

29.200

K85

TB

电源行业团体标准

T/TBPS 4009-2022

智能免维护超级电容直流电源 产品规范与测试方法

Product Specification and Test Method of
Intelligent Maintenance-free Super Capacitor DC Power Supply

(征求意见稿)

2022 - XX - XX 发布

2022 - XX - XX 实施

中国机电一体化技术应用协会电能系统分会
中国电子节能技术协会电能质量专业委员会
中国电源产业技术创新联盟 北京电源行业协会

联合发布

目 录

前 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 产品型号及含义	4
5 基本参数	4
6 要求	6
7 检验方法	9
8 检验规则	13
9 标志、包装、运输、贮存	14

前 言

本标准规范了用于电力配电自动化使用的智能免维护超级电容直流电源（以下简称直流电源）的范围、规范性引用文件、术语和定义、产品型号及含义、基本参数、要求、检验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存。

本标准适用于配网开关站、配电站、柱上开关、柱上变压器、箱式变电站等设备所使用的直流电源产品规范与测试方法。

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。

本标准文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国机电一体化技术应用协会电能系统分会、中国电子节能技术协会电能质量专业委员会、北京电源行业协会联合发布，中国微型电动车与电源行业标准化技术委员会实施。

本标准主要起草单位：天津三源电力智能科技有限公司、国网天津市电力公司、中国能源建设集团天津电力设计院有限公司、中电源技术服务（北京）中心

本标准主要起草人：徐建斌、郑悦、岳洋、陈沛、张磐、张志刚、何恩超、杜洋、陈沼宇、柏航、赵宇营、李海龙、范联宁、孟庆霖、王志、赵俊亚

智能免维护超级电容直流电源产品规范与测试方法

1 范围

本标准规定了智能免维护超级电容直流电源（以下简称直流电源）的范围、规范性引用文件、术语和定义、产品型号及含义、基本参数、要求、检验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存。

本标准适用于配网开关站、配电站、柱上开关、柱上变压器、箱式变电站等设备所使用的直流电源产品规范与测试方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4 电工电子产品基本环境试验规程 Db：交变湿热试验方法
- GB/T 2900.1 电工术语 基本术语
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：型式试验和部分型式试验成套设备
- GB 7947 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识
- GB/T 10233 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验
- GB/T 19826 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求
- GB/T 20641 低压成套开关设备和控制设备空壳体的一般要求
- GB/T 21560.3 低压直流电源 第3部分：电磁兼容性（EMC）
- DL/T 459 电力系统直流电源柜订货技术条件
- DL/T 5044 电力工程直流系统设计技术规程
- JB/T 5777.2 电力系统二次回路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件
- JB/T 8456 低压直流成套开关设备和控制设备
- QC/T 741 车用超级电容器

3 术语和定义

除本标准重新定义外，GB/T2900.1、GB/T 19826、DL/T 459、QC/T 741标准中的定义及以下定义适用于本标准。

3.1 超级电容器组

装配有使用所必需的装置（如外壳、端子、标志及保护装置等），电气上连接成一体的两个或两个以上的单体超级电容器的设备。

3.2 智能

利用电力电子与计算机网络技术,提供对直流电源的“遥测、遥信”支持,实现无人值守;对储能和充放电线路进行实施检测、管理及保护,使直流电源设备具有控制、测量、保护、显示、检测、判断、分析及预报等功能。

3.3 免维护

主要元器件不需要特殊维护。

3.4 智能免维护超级电容直流电源

智能免维护超级电容直流电源分为两级,一级智能免维护超级电容直流电源能够对充电装置、超级电容器组、直流输出转换装置进行相关控制、测量、保护、显示、检测并发出故障报警信号,主要元器件不需要特殊维护;二级能够实现对充电装置、超级电容器组、直流输出转换装置及重要点的控制、测量、保护、显示、检测、判断、分析及预报等,主要元器件不需要特殊维护。

3.5 直流输出稳压装置

将超级电容器组中的电能转化为稳定的直流电压输出的装置。

3.6 充电

用恒压恒流、恒压限流、浮充等方式对超级电容器组补充容量的工作状态。

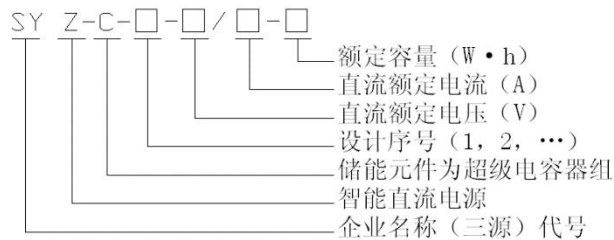
3.7 浮充电

以浮充电压值对超级电容器组进行的恒压充电。在正常运行时,充电装置承担经常负荷,同时向超级电容器组补充充电,以补充超级电容器组的自放电。

3.8 超级电容器组的能量利用率

超级电容器组中能够输出的电能与超级电容器充满电后所容纳电能的比。

4 产品型号及含义



示例: SYZ-C-1-48/8-100

解释: 设计序号为1的三源智能免维护超级电容直流电源,储能元件为超级电容器组,直流额定电压为48V,直流额定电流为8A,额定容量为100W·h。

5 基本参数

5.1 正常工作条件

5.1.1 正常工作环境条件

- a)环境温度：周围空气温度：-25℃~+40℃，-40℃~+55℃；
环境温度最大变化率不超过 20℃/h，最大日温差：25℃。
- b)海拔高度：不超过 1000m。
- c)相对湿度：日平均相对湿度不大于 95%，月平均相对湿度不大于 90%。
- d)安装使用地点无强烈振动和冲击，无强电磁干扰，外磁场感应强度均不得超过 0.5mT。
- e)使用地点不得有爆炸危险介质，周围介质不含有腐蚀金属和破坏绝缘的有害气体及导电介质。
- f)安装垂直倾斜度不超过 5°。

5.1.2 正常工作电气条件

- a)交流输入电压频率变化范围不超过±2%。
- b)交流输入电压波动范围不超过±15%。
- c)交流输入电压不对称度不超过 5%。
- d)交流输入电压应为正弦波，非正弦含量不超过 10%。

5.1.3 若使用该产品超出以上工作条件，可与用户另行协商。

5.2 额定参数

5.2.1 额定电压

5.2.1.1 额定输入电压

交流，220V。

5.2.1.2 额定输入频率

50Hz。

5.2.2 直流输出额定电压

12V、24V、48V。

5.2.3 直流输出额定电流

1、2、3、4、5、6、8、10、15A。

5.2.4 直流电源的额定容量

8 W·h ~ 800 W·h。

5.2.5 稳流精度

$$-1\% \leq \delta_I \leq +1\%。$$

5.2.6 稳压精度

$$-1\% \leq \delta_U \leq +1\%。$$

5.2.7 纹波系数

有效值纹波系数： $-0.5\% \leq \delta_{rms} \leq +0.5\%$ ；

峰值纹波系数： $-1\% \leq \delta_{pp} \leq +1\%$ 。

6 要求

6.1 元器件与结构要求

6.1.1 充电装置、直流输出稳压装置应选用独立的模块。

6.1.2 储能装置采用超级电容器组。

6.1.3 直流电源选用的超级电容器组应具备保护装置。

6.1.4 直流电源外壳应设有保护接地，接地处应有防锈措施和明显标志。

6.1.5 元件和端子应排列整齐、层次分明、不重叠。长期带电发热元件的安装位置应在整体结构的上方。

6.1.6 导线截面积、导线颜色、指示器、按钮、行线槽、涂漆，应符合 GB 7947《人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识》及 JB/T 5777.2《电力系统二次回路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件》有关标准的规定。

6.1.7 外壳结构采用适于标准机柜的安装方式，应符合 GB/T 20641《低压成套开关设备和控制设备空壳体的一般要求》有关规定。

6.1.8 设有超级电容器组有电危险的明显标志。

6.2 电气间隙和爬电距离

产品的最小电气间隙和爬电距离均应符合表1的规定。

表 1 电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压 U_i V	电气间隙 mm	爬电距离 mm
$U_i \leq 60$	3.0	5.0
$60 < U_i \leq 300$	5.0	6.0

注：小母线汇流排或不同极的裸露带电的导体之间，以及裸露带电导体与未经绝缘的不带电导体之间的电气间隙不小于 12mm，爬电距离不小于 20mm。

6.3 电气绝缘性能

6.3.1 绝缘电阻

直流输出端对地绝缘电阻应不小于10MΩ。

6.3.2 工频耐压

各带电回路，按其工作电压应能承受表2所规定历时5s的工频耐压的试验，试验过程中无绝缘击穿和闪络现象。

试验部位：

- a)非电连接的各带电电路之间；
- b)各独立带电电路与地(金属框架)之间；
- c)电压电流输出端，在断开所有其他连接支路时对地之间。

6.3.3 冲击电压

产品各带电电路对地（即金属框架）之间，交流电路与直流电路之间，应能承受标准雷电波的短时冲击电压试验，试验过程中应无击穿放电。试验电压值按表2选取。

表 2 绝缘试验的试验等级

额定绝缘电压 U_i V	工频耐压 kV	冲击试验电压 kV
$U_i \leq 60$	1.0	1
$60 < U_i \leq 300$	2.0	5

6.4 防护等级

应不低于GB 4208中IP 20的规定。

6.5 噪声

在正常运行时，噪声应不大于50dB。

6.6 温升

当直流电源装置处于额定输入状态下，在额定负载下长期运行时，其各部位的温升不得超过表3的规定。

表 3 设备各部件的极限温升

元器件（部件）名称	极限温升 K
功率管外壳	55
变压器、线圈	80
操作手柄	
金属材料	15
绝缘材料	25
可接触的外壳和覆板	
金属表面	30
绝缘表面	40

除非另有规定，对可以接触，但正常工作时不需触及的外壳和覆板，允许其温升比本表中的数据高10K。

6.7 负荷能力

设备在正常浮充电状态下运行，冲击负荷时，要求其直流母线上电压不得低于直流额定电压的90%。

6.8 连续供电

设备在正常运行时,交流电源突然中断,直流输出端应连续供电,其直流输出电压瞬间波动不得低于直流额定电压的90%。

6.9 充电装置的技术性能

6.9.1 设备应有充电、浮充电及自动转换的功能。

6.9.2 直流电源的精度

稳压精度: $-1\% \leq \delta_U \leq +1\%$;

稳流精度: $-1\% \leq \delta_I \leq +1\%$ 。

6.9.3 纹波系数

有效值纹波系数: $-0.5\% \leq \delta_{rms} \leq +0.5\%$;

峰值纹波系数: $-1\% \leq \delta_{pp} \leq +1\%$ 。

6.9.4 恒流限压及限流特性

充电装置以恒流充电方式运行,当充电电压达到限压整定值时,设备应能自动限制电压,自动转换为恒压充电运行。

若直流电压输出装置输出电流超过限流的整定值,设备能自动限制电流,并自动降低输出电压,输出电流将会立即降至整定值以下。

6.10 效率

直流电源的效率应不低于82%。

6.11 超级电容器组的能量利用率

超级电容器组的能量利用率不低于80%。

6.12 显示、保护、报警及两遥功能

6.12.1 显示功能

直流电源应有输出电压、交流输入电压的情况显示。

6.12.2 保护功能

电压监察: 过电压或欠电压时,能够对电压进行调整,保证电压在规定的范围内。

电流保护: 遇有负载端过负荷或短路时,直流电源能够自动降低输出电流,保证在直流输出额定电流范围内。

6.12.3 报警功能

当交流电源失压、充电装置故障、直流输出稳压装置故障、超级电容器组故障时应有报警信号或报警接点输出。

6.12.4 两遥功能

直流电源中的监控装置内应设有通信接口，实现对设备的遥信、遥测。

6.13 电磁兼容性

6.13.1 振荡波抗扰度

直流电源应能承受GB/T 17626.12中规定的试验等级为3级的1MHz振荡波抗扰度试验。

6.13.2 静电放电抗扰度

直流电源应能承受GB/T 17626.2中规定的试验等级为3级的静电放电抗扰度试验。

6.14 谐波电流

直流电源设备正常工作时，交流输入端谐波电流含有率应不大于30%。

6.15 高低温特性

将直流电源分别置于-40℃~+55℃的环境中时，-40℃超级电容器组的电容量不低于额定容量70%，-25℃超级电容器组的电容量不低于额定容量70%，+55℃超级电容器组的电容量不低于额定容量的80%。

6.16 耐湿热性能

直流电源的耐湿热性能应符合GB/T 19826中5.3.6的规定。

6.17 防触电措施

直流电源的防触电措施应符合JB/T 5777.2中5.12的规定。

7 检验方法

7.1 一般检查

7.1.1 检查产品充电装置、直流输出稳压装置、超级电容器等是否为模块，应符合 6.1.1、6.1.2 规定。

7.1.2 检查是否有保护接地，应符合 6.1.4 的规定。

7.1.3 导线截面、导线颜色、指示器、涂漆等应符合 6.1.6 的规定。

7.1.4 外壳结构应符合 6.1.7 的规定。

7.1.5 安全标识应符合 6.1.8 的规定。

7.2 电气间隙、爬电距离的检查，使用测量工具测量规定部位的最小间隙应符合表 1 规定的要求。

7.3 电气绝缘性能试验

7.3.1 绝缘电阻测量

用1000V兆欧表测量被测部位，绝缘电阻测量结果应符合本标准6.3.1的规定。

7.3.2 工频耐压试验

用工频耐压试验装置，对6.3.2所列的试验部位，按表2规定的试验电压，施加试验电压5s，应无闪络和击穿。

7.3.3 冲击电压试验

将冲击电压加在6.3.3所列的试验部位，其他电路和外露的导电部分连在一起接地。按表2规定的试验电压，加3次正极性和3次负极性雷电波的短时冲击电压，每次间隙时间不小于5s。试验后设备应符合6.3.3的规定。

7.4 防护等级试验

试验方法按GB 4208中的规定进行，结果应符合6.4的规定。

7.5 噪声试验

试验方法按GB/T19826 中的6.12的规定进行，测得噪声值应符合6.5的规定。

7.6 温升试验

设备在额定输入电压、额定负载、浮充电工作状态下连续运行时，固定好各个元件及外壳，使各发热元件的温度逐渐上升，当温度趋于稳定时，测得各发热元件的温升不得超过表3的规定。发热元件不得因其温度升高影响周围元器件的正常工作。

7.7 负荷能力试验

将设备中超级电容器组充至满容量，投入到浮充电状态下运行，控制母线带经常性负荷电流，冲击电流为允许最大电流，冲击时间为500ms，进行一次冲击放电，录出各直流母线电压、冲击电流的示波图，要求在冲击放电时，直流（控制）母线电压值应符合6.7的规定。

7.8 连续供电试验

设备在浮充电状态下运行时，人为中断交流电源，在(500~1000)ms以内交流电源恢复供电，录出交流电源中断和恢复供电全过程的示波图。要求交流电源中断后，直流输出端连续供电，直流输出端电压波动值应符合6.8的规定。

7.9 充电装置的技术性能试验

7.9.1 稳流精度试验

充电浮充电装置在充电(稳流)状态下，交流输入电压在其额定值的+15%，-15%的范围内变化，输出电流稳流精度，应符合6.9.2的规定。

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

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。

7.9.2 稳压精度试验

充电浮充电装置在浮充电(稳压)状态下, 交流输入电压在其额定值的+15%、-15%的范围内变化, 输出电流在其额定值时, 输出电压的稳压精度应符合6.9.2的规定。

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

式中:

δ_U ----- 稳压精度;

U_M ----- 输出电压波动极限值;

U_Z ----- 输出电压整定值。

7.9.3 纹波系数试验

充电浮充电装置在浮充电(稳压)状态下, 交流输入电压在其额定值的+15%、-15%的范围内变化, 输出电流在额定值时, 测得电阻性负载两端的峰值, 通过计算得出纹波系数, 应符合6.9.3的规定。

$$\delta = \frac{U_f - U_q}{2U_p} \times 100\%$$

式中:

δ ----- 纹波系数;

U_f ----- 直流电压脉动峰值;

U_q ----- 直流电压脉动谷值;

U_p ----- 直流电压平均值。

7.9.4 恒流限压及限流特性试验

充电装置在浮充电(稳压)状态下运行, 改变负载, 使输出电流逐渐上升而超过限流整定值, 充电装置将自动地降低直流输出电压值, 从而使充电电流下降至整定值以下, 达到限流和保护设备的目的, 限流的调整范围为额定输出电流50%~110%中任一数值。

充电装置在(恒流)充电状态下运行, 当直流输出电压超过限压整定值时, 应能自动转换恒压充电方式运行, 达到限压保护的的目的。限压的调整范围为额定电压105%至充电电压的额定值。

7.10 效率试验

试验方法按 DL/T 459 中的 6.4.16 的规定进行, 其值应符合 6.10 的规定。

7.11 超级电容器组能量利用率试验

设备在常温状态下, 超级电容器组充电到额定电压U后浮充0.5h, 断开交流, 输出带经常负荷和冲击负荷, 测量直流电源供给经常负荷的时间及供给冲击负荷时的输出电流、电压、

时间，计算超级电容器组中能够输出的电能与超级电容器组充满电后所容纳电能的比，其值符合6.11的规定。

超级电容器组能量利用率按以下公式计算：

$$\eta_c = \frac{P_1 t_1 + n U_2 I_2 t_2}{\frac{1}{2} C U^2} \times 100\%$$

式中：

η_c -----超级电容器组能量利用率；

U -----超级电容器组额定电压；

C -----超级电容器组容量；

P_1 -----经常负荷；

t_1 -----供给经常负荷额定输出的时间；

n -----冲击负荷次数；

U_2 -----直流输出电压；

I_2 -----冲击负荷的电流；

t_2 -----冲击负荷的时间

7.12 报警及两遥功能试验

7.12.1 在额定输入输出情况下，人为模拟各种故障，设备的保护和报警动作值及保护和报警动作方式，应符合 6.12.3 的规定。

7.12.2 两遥功能试验

7.12.2.1 遥信试验

人为模拟各种故障，应能通过与监控装置通信接口连接的上位计算机收到各种报警信号及设备运行状态指示信号。

7.12.2.2 遥测试验

改变设备运行状态，应能通过与监控装置通信接口连接的上位计算机收到装置发出当前运行状态下的数据。

7.13 电磁兼容性（抗扰度）试验

7.13.1 振荡波抗扰度试验

按照GB/T 17626.12中规定的试验等级为3级的1MHz振荡波抗扰度试验进行测试。

7.13.2 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2 中规定的试验等级为 3 级的静电放电抗扰度试验进行测试。

7.14 谐波电流测量

设备在正常状态下运行，使输出电流为设备的额定电流，用谐波分析仪测量交流输入侧充电装置在运行中返回交流电网中的各次谐波电流，要求第2次至第19次的谐波电流含有率（%）符合6.14的规定。

7.15 高低温特性试验

7.15.1 高温特性

将直流电源置于温度为 $+55\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的高温箱中16h,在此环境下测试6.9.2、6.9.3,应符合各自的要求并应符合6.15的要求。

7.15.2 低温特性

将直流电源置于温度为 $-25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中16h,在此环境下测试6.9.2、6.9.3,应符合各自的要求并应符合6.15的要求。

将直流电源置于温度为 $-40\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中4h,在此环境下测试6.9.2、6.9.3,应符合各自的要求并应符合6.15的要求。

7.16 耐湿热性能试验

检验6.16耐湿热,按GB/T 2423.4规定的方法进行。

7.17 防触电措施试验

检验6.17防触电措施,按要求用电桥、接地电阻测试仪或数字式低电阻测试仪进行检查。

8 检验规则

8.1 一般要求

设备检验分出厂试验和型式试验。

8.2 出厂试验

8.2.1 出厂设备应逐台进行出厂试验,试验合格后方可给予出厂合格证。

8.2.2 出厂试验项目包括:6.1、6.2、6.3.1、6.3.2、6.9.2、6.9.3、6.9.4、6.12、6.17。

8.2.3 在出厂试验中,若有一项或一项以上不合格时,应将该产品退回生产部门返修普检,然后再次提交试验。若再次试验仍有一项或一项以上不合格,则判定该产品为不合格。

8.3 型式试验

8.3.1 设备属于下列情况者应进行型式试验:

- a)新研制或转产的直流电源产品;
- b)当设计、工艺、材料、主要元器件改变而影响到直流电源产品的性能时;
- c)停产二年以上再次生产时;

8.3.2 型式试验项目包括6.1~6.17全部项目。

8.3.3 在型式试验中,若有一项不合格时,应判定为不合格。

8.3.4 产品经型式试验不合格,则该产品应停产,直至查明并消除造成不合格的原因,再次进行型式试验合格后方能恢复生产。

表 4 试验项目

序号	试验项目	试验分类		技术要求(章、条)
		型式	出厂	
1	一般检查	√	√	6.1
2	电气间隙和爬电距离	√	√	6.2
3	电气绝缘性能			6.3
	绝缘电阻	√	√	6.3.1
	工频耐压	√	√	6.3.2
	冲击电压	√		6.3.3
4	防护等级	√		6.4
5	噪声	√		6.5
6	温升	√		6.6
7	负荷能力	√		6.7
8	连续供电	√		6.8
9	充电装置技术性能			6.9
	稳压精度	√	√	6.9.2
	稳流精度	√	√	6.9.2
	纹波系数	√	√	6.9.3
	恒流限压及限流特性	√	√	6.9.4
10	效率	√		6.10
11	超级电容器组的能量利用率	√		6.11
12	报警及两遥功能			6.12
	报警功能	√	√	6.12.3
	两遥功能	√	√	6.12.4
13	电磁兼容性			6.13
	振荡波抗扰度	√		6.13.1
	静电放电抗扰度	√		6.13.2
14	谐波电流	√		6.14
15	高低温特性	√		6.15
16	耐湿热特性	√		6.16
17	防触电措施	√	√	6.17

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

9.1.1 每套直流电源必须有耐久和清晰的铭牌，铭牌应标明下列内容。

- a)产品名称及型号；
- b)标准代号；
- c)主要技术参数（额定输入电压、直流标称电压、直流额定电流、额定容量）；
- d)总重量；

- e)制造厂名;
- f)出厂编号;
- g)制造年月。

9.1.2 直流电源的各种开关、指示器、输入电压、输出电压、超级电容器额定电压、容量等,应有相应的文字符号作为标志,并与接线图上的文字符号一致,要求字迹清晰易辨、不褪色、不脱落、布置均匀、便于观察。

9.2 包装

直流电源的包装应符合GB/T 13384的规定,包装箱应设置防潮、不准倒置、超级电容器组有电危险等标志。装箱资料应有:

- a)装箱清单;
- b)出厂试验报告;
- c)合格证;
- d)接线图;
- e)安装使用说明书;
- f)随机附件及备件清单。

9.3 运输

直流电源内的超级电容器组荷电状态应不超过50%,在运输过程中,不应有剧烈震动、冲击、暴晒、雨淋和倾倒放置等。

9.4 贮存

设备在贮存期间,应放在空气流通、温度在-40℃~65℃之间,月平均相对湿度不大于90%,无腐蚀性和爆炸气体的仓库内,在贮存期间不应淋雨、曝晒、凝露和霜冻。