

3.4

影响量 influence quantity

影响功率源工作特性的任一量，一般是外部量。

3.5

量程 range

满足准确度指标的输出电量的范围，输出量的最大值和最小值即为上限值和下限值。

3.6

基本误差 intrinsic error

在参比条件下使用时，直流标准功率源输出电压、电流、小信号电压及其合成的功率信号的误差。

3.7

输出稳定度 output stability

在规定条件下，输出量在规定时间内保持不变的能力。

3.8

重复性 repeatability

在相同测量条件下，对同一被测量进行多次测量所得结果之间的一致性。

3.9

变差 variation

在标称使用范围内，单一影响量相继取两个不同的值时，对同一被测量值所产生两个值之差。

3.10

最小电流量程 minimum current range

$$I_{\min}$$

仪表的所有电流量程中，其基本误差符合其准确度等级指数的最小量程值，等于或大于此值时，仪表的基本误差极限相同。

3.11

最大电流量程 maximum current range

$$I_{\max}$$

仪表的所有电流量程中，其基本误差符合其准确度等级指数的最大量程值。

3.12

直接接入式直流电能表 direct connected meter

电压及电流的测量元件直接连接到被测直流线路中的电能表。

[GB/T 33708—2017，定义3.2]

3.13

间接接入式直流电能表 indirect connected meter

电压或电流的测量元件经一个或多个变换装置接入被测直流线路的电表，变换装置可以是直流变送器、分压器和分流器中的一种，也可以是其组合应用。间接接入式直流电表按照变换装置转换后的电参量分为电流型和电压型。

[GB/T 33708—2017，定义3.3]

3.14

电流直接接入式直流功率源 current direct connected power source

输出的电流直接连接到被检测直流电表的功率源，对应的被检表是直接接入式直流电表。

3.15

电压型电流间接接入式直流功率源 voltage type current indirect connected power source

输出的电流直接连接到被检测直流电表的功率源，对应的被检表是间接接入式直流电表。

3.16

接线端 terminal

功率源的接线端，从此分别将相应一定功率的电压和电流或小信号电压施加给被检表的接线座。

3.17

纹波系数 ripple coefficient

输出纹波电压（电流）的有效值与输出直流电压（电流）之比，通常采用百分比（%）表示。

4 分类

4.1 按直流功率的准确度等级分类

直流功率源分为：0.01级、0.02级、0.05级、0.1级。

4.2 按被检电表的负载电流接入方式分类

直流功率源分为：

- a) 电流直接接入式直流功率源；
- b) 电压型电流间接接入式直流功率源；
- c) 兼具电流直接接入式和电压型电流间接接入式直流功率源。

5 推荐电量

不同电量类型的推荐电量范围见表1。

表1 推荐电量范围

电量类型	推荐下限值	推荐上限值
电压	10 mV	1150 V
电流	5 μ A, 20 μ A	120 A, 600 A
小信号电压	10 μ V	4.8 V

注：小信号电压适用于电压型电流间接接入式直流功率源。

6 通用要求

6.1 机箱（外壳）

功率源应有机箱（外壳），以保证电气安全。功率源的外壳应美观，并有足够的机械强度，其防护等级为IP21。各部件的位置应合理，读数方便，开关、按钮、接线端的位置应便于操作，应有功能及接线标志。

6.2 标识

功率源应有清晰、规范、准确的颜色、字符、图形等永久性标识并满足GB/T 5465.2—2008的要求，主要包括：

- a) 开关、接线端、各类接口的标识符号；
- b) 供电电源类型及电压、电流的额定值；
- c) 根据GB 4793.1—2007要求的与安全有关的标志。

6.3 铭牌

功率源应有永久固定、防脱落的产品铭牌。

功率源铭牌所载基本信息包括：

- a) 产品名称、型号、编号等信息；
- b) 额定工作电压、额定电流；
- c) 制造厂名、制造日期；
- d) 准确度等级。

6.4 接线端

接线端的导体部分应用铜材制作并有耐腐蚀金属镀层，其导杆直径及接触端面应有足够尺寸，接触端面应加工良好。接线端的排列应便于接线和使用，并具有足够的安全距离。面板应有足够的机械强度。接线端与面板之间应具有良好的绝缘性能，同时应有明显的极性标志。

小信号电压连接方式应采用低热电势的接线端和导线进行四线开尔文连接。

6.5 接地端

功率源如果有保护接地端，则应有明显的接地标志。在不使用任何工具的情况下不可能松动，并应满足以下要求：

- a) 与可触及的金属部件电气连接；
- b) 如可能时，是金属外壳的一部分；
- c) 尽量邻近输出端子；
- d) 清楚的标志接地符号（应满足GB/T 5465.2—2008）。

6.6 电气安全

功率源应符合GB 4793.1—2007的第6，9，10，14和16章有关防电击、防止火焰蔓延、温度极限值和耐热、元器件、电流测量电路以及多功能测试仪和类似设备的规定。

6.7 环境条件要求

功率源应能在表2和表3所列的温度和湿度范围内工作或贮存。

表2 温度范围

环境条件	温度范围
规定的工作范围	18 °C~28 °C
极限工作范围	0 °C~45 °C
储存和运输极限范围	-20 °C~70 °C
注：特殊地区由供需双方商议确定。	

表3 相对湿度范围

环境条件	相对湿度范围
年平均	<75%
30天(这些天在一年中以自然方式分布)	95%
在其他天偶然出现	85%

6.8 海拔

直流功率源在海拔3000 m及以下应能正常工作。

6.9 热稳定性

制造商应给出装置达到稳定状态必需的预热时间，准确度等级为0.1级的装置所需的预热时间不得超过30 min。

6.10 技术文件信息

产品应附带的技术文件信息包括但不限于如下：

- 产品说明书应给出产品详细的操作说明；
- 输出数据的技术参数和输出端的负载能力以及通讯协议；
- 功率源采用的接口方式和类型，接口的引脚布线图和指令(编码)表；
- 接口的通信参数条件及其选择方式和通信命令；
- 其它应说明的事项。

7 技术要求

7.1 一般要求

直流功率源为标准虚功率源，对被检电能表的电压回路与电流回路(或小信号电压回路)分开供电，内置的标准功率表或功率测量电路是利用乘法器，将被测直流电压 U 和直流电流 I (或小信号电压 U_i 折算成被检电能表外附分流器的电流值)进行相乘，给出标准输出功率的示值 P ，直流功率源和直流电能表接线图见附录A。

功率源输出的最小电流或小信号电压输出值应小于被检表规定起动电流的1/3，并能保持输出稳定。

7.2 量程、分辨力

直流电压 U 、直流电流 I 、直流小信号电压 U_1 均可具有多个输出量程，制造厂商应在产品标准中给出量程的划分和各量程的分辨力。

测试方法按图1连接，使被测功率源在最高分辨力量程末位变化一个字（即一个最小变化量），标准功率表测量变化量的实际值，即为被测功率源的实际分辨力。

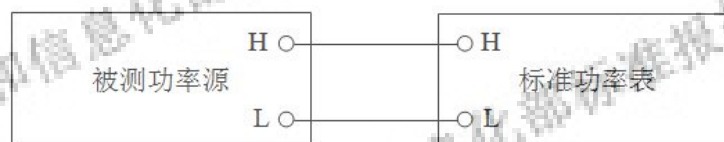


图1 分辨力测试方法示意图

7.3 基本误差

基本误差是指直流标准功率源的电压示值 U 、电流示值 I 、小信号电压示值 U_1 、功率示值 P 的误差，由试验确定并用相对误差表示。各等级的功率源的基本误差不应超过表4的规定：

表4 功率源的最大允许误差

电量	变化范围	功率源准确度等级				
		0.01级	0.02级	0.05级	0.1级	
		最大允许误差				
电压 U	$0.3U_{\min} \leq U \leq 1.15U_{\max}$	$\pm 0.005\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.025\%$	$\pm 0.05\%$	
电流 I	$0.2I_{\min} \leq I \leq 1.2I_{\max}$	$\pm 0.005\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.025\%$	$\pm 0.05\%$	
小信号电压 U_1	$0.01U_N \leq U_1 < 0.05U_N$ 或 $0.75 \text{ mV} \leq U_1 < 3.75 \text{ mV}$	—	—	$\pm 0.15\%$	$\pm 0.25\%$	
	$U_1 \geq 0.05 U_N$ 或 $U_1 \geq 3.75 \text{ mV}$	—	—	$\pm 0.04\%$	$\pm 0.08\%$	
功率	电压范围	电流范围	最大允许误差			
$U-I$	$0.3U_{\min} \leq U \leq 1.15U_{\max}$	$0.2I_{\min} \leq I \leq 1.2I_{\max}$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$
$U-U_1$	$0.3U_{\min} \leq U \leq 1.15U_{\max}$	$0.01U_N \leq U_1 < 0.05U_N$	—	—	$\pm 0.15\%$	$\pm 0.3\%$
	$0.3U_{\min} \leq U \leq 1.15U_{\max}$	$U_1 \geq 0.05U_N$	—	—	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$

注： U_{\min} 为最小电压量程； U_{\max} 为最大电压量程； I_{\min} 为最小电流量程； I_{\max} 为最大电流量程； U_1 为电流变换装置的额定电压值；小信号电压 U_1 对应间接接入式直流电能表的电流输入，在测量功率时应乘以外附电流变换装置的比例值（折算成被检表对应变换装置的输入电流值）。

7.4 测量重复性

测量重复性是指功率源搭配的标准器在参比条件下对电压、电流、功率测量的重复性，由实验标准差表征，由试验确定的实验标准差不应超过表5的规定。

表5 功率源允许的试验标准差

	功率源准确度等级			
	0.01级	0.02级	0.05级	0.1级
允许的试验标准差限值	0.001%	0.002%	0.005%	0.01%

7.5 输出与显示

7.5.1 调节范围

功率源应有适当的调节范围,在规定的输出负载范围内,电压能平稳连续地从0调节到115%额定值,电流能平稳连续地从0调节到120%额定值。

装置的最小电流输出值应小于被检表规定起动电流的1/3。

7.5.2 调节细度

调定电压、电流的不连续量与工作量限额定值之比的百分数应不超过功率源等级值的1/5。

7.5.3 相互影响

调节电压、电流任一电量时,其他电量的改变应不超过表6规定的允许偏差。

表6 检验各级功率源时的参比条件及其允许偏差

影响量	参比值	功率源准确度等级			
		0.01级	0.02级	0.05级	0.1级
		允许偏差			
环境温度	参比温度	±1°C	±1°C	±2°C	±2°C
环境湿度	50%R·H	±15%	±15%	±20%	±20%
测量电路电压	规定电压	±0.2%	±0.2%	±0.5%	±0.5%
测量电路电流	规定电流	±0.5%	±0.5%	±1%	±1%
测量电路纹波系数	0%	0.2%	0.5%	0.5%	1%

7.5.4 纹波系数

在规定的输出负载范围内,功率源输出的电压、电流波形的纹波系数应不超过表6规定的允许偏差。

7.5.5 输出稳定度

输出功率稳定度用 γ_p 表征,在规定的输出负载范围内, γ_p 应不超过表7的规定。

表7 输出功率稳定度

功率源准确度等级	0.01级	0.02级	0.05级	0.1级
输出功率稳定度	0.005%	0.01%	0.02%	0.05%

7.5.6 负载影响

功率源输出负载应在表8规定范围(用户特殊需要时,按用户实际需要的负载范围)变化时,基本误差应符合表4的规定,且负载变化50%时误差的变化应不超过对应最大允许误差的1/2。

表8 负载变化范围

负载变化范围	功率源准确度等级

	0.01 级	0.02 级	0.05 级	0.1 级
电压回路负载变化范围($U \geq 100$ V)	—	0~3 VA	0~3 VA	0~3 VA
电流回路负载变化范围($I \geq 1$ A)	—	0~10 VA	0~10 VA	0~10 VA
小信号电压回路负载变化范围	—	—	$\geq 500\Omega$	$\geq 500\Omega$

7.5.7 短期稳定性变差

直流功率源基本误差应符合7.3规定的同时,在15 min内的最大变化值应不超过对应最大允许误差的20%。

7.5.8 周期内变差

检验周期内,基本误差应符合7.3规定的同时,0.02级及以上功率源基本误差的变化值还不应超过对应最大允许误差。

8 试验

8.1 试验项目

试验项目如表9所示。

表9 功率源试验项目

项目	型式检验	出厂检验	周期检验
外观和通电检查	+	+	+
测定绝缘电阻	+	+	+
工频耐压试验	+	±	-
确定调节范围	+	+	+
确定调节细度	+	+	+
确定相互影响	+	+	+
确定纹波系数	+	+	+
确定功率稳定度	+	+	+
确定基本误差	+	+	+
确定测量重复性	+	+	+
确定负载影响	+	±	-
确定短期稳定性变差	+	+	-
确定检验周期内变差	±	-	+

注: +为必做项目, -为可不做项目, ±为必要时选做项目。

8.2 试验条件

试验应按下列条件进行:

- 试验环境应无尘、无腐蚀性气体;防阳光辐射并具有良好的照度;无可觉察到的振动和震动;无较强的电磁辐射干扰;

- b) 功率源的辅助设备、供电电源应满足制造厂及有关规定；
- c) 检验各级功率源时的参比条件及其允许的偏差应不超过表 6 的规定；功率源应按规定的时间预热；
- d) 确定功率源基本误差时，使用的参考标准在对应测试点的准确度等级不应低于表 10 的规定。

表 10 确定功率源基本误差时使用的参考标准的准确度等级

功率源准确度等级	0.01 级	0.02 级	0.05 级	0.1 级
参考标准测量功率的准确度等级	0.005 级	0.005 级	0.01 级	0.02 级

8.3 试验方法

8.3.1 外观和通电检查

外观检查应满足以下要求：

- a) 技术文件应符合相关规定；说明书应明确不同的测量范围及对应的最大允许误差限、技术指标和热稳定时间等；应明确装置的正确操作方法，并说明可能对装置产生不利影响的误操作及其它因素；
- b) 检查环境条件，应符合 6.7 的规定；
- c) 用目测和手感的方法检查标志和结构，应符合 6.1~6.5 的规定。

外观检查合格后，正确连接装置，接通电源后，进行以下试验：

- 检查各功能是否正常；
- 用目测的方法检查装置的显示、显示值与分辨力，应符合 7.2 的要求；
- 检查量限切换功能，应能保证标准表和监视仪表工作在保证其准确度的状态；
- 检查装置的软件控制功能；在装置显示被检表误差或自校准状态，检查误差分辨力和计算功能，应符合 7.2 的要求。

8.3.2 绝缘电阻

选用额定电压为1kV的绝缘电阻表，按下列试验部位测量绝缘电阻（电阻值应不小于5 MΩ）：

- 装置的电源输入电路和不通电的外露金属部件之间；
- 装置的输出电路和不通电的外露金属部件之间；
- 可触及的带电部件和不通电的外露金属部件之间；
- 装置的电源输入电路和装置的输出电路之间。

对于工作电压低于50 V的辅助线路，用额定电压为500 V的绝缘电阻表测量。进行工频耐压试验后的，应按上述要求重新测量绝缘电阻。

8.3.3 工频耐压试验

绝缘电阻合格的设备，选用容量不小于500 VA的耐压试验装置，按以下方法进行工频耐压试验：

在室温和相对湿度不超过85%的条件下，在被试电路之间平稳的施加50 Hz正弦波、电压有效值2 kV、历时1 min的工频电压。标称线路电压低于50 V的辅助电路的试验电压为500 V。试验电压应施加于：

- 装置的电源输入电路和不通电的外露金属部件之间；
- 装置的输出电路和不通电的外露金属部件之间；
- 可触及的带电部件和不通电的外露金属部件之间；
- 装置的电源输入电路和装置的输出电路之间。

试验时，可以将与电压、电流输出端子没有直接电气联系又不宜进行耐压试验的部件断开，不做耐压试验的线路应接地。

试验期间，直流功率源不应出现闪络、破坏性放电或击穿；试验后，直流功率源应无机械损坏并能正常工作。

8.3.4 确定调节范围

调节任意一电量的输出（此时其它量保持在额定输出），观察该电量是否能平稳、连续地从零调至输出的极限值；并记录该输出电参量的极限值，应符合7.5.1的要求。

8.3.5 确定调节细度

接入标准功率表，在允许的调节范围内，平缓地调节最小调节量，观察并读取被调节量的不连续量，应符合7.5.2的要求。

8.3.6 确定输出电流、电压的纹波系数

按以下方法进行纹波系数的确定：

- 后续检验时选择控制量限，分别在最小、最大负载下进行；
- 用纹波测试仪进行测试，当需要将输出电流转换为电压信号测量时，串接在电流回路的电流/电压转换器应为纯阻性负载；
- 纹波系数 γ 的计算按公式（1）计算：

$$\gamma = \frac{U_{rms}}{U_{dc}} \times 100\% \text{ 或 } \gamma = \frac{I_{rms}}{I_{dc}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

γ ——纹波系数；

U_{rms} ——纹波电压的测量有效值；

U_{dc} ——输出直流电压的测量值；

I_{rms} ——纹波电流的测量有效值；

I_{dc} ——输出直流电流的测量值。

8.3.7 确定输出功率稳定度

按以下方法进行输出功率稳定度的确定：

- 后续检验时选择控制量限，分别带最小、最大负载时进行。选用稳定性与分辨力足够高的功率参考标准，1 s~1.5 s 读一次功率，测量时间至少 2 min。中间不允许对输出进行调节；
- 装置输出负载功率的稳定度按式（2）计算，计算中应去掉粗大误差：

$$\gamma_P = \frac{4 \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}}{\bar{P}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

γ_P ——装置输出负载功率的稳定度；

P_i ——第*i*次测量的功率读数（ $i=1, 2, 3, \dots, n$ ）；

\bar{P} ——*n*次功率读数的平均值；

n ——测量次数。

8.3.8 确定基本误差

按以下方法进行基本误差的确定：

- a) 计算基本误差方法。将参考标准连接在装置输出端，经预热稳定后，将参考标准测量的功率 P_0 与装置指示的功率 P_i 代入式 (3) 计算装置的相对误差 γ_i ：

$$\gamma_i = \frac{P_i - P_0}{P_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

γ_i ——装置的相对误差；

P_i ——装置指示的功率；

P_0 ——参考标准测量的功率。

- b) 确定基本误差时，对于 0.05 级及以下装置在每一负载功率下至少记录两次误差数据，取平均值作为结果；对于 0.02 级及以上装置在每一负载功率下至少记录五次误差数据，取平均值作为结果；
- c) 如果算得的平均值大于最大允许误差的 4/5，或两次确定数据差大于最大允许误差的 1/4 时，应再进行同样次数的测量，并与前面数据一起计算平均值。取平均值作为结果。

8.3.9 确定装置的测量重复性

选择控制量限、最大负载，确定基本误差。0.05 级及以下装置进行不少于 5 次测量，0.02 级及以上装置进行不少于 10 次测量，每次测量必须从开机初始状态重新调整至测量状态。实验标准差 s (%) 按式 (4) 计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i - \bar{\gamma})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

s ——实验标准差；

γ_i ——第 i 次测量时被检装置未修约的基本误差 (%)；

$\bar{\gamma}$ ——各次基本误差 γ_i 的平均值，即： $\bar{\gamma} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n}{n}$ ；

n ——重复测量的次数。

8.3.10 确定负载影响

功率源自输出空载（不宜空载的接最小负载）变化至在表 7 规定负载范围 50% 时，负载变化前后基本误差应符合 7.3 规定，且误差的变化应不超过对应测试点最大允许误差的 1/2。

由负载影响引起的误差变化按式 (5) 计算：

$$\text{负载影响误差变化} = \gamma_L - \gamma_0 \quad (5)$$

式中：

γ_L ——该测试点负载达到 50% 变化范围时的基本误差；

γ_0 ——该测试点空载时的基本误差。

8.3.11 确定稳定性变差

选择控制量限，预热稳定后，每隔15 min测一次基本误差，共进行1 h，取相邻两次基本误差差值的最大值为短期稳定性变差。

短期稳定性变差按公式（6）计算：

$$\text{短期稳定性变差} = \text{Max}(\gamma_k - \gamma_{k-1}) \dots \dots \dots (6)$$

式中：

$\text{Max}(\gamma_k - \gamma_{k-1})$ ——取 $(\gamma_k - \gamma_{k-1})$ 的最大值；

γ_k ——第 k 次测量的基本误差；

γ_{k-1} ——第 $k-1$ 次测量的基本误差。

8.3.12 确定检验周期内变差

后续检验时，选择控制量限，将上次检验的基本误差与本次的基本误差比较，取其差值作为检验周期内变差。

周期内变差按公式（7）计算：

$$\text{检验周期内变差} = \gamma_t - \gamma_{t-1} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

γ_t ——第 t 个检验周期检测的基本误差；

γ_{t-1} ——第 $t-1$ 个检验周期检测的基本误差。

9 检验规则

9.1 检验分类

直流功率源的检验分为型式检验、出厂检验和周期检验。

9.2 型式检验

型式检验是对少量直流功率源按本文件规定进行所有项目的检验。型式检验通常又分为设计定型鉴定检验和生产定型鉴定检验。

除非在相应条款中另有说明，所有检验应在参比条件下进行。

推荐的型式试验项目及顺序在表9中给出。

下列情况应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定；
- b) 当直流功率源的结构、工艺或主要元器件有重大改变时。

若在型式试验后，对功率源所进行的调整仅影响功率源部分性能时，则只需对因调整而可能影响到的特性进行有限的试验。

9.3 出厂检验

直流功率源的出厂检验由功率源制造企业技术检验部门对生产的每个产品进行检验，检验合格后出具产品合格证，出厂检验项目及顺序见表9。

9.4 周期检验

使用中的直流功率源可按计量器具要求进行周期检验，检验项目及顺序见表9。

10 包装及贮存

10.1 包装

直流功率源产品的包装应满足GB/T 13384—2008的要求，若合同（协议）有更高的要求应按合同（协议）规定进行包装。

一般要求，包装箱内应有良好的防震性能和防潮性能，并且包装箱体应坚固耐用。

包装时，应保证直流功率源的完好性和成套性，并且不应有明显机械损伤。

功率源包装储运指示标志应符合GB/T 191—2008的规定。

产品包装箱内应放入装箱清单。装箱清单应包括下列内容：

- a) 产品名称、型号；
- b) 产品技术说明书和使用说明书等有关随机文件名称和数量；
- c) 选件、附件、备件及维修工具等名称、型号、规格和数量；
- d) 产品合格证书并有装箱人员、检验人员和质检部门的签字盖章。

10.2 贮存

功率源的贮存应符合GB/T 25480—2010的规定。

贮存功率源产品的仓库应有良好的通风和降湿措施。应无酸、碱、易燃、易爆、有毒等化学物品和没有其他有腐蚀性的气体及产品。

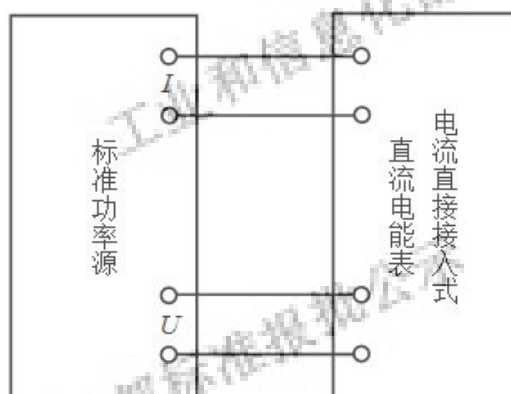
码放功率源产品应垫高地面至少30 cm，距离取暖设备应不少于2 m。

附录 A

(规范性)

直流功率源检验直流电能表接线图

直流功率源和直流电能表接线方法如图A.1和图A.2所示。



说明:

I ——功率源的标准电流输出信号;

U ——功率源的标准电压输出信号。

图 A.1 电流直接接入式



说明:

U_I ——功率源的标准小电压输出信号;

U ——功率源的标准电压输出信号。

图 A.2 电压型电流间接接入式

参 考 文 献

[1] GB/T 33708—2017 静止式直流电能表

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示