

# Tektronix®

---

PA3000  
功率分析仪  
用户手册







PA3000  
功率分析仪  
用户手册

Copyright © Tektronix. 保留所有权利。许可软件产品由 Tektronix、其子公司或提供商所有，受国家版权法及国际条约规定的保护。

Tektronix 产品受美国和外国专利权（包括已取得的和正在申请的专利权）的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改技术规格和价格的权利。

TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。

## 保证声明

Tektronix 保证，本产品自发货之日起三 (3) 年内不会出现材料和工艺缺陷。如果在保修期内证明任何此类产品有缺陷，Tektronix 将会选择对缺陷产品进行维修或更换，不收部件和人工费用。Tektronix 作保证用途的部件、模块和更换产品可能是全新的，或者经修理具有相当于新产品的性能。所有更换的部件、模块和产品将成为 Tektronix 的财产。

为得到本保证声明承诺的服务，客户必须在保修期内向 Tektronix 通报缺陷，并为服务的履行做适当安排。客户应负责包装缺陷产品并托运到 Tektronix 指定的维修中心，同时预付运费。如果产品运送到 Tektronix 维修中心所在国之内的地点，Tektronix 应支付向客户送返产品的费用。如果产品送返到任何其他地点，客户应负责支付所有的运费、关税、税金及任何其他费用。

本保证声明不适用于由于使用不当或者维护保养不当或不足所造成的任何缺陷、故障或损坏。Tektronix 在本保证声明下没有义务提供以下服务：a) 修理由非 Tektronix 服务代表人员对产品进行安装、修理或维护所导致的损坏；b) 修理由于使用不当或与不兼容的设备连接造成的损坏；c) 修理由于使用非 Tektronix 提供的电源而造成的任何损坏或故障；d) 维修已改动或者与其他产品集成的产品（如果这种改动或集成会增加产品维修的时间或难度）。

本保证由 TEKTRONIX 关于本产品而订立，用于替代任何其他的明示或暗示的保证。TEKTRONIX 及其供应商拒绝对用于特殊目的的适销性或适用性做任何暗示的保证。对于违反本保证的情况，TEKTRONIX 负责修理或更换有缺陷产品是提供给客户的唯一和独有的补救措施。无论 TEKTRONIX 及其供应商是否被预先告知可能发生任何间接、特殊、意外或引发的损坏，TEKTRONIX 及其供应商对这些损坏都不负有责任。

[W4 - 15AUG04]



# 目录

重要安全信息	vii
常规安全概要	vii
维修安全概要	x
本手册中的术语	x
产品上的符号和术语	x
合规性信息	xii
EMC 合规性	xii
安全合规性	xiii
环境注意事项	xiv
前言	xv
特性和功能	xv
准备使用	1
开始之前 - 安全性	1
开机	2
全局、组和通道参数的概念	3
连接到被测产品	4
结果屏幕	5
导航结果屏幕	6
导航菜单系统	7
屏幕帮助	7
前面板	9
前面板控件和连接器	9
快速查看键	10
结果屏幕	11
波形屏幕	12
条形图屏幕	13
积分器屏幕	14
矢量图屏幕	16
数学屏幕	17
设置屏幕	18
前面板 USB 端口	19
软键	19
菜单和帮助键	20
操作和字母键	21
数字和公式键	22
将数据记录到存储设备	22
连接信号	24
输入概述	24
连接简单的变流器	25

连接外部电阻分流器.....	26
将变换器与电压输出相连接.....	28
连接变压器/电压变换器.....	29
为外部变换器供电.....	30
菜单系统.....	31
测量.....	31
Measurement Configuration 菜单.....	33
模式.....	36
输入.....	41
图形和波形.....	46
接口.....	47
数据记录.....	48
数学结果.....	48
系统配置.....	51
用户配置.....	52
远程操作.....	54
概述.....	54
连接 RS-232 系统.....	54
连接 USB 系统.....	54
连接以太网系统.....	54
连接 GPIB 系统（可选）.....	54
状态报告.....	55
命令列表.....	57
IEEE 488.2 标准命令和状态命令.....	57
通道和组命令.....	59
设备信息命令.....	60
测量选择与读取命令.....	61
测量配置命令.....	65
模式设置命令.....	69
输入设置命令.....	73
图形和波形命令.....	78
接口命令.....	78
数据记录命令.....	80
屏幕保存命令.....	80
数学命令.....	81
系统配置命令.....	82
用户配置命令.....	85
发送和接收命令.....	85
通信示例.....	86
PA3000 软件.....	89
PWRVIEW PC 软件.....	89

---

固件更新实用程序 .....	90
应用示例 .....	92
示例 1: 效率测试单相应用 .....	92
示例 2: 效率测试三相应用 .....	100
示例 3: 能耗测试 .....	108
示例 4: 待机电源测量 (IEC 62301 Ed. 2.0) .....	113
示例 5: 浪涌电流测试 .....	119
参考信息 .....	124
测量参数 .....	124
精度公式 .....	125
求和公式 .....	127
通信端口 .....	131
索引	

# 图目录

图 i: Tektronix PA3000 功率分析仪	xv
图 1: 典型的 PA3000 输入连接	4
图 2: 后面板输入模块	4
图 3: 结果屏幕 (四通道仪器)	5
图 4: 左右箭头硬键	6
图 5: 前面板控件和连接器	9
图 6: 快速查看键	10
图 7: 结果屏幕	11
图 8: 波形屏幕	12
图 9: 条形图屏幕	13
图 10: 积分器屏幕	14
图 11: 矢量图屏幕	16
图 12: 数学屏幕	17
图 13: 设置屏幕 (第一个屏幕)	18
图 14: 设置屏幕 (第二个屏幕)	19
图 15: 操作和字母键	21
图 16: 示例数据文件	23
图 17: 后面板上的信号输入 (显示通道 1)	24
图 18: 变流器连接	26
图 19: 外部电阻分流器连接	27
图 20: 变流器连接	29
图 21: 外部电阻分流器连接	30
图 22: 测量屏幕	31
图 23: 移动测量的示例	33
图 24: Measurement Configuration 菜单	33
图 25: 单相两线和直流测量。选择单相两线模式	41
图 26: 单相三线。选择单相三线	41
图 27: 三相三线 (双功率表法)。选择三相三线	42
图 28: 三相三线 (三功率表法)。选择三相三线 (3V3A)	42
图 29: 三相三线 (三功率表法)。选择三相四线	42
图 30: 三相四线 (三功率表法)。选择三相四线	43
图 31: 状态字节	55
图 32: 状态字节寄存器	55
图 33: 显示数据状态寄存器	56
图 34: 显示数据状态启用寄存器	56
图 35: 标准事件状态寄存器	56
图 36: 标准事件状态启用寄存器	57
图 37: PWRVIEW 软件	89

图 38: AC-DC 效率测量接线图	93
图 39: PA3000 上的效率测量	94
图 40: PA3000 上的谐波条形图	96
图 41: 通过 PWRVIEW 软件进行效率测量	96
图 42: 效率趋势图	98
图 43: 记录设置	99
图 44: 自定义极限设置	100
图 45: PWM 电机驱动效率 (单相输入和三相输出)	101
图 46: PA3000 上的矢量图	104
图 47: PWM 电机驱动效率 (三相输入和三相输出)	105
图 48: 扭矩和转速测量的辅助输入设置	106
图 49: 谐波条形图	107
图 50: 能耗测量接线图	109
图 51: PA3000 上的能耗测试	109
图 52: 积分趋势图	112
图 53: 自定义极限	113
图 54: 待机电源测量接线图	114
图 55: 待机电源模式	115
图 56: 全面合规性 IEC 62301 待机电源测试	116
图 57: IEC 62301 Ed. 2.0 待机电源测试报告	118
图 58: 浪涌电流测量接线图	119
图 59: 浪涌电流测量的最小值-最大值列	121
图 60: 浪涌电流测量	122
图 61: 后面板上的功率分析仪通信端口	132

# 表目录

表 1: 前面板控件和连接器 .....	9
表 2: 后面板上的信号输入 .....	24
表 3: TIF 的加权因数 .....	36
表 4: PWM 模式下的频率范围设置影响 .....	40
表 5: 输入量程 .....	43
表 6: 有效通道参数 .....	49
表 7: 有效组参数 .....	50
表 8: 有效组求和参数 .....	50
表 9: 用于返回模拟输入和计数器输入值的参数 .....	50
表 10: 状态字节寄存器位定义 .....	55
表 11: 显示数据状态寄存器位定义 .....	56
表 12: 显示数据状态启用寄存器位定义 .....	56
表 13: 标准事件状态寄存器位定义 .....	56
表 14: 标准事件状态启用寄存器位定义 .....	57
表 15: 相位测量 .....	124
表 16: 测量精度 .....	126
表 17: 单相三线求和公式 .....	127
表 18: 三相三线求和公式 .....	128
表 19: 三相四线求和公式 .....	129
表 20: USB 连接器针脚说明 .....	131
表 21: 后面板上的通信端口 .....	132
表 22: 以太网针脚说明 .....	133
表 23: GPIB 端口针脚配置说明 .....	133
表 24: 辅助输入-输出针脚说明 .....	134
表 25: RS-232 连接器针脚说明 .....	134

# 重要安全信息

本手册中包含用户安全运行和在安全条件下保存产品所必须遵守的信息和警告。

为了安全地执行此产品上的服务，本章节末尾处将提供更多信息。（见第x页，*维修安全概要*）

## 常规安全概要

仅按规定使用产品。详细阅读下列安全性预防措施，以避免人身伤害，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。认真阅读所有说明。保留这些说明以供日后参考。

遵守当地和国家的安全法规。

为了正确而安全地操作产品，除本手册中规定的安全性预防措施之外，您还应该遵守普遍接受的安全性流程，这一点很重要。

产品经过专门设计，只有经过培训的人员才能使用。

只有了解其中危险性的合格人员才能开盖进行修理、维护或调整。

使用前，必须利用已知资源检查产品，以确保产品正常运行。

此产品并非用于检测危险电压。

火线暴露在外时，使用个人防护设备防止电击和电弧爆炸伤害。

使用此产品时，可能需要接触到大系统的其他部分。请阅读其他组件手册的安全性部分中的有关操作此系统的警告和注意事项。

将设备集成到系统之后，系统的安全性就成为系统组装者的责任。

### 避免火灾或人身伤害

**使用合适的电源线：**请只使用本产品专用并经所在国家/地区认证的电源线。

切勿使用为其他产品提供的电源线。

**使用合适的电压设置：**接通电源前，确保线路选择器处于所使用电源的正确位置。

**将产品接地：**本产品通过电源线的接地导线接地。为避免电击，必须将接地导线与大地相连。在对本产品的输入端或输出端进行连接之前，请务必将本产品正确接地。

切勿停用电源线接地连接。

**断开电源：**电源线可以使产品断开电源。请参阅有关位置的说明。不要将设备放在给操作电源线造成困难的地方；电源线必须能够随时供用户使用，以便在需要时快速断开连接。

**正确连接并正确断开连接：** 探头或测试导线连接到电压源时请勿插拔。

仅使用随产品提供的或 Tektronix 说明适合于本产品的绝缘电压探头、测试导线和适配器。

**遵守所有终端额定值：** 为避免火灾或电击，请遵守产品上的所有额定值和标记。在对产品进行连接之前，请首先查阅产品手册，了解有关额定值的详细信息。请勿超过产品、探头或附件的最低额定单独器件的测量类别 (CAT) 额定值和电压或电流额定值。使用 1:1 测试导线时要当心，因为探头尖端电压会直接传输到产品。

对任何终端（包括公共终端）施加的电压不要超过该终端的最大额定值。

不要将公共终端的电压浮动到该终端的额定电压以上。

本产品测量终端的额定值使之不适合连接到 III 类或 IV 类电路。

**切勿开盖操作：** 请勿在外盖或面板打开或机壳打开时运行本产品。危险电压可能会暴露在外。

**远离外露电路：** 电源接通后，请勿接触外露的线路和元件。

**怀疑产品出现故障时，请勿进行操作：** 如果怀疑本产品已损坏，请让合格的维修人员进行检查。

如果产品被破坏则停用。如果产品被损坏或不能正常运行，则不要使用产品。如果怀疑产品的安全性，则关闭并断开电源。清楚标记产品以防止其进一步运行。

使用前，请检查电压探头、测试导线和附件是否存在机械性损伤，如有损坏，请更换。如果被损坏、金属暴露在外或者磨损指示灯亮起，则不要使用探头或测试导线。

使用前检查产品外观。查看是否有断裂或缺件。

仅使用指定的替换部件。

**正确更换电池：** 仅限更换指定类型和额定值的电池。

**正确为电池充电：** 仅限按照建议的充电周期为电池充电。

**使用合适的保险丝：** 只能使用为本产品指定的保险丝类型和额定指标。

**佩戴护目镜：** 如果暴露在高强度射线或激光辐射环境下，请佩戴护目镜。

**请勿在潮湿环境下操作：** 如果产品从冷环境移动到暖环境中，注意可能会发生凝结现象。

**请勿在易燃易爆的环境中操作：**

**请保持产品表面清洁干燥：** 清洁产品前先取消输入信号。

**请适当通风：**有关如何安装产品使其保持适当通风的详细信息，请参阅手册中的安装说明。

提供槽和孔洞用于通风，永远不要覆盖或以其他方式堵塞。不要将任何物体塞入任何孔洞中。

**提供安全的工作环境：**总是将产品放在便于观察显示屏和指示灯的位置。

避免不当或长时间使用键盘，指针和按钮垫。不当或长时间使用键盘或指针可能导致严重伤害。

确保您的工作区域满足适用的人机工程学标准。请咨询人机工程学专家以避免应激损伤。

抬起和搬运产品时要格外小心。本产品带有把手，用于抬起和搬运。

仅限使用本产品指定的 Tektronix 机架安装硬件。

## 探头和测试导线

连接探头或测试导线之前，将电源连接器的电源线连接到适当接地的电源输出上。

保持手指位于探头上的护手板后面。

移除不使用的所有探头、测试导线和附件。

进行任何测量时，仅使用正确的测量类别（CAT）、电压、温度、高度和安培数额定探头、测试导线和适配器。



**警告：**为防止触电，请勿超过测试导线的最大测量电压或最大浮动电压。

**正确连接并正确断开连接：**先将测试导线连接到测量产品，再将其连接到被测电路。先将参考测试导线连接到被测电路，再连接到测试导线输入。先从被测电路断开测试导线输入和参考测试导线，再从测量产品断开测试导线。

**正确连接并正确断开连接：**连接测试导线或断开测试导线的连接之前请将被测电路断电。

请勿将测试导线连接到电压高于测试导线额定电压的任何电路。

**检查测试导线和附件：**每次使用前，请检查测试导线和附件是否损坏（测试导线体、附件或电缆外壳是否有切口、裂口或缺陷）。如有损坏，不要使用。

**浮动测量的使用：**请勿将参考导线的电压浮动到额定浮动电压以上。

## 维修安全概要

维修安全概要章节包含在产品上安全维修所需要的更多信息。只有合格人员才能执行维修流程。进行任何维修流程之前，请阅读本维修安全概要和常规安全概要。

**避免电击：** 不要接触外露的连接。

**不要单独维修：** 除非现场有他人可以提供急救和复苏措施，否则请勿对本产品进行内部维修或调整。

**断开电源：** 为避免电击，在移除任何护盖或面板或打开机壳进行维修之前，先关闭产品的电源并从主电源断开电源线。

**带电维修时要格外小心：** 此产品中可能存在危险的电压或电流。在卸下保护面板，进行焊接或更换元件之前，请先断开电源，卸下电池（如适用）并断开测试导线。

**维修之后验证安全性：** 维修之后，总是重新检查接地持续性和电线的介电强度。

## 本手册中的术语

本手册中可能出现以下术语：



---

**警告：** “警告”声明指出可能会造成人身伤害或危及生命安全的情况或操作。

---



---

**注意：** “注意”声明指出可能对本产品或其他财产造成损坏的情况或操作。

---

## 产品上的符号和术语

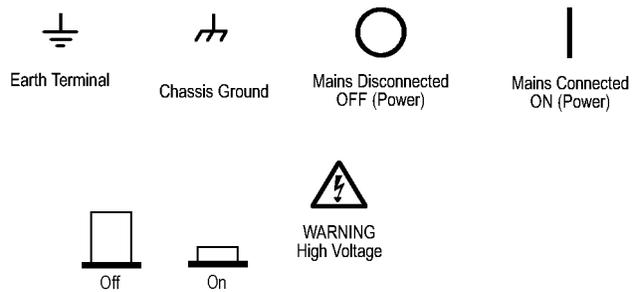
产品上可能出现以下术语：

- “危险”表示当您阅读该标记时会立即发生的伤害。
- “警告”表示当您阅读该标记时不会立即发生的伤害。
- “注意”表示可能会对本产品或其他财产带来的危险。



产品上标记此符号时，务必要查询手册，找出潜在危险的属性，以及必须采取以避免危险的任何措施。（此符号也可以用于用户参考手册中的评级。）

产品上可能出现以下符号：



# 合规性信息

本部分列出仪器遵循的 EMC（电磁兼容性）、安全和环境标准。

## EMC 合规性

### EC 一致性声明 – EMC

符合电磁兼容性指令的要求。经证明符合《欧洲共同体官方公报》中所列的以下技术规格：

**EN 61326-1、EN 61326-2-1:** 测量、控制和实验室用电气设备的 EMC 要求。<sup>1 2 3 4</sup>

- CISPR 11。放射和传导辐射量，组 1，A 类
- IEC 61000-4-2。静电放电抗扰性
- IEC 61000-4-3。射频电磁场抗扰性
- IEC 61000-4-4。电气快速瞬变/突发抗扰性
- IEC 61000-4-5。电源线路浪涌抗扰性
- IEC 61000-4-6。传导射频抗扰性
- IEC 61000-4-11。电压骤降和中断抗扰性

**EN 61000-3-2:** 交流电源线谐波辐射

**EN 61000-3-3:** 电压变化、波动和闪变

### 制造商合规性联系信息：

Tektronix, Inc. PO Box 500, MS 19 - 045  
Beaverton, OR 97077, USA  
www.tek.com

- 1 本产品仅在非居民区内使用。在居民区内使用可能造成电磁干扰。
- 2 当该设备与测试对象连接时，可能产生超过此标准要求的辐射级别。
- 3 测试导线和/或测试探头由于电磁干扰耦合而发生连接时，设备可能无法满足所列适用标准的抗干扰能力要求。为了最大限度地减少电磁干扰的影响，请最小化信号无屏蔽部分与关联回路导线之间的环路面积，同时尽量让导线远离电磁干扰源。将未屏蔽的测试导线缠绕在一起是减小环路面积的有效方法。对于探头，需要使接地回路导线的长度尽可能短，并靠近探头主体。为了最有效地达到这一目的，一些探头配备了附件探头端部适配器。在一切情况下，都应遵守所用探头或导线的所有安全说明。
- 4 为确保符合上面列出的 EMC 标准，应使用高质量的屏蔽接口电缆。

**澳大利亚/新西兰一致性声明 – EMC**

根据 ACMA，符合《无线电通信法》有关 EMC 规定的以下标准：

- CISPR 11。放射和传导发射量，组 1，A 类，依照 EN 61326-1。

**安全合规性**

本章节列出产品遵守的安全性标准和其他安全合规性信息。

**EU 一致性声明 – 低电压**

经证明符合《欧盟官方公报》中所列的以下技术规范：

低电压指令

- EN 61010-1。对用于测量控制和实验室的电气设备的安全性要求 – 第 1 部分：总体要求。
- EN 61010-2-030。对用于测量控制和实验室的电气设备的安全性要求 – 第 2-030 部分：测试和测量电路的特殊要求。

**设备类型**

测试和测量设备。

**安全级别**

1 级 – 接地产品。

**污染度说明**

对产品周围和产品内部环境中可能出现的污染的一种量度。通常认为产品的内部环境与外部环境相同。产品只应该在其规定环境中使用。

- 污染度 1。无污染或仅出现干燥、非导电性污染。此类别的产品通常进行封装、密封或置于干净的房间中。
- 污染度 2。通常只发生干燥、非导电性污染。偶尔会发生由凝结引起的临时传导。典型的办公室/家庭环境属于这种情况。只有当产品处于非使用状态时，才会发生临时凝结。
- 污染度 3。导电性污染或者因凝结而变为导电性污染的干燥、非导电性污染。此类场所为温度和湿度不受控制的建有遮盖设施的场所。此类区域不受阳光、雨水或自然风的直接侵害。
- 污染度 4。通过导电性的尘埃、雨水或雪而产生永久导电性的污染。户外场所通常属于这种情况。

**污染度评级**

污染度 2（如 IEC 61010-1 中定义）。仅适合在室内、干燥场所使用。

**IP 防护等级**

IP20（如 IEC 60529 中定义）。

## 测量和过压类别说明

本产品的测量端子可能被评级为测量以下一个或多个类别的电线电压（请参见产品上和手册中标记的特殊等级）。

- 类别 II。利用点上直接连接到建筑物的电路（电器插座和类似点）。
- 类别 III。在建筑物的接线和分布系统中。
- 类别 IV。在建筑物的电源处。

---

**说明：** 只有主电源电路带有过压类别额定值。只有测量电路带有测量类别额定值。产品内的其他电路没有任何一种额定值。

---

## 主线过压类别额定值

过压类别 II（如 IEC 61010-1 中的定义）。

## 环境注意事项

本部分提供有关产品环境影响的信息。

### 产品报废处理

回收仪器或组件时，请遵守下面的规程：

**设备回收：** 生产本设备需要提取和使用自然资源。如果对本产品的报废处理不当，则该设备中包含的某些物质可能会对环境或人体健康有害。为避免将有害物质释放到环境中，并减少对自然资源的使用，建议采用适当的方法回收本产品，以确保大部分材料可以得到恰当的重复使用或回收。



此符号表示该产品符合欧盟有关废旧电子和电气设备（WEEE）以及电池的 2012/19/EU 和 2006/66/EC 号指令所规定的相关要求。有关回收方式的信息，请查看泰克网站（[www.tek.com](http://www.tek.com)）上的 Support/Service（支持/服务）部分。

# 前言

## 特性和功能

Tektronix PA3000 是一款功能强大且丰富的精密功率分析仪。PA3000 专为各类电气产品提供清晰且准确的电功率和电能测量，既是一款简单易用的台式仪器，又是一款快速且可编程的自动测试接口。

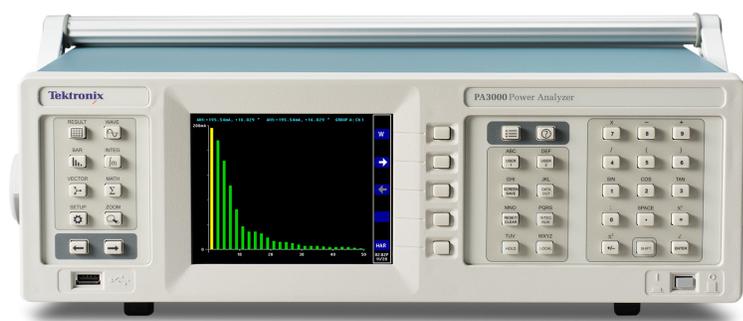


图 i: Tektronix PA3000 功率分析仪

下面列出了一些基本特性：

- 测量瓦特、伏特、安培、伏安和功率因数；持续保持准确，即使在失真波形上
- 电压、电流和瓦特标准为 100 次谐波
- 一至四条通道，实现多相位测量
- 快速访问结果、图形和菜单
- 内置 30 A 和 1 A 分流器
- 从毫瓦至兆瓦的测量范围
- 高亮度彩色显示器
- 完备的计算机接口，包括 RS-232、USB、GPIB（可选）和以太网
- 将数据记录到所连接的 USB 闪存驱动器
- $\pm 15$  V 电源，用于外部变换器
- 简单易用的菜单系统，提供上下文相关帮助
- 内置数学屏幕，可以操作和显示任何结果。最适合效率等测量



# 准备使用

## 开始之前 - 安全性

连接功率分析仪前，请仔细阅读并遵守以下警告声明。



**警告：** 为避免可能发生的电击或人身伤害，请务必注意以下事项：

将功率分析仪连接到有源电路，确保功率分析仪内的端子和某些部件已通电。

如果可能，请先打开电路，再与功率分析仪建立连接。

连接电路前，确保未超过最大测量电压和最大接地电压（600 V<sub>rms</sub>，CAT II）。

请勿使用不符合相关安全标准的引线和附件，否则可能会因触电而导致严重人身伤害或死亡。

分流器和导线使用时会产生热量，因而表面可能会灼伤皮肤。

### 合格人员

按照设计，本产品仅限由合格人员操作。因此，人员必须熟悉安装、组装、连接、检查连接和操作功率分析仪，以及必须受过以下方面的培训：

- 按照适用安全标准打开/关闭、启用、接地和识别电路与服务/系统
- 按照适用的安全标准维护和操作相应安全装置
- 急救知识

确保所有使用设备的人员均已阅读并完全理解用户手册和安全说明。

### 安装

- 电源连接必须符合这些范围/值：100 - 240 V，50/60 Hz。
- 设备仅可以在某些环境条件下使用。确保实际的环境条件符合本手册规定的容许条件。
- 确保安装本产品时其电源线可以随时连接，还便于断开。

### 每次使用之前

- 确保电源线和连接电缆以及与本产品配合使用的所有附件和被连接设备均处于正常工作状态且干净整洁。
- 确保任何与设备配合使用的第三方附件均符合适用的 IEC 61010-031 / IEC 61010-2-032 标准，并适合相应的电压量程。

## 连接顺序



**警告：** 为避免可能发生的电击或人身伤害，使用测量电路测量主电源线时，接地电压不得超过 CAT II 环境中的 600 V<sub>rms</sub>。

为安全起见，将电路连接到功率分析仪时，请按照下述的顺序继续操作：

1. 将仪器电源线连接到正确接地的电源插座。  
功率分析仪现在已连接到保护接地线。
2. 打开仪器电源。
3. 按照全部说明并根据本手册中的连接示意图连接测量电路。

## 使用期间

- 连接电缆和仪器至少需要两个人，以小组形式工作。
- 如果您检查到机壳、控件、电源线、连接线或被连接设备受到任何损伤，请立即将设备与电源断开。
- 如果您怀疑设备操作是否安全，则立即关闭设备和相关附件，保证它们不会因疏忽而打开，然后让合格的维修人员维修。

## 开机

1. 确认功率分析仪状况良好，无任何损坏迹象。
2. 按照开始之前 - 安全性部分说明的“连接顺序”操作。（见第1页）
3. 按下电源开关打开功率分析仪。  
仪器将启动开机顺序；这大约需要 15 秒钟。开机期间会显示仪器的序列号和固件版本。
4. 现在，仪器可以使用了。

## 全局、组和通道参数的概念

**组的定义** 使用多相功率分析仪时，常常需要将测量通道链接在一起。这被称为组合。在某一组内，一个通道将作为组中所有其他通道的频率源和基准。组合常用于三相电机测量等应用中。通道 1 和 2 可以组合在一起以测量输入功率，而通道 3 和 4 可以组合在一起以测量输出功率。有关对通道应用组合的详细信息，请参阅菜单系统章节的接线部分。（见第41页，*接线*）

**全局、组和通道设置** PA3000 有许多不同的设置影响结果外观和实际结果。为使仪器更易于操作，设置可能会影响一个或多个参数。根据参数的情况，其影响或使用范围可能是全局、每组或每通道的层面。下面分别说明影响测量和结果的参数。

**全局设置** 全局设置影响所有测量。下列设置为全局：

- 消隐（见第51页，*消隐*）
- 平均（见第51页，*平均*）
- 更新速率（见第51页，*更新速率*）
- 自动归零（见第51页，*自动归零*）

全局设置将显示在 System Configuration 菜单的下面。

**组设置** 每组设置影响组中的每个通道。受影响的设置包括：

- 测量（见第31页，*测量*）
- 测量配置（见第33页，*Measurement Configuration 菜单*）
- 模式（见第36页，*模式*）
- 接线（见第41页，*接线*）
- 量程（见第43页，*设置量程*）
- 分流器选择（见第44页，*分流器*）
- 频率源（见第44页，*频率源*）
- 带宽（见第45页，*带宽*）

**通道设置** 通道设置与任何组合完全无关。下列设置均基于每通道：

- 标度系数（见第45页，*标度*）

设置的参数是每组或每通道的参数时，组或通道将显示在菜单的顶部。若要更改组或通道，请使用左右箭头硬键。

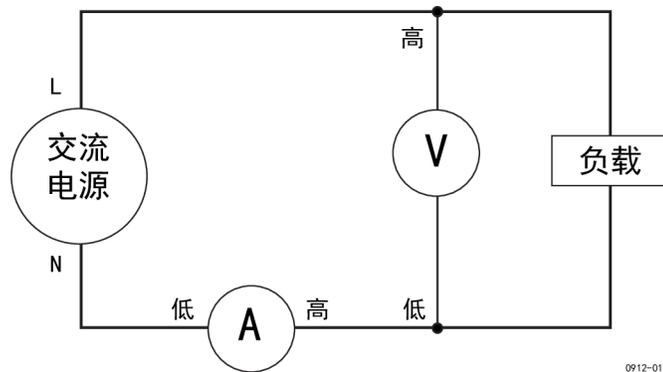
## 连接到被测产品

PA3000 可以直接使用每个模拟卡后部的 4 mm 端子测量高达 600 V<sub>rms</sub> CAT II 和 30 A<sub>rms</sub> 或 1 A<sub>rms</sub>。有关量程外测量（低或高功率），请参阅使用电流和电压变换器的信息。（见第24页，*连接信号*）

若要测量功率，请将 PA3000 的测量端子与电源电压并联并与负载电流串联，如下图所示。



**警告：** 使用不当或损坏的安全电缆可能会因触电而导致严重人身伤害或死亡。为避免受伤，请始终使用与随附电缆一样的优质安全电缆，且使用前请确认其未损坏。



0912-016

图 1: 典型的 PA3000 输入连接

请参照下图，将电缆连接到 PA3000 的后面板输入模块。



图 2: 后面板输入模块



在默认模式下，每列代表仪器的一个通道，每条通道均属于不同的组。每组均按接线设置配置，例如：单相两线。每行显示测量类型 **Vrms**、测量值 **248.4** 和测量单位 **V**。使用标准工程符号描述单位，mV = 毫伏 (10e-3)，MV = 兆伏 (10e+6)。

## 导航结果屏幕

大部分屏幕的右侧是软键栏。使用这些软键可导航所显示的屏幕或者访问其他屏幕或菜单。软键在菜单中显示，但由显示屏右侧的前面板键控制。

	上一页
	向上滚动一个测量行
	向下滚动一个测量行
	下一页

若要放大查看结果，请按 （前面板左侧的 ZOOM 键）。该屏幕循环提供四种不同的缩放级别，包括：

- 每列 12 个结果，共四列
- 每列六个结果，共两列
- 每列三个结果，共一列
- 每列九个结果，包括六个数学结果，共四列

如果列数多于屏幕上可显示的列数（例如：四列模式下有六列结果），请使用左右箭头硬键滚动这些列。



1152-010

**图 4: 左右箭头硬键**

PA3000 提供固定或自动量程选项。默认为自动量程。如果选择固定量程或者输入信号的峰值大于量程，则会出现超量程状况。结果屏幕会指示出这种情况，使超量程通道中的所有结果不断闪烁。另外，“Vrms”和/或“Arms”也会闪烁，指示超量程情况属于电压通道，还是电流通道的，或者两者皆有。

## 导航菜单系统

通过菜单系统可以全面访问 PA3000 的全部设置。若要访问菜单系统，请按  (MENUS 键)。

若要随时返回测量显示屏，只需再次按  或按  (RESULT 键)。

菜单系统启用时，显示屏右侧的五个软键可用于导航和选择选项。菜单键列表位于手册的软键部分。(见第19页, 软键)

如果进入的菜单显示组或通道的名称，这表示设置仅适用于已显示的组或通道。若要移至另一个组或通道，请使用左右箭头硬键。

### 示例：选择要显示的测量

要执行的首要任务之一是更改显示的测量列表。

在显示屏上选择测量：

1. 按  (显示菜单)。
2. 按  查看测量列表。标有选中标记的测量会按显示的顺序显示。
3. 使用  和  键选择要显示的测量，并按  显示测量。
4. 若要更改显示测量的顺序，首先选择要移动的测量，然后按 。选择栏将变为红色。
5. 使用  和  移动测量，然后按  接受新位置。

若要删除所选测量，请将其选中并按 。

若要恢复默认列表，请参阅“用户配置菜单”。(见第52页, 用户配置)

---

**说明：** 根据所选模式，某些测量将无法选择。(见第36页, 模式) 下文详述有关选择测量的内容。(见第31页, 测量)

---

## 屏幕帮助

通过菜单系统的屏幕帮助，可以随手获取有关主题的简要帮助信息。例如，按 ，然后按  (HELP) 键；便会显示主菜单上的帮助。再次按 ，便会移除帮助，返回到上一个屏幕。

选择菜单选项后在某一特定屏幕上需要帮助时，只需按  便可获取有关该主题的简要帮助信息。不是每一屏幕每一层级都有帮助；如果按  时未显示任何帮助，则此层级不提供帮助。



# 前面板

## 前面板控件和连接器

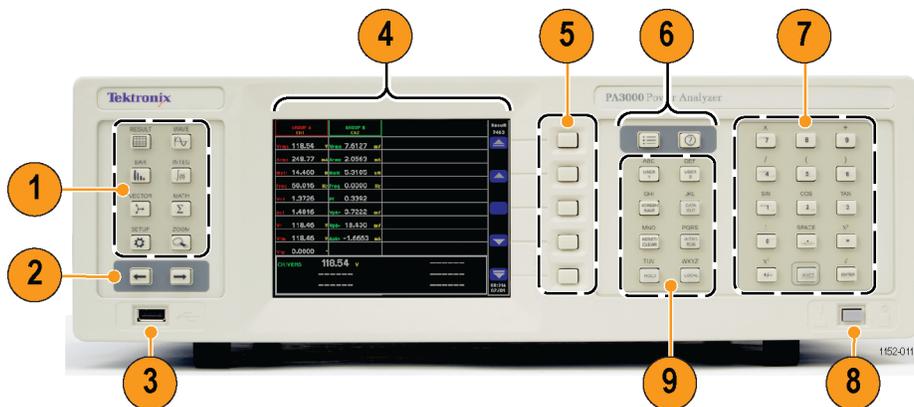


图 5: 前面板控件和连接器

表 1: 前面板控件和连接器

1	快速查看键
2	左右箭头硬键
3	闪存驱动器 USB 连接
4	640 x 480 TFT 显示屏
5	软键
6	菜单和帮助键
7	数字和公式键
8	前面板开/关
9	操作和字母键

## 快速查看键

通过快速查看键可轻松访问不同的显示屏幕。



图 6: 快速查看键

前七个键更换显示屏幕以显示不同信息：

-  (RESULT 键) 显示标准结果屏幕。
-  (WAVE 键) 显示波形。
-  (BAR 键) 显示谐波条形图。
-  (INTEG 键) 在积分器模式下显示积分器波形。
-  (VECTOR 键) 显示矢量图。
-  (MATH 键) 显示从数学菜单配置的数学结果。
-  (SETUP 键) 显示一个显示当前仪器配置的画面。

任意按其中一个键，便会更换为相应的显示屏。再次按同一键不会起作用。

最下方是 ZOOM 键 () 和左右箭头硬键。

ZOOM 键更改屏幕上显示的结果的数量。其范围从四列，到两列，再到一列，然后再到四列，底部显示数学结果。再次按下会将显示屏返回至四列。

左右箭头硬键用于左右移动结果，以便可以查看更多结果（最多可显示 15 列结果）。左右箭头硬键还用在其他屏幕上，比如用于更改组的菜单屏幕或移动光标的波形屏幕。

## 结果屏幕

结果屏幕为仪器的默认开机屏幕。

GROUP A Ch1	GROUP B Ch2	GROUP C Ch3	GROUP D Ch4	Result 33406
Vrms 118.79	V Vrms 0.0000	V Vrms 0.0000	V Vrms 0.0000	▲
Arms 0.0000	A Arms 0.0000	A Arms 0.0000	A Arms 0.0000	▲
Watt 0.0000	W Watt 0.0000	W Watt 0.0000	W Watt 0.0000	▲
VA 0.0000	VA VA 0.0000	VA VA 0.0000	VA VA 0.0000	▲
Freq 59.975	Hz Freq 0.0000	Hz Freq 0.0000	Hz Freq 0.0000	▲
PF 0.0000	PF 0.0000	PF 0.0000	PF 0.0000	▲
				▼
				▼
				▼
				▼
				06:45P 02/08

图 7: 结果屏幕

结果屏幕显示所有请求的结果。

屏幕上结果的大小/数量可以通过按  控制。

显示的实际结果及其显示的顺序由 Measurements 菜单控制。(见第31页, *测量*) 显示谐波数量、显示最小和最大保持值列以及显示求和列均使用 Measurement Configuration 菜单控制。(见第33页, *Measurement Configuration* 菜单)

## 波形屏幕

按  可显示波形屏幕。该屏幕显示在连续操作模式下测量的数据的波形。

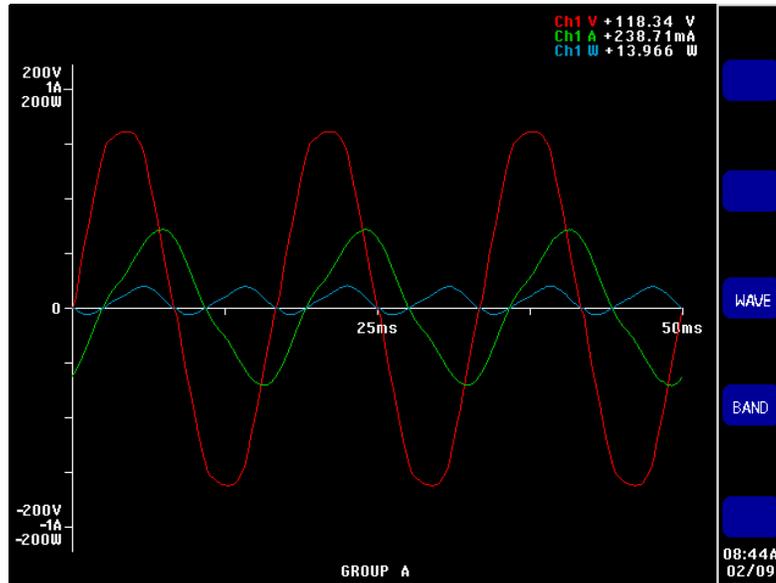


图 8: 波形屏幕

波形屏幕由两个分区组成。显示屏的右上方是组中每条通道的伏特、安培和瓦特值。通道的标签用颜色编码，以匹配波形。（见第46页，*图形和波形*）即使不是波形，也会显示测量结果。

这些测量结果的下面是以 X 和 Y 为轴划分的实际波形。

可以这样选择要查看的波形，按 ，选择 **Graphs and Waveforms**，再选择 **Waveform**，随后是要显示为波形的实际选项：伏特、安培或瓦特。还可以按  作为快速访问 Select Waveforms 菜单的快捷方式。

波形选择按钮完成。只有指定组内的信号可以显示在相同的波形图上。

使用显示屏左下方的左右箭头硬键更改组。这样可以更改组和显示的波形。

绘制波形时，组的相位参考信号以 X 和 Y 轴的交点为起点。选择显示或不显示参考波形不会影响其他波形的的位置。例如，如果以通道 1 伏特值为相位参考，而通道 1 安培值又滞后 90 度，但是未显示通道 1 伏特值，则通道 1 安培值仍然以 90 度滞后为起点。

对于 X（时间）轴，量程是所显示最低频率信号的时长的两倍，四舍五入到以 1、2 或 5 开始的时间。例如，如果 50 Hz 是最低频率，则周期的两倍是 40 ms，因此时基是 50 ms。如果任何显示的波形（全部直流）上均没有测量到频率，则会将 500 ms 用作时基。

对于 Y 轴，检查属于同一单位（伏特、安培或瓦特）的所有通道显示时的量程。最大量程是使用的量程。

## 条形图屏幕

按  可显示条形图屏幕。条形图屏幕以条形图的形式显示伏特、安培或瓦特谐波信息。

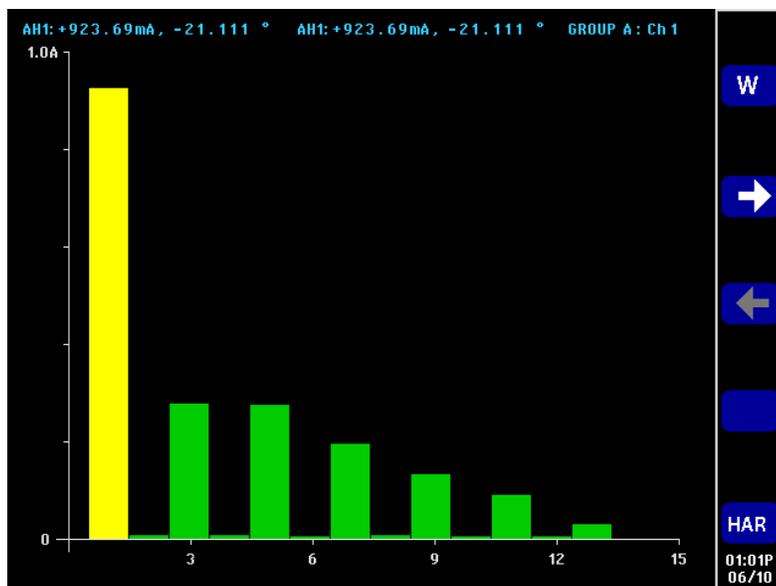


图 9: 条形图屏幕

用于显示的数据基于通道所在组的谐波设置。所有软键操作均基于每组。左右箭头硬键用于更换通道。

谐波不需要以条形图显示谐波作为结果显示。如果从未显示和配置过谐波，则条形图将基于默认谐波设置。

每个图形的最上方有两个读数以及组和通道名称。第一个读数是基值（用测量单位表示）和相角。第二个结果是单位与其显示在结果屏幕（组的用户设置定义的百分比或绝对值）上时相同的高亮显示谐波以及相角。无论是否其显示在结果屏幕上，都会显示相角。

使用左右箭头软键可以选择单次谐波。选中的谐波为黄色，与绿色相对比。左右箭头只能更改当前组的谐波选择。如果显示屏显示的仅是一个条形图，则使用这一选择就相当简便。当用户随后使用左右箭头硬键更换到下一通道时，选中的谐波将基于查看前一通道时可能发生的变化。

对于 X 轴，即使有可能高达 100，但谐波值可显示的最大数也为 50。显示的谐波值由相应组的谐波序列和量程来决定。例如，如果将单位配置为显示奇偶数谐波最高至第 50 次，则会显示 50 次谐波。如果仅为奇数谐波，最高至第 19 次，则会显示 10 次谐波。

如果要显示的谐波次数少于 50，则会将它们展开布满图形允许的宽度。如果用户选择要显示的谐波超过 50 次，则左右箭头软键将用于滚动谐波，达到第 50 次谐波结果后会更换轴标签。

下面详细说明软键：

	切换谐波，显示顺序为伏特、安培再到瓦特，最后返回伏特。基于每组工作。
	更换谐波，依次向右（高阶）选择。
	更换谐波，依次向左（低阶）选择。
	跳到谐波设置菜单。

## 积分器屏幕

按  可显示积分器屏幕。在积分器模式下，积分器屏幕可以在图形上显示积分结果。（见第38页，*积分器模式*）

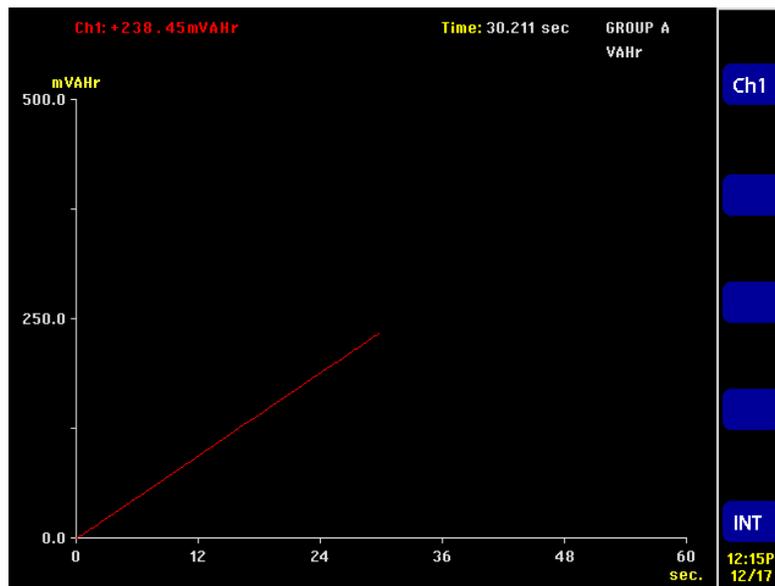


图 10: 积分器屏幕

一次可以显示以下一项结果：

- 瓦小时
- 伏安小时
- 无功伏安小时

- 安培小时
- 平均瓦数
- 平均功率因数
- 伏特
- 安培
- 瓦特
- 基本伏安小时 (VAHf)
- 基本无功伏安小时 (VArHf)
- 校正值 VAr

使用积分器本身时，将结果分组显示。这意味着绘图线的最大数为四，会在三相四线系统中出现并提供求和结果。在组的限制范围内可以选择从显示屏中添加或删除绘图线。例如，可以选择查看通道 1 结果和求和结果。

提供这种选择有两个原因：

- 在平衡的三相系统中，每个通道的积分读数都非常类似，因此绘图线会一条覆盖在另一条上。这样会引起混淆。
- 还是在平衡的三相系统中，如果将通道结果和求和结果显示在同一张图上，通道绘图不会高于 Y 轴最多 1/3 处。删除求和结果并重标度 Y 轴可以更好地解决通道绘图问题。

显示屏的最上方是组中每个通道（包括求和通道）的读数。读数与在积分器波形设置屏幕中选择的要显示在屏幕上的结果相同，例如，如果绘图是瓦小时 (WHr)，则读数也是瓦小时 (WHr)。

绘图的颜色始终与通道指示器相同。

只要显示着积分图，按左右箭头硬键便可更换到组结果。若只有一个组为积分器模式，则图形不会更换。

X 和 Y 轴均自动标度。对于 Y 轴，时间将随积分时间的增加而自动变化。这样可以最好地查看图形。

只要进行积分，按下 **INT** 软键便可更改绘图。这会直接转至选择了相应组的积分器波形设置菜单。

## 矢量图屏幕

按  可显示矢量图屏幕。矢量图屏幕以矢量图形式显示伏特、安培或伏安谐波信息之一。

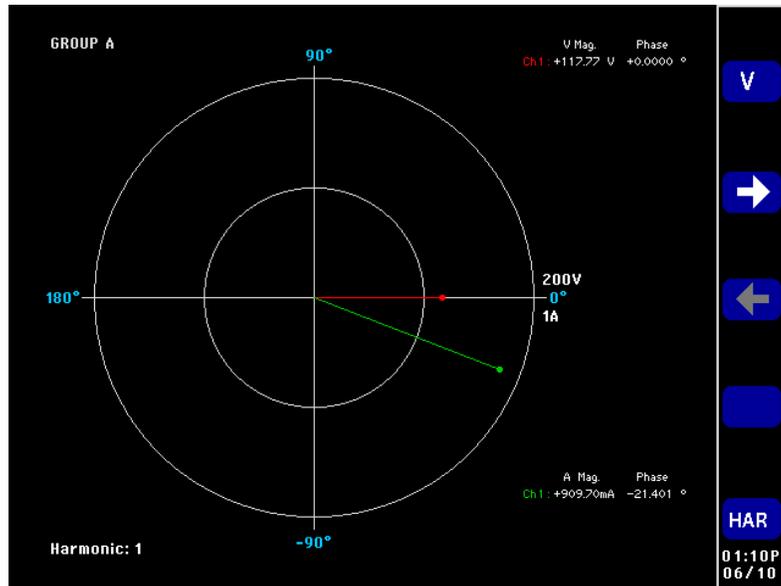


图 11: 矢量图屏幕

矢量基于每组显示。左右箭头硬键用于更改当前显示的组。当前组以相应的组颜色显示在左上角。

左右软键更改当前显示的谐波次数。可用于显示的谐波与结果屏幕中的谐波相同。有两点不同。第一，如果结果屏幕配置为将幅度以基波的百分比形式显示，则仍会使用绝对幅度。由此可以使组中每个通道的所选谐波幅度之间实现真正的比较。第二，如果用户没有要显示谐波，则仍会使用谐波设置。这提供了一种不用显示谐波即可查看谐波信息的快速方法。

**V/A** 最上方软键切换显示屏，显示顺序为仅伏特矢量、仅安培矢量到伏特和安培两种矢量。

显示的每个矢量均以不同颜色显示。图形可以一次显示最多六个矢量。这会适用于显示伏特和安培的三相四线配置。

除显示矢量线外，矢量的幅度和相角也显示在矢量图的右侧。即使不显示矢量也可以显示电压和电流信息。

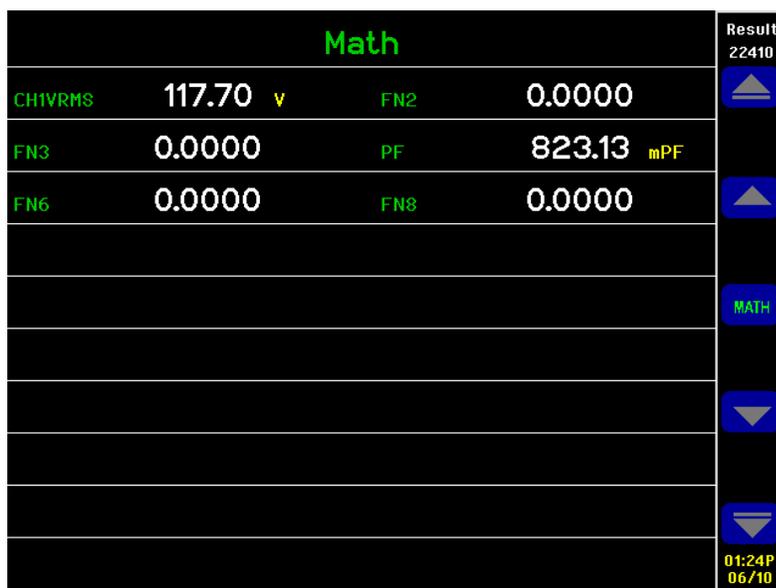
幅度基于显示组时的最大量程（在自动量程中，通道可以在不同量程上）。更改谐波次数时量程不会改变，从而可以在谐波次数之间进行可视比较。

下面详细说明软键：

	切换矢量，显示顺序为仅伏特、仅安培到伏特和安培两者。基于每组工作。
	更换谐波向量，依次向右（高阶）显示。基于每组工作。
	更换谐波向量，依次向左（低阶）显示。基于每组工作。
	跳到谐波设置菜单。跳到相应组。

## 数学屏幕

按  可显示数学屏幕。数学屏幕显示用户配置的值。可以选择易读屏幕上显示的所需值，或者选择通过数学方法控制以显示所需值的基本测量。



Math				Result
CHVRMS	117.70 v	FN2	0.0000	
FN3	0.0000	PF	823.13 mPF	
FN6	0.0000	FN8	0.0000	
				
				
				
				01:24P 06/10

图 12: 数学屏幕

可以定义最多 30 个数学函数，标记为 FN1 至 FN30。每个函数可以指定以下信息：

- **名称**。用户友好的名称，最多十个字符。（默认为与标签相同，例如，FN1）。在菜单中，函数标签总是显示在函数的用户名称旁边。
- **单位**。用户友好的单位，比如 W 代表瓦特。（默认为空白）。u、m、k、M 等前缀将相应地添加到单位中。单位最多四个字符。
- **函数**。实际的数学公式，最多 100 个字符。

更多信息可在“数学结果”下找到。（见第48页）

## 设置屏幕

按  可访问设置屏幕。第一个屏幕显示通道和组的当前信息，以及消隐和远程控制设置等项目。按  或  可查看屏幕底部的信息。

Analyzer Configuration				
	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4
V Scaling	1.000	1.000	1.000	1.000
I Scaling	1.000	1.000	1.000	1.000
Ext.Shunt Scal.	1.000	1.000	1.000	1.000
V Ext.Phase Comp.	0.000	0.000	0.000	0.000
I Ext.Phase Comp.	0.000	0.000	0.000	0.000
V Range	5 V	5 V	5 V	200 V
I Range	12.5 mA	500 mA	500 mA	500 mA
	GROUP A	GROUP B	GROUP C	GROUP D
Wiring	1Ph2W	1Ph2W	1Ph2W	1Ph2W
Mode	Integrator	Normal	Normal	Normal
V Range	Auto	Auto	Auto	Auto
I Range	Auto	Auto	Auto	Auto
Shunt	Internal 1 A	Internal 30 A	Internal 30 A	Internal 30 A
Freq. Source	Volts	Volts	Volts	Volts
Phase Ref.	Volts	Volts	Volts	Volts
Freq. Range	>10 Hz	>10 Hz	>10 Hz	>10 Hz
Bandwidth	High	High	High	High
Press -> for instruments information				05:37P 01/22

图 13: 设置屏幕 ( 第一个屏幕 )

按前面板左下方的右箭头硬件可访问第二个屏幕。该屏幕显示仪器配置，包括设备上上次验证和调节时间、设备序列号和固件版本等信息，以及已安装模拟卡的相关信息。

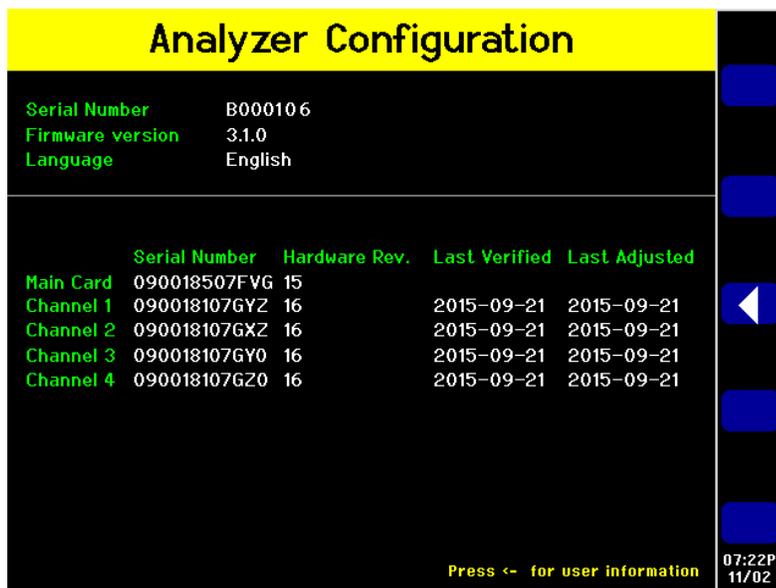


图 14: 设置屏幕 (第二个屏幕)

## 前面板 USB 端口

使用前面板 USB 端口和所连接的 USB 闪存驱动器可进行屏幕截图或收集数据，以便在其他设备上使用。

将闪存驱动器连接到 USB 端口时，DATA OUT 键下方的 LED 指示灯短暂亮起。

按 SCREEN SAVE 键时，仪器便进行屏幕截图并将截图保存到闪存驱动器中。截图保存到闪存驱动器后，DATA OUT 键下方的 LED 指示灯亮起。

按 DATA OUT 键时，仪器便将测量数据记录到闪存驱动器；仪器记录数据时，该键下方的 LED 指示灯闪烁。再次按该键可停止数据记录。

有关前面板 USB 端口的更多信息，请参阅本文后续部分介绍的“通信端口”下的说明。（见第131页，*前面板 USB 主控端口*）

## 软键

软键提供上下文相关的功能。常规软键图像提供常规功能。常规软键显示如下。如果软键上的符号为灰色，则表示已达到限制。有关专用软键的详细信息，请参阅本手册的相关章节。



上一页



向上移动一个结果/菜单行/帮助文本行。

	无功能
	向下移动一个结果/菜单行/帮助文本行。
	下一页
	转至上一菜单。
	转至下一菜单。
	在列表中上移或下移所选测量。
	将所选测量上移一行
	将所选测量下移一行。
	选择高亮显示的项目。
	取消
	应用值。
	删除光标左侧的一个字符。
	清除文本输入。

## 菜单和帮助键

菜单和帮助键位于显示屏右侧操作和字母键的上方。

-  打开和关闭屏幕菜单。菜单始终位于最上层。
-  根据当前显示屏打开与上下文相关的屏幕帮助。显示帮助时，除了已配置的软键外，任意按下其他键均不会产生作用。再次按  可关闭帮助屏幕。

## 操作和字母键

软键的右侧是操作键，同样具有输入字母字符的功能。



图 15: 操作和字母键

- USER 1 / ABC、USER 2 / DEF。这些键可以快速访问设置菜单。显示菜单时任意按住其中一个键 2 秒钟，便会将菜单与所按键相链接。例如，如果显示电压量程菜单时按住 USER 1，则在显示任何其他屏幕时按下 USER 1，便会显示电压量程菜单。
- SCREEN SAVE / GHI。按此键可执行屏幕截图并将截图保存到已连接到前面板 USB 端口的兼容闪存驱动器中。屏幕截图以位图文件形式保存在闪存驱动器的 PA3000 文件夹中。文件名由仪器自动分配，例如 SCREEN01.BMP；如果名称已存在，仪器会增大数字，以免覆盖现有文件。数据写入闪存驱动器后，DATA OUT 键下方的 LED 指示灯亮起。
- DATA OUT / JKL。按此键可开始或停止数据记录。如果正在记录数据，此键会闪烁。
- RESET/CLEAR / MNO。此键的功能根据仪器的配置而定。它可以清除最小/最大保持结果和重置积分器。
- INTEG RUN / PQRS。按此键可开始或停止积分器。如果积分器正在运行，则此键将亮起。
- HOLD / TUV。按此键可停止更新屏幕上的结果。再次按下可以使结果继续变化。如果暂停显示，则 HOLD 键下面的 LED 指示灯将亮起。如果积分器正在运行，则值仍会累计。
- LOCAL / WXYZ。只要仪器通过 USB、GPIB、以太网或 RS-232 接收通信，前面板便会锁定。按 LOCAL 键会恢复对前面板的控制。前面板锁定时，LOCAL 键下面的 LED 指示灯将亮起。

若要输入字母字符，请按 SHIFT 键，该键位于数字和公式键下。SHIFT 键下面的 LED 指示灯将亮起。每次按下相同的字母字符键，输入的字母将按照键上显示的顺序变化。如果一秒内未按下按键或者按下其他键，则光标将移至下一个位置。

## 数字和公式键

小键盘数字区的主要用途是输入数字和公式。按键如下：

- 7 / x。数字 7 或与 SHIFT 同时按下为乘号
- 8 / -。数字 8 或与 SHIFT 同时按下为减号
- 9 / +。数字 9 或与 SHIFT 同时按下为加号
- 4 / /。数字 4 或与 SHIFT 同时按下为除号
- 5 / (。数字 5 或与 SHIFT 同时按下为左括号
- 6 / )。数字 6 或与 SHIFT 同时按下为右括号
- 1 / SIN。数字 1 或与 SHIFT 同时按下为正弦函数
- 2 / COS。数字 2 或与 SHIFT 同时按下为余弦函数
- 3 / TAN。数字 3 或与 SHIFT 同时按下为正切函数
- 0 / :。数字 0 或与 SHIFT 同时按下为冒号
- . / SPACE。小数点或与 SHIFT 同时按下为空格
- = /  $x^y$ 。等号或与 SHIFT 同时按下为 X 的 Y 次幂
- +/- /  $x^2$ 。加号或减号或与 SHIFT 同时按下为 X 的平方
- SHIFT。按此键可输入键盘上的交错函数。
- ENTER /  $\sqrt{\quad}$ 。输入或与 SHIFT 同时按下为平方根。

## 将数据记录到存储设备

PA3000 可将数据记录到 USB 闪存驱动器。设备将全部选择的测量结果记录到逗号分隔值 (.csv) 格式文件中，并将这些文件存储在连接的 USB 闪存驱动器上。将按照 USB 主机 Data Out 菜单中指定的速率记录结果（默认速率为每 0.5 秒）。

启用数据记录前，将 USB 闪存驱动器插入 PA3000 前面的 USB 主机端口中。后面的端口不能用于 USB 闪存驱动器。

### 记录数据

若要启动数据记录，请按下 DATA OUT 键。该键下方的 LED 指示灯将闪烁，表示正在记录数据。若要停止数据记录，请按下 DATA OUT 键。LED 指示灯停止闪烁时，可以安全取下 USB 闪存驱动器。

## 数据存储和格式

数据将记录到 PA3000 在 USB 闪存驱动器上创建的目录中。创建的目录结构包括所用 PA3000 序列号的最后五位数和开始数据记录的日期。文件名会反映数据记录的开始时间（格式为 24 小时制），并使用 .csv 扩展名。

例如，如果序列号为 100010210134 的 PA3000 于 2016 年 3 月 31 日下午 2:18:56 开始数据记录，则目录树将如下所示。

```
\PA3000\10134\16-03-31\14-18-56.csv
```

文件的第一部分包含一个用于标识序列号使用的仪器和数据记录开始时间的标头。

第二部分包含 PA3000 组配置的信息。其中包括组索引、组名称、组的通道数量及组返回结果的数量。

文件的第三部分包含当前所选的每个测量的列标头。后面的列将包含当前所选测量的索引集，与 PA3000 屏幕上显示的顺序相同。下图是返回数据的一个示例。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tektronix PA3000							
2	Serial Nur B010134							
3	Firmware 3.1.0							
4	Start Date	3/15/2016						
5	Start Time	14:18:56 AM						
6								
7	Group	Name	# of Ch.	# of Res.	Wiring			
8	1	GROUP A	1	59	1Ph2W			
9	2	GROUP B	1	0	1Ph2W			
10								
11	# Math Re	6						
12								
13								
14	Index	Time	Vrms(1)	Arms(1)	Watt(1)	Freq(1)	PF(1)	Vcf(1)
15	1	11:56:24	1.19E+02	1.02E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.25E-01	1.38E+01
16	2	11:56:25	1.19E+02	1.03E+00	1.01E+02	6.00E+01	8.26E-01	1.38E+01
17	3	11:56:25	1.19E+02	1.03E+00	1.01E+02	6.00E+01	8.28E-01	1.38E+01
18	4	11:56:26	1.19E+02	1.03E+00	1.01E+02	6.00E+01	8.27E-01	1.38E+01
19	5	11:56:26	1.18E+02	1.03E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.25E-01	1.38E+01
20	6	11:56:27	1.18E+02	1.03E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.26E-01	1.38E+01
21	7	11:56:27	1.18E+02	1.02E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.25E-01	1.38E+01
22	8	11:56:28	1.18E+02	1.03E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.24E-01	1.38E+01
23	9	11:56:28	1.18E+02	1.03E+00	1.00E+02	6.00E+01	8.25E-01	1.38E+01

图 16: 示例数据文件

数据记录时还返回数学结果。这些结果位于通道结果的后面。仅返回已启用的数学结果。列名称由函数名称和用户指定的单位组成。

本文档后面的部分会介绍有关前面板 USB 端口和 USB 闪存驱动器要求的更多信息。（见第 131 页，*前面板 USB 主控端口*）

# 连接信号

## 输入概述



**警告：** 为避免可能发生的电击或人身伤害，请务必：

请勿接触没有接地的接口、内部电路或测量设备。

请始终遵守连接顺序的相关说明。（见第2页，*连接顺序*）

从功率分析仪后面将信号连接到仪器。如下所示，每个模拟卡都有多个输入。

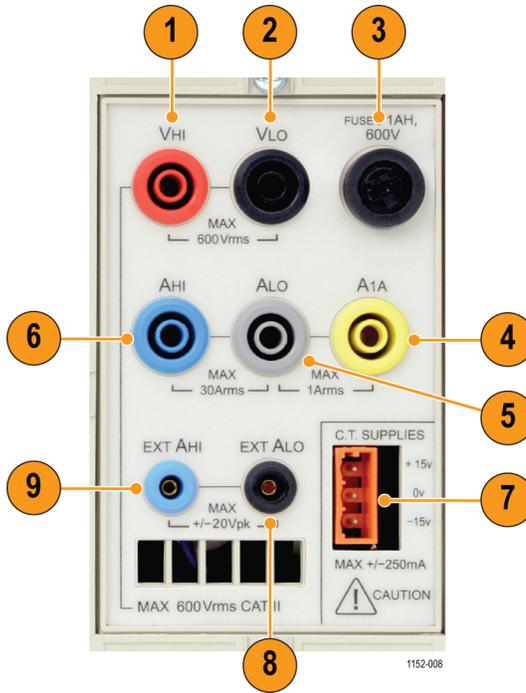


图 17: 后面板上的信号输入 (显示通道 1)

表 2: 后面板上的信号输入

项目	说明
1	高电压接口 (VHI)
2	低电压接口 (VLO)
3	T1AH、250 V 保险丝，用于保护 1 A 分流器
4	1 A 高电流接口 (A1A)
5	低电流接口 (ALO，通常连接到 30 A 和 1 A 分流器)

表 2: 后面板上的信号输入 (续)

项目	说明
6	30 A 高电流接口 (AHI)
7	$\pm 15$ V 电源, 用于为外部变换器供电
8	外部分流器低电流输入 (EXT ALO)
9	外部分流器高电流输入 (EXT AHI)

**电压** 高达  $600 V_{\text{rms}}$  的电压可以直接连接到 PA3000 的每条测量通道后面的红色和黑色 4 mm VHI 和 VLO 安全插座上。

**电流** PA3000 有两个内置分流器。第一个分流器允许最高  $30 A_{\text{rms}}$ 、 $200 A_{\text{pk}}$  电流直接连接到 PA3000 的每条测量通道后面的蓝色和灰色 4 mm AHI 和 ALO 安全插座上。第二个分流器允许最高  $1 A_{\text{rms}}$ 、 $5 A_{\text{pk}}$  电流直接连接到同样位于每条测量通道后面的黄色和灰色 4 mm A1A 和 ALO 安全插座上。

**外部电流输入** 外部电流输入接受最高  $\pm 20 V_{\text{pk}}$  的电压, 与被测电流成比例。此输入允许连接各种外部变流器, 从低毫安级分流器到高幅度变换器均可。根据变换器的不同类型, 可以将 PA3000 进行标度以读取正确电流。(见第 41 页, 输入)

变流器的选择取决于:

- 被测电流, 包括峰值和瞬态。
- 要求的准确度。
- 要求的带宽: 除非波形是完全的正弦曲线, 否则将需要带宽超过基频。
- 是否有直流存在。
- 方便连接 - 也就是, 使用钳口变流器, 打开钳口即可在固定线束中进行快速连接。
- 变换器对电路的影响。

## 连接简单的变流器

若要使用类似于 Tektronix CL 系列 (或任何其他配有电流输出的变换器) 的传统变流器 (CT), 请将 PA3000 的标准 AHI 和 ALO 输入连接到变流器的输出。为安全使用和安装变换器, 请按照制造商的使用说明操作。根据变流器的输出电平, 需要在 30 A AHI 输入和 1 A AHI 输入之间进行选择。选择时请根据预期的变流器输出动态范围来定。

通常, 变换器的正极或 HI 输出将用箭头或 + 号来标出。将该端子连接到 PA3000 的相应 AHI 输入。

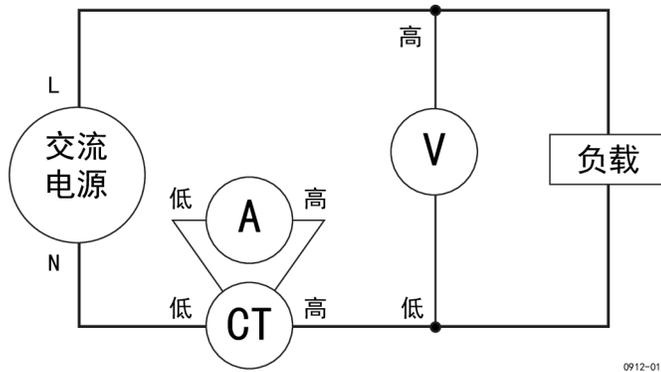


图 18: 变流器连接

### 电流标度

变流器产生与被测负载电流成比例的输出电流。例如，Tektronix CL200 产生的输出电流是被测电流的 1/100。

若要在 PA3000 上测量正确的电流，请使用分析仪的标度功能来标度 CT 输出电流或与之相乘。

例如，CL200 是 100:1 CT。测量 100 A 时，其输出为 1 A。若要在 PA3000 上标度这一指标，必须输入刻度系数 100：

按 。

选择   Inputs 并按 。

选择   Scaling 并按 。

选择   Amps 并按 。

使用  清除输入内容。

输入新的刻度系数（100）。

按 。

按  返回到测量显示屏。

PA3000 现在可以使用 CT 进行测量了。

## 连接外部电阻分流器

使用电阻分流器是扩展 PA3000 电流量程的一种直接方法。分流器电阻与负载串联，通过分流器的电压与电流成正比。

电压可以与 PA3000 的外部电流输入直接连接。

例如，1 mΩ 分流器用于测量 200 A<sub>rms</sub>。

1. 检查将产生的电压是否适合 PA3000

$V = I \times R$  (欧姆定律)

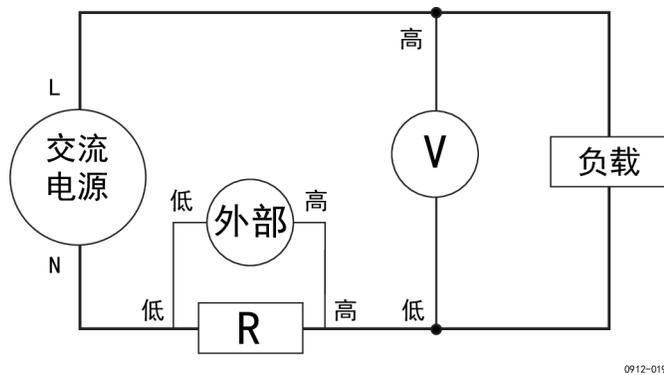
$V_{shunt} = I \times R_{shunt}$

$V_{shunt} = 200 \text{ A} \times 0.001 \text{ } \Omega$

$V_{shunt} = 0.2 \text{ V}$

这最适合 PA3000 外部电流输入的 20 V<sub>pk</sub> 额定值范围

2. 如图所示，将分流器与负载串联，然后连接到 EXT AHI 和 EXT ALO 输入。



0912-019

图 19: 外部电阻分流器连接

移除与标准 ALO 端子的任何连接！



**警告：** 与标准 AMPS 端子的连接会产生高电压。

若要避免误差和发生电击风险，请移除 ALO 的所有连接。PA3000 内部已连接 EXT ALO 和 ALO，因此，与 AHI、ALO 和 A1A 的连接会产生与 EXT ALO 相同的电势。

3. 设置 PA3000 从 EXT AHI 和 EXT ALO 端子测量电流。

按 。

选择   Inputs 并按 。

选择   Shunt 并按 。

选择   External 并按 。

按  返回到测量显示屏。

4. 在显示屏上标度测量。

默认刻度是  $1\text{ V} = 1\text{ A}$ 。

此示例中， $R = 0.001\ \Omega$ 。将标度系数指定为“安培/伏特”，因此此例中的标度系数为 1000。

若要为电流输入标度系数：

按 。

选择   **Inputs** 并按 。

选择   **Scaling** 并按 。

选择   **External Shunt** 并按 。

使用  清除输入内容。

输入新的刻度系数（100）。

按 。

按  返回到测量显示屏。

PA3000 现在可以使用外部分流器进行测量了。

## 将变换器与电压输出相连接

这些变换器包含有助于提高带宽性能的有源电路。它们可采用霍尔效应技术，或者属于罗戈夫斯基线圈类。

步骤类似于上述安装外部分流器的步骤。

1. 为安全使用和安装变换器，请按照制造商的使用说明操作。
2. 将电压输出连接到上述 PA3000 通道的 EXT AHI 和 EXT ALO 端子。
3. 设置 PA3000：

按 。

选择   **Inputs** 并按 。

选择   **Shunt** 并按 。

选择   **External** 并按 。

按  返回到测量显示屏。

4. 选择并输入刻度系数。这些类型的变换器通常以  $\text{mV} / \text{A}$  为额定值。例如，输出为  $100 \text{ mV} / \text{A}$  的变换器相当于  $100 \text{ m}\Omega$  的外部分流器电阻。若要将额定标度从伏特/安培转换为理想的安培/伏特，请计算该值的倒数。使用上述的示例， $100 \text{ mV} / \text{A}$  等于  $10 \text{ A} / \text{V}$ 。

按 。

选择   **Inputs** 并按 。

选择   **Scaling** 并按 。

选择   **External Shunt** 并按 。

使用  清除输入内容。

输入新的刻度系数（如 0.1）

按 。

5. 按  返回到测量显示屏。

PA3000 现在可以使用配有电源输出的电流变换器进行测量了。

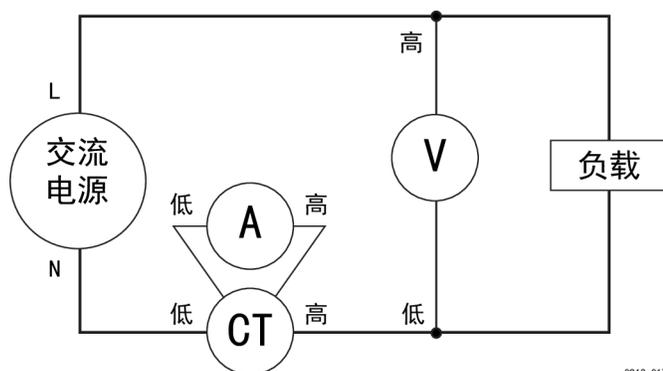


图 20: 变流器连接

## 连接变压器/电压变换器

PA3000 可以使用变压器 (VT) 或其他变换器扩展其测量范围。为安全使用和安装变换器，请按照制造商的使用说明操作。

将变换器的输出连接到标准 VHI 和 VLO 端子。通常，变换器的正极或 HI 输出将用箭头或 + 号来标出。将该端子连接到 PA3000 的 VHI 输入。

**电压标度** 变压器 (VT) 产生与被测电压成比例的电压输出。

若要在 PA3000 上测量正确的电压，请使用功率分析仪的刻度功能来标度 VT 输出电流或与之相乘。

例如，使用 1000:1 VT 测量时，必须使用 1000 的刻度系数。

按 。

选择   Inputs 并按 。

选择   Scaling 并按 。

选择   Volts 并按 。

使用  清除输入内容。

输入新的刻度系数 (1000)。

按 。

按  返回到测量显示屏。

PA3000 现在可以使用 VT 进行测量了。

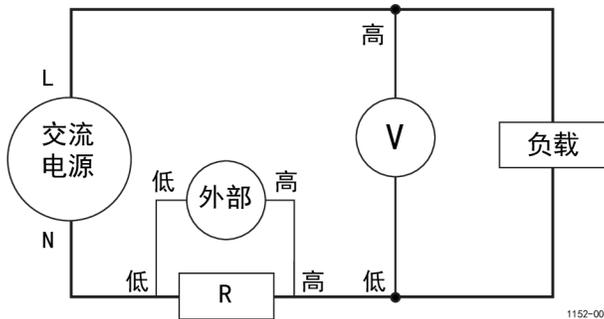


图 21: 外部电阻分流器连接

## 为外部变换器供电

PA3000 提供  $\pm 15$  V 电源为给外部变换器供电。电源可以在每个模拟卡上提供每轨 250 mA 的电流 (+15 V 时为 250 mA 和 -15 V 时为 250 mA)。连接器位于每个模拟卡的旁边，十分方便。随附四个配套连接器 (Tektronix 部件编号 56-598) 以帮助建立连接。这些连接器均为 Wago 231-303/026-000。

# 菜单系统

本部分介绍 PA3000 的一些主要菜单。

## 测量

使用 Measurements 菜单可设置测量在屏幕上的显示顺序；默认测量为： $V_{rms}$ 、 $A_{rms}$ 、Watt、VA、PF 和 Freq。这以每组为基础。测量可以按任何顺序分组显示，包括谐波。然而，谐波结果始终按区块显示（所有电压谐波将根据参数集以连续的区块形式显示）。

下图显示了标准测量屏幕。

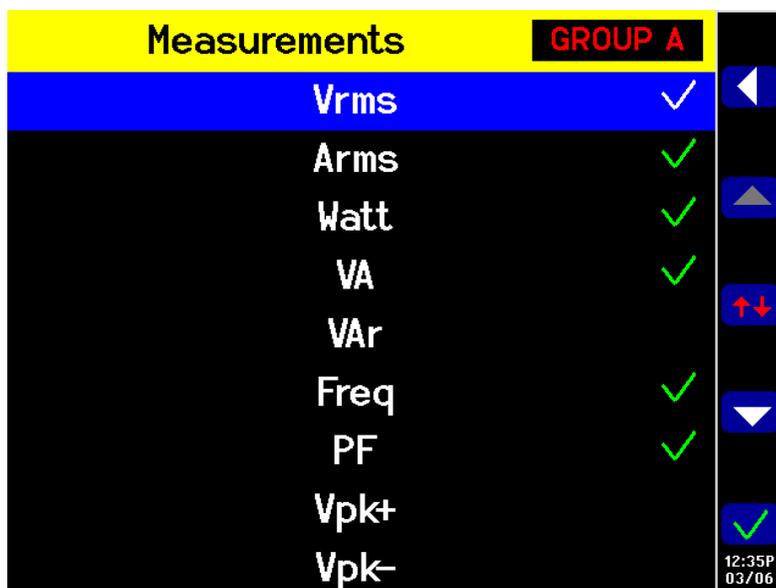


图 22: 测量屏幕

在测量屏幕上，可以选择测量以结果形式显示以及更改所显示结果的顺序。测量屏幕提供以下软键：

	转至上一菜单
	向上选择或上至列表顶部
	移动测量
	向下选择或下至列表底部
	选择测量作为屏幕上的结果，或者取消选择测量

若要导航至所需结果，请使用上下箭头软键。当前选择会以蓝色高亮显示。

如果选中结果，则在列表的右边处显示一个绿色的选中标记。

结果屏幕显示所有选中的结果，顺序与其显示在测量列表上的顺序相同；列表只适用于选中的组。

---

**说明：** 除非组为“积分器”模式，否则不能选择积分测量。这些测量包括：

- 小时
  - 瓦小时
  - 伏安小时
  - 无功伏安小时
  - 安培小时
  - 平均瓦数
  - 平均 PF
  - 校正值 VAr
  - 基本伏安小时 (VAHf)
  - 基本无功伏安小时 (VArHf)
- 

若要更改结果的顺序，请导航至所需结果，然后按 。按该键时，高亮显示条将从蓝色变为红色。

然后，软键将发生如下变化：

	返回上一菜单
	向上移动所选测量（如果已经为列表顶部，则为灰色）。
	取消移动，将测量放回在开始移动前其所在的位置。
	向下移动所选测量（如果已经为列表底部，则为灰色）。
	将测量放在所选位置。软键将变回标准测量屏幕键。

下图显示了一个移动测量的示例。

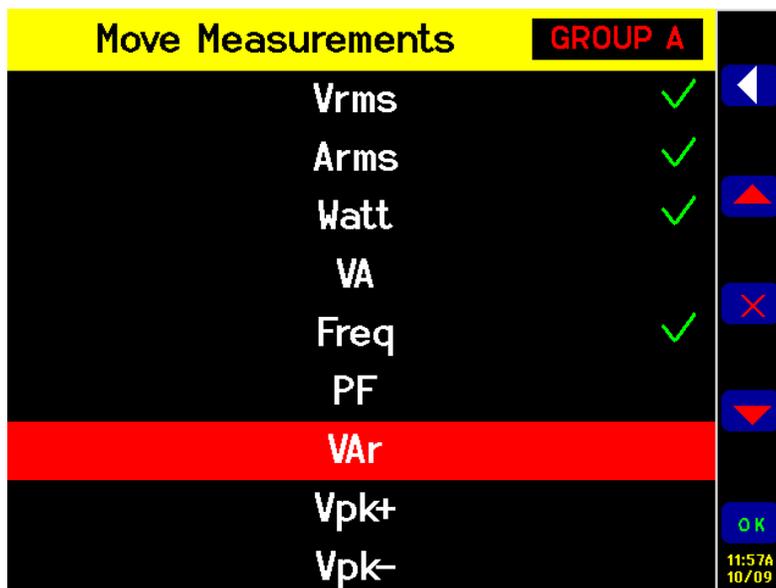


图 23: 移动测量的示例

## Measurement Configuration 菜单

使用 Measurement Configuration 菜单可更改某些结果的计算和显示方式。

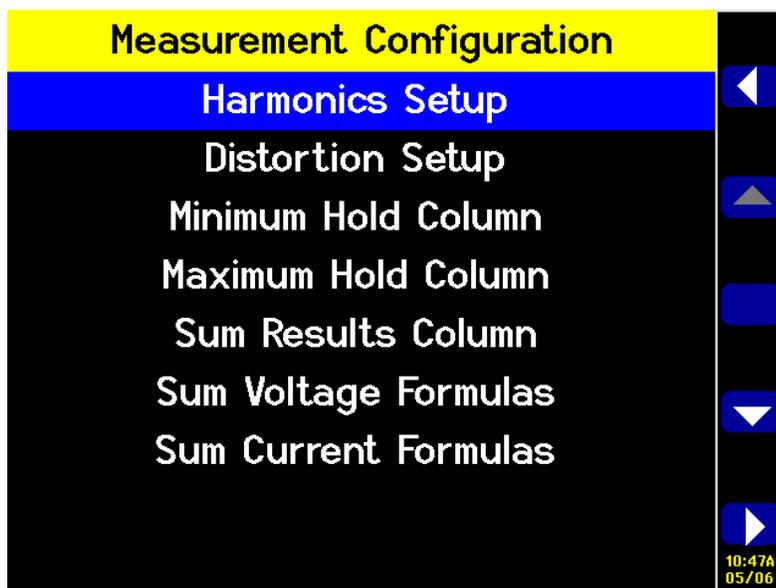


图 24: Measurement Configuration 菜单

顶层菜单由以下子菜单组成：

- 谐波设置。使用这些菜单可配置电压、电流和功率谐波。
- 失真设置
- 最小保持值列
- 最大保持值列
- 求和结果列
- 电压求和公式
- 电流求和公式

### 谐波设置

使用 Harmonics Setup 可配置要作为测量结果设置和显示的谐波的数量。单独的电压、电流和瓦特设置提供可根据应用和结果显示方式配置的选项。有单独的电压、电流和瓦特菜单，可以设置以下项目：

- **序列**。奇偶数谐波或仅奇数谐波（默认为奇偶数）
- **量程**。1 至 100（默认为 7）
- **格式**。基波绝对值或百分比（默认为绝对值）
- **显示相角**。打开或关闭（默认为打开）（仅限伏特和安培）

选择要显示的谐波结果时对失真计算中使用的谐波数据没有影响。

有关更新速度，请参阅本手册的“用户配置”部分。（见第52页，*用户配置*）仪器无法对每 100 ms 的电压、电流和瓦特计算和显示 100 次谐波。

### 失真设置

通过 Distortion Setup 菜单可访问电压和电流失真因数 (df)、总谐波失真 (THD) 以及电话影响因数配置。

**失真因数：**失真因数公式包括高频和噪声的影响。如果 RMS 不低于基数，则此等式只产生有效数。如果基数大于 RMS，则显示屏将显示 - - - - -。

这些公式是：

$$V_{df} = \frac{1}{V_{ref}} \sqrt{V_{rms}^2 - V_{h01}^2} \times 100\%$$

及

$$A_{df} = \frac{1}{A_{ref}} \sqrt{A_{rms}^2 - A_{h01}^2} \times 100\%$$

参考值可以是基本读数或 RMS 读数。默认参考为基值。

**总谐波失真：**THD 是一种测量波形失真的方法。

在电压和电流测量菜单下，可以设置以下参数：

- **谐波参考。**基波或 RMS（默认为基波）。
- **谐波序列。**奇偶数谐波或仅奇数谐波（默认为奇偶数谐波）。
- **谐波量程。**2 至 100（默认为 7）。这是计算中使用的最后一次谐波。如果指定了仅奇数谐波并将“量程”设置为偶数，则前一谐波将是最后一个使用的谐波。
- **谐波归零。**不包括或包括（默认为不包括）

对于失真设置和谐波设置，无论是否实际显示读数，数值都会被记录。例如，如果要显示的谐波次数从 7 更改至 13，那么关闭后再打开显示电压谐波不会影响此设置。

电压和电流 THD 的公式为：

$$V_{thd} = \frac{1}{V_{ref}} \sqrt{\sum_{min\ harm}^{max\ harm} (V_{hn})^2} \times 100\%$$

及

$$A_{thd} = \frac{1}{A_{ref}} \sqrt{\sum_{min\ harm}^{max\ harm} (A_{hn})^2} \times 100\%$$

THD 低于 5% 时，总谐波失真公式（以前称为级数公式）会求出更准确的谐波本底噪声。选择 THD 公式时，请务必将最大谐波设置设定为适当的大数以求出有效结果。谐波数越大，计算的准确度越高。

**电话影响因数：**电话影响因数（TIF）是正常电话线路带宽内的 THD 频率加权测量。这是测量电源电路中电压或电流失真干扰相邻电话线路情况的方法。TIF 测量是 ANSI C50.13 “旋转电机 - 圆柱转子同步发电机”等标准的要求，最常用于备用发电机和 UPS。TIF 测量中包含的谐波是 1 至 73 的奇偶数谐波。

电压和电流 TIF 的公式为：

默认参考 = 基数

$$V_{tif} = \frac{1}{V_{ref}} \sqrt{\sum_{min\ harm}^{max\ harm} (k_n \times V_{hn})^2}$$

及

$$A_{tif} = \frac{1}{A_{ref}} \sqrt{\sum_{min\ harm}^{max\ harm} (k_n \times A_{hn})^2}$$

加权因数 ( $k_n$ ) 为：

表 3: TIF 的加权因数

Harm	$k_n$	Harm	$k_n$	Harm	$k_n$
1	0.5	21	6050	41	10340
3	30	23	6370	43	10600
5	225	24	6650	47	10210
6	400	25	6680	49	9820
7	650	27	6970	50	9670
9	1320	29	7320	53	8740
11	2260	30	7570	55	8090
12	2760	31	7820	59	6730
13	3360	33	8830	61	6130
15	4350	35	8830	65	4400
17	5100	36	9080	67	3700
18	5400	37	9330	71	2750
19	5630	39	9840	73	2190

### 最小和最大保持值列

最小和最大保持值列提供一种方法，可在当前所选结果旁添加新列，显示所选测量的最小或最大值。这些列可以单独启用或禁用。若要重置列中显示的值，请按 RESET/CLEAR 键。每次启用最小或最大保持值列时，都会重置这两列的值。

### 求和结果列

求和结果列提供一种方法，可在当前测量组旁添加求和列。结果针对多通道组显示。列将显示在组中最后一条通道旁。最大值列显示在求和结果的右侧，最小值列相应地显示在求和结果的左侧。

除单相两线（1P2W）外，求和结果可用于所有接线配置。（见第41页，接线）

### 电压求和和电流求和公式

通过 PA3000，可以在两种电压值求和与电流值求和方法之间进行选择。电压方法与电流方法无关联。有关电压和电流求和公式的列表，请参阅本文档后面的求和公式。（见第127页，求和公式）

## 模式

模式用于以特定方式设置仪器，从而可以进行某些类型的测量。这些模式提供必要的过滤和特殊的配置参数，这些参数是测量某些应用中发现的特定信号所必需的。

模式应用于组。例如，在日光灯镇流器应用中，组 A 可以在正常模式下测量输入功率，组 B 可以在镇流器模式下测量输出功率。

提供以下模式：

- 正常
- 镇流器
- 待机电源
- 积分器
- PWM 电机

通常，选定某一模式后必须使仪器强制进入一种特定的运行方式。例如，选择镇流器模式后会强制进入高带宽状态。在这些情况下会发生两件事情：

- 返回到正常模式时会恢复任何更改的设置。
- 强制执行设置后，当功率分析仪处于非正常模式时，操作人员无法更改

### 正常模式

正常模式用于信号一致且不需要特殊测量方法的大多数功率测量。正常模式是默认模式。

### 镇流器模式

镇流器模式用于配置组以便在复杂的镇流器输出调制波形上进行测量。在现代电子照明镇流器中，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。镇流器模式提供了一种将测量周期锁定到电源频率的方式。

选择镇流器模式后，需要设置功率传输时的基频。通常为 50、60 或 400 Hz。在 **Modes** → **Setup Modes** → **Ballast Setup** 下可以查找设置屏幕。分析仪会使用它来调整测量窗口，以适应指定的频率。

返回的频率不是基本电源频率；而是镇流器开关频率。这也是谐波分析使用的频率。

选择镇流器模式后，组的频率范围设置为“>10 Hz”，带宽设置为“高”。这些设置锁定在镇流器模式中，一旦返回正常模式，这些设置也将恢复。

### 待机电源模式

待机电源模式在用户指定的测量周期内积分瓦特、安培、VA 和 PF 读数。这是许多待机电源标准的要求。

在用户需求和能效法规的推动下，测量产品处于待机模式的功耗需求越来越高。

IEC 62301 是最广泛使用的测量标准之一。此标准的一部分要求对电源进行长周期测量，不错过任何短期电源事件。待机电源模式连续采样电压和电流信号，在用户指定的时间周期内精确测量功率值。

在待机电源模式下，必须以秒为单位指定积分窗口。然后，瓦特、安培、PF 和 VA 将在指定的周期内进行积分。所有其他结果将以用户指定的标准更新速率进行更新。

积分周期取决于指定窗口与仪器的更新速率这两种组合的情况。（见第51页，*更新速率*）这是因为结果将在更新速率的整数倍上进行积分。例如，如果更新速率为 0.5 秒（默认），则积分周期将始终与指定速率完全一样。然而，如果需要 0.4 秒的更新速率，则积分周期将在 1.2 秒和 0.8 秒之间切换。

为实现更准确的测量，建议测量期间固定量程。（见第44页，*固定/自动量程*）

## 积分器模式

积分器模式提供多种测量，用于通过在指定周期内进行积分测量或通过连续运行来确定能耗。积分可通过阈值触发或以特定值手动开始。另外，对于某些参数，还提供平均值。

在测量菜单中选择所需测量。（见第31页，*测量*）积分器测量包括：

- 小时
- 瓦小时
- 伏安小时
- 无功伏安小时
- 安培小时
- 平均瓦数
- 平均 PF
- 校正值 VAr
- 基本伏安小时 (VAHf)
- 基本无功伏安小时 (VArHf)

这些测量以每组为基础。组处于积分器模式时，只能选择和显示测量。如果选择了积分器测量而模式却更改为非积分器模式，则测量将显示为未被选择。将组模式更改回积分器模式时将恢复之前使用的选择。

## 配置积分器模式

选择积分器模式和要显示的测量后，在 **Modes** → **Setup Mode** → **Integrator Setup** 下有多种选项可以开启和停止积分器。提供以下选项：

- **启动方法**。从手动、时钟和电平中选择。
- **配置时钟启动**。指定开始时间和开始日期。
- **时长**。指定积分器运行时长，测量单位为分钟。时长为 0.0 则无限期运行。
- **配置电平**。选择通道、信号、阈值或方向。
- **CVArS 功率因数**。指定用于校正值 VAr 的功率因数，范围为  $\pm 1.0$  V。

**启动方法**：启动方法如下所述。

- **手动开启。**这是默认方法。通过前面板上的 INTEG RUN 键触发手动开启积分。如果组已配置为使用手动开启的积分器模式且当前未运行，按此键时将开启运行在所有这些组上的积分器。此键下面的 LED 指示灯将亮起。
- **时钟开启。**使用此模式下可设置为组开启积分的时间和日期。时间和日期按照 System（见第52页）下的 Clock 菜单中指定的格式输入。到达所需时间后，积分开始。

如果设置的时间/日期组合早于当前时间和日期，积分不会开启。只有开启时间前至少出现一次屏幕更新后，积分才会开启。

- **手动开启。**在这种启动方法中，可以在某一参数高于或低于用户指定电平时开启积分。满足条件后，积分开始。

配置如下：

- 选择通道 1 至 4。
- 从通道中选择信号参数。除积分值和谐波值（包括基值）外，这可以是任何参数。
- 选择要监测的阈值电平。这是用小数表示的实际参数值。例如，80 mA 输入 0.08；80 V 输入 80。
- 选择信号电平应该大于或等于电平，还是小于或等于电平。
- 触发通道 1-4 可以从任何组中选择，并可以用作积分触发。触发测量不必在正在积分的通道或组中进行。

**停止积分：**组的积分可以通过手动方式或在某个时间段后停止。如果组的时间长度设置为零，则只有按下 INTEG RUN 时才停止积分。时间长度以分钟为单位输入，是 0.0 到 10,000 的浮点数。

如果按 INTEG RUN 键手动停止积分，如果组处于积分器运行时时长设置为零的积分模式中，会停止所有这些组的积分。如果任何组内不再有积分进行，则该键下面的 LED 指示灯会熄灭。

**复位积分值：**RESET/CLEAR 键会将所有已停止组的积分值复位为零。不会对正在运行积分的组造成任何影响。

**校正 VArS (CVArS)：**此参数显示将平均功率因数校正为目标功率因数所需要的 VAr 值。在“CVAr 功率因数”下的积分器设置屏幕中输入目标功率因数。

校正时将计算所需要的 VAr，以便提供相移以达到目标功率因数。它不会计算 VAr 总数。如果功率因数较差完全是由于失真而造成的，则没有相位超前或滞后量可以对其进行改善。

## PWM 电机模式

PWM 电机模式可以准确地测量 PWM 电机。其经过设计，可以解决对电机驱动上发现的复杂波形进行测量时的相关困难。将高频采样与数字滤波相结合，拒绝载波频率并抽取电机频率，同时还要为功率参数使用预滤波的数据。

选择 PWM 模式后，使用 **Inputs** → **Frequency Source** → **Frequency Range** 菜单来选择电机频率（不是载波频率）的频率范围。

处于 PWM 模式时，即使可以选择更高的频率范围，但最大电机频率仍限于 900Hz。

频率范围的选择将影响返回结果的速度。在 System Configuration 菜单中设置所有通道的更新速率。（见第51页，[更新速率](#)）但是，如果将 PWM 模式中的频率范围设置为 1 - 100 Hz 或 0.1 - 10 Hz，则该组返回结果的速率按下表变化：

**表 4: PWM 模式下的频率范围设置影响**

更新速率（秒）	>10 Hz		
	<900 Hz	1 - 100 Hz	0.1 Hz - 10 Hz
0.2	0.4	2.4	20.2
0.3	0.3	2.4	20.4
0.4	0.4	2.4	20.4
0.5	0.5	2.5	20.5
0.6	0.6	2.4	20.4
0.7	0.7	2.1	20.3
0.8	0.8	2.4	20.8
0.9	0.9	2.7	20.7
1.0	1.0	3.0	21.0
1.1	1.1	2.2	20.9
1.2	1.2	2.4	20.4
1.3	1.3	2.6	20.8
1.4	1.4	2.8	21.0
1.5	1.5	3.0	21.0
1.6	1.6	3.2	20.8
1.7	1.7	3.4	20.4
1.8	1.8	3.6	21.6
1.9	1.9	3.8	20.9
2.0	2.0	4.0	22.0

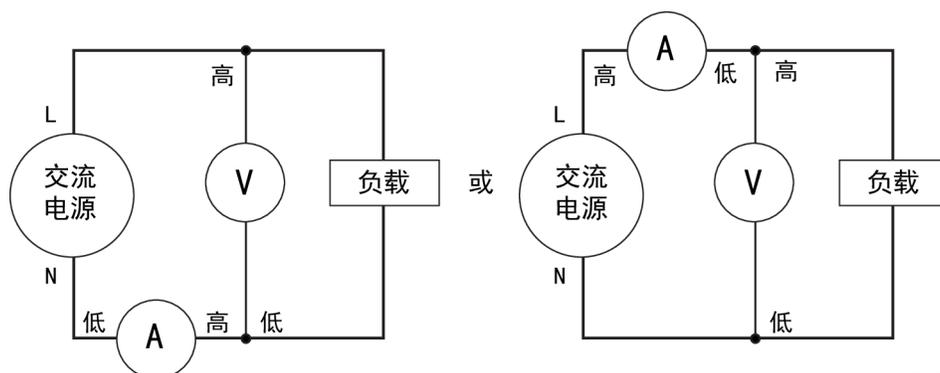
通道未处于 PWM 电机模式时，其结果将以指定速度返回。

## 输入

Inputs 菜单针对功率分析仪的所有物理信号输入提供相关配置选项。使用此菜单及其子菜单可配置所有接线和组设置。对于正常操作，除选择分流器外，不必更改这些默认值。

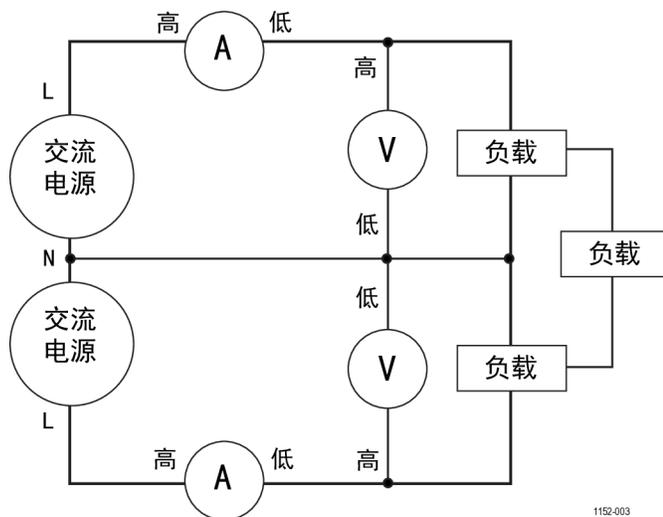
**接线** 对于多相位测量，可以为某一组分配多条通道，从而可以对多相位信号进行准确的频率和相位分析。组中第一个通道的频率用作组中所有通道的基频，所有相位测量均相对于组中第一个通道的相位参考（默认为电压）。

下图显示了每种不同的接线模式连接各通道的方法。



1152-002

图 25: 单相两线和直流测量。选择单相两线模式



1152-003

图 26: 单相三线。选择单相三线

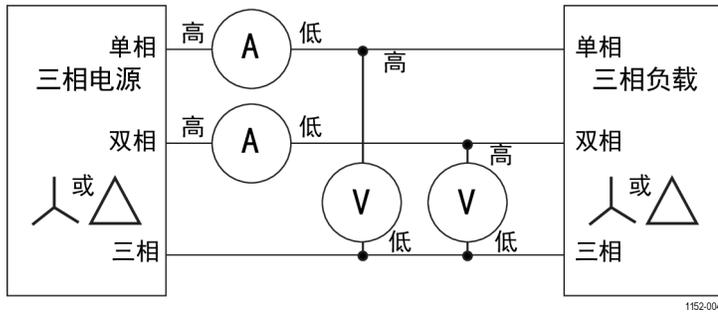


图 27: 三相三线 (双功率表法)。选择三相三线

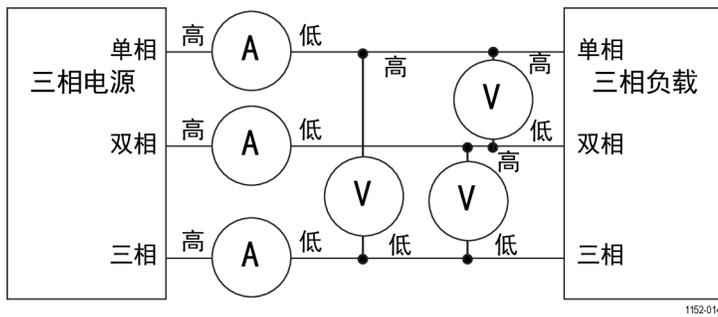


图 28: 三相三线 (三功率表法)。选择三相三线 (3V3A)。

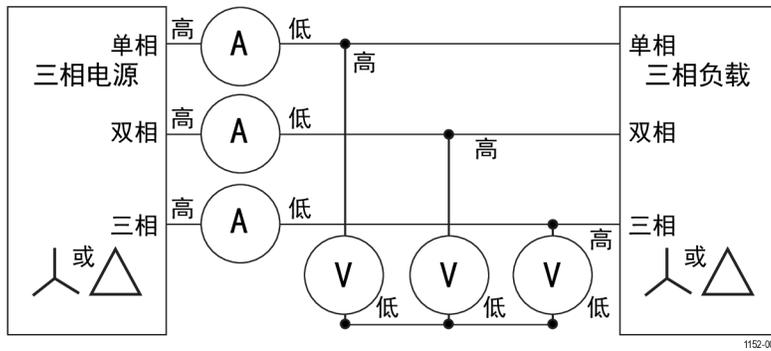


图 29: 三相三线 (三功率表法)。选择三相四线

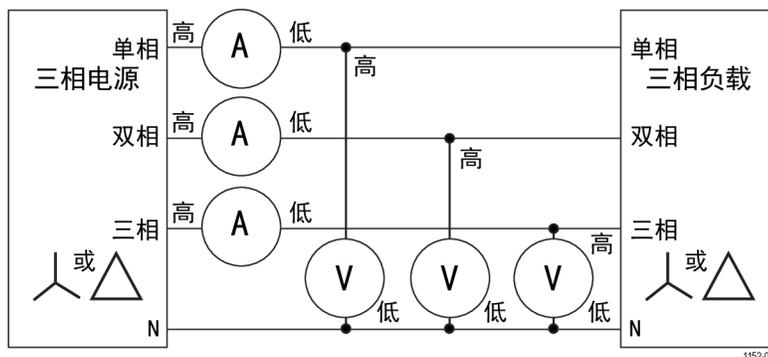


图 30: 三相四线 (三功率表法)。选择三相四线

根据接线配置，并非所有组都可用。例如，如果每个通道的接线是单相两线，则四条通道将对应于四个组。如果组 A 的接线是单相三线，则通道 1 和 2 将构成组 A。这会使通道 2 和 3 最多用于组 B 和 C。在此条件下就不存在组 D。

组 A 优先接线，其次是组 B 和 C，然后是组 D。例如，所有组从单相两线配置开始，如果组 A 设置为单相三线，则组 D 便无法进行任何设置，因此组 C 只能为单相两线。组 B 可以选择单相两线、单相三线和三相三线。

线路到线路测量仅在信号频率低于 1 kHz 时有效。其仅在单相三线、三相三线和三相四线接线配置下有效。

线路到零线测量仅在三相三线和三相三线（3V3A）接线配置下有效。在单相三线接线配置下，数学公式中的零线电流（AN）值是三相线路电流。

## 设置量程

设置量程用于将电压或电流量程设置为特定固定量程或设置为允许自动设置量程，具体取决于应用。例如，电流浪涌测试需要固定的电流量程；自动设置量程可能不够快，无法捕获最高的电流浪涌。可用电流量程的列表取决于所选分流器。

量程按组设置。量程如下：

表 5: 输入量程

量程编号	伏特	30 A 分流器	1 A 分流器	外部分流器
自动				
4	5 V	0.5 A	0.0125 A	0.05 V
5	10 V	1 A	0.025 A	0.1 V
6	20 V	2 A	0.05 A	0.2 V
7	50 V	5 A	0.125 A	0.5 V
8	100 V	10 A	0.25 A	1 V
9	200 V	20 A	0.5 A	2 V
10	500 V	50 A	1.25 A	5 V

表 5: 输入量程 (续)

量程编号	伏特	30 A 分流器	1 A 分流器	外部分流器
11	1,000 V	100 A	2.5 A	10 V
12	2,000 V	200 A	5 A	20 V

**固定/自动量程:** 自动设置量程是默认选择；这是适用于大多数测量的最佳选项。如果电压或电流连续变化，或者出现巨大峰值使功率分析仪花费大量时间来更改量程，则选择固定量程非常有用。

如果选择固定量程或者输入信号的峰值大于量程，则会出现超量程状况。这将在屏幕上指示出来，超量程通道中的所有结果都会闪烁。另外，“V<sub>rm</sub>”和/或“Arm”也会闪烁，以指示超量程是在电压通道、电流通道还是两个通道都发生了。

**分流器:** 功率分析仪有三种不同的电流输入或分流器。包括：

- **内部 30 A。**这是默认值，用于最高 30 A<sub>rms</sub> (200 A<sub>pk</sub>) 的正常电流测量。此选择使用后面板上的蓝色 AHI 和灰色 ALO 4 mm 插座。
- **内部 1 A。**这用于小电流测量，比如电流小于 1 A 的待机电源应用。此选择使用后面板上的黄色 A1A 和灰色 ALO 4 mm 插座。
- **外部。**这用于测量使用外部变换器且变换器有电压输出的电流。每个模拟卡上的蓝色和黑色 2 mm 插座均用于外部分流器输入。



**注意：**在仪器关机的状态下传送大于 15 A 的 rms 电流会损坏仪器。为避免损坏仪器，请勿在仪器处于关闭状态时应用大于 15 A 的 rms 电流。

## 频率源

Frequency Source 菜单提供以下选项：

- 信号源
- 相位参考
- 频率范围

**信号源:** 许多测量（包括均方根伏特、安培和瓦特）基于的计算结果均取决于功率分析仪测定的校正基频。PA3000 使用专有技术测定频率来消除使用简单的过零点技术时噪声引起的问题。因此，一般不需要调整电压默认设置。

提供以下信号源选项：

- 伏特。这是默认的频率源，且适合于大部分应用。
- 安培。如果电压波形严重失真，但是电流没有失真，则可以选择安培。PWM 电机驱动输出端的波形是这种情况的一个例子。
- 外部频率 1 / 2。在功率分析仪后面，辅助输入/输出连接器上有两个计数器输入。如果信号的电压和电流波形上有大量噪声，则可以使用

其中一个作为这些信号的外部频率源。将兼容 TTL 的方波应用到所需频率的外部输入。

**相位参考:** 相位参考用于谐波分析，以创建零度参考点。

提供以下选项:

- 伏特。这是默认选择；计算与组中第一个通道上的电压信号相关的相位。
- 安培。计算与组中第一个通道上的电流信号相关的相位。
- 外部频率 1 / 2。计算与外部输入信号相关的相位。

**频率范围:**

有三种频率范围:

- >10 Hz。这是默认选择。
- 1 - 100 Hz
- 0.1 - 10 Hz

如果基频高于 50 kHz，则范围应该设置为 >10 Hz。如果测量时基频低于 50 kHz，建议范围为 >10 Hz，尤其是在低信号电平时。1 - 100 Hz 和 0.01 - 10 Hz 范围仅适用于低速信号；使用这些范围会降低更新速率。

**带宽** 带宽按钮设置。将带宽设置为低时会将 10 kHz 双极滤波器应用于电压和电流通道输入。高是默认选择。

**标度** 标度调节变换器（如变流器）的标度输出，以便功率分析仪上显示准确的测量电流。标度系数会影响与其应用输入相关的每个测量值。最大标度系数为 100000；最小为 0.00001。所有标度系数的默认选择均为 1.0000。

**电压标度:** 输入变换器的刻度系数。例如，100:1 变压器用于测量 15 kV。变压器的输出为  $15000 / 100 = 150$  V。输入刻度系数 100，然后功率分析仪会显示 15,000 V。

**电流标度:** 输入所使用变换器的刻度系数。例如，Tektronix CL1200 打开时每流入 CL 1000 A 便会产生 1 A。这是 1000:1 的变流器。输入刻度系数 1000，然后功率分析仪会显示修正的电流。

刻度系数 = 变换器输入电流 ÷ 变换器输出电流。

**外部分流器标度:** 此标度应用于电流测量通道的电压输入。这用于配有电压输出的变流器。其中包括霍尔效应变换器和简单的电阻分流器。

标度系数用安培（读数）/伏特（已应用）表示。默认值为 1。这意味着应用  $1 V_{\text{rms}}$  时，电流通道将读取  $1 A_{\text{rms}}$ 。

例如，钳口霍尔效应变流器可测量高达 100 A。其电压输出为 10 mV/A，相当于 100 A/V。输入“100.00”，然后功率分析仪会显示修正的电流。

### 模拟输入

功率分析仪后面有四个模拟输入。四个输入可以分别用于测量来自扭矩传感器或速度传感器等设备的信号。四个输入分别有两种不同量程。量程包括  $\pm 10$  V（默认量程）和  $\pm 1$  V。对每个输入每毫秒采样一次，报告的测量值是在更新速率控制的时间内的采样平均值。

模拟输入可用于 MATH 设置。它们还可以加入 MATH 公式中并显示在 MATH 屏幕上。（见第48页，*数学结果*）

## 图形和波形

PA3000 提供不同的数据显示方式：

- 波形
- 谐波条形图
- 矢量图
- 积分器图

波形与积分器图、条形图及矢量图提供了菜单选项。（见第10页，*快速查看键*）

### 波形

使用波形菜单可选择要显示的波形。对于每个组，可以为组中的每条通道选择任意电压、电流或功率波形，使其显示在波形图中。（见第10页，*快速查看键*）

若要更换组，请使用显示屏最下方左侧的左右箭头键。

### 积分器参数

使用 Integrator Graph 菜单可选择一个参数显示在积分器图形显示屏上。提供以下积分器参数：

- 瓦小时
- 伏安小时
- 无功伏安小时
- 安培小时
- 平均瓦数
- 平均功率因数
- 伏特
- 安培

- 瓦特
- 基本伏安小时 (VAHf)
- 基本无功伏安小时 (VArHf)
- 校正值 VAr

对于所选的每个波形，在图形菜单上均可以选择打开或关闭组中每条通道的所选参数。

积分器图形参数按组设置。若要更换组，请使用显示屏最下方左侧的左右箭头键。

提供有关设置积分器的其他信息。（见第38页，*积分器模式*）提供有关显示积分器波形的其他信息。（见第14页，*积分器屏幕*）

## 接口

此菜单可用于设置 PA3000 的远程控制接口。

### RS-232 波特率

可以提供 9600、19200 和 38400（默认）。

PA3000 使用无奇偶校验、八个数据位和一个停止位 (N, 8, 1) 的硬件握手 (RTS / CTS)。

“\*RST”或“:DVC”命令之后不更改 RS-232 波特率。

### GPIB 地址

输入 GPIB 地址。

默认地址为 6。“\*RST”或“:DVC”命令之后不更改地址。

### 以太网

PA3000 使用 TCP/IP 通过以太网端口提供以太网通信。

以太网端口将在端口 5025 上建立 TCP/IP 连接。端口 5025 被互联网号码分配局 (IANA) 指定为 SCPI 端口。

使用 IP Selection Method 菜单时，选择 **Set IP using DHCP** 可以动态分配 IP 地址，或者选择 **Fix IP Address** 可以设置固定/静态 IP 地址。

若要查看当前 IP 设置，请按  并滚动到菜单底部。

若要配置静态 IP 地址，请在 Ethernet Setup 菜单中选择 **Static IP Settings**。这样可以输入 IP 地址、子网掩码和默认网关。输入相关数据后，在每个菜单中按  以应用。

如有 TCP/IP 的基本通信需求，请参阅 National Instruments 提供的信息 (<https://www.ni.com/visa>)。

“\*RST”或“:DVC”命令之后不更改以太网模式（静态/DHCP）、IP 地址、默认网关和子网掩码。

**死套接字连接:** 死套接字终止 (DST) 端口 5030 用于终止现有以太网连接。死套接是指被仪器保持为打开的套接字，因为其未正确关闭。这通常发生于关闭或重新启动主计算机时未先关闭套接字的情况下。此端口不能用于命令和控制功能。

使用死套接字终止端口可手动断开已打开端口上的死会话。如果连接到死套接字终止端口，现有以太网连接会终止并关闭。

## 数据记录

可以配置 USB 数据记录间隔。若要配置数据记录间隔，请按 ，转至 Interfaces 并选择 USB Host Data Out。

## 数学结果

数学结果显示在与其他结果不同的结果屏幕上。这样可以提高查看数学结果的效率。正常测量参数可以显示在数学结果屏幕上。不过它们必须在公式中指定。（见第17页，*数学屏幕*）

可以设置最多 30 项数学函数的值，标记为 FN1 至 FN30。每个函数均可以指定以下项目：

- **名称。**用户友好的名称，最多 10 个字符。（默认为与标签相同，例如，FN1。）在菜单中，函数标签总是显示在函数的用户名称旁边。
- **单位。**用户友好的单位，比如 W 代表瓦特。（默认为空白）。u、m、k、M 等标度将相应地添加到单位中。单位最多四个字符。
- **函数。**实际的数学公式，最多 100 个字符。

示例：W = 21.49, VA = 46.45

名称 = “PF”

单位 = “PF”

函数 = “CH1:W / CH1:VA”

若要选择此函数进行查看，请转到显示 FN1 - FN30 的 MATH 菜单列表，并按  选择函数。然后按  显示该函数的结果值；数学结果显示屏显示“PF 463.27 mPF”。

示例：CH1:W = 21.49, CH2:W = 53.79

名称 = “EFFICIENCY”

单位 = “%”

函数 = “(CH1:W/CH2:W)\*100”

若要选择此函数进行查看，请转到显示 FN1 - FN30 的 MATH 菜单列表，并按  选择函数。然后按  显示该函数的结果值；数学结果显示屏显示“EFFICIENCY 39.95 mw”。

除四个模拟输入的各个电压输入外，还可以指定下面列出的任何通道或组参数。

- 有效字符为 A-Z、0-9、.、x、-、+、/、(、)、:、空格和^
- 可以使用的字符不超过 100 个
- 数字格式为 [+/-]<小数>[E[+/-]指数]

输入公式时，可以使用左右箭头键移动光标。这样便于修正和更改复杂的公式。

每个数学函数都可以启用或禁用。只有启用的结果才可以显示。

有效通道参数为 CH<1 - 4> 后跟 “:”，随后是下列参数之一：

**表 6: 有效通道参数**

VRMS - 伏特 RMS	ACF - 电流波峰因数	VAHF - 基本功伏安小时
ARMS - 安培 RMS	VTHD - 电压总谐波失真	VARHF - 基本无功伏安小时
W - 瓦特	VDF - 电压失真因数	VF - 基本电压
VA - 伏安	VTIF - 电话影响因数电压	AF - 基本电流
VAR - 无功伏安	ATHD - 电流总谐波失真	WF - 基本瓦特
FREQ - 频率	ADF - 电流失真因数	VAF - 基本视在功率
PF - 功率因数	ATIF - 电话影响因数电流	VARF - 基本无功伏安
VPKP - 电压峰值（正极）	Z - 阻抗	PFF - 基本功率因数
VPKN - 电压峰值（负极）	R - 电阻	VRNG - 电压量程
APKP - 电流峰值（正极）	X - 电抗	ARNG - 电流量程
APKN - 电流峰值（负极）	TINT - 积分时间（小时）	VLL - 线路到线路电压
VDC - 直流电压	WHR - 瓦时	VLN - 线路到零线电压
ADC - 直流电流	VAHR - 伏安小时	VHA<1-99> - 电压谐波角度 (1-99)
VRMN - 平均整流电压	VARH	VHM<1-99> - 电压谐波幅度 (1-99)
ARMN - 平均整流电流	AHR - 安时	AHA<1-99> - 电流谐波角度 (1-99)
VCMN - 平均校正整流电压	WAV - 平均功率	AHM<1-99> - 电流谐波幅度 (1-99)
ACMN - 平均校正整流电流	PFAV - 平均 PF	WHM<1-99> - 功率谐波幅度 (1-99)
VCF - 电压波峰因数	CORRVARs - 校正值 VAR	

有效组参数为 GRP<A-D>:, 后跟下列参数之一:

**表 7: 有效组参数**

AN	零线电流 (或对于三相三线为三相电流)
----	---------------------

有效组求和参数为 GRP<A-D>, 后跟 “:SUM:”, 随后是下列参数之一:

**表 8: 有效组求和参数**

VRMS	伏特 RMS	ARMS	安培 RMS
W	瓦特	VA	伏安
VAR	无功伏安	PF	功率因数
AHR	安培小时	WHR	瓦小时
VAHR	伏安小时	VARH	无功伏安小时
WAV	平均瓦数	PFAV	平均功率因数
TINT	积分时间	CORRVARs	校正电压
WF	基本瓦数	VF	基本电压
AF	基本电流	VARF	基本无功伏安
PPF	基本功率因数		

以下参数用于返回模拟输入和计数器输入的值:

**表 9: 用于返回模拟输入和计数器输入值的参数**

ANA1	模拟输入 1	ANA2	模拟输入 2
ANA3	模拟输入 3	ANA4	模拟输入 4
COUNT1	计数器 1 频率	COUNT2	计数器 2 频率

另外, 使用 “FNx”, 其中 x 为函数编号, 可以将一个函数引用到另一个函数。函数将按照 1 至 30 的顺序进行计算, 因此在写函数时必须写明。

前面板键盘可用的运算符包括:

- + - x / ( )
- $X^2$ 。显示为  $\wedge 2$ , 计算前一个数的平方
- $X^y$ 。显示为  $\wedge$ , 计算前一个数的后一个数次幂
- $\sqrt{\quad}$ 。显示为 SQRT(), 计算括号内的数的平方根

可以键入的运算符包括:

- SIN()、COS()、TAN()。这些运算符计算括号内角的度数, 并返回其正弦、余弦或正切值。
- ASIN()、ACOS()。这些运算符计算括号内介于 -1 和 1 之间的数, 返回一个角的度数。

- ATAN()。该运算符计算括号内的一个数，返回一个角的度数。
- LN()、LOG()。该运算符返回括号内的数的对数。LN 是以 e 为底的对数，LOG 是以 10 为底的对数。

可以键入的常数包括：

- PI。其中， $\pi \approx 3.14159$

---

**说明：**当 shift 键亮起时，COS()、SIN() 和 TAN() 等运算符将以完整单词形式键入。当 shift 键亮起时，ACOS()、ASIN()、ATAN()、LN() 和 LOG() 等运算符必须以单个字母形式键入。

---

选择“确定”之后，系统将检查公式是否有效。如果出现错误，则显示错误消息。如果没有错误，则屏幕底部会显示计算出的值。

如果数学结果无效（例如，因除以零而得出无限大值），则显示屏将显示 4 条虚线。

## 系统配置

**消隐** 使用消隐可将低于给定值的结果归零。消隐电平设置为当前所选量程的 5%。

当消隐处于启用状态时（默认），低于阈值的所有值将显示零值。禁用消隐可测量较小的电压或电流。

如果消隐工作于电压或电流上，则所有相关测量均会被消隐，包括 W、VA 和 PF。

**平均** 可以指定的平均深度为 1 至 10。默认值为 10。更新速率设置为 0.5 秒时，这对应于 5 秒内平均的值。

如果更改了范围，则将平均复位。

**更新速率** 更新速率用于确定仪器提供新结果的频次。Update Rate 菜单列表中的值表示每次结果更新之间的时间间隔（单位为秒）。如果允许更快的更新速率，结果数量和类型受到限制。

范围为 0.2 秒至 2 秒，增量为 0.1 秒，其中 0.5 是默认值。如果更新速率低于 0.5 秒，则以该速率可更新的结果数量受到限制。

**自动归零** 自动归零是一种自动取消测量中的任何小寄生信号（比如直流偏置）的方法。提供三个选项：

- 开。（默认）仪器每分钟运行一次自动归零。
- 关。在自动归零处于禁用状态时，仪器会使用最新的自动归零值。
- 立即运行。仪器立即在当前选择的量程上执行自动归零。这需要大约 100 ms。无论自动归零是启用还是禁用，其状态都不会被更改，而且没有反馈指明其已经运行。

**时钟** 以下选项可用于选中或设置内置时钟：

- 设置时间 (Set Time)。使用所显示的格式输入时间并按  确认。
- 设置日期 (Set Date)。使用所显示的格式输入日期并按  确认。
- 时间格式 (Time Format)。选择 12 小时制或 24 小时制并按  确认。
- 日期格式 (Date Format)。选择所需日期格式并按  确认。

**省电** 仪器可以通过关闭显示屏来减少其自身的能耗。

在显示屏菜单中有以下选项：

- 始终打开 (Always On)。这是默认模式，显示屏始终处于打开状态。
- 10 分钟后关闭 (Switch off after 10 minutes)。如果没有按任何键，显示屏将在 10 分钟后关闭。按任何键即可使显示屏回到打开状态。
- 用远程模式关闭 (Switch off in remote mode)。如果仪器通过任何通信接口收到命令，显示屏将关闭。按任何键即可使显示屏回到打开状态，但是仪器仍处于远程模式，直到按 LOCAL 键为止。按 LOCAL 键打开显示屏，不会将仪器返回到本地模式。

## 分析仪配置

Analyzer Configuration 菜单与  (SETUP) 键的功能相同。选择此菜单会显示完整的仪器设置。使用上下软键可滚动配置。

按右箭头键会将配置屏幕更改为显示物理设备信息。其中包括设备的序列号、固件版本及主卡和模拟卡信息，包括校准日期。

## 用户配置

User Configuration 菜单提供更改当前配置的加载方法。

### 加载默认配置

按  选择此选项，将 PA3000 的每个菜单选项设置为出厂默认设置。默认设置在本章的前述部分已列出。

**从 USB 加载** 从所连接的 USB 闪存驱动器中的文件加载配置。

**保存至 USB** 将当前配置保存至 \PA3000 文件夹中所连接的 USB 闪存驱动器。

文件名称采用 CONFIGXY.CFG 格式，其中，XY 是按 01 到 99 的顺序第一个可用的数字。例如，如果闪存驱动器上已存在名为 CONFIG01.CFG 的文件，则新配置将命名为 CONFIG02.CFG。

**配置** 使用八个可选内部存储位置中的一个保存或加载预置用户配置。

对于每个用户配置，可以执行以下操作：

- 应用已保存的配置。
- 重命名配置。名称最多可为 16 个字符。
- 保存配置。选择此选项时，这是仪器的完整设置。

---

**说明：** 加载从未保存过的配置，将导致产生错误消息。设备的当前配置不会被更改。

---

# 远程操作

## 概述

仪器使用远程命令可以用于进行高速、复杂或重复性测量。所有 PA3000 仪器都通过 RS232、以太网或者通过标准 USB 进行通信。或者，也可以添加 GPIB 端口。

## 连接 RS-232 系统

RS-232 端口是位于仪器后部的一种标准 PC 型 9 针 D 型端口，可以用于远程控制 PA3000。须使用调制解调器电缆。

RS-232 端口采用 8 位、无奇偶校验、一个停止位和硬件流控制。

有关 RS-232 连接器的详细针脚说明，请参阅串行端口。（见第134页，*串口*）

有关接口菜单的详细信息，请参阅 RS-232 波特率。（见第47页，*RS-232 波特率*）

## 连接 USB 系统

PA3000 支持采用测试测量等级的 USB 控制。

有关端口的详细针脚说明及速度和连接信息，请参阅本文档的参考部分。（见第131页，*通信端口*）

## 连接以太网系统

PA3000 支持采用 10Base-T 网络的以太网控制。

有关以太网连接的详细信息，请参阅以太网端口。（见第132页，*以太网端口*）

有关如何设置以太网地址的信息，请参阅以太网配置。（见第47页，*以太网*）

## 连接 GPIB 系统 ( 可选 )

PA3000 可以选择支持通过 GPIB 端口进行控制。该端口必须由授权的泰克代表安装。

有关 GPIB 连接器的详细针脚说明，请参阅 IEEE 488/GPIB。（见第133页，*IEEE 488 / GPIB (可选)*）

## 状态报告

**状态字节** PA3000 采用与 IEEE 488.2 类似的状态字节。PA3000 状态字节寄存器 (STB) 包含 ESB 和 DAS 位。这两位分别表示标准事件状态寄存器 (ESR) 或显示数据状态寄存器 (DSR) 处于非零状态。

ESR 和 DSR 各具有启用寄存器，分别为 ESE 和 DSE，由用户设置。这些启用寄存器起屏蔽作用，将相应状态寄存器的所选元素反映到状态字节寄存器。若将启用寄存器的相应位设置为 1，则配置要在 STB 中汇总的位。

若读取状态字节，会清除 DSR 和 ESR 寄存器。

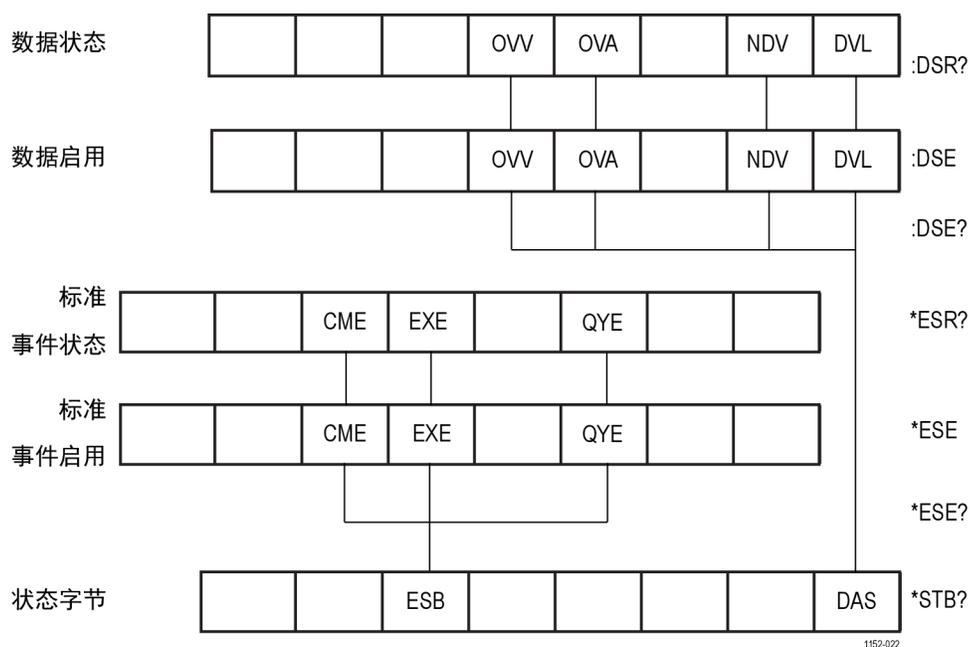


图 31: 状态字节

**状态字节寄存器 (STB)** 用 “\*STB?” 读取。

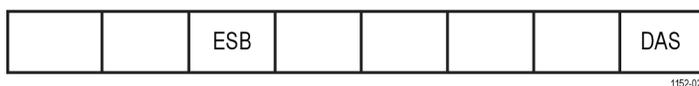


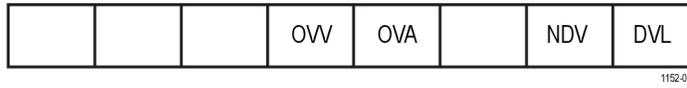
图 32: 状态字节寄存器

表 10: 状态字节寄存器位定义

位	名称	说明
5	ESB	事件状态汇总位，显示标准事件状态
0	DAS	显示状态汇总位，显示显示数据

**显示数据状态寄存器 (DSR)**

用 “:DSR?” 读取，或用 \*STB?DAS 位汇总。通电时 DSR 初始化为零。使用 “:DSR?” 命令读取时清除寄存器位。



1152-024

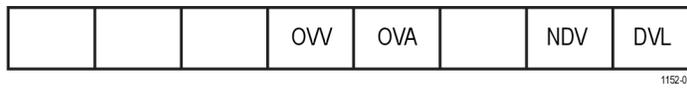
**图 33: 显示数据状态寄存器**

**表 11: 显示数据状态寄存器位定义**

位	名称	说明
4	OVV	设置时表示存在电压范围过载
3	OVA	设置时表示存在电流范围过载
1	NDV	设置时表示从上一个 :DSR? 命令开始提供新数据
0	DVL	设置时表示数据可用

**显示数据状态启用寄存器 (DSE)**

用 “:DSE?” 读取，并用 “:DSE <值>” 设置。



1152-024

**图 34: 显示数据状态启用寄存器**

**表 12: 显示数据状态启用寄存器位定义**

位	名称	说明
4	OVV	启用 OVV 位
3	OVA	启用 OVA 位
1	NDV	启用 NDV 位
0	DVL	启用 DVL 位

**标准事件状态寄存器 (ESR)**

用 “\*ESR?” 读取，或用 STB 中的 ESB 位汇总。



1152-021

**图 35: 标准事件状态寄存器**

**表 13: 标准事件状态寄存器位定义**

位	名称	说明
5	CME	命令错误；未识别命令
4	EXE	命令执行错误
2	QYE	查询错误

### 标准事件状态启用寄存器 (ESR)

用 “\*ESE?” 读取，并用 “\*ESE <值>” 设置。



图 36: 标准事件状态启用寄存器

表 14: 标准事件状态启用寄存器位定义

位	名称	说明
5	CME	启用 CME 位
4	EXE	启用 EXE 位
2	QYE	启用 QYE 位

## 命令列表

命令语法采用以下规则：

- 方括号表示可选的参数或关键字 [ ]。
- 尖括号表示要指定的值 < >。

命令和响应以换行符结尾的 ASCII 字符串形式发送。PA3000 不区分大小写，且忽略空格字符，除非命令和参数之间需要。

如果每条命令结尾使用分号 (;)，则无法用单一字符串发送多条命令。

如果全部命令都提供了参数，则命令结尾与第一个参数之间需要添加一个空格。例如， :SYST:CTYPE?1 才会有效。而 :SYST:CTYPE?1 会引起超时错误。

命令列表被划分为相关的各部分。一般情况下，各部分主菜单的菜单选项相对应。

## IEEE 488.2 标准命令和状态命令

### \*IDN? 设备标识

语法	*IDN?
返回	Tektronix、PA3000、序列号、固件版本
说明	序列号是主机箱的序列号。固件版本是固件套件的版本，包括所有处理器。

### \*CLS 清除事件状态

语法	*CLS
说明	此命令清除所有事件寄存器和队列。

**\*ESE 设置标准事件状态启用寄存器**

语法	*ESE <标志> 其中，标志是启用寄存器的值，用十进制数 0 - 255 表示
默认值	0
说明	此命令设置标准事件状态寄存器中通过状态字节中的 ESB 位汇总的位。标准事件状态启用寄存器使用的位定义与标准事件状态寄存器相同。

**\*ESE? 读取标准事件状态启用寄存器**

语法	*ESE?
返回	0 - 255
说明	此命令返回标准事件状态启用寄存器中的值。

**\*ESR? 读取标准事件状态寄存器**

语法	*ESR?
返回	0 - 255
说明	此命令返回标准事件状态寄存器中的值。读取完后清除寄存器。

**\*RST 重置设备**

语法	*RST
说明	此命令将设备配置重置为默认值（执行的操作与前面板上 Load Default Configuration 菜单选项相同）。

允许发送 \*RST 命令后至少三秒钟再发送其他命令，以允许处理和设置所有默认值。

**\*STB? 读取状态字节**

语法	*STB?
返回	0 - 255
说明	此命令返回状态字节中的值。

**:DSE 设置数据状态启用寄存器**

语法	<b>:DSE &lt;标志&gt;</b> 其中，标志是启用寄存器的值，用十进制数 0 - 255 表示
默认值	255
说明	此命令设置数据状态启用寄存器中通过状态字节中的 DAS 位汇总的位。

**:DSE? 读取数据状态启用寄存器**

语法	<b>: DSE?</b>
返回	0 - 255
说明	此命令返回数据状态启用寄存器中的值。

**:DSR? 读取数据状态寄存器**

语法	<b>:DSR?</b>
返回	0 - 255
说明	此命令返回数据状态寄存器中的值。读取完后清除数据状态寄存器。

**:DVC 设备清除**

语法	<b>:DVC</b>
说明	此命令产生的结果与 *RST 或 :CFG:USER:LOAD 0 相同（加载默认用户配置）。

允许发送 \*RST 命令后至少三秒钟再发送其他命令，以允许处理和设置所有默认值。

## 通道和组命令

下列命令用于选择当前组或通道。这些命令从概念上类似的操作是显示菜单屏幕时按左右箭头键更改组或通道。

**:INST:NSEL 设置当前组**

语法	<b>:INST:NSEL &lt;组号&gt;</b> 其中，<组号>是 1 至 4 之间的一个整数，这取决于功率分析仪中可用的组数量
说明	此命令将指定的组设置为当前组，以便命令和操作可以进一步执行。不受重置影响。

**:INST:NSEL? 读取当前组**

语法 **:INST:NSEL?**

返回 <组号>

说明 此命令返回所选组的编号（1 至 4 之间，视接线配置而定）。

**:INST:NSELC 选择当前通道**

语法 **:INST:NSELC <通道号>**

其中，<通道号>是 1 至 4 之间的一个整数，这取决于功率分析仪中安装的通道数量。不受重置影响。

说明 此命令设置所选通道的编号（1 至 4 之间，视功率分析仪中安装的通道数量而定）。

**:INST:NSELC? 返回当前通道**

语法 **:INST:NSELC?**

返回 <通道号>

说明 此命令返回所选通道的编号（1 至 4 之间，视安装的通道数量而定）。

## 设备信息命令

设备信息命令是一种除 \*IDN? 命令返回的信息外还返回设备信息的命令。

**:CAL:DATE? 校准日期**

语法 **:CAL:DATE? <通道号>、<日期类型>**

其中，<通道号>为 1 至 4，<日期类型>为 1 至 2

返回 相应的校准日期，格式为 dd-mm-yyyy

说明 此命令从指定的模拟卡返回校准日期。<日期类型>可以为：1 表示校验日期或 2 表示调节日期。

**:SYST:CTYPE? 卡类型**

语法	<b>:SYST:CTYPE? &lt;通道号&gt;</b> 其中, <通道号>是 0 至 4
返回	Tektronix、<卡类型>、<序列号>、<硬件版本> <卡类型>包括 CPU 和 ANALOG。前者表示主卡, 后者表示通道卡。 <序列号>是一个 12 个字符的字符串。 <硬件版本>最多有 4 个字符。
说明	此命令返回指定通道的卡类型、序列号和硬件版本。通道 0 是主 CPU 卡。

## 测量选择与读取命令

这类命令与选择所需测量和返回结果有关。

## :SEL 选择结果

语法

```
:SEL:ALL
:SEL:ALL:GRP<组>
:SEL:CLR
:SEL:CLR:GRP<组>
:SEL:<测量>
```

其中，<组>是 1 至 4 之间的组号。

其中，<测量>是：

VLT - 伏特均方根  
 AMP - 安培均方根  
 WAT - 瓦特  
 VAS - 伏安  
 VAR - 无功伏安  
 FRQ - 频率  
 PWF - 功率因数  
 VPK+ - 电压峰值（正极）  
 VPK- - 电压峰值（负极）  
 APK+ - 电流峰值（正极）  
 APK- - 电流峰值（负极）  
 VDC - 直流电压  
 ADC - 直流电流  
 VRMN - 整流平均电压  
 ARMN - 整流平均电流  
 ACMN - 平均校正整流电流  
 VCMN - 平均校正整流电压  
 VCF - 电压波峰因数  
 ACF - 电流波峰因数  
 VTHD - 电压总谐波失真  
 VDF - 电压失真因数  
 VTIF - 电话影响因数电压  
 ATHD - 电流总谐波失真  
 ADF - 电流失真因数  
 ATIF - 电话影响因数电流  
 IMP - 阻抗  
 RES - 电阻  
 REA - 电抗  
 HR - 积分时间 <sup>1</sup>  
 WHR - 瓦时 <sup>1</sup>  
 VAH - 伏安小时 <sup>1</sup>  
 VRH - 无功伏安小时 <sup>1</sup>  
 AHR - 安时 <sup>1</sup>  
 WAV - 平均功率 <sup>1</sup>  
 PFAV - 平均功率因数 <sup>1</sup>  
 CVAR - 无功功率校正 <sup>1</sup>  
 VAHF - 基本功伏安小时  
 VARHF - 基本无功伏安小时  
 VF - 基波有效值电压  
 AF - 基波有效值电流  
 WF - 基本瓦特

## 选择结果（续）

VAF - 基本伏安  
 VARF - 基本无功伏安  
 PFF - 基本功率因数  
 VRNG - 电压量程  
 ARNG - 电流量程  
 VLL - 线路到线路电压  
 VLN - 线路到零线电压  
 VHM - 电压谐波  
 AHM - 电流谐波  
 WHM - 瓦特谐波

说明 :SEL 确定屏幕上显示的结果，以及由 :FRD? 命令返回的结果。若要查看当前选择的命令，请使用 :FRF? 命令。  
 :SEL:ALL 选择所有结果。添加第二个命令 :GRP 时可以仅选择指定组内的那些结果。  
 :SEL:CLR 清除为所有组选择的全部结果。添加第二个命令 :GRP 时可以仅清除指定组内的那些结果。  
 若要将结果添加到组，必须先使用 :INST:NSEL <组>命令。否则会影响最后一次选择的组，或者如果之前未选择任何组，则影响组 1。

1 只有组进入积分器模式时才能显示/返回这些结果。

## :FRF? 读取所选结果

语法 :FRF?  
 :FRF:GRP<组>?  
 :FRF:CH<通道>?  
 其中，<组>是 1 至 4 之间的组号  
 其中，<通道>是 1 和 4 之间的通道号

说明 :FRF? 和 :FRF:GRP? 命令会返回显示结果的列表。不返回实际结果。

返回 <组>、<所选测量的数量>、<返回结果的数量>、<测量 1>、<测量 2>...、<组>、<所选测量的数量>...  
 <所选测量的数量>是使用前面板或 SEL 命令时所选测量的数量。  
 <返回结果的数量>等于所用显示屏上的行数。选择谐波时，返回结果的数量会超过所选测量的数量。  
 <测量 1>、<测量 2>...是所选测量的名称。返回数据将与显示结果的标签相同。对于谐波：将返回“Vharm”、“Aharm”和“Wharm”。返回的每个值会用逗号隔开。  
 :FRF? 将返回所有组的选项。  
 :FRF:CH<通道>? 将返回某一通道的结果列表。这很有用，便于测量。此命令返回的数据将与“:FRF:GRP?”相同，只是还会包含通道号。例如：  
 <组>、<通道>、<所选测量的数量>、<返回结果的数量>、<测量 1>、<测量 2>...、<组>、<通道>、<所选测量的数量>...

## :MOVE 移动结果

语法	<p><b>:MOVE: &lt;测量&gt; &lt;新位置&gt;</b>            其中, &lt;测量&gt;是用 :SEL 命令定义的测量列表。(见第62页, :SEL)            &lt;新位置&gt;是屏幕上结果列表中的位置, 范围在 1 至 51 之间。</p>
说明	<p>移动命令用于更改屏幕上结果的顺序和使用 :FRD? 返回结果的顺序。:FRF? 可以用于确认结果的顺序。</p>

## :FRD? 读取前台数据

语法	<p><b>:FRD?</b>  <b>:FRD:CH&lt;通道&gt;?</b>  <b>:FRD:GRP&lt;组&gt;?</b>            其中, &lt;通道&gt;是 1 至 4 之间的通道            其中, &lt;组&gt;是 1 至 4 之间的组号</p>
说明	<p>该命令会返回功率分析仪的结果。结果按照其在屏幕上显示的顺序返回。每个结果均是用逗号隔开的浮点数。            次序由结果在前面板上显示的顺序确定。可以使用仪器前面板或使用 :MOVE 命令更改顺序来配置次序。            结果将从显示屏的左侧开始按列返回。这意味着, 如果用户选择了要显示求和结果或最大值和最小值结果, 则这些结果也会返回。</p>
返回	<p>对于 :FRD:CH&lt;通道&gt;?, 如果选择了最小值或最大值结果, 则这些结果将返回。顺序为: &lt;最小值&gt;、&lt;通道&gt;、&lt;最大值&gt;。            对于 :FRD:CH&lt;组&gt;?, 如果选择了最小值、最大值或求和结果, 则这些结果将返回。顺序为: &lt;最小值&gt;、&lt;通道&gt;、&lt;最大值&gt;、&lt;最小值&gt;、&lt;通道&gt;、&lt;最大值&gt;...、&lt;求和最小值&gt;、&lt;求和&gt;、&lt;求和最大值&gt;。            对于 :FRD?, 每组均会从组 A 开始返回。组的结果顺序将与 :FRD:GRP&lt;组&gt;? 命令相同。</p>

## 测量配置命令

测量配置命令与 Measurement Configuration 菜单相对应。（见第33页，*Measurement Configuration* 菜单）

**:HMX:VLT/AMP/WAT** 配置谐波显示的命令。

### 谐波配置

语法	<pre>:HMX:VLT:SEQ &lt;值&gt; :HMX:AMP:SEQ &lt;值&gt; :HMX:WAT:SEQ &lt;值&gt;</pre> <p>其中，&lt;值&gt;等于 0 表示奇偶数，等于 1 只表示奇数</p>
说明	<p>如果使用 :SEL 命令（见第62页）选择了谐波测量，功率分析仪可以显示所有谐波，或者仅显示从第一个谐波开始至指定数量的奇数谐波。</p> <p>此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。</p>
语法	<pre>:HMX:VLT:RNG &lt;值&gt; :HMX:AMP:RNG &lt;值&gt; :HMX:WAT:RNG &lt;值&gt;</pre> <p>其中，&lt;值&gt;表示要显示的最大谐波数，范围为 1 至 100</p>
说明	<p>如果使用 :SEL 命令（见第62页）选择了谐波测量，功率分析仪将显示所有到&lt;值&gt;所指定数量的谐波。可以使用谐波序列命令将显示的谐波限制为仅奇数谐波。</p> <p>此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。</p>
语法	<pre>:HMX:VLT:FOR &lt;值&gt; :HMX:AMP:FOR &lt;值&gt; :HMX:WAT:FOR &lt;值&gt;</pre> <p>其中，&lt;值&gt;为 0 表示绝对值，为 1 表示百分比值</p>
说明	<p>如果使用 :SEL 命令（见第62页）选择了谐波测量，功率分析仪将以基本（第一个）谐波的绝对值或百分比值形式显示所有谐波。</p> <p>此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。</p>

**:HMX:VLT/AMP:DF** 设置失真因数测量的命令。

### 失真因数设置

语法	<pre>:HMX:VLT:DF:REF &lt;值&gt; :HMX:AMP:DF:REF &lt;值&gt;</pre> <p>其中，&lt;值&gt;为 0 表示基本，为 1 表示 rms</p>
说明	<p>对于失真因数读数（又称为差分公式），公式分母的参考值可以是有效值读数，也可以是基本谐波读数。</p> <p>此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。</p>

**:HMX:VLT/AMP:PHA 显示相角**

语法	:HMX:AMP:PHA <值> :HMX:VLT:PHA <值> 其中, <值>为 0 表示开, 为 1 表示关
说明	此命令打开或关闭电压或电流相角的显示 (默认为打开)。
语法	:HMX:AMP:PHA? :HMX:VLT:PHA?
返回	0 或 1

**:HMX:VLT/AMP:THD 设置总谐波失真测量的命令。**

**总谐波失真设置**

语法	:HMX:VLT:THD:REF <值> :HMX:AMP:THD:REF <值> 其中, <值>为 0 表示基本, 为 1 表示 rms
说明	对于总谐波失真 (THD) 读数 (又称为级数公式), 公式分母的参考值可以是有效值读数, 也可以是基本谐波读数。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:HMX:VLT:THD:SEQ <值> :HMX:AMP:THD:SEQ <值> 其中, <值>为 0 表示奇偶数, 为 1 只表示奇数
说明	对于总谐波失真 (THD) 读数, 测量中使用的谐波可以包含到指定数量的所有谐波或者仅包含奇数谐波。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:HMX:VLT:THD:RNG <值> :HMX:AMP:THD:RNG <值> 其中, <值>是要显示的最大谐波数, 范围为 2 至 100。
说明	对于总谐波失真 (THD) 读数, <值>指定公式中使用的最大谐波数量。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:HMX:VLT:THD:NZ <值> :HMX:AMP:THD:NZ <值> 其中, <值>为 0 表示不包括, 为 1 表示包括
说明	对于总谐波失真 (THD) 读数, 公式可能包括或不包括直流组件。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。

**:HMX:VLT/AMP:TIF 电话影响因数设置**

语法	<b>:HMX:VLT:TIF:REF &lt;值&gt;</b> <b>:HMX:AMP:TIF:REF &lt;值&gt;</b> 其中, <值>为 0 表示基本, 为 1 表示 rms
说明	对于电话影响因数读数, 公式分母的参考值可以是有效值读数, 也可以是基本谐波读数。 此命令适用于组。请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。

**:MIN 最小值列**

语法	<b>:MIN &lt;值&gt;</b> 其中, <值>为 0 表示禁用, 为 1 表示启用
说明	MIN 命令添加一列, 用于从上次复位最小值后显示各个参数最小值的结果。添加的列可用于组中的每个通道及所选择的求和结果。 启用该列会始终复位当前所选组的 MIN 和 MAX 值。这两个值还可以使用 <b>:RES</b> 命令或按前面板的 RESET/CLEAR 键进行复位。 若要复位 MIN 保持值, 发送命令 <b>:MIN 1</b> 重新启用该栏。请注意, MIN 和 MAX 保持值都会复位。 此命令适用于组。请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。
语法	<b>:MIN?</b>
返回	0 或 1
说明	此命令返回最小值列的状态。若禁用, 则返回 0; 若启用, 则返回 1。 此命令适用于组。请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。

**:MAX 最大值列**

语法	<b>:MAX &lt;值&gt;</b> 其中, <值>为 0 表示禁用, 为 1 表示启用
说明	MAX 命令添加一列, 用于从上次复位最大值后显示各个参数最大值的结果。添加的列可用于组中的每个通道及所选择的求和结果。 启用该列会始终复位当前所选组的 MIN 和 MAX 值。这两个值还可以使用 <b>:RES</b> 命令或按前面板的 RESET/CLEAR 键进行复位。 若要复位 MAX 保持值, 发送命令 <b>:MAX 1</b> 重新启用该栏。请注意, MIN 和 MAX 保持值都会复位。 此命令适用于组。请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。
语法	<b>:MAX?</b>

### 最大值列 (续)

返回	0 或 1
说明	此命令返回最大值列的状态。若禁用，则返回 0；若启用，则返回 1。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。

### :SUM 求和结果

语法	:SUM <值> 其中，<值>为 0 表示禁用，为 1 表示启用
说明	该命令添加一列，用于显示为组选择（若适用）的各个参数的求和值的结果。此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。如果当前所选组的接线模式为单相两线，则会忽略添加求和结果的请求。
语法	:SUM?
返回	0 或 1
说明	此命令返回求和结果列的状态。若禁用，则返回 0；若启用，则返回 1。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:SUM:AMP:METHD <方法> :SUM:VLT:METHD <方法> 其中，<方法>为 1 或 2 可选择求和法
说明	这些命令会选择用于最小值、最大值和求和结果列的求和法。请参阅本文档后面的求和公式。（见第127页，求和公式）
语法	:SUM:AMP:METHD? :SUM:VLT:METHD?
返回	求和法（1 或 2）

## 模式设置命令

模式设置命令与 Modes 菜单相对应。(见第36页, *模式*) 这些命令用于控制组的配置方法, 以便在特定条件下测量参数。

### :MOD 模式

语法	:MOD:NOR (正常模式) :MOD:BAL (镇流器模式) :MOD:SBY (待机电源模式) :MOD:INT (积分器模式) :MOD:PWM (PWM 电机模式)
说明	此命令设置用于组的模式。由于此命令用于组, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:MOD?
返回	模式号为 0 至 4
说明	此命令返回当前组的模式参考值。由于此命令用于组, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。 返回值为: 0 - 正常模式 1 - 镇流器模式 2 - 待机电源模式 3 - 积分器模式 4 - PWM 电机模式

### :MOD:BAL 镇流器模式

语法	:MOD:BAL:FREQ <值> 其中, <值>是电源频率, 范围为 45 至 1000 Hz
说明	此命令设置镇流器模式的电源频率。(见第37页, <i>镇流器模式</i> ) 由于此命令用于组, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:MOD:BAL:FREQ?
返回	所选组的镇流器频率
说明	此命令返回当前组的镇流器频率。

## :MOD:SBY 待机模式

语法	:MOD:SBY:PER <值> 其中, <值>是待机电源积分时间, 范围为 1 至 1200 秒 (整数)
说明	此命令设置待机电源模式的积分时间。(见第37页, <i>待机电源模式</i> ) 由于此命令用于组, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:MOD:SBY:PER?
返回	所选组的积分时间
说明	此命令返回当前组的积分时间。

## :MOD:INT 积分器模式

语法	:MOD:INT:ST:METH <方法> 其中, <方法> 0 - 手动 1 - 时钟 2 - 电平 由于积分器是一种组功能, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
说明	此命令设置积分器的启动方法。
语法	:MOD:INT:ST:CLK:TIME <时间> 其中, <时间>是 hh:mm:ssA/P 或 hh:mm:ss
说明	此命令设置以时钟启动方法使用时的积分器启动时间。数据按照与用户请求的相同格式输入。
语法	:MOD:INT:ST:CLK:DATE <日期> 其中, <日期>采用以下格式之一: ■ dd:mm:yyyy、mm:dd:yyyy 或 yyyy:mm:dd ■ dd/mm/yyyy、mm/dd/yyyy 或 yyyy/mm/dd ■ dd-mm-yyyy、mm-dd-yyyy 或 yyyy-mm-dd
说明	此命令设置以时钟启动方法使用时的积分器启动日期。数据按照与用户请求的相同格式输入。
语法	:MOD:INT:ST:LVL:CH <通道> 其中, <通道>为 1 至 4。
说明	此命令将通道设置为电平触发时使用。指定为 1、2、3 或 4。如果通道号无效, 则将设置 ESR 位。

## 积分器模式 (续)

语法	<b>:MOD:INT:ST:LVL:SIG:&lt;测量&gt;</b> 其中, <测量>是以下测量: VLT - 伏特均方根 AMP - 安培均方根 WAT - 瓦特 VAS - 伏安 VAR - 无功伏安 FRQ - 频率 PWF - 功率因数 VPK+ - 电压峰值 (正极) VPK- - 电压峰值 (负极) APK+ - 电流峰值 (正极) APK- - 电流峰值 (负极) VDC - 直流电压 ADC - 直流电流 VRMN - 整流平均电压 ARMN - 整流平均电流 VCF - 电压波峰因数 ACF - 电流波峰因数 VTHD - 电压总谐波失真 VDF - 电压失真因数 VTIF - 电话影响因数电压 ATHD - 电流总谐波失真 ADF - 电流失真因数 ATIF - 电话影响因数电流 IMP - 阻抗 RES - 电阻 REA - 电抗 AI1 - 模拟输入 1 AI2 - 模拟输入 2 AI3 - 模拟输入 3 AI4 - 模拟输入 4
说明	此命令将信号设置为比较阈值进行监控。此命令后面跟正常信号选择参数, 比如 VRMS 或 PWF。
语法	<b>:MOD:INT:ST:LVL:SIG?</b>
说明	此命令返回所选测量的数字标识符。
语法	<b>:MOD:INT:ST:LVL:THRES &lt;阈值&gt;</b>
说明	此命令设置阈值电平, 浮点数为 $\pm 1e9$
语法	<b>:MOD:INT:ST:LVL:DIR &lt;方向&gt;</b> 其中, <方向>为 0 表示 $\geq$ , 为 1 表示 $\leq$

### 积分器模式 (续)

说明	此命令在使用电平触发启动时设置信号变化的方向。
语法	<b>:MOD:INT:DUR &lt;时长&gt;</b> 其中, <时长>是以分钟为单位的时间
说明	此命令设置积分的时长, 值为 0.0 至 10,000。
语法	<b>:MOD:INT:PF &lt;功率因数&gt;</b> 其中, <功率因数>是理想功率因数
说明	此命令设置校正值 VAr 的理想功率因数, 值为 +1.0 至 -1.0。
语法	<b>:MOD:INT:RUN</b>
说明	此命令为所有积分器启动积分。
语法	<b>:MOD:INT:STOP</b>
说明	此命令为所有正在运行的积分器停止积分。
语法	<b>:MOD:INT:RESET</b>
说明	此命令为所有积分器重置积分。

### :MOD:PWM

**说明：**除了正常的 :MOD:PWM 命令外, 没有其他特定 PWM 电机模式命令可以选择 PWM 电机模式。

## 输入设置命令

输入设置命令与 Inputs 菜单相对应。(见第41页, 输入) 这些命令用于控制通过通道控制 PA3000 信号输入的方法。

### :WRG 接线配置

语法	<b>:WRG:1P2</b> - 设置单相两线 <b>:WRG:1P3</b> - 设置单相三线 <b>:WRG:3P3</b> - 设置三相三线 <b>:WRG:3P4</b> - 设置三相四线 <b>:WRG:3P3V3A</b> - 设置三相三线 (3V3A)
说明	此命令设置当前所选组的接线配置。请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。
语法	<b>:WRG?</b>
返回	0、1、2、3 或 4 每个值代表一种接线配置： 0 代表单相两线 1 代表单相三线 2 代表三相三线 3 代表三相四线 4 代表三相三线 (3V3A)

### :NAME 组名

语法	<b>:NAME &lt;值&gt;</b> 其中, <值>表示组名
说明	此命令设置组的显示名称。每个组名限制为 8 个字符。由于此命令用于组, 请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。
语法	<b>:NAME?</b>
返回	组名最多为 8 个字符
说明	此命令返回当前组的显示名称。由于此命令用于组, 请首先使用 <b>:INST:NSEL</b> 命令选择当前组。

## :RNG 设置量程

语法

```
:RNG:VLT:FIX <量程>
:RNG:AMP:FIX <量程>
:RNG:VLT:AUT
:RNG:AMP:AUT
```

VLT - 设置电压量程  
 AMP - 设置电流量程  
 FIX - 固定量程  
 AUT - 自动量程

其中, <量程>是量程号, 范围为 4 至 12。

说明 此命令设置当前所选组的量程, 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。  
 下表定义了每个输入的量程号。

量程编号	伏特	30 A 分流器	1 A 分流器	外部分流器
<b>自动</b>				
4	5 V	0.5 A	0.0125 A	0.05 V
5	10 V	1 A	0.025 A	0.1 V
6	20 V	2 A	0.05 A	0.2 V
7	50 V	5 A	0.125 A	0.5 V
8	100 V	10 A	0.25 A	1 V
9	200 V	20 A	0.5 A	2 V
10	500 V	50 A	1.25 A	5 V
11	1,000 V	100 A	2.5 A	10 V
12	2,000 V	200 A	5 A	20 V

语法

```
:RNG:VLT?
:RNG:AMP?
```

返回 0 至 12

说明 此命令返回应用于当前所选组的量程配置。如果当前所选组处于自动量程, 则会返回 0。

语法

```
:RNG:VLT:AUT?
:RNG:AMP:AUT?
```

返回 0 至 12

说明 此命令与通道关联, 不与组关联。其返回当前所选通道所在的实际量程。如果组中有多条通道, 且将组设置为自动量程, 则每条通道会查找适用于应用信号的最佳量程。  
 请首先使用 :INST:NSELC 命令选择当前通道。

**:SHU 分流器选择**

语法	<b>:SHU:INT</b> <b>:SHU:INT1A</b> <b>:SHU:EXT</b> INT - 设置内部 30 A <sub>rms</sub> 分流器 INT1A - 设置内部 1 A <sub>rms</sub> 分流器 EXT - 设置外部分流器
说明	此命令设置当前所选组中用于所有通道的分流器。 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	<b>:SHU?</b>
返回	0、1 或 2
说明	此命令返回当前所选组的分流器设置。 0 - 内部 30 A <sub>rms</sub> 分流器 1 - 内部 1 A <sub>rms</sub> 分流器 2 - 外部分流器 请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。

**:FSR 频率设置**

语法	<b>:FSR:VLT</b> <b>:FSR:AMP</b> <b>:FSR:EXT1</b> <b>:FSR:EXT2</b> VLT - 将电压通道设置为源。 INT1A - 将电流通道设置为源。 EXT1 - 将外部计数器输入 1 设置为源。 EXT2 - 将外部计数器输入 2 设置为源。
说明	此命令设置当前所选组的频率源。组中的第一条通道用于确定频率。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	<b>:FSR?</b>
返回	0、1、2 或 3
说明	此命令返回所选组当前配置的频率源。 返回值对应于： 0 - 电压通道 1 - 电流通道 2 - 外部计数器输入 1 3 - 外部计数器输入 2 由于此命令用于组，请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。

### 频率设置 ( 续 )

语法	:FSR:PHR:VLT - 将电压通道设置为参考。 :FSR:PHR:AMP - 将电流通道设置为参考。
说明	此命令将组的相位参考设置为组中第一个卡的电压或电流通道。 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:FSR:PHR?
返回	0 或 1
说明	此命令返回所选组当前配置的相位参考。 返回值对应于： 0 - 电压通道 1 - 电流通道 由于此命令用于组，请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:FSR:RNG <值> 其中，<值>为 0 至 2
说明	此命令设置允许的输入信号频率范围。值对应于： 0 - >10 Hz 1 - 1 Hz 至 100 Hz 2 - 0.1 Hz 至 10 Hz 此命令适用于组。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。
语法	:FSR:RNG?
返回	0、1 或 2
说明	此命令返回所选组当前配置的频率范围。 返回值对应于： 0 - >10 Hz 1 - 1 Hz 至 100 Hz 2 - 0.1 Hz 至 10 Hz 由于此命令用于组，请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。

### :BDW 带宽

语法	:BDW <值> 其中，<值>为 0 或 1
说明	此命令设置当前组中所有电压和电流测量通道的带宽。0 = 高带宽，且 1 = 低带宽。低带宽模式将 10 kHz 双极滤波器引入电压和电流测量通道。
语法	:BDW?

**带宽 (续)**

返回	0 或 1
说明	<p>此命令返回所选组当前配置的带宽。</p> <p>返回值对应于：</p> <p>0 - 高带宽</p> <p>1 - 低带宽</p> <p>由于此命令用于组，请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组。</p>

**:SCL 标度**

语法	<p>:SCL:VLT &lt;标度&gt;</p> <p>:SCL:AMP &lt;标度&gt;</p> <p>:SCL:EXT &lt;标度&gt;</p> <p>:SCL:VLT:GRP &lt;标度&gt;</p> <p>:SCL:AMP:GRP &lt;标度&gt;</p> <p>:SCL:EXT:GRP &lt;标度&gt;</p> <p>VLT - 电压通道标度</p> <p>AMP - 电流通道标度</p> <p>EXT - 外部分流器标度</p> <p>其中，&lt;标度&gt;为数字，范围为 0.00001 至 100000</p>
说明	<p>此命令设置当前所选通道的标度系数。请首先使用 :INST:NSELC 命令选择当前通道。</p> <p>如果使用了 GRP 选项，则将同一的标度因数应用于组中的所有通道。请首先使用 :INST:NSEL 命令选择当前组，再使用 GRP 选项。</p>
语法	<p>:SCL:VLT?</p> <p>:SCL:AMP?</p> <p>:SCL:EXT?</p> <p>VLT - 电压通道标度</p> <p>AMP - 电流通道标度</p> <p>EXT - 外部分流器标度</p>
返回	编号为 0.00001 至 100000
说明	<p>此命令与通道关联，不与组关联。其返回当前所选通道的标度系数。请首先使用 :INST:NSELC 命令选择当前通道。</p>

## :ANA 模拟输入

语法	:ANA <输入>, <量程> 其中, <输入>为输入号, 范围为 1 至 4, <量程> = 1 或 10
说明	此命令设置范围从 1 至 4 的模拟输入。如果<量程>为 1, 则选择 $\pm 1$ V 量程。如果<量程>为 10, 则为指定输入选择 $\pm 10$ V 量程。
语法	:ANA? <输入> 其中, <输入>为输入号, 范围为 1 至 4。
返回	所选输入的测量模拟信号

## 图形和波形命令

### :WAV 波形图

语法	:WAV:VLT <启用> :WAV:AMP <启用> :WAV:WAT <启用>
说明	这些命令启用或禁用波形图的显示, 其中<启用>为 1 表示启用, 为 0 表示禁用。这些命令均是基于通道的命令。请先用 :INST:NSELC 选择通道, 再使用这些命令。
语法	:WAV:VLT? :WAV:AMP? :WAV:WAT?
说明	这些命令返回波形图显示的启用或禁用状态。这些命令均是基于通道的命令。请先用 :INST:NSELC 选择通道, 再使用这些命令。
返回	1 表示波形已启用, 0 表示波形未启用。

## 接口命令

接口命令用于设置和控制与功率分析仪通信的各种方式。

### :COM:RS2 RS-232 配置

语法	:COM:RS2:BAUD <波特率> 其中, <波特率>为 9600、19200 或 38400 的波特率
说明	此命令设置 RS-232 波特率。
语法	:COM:RS2:BAUD?
返回	9600、19200 或 38400 的波特率

**:COM:IEE GPIB 设置**

语法	<b>:COM:IEE:ADDR &lt;地址&gt;</b> 其中, <地址>是范围为 1 至 30 的地址
说明	此命令设置 PA3000 的 GPIB 地址。
语法	<b>:COM:IEE:ADDR?</b>
返回	功率分析仪的 GPIB 地址。如果返回 -1, 则未安装任何 GPIB 卡。

**:COM:ETH 返回以太网配置**

语法	<b>:COM:ETH:SUB?</b> <b>:COM:ETH:IP?</b> <b>:COM:ETH:GATE?</b> SUB - 子网掩码 IP - IP 地址 GATE - 默认网关
返回	v4 IP 地址格式为 xxx.xxx.xxx.xxx 的数字
说明	此命令返回 IP 地址格式的所需信息。返回信息是当前的配置。如果将 DHCP 用作分配方法, 则返回值将是 DHCP 服务器分配的那些值。

**:COM:ETH:STAT 静态以太网配置**

语法	<b>:COM:ETH:STAT &lt;值&gt;</b> 其中, <值>为 0 或 1
说明	此命令确定功率分析仪使用的是静态 IP 地址还是 DHCP 服务器分配的 IP 地址。如果<值> = 0, 则使用了 DHCP 服务器。如果<值> = 1, 则使用了静态 IP 设置。
语法	<b>:COM:ETH:STAT?</b>
返回	0 或 1
语法	<b>:COM:ETH:STAT:SUB &lt;ip 值&gt;</b> <b>:COM:ETH:STAT:IP &lt;ip 值&gt;</b> <b>:COM:ETH:STAT:GATE &lt;ip 值&gt;</b> SUB - 子网掩码 IP - IP 地址 GATE - 默认网关 其中, <ip 值>格式为 xxx.xxx.xxx.xxx
说明	这些命令设置为功率分析仪分配的静态 IP 值。

### 静态以太网配置 ( 续 )

语法	:COM:ETH:STAT:SUB? :COM:ETH:STAT:IP? :COM:ETH:STAT:GATE? SUB - 子网掩码 IP - IP 地址 GATE - 默认网关
返回	格式为 xxx.xxx.xxx.xxx 的 IP 地址。

### :COM:ETH:MAC 以太网 MAC 地址

语法	:COM:ETH:MAC?
返回	格式为 12 个十六进制字符的 MAC 地址
说明	此命令返回以太网控制器上的 MAC 地址。MAC 地址的格式为：0x0019B9635D08。

## 数据记录命令

数据记录命令的功能与前面板上的 Datalog 菜单和 DATA OUT 键相同。

### :DATA:USB USB 数据记录

语法	:DATA:USB <停止/开始> 其中, <停止/开始>为 0 = 停止; 1 = 开始
说明	此命令的功能与按 DATA OUT 键相同。如果有 USB 闪存驱动器, 则其会将数据记录到闪存驱动器。

## 屏幕保存命令

### :DISP:DATA? 显示数据

语法	:DISP:DATA?
说明	此命令冻结显示并返回屏幕的位图图像。传输完成后, 显示将正常更新。二进制数据是 .bmp 文件的内容, 并且可以直接写入主计算机上的文件中。
返回	此命令将位图图像返回为 IEEE 488.2 <一定长度的任意块响应数据>格式的响应。

## 数学命令

通过数学命令，可以设置功率分析仪的数学屏幕以及返回结果。

### :MATH:FUNC 数学函数信息

语法            :MATH:FUNC <函数编号>,<名称>,<公式>,<单位>

其中，<函数编号> = 1 至 30

<名称> - 用户显示的名称

<公式> - 数学函数的公式

<单位> - 要显示的单位

返回            如果成功，则为 1，否则为 0。

说明            此命令配置指定的数学函数。

语法            :MATH:FUNC? <函数编号>

其中，<函数编号>是 1 至 30 之间的有效数学函数编号

返回            <名称>、<公式>、<单位>

其中，

<名称> - 用户显示的名称

<公式> - 数学函数的公式

<单位> - 要显示的单位

说明            此命令将返回函数的数学函数名称、公式和单位。

### :MATH:FUNC:EN 数学函数启用

语法            :MATH:FUNC:EN <函数编号>,<启用>

其中，<函数编号>是 1 至 30 之间的有效数学函数编号

<启用>为 1，启用函数显示，为 0 则禁用。

说明            此命令将启用或禁用“数学”屏幕中的数学函数。

语法            :MATH:FUNC:EN? <函数编号>

其中，<函数编号>是 1 至 30 之间的有效数学函数编号

说明            此命令返回启用 (1) 或禁用 (0) 数学函数的状态。

### :MATH? 返回数学结果

语法            :MATH?

说明            此命令将返回所有计算出的数学函数结果，用逗号分开。

## 系统配置命令

系统配置命令与 System Configuration 菜单屏幕相对应。（见第51页，系统配置）

### :BLK 消隐

语法            :**BLK:ENB** - 启用消隐  
                  :**BLK:DIS** - 禁用消隐

说明            启用消隐后，如果测量信号低于所选通道量程的 5%，功率分析仪会归零。如果其他结果（例如瓦特）中也使用了消隐的通道，则值也会为空。

语法            :**BLK?**

返回            启用时为 ENB；禁用时为 DIS。

说明            此命令返回消隐状态。

### :AVG 平均

语法            :**AVG:AUT** <深度>  
                  其中，<深度>为 1 至 10

说明            命令设置平均缓冲器的深度以平均<深度>取样周期。使用 :UPDATE 命令也可以更改取样周期。每当量程发生变化或信号变化超过 20% 时都会重置平均缓冲器。此命令还将辅助输入的深度设置为同样的值。

语法            :**AVG?**

说明            此命令返回整数平均值。

语法            :**AVG:CH** <深度>

说明            此命令设置所选通道的平均深度。使用 :UPDATE 命令也可以更改取样周期。每当信号变化超过平均值的 20% 时都会重置平均缓冲器。

语法            :**AVG:CH?**

说明            此命令返回整数平均值。

语法            :**AVG:AUX** <深度>  
                  其中，<深度>为 1 至 10

说明            此命令专门设置辅助输入的深度以平均<深度>取样周期。使用 :UPDATE 命令也可以更改取样周期。每当信号变化超过平均值的 2% 时都会重置平均缓冲器。

语法            :**AVG:AUX?**

说明            此命令返回辅助输入的整数平均值。

**:UPDATE 更新速率**

语法	<b>:UPDATE &lt;更新速率&gt;</b> 其中, <更新速率>为 0.05、0.1、0.2、0.5、1.0 或 2.0 秒
说明	此命令更改显示屏更新速率。如果将更新速率设置为低于 0.5 秒, 则会减少更新周期返回的谐波次数。
语法	<b>:UPDATE?</b>
说明	此命令将更新速率返回为浮点数。

**:SYST:ZERO 自动归零**

语法	<b>:SYST:ZERO &lt;值&gt;</b> 其中, <值> 为 0, 表示禁用; 1 表示启用; 2 表示立即运行
说明	此命令将通道的自动归零功能设置为启用或禁用。
语法	<b>:SYST:ZERO?</b>
说明	此命令返回通道的自动归零功能。0 表示功能已禁用, 1 表示功能已启用。

**:SYST:DATE 系统日期**

语法	<b>:SYST:DATE?</b> <b>:SYST:DATE:SET &lt;日期值&gt;</b> <b>:SYST:DATE:FORMAT &lt;日期格式&gt;</b> 其中, <日期值>是用所选格式表示的新日期, <日期格式>是日期格式
返回	以用户指定的方式格式化的日期, 用正斜杠 (/) 隔开
说明	<b>:SYST:DATE?</b> 命令返回功率分析仪的日期。 <b>:SYST:DATE:SET</b> 命令设置功率分析仪的日期。<日期值>应采用通过 <b>:SYST:DATE:FORMAT</b> 命令指定的格式。例如, 如果指定的格式为 0 (mm/dd/yyyy), 则命令应是: <b>:SYST:DATE:SET 12/31/2015</b> 。 使用通过 <b>:SYST:DATE:FORMAT</b> 命令指定的三种格式之一: <日期格式> = 0 - mm/dd/yyyy、mm:dd:yyyy 或 mm-dd-yyyy <日期格式> = 1 - dd/mm/yyyy、dd:mm:yyyy 或 dd-mm-yyyy <日期格式> = 2 - yyyy/mm/dd、yyyy:mm:dd 或 yyyy-mm-dd

## :SYST:TIME 系统时间

语法	<p>:SYST:TIME?</p> <p>:SYST:TIME:SET &lt;时间值&gt;</p> <p>:SYST:TIME:FORMAT &lt;时间格式&gt;</p> <p>其中, &lt;时间值&gt;是用所选格式表示的新时间, &lt;时间格式&gt;是时间格式</p>
返回	<p>时间采用 12 小时制或 24 小时制, 以小时、分钟和秒表示, 用冒号 (:) 分隔。例如, 01:34:22P 表示 12 小时制或 13:34:22 表示 24 小时制。</p>
说明	<p>:SYST:TIME? 命令以指定格式返回功率分析仪上的时间。时间可以为以下两种格式之一:</p> <p>&lt;时间格式&gt; = 0 - 12 小时制 hh:mm:ssA/P</p> <p>&lt;时间格式&gt; = 1 - 24 小时制 hh:mm:ss</p> <p>还可以使用 :SYST:TIME:SET 命令设置功率分析仪上的时间。这种情况下, &lt;时间值&gt;应为指定的格式。例如, 如果指定格式为 0 (12 小时制), 则命令应是:</p> <p>:SYST:TIME:SET 08:32:20P</p> <p>若为 12 小时制时钟, A 应用作 AM, P 用作 PM。</p>

## :SYST:POWER 功率使用量

语法	<p>:SYST:POWER:DISP &lt;值&gt;</p> <p>其中, &lt;值&gt;为 0、1 或 2</p>
说明	<p>此命令可以关闭显示屏, 以减少功率分析仪的功耗。显示屏操作作用以下值确定:</p> <p>0 - 始终打开</p> <p>1 - 不按键或没有远程控制时 10 分钟后关闭</p> <p>2 - 在远程控制模式下关闭</p>
语法	<p>:SYST:POWER:DISP?</p>
返回	<p>0 - 始终打开</p> <p>1 - 不按键或没有远程控制时 10 分钟后关闭</p> <p>2 - 在远程控制模式下关闭</p>

## 用户配置命令

这些命令与 User Configuration 菜单项目相关。

### :CFG:USER

#### 用户配置

语法	:CFG:USER:LOAD <值> :CFG:USER:SAVE <值> 其中, <值>是用户配置, 1 至 8 表示保存, 0 至 8 表示加载。0 是默认配置。
返回	1 表示成功, 0 表示失败
说明	这些命令用于加载和保存用户配置之一。
语法	:CFG:USER:REN <值>, <配置名称> 其中, <值>表示用户配置1 至 8, <配置名称>表示新配置名称 (最多 16 个字符)
说明	此命令更改配置的名称, 以便于再次查找该配置。 提示: 保存或加载配置时, 允许发送 :CFG:USER:LOAD <值> 命令后至少三秒钟再读取 (1 表示成功, 0 表示失败)。

## 发送和接收命令

向 PA3000 发送命令有许多方法, 但是所有方法都有一些常用规则:

- 所有指令均应以换行 (ASCII 10) 符结束。
- 所有返回信息均应以换行 (ASCII 10) 符结束。
- 一次只能发送一条指令。例如, :SEL:VLT;:SEL:AMP 不是有效的命令。
- 对于配置单位的所有命令, 命令间需要 0.5 秒钟, 或使用流量控制等待发送下一个命令。
- 自动归零每分钟运行一次, 导致在大约一秒钟内不会产生新结果。因此可以禁用自动归零。

**说明:** 利用功率分析仪的以太网接口通信时, 均用换行符 [比如 ASCII LF(0x0A)] 响应所有通信。下例中, 换行符用 “[LF]” 表示。

**提示:** 如果使用 Visual Studio 或 LabVIEW, 则可以利用 Flush, In-buffer 命令快速将回车从输入缓冲器中删除。这可以设置为软件规则, 以便每次发送读取和写入命令后操作。

**示例 1:** 向功率分析仪发送查询命令, 以确定分流器的状态。功率分析仪将用添加到字符串末尾的 LF 字符响应;

用户：“:SHU?”

功率分析仪：“0[LF]”

功率分析仪按照标准用添加到字符串末尾的 LF 字符响应。

**示例 2:** 用户向功率分析仪发送命令以禁用消隐，然后功率分析仪用 LF 字符响应；

用户：“:SHU:INT”

功率分析仪：“[LF]”

功率分析仪用 LF 字符响应。

功率分析仪利用所有其他通信方式，并不使用 LF 回复每次通信。

## 通信示例

### 基本选择和返回结果

使用 FRD 命令返回结果。由此返回的是屏幕上显示的结果，并按照结果在屏幕上显示的顺序返回。使用远程控制选择结果时，将结果添加到列表最下面，但谐波除外，它始终显示在列表末尾。

:INST:NSEL 1	将当前组设置为组 1
:SEL:CLR	从所有组中清除所有结果
:SEL:VLT	
:SEL:AMP	
:SEL:FRQ	
:SEL:WAT	
:SEL:VAS	
:SEL:VAR	
:SEL:PUF	
:SEL:VPK+	
:SEL:APK+	
:FRD?	以浮点格式返回 $V_{rms}$ 、 $A_{rms}$ 、频率、瓦特、VA、 $VA_r$ 、功率因数、 $V_{pk+}$ 和 $V_{pk-}$
:FRF?	返回使用显示屏上显示的标签进行确认时选择的结果。这种情况下，将返回“ $V_{rms}$ 、 $A_{rms}$ 、频率、瓦特、VA、 $VA_r$ 、PF、 $V_{pk+}$ 、 $Apk+$ ”

### 反复返回结果

功率分析仪按指定的更新速率更新结果。若要在有结果时尽快返回结果，请设置 DSE 寄存器启用位 1，即“有新数据 (NDV)”位。然后使用“:DSR?”命令读取 DSR 寄存器，直到其指示有新数据，然后发送“:FRD?”命令以获取所选结果。

:DSE 2 // 此命令启用 NDV 位。

```
while strDSR <> "2"
```

```
  :DSR?
```

```
  strDSR = 接收的数据
```

```
循环
```

```
:FRD?
```

```
接收结果
```

## 谐波

若要返回谐波，首先需要选择谐波次数和范围，然后将它们添加到显示屏上的结果列表中。

:HMX:VLT:SEQ 0	选择奇数和偶数谐波（使用 1 时仅选择奇数谐波）。
:HMX:VLT:RNG 9	返回 1 至 9 的全部谐波。
:SEL:VHM	在列表中添加电压谐波。

现在，假设示例 1 之后尚未发出 :SEL:CLR，:FRD? 则会返回以下结果

$V_{rms}$ 、 $A_{rms}$ 、频率、瓦特、VA、 $VA_r$ 、PF、 $V_{pk+}$ 、 $A_{pk+}$ 、 $V_{h1Mag}$ 、 $V_{h1Ph}$ 、 $V_{h2Mag}$ 、 $V_{h2Ph}$ 、...、 $V_{h9Mag}$ 、 $V_{h9Ph}$ 。

## 使用一组通道的通信示例

示例显示使用了全序列命令与一组通道进行通信。此示例将使用 1 A 分流器，并消隐 5% 以下的量程。

*RST	将仪器重置为默认值。
*IDN?	识别仪器，返回软件用户可以使用的字符串：“Tektronix, PA3000, 序列号, 固件版本”。
:INST:NSEL 1	选择组 1。
:WRG:3P3	设置用于三相三线设置的通道 1 和通道 2 属于组 1。
:RNG:VLT:AUT	设置电压自动量程。
:RNG:AMP:AUT	设置电流自动量程。
:SHU:INT1A	设置 1A 分流器用于电流测量。
:FSR:VLT	将电压设置为频率源。
:BLK:ENB	启用消隐。
:AVG:AUT 5	设置测量平均值为 5。
:SEL:CLR	清除测量选择列表。
:SEL:VLT	选择 $V_{rms}$ 。
:SEL:WAT	选择以瓦特为单位的功率。

:SEL:AMP	选择 $A_{rms}$ 。
:SEL:FRQ	选择频率。
:SEL:PWF	选择功率因数。
:SEL:VAS	选择 VA 功率。
{ }	
{ 此处输入谐波等任何其他信息。(见第87页, 谐波) }	
{ }	
:DSE 3	当数据可用时设置 DSR。
while dsr <> 3	连续循环轮询, 直到 DSR = 3。
:DSR?	
循环	
:FRD:GRP1?	读取测量的数据, 并按以下浮点格式显示: $V_{rms}$ 、瓦特、 $A_{rms}$ 、频率、功率因数、VA 功率、 $V_{rms}$ 、瓦特、 $A_{rms}$ 、频率、功率因数、VA 功率。

# PA3000 软件

## PWRVIEW PC 软件

PWRVIEW 是为 Windows PC 开发的配套应用软件，它完善和扩展了功率分析仪的功能。

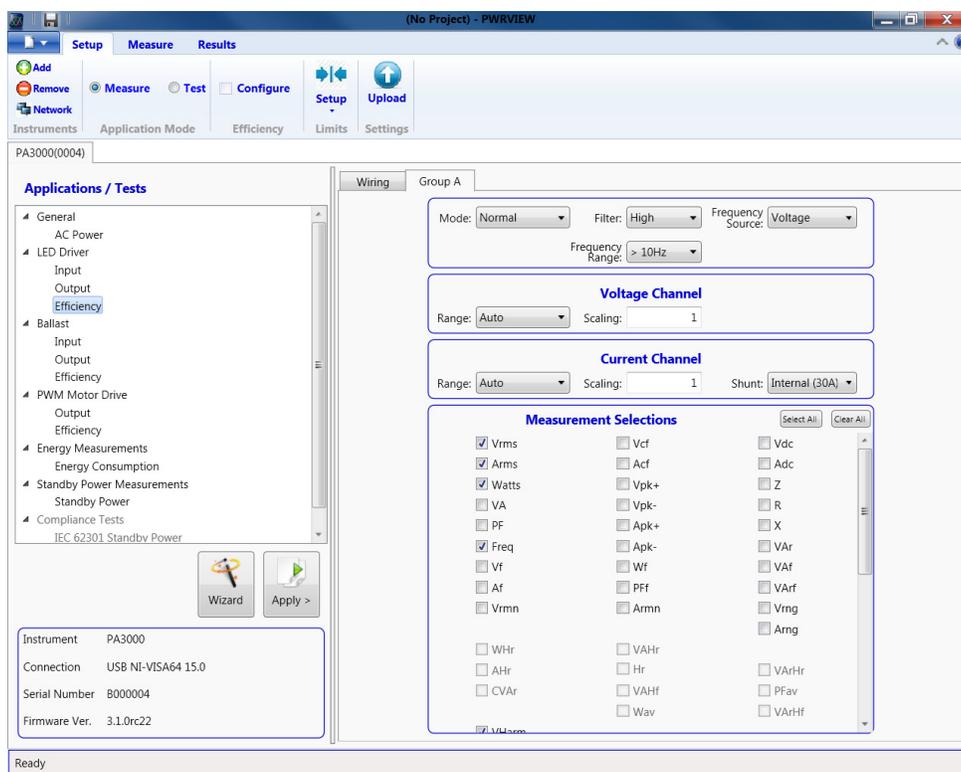


图 37: PWRVIEW 软件

PWRVIEW 可从 [www.tek.com](http://www.tek.com) 免费下载，使您能够处理以下工作：

- 通过任何可用的仪器通信端口与功率分析仪进行通信
- 远程更改仪器设置
- 从仪器实时传输、查看和保存测量数据，包括波形、谐波条形图和绘图
- 记录一段时间内的测量数据
- 同时与多台 Tektronix 功率分析仪通信并从中下载数据
- 创建并记录公式，计算功率转换效率和其它值
- 把测量数据导出到 .csv 或 .xls 格式，以导入其它应用

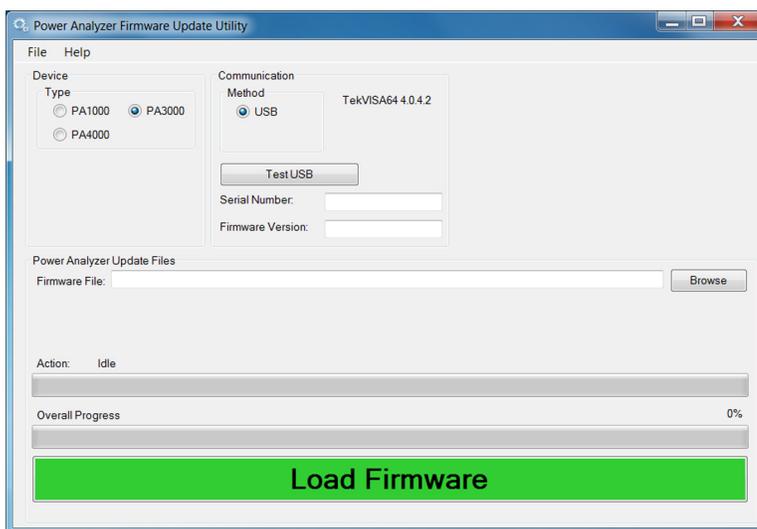
- 通过使用向导驱动型界面，只需点击几下即可为重要应用自动处理仪器设置、数据收集和报告生成
- 根据 IEC 62301 第 2.0 版低功率待机要求自动执行全面合规性测试
- 按照 IEC 61000-3-2:2014 第 4 版和 IEC 610004-7-:2002 + A1:2009 对电流谐波执行自动化预一致性测试。（目前仅适用于 PA1000 功率分析仪）
- 设置用户自定义极限

本文档介绍了使用功率分析仪和 PWRVIEW 软件的几个应用示例。（见第 92 页，*应用示例*）通过这些示例，进一步了解功率分析仪和 PWRVIEW 软件的使用法。可在 [www.tek.com](http://www.tek.com) 下载 PDF 版本的 PWRVIEW 在线帮助。

## 固件更新实用程序

PA3000 经过设计，更新产品内的固件便可添加新功能。使用免费的 PC 软件程序更新固件。从泰克网站 ([www.tek.com](http://www.tek.com)) 的 PA3000 部分可以找到此程序。下载软件并将其安装到 PC 上。

安装后，运行软件进入主屏幕：



软件支持通过 USB 下载固件。

1. 选择 PA3000 作为设备类型。
2. 单击 Test USB 按钮查看 PA3000 的序列号和固件版本。
3. 将软件指向固件文件。

软件将采用“PA3000\_va\_b.c.bin”格式命名，其中 a、b 和 c 是代表固件版本号的十进制数；例如 PA3000\_v3\_1\_0.bin。

在泰克网站的 PA3000 页面上也可以找到文件。

4. 准备好后，单击 **Load Firmware**。



**注意：** 下载期间请勿从 PA3000 切断电源。

---

下载的第二阶段，PA3000 屏幕将变为空白，蓝色 SHIFT 键将闪烁。

第二阶段完成后，PA3000 将通过标准屏幕重新启动，并下载其他固件部分。

此时请等待，直到 PC 上的对话框出现“Firmware has been loaded successfully”。

## 应用示例

使用 PA3000 的默认设置可以进行大多数单相和三相电源测量。功率分析仪采用全自动量程，由于其专有的频率检测技术和峰值量程，它将自动调节，以使所需测量符合发布的规格，不必考虑频率或波峰因数。

某些测量可以使用功率分析仪内置的专用模式（比如待机电源模式、集成模式、镇流器模式或 PWM 模式）进行优化。以下应用示例展示了其中一些功能的使用。

每个应用示例均讨论使用一些变通方案进行相同测量的两种方法。第一种方法涉及直接在 PA3000 上进行测量，第二种方法显示免费 PWRVIEW 软件的使用。PA3000 非常适用于大多数需要快速检查或监测的工作台测量，而 PWRVIEW 软件拥有默认应用和合规性测试套件，使其可以轻松地远程控制、分析、记录和运行合规性测试。有关 PWRVIEW 安装说明，请转至 [www.tek.com](http://www.tek.com) 上的产品页面。

Tektronix 建议仔细查看所有应用示例，以全面了解 PA3000 和 PWRVIEW 软件提供的所有功能。

本部分提供以下应用示例：

- 效率测试单相应用（见第92页）
- 效率测试三相应用（见第100页）
- 能耗测试（见第108页）
- 待机电源测量（IEC 62301 Ed. 2.0）（见第113页）
- 浪涌电流测试（见第119页）

### 示例 1：效率测试单相应用

近年来对绿色能源的推动发展提高了所有电子电气产品的效率标准。《VI 级效率协议》(Level VI efficiency protocol) 等更严格的节能标准对效率实施更严格的控制，因此，准确测量输入和输出功率，同时计算不同负载和信源条件下的效率变得非常重要。此示例展示一种简单的方法，用于在额定为 VI 级效率标准的外部 AC-DC 电源上进行效率测量。类似原则同样适用于任何 AC-DC 电源、AC/DC 变换器及其他相关变换器（包括太阳能逆变器和 UPS 系统）的效率测试。

#### 测量挑战

效率测量很直观：它们测量输入功率和输出功率，并计算特定负载和信源条件下的效率。此示例介绍在外部电源上进行准确且可重复的效率测量的设置和过程。确保被测设备在初始开启后保持稳定状态。进行任何效率测量前，建议采用 30 分钟的烧入时间。许多效率标准还要求检查稳定性，确保保持大约五分钟的稳定，再通过给定的负载设置进行最终测量。

## 测量解决方案

可以直接在 PA3000 功率分析仪显示屏上或通过 PWRVIEW 软件测量效率。直接法非常适用于快速测试和监测；对于长期测试和记录，推荐使用 PWRVIEW 软件。通过 PWRVIEW 软件，可轻松配置、监测、设置自定义极限以及记录效率测量。如果您要测量的能效标准需要长时间记录，这些功能非常实用。

## 测试设置

完成以下步骤，以设置通过 PA3000 功率分析仪在 AC-DC 电源上进行的效率测量：

1. 使用 Tektronix 接线盒 (BB1000) 将被测设备 (DUT) 上的交流输入连接到 PA3000 的第一条通道，如接线图中所示。（见图38第93页）

接线盒接入电流信号并测量输入端子的电压。这可以更加轻松安全地使用 PA3000 随附的 4 mm 安全导线连接 DUT 上的交流输入信号。

2. 使用随附的安全导线连接 PA3000 第二条通道上的直流输出端子。PA3000 上的分流器与输出负载串联；电压通道跨接在功率分析仪的正端子和负端子上，如图所示。
3. 完成所有连接后，使用以下两种方法之一进行效率测量。

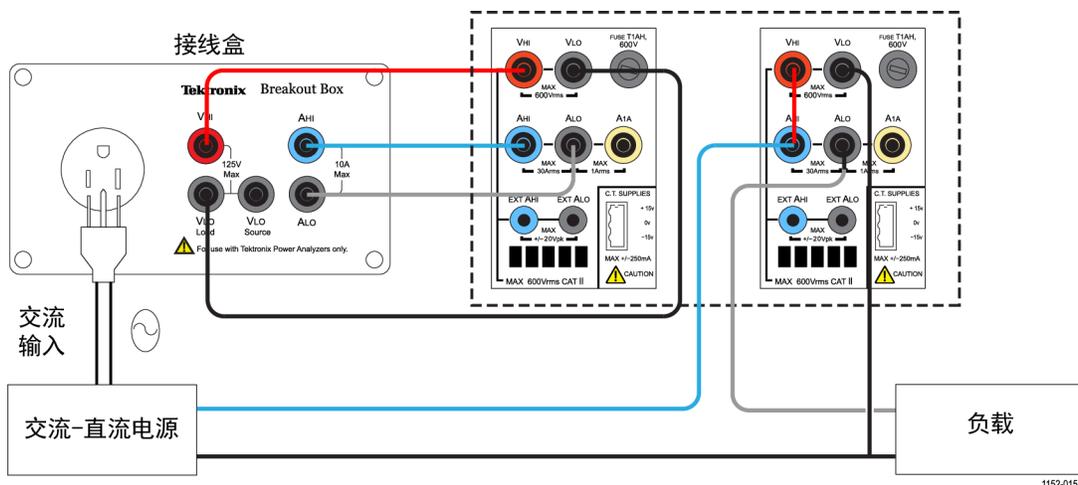


图 38: AC-DC 效率测量接线图

### 方法 1：单相 AC-DC 电源上的效率测量。（直接在 PA3000 上进行）

以下步骤介绍设置 PA3000 以在 AC-DC 电源上进行效率测量的过程。此过程还适用于在其他应用上测试效率，比如：UPS 系统、LED 驱动器或 DC-AC 变换器。

GROUP A Ch1	GROUP B Ch2	GROUP C Ch3	GROUP D Ch4	Result 1332
Vrms 109.85 V	Vrms 12.077 V	Vrms 109.88 V	Vrms 11.965 V	▲
Arms 330.82 mA	Arms 1.3762 A	Arms 136.85 mA	Arms 527.76 mA	▲
Watt 20.628 W	Watt 16.620 W	Watt 7.3105 W	Watt 6.3129 W	▲
VA 36.339 VA	Vdc 12.077 V	VA 15.037 VA	Vdc 11.965 V	▲
Freq 60.000 Hz	Adc 1.3762 A	Freq 60.000 Hz	Adc 527.63 mA	▲
PF 0.5677		PF 0.4862	VII -----	▲
Apk+ 1.0227 A		Apk+ 494.55 mA		▼
Apk- -1.0184 A		Apk- -485.91 mA		▼
Vdc 10.299 mV		Vdc 37.148 mV		▼
EFFICIENCY1 80.569 %		EFFICIENCY2 86.329 %		▼
-----		-----		02:02P
-----		-----		11/20

图 39: PA3000 上的效率测量

1. 将 PA3000 设置为默认配置：

- 按 .
- 向下滚动到 User Configuration 并按 .
- 选择 Load Default Configuration，然后按  确认。

PA3000 将加载默认设置并显示确认屏幕。按 ，然后按  返回到主菜单。

2. 在主菜单中，转至 Measurements，按 ，然后为交流输入信号选择所需的参数。

第一条通道将表示为屏幕顶部黄色条中的组 A。

选择所需的测量，比如 Vrms、Arms、瓦特、VA、PF、Acf、Athd 和 A 谐波。

- 按 PA3000 左面板上的右箭头键，选择表示 PA3000 第二条通道的组 B。
- 为直流输出选择所需的测量，比如瓦特、Vdc 和 Adc；取消选择不需要的任何预置测量。
- 选择完所需的所有参数后，按  查看结果屏幕。

PA3000 现已设置完成，可以分别在第一条和第二条通道上进行交流和直流测量。

6. 从交流源为 DUT 供电；此时可以对 DUT 应用相应的负载。

结果屏幕将开始更新实时测量信息。

7. 可以用数学函数计算效率。按  设置效率公式。
8. 在数学屏幕上，按 MATH 软键。
9. 从列表中选择所需的函数，然后按  进入选项。

**说明：** 编辑功能可用于编辑任何特定数学公式。在编辑功能下，按  可进入 Help 菜单，获取函数格式方面的帮助或参阅本手册之前提到的信息。（见第48页，*数学结果*）

10. 如要计算效率，请输入  $(CH2:W/CH1:W)*100$ ，然后按 。按  可返回 Math 菜单，根据需要重命名函数和添加单位。
11. 返回 Math 菜单，向下滚动到新编辑的函数并通过按  启用函数。选择要在屏幕上显示的所有函数。
12. 按  查看结果屏幕。
13. 若要查看所选的数学公式，请按 。
14. 若要查看数学公式及其他结果，请按  查看结果屏幕，并多次按 ，直到屏幕底部显示数学窗口。

您现在便可以在 AC-DC 电源上进行效率测量了。

## 根据需要进行其他设置

**数据记录：** 在涉及负载和信源扫描的长时间效率测试过程中，通过记录功能，可以记录数据随时间的变化情况。使用 DATA OUT 键将数据记录到连接至前面板 USB 连接器的任何兼容的闪存驱动器中。按  并转至 **Interfaces** → **USB Host Data Out**，可以更改实际的记录间隔。记录文件将保存为 .csv 文件。

**波形和谐波：** 若要监测交流输入波形和谐波，请分别使用  或  键。使用左面板上的箭头键在通道间切换。在 Graphs and Waveforms 菜单中可以选择用于查看波形和谐波的各个选项。

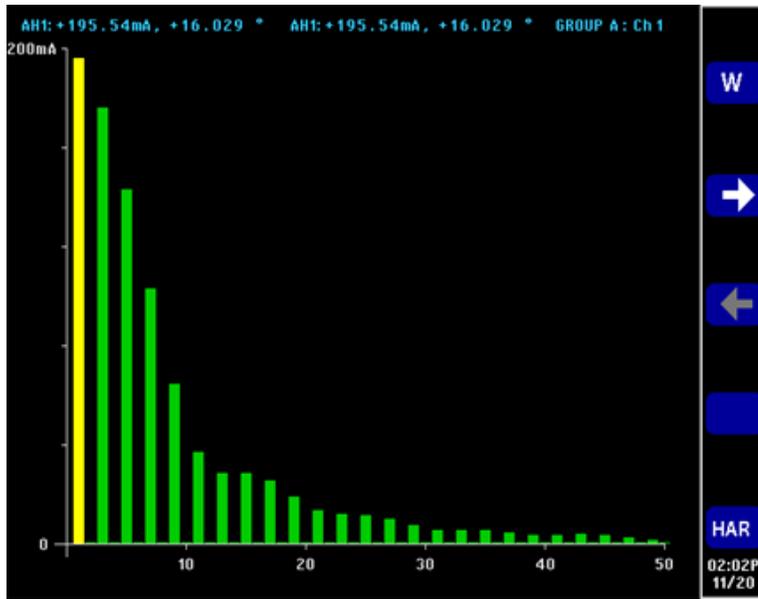


图 40: PA3000 上的谐波条形图

方法 2：单相 AC-DC  
电源上的效率测量。  
( PWRVIEW 软件 )

以下步骤介绍用 PA3000 设置 PWRVIEW 软件以进行效率测量的过程。

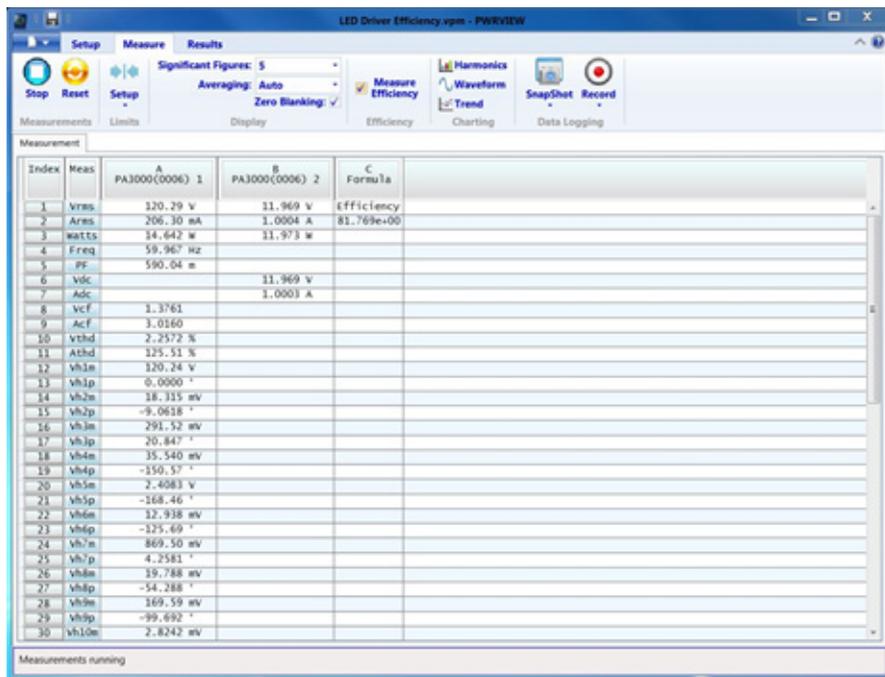


图 41: 通过 PWRVIEW 软件进行效率测量

1. 使用随附的 USB 电缆将 PA3000 连接到装有 PWRVIEW 软件的计算机。还可根据需要使用以太网或 GPIB。
2. 双击桌面图标，打开 PWRVIEW 软件。
3. 单击 Add 按钮以连接 PA3000。  
选择面板中将列出所有可用仪器。
4. 选择所需的仪器 (PA3000)，然后单击 Connect。

---

**说明：** 左面板上有多种默认应用和合规性测试可供选择。此示例介绍 AC-DC LED 驱动器效率测量。此方法也适用于类似的 AC-DC 电源。

---

5. 选择左面板上 Applications/Test 部分下的 LED Driver Efficiency，然后单击 Wizard 按钮。  
向导帮助您进行接线和分流器选择。根据输入和输出峰值电流，可以选择 1 A 分流器或 30 A 分流器。
6. 按照建议对设置接线进行更改。
7. 完成后单击 Finish，页面将引导您进入 Efficiency Setup 选项卡。
8. 确认仪器和组信息，然后单击 Measurement Efficiency 复选框。  
PWRVIEW 现在可以进行效率测量了。
9. 单击顶部的 Measure 选项卡，然后单击蓝色 Start 按钮。  
测量将开始更新。
10. 若要添加更多测量或更改其他设置，比如量程和滤波器，请转至 Setup 选项卡并选择所需设置。

---

**说明：** 需要停止测量才能在 Setup 页面上进行任何更改。通过单击 Setup 页面底部的 Stop 按钮停止测量。

---

## 根据需要进行其他设置

**波形、谐波和趋势图：** 在测量网格内，可以通过单击菜单栏中的相应图标来查看波形、谐波和趋势图。

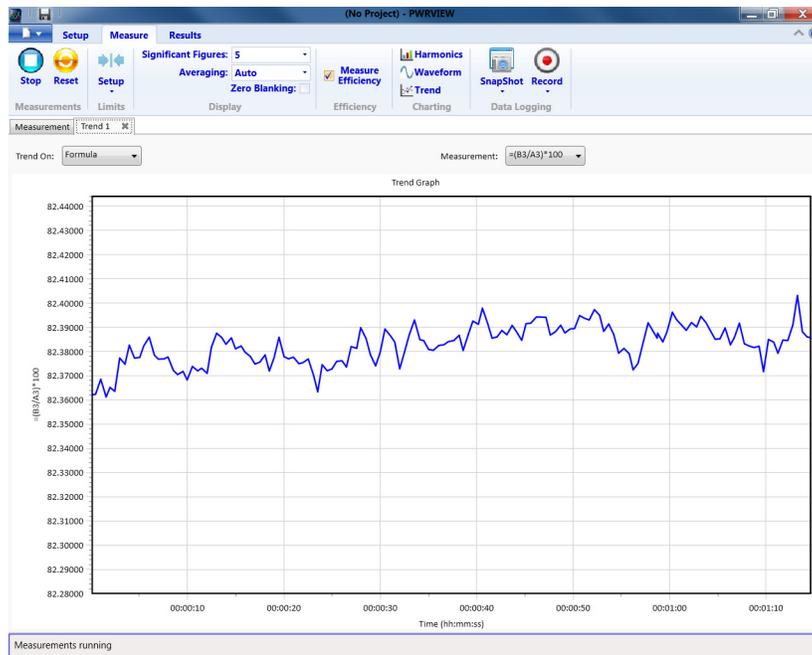


图 42: 效率趋势图

- PWRVIEW 软件中的波形使用从功率分析仪收集的谐波数据来构建。波形的准确度取决于可用的谐波信息量。为得到最佳结果，请选择在设置区域显示最大数量的谐波。选择 100 次谐波，以便 PA3000 可以提供最佳结果。如果未选择谐波，波形功能将显示一个空白屏幕。
- 可以为所有电压、电流和瓦特测量启用谐波条形图。最多可通过设置屏幕选择 100 次谐波。将鼠标悬停在任何谐波条形图上会显示该谐波的基波绝对值和百分比。
- 右键单击所需的参数或单击菜单栏中的趋势图图标可以为任何测量参数激活趋势图。可以使用菜单栏中的 Reset 按钮重置趋势图。

**数据记录:** 对于需要负载和信源扫描的大多数效率测量，记录数据很重要。

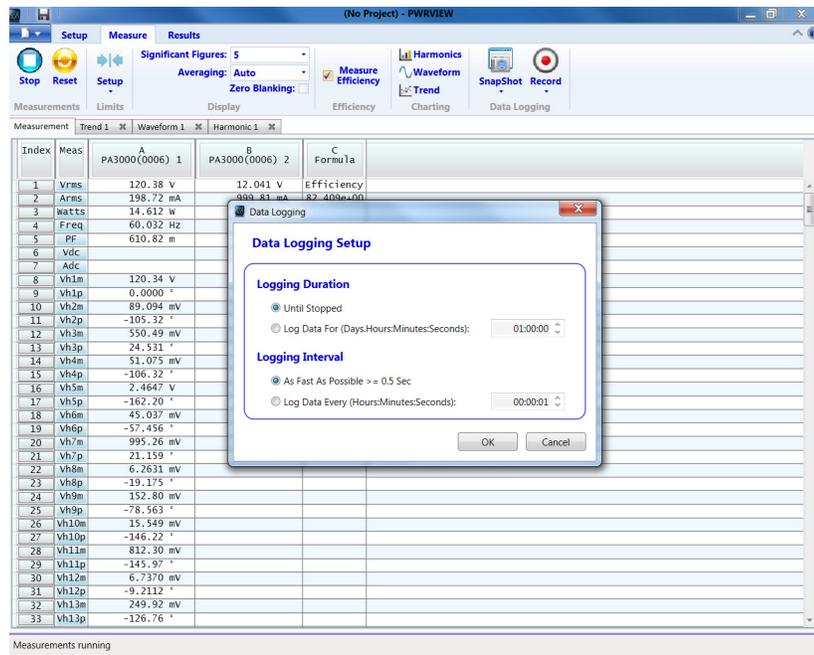


图 43: 记录设置

- 若要使用 PWRVIEW 记录数据，请单击菜单栏中的 Record 按钮。软件将开始记录所选的全部数据，包括公式和极限。
- 若要更改数据记录速率或设置总记录时间，请单击 Record 图标上的下箭头打开数据记录设置。您可以从中选择所需的记录时长和间隔。
- 若要停止数据记录，请单击 Stop 按钮。
- 记录的所有数据均存储在本地计算机上的数据库中。若要访问这些数据，请单击 Results 选项卡，然后单击测量图标。对话框将显示所有存档数据。
- 选择所需的数据集，然后导出为 Excel 或 .csv 格式。

**自定义极限:** 还可通过任何测量参数设置自定义极限。自定义极限帮助根据各种标准或测试规范设置极限。

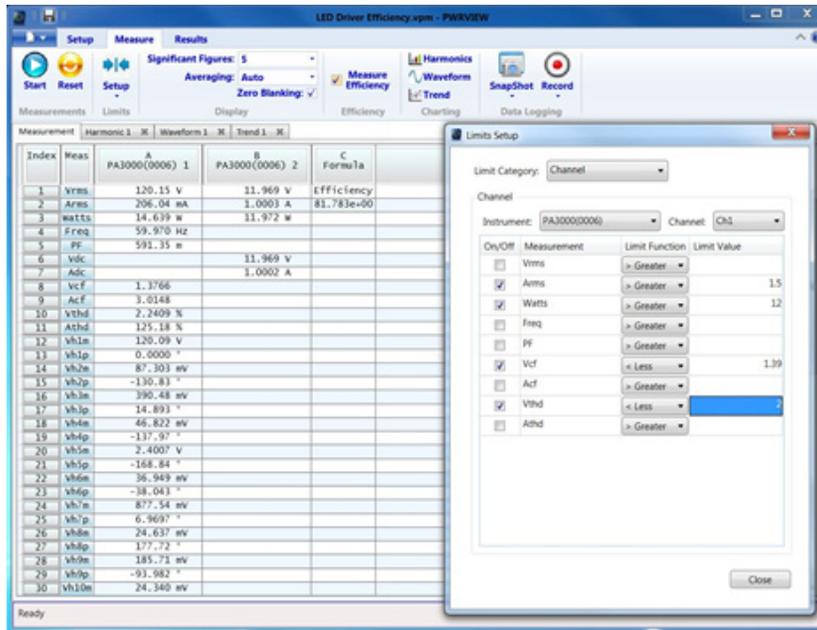


图 44: 自定义极限设置

- 若要设置自定义极限，请右键单击所需的测量参数或单击菜单栏中的极限设置图标。停止测量更新以设置自定义极限。
- 自定义极限在测量网格上显示为一个单独的选项卡。如果极限失败，结果列将显示红色字体。将鼠标悬停在结果上将显示极限函数、极限值和相对值。

## 示例 2：效率测试三相应用

电机驱动、风力涡轮机及其他大负载等应用均依靠三相电力输送，从而使系统更高效、更经济。此示例介绍 PA3000 如何帮助进行三相效率测量。此示例适用于各种三相 AC-DC 转换器、DC-AC 转换器及 AC-AC 转换器应用，比如 PWM 电机驱动、三相转换器、三相 UPS 系统以及风力发电。

### 测量挑战

由于高功率浮动信号以及容易出错的复杂功率计算，三相应用方面的测量可能非常复杂。理想情况下，三相应与平衡相位对称，但在大多数实际应用中，由于负载阻抗、电缆及其他系统方面的一致，总会有一些不平衡情况。拥有高度准确隔离的测量，在测量通道之间保持良好的相位精度和同步，这点非常重要。

### 测量解决方案

测量三相电源时，有两种主要的接线配置可以使用。双功率表法常用于三相三线应用，三功率表法常用于三相四线应用。请参阅接线部分，了解有关所有可用接线配置的详细信息。（见第41页，接线）

双功率表法可用于测量使用四条电源测量通道的三相输入和三相输出应用的效率。三功率表法尤其适合拥有专用零线的应用。以下方法介绍三相电源测量的不同配置，并展示在三相系统上进行效率测量。

### 方法 1：三相 PWM 电机驱动上的效率测量 (直接在 PA3000 上进行)

此方法展示直接在 PA3000 显示屏上对单相输入和三相输出 PWM 电机驱动进行三相电源和效率测量。

#### 测试设置

以下步骤介绍使用 PA3000 在单相输入 PWM 电机驱动上设置效率测量的过程。

1. 使用 Tektronix 接线盒 (BB1000) 将 PWM 电机驱动上的单相交流输入连接到 PA3000 的第一条通道，如接线图中所示。

接线盒接入电流信号并测量输入端子的电压。这可以更加轻松安全地使用 PA3000 随附的 4 mm 安全导线连接 DUT 上的交流输入信号。

2. 使用三相四线配置将 PWM 驱动的三相输出连接到其他三条通道，如接线图中所示。

三相均与内部分流器串联，并且测量相应相位和零线之间的电压。

3. 如果电机驱动没有专用零线，请通过将通道 2、3 和 4 上的所有三个 VLO 端子连接在一起，创建浮动零线。

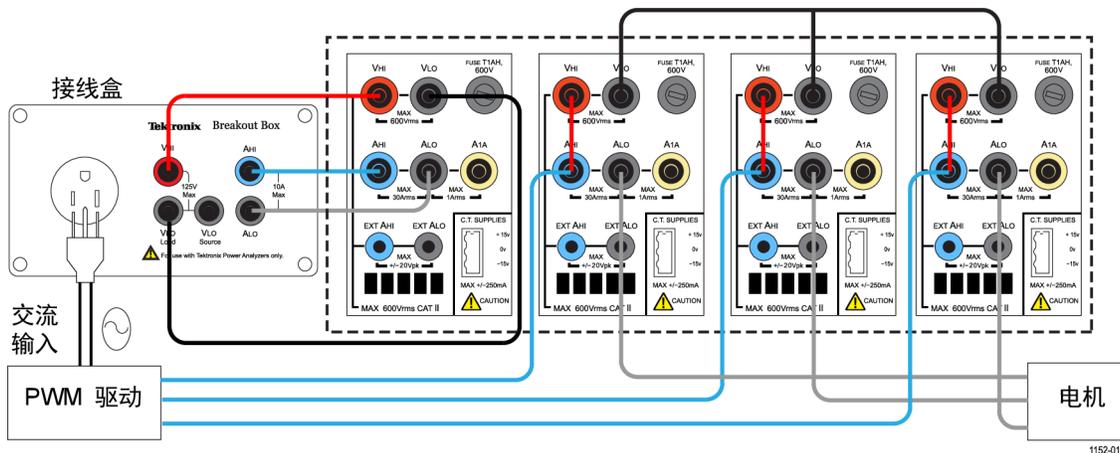


图 45: PWM 电机驱动效率 (单相输入和三相输出)

4. 完成所有连接后，将 PA3000 设置为默认配置：
  - a. 按 .
  - b. 向下滚动到 User Configuration 并按 .
  - c. 选择 Load Default Configuration, 然后按  确认。

PA3000 将加载默认设置并显示确认屏幕。按 ，然后按  返回到主菜单。

5. 若要在主菜单中选择正确的接线配置，请转至 **Inputs** → **Wiring** → **Configuration**，然后为组 A 选择 **1 Phase 2 Wire**。
6. 按左前面板上的箭头键，滚动到组 B，然后选择 **3 Phase 4 Wire**。

---

**说明：** 如果需要，可以为这两个组命名，以便于监测。返回第一步，然后使用 **Group Name** 选项输入适当的名称。

---

7. PA3000 方便轻松使用默认模式配置重要设置。若需要 PWM 电机驱动输出，请从主菜单选择 **Modes** → **Select Mode** → **PWM Motor**。

PWM 模式会将 PA3000 设置为准确测量在高功率下切换的典型 PWM 驱动的输出电压。该算法采用专有传感方法来实时确定所有电源计算的实际基本电源频率，以此保证计算得出的电源谐波数据始终准确，即使在动态速度条件下也不例外。

测量输入工频不需要采用 PWM 模式。PWM 模式及其他模式将在“模式”部分介绍。（见第36页，*模式*）

8. 若要为组 B 上的三相输出启用求和测量，请进入主菜单并转至 **Measurement Configuration** → **Sum Results Column** → **Enabled**，启用求和结果列。
9. 若要进行效率测量，请按 ，然后按 MATH 软键，启用数学函数。
10. 选择所要编辑的函数，然后按  进入选项。

---

**说明：** 编辑功能可用于编辑任何特定数学公式。在编辑功能下，按  可进入 Help 菜单，获取函数格式方面的帮助或参阅本手册之前提到的信息。（见第48页，*数学结果*）

---

11. 如要计算效率，请输入  $(GRP B:SUM:W/CH1:W)*100$ ，然后按 。按  可返回 Math 菜单，根据需要重命名函数和添加单位。
12. 返回 Math 菜单，向下滚动到新编辑的函数并通过按  选择函数。选择要在屏幕上显示的所有函数。
13. 按  查看结果屏幕。
14. 若要查看所选的数学公式，请按 。
15. 若要查看数学公式及其他结果，请返回结果屏幕，然后多次按 ，直到屏幕底部显示数学窗口。

您现在可以对使用单相输入和三相输出的 PWM 电机驱动进行效率测量了。

## 根据需要进行其他设置

**扭矩和转速输入:** 电机驱动系统的总效率需要测量实时转速和扭矩数据。PA3000 拥有四个模拟输入和两个计数器输入，支持不同的辅助输入测量，比如扭矩和转速测量。有关此输入规格的更多信息，可以在本手册的辅助输入和输出部分找到。（见第134页，*辅助输入/输出*）

- 请参阅辅助输入/输出，了解所需模拟或计数器输入的针脚数，并将信号（扭矩、转速或其他）直接连接到后面板 AUXILIARY INPUTS/OUTPUTS 连接器上的相应针脚。
- 可通过数学屏幕启用和查看辅助输入。

按 ，然后按 MATH 软键进入选项。选择所需的任何函数，然后针对模拟输入将函数编辑为 ANA1、ANA2、ANA3 或 ANA4，针对计数器输入将函数编辑为 COUNT1 或 COUNT2，以启用辅助输入并在屏幕上查看它。

- 若要查看数学屏幕及其他结果，请多次按 ，直到显示屏底部显示数学窗口。

**数据记录:** 在涉及负载和信源扫描的长时间效率测试过程中，通过记录功能，可以记录数据随时间的变化情况。使用 DATA OUT 键将数据记录到连接至前面板 USB 连接器的任何兼容的闪存驱动器中。按  并转至 Interfaces → USB Host Data Out，可以更改实际的记录间隔。记录文件将保存为 .csv 文件。

**波形、谐波和矢量图:** 可以为所有三相信号启用波形、谐波和矢量图。

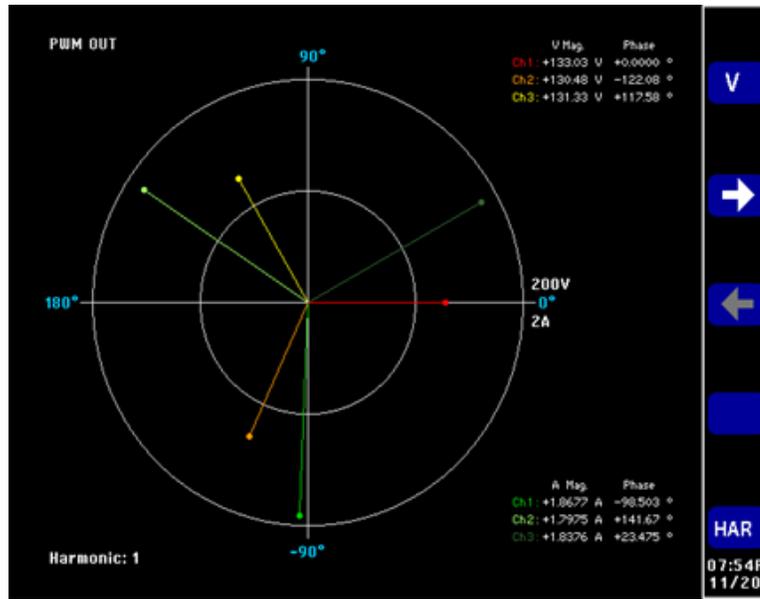


图 46: PA3000 上的矢量图

- 若要监测交流波形、谐波或矢量图，请分别使用 、 或  键。
- 使用前面板上的箭头键在通道间切换。
- 在 Vector 和 Waveforms 菜单中选择用于查看波形和谐波的各项选项。

## 方法 2：三相 PWM 电机驱动上的效率测量 (PWRVIEW 软件)

此方法介绍使用 PWRVIEW 软件在三相输入和输出 PWM 电机驱动上进行效率测量。

### 测试设置

1. 将 PWM 电机驱动的三相交流输入连接到 PA3000 的前两条通道，如接线图中所示。（见图47）
2. 使用接线图中显示的配置将 PWM 驱动的三相输出连接到其他两条通道。

**说明：** 三相三线（双功率表）配置支持使用两条电源通道测试三相信号。此方法可用于在 4 通道功率分析仪上同时测试三相输入和输出。有关接线配置的详细信息，请参见本用户手册的接线部分。（见第41页，接线）

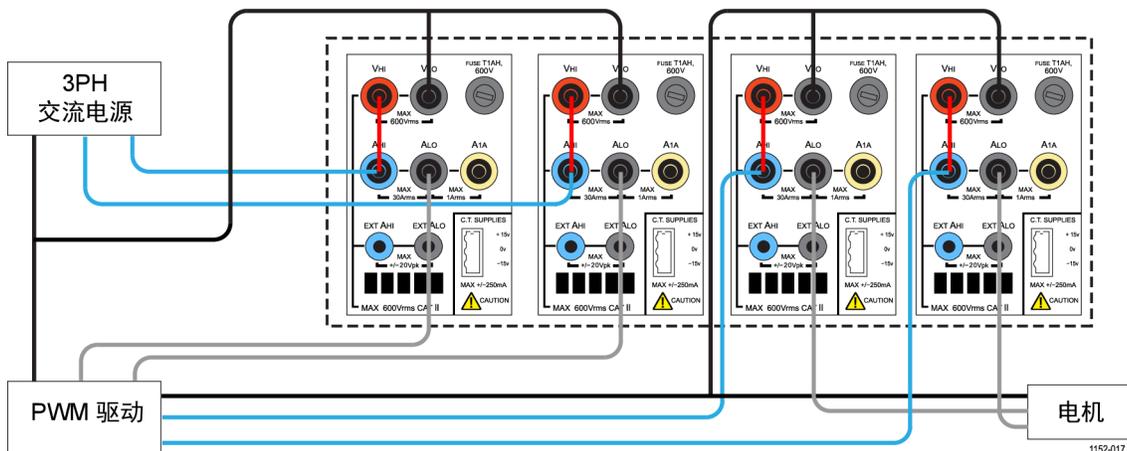


图 47: PWM 电机驱动效率 (三相输入和三相输出)

3. 完成所有电源连接后，使用随附的 USB 电缆将 PA3000 连接到装有 PWRVIEW 软件的计算机。还可根据需要使用以太网或 GPIB
4. 双击桌面图标，打开 PWRVIEW 软件。
5. 单击 Add 按钮以连接 PA3000。

选择面板中将列出所有可用仪器。选择所需的仪器 (PA3000)，然后单击 Connect。

**说明：** 左面板上有多种默认应用和合规性测试可供选择。

6. 选择左面板上 Applications/Test 部分下的 PWM Motor Drive Efficiency，然后单击 Wizard 按钮。  
向导帮助您进行接线和分流器选择。
7. 在向导中选择三相输入和三相输出，然后在相应的框中输入预期电流。
8. 完成后单击 Finish，页面将引导您进入 Efficiency Setup 选项卡。
9. 确认仪器和组信息，然后单击 Measurement Efficiency 复选框。  
PWRVIEW 现在可以进行效率测量了。
10. 转至 Measure 选项卡，然后单击蓝色 Start 按钮。  
测量将开始更新。
11. 若要添加更多测量或更改其他设置，比如量程和滤波器，请转至 Setup 选项卡并选择所需设置。

**说明：** 需要停止测量才能在 Setup 页面上进行任何更改。通过单击 Setup 页面底部的 Stop 按钮停止测量。

## 根据需要进行其他设置

**扭矩和转速输入：**电机驱动系统的总效率需要测量实时转速和扭矩数据。PA3000 拥有四个模拟输入和两个计数器输入，支持不同的辅助输入测量，比如扭矩和转速测量。有关此输入规格的更多信息，可以在本手册的辅助输入和输出部分找到。（见第134页，*辅助输入/输出*）

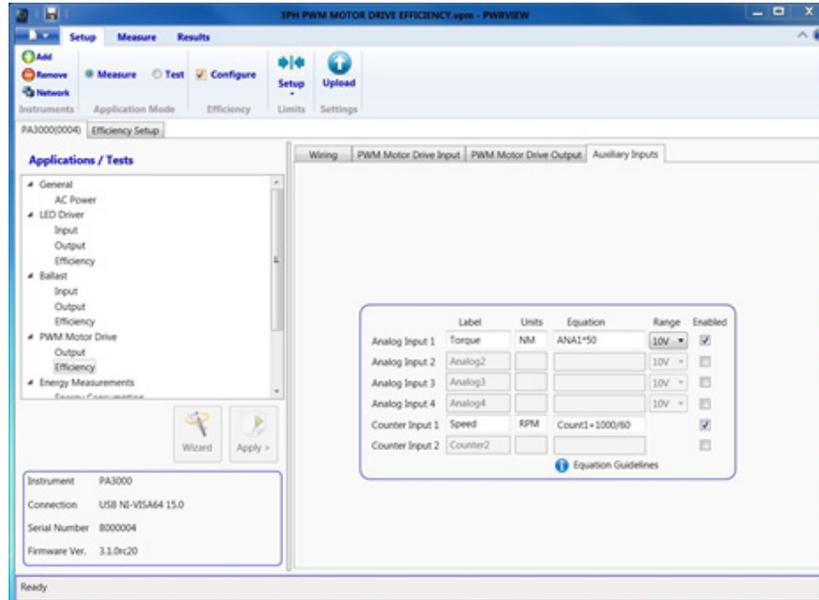


图 48: 扭矩和转速测量的辅助输入设置

- 请参阅辅助输入/输出，了解所需模拟或计数器输入的引脚数，并将信号（扭矩、转速或其他）直接连接到后面板 AUXILIARY INPUTS/OUTPUTS 连接器上的相应引脚。
- 若要使用 PWRVIEW 启用辅助输入，请转至 Setup 选项卡。
- 在 Setup 选项卡中，转至 Wiring 页面，然后选中页面底部附近的复选框，以启用 Auxiliary Inputs (Analog and Counters)。将会新建一个名为 Auxiliary Inputs 的选项卡页面。
- 在 Auxiliary Inputs 选项卡页面中，为相应模拟和计数器输入输入所需标签、单位和公式。底部的公式准则可用于在输入公式时提供帮助。启用所需的输入。
- 转至 Measure 选项卡页面，然后单击 Start 按钮。

所选的模拟和计数器输入信号以及适当的标签和单位将显示在测量网格上。

- 可以在测量网格的 Formula 列中输入所需公式以及任何其他测量参数，以便使用模拟和计数器输入进一步设置系统效率公式。

**波形、谐波和趋势图：**在测量网格内，可以通过单击菜单栏中的相应图标来查看波形、谐波和趋势图。

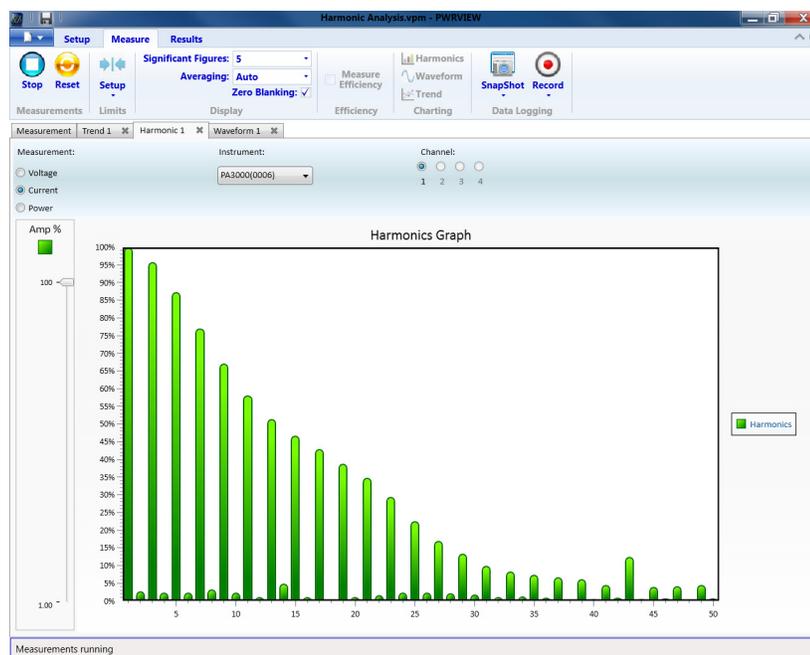


图 49: 谐波条形图

- PWRVIEW 软件中的波形使用从 PA3000 收集的谐波数据来构建。波形的准确度取决于可用的谐波信息。为得到最佳结果，请选择在设置区域显示最大数量的谐波。选择 100 次谐波，以便 PA3000 可以提供最佳结果。如果未选择谐波，波形功能将显示一个空白屏幕。
- 可以为所有电压、电流和瓦特测量启用谐波条形图。最多可通过设置屏幕选择 100 次谐波。将鼠标悬停在任何谐波条形图上会显示该谐波的基波绝对值和百分比。
- 右键单击所需的参数或单击菜单栏中的趋势图图标可以为任何测量参数激活趋势图。可以单击菜单栏中的 Reset 按钮重置趋势图。

**数据记录:** 对于需要负载和信源扫描的大多数效率测量，记录数据很重要。

- 若要使用 PWRVIEW 记录数据，请单击菜单栏中的 Record 按钮。软件将开始记录所选的全部数据，包括公式和极限。
- 若要更改数据记录速率或设置总记录时间，请单击 Record 图标上的下箭头打开数据记录设置。您可以从中选择所需的记录时长和间隔。
- 若要停止数据记录，请单击 Stop 按钮。
- 记录的所有数据均存储在本地计算机上的数据库中。若要访问这些数据，请单击 Results 选项卡，然后单击测量图标。对话框将显示所有存档数据。
- 选择所需的数据集，然后导出为 Excel 或 .csv 格式。

**自定义极限:** 还可通过任何测量参数设置自定义极限。自定义极限帮助根据各种标准或测试规范设置极限。

- 若要设置自定义极限，请右键单击所需的测量参数或单击菜单栏中的极限设置图标。停止测量更新以设置自定义极限。
- 自定义极限在测量网格上显示为一个单独的选项卡。如果极限失败，结果列将显示红色字体。将鼠标悬停在结果上将显示极限函数、极限值和相对值。

## 示例 3：能耗测试

需要对家用和办公设备进行能耗测试，以符合多项国际和地区标准计划，比如 ENERGY STAR®。能耗测试涉及对较长一段时间（通常为数天）的功耗进行积分。使用 PA3000 上的专用积分模式可以更轻松、更快速地进行能耗测试。

### 测量挑战

能耗测试通常在一个很宽的负载范围内进行，需要可以捕获所有动态负载变化的精确测量系统。如果预计负载会有几个负载变化，Tektronix 建议在手动量程内设置 PA3000。

### 测量解决方案

PA3000 上的积分器模式对指定周期内的所需测量进行积分。积分器模式在 Measurements 菜单下有测量选项，比如瓦特小时、伏安小时、安培小时和小时。积分测量以每组为基础，可以针对单相和三相配置启用。有关积分设置以及所有可用测量的详细信息将在本手册的“积分器模式”中介绍。（见第38页，*积分器模式*）

### 测试设置

以下步骤介绍使用 PA3000 在家用或办公设备上设置能耗测量的过程。此方法可用于测试插入到壁式交流电源插座的任何 DUT 的能耗。

1. 使用 Tektronix 接线盒 (BB1000) 将 DUT 上的交流输入连接到 PA3000 的第一条通道，如接线图中所示。

接线盒接入电流信号并测量输入端子的电压。这可以更加轻松安全地使用 PA3000 随附的 4 mm 安全导线连接 DUT 上的交流输入信号。

2. 完成所有连接后，使用以下两种方法之一进行效率测量。

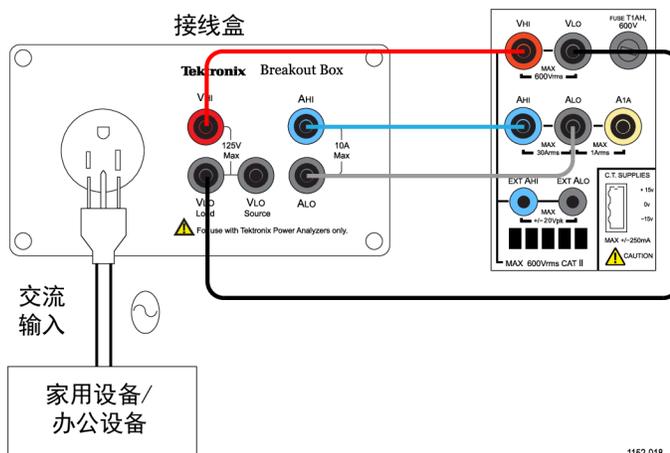


图 50: 能耗测量接线图

方法 1：能耗测量（直接在 PA3000 上进行）

以下步骤介绍使用 PA3000 在家用或办公设备上设置能耗测试的过程。

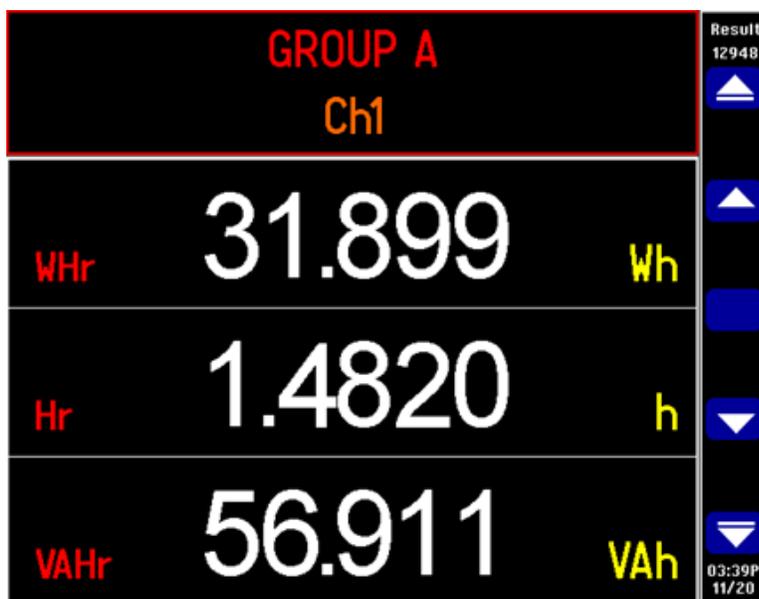


图 51: PA3000 上的能耗测试

1. 将 PA3000 设置为默认配置：
  - a. 按 .
  - b. 向下滚动到 **User Configuration** 并按 .
  - c. 选择 **Load Default Configuration**，然后按  确认。

PA3000 将加载默认设置并显示确认屏幕。按 ，然后按  返回到主菜单。
2. 若要启用积分器模式，请转至 **Modes** → **Select Mode** → **Integrator**。
3. 按 ，选择 **Setup Modes** → **Integrator Setup**，然后选择所需的启动方法。
  - 通过按 **INTEG RUN** 键手动启动和停止积分。
  - 始终允许设置特定时间来启动积分。
  - 电平允许在特定信号上设置触发电平以启动积分测量。
4. 返回 **Integrator Setup** 菜单以配置始终启动、时长或触发电平。

---

**说明：** **Integrator Setup** 菜单还提供一个选项用于为设计设置目标功率因数。此功能显示将平均功率因数校正为目标功率因数所需要的 **VAr** 值。请参阅本手册的“积分器模式”部分，了解有关各个选项的更多信息。（见第38页，*积分器模式*）

---

5. 设置积分模式并选择了启动-停止方法后，按 。  
PA3000 将显示积分参数，例如：**Hr**、**Whr**、**VAHr** 和 **AHr**。
6. DUT 上的功率和 PA3000 上的结果将开始更新。  
在使用前面板上的 **INTEG RUN** 键手动触发或通过所选的启动方法触发前，积分结果将显示为零。  
运行积分测量的过程中，**INTEG RUN** 键下的 LED 指示灯保持亮起。
7. 若要停止积分，请再次按 **INTEG RUN** 键；若要重置，请使用 **RESET/CLEAR** 键。

积分器可以在 PA3000 的所有组/通道上同时运行。

在积分器模式下，可以通过按  来启用积分图。积分图显示给定组的所有积分测量。使用前面板上的箭头键可滚动浏览不同的组。

可以通过按 **INT** 软键选择积分图的其他参数。

**根据需要进行其他设置**

**数据记录:** 在涉及负载和信源扫描的长时间效率测试过程中，通过记录功能，可以记录数据随时间的变化情况。使用 DATA OUT 键将数据记录到连接至前面板 USB 连接器的任何兼容的闪存驱动器中。按  并转至 **Interfaces** → **USB Host Data Out**，可以更改实际的记录间隔。记录文件将保存为 .csv 文件。

**设置量程:** 默认情况下，PA3000 采用自动量程。自动量程速度较快并且通常不易被察觉，但设置自动量程时可能导致数据丢失。测量能耗时采用固定量程可确保设置量程过程中不会丢失数据。若要设置固定量程，请按  并转至 **Ranging** → **Current Range**，然后根据自动量程期间进行的测量，选择适当的固定量程。如果量程过低，将显示警告消息。这不会损坏 PA3000。不得将量程设得过高，因为这将影响整体精度。

**方法 2：能耗测试  
( PWRVIEW 软件 )**

以下步骤介绍使用 PA3000 以及 PWRVIEW 软件在家用或办公设备上设置能耗测试的过程。

1. 使用与前述直接在 PA3000 上进行测试的示例相同的测试设置。
2. 完成所有电源连接后，使用随附的 USB 电缆将 PA3000 连接到装有 PWRVIEW 软件的计算机。还可根据需要使用以太网或 GPIB
3. 双击桌面图标，打开 PWRVIEW 软件。
4. 单击 Add 按钮以连接 PA3000。  
选择面板中将列出所有可用仪器。
5. 选择所需的仪器 (PA3000)，然后单击 Connect。

---

**说明：** 左面板上有多种默认应用和合规性测试可供选择。

---

6. 选择左面板上 Applications/Test 部分下的 Energy Consumption，然后单击 Wizard 按钮。  
向导帮助您进行接线和分流器选择。
7. PA3000 可以计算将平均功率因数校正为目标值所需要的 VAr 值。这可以在使用向导时通过输入所需的功率因数来选择。
8. 单击 Next 以查看，然后单击 Finish。
9. 转至 Measure 选项卡，然后单击 Start 按钮开始测量。  
所有积分测量均以零值开始。
10. 单击顶部功能区中的绿色 Start 按钮开始积分。  
每个积分测量均将开始实时更新。
11. 如有需要，通过单击绿色 Reset 按钮重置积分。

每条单独通道均可用于在多台设备上运行积分测试。积分测试还适用于三相设备。从所需通道或三相组的 Setup 页面的 Mode 下拉菜单中选择 Integration。

## 根据需要进行其他设置

**趋势图：**可以通过 PWRVIEW 中的趋势图功能激活积分图。

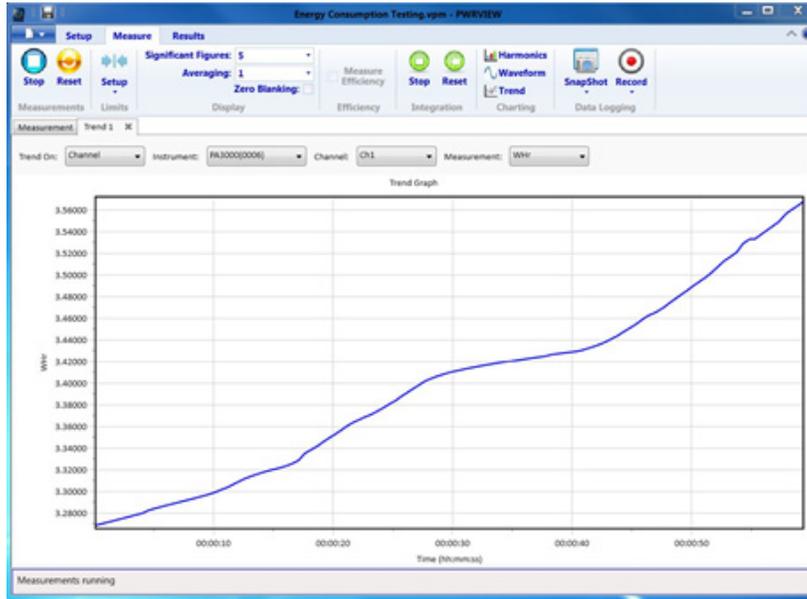


图 52: 积分趋势图

右键单击所需的参数或单击菜单栏中的趋势图图标可以为任何积分测量激活趋势图。可以使用菜单栏中的 Reset 按钮重置趋势图。

**数据记录：**数据记录对于大多数能耗测试都很重要。

- 若要使用 PWRVIEW 记录数据，请单击菜单栏中的 Record 按钮。软件将开始记录所选的全部数据，包括公式和极限。
- 若要更改数据记录速率或设置总记录时间，请单击 Record 图标上的下箭头打开数据记录设置。您可以从中选择所需的记录时长和间隔。
- 若要停止数据记录，请单击 Stop 按钮。
- 记录的所有数据均存储在本地计算机上的数据库中。若要访问这些数据，请单击 Results 选项卡，然后单击测量图标。对话框将显示所有存档数据。
- 选择所需的数据集，然后导出为 Excel 或 .csv 格式。

**自定义极限：**还可通过任何测量参数设置自定义极限。自定义极限帮助根据各种标准或测试规范设置极限。

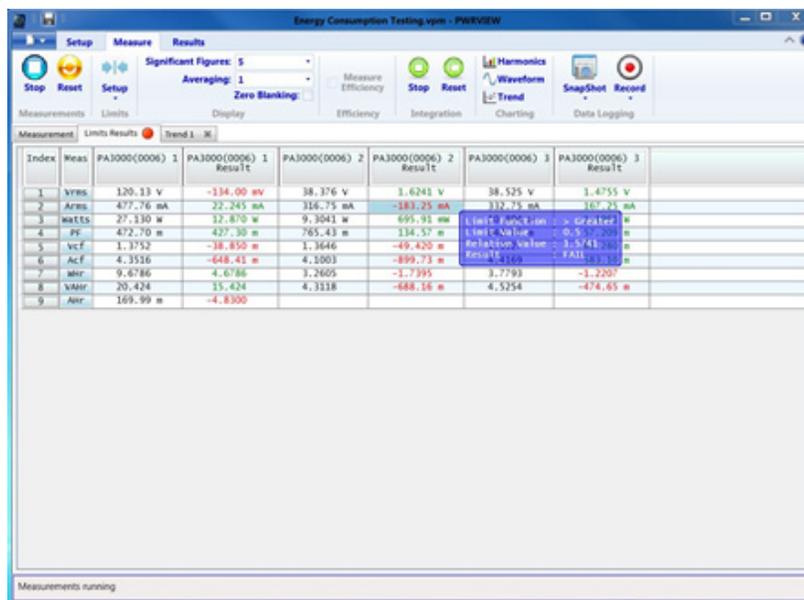


图 53: 自定义极限

- 若要设置自定义极限，请右键单击所需的测量参数或单击菜单栏中的极限设置图标。停止测量更新以设置自定义极限。
- 自定义极限在测量网格上显示为一个单独的选项卡。如果极限失败，结果列将显示红色字体。将鼠标悬停在结果上将显示极限函数、极限值和相对值。

## 示例 4：待机电源测量 (IEC 62301 Ed. 2.0)

电源、适配器以及常见电子电气产品常常以待机模式运行。例如，用遥控关闭之后在待机状态下仍耗电的电视，显示时钟的微波炉，或已完成充电的手机充电器。

通过这些及其他常见负载累积消耗的电能非常显著，ENERGY STAR® 和欧洲生态指令 (European Eco-Directives) 等计划试图限制设备在待机模式下消耗的电能。典型待机电量继续从 2010 年的 1 瓦下降到 2016 年的 VI 级效率。

### 测量挑战

相对于 DUT 正常运行的情况，待机电源和所测得的电流相对较低。PA3000 将准确测量低至 100  $\mu$ A 的电流以及满载电流。PA3000 提供低电流测量量程以及极低的噪声，可准确测量待机电流和功率。

为满足待机法规，电源通常以突发模式运行，在这种模式下，以小突发形式耗电，然后强制电路进入休眠状态。为在突发模式下进行准确的待机测量，PA3000 执行以下操作：

- 连续不断地采样波形，以保证不丢失数据。
- 对所测量的所有数据进行平均计算，以产生稳定的结果。

## 测量解决方案

PA3000 提供专用待机电源模式，以便在工作台快速检查待机电源。PWRVIEW 软件与 PA3000 配合使用还可提供符合 IEC62301 Ed. 2.0. 标准的全面合规性待机电源测试。PA3000 上的 1 A 分流器针对低至  $80 \mu\text{A}$  的电流提供高分辨率和精度测试。这使 PA3000 能够在 240 V 下测量低至 20 mW 的待机电源。

## 测试设置

完成以下步骤，以设置 PA3000 进行待机电源测量：

- 使用 Tektronix 接线盒 (BB1000) 连接 DUT，如接线图中所示。（见图54）
- 如果预期电流低于 1 A，请使用 PA3000 上的 1 A 分流器，以便实现更高的精度。
- 使用 VLO Source 连接电压。使用 VLO Source 端子进行待机电源测量，将低电压节点移动到当前分流器的源端。这有助于消除因 PA3000 的电压表阻抗消耗的电流而导致的测量错误。这在进行极低待机电源测量时非常重要。对于所有其他测量，应使用 VLO 负载端子。

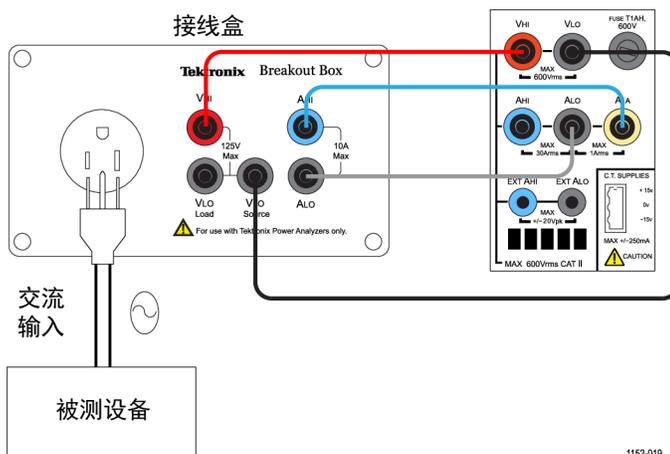


图 54: 待机电源测量接线图

### 方法 1：待机电源快速检查（直接在 PA3000 上进行）

PA3000 的前面板模式旨在让产品设计人员能够快速可靠地检查待机功耗。自动启用待机电源模式会设置一个较长的平均时间，以对典型的功率变化和突发进行平均计算，并且它禁用低电平消隐，以便可以显示极低的功率和电流值。

**说明：** PA3000 在待机模式下连续不断地采样，以确保不会丢失数据。

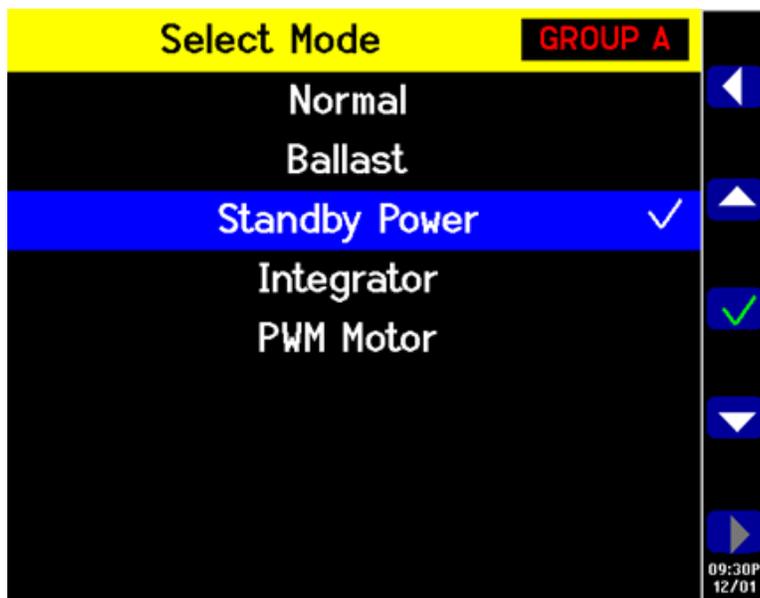


图 55: 待机电源模式

如果预期待机电流低于 1 A，请选择 PA3000 的 1 A 分流器输入。

1. 若要选择 1 A 分流器，请转至主菜单（按 ），转至 Inputs → Shunt 并选择 Internal 1 A；按  确认。
2. 若要启用专用待机电源模式，请转至主菜单，转至 Modes → Select Mode → Standby Power，然后按  确认。
3. 按  开始进行待机测量。

## 根据需要进行其他设置

**积分时间窗口：**默认积分时间是 10 秒。在 Modes → Setup Modes → Standby Setup 中可以根据需要对此进行调整。如果 DUT 稳定，请选择更短的时间，以便更快速完成测量。如果测量不稳定，请选择更长的积分时间。如果有疑问，请使用 PWRVIEW 软件内置的全面合规性方法。

**设置量程：**默认情况下，PA3000 采用自动量程。自动量程速度较快并且通常不易被察觉，但设置自动量程时可能导致数据丢失。测量待机电源时采用固定量程可确保设置量程过程中不会丢失数据。若要设置固定量程，请选择 Inputs → Ranging → Current Range，然后根据自动量程期间进行的测量，选择适当的固定量程。如果量程过低，将显示警告消息。这不会损坏 PA3000。不得将量程设得过高，因为这将影响整体精度。

**带宽：**对于具有高频率组件的低功耗待机信号，可以启用低带宽滤波器。可通过 Inputs setup 启用 10 kHz 低带宽滤波器。由于高频率组件会影响 RMS 值，应用低通滤波器可能会改变电压、电流和功率的 RMS 值。

**自动归零:** 在运行待机电源测试前，使用 System Configuration 菜单下的 Autozero → Run Now 功能运行自动归零。这将确保补偿所有偏置，并且低电流和功率读数准确。

在 User Configuration 菜单中，所有设置均可保存供以后使用。

## 方法 2：IEC 62301 Ed. 2.0 全面合规性待机电源测试 (PWRVIEW 软件)

PWRVIEW 软件与 PA3000 配合使用可以利用 IEC 62301 Ed. 2.0 / EN50564 的全面合规性技术测试待机电源。使用 PWRVIEW 软件时进行测量很轻松，保证了全面合规性待机电源测试测量的准确性。软件计算实时不稳定性，并按照标准要求执行电源平均计算。

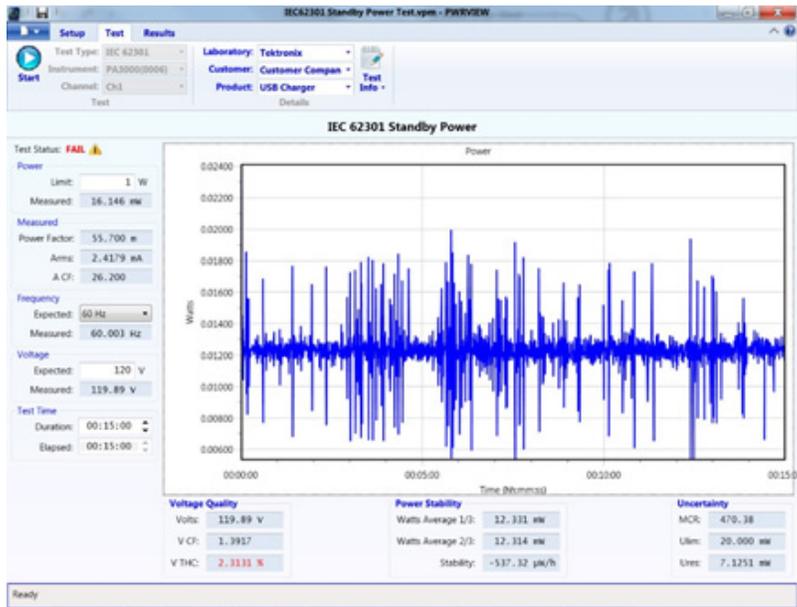


图 56: 全面合规性 IEC 62301 待机电源测试

1. 使用与前述直接在 PA3000 上进行测试的示例相同的测试设置。
2. 完成所有电源连接后，使用随附的 USB 电缆将 PA3000 连接到装有 PWRVIEW 软件的计算机。还可根据需要使用以太网或 GPIB。
3. 双击桌面图标，打开 PWRVIEW 软件。
4. 单击 Add 按钮以连接 PA3000。  
选择面板中将列出所有可用仪器。
5. 选择所需的仪器 (PA3000)，然后单击 Connect。

**说明：** 左面板上有多种默认应用和合规性测试可供选择。

6. 单击主菜单中 Application Mode 区域中的 Test 按钮。

这将使左面板上的合规性测试呈灰显状态。

7. 选择合规性测试下的 IEC 62301 Standby Power 选项，然后单击 Wizard 按钮。

该向导提供设置待机电源测试的简单步骤。

8. 在向导的相应页面输入适当信息，然后连续单击完成所有步骤，正确设置 PA3000 以进行测试。
9. 如果输入电流低于 1 A，请使用 PA3000 上的 1 A 分流器，以便实现更高的分辨率和精度。
10. 应用所有设置后，单击 PWRVIEW 窗口顶部的 Test 选项卡。

在开始测试前，可以在顶部功能区填写实验室、客户、产品信息和环境条件等测试详细信息。

您可以使用左面板选择所需的功率极限、预期频率和输入电压。

根据 IEC 62301，待机电源测试的默认运行时间是 15 分钟；可以根据地区或当地规定更改此时间。

11. 完成所有设置后，单击 Start 按钮。

测试将按所选择的持续时间运行，并将在左面板中更新所需的所有测量。待机电源随时间的变化情况以图形方式显示。

还会按照标准要求实时评估电压质量、功率稳定性和不确定度。

测试将根据所有评估的参数显示 Pass/Fail 状态。

可以在 Results 选项卡下查看测试汇总。将在 Test Summary and General Results 下汇总所有所需参数的 Pass/Fail 状态。

可以使用 Power Readings 选项卡滚动浏览时间标度以及调试给定时间标记的具体问题。使用窗口顶部的滚动条可滚动时间线。

可以通过单击顶部功能区中的完整报告 PDF 图标，将测试结果导出为完整的报告。或者，可以使用导出 CSV 图标导出原始数据。

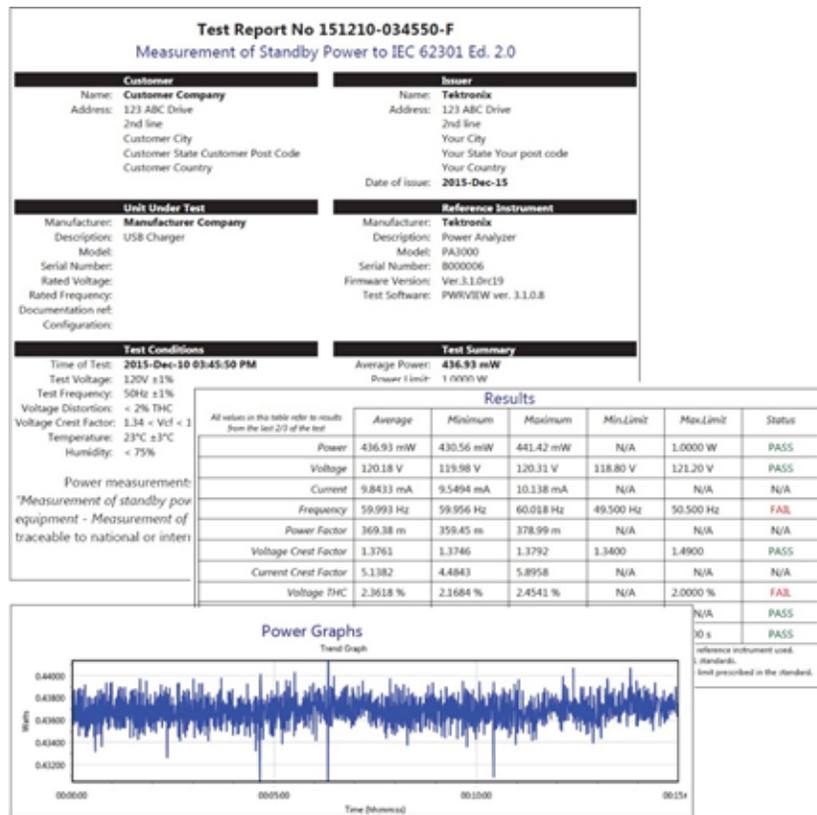


图 57: IEC 62301 Ed. 2.0 待机电源测试报告

## 根据需要进行其他设置

**设置量程:** 默认情况下, PWRVIEW 软件在 Auto-Up-Only 下设置 PA3000 电流量程。Auto-Up-Only 选项按次序排列 PA3000 的量程, 直到找到输入信号未被限幅的最高量程。这有助于为测试设置最佳量程。或者, 如果预期峰值电流已知, 可以选择手动量程, 以实现更高的精度。可以通过 Range 选项下的 Setup 页面, 为所选的分流器选择手动量程。

**带宽:** 对于具有高频率组件的低功耗待机信号, 可以启用低带宽滤波器。可通过 Filter 下拉选项下的 Setup 屏幕启用 10 kHz 低带宽滤波器。由于高频率组件会影响 RMS 值, 应用低通滤波器可能会改变电压、电流和功率的 RMS 值。

**交流电源:** IEC 62301 待机电源全面合规性测试需要使用非常稳定的交流电源, 如标准中所详细描述的那样。电压和频率不得超出 1% 的容限。此外, 输入 VTHC (电压总谐波含量) 不得超出前 13 次谐波的 2% 范围, VCF (电压波峰因数) 不得超出 1.34 至 1.49 范围。Tektronix 建议使用满足全面一致性测试标准要求的稳定外部交流电源。

## 示例 5：浪涌电流测试

由于低输入阻抗，大多数电气设备的初始电流消耗远远高于标称稳定状态下的电流消耗。众所周知，电机驱动和变换器的浪涌电流比稳定状态电流高二十倍。为确定输入导体和保险丝的额定电流，检定浪涌电流便很重要。

**测量挑战** 准确测量浪涌电流需要高采样率和无隙信号采集。由于电流会远远高于预期稳定状态电流，测量浪涌电流时在测量设备上选择正确的电流量程便很重要。

**测量解决方案** PA3000 具有 1 MS/s 采样率，可以为浪涌电流测量准确记录峰值信号采样。通过 PA3000 菜单的最小和最大保持值功能，您可以在前屏上捕获浪涌电流及其他峰值事件。还可通过 PWRVIEW 软件测量浪涌电流。此示例介绍用于测量浪涌电流的 PA3000 设置。

**测试设置** 完成以下步骤设置 PA3000 进行浪涌电流测量：

- 使用 Tektronix 接线盒 (BB1000) 连接 DUT，如接线图中所示。（见图 58）
- 使用 PA3000 上的 30 A 分流器测量浪涌电流。因为峰值电流可能非常大，不建议使用 1 A 分流器测量浪涌电流，即使标称稳定状态电流低于 1 A 的应用也不例外。

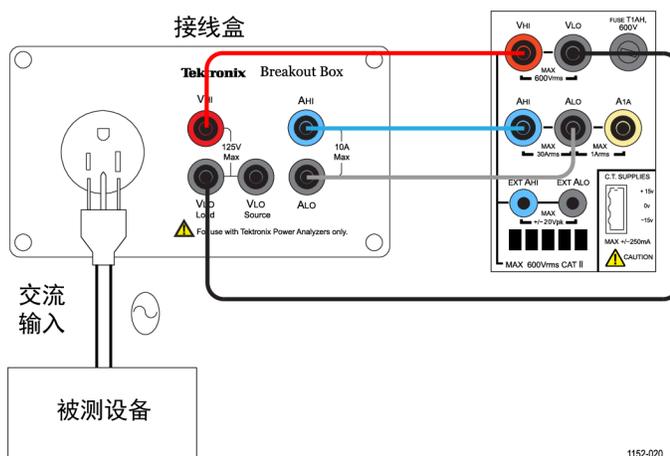


图 58: 浪涌电流测量接线图

## 方法 1：浪涌电流测量 (直接在 PA3000 上进行)

以下步骤介绍设置 PA3000 进行浪涌电流测量的过程。

1. 将 PA3000 设置为默认配置：

- a. 按 .
- b. 向下滚动到 **User Configuration** 并按 .
- c. 选择 **Load Default Configuration**，然后按  确认。

PA3000 将加载默认设置并显示确认屏幕。按 ，然后按  返回到主菜单。

---

**说明：** 需要将 PA3000 配置为连续采样并返回非平均结果。还需要将其设置为存储峰值。

---

2. 必须将电压和电流通路上的量程设置为固定量程，以支持连续采样。若要选择手动量程，请转至主菜单（按 ），转至 **Inputs** → **Ranging** → **Current/Voltage** 量程，然后选择适当的量程。

如果预期浪涌电流未知，请选择最高量程，然后根据需求调低量程，之后根据需求反复测试以达到更准确的结果。

3. PA3000 自动消隐低于量程 10% 的所有结果。消隐持续保持激活状态，并可以干扰浪涌事件的记录。

若要禁用消隐，请转至主菜单，然后转至 **System Configuration** → **Blanking** → **Off**。

4. 将平均值设为 1，使结果不随时间变化进行平均。转至主菜单，然后转至 **System Configuration** → **Averaging** → **Channel Averaging**。在窗口中将值设为 1。

5. 在 **System Configuration** 菜单下关闭自动归零功能。

6. 若要启用峰值保持，需要启用最大和最小保持值列。转至主菜单，然后转至 **Measurement Configuration** → **Maximum Hold** → **Enabled**。为最小保持值重复该步骤。

启用状态下，最大和最小保持值列将记录正周期和负周期峰值。

7. 在 **Measurements** 菜单中启用峰值电流测量参数。选择 **Apk+** 和 **Apk-**，因为峰值可能为正，也可能为负。

8. 设置完 PA3000 后，将 DUT 连接到接线盒。

9. 浪涌电流将在结果屏幕的最大值和最小值列中显示。PA3000 将在正负周期内保持最大采样值。

Ch1	GROUP A Ch1 Max	Ch1 Min	GROUP B Ch2	Result 48939
Vrms 119.32 V	119.69 V	8.2379 V	Vrms 37.666 V	▲
Arms 663.25 mA	2.6777 A	0.0000 A	Arms 484.60 mA	▲
Watt 38.586 W	38.751 W	-12.361 mW	Watt 13.590 W	▲
Freq 59.981 Hz	59.993 Hz	0.0000 Hz	Freq 300.39 Hz	
Pf 0.4879	0.7858	-0.0189	Pf 0.7445	
Vpk+ 164.12 V	164.79 V	12.148 V	Vcf 1.3735	
Vpk- -163.90 V	-12.087 V	-164.65 V	VAcf 6.5556	
Apk+ 2.5742 A	51.017 A	0.0000 A		▼
Apk- -2.2977 A	-34.551 mA	-3.7489 A		
Vcf 1.3756	3.5877	1.3749		
Acf 3.9353	4.4122 k	0.0000		▼
				09:00P 12/15

图 59: 浪涌电流测量的最小值-最大值列

10. 若要重置最大值和最小值，请按 RESET/CLEAR 键。

Tektronix 建议通过多次连接 DUT 来重复测量浪涌电流，以捕捉可能的最高峰值。可能的最高峰值出现在峰值电压周期，且为最大浪涌电流捕捉这个点很重要。同样重要的是，在连接 DUT 之间要等待一会儿，以便设备上的输入电容完全放电。

## 根据需要进行其他设置

**数据记录:** 通过记录功能，您能够以原始数据的形式记录重复的浪涌电流事件。使用 DATA OUT 键将数据记录到连接至前面板 USB 连接器的闪存驱动器中。首次连接设备时，请打开数据记录，并通过重复的插件事件运行数据记录，以捕获所有浪涌事件。

**屏幕保存:** 通过屏幕保存功能，您可以保存 PA3000 的当前屏幕。这在快速捕获浪涌电流读数时非常有用。按 SCREEN SAVE 键可将数据以 .bmp 文件的形式保存到连接至前面板 USB 连接器的闪存驱动器。

## 方法 2：浪涌电流测量 ( PWRVIEW 软件 )

通过 PWRVIEW 软件，可轻松快速地在测量网格中检查浪涌电流测量。

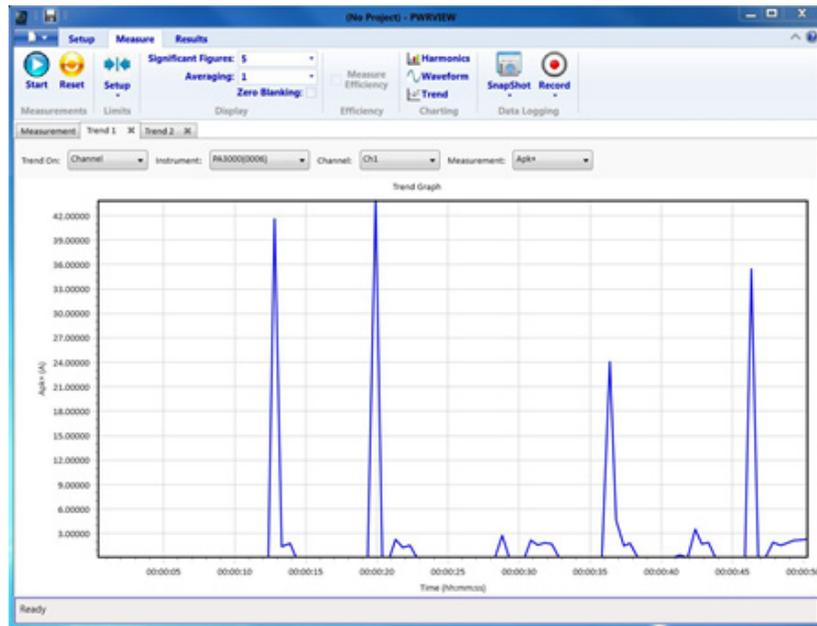


图 60: 浪涌电流测量

1. 使用与前述直接在 PA3000 上进行测试的示例相同的测试设置。
2. 完成所有电源连接后，使用随附的 USB 电缆将 PA3000 连接到装有 PWRVIEW 软件的计算机。还可根据需要使用以太网或 GPIB。
3. 双击桌面图标，打开 PWRVIEW 软件。
4. 单击 Add 按钮以连接 PA3000。  
选择面板中将列出所有可用仪器。
5. 选择所需的仪器 (PA3000)，然后单击 Connect。
6. 在 Setup 页面上，选择 Group A 选项卡。
7. 从 Current Channel 设置下的 Range 选项中选择最高电流量程。  
如果预期峰值浪涌电流已知，可以选择任何其他量程。
8. 选择 Apk+ 和 Apk- 测量以及任何其他所需参数。
9. 转至测量网格并清除顶部功能区中的 Zero Blanking 复选框。
10. 从下拉菜单中为平均计算选择平均值 1。
11. 单击 Start 按钮。测量将开始更新。
12. 测量网格更新过程中，连接 DUT 以测量浪涌电流。
13. 将鼠标悬停在 Apk+ 和 Apk- 测量上，找到最大正负浪涌电流。

14. 若要以图形方式查看浪涌电流峰值，请右键单击 Apk+ 和 Apk-，然后选择 Trend Measurements。

将开始使用 Apk+ 和 Apk- 值的实时结果更新趋势图。连接 DUT 便会以图形方式显示浪涌电流峰值。

15. 若要重置趋势图上的最小值和最大值，请单击重置图标。

Tektronix 建议通过多次连接 DUT 来重复测量浪涌电流，以捕捉可能的最高峰值。可能的最高峰值出现在峰值电压周期，且为最大浪涌电流捕捉这个点很重要。同样重要的是，在连接 DUT 之间要等待一会儿，以便设备上的输入电容完全放电。

## 根据需要进行其他设置

**数据记录：**浪涌电流测试的所有实例均可通过 PWRVIEW 软件的记录功能来记录。

- 若要使用 PWRVIEW 记录数据，请单击菜单栏中的 Record 按钮。软件将开始记录所选的全部数据，包括公式和极限。
- 若要停止数据记录，请单击 Stop 按钮。
- 记录的所有数据均存储在本地计算机上的数据库中。若要访问这些数据，请单击 Results 选项卡，然后单击测量图标。对话框将显示所有存档数据。
- 选择所需的数据集，然后导出为 Excel 或 .csv 格式。

# 参考信息

## 测量参数

表 15: 相位测量

缩写	说明	单位	公式 <sup>1</sup>
$V_{rms}$	RMS 电压	伏特 (V)	$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt}$
$A_{rms}$	RMS 电流	安培 (A)	$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$
F	频率	赫兹 (Hz)	
W	有效功率	瓦特 (W)	$W = \frac{1}{T} \int_0^T v i dt$
PF	功率因数		$PF = \frac{W}{V_{rms} \times A_{rms}}$
VA	视在功率	伏安 (VA)	$VA = V_{rms} \times A_{rms}$
$VA_r$	无功功率	无功伏安 (VAr)	$VA_r = \sqrt{(VA)^2 - W^2}$
$V_{pk+}$	正峰值电压	伏特 (V)	$\max\{v\}$
$V_{pk-}$	负峰值电压	伏特 (V)	$\min\{v\}$
$A_{pk+}$	正峰值电流	安培 (A)	$\max\{i\}$
$A_{pk-}$	负峰值电流	安培 (A)	$\min\{i\}$
$V_{dc}$	直流电压	伏特 (V)	$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v dt$
$A_{dc}$	直流电流	安培 (A)	$A_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt$
$V_{rmn}$	平均整流电压	伏特 (V)	$V_{rmn} = \frac{1}{T} \int_0^T  v  dt$
$A_{rmn}$	平均整流电流	安培 (A)	$A_{rmn} = \frac{1}{T} \int_0^T  i  dt$
$V_{cf}$	电压波峰因数		$V_{cf} = \frac{\max( V_{pk+} ,  V_{pk-} )}{V_{rms}}$
$A_{cf}$	电流波峰因数		$A_{cf} = \frac{\max( A_{pk+} ,  A_{pk-} )}{A_{rms}}$
$V_{thd}$	电压总谐波失真	%	$\frac{\sqrt{V_{h0}^2 + V_{h2}^2 + V_{h3}^2 + V_{h4}^2 + V_{h5}^2 + \dots}}{V_{ref}}$
$V_{df}$	电压失真因数	%	$\frac{\sqrt{V_{rms}^2 - V_{h1}^2}}{V_{ref}}$
$V_{tif}$	电压电话影响因数		$\frac{1}{V_{ref}} \sqrt{\frac{\max\text{ harm}}{\min\text{ harm}} (k_n \times V_{hn})^2}$
$A_{thd}$	电流总谐波失真	%	$\frac{\sqrt{A_{h0}^2 + A_{h2}^2 + A_{h3}^2 + A_{h4}^2 + A_{h5}^2 + \dots}}{A_{ref}}$
$A_{df}$	电流失真因数	%	$\frac{\sqrt{A_{rms}^2 - A_{h1}^2}}{A_{ref}}$

表 15: 相位测量 (续)

缩写	说明	单位	公式 <sup>1</sup>
$A_{tif}$	电流电话影响因数		$\frac{1}{A_{ref}} \sqrt{\frac{\sum_{\max \text{ harm}} (k_n \times A_{hn})^2}{\sum_{\min \text{ harm}}}}$
$Z$	阻抗	欧姆 ( $\Omega$ )	$Z = \frac{V_f}{A_f}$
$R$	电阻	欧姆 ( $\Omega$ )	$R = \frac{V_f}{A_f} \times \cos \theta (\theta = V_{Ph} - A_{Ph})$
$X$	电抗	欧姆 ( $\Omega$ )	$X = \frac{V_f}{A_f} \times \sin \theta (\theta = V_{Ph} - A_{Ph})$
$V_f$	基本电压	伏特 (V)	$\sqrt{(V_{h1.r}^2 + V_{h1.q}^2)}$
$A_f$	基本电流	安培 (A)	$\sqrt{(A_{h1.r}^2 + A_{h1.q}^2)}$
$W_f$	基本功率	瓦特 (W)	$V_{h1.r} \times A_{h1.r} + V_{h1.q} \times A_{h1.q}$
$VA_f$	基本视在功率	伏安 (VA)	$\sqrt{W_f^2 + VA_{rf}^2}$
$VA_r$	基本无功功率	无功伏安 (VAR)	$\begin{aligned} & \text{if } W > 0 \\ & (V_{h1.r} \times A_{h1.q}) - (V_{h1.q} \times A_{h1.r}) \\ & \text{if } W < 0 \\ & (V_{h1.q} \times A_{h1.r}) - (V_{h1.r} \times A_{h1.q}) \end{aligned}$
$PF_f$	基本功率因数		$\frac{W_f}{VA_f}$
$CVA_{rs}$	校正值 VAr	VA (VAr)	$\begin{aligned} & W_f \times \tan \cos^{-1} (\text{Desired PF}) \\ & - \tan (\cos^{-1} (PF_f)) \end{aligned}$
$V_{hn}$	电压谐波 n	伏特 (V)	$\begin{aligned} \text{Mag} &= \sqrt{(V_{hn.r}^2 + V_{hn.q}^2)} \\ \text{Phase} &= \tan^{-1} \left( \frac{V_{hn.q}}{V_{hn.r}} \right) \end{aligned}$
$A_{hn}$	电流谐波 n	安培 (A)	$\begin{aligned} \text{Mag} &= \sqrt{(A_{hn.r}^2 + A_{hn.q}^2)} \\ \text{Phase} &= \tan^{-1} \left( \frac{A_{hn.q}}{A_{hn.r}} \right) \end{aligned}$
$W_{hn}$	功率谐波 n	瓦特 (W)	$\text{Mag} = V_{hn} \times A_{hn} \times \cos (A_{hnPh} - V_{hnPh})$

<sup>1</sup>  $r = V$  或  $I$  的实部  
 $q = V$  或  $I$  的虚部或正交部分  
 $V$  和  $I$  都是复数，采用  $r+jq$  的形式

## 精度公式

下表列出每个测量计算精度技术规格时的公式。

在以下公式中：

- 假设被测波形为正弦波。
- $V$  为被测电压，以伏特为单位。

- A 为被测电流，以安培为单位。
- $\ominus$  是相角，以度为单位（电流与电压的参考相位）。

**表 16: 测量精度**

参数	说明 <sup>1</sup>
V <sub>cf</sub> 精度	$\left(\frac{V_{pk}acc}{V_{pk}} + \frac{V_{rms}acc}{V_{rms}}\right) \times V_{cf}$ (波峰因数为 1 至 10 时有效)
A <sub>cf</sub> 精度	$\left(\frac{A_{pk}acc}{A_{pk}} + \frac{A_{rms}acc}{A_{rms}}\right) \times A_{cf}$ (波峰因数为 1 至 10 时有效)
功率 - W、VA、VA <sub>r</sub> 和 PF	
W 精度	$(V_{rms}acc \times A_{rms} \times PF) \pm (A_{rms}acc \times V_{rms} \times PF) \pm (V_{rms} \times A_{rms} \times (\cos \theta - \cos \{\theta \pm (V_{h1Ph}acc \pm A_{h1Ph}acc)\}))$
VA 精度	$(V_{rms}acc \times A_{rms}) + (A_{rms}acc \times V_{rms})$
VA <sub>r</sub> 精度	$\sqrt{(VA^2 - [W \pm W_{acc}]^2)} - \sqrt{(VA^2 - W^2)}$
PF 精度	$\frac{W_{acc}}{VA}$
基本功率 - W <sub>f</sub> 、VA <sub>f</sub> 、VA <sub>rf</sub> 和 PF <sub>f</sub>	
W <sub>f</sub> 精度	$(V_{h1Mag}acc \times A_{h1Mag} \times PF_f) \pm (A_{h1Mag}acc \times V_{h1Mag} \times PF_f) \pm (V_{h1Mag} \times A_{h1Mag} \times (\cos \theta - \cos \{\theta \pm (V_{h1Ph}acc \pm A_{h1Ph}acc)\}))$
VA <sub>f</sub> 精度	$(V_{h1Mag}acc \times A_{h1Mag}) + (A_{h1Mag}acc \times V_{h1Mag})$
VA <sub>rf</sub> 精度	$\sqrt{(VA_f^2 - (W_f \pm W_{facc})^2)} - \sqrt{(VA_f^2 - W_f^2)}$
PF <sub>f</sub> 精度	$\frac{W_{facc}}{VA}$
失真 - DF、THD 和 TIF	
DF 精度	$\left(\frac{RMS_{acc}}{RMS} + \frac{h1Mag_{acc}}{h1Mag}\right) \div DF$
THD 精度	$\left(\frac{h2Mag_{acc}}{h2Mag} + \frac{h3Mag_{acc}}{h3Mag} + \frac{h4Mag_{acc}}{h4Mag} + \dots\right) \times THD$
TIF 精度	$\left(\frac{h1Mag_{acc} \times k_1}{h1Mag} + \frac{h3Mag_{acc} \times k_3}{h3Mag} + \dots + \frac{h71Mag_{acc} \times k_{71}}{h71Mag}\right) \times THD$
阻抗 - Z、R 和 X	
Z 精度	$\left(\frac{V_{rms}acc}{V_{rms}} + \frac{A_{rms}acc}{A_{rms}}\right) \times Z$

表 16: 测量精度 (续)

参数	说明 <sup>1</sup>
R 精度	$\left( \frac{V_{h1Magacc}}{V_{h1Mag}} + \frac{A_{h1Magacc}}{A_{h1Mag}} + \left( \tan \theta \times (V_{h1Phacc} + A_{h1Phacc}) \times \frac{\pi}{180} \right) \right) \times R$
X 精度	$\left( \frac{V_{h1Magacc}}{V_{h1Mag}} + \frac{A_{h1Magacc}}{A_{h1Mag}} + \left( \frac{V_{h1Phacc} + A_{h1Phacc}}{\tan \theta} \times \frac{\pi}{180} \right) \right) \times X$

<sup>1</sup> “acc”表示公式中的精度。

## 求和公式

下表列出了可用于电压和电流值求和的不同公式；电压方法与电流方法无关联。公式取决于接线配置。在某些情况下，有两种方法可用于电压求和与电流求和公式：方法 1 或方法 2，如下表所示。请使用满足您需求的方法。

表 17: 单相三线求和公式

$\sum V_{rms} = ch1V_{rms} + ch2V_{rms}$	
$\sum A_{rms} = \frac{\sum VA}{\sum V_{rms}}$	方法 1
$\sum A_{rms} = \frac{ch1A_{rms} + ch2A_{rms}}{2}$	方法 2
$\sum W = ch1W + ch2W$	
$\sum VA_r = \sqrt{(\sum VA_{rf})^2 + \left( \sqrt{ch1VA_r^2 - ch1VA_{rf}^2} + \sqrt{ch2VA_r^2 - ch2VA_{rf}^2} \right)^2}$	
$\sum VA = \sqrt{(\sum W)^2 + (\sum VA_r)^2}$	
$\sum PF = \frac{\sum W}{\sum VA}$	
$\sum V_f = ch1V_f + ch2V_f$	
$\sum A_f = \frac{ch1A_f \times ch1V_f + ch2A_f \times ch2V_f}{\sum V_f}$	方法 1
$\sum A_f = \frac{ch1A_f + ch2A_f}{2}$	方法 2
$\sum W_f = ch1W_f + ch2W_f$	
$\sum VA_{rf} = ch1VA_{rf} + ch2VA_{rf}$	
$\sum VA_f = \sqrt{(\sum W_f)^2 + (\sum VA_{rf})^2}$	
$\sum PF_f = \frac{\sum W_f}{\sum VA_f}$	
$\sum V_{dc} = ch1V_{dc} + ch2V_{dc}$	
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} \times ch1V_{dc} + ch2A_{dc} \times ch2V_{dc}}{\sum V_{dc}}$	方法 1
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} + ch2A_{dc}}{2}$	方法 2
$\sum V_{rnmn} = ch1V_{rnmn} + ch2V_{rnmn}$	

表 17: 单相三线求和公式 (续)

$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} \times ch1V_{rmn} + ch2A_{rmn} \times ch2V_{rmn}}{\sum V_{rmn}}$	方法 1
$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} + ch2A_{rmn}}{2}$	方法 2
$\sum V_{cmn} = ch1V_{cmn} + ch2V_{cmn}$	
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} \times ch1V_{cmn} + ch2A_{cmn} \times ch2V_{cmn}}{\sum V_{cmn}}$	方法 1
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} + ch2A_{cmn}}{2}$	方法 2
$\sum WHr = ch1WHr + ch2WHr$	
$\sum AHR = \frac{ch1AHR + ch2AHR}{2}$	
$\sum VA_r H_f = ch1VA_r H_f + ch2VA_r H_f$	
$\sum VA_r Hr = \sqrt{(\sum VA_r H_f)^2 + \left( \sqrt{ch1VA_r Hr^2 - ch1VA_r H_f^2} + \sqrt{ch2VA_r Hr^2 - ch2VA_r H_f^2} \right)^2}$	
$\sum VAHr = \sqrt{(\sum WHr)^2 + (\sum VA_r Hr)^2}$	
$\sum W_{av} = ch1W_{av} + ch2W_{av}$	
$\sum PF_{av} = \frac{\sum WHr}{\sum VAHr}$	

表 18: 三相三线求和公式

$\sum V_{rms} = \frac{ch1V_{rms} + ch2V_{rms}}{2}$	方法 1
$\sum V_{rms} = \sqrt{3} \frac{ch1V_{rms} + ch2V_{rms}}{2}$	方法 2
$\sum A_{rms} = \frac{\sum VA}{\sqrt{3} \sum V_{rms}}$	方法 1
$\sum A_{rms} = \frac{ch1A_{rms} + ch2A_{rms}}{2}$	方法 2
$\sum W = ch1W + ch2W$	
$\sum VA_r = \sqrt{(\sum VA_{rf})^2 + \sqrt{\frac{3}{2}} \left( \sqrt{ch1VA_r^2 - ch1VA_{rf}^2} + \sqrt{ch2VA_r^2 - ch2VA_{rf}^2} \right)^2}$	
$\sum VA = \sqrt{(\sum W)^2 + (\sum VA_r)^2}$	
$\sum PF = \frac{\sum W}{\sum VA}$	
$\sum V_f = \frac{ch1V_f + ch2V_f}{2}$	方法 1
$\sum V_f = \sqrt{3} \frac{ch1V_f + ch2V_f}{2}$	方法 2
$\sum A_f = \frac{ch1A_f \times ch1V_f + ch2A_f \times ch2V_f}{\sqrt{3} \sum V_f}$	方法 1
$\sum A_f = \frac{ch1A_f + ch2A_f}{2}$	方法 2
$\sum W_f = ch1W_f + ch2W_f$	
$\sum VA_{rf} = ch1VA_{rf} + ch2VA_{rf}$	

表 18: 三相三线求和公式 (续)

$\sum VA_f = \sqrt{(\sum W_f)^2 + (\sum VA_{rf})^2}$	
$\sum PF_f = \frac{\sum W_f}{\sum VA_f}$	
$\sum V_{dc} = \frac{ch1V_{dc} + ch2V_{dc}}{2}$	方法 1
$\sum V_{dc} = \sqrt{3} \frac{ch1V_{dc} + ch2V_{dc}}{2}$	方法 2
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} \times ch1V_{dc} + ch2A_{dc} \times ch2V_{dc}}{\sqrt{3} \sum V_{dc}}$	方法 1
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} + ch2A_{dc}}{2}$	方法 2
$\sum V_{rmn} = \frac{ch1V_{rmn} + ch2V_{rmn}}{2}$	方法 1
$\sum V_{rmn} = \sqrt{3} \frac{ch1V_{rmn} + ch2V_{rmn}}{2}$	方法 2
$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} \times ch1V_{rmn} + ch2A_{rmn} \times ch2V_{rmn}}{\sqrt{3} \sum V_{rmn}}$	方法 1
$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} + ch2A_{rmn}}{2}$	方法 2
$\sum V_{cmn} = \frac{ch1V_{cmn} + ch2V_{cmn}}{2}$	方法 1
$\sum V_{cmn} = \sqrt{3} \frac{ch1V_{cmn} + ch2V_{cmn}}{2}$	方法 2
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} \times ch1V_{cmn} + ch2A_{cmn} \times ch2V_{cmn}}{\sqrt{3} \sum V_{cmn}}$	方法 1
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} + ch2A_{cmn}}{2}$	方法 2
$\sum WHr = ch1WHr + ch2WHr$	
$\sum AHR = \frac{ch1AHR + ch2AHR}{2}$	
$\sum VA_r H_f = ch1VA_r H_f + ch2VA_r H_f$	
$\sum VA_r Hr = \sqrt{(\sum VA_r H_f)^2 + \sqrt{\frac{3}{2}} \left( \sqrt{ch1VA_r Hr^2 - ch1VA_r H_f^2} + \sqrt{ch2VA_r Hr^2 - ch2VA_r H_f^2} \right)^2}$	
$\sum VAHr = \sqrt{(\sum WHr)^2 + (\sum VA_r Hr)^2}$	
$\sum W_{av} = ch1W_{av} + ch2W_{av}$	
$\sum PF_{av} = \frac{\sum WHr}{\sum VAHr}$	

表 19: 三相四线求和公式

$\sum V_{rms} = \frac{ch1V_{rms} + ch2V_{rms} + ch3V_{rms}}{\sqrt{3}}$	方法 1
$\sum V_{rms} = \frac{ch1V_{rms} + ch2V_{rms} + ch3V_{rms}}{3}$	方法 2
$\sum A_{rms} = \frac{\sum VA}{\sqrt{3} \sum V_{rms}}$	方法 1
$\sum A_{rms} = \frac{ch1A_{rms} + ch2A_{rms} + ch3A_{rms}}{3}$	方法 2
$\sum W = ch1W + ch2W + ch3W$	

表 19: 三相四线求和公式 (续)

$\sum VA_r = \sqrt{(\sum VA_{rf})^2 + \left(\sqrt{ch1VA_r^2 - ch1VA_{rf}^2} + \sqrt{ch2VA_r^2 - ch2VA_{rf}^2} + \sqrt{ch3VA_r^2 - ch3VA_{rf}^2}\right)^2}$	
$\sum VA = \sqrt{(\sum W)^2 + (\sum VA_r)^2}$	
$\sum PF = \frac{\sum W}{\sum VA}$	
$\sum V_f = \frac{ch1V_f + ch2V_f + ch3V_f}{\sqrt{3}}$	方法 1
$\sum V_f = \frac{ch1V_f + ch2V_f + ch3V_f}{3}$	方法 2
$\sum A_f = \frac{ch1A_f \times ch1V_f + ch2A_f \times ch2V_f + ch3A_f \times ch3V_f}{\sqrt{3} \sum V_f}$	方法 1
$\sum A_f = \frac{ch1A_f + ch2A_f + ch3A_f}{3}$	方法 2
$\sum W_f = ch1W_f + ch2W_f + ch3W_f$	
$\sum VA_{rf} = ch1VA_{rf} + ch2VA_{rf} + ch3VA_{rf}$	
$\sum VA_f = \sqrt{(\sum W_f)^2 + (\sum VA_{rf})^2}$	
$\sum PF_f = \frac{\sum W_f}{\sum VA_f}$	
$\sum V_{dc} = \frac{ch1V_{dc} + ch2V_{dc} + ch3V_{dc}}{\sqrt{3}}$	方法 1
$\sum V_{dc} = \frac{ch1V_{dc} + ch2V_{dc} + ch3V_{dc}}{3}$	方法 2
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} \times ch1V_{dc} + ch2A_{dc} \times ch2V_{dc} + ch3A_{dc} \times ch3V_{dc}}{\sqrt{3} \sum V_{dc}}$	方法 1
$\sum A_{dc} = \frac{ch1A_{dc} + ch2A_{dc} + ch3A_{dc}}{3}$	方法 2
$\sum V_{rmn} = \frac{ch1V_{rmn} + ch2V_{rmn} + ch3V_{rmn}}{\sqrt{3}}$	方法 1
$\sum V_{rmn} = \frac{ch1V_{rmn} + ch2V_{rmn} + ch3V_{rmn}}{3}$	方法 2
$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} \times ch1V_{rmn} + ch2A_{rmn} \times ch2V_{rmn} + ch3A_{rmn} \times ch3V_{rmn}}{\sqrt{3} \sum V_{rmn}}$	方法 1
$\sum A_{rmn} = \frac{ch1A_{rmn} + ch2A_{rmn} + ch3A_{rmn}}{3}$	方法 2
$\sum V_{cmn} = \frac{ch1V_{cmn} + ch2V_{cmn} + ch3V_{cmn}}{\sqrt{3}}$	方法 1
$\sum V_{cmn} = \frac{ch1V_{cmn} + ch2V_{cmn} + ch3V_{cmn}}{3}$	方法 2
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} \times ch1V_{cmn} + ch2A_{cmn} \times ch2V_{cmn} + ch3A_{cmn} \times ch3V_{cmn}}{\sqrt{3} \sum V_{cmn}}$	方法 1
$\sum A_{cmn} = \frac{ch1A_{cmn} + ch2A_{cmn} + ch3A_{cmn}}{3}$	方法 2
$\sum WHr = ch1WHr + ch2WHr + ch3WHr$	
$\sum AHR = \frac{ch1AHR + ch2AHR + ch3AHR}{3}$	
$\sum VA_r H_f = ch1VA_r H_f + ch2VA_r H_f + ch3VA_r H_f$	
$\sum VA_r H_r = \sqrt{(\sum VA_r H_f)^2 + \left(\sqrt{ch1VA_r H_r^2 - ch1VA_r H_f^2} + \sqrt{ch2VA_r H_r^2 - ch2VA_r H_f^2} + \sqrt{ch3VA_r H_r^2 - ch3VA_r H_f^2}\right)^2}$	

表 19: 三相四线求和公式 (续)

$$\sum VAHr = \sqrt{(\sum WHr)^2 + (\sum VA_r Hr)^2}$$

$$\sum W_{av} = ch1W_{av} + ch2W_{av} + ch3W_{av}$$

$$\sum PF_{av} = \frac{\sum WHr}{\sum VAHr}$$

## 通信端口

PA3000 标配有 RS-232、以太网和 USB。提供 GPIB 选件。USB 主控端口位于前面板；其他通信端口位于后面板。

### 前面板 USB 主控端口

- 前面板上的单端口
- 兼容 USB 2.0
- 250 mA, +5 V 电源

表 20: USB 连接器针脚说明

针脚	说明
1	+5 V
2	数据 (D-)
3	数据 (D+)
4	接地

USB 闪存驱动器要求：

- USB 闪存驱动器必须用 FAT12、FAT16 或 FAT32 文件系统进行格式化。
- 扇区的大小必须为 512 字节。群集大小最大 32 kB。
- 仅支持支持 SCSI 或 AT 命令集的专用批量海量存储 (BOMS) 设备。有关 BOMS 设备的详细信息，请参考 USB 设计论坛 (USB Implementers Forum) 发布的《通用串行总线海量存储分类 - 专用批量传输 1.0 版》(Universal Serial Bus Mass Storage Class - Bulk Only Transport Rev. 1.0)。

**后面板通信端口** 以下图和表描述位于功率分析仪后面板上的通信端口。

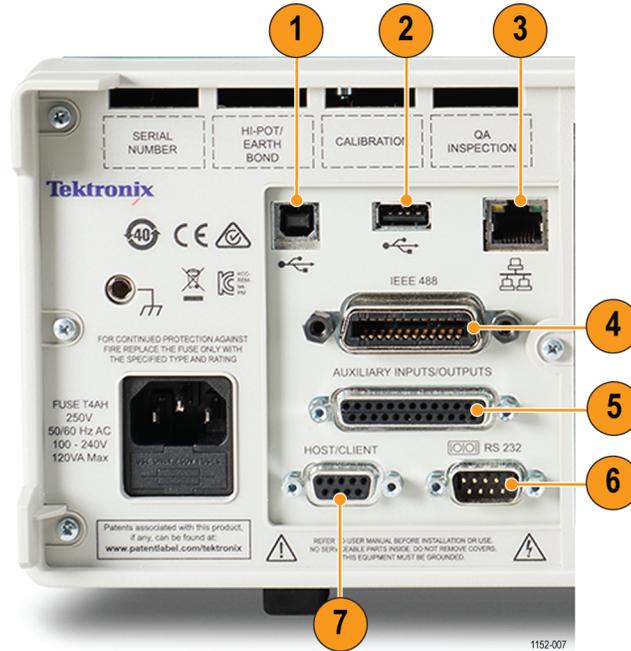


图 61: 后面板上的功率分析仪通信端口

表 21: 后面板上的通信端口

项目	说明
1	USB 外设。将功率分析仪连接到主机 PC。
2	USB 主控端口（未使用）
3	以太网端口
4	GPIB 端口（可选）
5	辅助端口
6	RS-232 端口
7	主机/客户端端口（未使用）

**USB 外设端口:**

- 兼容 USB 2.0
- 全速 (12 Mbit/s)

**以太网端口:**

- 兼容 IEEE 802.3, 10Base-T
- 连接器: RJ-45, 配有“链接”和“活动”指示器

- 端口 5025 可以连接 TCP/IP
- 端口 5030 可以连接 DST

表 22: 以太网针脚说明

针脚	信号名称
1	数据 (Tx+)
2	数据 (Tx-)
3	数据 (Rx+)
4	接地
5	接地
6	数据 (Rx-)
7	接地
8	接地

**IEEE 488 / GPIB ( 可选 )** : IEEE 488 端口兼容标准 GPIB 线缆, 可用于 PA3000。

表 23: GPIB 端口针脚配置说明

针脚	信号名称	针脚	信号名称
1	数据 1	13	数据 5
2	数据 2	14	数据 6
3	数据 3	15	数据 7
4	数据 4	16	数据 8
5	结束或识别 (EOI)	17	远程启用 (REN)
6	数据有效 (DAV)	18	接地
7	未准备好数据 (NRFD)	19	接地
8	未接受数据 (NDAC)	20	接地
9	接口清除 (IFC)	21	接地
10	服务请求 (SRQ)	22	接地
11	注意信号 (ATN)	23	接地
12	屏蔽接地	24	接地

**辅助输入/输出:**

PA3000 配有大量辅助输入和输出。包括:

- 4 个模拟输入
- 2 个计数器输入
- 4 个数字输出

辅助连接上的引脚连接包括:

**表 24: 辅助输入-输出引脚说明**

引脚	信号名称	引脚	信号名称
1	模拟输入 1	7	数字输出 3
2	模拟输入 2	8	数字输出 4
3	模拟输入 3	9	计数器输入 1
4	模拟输入 4	10	计数器输入 2
5	数字输出 1		
6	数字输出 2		

引脚 11 至 22 均接地。引脚 23 至 25 均未连接。

**串口:**

- 9 针 D 型连接器，位于仪器后面
- RS-232 接口，用于连接到 PC 以使用直通线进行远程控制
- 可用波特率 9600、19200 和 38400（默认）
- 8 个数据位，无奇偶校验，1 个停止位，硬件流控制

**表 25: RS-232 连接器引脚说明**

引脚	I/O	信号名称	引脚	I/O	信号名称
1		未连接	6		未连接
2	输出	TXD	7	输入	RTS
3	输入	RXD	8	输出	CTS
4		未连接	9		未连接
5		接地			

# 索引

## 字母和数字

IEEE 488 / GPIB 端口, 133  
GPIB, 47

### A

:ANA, 78  
:AVG, 82

### B

帮助键, 7  
:BDW, 76  
变换器  
    连接, 28  
变流器  
    电流标度, 26  
    连接, 25  
变压器  
    电压标度, 29  
标度命令, 77  
:BLK, 82  
.bmp 文件, 21  
波特率, 47  
波形, 46  
波形屏幕, 12

### C

菜单系统  
    测量, 31  
:CAL:DATE?, 60  
测量  
    电流求和公式, 36  
    电压求和公式, 36  
    配置, 33  
    求和结果列, 36  
    失真设置, 34  
    谐波设置, 34  
    最大保持值列, 36  
    最小保持值列, 36  
测量参数, 124  
测量读取命令, 61

测量配置命令, 65  
    :HMX:VLT/AMP, 65  
    :HMX:VLT/AMP:DF, 65  
    :HMX:VLT/AMP:PHA, 66  
    :HMX:VLT?AMP:THD, 66  
    :HMX:VLT/AMP:TIF, 67  
    :MAX, 67  
    :MIN, 67  
    :SUM, 68

测量选择命令, 61  
测量选择与读取命令

    :FRD?, 64  
    :FRF?, 63  
    :MOVE, 64  
    :SEL, 62  
:CFG:USER, 85  
串口, 134  
\*CLS, 57  
:COM:ETH, 79  
:COM:ETH:MAC, 80  
:COM:ETH:STAT, 79  
:COM:IEE, 79  
:COM:RS2, 78

### D

待机电源模式, 37  
待机模式命令, 70  
带宽命令, 76  
导航菜单系统, 7  
导航结果屏幕, 6  
:DATA:USB, 80  
电话影响因数, 35  
电话影响因数设置命令, 67  
电流标度, 26  
电流求和公式, 36  
电压变换器  
    电压标度, 29  
    连接, 29  
电压求和公式, 36  
电压标度, 29  
电阻分流器  
    连接, 26  
:DISP:DATA?, 80

:DSE, 59  
:DSE?, 59  
:DSR?, 59  
DST, 48  
读取当前组命令, 60  
读取前台数据命令, 64  
读取所选结果命令, 63  
:DVC, 59

### E

\*ESE, 58  
\*ESE?, 58  
\*ESR?, 58

### F

返回当前通道命令, 60  
返回数学结果命令, 81  
返回以太网配置命令, 79  
分流器, 25  
    输入, 44  
分流器选择命令, 75  
:FRD?, 64  
Frequency Source 菜单, 44  
:FRF?, 63  
:FSR, 75  
辅助输入/输出, 134

### G

更新速率, 51  
更新速率命令, 83  
功率使用量命令, 84  
公式  
    精度, 125  
GPIB 命令, 57  
GPIB 配置命令, 79  
固件版本, 18

### H

:HMX:VLT/AMP, 65  
:HMX:VLT/AMP:DF, 65  
:HMX:VLT/AMP:PHA, 66  
:HMX:VLT?AMP:THD, 66

:HMX:VLT/AMP:TIF, 67  
后面板  
  输入, 24

**I**

\*IDN?, 57  
IEEE 488.2  
  标准命令, 57  
  状态命令, 57  
:INST:NSEL, 59  
:INST:NSEL?, 60  
:INST:NSELC, 60  
:INST:NSELC?, 60  
Integrator Graph 菜单, 46

**J**

将数据记录到存储设备, 22  
校准日期命令, 60  
基本安装, 1  
结果屏幕, 5, 11  
接口, 47  
  GPIB 地址, 47  
  RS-232 波特率, 47  
  以太网配置, 47  
接口命令, 78  
  :COM:ETH, 79  
  :COM:ETH:MAC, 80  
  :COM:ETH:STAT, 79  
  :COM:IEE, 79  
  :COM:RS2, 78  
  :WAV, 78  
接线配置, 41  
接线配置命令, 73  
积分器模式, 38  
  配置, 38  
积分器模式命令, 70  
积分器屏幕, 14  
记录间隔  
  配置, 48  
记录数据, 22  
精度公式, 125  
静态以太网配置命令, 79

**K**

开机, 2  
开始积分, 38  
卡类型命令, 61  
控件和连接器  
  前面板, 9  
快速查看键, 10

**L**

连接  
  变流器, 25  
  变压器, 29  
  带有电压输入的变换器, 28  
  到被测产品, 4  
  电阻分流器, 26  
连接顺序, 2  
连接信号, 24

**M**

:MATH?, 81  
:MATH:FUNC, 81  
:MATH:FUNC:EN, 81  
:MAX, 67  
Measurement Configuration  
  菜单, 33  
Measurements 菜单, 31  
:MIN, 67  
命令  
  发送和接收, 85  
命令列表, 57  
命令语法, 57  
:MOD, 69  
:MOD:BAL, 69  
:MOD:INT, 70  
:MOD:PWM, 72  
:MOD:SBY, 70  
模拟输入, 46  
模拟输入命令, 78  
模式, 36  
  待机电源, 37  
  积分器, 38  
  PWM 电机, 40  
  正常, 37  
  镇流器, 37  
模式命令, 69

模式设置命令, 69, 70  
  :MOD, 69  
  :MOD:BAL, 69  
  :MOD:PWM, 72  
  :MOD:SBY, 70  
:MOVE, 64

**N**

:NAME, 73  
内置分流器, 25  
内置时钟, 52

**P**

配置测量, 33  
  平均, 51  
  平均命令, 82  
  屏幕帮助, 7  
  屏幕保存命令  
    :DISP:DATA?, 80  
  屏幕截图, 21  
  频率设置命令, 75  
  PWM 电机模式, 40  
  PWM 电机模式命令, 72

**Q**

前面板  
  帮助键, 20  
  波形屏幕, 12  
  菜单键, 20  
  操作, 9  
  操作键, 21  
  公式键, 22  
  结果屏幕, 11  
  积分器屏幕, 14  
  控件和连接器, 9  
  快速查看键, 10  
  软键, 19  
  设置屏幕, 18  
  矢量图屏幕, 16  
  数学屏幕, 17  
  数字键, 22  
  条形图屏幕, 13  
  USB 端口, 19  
  字母键, 21

- 求和公式
  - 单相三线, 127
  - 三相三线, 128
  - 三相四线, 129
- 求和结果列, 36
- 求和结果命令, 68
- 全局
  - 设置, 3
- R**
  - :RNG, 74
  - RS-232 配置命令, 78
  - \*RST, 58
  - 软键, 19
    - 更新固件, 90
    - PA3000 下载软件, 90
- S**
  - :SCL, 77
  - :SEL, 62
  - 设备信息命令, 60
    - :CAL:DATE?, 60
    - :SYST:CTYPE?, 61
  - 设置当前组命令, 59
  - 设置量程命令, 74
  - 设置屏幕, 18
  - shift 键, 22
  - 示例
    - 反复返回结果, 86
    - 使用一组通道, 87
    - 谐波, 87
    - 选择和返回结果, 86
    - 选择要显示的测量, 7
  - 矢量图屏幕, 16
  - 失真设置, 34
  - 失真因数, 34
  - 失真因数设置命令, 65
  - :SHU, 75
  - 数据存储, 23
  - 数据格式, 23
  - 数据记录, 48
- 数据记录命令, 80
  - :DATA:USB, 80
  - :MATH?, 81
  - :MATH:FUNC, 81
  - :MATH:FUNC:EN, 81
- 输入, 41
  - 标度, 45
  - 带宽, 45
  - 电流, 25
  - 电压, 25
  - 分流器, 44
  - 固定/自动量程, 44
  - 接线, 41
  - 量程, 43
  - 模拟输入, 46
  - 频率源, 44
  - 设置量程, 43
  - 外部电流, 25
- 输入设置命令, 73
  - :ANA, 78
  - :BDW, 76
  - :FSR, 75
  - :NAME, 73
  - :RNG, 74
  - :SCL, 77
  - :SHU, 75
  - :WRG, 73
- 输入字母字符, 22
- 数学函数启用命令, 81
- 数学函数信息命令, 81
- 数学结果, 48
- 数学命令, 81
- 数学屏幕, 17
- 死套接字连接, 48
- \*STB?, 58
- :SUM, 68
- :SYST:CTYPE?, 61
- :SYST:DATE, 83
- :SYST:POWER, 84
- :SYST:TIME, 84
- :SYST:ZERO, 83
- T**
  - 特性和功能, xv
  - THD, 34
  - 条形图屏幕, 13
- TIF, 35
- 停止积分, 39
- 通道和组命令, 59
  - :INST:NSEL, 59
  - :INST:NSEL?, 60
  - :INST:NSEL:LC, 60
  - :INST:NSEL:LC?, 60
- 通道设置, 3
- 通信端口, 131
  - 串口, 134
  - IEEE 488 / GPIB, 133
  - USB 外设, 132
  - USB 主机, 131
  - 以太网端口, 132
- 图形, 46
- 图形和波形, 46
  - 波形, 46
  - 积分器参数, 46
- 图形和波形命令, 78
- U**
  - :UPDATE, 83
  - USB 端口, 19
  - USB 闪存驱动器要求, 131
  - USB 数据记录命令, 80
  - USB 外设端口, 132
  - USB 主控端口, 131
  - User Configuration 菜单, 52
- W**
  - 外部变换器, 30
  - 外部电流输入, 25
  - :WAV, 78
  - 为外部变换器供电, 30
  - :WRG, 73
- X**
  - 线路到零线测量, 43
  - 线路到线路测量, 43
  - 显示数据命令, 80
  - 显示相角命令, 66
  - 消隐, 51
  - 消隐命令, 82
  - 谐波配置命令, 65
  - 谐波设置, 34

## 系统配置

- 分析仪配置, 52
- 更新速率, 51
- 省电, 52
- 平均, 51
- 时钟, 52
- 消隐, 51
- 自动归零, 51
- 系统配置命令, 82
  - :AVG, 82
  - :BLK, 82
  - :SYST:DATE, 83
  - :SYST:POWER, 84
  - :SYST:TIME, 84
  - :SYST:ZERO, 83
  - :UPDATE, 83
- 系统日期命令, 83
- 系统时间命令, 84
- 选择当前通道命令, 60
- 选择结果命令, 62
- 序列号, 18

## Y

- 移动结果命令, 64

## 硬键

- 左右, 6
- 应用示例, 92
  - 效率测量, 92
- 以太网端口, 132
- 以太网 MAC 地址命令, 80
- 以太网配置, 47
  - 死套接字连接, 48
- 用户配置
  - 保存至 USB, 53
  - 从 USB 加载, 53
  - 默认配置, 52
  - 预置配置, 53
- 用户配置命令, 85
  - :CFG:USER, 85
- 远程操作
  - 概述, 54
  - 连接 GPIB 系统, 54
  - 连接 RS-232 系统, 54
  - 连接 USB 系统, 54
  - 连接以太网系统, 54

## Z

- 正常模式, 37

- 镇流器模式, 37
- 镇流器模式命令, 69
- 状态报告, 55
  - 显示数据状态启用寄存器, 56
  - 标准事件状态寄存器, 56
  - 标准事件状态启用寄存器, 57
  - 显示数据状态寄存器, 56
  - 状态字节, 55
  - 状态字节寄存器, 55
- 准备使用, 1
- 自动归零, 51
- 自动归零命令, 83
- 总谐波失真, 34
- 总谐波失真设置命令, 66
- 组
  - 定义, 3
  - 设置, 3
- 最大保持值列, 36
- 最大值列命令, 67
- 最小保持值列, 36
- 最小值列命令, 67
- 组名命令, 73
- 左右硬键, 6