



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44026—2024

## 预制舱式锂离子电池储能系统技术规范

Technical specification for prefabricated cabin type lithium ion battery  
energy storage system

2024-05-28 发布

2024-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 分类和编码 .....	2
5 正常工作条件 .....	4
6 外观、尺寸和防护等级 .....	4
7 功能要求 .....	4
8 性能要求 .....	6
9 设备及部件 .....	19
10 试验方法 .....	21
11 检验规则 .....	65
12 标志、包装、运输、贮存 .....	68
附录 A (资料性) 预制舱式储能系统典型拓扑 .....	70
附录 B (规范性) 电气间隙和爬电距离 .....	71
附录 C (规范性) 设备标志符号 .....	75
附录 D (资料性) 设备及部件统计表 .....	77
附录 E (资料性) 设备及部件规格参数表 .....	78
附录 F (规范性) 有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差参数计算方法 .....	81
参考文献 .....	82



## 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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电力储能标准化技术委员会(SAC/TC 550)归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、阳光电源股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、浙江华云清洁能源有限公司、杭州高特电子设备股份有限公司、北京金风零碳能源有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、北京海博思创科技股份有限公司、武汉亿纬储能有限公司、华为数字能源技术有限公司、上海电器设备检测所、广州智光储能科技有限公司、中集储能科技有限公司、国家能源集团新能源技术研究院有限公司、中国华电科工集团有限公司、天津力神新能源科技有限公司。

本文件主要起草人：官亦标、渠展展、刘皓、许金梅、周俭节、王军立、许君杰、董栋、王浩、张徐、周钰、郭翠静、林久标、黎可、胡娟、李新强、石本星、付胜明、余士江、陈翔、张志远、李艳红、金翼、高飞、李歆纾、汪免伶。



# 预制舱式锂离子电池储能系统技术规范

## 1 范围

本文件规定了预制舱式锂离子电池储能系统(以下简称“预制舱式储能系统”)的外观、尺寸和防护等级、设备及部件、功能要求与性能要求,描述了相应的试验方法,规定了分类和编码、正常工作条件、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于额定功率不小于 100 kW 且额定能量不小于 200 kW·h 的预制舱式储能系统的设计、制造、试验、检验、运行、维护和检修。

## 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 1094.1 电力变压器 第 1 部分:总则
- GB/T 1094.11 电力变压器 第 11 部分:干式变压器
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 循环)
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 6067.1 起重机械安全规程 第 1 部分:总则
- GB/T 6113.104 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-4 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰测量用天线和试验场地
- GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:总则
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB 12514.1 消防接口 第 1 部分:消防接口通用技术条件
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 16895.6 低压电器装备 第 5-52 部分:电气设备的选择和安装 布线系统
- GB/T 16927.2 高电压试验技术 第 2 部分:测量系统
- GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验
- 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 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- 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 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 19582 (所有部分) 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范

- GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则
- GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)
- GB/T 20626.1 特殊环境条件 高原电工电子产品 第 1 部分:通用技术要求
- GB 23864 防火封堵材料
- GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB 30051 推门式逃生门锁通用技术要求
- GB/T 30790.2 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 2 部分:环境分类
- GB/T 34131 电力储能用电池管理系统
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB 39800.1 个体防护装备配备规范 第 1 部分:总则
- GB/T 42288 电化学储能电站安全规程
- DL/T 634.5104 运动设备及系统 第 5-104 部分:传输规约采用标准传输协议集的 IEC 60870-5-101 网络访问
- DL/T 860 (所有部分) 电力自动化通信网络和系统
- DL/T 2528 电力储能基本术语
- TSG 81 场(厂)内专用机动车辆安全技术监察规程

### 3 术语和定义

DL/T 2528 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **直流储能舱 DC energy storage cabin**

在预制舱体中集成安装电池阵列、电池管理系统和辅助系统,与外部储能变流器连接后可实现电能存储、转换与释放的设备组合。

注:简称“直流舱”,典型拓扑见附录 A 中图 A.1。

#### 3.2

##### **交流储能舱 AC energy storage cabin**

在预制舱体中集成安装电池阵列、电池管理系统、辅助系统、储能变流器、变压器(可选)等设备,能够独立实现电能存储、转换及释放的设备组合。

注:简称“交流舱”,典型拓扑见图 A.2。

#### 3.3

##### **预制舱式锂离子电池储能系统 prefabricated cabin type lithium ion battery energy storage system**

在预制舱体中集成安装锂离子电池阵列、电池管理系统和辅助系统,结合布置在该预制舱体内部或外部的储能变流器、变压器等设备,能够独立实现电能存储、转换及释放的设备组合。

### 4 分类和编码

#### 4.1 产品分类

##### 4.1.1 按输入输出端口电压类型

预制舱式储能系统按输入输出端口电压类型可分为:

- 直流舱;
- 交流舱。

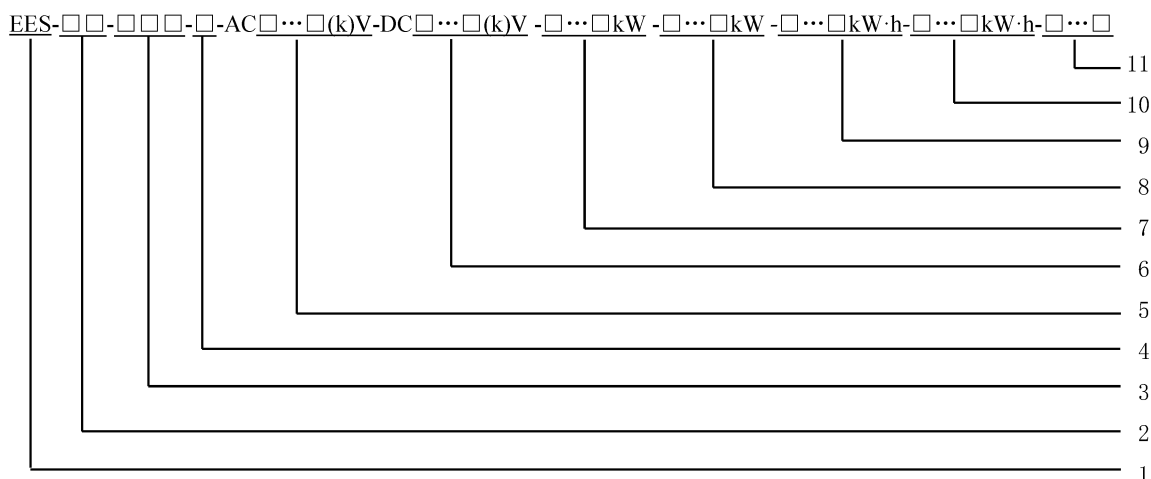
### 4.1.2 按接入电压等级

交流舱按接入电压等级可分为：

- A1 类交流舱,应用于通过 10(6)kV 及以上电压等级接入电网的储能电站,且舱内储能变流器交流端口电压不大于 1 000 V 的交流舱；
- A2 类交流舱,应用于通过 10(6)kV 及以上电压等级接入电网的储能电站,且舱内储能变流器交流端口电压大于 1 000 V 的交流舱；
- B1 类交流舱,通过 10(6)kV 接入用户侧的交流舱；
- B2 类交流舱,通过 380 V 接入用户侧的交流舱；
- B3 类交流舱,通过 220 V 接入用户侧的交流舱。

### 4.2 产品编码

预制舱式储能系统产品编码规则见图 1。



标引序号说明：

- 1 —— 电力储能用,用“EES”3 位字母表示；
- 2 —— 分类,用 1 位字母或 2 位字母与数字组合表示,其中:D——直流舱、A1——A1 类交流舱、A2——A2 类交流舱、B1——B1 类交流舱、B2——B2 类交流舱、B3——B3 类交流舱；
- 3 —— 电池类型,用 3 位字母表示,其中:LFP——磷酸铁锂、LTO——钛酸锂、LMO——锰酸锂类、NCM——镍钴锰酸锂、×××——其他；
- 4 —— 热管理方式,用 1 位字母表示,其中:A——风冷、L——液冷、C——风液组合、×——其他；
- 5 —— 交流额定电压,用最多 4 位数字表示,单位为“V 或 kV”,直流舱使用 4 位“\*”占位；
- 6 —— 直流标称电压,用最多 4 位数字表示,单位为“V 或 kV”；
- 7 —— 额定充电功率,用最多 4 位数字表示,单位为“kW”或“MW”；
- 8 —— 额定放电功率,用最多 4 位数字表示,单位为“kW”或“MW”；
- 9 —— 额定充电能量,用最多 4 位数字表示,单位为“kW·h”或“MW·h”；
- 10 —— 额定放电能量,用最多 4 位数字表示,单位为“kW·h”或“MW·h”；
- 11 —— 唯一标识,用 4~8 位字母、数字或符号组成。

图 1 预制舱式储能系统编码规则

示例 1：

直流舱,磷酸铁锂电池,风冷热管理系统,直流标称电压 1 330 V,额定充电功率 3 450 kW,额定放电功率 3 450 kW,额定充电能量 7 500 kW·h,额定放电能量 7 500 kW·h,编码为:EES-D-LFP-A-AC \* \* \* \* V-DC1 330 V-3 450 kW-

3 450 kW-7 500 kW · h-7 500 kW · h-××××××。

示例 2:

A1 类交流舱,磷酸铁锂电池,液冷热管理系统,交流额定电压 690 V,直流标称电压 1 330 V,额定充电功率 3 450 kW,额定放电功率 3 450 kW,额定充电能量 7 500 kW · h,额定放电能量 7 500 kW · h,编码为:EES-A1-LFP-L-AC690 V-DC 1 330 V-3 450 kW-3 450 kW-7 500 kW · h-7 500 kW · h-××××××。

## 5 正常工作条件

预制舱式储能系统在下列条件下应正常工作:

- a) 环境温度: -20 °C ~ +40 °C;
- b) 空气相对湿度: ≤95%, 无凝露;
- c) 海拔高度: ≤2 000 m; 当 >2 000 m 时, 符合 GB/T 20626.1 的规定。

## 6 外观、尺寸和防护等级



### 6.1 外观

预制舱式储能系统外观应满足下列要求:

- a) 外观完整, 无结构形变、剥落、锈蚀及裂痕等现象;
- b) 舱门和开关操作灵活;
- c) 铭牌、标志、标记完整清晰。

### 6.2 尺寸

预制舱式储能系统舱体尺寸相对于标称值的偏差应满足表 1 的要求。

表 1 外形尺寸偏差

单位为毫米

产品外形尺寸范围	尺寸偏差
≤6 000	±5
>6 000	±10

### 6.3 防护等级

预制舱式储能系统的防护等级应不低于 GB/T 4208 规定的 IP54。

## 7 功能要求

### 7.1 启停机

交流舱应具备启停机控制功能, 能根据控制开关或指令实现启动和停机。

### 7.2 功率控制功能

交流舱应具备有功功率、无功功率控制功能。

### 7.3 并离网切换

交流舱用于备用电源供电场景时,应具备并离网切换功能。

### 7.4 报警和保护

#### 7.4.1 直流舱

直流舱报警和保护应满足下列要求:

- a) 直流舱具备电池电压越限、电压极差越限、簇电流越限、温度越限、簇内电池单体温度极差越限、绝缘电阻越限、通信异常等报警和保护功能;
- b) 直流舱具备在短路、起火等紧急情况下快速断开直流回路的保护功能;
- c) 直流舱具备热管理系统异常报警和保护功能;
- d) 直流舱具备可燃气体浓度越限及火灾报警和保护功能,火灾报警采用声、光等提示方式。

#### 7.4.2 交流舱

交流舱报警和保护应满足下列要求:

- a) 交流舱具备电池电压越限、电池电压极差越限、电池簇电流越限、电池单体温度越限、电池簇内电池单体温度极差越限、绝缘电阻越限、通信异常等报警和保护功能;
- b) 交流舱具备储能变流器交流进线相序错误、直流电压异常、过电流、过温、通信故障和冷却系统故障等报警和保护功能;
- c) 交流舱具备在短路、起火等紧急情况下快速断开直流回路的保护功能;
- d) 交流舱具备热管理系统异常报警和保护功能;
- e) 交流舱具备可燃气体浓度越限及火灾报警和保护功能,火灾报警采用声、光等提示方式。

### 7.5 通信

#### 7.5.1 直流舱

直流舱通信功能满足下列要求:

- a) 直流舱应具备对外通信接口,实现舱内设备通信数据传输功能;
- b) 直流舱与储能变流器可采用控制器局域网(CAN)、RS-485、以太网等通信接口,支持 CAN 2.0B、GB/T 19582、DL/T 860 等通信协议,且具备一个输出硬接点接口;
- c) 直流舱与监控系统宜配置双以太网通信接口,支持 GB/T 19582、DL/T 634.5104、DL/T 860 等通信协议;
- d) 直流舱应具备独立的消防系统通信接口。

#### 7.5.2 交流舱

交流舱通信功能满足下列要求:

- a) 交流舱应具备对外通信接口,实现舱内设备通信数据传输功能;
- b) 交流舱与监控系统宜配置双以太网通信接口,支持 GB/T 19582(所有部分)、DL/T 634.5104、DL/T 860(所有部分)等通信协议;
- c) 交流舱应具备独立的消防系统通信接口;
- d) 交流舱宜预留调度自动化等其他监控系统接口,支持 GB/T 19582(所有部分)、DL/T 634.5104、DL/T 860(所有部分)等通信协议,并支持与监控系统、协调控制器等多客户端同时通信。

## 7.6 信息采集

### 7.6.1 直流舱

直流舱应具备采集电压、电流、功率、电池状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风装置状态、舱内温度与湿度等信息的功能。

### 7.6.2 交流舱

交流舱应具备采集电压、电流、功率、电池状态、储能变流器状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风装置状态、舱内温度与湿度等信息的功能。

## 7.7 显示

### 7.7.1 直流舱

直流舱宜具备显示电池运行状态、电池运行参数、热管理系统运行状态、消防系统运行状态、通风系统运行状态、事件记录等信息的功能。

### 7.7.2 交流舱

交流舱宜具备显示电池运行状态、电池运行参数、储能变流器运行状态、储能变流器运行参数、热管理系统运行状态、消防系统运行状态、通风系统运行状态、事件记录等信息的功能。

## 7.8 数据存储

预制舱式储能系统应能存储运行状态、事件记录等信息，本地存储时间不少于 180 d。

## 8 性能要求

### 8.1 机械性能

预制舱式储能系统的舱体机械性能应满足下列要求：

- a) 舱体内电池支架等内部承重结构承受 1.5 倍额定载荷时，电池支架形变量不大于 5 mm，舱门正常开关，舱体不出现涂层开裂、脱落等异常情况；
- b) 舱体在进行吊装或叉举过程中，底架形变量不大于底架长度的 2‰，舱体不出现涂层开裂、脱落等异常情况。

### 8.2 电性能

#### 8.2.1 充放电性能

##### 8.2.1.1 直流舱

直流舱在额定功率条件下充放电性能应满足下列要求：

- a) 充电能量不小于额定充电能量；
- b) 放电能量不小于额定放电能量；
- c)  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时充放电能量效率不小于 80%；
- d)  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  时充放电能量效率不小于 88%；
- e)  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  时充放电能量效率不小于 87%。

### 8.2.1.2 交流舱

交流舱在额定功率条件下充放电性能应满足下列要求：

- 充电能量不小于额定充电能量；
- 放电能量不小于额定放电能量；
- $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时充放电能量效率不小于75%；
- $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时充放电能量效率不小于83%；
- $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时充放电能量效率不小于81%。

## 8.2.2 过载能力

### 8.2.2.1 直流舱

直流舱在正常运行电压范围内,在110%额定功率条件下,持续运行时间应不少于10 min;在120%额定功率条件下,持续运行时间应不少于1 min。

### 8.2.2.2 交流舱

交流舱交流端口为额定电压时,交流端口电流在110%额定电流条件下,持续运行时间应不少于10 min;交流端口电流在120%额定电流下,持续运行时间应不少于1 min。

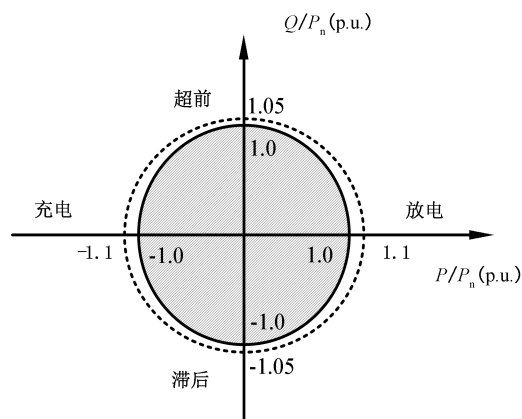
## 8.2.3 充放电转换时间

交流舱从90%额定功率充电到90%额定功率放电的转换时间以及从90%额定功率放电到90%额定功率充电的转换时间均应不大于100 ms。

## 8.2.4 功率控制

### 8.2.4.1 功率输出范围

交流舱在交流端口额定电压、额定频率时,有功功率和无功功率的输出范围应在图2所示实线框内四象限动态可调,宜在图2所示虚线框内四象限动态可调。



注： $P_n$ 为交流舱额定有功功率,下同。

图2 交流舱功率输出范围

8.2.4.2 有功功率控制

交流舱有功功率控制应满足下列要求：

- a) A1类、A2类和B1类交流舱在恒功率充放电模式下，有功功率控制偏差绝对值不大于额定功率的1%；
- b) A1类、A2类和B1类交流舱有功功率控制响应时间不大于100 ms；
- c) A1类、A2类和B1类交流舱有功功率控制调节时间不大于300 ms；
- d) B2类和B3类交流舱宜与A1类、A2类和B1类交流舱的要求相同。

8.2.4.3 一次调频

A1类、A2类和B1类交流舱参与一次调频控制时，应满足下列要求：

- a) 在充电和放电状态均具备一次调频能力；
- b) 一次调频死区宜设定为±(0.03~0.05) Hz；
- c) 一次调频有功功率变化量满足公式(1)，限幅不小于20% P<sub>n</sub>：

$$\Delta P = -\frac{1}{\delta} \times \frac{\Delta f}{f_n} \times P_n \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- ΔP ——有功功率变化量，单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)；
- δ ——一次调频调差率；
- Δf ——交流端口或一次调频控制装置检测到的频率与系统额定频率的偏差，单位为赫兹(Hz)；
- f<sub>n</sub> ——系统额定频率，单位为赫兹(Hz)；
- P<sub>n</sub> ——额定有功功率，单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

- d) 一次调频调差率为0.5%~3%；
- e) 参与一次调频控制时，一次调频响应时间不大于100 ms，一次调频调节时间不大于300 ms。

8.2.4.4 惯量响应

A1类和A2类交流舱参与惯量响应控制时，应满足下列要求：

- a) 在充电和放电状态均具备惯量响应能力；
- b) 惯量响应频率变化死区宜设定为±(0.03~0.1) Hz，计算频率变化率的时间窗口宜为100 ms~200 ms；
- c) 在满足公式(2)的条件下提供惯量响应，有功功率变化量满足公式(3)：

$$\Delta f \times \frac{df}{dt} > 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\Delta P = -\frac{T_j}{f_n} \frac{df}{dt} P_n \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- Δf ——交流端口频率与系统额定频率的偏差，单位为赫兹(Hz)；
- f ——交流端口试验到的频率，单位为赫兹(Hz)；
- t ——时间，单位为秒(s)；
- ΔP ——有功功率变化量，单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)；
- T<sub>j</sub> ——惯性时间常数，单位为秒(s)，宜设置为4 s~14 s；
- f<sub>n</sub> ——系统额定频率，单位为赫兹(Hz)；

$P_n$  ——额定有功功率,单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

- d) 参与惯量响应控制时,响应时间不大于 100 ms,调节时间不大于 300 ms。

#### 8.2.4.5 无功功率控制

交流舱无功功率控制应满足下列要求:

- 交流舱具备多种无功控制模式,包括电压/无功控制、功率因数控制和恒无功功率控制等,具备多种控制模式在线切换能力;
- A1类、A2类和B1类交流舱工作在恒功率充放电模式下,交流舱交流端口无功功率不小于20%额定功率时,无功功率控制偏差绝对值不大于额定功率的1%;交流舱交流端口无功功率小于20%额定功率时,无功功率控制偏差绝对值不大于额定功率的3%;
- A1类、A2类和B1类交流舱无功功率控制响应时间不大于100 ms,调节时间不大于300 ms;
- B2类和B3类交流舱宜与A1类、A2类和B1类交流舱要求相同。

### 8.2.5 电能质量

#### 8.2.5.1 谐波电流

交流舱在并网运行条件下,交流端口注入的总谐波电流应不大于交流端口额定电流的5%,各次谐波限值应满足表2的要求,注入的谐波电流不应包括交流电网谐波电压畸变引起的谐波电流。

表2 电流谐波限值

奇次谐波次数	谐波限值	偶次谐波次数	谐波限值
3 <sup>rd</sup> ~9 <sup>th</sup>	4% $I_N$	2 <sup>nd</sup> ~10 <sup>th</sup>	1% $I_N$
11 <sup>th</sup> ~15 <sup>th</sup>	2% $I_N$	12 <sup>th</sup> ~16 <sup>th</sup>	0.5% $I_N$
17 <sup>th</sup> ~21 <sup>st</sup>	1.5% $I_N$	18 <sup>th</sup> ~22 <sup>th</sup>	0.375% $I_N$
23 <sup>th</sup> ~33 <sup>th</sup>	0.6% $I_N$	24 <sup>th</sup> ~34 <sup>th</sup>	0.15% $I_N$
35 <sup>th</sup> ~49 <sup>th</sup>	0.3% $I_N$	36 <sup>th</sup> 以上	0.075% $I_N$

#### 8.2.5.2 谐波电压

8.2.5.2.1 交流舱在并网运行条件下,交流端口的电压总谐波畸变率应满足 GB/T 14549 的要求,间谐波电压应满足 GB/T 24337 的要求。

8.2.5.2.2 交流舱在离网运行条件下,空载和额定平衡阻性负载时交流端口的电压总谐波畸变率应不大于3%。

#### 8.2.5.3 直流分量

交流舱在额定功率并网运行条件下,交流端口电流中的直流电流分量应不大于交流端口额定电流的0.5%。

#### 8.2.5.4 电压偏差

8.2.5.4.1 交流舱在并网运行条件下,交流端口的电压偏差应满足 GB/T 12325 的要求。

8.2.5.4.2 交流舱在离网运行条件下,空载和额定平衡阻性负载时交流端口的电压偏差绝对值应不大于额定电压的5%,相位偏差绝对值应小于3°。

### 8.2.5.5 电压不平衡度

8.2.5.5.1 交流舱在并网运行条件下,交流端口的电压不平衡度应满足 GB/T 15543 的要求。

8.2.5.5.2 交流舱在离网运行条件下,空载和额定平衡阻性负载时交流端口的电压不平衡度应小于 2%,短时不应不大于 4%。

### 8.2.5.6 电压波动和闪变

交流舱在并网运行条件下,交流端口的电压波动和闪变应满足 GB/T 12326 的要求。

### 8.2.5.7 动态电压瞬变

521C

交流舱在离网运行和阻性负载条件下,负载功率从 20% 交流舱额定功率上升至 100% 交流舱额定功率或从 100% 交流舱额定功率下降至 20% 交流舱额定功率时,交流舱输出电压有效值在 100 ms 内与额定电压值的偏差绝对值应不大于额定电压的 30%,100 ms 后与额定电压值的偏差绝对值应不大于额定电压的 10%。

## 8.2.6 故障穿越

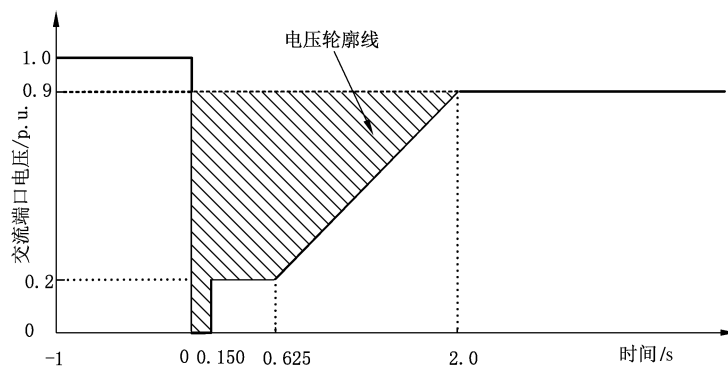
### 8.2.6.1 故障穿越能力

#### 8.2.6.1.1 低电压穿越

交流舱低电压穿越应满足下列要求:

a) A1 类和 A2 类交流舱交流端口电压在图 3 所示的阴影范围内时,交流舱不脱网连续运行,低电压穿越满足下列要求:

- 1) 交流端口电压跌落至 0 时,交流舱不脱网连续运行 150 ms;
- 2) 交流端口电压跌落至额定电压的 20% 时,交流舱不脱网连续运行 625 ms;
- 3) 交流端口电压跌落至额定电压的 90% 时,交流舱不脱网连续运行 2 s;
- 4) 交流端口电压跌至电压轮廓线以下时,交流舱可与电网断开。



注: 交流舱交流端口发生三相短路故障和两相短路故障时,低电压穿越考核电压为交流端口线电压;交流舱交流端口发生单相接地短路故障时,低电压穿越考核电压为交流端口相电压,下同。

图 3 A1 类和 A2 类交流舱低电压穿越能力要求

b) B1 类和 B2 类交流舱交流端口电压在图 4 所示的阴影范围内时,交流舱不脱网连续运行,低电压穿越满足下列要求:

- 1) 交流端口电压跌落至 0 时,交流舱不脱网连续运行 150 ms;
- 2) 交流端口电压跌落至额定电压的 20% 时,交流舱不脱网连续运行 625 ms;

- 3) 交流端口电压跌落至额定电压的 85% 时,交流舱不脱网连续运行 2 s;
- 4) 交流端口电压跌至电压轮廓线以下时,交流舱可与电网断开。

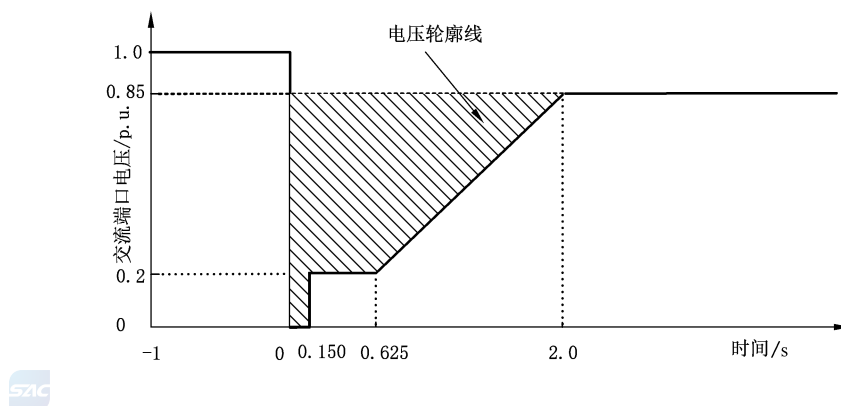


图 4 B1 类和 B2 类交流舱低电压穿越能力要求

#### 8.2.6.1.2 高电压穿越

A1 类、A2 类、B1 类和 B2 类交流舱交流端口电压在图 5 所示阴影范围内时,交流舱应不脱网连续运行,高压穿越应满足以下要求:

- a) 交流端口电压升高至 1.3 倍额定电压时,交流舱不脱网连续运行 500 ms;
- b) 交流端口电压升高至 1.25 倍额定电压时,交流舱不脱网连续运行 1 s;
- c) 交流端口电压升高至 1.2 倍额定电压时,交流舱不脱网连续运行 10 s;
- d) 交流端口电压高出电压轮廓线时,交流舱可与电网断开。

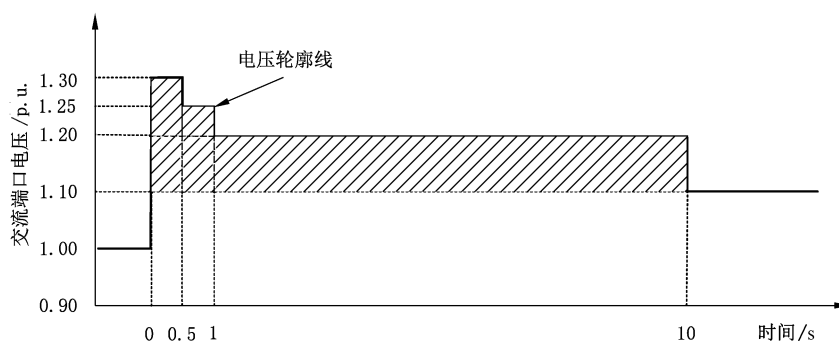


图 5 交流舱高电压穿越能力要求

#### 8.2.6.2 动态无功支撑

##### 8.2.6.2.1 对称低电压故障时动态无功支撑能力

A1 类、A2 类和 B1 类交流舱对称低电压故障时动态无功支撑能力应满足下列要求:

- a) 当电力系统发生故障,交流端口三相电压跌落,A1 类和 A2 类交流舱电压正序分量低于额定电压的 90% 或 B1 类交流舱电压正序分量低于额定电压的 85% 时,交流舱具备动态无功支撑能力;
- b) A1 类和 A2 类交流舱动态无功电流增量满足公式(4),B1 类交流舱动态无功电流增量满足公式(5):

$$\Delta I_t = K_1 \times (0.9 - U_t) \times I_N (0 \leq U_t \leq 0.9) \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta I_t = K_1 \times (0.85 - U_t) \times I_N (0 \leq U_t \leq 0.85) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $\Delta I_t$  —— 输出动态无功电流增量,单位为安(A);
- $K_1$  —— 输出动态无功电流比例系数, $K_1$  不小于 1.5,宜不大于 3;
- $U_t$  —— 交流端口实际电压与额定电压的比值;
- $I_N$  —— 交流端口额定输出电流值,单位为安(A)。

- c) 电压跌落期间,交流舱输出的无功电流为电压跌落前输出的无功电流与动态无功电流增量之和,交流舱无功电流的最大输出能力不低于额定电流的 1.05 倍,动态无功电流控制偏差绝对值不大于 10%额定电流;
- d) 自交流端口电压小于额定电压的 90%或 85%时刻起,交流舱动态无功电流的响应时间不大于 30 ms,调节时间不大于 60 ms;自交流端口电压恢复至额定电压的 90%或 85%额定电压以上时刻起,交流舱在 30 ms 内退出主动提供的动态无功电流增量。

8.2.6.2.2 不对称低电压故障时动态无功支撑能力

A1 类、A2 类和 B1 类交流舱不对称低电压故障时动态无功支撑能力应满足下列要求：

- a) 当电力系统发生不对称短路故障时,交流舱在低电压穿越过程中具备动态无功支撑能力;
- b) A1 类和 A2 类交流舱交流端口电压正序分量在额定电压的 60%~90%、B1 类交流舱交流端口电压正序分量在额定电压的 60%~85%时,交流舱具备输出正序动态无功电流支撑正序电压恢复的能力,从电网吸收负序动态无功电流抑制负序电压升高,A1 类和 A2 类交流舱动态无功电流增量满足公式(6)、B1 类交流舱动态无功电流增量满足公式(7)：

$$\begin{cases} \Delta I_t^+ = K_2^+ \times (0.85 - U_t^+) \times I_N, (0.6 \leq U_t^+ \leq 0.85) \dots\dots\dots (6) \\ \Delta I_t^- = K_2^- \times U_t^- \times I_N \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta I_t^+ = K_2^+ \times (0.9 - U_t^+) \times I_N, (0.6 \leq U_t^+ \leq 0.9) \dots\dots\dots (7) \\ \Delta I_t^- = K_2^- \times U_t^- \times I_N \end{cases}$$

式中：

- $\Delta I_t^+$  —— 注入的正序动态无功电流增量,单位为安(A);
- $\Delta I_t^-$  —— 吸收的负序动态无功电流增量,单位为安(A);
- $K_2^+$  —— 动态正序无功电流比例系数, $K_2^+$  取值不小于 1.0;
- $K_2^-$  —— 动态负序无功电流比例系数, $K_2^-$  取值不小于 1.0;
- $U_t^+$  —— 交流端口电压正序分量标么值;
- $U_t^-$  —— 交流端口电压负序分量标么值;
- $I_N$  —— 额定电流,单位为安(A)。

- c) 交流端口电压正序分量小于额定电压的 60%时,交流舱在不助增交流端口电压不平衡度的前提下,注入正序动态无功电流、吸收负序动态无功电流;
- d) 电压跌落期间,交流舱输出的正序无功电流为电压跌落前输出的无功电流与注入的正序动态无功电流增量之和,交流舱无功电流的最大输出能力不小于额定电流的 1.05 倍,可通过减少动态无功电流增量来满足无功电流的最大输出能力的限制。

8.2.6.2.3 对称高电压故障时动态无功支撑能力

A1 类、A2 类和 B1 类交流舱对称高电压故障时动态无功支撑能力应满足下列要求：

- a) 当交流端口电压正序分量在额定电压的 110%~130%时,交流舱动态无功电流增量响应满足公式(8):

$$\Delta I_t = K_3 \times (U_t - 1.1) \times I_N (1.1 \leq U_t \leq 1.3) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$\Delta I_t$  ——输出动态无功电流增量,单位为安(A);

$K_3$  ——动态无功电流比例系数, $K_3$  取值不小于 1.5;

$U_t$  ——交流端口电压标么值;

$I_N$  ——额定电流,单位为安(A)。

- b) 交流端口电压升高期间,交流舱输出无功电流为电压升高前输出的无功电流与输出动态无功电流增量之差,交流舱无功电流最大输出能力不小于额定电流的 1.05 倍,动态无功电流控制偏差绝对值不大于 10%额定电流;
- c) 自交流端口电压超过 110%额定电压时刻起,交流舱动态无功电流响应时间不大于 30 ms,调节时间不大于 60 ms;自交流端口电压恢复至 110%额定电压以下时刻起,交流舱在 30 ms 内退出主动提供动态无功电流增量;
- d) 故障穿越期间在满足动态无功电流支撑能力的前提下,宜保持故障前有功功率值,且交流舱最大输出电流能力不小于额定电流的 1.05 倍。

### 8.2.6.3 有功功率恢复能力

A1 类、A2 类、B1 类和 B2 类交流舱故障穿越有功功率恢复能力应满足下列要求:

- a) 对于低电压穿越期间没有切出的交流舱,其有功功率在故障清除后能快速恢复,自故障清除时刻起,以不小于 30%额定功率/s 的功率变化率恢复至故障前的值;
- b) 对于高电压穿越期间没有保持故障前有功功率值的交流舱,其有功功率在故障清除后能快速恢复,自故障清除时刻起,以不小于 30%额定功率/s 的功率变化率恢复至故障前的值。

### 8.2.6.4 连续故障穿越

#### 8.2.6.4.1 连续低电压穿越

A1 类和 A2 类交流舱应具备连续两次低电压穿越能力,相邻低电压穿越时间间隔宜为 0.2 s~2 s;每次低电压穿越特性和支撑能力应满足 8.2.6.1~8.2.6.3 的要求。

#### 8.2.6.4.2 连续低-高电压穿越

A1 类和 A2 类交流舱应具备连续三次低-高电压穿越能力,对于连续低-高电压穿越期间没有保持故障前有功功率值的交流舱,其有功功率在故障清除后应能快速恢复,自故障清除时刻起,以不小于 30%额定功率/s 的功率变化率恢复至故障前的值。

### 8.2.7 运行适应性

#### 8.2.7.1 电压适应性

A1 类、A2 类、B1 类和 B2 类交流舱电压适应性应满足表 3 要求,B3 类交流舱电压适应性应满足表 4 要求。

表3 A1类、A2类、B1类和B2类交流舱电压适应性要求

交流端口电压 $U$	运行要求
A1 和 A2 类交流舱： $U < 90\%U_n$ B1 类和 B2 类交流舱： $U < 85\%U_n$	满足低电压穿越要求
A1 和 A2 类交流舱： $90\%U_n \leq U \leq 110\%U_n$ B1 类和 B2 类交流舱： $85\%U_n \leq U \leq 110\%U_n$	正常运行
$110\%U_n < U$	满足高电压穿越要求
注： $U_n$ 为交流舱的交流端口额定电压。	

表4 B3类交流舱电压适应性要求

交流端口电压 $U$	运行要求
$U < 50\%U_n$	交流舱在 0.2 s 内转为停机状态
$50\%U_n \leq U < 85\%U_n$	交流舱不应于充电状态,运行不小于 2 s
$85\%U_n \leq U \leq 110\%U_n$	正常运行
$110\%U_n < U \leq 120\%U_n$	交流舱不处于放电状态,运行不小于 2 s
$120\%U_n < U$	交流舱在 0.2 s 内转为停机状态
注： $U_n$ 为交流舱的交流端口额定电压。	

8.2.7.2 频率适应性

交流舱频率适应性应满足表5要求。

表5 频率适应性要求

频率 $f$	运行要求
$f < 46.5 \text{ Hz}$	交流舱不处于充电状态,根据允许运行的最低频率或电网调度机构要求确定是否脱网
$46.5 \text{ Hz} \leq f < 48.5 \text{ Hz}$	处于充电状态的交流舱在 0.2 s 内转为放电状态,对于不具备放电条件或其他特殊情况,在 0.2 s 内脱网,处于放电状态的交流舱连续运行
$48.5 \text{ Hz} \leq f \leq 50.5 \text{ Hz}$	正常充电或放电运行
$50.5 \text{ Hz} < f \leq 51.5 \text{ Hz}$	处于放电状态的交流舱在 0.2 s 内转为充电状态,对于不具备充电条件或其他特殊情况,在 0.2 s 内脱网; 处于充电状态的交流舱连续运行
$f > 51.5 \text{ Hz}$	交流舱不处于放电状态; 交流舱根据允许运行的最高频率确定是否脱网
注： $f$ 为交流舱交流端口的电网频率。	

8.2.7.3 频率变化率适应性

交流舱在正常运行频率范围内,在 500 ms 的时间窗口内频率变化率不大于 2 Hz/s 时应不脱网连

续运行。

#### 8.2.7.4 电能质量适应性

当交流舱交流端口的闪变值满足 GB/T 12326、谐波值满足 GB/T 14549、三相电压不平衡度满足 GB/T 15543 的规定时,交流舱应正常运行。

#### 8.2.8 防孤岛保护

防孤岛保护满足下列要求:

- a) A1 类和 A2 类交流舱可不具备防孤岛保护;
- b) B1 类、B2 类和 B3 类交流舱防孤岛保护动作时间不大于 2 s,防孤岛保护与电网侧线路保护相配合;对于启用并离网切换功能情况,闭锁防孤岛保护功能。

### 8.3 安全性能

#### 8.3.1 电气安全距离

##### 8.3.1.1 冲击耐受电压和暂态过电压

预制舱式储能系统各电路的绝缘应能承受附录 B 中表 B.1 规定的冲击耐受电压和暂时过电压。

##### 8.3.1.2 电气间隙

预制舱式储能系统绝缘电气间隙应满足下列要求:

- a) 暴露在预制舱体外部的设备满足污染等级 4 级条件下正常使用,预制舱体内的设备满足污染等级 2 级条件下正常使用;
- b) 预制舱式储能系统各电路之间以及带电部件、接地部件之间的功能绝缘、基本绝缘和附加绝缘的最小电气间隙满足表 B.2 的要求;在海拔 2 000 m 及以上使用的预制舱式储能系统,电气间隙根据表 B.3 的修正因子进行修正;
- c) 加强绝缘的电气间隙根据基本绝缘更高一级的冲击耐受电压、1.6 倍暂时过电压、1.6 倍工作电压三者中最严酷的工况确定。

##### 8.3.1.3 爬电距离

预制舱式储能系统爬电距离应满足下列要求:

- a) 功能绝缘、基本绝缘和附加绝缘的爬电距离满足表 B.4 的要求,加强绝缘的爬电距离为表 B.4 查出的基本绝缘对应爬电距离的两倍;
- b) 对于根据表 B.4 确定的爬电距离小于根据表 B.2 确定的电气间隙情况,爬电距离按照表 B.2 确定的电气间隙执行。

#### 8.3.2 绝缘电阻

##### 8.3.2.1 直流舱

直流舱绝缘电阻应满足下列要求:

- a) 直流舱的直流端口正极与预制舱体保护接地极之间、直流端口负极与预制舱体保护接地极之间能承受绝缘电阻试验设备持续施加 1 min 表 6 规定的直流电压,绝缘电阻与标称电压的比值均不小于 1 000  $\Omega/V$ ;
- b) 辅助供电端口与预制舱体保护接地极之间能承受绝缘电阻试验设备持续施加 1 min 表 6 规定

的直流电压,绝缘电阻不小于 1 MΩ。

### 8.3.2.2 交流舱

交流舱绝缘电阻应满足下列要求:

- a) 交流舱交流端口与预制舱体保护接地极之间能承受绝缘电阻试验设备持续施加 1 min 表 6 规定的直流电压,A1 类、B1 类、B2 类和 B3 类交流舱绝缘电阻不小于 1 MΩ,A2 类交流舱绝缘电阻与标称电压的比值不小于 1 000 Ω/V。
- b) 辅助供电端口与预制舱体保护接地极之间能承受绝缘电阻试验设备持续施加 1 min 表 6 规定的直流电压,绝缘电阻不小于 1 MΩ。

表 6 绝缘电阻试验电压等级

单位为伏特

额定绝缘电压 $U_i$	绝缘电阻试验电压
$U_i < 500$	500
$500 \leq U_i \leq 1\ 000$	1 000
$U_i > 1\ 000$	2 500

注:  $U_i$  为设备工作电压。

### 8.3.3 介质强度

#### 8.3.3.1 直流舱

直流舱介质强度应满足下列要求:

- a) 直流舱直流端口正极与预制舱体保护接地极之间、直流端口负极与预制舱体保护接地极之间能承受持续施加 1 min 表 7 规定的工频交流电压或直流电压,不发生击穿或闪络现象,直流耐压漏电流小于 10 mA;
- b) 直流舱辅助供电端口与预制舱体保护接地极之间能承受持续施加 1 min 表 8 规定的工频交流电压或直流电压,不发生击穿或闪络现象,漏电流小于 10 mA。

注: 对于出厂检验,采用基本绝缘电路试验电压值,持续时间为 1 s。

表 7 直流端口介质强度试验电压值

单位为伏特

系统电压 (直流)	基本绝缘电路		双重绝缘或加强绝缘电路	
	交流电压有效值	直流电压	交流电压有效值	直流电压
$\leq 71$	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200

表 7 直流端口介质强度试验电压值 (续)

单位为伏特

系统电压 (直流)	基本绝缘电路		双重绝缘或加强绝缘电路	
	交流电压有效值	直流电压	交流电压有效值	直流电压
1 600	1 800	2 600	2 900	4 200
2 300	2 600	3 700	4 200	5 900
3 000	3 400	4 800	5 400	7 700
4 600	5 200	7 400	8 300	11 800
7 600	8 500	12 000	14 000	19 000
16 000	18 000	26 000	29 000	42 000
23 000	26 000	37 000	42 000	59 000
30 000	34 000	48 000	54 000	77 000
38 000	43 000	61 000	69 000	98 000

## 8.3.3.2 交流舱

交流舱交流端口各独立电路之间,交流端口与预制舱体保护接地极之间、辅助供电端口与预制舱体保护接地极之间,能承受续施加按照表 8 规定 1 min 的工频交流电压或直流电压,不发生击穿或闪络现象,漏电流小于 10 mA。

注:对于出厂检验,采用基本绝缘电路试验电压值,持续时间为 1 s。

表 8 交流端口介质强度试验电压值

单位为伏特

系统电压 (交流)	基本绝缘电路		双重绝缘或加强绝缘电路	
	交流电压有效值	直流电压	交流电压有效值	直流电压
≤50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	1 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
6 00	1 800	2 550	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220
3 600	10 000	14 150	16 000	22 650
7 200	20 000	28 300	32 000	45 300
12 000	28 000	39 600	44 800	63 350
17 500	38 000	53 700	60 800	85 900
24 000	50 000	70 700	80 000	113 100
36 000	70 000	99 000	112 000	158 400

### 8.3.4 接地和防雷

#### 8.3.4.1 接地

预制舱式储能系统接地应满足下列要求。

- a) 预制舱体外部至少提供 2 个沿对角线布置的接地端子,按照附录 C 中表 C.1 的第 7 个标志符号进行标识。
- b) 预制舱体内设置一次回路保护接地铜排,按照表 C.1 的第 7 个标志符号进行标识。
- c) 预制舱体内部等电位连接采用下列连接方式之一:
  - 通过金属部件可靠接触;
  - 通过使用时不会被拆卸的其他导电部件连接;
  - 通过专用等电位保护连接导体连接。
- d) 可接触导电部件通过等电位连接到预制舱体保护接地极的电阻不超过  $0.1 \Omega$ 。
- e) 预制舱体内设置独立的二次回路接地铜排,接地铜排截面积不小于  $100 \text{ mm}^2$ ,按照表 C.1 的第 6 个标志符号进行标识。

#### 8.3.4.2 防雷

##### 8.3.4.2.1 直流舱

直流舱直流端口应配置浪涌保护器。

##### 8.3.4.2.2 交流舱

交流舱交流端口应配置浪涌保护器。

#### 8.3.5 热失控扩散

预制舱式储能系统内电池单体发生热失控后,不应起火、不应爆炸、不应触发其他电池模块发生热失控,电池模块绝缘性能应满足 GB/T 36276 的要求。

#### 8.3.6 噪声

预制舱式储能系统在额定功率运行时,在距离水平位置 1 m 处噪声应不大于 85 dB;当噪声大于 70 dB 时,应在预制舱体上标注表 C.1 的第 22 个标识符号。

#### 8.3.7 交变湿热



预制舱式储能系统在温度、湿度交替变化条件下绝缘性能应满足 8.3.2 要求,并能正常启动运行。

### 8.4 电磁兼容

预制舱式储能系统电磁兼容性能应满足表 9 的要求。

表 9 电磁兼容性能要求

序号	试验项目	符合标准	试验级别	性能判据
1	静电放电抗扰度	GB/T 17626.2	等级 3	B
2	射频电磁场辐射抗扰度	GB/T 17626.3	等级 3	A
3	电快速脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	等级 3	B
4	浪涌(冲击)抗扰度	GB/T 17626.5	等级 3	B
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	等级 3	A

## 9 设备及部件

### 9.1 预制舱体

- 9.1.1 预制舱体机械碰撞性能应不低于 GB/T 20138 中规定 IK10 等级。
- 9.1.2 预制舱体顶板集中载荷达到 3 kN/0.18 m<sup>2</sup>、平均载荷达到 3 kN/m<sup>2</sup> 时应无塑性形变或损坏。
- 9.1.3 在地面水平加速度 0.2g、垂直加速度 0.15g 作用下,预制舱体不应出现明显形变。
- 9.1.4 预制舱体舱壁传热系数应不大于 2.5 W/(m<sup>2</sup>·℃)。
- 9.1.5 预制舱体支撑结构材料和围护结构材料耐火极限应不小于 1 h。
- 9.1.6 步入式预制舱体内各功能区域间应设置隔板,隔板的耐火极限应不小于 1 h。
- 9.1.7 预制舱体使用的保温材料、通风系统与空调系统中的风管、风口、阀门等,燃烧性能等级应符合 GB 8624 中 A 级的规定,铺地材料、装饰材料燃烧性能等级应符合 GB 8624 中 B1 及以上等级的规定。
- 9.1.8 预制舱体用防火封堵材料的燃烧性能、耐火性能、理化性能应符合 GB 23864 的规定。
- 9.1.9 预制舱体外表面耐腐蚀性能应符合 GB/T 30790.2 中 C3 等级的规定。
- 9.1.10 预制舱体外绝缘部件耐紫外线能力应符合 GB/T 7251.1 的规定。
- 9.1.11 预制舱体通风口、孔洞、门、线缆端口等与舱外相通部位应设置防止小动物进入的设施。
- 9.1.12 预制舱体舱门应向舱外侧打开,开启角度宜不小于 90°。
- 9.1.13 预制舱体舱门应设置锁紧装置和定位装置,锁紧装置和定位装置在限位状态下应能承受风速 20 m/s 时所产生的静载荷。
- 9.1.14 预制舱体舱门应配置锁具。
- 9.1.15 步入式预制舱体应设置 2 个疏散门,净宽度应不小于 0.9 m,应选用符合 GB 30051 规定的推门式逃生门锁。
- 9.1.16 预制舱体与地面支撑点宜选用螺栓固定方式,螺栓固定点与预制舱体的非功能性导电导体可靠连通。
- 9.1.17 预制舱体内电池支架与电池单体或电池模块应具备可靠连接和缓冲限位,满足运输的振动要求,电池支架与电池模块外壳间应至少有 1 个等电位连接点。
- 9.1.18 预制舱体内电池支架与预制舱应可靠连接。电池支架与预制舱采用螺栓连接时,应至少配备 1 个等电位连接点。

### 9.2 锂离子电池

- 9.2.1 锂离子电池的外观、尺寸和质量、电性能、环境适应性、耐久性能和安全性能应符合 GB/T 36276 的规定。

9.2.2 电池模块间正、负极接口应具备防呆和绝缘保护功能。

9.2.3 电池模块宜支持现场拆卸维护。

### 9.3 电池管理系统

9.3.1 电池管理系统的数据采集、通信、报警和保护、控制、能量状态估算、均衡、绝缘电阻试验、绝缘耐压、电气适应性、电磁兼容等应符合 GB/T 34131 的规定。

9.3.2 电池管理系统宜支持与电池模块同时安装及拆卸。

9.3.3 电池管理系统宜具备消防系统、通风系统、热管理系统、水浸传感器、预制舱式内环境温湿度传感器等辅助系统信息接入功能。

### 9.4 储能变流器

储能变流器的启停机、功率控制、并离网切换、报警和保护、绝缘电阻试验、通信、运行信息监测、统计、数据显示和存储功能、电气性能、安全性能宜符合 GB/T 34120 的规定。

### 9.5 变压器

9.5.1 交流舱应选用干式变压器，干式变压器的性能参数、技术要求等应符合 GB/T 1094.1、GB/T 1094.11 和 GB/T 10228 的规定。

9.5.2 变压器额定容量应不小于预制舱式储能系统中储能变流器额定功率的 1.05 倍。

### 9.6 线缆

9.6.1 线缆标识应完整、正确、清晰。

9.6.2 线缆载流量应符合 GB/T 16895.6 的相关规定。

9.6.3 线缆阻燃性能应不低于 GB/T 19666 规定的 C 类阻燃要求。

9.6.4 通信线缆宜选用具备抗干扰能力的屏蔽线缆。

9.6.5 裸露在预制舱体外的连接器防护等级应不低于 GB/T 4208 中 IP67 的规定。

### 9.7 辅助系统

#### 9.7.1 辅助供电系统

9.7.1.1 预制舱式储能系统的辅助供电系统功率应不低于电池管理系统、热管理系统、通风系统、消防系统、照明、通信等设备全负荷功率之和。

9.7.1.2 预制舱式储能系统应配置不间断电源，不间断电源的输出功率应不低于电池管理系统和通信设备全负荷功率之和，不间断电源的容量应满足电池管理系统和通信设备连续工作 2 h。不间断电源功能、主要性能、环境适应性、电磁兼容性、安全、能效宜符合 GB/T 14715 的规定。

9.7.1.3 预制舱式储能系统的低压辅助配电系统应符合 GB/T 7251.1 的规定。

#### 9.7.2 热管理系统

9.7.2.1 热管理系统宜具备制冷与制热功能。

9.7.2.2 热管理系统应控制预制舱内环境满足舱内设备正常工作要求。

9.7.2.3 热管理系统宜具备与电池管理系统及储能变流器通信的功能。

9.7.2.4 液冷热管理系统应具备冷却液漏液监测功能。

### 9.7.3 通风系统

9.7.3.1 通风系统应采用防爆型风机。

9.7.3.2 通风系统每分钟排风量应不小于预制舱净容积。

注：净容积等于预制舱整体容积减去锂离子电池等设备的体积。

9.7.3.3 通风系统进风口、排风口应设置在能排出可燃气体，且不产生气流短路与排风死角的位置。

9.7.3.4 通风系统进风口、排风口使用电动执行机构时，电动执行机构应采用防爆型。

### 9.7.4 消防系统

9.7.4.1 预制舱式储能系统应配置火灾自动报警系统与自动灭火系统。

9.7.4.2 预制舱体外应设置手动火灾报警按钮、消防系统紧急启停按钮。

9.7.4.3 火灾自动报警系统宜配置点型感烟或吸气式感烟探测器、感温探测器、可燃气体探测器，探测器的配置数量应根据探测器的保护面积及保护半径确定。

9.7.4.4 自动灭火系统的灭火介质和最小保护单元应符合 GB/T 42288 的规定。

9.7.4.5 预制舱式储能系统宜配置水消防管网和舱外消防接口，消防接口规格应符合 GB 12514.1 的规定。

9.7.4.6 消防系统应配置不间断电源，不间断电源的输出功率应大于火灾自动报警系统和消防联动控制器全负荷功率之和的 120%，不间断电源的容量应满足火灾报警系统和消防联动控制器同时连续工作 3 h。

9.7.4.7 消防系统宜具备与电池管理系统进行信息交互的功能。

9.7.4.8 火灾自动报警系统应与直流开断设备、储能变流器、热管理系统等设备联动。

9.7.4.9 预制舱体内可燃气体浓度达到爆炸下限的 10% 时，预制舱式储能系统应自动启动通风系统、关闭风冷热管理系统、断开直流开断设备。

9.7.4.10 气体自动灭火系统启动时，通风系统应关闭。

### 9.7.5 照明

9.7.5.1 步入式预制舱式储能系统应配置防爆型灯具，灯具防爆等级应不低于 GB/T 3836.1 中 II C 类的要求。

9.7.5.2 步入式预制舱式储能系统工作面照度应不低于 100 lx。

9.7.5.3 步入式预制舱式储能交流舱内应在出入口的顶部、壁面上部或顶棚设置应急照明灯。

9.7.5.4 步入式预制舱式储能系统疏散通道两侧布置电池阵列时，应急疏散指示装置应设置在疏散通道的上方，应急疏散指示装置指示方向应指向疏散方向，并导向安全出口。

9.7.5.5 步入式预制舱式储能系统疏散通道的地面最低照度应不低于 1.0 lx。

### 9.7.6 视频监控

预制舱式储能系统宜配置视频监控系统，并具备对外通信接口。

## 10 试验方法

### 10.1 一般要求

10.1.1 预制舱式储能系统试验前应收集设备及部件统计表与设备规格参数表，设备及部件统计表见

附录 D 中表 D.1,设备及部件规格参数表见附录 E 中表 E.1、表 E.2。

10.1.2 试验前应制定安全措施,编制应急方案,并应配备灭火装置和应急物资。

10.1.3 试验前应对预制舱式储能系统的规格参数、保护整定值等进行核查。

10.1.4 除另有规定外,预制舱式储能系统试验前应进行预充电或预放电,能量状态宜为额定放电能量的 30%~80%。

10.1.5 电性能试验时应开启预制舱式储能系统的保护功能,试验过程中不应触发报警和保护。

10.1.6 试验应在具备安全保护的环境条件下进行,试验场地应配置消防设备。试验人员应配备防毒面具、手套、防护眼镜、防护服等安全防护用品。安全防护用品应符合 GB 39800.1 规定并经国家相应的质检部门试验,具备生产许可证及编号标志、产品合格证者,方可使用。

10.1.7 试验人员应具备必要的电气知识和业务技能,熟悉储能设备和电气设备的工作原理及结构、测试方案和安全工作规程,能正确使用工器具、仪器仪表和安全防护设备。

10.1.8 试验设备应经过检定或校准,并在有效期内,测试仪器外壳可靠接地。

10.1.9 吊装作业应符合 GB/T 6067.1 的规定,操作人员应具备相关作业资质。试验人员不应在预制舱受力方向停留,试验人员不应进入吊装作业范围。

10.1.10 叉车作业应符合 TSG 81 的规定,操作人员应具备相关作业资质。

## 10.2 试验设备

### 10.2.1 测量仪器

测量仪器主要技术指标应满足表 10 的要求。

表 10 测量仪器主要技术指标要求

名称	精度
量具	0.2 级
温度计	±0.5 °C
湿度计	±3%
电流传感器	0.2 级
电压传感器	0.2 级
声级计	±1 dB
数据采集装置	0.2 级
全站型电子速测仪	I 级

### 10.2.2 起重设备

起重设备应满足 GB/T 6067.1 的要求。

### 10.2.3 叉举设备

叉举设备应满足 TSG 81 的要求。

### 10.2.4 充放电装置

充放电装置主要技术指标应满足表 11 要求。

表 11 充放电装置主要技术指标要求

参数类型	参数范围	精度
电压( $U$ ) V	—	$\pm 0.1\%$ 满量程(F.S.)
电流( $I$ ) A	—	$\pm 0.1\%$ F.S.
温度( $T$ ) $^{\circ}\text{C}$	$-40 \leq T \leq 150$	$\pm 2$
时间( $t$ ) s	—	$\pm 0.1$

## 10.2.5 环境模拟装置

环境模拟装置主要技术指标应满足表 12 要求。

表 12 环境模拟装置主要技术指标要求

参数类型	精度
温度 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 2$
温度波动度 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 2$
温度均匀度 $^{\circ}\text{C}$	$\leq 2$
相对湿度 %	$\pm 5$

## 10.2.6 防护等级试验装置

防尘性能试验装置与防水性能试验装置应满足 GB/T 4208 的要求。

## 10.2.7 绝缘耐压试验装置

绝缘耐压试验装置主要技术指标应满足表 13 要求。

表 13 绝缘耐压试验装置主要技术指标要求

参数类型	参数范围	精度
电压( $U$ ) V	$0.5 \leq U \leq 6\ 000$	$\pm 2$
	$U > 6\ 000$	$\pm 1\%$ F.S.
绝缘电阻( $R_i$ ) $\text{m}\Omega$	$50 \leq R_i < 1\ 000$	$\pm [2\% \text{ 读数值}(\text{rdg}) + 0.02]$
	$1\ 000 \leq R_i < 1.0 \times 10^4$	$\pm (5\% \text{ rdg} + 0.2)$
	$1.0 \times 10^4 \leq R_i < 5.0 \times 10^4$	$\pm (15\% \text{ rdg} + 2)$
时间( $t$ ) s	—	$\pm 0.1$

10.2.8 接地电阻试验装置

接地电阻试验装置主要技术指标应满足表 14 要求。

表 14 接地电阻试验装置主要技术指标要求表

参数类型	参数范围	精度
电流( $I$ ) A	$1 \leq I \leq 40$	$\pm(2\% \text{ rdg} + 0.5\% \text{ F.S.})$
接地电阻( $R$ ) $\text{m}\Omega$	$0 \leq R \leq 200$	$\pm(1.5\% \text{ rdg} + 0.5\% \text{ F.S.})$
时间( $t$ ) s		$\pm 0.1$

10.2.9 冲击耐受电压试验装置

冲击耐受电压试验装置应满足 GB/T 16927.2 的要求。

10.2.10 电网模拟装置

电网模拟装置应满足下列要求：

- a) 各相电压幅值和相位能独立调节及编程控制,频率值能调节及编程控制,电能双向流动;
- b) 额定功率不小于被测预制舱式储能系统额定功率的 1.5 倍;
- c) 能模拟三相对称电压跌落、相间电压跌落和单相电压跌落,跌落幅值范围包含 0%~90% 额定电压;
- d) 能模拟三相对称电压抬升,抬升幅值范围包含 110%~130% 额定电压;
- e) 与预制舱式储能系统连接侧输出的电压谐波小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- f) 向电网注入电流谐波小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- g) 输出电压基波偏差值小于标称电压的 0.2%,调节步长不大于 0.01%;
- h) 输出频率偏差值小于 0.01 Hz,调节步长不大于 0.01 Hz;
- i) 响应时间小于 20 ms;
- j) 三相电压不平衡度小于 1%,相位偏差小于 0.5°;
- k) 具备在一个周波内进行  $\pm 0.1\%$  额定频率的调节能力;
- l) 具备在一个周波内进行  $\pm 1\%$  标称电压的调节能力。

10.2.11 交流负载

交流负载应满足以下要求：

- a) 阻性、感性和容性负载能独立控制;
- b) 负载使用无感电阻、低耗电感和具备低串联有效内阻和低串联有效电感的电容器;
- c) 额定功率不小于交流舱额定功率的 1.2 倍;
- d) 额定电压不小于交流舱额定电压。

### 10.2.12 通信信号发生及采集装置

通信信号发生及采集装置应满足下列要求：

- 具备 CAN、RS-485、网口等通信接口及通信功能；
- 支持对应通信协议，下发控制信号，采集并显示通信数据；
- 具备 CAN 波特率选择配置功能，波特率包括 250 千比特每秒(kbp/s)、500 kbp/s、1 000 kbp/s 等挡位选择；
- 具备 RS-485 串口波特率选择配置功能，波特率包括 9 600 比特每秒(bp/s)、19200 bp/s、115 200 bp/s 等挡位选择；
- 具备网口波特率选择配置功能，波特率包括百兆 bp/s、千兆 bp/s 等挡位选择。

## 10.3 试验准备

### 10.3.1 试验线路

#### 10.3.1.1 直流舱

除另有规定外，直流舱试验线路应符合下列规定：

- 根据试验温度、湿度以及直流舱尺寸、电压、功率等参数选择试验设备；
- 直流舱按图 6 连接，直流端口与充放电装置通过线缆连接，在连接点采集记录电压、电流数据；
- 电池管理系统与充放电装置通信连接，上传电池单体、电池模块、电池簇的电压和温度信息。

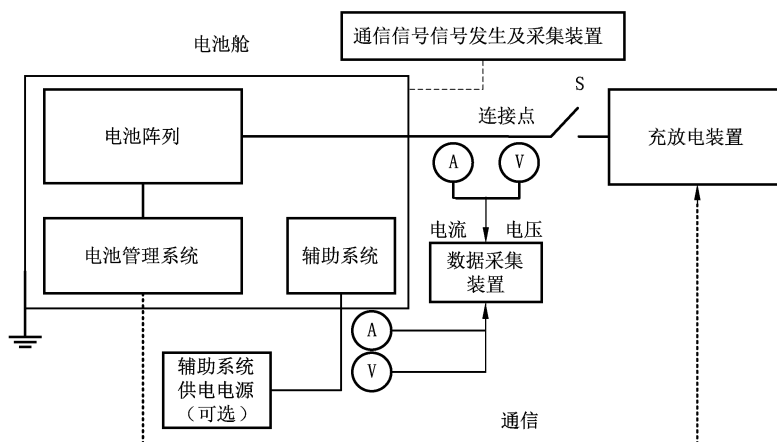


图 6 直流舱试验接线示意图

#### 10.3.1.2 交流舱

除另有规定外，交流舱试验线路应符合下列规定：

- 根据试验温度、湿度以及交流舱尺寸、电压、功率等参数选择试验设备；
- 交流舱按图 7 连接，级联系统按图 8 或图 9 连接，交流端口与电网模拟装置或电网通过电缆连接，在连接点采集记录交流电压、电流数据。

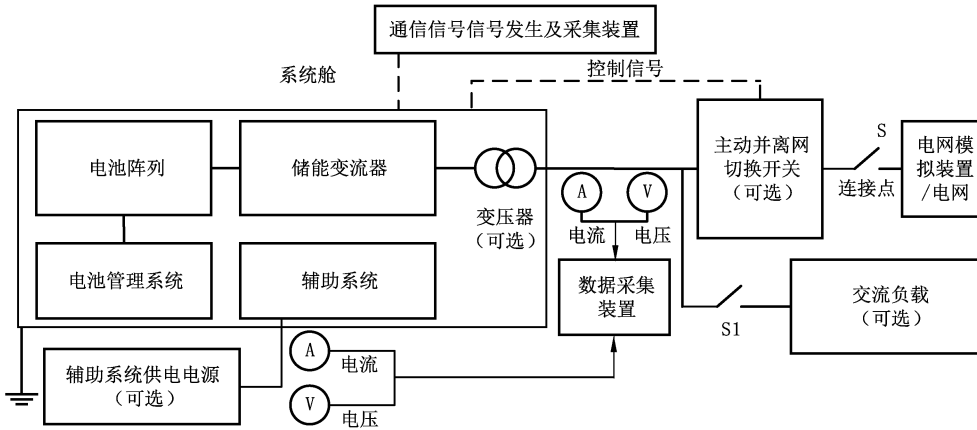


图7 交流舱试验接线示意图

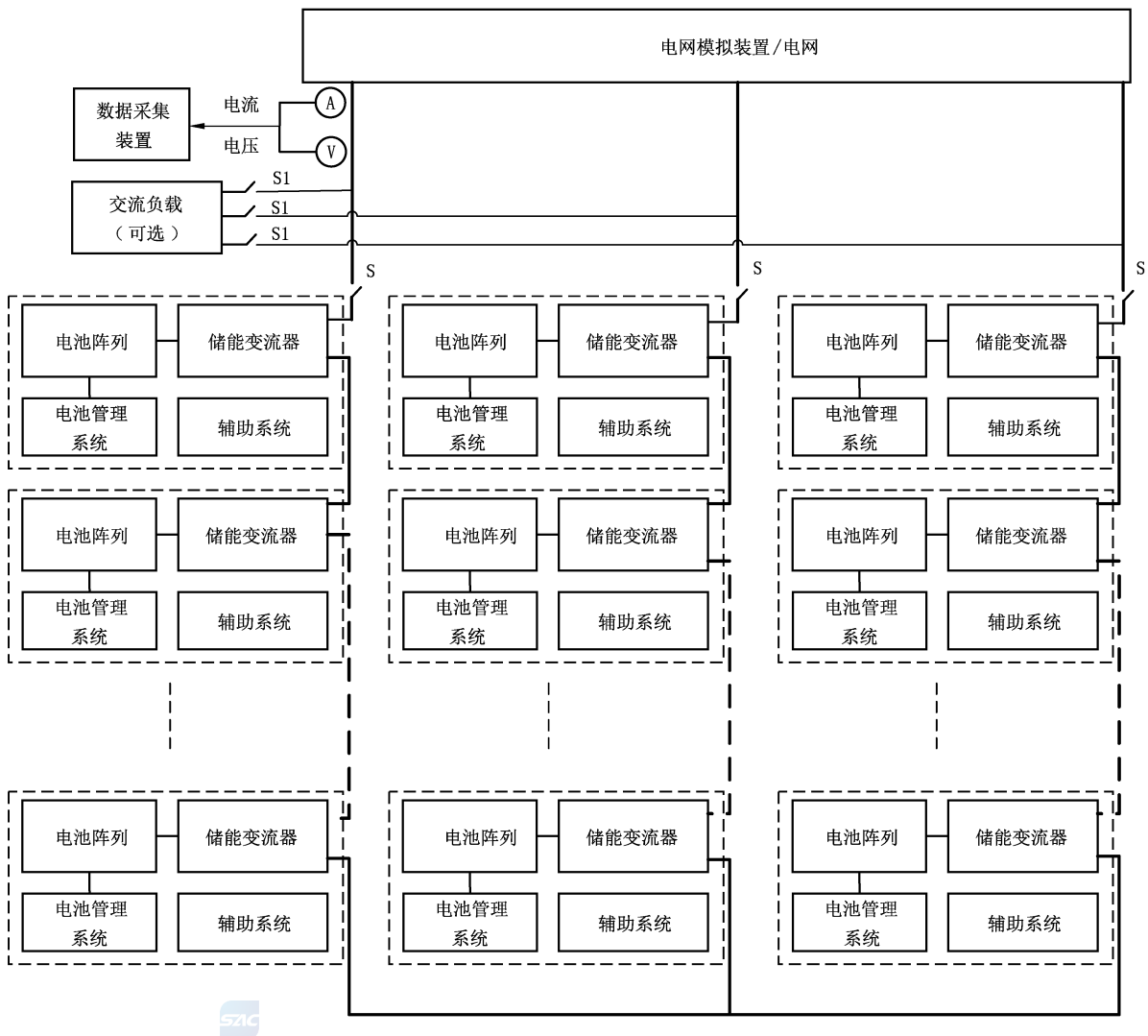


图8 星型连接级联系统试验接线示意图

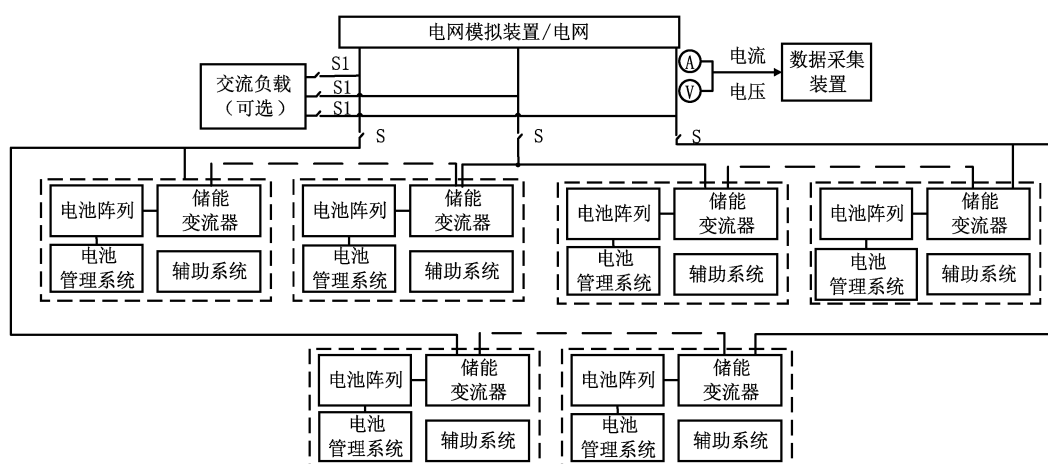


图9 △型连接级联系统试验接线示意图

### 10.3.2 初始化充电

#### 10.3.2.1 直流舱

初始化充电按照下列步骤进行：

- 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S；
- 在试验环境条件下静置 2 h；
- 利用充放电装置以额定放电功率放电至放电终止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、放电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量；
- 利用充放电装置以额定充电功率至充电终止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、充电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量。

注 1：对于辅助能耗由自身供应的预制舱式储能系统，辅助供电系统能量记为 0，下同。

注 2：放电终止条件和充电终止条件为预制舱式储能系统实际使用时的充放电终止条件，下同。

#### 10.3.2.2 交流舱

初始化充电按照下列步骤进行：

- 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、充电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量；
- 设置交流舱以额定充电功率充电至充电终止条件，静置 10 min，记录功率、时间、电压、电流、温度、放电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量。

### 10.3.3 初始化放电

#### 10.3.3.1 直流舱

初始化放电按照下列步骤进行：

- 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S；
- 在试验环境条件下静置 2 h；

- c) 利用充放电装置以额定充电功率至充电终止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、充电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量;
- d) 利用充放电装置以额定放电功率放电至放电终止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、放电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量。

### 10.3.3.2 交流舱

初始化放电按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 在试验环境条件下静置 2 h;
- c) 设置交流舱以额定充电功率充电至充电终止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、充电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量;
- d) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件,静置 10 min,记录功率、时间、电压、电流、温度、放电能量、电池单体电压极差、电池单体温度极差、辅助供电系统能量。

### 10.3.4 试验数据记录

试验数据记录应满足下列要求:

- a) 除另有规定外,数据采样周期不大于预估的每个试验步骤的充电或放电时间的 0.5%;
- b) 试验报告内容详实准确,包含规格参数表和试验数据记录表。

## 10.4 外观

在良好光线条件下,预制舱式储能系统的外观检查按照下列步骤进行:

- a) 检查外观的形变、剥落、锈蚀及裂痕现象;
- b) 检查柜门、开关的灵活性;
- c) 检查铭牌、标志和标记的完整性和清晰度。

## 10.5 尺寸

尺寸测量按照下列步骤进行:

- a) 用量具测量预制舱体外部投影对应部位的最大尺寸;
- b) 记录预制舱体长度、宽度、高度数值;
- c) 按公式(9)计算测量结果与预制舱体尺寸标称值的差值作为尺寸偏差。

$$\Delta L = L_1 - L \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$\Delta L$  ——尺寸偏差,单位为毫米(mm);

$L_1$  ——测量数值,单位为毫米(mm);

$L$  ——标称数值,单位为毫米(mm)。

## 10.6 防护等级

防护等级试验按照下列步骤进行:

- a) 关闭预制舱式储能系统的门、翻板、进风口等部件,使用盖板封堵线缆进出口;
- b) 利用防尘试验装置按照 GB/T 4208 规定的方法,对预制舱式储能系统进行防尘试验;
- c) 利用防水试验装置按照 GB/T 4208 规定的方法,对预制舱式储能系统进行防水试验。

## 10.7 启停机

交流舱启停机功能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S;
- b) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发系统启动指令;
- c) 交流舱启动后,设置交流舱以  $10\%P_n$  充电,持续 2 min,记录交流舱设备运行状态与运行功率数值;
- d) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发系统停机指令,记录交流舱设备运行状态。

## 10.8 功率控制功能

交流舱功率控制功能试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱以  $10\%P_n$  充电,持续 2 min 后停止充电;
- c) 利用数据采集装置,记录运行有功功率;
- d) 设置交流舱以  $10\%P_n$  放电,持续 2 min 后停止放电;
- e) 利用数据采集装置,记录运行有功功率;
- f) 设置无功功率为 50%最大感性无功功率,持续 2 min 后设置无功功率为 0;
- g) 利用数据采集装置,记录运行无功功率;
- h) 设置无功功率为 50%最大容性无功功率,持续 2 min 后设置无功功率为 0;
- i) 利用数据采集装置,记录运行无功功率。

## 10.9 并离网切换

并离网切换试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S、S1,开启储能变流器,关闭防孤岛保护功能;
- b) 设置交流负载功率为交流舱的  $10\%P_n$ ;
- c) 设置交流舱以  $10\%P_n$  放电,持续运行 2 min;
- d) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发并网转离网运行指令,持续运行 2 min,记录交流舱运行状态、主动并离网切换开关状态;
- e) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发离网转并网运行指令,持续运行 2 min,记录交流舱运行状态、主动并离网切换开关状态,
- f) 断开开关 S;
- g) 持续运行 2 min,记录交流舱运行状态、主动并离网切换开关状态。

注：试验具备主动并离网切换功能的交流舱时,试验对象包含主动并离网切换开关。

## 10.10 报警和保护

### 10.10.1 直流舱

报警和保护试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开



关 S;

- b) 记录电池簇实时电压值、初始电池簇充电电压一级报警值及实时报警信息;
- c) 设置电池管理系统电池簇充电电压一级报警值低于电池簇实时电压值的 95%;
- d) 检查并记录直流舱报警信息和保护动作;
- e) 恢复电池管理系统报警值为初始报警值,重启电池管理系统;
- f) 记录电池簇实时电压值、初始电池簇放电电压一级报警值及实时报警信息;
- g) 设置电池管理系统电池簇放电电压一级报警值高于电池簇实时电压值的 105%,重复步骤 d)~e);
- h) 记录电池簇实时单体电池电压极差、初始电池簇充电电池单体电压极差一级报警值及实时报警信息;
- i) 设置电池管理系统电池簇充电电池单体电压极差一级报警值低于电池簇内单体电池间实时电压极差值的 95%,重复步骤 d)~e);
- j) 记录电池簇实时单体电池电压极差、初始电池簇放电电池单体电压极差一级报警值及实时报警信息;
- k) 设置电池管理系统电池簇放电电池单体电压极差一级报警值低于电池簇内单体电池间实时电压极差值的 95%,重复步骤 d)~e);
- l) 记录电池簇实时电池单体温度值、初始电池单体低温一级报警值及实时报警信息;
- m) 设置电池管理系统电池单体低温一级报警值高于实时电池单体温度最大值的 110%,重复步骤 d)~e);
- n) 记录电池簇实时电池单体温度值、初始电池单体高温一级报警值及实时报警信息;
- o) 设置电池管理系统电池单体高温一级报警值低于实时电池单体温度最小值的 90%,重复步骤 d)~e);
- p) 记录电池簇实时电池单体温度极差、初始电池簇充电电池单体温度极差一级报警值及实时报警信息;
- q) 设置电池管理系统电池簇充电电池单体温度极差一级报警值低于实时电池单体温度极差,重复步骤 d)~e);
- r) 记录电池簇实时电池单体温度极差、初始电池簇放电电池单体温度极差一级报警值及实时报警信息;
- s) 设置电池管理系统电池簇放电电池单体温度极差一级报警值低于实时电池单体温度极差,重复步骤 d)~e);
- t) 断开开关 S;
- u) 记录电池簇实时绝缘阻值、初始电池簇绝缘阻值一级报警值及实时报警信息;
- v) 设置电池管理系统电池簇绝缘阻值一级报警值高于实时绝缘阻值的 110%,重复步骤 d)~e);
- w) 闭合开关 S,利用充放电装置以 50%额定功率将直流舱充电;
- x) 记录电池簇实时充电电流、初始电池簇充电电流一级报警值及实时报警信息;
- y) 设置电池管理系统电池簇充电电流一级报警值低于电池簇实时充电电流的 90%,重复步骤 d)~e);
- z) 利用充放电装置以 50%额定功率将直流舱放电;
- aa) 记录电池簇实时放电电流、初始电池簇放电电流一级报警值及实时报警信息;
- bb) 设置电池管理系统电池簇放电电流一级报警值低于电池簇实时放电电流的 90%,重复步骤 d)~e);
- cc) 设置充放电装置停止直流舱放电;
- dd) 记录电池簇实时通信状态及实时报警信息;

- ee) 断开电池管理系统内部通信线缆连接,重复步骤 d);
- ff) 恢复电池管理系统内部通信线缆连接,重启电池管理系统;
- gg) 记录消防系统火灾报警信息及实时报警信息;
- hh) 触发消防系统火灾报警信号,重复步骤 d);
- ii) 恢复消防系统至初始状态,重启消防系统;
- jj) 记录消防系统火灾报警信息及实时报警信息;
- kk) 断开火灾探测器与消防系统的连接,重复步骤 d);
- ll) 恢复火灾探测器与消防系统的连接,重启消防系统;
- mm) 记录直流舱电池管理系统与消防系统实时通信状态及实时报警信息;
- nn) 断开消防系统与电池管理系统间通信线缆连接,重复步骤 d);
- oo) 恢复消防系统与电池管理系统间的通信线缆连接,重启电池管理系统与消防系统;
- pp) 记录直流舱热管理系统的实时报警信息;
- qq) 关闭液冷热管理系统,抽出部分冷却液,开启热管理系统,重复步骤 d);
- rr) 关闭液冷热管理系统,恢复冷却液至初始状态,开启热管理系统,重启热管理系统;
- ss) 记录直流舱电池管理系统与热管理系统实时通信状态及实时报警信息;
- tt) 断开热管理系统与电池管理系统间通信线缆连接,重复步骤 d);
- uu) 恢复热管理系统与电池管理系统间的通信线缆连接,重启电池管理系统与热管理系统。

#### 10.10.2 交流舱

报警和保护试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 记录电池簇实时电压值、初始电池簇充电电压一级报警值及实时报警信息;
- c) 设置电池管理系统电池簇充电电压一级报警值低于电池簇实时电压值的 95%;
- d) 检查并记录交流舱报警信息和保护动作;
- e) 恢复电池管理系统报警值为初始报警值,重启电池管理系统;
- f) 记录电池簇实时电压值、初始电池簇放电电压一级报警值及实时报警信息;
- g) 设置电池管理系统电池簇放电电压一级报警值高于电池簇实时电压值的 105%,重复步骤 d)~e);
- h) 记录电池簇实时单体电池电压极差、初始电池簇充电电池单体电压极差一级报警值及实时报警信息;
- i) 设置电池管理系统电池簇充电电池单体电压极差一级报警值低于电池簇内单体电池间实时电压极差值的 95%,重复步骤 d)~e);
- j) 记录电池簇实时单体电池电压极差、初始电池簇放电电池单体电压极差一级报警值及实时报警信息;
- k) 设置电池管理系统电池簇放电电池单体电压极差一级报警值低于电池簇内单体电池间实时电压极差值的 95%,重复步骤 d)~e);
- l) 记录电池簇实时电池单体温度值、初始电池单体低温一级报警值及实时报警信息;
- m) 设置电池管理系统电池单体低温一级报警值高于实时电池单体温度最大值的 110%,重复步骤 d)~e);
- n) 记录电池簇实时电池单体温度值、初始电池单体高温一级报警值及实时报警信息;
- o) 设置电池管理系统电池单体高温一级报警值低于实时电池单体温度最小值的 90%,重复步骤 d)~e);

- p) 记录电池簇实时电池单体温度极差、初始电池簇充电电池单体温度极差一级报警值及实时报警信息；
- q) 设置电池管理系统电池簇充电电池单体温度极差一级报警值低于实时电池单体温度极差,重复步骤 d)~e)；
- r) 记录电池簇实时电池单体温度极差、初始电池簇放电电池单体温度极差一级报警值及实时报警信息；
- s) 设置电池管理系统电池簇放电电池单体温度极差一级报警值低于实时电池单体温度极差,重复步骤 d)~e)；
- t) 关闭储能变流器；
- u) 记录电池簇实时绝缘阻值、初始电池簇绝缘阻值一级报警值及实时报警信息；
- v) 设置电池管理系统电池簇绝缘阻值一级报警值高于实时绝缘阻值的 110%,重复步骤 d)~e)；
- w) 启动储能变流器,设置交流舱以 50% $P_n$  充电；
- x) 记录电池簇实时充电电流、初始电池簇充电电流一级报警值及实时报警信息；
- y) 设置电池管理系统电池簇充电电流一级报警值低于电池簇实时充电电流的 90%,重复步骤 d)~e)；
- z) 设置交流舱以 50% $P_n$  放电；
- aa) 记录电池簇实时放电电流、初始电池簇放电电流一级报警值及实时报警信息；
- bb) 设置电池管理系统电池簇放电电流一级报警值低于电池簇实时放电电流的 90%,重复步骤 d)~e)；
- cc) 启动储能变流器,设置交流舱以 50% $P_n$  充电；
- dd) 记录储能变流器交流端口实时电流、初始过电流高报警值及实时报警信息；
- ee) 设置交流端口电流高报警值为实时电流的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- ff) 恢复变流器过流报警值为初始报警值,重启变流器；
- gg) 设置交流舱以 50% $P_n$  放电；
- hh) 记录储能变流器交流端口实时电流、初始过电流高报警值及实时报警信息；
- ii) 设置交流端口电流高报警值为实时电流的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- jj) 恢复变流器过流报警值为初始报警值,重启变流器；
- kk) 设置交流舱以 50% $P_n$  充电；
- ll) 记录储能变流器直流端口实时电流、初始电流高报警值及实时报警信息；
- mm) 设置直流端口电流高报警值为实时电流的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- nn) 恢复变流器电流高报警值为初始报警值,重启变流器；
- oo) 设置交流舱以 50% $P_n$  放电；
- pp) 记录储能变流器直流端口实时电流、初始电流高报警值及实时报警信息；
- qq) 设置直流端口电流高报警值为实时电流的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- rr) 恢复变流器过流报警值为初始报警值,重启变流器；
- ss) 记录储能变流器直流端口实时电压、初始直流电压高报警值及实时报警信息；
- tt) 设置直流端口电压高报警值为直流端口电压的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- uu) 恢复变流器直流电压高报警值为初始报警值,重启变流器；
- vv) 记录储能变流器直流端口实时电压、初始直流电压低报警值及实时报警信息；
- ww) 设置直流端口电压低报警值为直流端口电压的 110%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- xx) 恢复变流器直流电压低报警值为初始报警值,重启变流器；

- yy) 记录电池簇实时通信状态及实时报警信息；
- zz) 断开电池管理系统内部通信线缆连接,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- aaa) 恢复连接电池管理系统内部通信线缆,重启电池管理系统；
- bbb) 记录变流器实时温度值、初始变流器温度高报警值及实时报警信息；
- ccc) 设置变流器温度高报警值低于实时温度值的 90%,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- ddd) 恢复变流器温度高报警值为初始报警值,重启变流器；
- eee) 记录变流器与电池管理系统实时通信状态及实时报警信息；
- fff) 断开变流器与电池管理系统通信线缆连接,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- ggg) 恢复连接变流器与电池管理系统的通信线缆,重启变流器与电池管理系统；
- hhh) 记录消防系统火灾报警信息及实时报警信息；
- iii) 触发消防系统火灾报警信息,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- jjj) 恢复消防系统至初始状态,重启消防系统；
- kkk) 记录消防系统火灾报警信息及实时报警信息；
- lll) 断开火灾探测器与消防系统的连接,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- mmm) 恢复火灾探测器与消防系统的连接,重启消防系统；
- nnn) 记录交流舱电池管理系统与消防系统实时通信状态及实时报警信息；
- ooo) 断开消防系统与电池管理系统间通信线缆连接,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- ppp) 恢复消防系统与电池管理系统间的通信线缆连接,重启电池管理系统与消防系统；
- qqq) 记录交流舱热管理系统的实时报警信息；
- rrr) 关闭液冷热管理系统,抽出部分冷却液,开启热管理系统,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- sss) 关闭液冷热管理系统,恢复冷却液至初始状态,开启热管理系统,重启热管理系统；
- ttt) 记录交流舱电池管理系统与热管理系统实时通信状态及实时报警信息；
- uuu) 断开热管理系统与电池管理系统间通信线缆连接,检查并记录交流舱报警信息和保护动作；
- vvv) 恢复热管理系统与电池管理系统间的通信线缆连接,重启电池管理系统与热管理系统；
- www) 断开开关 S；
- xxx) 将交流舱交流端口进线任意两相相序反接,闭合开关 S,检查并记录交流舱报警信息和保护动作。

## 10.11 通信

### 10.11.1 直流舱

通信功能试验按照下列步骤进行：

- a) 开启电池管理系统、热管理系统及消防系统；
- b) 检查直流舱对外通信接口,记录通信接口类型与数量；
- c) 检查直流舱与储能变流器的通信接口,记录通信接口类型与数量；
- d) 将通信信号发生及采集装置与储能变流器通信接口连接,读取并记录电池管理系统报文信息；
- e) 断开通信信号发生及采集装置与储能变流器通信接口的连接；
- f) 检查直流舱与监控系统的通信接口,记录通信接口类型与数量；
- g) 连接通信信号发生及采集装置与监控系统通信接口,读取并记录电压、电流、功率、电池状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等信息；

- h) 断开通信信号发生及采集装置与监控系统通信接口的连接；
- i) 检查直流舱独立的消防系统通信接口,记录通信接口类型与数量。

### 10.11.2 交流舱

通信功能试验按照下列步骤进行:

- a) 开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,开启储能变流器；
- b) 检查交流舱对外通信接口,记录通信接口类型与数量；
- c) 检查直流舱与监控系统的通信接口,记录通信接口类型与数量；
- d) 连接通信信号发生及采集装置与监控系统通信接口,读取并记录电压、电流、功率、电池状态、储能变流器状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等信息,检查通信协议种类；
- e) 断开通信信号发生及采集装置与监控系统通信接口的连接；
- f) 检查直流舱独立的消防系统通信接口,记录通信接口类型与数量；
- g) 检查直流舱与其他监控系统的通信接口,记录通信接口类型与数量；
- h) 连接通信信号发生及采集装置与其他监控系统通信接口,读取并记录电压、电流、功率、电池状态、储能变流器状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等信息,检查通信协议种类；
- i) 断开通信信号发生及采集装置与其他监控系统通信接口的连接。

## 10.12 信息采集与显示

### 10.12.1 直流舱

信息采集功能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S；
- b) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电；
- c) 利用通信信号发生及采集装置读取并记录直流舱中的电压、电流、功率、电池状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等运行信息；
- d) 检查并记录直流舱显示的电压、电流、功率、电池状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等运行信息。

### 10.12.2 交流舱

信息采集功能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- b) 设置交流舱以额定充电功率充电；
- c) 利用通信信号发生及采集装置读取并记录交流舱中的电压、电流、功率、电池状态、储能变流器状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等运行信息；
- d) 检查并记录交流舱显示的电压、电流、功率、电池状态、储能变流器状态、热管理系统状态、消防系统状态、通风系统状态、舱内温度与湿度等运行信息。

## 10.13 机械性能

### 10.13.1 空舱运输方式预制舱体

#### 10.13.1.1 满载静置

满载静置试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在每个电池支架承重部件 1/4、1/2、3/4 处作出标记点，所有标记点在同一水平线上；
- c) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据作为基准值；
- d) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在电池支架上；
- e) 静置 24 h 以上；
- f) 检查并记录舱门是否开关正常；
- g) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- h) 计算各标记点试验值和基准值垂直方向的差值，此数值为电池支架形变量；
- i) 检查并记录预制舱与电池支架涂层是否出现开裂、脱落等现象。

#### 10.13.1.2 起吊

起吊试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在底梁两端角件和底梁 1/4、1/2、3/4 处作出标记点，所有标记点在同一水平线上；
- c) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在舱内底板上；
- d) 利用预制舱体自身吊点，根据吊装设计要求水平起吊，匀速吊离地面 30 cm；
- e) 将预制舱体悬吊静置 15 min；
- f) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- g) 计算两端角件标记点形成的直线与底梁各标记点的垂直距离，此数值为预制舱体形变量，取最大形变量为试验结果；
- h) 将预制舱体放回到地面上，至起吊钢丝绳完全放松；
- i) 检查并记录舱门开关是否正常；
- j) 取出试验载荷；
- k) 检查并记录预制舱涂层是否出现开裂、脱落等现象。

#### 10.13.1.3 叉举

叉举试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在底梁两端角件和底梁 1/4、1/2、3/4 处作出标记点，所有标记点在同一水平线上；
- c) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在底板上；
- d) 利用预制舱体自身插槽将舱体举离地面 30 cm，叉齿在叉槽横断面的中心位置；
- e) 将预制舱体举起 15 min；
- f) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- g) 计算两端角件标记点形成的直线与底梁各标记点的垂直距离，此数值为预制舱体形变量，取最大形变量为试验结果；
- h) 将预制舱体放回到地面上；
- i) 检查并记录舱门开关是否正常；

- j) 取出试验载荷；
- k) 检查并记录预制舱体涂层是否出现开裂、脱落等现象。

### 10.13.2 载运输方式预制舱体

#### 10.13.2.1 满载静置

满载静置试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在每个电池支架承重部件 1/4、1/2、3/4 处作出标记点；
- c) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据作为基准值；
- d) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在电池支架上；
- e) 静置 24 h 以上；
- f) 检查并记录舱门是否开关正常；
- g) 打开舱门，利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- h) 计算各标记点试验值和基准值垂直方向的差值，此数值为电池支架形变量，记录形变量最大值；
- i) 取出试验载荷，检查并记录预制舱与电池支架涂层是否出现开裂、脱落等现象。

#### 10.13.2.2 起吊

起吊试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在底梁两端角件和底梁 1/4、1/2、3/4 处作出标记点，所有标记点在同一水平线上；
- c) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在电池模块、热管理系统、消防装置等的安装位置上；
- d) 利用预制舱体自身吊点，依据吊装设计要求起吊，吊离地面 30 cm，起吊过程中不出现明显的加速或减速作用；
- e) 将预制舱体悬吊静置 15 min；
- f) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- g) 计算两端角件标记点形成的直线与底梁各标记点的垂直距离，此数值为预制舱体形变量，记录最大形变量；
- h) 将预制舱体放回到地面上，至起吊钢丝绳完全放松；
- i) 检查并记录舱门是否开关正常；
- j) 取出试验载荷；
- k) 检查并记录预制舱是否出现形变，涂层是否出现开裂、脱落等现象。

#### 10.13.2.3 叉举

叉举试验按照下列步骤进行：

- a) 将预制舱体放置在水平地面上；
- b) 在底梁两端角件和底梁 1/4、1/2、3/4 处作出标记点，所有标记点在同一水平线上；
- c) 将表 15 规定的试验载荷均匀布置在电池模块、热管理系统、消防装置等的安装位置上；
- d) 利用预制舱体自身插槽将舱体举离地面 30 cm，叉齿在叉槽横断面的中心位置；
- e) 将预制舱体举起 15 min；
- f) 利用全站型电子速测仪测量各标记点的坐标，记录测量数据；
- g) 计算两端角件标记点形成的直线与底梁各标记点的垂直距离，此数值为预制舱体形变量，记录

- 最大形变量；
- h) 将预制舱体放回到地面上；
- i) 检查并记录舱门是否开关正常；
- j) 取出试验载荷；
- k) 检查并记录预制舱涂层是否出现开裂、脱落等现象。

表 15 试验载荷

试验项目	空载运输预制舱体试验载荷	带载运输方式预制舱体试验载荷
满载静置	试验载荷等于额定载荷的 1.5 倍	试验载荷等于额定载荷的 1.5 倍
起吊	试验载荷等于舱体自重	试验载荷与预制舱体自重之和等于预制舱式储能系统重量的 2 倍
叉举	试验载荷等于舱体自重的 0.6 倍	试验载荷与预制舱体自重之和等于预制舱式储能系统重量的 1.6 倍

## 10.14 充放电性能

### 10.14.1 25 °C 充放电性能

#### 10.14.1.1 直流舱

25 °C 充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.3.1 完成初始化放电；
- b) 将直流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S；
- d) 设置环境模拟装置温度为 25 °C；
- e) 在 (25±2) °C 下静置 2 h；
- f) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电至充电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 利用充放电装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g) 两次；
- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

$$E_{rc} = \frac{\sum_{n=1}^3 (E_{cn} + W_{cn})}{3} \dots\dots\dots (10)$$

$$E_{rd} = \frac{\sum_{n=1}^3 (E_{dn} - W_{dn})}{3} \dots\dots\dots (11)$$

$$\eta = \frac{E_{rd}}{E_{rc}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$E_{cn}$  —— 第  $n$  次充电能量；

- $W_{cn}$ ——第  $n$  次充电辅助供电系统能量；
- $E_{dn}$ ——第  $n$  次放电能量；
- $W_{dn}$ ——第  $n$  次放电辅助供电系统能量；
- $E_{rc}$ ——额定功率充电能量；
- $E_{rd}$ ——额定功率放电能量；
- $\eta$ ——额定功率充放电能量效率。

#### 10.14.1.2 交流舱

25 °C 充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.3.2 完成初始化放电；
- b) 将交流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网，开启热管理系统、电池管理系统、消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- d) 设置环境模拟装置温度为 25 °C；
- e) 在  $(25 \pm 2)$  °C 下静置 2 h；
- f) 设置交流舱以额定充电功率充电至充电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g) 两次；
- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

#### 10.14.2 40 °C 充放电性能

##### 10.14.2.1 直流舱

40 °C 充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.3.1 完成初始化放电；
- b) 将直流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S；
- d) 设置环境模拟装置温度为 40 °C；
- e) 在  $(40 \pm 2)$  °C 下静置 2 h；
- f) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电至充电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 利用充放电装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件，静置 10 min，利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g) 两次；
- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

##### 10.14.2.2 交流舱

40 °C 充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.3.2 完成初始化放电；
- b) 将交流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- d) 设置环境模拟装置温度为 40 ℃；
- e) 在(40±2) ℃下静置 2 h；
- f) 设置交流舱以额定充电功率充电至充电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g)两次；
- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

### 10.14.3 -20 ℃充放电性能

#### 10.14.3.1 直流舱

-20 ℃充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.3.1 完成初始化放电；
- b) 将直流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S；
- d) 设置环境模拟装置温度为-20 ℃；
- e) 在(-20±2) ℃下静置 2 h；
- f) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电至充电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 利用充放电装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g)两次；
- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

#### 10.14.3.2 交流舱

-20 ℃充放电性能试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.3.2 完成初始化放电；
- b) 将交流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- d) 设置环境模拟装置温度为-20 ℃；
- e) 在(-20±2) ℃下静置 2 h；
- f) 设置交流舱以额定充电功率充电至充电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录充电功率、充电能量、充电辅助供电系统能量；
- g) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件,静置 10 min,利用数据采集装置记录放电功率、放电能量、放电辅助供电系统能量；
- h) 重复 f)~g)两次；

- i) 按照公式(10)~公式(12)计算额定功率充电能量、额定功率放电能量、额定功率充放电能量效率。

## 10.15 过载能力

### 10.15.1 直流舱

过载性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S;
- b) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电至充电终止条件;
- c) 利用充放电装置以 110%额定放电功率将直流舱放电,持续运行 10 min;
- d) 利用充放电装置以 120%额定放电功率将直流舱放电,持续运行 1 min;
- e) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录直流舱直流端口电压、电流和功率数值,绘制功率-时间曲线;
- f) 利用充放电装置以 110%额定充电功率将直流舱充电,持续运行 10 min;
- g) 利用充放电装置以 120%额定充电功率将直流舱充电,持续运行 1 min;
- h) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录直流舱直流端口电压、电流和功率数值,绘制功率-时间曲线;
- i) 利用充放电装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件;
- j) 利用充放电装置以 110%额定充电功率将直流舱充电,持续运行 10 min;
- k) 利用充放电装置以 120%额定充电功率将直流舱充电,持续运行 1 min;
- l) 利用充放电装置以额定充电功率将直流舱充电,持续运行 5 min;
- m) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录直流舱直流端口电压、电流和功率数值,绘制功率-时间曲线;
- n) 利用充放电装置以 110%额定放电功率将直流舱放电,持续运行 10 min;
- o) 利用充放电装置以 120%额定放电功率将直流舱放电,持续运行 1 min;
- p) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录直流舱直流端口电压、电流和功率数值,绘制功率-时间曲线。

### 10.15.2 交流舱

过载性能试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱以  $P_n$  充电至充电终止条件;
- c) 设置交流舱以 110% $P_n$  放电,持续运行 10 min;
- d) 设置交流舱以 120%  $P_n$  放电,持续运行 1 min;
- e) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压和电流有效值,绘制电流-时间曲线;
- f) 设置交流舱以 110% $P_n$  充电,持续运行 10 min;
- g) 设置交流舱以 120% $P_n$  充电,持续运行 1 min;
- h) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压和电流有效值,绘制电流-时间曲线;
- i) 设置交流舱以  $P_n$  放电至放电终止条件;
- j) 设置交流舱以 110% $P_n$  充电,持续运行 10 min;
- k) 设置交流舱以 120% $P_n$  充电,持续运行 1 min;

- l) 设置交流舱以  $100\%P_n$  充电,持续运行 5 min;
- m) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压和电流有效值,绘制电流-时间曲线;
- n) 设置交流舱以  $110\%P_n$  放电,持续运行 10 min;
- o) 设置交流舱以  $120\%P_n$  放电,持续运行 1 min;
- p) 利用数据采集装置,以 200 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压和电流有效值,绘制电流-时间曲线。

## 10.16 充放电转换时间

充放电转换时间试验按以下步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱以额定功率充电,持续运行至少 3 min;
- c) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发额定功率放电指令,持续运行至少 3 min;
- d) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口电压和有功功率有效值;
- e) 计算交流舱从额定功率充电状态到额定功率放电状态转换过程中,从第一次达到  $90\%$  额定功率充电时刻,到第一次  $90\%$  额定功率放电时刻之间的转换时间;
- f) 设置交流舱以额定功率放电,持续运行至少 3 min;
- g) 利用通信信号发生及采集装置或控制面板向交流舱下发额定功率充电指令,持续运行至少 3 min;
- h) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口电压和有功功率有效值;
- i) 计算储能变流器从额定功率放电状态到额定功率充电状态转换过程中,从第一次达到  $90\%$  额定功率放电时刻,到第一次  $90\%$  额定功率充电时刻之间的转换时间。

## 10.17 功率控制

### 10.17.1 功率输出范围

功率输出范围试验按以下步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 从交流舱交流端口有功功率最大充电功率开始,以  $10\%P_n$  为步长,设置交流舱交流端口有功功率到最大放电功率;
- c) 在每个有功功率设置值,先后设置交流舱输出最大感性无功功率和最大容性无功功率,在每个无功功率点运行 2 min;
- d) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口无功功率和有功功率有效值;
- e) 取每个 2 min 数据的最后 1 min 数据计算有功功率平均值和无功功率平均值;
- f) 按照图 2 的规定,计算每个有功功率平均值对应的无功功率参考值;
- g) 计算每个有功功率设置值的无功功率平均值与无功功率参考值的差值;
- h) 按照图 2 的规定,在第一象限及第二象限,差值为正,判定功率输出满足要求,在第三象限及第四象限,差值为负,判定功率输出满足要求。

### 10.17.2 有功功率控制

有功功率试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为充电模式;
- c) 按照图 10 逐级设置交流舱交流端口的有功功率值,以  $20\%P_n$  为调节幅度,在每个功率控制点保持连续运行 2 min;
- d) 利用数据采集装置,记录功率控制指令下发时间,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口有功功率有效值;
- e) 按照附录 F 规定的方法,计算每个功率设置值的有功功率控制偏差、控制响应时间和调节时间;
- f) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- g) 按照图 11 逐级设置交流舱交流端口的有功功率值,以  $20\%P_n$  为调节幅度,在每个功率控制点保持连续运行 2 min;
- h) 利用数据采集装置,记录功率控制指令下发时间,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口有功功率有效值;
- i) 按照附录 F 规定的方法,计算每个功率设置值的有功功率控制偏差、控制响应时间和调节时间。

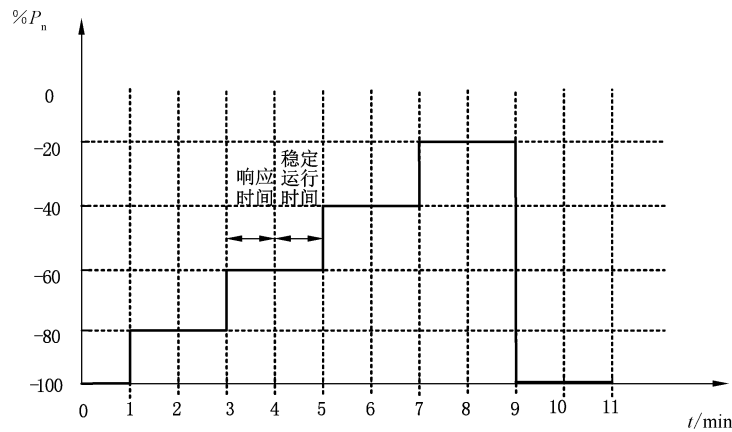


图 10 充电模式有功功率控制曲线

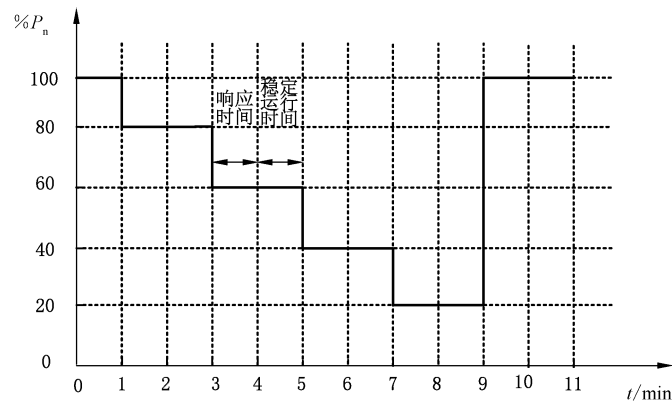


图 11 放电模式有功功率控制曲线

### 10.17.3 一次调频

一次调频试验按下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率;
- d) 设置交流舱有功功率在  $10\%P_n \sim 30\%P_n$  范围内运行;
- e) 设置交流舱的一次调频调差率在  $0.5\% \sim 3\%$  范围内,死区值在  $\pm(0.03 \sim 0.05)$  Hz 范围内;
- f) 设置电网模拟装置的频率,从 50 Hz 分别阶跃至 50.02 Hz、50.05 Hz、50.10 Hz、50.20 Hz、50.40 Hz,每个频率设定值持续运行 20 s 后恢复到 50 Hz;
- g) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口频率和有功功率有效值;
- h) 按照附录 F 规定的方法,计算每个一次调频测点的响应时间和调节时间;
- i) 设置电网模拟装置的频率,从 50 Hz 分别阶跃至 49.98 Hz、49.95 Hz、49.90 Hz、49.80 Hz、49.60 Hz,每个频率设定值持续运行 20 s 后恢复到 50 Hz;
- j) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口频率和有功功率有效值;
- k) 按照附录 F 规定的方法,计算每个一次调频测点的响应时间和调节时间;
- l) 设置交流舱有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行,重复步骤 e)~k);
- m) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 d)~l)。

### 10.17.4 惯量响应



惯量响应试验按下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率;
- d) 设置交流舱有功功率在  $10\%P_n \sim 30\%P_n$  范围内运行;
- e) 设置交流舱的惯性时间常数在 4 s~12 s 范围内,死区值在  $\pm(0.03 \sim 0.05)$  Hz 范围内;
- f) 按照图 12 的曲线设置电网模拟装置输出频率,在  $t_0 \sim t_1$ 、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_4 \sim t_5$ 、 $t_6 \sim t_7$  内频率变化率保持为 0.5 Hz/s,  $t_4 - t_3 \geq 2$  min、 $t_2 - t_1 = 1$  min、 $t_6 - t_5 = 1$  min;
- g) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口频率和有功功率有效值;
- h) 按照附录 F 规定的方法,计算每个频率设置值的响应时间和调节时间;
- i) 设置交流舱有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行,重复步骤 e)~h);
- j) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 d)~i)。

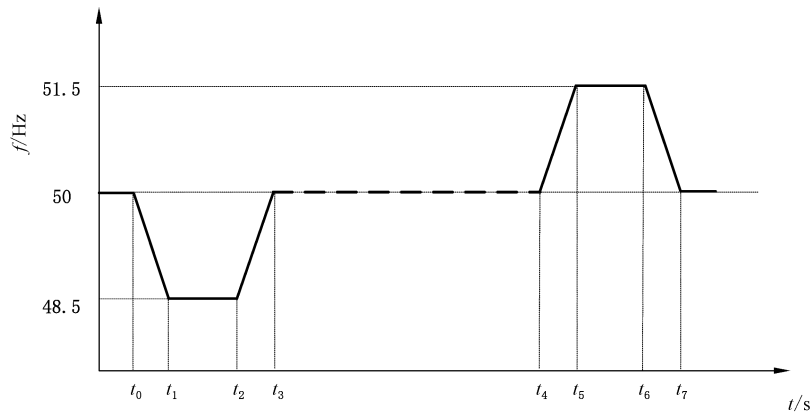


图 12 频率设定曲线

### 10.17.5 无功功率控制

#### 10.17.5.1 电压/无功控制

电压/无功控制试验按以下步骤进行：

- 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- 设置交流舱运行模式为放电模式;
- 设置交流舱在有功功率为  $50\%P_n$ ,无功功率为 0 的工况下运行,按照图 13 曲线设置电压/无功控制参数;
- 设置电网模拟装置,使交流舱交流端口电压从  $U_n$  分别阶跃至  $91\%U_n$ 、 $95\%U_n$ 、 $105\%U_n$  和  $109\%U_n$ ,每个阶跃点电压持续运行 2 min 后恢复到  $U_n$ ;
- 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口电压和无功功率有效值;
- 按照图 13 曲线计算交流舱电压/无功控制响应目标值;
- 按照附录 F 规定的方法,计算电压/无功功率控制的响应时间、调节时间和控制偏差;
- 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~g)。

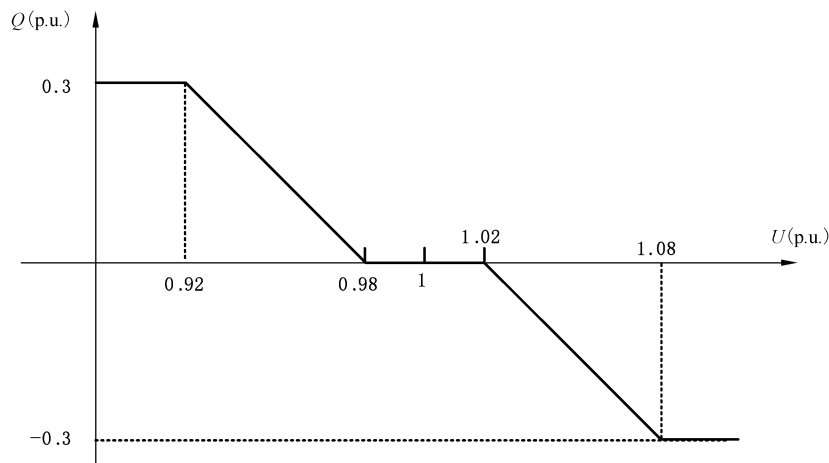


图 13 电压/无功控制曲线

### 10.17.5.2 功率因数控制

功率因数控制试验按以下步骤进行：

- 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- 设置交流舱运行模式为放电模式；
- 设置交流舱有功功率在  $50\%P_n$  运行；
- 按照图 14 设置储能变流器交流端口功率因数,在每个功率因数设置值持续运行 2 min；
- 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口无功功率有效值；
- 计算交流舱有功功率为  $50\%P_n$  时,按照功率因数设置值,计算无功功率目标值；
- 按照附录 F 规定的方法,计算无功功率的控制偏差；
- 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~g)。

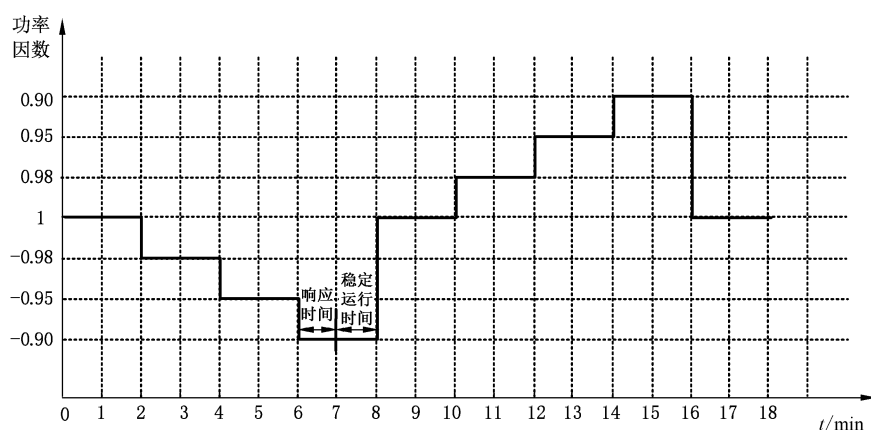
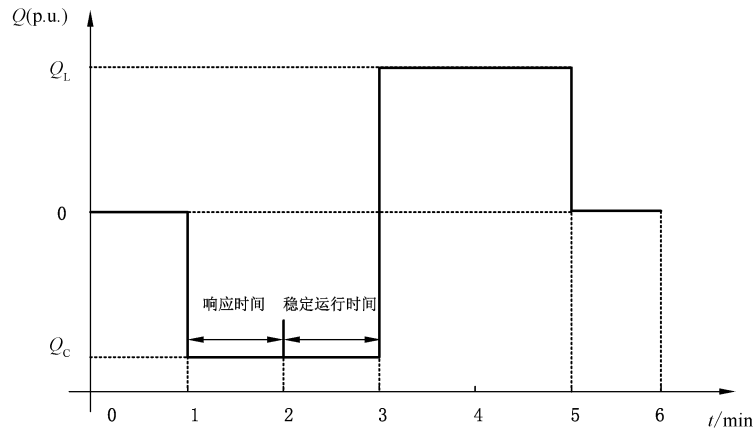


图 14 功率因数控制曲线

### 10.17.5.3 恒无功功率控制

恒无功功率控制试验按以下步骤进行：

- 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- 设置交流舱运行模式为放电模式；
- 设置交流舱器有功功率在  $50\%P_n$  运行；
- 按照图 15 设置交流舱交流端口无功功率,在每个无功功率设置值持续运行 2 min；
- 利用数据采集装置,记录功率控制指令下发时间,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口无功功率有效值；
- 按照附录 F 规定的方法,计算无功功率控制的响应时间、调节时间和控制偏差；
- 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~f)。



注： $Q_L$  和  $Q_C$  为有功功率为  $100\%P_n$  工况下，储能变流器输出的最大感性无功和最大容性无功。

图 15 无功功率控制曲线

#### 10.17.5.4 无功控制模式在线切换

无功控制模式在线切换试验按以下步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置，开启电池管理系统、热管理系统及消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- c) 设置交流舱有功功率在  $50\%P_n$  运行；
- d) 设置交流舱无功控制模式为电压/无功控制，按照图 13 曲线设置电压/无功控制参数；
- e) 设置电网模拟装置，使交流舱交流端口电压从  $U_n$  阶跃至  $91\%U_n$  持续运行 2 min 后恢复到  $U_n$  持续运行 2 min；
- f) 在线设置交流舱无功控制模式为功率因数控制，功率因数为 0.95，持续运行 2 min；
- g) 在线设置交流舱无功控制模式为恒无功功率控制，无功功率为  $20\%$  额定功率，持续运行 2 min；
- h) 利用数据采集装置，以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口电压、无功功率有效值和功率因数；
- i) 绘制电压-无功功率和电压-功率因数曲线；
- j) 检查交流舱无功控制模式在线切换情况。

### 10.18 电能质量

#### 10.18.1 谐波电流

谐波电流试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- c) 设置交流舱交流端口有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ，每个功率设置值持续运行 10 min；

- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法试验并记录谐波电流;
- e) 取每个功率设置值的各次谐波电流和总谐波电流值作为试验结果;
- f) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~e)。

### 10.18.2 间谐波电压

间谐波电压试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置交流舱交流端口有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 24337 规定的方法试验并记录间谐波电压;
- e) 取每个功率设置值的各次间谐波电压值作为试验结果;
- f) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~e)。

### 10.18.3 谐波电压

#### 10.18.3.1 并网模式

谐波电压试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置交流舱交流端口有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法试验并记录谐波电压;
- e) 取每个功率设置值的电压总谐波畸变率值作为试验结果;
- f) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~e)。

#### 10.18.3.2 离网模式

谐波电压试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与交流负载,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S1,开启储能变流器;
- b) 设置交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- c) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法试验并记录谐波电压;
- d) 取每个功率设置值的电压总谐波畸变率值作为试验结果。

### 10.18.4 直流分量

直流分量试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;

- c) 设置交流舱以额定功率运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期记录交流舱交流端口电流直流分量有效值;
- e) 取 10 min 内所有直流分量数据的平均值作为试验结果。

#### 10.18.5 电压偏差

##### 10.18.5.1 并网模式

电压偏差试验按以下步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置交流舱交流端口有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 12325 规定的方法试验并记录电压偏差;
- e) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~d)。

##### 10.18.5.2 离网模式

谐波电压试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与交流负载,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S1,开启储能变流器;
- b) 设置交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- c) 利用数据采集装置,按照 GB/T 12325 规定的方法试验、记录电压偏差,计算相位偏差值;
- d) 取每个功率设置值的电压偏差和相位偏差作为试验结果。

#### 10.18.6 电压不平衡度

##### 10.18.6.1 并网模式

电压不平衡度试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置交流舱交流端口有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,以 3 s 为周期连续记录 10 min 的负序电压不平衡度;
- e) 计算每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值;
- f) 取每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值作为试验结果;
- g) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 c)~f)。

##### 10.18.6.2 离网模式

电压不平衡度试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与交流负载,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S1,开启储能变流器;

- b) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- c) 设置交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ，每个功率设置值持续运行 10 min；
- d) 利用数据采集装置，以 3 s 为周期连续记录 10 min 的负序电压不平衡度；
- e) 计算每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值；
- f) 取每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值作为试验结果。

### 10.18.7 电压波动和闪变

#### 10.18.7.1 持续运行

电压波动和闪变试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- c) 设置交流舱交流端口有功功率从  $10\%P_n$  开始，以  $10\%P_n$  为步长，升高至  $100\%P_n$ ，在每个功率设置值持续运行 10 min，其中  $100\%P_n$  设置值持续运行 30 min；
- d) 利用数据采集装置，分别记录每个功率设置值的 10 min 短时闪变值，按照 GB/T 12326 规定的方法计算长时闪变值；
- e) 取每个功率设置值的短时闪变值和最后计算得到的长时闪变值作为试验结果；
- f) 设置交流舱运行模式为充电模式，重复步骤 c)~e)。

#### 10.18.7.2 启停机操作

电压波动和闪变试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S，开启储能变流器；
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- c) 设置交流舱无功功率为 0；
- d) 设置交流舱待机 5 min，启动交流舱并在额定功率持续运行 10 min，再停机并在待机状态持续 5 min，连续操作 12 次；
- e) 利用数据采集装置，分别记录每次启机前后 5 min 和停机前后 5 min 短时闪变值，按照 GB/T 12326 规定的方法计算长时闪变值；
- f) 取每次启机前后 5 min 和停机前后 5 min 短时闪变值和最后计算得到的长时闪变值作为试验结果；
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式，重复步骤 c)~f)。

### 10.18.8 动态电压瞬变

动态电压瞬变试验按以下步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与交流负载，开启热管理系统、电池管理系统及消防系统，闭合开关 S1，开启储能变流器；
- b) 设置交流舱运行模式为离网模式；
- c) 设置交流负载功率从  $20\%P_n$  增加到  $100\%P_n$ ，持续运行 2 min；
- d) 设置交流负载功率从  $100\%P_n$  减少到  $20\%P_n$ ，持续运行 2 min；

- e) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期记录交流舱交流端口电压有效值,按公式(13)计算负荷突增和突减时 100 ms 内的动态电压瞬变值以及 100 ms 后的稳态电压偏差;
- f) 计算负荷突增和突减过程中动态电压瞬变值和稳态电压偏差的最大值;
- g) 取动态电压瞬变值和稳态电压偏差的最大值作为试验结果。

$$U_{div} = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$U_{div}$  —— 动态电压瞬变系数;

$\Delta U$  —— 交流端口电压与额定电压的最大偏差;

$U_n$  —— 交流端口额定电压。

### 10.19 故障穿越

#### 10.19.1 一般要求

10.19.1.1 低电压穿越试验至少选取 5 个跌落点,其中应包含  $0\%U_n$ 、 $20\%U_n$ 、 $40\%U_n$ 、 $60\%U_n$ 、 $80\%U_n$  跌落点。

10.19.1.2  $0\%U_n$  跌落点电压范围为  $(0\% \sim 5\%)U_n$ ,  $20\%U_n$  跌落点电压范围为  $(15\% \sim 25\%)U_n$ ,  $40\%U_n$  跌落点电压范围为  $(35\% \sim 45\%)U_n$ ,  $60\%U_n$  跌落点电压范围为  $(55\% \sim 65\%)U_n$ ,  $80\%U_n$  跌落点电压范围为  $(75\% \sim 85\%)U_n$ , 跌落时间分别为  $(0.150 - 0.02)$  s、 $(0.150 \pm 0.020)$  s、 $(1.018 \pm 0.020)$  s、 $(1.411 \pm 0.020)$  s、 $(1.804 \pm 0.020)$  s。

10.19.1.3 高电压穿越试验应至少选取 3 个抬升点,其中应包含  $130\%U_n$  电压抬升点,另外两个抬升点应在  $110\%U_n$ 、 $120\%U_n$ 、 $125\%U_n$  中选择两个。

10.19.1.4  $110\%U_n$  抬升点电压范围为  $(110\% \sim 112\%)U_n$ ,  $120\%U_n$  抬升点电压范围为  $(118\% \sim 122\%)U_n$ ,  $125\%U_n$  抬升点电压范围为  $(123\% \sim 127\%)U_n$ ,  $130\%U_n$  抬升点电压范围为  $(128\% \sim 130\%)U_n$ , 抬升时间分别为  $(0.5 - 0.02)$  s、 $(10 \pm 0.02)$  s、 $(1 \pm 0.02)$  s、 $(0.5 \pm 0.02)$  s。

10.19.1.5 连续低电压穿越试验应按照表 16 中规定的故障区间选取。

10.19.1.6 低-高连续穿越试验应按照表 17 中规定的故障区间选取。

表 16 连续低电压穿越试验故障区间

序号	第一次低电压穿越	第二次低电压穿越
1	$0\%U_n$	$0\%U_n$
2		$20\%U_n$
3	$40\%U_n$	$60\%U_n$
4		$80\%U_n$

表 17 低-高连续穿越试验故障区间

序号	低电压穿越	高电压穿越
1	$0\%U_n$	$130\%U_n$
2	$20\%U_n$	$120\%U_n$

## 10.19.2 低电压穿越

低电压穿越试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启热管理系统、电池管理系统、消防系统等设备,断开开关 S;
- b) 设置电网模拟装置模拟线路三相对称故障,电压跌落点满足 10.19.1 的要求;
- c) 设置电网模拟装置随机模拟表 18 中一种类型的不对称故障,电压跌落点满足 10.19.1 的要求;
- d) 闭合开关 S;
- e) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率;
- f) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- g) 针对 A1 类、A2 类和 B1 类储能变流器分别设置动态无功电流比例系数  $K_1=1.5$ 、 $K_2^+=1.0$  和  $K_2^-=1.0$ ;
- h) 设置交流舱在  $(10\% \sim 30\%)P_n$  范围内运行;
- i) 利用电网模拟装置模拟线路三相对称故障的电压跌落;
- j) 利用数据采集装置,A1 类、A2 类和 B1 类交流舱以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,B2 类交流舱以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压跌落前 3 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- k) A1 类、A2 类和 B1 类储能变流器计算电压跌落持续时间、电压跌落期间的动态无功电流增量、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流增量退出时间和有功功率恢复速率,B2 类储能变流器计算电压跌落持续时间以及故障结束后的有功功率恢复速率;
- l) 设置电网模拟装置模拟一种不对称故障;
- m) 利用数据采集装置,A1 类、A2 类和 B1 类交流舱以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流舱端口电压正序分量、电压负序分量、无功电流正序分量、无功电流负序分量、有功电流正序分量和有功功率正序分量,B2 类交流舱以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压跌落前 3 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- n) A1 类、A2 类和 B1 类交流舱计算电压跌落持续时间、电压跌落期间的动态无功电流增量正、负序分量以及响应时间和调节时间,故障结束后的动态无功电流增量正、负分量退出时间和有功功率恢复速率,B2 类交流舱计算电压跌落持续时间以及故障结束后的有功功率恢复速率;
- o) 重复 l)~n);
- p) 设置交流舱在  $(70\% \sim 100\%)P_n$  范围内运行,重复步骤 i)~n);
- q) 针对 A1 类、A2 类和 B1 类交流舱分别设置动态无功电流比例系数  $K_1=3$ 、 $K_2^+=3$  和  $K_2^-=3$ ,重复步骤 h)~p);
- r) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 g)~q)。

表 18 线路不对称故障类型

故障类型	故障相		
	A 相	B 相	C 相
单相接地短路故障	A 相	B 相	C 相
两相相间短路故障	AB 相间	BC 相间	CA 相间
两相接地短路	AB 相	BC 相	CA 相

## 10.19.3 高电压穿越

高电压穿越试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启热管理系统、电池管理系统、消防系统等设备,断开开关 S;
- b) 设置电网模拟装置模拟线路三相电压抬升,设置电网模拟装置参数,电压抬升点满足 10.19.1 的要求;
- c) 闭合开关 S;
- d) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率;
- e) 设置交流舱以额定充电功率至充电终止条件;
- f) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- g) 针对 A1 类、A2 类和 B1 类交流舱设置动态无功电流比例系数  $K_3=1.5$ ;
- h) 设置交流舱在  $(10\% \sim 30\%)P_n$  范围内运行;
- i) 设置电网模拟装置,模拟线路三相电压抬升;
- j) 利用数据采集装置,A1 类、A2 类和 B1 类交流舱以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,B2 类交流舱以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压抬升前 3 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- k) 设置交流舱在  $(70\% \sim 100\%)P_n$  范围内运行,重复步骤 i)~j);
- l) 针对 A1 类、A2 类和 B1 类交流舱设置动态无功电流比例系数  $K_3=3$ ,重复步骤 h)~k);
- m) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 h)~l);
- n) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件;
- o) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复 g)~l);
- p) 设置交流舱运行模式为放电模式,重复 g)~l)。

## 10.19.4 连续低电压穿越

连续低电压试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启热管理系统、电池管理系统、消防系统等设备,断开开关 S;
- b) 设置电网模拟装置模拟电压连续两次三相对称跌落故障,相邻低电压穿越之间的时间间隔应在 0.2 s~2 s 之间选择,电压跌落点满足 10.19.1 的要求;
- c) 闭合开关 S;
- d) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- e) 设置交流舱动态无功电流比例系数  $K_1=2$ ;
- f) 设置交流舱在  $(10\% \sim 30\%)P_n$  范围内运行;
- g) 设置连续故障发生装置模拟连续两次三相对称电压跌落故障;
- h) 利用数据采集装置,以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,记录第一次电压跌落前 3 s 到第二次电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- i) 计算每次电压跌落持续时间,电压跌落期间的动态无功电流增量、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流增量退出时间和第二次有功功率恢复速率;
- j) 重复步骤 g)~i);
- k) 设置交流舱在  $(70\% \sim 100\%)P_n$  范围内运行,重复步骤 g)~j);

- l) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 f)~k)。

### 10.19.5 连续低-高电压穿越

连续低-高电压穿越试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启热管理系统、电池管理系统、消防系统等设备,断开开关 S;
- b) 设置电网模拟装置,模拟线路三次电压低-高电压连续故障,电压跌落-抬升点应满足 10.19.1 的要求;
- c) 闭合开关 S;
- d) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- e) 设置交流舱动态无功电流比例系数  $K_1=2$  和  $K_3=2$ ;
- f) 设置交流舱在  $(10\% \sim 30\%)P_n$  范围内运行;
- g) 设置电网模拟装置模拟连续三次低-高三相对称故障;
- h) 利用数据采集装置,以 1 ms 为步长、20 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,至少记录第一次电压跌落前 3 s 到最后一次高电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- i) 计算每次电压跌落和抬升的持续时间以及最后一次有功功率恢复速率;
- j) 重复步骤 g)~i);
- k) 设置储能变流器交流端口有功功率在  $(70\% \sim 100\%)P_n$  范围内运行,重复步骤 g)~j);
- l) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 e)~k)。

## 10.20 运行适应性

### 10.20.1 电压适应性

电压适应性试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置电网模拟装置输出电压和频率为储能变流器交流端口额定电压和额定频率;
- c) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- d) 设置交流舱以  $(10\% \sim 30\%)P_n$  运行;
- e) 设置电网模拟装置的电压从  $U_n$  分别阶跃至  $91\%U_n$ 、 $99\%U_n$  和  $95\%U_n$ ,应用于用户侧的交流舱增加阶跃至  $86\%U_n$ ,保持至少 1 min 后恢复到  $U_n$ ,利用数据采集装置记录交流舱测试点电压和交流舱运行状态;
- f) 设置电网模拟装置的电压从  $U_n$  分别阶跃至  $101\%U_n$ 、 $109\%U_n$  和  $105\%U_n$  保持至少 1 min 后恢复到  $U_n$ ,利用数据采集装置记录交流舱测试点电压和交流舱运行状态;
- g) 设置交流舱以  $(70\% \sim 100\%)P_n$  运行,重复步骤 e)~f);
- h) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 d)~g)。

### 10.20.2 频率适应性

频率适应性试验按照下列步骤进行:

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器;
- b) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率;

- c) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- d) 设置交流舱以 $(10\% \sim 30\%)P_n$ 运行；
- e) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 分别阶跃至 46.45 Hz、46.55 Hz、47.50 Hz 和 48.45 Hz 保持至少 1 min 后恢复到 50 Hz, 利用数据采集装置记录交流舱测试点频率和交流舱运行状态；
- f) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 分别阶跃至 48.55 Hz、50.05 Hz 和 50.45 Hz 保持至少 1 min 后恢复到 50 Hz, 利用数据采集装置记录交流舱测试点频率和交流舱运行状态；
- g) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 分别阶跃至 50.55 Hz、51.00 Hz、51.45 Hz 和 51.55 Hz 保持 1 min 后恢复到 50 Hz, 利用数据采集装置记录交流舱测试点频率和交流舱运行状态；
- h) 设置交流舱以 $(70\% \sim 100\%)P_n$ 运行, 重复步骤 e)~g)；
- i) 设置交流舱运行模式为充电模式, 重复步骤 d)~h)。

### 10.20.3 频率变化率适应性

频率变化率适应性试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置, 开启电池管理系统、热管理系统及消防系统, 闭合开关 S, 开启储能变流器；
- b) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率；
- c) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- d) 设置交流舱以 $(10\% \sim 30\%)P_n$ 运行；
- e) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 以 1.95 Hz/s 的变化率降低至 48.5 Hz 维持 1 min, 再以 1.95 Hz/s 的变化率升高至 50 Hz, 利用数据采集装置采集交流舱交流端口频率, 查看并记录运行状态；
- f) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 以 2.05 Hz/s 的变化率降低至 48.5 Hz 维持 1 min, 再以 2.05 Hz/s 的变化率升高至 50 Hz, 利用数据采集装置记录交流舱测试点频率和交流舱运行状态；
- g) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 以 1.95 Hz/s 的变化率升高至 51.95 Hz 维持 1 min, 再以 1.95 Hz/s 的变化率降低至 50 Hz, 利用数据采集装置采集交流舱交流端口频率, 查看并记录运行状态；
- h) 设置电网模拟装置频率从 50 Hz 以 2.05 Hz/s 的变化率升高至 52.05 Hz 维持 1 min, 再以 2.05 Hz/s 的变化率降低至 50 Hz, 利用数据采集装置采集交流舱交流端口频率, 查看并记录运行状态；
- i) 设置交流舱以 $(70\% \sim 100\%)P_n$ 运行, 重复步骤 e)~h)；
- j) 设置交流舱运行模式为充电模式, 重复步骤 d)~i)。

### 10.20.4 电能质量适应性

电能质量适应性试验按照下列步骤进行：

- a) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置, 开启电池管理系统、热管理系统及消防系统, 闭合开关 S, 开启储能变流器；
- b) 设置电网模拟装置输出电压和频率为交流舱交流端口额定电压和额定频率；
- c) 设置交流舱以额定充电功率至充电终止条件；
- d) 设置交流舱运行模式为放电模式；
- e) 设置交流舱以  $100\%P_n$  运行；
- f) 设置模拟电网装置的谐波值至 GB/T 14549 中要求的最大限值, 连续运行至少 1 min, 查看并记录运行状态；

- g) 设置模拟电网装置的三相电压不平衡度至 GB/T 15543 中要求的最大值,连续运行至少 1 min,查看并记录运行状态;
- h) 设置模拟电网装置的间谐波电压值至 GB/T 24337 中要求的最大值,连续运行至少 1 min,查看并记录运行状态;
- i) 设置交流舱以额定放电功率恒功率放电至放电终止条件;
- j) 设置交流舱运行模式为充电模式,重复步骤 e)~h)。

## 10.21 防孤岛保护

### 10.21.1 试验电路

防孤岛保护试验电路见图 16。

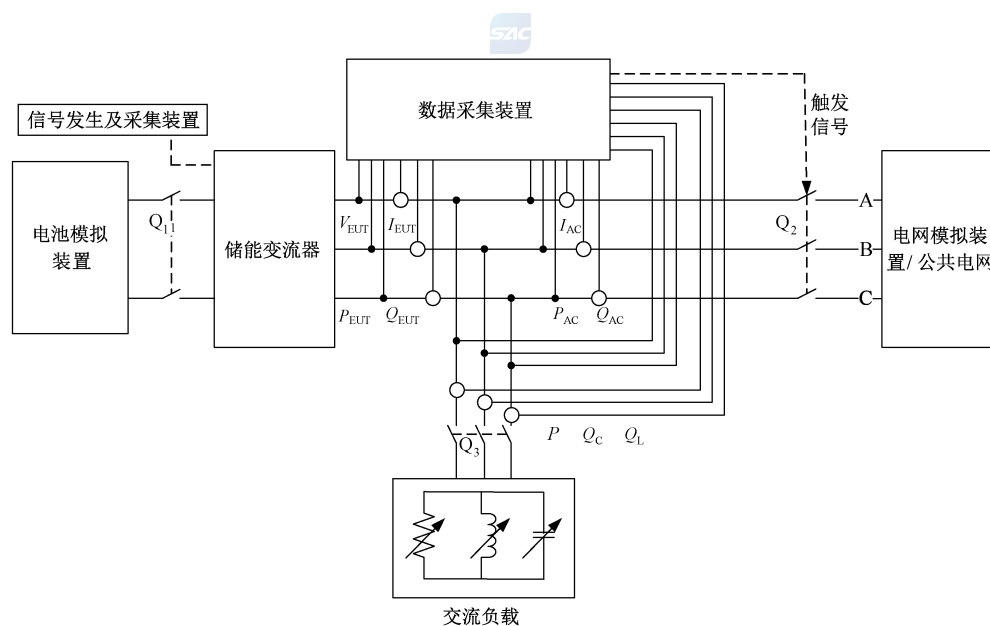


图 16 防孤岛保护试验电路

### 10.21.2 试验步骤

交流舱防孤岛保护试验按以下步骤进行:

- a) 按图 18 连接试验电路,开启电池管理系统、热管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器,闭合开关  $Q_1$ 、 $Q_2$ ;
- b) 设置交流舱运行模式为放电模式;
- c) 设置交流舱交流端口有功功率  $P_{EUT}$  在  $100\%P_n$  运行;
- d) 利用数据采集装置,以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流舱交流端口电压有效值  $V_{EUT}$ 、电流有效值  $I_{EUT}$ 、有功功率有效值  $P_{EUT}$ 、无功功率有效值  $Q_{EUT}$  和电网侧电流有效值  $I_{AC}$ ;
- e) 设置感性负载  $Q_L = P_{EUT}$ ;
- f) 设置容性负载  $Q_C = -Q_{EUT} - Q_L$ ;
- g) 设置阻性负载,使 RLC 电路中消耗的功率为  $P_{EUT}$ ;
- h) 试验过程中,按照公式(14)计算品质因数  $Q_f$  不超过  $1 \pm 0.05$ ;

$$Q_f = (1/P) \sqrt{|Q_L| \cdot |Q_C|} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$P$  ——阻性负载有功功率；

$Q_L$  ——感性负载无功功率；

$Q_C$  ——容性负载无功功率。

- i) 设置 RLC 可调交流负载使流过  $Q_1$  的基波电流小于稳态时交流舱额定电流 1%，无功功率趋于零；
- j) 断开  $Q_1$ ，计算从  $Q_1$  断开至交流舱电流下降并维持在额定电流 1% 以下时的时间间隔；
- k) 闭合开  $Q_1$ ，根据表 19 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电阻值、电感值和电容值，重复步骤 j)，任一次测得不平衡条件下的保护时间超过了平衡条件下测得的保护时间，则需要按照表 20 非阴影区的条件进行试验；
- l) 闭合开  $Q_1$ ，设置交流舱交流端口有功功率  $P_{EUT}$  在  $66\%P_n$  运行，重复步骤 d)~j)；
- m) 闭合开  $Q_1$ ，根据表 19 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电感值或电容值，重复步骤 j)，保护动作时间呈持续上升趋势时，继续以 1% 的增量扩大偏差范围，直至保护动作时间下降；
- n) 闭合开  $Q_1$ ，设置交流舱交流端口有功功率  $P_{EUT}$  在  $33\%P_n$  运行，重复步骤 d)~j)；
- o) 闭合开  $Q_1$ ，根据表 19 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电感值或电容值，重复步骤 j)，保护动作时间呈持续上升趋势时，继续以 1% 的增量扩大偏差范围，直至保护动作时间下降。

注：对于有自动并网切换功能的交流舱屏蔽自动并网切换功能。


表 19 防孤岛试验条件

序号	交流舱交流功率 $\%P_n$	加载的无功 $\%P_n$	与负载有功功率标称值的百分比 %	与负载无功功率标称值的百分比 %
1	100	100	0	0
2	66	66	0	0
3	33	33	0	0
4	100	100	-5	-5
5	100	100	-5	0
6	100	100	-5	+5
7	100	100	0	-5
8	100	100	0	+5
9	100	100	+5	-5
10	100	100	+5	0
11	100	100	+5	+5
12	66	66	0	-5
13	66	66	0	-4
14	66	66	0	-3
15	66	66	0	-2
16	66	66	0	-1

表 19 防孤岛试验条件 (续)

序号	交流舱交流功率 $\%P_n$	加载的无功 $\%P_n$	与负载有功功率标称值的百分比 %	与负载无功功率标称值的百分比 %
17	66	66	0	1
18	66	66	0	2
19	66	66	0	3
20	66	66	0	4
21	66	66	0	5
22	33	33	0	-5
23	33	33	0	-4
24	33	33	0	-3
25	33	33	0	-2
26	33	33	0	-1
27	33	33	0	1
28	33	33	0	2
29	33	33	0	3
30	33	33	0	4
31	33	33	0	5

表 20 额定工况下的扩展试验

 与负载有功功率、无功功率标称值的百分比 %				
-10,+10	-5,+10	0,+10	+5,+10	+10,+10
-10,+5	-5,+5	0,+5	+5,+5	+10,+5
-10,0	-5,0		+5,0	+10,0
-10,-5	-5,-5	0,-5	+5,-5	+10,-5
-10,-10	-5,-10	0,-10	+5,-10	+10,-10

## 10.22 电气间隙和爬电距离

电气间隙和爬电距离试验按照下列步骤进行：

- 利用游标卡尺或直角尺按照 GB/T 16935.1 的要求,测量预制舱式储能系统设备正负极、各相部件与接地部件,不同电压回路之间的功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘和加强绝缘的电气间隙和爬电距离；
- 记录各电路测量的电气间隙和爬电距离数值。

## 10.23 冲击耐受电压

### 10.23.1 直流舱

冲击耐受电压试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.2.1 完成初始化充电；
- b) 断开直流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将正极与预制舱体保护接地极连接至冲击耐压试验装置；
- d) 施加试验电压,电压波形为  $1.2/50 \mu\text{s}$  的脉冲电压波形,试验电压见表 B.1；
- e) 试验 3 次后更换试验电压正负极性,再次试验 3 次,每次试验电压的时间间隔应不小于 30 s；
- f) 记录试验过程中击穿或其他破坏性放电现场发生的情况；
- g) 断开冲击耐压试验装置与直流舱的连接；
- h) 将负极与预制舱体保护接地极连接至冲击耐压试验装置,重复 d)~g)。

### 10.23.2 交流舱

冲击耐受电压试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.2.2 要求成初始化充电；
- b) 断开直流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将交流端口各相依次与预制舱体保护接地极连接至冲击耐压试验装置；
- d) 施加试验电压,电压波形为  $1.2/50 \mu\text{s}$  的脉冲电压波形,试验电压见表 B.1；
- e) 试验 3 次后更换试验电压正负极性,再试验 3 次,每次试验电压的时间间隔应不小于 30 s；
- f) 记录试验过程中击穿或其他破坏性放电现场发生的情况；
- g) 断开冲击耐压试验装置与交流舱的连接；
- h) 将交流端口各相间依次连接至冲击耐压试验装置,重复 d)~g)。

## 10.24 绝缘电阻

### 10.24.1 直流舱

绝缘电阻试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.2.1 完成初始化充电,断开直流舱与充放电装置的连接；
- b) 断开直流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将直流舱直流端口正极、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,关闭绝缘电阻检测功能；
- d) 施加按表 6 选取的试验电压,持续 1 min,记录试验电压与绝缘电阻数值；
- e) 断开绝缘耐压试验装置与直流舱的连接；
- f) 将直流舱直流端口负极、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)；
- g) 将直流舱辅助供电系统端口、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)；
- h) 分别计算正负极与预制舱体保护接地极间的绝缘电阻和标称电压的比值。

### 10.24.2 交流舱

绝缘电阻试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.2.2 完成初始化充电,断开交流舱与电网模拟装置或电网的连接；
- b) 断开交流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将交流舱交流端口各相依次与预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,关闭绝缘电阻

检测功能；

- d) 施加按表 6 选取的试验电压,持续 1 min,记录试验电压与绝缘电阻数值；
- e) 断开绝缘耐压试验装置与交流舱的连接；
- f) 将交流舱交流端口各电路之间依次连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)；
- g) 将交流舱辅助供电系统端口、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)；
- h) 分别计算交流舱交流端口各相与预制舱体保护接地极、交流端口各电路之间的绝缘电阻和标称电压的比值。

## 10.25 介质强度

### 10.25.1 直流舱

介质强度试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.2.1 完成初始化充电,断开直流舱与充放电装置的连接；
- b) 断开直流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将直流舱直流端口正极、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置；
- d) 施加按表 7 选取直流试验电压,以小于或等于 50% 试验电压开始,10 s 之内增加至试验电压,持续 1 min,记录试验电压与漏电流数值,记录试验现象,包括击穿、闪络；
- e) 施加按表 7 选取频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压,持续 1 min,记录试验电压与漏电流数值,记录试验现象,包括击穿、闪络；
- f) 断开绝缘耐压试验装置与直流舱的连接；
- g) 将直流舱直流端口负极、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~f)；
- h) 将直流舱辅助供电系统端口、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置；
- i) 施加按表 8 选取频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压或直流试验电压,持续 1 min,记录试验电压与漏电流数值,记录试验现象,包括击穿、闪络；
- j) 断开绝缘耐压试验装置与直流舱的连接。

### 10.25.2 交流舱

介质强度试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.2.2 完成初始化充电,断开交流舱与电网模拟装置或电网的连接；
- b) 断开交流舱的压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 将交流舱交流端口各相依次与预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置；
- d) 施加按表 8 选取频率为 45 Hz~62 Hz 的正弦交流试验电压或直流电压,持续 1 min,记录试验电压与漏电流数值,记录试验现象,包括击穿、闪络；
- e) 断开绝缘耐压试验装置与交流舱的连接；
- f) 将交流舱交流端口各电路之间依次连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)；
- g) 将交流舱辅助供电系统端口、预制舱体保护接地极连接至绝缘耐压试验装置,重复 d)~e)。

## 10.26 接地

接地试验按照下列步骤进行：

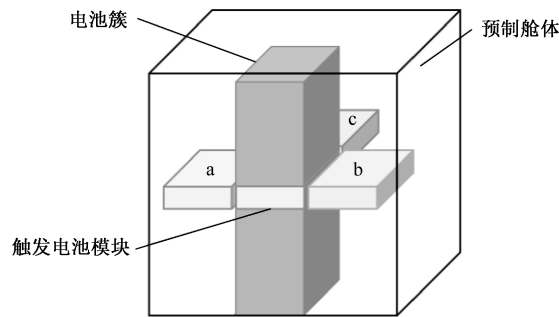
- a) 将预制舱式储能系统可接触导电部位、预制舱体保护接地极连接至接地电阻试验装置；
- b) 施加 30 A 直流电流,持续 1 min,记录电阻数值；
- c) 断开接地电阻试验装置与预制舱式储能系统的连接。

## 10.27 热失控扩散

### 10.27.1 试验布置

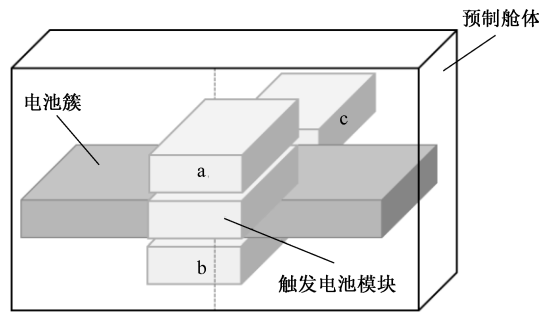
试验布置应满足以下要求：

- a) 选取预制舱式储能系统中 1 个电池簇,按照电池簇在电池阵列中的布置方式放置于预制舱式储能系统的空舱体中部位置；
- b) 选取电池簇中心位置的电池模块作为触发模块,选取触发模块中心位置的电池单体或最小并联单元作为热失控触发对象；
- c) 选取与电池簇内结构相同的电池模块作为监测模块,布置于触发电池模块周围,其布置方式与电池阵列中布置方式一致,参照图 17 或图 18；
- d) 试验过程中保留预制舱式储能系统中的电池模块与电池簇级隔防护装置。



注：a、b、c 位置用于放置监测电池模块。

图 17 监测电池模块水平布置示意图



注：a、b、c 位置用于放置监测电池模块。



图 18 监测电池模块垂直布置示意图

### 10.27.2 能量状态调整

能量状态应满足以下要求：

- a) 利用充放电装置以电池簇额定充放电功率进行充放电,调整电池簇的能量状态为额定充电能量的 50%；
- b) 利用充放电装置以触发对象额定充放电功率进行充放电,调整触发对象的能量状态为额定充

电能量的 95%；

- c) 利用充放电装置以电池模块额定充放电功率进行充放电，调整监测电池模块的能量状态为额定充电能量的 100%。

### 10.27.3 传感器布置

传感器布置应满足以下要求：

- a) 触发电池模块内温度传感器布置在触发对象以及与触发对象相邻的电池正负极柱所在表面且与正负极柱等距的位置；
- b) 监测电池模块内温度传感器布置在与触发对象距离最近的电池正负极柱所在表面且与正负极柱等距的位置。

### 10.27.4 试验步骤

热失控扩散试验按照下列步骤进行：

- a) 按图 19 连接电池簇与充放电装置，连接电池管理系统与充放电装置，屏蔽电池管理系统对触发对象的电压报警和保护功能，屏蔽电池管理系统的温度报警和保护功能，闭合开关 S；
- b) 利用充放电装置将电池簇以额定功率与其标称电压的比值作为电流值对电池簇进行恒流充电，设定连续监测到 3 个温升速率值均  $\geq 3$   $^{\circ}\text{C}/\text{s}$  或起火或爆炸为发生热失控的判定条件；记录触发对象的电压、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸以及外壳破裂位置；
- c) 当触发电池模块内最高温度达到 300  $^{\circ}\text{C}$  或试验时间达到 4 h 或任一电池单体达到发生热失控的判定条件时，停止充电，观察 24 h，记录触发电池模块与监测电池模块的电压、温度、温升速率，记录试验现象，包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸以及外壳破裂位置；
- d) 断开电池簇与充放电装置的连接；
- e) 按照 GB/T 36276 规定的方法对触发电池模块和监测电池模块进行绝缘性能试验，记录测试电压、绝缘电阻数值。

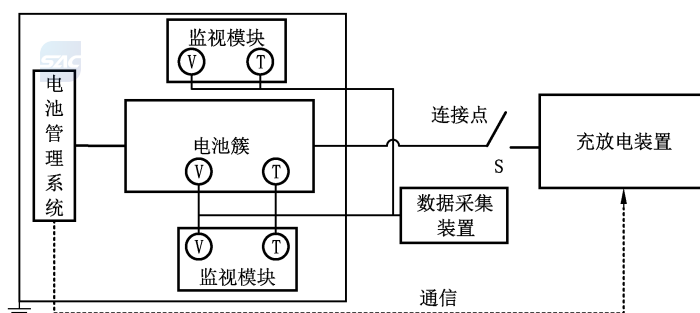


图 19 热失控扩散试验电路示意图

## 10.28 噪声

### 10.28.1 直流舱

噪声试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.3.1 完成初始化放电；

- b) 将直流舱放置在距其四周 3 m 范围内无反射面的水平地面；
- c) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S；
- d) 按照图 20 在直流舱四周布置 4 个噪声测量点,测量点距离直流舱水平距离为 1 m,距离地面高为 1.6 m；
- e) 利用声级计在噪声测量点测量场地背景噪声,声级计测量采用 A 记权方式；
- f) 利用充放电装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件,静置 10 min,以额定充电功率充电将直流舱至充电终止条件；
- g) 由直流舱放电开始至充电结束,每隔 20 min 记录测量时间与各测量点处噪声数据,声级计测量采用 A 记权方式；
- h) 取所有测量噪声数据中的最大值作为试验结果：
  - 1) 当测量点噪声与背景噪声的差值小于 3 dB 时,应采取措施降低背景噪声；
  - 2) 当测量点噪声与背景噪声的差值大于 10 dB 时,测量值不做修正；
  - 3) 当测量点噪声与背景噪声的差值在 3 dB~10 dB 之间时,按表 21 进行噪声值修正。

### 10.28.2 交流舱

噪声试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.3.2 完成初始化放电；
- b) 将交流舱放置在距其四周 3 m 范围内无反射面的水平地面；
- c) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；
- d) 按照图 20 在交流舱四周布置 4 个噪声测量点,测量点距离交流舱水平距离为 1 m,距离地面高度为 1.6 m；
- e) 利用声级计在噪声测量点测量场地背景噪声,声级计测量采用 A 记权方式；
- f) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件,静置 10 min,以额定充电功率充电至充电终止条件；
- g) 由交流舱放电开始至充电结束,每隔 20 min 记录测量时间与各测量点处噪声数据,声级计测量采用 A 记权方式；
- h) 取所有测量噪声数据中的最大值作为试验结果：
  - 1) 当测量点噪声与背景噪声的差值小于 3 dB 时,应采取措施降低背景噪声；
  - 2) 当测量点噪声与背景噪声的差值大于 10 dB 时,测量值不做修正；
  - 3) 当测量点噪声与背景噪声的差值在 3 dB~10 dB 之间时,按表 21 进行噪声值修正。

表 21 背景噪声修正值表

测量点噪声与背景噪声的差值 dB	3	4~5	6~10	>10
修正值 dB	-3	-2	-1	0

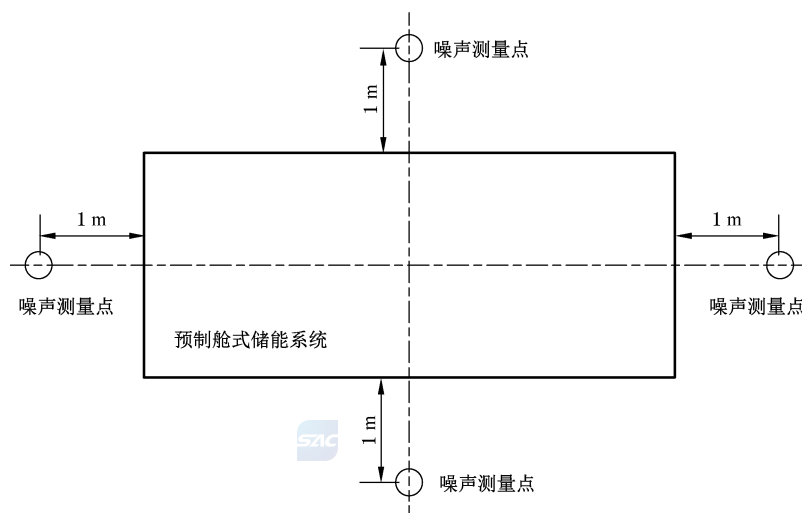


图 20 测量点示意图

## 10.29 交变湿热

### 10.29.1 直流舱

交变湿热试验按照下列步骤进行：

- a) 将直流舱按照 10.3.2 完成初始化充电；
- b) 将直流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验方法进行交变湿热试验,高温温度为 55℃,完成 2 个循环；
- d) 设置环境模拟装置试验温度为 25℃、相对湿度为 75%,温度达到 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(75\pm 2)\%$ 时保持当前温湿度 2 h；
- e) 步骤 d)结束后 30 min 内按照 10.25.1 规定的方法进行绝缘性能试验,记录绝缘电阻值；
- f) 按照 10.3.1.1 连接直流舱与充放电装置,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S；
- g) 利用充放装置以额定放电功率将直流舱放电至放电终止条件；
- h) 利用数据采集装置记录电压、电流、功率、放电能量、辅助放电能量。

### 10.29.2 交流舱

交变湿热试验按照下列步骤进行：

- a) 将交流舱按照 10.3.2 完成初始化充电；
- b) 将交流舱放置于环境模拟装置内；
- c) 按照 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验方法进行交变湿热试验,高温温度为 55℃,完成 2 个循环；
- d) 设置环境模拟装置试验温度为 25℃、相对湿度为 75%,温度达到 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度达到 $(75\pm 2)\%$ 时保持当前温湿度 2 h；
- e) 步骤 d)结束后 30 min 内按照 10.25.2 规定的方法进行绝缘性能试验,记录绝缘电阻值；
- f) 按照 10.3.1.2 连接交流舱与电网模拟装置或电网,开启热管理系统、电池管理系统及消防系统,闭合开关 S,开启储能变流器；

- g) 设置交流舱以额定放电功率放电至放电终止条件；
- h) 利用数据采集装置记录电压、电流、功率、放电能量、辅助放电能量。

### 10.30 电磁兼容

#### 10.30.1 静电放电抗扰度

预制舱式储能系统在额定功率下运行,按照 GB/T 17626.2 的规定,试验在下列条件下进行:

- a) 试验电压:接触放电 6 kV,空气放电 8 kV;
- b) 试验部位:参照表 22;
- c) 放电次数:正负极性各 10 次,每次放电间隔 1 s。

#### 10.30.2 浪涌冲击抗扰度

预制舱式储能系统可在轻载下运行,按照 GB/T 17626.5 的规定,试验在下列条件下进行:

- a) 试验电压:±2 kV(线-地),±1 kV(线-线);
- b) 试验部位:参照表 22;
- c) 极性:正负;
- d) 试验次数:正负极性各 5 次;
- e) 重复率:每分钟一次。

#### 10.30.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

预制舱式储能系统可在轻载下运行,按照 GB/T 17626.4 的规定,试验在下列条件下进行:

- a) 试验电压:±2 kV(电源线),±1 kV(信号线);
- b) 试验部位:参照表 22;
- c) 重复频率:100 kHz;
- d) 持续时间:1 min。

#### 10.30.4 射频电磁场辐射抗扰度

预制舱式储能系统在额定功率下运行,按照 GB/T 17626.3 的规定,试验在下列条件下进行:

- a) 试验场地:在开阔场地试验的,开阔场地的环境满足 GB/T 6113.104 要求;
- b) 频率范围:80 MHz~1 000 MHz, 1.4 GHz~6 GHz;
- c) 试验强度:10 V/m(非调制,80 MHz~1 000 MHz),3V/m(1.4 GHz~6 GHz);
- d) 正弦波:1 kHz,80%幅度调制;
- e) 试验部位:参照表 22;
- f) 天线方向:水平极化和垂直计划。

#### 10.30.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

预制舱式储能系统可在轻载下运行,按照 GB/T 17626.6 的规定,在下述条件下进行试验:

- a) 频率范围:0.15 MHz~80 MHz;
- b) 试验强度:10 V;
- c) 试验部位:参照表 22;
- d) 正弦波 1 kHz,80%幅度调制,扫描频率≤1%。

表 22 电磁兼容试验部位

序号	试验项目	试验部位	
		直流舱	交流舱
1	静电放电抗扰度	调试、使用和维护过程中可能被触及的部分。 (包括用于控制及状态显示的触摸屏、按钮、扶手、机械开关、指示灯、可能被触及的连接器、通信端口等)	
2	浪涌冲击抗扰度	辅助供电系统端口、信号和控制端口	辅助供电系统端口、信号和控制端口、储能变流器交流端口
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	辅助供电系统端口、信号和控制端口	辅助供电系统端口、信号和控制端口、储能变流器交流端口
4	射频电磁场辐射抗扰度	预制舱体	
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度	辅助供电系统端口、信号和控制端口	辅助供电系统端口、信号和控制端口、储能变流器交流端口

## 11 检验规则



### 11.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验及抽样检验。

### 11.2 出厂检验

#### 11.2.1 出厂检验要求

出厂检验应满足下列要求：

- 每套产品均应进行出厂检验；
- 出厂检验项目应符合表 23 的规定，其中防护等级试验只需试验防水性能。

#### 11.2.2 判定规则

若被检产品存在任何一项检验项目不合格，则判定为出厂检验不合格。

### 11.3 型式检验

#### 11.3.1 需进行型式检验的情形

有下列情况之一应进行型式检验：

- 新产品投产；
- 厂址变更；
- 停产超过一年后复产；

- d) 结构、工艺或材料有重大改变；
- e) 合同约定。

### 11.3.2 型式检验要求

型式检验应满足下列要求：

- a) 按表 D.1 要求提供各部件信息以及型式检验报告；
- b) 型式检验要求符合表 23 的规定；
- c) 型式检验的产品数量为 1 套。

### 11.3.3 判定规则

型式检验中,预制舱式储能系统进行的试验项目全部满足要求,则判定为型式检验合格;若任何一项检验项目不满足要求,则判定为型式检验不合格。

## 11.4 抽样检验

### 11.4.1 需进行抽样检验的情形

有下列情况之一应进行抽样检验：

- a) 需检验某个工程实际应用的产品与其对应的型式检验产品在关键性能方面的一致性；
- b) 需检验某个批次产品与其对应的型式检验产品在关键性能方面的一致性；
- c) 合同约定。

### 11.4.2 抽样检验要求和样品数量

抽样检验应满足下列要求：

- a) 抽样检验针对同一型号产品,若存在多个型号,则每个型号均单独抽样检验；
- b) 抽样检验样本额定放电能量不大于  $10 \text{ MW} \cdot \text{h}$ , 抽样检验样本总量的额定能量之和不大于  $100 \text{ MW} \cdot \text{h}$  的,抽检 1 套；
- c) 抽样检验样本额定放电能量不大于  $10 \text{ MW} \cdot \text{h}$ , 抽样检验样本总量的额定能量之和大于  $100 \text{ MW} \cdot \text{h}$  的,以  $100 \text{ MW} \cdot \text{h}$  为一个抽样单元等比例增加抽样数量,不足  $100 \text{ MW} \cdot \text{h}$  的部分按  $100 \text{ MW} \cdot \text{h}$  计；
- d) 抽样检验样本额定放电能量大于  $10 \text{ MW} \cdot \text{h}$ , 以 10 套样本为一个抽样单元等比例增加抽样数量,不足 10 套的部分按 10 套计；
- e) 抽样检验要求符合表 23 的规定,其中防护等级试验只需试验防水性能。

### 11.4.3 判定规则

抽样检验中,所有预制舱式储能系统进行的试验项目全部满足要求,则判定为抽样检验合格;若有任何 1 个预制舱式储能系统的任何一项检验项目不满足要求,则判定为抽样检验不合格。

表 23 检验项目

序号	试验项目	技术要求 (章条号)	试验方法 (章条号)	出厂检验		型式检验		抽样检验	
				直流舱	交流舱	直流舱	交流舱	直流舱	交流舱
1	外观	6.1	10.4	√	√	√	√	√	√
2	尺寸	6.2	10.5	√	√	√	√	√	√
3	防护等级	6.3	10.6	√	√	√	√	√	√
4	启停机	7.1	10.7	—	√	—	√	—	√
5	功率控制	7.2	10.8	—	√	—	√	—	√
6	并离网切换(仅适用于具备并离网切换功能的交流舱)	7.3	10.9	—	—	—	√	—	√
7	报警和保护	7.4	10.10	√	√	√	√	√	√
8	通信	7.5	10.11	√	√	√	√	√	√
9	信息采集	7.6	10.12	√	√	√	√	√	√
10	显示	7.7	10.12	√	√	√	√	√	√
11	机械性能	8.1	10.13	—	—	√	√	—	—
12	充放电性能	8.2.1	10.14	—	—	√	√	√	√
13	过载能力	8.2.2	10.15	—	—	√	√	—	—
14	充放电转换时间	8.2.3	10.16	—	—	—	○	—	—
15	功率控制	8.2.4	10.17	—	—	—	○	—	—
16	电能质量	8.2.5	10.18	—	—	—	○	—	—
17	故障穿越	8.2.6	10.19	—	—	—	√	—	—
18	运行适应性	8.2.7	10.20	—	—	—	○	—	—
19	防孤岛保护	8.2.8	10.21	—	—	—	○	—	—
20	冲击耐受电压	8.3.1.1	10.23	—	—	√	√	—	—
21	电气间隙	8.3.1.2	10.22	—	—	√	√	—	—
22	爬电距离	8.3.1.3	10.22	—	—	√	√	—	—
23	绝缘电阻	8.3.2	10.24	√	√	√	√	√	√
24	介质强度	8.3.3	10.25	√	√	√	√	√	√
25	接地	8.3.4	10.26	√	√	√	√	√	√
26	防雷	8.3.4	10.30.2	—	—	√	√	—	—
27	热失控扩散	8.3.5	10.27	—	—	√	√	—	—
28	噪声	8.3.6	10.28	—	—	√	√	—	—
29	交变湿热	8.3.7	10.29	—	—	√	√	—	—
30	电磁兼容	8.4	10.30	—	—	√	√	—	—

注 1: 检验项目根据交流舱产品分类和对应功能确定。  
注 2: 交流舱内储能变流器已具备 GB/T 34120 型式试验报告时, 不进行“○”项目试验, 故障穿越项目只需进行高电压穿越试验。  
注 3: 当电气间隙满足 8.3.1 要求时, 不进行 10.23 项目试验。

## 12 标志、包装、运输、贮存

### 12.1 标志

铭牌应保证字迹在使用期内不易磨灭。铭牌宜放在显著位置,应包含但不限于以下内容:

- a) 产品名称、编码、型号、商标;
- b) 产品主要技术参数:
  - 1) 额定充电功率,单位为千瓦(kW);
  - 2) 额定放电功率,单位为千瓦(kW);
  - 3) 额定充电能量,单位为千瓦或兆瓦(kW·h或MW·h);
  - 4) 额定放电能量,单位为千瓦或兆瓦(kW·h或MW·h);
  - 5) 直流端口标称电压,单位为伏特(V);
  - 6) 交流端口额定电压,单位为伏特(V);
  - 7) 防护等级;
  - 8) 制造依据(标准号);
  - 9) 重量,单位为千克或吨(kg或t);
- c) 出厂编号;
- d) 制造日期;
- e) 制造厂名、厂址。

### 12.2 包装

包装应满足下列要求:

- a) 包装内含产品合格证、产品使用说明书、检验报告等随行文件;
- b) 预制舱式储能系统提供的文件符合表 24 的规定。

表 24 预制舱式储能系统文件

文件名称	包括但不限于以下信息	备注
预制舱式储能系统型式检验报告	产品型式检验报告	—
设备及部件统计表	产品各设备型号、规格、数量、型式检验报告等	见表 D.1
用户手册	设备特性的一般描述、安装说明、调试说明、人机界面控制说明、故障维修与维护、系统退役说明	—
应急手册	可能导致重大事故的可预见的状态或事件、控制重大事故发生可采取的行动的描述、现场急救员指南、紧急撤离计划、现场工作人员培训计划	—
快速响应手册	火灾抑制的方法与一般步骤、消防系统运行说明、触发消防系统后的注意事项	—
个人防护装备指南	执行不同任务所需的个人防护装备的使用与维护说明、储能系统附件区域预防闪弧、电击的特殊防护措施的说明	—

### 12.3 运输

运输过程满足下列要求:

- a) 预制舱式储能系统能量状态宜为额定能量的 20%~50%；
- b) 运输过程中应断开预制舱式储能系统的直流侧开断设备或交直流侧开断设备,关闭储能变流器、电池管理系统等设备；
- c) 锂离子电池安装在设备上运输时,预制舱体上宜具有锂离子电池标志、总能量标识、总重量标识；
- d) 运输过程中宜配置冲击监测标签与防倾倒监测标签。

#### 12.4 贮存

贮存满足下列要求：

- a) 贮存环境温度宜 20℃~35℃；
- b) 空气相对湿度宜小于 95%；
- c) 若温度超出 -30℃~50℃ 范围、湿度大于 95% 或连续贮存时长超出 3 个月,宜开启热管理系统；
- d) 贮存时预制舱式储能系统能量状态宜保持在额定能量的 30%~50%,每超过 6 个月宜进行一次充放电维护。



附录 A

(资料性)

预制舱式储能系统典型拓扑

预制舱式储能系统典型拓扑见图 A.1 和图 A.2。

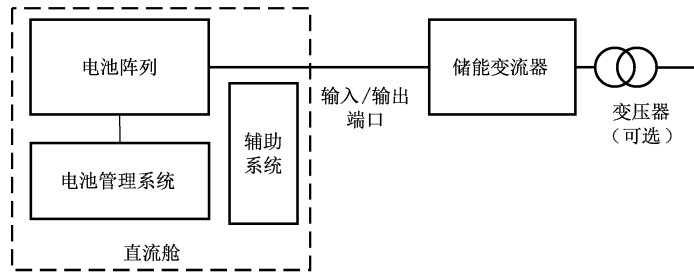


图 A.1 直流舱典型拓扑

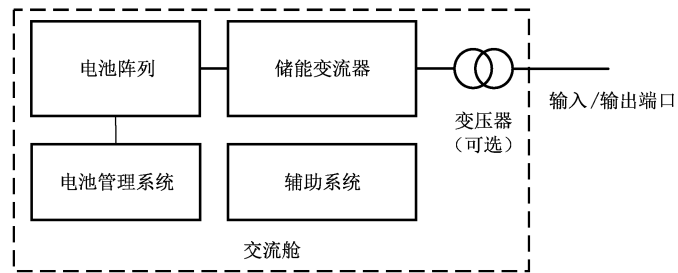


图 A.2 交流舱典型拓扑

**附录 B**  
(规范性)  
**电气间隙和爬电距离**

**B.1** 冲击耐受电压和暂时过电压见表 B.1。

**表 B.1 冲击耐受电压和暂时过电压**

序号	系统电压 (交流有效值/直流) V	冲击耐受电压 V				暂时过电压 (峰值/有效值) V
		过电压等级				
		I	II	III	IV	
1	50/75	330	500	800	1 500	1 770/1 250
2	100/150	500	800	1 500	2 500	1 840/1 300
3	150/225	800	1 500	2 500	4 000	1 910/1 350
4	300/450	1 500	2 500	4 000	6 000	2 120/1 500
5	600/900	2 500	4 000	6 000	8 000	2 550/1 800
6	1 000/1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	3 110/2 200
7	3 600/5 400	9 000	16 000	20 000	40 000	14 150/10 000
8	7 200/10 800	17 500	29 000	40 000	60 000	28 300/20 000
9	12 000/18 000	29 000	42 500	60 000	75 000	39 600/28 000
10	17 500/26 300	40 000	55 000	75 000	95 000	53 750/38 000
11	24 000/36 000	52 000	75 000	95 000	125 000	70 700/50 000
12	36 000/54 000	75 000	95 000	125 000	145 000	99 000/70 000

**注 1:** 直流端口按照过电压等级 II, 交流端口按照过电压等级 III 判定。  
**注 2:** 直流端口系统电压指最大输入直流电压。  
**注 3:** 直接与电网连接的电路不允许插值, 其他电路允许插值。  
**注 4:** 确定冲击耐受电压时, 对于交流端口有中性点的储能系统, 系统电压为额定相电压(相对地)有效值。  
**注 5:** 确定冲击耐受电压时, 对于交流端口无中性点的储能系统, 序号 1~6 行系统电压为相对虚拟中性点间的额定相电压(相对地)有效值, 序号 7~12 行系统电压为额定线电压(相对相)有效值。  
**注 6:** 确定暂时过电压时, 系统电压为额定线电压(相对相)有效值。

B.2 电气间隙见表 B.2。

表 B.2 电气间隙

冲击耐受电压 V	暂时过电压(峰值) V	工作电压(重复峰值) V	最小电气间隙 mm			
			污染等级			
			1	2	3	4
330	330	260	0.01	0.20 <sup>a</sup>	0.80	1.6
500	500	400	0.04			
800	710	560	0.10			
1 500	1 270	1 010	0.50			
2 500	2 220	1 770	1.5			
4 000	3 430	2 740	3.0			
6 000	4 890	3 910	5.5			
8 000	6 060	4 840	8.0			
12 000	9 430	7 540	14			
20 000	12 000	7 600	25			
40 000	26 000	16 000	60			
60 000	37 000	23 000	90			
75 000	48 000	30 000	120			
95 000	61 000	38 000	160			
125 000	80 000	50 000	220			
145 000	99 000	60 000	270			
<p>注 1: 按冲击耐受电压查表时,直接与电网连接的电路不允许插值,其他电路允许插值。                      注 2: 按暂时过电压和工作电压查表时允许使用插值。                      注 3: 根据冲击耐受电压、暂时过电压和工作电压的值查表,取电气间隙最大值。</p>						
<p><sup>a</sup> 印制电路板的限值应为 0.04 mm。</p>						

B.3 海拔在 2 000 m~6 000 m 的电气间隙修正因子见表 B.3。

表 B.3 海拔在 2 000 m~6 000 m 的电气间隙修正因子

海拔 m	标准大气压强 kPa	电气间隙的修正因子
2 000	80.0	1.00
3 000	70.0	1.14
4 000	62.0	1.29
5 000	54.0	1.48
6 000	47.0	1.70

## B.4 爬电距离见表 B.4。

表 B.4 爬电距离

单位为毫米

工作电压 有效值 V	印制电路板 <sup>a</sup> 的 爬电距离		其他绝缘部位的爬电距离								
	污染 等级 1 <sup>b</sup>	污染 等级 2 <sup>c</sup>	污染 等级 1 <sup>b</sup>	污染等级 2				污染等级 3			
				绝缘 材料 I	绝缘 材料 II	绝缘 材料 III a	绝缘 材料 III b	绝缘 材料 I	绝缘 材料 II	绝缘 材料 III a	绝缘 材料 III b
≤2	0.025	0.04	0.056	0.35	0.35	0.35	0.35	0.87	0.87	0.87	
5	0.025	0.04	0.065	0.37	0.37	0.37	0.37	0.92	0.92	0.92	
10	0.025	0.04	0.08	0.40	0.40	0.40	0.40	1.0	1.0	1.0	
25	0.025	0.04	0.125	0.50	0.50	0.50	0.50	1.25	1.25	1.25	
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3	
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.80	1.1	1.1	1.4	1.6	1.8	
50	0.025	0.04	0.18	0.60	0.85	1.20	1.20	1.5	1.7	1.9	
63	0.04	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.25	1.6	1.8	2.0	
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.95	1.3	1.3	1.7	1.9	2.1	
100	0.10	0.16	0.25	0.71	1.0	1.4	1.4	1.8	2.0	2.2	
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.5	1.9	2.1	2.4	
160	0.25	0.40	0.32	0.80	1.1	1.6	1.6	2.0	2.2	2.5	
200	0.40	0.63	0.42	1.0	1.4	2.0	2.0	2.5	2.8	3.2	
250	0.56	1.0	0.56	1.25	1.8	2.5	2.5	3.2	3.6	4.0	
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	3.2	4.0	4.5	5.0	
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0	4.0	5.0	5.6	6.3	
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0	5.0	6.3	7.1	8.0	
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	6.3	8.0	9.0	10.0	
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	8.0	10.0	11	12.5	
1 000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0	10.0	12.5	14	16	—
1 250	4.2	6.3	4.2	6.3	9	12.5	12.5	16	18	20	
1 600			5.6	8.0	11	16	16	20	22	25	
2 000	—	—	7.5	10.0	14	20	20	25	28	32	—
2 500			10.0	12.5	18	25	25	32	36	40	
3 200			12.5	16	22	32	32	40	45	50	
4 000	—	—	16	20	28	40	40	50	56	63	—
5 000			20	25	36	50	50	63	71	80	
6 300			25	32	45	63	63	80	90	100	
8 000	—	—	32	40	56	81	81	100	110	125	—
10 000			40	50	71	100	100	125	140	160	

表 B.4 爬电距离 (续)

单位为毫米

工作电压 有效值 V	印制电路板 <sup>a</sup> 的 爬电距离		其他绝缘部位的爬电距离								
	污染 等级 1 <sup>b</sup>	污染 等级 2 <sup>c</sup>	污染 等级 1 <sup>b</sup>	污染等级 2				污染等级 3			
				绝缘 材料 I	绝缘 材料 II	绝缘 材料 III a	绝缘 材料 III b	绝缘 材料 I	绝缘 材料 II	绝缘 材料 III a	绝缘 材料 III b
12 500	—	—	50	63	90	125		—	—	—	
16 000	—	—	63	80	110	150		—	—	—	
20 000	—	—	80	100	140	200		—	—	—	
25 000	—	—	100	125	180	250		—	—	—	
32 000	—	—	125	160	220	320		—	—	—	

注 1: 允许使用插值法。  
 注 2: 污染等级 3, 630 V 以上, 不推荐使用绝缘材料 III b。  
 注 3: 1 250 V 以上印制电路板的爬电距离选取参照其他绝缘材料的爬电距离。  
 注 4: 绝缘材料分为以下 4 组:  
 ——对于绝缘材料组别 I,  $CTI \geq 600$ ;  
 ——对于绝缘材料组别 II,  $600 > CTI \geq 400$ ;  
 ——对于绝缘材料组别 III a,  $400 > CTI \geq 175$ ;  
 ——对于绝缘材料组别 III b,  $175 > CTI \geq 100$ 。

<sup>a</sup> 适用于印制电路板上的元器件和零部件。  
<sup>b</sup> 适用于所有类型的绝缘材料。  
<sup>c</sup> 适用于除 III b 以外的绝缘材料。



附 录 C  
(规范性)  
设备标志符号

设备标志符号见表 C.1。

表 C.1 设备标志符号

编号	符号	描述
1		直流
2		交流
3		交直流
4		三相交流
5		三相交流带中线
6		接地
7		保护接地
8		框架或底座端子
9		详见操作说明书 <sup>a</sup>
10		开(电源)
11		关(电源)
12		通过双重绝缘或加强绝缘保护的的设备
13		电击危险 <sup>b</sup>
14		灼热表面 <sup>b</sup>
15		注意危险 <sup>b</sup>
16		按键开启

表 C.1 设备标志符号 (续)

编号	符号	描述
17		按键关闭
18		输入端子或定额
19		输出端子或定额
20		双向端子或定额
21		注意,电击危险及电容残余能量放电时间 <sup>b</sup>
22		噪声危险,佩戴听力保护装置
<sup>a</sup> 采用蓝色安全色。 <sup>b</sup> 采用黄色安全色。		

**附 录 D**  
(资料性)  
**设备及部件统计表**

储能系统设备及部件统计表见表 D.1。

**表 D.1 设备及部件统计表**

设备名称		型号	规格	数量	型式检验报告 名称及编号	是否合格	备注
锂离子 电 池	电池单体					<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	电池模块						
	电池簇						
电 池 管 理 系 统	主控					<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	从控						
	试验单元						
储能变流器						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
变 压 器						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
高 压 开 关						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
低 压 开 关						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
预 制 舱 体						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
热 管 理 系 统						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
通 风 系 统						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
消 防 系 统						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
照 明						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
视 频 监 控						<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	

附 录 E  
(资料性)  
设备及部件规格参数表

E.1 电池系统规格参数表见表 E.1。

表 E.1 电池系统规格参数表

电池阵列数量			
电池阵列内电池簇数并联数量			
电池簇型号			
电池簇规格	EES-LIB-A1/A2-A3-Cluster ___ V-___ kW-___ kW-___ kW·h-___ kW·h-A4		
电池簇内模块串并联方式	___并___串		
电池模块型号			
电池模块规格	EES-LIB-A1/A2-A3-Module ___ V-___ kW-___ kW-___ kW·h-___ kW·h-A4		
电池模块内单体串并联方式	___并___串		
电池单体型号			
电池单体规格	EES-LIB-A1/A2-A3-Cell ___ V-___ W-___ W-___ Wh-___ Wh-A4		
电池管理系统型号			
电池管理系统软件版本号			
项目	符号	单位	数值
额定充电小时率	$n_{\text{ch}}$	—	
额定放电小时率	$n'$	—	
额定充电功率	$P_{\text{rcn}}$	kW	
额定放电功率	$P_{\text{rdn}'}$	kW	
额定充电能量	$E_{\text{rcn}}$	kW·h	
额定放电能量	$E_{\text{rdn}'}$	kW·h	
额定充电容量	$C_{\text{rcn}}$	Ah	
额定放电容量	$C_{\text{rdn}'}$	Ah	
储能系统标称电压	—	V	
电池簇充电电压一级报警值	—	V	
电池簇充电电压二级报警值	—	V	
电池簇充电电压三级报警值	—	V	
电池簇充电截止电压	—	V	
电池簇放电截止电压	—	V	
电池簇放电电压三级报警值	—	V	
电池簇放电电压二级报警值	—	V	
电池簇放电电压一级报警值	—	V	

表 E.1 电池系统规格参数表（续）

项目	符号	单位	数值
电池模块充电电压一级报警值	—	V	
电池模块充电电压二级报警值	—	V	
电池模块充电电压三级报警值	—	V	
电池模块充电截止电压	—	V	
电池模块放电截止电压	—	V	
电池模块放电电压三级报警值	—	V	
电池模块放电电压二级报警值	—	V	
电池模块放电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压一级报警值	—	V	
电池单体充电电压二级报警值	—	V	
电池单体充电电压三级报警值	—	V	
电池单体充电截止电压	—	V	
电池单体放电截止电压	—	V	
电池单体放电电压三级报警值	—	V	
电池单体放电电压二级报警值	—	V	
电池单体放电电压一级报警值	—	V	
电池簇充电电流一级报警值	—	A	
电池簇充电电流二级报警值	—	A	
电池簇充电电流三级报警值	—	A	
电池簇充电截止电流	—	A	
电池簇放电电流一级报警值	—	A	
电池簇放电电流二级报警值	—	A	
电池簇放电电流三级报警值	—	A	
电池簇放电截止电流	—	A	
电池单体高温一级报警温度	—	°C	
电池单体高温二级报警温度	—	°C	
电池单体高温三级报警温度	—	°C	
电池单体高温截止温度	—	°C	
电池单体低温截止温度	—	°C	
电池单体低温三级报警温度	—	°C	
电池单体低温二级报警温度	—	°C	
电池单体低温一级报警温度	—	°C	
电池簇充电电池模块电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇充电电池模块电压极差二级报警值	—	mV	

表 E.1 电池系统规格参数表 (续)

项目	符号	单位	数值
电池簇充电电池模块电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇充电电池模块电压极差截止值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇放电电池模块电压极差截止值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇充电电池单体电压极差截止值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差一级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差二级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差三级报警值	—	mV	
电池簇放电电池单体电压极差截止值	—	mV	
电池簇充电电池单体温度极差一级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差二级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差三级报警值	—	℃	
电池簇充电电池单体温度极差截止值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差一级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差二级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差三级报警值	—	℃	
电池簇放电电池单体温度极差截止值	—	℃	

E.2 储能变流器规格参数表见表 E.2。

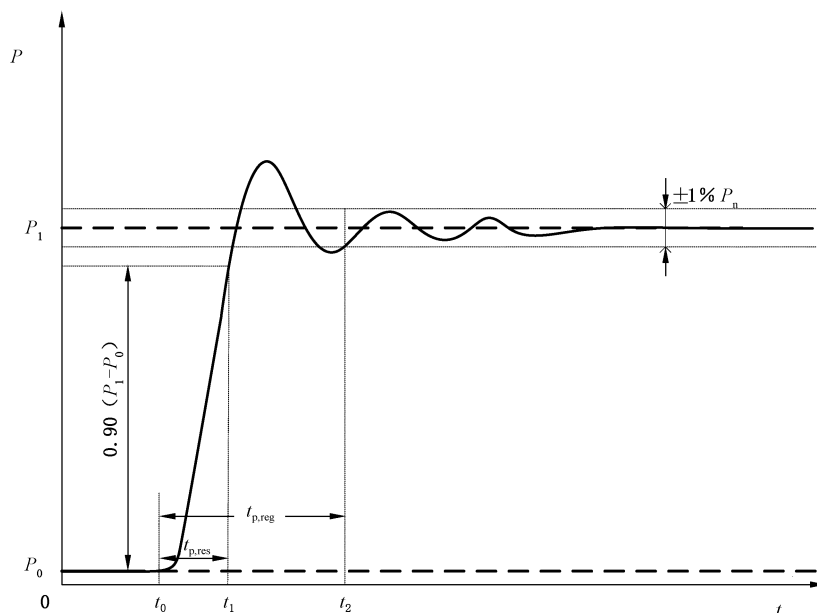
表 E.2 储能变流器规格参数表

储能变流器型号	
储能变流器规格	
交流侧额定功率	
交流侧额定电压	
直流侧电压范围	
直流侧电流范围	

附录 F  
(规范性)

有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差参数计算方法

有功功率控制响应特性图见图 F.1,有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差的计算方法见公式(F.1)~公式(F.3)。



说明:

- $P_0$ ——有功功率初始值;
- $P_1$ ——有功功率响应目标值;
- $P_n$ ——额定有功功率;
- $t_0$ ——收到控制指令的时刻;
- $t_1$ ——第一次达到有功功率响应增量 90% 的时刻;
- $t_2$ ——持续运行在允许范围内的开始时刻。

图 F.1 功率控制响应判定图

有功功率控制响应时间  $t_{p,res}$  按公式(F.1)进行计算:

$$t_{p,res} = t_1 - t_0 \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

有功功率控制调节时间  $t_{p,reg}$  按公式(F.2)进行计算:

$$t_{p,reg} = t_2 - t_0 \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

有功功率控制偏差  $\Delta P$  按公式(F.3)进行计算:

$$\Delta P = \frac{|P_1 - P_{mes}|}{P_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

$P_{mes}$ ——实际测得有功功率平均值。

注:无功功率控制、一次调频和惯量响应按照本附录内容进行计算。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14715 信息技术设备用不间断电源通用规范
  - [2] GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术规范
- 







