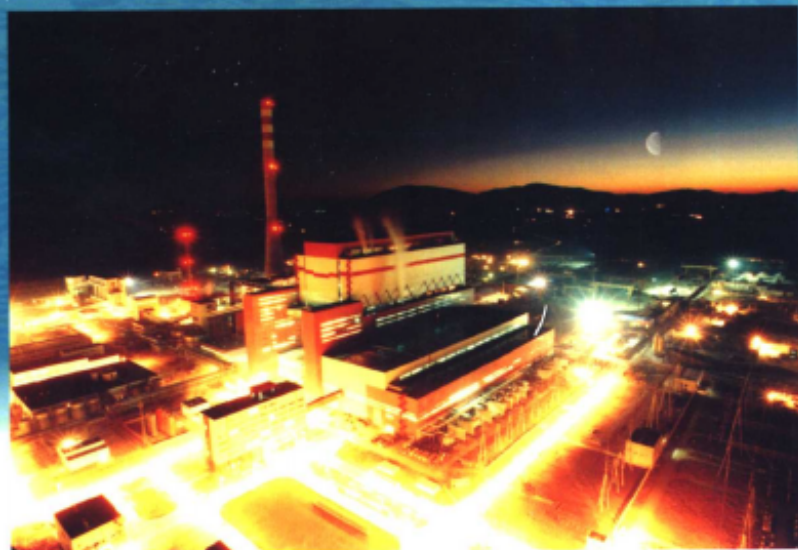




300MW火电机组培训丛书

电气设备及运行

湖北襄樊发电有限责任公司 刘爱忠 主编

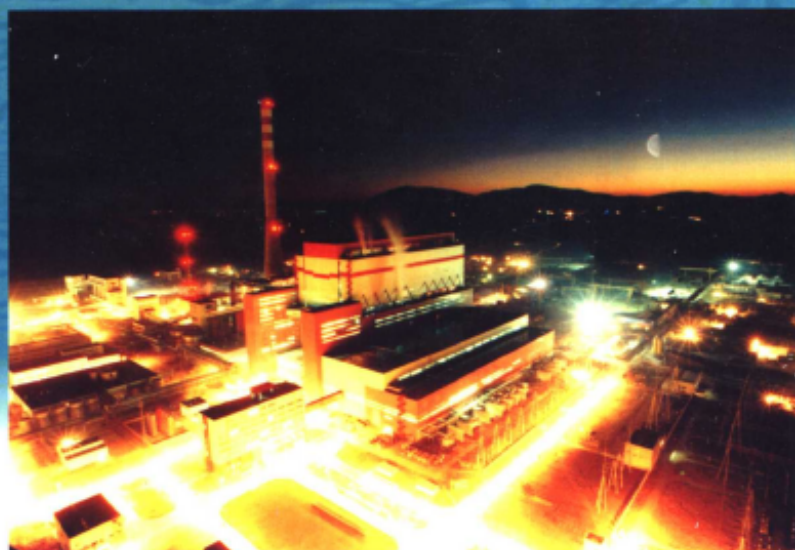


中国电力出版社

www.cepp.com.cn

责任编辑：赖广秀

CEPP



300MW 火电机组培训丛书

汽轮机设备及运行

燃煤锅炉机组

电气设备及运行

燃料管理及设备

电厂化学

ISBN 7-5083-0889-1



9 787508 308890 >

ISBN 7-5083-0889-1

定价：38.00 元

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

300MW火电机组培训丛书

电气设备及运行

湖北襄樊发电有限责任公司 刘爱忠 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《300MW 火电机组培训丛书》之一。

本书详细介绍了大型火电厂电气设备构造、参数和特性以及电气设备的运行、维护、调试、事故处理，内容深入浅出，图文并茂。

本书的出版将为大型火电厂从事电气工作的技术人员的培训提供很好的参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设备及运行/刘爱忠主编. —北京: 中国电力出版社, 2003

(300MW 火电机组培训丛书)

ISBN 7-5083-0889-1

I. 电… II. 刘… III. 火电厂-电气设备-运行
IV. TM621.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 017804 号

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

2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 24.5 印张 600 千字 1 插页
印数 0001—4000 册 定价 38.00 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)

编 辑 委 员 会

- 主 任 陈中义
- 副主任 钱仲威 骆民强 刘爱忠 周支柱 唐凤平
- 主 编 刘爱忠
- 副主编 王小惠 白育西
- 编 委 (姓氏笔划为序)
- 王小惠 白育西 许 强 李成华
- 杨戎凡 汪家军 官 建 高忠明

序 言

襄樊电厂4×300MW机组工程是原电力工业部、原机械工业部“优化”工程。为了保证工程投产“达标”及投产后的安全经济运行，必须对生产人员进行培训。襄樊发电有限责任公司是按照现代企业制度管理运作的公司，生产人员相对较少，且素质要求高。由于生产人员大部分是大中专毕业生，缺乏一定的实践经验和专业知识。因此，编写一套切实可行的培训教材，以供新员工培训之用，已势在必行。

起初，我们考虑了两种方案，一是委托有关大专院校编写；二是自己组织人员编写。经过对两种方案的技术、经济和对培训工作影响等方面的比较，选择了由襄樊发电有限责任公司自己组织人员编写培训教材的方案。我们认为：我公司主、辅设备的制造厂和其他电厂的不尽相同，外委编写需要我们提供大量的资料和人力，而由我们自己利用收集到的资料进行编写，一方面节省了资金，另一方面也锻炼了我们的员工队伍，使他们在编写过程中就得到了培训。

培训教材的编写工作，自1997年8月下达编写任务至1998年2月完成主要部分初稿，历时半年，倾注了公司领导、编委、编写人员的心血。教材根据中南电力设计院的设计方案、各制造厂设备说明书和有关技术规程，由简入繁、深入浅出地叙述了相关设备、系统的构造以及运行、调试、维护等方面的问题和解决方法，并且根据运行培训经验和实际情况编写有关章节和内容。培训教材的出版必将对我公司的生产人员技术培训起到良好的作用。同时，本教材也可作为其他同类型火电厂技术培训的参考用书。

培训教材按专业分为《燃煤锅炉机组》、《汽轮机设备及运行》、《电气设备运行》、《电厂化学》、《燃料管理及设备》五部分，按照电力系统常用系统和设备分类编写章节。由于某些制造厂资料及设计资料未能按时提供，个别章节内容待以后以单行本的方式补充。

这次培训教材的编写得到了公司各部门以及相关技术人员的支持和帮助，在此表示感谢。由于编写培训教材的时间短、任务重、编写人员相对较少，又没有足够的编写经验，在教材中难免会出现一些不当之处，敬请各位读者指正。

陈中兴

前 言

目前, 300MW 汽轮发电机组已经成为我国火力发电的主力机组, 为此编写一套符合生产实际、指导其运行操作的培训教材十分重要。本书的出版对从事 300MW 发电机组和其他类型发电机组运行和检修的工作人员在提高生产技术和理论水平上有较高的参考价值。

本书以湖北襄樊发电有限责任公司 $4 \times 300\text{MW}$ 汽轮发电机组为参照, 在内容编排上立求做到通用性和实用性相结合。全书由刘爱忠主持编写。王小惠从技术、文字和章节上对全书进行了编审, 汪家军、高忠明、宫建做了收集资料和组稿工作。本书在编写中, 得到了国家电力公司华中公司有关专家的大力支持, 并由其组织审稿和修改工作; 同时, 一些相关的设备厂家为本书的编写提供了热情的帮助。在此一并表示感谢。

由于国内外电气设备发展较快, 目前设备品种多样化, 使得本书的编写有一定的难度, 加之编者编写经验有限, 书中难免存在不足, 请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 2 月

符 号 说 明

设 备 文 字 符 号

AAR—自动重合闸装置	KAS—同期继电器
AAT—备用电源自动投入装置	KCF—防跳跃闭锁继电器
FU—熔断器	KML—闭锁中间继电器
HA—蜂鸣器	KMV—过电压重动中间继电器
K—中间继电器	KPL—压力低闭锁继电器
KA—电流继电器	KJ—灵敏元件
KV—电压继电器	KSR—起动继电器
KT—时间继电器	PC—计数器
KH—热继电器、温度继电器	QF—断路器
KP—压力继电器	QS—隔离开关
KS—信号继电器	QFO—断路器合闸辅助触点
KD—差动继电器	QFOF—继电器分闸辅助触点
KM—接触器	TA—电流互感器
KE—监视继电器、接地继电器	TV—电压互感器
KR—复归继电器	WC—控制小母线
KΣ—综合继电器	WS—事故音响小母线
KO—合闸继电器	XB—连接片
KOF—跳闸继电器	YB—闭锁元件（微机闭锁）
KOM—出口中间继电器	YC—合闸线圈
KTS—跳闸位置继电器	YT—分闸线圈
KOS—合闸位置继电器	

角 标 符 号

brk—制动	o—初始，零序
co—配合	rel—可靠
d—差动、直流	r—返回
e—接地	st—起动、同型
p—保护	sen—灵敏
op—动作	set—整定
oph—高压侧动作	u—励磁
opl—低压侧动作	

目 录

序言	
前言	
符号说明	

第一章 直流部分	1
第一节 概述	1
第二节 蓄电池	1
第三节 整流充电设备	10
第四节 绝缘监察装置	16
第五节 直流系统	18
第二章 厂用电动机	20
第一节 厂用交流异步电动机	20
第二节 直流电动机	30
第三节 几种特殊电机结构	35
第四节 厂用电系统	41
第三章 变压器	46
第一节 370MVA 升压主变压器	46
第二节 起动/备用变压器和高压厂用变压器	62
第三节 低压干式变压器	65
第四章 电除尘	69
第一节 静电除尘器	69
第二节 高压硅整流设备	72
第三节 静电除尘控制器	77
第四节 高压整流装置	80
第五节 电除尘器电气设备的运行维护及故障处理	81
第六节 静电除尘器低压控制系统	84
第五章 低压开关	89
第一节 低压开关柜	89
第二节 M 型开关	91
第三节 AH 开关	98
第四节 CM1 系列塑料外壳式断路器	104
第六章 厂用高压开关	106
第一节 6kV/BA1 型开关柜	106

第二节	3AF型真空断路器	109
第三节	接触器	114
第七章	交流不停电电源 (UPS)	117
第一节	主要工作参数	117
第二节	原理接线及功能介绍	119
第八章	柴油发电机组	122
第一节	TETED型柴油发电机组技术参数	122
第二节	TETED型柴油发电机组性能及特点	123
第三节	柴油发电机组的二次接线和励磁方式	124
第四节	柴油发电机组的运行及维护	125
第九章	变压器、电动机的控制与保护	127
第一节	厂用低压变压器的控制与保护	127
第二节	厂用低压电动机的控制与保护	134
第三节	厂用高压电动机的控制与保护	135
第四节	6kV 厂用电快速切换装置	142
第五节	高压厂用变压器控制回路	147
第六节	启动/备用变压器的控制与保护	148
第七节	输煤程控	152
第十章	同步发电机	156
第一节	300MW 水氢氢冷却发电机	156
第二节	发电机氢、油、水系统	205
第三节	发电机励磁系统	215
第四节	发电机—变压器组继电保护装置	262
第十一章	220kV 变电站设备	300
第一节	220kV SF ₆ 断路器	300
第二节	220kV 隔离开关	314
第三节	220kV 电流互感器	318
第四节	220kV 电压互感器	320
第五节	220kV 避雷器	323
第六节	220kV 线路保护	324
第七节	220kV 隔离开关控制回路	354
第八节	GR-90 型微机远动装置简介	355
第九节	变电站故障录波器	360
第十节	220kV 母线保护	369
参考文献		381

第一章 直 流 部 分

第一节 概 述

为了给电厂控制、保护设备及机组某些极重要的辅机供电，在大容量机组的电厂内必须设置专门的供电电源，这种电源采用蓄电池直流系统来担任。这种直流系统是电厂自用电中重要的一部分，在任何情况下，它都能保证可靠地和不间断地向上述设备供电。特别是在大型电厂中，随着机组容量的增加和直流负荷的加大，直流系统也渐趋庞大和复杂，对其要求也就更高。

蓄电池是一种独立的直流电源，它在发电厂内发生任何事故时，甚至在交流电源全部停电的情况下，都能保证直流系统的用电设备可靠而连续地工作。另外它还是全厂事故照明的可靠电源。采用蓄电池的直流系统，能够使用任何复杂的继电保护和自动装置，对于各种类型的断路器都可以用直流操作机构进行远距离操作。因此，蓄电池组得到广泛的应用，但同时也增加了电厂投资与日常维护工作量。发电厂的蓄电池组，是由许多蓄电池串联而成，串联的数目决定于直流系统的工作电压。

我国大电厂直流系统过去一般仅为 220V 一种。运行经验证明，控制回路采用 110V 电压较 220V 电压更安全。在直流动力负荷方面，由于直流电动机容量往往在 50kW 以上，因此推荐选用 220V 电压。对于升压站直流负荷的供电，如果升压站设有单独的控制和继电器小室，则一般设置单独的两组蓄电池；若线路在单控室控制，继电器在厂房内，升压站没有单独的控制小室，则直流负荷也可以由单元机组的蓄电池供电。我国大容量机组火电厂一般都设有网控室，故应在其内装设两组 110V 蓄电池。

在直流系统的母线制方面，我国建议在大机组电厂的直流系统的设计中推广采用单母线制，并在两组相同电压母线之间加联络线，以提高直流系统的可靠性。

直流系统的供电对象通常有：断路器跳合闸装置；锅炉、汽轮机、发电机的控制盘及光字牌；直流润滑油泵、发电机直流密封油泵；汽轮机调速器马达、发电机磁场回路断路器及励磁系统控制；UPS、保安段柴油发电机组的控制和励磁系统单控室事故照明等。以下负荷可以有选择性地采用直流电源供电：通信系统、记录报表的驱动装置、录波器、蒸汽阀门操作装置、电厂其他事故照明、锅炉燃烧控制系统等。当一个电厂采用一组 220V 和两组 110V 直流电源时：汽轮发电机汽动给水泵的事故油泵、氢侧密封油泵以及供给 UPS 的负荷由 220V 直流电源供电；其他负荷，除控制室事故照明和控制保护盘上的继电器指示灯等负荷外，一般来说均分别接于两组 110V 直流电源母线上，由其共同承担。

第二节 蓄 电 池

一、铅酸蓄电池的构造及工作原理

目前，在发电厂直流系统中一般采用固定式铅酸蓄电池，原因是其价格较低，在浮充电

运行方式下的寿命较长，不需要经常性地均衡充电和维护，浮充电源容量较小。如果采用其他型式的蓄电池，则应通过充分的经济比较后才能决定。

(一) 铅酸蓄电池的构造

固定式铅酸蓄电池主要包括：正极板、负极板、电解液和容器。新型铅酸电池的正极板做成玻璃丝管式结构，增大极板与电解液的接触面积，以减小内电阻和增大单位体积的蓄电容量。玻璃丝管内部填充有多孔性的有效物质，通常是铅的氧化物，玻璃丝管可以防止多孔性的有效物质的脱落。

负极板一般为涂膏式（阴铅膏）结构，即将铅粉用稀硫酸及少量的硫酸钡、腐植酸、松香等调制成糊状混合物涂填在铅质栅格骨架上。为了增大极板与电解液的接触面积，表面有棱纹凸起。极板在工厂经过特殊处理加工后，正极板的有效物质为褐色的二氧化铅（ PbO_2 ），负极板的有效物质为灰色的铅棉。

为了防止极板之间发生短路，在正负极板之间用耐酸的塑料或木质绝缘材料做成的一隔条或多孔性隔板隔开，使极板之间保持一定距离。电解液是由纯硫酸 H_2SO_4 和蒸馏水配置而成。通常固定式铅酸蓄电池电解液的密度，在温度 15°C 时，是 $1.21\text{g}/\text{cm}^3$ 。固定式铅酸蓄电池的容器，旧型的为开口式玻璃缸，新型的为防酸隔爆式透明塑料缸（GGF 型）。

蓄电池极板的总数通常为奇数且不少于 3，负极板比正极板多一块。两边都是负极板，这样使正极板两面在工作中的化学作用原理相近，以免发生翘曲变形。同极性的极板用铅条焊成一组，正负两组极板用耳柄分别挂在容器的边缘上。为了防止正负极板在工作过程中脱落将底部的有效物质短路，极板的下边与容器的底部应有足够的距离。电解液面应比极板上边至少高出 10mm，以防止极板翘曲，同时，电解液面应比容器上沿至少低 15 ~ 20mm，以免在充电过程中电解液沸腾从容器内溢出。开口式容器上面要盖以玻璃板，以防灰尘落入和充电时电解液溅出。

(二) 铅酸蓄电池的工作原理和特性

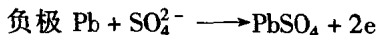
1. 蓄电池的电动势

不同导电材料制成的两极放入相同电解液时，由于它们的电化次序不同，因而产生不同的电位，两极在外电路断开时的电位差就是蓄电池的电动势。在正负极板材料一定时，电动势的大小主要与电解液的密度有关，同时也受电解液温度的影响，但在容许温度范围内其影响很小。

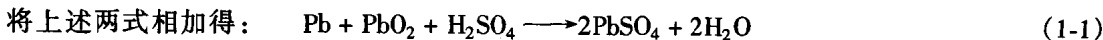
2. 蓄电池的放电和放电特性

完全充电的蓄电池，当正负两极用外电阻接成通路时，则在电动势的作用下产生放电电流 I_t ，如图 1-1 (a) 所示。

蓄电池放电时，放电电流所在蓄电池内部由负极板 2 流向正极板 1，而电解液中的 H^+ 移向正极板， SO_4^{2-} 移向负极板，放电时的化学反应如下：



式中 e 代表电子。



从式 (1-1) 可以看出, 蓄电池放电时, 正负极板均变成了 PbSO_4 , 消耗了 H_2SO_4 , 同时生成水, 使电解液的密度减小。蓄电池在放电过程中的电压方程式为

$$U_r = E - I_f R_i \quad (1-2)$$

式中: U_r 为端电压, V; E 为蓄电池电动势, V; I_f 为放电电流, A; R_i 为蓄电池内电阻, Ω 。

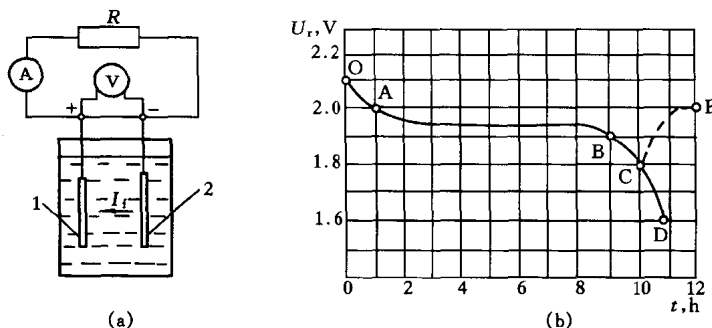


图 1-1 铅酸蓄电池的放电

(a) 原理接线; (b) 放电曲线

1—正极板; 2—负极板

如果蓄电池以恒定电流 (10h 放电电流) 进行连续放电时, 则端电压随放电时间变化的放电曲线如图 1-1 (b) 所示。

开始放电时, 由于极板表面和有效物质细孔内的电解液密度骤减, 蓄电池电动势迅速减小, 因而蓄电池的端电压迅速下降 (曲线 OA 段)。在放电中期, 极板细孔中生成的水分量与从极板外表渗入的电解液量, 取得了动态平衡, 从而使细孔内的电解液密度下降速度大为减小, 故电动势下降缓慢, 端电压要随内电阻的增大而减小 (曲线 AB 段)。到放电末期, 极板上的有效物质大部分已变成硫酸铅, 由于 PbSO_4 的体积较大, 在极板表面的细孔中形成的硫酸铅堵塞了细孔, 使极板外面的电解液渗入困难, 因此在细孔中已稀释的电解液很难和容器中密度较大的电解液相混合, 同时内电阻也迅速增大, 所以蓄电池的电动势迅速下降, 于是端电压也迅速下降 (曲线 BC 段) 至 C 点, 电压为 1.8V 左右, 放电便告终了。若继续放电, 细孔中的电解液就几乎变成了水, 因此内阻值急剧增大, 于是端电压骤降 (曲线 CD 段)。但是, 若在 C 点停止放电, 则蓄电池的电动势会立即上升, 并随着容器中的电解液向极板有效物质细孔中渗透, 电动势可能回升到 2.0V 左右 (曲线 CE)。可见, 曲线上的 C 点, 为蓄电池电压急剧下降的临界电压, 称为蓄电池的放电终止电压。如果继续放电, 将在极板表面和有效物质细孔内部形成硫酸铅的晶块, 影响蓄电池的使用寿命, 造成极板硫化和个别蓄电池发生反极现象。如过度放电, 极板将发生不可恢复的翘曲和臃肿, 使蓄电池极板报废。

以上所述是蓄电池以 10h 放电电流放电的过程。如果蓄电池以更大的电流放电, 则达到终止电压的时间将缩短, 同时蓄电池放电时的电压与放电电流的大小有关, 放电电流越大, 蓄电池的端电压下降越快。这是因为电解液向极板细孔内渗入的速度受到限制, 以及蓄电池内部电压降随放电电流的增加而增加, 所以, 当放电电流改变时, 蓄电池放电的初始电压、平均电压和终止电压均随之改变, 其放电特性曲线如图 1-2 所示, 图中放电电流 $I_{11} > I_{12} > I_{13} > I_{14} > I_{15}$ 。

当蓄电池放电到终止电压时, 即停止放电, 静置一段时间后, 电解液向极板渗透均匀,

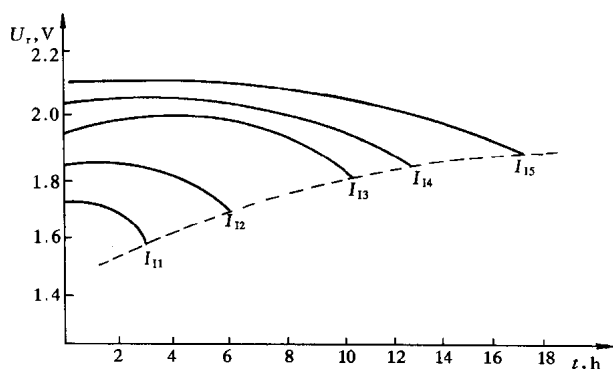


图 1-2 铅酸蓄电池不同放电电流放电特性曲线

电动势逐渐恢复到 2.0V 左右，此后，其再度放电至终止电压，仍可放出一定电量，但是一般不予利用，因为这种放电易使极板发生硫化及部分电极发生反极，损坏蓄电池的极板。

3. 蓄电池的容量

蓄电池的容量是指蓄电池放电到终止电压时，所能放出的电量，即放电电流安培数与放电时间小时的乘积，以某一恒定的放电电流放电，蓄电池的容量计算公式为

$$Q = I_f t_f \quad (1-3)$$

式中：\$Q\$ 为蓄电池容量；\$I_f\$ 为放电电流；\$t_f\$ 为放电时间。

蓄电池容量取决于起化学作用的有效物质和数量，它和许多因素有关：如极板类型、极板面积的大小和数目、电解液的密度和数量、放电电流的大小、最终放电电压的数值和温度。

在正常工作温度范围内，蓄电池的容量随放电电流的增大而减小，蓄电池容量与放电电流的关系曲线如图 1-3 所示。

图中 \$I_1\$、\$I_{10}\$ 为 1h 和 10h 的放电电流，\$Q_1\$、\$Q_{10}\$ 为 1h 和 10h 的放电容量。

因为蓄电池用较小的电流放电时，有效物质细孔内电解液密度下降缓慢，极板外面的细孔中硫酸铅的形成比较缓慢，电解液容易渗入细孔内部，所以极板表面和细孔深处的有效物质都能参加反应；与其相反，当放电电流大时，细孔内部电解液密度下降较快，从而导致迅速堵塞有效物质细孔，因此，不能充分反应，所以放电电流越大，放电容量越小。一般以 10h 放电容量作为蓄电池的额定容量。

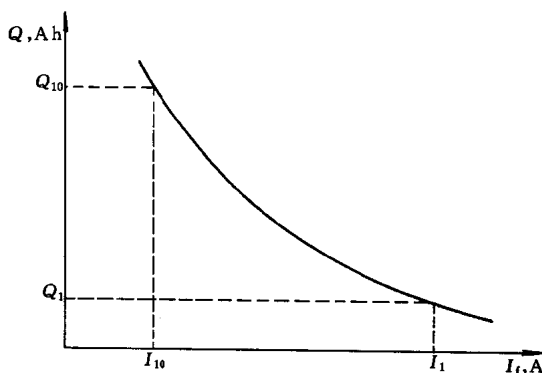


图 1-3 蓄电池容量与放电电流的关系曲线

综上所述，蓄电池不宜用过大大电流放电，但是可以在几秒钟的短时间内允许用很大的冲击电流放电，例如使用电磁操作机构的断路器合闸时，就会出现这种情况。

4. 蓄电池自放电

充足电的蓄电池经过一定时期，会发生失去电量的现象，这主要是由于蓄电池自放电的缘故。蓄电池自放电的主要原因是由于极板含有杂质，形成局部的小电池，小电池的两极又形成短路回路，此回路的电流引起蓄电池的自放电。由于蓄电池电解液上下的密度不同，极板上下的电动势不等，因而在正负极板上、下之间的均压电流引起蓄电池的自放电。蓄电池的自放电会引起极板硫化，普通铅酸蓄电池在一昼夜内，由于自放电而使容量减少 0.5% ~ 1%。因此，为防止运行中的蓄电池的硫化，每月进行一次均衡充电，以补充自放电。

5. 蓄电池的充电和充电特征

蓄电池放电到规定的容量以后，必须及时用专门的充电电源进行充电，现代大型机组已经用硅整流代替了以往常用的直流充电机，图 1-4 (a) 所示为充电原理接线图。

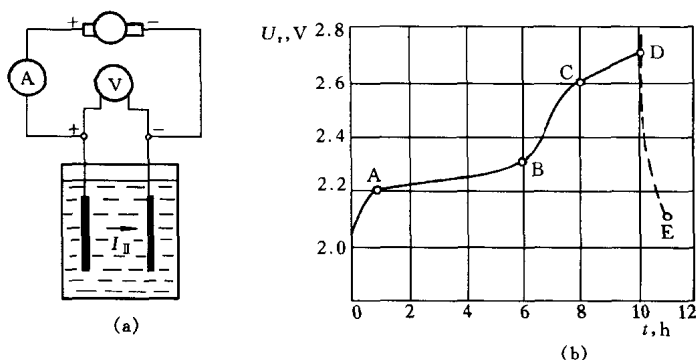
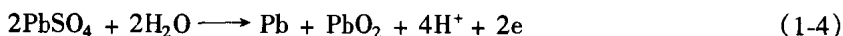


图 1-4 铅酸蓄电池的充电
(a) 原理接线；(b) 充电曲线

充电电源的端电压高于蓄电池电动势时，则蓄电池有充电电流 I_c 流过，在蓄电池内部，电流由正极板流向负极板，电解液中的正负离子移动方向与放电时相反，其化学反应式为



由式 (1-4) 可知，蓄电池的充放电过程是一可逆的化学变化过程。故充电后，正极板恢复为原来的二氧化铅 (PbO_2)，负极板恢复为原来的铅 (Pb)，电解液内硫酸恢复为原来的数值。

当蓄电池以恒定不变的电流 (如 10h 充电电流) 进行连续充电时，则端电压随充电时间变化的充电曲线大致如图 1-4 (b) 所示。

充电开始，两极板均有硫酸 (H_2SO_4) 析出，使极板附近的电解液密度骤增，蓄电池电动势随之迅速上升。因此，必须相应提高充电电压，才能维持充电电流 (I_c) 不变 (曲线 OA 段)；充电中期，由于极板细孔中电解液密度逐步增加，内电阻逐渐减小，故维持 I_c 不变，只需缓慢提高充电电压 (曲线 AB 段) 至充电末期，大部分硫酸铅还原成氧化铅与铅，此时充电电压约 2.3V；若继续充电，则有大量水被电解，正极释放出的 O_2 与负极释放出的 H_2 使内电阻大大地增加，因此，为了维持恒定的充电电流，必须急速提高外加电压到 2.5 ~ 2.6V (曲线 BC 段)；到 CD 段，若继续充电， PbSO_4 已全部还原，能量全用于电解水，从而使电解液呈沸腾现象，而电压稳定在 2.7V 左右；此后，若再继续充电，蓄电池的端电压不再升高，所以 D 点为充电结束点。蓄电池充电停止时，其端电压立即降至 2.3V，因为此时充电电流形成的内电压降消失，端电压即等于电动势，此后随极板细孔中电解液的不扩散，密度逐渐下降，容器中的电解液浓度渐趋均匀，蓄电池的电动势慢慢降到 2.06V 左右的稳定状态，即曲线上的 E 点。

上述充电过程是以 10h 充电电流为例，若以较大的充电电流充电，充电时间将缩短，充电电流太大时，可能在有效物质未完全还原之前，电解液就开始沸腾，而误认为充电完毕，不仅会大量消耗电能而且会使极板翘曲，有效物质受冲击而脱落，影响蓄电池寿命。同时，没有完全充电的蓄电池，极板易于硫化，而且也达不到应有容量。为了减少电解水消耗的能

量，应在开始冒汽泡时，减小充电电流，电流一般不超过最大容许电流的 40%。从而使蓄电池的充电得以充分而经济地运行。

6. 蓄电池的初充电

新安装的蓄电池应进行初充电，初充电就是使正极板上生成 PbO_2 ，负极板的填充物质成为铅棉的过程。初充电的操作正确与否对蓄电池寿命及电池性能影响很大，蓄电池初充电，要严格按照厂家说明书的要求进行，以保证初充电质量。

蓄电池初充电的完成，可由下列现象来判断：

- (1) 每个单电池均发生强烈的汽泡。
- (2) 单个电池电压升至 2.5V 以上。
- (3) 电压和电解液密度在 3h 内不再上升。

还应指出，给蓄电池进行初充电时，往往经过一次充电后尚不能使极板上的全部物质变成 PbO_2 与 Pb ，蓄电池达不到额定容量。给蓄电池进行初充电时，必须经过若干次的“充电—放电”循环，并要进行放电容量试验，直到蓄电池达到额定容量后，初充电才算完成。

二、GFD 型蓄电池

沈阳蓄电池厂生产的 GFD 固定防酸铅酸式蓄电池，电池型号中的 G 代表固定式，F 代表防酸型，D 代表符合西德工业标准 DIN43539 (1984) 要求。

该型蓄电池引进西德哈根蓄电池公司的专利技术与设备生产，由管式正极板、涂膏式负极板、双层隔板、透明塑料电池槽、电池盖等零件组装而成。电池配有特制的漏斗形防酸栓，保证电池在运行过程中无酸雾逸出，因而避免了对房屋、设备的腐蚀。在防酸栓作用下，电池一旦遇有明火，不致引起电池内部发生爆炸，使用安全可靠，不拧下防酸栓即可直接测电解液密度、温度，操作省时、简便。

(一) GFD 型蓄电池参数

GFD 型蓄电池基本参数及放电性能参数如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1 GFD 型蓄电池基本参数

型 号	额定电压 (V)	额定容量 (Ah)	外形尺寸 (mm)				电池质量 (kg)		同性极 柱 数
			长	宽	高	总高	无液	带液	
GFD-350	2	350	108	208	425	555	24	36	1
GFD-2000	2	2000	399	214	775	850	120	163	3
GFD-420	2	420	168	208	475	555	27	38	1

表 1-2 GFD 型蓄电池主要放电性能参数

型 号	20h 放电率			10h 放电率			5h 放电率			3h 放电率			1h 放电率			0.5h 放电率			1min 放电率 终止电压 1.75	
	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	容量 (Ah)	电压 (V)	电流 (A)	$t \geq$
GFD-350	19.5	390	1.8	35	350	1.80	60	300	1.77	87.5	262.5	1.75	185	185	1.67	268	134	1.70	350	60s
GFD-420	23	460	1.80	42	420	1.80	72	360	1.77	105	315	1.75	222	222	1.67	321.6	160.8	1.7	420	
GFD-2000	110	2200	1.80	200	2000	1.77	336	1680	1.74	496	1488	1.71	990	990	1.67	1408	704	1.70	1440	

(二) GFD 型蓄电池组的工作方式

1. 初充电

(1) 充电前的准备。检查电池零部件是否齐全、完整，电池间连接是否正确、牢固，拧下电池顶部的防酸栓。

(2) 配制电解液。用蓄电池专用硫酸与纯水配制成密度为 $1.22 \pm 0.01\text{g/cm}^3$ (20°C) 的电解液，浓硫酸与水的体积比约为 1:3.84，质量比约为 1:2.09。配制时，先将浓硫酸缓缓注入水中，并用耐酸棒不断地搅拌均匀，千万不可将水倒入浓硫酸，以免溶液溅出伤人。配置的容器必须耐酸。

(3) 电解液的注入。将配制好的电解液（温度不宜超过 35°C ）注入电池内，液面高度控制在最高、最低液面中间位置，注液后静置 6~12h，待电解液温度冷却到 30°C 以下时方可进行初充电，充电前须拧紧防酸栓。

(4) 用直流充电设备对蓄电池进行充电。若用恒流法进行充电，充电设备的输出电压应比电池组的额定电压高 40%；若用恒压法进行充电，充电设备的输出电压应比电池组的额定电压高 20% 以上；充电时，电池组的正极接电源的正极，负极接电源的负极，不可反接，以免损坏电池。

(5) 初充电的方法、步骤。初充电有以下两种方法，可任选一种。

1) 恒流法。用 $0.05 C_{10}\text{A}$ (C_{10} 代表电池的 10h 放电率额定容量，A 为安培) 的电流充电，充足为止，时间约 60h。

2) 低压恒压充电法。先用 $0.1 C_{10}\text{A}$ 的电流充电，至单体电池端电压达 2.35V，然后以 $2.35 \pm 0.02\text{V}$ 的恒电压充电，充足为止，时间约 100h。

充电期间，电解液温度应控制在 $15 \sim 40^\circ\text{C}$ 范围内，最高不得超过 45°C ，一旦超过 45°C ，应减小充电电流，采取降温措施（风冷或冰冷）或短时中断充电，待电解液温度降到规定范围内再进行充电；若中断时间较长，充电时间应适当延长，充电时间应每隔 1h 记录一次充电电流及电池组的总电压；充电结束时，测量单体电池的电压、电解液密度和温度。

在初充电结束之前，电解液密度应调整到 $1.24\text{g/cm}^3 \pm 0.01\text{g/cm}^3$ (20°C)，液面调至最高液面线。

(6) 充足电的标志。

1) 采用恒流法时，充电末期电池的电压及电解液密度连续 2h 以上保持稳定不变，电解液内部产生了强烈气泡。

2) 采用低压恒压法充电时，充电末期电解液密度应连续 3h 以上保持稳定不变，且充电电流为 $0.002 \sim 0.010 C_{10}$ 之间，并连续长时间保持不变。

2. 普通充电

经过初充电的电池放电后应立即进行补充电，即普通充电，以保证电池的电气性能不受损害，并延长使用寿命。

普通充电方法有以下两种，可任选一种。

(1) 恒流法。以 $0.05 C_{10}\text{A}$ 的电流充电至充足为止。

(2) 低压恒压充电法。先用 $0.1 \sim 0.2 C_{10}\text{A}$ 的电流充电至电池的端电压达 2.35V，时间约为 8~10h，再以 $2.35\text{V} \pm 0.02\text{V}$ 的恒电压充电，至充足电为止，总共充电时间约 20~24h（指完全放电的电池，如为部分放电的电池，充电时间可以缩短）。