



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

手弧焊实训

(焊接专业)

邓洪军 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

手 弧 焊 实 训

(焊接专业)

主 编	邓洪军		
协 编	赵旭春	李丽茹	赵丽玲
责任主审	崔占全		
审 稿	张静洪	付瑞东	



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据教育部面向 21 世纪中等职业学校焊接专业主干课程“手弧焊实训”教学大纲的要求组织编写的。

本书主要介绍了焊条电弧焊的设备、焊接材料、焊接参数、焊条电弧焊的操作技能、焊条电弧焊过程中常见缺陷产生的原因及防止措施,结合生产实际介绍焊接生产的安全防护知识。

本书可供中等职业学校焊接专业手弧焊实训选用,也可供焊工培训参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

手弧焊实训/邓洪军主编. —北京:机械工业出版社,
2002.7

中等职业教育国家规划教材·焊接专业
ISBN 7-111-10475-7

I. 手… II. 邓… III. 手工焊:电弧焊—专业学校—教材 IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 041284 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王海峰 王世刚 冯 铤

版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计:姚 毅 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版第 6 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·9 印张·217 千字

18 001—24 000 册

定价:11.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

本教材系根据教育部中等职业学校焊接专业“手弧焊实训”课程教学大纲，并结合 2001 年 4 月国防科技工业职业教育教学指导委员会对“焊条电弧焊实习”课程教学大纲的修改意见而编写的，可供中等职业学校焊接专业作为专业实训教材之用。

根据中等职业学校焊接专业培养焊接生产一线从事焊接加工的高素质劳动者和中、初级专门人才的目标，本教材本着能力本位的指导思想，以学生全面地掌握手弧焊的基本知识和基本操作技能为目的而编写的。

焊条电弧焊是应用最广泛的一种手弧焊，本教材主要介绍焊条电弧焊实训。全书共分五章：第一章介绍焊条电弧焊常用的焊接电源的类型，焊接电源简单故障的排除方法；第二章介绍焊条的类型、牌号、选用与使用原则；第三章是全书的重点，主要介绍焊条电弧焊的基本操作技能，焊接工艺参数的选用和使用原则；第四章介绍焊条电弧焊过程中常见缺陷产生的原因、防止措施；第五章介绍焊接生产方面的安全知识。

根据本专业的培养目标、业务范围和学生的年龄、知识特点，本书在取材上力求做到：必需、够用、适用。全书以目前应用最为广泛的焊条电弧焊为讨论的主要内容，紧密结合生产实际，着重讲述焊条电弧焊的基本知识和操作技能，并简要介绍焊条电弧焊所用的设备、工具和材料。

本书由渤海船舶职业学院邓洪军主编，广西机电职业技术学院戴建树担任主审。本书第一章由渤海船舶职业学院赵旭春编写，第二章由渤海船舶职业学院李丽茹编写，第四、五章由渤海船舶职业学院赵丽玲编写，邓洪军编写其余部分并负责全书的统稿工作。

在编写过程中，本书参考了中等职业学校的同类教材和部分工具书；渤海造船厂、大连造船厂、大连船用柴油机厂的有关同志提出了宝贵意见。在审稿过程中，除参编学校外，还有广西机电职业技术学院、北京机械工业学校、沈阳市机电工业学校、河北省机电学校、张家界航空工业职业技术学院、南京铁路运输学校的有关同志与会参加审阅，在此向他们一并致谢。

本教材由教育部职业教育与成人教育司聘请燕山大学崔占全教授担任责任主审，燕山大学的付瑞东副教授和秦皇岛煤矿机械厂张静洪高工对本教材进行了仔细、认真的审阅，在此表示衷心感谢。

由于编写时间的仓促，加之编者水平所限，书中错误与不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教。

编者

2002 年 1 月

目 录

前言

绪论 1

- 一、焊接的实质和分类 1
- 二、焊条电弧焊的特点及应用 1
- 三、本课程讲授的主要内容 2
- 四、学习本课程的目的与方法 2

第一章 焊条电弧焊电源及工具 3

第一节 常用焊接电源的介绍 3

- 一、弧焊变压器 3
- 二、旋转式直流弧焊发电机 7
- 三、弧焊整流器 10
- 四、逆变式弧焊电源 14

第二节 焊条电弧焊电源的维护及故障处理 16

- 一、弧焊电源的使用 16
- 二、弧焊电源的保养 17
- 三、弧焊电源的故障处理 17

第三节 焊条电弧焊的工具及防护用品 17

- 一、工具及防护用品 17
- 二、辅助工具及量具 18

第二章 焊条的组成、分类及选用 21

第一节 焊条的组成 21

- 一、焊芯 21
- 二、药皮 22

第二节 焊条的分类、型号及牌号 24

- 一、焊条的分类 24
- 二、焊条的型号 25
- 三、焊条的牌号 26

第三节 焊条的选用、保管和使用 33

- 一、焊条的选用 33
- 二、焊条的保管、发放和使用 33

第三章 焊条电弧焊操作技能 35

第一节 焊接接头形式、焊缝形式及代号 35

- 一、焊接接头形式 35
- 二、焊缝形式 39

三、焊缝代号 41

四、焊接方法及其分类号 47

第二节 焊条电弧焊的基本操作技术 48

一、引弧 48

实训一 引弧的操作步骤 49

二、运条 52

三、焊缝的起头、收尾与连接 53

实训二 平敷焊的操作步骤 55

第三节 焊接参数 59

一、焊条牌号与焊条直径的选择 59

二、焊接电源种类和极性的选择 59

三、焊接电流的选择 60

四、电弧电压的选择 60

五、焊接速度的选择 61

六、焊缝层数的选择 61

七、焊接热输入的选择 61

第四节 各种位置焊缝的焊接 64

一、平焊 64

实训三 单层水平角焊缝的操作步骤 66

实训四 一层2道水平角焊缝的操作步骤 68

二、横焊 70

实训五 横对接焊的操作步骤 73

三、立焊 75

实训六 立焊的操作步骤 77

实训七 立角焊的操作步骤 81

四、仰焊 85

实训八 仰角焊的操作步骤 86

第五节 焊条电弧焊操作技术的应用 89

一、定位焊与定位焊缝 89

二、薄板的焊接 89

三、管子的焊接 90

实训九 固定管对接焊的操作步骤 96

实训十 管子全位置焊的操作步骤 98

实训十一 水平固定管全位置焊的操作步骤 101

四、单面焊双面成形焊接技术 104

第四章 焊接缺陷	111
第一节 概述	111
一、焊接缺陷的危害	111
二、焊接质量检验的重要性	112
第二节 焊接缺陷与对策	112
一、裂纹	112
二、气孔	117
三、焊缝尺寸及形状不合要求	118
四、咬边	118
五、弧坑	119
六、弧伤	119
七、未焊透与未熔合	119
八、夹渣	120
九、烧穿	120
十、焊瘤	121

十一、飞溅	121
-------	-----

第五章 焊接生产的安全与劳动保护	122
第一节 焊接安全技术	122
一、安全用电常识	122
二、防火、防爆措施	125
第二节 特殊环境焊接的安全技术	125
一、容器内的焊接	125
二、高空作业	126
三、露天或野外作业	126
第三节 焊接安全卫生与劳动保护	126
一、焊接安全卫生	126
二、焊接劳动保护	127
参考文献	135

绪 论

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。

一、焊接的实质和分类

1. 焊接过程的实质

焊接是通过加热或加压，或者两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件间达到原子结合的一种金属加工方法。作为一种加工工艺，对焊接可以从不同的角度、用不同的文字加以描述，但上述定义是从微观上说明了焊接过程的实质——使两个分开的物体（焊件）达到原子结合。也就是说，焊接与其他金属连接方法最根本的区别在于，通过焊接，两个焊件不仅在宏观上建立了永久性的连接，而且在微观上形成了原子间的距离而结合成一体。

2. 焊接方法的分类

为达到金属连接的目的，必须从外部给被连接的金属以很大的能量，使金属接触表面达到原子间结合。通常的方法就是对焊件金属进行加热、加压或两者并用。

按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、压焊和钎焊三大类。

(1) 熔焊 熔焊是指在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压而完成焊接的方法。在加热的条件下，增强了金属的原子动能，促进原子间的相互扩散，当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时，原子之间可以充分扩散和紧密接触，因此，当冷却凝固后就可以形成牢固的焊接接头。熔焊是金属焊接中最主要的一种方法，常用的有焊条电弧焊、埋弧焊、气焊、电渣焊、气体保护焊等。

(2) 压焊 压焊就是在焊接过程中，无论加热与否，必须对焊件施加一定压力以形成焊接接头的焊接方法。这类连接有两种方式：一是将两块金属的接触部位加热到塑性状态，然后施加一定的压力。这就增加了两块金属焊件表面的接触面积，促使金属的有效接触，最终形成牢固的焊接接头。常见的压焊方法主要有电阻焊、摩擦焊、锻焊等。二是不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够的压力，借助于压力所形成的塑性变形，使原子间相互靠近而形成牢固接头。这种压焊方法有冷压焊、爆炸焊等。

(3) 钎焊 钎焊是采用比母材熔点低的钎料做填充材料，在低于母材熔点、高于钎料熔点的温度下，借助于钎料润湿母材的作用以填满母材的间隙并与母材相互扩散，最后冷却凝固形成牢固的焊接接头的方法。常用的钎焊方法有电烙铁钎焊、火焰钎焊等。

二、焊条电弧焊的特点及应用

焊条电弧焊俗称手工电弧焊，它利用焊条与工件之间建立起来的稳定燃烧的电弧，使焊条与工件熔化，从而获得牢固的焊接接头。焊接过程中，焊条药皮不断地分解、熔化，形成气体及熔渣，保护焊接区，防止空气对熔化金属的危害作用。焊芯也在焊接电弧热作用下不断熔化，进入熔池，构成焊缝金属的一部分。有时也可以通过焊条药皮渗入合金粉末，向焊缝中提供附加的合金元素。

焊条电弧焊与其他的熔焊方法相比，具有下列特点：

(1) 操作灵活 焊条电弧焊之所以成为应用最广泛的连接金属的焊接方法，其主要原因是它所具有的灵活性。焊条电弧焊无论是在车间内，还是在野外施工现场均可采用。焊条电弧焊由于其设备简单、移动方便、电缆长、焊把轻，因而广泛应用于平焊、立焊、横焊、仰焊等各种空间位置的焊接，又适用于对接、搭接、角接、T形接头等各种接头形式构件的焊接。可以说，凡是焊条能达到的任何位置的接头，均可采用焊条电弧焊方法来焊接。特别是对于复杂结构、不规则形状的构件，以单件、非定型钢结构制造，由于可以不用辅助工装、变位器、胎夹具等就可以焊接，焊条电弧焊的优越性显得尤为突出。

(2) 待焊接头装配要求低 由于焊接过程由焊工控制，可以适时调整电弧位置和运条手法，修正焊接参数，以保证跟踪接缝和均匀熔透，因此对焊接接头的装配尺寸要求相对较低。

(3) 可焊金属材料广 焊条电弧焊广泛应用于低碳钢、低合金结构钢的焊接。选配相应的焊条，焊条电弧焊也常用于不锈钢、耐热钢、低温钢等合金结构钢的焊接，又可用于铸铁、铜合金、镍合金材料的焊接，以及耐磨损、耐腐蚀等特殊使用要求的构件进行表面层堆焊。

(4) 熔敷速度低 焊条电弧焊与其他的电弧焊相比，由于其使用的焊接电流小，每焊完一根焊条后必须更换焊条，以及因清渣而停止焊接等，故这种焊接方法的熔敷速度低，生产率低。

(5) 依赖性强 虽然焊接接头的力学性能可以通过选择与母材力学性能相当的焊条来保证，但焊缝质量在很大程度上依赖于焊工的操作技能及现场发挥，甚至焊工的精神状态也会影响焊缝质量。

三、本课程讲授的主要内容

本教材是焊接专业学习的主要实践课程教材之一。根据中等职业学校焊接专业的培养目标和学生的知识水平，教材的编写内容包容了焊条电弧焊的基本理论（焊接电源、焊接材料等）、焊接缺陷、焊接生产的安全与劳动保护，以及焊条电弧焊的基本操作技能。本教材从介绍焊条电弧焊设备、工具及焊条入手，较为全面而系统地介绍了焊条电弧焊的基本知识和操作技能，这是从事焊接生产操作人员必备的专业理论知识和基本操作技能。

四、学习本课程的目的与方法

本教材是根据中等职业学校焊接专业“手弧焊实训”课程教学大纲编写的，通过本课程的学习，应使学生达到以下目的和要求：

- 1) 掌握常用的焊条电弧焊设备的选择和使用方法。
- 2) 能正确使用焊条电弧焊常用的工具及量具。
- 3) 初步掌握焊条的性能及选用和使用原则。
- 4) 初步掌握焊条电弧焊的基本操作技能。
- 5) 了解焊条电弧焊焊接缺陷的种类。
- 6) 掌握焊条电弧焊生产过程中的劳动保护及安全方面的基本知识。

学习本教材时应注意掌握学习方法。“手弧焊实训”是一门实践性较强的专业课程，要注意理论联系实际，善于综合运用专业知识去认识和分析焊条电弧焊实习中的实际问题。学习本课程前，应使学生对焊接结构生产的全过程有一定程度的感性认识，通过组织学生进行现场教学和参观，加深对理论与实际关系的正确认识；还可结合电教化教学的方式开阔学生的视野，培养学生分析问题和解决问题的能力。

第一章 焊条电弧焊电源及工具

焊条电弧焊的电源是为焊接电弧提供电能的一种装置，也就是利用焊接电弧产生的热量来熔化焊条和焊件，实现焊接过程的电气设备，即通常所说的手工电弧焊机。它包括弧焊变压器、弧焊发动机、弧焊整流器及逆变电源。本章主要介绍上述几种电源的结构特点、工作原理、使用与维护、故障排除及其使用时的防护用品与辅助工具。

第一节 常用焊接电源的介绍

电弧焊电源实质上是用来进行电弧放电的电源。焊条电弧焊电源必须具有下降的外特性。工艺和结构上还要求焊接电源具有适当的空载电压，容易引弧，同时根据不同直径的焊条、不同的焊接位置来调节焊接电流，并保证短路电流不大于额定电流的 1.5 倍。此外，还能维持不同功率的电弧稳定燃烧，满足消耗电能少、使用安全、容易维护等要求。

电弧焊电源按照输出电流的性质可分为直流电源和交流电源两大类；按电源的结构不同又可分为弧焊变压器、旋转式直流弧焊发电机、弧焊整流器和逆变电源等四种类型。

一、弧焊变压器

交流弧焊机是由变压器和电抗器二部分组成，一般接单相电源。其基本原理是通过变压器达到焊接所需要的空载电压，并经过电抗器来获得下降的外特性。

1. BX—500 型弧焊变压器

BX—500 型弧焊变压器其结构属于串联电抗器类型，主要特点是依靠电抗器的感抗压降而获得下降的外特性。

(1) 构造和性能 该弧焊变压器的电抗器叠于变压器之上，在一同中心体壳内成为一个整体，像“日”字形，故称为同体式降压变压器，如图 1-1 所示。

该弧焊变压器在铁心上部装有可动铁心，通过运转手柄改变它与固定铁心的间隙大小，来实现调节电流大小的目的。

型号中的“B”表示焊接变压器，“X”表示焊接电源的外特性为下降的外特性，“500”表示额定焊接电流为 500A。

常用弧焊变压器的型号及主要技术数据如表 1-1 所示。

弧焊变压器的技术数据常用额定值的概念来标明，如额定电流、额定工作电压、额定负载持续率等。

所谓额定值，是指对产品规定的使用限额。按规定值使用设备最经济合理，安全可靠，既充分利用了设备，又保证了设备的正常使用寿命。超过额定值工作时，称为过载。严重过载，将损坏设备。反之，低于额定值过多工作时，虽保证了安全，但设备没有得到充分利用。

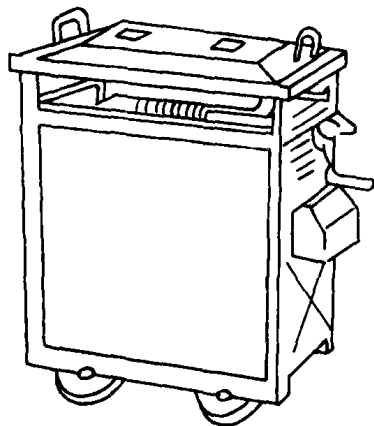


图 1-1 BX—500 型弧焊变压器外形

表 1-1 常用弧焊变压器的型号及主要技术数据

弧焊变压器的 型号及结构特征		BX—500			BX1—330			BX7—400			BX3—300—2		BX6—120—1		BX—3×500	
		同体动铁式			动铁式			动铁式			动圈式		抽头式		分体动铁式	
一次侧电压/V		220/380			220/380			380			220/380		380		220/380	
空载电压 /V	接法Ⅰ	60			70			70~80			80		50		220/380	
	接法Ⅱ	60			60			70~80			70		50		70	
焊接电流调节 范围/A	接法Ⅰ	150~700			50~180			60~480			40~125		45~160		35~210 接 12 个站	
	接法Ⅱ	150~700			160~450			60~480			120~300		45~160			
工作电压/V		30			30			22~39			32		24.8		25	
额定负载持续率 (%)		65			65			60			60		20		100	
各负载持续率 (%)		100	65	30	100	65	35	100	60	40	100	60	20		—	
一次侧电流 /A	220V		145			96			—		18.5	23.4			320	
	380V		84			56			—		18.5	23.4	15.8		185	
二次侧电流/A		400	500	700	365	330	450	310	400	480	232	300	120		500	
额定输入容量/kV·A		32			21			34			23.4		6		122	
频率/Hz		50			50			50			50		50		50	
效率 (%)		86			80			84.5			82.5		70		95	
功率因素		0.52			0.50			0.50			0.53		0.60		—	
质量/kg		290			185			170			183		25		700	
外形尺寸 /mm	长	810			882			625			730		400		316	
	宽	410			577			452			540		252		402	
	高	860			786			790			900		193		732	

弧焊变压器的额定焊接电流与负载持续率有关。所谓负载持续率，是指设备的负载时间占选定工作时间的百分率，用公式表示为

负载持续率 = (在选定的工作周期内设备平均负载时间 / 选定的工作周期) × 100%

我国的有关标准规定，对于 500A 以下的弧焊变压器，选定的工作周期为 5min。因此，如果在 5min 内，弧焊变压器平均输出焊接电流的时间（即焊接电弧燃烧的时间）为 3min，则负载持续率为 60%。

一般说，弧焊变压器允许输出的焊接电流的大小主要受弧焊变压器发热情况所限制，严重发热会导致设备烧毁。弧焊变压器发热不仅取决于该设备电流的大小，同时也取决于其负载时间的长短。如两台相同型号的弧焊变压器，在相同的时间内输出的电流值相同，但一台设备不间断地工作，负载持续率为 100%，则在此时间内总的发热量大；而另一台设备间断地工作，负载持续率低于 100%，则在此时间内该设备的发热量低。因此，对于不同的负载持续率，弧焊变压器有不同的允许使用的最大焊接电流，即许用电流。

(2) 电流调节 电流调节是借助转动弧焊变压器壳外部的手柄，通过螺杆进出来改变可动铁心与固定铁心之间的间隙而获得的。可动铁心外移，间隙增大，感抗下降，电流增大；反之，活动铁心内移，电流减小。如图 1-2 所示。

此外,该弧焊变压器具有结构紧凑、节省材料、效率高等优点。但由于铁心振动大,在小电流焊接时,焊接电流不稳定,因而往往做成大容量的弧焊变压器,如 BX—1000 型埋弧焊用的弧焊电源。

2. BX1—330 型弧焊变压器

(1) 结构及性能 BX1—330 型弧焊变压器的构造如图 1-3 所示,结构属于动铁心增强漏磁式类型,其结构特点是在“口”字型静铁心的中间部位增加了一个可动铁心,主要是作为磁分路,以增加漏抗,从而获得下降的外特性。其结构原理如图 1-4 所示。

型号中的“B”表示焊接变压器,“X”表示焊接电源外特性为下降的外特性,“1”表示该系列产品中的序号属于动铁式,“330”表示额定焊接电流为 330A。

(2) 电流调节 电流调节分为粗调和细调两种。电流的粗调是依靠改变二次侧线圈的匝数,即改变接线板的连接序号来实现的,如图 1-5 所示。当连接片接“I”位置时电流较大,调节范围为 160~450A。

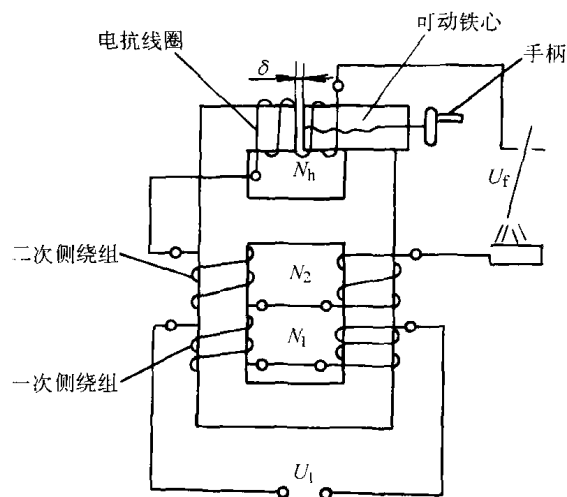


图 1-2 BX—500 型弧焊变压器的结构原理图

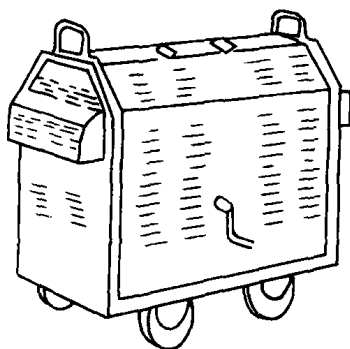


图 1-3 BX1—330 弧焊变压器外形

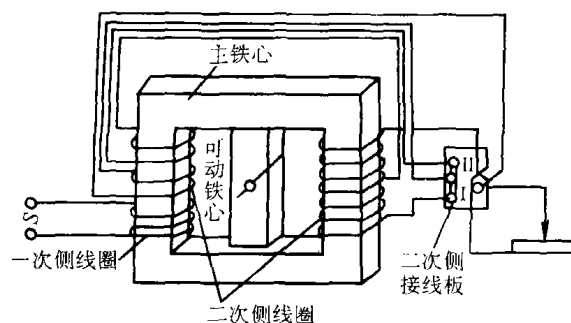


图 1-4 BX1—330 型弧焊变压器的结构原理图

电流的细调节是通过转动螺杆来移动铁心,如图 1-6 所示,以改变变压器的漏磁来实现的。当动铁心外移时,磁阻增大,磁分路作用减小,漏抗也就减小,所以电流增大;反之,当动铁心内移时,电流减小。

3. BX3—300 型弧焊变压器

(1) 结构和性能 BX3—300 型弧焊变压器如图 1-7 所示,结构属于动圈式,其工作原理如图 1-8 所示。

这种弧焊变压器为单相供电式,其一次侧绕组被分成匝数相等的两部分,固定在一只有高而窄的“口”字型铁心的两铁心柱的底部。二次侧绕组亦分成两部分,分别套

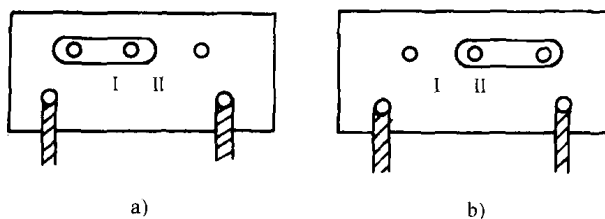


图 1-5 BX1—330 型弧焊变压器的电流粗调节
a) 接 I 级位置 b) 接 II 级位置

装在两铁心柱的上部，并固定在非导磁材料做成的可动支架板上，可以利用手柄使两个二次侧绕组同时沿铁心柱作上下移动，以改变一次侧绕组和二次侧绕组之间的距离，即改变它们之间的漏抗大小，从而改变焊接电流的大小。

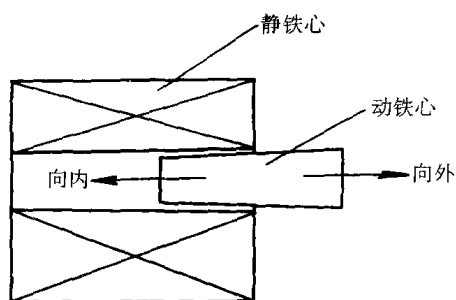


图 1-6 动铁心移动示意图

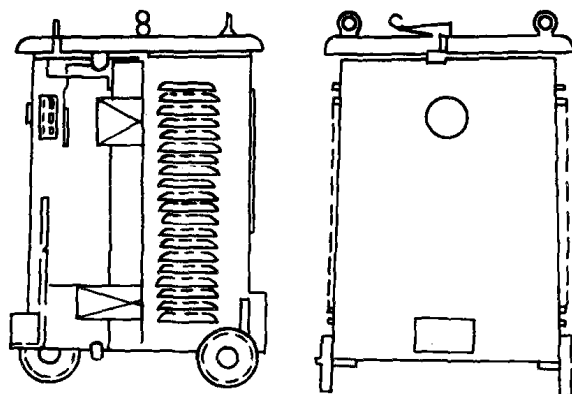


图 1-7 BX3—300 型弧焊变压器

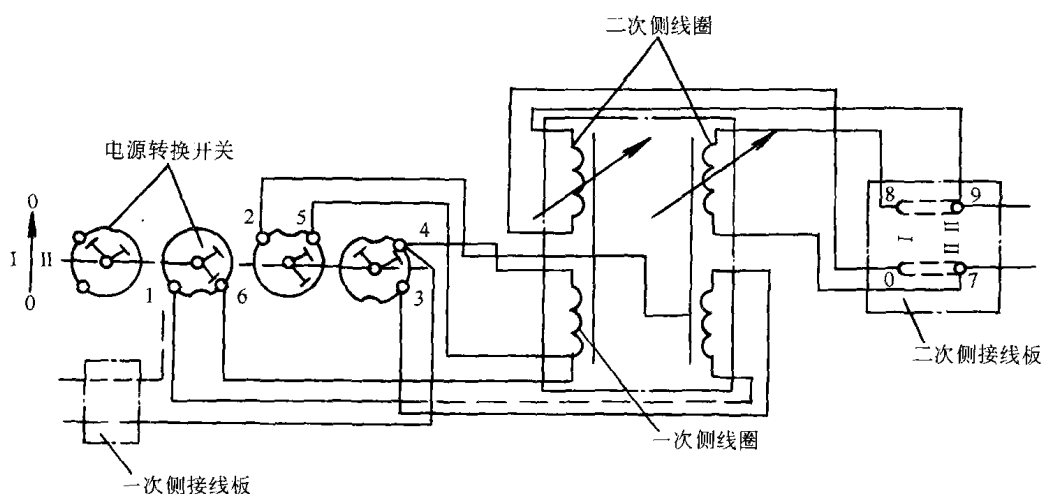


图 1-8 BX3—300 型弧焊变压器的结构原理图

(2) 电流调节 电流的粗调是通过改变一次侧绕组的接线方法（串联和并联）来实现的。当转换开关的手柄箭头转向接法“Ⅰ”时，一次侧绕组各自分别接成串联；当转换开关的手柄箭头转向接法“Ⅱ”时，则二次侧绕组各自分别接成并联。接法“Ⅰ”时，空载电压为 75V，焊接电流调节范围为 40~125A；接法“Ⅱ”时，空载电压为 30V，焊接电流调节范围为 115~400A。

在上述两种接法中，都可以利用转动手柄改变一次侧、二次侧绕组的间距来进行电流细调节。当一次侧、二次侧绕组间距愈大，两者间漏磁通亦愈大。由于漏抗增加，故焊接电流减小。反之，一次侧、二次侧绕组间距离愈小，漏磁亦愈小，由于漏抗减小，而使焊接电流增加。

4. 弧焊变压器使用中的注意事项

1) 弧焊变压器应放置于通风良好、干燥的地方；在露天作业时，必须妥善盖好，以防雨、

雪、灰尘的侵入，同时也要考虑通风问题。

2) 注意配电系统开关、熔丝、导线绝缘、导线截面及网路电源功率等是否符合要求。

3) 在弧焊变压器接入网路前，必须注意两者的电压是否相等。

4) 弧焊变压器外壳应有良好的接地。

5) 合上开关前，应检查弧焊变压器各部分接线是否正确。电线接头要接触良好，不得有松动，特别要注意焊钳与焊件不得接触，以防短路。

5. 弧焊变压器常见故障处理

弧焊变压器常见故障及其排除方法如表 1-2 所示。

表 1-2 弧焊变压器常见的故障特征、产生原因及消除方法

故障特征	产生原因	消除方法
弧焊变压器外壳漏电	1. 一次侧或二次侧线圈碰外壳 2. 电源线接线碰外壳 3. 弧焊变压器未接地或接地不良	1. 检查线圈的绝缘电阻值，并消除碰壳处 2. 消除电源线碰外壳处 3. 检查并接好接地线
弧焊变压器过热	1. 变压器过载 2. 变压器线圈短路 3. 铁心螺杆绝缘损坏	1. 降低焊接电流 2. 检查并消除短路现象 3. 恢复绝缘
焊接电流不稳定	1. 焊接电缆与焊件接触不良 2. 可动铁心随变压器的振荡而移动	1. 使焊接电缆线与焊件接触良好 2. 消除可动铁心的移动问题
导线接线处过热	1. 接线处接触电阻过大 2. 接线处螺母未拧紧	1. 将接线松开，用砂纸或小刀清理接触导电处 2. 拧紧螺母
变压器产生强烈的嗡嗡声和熔丝熔断	1. 一次侧、二次侧线圈短路 2. 部分电抗线圈有短路 3. 可动铁心拉簧未拧紧或活动部分移动机架损坏	1. 消除一次侧、二次侧线圈的短路现象 2. 拉紧弹簧并紧固螺母 3. 检查并修理铁心的移动机构
焊接电流过小	1. 焊接电缆太长，压降太大 2. 焊接电缆卷成盘形，电感很大 3. 电缆接线柱与焊件接触不良	1. 减短焊接电缆长度或加大电缆直径 2. 将电缆放开，使其不成盘形 3. 使接头处保持良好的接触
电弧不易引燃或经常断弧	1. 二次侧或电抗线圈部分短路 2. 可动铁心严重振荡 3. 电源电压不足 4. 接头接触不良	1. 消除短路现象 2. 设法使可动铁心不松动 3. 调整电压到额定值 4. 保持良好接触

二、旋转式直流弧焊发电机

旋转式直流弧焊发电机是电弧焊直流电源的一种形式，它由三相异步电动机作为原动机，带动一台直流弧焊发电机组成，电动机与发电机同轴同壳，组成一体式结构。

常说的直流弧焊发电机主要是指具有下降外特性的弧焊发电机。根据发电机获得下降外特性的方式不同，弧焊发电机可分为裂极式弧焊发电机、差复激式弧焊发电机和换向极式弧焊发电机等几种。

部分下降外特性的直流弧焊发电机的型号及主要技术数据如表 1-3 所示。

表 1-3 常见直流弧焊发电机的主要技术数据

直流弧焊发电机的 型号及结构特征		AX—320—1	AX1—500	AX3—300—1	AX7—500	AP—1000	
		裂极式	差复励式	换向极式	他极差复励式	多站式	
直 流 弧 焊 发 电 机	空载电压/V		50~80	60~90	55~70	40~90	60
	工作电压/V		25~30	40	25~35	25~40	31
	焊接电流调节范围 /A		45~320	120~600	45~375	126~600	15~300 接六个站
	额定负载率（%）		50	65	60	60	100
	功率 /kW	当额定暂载率时	9.6	20	9	20	—
		当100%暂载率时	7.5	16	6.9	13.5	60
	焊接电流 /A	当额定暂载率时	320	500	300	500	1000
		当100%暂载率时	250	400	230	385	1000
电 动 机	功率/kW		14	26	10	26	75
	转速/（r·min ⁻¹ ）		1450	1450	2900	2900	1450
	电压/V		380	380/660 或 220/380	380/660 或 220/380	380	220/380
	电流/A		27.6	50.9/29.4 或 88.2/50.9	20.8/12 或 36/20.8	50.5	248/143
	频率/Hz		50	50	50	50	50
	功率因素		0.87	0.88	0.81	0.89	0.89
	效率（%）		53	54	52	54	—
质量/kg		560	960	200	480	1700	
外形尺寸 /mm		长	1202	1300~1400	700	1100	1460
		宽	590	740	810	650	865
		高	992	1100	460	950	910

1. AX—320—1 型裂极式直流弧焊发电机

(1) 构造和性能 AX—320—1 型直流弧焊发电机的外形如图 1-9 所示，按其结构属于裂极式类型。该机采用并激线圈励磁，依靠电枢反应获得下降的外特性。“A”表示直流弧焊发电机，“X”表示下降的外特性，“320”表示额定电流值。该机的空载电压为 50~80V，工作电压为 30V，电流调节范围为 45~320A。

AX—320—1 型直流弧焊发电机由一台 14kW 的三相异步感应电动机和一台裂极式直流弧焊发电机组成，为同轴式，装于同一机身内。机身上的控制箱内装有 Y/△ 转换开关。

弧焊发电机与一般直流电机不同，其磁极共有四只，南北极不是互相交替，而是两个北极 N₁、N₂ 与两个南极 S₁、S₂ 相邻的装置，所以在磁路电路路上，实际上是一个两极的直流发电机，其磁极装置如图 1-10 所示。为了清楚起见，在原理图中将工作电刷 a、b 依转子转向移置主磁极几何中心线上。在工作电刷 a 和 b 间，有辅助电刷 c。

磁极 N₁ 和 S₁ 称为主极，有狭颈，铁心截面减少，磁路极为饱和。磁极 N₂ 和 S₂ 称为交极，无狭颈，铁心截面较大，磁路不饱和。

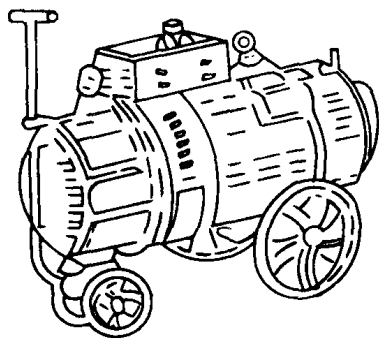
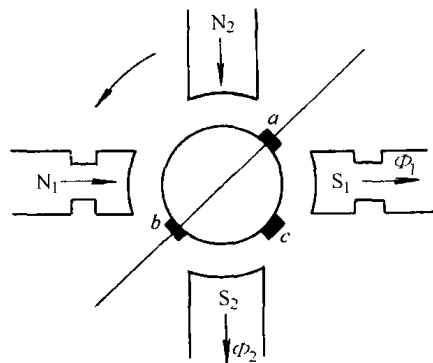
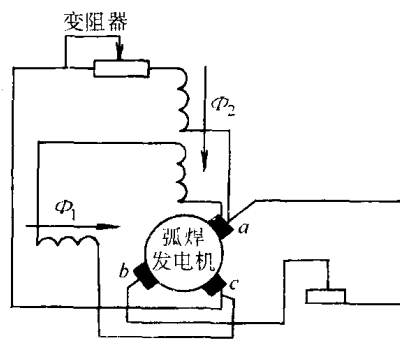


图 1-9 AX—320 型直流弧焊机

图 1-10 三电刷裂极式弧焊发电机
磁极和电刷装置示意图

发电机有两个并联的分励线圈，一个为可调节的，另一个为不可调节的。励磁线圈分布于四个磁极上，可调节线圈仅分布在两个交极上。直流弧焊发电机工作原理如图 1-11 所示。

发电机在空载时，主磁极因有狭颈，磁极已饱和，交极则未饱和，空载电压决定于两磁场之和。负载时，电枢反应磁场对交极发生去磁作用，对主极则因为它们已经饱和几乎不再发生增磁作用，结果随着负载的增大，发电机总磁通减小，而感应电势减小，工作电压降低，因此，由于电枢反应的磁通使交极去磁，而产生发电机下降的外特性，以适应焊接的需要。同时在各种定载情况下，由于主极的饱和，使 a 、 c 电刷间的电压几乎不变，因此，励磁绕组就好像由一个电压不变的电源供电。

图 1-11 AX—320—1 型弧焊
发电机的原理图

(2) 电流调节 焊接电流的调节，依靠移动电刷（粗调节）与可调节绕组电路中的变阻器（精细调节）来完成。

顺弧焊发电机旋转方向移动电刷，减弱交极磁通的电枢反应磁场增加了，交极的去磁增加，工作电压降低，工作电流与短路电流随之减小。相反，逆旋转方向移动电刷，减弱交极磁通的电枢反应磁场减少了，因此工作电流与短路电流增加。

电枢架用于手柄移动，共有三个位置，各个位置固定于机盖上的三个凹槽中。在该三个位置所指示的电流范围中，精确的调整要用装在弧焊发电机机座上面的串联可调线圈中的变阻器来完成。顺时针方向旋转精细调节器手柄，可调节线圈中的电阻，此电阻减小，励磁电流增大，焊接电流与短路电流随之增大；反之，焊接电流减小。

该机输出电流的调节范围为：第 1 档位置，45~110A；第 2 档位置，65~170A；第 3 档位置，110~320A。

2. AX1—500 型差复励式弧焊发电机

(1) 构造和性能 AX1—500 型直流弧焊发电机的外形如图 1-12 所示。

主要用作埋弧焊电源，也可用于手弧焊或碳弧气刨。其结构为差复励式，采用并激绕组励磁、串联绕组去磁作用而获得下降的外特性。该机的空载电压为 60~90V，工作电压为 40V，电流调节范围为 120~160A。

AX1—500 型直流弧焊发电机是由一台 26kW 三相异步电动机带动的并激差复励式发电机。电动机与发电机是共轴同壳的一体式结构。

(2) 电流调节 电流的粗调节是通过改变串激去磁绕组匝数来实现的, 即改变焊机接线板上的接线位置。在该机输出端接线板上有三个接线柱, 其中负极用“—”标注, 其他两个均为正极, 用“+”标注。当中间的“+”与“—”分别接焊钳与焊件时, 焊接电流在 300A 以内; 而当另一个“+”与“—”分别接焊钳与焊件时, 焊接电流在 300A 以上。

电流细调节是利用装在该机上面的可调变阻器进行的。当顺时针转动调节手柄时, 焊接电流增大; 逆时针转动手柄, 焊接电流减小。刻度盘上有相应的电流数值。小档电流调节范围为 120~300A, 大档电流调节范围为 300~500A。

3. 旋转式直流弧焊发电机使用中应注意的问题

1) 弧焊发电机的电动机在接入三相电源前, 必须注意电源的电压和电动机相应的接线方法。当电压为 380V 时, 电动机应取“Y”接法 (又称星形接法); 电压为 220V 时, 电动机应取“△” (又称三角形接法), 如图 1-13 所示。

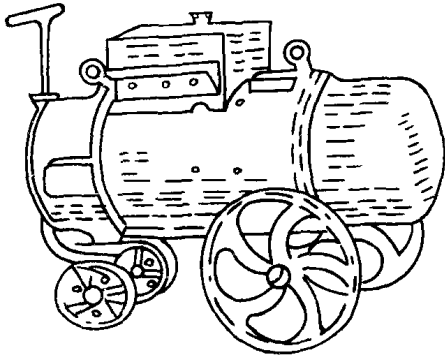


图 1-12 AX1--500 型直流弧焊发电机

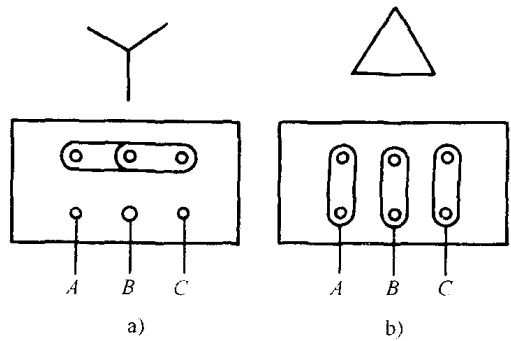


图 1-13 电动机的接线

a) 星形接法 b) 三角形接法

2) 对于长期不使用的弧焊发电机, 在起动前应进行绝缘检查, 弧焊发电机的绝缘电阻应不低于 $0.5M\Omega$ 。如低于此数值时, 应设法使该机干燥后再用。

3) 弧焊发电机接入电源后的第一次起动, 必须检查该机的旋转方向, 如果与规定的方向不符, 应将电动机的三相电源中的任意两相加以调换。再次起动时, 仍应观察旋转方向是否正确。

4) 应经常检查焊接电缆, 如有破损, 应及时用绝缘布包好, 以防造成焊接过程中的短路或触电事故。

4. 直流弧焊发电机的故障处理

直流弧焊发电机的故障处理如表 1-4 所示。

三、弧焊整流器

以 ZXG—300 型弧焊整流器为例予以说明。

(1) 结构及性能 这种弧焊整流器无旋转部分, 其结构属于磁放大器式, 如图 1-14 所示。弧焊整流器空载电压为 70V, 工作电压为 25~30V, 焊接电流调节范围 50~300A。

该机主要由三相降压变压器、三相磁放大器、输出电抗器、通风机组以及控制系统等组成。通过磁放大器的整流作用, 将外接电源的交流电变为焊接所需的直流电。