

ICS 27.160
F 12
备案号: 43492-2014

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 32008 — 2013

光伏电站逆变器电能质量检测 技术规程

Testing code for power quality of inverters used in photovoltaic power station

2013-11-28 发布

2014-04-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检测条件	2
5 检测设备	2
6 检测方法	3
7 检测文件	7
附录 A (资料性附录) 检测记录	8

前 言

本标准根据国家能源局《关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号）编制。

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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、国网电力科学研究院、阳光电源股份有限公司。

本标准主要起草人：夏烈、李臻、陈志磊、秦筱迪、张军军、张友权、朱松鸣、王建秋、牛晨晖、居蓉蓉。

本标准在执行过程中的意见和建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

光伏电站逆变器电能质量检测技术规程

1 范围

本标准规定了光伏电站逆变器交流侧电能质量的检测条件、检测设备和检测方法等。
本标准适用于并网型光伏逆变器，不适用于离网型光伏逆变器。

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 1207 电磁式电压互感器（GB 1207—2006，IEC 60044-2: 2003，MOD）

GB 1208 电流互感器（GB 1208—2006，IEC 60044-1: 2003，MOD）

GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差

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 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则（GB/T 17626.7—2008，IEC 61000-4-7: 2002，IDT）

GB/T 17626.15 电磁兼容性 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范（GB/T 17626.15—2011，IEC 61000-4-15: 2003，IDT）

GB/T 17626.30 电磁兼容性 试验和测量技术 电能质量测量方法（GB/T 17626.30—2012，IEC 61000-4-30: 2008，IDT）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

并网型光伏逆变器 grid-connected photovoltaic inverter

将直流电转换成交流电后馈入电网的变流设备。

3.2

光伏方阵 photovoltaic array

将光伏组件安装在支架结构上，通过对光伏组件适当的串联然后并联，形成含一个或若干个光伏发电单元的阵列。

注：光伏方阵不包括地基、跟踪装置、温度控制以及其他类似部件。

3.3

光伏方阵模拟器 photovoltaic array simulator

模拟光伏方阵 I-V 等效特性的装置。

3.4

谐波子群的有效值 r.m.s. value of a harmonic subgroup

$G_{sg,n}$

某一谐波的方均根值以及与其紧邻的两个频谱分量方和根值。在测量研究过程中，为顾及电压波动

的影响，通过对所求谐波以及与其紧邻的频谱分量的能量累加而得到离散傅里叶变换（DFT）输出分量的一个子群。其阶数由所考虑的谐波给出。

3.5

时间窗 time window

T_w

测量电流谐波、间谐波所取的时间宽度。

注：对于 50Hz 电力系统，时间窗 T_w 取 10 个基波周期，即为 200ms。两条连续的频谱线之间的频率间隔是时间窗的倒数，因此两条连续的频谱线之间的频率间隔是 5Hz。

3.6

间谐波中心子群的有效值 r.m.s. value of a interharmonic central subgroup

$C_{isg,n}$

位于两个连续的谐波频率之间，且不包括与谐波频率直接相邻的频谱分量的全部间谐波分量的方和根值。

注 1：间谐波分量的频率由频谱线的频率决定，该频率不是基波频率的整数倍。

注 2：谐波阶数 n 和 $n+1$ 之间的间谐波中心子群用 $C_{isg,n}$ 表示。例如，5 次和 6 次谐波之间的间谐波中心子群用 $C_{isg,5}$ 表示。

3.7

直流分量 direct current component

逆变器交流侧向电网注入电流中的直流量。

4 检测条件

4.1 环境条件

检测应在如下环境条件下进行：

- a) 环境温度：-20℃~50℃；
- b) 环境湿度：相对湿度不超过 90%。

4.2 电网条件

与逆变器连接的电网应满足下列要求：

- a) 电压谐波总畸变率在 10min 内测得的方均根值应满足 GB/T 14549 的规定；
- b) 电网频率 10s 内测量平均值的偏差应满足 GB/T 15945 的规定；
- c) 电网电压 10min 内方均根值的偏差应满足 GB/T 12325 的规定；
- d) 电网电压三相不平衡度应满足 GB/T 15543 的规定。

5 检测设备

5.1 直流电源

5.1.1 一般要求

用于光伏电站逆变器电能质量检测的直流电源宜采用光伏方阵模拟器；若条件允许，也可采用光伏方阵。

5.1.2 光伏方阵模拟器

光伏方阵模拟器应能模拟光伏方阵的电流电压特性和时间响应特性，并应满足表 1 要求。

表 1 光伏方阵模拟器指标要求

参数	指标要求
输出功率	使被测逆变器产生最大输出功率以及检测方法中涉及的其他功率等级

表 1 (续)

参数	指标要求
稳定度	除了由被测逆变器最大功率跟踪引起的变化外, 光伏方阵模拟器的输出功率应稳定在规定的功率等级, 允许偏差±2%

5.1.3 光伏方阵

光伏方阵应能满足被测逆变器在最小和最大输入电压下达到最大输入功率要求, 光伏方阵的类型应根据被测逆变器的适用范围选择。

5.2 测量装置

- 电能质量测量装置应符合 GB/T 17626.30 的要求。
- 测量设备仪器规格至少应满足表 2 的要求, 电压互感器应满足 GB 1207 的要求, 电流互感器应满足 GB 1208 的要求, 数据采集装置的带宽应不小于 100MHz。

表 2 测量设备仪器准确度等级

设备仪器	准确度等级
电压互感器	0.2 级
电流互感器	0.2 级
直流传感器	0.2 级
数据采集装置	0.2 级

6 检测方法

6.1 检测电路

电能质量的检测电路示意图如图 1 所示, 电能质量测量装置应接在被测光伏逆变器交流侧。

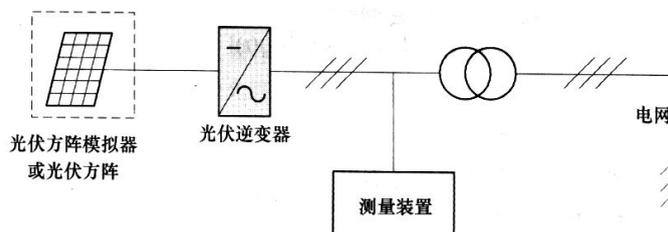


图 1 电能质量检测电路示意图

6.2 三相电流不平衡度

测试应符合下列要求:

- 被测逆变器运行在 33% 额定功率, 测试期间被测逆变器的输出功率应保持稳定, 运行功率等级允许±5% 的偏差。
- 每个负序电流不平衡度的测量间隔为 1min, 仪器记录周期应为 3s, 利用式 (1) 按每 3s 时段计算方均根值。测量次数应满足数理统计的要求, 一般不少于 100 次。
- 应分别记录其负序电流不平衡度测量值的 95% 概率大值以及所有测量值中的最大值作为参考。
- 被测逆变器分别运行在 66% 和 100% 额定功率, 重复步骤 a) 至 c)。

注: 对于离散采样的测量仪器推荐按下式计算:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2} \quad (1)$$

式中:

e_k ——在 3s 内第 k 次测得的电流不平衡度;

m ——在 3s 内均匀间隔取值次数 ($m \geq 6$)。

6.3 闪变

6.3.1 虚拟电网

闪变应通过模拟一个虚拟电网进行测试。如图 2 所示, 虚拟一个单相电网, 由电感 L_{fic} 、电阻 R_{fic} 、理想电压源 $u_0(t)$ 以及电流源 $i_m(t)$ 串联而成, 通过改变阻抗比, 可以实现虚拟电网阻抗角 φ_k 的调节。

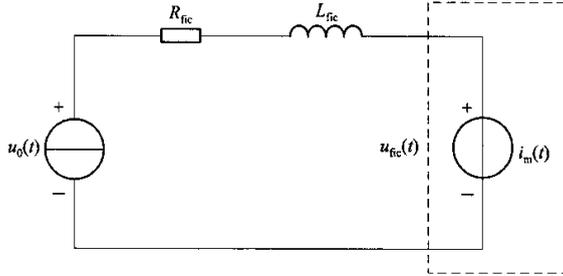


图 2 虚拟电网示意图

虚拟瞬时电压 $u_{fic}(t)$ 的表达式如下:

$$u_{fic}(t) = u_0(t) + R_{fic} \times i_m(t) + L_{fic} \times \frac{di_m(t)}{dt} \quad (2)$$

式中:

$i_m(t)$ ——被测逆变器出口侧测量的瞬时电流。

理想电压源 $u_0(t)$ 没有任何波动或闪变, 且与被测逆变器出口侧测量电压的基波拥有同样的相位角 $\alpha_m(t)$ 。为满足这些特性, 理想电压源 $u_0(t)$ 的表达式如下:

$$u_0(t) = \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_n \times \sin[\alpha_m(t)] \quad (3)$$

式中:

U_n ——电网额定电压的方均根值;

$\alpha_m(t)$ ——逆变器出口侧所测电压基波的相位角。

所测电压基波的相位角表达式如下:

$$\alpha_m(t) = 2\pi \times \int_0^t f(t) dt + \alpha_0 \quad (4)$$

式中:

$f(t)$ ——随时间波动的频率;

t ——自录波起经过的时间;

α_0 ——初始相位角。

通过改变 L_{fic} 和 R_{fic} , 调节虚拟电网阻抗角 φ_k 的表达式如下:

$$\tan(\varphi_k) = \frac{2\pi \times f_g \times L_{fic}}{R_{fic}} = \frac{X_{fic}}{R_{fic}} \quad (5)$$

式中:

f_g ——电网标称频率 (50Hz)。

虚拟电网三相短路视在功率 $S_{k,fic}$ 的表达式如下:

$$S_{k,fc} = \frac{U_n^2}{\sqrt{R_{fc}^2 + X_{fc}^2}} \quad (6)$$

注：虚拟电网中短路容量比 $S_{k,fc}/S_n$ 建议取 20~50 之间， S_n 是被测逆变器的额定视在功率。

6.3.2 持续运行

6.3.2.1 闪变值 P_{st} 应通过测量结合虚拟电网确定，在整个测试过程中，应控制被测逆变器无功功率输出 $Q = 0$ ，并执行下列测量：

- 应在被测逆变器出口侧进行测量，测量电压和电流的截止频率应至少为 400Hz；
- 运行被测逆变器从 10%~100%额定功率，以 10%额定功率为一个功率区间，每个功率区间测量并记录一组 10min 三相瞬时电压 $u_m(t)$ 和瞬时电流 $i_m(t)$ ；
- 每个功率区间至少测量 2 次，运行功率等级允许 $\pm 5\%$ 的偏差。

6.3.2.2 虚拟电网用于确定被测逆变器持续运行状态下的闪变值 $P_{st,fc}$ ，应按规定的电网阻抗角 $\varphi_k = 30^\circ$ 、 50° 、 70° 和 85° （允许 $\pm 2^\circ$ 的偏差），分别重复下面的步骤：

- 测得的 10min 瞬时电压 $u_m(t)$ 和瞬时电流 $i_m(t)$ 应与 $u_{fc}(t)$ 的表达式结合，得到电压 $u_{fc}(t)$ 的曲线函数；
- 电压 $u_{fc}(t)$ 随时间变化的曲线函数应导入符合 GB/T 17626.15 的闪变算法以得到每 10min 时序的闪变值 $P_{st,fc}$ ；
- 将闪变值 $P_{st,fc}$ 代入式 (7) 计算闪变值 P_{st} 。

$$P_{st} = P_{st,fc} \times \frac{S_{k,fc}}{S_n} \quad (7)$$

6.3.3 停机操作

6.3.3.1 停机操作时的闪变值 $P_{st,fc}$ 应通过测量结合虚拟电网确定，在整个测试过程中，应控制被测逆变器无功功率输出 $Q = 0$ ，并执行下列测量：

- 应在被测逆变器出口侧进行测量，测量电压和电流的截止频率应至少为 1500Hz；
- 运行被测逆变器，测量从 100%额定功率切除过程中的三相瞬时电压 $u_m(t)$ 和瞬时电流 $i_m(t)$ ，测量时段 T 应足够长以确保停机操作引起的电流瞬变已经减弱；
- 至少测量 2 次，运行功率等级允许 $\pm 5\%$ 的偏差。

6.3.3.2 虚拟电网用于确定被测逆变器停机操作状态下的闪变值 $P_{st,fc}$ ，应按规定的电网阻抗角 $\varphi_k = 30^\circ$ 、 50° 、 70° 和 85° （允许 $\pm 2^\circ$ 的偏差），分别重复下面的步骤：

- 所测 T 时段内的瞬时电压 $u_m(t)$ 与瞬时电流 $i_m(t)$ 应与 $u_{fc}(t)$ 的表达式结合，得到电压 $u_{fc}(t)$ 的曲线函数；
- 电压 $u_{fc}(t)$ 随时间变化的曲线函数应导入符合 GB/T 17626.15 的闪变算法，每相得到至少 5 次每 T 时段时序的闪变值 $P_{st,fc}$ ；
- 将闪变值 $P_{st,fc}$ 代入式 (8) 计算闪变值 P_{st} 。

$$P_{st} = P_{st,fc} \times \frac{S_{k,fc}}{S_n} \quad (8)$$

注 1：对具有冲击电流抑制的被测逆变器，电流互感器等级应是额定电流的 2~4 倍；对于没有冲击电流抑制的被测逆变器，电流互感器等级应是额定电流的 10~20 倍。

注 2：对于光伏电站逆变器，电压闪变发生的概率大值发生在额定功率运行时功率突变的状态下。

6.4 谐波、间谐波及高频分量

6.4.1 一般要求

光伏电站逆变器出口侧的电流谐波、间谐波及高频分量应测量并记录作为电能质量的评判依据。由于电压畸变可能会导致更严重的电流畸变，使得谐波测试存在一定的问题。注入谐波电流应排除公共

电网谐波电压畸变引起的谐波电流。

6.4.2 电流谐波

- 控制被测逆变器无功功率输出 $Q=0$ ，以 10%额定功率运行被测逆变器，测试期间被测逆变器的输出功率应保持稳定，运行功率等级允许±5%的偏差；
- 利用式（9）按每个时间窗 T_w 测量一次电流谐波子群的有效值作为输出，取 3s 内 15 个输出结果的方均根值；
- 连续测量 10min 逆变器输出电流，计算 10min 内所包含的各 3s 电流谐波子群的方均根值，记录最大值；
- 电流谐波子群应记录到第 50 次，利用式（10）计算电流谐波子群总畸变率并记录；
- 以 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%及 100%额定功率分别重复步骤 a) 至 d)。

注 1：h 次电流谐波子群的有效值可采用式（9）计算：

$$I_h = \sqrt{\sum_{i=1}^1 C_{10h+i}^2} \quad (9)$$

式中：

C_{10h+i} ——离散傅里叶变换输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

注 2：电流谐波子群总畸变率：

$$THDS_i = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

I_h ——在 10min 内 h 次电流谐波子群的最大值；

I_1 ——在 10min 内电流基波子群的最大值。

注 3：持续在短暂周期内的谐波可以认为是对公用电网无害的。因此，这里不要求测量因逆变器启停操作而引起的短暂谐波。

6.4.3 电流间谐波

- 控制被测逆变器无功功率输出 $Q=0$ ，并运行在 10%额定功率，测试期间被测逆变器的输出功率应保持稳定，运行功率等级允许±5%的偏差；
- 按每个时间窗 T_w 测量一次电流间谐波中心子群的有效值作为输出，取 3s 内 15 个输出结果的平均值；
- 连续测量 10min 逆变器输出电流，计算 10min 内所包含的各 3s 电流间谐波中心子群的平均值，记录最大值；
- 电流间谐波测量最高频率应达到 2kHz；
- 以 20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%及 100%额定功率分别重复步骤 a) 至 d)。

注：h 次电流间谐波中心子群的有效值可采用式（11）计算：

$$I_h = \sqrt{\sum_{i=2}^8 C_{10h+i}^2} \quad (11)$$

式中：

C_{10h+i} ——离散傅里叶变换输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

6.4.4 电流高频分量

应测量逆变器 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%及 100%额定功率的电流高频分量。参照 GB/T 17626.7 中附录 B 的要求进行电流高频分量的检测，以 200Hz 为间隔，计算中心频率从 2.1kHz 至 8.9kHz 的电流高频分量。

6.5 直流分量

应按下述步骤进行测量：

- a) 以 33%额定功率运行被测逆变器，测试期间被测逆变器的输出功率应保持稳定，运行功率等级允许 $\pm 5\%$ 的偏差；
- b) 在被测逆变器出口侧测量各相的直流分量，按每个时间窗 T_w 测量一次直流分量作为输出，取 5min 内所有输出结果的平均值；
- c) 以 66%和 100%的额定功率分别运行被测逆变器，重复步骤 a) 至 b)。

7 检测文件

7.1 检测文档内容

7.1.1 检测结果应记录并包括以下内容：

- a) 被测逆变器的基本信息；
- b) 检测设备的规格参数；
- c) 实验室检测环境参数；
- d) 检测结果；
- e) 其他相关内容。

7.1.2 检测结果应能够重复验证。在实验室将各项检测结果如实记入原始记录表，原始记录表应有检测人员、校核人员和技术负责人员签名。

7.2 检测记录

检测记录格式参见附录 A。

附 录 A
(资料性附录)
检 测 记 录

A.1 被测逆变器基本情况见表 A.1。

表 A.1 被测逆变器基本情况

基本资料	
制造厂家	
被测逆变器型号	
厂家地址	
直流输入侧	
开路电压	
直流输入电压范围	
直流输入额定功率	
直流输入最大电流	
交流输出侧	
连接方式	L-N <input type="checkbox"/> L-N-G <input type="checkbox"/> A/B/C <input type="checkbox"/> A/B/C-N <input type="checkbox"/> A/B/C-N-G <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
交流输出额定功率	
最大交流输出功率	
工作电压范围	
工作频率范围	
保护功能	
过/欠电压功能	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
过/欠频功能	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
其他资料	
外壳防护等级	
产品尺寸(长×宽×高)	
产品重量	

A.2 三相电流不平衡度检测信息见表 A.2。

表 A.2 三相电流不平衡度检测信息表

序号	运行功率 kW	实测最大值	95%概率大值
1			
2			
3			

A.3 持续运行状态和停机操作状态闪变检测信息分别见表 A.3 和表 A.4。

表 A.3 持续运行状态闪变检测信息表

无功功率 $Q =$ _____										
电压等级										
电网阻抗角 $\varphi_k = 30^\circ$										
测量次数	A 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	B 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	C 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
电网阻抗角 $\varphi_k = 50^\circ$										
测量次数	A 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	B 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										

表 A.3 (续)

测量次数	C 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
电网阻抗角 $\varphi_k = 70^\circ$										
测量次数	A 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	B 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	C 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
电网阻抗角 $\varphi_k = 85^\circ$										
测量次数	A 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										
测量次数	B 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										

表 A.3 (续)

测量次数	C 相闪变值 P_{st}									
	运行功率 kW									
1										
2										

表 A.4 停机操作状态闪变检测信息表

无功功率 $Q =$ _____		
电压等级		
电网阻抗角 $\varphi_k = 30^\circ$		
切除功率 kW	A 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2
切除功率 kW	B 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2
切除功率 kW	C 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2
电网阻抗角 $\varphi_k = 50^\circ$		
切除功率 kW	A 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2
切除功率 kW	B 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2
切除功率 kW	C 相闪变值 P_{st}	
	测量次数	
	1	2

表 A.5 (续)

谐波次数	运行功率 kW									
3rd										
4th										
5th										
...										
50th										
THDS _i										
B 相电流谐波子群有效值 A										
谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
4th										
5th										
...										
50th										
THDS _i										
C 相电流谐波子群有效值 A										
谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
4th										
5th										
...										
50th										
THDS _i										

表 A.6 电流间谐波中心子群检测信息表

无功功率 $Q =$ _____										
电压等级										
A 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
4th										
5th										
...										
39th										
B 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
4th										
5th										
...										
39th										
C 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
4th										
5th										
...										
39th										

表 A.7 电流高频分量检测信息表

无功功率 $Q =$ _____										
电压等级										
A 相电流高频分量有效值 A										
高频分量 中心频率 kHz	运行功率 kW									
2.1										
2.3										
2.5										
2.7										
2.9										
...										
8.9										
B 相电流高频分量有效值 A										
高频分量 中心频率 kHz	运行功率 kW									
2.1										
2.3										
2.5										
2.7										
2.9										
...										
8.9										
C 相电流高频分量有效值 A										
高频分量 中心频率 kHz	运行功率 kW									
2.1										
2.3										
2.5										
2.7										
2.9										
...										
8.9										

A.5 直流分量检测信息见表 A.8。

表 A.8 直流分量检测信息表

运行功率 kW	直流分量 A		
	A 相	B 相	C 相

中华人民共和国
能源行业标准
光伏电站逆变器电能质量检测
技术规程
NB/T 32008—2013

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 33千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·1804 定价 11.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

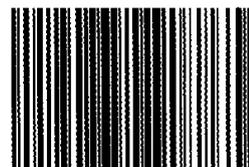
NB/T 32008-2013 光伏电站逆变器电能
质量检测技术规程



1551231804

RMB:11.00

BZ002109747



155123.1804

上架建议：规程规范/电力工程



关注我，关注更多好书

