

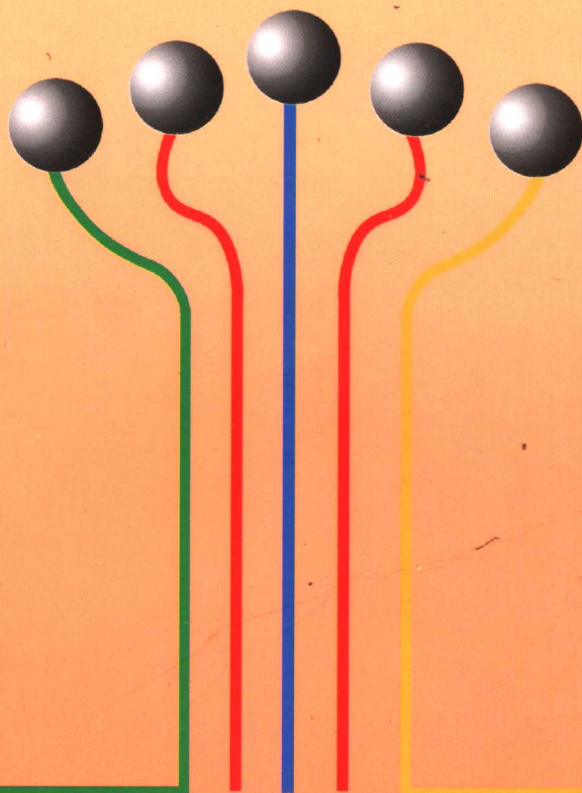
TEZHONG DIANYUAN FENCE

实用电源技术手册

SHIYONG DIANYUAN
JISHU SHOUCHE

特种电源分册

分册主编 / 戚 栋 王宁会



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

实用电源技术手册

特种电源分册

分册主编 戚 栋 王宁会

辽宁科学技术出版社

·沈阳·

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电源技术手册·特种电源分册/戚栋, 王宁会分册
主编. - 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2005.8
ISBN 7-5381-4326-2

I. 实… II. ①戚… ②王… III. 电源 - 技术手册
IV. TM91-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 129215 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社
(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)
印刷者: 辽宁印刷集团新华印刷厂
经销者: 各地新华书店
幅面尺寸: 184mm × 260mm
印 张: 15.25
字 数: 345 千字
印 数: 1 ~ 4000
出版时间: 2005 年 8 月第 1 版
印刷时间: 2005 年 8 月第 1 次印刷
责任编辑: 枫 岚
封面设计: 庄庆芳
版式设计: 于 浪
责任校对: 王春茹

定 价: 26.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

《实用电源技术手册》编辑委员会

主任委员兼总主编 丁道宏

副主任委员兼副总主编 叶治政 李允武

委 员 (按姓氏笔画排列)

丁道宏 马凤兰 王其英 史平君 叶治政
李允武 李占师 刘选忠 张乃国 倪本来

《特种电源分册》

主 编 戚 栋 王宁会

主 审 季幼章

编 者 (按姓氏笔画排列)

王宁会 史平君 高季荪 戚 栋 熊兴隆

内 容 简 介

本书介绍了几种应用于专用场合的特种电源的基本原理、主要性能指标、负载特性、选用原则及使用中应注意的问题。全书共分6章,内容包括:电化电源;冶金熔炼及热处理电源;高压电源;电力系统用电源;光电源;其他特种电源。

本书的读者对象为电类中专以上程度的技术人员,对从事电源设计、开发、生产和使用的工程技术人员、大专院校师生均有参考价值。

总 前 言

《实用电源技术手册》,这里的“电源技术”,是指采用功率电子技术,将一种(直流或交流)电源,转换成另一种或另一规格大小的电源技术。这种经过变换的电源,将能更好地适用于各种用电设备的不同要求。电能(源)经过功率电子技术处理,又能获得良好的节能效果。国外发达国家作为电源的电能,已有80%经过这种技术处理,节能效果达15%~40%。预计到2000年经过处理再应用的电能将达到95%。

近20年来,电源技术经过了迅速而又长足地发展。作为电源技术的关键元件——大功率半导体器件,从半控型的晶闸管,发展到可关断晶闸管(GTO)以及全控制型功率晶体管(GTR),绝缘栅双极型晶体管(IGBT),功率场效应晶体管。电源变换技术,也从开始采用线性变换发展到开关电源、高频开关电源;并且还有“硬开关”、“软开关”技术。功率等级也从几十瓦,发展到几十千瓦(伏安)或几百千瓦(伏安)。应用则涉及到计算机、通信、工业自动化、电子或电仪器器和家用电器等,几乎包括科学技术的各个领域和社会生活的各个方面。应用范围如此之广,一方面已形成了庞大的专业技术队伍,全国具有技术职称的专业人员,大约不少于8万人。这里包括研究、设计、生产、维修人员,其中中等或中等以上专业技术人员占多数。另一方面,也形成了广大的电源用户队伍。

《实用电源技术手册》的出版,正是面对当前这样的形势。《手册》将介绍不同种类电源的基本工作原理、单元的组成、性能与主要技术指标、典型产品的剖析介绍;电源的使用与维护、性能的测试要求与测试方法;不同类型电源的优缺点与适用场合、使用中应注意的问题,等等。对于某些电源,还介绍了一些基本的设计计算方法。这些内容,对于用户如何从型号繁多的各种电源中正确地选用电源,如何正确地使用与维护电源,无疑是会有很大帮助的。对于广大的维修人员也将是一本重要的可以直接借鉴的参考书。对于设计与研究人员,在电源技术的工程实现方面,包括:电源电路的方案选择、主要元件选用与基本计算和确定、加工与调试等,本书也希望能成为一本不可缺少的工具书。

《实用电源技术手册》采用按电源种类或专题,以《分册》形式陆续出版。现已确定的有:《电源元器件分册》,这是考虑到元器件是各种不同电源的基础;还有《模块式电源分册》、《交流稳定电源分册》、《不间断电源分册》等。从1998年陆续出版。

本书的读者对象为具有电类中专以上水平,并有一定电源实际工作经验的工程技术人员,对于大专院校师生、业余电子爱好者都有参考价值。

由电源行业组织编写系统而又完整的《实用电源技术手册》,对于我们是初次尝试,限于水平,错漏难免,欢迎读者不吝赐教,批评指正。

《实用电源技术手册》总主编 丁道宏

分册前言

电源技术是应用功率半导体器件,综合电子、电磁、控制、计算机和微处理技术的多学科边缘交叉技术。电源是用电设备的核心,它为用电设备提供高效、高质量、高可靠的动力源,并且已经在科研、国防、工业等各个领域得到越来越广泛的应用。特种电源则是采用特殊技术手段或为满足专用场合要求而设计的电源。

很多用电设备不能直接使用市电或电池的一次电能工作,如电镀设备、冶金熔炼设备、医疗设备、等离子体发生设备等。它们各自的特性和工作制不同,因而对供电电源的静态、动态电性能指标要求不同,所以,需要先对一次电能进行电源变换处理,将市电转换成直流电、高压电、脉冲电等,以满足不同用电设备对其使用的二次电能的特殊要求。总之,不同的负载要求不同的电源装置,万能的电源至今还未出现。一个特定用途的电源装置,应当具有符合负载要求的性能和外特性,这是基本的原则。

本书从应用角度,着重介绍几种应用于专用场合的特种电源的基本原理、主要性能指标、负载特性、选用原则及使用中应注意的问题。对于某些电源,还介绍了电源电路的方案选择,并结合具体电路,介绍了其基本的设计和计算方法等。同时尽可能地反映特种电源技术的最新发展趋势。

在电化电源一章,主要介绍了电解电源、电镀电源、铝阳极氧化和电解着色电源,对常用电化电源的选择和要求作了简要介绍;在冶金熔炼及热处理电源一章,重点介绍了中频加热电源和电弧炉用直流电源,简要介绍了常用冶金熔炼及热处理电源选型;在高压电源一章,重点介绍了产生高电压的基本方法、硅整流高压电源和高频开关高压电源,同时结合高压电源在不同领域的应用,介绍了空气净化及环保电源、医疗设备用高压电源;在电力系统用电源一章,主要介绍了直流操作电源、耐压试验用脉冲电源和蓄电池充电电源;在光电源一章,霓虹灯电源、荧光灯电源、金属卤化物灯电源和激光电源;在其他特种电源一章,介绍了高能物理用电源、等离子体电源和雷达控制用电源。

本书主要由戚栋、王宁会、熊兴隆、史平君、高季荪编写。南京航空航天大学工业大学的丁道宏教授和中国科学院等离子体物理研究所的季幼章教授在本书的编写工作中始终给予支持与指导,在此表示感谢。

鉴于编者水平所限,书中仍难免有疏漏之处,敬请读者指正。

编著者

目 录

第1章 电化电源	1
1.1 概述	1
1.1.1 电化电源的工作原理	1
1.1.2 电化电源的基本要求和分类	3
1.2 电解电源	4
1.2.1 直流电解电源技术	4
1.2.2 脉冲电解电源技术	6
1.2.3 电解电源实例	10
1.3 电镀电源	12
1.3.1 直流电镀电源技术	13
1.3.2 脉冲电镀电源技术	15
1.3.3 电镀电源实例	17
1.4 铝阳极氧化和电解着色电源	23
1.4.1 氧化电源	23
1.4.2 电解着色电源	24
1.4.3 氧化着色电源的发展方向	26
1.5 常用电化电源选择	26
1.5.1 电解电源选择	26
1.5.2 电镀电源选择	28
1.5.3 铝阳极氧化和着色电源选择	32
第2章 冶金熔炼及热处理电源	33
2.1 概述	33
2.1.1 感应加热用电源	33
2.1.2 电弧炉用电源	38
2.2 中频加热电源	39
2.2.1 晶闸管中频电源	39
2.2.2 IGBT中频电源	55
2.3 电弧炉用直流电源	58
2.3.1 直流电弧炉的发展史及其优势	58
2.3.2 直流电弧炉的电源装置	59
2.3.3 直流电弧炉用电源的节能措施	65
2.4 常用冶金熔炼及热处理电源选型	66
第3章 高压电源	68
3.1 概述	68

3.1.1	产生高压电的方法	68
3.1.2	高压电源的应用	69
3.2	硅整流高压电源	69
3.2.1	基本整流电路	70
3.2.2	倍压整流电路	71
3.2.3	串级型倍压整流电路	72
3.2.4	变压器级联式倍压直流高压电源	75
3.2.5	串心磁环变压器型直流高压电源	76
3.2.6	几种倍压电路比较	76
3.3	高频开关高压电源	78
3.3.1	高频开关直流高压电源	79
3.3.2	高频开关脉冲高压电源	85
3.3.3	高频高压变压器	87
3.4	空气净化及环保电源	95
3.4.1	臭氧发生器电源	95
3.4.2	电除尘高压电源	99
3.5	医疗设备用高压电源	102
3.5.1	核医学仪器中的高压电源	103
3.5.2	医用 X 射线高压电源	103
第 4 章	电力系统用电源	106
4.1	概述	106
4.2	直流操作电源	106
4.2.1	直流操作电源的作用与种类	106
4.2.2	直流操作电源负荷的分类及特性	107
4.2.3	直流操作电源的设计	113
4.2.4	直流操作电源的选择	118
4.3	耐压试验用脉冲电源	120
4.3.1	电气设备的耐压试验	120
4.3.2	冲击电压发生器	120
4.3.3	冲击电流发生器	124
4.3.4	操作过电压发生器	125
4.4	蓄电池充电电源	126
4.4.1	蓄电池的基本特性	126
4.4.2	蓄电池的充电方法	129
4.4.3	蓄电池充电电源的设计	134
4.4.4	充电电源的发展方向	144
第 5 章	光电源	146
5.1	概述	146

5.2	霓虹灯电源	146
5.2.1	霓虹灯简介	146
5.2.2	漏磁式霓虹灯变压器	149
5.2.3	霓虹灯的变光控制	150
5.2.4	霓虹灯电子变压器	152
5.3	荧光灯电源	157
5.3.1	概述	157
5.3.2	电子镇流器电路工作原理及典型线路介绍	159
5.4	金属卤化物灯电源	170
5.4.1	概述	170
5.4.2	金属卤化物灯用镇流器	171
5.4.3	金属卤化物灯用电子触发器	178
5.5	激光电源	180
5.5.1	氦-氖激光电源	180
5.5.2	二氧化碳激光电源	183
第6章	其他特种电源	187
6.1	高能物理用电源	187
6.1.1	高功率脉冲电源技术的现状与发展方向	187
6.1.2	高功率脉冲电源的基本组成与功能	188
6.1.3	电容储能高功率脉冲电源	189
6.1.4	电感储能高功率脉冲电源	204
6.1.5	高功率脉冲电源应用简介	207
6.2	等离子体电源	208
6.2.1	概述	208
6.2.2	等离子体电源供给技术	209
6.2.3	焊接电弧的电特性及对弧焊电源的要求	210
6.2.4	弧焊电源的类型与特点	215
6.2.5	弧焊电源的发展趋势	217
6.2.6	弧焊逆变器	217
6.3	雷达控制用电源	228
6.3.1	雷达系统的中频电源	228
6.3.2	雷达系统的高压电源	229
6.3.3	雷达系统的低压电源	231

第 1 章 电化电源

1.1 概述

电化电源是电化学研究和电化学工程中的重要设备,它通常是一种低电压、大电流的电源。

近半个世纪以来,电化电源经历了直流发电机组、硅整流器、可控硅整流器、功率晶体管电源(开关电源)这一发展过程。早期的电化电源是采用直流电源,这种电源至今仍被广泛使用;进入 20 世纪 80 年代,由于电力电子技术的发展和人们对电化学深入研究及电化学工程的需要,又开发了脉冲电源。脉冲电源在电化学研究及应用中已显示出明显的优势和显著的经济效益。

我国的电化电源技术,近十年来已有了很大的发展,但与国外先进水平相比还有不小的差距,目前和今后一段时间应重点解决以下问题:直流电源技术研究的重点是如何进一步提高电源的效率、可靠性,研制出体积小、重量轻、波形平稳的高功率开关电源;对于脉冲电源技术来说,扩大脉冲参数的调节范围,提高电源的可靠性和输出功率以及满足特殊脉冲波形需要的电源则是应重点解决的问题。

1.1.1 电化电源的工作原理

1. 几个基本概念

(1)电化学反应 发生在第一类导体(电子导体,如金属电极)和第二类导体(离子导体,如由电解质溶液形成的导体)界面上,有电子得失的反应,称为电化学反应。

按照上述的定义,区分、认识电化学反应的两个关键因素是:

- ①反应必须发生在两类导体的界面上;
- ②反应中应有电子的得失。

由于两类导体通常构成两相,所以电化学反应属于异相反应;由于反应涉及电子的得失,所以电化学反应当然是氧化还原反应(但氧化还原反应却不一定构成电化学反应)。

(2)电化学反应器 实现电化学反应的设备或装置称为电化学反应器,按功能电化学反应器可以分为电解槽和自发电池两大类。其中前者是在外电源的作用下,由外部通入电流后发生电化学反应,实现各种工业电解、电镀等。

任何电化学反应器都由两个电极和电解质构成。若按电位高低区分电极,则电位较高的电极称为正极,电位较低的电极称为负极;若按电极上发生的反应区分电极,则发生氧化反应的电极称为阳极,发生还原反应的电极称为阴极。在电解槽中,正极即阳极,负极即阴极,二者一致。

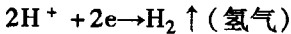
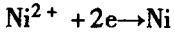
2. 电化电源的工作原理

下面结合电镀过程简述一下电化电源的工作原理。

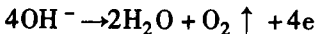
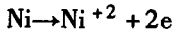
(1) 电镀 电镀是一种电化学过程,也是一种氧化还原过程。在这一过程中金属离子获得电子被还原成金属原子,金属原子按一定规则排列形成晶体成为镀层。电源正是提供电子的“源泉”和使金属原子结晶的动力。图 1-1 给出了电镀装置图。电镀时,将金属制件(成品或半成品)作为阴极、所镀金属或合金作为阳极,分别挂于铜或黄铜制的极棒上而浸入含有镀层成分的电解液中、并通入直流电。图 1-1 中 E 为直流电源,R 为变阻器,A 为电流表。

电镀的基本过程以镀镍为例加以叙述:将零件浸在金属盐(NiSO_4)的溶液中作为阴极,金属镍板作为阳极,接通直流电源后在零件上就会沉积出金属镀镍层。其氧化还原过程如下:

在阴极上镍离子得到电子还原为镍金属,这是主要反应,还有氢离子还原为氢的副反应,其反应式为:



在镍阳极板上镍金属失去电子变成镍离子反应,有时还有副反应,其式如下:



在上述电镀过程中,阴极上沉积出金属镍的质量与通过电镀槽的电流大小有一定关系,这一关系符合法拉第定律。

(2) 法拉第定律 在电化学反应中,通过反应器电流的大小与电极上溶解(或析出)的产物质量存在着一定关系,根据大量的实验结果,1833 年英国科学家法拉第(M. Faraday)总结出两条描述电量与反应物产量间关系的定律。

1) 法拉第一定律。在电极的两相界面处发生电化学反应物质的量与通过其界面上的电量成正比,即

$$W = kQ = kIt \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过的电量(C,即 $\text{A} \cdot \text{s}$);

I ——电流强度(A);

t ——电流通过的时间(s);

k ——1 单位电量在电极上溶解(或析出)产物的质量,称为该产物(元素)的电化当量(g/C)。

2) 法拉第二定律。某物质的电化当量与其化学当量 E_C 成正比,即

$$k = C_1 E_C \quad (1-2)$$

式中 C_1 为比例常数,如果化学当量以克为单位,则式(1-2)中的化学当量就是克当量(对于原子价为 n ,原子量为 A 的元素,它的克当量是 A/n)。

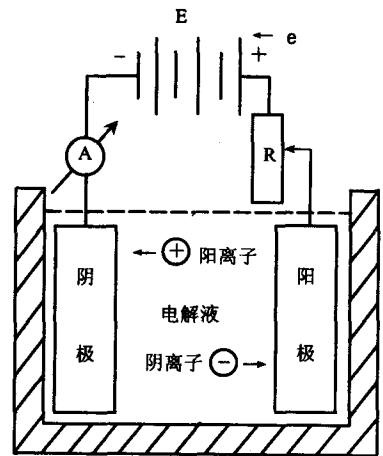


图 1-1 电镀装置

实验结果证明,电极上每溶解(或析出)1克当量的任何物质所需的电量为96 500库仑或26.8安·时,称之为1法拉第,以F表示,即

$$1F = 26.8A \cdot h$$

归纳上述两个定律,可将法拉第定律阐述如下:

电解时,在电极上溶解(或析出)的物质的量(W)与通过的电量(Q)及该物质的克当量(A/n)的乘积成正比,可用下式表示:

$$W = (1/F) \cdot (A/n) \cdot Q \quad (1-3)$$

法拉第定律对电学和电化学的发展起了巨大的作用,是自然界最严格的定律之一,它不因物质品种、性质、反应条件而改变。但是由于任何电化学反应都或多或少存在着一些副效应,使电化学反应的产生物少于(有时也可能多于)理论计算值,把实际产生物的质量(W')与理论计算产生物质量(W)之比,称为电流效率,用符号 η 表示:

$$\eta = W'/W \times 100\% = [(W' \cdot n \cdot F)/(I \cdot t \cdot A)] \times 100\% \quad (1-4)$$

因此,利用法拉第定律,再结合具体电化反应中电流效率,则可根据电化学反应中所产生的物质质量来计算反应器中所通过的电量,从而决定电源的容量,反之亦然。

1.1.2 电化电源的基本要求和分类

1. 电化电源的基本要求

影响电化学反应的三个最基本要素是:工件及电极材料;电解液配方;电源。其中电源的电压、电流、波形、稳压精度和保护性能对电化学反应的进行起着重要作用。

电源施加到阴极和阳极上的极间电压,是建立极间电场使电化学反应得以进行的原动势能,它既要克服阴极和阳极的极化电压,又要克服电解质溶液的欧姆压降,从而建立起必要的极间电流场,确保电化学反应所需要的电流。根据法拉第定律可知,电流大小将直接影响电化学反应的速度。

在电化学反应过程中,根据电极材料、电解液种类和工艺要求的不同,电源的具体参数、性能有所不同,但总体来看电化电源应满足以下基本要求:

(1)输出方面 电化电源是一种低电压、大电流的电源。输出电流应满足工艺要求;输出电压一般在8~30V间连续可调,以满足不同电极、电解液种类的要求;输出波形可以是直流、脉冲、锯齿波等,应结合具体工艺要求选定。

(2)稳压方面 能在电化学反应过程中自动稳压;具有较好的硬输出特性,当电网电压波动 $\pm 10\%$ 或在负载变化 $10\% \sim 100\%$ 时,输出变化量在 $\pm(1 \sim 2)\%$ 额定值内。

(3)安全方面 应具备完善的保护功能——过载保护、短路保护、断相保护等功能,延长使用寿命。考虑到电化电源一般都长时间工作在腐蚀性气体的环境中,所以要求耐腐蚀性好。

(4)使用方面 操作方便,便于维护,安装简单。

此外,对于大功率电化电源还应有较高效率,符合电磁兼容要求。

2. 电化电源的分类

电化电源可以从其用途、功率大小、波形、频率等方面进行分类。图1-2对其进行了简单分类。

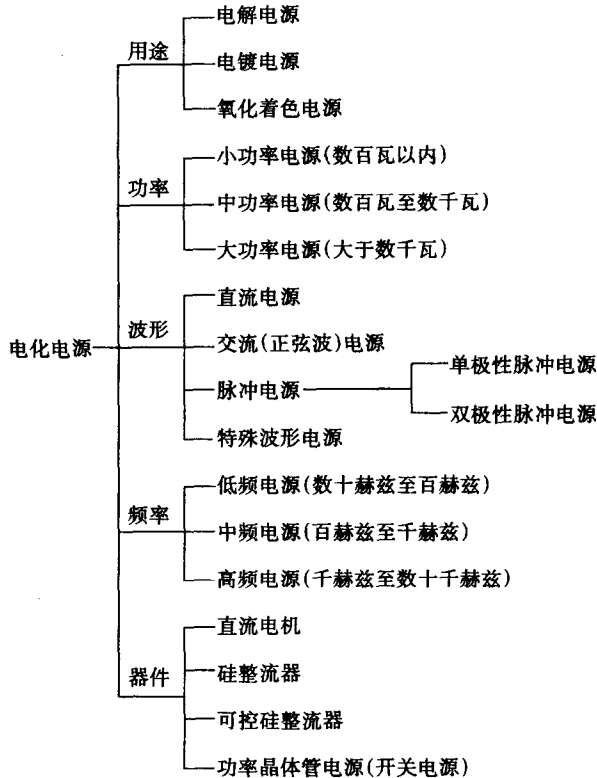


图 1-2 电化电源的分类

1.2 电解电源

电解是指在一定外加电压下,将电流通过电解池,在两极分别发生的氧化反应和还原反应的电化学反应过程。在这一过程中,电源起着重要的作用。

电解加工电源是近年来发展迅速的一种电源。从 20 世纪 60 年代的直流发电机组和硅整流器发展到 20 世纪 70 年代的可控硅调压、稳压的直流电源;20 世纪 80 年代出现了可控硅斩波的脉冲电源;20 世纪 90 年代,随着新型大功率电子器件的发展和广泛应用,又出现了高频、窄脉冲电流电解加工电源,电源的每一次变革都引起电解加工工艺的新发展。

本节将概要介绍一下用于电解加工领域的直流电源技术和脉冲电源技术。

1.2.1 直流电解电源技术

1. 电解加工直流电源的发展

当前,国内外电解加工生产中绝大部分仍采用直流电源。早期采用直流发电机组,其优点是可无级调压、性能稳定、使用可靠,其缺点为占地面积大、噪声大、效率较低,调节灵敏度较差,导致稳压精度较低,短路保护时间较长。随着大功率硅二极管的发展,硅整流

器电源逐渐取代了直流发电机组。其主要优点是可靠性高、稳定性好,效率较高,功率因数高。简单型的硅整流器采用自耦变压器调压,无稳压控制和短路保护,也可采用饱和电抗器调压、稳压,但其调节灵敏度较低,短路保护时间较长(约 25ms),稳压精度不够高,仅为 5% 左右,且耗铜、耗铁量较大,经济性不够好。随着大功率可控硅器件的发展,可控硅调压、稳压的直流电源又逐渐取代了硅整流器电源。现在国外已全部采用此种电源,国内大电流电源亦全部采用此方案。其主要优点是调节灵敏度高,稳压精度可达 $\pm 1\%$,短路保护时间可达 10ms。如配置快速可控硅保护装置,其保护时间可达微秒级。早期的可控硅电源由于大功率可控硅管性能不稳定,容量又较小,多路并联均流问题较复杂,加之分立元件的触发系统性能也不稳定,因而故障率较高。近年发展的大容量模块式可控硅、GTO(可关断可控硅)及集成块的触发单元较好地解决了电源的可靠性和稳定性问题。可控硅整流电源的另一优点是效率高,节省铜、节省铁,经济性较好,但在深控时开通角较小,等效的功率因数较低。

大容量可控硅电源多采用水冷,必须控制水质以防污垢堵塞冷却通道。小容量可控硅电源仍可采用风冷。主回路分原边可控及副边可控两类。原边回路可用 Y/ Δ 降压启动,小容量电源的副边回路用三相桥式整流,大容量则采用双星形反并联回路。

2. 国内的可控硅直流电源

国内电解加工用的可控硅整流电源规格比较齐全,其性能基本上能满足使用要求。存在的主要问题是变压器体积大(未用水冷),主回路并联支路仍较多,因而占地面积大。未构成整体密封柜,因而耐蚀性能差,使用寿命较短,锈蚀引起的障碍率仍较高。某些工厂采用电源单独隔离间的措施后,情况有所好转,但厂房面积加大,汇流排线路长,压降大,能耗大。目前虽已吸取美国 Anocut 公司先进技术研制出 3 000 A、10 000 A 水冷密封电源,但后者稳定性、可靠性尚未完全解决,有待进一步改进提高。

3. 美国 Anocut 直流电解加工电源

20 世纪 80 年代以来国内引进了数台 10 000A、20 000A 美国 Anocut 公司可控硅全水冷密封型稳压电源,经长期生产现场使用效果良好,其主要特点为:

①稳压精度高,负载从 0% ~ 100% 变化时,电压波动仅 $\pm 0.25\%$,为其他可控硅电源的电压波动的 1/4。主要原因之一是在电压反馈信号的比较回路中采用了高精度的给定信号。

②主回路采用原边调节电压方式,在交流输入的每一相绕组中串入一对反并联的可控硅。副边采用双星形反并联线路,双星形回路之间串入一只平衡电抗器。副边每一相只用一只大容量硅二极管,因而避免了多路并联可能造成的不均流而烧坏管子的问题。

③采用全水冷方案,除功率器件为水冷外,主变压器副边绕组亦用水冷空心铜管绕制成,因而其体积大为缩小,约为国内自冷变压器的 1/4。为防止水冷系统凝露而引起短路等故障,柜内顶部装有冷却循环风的水冷热交换器以维持柜内温度为 25℃,并保持柜内空气干燥。

④采用全密封柜体。由于采取了上述诸措施,电源总的体积大为缩小,因而所有部件均安装在一个柜体内。又由于解决了电源长期工作的可靠性、稳定性问题以及水冷凝露问题,因而柜体采用了全密封结构,只有在正常检修时才打开柜门。这样就杜绝了腐蚀性

气体进入柜内,引起元件的锈蚀和损坏。

由于采取了上述技术措施,较好地解决了电解加工直流电源的稳定性和可靠性问题。该公司的电源可以在额定电流下连续正常工作 8 小时。

该公司的电源已形成系列,其规格、性能见表 1-1。

表 1-1 美国 Anocut 公司水冷密封电源规格

型号 ^④	额定电流 ^① (A)	额定电压 (V)	输入电压 (V)	输入功率 (kW)	冷却水流量 (L/min)	柜体尺寸 (mm)	重量 (kg)	稳压精度 (%)	类型
M3KSWT	3 000	2~18 或 2~25	460 ± 10% ^② 或 420 ± 10%	90(18V) 125(25V)	19	高 1 980 宽 813 深 1 067	1 125	± 25 ^③	水冷; 密封; 空调; 防蚀型
M5KSWT	5 000			150(18 V) 208(25 V)	22.7	1 980 813 1 067	1 350		
M10KSWT	10 000			281(18 V) 391(25 V)	56.7	2 057 1 220 1 220	1 575		
M20KSWT	20 000			460(18 V) 640(25 V)	75.6	2 057 1 220 1 220	2 025		

- ① 在全部电压范围内均能输出额定电流;
- ② 订货时可以提出 380 V, 50 Hz 的要求;
- ③ 负载从 0~100% 或电网电压变化 ± 10%;
- ④ 该公司尚有 30 000 A、40 000 A、30 V 电源。

1.2.2 脉冲电解电源技术

脉冲电流电解加工的基本原理就是以周期间歇供电代替传统的连续供电,使工件阳极在电解液中发生周期断续的电化学阳极溶解。它利用脉冲的断电间歇去极化、散热,使间隙的电化学特性、流场、电场恢复起始状态,这种瞬时通电和断电的过程导致了电解加工间隙过程物理、化学特性的一系列变化,基础研究表明脉冲电源的频率 f 、脉宽 t_p 和占空比 D 是影响间隙过程的物理、化学特性变化的最重要参数,从而影响到加工精度、表面质量和加工效率。

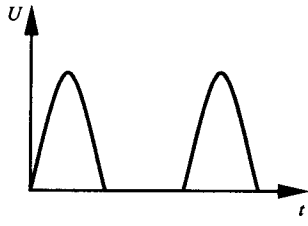
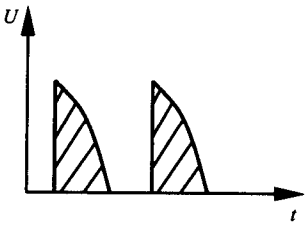
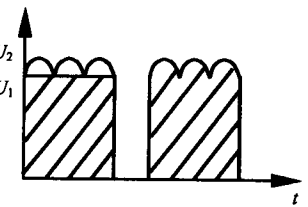
大量试验研究显示,在电解加工中采用适当的脉冲电源可以使加工质量较传统的直流电解加工有明显的提高,特别是在某些特殊材料的电解加工方面已显示出明显的技术经济效果和广阔的应用前景。

1. 脉冲电解电源的分类

电解加工用脉冲电源按其电流特征可以分为正弦波或矩形波、低频(数十赫兹)或高频(千赫兹至数十千赫兹)、宽脉冲(毫秒至数十毫秒)或窄脉冲(数十微秒至数百微秒)等类型,其特点、工作原理及应用范围详见表 1-2。

表 1-2

电解加工脉冲电源的类型

类型	波形示意图	工作原理	特点	应用范围
正弦波脉冲电源		硅二极管半波整流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 频率 $f = 50\text{Hz}$, 脉宽 $t_p = 10\text{ms}$, 占空比 $D = 0.5$, 均不可调; 2. 加工精度在直流与方波之间, 加工效率较低; 3. 容量小; 4. 对电网功率因数及三相平衡均有较大影响 	作为第一代脉冲电源, 苏联曾用于小型汽轮机叶片加工。此类电源局限性大, 现已过时, 不宜再采用
截断的正弦波脉冲电源		可控硅整流调压, 小开通角、多相巡回触发	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低频, 毫秒级脉宽, 电压、频率及脉宽相互制约, 可调范围较窄; 2. 加工精度在直流与方波之间, 加工效率较低; 3. 容量较大, 但受功率因数限制, 当前国内此类电源最大电流可达万安以上; 4. 可以作为脉冲、直流两用; 5. 较简便、成本较低 	中等模具尺寸半精加工
矩形波脉冲电源		利用功率电子器件对直流电进行斩波	<ol style="list-style-type: none"> 1. f, t_p, U 相互独立, 可调范围宽; 2. 加工精度、表面质量可显著提高; 3. 目前能达到的容量仍较小, 稳定性、可靠性仍不够高, 正处于工程化过程 	中小尺寸精密模具、叶片的尺寸加工及光整加工
	分类	<ol style="list-style-type: none"> 1. SCR 斩波: 低频(数十赫), 毫秒级脉宽, 国内最大电流为 2 000 A, 国外可达万安以上; 2. GTO 斩波: 中频(百赫级), 微秒级脉宽, 国内研制的最大电流为 2 500 A; 3. MOSFET 换流: 高频率(千赫级), 微秒级脉宽, 国内研制的最大电流为 1 000 A 		