



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

电力用钠离子直流电源技术规范

Technical specification for Sodium Ion Battery DC power supply in
power grid

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号、代号和缩略语	2
5 一般要求	2
6 技术要求	3
6.1 设备配置要求	3
6.2 外观、结构及技术参数要求	5
6.3 钠离子电池簇	6
6.4 整流装置要求	8
6.5 直流监控装置要求	8
6.6 绝缘监控功能要求	9
6.7 通信功能要求	9
7 试验要求	9
7.1 设备通用试验	10
7.2 电池簇试验	10
7.3 整流装置试验	13
7.4 直流监控功能试验	13
7.5 绝缘装置检测试验	13
7.6 通信功能试验	13
8 检验规则	13
9 标志、包装、运输与贮存要求	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会氢能系统集成与应用技术工作组归口。

本文件起草单位：国网综合能源服务集团有限公司、国网重庆市电力公司、天津中电新能源研究院有限公司、中网能源（成都）有限公司、西屋港能控股有限公司。

本文件主要起草人：周喜超、赵应春、符惠群、崔洪悦、刘旭亭、张蕊、范立社、张园尚、王弘辉、陈松进、龚春其。

本文件为首次发布。

电力用钠离子电池直流电源技术规范

1 范围

本文件规定了电力用钠离子电池直流电源使用条件、技术要求、试验要求和检测要求。

本文件适用于发电厂、变电站工程标称电压为 DC-100V、220V 的钠离子电池直流电源设计、制造、试验和检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。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 2900.41	电工术语 原电池和蓄电池
GB 16895.5	低压电气装置 第 4-43 部分：安全防护 过电流保护
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 17626.4	电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.8	电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度
GB/T 17626.12	电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度
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 42293	钠离子电池通用规范
GB/T 44265	电力储能电站钠离子电池技术规范
DL/T 5044	电力工程直流电源系统设计技术规程
DL/T459	电力用直流电源设备
DL/T1074	电力用直流和交流一体化不间断电源设备
DL/T 1909	-48V 电力通信直流电源系统技术规范
DL/T 5044	电力工程直流电源系统设计技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 钠离子电池直流电源 Sodium Ion Battery DC power supply

指以钠离子电池为储能单元的直流供电设备。系统由钠离子电池簇、整流装置、直流母线、直流电源监控装置、绝缘监控系统等组成。

3.2 钠离子电池 Sodium-ion battery

是一种钠离子充电电池，钠离子在正负极之间嵌脱充放电，由电极、电解液与隔膜、集流体、导电剂与粘结剂、容器、极柱等组成基本功能单元。

3.3 钠离子单体电池 Sodium-ion single cell battery

钠离子电池的最小可维护单元，标称电压为 3.2V。

3.4 钠离子电池模块 Sodium-ion basxttery

由单体电池采用串联或并-串联连接方式而组成的电池组合体，并配置电池管理板，组装在封闭外壳内。

3.5 钠离子电池簇 Sodium-ion battery cluster

由若干个电池模块，采用串联或串-并联连接方式组成，与配套的电池管理系统共同组成独立运行的电池系统。

3.6 电池荷电状态 State of Charge, SOC

电池实际电量和额定容量的比值,即当前状态下以 10h 率放电至终止电压时提供的电量与额定容量的比值,用 SOC 表示,反映电池的剩余容量状况。

3.7 电池管理系统 Battery management system, BMS

由电池保护装置和电池管理单元组成。为钠离子电池/电池模块在充放电过程中提供有效保护和管理,提高电池运行可靠性和使用寿命;同时负责将采集到的电池/电池组信息上送至直流电源监控装置。

3.8 钠离子电池管理单元 Battery management unit, BMU

BMS 的底层监控管理单元,直接管理一个或多个电池模块,负责监测钠离子电池状态电压、温度等数据,并为电池模块提供通信接口。

3.9 钠离子电池簇管理单元 Battery Cluster Management Unit, BCMU

电池管理系统(BMS)中的中间层级管理单元,负责对一个电池簇(由多个电池模块串联组成)进行集中监控、控制与保护。

3.10 直流电源监控装置 DC power supply monitoring device

钠离子电池直流电源系统监测、控制、管理及对外通信装置。具有智能化的监测/监控功能,还与 BMS 共同实现对磷酸铁锂电池过电压保护功能和管理调节功能。

4 符号、代号和缩略语

4.1 符号

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

Ah 蓄电池容量单位(安时)

dB 声音强度单位(分贝)

I_{10} 蓄电池 10h 率放电电流值,单位(A)

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC 交流电(Alternating Current)

DC 直流电(Direct Current)

MTBF 平均无故障时间(Mean Time Between Failure)

5.一般要求

5.1 使用环境条件

5.1.1 环境要求

直流电源设备工作环境为室内,应无腐蚀性、爆炸性和破坏绝缘气体及导电尘埃,并远离热源。

5.1.2 温度范围

电池组和直流电源设备工作温度范围宜为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$,推荐工作温度范围 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$,储存温度范围宜为 $-20^{\circ}\text{C}\sim45^{\circ}\text{C}$,储存时间宜小于 6 个月。

5.1.3 相对湿度

电池组和直流电源设备相对湿度 $\leq 90\%$,一般应控制在 20-80%之间。

5.1.4 海拔高度

电池组和直流电源设备使用环境海拔高度一般不超过 2000m。

5.1.5 大气压力

大气压力(80~110)kPa(海拔 2000m 及以下)。

5.2 使用电气条件

- 5.2.1 交流输入电压波动范围不超过额定值的 - 15% ~ + 20%。
- 5.2.2 交流输入电源频率波动范围不超过额定值的 ±2%。
- 5.2.3 交流输入电压三相不平衡度不超过 5%。
- 5.2.4 交流输入电压为正弦波，总谐波含量不超过 10%。
- 5.2.5 UPS、INV、通信用 DC/DC 和 AINV 的直流输入电压范围不超过直流电源标称电压的 80% ~ 120%，电力用 DC/DC 和双向 DC/DC 的直流输入电压范围不超过直流电源标称电压的 85% ~ 120%。

5.3 交流额定输入电压

单相：220 V；三相：380 V。

5.4 交流额定输入频率

50 Hz。

5.5 直流额定输出电压

115 V、230 V。

5.6 直流标称输出电压

电力用钠离子直流电源直流标称输出电压（V）一般应为：110V、220。

5.7 钠离子电池额定容量

钠离子直流电源电池额定总容量（Ah）一般应选择 80、100、150（160）、200、250（240）、300（320）、400、450、500、600、800、1000、1500、2000、2500、3000。

6 技术要求

6.1 设备配置要求

钠离子电池直流电源应由钠离子电池簇、电池管理系统 BMS、充电整流模块、监控系统、绝缘监测系统及直流母线等组成，可以分为串联型直流电源系统和并联型直流电源系统。具体架构见图 1 钠离子电池串联型直流电源系统架构示意图、图 2 钠离子电池并联型直流电源系统架构示意图。

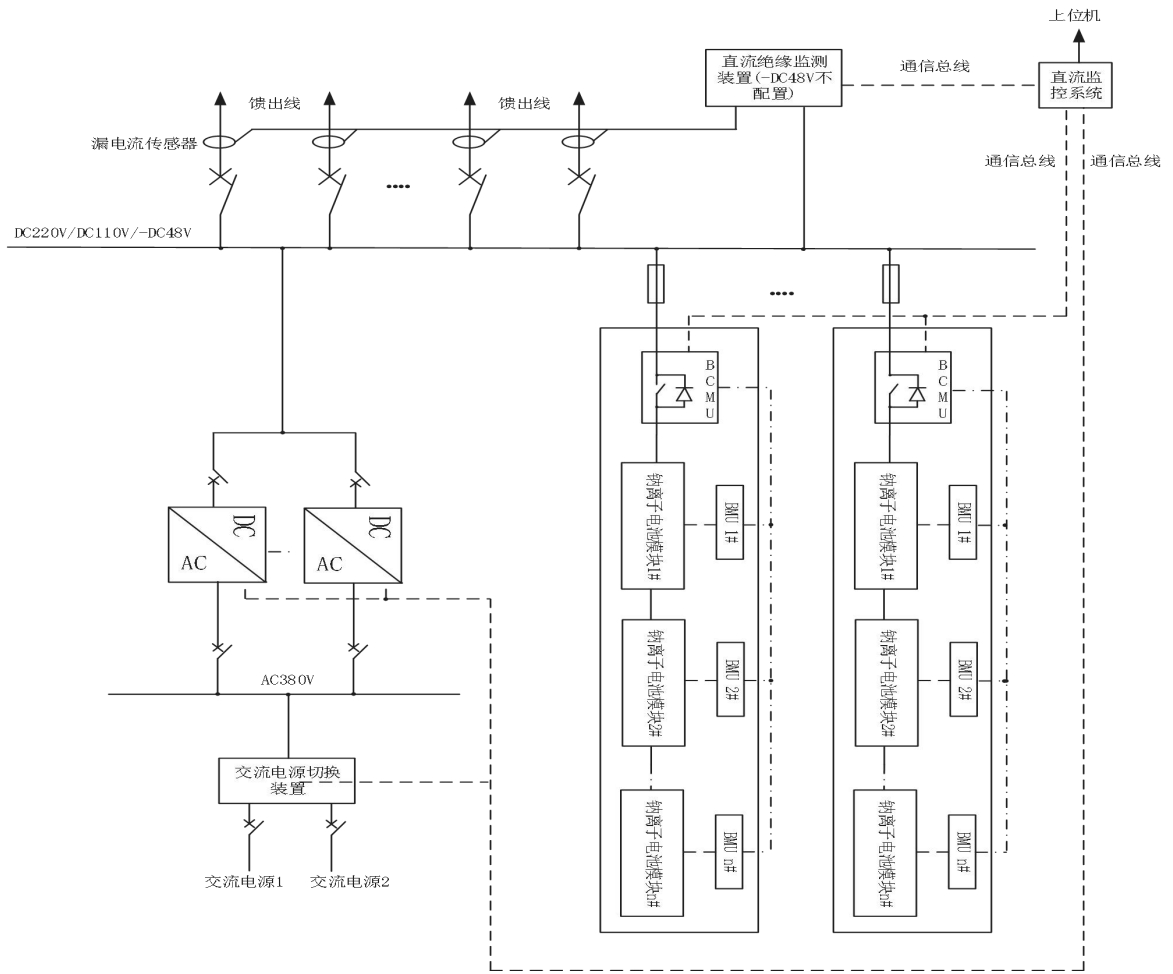


图1 钠离子电池串联型直流电源系统架构示意图

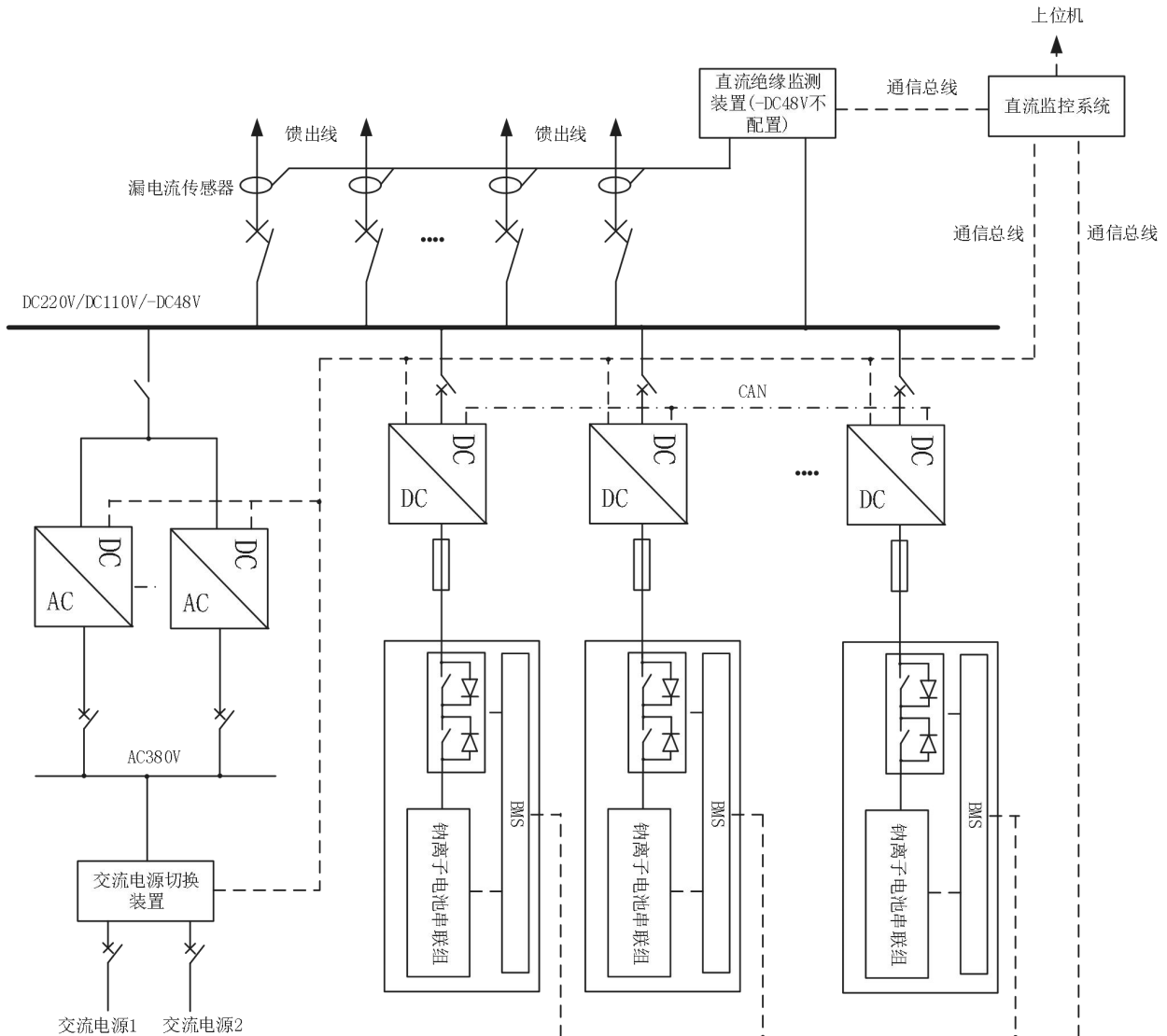


图2 钠离子电池并联型直流电源系统架构示意图

6.2 外观、结构及技术参数要求

- 6.2.1 钠离子电池柜体应采用高强度钢组合结构，组装过程中不得采用打孔焊接工艺，柜体应进行防锈处理、底部应提供地脚螺栓孔，柜体结构应保证安全起吊和运输。
- 6.2.2 柜体应设有保护接地，接地处应有防锈措施和明显标志，柜体内底部应装有截面不小于 4 mm×25 mm 接地铜排。
- 6.2.3 柜体门与柜体之间应采用截面不小于 4 mm² 的多股软铜线连接，柜体门应开闭灵活，开启角不小于 90°。
- 6.2.4 所有紧固件应具有防腐镀层或涂层，紧固连接应有防松措施。
- 6.2.5 元件和端子应排列整齐、层次分明、不重叠，便于维护拆装。长期带电发热元件的安装位置宜在柜内上方，交流端子和直流端子应分别布置在柜内不同层（侧），正负极端子之间应隔离，端子排宜布置在距离柜体底部 350 mm~1700 mm 范围内。
- 6.2.6 钠离子直流电源宜配置专用的稳流精度和稳压精度试验端子，便于现场定检时的接线。

- 6.2.7 钠离子电池柜应采用自然通风，电池模块布置间隔应满足电池通风散热和运行维护要求。
- 6.2.8 电池柜内隔架底层距地面高度为 150mm~300mm，电池模块布置整体高度不宜超过 1800mm。
- 6.2.9 直流电源设备和钠离子电池簇中带电导体之间、带电导体与裸露的不带电导体之间的电气间隙和爬电距离应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要 GB/T19826-2014》、DL/T1074-2019 的相关规定。电池簇正负出线端子应标识清晰。
- 6.2.10 钠离子电池直流电源工频耐压和冲击耐压要求应符合 DL/T1074-2019 的相关规定。
- 6.2.11 绝缘电阻
- 6.2.11.1 应在以下规定部位进行绝缘电阻试验和工频耐压试验：
- 各独立电路与地（即金属框架）之间；
 - 无电气联系的各电路之间。
- 6.2.11.2 绝缘电阻不应小于 10 MΩ。
- 6.2.12 钠离子电池直流电源正常运行时，液冷或 3 自冷式设备的噪声不应大于 55 dB(A 声级)。风冷式设备的噪声在额定负载的 50% 及以下时不应大于 60 dB(A 声级)、额定负载时不应大于 65 dB(A 声级)。
- 6.2.13 钠离子直流电源的接线方式、充电装置的组数和额定电流、蓄电池的组数和额定容量、直流断路器和熔断器的选择等应符合 DL/T 5044 相关规定（DL/T 5044 未涉及的内容除外）。模块化的电源装置，在每个模块的电源输入端应配置独立的输入断路器。
- 6.2.14 钠离子直流电源设备应在以下位置配置数字式测量表计（其中电流表不低于 4 ½位、电压表不低于 4 位）：充电装置输出电压、直流母线电压、蓄电池簇电压、蓄电池簇电流、UPS 输出电压、UPS 输出电流、通信用 DC/DC 输出电压等，也可根据测量精度的需要配置独立的浮充电流表。
- 6.2.15 钠离子直流电源设备的交流输入侧应配置 C 级防雷器，防雷器应带有故障报警信号并配置独立的断路器。
- 6.2.16 直流电缆截面选择计算应符合现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044 的规定。直流电缆长期允许载流量应大于相应回路最大工作电流。
- 钠离子电池直流电源母线电压应符合系列要求：
- 正常运行时，直流母线电压应为直流电源标称电压的 105%；
 - 对控制负荷专用或动力控制负荷用直流电源，直流母线电压不应高于直流电源系统标称电压的 110%；
 - 对动力负荷专用直流电源，直流母线电压不应高于直流电源标称电压的 112.5%；
 - 在事故放电末期，电池簇出口端电压不应低于直流电源系称电压的 92.7%；
- 6.2.17 钠离子电池直流电源网络设计应采用辐射形供电方式。
- 6.2.18 在正常运行方式、交流电源中断或充电装置发生故障情况下，直流电源母线应保证在规定的时间内连。
- 6.2.19 并联分支电池柜至直流柜或充电柜之间的连接电缆应采用近似相等长度及相同截面的电缆，以确保电压降相等。
- 6.2.20 钠离子电池安全性能应符合现行国家标准 GB/T 44265 的要求。钠离子电池柜柜体内不得有易燃材料和器件，直流电源设备和电池组 BMS 的电磁兼容性能应满足 GB/T 17626 的要求，电池外观应无明显变形、漏液、冒烟或爆炸。

6.3 钠离子电池簇

- 6.3.1 钠离子电池簇应用应符合下列要求：
- 每个钠离子电池簇由 2 个及以上钠离子电池模块组成；
 - 标准钠离子电池簇应采用标准机柜，与交直流系统柜统一规格；
 - 钠离子直流电源电池系统由 1 个以上钠离子电池簇组成，电池簇之间一般应采用并连接线方式，每组钠离子电池柜应由多个电池模块机箱和一个 BMS 机箱构成，BMS 机箱外形尺寸同电池模块机箱。
- 6.3.2 电池性能一致性
- 电池模块内各单体电池应为同一厂家生产的产品，且符合下列要求：
- 完全充满电后，电池组各单体电池之间静态开路电压偏差不应大于 50mV；
 - 在电池组进入浮充状态 24h 后，各单体电池之间端电压差值不应大于 ±100mV；
 - 电池组完全充电后，以 10 I10 (A) 电流放电至单体电池电压 3.00V 时，各单体电池之间端电

压差值不应大于 0.30V;

d) 电池组各电池之间交流内阻最大值、最小值与平均值的差值与平均值的比不应超过±15%。

6.3.3 电池组直流内阻

a) 单体电池直流内阻应按本标准 8.6 规定的二次放电法测试所得;

b) 电池制造商应提供单体电池直流内阻值;

c) 电池组采用多个单体电池并联组成更大容量电池组时, 并联电池内阻应根据并联回路计算网络、单体电池内阻和电池组所需并联连接片数量、长度, 计算并联电池内阻;

d) 电池组直流内阻应包括 n 个并联单体电池内阻和并联或串联连接片计算电阻之和。

6.3.4 事故放电末期要求:

a) 控制用和动控合一用电池出口电压不应低于 92.7% U_n ;

d) 电池簇核对性放电末期出口电压不应低于 87.5% U_n ;

e) 电池簇在线均充电流不应大于 2.0 I_{10} ;

f) 电池簇离线均充电流不应大于 3.0 I_{10} ;

g) 电池簇核对性放电电流不应大于 2.0 I_{10} 。

注: U_n —直流电源系统标称电压 (V), I_{10} —钠离子电池 10h 放电率电流 (A)

6.3.5 电池模块间连接导体电压降

a) 钠离子电池模块串联连接导体应采用铜导体;

b) 连接导体截面积应满足电池组 10 I_{10} (A), 1h 持续载流量要求;

c) 钠离子电池模块及钠离子电池模块之间连接导体电压降不应大于 30mV。

6.3.6 电池放电性能

在不同环境温度条件下, 电池簇放电容量应满足表 1 的要求。

表 1 不同环境温度下电池放电容量

放电试验电池温度/℃	放电电流 (A)	电池容量要求	
-40	1.0 I_{10}	≥78%额定容量	电池外部无明显变形和爆裂现象
-20	1.0 I_{10}	≥90%额定容量	
25	1.0 I_{10}	≥100%额定容量	
	2.0 I_{10}	≥100%额定容量	
	5.0 I_{10}	≥95%额定容量	
	10 I_{10}	≥92%额定容量	
55	1.0 I_{10}	≥98%额定容量	

6.3.7 电池簇容量保存率

在环境温度 25℃±2℃条件下, 电池容量保持率不应低于 96%, 且电池簇内各单体电池之间容量的最大值、最小值的差值与平均值之比不应大于 3%。

6.3.8 充电效率

在环境温度 25℃±2℃条件下, 电池簇充电效率不应低于 95%。

6.3.9 循环寿命

循环寿命应符合下列要求:

a) 在环境温度 25℃±2℃条件下, 单体电池循环寿命(100%DOD) 不应少于 3000 次;

b) 在环境温度 45℃±2℃条件下, 单体电池循环寿命(100%DOD) 不应少于 2500 次。

注: 100%DOD 为全放电深度。

6.3.10 互换性

同一规格类型电池模块应具有互换性。

6.3.11 电池簇安全性应符合下列要求:

a) 当电池簇中任一单体电池电压超过允许充电电压上限值, 应停止对电池簇充电;

b) 当电池簇中任一单体电池/电池簇电压在超出规定的放电终止电压后不宜继续放电;

c) 应利用电池主动均衡和被动均衡控制手段, 实现电池簇电压均衡和容量均衡。

d) 电池簇在失去 BMS 功能后应允许继续供电, 电池不应冒烟、起火或爆炸。

e) 电池模块成组设计应考虑在电池簇出口最大短路电流时, 电池串联连接导体延时熔断, 以保

证电池组和运行维护人员的安全。

f) 钠离子电池模块、电池簇正极与外部裸露可导电部分之间，钠离子电池模块、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻进行定期检测，绝缘电阻值应符合现行国家标准《电力储能电站钠离子电池技术规范》GB/T 44265 的规定。

g) 钠离子电池模块、电池簇正极与外部裸露可导电部分之间，钠离子电池模块、电池簇负极与外部裸露可导电部分之间耐压性能测试，应符合现行国家标准《电力储能电站钠离子电池技术规范》GB/T 44265 的规定。

h) 在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下，钠离子电池 Pack 以 $30I_{10}$ (A) 的电流放电 3min，电池的极柱和外观不应出现异常和明显变形，导电部件不应熔断。

6.3.12 电池簇运行要求

6.3.12.1 钠离子电池簇充放电过程可分为浮充运行阶段-均衡充电阶段-事故放电阶段-均衡（补充）充电阶段，各阶段之间的转换应由直流监控系统自动/手动实现。

6.2.12.2 电池簇均充电转浮充电判定条件应满足下列要求：

a) 按规定的均充电流充电，当电池簇达到本标准规定的均充电压 ($n \times 3.45\text{V}$) 时，转为恒压充电，恒压充电时间大于 6h，且充电电流小于或等于 $0.05I_{10}\text{A}$ ，应将电池簇从均充转为浮充运行状态；

b) 按规定的均充电流充电，当电池簇达到本标准规定的均充电压 ($n \times 3.45\text{V}$) 时，转为恒压充电，电池簇总充电时间大于表 2 规定值，且充电电流小于或等于 $0.05I_{10}\text{A}$ ，应将电池簇从均充转为浮充运行状态。

表 2 不同放电深度充满容量总时间

放电深度 (% C_{10})		20	50	80	100
充满容量时间 (h)	1.1 I_{10} 充电	8.5	11.0	14.0	15.5
	2 I_{10} 充电	8.0	9.0	10.5	12.0
	3 I_{10} 充电	7.5	8.5	9.5	11.0

6.3.12.3 电池簇允许并列条件

6.3.12.3.1 并联电池簇环流大小和持续时间应根据并联前各电池组出口端电压差值和 SOC 差值确定。二个电池簇并列时，电池簇端电压和 SOC 值应尽可能一致。

6.3.12.3.2 允许并列判据应满足下列要求：

a) 二段直流母线并列：两组电池簇均处于正常浮充状态，母线电压偏差不应大于 $2.5\%U_n$ ；

b) 二个分支电池簇并列：待并列电池簇端电压与运行电池组端电压偏差不应大于 $3\%U_n$ ；若待并列电池簇的电压偏差大于 $3\%U_n$ ，应补充电后再并列。

6.4 整流装置要求

钠离子直流电源整流装置应满足国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826 及电力行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T5044 规定的要求。

6.5 直流监控功能要求

6.5.1 控制功能

直流监控装置应提供充电方式选择、充电装置开启/关闭、充/放电电流调节、放电开始/停止、定时均充等控制功能，以及 BMS 各功能参数设置功能。

6.5.2 监测功能

6.5.2.1 监控装置应提供下列测量信息：

a) 交流输入电压；

- b) 直流母线电压、电流；
- c) 直流母线对地绝缘电阻；
- d) 充电装置输出电压、电流；
- e) 电池簇电压、每个并联单体电池电压；
- f) 电池簇电流、每个分支电池组电流；
- g) 每个电池模块温度、电池柜环境温度；
- h) 电池 SOC 估算（可选）。

6.5.2.2 监控装置应提供以下运行及告警信息：

- a) 系统运行状态： BMS 运行状态、充电装置运行状态、各直流断路器位置状态等。
- b) 系统告警信息： 交流电源消失、直流母线过压/欠压、充电装置故障、直流系统各类接地故障、电池簇出口断路器/熔断器断开、直流馈线开关跳闸、电池簇/单体电池过压、电池簇/单体电池欠压、电池簇/电池温度高/低、电池之间温差过大、电池簇容量过低、电池簇传感器失效、电池簇/单体电池失效、BMS 故障、监控系统故障、通信故障等。

6.6 绝缘监测功能要求

6.6.1 应实时在线监测直流母线绝缘状况，巡检直流分支路绝缘状况。

6.6.2 应监测直流电源系统发生单极、两极接地故障或绝缘电阻下降，选出接地支路，并发出告警信号。绝缘电阻告警值应符合表 3 的规定。

表 3 绝缘电阻告警值

接地故障类型	绝缘电阻	
	110V	220V
单极电阻性接地故障	接地电阻不大于 50kΩ	接地电阻不大于 100kΩ
直流互窜故障	直流互窜电阻不大于 25kΩ	直流互窜电阻不大于 50kΩ
交流窜入直流系统故障	交流窜入电压不小于 10V	交流窜入电压不小于 10V

6.6.3 宜能检测直流电源系统瞬时接地故障、交流瞬时窜入直流电源系统故障。

6.6.4 应具有电池组接地故障检测与定位功能，定位误差不大于±1 个电池模块。

6.6.5 用于支路接地故障检测的电流互感器（CT）宜具有支路接地指示功能。

6.6.6 可配备移动式查找终端，用于查找接地电阻不大于 150kΩ 的接地故障具体位置。

6.6.7 应满足与直流监控装置或上级监控系统的通信要求。

6.7 通信功能要求

6.7.1 通信接口和通信协议

监控装置应具有与远方测控装置通信的以太网接口和串行通信接口：以太网接口为双通道 RJ45；串行通信接口为单通道 RS232/RS485。

以太网接口宜采用 DL/T 329 规定的通信协议；串行通信宜采用 Modbus 通信协议。

6.7.2 遥测功能

监控装置应能采集并通过通信接口向远方发送 6.4 和 6.5 中规定的运行数据。

6.7.3 遥信功能

监控装置应能采集并通过通信接口向远方发送 6.4 和 6.5 中规定的运行状态和故障报警信息。

6.7.4 遥控功能

监控装置应能通过通信接口接收并执行远方的控制信号，控制充电装置的均衡充电、浮充电、开机和关机，控制 UPS、INV、电力用 DC/DC、双向 DC/DC、通信用 DC/DC 及 AINV 的开机和关机。

7 试验要求

7.1 通用试验

7.1.1 一般检查

7.1.1.1 在良好的光线下，用目测法检查钠离子电池模块外观，电池模块表面应清洁，无变形及裂纹，无机械损伤；应有必需的产品标识，且标识清晰；正、负极端子及极性应有明显标记，便于连接，应符合 6.1.4、6.1.5 规定。

7.1.1.2 检验钠离子直流电源设备尺寸规格及设备配置、结构要求、元器件要求等，应符合 6.1.1、6.1.2、6.1.3 的规定。

7.1.2 电气间隙及爬电距离

用测量工具测量规定部位的最小间隙，电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 19826-2014 《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》及 6.1.9 的规定。

7.1.3 工频及冲击耐压试验

工频及冲击耐压试验方法及结果应符合 GB/T 19826-2014 《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》及 6.1.10 的规定。

7.1.4 绝缘电阻测试

将绝缘电阻测试仪连接到规定的部位，测量结果应符合 6.1.11 的规定。

7.1.5 噪声试验

在额定输入电压、额定输出电压、额定负载和周围环境噪声不大于 40 dB（A 声级）的条件下运行，在距柜外围前、后、左、右各 1 m，离地面高度 1 m~1.5 m 处，测得的噪声值应符合 6.1.12 的规定。

7.1.6 稳流精度、稳压精度及波纹因数试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.3 的规定。

7.1.7 直流电流电压输出误差试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.4 的规定。

7.1.7 效率试验和功率因数试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.6 的规定。

7.1.8 高频开关电源模块均流不平衡试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.7 的规定。

7.2 电池簇试验

7.2.1 电池簇充电检查

室温下搁置 5h 后，钠离子电池簇先以制造商规定且不小于 $0.5I_1(A)$ 的电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1h（或制造商提供的不大于 1h 的搁置时间），然后按制造商提供的充电方法进行充电，充电后搁置 1h（或制造商提供的不大于 1h 的搁置时间）。

若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：室温下搁置 5h 后，钠离子电池簇先 $0.5I_1(A)$ 的电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，搁置 1h（或制造商提供的不大于 1h 的搁置时间），然后以 $0.2I_1(A)$ 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电电流降至 $0.05 I_1(A)$ 时停止充电，充电后搁置 1h（或制造商提供的不大于 1h 的搁置时间），符合 6.2.6 规定。

7.2.2 电池簇放电容量检查

检查方法按照以下规定进行：

7.2.2.1 常温容量

按照如下步骤测试室温放电容量：

- a) 钠离子电池簇按 7.5 方法充电；
- b) 室温下，电池以 $0.5I_1(A)$ 电流放电，直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压；

c) 计量放电容量(以 Ah 计);

d) 重复步骤 a)~c)5 次, 当连续 3 次试验结果的极差小于额定容量的 3%, 可提前结束试验, 取最后 3 次试验结果的平均值, 电池容量保持率不应低于 96%。

7.2.2.2 高温容量

按照如下步骤测试高温放电容量:

a) 电池单体按 7.5.3 方法充电;

b) 再将电池置于 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中搁置 8h 后;

c) 在与 b) 相同温度下, 以 $0.5I_1(\text{A})$ 电流放电, 直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压;

d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

7.2.2.3 -20°C 低温容量

按照如下步骤测试低温放电容量:

a) 电池单体按 7.5.3 方法充电;

b) 再将电池置于 $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中搁置 16h 后;

c) 在与 b) 相同温度下, 以 $0.5I_1(\text{A})$ 电流放电, 直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压;

d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

7.2.2.4 -40°C 低温容量

按照如下步骤测试低温放电容量:

a) 电池单体按 7.5.3 方法充电;

b) 再将电池置于 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中搁置 16h 后;

c) 在与 b) 相同温度下, 以 $0.5I_1(\text{A})$ 电流放电, 直到放电至制造商技术条件规定的放电终止电压;

d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

电池簇放电容量应符合 6.2.4 规定,

7.2.3 电池簇内阻测试

直流内阻应按单体电池直流内阻测试方法, 采用二次放电法, 电池簇按电流 $I_1=25 I_{10} \sim 30 I_{10}$ 放电 20s 后, 记录电池电压 U_1 , 静置 2min~5min, 再以电流 $I_2=45 I_{10} \sim 50 I_{10}$ 放电 5s 后, 记录电池电压 U_2 。

$$\text{电池簇内阻 } R_{bc} = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2}。$$

电池簇直流内阻应符合 6.2.3 规定。

7.2.4 电池性能一致性

电池簇电池一致性应按照以下方式进行测试:

7.2.4.1 测量电池簇内各单体电池的静态开路电压, 记录电压偏差。

7.2.4.2 以 $1.0I_{10}(\text{A})$ 放电至放电终止电压, 每隔 0.5h 测量电池簇内各单体电池电压, 记录电压偏差。

7.2.4.3 以浮充电压继续充电 24h 后, 测量电池簇内各单体电池的静态开路电压, 记录电压偏差。

7.2.4.4 测量电池簇内各电池模块交流内阻, 计算内阻偏差。

电池簇电池一致性符合 6.2.2 规定。

7.2.5 电池 Pack 间连接电压降

在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下, 按电池 1h 放电率放电, 测试电池 Pack 间连接电压降。符合 6.2.5 规定要求。

7.2.6 放电性能

7.2.6.1 在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下, 电池簇按 7.5.3 规定充电至满容量后, 分别以 $1I_{10}(\text{A})$ 、 $2.0I_{10}(\text{A})$ 、 $5.5I_{10}(\text{A})$ 、 $10I_{10}(\text{A})$ 电流放电至事故放电终止电压, 计算放电容量 (Ah), 应满足 6.2.6 表 1 的要求。

7.2.6.2 在规定的高温或低温环境条件下，电池簇按 7.5.3 规定充电至满容量后，以 $1I_0$ (A) 电流放电至事故放电终止电压，计算放电容量 (Ah)，应满足 6.2.6 表 1 的要求。

7.2.7 充电效率

在环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 $3.0I_0$ 电流放电至事故放电终止电压，记录放电时间和放电容量 G_f ；静置 1h 后再按规定的充电方式给电池充满电，记录充电容量 G_c 。

充电效率 R_c 计算公式： $R_c = G_f / G_c$

充电效率符合 6.2.8 要求。

7.2.8 循环寿命

按照如下步骤测试常温循环性能：

- a) 室温下，以 $0.5I_1$ (A) 放电至生产厂商技术条件中规定的放电终止电压；
- b) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- c) 按制造商提供的充电方法进行充电；若生产厂商未提供充电方法，则以 $0.5I_1$ (A) 电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电终止电流降至 $0.05I_1$ (A) 时停止充电；
- d) 搁置不低于 30 min 或生产厂商规定的搁置时间；
- e) 室温下，以 $0.5I_1$ (A) 放电至生产厂商技术条件中规定的放电终止电压，计量放电容量；
- f) 按照 b)~e) 重复进行充放电循环，当连续 3 次循环的放电容量低于技术要求时，停止试验并记录循环次数。

注：循环开始时，前五次循环中，当连续三次测试容量极差（最大值减去最小值）小于这三次测试平均容量的 3% 时，这三次测试容量的平均值即为基准容量。

循环寿命符合 6.2.9 要求

7.2.9 电池安全性试验

7.2.9.1 电池安全性能试验均应在有充分安全保护的环境条件下进行，电池测试样品应按 7.2.1 规定的方法充满电后，静置规定时间后再进行试验。

7.2.9.2 单体电池安全性能试验应符合现行国家标准《电力储能用锂离子电池》GB/T 36276-2018 中 5.2.3 的规定。

7.2.9.3 钠离子电池模块安全性能试验应符合现行国家标准《电力储能用锂离子电池》GB/T 36276-2018 中 5.3.3 的规定。

7.2.9.4 钠离子电池模块和电池簇绝缘性能试验应符合现行国家标准《电力储能用锂离子电池》GB/T 36276-2018 中 5.3.1.7 的规定。

7.2.9.5 钠离子电池模块和电池簇耐压性能试验应符合现行国家标准《电力储能用锂离子电池》GB/T 36276-2018 中 5.3.1.8 的规定。

7.2.9.6 电池及 BMS 的耐湿热性能试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 5.3.6 的规定，试验后应正常工作，且满足参数测量精度要求。

7.2.9.7 BMS 和直流电源设备绝缘耐压性能应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中表 9 的规定，试验过程中不应出现击穿或闪络现象。

电池安全性符合 6.2.11 规定。

7.2.10 电磁兼容性试验

BMS 和直流电源设备应符合现行国家标准《电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验》GB/T 17626.2 规定严酷等级为三级静电放电抗扰度、《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》GB/T 17626.4 规定严酷等级为三级电快速瞬变脉冲群抗扰度、《电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验》GB/T 17626.5 规定严酷等级为三级浪涌（冲击）抗扰度、《电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度》GB/T 17626.8 规定严酷等级为四级工频磁场抗扰度、《电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度》GB/T 17626.12 规定严酷等级为三级振荡波抗扰度试验的要求。

7.3 整流装置试验

整流装置试验内容包括输出电压、电流调节范围、稳流精度、稳压精度和纹波系数、限压特性、限流特性、自主运行功能、效率与功率因数、并机均流性能（均流不平衡度）、软启动特性、输出电压电流整定误差等。试验按照 GB/T 19826 规定的方法进行。

7.4 直流监控功能试验

7.4.1 直流电源设备结构及工艺检查应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.2 的规定。

7.4.2 流精度、稳压精度及波纹因数试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.3 的规定。

7.4.3 直流电流电压输出误差试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.4 的规定。

7.4.4 充电限流、限压特性试验应符合下列要求：

a) 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，充电装置自动降低直流输出电压值，使充电电流下降至整定值以下，限流调整范围为输出额定电流 50%-110%中任一数值；

b) 在充电装置（恒流）充电状态下，通过电脑模拟设置单体电池电压，当单体电池电压达到本标准 6.4.2.2 要求值，自动转换为浮充电状态；

c) 在正常浮充电状态时，浮充计时时间达到整定值时，充电装置自动进入 b) 规定的充电程序；

d) 在浮充电状态下，中断交流电源 500ms~1000ms，交流电源恢复后，充电装置自动进入 b) 规定的充电程序。

7.4.5 效率试验和功率因数试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.6 的规定。

7.4.6 高频开关电源模块均流不平衡试验应符合现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.7 的规定。

7.4.7 噪音试验应遵循现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.13 的规定。

7.4.8 温度变化对性能的影响

按现行国家标准《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》GB/T 19826-2014 中 6.18 的要求分别测量、计算充电装置的稳压精度；试验后，设备应正常工作。

7.4.9 系统监控功能试验应符合下列要求：

a) 检查一般功能、控制功能、对故障信息的处理；

b) 调整母线电压，观察电压测量值的变化和动作情况；调整输入和输出电压为过压和欠压值，观察动作情况；模拟各种故障，观察故障报警情况及触点输出情况，并在触摸显示屏上显示故障对应的位置及解决方式；

c) 模拟绝缘降低故障，观察绝缘监测装置动作和触点输出等情况。

直流监控功能符合 6.3 直流监控装置要求。

7.4.10 检测功能显示监控装置检测内容，应符合本标准 6.3 的规定；

7.5 绝缘装置检测试验

7.5.1 检查绝缘监测装置的检测内容，应符合本标准 6.4 的规定。

7.5.2 检测功能显示屏需显示绝缘装置检测内容。

7.6 通信功能试验

7.6.1 通信接口和通信协议应符合 6.5.1 的规定。

7.6.2 与监控装置通信接口连接的上位计算机应能正确的接收监控装置上传的运行数据，试验结果应符合 6.5.2 的规定。

7.6.3 模拟一体化电源设备的各种运行工况和故障状态，与监控装置通信接口连接的上位计算机应能正确的接收监控装置上传的运行状态和报警信息，试验结果应符合 6.5.3 的规定。

8 检验规则

8.1 出厂检验

设备应逐台进行出厂检验，检验合格后方可给予出厂检验合格证。

8.2 型式试验

设备属于下列情况者应进行型式试验：

- a) 新研制的产品（包括转厂生产）；
- b) 当设计、工艺、材料、主要元器件改变而影响到设备的性能时；
- c) 停产二年以上再次生产时；
- d) 在正常生产情况下，每四年进行一次型式试验。

8.3 试验项目

出厂检验、型式试验、验收试验和定期检修试验项目参考表 4。

表4 钠离子直流电源试验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式试验	验收试验	定期检修试验	试验方法
1	一般检查	√	√	√	-	DL/T 459-2017: 6.4.1
2	电气间隙及爬电距离测量	√	√	√	-	DL/T 459-2017
	绝缘电阻测量	√	√	√	√	DL/T 459-2017: 6.4.2.1
	工频耐压试验	√	√	-	-	DL/T 459-2017: 6.4.2.2
	冲击耐压试验	-	√	-	-	DL/T 459-2017: 6.4.2.3
3	电池性能及标识	√	√	-	-	本标准 7.2
4	噪声试验	-	√	-	-	DL/T 459-2017: 6.4.4、7.1.5
5	温升试验	-	√	-	-	DL/T 459-2017: 6.4.5
6	电池性能一致性试验		√			本标准 7.2.4
7	电池簇内阻		√		-	本标准 7.2.3
8	电池间连接电压降	-	√		-	本标准 7.2.5
9	放电性能试验	-	√	-	-	本标准 7.2.6
10	充电效率试验	-	√	-	-	本标准 7.2.7
11	循环寿命试验	-	√	-	-	本标准 7.2.8
12	电池安全性试验	-	√	-	-	本标准 7.2.9
13	电磁兼容试验	-	√	-	-	本标准 7.2.10
14	稳流、稳压精度及纹波系数	√	√	√		本标准 7.3
15	直流电流电压输出误差	√	√	√		本标准 7.3
16	充电限流、限压特性试验		√			本标准 7.3
17	效率和功率因数试验		√			本标准 7.3
18	高频开关电源模块均流不平衡试验	√	√	√		本标准 7.3

序号	检验项目	出厂检验	型式试验	验收试验	定期检修试验	试验方法
19	通信功能试验	√	√	√	√	本标准 7.6
20	保护及告警功能试验	√	√	√	√	本标准 7.4
21	显示及检测功能试验	√	√	√	√	本标准 7.4
22	负载能力试验		√			DL/T 459-2017: 6.4.8
23	稳流精度试验		√			DL/T 459-2017: 6.4.11
24	稳压精度试验		√			DL/T 459-2017: 6.4.12
25	纹波系数试验		√			DL/T 459-2017: 6.4.13
26	限流及限压特性试验		√			DL/T 459-2017: 6.4.15
注：“√”表示应做的试验项目，“-”表示不需做的试验项目，*)有此功能时进行。						

9 标志、包装、运输与贮存要求

9.1 标志

9.1.1 铭牌

每套产品应配有铭牌，安装在明显位置，铭牌上应标明以下内容：

- a) 设备名称；
- b) 型号；
- c) 技术参数：
 - 1) 钠离子电池额定容量(Ah)；
 - 2) 额定输入交流电压 (V)；
 - 3) 直流额定电流 (A)；
 - 4) 直流标称电压 (V)；
- d) 质量 (kg)；
- e) 出厂编号；
- f) 制造年月；
- g) 制造单位名称或标识。

9.1.2 器件标示

产品的各种开关、仪表、信号灯、光字牌、母线等，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，不退色，不脱落，布置均匀，便于观察。

9.2 包装

包装应防潮、防振、防腐蚀并符合 GB/T 13384 的规定。

设备的包装箱内应提供以下文件：

- a) 装箱清单；
- b) 使用说明书；
- c) 电气原理图和接线图；
- d) 出厂检验报告；
- e) 合格证

9.3 运输

设备在运输过程中，不应有剧烈振动冲击，不得倾倒放置。

9.4 贮存

T/CES XXX—XXXX

设备在贮存期间，应放在空气流通、温度在（-25℃~55℃）之间，月平均相对湿度不大于 90% 的仓库内。设备的使用和贮存地点应无爆炸危险、无腐蚀性气体、无严重霉菌，有防御雨、雪、风、沙、尘埃等措施。与设备成套的蓄电池贮存应符合其产品技术条件规定。
