



青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

---

20kW 光伏直流并网变换器  
企业标准

V1.0

2022-12-13 发布

2022-12-13

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司      发 布

## 目 录

1 范围 .....	6
2 规范性引用文件 .....	6
3 术语和定义 .....	6
3.1 光伏直流并网变换器 .....	6
3.2 并网逆变器 .....	6
3.3 能量路由器 .....	6
4 技术要求 .....	6
4.1 环境条件 .....	6
4.1.1 正常使用环境条件 .....	6
4.1.2 特殊使用条件 .....	7
4.2 功能及性能要求 .....	7
4.2.1 温升 .....	7
4.2.2 自动开关机 .....	7
4.2.3 自动重启动 .....	7
4.2.4 软启动 .....	7
4.2.5 功率控制 .....	7
4.2.6 监测 .....	8
4.2.7 通信 .....	8
4.2.8 过载能力 .....	8
4.2.9 效率 .....	8
4.2.10 噪声 .....	8
4.2.11 485 带载能力 .....	9
4.2.12 升级中断能力 .....	9
4.2.13 电源缓升变化试验要求 .....	9
4.3 外观、机械和结构要求 .....	9
4.3.1 尺寸及壳体要求 .....	9
4.3.2 上壳、下壳 .....	9
4.3.3 机械防护 .....	9
4.3.4 铭牌 .....	10
4.3.5 标识 .....	10
4.3.6 包装标识 .....	10
4.3.7 外壳防护和防护性能 .....	10
4.3.8 贮存 .....	10
4.4 安全性能要求 .....	10
4.4.1 直接接触防护要求 .....	10
4.4.2 接地电阻 .....	11
4.4.3 接触电流 .....	11
4.4.4 电气间隙 .....	11
4.4.5 爬电距离 .....	11

4.4.6 冲击电压和直流耐压 .....	12
4.4.7 天线带电影响试验 .....	12
4.4.8 电能危险防护 .....	12
4.5 保护性能要求 .....	12
4.5.1 电池串过电流保护 .....	12
4.5.2 过电压保护 .....	12
4.5.3 过电流保护 .....	13
4.5.4 过温保护 .....	13
4.6 电磁兼容性试验要求 .....	13
4.6.1 传导发射要求 .....	13
4.6.2 辐射发射要求 .....	13
4.6.3 电磁抗扰度要求 .....	13
4.6.4 电棍放电影响试验要求 .....	15
4.6.5 对讲机抗扰度试验要求 .....	15
4.6.6 浪涌冲击加严试验要求 .....	15
4.7 环境试验要求 .....	16
4.7.1 高温运行试验 .....	16
4.7.2 低温启动试验 .....	16
4.7.3 恒定湿热试验 .....	16
4.7.4 交变湿热试验 .....	16
4.7.5 盐雾试验 .....	17
4.7.6 凝露试验 .....	17
4.7.7 高温耐久试验 .....	18
4.7.8 模拟双 85 试验 .....	18
4.8 包装运输试验要求 .....	18
4.8.1 跌落试验 .....	18
4.8.2 振动试验 .....	18
4.8.3 堆码试验 .....	19
4.8.4 踩踏试验 .....	19
4.8.5 汽车颠簸试验 .....	19
4.8.6 冲击试验 .....	19
5 测试方法 .....	19
5.1 总则 .....	19
5.2 试验环境 .....	19
5.3 功能及性能测试 .....	20
5.3.1 温升 .....	20
5.3.2 自动开关机 .....	20
5.3.3 自动重启动 .....	20
5.3.4 软启动 .....	20
5.3.5 功率控制 .....	20
5.3.6 监测 .....	20
5.3.7 通信 .....	21

5.3.8 过载能力 .....	21
5.3.9 效率 .....	21
5.3.10 噪声 .....	21
5.3.11 485 带载能力 .....	21
5.3.12 升级中断能力 .....	21
5.3.13 电源缓升变化试验要求 .....	21
5.4 外观、机械及结构检查测试 .....	21
5.4.1 尺寸及壳体要求 .....	21
5.4.2 上壳、下壳 .....	21
5.4.3 机械防护 .....	21
5.4.4 铭牌 .....	22
5.4.5 标识 .....	22
5.4.6 包装标识 .....	22
5.4.7 外壳防护和防护性能 .....	22
5.4.8 贮存 .....	22
5.5 安全性能测试 .....	22
5.5.1 直接接触防护 .....	22
5.5.2 接地电阻 .....	22
5.5.3 接触电流 .....	22
5.5.4 电气间隙 .....	23
5.5.5 爬电距离 .....	23
5.5.6 冲击电压和直流耐压 .....	23
5.5.7 天线带电影响试验 .....	23
5.5.8 电能危险防护 .....	23
5.6 保护性能要求 .....	23
5.6.1 电池串过电流保护 .....	23
5.6.2 过电压保护 .....	23
5.6.3 过电流保护 .....	23
5.6.4 过温保护 .....	23
5.7 电磁兼容试验测试 .....	23
5.7.1 传导发射试验 .....	24
5.7.2 辐射发射试验 .....	24
5.7.3 电磁抗扰度试验 .....	24
5.7.4 电棍放电影响试验要求 .....	25
5.7.5 对讲机抗扰度试验要求 .....	25
5.7.6 浪涌冲击加严试验要求 .....	25
5.8 环境试验 .....	25
5.8.1 高温运行试验 .....	25
5.8.2 低温启动试验 .....	25
5.8.3 恒定湿热试验 .....	25
5.8.4 交变湿热试验 .....	25
5.8.5 盐雾试验 .....	26
5.8.6 凝露试验 .....	26

5.8.7 高温耐久试验 .....	26
5.8.8 模拟双 85 试验 .....	26
5.9 包装运输试验 .....	27
5.9.1 跌落试验 .....	27
5.9.2 振动试验 .....	27
5.9.3 堆码试验 .....	27
5.9.4 踩踏试验 .....	27
5.9.5 汽车颠簸试验 .....	27
5.9.6 冲击试验 .....	27
6 检验规则 .....	27
6.1 检验分类 .....	27
6.2 型式检验 .....	27
6.3 出厂检验 .....	27
6.4 判断规则 .....	27
6.5 转 V 认证检验 .....	28
6.6 研发自测 .....	28
附录 A 光伏直流并网变换器典型框架 .....	29
附录 B 平均加权总效率 .....	30
附录 C 试验项目明细表（硬件变更，根据变更点，研发评估实验项目） .....	32
附录 D 版本记录 .....	34

## 前 言

为实现公司产品标准化，保证产品性能，提高产品市场竞争力，参考国家电网和南方电网规范要求及国家和行业标准，结合公司目前产品的特点，形成《青岛鼎信通讯股份有限公司光伏直流并网变换器企业标准 V1.0》。

本标准主要适用对象为光伏直流并网变换器，指导公司各个部门进行光伏直流并网变换器的设计、改造、验收及运行工作。

出现新的市场技术要求，本标准不能满足新技术要求时，产品性能需按新技术要求控制，并更新本标准。

本技术规范起草单位：青岛鼎信通讯股份有限公司新能源事业部。

## 20kW 光伏直流并网变换器标准 V1.0

### 1 范围

本标准作为青岛鼎信光伏直流并网变换器的内控标准。用于指导光伏直流并网变换器的设计、研发、质量检验等工作，包括技术指标、功能要求、机械性能、电气性能、外观结构等要求。

凡本标准中未述及，但在有关国家、电力行业或 IEC 等标准中做了规定的条文，应按相应标准执行。

### 2 规范性引用文件

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

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.18-2012 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）

GB/T 4798.2-2008 电工电子产品应用环境条件 第 2 部分：运输

GB 4824-2013 工业、科学和医疗（ISM）射频设备骚扰特性限值和测量方法

GB/T 12113-2003 接触电流和保护导体电流的测量方法

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 16935.1-2008 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 17626.6-2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

NB/T 32004-2018 光伏发电并网逆变器技术规范

IEC 60309-1: 2012 工业用插头、插座和耦合器 第 1 部分：一般要求（Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes Part 1: General requirements）

### 3 术语和定义

NB/T 32004-2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 光伏直流并网变换器 Photovoltaic DC grid connected converter

将一定数量的光伏组串发出的直流电进行分散的最大功率点跟踪，通过 DC-DC 变换后汇流输出的装置。

#### 3.2 并网逆变器 grid-connected inverter

将光伏直流并网变换器输出的直流电变换成交流电后馈入电网的设备。

#### 3.3 能量路由器 energy router

是以电能为核心，可汇集和管理电、冷、热、燃气及其它形式的能源，具备能量灵活转化、变换、传递和路由功能，并实现能源物理系统与信息系统的融合，是支撑能源互联网的核心装备之一。

### 4 技术要求

#### 4.1 环境条件

##### 4.1.1 正常使用环境条件

- a) 周围空气温度范围：-35℃～60℃（50℃以上降额）
- b) 相对湿度：4%~95%。
- c) 海拔：不超过 4000m。（当安装地点海拔高度超过 2000 m 时，与之相关的温升限值、绝缘等应予以修正）
- d) 无剧烈振动、冲击。
- e) 如光伏直流并网变换器的外部塑料件（包括经喷塑处理的金属部件）长期暴露在紫外线辐射下，危险防护应符合 NB/T 32004-2018 中 7.1.2 的规定。
- f) 光伏直流并网变换器满足污染等级 3：有导电污染，或由于凝露使干燥的非导电性污染濒危导电性污染。

#### 4.1.2 特殊使用条件

如光伏直流并网变换器使用条件与 4.1.1 规定条件不同时，用户应在订货时提出，并与制造商取得协议。

### 4.2 功能及性能要求

#### 4.2.1 温升

在正常工作条件下，光伏直流并网变换器在运行 2 小时，待各元器件热稳定后：光伏直流并网变换器各个测温点应不超过表 4.1 中的规定。

表 4.1 光伏直流并网变换器内部测温点的温升限值 单位：K

测温点	温升限值
主回路电感壳体表面温度	80K
辅助回路电感表面温度	100k
散热器温升（温度传感器测试）	35k
输出继电器	80K
薄膜电容	60K

#### 4.2.2 自动开关机

光伏直流并网变换器具备自动开关机功能。

#### 4.2.3 自动重新启动

由于能量路由器关机（如光伏直流并网变换器输出电压异常）或自身故障导致光伏直流并网变换器停止工作，应能根据故障恢复后的情形，实现对应的自动重新启动操作。例如，光伏直流并网变换器因能量路由器停机停止工作，需要在能量路由器运行后自动识别，并重新启动工作。

#### 4.2.4 软启动

光伏直流并网变换器启动运行时，输出功率应缓慢增加，输出功率变化率可设置，每秒最高不超过 10%额定功率或在调节过程中输出功率最大值不超过标称最大功率的 110%。因辐照变化导致的输出功率变化不在此要求范围内。

#### 4.2.5 功率控制

光伏直流并网变换器应具备功率连续平滑调节的能力，能参与系统的有功功率控制，响应时间应小于 2s，调节时间应小于 4s。

响应时间：从功率控制指令下发到实际输出功率上升或下降到距离理想值 10%偏差内（理想值和初始值之差的绝对值）的时间，参考图 4.1 中的示例。

调节时间：从功率控制指令下发到实际输出功率稳定在理想值规定偏差（不大于 3%，由制造商给出）内的时间，参考图 4.1 中的示例。



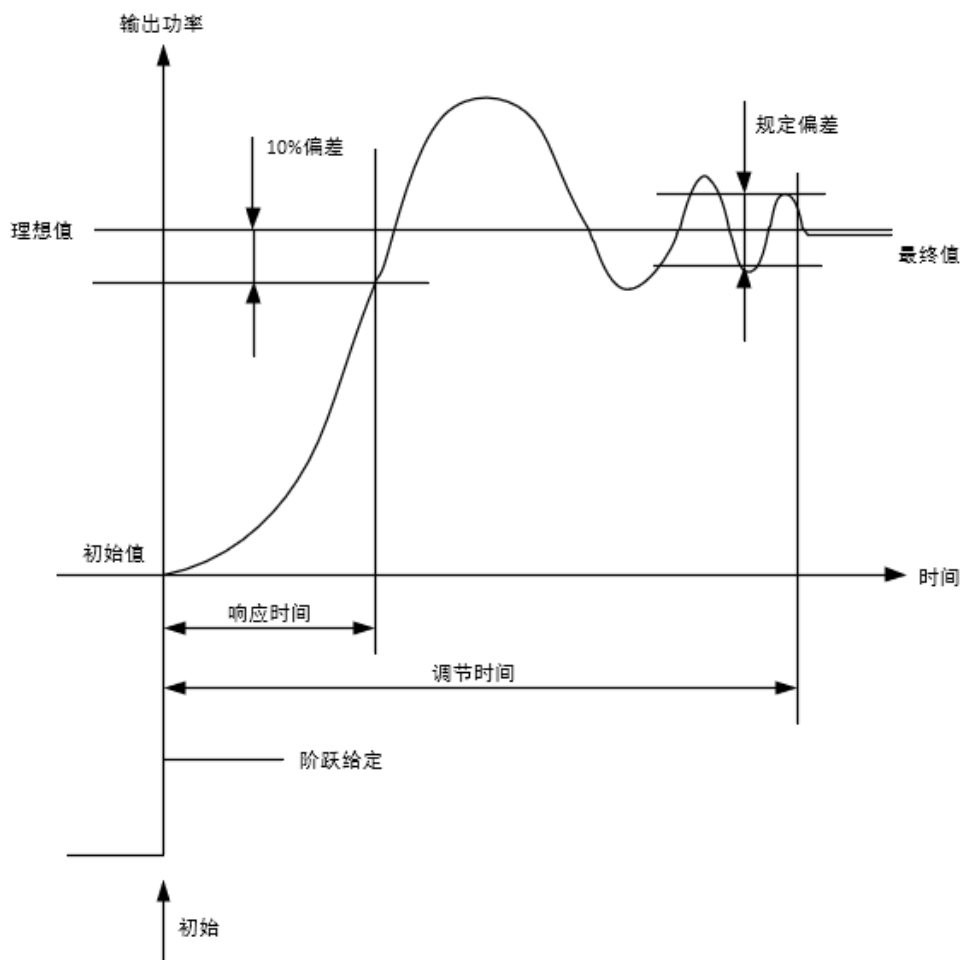


图 4.1 功率控制参数

#### 4.2.6 监测

光伏直流并网变换器应至少能实时监测组串电压、电流状态。

组串电压、电流的精度在 2% 以内。

#### 4.2.7 通信

光伏直流并网变换器具备 RS485、LORA 通信接口，通信速率不低于 9600bit/s，除此之外还应具备蓝牙通讯功能，便于近距离调试。

#### 4.2.8 过载能力

在规定的试验环境条件下，光伏直流并网变换器应具备不低于 110% 额定功率的输出能力。

#### 4.2.9 效率

光伏直流并网变换器的平均加权总效率应不低于 97%，静态跟踪效率不低于 99.5%，动态 MPPT 效率不低于 98%。

#### 4.2.10 噪声

额定工况下，距离光伏直流并网变换器水平位置 1m 处，用声级计测量光伏直流并网变换器发出的噪声应不大于 60dB。测试时应保证实测噪声与背景噪声的差值大于 3dB，否则应采取措施使测试环境满足测试条件。

当实测噪声与背景噪声的差值为 3dB~10dB 时，应按表 4.2 进行修正。

表 4.2 背景噪声修正系数

差值 (dB)	3	4~5	6~10
修正值 (dB)	-3	-2	-1

如光伏直流并网变换器安装在噪声敏感建筑物上或与其距离不足 1m 时，用户应与制造商协商在该条件下使用的要求。

#### 4.2.11 RS485 带载能力

光伏直流并网变换器处于发送状态下，在A、B线间外接负载阻抗 $375\ \Omega$ 时，设备输出差模电压 $|V_{AB}| \geq 1.5V$ 。

#### 4.2.12 升级中断能力

光伏直流并网变换器升级过程中断电、数据丢失中断，重新上电以后程序应恢复至升级前版本，不允许出现死机、黑屏、产品无法启动等问题。

#### 4.2.13 电源缓升变化试验要求

光伏直流并网变换器输入侧从0V匀速上升至额定电压，上升时间为30min，当产品达到额定工作电压后应正常工作，无数据丢失、数据显示错乱、死机现象。

### 4.3 外观、机械和结构要求

#### 4.3.1 尺寸及壳体要求

光伏直流并网变换器产品表面光洁平整，无变形，无毛刺，无利口，无开裂。

光伏直流并网变换器产品长度尺寸为  $545 \pm 5\text{mm}$ ，宽度为  $513 \pm 5\text{mm}$ ，厚度为  $251 \pm 5\text{mm}$ ，尺寸示意图见图 4.2。

光伏直流并网变换器的箱体厚度应不小于 1.2mm，所有连接螺栓、固定件等具有防腐蚀措施，满足户外运行需要。

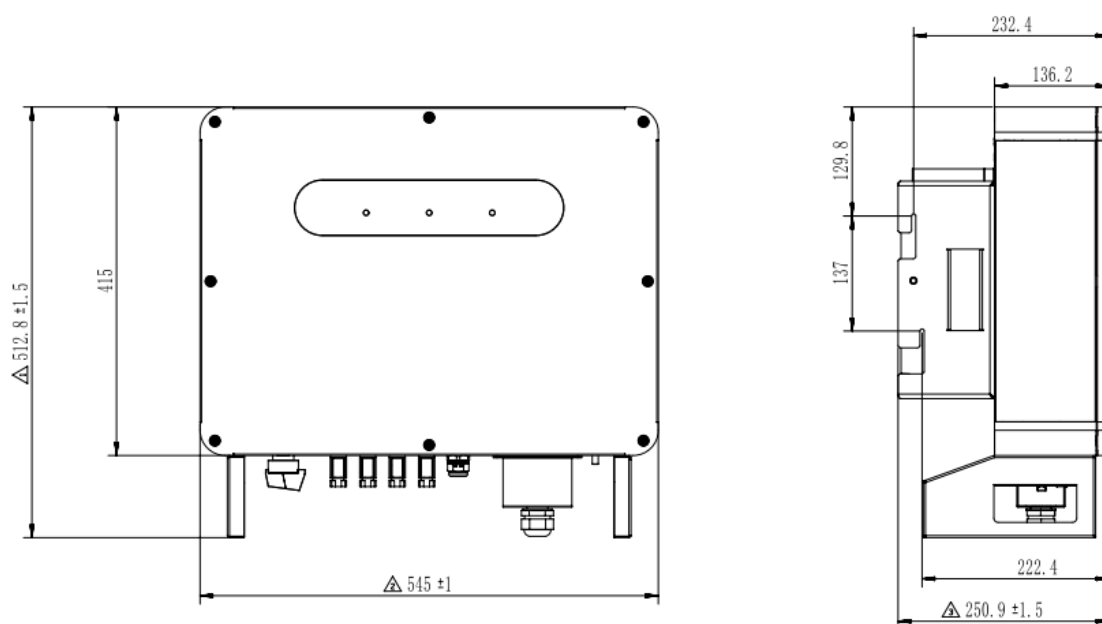


图 4.2 光伏直流并网变换器尺寸图

#### 4.3.2 上壳、下壳

上、下壳要求耐腐蚀、抗老化、有足够的硬度，上紧螺钉后，不应有变形现象。

#### 4.3.3 机械防护

光伏直流并网变换器在正常使用条件和任意故障条件下操作光伏直流并网变换器不应产生机械危险。棱缘、凸起、拐角、孔洞、护罩和手柄等操作人员能够接触的部位需圆滑、无毛刺，在正常使用时不能引起伤害。

光伏直流并网变换器固定到建筑构件上，在正常使用中其本身须具有物理稳定性。在操作人员打开光伏直流并网变换器的门或抽屉等之后，光伏直流并网变换器自身需能保持稳定。

光伏直流并网变换器的接线端子的结构应保证具有良好的电接触和电气载流能力，并应有足够的机械强度。接线端子的连接应用螺钉、螺母或其他等效方法与导体连接，以保证维持必要的接触压力。

光伏直流并网变换器的接线端子紧固用螺钉和螺母除固定接线端子本身就位或防止其松动外，不应作为固定其他任何零部件之用。

#### 4.3.4 铭牌

光伏直流并网变换器在合适位置应有铭牌，内容应包括但不限于以下内容：

- 厂家信息：制造商名称、商标。
- 产品信息：产品名称、型号、生产日期。
- 接口参数：MPPT 单元数。
- 输入参数：最大输入电压、MPPT 电压范围、最大输入电流。
- 输出参数：额定输出功率、最大输出功率、额定输出电压。
- 平均加权总效率。
- 防护等级。
- 海拔高度。
- 出厂日期。

铭牌材料采用阻燃复合材料，应耐高温，能防紫外线辐射，不变形、不褪色。

铭牌标识清晰、不褪色。

#### 4.3.5 标识

光伏直流并网变换器的标识在产品安装之后需能从外部清晰可见；标识不应放在操作人员无须工具即可拆卸的零部件上。

光伏直流并网变换器至少标注以下内容：

- 1) 制造商的名称或商标；
- 2) 用于识别光伏直流并网变换器的型号或命名；
- 3) 用于识别产地、批次或日期的序列号、代码或其他标识
- 4) 直流端子需明确标注连接的极性

#### 4.3.6 包装标识

外包装上有包装储运标志和安全警告标志。

#### 4.3.7 外壳防护和防护性能

光伏直流并网变换器应符合GB/T 4208-2017规定的防护等级要求，防护等级应达到IP65防护等级，并且提供保护的外壳和安全遮拦，其零部件在不使用工具的情况下应不能拆卸。

#### 4.3.8 贮存

产品使用前应放在原包装箱内，存放在空气流通，周围环境温度不超出-40℃~+70℃，相对湿度不超过95%，无有害气体和易燃、易爆物品及有腐蚀性物品的仓库里，并且不应受到强烈机械振动、冲击。

### 4.4 安全性能要求

#### 4.4.1 直接接触防护要求

直接接触防护应满足以下规定：

- a) 防止人直接接触不符合安全要求的危险带电零部件，应通过采用防护外壳和电气绝缘的一个或多个措施来实现；
- b) 维护和使用时需直接接触的带电零部件，应设计成安全特低压电路，电压限值满足表 4.3 的要求。

表4.3 安全特低压限值

单位：V

交流电压有效值	交流电压峰值	直流电压平均值
25 (16)	35.4 (22.6)	60 (35)
注：括号中的数值适用于预定安装在潮湿环境的设备。		

- c) 光伏直流并网变换器的输入端应有能达到基本绝缘要求且能带负荷电流分断的电气隔离装置，以便维护时能够安全地断开危险电压。
- d) 光伏直流并网变换器的输出端也应有电气隔离装置，以便维护时能够安全地断开来自能量路由器、光伏直流并网变换器等直流柜的汇流母线电压（允许使用设备外部开关，如能量路由器直流柜内的断路器，达到维护时基本绝缘的要求）。

#### 4.4.2 接地电阻

保护接地导体应满足以下要求：对电路中过电流保护装置的额定值大于16A的光伏直流并网变换器，保护连接上的压降不超过2.5V。

#### 4.4.3 接触电流

对于插头连接的光伏直流并网变换器，依次测试光伏方阵的各个端子与地之间的接触电流，若测得的值大于 30mA 限值，则应采用残余电流检测器（RCD）或残余电流监控的措施提供额外保护。

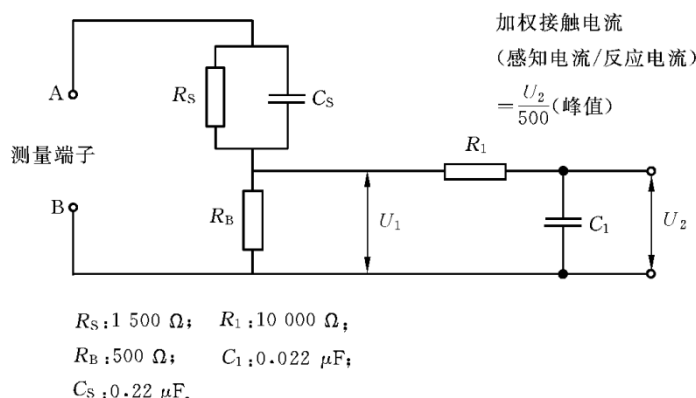


图 4.3 接触电流测试电路

注：注意外部试验源和地之间的电容对接触电流测量的影响。

#### 4.4.4 电气间隙

电气间隙应符合 NB/T 32004-2018 中 6.2.3.3 的规定，功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘的最小电气间隙应满足表 4.4 的要求。

表4.4 冲击电压、直流耐压、电气间隙参考值

冲击电压	直流耐压	电气间隙
4000V	3200V	3 mm

#### 4.4.5 爬电距离

功能绝缘、基本绝缘和附加绝缘的爬电距离要满足表 4.5 要求，加强绝缘的爬电距离为表 4.5 中数值的 2 倍。

根据 GB/T4207 中相比漏电起痕指数（CTI），将绝缘材料划分为 4 组：

- 1) 绝缘材料组别 I CTI $\geq$ 600;
- 2) 绝缘材料组别 II CTI $\geq$ 400;
- 3) 绝缘材料组别 IIIa CTI $\geq$ 175;
- 4) 绝缘材料组别 Ib CTI $\geq$ 100。

为了便于确定电气间隙和爬电距离，环境污染等级分类如下：

- 1) 污染等级 1：无污染或仅有干燥的非导电性污染。

2) 污染等级 2: 一般情况仅有非导电性污染, 但是必须考虑到偶然由于凝露造成的短暂的导电性污染

3) 污染等级 3: 有导电性污染, 或由于凝露使干燥的非导电性污染变为导电性污染。

4) 污染等级 4: 持久的导电性污染, 如由于导电尘埃或雨雪造成的污染。

表4.5 最小爬电距离 单位: mm

工作电压，交流有效值 或直流 V	PWBs		其他绝缘体								
	污染等级		污染等级								
	1	2	1	2				3			
				绝缘材料组别				绝缘材料组别			
				1	2	3a	3b	1	2	3a	3b
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0		10	11	12.5	

光伏直流并网变换器内部的最小爬电距离 4mm。

#### 4.4.6 冲击电压和直流耐压

冲击电压和直流耐压应能满足 NB/T 32004-2018 中 6.2.3.1 的规定, 满足电气间隙和固体绝缘应能持久地承受电场强度和机械应力, 应能承受以下试验:

- 满足表 4.4 冲击耐受电压;
- 满足表 4.4 的直流试验电压。

#### 4.4.7 天线带电影响试验

光伏直流并网变换器在输入  $1.06U_n$  条件下, 天线端口对 PE 的漏电流小于 0.5mA。

#### 4.4.8 电能危险防护

光伏直流并网变换器的设计应保证操作人员接触区的可触及电路不产生危险能量, 并考虑金属物体桥接的时候可能会引起伤害, 桥接的零部件之间, 一定不能存在危险能量。除了限制能量外, 也可采用屏障、护栏等方式防止接触。

#### 4.4.9 绝缘阻抗检测

光伏直流并网变换器应能够检测直流电缆上的对地绝缘阻抗, 当阻抗降低时, 应能够及时报警并停止运行。限值及保护方式根据 NB/T 32004-2018 的要求进行设定。如果阻抗小于  $U_{\max, \text{pv}}/30\text{mA}$  ( $U_{\max, \text{pv}}$ ), 那么:

- 对带隔离型变换器, 应指示故障, 但故障期间仍可进行其他动作和操作。在绝缘电阻满足上述要求时允许其停止报警;
- 对非隔离变换器或变换器虽有隔离但其漏电流不符合要求, 应指示故障, 并限制其接入电网。此时允许其继续监测方阵的绝缘电阻, 并且在绝缘电阻满足上述要求时, 允许停止报警也允许接入电网。

#### 4.4.10 残余电流检测器保护

对于光伏直流并网变换器, 残余电流检测器 (RCD) 的限制设置在 30mA, 必须是 B 型而不能是 A 或者 AC 型 RCD。

#### 4.4.11 电弧侦测

对于光伏直流并网变换器应具备直流电弧检测功能, 每次 PVDC 提供功率之前, 自动自检功能必须进行该检测, 检测到电弧时光伏直流并网变换器可以关闭或进入待机状态, 并可视化显示此故障, 保护动作时间应小于发生电弧 2.5s 且电弧能量小于 750J 时。

### 4.5 保护性能要求

#### 4.5.1 电池串过电流保护

光伏直流并网变换器具备过电流保护措施, 防止电池组串、配线受来自并联组串、能量路由器或其他电源 (如蓄电池) 的故障电流损坏。

#### 4.5.2 过电压保护

当直流母线系统为 DC750V 母线时，输入电压大于 750V、输出电压大于 850V 时，光伏直流并网变换器应停止运行，同时发出警示信号，不能造成光伏直流并网变换器的损坏。

#### 4.5.3 过电流保护

当光伏直流并网变换器的输入电流大于设定值 26A 时，光伏直流并网变换器应限流运行。

#### 4.5.4 过温保护

当设备内部温度大于设定值 85℃时，光伏直流并网变换器应能停止运行，同时发出警示信号，不应造成光伏直流并网变换器的损坏。

注：温度检测位置由制造商决定，在超出预定工作条件或冷却系统发生故障时，应能提供器件的保护。

### 4.6 电磁兼容性试验要求

#### 4.6.1 传导发射要求

光伏直流并网变换器的直流端口应满足 GB 4824 中 1 组 A 类限值，见表 4.7，有线网络端口和信号/控制端口应满足 IEC62920: 2017 中 A 类限值，见表 4.8。

表 4.7 骚扰电压限值（直流电源端口）

频段 (MHz)	准峰值 dB (μV)	平均值 dB (μV)
0.15~5	116~106	106~96
5~30	106~89	96~76

表 4.8 骚扰电压限值（有线网络端口和信号/控制端口）

频段 (MHz)	准峰值 dB (μV) / dB (μA)	平均值 dB (μV) / dB (μA)
0.15~0.5	97/53~87/43 随频率对数线性减小	84/40~74/30 随频率对数线性减小
0.5~30	87/43	74/30

#### 4.6.2 辐射发射要求

光伏直流并网变换器应符合 GB 4824 中对 A 类、1 组设备的辐射发射限值要求，具体见表 4.9。

表 4.9 骚扰电压限值（直流电源端口）

频段 (MHz)	10m 测量距离下的准峰值 dB (μV/m)	3m 测量距离下的准峰值 dB (μV/m)
30~230	50	60
230~1000	50	60

#### 4.6.3 电磁抗扰度要求

在 EMC 测试期间，光伏直流并网变换器抗扰度测试的性能判据见表 4.10。

表 4.10 光伏直流并网变换器抗扰度测试性能判据

性能判据等级	试验期间	试验后
A	光伏直流并网变换器应按预期要求连续正常运行，不允许有任何偏离制造商声明性能的降低或丧失	光伏直流并网变换器应按预期要求继续运行
B	光伏直流并网变换器应按预期要求继续运行，允许出现可接受的性能降低，如显示数值在制造商规定限值范围内的变化，通信延迟时间在	光伏直流并网变换器能自行恢复暂时的性能降低，按预期要求继续运行



	制造商规定限值范围内的变化，显示屏出现闪烁等。不允许出现操作状况的改变或不可逆转的存储数据的丢失，通信链路的中断	
C	可接受的性能降低或丧失，但没有不可逆的硬件或软件（程序/数据）破坏	在手动控制、系统重启或电源关断/开启后，光伏直流并网变换器能恢复试验期间降低或丧失的性能，并按预期要求继续运行

EMC测试项目对应的测试端口见表4.11。

表 4.11 EMC 测试项目对应的测试端口

测试端口	外壳整体	直流端口	信号端口
传导发射	—	√	√
辐射发射	√	—	—
静电放电抗扰度	√	—	—
射频电磁场辐射抗扰度	√	—	—
电快速脉冲群抗扰度	—	√	√
浪涌（冲击）抗扰度	—	√	√
射频场感应的传导骚扰抗扰度	—	√	√

#### 4.6.3.1 静电放电抗扰度

光伏直流并网变换器静电放电抗扰度应符合GB/T 17626.2 的规定，能承受接触放电 $\pm 6\text{kV}$ 、空气放电 $\pm 8\text{kV}$ 的正负极性各10次静电放电骚扰，具体要求见表4.12。

表 4.12 静电放电抗扰度试验要求

测试端口	试验项目	试验规范值	性能判据
外壳	接触放电	$\pm 6\text{kV}$ （充电电压）	B
	空气放电	$\pm 8\text{kV}$ （充电电压）	B

#### 4.6.3.2 射频电磁场辐射抗扰度

光伏直流并网变换器射频电磁场辐射抗扰度应符合GB/T 17626.3 的规定，能承受80MHz~1000MHz 10V/m和1.4GHz~6.0GHz 3V/m的射频电磁场辐射场骚扰，具体要求见表4.13。

表 4.13 静电放电抗扰度试验要求

测试端口	试验项目	试验规范值	性能判据
外壳	射频电磁场辐射	80MHz~1000MHz 10V/m（非调制）80%幅度调制（1kHz），水平方向和垂直方向	A
	射频电磁场辐射	1.4GHz~6.0GHz 3V/m（非调制）80%幅度调制（1kHz），	A

#### 4.6.3.3 电快速脉冲群抗扰度

光伏直流并网变换器电快速脉冲群抗扰度应符合GB/T 17626.4 的规定，电源端口能够承受 $\pm 2\text{kV}$ 的电快速脉冲群骚扰、信号端口能够承受 $\pm 1\text{kV}$ 的电快速脉冲群骚扰，具体要求见表4.14。

表 4.14 电快速脉冲群抗扰度试验要求

测试端口	试验项目	试验规范值	性能判据
直流端口	电快速脉冲群	$\pm 2\text{kV}$ （充电电压）5/50ns 100kHz（重复频率）	B
信号端口		$\pm 1\text{kV}$ （充电电压）5/50ns 100kHz（重复频率）	B

#### 4.6.3.4 浪涌（冲击）抗扰度

光伏直流并网变换器浪涌（冲击）抗扰度应符合GB/T 17626.5的规定，能够承受直流端口共模 $\pm 6\text{kV}$ 、差模 $\pm 3\text{kV}$ ，正负极性各5次，5分钟一次；信号端口、通信端口共模 $\pm 1\text{kV}$ 、差模 $\pm 0.5\text{kV}$ 的浪涌骚扰，正负极性各5次，5分钟一次，试验时可以出现短时通信中断（B极），其他功能和性能正常，试验后应能正常工作，具体要求见表4.15。

表 4.15 浪涌（冲击）抗扰度试验要求

测试端口	试验项目	试验规范值	性能判据
直流端口	浪涌 线—地 线—线	1.2/50 $\mu\text{s}$ （8/20 $\mu\text{s}$ ） $\pm 6\text{kV}$ （开路电压） $\pm 3\text{kV}$ （开路电压）	B
信号端口	浪涌 线—地 线—线	1.2/50 $\mu\text{s}$ （8/20 $\mu\text{s}$ ） $\pm 1\text{kV}$ （开路电压） $\pm 0.5\text{kV}$ （开路电压）	B

#### 4.6.3.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

光伏直流并网变换器射频场感应的传导骚扰抗扰度应符合GB/T 17626.6 的规定，能够承受电源端口10V，信号端口、通信端口10V的射频场感应的传导骚扰，具体要求见表4.16。

表 4.16 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验要求

测试端口	试验项目	试验规范值	性能判据
直流端口	射频场感应的传导骚扰	0.15MHz~80MHz 10V（非调制）正弦波 1kHz 80%幅度调制（1KHz）	A
信号端口	射频场感应的传导骚扰	0.15MHz~80MHz 10V（非调制）正弦波 1kHz 80%幅度调制（1KHz）	A

#### 4.6.4 电棍放电影响试验要求

光伏直流并网变换器在正常工作状况下，使用警棍进行50万伏直接对产品进行放电试验，试验中查看并记录样品有无死机、黑屏、损坏等异常现象。试验后确认样品功能、性能及储存的信息，与试验前相比有无改变。

#### 4.6.5 对讲机抗扰度试验要求

使用对讲机随机设置多个频段进行干扰测试。确保对讲机正常通讯，将其中一个对讲机在光伏直流并网变换器周围移动施加干扰，另外一个放置于离光伏直流并网变换器1m~1.5m位置，观察光伏直流并网变换器的运行状态和通讯功能。

#### 4.6.6 浪涌冲击加严试验要求



光伏直流并网变换器浪涌（冲击）抗扰度应能够承受直流端口共模 $\pm 6\text{kV}$ 、差模 $\pm 6\text{kV}$ ；信号端口、通信端口共模 $\pm 4\text{kV}$ 、差模 $\pm 0.5\text{kV}$ 的浪涌骚扰，试验时可以出现短时通信中断（B极），其他功能和性能正常，试验后应能正常工作。

#### 4.7 环境试验要求

##### 4.7.1 高温运行试验

光伏直流并网变换器在试验温度 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下能满载运行，在 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 时降额30%能正常运行2h，IGBT温度 $\geq 85^{\circ}\text{C}$ 保护停机。

##### 4.7.2 低温启动试验

光伏直流并网变换器在试验温度 $-35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 条件下，光伏直流并网变换器能够正常启动运行。

##### 4.7.3 恒定湿热试验

温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $90\% \pm 3\%$ ，要求光伏直流并网变换器无包装、不通电，试验48小时后，取出样品，在正常环境条件下恢复12小时后，进行直流耐压 $2.5\text{kV}$ 测试，并上电运行正常。

##### 4.7.4 交变湿热试验

温度 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，循环测试：2次。降温方式：温度应在3h~6h内降到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ；在最初1.5h的降温速率应按图4.4所示，在3h $\pm 15\text{min}$ 内温度达到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ；在最初15min相对湿度应不小于90%外，其余时间的相对湿度应不小于95%。要求光伏直流并网变换器无包装、不通电，试验48小时后，取出样品，在正常环境条件下恢复12小时后，进行直流耐压 $2.5\text{kV}$ 测试，并上电运行正常。

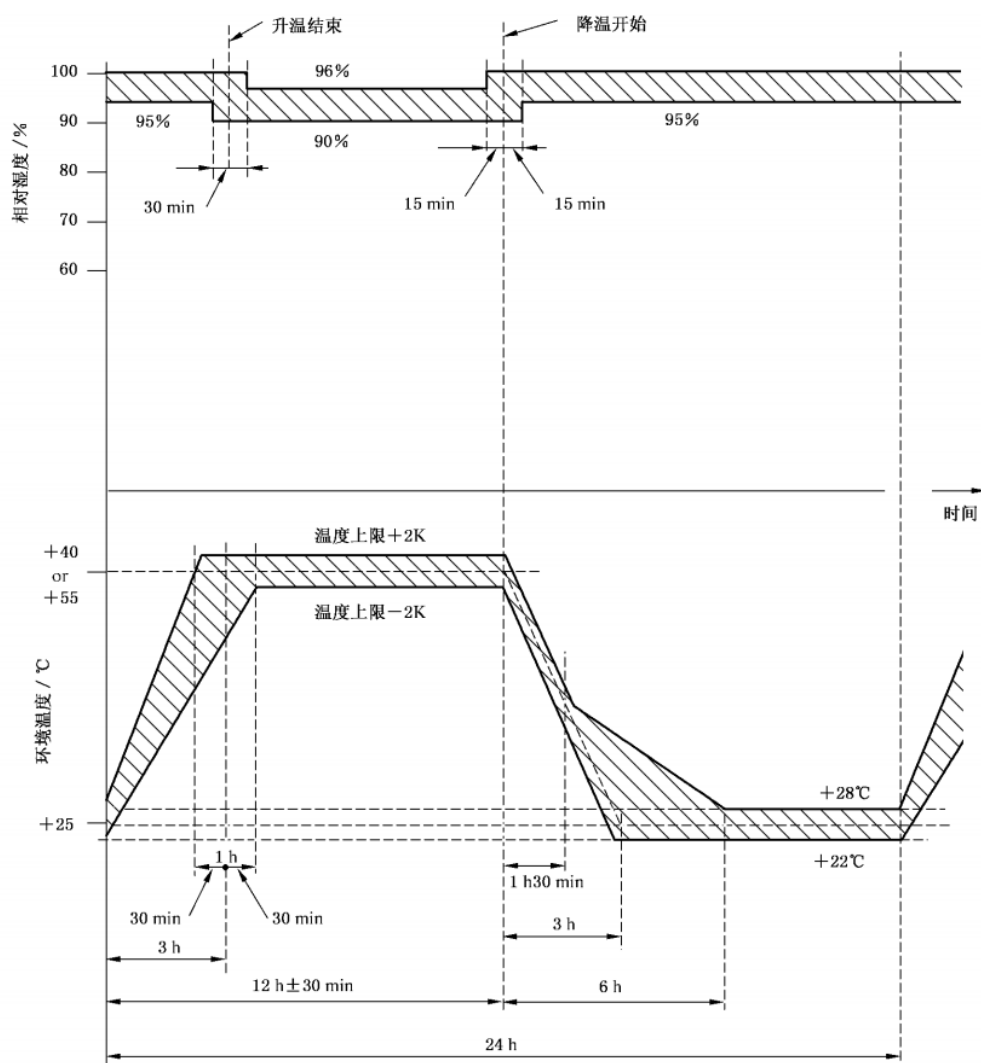


图4.4 交变湿热循环方法

#### 4.7.5 盐雾试验

将设备或器件等置于盐雾腐蚀参数为温度 $35^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，5%氯化钠，PH为6.5-7.2的盐雾试验箱中，试验时间72小时，要求试验后外观无红锈、无腐蚀，电气性能、机械性能均能满足要求。

#### 4.7.6 凝露试验

试验前检查产品功能正常，按照规范要求进行凝露试验，设置升温时间时升温速率不超过 $1\text{K}/\text{min}$ ，试验过程中产品通电运行，按照现场使用安装方式进行放置：

- 1) 第一步：0.5小时，温度达到 $10^{\circ}\text{C}$ ，湿度达到50%RH;
- 2) 第二步：0.5小时，温度保持 $10^{\circ}\text{C}$ ，湿度达到90%RH;
- 3) 第三步：0.5小时，温度保持 $10^{\circ}\text{C}$ ，湿度达到95%RH;
- 4) 第四步：3.5小时，温度达到 $80^{\circ}\text{C}$ ，湿度保持95%RH;
- 5) 第五步：0.5小时，温度降到 $75^{\circ}\text{C}$ ，湿度降至30%RH;
- 6) 第六步：1.0小时，温度降至 $30^{\circ}\text{C}$ ，湿度保持30%RH;
- 7) 第七步：0.5小时，温度降至 $10^{\circ}\text{C}$ ，湿度升至50%RH;
- 8) 共5个循环;

试验过程中及试验结束后产品功能性能应正常。

#### 4.7.7 高温耐久试验

额定电压，正常带载运行，高温50℃，200小时，设备正常运行，期间允许可恢复性的功能丧失，试验结束设备性能功能应正常。

#### 4.7.8 模拟双 85 试验

温度50℃、相对湿度85%，设备半载运行，每200小时暂停试验进行功能、性能及结构验证。

判断标准：摸底测试，不应出现功能、性能永久性丧失，如果出现异常，根据实际产品需求再行评估。

### 4.8 包装运输试验要求

#### 4.8.1 跌落试验

对包装好的光伏直流并网变换器进行6面3边1角在350mm高低进行跌落试验，包装试验次序参照表4.17，包装面选择参照图4.5，要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

表4.17 跌落试验次序

次序号	方位	特定的面、边或角
1	角	角 2-3-5
2	边	边 3-6
3	边	边 3-4
4	边	边 4-6
5	面	面 5
6	面	面 6
7	面	面 2
8	面	面 4
9	面	面 3
10	面	面 1

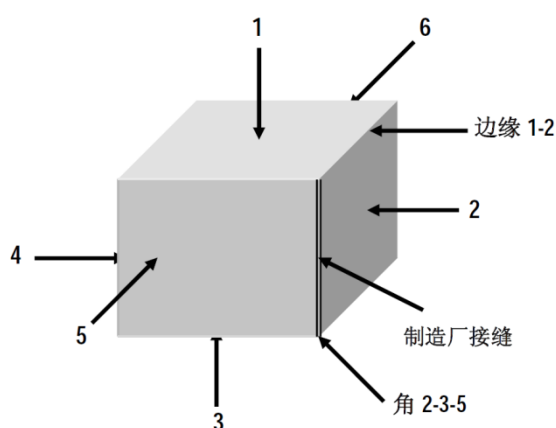


图4.5 包装面示意图

#### 4.8.2 振动试验

GB/T 2423.10 的规定进行。频率范围：10Hz~150Hz；位移幅值：0.075mm（频率范围≤60Hz）；加速度幅值：10m/s<sup>2</sup>（频率范围60Hz）；每轴线扫频周期数：20。试验后要求产品的电气性能、机械

性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

#### 4.8.3 堆码试验

将光伏直流并网变换器放在托盘上，在产品上方增加试验条件中的配重，要求在温湿度：40℃ 90%RH，持续96小时，堆层重：(堆码层数-1)\*货物重量。试验后要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

#### 4.8.4 踩踏试验

如图4.6所示体重在70kg的人穿鞋搬起同一货物在包装物顶面踩踏10次。试验后要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。



图4.6 踩踏试验要求

#### 4.8.5 汽车颠簸试验

光伏直流并网变换器在包装完好情况下，在模拟汽车颠簸测试时，时速241，时长60min，频率5-6hz，进行模拟试验，试验完成后，观察光伏直流并网变换器外观是否有损伤，功能是否正常。

#### 4.8.6 冲击试验

试验要求：根据产品规范执行，如：终端要求在非工作状态，无包装；半正弦脉冲；峰值加速度：10g ( $100\text{m/s}^2$ )；脉冲周期：18ms每个方向进行3次冲击。

合格判据：试验后试样不应有机械损伤和紧固部位松动现象，工作正常。

### 5 测试方法

#### 5.1 总则

本设备验收分为型式检验、出厂检验两类检验标准，检验项目按附录 A 执行。

光伏直流并网变换器应在如下大气环境下进行试验：

- a) 环境温度：15℃~40℃。
- b) 相对湿度：5%~75%。
- c) 大气压力：75kPa~106kPa。
- d) 无结霜、凝露、渗水、淋雨、日照等现象。

#### 5.2 试验环境

试验环境分为两类，基本试验需要使用光伏模拟器、并网逆变器（如 FVR）和光伏直流并网变换器，电磁兼容试验使用直流源、电阻柜和光伏直流并网变换器，其接线示意图如图 5.1 所示。

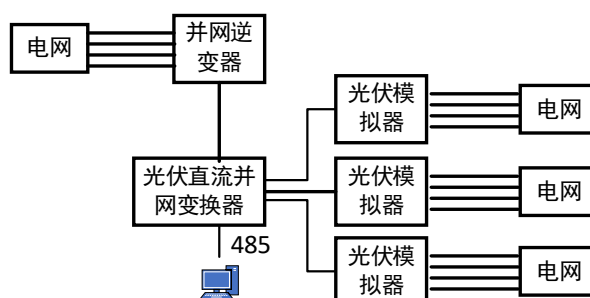


图 5.1 试验环境接线图

## 5.3 功能及性能测试

### 5.3.1 温升

温升试验满足 4.2.1 的要求。温度测量宜使用热电偶法，试验中，温度检测器与被试部件的表面应保证良好的热传导。

试验步骤：光伏直流并网变换器以最大功率输出，在此工况下运行 2 小时，间隔 0.5h 记录 1 次各个测试部位的温度数据，当光伏直流并网变换器达到热稳定时，记录此时各个测试位置的最高温度，判断是否满足表 4.1 要求。

### 5.3.2 自动开关机

光伏直流并网变换器应在正常环境下，接入额定的输入输出电压后，能够正常自动开机运行，运行指示灯正常闪烁，试验环境按图5.1所示。

检测步骤：

- 调节光伏模拟器，使输入从低于光伏直流并网变换器允许工作范围的下限开始增加，当输入条件高于允许范围下限时，光伏直流并网变换器应能自动开机；
- 待光伏直流并网变换器工作稳定后，调节光伏模拟器使输入下降到低于允许范围下限时，光伏直流并网变换器应能自动关机。

### 5.3.3 自动重启动

试验步骤：光伏直流并网变换器应在正常环境下，在正常运行状态下，人工手动断开输入或输出，使其故障停机，在重新闭合输入或输出后，光伏直流并网变换器能够重新运行，运行指示灯正常闪烁。

### 5.3.4 软启动

光伏直流并网变换器启动运行时，输出功率应缓慢增加，输出功率变化率可设置，每秒最高不超10%额定功率或在调节过程中输出功率最大值不超过标称最大功率的110%。因辐照变化导致的输出功率变化不在此要求范围内。

试验步骤：

- 光伏直流并网变换器应在正常环境下，接入输入、输出电压，光伏直流并网变换器正常启动运行。
- 使用数据采集装置测量输出功率，测量其最大功率点数值，并与最大功率20kW进行比较，应满足不超过22kW要求。

### 5.3.5 功率控制

光伏直流并网变换器应具备功率连续平滑调节的能力，能参与系统的有功功率控制，响应时间应小于2s，调节时间应小于4s，满足4.2.5的要求。

试验步骤：

- 借助光伏直流并网变换器上位机进行有功功率控制，限制最大功率在3kW，保持2min。
- 修改最大功率为7kW，保持2min，使用数据采集装置计量光伏直流并网变换器输出侧电压、电流，计算调节时间和响应时间。

### 5.3.6 监测

试验步骤:

- a) 使用光伏直流并网变换器上位机读取电池组串电压、电流数值;
- b) 通过标准测量仪器测量电压、电流, 计算其精度是否满足2%以内要求。

### 5.3.7 通信

光伏直流并网变换器上位机测试光伏直流并网变换器的RS485、LORA通信接口, 通信速率满足4.2.7中不低于9600bit/s要求, 除此之外, 还具备蓝牙通讯功能。

### 5.3.8 过载能力

给定输入1.1倍额定功率下, 光伏直流并网变换器能够正常稳定运行。

### 5.3.9 效率

试验条件和计算方法参见附录B。

### 5.3.10 噪声

光伏直流并网变换器在满载工况下, 在光伏直流并网变换器正上方1m处用声级计测量光伏直流并网变换器发出的噪声, 测试时至少应保证实测噪声与背景噪声的差值大于3dB, 否则应采取措施使测试环境满足测试条件。当测得噪声值与背景噪声差值大于10dB时, 不对测量值做修正; 当实测噪声与背景噪声的差值为3dB~10dB之间时, 按照表4.2进行噪声值的修正, 其值应符合4.2.10的要求。

### 5.3.11 485 带载能力

光伏直流并网变换器处于发送状态下, 在A、B线间外接负载阻抗375  $\Omega$  时, 设备输出差模电压|V<sub>AB</sub>|  $\geq 1.5V$ 。

测试方法:

- (1) 按图5.2所示建立测试环境, 使被测设备处于发送状态;
- (2) 测量接口输出差模电压 V<sub>AB</sub>, 测量值应满足上述要求。

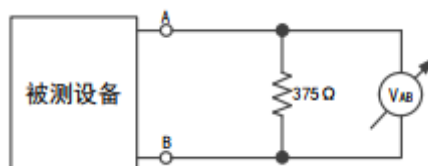


图5.2 485带载能力测试环境

### 5.3.12 升级中断能力

光伏直流并网变换器升级过程中断电、停止串口工作, 重新上电以后程序应恢复至升级前版本, 不允许出现死机、黑屏、产品无法启动等问题。

### 5.3.13 电源缓升变化试验要求

光伏直流并网变换器输入侧从0V匀速上升至额定电压, 上升时间为30min, 当产品达到额定工作电压后应正常工作, 无数据丢失、数据显示错乱、死机现象。

## 5.4 外观、机械及结构检查测试

### 5.4.1 尺寸及壳体要求

试验方法: 借助测量工具目测。满足光伏直流并网变换器产品表面光洁平整, 无变形, 无毛刺, 无利口, 无开裂。光伏直流并网变换器产品长度尺寸为 $545 \pm 5\text{mm}$ , 宽度为 $513 \pm 5\text{mm}$ , 厚度为 $251 \pm 5\text{mm}$ 。箱体厚度应不小于1.2mm, 所有连接螺栓、固定件等具有防腐蚀措施, 满足户外运行需要。

### 5.4.2 上壳、下壳

试验方法: 借助测量工具目测。满足 4.3.2.1 中的要求, 上、下壳, 要求耐腐蚀、抗老化、有足够的硬度, 上紧螺钉后, 不应有变形现象。

### 5.4.3 机械防护

试验方法:

- a) 光伏直流并网变换器需预先固定到墙壁的安装支架上，支架需承受大小等于4倍光伏直流并网变换器本身重力的力。
- b) 安装支架除了承受光伏直流并网变换器自重，还需再加上大小等于光伏直流并网变换器重力3倍的力。力的方向沿重心处垂直向下。
- c) 试验力在5s至10s内从零逐渐增加到预定大小，然后维持1min。
- d) 试验后光伏直流并网变换器表面不能损坏并能够保持自身稳定。

#### 5.4.4 铭牌

试验方法：目测，检查是否包含：厂家信息，产品信息，接口参数，输入参数，输出参数，平均加权防护等级，海拔高度，出厂日期。

#### 5.4.5 标识

试验方法：目测，检查标识在产品安装之后是否能从外部清晰可见；标识不应放在操作人员无须工具即可拆卸的零部件上。检查标识是否包含：制造商的名称或商标，用于识别光伏直流并网变换器的型号或命名，用于识别产地、批次或日期的序列号、代码或其他标识。

#### 5.4.6 包装标识

试验方法：目测包装标识是否符合4.3.2.5规定要求。

#### 5.4.7 外壳防护和防护性能

防尘试验方法：

- a) 光伏直流并网变换器放在试验箱内，产品壳内有真空泵保持低于大气压，抽气孔连接到专为试验设置的孔上。
- b) 用最大压差为2kpa，抽满8小时后，试验停止。
- c) 检查光伏直流并网变换器内部有无明显灰尘沉积。

防水试验方法：

- a) 喷嘴内径：6.3mm；水流量：12.5±0.625L/min；主水流的中心部分：离喷嘴2.5m处直径约为40mm的圆；外壳表面每平方米喷水时间：约为1min；试验时间：3min；喷嘴至外壳表面距离：2.5～3m。
- b) 试验后，设备满足直流2500V耐压的要求。

#### 5.4.8 贮存

试验方法：

- a) 光伏直流并网变换器放入原包装箱内后，存放在空气流通，周围环境温度-40℃±3℃，相对湿度不超过95%条件下，光伏直流并网变换器无损坏。
- b) 光伏直流并网变换器放入原包装箱内后，存放在空气流通，周围环境温度 70℃±3℃，相对湿度不超过 95%条件下，光伏直流并网变换器无损坏。

### 5.5 安全性能测试

#### 5.5.1 直接接触防护

目测。

#### 5.5.2 接地电阻

试验方法：

- a) 对于光伏直流并网变换器过电流保护值小于等于16A，测试电流为32A，持续120s。保护连接的电阻最后测得的值不超过0.1Ω。
- b) 对于光伏直流并网变换器的过电流保护值大于16A，测试电流是过电流保护值的2倍。此次测试电流选择40A，并且持续2min。保护连接的压降测试时，持续规定时间后测量值不超过2.5V。
- c) 测试过程中及测试后，保护连接不应有熔化、松动或其他可能会破坏保护连接有效性的损坏。

#### 5.5.3 接触电流



光伏直流并网变换器接地安装，并且在额定电压下，采用图4.3的试验电路测量外部保护接地导体与大地或可同时接触的零部件之间的接触电流不超10mA DC。

#### 5.5.4 电气间隙

检测方法：利用游标卡尺测量光伏直流并网变换器的功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘的最小电气间隙是否大于 3mm，大于则合格，小于则不合格。

#### 5.5.5 爬电距离

试验方法：利用游标卡尺测量光伏直流并网变换器的不同器件的爬电距离是否满足表 4.5 的相关要求，大于要求值 4mm 合格，否则不合格。

#### 5.5.6 冲击电压和直流耐压

试验方法：

- a) 冲击电压测试，冲击电压选择±4000V，间隔 10 秒，重复 3 次，电流限值为 10A。无飞弧、击穿现象。
- b) 直流耐压测试，电压试验值选用直流耐压 3200V，试验持续时间 60s。无飞弧、击穿现象，漏电流≤10mA。

#### 5.5.7 天线带电影响试验

光伏直流并网变换器在输入 1.06Un 条件下，天线端口对 PE 的漏电流小于 0.5mA。

#### 5.5.8 电能危险防护

目测操作人员接触区无危险零部件。外漏部件采用屏障、护栏等方式防止接触。

#### 5.5.9 绝缘阻抗检测

光伏直流并网变换器连入测试电路，将输入端的电压设置在高于逆变器启动的电压（功率）值。将一个小于 4.4.9 中阻抗值的电阻（约 90%的要求阻抗值）的接入光伏直流并网变换器的输入直流输入端子与地之间，光伏直流并网变换器响应满足 4.4.9 的要求。

#### 5.5.10 残余电流检测器保护

光伏直流并网变换器在最严酷的工况下，且直流输入端无接地，输出端应有一极接地。测试时可以关闭光伏方阵的绝缘电阻监测功能，用电流表依次测量每个方阵端子与地之间的漏电流，应符合 4.4.10 要求。

#### 5.5.11 电弧侦测

使用模拟电弧测试装置，使光伏直流并网变换器对该装置产生的模拟电弧进行检测，光伏直流并网变换器在检测到电弧后可以关闭设备或进入待机状态，并且故障指示灯应亮起，保护动作时间应小于发生电弧 2.5s 且电弧能量小于 750J 时。

### 5.6 保护性能要求

#### 5.6.1 电池串过电流保护

试验方法：将逆变器或能量路由器的直流母线短路，测试光伏组串是否受到损坏。

#### 5.6.2 过电压保护

试验方法：调节并网逆变器的电压，直至直流侧输入电压>750V，光伏直流并网变换器的工作状态应切换到故障状态。调节并网逆变器的电压，直至直流输出电压>850V，光伏直流并网变换器的工作状态应切换到故障状态。

#### 5.6.3 过电流保护

试验方法：调节直流输入源的电流，直至直流侧输入电流大于允许直流输入电流 20A，光伏直流并网变换器应限流运行。

#### 5.6.4 过温保护

试验方法：在高温 60℃环境下启动光伏直流并网变换器，当设备内部温度大于 75℃时，光伏直流并网变换器开始降额运行，设备内部温度大于设定值 85℃时，光伏直流并网变换器应能停止运行，同时发出警示信号，不应造成光伏直流并网变换器损坏。温度≤65℃时，自动重启运行。

### 5.7 电磁兼容试验测试

电磁兼容试验环境如图5.3所示。



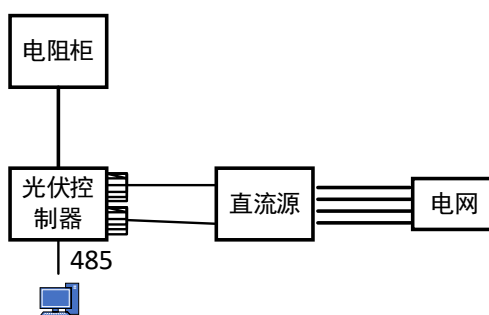


图5.3 电磁兼容试验环境

### 5.7.1 传导发射试验

光伏直流并网变换器的直流端口应满足GB4824中1组A类限值，具体见表4.7，试验要求：

- 需要测试3种工况：输出为额定电压750V，输入电压理论为满载MPPT（单路500V 20A）；
- 测试频段：150kHz~30MHz；
- 测试端口：输入输出电源端口；
- 测试限值：参照GB4824 1组A类。

### 5.7.2 辐射发射试验

参照GB4824中的规定进行下述试验：

- 测试频段：30MHz~1000MHz；
- 测试端口：外壳整体；
- 测试限值：参照GB4824 1组A类限值，具体见表4.9。

### 5.7.3 电磁抗扰度试验

#### 5.7.3.1 静电放电抗扰度试验

光伏直流并网变换器静电放电抗扰度试验方法应符合GB/T 17626.2 的规定，光伏直流并网变换器在轻载状态下运行，能承受接触放电 $\pm 6\text{kV}$ 、空气放电 $\pm 8\text{kV}$ 的静电放电骚扰，正负极性各10次，参数设置参照表4.12，满足性能判据B。

#### 5.7.3.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

光伏直流并网变换器射频电磁场辐射抗扰度应符合GB/T 17626.3 的规定，光伏直流并网变换器在轻载状态下运行，能承受80MHz~1000MHz 10V/m和1.4GHz~6.0GHz 3V/m的射频电磁场辐射场骚扰，正弦波1kHz，80%幅度调制，水平和垂直方向，参数设置参照表4.13，满足性能判据A。

#### 5.7.3.3 电快速脉冲群抗扰度试验

光伏直流并网变换器电快速脉冲群抗扰度应符合GB/T 17626.4 的规定，光伏直流并网变换器在轻载状态下运行，电源端口能够承受 $\pm 2\text{kV}$ 的电快速脉冲群骚扰、信号端口能够承受 $\pm 1\text{kV}$ 的电快速脉冲群骚扰，参数设置参照表4.14，满足性能判据B。

#### 5.7.3.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

光伏直流并网变换器浪涌（冲击）抗扰度应符合GB/T 17626.5 的规定，光伏直流并网变换器在轻载状态下运行，能够承受直流端口共模 $\pm 6\text{kV}$ 、差模 $\pm 3\text{kV}$ ，正负极性各5次，5分钟一次；信号端口、通信端口共模 $\pm 1\text{kV}$ 、差模 $\pm 0.5\text{kV}$ 的浪涌骚扰，正负极性各5次，5分钟一次，试验时可以出现短时通信中断（B极），其他功能和性能正常，试验后应能正常工作，具体要求见表4.15，满足性能判据B。

#### 5.7.3.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

光伏直流并网变换器射频场感应的传导骚扰抗扰度应符合GB/T 17626.6 的规定，光伏直流并网变换器在轻载状态下运行，能够承受0.15M~80MHz；场强：10V/m(非调制)；正弦波1kHz，80%幅度调制；扫描步进 $\leq 1\%$ 的射频场感应的传导骚扰，具体要求见表4.16，满足性能判据A。

#### 5.7.4 电棍放电影响试验要求

光伏直流并网变换器在正常工作状况下，使用警棍进行50万伏直接对产品进行放电试验，试验中查看并记录样品有无死机、黑屏、损坏等异常现象。试验后确认样品功能、性能及储存的信息，与试验前相比有无改变。

#### 5.7.5 对讲机抗扰度试验要求

使用对讲机随机设置多个频段进行干扰测试。确保对讲机正常通讯，将其中一个对讲机在光伏直流并网变换器周围移动施加干扰，另外一个放置于离光伏直流并网变换器1m~1.5m位置，观察光伏直流并网变换器运行状态和通讯功能。

#### 5.7.6 浪涌冲击加严试验要求

光伏直流并网变换器浪涌（冲击）抗扰度应能够承受直流端口共模 $\pm 6\text{kV}$ 、差模 $\pm 6\text{kV}$ ；信号端口、通信端口共模 $\pm 4\text{kV}$ 、差模 $\pm 0.5\text{kV}$ 的浪涌骚扰，试验时可以出现短时通信中断（B极），其他功能和性能正常，试验后应能正常工作。

### 5.8 环境试验

#### 5.8.1 高温运行试验

光伏直流并网变换器在环境温度 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下，满载运行2h，在 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 时降额30%能正常运行2h，IGBT温度 $\geq 85^{\circ}\text{C}$ 保护。

#### 5.8.2 低温启动试验

光伏直流并网变换器在无包装，温度 $-35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 条件下，光伏直流并网变换器能够正常启动运行2h。

#### 5.8.3 恒定湿热试验

试验方法按GB/T2423.3—2006进行，试验温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （户外型），相对湿度为 $90\% \pm 3\%$ ；要求光伏直流并网变换器无包装、不通电，经受48h试验后，取出样品，在正常环境条件下恢复12h后，进行耐压2.5kV测试，并上电运行正常。

#### 5.8.4 交变湿热试验

试验方法：温度 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，循环测试：2次。降温方式：温度应在3h~6h内降到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ；在最初1.5h的降温速率应按图5.4)所示，在3h $\pm 15\text{min}$ 内温度达到 $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{K}$ ；在最初15min相对湿度应不小于90%外，其余时间的相对湿度应不小于95%。要求光伏直流并网变换器无包装、不通电，试验48小时后，取出样品，在正常环境条件下恢复12小时后，进行直流耐压2.5kV测试，并上电运行正常。

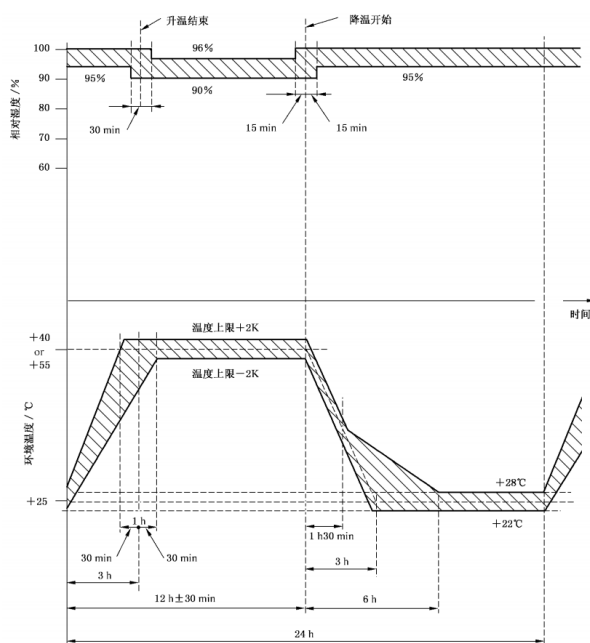


图5.4 交变湿热循环方法

### 5.8.5 盐雾试验

将设备或设备器件置于盐雾腐蚀参数为温度35℃，5%氯化钠，PH为6.5-7.2的盐雾试验箱中，72小时试验结束后，使用水温不超过35℃自来水冲洗，最后使用纯水冲洗，使用气流干燥后，对设备进行外观检查及功能测试。要求试验后设备外观无红锈、无腐蚀，电气性能、机械性能满足要求。

### 5.8.6 凝露试验

试验前检查产品功能正常，按照规范要求进行凝露试验，设置升温时间时升温速率不超过1K/min，试验过程中产品通电运行，按照现场使用安装方式进行放置：

- 1) 第一步：0.5小时，温度达到10℃，湿度达到50%RH;
- 2) 第二步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到90%RH;
- 3) 第三步：0.5小时，温度保持10℃，湿度达到95%RH;
- 4) 第四步：3.5小时，温度达到80℃，湿度保持95%RH;
- 5) 第五步：0.5小时，温度降到75℃，湿度降至30%RH;
- 6) 第六步：1.0小时，温度降至30℃，湿度保持30%RH;
- 7) 第七步：0.5小时，温度降至10℃，湿度升至50%RH;
- 8) 共5个循环;

试验过程中及试验结束后产品功能性能应正常。试验后常温恢复24h，检查金属部分应无腐蚀和生锈情况。各功能及性能正常，数据存储无改变。

### 5.8.7 高温耐久试验

额定电压，正常带载运行，高温50℃，200小时，设备正常运行，期间允许可恢复性的功能丧失，试验结束设备性能功能应正常。

### 5.8.8 模拟双 85 试验

温度50℃、相对湿度85%，设备半载运行，每200小时暂停试验进行功能、性能及结构验证。

判断标准：摸底测试，不应出现功能、性能永久性丧失，如果出现异常，根据实际产品需求再行评估。

## 5.9 包装运输试验

### 5.9.1 跌落试验

对包装好的光伏直流并网变换器进行6面3边1角在350mm高低进行跌落试验，包装试验次序参照表4.16，包装面选择参照图4.5，要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

### 5.9.2 振动试验

GB/T 2423.10 的规定进行。频率范围：10Hz~150Hz；位移幅值：0.075mm（频率范围≤60Hz）；加速度幅值：10m/s<sup>2</sup>（频率范围60Hz）；每轴线扫频周期数：20。试验后要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

### 5.9.3 堆码试验

将光伏直流并网变换器放在托盘上，在产品上方增加试验条件中的配重，要求在温湿度：40℃ 90%RH，持续96小时，堆层重：（堆码层数-1）\*货物重量。试验后要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

### 5.9.4 踩踏试验

如图4.6所示体重在70kg的人穿鞋搬起同一货物在包装物顶面踩踏10次。试验后要求产品的电气性能、机械性能不得有异常，内部构造不得有破损、裂痕、变形等异常，外观用目视不得有破损、裂痕、变形、划伤等异常。

### 5.9.5 汽车颠簸试验

光伏直流并网变换器在包装完好情况下，在模拟汽车颠簸测试时，时速241，时长60min，频率5-6hz，进行模拟试验，试验完成后，观察光伏直流并网变换器外观是否有损伤，功能是否正常。

合格判据：试验后样机外观无损伤，功能正常。

### 5.9.6 冲击试验

试验要求：光伏直流并网变换器在包装完好情况下进行测试，半正弦波、峰值加速度1000m/s<sup>2</sup>，脉冲持续时间6ms，冲击方向6个方向，每个方向冲击3次。

合格判据：试验后试样不应有机械损伤和紧固部位松动现象，工作正常。

## 6 检验规则

### 6.1 检验分类

检验分为型式检验、出厂检验、转V认证检验、研发自测共四类。

### 6.2 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型；
- b) 连续批量生产的装置每2年一次；
- c) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 产品停产1年以上又重新恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时；
- f) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式检验要求时；
- g) 合同规定进行型式检验时。

### 6.3 出厂检验

每台装置出厂前，应使用标准工装和质量审批过的检测方案，逐个按附录A要求进行检验，检验合格并保留检验记录后，方可允许出厂。

### 6.4 判断规则

全部合格则判定为合格；任有一项不合格，则判定该产品不合格。

#### 6.5 转 V 认证检验

当产品硬件版本发生变更时，按附录 A 明细进行检验；研发评估设计变更不涉及的试验项目可简化。

#### 6.6 研发自测

研发自测应在型式检验前进行全覆盖测试或评估。

## 附录 A 光伏直流并网变换器典型框架

光伏直流并网变换器典型框架如图 A.1 所示，光伏直流并网变换器置于 PV 电池组件和光伏直流并网变换器之间，具备 MPPT、DC-DC 变换和汇流功能，内置控制、防雷和保护装置等。

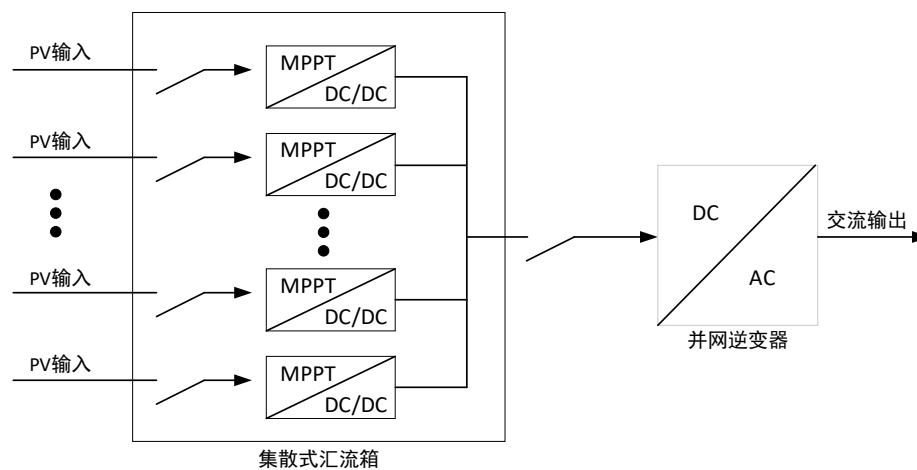


图 A.1 光伏直流并网变换器典型框架图

## 附录 B 平均加权总效率

效率试验条件见表 B.1。

表 B.1 效率测试条件

光伏模拟器的 MPPT 电压	模拟 I-V 特性曲线	光伏模拟器的 MPP 功率与光伏直流并网变换器额定 输入功率的比值						
		0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
$U_{MPPmax}$	晶硅组件							
$U_{MPPmin} + 0.7\Delta U$								
$U_{MPPmin} + 0.5\Delta U$								
$U_{MPPmin} + 0.3\Delta U$								
$U_{MPPmin}$								
$U_{MPPmax}$	薄膜组件							
$U_{MPPmin} + 0.7\Delta U$								
$U_{MPPmin} + 0.5\Delta U$								
$U_{MPPmin} + 0.3\Delta U$								
$U_{MPPmin}$								
注： $\Delta U = U_{MPPmax} - U_{MPPmin}$								

试验完毕后, 用式 (B.1) 计算出不同输入电压下的加权总效率:

$$\eta_{-t} = \sum_{i=1}^7 a_i \cdot \eta_{con,i} \cdot \eta_{MPPTstat,i} \quad (B.1)$$

式中:

$\eta_t$ ——第 t 个测试序列的加权总效率;

$a_i$ ——权重系数, 参见表 B.2;

$\eta_{con,i}$ ——i 电压下的转换效率;

$\eta_{MPPTstat,i}$ ——i 电压下的静态 MPPT 效率。

表 B.2 加权效率的权重系数

负载点	5%	10%	20%	30%	50%	75%	100%
权重系数	0.02	0.03	0.06	0.12	0.25	0.37	0.15

用式 (B.2) 计算得到平均加权总效率。

$$\eta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_t \quad (B.2)$$

式中:

$\eta$ ——平均加权总效率;

$\eta_t$ ——第 t 个测试序列的加权总效率;

$N$ ——测试序列数。





附录 C 试验项目明细表（硬件变更，根据变更点，研发评估实验项目）

序号	检测项目	试验要求	不合格分类（A 严重 B 不严重 C 可接受）	型式检验 （数量 2 台）	出厂检验	转 V 认证 （数量 3 台）	研发自测 （数量 3 台）
1	功能及性能试验	温升试验	4.2.1	B	√		√
		自动开关机	4.2.2	A	√	√	√
		自动重新启动	4.2.3	A	√	√	√
		软启动	4.2.4	B	√	√	√
		功率控制	4.2.5	B	√	√	√
		监测	4.2.6	B	√	√	√
		通信	4.2.7	B	√	√	√
		过载能力	4.2.8	B	√	√	√
		效率	4.2.9	B	√		√
		噪声	4.2.10	B	√	√	√
		485 带载能力	4.2.11	B			√
		升级中断能力	4.2.12	B			√
		电源缓升变化试验要求	4.2.13	B			√
2	外观、机械和结构要求	尺寸及壳体要求	4.3.1	A	√	√	√
		上壳、下壳	4.3.2	B	√	√	√
		机械防护	4.3.3	B	√	√	√
		铭牌	4.3.4	B	√	√	√
		标识	4.3.5	B	√	√	√
		包装标识	4.3.6	B	√	√	√
		外壳防护和防护性能	4.3.7	B	√	√	√
		贮存	4.3.8	B	√	√	√
3	安全性能要求	直接接触防护	4.4.1	A	√	√	√
		接地电阻	4.4.2	A	√	√	√
		接触电流	4.4.3	A	√	√	√
		电气间隙	4.4.4	A	√	√	√
		爬电距离	4.4.5	A	√	√	√
		冲击电压和直流耐压	4.4.6	A	√	√	√
		天线带电影响试验	4.4.7	A	√	√	√
		电能危险防护	4.4.8	A	√	√	√
		绝缘阻抗检测	4.4.9	A	√	√	√
		着火漏电流检测	4.4.10	A	√	√	√
		残余漏电流突变测试	4.4.11	A	√	√	√
		电弧检测	4.4.12	A	√	√	√
4	保护性能试验	电池串过电流保护	4.5.1	A	√		√
		过电压保护	4.5.2	A	√	√	√

		过电流保护	4.5.3	A	√		√	√
		过温保护	4.5.4	A	√		√	√
5	电磁兼容试验	传导发射	4.6.1	A	√		√	√
		辐射发射	4.6.2	A	√		√	√
		静电放电抗扰度	4.6.3.1	A	√		√	√
		射频电磁场辐射抗扰度	4.6.3.2	A	√		√	√
		电快速脉冲群抗扰度	4.6.3.3	A	√		√	√
		浪涌抗扰度	4.6.3.4	A	√		√	√
		射频场感应的传导骚扰抗扰度	4.6.3.5	A	√		√	√
		电棍放电影响试验	4.6.5	C				√
		对讲机抗干扰度试验	4.6.6	A	√		√	√
		浪涌冲击加严试验	4.6.7	A	√		√	√
6	环境试验	高温运行试验	4.7.1	B	√		√	√
		低温启动试验	4.7.2	B	√		√	√
		恒定湿热试验	4.7.3	B	√		√	√
		交变湿热试验	4.7.4	B	√		√	√
		盐雾试验	4.7.5	B	√		√	√
		凝露试验	4.7.6	B	√		√	√
		高温耐久试验	4.7.7	B			√	√
		模拟双 85 试验	4.7.8	B				√
7	包装运输试验	跌落试验	4.8.1	B	√		√	√
		振动试验	4.8.2	B	√		√	√
		堆码试验	4.8.3	B	√		√	√
		踩踏试验	4.8.4	B	√		√	√
		汽车颠簸试验	4.8.5	B			√	√
		冲击试验	4.8.6	B	√		√	√

## 附录 D 版本记录

版本编号/修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V01.00	徐伟杰	谢堂林		