



全国供用电工人技能培训教材

直流电源设备

中国电力企业家协会供电分会 编

中级工

中国电力出版社

华北水利水电学院图书馆



208558103

TM91

T255-2

全国供用电工人技能培训教材

直流电源设备

中级工

主编：唐 群

主审：王典伟



中国电力出版社

· 855810

内 容 提 要

本书是《全国供用电工人技能培训教材·直流电源设备》的中级工分册。全书共分四章，主要内容包括直流电源、硅整流及可控硅装置、直流电源系统、直流系统异常的分析与处理。书中文字简炼，内容实用，突出技能培训，适合于从事供用电直流系统运行、维护、检修、安装的中级工培训、学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

直流电源设备/中国电力企业家协会供电分会编. -北京: 中国电力出版社, 1998

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-767-7

I. 直… II. 中… III. 直流-电源-技术培训-教材 IV. TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30367 号

直流电源设备 (中级工)

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 2001 年 6 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 5.125 印张 108 千字 3 插页

印数 6001—9000 册 全三册定价 25.00 元 (本册 8.00 元)

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

审 定 委 员 会

主 任 王宏超

副主任 李宝祺 王文喜 郝邦振 刘治国

张一士 丁 雁

成 员 线路组：刘天明 成仲良 杨书全 许精潜

变电组：何雨宸 王典伟 万 达 沈镜明

调度组：冯新发 张 庆 朱佩萍 葛剑飞

用电组：刘云龙 蒋贻吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

关于《全国供用电工人 技能培训教材》的审定意见

经中电联核准，由中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心共同组成的审定委员会于1998年9月下旬，对中国电力企业家协会供电分会组织编写的《全国供用电工人技能培训教材》进行了审定。其审定意见如下。

第一、本技能培训教材的指导思想正确、编写依据充实。这套教材以提高供用电工人职业技能为重点，以加强职业知识培训为指导思想，以原电力工业部、原劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·供用电部分》和原电力工业部颁布的运行、检修、安全规程、四项监督、五项制度为依据，在大纲的拟定、内容取舍和深度控制等方面，均符合中电联教培部《关于电力生产人员职业资格培训教材编审工作原则的意见》的原则和规定。

第二、编写形式符合工人技能培训特点。这套教材的结构设置借鉴了国际上电力行业编辑职业技能培训教材的先进做法，其结构框架、内容描述等，均力求与国际同行业惯例接轨。即以职业技能为中心，以岗位设篇，知识以够用为度，并将必备的知识融入技能描述之中。每一工种教材又分为初、中、高三个分册，内容上依次递进，互不重复或不简单重复，更适合工人技能培训之用。

第三、本教材的先进性、实用性结合得当。这套教材注重实用性和先进性的有机结合，在编写过程中，编者做了大量的调研工作，认真了解供用电工人的实际需求和整体素质状况，使编写内容符合供电企业培训、考核、技能鉴定的需要，有较强的实用性。同时，注重吸收电力生产的新工艺、新方法、新技术，使教材内容具有先进性，符合电力工业科技发展方向。书中的名词术语、计量单位等，均符合国家标准和行业标准，能适应电力工业培养跨世纪劳动者的要求。

第四、编写、出版阵容较强。这套教材是由中国电力企业家协会供电分会与中国电力出版社共同推出的。通过联手合作方式，使本套教材既具有显著的供电行业的特色，又具有较强的权威性。本套教材主要是为供电企业工人职业技能培训服务，而中国电力企业家协会供电分会的成员遍布全国，作者既具有深厚的理论基础，又直接从事生产实际工作，较好地体现出实践经验的总结和概括。中国电力出版社是中宣部和新闻出版署在全国首批认定的15家优秀出版单位之一，是我国唯一专门为电力行业服务的大型专业出版社，其出书质量是一流的。因此，供电企业与出版社两者的合作可谓珠联璧和，是值得提倡的。这套丛书的成功面世也为今后电力图书的出版提供了一个可借鉴的模式。

综上所述，我们认为：本套教材在编写结构、体例格式、内容描述的先进性、实用性方面适当；在字数控制、知识的渐进性和启发性，以及复习题的安排方面较好；语言文字的运用得当，所述内容基本正确，同时还具有图文并茂，通俗易懂，循序渐进的特点。因此，它不仅适用于培训、考核技术工人的需要，而且对现场的工程技术人员，也有参考价值。

建议可将这套丛书作为全国供用电工人的技能培训教材。

中 国 电 力 企 业 家 协 会
中 电 联 教 培 部
电力行业职业技能鉴定指导中心

一九九八年九月二十八日

教材编辑委员会

名誉主编	陆延昌	张绍贤	刘宏	王宏超
主编	赵双驹			
常务副主编	钱家越	陆孟君	张克让	
副主编	宗健	朱良儒	丁德政	周英树
	韩英男			
委员	张一士	赵双驹	周永兴	李承的
	吴周春	刘美观	郭志贵	杨新培
	张昌润	钱家越	陆孟君	徐健
	韩英男	周英树	陈祥斌	王春波
	孙少平	骆应龙	史传卿	朱德林
	白巨耀	蔡百川	李祥宪	严尔衡
	赵广祥	杨光慈	何童芳	杨忠
	张文奎	郭宏山	钱忠伟	顾志鹏
	周道和	刘绍钧	娄殿强	朱永范
	王之珮	万善良	刘云龙	何宗义
	赵彩明	何雨宸	阙炳良	

教材编辑办公室

主	任	陆孟君（兼）			
副	主	任	丁德政	任军良	张 涛
工	作	人	陈祥斌	胡维保	吕忠福
			朱 品	谢 红	胡莉莉

前 言

为贯彻党的“十五大”精神，落实“科教兴国”战略，全国提高劳动者素质，中国电力企业家协会供电分会组织编写了《全国供用电工人技能培训教材》。本教材以电力工业发展的客观规律为依据，是服务于电力生产现代化，培养供电生产应用型人才的一部工种齐全配套、覆盖面广、实用性强、编写水平较高的系列通用技能培训教材。在中国电力企协、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心的重视和关心下，由中国电力企业家协会供电分会精心组织全国 49 个单位 146 名工程技术人员、专家和教授参加了编撰工作，并在中国电力出版社对编撰原则、框架结构、体例格式全过程的培训下，调查研究供电工人的技能需求和整体素质现状，撰写技能培训大纲，自 1995 年 11 月至 1998 年 4 月底，经历两年半时间，完成了书稿的写作、修改及初审工作。

这套丛书是遵照“电力工人技术等级标准”关于知识和技能的要求，结合供电生产发展情况进行编写的，全书分线路、变电、用电、调度通信四门专业，27 个工种，每个工种又分为初级、中级、高级工三个分册，共计 77 分册，1000 余万字。本教材以“做什么，怎样做，在什么条件下做，达到什么标准”为中心内容，详实得当，图文并茂，文字简练，由浅入深，便于对知识和操作工艺的掌握，收到以“知”为“做”服务的效果。这套教材的编写还力求把概念、原理、公式与技能有机地结合起来，避免重理论、轻技能的弊端。

本教材坚持先进性和实用性结合，突出技能，符合电力

工业科技发展方向,体现电力生产的新技术、新方法、新工艺,并力求向模块式教材靠拢,以适应技能考核鉴定和培养跨世纪供电用工人的需要,以电力生产目前实行的两个技术措施计划、三种规程、四项监督、五项制度的具体要求为依托,使教材达到规程、规范、制度的规定,能充分体现电力生产工艺特性。

按供电工人培训目标要求,结合技能培训特点,以“干什么”、“学什么”、“考核什么”为原则,每章后均附有选择、是非、计算、画图、问答等复习思考题,便于巩固所学的理论知识和操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材,为达到结构设置合理化,重在提高技能应用水平,避免基础理论知识的重复,凡属已出版的公用基础理论教材的内容,如职业道德、电力生产知识、绘图、电工、电子、热工、水工、机械、力学、钳工、计算机等基础理论均未重复编入本教材。

这套丛书业经中国电力企协、中国电力企业家协会、电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心组织专家审定,并建议作为全国供电工人技能培训教材。在编写过程中,得到很多单位的领导、专家和教育培训工作者的大力支持与热心帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者经验所限,在编写中难免有疏漏之处,诚恳地希望广大读者和教育培训部门的专家、教师提出修改意见,并在教学实践中进行调整和补充,使其更加完善,为提高供电工人的素质和技能发挥积极作用。

《全国供用电工人技能培训教材》编辑委员会

一九九八年九月

编 者 的 话

为了提高供用电系统技术工人的技术水平，我们根据电力工业部颁发的《电力工人技术等级标准》(供用电部分)初、中、高三级相应的应知和应会要求编写本套书。本套书在内容上从初级到高级分层次由浅入深渐进，并充分考虑到新技术、新工艺、新设备的应用。本套书分为初级工、中级工、高级工共三册，供从事供用电直流系统运行、维护、检修、安装的初级工、中级工、高级工使用。

初级工册内容包括蓄电池、整流式直流电源和直流系统的运行，由唐群同志编写。中级工册内容包括直流电源、硅整流及可控硅装置、直流电源系统和直流系统异常的分析与处理，其中第一章由唐群同志编写，其他章节由李汝明同志编写。高级工册内容包括硅整流装置的性能、操作和故障的排除以及蓄电池的安装，由李汝明同志编写，其中第三章第四节由唐群同志编写。本套书三册由唐群同志主编，王典伟同志主审。

由于编写水平所限及缺乏经验，书中难免有疏漏不妥之处，敬请读者批评指教，以便修正。

编 者

一九九八年二月八日

目 录

关于《全国供用电工人技能培训教材》的审定意见

前言

编者的话

第一章 直流电源	1
第一节 蓄电池组的运行与维护	1
第二节 蓄电池的故障与修理	37
复习题	47
第二章 硅整流及可控硅装置	52
第一节 GVA 系列硅整流充电装置	52
第二节 GKA 系列硅整流分合闸装置	65
第三节 逆变电源设备的结构原理及维修	72
复习题	87
第三章 直流电源系统	94
第一节 直流电源系统设备的选择	94
第二节 操作电源	120
第三节 电路及其工作方式	121
复习题	129
第四章 直流系统异常的分析与处理	137
第一节 硅整流装置异常分析和处理	137
第二节 直流系统异常运行及处理	143
复习题	146
参考文献	150

第一章 直流电源

第一节 蓄电池组的运行与维护

一、防酸隔爆式铅酸蓄电池的运行与维护

(一) 充电—放电工作方式

按充电—放电运行的蓄电池组，在运行中循环地进行充电与放电。即在蓄电池充足电后，断开充电设备，由蓄电池组在一定时间内向直流负荷（如信号灯、信号仪器、指示继电器、接触器线圈等）供电；另外，也要给短时脉冲负荷供电，如给断路器电磁操动机构的跳闸和合闸线圈等供电；当交流电源因事故停电时，蓄电池组还要供给事故照明。在进行充电时，直流负荷应由充电装置兼供，如图 1-1 为两组蓄电池时，直流负荷由其中一组蓄电池供给。

如果不按期充电或者过充电、过放电、充电不足等，将更加促使蓄电池损坏。

1. 蓄电池组的放电

蓄电池的放电方式有连续放电和间歇放电两种。检查电池的容量，大都是采用连续放电方式。而使用上大都是属于间歇放电方式，具体的放电方法是负荷法，应注意电流不宜很小，因为小电流放电如控制不好，往往会造成蓄电池过量放电。不论采用哪种放电率放电，一定不能超过其各种放电率下的保证容量和终止电压，否则就会造成过放电。由于过放电生成的硫酸铅相应过量，极板物质体积增大，引起极板

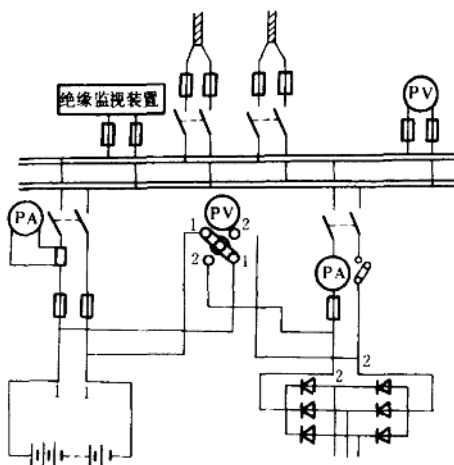


图 1-1 按充电—放电方式运行的接线

弯曲、膨胀，严重时使蓄电池槽胀裂。这时的硫酸盐往往因生成大的晶粒，恢复充电发生困难，必然影响电池的容量和寿命。如何正确地判断蓄电池的各种放电终止点，是使用和维护蓄电池的一个很重要的因素，应根据以下几个条件来正确判断。

(1) 终止电压。蓄电池用大电流进行充电或放电时，在不长的时间内可以充好或放完电，如果用小电流充放电时，需要的时间就比较长，这种充电和放电的快慢程度，常用小时数来表示，称为小时率。

放电的终止电压，一般根据各种电池系列及各种放电率的终止电压来判断放电的终止点。如单电池的电压降到 $1.85 \sim 1.90\text{V}$ 时，蓄电池组的电压应降到额定值的 95% ；但间歇和小电流放电不宜单纯用终止电压来判断放电终点（因有剩

余容量关系), 否则会造成过放电, 只能用电池的各种放电率的额定容量和电解液密度来判断放电终点。

(2) 放电容量。各型电池的各种放电率不同, 它的放电电流和放出的容量也不同。放电电流大, 放出的容量就少; 放电电流小, 放出的容量就多。当放电达到各种放电率的额定容量的 75% 时, 应停止放电, 准备充电; 如用小电流或间歇放电, 应以各种小时率额定容量为标准来计算放电终止时间。

(3) 电解液密度。根据化学平衡, 放电 1Ah 需纯硫酸 3.657g, 可根据硫酸密度降低程度来决定放电量。此法在间

歇放电和小电流放电时非常重要, 刚放完电时电解液密度有很大降低, 一般已降到 1.170~1.180 左右 (随放电电流大小不同而异), 各种电池加入多少酸量, 就可计算出放电时电解液的终止密度。一般情况电解液密度的变化如表 1-1 所示。

表 1-1 电解液密度变化

防爆式固定蓄电池	
电解液浓度	放电程度 (%)
1.215	0
1.200	25
1.184	50
1.166	75
1.145	放电已尽

(4) 放电末期, 正极电压已降至 1.96V, 正极板呈浅褐色, 负极电压已升到 +0.25V, 负极板呈浅灰色。

2. 蓄电池组的正常充电

(1) 正常充电。经初充电的电池在正常使用情况下的各次充电, 均叫做正常充电, 也叫普通充电或常规充电。

在下列情况之一, 必须进行正常充电, 如不及时充电, 将造成极板硫化: ①电池完全放电后; ②部分放电或间歇放电, 其放电量没有达到完全放电的 1/2 时, 每周必须进行一次充电; ③充电后存放时, 最少每月进行一次普通充电。

充电开始时，应切换直流电压表检查蓄电池电压，按充电方法调整充电装置。

(2) 充电方法，包括恒流充电、恒压充电和阶段充电三种：

1) 恒流充电法，是对电池以一定不变的电流进行充电，在充电线路中串联一个能满足功率要求的可变电阻使电流保持一定。

该充电法的充电电流较小，一般采用 10h 放电率的电流值进行充电。因为充电电流大了，在充电末期不仅电流利用率不高，而且还造成电解液中水的大量分解与蒸发及电解液的温升过高，这些现象会影响电池的使用寿命。

该充电法的优点是便于计算充电量，即将充电电流 (A) 乘以充电时间 (h) 得到充入的电量 (Ah)，并且充电设备利用率高。缺点是由于充电电流小，因而充电时间长，并且在充电过程中要经常调整充电电流。

2) 恒压充电法，是将充电电源的电压在充电的全过程保持恒定，其电源电压是按每个单体电池用 2.5V 计算的。

充电电流开始很大，然后随着电池（充电）电压的升高而降低，在充电末期电流差不多可降到零。这种充电法（适合于电池的充电特性）可以避免过量充电，减少氢、氧气体的产生，且操作简单，不需经常调节电流、电阻，但充电设备利用率低，充电容量很难计算。

3) 阶段充电法，也叫分级恒流充电法，是在充电开始即第一阶段以较大的恒定电流进行充电，充至电池的充电电压升到 2.4V 左右时，将充电电流减去一半，继续进行充电，即第二阶段充电，在保持电流恒定的情况下至充足为止。阶段充电法的充电电流值，在第一阶段一般为 10h 放电率电流值，第