

中国建筑节能协会团体标准

P 33

T/CABEE 063—2024

建筑光储直柔系统变换器通用技术要求

General technical requirements for converter of PEDF system in buildings

2024 - 03 - 29 发布

2024 - 06 - 01 实施

中国建筑节能协会 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、缩略语2

 3.1 术语和定义 2

 3.2 缩略语 3

4 变换器类别3

 4.1 按功能分类 3

 4.2 按电气结构分类 4

 4.3 按电能流向分类 4

 4.4 按运行状态分类 4

 4.5 按端口数量分类 4

5 一般要求4

 5.1 正常使用条件 4

 5.2 额定值 5

 5.3 安装 5

 5.4 噪声 6

 5.5 防护等级 6

 5.6 紫外线照射 6

 5.7 风扇调速 6

 5.8 通信、监测和监控 6

6 安全6

 6.1 电击防护 6

 6.2 温度限值 7

 6.3 机械危险防护 8

 6.4 材料的可燃性 8

 6.5 电压标识 8

7 电气性能9

 7.1 一般规定 9

 7.2 控制 10

 7.3 保护 11

 7.4 电网接口变换器 13

8 电磁环境15

9 标识与文档15

 9.1 一般标识 15

 9.2 警告标识 16

 9.3 用户手册 16

10 试验规则17

10.1 试验类型 17

10.2 试验项目 17

11 试验方法18

11.1 试验条件 18

11.2 试验装置 19

11.3 试验方法 20

附录 A（规范性） 变换器标识符号34

附录 B（规范性） 轻载效率和加权总效率35

B.1 轻载效率 35

B.2 加权总效率 35

附录 C（资料性） 电容存储能量限值计算方法36

C.1 存储能量 36

C.2 存储能量限值计算方法 36

附录 D（资料性） 变换器常见控制保护特性37

D.1 变换器控制保护特性 37

D.2 电压控制模式的控制保护特性 37

D.3 电流控制模式的控制保护特性 37

附录 E（资料性） 变换器响应延迟时间和调节变化速率计算方法38

E.1 变换器的响应和调节过程 38

E.2 响应延迟时间和调节变化率计算方法 38

前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法(试行)》(国建节协[2017]40号)及《关于印发〈2021年度第二批团体标准制修订计划〉的通知》(国建节协[2021]50号)的要求,由中国建筑节能协会光储直柔专业委员会组织北京交通大学和深圳市建筑科学研究院股份有限公司等有关单位组建编制组,经广泛的调查研究,认真总结实践经验,考察有关国内外标准和先进经验,并在广泛征求意见的基础上,共同编制了本文件。

本文件的主要内容包括:1.范围;2.规范性引用文件;3.术语和定义、缩略语;4.变换器类别;5.一般要求;6.安全;7.电气性能;8.电磁环境;9.标识与文档;10.试验规则;11.试验方法。

本文件由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理(联系电话:010-57811483,邮箱:biaoban@cabee.org),由北京交通大学负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送至北京交通大学(地址:北京市海淀区西直门外上园村3号,邮编:100091)。

本文件主编单位:北京交通大学、深圳市建筑科学研究院股份有限公司。

本文件参编单位:清华大学、中国建筑节能协会光储直柔专业委员会、北京国建节低碳技术有限公司、光之科技(北京)有限公司、北京德意新能科技有限公司、深圳供电局有限公司电力科学研究院、固德威技术股份有限公司、山东大学、珠海格力电器股份有限公司、科威尔技术股份有限公司、广东美的制冷设备有限公司、广东美的暖通设备有限公司、万帮数字能源股份有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、南京国臣直流配电科技有限公司、山东泰开直流技术有限公司、深圳市英可瑞科技股份有限公司、国核电力规划设计研究院有限公司、北京电力自动化设备有限公司、嘉庚创新实验室、北京市煤气热力工程设计院有限公司、厦门文子数饭科技有限公司、杭州海奥绿建科技有限公司、上海电气电力电子有限公司、青岛海信日立空调系统有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、国网浙江省电力有限公司、中国中建设计研究院有限公司、华为综合智慧能源有限公司、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、中国长江三峡集团科学技术研究院、国创能源互联网创新中心(广东)有限公司、上海大周信息科技有限公司、中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司、深圳市康维特电气有限公司、国网山西省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人员:童亦斌、郝斌、刘晓华、武涌、梁建钢、赵宇明、赵志刚、方刚、李永武、江海昊、贺伟衡、孙凯祺、唐德平、杨志、唐颖、李忠、李伟、胡启、张峰、沈百强、李磊、张禄、王勉、马伟、晏阳、韩占强、宋晋峰、赵杨、孟超、张宏亮、吴越、蔡苗苗、余志广、何成军、刘翼肇、黄颂儒。

本文件主要审查人员:江亿、郝军、朱彬、李俊民、王久和、李红伟、张海。

1 范围

本文件规定了建筑光储直柔系统中直流端口电压 1500V 及以下的变换器的类别、一般要求、安全、电气性能、电磁环境、标识与文档，以及试验规则和试验方法。

本文件适用于建筑光储直柔系统中直流端口电压 1500V 及以下的变换器。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过本文件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（包括所有修改单）适用于本文件。

- GB/T 321 优先数和优先数系
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
- GB/T 3805—2008 特低电压（ELV）限值
- GB/T 3859.2 半导体变流器通用要求和电网换相变流器 第 1-2 部分：应用导则
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求
- GB 4824—2019 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
- 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 12113—2003 接触电流和保护导体电流的测量方法
- 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/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法
- 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 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- 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 17045 电击防护 装置和设备的通用部分
- GB/T 19582.1 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范 第 1 部分：Modbus 应用协议
- GB/T 19582.2 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范 第 2 部分：Modbus 协议在串行链路上的实现指南
- GB/T 19582.3 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范 第 3 部分：Modbus 协议在 TCP/IP 上的实现指南
- GB/T 34133—2017 储能变流器检测技术规程
- NB/T 32004—2018 光伏并网逆变器技术规范
- T/CABEE 030—2022 民用建筑直流配电设计标准
- GB/T 37409 光伏发电并网逆变器检测技术规范

3 术语和定义、缩略语

T/CABEE 030—2022 界定的以及下列术语和定义、缩略语适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

光储直柔 photovoltaics, energy storage, direct current and flexibility (PEDF)

配置建筑光伏和建筑储能，采用直流配电系统，且用电设备具备功率主动响应功能的新型建筑能源系统。

[来源：T/CABEE 030—2022，2.1.1]

3.1.2

变换器 converter

由电力电子电路和必要的辅助部件，以及不能进行物理拆分（除非妨碍变换器的运行）的其他部件共同组成，具备电能变换、控制和保护功能的电气装置。

3.1.3

功率主动响应 active power response

变换器根据直流母线电压变化自动调整运行状态和稳态功率，或根据功率调节目标自动改变直流母线稳态电压的功能。

[来源：T/CABEE 030—2022，2.1.11]

3.1.4

功率端口 power port

电能输入变换器或从变换器输出的端口。

3.1.5

直流端口 DC power port

变换器与直流母线连接的功率端口。

3.1.6

交流端口 AC power port

变换器与交流电网连接的功率端口。

3.1.7

负载状态 load state

变换器的直流端口从直流母线输入电能的运行状态。

3.1.8

电源状态 power source state

变换器的直流端口向直流母线输出电能的运行状态。

3.1.9

电压控制模式 voltage control mode

变换器以直流端口电压为控制对象，以稳定该端口电压为控制目标的控制模式。

3.1.10

电流控制模式 current control mode

变换器以直流端口电流为控制对象，以稳定该端口电流为控制目标的控制模式。

注：以直流端口功率为控制对象的控制模式，本文件将其纳入电流控制模式范畴。

3.1.11

并网状态 grid-connected state

光储直柔系统通过电网接口变换器接入交流电网，交流电网和直流母线可以通过电网接口变换器单向或双向输送电能的运行状态。

3.1.12

离网状态 off-grid state

光储直柔系统从交流电网断开，依靠分布式电源维持供电的运行状态。

注：光储直柔系统与交流电网断开后，依靠分布式电源维持交流供电称为交流离网状态，依靠分布式电源维持直流供电称为直流离网状态。

3.1.13

直流离网启动 DC off-grid start

在与交流电网断开的情况下，光储直柔系统依靠分布式电源建立直流母线电压，恢复光储直柔系统直流母线基本供电能力的过程。

3.1.14

稳态偏差 steady deviation

在规定的运行条件下，电气量的实际值与参考值之间的最大稳态差值。

注：除特别说明外，变换器功率端口电压、电流和功率的稳态偏差采用额定值作为参考值。

3.2 缩略语

- APR：功率主动响应（Active Power Response）
 BMS：电池管理系统（Battery Management System）
 DPC：直流功率变换器（DC Power Converter）
 DVC：直流电压变换器（DC Voltage Converter）
 CCM：电流控制模式（Current Control Mode）
 ESC：储能变换器（Energy Storage Converter）
 EUT：受试电气装置（Equipment Under Test）
 GCC：电网接口变换器（Grid-Connected Converter）
 MPPT：最大功率点跟踪（Maximum Power Point Tracking）
 PEDF：光储直柔（Photovoltaics, Energy Storage, Direct Current and Flexibility）
 PVC：光伏变换器（Photovoltaic Converter）
 SCRT：短路故障穿越（Short Circuit Ride Through）
 VCM：电压控制模式（Voltage Control Mode）

4 变换器类别

4.1 按功能分类

变换器按照功能可分为：

- 电网接口变换器（GCC），指连接在交流电网和直流母线之间，具备交流 / 直流或直流 / 交流变换控制功能，交流端口和直流端口之间电能单向或双向输送的变换器；
- 储能变换器（ESC），指连接在储能电池和直流母线之间，能对储能电池进行充电和放电控制的变换器；
- 光伏变换器（PVC），指连接在光伏电池和直流母线之间，能对光伏电池进行最大功率点跟

踪控制的变换器；

- 直流电压变换器（DVC），指连接在光储直柔系统不同的直流母线之间，其中一个直流端口采用电压控制模式（VCM），可以运行在电源状态，为该直流端口连接的直流母线供电的变换器；
- 直流功率变换器（DPC），指连接在光储直柔系统不同的直流母线之间，其中一个直流端口采用电流控制模式（CCM），可以控制两个直流母线之间电流或功率的变换器。

4.2 按电气结构分类

变换器按照电气结构可分为：

- 非隔离型变换器，指功率端口之间不具备基本绝缘隔离的变换器；
- 隔离型变换器，指功率端口之间具备基本绝缘隔离的变换器。

4.3 按电能流向分类

变换器按照电能流向可分为：

- 单向变换器，指电能只能从特定的功率端口输入并从特定的功率端口输出的变换器；
- 双向变换器，指电能可以在两个功率端口之间双向输入或输出的变换器。

注：变换器功率端口根据电能流向分为输入端口（电能输入变换器的功率端口）和输出端口（电能从变换器输出的功率端口）。

4.4 按运行状态分类

变换器按照运行状态可分为：

- 电源变换器，指能稳定运行在电源状态的变换器；
- 负载变换器，指只能稳定运行在负载状态的变换器。

注 1：对于双向变换器，除非有措施确保该变换器不会运行在电源状态，否则都应视为电源变换器。

注 2：双向电源变换器也可能运行在负载状态。

4.5 按端口数量分类

变换器按照端口数量可分为：

- 双端口变换器，指包含两个功率端口的变换器；
- 多端口变换器，指包含两个以上功率端口的变换器。

5 一般要求

5.1 正常使用条件

5.1.1 环境温度

变换器在以下环境温度范围内应能正常运行。

- 户内型变换器：-5℃~50℃；
- 户外型变换器：-20℃~50℃。

注：当环境温度超过正常使用环境温度范围规定的最高值（超过最多为 15℃）时，应按照 GB/T 3859.2 的规定使用。

5.1.2 相对湿度

变换器在以下相对湿度环境下应能正常运行。

- 户内型变换器：相对湿度不大于 85%，无凝露；
- 户外型变换器：相对湿度不大于 95%，无凝露。

5.1.3 海拔

变换器在 2000m 及以下海拔范围内应能正常运行。

注：当海拔高度超过 2000m 时，按照 GB/T 3859.2 规定降额使用。

5.1.4 污染等级

5.1.4.1 污染等级分类

变换器外部环境的污染等级，根据 GB/T 16935.1 分为 4 级。

- 污染等级 1：无污染或仅有干燥的、非导电性的污染，该污染没有任何影响；
- 污染等级 2：一般仅有非导电性污染，然而必须预期到凝露会偶然发生短暂的导电性污染；
- 污染等级 3：有导电性污染，或由于可预期的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、雨或其他潮湿条件所引起的污染。

5.1.4.2 污染等级耐受能力

变换器的污染等级耐受能力应符合下列规定：

- a) 户外型变换器应符合在污染等级 3 的条件下正常使用的要求；
- b) 户内型变换器应符合在污染等级 2 的条件下正常使用的要求。

5.2 额定值

5.2.1 额定电压

变换器功率端口的额定电压应符合下列规定：

- a) 变换器交流端口额定电压的优选值：三相 380V/50Hz；
- b) 变换器直流端口额定电压的优选值：750V，375V，48V；
- c) 变换器直流端口的额定电压应根据额定功率选择，且宜符合表 1 的规定。

表 1 变换器直流端口额定电压

序号	额定功率	直流端口额定电压
1	$\leq 500\text{W}$	48V
2	$> 500\text{W}$ 且 $\leq 15\text{kW}$	375V
3	$> 15\text{kW}$	750V

5.2.2 额定功率

变换器的额定功率宜符合下列规定：

- a) 额定功率大于 2.5kW 但不超过 50kW 的变换器，额定功率的优选值序列为：5kW，10kW，15kW，25kW，50kW；
- b) 额定功率超过 50kW 但不超过 500kW 的变换器，额定功率按 50kW 递增；
- c) 额定功率超过 500kW 的变换器，额定功率按 GB/T 321 中的 R10 数系选择。

注：除非特别说明，变换器的额定功率指直流端口的额定功率。

5.3 安装

变换器的安装应符合下列规定：

- a) 储能变换器宜采取与储能电池就近安装的方式；
- b) 光伏变换器宜采取与光伏电池就近安装的方式。

5.4 噪声

变换器的噪声应符合下列规定：

- a) 户内型变换器运行时的噪声不宜超过 55dB (A)；
- b) 户外型变换器运行时的噪声不宜超过 70dB (A)。

5.5 防护等级

变换器的防护等级应符合下列规定：

- a) 户内型变换器的防护等级不宜低于 IP20；
- b) 户外型变换器的防护等级不宜低于 IP55。

5.6 紫外线照射

变换器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现象，包括裂纹或破裂，其防水、防火性能不应降低。

5.7 风扇调速

采用风扇散热的变换器，应具备根据实际温度调节风扇转速的功能。

5.8 通信、监测和监控

变换器应具备通信、监测和监控功能，并符合下列规定：

- a) 变换器通信宜选用 RS485 接口或以太网接口，采用 Modbus 应用协议，并符合下列规定：
 - RS485 接口的应用层协议符合 GB/T 19582.2 的要求；
 - 以太网接口的应用层协议符合 GB/T 19582.3 的要求；
 - Modbus 应用层协议符合 GB/T 19582.1 的要求。
- b) 变换器应具备监测功能，并包括下列监测变量和状态：
 - 功率端口的电压、电流、功率和电能流向；
 - 启动 / 停止状态、故障 / 正常状态、故障代码；
 - 功率端口累计电量，双向变换器两个电能流向的累计电量。
- c) 变换器应具备下列监控功能：
 - 控制变换器启动和停止；
 - 对故障保护状态进行远程复位；
 - 根据变换器功能，对电压、电流或功率进行调节；
 - 根据变换器功能，对控制模式进行切换或对控制参数进行调整。
- d) 变换器通信、监测和监控的最小时间间隔宜小于 1s。

6 安全

6.1 电击防护

6.1.1 基本要求

变换器的电击防护应符合下列基本要求。

- a) 变换器应根据 GB/T 17045 规定的防护类别进行分类，并按规定配置电击防护措施，且应符合下列规定：

- 电击防护分类为Ⅰ类的变换器采用附录 A 表 A.1 中第 5 个符号进行标识；
- 电击防护分类为Ⅱ类的变换器采用附录 A 表 A.1 中第 10 个符号进行标识；
- 电击防护分类为Ⅲ类的变换器采用附录 A 表 A.1 中第 11 个符号进行标识。

- b) Ⅰ类和Ⅱ类变换器应具备防止直接接触功能，带电部分应置于防护等级至少为 IPXXB 或 IP2X 的外护物之内或遮栏之后，且外护物或遮栏只有在以下情况下才能移动或打开：
- 使用钥匙或工具；
 - 切断变换器电源，且只有在外护物或遮栏恢复原位或重新关闭后才能合闸通电；
 - 在维修人员接触区的危险带电电路采取防无意触碰的措施。

6.1.2 安全特低电压防护（SELV）

变换器的 48V 直流端口应采取 SELV 防护，并应符合 GB/T 17045 的规定。

6.1.3 存储能量限值

变换器断电后电容器中的存储能量应符合下列要求：

- a) 对于不使用工具可断开的插头和连接器，断开或断电后，暴露导体放电到电压低于 30V 或存储能量低于 0.5mJ 所需的时间不超过 1s；
- b) 在维修人员接触区，变换器断电后，暴露导体放电到电压低于 30V 或存储能量低于 0.1J 所需的时间不超过 10s；
- c) 当上述要求不能满足时，在变换器和电容器的遮栏或外护物的明显位置，标注附录 A 表 A.1 中第 9 个符号，并注明存储能量泄放至低于限值所需的时间。

6.1.4 接触电流限值

变换器的接触电流应符合下列规定：

- a) 变换器可触及零部件的接触电流不超过 3.5mA（1kHz 及以下交流分量总有效值）和 10mA（直流分量）；
- b) 对于插头连接的Ⅰ类变换器，在保护接地导体受损或断开的情况下，变换器可触及零部件与地之间的接触电流不超过 3.5mA（1kHz 及以下交流分量总有效值）和 10mA（直流）。

6.1.5 保护导体电流限值

变换器的保护导体电流应符合下列规定：

- a) 在正常运行条件下，Ⅰ类变换器保护导体电流不大于表 2 规定的限值。

表 2 保护导体电流中交流分量和直流分量限值

变换器额定直流电流 I_n	交流分量限值（1kHz 及以下总有效值）	直流分量限值
$0A < I_n \leq 2A$	1mA	3mA
$2A < I_n \leq 20A$	0.5mA/A	1.5mA/A
$I_n > 20A$	10mA	30mA

- b) 在Ⅰ类变换器保护导体电流无法满足表 2 限值要求的情况下，采用附录 A 表 A.1 中第 8 个符号进行标识，并采取以下一个或多个保护措施：
- 采用固定连接且根据 GB/T 17045 采取加强型保护导体连接；
 - 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。

6.2 温度限值

变换器可接触部件表面最高温度应符合表 3 中温度限值的要求。

表 3 可接触部件表面温度限值

位置	温度限值（℃）		
	金属	玻璃材料	塑料、橡胶
经常操作的部件（旋钮、手柄、开关、显示器等）	55	65	75
不经常操作的部件（旋钮、手柄、开关、显示器等）	60	70	85
外壳	70	80	95

注：如果可接触部件表面作为变换器预期功能的一部分（如散热器），则允许部件表面最高温度为 100℃，并应在此部件表面标注附录 A 表 A.1 中第 7 个符号。

6.3 机械危险防护

6.3.1 基本要求

变换器不应产生机械危险，操作人员能够接触的部位（如棱缘、凸起、拐角、孔洞、护罩和手柄）应光滑。

6.3.2 运动部件

变换器的运动部件（如散热风扇）应符合下列规定：

- a) 只有借助工具才能接触运动部件；
- b) 通过拆卸能接触到危险部位的盖子或零部件上有警告标识；
- c) 不安装自动复位的热断路器、过流保护装置或定时自动启动装置。

6.3.3 壁挂安装

采用壁挂方式安装的变换器，安装支架应能承受不小于变换器重力 4 倍的力。

6.4 材料的可燃性

变换器使用的材料的可燃性应符合表 4 的要求。

表 4 材料的可燃性要求

零部件	最低要求
外壳材料表面积大于 1m ² 或单个方向的长度超过 2m	火焰蔓延指数不超过 100
防火外壳	5VB 级； 满足 GB/T 5169.11 的规定； 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 13mm）
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、把手等不作阻燃要求； 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 级的材料制作
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 电压标识

变换器的电压标识应符合下列规定：

- a) 变换器的直流端口和交流端口分别采用附录 A 表 A.1 中第 1 个和第 2 个符号进行标识。

- b) 变换器的直流端口宜同时采用符号和颜色标注电压极性。
- c) 变换器直流端口的符号和颜色标识符合下列规定：
 - 直流端口正极的标识符号包含“L+”，负极的标识符号包含“L-”；
 - 直流端口正极宜采用红色标识，负极宜采用白色或黑色标识。

7 电气性能

7.1 一般规定

7.1.1 直流电压范围

变换器的直流电压范围应符合下列规定：

- a) 直流端口电压在 90%~105% 额定电压范围，在其他运行条件符合要求的情况下，变换器能按技术指标和功能正常运行；
- b) 直流端口电压在 85%~90% 额定电压范围，变换器宜能按技术指标和功能正常运行；
- c) 直流端口电压超出 90%~105% 额定电压范围，且仍在 80%~107% 额定电压范围，变换器可降额运行，制造商应在变换器用户手册中说明降额的条件和具体降额方式。

7.1.2 效率

变换器的效率应符合下列规定：

- a) GCC、ESC、DVC 和 DPC 的最高效率 $\eta_{\max}$ 、加权总效率 η_w 和轻载效率 η_l 应符合表 5 的要求。

表 5 GCC、ESC、DVC 和 DPC 的最高效率、加权总效率和轻载效率

变换器类型	变换器直流端口 额定功率 P_n	变换器效率等级					
		HE 级			GE 级		
		$\eta_{\max}$	η_w	η_l	$\eta_{\max}$	η_w	η_l
非隔离型	$5\text{kW} \leq P_n < 15\text{kW}$	$\geq 97.5\%$	$\geq 96.0\%$	$\geq 95.5\%$	$\geq 96.5\%$	$\geq 95.0\%$	$\geq 94.5\%$
	$P_n \geq 15\text{kW}$	$\geq 98.5\%$	$\geq 97.0\%$	$\geq 96.5\%$	$\geq 97.5\%$	$\geq 96.0\%$	$\geq 95.5\%$
单向 隔离型	$5\text{kW} \leq P_n < 15\text{kW}$	$\geq 96.0\%$	$\geq 94.5\%$	$\geq 94.0\%$	$\geq 94.5\%$	$\geq 93.0\%$	$\geq 92.5\%$
	$P_n \geq 15\text{kW}$	$\geq 97.0\%$	$\geq 95.5\%$	$\geq 95.0\%$	$\geq 95.5\%$	$\geq 94.0\%$	$\geq 93.5\%$
双向 隔离型	$5\text{kW} \leq P_n < 15\text{kW}$	$\geq 95.0\%$	$\geq 93.5\%$	$\geq 93.0\%$	$\geq 93.0\%$	$\geq 91.5\%$	$\geq 91.0\%$
	$P_n \geq 15\text{kW}$	$\geq 96.0\%$	$\geq 94.5\%$	$\geq 94.0\%$	$\geq 94.0\%$	$\geq 92.5\%$	$\geq 92.0\%$

注：GCC、ESC、DVC 和 DPC 的加权总效率和轻载效率的计算方法见附录 B。

- b) PVC 的最高效率 $\eta_{\max}$ 和加权总效率 η_w 应符合表 6 的要求。

表 6 PVC 的最高效率和加权总效率

变换器类型	额定功率 P_n	$\eta_{\max}$	η_w
非隔离型	$5\text{kW} \leq P_n < 15\text{kW}$	$\geq 97.5\%$	$\geq 97.0\%$
	$P_n \geq 15\text{kW}$	$\geq 98.5\%$	$\geq 98.0\%$
隔离型	$5\text{kW} \leq P_n < 15\text{kW}$	$\geq 95.5\%$	$\geq 95.0\%$
	$P_n \geq 15\text{kW}$	$\geq 96.5\%$	$\geq 96.0\%$

注：PVC 加权总效率的计算方法参考 NB/T 3200—2018 中公式（11）。

7.1.3 纹波

在本文件第 7.1.1 条第 a) 款规定的运行电压范围内, 变换器直流端口的纹波应符合下列规定:

- a) 运行在 VCM 的情况下, 电流在额定值以内变化, 变换器直流端口电压的纹波因数不大于 0.5%;
- b) 运行在 CCM 的情况下, 电流在额定值以内变化, 变换器直流端口电流的纹波因数不大于 2.5% (当直流端口电流大于 10A), 或电流纹波的峰谷值不大于 0.5A (当直流端口电流不超过 10A)。

7.2 控制

7.2.1 控制模式

变换器的电压控制模式和电流控制模式应符合下列规定:

- a) 采用 VCM 的变换器的直流端口符合下列规定:

- 直流端口电压宜能根据指令在 85%~105% 额定电压范围调节;
- 运行在电源状态时, 具备限流控制功能, 且宜采取自动限流方式;
- 宜具备电流 (或功率) —电压下垂控制功能, 且下垂系数可调。

注: 自动限流和电流 (或功率) —电压下垂特性参考附录 D。

- b) 采用 CCM 的变换器的直流端口符合下列规定:

- 直流端口功率或电流能根据指令在额定功率或电流范围内调节;
- 运行在电源状态时, 具备限压控制功能, 且宜采取自动限压方式;
- 宜具备电压—电流 (或功率) 下垂控制功能, 且下垂系数可调。

注: 自动限压和电压—电流 (或功率) 下垂特性参考附录 D。

7.2.2 功率主动响应 (APR)

变换器宜具备 APR 功能, 并符合下列规定:

- a) 直流端口运行在 VCM 的情况下, 变换器能根据实际功率与调节目标值之间的差值, 按照以下规则在 85%~105% 额定电压范围内调整直流端口电压:

- 在电源状态下, 如果需要增加输出功率, 变换器提高直流端口电压;
- 在电源状态下, 如果需要减小输出功率, 变换器降低直流端口电压;
- 在负载状态下, 如果需要增加输入功率, 变换器降低直流端口电压;
- 在负载状态下, 如果需要减小输入功率, 变换器提高直流端口电压。

注: 对于采用 VCM 的双向变换器, 运行状态取决于直流配电系统整体的功率平衡关系, 当变换器外部的直流配电系统电源功率超过负载功率时, 电能会从直流配电系统输入变换器, 变换器将运行在负载状态。

- b) 直流端口运行在 CCM 的情况下, 变换器能根据直流端口实际电压与电压参考值之间的差值, 在变换器其他功能允许的情况下, 按照以下规则调整功率:

- 在负载状态下, 如果直流端口电压高于额定电压, 变换器增大输入功率;
- 在负载状态下, 如果直流端口电压低于额定电压, 变换器减小输入功率;
- 在电源状态下, 如果直流端口电压高于额定电压, 变换器减小输出功率;
- 在电源状态下, 如果直流端口电压低于额定电压, 变换器增大输出功率。

注: 电压参考值在 85%~105% 额定电压范围, 具体数值根据建筑光储直柔系统 APR 功能的要求确定。

- c) 可选择启用或禁止 APR 功能, 且 APR 电压和功率之间变化的比例关系宜可调。

- d) APR 调节过程的时间不应小于 10s, 且不宜大于 300s。

7.2.3 稳态偏差

变换器直流端口的稳态偏差应符合下列规定:

- a) 运行在 VCM 的情况下, 功率稳定在额定功率范围内任意值时, 直流端口的电压稳态偏差不超过 $\pm 1.5\%$ 额定电压;

- b) 运行在 CCM 的情况下, 功率或电流稳定在 50%~100% 额定值之间任意值时, 直流端口功率的稳态偏差不超过 $\pm 2.0\%$ 额定功率, 电流的稳态偏差不超过 $\pm 1.5\%$ 额定电流。

7.2.4 响应延迟时间

正常运行条件下, 变换器对启动、停止, 以及电压、电流和功率指令的响应延迟时间不宜大于 1s。

7.2.5 调节变化速率

在直流离网启动、恢复并网、SCRT 电压恢复、MPPT、APR, 以及电压、电流或功率指令变化引起的调节过程中, 变换器电压、电流或功率的每秒的变化量不宜超过 X_n 。

注: 根据具体调节量的不同, X_n 代表变换器直流端口电压、功率或电流的额定值。

7.2.6 功率状态切换

ESC 应具备负载状态和电源状态连续切换的功能, 额定功率下负载状态和电源状态之间的最小切换时间不宜大于 100ms, 且连续切换功能宜可设置启用或禁止。

7.2.7 并联运行

并联运行的变换器应符合下列规定:

- a) 除非是特定功能的要求, 并联的变换器之间的稳态功率偏差不超过额定功率的 5%;
- b) 宜可以通过指令单独控制并联的变换器启动或停止运行;
- c) 在用户手册中说明并联变换器之间的功率控制方式。

7.2.8 自动运行

上电和保护后故障消除后, 在运行条件符合变换器技术要求时, 变换器宜可自动启动运行, 且自动运行功能可设置启用或禁止。

如果变换器启动需要手动确认, 宜可以通过本地操作完成。

7.2.9 最大功率跟踪

PVC 应具备 MPPT 功能。

接入多路光伏电池组串的 PVC 应具备多路 MPPT 功能。

7.2.10 储能电池低电量充电

ESC 应具备恒流充电的功能, 恒流充电电流值应可调节。

ESC 最低允许的电池充电电压宜为 0V。

7.2.11 直流电压变换器

DVC 采用 VCM 的直流端口宜具备 APR 功能, 且符合本文件第 7.2.2 条第 a)、c) 和 d) 款的规定。

7.2.12 直流功率变换器

DPC 应具备 APR 功能, 且符合本文件第 7.2.2 条第 b)、c) 和 d) 款的规定。

7.2.13 直流离网启动

变换器的直流离网启动功能应符合下列规定:

- a) 具备从 0V 开始建立直流母线电压的功能;
- b) 直流离网启动过程中电压上升速率宜可调, 且符合本文件第 7.2.5 条的规定;
- c) 具备直流离网启动超时保护功能, 且超时保护时间可调。

7.3 保护

7.3.1 直流端口异常电压保护

变换器的直流端口应具备异常电压耐受能力和异常电压保护功能, 并应符合下列规定:

- a) 当电压超出 80%~107% 额定电压范围, 但未超过变换器允许电压限值, 且持续时间不超过 10ms 时, 变换器不宜采取保护。
- b) 变换器的过电压和欠电压保护功能符合下列规定:
 - 过电压保护阈值宜大于额定电压的 110%;

- 电源变换器的欠电压保护阈值宜小于额定电压的 70%；
- 电压超过过电压保护阈值的情况下，运行在电源状态的变换器应在 10ms 内停止向直流母线输出功率；
- 电压低于欠电压保护阈值的情况下，除非另有规定，运行在负载状态的变换器宜在 10ms 内停止从直流母线输入功率；
- 过电压和欠电压保护动作后，直流端口电压重新进入本文件第 7.1.1 条第 a) 款规定的范围，变换器宜可以自动恢复运行。

c) 当直流端口电压达到额定电压的 115% 时，变换器不宜损坏。

7.3.2 过载能力

GCC 和 ESC 宜具备在额定功率的 110% 和额定电流的 110% 的条件下持续运行的过载能力。

7.3.3 短时过流承受能力

变换器应具备短时过流承受能力，并符合下列规定：

- a) 在图 1 实线 *a* 和 *b* 以下区域应保持运行；
- b) 在图 1 虚线 *c* 以下区域宜保持运行。

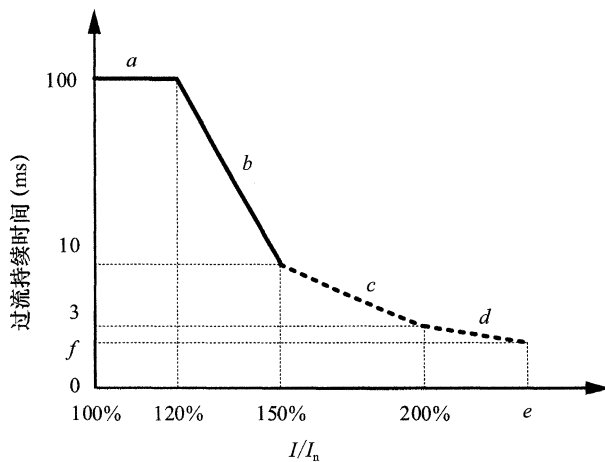


图 1 变换器短时过流承受能力

注：I 为变换器直流端口的电流， I_n 为变换器直流端口的额定电流。虚线 *d* 对应的变换器最大允许短时过流值 *e* 和过流持续时间 *f* 由制造商确定。

7.3.4 过流保护

变换器的直流端口应具备过流保护功能，且应在用户手册中说明过流保护动作阈值、动作方式和动作时间。

7.3.5 短路保护

变换器的直流端口应配置短路保护功能。

当变换器直流端口的短路保护装置不能分断直流端口预期最大短路电流时，用户手册中应包含需要在变换器外部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，并予以醒目提示。

7.3.6 短路故障穿越

运行在电源状态的 GCC、ESC、DVC 和 DPC 的直流端口宜具备 SCRT 功能，并符合下列规定：

- a) 直流母线电压跌落后，在图 2 虚线以上区域，变换器保持连续运行，以限流方式维持直流端口电流，且最大允许电流限值不小于额定电流的 120%，最大允许限流运行时间不少于 0.625s；
- b) 在图 2 点划线所示电压恢复阶段，具备电压控制功能，电压上升速率符合本文件第 7.2.5 条的规定。

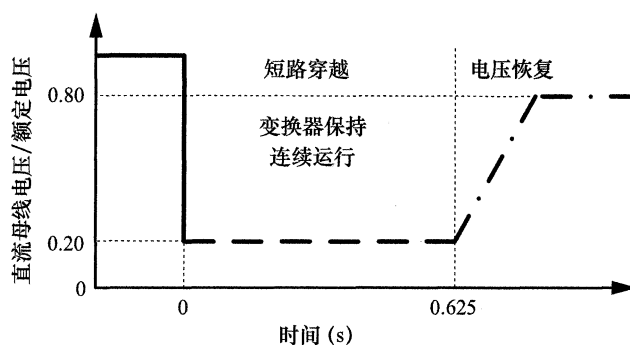


图2 变换器短路故障穿越区域

7.3.7 极性反接保护

在直流端口外部电压极性连接错误时变换器不宜出现损坏。

7.3.8 接通冲击电流

变换器的直流端口应采取措施限制接通冲击电流。

- 应在用户手册中给出接通冲击电流的幅值。
- 额定功率小于 5kW 的变换器，接通冲击电流的幅值不宜超过额定电流的 120%。
- 额定功率 5kW 及以上的变换器，接通冲击电流符合下列规定：
 - 幅值不宜超过额定电流的 20%；
 - 或调节变化速率符合本文件第 7.2.5 条的规定。

7.3.9 辅助电源

变换器的辅助电源应符合下列规定：

- 变换器所需的辅助电源宜在变换器内部从功率端口获取。
- 当变换器需要外部提供辅助电源时，宜采用直流 48V（电压范围 38V~53V）。
- 如果变换器采用外部直流 48V 作为辅助电源，辅助电源接口应符合下列规定：
 - 按照 GB/T 17045 的要求采取安全特低电压防护（SELV）；
 - 额定功率不宜超过 50W，最大电流不宜超过 1.5A。

7.3.10 储能电池保护

ESC 应具备下列储能电池保护功能：

- 储能电池过电压和欠电压保护，且过电压和欠电压保护阈值可调；
- 与储能电池连接的功率端口具备短路保护功能，且符合本文件第 7.3.5 条的规定；
- 宜具备与 BMS 通信的功能，可以根据 BMS 反馈的储能电池状态限制充电和放电功率或电流；
- 能接收 BMS 发出的危险报警信号，且在接到报警信号后 1s 内停止对储能电池充电和放电。

7.4 电网接口变换器

7.4.1 交流电压和频率范围

GCC 的交流电压和频率范围应符合下列规定：

- GCC 应在下列交流电网条件下正常运行：
 - 交流电压在 85%~115% 额定电压范围内，频率在 50.0Hz±1.0Hz 范围内。当交流电压超过额定电压的 110% 时，GCC 不应向交流电网输出有功功率。
 - 交流电压谐波不超过 GB/T 14549 中规定的限值。
 - 交流电压不平衡度不超过 GB/T 15543 中规定的限值。
- 在交流电压不同相序条件下，GCC 宜能正常运行。
- 三相电压缺相时，GCC 应停止运行。

7.4.2 交流电能质量

GCC 在并网状态下交流端口的电能质量应符合下列规定：

a) 电流谐波不大于 $5\%I_{acn}$ ，各次谐波限值应符合表 7 的要求，且谐波电流不包括任何由未连接 GCC 的交流电网上的谐波电压畸变引起的谐波电流；

表 7 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
$3^{rd} \sim 9^{th}$	$4\%I_{acn}$	$2^{nd} \sim 10^{th}$	$1\%I_{acn}$
$11^{th} \sim 15^{th}$	$2\%I_{acn}$	$12^{th} \sim 16^{th}$	$0.5\%I_{acn}$
$17^{th} \sim 21^{th}$	$1.5\%I_{acn}$	$18^{th} \sim 22^{th}$	$0.375\%I_{acn}$
$23^{th} \sim 33^{th}$	$0.6\%I_{acn}$	$24^{th} \sim 34^{th}$	$0.15\%I_{acn}$
35^{th} 以上	$0.3\%I_{acn}$	36^{th} 以上	$0.075\%I_{acn}$

- b) 电流中的直流分量不超过 $0.5\%I_{acn}$ ；
c) 不参与三相功率调节的情况下，负序电流不平衡度不超过 2%，短时不超过 4%；
d) 不参与无功调节和功率大于 50% 额定功率的情况下，平均功率因数大于 0.98（超前或滞后）；
e) GCC 接入交流电网引起的电压闪变符合 GB/T 12326 的规定。
注： I_{acn} 代表 GCC 交流端口的额定电流。

7.4.3 无功功率控制

GCC 在并网状态下交流端口宜具备无功功率控制功能，且符合下列规定：

a) 稳态无功功率宜在图 3 所示的实线框内可调；

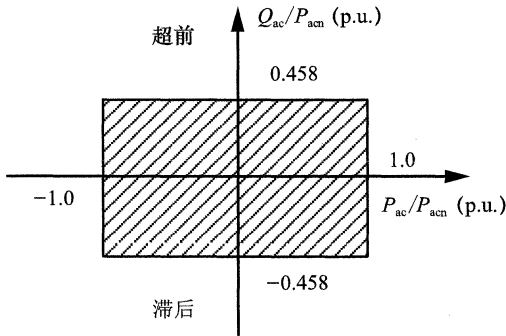


图 3 GCC 无功功率控制调节范围

注： P_{acn} 为变换器交流端口额定功率， P_{ac} 和 Q_{ac} 分别为变换器交流端口的有功功率和无功功率。

- b) 无功功率控制的稳态偏差不大于 $\pm 2\%$ 交流端口额定功率；
c) 宜具备交流电压 / 无功控制、恒功率因数控制和恒无功功率控制方式。

7.4.4 防孤岛

可以运行在负载状态的 GCC（向交流电网输出有功功率）应具备防孤岛功能，能快速识别出孤岛状态且断开与交流电网的连接，防孤岛动作时间应小于 2s。

注：光储直柔系统交流离网状态对 GCC 防孤岛功能的要求由用户和制造商协商确定。

7.4.5 限功率

可以运行在负载状态的 GCC（向交流电网输出有功功率）应具备限制向交流电网输出有功功率的功能，并且该功能可以设置启用或禁止。

GCC 宜具备限功率控制功能，且有功功率限值宜可调。对于双向 GCC，电源状态和负载状态的

有功功率限值宜可以独立调节。

7.4.6 交流端口状态反馈

GCC 宜具备并网状态和离网状态反馈功能，并符合下列规定：

- a) 当交流端口与交流电网断开时，在 2s 内给出反馈；
- b) 状态反馈宜采用无源机械触点，且在并网状态下触点保持闭合。

7.4.7 恢复并网

在防孤岛和交流端口电压异常保护后 GCC 处于离网状态时，当交流电压重新符合本文件第 7.4.1 条的规定时，GCC 应经过一个延迟时间后方可自动恢复并网，且延迟时间宜在 1s~60s 范围内可调。

8 电磁环境

根据 GB 4824—2019，变换器按照预期用途所处的电磁环境分为 A 类和 B 类。

- a) A 类变换器，非居住环境和不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器；
- b) B 类变换器，直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的变换器。

9 标识与文档

9.1 一般标识

9.1.1 基本要求

变换器标识的图形符号应符合附录 A 的相关要求，变换器标识应清晰可见，随变换器一起提供的用户手册中应包含所使用的图形符号的解释。

9.1.2 标识的耐久性

变换器的标识在正常使用条件下应能保持清晰可辨，而且能够耐受制造商所指定的清洗剂的腐蚀。

标识的耐久性验证：用浸渍了指定清洗剂的布，以正常压力（约 10N）手工快速擦拭标识 15s，标识须保持清晰可辨，粘贴标签不应出现松脱或卷边现象。

注：若制造商未指定清洗剂，则用丙酮替代。

9.1.3 标识内容

变换器的标识应至少包含以下内容：

- a) 变换器制造商的名称或商标；
- b) 变换器的名称和型号；
- c) 变换器功率端口额定电压、额定电流以及电压和电流类型；
- d) 变换器的防护等级；
- e) 变换器的生产批次或日期的序列号、代码。

9.1.4 熔断器标识

熔断器的标识应符合下列要求：

- a) 包含额定电流和额定电压，以及熔断特性的相关参数（如延迟时间或分断容量等）；
- b) 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用户手册中说明。

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符合下列要求：

- a) 变换器的功率端口按照本文件第 6.5 节规定的符号和颜色标识电压类型和极性；

- b) 变换器的功率端口可采用多种电压时，要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；
- c) 接线端子、连接器、控制器和指示器等要明确标注，位置不够时可用附录 A 表 A.1 中的第 3 个符号；
- d) 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；
- e) 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，均为红色。

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：

- a) 附录 A 中表 A.1 的第 5 个符号；
- b) 字母“PE”。

9.1.7 开关和断路器

开关和断路器的位置应明确标注。

9.2 警告标识

9.2.1 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 中表 A.1 第 6 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 灼热表面

如果变换器可接触部件的表面温度超过规定限值，应标注附录 A 表 A.1 中第 7 个符号。

9.2.3 存储能量危险

如果变换器断电后的存储能量存在危险，应标注附录 A 表 A.1 中第 9 个符号，符号旁边应标注放电至安全电压或存储能量泄放至低于本文件第 6.1.3 条第 b) 款规定限值所需的时间。

9.2.4 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）。

9.2.5 噪声危害

声压等级超过 80dB（A）的变换器应标注噪声危害标识，且应在安装说明书中给出降低噪声的措施。

9.2.6 保护导体电流超限

如果变换器保护导体电流超过本文件第 6.1.5 条规定的限值要求时，应标注附录 A 表 A.1 中的第 8 个符号。

9.3 用户手册

用户手册应与变换器一起提供，可采用纸质文档或电子文档，且应包含如下信息：

- a) 变换器的额定参数和运行环境条件及其含义和影响：
 - 环境分类；
 - 潮湿场所分类，外部环境的污染等级，防护等级；
 - 运行环境温度、相对湿度和海拔高度要求；
 - 功率端口过电压等级分类。
- b) 根据本文件第 5 章、第 6 章和第 7 章的要求提供以下信息：
 - 保护导体电流，当需要采用加强型保护导体连接时，还包括加强型保护导体的要求；
 - 短时过流承受能力，以及过流保护动作阈值、动作时间和保护措施；
 - 功率端口短路保护装置最大分断能力，当变换器短路保护装置不能分断直流端口预期最大

- 短路电流时，还应包括需要在直流端口外部安装可以分断预期最大短路电流的说明；
- 正常运行条件以外变换器降额运行的措施和技术指标；
 - 并联变换器的控制方式；
 - 接通冲击电流的幅值。
- c) 变换器的安装与调试说明，以及安装和调试过程中可能产生危险的警示。
- d) 变换器使用和安全操作所需的必要信息，包括：
- 标识（包括所用的符号）的解释；
 - 端子位置和功能解释；
 - 变换器设置、调整方法以及调整效果的说明；
 - 变换器连接附件和其他部件的说明，包括明确适用的附件、可拆卸零部件和专用材料；
 - 变换器表面温度超过限值并可能导致烫伤危险的警告，以及操作者需采取的防护措施；
 - 变换器没有按照规定的方式使用，或没有采取必要的保护措施时可能失效的说明；
 - 变换器运动部件操作的技术要求。
- e) 变换器维护所需的信息，包括：
- 开关的开断顺序；
 - 进入操作者接触区的说明，包括禁止进入其他区域的警告；
 - 定期维护周期及其说明；
 - 零部件编号及其说明；
 - 安全的清洁方式。

10 试验规则

10.1 试验类型

变换器的试验包括型式试验和出厂试验。

- a) 变换器的型式试验按照 GB/T 37409 中规定的方法进行试验；
- b) 通常需要对生产和交付的变换器进行 100% 出厂试验。

10.2 试验项目

变换器的型式试验和出厂试验项目如表 8 所示。

表 8 变换器型式和出厂试验项目

序号	试验项目			型式试验	出厂试验	本文件条目
1	外观与结构检查			√	√	—
2	环境适应性	低温运行测试		√	—	5.1.1
3		高温运行测试		√	—	5.1.1
4		恒定湿热存储测试		√	—	5.1.2
5		防护等级测试		√	—	5.5
6	安全性能	电击防护	存储能量测试	√	—	6.1.3
7			接触电流测试	√	—	6.1.4
8			保护导体电流测试	√	√	6.1.5
9		噪声测试		√	—	5.4

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/767046113006010012>