得到下降外特性时，触发脉冲的相位由给定电压 U_{gi} 和电流反馈信号 U_{fi} 确定；当要求得到平外特性时（用作 CO_2 气体保护焊电源），触发脉冲相位则由给定电压 U_{gi} 和电压反馈信号 U_{fu} 确定。

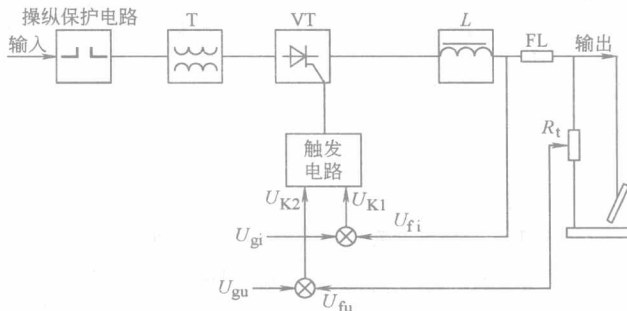


图 1-5 晶闸管式弧焊整流器的组成

晶闸管式弧焊整流器采用晶闸管作整流，电源效率高、省电、动特性好，且晶闸管具有良好的可控性，电网电压波动时，可通过补偿电流使焊接电流稳定。因此它的性能优于硅弧焊整流器，目前已逐步取代硅弧焊整流器，成为一种主要直流弧焊电源。我国生产的晶闸管式弧焊整流器有 ZX5—400、ZDK—160、ZDK—500 型等。

(3) 弧焊逆变器 弧焊逆变器是一种新型的弧焊电源，20 世纪 80 年代初才面市。图 1-6 所示为 ZX7—400 型逆变整流弧焊机的工作原理示意图。单相或三相 50Hz 的交流网路电压先经输入整流器整流和滤波变为直流电，再通过大功率开关电子元件的交替开关作用，变为几百赫或几十千赫的中频交流电，后经变压器降至适合于焊接的几十伏电压。若直接输出，此逆变器便是交流电源；若再用输出整流器整流并经电抗器滤波，则可输出适于焊接的直流电，此逆变器便是直流电源。

逆变整流弧焊机采用了较复杂的变流顺序，即：工频交流→直流→中频交流→降压→交流或直流。主要思路是将工频交流变为中频交流之后再降至适于焊接的电压。这样做可以使焊机的重量轻、体积小、高效节能、具有良好的动特性和焊接工艺性能。这种弧焊逆变器因高效、轻巧、性能好的特点迅速得到推广和使用。

4. 焊机的使用与维护

焊机接入电网时，要看清铭牌上的电源电压数值是 220V 还是 380V，两者必须相符，不能接错。为防止触电，焊机外壳要良好接地。

弧焊变压器输出端的两个接线柱没有正负极之分,弧焊整流器应根据焊接工艺的要求来确定是采用正接法还是反接法。

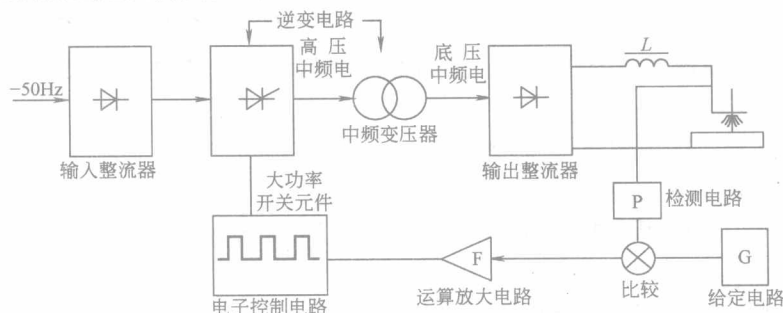


图 1-6 逆变整流弧焊机工作原理方框图

安全及注意事项:

- ◇ 焊机的接线和安装应由电工负责,焊工不应自行动手操作。
- ◇ 焊工闭合电源刀开关时,头部要闪开电源刀开关。
- ◇ 焊钳与焊件接触短路时,不得起动焊机,以免起动电流过大而烧毁焊机。暂停工作时,不准将焊钳直接搁在焊件上。
- ◇ 工作结束或临时离开工作现场,必须关闭焊机的电源。

五、焊条

焊条是由焊芯和药皮组成。常用焊条型号有 E4303 (J422)、E5015 (J507),焊条应符合 GB/T5117—1995《碳钢焊条》标准规定。E4303 为酸性焊条,烘焙温度为 $75 \sim 150^{\circ}\text{C}$,恒温 1h,适用于交、直流两用弧焊电源;E4315 和 E5015 为碱性焊条,烘焙温度为 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$,恒温 1~2h,随用随取,只适用于直流弧焊电源。

六、工夹具及防护用品

1. 工夹具

- (1) 焊钳 用于夹持焊条;并把焊接电流传输至焊条进行焊接操作的工具。
- (2) 焊接电缆线 焊接电缆线是二次回路中用于传导焊机和焊钳之间焊接电流的导线。
- (3) 辅助工具 敲渣锤、錾子、锉刀、钢丝刷、焊条烘干箱、焊条保温筒等。
- (4) 焊缝检测尺 检测尺用以测量焊件的坡口角度、装配间隙、错边及焊后焊缝的余高、焊缝宽度、角焊缝焊脚的高度和厚度等尺寸。具体测量方法见图 1-7 ~ 图 1-11。

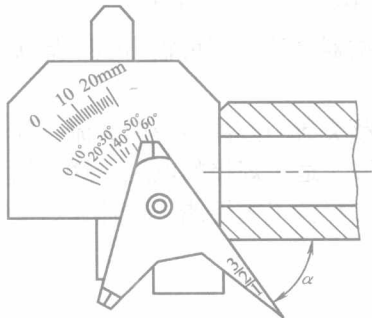


图 1-7 测量管子坡口角度

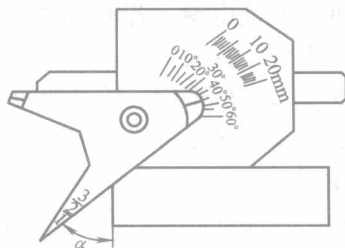


图 1-8 测量钢板坡口角度

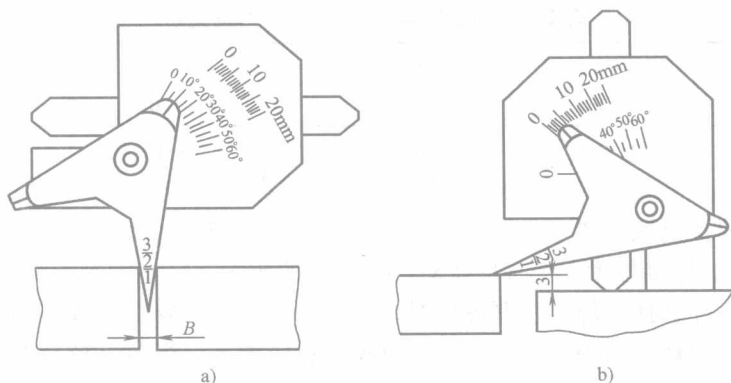


图 1-9 测量焊件装配间隙及错边

a) 测量焊件装配间隙宽度 b) 测量焊件错边

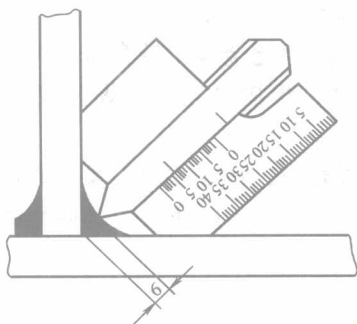


图 1-10 测量角焊缝厚度

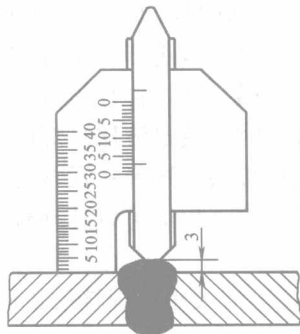


图 1-11 测量焊缝余高

2. 防护用品

(1) 面罩 面罩是焊工焊接时为防止飞溅、弧光及熔池和焊件的高温对焊工面部及颈部灼伤的一种遮蔽工具。其正面开有长方形孔，内嵌白色普通玻璃和黑色滤光玻璃，滤光玻璃是特制的化学玻璃，在焊接时有减弱弧光、过滤红外线和紫外线的作用。白色普通玻璃用于保护黑色滤光玻璃。

(2) 焊工手套、绝缘胶鞋、工作服和平光眼镜 焊工手套、绝缘胶鞋和工作服是防止弧光、火花灼伤和防止触电所必须穿戴的劳动防护用品。平光眼镜是清渣时防止焊渣损伤眼睛而佩戴的。

七、焊接参数

焊条电弧焊的焊接参数包括焊条直径、焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊接层数、电源种类和极性。

(1) 焊条直径 焊条直径可根据焊件厚度进行选择。焊件厚度越大，选用的焊条直径应越粗，焊条直径与焊件厚度的对应关系见表 1-1。但较厚焊件对接接头坡口打底焊时，要选择较细焊条。另外接头形式不同，焊缝空间位置不同，所选择的焊条直径也应不同。如 T 形接头应比对接接头使用的焊条粗些；立焊、横焊比平焊时所选用的焊条细一些。

表 1-1 焊条直径与焊件厚度的对应关系 (单位: mm)

焊件厚度	3	4~5	6~8	≥8
焊条直径	2.5~3.2	3.2~4.0	4.0~5.0	5.0

注: 对于板厚超过 12mm 以上平焊位置焊接时, 可在打底焊后选用直径为 5mm 的焊条。

(2) 焊接电流 焊接电流是焊条电弧焊最重要的焊接参数, 也是在焊接操作中唯一需要调节的参数。焊接电流主要是由焊条直径、焊接位置和焊接层次决定的。

1) 焊条直径、焊接位置、焊接层次对焊接电流的影响

①根据焊条直径选择: 焊接较薄焊件时, 选用的焊条直径要细一些, 焊接电流也相应较小; 反之, 则应该选择大的焊条直径, 焊接电流也相应增大。焊条直径与焊接电流的关系见表 1-2。

表 1-2 焊条直径与焊接电流的关系

焊接电流/A	60~90	100~140	160~200	200~280
焊条直径/mm	2.5	3.2	4.0	5.0

注: 相同直径不同材料的焊条适用的焊接电流范围不同, 本表是仅以碳钢为例列出的。

②根据焊接位置选择: 平焊位置, 运条及控制熔池中的熔化金属比较容易, 可选择较大的焊接电流; 横、立、仰焊位置, 为了避免熔池金属下淌, 焊接电流比平焊位置小 10%~20%。角接焊时焊接电流比平焊时的电流稍大一些。

③根据焊接层次选择: 通常打底焊时使用的焊接电流要小, 这样才便于操作和保证背面焊道的质量; 填充焊道可以选择较大的焊接电流, 而盖面焊道, 为防止咬边, 使用的焊接电流可稍小些。

2) 焊接电流大小对焊接质量的影响

①焊接电流过大: 焊接时爆裂声大, 飞溅严重; 运条过程中熔渣不能覆盖熔池起保护作用, 而使熔池裸露在外, 造成焊缝成形粗糙; 熔池大, 焊缝成形宽而低, 容易产生焊件烧穿、焊瘤和咬边等缺陷, 见图 1-12。

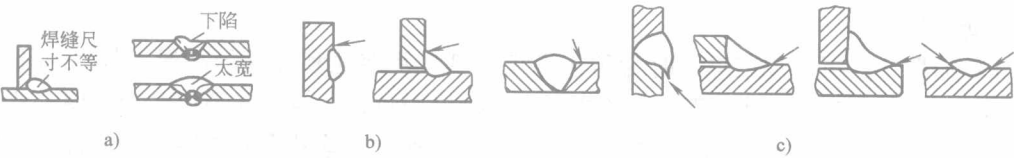


图 1-12 焊接电流过大容易产生的焊接缺陷
a) 焊缝尺寸不符合要求 b) 咬边 c) 焊瘤

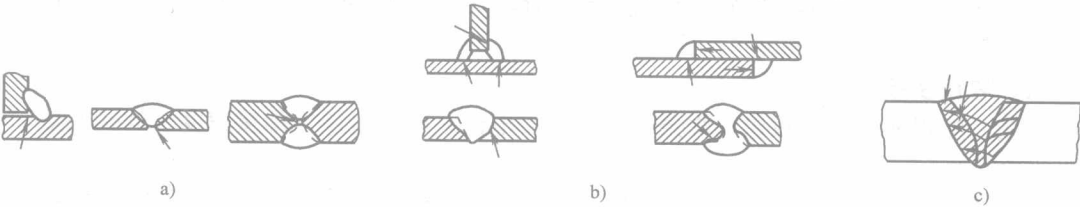


图 1-13 焊接电流过小容易产生的焊接缺陷
a) 未焊透 b) 未熔合 c) 夹渣

②焊接电流过小: 焊接电流过小使焊缝窄而高, 熔池浅, 熔合不良, 会产生未焊透、未

熔合、夹渣等缺陷，见图 1-13。此外还会出现熔渣超前与液态金属不易分清，焊条与焊件时有粘接现象等。

重点提示：

在实际工作中，还可以凭经验从以下几方面来判断焊接电流的大小是否合适。

◇ 听响声 焊接的时候可以从焊接电流的响声来判断其大小。焊接电流合适时熔池中会发出煎鱼般的声音。当焊接电流较大时，发出“哗哗”的声响，爆裂声较大；当焊接电流较小时，发出“沙沙”的声响，同时夹杂着清脆的“劈啪”声。

◇ 观察飞溅状态 焊接电流过大时，电弧吹力大，有较大颗粒的溶液向熔池外飞溅，焊件表面不干净；焊接电流太小时，焊条熔化慢，电弧吹力小，熔渣和铁液很难分离。

◇ 观察焊条熔化状况 焊接电流过大时，在焊条连续熔掉大半根后，可以发现剩余部分发红（不锈钢材料尤其明显）现象；焊接电流过小时，电弧燃烧不稳定，焊条易粘在焊件上。

◇ 看熔池形状 当焊接电流较大时，椭圆形熔池的长轴较长；焊接电流太小时，熔池呈扁形；焊接电流适中时，熔池呈鸭蛋形。

◇ 检查焊缝成形状况 焊接电流过大时，焊缝熔敷金属低，熔深大，易产生咬边；焊接电流过小时，焊缝熔敷金属窄而高，且两侧与母材结合不良；焊接电流适中时，焊缝熔敷金属高度适中，两侧与母材结合得很好。

(3) 电弧电压 电弧电压主要由弧长决定，弧长越长，电弧电压越高；弧长越短，电弧电压越低。在焊接过程中，电弧不宜过长，否则易产生电弧不稳定、飞溅大、熔深小，出现咬边、未焊透等缺陷。因此，在焊接时要力求采用中、短弧焊接。在立、仰焊时，弧长应比平时更短一些，以利于熔滴过渡，防止熔池金属下淌。碱性焊条比酸性焊条的弧长要短些，以利于电弧稳定燃烧和防止气孔的产生。但对纤维素型的焊条，宜采用中、长弧焊接。

(4) 焊接速度 单位时间内焊接的焊缝长度称为焊接速度。焊接过程中，焊接速度应该均匀适当，既要保证焊透，又不能烧穿，同时还要使焊缝尺寸符合要求。若焊接速度过慢，焊缝在高温停留时间就长，造成热影响区增宽、焊接接头晶粒变粗、力学性能下降、焊件变形量增大；若焊接速度太快，熔池温度不够，容易造成未焊透、未熔合、焊缝成形不良等缺陷。

(5) 焊接层数 在焊接生产中往往要采用多层焊。对于一般低碳钢，每层焊缝厚度对力学性能影响不大，但对于合金钢和不锈钢等力学性能要求高的金属，每层焊缝厚度最好不要大于 4~5mm。根据实践经验，每层焊缝厚度约等于焊条直径的 0.8~1.2 倍时，生产效率较高，且较容易掌握和操作。

(6) 电源种类和极性 直流电源的电弧稳定、飞溅少、焊缝质量好，在焊接重要结构件时，一般选用直流弧焊电源焊接。采用碱性焊条施焊或焊接薄板时，应采用直流反接（焊件接电源负极，焊条接电源正极）；酸性焊条可以交直流两用。

分课题二 平 敷 焊

技能训练目标：

- 熟练掌握焊条电弧焊操作中的各种基本动作和选择相应的焊接参数。