

高等学校教学参考书

热处理电工学

《热处理电工学》编写组编

人民教育出版社

热处理电工学

《热处理电工学》编写组编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

1977年3月第1版 1978年1月第1次印刷

书号 15012·022 定价 2.20 元 插页 1

编 者 的 话

伟大领袖和导师毛主席教导我们：“教育要革命”，“教材要彻底改革”。

无产阶级文化大革命以来，我们二十四所院校热处理专业的工人、学员和教师，在学习和贯彻毛主席教育革命思想，批判修正主义教育路线的基础上，在教育革命实践中，对工科院校金相热处理专业用电技术方面的教材进行了初步改革，将这个专业教学中必需的《物理学》（电学部分）、《电工学》、《热处理炉温度测量与控制》等内容集中编写成《热处理电工学》一书，在教学中试用，并准备在实践过程中进一步加以研究。

本书内容力求理论与实践密切结合，基础理论与专业实际紧密联系，并体现毛主席“实践、认识、再实践、再认识”的认识规律。全书分作三篇：第一篇概略介绍热处理车间电气设备的使用方法和基本知识；第二篇阐述电工学与电子技术的基本理论和以此为基础的热处理车间电气设备的电气原理；第三篇介绍热处理车间一些电气设备的自动化技术。为了便于自学，在第二篇中，每章开始有内容提要，后面附有小结。

由于我们对毛主席教育革命思想领会不深，教育革命的实践还很不够，本书难免有缺点和错误，恳切希望使用本书的学员、教师和广大读者批评指正。

参加本书编写和审定工作的有：广东工学院、山东工学院、上海机械学院、上海交通大学、大连铁道学院、天津大学、太原工学院、北京工业学院、北京航空学院、华中工学院、东北重型机械学院、合肥工业大学、吉林工业大学、西北工业大学、西安交通大学、武汉水运工程学院、河北工学院、河北机电学院、陕西机械学院、浙江大学、洛阳农机学院、哈尔滨工业大学、黑龙江工学院、湖北农机学院。

本书在编写和审定过程中，得到武汉热处理厂、4801厂、湖北拖拉机厂、湖北齿轮厂等单位工人师傅和技术人员的大力支持与帮助，在此我们表示衷心的感谢。

《热处理电工学》编写组

一九七七年二月

本书主要符号说明

1. 本书文字符号采用了国内通用符号。例如:

A	安培表	K_d	电热元件直径比例系数
a	可控硅元件的阳极; 电子管阳极	K_h	电热元件线圈密度系数
B	磁感应强度; 变压器	k	可控硅元件阴极; 电子管阴极; 可控硅电流 波形系数
b	晶体管基极	L	自感系数; 电感量
B_r	剩磁感应强度	M	电磁转矩; 互感系数
BV_{ceo}	集电极-发射极击穿电压	m_k	并联可控硅数
C	电容器; 电容量	N	线圈的匝数
C_D	微分电容	n	转速; 可控硅在设定周期内导通的周波数
C_I	积分电容	n_0	同步转速
$^{\circ}C$	摄氏温度单位(度)	P	功率; 比例作用
c	晶体管集电极	P_{cM}	集电极最大允许耗散功率
D	半导体二极管; 电动机; 微分作用	PFV	可控硅正向阻断峰值电压
E	电动势	PRV	可控硅反向峰值电压
$E(t, t_0)$	热电偶热端为 $t^{\circ}C$, 冷端为 $t_0^{\circ}C$ 时发生的 热电势	Q	热量; 电荷量; 无功功率
e	晶体管发射极	R	电阻
F	力	R_D	等值电阻
f	频率	R_L	联接导线电阻
G	检流计	S	截面积; 视在功率; 跨导
G	电子管	s	转差率
g	可控硅元件的控制极; 电子管栅极	T	周期; 晶体管; 可控硅
H	磁场强度	T_d	微分时间
H_c	矫顽力	T_i	积分时间
I	直流电流; 积分作用	U	直流电压; 正弦交流电压的有效值
I_Q	起动电流	u	交流电压瞬时值
I_{cbo}	集电极-基极反向电流	$\tilde{u}$	高频振荡电压
I_{ceo}	穿透电流	$\tilde{u}_g$	栅极交流电压
I_{cM}	集电极最大允许电流	U_g^-	栅极直流负电压
I_p	可控硅峰点电流	U_g^+	栅极直流正电压
I_v	可控硅谷点电流	U_G	给定电压
I_F	可控硅正向额定电流平均值	U_{XG}	限制电流给定电压
K	开关; 热功当量; 电压放大倍数	U_F	反馈电压
K_P	比例系数	U_{Fm}	二极管承受的最大反向电压
K_D	变压器铁心迭片系数	U_p	可控硅峰点电压

U_v 可控硅谷点电压
 U_{be} 基极电压
 U_{ce} 集电极电压
 V 伏特表
 W 电热丝的表面负荷
 X_L 感抗
 X_C 容抗
 Z 阻抗
 α 平均温度系数
 β 电流放大系数; 正反馈系数
 Δ 绝对误差
 δ 相对误差

δ_P 比例带
 δ_{PK} 临界比例带
 η 单晶体管分压比; 效率
 μ 电子管放大系数; 导磁系数
 μ_0 真空导磁系数
 μ_r 相对导磁系数
 ρ 电阻率
 Φ 磁通量
 φ 电位; 相位差
 ψ 初相角; 磁链
 Ω 欧姆
 ω 角速度

2. 本书所用文字符号的下标, 除少数国际上通用者外, 一般采用汉语拼音字母小写, 有些为工厂习惯用法的采用大写, 见下表:

下 标	意 义	举 例	下 标	意 义	举 例
b	补 偿	E_b 补偿电势	r	熔 体	I_{re} 熔体额定电流
by	倍 压	R_{by} 倍压电阻	sr	输 入	U_{sr} 输入电压
c	磁 滞	P_c 磁滞发热功率	sc	输 出	U_{sc} 输出电压
cl	串 联	R_{cl} 串联电阻	tb	同 步	U_{tb} 同步电压
d	动 圈	R_d 动圈电阻	te	铁 轭	S_{te} 铁轭截面积
ds	灯 丝	U_{ds} 灯丝电压	tx	铁 心	S_{tx} 铁心截面积
dx	导 线	S_{dx} 导线截面积	w	涡 流	P_w 涡流发热功率
e	额 定	U_e 额定电压	wj	外 接	R_{wj} 外接电阻
fz	负 载	R_{fz} 负载电阻	z	线 电 压	U_z 线电压
fl	分 流	R_{fl} 分流电阻	xa	相 电 压	U_{xa} 相电压
gd	给 定	E_{gd} 给定电势	y	允 许	Δ_y 绝对允许误差
gm	光 敏	R_{gm} 光敏电阻			δ_y 相对允许误差
lr	流 入	I_{lr} 流入电流	z	总 电 阻	R_z 总电阻
lc	流 出	I_{lc} 流出电流	zl	直 流	P_{zl} 直流功率
L	漏 磁	Φ_L 漏磁通			
q	起 燃	U_q 起燃电压			

目 录

本书主要符号说明

第一篇 热处理车间电气设备的使用与初步认识

第一章 使用电阻炉的基本知识.....1	
第一节 电阻炉电路概述.....1	
第二节 电阻炉电路的三种工作状态.....4	
第三节 电阻炉电路的接线.....5	
第四节 车间安全用电常识.....8	
第二章 热处理车间常用电炉的控制.....11	
第一节 手动控制器与熔断器.....11	
第二节 自动控制电器.....17	
第三节 控制电路的组成及其读图方法.....22	
第四节 箱式电阻炉的控制电路.....22	
第五节 三相鼠笼式异步电动机的使用及井式渗碳炉的控制电路.....24	
第六节 盐炉变压器及盐炉控制电路.....28	
第七节 电葫芦的控制电路.....30	
第三章 热处理车间常用电工仪表.....32	
第一节 概述.....32	
第二节 直流电压表和直流电流表.....32	
第三节 交流电压表和交流电流表.....35	
第四节 电压表和电流表的使用.....36	

第五节 钳形电流表.....37	
第六节 兆欧表.....38	
第七节 万用表.....40	
第四章 热处理车间常用温度测量仪表.....42	
第一节 温标及温度测量仪表的分类.....42	
第二节 热电偶及其补偿导线.....43	
第三节 动圈式温度仪表.....48	
第四节 直流电位差计.....50	
第五节 电子电位差计.....52	
第六节 辐射式高温计.....57	
第七节 温度仪表的现场校验.....61	
第八节 热处理炉温度分布状况.....64	
第九节 影响炉温测量准确度的因素.....65	
第五章 感应加热设备.....68	
第一节 感应加热概述.....68	
第二节 电子管式高频感应加热设备的基本结构及其使用.....68	
第三节 中频感应加热设备简介.....72	

第二篇 热处理车间电气设备的原理及应用

第一章 电路原理及直流电位差计的电路分析.....80	
内容提要.....80	
第一节 电流、电压和电动势.....80	
第二节 电路的几个基本定律.....82	
第三节 直流电位差计的电路结构与工作原理.....93	
第四节 303型直流电位差计的线路分析.....94	
第五节 热电偶的测温原理.....96	
第六节 热电偶冷端温度的影响及其补偿.....98	
本章小结.....101	

第二章 电阻炉电路.....104	
内容提要.....104	
第一节 单相电阻炉电路.....104	
第二节 三相电阻炉电路.....108	
第三节 电热元件的设计.....119	
本章小结.....125	
第三章 感应加热的原理与电路分析.....127	
内容提要.....127	
第一节 感应器的磁场.....127	
第二节 铁磁性物质的磁化.....131	

第三节	感应加热的基本原理	135
第四节	电感性负载电路	140
第五节	电容器 功率因数的提高	149
*第六节	工频感应加热设备在三相电网中的平衡 调整	157
本章小结	.....	158
第四章 变压器	.....	161
内容提要	.....	161
第一节	变压器的分类和结构	161
第二节	变压器的工作原理	163
第三节	盐炉变压器	167
第四节	自耦变压器	172
*第五节	单相及三相盐炉变压器的计算	176
本章小结	.....	178
第五章 热处理车间常用电机	.....	180
内容提要	.....	180
第一节	三相异步电动机	180
第二节	可逆电动机	186
第三节	小型同步电动机	188
本章小结	.....	192
第六章 晶体管电子电位差计	.....	193
内容提要	.....	193
第一节	测量桥路	193
第二节	直流稳压电源	196
第三节	晶体管放大器	204
第四节	变流级和晶体管滤波器	224
第五节	XWB 型仪表总线路图的分析	228
第六节	XWB 型电子电位差计的抗干扰	231
本章小结	.....	233
第七章 动圈式温度指示调节仪	.....	234
内容提要	.....	234
第一节	动圈式温度指示调节仪的结构	234
第二节	LC 振荡器	236
第三节	XCT-101 型动圈式温度指示调节仪的 电路分析	241

第四节	时间比例调节仪表(XCT-131)的工作 原理	244
本章小结	.....	248
第八章 高频感应加热设备	.....	250
内容提要	.....	250
第一节	真空二极管和充气二极管	250
第二节	三相不控整流电路	253
第三节	闸流管和一种单相半波可控整流电路	257
第四节	GP-100C ₃ 型高频电炉的三相桥式半 控整流电路	261
*第五节	GP-60CR ₁₁ 型高频电炉的整流电路 概要	266
第六节	真空三极管及其放大特性	269
第七节	电子管振荡器	273
第八节	GP-100C ₃ 型高频电炉的振荡加热电路	277
第九节	GP-100C ₃ 型高频电炉的防寄生振荡、 高频千伏表电路和起振、停振控制电路	281
第十节	GP-100C ₃ 型高频电炉的控制电路, 铁 磁稳压器和安全保护装置	284
第十一节	GP-100C ₃ 型高频电炉的调试和维修	289
*第十二节	感应器设计	293
*第十三节	导磁体、屏蔽与搪瓷在感应加热中的 应用	297
本章小结	.....	299
第九章 辉光离子氮化装置的供电系统	.....	301
内容提要	.....	301
第一节	辉光离子氮化装置简介	301
第二节	可控硅元件	303
第三节	可控硅三相桥式半控整流电路	310
第四节	可控硅的选择和保护	314
第五节	可控硅触发电路	317
第六节	辉光离子氮化装置供电系统中的灭弧电 路与温度自动调节	327
第七节	辉光离子氮化装置供电系统的调试	331
本章小结	.....	334

第三篇 热处理车间电气设备的自动化

第一章 热处理车间自动化元件	.....	335
第一节	晶体管接近开关	335
第二节	光电继电器	337
第三节	晶体管时间继电器	339
第四节	电动式时间继电器	341

第五节	步进选线器	343
第六节	辉光数字管	344
第七节	干式舌簧继电器	346
第二章 热处理车间设备的自动化	.....	349
第一节	程序控制自动化线路的几个一般问题	349

第二节	电动式盐炉淬火联动机	351
第三节	气动驱动振底式炉	354
第四节	电加热无罐气体渗碳联合机	359
第三章 热处理炉温度自动调节器及其应用实例		362
第一节	电动 <i>PID</i> 调节器	362
第二节	可控硅在炉温控制中的应用	389

第三节	TA 系列简易电子调节器在炉温控制中的应用	396
附 1.	铂铑—铂热电偶分度表	401
2.	镍铬—镍硅(镍铬—镍铝)热电偶分度表	404

注: 在章节标题前面有“*”号标记的是用小字排印的内容。

第一篇 热处理车间电气设备的使用与初步认识

第一章 使用电阻炉的基本知识

电阻炉是热处理车间主要加热设备之一。其结构型式和具体用途虽各不相同，但就其工作原理来讲，都是利用电热元件将电能转换成热能而对工件进行加热的。下面我们以箱式电阻炉为例说明它的基本电路结构，并重点介绍电阻炉的正确使用问题。

第一节 电阻炉电路概述

一、电阻炉电路的组成

箱式电阻炉的发热体多是电热丝，电热丝按照一定的方式用导线联接起来。单相箱式电阻炉的电热丝与电源的联接如图 1-1-1 所示。从接线柱 1、2 引出的两根较粗的导线接到开关下部的端子上，开关上部的端子与车间电源相接。合上开关，电源即可对电炉送电，电热丝流过电流而发热，使炉内温度上升至所需要的数值。

用电工符号表示的单相电阻炉电路（图 1-1-2）和所有其它电路一样，可以概括为下列几个主要组成部分：

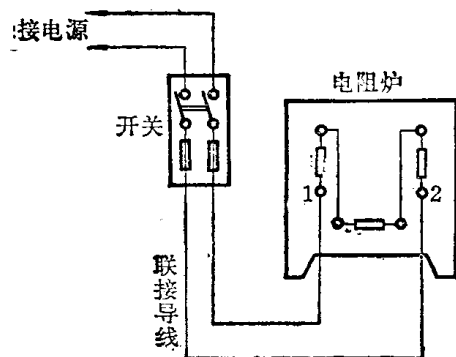


图 1-1-1 单相箱式电阻炉接线图

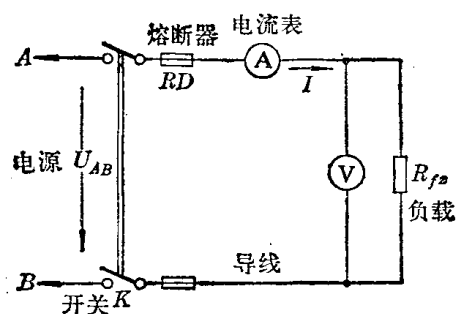


图 1-1-2 单相电阻炉电路图

负载 (R_{fz})：是电路中的用电设备，即消耗电能的装置。在电阻炉电路中常为电热丝或碳化硅棒。

导线：起传送电能给负载的作用。

开关 (K)：用来控制电路的接通与断开。

电源：是一种把机械能、化学能等非电形式的能量转变为电能的装置，是电能的源泉。

另外,为了测量电源输送给负载的电流,在导线上串联一个电流表 **A**;为了测量负载两端承受的电压,在负载两端跨接一个电压表 **V**。电阻炉用的都是交流电,电流在几十安至几百安的范围内,电压为 220 伏或 380 伏,所以电流表应选用适当量程的交流安培表,电压表选用 500 伏(或 250 伏)的交流伏特表。

二、电阻与电热元件

反映电路元件对电流阻力大小的物理量叫电阻,用字母 R (或 r) 表示。有的导体如银、铜、铝、石墨等等,对电流的阻力小,我们说其导电性能好,可用来作导线;有的导体如铁铬铝合金、镍铬合金、碳化硅等,对电流的阻力较大,其导电性能较铜、铝等差,这类导体可用来作电热元件或其他用电设备。

电阻的单位是欧姆,简称欧(Ω)。电子线路中电阻元件的电阻值常以千欧计,电气设备的绝缘电阻值常以兆欧计。电阻单位的换算关系为

$$1\text{ 欧}(\Omega)=10^{-3}\text{ 千欧}(\text{k}\Omega)=10^{-6}\text{ 兆欧}(\text{M}\Omega)$$

实验表明,在一定温度下,导体的电阻值与导体的截面积成反比,与导体长度成正比,还与导体的材料有关。用公式表示如下

$$R=\rho\frac{l}{S}\tag{1-1-1}$$

式中, l ——导体长度(米); S ——导体截面积(毫米²); ρ ——电阻率(欧·毫米²/米)。

由上式可看出:电阻率 ρ 就是截面积为 1 平方毫米长为 1 米的导体所具有的电阻值。电阻率愈小的材料,其导电性能愈好。常用导电材料在室温 20°C 时的电阻率见表 1-1-1。

表1-1-1 常用导电材料在室温 20°C 时的电阻率

	材 料	电 阻 率 ρ_{20} (欧·毫米 ² /米)	电 阻 温 度 系 数 (1/°C)
导电材料	铜	0.017	3.85×10^{-3}
	铝	0.029	4.03×10^{-3}
电阻合金	锰 铜	0.48	0.015×10^{-3}
	康 铜	0.49	0.005×10^{-3}
电 热 合 金	2 号铁铬铝 0Cr25Al5	1.40	$(20\sim1200^{\circ}\text{C})5\times10^{-5}$
	1 号铁铬铝 0Cr17Al5	1.30	$(20\sim1000^{\circ}\text{C})6\times10^{-5}$
	0 号铁铬铝 Cr13Al4	1.26	$(20\sim900^{\circ}\text{C})15\times10^{-5}$
	镍铬 Ni80Cr20	1.11	$(20\sim950^{\circ}\text{C})(7\sim8.5)\times10^{-5}$
	镍铬铁 Ni60Cr15	1.1	$(20\sim850^{\circ}\text{C})(12\sim14)\times10^{-5}$

实验还表明,在不同温度时导体的电阻值是不同的。温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率 ρ_t 可用下式表示

$$\rho_t=\rho_{20}[1+\alpha(t-20)]\tag{1-1-2}$$

式中, ρ_{20} 为 20°C 时的电阻率, α 称为平均温度系数, 单位为“ $1/^{\circ}\text{C}$ ”。

一般金属和碳化硅的电阻温度系数 α 为正, 即电阻或电阻率随温度的增高而增大, 但有的导体的电阻温度系数 α 是负的, 即电阻或电阻率随温度增高而减小。

可以用来作电热元件的材料是很多的, 主要分为金属和非金属两类。目前所用的电阻炉, 除高温炉采用碳化硅棒作电热元件外, 大部分用的是铁铬铝合金和镍铬合金。铁铬铝电热合金具有镍铬合金所不及的优点, 例如, 使用温度高, 电阻率大, 电阻温度系数较小, 表面负荷率大, 比重较小, 使用寿命长, 价格较便宜等。它的主要缺点是性脆、加工困难。

三、欧姆定律

在车间观察几台不同功率的电阻炉的炉丝就会发现, 功率大的炉子其炉丝粗(直径大, 电阻值小), 而功率小的炉子其炉丝细(直径小, 电阻值大)。如果在电源电压一定的情况下, 用钳形电流表测试炉子的电流, 则粗炉丝通过的电流大, 细炉丝通过的电流小。实验说明: 在电源电压一定的条件下, 电阻中通过的电流与电阻值的大小成反比; 如果固定电阻值, 改变加在电阻上的电压, 则电阻中通过的电流就与所加的电压成正比。这就是所谓一段电路的欧姆定律。用公式表示, 即

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = IR \quad (1-1-3)$$

式中, I ——通过电阻的电流(安); U ——加在电阻两端的电压(伏); R ——电阻值(欧)。

四、电流的热效应

电流通过导体时, 由于载流子(自由电子)不断地碰撞组成晶格点阵的离子和其他电子, 使导体温度升高, 这种现象叫做电流的热效应。日常用的电炉、白炽灯、电烙铁、电烘箱、电熨斗等都是利用电流的热效应而制成的电器。

实验证明: 电流通过导体所产生的热量与电流的平方、导体的电阻值以及通电的时间成正比。这个关系叫焦耳-楞次定律。用数学式表示可写成

$$Q = KI^2Rt \quad (1-1-4)$$

式中, K 称为热功当量, 就是 1 焦耳的电能在导体中产生的热量(卡)。由实验得

$$K = 0.24 \text{ 卡/焦耳}$$

所以

$$Q = 0.24I^2Rt \quad (1-1-5)$$

式中, 电流的单位用安培, 电阻的单位用欧姆, 时间的单位用秒时, 则热量的单位是卡。

由式(1-1-5)看出: 当电热元件的阻值一定时, 在某一段时间内, 它消耗电能并转换成热能的数值与电流的平方成正比。

五、电流的功和功率

焦耳-楞次定律表达了电能转换为热能的关系。在式(1-1-4)中由于系数 K 只是热功当量,

• 3 •

因此在 t 时间内, 电阻 R 所消耗的电能, 亦即电流在电阻 R 上所作的功就应为

$$A = I^2 R t \quad (1-1-6)$$

根据欧姆定律, 上式又可写成

$$A = U I t$$

式中, 若电压的单位用伏特, 电流的单位用安培, 时间的单位用秒, 则电能的单位就是焦耳。

$$1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 伏特} \times 1 \text{ 安培} \times 1 \text{ 秒}$$

在生产中常用到功率(即每秒钟内电流所作的功)这个概念, 它用 P 表示, 即

$$P = \frac{A}{t} = U I$$

式中, 若功的单位用焦耳, 时间的单位用秒, 则功率的单位就是瓦特, 简称瓦。即电流在每秒钟做 1 焦耳的功时, 其功率就是 1 瓦特。

$$1 \text{ 瓦特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 秒}} = 1 \text{ 伏特} \times 1 \text{ 安培}$$

比较大的功率单位是千瓦或马力。

$$1 \text{ 千瓦} = 1000 \text{ 瓦特}$$

$$1 \text{ 马力} = 736 \text{ 瓦特} = 0.736 \text{ 千瓦}$$

根据欧姆定律, 功率还可以写成

$$P = U I = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-1-7)$$

如将电能用功率的形式表示, 则

$$A = P t$$

式中, 如果功率的单位用千瓦, 时间的单位用小时, 则电能的单位就是“千瓦·小时”, 常称为“度”。1 度电即功率为 1000 瓦特的负载在 1 小时内消耗的电能。例如, 45 千瓦的箱式炉开炉 1 小时, 它所消耗的电能就是 45 千瓦·小时 = 45 度。

第二节 电阻炉电路的三种工作状态

一、电气设备的额定值

如上所述, 电流的热效应可用来制造各种加热设备, 但事物都是一分为二的, 它也会引起通过电流的设备本身发热升温。当温度超过一定的限额时, 设备的绝缘材料和导电材料的性能都将受到破坏。相反, 当施加于电气设备的电压或通过的电流没有达到一定的数值时, 则它的工作就达不到预定的要求。因此, 各种电气设备允许使用的电压、电流和功率都必须规定额定值。

例如, 5 千瓦箱式电阻炉的工作温度为 960°C , 额定电压为 220 伏、额定电流为 23 安。这就是说, 当电源电压是 220 伏时, 其电热元件流过的电流为 23 安, 经过一定的时间(额定升温时间)炉温就达到工作温度 960°C 。如果我们错误地将其接在 380 伏的电源上, 则电流就会增加 $\sqrt{3}$ 倍

变成 40 安, 电热元件所发出的热量就是原来的三倍, 这样电热元件很快就会被烧毁。而若电压低于 220 伏, 则炉子或者不可能达到工作温度 960°C , 或者升温太慢。

电气设备的额定值(额定功率、额定电压或额定电流等)都标在设备的铭牌上, 我们在使用一个设备之前必须先看清它的铭牌数据, 以便正确接线和按照规定的程序操作, 使设备保证在额定状态下运行。

二、电阻炉电路的三种工作状态

1. 额定工作状态

当炉子温度低于工作温度时, 可通过手动操作或自动控制使电炉接通电源。当电源电压等于炉子的额定电压 U_e 时, 电热元件通过的电流就是炉子的额定电流 I_e , 炉子消耗的电功率必定为其额定功率 P_e , 炉温将按额定升温速度上升至工作温度, 这种状态称为电炉的额定工作状态。

2. 空载状态

当炉子温度高于或等于工作温度时, 通过手动或自动控制使电热元件脱离电源, 电路中的电流为零, 电源不输出功率, 这种状态叫做空载状态, 亦称开路状态。

3. 短路状态

有时由于操作不慎将炉子的两根电源线相碰, 或落到电热元件上的工件将炉丝的两端短接, 此时电路中的电阻变得很小(接近于零), 造成电源和导线的电流过大, 使之处于被毁坏的危险中, 这种状态称为短路状态。短路是电阻炉的事故, 应尽量避免。为保护电源和导线不致被短路所损坏, 在电源和各段电路上都装有熔断器(保险丝), 以便在发生短路时能迅速自动断开故障电路。

第三节 电阻炉电路的接线

一、热处理车间的供电系统

一般热处理车间的供电系统如图 1-1-3 所示, 称为三相四线制供电方式。A、B、C 三根线称为“火线”。0 线称为“地线”或“中线”。如果我们用验电笔分别接触 A、B、C 三个带电端, 都可以发现验电笔的氖管发亮, 而接触地线时, 则氖管不会发亮。

两根火线之间的电压叫做“线电压”, 用符号 U_x 表示。任一根火线与地线之间的电压叫做“相电压”, 用符号 U_{xa} 表示。车间电源的线电压一般为 380 伏, 相电压为 220 伏, 即

$$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=U_x=380 \text{ 伏}$$

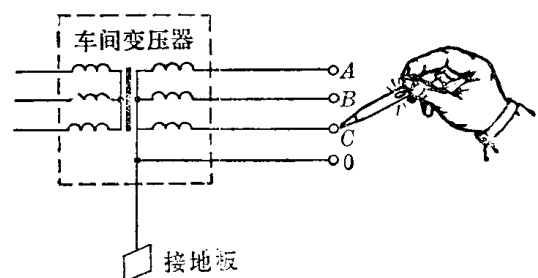


图 1-1-3 车间供电系统

$$U_{A0}=U_{B0}=U_{C0}=U_{xa}=220 \text{ 伏}$$

我们可以计算出来,线电压为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,即

$$\frac{U_x}{U_{xa}}=\sqrt{3}$$

二、三相箱式电阻炉电路的接线方法

现以 45 千瓦箱式电阻炉为例来说明炉子的联接方法。45 千瓦箱式电阻炉的铭牌数据如下:

电 炉 型 号	单 位	RJX-45-9
额 定 功 率	千瓦	45
额 定 电 压	伏	380/220
相 数		3
电 阻 丝 联 接 方 法		Y/ Δ
最 高 工 作 温 度	$^{\circ}\text{C}$	950

其中额定电压 380/220 表示箱式电阻炉允许加的额定线电压。但为什么允许接两种电压呢?这要和联接方法对应起来看。在电源线电压为 380 伏时应接成 Y 形,通常称为星形接法。而电源线电压为 220 伏时应接成 Δ 形,通常称为三角形接法。

1. 三相电阻炉电路的星形接法

当每相电热元件的额定电压等于电源线电压的 $1/\sqrt{3}$ 时,例如每相电热元件的额定电压为 220 伏,车间电源线电压为 380 伏,则三相电阻炉应为星形联接,见图 1-1-4。它的特点是三相电热元件的一端联接成一点(叫做“中性点”),其余三个端头分别接到三根火线上。

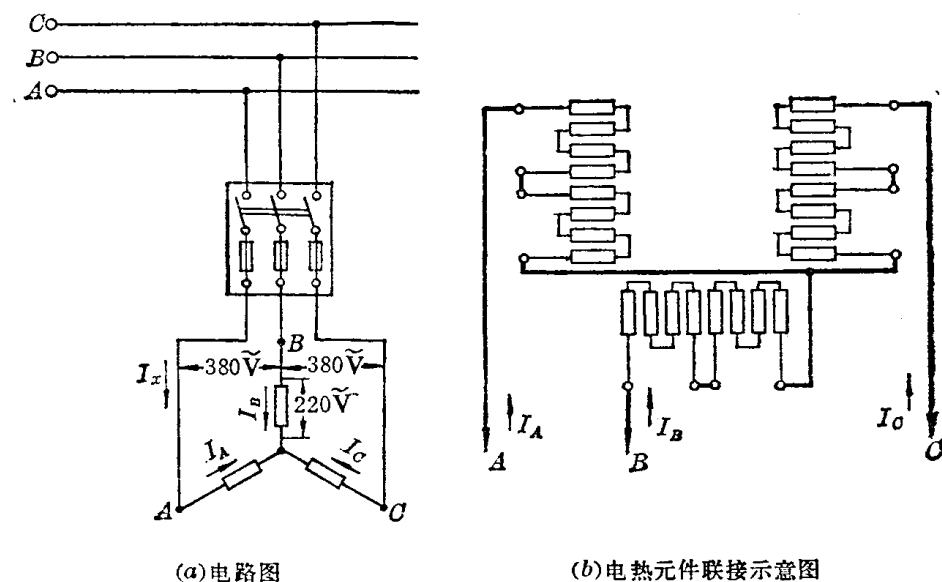


图 1-1-4 三相箱式电阻炉的星形接法

流过火线的电流叫做线电流,用符号 I_x 表示。流过每相炉丝的电流叫做相电流,用符号 I_{xa}

表示。由图 1-1-4 看出,星形联接时,线电流等于相电流。

2. 三相电阻炉电路的三角形接法

当每相电热元件的额定电压等于电源线电压时,三相电阻炉应按三角形接法。它的特点是每相电热元件的头、尾依次相接,再从联接点引出,接至三相火线上。例如每相电热元件的额定电压为 220 伏,车间电源线电压也为 220 伏,则三相电阻炉的联接方法见图 1-1-5。

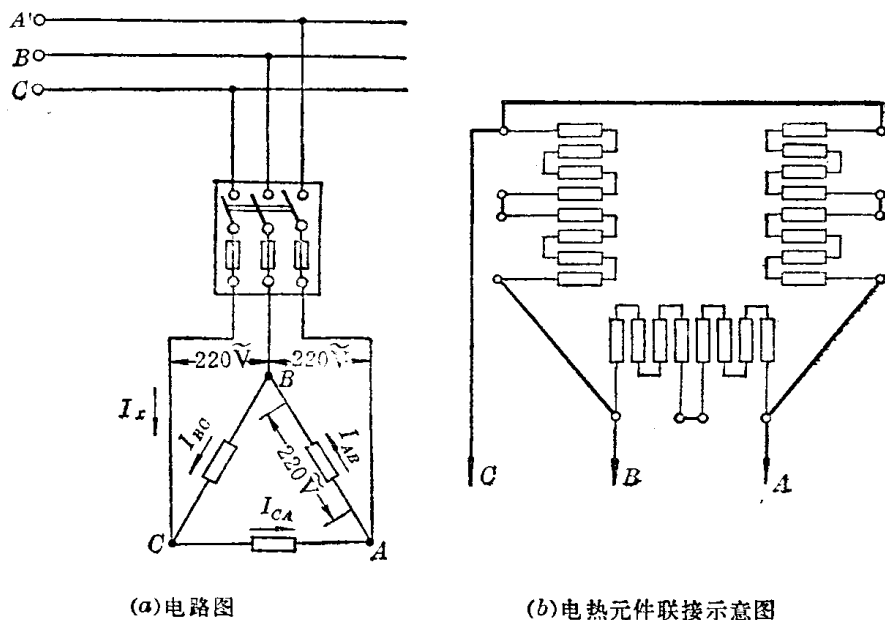


图 1-1-5 三相箱式电阻炉的三角形接法

可以证明,三角形联接时,火线中的线电流等于每相电热元件中流过的相电流的 $\sqrt{3}$ 倍。

三、井式渗碳炉电路的接线方法

现以 75 千瓦井式渗碳炉为例来说明炉子的接线方法。其铭牌数据如下:

电 炉 型 号	单 位	RJJ-75-9T
额 定 功 率	千 瓦	75
额 定 电 压	伏	380/220
相 数		3
电 阻 丝 联 接 方 法		YYY/ $\Delta\Delta\Delta$
最 高 工 作 温 度	$^{\circ}\text{C}$	950

由于井式炉的炉身较长,如 75 千瓦的炉身長 2.5 米,上下两端散热厉害,因而炉内温度分布不均匀。为了解决这个问题,将电热元件分区布置,每区发出的功率不一样(上下两端的功率大些),从而使炉内温度分布均匀。75 千瓦井式炉分三区供电。符号 YYY/ $\Delta\Delta\Delta$ 表示在不同电源电压时相应的联接方法。

电源电压为 380 伏时的星形接线图, 见图 1-1-6。电源电压为 220 伏时的三角形接线图, 见图 1-1-7。

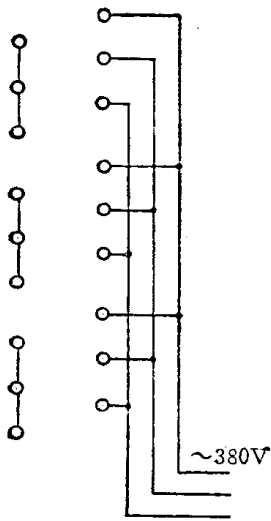


图 1-1-6 井式渗碳炉电路的星形接法

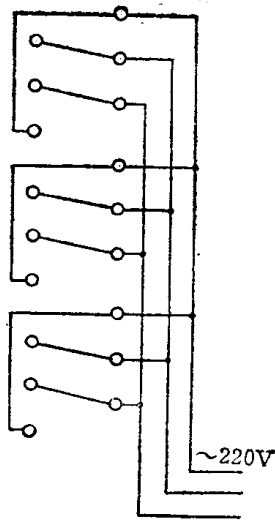


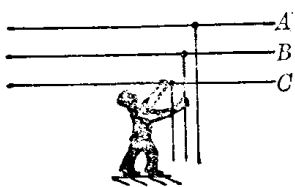
图 1-1-7 井式渗碳炉电路的三角形接法

第四节 车间安全用电常识

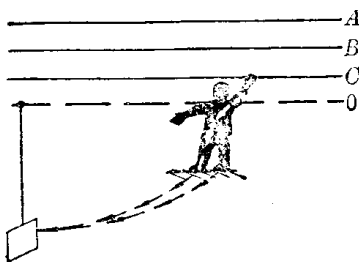
在旧社会, 资本家为了追求巨额利润, 对劳动人民疯狂压榨, 拿劳动人民当牛作马, 从不注意工人的安全, 多少阶级兄弟触电死亡或因工伤造成终身残疾。解放后, 劳动人民当家作主, 受到了党和国家的关怀与保护。伟大领袖和导师毛主席非常关心人民群众, 教导我们: “**世间一切事物中, 人是第一个可宝贵的**”。改善劳动条件, 保护劳动人民的安全与健康成为我们国家的一项重要政策。国家制定了劳保条例, 设立了专门的检查监督机构, 经常进行安全教育, 在消灭触电事故和其他工伤事故的斗争中取得了良好的成绩, 充分体现了社会主义制度的无比优越性。为了充分发挥电能在社会主义建设中的作用, 又防止意外事故的发生, 就应采取必要的安全措施。

一、安全用电

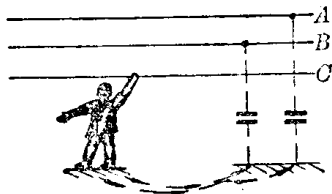
图 1-1-8 为常见的几种触电情况。图中(a)为双线触电, 人体所受的是线电压, 危险性最大; (b)为电源中线接地的单线触电, 人体所受的是相电压, 仍然很危险; (c)为电源中线不接地的单线触电, 由于被空气隔离的导线与大地之间存在电容(此电容 C 正比于线路的长度), 或每根导线



(a) 双线触电



(b) 单线触电



(c) 电源中线不接地时单线触电

图 1-1-8 常见的几种触电情况

的绝缘电阻不够大,所以电流会经过触电者和另外两相的对地电容(或绝缘电阻)而成通路,因此也有危险。

在正常情况下,电气设备的结构部分,例如变压器外壳、电机的机座、布线的金属管、电缆的铠甲、配电盘的支架等是不带电的,但在绝缘破损而漏电时,可能出现危险的对地电压,接触这些部件也能触电。所以,必须设法消除其对地电压或把对地电压降低到安全数值(36 伏)以下,以免工作人员遭受触电危险。最常用的保护措施是接地保护和保护接中线。

1. 接地保护

把电动机、铁壳开关等电气设备的金属外壳用导线同接地板可靠地联接起来,这种接地方式称为接地保护。通常用埋入地中的铜管、钢条或利用埋在地中的自来水管作为接地板,但其接地电阻不得超过 4 欧。规定在电压低于 1000 伏而中性点不接地的电力网中均需采用接地保护(见图 1-1-9)。电动机采用接地保护后,虽然某相绕组因绝缘损坏而碰壳,但当工作人员触及带电的外壳时,因人体的电阻远较接地的电阻为大,故通过人体的电流几乎为零,这就保证了人身安全。

2. 保护接中线

在电压低于 1000 伏中性点接地的电力网中,应采用保护接中线,即把设备的金属外壳和中线相联接,如图 1-1-10 所示。保护接中线的防护作用比接地保护更为完善。在图 1-1-10 中,设

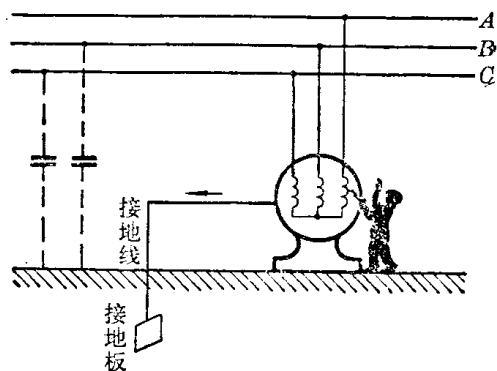


图 1-1-9 电动机的接地保护

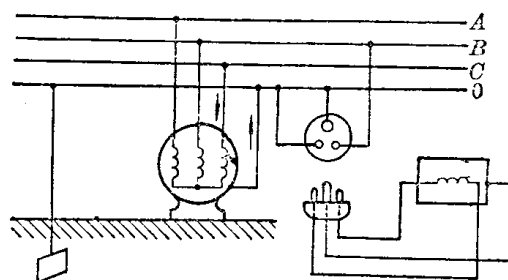


图 1-1-10 电动机的保护接中线

电动机的 C 相绕组碰壳,则该相因短路时电流很大立即把 C 相熔丝熔断,因而能自动切断电源,免除触电危险。

单相用电设备应使用三脚插头和三眼插座。正确的接法应把用电设备的外壳用导线接在粗的插脚上,并通过插座与中线相联(见图 1-1-10)。绝不允许直接在用电设备的联接线上接中线,因为这样会造成不应有的触电危险。从图 1-1-11 不难看出,因接法错误可能引起触电危险。

必须指出,在同一电力网中不允许一部分设备采用接地保护,而另一部分设备采用保护接中线。因为当采用接地保护的电气设备发生碰壳时,如果由于接地电阻较大,地中电流使电源的中点的电位升高(见图 1-1-12),则所有接中线的电气设备外壳均带电,反而造成更多的触电机会。

为了防止触电事故,除了上述设置接地保护或保护接中线外,还必须采用各种基本的防护措施。例如: