

前 言

本标准的修订是根据原电力工业部技综[1995]44号《关于下达一九九五制定、修订电力行业标准计划项目(第二批)的通知》中的106项,修订《电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程》的任务编制的。

本标准在修订中,以中华人民共和国原水利电力部(62)水电技字第21号文颁发的《蓄电池运行规程》为原本。根据国内外新标准、新技术、新元件、新装置的应用,在《蓄电池运行规程》的基础上,增加了以下内容:

- a. 直流电源装置的基本参数、技术指标、交接验收、运行监视;
- b. 镉镍蓄电池、阀控式密封铅酸蓄电池的运行与维护;
- c. 高频开关电源装置的运行与维护;
- d. 直流电源装置中微机监控器的运行与维护;
- e. 在附录中增加了有关技术数据表。

本标准的所有附录都是提示的附录。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:四川省电力公司、四川电力试验研究院、中国电力科学研究院、国家电力调度通信中心、电力规划设计总院、华北电力设计院。

本标准主要起草人:王典伟、顾霓鸿、卓乐友、陈巩。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会负责解释。

电力系统用蓄电池直流电源装置
运行与维护技术规程

DL/T 724—2000

Specification of operation and maintenance of battery DC power supply
equipment for electric power system

1 范围

本标准规定了电力系统用蓄电池直流电源装置(包括蓄电池、充电装置、微机监控器)运行与维护的技术要求和技术参数,适用于电力系统各部门直流电源的运行和维护。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示的版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2900.11—1988 蓄电池名词术语

GB/T 2900.33—1993 电工术语 电力电子技术

DL/T 459—2000 电力系统直流电源柜订货技术条件

3 名词术语

名词术语除按引用标准 GB/T 2900.11 及 GB/T 2900.33 中的规定外,再增补以下名词术语:

3.1 初充电 (first charge)

新的蓄电池在交付使用前,为完全达到荷电状态所进行的第一次充电。初充电的工作程序应参照制造厂家说明书进行。

3.2 恒流充电 (constant voltage charge)

充电电流在充电电压范围内,维持在恒定值的充电。

3.3 均衡充电 (equalizing charge)

为补偿蓄电池在使用过程中产生的电压不均匀现象,使其恢复到规定的范围内而进行的充电。

3.4 恒流限压充电 (constant-current limit voltage charge)

先以恒流方式进行充电,当蓄电池组端电压上升到限压值时,充电装置自动转换为恒压充电,至到充电完毕。

3.5 浮充电(floating charge)

在充电装置的直流输出端始终并接着蓄电池和负载,以恒压充电方式工作。正常运行时充电装置在承担经常性负荷的同时向蓄电池补充充电,以补偿蓄电池的自放电,使蓄电池组以满容量的状态处于备用。

3.6 补充充电 (supplementary charge)

蓄电池在存放中,由于自放电,容量逐渐减少,甚至于损坏,按厂家说明书,需定期进行的充电。

3.7 恒流放电 (constant current discharge)

中华人民共和国国家经济贸易委员会 2000-11-03 批准

2001-01-01 实施

蓄电池在放电过程中,放电电流值始终保持恒定不变,直放到规定的终止电压为止。

3.8 容量试验(蓄电池) [capacity test (battery)]

新安装的蓄电池组,按规定的恒定电流进行充电,将蓄电池充满容量后,按规定的恒定电流进行放电,当其中一个蓄电池放至终止电压时为止。按以下公式进行容量计算:

$$C = I_t(Ah)$$

式中: C ——蓄电池组容量, Ah;

I_t ——恒定放电电流, A;

t ——放电时间, h。

3.9 核对性放电 (check discharge)

在正常运行中的蓄电池组,为了检验其实际容量,将蓄电池组脱离运行,以规定的放电电流进行恒流放电,只要其中一个单体蓄电池放到了规定的终止电压,应停止放电。按 3.8 条计算蓄电池组的实际容量。

3.10 稳流精度 (stabilized current precision)

交流输入电压在额定电压 $\pm 10\%$ 范围内变化、输出电流在 $20\% \sim 100\%$ 额定值的任一数值,充电电压在规定的调整范围内变化时,其稳流精度按以下公式计算:

$$\delta_i = \frac{I_M - I_Z}{I_Z} \times 100\%$$

式中: δ_i ——稳流精度;

I_M ——输出电流波动极限值;

I_Z ——输出电流整定值。

3.11 稳压精度 (stabilized voltage precision)

交流输入电压在额定电压 $\pm 10\%$ 范围内变化,负荷电流在 $0 \sim 100\%$ 额定值变化时,直流输出电压在调整范围内的任一数值时其稳压精度按以下公式计算:

$$\delta_v = \frac{U_M - U_Z}{U_Z} \times 100\%$$

式中: δ_v ——稳压精度;

U_M ——输出电压波动极限值;

U_Z ——输出电压整定值。

3.12 纹波系数 (ripple factor)

充电装置输出的直流电压中,脉动量峰值与谷值之差的一半,与直流输出电压平均值之比。按以下公式计算:

$$\delta = \frac{U_t - U_g}{2U_p} \times 100\%$$

式中: δ ——纹波系数;

U_t ——直流电压中的脉动峰值;

U_g ——直流电压中的脉动谷值;

U_p ——直流电压平均值。

3.13 效率 (efficiency)

充电装置的交流额定输入功率与直流输出功率之比。按以下公式计算:

$$\eta = \frac{W_D}{W_A} \times 100\%$$

式中: η ——效率;

W_D ——直流输出功率;

W_A ——交流输入功率。

3.14 “三遥”功能 (“telemetry, telecontrol, teleindication” functions)

遥信功能、遥测功能、遥控功能的简称。

3.15 均流及均流不平衡度 (equalizing current and unbalance)

采用同型号同参数的高频开关电源模块整流器,以 $(N+1)$ 或 $(N+2)$ 多块并联方式运行,为使每一个模块都能均匀地承担总的负荷电流,称为均流。模块间负荷电流的差异,叫均流不平衡度。按以下公式计算:

$$\beta = \frac{I - I_p}{I_N} \times 100\%$$

式中: β ——均流不平衡度;

I ——实测模块输出电流的极限值;

I_p —— N 个工作模块输出电流的平均值;

I_N ——模块的额定电流值。

3.16 电磁兼容 (electromagnetic compatibility)

设备或系统在电磁环境中,能正常工作,并不对环境中的任何事物产生不允许的电磁骚扰的能力。

3.17 严酷等级 (severity level)

在抗扰性试验中规定的影响电磁量的值。

3.18 共模电压 (common mode voltage)

在每一导体和所规定的参照点之间(往往是大地或机架)出现的相量电压的平均值。

3.19 差模电压 (differential mode voltage)

在规定的一组有效导体中任意两导体之间的电压。

3.20 蓄电池容量符号 (battery capacity symbol)

C_5 ——5 h 率额定容量, Ah;

C_{10} ——10 h 率额定容量, Ah。

3.21 放电电流符号 (discharge current symbol)

I_5 ——5 h 率放电电流,数值 $C_5/5$, A;

I_{10} ——10 h 率放电电流,数值 $C_{10}/10$, A。

4 基本要求

4.1 本规程的基本目的。

4.1.1 保证发电厂、变电所中直流电源装置有良好的运行状态,从而延长其使用年限;

4.1.2 保证发电厂、变电所中直流母线电压均在合格范围;

4.1.3 保证发电厂、变电所中蓄电池组有合格的放电容量;

4.1.4 保证发电厂、变电所中直流电源装置的供电可靠性;

4.1.5 保证蓄电池运行维护人员的安全。

4.2 发电厂、变电所直流电源装置的专职工程师,运行维护人员,局、厂科室、工区、分场等有关工作人员,均应熟悉和贯彻执行本规程的有关规定。并制定出本单位直流电源装置现场的运行及维护条例。

4.3 本规程适用于各发电厂和变电所使用的防酸隔爆铅酸蓄电池(以下简称防酸蓄电池)、镉镍蓄电池、阀控式密封铅酸蓄电池(以下简称阀控蓄电池)及其各种类型的充电装置。

4.4 防酸蓄电池和大容量的阀控蓄电池应安装在专用蓄电池室内,容量较小的镉镍蓄电池(40 Ah 及以下)和阀控蓄电池(300 Ah 及以下)可安装在柜内,直流电源柜可布置在控制室内,也可布置在专用电源室内。

- 4.5 防酸蓄电池室的门应向外开,套间内有自来水、下水道和水池。
- 4.6 防酸蓄电池室附近应有存放硫酸、配件及调制电解液的专用工具的专用房间。若入口处套间较大,也可利用此房间。
- 4.7 防酸蓄电池室的墙壁、天花板、门、窗框、通风罩、通风管道内外侧、金属结构、支架及其他部分均应涂土防酸漆;蓄电池室的地面应铺设耐酸砖。
- 4.8 防酸蓄电池室的窗户,应安装遮光玻璃或者涂有带色油漆的玻璃,以免阳光直射在蓄电池上。
- 4.9 防酸蓄电池室的照明,应使用防爆灯、并至少有一个接在事故照明母线上,开关、插座、熔断器应安装在蓄电池室外。室内照明线应采用耐酸绝缘导线。
- 4.10 防酸蓄电池室应安装抽风机,抽风量的大小与充电电流和电池个数成正比,由以下公式决定

$$V = 0.07 \times I_{ch} \times N$$

式中: V ——排风量, m^3/h ;

I_{ch} ——最大充电电流值, A ;

N ——蓄电池组的电池个数。

除了设置抽风系统外,蓄电池室还应设置自然通风气道。通风气道应是独立管道,不可将通风气道引入烟道或建筑物的总通风系统中。

4.11 防酸蓄电池室若安装暖风设备,应设在蓄电池室外、经风道向室内送风。在室内只允许安装无接缝的或焊接无汽水门的暖气设备。取暖设备与蓄电池的距离应大于 0.75 m 。蓄电池室应有下水道,地面要有 0.5% 的排水坡度,并应有泄水孔,污水应进行中和或稀释后排放。

4.12 蓄电池室的温度应经常保持在 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 之间,并保持良好的通风和照明。

4.13 抗震设防烈度大于或等于 7 度的地区,蓄电池组应有抗震加固措施。

4.14 不同类型的蓄电池,不宜放在一个蓄电池室内。

4.15 防酸蓄电池的维护,宜备有下列仪表、用具、备品和资料:

a) 仪表:

测量电解液密度用的密度计;

测量电解液温度用的温度计;

测量蓄电池电压用的 $4\frac{1}{2}$ 数字万用表,室外用温度计。

测量直流电源中的自动装置、控制板等用的示波器、录波器、真空毫伏表等。

b) 用具:

充注电解液用的玻璃缸、漏斗、量杯、搪瓷盆、塑料桶、注射器、手电筒、耐酸手套、耐酸围裙、胶皮靴子等。

c) 备品:

化验合格的蒸馏水;

密度为 1.40 g/cm^3 的稀硫酸;

中和硫酸用的碳酸氢钠;

防酸隔爆帽;

适当数量的备用蓄电池。

d) 资料:

蓄电池直流电源装置运行日志;

该蓄电池组制造厂家的技术资料,型式试验报告;

充电浮电装置的说明书和电气原理图;

自动装置、微机监控装置的使用说明书;

投运前三次充放电循环,蓄电池组端电压、单体电池电压的记录;运行中定期均衡充电、定期核对性放电的记录。

4.16 镉镍蓄电池维护检修时所需要的仪表、用具、备品和资料与铅酸蓄电池维护检修基本相同,只是备品中备用的是3%~5%硼酸溶液。碱性电解液的密度为 $(1.20 \pm 0.01) \text{g/cm}^3$ 。

4.17 蓄电池组的绝缘电阻:

- a) 电压为220 V的蓄电池组不小于200 k Ω ;
- b) 电压为110 V的蓄电池组不小于100 k Ω ;
- c) 电压为48 V的蓄电池组不小于50 k Ω 。

4.18 新安装的直流电源装置在投运前,应进行交接验收试验。

5 直流电源装置的基本参数、技术指标、交接验收、运行监视

5.1 基本参数

5.1.1 额定输入交流电压: $(380 \pm 10\%) \text{V}$ 、 $(220 \pm 10\%) \text{V}$ 、 $(50 \pm 2\%) \text{Hz}$ 。

5.1.2 直流标称电压:220 V、110 V、48 V。

5.1.3 充电装置额定直流输出电流分别为:5、10、15、20、30、40、50、60、80、100、160、200、250、315、400 A。

5.1.4 蓄电池组选用额定容量为:10 Ah~3 000 Ah。

5.2 技术指标

5.2.1 直流母线绝缘电阻应不小于10 M Ω ;绝缘强度应受工频2 kV,耐压1 min。

5.2.2 蓄电池组浮充电压稳定范围:稳定范围电压值为90%~130%(2 V阀控式蓄电池为125%)直流标称电压。

5.2.3 蓄电池组充电电压调整范围

电压调整范围为90%~125%(2 V铅酸式蓄电池);90%~130%(6 V、12 V阀控式蓄电池);90%~145%(镉镍蓄电池)直流标称电压。

5.2.4 恒流充电时,充电电流调整范围为 $(20\% \sim 100\%)I_n$ 。

5.2.5 恒压运行时,负荷电流调整范围为 $(0 \sim 100\%)I_n$ 。

5.2.6 恒流充电稳流精度范围

- a) 磁放大型充电装置,稳流精度应不大于 $\pm(2\% \sim 5\%)$;
- b) 相控型充电装置,稳流精度应不大于 $\pm(1\% \sim 2\%)$;
- c) 高频开关模块型充电装置,稳流精度应不大于 $\pm(0.5\% \sim 1\%)$ 。

5.2.7 恒压充电稳压精度范围

- a) 磁放大型充电装置,稳压精度应不大于 $\pm(1\% \sim 2\%)$;
- b) 相控型充电装置,稳压精度应不大于 $\pm(0.5\% \sim 1\%)$;
- c) 高频开关模块型充电装置,稳压精度应不大于 $\pm(0.1\% \sim 0.5\%)$ 。

5.2.8 直流母线纹波系数范围

- a) 磁放大型充电装置,纹波系数应不大于2%;
- b) 相控型充电装置,纹波系数应不大于 $(1\% \sim 2\%)$;
- c) 高频开关模块充电装置,纹波系数应不大于 $(0.2\% \sim 0.5\%)$ 。

5.2.9 噪声要求 $\leq 55 \text{ dB(A)}$,若装设有通风机时应不大于60 dB(A)。

5.2.10 直流电源装置中的自动化装置应具有电磁兼容的能力。

5.2.11 充电装置返回交流电源侧的各次电流谐波,应符合DL/T 459—2000的要求。

5.3 交接验收

直流电源装置,当安装完毕后,应作投运前的交接验收试验,运行接收单位应派人参加试验,所试项目应达到技术要求后才能投入试运行,在72 h试运行中若一切正常,接收单位方可签字接收。交接验收试验及要求如下。

5.3.1 绝缘监察及信号报警试验

- a) 直流电源装置在空载运行时,额定电压为 220 V,用 25 k Ω 电阻;额定电压为 110 V,用 7 k Ω 电阻;额定电压为 48 V,用 1.7 k Ω 电阻。分别使直流母线接地,应发出声光报警。
- b) 直流母线电压低于或高于整定值时,应发出低压或过压信号及声光报警。
- c) 充电装置的输出电流为额定电流的 105%~110%时,应具有限流保护功能。
- d) 若装有微机型绝缘监察仪的直流电源装置,任何一支路的绝缘状态或接地都能监测、显示和报警。
- e) 远方信号的显示、监测及报警应正常。

5.3.2 耐压及绝缘试验

- a) 在作耐压试验之前,应将电子仪表、自动装置从直流母线上脱离开,用工频 2 kV,对直流母线及各支路,耐压 1 min,应不闪络、不击穿。
- b) 直流电源装置的直流母线及各支路,用 1 000 V 摇表测量,绝缘电阻应不小于 10 M Ω 。

5.3.3 蓄电池组容量试验

不同的蓄电池种类具有不同的充电率和放电率。

a) 防酸蓄电池组容量试验。

防酸蓄电池组的恒流充电电流及恒流放电电流均为 I_{10} ,其中一个单体蓄电池放电终止电压到 1.8 V 时,应停止放电。在三次充放电循环之内,若达不到额定容量值的 100%,此组蓄电池为不合格。

b) 镉镍蓄电池组容量试验。

镉镍蓄电池组的恒流充电电流和恒流放电电流均为 I_5 ,其中一个单体蓄电池放电终止电压到 1 V,应停止放电。在三次充放电循环之内,若达不到额定容量值的 100%,此组蓄电池为不合格。

c) 阀控蓄电池组容量试验。

阀控蓄电池组的恒流限压充电电流和恒流放电电流均为 I_{10} ,额定电压为 2 V 的蓄电池,放电终止电压为 1.8 V;额定电压为 6 V 的组合式电池,放电终止电压为 5.25 V;额定电压为 12 V 的组合蓄电池,放电终止电压为 10.5 V。只要其中一个蓄电池放到了终止电压,应停止放电。在三次充放电循环之内,若达不到额定容量值的 100%,此组蓄电池为不合格。

d) 防酸蓄电池、镉镍蓄电池在充放电后,应测电解液的密度并符合技术要求。

5.3.4 充电装置稳流精度范围见 5.2.6 规定

5.3.5 充电装置稳压精度范围见 5.2.7 规定

5.3.6 充电装置纹波系数范围见 5.2.8 规定

5.3.7 直流母线连续供电试验

交流电源突然中断,直流母线应连续供电,电压波动不应大于额定电压的 10%。

5.3.8 微机控制自动转换程序试验

a) 阀控蓄电池的充电程序(恒流→恒压→浮充);

根据蓄电池不同种类,确定不同的充电率进行恒流充电,蓄电池组端电压达到某一整定值时,微机将控制充电装置自动转为恒压充电,当充电电流逐渐减小到某一整定值时,微机将控制充电装置自动转为浮充电运行。

b) 阀控蓄电池的补充充电程序:

微机将按所整定的时间(1 个月或者 3 个月),控制充电装置自动地进行恒流充电→恒压充电→浮充电并进入正常运行,始终保证蓄电池组具有额定容量。交流电源中断,蓄电池组将无时间间断地向直流母线供电,交流电源恢复送电时,充电装置将进入恒流充电,再进入恒压充电和浮充电,并转入正常运行。

c) “三遥”功能:

控制中心通过遥信、遥测、遥控接口(RS485、422、232),去了解和控制远方变电所中正在运行的直

流电源装置。

遥信内容:直流母线电压过高或过低信号、直流母线接地信号、充电装置故障等信号。

遥测内容:直流母线电压及电流值、蓄电池组电压值、充电电流值等参数。

遥控内容:直流电源装置的开机、停机、充电装置的切换。

5.3.9 验收单位应取得资料

- a) 安装使用说明书、设备出厂试验报告、装箱清单、自动装置说明书、蓄电池充电记录及曲线;
- b) 蓄电池组在投运前交接试验及各项参数测试报告;
- c) 电气原理接线图和二次接线图;
- d) 双方签字的交接验收报告。

5.4 运行监视

5.4.1 绝缘状态监视

运行中的直流母线对地绝缘电阻值应不小于 $10\text{ M}\Omega$ 。值班员每天应检查正母线和负母线对地的绝缘值。若有接地现象,应立即寻找和处理。

5.4.2 电压及电流监视

值班员对运行中的直流电源装置,主要监视交流输入电压值、充电装置输出的电压值和电流值,蓄电池组电压值、直流母线电压值、浮充电流值及绝缘电压值等是否正常。

5.4.3 信号报警监视

值班员每日应对直流电源装置上的各种信号灯、声响报警装置进行检查。

5.4.4 自动装置监视

a) 检查自动调压装置是否工作正常,若不正常,启动手动调压装置,退出自动调压装置,通知检修人员修复。

b) 检查微机监控器工作状态是否正常,若不正常应退出运行,通知检修人员调试修复。微机监控器退出运行后,直流电源装置仍能正常工作,运行参数由值班员进行调整。

5.4.5 直流断路器及熔断器监视

a) 在运行中,若直流断路器动作跳闸或者熔断器熔断,应发出报警信号。运行人员应尽快找出事故点,分析出事故原因,立即进行处理和恢复运行。

b) 若需更换直流断路器或熔断器时,应按图纸设计的产品型号、额定电压值和额定电流值去选用。

6 蓄电池运行及维护

6.1 防酸蓄电池组的运行及维护

6.1.1 防酸蓄电池组的运行方式及监视

a) 防酸蓄电池组在正常运行中均以浮充方式运行,浮充电压值一般控制为 $(2.15 \sim 2.17)\text{V} \times N$ (N 为电池个数)。GFD 防酸蓄电池组浮充电压值可控制到 $2.23\text{V} \times N$ 。

b) 防酸蓄电池组在正常运行中主要监视端电压值、每只单体蓄电池的电压值、蓄电池液面的高度、电解液的比重、蓄电池内部的温度、蓄电池室的温度、浮充电流值的大小。

6.1.2 防酸蓄电池组的充电方式

a) 初充电

按制造厂家的使用说明书进行初充电。

b) 浮充电

防酸蓄电池组完成初充电后,以浮充电的方式投入正常运行,浮充电流的大小,根据具体使用说明书的数据整定,使蓄电池组保持额定容量。

c) 均衡充电

防酸蓄电池组在长期浮充电运行中,个别蓄电池落后,电解液密度下降,电压偏低,采用均衡充电方

法,可使蓄电池消除硫化恢复到良好的运行状态。

均衡充电的程序:先用 I_{10} 电流对蓄电池组进行恒流充电,当蓄电池组端电压上升到 $(2.30 \sim 2.33) V \times N$,将自动或手动转为恒压充电,当充电电流减小到 $0.1I_{10}$ 时,可认为蓄电池组已被充满容量,并自动或手动转为浮充电方式运行。

6.1.3 核对性放电

长期浮充电方式运行的防酸蓄电池,极板表面将逐渐生产硫酸铅结晶体(一般称之为“硫化”),堵塞极板的微孔,阻碍电解液的渗透,从而增大了蓄电池的内电阻,降低了极板中活性物质的作用,蓄电池容量大为下降。核对性放电,可使蓄电池得到活化,容量得到恢复,使用寿命延长,确保发电厂和变电站的安全运行。

核对性放电程序如下:

a) 一组防酸蓄电池

发电厂或变电所只有一组蓄电池组,不能退出运行,也不能作全核对性放电,只允许用 I_{10} 电流放出其额定容量的 50%,在放电过程中,单体蓄电池电压还不能低于 1.9 V。放电后,应立即用 I_{10} 电流进行恒流充电,当蓄电池组电压达到 $(2.30 \sim 2.33) V \times N$ 时转为恒压充电,当充电电流下降到 $0.1I_{10}$ 电流时,应转为浮充电运行,反复几次上述放电充电方式后,可认为蓄电池组得到了活化,容量得到了恢复。

b) 两组防酸蓄电池

发电厂或变电所,若具有两组蓄电池,则一组运行,另一组断开负荷,进行全核对性放电。放电电流为 I_{10} 恒流。当单体电压为终止电压 1.8 V 时,停止放电,放电过程中,记下蓄电池组的端电压,每个蓄电池端电压,电解液密度。若蓄电池组第一次核对性放电,就放出了额定容量,不再放电,充满容量后便可投入运行。若放充三次均达不到额定容量的 80%,可判此组蓄电池使用年限已到,并安排更换。

c) 防酸蓄电池核对性放电周期

新安装或大修中更换过电解液的防酸蓄电池组,第 1 年,每 6 个月进行一次核对性放电;运行 1 年以后的防酸蓄电池组,1~2 年进行一次核对性放电。

6.1.4 运行维护

a) 对防酸蓄电池组,值班员每日应进行巡视,主要检查每只蓄电池的液面高度,看有无漏液,若液面低于下线,应补充蒸馏水,调整电解液的比重在合格范围内。

b) 防酸蓄电池单体电压和电解液比重的测量,发电厂两周测量一次,变电所每月测量一次,按记录表填好测量记录,并记下环境温度。

c) 个别落后的防酸蓄电池,应通过均衡充电方法进行处理,不允许长时间保留在蓄电池组中运行,若处理无效,应更换。

6.1.5 防酸蓄电池故障及处理

a) 防酸蓄电池内部极板短路或断路,应更换蓄电池。

b) 长期浮充电运行中的防酸蓄电池,极板表面逐渐产生白色的硫酸铅结晶体,通常称之为“硫化”;处理方法:将蓄电池组退出运行,先用 I_{10} 电流进行恒流充电,当单体电压上升为 2.5 V 时,停充 0.5 h,再用 $0.5I_{10}$ 电流充电至冒大气时后,又停 0.5 h 后再继续充电,直到电解液沸腾,单体电压上升到 $(2.7 \sim 2.8) V$ 停止充电(1~2)h 后,用 I_{10} 电流进行恒流放电,当单体蓄电池电压下降至 1.8 V 时,终止放电,并静置(1~2)h,再用上述充电程序进行充电和放电,反复几次,极板白斑状的硫酸铅结晶体将消失,蓄电池容量将得到恢复。

c) 防酸蓄电池底部沉淀物过多,用吸管清除沉淀物,并补充配制的标准电解液。

d) 防酸蓄电池极板弯曲,龟裂或肿胀,若容量达不到 80% 以上,此蓄电池应更换。在运行中防止电解液的温度超过 35℃。

e) 防酸蓄电池绝缘降低,当绝缘电阻值低于现场规定值时,将会发出接地信号,正对地或负对地均能测到泄漏电压。处理方法:对蓄电池外壳和支架采用酒精清擦,改善蓄电池室外的通风条件,降低湿

度,绝缘将会提高。

f) 防酸蓄电池容量下降,更换电解液,用反复充电法,可使蓄电池的容量得到恢复。若进行了三次充电放电,其容量均达不到额定容量的 80% 以上,此组蓄电池应更换。

g) 防酸蓄电池在日常维护还应做到以下各点:蓄电池必须保持经常清洁,定期擦除蓄电池外部上的硫酸痕迹和灰尘,注意电解液面高度、不能让极板和隔板露出液面,导线的连接必须安全可靠,长期备用搁置的蓄电池,应每月进行一次补充电。

6.2 镉镍蓄电池组的运行及维护

6.2.1 镉镍蓄电池组的运行方式及监视

a) 镉镍蓄电池主要分为两大类:高倍率镉镍蓄电池,瞬间放电电流是蓄电池额定容量的 3~6 倍;中倍率镉镍蓄电池瞬间放电电流是蓄电池额定容量的 1~3 倍。

b) 镉镍蓄电池组在正常运行中以浮充方式运行,高倍率镉镍蓄电池浮充电压值宜取 $(1.36 \sim 1.39) V \times N$ 、均衡充电电压宜取 $(1.47 \sim 1.48) V \times N$;中倍率镉镍蓄电池浮充电压值宜取 $(1.42 \sim 1.45) V \times N$ 、均衡充电电压宜取 $(1.52 \sim 1.55) V \times N$,浮充电流值宜取 $(2 \sim 5) mA \times Ah$ 。

c) 镉镍蓄电池组在运行中,主要监视端电压值,浮充电流值,每只单体蓄电池的电压值、蓄电池液面高度、是否爬碱、电解液的比重,蓄电池内电解液的温度、运行环境温度等。

6.2.2 镉镍蓄电池组的充电制度

a) 正常充电

用 I_5 恒流对镉镍蓄电池进行的充电。(蓄电池电压值逐渐上升到最高而稳定时,可认为蓄电池充满了容量,一般需要 $(5 \sim 7) h$ 。

b) 快速充电

用 $2.5I_5$ 恒流对镉镍蓄电池充电 2 h。

c) 浮充充电

在长期运行中,按浮充电压值和浮充电流值进行的充电。

d) 不管采用何种充电方式,电解液的温度不得超过 $35^\circ C$ 。

6.2.3 镉镍蓄电池组的放电制度

a) 正常放电

用 I_5 恒流连续放电,当蓄电池组的端电压下降至 $1 V \times N$ 时(其中一只镉镍蓄电池电压下降到 $0.9 V$ 时),停止放电,放电时间若大于 5 h,说明该蓄电池组具有额定容量。

b) 事故放电

交流电源中断,二次负荷及事故照明负荷全由镉镍蓄电池组供电。若供电时间较长,蓄电池组端电压下降到 $1.1 V \times N$ 时,应自动或手动切断镉镍蓄电池组的供电,以免因过放使蓄电池组容量亏损过大,对恢复送电造成困难。

6.2.4 镉镍蓄电池组的核对性放电

核对性放电程序:

a) 一组镉镍蓄电池

发电厂或变电所中只有一组镉镍蓄电池,不能退出运行,不能作全核对性放电,只允许用 I_5 电流放出额定容量的 50%,在放电过程中,每隔 0.5 h 记录蓄电池组端电压值,若蓄电池组端电压值下降到 $1.17 V \times N$,应停止放电,并及时用 I_5 电流充电。反复 2~3 次,蓄电池组额定容量可以得到恢复。若有备用蓄电池组作为临时代用,此组镉镍蓄电池就可作全核对性放电。

b) 两组镉镍蓄电池

发电厂或变电所中若有两组镉镍蓄电池,可先对其中一组蓄电池进行全核对性放电。用 I_5 恒流放电,终止电压为 $1 V \times N$,在放电过程中每隔 0.5 h 记录蓄电池组端电压值,每隔 1 h 时,测一下每个镉镍蓄电池的电压值,若放充三次均达不到蓄电池额定容量的 80% 以上,可认为此组蓄电池使用年限已

到,并安排更换。

c) 镉镍蓄电池组核对性放电周期

镉镍蓄电池组在长期浮充电运行中,每年必须进行一次全核对性的容量试验。

6.2.5 镉镍蓄电池组的运行维护

a) 镉镍蓄电池液面低

每一个镉镍蓄电池,在侧面都有电解液高度的上下刻线、在浮充电运行中、液面高度应保持在中线、液面偏低的,应注入纯蒸馏水,使整组电池液面保持一致。每三年更换一次电解液。

b) 镉镍蓄电池“爬碱”

维护办法是将蓄电池外壳上的正负极柱头的“爬碱”擦干净,或者更换为不会产生爬碱的新型大壳体镉镍蓄电池。

c) 镉镍蓄电池容量下降,放电电压低

维护办法是更换电解液,更换无法修复的电池,用 I_5 电流进行 5 h 恒流充电后,将充电电流减到 $0.5I_5$ 电流,继续过充电(3~4)h,停止充电(1~2)h 后,用 I_5 恒流放电至终止电压,再进行上述方法充电和放电,反复 3~5 次,电池容量将得到恢复。

6.3 阀控蓄电池组的运行及维护

6.3.1 阀控蓄电池组的运行方式及监视

a) 阀控蓄电池分类

目前主要分贫液式和胶体式两类。

b) 运行方式及监视

阀控蓄电池组在正常运行中以浮充电方式运行,浮充电电压值宜控制为 $(2.23 \sim 2.28)V \times N$ 、均衡充电电压值宜控制为 $(2.30 \sim 2.35)V \times N$,在运行中主要监视蓄电池组的端电压值,浮充电流值,每只蓄电池的电压值、蓄电池组及直流母线的对地电阻值和绝缘状态。

6.3.2 阀控蓄电池的充放电制度

a) 恒流限压充电

采用 I_{10} 电流进行恒流充电,当蓄电池组端电压上升到 $(2.30 \sim 2.35)V \times N$ 限压值时,自动或手动转为恒压充电。

b) 恒压充电

在 $(2.30 \sim 2.35)V \times N$ 的恒压充电下, I_{10} 充电电流逐渐减小,当充电电流减小至 $0.1I_{10}$ 电流时,充电装置的倒计时开始启动,当整定的倒计时结束时,充电装置将自动或手动地转为正常的浮充电运行,浮充电电压值宜控制为 $(2.23 \sim 2.28)V \times N$ 。

c) 补充充电

为了弥补运行中因浮充电流调整不当造成了欠充,补偿不了阀控蓄电池自放电和爬电漏电所造成蓄电池容量的亏损,根据需要设定时间(一般为 3 个月)充电装置将自动地或手动进行一次恒流限压充电→恒压充电→浮充电过程,使蓄电池组随时具有满容量,确保运行安全可靠。

6.3.3 阀控蓄电池的核对性放电

长期使用限压限流的浮充电运行方式或只限压不限流的运行方式,无法判断阀控蓄电池的现有容量,内部是否失水或干裂。只有通过核对性放电,才能找出蓄电池存在的问题。

a) 一组阀控蓄电池

发电厂或变电所中只有一组电池,不能退出运行、也不能作全核对性放电、只能用 I_{10} 电流恒流放出额定容量的 50%,在放电过程中,蓄电池组端电压不得低于 $2V \times N$ 。放电后应立即用 I_{10} 电流进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电,反复放充(2~3)次,蓄电池组容量可得到恢复,蓄电池存在的缺陷也能找出和处理。若有备用阀控蓄电池组作临时代用,该组阀控蓄电池可作全核对性放电。

b) 两组蓄电池

发电厂或变电所中若具有两组阀控蓄电池,可先对其中一组阀控蓄电池组进行全核对性放电,用 I_{10} 电流恒流放电,当蓄电池组端电压下降到 $1.8\text{ V}\times N$ 时,停止放电,隔(1~2)h后,再用 I_{10} 电流进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电。反复2~3次,蓄电池存在的问题也能查出,容量也能得到恢复。若经过3次全核对性放充电,蓄电池组容量均达不到额定容量的80%以上,可认为此组阀控蓄电池使用年限已到,应安排更换。

c) 阀控蓄电池核对性放电周期

新安装或大修后的阀控蓄电池组,应进行全核对性放电试验,以后每隔2~3年进行一次核对性试验,运行了6年以后的阀控蓄电池,应每年作一次核对性放电试验。

6.3.4 阀控蓄电池的运行维护

a) 阀控蓄电池在运行中电压偏差值及放电终止电压值应符合表1的规定。

表1 阀控蓄电池在运行中电压偏差值及放电终止电压值的规定 V

阀控式密封铅酸蓄电池	标 称 电 压		
	2	6	12
运行中的电压偏差值	±0.05	±0.15	±0.3
开路电压最大最小电压差值	0.03	0.04	0.06
放电终止电压值	1.80	5.40(1.80×3)	10.80(1.80×6)

b) 在巡视中应检查蓄电池的单体电压值,连接片有无松动和腐蚀现象,壳体有无渗漏和变形,极柱与安全阀周围是否有酸雾溢出,绝缘电阻是否下降,蓄电池温度是否过高等。

c) 备用搁置的阀控蓄电池,每3个月进行一次补充充电。

d) 阀控蓄电池的温度补偿系数受环境温度影响,基准温度为25℃时,每下降1℃,单体2V阀控蓄电池浮充电压值应提高(3~5)mV。

e) 根据现场实际情况,应定期对阀控蓄电池组作外壳清洁工作。

6.3.5 阀控蓄电池的故障及处理

a) 阀控蓄电池壳体异常

造成的原因有:充电电流过大,充电电压超过了 $2.4\text{ V}\times N$,内部有短路或局部放电、温升超标、阀控失灵。处理方法:减小充电电流,降低充电电压,检查安全阀体是否堵死。

b) 运行中浮充电压正常,但一放电,电压很快下降到终止电压值,原因是蓄电池内部失水干涸、电解物质变质。处理方法是更换蓄电池。

7 充电装置的运行及维护

7.1 充电装置基本参数及功能

7.1.1 充电装置分类

- a) 磁放大型充电装置;
- b) 相控型充电装置;
- c) 高频开关电源型充电装置。

7.1.2 充电装置的基本参数

- a) 交流输入额定电压和额定频率:
交流额定电压为(380±10%)V,(220±10%)V,额定频率(50±2%)Hz。
- b) 直流标称电压:
220 V、110 V、48 V。
- c) 直流输出额定电流:
5、10、15、20、30、40、50、60、80、100、160、200、250、315、400 A。

7.1.3 充电装置的精度、纹波因数、效率、噪声和均流不平衡度、运行控制值
见表 2。

表 2 充电装置的精度、纹波因数、效率、噪声和均流不平衡度、运行控制值

充电装置名称	稳流精度 %	稳压精度 %	纹波因数 %	效率 %	噪声 dB(A)	均流不平衡度 %
磁放大型充电装置	≤±5	≤±2	≤2	≥70	≤60	—
相控型充电装置	≤±2	≤±1	≤1	≥80	≤55	—
高频开关电源型充电装置	≤±1	≤±0.5	≤0.5	≥90	≤55	≤±5

7.1.4 限流及短路保护

当直流输出电流超出整定的限流值时,应具有限流功能,限流值整定范围为直流输出额定值的 50%~105%。当母线或出线支路上发生短路时,应具有短路保护功能,短路电流整定值为额定电流的 115%。

7.1.5 抗干扰能力

高频开关电源型充电装置应具有三级振荡波和一级静电放电抗扰度试验的能力。

7.1.6 谐波要求

充电装置在运行中,返回交流输入端的各次谐波电流含有率,应不大于基波电流的 30%。

7.1.7 充电装置的保护及声光报警功能

充电装置应具有过流、过压、欠压、绝缘监察、交流失压、交流缺相等保护及声光报警的功能。继电保护整定值见表 3。

表 3 继电保护整定值

名 称	整 定 值	
	额定直流电压 110 V 系统	额定直流电压 220 V 系统
过电压继电器	121 V	242 V
欠电压继电器	99 V	198 V
直流绝缘监察继电器	7 kΩ	25 kΩ

7.1.8 充电装置各元件极限温升值
见表 4。

表 4 充电装置各元件极限温升值 K

部 件 或 器 件	极 限 温 升 值
整流管外壳	70
晶闸管外壳	55
降压硅堆外壳	85
电阻发热元件	25(距外表 30 mm 处)
半导体器件的连接处	55
半导体器件连接处的塑料绝缘线	25
整流变压器、电抗器的 B 级绝缘绕组	80
铁芯表面温升	不损伤相接触的绝缘零件
铜与铜接头	50
铜搪锡与铜搪锡接头	60

7.2 充电装置的运行监视及维护

7.2.1 充电装置的运行监视

a) 运行参数监视

运行人员及专职维护人员,每天应对充电装置进行如下检查:三相交流输入电压是否平衡或缺相,运行噪声有无异常,各保护信号是否正常,交流输入电压值、直流输出电压值、直流输出电流值等各表计显示是否正确,正对地和负对地的绝缘状态是否良好。

b) 运行操作

交流电源中断,蓄电池组将不间断地供出直流负荷,若无自动调压装置,应进行手动调压,确保母线电压的稳定,交流电源恢复送电,应立即手动启动或自动启动充电装置,对蓄电池组进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电(正常运行)。若充电装置内部故障跳闸,应及时启动备用充电装置代替故障充电装置,并及时调整好运行参数。

c) 维护检修

运行维护人员每月应对充电装置作一次清洁除尘工作。大修作绝缘试验前,应将电子元件的控制板及硅整流元件断开或短接后,才能作绝缘和耐压试验。若控制板工作不正常,应停机取下,换上备用板,启动充电装置,调整好运行参数,投入正常运行。

8 直流电源装置中微机监控器的功能及运行维护

8.1 微机监控器的功能

8.1.1 监视功能

- a) 监视三相交流输入电压值和是否缺相;
- b) 监视直流母线的电压值是否正常;
- c) 蓄电池进线,充电进线和浮充电的电流是否正常。

8.1.2 自诊断和显示功能

- a) 微机监控器能诊断内部的电路故障和不正常的运行状态,并能发出声光报警。
- b) 微机监控器能控制显示器,显示各种参数,通过整定输入键,可以整定或修改各种运行参数。

8.1.3 控制功能

a) 自动充电功能

微机监控器能控制充电装置自动进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电→进入正常运行状态。

b) 定期充电功能

根据整定时间,微机监控器将控制充电装置定期自动地对蓄电池组进行均衡充电,确保蓄电池组随时具有额定的容量。

c) “三遥”功能

远方调度中心,通过“三遥”接口,能控制直流电源装置的运行方式。

d) 抗干扰功能

微机监控器具有 7.1.5 的抗干扰能力。

8.2 微机监控器的运行及维护

8.2.1 运行中的操作和监视

微机监控器是根据直流电源装置中蓄电池组的端电压值,充电装置的交流输入电压值,直流输出电流值和电压值等数据来进行控制的。运行人员可通过微机的键盘或按钮来整定和修改运行参数。在运行现场的直流柜上有微机监控器的液晶显示板或荧光屏,一切运行中的参数都能监视和进行控制,远方调度中心,通过“三遥”接口,在显示屏上同样能监视,通过键盘操作同样能控制直流电源装置的运行方式。

8.2.2 运行及维护

a) 微机监控器直流电源装置一旦投入运行,只有通过显示按钮来检查各项参数,若均正常,就不能随意改动整定参数。

b) 微机监控器若在运行中控制不灵,可重新修改程序和重新整定,若都达不到需要的运行方式,就启动手动操作,调整到需要的运行方式,并将微机监控器退出运行,交专业人员检查修复后再投入运行。

附录 A
(提示的附录)
铅酸蓄电池用硫酸标准

表 A1 铅酸蓄电池用硫酸标准

指 标 名 称	稀 硫 酸		浓 硫 酸	
	一级	二级	一级	二级
硫酸(H ₂ SO ₄)含量 % 不大于	60	60	92	92
灼烧残渣含量 % 不大于	0.02	0.035	0.03	0.05
锰(Mn)含量 % 不大于	0.000 035	0.000 065	0.000 05	0.000 01
铁(Fe)含量 % 不大于	0.003 5	0.008	0.005	0.012
砷(As)含量 % 不大于	0.003 5	0.000 065	0.000 5	0.000 1
氯(Cl)含量 % 不大于	0.000 35	0.000 065	0.000 5	0.001
氢氧化物(以 N 计)含量 % 不大于	0.000 065	0.000 65	0.000 1	0.001
铵(NH ₄)含量 % 不大于	0.000 65		0.001	
二氧化硫(SO ₂)含量 % 不大于	0.002 5	0.004 5	0.004	0.007
铜(Cu)含量 % 不大于	0.000 35	0.003 5	0.000 5	0.005
还原高锰酸钾物质(O)含量 % 不大于	0.000 65	0.001 2	0.001	0.002
色度 mL 不大于	0.65	0.65	1.0	2.0
透明度 mm 不小于	350	350	160	50
注：按指标含量可每年检验一次。				

附 录 B
(提示的附录)
铅酸蓄电池用水标准

表 B1 铅酸蓄电池用水标准

指 标 名 称	指 标	
	%	mg/L
外 观	无色透明	
残渣含量 ≤	0.01	100
锰(Mn)含量 ≤	0.000 01	0.1
铁(Fe)含量 ≤	0.000 4	4
氯(Cl)含量 ≤	0.000 5	5
硝酸盐(以 N 计)含量 ≤	0.000 3	3
铵(NH ₄)含量 ≤	0.000 8	8
还原高锰酸钾物质(以 O 计)含量 ≤	0.000 8	2
碱土金属氧化物(以 CaO 计)含量 ≤	0.005	50
电阻率(25℃) Ω·m ≥	10×10 ⁴	

附 录 C
(提示的附录)
碱性蓄电池用电解液标准

表 C1 碱性蓄电池用电解液标准

项 目	新 电 解 液	使 用 极 限 值
外观	无色透明,无悬浮物	
密度(25℃)	1.19~1.25	1.19~1.21
含量	KOH240~270 g/L	KOH240~270 g/L
Cl ⁻	<0.1 g/L	<0.2 g/L
CO ₃ ²⁻	<8 g/L	<50 g/L
Ca, Mg	<0.1 g/L	<0.3 g/L
氨沉淀物 Al/KOH	<0.02%	<0.02%
Fe/KOH	<0.05%	<0.05%

附录 D
(提示的附录)
氢氧化钾技术条件

表 D1 氢氧化钾技术条件

指 标 名 称	化 学 纯
氢氧化钾(KOH) %	≥80
碳酸盐(以 K ₂ CO ₃ 计), %	≤3
氯化物(Cl), %	≤0.025
硫酸盐(SO ₄), %	≤0.01
氮化合物(N), %	≤0.001
磷酸盐(PO ₄), %	≤0.01
硅酸盐(SiO ₃), %	≤0.1
钠(Na), %	≤2
钙(Ca), %	≤0.02
铁(Fe), %	≤0.002
重金属(以 Ag 计), %	≤0.003
澄清度试验,	合 格

附录 E
(提示的附录)
运行状态示意图

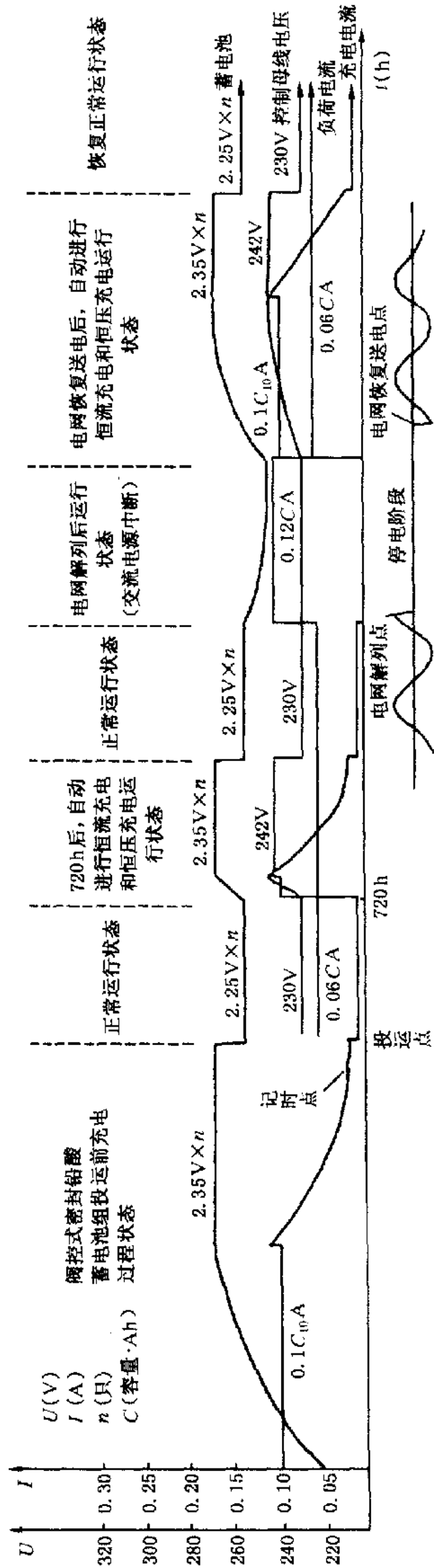


图 E1 阀控式密封铅酸蓄电池运行示波图

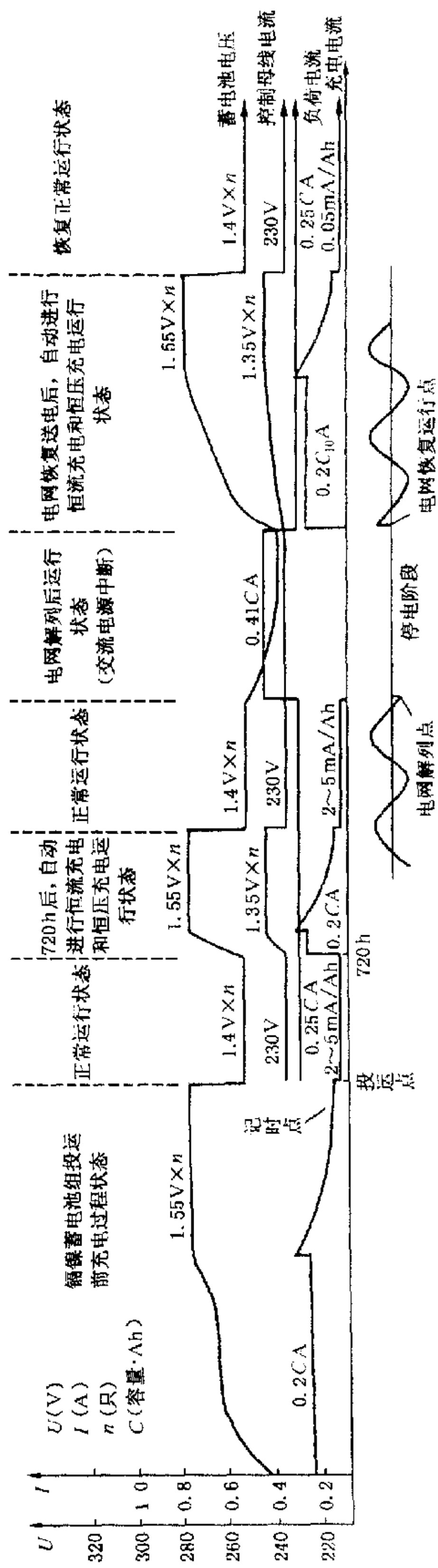


图 E2 镉镍电池运行示波图

附录 F
(提示的附录)
发电厂、变电所直流电源测量项目

表 F1 直流电源测量项目

单位名称		电 测 量		控制屏仪表 (监控)	模拟屏仪表 (监控)
		直流屏/控制屏	分屏/专用屏		
直流系统	蓄电池进线	Δ^*, ∇	—	—	—
	充电进线	Δ, ∇	—	—	—
	浮充电进线	Δ, ∇	—	—	—
	直流母线	∇ (注 1)	∇	∇	∇
	直流绝缘监督	$\nabla + -$	—	—	—
说 明		Δ^* ——直流正反向电流; Δ, ∇ ——直流电流电压; $\nabla + -$ ——直流绝缘监视装置			
注					
1 当直流屏设备在控制室主环外时,控制屏上应测量监视直流母线的电压。					
2 充电和浮充电整流装置成套供货的仪表,应由厂家确定。					
3 对于无人值班变电所,调度控制中心,可通过微机监控直流电源装置的“三遥”接口,获得遥信量(直流系统的接地信号、直流母线电压异常信号、充电装置故障信号等)、遥测量(充电装置的输出电压值和电流值、直流母线电压值等)和进行直流电源装置的遥控操作。					

附录 G

(提示的附录)

2V 铅酸式蓄电池测试记录表

表 G1 记录表格式

站名： 测试单位： 测试人：

电池型号：						生产厂家：							
环境温度(℃)：						生产日期：							
电池电压标准(V)：						电池标准比重：							
测试项目			标准		盘表		实测		测试项目		实测值		
全电池浮充电压(V)										浮充电流(A)			
全闸母线电压(V)										负荷电流(A)			
控制母线电压(V)										全电池个数			
序号	电压	比重	序号	电压	比重	序号	电压	比重	序号	电压	比重		
01			28			55			82				
02			29			56			83				
03			30			57			84				
04			31			58			85				
05			32			59			86				
06			33			60			87				
07			34			61			88				
08			35			62			89				
09			36			63			90				
10			37			64			91				
11			38			65			92				
12			39			66			93				
13			40			67			94				
14			41			68			95				
15			42			69			96				
16			43			70			97				
17			44			71			98				
18			45			72			99				
19			46			73			100				
20			47			74			101				
21			48			75			102				
22			49			76			103				
23			50			77			104				
24			51			78			105				
25			52			79			106				
26			53			80			107				
27			54			81			108				
测试结果及发现问题：													

测试日期： 年 月 日 审核人：

附录 H

(提示的附录)

2 V 阀控密封铅酸蓄电池测试记录表

表 H1 记录表格式

站名： 测试单位： 测试人：

电池型号：						生产厂家：					
环境温度(℃)：						出厂日期：					
电池电压标准(V)：											
测试项目				标准	盘表	实测	测试项目				实测值
全电池浮充电压(V)							浮充电流(A)				
全闸母线电压(V)							负荷电流(A)				
控制母线电压(V)							全电池个数				
序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压
01		19		37		55		73		91	
02		20		38		56		74		92	
03		21		39		57		75		93	
04		22		40		58		76		94	
05		23		41		59		77		95	
06		24		42		60		78		96	
07		25		43		61		79		97	
08		26		44		62		80		98	
09		27		45		63		81		99	
10		28		46		64		82		100	
11		29		47		65		83		101	
12		30		48		66		84		102	
13		31		49		67		85		103	
14		32		50		68		86		104	
15		33		51		69		87		105	
16		34		52		70		88		106	
17		35		53		71		89		107	
18		36		54		72		90		108	
测试结果及发现问题：											

测试日期： 年 月 日 审核人：

附录 I
(提示的附录)
12 V 阀控密封铅酸蓄电池测试记录表

表 I1 记录表格式

站名： 测试单位： 测试人：

电池型号：						生产厂家：					
环境温度(℃)：						出厂日期：					
全电池个数：						电池电压标准(V)					
浮充电机运行状态						浮充电机停用状态					
各级电压			标准	盘表	实测	各级电压			标准	盘表	实测
浮充电压(V)						浮充电压(V)					
合闸电压(V)						合闸电压(V)					
控制电压(V)						控制电压(V)					
电池浮充电电流(A)						电池浮充电电流(A)					
负荷电流(A)						负荷电流(A)					
序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压	序号	电压
01		07		13		01		07		13	
02		08		14		02		08		14	
03		09		15		03		09		15	
04		10		16		04		10		16	
05		11		17		05		11		17	
06		12		18		06		12		18	
				19						19	
测试结果及发现问题：											

测试日期： 年 月 日 审核人：