

T O S 7 2 1 0 S ( S P E C 8 0 7 7 6 )



P I D   I n s u l a t i o n   T e s t e r

# PID绝缘测试仪 TOS7210S

可在 50Vdc-2000Vdc (分辨率 1V) 范围内实施设定  
可通过面板侧的开关即时切换施加电压极性  
输出端子与接地电位间为浮地状态。只测量通过测量点间的电流  
可对电流测量值或电阻测量值进行切换显示

# 对太阳能电池模块的 PID<sup>※</sup>现象进行评估

※Potential Induced Degradation

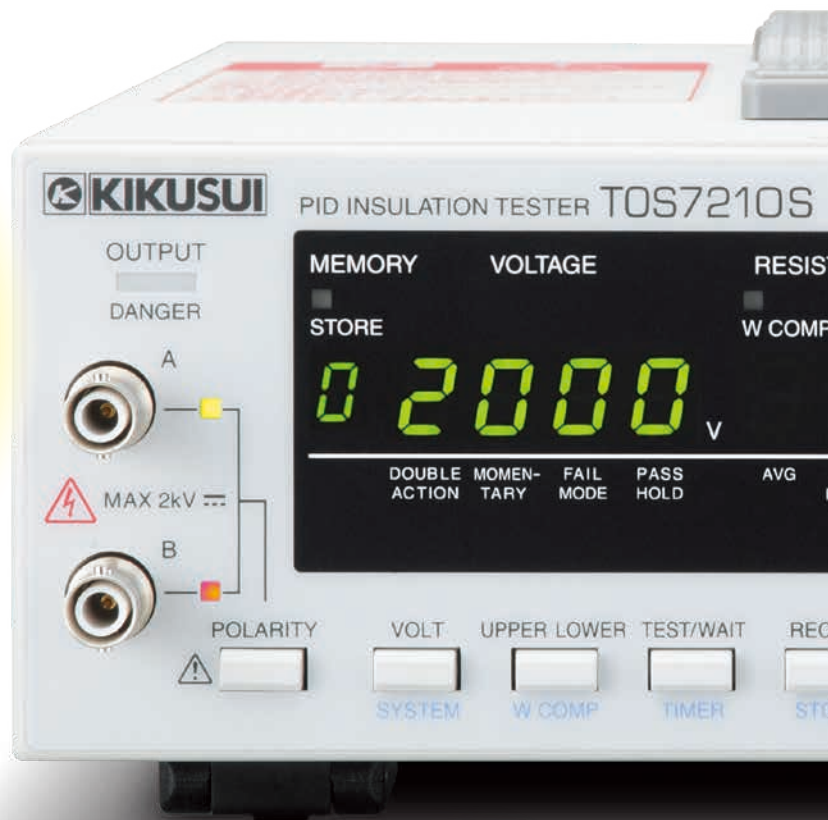
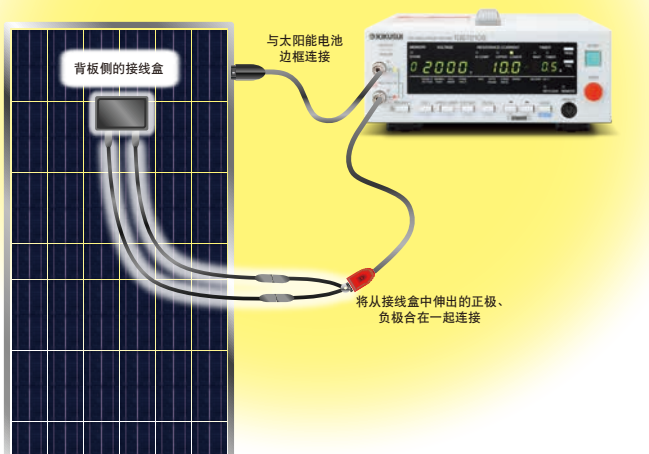
## PID绝缘测试仪

### TOS7210S [SPEC80776]

PID 绝缘测试仪 (TOS7210S) 是为准确有效地对太阳能电池模块的 PID(Potential Induced Degradation) 现象进行评估, 以绝缘电阻测试仪 (TOS7200) 为基础设计而成的测试仪。附有极性切换功能, 输出电压可达 2000V, 同时装载了 nA 级分辨率的电流表, 因此不只可以进行 PID 评估, 还可以用于要求进行高敏感度测试的绝缘体评估测试。标准安装了可从外部调用的面板存储器及 RS232C 接口, 因此也可以灵活对应自动化系统。

#### 测试概念图

使用所附的屏蔽电缆将 TOS7210S 与太阳能电池模块连接起来。



#### 可任意设定输出电压

可将对被检品施加的测试电压设定在 50Vdc-2000Vdc(分辨率1V)范围内。

假设太阳能发电系统的电压在1000V以上,可对其进行评估。此外,

在电气/电子部件、电气/电子设备的绝缘电阻测试中, 也可对应JIS C 1302: 1994所规定的电压范围以外的测试。

在50V-1000V范围内,

输出特性以JIS C 1302: 1994为基准。

#### 极性切换功能

可通过主机面板的开关轻松切换输出极性。

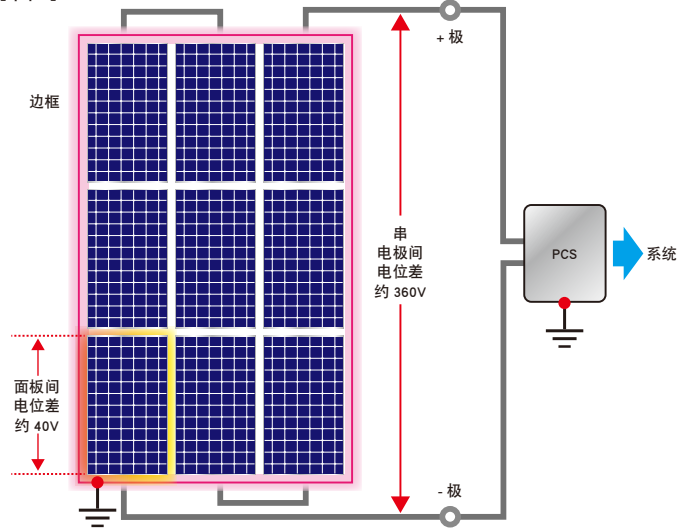
PID现象是一种可逆现象,施加负偏压电压可能会恢复。极性切换是一项不需要对被检品实施配线变更的便利功能。

此外,通过RS232C接口可实施由外部控制的切换。

# 什么是PID现象?

PID 现象是指太阳能电池与边框长期被施以高电压，电池发电量显著降低的现象。目前认为所施加的电压越高，越是在高温、高湿的环境下劣化现象越严重。如晶硅太阳能电池模块的输出电压即使只有数十 V，一旦直接连接的片数增加，串内的电位差将变得非常高。一方面，PCS (Power Conditioning System)作为交流电源与系统相连，使接地形态发生变化。输入端采用浮接(一侧电极不能接地线)的无变压器方式近年有所增加。这种情况下电池和地线间将发生高电位差。现在可明确的是，晶硅太阳能电池模块中，相对于边框(接地线)负极电位高的电池容易发生 PID 现象。(请参照图 1)目前，日本国内以 Max 600V、欧洲以 max 1000V 的系统电压运行太阳能电池模块，但是目前出现了提高 Max 系统电压以削减企业用大规模太阳能发电系统的串数、PCS 总数，提高发电效率的趋势。

[图 1]



[图 2]

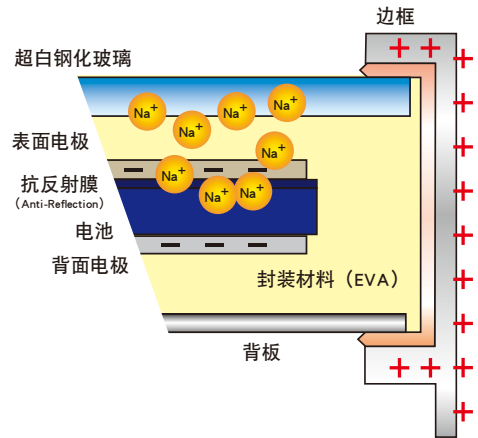


图 2 模拟了晶硅太阳能电池模块的处于高电位差的状态。边框为正极电位、模块电路处于负极高电位的状况。目前认为是由于超白钢化玻璃内的钠离子向电池侧迁移而引起劣化。(薄膜太阳能电池模块也被确认出现 PID 现象，但是发生劣化的机制与晶硅太阳能电池模块不同。)现在，各种研究机构正在通过研究、试验查找 PID 现象的原因。



原尺寸

## 建立输出端的浮地

输出端子与接地电位间为浮地状态。\*1  
此外，使用屏蔽电缆作为输出电缆。  
这样就不会测量被检品与大地间的电流，  
只测量测试点间的电流，  
可确保评估测试的高敏感度和精确性。

\*1: 设定为正极的端子的对地电压(±1000Vdc)  
设定为负极的端子的对地电压(+1000Vdc及-3000Vdc)

## 模拟输出端子

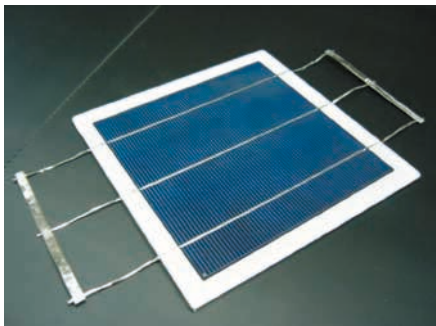
在电阻显示模式中，基于对数压缩将对应电阻测量值的电压输出限制在0V-4V之间。  
在电流显示模式中，对应电流测量值及测量量程(4个量程)按线性标度输出。  
使用数据记录器等外部记录设备可对被检品的变化、劣化状况进行解析。



■ 关于PID现象的测试

独立行政法人产业技术综合研究所太阳能发电工学研究中心（以下简称“产综研”）于2011年4月成立的“第II期高信赖性太阳能电池模块的开发/评估协会”，作为合作研究项目实施了再现PID现象的实验。作为要的测试设备，菊水电子开发了TOS7210S。  
 ※研究内容于2014年3月19日在第61届应用物理学会春季学术演讲会上发表。

■ 单电池结构模块的制作



▲ 6英寸多晶硅、单电池结构模块

单电池测试模块是用6英寸多晶硅电池、超白钢化玻璃、乙烯乙酸乙烯酯（封装材料）、背板层压而成的单电池结构模块。

● 太阳能电池模块所使用的构件

电池基板	6 inch 多晶硅电池
受光面玻璃	超白钢化玻璃
封装材料	乙烯乙酸乙烯酯 (EVA)
背板	由 PVF / PET / PVF 构成背板

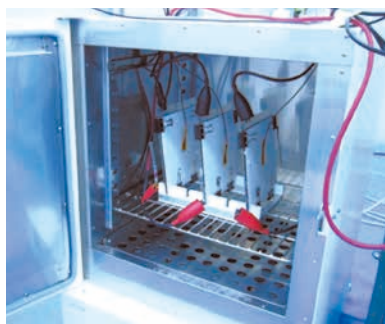
■ 测试方法

在受光面玻璃上张贴铝板，设置在恒温槽内，与PID绝缘测试仪连接。  
 模块温度保持在85℃，对3片单电池结构模块分别施加-1000Vdc、-1500Vdc、-2000Vdc的电压。

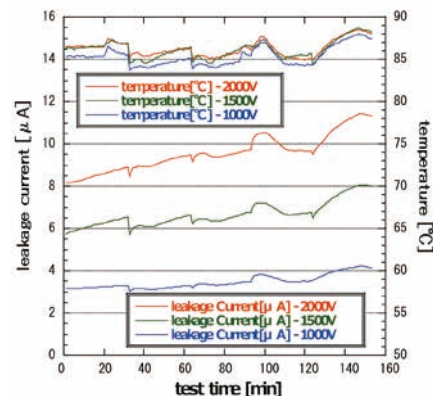
▼ 太阳能电池模块（PV面板）与TOS7210S的连接方法



▼ 恒温槽内模块

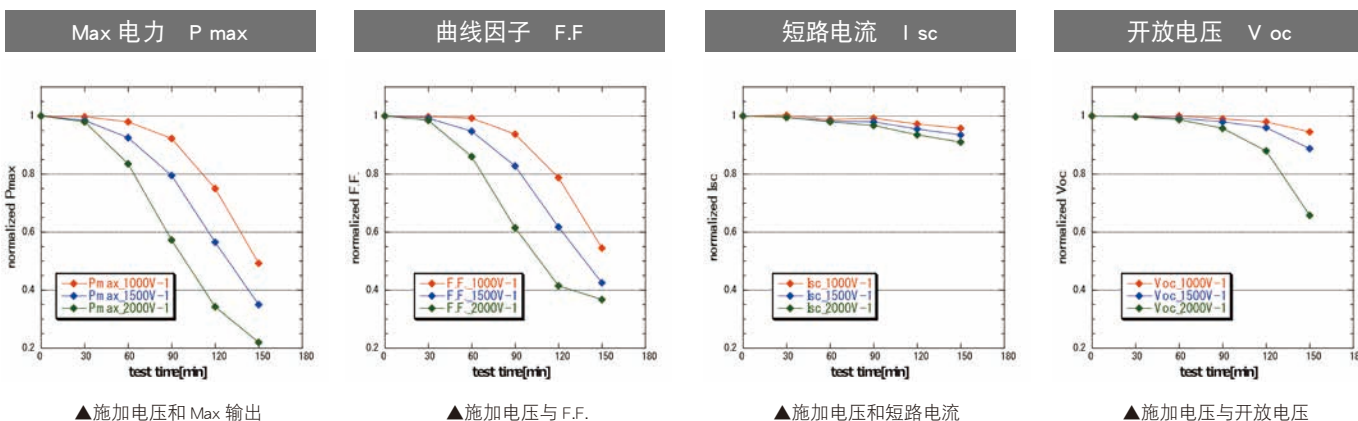


▼ 模块的漏电流与温度图解



■ 用太阳模拟器确认输出特性

可通过模块的初期 (Pmax/F.F./Isc/Voc) 特性和经时变化确认输出性能降低。



▲ 施加电压和 Max 输出

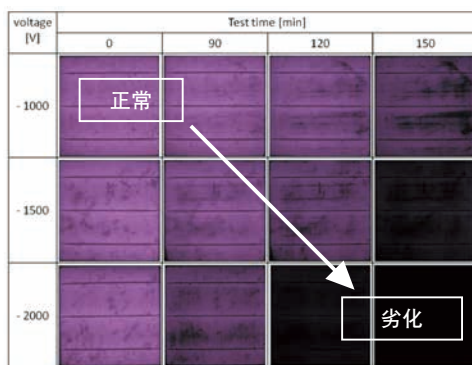
▲ 施加电压与 F.F.

▲ 施加电压和短路电流

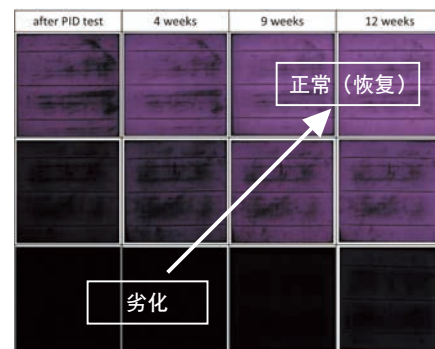
▲ 施加电压与开放电压

■ EL (Electro-Luminescence) 通过电致发光确认劣化状况

太阳能电池模块一经受到外部施加的电压，接合面将再次结合并发光。正常部分发出的光均匀美丽，发生劣化的部分会有很多暗斑，直至最终无法发光。这种方法作为确认PID现象的有效手段而被采用。此外，现确认PID现象为可逆性现象，经过一段时间后劣化减轻，甚至会恢复到初期状态。



EL. 测试结果



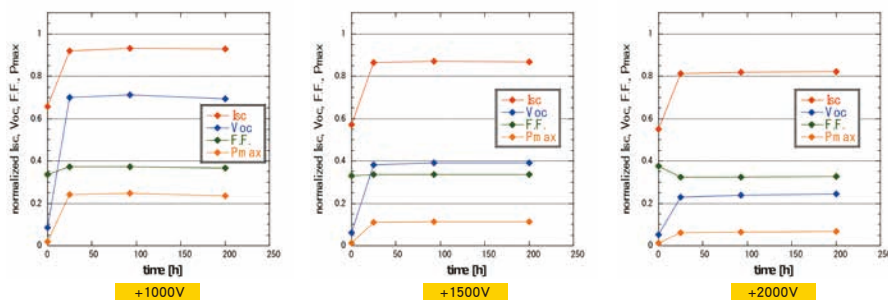
可逆性现象 (室内放置)

■ 确认因施加的电压不同造成的劣化程度

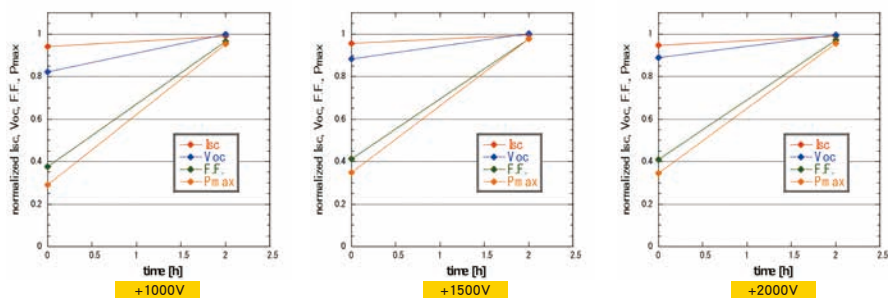
增加施加电压，模块的Max 电力性能 (Pmax) 降低的比率出现上升。此外从 EL 图像可以判断，相同测试时间内，施加电压增高，EL 图像的暗斑也随之增加。

■ 通过施加逆电压进行的恢复测试 /结果

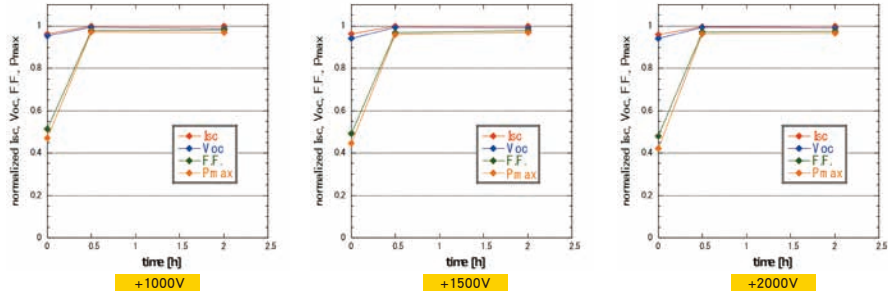
▼在PID测试中输出性能降低达-99%以上的样品的恢复情况



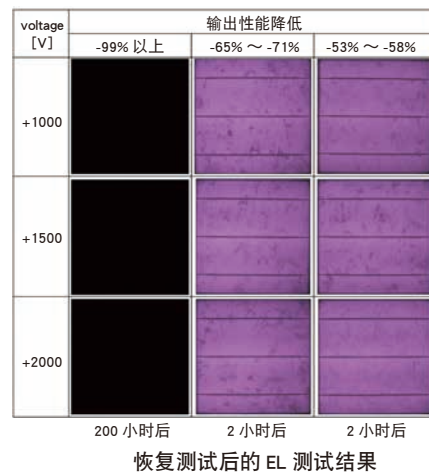
▼在PID测试中输出性能降低达-65%至-71%以上的样品的恢复情况



▼在PID测试中输出性能降低达-53%至-58%以上的样品的恢复情况



PID现象为可逆性现象，测试结束后，通过放置或施加逆电压，有些模块的劣化情况会有所减轻，甚至恢复到接近初期状态。TOS7210S可以很容易通过开关进行极性切换。作业中不会出现与被检品连接的混乱问题。Pmax性能显著降低的模块(-99%以上)，即使长时间施加电压也未证明出现恢复。与此相对，Pmax性能降低为中等程度(-53%~ -71%程度)的情况下，经过0.5-2小时后几乎完全恢复。此外在不依赖施加电压的情况下也在自行恢复。



■ 各种评估方法

现在评估测试方法及判断基准尚未实现标准化。目前由各国的研究机构、测试所、模块生产商自行测试评估。

- 水封法：在模块玻璃面上浸水并施加电压的方法
- 测试箱法：在恒温槽内进行温度、湿度管理并施加电压的方法
- 铝膜法：用铝箔覆盖玻璃或用铝板紧贴玻璃面后施加电压的方法

各种测试方法会造成优劣、温度/湿度差、测试时间等的差异，目前朝向标准化正进行反复测试验证。

国际标准 IEC 正在策划制定针对PID现象的测试方法。

## 产品规格

输出		
输出电压范围		50 V ~ 2000 V
	分辨率	1V
	设定精度	±(1.5% of setting + 2 V)
Max额定输出		2W (2000V/1mA)
Max额定电流		1mA
输出端子	输出形式	浮地式
	接地电压	±1000Vdc(极性被设定为正极的端子) +1000Vdc及 -3000Vdc(极性被设定为负极的端子)
脉动	2000V无负载	20 Vp-p以下
	Max额定负载	20 Vp-p以下
电压变动比率		1%以下 (Max额定负载→无负载)
短路电流		2mA以下 (瞬间 250mA以下)
上升时间		60ms 以下 (10% ~ 90%、无负载)
放电功能		试验结束时强制放电(放电电阻 20kΩ)
电压表		
测量范围		0V ~ 2400V
分辨率		1V
精度		±(1% of reading + 1V)
电阻表		
测量范围		0.01 MΩ ~ 5000 MΩ (超过 100nA 以上时在 Max 额定电流 1mA 以下的范围内)
显示		□ . □□ MΩ [R < 10.0MΩ] □□ . □ MΩ [10.0MΩ ≤ R < 100.0MΩ] □□□ MΩ [100.0MΩ ≤ R < 1000MΩ] □□□□ MΩ [1000MΩ ≤ R ≤ 5000MΩ] (R= 绝缘测量电阻值)
精度 ※1		±(10% of reading) [100nA < i ≤ 200nA] ±(5% of reading) [200nA < i ≤ 1μA] ±(2% of reading) [1μA < i ≤ 1mA] (i= 输出电压测量值/电阻测量值)
测量量程	可选择电流测量量程为 AUTO或 FIX	
	AUTO	根据电阻测量用电流值的大小, 可随时自动更改电流测量量程
	FIX	根据输出电压设定值和 LOWER设定值, 可固定电流测量量程(在 W COMP OFF时)
保持功能		在 PASS期间保持试验结束时的测量电阻值
电流表		
测量范围		0.000 μA ~ 1900 μA
显示		□ . □□□ μA [i < 10.00 μA] □□ . □□ μA [10.00 μA ≤ i < 100.0 μA] □□□ . □ μA [100.0 μA ≤ i < 1000 μA] □□□□ μA [1000 μA ≤ i] (i= 电流测量值)
精度 ※2		±(4% of reading + 0.005 μA) [i < 10.00 μA] ±(4% of reading + 0.005 μA) [10.00 μA ≤ i < 100.0 μA] ±(2% of reading + 0.005 μA) [100.0 μA ≤ i < 1000 μA] ±(2% of reading) [1000 μA ≤ i] (i= 电流测量值)
测量量程	可选择电流测量量程为 AUTO或 FIX	
	AUTO	根据电流测量值的大小, 可随时自动更改电流测量量程
	FIX	根据输出电压设定值和 LOWER设定值, 可固定电流测量量程(在 W COMP OFF时)
判定功能		
判定方式/ 判定动作	LOWER FAIL 判定	检测到低于下限基准值的电阻值时切断输出, 判定为 LOWER FAIL
	W COMP 判定	窗口比较器判定: 检查出超过上限基准值或低于下限基准值的电阻值时切断输出, 判定为 UPPER FAIL或 LOWER FAIL
时间		
试验时间设定范围		0.5s ~ 999s (设定 TEST TIME OFF 后可连续运转)
判定等待时间设定范围		0.3s ~ 10s (TEST TIME > WAIT TIME)
精度		±(100 ppm + 20ms)

## ■ 产品规格

SIGNAL I/O		后面板D SUB25P连接器	
输入规格	高电平输入电压	11V ~ 15V	
	低电平输入电压	0V ~ 4V	
	低电平输入电流	Max -5 mA	
	输入时间宽度	Min 5 ms	
输出规格		输出方式	开集极输出(4.5 Vdc~30 Vdc)
		输出耐压	30 Vdc
		输出饱和电压	约1.1 V(25℃)
		Max输出电流	400mA (TOTAL)
ANALOG OUT		电阻测量值、电流测量值及电压、电流量程信息直流电压输出。	
电阻测量值		$V_o = \log \left( 1 + \frac{R_x}{1M\Omega} \right)$ $R_x = \text{电阻测量值}$ Rx : (1MΩ : 0.3V、10MΩ : 1.04V、100MΩ : 2.00V、1000MΩ : 3.00V、10000MΩ 以上 : 4.00V) 输出阻抗 1kΩ	
电流测量值		Range1 : Vo[V] = 测定值 [μA] / 512      Range2 : Vo[V] = 测定值 [μA] / 64 Range3 : Vo[V] = 测定值 [μA] / 8      Range4 : Vo[V] = 测定值 [μA]	
COM		模拟输出电路共用端	
精度		±(2% of FS)	
RS232C		后面板D SUB9P连接器(遵照EIA-232-D) 除了POWER开关、KEYLOC以外, 其它所有功能都能够	
波特率		9600/19200/38400 bps(数据: 8bit、奇偶检验: 无、停止位: 2bit固定)	
REMOTE		前面板6引脚Mini DIN连接器 连接属于选购件的遥控器RC01-TOS或者RC02-TOS, 遥控开始/停止(但是, 需要变换适配器)	
显示		7段LED、电压显示4位数、绝缘电阻值显示4位数、电流值显示4位数、时间显示3位数	
存储器功能		Max能够存储10种试验条件	
TEST MODE	MOMENTARY	只有在按下START开关期间才能进行试验	
	FAIL MODE	依据遥控器的停止信号使FAIL解除无效	
	DOUBLE ACTION	只有在按下STOP开关并离开后的大约0.5秒以内按下 START开关, 才能开始试验	
	PASS HOLD	能够保持PASS判定的时间为0.2s, 或者设定为HOLD	
KEYLOCK		转为除START/STOP键以外的键不可操作状态	
环境			
设置场所		室内 海拔高度低于2000m	
规格保证范围	温度/湿度	15℃ ~ 30℃ / 20% rh ~ 80% rh (但不得凝水)	
动作范围	温度/湿度	0℃ ~ 40℃ / 20% rh ~ 80% rh (但不得凝水)	
保存范围	温度/湿度	-20℃ ~ 70℃ / 90% rh 以下 (但不得凝水)	
电源			
公称电压范围(许可电压范围)		100Vac~240Vac (85Vac~250Vac)	
耗电量	定格负荷时	Max 30VA	
许可频率范围		47Hz~63Hz	
绝缘电阻		30MΩ以上(500Vdc) [AC LINE—底盘之间]	
耐压		1500Vac、1分钟 10 mA以下[AC LINE—底盘之间]、3000Vac、1分钟[A,B端子—底盘之间]	
接地连续性		25Aac / 0.1Ω以下	
外形尺寸(Max)/质量		214W × 81 (115)H × 340 (385)Dmm / 约 2kg	

- \*1. 湿度 20 %rh ~ 70 %rh (无凝露)、测试导线不存在摇晃等。  
 \*2. 湿度 20 %rh ~ 80 %rh (无凝露)、测试导线不存在摇晃等。  
 A 端子或 B 端子处于接地状态时, 湿度为 20% ~ 70%rh (不得凝水)

### ●后面板



### ●配件: 屏蔽电缆





### 绿测科技有限公司

广州总部：广州市番禺区陈边村金欧大道83号江潮创意园A栋208室  
深圳分公司：深圳市龙华区龙华街道 油松社区东环一路1号耀丰通工业园1-2栋2栋607  
南宁分公司：广西自由贸易试验区南宁片区五象大道401号五象航洋城1号楼3519号  
广州分公司：广州市南沙区凤凰大道89号中国铁建·凤凰广场B栋1201房  
电话：020-2204 2442  
传真：020-8067 2851  
邮箱：Sales@greentest.com.cn  
官网：www.greentest.com.cn



微信视频号



绿测科技订阅号



绿测工场服务号