

ICS 27.100

P 61

备案号: J344—2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5044 — 2004

代替 DL/T 5044 — 1995

电力工程直流系统设计技术规程

**Technical code for designing DC
system of power projects**

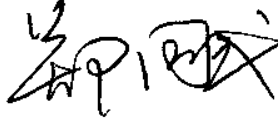
2004-03-09 发布

2004-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语	3
4 系统接线	6
4.1 直流电源	6
4.2 系统电压	6
4.3 蓄电池组	7
4.4 充电装置	8
4.5 接线方式	9
4.6 网络设计	10
5 直流负荷	12
5.1 直流负荷分类	12
5.2 直流负荷统计	12
6 保护和监控	17
6.1 保护	17
6.2 测量	17
6.3 信号	18
6.4 自动化要求	18
7 设备选择	20
7.1 蓄电池组	20
7.2 充电装置	22
7.3 电缆	24
7.4 蓄电池试验放电装置	25
7.5 直流断路器	26


 2006.3.10 于海

7.6 熔断器	26
7.7 刀开关	27
7.8 降压装置	27
7.9 直流柜	27
7.10 直流电源成套装置	28
8 设备布置	30
8.1 直流柜的布置	30
8.2 阀控式密封铅酸蓄电池组的布置	30
8.3 防酸式铅酸蓄电池组和镉镍碱性蓄电池组的布置	31
9 专用蓄电池室对相关专业的要求	32
9.1 专用蓄电池室对相关专业的技术要求	32
9.2 阀控式密封铅酸蓄电池组对相关专业的要求	33
9.3 防酸式铅酸蓄电池组和镉镍碱性蓄电池组对相关专业的要求	33
附录 A (资料性附录) 直流系统 I/O 表	34
附录 B (资料性附录) 蓄电池选择	36
附录 C (资料性附录) 充电装置及整流模块选择	68
附录 D (资料性附录) 电缆截面选择	71
附录 E (资料性附录) 直流断路器选择	74
附录 F (资料性附录) 蓄电池回路设备及直流柜 主母线选择	80
附录 G (资料性附录) 蓄电池短路电流计算及其参考 数值表	82
附录 H (规范性附录) 本规程用词说明	87
条文说明	89

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会电力司《关于下达 2002 年度电力行业标准制定和修订计划的通知》(国经贸电力[2002]973 号文)的任务而编制的。

本次修订工作以原中华人民共和国电力工业部电技[1995]506 号文发布实施的 DL/T5044—1995《火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定》为原本,同时参照中华人民共和国国家经济贸易委员会国经贸电力[2000]1048 号文批准实施的 DL/T 5120—2000《小型电力工程直流系统设计规程》,并根据国内外新标准、新技术、新元件和新装置的应用,增加了以下内容:

- 扩大了适用范围;
- 阀控式密封铅酸蓄电池;
- 高频开关电源装置;
- 直流断路器。

本标准实施后代替 DL/T 5044—1995。

本标准包含了 DL/T 5120—2000《小型电力工程直流系统设计规程》的主要内容,在二者并存的过渡期间,当出现不一致时,以本标准为准。

本标准的附录 A~附录 G 都是资料性附录。

本标准的附录 H 是规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业规划设计标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位:国电华北电力设计院工程有限公司、河南省电力勘测设计院。

本标准主要起草人:刘百震、盛和乐、陈巩、於崇干、白忠敏、卓乐友、吴聚业、高惠民、戴敏。

1 范 围

本规程规定了直流系统接线、设备选择及布置、直流系统的对外接口及对相关专业的要求。

本规程适用于单机容量为 1000MW 及以下火力发电厂、500kV 及以下变电所和直流输电换流站新建工程直流系统的设计，扩建和改建工程可参照执行。火力发电厂中包括燃煤发电厂、燃油发电厂、燃气发电厂和垃圾发电厂。核能发电厂、750kV 变电所及其他电力工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 17626.12—1998 电磁兼容试验和测量技术 振荡波抗扰度试验 (IDT IEC 61000-4-12: 1995)
- GB/T 17626.2—1998 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验 (IDT IEC 61000-4-2: 1995)
- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- GB 50260 电力设施抗震设计规范
- DL 5000 火力发电厂设计技术规程
- DL/T 5035 火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定

3 术 语

3.0.1

蓄电池组 *storage battery*

用导体连接两个或多个单体蓄电池用作能源的设备。

3.0.2

防酸式铅酸蓄电池 *acid-spray-proof lead-acid battery*

蓄电池槽与蓄电池盖之间密封，使蓄电池内产生的气体只能从防酸栓排出，电极主要由铅制成，电解液是硫酸溶液的一种蓄电池。可分为防酸隔膜式铅酸蓄电池和防酸消氢式铅酸蓄电池，简称防酸式铅酸蓄电池。

3.0.3

阀控式密封铅酸蓄电池 *valve-regulated sealed lead-acid battery*

蓄电池正常使用时保持气密和液密状态，当内部气压超过预定值时，安全阀自动开启，释放气体，当内部气压降低后安全阀自动闭合，同时防止外部空气进入蓄电池内部，使其密封。蓄电池在使用寿命期限内，正常使用情况下无需补充加电解液。

3.0.4

镉镍蓄电池 *nickel-cadmium battery*

正极活性物质主要由镍制成，负极活性物质主要由镉制成的一种碱性蓄电池。

3.0.5

系统 *system*

本规程的“系统”是指连接在一个共同的标称电压下工作的设备和导线（线路）的组合。

3.0.6

标称电压 nominal voltage
系统被指定的电压。

3.0.7

电气设备额定电压 rated voltage for equipment
根据规定的电气设备工作条件，通常由制造厂确定的电压。

3.0.8

浮充电 floating charge
在正常运行时，充电装置承担经常负荷，同时向蓄电池组补充充电，以补充蓄电池的自放电，使蓄电池以满容量的状态处于备用。

3.0.9

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，以及大容量放电后的补充充电，通称为均衡充电。

3.0.10

端电池 terminal battery
蓄电池组中基本电池之外的蓄电池。

3.0.11

核对性放电 checking discharge
在正常运行中的蓄电池组，为了检验其实际容量，以规定的放电电流进行恒流放电，只要电池达到了规定的放电终止电压，即停止放电，然后根据放电电流和放电时间，计算出蓄电池组的实际容量，称为核对性放电。

3.0.12

终止电压 finish voltage
蓄电池容量选择计算中，终止电压是指直流系统的用电负荷，在指定放电时间内要求蓄电池必须保持的最低放电电压。对蓄电池本身而言，终止电压是指蓄电池在不同放电时间及不同

放电率放电条件下允许的最低放电电压。一般情况下，前者的要求比后者要高。

3.0.13

电磁兼容 (EMC) electromagnetic compatibility
设备或系统在其电磁环境中能正常工作，且不对环境中的任何事物产生不允许的电磁骚扰的能力。

4 系 统 接 线

4.1 直 流 电 源

4.1.1 发电厂和变电所内, 为了向控制负荷和动力负荷等供电, 应设置直流电源。

4.1.2 220V 和 110V 直流系统应采用蓄电池组。

48V 及以下的直流系统, 可采用蓄电池组, 也可采用由 220V 或 110V 蓄电池组供电的电力用直流电源变换器(DC/DC 变换器)。

4.1.3 供电距离较远的辅助车间, 当需要直流电源时, 宜独立设置直流系统。

4.1.4 运煤系统电磁分离器等允许短时间停电的直流负荷, 宜采用单独的硅整流设备直接供电。

4.1.5 蓄电池组正常应以浮充电方式运行。

4.1.6 铅酸蓄电池组不宜设置端电池; 镉镍碱性蓄电池组宜减少端电池的个数。

4.2 系 统 电 压

4.2.1 直流系统标称电压

1 专供控制负荷的直流系统宜采用 110V。

2 专供动力负荷的直流系统宜采用 220V。

3 控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统采用 220V 或 110V。

4 当采用弱电控制或弱电信号接线时, 采用 48V 及以下。

4.2.2 在正常运行情况下, 直流母线电压应为直流系统标称电压的 105%。

4.2.3 在均衡充电运行情况下, 直流母线电压应满足如下要求:

6

1 专供控制负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 110%;

2 专供动力负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 112.5%;

3 对控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 110%。

4.2.4 在事故放电情况下, 蓄电池组出口端电压应满足如下要求:

1 专供控制负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 85%;

2 专供动力负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 87.5%;

3 对控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 87.5%。

4.3 蓄 电 池 组

4.3.1 蓄电池型式

1 大型和中型发电厂、220kV 及以上变电所和直流输电换流站宜采用防酸式铅酸蓄电池或阀控式密封铅酸蓄电池。

2 小型发电厂及 110kV 变电所宜采用阀控式密封铅酸蓄电池、防酸式铅酸蓄电池, 也可采用中倍率镉镍碱性蓄电池。

3 35kV 及以下变电所和发电厂辅助车间宜采用阀控式密封铅酸蓄电池, 也可采用高倍率镉镍碱性蓄电池。

4.3.2 蓄电池组数

1 设有主控制室的发电厂, 当机组总容量为 100MW 及以上, 宜装设 2 组蓄电池。其他情况下可装设 1 组蓄电池。

2 容量为 200MW 以下机组的发电厂, 当采用单元控制室的控制方式时, 每台机组可装设 1 组蓄电池。

3 容量为 200MW 级机组的发电厂, 且升高电压为 220kV

7

及以下时，每台机组可装设 1 组蓄电池（控制负荷和动力负荷合并供电）或 2 组蓄电池（控制负荷、动力负荷分别供电）。

4 容量为 300MW 级机组的发电厂，每台机组宜装设 3 组蓄电池，其中 2 组对控制负荷供电，另 1 组对动力负荷供电，或装设 2 组蓄电池（控制负荷和动力负荷合并供电）。

5 容量为 600MW 级及以上机组的发电厂，每台机组应装设 3 组蓄电池，其中 2 组对控制负荷供电，另 1 组对动力负荷供电。

6 小型供热发电厂和垃圾发电厂根据工艺要求可装设 1 组或 2 组蓄电池。

7 发电厂网络控制系统中包括有 220kV 及以上电气设备时，应独立设置不少于 2 组蓄电池对控制负荷和动力负荷供电。当配电装置内设有继电保护装置小室时，可将蓄电池组分散装设。

其他情况的网络控制系统可装设 1 组蓄电池。

8 220kV~500kV 变电所应装设不少于 2 组蓄电池。当配电装置内设有继电保护装置小室时，可将蓄电池组分散装设。

9 110kV 及以下变电所宜装设 1 组蓄电池，对于重要的 110kV 变电所也可装设 2 组蓄电池。

10 直流输电换流站，站用蓄电池应装设 2 组；极用蓄电池每极可装设 2 组。

11 直流系统电压为 48V 及以下当采用蓄电池时，可装设 2 组蓄电池。

12 当大型发电厂的蓄电池容量选择大于产品制造容量时，允许装设 2 组半容量蓄电池，并联运行，即视为 1 组蓄电池。

4.4 充 电 装 置

4.4.1 充电装置型式

1 高频开关充电装置。

2 晶闸管充电装置。

4.4.2 充电装置配置

1 1 组蓄电池：

- 1) 采用晶闸管充电装置时，宜配置 2 套充电装置；
- 2) 采用高频开关充电装置时，宜配置 1 套充电装置，也可配置 2 套充电装置。

2 2 组蓄电池：

- 1) 采用晶闸管充电装置时，宜配置 3 套充电装置；
- 2) 采用高频开关充电装置时，宜配置 2 套充电装置，也可配置 3 套充电装置。

4.5 接 线 方 式

4.5.1 母线接线方式

1 1 组蓄电池的直流系统，采用单母线分段接线或单母线接线。

2 2 组蓄电池的直流系统，应采用二段单母线接线，蓄电池组应分别接于不同母线段。二段直流母线之间应设联络电器。

3 2 组蓄电池的直流系统，应满足在运行中二段母线切换时不中断供电的要求。切换过程中允许 2 组蓄电池短时并联运行。

4.5.2 蓄电池组和充电装置均应经隔离和保护电器接入直流系统。

1 直流系统为单母线分段接线时，蓄电池组及充电装置的连接方式如下：

1) 1 组蓄电池配置 1 套充电装置时，二者应接入不同母线段；

2) 1 组蓄电池配置 2 套充电装置时，2 套充电装置应接入不同母线段。蓄电池组应跨接在二段母线上。

2 2 组蓄电池配置 2 套充电装置时，每组蓄电池及其充电

装置应分别接入不同母线段。

3 2 组蓄电池配置 3 套充电装置时，每组蓄电池及其充电装置应分别接入不同母线段，第 3 套充电装置应经切换电器可对 2 组蓄电池进行充电。

4.5.3 设有端电池的镉镍碱性蓄电池组，应设有降压装置。

4.5.4 每组蓄电池均应设有专用的试验放电回路。试验放电设备，宜经隔离和保护电器直接与蓄电池组出口回路并接。该装置宜采用移动式设备。

4.5.5 除有特殊要求的直流系统外，直流系统应采用不接地方式。

4.6 网 络 设 计

4.6.1 直流网络宜采用辐射供电方式。

4.6.2 直流柜辐射供电

1 直流事故照明、直流电动机、交流不停电电源装置、远动、通信以及 DC/DC 变换器的电源等。

2 发电厂和变电所集中控制的主要电气设备的控制、信号和保护的电源。

3 电气和热工直流分电柜的电源。

4.6.3 直流分电柜应根据用电负荷和设备布置情况合理设置。

4.6.4 直流分电柜的接线

1 直流分电柜应有 2 回直流电源进线，电源进线宜经隔离电器接至直流母线。

2 1 组蓄电池的直流系统，2 回直流电源宜来自不同母线段，对单母线接线可来自同一母线段，分电柜的直流母线可不分段；对于具有双重化控制和保护回路要求双电源供电的负荷，分电柜应采用二段母线。

3 2 组蓄电池的直流系统

1) 对于具有双重化控制和保护回路要求双电源供电的

负荷，分电柜应采用 2 段母线，2 回直流电源应来自不同蓄电池组。并应防止 2 组蓄电池并联运行。

2) 对于不具有双重化控制和保护回路的供电负荷，2 回直流电源可来自同一组蓄电池，也可来自不同蓄电池组，并应防止 2 组蓄电池并联运行。

4.6.5 当需要采用环形供电时，环形网络干线或小母线的 2 回直流电源应经隔离电器接入，正常时为开环运行。环形供电网络干线引接负荷处也应设置隔离电器。

5 直 流 负 荷

5.1 直 流 负 荷 分 类

5.1.1 按功能分类

- 1 控制负荷：电气和热工的控制、信号、测量和继电保护、自动装置等负荷。
- 2 动力负荷：各类直流电动机、断路器电磁操动的合闸机构、交流不停电电源装置、远动、通信装置的电源和事故照明等负荷。

5.1.2 按性质分类

- 1 经常负荷：要求直流系统在正常和事故工况下均应可靠供电的负荷。
- 2 事故负荷：要求直流系统在交流电源系统事故停电时间内可靠供电的负荷。
- 3 冲击负荷：在短时间内施加的较大负荷电流。冲击负荷出现在事故初期（1min）称初期冲击负荷，出现在事故末期或事故过程中称随机负荷（5s）。

5.2 直 流 负 荷 统 计

5.2.1 直流负荷统计规定

- 1 装设 2 组蓄电池时：
 - 1) 控制负荷，每组应按全部负荷统计。
 - 2) 动力负荷宜平均分配在两组蓄电池上，其中直流事故照明负荷，每组应按全部负荷的 60%（变电所和有保安电源的发电厂可按 100%）统计。
- 3) 事故后恢复供电的断路器合闸冲击负荷按随机负荷

考虑。

- 2 两个直流系统间设有联络线时，每组蓄电池仍按各自所连接的负荷考虑，不因互联而增加负荷容量的统计。

- 3 直流系统标称电压为 48V 及以下的蓄电池组，每组均按全部负荷统计。

5.2.2 事故停电时间

- 1 与电力系统连接的发电厂，厂用交流电源事故停电时间应按 1h 计算。
 - 2 不与电力系统连接的孤立发电厂，厂用交流电源事故停电时间应按 2h 计算。
 - 3 直流输电换流站，全站交流电源事故停电时间应按 2h 计算。
 - 4 有人值班的变电所，全所交流电源事故停电时间应按 1h 计算。
 - 5 无人值班的变电所，全所交流电源事故停电时间应按 2h 计算。
- 5.2.3 直流负荷统计计算时间应符合表 5.2.3 规定。

表 5.2.3 直流负荷统计计算时间表

序号	负荷名称	经常	事故停电计算时间					
			初期 1min	持续 h				
				0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	发电厂和有人值班变电所	√	√		√			
	无人值班变电所	√	√				√	
	信号、指示器和位置继电器、换流站和孤立发电厂	√	√				√	

表 5.2.3 (续)

序号		负荷名称		经常	事故放电计算时间						
					初期	持续 h					随机
						1min	0.5	1.0	1.5	2.0	
2	控制、 保护、 监控系统	发电厂和有 人值班变电 所 无人值班变 电所 换流站和孤 立发电厂	√	√		√					
			√	√					√		
			√	√					√		
3	断路器跳闸		√								
4	断路器自投（电磁操 动机机构）		√								
5	恢复供电断路器合闸								√		
6	氢密封 油泵	200MW 及 以下机组 300MW 及 以上机组	√			√					√
			√								√
			√		√						
			√		√						
7	直流润 滑油泵	50MW ~ 300MW 机 组 600MW 及 以上机组	√			√					
			√				√				
8	交流电 不停电 源	发电厂 变电所 无人 值班 换流站和 孤立发电 厂	√			√					
			√				√				
			√						√		
			√						√		

表 5.2.3 (续)

序号	负荷名称	经常	事故放电计算时间									
			初期	持续 h					随机			
				1min	0.5	1.0	1.5	2.0		3.0	5s	
9	DC/DC 变换接 置	有人值班变 电所	√	√		√						
		无人值班变 电所	√	√					√			
10	直流长 明灯	发电厂和有 人值班变电 所	√	√		√						
		换流站和孤 立发电厂	√	√				√				
		发电厂和有 人值班变电 所		√			√					
		换流站和孤 立发电厂		√				√				
11	事故照 明	无人值班变 电所			√		√					

注：表中“√”表示具有该项负荷时，应予以统计的项目

注: 表中“√”表示具有该项负荷时, 应予以统计的项目

5.2.4 直流负荷统计时负荷系数应符合表 5.2.4 规定。

表 5.2.4 直流负荷统计负荷系数表

序号	负荷名称	负荷系数	备注
1	信号灯、位置指示器和位置继电器	0.6	
2	控制、保护、监控系统	0.6	
3	断路器跳闸	0.6	
4	断路器自投 (电磁操动机机构)	0.5	
5	恢复供电断路器合闸	1.0	
6	氢密封油泵	0.8	

表 5.2.4 (续)

序号	负荷名称	负荷系数	备注
7	直流润滑油泵	0.9	
8	交流不停电电源装置	0.6	
9	DC/DC 变换装置	0.8	
10	直流长明灯	1.0	
11	事故照明	1.0	

注：事故初期 (1min) 的冲击负荷，按如下原则统计：

1) 备用电源断路器为电磁操动合闸机构时，应按备用电源实际自投断路器台数统计。

2) 低电压、母线保护、低频减载等跳闸回路按实际数量统计。

3) 电气及热工的控制、信号和保护回路等按实际负荷统计。

4) 事故停电时间内，恢复供电断路器电磁操动机构的合闸电流 (随机负荷)，应按断路器合闸电流最大的 1 台统计。并应与事故初期冲击负荷之外的最大负荷或出现最低电压时的负荷相叠加

6 保护和监控

6.1 保护

6.1.1 蓄电池出口回路、充电装置直流侧出口回路、直流馈线回路和蓄电池试验放电回路等，应装设保护电器。

6.1.2 保护电器采用直流断路器或熔断器。

6.1.3 当直流断路器和熔断器串联作为保护电器时，宜按下列配合：

1 熔断器装设在直流断路器上一级时，熔断器额定电流应为直流断路器额定电流的 2 倍及以上。

2 直流断路器装设在熔断器上一级时，直流断路器额定电流应为熔断器额定电流的 4 倍及以上。

6.1.4 各级保护装置的配置，应根据短路电流计算结果，保证具有可靠性、选择性、灵敏性和速动性，并应满足 GB 14285 中有关规定。

6.1.5 各级保护装置可采用瞬时电流速断、短延时电流速断和反时限过电流保护。

6.2 测量

6.2.1 直流系统设有微机监控装置时，在直流柜上的测量表计可仅装设直流母线电压表。直流系统不设微机监控装置时，直流柜上应装设下列常测表计：

1 直流主母线、蓄电池回路和充电装置输出回路的直流电压表。

2 蓄电池回路和充电装置输出回路的直流电流表。

6.2.2 蓄电池回路宜装设浮充电电流表。

6.2.3 直流分电柜应装设直流电压表。

6.2.4 直流主母线应设有绝缘检测，能测出正极、负极对地的电压值及绝缘电阻值。

6.2.5 直流柜和直流分电柜上所有测量表计，宜采用 1.5 级指针式或 $4\frac{1}{2}$ 位精度数字式表计。

6.2.6 直流柜布置在控制室主环外或控制室外时，应在主环屏上装设直流母线电压表。

6.3 信 号

6.3.1 直流母线电压异常时，应发出信号。

6.3.2 当直流系统绝缘电阻低于规定值时，应能显示有关参数和发出信号。

6.3.3 大、中型发电厂，220kV 及以上和 110kV 重要变电所的直流柜及直流分电柜上，宜装设接地自动检测装置，同时应能显示有关参数和故障点并发出信号。

6.3.4 直流系统应具有蓄电池出口断路器跳闸或熔断器熔断、充电装置交流失电、充电装置故障等报警功能，应能显示故障元件并发出信号。

6.3.5 直流系统未设微机监控装置，且直流柜布置在控制室主环外或控制室外时，应在主环屏上设置直流系统故障的总信号。

6.4 自 动 化 要 求

6.4.1 直流系统中宜按每组蓄电池组设置一套微机监控装置。

6.4.2 直流系统微机监控装置应具有下列基本功能：

1 测量：直流系统母线电压、充电装置输出电压和电流及蓄电池组电压和电流。

2 信号：直流系统母线电压过高和过低、直流系统接地、充电装置运行方式切换和故障等。

3 控制：充电装置的开机、停机和运行方式切换。

4 接口：通过通信接口，将信息传至上位机。

6.4.3 直流系统设有微机监控装置时，各自动化装置的报警信号及其他信息等，均应先传至直流系统的监控装置，然后通过通信接口传至上位机。

6.4.4 直流系统 I/O 内容参见附录 A。

7 设备选择

7.1 蓄电池组

7.1.1 蓄电池个数 (参见附录 B.1)

- 1 无端电池的铅酸蓄电池组, 应根据单体电池正常浮充电电压值和直流母线电压为 1.05 倍直流系统标称电压值来确定。
- 2 有端电池的镉镍碱性蓄电池组, 应根据单体电池正常浮充电电压值和直流母线电压为 1.05 倍直流系统标称电压值来确定基本电池个数; 同时应根据该电池放电时允许的最低电压值和直流母线电压为 1.05 倍直流系统标称电压值确定整组电池个数。

7.1.2 蓄电池浮充电压

蓄电池浮充电压应根据厂家推荐值选取, 当无产品资料时可按:

- 1 防酸式铅酸蓄电池的单体浮充电电压值宜取 2.15V~2.17V (GFD 型蓄电池宜取 2.17V~2.23V)。
- 2 阀控式密封铅酸蓄电池的单体浮充电电压值宜取 2.23V~2.27V。
- 3 中倍率镉镍碱性蓄电池的单体浮充电电压值宜取 1.42V~1.45V。
- 4 高倍率镉镍碱性蓄电池的单体浮充电电压值宜取 1.36V~1.39V。

7.1.3 蓄电池放电终止电压

单体蓄电池放电终止电压应根据直流系统中直流负荷允许的最低电压值和蓄电池的个数来确定, 但不得低于产品规定的最低允许电压值。

7.1.4 蓄电池均衡充电电压

单体蓄电池均衡充电电压应根据直流系统中直流负荷允许的

最高电压值和蓄电池的个数来确定, 但不得超出产品规定的电压允许范围。

7.1.5 蓄电池容量选择条件

- 1 应满足全厂 (所) 事故全停电时间内的放电容量;
- 2 应满足事故初期 (1min) 直流电动机启动电流和其他冲击负荷电流的放电容量;
- 3 应满足蓄电池组持续放电时间内随机 (5s) 冲击负荷电流的放电容量;
- 4 应以最严重的事故放电阶段, 计算直流母线电压水平。

7.1.6 蓄电池容量选择计算 (参见附录 B.2)

- 1 电压控制法 (亦称容量换算法) (参见附录 B.2.1)
 - 1) 按事故放电时间分别统计事故放电容量。
 - 2) 根据蓄电池型式、放电终止电压和放电时间, 确定相应的容量系数 (K_{co})。
 - 3) 根据事故放电容量计算所需容量 (C_0)。选取与计算容量最大值接近的蓄电池标称容量 (C_{10} 或 C_3)。
 - 4) 进行蓄电池端电压水平的计算, 应满足直流系统最低电压的要求。
 - 事故放电初期 (1min) 承受冲击负荷电流时蓄电池所能保持的电压值。
 - 任意事故放电阶段末期承受随机 (5s) 冲击负荷电流时蓄电池所能保持的电压值。
 - 任意事故放电阶段末期蓄电池所能保持的电压值。
- 2 阶降计算法 (亦称电流换算法) (参见附录 B.2.2)
 - 1) 按事故放电时间分别统计事故放电电流, 确定负荷曲线。
 - 2) 根据蓄电池型式、放电终止电压和放电时间, 确定相应的容量换算系数 (K_0)。

- 3) 根据事故放电电流, 按事故放电阶段逐段进行容量计算。当有随机 (5s) 冲击负荷时, 应叠加在第一阶段以外的计算容量最大的放电阶段。
- 4) 选取与计算容量最大值接近的蓄电池标称容量 (C_{10} 或 C_5), 作为蓄电池的选择容量。

7.2 充 电 装 置

7.2.1 充电装置的技术特性要求

- 1 应满足蓄电池组的充电和浮充电要求。
- 2 应为长期连续工作制。
- 3 充电装置应具有稳压、稳流及限流性能。
- 4 应具有自动和手动浮充电、均衡充电和稳流、限流充电等功能。
- 5 充电装置的交流电源输入宜为三相制, 额定频率为 50Hz, 额定电压为 380 ($1\pm 10\%$) V, 小容量充电装置的交流电源输入电压可采用单相 220 ($1\pm 10\%$) V。
- 6 1 组蓄电池配置 1 套充电装置的直流系统, 充电装置的交流电源宜设 2 个回路, 运行中 1 回路工作, 另 1 回路备用。当工作电源故障时, 应自动切换到备用电源。
- 7 充电装置的主要技术参数应满足表 7.2.1 的要求。

表 7.2.1 充电装置的主要技术参数表

型式 项目	晶闸管		高频开关
	I 型	II 型	
稳压精度	$\leq \pm 0.5\%$	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 0.5\%$
稳流精度	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 2\%$	$\leq \pm 1\%$
波纹系数	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$	$\leq 0.5\%$
效率	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 90\%$
噪声	$< 60\text{dB}$	$< 60\text{dB}$	$< 55\text{dB}$

- 8 高频开关电源模块选择和配置要求 (参见附录 C.2)。
- 9 高频开关电源模块基本要求如下:
 - 1) 均流: 在多个模块并联工作状态下运行时, 各模块承受的电流应能做到自动均分负载, 实现均流; 在 2 台及以上模块并联运行时, 其输出的直流电流为额定值时, 均流不平衡度应不大于 $\pm 5\%$ 额定电流值。
 - 2) 功率因数: 功率因数应不小于 0.90。
 - 3) 谐波电流含量: 在模块输入端施加的交流电源符合标称电压和额定频率要求时, 在交流输入端产生的各高次谐波电流含有率应不大于 30%。
 - 4) 振荡波抗扰度: 应能承受 GB/T 17626.12—1998 表 2 中规定的三级的振荡波抗扰度。
 - 5) 静电放电抗扰度: 应能承受 GB/T 17626.2—1998 表 2 中规定的三级的静电放电抗扰度。

7.2.2 充电装置的选择 (参见附录 C.1)

- 充电装置的额定电流的选择应满足下列条件:
 - 1 满足浮充电要求。浮充输出电流应按蓄电池自放电电流与经常负荷电流之和计算。
 - 2 有初充电要求的应满足初充电要求。初充电的输出电流:
 - 1) 铅酸蓄电池应按 $1.0I_{10}\sim 1.25I_{10}$ 选择;
 - 2) 镉镍碱性蓄电池应按 $1.0I_5\sim 1.25I_5$ 选择。
 - 3 满足均衡充电要求。均衡充电的输出电流:
 - 1) 铅酸蓄电池应按 $1.0I_{10}\sim 1.25I_{10}$ 并叠加经常负荷电流选择;
 - 2) 镉镍碱性蓄电池应按 $1.0I_5\sim 1.25I_5$ 并叠加经常负荷电流选择。
- 但当蓄电池脱离直流母线, 单独进行均衡充电时, 可不计入经常负荷电流。

7.2.3 充电装置的输出电压调节范围, 应满足蓄电池放电末期

和充电末期电压的要求。参见表 7.2.3。

表 7.2.3 充电装置的输出电压和电流调节范围表

交流输入	三相或单相			
	50×(1±2%) Hz			
	额定电压			
	380×(1±10%) V/220×(1±10%) V			
直流输出	电压			
	220V			
	110V			
	48V			
额定值	电流			
	5A、10A、16A、20A、25A、31.5A、40A、50A、63A、80A、100A、125A、160A、200A、250A、315A、400A、500A			
	网控式			
	防酸式			
充电	电压调节范围			
	网控式			
	防酸式			
	网控式			
浮充电	电压调节范围			
	网控式			
	防酸式			
	网控式			
均衡充电	电压调节范围			
	网控式			
	防酸式			
	网控式			

7.3 电 缆

7.3.1 蓄电池组引出线为电缆时，其正负极的引出线不应共用一根电缆。选用多芯电缆时，其允许载流量可按同截面单芯电缆数值计算。

7.3.2 蓄电池组与直流柜之间连接电缆及动力馈线的电缆截面选择应符合下列规定：

1 蓄电池组与直流柜之间连接电缆长期允许载流量的计算电流，应取蓄电池 1h 放电率电流；允许电压降应根据蓄电池组出口端最低计算电压值选取，不宜小于直流系统标称电压的 1%，其计算电流应取蓄电池 1h 放电率电流或事故放电初期（1min）冲击放电电流二者中的大者。

2 直流柜及直流分电柜动力馈线的电缆截面，应根据回路最大负荷电流，并按蓄电池组出口端最低计算电压值和用电设备允许最低电压值之差作为允许电压降进行选择。

3 直流柜与直流分电柜间的电缆截面，应根据分电柜最大负荷电流选择。电压降宜取直流系统标称电压的 0.5%~1%，也可按蓄电池组出口端最低计算电压值选取合理数值。

7.3.3 断路器电磁操动机合闸回路电缆截面的选择应符合下列规定：

1 当蓄电池浮充运行时，应保证最远 1 台断路器可靠合闸所需电压（合闸网络为环状供电时，应按任一电源侧电缆断开的条件）。

2 当事故放电直流母线电压在最低电压值时，应保证恢复供电的断路器能可靠合闸所需电压。

7.3.4 由直流柜和直流分电柜引出的控制、信号和保护馈线应选择铜芯电缆，其电压降不应大于直流系统标称电压的 5%。

7.3.5 电缆截面选择计算（参见附录 D）

7.3.6 直流电缆的选择和敷设应符合 GB 50217 中有关的规定。

7.4 蓄电池试验放电装置

7.4.1 试验放电装置的额定电流：

- 1 铅酸蓄电池应为 $1.10I_{10} \sim 1.30I_{10}$ 。
 - 2 镉镍碱性蓄电池应为 $1.10I_{5} \sim 1.30I_{5}$ 。
- 7.4.2 试验放电装置宜采用电热器件或有源逆变放电装置。

7.5 直流断路器

7.5.1 直流断路器应具有速断保护和过电流保护功能。可带有辅助触点和报警触点。

7.5.2 直流断路器选择 (参见附录 E)

- 1 额定电压应大于或等于回路的最高工作电压。
- 2 额定电流应大于回路的最大工作电流。
 - 1) 蓄电池出口回路应按蓄电池 $1h$ 放电率电流选择。并按事故放电初期 ($1min$) 放电电流校验保护动作的安全性, 且应与直流馈线回路保护电器相配合。
 - 2) 断路器电磁操动机机构的合闸回路, 可按 0.3 倍额定合闸电流选择, 但直流断路器过载脱扣时间应大于断路器固有合闸时间。
 - 3) 直流电动机回路, 可按电动机的额定电流选择。
- 3 断流能力应满足直流系统短路电流的要求。
- 4 各级断路器的保护动作电流和动作时间应满足选择性要求, 考虑上、下级差的配合, 且应有足够的灵敏系数。

7.6 熔断器

7.6.1 直流回路采用熔断器做保护电器时, 应装设隔离电器, 如刀开关, 也可采用熔断器和刀开关合一的刀熔开关。

7.6.2 蓄电池出口回路熔断器应带有报警触点, 其他回路熔断器, 必要时可带有报警触点。

7.6.3 熔断器的选择

- 1 额定电压应大于或等于回路的最高工作电压。
- 2 额定电流应大于回路的最大工作电流。
 - 1) 蓄电池出口回路应按蓄电池 $1h$ 放电率电流选择, 并应与直流馈线回路保护电器相配合。
 - 2) 断路器电磁操动机机构的合闸回路, 可按 $0.2 \sim 0.3$ 倍

额定合闸电流选择, 但熔断器的熔断时间应大于断路器固有合闸时间。

- 3) 直流电动机回路, 可按电动机的额定电流选择。
- 3 断流能力应满足直流系统短路电流的要求。
- 4 应满足各级熔断器动作时间的选择性要求, 同时要考虑上、下级差的配合。

7.7 刀开关

7.7.1 额定电压应大于或等于回路的最高工作电压。

7.7.2 额定电流应大于回路的最大工作电流。

- 1 蓄电池出口回路应按蓄电池 $1h$ 放电率电流选择。
- 2 断路器电磁操动机机构的合闸回路, 可按 $0.2 \sim 0.3$ 倍的额定合闸电流选择。

3 母线分段开关和联络回路, 可按全部负荷的 60% 选择。

7.7.3 动稳定应满足直流系统短路电流的要求。

7.7.4 必要时刀开关可带有辅助触点。

7.8 降压装置

7.8.1 降压装置宜由硅元件构成, 应有防止硅元件开路的措施。

7.8.2 硅元件的额定电流应满足所在回路最大持续负荷电流的要求, 并应有承受冲击电流的短时过载和承受反向电压的能力。

7.9 直流柜

7.9.1 直流柜采用加强型结构, 防护等级不低于 IP20。

7.9.2 直流柜分为直流电源进线柜、直流馈线柜、充电装置柜、蓄电池柜以及直流分电柜。

7.9.3 直流柜外形尺寸宜采用 $800mm \times 600mm \times 2260mm$ (宽 $\times$ 深 $\times$ 高)。

7.9.4 直流柜正面可按模数分隔成多个功能单元格, 各自独立,

通过插件或插头实现相互间的联系。每一单元格集中布置 1 个单元的设备，操作设备布置在中央，测量表计可布置在侧上方。

7.9.5 直流柜正面操作设备的布置高度不应超过 1800mm，距地高度不应低于 400mm。

7.9.6 直流柜内电流在 63A 及以下的直流馈线，应经电力端子出线。端子宜装在柜的两侧或中部下方，以便于电缆连接和装设接地检测装置的传感器。

7.9.7 直流柜内主母线宜采用阻燃绝缘铜母线，应按蓄电池 1h 放电率电流选择截面，并进行短路电流热稳定校验和按最大负荷电流校验其温度不超过绝缘体的允许事故过负荷温度。（参见附录 F）

7.9.8 直流柜内主母线及其相应回路，应能满足直流母线出口短路时的动稳定要求。

1 蓄电池容量为 800Ah 及以下的直流系统，可按 10kA 短路电流考虑；

2 蓄电池容量为 800Ah~1600Ah 的直流系统，可按 20kA 短路电流考虑；

3 蓄电池容量大于 1600Ah 时，应进行短路电流计算。（参见附录 G.1）

7.9.9 直流柜体应设有保护接地，接地处应有防锈措施和明显标志。

7.9.10 蓄电池柜隔架最低距地不小于 150mm，最高距地不超过 1700mm。

7.10 直流电源成套装置

7.10.1 直流电源成套装置包括蓄电池组、充电装置和直流馈线，根据设备体积大小，可以合并组柜或分别设柜，其有关技术要求应符合本规程的相关规定。

7.10.2 直流电源成套装置宜采用阀控式密封铅酸蓄电池、高倍

率镉镍碱性蓄电池或中倍率镉镍碱性蓄电池。蓄电池组容量不宜太大：

- 1 阀控式密封铅酸蓄电池，容量为 200Ah 及以下；
- 2 高倍率镉镍碱性蓄电池，容量为 40Ah 及以下；
- 3 中倍率镉镍碱性蓄电池，容量为 100Ah 及以下。

8 设 备 布 置

8.1 直 流 柜 的 布 置

- 8.1.1 直流系统的直流电源进线柜、直流馈线柜、充电装置柜宜布置在蓄电池室附近专用的直流电源室、电气继电器室或电气控制室内。
- 8.1.2 直流电源成套装置可布置在电气控制室，但室内应保持良好通风。
- 8.1.3 直流分电柜应布置在该直流负荷中心附近。
- 8.1.4 直流柜前后应留有运行和检修通道。通道宽度见表 8.1.4。

表 8.1.4 运行和检修通道宽度表

距离名称	采用尺寸 mm	
	一般	最小
柜正面至柜正面	1800	1400
柜正面至柜背面	1500	1200
柜背面至柜背面	1500	1000
柜正面至墙	1500	1200
柜背面至墙	1200	1000
边柜至墙	1200	800
主要通道	1600~2000	1400

8.2 阀控式密封铅酸蓄电池组的布置

- 8.2.1 容量在 200Ah 以上时宜设专用的蓄电池室。专用蓄电池室宜布置在 0mm 层。
- 8.2.2 胶体式的阀控式密封铅酸蓄电池，宜采用立式安装；贫

液吸附式的阀控式密封铅酸蓄电池，可采用卧式、倾斜式或立式安装。

8.2.3 蓄电池安装宜采用铜架组合结构，多层迭放。应便于安装、维护和更换蓄电池。台架的底层距地面为 150mm~300mm，整体高度不宜超过 1600mm。

8.2.4 当蓄电池室采用瓷砖台或水泥台安装蓄电池时，台高为 250mm~300mm。瓷砖台或水泥台的台与台之间应设有运行和检修通道，通道宽度不得小于 800mm。

8.2.5 同一层或同一台上的蓄电池间宜采用有绝缘的或有护套的连接条连接，不同一层或不同一台上的蓄电池间采用电缆连接。

8.3 防酸式铅酸蓄电池组和镉镍碱性蓄电池组的布置

8.3.1 防酸式铅酸蓄电池组和容量为 100Ah 以上的中倍率镉镍碱性蓄电池组应设置专用的蓄电池室。专用蓄电池室宜布置在 0mm 层。

8.3.2 蓄电池应采用立式安装，宜安装在瓷砖台或水泥台上，台高为 250mm~300mm。台与台之间应设有运行和检修通道，通道宽度不得小于 800mm。蓄电池与大地之间应有绝缘措施。

8.3.3 中倍率镉镍碱性蓄电池组的端电池宜靠墙布置。

8.3.4 蓄电池有液面指示计和比重计的一面，应朝向运行和检修通道。

8.3.5 在同一台上的蓄电池间宜采用有绝缘的或有护套的连接条连接，不在同一台上的蓄电池间采用电缆连接。

8.3.6 蓄电池的裸露导电部分间的距离，当其两部分间的正常电压（非充电时）超过 65V 但不大于 250V 时，不应小于 800mm，电压超过 250V 时，不应小于 1000mm。导线与建筑物或其他接地体之间的距离不应小于 50mm，母线支持点间的距离不应大于 2000mm。

9 专用蓄电池室对相关专业的要求

9.1 专用蓄电池室对相关专业的技术要求

9.1.1 大容量机组的蓄电池室应按机组分别设置。

9.1.2 蓄电池室的位置，应选择在无高温、无潮湿、无震动、少灰尘、避免阳光直射的场所。

9.1.3 蓄电池室内应设有运行和检修通道。通道一侧装设蓄电池时，通道宽度不应小于 800mm；两侧均装设蓄电池时，通道宽度不应小于 1000mm。

9.1.4 蓄电池室内的窗玻璃应采用毛玻璃或涂以半透明油漆的玻璃，阳光不应直射室内。

9.1.5 蓄电池室内的地面应有约 0.5% 的排水坡度，并应有泄水孔。

9.1.6 蓄电池室应采用非燃性建筑材料，顶棚宜做成平顶，不应吊天棚，也不宜采用折板或槽形天花板。

9.1.7 蓄电池室内照明灯具应为防爆型，且应布置在通道的上方，地面最低照度应为 30lx，事故照明最低照度应为 3lx。

蓄电池室内照明线宜采用穿管暗敷，室内不应装设开关和插座。

9.1.8 基本地震烈度为 7 度及以上地区，蓄电池组应有抗震加固措施，并应满足 GB 50260 中的有关规定。

9.1.9 蓄电池室走廊墙面不宜开设通风百叶窗或玻璃采光窗。

采暖和降温设施与蓄电池间的距离，不应小于 750mm。蓄电池室内采暖散热器应为焊接的钢制采暖散热器，室内不允许设有法兰、丝扣接头和阀门等。

9.1.10 蓄电池室内应有良好的通风设施。室内的通风换气量应按保证室内含氢量（按体积计算）低于 0.7%，含酸量小于 $2\text{mg}/\text{m}^3$

计算。通风电动机应为防爆式。

9.1.11 蓄电池室的门应向外开启，应采用非燃烧体或难燃烧体的实体门，门的尺寸不应小于 $750\text{mm} \times 1960\text{mm}$ （宽×高）。

9.1.12 蓄电池室的采暖通风和空气调节应满足 DL/T 5035 中的有关规定。

9.2 阀控式密封铅酸蓄电池组对相关专业的要求

9.2.1 蓄电池室内温度宜为 $15^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 。

9.2.2 当蓄电池组采用多层迭装，且安装在楼板上时，应注意对楼板荷重的要求。

9.3 防酸式铅酸蓄电池组和镉镍碱性蓄电池组对相关专业的要求

9.3.1 蓄电池室应为防酸（碱）、防火、防爆建筑，入口宜经过套间或储藏室，设有储藏硫酸（碱）液、蒸馏水及配制电解液器具的场所。还应便于蓄电池的气体、酸（碱）液和水的排放。

9.3.2 蓄电池室内的门、窗、地面、墙壁、天花板、台架均应进行耐酸（碱）处理，地面应采用易于清洗的面层材料。

9.3.3 蓄电池室内温度宜为 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 。

9.3.4 蓄电池室的套间内应设水池，水池内外及水龙头应做耐酸（碱）处理，管道宜暗敷，管材应采用耐腐蚀材料。

蓄电池室内的污水应进行酸碱中和或稀释并达到环保要求后排放。

9.3.5 蓄电池组的电缆引出线应采用穿管敷设，且穿管引出端应靠近蓄电池的引出端。穿管外围应涂防酸（碱）油漆，封口处应用防酸（碱）材料封堵。

电缆弯曲半径应符合电缆敷设要求，电缆穿管露出地面的高度可低于蓄电池的引出端子 $200\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 。

附录 A
(资料性附录)
直流系统 I/O 表

表 A.1 直流系统 I/O 表

序号	名称	直流柜或就地		直流系统监视装置		发电厂、变电所监控系统	
		开关量	模拟量	开关量	模拟量	开关量	模拟量
1	蓄电池及其回路 (按每组蓄电池统计)						
1.1	蓄电池电压		√		√		√
1.2	蓄电池电流		√		√		√
1.3	蓄电池浮充电电流		△		△		△
1.4	蓄电池试验放电电源		√				
1.5	蓄电池保护装置开关状态	√		√		√	
1.6	蓄电池回路保护装置事故跳闸	√		√		√	
1.7	蓄电池过充电	△		△			
1.8	蓄电池温度		△		△		
1.9	蓄电池室温度		△		△		
2	充电装置 (按每套充电装置统计)						
2.1	充电装置直流输出		√		√		△
2.2	充电装置直流输出		√		√		△
2.3	直流侧保护装置开关状态	√		√		△	
2.4	交流侧保护装置开关状态	√		√		△	
2.5	直流侧保护装置事故跳闸	√		√		√	

表 A.1 (续)

序号	名称	直流柜或就地		直流系统监视装置		发电厂、变电所监控系统	
		开关量	模拟量	开关量	模拟量	开关量	模拟量
2.6	充电装置故障	√		√		√	
2.7	整流模块过热	△		△		△	
2.8	交流电源自动切换	√		√		√	
3	直流母线及绝缘监测装置 (按每段母线统计)						
3.1	直流母线电压		√		√		√
3.2	直流母线电压异常	√		√		√	
3.3	直流系统接地	√		√		√	
3.4	绝缘监测装置故障	√		√		△	
3.5	母线分段开关状态	√		√		△	
4	直流馈线						
4.1	重要馈线保护装置开关状态	√		√		△	
4.2	重要馈线保护装置各事故跳闸	√		√		√	

注 1: 表中“√”表示该项应列入;

注 2: 表中“△”表示该项在有条件时或需要时可列入

附录 B
(资料性附录)
蓄电池选择

B.1 蓄电池参数选择

B.1.1 蓄电池个数选择

按浮充电运行时，直流母线电压为 $1.05U_n$ 选择蓄电池个数

$$n=1.05U_d/U_t$$

B.1.2 蓄电池均衡充电电压选择

根据蓄电池个数及直流母线电压允许的最高值选择单体蓄电池均衡充电电压值。

对于控制负荷： $U_c \leq 1.10U_d/n$

对于动力负荷： $U_c \leq 1.125U_d/n$

对于控制负荷和动力负荷合并供电： $U_c \leq 1.10U_d/n$

对于控制负荷和动力负荷合并供电： $U_c \leq 1.10U_d/n$

B.1.3 蓄电池放电终止电压选择

根据蓄电池个数及直流母线电压允许的最低值选择单体蓄电池事故放电末期终止电压。

对于控制负荷： $U_m \geq 0.85U_d/n$

对于动力负荷： $U_m \geq 0.875U_d/n$

对于控制负荷和动力负荷合并供电： $U_m \geq 0.875U_d/n$

对于控制负荷和动力负荷合并供电： $U_m \geq 0.875U_d/n$

式中：

U_n ——直流系统标称电压，V；

U_t ——单体蓄电池浮充电电压，V；

U_c ——单体蓄电池均衡充电电压，V；

U_m ——单体蓄电池放电末期终止电压，V；

n ——蓄电池个数。

B.1.4 蓄电池参数选择参考数值表

表 B.1 铅酸蓄电池组的单体 2V 电池参数选择参考数值表

系统 标称 电压 V	浮充电压 V	2.15	2.23		2.25	
	均充电压 V	2.30		2.33		2.35
220	蓄电池个数	106	107	103	104	102
	浮充时母线电压 V	227.90	230	229.70	231.90	229.50
	均充时母线电压 % ^①	110.82	111.86	110	111.10	108.96
	放电终止电压 V	1.80	1.80	1.87	1.85	1.87
	母线最低电压 % ^①	86.73	87.55	87.55	87.45	86.70
	蓄电池个数	52	53	51	52	50
110	浮充时母线电压 V	111.80	113.95	113.73	115.96	112.50
	均充时母线电压 % ^①	108.73	110.82	108.03	110.15	106.82
	放电终止电压 V	1.83	1.80	1.87	1.85	1.87
	母线最低电压 % ^①	86.51	86.73	86.70	87.46	85
	蓄电池个数	22	23	22	23	22
	浮充时母线电压 V	47.30	49.45	49.06	51.29	49.50
48	均充时母线电压 % ^①	105.42	110.21	106.79	111.65	107.71
	放电终止电压 V	1.87	1.80	1.87	1.83	1.87
	母线最低电压 % ^①	85.71	86.25	85.71	87.69	85.71
	蓄电池个数	11	12	11		11
	浮充时母线电压 V	23.65	25.80	24.53		24.75
	均充时母线电压 % ^①	105.42	115	106.79		107.71
24						

表 B.1 (续)

系统 标称 电压 V	浮充电压 V	2.15	2.23	2.25
	均充电压 V	2.30	2.33	2.35
	放电终止电压 V	1.87	1.75	1.87
24	母线最低电压 % ^①	85.71	87.50	85.71

注: ① 表示对系统标称电压的百分比

表 B.2 阀控式密封铅酸蓄电池组的组合 6V 和 12V
电池参数选择参考数值表

系统 标称 电压 V	组合电 池电压 V	电池 个数	浮充 电压 V	浮充时 母线 电压 V	均充 电压 V	均充时 母线 电压 % ^①	放电 终止 电压 V	母线 最低 电压 % ^①
220	6	34	6.75	229.50	7.05	108.96	5.61	86.70
		34+1(2V)		231.75		110	5.61	87.55
		17	13.50	229.50	14.10	108.96	11.22	86.70
		17+1(2V)		231.75		110	11.22	87.55
110	6	16+1(4V)	6.75	112.50	7.05	106.82	5.61	85
		17		114.75		109	5.61	86.70
		10	11.25	112.50	11.75	106.82	9.35	85
		8+1(4V)	13.50	112.50	14.10	106.82	11.22	85
48	4	11	4.50	49.50	4.70	107.71	3.74	85.71
		7+1(2V)		49.50		107.71	5.61	85.71
		6	6.75	51.75	7.05	112.60	5.49	87.69
		7+1(4V)		51.75		107.71	11.22	85.71
24	12	3+1(8V)	13.50	49.50	14.10	112.60	10.98	87.69
		3+1(10V)		51.75		112.60	10.98	87.69
		4	4.50	4.70	3.74			
		5+1(2V)		4.70				
24	6	3+1(4V)	6.75	7.05	5.61			
		2+1(2V)	11.25	11.75	9.35			
		12	13.50	14.10	11.22			
		1+1(10V)		14.10				

注: ① 表示对系统标称电压的百分比

表 B.3 阀控式密封铅酸蓄电池组的电池参数选择参考数值表

系统 标称 电压 V	浮充电压 V	1.36	1.38	1.39	1.42	1.43	1.45
	均充电压 V	1.47	1.48	1.52	1.53	1.55	
	浮充电池个数	170	167	166	162	161	159
	母线浮充电压 V	231.2	230.46	230.74	230.04	230.23	230.55
	均充电池个数	164	163	159	158	156	
220	母线均充电压 ^① %	109.13	109.66	109.86	109.88	109.91	
110	整组电池个数	175 或 180					
	放电终止电压 V	1.07					
	母线最低电压 ^① %	85.11 或 87.55					
	浮充电池个数	85	83	81	80	79	
	母线浮充电压 V	115.60	114.54	115.37	115.02	114.40	114.55
	均充电池个数	82	81	79		78	
	母线均充电压 ^① %	109.58	108.98	109.16	109.88	109.91	
48	整组电池个数	88 或 90					
	放电终止电压 V	1.07					
	母线最低电压 ^① %	85.60 或 87.55					
	浮充电池个数	37	36	35	34		
	母线浮充电压 V	50.32	49.68	50.04	49.70	50.05	49.30
	均充电池个数		35		34		
	母线均充电压 ^① %	107.19	107.92	107.67	108.38	109.79	
24	整组电池个数	39 或 40					
	放电终止电压 V	1.07					
	母线最低电压 ^① %	86.94 或 89.17					
	母线最低电压 ^① %						

表 B.3 (续)

系统 标称 电压 V	浮充电压 V	1.36	1.38	1.39	1.42	1.43	1.45
	均充电压 V	1.47	1.48	1.52	1.53	1.55	
	浮充电池个数	18			17		
	母线浮充电压 V	24.48	24.84	25.02	24.14	24.31	24.65
	均充电池个数	18			17		
	母线均充电压 ^① %	110.25	111	107.67	108.38	109.79	
24	整组电池个数	20					
	放电终止电压 V	1.07					
	母线最低电压 ^① %	89.17					

注：①表示对系统标称电压的百分比。

B.2 蓄电池容量选择

B.2.1 电压控制法 (亦称容量换算法)

B.2.1.1 直流负荷统计 (见表 B.4)

表 B.4 直流负荷统计表

序号	负荷名称	装置容量 kW	负荷系数	计算电流 A	事故放电时间及放电容量 Ah					
					经常 负荷 电流 A	持续 h			随机	
						初期	0.5	1.0	2.0	5s
						I _p	I _{ao}	C _{ao}	C _{2ao}	I _{5s}
1										
2										
3										
4										
5										
6										

表 B.4 (续)

序号	负荷名称	装置容量 kW	负荷系数	计算电流 A	事故放电时间及放电容量 Ah					
					经常 负荷 电流 A	持续 h			随机	
						初期	0.5	1.0	2.0	5s
						I _p	I _{ao}	C _{ao}	C _{2ao}	I _{5s}
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15	合计									

B.2.1.2 容量选择计算

满足事故全停电状态下的持续放电容量

$$C_c = K_k \frac{C_{sx}}{K_{cc}} \quad (\text{Ah}) \quad (\text{B.1})$$

式中：

C_c ——蓄电池 10h 放电率计算容量, Ah;

C_{sx} ——事故全停电状态下相对应的持续放电时间的放电容量;

K_k ——可靠系数, 取 1.40;

K_{cc} ——容量系数, 在指定的放电终止电压下, 对应事故放电时间 t_b , 从附录表 B.6~表 B.14 中查出。

根据 C_c 计算值, 选择接近该值的蓄电池标称容量 C_{10^0} 。

B.2.1.3 电压水平计算

1 事故放电初期 (1min) 承受冲击放电电流时, 蓄电池所

能保持的电压

$$K_{\text{ao}} = K_{\text{K}} \frac{I_{\text{ao}}}{I_{10}} \tag{B.2}$$

根据 K_{ao} 值, 由本附录图 B.1~图 B.13 冲击曲线中的“0”曲线, 查出单体电池电压值 U_d , 则

$$U_D = nU_d \tag{B.3}$$

2 任意事故放电阶段末期, 承受随机 (5s) 冲击放电电流时, 蓄电池所能保持的电压

$$K_{\text{max}} = K_{\text{K}} \frac{C_{10}}{I_{10}^2} \tag{B.4}$$

$$K_{\text{amax}} = K_{\text{K}} \frac{I_{\text{ao}}}{I_{10}} \tag{B.5}$$

由本附录图 B.1~图 B.13 冲击曲线中, 选定事故放电时间 0.5h、1h 或 2h 后冲击放电曲线图, 然后根据 K_{max} 值找出相应的曲线, 对应 K_{amax} 值, 查出单体电池电压值 U_d , 则

$$U_D = nU_d \tag{B.6}$$

3 任意事故放电阶段末期, 蓄电池所能保持的电压

$$K_{\text{ax}} = K_{\text{K}} \frac{C_{10}}{I_{10}} \tag{B.7}$$

由本附录图 B.1~图 B.13 冲击曲线中, 根据 K_{max} 值找出相应的曲线, 对应 $K_{\text{amax}}=0$ 值, 查出单体电池电压值 U_d , 则

$$U_D = nU_d \tag{B.8}$$

式中:

C_{10} ——蓄电池 10h 放电率标称容量, Ah;

C_{ax} —— n h 事故放电容量;

I_{ao} ——事故放电初期 (1min) 冲击放电电流值, A;

I_{aam} ——事故放电末期冲击放电电流值, A;

I_{10} ——10h 放电率电流, A;

K_{ao} ——事故放电初期 (1min) 冲击系数;

K_{amax} —— n h 事故放电末期冲击系数;

K_{max} ——任意事故放电阶段的 10h 放电率电流倍数;

K_{K} ——可靠系数, 取 1.10;

U_d ——单体电池电压值, V;

U_D ——蓄电池组出口端电压值, V;

n ——蓄电池组的单体电池个数;

t ——事故放电时间, h。

B.2.2 阶梯计算法 (亦称电流换算法)

B.2.2.1 直流负荷统计见表 B.5。

表 B.5 直流负荷统计表

事故放电时间及放电电流 A													
持续 min										随 机			
初期		1 ~ 30		30 ~ 60		60 ~ 120		120 ~ 180		180 ~ 480		5s	
1	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	I_{13}
经常 负荷 电流 A													
计算电流 A													
负荷系数													
装置容量 kW													
负荷名称													
序号													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

表 B.5 (续)

序号	负荷名称	装置容量 kW	负荷系数	计算电流 A	事故放电时间及放电电流 A							
					经常 负荷 电流 A	持续 min						随机
						初期	1 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 120	120 ~ 180	180 ~ 480	5s
13					I_e	1	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
14												
15	合计											

B.2.2.2 计算方法

- 1 按负荷阶梯分段予以计算，取其中计算容量最大者。
- 2 当有随机负荷（指末期冲击负荷）时，随机负荷单独计算所需容量，并叠加在第一阶段以外的计算容量最大的放电阶段，然后与第一阶段选择计算容量比较后取其大者。

B.2.2.3 计算步骤

- 1 直流负荷统计。
- 2 绘制负荷曲线。
- 3 按照直流母线允许最低电压要求，确定单体蓄电池放电终止电压。计算容量时，根据不同蓄电池型式、终止电压和放电时间，从本附录表 B.6~表 B.14 中查找容量换算系数（ K_C ）。

按第一阶段计算容量

$$C_{C1} = K_K \frac{I_1}{K_C} \tag{B.9}$$

按第二阶段计算容量

$$C_{C2} \geq K_K \left[\frac{1}{K_{C1}} I_1 + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) \right] \tag{B.10}$$

按第三阶段计算容量

$$C_{C3} \geq K_K \left[\frac{1}{K_{C1}} I_1 + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) + \frac{1}{K_{C3}} (I_3 - I_2) \right] \tag{B.11}$$

按第 n 阶段计算容量

$$C_{Cn} \geq K_K \left[\frac{1}{K_{C1}} I_1 + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) + \dots + \frac{1}{K_{Cn}} (I_n - I_{n-1}) \right] \tag{B.12}$$

随机（5s）负荷计算容量

$$C_R = \frac{I_R}{K_{CR}} \tag{B.13}$$

将 C_R 叠加在 C_{C2} ~ C_{Cn} 中最大的阶段上，然后与 C_{C1} 比较，取其大者，即为蓄电池的计算容量。

式中：

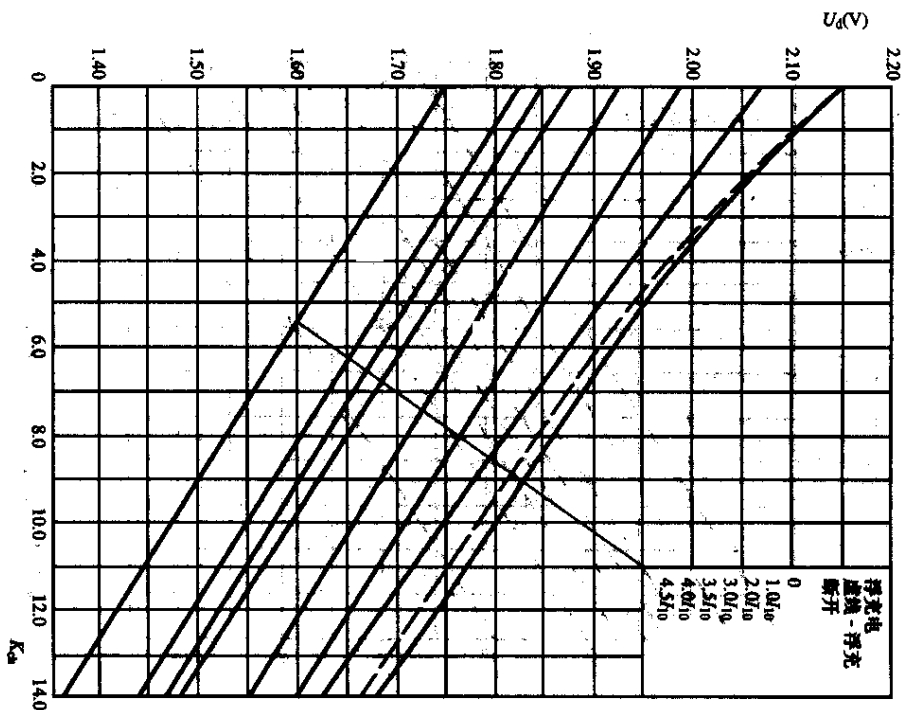
- C_{C1} ~ C_{Cn} ——蓄电池 10h 放电率各阶段的计算容量，Ah；
- C_R ——随机负荷计算容量，Ah；
- $I_1, I_2, \dots, I_n$ ——各阶段的负荷电流，A；
- I_R ——随机负荷电流，A；
- K_K ——可靠系数，取 1.40；
- K_C ——1min 放电时的容量换算系数，1/h；
- K_{CR} ——随机（5s）负荷的容量换算系数，1/h；
- K_{C1} ——各计算阶段中全部放电时间的容量换算系数，1/h；
- K_{C2} ——各计算阶段中除第 1 阶梯时间外放电时间的容量换算系数，1/h；
- K_{C3} ——各计算阶段中除第 1、2 阶梯时间外放电时间的容量换算系数，1/h；
- K_{Cn} ——各计算阶段中最后 1 个阶梯放电时间的容量换算系数，1/h。

B.3 蓄电池容量选择系数表和冲击放电曲线

表 B.6 GF 型 2000Ah 及以下防酸式铅酸蓄电池容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量 系数和 容量换 算系 数	不同放电时间 t 的 K_{sc} 及 K_c 值																
		5s	1 min	29 min	0.5 h	59 min	1.0 h	89 min	1.5 h	2.0 h	179 min	3.0 h	4.0 h	5.0 h	6.0 h	7.0 h	479 min	8.0 h
1.75	K_{sc}				0.290		0.460		0.60	0.660		0.780	0.880	0.900	0.972	0.980		0.992
	K_c	1.010	0.900	0.590	0.580	0.467	0.460	0.402	0.40	0.330	0.260	0.260	0.220	0.180	0.162	0.140	0.124	0.124
1.80	K_{sc}				0.260		0.410		0.525	0.600		0.720	0.760	0.850	0.900	0.910		0.920
	K_c	0.900	0.780	0.530	0.520	0.416	0.410	0.354	0.350	0.300	0.240	0.240	0.190	0.170	0.150	0.130	0.115	0.115
1.85	K_{sc}				0.210		0.330		0.480	0.520		0.630	0.700	0.800	0.840	0.854		0.856
	K_c	0.740	0.600	0.430	0.420	0.355	0.350	0.323	0.320	0.260	0.210	0.210	0.175	0.160	0.140	0.122	0.107	0.107
1.90	K_{sc}				0.160		0.280		0.390	0.440		0.540	0.660	0.700	0.750	0.798		0.816
	K_c		0.400	0.330	0.320	0.284	0.280	0.262	0.260	0.220	0.180	0.180	0.165	0.140	0.125	0.114	0.102	0.102
1.95	K_{sc}				0.111		0.192		0.270	0.320		0.390	0.490	0.550	0.648	0.700		0.704
	K_c		0.300	0.228	0.221	0.200	0.192	0.18	0.180	0.160	0.130	0.130	0.124	0.110	0.108	0.100	0.088	0.088

注：容量系数 $K_{sc} = \frac{C_t}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_t}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{sc}}{t}$ (t —放电时间, h)

图 B.1 GF 型 2000Ah 及以下防酸式铅酸蓄电池
持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

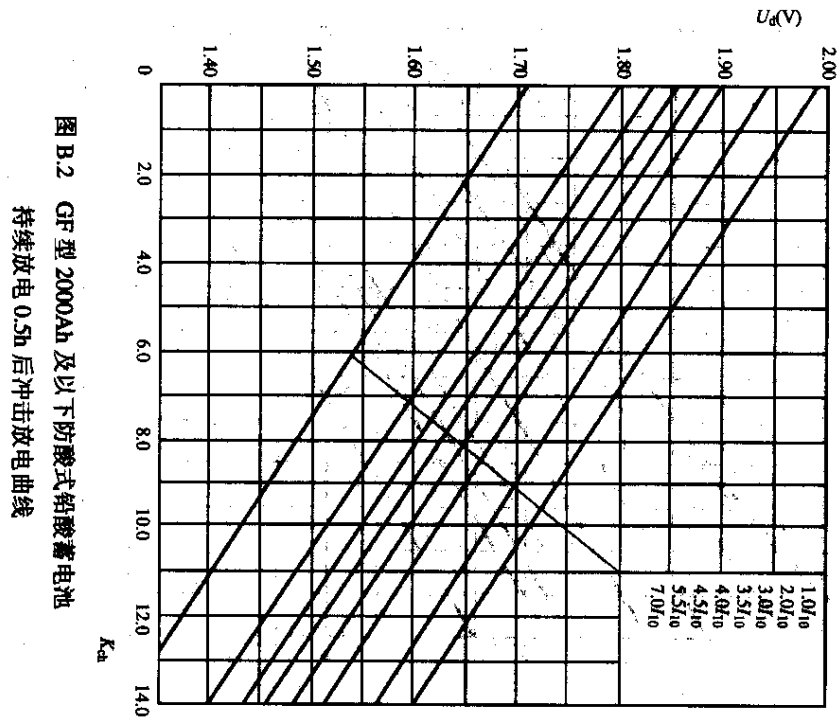


图 B.2 GF 型 2000Ah 及以下防酸式铅酸蓄电池
持续放电 0.5h 后冲击放电曲线

表 B.7 GFD 型 3000Ah 及以下防酸式铅酸蓄电池 (单体 2V) 的容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量系 数和容 量换算 系数	不同放电时间 t 的 K_{∞} 及 K_c 值																
		5s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h	89min	1.5h	2.0h	179min	3.0h	4.0h	5.0h	6.0h	7.0h	479min	8.0h
1.75	K_{∞}				0.310		0.470		0.588	0.640		0.810	0.880	0.950	0.960	1.036		1.040
	K_c	1.010	0.890	0.630	0.620	0.477	0.470	0.395	0.392	0.320	0.270	0.270	0.220	0.190	0.160	0.148	0.130	0.130
1.80	K_{∞}				0.260		0.410		0.530	0.400		0.750	0.820	0.850	0.852	0.910		0.920
	K_c	0.900	0.740	0.530	0.520	0.416	0.410	0.356	0.355	0.200	0.250	0.250	0.205	0.170	0.142	0.130	0.115	0.115
1.85	K_{∞}				0.205		0.340		0.425	0.540		0.660	0.720	0.720	0.780	0.826		0.832
	K_c	0.740	0.610	0.420	0.410	0.345	0.340	0.286	0.283	0.270	0.220	0.220	0.180	0.144	0.130	0.118	0.104	0.104
1.90	K_{∞}				0.160		0.271		0.375	0.440		0.570	0.620	0.620	0.612	0.685		0.672
	K_c		0.470	0.330	0.320	0.275	0.271	0.252	0.230	0.220	0.190	0.190	0.155	0.124	0.102	0.094	0.084	0.084
1.95	K_{∞}				0.111		0.182		0.257	0.332		0.450	0.600	0.520	0.522	0.539		0.544
	K_c		0.280	0.180	0.221	0.185	0.182	0.173	0.171	0.166	0.150	0.150	0.150	0.104	0.087	0.077	0.068	0.068

注: 容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_t}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_t}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

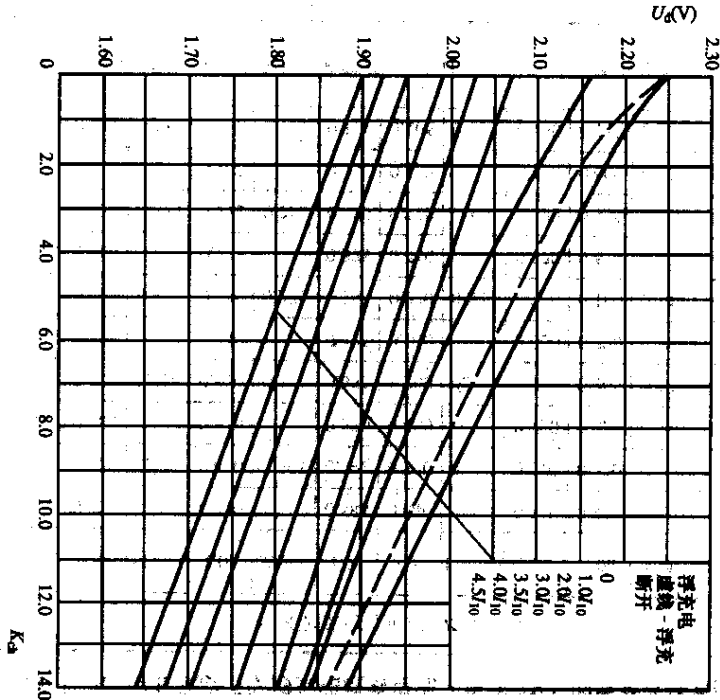


图 B.3 阀控式贫液铅酸蓄电池持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

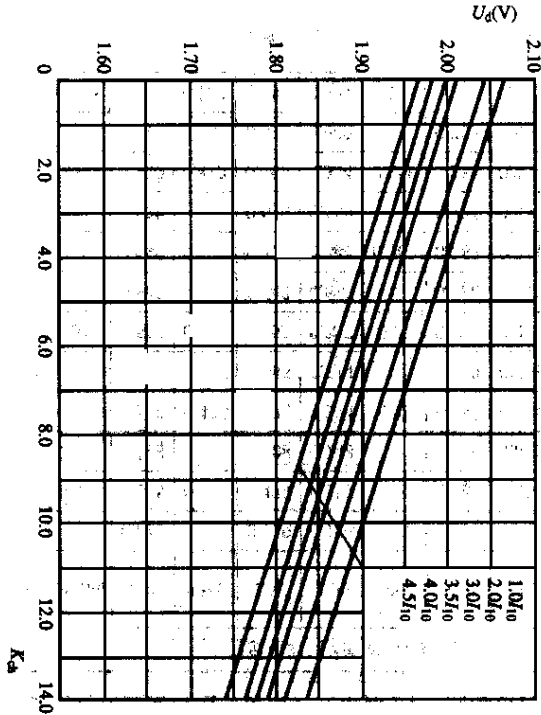


图 B.4 阀控式贫液铅酸蓄电池持续放电 0.5h 后冲击放电曲线

表 B.8 阀控式密封铅酸蓄电池(贫液)(单体 2V)的容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量系 数和容 量换算 系数	不同放电时间 t 的 K_{∞} 及 K_t 值																
		5s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h	89min	1.5h	2.0h	179min	3.0h	4.0h	5.0h	6.0h	7.0h	479min	8.0h
1.75	K_{∞}				0.492		0.615		0.719	0.774		0.867	0.936	0.975	1.014	1.071		1.080
	K_t	1.54	1.53	1.000	0.984	0.620	0.615	0.482	0.479	0.387	0.289	0.289	0.234	0.195	0.169	0.153	0.135	0.135
1.80	K_{∞}				0.450		0.598		0.708	0.748		0.840	0.896	0.950	0.996	1.050		1.056
	K_t	1.45	1.43	0.920	0.900	0.600	0.598	0.476	0.472	0.374	0.28	0.280	0.224	0.190	0.166	0.150	0.132	0.132
1.83	K_{∞}				0.412		0.565		0.683	0.714		0.810	0.868	0.920	0.960	1.015		1.016
	K_t	1.38	1.33	0.843	0.823	0.570	0.565	0.458	0.455	0.357	0.27	0.270	0.217	0.184	0.160	0.145	0.127	0.127
1.85	K_{∞}				0.390		0.540		0.642	0.688		0.786	0.856	0.900	0.942	0.980		0.984
	K_t	1.34	1.24	0.800	0.780	0.558	0.540	0.432	0.428	0.344	0.262	0.262	0.214	0.180	0.157	0.140	0.123	0.123
1.87	K_{∞}				0.378		0.520		0.612	0.668		0.774	0.836	0.885	0.930	0.959		0.960
	K_t	1.27	1.18	0.764	0.755	0.548	0.520	0.413	0.408	0.334	0.258	0.258	0.209	0.177	0.155	0.137	0.120	0.120
1.90	K_{∞}				0.338		0.490		0.572	0.642		0.759	0.800	0.850	0.900	0.917		0.944
	K_t	1.19	1.12	0.685	0.676	0.495	0.490	0.383	0.381	0.321	0.253	0.253	0.200	0.170	0.150	0.131	0.118	0.118

注: 容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_1}{C_{10}} = K_t \cdot t$; (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_t = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

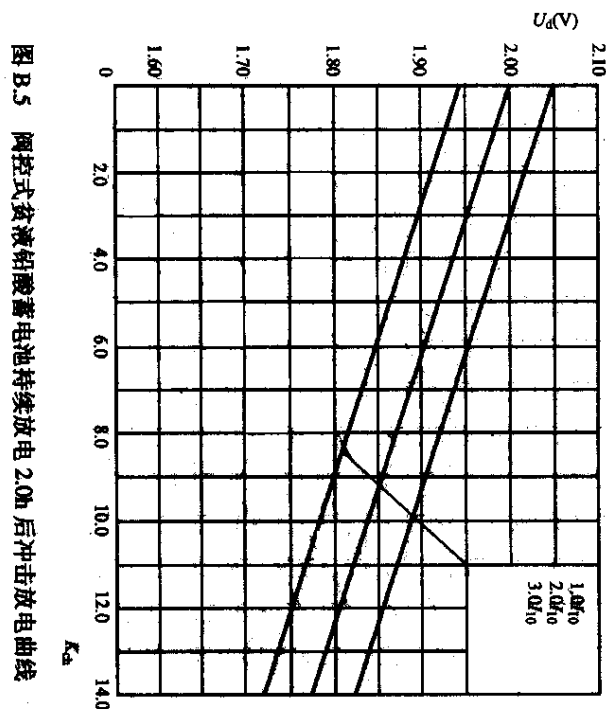


图 B.5 阀控式贫液铅酸蓄电池持续放电 2.0h 后冲击放电曲线

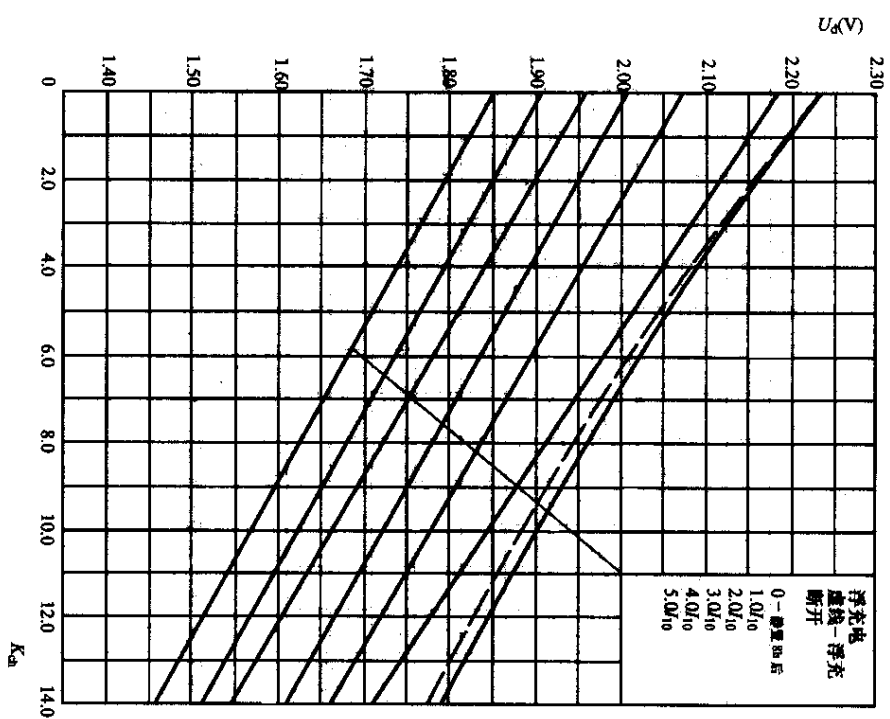


图 B.6 阀控式胶体铅酸蓄电池持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

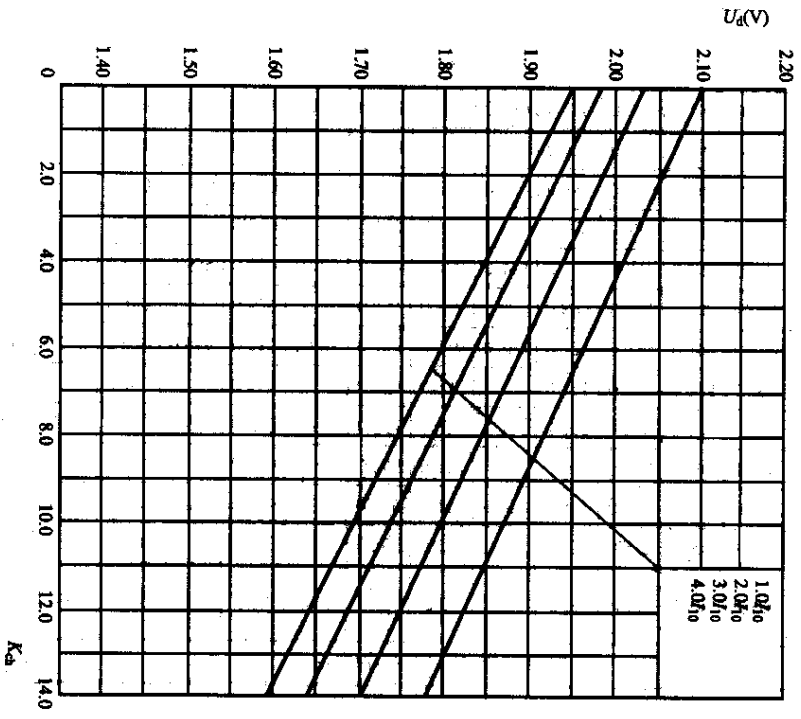


图 B.7 阀控式胶体铅酸蓄电池持续放电 0.5h 后冲击放电曲线

表 B.9 阀控式密封铅酸蓄电池（贫液）（单体 6V 和 12V）的容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量系 数和容 量换算 系数	不同放电时间 t 的 K_{10} 及 K_c 值																
		5s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h	89min	1.5h	2.0h	179min	3.0h	4.0h	5.0h	6.0h	7.0h	479min	8.0h
1.75	K_{10}				0.500		0.700		0.764	0.870		0.936	0.972	1.000	1.032	1.099		1.136
	K_c	2.080	1.990	1.010	1.000	0.708	0.700	0.513	0.509	0.435	0.312	0.312	0.243	0.200	0.172	0.157	0.142	0.142
1.80	K_{10}				0.495		0.680		0.756	0.858		0.915	0.956	0.990	1.020	1.085		1.120
	K_c	2.000	1.880	1.000	0.990	0.691	0.680	0.509	0.504	0.429	0.305	0.305	0.239	0.198	0.170	0.155	0.14	0.140
1.83	K_{10}				0.490		0.656		0.743	0.832		0.891	0.936	0.985	1.008	1.071		1.104
	K_c	1.930	1.820	0.988	0.979	0.666	0.656	0.498	0.495	0.416	0.297	0.297	0.234	0.197	0.168	0.153	0.138	0.138
1.85	K_{10}				0.482		0.629		0.731	0.816		0.885	0.924	0.980	1.002	1.064		1.008
	K_c	1.810	1.740	0.976	0.963	0.639	0.629	0.489	0.487	0.408	0.295	0.295	0.231	0.196	0.167	0.152	0.136	0.136
1.87	K_{10}				0.465		0.600		0.729	0.798		0.867	0.880	0.970	0.990	1.043		1.064
	K_c	1.750	1.670	0.943	0.929	0.610	0.600	0.481	0.479	0.399	0.289	0.289	0.220	0.194	0.165	0.149	0.133	0.133
1.90	K_{10}				0.421		0.571		0.693	0.774		0.837	0.884	0.945	0.960	1.001		1.016
	K_c	1.670	1.590	0.585	0.841	0.576	0.571	0.464	0.462	0.387	0.279	0.279	0.211	0.189	0.160	0.143	0.127	0.127

注：容量系数 $K_{10} = \frac{C_t}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{10}}{t}$ (t —放电时间, h)

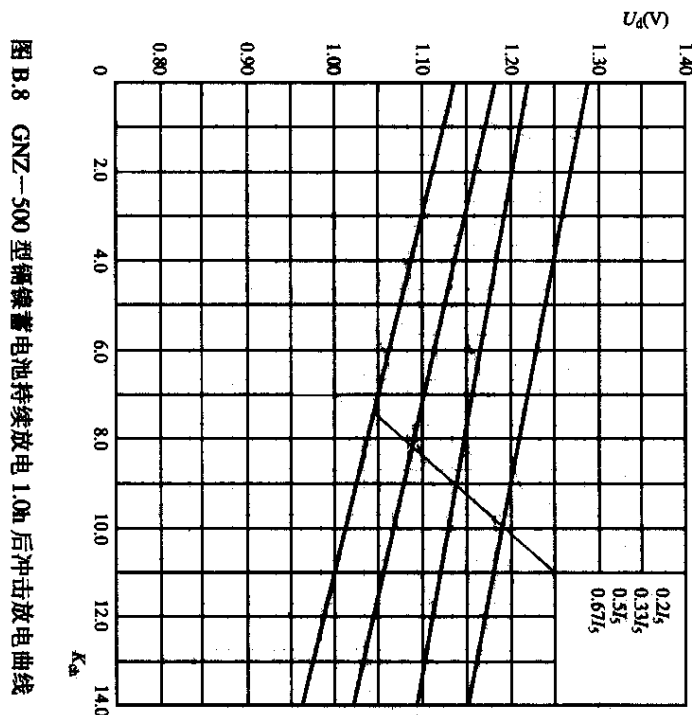


图 B.8 GNZ-500 型镍镉蓄电池持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

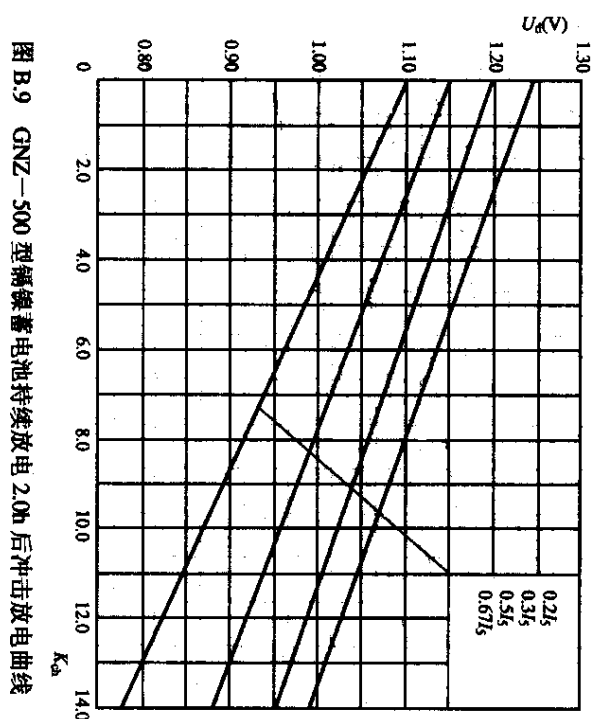


图 B.9 GNZ-500 型镍镉蓄电池持续放电 2.0h 后冲击放电曲线

表 B.10 阀控式密封铅酸蓄电池（胶体）（单体 2V）的容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量系 数和容 量换算 系数	不同放电时间 t (min) 的 K_{∞} 及 K_c 值																
		5s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h	89min	1.5h	2.0h	179min	3.0h	4.0h	5.0h	6.0h	7.0h	479min	8.0h
1.80	K_{∞}				0.405		0.520		0.680	0.660		0.750	0.784	0.830	0.864	0.889		0.928
	K_c	1.23	1.17	0.820	0.810	0.530	0.520	0.430	0.420	0.330	0.250	0.250	0.196	0.166	0.144	0.127	0.116	0.116
1.83	K_{∞}				0.365		0.490		0.570	0.520		0.690	0.760	0.810	0.820	0.840		0.912
	K_c	1.12	1.06	0.740	0.73	0.500	0.490	0.390	0.380	0.310	0.230	0.230	0.190	0.162	0.138	0.120	0.114	0.114
1.87	K_{∞}				0.330		0.450		0.555	0.580		0.660	0.720	0.780	0.804	0.819		0.880
	K_c	1.00	0.94	0.670	0.660	0.460	0.450	0.376	0.370	0.290	0.220	0.220	0.180	0.156	0.134	0.117	0.110	0.110
1.90	K_{∞}				0.300		0.424		0.525	0.548		0.630	0.688	0.750	0.780	0.812		0.816
	K_c	0.87	0.86	0.650	0.600	0.430	0.424	0.360	0.350	0.274	0.210	0.210	0.172	0.150	0.130	0.116	0.102	0.102
1.93	K_{∞}				0.270		0.400		0.465	0.520		0.570	0.660	0.675	0.708	0.735		0.792
	K_c	0.82	0.79	0.550	0.540	0.410	0.400	0.320	0.310	0.260	0.190	0.190	0.165	0.135	0.118	0.105	0.099	0.099

注：容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_1}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h)；容量换算系数 $K_c = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

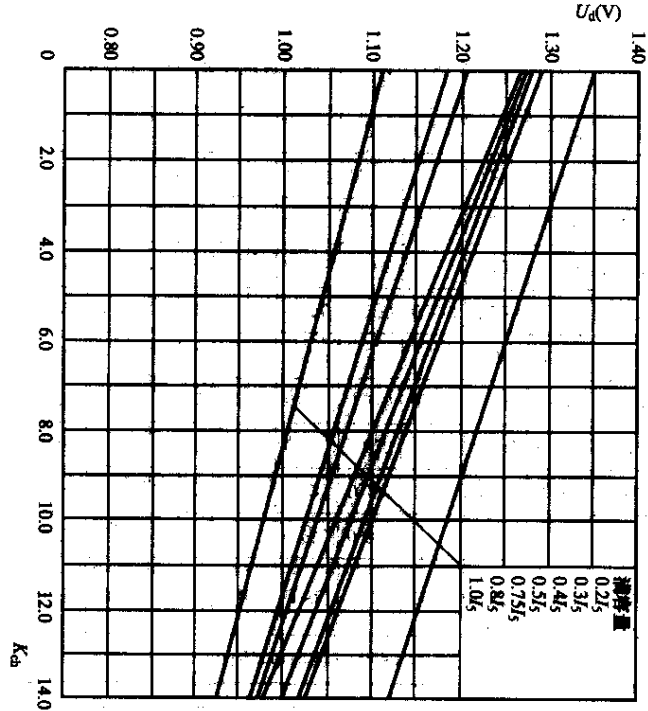


图 B.10 GNFG-20 型镍镉蓄电池持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

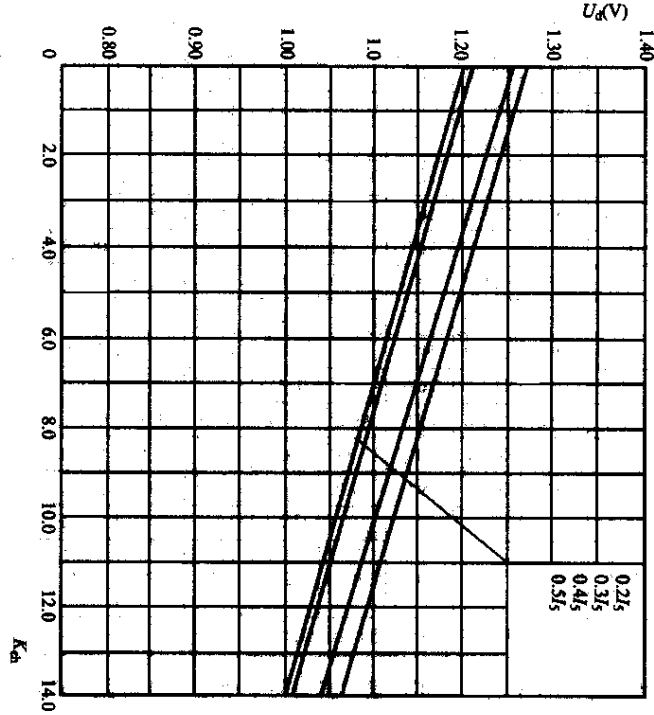


图 B.11 GNFG-20 型镍镉蓄电池持续放电 2.0h 后冲击放电曲线

表 B.11 中倍率 GNZ 型 200Ah 及以上碱性镉镍蓄电池 (单体 1.2V) 的容量选择系数表

放电 终止 电压 V	容量系 数和容 量换算 系数	不同放电时间 t 的 K_{∞} 及 K_c 值															
		30s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h	1.5h	119min	2.0h	2.5h	179min	3.0h	239min	4.0h	299min	5.0h
1.00	K_{∞}				0.655		0.84	1.035		1.20	1.375		1.56		1.92		2.30
	K_c	2.46	2.20	1.32	1.310	0.85	0.84	0.690	0.61	0.60	0.550	0.52	0.52	0.48	0.48	0.46	0.46
1.05	K_{∞}				0.515		0.69	0.900		1.08	1.200		1.38		1.72		2.00
	K_c	2.12	1.83	1.04	1.030	0.70	0.69	0.600	0.55	0.54	0.480	0.46	0.46	0.43	0.43	0.40	0.40
1.07	K_{∞}				0.435		0.64	0.840		0.98	1.100		1.23		1.52		1.80
	K_c	1.90	1.72	0.88	0.870	0.65	0.64	0.560	0.50	0.49	0.440	0.41	0.41	0.38	0.38	0.36	0.36
1.10	K_{∞}				0.380		0.56	0.720		0.84	0.975		1.11		1.40		1.65
	K_c	1.70	1.48	0.77	0.760	0.57	0.56	0.480	0.43	0.42	0.390	0.37	0.37	0.35	0.35	0.33	0.33
1.15	K_{∞}				0.350		0.50	0.660		0.78	0.900		1.20		1.28		1.45
	K_c	1.55	1.38	0.71	0.700	0.51	0.50	0.440	0.40	0.39	0.360	0.34	0.34	0.32	0.32	0.29	0.29
1.17	K_{∞}				0.335		0.47	0.615		0.74	0.850		0.93		1.12		1.30
	K_c	1.40	1.28	0.68	0.670	0.48	0.47	0.410	0.38	0.37	0.340	0.31	0.31	0.28	0.28	0.26	0.26
1.19	K_{∞}				0.320		0.45	0.585		0.70	0.800		0.87		1.04		1.20
	K_c	1.30	1.20	0.65	0.640	0.46	0.45	0.390	0.36	0.35	0.320	0.29	0.29	0.26	0.26	0.24	0.24

注: 容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_1}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

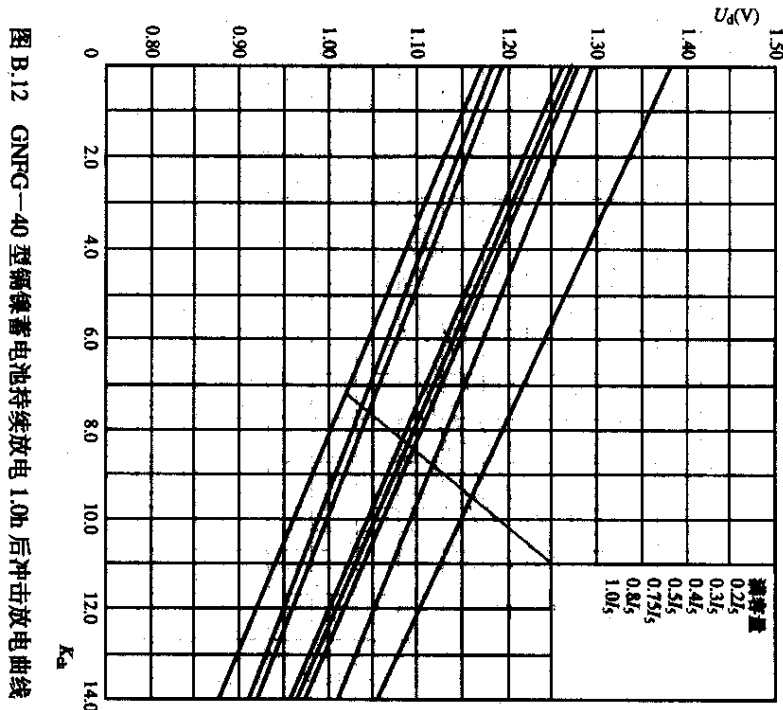


图 B.12 GNFG-40 型镉镍蓄电池持续放电 1.0h 后冲击放电曲线

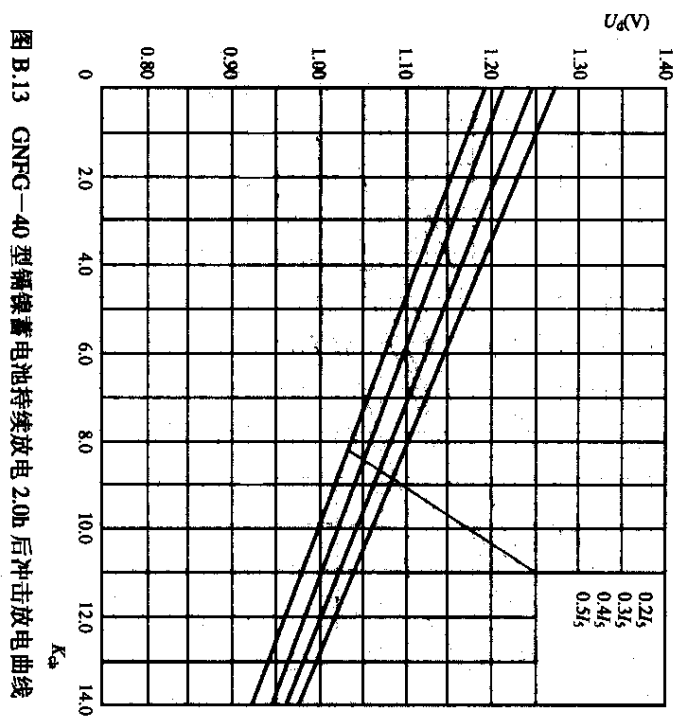


表 B.12 中倍率 GNZ 型 200Ah 以下碱性镉镍蓄电池（单体 1.2V）的容量选择系数表

放电终止 电压 V	容量系数 和容量换 算系数	不同放电时间 t 的 K_{sc} 及 K_c 值									
		30s	1min	5min	10min	15min	20min	29min	0.5h	59min	1.0h
1.00	K_{sc}								0.77		1.03
	K_c	3.00	2.75	2.20	2.00	1.87	1.70	1.55	1.54	1.04	1.03
1.05	K_{sc}								0.69		0.97
	K_c	2.50	2.25	1.91	1.75	1.62	1.53	1.39	1.38	0.98	0.97
1.07	K_{sc}								0.65		0.93
	K_c	2.20	2.01	1.78	1.64	1.55	1.46	1.31	1.30	0.94	0.93
1.10	K_{sc}								0.61		0.90
	K_c	2.00	1.88	1.63	1.50	1.41	1.33	1.22	1.21	0.91	0.90
1.15	K_{sc}								0.57		0.86
	K_c	1.91	1.71	1.52	1.40	1.32	1.25	1.14	1.13	0.87	0.86
1.17	K_{sc}								0.54		0.82
	K_c	1.75	1.60	1.45	1.35	1.28	1.20	1.09	1.08	0.83	0.82
1.19	K_{sc}								0.53		0.79
	K_c	1.60	1.50	1.41	1.32	1.23	1.16	1.06	1.05	0.80	0.79

注：容量系数 $K_{sc} = \frac{C_t}{C_{10}} = K_c \cdot t$ （t—放电时间，h）；容量换算系数 $K_c = \frac{I_t}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{sc}}{t}$ （t—放电时间，h）

表 B.13 高倍率 GNFG (C) 20Ah 及以下碱性镉镍蓄电池 (单体 1.2V) 的容量选择系数表

放电终止电压 V	容量系数和 容量换算系数	不同放电时间 t 的 K_{∞} 及 K_c 值					
		30s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h
1.00	K_{∞}				1.32		1.77
	K_c	10.5	9.60	2.64	2.63	1.78	1.77
1.05	K_{∞}				1.17		1.68
	K_c	9.60	9.00	2.35	2.34	1.69	1.68
1.07	K_{∞}				1.12		1.61
	K_c	9.40	8.20	2.25	2.24	1.62	1.61
1.10	K_{∞}				1.05		1.50
	K_c	8.80	7.60	2.11	2.10	1.51	1.50
1.14	K_{∞}				0.95		1.39
	K_c	7.20	6.50	1.91	1.90	1.40	1.39
1.15	K_{∞}				0.90		1.33
	K_c	6.50	5.70	1.80	1.79	1.34	1.33
1.17	K_{∞}				0.77		1.19
	K_c	5.30	4.98	1.54	1.53	1.20	1.19

注: 容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_1}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

表 B.14 高倍率 40Ah 及以上碱性镉镍蓄电池 (单体 1.2V) 的容量选择系数表

放电终止电压 V	容量系数和 容量换算系数	不同放电时间 t (h/min) 的 K_{∞} 及 K_c 值					
		30s	1min	29min	0.5h	59min	1.0h
1.00	K_{∞}				1.32		1.84
	K_c	10.5	9.80	2.65	2.64	1.85	1.84
1.05	K_{∞}				1.18		1.70
	K_c	9.80	9.00	2.37	2.36	1.71	1.70
1.07	K_{∞}				1.13		1.60
	K_c	9.20	8.10	2.26	2.25	1.61	1.60
1.10	K_{∞}				1.03		1.49
	K_c	8.50	7.30	2.06	2.05	1.50	1.49
1.14	K_{∞}				0.95		1.37
	K_c	7.00	6.40	1.91	1.90	1.38	1.37
1.15	K_{∞}				0.90		1.32
	K_c	6.20	5.80	1.81	1.80	1.33	1.32
1.17	K_{∞}				0.84		1.20
	K_c	5.60	5.20	1.69	1.68	1.21	1.20

注: 容量系数 $K_{\infty} = \frac{C_1}{C_{10}} = K_c \cdot t$ (t —放电时间, h); 容量换算系数 $K_c = \frac{I_1}{C_{10}} (1/h) = \frac{K_{\infty}}{t}$ (t —放电时间, h)

附录 C
(资料性附录)
充电装置及整流模块选择

C.1 充电装置选择

C.1.1 充电装置额定电流选择

1 满足浮充电要求

铅酸蓄电池： $I_t=0.01I_{10}+I_g$

镉镍碱性蓄电池： $I_t=0.01I_5+I_g$

2 满足初充电要求

铅酸蓄电池： $I_t=1.0I_{10}\sim 1.25I_{10}$

镉镍碱性蓄电池： $I_t=1.0I_5\sim 1.25I_5$

3 满足均衡充电要求

铅酸蓄电池： $I_t=(1.0I_{10}\sim 1.25I_{10})+I_g$

镉镍碱性蓄电池： $I_t=(1.0I_5\sim 1.25I_5)+I_g$

当均衡充电的蓄电池组不与直流母线连接时， $I_g=0$ 。
式中：

I_t ——充电装置额定电流，A；

I_g ——直流系统的经常负荷电流，A；

I_{10} ——铅酸蓄电池 10h 放电率电流，A；

I_5 ——镉镍碱性蓄电池 5h 放电率电流，A。

C.1.2 充电装置输出电压选择

$$U_t=nU_{em}$$

式中：

U_t ——充电装置的额定电压，V；

n ——蓄电池组单体个数；

U_{em} ——充电末期单体蓄电池电压，V（防酸式铅酸蓄电池

为 2.70V，阀控式铅酸蓄电池为 2.40V，镉镍碱性
蓄电池为 1.70V)。
C.1.3 充电装置回路设备选择
充电装置回路设备选择见表 C.1：

表 C.1 充电装置回路设备选择表 A

充电装置额定 电流	20	25	31.5	40	50	63	80
熔断器及刀开关 额定电流	63						100
直流断路器 额定电流	32		63				100
电流表测量 范围	0~30		0~50		0~80		0~100
充电装置 额定电流	100	125	160	200	250	315	400
熔断器及刀开关 额定电流	160		200	300	400	630	
直流断路器 额定电流	225						400
电流表测量 范围	0~150	0~200	0~300	0~400	0~500	630	

C.2 高频开关电源整流装置选择

C.2.1 高频开关电源模块配置和数量选择

1 方式 1：每组蓄电池配置一组高频开关电源模块，其模块选择方法如下

$$n=n_1+n_2$$

基本模块的数量：

铅酸蓄电池：
$$n_1=\frac{1.0I_{10}\sim 1.25I_{10}}{I_{ms}}+I_g$$

镉镍碱性蓄电池: $n_1 = \frac{1.0I_5 + 1.25I_5}{I_{me}} + \frac{I_p}{I_{me}}$

附加模块的数量

$n_2 = 1$ (当 $n_1 \leq 6$ 时);

$n_2 = 2$ (当 $n_1 \geq 7$ 时)。

式中:

I_{10} ——铅酸蓄电池 10h 放电率电流, A;

I_5 ——镉镍碱性蓄电池 5h 放电率电流, A;

I_p ——经常负荷电流, A;

I_{me} ——单个模块额定电流, A;

n ——高频开关电源模块选择的数量, 当模块选择数量不为整数时, 可取邻近值, 但模块数量宜 ≥ 3 。

2 方式 2: 一组蓄电池配置二组高频开关电源模块或二组蓄电池配置三组高频开关电源模块, 其模块选择方法如下

铅酸蓄电池: $n = \frac{I_{10}}{I_{me}}$

镉镍碱性蓄电池: $n = \frac{I_5}{I_{me}}$

附录 D
(资料性附录)
电缆截面选择

D.1 计算公式

电缆截面应按电缆长期允许载流量和回路允许电压降两个条件选择。其计算公式如下:

按电缆长期允许载流量: $I_{pe} \geq I_{ca}$

按回路允许电压降: $S_{ca} = \frac{\rho \cdot 2LI_{ca}}{\Delta U_p}$

式中:

I_{pe} ——电缆允许载流量, A;

I_{ca} ——计算电流, A (见表 D.1, 取 I_{ca1} 和 I_{ca2} 中的大者);

I_{ca1} ——回路长期工作计算电流, A;

I_{ca2} ——回路短时工作计算电流, A;

S_{ca} ——电缆计算截面, mm²;

ρ ——电阻系数, 铜导体 $\rho = 0.0184 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 铝导体 $\rho = 0.031 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

L ——电缆长度, m;

ΔU_p ——回路允许电压降, V (见表 D.2)。

D.2 计算参数

表 D.1 直流系统不同回路的计算电流 I_{ca}

回路名称	回路计算电流和计算公式	备注
蓄电池回路	$I_{ca1} = I_{ca2}$ $I_{ca} = I_{ca1}$	I_{ca1} ——蓄电池 1h 放电率电流 I_{ca2} ——事故初期 (1min) 冲击放电电流

表 D.1 (续)

回路名称	回路计算电流和计算公式	备 注
充电装置输出回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	I_{ao} ——充电装置额定电流
直流电动机回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$ $I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=K_{\text{ao}} \cdot I_{\text{ao}}$ $I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	K_{ao} ——电动机启动电流系数 2.0 I_{ao} ——电动机启动电流 I_{ao} ——电动机额定电流
直流电动机合闸回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	I_{ao} ——合闸线圈合闸电流
交流不停电电源输入回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}/\eta$	I_{ao} ——装置的额定功率/直流系统标称电压 η ——装置的效率
事故照明回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	I_{ao} ——照明线计算电流
控制、保护和信号回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$ $I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$ $I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	I_{ao} ——控制线计算电流 I_{ao} ——保护线计算电流 I_{ao} ——信号线计算电流
直流分电柜回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}$	I_{ao} ——直流分电柜计算电流
DC/DC 变换器输入回路	$I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}=I_{\text{ao}}/\eta$	I_{ao} ——变换器的额定功率/直流系统标称电压 η ——变换器的效率

表 D.2 直流系统不同回路允许电压降 (ΔU_p) 计算公式

回路名称	允许电压降 ΔU_p (V)		备 注
	电压控制法	阶梯计算法	
蓄电池回路	$\Delta U_p \geq 1\% U_n$	$\Delta U_p \leq 1\% U_n$	U_n ——直流系统标称电压 U_{bo} ——蓄电池放电末期电压 (1min) 端电压
直流分电柜回路	$\Delta U_p \geq 1\% U_n$	$\Delta U_p = 0.5\% U_n \sim 1\% U_n$	U_{bo} ——蓄电池放电末期或其 ——严重放电 (即最低电压) 阶段末期端电压
充电器输出回路	$\Delta U_p \geq 2\% U_n$	$\Delta U_p = 1.5\% U_n \sim 2\% U_n$	U_{bo} ——蓄电池放电末期或其 ——严重放电 (即最低电压) 阶段末期端电压
直流负荷回路	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_1 U_n$ (计算电流取 I_{ao}) $\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_1 U_n$ (计算电流取 I_{ao})	$\Delta U_p = 2.5\% U_n$ (计算电流取 I_{ao})	K_1 ——电动机启动电压系数, 取 $K_1=0.85$ K_2 ——电磁机构合闸电压系数, 取 $K_2=0.85$ K_3 ——装置允许最低工作电压系数 $K_3=0.80$
	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_2 U_n$	$\Delta U_p = 2.5\% U_n$	
	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_3 U_n$	$\Delta U_p = 3\% U_n \sim 5\% U_n$	

表 D.2 (续)

回路名称	允许电压降 ΔU_p (V)		备 注
	电压控制法	阶梯计算法	
事故照明回路	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_3 U_n$	$\Delta U_p = 1.5\% U_n \sim 2\% U_n$	
控制、保护和信号回路	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_2 U_n$	$\Delta U_p = 9\% U_n$	
DC/DC 变换器回路	$\Delta U_p = U_{\text{bo}} - K_3 U_n$	$\Delta U_p = 0.5\% U_n \sim 1\% U_n$	

注 1: 对电压控制法, 不同回路允许电压降 (ΔU_p) 应根据蓄电池容量选择中电压水平计算的结果来确定, 一般均不小于阶梯计算法所致数值。
注 2: 计算电磁机构合闸回路电压降, 应保证最远一台断路器可靠合闸。在环形网络供电时, 应按任一侧电源断开的最不利条件计算。
注 3: 对环形网络供电的控制、保护和信号回路的电压降, 应按直连柜至环形网络最远断开点的回路计算。

附录 E (资料性附录)

直流断路器选择

E.1 断路器的额定电压

额定电压应大于或等于回路的最高工作电压。

E.2 断路器的额定短路分断电流

额定分断电流应大于通过直流断路器的最大短路电流。

E.3 断路器的额定电流

E.3.1 充电装置输出回路

断路器额定电流按充电装置额定输出电流选择, 即

$$I_n \geq K_K I_m$$

式中:

I_m ——充电装置额定输出电流, A;

K_K ——可靠系数, 取 1.2。

E.3.2 直流电动机回路

$$I_n \geq I_{DM}$$

式中:

I_n ——直流断路器额定电流, A;

I_{DM} ——电动机额定电流, A。

E.3.3 断路器电磁操动机机构的合闸回路

$$I_n \geq K_{cl} I_{cl}$$

式中:

I_n ——直流断路器额定电流, A;

K_{cl} ——配合系数, 取 0.3;

I_{cl} ——断路器电磁操动机机构合闸电流, A。

E.3.4 控制、保护、信号回路

$$I_n \geq K_c (I_{cc} + I_{cp} + I_{cs})$$

式中:

I_n ——直流断路器额定电流, A;

K_c ——同时系数, 取 0.8;

I_{cc} ——控制负荷计算电流, A;

I_{cp} ——保护负荷计算电流, A;

I_{cs} ——信号负荷计算电流, A。

E.3.5 直流分电柜电源回路

1 断路器额定电流按直流分电柜上全部用电回路的计算电流之和选择, 即

$$I_n \geq K_{\Sigma} (I_{cc} + I_{cp} + I_{cs})$$

式中:

I_{cc} ——控制负荷计算电流, A;

I_{cp} ——保护负荷计算电流, A;

I_{cs} ——信号负荷计算电流, A;

K_{Σ} ——同时系数, 取 0.8。

2 为保证保护动作选择性的要求, 断路器的额定电流还应大于直流分电柜馈线断路器的额定电流, 它们之间的电流级差不宜小于 4 级。

E.3.6 蓄电池组出口回路

1 断路器额定电流按蓄电池的 1h 放电率电流选择, 即

$$I_n \geq I_{1h}$$

式中:

I_{1h} ——蓄电池 1h 放电率电流, A, 铅酸蓄电池可取 $5.5I_{10}$, 中倍率镉镍碱性蓄电池可取 $7.0I_5$, 高倍率镉镍碱性蓄电池可取 $20.0I_5$;

I_{10} ——铅酸蓄电池 10h 放电率电流, A;

I_5 ——镉镍碱性蓄电池 5h 放电率电流, A。

- 按保护动作选择性条件, 即额定电流应大于直流馈线中断路器额定电流最大的一台来选择, 即

$$I_n > K_{cl} I_{n, \max}$$

式中:

$I_{n, \max}$ ——直流馈线中直流断路器最大的额定电流, A;

K_{cl} ——配合系数, 一般可取 2.0, 必要时取 3.0。

取以上二种情况中电流最大者为断路器额定电流, 并应满足蓄电池出口回路短路时灵敏系数的要求。同时还应按事故初期 ($t_{\min}$) 冲击放电电流校验保护动作时间。

E.4 直流断路器的保护整定

E.4.1 过负荷长延时保护 (脱扣器)

- 按断路器的额定电流整定

$$I_{02} \geq K_K I_n$$

- 根据下一级断路器的额定电流进行整定

$$I_{01} \geq K_{cl} I_{02}$$

$$I_1 > I_2$$

式中:

I_{02} ——保护 (脱扣器) 动作电流, A;

K_K ——可靠系数, 取 1.05;

I_n ——断路器额定电流, A;

K_{cl} ——上、下级断路器保护 (脱扣器) 配合系数, 取 $K_{cl} \geq 1.6$;

I_{01} , I_{02} ——上、下级断路器额定电流, A;

I_1 , I_2 ——上、下级断路器在相同电流作用下的保护动作时间。

原则上应选择微型、塑壳式、框架式等不同系列的直流断路

器, 额定电流应从小到大, 它们之间的电流级差不宜小于 4 级。

E.4.2 短路瞬时保护 (脱扣器)

- 按断路器额定电流倍数整定

$$I_{02} \geq K_L I_n$$

- 按下一级断路器短路瞬时保护 (脱扣器) 电流配合整定

$$I_{021} \geq K_{cl} I_{022}$$

式中:

I_{02} ——保护 (脱扣器) 动作电流, A;

K_L ——额定电流倍数, 一般取 10;

I_n ——断路器额定电流, A;

K_{cl} ——上、下级断路器瞬时保护 (脱扣器) 配合系数,

取 $K_{cl} \geq 4.0$;

I_{021} , I_{022} ——上、下级断路器瞬时保护 (脱扣器) 动作电流, A。

当配合系数不满足要求时, 可提高上级断路器额定电流, 以提高断路器瞬时保护 (脱扣器) 动作电流。但应进行灵敏系数计算, 防止断路器拒动。

当直流断路器具有限流功能时, 上式可写为

$$I_{021} \geq K_{cl} I_{022} / K_{XL}$$

式中:

K_{XL} ——限流系数, 其数值应由产品厂家提供, 一般可取 0.60~0.80。

- 根据附录 G.1 计算各断路器安装处短路电流, 校验各级断路器的动作情况

$$I_{0K} = n U_0 / [\ln(r_0 + r) + \Sigma r_j + \Sigma r_k]$$

$$K_L = I_{0K} / I_{02}$$

式中:

I_{0K} ——断路器安装处短路电流, A;

n ——蓄电池组单体个数;

U_0 —— 蓄电池开路电压, V;

r_b —— 蓄电池内阻, Ω ;

r_l —— 蓄电池间连接条或导体电阻, Ω ;

Σr_j —— 蓄电池组至断路器安装处连接电缆或导体电阻之和, Ω ;

Σr_k —— 相关断路器触头电阻之和, Ω ;

K_L —— 灵敏系数, 应不低于 1.25;

I_{dz} —— 断路器瞬时保护 (脱扣器) 动作电流, A。

E.4.3 短路短延时保护 (脱扣器)

1 当上、下级断路器安装处较近, 短路电流相差不大, 引起短路瞬时保护 (脱扣器) 误动作时, 应选用短路短延时保护 (脱扣器)。

2 短路短延时保护 (脱扣器) 整定电流按 E.4.2 计算。

3 各级短路短延时保护 (脱扣器) 的时间级差应在保证选择性要求下, 根据产品允许级差, 选择其最小值。

表 E.1 G 系列直流断路器内阻参考值表

GMB20 和 GMB32		GMB100		GMB225	
额定电流 A	单极内阻 m Ω	额定电流 A	单极内阻 m Ω	额定电流 A	单极内阻 m Ω
3	175	10	13	100	0.85
6	37	16	12.4	125	0.64
10	18	20	6.3	140	0.506
16	6.8	32	2.5	160	0.48
20	5.3	40	2.0	180	0.412
25	3.85	50	1.8	200	0.367
32	2.56	63	1.74	225	0.34
		80	0.96		
		100	0.96		

表 E.1 (续)

GMB400		GMB600		GMB1250	
额定电流 A	单极内阻 m Ω	额定电流 A	单极内阻 m Ω	额定电流 A	单极内阻 m Ω
250	0.285	400	0.176	800	0.095
315	0.241	500	0.16	1000	0.09
350	0.213	630	0.115	1250	0.085
400	0.185	700	0.105		
		800	0.1	GW3B-2000	0.03

表 E.2 单芯 (铜) 电缆直流电阻参考值表 (20℃)

标称截面 mm ²	16	25	35	50	70	95	120
内阻 m Ω /m	1.15	0.727	0.524	0.387	0.268	0.193	0.153
标称截面 mm ²	150	185	240	300	400	500	630
内阻 m Ω /m	0.124	0.099	0.075	0.060	0.047	0.037	0.028

表 E.3 连接导线 (铜) 内阻参考值表

导线截面 mm ²	1.5	2.5	4.0	6.0	10	16	25
内阻 m Ω /m	12	7.2	4.5	3.0	1.8	1.125	0.72
导线截面 mm ²	35	50	70	95	120	150	185
内阻 m Ω /m	0.514	0.36	0.257	0.189	0.15	0.12	0.097

附录 F
(资料性附录)
蓄电池回路设备及直流柜主母线选择

F.1 防酸式和阀控式密封铅酸蓄电池回路设备选择

表 F.1 防酸式和阀控式密封铅酸蓄电池回路设备选择

蓄电池容量 Ah	100	200	300	400	500	600
回路电流 A	55	110	165	220	275	330
熔断器及刀开关 额定电流 A	100	200	315		400	500
直流断路器额定电流 A	100	160	200	250	315	400
电流测量范围 A	±100	±200		±300	±400	
放电试验回路电流 A	10	20	30	40	50	60
主母线铜导体截面 mm ²	50×4			60×6		
蓄电池容量 Ah	800	1000	1200	1400	1600	1800
回路电流 A	440	550	660	770	880	990
熔断器及刀开关 额定电流 A	630		800		1000	1250
直流断路器额定电流 A	500	630	800		1000	
电流测量范围 A	±600	±800		±1000		±1250
放电试验回路电流 A	80	100	120	140	160	180

表 F.1 (续)

主母线铜导体截面 mm ²	60×6						80×8		
蓄电池容量 Ah	2000	2200	2400	2500	2600	3000			
回路电流 A	1100	1210	1320	1375	1430	1650			
熔断器及刀开关 额定电流 A	1250		1600				2000		
直流断路器额定电流 A	1250		1600				2000		
电流测量范围 A	±1500			±2000					
放电试验回路电流 A	200	220	240	250	260	300			
主母线铜导体截面 mm ²	80×8						80×10		

注：容量为100Ah 以下的蓄电池，其母线最小截面不宜小于30mm×4mm。

注：容量为 100Ah 以下的蓄电池，其母线最小截面不宜小于 30mm×4mm。

F.2 镍镉碱性蓄电池回路设备选择

表 F.2 镍镉碱性蓄电池回路设备选择

蓄电池容量 Ah	10	20	30	50	60	80	100
回路电流 A	7	14	21	35	42	56	70
熔断器及刀开关 额定电流 A	63						100
直流断路器额定电流 A	32		63				100
电流测量范围 A	±20		±40		±50	±100	
放电试验回路电流 A	2	4	6	10	12	16	20
主母线铜导体截面 mm ²	30×4						50×4

附录 G
(资料性附录)

蓄电池短路电流计算及其参考数值表

G.1 蓄电池短路电流计算

测试蓄电池内阻的方法，有两种：一次放电法和两次放电法。

1 一次放电法

将蓄电池充满电，静置 8h 以上，待电压稳定后，测量其开路电压 U_0 ，再以电流 $I=10I_{10} \sim 15I_{10}$ (A) 的大电流冲击放电，同时由示波器录制波形，然后测定 $I=0.02$ 、0.2、0.5 和 1.0s 时的冲击放电电流 I_1 和冲击放电电压 U_1 ，则蓄电池内阻为

$$r_b = \frac{U_0 - U_1}{I_1}$$

在蓄电池引出端子上短路，则蓄电池的短路电流

$$I_{sk} = \frac{U_0}{r_b + r_1}$$

如果在蓄电池组连接的直流母线上短路，则短路电流

$$I_k = \frac{nU_0}{n(r_b + r_1) + r_j}$$

式中：

r_1 ——蓄电池连接条的电阻；

n ——蓄电池个数；

r_j ——蓄电池组端子到直流母线的连接电缆或导线电阻。

2 两次放电法

对充足电的蓄电池，首先以电流 $I_1=4.0I_{10} \sim 6.0I_{10}$ (A) 放电 20s 后，测定电压 U_1 (见附图 G.1)。放电时间不超过 25s，立即断开短接回路，静置 2min $\sim$ 5min，不再充电。然后再以 $I_2=20I_{10} \sim$

$40I_{10}$ 的电流放电 5s 后，测定电压 U_2 ，则蓄电池的内阻

$$r_b = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

由图可知

$$\frac{I_{sk} - I_1}{I_1} = \frac{I_2 - I_1}{U_1 - U_2}$$

进而求出蓄电池端子上短路时，流过蓄电池的短路电流

$$I_{sk} = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{U_1 - U_2}$$

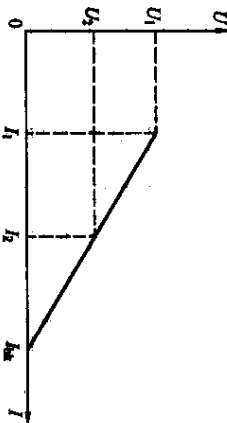


图 G.1 放电特性曲线

G.2 蓄电池内阻及出口短路电流参考数值表

表 G.1 阀控式密封铅酸蓄电池内阻及出口短路电流值

蓄电池容量 Ah	内阻及短 路电流值	2.17V 开路电压下不同时间短路电流			
		0.02s	0.2s	0.5s	1.0s
100	电阻 mΩ	1.98	2.16	2.24	2.31
	短路电流 A	1096	1005	960	939
200	电阻 mΩ	1.01	1.10	1.14	1.18
	短路电流 A	2149	1973	1904	1839

表 G.1 (续)

蓄电池容量 Ah	内阻及短 路电流值	2.17V 开路电压下不同时间短路电流 A			
		0.02s	0.2s	0.5s	1.0s
		电阻 mΩ	电阻 mΩ	电阻 mΩ	电阻 mΩ
300	短路电流 A	0.70	0.75	0.77	0.80
	短路电流 A	3100	2893	2806	2713
400	电阻 mΩ	0.53	0.57	0.59	0.61
	短路电流 A	4096	3807	3768	3557
500	电阻 mΩ	0.43	0.46	0.48	0.49
	短路电流 A	5047	4717	4521	4429
600	电阻 mΩ	0.358	0.396	0.406	0.416
	短路电流 A	6062	5480	5345	5216
800	电阻 mΩ	0.311	0.325	0.345	0.357
	短路电流 A	6977	6677	6290	6078
1000	电阻 mΩ	0.256	0.267	0.282	0.292
	短路电流 A	8477	8127	7695	7432
1100	电阻 mΩ	0.236	0.245	0.259	0.268
	短路电流 A	9195	8857	8378	8097
1200	电阻 mΩ	0.198	0.208	0.221	0.229
	短路电流 A	10960	10433	9819	9476
1500	电阻 mΩ	0.157	0.163	0.175	0.181
	短路电流 A	14151	13287	12423	11967

表 G.1 (续)

蓄电池容量 Ah	内阻及短 路电流值	2.17V 开路电压下不同时间短路电流 A			
		0.02s	0.2s	0.5s	1.0s
		电阻 mΩ	电阻 mΩ	电阻 mΩ	电阻 mΩ
1800	短路电流 A	0.138	0.145	0.153	0.159
	短路电流 A	15725	14966	14183	13648
2000	电阻 mΩ	0.128	0.134	0.141	0.146
	短路电流 A	16954	16254	15380	14864
2200	电阻 mΩ	0.118	0.123	0.130	0.134
	短路电流 A	18390	17642	16682	16194
2500	电阻 mΩ	0.100	0.104	0.111	0.115
	短路电流 A	21684	20677	19655	18945
3000	电阻 mΩ	0.085	0.089	0.094	0.097
	短路电流 A	25529	24384	23065	22371

表 G.2 防酸式铅酸蓄电池内阻及出口短路电流值

GF、GM 系列				GRD 系列			
蓄电池 容量 Ah	一片正 极板容量 Ah	蓄电池 内阻 mΩ	短路 电流 kA	蓄电池 容量 Ah	一片正 极板容量 Ah	蓄电池 内阻 mΩ	短路 直流 A
		800	7.298	600	100	0.387	5.375
800		0.285	9.122	800		0.290	7.172
1000		0.228	10.947	1000		0.232	8.966
1200		0.190	12.760	1200		0.193	10.777
1400		0.163	14.545	1500		0.200	10.400
1600		0.143	16.378	1878		0.160	13.000
1800		0.127	18.246	2000		0.180	13.867
2000		0.114					

表 G.2 (续)

GR、GM 系列				GFD 系列			
蓄电池容量 Ah	一片正 极板容量 Ah	蓄电池 内阻 mΩ	短路 电流 kA	蓄电池容量 Ah	一片正 极板容量 Ah	蓄电池 内阻 mΩ	短路 直流 A
2400	125	0.121	17.190	2500	125	0.120	15.600
2600		0.112	18.570	3000		0.100	20.800
2800		0.104	20.000				
3000		0.097	21.440				

表 G.3 镍镉碱性蓄电池的一般性能

项目名称	开启式				密封式
	袋式		高倍率		
	低倍率	中倍率			
额定容量 Ah					
-18℃时的放电容量 (Ah) %	≥50	≥60	≥70	≥70	≥70
电压	额定电压 V	1.20			
	浮充电压 V	1.47~1.50	1.42~1.45	1.38±0.02	
	均衡充电电压 V	1.52~1.55		1.47~1.48	
放电时间	内阻 mΩ	0.15~0.20	~0.10	0.03~0.06	0.03~0.04
	0.20C ₅ (A) —1.00 (V)	4h~5min			
	1.0C ₅ (A) —0.90 (V)		50min	60min	60min
	5.0C ₅ (A) —0.80 (V)			4min	8min
	10C ₅ (A) —0.80 (V)				2min
自放电 (28 昼夜) %	≤20	≤20	≤30	≤35	
使用寿命	循环 (次)	>900	>900	>500	>400
	浮充运行 (年)	>20	>20	>15	>5
短路电流		15.3A/Ah	58A/Ah		

附录 H
(规范性附录)
本规程用词说明

- H.1 表示很严格，非这样做不可的用词
- 正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
- H.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词
- 正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
- H.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词
- 正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。
- H.4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词
- 采用“可”。

电力工程直流系统设计 技 术 规 程

条 文 说 明

目 次

前言	92	7.8 降压装置	109
1 范围	93	7.9 直流柜	110
2 规范性引用文件	94	7.10 直流电源成套装置	110
3 术语	95	8 设备布置	111
4 系统接线	96	8.1 直流柜的布置	111
4.1 直流电源	96	8.2 阀控式密封铅酸蓄电池组的布置	111
4.2 系统电压	97	8.3 防酸式铅酸蓄电池组和隔爆碱性蓄电池组的布置	111
4.3 蓄电池组	98	9 专用蓄电池室对相关专业的要求	113
4.4 充电装置	99	9.1 专用蓄电池室对相关专业的技术要求	113
4.5 接线方式	100	9.2 阀控式密封铅酸蓄电池组对相关专业的要求	113
4.6 网络设计	101		
5 直流负荷	102		
5.1 直流负荷分类	102		
5.2 直流负荷统计	102		
6 保护和监控	105		
6.1 保护	105		
6.2 测量	105		
6.4 自动化要求	105		
7 设备选择	106		
7.1 蓄电池组	106		
7.3 电缆	107		
7.4 蓄电池试验放电装置	108		
7.5 直流断路器	108		
7.6 熔断器	109		
7.7 刀开关	109		
90			

前 言

1 范 围

本规程是根据原国家经济贸易委员会电力司国经贸电力[2002] 973 号文《关于下达 2002 年度电力行业标准制定和修订计划的通知》中制定《电力工程直流系统设计技术规程》的任务而编制的。

本次修订工作以原中华人民共和国电力工业部电技[1995] 506 号文发布实施的 DL/T 5044—1995《火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定》为原本,同时参照中华人民共和国国家经济贸易委员会国经贸电力[2000] 1048 号文批准实施的 DL/T 5120—2000《小型电力工程直流系统设计规程》。在编制过程中,得到华北电力集团公司、北京供电局、河北电力局、北京人民电器厂、江苏双登电源集团、北京长河机电有限公司和沈阳蓄电池厂的大力支持和协助,对于直流断路器和阀控式密封铅酸蓄电池应用曲线及其容量选择系数等提供了有关数据。

为了便于设计、施工、运行、科研和教学等有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文的规定,将有关条文的来源依据以及条文作了必要解释和说明。

本规程的适用范围范围包含了不同容量火力发电厂、各级电压变电所和直流输电换流站。对于安全要求特别高的核能电厂和目前没有实践经验的 750kV 变电所可参照执行。

由于 DL/T 5120—2000, 已对阀控式密封铅酸蓄电池和高频开关电源装置等新技术有相应条文,其主要内容与本规程相一致,因此,可以继续使用,而本规程根据近二年来技术的发展,某些条文有更明确的规定,因此,当二者出现不一致时,应以本规程为准。

2 规范性引用文件

根据现行的国家和行业有关标准开列。

3 术 语

列出本标准中主要的术语。

4 系 统 接 线

4.1 直 流 电 源

4.1.2 直流电源有蓄电池组、复式整流装置和电容储能装置等方式,通过多年实践证明,蓄电池组是独立于交流电源系统的电源,是保证发电厂和变电所安全、可靠和稳定运行所必需的,具有其他方式不能比拟的优势,故规定采用蓄电池组作为直流电源。

目前,国内外直流系统的标称电压多为 220V 和 110V,也有采用 48V 的,其电源多由独立的蓄电池组供电。但是,对于 48V 的直流系统,有的发电厂、变电所和直流输电换流站,为了简化接线、减少蓄电池组数,则由 220V 或 110V 直流系统通过直流电源变换器(DC/DC 变换器)供电。随着监控系统采用计算机和网络技术的发展,其电压为 48V、24V 和 12V 等,故规定可采用直流电源变换器(DC/DC 变换器)供电。

4.1.3 供电距离较远的辅助车间,如江岸水泵房、灰渣系统泵房等,对控制、保护电源的可靠性要求较高,需要采用直流电源,但是,它距离主厂房较远,由电厂控制室内的直流系统供电,电缆很长、投资较大,而且将影响整个直流系统的可靠性,故宜设独立的直流系统。该系统可采用直流电源成套装置。

4.1.6 铅酸蓄电池不设端电池是合理的。因为,只要设计中选取适当的电池个数,均衡充电时设定合适的电压值,直流母线电压是不会超过最高允许值,事故放电末期也不会低于最低允许值。当然,如果只有一组蓄电池,又要进行核对性放电,则只能采用一组临时的蓄电池代替。镉镍碱性蓄电池,由于单体电池电压为 1.20V,正常浮充电电压较高,而放电时电压下降幅度较大,

终止电压又低,无降压装置不能保证直流母线电压在允许范围之内,所以,镉镍碱性蓄电池应保留端电池和降压装置。

4.2 系 统 电 压

4.2.1 直流系统标称电压的确定

1 对于控制负荷,一般电流较小,宜采用 110V。特别是中、小型变电所,无电动机负荷,目前断路器均采用液压或弹簧操动机构,合闸电流只有 2A~5A,供电距离较短,主要是控制负荷,更有条件采用 110V。

2 动力负荷的功率一般较大,供电距离较长,采用 110V 电压时,电缆截面较大,投资增加,通过技术经济比较,采用 220V 电压较好。

3 有些工程的配电装置规模较大,距离控制室又远,控制负荷如采用 110V 电压,控制电缆的截面虽然选择很大,往往还不能满足要求,因此,可以采用 220V 电压,同时向控制负荷和动力负荷供电;反之,可采用 110V 电压。

4 弱电控制和弱电信号接线系统,如微机监控系统和微机保护装置等,一般都是功率小,电流也小,所以,宜采用 48V 及以下电压。

4.2.2 在正常运行情况下,直流母线电压高于直流系统标称电压 5%,允许向直流负荷供电时有 5% 的电缆电压降,以保证供电的电压水平。

4.2.3 在均衡充电运行情况下,直流母线电压主要是保证用电设备对电压水平的要求:

1 控制负荷主要是控制、信号和继电保护装置等,它们正常允许的最高电压,一般都不能超过设备额定电压的 110%。

2 动力负荷主要是直流电动机、断路器合闸机构和交流不停电电源装置等,它们在电厂正常运行时一般均不投入使用,但是,当投入时则电流很大,为保证电缆电压降,所以,允许将最高电

压提高到 112.5%，同时也不会对本身设备造成损坏。

3 控制负荷和动力负荷合并供电时，允许最高电压不能超过 110%，而不是 112.5%，显然，这是首先要满足控制负荷的要求。

4.2.4 在事故放电情况下，蓄电池组出口端电压应满足的要求。此处特别指定“蓄电池组出口端电压”，而不是“直流母线电压”，主要是为了计算方便，如果用“直流母线电压”，则需要减去从蓄电池组出口端至直流柜上直流母线间的电缆电压降，计算比较麻烦。此外，这段电压降，往往容易被忽略，造成设计中的安全隐患。

4.3 蓄 电 池 组

4.3.1 蓄电池型式

铅酸蓄电池具有可靠性高、容量大和承受一定的冲击负荷等优点，故发电厂和变电所广泛采用。铅酸蓄电池主要分防酸式和阀控式两类。防酸式铅酸蓄电池国内外使用历史长，比较成熟，运行中可以加液且便于监视，寿命较长，价格较低，故推荐在大、中型发电厂、220kV 及以上变电所和直流输电换流站采用。但它存在体积大，运行中产生氢气，伴随着酸雾，对环境带来污染，维护复杂等缺点。近十年来，国内外制造的阀控式密封铅酸蓄电池，克服了一般防酸式铅酸蓄电池的缺点，它的放电性能好、技术指标先进和少维护等优点突出，在变电所和中、小型发电厂逐步取代防酸式铅酸蓄电池。多年运行经验证明，它能保证直流系统的安全和可靠运行。

碱性镉镍蓄电池，具有放电倍率高、安装方便和使用寿命长等优点，故推荐在小型发电厂和 110kV 变电所使用。但是，它的单体电池电压低，使电池数量增加，需要设调压装置以及有爬碱等缺点。

总之，各种类型的蓄电池，均有各自的优点和缺点，工程设计

计时，应结合实际情况和需要加以选用。

4.3.2 蓄电池组数

发电厂装设蓄电池组数与 DL5000 中的规定基本相同，本条文增加以下内容：

1 对重要的 110kV 变电所及 220kV 及以上的变电所，为提高供电可靠性，可装设 2 组蓄电池。目前，国内很多重要的 110kV 变电所都装设 2 组蓄电池。220kV 变电所的 SF₆ 断路器，都有两个跳闸线圈，220kV 变压器和线路的继电保护装置多为双重化，为适应这种情况，提高电力系统的可靠性，装设 2 组蓄电池是必要的。

2 直流输电换流站，公用的站用蓄电池组装设 2 组，整流器每极也装设 2 组蓄电池。据调查，目前运行的和正在建设的 500kV 换流站，为保证安全和可靠运行，都是按这一原则配置。

3 对 220kV 及以上的变电所和发电厂的网路控制系统，许多工程的继电保护和自动装置都下放分散布置在配电装置的继电器室内，为提高直流电源的可靠性和缩短电缆长度，其蓄电池组也可分散布置在该继电器室内。

4 近年来，小型热电厂和垃圾电厂等逐步增多，据调查，装机容量虽然较小，但其重要性及企业管理和自动化水平很高，装设的蓄电池组数不尽相同，故应根据工程的具体情况和工艺系统的要求确定。

5 当大型发电厂的蓄电池容量选择大于产品的容量时，例如 3000Ah，则允许装设 2 组 1500Ah 的蓄电池，俗称 2 组“半容量”，运行中为并联运行，即视为 1 组蓄电池。

4.4 充 电 装 置

4.4.1 充电装置的形式有高频开关和晶闸管两种。高频开关自 1992 年问世以来，国内已有几十家制造厂家生产，模块电流从 5A~40A，技术性能和指标先进，体积小、重量轻、效率高和使

用维护方便, 实践证明, 可靠性高、自动化水平高, 已得到广泛应用。晶闸管充电装置接线较简单, 输出功率较大, 价格也较便宜, 同时有较成熟的运行经验, 所以, 也同样得到广泛的应用。工程设计中可根据具体情况选用。

4.4.2 充电装置的配置

对于晶闸管充电装置, 原则上可配置 1 套备用充电装置, 即: 1 组蓄电池配置 2 套充电装置; 2 组蓄电池可配置 3 套。高频开关充电装置, 其可靠性相对较高, 整流模块可以更换, 且有冗余, 所以, 原则上不设整套装置的备用, 即: 1 组蓄电池配置 1 套充电装置; 2 组蓄电池配置 2 套充电装置。

4.5 接线方式

4.5.1 直流系统接线方式主要原则如下:

直流系统采用单母线或单母线分段接线, 不用双母线接线, 系统接线更加简单, 运行也更加可靠。1 组蓄电池可为单母线分段或单母线; 2 组蓄电池设两段母线, 正常独立运行, 母线之间装设有联络电器, 一般为刀开关, 必要时也可装设保护电器。

2 组蓄电池正常时应是并列运行, 考虑到定期充、放电试验要求, 为了转移直流负荷, 需要短时并联运行, 2 组蓄电池电压相差不大, 而且时间很短, 对蓄电池没有大的危害是允许的。

4.5.3 碱性镉镍蓄电池, 由于其标称电压为 1.20V, 根据 7.1 条原则选择的蓄电池组的个数, 无法同时满足在浮充电、事故放电末期和均衡充电等运行工况下, 直流母线电压均能在允许范围之内, 因此, 必须设计有降压装置, 对直流母线电压进行调整。其降压装置, 推荐接入蓄电池组与直流母线之间, 这样可以不设控制母线, 从而简化接线和提高可靠性。

4.5.4 每组蓄电池设有专用的试验放电回路, 蓄电池的试验放电设备, 经隔离和保护电器直接与蓄电池组出口回路并接, 主要为了试验时蓄电池组可以方便地退出, 简化操作步骤, 简化接线,

避免误操作, 同时不影响直流母线的运行, 提高了可靠性。由于蓄电池试验放电的次数不多, 为提高试验设备的利用率, 所以, 不宜固定连接, 便于多组蓄电池公用。

4.5.5 220V 和 110V 直流系统, 为提高运行的安全和可靠性, 避免因一极接地或绝缘降低时断开直流电源, 因此, 采用不接地系统。但是, 48V 及以下的直流系统, 当电子装置负荷需要时, 采用一极接地方式也是允许的。

4.6 网络设计

4.6.1 以往直流系统的供电多采用环形供电方式, 但它的网络接线较复杂, 容易造成供电回路的误并联, 不易查找接地故障等缺点。辐射供电方式的主要优点是: 网络接线简单、可靠, 易于查找接地故障点, 所以, 近年来多采用辐射供电方式。

4.6.3 设立直流分电柜, 主要是简化网络接线和节约电缆, 因此, 直流分电柜应设在负荷中心处。

4.6.4 直流分电柜电源进线侧宜装设隔离电器, 可采用刀开关, 主要供电电缆维护和试验用, 不应装设直流断路器以免增加一级保护, 造成上下级配合困难, 引起误动。

5 直 流 负 荷

5.1 直 流 负 荷 分 类

5.1.1 按功能分类

按控制负荷与动力负荷分类,是考虑不同负荷的要求,便于设计中选择直流系统电压和蓄电池的容量。

5.1.2 按性质分类

分经常性负荷与事故性负荷,便于设计中选择充电装置和蓄电池的容量。

5.2 直 流 负 荷 统 计

5.2.1 直流负荷统计

- 1) 当装设 2 组蓄电池时,因控制负荷属经常性负荷,为保证安全,可以允许切换到 1 组蓄电池运行,故应该统计全部负荷。发电厂的事故照明负荷因负荷较大且往往影响蓄电池容量的大小,故按 60%统计在每 1 组蓄电池上。但是,变电所和有保安电源的发电厂,事故照明由蓄电池供电的时间较短,为安全和简化事故照明切换接线,其每 1 组蓄电池可按 100%负荷统计。对于断路器电磁操动机机构的合闸冲击负荷,为保证安全和可靠运行,按随机负荷叠加在最严重的放电阶段,每 1 组蓄电池均应考虑。
- 2) 两个直流系统间的联络线,是为保证安全而设立的,仅是临时和紧急备用,故不应再统计对端的负荷。
- 3) 48V 直流系统的负荷,多为控制负荷,每组按全部负荷统计更能保证安全运行。

5.2.2 事故停电时间

- 1) 与电力系统连接的发电厂和有人值班变电所,在全厂(所)事故停电时,据调查 30min 左右即可恢复厂(所)用电,为了保证事故处理有充裕时间,计算蓄电池容量时应按 1h 的事故放电负荷计算。
- 2) 不与电力系统连接的孤立发电厂、直流输电换流站和无人值班变电所,考虑在事故停电时间内,很难立即处理恢复厂(所)用电,操作相对复杂以及维修人员前往变电所的路途时间可能超过 1h,故蓄电池的容量按事故停电 2h 的放电容量计算,其中无人值班变电所的事故照明负荷可按 1h,因为事故照明可采用维修人员到达现场手投方式。

5.2.3 直流负荷统计计算时间

- 1 所有控制负荷均是事故停电时间统计。
- 2 直流润滑油泵供电的计算时间,是根据汽轮发电机组惰走时间而决定的。据调查,不同容量汽轮发电机组惰走时间为:

12MW~25MW 机组	17min~24min
50MW~125MW 机组	18min~28min
200MW~300MW 机组	22min~29min
600MW 机组	80min~85min

所以,200MW 及以下机组按 0.5h 计算是可以满足要求的。对于大容量机组,虽然装设有保安电源,但是为保证安全和可靠,事故停电时间仍按 1.0h 和 1.5h 统计。

- 3 氢密封油泵的计算时间,是根据汽轮发电机组事故停机后检查或检修需要排氢时所需要的时间而决定的。据调查,200MW 及以下机组按 1.0h,大容量机组按 3.0h 统计可以满足要求。

- 4 交流不停电电源装置的负荷计算时间,对于小容量发电厂,因事故停电时间较短,大容量发电厂则装有保安电源,故取 0.5h;对于其他厂(所)按事故停电时间全过程使用的原则,以

提高安全可靠性, 取 1.0h 或 2.0h。

5 恢复供电时断路器电磁操动机机构合闸这种较大的冲击负荷, 可以发生在事故停电过程中的任何时间。按随机负荷考虑是合适的, 叠加在事故放电过程中的严重工况上, 而不固定在整个事故放电末期, 从偏于安全考虑, 合闸计算时间按 5s 计。

5.2.4 直流负荷统计时的负荷系数

1 控制负荷的负荷系数取 0.6, 实际就是同时系数。

2 断路器跳闸, 是指事故初期高、低压厂用备用电源自投失败后, 紧接着发生低电压保护动作, 使大量断路器跳闸, 这些负荷的动作时间可能有先后, 精确统计困难较大, 为了计算方便和偏于安全考虑, 故将这些负荷之和乘以 0.6 进行统计。

3 断路器自投是指厂(所)备用电源自动投入。此时, 实际动作的断路器, 其台数最多为 3 台, 一般为 2 台, 有时仅 1 台。对电磁操动机机构, 它们的额定合闸电流很大, 对蓄电池容量选择影响很大, 所以应当慎重考虑。其一: 因是电磁操动机机构, 多台合闸时不可能同时动作; 其二: 备用电源自投时, 蓄电池组的浮充电电源刚刚失去, 此时直流电压较高, 但在计算时是按“0”曲线, 即按失去浮充电电源后又静置 8h 以上考虑的, 有较大的裕度; 其三, 断路器的实际合闸电流比额定电流要小。综上所述, 负荷系数按经验数据可取 0.5。

4 恢复供电断路器合闸, 是指事故处理完毕, 为恢复供电进行的操作, 一般是较大的冲击负荷, 但是只考虑 1 台, 故负荷系数取 1.0。

5 直流润滑油泵和氢密封油泵, 选择电动机时, 一般电动机的电磁功率比油泵所需的轴功率大 15%~30%, 所以负荷系数可小于 1.0。

6 交流不停电电源装置, 据调查: 在实际运行中的负荷均很小, 但在设计时负荷统计又很大, 综合考虑装置裕度和实际运行负荷的同时率, 负荷系数可取 0.6。

6 保护和监控

6.1 保护

6.1.3 由于直流断路器动作比熔断器要快, 根据试验结果, 直流断路器装在熔断器的下一级时, 熔断器的额定电流为直流断路器额定电流的 2 倍及以上, 即可保证动作的选择性。

当熔断器熔断要快, 所以, 级差要求要大, 一般直流断路器动作比熔断器熔断要快, 所以, 级差要求要大, 一般直流断路器额定电流应为熔断器额定电流的 4 倍及以上, 即: 熔断器为 2A 时, 直流断路器应 8A 及以上。

6.2 测量

6.2.1 直流系统设有微机监控装置时, 直流柜上常测表计仅保留直流母线电压表, 以备监控装置故障时仍保留一个重要参数显示。

6.4 自动化要求

6.4.1 直流系统中按每组蓄电池设置一套微机监控装置, 而不是按充电装置为单位设置, 是为了方便运行和维护, 同时也可减少装置的切换, 因为, 当充电装置退出运行时, 监控装置仍需要工作。相反, 当蓄电池组退出运行时, 监控装置也可停止工作。

6.4.4 直流系统设有微机监控装置时, 各自动化装置包括充电装置, 不论它是否本身带有小型监控装置的报警信号及其他信息等, 均应先传至直流系统的监控装置, 然后通过通信接口传至上位机。这样可以减少通信接口, 同时也是统一对外。

7 设备选择

7.1 蓄 电 池 组

7.1.1 蓄电池个数

蓄电池个数是由单体电池正常浮充电电压值和直流母线电压确定。其中直流母线电压取 1.05 倍直流系统标称电压值，是考虑允许用电设备有 5% 的电缆压降，以保证正常运行时电压不低于额定值。

7.1.5 蓄电池容量选择条件

蓄电池容量应满足事故停电时间内全过程的放电容量的要求是基本要求。但是事故初期 (t_{min}) 冲击放电负荷可能很大，因有直流电动机的启动和各种断路器的跳、合闸以及各种装置投入时的冲击电流，往往也决定蓄电池容量的计算结果。事故持续放电时间内添加的冲击负荷按随机 (5s) 负荷统计，计算蓄电池容量时应添加在事故放电过程中最严重的放电阶段上，并不一定在整个事故放电末期，便于正确计算蓄电池容量。

在有条件时，应计算最严重的放电阶段的直流母线电压水平，以便合理选择各回路的电缆截面。

7.1.6 蓄电池容量选择计算

本规定中蓄电池容量选择计算方法，仍沿用 DL/T 5044 中推荐的方法，但做了如下几点调整：

- 1 电压控制法亦称容量换算算法：阶梯计算法亦称电流换算法。
- 2 电压控制法中取消了容量比例系数 (K_{α}) 和电流比例系数 (K_{β}) 两个概念词，以简化蓄电池厂家及设计计算的工作量，两种计算方法在系数选取时，可以共享一条曲线，即

106

容量系数 (K_{α}) = 容量换算系数 (K_c) $\times$ 放电时间 (h)
 3 电压控制法中在进行实际电压水平计算时，公式前有一个 1.10 的可靠系数，而不是取容量计算中的 1.40，其理由是：

- 1) 附录中所附蓄电池厂家的特性曲线及表格中的资料，均是实测值，它们全都大于 10h 的标称容量 C_{10} ，但在计算中我们仍取标称容量 C_{10} 。

- 2) 冲击放电曲线中，“0”曲线是在充足电，断开充电电源，再静置 8~15h 以后开始试验而制成的，实际情况多是在浮充电电源断开后即承受冲击，其曲线为“虚线”曲线，它在“0”曲线之上。

4 当有随机 (5s) 负荷 (指末期冲击负荷) 时，两种计算方法的计算结果可能不一致，因为，阶梯计算法是采用容量叠加方式，而电压控制法是采用电压校验方式。当用电压控制法计算时，如果已满足最低允许电压值时，则不需要再叠加随机负荷所需要的这一部分容量。

7.3 电 缆

7.3.1 蓄电池组引出线为电缆时，其正极和负极的引出线不应共用一根电缆，是为了提高可靠性，防止发生短路，但是，对于有端电池时，负极和端电池引出线可不受此限制。可选用多芯电缆，以便与蓄电池的端头连接。

7.3.2 电缆截面选择应满足两个条件，即：长期允许载流量和允许电缆压降。但是，经电压水平计算后允许电缆压降较多时，可以选取大于 1% 的电缆压降，以减小电缆截面。

7.3.4 控制、信号和保护馈线的电缆应选用铜芯，以保证有足够的柔韧性，防止回路断线。只要电缆压降不超过 5%，电缆截面可为 1.5mm²。

107

7.4 蓄电池试验放电装置

7.4.1 试验放电装置的额定电流，由于试验时放电电流：铅酸蓄电池多取 $1.0I_{10A}$ ；镉镍碱性蓄电池多取 $1.0I_{5A}$ 。故选择时可相应取： $1.10I_{10}$ 、 $1.30I_{10A}$ 和 $1.10I_5 \sim 1.30I_{5A}$ 。

7.4.2 试验放电设备采用电热器件，可以防止出现明火，确保安全；当然，采用有源逆变装置，也是可以的，它能够充分利用能源，但建设投资稍大。目前已有新型晶闸管型有源逆变装置投入使用，高频开关电源型有源逆变装置，由于本身的特点，接线相对要复杂一些，价格也要高一些。

7.5 直流断路器

7.5.1 要求直流断路器本身具有速断保护、过流保护，则可以不需再外加其他保护装置，从而简化设计、制造、安装和维护。根据自动化的要求，可带有辅助触点和报警触点。

7.5.2 b) 蓄电池出口回路断路器的额定电流，按蓄电池 $1.0h$ 放电率选择，考虑到某些情况下，事故放电初期 ($1min$) 放电电流可能很大，所以，要求校验保护，以免误动。同时还应满足蓄电池大电流放电时所能承受的能力。

断路器电磁操动机机构合闸回路直流断路器的额定电流，按 0.3 倍额定合闸电流选择，一是考虑到电磁操动机机构的合闸时间很短，发热不是问题，二是可以降低保护的整定电流，提高可靠性。但是，为防止误动作，以致使断路器合不上，应进行保护校验，断路器过流脱扣器时间应大于断路器固有合闸时间。

直流电动机回路断路器的额定电流，按电动机额定电流选择，是为了保证长期运行，不致过热，同时，电动机的起动电流一般均限制在二倍左右，所以，保护也不会误动作。

7.6 熔断器

7.6.1 为了便于在运行中对熔断器进行维护和更换，所以，要求装设隔离电器。

7.7 刀开关

7.7.1 b) 母线分段开关和联络回路刀开关的额定电流，按全部负荷电 60% 考虑，应已足够，因为，一般均不超过 50% 。

7.8 降压装置

7.8.1 由于蓄电池的输出电流经常变化，但降压装置的电压降应基本保持不变，以保证直流母线的电压稳定。硅元件中的硅二极管、硅堆和硅链均具有这种特性，即：正向电流大于饱和值以后，虽然通过硅元件的电流再在很大范围内变化时，其管压降只在 $0.6V \sim 0.8V$ 之间变动，所以，直流系统需要的电压降数值的大小，就可以用不同数量的硅元件串联来实现。

7.8.2 硅元件的额定电流可按下式计算

$$I_{ag} \geq K_K I_{Im}$$

式中： I_{ag} ——硅元件的额定电流；

K_K ——可靠系数，取 $1.5 \sim 2.0$ ；

I_{Im} ——通过降压装置的最大持续负荷电流。

当有冲击电流通过硅元件时，还应校验该电流是否超过硅元件的短时过载能力，如果超过了，还应加大硅元件的额定电流，以保证安全运行。

应该说，硅元件所在的工作回路电压不是很高，但考虑到直流系统中可能出现暂态过电压，将会击穿硅元件，所以，硅元件的额定反向电压应为直流系统的标称电压 2 倍及以上，以保证有足够的裕度。

7.9 直 流 柜

7.9.1 直流柜, 过去一直称直流屏, 因均为开敞式无防护门, 为了与控制、保护柜的要求相一致, 也应采用柜式结构。同时, 考虑到柜内有笨重部件和大型直流系统中电动力的影响, 需要采用加强型结构, 才能满足要求, 防护等级 IP20 为最低标准, 条件允许和需要时, 可采用 IP30 及以上。

7.9.2 直流柜按功能分类的原则, 主要是为了使电流合理分布, 减少回路电压降以及便于操作和维护等。

7.9.3 直流柜的外形尺寸应优先采用与控制、保护柜一致的标准尺寸, 即: $800\text{mm} \times 600\text{mm} \times 2260\text{mm}$ 。当然, 当柜内设备体积较大或与所在安装场所其他相关设备协调尺寸时, 也可采用其他标准尺寸。

7.9.4 采用模数分隔方式, 可使设计、制造、安装和维护, 既简单又方便, 同时, 还可以提高可靠性, 缩小故障范围。

7.9.5 直流柜正面操作设备的高度, 如果超过 1800mm , 对于中国人已经很不方便了; 距地高度不应低于 400mm , 主要为方便电缆连接和安装接地检测传感器。故对相应尺寸做了规定。

7.9.8 蓄电池短路电流的数值, 决定于内阻的大小, 而内阻又与产品类型、生产厂家、生产工艺和原材料等有关, 条文中所提出的数据, 只能作为在没有得到厂家正式资料之前的参考。它在大多数情况下是适用的。

7.10 直流电源成套装置

7.10.2 直流电源成套装置, 主要适用于小型变电所、配电所和辅助车间, 应该小而精, 一般直流柜的数量不宜超过 5 面, 这样, 蓄电池的容量就不能大于条文的规定值。此外, 当蓄电池容量较大时, 单体重量也较大, 不便于安装和日常维护。

8 设 备 布 置

8.1 直 流 柜 的 布 置

8.1.1 直流电源进线柜、直流馈线柜、充电装置柜宜布置在蓄电池室附近, 这样可以减少由蓄电池出口至直流柜母线之间的电压降, 以保证直流母线的电压水平。该电缆截面也不致选择太大。有条件时, 宜设置专用的直流电源室, 以保证安全运行和维护管理。

8.1.2 直流电源成套装置可布置在电气控制室内, 但应有良好的通风, 因为, 对于阀控式密封铅酸蓄电池来说, 虽然是密封的, 为防万一发生泄漏, 没有良好的通风, 如果又长期密闭, 久而久之是很危险的。尤其是无人值班变电所, 更应多加注意。

8.1.3 直流分电柜要求布置在直流负荷中心的附近, 是为缩短电缆的长度和减小电缆截面。

8.2 阀控式密封铅酸蓄电池组的布置

8.2.1 阀控式密封铅酸蓄电池, 当容量大于 200Ah 时, 其体积和重量均比较大, 故宜设置独立的蓄电池室。

由于蓄电池组的荷重大, 放在 0m 层, 可以节约土建投资。

8.2.2 胶体式的阀控式密封铅酸蓄电池, 由于内部液体为胶体, 宜长期立放, 以便使电化学反应均匀。当采用卧式或倾斜式安装时, 应根据厂家要求进行。

8.3 防酸式铅酸蓄电池组和镉镍碱性蓄电池组的布置

8.3.1 防酸式铅酸蓄电池, 由于有酸雾排出; 镉镍碱性蓄电池, 当容量大于 100Ah 时, 由于重量和体积均比较大, 故应设置专

用的蓄电池室。

考虑到蓄电池的重量较重，维护时要清洗地面等，故蓄电池室宜布置在 0m 层。

9 专用蓄电池室对相关专业的要求

9.1 专用蓄电池室对相关专业的技术要求

9.1.1 大容量机组的蓄电池室应按机组分别设置，避免维护和检修时相互影响，保证各机组的安全运行。

9.1.10 由于阀控式密封铅酸蓄电池在正常工作时，可保持气密和液密状态，基本上没有氢气和酸气逸出，但是，为防止万一有氢气泄漏，故仍需要有良好的通风和采用防爆式电机。当然，采暖通风专业根据排氢量的减少，可适当简化设计。

9.2 阀控式密封铅酸蓄电池组对相关专业的要求

9.2.1 温度对阀控式密封铅酸蓄电池组的寿命和容量影响较大，其工作环境温度宜控制在 15℃~30℃之间。