

全国机械类职业岗位
技能培训系列教材

焊工基本技能

吴晶波 主编



NLIC2970862438



**与生产岗位对接
提升技能**



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国机械类职业岗位技能培训系列教材

焊工

基本技能

主 编 吴晶波
副主编 王振东 袁红军 艾玉华
参 编 夏琦男 董春荣 王喜川
许 珂 陈博洁 刘 巍
孟庆鹏 王 畅 高 欣



NLIC2970862438



机械工业出版社

本书共分12个单元,单元一、二、三介绍了与焊接专业相关的基础知识,为焊接生产提供识图、安全用电和选择材料的基本依据;单元四介绍了焊工基础知识,包括劳动保护和安全生产的内容;单元五至单元十二在介绍焊接基本原理、设备、工艺的基础上,分别讲述了焊条电弧焊、气焊和气割、碳弧气刨、CO₂气体保护焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、电阻焊、等离子弧切割与焊接的操作方法,其后配有典型案例及其操作步骤,便于学生掌握和理解。

本书可作为焊工岗位技能培训教材、职业技术学院焊接专业技能课教材,也可供从事焊接工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工基本技能/吴晶波主编. —北京:机械工业出版社,2012.10
全国机械类职业岗位技能培训系列教材
ISBN 978-7-111-40057-8

I. ①焊… II. ①吴… III. ①焊接-技术培训-教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第243624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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10印张·243千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40057-8

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前

言

本书是全国机械类职业岗位技能培训系列教材,是以对职业技能的培养为主线设计教学内容,并参照相关国家职业标准、职业技能鉴定规范和中级技术工人等级考试标准编写而成的。

本书的主要特点如下:

1) 在内容编写上突出科学性、实用性和通俗性,着重培养学生的动手能力,以讲、练结合的方式,使学生在实践中逐步加深对理论知识的认识。

2) 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,紧密联系培养目标,坚持够用、实用的原则,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,加强技能训练,特别是加强基本技能和核心技能的训练。

3) 遵循认知规律,在结构安装和表达方式上,强调由浅入深、由易到难、循序渐进的原则。

4) 强调学生的自主学习,通过生产实例和图文并茂的表达方式,力求使教学内容为学生所“乐学”和“能学”。

本书由吴晶波任主编,王振东、裘红军和艾玉华任副主编。单元一、二由艾玉华、董春荣编写,单元三、八、九、十由裘红军、夏琦男、王旸、高欣编写,单元四、五由王振东、陈博洁编写,单元六、七由刘巍、孟庆鹏编写,单元十一、十二由王喜川、许可编写,全书由吴晶波负责整体构思、设计并统稿。

在本书的编写过程中,编者参阅了相关教材、书籍和网络资料,并得到了合作企业的支持,本课程组的兼职教师对典型案例的操作提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

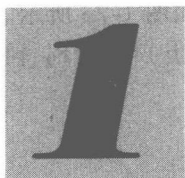
由于编者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

前言	75
单元一 焊工识图	75
第一节 投影的基本原理	76
第二节 焊缝符号及简单焊接 装配图的识读	79
思考与练习	85
单元二 电的基础知识	92
第一节 电路与电路定律	92
第二节 磁场及其基本物理量	96
第三节 电磁感应与变压器	99
思考与练习	100
单元三 金属材料及热处理知识	100
第一节 金属材料的性能	102
第二节 铁碳合金的基本组织	105
第三节 碳素钢	105
第四节 合金钢	105
第五节 热处理	105
思考与练习	114
单元四 焊工基础知识	115
第一节 概述	115
第二节 焊工劳动保护和安全 检查	119
思考与练习	127
单元五 焊条电弧焊	128
第一节 焊条电弧焊基本原理	128
第二节 焊条电弧焊设备与 工具	131
第三节 焊条	133
第四节 焊条电弧焊工艺及焊接 缺陷	136
第五节 焊条电弧焊典型案例	137
思考与练习	137
单元六 气焊与气割	137
第一节 气焊、气割基本原理	137
第二节 气焊、气割设备及工具	137
第三节 气焊工艺与气割工艺	137
第四节 气焊、气割典型案例	137
思考与练习	137
单元七 碳弧气刨	137
第一节 碳弧气刨基本知识	137
第二节 碳弧气刨典型案例	137
思考与练习	137
单元八 CO ₂ 气体保护焊	137
第一节 CO ₂ 气体保护焊基本原理 及设备	137
第二节 CO ₂ 气体保护焊工艺	137
第三节 CO ₂ 气体保护焊典型 案例	137
思考与练习	137
单元九 埋弧焊	137
第一节 埋弧焊基本原理及 设备	137
第二节 埋弧焊工艺	137
第三节 埋弧焊典型案例	137
思考与练习	137
单元十 钨极氩弧焊	137
第一节 钨极氩弧焊基本原理及 设备	137
第二节 钨极氩弧焊工艺	137
第三节 钨极氩弧焊典型案例	137
思考与练习	137
单元十一 电阻焊	137
第一节 电阻焊基本原理及 设备	137



第二节 电阻焊工艺	141	第二节 等离子弧切割	147
第三节 电阻焊典型案例	143	第三节 等离子弧焊接简介	149
思考与练习	144	第四节 等离子弧切割典型案例 ...	150
单元十二 等离子弧切割与焊接	145	思考与练习	152
第一节 等离子弧切割与焊接		参考文献	153
原理	145		



单元一

焊工识图



学习目标

本单元主要讲解投影的基本原理、焊缝代号、简单装配图的识读等，使学生掌握焊接图的基础知识，能够进行简单焊接装配图的识读。

焊工是一个很重要的技术工种。焊工只有掌握了丰富的理论知识和对知识的总结、探索、运用的拓展能力，才能有过硬的操作技能和操作经验。焊工要想在工作中能够根据图样的要求，准确无误地完成设计人员设计的结构或产品的焊接装配工作，就必须能够读懂设计图样。

第一节 投影的基本原理

一、三视图

将三个相互垂直的平面作为投影面，将物体放在其中进行投影。三个投影面分别是正立投影面（简称正面或 V 面）、侧立投影面（简称侧面或 W 面）和水平投影面（简称水平面或 H 面），它们共同组成了一个三投影面体系，如图 1-1 所示。三个投影面的交线称为投影轴： V 面与 H 面的交线称为 X 轴，它代表物体的长度方向； H 面与 W 面的交线称为 Y 轴，它代表物体的宽度方向； V 面与 W 面的交线称为 Z 轴，它代表物体的高度方向。三根轴互相垂直，其交点称为原点，用 O 表示。

将物体放在三投影面体系中，可分别得到物体的正面投影、水平投影和侧面投影，如图 1-2a 所示。为

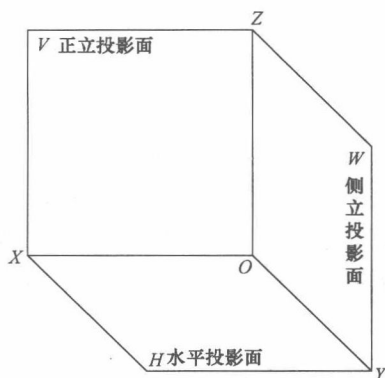


图 1-1 三投影面体系



了看图方便,规定 V 面保持不动, H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° , 如图 1-2b 所示,使三个投影面在同一个平面上,就得到了展开的三视图,如图 1-2c 所示。应注意, H 面和 W 面在旋转时, OY 轴被分为两处,分别为 OY_H 轴(在 H 面上)和 OY_W 轴(在 W 面上)。

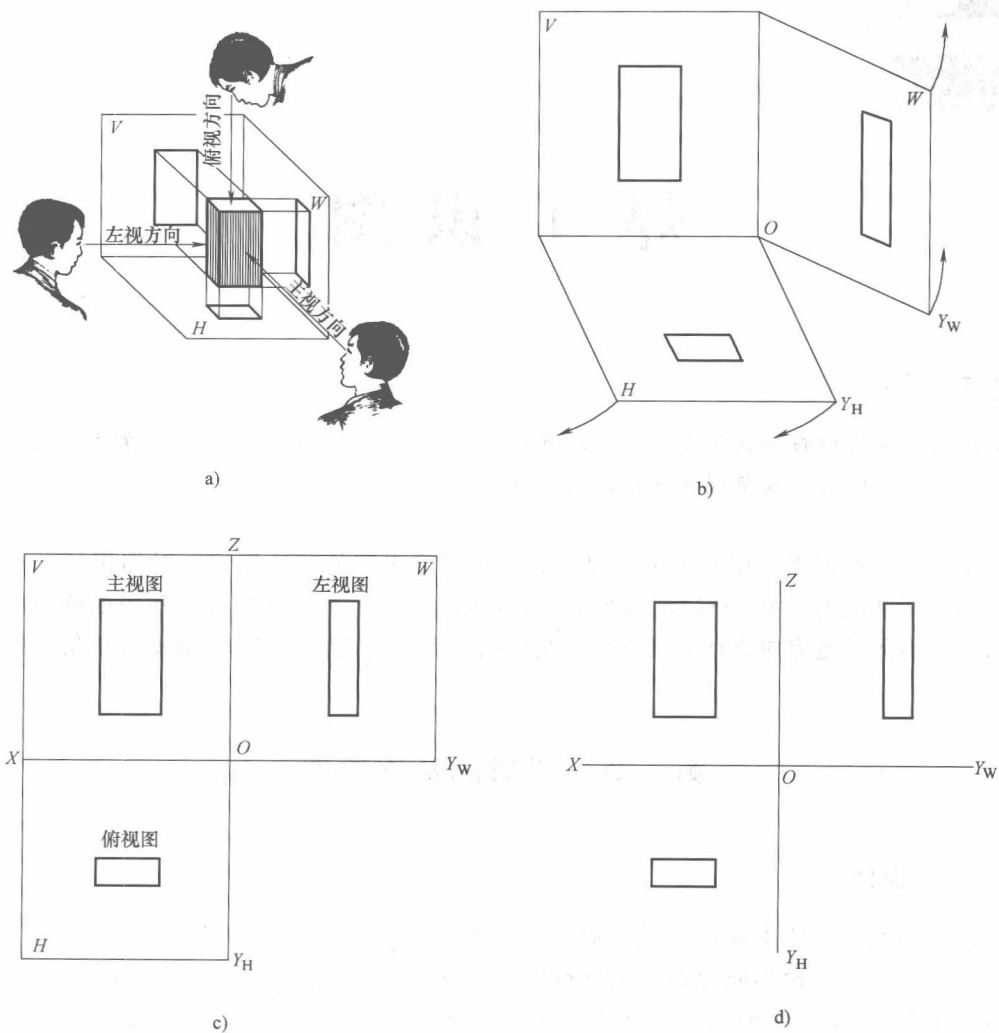


图 1-2 三视图的形成过程

正立投影面上的投影是由前向后投射所得到的视图,称为主视图;水平投影面上的投影是由上向下投射所得到的,称为俯视图;侧立投影面上的投影是由左向右得到的,称为左视图,如图 1-2d 所示。画图时,以主视图为准,俯视图在它的下面,左视图在它的右面。

二、剖视图

为了直观表现出机件的内部形状,假想用剖切面剖开机件,移去观察者和剖切面之间的



部分, 将其余部分向投影面投射所得的图形称为剖视图。如图 1-3 所示, 在实心部分画上剖面线, 这样机件的内部结构形状就表达清楚了。

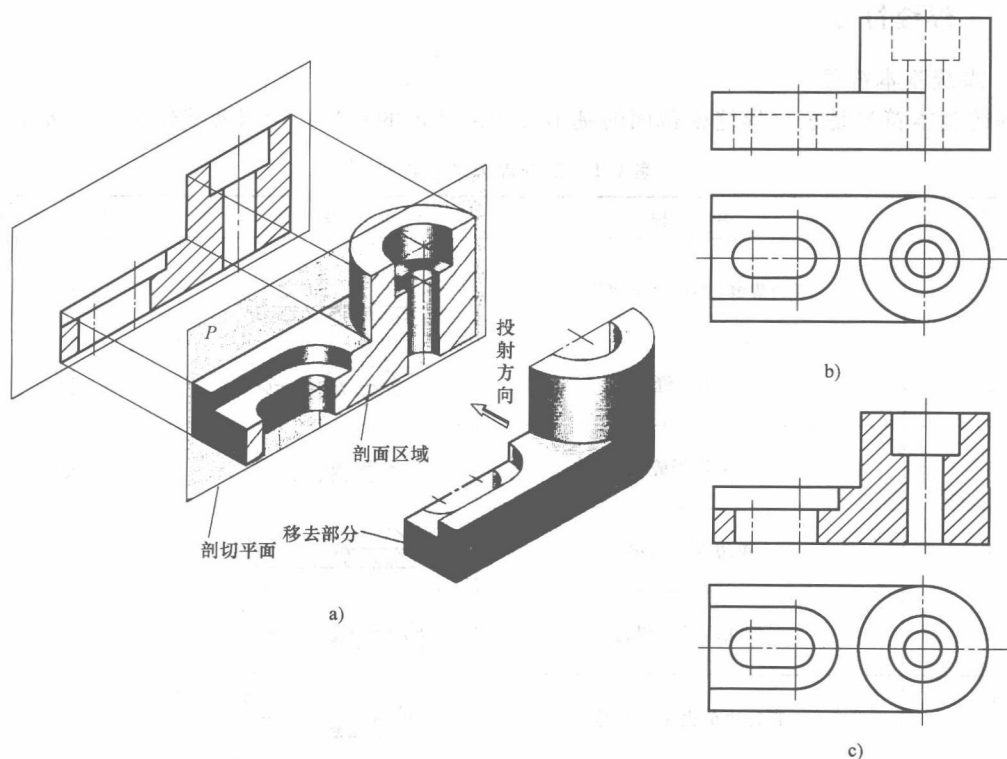


图 1-3 剖视图的形成

三、局部放大图

将机件的部分结构用大于原图形所采用的比例画出的图形称为局部放大图, 如图 1-4 所示。当机件上的细小结构在视图中表达不清楚, 或者不便于标注尺寸和技术要求时, 可采用局部放大图。

局部放大图可以画成视图、剖视图和断面图 (将机件的某处用假想的剖切面切断, 仅画出其断面的图形即为断面图), 与被放大部分的表达方式无关。例如, 在图 1-4 中, *I* 部分的放大图为视图, *II* 部分的放大图为断面图, 但原图形中 *I*、*II* 部分均为外形视图。

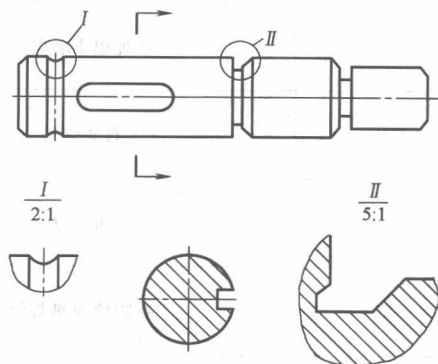


图 1-4 局部放大图

第二节 焊缝符号及简单焊接装配图的识读

焊件图样中经常会出现焊缝符号, 根据国家标准《焊缝符号表示法》的规定, 焊缝符



号一般由基本符号与指引线组成,必要时还可以加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。学习焊缝基本符号和焊缝尺寸符号是读懂简单焊接装配图的必要基础。

一、焊缝符号

1. 焊缝基本符号

焊缝基本符号是表示焊缝横截面的基本形式或特征的符号,用粗实线绘制,见表 1-1。

表 1-1 部分焊缝基本符号

序号	名 称	示 意 图	符 号
1	卷边焊缝(卷边完全熔化)		八
2	I 形焊缝		
3	V 形焊缝		∨
4	单边 V 形焊缝		√
5	带钝边 V 形焊缝		Y
6	带钝边单边 V 形焊缝		√
7	带钝边 U 形焊缝		U
8	带钝边 J 形焊缝		J
9	封底焊缝		⌒
10	角焊缝		△
11	塞焊缝或槽焊缝		⌏
12	点焊缝		○
13	缝焊缝		⊗



2. 焊缝尺寸符号

焊缝尺寸符号是表示坡口和焊缝横截面各种特征尺寸的符号,必要时可以在焊缝基本符号中标注尺寸,尺寸符号及数据见表 1-2。

表 1-2 常见焊缝尺寸符号

符 号	名 称	示 意 图
δ	工件厚度	
α	坡口角度	
b	根部间隙	
p	钝边	
c	焊缝宽度	
R	根部半径	
l	焊缝长度	
n	焊缝段数	
e	焊缝间距	
K	焊脚尺寸	
d	点焊:熔核直径 塞焊:孔径	



(续)

符 号	名 称	示 意 图
S	焊缝有效厚度	
N	相同焊缝数量	
H	坡口深度	
h	余高	
β	坡口面角度	

3. 指引线

指引线是表示指引焊缝位置的符号。一般由带箭头的指引线（简称箭头线）和两条基准线（一条为实线，另一条为虚线）组成，如图 1-5 所示。基准线一般与主标题栏平行。

指引线有箭头的一端指向有关焊缝，虚线表示焊缝在接头的非箭头侧，在需要表示焊接方法等说明时，可在基准线末端加一尾部符号，如图 1-5 所示，虚线在某些情况下可以省略。

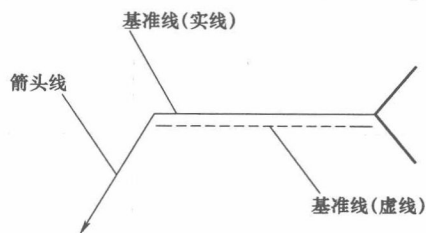


图 1-5 焊缝标注指引线

二、常用焊接方法代号的表示方法

焊接方法代号是以数字简明表示各种焊接方法，常用的焊接方法代号及名称见表 1-3。

三、简单焊接装配图识读

1. 装配图的组成

装配图是表达机器或部件的工作原理、结构形状和装配关系的图样。在设计过程中，一般要先画出装配图，再根据装配图画零件图。在生产过程中，装配图是进行装配、检验、安装及维修的重要技术资料。

一张完整的装配图应该包括制造和检验的全部资料，一般由以下内容组成，如图 1-6 所示。



表 1-3 常用的焊接方法代号及名称

代号	焊接方法	代号	焊接方法
1	电弧焊	15	等离子弧焊
11	无气体保护的电弧焊	151	等离子 MIG 焊
111	焊条电弧焊	2	电阻焊
114	自保护药芯焊丝电弧焊	21	点焊
12	埋弧焊	22	缝焊
121	单丝埋弧焊	24	闪光焊
13	熔化极气体保护电弧焊	25	电阻对焊
131	熔化极惰性气体保护电弧焊 (MIG)	3	气焊
14	非熔化极气体保护电弧焊	31	氧燃气焊
141	钨极惰性气体保护电弧焊 (TIG)	311	氧乙炔焊

(1) 一组图形 完整而清晰地表达出装配体的构造、工作原理、零件间装配、连接关系及主要零件的结构形状。对于焊接结构图中除了包含与焊接有关的内容外, 还有其他加工所需的全部内容。

(2) 一组尺寸 表达有关装配体的外形、性能、规格、连接关系或确定结构件各部分结构形状的大小和相对位置等的尺寸。

(3) 技术要求 为了确保部件或机器的装配焊接质量, 满足使用要求, 应对装配体的装配、试验、使用规则、应用范围、特殊处理等提出严格、合理的规定或说明。焊接装配图用代号(符号)或文字等注写出部件在制造和检验时的各项质量要求, 如焊缝质量、表面处理、矫正、热处理, 以及尺寸公差、几何公差等。

(4) 标题栏、明细栏及零部件序号 根据生产组织和管理的需要, 按一定的格式编写零部件序号, 并填写明细栏和标题栏。

2. 典型容器类焊接装配图识读举例

容器类结构件是锅炉行业和化工行业的主要设备之一, 它的主要作用是盛装液体或气体。压力容器应有安全指标, 故制造和检验都有较高要求。

图 1-6 所示为液化石油气钢瓶, 它属于压力容器, 其读图方法如下。

(1) 概括了解 由标题栏可知, 该结构件名称为液化石油气钢瓶, 所用材料为低合金结构钢中的容器用钢 Q345, 属于单层压力容器。它由四个部件组焊而成, 与其他两个零件(护罩和底座)组焊后作为家用液化气瓶。施焊时, 先将垫板与下封头组焊完成, 再进行上、下封头的焊接, 实现单面焊双面成形, 保证总体质量。

(2) 分析视图, 想象形状 图形中共有两个视图, 其中一个为主视图, 一个为局部放大图。主视图中采用了半剖, 表达了钢瓶的基本形状和结构, 同时表达了环焊缝的位置; 在主视图中没有表达清楚的瓶口处焊缝情况, 采用局部放大图表达, 局部放大图表达了上封头、下封头与垫板的结构及焊缝的形状。

(3) 尺寸分析 液化气钢瓶的内径为 $\phi 314\text{mm}$, 整体高度约为 580mm 。

(4) 技术要求

1)  表示焊缝为整圈对接焊缝, 焊接间隙为 3mm , 坡口角度为 50° , 有垫板,

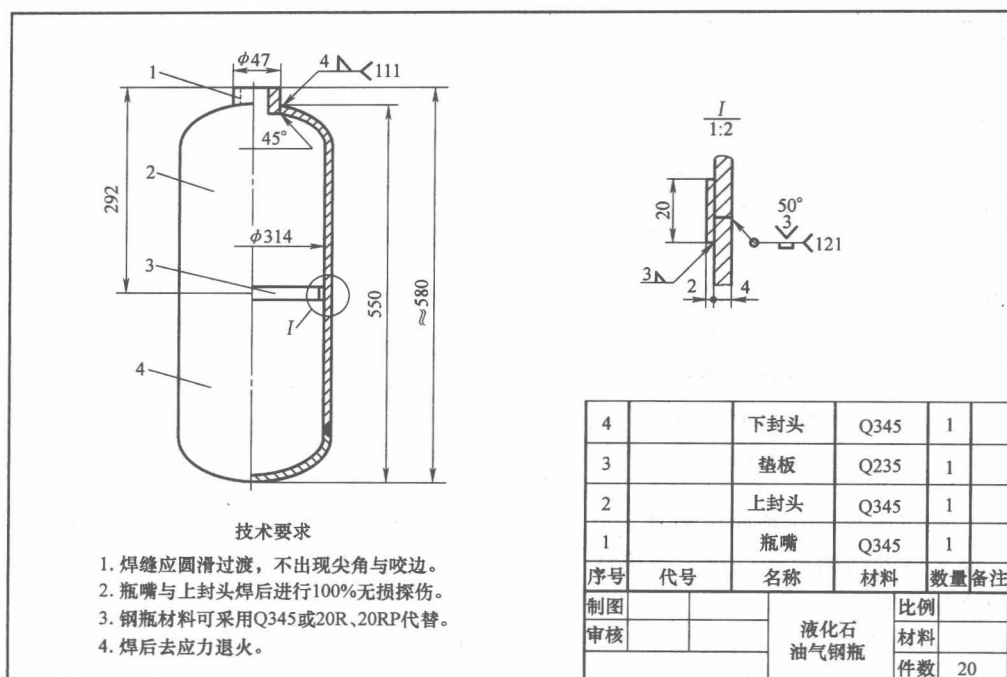


图 1-6 液化石油气钢瓶

焊接方法为单丝埋弧焊 (121)。

2) $4\text{mm} \angle 111$ 表示焊缝为角焊缝, 焊脚尺寸为 4mm, 焊接方法为焊条电弧焊 (111)。

3) 瓶嘴与上封头组焊后高度为 292mm, 整个钢瓶焊完之后要进行无损探伤, 焊后要去除应力退火。焊缝过渡要光滑, 避免产生应力集中。

思考与练习

1. 什么是三视图? 三视图的名称分别是什么?
2. 视图间的三等关系是什么?
3. 何为主视图、俯视图和左视图?
4. 什么是剖视图?
5. 什么是局部放大图?
6. 什么是断面图?
7. 焊缝基本符号有哪些?
8. 焊缝尺寸符号有哪些?
9. 焊条电弧焊代号如何表示?
10. 一张完整的装配图包括哪些内容?



单元二

电的基础知识



学习目标

通过本章的学习，学生能够掌握电路、磁场的基本知识，理解直流电、交流电及变压器的基本原理。

第一节 电路与电路定律

一、电场的基本物理量

1. 电流

在电源的作用下，带电微粒会发生定向移动，正电荷向电源负极、负电荷向电源正极移动。带电微粒的定向移动就是电流。一般以正电荷的移动方向为电流的方向。电流的方向和大小不随时间变化的电流称为直流电，电流的大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电。

电流的大小称为电流强度，电流强度简称电流，用 I 表示。电流常用的单位是安培，用 A 表示。

2. 电阻

当电流通过导体时，由于自由电子在运动中不断与导体内的原子、分子发生碰撞，就会受到一定的阻力。导体对电流的这种阻碍作用就叫电阻，用 R 表示。电阻的单位是欧姆，用 Ω 表示。电阻表示导体对电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体，其电阻一般不同，电阻是导体本身的一种性质。

3. 电压

电压也称作电势差或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量，用 U 表示。此概念与水位高低所造成的“水压”相似。电压的单位是伏特，简称伏，用符号 V 表示。



二、电路

电流所流经的路径即电路，闭合电路中能够实现电能的传递和转换。电路由电源、连接导线、开关电器、负载及其他辅助设备组成。电源是提供电能的设备，电源的功能是把非电能转换为电能。例如，电池把化学能转换为电能，发电机把机械能转换为电能等。干电池、蓄电池、发电机等是最常用的电源。连接导线把电源、负载和其他设备连接成一个闭合回路，连接导线的作用是传输电能或传送电信号。开关的作用是实现电路的闭合和断开。电路中的各种用电设备统称为负载。负载的功能是把电能转变为其他形式能。例如，电炉把电能转变为热能；电动机把电能转变为机械能。通常使用的照明器具、家用电器、机床等都可称为负载。辅助设备包括各种继电器、熔断器及测量仪等，其作用是实现对电路的控制、分配、保护及测量等。

三、欧姆定律

欧姆定律是表示电路中电压、电流和电阻这三个基本物理量之间关系的定律。在同一电路中，导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比，这就是欧姆定律。其公式为

$$I = U/R$$

式中 U ——电路上的电压 (V)；

I ——流经电路的电流 (A)；

R ——电路的电阻 (Ω)。

由欧姆定律可知，如果电路中的电压保持不变，则电阻越小，电流越大；当电阻趋近于零时，电流很大，这种电路状态称为短路。大多数电弧焊在引弧操作时，瞬间达到短路状态。

第二节 磁场及其基本物理量

一、磁体与磁力线

物体具有吸引铁、钴、镍等物质的性质称为磁性，具有磁性的物体称为磁体。任何磁体都有两个磁极，磁针经常指向北方的一端称为北极，用字母 N 表示；经常指向南方的一端称为南极，用字母 S 表示，如图 2-1 所示。N 极和 S 极总是成对出现且强度相等，不存在独立的 N 极和 S 极。磁极之间相互作用的磁场力是通过磁极周围的磁场传递的。磁极在自己周围空间里产生的磁场，对处在它里面的磁极均产生磁场力的作用。

磁场可以用磁力线表示，磁力线存在于磁极之间的空间中。磁力线的方向从北极出来，进入南极，磁力线在磁极处密集，并在该处产生最大磁场强度，离磁极越远，磁力线越疏。磁力线是互不相交的闭合曲线，在磁铁外部，磁力线从 N 极到 S 极。在磁铁内部，磁力线从 S 极到 N 极。磁力线的疏密反映

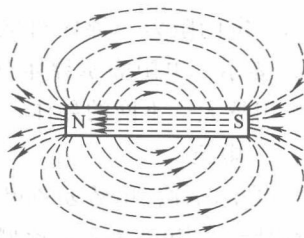


图 2-1 条形磁铁磁场方向



磁场的强弱。磁力线越密，表示磁场越强；磁力线越疏，表示磁场越弱。磁力线上任意一点的切线方向，就是该点的磁场方向。

二、磁场中的基本物理量

(1) 磁感应强度 B 磁感应强度 B 是表征磁场中某点的磁场强弱和方向的物理量。

(2) 磁通量 Φ 磁感应强度 B 与垂直于磁场方向的面积 A 的乘积，称为通过该面积的磁通量 Φ 。

(3) 磁导率 μ 磁导率是用来表示物质导磁性能的物理量，不同物质的磁导率 μ 不同。

(4) 磁场强度 H 在磁场中，各点磁场强度的大小只与电流的大小和导体的形状有关，而与媒质的性质无关。

第三节 电磁感应与变压器

一、电流的磁效应与安培定则

1. 电流的磁效应

任何通有电流的导线在其周围会产生磁场的现象，称为电流的磁效应。电流磁效应所产生的磁场强度与电流的大小成正比，与导线的距离成反比。电流磁效应所产生的磁场方向与电流方向垂直，其判断方法为安培定则。

2. 安培定则

通电导体周围的磁场的方向，即磁力线方向与电流的关系可以用安培定则来判断，也称右手螺旋定则。

(1) 直线电流的磁场 直线电流磁场的磁力线是以导线上各点为圆心的同心圆，这些同心圆都在与导线垂直的平面上，如图 2-2a 所示。磁力线方向与电流的关系用安培定则判断：用右手握住通电直导体，让伸直的大拇指指向电流方向，那么，弯曲的四指所指的方向就是磁力线的环绕方向，如图 2-2b 所示。

(2) 通电螺线管的磁场 通电螺线管表现出来的磁性类似条形磁铁，一端相当于 N 极，另一端相当于 S 极。通电螺线管磁场方向的判断方法是：用右手握住通电螺线管，让弯曲的四指指向电流方向，那么，大拇指所指的方向就是螺线管内部磁力线的方向，即大拇指指向通电螺线管的 N 极，如图 2-3 所示。

二、电磁感应现象

1. 电磁感应现象的定义

闭合电路的一部分导体在磁场中作切割磁力线的运动，导体中就会产生电流，这种现象称为电磁感应现象。产生的电流称为感应电流。

2. 感应电动势

闭合电路中的导线在磁场中作切割磁力线运动时，在导线中产生的电动势称为感应电动势。