

**NEW!**

# 高精度功率分析仪

给你一个真实的世界



泰克科技（中国）有限公司  
分销渠道行业经理 陈鑫磊  
电话：13816606936

**Tektronix**<sup>®</sup>

# 演讲人介绍

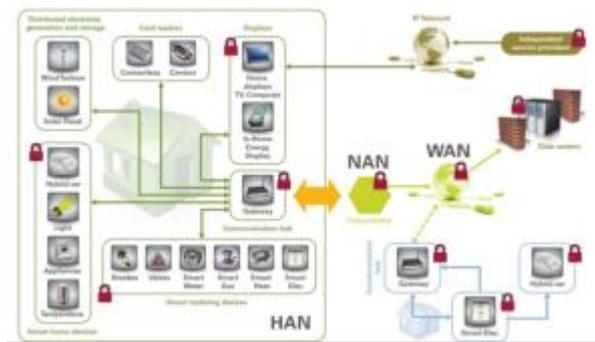
- 陈鑫磊
- 泰克科技（中国）有限公司  
---分销行业渠道开发经理
- 多年来一直从事电子测试测量专业，熟悉电力电子、消费电子的各种测试测量技术，有丰富的电子测量仪器经验，尤其在电源，嵌入式系统，能耗，无线射频等行业有多年的技术支持经验。



# 十二五规划—第十章 培育发展战略性新兴产业

- 国家十二五规划，培育新兴产业篇，7大新兴产业中有3个与电力电子密切相关，包括电动汽车，智能电网，可再生（新）能源。
- 国家统计局初步核算，2012年全年国内生产总值519,322亿元，十二五规划中提到战略性新兴产业增加值占国内生产总值比重达到8%左右。估计往后几年将带动几万亿的投资，上千万家企业与研究单位的持续投入

Pervasive Automotive Electronics Enabled By Embedded Systems Technologies

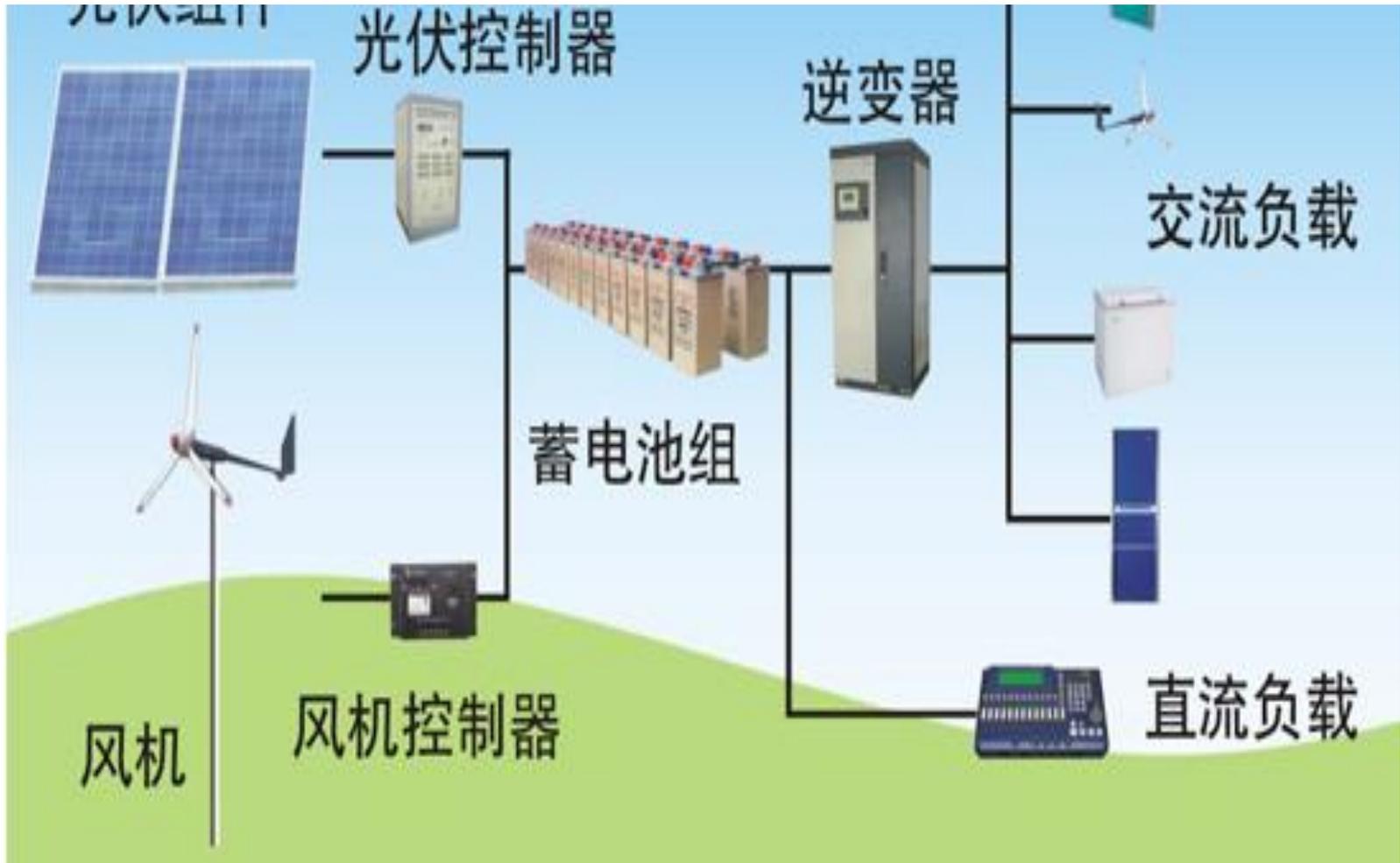


# 电动汽车

## 各类新能源汽车比较

|       | 普通混合动力 (HEV)        | 插电式混合动力 (PHEV)           | 纯电动汽车 (EV)                      | 燃料电池汽车 (FCV)   |
|-------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|--|
| 驱动方式  | 内燃机为主, 电机为辅         | 电机为主, 内燃机为辅              | 电机驱动                            | 电机驱动   |
| 能量系统  | 内燃机, 蓄电池            | 内燃机, 蓄电池                 | 蓄电池                             | 燃料电池   |
| 蓄电池种类 | 镍氢、铅酸               | 锂电                       | 锂电                              | ——  |
| 基础设施  | 加油站                 | 充电站                      | 充电站                             | 氢气   |
| 排放量   | 较高排量                | 低排量                      | 零排量                             | 零排量  |
| 优势    | 技术成熟, 成本低, 无需新增配套设施 | 节能减排效果好, 续航里程长           | 节能减排效果好                         | 能源效率高, 节能减排效果好, 续航里程长  |
| 不足    | 混合程度低, 节能减排效果有限     | 成本高, 蓄电池技术待突破, 需充电站等配套设施 | 成本高, 蓄电池技术待突破, 续航里程短, 需充电站等配套设施 | 成本高, 技术尚不成熟  |
| 商业化进程 | 已规模化量产              | 有销售, 但未规模化               | 有销售, 但未规模化                      | 仍处于研发阶段  |

# 新能源---逆变器



逆变器的转换效率很大程度影响发电的成本和电源的质量。

# 功率分析仪应用行业

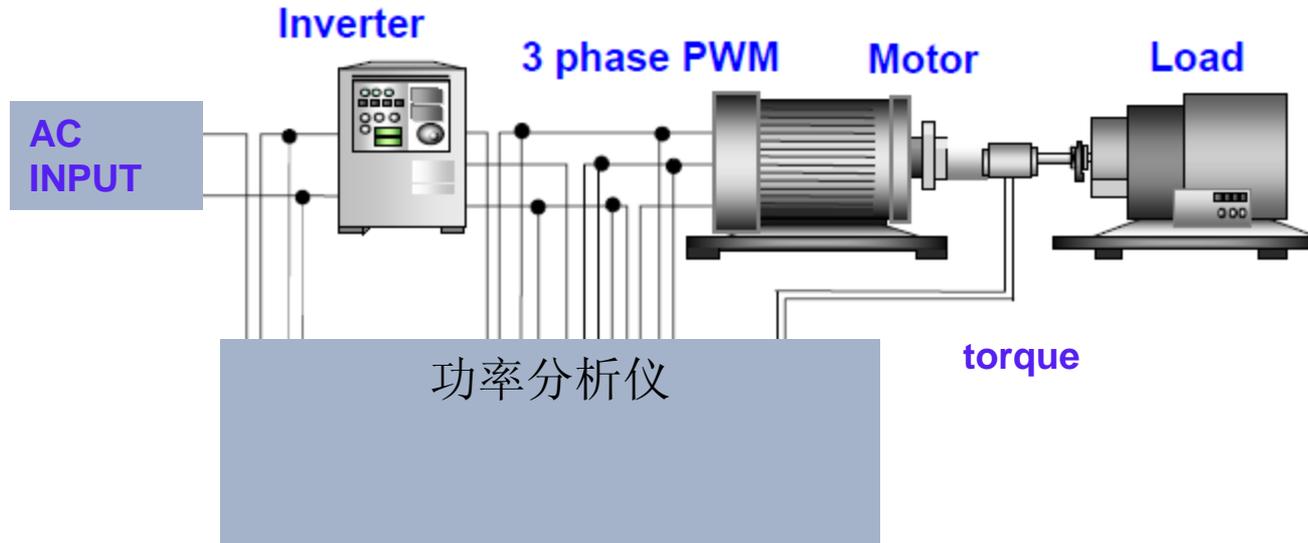
| 行业      | 背景   | 测试要求   | 测试设备                   |
|---------|--|--|------------------------|
| 变频器, 电机 | 越来越普遍来调节速度和能源使用的电动机,应用的范围从家用空调系统以重工业设备。                    | 低频高速脉冲信号测试, 电流, 电压, 功率, 功率因数, 效率, 谐波 (高达40次), 信号频率, PWM 信号           | 3或4通道的功率分析仪, 有机械功率测试功能 |
| 新能源     | 风力, 太阳能发电是国家重点投资扶持项目, 而逆变器是其中最重要的一环, 关系着能量转换的效率, 影响着发电的成本。 | 转换效率, 电能质量, 直流纹波, 谐波, 功率因数, 电压电流频率, 符合IEEE 115, IEEE 519, IEC1400标准。 | 4通道功率分析仪               |
| 电动车     | 电池或混合动力汽车是一个复杂的系统的能量储存和转换系统,包括充电和再生制动。                     | 对电池新能测试, 还有就是电动机驱动测试, 直流信号质量, 纹波, 输出信号质量, 谐波情况, 电机的扭矩和转速, 效率等        | 需要4通道功率分析仪有机械功率测试功能    |

## 测试需求:

1. 多通道 (输入输出同时测量), 高精度
2. 电能质量, 转换效率的测试功能
3. 谐波测试功能, 满足IEC61000-4-7 标准
4. 机械功率测试等

# 交流伺服系统

目前做变频器厂家非常多，如何在竞争中取胜呢？产品的竞争力，其中非常重要的就是转换效率。



需要高精度评价，对功率分析仪要求：

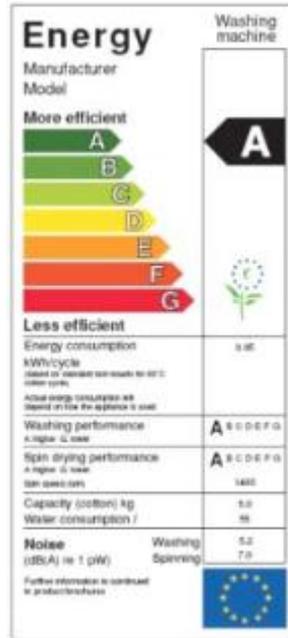
- 1，同时多通道的输入输出信号测试的能力（4ch）。
- 2，测量输入输出电能质量，效率，谐波的功能
- 3，机械功测试的功能
- 3，测试数据精度高，稳定性高。

## 十二五规划—第二十二章 加强资源节约和管理

- 第一节“大力推进节能降耗”，完善节能法规和标准，制订完善并严格执行主要耗能产品能耗限额和产品能效标准，健全节能市场化机制，加快推行合同能源管理和电力需求侧管理，完善能效标识、节能产品认证和节能产品政府强制采购制度。
- 这必定要求各种信息家电产品、半导体照明、工业驱动装备等提高效率，降低能耗；小家电功耗符合如能源之星，**EUP**等等的法规要求；引入各种新技术研发，如大功率高效率的芯片或器件的引入，必定带来新的测试设备需求。

# 能效标识

为您能效认证提供工具。



# 功率分析仪应用行业

| 行业         | 背景  | 测试要求  | 测试设备                     |
|------------|---|---|--------------------------|
| 节能灯 (LED)  | "十二五"期间, 国内将加大推广绿色照明工程的力度, 预计到2015年, 国内节能灯市场规模将达到5000亿元以上。      | 电能质量, 谐波, 效率, 目前使用高频的开关器件, 最高达到400KHz, 满足IEC61000-3-2标准 | 需要单通道或双通道的功率分析仪          |
| UPS        | UPS是真正的一个子集, 发电设备, 逆变器将直流到交流电源, 从电池取代了实用饲料短事件。满足数据中心, 医院等场所的需要。 | 从直流转变到交流, 所以需要上下游的负载情况进行测试, 确保逆变后电能质量, 和转换效率等           | 需要3通道的功率分析仪, 小UPS用单相的功率计 |
| 家电<br>消费电子 | 当今消费电子或家电设计更关注效率, 提高竞争力需要符合能源之星等类似的标准                           | 待机功率, 还有一些通用的电能质量, 能量消耗等, 符合IEC62301标准, 符合能源之星及本地一些标准   | 需要单通道的功率分析仪              |
| 开关电源       | 广泛的行业应用为办公设备, 消费电子, 家电, 灯具, 电脑, 医疗设备, 工业设备等提供电源                 | 设计中需要测试有功功率, 视在功率, 功率因数, 峰值因数, 纹波, 及符合 IEC61000-3-2谐波标准 | 单或双通道的功率分析仪              |

## 测试需求:

1. 测试精度高, 基本精度 > 0.1%
2. 谐波测试至少40次, 符合谐波标准, IEC61000-3-2, 能源之星等
3. 有效率测试的功能
4. 有待机功耗测试模式
5. 仪器有宽带宽测试能力

# 对开关电源IEC61000-3-2 测试要求

- IEC61000-3-2标准测试要求
- 对象：本部分适用于准备接入到公共低压供电系统每相输入电流不大于16A的电气及电子设备
- 测试项目：输入电流，有功功率，功率因数，总谐波因数，部分奇次谐波电流
- 测试模式：**待机功耗**（stand-by mode）及**休眠模式**(sleep mode) 是无操作低功耗下的操作，持续时间不定
- 谐波的测量要求：

对于每一次谐波，规定在每一个DFT（离散傅氏变换）时间窗口内测量1.5s的平滑有效值谐波。
- 资料来源：中华人民共和国国家标准GB 17625.1/IEC61000-3-2：2001

# LED驱动器

背景:

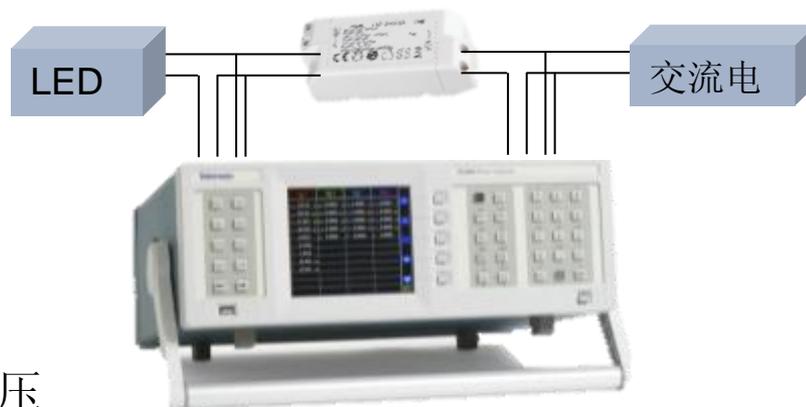
照明器具从以往使用的荧光灯、白炽灯开始转向寿命长、功耗低的LED灯。如汽车车灯、信号灯，LED灯的应用变得随处可见，并且今后还会得到更加广泛地普及。

测试需求：LED驱动电源质量，包括电压、电流，功率，功率因数，总谐波，转换效率等

测试设备：功率分析仪

测试要点:

1. 高精度0.04% 基本精度、高达1MHz宽带
2. 1000V rms电压输入、30A 电流直接测试
3. 待机功耗测试最小2.5mA电流量程
4. 能量积分功能
5. 监视电压、电流、功率值的变化
6. 电源驱动的转化效率



| GROUP A<br>Ch1 | GROUP B<br>Ch2 | GROUP C<br>Ch3 | GROUP D<br>Ch4 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Vrms 232.81    | V Vrms 0.0000  | V Vrms 0.0000  | V Vrms 0.0000  |
| Arms 131.00    | mA Arms 0.0000 | A Arms 0.0000  | A Arms 0.0000  |
| Watt 15.698    | W Watt 0.0000  | W Watt 0.0000  | W Watt 0.0000  |
| VA 30.498      | VA VA 0.0000   | VA VA 0.0000   | VA VA 0.0000   |
| Freq 50.025    | Hz Freq 0.0000 | Hz Freq 0.0000 | Hz Freq 0.0000 |
| PF 0.5147      | PF 0.0000      | PF 0.0000      | PF 0.0000      |
| Vthd 3.1116    | %              |                |                |
| Athd 125.72    | %              |                |                |
| Wtr 18.182     | mW             |                |                |
| WWhr 224.17    | mWh            |                |                |
| VAWhr 440.36   | mVAh           |                |                |
| VAWhr 378.81   | mVAh           |                |                |

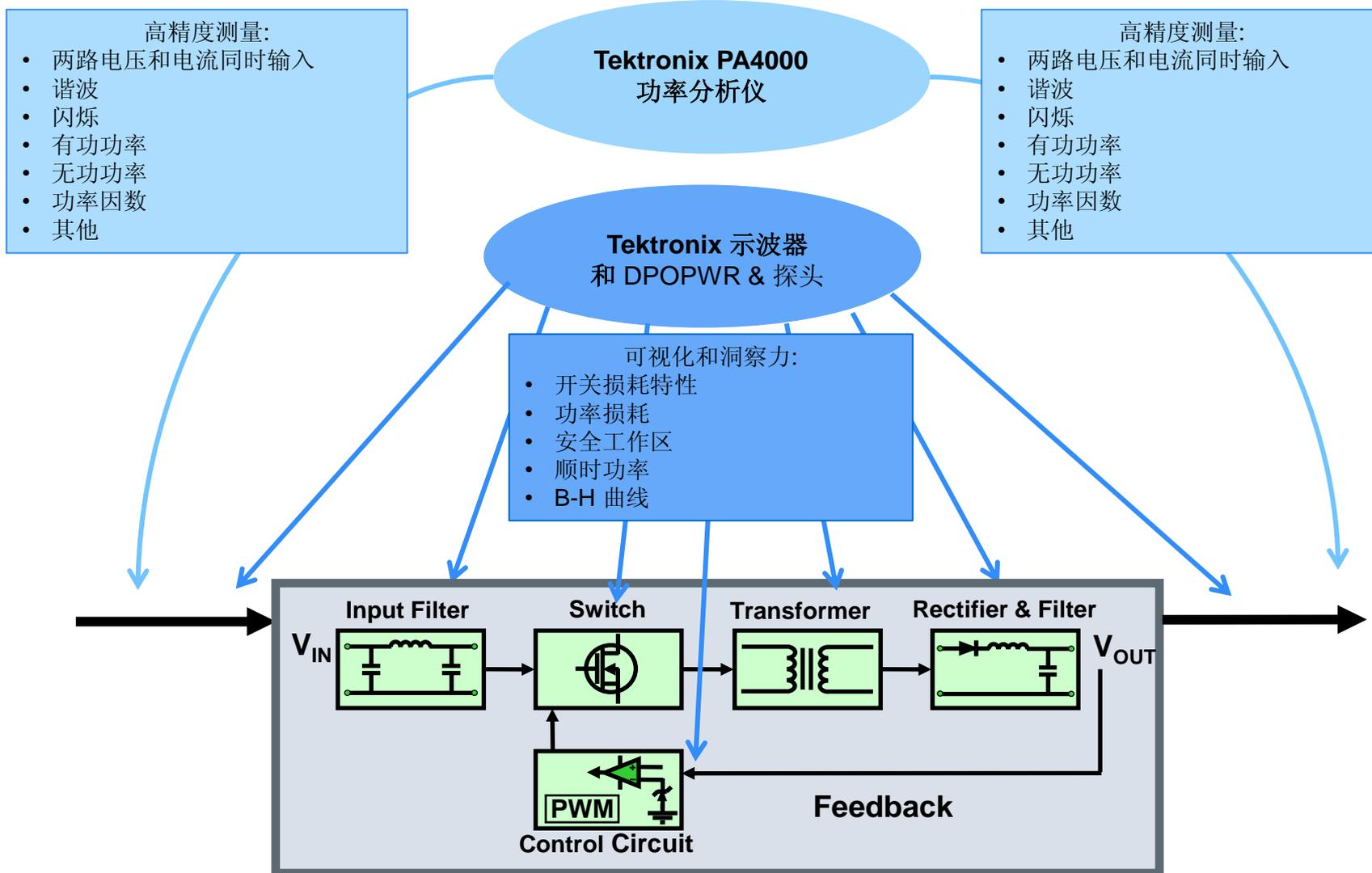
# 功率分析仪- 应用行业

- 功率转换
- 发电机
- 变频器
- 马达驱动
- 电力推动
- UPS
- 变频器
- 电动汽车
- 节能灯
- 消费电子



- *设计确认, 特征, 性能测试, 认证*

# 功率分析仪+ 示波器 = 完整的测试方案



# 强大的高精度功率分析仪—PA4000



# PA4000 功率分析仪

精确的测试测量 —— 我们的独特优势



## 强大的测量精度

| GROUP A<br>CH1 | GROUP B<br>CH2 | GROUP C<br>CH3 | GROUP D<br>CH4 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peak 119.12 V  | V rms 0.0000   | V rms 0.0000   | V rms 0.0000   |
| Crms 235.42 mA | A rms 0.0000   | A rms 0.0000   | A rms 0.0000   |
| Watt 21.801 W  | W rms 0.0000   | W rms 0.0000   | W rms 0.0000   |
| Freq 60.033 Hz | F rms 0.0000   | F rms 0.0000   | F rms 0.0000   |
| PF 0.5457      | PF 0.0000      | PF 0.0000      | PF 0.0000      |
| Vol 5.3700     |                |                |                |
| Vol 1.3910     |                |                |                |
| VA 39.954      |                |                |                |
| VA 33.481      |                |                |                |

- 精准的测量精度: 0.04% 电压电流的基本精度
- 专利的螺旋式电流分流器
- 峰值因数高达10 的高精度测量结果

## 强大的功能



- 电流30A/1A 双shunt 标配
- PWM驱动, 镇流器, 待机功耗, 能量积分多种测量模式
- 谐波测试功能标配, 高达100次谐波测量, 测量电压, 电流, 功率信号。

## 丰富的接口



- USB, LAN, 和RS-232 标配 (GPIB) 选配
- 远程控制软件标配
- 功率及谐波同时测量, 无需切换

## 竞争优势-1 专利技术的分流器



PA4000采用了创新的螺旋分流设计,在大范围的输入电流范围,环境温度,波峰因素,和其他变量条件下确保线性稳定度。这个专利设计优于其他公司采用的并联技术,在今天大动态范围输入的功率转换技术下,提供了高精度,高稳定性测量。螺旋结构不仅最大限度地减少杂散电感(最佳的高频性能),也提供了高过载能力和提高热稳定性。

优势:

- 1, 高频精度高
- 2, 热稳定性好。

## 竞争优势-2双分流器

- 其他厂家都是客户选择大量程或小量程的电流分流器配置在设备上。
- 例如30A 和1A 分流器你可以选择
- 如果客户产品的功率范围很大，从几十瓦—几十千瓦。客户面临艰难的选择。

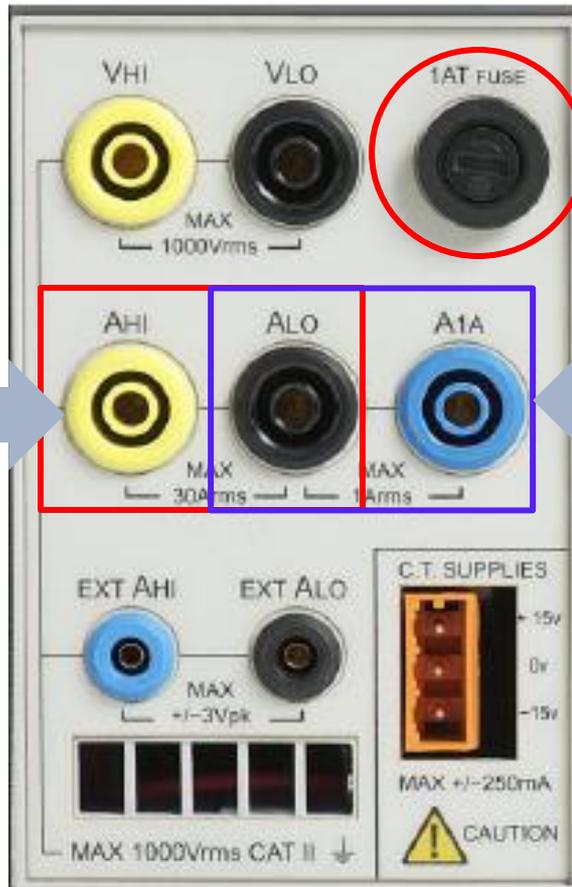


- 选30A 分流器，开关电源功率小于6.6KW可以直接输入；待机功耗测试电流是mA级别的，本身30A分流器最小电流测试精度不足。
- 选1A 分流器，测试待机功耗mA级电流没有问题，但是只能测试功率220W 左右的设备。

泰克公司提供双电流分流器解决了您的难题。

# 竞争优势-2双分流器（保护设计）

- 例如30A 和1A 分流器你可以选择



30A rms直接输入最大200A Peak

1A 分流器熔断器保护-尽量避免误操作损失

1Arms直接输入，最大5A Peak，最小2.5mA量程

## 竞争优势-3 谐波测试功能

### IEC61000-4-7 谐波测量

- 标配谐波分析功能，最高可以测试到100次谐波
- ❖ IEC61000-4-7 电磁兼容试验测量电源系统及所连设备谐波及谐波测量
- ❖ 本标准适用于交流额定频率为50Hz 标称电压110kV 及以下的公用电网，标称电压为220kV 的公用电网可参照110kV 执行。第3章关于谐波测试要求导则

#### 3.4 谐间波 interharmonics

处于供电频率的谐波之间的那些频率分量。

- ❖ PA4000谐波测试功能标配

## 竞争优势-4 对谐波测量仪器的精度要求

### ■ IEC61000-4-7 对谐波仪器测量的要求截取标准中第5章

#### 5.2 对测量仪器准确度的要求

测量谐波电压和谐波电流的仪器建议采用两种准确度。表1为制造商标明的额定使用条件下(温度、湿度、供电电压等)测量仪器在工作频率范围内对单一频率的稳定信号的最大允许测量误差。

表1 最大测量误差

| 级 别 | 被 测 量 | 条 件                                   | 最大允许误差                  |
|-----|-------|---------------------------------------|-------------------------|
| A   | 电压    | $U_m \geq 1\%U_N$<br>$U_m < 1\%U_N$   | 5% $U_m$<br>0.05% $U_N$ |
|     | 电流    | $I_m \geq 3\%I_N$<br>$I_m < 3\%I_N$   | 5% $I_m$<br>0.15% $I_N$ |
| B   | 电压    | $U_m \geq 3\%U_N$<br>$U_m < 3\%U_N$   | 5% $U_m$<br>0.15% $U_N$ |
|     | 电流    | $I_m \geq 10\%I_N$<br>$I_m < 10\%I_N$ | 5% $I_m$<br>0.5% $I_N$  |

表1中 $U_m, I_m$ 为测量值(见定义), $U_N, I_N$ 为测量仪器的额定输入值。

注:当设备按GB 17625.1试验时,其误差项在本标准中分别与允许限值(允许限值的5%),或被测试设备的额定电流( $I_r$ )对应(即0.15% $I_r$ ),以较大者为准。

当需要用最高的准确度评价额定电流大于5A,次数高于15次的谐波时,建议采用与被试设备额定电流匹配的外部分流器或电流变换器(见图1)。

### ■ 功率分析仪基本精度低于0.05%的都不符合标准。

## 竞争优势-5 峰值因数

- 一些测试应用，需要测试电流或电压波形有很大的畸变，这样对峰值因数有很高的要求。
- 我们的峰值因数最高可以到10，
- 主要的应用场合：  
变频器，手机电池实验，HID等要求高峰值因数精度



| GROUP A |         | GROUP B |                | Sum       |           |
|---------|---------|---------|----------------|-----------|-----------|
| Ch1     | Ch2     | Ch2     | Ch2            |           |           |
| Vrms    | 259.99  | Vrms    | 276.28 V       | 276.28 V  | 276.28 V  |
| Arms    | 214.18  | mA      | Arms 328.02 mA | 328.22 mA | 464.46 mA |
| Watt    | 29.085  | mWatt   | 38.781 W       | -15.384 W | 23.397 W  |
| VA      | 55.686  | VA      | VA 90.624 VA   | 90.680 VA | 222.26 VA |
| freq    | 60.020  | Hz      | freq 57.799 Hz | 57.799 Hz | -----     |
| PF      | 0.5223  | PF      | 0.4279         | -0.1696   | 0.1053    |
| Apk+    | 745.92  | mA      | Vpk+ 494.87 V  | 524.96 V  | -----     |
| Apk-    | -767.69 | mA      | Vpk- -521.80 V | -520.11 V | -----     |
| Acl     | 3.5842  | A       | Apk+ 4.5625 A  | 5.6766 A  | -----     |
| Ate     | 111.92  | mA      | Apk- -5.1926 A | -5.6626 A | -----     |
| Up      | -9.3718 | V       | Vrms 219.27 V  | 217.61 V  | -----     |
| Upm     | 1.1411  | mA      | Arms 382.29 mA | 266.58 mA | -----     |

## 竞争优势6：多种应用的测量模式

- 四种应用的测量模式
- **PWM 马达驱动模式：**旨在解决在马达驱动器常见的复杂波形上进行测量有关的难题。高频采样与数字滤波相结合，抑制载频，提取马达频率，同时功率参数测量仍使用滤波前的初始数据。
- **待机功率模式：**在消费者需求和能效法规(如能源之星)的推动下，人们对测量产品在待机模式下能耗的需要日益提高。其中使用最广泛的测量标准之一是IEC 62301。
- **镇流器模式：**镇流器模式同步测量高度调制的电子镇流器波形，通常很难进行准确的测量，因为输出信号是电源频率高度调制的高频波形。镇流器模式为把测量周期锁定到功率频率提供了一种途径。
- **积分器模式：**积分器模式用来提供测量功能，确定能耗(瓦时、安时、等等)。此外，对某些参数，还提供了平均值。
- 保证不同应用的测量一致性，减少人为犯错的概率

## 竞争优势7：高带宽信号高精度测量DC-1MHz 带宽

- 测量精度 - 电压和电流

- (45 Hz - 850 Hz )

电压精度 (Vrms)       $\pm 0.04\%$  的读数  $\pm 0.04\%$  的范围  $\pm 0.02$  V

- (10 Hz - 45 Hz或850 Hz - 1 MHz )

电压精度 (Vrms)       $\pm 0.05\%$  的读数  $\pm 0.05\%$  的范围  $\pm (0.02 * F)\%$   
的读数  $\pm 0.02$  V (典型值)

# PA4000 功率分析仪

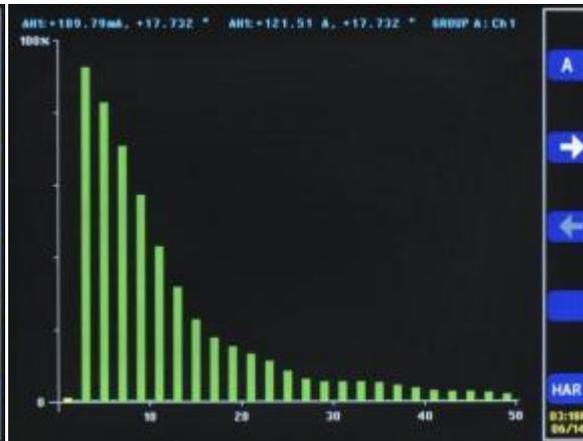
## 其他一般性指标说明



|         | PA4000_1CH  | PA4000_2CH | PA4000_3CH | PA4000_4CH |
|---------|---|------------|------------|------------|
| 输入模块    | 1   | 2          | 3          | 4          |
| 电压的输入范围 | 最大1000 Vrms, 2000 Vpeak                                     |            |            |            |
| 基本电压精度  | 0.04%   |            |            |            |
| 电流输入范围  | 0.025 A to 30 Arms with 2 个内置分流器                            |            |            |            |
| 基本电流精度  | 0.04%   |            |            |            |
| 可测量项目   | Vrms, Irms, VA, VAR, W, PF, Freq, Whr, Vahr, THD, TIF, etc. |            |            |            |
| 仪表带宽    | DC - 1 MHz  |            |            |            |
| 自动测量模式  | PWM 模式, 镇流器, 待机功耗, 能量积分                                     |            |            |            |
| 外部接口    | USB, LAN, RS-232 (GPIB Optional)                            |            |            |            |
| 软件      | 实现远程控制和数据记录 (标配)  |            |            |            |
| 主机保修    | 三年  |            |            |            |
| 校准及维修服务 | 北京  |            |            |            |

# 功率分析仪——主要的测量参数

- $V_{RMS}$ ,  $A_{RMS}$ ,  $W$ ,  $VA$ ,  $VAR$ ,  $CF$ , 频率, 相位角
- 谐波最高 100<sup>th</sup> (标配)
- 转换效率
- 浪涌电流
- 波形, 数据列表和能量积分模式

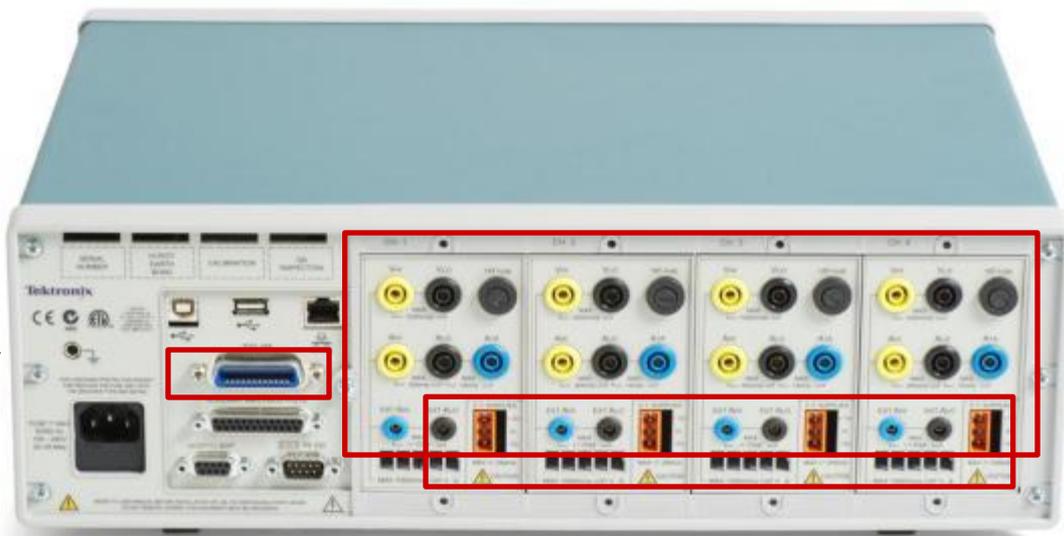


|       | PWR OUT |        |        | AC INPUT |           |
|-------|---------|--------|--------|----------|-----------|
|       | Ch1     | Ch2    | Sum    | Ch1      |           |
| Watt  | 22.755  | 3.5988 | 26.354 | WVrms    | 255.96 V  |
| WVrms | 138.85  | 139.03 | 138.94 | VArms    | 169.39 mA |
| WArms | 241.63  | 241.03 | 371.33 | Watt     | 23.853    |
| VA    | 33.551  | 33.569 | 89.364 | WArms    | 18.417    |
| VAr   | 24.654  | 33.375 | 85.389 | WAr      | 774.53    |
| Freq  | 26.449  | 26.449 | -----  | VA       | 43.356    |
| PF    | 0.6782  | 0.1072 | 0.2949 | VAr      | 36.205    |
| Vrms  | 2.2337  | 2.2056 | -----  | Freq     | 60.011    |
| Arms  | 1.3584  | 1.4328 | -----  | PF       | 0.5502    |
| VArms | 1.9678  | 1.8139 | -----  | Arms     | 95.403    |
| Arms  | 3.3732  | 2.9895 | -----  | WArms    | -7.7309   |
|       |         |        |        | WArms    | 1.1083    |

## 配置——后面板

1. 功率分析仪1, 2, 3 or 4模块可选择

2. GPIB 接口选配



3. 电流互感器供电电源-选配

如果客户购买少于4通道的机器，后续需要增加通道，客户只需将机器发回泰克公司，泰克服务部可以为您增加通道，并作校准。

# Standard Accessories

| Accessory | Description                    |
|-----------|--------------------------------|
| PA-接线束    | 一组（每通道）                        |
| 电源线       | 按照国家区别选择                       |
| 说明书和软件CD  | CD包含操作说明书及相关文件                 |
| USB 通讯线   | USB接口通讯线                       |
| 质保        | 主机三年质保                         |
| 校准报告书     | 可溯源的校准报告符合国际计量协会和 ISO9001 质量认证 |

# Recommended Accessories

| <b>Nomenclature</b> | <b>Description (0.05%)</b>                                |
|---------------------|---|
| CT-60-S             | Fixed-Core Current Transducer, High Accuracy, up to 60A   |
| CT-200-S            | Fixed-Core Current Transducer, High Accuracy, up to 200A  |
| CT-400-S            | Fixed-Core Current Transducer, High Accuracy, up to 400A  |
| CT-1000-S           | Fixed-Core Current Transducer, High Accuracy, up to 1000A |

| <b>Nomenclature</b> | <b>Description (0.5%)</b>                                  |
|---------------------|--|
| CT-100-M            | Fixed-Core Current Transducer, Hall Effect, up to 100A     |
| CT-200-M            | Fixed-Core Current Transducer, Hall Effect, up to 200A     |
| CT-500-M            | Fixed-Core Current Transducer, Hall Effect, up to 500A     |
| CT-1000-M           | Fixed-Core Current Transducer, Hall Effect, up to 1000A    |
| CL200               | Current Clamp, 1A - 100A, for Tektronix Power Analyzers    |
| CL1200              | Current Clamp, 0.1A - 1200A, for Tektronix Power Analyzers |

# 新能源逆变器的测试方案

摘要:

近年，太阳能发电备受关注。其中一个重要原因是为防止全球气候变暖。以石油、煤炭等非再生资源为燃料的火力发电等发电方式，会排出导致全球气候变暖的二氧化碳，影响环境。而太阳能发电不需要这类资源，被认为是未来重要的代能源。对太阳能发电的电压、电流及功率转换效率进行评价时，拥有高精度直流精度和交流精度的PA4000功率计将成为非常有用的测量工具。国家在十二五规划中明确要重点扶持新能源行业发展。

**太阳能逆变器基本测试需求:**

逆变效率测试。

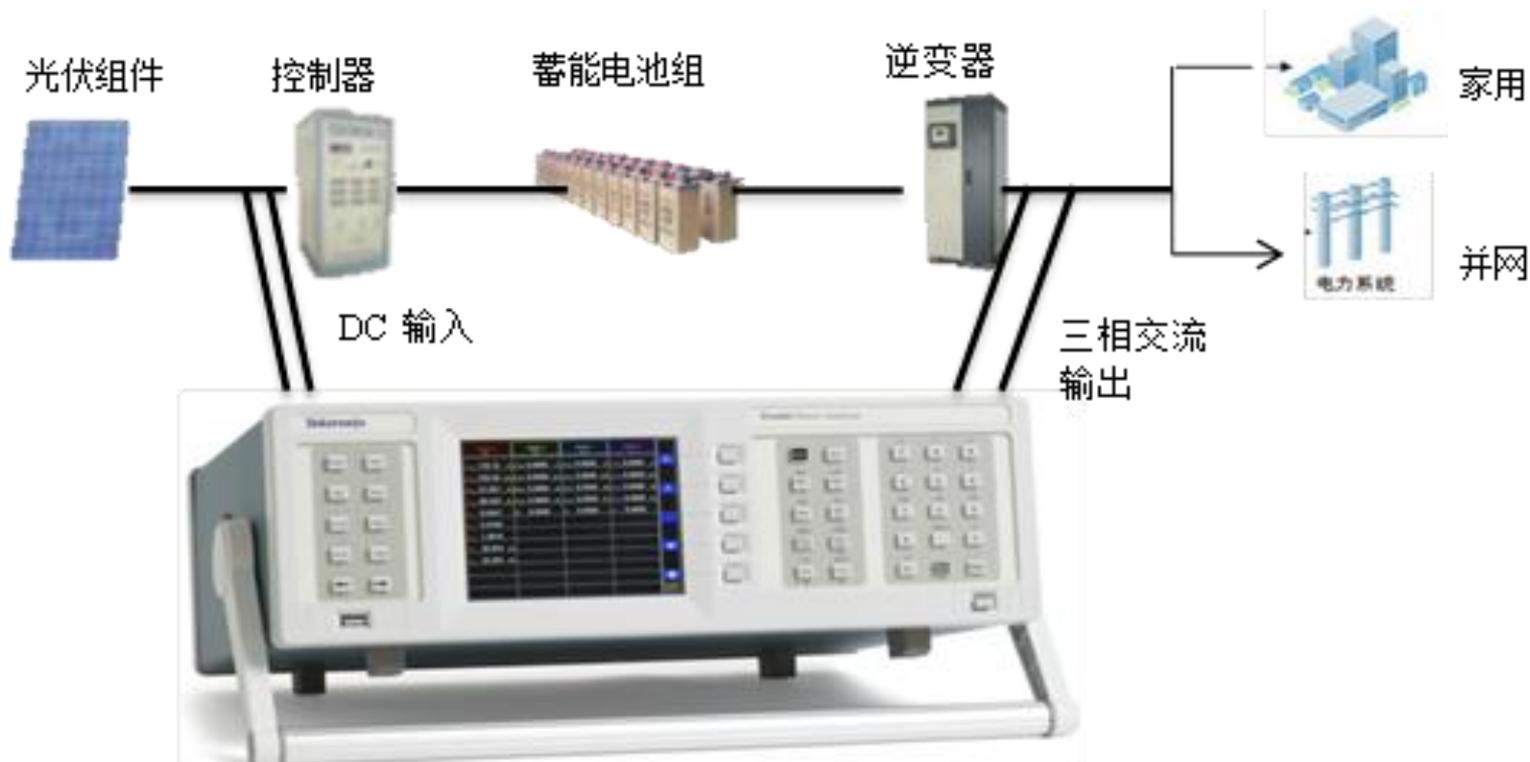
电压、电流谐波。

电压，电流有效值，有功功率，功率因数等电参数。

直流分量。

# 新能源逆变器的测试方案

逆变器测试图



# 新能源逆变器的测试方案

客户目前测试难点：

1. 高精度评价

要求准确测试你变的转换效率。目前市面上0.1%的精度满足不了测试要求。

2. 高频信号测试精度：

测试信号如果不是工频50Hz, 例如PWM 或者高次谐波测试40次谐波，测试精度差。

3. 仪器设置复杂，

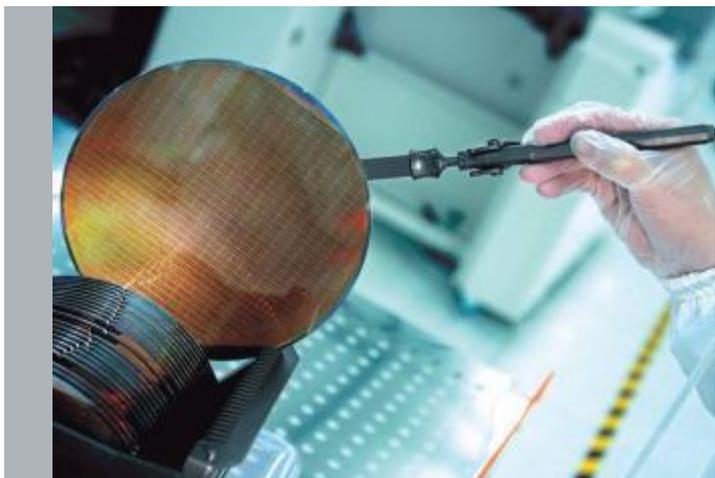
4. CT供电接线复杂

5. 数据分析困难

# 新能源逆变器的测试方案

# 新能源逆变器的测试方案

# 谢谢!



更多信息请查询: [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

**Tektronix**<sup>®</sup>