



中华人民共和国国家标准

GB/T 37408—2019

光伏发电并网逆变器技术要求

Technical requirements for photovoltaic grid-connected inverter

2019-05-10 发布

2019-12-01 实施

国家市场监督管理总局
中国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 1

4 逆变器分类 3

5 环境条件 4

6 安全 5

7 电气性能..... 19

8 电磁兼容..... 24

9 标识与文档..... 27

10 包装、运输和储存..... 31

11 检测内容 31

附录 A（规范性附录） 设备标识符号 33

附录 B（规范性附录） 不同高度电气间隙修正 35

附录 C（规范性附录） 功率控制响应时间计算方法 37



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院有限公司、阳光电源股份有限公司、华为技术有限公司。

本标准主要起草人：吴福保、张军军、陈志磊、秦筱迪、李臻、陈梅、赵为、刘云峰、张显立、黄晓阁、方振、徐亮辉、夏烈、尹娜。



光伏发电并网逆变器技术要求

1 范围

本标准规定了光伏发电并网逆变器的分类、环境条件、安全要求、电气性能、电磁兼容性能、标识、文档、包装、运输和储运等相关技术要求。

本标准适用于并网型光伏逆变器。

2 规范性引用文件

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

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 4798.2 电工电子产品应用环境条件 第2部分：运输

GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(GWEPT)

GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

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 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 16935.3 低压系统内设备的绝缘配合 第3部分：利用涂层、罐封和模压进行防污保护

GB/T 16935.4 低压系统内设备的绝缘配合 第4部分：高频电压应力考虑事项

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 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定

GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波

GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定

GB/T 37409 光伏发电并网逆变器检测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

决定性电压等级 **decisive voltage classification**

在最严酷的运行工况下，任意带电零部件之间可产生的最高持续电压等级。

3.2

保护特低电压系统 protective extra-low voltage(PELV) system

在正常运行或单一故障条件(不包括其他电路中的接地故障)下,交流电压有效值不超过 50 V 或直流电压不超过 120 V 的电气系统,也称作 PELV 系统。

3.3

安全特低电压系统 safety extra-low voltage(SELV) system

在正常运行或单一故障条件(包括其他电路中的接地故障)下,交流电压有效值不超过 50 V 或直流电压不超过 120 V 的电气系统,也称作 SELV 系统。

3.4

保护连接 protective bonding

使可触及导电部件或者保护屏蔽与保护导体端子保持电气连贯性的电气连接。

3.5

保护隔离 protective separation

通过基本绝缘和附加绝缘或其他等同保护措施(如:加强绝缘或保护阻抗)将不同保护级别的电路相互隔开的结构、措施。

3.6

功能绝缘 functional insulation; FI

保证设备正常运行的绝缘措施,其不能对电击危险进行防护,但可减少引燃或着火的可能性。

3.7

基本绝缘 basic insulation

在正常工作条件下,只能对防电击起基本保护的绝缘。

3.8

附加绝缘 supplementary insulation

基本绝缘之外附加的独立绝缘,在基本绝缘失效时可以提供防电击保护。

3.9

双重绝缘 double insulation

由基本绝缘和附加绝缘构成的绝缘。

3.10

加强绝缘 reinforced insulation

在规定的条件下,某单一绝缘系统提供的防电击保护等级相当于双重绝缘。

注:单一绝缘系统是指由一个或多个绝缘层组成,但每个绝缘层不能逐层拆分为基本绝缘或附加绝缘。

3.11

I 类保护 protective class I

通过基本绝缘和可触及导电部件的保护接地来防止电击,当基本绝缘失效时可触及导电部件不带电。

3.12

II 类保护 protective class II

不仅通过基本绝缘来防止电击,而且提供了如双重绝缘或者加强绝缘等附加安全防范措施,这种保护既不依靠保护接地,也不依赖于安装条件。

3.13

III 类保护 protective class III

通过决定性电压等级 A 的电路供电来防止电击,且电路本身不产生危险电压。

3.14

封闭电气操作区域 closed electrical operating area

电气设备使用的房间或区域,该区域只能具备相关技能或受过专门训练的人员用钥匙或工具打开门或移除安全栅后才能进入且明显标示了警告标识。

3.15

操作人员接触区 operator access area

在正常工作条件下可接触的设备以下区域之一:

- a) 不使用工具就能接触的区域;
- b) 可按预定的方式接触的区域;
- c) 按指示接触的区域。

3.16

故障穿越 fault ride through

当电力系统事故或扰动引起逆变器交流出口侧电压超过正常运行范围时,在规定的变化范围和时间间隔内,逆变器能够保证不脱网连续运行。

注:故障穿越包括低电压穿越和高电压穿越。

3.17

低电压穿越 low voltage ride through

当电力系统事故或扰动引起逆变器交流出口侧电压跌落时,在一定的电压跌落范围和时间间隔内,逆变器能够保证不脱网连续运行。

3.18

高电压穿越 high voltage ride through

当电力系统事故或扰动引起逆变器交流出口侧电压升高时,在一定的电压升高范围和时间间隔内,逆变器能够保证不脱网连续运行。

3.19

孤岛 islanding

包含负荷和电源的部分电网,从主网脱离后继续孤立运行的状态。

注:孤岛可分为非计划性孤岛和计划性孤岛。非计划性孤岛指的是非计划、不受控地发生孤岛。计划性孤岛指的是按预先配置的控制策略,有计划地发生孤岛。

3.20

防孤岛 anti-islanding

防止非计划性孤岛现象的发生。

4 逆变器分类

4.1 按交流输出相数分类

逆变器按交流输出相数分类可分为:

- 单相逆变器;
- 三相逆变器。

4.2 按使用环境分类

逆变器按使用环境分类可分为:

- 户外型逆变器,指完全或部分暴露在室外的逆变器;
- 户内 I 型逆变器,指安装于建筑或防护罩内,带空气调节装置的逆变器;

——户内Ⅱ型逆变器,指安装于建筑或防护罩内,不带空气调节装置的逆变器。

4.3 按接入电压等级分类

逆变器按接入电压等级分类可分为:

- A类逆变器,指应用于光伏电站并网电压等级满足 GB/T 19964 的要求的逆变器;
- B类逆变器,指应用于光伏发电系统并网电压等级满足 GB/T 29319 的要求的逆变器。

4.4 按电气结构分类

逆变器按电气结构分类可分为:

- 隔离型逆变器;
- 非隔离型逆变器。

注 1: 隔离型逆变器指在交流输出电路和直流输入电路之间具备基本绝缘隔离的逆变器。

注 2: 非隔离型逆变器指在交流输出电路和直流输入电路之间不具备基本绝缘隔离的逆变器。

5 环境条件

5.1 污染等级

5.1.1 污染等级分类

逆变器外部环境的污染等级可分为:

- 污染等级 1: 无污染或仅有干燥的非导电性污染;
- 污染等级 2: 一般情况下仅有非导电性污染,但应考虑到偶然由于凝露造成的短暂导电性污染;
- 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;
- 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。

5.1.2 污染等级耐受能力

逆变器应能耐受污染等级应满足如下要求:

- a) 户外型逆变器和户内Ⅱ型逆变器应满足在污染等级 3 的条件下正常使用的要求;
- b) 户内Ⅰ型逆变器应满足在污染等级 2 的条件下正常使用的要求。

5.1.3 污染等级变更

逆变器内部特定区域采用相关防护措施时,逆变器内部特定区域的污染等级变更见表 1。

表 1 降低污染等级的防护措施

附加防护	从外部环境污染等级 2 到:	从外部环境污染等级 3 到:	变更污染等级的区域
外壳符合 IP5X 等级要求的防护	污染等级 1	污染等级 2	壳内所有区域,或者符合 IP5X 的部分
外壳符合 IPX7 或 IPX8 等级要求的防护	污染等级 2	污染等级 2	壳内所有区域,或者符合 IPX7 或 IPX8 的部分
涂覆或罐封	污染等级 1	污染等级 1	涂覆或罐封的区域
采用密封外壳,且密封已将内部污染物清除干净	污染等级 1	污染等级 1	密封壳内所有区域

5.2 防护等级

- 逆变器防护等级应不低于如下要求：
- 户内Ⅰ型逆变器：IP20；
 - 户内Ⅱ型逆变器：IP20；
 - 户外型逆变器：IP54。

5.3 温度

- 逆变器在以下环境温度范围内应能正常运行：
- 户内Ⅰ型逆变器：0℃～40℃；
 - 户内Ⅱ型逆变器：-20℃～50℃；
 - 户外型逆变器：-20℃～50℃。

5.4 湿度

- 逆变器在以下环境湿度范围内应能正常运行：
- 户内Ⅰ型逆变器：≤85%，无凝露；
 - 户内Ⅱ型逆变器：≤95%，无凝露；
 - 户外型逆变器：≤100%，有凝露。

5.5 紫外线照射

户外型外壳上的塑料材料和聚合物材料在正常使用情况下，不应出现明显的退化迹象，包括裂纹或破裂，其防护性能不应降低。

6 安全

6.1 电击防护要求



6.1.1 基本要求

逆变器中各电路最低防护水平应根据逆变器中各电路的决定性电压等级确定，电击防护要求包含直接接触防护和间接接触防护，电击防护总体要求见图1。

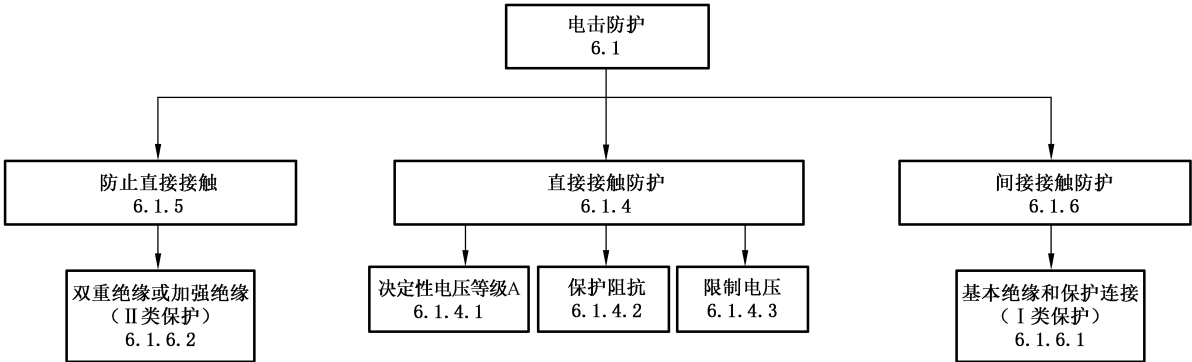


图1 电击防护措施流程图

6.1.2 决定性电压等级及其防护要求

决定性电压等级限值见表 2, 电路的防护要求见表 3。电击防护措施应根据决定性电压等级和电路的防护措施确定, 并满足下列要求:

- a) 当逆变器中各电路符合决定性电压等级限值要求, 不能满足电路的防护措施要求时, 电路的决定性电压等级应提高一个等级;
- b) 直接相连或仅由功能绝缘隔开的两个电路应视为一个电路;
- c) 电击防护措施应满足单一故障造成可接触电路或可接触导电部件不应出现高于决定性电压等级 A 限值的电压;
- d) 可接触接地导体应与决定性电压等级 B 和决定性电压等级 C 的电路间至少存在基本绝缘;
- e) 可接触未接地导体应与决定性电压等级 B 和决定性电压等级 C 的电路间存在双重绝缘、加强绝缘或保护隔离。

表 2 决定性电压等级限值

决定性电压等级	工作电压限值 V		
	交流电压 (有效值) U_{ACL}	交流电压 (峰值) U_{ACPL}	直流电压 (平均值) U_{DCL}
A	≤ 25 (≤ 16)	≤ 35.4 (≤ 22.6)	≤ 60 (≤ 35)
B	25~50 (16~33)	35.4~71 (22.6~46.7)	60~120 (35~70)
C	> 50 (> 33)	> 71 (> 46.7)	> 120 (> 70)

注 1: 括号中的数值适用于安装在潮湿环境的逆变器或逆变器零部件。

注 2: 决定性电压等级 A 的电路故障条件下在 0.2 s 时间内限值允许提高到决定性电压等级 B 的限值。

表 3 电路防护要求

决定性电压等级	直接接触电击 防护要求	与接地零部件 之间的绝缘	与相邻的未接地可接 触带电零部件之间的 绝缘	与相邻决定性电压等级 电路之间的绝缘		
				A	B	C
A	无	f	f	f	p ^b	p ^b
B	有	b	p	—	b ^a	b ^a
C	有	b	p	—	—	b ^a

注 1: f 表示功能绝缘, 与相邻电路之间的绝缘按照电压最高的电路来确定。

注 2: b 表示基本绝缘, 与相邻电路之间的绝缘按照电压最高的电路来确定。

注 3: p 表示保护隔离, 与相邻电路之间的绝缘按照电压最高的电路来确定。

^a 当两个相邻电路与可触及的导电部件或决定性电压等级 A 电路之间均已按照该两个电路的最高电压进行绝缘或隔离时, 则允许在这两个相邻电路之间采用功能绝缘。

^b 当决定性电压等级 A 电路由基本绝缘或附加绝缘或挡板或外壳来防止直接接触时, 则允许该决定性电压等级 A 电路与决定性电压等级 B 或决定性电压等级 C 电路之间采用基本绝缘, 该决定性电压等级 A 电路的防止直接接触的措施应根据决定性电压等级 B 或决定性电压等级 C 的电压来确定。

6.1.3 连接到 PELV 系统和 SELV 系统的电路

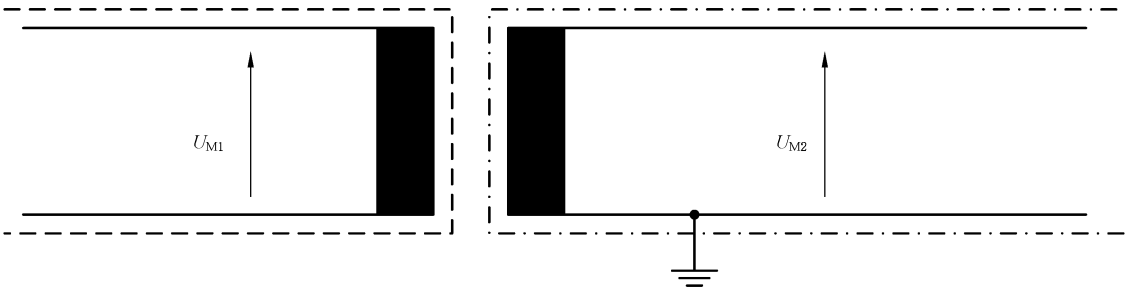
当逆变器的信号、通信或控制端口连接到外部 PELV 或 SELV 装置或电路时,不同系统的兼容性应符合以下要求:

- a) 外部电路的 PELV 或 SELV 电路等级不能改变;
- b) 逆变器外部端口的决定性电压等级不能改变。

6.1.4 直接接触保护

6.1.4.1 通过决定性电压等级 A 保护

与决定性电压等级 B 或决定性电压等级 C 电路之间满足图 2 保护隔离要求的决定性电压等级 A 电路可不采取防止直接接触的防护措施。



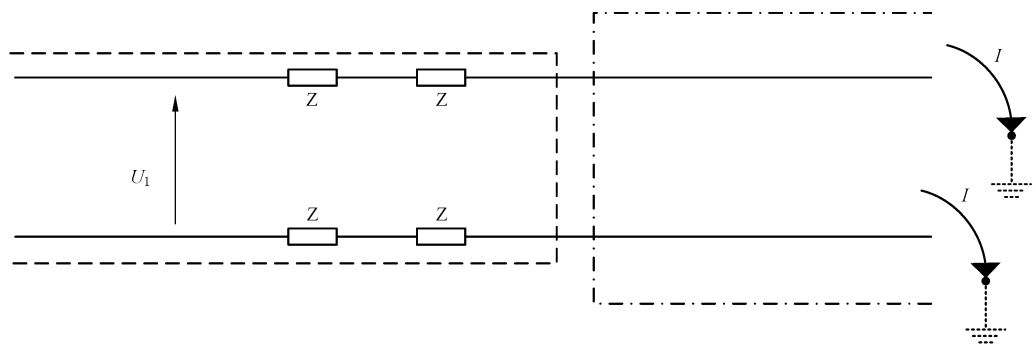
说明:
虚线 —— 防止直接接触;
点画线 —— 与防止直接接触电路之间的保护隔离;
 U_{M1} —— 任意电压,接地或不接地;
 U_{M2} —— 决定性电压等级 A,接地或不接地。

图 2 通过有保护隔离的决定性电压等级 A 进行保护

6.1.4.2 通过保护阻抗保护

与决定性电压等级 B 或决定性电压等级 C 的电路通过保护阻抗连接,且与决定性电压等级 B 或决定性电压等级 C 电路保护隔离满足要求电路和导电部件无需直接接触的防护。保护阻抗应同时满足限制电流和限制放电能量的要求:

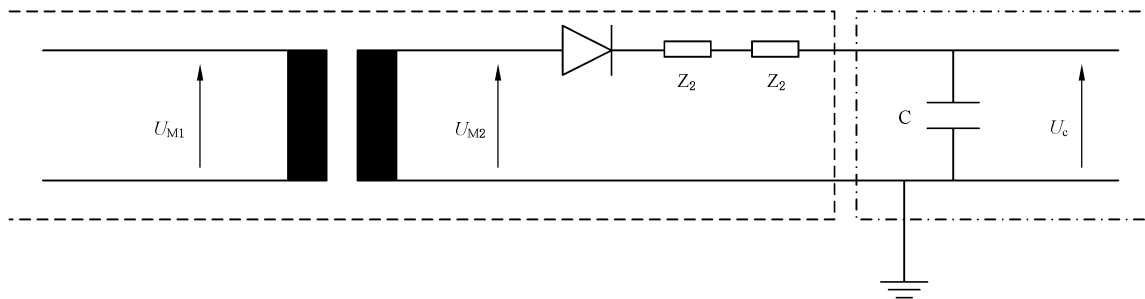
- a) 保护阻抗限制电流
在任何工况下可触及零部件的接触电流,不应超过交流 3.5 mA 或直流 10 mA,保护阻抗的连接方式见图 3。保护阻抗应能承受它所连接的电路的脉冲电压、瞬态电压以及工作电压。



说明：
 U_1 ——危险电压，接地或不接地；
虚线 ——防止直接接触；
点画线 ——与防止直接接触的电路之间有保护阻抗和保护隔离。
注：可触及零部件的接触电流限制在 $I \leq 3.5 \text{ mA a.c.}$ 或 10 mA d.c. ，包含流向地和流向可同时接触零部件的电流。

图 3 限制电流保护电路

b) 保护阻抗限制放电能量
在任何工况下可同时接触零部件之间出现的放电能量符合表 4 的要求，保护阻抗的连接方式见图 4。



说明：
虚线 ——防止直接接触；
点画线 ——与防止直接接触的电路之间的保护隔离。
注：对于接地电路，充电限制适用于从可触及零部件到地以及可同时接触零部件之间。

图 4 限制放电能量保护电路

表 4 可接触电容和充电电压限值

电压 V	电容 μF	电压 kV	电容 nF
70	42.4	1	8.0
78	10.0	2	4.0
80	3.8	5	1.6
90	1.2	10	0.8
100	0.58	20	0.4
150	0.17	40	0.2

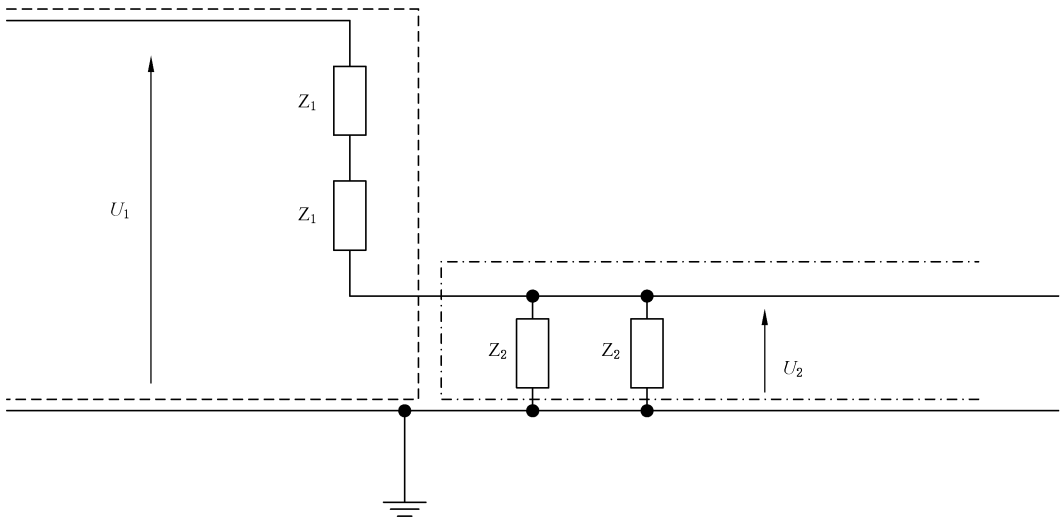
表 4（续）

电压 V	电容 μF	电压 kV	电容 nF
200	0.091	60	0.133
250	0.061	—	—
300	0.041	—	—
400	0.028	—	—
500	0.018	—	—
700	0.012	—	—

6.1.4.3 限制电压保护

通过限制电压保护将电压降低到决定性电压等级 A 以下,且该电路与决定性电压等级 B 和决定性电压等级 C 之间的保护隔离满足要求,该电路可不采取直接接触防护措施,限制电压保护电路见图 5。限制电压保护应满足下列要求:

- 在正常工作和单一故障的情况下应保证该分压电路两端的电压 U_2 不超过决定性电压等级 A;
- 此种保护方式不应在 II 类保护或不接地的电路上使用。



说明:
虚线 ——防止直接接触;
点画线——与防止直接接触的电路之间的保护隔离;
 U_1 ——危险电压,接地;
 U_2 ——决定性电压等级 A。

图 5 限制电压保护电路

6.1.5 防止直接接触

不满足直接接触防护要求的不接地可接触电路/零部件的绝缘应满足表 5 的要求。防止直接接触应满足下列要求:

- a) 安装在封闭电气操作区域的产品可根据需要采取直接接触防护措施；
- b) 维修人员接触区的危险带电电路应采取防无意触碰的措施；
- c) 提供保护的外壳和安全栅,其零部件应使用工具才可拆卸。

表 5 不接地可接触电路/零部件绝缘要求

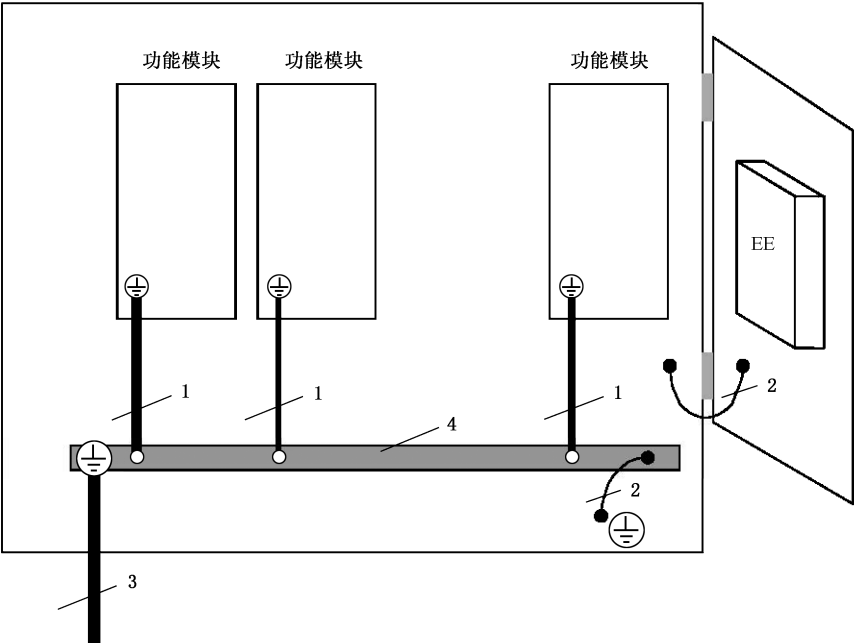
目标电路	相邻电路	电路和相邻电路之间的绝缘	电路和非接地可接触零部件之间的绝缘
决定性电压等级 A	决定性电压等级 B 或 决定性电压等级 C	基本绝缘	附加绝缘
		加强绝缘	功能绝缘
决定性电压等级 B	决定性电压等级 B 或 决定性电压等级 C	基本绝缘	附加绝缘
		加强绝缘	加强绝缘

注：基于电路中决定性电压等级较高电路的电压选择绝缘类型。

6.1.6 间接接触防护

6.1.6.1 I 类保护——保护连接和接地

采用 I 类保护的逆变器应具有保护接地和保护连接,可接触导电部件与外部保护接地导体应连接可靠,保护接地和保护连接见图 6。



- 说明：
- 1——逆变器模块的保护接地导体(尺寸取决于每个组件的要求)；
 - 2——保护连接(可能是保护连接导体、紧固件、铰链或其他可靠方式)；
 - 3——逆变器的外部保护接地导体；
 - 4——接地母排。

图 6 保护接地和保护连接示意图

保护连接的方式与规格,外部保护接地导体应满足下列要求:

- a) 保护连接方式
 - 通过专用接地金属部件连接;
 - 通过使用时不会被拆卸的其他导电部件连接;
 - 通过专门的保护连接导体连接;
 - 逆变器的其他金属部件连接。
- b) 保护连接的规格

在故障期间,保护连接应保持有效并应能承受故障引起的最大故障电流,保护连接应满足以下要求:

 - 过流保护装置小于或等于 16 A 的逆变器,保护连接的阻抗值不应大于 0.1 Ω;
 - 过流保护装置大于 16 A 的逆变器,保护连接部分电压降不应大于 2.5 V。
- c) 外部保护接地导体

当逆变器采用Ⅰ类保护时,通电后外部保护接地导体应始终保持连接,外部保护接地导体的横截面积应满足表 6 的要求。当外部保护接地导体不是电源电缆或电缆外层的一部分,在有机机械保护情况下横截面积应不小于 2.5 mm²,在无机机械保护情况下横截面积应不小于 4 mm²。对于带有插头的逆变器,保护接地导体应先接通后断开。

表 6 外部保护接地导体的横截面积

逆变器相导体的横截面积 S mm ²	外部保护接地导体的最小横截面积 S _p mm ²
S≤16	S
16<S≤35	16
S>35	S/2
注:当外部保护接地导体使用与相导体相同的材质时,本表的取值有效。否则,外部保护接地导体横截面积需使其电导率与本表规定等效。	

- d) 外部保护接地导体的连接方式

每个外部保护接地导体应单独连接,且连接措施不能用于其他结构用途。保护接地导体的连接方式应使用附录 A 的第 7 个符号进行标识,保护接地线缆应使用黄绿线。
- e) 保护接地导体及接触电流

插头连接的单相逆变器接触电流不应超过交流 3.5 mA 或直流 10 mA,其他逆变器接触电流超过交流 3.5 mA 或直流 10 mA 时,应采用下列一个或多个保护措施并标识附录 A 的第 15 个符号:

 - 采用固定连接且保护接地导体的横截面积至少为 10 mm²(铜)或 16 mm²(铝);
 - 采用固定连接且在保护接地导体中断的情况下自动断开电源;
 - 提供一个附加的截面积相同的保护接地导体,并在安装说明书中说明;
 - 采用工业连接器且多导体电缆中的保护接地导体的最小横截面积为 2.5 mm²并具有应力消除措施。

6.1.6.2 Ⅱ类保护——双重或加强绝缘

按Ⅱ类保护进行设计的设备或设备零部件,带电零部件和可触及表面的绝缘应满足下列要求:

- a) Ⅱ类保护设备不应与外部保护接地导体连接;

- b) II类保护设备采用金属外壳时,可采用外壳进行等电位连接;
- c) II类保护设备可进行功能接地;
- d) II类保护设备应采用附录 A 的第 12 个符号。

6.1.7 电气间隙和爬电距离

6.1.7.1 基本要求

绝缘两端的电压基频高于 30 kHz 时,绝缘还应满足 GB/T 16935.1 的要求,高频工作电压下电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 16935.4 中的要求。

6.1.7.2 绝缘电压

脉冲耐受电压和暂时过电压应满足表 7 的规定。

表 7 低电压电路的绝缘电压

系统电压 (交流有效值/直流有效值) V	脉冲耐受电压 V				暂时过电压 (峰值/有效值) V
	过电压等级				
	I	II	III	IV	
50/71	330	500	800	1 500	1 770/1 250
100/141	500	800	1 500	2 500	1 840/1 300
150/213	800	1 500	2 500	4 000	1 910/1 350
300/424	1 500	2 500	4 000	6 000	2 120/1 500
600/849	2 500	4 000	6 000	8 000	2 550/1 800
1 000/1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	3 110/2 200
注 1: 直接与电网连接的电路不准许插值,其他回路可以。 注 2: 最后一行只适用于单相系统,或三相系统中的线电压。 注 3: 暂时过电压只适用于直接与电网连接的电路。 注 4: 与电网隔离的电路视为过电压等级 II,最小脉冲电压取 2 500 V,系统电压取最大额定光伏开路电压。					

6.1.7.3 电气间隙

功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘的最小电气间隙应满足表 8 的要求。海拔 2 000 m 和以上使用的设备,电气间隙应根据附录 B 的修正因子进行修正。加强绝缘的电气间隙应根据高一级的脉冲电压、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。

表 8 电气间隙

脉冲电压 V	用于确定电路及其周边之间 绝缘的暂时过电压(峰值) 或用于确定功能绝缘的工作 电压(重复峰值) V	用于确定电路及其周边之间 绝缘的工作电压(重复峰值) V	最小电气间隙 mm		
			污染等级		
			1	2	3
—	≤110	≤71	0.01	0.20 ^a	0.80
—	225	141	0.01	0.20	0.80

表 8（续）

脉冲电压 V	用于确定电路及其周边之间 绝缘的暂时过电压(峰值) 或用于确定功能绝缘的工作 电压(重复峰值) V	用于确定电路及其周边之间 绝缘的工作电压(重复峰值) V	最小电气间隙 mm		
			污染等级		
			1	2	3
330	340	212	0.01	0.20	0.80
500	530	330	0.04	0.20	0.80
800	700	440	0.10	0.20	0.80
1 500	960	600	0.50	0.50	0.80
2 500	1 600	1 000	1.5		
4 000	2 600	1 600	3.0		
6 000	3 700	2 300	5.5		
8 000	4 800	3 000	8.0		
12 000	7 400	4 600	14.0		
注 1: 允许插值。					
注 2: 根据工作电压、脉冲电压、暂时过电压的值查表,取电气间隙值最大值。					
a 印制电路板的限值应为 0.1 mm。					

6.1.7.4 爬电距离

逆变器爬电距离应同时满足下列要求：

- a) 功能绝缘、基本绝缘和附加绝缘的爬电距离应符合表 9 的要求，加强绝缘的爬电距离应为表 9 的数值的两倍。
- b) 印制线路板上功能绝缘的电气间隙和爬电距离不满足表 8 和表 9 的要求时，应符合下列要求：

——印制电路板的阻燃等级为 V-0；

——印制电路板的材料 CTI 值最少为 175；

——短路测试合格。

表 9 爬电距离要求

工作电压 V	印制线路板 ^a 的 爬电距离		其他绝缘体的爬电距离								
	污染 等级 1 ^b	污染 等级 2 ^c	污染 等级 1 ^b	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		0.87	0.87	0.87	
5	0.025	0.04	0.065	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		1.0	1.0	1.0	
25	0.025	0.04	0.125	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		1.3	1.3	1.3	
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.80	1.1		1.4	1.6	1.8	

表 9 (续)

工作电压 V	印制线路板 ^a 的 爬电距离		其他绝缘体的爬电距离								
	污 染 等级 1 ^b	污 染 等级 2 ^c	污 染 等级 1 ^b	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
50	0.025	0.04	0.18	0.60	0.85	1.20		1.5	1.7	1.9	
63	0.04	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25		1.6	1.8	2.0	
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.95	1.3		1.7	1.9	2.1	
100	0.10	0.16	0.25	0.71	1.0	1.4		1.8	2.0	2.2	
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5		1.9	2.1	2.4	
160	0.25	0.40	0.32	0.80	1.1	1.6		2.0	2.2	2.5	
200	0.40	0.63	0.42	1.0	1.4	2.0		2.5	2.8	3.2	
250	0.56	1.0	0.56	1.25	1.8	2.5		3.2	3.6	4.0	
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2		4.0	4.5	5.0	
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0		5.0	5.6	6.3	
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0		6.3	7.1	8.0	
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3		8.0	9.0	10.0	
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0		10.0	11	12.5	—
1 000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0		12.5	14	16	
1 250	4.2	6.3	4.2	6.3	9	12.5		16	18	20	
1 600	—	—	5.6	8.0	11	16		20	22	25	—
2 000			7.5	10.0	14	20		25	28	32	
2 500			10.0	12.5	18	25		32	36	40	
3 200	—	—	12.5	16	22	32		40	45	50	—
4 000			16	20	28	40		50	56	63	
5 000			20	25	36	50		63	71	80	
6 300	—	—	25	32	45	63		80	90	100	—
8 000			32	40	56	81		100	110	125	
10 000			40	50	71	100		125	140	160	
注 1：允许插值。 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：绝缘材料分为四组： ——绝缘材料 I											

6.1.7.5 固体绝缘

固体绝缘应满足表 10 的要求。

表 10 固体绝缘技术要求

固体绝缘方式		基本绝缘	附加绝缘	双重绝缘	加强绝缘
薄膜材料	厚度≥0.2 mm	1 层	1 层	2 层	1 层
	厚度<0.2 mm	1 层	1 层	3 层,任意 2 层满足 5.1.3	2 层,任意 1 层满足 5.1.3
印制电路板内层同层相邻电路之间		≥0.2 mm	≥0.2 mm	≥0.4 mm	≥0.4 mm
绕组元件的清漆或磁漆		禁用	禁用	禁用	禁用
涂覆材料		满足 GB/T 16935.3 的要求			
灌封材料		≥0.2 mm	≥0.2 mm	≥0.4 mm	≥0.4 mm

6.1.8 存储能量危险防护

逆变器断电后电容器存储的电荷应符合下列要求：

- a) 对于插头、连接器等不使用工具断开的设备,断电后暴露导体放电到电压低于决定性电压等级 A 或存储电荷量低于规定限值所需的放电时间应不超过 1 s；
- b) 在维修人员接触区,维修或安装时可以移动的电容器,断电后暴露导体放电到电压低于决定性电压等级 A 或存储电荷量低于规定限值所需的放电时间应不超过 10 s；
- c) 当不满足上述要求时,应在外壳、电容器的保护屏障或电容器附件等明显位置标注附录 A 中第 21 个符号及放电时间。



6.2 能量危险的保护

6.2.1 危险能量等级的确定

出现下列任意一种情况,则判定为存在危险能量：

- a) 电容器电压等于或大于 2 V,且 60 s 之后功率超过 240 VA。
- b) 电容器电压等于或大于 2 V,按式(1)计算的电能 E 超过 20 J：

$$E = 0.5CU^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 E ——能量,单位为焦耳(J)；
 C ——电容,单位为法拉(F)；
 U ——测得的电容器电压,单位为伏特(V)。

6.2.2 操作人员接触区

操作人员接触区应满足下列要求：

- a) 可触及电路不应产生危险能量；
- b) 金属物体桥接时不应引起伤害；
- c) 操作人员接触区应采用限制能量、设置屏障、设置护栏等防护措施。

6.2.3 维修人员接触区

维修人员接触区应满足下列要求：

- a) 位于操作面板后面、在维修或安装时可以移动的电容器，在逆变器断电之后存储的电荷应不构成能量危险。
- b) 断开电源之后，逆变器内部的电容器应在 10 s 之内放电至能量低于的 20 J；当不能满足上述要求时，则应在外壳、电容器的保护屏障或电容器附件等清晰可见的位置标注附录 A 中第 21 个符号以及放电时间。
- c) 逆变器关机或与外部电源断开，储能元件（如电池或超级电容）处于带电状态时，应采取挡板或其他绝缘措施，并在醒目位置标注附录 A 中第 21 个符号。

6.3 温度限值

逆变器所使用的材料和部件的温度限值应满足表 11、表 12 和表 13 的要求。

表 11 绕组及其绝缘系统温度限值

绝缘等级	温度限值 ℃	
	表面粘贴热电偶法	线圈阻值变化法和多点埋入式热电偶法
Class A(105 ℃)	90	95
Class E(120 ℃)	105	110
Class B(130 ℃)	110	120
Class F(155 ℃)	130	140
Class H(180 ℃)	150	160
Class N(200 ℃)	165	175
Class R(220 ℃)	180	190
Class S(240 ℃)	195	205

表 12 材料和零部件的温度限值

材料和零部件	温度限值 ℃
电容器——电解型	65
电容器——非电解型	90
外部连接的接线柱	60
外部导体能够触及的接线腔表面或内部的任意点	60
内部的绝缘导线	额定温度
熔断器	90
印制电路板	105
绝缘材料	90
注：标识了使用温度范围的零部件不受此表限制，其温度限值为标注的使用温度范围最高值。	

表 13 接触表面温度限值

位置	温度限值 ℃		
	金属	玻璃材料	塑料、橡胶
经常操作的设备(旋钮、手柄、开关、显示器等)	55	65	75
不经常操作的设备(旋钮、手柄、开关、显示器等)	60	70	85
接触外壳	70	80	95
注：如果设备易接触部分的表面标注有附录 A 中的第 14 个符号，易接触部件发热作为设备预期功能的一部分（如散热器），则允许其表面最高温度 100℃。			

6.4 机械防护

6.4.1 基本要求

在正常使用和单一故障条件下操作逆变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应光滑。

6.4.2 运动部件

逆变器的散热风机等运动部件应符合下列要求：

- a) 只有借助工具才能接触运动部件；
- b) 通过拆卸才能接触到危险部位的盖子或零部件上要有警告标识；
- c) 不应安装自动复位的热断路器、过流保护装置或自动定时启动装置等。

6.4.3 稳定性

非固定到建筑构件上的逆变器应具有稳定性。打开逆变器时应自动开启保持稳定作用的装置或具有警告标识。

6.4.4 搬运措施

逆变器的手柄应能承受逆变器重力 4 倍的力。质量为 18 kg 及以上的逆变器，应具有搬运指导文件。

6.4.5 壁挂安装

逆变器安装支架应能承受逆变器重力 4 倍的力。

6.4.6 抛射零部件

逆变器故障条件下不应抛射对人产生伤害的零部件。当逆变器不可避免带有抛射零部件时，则应限制其抛射能量。设备对抛射零部件的防护措施，应使用工具才能拆卸。

6.5 着火危险的防护

6.5.1 设备用材料的可燃性要求

设备内外侧的可燃性应符合表 14 的要求。

表 14 材料的可燃性

零部件	最低要求
外壳材料表面积大于 1 m ² 或单个方向的长度超过 2 m	火焰蔓延指数不超过 100
防火外壳	—— 5 VB 级； —— 满足 GB/T 5169.11 的试验方法； —— 灼热丝试验(与可能产生引燃温度的零部件之间的空气距离小于 13 mm)
防火外壳外部元器件和零部件,包括防火外壳外部的机械防护外壳和电气防护外壳	—— HB 级或 HBF 级； —— 作为可燃物可以忽略不计的小零部件,包括标签、安装脚轮、键帽、把手等不做阻燃要求； —— 气动或液压系统的管道,粉末或液体的容器,以及泡沫塑料零部件,可用可燃性等级为 HB 级的材料做成
防火外壳内部元器件和零部件,包括防火外壳内的机械防护外壳和电气防护外壳	—— V-2 级或 HF-2 级； —— 元器件满足相关的标准要求； —— 线束的各种夹持件(不包括螺旋缠绕式的或其他连续形式的夹持件)等不做阻燃要求
空气过滤装置	—— V-2 级或 HF-2 级； —— 安装在防火外壳外部,可以使用 HB 级

6.5.2 短路和过流保护

短路和过流保护应满足下列要求：

- 逆变器输入端口在短路和过载时存在过流危险时应配置短路保护和过流保护；
- 逆变器内部的短路保护装置不能分断该端口的最大短路电流时,安装说明书中应包含需另外安装一个可以分断该端口预期最大短路电流的保护装置作为后备保护的说明。

6.6 噪声

20 μ Pa 参考声压工况下,逆变器噪声超过 80 dBA 时,应标注附录 A 中第 22 个符号。

6.7 其他要求

6.7.1 光伏方阵绝缘阻抗

6.7.1.1 用于不接地光伏方阵的逆变器

与不接地的光伏方阵连接的逆变器应具有光伏方阵直流绝缘阻抗的检测功能。阻抗小于 $V_{\text{maxpv}}/30 \text{ mA}$ 时,应满足如下要求：

- 隔离型的逆变器或非隔离逆变器通过变压器接入电网且符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求时,应指示故障,故障期间可运行。阻抗满足上述要求时可停止报警。
- 非隔离逆变器直接接入电网或非隔离逆变器通过变压器接入电网但其不符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求,应指示故障,且不应并网。阻抗满足上述要求时,可停止报警并接入电网。

6.7.1.2 用于功能接地光伏方阵的逆变器

用于功能接地光伏方阵的逆变器应满足下列要求：

- a) 含预置的用于功能接地的电阻在内,总接地阻抗不得小于 $V_{\text{maxpv}}/30 \text{ mA}$ 。预期的阻抗值可以在所接方阵面积可知的情况下,按照每平方米的绝缘方阵 $40 \text{ M}\Omega$ 计算,也可根据逆变器的额定功率和逆变器连接的最差的电池板的效率来计算。
- b) 总接地电阻不满足 a)的要求时,逆变器应能提供一个在运行过程中检测通过总接地电阻的电流检测装置。残余电流响应时间不满足表 15 要求时,应断开电阻或者用其他方式实现限流。
- c) 非隔离逆变器直接接入电网或非隔离逆变器通过变压器接入电网但其不符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求时,应从电网断开。

6.7.2 光伏方阵残余电流

6.7.2.1 基本要求

基本要求如下:

- a) 当逆变器与决定性电压等级 B 和决定性电压等级 C 的不接地光伏方阵连接时,非隔离逆变器直接接入电网或非隔离逆变器通过变压器接入电网但其不符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求应通过残余电流检测装置(RCD)或残余电流突变监测功能提供防电击保护。
- b) 隔离型的逆变器或非隔离逆变器通过变压器接入电网且符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求可不做此要求。
- c) 非隔离逆变器直接接入电网或非隔离逆变器通过变压器接入电网但其不符合 30 mA 接触漏电流和着火漏电流的要求时,应提供残余电流检测装置(RCD)或连续漏电流监测功能。满足着火漏电流的隔离型逆变器可不做此要求。
- d) 着火漏电流限值如下:
 - 300 mA 有效值,适用于额定功率 $\leq 30 \text{ kVA}$ 的逆变器;
 - 10 mA/kVA 有效值,适用于额定功率 $> 30 \text{ kVA}$ 的逆变器。

6.7.2.2 残余电流检测

残余电流检测应满足下列要求:

- a) 连续残余电流超过如下限值的逆变器应在 0.3 s 内断开并发出故障发生信号:
 - 300 mA ,适用于额定容量 $\leq 30 \text{ kVA}$ 的逆变器;
 - 10 mA/kVA ,适用于额定容量 $> 30 \text{ kVA}$ 的逆变器。
- b) 突变残余电流超过限值的逆变器的断开时间应满足表 15 的要求。

表 15 突变电流响应时间

残余突变电流	断开时间
30 mA	0.3 s
60 mA	0.15 s
150 mA	0.04 s

7 电气性能

7.1 有功功率

7.1.1 标称功率

逆变器输出额定有功功率应满足标称功率要求,并应满足 1.1 倍额定功率长期过载运行的要求。

7.1.2 有功控制

7.1.2.1 给定值控制

给定值控制功能应满足下列要求：

- A类逆变器应具备有功功率连续平滑调节的能力，能接受功率控制系统指令调节有功功率输出值。控制误差应为逆变器额定有功功率的 $\pm 1\%$ ，响应时间不应大于1 s，响应时间的计算方法应满足附录C的要求。
- B类逆变器宜与A类光伏逆变器的要求相同。

7.1.2.2 启停机变化率控制

启停机变化率控制功能应满足下列要求：

- A类逆变器应能设置启停机时有功功率的变化速度，逆变器启动和停机时有功功率控制误差不应超过额定有功功率的 $\pm 5\%$ ，启动和停机过程中交流侧输出的最大峰值电流不应超过额定交流峰值电流的1.1倍。
- B类逆变器宜与A类光伏逆变器的要求相同，但可不具备启停机变化率控制的功能。

7.1.2.3 一次调频控制

A类逆变器宜具有一次调频控制的功能，当系统频率偏差值大于0.03 Hz，逆变器应能调节有功输出，具体要求如下：

- a) 当系统频率上升时，逆变器应减少有功输出，有功出力最大减少量为 $20\%P_N$ ；
- b) 当系统频率下降时，逆变器配有储能设备时可增加有功输出；
- c) 一次调频的调差率应可设置；
- d) 一次调频控制响应时间不应大于500 ms，调节时间不应大于2 s。

注： P_N 为被测逆变器的额定有功功率值。

7.2 无功功率

7.2.1 无功容量

逆变器稳态无功功率输出范围应满足图7要求，A类逆变器应在所示实线矩形框内动态可调，B类逆变器应在所示阴影框内动态可调。

具备电网无功支撑能力的A类逆变器无功功率输出范围宜在虚线矩形框内动态可调。

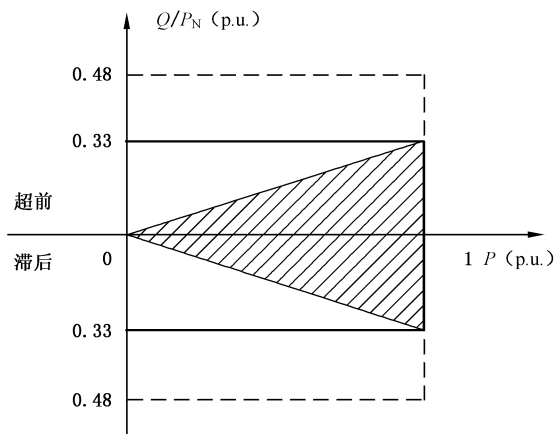


图7 逆变器无功出力范围

7.2.2 无功控制

- 无功控制功能应满足下列要求：
- A 类逆变器应具有多种无功控制模式，包括电压/无功控制、恒功率因数控制和恒无功功率控制等，具备接受功率控制系统指令并控制输出无功功率的能力，具备多种控制模式在线切换的能力。逆变器无功功率控制误差不应大于逆变器额定有功功率的 1%，响应时间不应大于 1 s。
 - B 类逆变器宜与 A 类光伏逆变器的要求相同。

7.3 电能质量

7.3.1 三相电流不平衡度

逆变器负序三相电流不平度不应超过 2%，短时不应超过 4%。

7.3.2 电流谐波

逆变器输出电流谐波总畸变率应不大于 5% I_N ，各次谐波限值应满足表 16 的要求，注入谐波电流不应包括任何由未连接光伏系统的电网上的谐波电压畸变引起的谐波电流。

表 16 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 th ~ 9 th	4% I_N	2 th ~ 10 th	1% I_N
11 th ~ 15 th	2% I_N	12 th ~ 16 th	0.5% I_N
17 th ~ 21 th	1.5% I_N	18 th ~ 22 th	0.375% I_N
23 th ~ 33 th	0.6% I_N	24 th ~ 34 th	0.15% I_N
35 th 以上	0.3% I_N	36 th 以上	0.075% I_N
注： I_N 为逆变器交流侧额定电流。			



7.3.3 电压波动与闪变

逆变器接入电网引起的电压波动与闪变值应满足 GB/T 12326 的要求。

7.3.4 直流分量

逆变器交流侧输出电流的直流电流分量不应超过其交流电流额定值的 0.5%。

7.4 故障穿越

7.4.1 基本要求

A 类逆变器应具备低电压穿越能力和高电压穿越能力。

7.4.2 考核曲线

低电压穿越的考核曲线如图 8 所示。

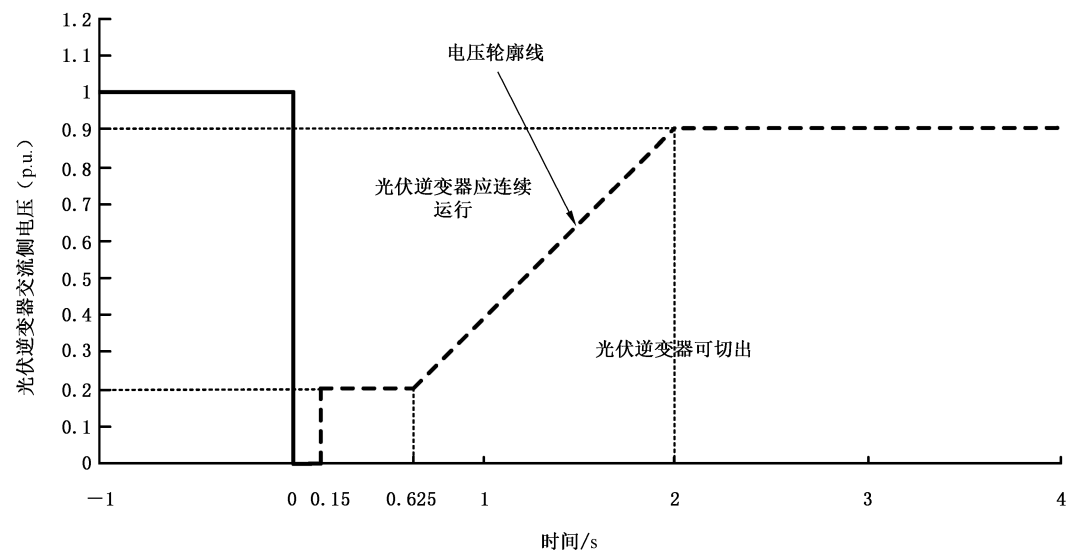


图 8 逆变器低电压穿越能力要求

高电压穿越的考核曲线如图 9 所示。

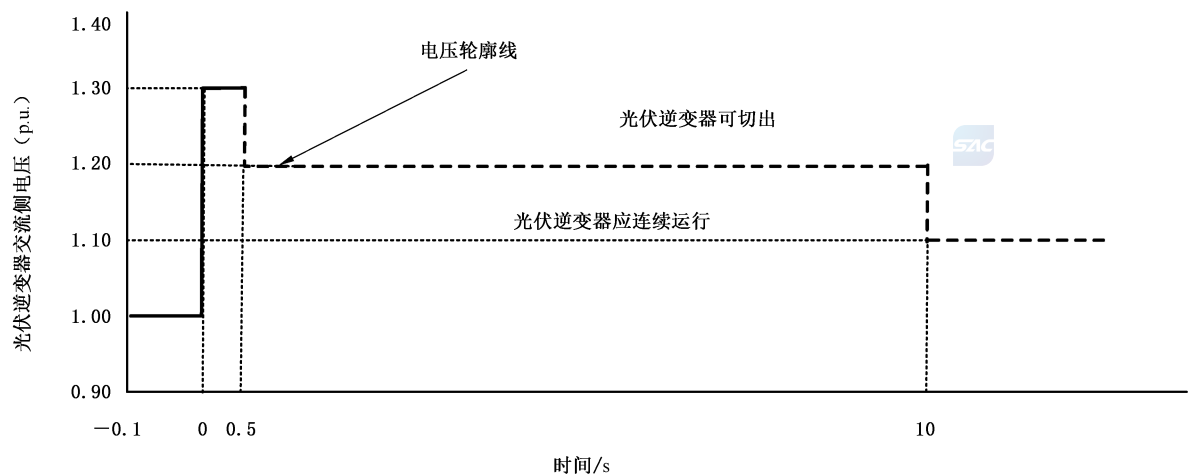


图 9 逆变器高电压穿越能力要求

7.4.3 故障类型及考核电压

低电压穿越针对不同故障类型的考核电压见表 17,高电压穿越仅考核三相对称工况。

表 17 低电压穿越考核电压

故障类型	考核电压
三相对称短路故障	交流侧线/相电压
两相相间短路故障	交流侧线电压
两相接地短路故障	交流侧线/相电压
单相接地短路故障	交流侧相电压

7.4.4 有功功率

低电压穿越期间未脱网的逆变器,自故障清除时刻开始,以至少 30%额定功率/s 的功率变化率平滑地恢复至故障前的值。故障期间有功功率变化值小于 10% P_N 时,可不控制有功功率恢复速度。

高电压穿越期间未脱网的逆变器,其电网故障期间输出的有功功率应保持与故障前输出的有功功率相同,允许误差不应超过 10% P_N 。

7.4.5 动态无功能力

故障期间逆变器动态无功能力应满足下列要求:

- a) 自逆变器交流侧电压异常时刻起($U_T < 0.9$ 或 $U_T > 1.1$),动态无功电流的响应时间不大于 60 ms,最大超调量不大于 20%,调节时间不大于 150 ms。
- b) 自动态无功电流响应起直到电压恢复至正常范围($0.9 \leq U_T \leq 1.1$)期间,逆变器输出的动态无功电流 I_T 应实时跟踪并网点电压变化,并应满足式(2):

$$\begin{cases} I_T = K_1 \times (0.9 - U_T) \times I_N & (U_T < 0.9) \\ I_T = K_2 \times (1.1 - U_T) \times I_N & (U_T > 1.1) \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

I_T ——逆变器输出动态无功电流有效值,数值为正代表输出感性无功,数值为负代表输出容性无功;

K_1 、 K_2 ——逆变器输出动态无功电流与电压变化比例值, K_1 和 K_2 应可设置, K_1 取值范围应为 1.5~2.5, K_2 取值范围应为 0~1.5;

U_T ——逆变器交流侧实际电压与额定电压的比值;

I_N ——逆变器交流侧额定输出电流值。

- c) 对称故障时,动态无功电流的最大有效值不宜超过 1.05 I_N ;不对称故障时,动态无功电流的最大有效值不宜超过 0.4 I_N 。
- d) 动态无功电流控制误差不应大于±5% I_N 。

7.5 运行适应性

7.5.1 电压适应性

A 类逆变器在 0.9 p.u.≤ U ≤1.1 p.u.应能正常运行,B 类逆变器宜与 A 类光伏逆变器的要求相同。

7.5.2 频率适应性

A 类逆变器和 B 类逆变器应在表 18 所示的交流侧频率范围内按规定运行。

表 18 逆变器频率运行范围

频率范围	 运行要求
$f < 46.5 \text{ Hz}$	根据逆变器允许运行的最低频率而定
$46.5 \text{ Hz} \leq f < 47.0 \text{ Hz}$	频率每次低于 47.0 Hz,逆变器应能至少运行 5 s
$47.0 \text{ Hz} \leq f < 47.5 \text{ Hz}$	频率每次低于 47.5 Hz,逆变器应能至少运行 20 s
$47.5 \text{ Hz} \leq f < 48.0 \text{ Hz}$	频率每次低于 48.0 Hz,逆变器应能至少运行 1 min
$48.0 \text{ Hz} \leq f < 48.5 \text{ Hz}$	频率每次低于 48.5 Hz,逆变器应能至少运行 5 min

表 18 (续)

频率范围	运行要求
$48.5\text{ Hz} \leq f \leq 50.5\text{ Hz}$	连续运行
$50.5\text{ Hz} < f \leq 51.0\text{ Hz}$	频率每次高于 50.5 Hz, 逆变器应能至少运行 3 min
$51.0\text{ Hz} < f \leq 51.5\text{ Hz}$	频率每次高于 50.5 Hz, 逆变器应能至少运行 30 s
$f > 51.5\text{ Hz}$	根据逆变器允许运行的最高频率而定

7.5.3 电能质量适应性范围

当逆变器交流侧电压谐波值满足 GB/T 14549、三相电压不平衡度满足 GB/T 15543、电压间谐波值满足 GB/T 24337 的规定时, 逆变器应能正常运行不脱网。

7.6 保护

7.6.1 防孤岛保护

防孤岛保护功能应满足下列要求:

- A 类逆变器可不具备防孤岛保护的能力。
- B 类逆变器应具备快速检测孤岛且立即断开与电网连接的能力, 防孤岛保护动作时间不大于 2 s。

7.6.2 恢复并网

恢复并网功能应满足下列要求:

- A 类逆变器因电压或频率异常保护后, 是否自行恢复并网应可设置。
- B 类逆变器因电压或频率异常保护后, 当电压和频率恢复正常后, 逆变器应经过一个可调的延迟时间后方可恢复并网, 延迟时间范围可采用 60 s~300 s, 控制误差不应大于 2 s。逆变器设置了启停机变化率时, 恢复并网时应满足启停机变化率的要求。

7.7 通信

逆变器可采用光缆、PLC 电力载波、以太网、无线等多种方式进行通信, 通信内容应包括逆变器运行状态、故障告警等相关信息, 应采用通用通信协议。

8 电磁兼容

8.1 电磁骚扰限值

8.1.1 交直流端口骚扰电压限值

A 类逆变器和 B 类逆变器交流端口骚扰电压限值分别见表 19 和表 20, 直流端口骚扰电压限值分别见表 21 和表 22。

表 19 A 类逆变器交流端口骚扰电压限值

频率范围 MHz	额定功率≤20 kVA		20 kVA<额定功率≤75 kVA		大功率系统或逆变器,额定 功率>75 kVA ^a	
	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)
0.15~0.5	79	66	100	90	130	120
0.5~5	73	60	86	76	125	115
5~30	73	60	90~73 随频率的对数 线性减小	80~60 随频率的对数 线性减小	115	105
注 1: 当逆变器连接到中性点不接地或经高阻抗接地的系统时,可应用额定功率大于 75 kVA 的限值。						
注 2: 在频率过渡处采用较低的限值。						
^a 此列限值仅适用于安装在距居住环境大于 30 m 或与居住环境有建筑阻隔的逆变器。						

表 20 B 类逆变器交流端口骚扰电压限值

频率范围 MHz	电压限值 dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15~0.5	66~56 随频率的对数线性减小	56~46 随频率的对数线性减小
0.5~5	56	46
5~30	60	50
注: 在频率过渡处采用较低的限值。		

表 21 A 类逆变器直流端口骚扰电压限值

频率范围 MHz	额定功率≤20 kVA		20 kVA<额定功率≤75 kVA		额定功率>75 kVA	
	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)
0.15~5	97~89	84~76	116~106	106~96	132~122	122~112
5~30	89	76	106~89	96~76	122~105	112~92
注: 在频率过渡处采用较低的限值。						

表 22 B 类逆变器直流端口骚扰电压限值

频率范围 MHz	准峰值 dB(μV)	平均值 dB(μV)
0.15~5	84~74 随频率的对数线性减小	74~64 随频率的对数线性减小
5~30	74	64

8.1.2 有线网络端口和信号/控制端口的共模传导骚扰限值

A类逆变器和B类逆变器有线网络端口和线缆长度超过30 m控制端口的共模传导骚扰限值分别见表23和表24。

表23 A类逆变器的有线网络端口和信号/控制端口的共模传导骚扰限值

频率范围 MHz	准峰值 dB(μ V)/dB(μ A)	平均值 dB(μ V)/dB(μ A)
0.15~0.5	97~87/53~43 随频率的对数线性减小	84~74/40~30 随频率的对数线性减小
0.5~30	87/43	74/30

表24 B类逆变器的有线网络端口和信号/控制端口的共模传导骚扰限值

频率范围 MHz	准峰值 dB(μ V)/dB(μ A)	平均值 dB(μ V)/dB(μ A)
0.15~0.5	84~74/40~30 随频率的对数线性减小	74~64/30~20 随频率的对数线性减小
0.5~30	74/30	64/20

8.1.3 辐射骚扰限值

A类逆变器和B类逆变器的辐射骚扰限值分别见表25和表26。

表25 A类逆变器的辐射骚扰限值

频率范围 MHz	10 m 测量距离		3 m 测量距离 ^a	
	额定功率 ≤ 20 kVA	额定功率 > 20 kVA ^b	额定功率 ≤ 20 kVA	额定功率 > 20 kVA
	准峰值 dB(μ V/m)	准峰值 dB(μ V/m)	准峰值 dB(μ V/m)	准峰值 dB(μ V/m)
30~230	40	50	50	60
230~1 000	47	50	57	60
注：在过渡频率处采用较低的限值。				
^a 3 m 测试距离只适用于圆柱体测试区域直径不超过1.2 m且高不超过1.5 m的小型设备。				
^b 该限值适用于第三方无线电通信设施距离大于30 m的设备。当无法满足上述条件时，应使用额定功率 ≤ 20 kVA的限值要求。				

表26 B类逆变器的辐射骚扰限值

频率范围 MHz	10 m 测量距离	3 m 测量距离 ^a
	准峰值 dB(μ V/m)	准峰值 dB(μ V/m)
30~230	30	40
230~1 000	37	47
注：在过渡频率处采用较低的限值。		
^a 3 m 测试距离只适用于圆柱体测试区域直径不超过1.2 m、高不超过1.5 m的小型设备。		

8.2 抗扰度试验等级

8.2.1 静电放电抗扰度试验等级

静电放电抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.2 中所规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:3 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 B 的要求。

8.2.2 射频电磁场辐射抗扰度试验等级

射频电磁场辐射抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.3 中所规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:80 MHz~1 000 MHz 3 级,1.4 GHz~6 GHz 2 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 A 的要求。

8.2.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验等级

电快速瞬变脉冲群抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.4 中规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:3 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 B 的要求。

8.2.4 浪涌(冲击)抗扰度试验等级

浪涌(冲击)抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.5 中所规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:3 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 B 的要求。

8.2.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验等级

射频场感应的传导骚扰抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.6 中所规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:3 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 A 的要求。

8.2.6 工频磁场抗扰度试验等级

工频磁场抗扰度试验等级满足 GB/T 17626.8 中规定的严酷度等级,满足如下要求:

- 试验等级最低要求:4 级;
- 性能判据应符合 GB/T 17799.2 性能判据 B 的要求。

9 标识与文档

9.1 一般标识

9.1.1 基本要求

逆变器标识的图形符号应满足附录 A 的相关要求,随逆变器一起提供的文档中应包含所使用的图形符号的含义,逆变器标识应清晰可见。

9.1.2 标识的耐久性

逆变器的标识在正常使用条件下应能保持清晰可辨。

9.1.3 标识内容

逆变器标识应至少包含以下内容：

- 逆变器制造商的名称或商标；
- 逆变器的型号或名称；
- 逆变器产地、批次或日期的序列号、代码或其他标识。
- 输入电压、电压类型和最大连续输入电流；
- MPP 输入电压范围；
- 输出电压范围、输出频率、每相最大连续输出电流；
- $\cos\varphi=1$ 、 $\cos\varphi=0.95$ 和 $\cos\varphi=0.9$ 三种工况下的最大输出功率；
- 功率因数范围；
- IP 防护等级。

9.1.4 熔断器标识

熔断器的标识应满足下列要求：

- a) 额定电流；
- b) 熔断特性的相关参数(如延迟时间或分断容量等)；
- c) 对于安装在可接触区域以外的熔断器或可接触区域内固定焊接的熔断器,可只标注一个明确的参考符号(例如 FU1、FU2 等),熔断器相关信息应在维修手册中说明。

9.1.5 端子、连接和控制器标识

端子、连接和控制器的标识应满足下列要求：

- a) 接线端子、连接器、控制器和指示器等应明确标注,标注方式应满足附录 A 的要求,位置不够时可用附录 A 中的第 9 个符号；
- b) 用于信号传递、控制和通信的连接器的管脚无需逐个标注,只需标明整个连接器的用途；
- c) 用于紧急制动装置的按钮和制动器,用于警示危险或需要紧急处理的指示灯,均应为红色；
- d) 采用多种供电电压时应标记出厂时设置的电压,标识可采用纸质标签或其他非永久性材料。

9.1.6 保护导体端子

保护接地的连接端子可选择以下任意一种方式进行标注：

- 附录 A 中的第 7 个符号；
- 字母“PE”；
- 黄绿相间的颜色。



9.1.7 开关和断路器

开关和断路器的位置应明确标注。采用按钮开关时,应采用附录 A 中的第 10 和第 11 个符号或第 16 和第 17 个符号标注“闭合”与“断开”的位置。

9.1.8 用于外部连接的出线盒

接线端子或接线盒内其他零部件的温度超过规定限值时,接线端子旁边应有明显标识,标识内容应为以下方式：

- 端子连接电缆的最低额定温度和尺寸；
- 使用附录 A 中的第 9 个符号。

9.2 警告标识

9.2.1 可见性和易辨性

警告标识在设备正常使用状态时应不可缺失且清晰可见。警告标识应标识在零部件之上或附近且容易辨认,最小尺寸满足下述要求:

- a) 印刷符号高度应不小于 2.75 mm;
- b) 印刷文字高度应不小于 1.5 mm,文字颜色与背景颜色应对比鲜明;
- c) 铸造、压印或雕刻在材料上的符号或文字,字符高度应不小于 2.0 mm,如果颜色与背景没有反差,字符凹入或浮起的高度应不小于 0.5 mm。

9.2.2 标识内容

9.2.2.1 不接地散热片和类似零部件

不接地散热片或其他零部件,应采用附录 A 第 13 个符号或其他等效符号进行标注,该标识应放在散热片上或其附近。

9.2.2.2 灼热表面

逆变器的可接触部件表面温度超过规定限值时应标注附录 A 中第 14 个符号。

9.2.2.3 冷却液

当逆变器冷却液温度可能超过 70 °C 时,应标注附录 A 中的第 15 个符号并确保安装后标识清晰可见。文档中应有关于冷却液烫伤的警告并采用如下任意一种方式说明:

- a) 冷却系统只能由维修人员来维护;
- b) 无须进入设备内部接触危险源就能进行处理时,安装说明书中应包含对冷却系统进行安全通风、排泄或其他处理的指导。

9.2.2.4 存储能量

对具有存储能量危险的储能元件,应标注附录 A 中第 21 个符号,符号旁边应标注电容器放电至安全电压或能量水平的时间。

9.2.2.5 风机防护罩

对可拆卸的风机防护罩,应在拆卸之前可见的地方标注警告标识,并给出安全维护指示(例如拆卸防护罩之前先断开电源等)。

9.2.3 噪声危害的标识和指示

标识和指示应满足下列要求:

- a) 声压等级超过 80 dB 的逆变器应标注噪声危害的标识;
- b) 安装说明书中应包含降低噪声措施的正确安装方法。

9.2.4 多电源连接

逆变器应标注附录 A 中的第 13 个符号,该符号的放置位置应明显可见。

9.2.5 接触电流超限

逆变器上应标注附录 A 中的第 15 个符号。

9.3 文档

9.3.1 基本要求

与逆变器一起提供的文档应包含逆变器操作、安装和维护(如适用)的相关信息。文档应包含 9.1 的要求并包含以下内容:

- a) 解释设备上的标识,包括所用的符号。
- b) 端子和控制器的位置和功能。
- c) 逆变器的额定参数,包括以下环境参数,并解释其含义及影响:
 - 环境分类;
 - 潮湿场所分类;
 - 预置外部环境的污染等级;
 - 额定 IP 防护等级;
 - 额定环境温度和相对湿度;
 - 最大海拔高度;
 - 输入输出端口的过电压分类。
- d) 光伏阵列受到光照后会向逆变器提供直流电压的警告。

9.3.2 格式

文档可采用纸质文档或电子文档。

9.3.3 安装说明

文档要包括安装与调试说明,对于安装和调试过程中可能产生的危险,应给出警示。

9.3.4 操作说明书

操作说明书应包括所有保证安全操作的必要信息并包含以下内容:

- a) 控制器的设置、调整方法以及调整效果的说明;
- b) 连接附件和其他设备的说明,并明确适用的附件、可拆卸零部件和专用材料;
- c) 表面温度允许超过限值的可能导致烫伤危险的警告,以及要求操作者采取的降低风险的措施;
- d) 逆变器没有按照规定的方式使用时其保护措施可能失效的说明;
- e) 运动部件操作的技术要求。

9.3.5 维护说明书

维护说明书包括以下信息:

- a) 定期维护的周期和说明;
- b) 进入操作者接触区的说明,包括不要进入设备其他区域的警告;
- c) 零部件的编号和说明;
- d) 安全的清洁方式;
- e) 开关设备断开次序。

10 包装、运输和储存

10.1 包装方式

逆变器包装方式应满足如下要求：

- a) 逆变器的包装方式与防护包装方法、包装相关技术要求应符合 GB/T 13384 的规定；
- b) 包装上应有储运标志和警示标志，标识应满足 GB/T 191 的规定；
- c) 对于 50 kg 以上的逆变器，宜给出重心的标识。

10.2 运输

逆变器在运输过程中不应有剧烈的震动、冲击和倒放，运输的环境条件等级应符合 GB/T 4798.2 的要求。逆变器在运输过程中应满足下列要求：

- a) 包装使用的纸箱的搬运部位、封口和支撑部位不应破损；
- b) 包装使用的木箱应无外观断裂或部位缺失；
- c) 包装使用的缓冲材料应无不可恢复严重变形或完全断裂脱落或部位损失；
- d) 逆变器应无人眼可见的凹坑、掉漆、划痕、擦伤、丝印脱落等问题；
- e) 逆变器使用的机械固定和连接处零部件不应产生松动、断裂或脱落等问题。

10.3 储存

逆变器存储应满足下列条件：

- a) 放置温度：-40℃~70℃；
- b) 相对湿度：不大于 95%；
- c) 空气流通、无腐蚀性气体的环境中；
- d) 不应淋雨、曝晒以避免出现凝露和霜冻，不应受到强烈机械振动、冲击和强磁场作用。

11 检测内容

11.1 逆变器的检测应包括型式试验、出厂试验和现场试验。

11.2 逆变器型式试验应按照 GB/T 37409 中规定的方法进行检测，检测项目见表 27。

表 27 逆变器检测项目

序号	检测项目		型式试验	出厂试验	现场试验	技术要求
1	外观与结构检查		√	√	√	—
2	环境适应性	低温工作测试	√			5.3
3		高温工作测试	√	√		5.3
4		恒定湿热存储测试	√			5.4
5		盐雾测试	√			5.1
		防护等级测试	√			5.2

表 27 (续)

序号	检测项目		型式试验	出厂试验	现场试验	技术要求
6	安全性能	电击防护	可触及性测试	✓		6.1
7			保护连接测试	✓		6.1
8			绝缘强度测试	✓	✓	6.1
9			局部放电测试	✓		6.1
10			接触电流测试	✓		6.1
11			脉冲电压测试	✓		6.1
12		存储电荷放电测试		✓		6.2
13		温升测试		✓		6.3
14		机械防护	稳定性测试	✓		6.4
15			搬运测试	✓		6.4
16		短路保护测试		✓		6.5
17		噪声测试		✓		6.6
18		绝缘阻抗检测能力测试		✓		6.7.1
19		残余电流检测能力测试		✓		6.7.2
20	并网性能	有功功率	有功功率容量	✓	✓	7.1.1
21			给定值控制	✓		7.1.2.1
22			启停机变化率控制	✓		7.1.2.2
23			一次调频控制(如适用)	✓		7.1.2.3
24		无功功率	无功功率容量	✓		7.2.1
25			无功功率控制	✓		7.2.2
26		电能质量		✓	✓	7.3
27		故障穿越	低电压穿越	✓		7.4
28			高电压穿越	✓		7.4
29		运行适应性	电压适应性	✓		7.5.1
30			频率适应性	✓		7.5.2
31			电能质量适应性	✓		7.5.3
32		防孤岛保护		✓		7.6.1
33		恢复并网		✓	✓	7.6.2
34	通信测试		✓	✓		7.7
35	电磁兼容性测试		✓			第 8 章
36	效率	转换效率		✓	✓	—
37		静态 MPPT 效率		✓		—
38		动态 MPPT 效率		✓		—
39		加权效率		✓		—
40	标识耐久性测试		✓			第 9 章
41	包装、运输和储存测试		✓			第 10 章

附 录 A
(规范性附录)
设备标识符号

逆变器的标识符号见表 A.1。

表 A.1 设备标识符号

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
10		开(电源)
11		关(电源)
12		通过双重绝缘或加强绝缘保护的 设备
13		电击危险
14		灼热表面
15		注意危险
16		按键开启
17		按键关闭
18		输入端子或定额

表 A.1 (续)

编号	符号	描述
19		输出端子或定额
20		双向端子或定额
21		注意,电击危险,能量存储定时释放 (放电时间标注在符号旁边)
22		噪声危险,佩戴听力保护装置 

附 录 B
(规范性附录)
不同高度电气间隙修正

B.1 电气间隙修正因子

2 000 m 以上海拔高度的电气间隙修正因子见表 B.1。

表 B.1 海拔高度在 2 000 m~20 000 m 之间的电气间隙修正因子

海拔高度 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
7 000	41.0	1.95
8 000	35.5	2.25
9 000	30.5	2.62
10 000	26.5	3.02
15 000	12.0	6.67
20 000	5.5	14.50

B.2 电气间隙试验电压

不同海拔高度下电气间隙的试验电压见表 B.2。

表 B.2 检验不同海拔高度下电气间隙的试验电压

脉冲电压 kV	海平面的 冲击试验电压 kV	海拔高度 200 m 的 冲击试验电压 kV	海拔高度 500 m 的 冲击试验电压 kV
0.33	0.36	0.36	0.35
0.50	0.54	0.54	0.53
0.80	0.93	0.92	0.90
1.50	1.8	1.7	1.7
2.50	2.9	2.9	2.8



表 B.2 (续)

脉冲电压 kV	海平面的 冲击试验电压 kV	海拔高度 200 m 的 冲击试验电压 kV	海拔高度 500 m 的 冲击试验电压 kV
4.00	4.9	4.8	4.7
6.00	7.4	7.2	7.0
8.00	9.8	9.6	9.4
12.00	15	14	14
注：对电气间隙进行试验时，相关的固体绝缘将会承受试验电压。由于脉冲试验电压随着额定脉冲电压的提高而提高，固体绝缘有更高的脉冲耐受能力。			



附录 C

(规范性附录)

功率控制响应时间计算方法

C.1 有功功率控制时间相应特性包括启动时间、响应时间和调节时间。逆变器有功功率设定值响应时间见图 C.1。

C.2 有功功率设定值控制启动时间应按式(C.1)进行计算。

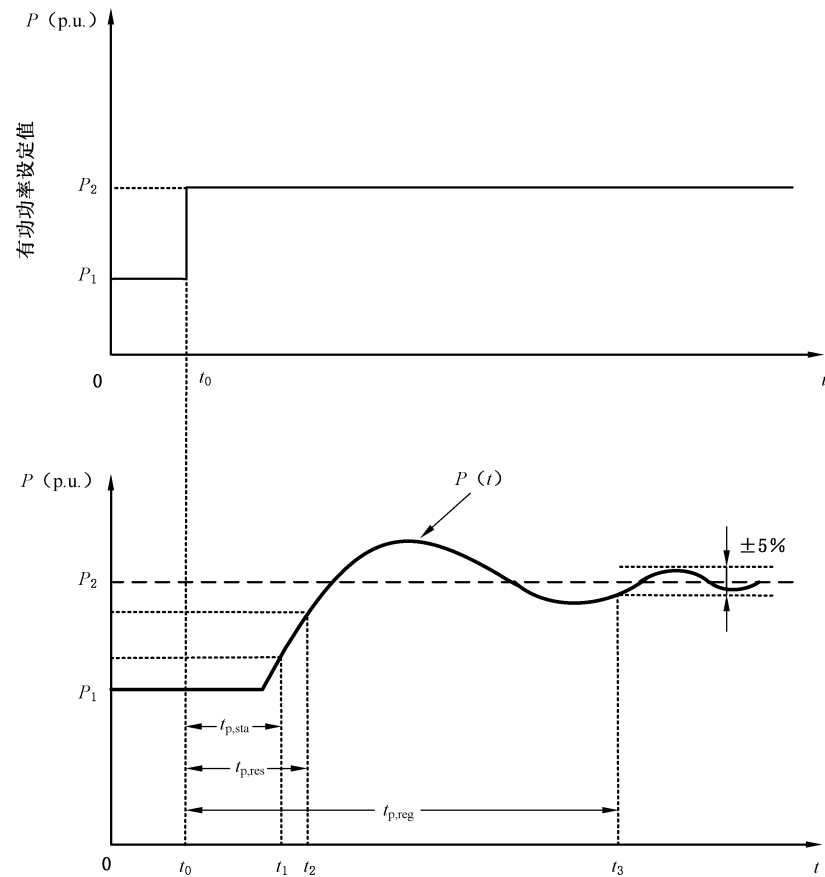
$$t_{p,sta} = t_1 - t_0 \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

C.3 有功功率设定值控制响应时间应按式(C.2)进行计算。

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

C.4 有功功率设定值控制调节时间应按式(C.3)进行计算。

$$t_{p,reg} = t_3 - t_0 \quad \dots\dots\dots (C.3)$$



说明：
 $P(t)$ ——设定值运行期间有功功率曲线；
 P_1 ——有功功率初始运行值(上一设定值)；
 P_2 ——有功功率控制目标值(下一设定值)；
 t_0 ——设定值控制开始时刻；
 t_1 ——有功功率变化第一次达到设定阶跃值 10% 的时刻；
 t_2 ——有功功率变化第一次达到设定阶跃值 90% 的时刻；
 t_3 ——有功功率持续运行在设定阶跃值 $\pm 5\%$ 之内的开始时刻。

图 C.1 功率控制响应时间示意图