

类别	内容
关键词	PA8000、PA6000H、PA5000H、功率测量、技术指标
摘要	介绍 PA8000、PA6000H、PA5000H 型功率分析仪的使用及其技术

## 修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2017/07/18	创建文档
V1.01	2017/11/24	修订并发布
V1.02	2018/05/28	修订并发布
V1.03	2018/1/19	1. 优化 IEEE-1459 2. 增加电机积分 3. 修订并发布
V1.04	2019/3/18	更新文档页眉页脚、“销售与服务网络”内容和新增“免责声明”内容
V1.05	2019/7/22	修订并发布
V1.06	2021/2/19	更新文档页眉页脚、新增“免责声明”内容

## 目 录

1. 安全须知.....	1
1.1 警示标示.....	1
1.2 安全信息.....	1
1.2.1 测量类别.....	1
1.2.2 一般注意事项.....	2
1.2.3 连接电源和地.....	3
1.2.4 仪器安置注意事宜.....	3
1.3 连接测量回路.....	4
2. 文档须知.....	5
3. 产品简介.....	6
3.1 简介.....	6
3.2 功能特性.....	7
3.3 应用系统.....	8
4. 功能概述.....	9
4.1 主要功能概览.....	9
4.2 测量功能列表.....	9
4.3 工作模式.....	10
4.4 电压/电流模式.....	10
4.5 通信接口.....	10
4.6 显示界面.....	11
4.7 测量分析功能.....	15
4.7.1 波形显示.....	15
4.7.2 趋势分析.....	16
4.7.3 谐波分析功能.....	16
4.7.4 FFT 功能.....	17
4.7.5 IEC 谐波测量.....	18
4.7.6 向量显示.....	19
4.7.7 闪变分析.....	19
4.7.8 周期分析.....	20
4.7.9 波形运算.....	21
4.7.10 常规分析模式.....	22
4.7.11 IEEE-1459.....	22
4.7.12 电机测量.....	22
4.8 补充阅读.....	23
4.8.1 接线组.....	25
5. 面板介绍.....	26
5.1 前面板.....	26
5.1.1 面板组件.....	26
5.1.2 显示界面.....	26
5.1.3 功能按键区.....	29
5.2 后面板.....	40

5.3	侧面板	42
6.	开始测量之前	43
6.1	概述	43
6.2	系统设置	43
6.3	校零	44
6.3.1	功能简介	44
6.4	输入通道连接与配置	44
6.4.1	测量方法	44
6.4.2	测量回路设置	46
6.4.3	滤波器设置	48
6.4.4	比例系数	50
6.5	阈值设置	51
6.6	设定接线补偿	51
6.6.1	功能简介	51
6.6.2	操作步骤	51
6.7	设置量程	53
6.7.1	操作简介	53
6.7.2	测量区间设定	56
6.8	功率测量参数初始化	58
6.8.1	设定视在功率、无功功率和修正功率的运算公式	58
6.8.2	设定效率公式	61
6.9	平均功能	63
6.9.1	功能简介	63
6.9.2	操作步骤	64
6.10	同步测量	64
6.11	U-I 相位差	65
6.12	用户自定义功能	66
6.12.1	功能简介	66
6.12.2	操作步骤	68
6.13	配置向导	71
6.14	精确测量	72
6.15	补充阅读	73
6.15.1	PT 和 CT	73
6.15.2	电流传感器种类	73
6.15.3	接线方式	74
6.15.4	连接测量配件	81
7.	数值数据显示	83
7.1	数值数据分屏显示	83
7.2	数值数据显示格式	84
7.3	测量功能的显示配置	84
7.4	相位差显示格式	86
8.	波形显示与运算	87
8.1	波形显示	87

8.1.1	全屏/分屏显示.....	87
8.1.2	波形显示开关.....	88
8.1.3	设定时间轴长度.....	89
8.1.4	波形垂直缩放/移动/翻转.....	90
8.1.5	波形抽取方式.....	92
8.1.6	波形反转.....	93
8.1.7	波形显示参数设置.....	93
8.2	波形运算.....	97
8.2.1	功能简介.....	97
8.2.2	操作步骤.....	98
8.2.3	注意事项.....	99
8.2.4	补充阅读.....	99
9.	趋势显示.....	101
9.1	功能简介.....	101
9.2	操作步骤.....	102
9.2.1	趋势显示模式.....	102
9.2.2	趋势显示参数配置.....	103
9.2.3	趋势功能参数配置.....	105
10.	谐波测量.....	108
10.1	简介.....	108
10.1.1	概述.....	108
10.1.2	测量功能种类.....	108
10.1.3	功能限制.....	110
10.2	谐波测量.....	110
10.2.1	功能简介.....	110
10.3	常规谐波测量.....	116
10.3.1	功能简介.....	116
10.4	IEC 谐波测量.....	118
10.4.1	功能简介.....	118
10.4.2	步骤.....	123
10.5	补充阅读.....	130
10.5.1	相关术语.....	130
10.5.2	常规测量值和总波值.....	131
10.5.3	谐波测量功能的求法.....	131
11.	FFT.....	135
11.1	功能简介.....	135
11.2	操作步骤.....	135
11.2.1	FFT 显示配置.....	135
11.2.2	FFT 显示格式.....	137
11.3	补充阅读.....	140
11.3.1	FFT 功能.....	140
11.3.2	谐波测量与 FFT 运算的差异.....	140
12.	Delta 测量.....	141

12.1	功能简介.....	141
12.2	Delta 测量功能符号与求法.....	141
12.3	操作步骤.....	143
12.3.1	概述.....	143
12.3.2	接线组设置.....	143
12.3.3	选择运算类型.....	143
12.3.4	$\Delta$ 测量结果的显示.....	144
13.	周期分析.....	145
13.1	功能简介.....	145
13.2	操作步骤.....	148
13.3	注意事项.....	153
14.	积分运算.....	155
14.1	功能简介.....	155
14.2	操作步骤.....	157
14.3	规格.....	160
14.3.1	掉电保存.....	160
14.3.2	有效频率范围.....	160
14.3.3	显示分辨率.....	160
14.3.4	溢出时显示.....	161
14.3.5	限制执行.....	161
14.4	补充阅读.....	162
14.4.1	积分模式.....	162
14.4.2	HOLD 操作和积分功能.....	165
15.	常规分析模式.....	166
15.1	功能简介.....	166
15.2	操作步骤.....	166
15.2.1	概述.....	166
15.2.2	测量功能初始化.....	166
15.2.3	进入常规分析模式菜单.....	166
15.2.4	常规分析模式/测量切换.....	166
15.2.5	查看数据.....	166
15.2.6	自动回放测量数据.....	167
16.	向量显示.....	168
16.1	功能简介.....	168
16.1.1	向量图示例.....	168
16.2	操作步骤.....	171
16.3	注意事项.....	173
17.	X-Y 图.....	174
17.1	功能简介.....	174
17.2	操作步骤.....	174
17.2.1	X-Y 图菜单.....	174
17.2.2	Y 轴配置.....	175
17.2.3	X 轴配置.....	177

17.2.4	显示设置.....	177
18.	IEEE-1459.....	178
18.1	功能简介.....	178
18.1.2	操作步骤.....	179
18.2	数值数据显示格式.....	179
18.3	测量功能的显示配置.....	181
18.4	IEEE-1459 测量功能.....	185
19.	光标测量.....	190
19.1	功能简介.....	190
19.2	操作步骤.....	190
19.2.1	概述.....	190
19.2.2	进入光标测量菜单.....	190
19.2.3	光标测量初始化.....	194
19.2.4	开启/关闭光标测量.....	194
19.2.5	光标移动.....	195
19.3	注意事项.....	195
20.	闪变测量.....	196
20.1	功能简介.....	196
20.2	操作步骤.....	197
20.2.1	进入闪变测量模式.....	197
20.2.2	测量模式设置.....	197
20.2.3	闪变测量参数设置.....	198
20.2.4	判断条件设置.....	200
20.2.5	常规闪变测量操作.....	201
20.2.6	手动闪变测量操作.....	206
20.3	补充阅读.....	209
20.3.1	相关术语.....	209
20.3.2	对功能的限制.....	211
21.	电机测量.....	213
21.1	功能简介.....	213
21.2	操作步骤.....	213
21.2.1	输入转速和扭矩信号.....	213
21.2.2	进入电机设置菜单.....	213
21.2.3	选择转速和扭矩信号的类型.....	213
21.2.4	选择模拟量程.....	213
21.2.5	配置线路滤波器和同步源.....	215
21.2.6	设定脉冲量程、脉冲数和脉冲额定值.....	215
21.2.7	脉冲输入模式下设定信号幅度和门限电平.....	217
21.2.8	设定比例系数和单位.....	219
21.2.9	设定频率测量源的信号.....	221
21.2.10	选择测量电机输入电压和电流的输入单元.....	222
21.2.11	电机测量结果显示.....	222
21.3	注意事项.....	225

22. 存储数据.....	226
22.1 功能简介.....	226
22.2 操作步骤.....	226
22.2.1 选择运行模式.....	226
22.2.2 运行模式为存储.....	226
22.2.3 运行模式为回读模式.....	235
23. 系统功能.....	238
23.1 测量设置.....	238
23.2 配置向导.....	238
23.3 配置管理.....	239
23.4 文件管理.....	241
23.5 按键锁和按键配置.....	243
23.5.1 按键锁.....	243
23.5.2 按键配置.....	243
23.6 语言.....	244
23.7 日期/时间.....	244
23.8 远程控制.....	244
23.9 网络.....	245
23.10 无线网络.....	246
23.11 软件更新.....	246
23.12 系统信息.....	247
23.13 硬件自检.....	247
23.14 电源管理.....	249
23.15 触摸屏校准.....	249
23.16 捕获.....	250
23.17 Help 键.....	252
24. 异常处理/维护.....	253
24.1 异常处理.....	253
24.2 推荐部件更换周期.....	253
25. 规格.....	254
25.1 输入参数.....	254
25.1.1 输入端子类型.....	254
25.1.2 输入类型.....	254
25.1.3 输入单元数量.....	254
25.1.4 电压测量量程.....	254
25.1.5 电流测量量程.....	255
25.1.6 输入带宽.....	255
25.1.7 共模电压.....	255
25.1.8 滤波器.....	256
25.1.9 量程切换.....	256
25.1.10 A/D 转换器.....	256
25.2 显示器.....	256
25.3 精度.....	256

25.3.1	基本精度.....	256
25.3.2	输入范围.....	262
25.3.3	输入显示值.....	263
25.3.4	线路滤波器的影响.....	263
25.3.5	角度误差（参考值）.....	263
25.3.6	温度系数.....	263
25.3.7	12个月精度.....	263
25.4	测量模式.....	264
25.5	测量项目.....	264
25.6	测量功能/测量条件.....	264
25.7	电机功能.....	265
25.7.1	模拟量输入参数.....	265
25.7.2	脉冲频率输入参数.....	266
25.8	谐波测量.....	266
25.9	IEC 谐波测量.....	266
25.10	常规谐波/谐波/IEC 谐波.....	267
25.11	FFT 运算功能.....	267
25.12	周期分析功能.....	267
25.13	积分功能.....	268
25.14	波形采样数据保存功能.....	268
25.15	存储.....	268
25.16	常规特性.....	268
25.17	配件（选配）.....	269
25.18	外观尺寸.....	274
26.	免责声明.....	275

## 1. 安全须知

本仪器的使用涉及到高压，为防止电击或其它危险造成的人员伤亡，在安装、使用或维修本产品之前，请务必仔细阅读、并完全理解“安全须知”章节的相关内容。

为保证您能正确安全地使用本仪器，请务必遵守以下注意事项。如果未遵守本手册指定的方法操作本仪器，可能会损坏本仪器的保护功能。因违反以下注意事项操作仪器所引起的损伤，广州致远电子有限公司概不承担责任。

### 1.1 警示标示



**注意**

**注意**符号表示存在危险。提示用户对某一过程、操作方法或类似情况进行操作时，如果不能正确执行或遵守规则，则可能对产品造成损坏或者丢失重要数据。

在完全阅读和充分理解注意所要求的事项之前，请不要继续操作。



**警告**

**警告**符号表示存在严重危险。提示用户对某一过程、操作方法或类似情况进行操作时，如果不能正确执行或遵守规则，则可能造成人身伤害甚至死亡。在完全阅读和充分理解警告所要求的事项之前，请务必停止操作。

### 1.2 安全信息

请勿禁用电源线的安全接地功能，将仪器插入已接地良好的电源插座。

请勿按照非本手册指定方式使用仪器。

如果遇到故障，请勿擅自更换零件，或者擅自对产品进行调整，请联系广州致远电子有限公司进行处理。

功率分析仪安全符号如表 1.1 所示。

表 1.1 功率分析仪安规符号

	小心，危险		CE 认证		地端子
	小心，电击危险		请勿将使用过的 电池丢入垃圾桶		可回收利用

#### 1.2.1 测量类别

PA 功率分析仪隶属 CAT II (1000V)，输入可连接到测量类别 CAT II 类的电源（最大 1000VAC）。不要用在 CAT II (1000V) 以上更高测量类别。

**测量类别 IV** 为适用于在低压设施的源端处进行的测量。

- 例如电表、在初级过流保护装置上和纹波控制单元上的测量、架空线路、电缆系统等。

**测量类别 III** 为适用于在建筑物设施中进行的测量。

- 例如在配电板上、断路器上、布线上包括电缆、汇流条上、接线盒上、开关上、固定设施的输出插座上、工业用设备上以及其他设备上，例如与固定设施永久连接的驻立式电动机上的测量。

**测量类别 II** 为适用于在直接与低压设施连接的电路上进行的测量。

- 例如在家用电器上、便携式工具上和类似设备上的测量。

**测量类别 0** 为适用于在不直接与电网电源连接的电路上进行的测量。

- 例如在不由电网电源供电的电路上和作了特殊保护由（内部）电网供电的电路上进行的测量。在后一种情况下，瞬态应力是各不相同的，本仪器用于此类别测量请确保瞬态电压 $\leq 3000\text{V}$  峰值。

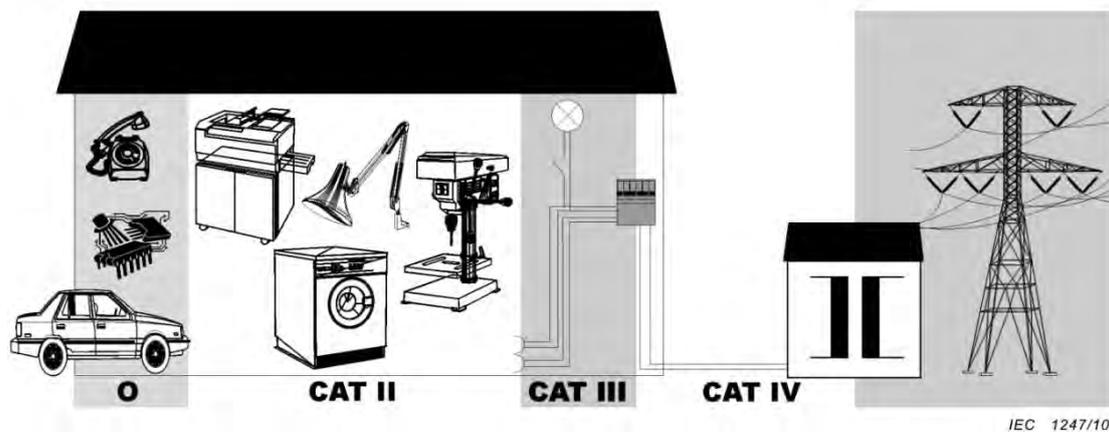


图 1.1 CAT 等级图

### 1.2.2 一般注意事项

针对人身安全与设备保护，列出注意事项如下所述：



- **保护功能有缺陷。** 在使用仪器之前，请对保护功能进行确认。如发现保护接地或保险丝有缺陷，请勿继续使用本仪器；
- **请勿拆卸仪器的机箱。** 仪器内部有高压，非常危险。若要对仪器内部进行检查和调试，请咨询广州致远电子有限公司；
- **出现异味或冒烟时。** 出现机体冒烟或散发异味等异常情况时，请直接关闭电源，从插座拔掉电源插头，并切断连接在输入端子的测量回路的电源。发生异常情况时，请咨询致远公司；
- **勿在易燃环境下操作仪器。** 请勿在含有易燃易爆液体或气体的环境里使用本仪器；
- **请勿损坏电源线。** 请勿将物品摆放在电源线上，并使电源线远离热源。将电源插头从插座拔出时，请勿拉扯电线，而应手持插头拔出。电源线有破损时，请在确认好零件编号后再向经销商订购；
- **请勿接近带电物品。** 请勿使带电物品接近输入端子，否则会引起内部电路损坏；

- **切断电源。**长时间不使用仪器时。请切断测量回路和仪器的电源，将仪器的电源插头从插座拔出。



- **请勿在仪器上摆放物品。**请勿叠放仪器或在仪器上摆放其他仪器或盛液体的容器，否则可能引起故障；
- **请勿损伤液晶屏幕。**液晶显示器极易受损，注意不要让锋利物品损伤其表面。另外，请避免振动和碰撞；
- **搬运仪器时。**首先，请切断测量回路的电源，除去测量用电缆。接着，关闭仪器电源开关，除去电源线和其它电缆。搬运时，要注意双手握住把手；
- **测量作业时。**测量前，必须断开被测回路所有电源后进行接线；测量中，必须远离被测回路与仪器的接线端子；测量完成，必须先切断被测回路所有电源，然后断开接线，再关闭仪器。
- **清理污渍时。**清理机箱和操作面板的污渍时，请切断测量回路和仪器的电源，将仪器的电源插头从插座拔出后，使用干净柔软的干布轻轻擦拭。请勿使用挥发性化学药剂，可能引起变色或变形。
- **定期清理风扇防尘网。**防尘网每 30 天检查清理一次，避免堵塞造成发热或危险，堵塞过热也会影响仪器精度。

### 1.2.3 连接电源和地



- **使用正确的供电电源。**在连接电源线之前，请确保电源电压与仪器的额定电压相一致，并且小于电源线的最大额定电压。
- **使用正确的电源线和电源插头。**为预防触电和火灾，请使用本公司提供的电源线。请务必将主电源插头接入带保护接地的电源插座。请勿使用没有保护接地的接线板。
- **连接保护接地端子。**为预防触电，在打开电源之前请务必连好保护接地端子。随箱的电源线是含接地线的三芯电源线。因此，请使用带保护接地端子的三眼插座。
- **保护接地。**请勿切断本仪器内部和外部的保护接地线、或拔出保护接地端子的电线，否则将有潜在的触电危险。
- **防止触电危险。**电源线必须插在墙壁上或在可视范围内的插座上，不可插在引线混乱的插座上，插座不可过流使用。

### 1.2.4 仪器安置注意事项

仪器安置场所相关注意事项如下：



- **远离恶劣环境。**远离阳光直射、热源、大量烟尘、蒸汽、腐蚀性或可燃性气体、强烈磁场源、高压设备与动力线、水、油、化学剂的场所；
- **水平平坦。**请将仪器安置在水平平坦场所。如使用场所不平稳或倾斜，

可能影响测量精度，并存在跌落危险；

- **通风良好。**仪器的上盖板和底部均有通气孔。为防止内部温度过高，通气孔与安置面的距离请设置在 20mm 以上，当连接测试线或各种电缆线时，请另外保留操作所必须的空间；
- **环境温度与环境湿度。**环境温度：5~40°C，环境湿度：20~80%RH。

### 1.3 连接测量回路

为防止触电和损坏仪器，连接测量回路时务必遵守以下注意事项：



- **保护接地。**连接测量用电缆前，请为本仪器采取保护接地。随箱的电源线是三脚插头，请使用含有接地线的三眼插座。如果准备用手接触电路，请在关闭电路电源并确认没有电压存在后再进行操作；
- **切断回路电源。**连接测量回路时，请切断测量回路的电源。在不切断电源的情况下连接或除去测量用电缆很危险；
- **测量回路连接无误。**切勿将电流回路接入电压输入端子或将电压回路接入电流输入端子；
- **防止电缆触电。**剥测量用电缆的绝缘层时，请确保接到输入端子的导线(裸线)未露出端子。同时，请固定好输入端子的螺丝，确保接入的电缆不会从输入端子脱落；
- **勿触摸输入接口。**当测量回路的电压引入电流输入端子时，请勿触摸电流传感器输入接口。因为在仪器内部这些端口在电气上是相通的，所以很危险；
- **电压互感器和电流互感器的耐压能力。**在外部使用电压互感器(PT)或电流互感器(CT)时，请确保它对测量电压(U)具备足够的耐压能力。另外，通电状态下请确保 CT 的二次侧短路。否则，CT 的二次侧会产生高压，非常危险；
- **机架固定时的电源切断开关。**使用机架固定时，为确保安全，请在机架前设置一个能切断仪器测量回路电源的开关；
- **回路电压电流。**确保测量回路电压电流及共模电压在仪器额定范围内；
- **连接外部传感器。**连接外部传感器时禁止使用裸露金属的 BNC 接头，并须移除电流直接输入端子的所有接线；
- **电流直接输入。**必须断开传感器输入端子的接线；
- **连接外部分流器。**必须切断测量回路的电源，不切断电源连接或除去分流器是危险的。



如果未按照广州致远电子有限公司指定的方式使用测试附件，测试附件提供的保护功将会削弱。另外，已损坏或磨损的测试附件可能会导致仪器损坏或人身伤害，请勿使用。

## 2. 文档须知

本 PA 功率分析仪用户手册文档介绍 PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪的使用方法和技术规格。如无特殊说明，则下文中的“功率分析仪”均是指 PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪。

### 3. 产品简介

#### 3.1 简介

PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪是广州致远推出的三个不同系列功率分析仪产品。三个系列仅在测量精度、规格参数等技术指标方面有差别，其余功能则基本一致。

PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪采用了先进的测量技术，保证了可靠的测量准确度，可精确测量多相电压和电流的电压参数、电流参数、功率参数等；并支持采样波形显示、频谱分析、谐波闪变分析等功能。PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪的外观分别如图 3.1、图 3.2、图 3.3 所示。



图 3.1 PA8000 系列功率分析仪



图 3.2 PA6000H 系列功率分析仪



图 3.3 PA5000H 系列功率分析仪

### 3.2 功能特性

PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪产品的主要功能特性如下所述：

- 可同步采集所有相，精确测量直流/交流电压、电流和功率参数；
- 可支持多达 7 相功率输入。所有输入通道间的电气隔离高达 5kV；
- PA8000 系列功率分析仪的分辨率 18 位，基本精度 0.01%，测量带宽 DC，0.1Hz~5MHz，采样率 2MS/s；
- PA6000H 系列功率分析仪的分辨率 18 位，基本精度 0.01%，测量带宽 DC，0.1Hz~2MHz，采样率 2MS/s；
- PA5000H 系列功率分析仪的分辨率 16 位，基本精度 0.05%，测量带宽 DC，0.1Hz~5MHz，采样率 2MS/s；
- PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪可确保以更高的精度测量更快的信号。适用于变频器、变频家电、电机、开关电源等对采样率及带宽有极高要求的测量；
- 采用专利的 PLL 倍频技术，实现速度更快、动态范围更广的谐波测量，在谐波模式下实现电压、电流基波、功率、相位、谐波成分和总谐波失真因数（THD）测试。可测量高达 5kHz 的变频器基波信号谐波分析，满足高带宽变频器的测量需求。此外，可同时输入、输出通道进行多谐波测量，最高可测量基频的 500 次谐波；
- 可通过外部传感器测量扭矩和转速，适合于电机和驱动应用；
- 标配 USB、Ethernet、GPIB 和 RS-232 四种接口，并支持用户通过此四种接口远程控制功率分析仪，此外还提供音频输入和音频输出接口；
- 提供了丰富的测量分析功能。支持波形、趋势图、柱状图、FFT、向量图、谐波分析、闪变分析、IEC 谐波测量、周期分析、波形运算、积分运算等功能；
- 超大容量存储（240G），可支持长时间的数据记录；
- 配套的功率分析仪 PC 端管理软件 PAM 可通过 USB、Ethernet、GPIB 等方式与功率分析仪进行通信，管理功率分析仪的测量功能，实时获取数据进行分析和存储，并提供强大的报表功能；

- 12.1” 彩色液晶显示器，1280×800 分辨率。可显示更多参数和更详细的波形细节；
- 提供丰富、快捷的功能按键，支持触摸屏和鼠标键盘控制。

备注：2019 年 8 月份起销售的 PA8000、PA6000H、PA5000H 功率分析仪，存储容量扩展到 240G。

### 3.3 应用系统

功率分析仪应用系统见图 3.4。

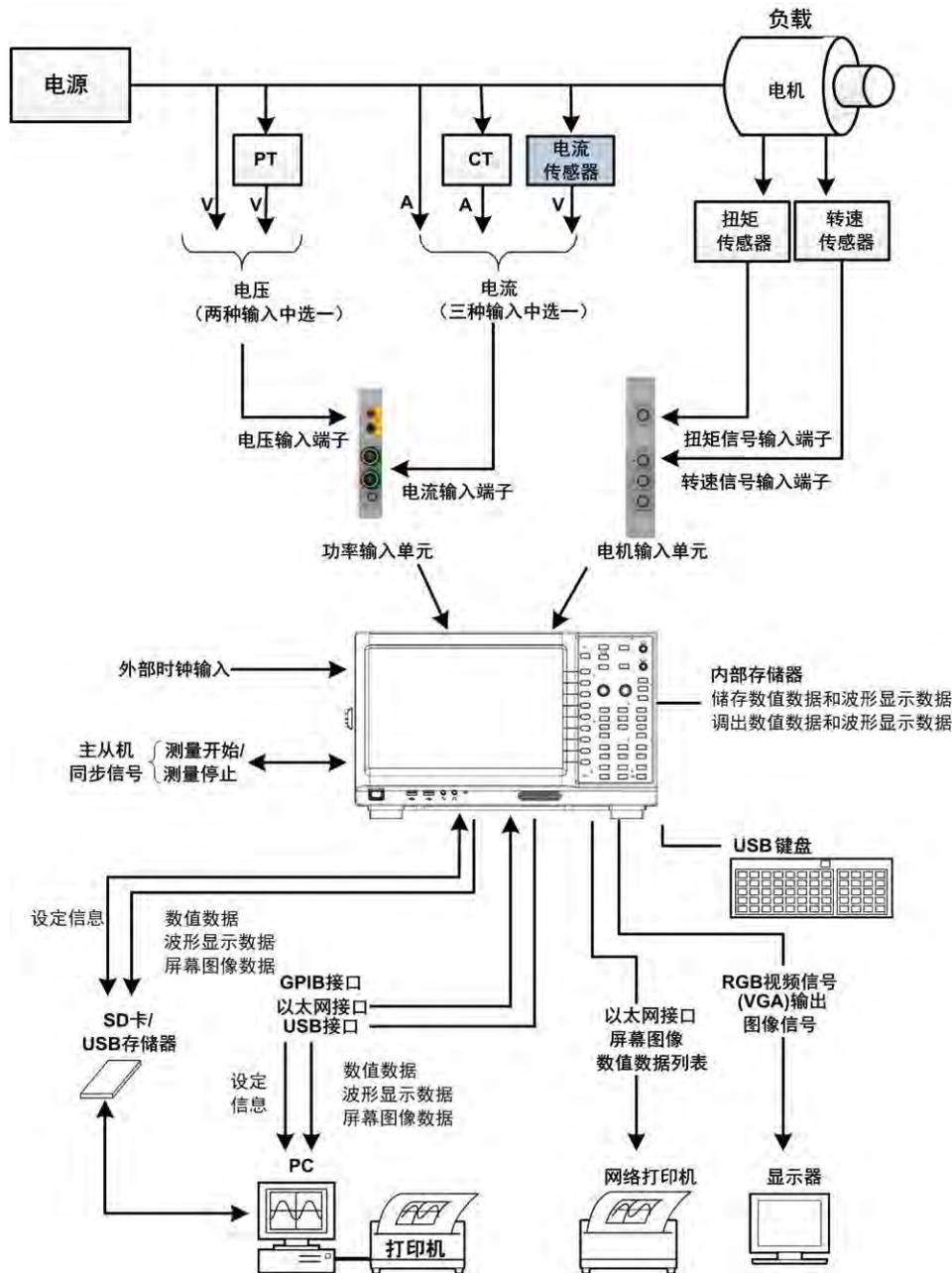


图 3.4 应用系统

## 4. 功能概述

### 4.1 主要功能概览

功率分析仪包括以下主要功能：

- **功率参数测量。**例如：电压和电流的有效值、平均值、峰值、波峰因数、波形因数、基波含量等；
- **电机测量。**可测量扭矩和转速信号等；
- **测量分析。**对测量结果进一步分析和处理，例如：快速傅里叶变换、谐波分析、波形显示、向量图、积分功能、趋势分析、周期分析等；
- **数据存储与管理。**对测量得到的数据进行保存和管理，例如保存采样值等。

### 4.2 测量功能列表

功率分析仪的测量功能如表 4.1 所示。

表 4.1 测量功能

输入单元 <sup>[6]</sup> 的测量功能	电压	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 电压有效值 <math>U_{rms}^{[1]}</math>、电压平均值(校准到有效值的整流平均值 <math>U_{mn}^{[2]}</math>、简单平均值 <math>U_{dc}^{[3]}</math>、整流平均值 <math>U_{rnmn}^{[4]}</math>)</li> <li>● 去掉直流分量的电压有效值 <math>U_{ac}</math></li> <li>● 电压的最大值/最小值 <math>U_{+pk}/U_{-pk}</math></li> </ul>
	电流	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 电流有效值 <math>I_{rms}^{[1]}</math>、电流平均值(校准到有效值的整流平均值 <math>I_{mn}^{[2]}</math>、简单平均值 <math>I_{dc}^{[3]}</math>、整流平均值 <math>I_{rnmn}^{[4]}</math>)</li> <li>● 去掉直流分量的电流有效值 <math>I_{ac}</math></li> <li>● 电流的最大值/最小值 <math>I_{+pk}/I_{-pk}</math></li> </ul>
	功率	有功功率 $P$ 、视在功率 $S$ 、无功功率 $Q$ 、功率因数 $\lambda$ 、修正功率 $P_c$
	效率	可显示 6 个效率值， $\eta_1 \sim \eta_6$
	其它	相位差 $\varphi$ 、电压频率/电流频率、电压/电流峰值因数 <sup>[5]</sup> 、电压/电流波形因数 <sup>[6]</sup>
	电机相关	Speed(转速)、Torque(扭矩)、Pm(电机输出或机械功率)、SyncSp(同步速度)和 Slip(滑差)、Theta(电相角)、Thetap(电机转动机械角度)
接线组的 测量功能	电压	电压的平均值 $U\Sigma(U_{rms}\Sigma、U_{mn}\Sigma、U_{dc}\Sigma、U_{rnmn}\Sigma、U_{ac}\Sigma)$
	电流	电流的平均值 $I\Sigma(I_{rms}\Sigma、I_{mn}\Sigma、I_{dc}\Sigma、I_{rnmn}\Sigma、I_{ac}\Sigma)$
	功率	$P\Sigma$ (有功功率的总和)、 $S\Sigma$ (视在功率的总和)、 $Q\Sigma$ (无功功率的总和)、 $\lambda\Sigma$ (功率因数的平均值)、 $P_c\Sigma$ (修正功率的总和)
	其它	$\varphi\Sigma$ (相位差的平均值)
自定义功能	用户自定义测量功能 F1~F20	

[1]  $U_{rms}$ 、 $I_{rms}$  是电压或电流的真有效值。将 1 个周期里的每个瞬时值先平方，求它们的平均值，然后再求平方根。相关计算公式，见附录 B。

[2]  $U_{mn}$ 、 $I_{mn}$  是校准到有效值的整流平均值。将电压或电流的 1 个周期进行整流，求

得平均值，再乘以当输入信号为正弦波时成为真有效值的系数；但若输入波形为畸变波形或直流波形，则系数不同于真有效值。相关计算公式，见附录 B。

[3]  $U_{dc}$ 、 $I_{dc}$  即电压或电流 1 个周期的平均值。对计算直流输入信号的平均值和叠加在交流输入信号上的直流成分非常有效。相关计算公式，见附录 B。

[4]  $U_{rmn}$ 、 $I_{rmn}$  即整流平均值。是将电压或电流的 1 个周期进行整流，求得平均值，相关计算公式，见附录 B。

[5] 峰值因数是波形峰值和波形有效值的比值。

[6] 波形因数是波形有效值和波形校准到有效值的整流平均值比值。

在计算电压、电流的测量值时，PAH 系列功率分析仪还可运用数字滤波运算实现平均处理。

### 4.3 工作模式

功率分析仪有多个工作模式：

- **常规模式**。用于测量电压、电流、扭矩、转速、功率，并执行积分运算和波形运算；
- **常规测量分析模式**。常规测量分析模式下可将常规模式下保存的测量数据回放并分析，大大便利了用户对测量数据的观察和分析；
- **谐波模式**。可对基波频率在 0.5Hz~5kHz 的信号进行谐波测量；
- **IEC 谐波模式**。此模式可按 IEC61000-3-2 和 IEC61000-4-7 国际标准执行谐波测量；
- **电压波动和闪烁模式**。此模式下可按 IEC61000-3-3 和 IEC61000-4-15 国际标准执行电压波动和闪烁测量；也可自设测量条件，生成测量结果报告；
- **FFT 模式**。此模式可以通过 FFT(快速傅立叶变换)显示电压 U、电流 I、功率 P 和 Q 等输入信号的频谱；
- **周期测量分析模式**。此模式下，可测量交流输入信号各周期的电压、电流、功率及其它参数。

### 4.4 电压/电流模式

用户可指定对电压或电流的采样数据采取何种计算方式来显示计算结果。电压和电流模式决定了采样数据的计算方式，功率分析仪的部分测量功能会涉及电压/电流模式的选择。电压/电流模式包括如下五种：

- **RMS**：真有效值；
- **MEAN**：校准到有效值的整流平均值；
- **DC**：简单平均值；
- **AC**：交流成分的有效值；
- **RMEAN**：整流平均值。

每种模式的运算方法请查附录 B。

### 4.5 通信接口

功率分析仪标配 USB、Ethernet、GPIB 和 RS-232 四种接口。用户通过这些接口实现对功率分析仪的远程控制，也可以对功率分析仪采集的数据进行详细分析，生成报表。此外，功率分析仪还在前面板上提供音频输入和音频输出接口，详见图 4.1 和图 4.2。

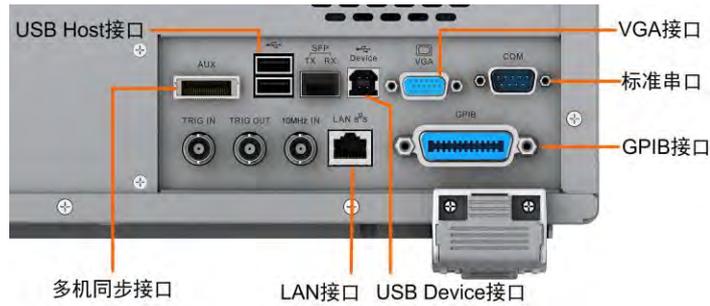


图 4.1 后面板通信接口



图 4.2 前面板通信接口

## 4.6 显示界面

功率分析仪的显示界面选择数值显示后，可以显示电压、电流和功率等的测量数据；采用上下分屏显示时，可同时显示波形×8、趋势×16、柱状图×8、波形运算×2、FFT×8。

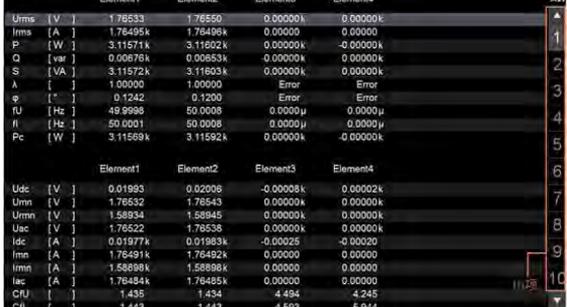
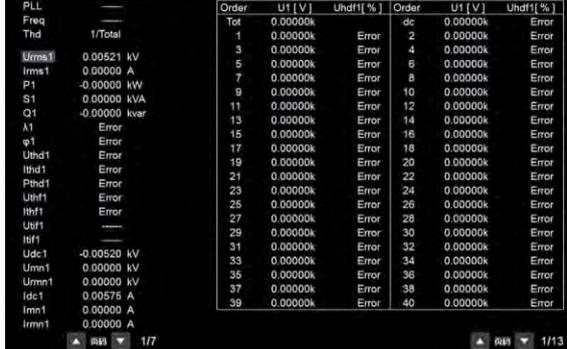
### 1. 多项目显示

对于数值型数据显示，可按多个测量项目显示，测量项目个数可以从 6 个、12 个、24 个、所有项目、用户自定义等中选择；此外，每个显示项目可分别设置。这便于用户快速查看各项参数，提高测量效率，详见表 4.2。

表 4.2 多项目显示

显示格式	图片	描述
6 项目		每屏显示 6 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。

续上表

显示格式	图片	描述
12 项目		<p>每屏显示 12 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。</p>
24 项目		<p>每屏显示 24 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。</p>
所有项目		<p>每屏尽可能多地显示测量数据，用户可翻页浏览。当有 2 张以上电机卡时，数值显示最多可达 10 页，用户可设定每页的显示项目，通过选择显示项目，可改变显示在该位置的数值数据。</p>
单列		<p>单列显示格式下可显示一个谐波测量项的测量数据，奇次谐波与偶次谐波分开显示</p>

续上表

显示格式	图片	描述
双列		双列显示格式下，可同时显示两个不同谐波测量项。
六列		六列显示格式下，可同时显示六个不同谐波测量项。
用户自定义		用户可根据自己的测量需求设置及显示测量项。

2. 组合视图

用户可通过组合视图同时查看数值和波形、数值和趋势、数值和柱状图等，例如图 4.3 数值和趋势显示所示的数值和趋势组合视图。

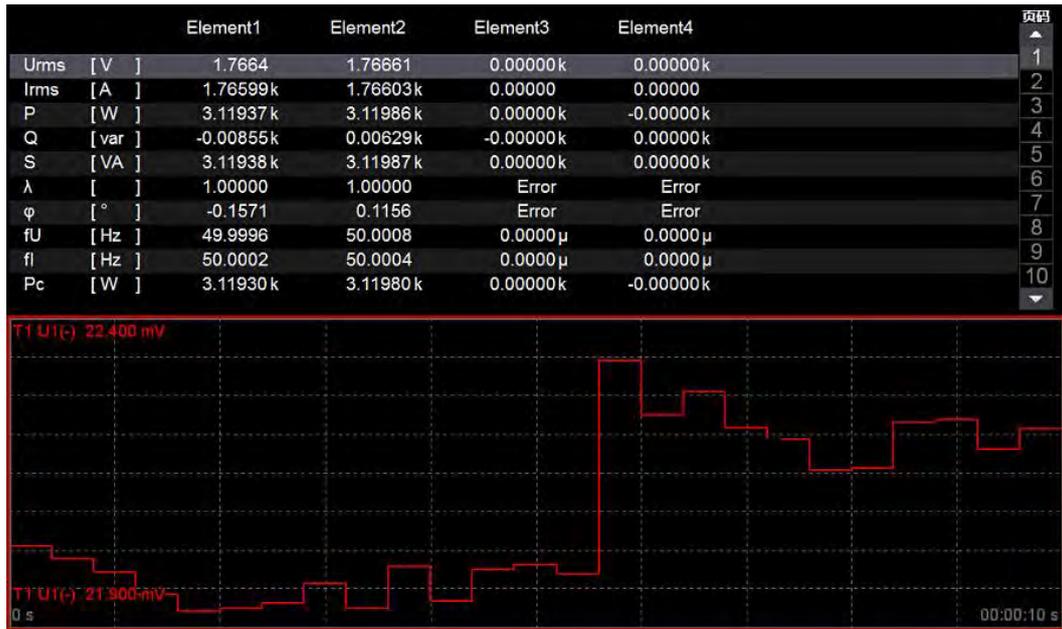


图 4.3 数值组合趋势图显示

### 3. 功能选择软键

用户可按下显示界面上的功能选择软键，弹出功能模块选择窗，在选择窗中选择功能模块，如图 4.4 所示。如果弹出功能选择窗后 12 秒内没有任何操作，则功能选择窗自动隐藏。



图 4.4 测量功能选择

## 4.7 测量分析功能

功率分析仪提供了丰富的测量分析功能：谐波分析、闪变分析、频谱分析、IEC 谐波分析、周期分析、向量图显示和采样数据的波形显示。

### 4.7.1 波形显示

波形显示可测量电压、电流、转速、扭矩等信号的波形，查看和分析电压-电流信号相位差、波形失真现象。可将多个波形在同一组内进行对比，也可分成多组进行监测，如图 4.5 和图 4.6 所示。

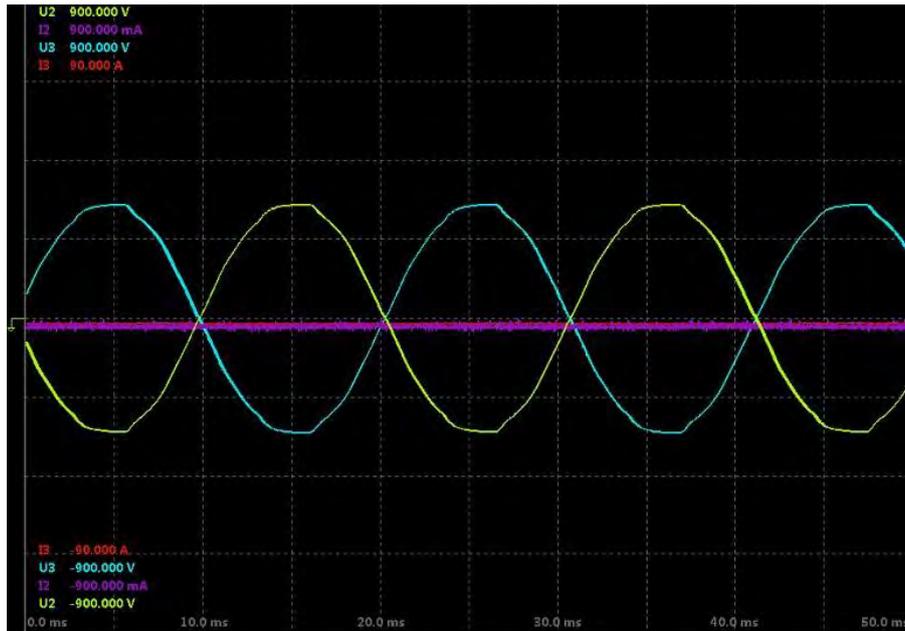


图 4.5 波形组合视图

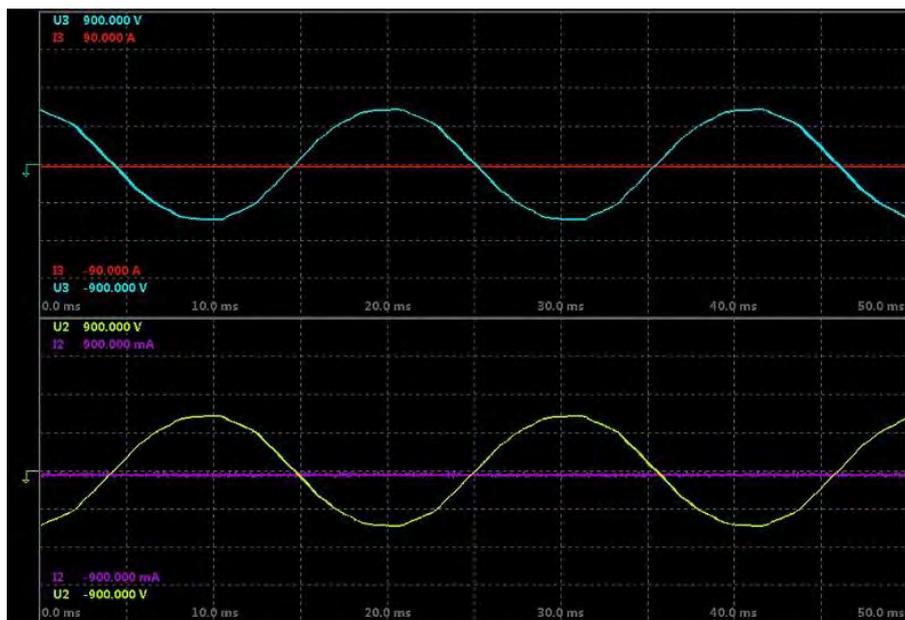


图 4.6 多个波形分屏显示

### 4.7.2 趋势分析

功率分析仪可测量各项数据在一段时间内的平均值，从而监控电源电压波动、电流消耗等数据的变化趋势。功率分析仪最多可同时查看 16 项数据趋势，详见图 4.7 和图 4.8。

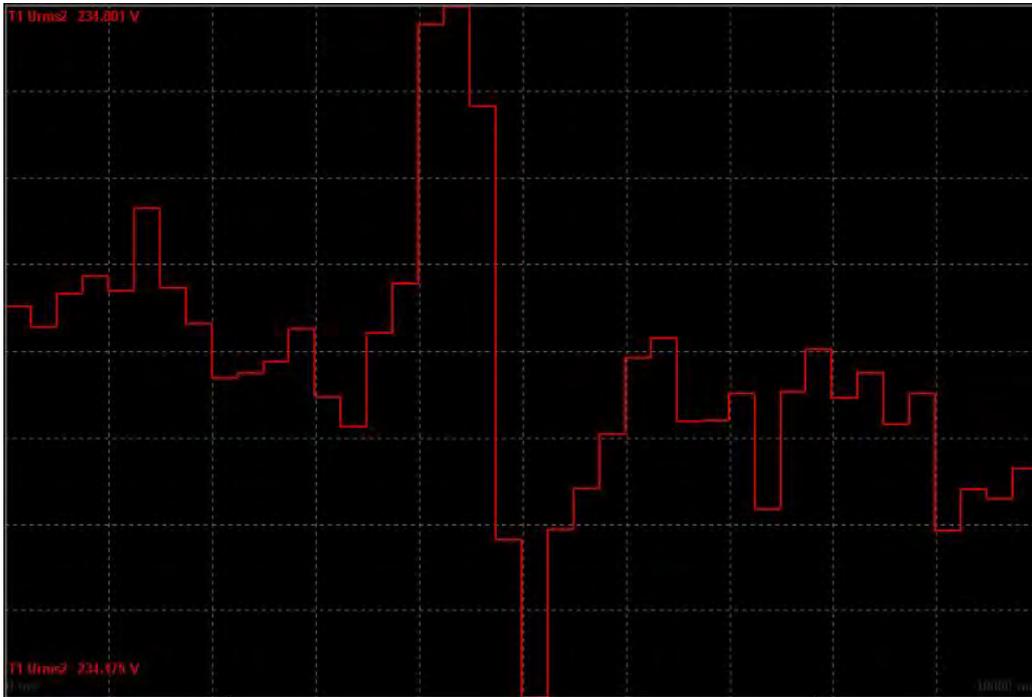


图 4.7 单个测量项目趋势分析图

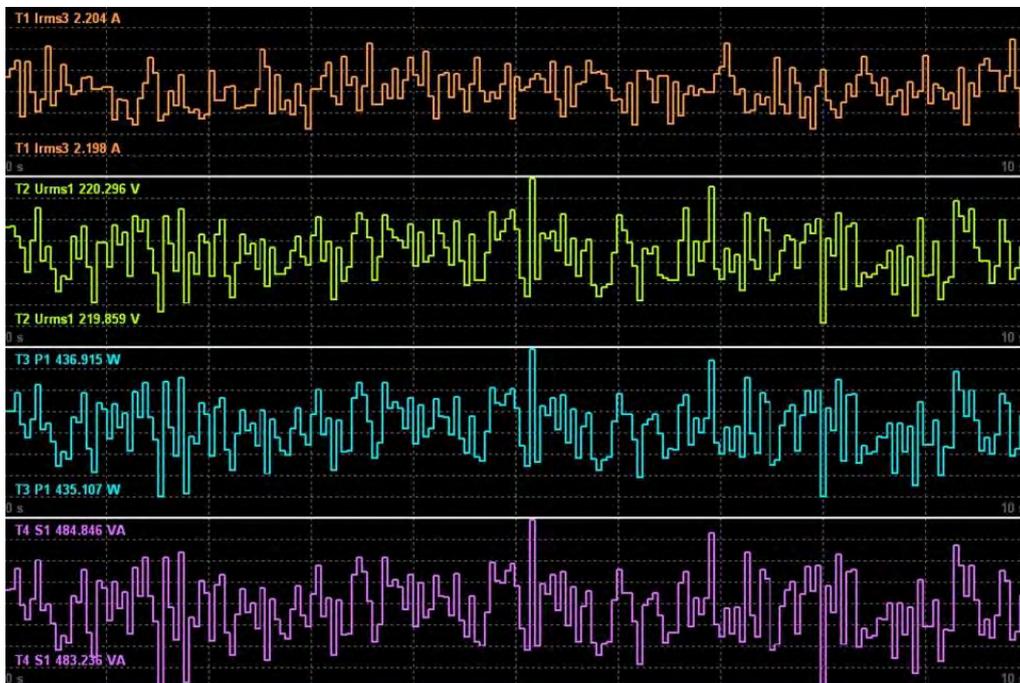


图 4.8 多个测量项目趋势分析图

### 4.7.3 谐波分析功能

功率分析仪提供了高带宽的谐波分析功能，用于分析信号中的谐波含量，如电压、电流、功率、相位角等。采用柱状图显示谐波分析结果，可以显示最大 500 次的谐波测量结果，最多同时显示 8 组谐波测量。详见图 4.9 和图 4.10。

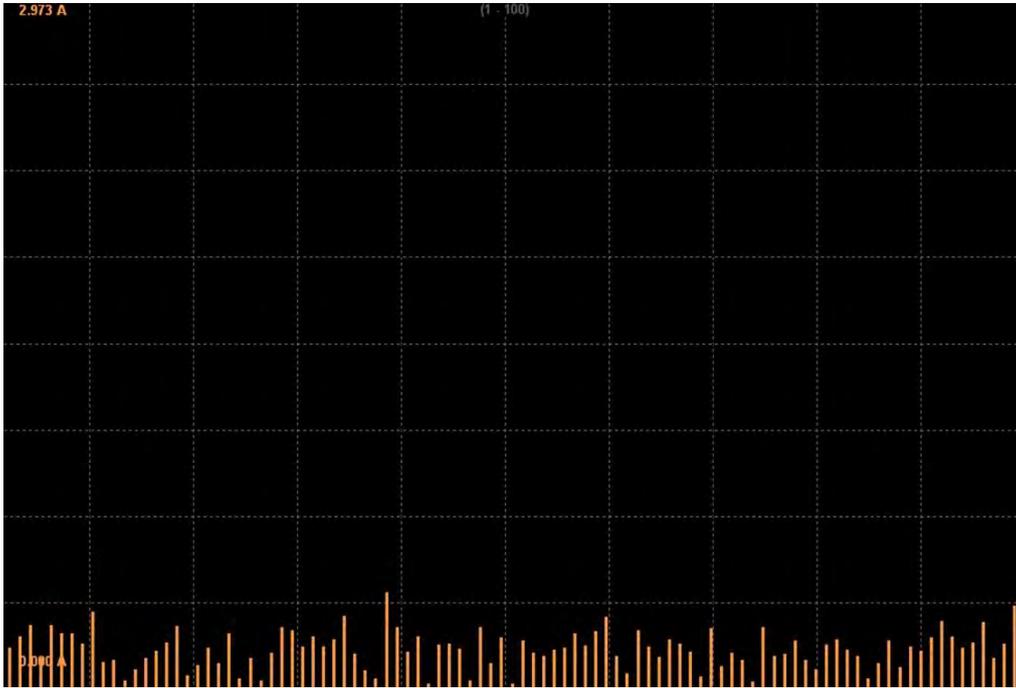


图 4.9 单个谐波柱状图

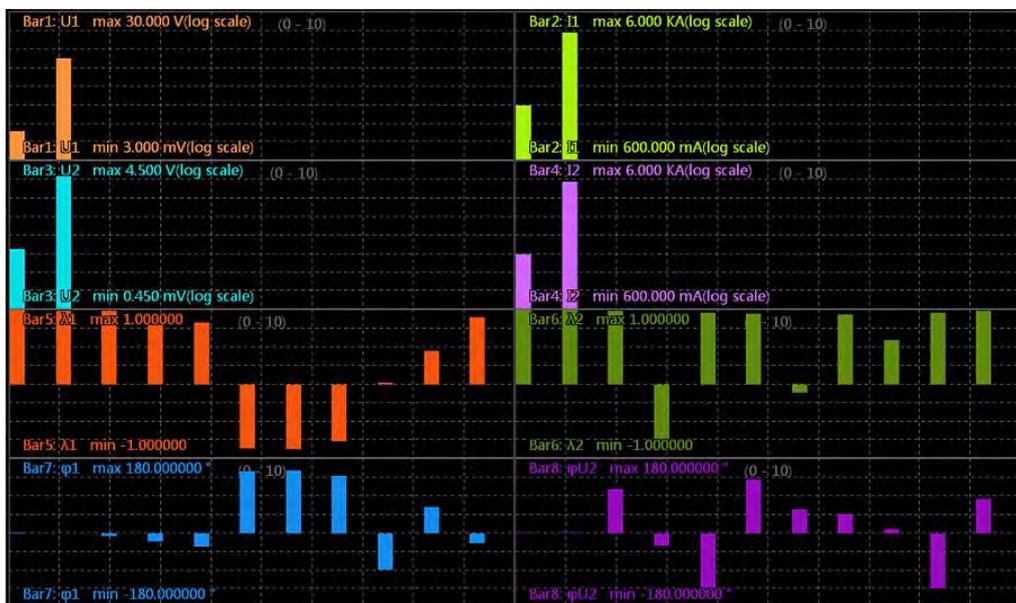


图 4.10 多个谐波柱状图

#### 4.7.4 FFT 功能

功率分析仪的 FFT 模块将电压电流等原始数据进行 FFT 运算，得出原始数据的频率分布图。功率分析仪可以同时计算八组 FFT 数据，并且可以实现数值、图形、数值+图形显

示。针对每一个 FFT 波形，可设置其显示标签、量程、参与运算的原始数据等信息；同时也可设置 FFT 窗口、FFT 点数以满足不同的测量需求。



图 4.11 FFT 数值+波形显示

#### 4.7.5 IEC 谐波测量

IEC 谐波模块将原始采样点进行 DFT 处理，再根据 IEC61000-4-7 的规范计算出相应结果并显示数据，包括谐波/间谐波子组、功率谱数据、谐波/间谐波指标，如图 4.12 和图 4.13。

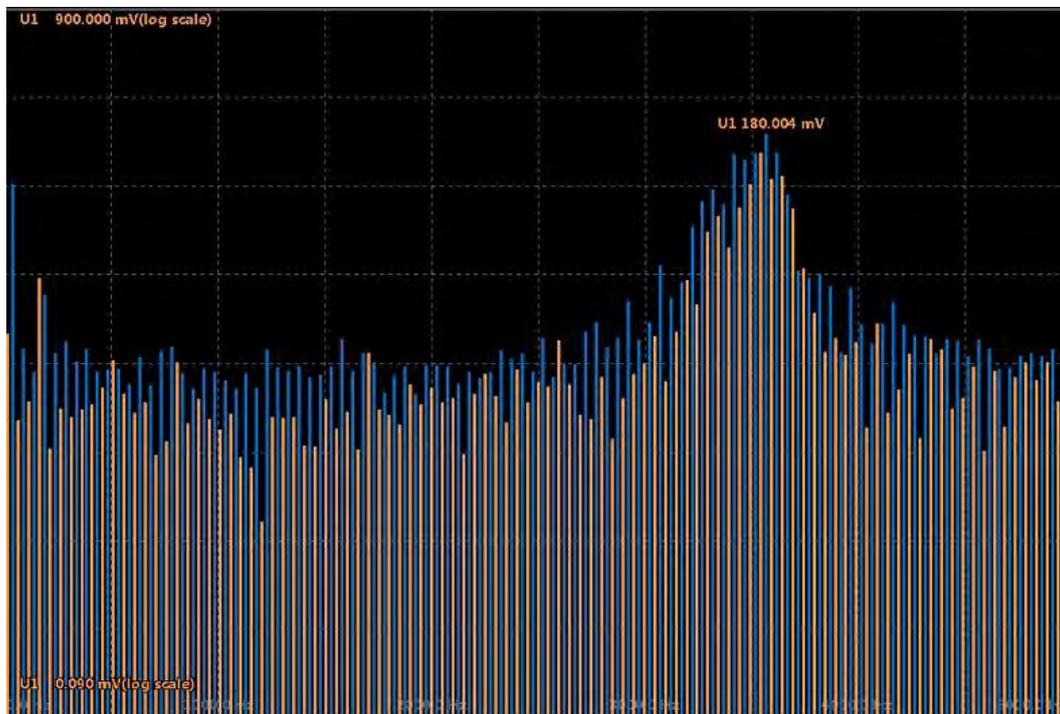


图 4.12 功率谱



图 4.13 IEC 谐波测量所有视图

#### 4.7.6 向量显示

测量各接线组的基波电压相位角、基波电流相位角、电压与电流的相位差、电压值、电流值、功率等，详见图 4.14。

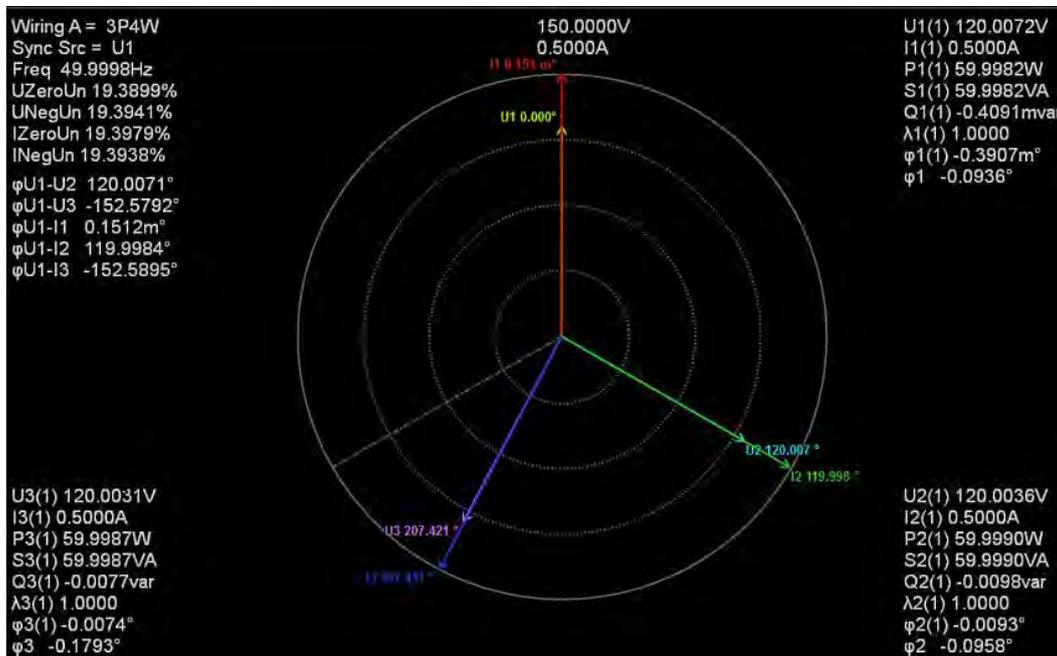


图 4.14 向量显示

#### 4.7.7 闪变分析

功率分析仪提供闪变分析功能，符合国际标准 IEC61000-4-15 和测量标准 IEC61000-3-3。

电压波动造成灯光照度不稳定，导致的人眼视感反应称为闪变。功率分析仪可测量相对

稳态电压变化  $dc$ 、最大相对电压变化  $dmax$ 、相对电压变化超过阈值的时间  $d(t)$ 、短时间闪烁值  $Pst$ 、长时间闪烁值  $Plt$ (手动测量只可测试  $dmax$ )，并可判断是否超过正常值，以此综合评估闪变程度。闪变分析手动测量视图和自动测量视图分别见图 4.15 和图 4.16。

次数		24/24	完成
周期间隔		00:00s/01:00s	
单元	1	单元1	判断
电压量程	3 V/50Hz	全部	判断
Un (设置)	230.000V	(单元1)	通过
Freq (U1)	50.000Hz		通过
Dmin	0.10%		

No.	dmax[%]	dmax[%]
No. 1	0.000 最小值	No. 13 0.000
2	0.000	14 0.000
3	0.000	15 0.000
4	0.000	16 0.000
5	0.000	17 0.000
6	0.000	18 0.000
7	0.000	19 0.000
8	0.000	20 0.000
9	0.000	21 0.000
10	0.000	22 0.000
11	0.000	23 0.000
12	0.000	24 0.000
限定值		1.10
结果 (dmax 平均值)		0.000 通过

图 4.15 闪变手动测量视图

次数		12/12	完成
周期间隔		00:00s/01:00s	
单元	1	单元1	判断
电压量程	3 V/50Hz	全部	判断
Un (设置)	230.000V	(单元1)	通过
Freq (U1)	50.000Hz		通过
Dmin	0.10%		

	dc[%]	dmax[%]	d(t)[ms]	Pst	Plt
限定值	1.10	1.10	200 3.00%	3.20	3.10 N:12
No. 1	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
2	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
3	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
4	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
5	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
6	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
7	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
8	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
9	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
10	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
11	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
12	0.000 通过	0.000 通过	0.0 通过	0.000 通过	
结果	通过	通过	通过	通过	0.000 通过

图 4.16 闪变自动测量视图

### 4.7.8 周期分析

周期分析以同步源信号为基准，计算每个交流输入单元和接线组的每个周期的电压、电流、有功功率、视在功率、无功功率、功率因数、转速、扭矩、机械功率。仪器可在一页内显示 7 种测量项 22 个周期的数据，周期分析次数范围为 10~4000 次。

同步源	U1	周期数	100	周期状态	Complete		
No.	Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	Q1[VA]	S1[var]	$\lambda$ ΣA[ ]
1	50.028	232.173	0.767	5.650	177.934	178.023	0.015
2	50.028	232.167	0.767	5.533	177.982	178.068	0.015
3	50.028	232.234	0.767	5.559	178.046	178.133	0.015
4	50.028	232.162	0.767	5.458	178.008	178.091	0.015
5	50.028	232.123	0.767	5.571	178.005	178.092	0.015
6	50.028	232.114	0.767	5.531	177.942	178.028	0.015
7	50.028	232.095	0.767	5.612	177.953	178.041	0.015
8	50.028	232.221	0.767	5.567	178.066	178.153	0.015
9	50.028	232.159	0.767	5.613	178.038	178.126	0.015
10	50.028	232.425	0.767	5.462	178.169	178.253	0.015
11	50.028	232.027	0.767	5.582	177.905	177.993	0.015
12	50.028	232.382	0.767	5.534	178.216	178.302	0.015
13	50.028	232.115	0.767	5.454	177.914	177.997	0.015
14	50.028	231.940	0.767	5.531	177.768	177.854	0.015
15	50.028	231.957	0.767	5.516	177.864	177.949	0.015
16	50.028	232.254	0.767	5.484	178.057	178.141	0.015
17	50.028	232.066	0.767	5.492	177.887	177.971	0.015
18	50.028	232.159	0.767	5.504	178.017	178.102	0.015
19	50.028	232.068	0.767	5.538	177.904	177.990	0.015
20	50.028	232.084	0.767	5.552	177.905	177.992	0.015
21	50.028	231.944	0.767	5.568	177.853	177.940	0.015
22	50.028	232.042	0.767	5.621	177.922	178.010	0.015

图 4.17 周期分析视图

#### 4.7.9 波形运算

波形运算模块除了波形显示之外，还能够使用自定义公式进行波形运算并显示。功率分析仪可以同时设定两套公式，每套公式可以使用各个通道的 U、I 作为变量进行运算；公式中也可包含 Sin、Cos 以及 Sqrt 等常用函数。

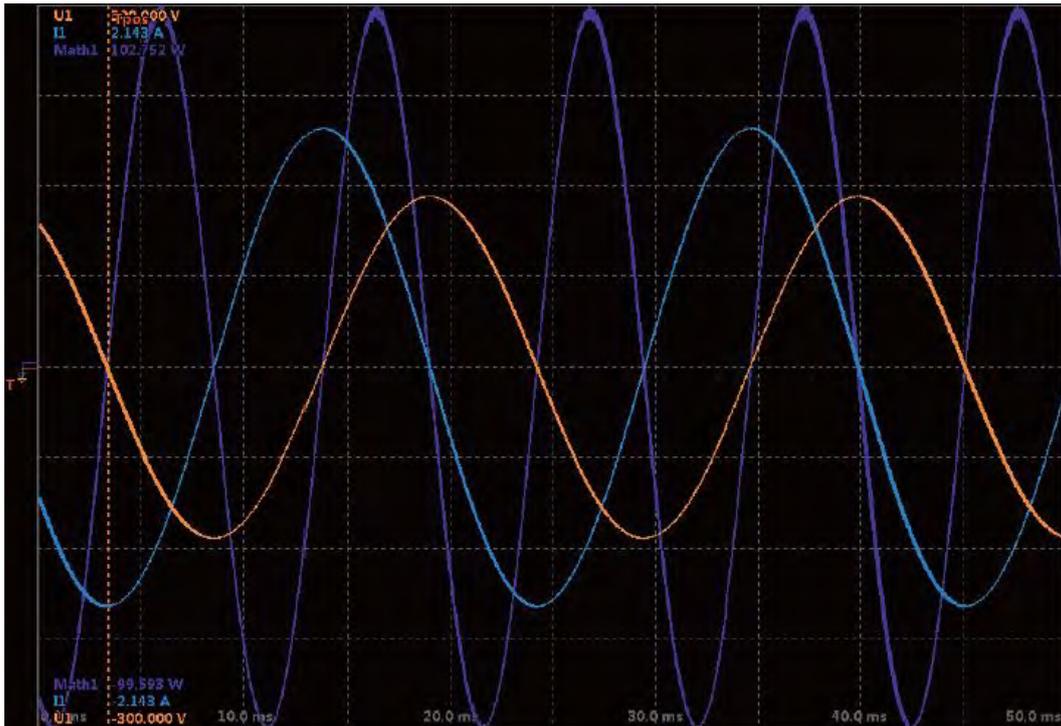


图 4.18 波形运算

#### 4.7.10 常规分析模式

在某些应用场合，用户需要测量仪器保存已测量的数据，并且在仪器上对数据执行各测量分析操作；另外，在某些应用场合，需要将变化速度较快的测量数据先保存，再逐个调出执行分析。

在常规模式下，功率分析仪会自动保存当前的测量数据；之后，令功率分析仪进入常规分析模式，用户可调出当前保存的测量数据，并执行常规模式下的各种测量分析操作。

#### 4.7.11 IEEE-1459

IEEE-1459-2010 在正弦、非正弦、平衡和非平衡的条件下电功率值的测量用的新定义的试行标准。支持单相非正弦系统、三相正弦不平衡系统、三相非正弦不平衡系统的功率分析，给出了非有功功率定义与分解的方法和理论依据。

#### 4.7.12 电机测量

使用电机测量功能，可直接测出电机的转速、扭矩及机械功率。来自转速传感器或扭矩仪的信号可选择模拟信号（直流电压）或脉冲信号。另外，通过设定电机极数，可计算电机的电相角、同步速度和滑差；并且可利用本仪器测得的有功功率、频率和电机输出，计算电机效率和总效率，电机测量结果示意图见图 4.19。

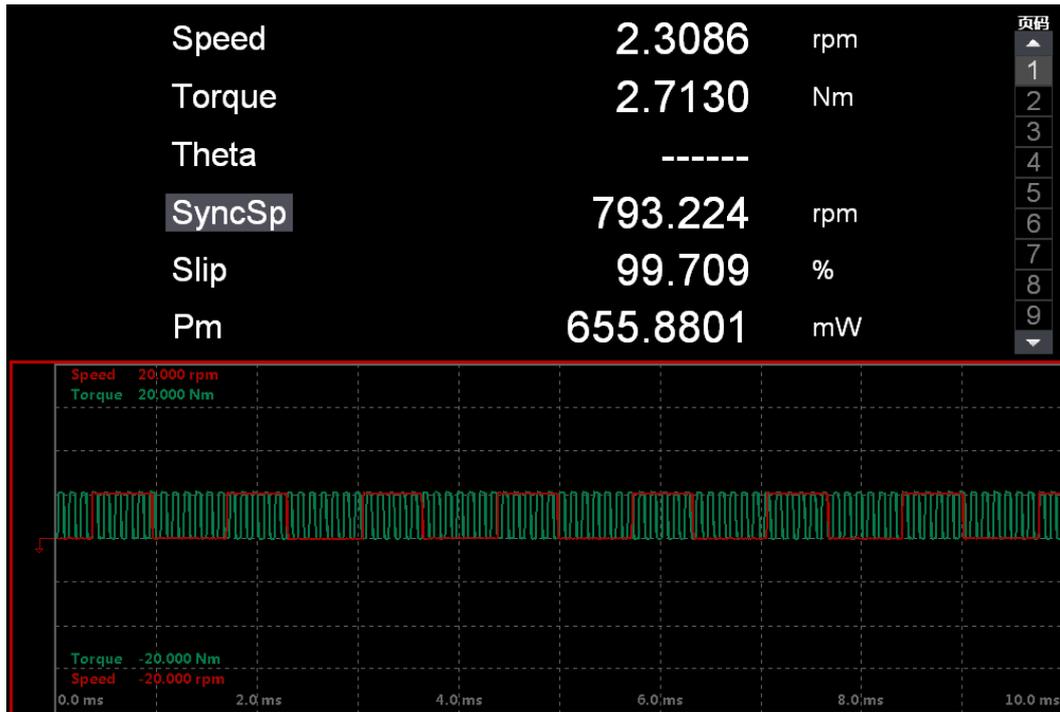


图 4.19 电机测量

#### 4.8 补充阅读

输入单元是指一组可以输入 1 相被测电压和电流的输入端子，输入端子均采用安全端子，以保证现场操作的便利性和安全性。功率分析仪有 7 个通道输入单元，可分别支持 7 通道功率单元、7 通道电机单元、或功率单元和电机单元组配，例如 5 通道功率输入单元和 1 通道电机输入单元，如图 4.20。输入单元的编号为 1~5，在被测量符号后添加编号，可判断出功率分析仪所显示测量数据所属的输入单元。例如，“Urms1”表示单元 1 的电压真有效值。

功率分析仪的功率输入单元电压端子支持直接输入或者 PT(电压互感器)输入；电流端子支持电流直接输入或者 CT(电流互感器)输入，也可以通过电流传感器输入。

功率分析仪也可以增加电机输入单元，该单元用于测量电机扭矩信号和转速信号，详见图 4.20。

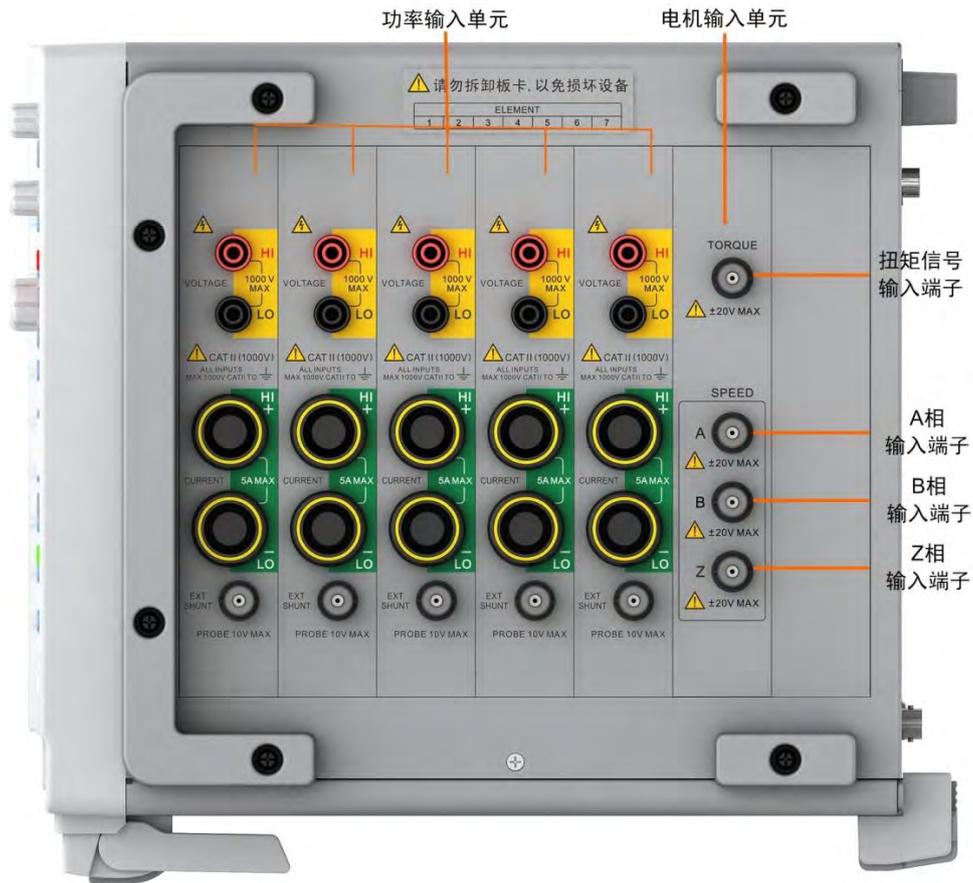


图 4.20 电机信号输入

图 4.21 描述了输入信号到功率分析仪的连接。

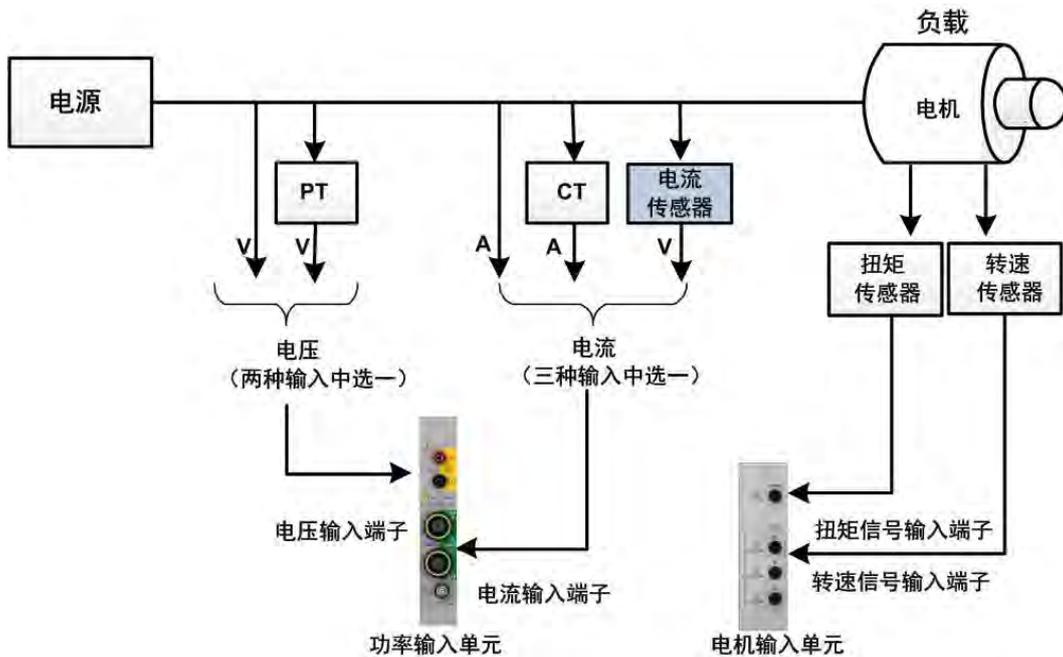


图 4.21 输入信号到输入单元

## 4.8.1 接线组

用户可以将 2~3 个类型相同的板卡(即输入单元)组成一组,即为接线组,以此来测量输入信号。功率分析仪根据接线方式的类型,最多可以组成 3 个接线组,分别用符号  $\Sigma A$ 、 $\Sigma B$  和  $\Sigma C$  表示,如图 4.22。

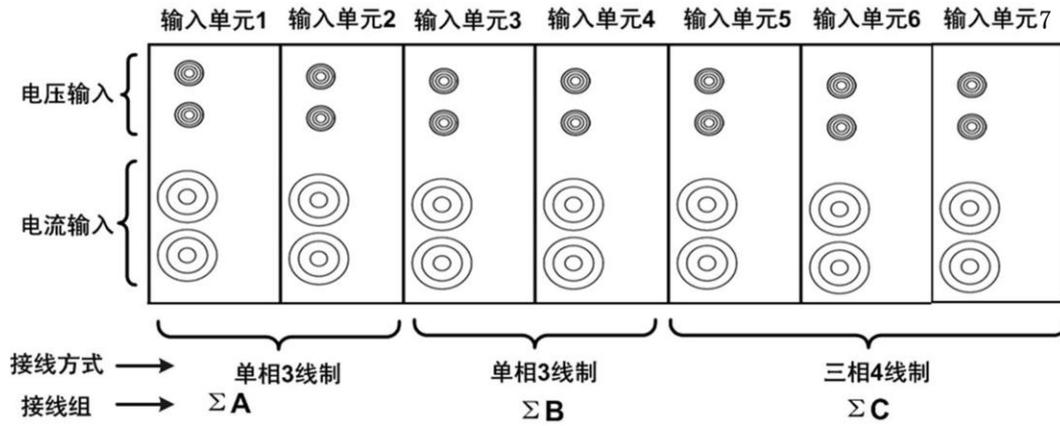


图 4.22 接线组

## 5. 面板介绍

本章介绍 PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪前/后面板和侧面板的功能。除型号标识外，PA8000、PA6000H、PA5000H 系列功率分析仪的各面板均完全相同。下文以 PA8000 高精度宽带功率分析仪为例介绍面板功能。

### 5.1 前面板

#### 5.1.1 面板组件

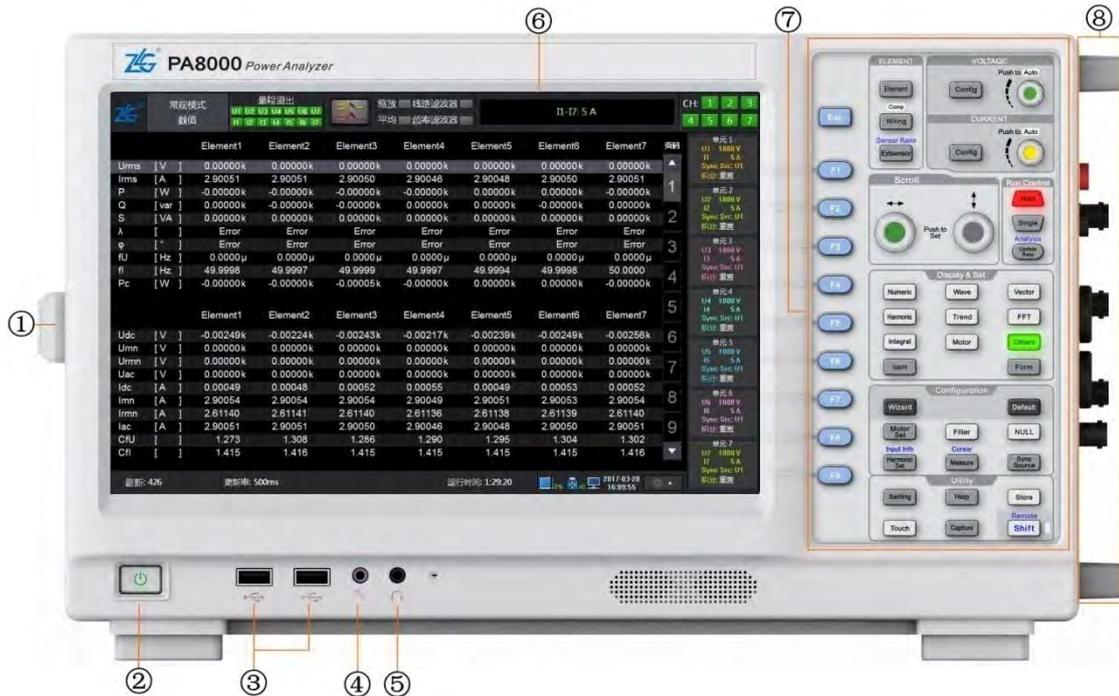


图 5.1 前面板

对图 5.1 中各部分功能依次序说明如下：

- ① 提手。用于移动功率分析仪设备。如图 5.1 的标注①处所示。
- ② 电源键。用于接通或切断功率分析仪的电源。如图 5.1 的标注②处所示。
- ③ USB Host 接口。用于连接 USB 存储器和 USB 键盘等。如图 5.1 的标注③处所示。
- ④ 麦克风接口。如图 5.1 的标注④处所示。
- ⑤ 音频输出接口。如图 5.1 的标注⑤处所示。
- ⑥ 液晶显示屏。如图 5.1 的标注⑥处所示。
- ⑦ 功能按键区。如图 5.1 的标注⑦处所示。
- ⑧ 输入接口。如图 5.1 的标注⑧处所示。

#### 5.1.2 显示界面

##### 1. 界面描述

根据测量功能和工作模式的不同，显示界面也有所不同，图 5.2 给出了常规测量模式下功率测量(数值显示)的屏幕显示实例。



图 5.2 常规测量模式下的屏幕显示

对图 5.2 所示显示界面各部分功能说明如下：

- 当前工作模式。用于说明功率分析仪当前所处的工作模式；
- 超量程指示灯。当有功率输入单元或电机输入单元的测量值超过量程，则指示灯变为红色，否则指示灯为绿色。若没有插入功率输入单元或电机输入单元，则对应的指示灯为黑色；
- 测量设置。快捷实现板卡单独或统一测量参数设置，如电压/电流量程、同步源、滤波器、传感器比率，如图 5.3；
- 功能运行状态指示灯。显示比例系数功能、滤波器、平均功能的使能或关闭状态；
- 数据更新率。用于显示功率分析仪当前选择的数据更新率；
- 积分状态。用于显示当前积分功能的执行状态和积分的时间参数。积分状态包括：Start(启动)、End(结束)、Error(错误)、Reset(重置)、Ready(就绪)。根据积分模式的不同，还会显示不同的积分时间参数。积分时间参数包括定时时间、积分开始时间和结束时间、积分运行时间等；
- 页码条。用于指示当前显示测量数据所在页；

表 5.1 连接状态显示

连接状态说明	对应图标
USB 设备连接	
USB 设备未连接	
以太网已连接	
以太网未连接	

- 输入通道指示灯。用于指示当前选中须进行配置的输入单元；
- 系统日期/时间。当前的年月日时间；
- USB、以太网连接状态。用于显示 USB、以太网的连接状态；详见表 5.1；
- 存储空间状态。显示功率分析仪内部磁盘的存储空间使用率；
- 常用设置。按下该键显示常用设置界面如图 5.4 所示，便于用户在触摸屏上快速进入常用设置；
- 采样数据更新次数。用于显示测量启动后，当前各个输入通道采样数据的次数。



图 5.3 配置向导之测量图片



图 5.4 快捷常用设置菜单

## 2. 显示符号

显示界面里可能出现的各种显示符号说明如图 5.5 所示。

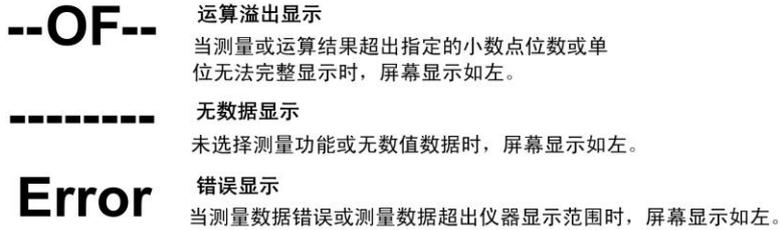


图 5.5 非数值显示

## 3. 超量程显示

当测量项目的rms 测量数值超过当前量程的 110%或测量项的测量峰值超过当前量程的 324%时，测量值会变为红色，提示用户测量值超过了当前量程，详见图 5.6。



图 5.6 超量程显示

## 4. 测量数值显示

本节介绍功率分析仪的测量值显示。显示测量值时可使用如下形式：

- 数值+词头+计量单位。例如 1kV、100kV；
- 数值+计量单位。例如 1000V、0.3A。

表 5.2 词头

### (1)数值

数值直接用阿拉伯数值表示，并且有效位数为最高 7 位。

对应因数	词头
$10^6$	M
$10^3$	k(小写)
$10^{-3}$	m

### (2)词头

词头符号

词头是加在计量单位前面构成十进制倍数或分数的因数符号，必须与计量单位连用，例如：3kΩ 不能写作 3k。测量数值显示使用的词头符号与对应的因数见表 5.2。

### 大小写

当词头对应的因数等于或大于  $10^6$ ，词头符号须大写；当词头对应的因数小于等于  $10^3$ ，词头符号须小写。

### (3)计量单位

测量数值中使用的计量单位见表 5.3。

表 5.3 计量单位及其显示形式

计量单位	显示形式	计量单位	显示形式
伏特	V	赫兹	Hz
安培	A	转/分	rpm
瓦时	Wh	牛米	Nm
安时	Ah	瓦特	W
伏安	VA	度	°
伏安时	VAh	欧姆	Ω
乏时	varh	乏	var

## 5.1.3 功能按键区

### 1. 概述

功能按键区如图 5.7 所示。对于具有上档功能的按键，用户可双击按键执行按键功能切换。例如，双击图 5.7 所示的 Element 按键，可同时选中所有输入单元。长按每一个按键则

会显示该按钮的帮助信息。



图 5.7 功能按钮区

## 2. 系统功能按钮区

### (1) 系统功能按钮说明

系统功能按钮区用于功率分析仪器自身的设置或操作，如图 5.8 所示，包括：上档功能键、存储功能键、系统功能设置键、截图功能键、帮助功能键等。



图 5.8 系统功能按钮区

### (2) 按钮功能说明

对如图 5.8 所示按钮功能说明如下所述。

#### 系统功能设置键(Setting 键)

按下此键后，可显示系统功能设置菜单。用户可在菜单里设定日期/时间、锁键和解锁、显示亮度/对比度/分辨率、显示颜色、显示语言、风扇速度、屏幕捕获参数、触摸屏校准参数，还可执行文件管理、软件更新、设定信息初始化、查看系统状态、使用通信命令设定远程控制等功能。

#### 帮助功能键(Help 键)

按下此键后显示帮助窗口，为当前菜单提供帮助信息。

#### 屏幕捕获键(Capture 键)

用于保存/打印屏幕图像数据。用户可通过 Setting 键进入屏幕捕获菜单，设定打印目的地、打印格式等。连接两下 Capture 键则进入屏幕捕获设置菜单。

#### 存储键(Store 键)

用于启动/停止存储操作等。按下该按键后，可显示存储/回读菜单，用户可在存储菜单里设置存储操作的开始、暂停、结束；或在回读菜单选择回读文件和回读帧。连接两次 Store 键则进入存储设置菜单，设置存储参数。

#### 触摸功能键(Touch 键)

功率分析仪触摸屏开关。当按下 Touch 键，Touch 键亮后，功率分析仪触摸屏功能启动；再按一下 Touch 键，Touch 键灭，则功率分析仪触摸屏功能关闭。

#### 上档键(Shift 键)

当功率分析仪处于本地操作模式时，按下 Shift 键可激活上档键功能，此时可执行面板按键的上档功能(该功能在按键上方用蓝色文字标注)。

当功率分析仪处于远程控制模式时，按下 Shift 键，则激活本地操作模式，此时用户可以使用面板按键；若再按一次 Shift 键，则激活上档键功能。

### 3. 测量初始化按键区

测量初始化按键区见图 5.9，该区用于初始测量条件，对图中各个按键或旋钮说明如下。

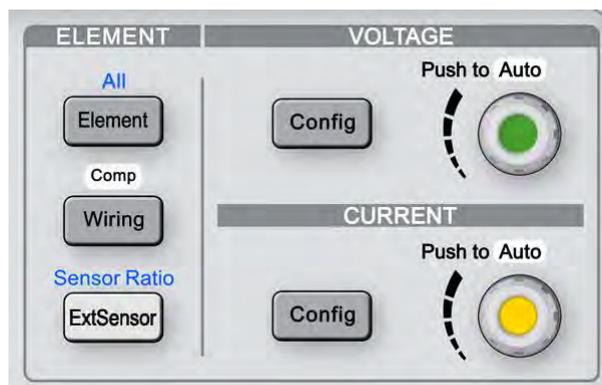


图 5.9 测量初始化按键区

#### 输入单元选择键(Element 键)

按下该按键显示输入单元选择菜单，用户可在菜单里选择须使用的输入单元；该按键的上档功能是选择所有输入单元。用户可连接两次 Element 键激活上档功能或使用上档键(Shift 键)选择。

#### 接线设置键(Wiring 键)

按下该键后，显示接线设置菜单；在菜单里用户可设定输入单元的接线参数，例如效率公式、接线补偿等。当开启接线补偿功能时，Wiring 键上方的 Comp 指示灯会点亮；否则熄灭。

### 外部传感器键(ExtSensor 键)

按下 ExtSensor 键可开启/关闭外部传感器输入通道。连接两次 ExtSensor 键或使用上档键（Shift 键）则显示缩放菜单，用户可在缩放菜单里选择缩放比例和传感器比率。

### 量程配置按键(Config 键)

如图 5.10 示，量程配置按键分为电压量程配置按键和电流量程配置按键。以电压量程配置按键为例，按下 Config 键则显示如图 5.11 所示的电压量程配置菜单，用户可在量程配置菜单指定所有输入单元或指定输入单元的可选量程，之后可通过量程设置旋钮在可选量程范围内选择所需的量程。

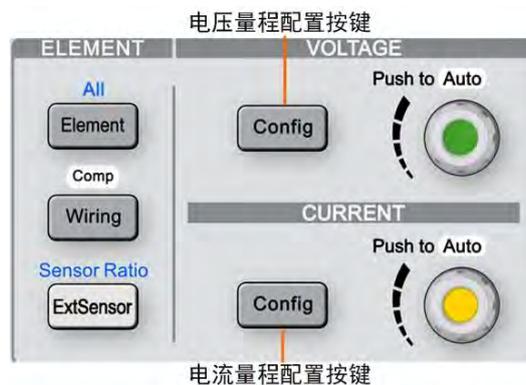


图 5.10 电压/电流量程配置按键

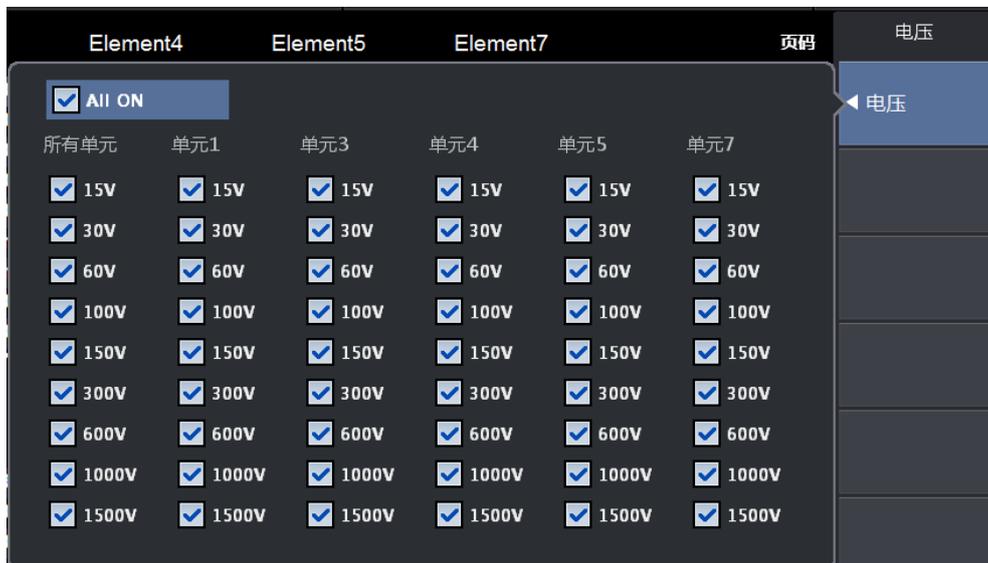


图 5.11 PA8000/PA6000H 电压量程范围配置



图 5.12 PA5000H 电压测量范围量程

### 量程设置旋钮

量程设置旋钮用于选择量程设置模式和量程, 包括电压和电流量程设置旋钮, 如图 5.13 所示。

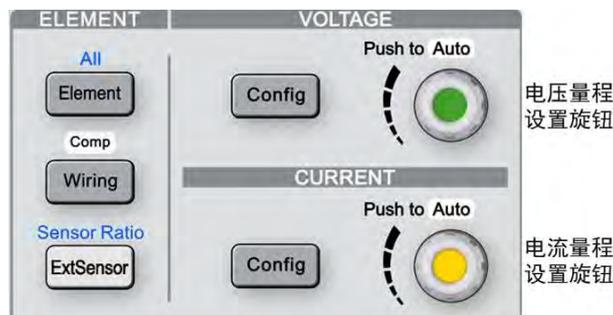


图 5.13 量程设置旋钮

按下量程设置旋钮, 则 Auto 指示灯亮并开启自动量程功能, 此时功率分析仪将根据输入信号的振幅自动设定量程; 但若转动旋钮, 则 Auto 指示灯熄灭, 并切换到手动量程模式, 此时用户可转动旋钮在可选量程范围里选择所需量程(可选量程通过量程配置按键来设置, 见图 5.9)。

### 4. 菜单操作&运行控制按键区

菜单操作&运行控制按键区用于菜单操作和测量功能的运行控制, 相关按键功能说明如图 5.14 所示。

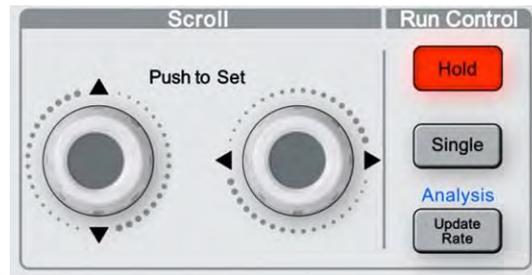


图 5.14 运行控制功能键区

**Hold 键**

Hold 键用于暂停当前测量并保持当前测量结果的显示。按下 Hold 键后，仪器进入保持状态并且 Hold 指示灯点亮。

保持状态下，以数据更新率进行的测量和显示动作被暂停，而所有测量功能的数据仍保持显示。此时，使用外置打印机打印的数据列表、通信输出的数值数据及其它数值均为保持状态下的数值数据。

再按一次 Hold 键，Hold 指示灯熄灭，恢复正常测量功能，数据显示的更新恢复。

**单次测量键(Single 键)**

按下 Single 键可执行单次测量操作，Single 键见图 5.14。

保持状态下执行单次测量，则按当前数据更新率进行 1 次测量后重新进入保持状态。在非保持状态下执行单次测量，则仪器立即重新开始测量。

**数据更新率设定菜单键(Update Rate 键)**

按下该键后，可配置电压、电流和功率等数据的捕获间隔，也即数据更新率。加快数据更新率，可获取电力系统较快的负载变动；减慢数据更新率，可测量相对低频信号。

**常规分析模式键(Analysis 键)**

按下 Analysis 键，可使功率分析仪进入常规分析模式，并且显示常规分析模式的设定菜单。执行 Analysis 键的功能，需要同时按下 Shift 键和 Update Rate 键或连接两次 Analysis 键（连接两次时间间隔需小于 250ms）。

**返回键(ESC 键)**

返回键(ESC 键)具有隐藏当前菜单、显示当前菜单、返回上一级菜单的功能：

返回上一级菜单。如果当前菜单不是最上级菜单，按下该键返回上一级菜单；

隐藏当前菜单。如果当前菜单已是最上级菜单，则按下 ESC 键后，隐藏当前菜单；

显示当前菜单。如果当前菜单已经隐藏，则按下 ESC 键后，会显示当前菜单。

**菜单操作旋钮**

菜单操作旋钮控制菜单中的光标移动，包括水平旋钮和垂直旋钮：

顺时针方向转动水平旋钮，则菜单光标向右移动，逆时针方向旋转则向左移动；

顺时针方向转动垂直旋钮，则菜单光标向上移动，逆时针方向旋转则向下移动；

按下水平或垂直旋钮，则确认光标选中的项目。

**5. 测量显示设置按键区**

测量显示设置按键区如图 5.15 所示，用于设置数值/波形/向量/周期/谐波/电压波动和闪

烁/积分/电机等测量功能以及测量分析功能的显示。

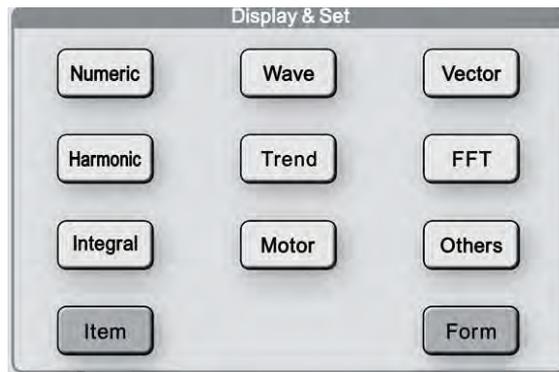


图 5.15 显示测量/运算结果

对图 5.15 中测量显示设置按键区的按键功能说明如下。

#### 显示项目配置菜单键(Item 键)

在屏幕显示数值数据时，按下 Item 键出现显示项目配置菜单，用户可在菜单里配置当前选中项目的输入单元、测试项目、谐波次数等。

#### 测量数据显示按键(Numeric 键)

按下该键则显示测量数据。

#### 显示格式配置按键(Form 键)

按下 Form 键，进入显示格式配置菜单，可配置当前测量或分析功能的显示格式。例如，按下 Numeric 键进入测量数据显示功能后，按下 Form 键可配置显示的测量项目数目。

#### 波形显示按键(Wave 键)

按下 Wave 键则显示当前测量数据对应的波形。按下 Wave 键再按下 Form 键，可设定波形的显示参数，例如：波形分屏显示窗口数目、时间窗设置范围等。

#### 向量显示按键(Vector 键)

按下 Vector 键则显示向量图，此时再按下 Item 键，则可配置向量的显示参数，如电压向量缩放、电流量缩放等。

#### 谐波测量按键(Harmonic 键)

按下 Harmonic 键后，显示谐波测量的结果与谐波测量参数配置菜单、谐波模式选择。

#### 趋势测量按键(Trend 键)

按下 Trend 键后，显示趋势测量结果，与趋势测量参数配置菜单。

#### 积分测量键(Integral 键)

按下 Integral 键后显示积分测量结果与测量参数配置菜单。可在菜单里设定积分模式、积分定时器、积分自动校准、积分功能的开始/停止/重置等功能参数。

#### FFT 测量功能键(FFT 键)

FFT 测量功能键，按下后显示 FFT 测量结果与 FFT 配置菜单。

#### 电机测量功能键(Motor 键)

电机测量功能键，按下后显示电机测量结果与测量参数配置菜单。

#### 其它功能键(Others 键)

用于执行其它测量分析功能，例如：柱状图、周期分析、闪变波动、X-Y、IEEE-1459、数值+波形、数值+FFT 等。

### 测量功能配置按键区

该按键区用于配置测量功能的功能参数，如图 5.16 所示，相关按键说明如下所述。



图 5.16 显示项目与输入单元设置按键区

### 滤波器设定键(Filter 键)

按下该键后进入滤波器设置菜单，用户可设置线路滤波器、频率滤波器。

### 输入信息查询(Input Info)

先按下 Shift 键，然后按下 Harmonic Set 键，执行输入信息查询功能，显示输入信息菜单，用户可在菜单里查询每个输入单元的接线方式、接线组、测量量程、输入滤波器、比例及同步源等信息，如图 5.17 所示。

	单元1	单元2	单元3	单元4
接线	1P3W	1P3W	1P2W	1P2W
电压	10V	10V	1000V	1000V
电流	2V	2V	2V	2V
外部传感器	开	开	开	开
传感器比率(mV/A)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
线路滤波器(电压)	OFF	OFF	OFF	OFF
线路滤波器(电流)	OFF	OFF	OFF	OFF
频率滤波器(电压)	OFF	OFF	OFF	OFF
频率滤波器(电流)	OFF	OFF	OFF	OFF
缩放	关	关	关	关
PT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
CT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
数字滤波(电压)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
数字滤波(电流)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
同步源	U1	U1	U1	U1

图 5.17 输入信息

### NULL 功能键(NULL 功能)

按下 NULL 键，执行 NULL 功能，NULL 指示灯点亮；此时，采样到的所有输入单元或接线组测量回路里的直流成分被去除；再按一次 NULL 键，NULL 指示灯熄灭，NULL 功能失效。

### NULL 功能设置(NULL Set)

按下 Shift+NULL 键或快速双击 NULL 键（建议时间间隔 250ms 内），显示 NULL 设置菜单，用户可分别指定各测量回路的 NULL 操作，如图 5.18 所示。OFF 选项指不执行 NULL 操作，ON 指执行 NULL 操作，USER 则指在执行 NULL 操作时对指定测量回路的直流成分减去指定偏置值，偏置值可在如图 5.19 所示对话框设置。



图 5.18 NULL 设置



图 5.19 NULL 偏置值设置

**自定义功能键(Measure 键)**

按下自定义功能键，显示自定义测量功能菜单，可设置自定义测量功能。

**光标测量设置(Cursor 功能)**

按下 Shift 键再按下 Measure 键，可进入光标测量菜单，设置光标测量参数。

**同步源菜单键(Sync Source 键)**

按下此键后显示同步源菜单，用户可设定每个输入单元的同步源。

**电机测量设置键(Motor Set 键)**

按下该键后显示电机设置菜单。

**谐波设置键(Harmonic Set 键)**

按下谐波设置键可弹出谐波设置菜单，可设置 PLL 源、Thd 公式等谐波参数，如图 5.20 和图 5.21。

常规谐波模式，按下谐波设置键可弹出谐波设置菜单，可设置频率源、Thd 公式等谐波参数，如图 5.22、图 5.23。



图 5.20 谐波设置菜单 1 所示



图 5.21 谐波设置菜单 2



图 5.22 常规谐波设置

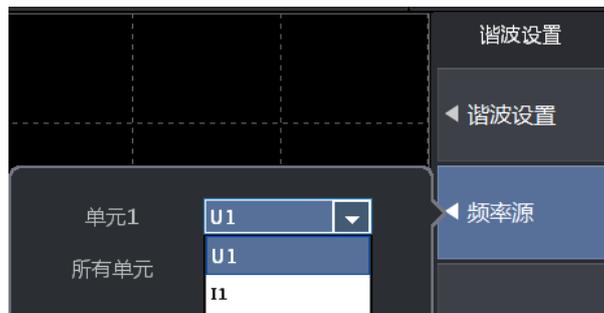


图 5.23 常规谐波设置频率源

## 6. F1~F9 功能键区

F1~F9 功能键区包括 F1~F9 一共 9 个按键，如图 5.24 所示。F1~F9 功能键区可以用于选择屏幕上位于按键左方的相邻菜单。例如，F1 按键可用于选择在其左方的菜单，F2 按键则可用于选择在其左方的菜单。



图 5.24 F1~F9 功能键区

## 5.2 后面板

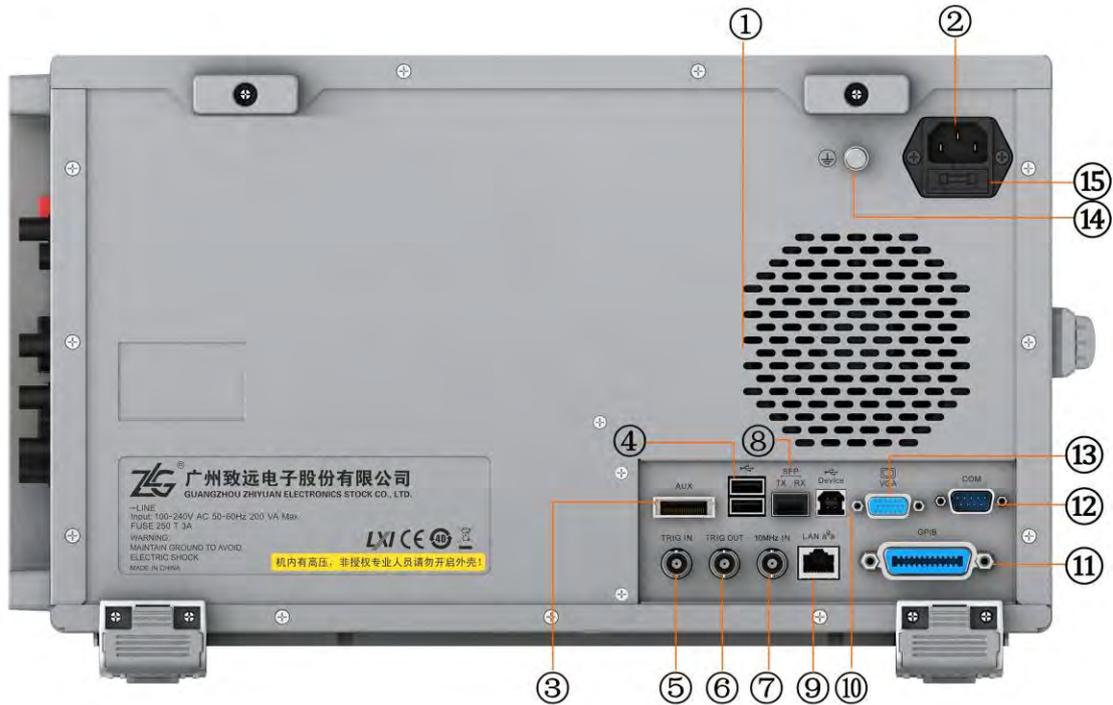


图 5.25 后面板说明

对图 5.25 中各部分功能依次序说明如下：

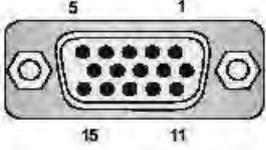
- 散热孔。用于功率分析仪的散热。如图 5.25 的标注①处所示。
- 电源插座。如图 5.25 的标注②处所示。
- 多机同步接口。如图 5.25 的标注③处所示。
- USB Host 接口：如图 5.25 的标注④处所示，两个 USB Host 接口，可用于连接 USB 存储器或 USB 键盘。
- 触发信号输入。如图 5.25 的标注⑤处所示，可送给各子卡，用于子卡的同步触发。
- 触发信号输出。如图 5.25 的标注⑥处所示，其功能可通过终端软件进行设置。
- 10MHz 同步参考时钟输入。如图 5.25 的标注⑦处所示。用户可使用 10MHz 同步时钟同步功率分析仪。
- 光纤接口。如图 5.25 的标注⑧处所示。
- 千兆 LAN 接口。如图 5.25 的标注⑨处所示。该接口为一路 10M/100M/1000M 以太网，用于对终端机的远程控制。右侧指示灯为数据传输指示灯，有数据传输时为黄色；左侧为链路指示灯，灯为绿色表示链路为 1000M 以太网；橙色表示为链路为 100M 以太网，灯灭则表示链路为 10M 以太网。
- USB Device 接口。如图 5.25 的标注⑩处所示。USB 2.0 高速 Device 接口，支持自定义协议，支持远程操作。

表 5.4 RGB 视频信号输出规格

项目	规格
接口类型	D-sub 15 pin(插口)
输出类型	VGA 兼容

- GPIB 接口。如图 5.25 的标注⑪处所示，用于对终端机的远程控制。目前，本 GPIB 仅支持从机功能。
- 标准全功能串口。速率最大支持 115200bps，如图 5.25 的标注⑫处所示。
- RGB 视频信号输出接口。其物理接口形式为 15 针的 VGA 插座，通过此接口与 CRT 连接进行显示输出，最大分辨率为 1920×1200@60。规格如表 5.4 RGB 视频信号输出规格所示。视频输出接口的引脚配置和信号分配见表 5.5。

表 5.5 引脚配置和信号分配

引脚编号	信号名	规格	引脚排列示意图
1	红	0.7Vp-p	
2	绿	0.7Vp-p	
3	蓝	0.7Vp-p	
4、5、9、11、12、15	—		
6~8、10	GND		
13	水平同步信号	约 31.5kHz TTL (负逻辑)	
14	垂直同步信号	约 60Hz TTL (负逻辑)	

连接仪器和监视器时须注意先关闭仪器和监视器的电源，再用模拟 RGB 线连接仪器和监视器；之后打开仪器和监视器的电源，仪器屏幕就显示在监视器上。

- 接地。如图 5.25 的标注⑬处所示。
- 电源保险丝。如图 5.25 的标注⑭处所示。

## 5.3 侧面板

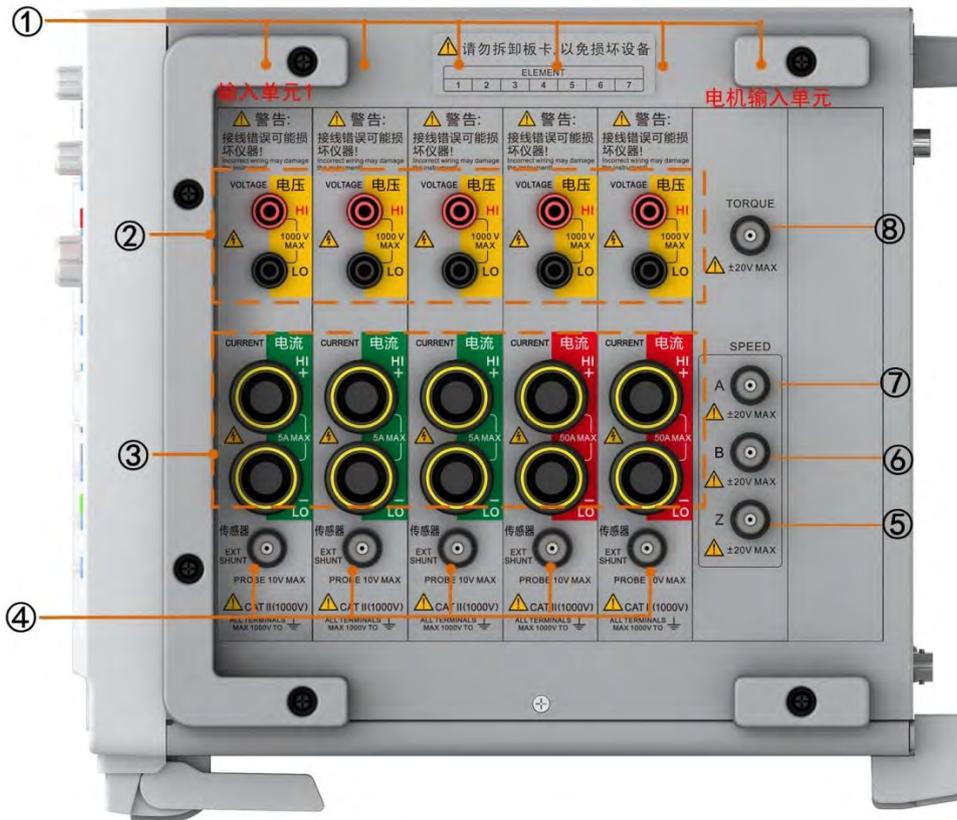


图 5.26 侧面板

对图 5.26 中各部分功能依次序说明如下：

- 输入单元 1~5。如图 5.26 的标注①处所示。
- 电压输入端子。连接电压测试线。如图 5.26 的标注②处所示。
- 电流输入端子。连接电流测试线。如图 5.26 的标注③处所示。
- 外部电流传感器输入端子。如图 5.26 的标注④处所示。
- Z 脉冲输入端子(电机版)。如图 5.26 的标注⑤处所示。
- B 脉冲输入端子(电机版)。如图 5.26 的标注⑥处所示。
- A 脉冲输入端子(电机版)。如图 5.26 的标注⑦处所示。
- 扭矩信号输入接口(电机版)。如图 5.26 的标注⑧处所示。仅电机版功率分析仪具有，电机评估时输入来自扭矩仪的信号。

## 6. 开始测量之前

### 6.1 概述

在使用功率分析仪开始测量之前，需要完成如下工作：

- 请务必阅读“章节 1《安全须知》”；
- 系统设置；
- 至少开机 30 分钟（预热）后进行校零；
- 阅读 6.4 “输入通道连接与配置”小节，按要求完成输入通道的连接和配置工作；
- 设置测量量程和测量区间；
- 配置基本功能参数：平均测量功能、电压/电流模式、用户自定义功能；
- 阅读“6.14 精确测量”小节，准备测量环境。

用户也可使用配置向导来完成上述测量条件的初始化工作，详见“配置向导”节。

### 6.2 系统设置

用户须先设置功率分析仪的系统功能参数，包括：日期/时间、按键锁、按键配置、显示器、捕获、语言、电源管理、触摸屏校准、文件管理、软件更新、网络、系统信息、存储数据、恢复出厂设置。按系统功能按键区“setting”按键，系统设置菜单见图 6.1。



图 6.1 系统设置菜单

## 6.3 校零

### 6.3.1 功能简介

预热时间不足或环境变化可能导致功率分析仪的零电平发生改变，校零作用是消除内部零电平的变化，从而提高仪器的测量的准确性。

在如图 6.2 所示的测量菜单里，用户可配置自动校零开关，若开启自动校零，则在改变测量量程和输入滤波器，功率分析仪自动执行一次校零。任何时候可以点击“校零”软键执行一次校零。

#### 操作步骤

##### 1. 概述

用户进入测量菜单，即可设置自动校零功能的开启或关闭，并可执行手动校零操作。

##### 2. 进入测量菜单

按下前面板功能按键区的 Measure 键进入测量菜单，详见图 6.2。

##### 3. 开启/关闭自动校零

图 6.2 所示测量菜单里按下“自动校零”软键，用户可在弹出的对话框里选择是否开启自动校零功能。

##### 4. 执行手动校零

图 6.2 所示测量菜单里按下“校零”软键，即可执行手动校零操作。为了精确测量，建议先让仪器预热 30 分钟以上后再执行校零，若使用环境温度发生变化待稳定后执行校零，长时间使用应定期执行校零。

## 6.4 输入通道连接与配置

在使用测量功能之前，需要连接输入通道，并对输入通道作相关配置，包括：连线配置、输入滤波器、PT/CT 比例(PT/CT 比例见“PT 和 CT”小节)。

### 6.4.1 测量方法

用户需根据被测电压和被测电流大小，选择合适的测量方法，详见表 6.1 和表 6.2。



图 6.2 测量菜单

表 6.1 电压测量方法选择

		当电压在 1500V 或以下 <sup>[1]</sup>	当电压超过 1500V 时 <sup>[1]</sup>
电压 接线	直接输入	将来自测量回路的测量用电 缆直接连接到电压输入端子	不能直接输入
	PT(电压互感器)	将外部电压互感器(PT)的测量用电 缆连接到输入单元的电压输 入端子[1]	

表 6.2 电流测量方法选择

		当电压在 1000V 或以下 <sup>[1]</sup>		当电压超过 1000V 时 <sup>[1]</sup>
输入单元	5A 板卡输入单元 /50A 板卡输入单元 <sup>[2]</sup>	当电流在 5A 以下时 当电流在 50 以下时	当电流超过 5A 时 当电流超过 50A 时	
电流接线	直接输入	将来自测量回路的测量用电缆直接连接到电流输入端子	不能直接输入	不能直接输入
	分流型电流传感器 <sup>[4]</sup>	可将外部电流传感器连接到电流传感器输入接口来测量电流 <sup>[2]</sup>		不能使用分流型电流传感器 <sup>[2]</sup>
	钳式电流传感器(电压输出型) <sup>[4]</sup>	将外部电流传感器连接到电流传感器输入接口来测量电流 <sup>[2]</sup>		
	钳式电流传感器(电流输出型) <sup>[4]</sup>	将外部电流传感器的测量用电缆连接到输入单元的电流输入端子 <sup>[2]</sup>		
	CT(电流互感器) <sup>[4]</sup>	将外部电流互感器(CT)的测量用电缆连接到输入单元的电流输入端子 <sup>[2]</sup>		

[1] 非电网电路电压测量高低端子之间的电压最高 1500V（峰值因数 1.33），电网电路最高 1000V，低端对地电压不超过 1000V。

[2] 查看互感器/传感器/外部分流器上的标示，确认互感器/传感器/外部分流器是否能满足被测回路的说明书或产品上标示的耐压能力及应用范围。

[3] PA5000H/PA6000H/PA8000 功率分析仪使用的输入板卡规格有最大电流 5A，50A。

[4] 电流传感器的说明见“电流传感器的种类”小节。

表 6.3 常用配件传感器的耐压表

传感器类型	传感器型号	基本绝缘 [1]	加强绝缘 [1]	CAT 等级
电流传感器	IT 60-S	2000V	600V	CAT III
	IT 200-S	2000V	600V	CAT III
	IT 400-S	2000V	600V	CAT III
	IT 700-S	1600V	300V	CAT III
	IT 1000-S/SP1	300V	150V	CAT III
	LF 205-S/SP3	500V	250V	CAT III
	LF 205-S	500V	250V	CAT III
	LF 505-S	1250V	690V	CAT III
电流钳	LF 1005-S	2000V	1000V	CAT III
	C117	---	600V	CAT III
	D36N	---	600V	CAT III
	PAC22	---	600V	CAT III
	CTS500	---	600V	CAT III

续上表

传感器类型	传感器型号	基本绝缘 [1]	加强绝缘 [1]	CAT 等级
电流钳	CTS5	---	300V	CAT III
	ZCP500	---	600V	CAT III
	ZCP1000	---	600V	CAT III
	YX-CTS200	---	600V	CAT III
电流环	CTS6000	---	600V	CAT III
外部分流器	PATV-33	≤42V 峰值		

[1] 依据 IEC /EN61010-1: 2010 标准。

## 6.4.2 测量回路设置

### 1. 操作简介

测量前用户须配置测量回路。例如输入单位的连接方法、是否使用 PT 或 CT、PT 比或 CT 比配置、是否使用输入滤波器等。

按下 **Wiring** 按键,可进入连线配置菜单,如图 6.3 接线菜单所示,在菜单里可完成如下设置:

- 接线设置。用于设置输入单位的接线方法;
- $\eta$  公式;
- 接线补偿;
- 接线组单独设置功能;
- 阈值;
- $\Delta$  测量。



图 6.3 接线菜单

### 2. 接线方式设置

#### (1)功能简介

为测量各种单相、三相输电方式下的功率,功率分析仪提供了 5 种接线方式:单相 2 线制(符号: 1P2W)、单相 3 线制(符号: 1P3W)、三相 3 线制(符号: 3P3W)、三相 3 线制(3 电压 3 电流表法,符号: 3P3W (3V3A))和三相 4 线制(符号: 3P4W)。5 种接线方式的详细内容参见“接线方式”小节。

#### (2)操作步骤

##### 接线方式选择菜单

用户首先需要设置输入单位的接线方式。在如图 6.3 接线菜单所示的“接线设置”菜单里按下“接线设置”软键,弹出接线方式选择对话框如图 6.4 所示。



图 6.4 输入单位接线方式选择菜单

选择接线方式

转动菜单操作旋钮，在如图 6.4 所示对话框里选择需要配置接线方式的输入单元；然后再按下菜单操作旋钮，弹出接线方式选择对话框如图 6.5 所示，然后用户再使用菜单操作旋钮在图 6.5 里完成接线方式的选择。

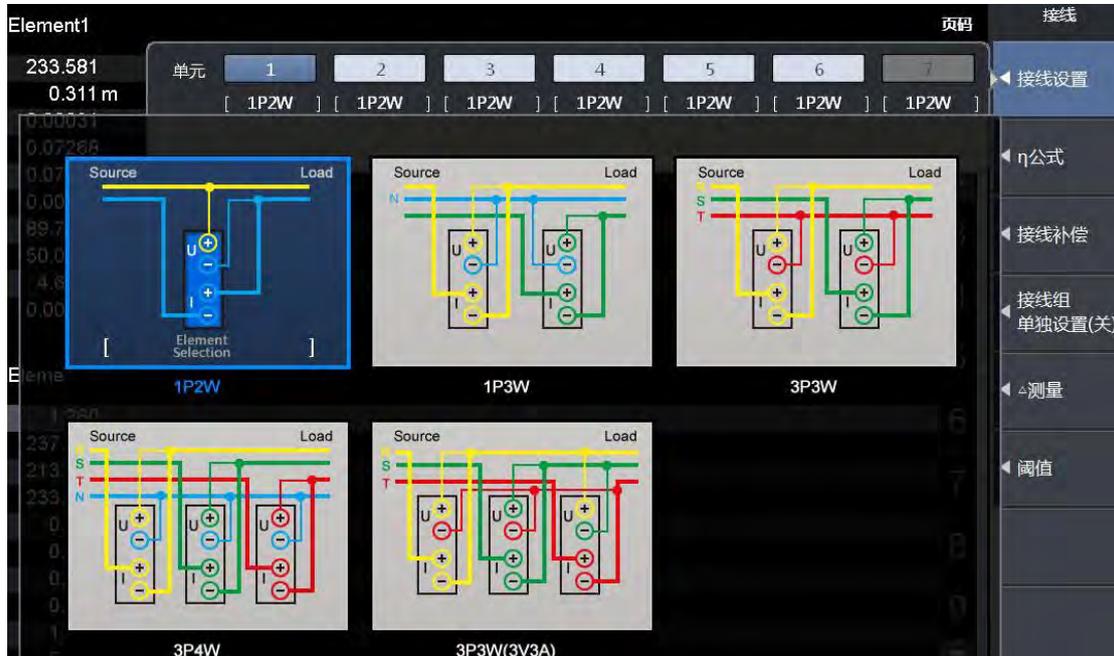


图 6.5 选择接线方式

设置接线方式后，用户可查看输入单元的当前接线方式，如图 6.6 所示。

此外，当选择了 1P2W 以外的接线方式，并且输入单元单独设置关闭时(详见“输入单元单独设置”小节)，各输入单元的参数设置发生变化：

- 测量量程变化。接线组输入单元测量量程里最大的一个，成为接线组的测量量程。需要注意的是，电流量程里，外部传感器输入量程优先于直接输入电流量程；
- 自动量程变化。接线组自动量程与测量量程最大输入单元的一致。当最大测量量程的输入单元不止一个时，自动量程优先跟随单元编号最小的输入单元；
- 同步源设定的变化。接线组同步源设定与接线组中单元编号最小的输入单元一致。

### 3. 输入单元单独设置

#### (1)功能描述

接线组里各个输入单元的参数设置，部分可以共享，部分则不可共享而须单独设置：

- 接线组组成单元可共享的设置。选择关闭单独设定输入单元后，接线组各组成单元可共享如下设置：
  - 测量量程设置；
  - 电压/电流模式；
  - 同步源设置；
- 只能单独设置的参数。无论是否关闭单独设定输入单元，各输入单元仍须单独设置的参数如下所述：

- 比例(PT 比、CT 比、传感器比率);
- 输入滤波器。

当输入单元是接线组的一部分时,用户如果需要单独设置该输入单元的共享设置,须开启输入单元的单独设置。

### (2)操作步骤

在如图 6.3 所示接线菜单里按下“接线组单独设置”,弹出开关选择界面如图 6.6 所示,用户可选择是否关闭/打开接线组单独设置。



图 6.6 接线组单独设置

### (3)示例

假设对输入单元 1~3 的接线方式设定为:三相 4 线制 (3P4W), 输入单元 1~3 组成接线组 $\Sigma A$ :

- 当打开输入单元单独设置功能时,用户可单独设定接线组中每个输入单元的测量量程或同步源;
- 当关闭输入单元单独设置功能时,用户可同时设定接线组所有输入单元的测量量程和同步源,这对测量三相设备很方便。

## 6.4.3 滤波器设置

### 1. 功能简介

功率分析仪有 2 种滤波器:线路滤波器、频率滤波器,可用于去除测量信号中的噪声。线路滤波器插在电压和电流测量回路里,频率滤波器插在频率测量回路。用户可在线路滤波器功能里灵活设置对采样信号的滤波处理功能,去除干扰信号。



图 6.7 滤波器菜单

### 2. 线路滤波器设置

在图 6.7 所示滤波器菜单按下线路滤波器软键,显示线路滤波器菜单如图 6.8 所示。



图 6.8 线路滤波器菜单

如图 6.8 所示,用户可对当前可用输入单元配置电压和电流的线路滤波,设置是否开启线路滤波或选择截止频率。当选择 OFF 则对应输入单元的电压或电流通道关闭线路滤波。线路滤波的截止频率可选择 1MHz、300kHz、100Hz~100kHz 中的一个频率值。当选择截止

频率为“100Hz~100kHz”，用户可在设置 100Hz~100kHz 范围设置截止频率，单位为 kHz，如图 6.9 所示。



图 6.9 截止频率设置

### 3. 频率滤波器配置

在图 6.7 所示滤波器菜单按下频率滤波器软键，显示频率滤波器对话框如图 6.10 所示。



图 6.10 频率滤波器设置菜单

如图 6.10 所示，用户可对当前可用输入单元配置电压和电流的频率滤波，设置是否开启频率滤波或选择截止频率。当选择 OFF 则对应输入单元的电压或电流通道的频率滤波关闭。频率滤波的截止频率可选择 1kHz、500Hz、100Hz，如图 6.11 所示。



图 6.11 开启/关闭频率滤波器

频率滤波器的注意事项如下所述：

- 频率滤波器可被用于精确检测过零点。功率分析仪检测过零点约有量程 5% 的迟滞；
- 频率滤波器关闭时，若打开线路滤波器，会影响频率测量；
- 输入信号的频率在 1kHz 以下时，建议打开频率滤波器。

### 6.4.4 比例系数

按下前面板的 ExtSensor 键一次，可开启/关闭外部传感器输入通道。连接两次 ExtSensor 键则可设置比例系数，如图 6.12 所示。

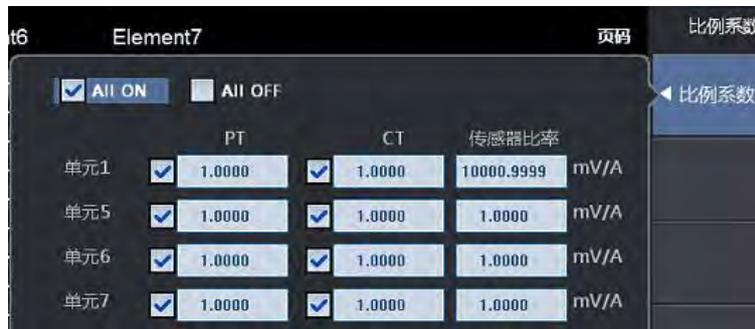


图 6.12 缩放设置和传感器比例

#### 1. 传感器比率设置

如果使用了电压输出电流传感器，用户需要设置换算比率。例如，使用电流 1A 换算输出 10mV 的电压输出电流传感器测量最大 100A 的电流时，产生的最大电压为  $10\text{mV/A} \times 100\text{A} = 1\text{V}$ 。在图 6.13 所示对话框，用户使用菜单操作旋钮可配置指定输入单元的传感器比率，从而确定电压输出电流传感器输出电压和电流测量结果的换算关系。



图 6.13 传感器比率配置菜单

#### 2. 电压/电流比例设置

用户可通过电压互感器或电流互感器测量待测信号，然后设定换算比，即可换算出变压、变流前的电压或电流数据以及对应的波形显示数据。

##### 打开/关闭 PT/CT 比例设置功能

在图 6.12 所示对话框可设置 PT/CT 比例设置功能是否开启。若通过电压互感器或电流互感器测量，则勾选 PT 或 CT 系数旁的选择框；此时，功率分析仪将电压互感器/电流互感器电压输出的电压 U、电流 I、功率(P、S、Q)、电压最大值和最小值(U+pk 和 U-pk)、电流

的最大值和最小值(I+pk 和 I-pk)等乘以 PT 比、CT 比，换算后再作为测量结果输出。若希望功率分析仪直接显示电压互感器/电流互感器的输出值，则不要勾选 PT 或 CT 系数旁的选择框。图 6.14 的示例中，不使用 PT 比例设置功能，使用 CT 设置功能。



图 6.14 PT/CT 系数设置

### 设定输入单元的 PT/CT 系数

用户可通过菜单操作旋钮在图 6.14 所示的对话框内设定各输入单元的 PT 系数、CT 系数。PT、CT 系数的设置范围是 0.0001~99999.9999。

## 6.5 阈值设置

用户可设置输入单元测得的电压值或电流值低于某个阈值时，功率分析仪产生报警提示。在如图 6.3 所示的菜单里，按下“阈值”软键，弹出对话框如图 6.15 所示。



图 6.15 阈值设置

图 6.15 中，电压阈值的单位为 V，电流阈值的单位为 A。用户可为每一个输入单元分别设置电压阈值和电流阈值，只要当输入单元所测电压或电流中有一个低于对应阈值，即触发报警动作。可选择的报警动作包括：弹出错误窗口和发出警报警音；均可在如图 6.15 所示对话框里选择。

## 6.6 设定接线补偿

### 6.6.1 功能简介

用户可通过接线补偿来补偿因测量接线或功率分析仪内部阻抗引起的测量误差。测试负载功率接线方式有电流表内接和外接两种，电流表内接会分压，当被测电流值较大的时候，分压较明显；当电流表外接时候，电压表会对电流进行分流，当被测电流较大时候，分流会比较明显。对于两种接线方式使用对应的补偿才可以实现高精度测量。

### 6.6.2 操作步骤

### 1. 接线菜单

按下前面板的 Wiring 按键，显示如图 6.3 所示的接线菜单。

### 2. 显示接线补偿对话框

在如图 6.3 所示接线菜单按下接线补偿软键，显示接线补偿对话框，如图 6.16 所示。

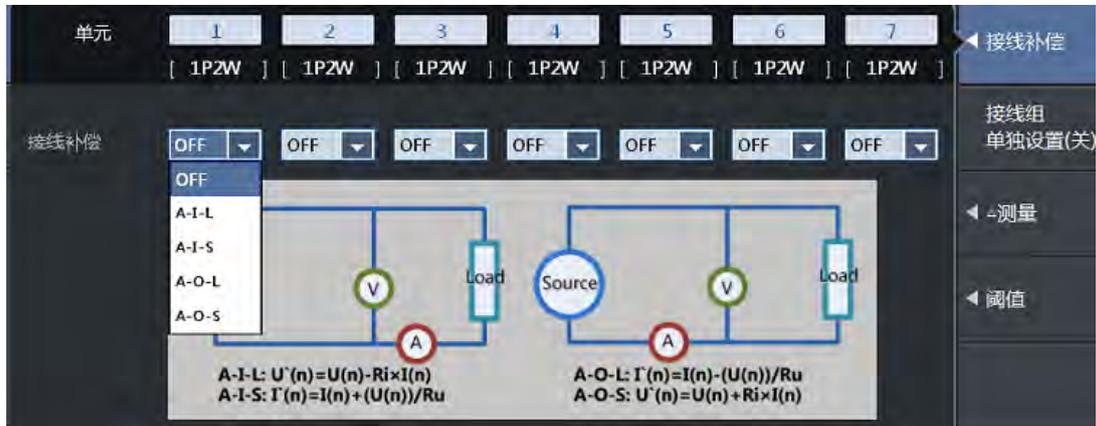


图 6.16 接线补偿对话框

### 3. 选择须执行接线补偿的对象

如图 6.16 所示，用户可以对输入单元 1~7 设置接线补偿；用户可转动菜单操作旋钮，选择要补偿的输入单元。

### 4. 选择接线补偿方式

电流表内接时，电流表读数即为负载电流，电压表读数是电流表内阻压降和负载电压之和，因此仪器的测量结果中包含了电流表的损耗功率；电流表外接时，电流表读数为负载电流和电压表电流之和，电压表读数即为负载电压，因此仪器的测量结果中包含了电压表的损耗功率。功率分析仪支持以下接线补偿方式：OFF、A-I-L、A-I-S、A-O-L、A-O-S。

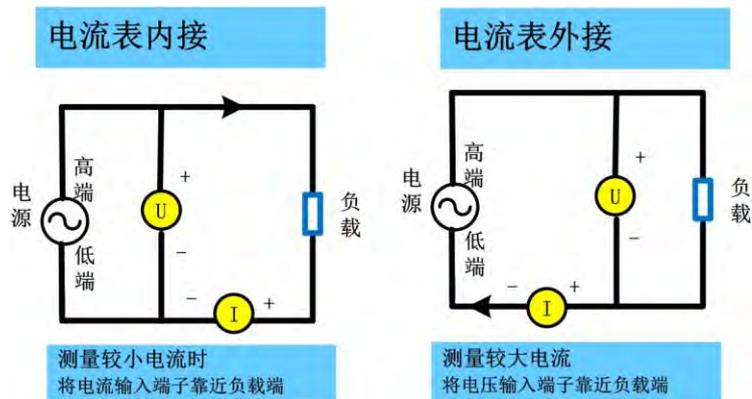


图 6.17 接线方式

在如图 6.16 所示的菜单里，用户可选择接线补偿方式，用户可选择如下接线补偿方式：

- OFF. 此时不执行接线补偿；
- A-I-L. 电流表内接（测量较小电流时）测负载电流及负载功率，补偿电流表消耗的电压，补偿公式：

$$U'(n) = U(n) - Ri \times I(n)$$

- A-I-S. 电流表内接（测量较小电流时）测负载电流及源输出功率，补偿电压表消耗的电流，补偿公式：

$$I'(n) = I(n) + \frac{U(n)}{Ru}$$

- A-O-L. 电流表外接（测量较大电流时）测源端电流及负载功率，补偿电压表消耗的电流，补偿公式：

$$I'(n) = I(n) - \frac{U(n)}{Ru}$$

- A-O-S. 电流表外接（测量较大电流时）测源端电流及源输出功率，补偿电流表消耗的电压，补偿公式：

$$U'(n) = U(n) + Ri \times I(n)$$

备注：

接线补偿作用于直接输入，PT/CT/Ext Sensor 开启时候补偿无效果，且支持每张板卡独立补偿。

U(n)是瞬时电压测量值

I(n)是瞬时电流测量值

Ri 是电流通道输入阻抗

Ru 是电压通道输入内阻

U'(n)是补偿电流表电压

I'(n)是补偿电压表电流

## 6.7 设置量程

### 6.7.1 操作简介

功率分析仪的量程模式包括固定量程模式、自动量程模式。用户需要为输入单元选择量程模式：

- 固定量程模式。该模式下，量程固定不变；
- 自动量程模式。自动量程模式下可切换的量程种类和固定量程是相同的，只是在自动量程模式下，功率分析仪会根据当前测量值，在测量值不超量程的前提下(详见表 6.4)，自动选择固定量程中最小的一个。对于测量失真波形等非正弦波信号，选择最小测量量程可实现高精度测量。

表 6.4 超量程

输入单元类型	超量程触发
电机输入单元	模拟信号测量值 > 当前量程的 110%
功率输入单元	RMS、MEAN、DC、RMEAN 四种电压/电流模式下，U、I 信号测量值 > 当前量程的 108% 或 U、I 信号峰值 > 当前量程的 324% <sup>[1]</sup>

[1] 功率分析仪的峰值因数固定设置为 3。

### 1. 被测信号直接输入时的量程配置

#### (1) 选择输入单元

在前面板按下 **Element** 键，选择须配置直接输入测量量程的输入单元，出现如图 6.18 所示输入单元选择界面。选择须设定量程的输入单元后，选输入单元的指示灯会点亮。如图 6.18 所示，选中了输入单元 1，因此输入单元 1 对应的指示灯点亮。若按 **Shift+Element** 软键，则选中所有输入单元。



图 6.18 选择输入单元

#### (2) 设定电压测量量程

选中输入单元后，则可调节电压量程旋钮设定电压测量量程：

- 顺时针旋转旋钮增加量程；
- 逆时针选择旋钮减小量程；
- 按下旋钮则启用自动量程模式，此时 **Auto** 指示灯点亮。



图 6.19 电压量程显示

设定电压量程时，当前选中输入单元的电压量程值实时显示。

### (3) 设定电流量程

在不经外部传感器直接测量电流时设置量程，需要关闭外部传感器，以设定电流量程。

#### 关闭外部传感器

用户首先须关闭外部传感器。用户可按下前面板上如图 5.9 所示的 ExtSensor 键关闭外部传感器；此时 ExtSensor 键熄灭。

#### 调节电流量程

- 调电流量程旋转按钮设定电流量程：
- 顺时针旋转按钮增加量程；
- 逆时针旋转按钮减小量程；
- 按下按钮则开启自动量程模式，并且 Auto 指示灯点亮。

#### 电流测量量程显示

设置电流测量量程时，显示界面如图 6.18 所示处会显示所选输入单元当前的电流量程。



图 6.20 电流量程显示

### (4) 设定其它输入单元的电流测量量程

重复以上步骤，为其它输入单元设定电流测量量程。

## 2. 使用外部电流传感器时的量程配置

### (1) 操作简介

用户可将电压输出型电流传感器的输出信号引入输入单元进行测量。

### (2) 选择输入单元

首先按下前面板的 Element 键选择须设置量程的输入单元。

### (3)打开外部电流传感器

打开输入单元的外部传感器，此时 ExtSensor 键点亮。

### (4)设定外部电流传感器量程

虽然外部电流传感器输出电压信号，仍须通过电流量程调节旋钮来设定电流量程：

- 顺时针旋转旋钮增加量程；
- 逆时针旋转旋钮减小量程；
- 按下旋钮则开启自动量程模式，此时 Auto 指示灯点亮。

例如，使用电流 1A 换算输出 10mV 的电流传感器测量最大 100A 的电流时，产生的最大电压为  $10\text{mV}/\text{A} \times 100\text{A} = 1\text{V}$ 。因此，对电流传感器量程应设为 1V。进行电流量程设置时，显示界面上会显示当前设置的电流量程，请参考图 6.20。

### (5)选择其它输入单元

重复以上步骤，为其它输入单元设定外部电流传感器量程。

## 6.7.2 测量区间设定

常规测量时，测量区间决定了采样数据的获取范围。测量区间是由同步源和数据更新率共同决定的。同步源为测量操作提供了基准信号，数据更新率决定了采样数据的更新周期。

### 1. 设定同步源

#### (1)操作说明

本节介绍同步源的设定。

#### (2)操作步骤

显示同步源菜单

按下前面板的 Sync Source 软键，显示同步源菜单如图 6.21 所示。



图 6.21 同步源菜单

选择对象单元

在图 6.21 所示菜单里选择须设定同步源的输入单元。

设定同步源

选定须配置同步源的输入单元之后，转动菜单旋钮选择同步源，如图 6.22 所示。为单个输入单元或为所有输入单元设定作为同步源的信号，可从下列选项选择：U1、I1、U2、I2、U3、I3、U4、I4、U5、I5、U6、I6、U7、I7、None(若信号当前不可用则不显示)。



图 6.22 设定同步源

注意：未插入板卡的输入单元的 U、I 信号不会出现在同步源信号列表里。

如果同步源设定不当，测量值有可能不稳定或出现错误。

### (3) 注意事项

#### 默认同步源

注意，功率分析仪的默认同步源为 U1；因此，若用户没有指定同步源，并且输入单元 1 正常工作，则默认使用 U1 作为同步源。

#### 同步源信号畸变的处理

如果同步源信号发生畸变，或者有高频噪声重叠，可能导致测量到不同于基波频率范围的信号。如果遇到这种情况，请打开频率滤波器。

#### 同步源信号电平过低

如果同步源信号电平低于过零检测电平，将无法正确检测过零。这样有可能导致测量值不稳定，或者出现超时。

## 2. 设定数据更新率

用户需要根据具体测量需要设定数据更新率。加快数据更新率，可以获取电力系统较快的负载变动；减慢数据更新率，可以获取较长信号的数个周期内的采样数据。

### (1) 显示 Update Rate 菜单

在前面板按下 Update Rate 按键，显示更新率配置菜单如图 6.23 所示。

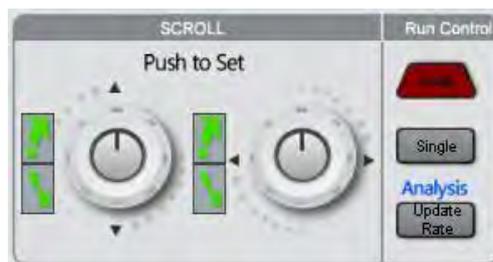


图 6.23 更新率设置按键

## (2)选择数据更新率

在图 6.24 所示菜单里选择合适的数据更新率。可选择的数据更新率包括：10ms、50ms、200ms、500ms、1s、2s、5s、20s；用户也可自行定义所需的数据更新率，可设置范围 1ms~20000ms，如图 6.24。

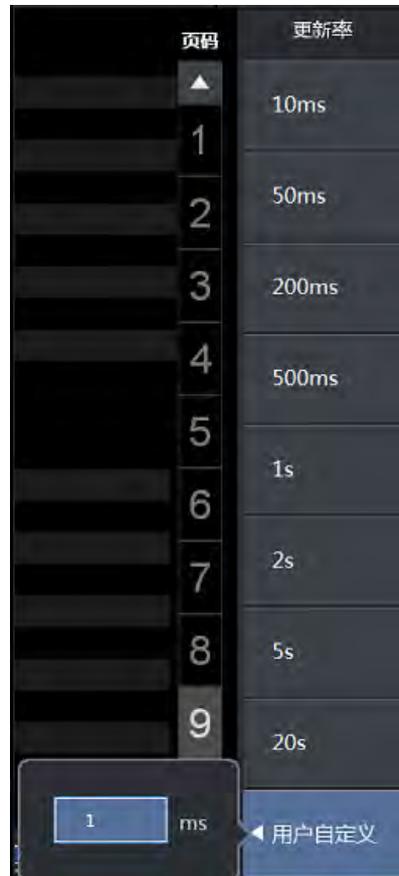


图 6.24 数据更新率选择

## 6.8 功率测量参数初始化

用户可使用功率分析仪测量有功功率、视在功率、无功功率、修正功率、功率转换效率等。在测量之前，需要初始化相关参数。

### 6.8.1 设定视在功率、无功功率和修正功率的运算公式

#### 1. 功能简介

##### (1)选择视在功率、无功功率的运算公式

有 3 种功率：有功功率、无功功率和视在功率，通常情况下，它们的定义公式分别如下 (U: 电压有效值、I: 电流有效值、 $\phi$ : 电压和电流的相位差):

- 有功功率  $P = UI\cos\phi$ ;
- 无功功率  $Q = UI\sin\phi$ ;
- 视在功率  $S = UI$ 。

三个功率之间的关系：(视在功率  $S$ )<sup>2</sup> = (有功功率  $P$ )<sup>2</sup> + (无功功率  $Q$ )<sup>2</sup>

上述定义式只适用于正弦波；但在测量失真波形时，根据上述公式，视在功率和无功功率的测量值会有所不同。因此，提供了 3 种运算公式用于求取视在功率和无功功率。用户可在 Type1~3 中选择视在功率和无功功率的运算公式，详见表 6.5 每个测量模式下可选择的运算公式。

表 6.5 每个测量模式下可选择的运算公式

测量模式	S、Q 的运算公式		
	TYPE1	TYPE2	TYPE3
常规测量	可选	可选	可选
IEC 谐波/谐波	固定为 TYPE3		
波形运算	可选	可选	可选
FFT	固定为 TYPE2		
电压波动和闪烁	不支持		
周期分析	固定为 TYPE2		

## Type 1

Type1 运算公式：

- 三相 4 线制的有功功率  $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3$ ；
- 三相 4 线制的视在功率  $S_{\Sigma} = S_1 + S_2 + S_3 (= U_1 \times I_1 + U_2 \times I_2 + U_3 \times I_3)$ ；
- 三相 4 线制的无功功率  $Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q_{\Sigma} = \sqrt{(U_1 \times I_1)^2 - P_1^2} + \sqrt{(U_2 \times I_2)^2 - P_2^2} + \sqrt{(U_3 \times I_3)^2 - P_3^2}$$

当电流相位超前电压时， $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  的符号为负(-)，反之为(+)

## Type 2

Type2 运算公式：

- 三相 4 线制的有功功率  $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3$ ；
- 三相 4 线制的视在功率  $S_{\Sigma} = S_1 + S_2 + S_3 (= U_1 \times I_1 + U_2 \times I_2 + U_3 \times I_3)$ ；
- 三相 4 线制的无功功率  $Q_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Sigma}^2 - P_{\Sigma}^2}$ 。

## Type 3

Type3 运算公式：

- 三相 4 线制的有功功率  $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3$ ；
- 三相 4 线制的视在功率  $S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}$ ；
- 三相 4 线制的无功功率  $Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ 。

## (2) 设定修正功率

修正功率( $P_c$ )是常规测量模式下的一个测量功能。当连接到变压器的负载非常小时，需要补偿被测变压器的有功功率。在这种情况下，须设定补偿公式和系数。

设定修正功率须选择标准和系数。可从以下标准中选择：IEC76-1(1976)、IEEE C57.12.90-1993、IEC76-1(1993)。系数  $P_1$  和  $P_2$  可在 0.0001~9.9999 范围内设定。

注意：只在电压模式为 RMS 或 MEAN 时计算修正功率。

## 2. 操作步骤

### (1)显示公式对话框

按下前面板按键区的 Measure 按键，显示测量菜单；然后按下测量菜单里的公式按键，弹出公式对话框。

### (2)设定视在功率和无功功率的运算公式

在弹出的公式对话框中选择 S、Q 的运算公式，如图 6.25 所示。

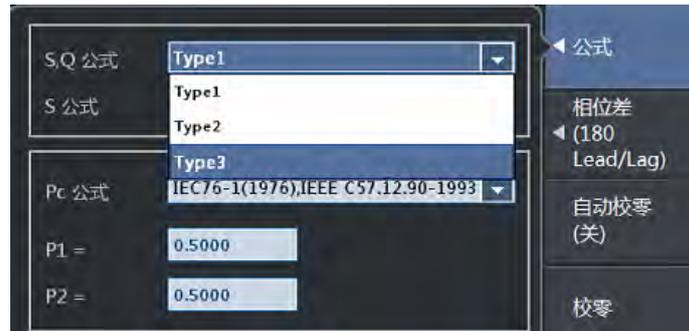


图 6.25 S、Q 的运算公式

### (3)设定 S 的运算公式

视在功率  $S=U \times I$ ，用户可指定 U、I 的测量类型，可以在真有效值 RMS、校准到真有效值的整流平均值 MEAN、整流平均值 RMEAN、简单平均值 DC 中选择，如图 6.26 所示。

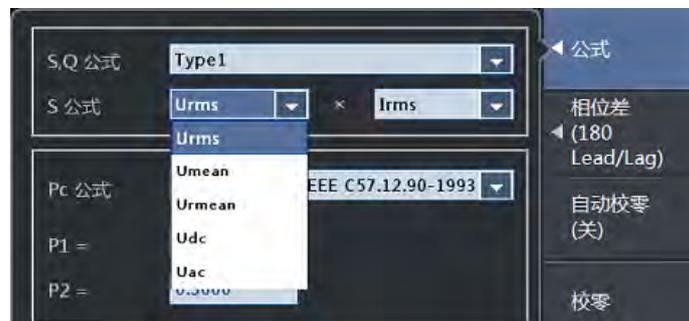


图 6.26 S 运算公式设定

### (4)设定修正功率

#### 设定 Pc 公式

调节菜单操作旋钮，在图 6.25 所示对话框里，将光标移动到 Pc 公式；然后，按下菜单操作旋钮，显示 Pc 公式的选择框，用户可选择“IEC76-1(1976),IEEE C57.12.90-1993”或“IEC76-1(1993)”，如图 6.27 所示。

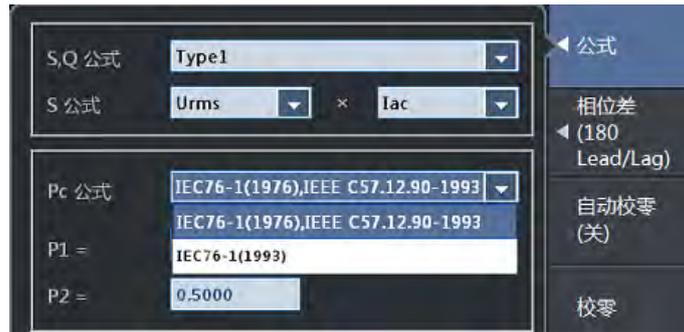


图 6.27 选择 Pc 公式

### 设定系数

当公式的适用标准是“IEC76-1(1976),IEEE C57.12.90-1993”时，用户可通过菜单操作旋转按钮设定系数 P1 和 P2，如图 6.28 所示。



图 6.28 设定系数

### 3. 注意事项

视在功率和无功功率的公式设定受测量模式的限制。例如，如果在常规测量模式下将公式设为 Type1，然后切换到 FFT 模式，那么公式会自动切换到 Type2。如果再切换回常规测量模式，公式也会自动切回 Type1。

## 6.8.2 设定效率公式

### 1. 功能简介

用户可以将各输入单元、接线组的功率及电机输出功率作为效率公式的运算项，创建 6 个效率公式 ( $\eta_1 \sim \eta_6$ )，用于求出被测设备的功率转换效率。

功率转换效率 = 输出功率 / 输入功率  $\times$  100%

$\eta$  的计算公式可由用户根据具体情况设定。例如，设备的输入功率是  $P_{\Sigma A}$ ，输出功率是  $P_{\Sigma B}$ ，将  $\eta$  公式设为  $\eta = P_{\Sigma B} / P_{\Sigma A}$  便可计算出该设备的功率转换效率；而在安装电机输入单元的仪器上，可将公式设为  $\eta = P_m / P_{\Sigma A}$  或  $P_m / P_{\Sigma B}$ ，即可计算出电机的功率转换效率。

### 2. 操作步骤

#### (1) 显示接线菜单

按下前面板的 Wiring 键，显示 Wiring 菜单。

(2) 设定效率公式

如图 6.29 所示，在弹出的接线菜单里按  $\eta$  公式软键，弹出  $\eta$  公式对话框。



图 6.29  $\eta$  公式配置对话框

(3) 配置  $\eta$  公式的分子/分母

调节菜单操作旋转按钮，从  $\eta_1 \sim \eta_6$  中选择要设定效率公式的分子或分母。如图 6.30 所示，用户可配置  $\eta_1$  的分子为 P1~P7、PΣA、PΣB、PΣC、Udef1、Udef2。



图 6.30 效率公式分子/分母配置

(4) 配置 Udef1 或 Udef2

如果需要把多个运算项相加的和作为效率公式的分子或分母，则可选择 Udef1 或 Udef2 作为分子或分母，并且对 Udef1 或 Udef2 进行配置。如图 6.31 所示，可以看到 Udef1 可设置为各个功率的和。

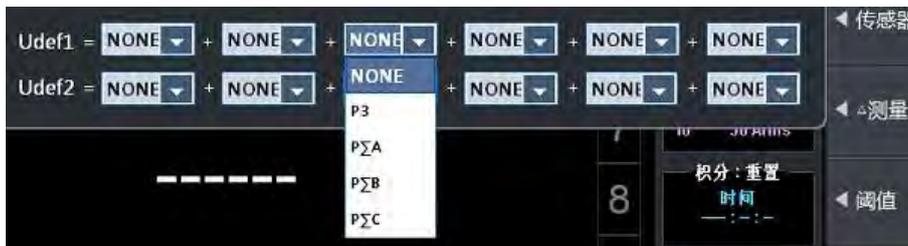


图 6.31 效率运算参数设定

3. 注意事项

在 IEC 谐波测量模式、电压波动和闪烁测量模式、周期分析模式，不能执行效率运算。注意要确保所有用于效率运算的功率单位的一致性。

#### 4. 补充阅读

常见接线方式效率计算示例，如表 6.6 所示。

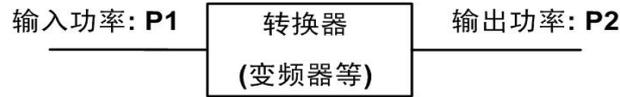


图 6.32 功率公式

表 6.6 常见接线方式效率示例

接线方式	输入	输出	效率公式
单相 2 线制输入/单相 2 线制输出设备的效率	单元 1 的功率(P1)	单元 2 的功率(P2)	$P2/P1$
单相 2 线制输入/三相 3 线制输出设备的效率	单元 1 的功率(P1)	单元 2、3 的 $\Sigma$ 功率( $P \Sigma A$ )	$P \Sigma A/P1$
三相 3 线制输入/三相 3 线制输出设备的效率	单元 1、2 的 $\Sigma$ 功率( $P \Sigma A$ )	单元 3、4 的 $\Sigma$ 功率( $P \Sigma B$ )	$P \Sigma B/P \Sigma A$
单相 2 线制输入电机的效率	单元 1 的功率(P1)	电机输出( $P_m$ )	$P_m/P1$
三相 3 线制输入电机的效率	单元 1、2 的 $\Sigma$ 功率( $P \Sigma A$ )	电机输出( $P_m$ )	$P_m/P \Sigma A$
三相 4 线制输入电机的效率	单元 1、2、3 的 $\Sigma$ 功率( $P \Sigma A$ )	电机输出( $P_m$ )	$P_m/P \Sigma A$

## 6.9 平均功能

### 6.9.1 功能简介

当电源或负载变动较大或输入信号频率较低时数值显示不稳定、读取困难；此时可开启平均处理功能，求取和显示多次测量的平均值。因此，输入信号如果发生急剧变化，测量值对变化的响应会变慢。功率分析仪支持指数平均和移动平均两种类型。

#### 1. 常规测量时的平均功能配置

##### (1)指数平均

用户可设定衰减常数对电压或电流有效值、有功功率的瞬时值(采样数据)进行指数平均，去除被测量的高频成分。衰减常数越大，噪声去除效果越好；但测量延迟也会相应变长。

##### (2)衰减常数或平均个数

用户使用平均功能需要配置相关参数。平均类型若是 Exp(指数平均)，则设定衰减常数；若是 Lin(移动平均)，则设定平均个数。无论是指数平均的衰减常数，或移动平均的平均个数，设置值越大测量值越稳定，对输入变化的响应速度也放缓。

##### (3)执行平均处理的测量功能

可执行平均处理的测量功能包括：U、I、P、S、Q 和 Torque、speed、Pm。 $\lambda$ 、 $\phi$ 、Cfu、Cfl、Pc、 $\eta 1 \sim \eta 6$  是从经过平均处理的 P、Q 运算而得，滑差是由经过平均处理的转速值运算而得；所以这些功能都受平均处理的影响。

#### 2. 谐波测量时的平均处理功能配置

执行平均处理的测量功能

下列测量功能直接被平均处理：

- $U(k)$ 、 $I(k)$ 、 $P(k)$ 、 $S(k)$ 、 $Q(k)$ 。 $k$  是谐波次数；
- $Z$ 、 $R_s$ 、 $X_s$ 、 $R_p$ 、 $X_p$ 、 $U_{hdf}$ 、 $I_{hdf}$ 、 $P_{hdf}$ 、 $U_{thd}$ 、 $I_{thd}$ 、 $P_{thd}$ 、 $U_{thf}$ 、 $I_{thf}$ 、 $U_{tif}$ 、 $I_{tif}$ 、 $h_{vf}$ 、 $h_{cf}$ 。

$\lambda(k)$ 、 $\phi(k)$ 是经过平均的  $P(k)$ 、 $Q(k)$ 运算而得；所以也受平均处理影响。

### 3. 不支持平均处理的测量功能

不支持平均处理的测量功能如下所述：

- 闪变波动和闪变测量模式；
- 常规测量模式下的测量功能  $q$ 、 $q^+$ 、 $q^-$ 、 $WS$ 、 $WQ$ 、 $f_U$ 、 $f_I$ 、 $U+pk$ 、 $U-pk$ 、 $I+pk$ 、 $I-pk$ 、 $Time$ 、 $WP$ 、 $WP^+$ 、 $WP^-$ 、 $SyncSp$ ；
- 谐波测量的测量功能  $\phi U(k)$ 、 $\phi I(k)$ 、 $\phi U_i-U_j$ 、 $\phi U_i-U_k$ 、 $\phi U_i-I_i$ 、 $\phi U_i-I_j$ 、 $\phi U_i-I_k$ 。

上述测量功能符号的含义请参考 0。

## 6.9.2 操作步骤

### 1. 显示平均处理菜单

在前面板上按下 Measure 键，显示测量菜单；在测量菜单按下“平均设置”软键，显示对话框如图 6.31 所示。



图 6.33 平均设置菜单

### 2. 设置平均处理参数

在如图 6.31 所示的菜单里，调整菜单操作旋转按钮，依次执行以下配置：

### 3. 开启平均处理功能。

(1)选择平均类型。

(2)平均类型若是 Exp(指数平均)，设定衰减常数；若是 Lin(移动平均)，设定平均次数。

## 6.10 同步测量

PA 功率分析仪支持同步测量功能。可选择单机、主机、从机模式，单独一台仪器，选择单机模式，2 台仪器相连时可执行主/从机同步测量，同步测量菜单图 6.34，此外支持一主多从的环型结构，从机数量理论上仅受限与主机和从机距离。

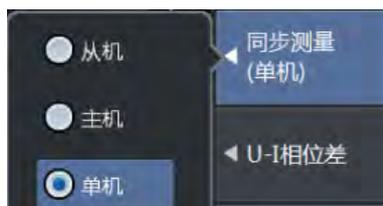


图 6.34 同步测量菜单

### 1. 两台仪器级联

只能将一台设置为主机，一台设置为从机，需 2 根 BNC 同轴电缆，其中一根 BNC 同轴电缆连接主机外部触发输出和从机的外部触发输入，另外一根 BNC 同轴电缆连接主机外部触发输入和从机的外部触发输出接口，如图 6.35 所示。

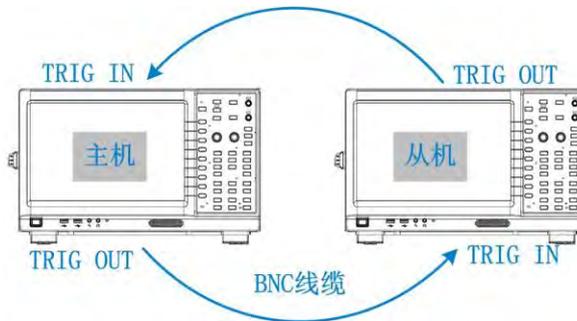


图 6.35 两台机器级联示意图

### 2. 多台仪器级联

多台机器级联时，其中 1 台仪器设置成主机，其余设置成从机，若 N 台机器级联，需 N-1 根 BNC 同轴电缆，第一根 BNC 线连接主机外部触发输出和第一台从机的外部触发输入，第二根 BNC 线连接第一台从机的外部触发输出和第二台从机的外部触发输入，依次类推，第 N-1 根 BNC 线缆连接第 N 台仪器（即 N-1 台从机）的外部触发输出接口和主机的外部触发输入接口，如图 6.36 所示。

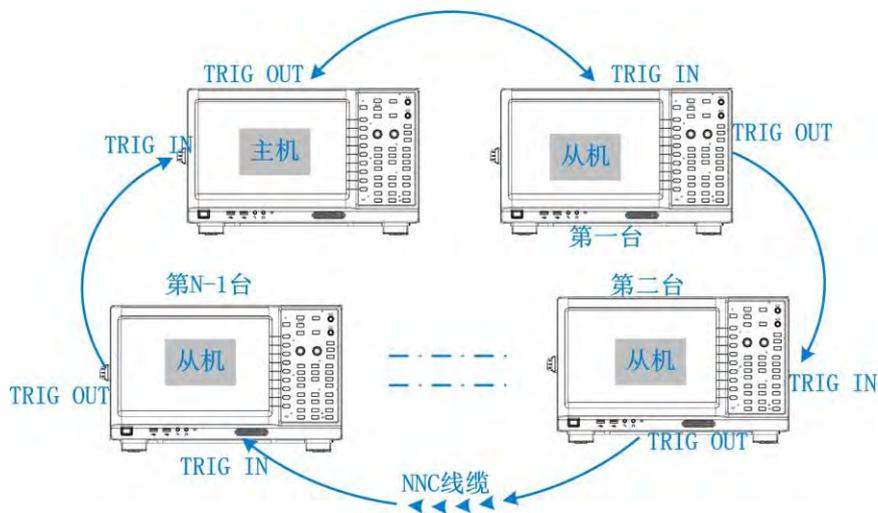


图 6.36 多台仪器级联示意图

主机输出测量开始信号，从机接收信号，实现 2 台或多台仪器同步测量。

- 1) 主机开始测量的同时，从机也开始测量。
- 2) 主机停止测量的同时，从机也停止测量。

## 6.11 U-I 相位差

在外接传感器/互感器时，传感器/互感器的延时使同一个测量单元测量到的电压电流相位发生变化，此功能用于补偿外部传感器/互感器的延时。以电压通道为参考，电流通道超

前为正，电流通道延后为负，实际的超前或延后时间作为设置值。可设置范围 -50000.00ns~50000.00ns，最小分辨率 0.01ns。具体设置值需参考传感器/互感器规格参数。  
示例：

1. 电压通道直接输入，电流通道使用互感器，电流互感器有 300ns 延时，即电流相对电压增加了 300ns 延时，则设置值为-300ns。
2. 电压通道使用电压互感器，延时 1500ns，电流通道使用电流互感器，延时 500ns，即电流相对电压超前 1000ns，则设置值为 1000ns，如图 6.38 所示。



图 6.37 U-I 夹角相位差设置

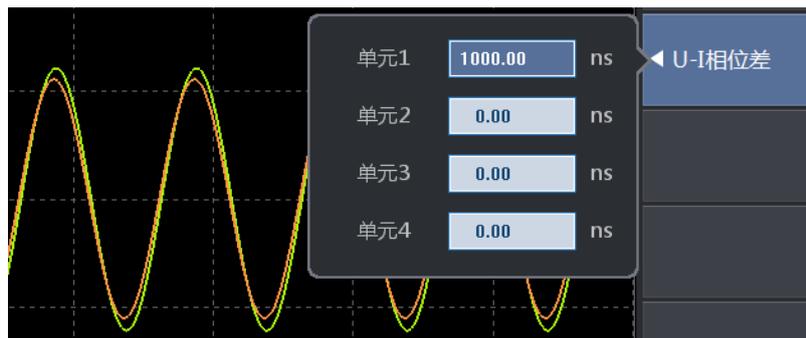


图 6.38 示例 2 设置显示图

## 6.12 用户自定义功能

### 6.12.1 功能简介

用户可自定义运算公式，求取测量功能以外的物理量。运算公式由运算项、运算符组成。

#### 1. 运算项

运算项有测量功能符号、运算单元编号、谐波次数组成。运算公式内运算项的个数不限，运算项和测量项目的对应关系见表 6.7。

表 6.7 运算项列表

常规测量项目			
测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
Urms<x>[1]	Urms<x> / URMS<x>	Cfl<x>	Cfl<x> / CFI<x>
Umn<x>	Umn<x> / UMN<x>	Pc<x>	Pc<x> / PC<x>

续上表

测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
Udc<x>	Udc<x> / UDC<x>	P<x>	P<x>
Urmn<x>	Urmn<x> / URMN<x>	S<x>	S<x>
Irms<x>	Irms<x> / IRMS<x>	Q<x>	Q<x>
Imn<x>	Imn<x> / IMN<x>	$\lambda$ <x>	LAMBDA<x>
Idc<x>	Idc<x> / IDC<x>	$\phi$ <x>	PHI<x>
Irmn<x>	Irmn<x> / IRMN<x>	Speed	Speed / SPEED
freqU<x>	fU<x> / FU<x>	Torque	Torque / TORQUE
freqI<x>	fI<x> / FI<x>	SyncSp	SyncSp / SYNC
U+peak<x>	UPPK<x>	Slip	Slip / SLIP
I+peak<x>	IPPK<x>	Pm	PM
U-peak<x>	UMPK<x>	自定义运算公式	F1~F20[2]
I-peak<x>	IMPK<x>	Theta	Theta / THETA
CfU<x>	CfU<x> / CFU<x>		
谐波测量项目			
测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
U<x>(n)	U<x>(n) [1]	XP<x>(n)	XP<x>(n)
I<x>(n)	I<x>(n)	Uhdf<x>(n)	UHDF<x>(n)
P<x>(n)	P<x>(n)	Ihdf<x>(n)	IHDF<x>(n)
S<x>(n)	S<x>(n)	Phdf<x>(n)	PHDF<x>(n)
Q<x>(n)	Q<x>(n)	Uthd<x>	Uthd<x> / UTHD<x>
$\lambda$ <x>(n)	LAMBDA<x>(n)	Ithd<x>	Ithd<x> / ITHD<x>
$\phi$ <x>(n)	PHI<x>(n)	Pthd<x>	Pthd<x> / PTHD<x>
$\phi$ U<x>(n)	UPHI<x>(n)	Uthf<x>	Uthf<x> / UTHF<x>
$\phi$ I<x>(n)	IPHI<x>(n)	Ithf<x>	Ithf<x> / ITHF<x>
Z<x>(n)	Z<x>(n)	Utif<x>	Utif<x> / UTIF<x>
RS<x>(n)	RS<x>(n)	Itif<x>	Itif<x> / ITIF<x>
XS<x>(n)	XS<x>(n)	hcf<x>	hcf<x> / HCF<x>
RP<x>(n)	RP<x>(n)	hvf<x>	hvc<x> / HVF<x>
积分测量项目			
测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
Time	TIME	q<x>	q<x> / AH<x>
WP<x>	WP<x>	q+<x>	qP<x> / AHP<x>
WP+<x>	WPP<x>	q-<x>	qM<x> / AHM<x>
WP-<x>	WPM<x>	Pdc<x>	PDC<x>
WS<x>	WS<x>	Pdc+<x>	PDCP<x>
WQ<x>	WQ<x>	Pdc-<x>	PDCM<x>
其它测量项目			
测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
$\eta$ <x>	ETA<X>	$\Delta U$ 1rmn<group>	DELTAU1RMN<group>

续上表

测量项目	运算项符号	测量项目	运算项符号
$\Delta U1_{rms}<group>$	DELTAU1RMS<group>	$\Delta U2_{rmn}<group>$	DELTAU2RMN<group>
$\Delta U2_{rms}<group>$	DELTAU2RMS<group>	$\Delta U3_{rmn}<group>$	DELTAU3RMN<group>
$\Delta U3_{rms}<group>$	DELTAU3RMS<group>	$\Delta I_{rmn}<group>$	DELTAIRMN<group>
$\Delta I_{rms}<group>$	DELTAIRMS<group>	$\Delta U1_{ac}<group>$	DELTAU1AC<group>
$\Delta U1_{mn}<group>$	DELTAU1MN<group>	$\Delta U2_{ac}<group>$	DELTAU2AC<group>
$\Delta U2_{mn}<group>$	DELTAU2MN<group>	$\Delta U3_{ac}<group>$	DELTAU3AC<group>
$\Delta U3_{mn}<group>$	DELTAU3MN<group>	$\Delta I_{ac}<group>$	DELTAIAC<group>
$\Delta I_{mn}<group>$	DELTAIMN<group>	$\Delta P1<group>$	DELTA P1<group>
$\Delta U1_{dc}<group>$	DELTAU1DC<group>	$\Delta P2<group>$	DELTA P2<group>
$\Delta U2_{dc}<group>$	DELTAU2DC<group>	$\Delta P3<group>$	DELTA P3<group>
$\Delta U3_{dc}<group>$	DELTAU3DC<group>	Udef1	UDEF1
$\Delta I_{dc}<group>$	DELTAIDC<group>	Udef2	UDEF2

[1] 运算项符号中的“x”表示输入单元编号，但不包括接线组；“n”表示谐波次数，当n=1时即表示基波。“()”是运算项符号的一部分，在书写运算公式时不可省略；“<>”用于在表 6.6 中标记输入通道号 x，在书写运算公式时不能写出。

[2] 在使用 F1~F20 中的某一个自定义运算公式 Fm 来定义 Fn 时，n 必须>m。例如，定义 F1 = F2 + F3 则定义无效；定义 F3 = F2 + F1 则有效。

## 2. 运算符

有 11 种运算符：+、-、\*、/、ABS(绝对值)、SQR(平方)、SQRT(平方根)、LOG(自然对数)、LOG10(常用对数)、EXP(指数)和 NEG(负数)，详见表 6.8。

表 6.8 运算符

运算符	说明
+、-、*、/	四则运算
ABS	绝对值
SQR	平方
SQRT	平方根
LOG	自然对数
LOG10	常用对数
NEG	负数
EXP	指数

## 3. 示例

求输入单元 2 电压信号的谐波成分的有效值：

$$\sqrt{\text{所有电压的有效值}^2 - \text{基波电压信号的有效值}^2}$$

用户可自定义运算公式：SQRT(SQR(Urms2) - SQR(Urms2(1)))来完成计算。

### 6.12.2 操作步骤

#### 1. 显示用户自定义菜单

在前面板按下 Measure 键，显示用户自定义菜单如图 6.39 所示。



图 6.39 用户自定义菜单

## 2. 打开/关闭用户自定义功能配置对话框

在如图 6.39 所示用户自定义菜单里，用户可自定义 F1~F20 的自定义功能，显示用户自定义功能配置对话框如图 6.40 所示。



图 6.40 用户自定义功能配置对话框

## 3. 编辑用户自定义功能

### 编辑表达式

用户可定义自定义测量功能的表达式。选择要编辑的测量项，选择“开”，然后将光标定位到表达式处，弹出编辑菜单，如图 6.41 所示。



图 6.41 用户自定义功能表达式编辑菜单

### 自定义测量功能名称定义

用户可为自定义测量功能取名。名称长度为 9 个字符，格式不限。将光标定位到名称处，弹出名称编辑对话框如图 6.42 所示。

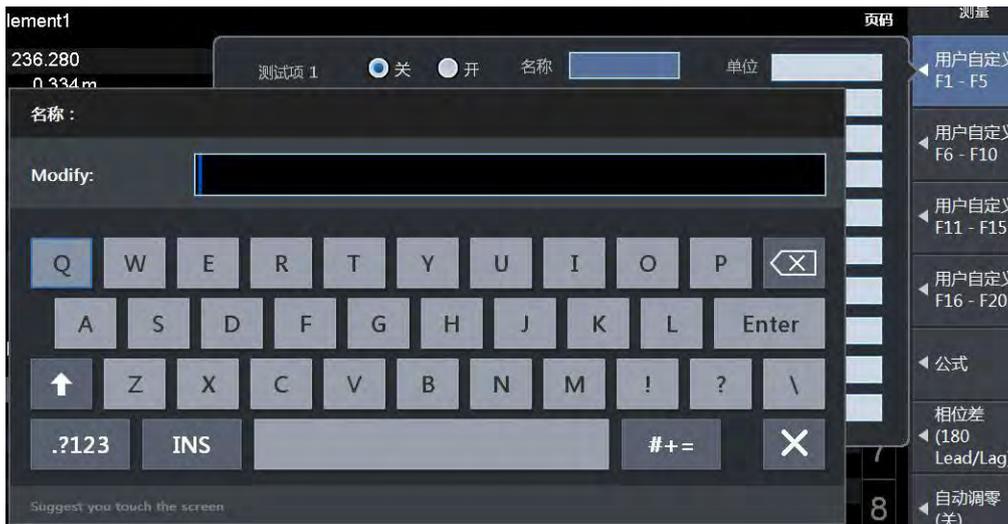


图 6.42 测量功能名称编辑

### 测量功能单位自定义

用户可自定义测量功能的单位。单位长度为 9 个字符，格式不限。将光标定位到单位处，弹出单位编辑对话框如图 6.43 所示。



图 6.43 测量功能单位编辑

### 6.13 配置向导

功率分析仪为用户提供了配置向导功能，帮助用户在开始测量前完成对仪器的基础配置。按下前面板的 Setting 键，进入配置向导菜单，如图 6.44 所示。

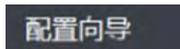


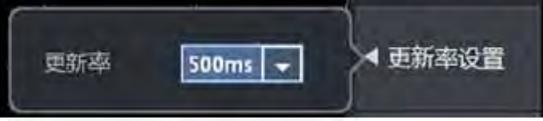
图 6.44 配置向导

按下“下一步”软键，可跳转到下一个设置步骤；按下“完成”软键则令设置生效并退出配置向导。配置向导依次完成接线设置、测量设置、更新率设置、谐波设置、更新率设置、电机设置，如表 6.9。

表 6.9 配置向导操作界面

编号	图片	显示界面
①		接线设置
②		测量设置

续上表

编号	图片	显示界面
③		更新率设置
④		谐波设置
⑤		电机设置 备注：电机版功率分析仪，配置向导才可见电机配置。

## 6.14 精确测量

为实现精确测量，请注意以下事项：

- 请在环境温度: 23±5°C 环境湿度: 30~75%RH (无结露)的条件下使用仪器；
- 在 5~18°C 或 28~40°C 的环境温度下使用时，测量结果需加上温度系数；
- 在环境湿度为 30%或以下的场所使用时，须使用防静电垫防止静电；
- 将仪器从温度较低的场所移到较高场所或因温度骤变仪器出现结露现象时，需让仪器适应变化后的环境温度 1 小时以上，恢复到无结露状态后方可使用；
- 预热和校零，开机或环境温度变化后预热至少 30 分钟后，测量前执行校零。
- 考虑杂散电容和测量电压电流大小的因素。

### 杂散电容的影响

当测量单相设备时，将仪器的电流输入端子连接到接近电源(Source)接地电位的一端，可以降低杂散电容对测量精度的影响，详见图 6.45。

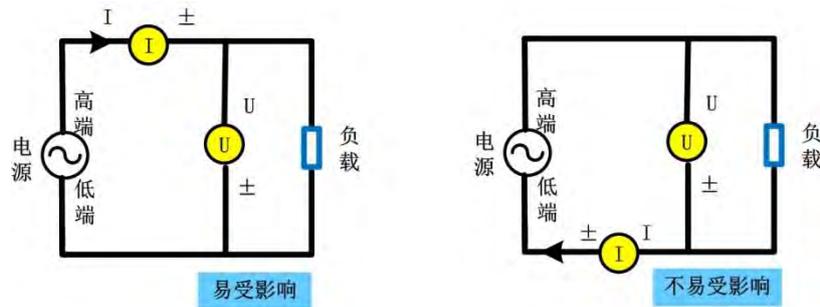


图 6.45 降低杂散电容对测量精度的影响

### 测量电压和电流的大小对测量的影响

根据测量电压和电流的大小，须注意输入端子的位置，详见图 6.46。

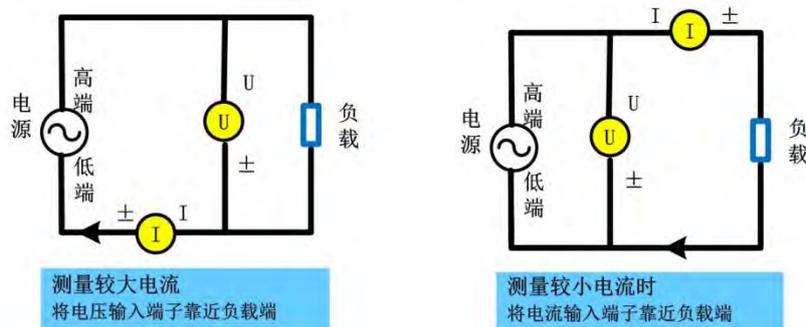


图 6.46 测量电压和电流的大小对测量的影响

## 6.15 补充阅读

### 6.15.1 PT 和 CT

CT，电流互感器，英文拼写 Current Transformer，是将一次侧的大电流，按比例变为为适合仪表使用电流的变换设备。它的工作原理和变压器相似。

PT，电压互感器，英文拼写 potential Transformer，是将一次侧的高电压按比例变为为适合仪表使用电压的变换设备。

### 6.15.2 电流传感器种类

常用电流传感器的类型与其说明参见表 6.10。

表 6.10 电流传感器介绍

类型	说明
分流式电流传感器	分流式电流传感器又叫分流器，是将阻抗很小的精密电阻串接在待测电流信号回路中；当电阻上有待测电流信号通过，则可测量电阻两端的电压，根据欧姆定律计算出待测电流大小
电流互感器 (Current transformer 简称 CT)	电流互感器的作用是把数值较大的一次电流通过一定的比例转换为数值较小的二次电流，用来进行测量
钳式电流传感器	常用于现场测试，不用拆开被测线路，使用方便。它可将电流变换为固定函数关系的磁场信号，再将磁场信号变换为成函数关系的电压或电流信号；从而测出被测电流

### 6.15.3 接线方式

#### 1. 单线 2 线制

(1)单相 2 线制接线示例

#### 测量仪表接线

单相 2 线制下根据电路的不同，测量仪表接线方法也不同，详见图 6.47。

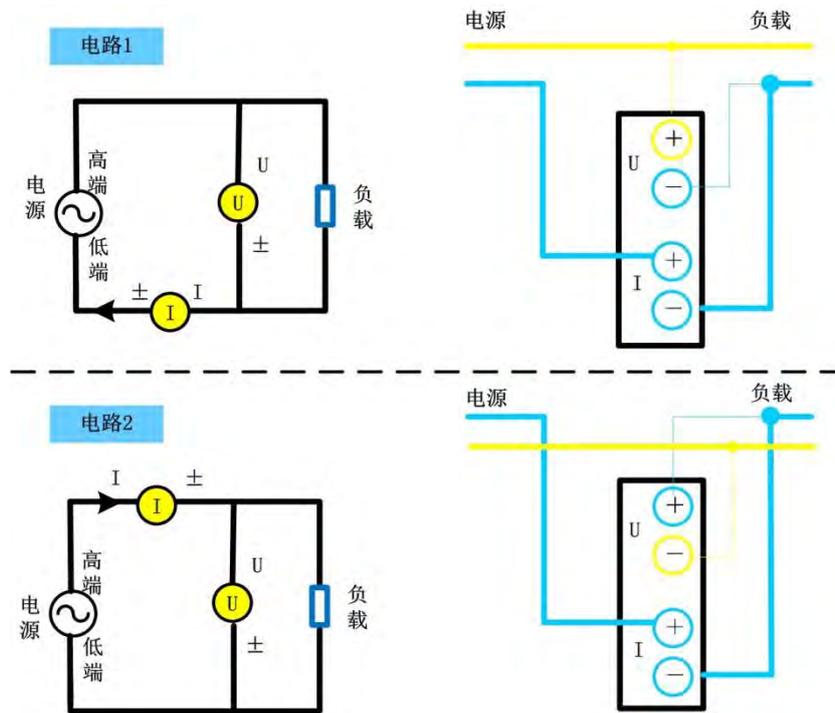


图 6.47 单相 2 线制 (1P2W)，测量仪表的接线

#### 使用 PT 和 CT 时的接线

使用 PT 和 CT 进行测量时的接线示例如图 6.48 所示。

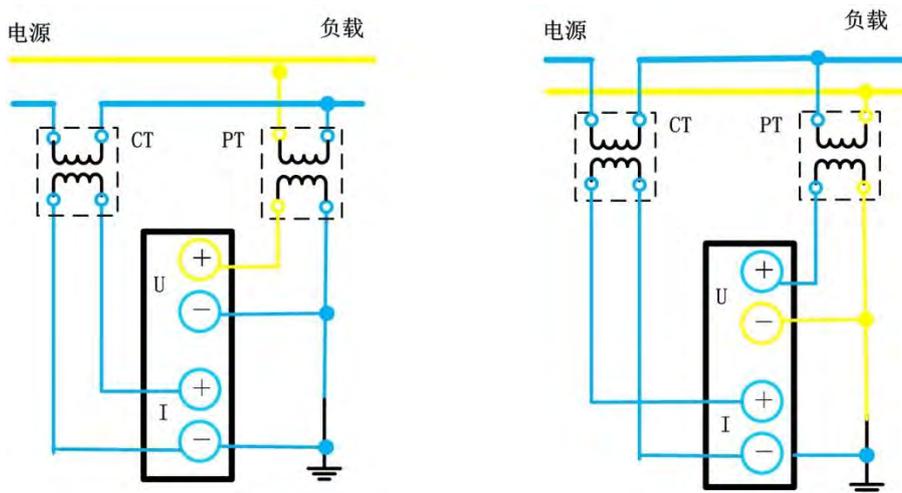


图 6.48 单相 2 线制 (1P2W)，使用 PT/CT 时的接线举例

接线实例

功率分析仪单相 2 线制下的接线实例如图 6.49 所示。

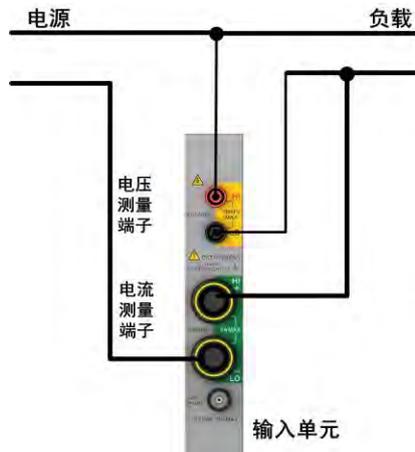


图 6.49 1P2W 下功率分析仪接线实例

(2)单相 3 线制

测量仪表接线

单相 3 线制下测量仪表接线方法见图 6.43。

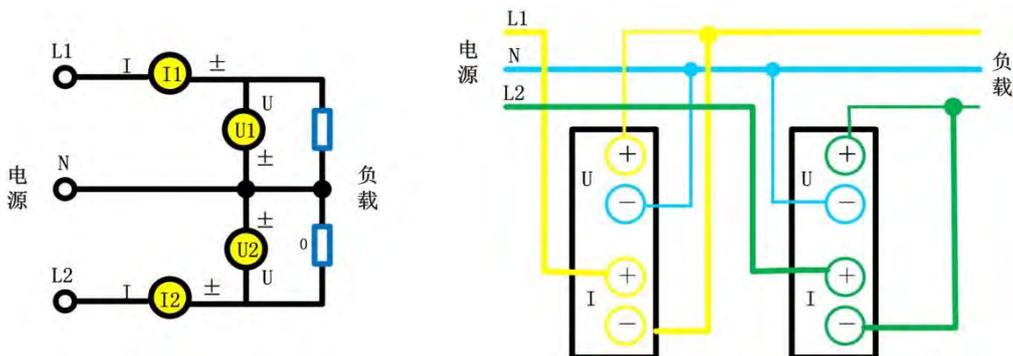


图 6.50 单相 3 线制(1P3W)，测量仪表的接线

使用 PT/CT 时的接线

使用 PT 和 CT 进行测量时的接线示例如图 6.51 所示。

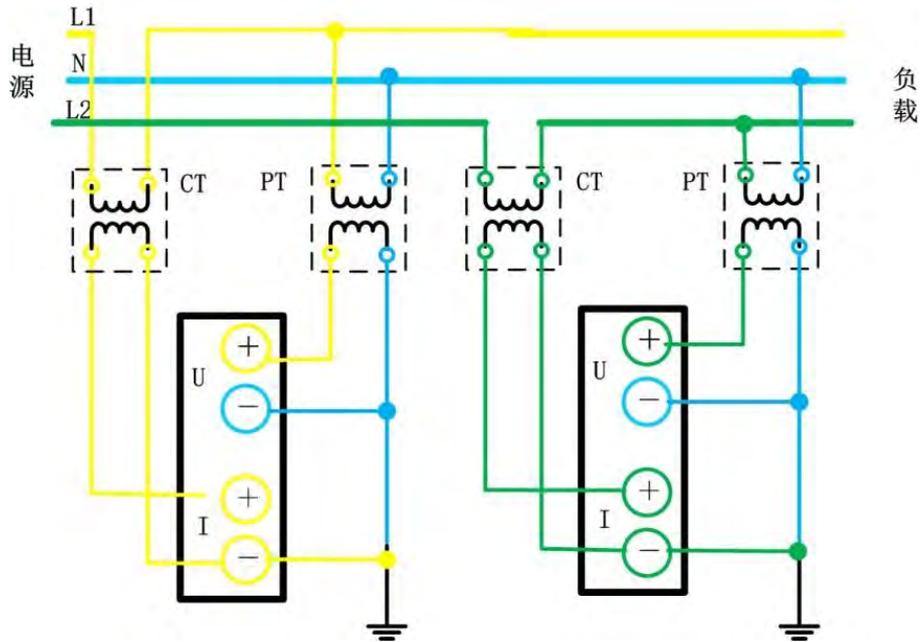


图 6.51 单相 3 线制 (1P3W)、使用 PT/CT 时的接线举例

接线实例

功率分析仪单相 3 线制下的接线实例如图 6.52 所示。

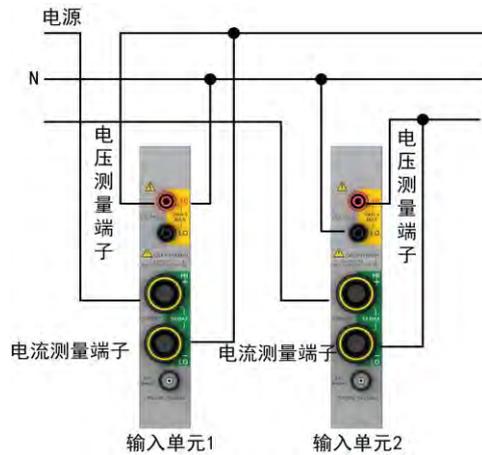


图 6.52 1P3W 下功率分析仪接线实例

2. 三相 3 线制

电力系统高压架空线路一般采用三相三线制，三条线路分别代表三相，例如我们在野外看到的输电线路，一般有三根线(即三相)而没有中性线，故称三相 3 线制。

(1)三相 3 线制

测量仪表接线

三相 3 线制下测量仪表接线方法见图 6.53。

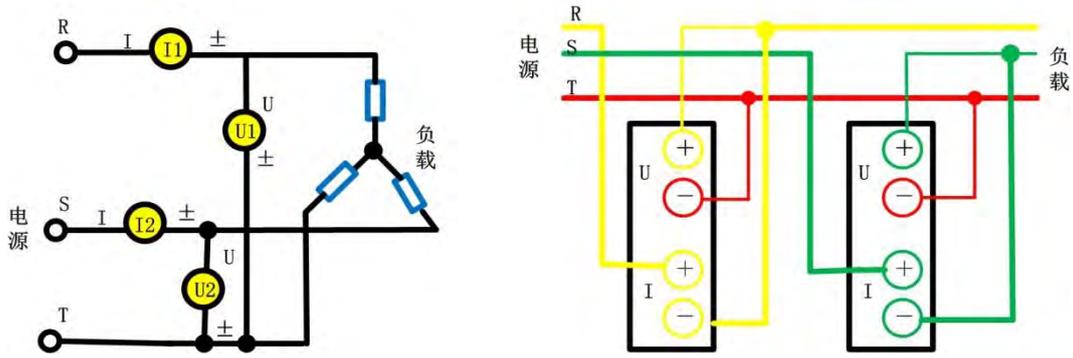


图 6.53 三相 3 线制、测量仪表的接线

使用 PT/CT 时的接线

三相 3 线制下，使用 PT/CT 时的接线如图 6.54 所示，此时使用两个输入单元分别连接到两根相线，分别测量相线的电压和电流。

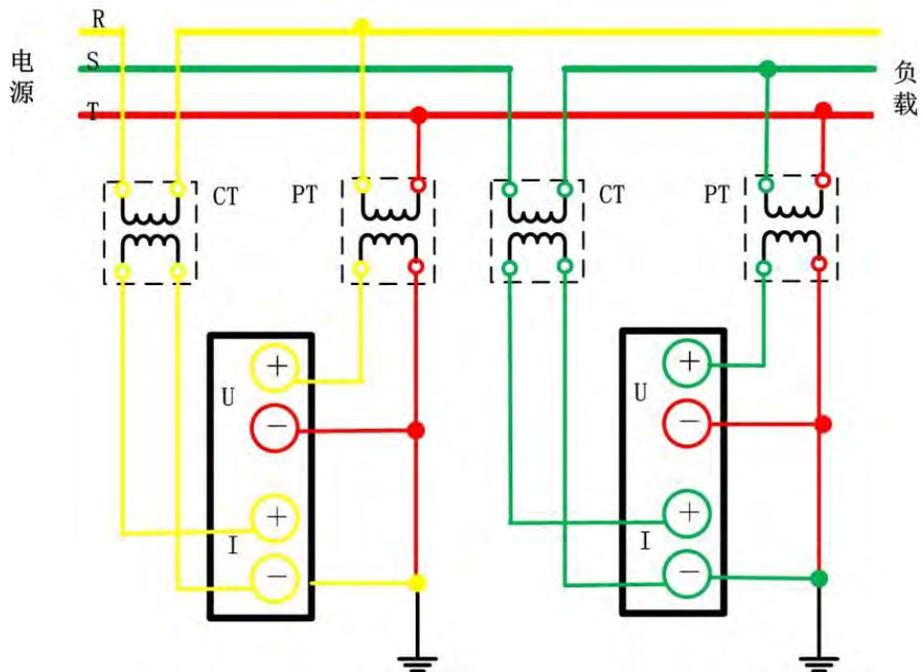


图 6.54 三相 3 线制 (3P3W)、使用 PT/CT 时的接线举例

接线实例

功率分析仪三相 3 线制下的接线实例如图 6.55 所示。

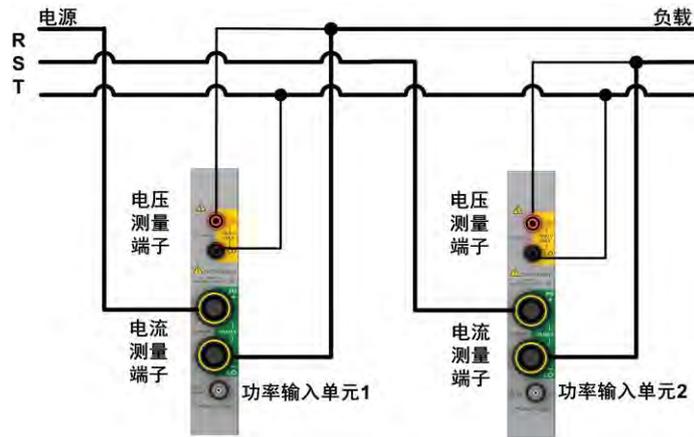


图 6.55 3P3W 下功率分析仪接线示例

(2)三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)

除此之外，还有一种三相三线制(3 电压 3 电流表法)的接线方法，这种方法是指用 3 个输入单元分别连接到三根相线上，每个输入单元分别测量一根相线的电压与电流。

测量仪表接线

三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)下，测量仪表接线的方法如图 6.56 所示。

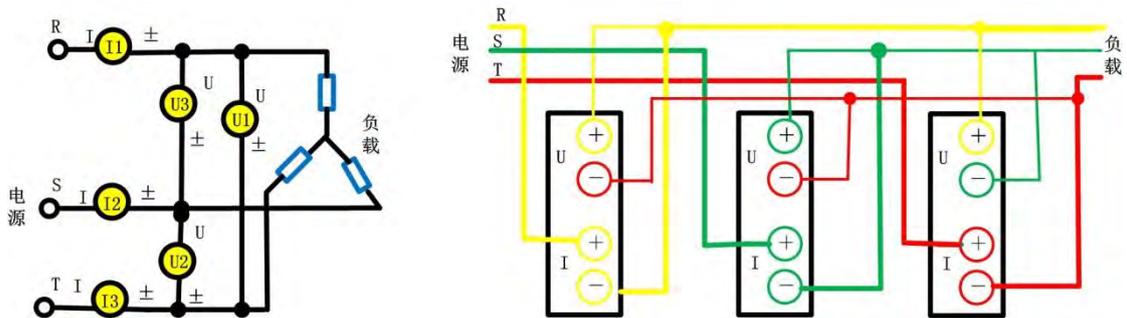


图 6.56 三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)，测量仪表接线

使用 PT/CT 时的接线

三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)下，使用 PT/CT 时的接线如图 6.57 所示。

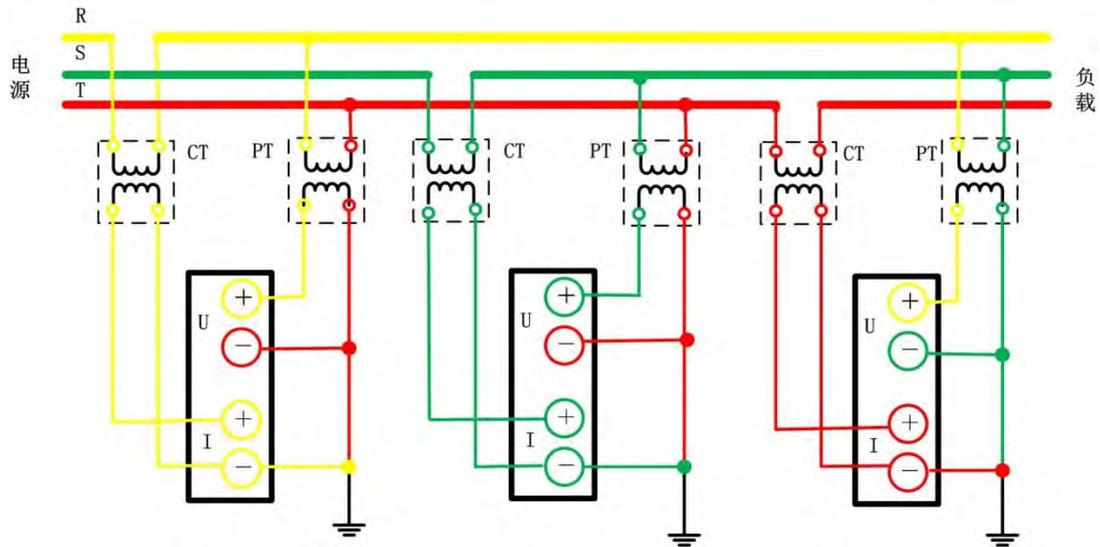


图 6.57 三相 3 线制(3 电压 3 电流表法), 使用 PT/CT 的接线

### 接线实例

功率分析仪三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)下的接线实例如图 6.58 所示。

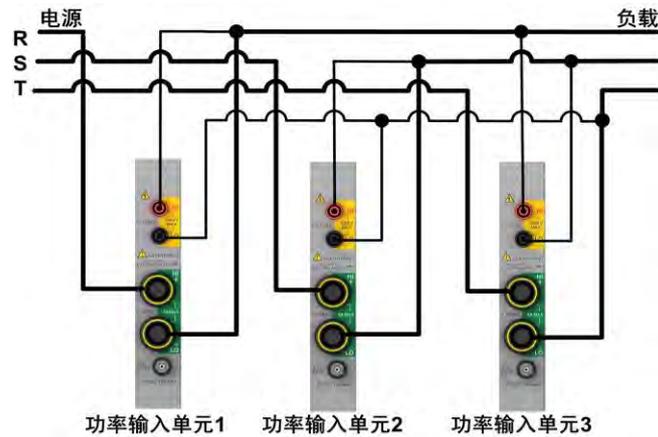


图 6.58 3P3W(3 电压 3 电流表法)下功率分析仪接线示例

### 3. 三相 4 线制

在低压配电网中, 输电线路一般采用三相 4 线制, 其中三条线路是相线, 另一条是中性线 N(如果该回路电源侧的中性点接地, 则中性线也称为零线)。

#### 测量仪表接线

三相 4 线制下, 测量仪表接线的方法如图 6.59 所示。

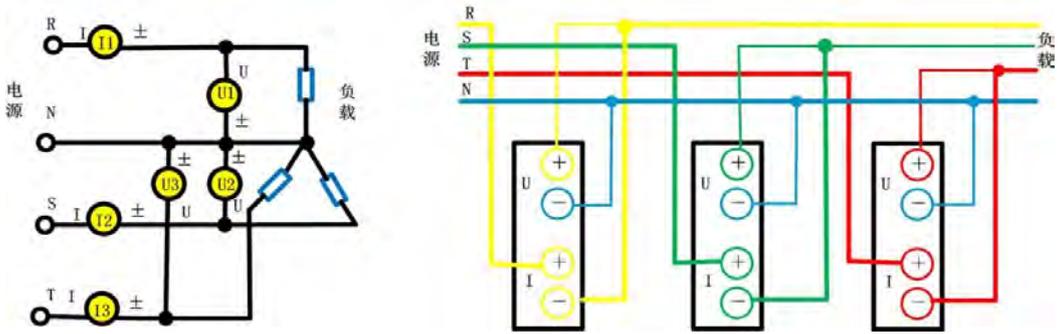


图 6.59 三相 4 线制下的测量仪表接线

使用 PT/CT 时的接线

三相 4 线制下，使用 PT/CT 时的接线方法如图 6.60 所示。

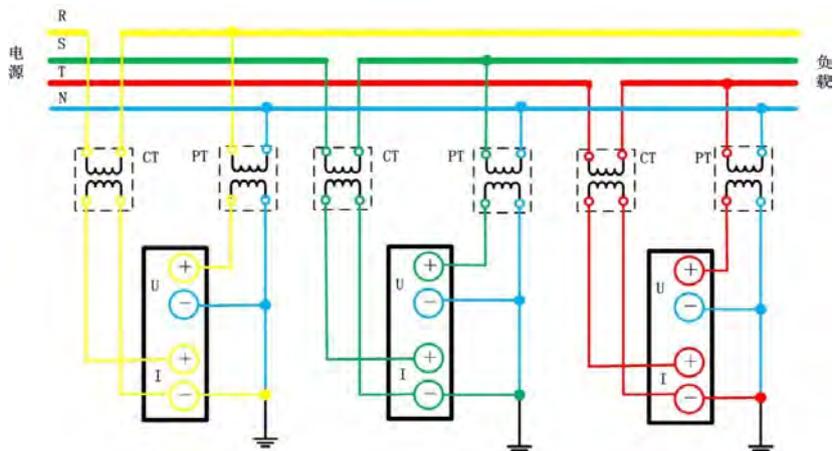


图 6.60 三相 4 线制 (3P4W)、使用 PT/CT 时的接线举例

接线实例

功率分析仪三相 4 线制下的接线实例如图 6.61 所示。

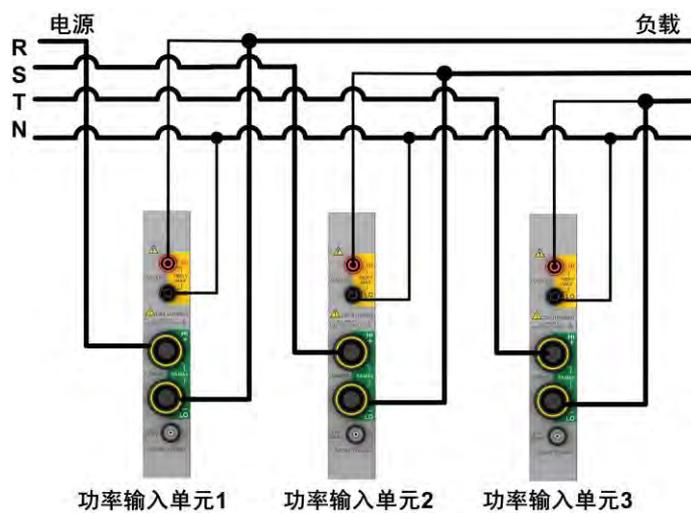


图 6.61 三相 4 线制接线实例

## 6.15.4 连接测量配件

致远可选配的测量配件不局限图 6.62 图 6.63 图 6.64 图 6.65 图 6.66 中举例用线。

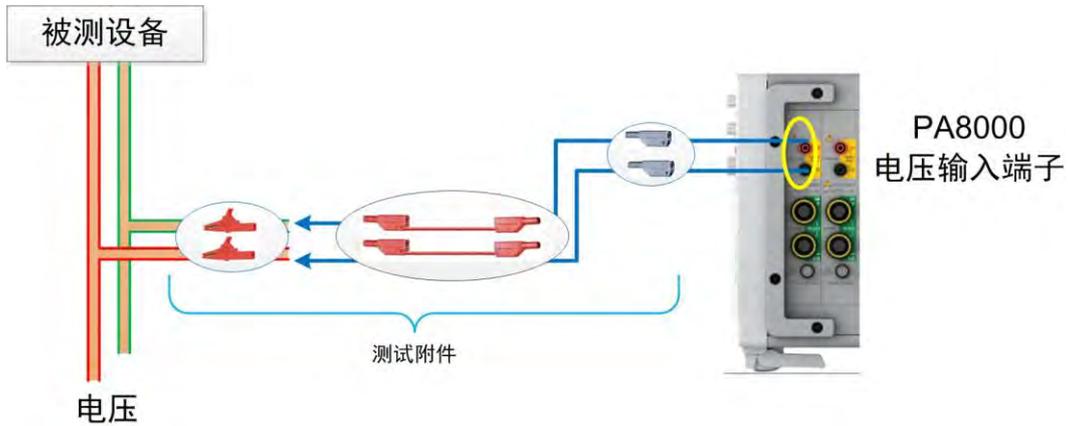


图 6.62 使用电压输入端子直接测量电压

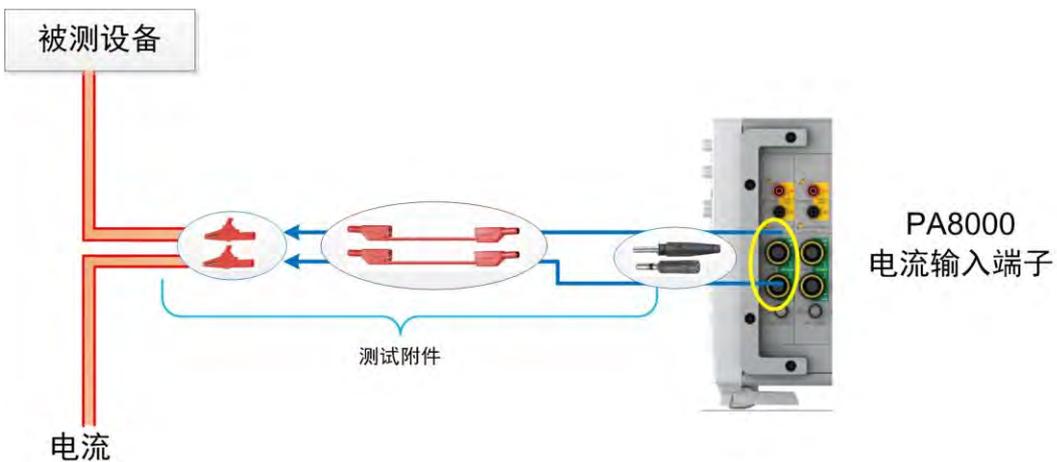


图 6.63 使用电流输入端子直接测量电流



图 6.64 使用电流传感器 (CT) 和电流输入端子测量电流

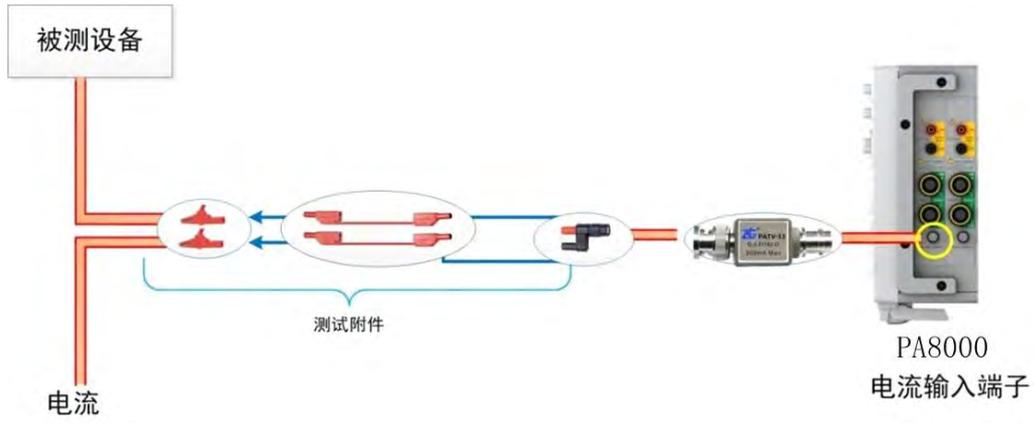


图 6.65 使用分流型传感器输入端子测量电流

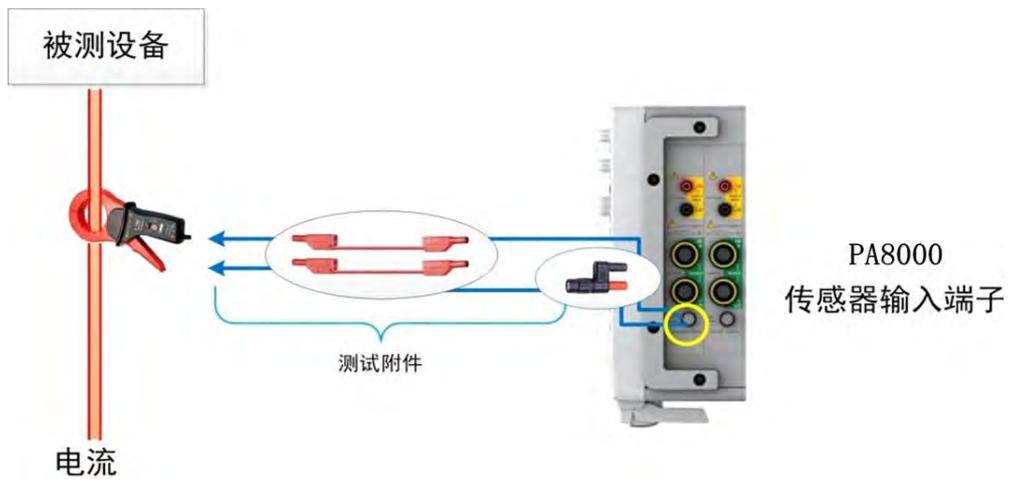


图 6.66 使用电压输出型传感器输入端子测量电流

## 7. 数值数据显示

### 7.1 数值数据分屏显示

用户可选择全屏或分屏显示各个测量结果的数值数据。

#### 1. 全屏显示

在功率分析仪的前面板按下 Numeric 键，功率分析仪按指定显示格式显示测得的数值数据。如图 7.1 所示，是在仅输入单元 1 可用，设置为出厂默认值时，按下 Numeric 键后的数值数据显示。

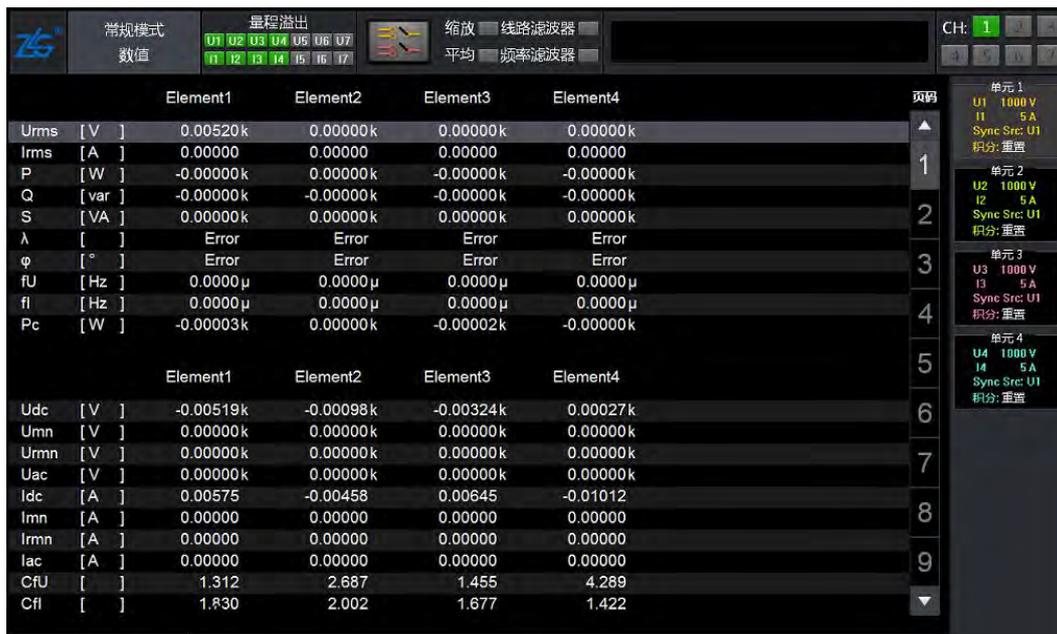


图 7.1 全屏显示

#### 2. 分屏显示

用户也可分屏显示数值数据：

步骤 1：按下前面板的 Others 键，显示 Others 菜单，如图 7.2 所示。

步骤 2：按下图 7.2 所示菜单中“数值+波形”、“数值+柱状图”、“数值+趋势”、“数值+波形运算”、“数值+FFT”中的任意一个软键，选择数值数据的显示模式。



图 7.2 分屏显示数据

## 7.2 数值数据显示格式

在数值数据显示界面，按下前面板的 Form 键，显示格式菜单如表 4.2 所示，用户可在格式菜单里设置数值数据显示格式为 6 项目、12 项目、24 项目、所有项目、用户自定义等。

## 7.3 测量功能的显示配置

在 6、12、24 项目数值数据显示界面，用户可配置各测量功能的显示：

- 测量通道。确定测量的接线组或输入单元；
- 测量功能。确定测量功能；
- 谐波次数。确定测量的谐波。

转动菜单操作旋钮，移动光标到须配置的测量功能处；然后按下前面板的 Item 键，弹出图 7.3 所示的显示菜单，用户可在菜单里配置须显示的测量功能、测量的接线组、测量的谐波次数。若测量功能跟接线或谐波无关则不显示“单元/组”或“谐波次数”。



图 7.3 测量功能显示菜单

### 配置测量功能

用户可配置光标所在处显示的测量功能，在图 7.3 所示菜单里，按下“测试项”软键，显示测量功能选择对话框，用户可使用菜单操作旋钮选择须显示的测量功能，如图 7.4 所示。注意，当显示格式配置为“所有项目”，此时各测量功能的显示位置固定，用户不能修改各显示项目对应的测量功能。

### 配置测量通道

用户还可进一步配置测量的输入单元或接线组，如图 7.5 所示。

配置谐波次数

用户可配置测量的谐波次数，如图 7.6 所示。

重置显示项目

用户可在图 7.4 所示菜单按下“重置显示项目”软键，重置数值数据的显示，如图 7.7 所示。

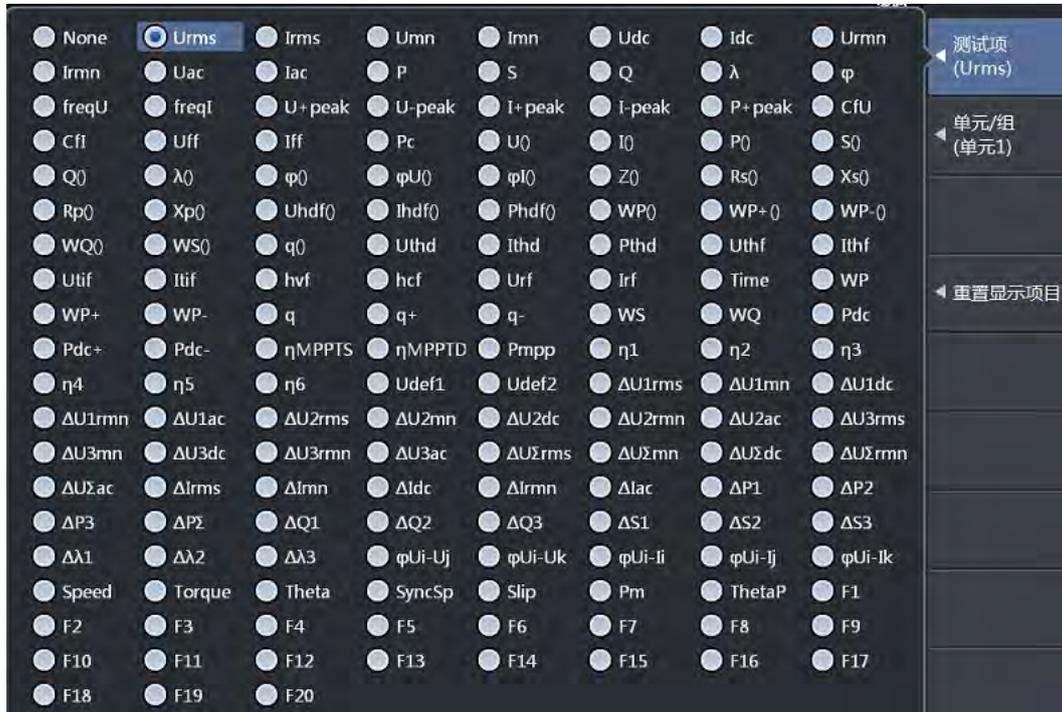


图 7.4 配置测量功能

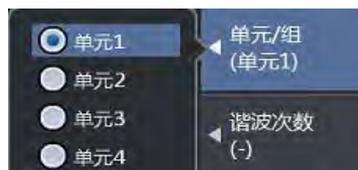


图 7.5 配置输入单元或接线组



图 7.6 配置谐波次数

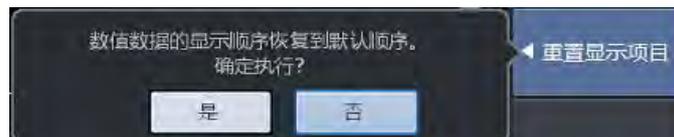


图 7.7 重置显示项目

## 7.4 相位差显示格式

相位差  $\phi$  是输入单元电压和电流的相位差，其显示格式可选择如下：

- 180 Lead/Lag。在该显示格式下，相位差的数值范围为 $[-180^\circ, 180^\circ]$ 。相位差数值为正时，则指示电流的相位变化超前于电压；相位差数值为负时，则指示电流的相位变化滞后于电压；
- 360 Degrees。在该显示格式下，电流与电压的相位差数值范围为 $[0^\circ, 360^\circ]$ 。

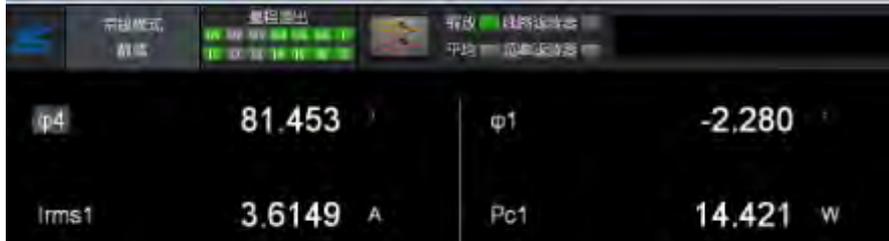


图 7.8 相位差测量结果显示

按下前面板上的 Measure 按键，显示测量菜单，再按下“相位差”软键，弹出相位差对话框如图 7.9 所示。用户可调节菜单操作旋钮，选择相位差的显示格式。



图 7.9 相位差软键

注意事项如下：

- 电压或电流的测量值为 0 时， $\phi$  显示错误[Error]；
- 功率因数  $\lambda$  的运算结果超过 1 时， $\phi$  显示如下：
  - 当  $1 < \lambda \leq 2$ ， $\phi$  显示为 0；
  - 当  $\lambda > 2$ ， $\phi$  显示错误[Error]；
- 谐波测量时 1~100 次的谐波电压和电流相位差  $\phi U(k)$  和  $\phi I(k)$  通常采用 180 Lead/Lag 显示格式。

## 8. 波形显示与运算

### 8.1 波形显示

功率分析仪基于采样数据显示波形，并可选择显示或隐藏各输入单元的电压和电流。波形显示界面包括垂直轴和水平轴。

#### 垂直轴(振幅轴)

以指定量程为基准决定垂直轴方向的显示区间。例如，峰值因数固定为 3，电压量程设为“100Vrms”时，以输入零位线为中心，显示区间为上限 300Vpk(100Vrms×3)，下限-300Vpk(-100Vrms×3)，如图 8.1 所示。超出此区间的波形将被剪裁。

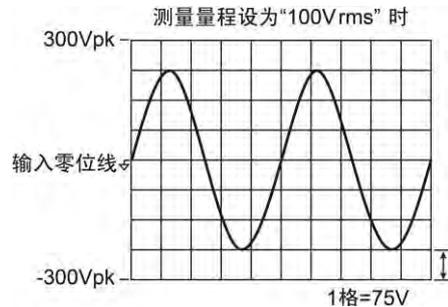


图 8.1 垂直轴示意

#### 水平轴(时间轴)

功率分析仪水平轴为时间轴，如图 8.2 所示。水平轴一屏有 10 格，用户可设置时间轴每格对应的时间。

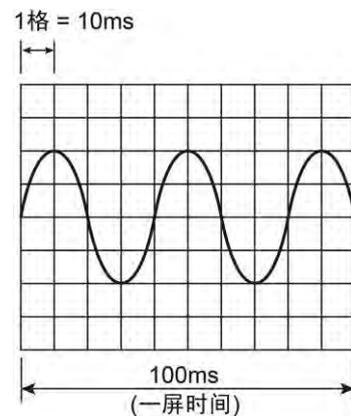


图 8.2 水平轴示意

#### 8.1.1 全屏/分屏显示

用户可选择全屏显示/组合显示/分屏显示波形：

- 按下前面板上的 Wave 按键，可全屏显示波形画面；
- 按下前面板上的 Others 按键，弹出如图 8.3 所示的菜单，用户可在“数值+波形”、“波形+柱状图”、“波形+趋势”、“波形+FFT”中等组合显示模式中选择；
- 在波形全屏显示模式；按下前面板的 Form 按键，显示波形格式配置菜单；在菜单里按下“分屏”软键，可选择波形显示分屏的数量，如图 8.4 所示。



图 8.3 上下分屏显示波形

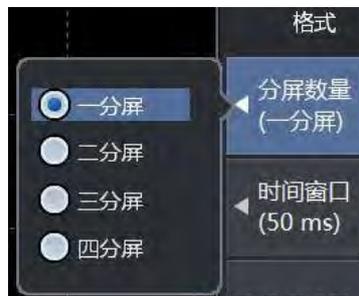


图 8.4 分屏数量设置

### 8.1.2 波形显示开关

#### 1. 功能简介

用户可打开或关闭指定输入信号的波形显示。

#### 2. 操作步骤

##### (1) 全屏显示波形

按下前面板的 Wave 按键，全屏显示波形画面。

##### (2) 波形显示配置对话框

按下前面板的 Item 键显示波形项目菜单；再按下菜单里的波形显示软键，弹出波形显示配置对话框如图 8.5 所示。注意，对话框中只列出可用信号的波形。此外，用户可根据喜好选择喜欢的波形显示颜色，如图 8.6。

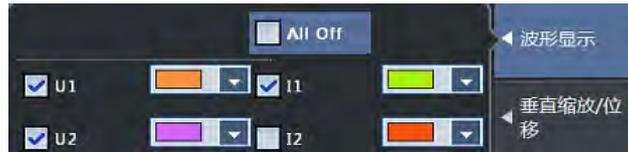


图 8.5 波形显示对话框

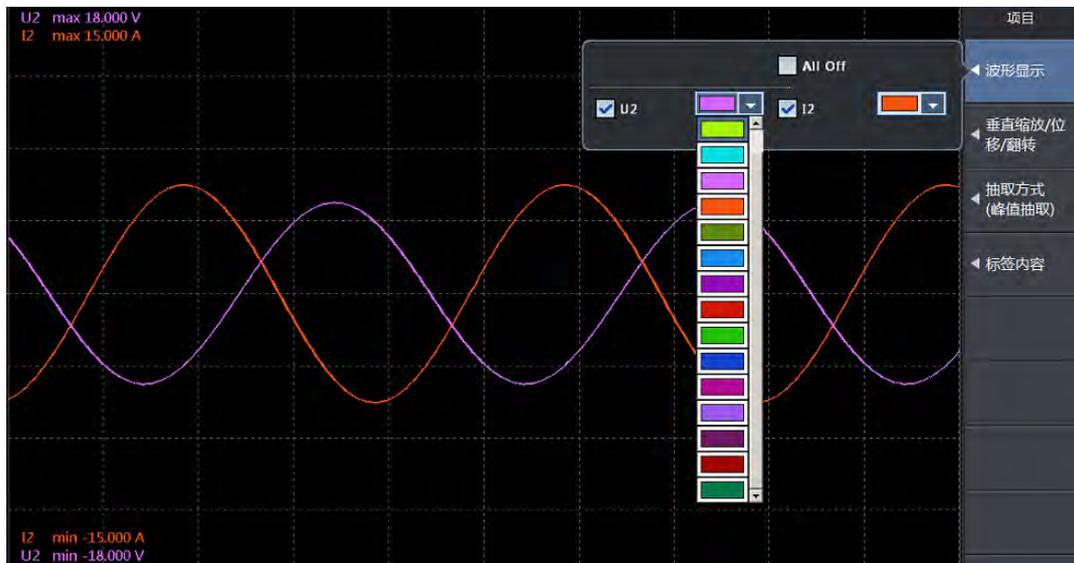


图 8.6 显示波形颜色设置

### (3) 波形显示配置

显示所有波形

按下菜单操作旋钮，则显示所有可用信号的波形，勾选所有显示波形。

关闭所有波形显示

旋转菜单操作旋钮，选择 All off；按下菜单操作旋钮，不再显示波形。

显示/关闭指定输入信号的波形

转动菜单操作旋钮，勾选须显示波形的输入信号，则显示相应信号的波形。

### 8.1.3 设定时间轴长度

用户可设定波形显示坐标系里时间轴的水平方向长度，也即单屏显示时间的长度。单屏的时间轴长度固定为 10 个单元格，因此每一个单元格显示的时间为单屏显示时间长度/10。

单屏显示时间长度须位于数据更新率范围内，当数据更新率为 N 时，单屏显示时间长度须  $\leq N$ 。例如，功率分析仪的数据更新率设置为 50ms；则单屏显示时间长度最长也只能选取到 50ms。下面介绍时间轴长度设定步骤。

步骤 1：全屏显示波形

按下前面板的 Wave 按键，全屏显示波形画面。

步骤 2：显示波形格式配置菜单

按下前面板的 Form 按键显示波形格式配置菜单。

步骤 3：配置时间轴长度



图 8.7 设定时间轴长度

在如图 8.7 所示显示波形格式菜单里，按下“时间窗口”软键，弹出时间轴长度配置菜单如图 8.7 所示，用户可配置时间轴的时间总长度，也即单屏显示时间。分别在“开始”和“结束”栏，调节时间轴长度；需要注意时间轴长度不可超过数据更新率；此外也可设置时间轴长度和更新率同步，勾选“与更新率同步”选项。单元格时间长度=单屏显示时间/10。时间轴开始端时间(固定为 0 秒)显示在屏幕左方，时间轴结束端时间显示在屏幕右方，详见图 8.8。



图 8.8 时间轴长度显示

### 8.1.4 波形垂直缩放/移动/翻转

#### 1. 功能简介

用户可以沿输入零位线，在垂直轴方向对每个显示波形进行缩放；还可以在垂直轴方向移动波形以便观察。

##### (1) 波形垂直缩放

波形的垂直缩放是指在垂直方向对波形显示区域的放大或缩小，但并不改变波形各点的坐标值。如图 8.9 所示，可看到沿着输入零位线，波形在垂直方向上的显示区域扩大了两倍，便利了用户的观察。

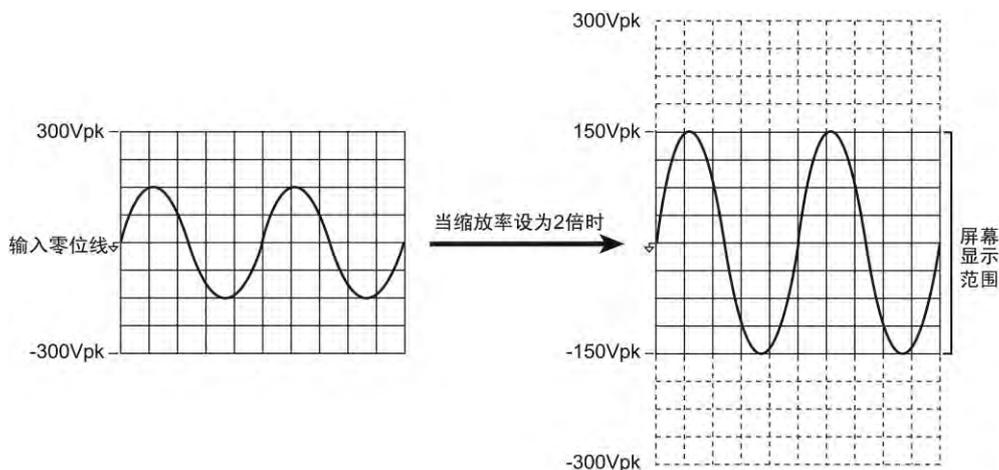


图 8.9 波形垂直缩放示例

##### (2) 波形垂直移动

有时为了观察两个波形的相互关系，或是希望观察到溢出屏幕显示区域以外的波形显示部分，可以将波形垂直移动。如图 8.10 所示，可以看到将两个波形各自垂直移动 50%，叠加在一起，可以直观地对比两者的关系。

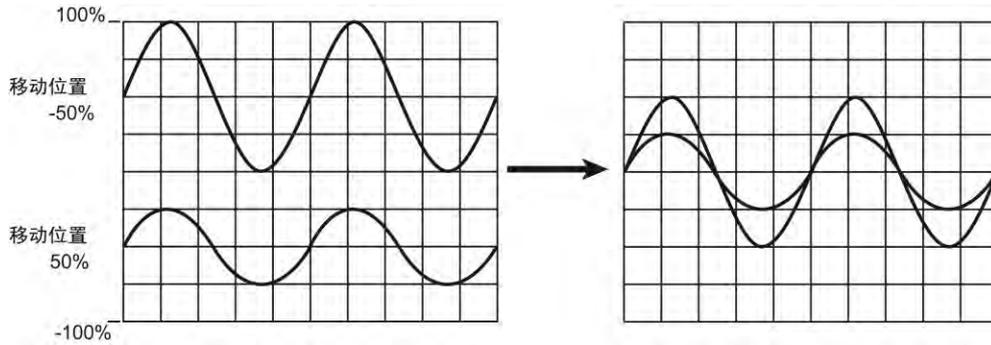


图 8.10 波形垂直移动示例

### (3) 波形翻转

PA 功率分析仪 3V3A 接线方式的线路接法是 Uab、Ubc、Uac，为实现客户查看 Uab、Ubc、Uca 波形图，Uac 设置波形翻转后，可查看 Uca 波形图，如图 8.11。

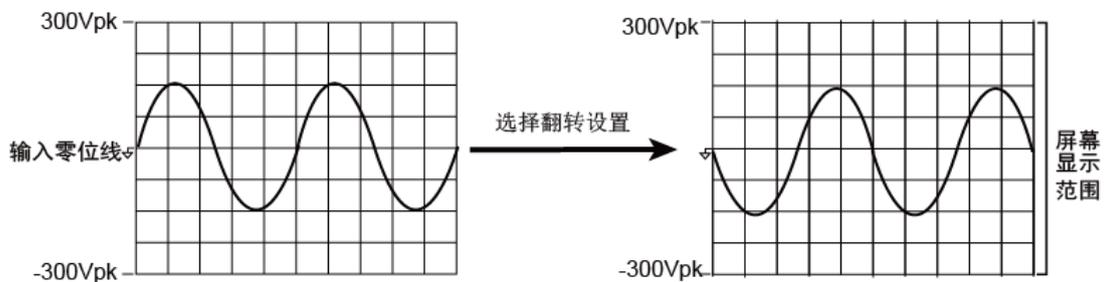


图 8.11 波形翻转示例

## 2. 操作步骤

### (1) 显示项目菜单

按下前面板的 Wave 按键，全屏显示波形画面；再按下前面板的 Item 按键打开波形显示项目菜单，再按下“垂直缩放/位移/翻转”软键，弹出对话框如图 8.12 所示。对话框里会自动列出当前可配置的电压、电流信号。



图 8.12 显示项目菜单

### (2) 垂直缩放/位移/翻转菜单

在如图 8.12 所示显示项目菜单里，用户可设置各个输入单元或接线组电压、电流的垂直缩放系数、位移及波形翻转。

在电压、电流缩放系数对话框，用户可通过软键盘调节缩放系数，缩放系数范围为 0.1~100。电压/电流位移是以%为单位来设定波形位置，用户可在软键盘里输入位移数值，如图 8.13 所示。需要注意，功率分析仪的峰值因数固定为 3，因此电压和电流位移 100%对

应量程×3 的位置。

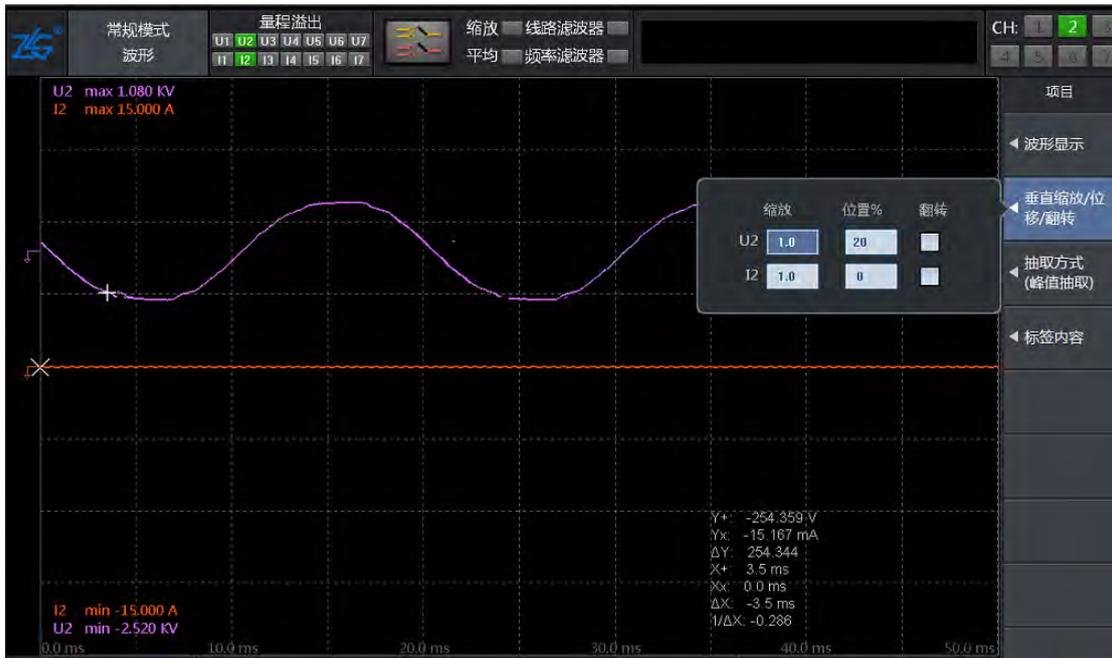


图 8.13 电压位移

### 8.1.5 波形抽取方式

显示屏像素远小于一个更新周期的采样点数，无法完整体现细节。PAH 功率分析仪提供两种抽取方式：等间隔抽取、峰值抽取，如图 8.14。

#### 1. 等间隔抽取

PAH 采样点 2M，显示点数 2k，实际显示的就是 1k 个点抽取一个，即显示第一个点，第 1001 个点、2001 个点等，可参考图 8.15。

#### 2. 峰值抽取

PAH 采样点有 2M，显示点数 2k，实际显示是 2k 个点抽取两个，0~2000 点之间找最大和最小值，第二是 2001~4000 之间找最大和最小值，可参考图 8.15。

备注：信号频率为抽样频率整数倍时这个频率成分变为直流，此时用峰值抽取某些频率消失的概率减少，但是在抽取区间内两个点的时刻不是固定的。



图 8.14 抽取方式菜单

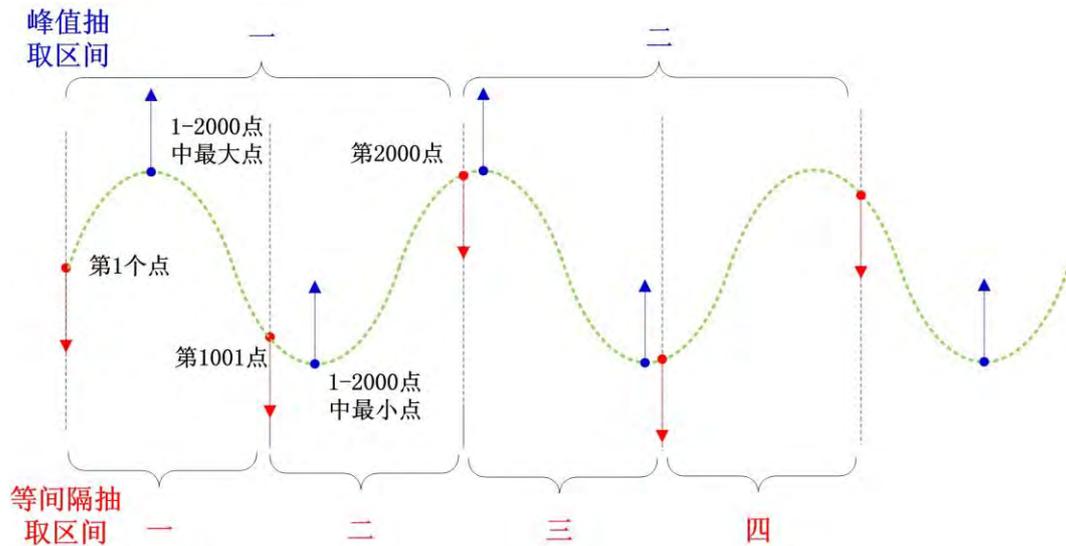


图 8.15 两种抽取方式示意图

### 8.1.6 波形反转

支持测量过程中、Hold 模式下、常规分析模式下，波形翻转功能，如图 8.16。

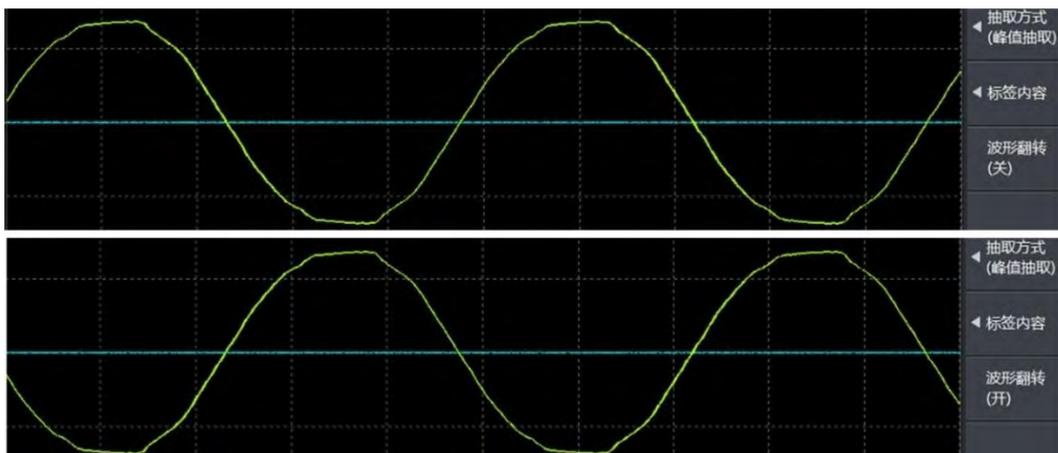


图 8.16 波形反转关/开

### 8.1.7 波形显示参数设置

对于功率分析仪显示的波形，用户可设置波形标签、刻度、点填充或线填充等显示参数。

#### 1. 进入波形显示设置菜单

当进入了波形显示界面，用户可按下前面板上的“Form”键，然后在弹出的菜单(根据波形的类型不同，菜单内容会不同)里按下“显示设置”软键，从而进入显示设置菜单，如图 8.17 所示。



图 8.17 进入显示设置菜单

## 2. 填充设置

用户可选择只用点来填充显示的波形，此时波形上的各点间不连接，如图 8.18 左图所示；也可选择将不相互连接的各点用直线连接而显示波形，如图 8.18 右图所示。

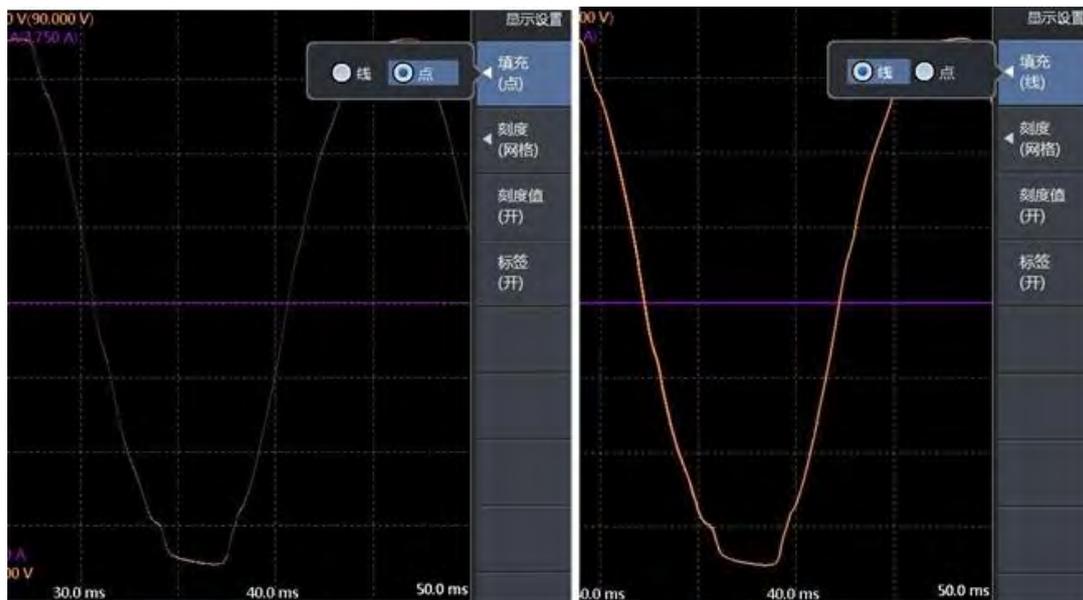


图 8.18 点/线填充

## 3. 刻度类型

用户可选择显示界面上的刻度类型，包括：网格、空、刻度。启用网格后显示见图 8.19 左图，启用刻度后的显示图见图 8.19 中图，无网格的显示图见图 8.19 右图。

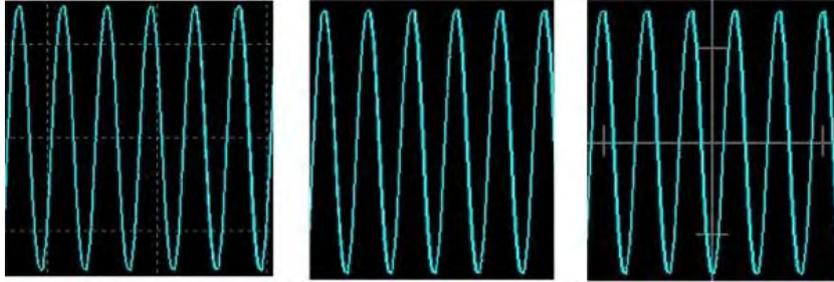


图 8.19 网格/空/刻度

#### 4. 刻度值/开关

用户可选择是否显示水平轴上的刻度数值。刻度值开示意图如图 8.20 所示，刻度值关闭示意图如图 8.2 所示。

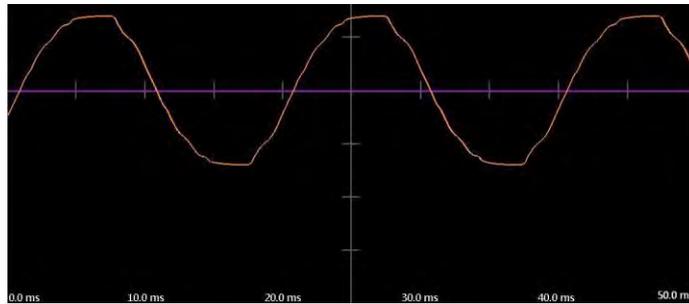


图 8.20 刻度值开示意图

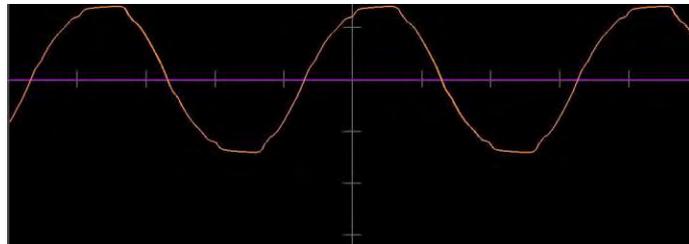


图 8.21 刻度值关示意图

#### 5. 标签开/关

用户可以选择是否显示波形标签，指示波形的名称与波形的幅值。关闭波形标签的显示示意图见图 8.22，开启波形标签的显示示意图见图 8.23。

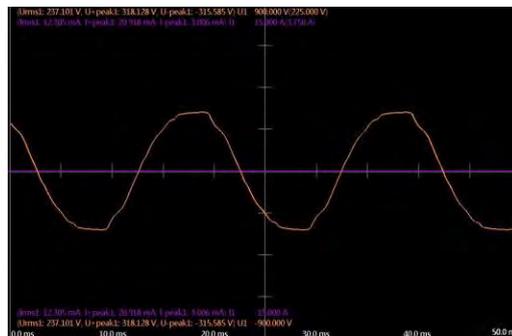


图 8.22 开启标签

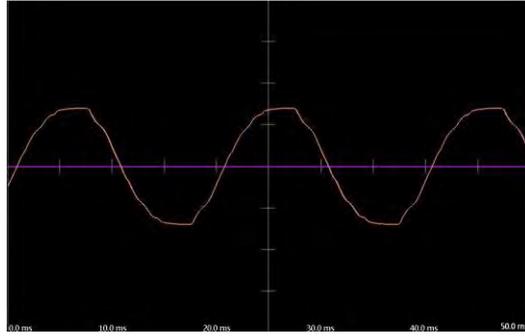


图 8.23 关闭标签

### 6. 波形显示的分配

用户可将各测量项的波形分配到各个分屏里显示，相关菜单如图 8.24 左所示。用户还可选择波形分配到各分屏的方法，如图 8.24 右所示。



图 8.24 波形分配菜单

#### 自动分配

在自动分配模式下，根据当前各个分屏中的波形个数，使要显示的波形尽量均匀地分配到各个分屏。例如，当 U1~U4、I1~I4、Speed、Torque 波形均开启显示，分屏数目为 4，则在自动分配模式下，U1 分配至分屏 1、I1 分配至分屏 2、U2 分配至分屏 3……最终分配结果详见表 8.1 (分屏按从上至下的顺序分配编号 1~4)。

表 8.1 自动分配

分屏序号	显示波形
1	U1、U3、Speed
2	I1、I3、Torque
3	U2、U4
4	I2、I4

#### 固定分配

在固定分配模式下，每个波形都有固定的位置。规则如下：Speed 是固定显示在分屏 1，Torque 则固定显示在分屏 2，U、I 波形根据通道号决定。例如，分屏数目为 4，则在固定分配模式下，U1 分配至分屏 1，I1 分配至分屏 1，U4 分配至分屏 4，U5 分配至分屏 1……最终分配结果详见表 8.2。

表 8.2 固定分配示例

分屏序号	显示波形
1	U1、I1、U5、Speed
2	Torque
3	-----
4	U4

#### 用户自定义

在用户可以自定义模式下，波形被分配到的位置可以随意设置。从 1~4 选择显示位置。波形按窗口编号分配，窗口编号由上至下为 1~4。

## 8.2 波形运算

### 8.2.1 功能简介

通过波形运算功能，用户可对显示的波形执行加减运算，还可按自定义的运算公式显示波形。例如，用户可显示电压波形与电流波形相乘的波形，从而得到瞬时功率的显示波形，如图 8.25 所示。

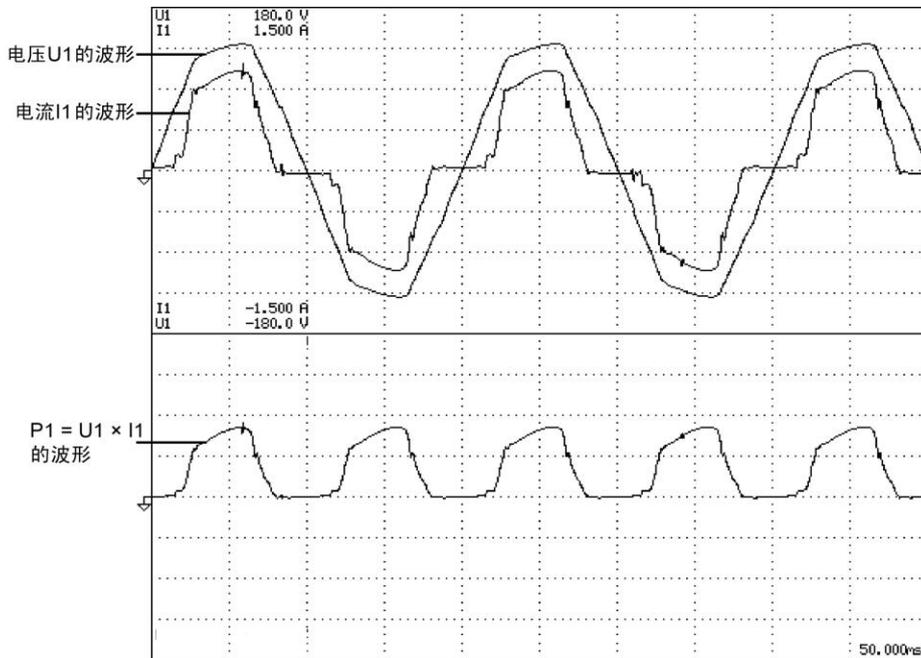


图 8.25 波形运算示意

#### 1. 运算公式

用户可将两个运算公式的结果显示为波形。运算公式由运算项和运算符组成。功率分析仪支持用户定义两个运算公式，分别是 Math1 和 Math2。

##### (1) 运算项

运算公式支持的运算项如表 8.3 所示。在补充阅读小节里给出了运算公式的几个常见示例，如“运算公式示例”小节所示。

表 8.3 运算项

运算项	说明
U1~U7	各输入单元的电压波形
I1~I7	各输入单元的电流波形
P1~P7	各单元的瞬时功率波形
TORQUE	电机输入的扭矩信号波形
SPEED	电机输入的转速信号波形
Pmi	TORQUE×SPEED，电机输出的瞬时波形
K1~K8	常数

##### (2) 运算符

运算公式里可以使用的运算符有：+、-、×、/、ABS(绝对值)、SQR(平方)、SQRT(平

方根)、LOG(自然对数)、LOG10(常用对数)、EXP(指数)、NEG(负号)和 AVG2~AVG64(指数平均)等, 详见表 8.4。

表 8.4 运算符

运算符	示例	说明
+、-、×、/	U1+I1	求指定波形的四则运算
ABS	ABS(U1)	求指定波形的绝对值
SQR	SQR(U1)	求指定波形的平方
SQRT	SQRT(U1)	求指定波形的平方根
LOG	LOG(U1)	求指定波形的自然对数
LOG10	LOG10(U1)	求指定波形的常用对数
EXP	EXP(U1)	求指定波形的指数
NEG	NEG(U1)	求指定波形的负值
AVG2	AVG2(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 2
AVG4	AVG4(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 4
AVG8	AVG8(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 8
AVG16	AVG16(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 16
AVG32	AVG32(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 32
AVG64	AVG64(U1×I1)	求指定波形平均, 衰减常数是 64

AVG 函数的定义和波形可参考 8.2.41 “AVG 函数的定义与波形” 小节。

## 8.2.2 操作步骤

### 1. 显示波形运算菜单

按下前面板的 Wave 按键显波形视图, 此时按下前面板的 Others 按键, 显示其他菜单, 再按下“波形运算”软键, 进入波形运算设置界面, 如图 8.26 所示。



图 8.26 波形运算菜单

在图 8.26 所示对话框里，用户可配置 Math1、Math2 公式和常数 K1~K8。例如，用户把光标定位到 Math1 表达式里，可进入公式编辑菜单。

### 8.2.3 注意事项

#### 1. 对功能和测量功能的限制

波形运算模式会执行与其它测量模式不同的内部运算。因此，它不支持趋势或柱状图显示、积分、存储等部分功能。此外，还不能执行谐波测量和阻抗等部分测量功能。

#### 2. 波形运算结果会出错的情形

下列情况下，波形运算结果会出错：

- 公式的运算项中使用了未安装输入单元的电压或电流信号；
- 有负数代入 SQRT 参数；
- 如果有负数代入 LOG 或 LOG10 参数。

### 8.2.4 补充阅读

#### 1. AVG 函数的定义与波形

AVG 函数用下列公式执行平均运算。

$$X_n = X_{n-1} + \frac{d_n - X_{n-1}}{k}$$

公式说明：X<sub>n</sub> ——第 n 次显示数据(第 1 个显示数据 x1 是 d1)、X<sub>n-1</sub> ——第 n-1 次经过指数平均的显示数据、d<sub>n</sub> ——第 n 次采样数据、k ——衰减常数(从 2、4、8、16、32、64 中选择)。

给出 AVG 函数的一个书写示例 AVG64(P1)，意为显示单元 1 有功功率的 AVG 波形，如图 8.27 所示。

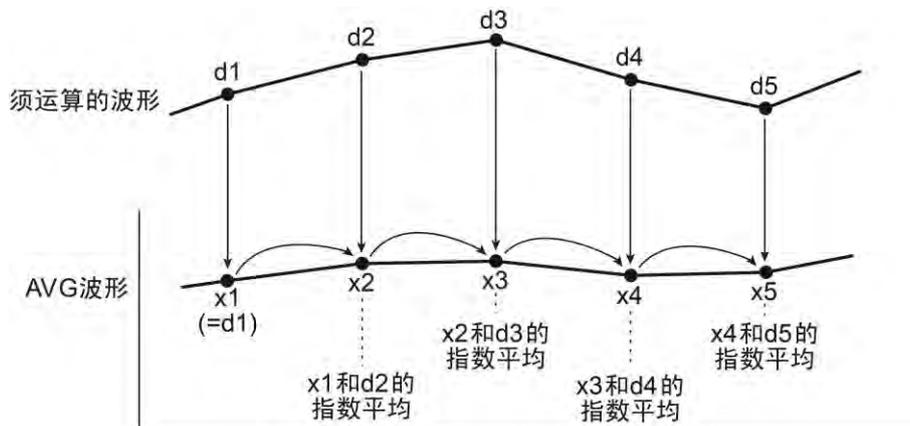


图 8.27 AVG 波形

#### 2. 运算公式示例

##### (1) 瞬时功率波形

通过输入单元 1 的电压波形乘以电流波形显示瞬时功率波形，须将运算公式设为 P1。

##### (2) 三相 3 线制的电压和电流波形

当输入单元只有 2 个时，欲显示三相 3 线制 R-S 线电压和 T 相电流，将公式设定如下：

- Math1:  $U1 - U2$  R-S 线电压 = (R-T 线电压) - (S-T 线电压);
- Math2:  $-(I1+I2)$  T 相电流 = -(R 相电流 + S 相电流)。

(3)三相 4 线制中性线的电流波形

当输入单元只有 3 个时，为显示三相 4 线制中性线的电流波形，可将公式设定如下：

Math1:  $-(I1+I2+I3)$  中性线的电流 = -(R 相电流 + S 相电流 + T 相电流)

(4)电机输出(机械功率)的瞬时波形

若要使通过电机的扭矩信号乘以转速信号显示电机输出的瞬时波形，可将公式设为 Pmi。

## 9. 趋势显示

### 9.1 功能简介

趋势图，以测得的数量为纵轴，以时间为横轴绘成图形，用来显示一定时间间隔(例如一天、一周或一个月)内所得到的测量结果，有柱型图、横柱型图、曲线图、饼图、点图、面积图、雷达图等类型，用于呈现某事物或某信息数据的发展趋势。曲线趋势图如图 9.1 所示。

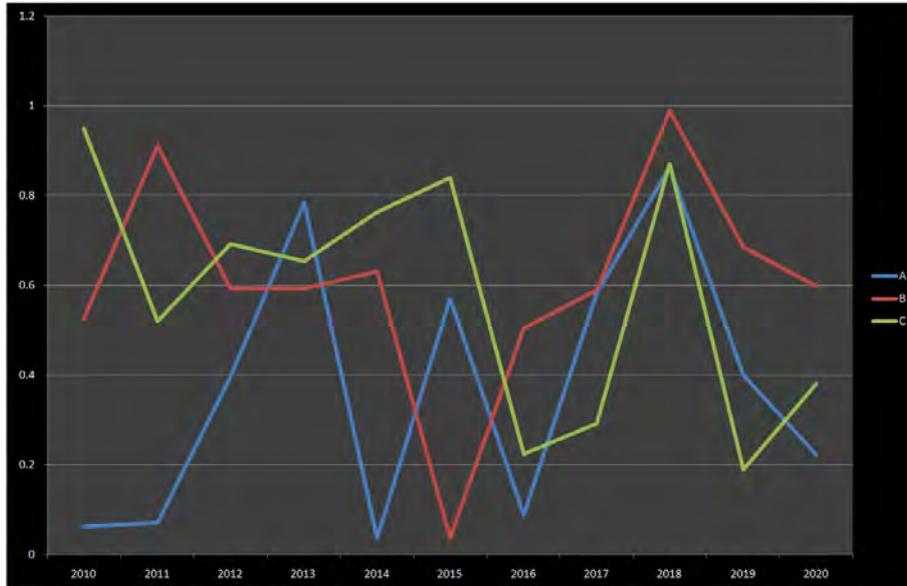


图 9.1 趋势图示例

在常规测量和谐波测量模式下，用户可使用趋势图功能来显示被测对象各测量功能的在一段时间内的变化趋势。图 9.2 是功率分析仪的趋势显示示例。

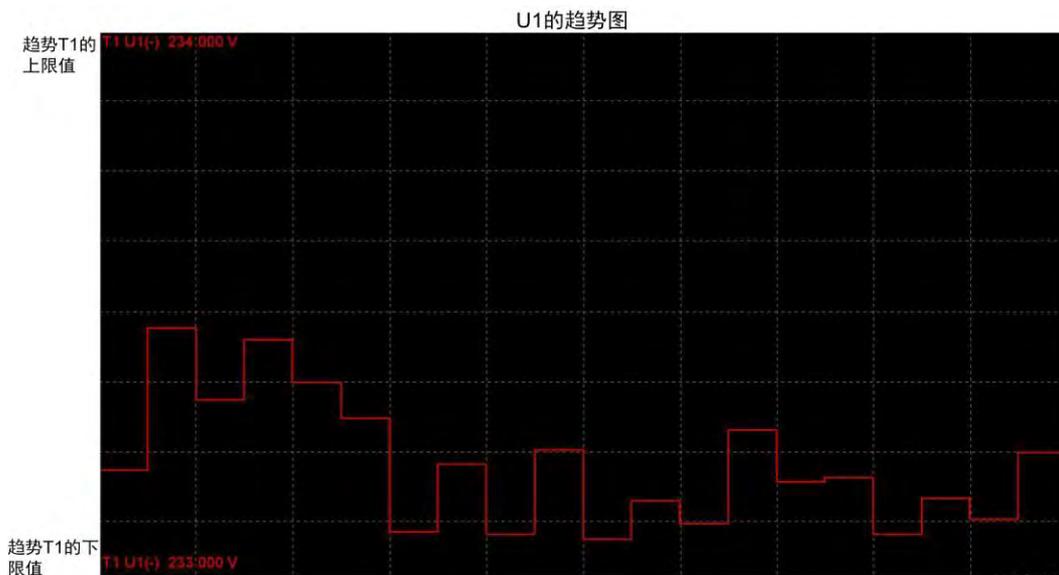


图 9.2 趋势显示示例

## 9.2 操作步骤

### 9.2.1 趋势显示模式

用户可单独显示趋势，也可令趋势和其它测量功能组合显示。在功率分析仪前面板按下“Trend”键，则单独显示趋势图，如图 9.3 所示；若按下前面板上的 Others 键，则可选择将数值、波形、柱状图和趋势组合显示，如图 9.4 所示。在图 9.4 所示菜单中按下“趋势”、“数据+趋势”、“波形+趋势”、“柱状图+趋势”中的任意一个软键，可实现趋势与数据/波形/柱状图的混合显示并进入趋势显示模式。

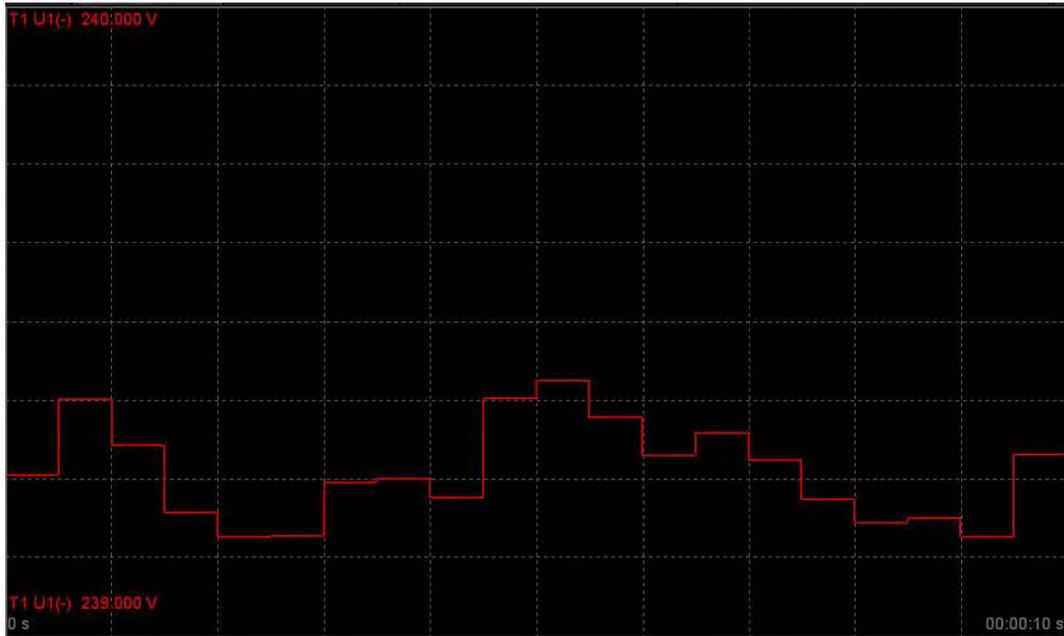


图 9.3 趋势单独显示



图 9.4 趋势组合显示菜单

## 9.2.2 趋势显示参数配置

### 1. 分屏显示

在趋势显示视图、“趋势+波形图”显示视图、“趋势+柱状图”显示视图、“数值+趋势图”，用户可以选择分若干屏来同时显示多个趋势图，操作步骤如下。

#### (1)配置分屏数目

在趋势显示视图、“趋势+波形图”显示视图、“趋势+柱状图”、“数值+趋势图”显示视图按下“分屏”软键，显示如图 9.5 所示的分屏数目配置对话框。趋势依次平均在各个分屏显示，例如当设置显示 4 个趋势，分屏数为 2，则分屏 1 和分屏 2 依次显示 2 个趋势项。

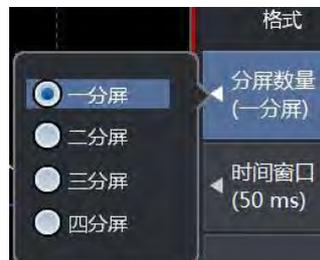


图 9.5 趋势分屏显示配置

#### (2)选择须显示的 trends

在趋势显示界面里，按下“趋势设置”软键，弹出趋势设置菜单；按下菜单中的“趋势显示”软键，弹出趋势显示对话框。用户可在对话框勾选“**All On**”令 T1~T16 全部显示，

也可选择“**All Off**”令 T1~T16 全部不显示，也可分别配置趋势的显示，如图 9.6 所示。



图 9.6 趋势项

## 2. 时间轴设定

用户可在 1s~1day 范围内设定显示器上每格(div)代表的时间长度。该参数会影响趋势的显示更新间隔：

- 如果数据更新率设为 50ms, T/div 设为 3s/div, 趋势显示更新间隔就等于 1s(功率分析仪的波形视图更新时间间隔最小为 1s, 因此趋势显示的更新间隔最小为 1s);
- 如果数据更新率设为 10s, T/div 设为 3s/div, 趋势显示的更新间隔就等于 10s, 并且每隔 10 秒钟出现的趋势数据将绘成一幅折线图;
- 如果 T/div 设为 1day, 趋势显示的更新间隔就等于 1728s, 与数据更新率无关。

注意：如果改变时间轴的设定，将重新采集趋势显示数据，之前显示的趋势将被清除，并从屏幕右端开始显示趋势。

在如图 9.7 所示趋势显示格式菜单里按下“每格时间”软键，可显示每格时间配置对话框如图 9.7 所示。此时，转动菜单操作旋转按钮设定每格时间长度。



图 9.7 设置时间/格参数

## 3. 背景参数设置

用户可设置刻度、标签、填充线等背景参数。在图 9.7 所示菜单里按下“显示设置”软键，弹出对话框如图 9.8 所示，用户可在对话框里设置背景参数。这些设置操作仅对趋势功能生效，而不会影响其它功能模块。例如，在趋势显示时将刻度值显示设为关闭，则波形显示的刻度值显示不受影响。



图 9.8 背景参数设置

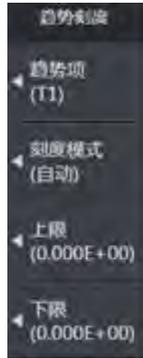
## 4. 清空趋势

按下图 9.7 对话框里所示“清空趋势”软键，将清除之前显示的趋势；接下来，若数据更新则会继续显示新的趋势图。

## 5. 趋势刻度

用户可选择趋势显示的刻度模式为自动或手动，以及刻度的上限值和下限值，设置步骤如表 9.1 所示。

表 9.1 操作步骤

序号	步骤	操作说明	操作示意图
①	进入趋势刻度参数对话框	在如图 9.6 所示趋势项目菜单按下“趋势刻度”软键，弹出趋势刻度参数对话框，如操作示意图①所示	
②	选择须配置刻度的趋势项	选择须配置趋势刻度参数的趋势项，在如操作示意图①所示趋势刻度参数对话框里按下“趋势项”软键，弹出趋势项选择对话框如操作示意图②所示	
③	设置刻度模式	在如操作示意图①所示趋势刻度参数对话框里按下“刻度模式”，弹出“刻度模式”选择对话框，从以下选择刻度模式： <b>Auto</b> : 设为自动刻度。仪器根据趋势显示数据的最大值和最小值自动确定屏幕显示的上限值和下限值 <b>Manual</b> : 设为手动刻度。可由用户自行根据需要设定上限值和下限值	
④	设置手动刻度模式的上限值和下限值	当处于手动模式时，可在 $-9.999E+30$ ~ $9.999E+30$ 的范围内设定上下限值。在如操作示意图①所示趋势刻度参数对话框里按下“上限”或“下限”软键，分别弹出上限值和下限值对话框，如操作示意图④所示	

## 9.2.3 趋势功能参数配置

用户显示趋势之前，需要先配置趋势的功能参数。趋势的功能参数包括：输入单元或接线组、测量项目、谐波次数。

### 1. 进入趋势项目菜单

进入趋势显示视图后，在前面板上按下 Item 键，显示趋势项目菜单如表 9.1 图①所示。

### 2. 选择趋势项

用户首先需要选择须配置的趋势项。在如表 9.1 示意图①所示趋势项目菜单里按下“趋势项”软键，进入趋势项配置菜单然后使用菜单操作旋钮选择须配置的趋势项，如表 9.1 示意图②所示。

### 3. 选择测试项

在如表 9.1 示意图②所示趋势项配置菜单里，按下“测试项”软键，弹出测试项配置对话框，图 9.9 所示。用户在测试项配置对话框里调节菜单操作旋钮来选择趋势项所对应的测量项目。



图 9.9 趋势项测试项配置菜单

注意：如果改变趋势项，将清除所有旧趋势，从屏幕右端开始显示新趋势。

### 4. 选择输入单元/接线组

在如图 9.9 所示趋势项配置菜单里，按下“单元/组”软键，弹出“单元/组”配置对话框，用户可选择测试项对应的“单元/组”，如图 9.9 标示①“单元/组配置”。

注意：若改变输入单元/接线组，将清除所有旧趋势，从屏幕右端开始显示新趋势。

### 5. 选择谐波次数

对于可执行谐波分析的测试项，用户可以配置谐波次数。在如图 9.9 所示菜单里，按下“谐波次数”软键，弹出“谐波次数”配置菜单，如图 9.9 标示②“显示谐波次数”。用户可选择测试项对应的“谐波次数”，显示指定谐波的趋势。谐波分析次数上限由 PLL 源频率自动决定。谐波分析次数可以为 0 次~500 次；但是，当用户设定的谐波分析次数超过谐波分析次数上限，则谐波分析次数自动设置为根据 PLL 源频率自动决定的谐波分析次数上限值。

注意：

- 1) 对于不支持谐波测量的测试项，不显示谐波次数配置菜单。
- 2) 如果改变谐波次数，将清除所有旧趋势，从屏幕右端开始显示新趋势。

## 10. 谐波测量

### 10.1 简介

#### 10.1.1 概述

功率分析仪的谐波测量可分为谐波测量、常规谐波测量、IEC 谐波测量：

- 常规谐波测量。在该测量模式下，可同时使用积分、波形显示、趋势显示和效率运算等功能，并测量带宽内所有频率成分的电压/电流有效值；
- 谐波测量。在该测量模式下，可对 1kHz 基波频率信号进行多达 255 次的谐波测量，对基波频率高于商用电源频率的信号进行谐波测量时，须使用该模式；
- IEC 谐波测量。按照 IEC61000-4-7 标准执行谐波测量，使用此模式可以检查家用电器和办公自动化设备的谐波是否符合 IEC 标准。

#### 10.1.2 测量功能种类

##### 1. 输入单元的谐波测量

各输入单元的谐波测量功能见表 10.1，测量功能求法见“谐波测量功能的求法”节。

表 10.1 谐波测量功能

测量功能	( )内的字符/数字		
	dc <sup>[1]</sup>	1 <sup>[1]</sup>	k <sup>[1]</sup>
电压 U( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
电流 I( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
有功功率 P( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
视在功率 S( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
无功功率 Q( )	总为 0	有数值数据	有数值数据
功率因数 λ( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
相位差			
相位差 φ( )	无数值数据	有数值数据	有数值数据
相对 U(1)的相位差 φ <sub>U</sub> ( )	无数值数据	无数值数据	有数值数据
相对 I(1)的相位差 φ <sub>I</sub> ( )	无数值数据	无数值数据	有数值数据
阻抗			
负载电路的阻抗 Z( )	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>
负载电路的串联电阻 R <sub>s</sub> ( )	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>
负载电路的串联电抗 X <sub>s</sub> ( )	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>
负载电路的并联电阻 R <sub>p</sub> ( )	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>
负载电路的并联电抗 X <sub>p</sub> ( )	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>	有数值数据 <sup>[2]</sup>
因数、畸变率			
电压谐波畸变因数 U <sub>hdf</sub> ( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
电流谐波畸变因数 I <sub>hdf</sub> ( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
有功功率谐波畸变因数 P <sub>hdf</sub> ( )	有数值数据	有数值数据	有数值数据
电压的总谐波畸变率 U <sub>thd</sub>	无数值数据	无数值数据	无数值数据

续上表

电流的总谐波畸变率 Ithd	无数值数据	无数值数据	无数值数据
因数、畸变率			
有功功率的总谐波畸变率 Pthd	无数值数据	无数值数据	无数值数据
电压电话谐波因数 Uthf	无数值数据	无数值数据	无数值数据
电话谐波因数 Ithf	无数值数据	无数值数据	无数值数据
电压电话影响因数 Utif	无数值数据	无数值数据	无数值数据
电流电话影响因数 Itif	无数值数据	无数值数据	无数值数据
谐波电压因数 hvf	无数值数据	无数值数据	无数值数据
谐波电流因数 hcf	无数值数据	无数值数据	无数值数据
积分			
正负瓦时之和 WP()	有数值数据	有数值数据	有数值数据
正 P 之和 WP+()	有数值数据	有数值数据	有数值数据
负 P 之和 WP-()	有数值数据	有数值数据	有数值数据
乏时 WQ()	有数值数据	有数值数据	有数值数据
伏安时 WS()	有数值数据	有数值数据	有数值数据
正负安时之和 q()	有数值数据	有数值数据	有数值数据

[1] dc: 显示直流成分的数值数据; 1: 显示基波的数值数据; k: 显示从 2 次至 N 次谐波的数值数据。N 的值最大为 500。

[2]不支持 IEC 谐波测量。

## 2. 输入单元间的谐波测量

谐波测量功能下还可以显示输入单元间电压与电流的相位差( $\phi$ ), 共有 5 种显示相位差( $\phi$ )的谐波测量功能:  $\phi U_i-U_j$ 、 $\phi U_i-U_k$ 、 $\phi U_i-I_i$ 、 $\phi U_i-I_j$ 、 $\phi U_i-I_k$ (i、j、k 为输入单元的编号)。

以输入单元配置数 4 个, 单元 1、2、3 选择三相 4 线制, 组成接线组  $\Sigma A$  为例进行说明(这里  $i=1$ 、 $j=2$ 、 $k=3$ ):

- $\phi U_1-U_2$ 。单元 2 的基波电压  $U_2(1)$  相对单元 1 的基波电压  $U_1(1)$  的相位差;
- $\phi U_1-U_3$ 。单元 3 的基波电压  $U_3(1)$  相对单元 1 的基波电压  $U_1(1)$  的相位差;
- $\phi U_1-I_1$ 。单元 1 的基波电流  $I_1(1)$  相对单元 1 的基波电压  $U_1(1)$  的相位差;
- $\phi U_1-I_2$ 。单元 2 的基波电流  $I_2(1)$  相对单元 1 的基波电压  $U_1(1)$  的相位差;
- $\phi U_1-I_3$ 。单元 3 的基波电流  $I_3(1)$  相对单元 1 的基波电压  $U_1(1)$  的相位差。

如果单元 1、2 组成接线组  $\Sigma A$ , 单元 3、4 组成接线组  $\Sigma B$ , 两组的接线方式均采用三相 3 线制, 那么数值数据的求法如下:

- 接线组  $\Sigma A$ :  $\phi U_1-U_2$ 、 $\phi U_1-I_1$ 、 $\phi U_1-I_2$ ;
- 接线组  $\Sigma B$ :  $\phi U_3-U_4$ 、 $\phi U_3-I_3$ 、 $\phi U_3-I_4$ ;
- 不计算  $\phi U_1-U_3$  和  $\phi U_1-I_3$ 。

表 10.2 接线组的谐波测量功能

测量功能	( )内的字符/数字
	1 <sup>[1]</sup>
$U_{\Sigma()}$	有数值数据
$I_{\Sigma()}$	有数值数据
$P_{\Sigma()}$	有数值数据
$S_{\Sigma()}$	有数值数据
$Q_{\Sigma()}$	有数值数据
$\lambda_{\Sigma()}$	有数值数据

### 3. 接线组的谐波测量

在接线组中，只对基波进行计算，详见表 10.2。

#### 10.1.3 功能限制

启用谐波测量模式时，会进行与其它测量模式不同的内部运算。因此，它不支持如波形或柱状图显示、存储功能、电机测量功能等部分功能。此外，还不能执行峰值测量、积分和效率运算等部分测量功能，详见表 10.3。

表 10.3 谐波测量功能和功能限制

功能		常规谐波测量模式下是否可用	谐波测量模式下是否可用	IEC 谐波测量模式下是否可用
峰值测量		可用	可用	不可用
同步测量		可用	不可用	不可用
自动量程功能		可用	可用	可用
平均	指数平均	可用	可用	可用
	移动平均	可用	可用	可用
数据更新率设置		可用	不可用	不可用
用户自定义功能		可用	可用	不可用
效率运算		可用	不可用	不可用
接线补偿		可用	可用	可用
效率补偿		可用	可用	不可用
积分功能		可用	不可用	不可用
存储功能		可用	可用	可用
NULL 功能		可用	可用	可用
电机功能		可用	不可用	不可用
校零		可用	可用	可用
打印		可用	可用	可用

## 10.2 谐波测量

### 10.2.1 功能简介

在谐波模式下，可对 1kHz 的基波频率信号进行多达 255 次的谐波测量。对基波频率高于商用电源频率的信号进行谐波测量时，可使用该模式。

用谐波测量模式对高频信号进行谐波测量时，会进行与其它测量模式不同的内部运算。因此，它不支持如波形或趋势显示、电机测量等部分功能。此外，还无法执行积分和效率运算功能等部分测量功能。关于受限制的功能和无法执行的测量功能的一览表，请查阅表 10.3。

#### 操作步骤

执行谐波测量功能，用户须先完成谐波功能参数的设置，然后配置谐波显示参数。这两个操作分别在谐波功能参数设置菜单和谐波显示参数设置菜单里完成。

#### 1. 谐波功能参数设置

##### (1) 选择测量模式

在功率分析仪前面板按下 Harmonic 按键，在弹出的菜单选择谐波模式，如图 10.1 所示。

## (2)谐波功能参数设置菜单

进入谐波测量模式后，在功率分析仪前面板按下 **Harmonic Set** 按键，弹出对话框如图 10.1 示。



图 10.1 谐波设置菜单

## (3)PLL 源选择

在谐波模式下，功率分析仪使用 PLL(锁相环)来对输入的信号进行倍频，并将倍频输出信号作为仪器内 A/D 的采样时钟，从而达到同步采样的目的。因此，PLL 源信号的频率，决定了仪器内 A/D 的采样时钟，而 PLL 源信号的质量也会影响采样数据的稳定性和准确度。PA6000H 系列功率分析仪支持两路彼此独立的 PLL 源，可同时测量两路不同的信号。

## PLL 源选项

如图 10.2 所示，PLL 源可从下列选项选择(可选项取决于输入单元实际安装数目)：U1、I1、U2、I2、U3、I3、U4、I4、U5、I5、U6、I6、U7、I7 等信号的频率作为基波频率进行谐波测量。

## 注意：

- 如果基波频率小于 100Hz 并且含有高频成分，建议打开 100Hz 的频率滤波器滤除高频成分；
- 如果基波频率小于 500Hz 并大于等于 100Hz 且含有高频成分，建议打开 500Hz 的频率滤波器滤除高频成分；
- 如果基波频率小于 1kHz 并大于 500Hz 且含有高频成分，建议打开 1kHz 的频率滤波器滤除高频成分。

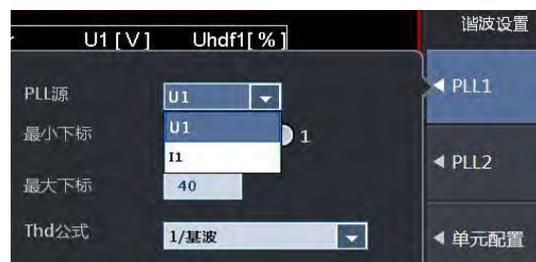


图 10.2 PLL 源选择

## PLL 源选择注意事项

选择 PLL 源时，须选取畸变和波动较少、与谐波测量信号周期相同的信号，这样可使谐波测量稳定。如果 PLL 源的基波频率变动或因波形畸变无法测量基波频率，就无法获得

准确的测量结果。

#### PLL 源信号振幅电平

如果 PLL 源信号的振幅电平与被测量信号的量程相比过小，PLL 将无法与 PLL 源信号同步。对于功率分析仪，PLL 源的振幅电平至少须超过被测量信号量程的 50%。

#### PLL 源频率变化和测量值

如果 PLL 源的频率发生变化，那么，由于仪器内部的 PLL 回路需要重新检测 PLL 源的频率，所以可能无法马上获得正确的测量值，而可能在频率变化 200ms~2s 后才开始显示正确的测量值。

#### (4)谐波次数设置

用户还可指定谐波的测量范围。在如图 10.2 所示对话框里，用户可配置最小下标和最大下标参数，如图 10.3 所示。

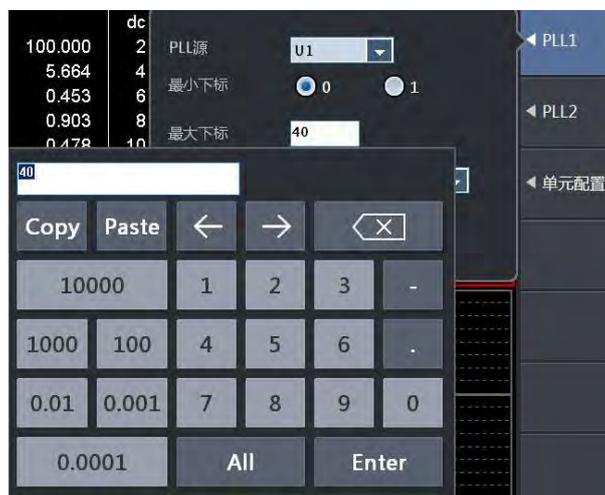


图 10.3 配置谐波的测量范围

图 10.3 的最小下标可设置为 0 或 1：

- 0：求各谐波数值数据时包含 0 次(DC)成分；
- 1：求各谐波数值数据时不包含 0 次(DC)成分。1 次谐波(基波)是首次成分。

图 10.3 的最大下标最多可设置为 500；但须注意的是，最大下标值不能超过谐波分析的最大次数，谐波分析最大次数由 PLL 源频率自动决定，详见表 26.19。

#### (4)Thd 公式设置

如所示，求谐波测量模式的测量功能 U<sub>hdf</sub>、I<sub>hdf</sub>、P<sub>hdf</sub>、U<sub>thd</sub>、I<sub>thd</sub> 和 P<sub>thd</sub> 时，可从下列选项中选择计算公式的分母：

- 1/总波。从分析次数最小值(0 或 1 次)到最大值(分析次数上限值以内)的所有谐波测量数据作为分母；
- 1/基波。基波(1 次)成分的数据作为分母；
- 按照 GBT12668.2-2002 标准计算。

分析次数的最小值和最大值是“谐波次数”小节中选择的值。



图 10.4 Thd 公式设置

## 2. 谐波显示设置

### (1) 谐波视图菜单

用户按下前面板上的 Harmonic 键，弹出如图 10.1 所示谐波模式菜单，选择“谐波”，进入谐波测量模式，并弹出谐波视图菜单，如图 10.5 所示。谐波测量结果可以数值或柱状图视图显示。



图 10.5 谐波显示菜单

### (2) 配置数值视图显示

用户可以配置谐波数值视图的显示。在如图 10.5 所示菜单按下“数值”软键，进入数值显示视图，此时显示谐波测量数值。用户可在视图里翻页，也可配置视图的显示格式。

#### 数值显示格式

进入数值视图后，按下前面板的 Form 键，显示菜单如图 10.6 所示，用户可配置数值显示的排列格式。图 10.6 中各种排列格式的用法与“数值数据显示格式”小节所述相同，此处不再赘述。

#### 翻页

确认数值显示格式后，按下“数值”软键，显示翻页菜单，根据数值排列的不同，翻页菜单如图 10.7 所示。



图 10.6 数值显示排列方式选择



图 10.7 翻页

### (3)配置柱状图视图显示

用户可配置柱状图视图的显示格式以及显示的测量项目。

#### 显示格式配置

在如图 10.5 所示菜单按下“柱状图”软键，进入柱状图显示视图，此时按下前面板的 Form 键，弹出显示格式配置菜单，用户可在菜单里配置显示分屏数、显示的谐波范围、纵坐标放大显示参数，如图 10.8 所示。

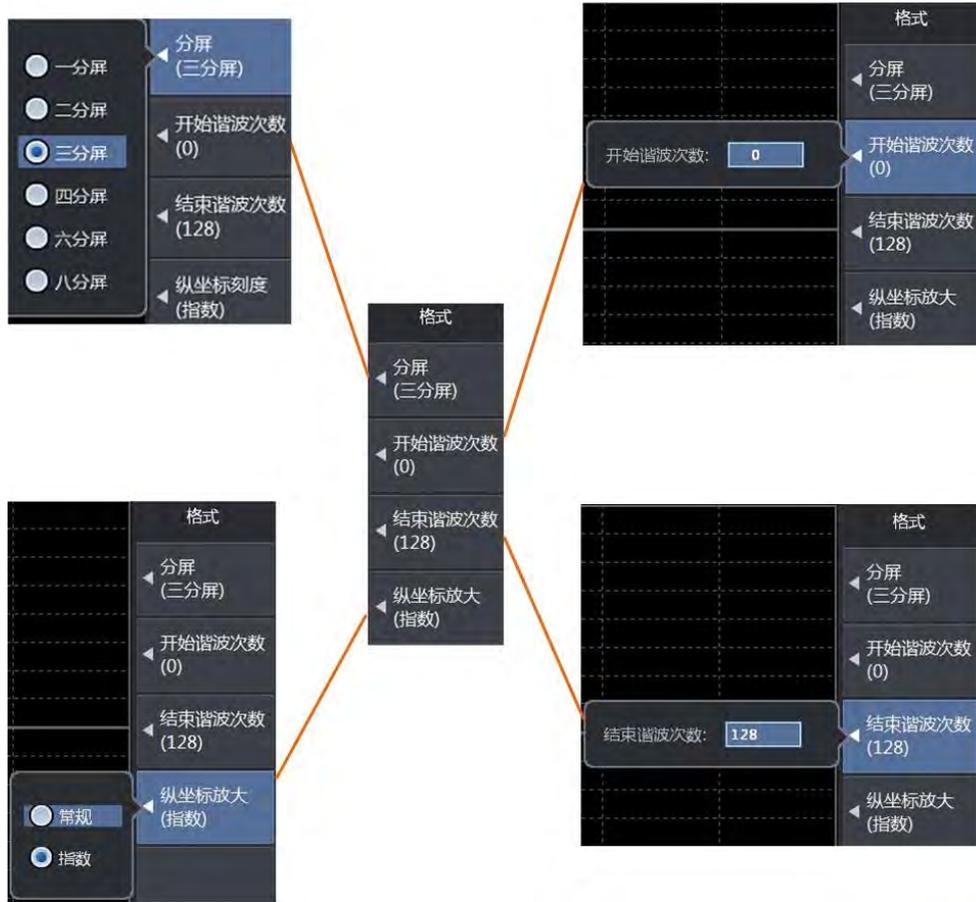


图 10.8 柱状图显示格式

通过“分屏数”设置，用户可指定须同时显示几路谐波柱状图；通过“开始谐波次数”和“结束谐波次数”，用户可同时指定各分屏内须显示柱状图的谐波次数；通过“纵坐标放大”用户可设置适合观察的纵坐标类型：

- 如果选择常规，此时纵坐标 Y 常规的最大值由测量量程自动决定。最小值是 0；
- 如果选择指数，此时的纵坐标  $Y_{\text{指数}} = \lg(Y_{\text{常规}})$ 。因此，此时的纵坐标值是 10 的整数次幂。

显示项目配置

用户可配置各分屏中的测量内容，指定测量项、输入单元。完成谐波显示格式配置后，按下前面板的 Item 按键，显示“项目”菜单，用户可在菜单里选择测量项和输入单元，并可选择按测量值绝对值的大小，由大到小显示前十大谐波的测量数据，如图 10.9 所示。



图 10.9 显示项目配置

## (5)配置数值和柱状图混合显示

用户也可选择在如图 10.5 所示菜单按下“数值+柱状图”软键，进入数值和柱状图组合显示视图，如图 10.10 所示。此时，数值和柱状图同时显示，用户可在“数值+柱状图”设置菜单里分别设置。



图 10.10 数值+柱状图视图

## 10.3 常规谐波测量

### 10.3.1 功能简介

通过谐波测量功能，可以测量电压、电流、功率的谐波成分和各种测量功能，如各次谐波相对基波信号的相位角，还可计算电压和电流的谐波畸变因数、电压和电流纹波率。谐波测量功能下，以数值和柱状图形式显示测量数据。其中，柱状图用于显示谐波数据：水平轴表示谐波次数，垂直轴表示谐波大小。

#### 操作步骤

执行谐波测量功能，用户须先完成谐波功能参数的设置，然后配置谐波显示参数。这两个操作分别在谐波功能参数设置菜单和谐波显示参数设置菜单里完成。

#### 1. 配置测量参数

##### (1)选择测量模式

在功率分析仪前面板按下 Harmonic 按键，在弹出的菜单按下“常规谐波”软键，选择常规谐波测量模式，图 10.11 所示。



图 10.11 谐波测量模式

## (2)谐波功能参数设置菜单

进入谐波测量模式后，在功率分析仪前面板按下 **Harmonic Set** 按键，进入谐波设置菜单图 10.12 所示。



图 10.12 谐波设置菜单

## (3)谐波次数设置

用户还可指定谐波的测量范围，具体设置方法和谐波测量模式下相同。在如图 10.1 所示对话框里，用户可配置最小下标和最大下标参数，图 10.13 所示。



图 10.13 配置谐波的测量范围

## (4)Thd 公式设置

本步骤同谐波测量模式。

## 2. 谐波显示设置

用户按下前面板上的 Harmonic 键,弹出如图 10.1 所示谐波模式菜单,选择“常规谐波”,进入谐波测量模式,并弹出谐波视图菜单,如图 10.14 所示。谐波测量结果可以数值或柱状图视图显示。数值和柱状图视图显示的设置方法与谐波测量模式相同。



图 10.14 谐波显示菜单

## 10.4 IEC 谐波测量

### 10.4.1 功能简介

功率分析仪提供 IEC 谐波测量模式执行符合 IEC61000-4-7 标准的谐波测量,使用此模式可以检查家用电器和办公自动化设备的谐波是否符合 IEC 标准。

功率分析仪将原始采样点进行 DFT 处理,将信号分解成不同频率的谐波进行分析,再根据 IEC61000-4-7 的规范计算出相应结果并显示数据,包括谐波/间谐波子组、功率谱、谐波/间谐波指标。其中每一项显示在一个视图中;每一个视图可以单独显示,也可三个视图同时显示,如图 10.15 和图 10.16 所示。

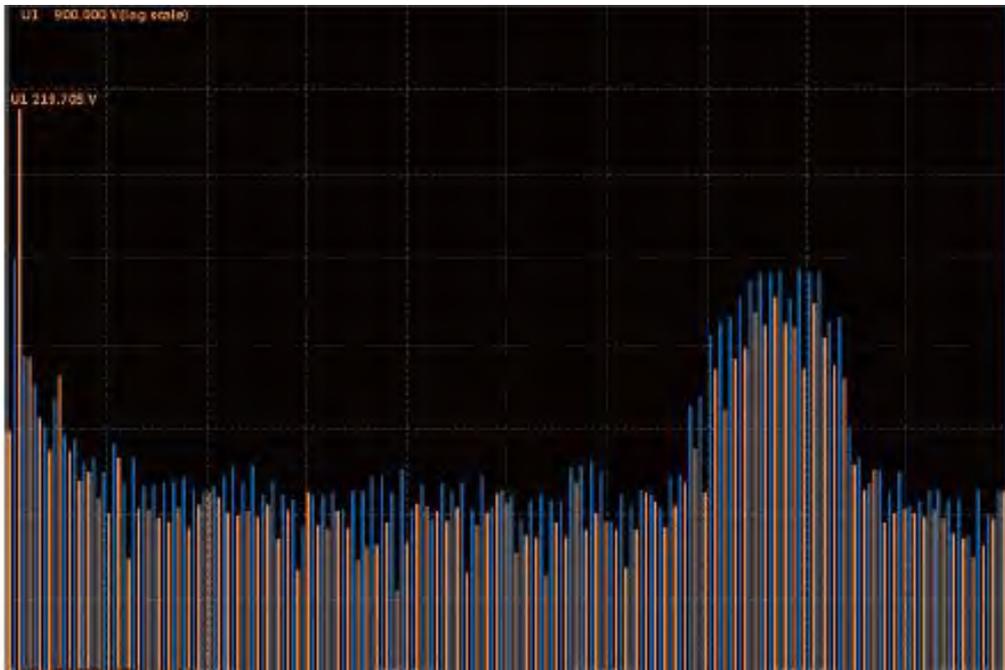


图 10.15 功率谱



图 10.16 所有视图

### 1. 谐波子组和间谐波子组

在 IEC 谐波测量功能里，可以对谐波子组和间谐波子组进行谐波测量。

#### (1) 谐波子组

谐波子组是指某次谐波与其相邻 2 个间谐波的统称，如图 10.17 所示(间谐波是指谐波之间的成分，例如：如果输入信号频率是 50Hz、10 周期波形以 5Hz 分辨率进行分解；于是，各次谐波间的区间被分割成 10 小段，各谐波之间的成分称为间谐波，如图 10.18 所示，间谐波频率为基波频率的非整数倍)。

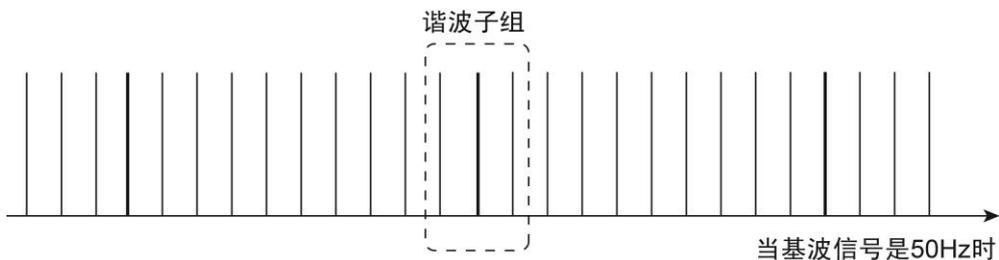


图 10.17 谐波子组

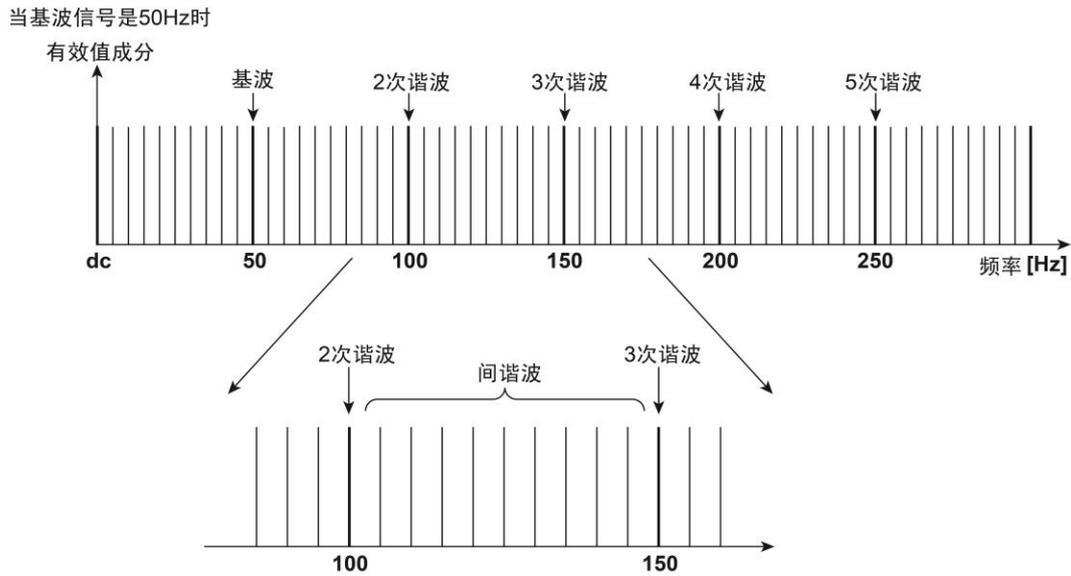


图 10.18 间谐波

根据谐波子组内中心谱线对应的谐波次数，可以将谐波子组编号为2次谐波子组、3次谐波子组等。

谐波子组有效值的计算方法不是将各次成分简单相加，而是将它们先平方相加再求平方根，如表 10.8 所示。

#### (2) 间谐波子组

间谐波子组是除了谐波子组以外的信号成分，如图 10.19 所示。

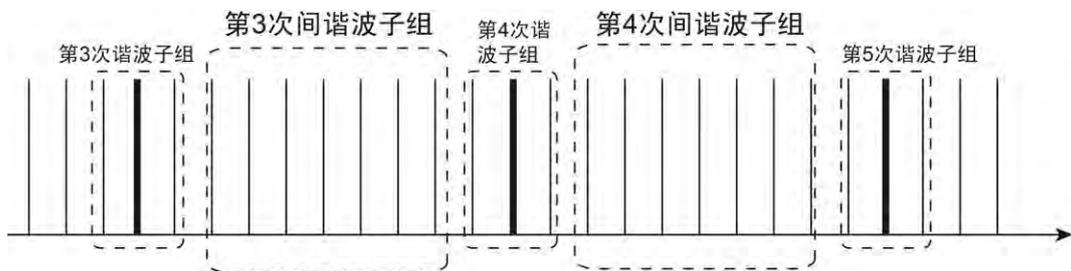


图 10.19 间谐波子组

$N$  次谐波子组与  $N+1$  次谐波子组之间的间谐波子组为第  $N$  次间谐波子组。

#### (3) 测量数据说明

谐波子组/间谐波子组有效值的测量结果可以用柱状图来表示，如图 10.20 所示。

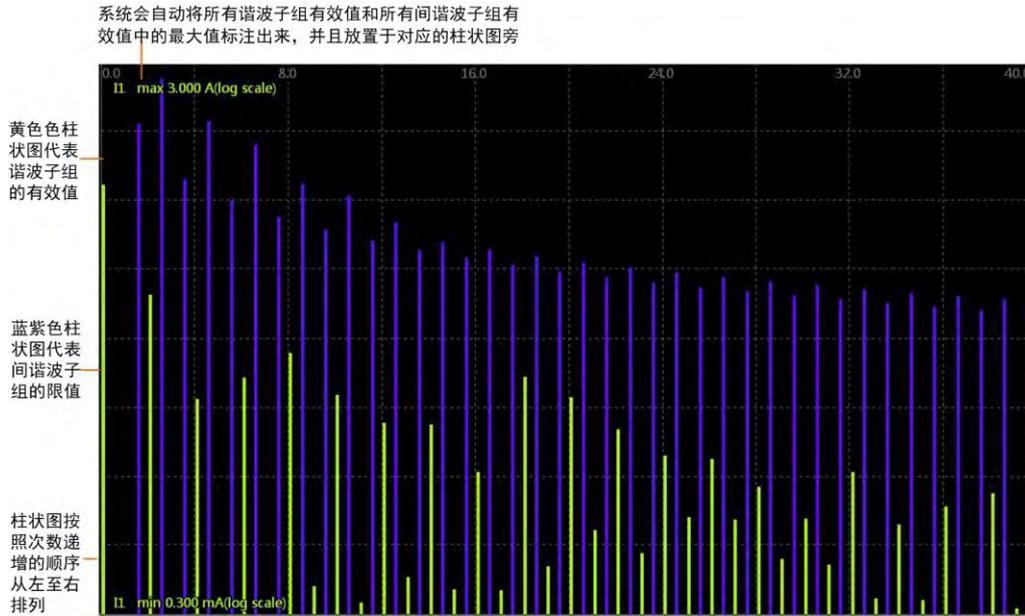


图 10.20 谐波子组/间谐波子组柱状图

## 2. 功率谱

功率谱表示了信号功率在各频率点的分布情况，功率谱准确地表示信号的总功率、各个频率分量的功率以及频率。功率分析仪可显示有功功率 P、无功功率 Q、视在功率 S、功率因数角  $\phi$  等信号的功率谱，详见图 10.21。

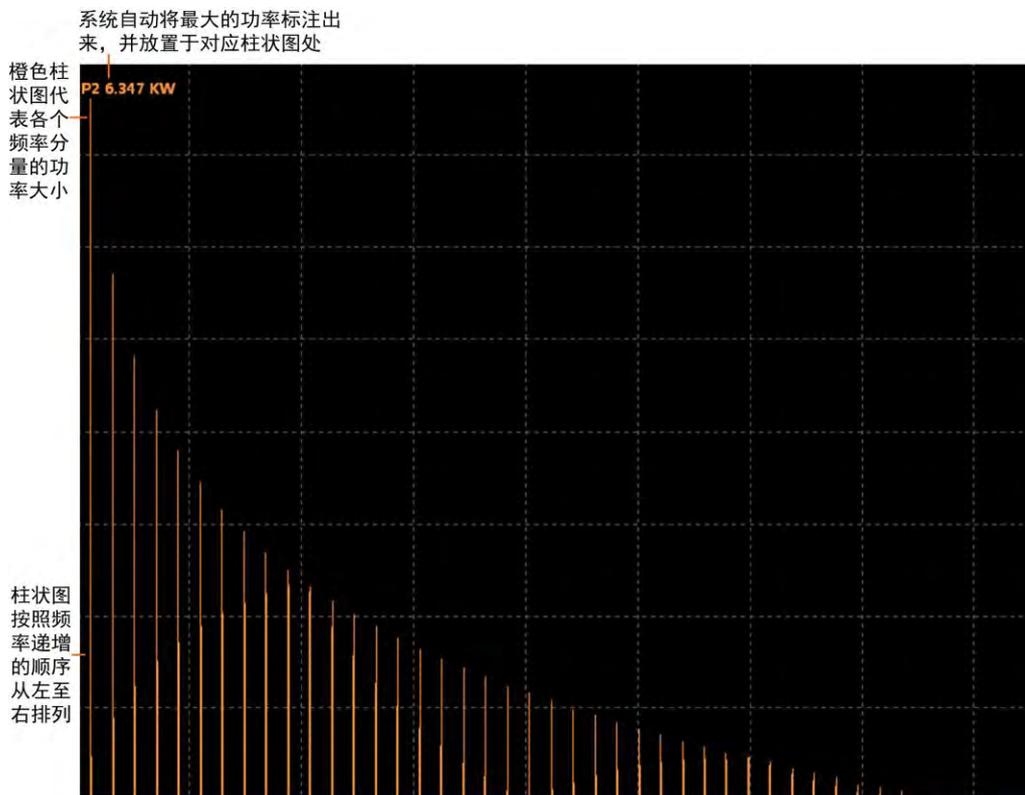


图 10.21 功率谱

## 3. 谐波/间谐波指标

功率分析仪可按照根据 IEC61000-4-7 的规范测量谐波/间谐波的技术指标, 谐波/间谐波的技术指标分别说明如表 10.4 和表 10.5 所示。

表 10.4 谐波技术指标说明

符号	说明	计算公式
UTHD	电压总谐波畸变	$THD = \frac{1}{U_1} \sqrt{\sum_{k=2}^{40} U_k^2}$
UTHDInd	感性负载应用	$THD_{Ind} = \frac{1}{U_1} \sqrt{\sum_{k=2}^{40} \frac{U_k^2}{k}}$
UTHDCap	无功补偿设备	$THD_{cap} = \frac{1}{U_1} \sqrt{\sum_{k=2}^{40} k^2 \times U_k^2}$
Itdd	总需量畸变	$tdd = \frac{1}{I_L} \sqrt{\sum_{k=2}^{k_{max}} I_k^2}$
Idin	畸变因数	$din = \frac{1}{I_{rms}} \sqrt{\sum_{k=2}^{k_{max}} I_k^2}$
Ithd	电流总谐波畸变	$thdc = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{k=2}^{40} I_k^2}$
Ipwhd	部分加权谐波畸变	$pwhd = \frac{1}{I_1} \sqrt{h \sum_{k=14}^{40} I_k^2}$
Ithc	总谐波电流	$thc = \sqrt{\sum_{k=2}^{40} I_k^2}$
Ipohc	部分畸次谐波电流	$pohc = \sqrt{\sum_{k=21,23}^{39} I_k^2}$

注: k 是谐波次数, kmax 为最大谐波次数, IL 为用户总需量电流, Irms 是电流总波有效值。

表 10.5 间谐波技术指标说明

符号	说明	计算公式
Utdc	电压总畸变	$tdc = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$
Utdr	电压总畸变率	$tdr = \frac{tdc}{Q_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1} \times 100\%$
Ut看id	电压总间谐波畸变率	$t看id = \frac{\sqrt{\sum_{n=0}^N C_{n+0.5}^2}}{C_1} \times 100\%$
Utshd	电压总次谐波畸变率	$tshd = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^S Q_i^2}}{Q_1} \times 100\%$
Itdc	电流总畸变	$tdc = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$
It看dr	电流总畸变率	$t看dr = \frac{tdc}{Q_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1} \times 100\%$

续上表

符号	说明	计算公式
Itid	电流总间谐波畸变率	$tid = \frac{\sqrt{\sum_{n=0}^N C_{n+0.5}^2}}{C_1} \times 100\%$
Itshd	电流总次谐波畸变率	$tshd = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^S Q_i^2}}{Q_1} \times 100\%$

注：Q：电压或电流的总有效值；i，n：间谐波阶次；Q<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>：基波分量有效值；N：总的间谐波数目或阶次；Q<sub>i</sub>，C<sub>n+0.5</sub>：间谐波分量有效值；S：总的次谐波数目或阶次。

功率分析仪以表格方式显示谐波/间谐波指标的测量结果，如图 10.22 所示。

	Element1	Element2	Element3	Element4	Element5	Element6	Element7
Uthd (%)	0.2371	0.0509	-----	2.5165	18.1225	-----	4.7201
UthdInd (%)	0.1110	0.0343	-----	0.7400	5.3304	-----	1.3703
UthdCap (%)	2.4144	0.2622	-----	61.1671	407.6287	-----	111.4697
Itdd (%)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Idin (%)	0.0292	0.0545	0.0515	0.0392	0.0492	-----	0.0104
Ithd (%)	6.0473	4.9810	19.4678	25.6491	13.1281	-----	5.3632
Ipwhd (%)	28.4055	21.8164	86.8747	103.9147	55.0099	-----	22.6012
Ithc (A)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ipohc (A)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Utdc (V)	0.7898	15.1204	0.0000	0.1959	0.1182	0.0000	1.9193
Utdr (%)	28.1560	6.3569	-----	12642.9023	58525.5273	-----	319572.7813
Utld (%)	2.7963	1.0906	-----	633.6147	4536.9468	-----	1290.2235
Utshd (%)	0.5623	0.8336	-----	119.8387	541.9324	-----	225.5864
Itdc (A)	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001
Itdr (%)	20692.0059	9145.2695	37766.7656	65452.9141	26680.3691	-----	51431.4258
Itld (%)	1910.0771	1130.7075	5057.9043	6699.6948	3743.0916	-----	1509.2629
Itshd (%)	384.7828	182.6356	711.3186	951.9196	557.3143	-----	236.7726

图 10.22 谐波/间谐波指标

## 10.4.2 步骤

### 1. 配置测量参数

首先用户需要设置使用的 PLL 源、谐波分析次数等参数，详见“操作步骤”；其它配置操作说明如下。

(1) 进入 IEC 谐波测量配置菜单

在仪器前面板按下 Harmonic 按键，进入“谐波”菜单。在“谐波”菜单里按下“IEC 谐波”软键，可进入 IEC 谐波测量配置菜单如图 10.23 所示。



图 10.23 IEC 谐波配置菜单

## (2)配置谐波/间谐波指标

用户在如图 10.24 所示 IEC 谐波测量配置菜单里按下“谐波/间谐波指标”软键，可配置需要显示的测量项目，如图 10.24 所示。

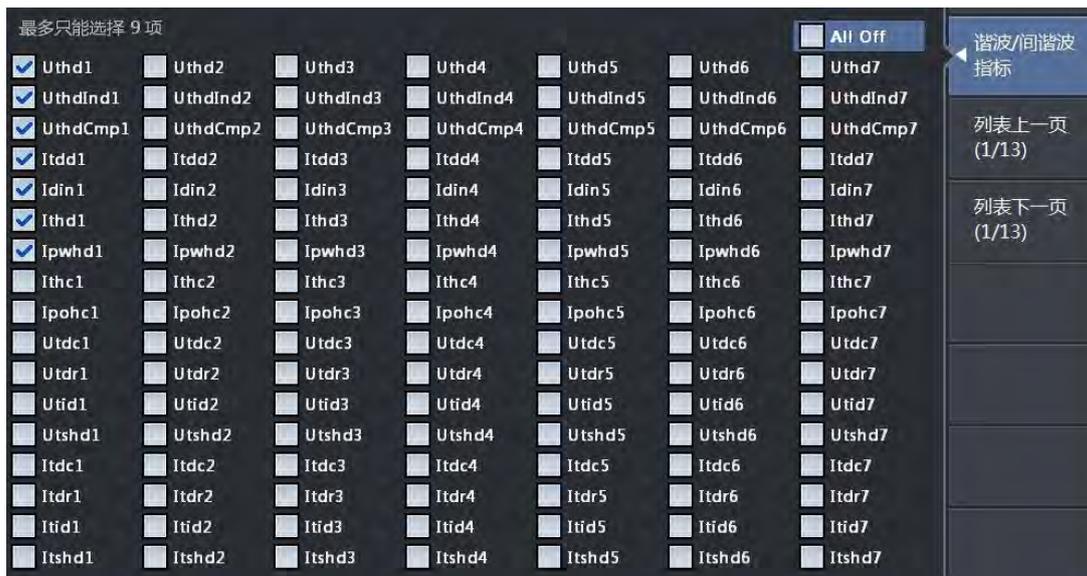


图 10.24 谐波/谐波指标

图 10.24 所示的谐波、间谐波指标符号的含义见附录 A。例如，Uthd1 即输入单元 1 的电压总谐波畸变。

## (3)配置谐波子组和间谐波子组

用户可显示指定输入单元的谐波和间谐波测量结果，如图 10.25 所示。U1~U7 是指测量输入单元 1~7 电压的谐波子组和间谐波子组有效值，I1~I7 是测量输入单元 1~7 电流的谐波子组和间谐波子组有效值。如图 10.26 所示的谐波和间谐波测量列表，显示用户指定输入单元的电压或电流的谐波子组/间谐波子组测量结果，用户可按下“列表上一页”和“列表下一页”在列表翻页显示。

		次数	谐波-U1[V]	频率-[Hz]	间谐波-U1[V]	次数	谐波-U1[V]	频率-[Hz]	间谐波-U1[V]	项目
		<input checked="" type="radio"/> U1 <input type="radio"/> U2 <input type="radio"/> U3 <input type="radio"/> U4 <input type="radio"/> U5 <input type="radio"/> U6 <input type="radio"/> U7 <input type="radio"/> I1 <input type="radio"/> I2 <input type="radio"/> I3 <input type="radio"/> I4 <input type="radio"/> I5 <input type="radio"/> I6 <input type="radio"/> I7								谐波子组 (U1)
										功率谱 (P1)
										谐波/间谐波指标
										列表上一页 (1/13)
										列表下一页 (1/13)
%		7	2.5249	375	0.0227	8	0.1399	425	0.0417	
%		9	2.6620	475	0.0402	10	0.0665	525	0.0349	
%		11	3.3881	575	0.0473	12	0.0888	625	0.0752	
		13	2.1583	675	0.0285	14	0.0529	725	0.0519	
		15	2.6605	775	0.0278	16	0.0409	825	0.0244	
		17	0.7402	875	0.0085	18	0.0201	925	0.0220	
		19	0.5510	975	0.0093	20	0.0391	1025	0.0146	
		21	1.0417	1075	0.0120	22	0.0227	1125	0.0091	
		23	0.2763	1175	0.0071	24	0.0259	1225	0.0118	
		25	0.2936	1275	0.0077	26	0.0133	1325	0.0124	
		27	0.4814	1375	0.0088	28	0.0087	1425	0.0060	
		29	0.2171	1475	0.0058	30	0.0088	1525	0.0078	
		31	0.1669	1575	0.0072	32	0.0106	1625	0.0076	
		33	0.1984	1675	0.0054	34	0.0118	1725	0.0058	
		35	0.1714	1775	0.0082	36	0.0064	1825	0.0043	
		37	0.1114	1875	0.0066	38	0.0061	1925	0.0065	
		39	0.1032	1975	0.0070	40	0.0097	2025	0.0047	

图 10.25 谐波和间谐波子组测量菜单

次数	谐波-U1[V]	频率-[Hz]	间谐波-U1[V]	次数	谐波-U1[V]	频率-[Hz]	间谐波-U1[V]	项目
				dc	1.3126	25	0.0143	谐波子组 (U1)
1	238.4431	75	0.0197	2	0.0334	125	0.0162	功率谱 (P1)
3	14.6855	175	0.0183	4	0.0868	225	0.0163	谐波/间谐波指标
5	0.5875	275	0.0233	6	0.0461	325	0.0208	列表上一页 (1/13)
7	2.6742	375	0.0259	8	0.0681	425	0.0274	列表下一页 (1/13)
9	2.4436	475	0.0310	10	0.0640	525	0.0202	
11	4.0042	575	0.0311	12	0.0288	625	0.0429	
13	2.5274	675	0.0175	14	0.0291	725	0.0321	
15	2.6718	775	0.0134	16	0.0537	825	0.0234	
17	0.8659	875	0.0135	18	0.0240	925	0.0093	
19	0.6567	975	0.0107	20	0.0246	1025	0.0083	
21	0.8896	1075	0.0084	22	0.0148	1125	0.0100	
23	0.3527	1175	0.0092	24	0.0100	1225	0.0079	
25	0.3500	1275	0.0084	26	0.0104	1325	0.0053	
27	0.3799	1375	0.0062	28	0.0074	1425	0.0080	
29	0.2842	1475	0.0065	30	0.0050	1525	0.0062	
31	0.1907	1575	0.0060	32	0.0131	1625	0.0092	
33	0.1284	1675	0.0051	34	0.0085	1725	0.0064	
35	0.2052	1775	0.0053	36	0.0061	1825	0.0085	
37	0.1170	1875	0.0063	38	0.0022	1925	0.0071	
39	0.0860	1975	0.0045	40	0.0065	2025	0.0068	

图 10.26 谐波和间谐波测量列表

## (4)配置功率谱

用户在如图 10.23 所示 IEC 谐波测量配置菜单里按下“功率谱”软键，可以指定所需显示的功率谱，如图 10.27 所示。

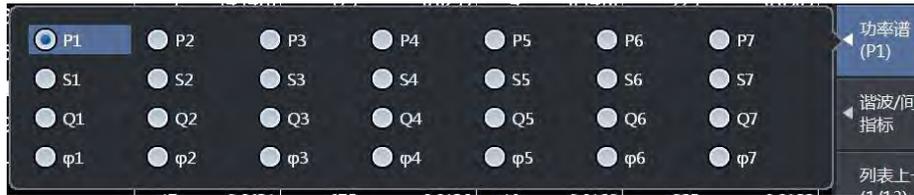


图 10.27 功率谱

## (5)配置频率

设置被测电压/电流所在供电系统的频率，也即基波频率；用户可根据实际情况选择，包括 50Hz 和 60Hz 选项。相关菜单如图 10.28 所示。



图 10.28 配置频率

## (6)设备类别

用户在 IEC 谐波测量里可设置测量设备的类别，菜单如图 10.29 所示。



图 10.29 设备类别

IEC61000-3-2 标准里根据对谐波电流之限制，将设备分为以下 4 类：

- A 类—平衡的三相设备以及除下列所述几类设备以外的所有其它设备；
- B 类—便携式电动工具；
- C 类—照明设备(包括调光装置)；

- D 类—其输入电流具有下图所定义之“特殊波形”且有功率  $P \leq 600W$  之设备,中心线 M 和输入电流之峰值重合。

2. 配置显示格式

用户可以配置 IEC 谐波测量结果的显示格式。在 IEC 测量结果显示视图, 按下前面板的 Form 键, 显示格式菜单如图 10.31 所示。

在如图 10.31 所示显示格式菜单, 用户可配置显示标准、显示格式、显示范围、频率、谐波列表显示范围、额定电压/电流等, 并且进一步配置刻度、刻度值、标签、填充、纵坐标放大等显示参数。须注意的是, 显示标准不同则显示格式菜单不同。



图 10.30 显示格式菜单

(1) IEC61000-3-2 显示标准

IEC61000-3-2 标准规定了谐波测量的次数、频率等, 在这个标准下只显示 40 次谐波。用户可以选择按照 IEC61000-3-2 标准显示测量结果。



图 10.31 显示标准选择

(2)显示格式

不同的显示标准则显示格式也不同。

无显示标准时的默认显示格式

无显示标准时，显示格式菜单如图 10.32 所示。



图 10.32 显示格式

用户可选择是否显示功率谱、谐波/间谐波子组、谐波/间谐波指标测量视图，当选择所有视图，显示如图 10.33 所示，此时所有视图全部显示。



图 10.33 所有视图

IEC61000-3-2 标准

选择 IEC61000-3-2 标准时的显示格式如图 10.34 所示。



图 10.34 IEC61000-3-2 标准下的显示格式

(2)配置显示范围

IEC 谐波测量功能里，功率谱最多可由 1024 条谱线组成，每条谱线的频率间隔是 5Hz。用户可在谱线 0~1023 的范围内指定功率谱的显示范围。在如图 10.30 所示显示格式配置菜单内，按下“显示范围”软键，弹出对话框如图 10.35 所示，用户可在该对话框里配置功率谱的显示范围。

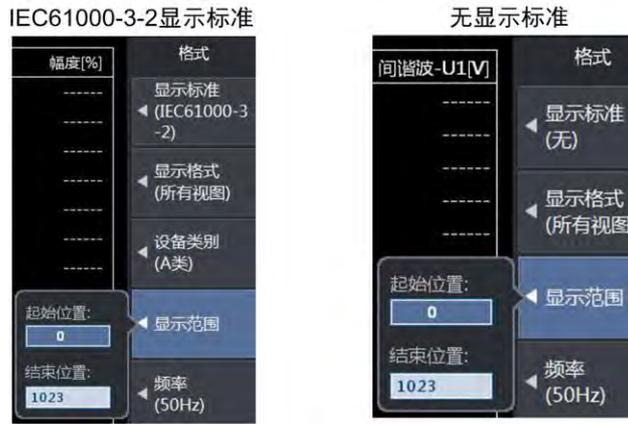


图 10.35 显示范围

(3)谐波列表

如图 10.36 所示，用户可配置谐波/间谐波子组列表里的谐波显示，若选择“仅高频谐波”，则只显示 2000Hz~9000Hz 的谐波。



图 10.36 谐波列表

(4)配置显示参数

不使用 IEC61000-3-2 标准进行测量时，用户可配置显示视图的刻度显示、刻度值显示、标签显示、纵坐标放大等显示参数。在图 10.30 所示菜单里，按下“显示设置”软键，弹出显示参数配置菜单，如图 10.37 所示。



图 10.37 显示参数配置

## 10.5 补充阅读

### 10.5.1 相关术语

与谐波相关的术语如下。

**基波**

复合波成分中含基波频率的正弦波。

**谐波**

谐波是除基波以外、频率为基波(通常是一个商用频率为 50/60Hz 的正弦波)整数倍的正弦波。各种电气设备使用的电源整流电路、相位控制电路里的电流会在电源线路上产生谐波电压和电流。当基波和谐波结合，波形会产生畸变，这样就会给连接在电源线路上的装置带来影响。

**谐波失真因数**

指定的第  $n$  次谐波中含畸变波形的有效值与基波有效值的比值。

**谐波次数**

谐波频率与基波频率的比值，是个整数。

**总谐波失真**

总谐波有效值与基波有效值的比值。

**谐波信号的影响**

谐波对电气设备的影响如下：

- 调相电容器或串联电抗器。由谐波电流引起的电路阻抗下降会导致电流过大、振动、蜂鸣声、过热或烧毁；
- 电缆。三相 4 线制中性线的谐波电流会导致中性线过热；
- 变压器。使铁心产生磁致伸缩噪声，增加铁损和铜损；
- 断路器与保险丝。谐波电流过大会引发错误操作，也会熔断保险丝；

- 通信线。电磁感应引发电压噪声；
- 控制设备。控制信号变形会引发错误操作；
- 视听装置。性能和使用寿命下降、噪声引发图像闪动、零件损坏。

### 10.5.2 常规测量值和总波值

电压 U 和电流 I 的有效值包括：常规测量值和总波值。

常规测量值是对测量区间内的采样数据执行平均运算，是测量频率带宽内所有频率成分的总值；总波值则是仅在谐波分析次数设定菜单中设定的各次成分的总值，不包括次数设定范围外的信号，也不包括非基波频率整数倍的信号。下面举例说明。

假设一个 50Hz 基波频率的变频器电压信号包含 10kHz 谐波成分，对它进行 0 次(DC)到 100 次(5kHz)测量后求得的总波值不包含超过 5kHz 的有效值成分，因此不包含 10kHz 的有效值成分，也不包含这个电压信号里非基波频率整数倍的信号，例如 316Hz 的信号(频率是基波频率的 6.32 倍)成分。相反常规测量值会包含上述 10kHz 和 316Hz 的有效值成分。

### 10.5.3 谐波测量功能的求法

#### 1. 常规测量功能

表 10.6 常规测量功能

谐波测量时的 测量功能	求法与运算公式			总波值
	测量功能内的字符/数字			
	dc (k=0 时)	1 (k=1 时)	k (k=2~max 时)	
电压 U()	$U(\text{dc}) = U_r(0)$	$U(k) = \sqrt{U_r(k)^2 + U_j(k)^2}$		$U = \sqrt{\sum_{k=\min}^{\max} U(k)^2}$
电流 I()	$I(\text{dc}) = I_r(0)$	$I(k) = \sqrt{I_r(k)^2 + I_j(k)^2}$		$I = \sqrt{\sum_{k=\min}^{\max} I(k)^2}$
有功功率 P()	$P(\text{dc}) = U_r(0) \times I_r(0)$	$P(k) = U_r(k) \cdot I_r(k) + U_j(k) \cdot I_j(k)$		$P = \sum_{k=\min}^{\max} P(k)$
视在功率 S()	$S(\text{dc}) = P(\text{dc})$	$S(k) = \sqrt{P(k)^2 + Q(k)^2}$		$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
无功功率 Q()	$Q(\text{dc}) = 0$	$Q(k) = U_r(k) \times I_j(k) - U_j(k) \times I_r(k)$		$Q = \sum_{k=\min}^{\max} Q(k)$
功率因数 λ()	$\lambda(\text{dc}) = P(\text{dc}) / S(\text{dc})$	$\lambda(k) = P(k) / S(k)$		$\lambda = P / S$
相位差 φ()	—	$\phi(k) = \text{ATAN2}\{P(k), Q(k)\}$		$\phi = \text{ATAN2}\{P, Q\}$
		关于上述等式中的 ATAN2{x,y}： 当 X>0 时， $\tan^{-1}\{y/x\}$ 当 X<0 且 y>0 时， $\tan^{-1}\{y/x\} + 180^\circ$ 当 X<0 且 y<0 时， $\tan^{-1}\{y/x\} - 180^\circ$		
与 U(1)的相位差 φ U()	—	$\phi U(k) = U(1)$ 相对 U(k) 的相位差		
与 I(1)的相位差 φ I()	—	$\phi I(k) = I(1)$ 相对 I(k) 的相位差		

续上表

谐波测量时的 测量功能	dc (k=0 时)	1 (k=1 时)	k (k=2~max 时)	总波值
负载电路的串 联电阻 $R_s()$	$R_s(dc) = P(dc) / I(dc)^2$	$R_s(k) = P(k) / I(k)^2$		—
负载电路的阻 抗 $Z()$	$Z(dc) =  U(dc) / I(dc) $	$Z(k) =  U(k) / I(k) $		负载电路的阻抗 $Z()$
负载电路的并 联电抗 $R_p()$	$R_p(dc) = U(dc)^2 / P(dc)$	$R_p(k) = U(k)^2 / P(k)$		—
负载电路的串 联电抗 $X_s()$	$X_s(dc) = Q(dc) / I(dc)^2$	$X_s(k) = Q(k) / I(k)^2$		—
负载电路的并 联电抗 $X_p()$	$X_p(dc) = U(dc)^2 / Q(dc)$	$X_p(k) = U(k)^2 / Q(k)$		—

对表 10.6 常规测量功能的说明如下所述：

- k、r、j 分别表示谐波次数、实数部分、虚数部分；
- 用有效值表示  $U(k)$ 、 $U_r(k)$ 、 $U_j(k)$ 、 $I(k)$ 、 $I_r(k)$ 、 $I_j(k)$ ；
- 对总波值的说明可参考“常规测量值和总波值”节；
- min 表示谐波分析次数的最小值，可以从 0(DC 成分)或 1(基波成分)中选择；
- max 是谐波分析次数最大下标值，由用户填写；但是，需要注意的是，最大下标值不能超过谐波分析最大次数，谐波分析最大次数由功率分析仪根据 PLL 源频率自动决定。

## 2. 谐波子组的有效值计算

表 10.7 谐波子组的有效值计算

测量功能	求法与运算公式	
	当被测项目的频率是 50Hz 时	当被测项目的频率是 60Hz 时
谐波电压子组的 有效值 $U()$ [V]	$\sqrt{\sum_{i=1}^1 U(k+i)^2}$	
谐波电流子组的 有效值 $I()$ [A]	$\sqrt{\sum_{i=1}^1 I(k+i)^2}$	

注：k 为谐波子组内中心谱线对应的谐波次数， $U(k-1)$ 和  $U(k+1)$ 为间谐波， $U(k)$ 为中心谱线对应谐波。

## 3. 畸变因数相关测量功能

表 10.8 谐波畸变因数相关的测量功能

谐波测量时的测量功能	求法与运算公式	
	测量功能 () 内的字符/数字 dc (k=0 时) 或 k (k=1~max 时)	
	畸变因数运算公式的分母是总波 (Total) 时 <sup>[2]</sup>	畸变因数运算公式的分母是基波 (Fundamental) 时
电压的谐波畸变因数 U <sub>hdf</sub> ()	$\frac{U(k)}{U(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{U(k)}{U(1)} \times 100$
电流的谐波畸变因数 I <sub>hdf</sub> ()	$\frac{I(k)}{I(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{I(k)}{I(1)} \times 100$
有功功率的谐波畸变因数 P <sub>hdf</sub> ()	$\frac{P(k)}{P(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{P(k)}{P(1)} \times 100$
电压的总谐波畸变率 U <sub>thd</sub>	$\frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\max} U(k)^2}}{U(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\max} U(k)^2}}{U(1)} \times 100$
电流的总谐波畸变率 I <sub>thd</sub>	$\frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\max} I(k)^2}}{I(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\max} I(k)^2}}{I(1)} \times 100$
有功功率的总谐波畸变率 P <sub>thd</sub>	$\frac{\left  \sum_{k=2}^{\max} P(k) \right }{P(\text{Total})} \times 100$ <sub>[2]</sub>	$\frac{\left  \sum_{k=2}^{\max} P(k) \right }{P(1)} \times 100$
电压的电话谐波因数 U <sub>thf</sub>	$U_{thf} = \frac{1}{U(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=1}^{\max} \{\lambda(k) \cdot U(k)\}^2} \cdot 100$ <sub>[2]</sub> 符合标准(IEC34-1(1996))规定的系数	
电流的电话谐波因数 I <sub>thf</sub>	$I_{thf} = \frac{1}{I(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=1}^{\max} \{\lambda(k) \cdot I(k)\}^2} \cdot 100$ <sub>[2]</sub> 符合标准(IEC34-1(1996))规定的系数	
电压的电话影响因数 U <sub>tif</sub>	$U_{tif} = \frac{1}{U(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=1}^{\max} \{T(k) \cdot U(k)\}^2}$ <sub>[2]</sub> 符合标准(IEEE Std 100(1992))规定的系数	
电流的电话影响因数 I <sub>tif</sub>	$I_{tif} = \frac{1}{I(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=1}^{\max} \{T(k) \cdot I(k)\}^2}$ <sub>[2]</sub> 符合标准(IEEE Std 100(1992))规定的系数	
谐波电压因数 hvf <sup>[1]</sup>	$hvf = \frac{1}{U(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=2}^{\max} \frac{U(k)^2}{k}} \times 100$ <sub>[2]</sub>	
谐波电流因数 hcf <sup>[2]</sup>	$hcf = hcf = \frac{1}{I(\text{Total})} \times \sqrt{\sum_{k=2}^{\max} \frac{I(k)^2}{k}} \times 100$ <sub>[2]</sub>	

[1] 根据标准规定，运算公式会有所不同。详情请查阅标准(IEC34-1:1996)。

$$[2] ] U(\text{Total}) = \sqrt{\sum_{k=\min}^{\max} U(k)^2} \quad , \quad I(\text{Total}) = \sqrt{\sum_{k=\min}^{\max} I(k)^2} \quad , \quad P(\text{Total}) = \sum_{k=\min}^{\max} P(k) \quad .$$

K、r、j 分别表示谐波次数、实数部分、虚数部分；min 表示谐波分析次数的最小值，可以从 0(DC 成分)或 1(基波成分)中选择；max 是谐波分析次数最大下标值；但是，需要注意的是，最大下标值不能超过谐波分析最大次数，谐波分析最大次数由功率分析仪根据 PLL 源频率自动决定。

#### 4. 接线组相关测量功能

接线组测量功能中，只对总波和基波(1 次)进行运算，详见表 10.9。

表 10.9 接线组相关的测量功能

谐波测量时的测量功能		求法与运算公式			
Σ 功 能	接线方式	单相三线制 (1P3W)	三相三线制 (3P3W)	3 电压 3 电流法 (3V3A)	三相四线制(3P4W)
	UΣ	(U1 + U2) / 2 [1]		(U1 + U2 + U3) / 3 [1]	
	IΣ	(I1 + I2) / 2 [1]		(I1 + I2 + I3) / 3 [1]	
	PΣ	P1 + P2 [1]			P1 + P2 + P3 [1]
	SΣ (TYPE3)	$\sqrt{P\Sigma^2 + Q\Sigma^2}$			
	QΣ (TYPE3)	Q1 + Q2 [1]			Q1 + Q2 + Q3 [1]
	λΣ	$\frac{P\Sigma}{S\Sigma}$			

[1] 当输入单元 1、2、3 设置成表 10.10 中的接线方式时，运算公式 UΣ、IΣ、PΣ、SΣ、QΣ 中相应的位置就用数字 1、2、3 表示。当输入单元 2、3、4 设置成表中的接线方式时，须用数字 2、3、4 分别替代运算公式里的数字 1、2、3。

## 11. FFT

### 11.1 功能简介

FFT(Fast Fourier Transformation), 即为快速傅里叶变换。通过傅立叶变换算法, 可以将直接测量到的原始信号, 计算得到该信号中不同正弦波信号的频率、振幅和相位。在功率分析仪里, 用户可通过 FFT 显示输入信号的频谱。如图 11.1 所示, 是电流波形经 FFT 得到的频谱波形。

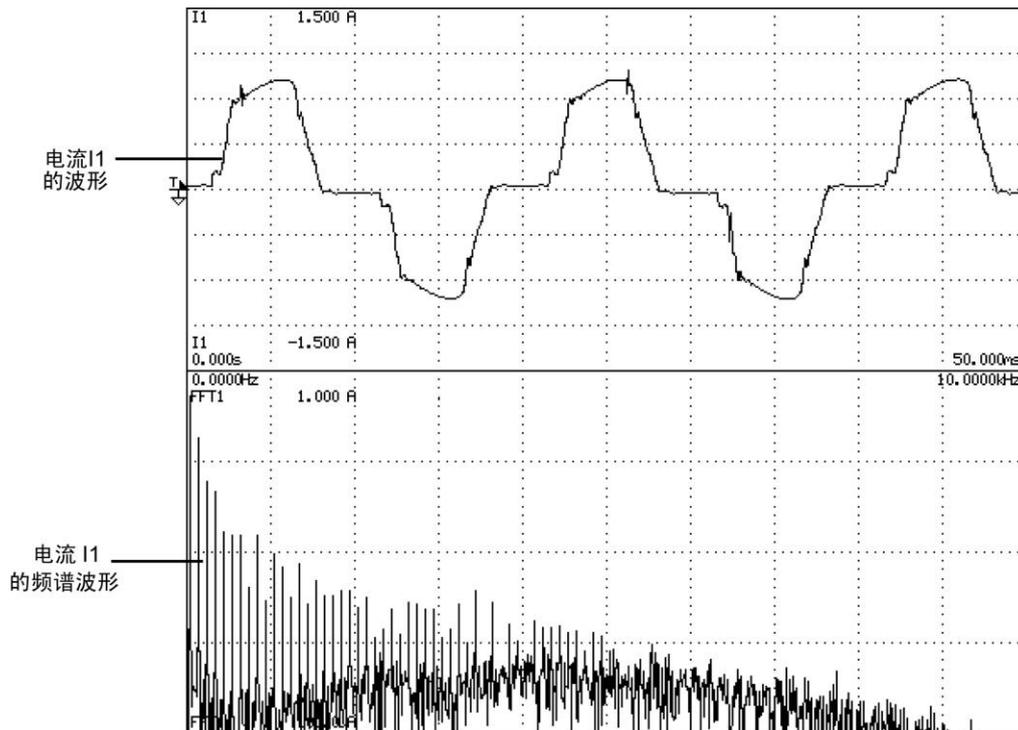


图 11.1 电流 I1 的频谱

用户可以从以下项目里选择执行 FFT 分析的对象:

- 各输入单元的电压、电流、有功功率和无功功率;
- 接线组  $\Sigma$  的有功功率和无功功率;
- 电机输入的扭矩和转速信号。

### 11.2 操作步骤

#### 11.2.1 FFT 显示配置

##### 1. FFT 视图类型

用户需要先选择 FFT 视图类型, 可选择: 全屏显示、数据+FFT、波形+FFT。按下前面板的 FFT 按键, 进入 FFT 全屏显示视图, 此时全屏显示 FFT。按下前面板的 Others 按键, 则可选择数据+FFT 视图、波形+FFT 视图, 同时显示测量数据或波形, 如图 11.2 所示。



图 11.2 FFT 显示视图

2. FFT 显示使能

功率分析仪可同时显示 8 路 FFT: FFT1~FFT8 的数据; 每一路 FFT 的显示可分别配置。显示/关闭指定输入信号的 FFT 图形

转动菜单操作旋钮, 勾选须显示 FFT 图形的输入信号, 则显示相应信号的 FFT。在如图 11.3。

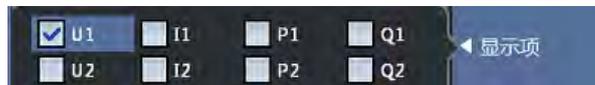


图 11.3 FFT 显示项

3. FFT 视图显示

FFT 支持三种显示方式: 数值、数值+图形、图形, 如图 11.4 所示。



图 11.4 FFT 视图显示格式

4. FFT 放大

用户可放大 FFT 的显示区域，在图 11.5 所示菜单里用户可在 0.1~100.0 范围内设置放大系数。

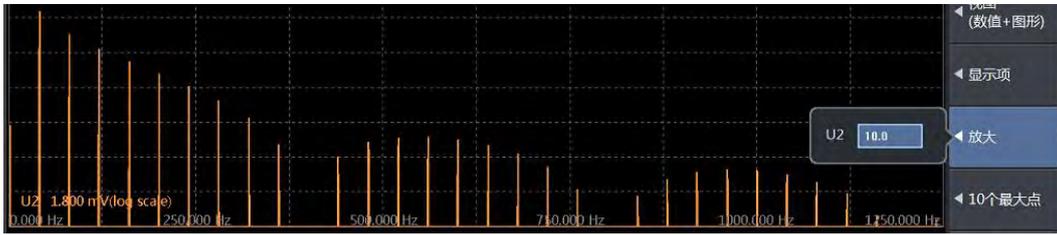


图 11.5 FFT 显示区域放大系数设置

5. FFT 十个最大点

用户可选择由高到低显示 FFT 结果中前十大幅值采样点的频率、幅值，相关菜单和十大采样点的频率/幅值列表如图 11.6 所示。

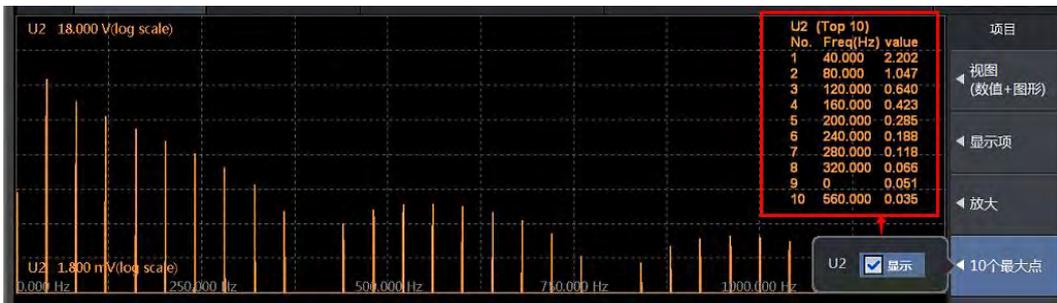


图 11.6 FFT 10 个最大点

11.2.2 FFT 显示格式

用户需要先选择 FFT 视图类型后，按下 Form 键，显示格式如图 11.7。



图 11.7 FFT 显示格式

### 1. 分辨率

用户可配置 FFT 功能的采样率、记录点数、频率分辨率。在显示 FFT 视图时，按下前面板的 Form 键，在弹出的格式菜单中可设置 FFT 采样率、记录点数、频率分辨率。三者的关系分辨率=采样率/FFT 点数，用户可手动设置频谱显示分辨率，如图 11.8。



图 11.8 分辨率设置

### 2. 窗函数类型

用户可配置 FFT 功能使用的时间窗函数类型。用户在 FFT 显示模式里，按下“Form”软键后，可在图 11.9 所示菜单里选择时间窗函数显示类型。



图 11.9 时间窗显示类型设置

### 3. 频谱显示类型

用户可选择频谱显示类型：曲线图、点状图、棒状图。用户在 FFT 显示模式里，按下“Form”软键后，可在所示菜单里选择图形样式显示类型。

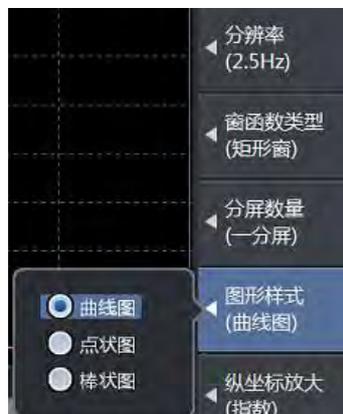


图 11.10 频谱显示类型设置

#### 4. 纵坐标放大

用户可以选择 FFT 频谱显示数据纵坐标的类型，可以选择常规或指数：

- 如果选择常规，此时纵坐标 Y 常规的最大值由测量量程自动决定。最小值是 0；
- 如果选择指数，此时的纵坐标 Y 指数 =  $\lg(Y \text{ 常规})$ 。因此，此时的纵坐标值是 10 的整数次幂。

如果对畸变小接近正弦波的输入信号执行 FFT 运算，可能会得到几乎看不见的频谱，这是因为信号中几乎没有谐波成分。此时，只在显示左端的 Y 轴有频谱显示。如果遇到这种情况，可把纵坐标的类型改成指数。

在 FFT 格式菜单里，按下“纵坐标放大”软键，显示菜单如图 11.11 所示，用户即可在其中选择纵坐标类型。



图 11.11 纵坐标放大类型

#### 5. 显示范围

用户可设定频谱显示在 X 轴方向的起始位置和结束位置。在 FFT 格式菜单里按下“显示范围”软键，弹出起始位置/结束位置对话框。起始位置/结束位置的单位是 Hz，当采样率为 N 时，则频谱最大显示范围为 0~N/2。例如，当采样率为 500kS/s，则频谱最大显示范围为 0~250000Hz，如图 11.12。



图 11.12 显示范围

## 11.3 补充阅读

### 11.3.1 FFT 功能

FFT 可以用如下公式计算频谱。

#### 1. 电压、电流、功率

假设 FFT 运算后电压的复合函数是  $U = U_r + jU_j$ ，电流的复合函数是  $I = I_r + jI_j$ 。  $U_r$ 、 $I_r$ ：实数部分； $U_j$ 、 $I_j$ ：虚数部分，则：

$$\text{电压的频谱} = \sqrt{\frac{U_r^2 + U_j^2}{2}} \quad \text{电流的频谱} = \sqrt{\frac{I_r^2 + I_j^2}{2}}$$

$$\text{有功功率的频谱} = U_r I_r + U_j I_j \quad \text{无功功率的频谱} = U_r I_j - U_j I_r$$

#### 2. 扭矩和转速

假设 FFT 运算后扭矩信号的复合函数是  $T = T_r + jT_j$ ，转速信号的复合函数是  $S = S_r + jS_j$ ， $T_r$ 、 $S_r$ ：实数部分； $T_j$ 、 $S_j$ ：虚数部分。

$$\text{扭矩的频谱} = \sqrt{\frac{T_r^2 + T_j^2}{2}} \quad \text{电流的频谱} = \sqrt{\frac{S_r^2 + S_j^2}{2}}$$

### 11.3.2 谐波测量与 FFT 运算的差异

谐波测量是采用与 PLL 源同步的采样率对被测信号进行采样，测量基波整数倍的成分信号。因此，它适合于测量只包含基波整数倍谐波的信号。

FFT 运算则是采用固定采样率对被测信号进行采样，在宽达采样率一半的带宽内执行快速傅立叶变换；因此，它适合于分析包含非基波整数倍的成分(畸变波形和噪声)。

## 12. Delta 测量

### 12.1 功能简介

通过接线组各输入单元电压或电流瞬时值，求出各输入单元电压差、电流差、相电压、相电流等数据的过程，称为 Delta 测量，相关计算公式见表 12.1：

计算 2 个单元间的电压差和电流差。选择单相 3 线制、三相 3 线制(使用 2 个单元)接线方式时，计算 2 个单元间的电压差和电流差；

计算线电压和相电流。选择单相 3 线制、三相 3 线制(使用 2 个单元)接线方式时，可计算线电压和相电流，如图 12.1 所示；

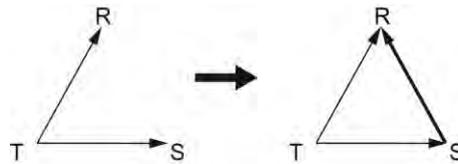


图 12.1 计算未测量的线电压和相电流

计算三角型接线数据。使用三相 4 线制的数据，从星型接线的的数据计算三角型接线数据(星-三角转换)，如图 12.2 所示；

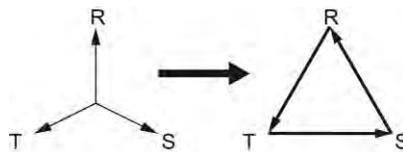


图 12.2 星—三角转换

计算星型接线数据。使用三相 3 线制(3 电压 3 电流表法)的数据，从三角型接线的的数据计算星型接线的的数据(三角-星变换)，如图 12.3 所示。该功能对于测量电机等无中性线被测对象的相电压非常有用。

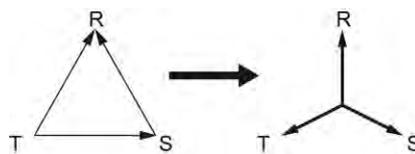


图 12.3 三角—星变换

注意：Delta 测量仅能在常规测量模式和 FFT 模式下运行，在谐波测量模式、电压波动和闪烁测量模式、周期分析模式下无法执行。

### 12.2 Delta 测量功能符号与求法

Delta 测量功能的符号与求法如表 12.1 所示。

表 12.1 Delta 计算公式

Delta 测量类型	采样数据		测量功能符号		说明
	u (n) [3]	i (n) [3]			
Difference (计算电压差和电流差)	u1 - u2[1]	i1 - i2	差值电压	$\Delta U1[U_{diff}]$	—
			差值电流	$\Delta I[I_{diff}]$	
3P3W>3V3A (三相 3 线制时求未测线电压和未测相电流)	u1 - u2	-i1 - i2	R-S 相之间的线电压	$\Delta U1[U_{rs}]$	前提条件： $i1 + i2 + i3 = 0$
			T 相的相电流	$\Delta I[I_t]$	
Delta>Star (3 电压 3 电流表法时求相电压、中性线电流)	$u1 - (u1+u2)/3$	—	各相的相电压	$\Delta U1[U_r]$	前提条件： 将三角型接线的重心作为星型接线的中心进行运算
	$u2 - (u1+u2)/3$	—		$\Delta U2[U_s]$	
	$-(u1+u2)/3$	—		$\Delta U3[U_t]$	
	—	$i1+i2+i3$	中性线的线电流	$\Delta I[I_n]$	—
	—	$i1$	线电流	$\Delta I1$	
	—	$i2$		$\Delta I2$	
	—	$i3$		$\Delta I3$	
Star>Delta (三相 4 线制时求线电压和中性线电流)	u1 - u2	—	各相的线电压	$\Delta U1[U_{rs}]$	—
	u2 - u3	—		$\Delta U2[U_{st}]$	
	u3 - u1	—		$\Delta U3[U_{tr}]$	
	—	$i1 + i2 + i3$	中性线的线电流	$\Delta i_n[I_n]$	
Delta>Star (3 电压 3 电流表接线方式时, 计算各相和接线组的有功功率)	$[u1 - (u1+u2)/3] \times i1$	—	各相的有功功率	$\Delta P1[P_r]$	—
	$[u2 - (u1+u2)/3] \times i2$			$\Delta P2[P_s]$	
	$[-(u1+u2)/3] \times i3$			$\Delta P3[P_t]$	
	$\Delta P\Sigma = \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3$	接线组有功功率	$\Delta P\Sigma[P_\Sigma]$		
(3 电压 3 电流表接线方式时, 计算各相的无功功率)	$\sqrt{\Delta S1^2 - \Delta P1^2}$	—	各相的无功功率	$\Delta Q1$	—
	$\sqrt{\Delta S2^2 - \Delta P2^2}$			$\Delta Q2$	
	$\sqrt{\Delta S3^2 - \Delta P3^2}$			$\Delta Q3$	
Delta>Star (3 电压 3 电流表接线方式时, 计算各相的视在功率)	$\Delta U1 \times \Delta I1$	—	各相的视在功率	$\Delta S1$	—
	$\Delta U2 \times \Delta I2$			$\Delta S2$	
	$\Delta U3 \times \Delta I3$			$\Delta S3$	

续上表

Delta 测量类型	采样数据	测量功能符号		说明
Delta>Star (3 电压 3 电流表接线方式时, 计算各相的功率因数)	$\Delta P1 / \Delta S1$	各相的功率 因数	$\Delta \lambda 1$	—
	$\Delta P2 / \Delta S2$		$\Delta \lambda 2$	
Star > Delta 和 Delta>Star 接线方式 下计算接线组电压	$\Delta U\Sigma = (\Delta U1 + \Delta U2 + \Delta U3) / 3$	$\Delta U\Sigma[U\Sigma]$		—

[1] 采样数据 u、i 后的数字 1、2、3 表示输入单元 1、2、3 是运算执行单元, 此时 u1、u2、u3 分别表示输入单元 1、2、3 的电压采样数据, i1、i2、i3 分别表示单元 1、2、3 的电流采样数据; 如果运算执行单元是 2、3、4, 那么采样数据 u、i 后面的数字 1、2、3 则分别由 2、3、4 代替, 此时 u2、u3、u4 分别表示输入单元 2、3、4 的电压采样数据, i2、i3、i4 分别表示输入单元 2、3、4 的电流采样数据。

[2] Delta 测量功能  $\Delta U1 \sim \Delta U3$ 、 $\Delta P1 \sim \Delta P3$  因接线方式和运算类型而异, 其后面的数字为运算功能序号而和输入单元编号无关。

[3] u(n)和 i(n)是采样数据, n 为采样数据序号。

## 12.3 操作步骤

### 12.3.1 概述

用户须设置接线组, 再设置相关测量参数, 然后选择该接线组的 Delta 测量类型, 最后设置 Delta 测量结果的显示。

### 12.3.2 接线组设置

按下前面板上的 wiring 按键, 进入接线设置菜单, 设置接线组的接线方式; 之后, 需要配置接线组的测量参数, 如量程、测量模式等。建议 Delta 测量的被测输入单元尽量使用相同的量程和比例(CT 比和系数), 否则会因采样数据测量分辨率的不同产生运算误差。

### 12.3.3 选择运算类型

不同接线方式, 对应的  $\Delta$  测量类型不同, 详见表 12.2。

表 12.2 接线组和  $\Delta$  测量类型

接线方式	可选的 Delta 测量类型
1P3W	Difference、3P3W>3V3A
3P3W	Difference、3P3W>3V3A
3P4W	Star>Delta
3P3W(3V3A)	Delta>Star

确定接线方式后, 用户即可选择测量类型。如图 12.4 所示, 按下接线设置菜单里的“ $\Delta$  测量”软键, 进入测量类型选择对话框, 可选择测量类型; 但如果接线方式为 3P4W 或 3P3W(3V3A)则无须选择测量类型。



图 12.4 测量类型选择

### 12.3.4 Δ 测量结果的显示

在数值数据显示模式下，按下“Item”键(当显示格式为所有项目时不能配置显示的测量项)，在测试项菜单里可设置光标所在处的显示项目为Δ测量项，如图 12.5 所示。



图 12.5 测量结果的显示

## 13. 周期分析

### 13.1 功能简介

周期分析是以同步源信号为基准，计算交流输入信号每个周期的电压、电流、功率和其它参数，并且以列表或图形的方式显示。图 13.1 说明了周期分析的运作：

- 同步源：U1；
- 同步源触发斜率：上升；
- 测量周期数：3。

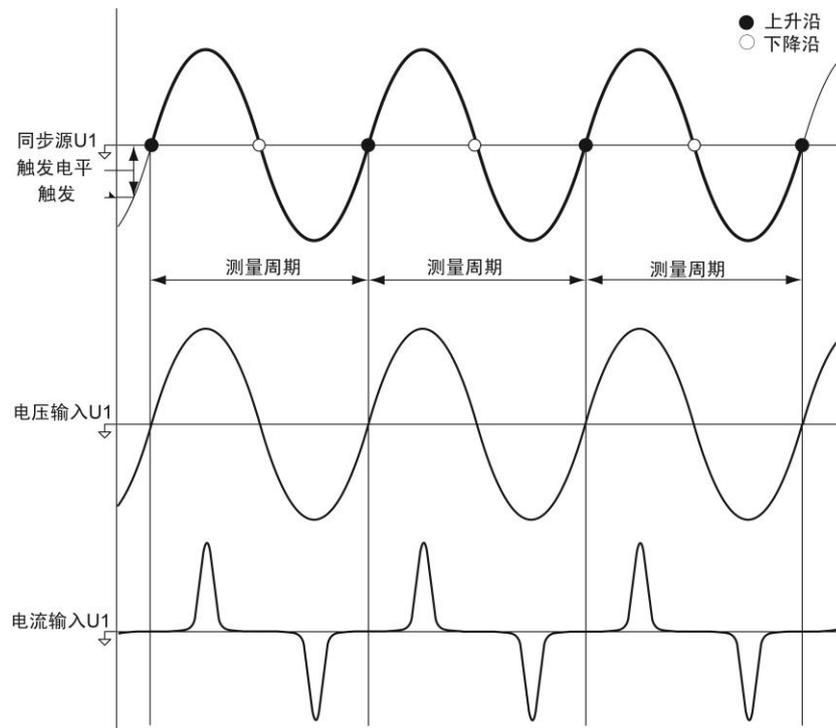


图 13.1 周期测量分析示意

功率分析仪的周期分析功能下对各输入单元或接线组可测量的项目包括：同步源频率 Freq、电压 U、电流 I、有功功率 P、视在功率 S、无功功率 Q、功率因数  $\lambda$ 、转速 Speed、扭矩 Torque、机械功率 Pm。对于测量项目，可显示测量结果列表和周期波动趋势图。

注意：周期分析模式下测得的电压 U 和电流 I 值固定为 rms 值。

#### 1. 测量结果列表

完成周期分析后，测量结果以列表形式显示。如图 13.2 所示，是功率分析仪的一个周期分析结果列表。该次测量使用的同步源是 U1，测量周期数为 10。

周期分析测量使用的同步源		测量周期总数			周期测量分析功能的状态		
同步源 U1		周期数 10			周期状态 Complete		
No.	Sync Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	Q1[VA]	S1[var]	$\lambda$
1	50.005	237.097	0.016	0.040	3.866	3.866	0.010
2	50.002	237.094	0.016	0.043	3.865	3.865	0.011
3	50.009	237.129	0.016	0.044	3.866	3.866	0.011
4	50.012	237.129	0.016	0.046	3.868	3.869	0.012
5	50.002	237.083	0.016	0.041	3.872	3.873	0.011
6	49.987	237.046	0.016	0.039	3.868	3.868	0.010
7	50.035	237.133	0.016	0.043	3.871	3.871	0.011
8	49.990	236.964	0.016	0.040	3.858	3.858	0.010
9	50.006	236.922	0.016	0.041	3.861	3.861	0.011
10	50.007	236.893	0.016	0.040	3.869	3.869	0.010

图 13.2 周期分析结果

由图 13.2 可知，功率分析仪对交流输入信号电压、电流、功率等参数进行了测量，列表显示测量结果，并显示周期分析功能的状态。

#### 页面滚动

当显示类型为“数据”时，单页显示多达 22 个测量周期的测量数据列表；当显示类型为“图形&数字”时，单页显示 10 个测量周期的测量数据列表。如果测量周期超过 22，会使用多页显示数据。此时，可以滚动或跳转页面来切换显示页面。在图 13.3，测量结果被分为 5 页显示，用户可通过触碰图 13.3 所示的上翻页和下翻页键翻页，也可通过旋转菜单操作旋钮翻页。

同步源 U1		周期数 50			周期状态 Complete		
No.	Sync Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	S1[var]	S1[var]	$\lambda$
41	50.005	236.810	0.016	0.046	3.882	3.882	0.012
42	50.004	236.890	0.016	0.046	3.887	3.887	0.012
43	49.996	236.961	0.016	0.044	3.887	3.887	0.011
44	49.998	236.974	0.016	0.042	3.891	3.891	0.011
45	50.012	237.062	0.016	0.046	3.894	3.894	0.012
46	49.982	237.059	0.016	0.040	3.887	3.887	0.010
47	50.003	237.093	0.016	0.039	3.888	3.888	0.010
48	50.001	237.095	0.016	0.040	3.885	3.885	0.010
49	50.003	237.101	0.016	0.044	3.891	3.891	0.011
50	49.997	237.023	0.016	0.040	3.892	3.892	0.010

▲ 5/5 ▼  
上翻页 下翻页

图 13.3 页面滚动示意

#### 周期分析功能的状态

周期分析功能具有如下状态：

- Start(启动)。指示周期分析功能启动；
- Complete(完成)。指示周期分析操作完成；
- Time Out(超时)。指示周期分析中发生超时，测量中止；
- Reset(复位)。指示当前周期分析功能已复位，可以修改测量参数继续执行测量；
- Freq Err(同步源频率错误)。如果同步源的频率超过范围，则产生此错误。周期分析同步源的频率范围必须为 0.1Hz~1kHz。

功率分析仪会根据当前工作状态，自动在图 13.2 所示的周期分析功能状态显示栏显示当前的测量功能状态，测量功能状态之间的转换关系见图 13.4。

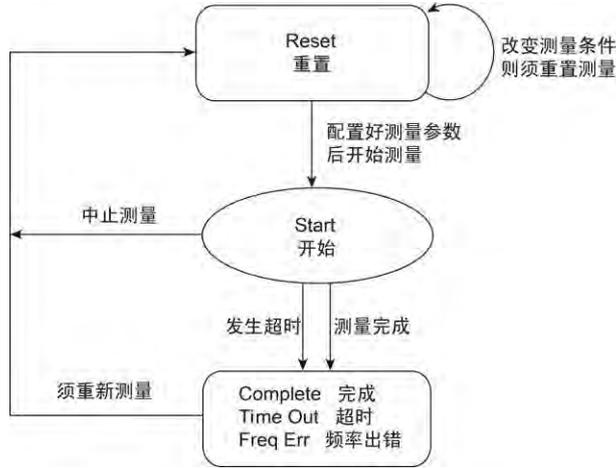


图 13.4 周期分析状态转换图

峰值过量程数据的指示

在被测周期测量中，如果电压(U)、电流(I)、转速(speed)和扭矩(torque)的峰值出现过量程，那么周期分析的数据可能存在误差。为防止峰值过量程，用户需要增加量程。当在周期分析过程里检测到峰值过量程时，功率分析仪会在数据前面显示“↑+”或“↓-”或“±”，如图 13.5 所示。“↑+”表示正峰值过量程，“↓-”表示负峰值过量程，“±”正负峰值均过量程。

同步源		U1	周期数		周期状态			Complete
No.	Sync Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	S1[var]	S1[var]	λ1	
1	49.986	↑+ 236.643	0.016	0.010	3.867	3.867	0.002	
2	49.999	↑+ 236.627	0.016	0.015	3.871	3.871	0.004	
3	49.999	↑+ 236.580	0.016	0.010	3.864	3.864	0.003	
4	49.995	↑+ 236.556	0.016	0.014	3.867	3.867	0.004	
5	49.996	↑+ 236.502	0.016	0.012	3.859	3.859	0.003	
6	49.998	↑+ 236.498	0.016	0.011	3.862	3.862	0.003	
7	49.996	↑+ 236.459	0.016	0.012	3.866	3.866	0.003	
8	49.978	↑+ 236.418	0.016	0.010	3.860	3.860	0.002	
9	50.020	↑+ 236.432	0.016	0.013	3.863	3.863	0.003	
10	49.985	↑+ 236.232	0.016	0.007	3.864	3.864	0.002	

图 13.5 峰值过量程数据的指示

2. 周期波动趋势图

功率分析仪可显示测量项的周期波动趋势图，观察数据的波动趋势，如图 13.6 所示。

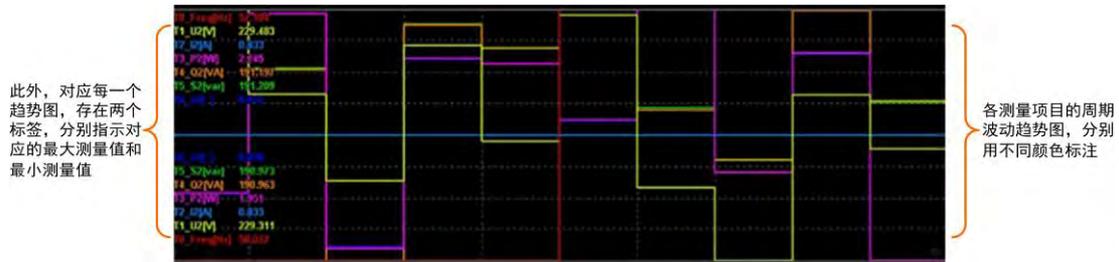


图 13.6 周期波动趋势图

### 13.2 操作步骤

用户须进入周期分析功能菜单，设置如下参数：

- 同步源参数。同步源选择、同步斜率；
- 测量参数。测量周期数、测量超时时间、测量项目、测量的输入通道；
- 显示参数。包括测量结果的显示方式、显示界面、查看须显示测量结果的行等。

#### 1. 周期分析功能菜单

用户首先在前面板上按下 Others 按键，进入周期分析功能菜单如图 13.7 所示。



图 13.7 周期分析功能菜单

#### 2. 同步源相关参数配置

##### (1)同步源选择

用户在如图 13.7 所示的格式菜单里，按下“同步源”，弹出可供选择的同步源如图 13.8 所示。



图 13.8 同步源选择菜单

同步源规定了计算周期分析数据的周期，选择同步源需要注意以下几点：

- 同步源的频率范围。同步源的频率必须位于 0.1Hz~1kHz 范围内，否则会在测量中产生错误；

- 周期相同。须把与周期分析对象信号有相同周期的信号设为同步源；
- 选择畸变小的输入信号作为同步源。如果同步源信号发生畸变，或者有高频噪声重叠，会发生非基波频率过零。这样可能会测量到不同于基波频率的范围。如果遇到这种情况，须打开频率滤波器；
- 同步源信号振幅电平相对量程不能太小。否则无法测得同步源信号的频率，也无法得到正确的测量结果。

#### (2)选择同步斜率

用户在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里，按下“同步斜率”，显示“同步源斜率选择”菜单如图 13.9 所示。同步源斜率可从下选择：

- 上升沿。当同步源信号从负变成正时，检测过零点；
- 下降沿。当同步源信号从正变成负时，检测过零点。



图 13.9 同步斜率

### 3. 测量相关参数配置

#### (1)配置测量周期数

用户可设定执行周期分析的周期数。用户在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里，按下“周期数”，显示周期次数菜单如图 13.10 所示。用户可以在 10~4000 次范围内设定执行周期分析的周期数。

#### (2)测量超时时间

完成周期分析需要的时间= 同步源信号的周期×测量周期计数 + 运算时间。

当设置的周期数过大或出现测量异常，导致测量时间过长时，需要退出测量。因此，用户需要设置超时时间，当测量时间大于超时时间，则会发生超时，此时不会显示测量数据。

用户在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里，按下“超时时间”，显示超时时间菜单如图 13.11 所示，用户可以在 1~3600s 范围内设定超时时间。如果超时时间小于正常测量所需时间，那么开始测量后不但经常会出现超时，而且也无法完成测量。

注意：当在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里设置超时时间参数为 0 时，则超时时间为 24 小时。

如图 13.12 的图片底部标注的超时计时框所示，红色进度条指示了测量时间，当测量时间超过超时时间，也即超时计时框全部变为红色，则发生超时，周期分析中止，如图 13.13 所示。



图 13.10 周期数

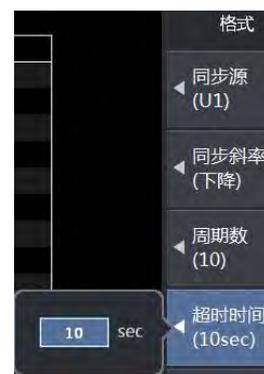


图 13.11 超时时间

同步源		U1		周期数		10		周期状态		Start
No.	Sync Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	S1[var]	S1[var]	λ1			
1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			

00:00:02

图 13.12 超时时间计时

同步源		U1		周期数		10		周期状态		Time Out
No.	Sync Freq[Hz]	U1[V]	I1[A]	P1[W]	S1[var]	S1[var]	λ1			
1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			

00:00:10

图 13.13 超时

(3)测量项目设置

进入项目菜单

按如图 13.7 所示流程，进入项目菜单。

选择须配置测量项目的列/行

功率分析仪的测量结果通常列表如图 13.2 所示，单页支持 7 列不同测量项，可手动设置各列须显示的测量项目如图 13.14。

同步源		U1		周期数		25		周期状态		Reset	项目
No.	Sync Freq[Hz]	U2[V]	I1[A]	P1[W]	Q1[VA]	S1[var]	λ1				
1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
11	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
12	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
13	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
14	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
15	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
16	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
17	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
18	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
19	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
21	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
22	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----				

第1列 → 测试项1 (Sync Freq)  
 第2列 → 测试项2 (U2)  
 第3列 → 测试项3 (I1)  
 第4列 → 测试项4 (P1)  
 第5列 → 测试项5 (Q1)  
 第6列 → 测试项6 (S1)  
 第7列 → 测试项7 (λ1)  
 选择的行 (1)

1/2

图 13.14 选择列

由于屏幕显示面积有限，部分周期的测量结果需要用户翻页查看。如果用户不想翻页，可直接指定须查看测量结果所在行，然后功率分析仪显示该行的测量结果。图 13.14 中，用户在“选择的行”中输入周期数内的数值，如周期数设置为 25，在“选择的行”输入 24，第 24 个周期的分析结果自动跳出，如图 13.15。此时列表中选中的行变为灰色。用户也可转动菜单操作旋钮选择须显示的行。

同步源		U1		周期数		25		周期状态		Reset		项目
No.	Sync Freq[Hz]	U2[V]	I1[A]	P1[W]	Q1[VA]	S1[var]	λ1					
23	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----					测试项1 (Sync Freq)
24	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----					测试项2 (U2)
25	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----					测试项3 (I1)
												测试项4 (P1)
												测试项5 (Q1)
												测试项6 (S1)
												测试项7 (λ1)
												选择的行 (24)

图 13.15 选择行

选择输入通道/测量项目

用户需要选择执行分析的对应测量项的输入单元或接线组。先选择测量项列，在如图 13.16 所示弹出的对话框里选择需要测量项及对应的输入单元或接线组(对话框仅显示当前可用的输入单元或接线组)。当测量项目是 Sync Freq 时，不支持输入单元/接线组的选择。如图 13.17。



图 13.16 单元/组选择



图 13.17 测量项目 Sync Freq

#### 4. 显示相关参数配置

##### (1)显示类型

用户在如图 13.7 所示的格式菜单里,按下“显示类型”,可以设置周期测量结果的显示形式为“数字”或“图形”或“数字+图形”,如图 13.18 所示。“数字”对应测量结果列表,“图形”对应周期波动趋势图;若选择“数字+图形”,则同时显示测量结果列表和周期波动趋势图,如图 13.6 所示。



图 13.18 显示类型

##### (2)显示参数设置

用户也可以在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里,按下“显示设置”软键,显示“显示设置”菜单如图 13.19 所示。在显示设置菜单里,用户可设置填充(线)、刻度、刻度值等常规显示参数,还可以配置周期波动趋势图的显示。



图 13.19 显示设置菜单

在图 13.19 所示显示设置菜单里,按下“显示数据”软键,弹出周期波动趋势图显示设置对话框,用户可在对话框里配置周期波动趋势图 T1~T7 的显示内容,具体设置说明详见图 13.20。



图 13.20 趋势图显示配置说明

## 5. 开始/重置

当上述测量参数都配置完毕，则用户可在如图 13.7 所示的周期分析功能菜单里，按下“开始”，启动周期分析功能。当周期分析进行时，在测量完成之前只显示[-----](没有数据)；只有当测量完成后，显示测量数据。

当在测量途中按下图 13.7 所示菜单里的“重置”，可取消周期分析，丢弃所有测量数据，如图 13.21 所示。此外，如果测量完成后须修改测量参数进行测量，则须执行重置操作，此时，用户也须在图 13.7 所示菜单里按下“重置”，然后才能按上述步骤初始化测量参数。

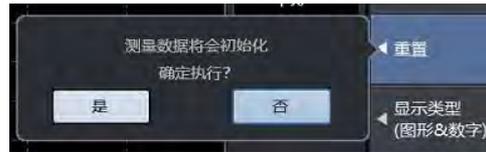


图 13.21 重置初始化数据

## 13.3 注意事项

### 1. 对功能和测量功能的限制

周期分析模式执行测量时，会进行与其它测量模式不同的内部运算。因此，它不支持如波形和柱状图显示、存储功能等部分功能；此外，积分和效率运算等部分测量功能不能执行。

例如，数据更新率的设定在周期分析模式下无效。当指定周期数的周期测量完成后，才更新显示数据，测量期间不更新显示数据。例如，测量 50Hz(20ms)输入信号 1000 周期，从测量开始到结束以及显示测量值至少需要 20s。

受限制的功能和无法执行的测量功能如表 13.1 所示。表 13.1 说明了当周期分析功能处于重置、开始、完成状态时，相关功能是否可执行和更改。

表 13.1 对周期分析模式改变设置和执行操作的限制

设定项目	周期分析状态		
	重置	开始	完成
周期分析			
周期分析同步源选择	√	×	×
测量超时	√	×	×
测量开始	√	×	×
重置	×	√	√

续上表

设定项目	重置	开始	完成
显示测量项目	√	√	√
显示执行周期分析的周期数	√	√	√
测量模式切换	√	×	×
接线和补偿			
接线方式	√	×	×
单元的单独设定	√	×	×
效率和补偿	×	×	×
电压和电流量程	√	×	×
自动量程	×	×	×
传感器换算比	√	×	×
电压和电流模式	√	×	×
比例	√	×	×
滤波器	√	×	×
平均	×	×	×
同步源设定	×	×	×
测量和运算(Measure)	×	×	×
频率测量	×	×	×
NULL	×	×	×
电机评估	√	×	×
谐波测量	×	×	×
显示项目			
数据更新率	×	×	×
保持	√	√	√
单次测量(令显示更新)	√	√	√
积分	×	×	×
文件操作	√	√	√
设定或执行屏幕图像的存储	√	√	√
设定或执行存储操作	×	×	×
帮助	√	√	√

注：“√”：设定可改，功能可执行；“×”：设定不可改，功能不可执行。

## 2. 保存周期分析数据

在功率分析仪保存周期分析数据时，请选择数据作为保存对象。

## 3. 对运算公式的影响

在周期分析模式下，只能选择 Type2 作为视在功率或无功功率的运算公式。如果选择了 Type1 或 Type3，再选周期分析模式，公式会切换到 Type2。

## 14. 积分运算

### 14.1 功能简介

功率分析仪可以对输入单元或接线组的功率和电流进行积分运算，求出各个技术指标值，如图 14.1 所示；同样的，也可对各谐波分量执行积分运算，用户可选择须显示积分运算数据的谐波次数，如图 14.2 所示。此外，用户可选择电机参数积分运算，如图 14.3。

Time1	0:01:30	
WP1	-0.0011	mWh
WP+1	0.3820	mWh
WP-1	-0.3831	mWh
q1	0.0051	mAh
q+1	0.0051	mAh

图 14.1 积分功能界面

	Element1	Element2	Element3	$\Sigma A(1P3W)$	Element4	Element5	Element6	Element7	页码	积分
Time [ ]	0:00:07	0:00:07	0:00:07		0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:07	2	谐波次数
WP [ Wh ]	0.1108 $\mu$	0.0028 m	-0.0011 m	0.0017 m	0.0728 $\mu$					
WP+ [ Wh ]	0.0028 m	0.9027 m	0.0011	0.0020	0.5175 $\mu$					
WP- [ Wh ]	-0.0026 m	-0.8999 m	-0.0011	-0.0020	-0.4447 $\mu$					
q [ Ah ]	0.0011 m	0.0137 m	0.0158 m	0.0294 m	0.0067 m					
q+ [ Ah ]	0.0011 m	0.0137 m	0.0158 m	0.0294 m	0.0067 m					
q- [ Ah ]	0.0000 $\mu$	0.0000 $\mu$	0.0000 $\mu$	0.0000 $\mu$	0.0000 $\mu$					
WS [ VAh ]	0.0058 m	0.0024	0.0028	0.0052	0.0011 m					
WQ [ varh ]	0.0058 m	0.0024	0.0028	0.0052	0.0011 m					

	Element1	Element2	Element3	$\Sigma A(1P3W)$	Element4
Time [ ]	0:00:07	0:00:07	0:00:07		0:00:07
q(2) [ Ah ]	0.0013 $\mu$	0.0317 $\mu$	0.0763 $\mu$		0.0000 $\mu$
WP+(2) [ Wh ]	-0.0222 $\mu$	0.2856 $\mu$	-0.0013 $\mu$		0.0000 $\mu$
WP-(2) [ Wh ]	0.0785 $\mu$	0.0011 $\mu$	0.0010 $\mu$		0.0000 $\mu$
WP+(2) [ Wh ]	-0.1008 $\mu$	-0.7734 $\mu$	-0.0023 $\mu$		-0.0000 $\mu$
WS(2) [ VAh ]	0.0013 $\mu$	0.0317 $\mu$	0.0763 $\mu$		0.0000 $\mu$
WQ(2) [ varh ]	-0.0571 $\mu$	0.1057 $\mu$	-0.6633 $\mu$		0.0000 $\mu$

图 14.2 谐波积分运算



图 14.3 电机积分运算

### 1. 积分运算

积分运算结果列表显示如图 14.1 所示。积分功能模式下可计算各输入单元如下数据(数据的具体求法可参考附录)：

- 有功功率积分(瓦时)。WP(瓦时，正负瓦时的和)、WP+(消耗的正瓦时)、WP-(反馈电源的负瓦时)；
- 电流积分(安时)。Q(安时，正负安时的和)、q+(消耗的正安时)、q-(反馈电源的负安时)；
- 视在功率积分 WS(伏安时)；
- 无功功率积分 WQ(乏时)；
- 时间(积分时间)。
- 积分时间最大值 Pmmp (W) ；
- 静态功率点跟踪效率 η MPPTS；
- 动态功率点跟踪效率 η MPPTD；
- 机械功率 Pm 积分 (瓦时)。WPm (瓦时，正负机械功率的和)、WPm\_F (瓦时，正机械功率的积分值)、WPm\_N (瓦时，负机械功率的积分值)。

积分功能模式下还可计算各接线组 ΣA、ΣB、ΣC 的如下数值数据(各数据的具体求法可参考附录)：

- 有功功率积分(瓦时)。WPΣ(瓦时，正负瓦时的和)、WP+Σ(消耗的正瓦时)、WP-Σ(反馈电源的负瓦时)；
- 电流积分(安时)。qΣ(安时，正负安时的和)、q+Σ(消耗的正安时)、q-Σ(反馈电源的负安时)；
- 视在功率积分 WSΣ(伏安时)；
- 无功功率积分 WQΣ(乏时)。

### 2. 积分功能状态

输入单元/接线组状态栏会以中文/英文显示积分功能的当前状态，如图 14.4 所示，对各



积分功能状态说明如下：

- Reset 或重置。执行积分重置操作后，积分值显示和积分时间显示被重置，此时显示 Reset 或重置状态；
- Start 或开始。积分进行时显示；
- Stop 或停止。积分中断、取消、结束时显示；
- Ready 或准备。当处于实时积分模式下的准备状态显示；
- TimeUp 或时间到。达到积分定时器的指定时间后显示；
- Error 或错误。电源恢复后，积分停止，显示停电发生前的积分结果。此时的积分状态称为 Error 状态。

图 14.4 积分功能状态

## 14.2 操作步骤

### 1. 积分功能菜单

用户按下前面板的积分功能按键 Integral，弹出积分功能菜单如图 14.5 所示。



图 14.5 积分功能菜单

### 2. 独立控制开关设置

用户可统一设置所有输入单元或接线组的积分设置参数，也可独立设置各个输入单元或接线组。在如图 14.5 所示积分功能菜单按下“独立控制”软键，可设定独立控制的开关。

当“独立控制”开启，用户可选择需要设置积分功能参数的输入单元或接线组，然后设置积分功能参数，如图 14.6 所示。其中单元对象 7 代表当前电机卡所在通道。



图 14.6 独立控制开启

### 3. 设置积分模式

使用积分功能之前需要配置积分模式，用户按下如图 14.5 所示积分功能菜单里的“积分设置”软键，弹出积分设置菜单如图 14.7 所示，在积分设置菜单里可选择积分模式。积分模式的说明见“积分模式”节。

### 4. 设置定时器

定时器用于设置积分时间的长度。用户在如图 14.5 所示积分菜单里按下“定时器”软键，弹出如图 14.8 所示的积分时间长度设置菜单。需要注意的是，当积分时间设置为 0 时，则积分模式为手动积分模式。



图 14.7 积分模式设置



图 14.8 积分时间长度

### 5. 设置预约时间

当积分模式为实时标准积分模式和实时循环积分模式时，用户需要设置积分开始和结束的日期和时间，此时可在如图 14.9 所示积分模式设置菜单下按下“预约时间”软键并设置开始时间和结束时间。

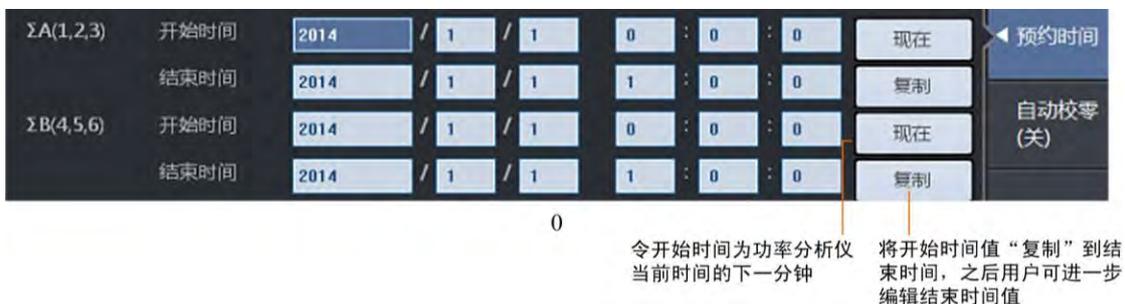


图 14.9 预约时间

### 6. 自动校零

通常，当测量量程或线路滤波器发生变化时会执行校零；而在积分时也可自动校零。用

用户可在如图 14.5 所示的积分设置菜单里设置自动校零功能的开启或关闭。

### 7. MPPT 设置

用户可通过 MPPT 设置功能设置被测单元或接线组的最大功率值；也可选择“自动”，令功率分析仪自动确定最大功率值。在如图 14.5 所示的积分设置菜单，按下“MPPT 设置”软键，显示对话框如图 14.10 所示。



图 14.10 MPPT 设置

### 8. q 模式设置

用户可设置计算 q 值的计算模式，在如图 14.5 所示的积分设置菜单里按下“q 模式”软键，弹出对话框如图 14.11 所示，用户可选择 RMS、MEAN、DC、RMEAN、AC 模式。



图 14.11 q 模式设置

### 9. WP±类型

用户可设置 WP±类型为充电/放电或卖电/买电，在如图 14.5 所示的积分设置菜单里按下“WP±类型”软键，弹出对话框如图 14.12 所示。



图 14.12 WP±类型

充电/放电模式是 WP±按点积分，即瞬时的 WP±分别进行叠加，表现为数据更新时，WP+和 WP-可能都会增加，而买电/卖电模式是按区间积分，即一个数据更新区间内，首先计算总的 WP 的正负，然后对应进行积分，表现为在一个更新区间内，WP+ 和 WP-的数据值可能有一个有变化。

### 10. 开始/停止/重置

完成积分功能参数设置后，用户即可在如图 14.5 所示积分菜单里，按下“开始”启动积分计算或恢复被暂停的积分，按下“停止”则暂停积分，按下“重置”则复位积分值和积分时间。图 14.13 说明了“启动”、“停止”、“重置”操作与积分功能状态的联系。

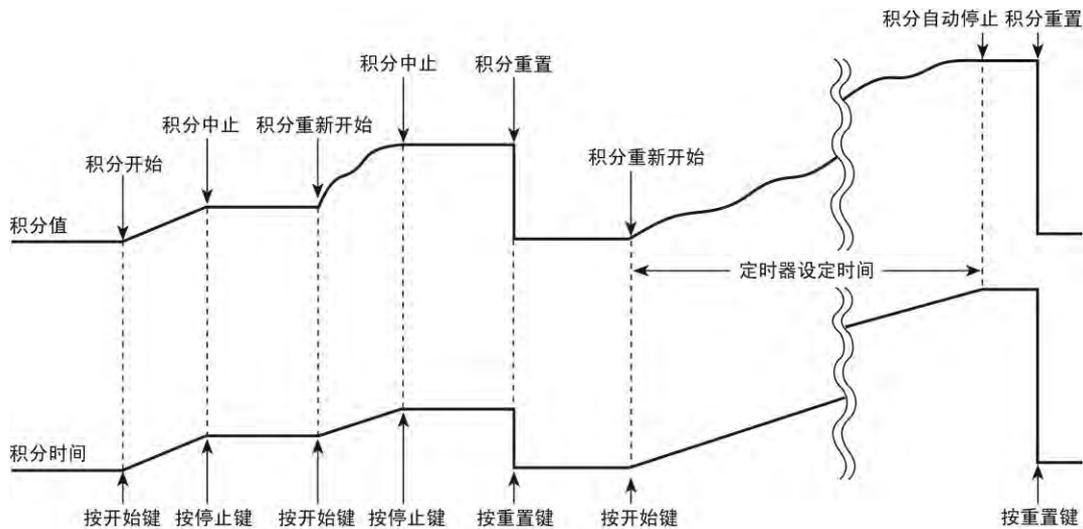


图 14.13 开始/停止/重置

当中途停止积分功能时，前面板的 Integral 按键会变为红色。

## 14.3 规格

### 14.3.1 掉电保存

功率分析仪在积分运行状态下，即使发生停电也能记忆并保持积分运算的结果；恢复电源后，显示停电发生前的积分结果，积分仍停止，此时若重置积分，则积分重新开始。

### 14.3.2 有效频率范围

功率分析仪的采样频率约为 2MHz。积分功能下，有效的电压/电流信号的频率如表 14.1 所示。

表 14.1 采样率和积分有效频率范围

积分项		有效频率范围
有功功率		DC~1MHz
电流	积分运算 Irms 时	DC、数据更新率规定的测量下限频率值~1MHz
	积分运算 Imn 时	DC、数据更新率规定的测量下限频率值~1MHz
	积分运算 Idc 时	DC~1MHz
	积分运算 Iac 时	DC、数据更新率规定的测量下限频率值~1MHz
	积分运算 Irmn 时	DC、数据更新率规定的测量下限频率值~1MHz

表 14.1 中“测量下限频率值”见表 14.2。

表 14.2 不同数据更新率对应的测量下限频率

数据更新率	10ms	50ms	200ms	500ms	1s	2s	5s	10s	20s
测量下限频率	200Hz	45Hz	20Hz	10Hz	5Hz	2Hz	0.5Hz	0.2Hz	0.1Hz

备注：测量交流信号的频率下限值取决于数据更新率。测量低于频率下限值的低频信号时，测量值可能不稳定。

### 14.3.3 显示分辨率

积分值的最大显示分辨率为 999999。

#### 14.3.4 溢出时显示

当积分值满足以下溢出条件，积分功能停止并保持在该点的积分时间和积分值输出：

- 积分时间达到最大值(10000 小时)；
- WP、q、WS 或 WQ 的积分值达到下述的最大/最小显示值：
  - 有功功率(WP):  $\pm 999999$  MWh；
  - 电流(q):  $\pm 999999$  Mah；
  - 视在功率(WS):  $\pm 999999$  MVAh；
  - 无功功率(WQ):  $\pm 999999$  Mvarh。

#### 14.3.5 限制执行

在积分功能进行时，部分功能的执行可能会受到限制：

当积分进行和积分中止时，不允许修改测量参数或测量数据，否则会影响当前正在进行的积分功能。因此，当积分进行和积分中止时，与测量参数设置相关的功能、Null 操作不可执行；

当积分进行和积分中止时，不允许修改积分功能参数，否则会影响当前正在进行的积分功能。因此，当积分进行和积分中止时，不能设置积分功能参数；

单次测量操作、保持操作、存储操作、显示操作如翻页等均不影响当前的测量数据和积分功能，因此其执行不受积分功能状态影响。

积分功能时对其它功能的影响详见表 14.3。

表 14.3 积分功能时不能改变的设定

	积分重置	积分进行时	积分中止
START 指示灯的状态	OFF	ON	OFF
STOP 指示灯的状态	OFF	OFF	ON
测量参数设置相关功能			
接线方式设置	可执行	不可执行	不可执行
测量量程设置	可执行	不可执行	不可执行
比例设置	可执行	不可执行	不可执行
滤波器设置	可执行	不可执行	不可执行
平均功能设置	可执行	不可执行	不可执行
同步源设置	可执行	不可执行	不可执行
数据更新率设置	可执行	不可执行	不可执行
积分功能参数设置			
积分模式设置	可执行	不可执行	不可执行
积分定时器设置	可执行	不可执行	不可执行
单次测量与保持操作			
保持操作	可执行	可执行	可执行
单次测量操作	可执行	可执行	可执行
Null 操作			

续上表

	积分重置	积分进行时	积分中止
Null 操作	可执行	不可执行	不可执行
积分操作			
积分开始	可执行	不可执行	可执行
积分中止	不可执行	可执行	—
积分重置	可执行	不可执行	可执行
显示操作			
显示	可执行	可执行	可执行
存储操作			
存储操作	可执行	可执行	可执行

## 14.4 补充阅读

### 14.4.1 积分模式

根据积分时间的设定和积分结束后是否重新启动积分，积分功能有 5 种模式：手动积分模式、标准积分模式、连续积分模式、实时标准积分模式和实时循环积分模式。

#### 1. 模式简介

##### (1) 手动积分模式(Manual)

手动积分模式下，积分从积分开始持续到积分停止；但是，当积分时间达到最大积分时间或当积分值达到最大/最小显示积分值时积分停止，并保持当前的积分时间和积分值显示，如图 14.14 和图 14.15 示。

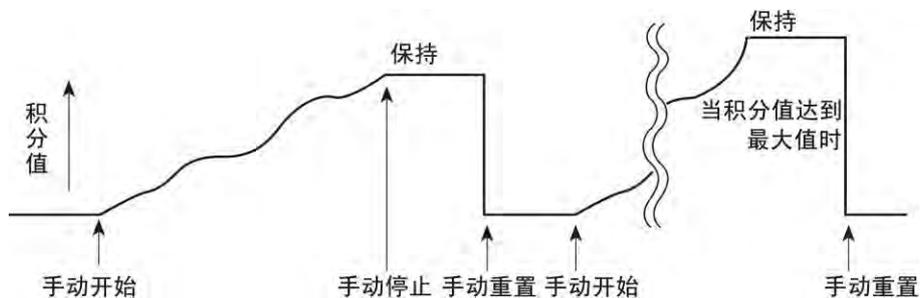


图 14.14 当按下停止键或积分值达到最大值时

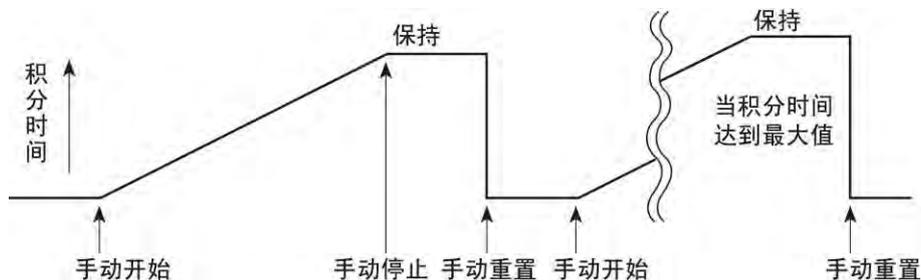


图 14.15 当按下停止键或积分时间达到最大值时

##### (2) 标准积分模式(Normal)

通过定时器设定积分时间进行积分。当设定时间结束，或当积分值达到最大/最小显示

积分值时，停止积分，保持当时的积分时间和积分值显示，详见图 14.16。

### (3)连续积分模式(Continuous)

通过定时器设定积分时间进行积分。设定时间结束后自动重置并重新开始积分直到按停止键停止。当积分值达到最大/最小显示值时，保持积分时间和积分值的显示，详见图 14.17。

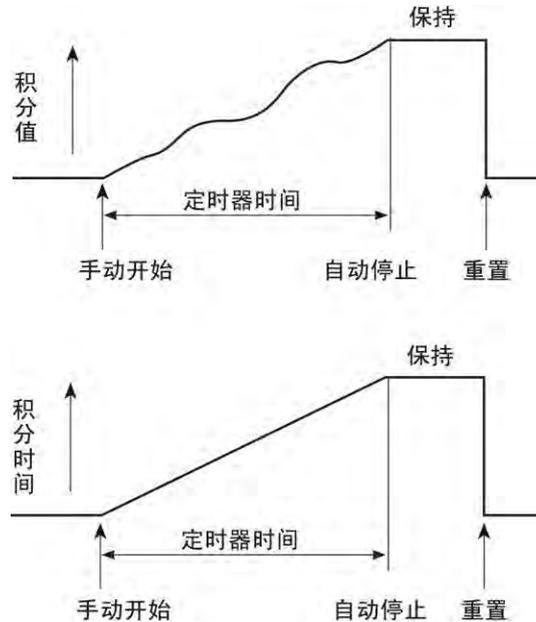


图 14.16 标准积分模式示意

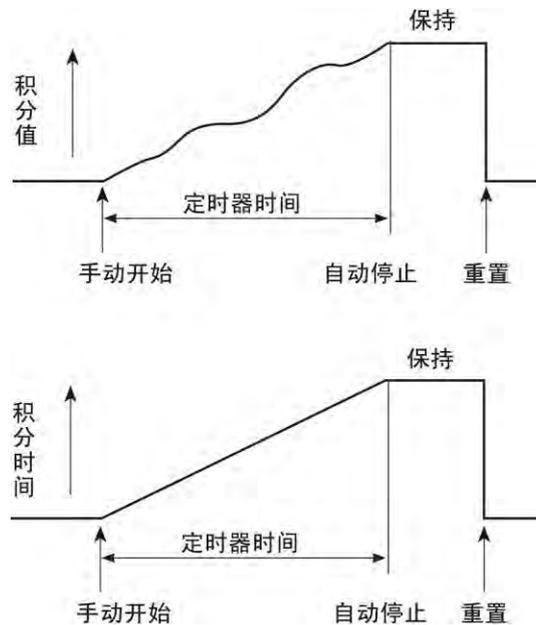


图 14.17 连续积分模式示意图

### (4)实时标准积分模式(R-Normal)

以日期和时间设定积分的开始和结束。当达到设定的结束日期和时间或当积分值达到最大/最小显示积分值时，停止积分，保持当时的积分时间和积分值显示。

### (5)实时循环积分模式(R-Continuous)

以日期和时间设定积分的开始和结束。

在设定时间内以定时器时间重复积分。达到定时器时间时自动重置并重新开始积分。当达到设定的结束日期和时间或当积分值达到最大/最小显示积分值时，停止积分，保持当时的积分时间和积分值显示，详见图 14.19。

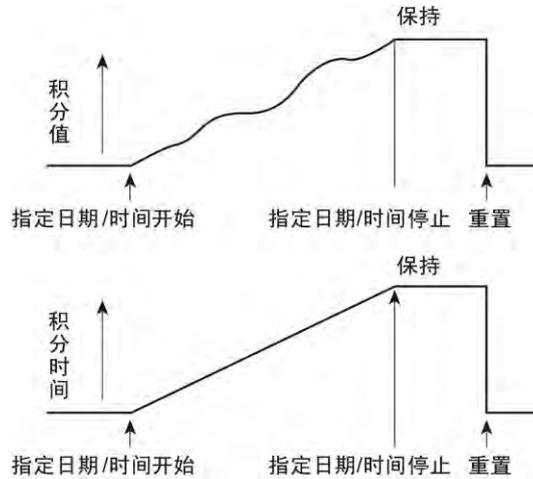


图 14.18 实时标准积分

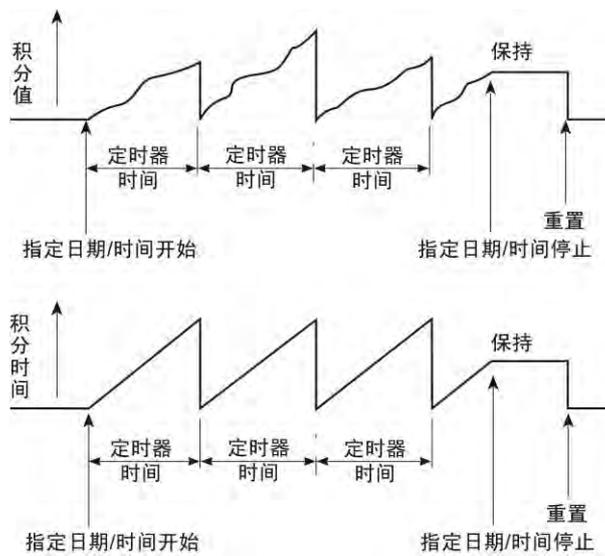


图 14.19 实时循环积分模式示意

## 2. 模式对比

以上各模式对比如图 14.5 所示。

表 14.4 积分模式对比

积分模式	开始	停止	重复
手动积分模式	操作键	操作键	—
标准积分模式	操作键	定时器时间到则停止	—
循环积分模式	操作键	操作键	按定时器时间重复积分

实时标准积分模式	日期/时间	日期/时间	—
实时循环积分模式	日期/时间	日期/时间	按定时器时间重复积分

### 14.4.2 HOLD 操作和积分功能

本节介绍当功率分析仪前面板的 HOLD 键进入与退出保持状态，对积分功能的影响。

#### 1. 保持状态下的积分结果显示

当按下前面板的 HOLD 键进入保持状态时，无论积分运算是否在进行，积分结果的显示和通信输出都不会变。

#### 2. 退出保持状态时的积分结果显示

当按下前面板的 HOLD 键退出保持状态时，功率分析仪会显示执行退出保持状态操作时的积分结果，如图 14.20 所示。

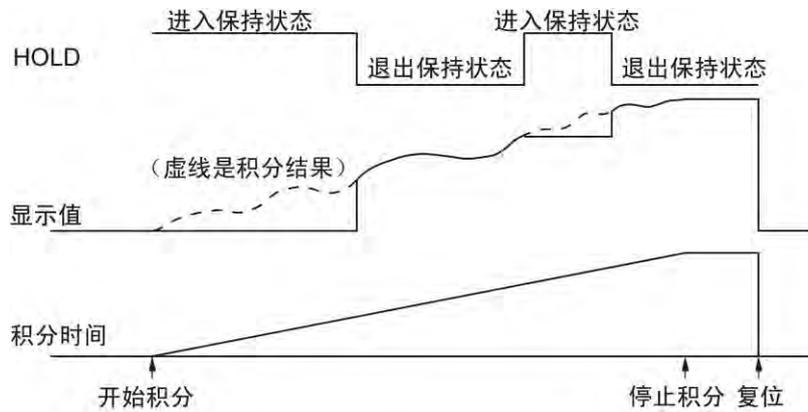


图 14.20 按下 HOLD 键退出保持状态后的显示

按下前面板上的 SINGLE 按键可执行一次测量操作，此时功率分析仪会显示执行 SINGLE 操作时的积分结果，如图 14.21 所示。

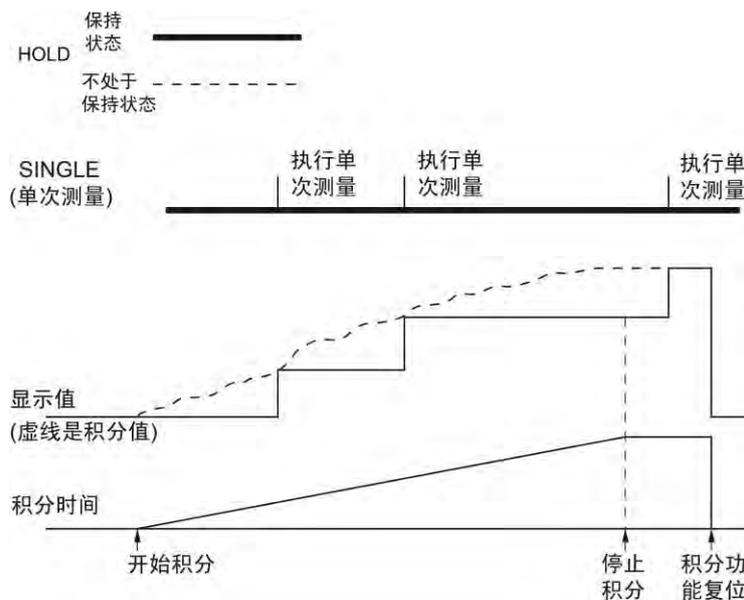


图 14.21 按下单次测量键后的积分显示

## 15. 常规分析模式

### 15.1 功能简介

常规分析模式用于回放并分析测量数据，在该模式下，功率分析仪的测量功能暂停，最新测量数据暂存，用户可对暂存的测量数据进行观察和分析。

### 15.2 操作步骤

#### 15.2.1 概述

首先须令仪器在常规模式下执行测量，然后进入常规分析模式调出和显示已存储的数值数据或波形显示数据进行分析。

#### 15.2.2 测量功能初始化

功率分析仪须进入常规模式，初始化测量和显示参数。

#### 15.2.3 进入常规分析模式菜单

同时按下仪器前面板上的 Shift 键和 Update Rate 键，进入常规分析模式，此时显示常规分析模式的设定菜单，如图 15.1 所示。



图 15.1 常规分析菜单

#### 15.2.4 常规分析模式/测量切换

在常规分析模式下，测量暂停；如需要恢复测量，用户需在如图 15.2 所示的常规分析菜单里按下“测量”软键，在退出常规分析模式的同时恢复测量；在常规模式下，用户可在如图 15.2 所示的常规分析菜单里按下“常规分析”后，进入常规分析模式。



图 15.2 测量/常规分析模式切换

#### 15.2.5 查看数据

常规分析模式下，功率分析仪对暂存的每一个测量数据，依照时间先后次序分配一个对应的数据序号，序号越大则对应的数据越旧，用户可按序号查看对应的测量数据。例如，如果希望调出存储的第一个数据时，就将数据序号设为1。

在如图 15.1 所示的常规分析菜单里，按下“数据序号”软键，弹出对话框，相关说明如图 15.3 所示，用户可使用菜单操作旋钮，在对话框里选择须查看数据的序号；确定后，即可显示对应的测量数据。



图 15.3 查看数据

### 15.2.6 自动回放测量数据

用户可令仪器自动回放测量数据。在如图 15.1 所示的常规分析菜单里，按下“自动下一帧”软键，弹出对话框，对此说明如图 15.4 所示。用户在对话框里选择自动回放速度、须回放的数据序号后，点击对话框里的“开始”键，即可观测测量数据回放。



图 15.4 自动回放速度设置

## 16. 向量显示

### 16.1 功能简介

功率分析仪可通过向量功能显示接线组各输入单元基波的相位差和有效值关系。在向量图里，向量的长度指示基波的有效值大小，向量间的角度则指示了各个基波的相位差，下文举例说明。

#### 16.1.1 向量图示例

##### 1. 3P4W

接线方式为三相四线制时的一个向量图示例如图 16.1 所示。

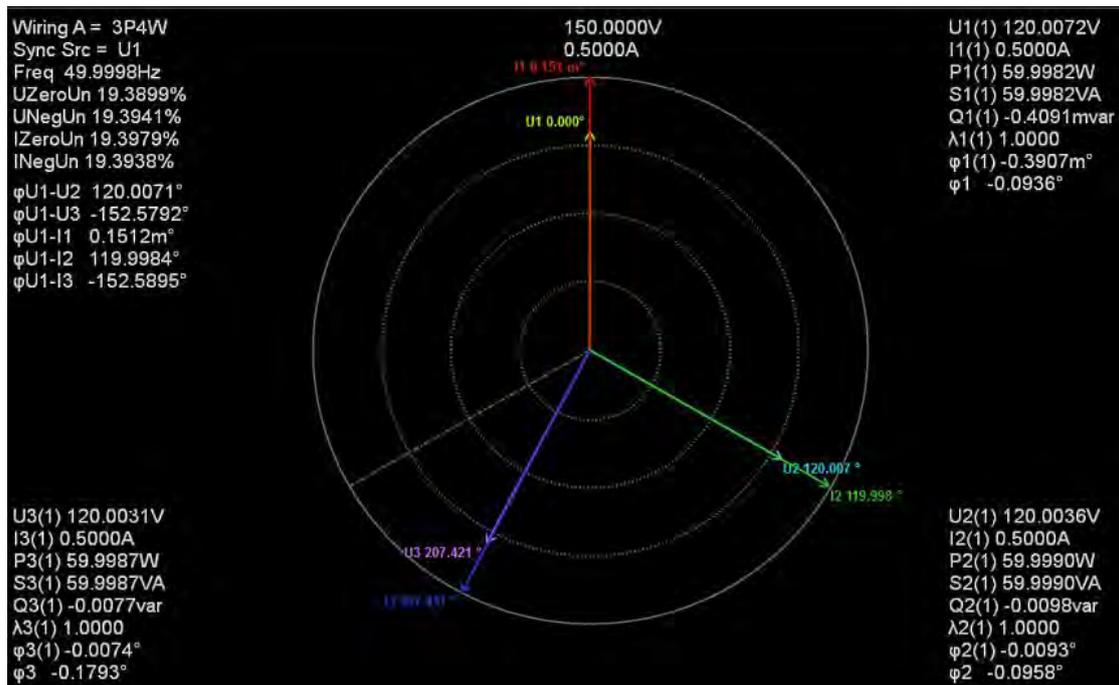


图 16.1 三相四线制接线组向量显示示例

图 16.1 中符号的含义如下所述：

图 16.2 测量数据标注

- $U_n(1)$ 。接线组的相电压  $U_n$ ；
- $I_n(1)$ 。接线组的线电流  $I_n$ ；
- $\Phi_{U1-U_n}(n=2, 3)$ 。向量  $U_1$  和  $U_n$  的相位差；
- $\Phi_{U1-I_n}(n=1, 2, 3)$ 。向量  $U_1$  和  $I_n$  的相位差；
- $\Phi_n(1)$ 。  $\Phi_n(1) = \Phi_{un} - \Phi_{in}$ ；
- $P_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的有功功率；
- $S_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的视在功率；
- $Q_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的无功功率；
- $\lambda_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的功率因数。

- UzeroUn。电压零序不平衡;
- UnegUn。电压负序不平衡;
- IzeroUn。电流零序不平衡;
- InegUn。电流负序不平衡;
- Upositive。电压正序分量;
- Ipositive。电流正序分量;
- Unegaive。电压负序分量;
- Inegaive。电流负序分量。

如图 16.2 所示, 用户在图 16.1 中将各个测量数据标注出来。

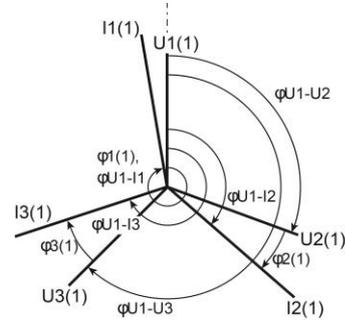


图 16.2 测量数据标注

2. 3P3W

当接线方式为 3 相 3 线制时, 向量显示示例如图 16.3 所示。需要注意的是, 在 3P3W 接线方式下, 实际并不测量 U3(1)和 I3(1)。

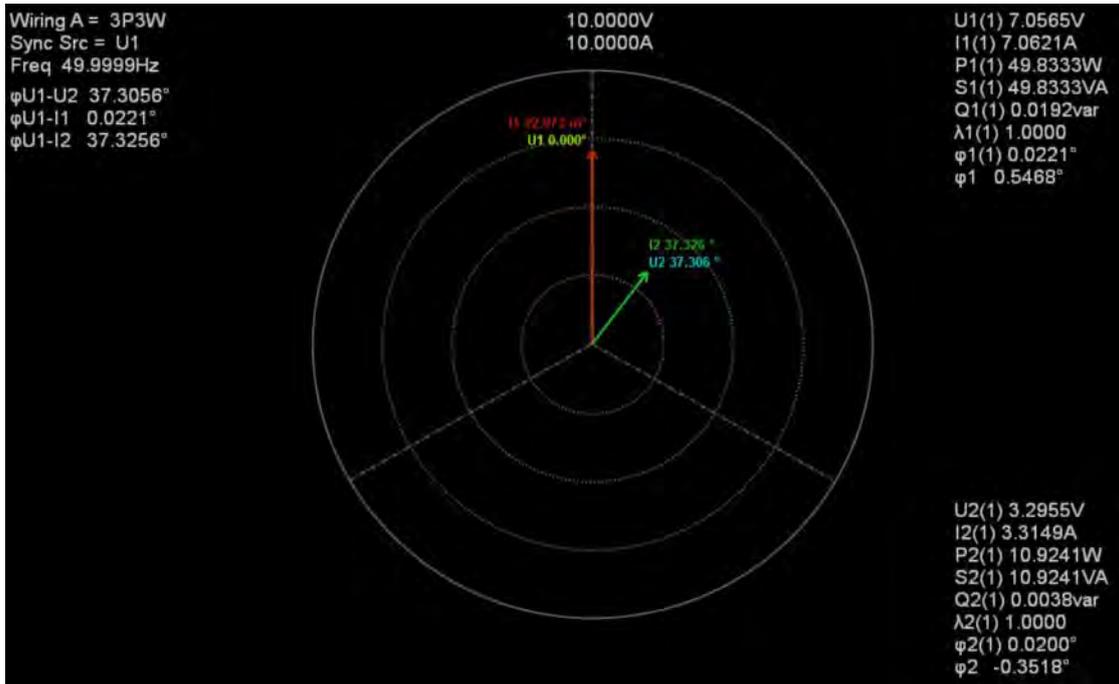


图 16.3 3P3W 向量显示示例

图 16.3 中符号的含义如下所述:

- Un(1)。接线组的线电压 Un;
- In(1)。接线组的线电流 In;
- ΦU1-Un(n=2、3)。向量 U1 和向量 Un 的相位差;
- ΦU1-In(n=1、2、3)。向量 U1 和向量 In 的相位差;
- Φn(1)。Φn(1)=Φun - Φin;
- Pn(1)。是输入单元 n 的基波的有功功率;

- $S_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的视在功率；
- $Q_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的无功功率；
- $\lambda_n(1)$ 。是输入单元  $n$  的基波的功率因数；
- $U_{negUn}$ 。电压负序不平衡；
- $I_{negUn}$ 。电流负序不平衡；
- $U_{positive}$ 。电压正序分量；
- $I_{positive}$ 。电流正序分量；
- $U_{negaive}$ 。电压负序分量；
- $I_{negaive}$ 。电流负序分量。

### 3. 3P3W(3V3A)

当接线方式为 3P3W(3V3A), 3 电压 3 电流法)时的向量显示示例如图 16.4 所示。U1(1)、U2(1)、U3(1)是线电压；I1(1)、I2(1)、I3(1)是线电流。

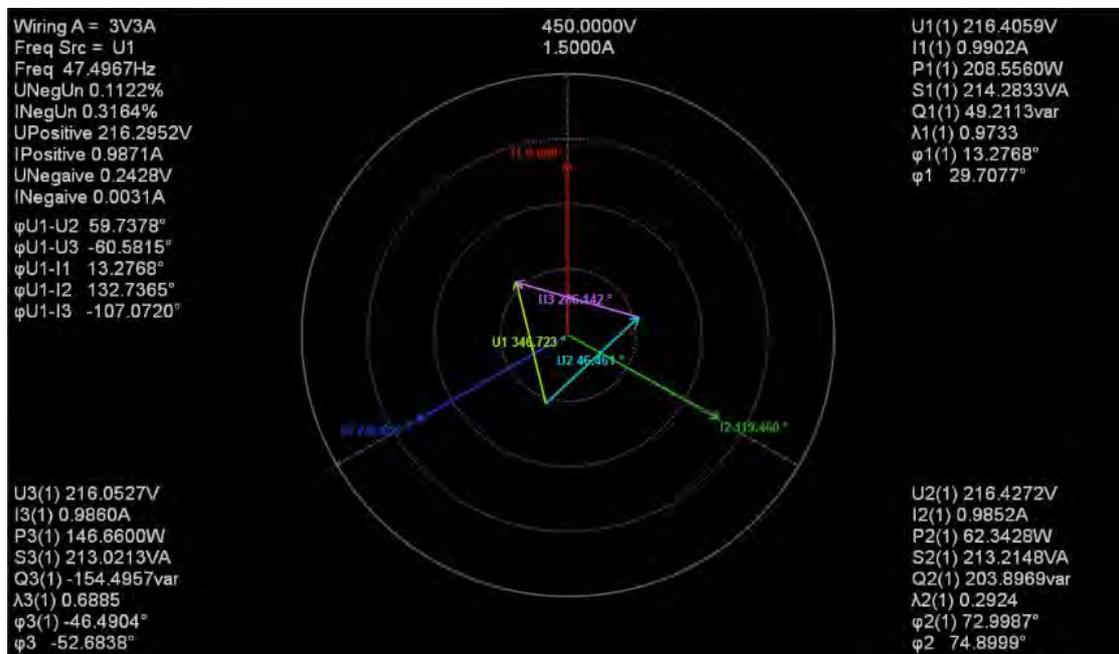


图 16.4 3P3W(3V3A) 向量显示示例

图 16.5 中符号的含义如下所述：

- $U_n(1)$ 。接线组的线电压  $U_n$ ；
- $I_n(1)$ 。接线组的线电流  $I_n$ ；
- $\Phi_{U1-U_n}(n=2, 3)$ 。向量  $U_1$  和向量  $U_n$  的相位差；
- $\Phi_{U1-I_n}(n=1, 2, 3)$ 。向量  $U_1$  和向量  $I_n$  的相位差；
- $\Phi_n(1)$ 。  $\Phi_n(1) = \Phi_{un} - \Phi_{in}$ ；
- $U_{negUn}$ 。电压负序不平衡；
- $I_{negUn}$ 。电流负序不平衡；
- $U_{positive}$ 。电压正序分量；

- Ipositive。电流正序分量；
- Unegaive。电压负序分量；
- Inegaive。电流负序分量。

在图 16.5 平行移动向量  $U1(1)$ 、 $U2(1)$ 、 $U3(1)$ ，使得各向量的起点都在中心点  $O$  上，这样就能观察到相位关系，如图 16.5 所示。

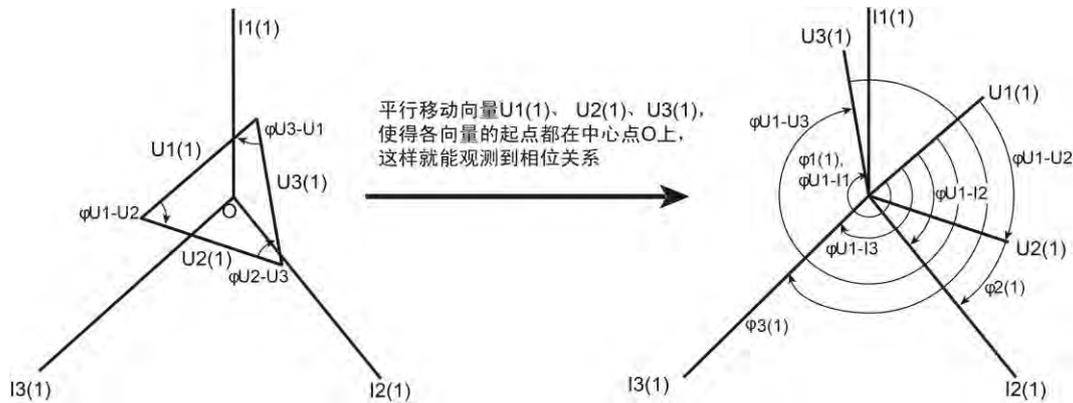


图 16.5 3P3W(3V3A) 向量显示示例

## 16.2 操作步骤

### 1. 进入向量显示功能菜单

用户按下前面板 Vector 键，弹出向量菜单如图 16.6 所示，仪器最多可有两路向量同时显示。



图 16.6 向量项目菜单

### 2. 向量配置

用户可在如图 16.6 所示向量项目菜单里，选择须配置的向量，按下“向量 1”或“向量 2”软键，进入向量配置菜单如图 16.6 所示。

#### (1) 选择接线组

用户首先在如图 16.6 所示对话框里选择须显示向量的接线组，如果不存在有效接线组，则无法显示向量。

#### (2) 设定缩放系数

用户可在如图 16.6 所示对话框设定基波  $U(1)$  和  $I(1)$  的缩放系数，范围是 1.0~100.0，以便更清晰地观察较小的数值，如图 16.7 所示；此外，用户还可以选择同步缩放，令电压与

电流缩放系数始终保持一致。

(3) 矢量图显示方式

3V3A 接线条件下，用户可在如图 16.6 所示对话框设定各线电压基波 U(1) 间矢量图显示方式，可选择星形、三角形两种。如图 16.7 是三角形显示。

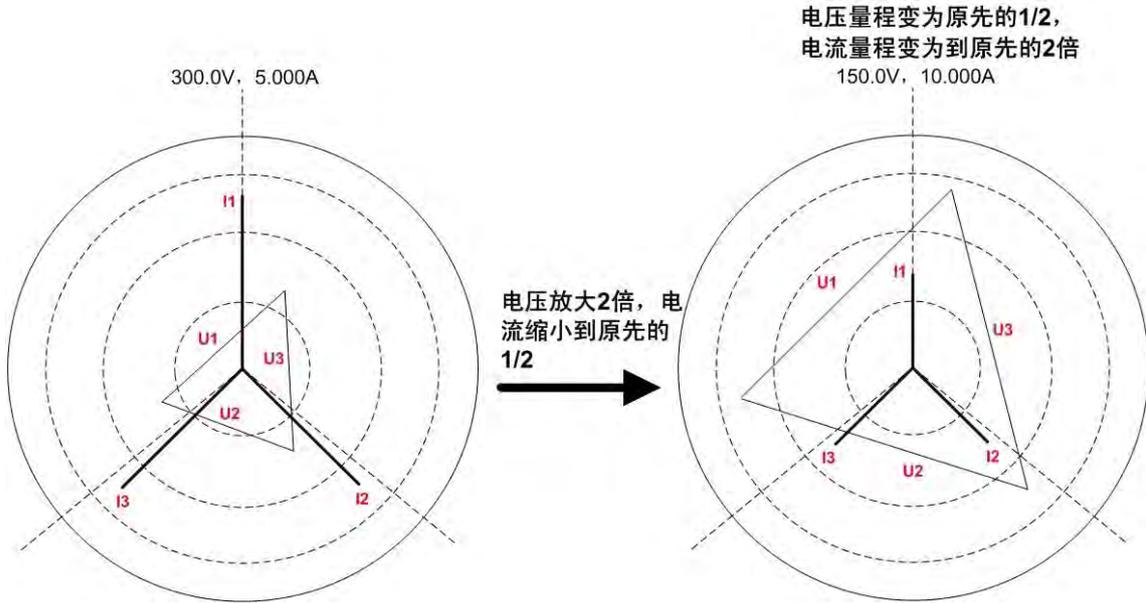


图 16.7 设定缩放系数说明

3. 显示格式配置

当显示如图 16.6 所示向量项目菜单时，用户按下前面板的“Form”键，显示格式菜单，格式菜单及子菜单如图 16.8 所示。



图 16.8 格式菜单及子菜单

(1) 分屏设置

用户可选择同时显示两路独立的向量并分屏显示，分屏设置如图 16.8 所示。

### (2)显示数值开启/关闭

用户可选择是否以数值方式显示各向量的大小、相位角、相位差以及其它测量项目的测量值。在如图 16.8 所示菜单里按下的“显示数值”软键，选择是否显示向量数值，一个显示数值开启的显示示例如图 16.9 所示。

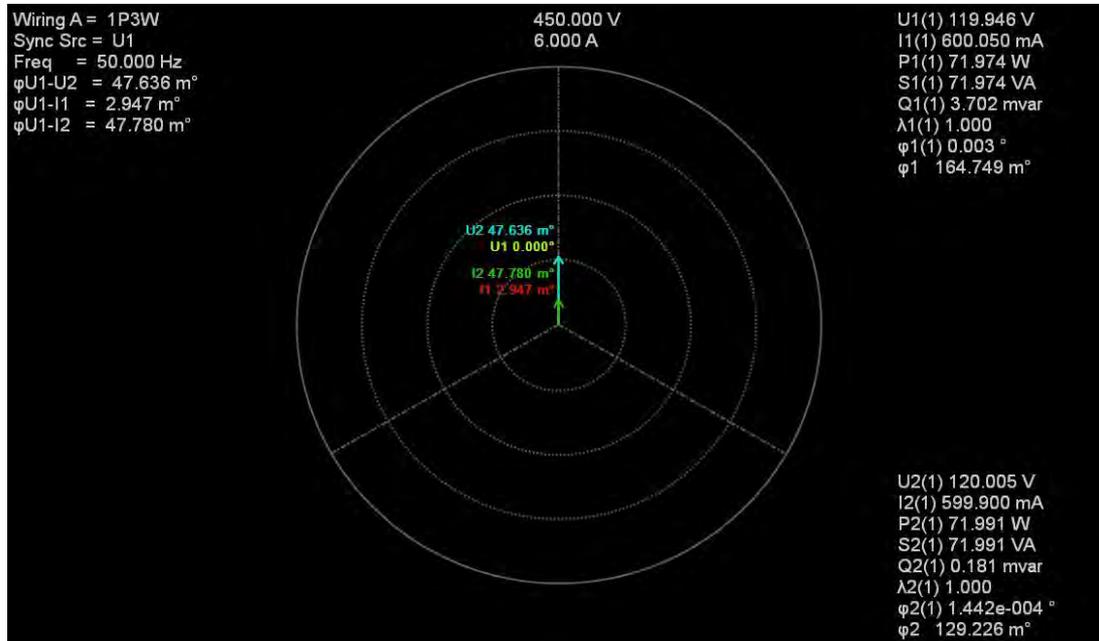


图 16.9 显示数值开启

### (3)选择测量模式

功率分析仪支持对谐波的向量显示，测量模式选择如图 16.8 所示。

## 16.3 注意事项

### 1. 不支持向量功能的模式

下列测量模式不支持向量功能：

- IEC 谐波测量模式；
- 波形运算模式；
- FFT 模式；
- 电压波动和闪烁测量模式；
- 周期分析模式。

### 2. 不存在接线组时则不显示向量

如果所有接线方式均为单相 2 线制(1P2W)，将不存在接线组  $\Sigma$ ；此时不显示向量。

## 17. X-Y 图

### 17.1 功能简介

XY 图有两个数值轴，沿水平轴(X 轴)方向显示一组数值数据，沿垂直轴(Y 轴)方向显示一组数值数据，每一个 X 轴值、Y 轴值配对(X, Y)会在坐标系统里显示为一点。XY 图被用于显示数据数值之间的关系，例如科学数据、统计数据、工程数据。如图 17.1 所示，是 PA6000H 功率分析仪的一个 X-Y 图示例，X 轴值和 Y 轴值为相同的测量项，因此对应的 X-Y 图为 45° 斜线。



图 17.1 X-Y 图示例

### 17.2 操作步骤

#### 17.2.1 X-Y 图菜单

按下前面板的 Others 按键，显示 X-Y 图软键，此时按下 X-Y 图软键，显示 X-Y 图项目菜单或格式菜单，如图 17.2 所示。用户使用 X-Y 图功能之前须配置 X 轴和 Y 轴数据，由于 X 轴和 Y 轴数据配置步骤完全相同，这里仅以 Y 轴数据配置为例说明。



图 17.2 X-Y 图的项目和格式菜单

## 17.2.2 Y 轴配置

### 1. Y 轴显示

按下如图 17.2 所示项目菜单中的“Y 轴显示”软键，如图 17.3 所示。X-Y 图可同时显示 8 个 Y 值，用户须在对话框选择需要在 X-Y 图显示的 Y 值。



图 17.3 Y 轴显示

### 2. Y 值数据

选定须显示的 Y 值后，用户须进一步配置各个 Y 值的数据内容，在如图 17.2 所示项目菜单按下“Y 轴数据”软键，显示 Y 轴数据菜单。在 Y 轴数据菜单里，用户可配置 Y 值对应的测量项、Y 轴的刻度模式、最大 Y 轴显示刻度和最小 Y 轴显示刻度。

#### (1) Y 值数据

如图 17.4 所示，须先选定须配置数据 Y 值的序号，Y 值的测量项和测量信号来源。

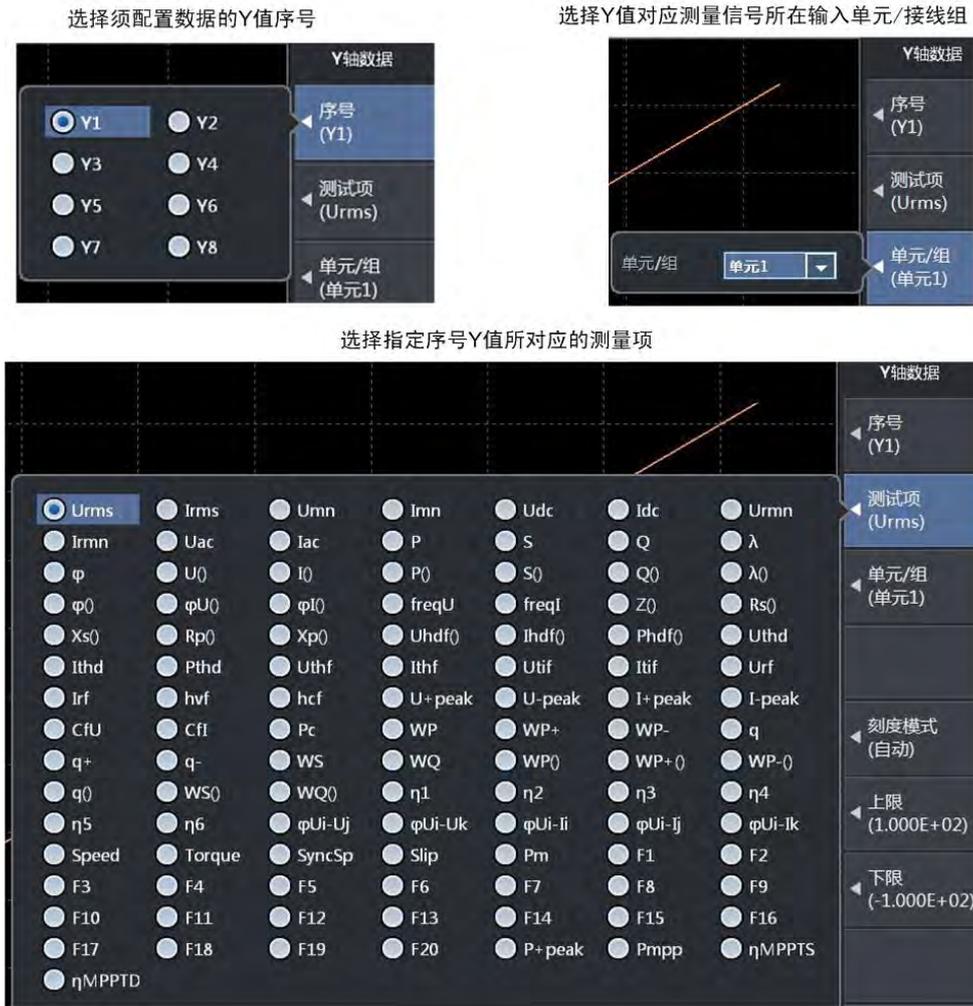


图 17.4 Y 值数据

(2)Y 轴刻度

Y 轴刻度显示模式分为自动和手动。自动模式下，根据 Y 值数据的最大和最小值自动确定 X-Y 图的显示范围，如图 17.5 所示。手动模式下，用户可设置须显示的 Y 轴最大值和 Y 轴最小值，功率分析仪根据该设置确定 X-Y 图的显示范围，如图 17.6 所示。



图 17.5 Y 轴刻度自动模式



图 17.6 Y 轴刻度手动模式

### 17.2.3 X 轴配置

X 轴配置的操作步骤和原理和 Y 轴配置完全相同，此处不再赘述。

### 17.2.4 显示设置

用户可设置 X-Y 图的显示刻度、填充、刻度值、标签等，还可清除之前的 X-Y 图显示。在 X-Y 模式下，按下前面板的 Item 键，显示格式菜单如图 17.2 所示。用户可在该菜单里完成显示设置。

## 18. IEEE-1459

### 18.1 功能简介

IEEE-1459-2010 在正弦、非正弦、平衡和非平衡的条件下电功率值的测量用的新定义的试行标准。支持单相非正弦系统、三相正弦不平衡系统、三相非正弦不平衡系统的功率分析，给出了非有功功率定义与分解的方法和理论依据。

#### 1. 基本方法

- 单相、非正弦情形：将基波分量和非基波分量分离；
- 三相正弦、不平衡情形：对称分量法，正、负、零序分量；
- 三相非正弦、不平衡系统：分解为基波（正、负、零）序分量与非基波分量。

#### 2. 单位：为避免混淆，没有增加新的单位

- W（瓦特）：瞬时有功功率
- VA（伏安）：视在功率
- Var（乏）：所有非有功功率

#### 3. 测量项目

表 18.1 IEEE-1459 测量项

测量系统	测量项	
单相系统	电压	电压有效值(V)、基波电压( $V_1$ )、非基波电压( $V_H$ )
	电流	电流有效值(I)、基波电流( $I_1$ )、非基波电流( $I_H$ )
	功率	总有功功率(P)、基波有功功率( $P_1$ )、谐波（非基波）有功功率( $P_H$ )、基波无功功率(Q1)、视在功率(S)、基波视在功率( $S_1$ )、非基波视在功率( $S_N$ )、谐波视在功率( $S_H$ )、电压畸变功率( $D_V$ )、电流畸变功率( $D_I$ )、谐波畸变功率( $D_H$ )、非有功功率(N)
	谐波失真	电压总谐波失真( $THD_V$ )、电流总谐波失真( $THD_I$ )
	功率因数	基波功率因数( $PF_1$ )、功率因数(PF)
	谐波污染	谐波污染(HP)
三相系统	电压	等效电压( $V_e$ )、基波等效电压( $V_{e1}$ )、非基波电压( $V_{eH}$ )
	电流	等效电流( $I_e$ )、基波等效电流( $I_{e1}$ )、非基波电流( $I_{eH}$ )
	功率	基波正序有功功率 ( $P_1^+$ )、基波负序有功功率( $P_1^-$ )、基波零序有功功率 ( $P_1^0$ )、基波正序无功功率( $Q_1^+$ )、基波负序无功功率( $Q_1^-$ )、基波零序无功功率( $Q_1^0$ )、基波正序视在功率( $S_1^+$ )、基波负序视在功率( $S_1^-$ )、基波零序视在功率( $S_1^0$ )、非有功功率(N)、谐波有功功率(PH)、谐波视在功率( $S_eH$ )、非基波视在功率( $S_{eN}$ )、电压畸变功率( $D_{eV}$ )、电流畸变功率( $D_{eI}$ )、谐波畸变功率( $D_{eH}$ )、不平衡视在功率( $S_U$ )、基波不平衡视在功率( $S_{U1}$ )、等效视在功率( $S_e$ )、基波等效视在功率( $S_{e1}$ )
	功率因数	功率因数(PF)、基波功率因数( $PF_1$ )、基波正序功率因数( $PF_1^+$ )
	谐波失真	等效电压总谐波失真( $Thd_{ev}$ )、等效电流总谐波失真( $Thd_{ei}$ )、ab 线电压的总谐波失真( $Thd_{vab}$ )、bc 线电压的总谐波失真( $Thd_{vbc}$ )、ca 线电压的总谐波失真( $Thd_{vca}$ )

续上表

测量系统	测量项	
三相系统	不平衡程度	负载不平衡度(LU)
	谐波污染	谐波污染(HP)

#### 4. 定义说明

- 三相系统的等效视在功率： $S_e=3U_eI_e$
- 非基波等效视在功率  $S_N$ ：负载产生或吸收的谐波污染总量，代表了滤波或非基波动态补偿所需要的容量。
- 电流畸变功率  $D_I$ ：因电流畸变而出现的非基波、非有功功率成分，通常是  $S_N$  的主要分量。
- 电压畸变功率  $D_V$ ：因电压畸变而出现的非基波、非有功功率成分。
- 谐波视在功率  $S_H$ ：因谐波电压、谐波电流而出现的视在功率成分，包含谐波有功功率  $P_H$ ，是  $S_N$  的最小分量。对于交流电机，谐波有功功率不贡献正序转矩，不是有用的功率。
- 不平衡视在功率  $S_{U1}$ ：反映了负载不平衡与供电电压不对称。

### 18.1.2 操作步骤

在前面板按下 Others 软键，在弹出的菜单里按下“IEEE-1459”，进入 IEEE-1459 菜单，如图 18.1 所示。相关操作步骤如下所述。



图 18.1 IEEE-1459 显示项目和格式菜单

### 18.2 数值数据显示格式

在数值数据显示界面，按下前面板的 Form 键，显示格式菜单如表 18.2 所示，用户可

在格式菜单里设置数值数据显示格式为 6 项目、12 项目、24 项目、所有项目、用户自定义等。

表 18.2 显示格式

显示格式	图片	说明
6 项目		每屏显示 6 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。
12 项目		每屏显示 12 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。
24 项目		每屏显示 24 个测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。



每屏显示所有测量项目的测量结果，用户可翻页浏览各屏数据。

### 18.3 测量功能的显示配置

6、12、24 项目数值数据显示界面，用户可配置各测量功能的显示：

- 测量通道。确定测量的组或输入单元；
- 测量功能。确定测量功能；
- 测量模式。确定谐波模式。

转动菜单操作旋钮，移动光标到需配置的测量功能处；然后按下前面板的 Item 键，弹出图 18.2 所示的显示菜单，用户可在菜单里配置须显示的测量功能、测量的测量单元/组、测量的谐波模式。若系统是三相系统，单元/组不显示“单元”，只可见接线组，如图 18.3。

#### 配置测量功能

用户可配置光标所在处显示的测量功能，在图 18.2 所示菜单里，按下“测试项”软键，显示测量功能选择对话框，用户可使用菜单操作旋钮选择须显示的测量功能，如图 18.4 所示。注意，当显示格式配置为“所有项目”，此时各测量功能的显示位置固定，用户不能修改各显示项目对应的测量功能。

#### 配置测量通道

用户还可进一步配置测量的输入单元或组，如图 18.5 所示。

#### 重置显示项目

用户可在图 18.2 所示菜单按下“重置显示项目”软键，重置数值数据的显示，如图 18.9 所示。

#### 配置测量模式

用户可配置测量模式：IEC 谐波模式、谐波模式，如图 18.10。



图 18.2 测量功能显示菜单



图 18.3 接线组测量项

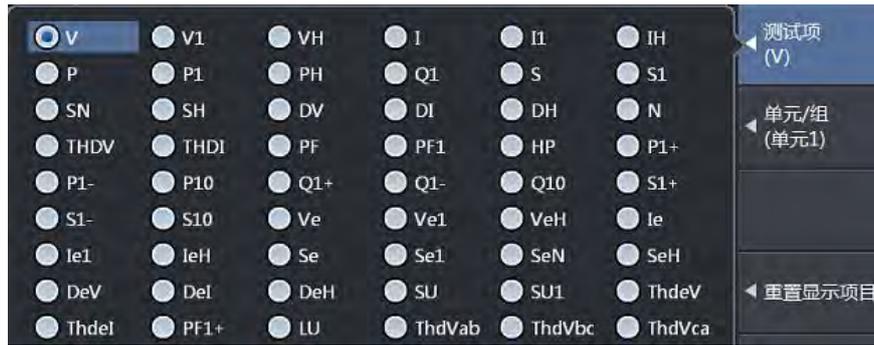


图 18.4 配置测量功能

表 18.3 界面显示和标准中测量项对照表

界面显示测量项	标准中测量项	注释
V	V	电压有效值
V1	$V_1$	基波电压有效值
VH	$V_H$	谐波电压有效值
I	I	电流有效值
I1	$I_1$	基波电流有效值
IH	$I_H$	谐波电流有效值
P	P	有功功率
P1	$P_1$	基波有功功率
PH	$P_H$	谐波有功功率
Q1	$Q_1$	基波无功功率
S	S	视在功率
S1	$S_1$	基波视在功率
SN	$S_N$	非基波视在功率
SH	$S_H$	谐波视在功率
DV	$D_V$	电压畸变功率
DI	$D_I$	电流畸变功率
DH	$D_H$	谐波畸变功率
N	N	非有功功率
THDV	$THD_V$	电压总谐波畸变
THDI	$THD_I$	电流总谐波畸变
PF	PF	功率因数
PF1	$PF_1$	基波功率因数
HP	HP	谐波污染
P1+	$P_1^+$	基波正序有功功率
P1-	$P_1^-$	基波负序有功功率
P10	$P_1^0$	基波零序有功功率
Q1+	$Q_1^+$	基波正序无功功率
Q1-	$Q_1^-$	基波负序无功功率
Q10	$Q_1^0$	基波零序无功功率

续上表

界面显示测量项	标准中测量项	注释
S1+	$S_1^+$	基波正序视在功率
S1-	$S_1^-$	基波负序视在功率
S10	$S_1^0$	基波零序视在功率
Ve	$V_e$	等效电压
Ve1	$V_{e1}$	等效基波电压
VeH	$V_{eH}$	非基波电压
Ie	$I_e$	等效电流
Ie1	$I_{e1}$	等效基波电流
IeH	$I_{eH}$	非基波电流
Se	$S_e$	等效视在功率
Se1	$S_{e1}$	基波等效视在功率
SeN	$S_{eN}$	非基波等效视在功率
SeH	$S_{eH}$	谐波视在功率
DeV	$D_{eV}$	电压畸变功率
DeI	$D_{eI}$	电流畸变功率
DeH	$D_{eH}$	谐波畸变功率
SU	$S_U$	不平衡视在功率
SU1	$S_{U1}$	基波不平衡视在功率
ThdeV	$Thd_{eV}$	等效电压总谐波畸变
ThdeI	$Thd_{eI}$	等效电流总谐波畸变
PF1+	$PF_1^+$	基波正序功率因数
LU	LU	负载不平衡
ThdVab	$Thd_{Vab}$	AB 相之间电压 THD
ThdVbc	$Thd_{Vbc}$	BC 相之间电压 THD
ThdVca	$Thd_{Vca}$	CA 相之间电压 THD
V1+	$V_1^+$	基波电压正序分量
V1-	$V_1^-$	基波电压负序分量
V10	$V_1^0$	基波电压零序分量
I1+	$I_1^+$	基波电流正序分量
I1-	$I_1^-$	基波电流负序分量
I10	$I_1^0$	基波电流零序分量



图 18.5 配置单元/组

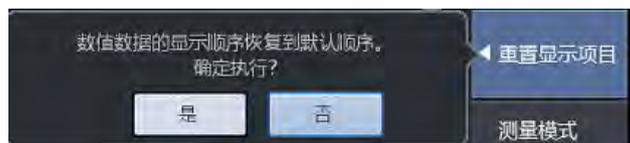


图 18.6 重置显示项目



图 18.7 测量模式



图 18.8 配置单元/组

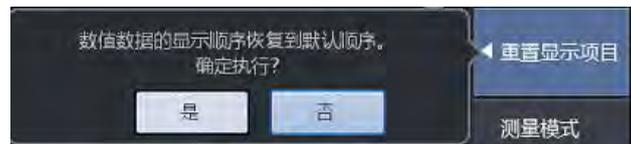


图 18.9 重置显示项目



图 18.10 测量模式

### 18.4 IEEE-1459 测量功能

表 18.4 单相/非正弦系统

测量功能	求法与运算公式 (稳态情况下, 非正弦信号可表示为工频分量与非工频分量之和) $v(t)=V_1(t)+v_H(t)$ $i(t)=i_1(t)+i_H(t)$
电压 (V)	电压有效值 V $V^2 = 1/KT \int_t^{t+KT} v^2 dt = V_1^2 + V_H^2$
电流 (A)	电流有效值 I $I^2 = 1/KT \int_t^{t+KT} i^2 dt = I_1^2 + I_H^2$

续上表

测量功能	总值	基波功率	非基波功率
视在功率 (VA)	$S = VI$	$S_1 = V_1 I_1$	非基波视在功率 $S_N$ $S_N^2 = S^2 - S_1^2$ 谐波视在功率 $S_H = V_H I_H$
有功功率 (W)	$P = 1/KT \int_t^{t+KT} v i dt$ $= P_1 + P_H$	$P_1 = V_1 I_1 \cos \varphi_1$	谐波有功功率 $P_H$ $P_H = V_0 I_0 + \sum_{k \neq 1} V_k I_k \cos \varphi_k$ $= P - P_1$
非有功功率 (var)	$N^2 = S^2 - P^2$	$Q_1 = V_1 I_1 \sin \varphi_1$	电流畸变功率 $D_I$ $D_I = V_1 I_H$ 电压畸变功率 $D_V$ $D_V = V_H I_1$ 谐波畸变功率 $D_H$ $D_H^2 = S_H^2 - P_H^2$
功率因数	$PF = \frac{P}{S}$	$PF_1 = \frac{P_1}{S_1}$	/
谐波污染	/	/	$HP = \frac{S_N}{S_1} =$ $\sqrt{THD_I^2 + THD_V^2 + (THD_I THD_V)^2}$ 其中: $THD_I = \frac{I_H}{I_1}$ $THD_V = \frac{V_H}{V_1}$

表 18.5 三相正弦不平衡系统

测量功能	求法与运算公式			
	正序	负序	零序	总值
视在功率(VA)	$S^+ = 3V^+I^+ =  P^+ + jQ^+ $	$S^- = 3V^-I^- =  P^- + jQ^- $	$S^0 = 3V^0I^0 =  P^0 + jQ^0 $	无
有功功率(W)	$P^+ = 3V^+I^+ \cos \varphi^+$	$P^- = 3V^-I^- \cos \varphi^-$	$P^0 = 3V^0I^0 \cos \varphi^0$	$P = P^+ + P^- + P^0$
无功功率(var)	$Q^+ = 3V^+I^+ \sin \varphi^+$	$Q^- = 3V^-I^- \sin \varphi^-$	$Q^0 = 3V^0I^0 \sin \varphi^0$	$Q = Q^+ + Q^- + Q^0$
接线组	三相四线		三相三线	
等效电压 (V)	$V_e = \sqrt{\frac{1}{18} [3(V_a^2 + V_b^2 + V_c^2) + V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2]}$ $= \sqrt{(V^+)^2 + (V^-)^2 + \frac{(V^0)^2}{2}}$		$V_e = \sqrt{\frac{V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2}{9}}$ $= \sqrt{(V^+)^2 + (V^-)^2}$	
接线组	三相四线		三相三线	
等效电流 (A)	$I_e = \sqrt{\frac{1}{3} (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + I_n^2)}$ $= \sqrt{(I^+)^2 + (I^-)^2 + 4(I^0)^2}$		$I_e = \sqrt{\frac{1}{3} (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2)}$ $= \sqrt{(I^+)^2 + (I^-)^2}$	
等效视在功率	$S_e = 3V_e I_e$			
等效功率因数	$PF_e = \frac{P}{S_e}$			
正序功率因数	$PF^+ = \frac{P^+}{S^+}$			
正序视在功率	$S^+ = \sqrt{(P^+)^2 + (Q^+)^2}$			
不平衡视在功率	$S_U = \sqrt{S_e^2 - (P^+)^2}$			

续上表

接线组	三相四线	三相三线
不平衡程度	$\frac{S_U}{S^+}$	

表 18.6 三相非正弦不平衡系统

测量功能		求法与运算公式	
		三相四线	三线三线
电压 (V)	等效电压	等效电压 $V_e =$ $\sqrt{\frac{1}{18}[3(V_a^2 + V_b^2 + V_c^2) + V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2]}$ 等效基波电压 $V_{e1} =$ $\sqrt{\frac{1}{18}[3(V_{a1}^2 + V_{b1}^2 + V_{c1}^2) + V_{ab1}^2 + V_{bc1}^2 + V_{ca1}^2]}$	等效电压 $V_e =$ $\sqrt{\frac{2}{9}(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)}$ 等效基波电压 $V_{e1} =$ $\sqrt{\frac{2}{9}(V_{ab1}^2 + V_{bc1}^2 + V_{ca1}^2)}$
	非基波电压	非基波电压 $V_{eH} = \sqrt{V_e^2 - V_{e1}^2}$	
电流 (A)	等效电流	等效电流 $I_e =$ $\sqrt{\frac{1}{3}(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + I_n^2)}$ 等效基波电流 $I_{e1} =$ $\sqrt{\frac{1}{3}(I_{a1}^2 + I_{b1}^2 + I_{c1}^2 + I_{n1}^2)}$	等效电流 $I_e =$ $\sqrt{\frac{1}{3}(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2)}$ 等效基波电流 $I_{e1} =$ $\sqrt{\frac{1}{3}(I_{a1}^2 + I_{b1}^2 + I_{c1}^2)}$
	非基波电压	$I_{eH} = \sqrt{I_e^2 - I_{e1}^2}$	
测量功能	总值	基波功率	非基波功率
视在功率 (VA)	等效视在功率 $S_e = 3V_e I_e$	基波等效视在功率 $S_{e1} = 3V_{e1} I_{e1}$ 基波正序视在功率 $S_1^+ = \sqrt{(P_1^+)^2 + (Q_1^+)^2}$	非基波等效视在功率 $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 - S_{e1}^2}$ $= \sqrt{D_{e1}^2 + D_{eV}^2 + S_{eH}^2}$ 谐波视在功率

		不平衡视在功率 $S_{V1} = \sqrt{S_{e1}^2 - (S_1^+)^2}$	$S_{eH} = 3I_{eH}V_{eH}$
非有功功率 (var)	N	基波正序无功功率 $Q_1^+ = 3V_1^+I_1^+ \sin \varphi_1^+$	电流谐波功率 $D_{eI} = 3V_{e1}I_{eH}$ 电压谐波功率 $D_{eV} = 3I_{e1}V_{eH}$ 谐波畸变功率 $D_{eH} = \sqrt{S_{eH}^2 - P_H^2}$
有功功率 (W)	P	基波正序有功功率 $P_1^+ = 3V_1^+I_1^+ \cos \varphi_1^+$ 基波有功功率 $P_1 = P_1^+ + P_1^- + P_1^0$	谐波有功功率 $P_H = P - P_1$
功率因数	等效功率因数 PF <sub>e</sub> =P/Se	基波正序功率因数 $PF_1^+ = \frac{P_1^+}{S_1^+}$	无
谐波污染	无	无	$HP = \frac{S_{eN}}{S_{e1}}$ $= \sqrt{\text{THD}_{eI}^2 + \text{THD}_{eV}^2 + (\text{THD}_{eI}\text{THD}_{eV})^2}$
谐波污染	无	无	$\text{THD}_{eI} = \frac{I_{eH}}{I_{e1}} \quad \text{THD}_{eV} = \frac{V_{eH}}{V_{e1}}$
负载不平衡	无	$\frac{S_{V1}}{S_1^+}$	无

## 19. 光标测量

### 19.1 功能简介

功率分析仪支持光标测量功能，可使用两个光标“+”和“×”，在波形图、趋势图、柱状图、FFT 等图中测量光标所在位置的 X 轴值、Y 轴值：

- Y+: 光标+的 Y 轴值，如图 19.1 所示；
- X+: 光标+的 X 轴值，如图 19.1 所示；
- Yx: 光标 x 的 Y 轴值，如图 19.1 所示；
- Xx: 光标 x 的 X 轴值，如图 19.1 所示；
- $\Delta Y$ : 光标+与光标 x 的 Y 轴值之差，如图 19.1 所示；
- $\Delta X$ : 光标+与光标 x 的 X 轴值之差，如图 19.1 所示；
- $1/\Delta X$ : 光标+与光标 x 的 X 轴值之差的倒数，如图 19.1 所示。

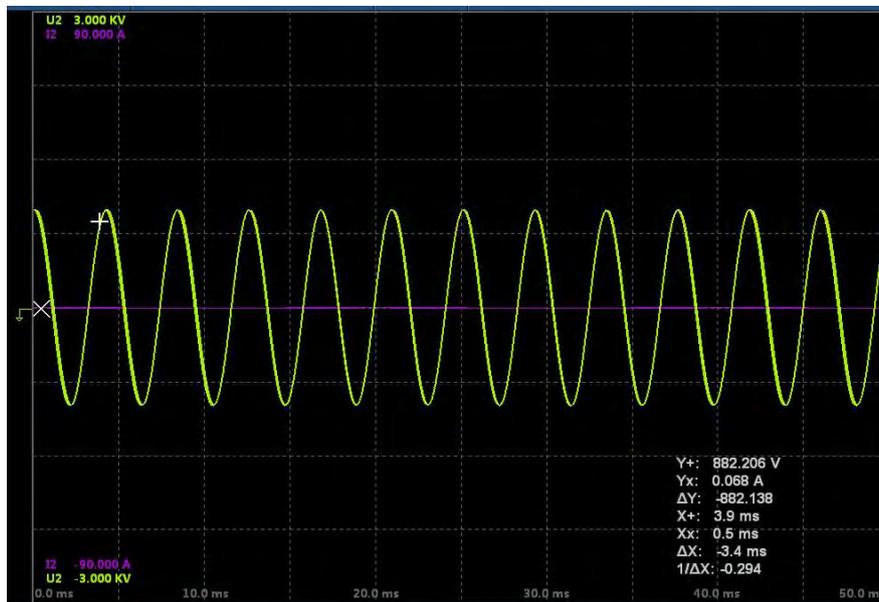


图 19.1 光标测量功能示意

### 19.2 操作步骤

#### 19.2.1 概述

在开启光标测量功能之前，须初始化测量参数。

#### 19.2.2 进入光标测量菜单

在测量显示界面，按下前面板的 Shift 按键和 Measure 按键或快速双击 Measure 按键，进入光标测量菜单。根据当前测量显示界面的不同，光标测量菜单的内容也会有所不同，详见下文。

##### 1. 波形光标测量菜单

(1) 波形显示界面下的光标测量菜单

按下前面板的 Wave 按键，进入波形显示界面，再按下 Shift 按键和 Cursor 按键，弹出波形光标测量菜单，如图 19.2 所示。



图 19.2 光标测量菜单

在波形显示界面下，可使用光标测量 U1~U7、I1~I7、Speed1、Torque1、 $\theta p1$  等，如图 19.3 所示。



图 19.3 波形显示界面下可测量的波形

#### (2) 波形运算功能中的光标测量

按下前面板的 Others 按键，在显示的“其它”菜单里按下“波形运算”软键，进入波形运算功能，如图 19.4 所示。



图 19.4 进入波形运算功能

在波形运算功能中，除可测量 U1~U7、I1~I7、Speed、Torque 波形外，还可测量 Math1 和 Math2 运算波形，如图 19.5 所示。



图 19.5 波形运算界面下可执行光标测量的波形

## 2. 趋势光标测量菜单

在趋势显示界面中，也可执行光标测量功能。趋势光标测量菜单如图 19.6 所示，可对当前显示的所有趋势都执行光标测量。



图 19.6 趋势光标测量界面

### 3. 柱状图光标测量

在柱状图显示界面里，可执行光标测量功能，相应的光标测量菜单如图 19.7 所示，



图 19.7 柱状图光标测量菜单

### 4. FFT 光标测量

在 FFT 显示界面里，可执行光标测量功能，相应的菜单如图 19.8 所示。



图 19.8 FFT 光标测量

### 19.2.3 光标测量初始化

测量对象不同，初始化步骤也不同。

#### 1. 波形光标测量初始化

波形光标测量功能运行前须确定测量波形以及光标移动路径的类型。

##### (1)选择光标源

用户需要为两个光标选择对应的测量波形。在如图 19.2 所示光标测量菜单中按下“光标源 1”和“光标源 2”软键后可分别配置对应的测量波形。如图 19.9 所示，是光标源 1 的测量对象选择菜单。



图 19.9 光标源 1 的测量对象选择

##### (2)光标路径选择

用户可配置光标移动路径的类型，在如图 19.2 所示光标测量菜单中按下“光标路径”软键，显示光标路径选择菜单如图 19.10 所示，用户可在这三种方向里选择：

- 最大值 Max。光标沿时间轴上波形最大值方向移动；
- 最小值 Min。光标沿时间轴上波形最小值方向移动；
- 中间值 Mid。光标沿时间轴上波形最大值和波形最小值的中间值移动。



图 19.10 光标路径

#### 2. 趋势光标测量初始化

用户须先配置趋势的显示，之后选择光标测量的趋势项，如图 19.6 所示。

#### 3. 柱状图光标测量初始化

用户需要先配置柱状图的显示；之后即可在如图 19.7 所示的光标测量菜单配置光标测量功能。

#### 4. FFT 光标测量初始化

首先配置 FFT 数据显示，然后再进入光标测量菜单，为两个光标选择测量对象，如图 19.8 所示。

### 19.2.4 开启/关闭光标测量

以波形功能模块为例说明光标测量的开关。在如图 20.2 所示光标测量菜单中按下“波形光标”软键后，可选择开启或关闭光标测量功能。开启光标测量功能后，会显示光标×和光标+。

### 19.2.5 光标移动

在不同的光标测量菜单里，光标移动的方式是不同的，下文分情况说明。

#### 1. 波形光标移动

在波形光标测量里，用户可在被选波形上移动光标+和光标×，移动步长是 ms。

在如图 19.2 所示光标测量菜单中，用户可按下“光标 1+”软键和“光标 2×”软键，显示光标移动对话框如图 19.11 所示，在对话框可填入光标移动距离，单位是 ms。



图 19.11 波形光标 2 移动设置

#### 2. 柱状图光标移动

在柱状图光标测量里，用户可令光标移动至指定谐波。用户输入指定谐波的次数，然后确认；之后光标移至该谐波。例如，可设置光标+的显示位置为：2 order，光标 x 的显示位置为：55 order；则两个光标分别位于 2 次谐波和 55 次谐波。

#### 3. FFT 光标移动

用户可令光标在被选的频谱波形上沿屏幕上的数据点移动，移动步长为一个数据点；每一个数据点对应一个运算点。屏幕左端为 0 点、屏幕右端为 1001 点，用户可指定光标距离屏幕左端的点数来移动光标。

当 FFT 运算点数为 20k，则光标移动数据点个数范围为 0~10000；当运算点数为 200k，光标移动数据点个数是 0~100000。显然，FFT 运算点数远远大于单屏能显示的数据点数；但用户可设置光标位置到显示范围以外，此时光标将不显示在屏幕上。

#### 4. 趋势光标移动

在趋势光标测量里，用户可令光标沿 X 轴方向在趋势上移动指定数目的数据点。以屏幕左端为 0 点、屏幕右端为 1001 点，用户可将光标位置设在自屏幕左端起指定数据点上。

## 19.3 注意事项

- 存在无法测量数据时，测量值显示区域显示\*\*\*；
- 功率分析仪峰值因数固定为 3，因此光标测量的测量范围也在量程的±300%以内；
- 即使光标单位不同，也可测量  $\Delta Y$ ；但测量结果没有单位。

## 20. 闪变测量

### 20.1 功能简介

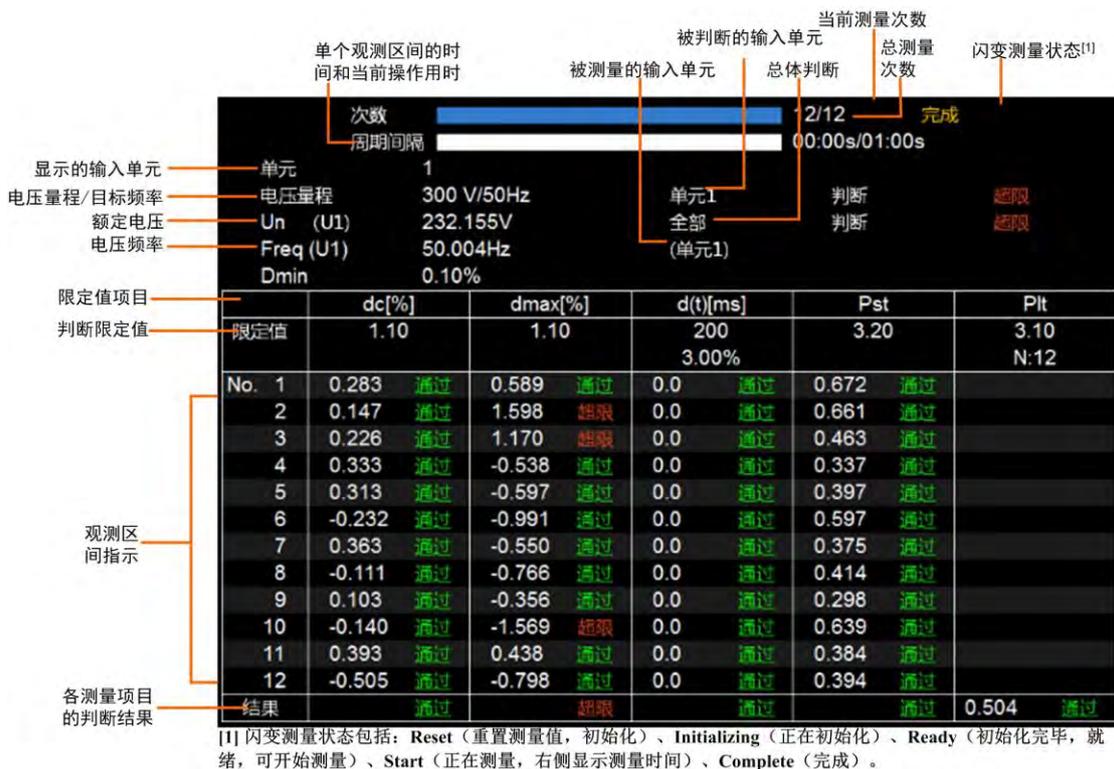
闪变是指人眼接收到的、由剧烈波动或光谱分布引起的不稳定印象，表示因亮度变化使人产生的不舒服感。电压波动和闪变主要是由于冲击性功率的电力负荷设备(如冶炼电弧炉、轧钢机、电气机车、电弧焊机等)在运行过程中有功功率和无功功率的大幅度变动引起的。电压波动和闪变妨害其它电力用户的正常用电，因此也成为衡量电能质量的重要指标。

功率分析仪可按 IEC61000-3-3 标准执行电压波动和闪变测量，测量项目如下：

- 额定电压  $U_n$ 、电压频率  $Freq$ ；
- 相对稳态电压变化  $dc$ 、最大相对电压变化  $d_{max}$ 、相对电压变化超过阈值的时间  $d(t)$ ；
- 短时间闪变值  $P_{st}$ 、长时间闪变值  $Plt$ ；
- 瞬时闪变视感 (IFS)，可显示 IFS 曲线；
- 累积概率函数 (CPF)，可显示 CPF 曲线。

注：上述术语的相关说明见本章的“相关术语”小节。

功率分析仪支持常规闪变测量操作和手动闪变测量操作两种模式，两种模式下的测量数据示例说明如图 20.1 和图 20.2 所示。



[1] 闪变测量状态包括: Reset (重置测量值, 初始化)、Initializing (正在初始化)、Ready (初始化完毕, 就绪, 可开始测量)、Start (正在测量, 右侧显示测量时间)、Complete (完成)。

图 20.1 常规闪变测量结果



图 20.2 手动闪变测量结果说明

## 20.2 操作步骤

### 20.2.1 进入闪变测量模式

在前面板按下 Others 按键，选择闪变波动，然后按下前面板上的 Item 键，则显示闪变功能项目菜单如图 20.3 所示。在闪变测量模式下，按下前面板上的 Form 键，显示闪变功能格式菜单，根据闪变测量使用的测量方法的不同(详见“21.2.2 测量”节)，有两种不同的闪变功能格式菜单，如图 20.3 所示。闪变测量功能的设置在闪变功能项目菜单和闪变功能格式菜单里完成。



图 20.3 闪变测量格式菜单

### 20.2.2 测量模式设置

电压波动和闪变测量使用 2 种方法：

- 常规闪变测量(Flicker 模式)。计算所有 dc、dmax、d(t)、Pst 和 Plt 的值，与预设限值对比，并给出判断结果；
- 由手动开关控制的 dmax 测量(Dmax 模式)。测量最大相对电压变化 dmax，每次测量时需要手动打开和关闭被测设备开关，之后对 24 个测量值求平均值，然后再与限定值比较，最后判断；该测量方法可用于测量大型电器上电断电对电网带来的影响。

用户可在上述测量模式中选择。用户在如图 20.3 所示闪变格式菜单里，按下“测量模式”软键，在弹出的对话框选择 Flicker(常规闪变测量)或 dmax(手动模式)。

### 20.2.3 闪变测量参数设置

测量模式不同，须配置的测量参数也不同。注意在闪变测量状态是 Reset 时才可设置测量参数。

#### 1. Flicker 模式

Flicker 模式下，设置闪变功能参数的操作步骤如下所述。

##### (1)进入闪烁设置菜单

在如图 20.3 所示闪变功能格式菜单里，按下“闪烁设置”软键，弹出闪烁设置对话框，如图 20.4 所示。



图 20.4 闪烁设置对话框

##### (2)设置测量的输入单元

用户在如图 20.4 所示闪烁设置对话框里选择需要测量的输入单元，可同时选择多个输入单元。

##### (3)设置额定电压

额定电压用作计算测量数据的基准，用户通过在自动和设置里选择额定电压的分配方式，来设置额定电压值的确定方法：

- 自动模式。自动获取电压波动和闪烁测量开始时的被测电压作为额定电压；
- 设置模式。用户在 0.01~999.99V 范围内直接设定额定电压。

在如图 20.4 所示闪烁设置对话框里，用户可选择自动模式和设置模式。如果选择了设置模式，则需要在图 20.4 所示闪烁设置对话框里设置“Un 设定”栏里的额定电压值，范围是 0.01~999.99V。如果用户选择了自动模式，则无须再配置“Un 设定”栏。

## (4)设置目标频率

用户可设置测量目标的频率为 50Hz 或 60Hz。目标频率直接影响了闪烁传输函数等参数，用户需要选择合适的值。在如图 20.4 所示闪烁设置对话框的“频率”栏，用户可选择测量目标的频率。

## (5)设置单个观测区间的时间

用户可在 60~900 秒范围内(只能设为偶数)，以分和秒为单位设定短时间闪烁值  $P_{st}$  的单个观测区间宽度。在如图 20.4 所示闪烁设置对话框的“周期间隔”栏，用户可设置单个观测区间的时间。

## (6)设置测量次数

用户可以在 1~99 范围内设定短时间闪烁值  $P_{st}$  的测量次数。在如图 20.4 所示闪烁设置对话框的“次数”栏，用户可设置测量次数。

## (7)设置稳态范围

用户可在额定电压的 0.10~9.99%范围内设定稳态的阈值，当电压波动超过该阈值，则视为稳定状态结束。在如图 20.4 所示闪烁设置对话框的“ $d_{min}$ ”栏，用户可设置稳态阈值。

2.  $D_{max}$  模式

$D_{max}$  模式下，设置闪变功能参数的操作步骤如下所述。

## (1)进入闪烁设置菜单

在如图 20.3 所示闪变功能格式菜单里，按下“闪烁设置”软键，弹出闪烁设置对话框，如图 20.5 所示。



图 20.5 闪烁设置对话框

## (2)设置测量的输入单元

用户在如图 20.5 所示闪烁设置对话框里选择需要测量的输入单元，可同时选择多个输入单元进行测量。

## (3)设置额定电压

用户需要在自动和设置里选择额定电压的分配方式：

- 自动模式。自动获取电压波动和闪烁测量开始时的被测电压作为额定电压；
- 设置模式。用户在 0.01~999.99V 范围内设定额定电压。

在如图 20.5 所示闪烁设置对话框里，用户可选择自动模式和设置模式。如果选择了设置模式，则需要在图 20.5 所示闪烁设置对话框里设置“Un 设定”栏里的额定电压值，范围是 0.01~999.99V。如果用户选择了自动模式，则无须再配置“Un 设定”栏。

## (4)设置测量目标频率

用户可设置测量目标的频率为 50Hz 或 60Hz。目标频率直接影响了闪烁传输函数等参数，用户需要选择合适的值。在如图 20.4 所示闪烁设置对话框的“频率”栏，用户可选择测量目标的频率。

## (5)设置稳态范围

用户可以在额定电压的 0.10~9.99%范围内设定稳态的阈值，当电压波动超过该阈值，则视为稳定状态结束。在如图 20.5 所示闪烁设置对话框的“dmin”栏，用户可设置稳态阈值。

## 20.2.4 判断条件设置

在闪变测量里，功率分析仪可以自动判断测量值是否超过用户预先设定的限定值或阈值，并给出判断结果：

- Pass/通过。测量值小于用户设定的阈值或限定值，表明符合判定准则；
- Fail/超限。测量值大于或等于用户设定的阈值或限定值，表明该次测量结果不符合判定准则；
- ERROR/错误。该判断结果仅在 dc 的测量判断中出现，代表未出现任何稳态。

可执行判断的项目有 dc、dmax、d(t)、Pst、Plt 等；这些测量项目均可设置判断条件。根据测量方法的不同，判断条件设置的步骤也不相同，下面分别介绍。需要注意的是，只有在闪烁测量状态是 Reset 或 Complete 时，才能改变判定条件。

## 1. Flicker 模式

## (1)进入限定值菜单

在图 20.3 所示项目菜单，按下“限定值”软键，弹出限定值菜单如图 20.6 所示。



图 20.6 限定值菜单

## (2)dc 的判断条件

在闪烁测量判定中，可选择是否判断相对稳态电压变化 dc，其限定值的设置范围为 1.00~99.99%。

## (3)dmax 的判断条件

在闪烁测量判定中，可选择是否包括最大相对电压变化 dmax，其限定值的设置范围是：1.00~99.99%。

## (4)d(t)的判断条件

在闪烁测量判定中，可选择是否判断  $d(t)$ ，其限定值的设置范围是：1~99999ms。除此之外，还需要设定相对电压阈值；相对电压阈值用于判断电压波动是否超标，当电压的波动大于该阈值，则开始计算  $d(t)$ 。相对电压阈值的设置范围是 1.00~99.99%。

## (5)Pst 的判断条件

在闪烁测量判定中，可选择是否包括短时间闪烁值 Pst，其限定值的设置范围是：0.10~99.99。

## (6)Plt 的判断条件

在闪烁测量判定中，可选择是否包括长时间闪烁值 Plt，其限值范围是：0.10~99.99。长时间闪烁值 Plt 计算公式的常数 N 可以在 1~99 范围内设定。Plt 的计算公式详见“长时间闪变值 Plt”节。

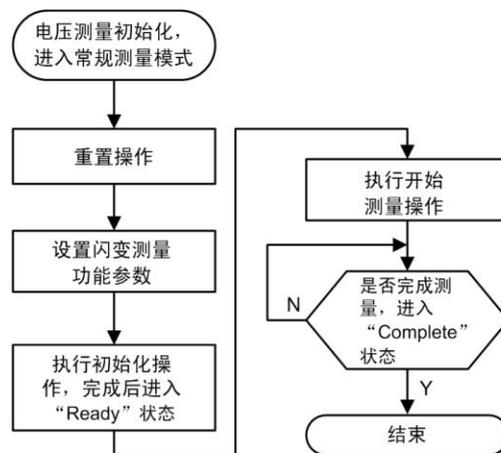
## 2. Dmax 模式

Dmax 模式和 Flicker 模式使用的限定值菜单界面与菜单配置参数均相同；但是，在 Dmax 模式下，限定值菜单里只有最大相对电压变化  $d_{max}$  的判定条件和限值与 Dmax 模式相关。

## 20.2.5 常规闪变测量操作

## 1. 操作流程

完成闪变测量参数设置后，即可开始执行闪变测量操作。常规闪变测量的操作流程如图 20.7 所示。



注：在以上各个操作环节里，均可执行重置操作，进入“Reset”状态。

图 20.7 常规闪变测量操作

图 20.7 中的各个操作，说明如下。

## 2. 初始化操作

## 电压测量初始化

用户需要先设定电压的测量量程、输入滤波器、刻度显示等，然后向功率分析仪输入被测电压。

## 闪变测量功能参数初始化

用户须在执行闪变测量“初始化”操作前，配置本次闪变测量的功能参数，详见“闪变测量参数设置”和“判断条件设置”章节。

### 闪变测量初始化操作

闪变测量初始化的过程大约需要 60s，期间须保持被测电源电压处于稳定状态。

在如图 20.3 所示闪变测量格式菜单里，按下“初始化”软键，开始初始化。位于屏幕上方的闪烁测量状态显示初始化中，如图 20.8 所示；当初始化完成后，闪烁测量状态变成“准备”，如图 20.9 所示。



图 20.8 初始化进行中



图 20.9 准备就绪

### 3. 开始测量

完成初始化操作，闪变测量状态是如图 20.9 所示的准备状态时，可开始闪变测量。在如所示的菜单里，按下“开始”软键，启动开始操作，闪烁测量状态显示“开始”，如图 20.10 所示。



图 20.10 开始闪变测量

当所有观测区间的测量完成后，闪变测量自动停止，闪烁测量状态显示“完成”。

### 4. 重置

为了重新开始测量或取消当前测量，用户可执行重置操作。执行重置操作后，当前测得数据会被清除。重置操作不改变判断条件和测量参数。

例如，当初始化进行时，在如图 20.3 所示闪变测量格式菜单里，按下“重置”软键，显示测量数据复位对话框如图 20.11，按“是”则取消初始化并复位。

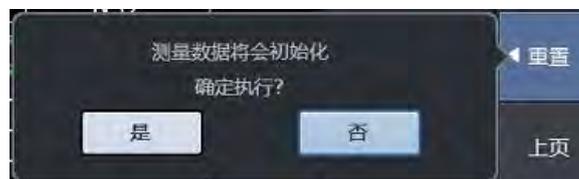


图 20.11 重置

重置操作完成之后，待测电压有效值和频率的计算和采样每 2 秒更新一次，直至启动初始化操作。

### 5. 改变判定条件和重新判定数据

当闪变测量状态显示“完成”时，请根据“判断条件”章节改变判断条件。当判断条件改变后，会对电压波动和闪烁测量数据进行重新判断，更新判断结果。

## 6. 切换测量单元的显示

若用户需要切换显示的测量单元，可在如图 21.12 所示项目菜单里按下“显示单元”软键，在弹出的对话框图 21.12 里选择需要显示的输入单元。



图 20.12 显示单元

## 7. 翻页

在 Flicker 模式下，单页显示 12 个观测区间的测量数据和判定数据列表。如果测量次数超过 12，会使用多页显示数据；此时，用户可在格式菜单里按下“上页”或“下页”软键，切换显示页面。

## 8. 显示 IFS 曲线

当闪变测量开始后，功率分析仪可根据当前测量数据显示瞬时闪变视感曲线(IFS)。首先，用户需选择须显示 IFS 曲线的通道；然后配置每格时间；最后显示 IFS 曲线。

## 9. 图形设置菜单

首先，须进入图形设置菜单，以进行相关设置。在图 20.5 所示菜单里按下“图形设置”软键，显示图形设置菜单如图 20.13 所示。

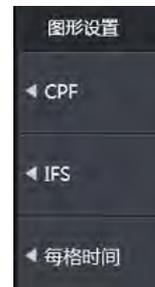


图 20.13 图形设置菜单

### (2)选择须显示的 IFS 曲线

在如图 20.13 所示图形设置菜单里按下“IFS”软键，弹出对话框如图 20.14 所示，在对话框用户可选择需要显示 IFS 曲线的输入单元。如果需要所有输入单元的 IFS 曲线都显示，则选择“All”。



图 20.14 选择要显示的 IFS 曲线

### (3)配置每格时间

用户可设置显示界面里每格所对应的时间长度，从而可调节在一屏内可观察的波形数目。在如图 20.13 所示图形设置菜单里按下“每格时间”软键，用户可在对话框里选择每格

对应的时间长度，如图 20.15 所示。



图 20.15 每格时间设置

#### (4)显示 IFS 曲线

用户在按下“开始”软键启动闪变测量后，在所菜单里按下“显示类型”软键，在弹出的如图 20.16 所示的对话框里选择“IFS”，以显示 IFS 曲线。如图 20.17 所示，是一个 IFS 曲线的显示示例，纵坐标是瞬时闪变视感度的值，横坐标是测量该值时的时间。



图 20.16 IFS 曲线显示

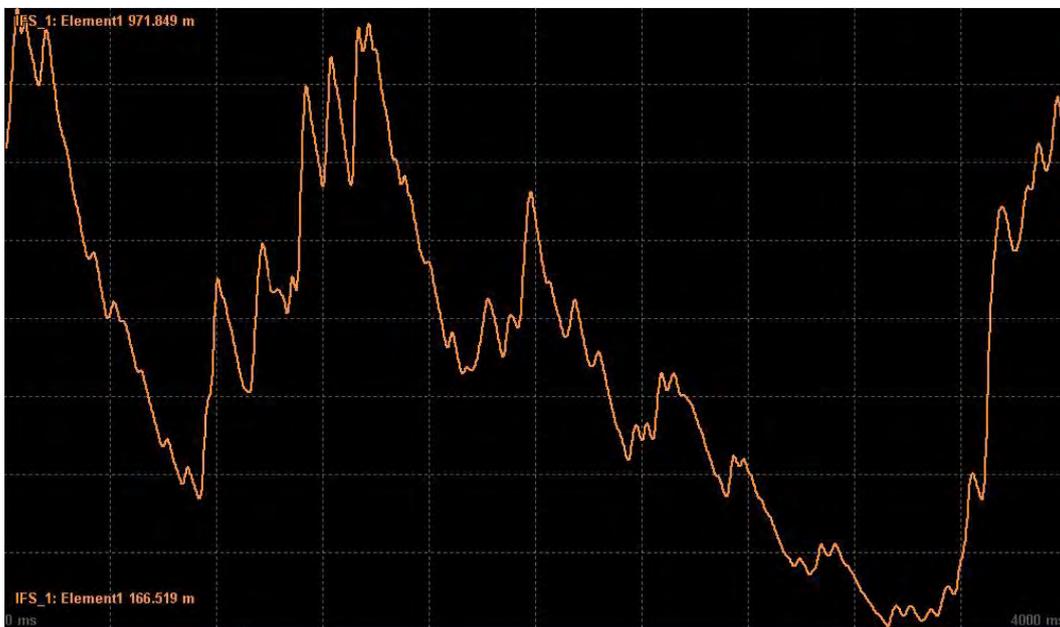


图 20.17 IFS 曲线显示示例

#### 10. 显示 CPF 曲线

当闪变测量开始后，功率分析仪可根据当前测量数据显示累积概率函数曲线(CPF)。首先，用户选择须显示 CPF 曲线的通道，然后配置 CPF 曲线的显示；相关操作步骤如下所述。

## (1)选择须显示的 CPF 曲线

在如图 20.13 所示图形设置菜单里，按下“CPF”软键，弹出对话框如图 20.18 所示，用户可选择须显示的 CPF 曲线，最多可显示 12 个 CPF 曲线。



图 20.18 CPF 曲线选择

一个输入单元，可有多个 CPF 曲线显示，每一个 CPF 曲线对应一个观测区间；同一个输入单元，其 CPF 曲线和观测区间的对应关系，如下所述：

- 当闪变测量进行时，CPF<sub>n</sub> 曲线(n=0~11)显示当前测量观测区间的数据；
- 当闪变测量结束，用户可设置 CPF<sub>n</sub> 曲线(n=0~11)对应的观测区间。在如图 20.18 所示图形设置菜单里，按下“CPF”软键，然后在如图 20.19 所示菜单里选择 CPF<sub>n</sub> 曲线对应的观测区间。



图 20.19 CPF 曲线对应观测区间

## (2)显示 CPF 曲线

当闪变测量开始后，功率分析仪即可根据当前测量数据显示累积概率函数曲线(CPF)。用户在按下“开始”软键启动闪变测量后，在图 21.16 所示菜单里按下“显示类型”软键，在弹出的如

所示的对话框里选择“CPF”；如果当前存在有效测量数据，则可观察到 CPF 曲线。图 20.20 是一个 CPF 曲线的显示示例，横坐标是瞬时闪变视感度，并采用对数坐标，纵坐标是累积概率。

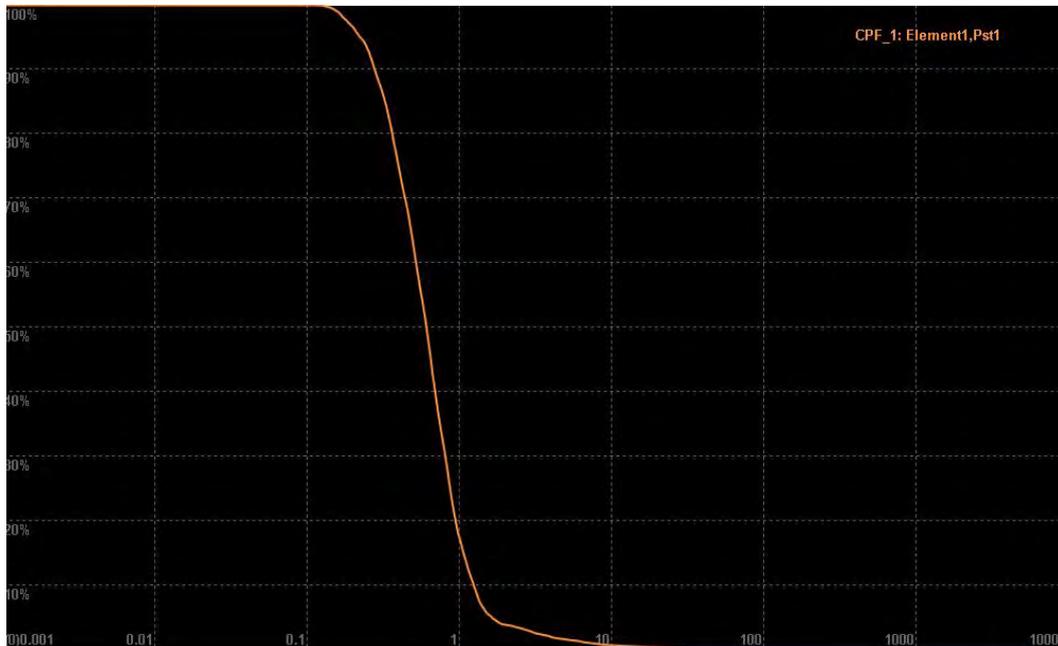
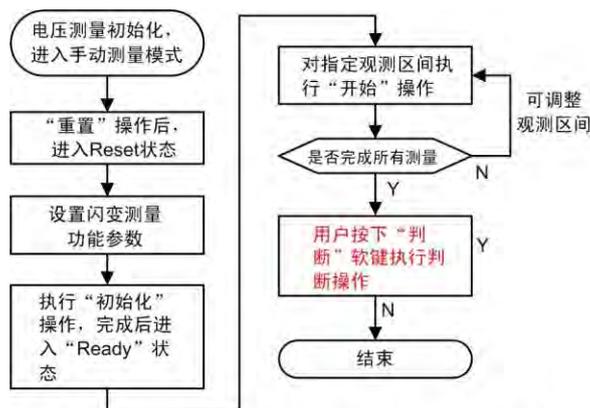


图 20.20 CPF 曲线显示示例

## 20.2.6 手动闪变测量操作

### 1. 操作流程

完成闪变测量参数设置后，即可开始执行闪变测量操作。手动闪变测量的操作流程如图 20.21 所示。



注：在以上各个操作环节里，均可执行重置操作，进入“Reset”状态。

图 20.21 手动闪变测量操作

图 20.21 中的各个操作，说明如下。

## 2. 初始化操作

### 电压测量初始化

用户须先设定电压的测量量程、输入滤波器、刻度显示等；然后向功率分析仪输入被测电压。

### 闪变测量功能参数初始化

用户须在执行闪变测量“初始化”操作前，配置本次闪变测量的功能参数，详见“闪变测量参数设置”和“判断条件设置”章节。

### 闪变测量初始化操作

闪变测量完成后，须先执行重置操作，然后执行初始化操作才能再次启动闪变测量。闪变测量初始化的过程大约需要 60s，期间须保持被测电源电压处于稳定状态。

在如图 20.3 所示闪变测量格式菜单里，按下“初始化”软键，开始初始化。当初始化完成后，闪烁测量状态变成 Ready。

## 3. 开始测量

在完成初始化操作后，闪变测量状态变成 Ready，此时可开始闪变测量。在如图 20.3 所示的菜单里，按下“开始”软键，即可启动“开始”操作，闪烁测量状态显示 Start，接下来开始执行如下步骤：

### 4. 打开被测设备的电源，完成常规操作。

② 在 1 个观测区间(1 分钟)的测量中，尽可能使被测设备在常规条件下工作。

③ 在 1 个观测区间(1 分钟)测量结束前，关闭被测设备的电源。当 1 个观测区间测量完成后，闪烁测量状态变成 Ready。

④ 重复步骤①~③，测量 24 次 dmax。

### 5. 改变观测区间，重新测量

如果给出的观测区间无法正确测量，可通过以下操作改变观测区间，重新对指定的观测区间进行测量：

① 按下“移动周期”软键，显示移动周期设置对话框，如图 20.22 所示。

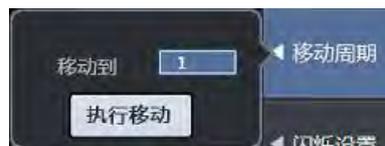


图 20.22 移动周期设置

② 在对话框里设定想要重新测量的观测区间，如图 20.23 所示。

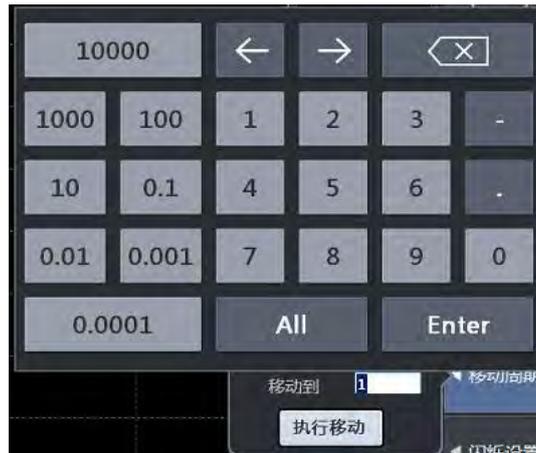


图 20.23 观测区间设置

- ③ 关闭移动周期菜单。
- ④ 按照“开始测量”小节的说明，重新开始测量。

#### 6. 重置

为了重新开始测量或取消当前测量，用户可执行重置操作。执行重置闪变测量操作后，当前的测量数据和判定结果被废弃，闪变测量状态显示 **Reset**。重置操作不改变测量参数。

#### 7. 完成手动 $d_{max}$ 测量和判断结果显示

首先，须确认所有观测区间的测量已完成并且每个观测区间的  $d_{max}$  都有数据显示；之后，按下如图 20.3 所示菜单里的“判断”软键，确定所有观测区间的  $d_{max}$  数据，手动  $d_{max}$  测量完成，闪变测量状态显示 **Complete**，显示判定结果。

#### 8. 重新判断手动 $d_{max}$ 测量

当闪变测量状态显示 **Complete** 时，可修改判断条件。当判断条件改变后，可重新判断  $d_{max}$  测量数据，更新判断结果。

#### 9. 切换显示测量/判断数据的输入单元

若用户需要切换当前显示的测量和判断数据的输入单元，可在如图 20.3 所示项目菜单里按下“显示单元”软键，在弹出的对话框里选择需要显示的输入单元。

#### 10. 显示 IFS 曲线

当手动闪变测量开始后，功率分析仪可根据当前测量数据显示瞬时闪变视感曲线(IFS)。手动闪变测量模式下，IFS 曲线的设置步骤和常规闪变测量操作下基本一致。

##### (1)图形设置菜单

首先，须进入图形设置菜单，以进行相关设置。在图 20.3 所示菜单里按下“图形设置”软键，显示图形设置菜单如图 20.13 所示。

##### (2)选择须显示的 IFS 曲线

在如图 20.13 所示图形设置菜单里按下“IFS”软键，弹出对话框如图 20.14 所示，在对话框用户可选择需要显示 IFS 曲线的输入单元。如果需要所有输入单元的 IFS 曲线都显示，则选择“**All**”。

##### (3)配置每格时间

用户可设置显示界面里每格所对应的时间长度，从而可调节在一屏内可观察的波形数

目。在如图 20.13 所示图形设置菜单里按下“每格时间”软键，用户可在对话框里选择每格对应的时间长度，如图 20.15 所示。

#### (4)显示 IFS 曲线

用户在完成一个观测区间的手动测量后，在图 20.3 示菜单里按下“显示类型”软键，在弹出的如

所示的对话框里选择“IFS”，即可显示 IFS 曲线。

### 11. 显示 CPF 曲线

手动闪变测量模式下，功率分析仪也可根据当前测量数据显示累积概率函数曲线(CPF)，CPF 曲线显示的设置步骤和常规闪变测量下基本一致。

#### (1)选择须显示的 CPF 曲线

在如图 20.13 所示图形设置菜单里，按下“CPF”软键，弹出对话框如图 20.18 所示，用户可选择须显示的 CPF 曲线，最多可显示 12 个 CPF 曲线。

手动闪变测量操作模式下，对于同一个输入单元，也可设置显示多个 CPF 曲线，每一个 CPF 曲线对应一个观测区间；同一个输入单元的 CPF 曲线和观测区间的对应关系，如下所述：

- 当 24 个观测区间没有测量完时，CPF\_n 曲线(n=0~11)均显示最近一次测量数据；
- 当 24 个观测区间均测量完，用户可设置 CPF\_n 曲线(n=0~11)对应的观测区间。在如图 20.13 所示图形设置菜单里，按下“CPF”软键，然后在如图 21.19 所示菜单里选择 CPF\_n 曲线对应的观测区间 1~24。

#### (2)显示 CPF 曲线

当 24 个观测区间的手动闪变测量完成后，用户在图 20.3 所示菜单里按下“显示类型”软键，在弹出的如图 20.16 所示的对话框里选择“CPF”显示累积概率函数曲线(CPF)。

## 20.3 补充阅读

### 20.3.1 相关术语

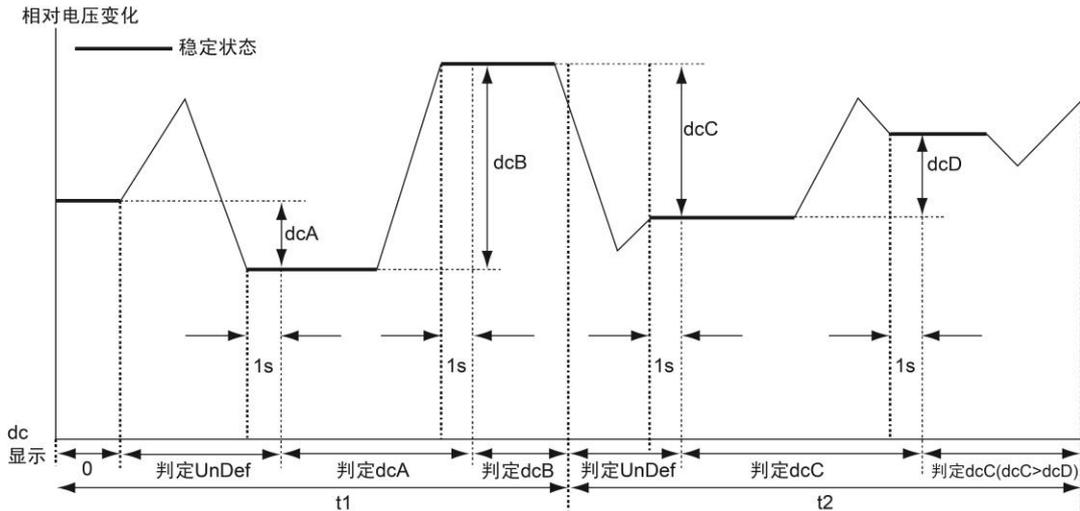
#### 1. 相对稳态电压变化、最大相对电压变化、相对电压变化超过阈值的时间

##### (1)相对稳态电压变化 dc

相对稳态电压变化 dc，是一次电压波动前后的 2 个稳态电压的差值与额定电压的比值(用%表示)。例如，假设 1 个额定电压是 230V 的电源，变化前的稳态电压是 231V，变化后的稳态电压是 232V，则相对稳态电压变化 dc 为：

$$\left| \frac{232-231}{230} \right| \times 100(\%) = 0.43\%$$

半周期的电压有效值稳定在 1s 或以上的状态为稳定状态；而如果测量区间内没有出现 2 个稳定状态，就被认为是波动状态，此时 dc 测量值显示成未定义 Undefined)。如果电压在测量区间内没有波动，则 dc 为 0。如图 21.24 所示，是 dc 的显示示例。



对上图中的文字标注说明如下:

t1: 观测区间t1。t2: 观测区间t2。

dcA、dcB、dcC、dcD: 在观测区间检测到的四个dc值, 依次序号编号为dcA、dcB、dcC、dcD。

1s: 稳定状态的规定是半波有效值保持在设定阈值范围内, 持续1s以上; 所以图中标记了稳定状态维持1s的部分。

判定UnDef、dcA等: 对该段区间, dc显示的判定结果为UnDef或dcA~dcD。

判定dcC (dcC>dcD): 单个观测区间内的dc显示值, 取相邻两个相对稳态电压变化中的较大值。dcD<dcC, 因此仍判定为显示dcC。

图 20.24 dc 的显示示例

(2)最大相对电压变化 dmax

用额定电压去除 1 次电压波动(2 个稳定状态之间的状态)最大值和最小值的差, 结果用百分比(%)表示的值, 即为最大相对电压变化。

(3)相对电压变化超过阈值的时间 d(t)

在电压波动期间, 相对电压变化超过阈值的时间, 如图 20.25 所示。

(4)dc、dmax、d(t)之间的关系

dc、dmax、d(t)之间的关系如图 20.25 所示。

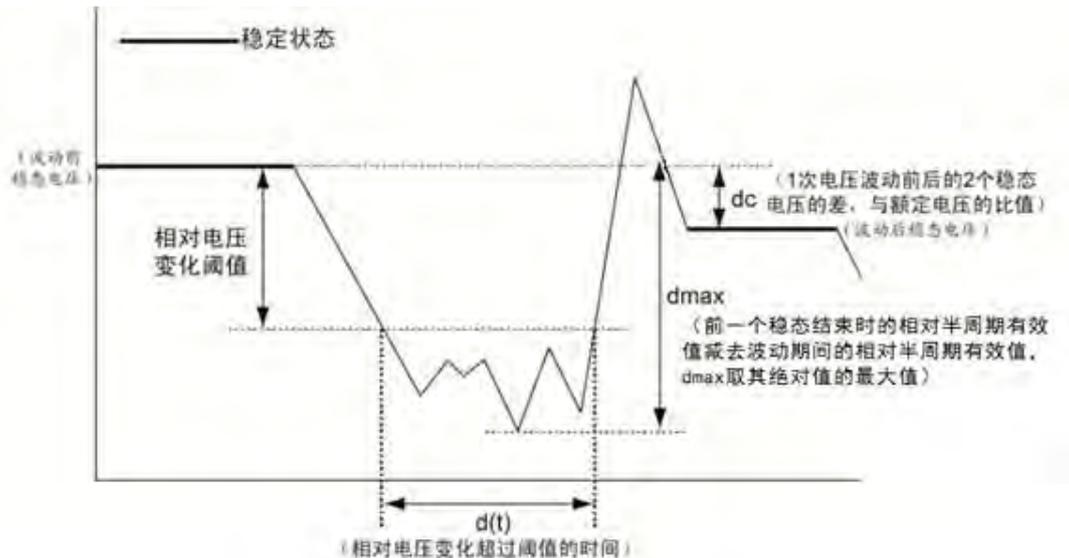


图 20.25 dc、dmax、d(t)之间的关系

备注：在实际计算时，如果稳态未建立，那么  $\sigma$  和  $\tau$ （这个符号不规范，在 IEC 61000-4-15 2010 标准文献中使用的是符号  $\sigma$ ）显示为无效，依据波动的极差值来计算；在稳态建立之后，这三个值重新按照上图的方式计算，并且不受稳态未建立时的计算结果的影响。

## 2. 瞬时闪变视感度

电压波动引起照度波动对人的主观视觉反应，称为瞬时闪变视感度(instantaneous flicker sensation level)，瞬时闪变视感度越大，则说明越容易引起人的主观视觉反应。IFS 曲线图显示了各个时刻对应的瞬时闪变视感度。

## 3. 累积概率函数

对于随机变化负荷产生的电压波动，在足够长观测时间 T(至少 10 min) 内对瞬时闪变视感度 S(t) 进行等间隔采样；然后，将瞬时闪变视感度 S(t)数据分级，并统计各级别数据分布概率，再由各级别数据分布概率得到累积概率分布函数(CPF)，CPF 曲线图显示了瞬时闪变视感度的概率分布图。

## 4. 短时间闪变值 Pst

Pst 是描述短时间电压波动的统计特征值，Pst 的观察区间通常为 10 分钟。Pst 用于衡量闪变的强弱：当 Pst<0.7 时，一般觉察不出闪变；当 Pst>1.3 时，则闪变让人觉得不舒服。

## 5. 长时间闪变值 Plt

长时间闪变值 Plt 的计算公式如公式 20.1 所示。

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{Count} Pst_i^3}{N}}$$

公式 20.1

公式参数说明：Count 是短时间闪烁值(Pst)的测量次数；N 是长时间闪烁值(Plt)计算公式的常数，由用户设定，通常 Count 与 N 的值设为一致。

注意：如果 N>Count，短时间闪烁值只测量由 Count 指定的次数，未测量的短时间闪烁值以 Pst=0 代入上述公式，计算出长时间闪烁值(Plt)。这种 N>Count 的设定被用于指定观测时间内被测对象自动停止的情况。

通常，长时间闪变值使用如公式 20.2 所示的公式从 12 个 Pst 值中求取。观测区间通常是 2 小时。如果观测区间的数量小于 Plt 计算公式的常数 N(12)，未被观测的 Plt 值以 0.0 进行计算。

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{Pst_1^3 + Pst_2^3 + \dots + Pst_{12}^3}{12}}$$

公式 20.2

注：Pst1：第 1 个 10 分钟的 Pst、Pst2:第 2 个 10 分钟的 Pst……Pst12：第 12 个 10 分钟的 Pst。

### 20.3.2 对功能的限制

为实现符合 IEC 标准的测量，电压波动和闪变测量模式会进行与其它测量模式不同的内部运算。因此，它不支持波形或柱状图显示、电机测量功能等部分功能。此外，还不能执行积分和效率运算等部分测量功能，如表 20.1 所示。

表 20.1 对功能的限制

项目	限制
波形和柱状图显示	不可用
电机测量	不可用
积分	不可用
存储	可用
同步测量	不可用

## 21. 电机测量

### 21.1 功能简介

用户使用电机测量功能，可测量 Speed(转速)、Torque(扭矩)、Pm(电机输出或机械功率)、SyncSp(同步速度)和 Slip(滑差)、电机输出功率(Pm)、Eff(电机输出效率)、(Pin)电机输入功率、电机损耗(Loss)、ThetaP(电机转动机械角度)、Theta(电相角)、电机输入电压(Uin)、电机输入电流(Iin)等参数。

### 21.2 操作步骤

#### 21.2.1 输入转速和扭矩信号

按规格要求输入来自转速传感器的输出信号，输出信号是和电机转速成比例的直流电压(模拟信号)或脉冲信号。

按规格要求输入来自扭矩仪的输出信号。输出信号是和电机扭矩成比例的直流电压(模拟信号)或脉冲信号。

#### 21.2.2 进入电机设置菜单

按下前面板的 Motor 键，显示电机设置菜单，如图 21.1 所示。

#### 21.2.3 选择转速和扭矩信号的类型

用户可在如图 21.1 所示电机设置菜单里选择转速传感器和扭矩仪输入到功率分析仪的信号类型：

- 模拟信号。当信号类型是直流电压(模拟信号)时选择；
- 脉冲信号。当信号类型是脉冲信号时选择。

转速传感器信号类型可选择如图 21.2 所示，同理可选择扭矩仪输入信号 Torque 的类型。



图 21.1 电机



图 21.2 转速传感器信号类型

#### 21.2.4 选择模拟量程

本小节设定仅适用于输入信号类型设为模拟信号 Analog 时的情况；如果输入信号类型

设为脉冲 Pulse，则不需要设定。

模拟量程分为自动量程和固定量程两种，需要用户分别配置。这里以转速传感器信号模拟量程配置为例来进行说明。

### 1. 配置自动量程

用户可以启用自动量程功能。在自动量程功能下，量程会根据输入信号的大小自动切换量程。

用户可在如图 21.2 所示电机设置菜单里配置自动量程打开或关闭，如果打开则无需再配置固定量程。如图 21.3 所示，是转速传感器信号的自动量程配置。



图 21.3 转速传感器信号模拟信号自动量程配置

注意：选择自动量程时，如果输入的波形是周期不定的脉冲波形，量程可能会发生改变，此时请选择固定量程。

### 2. 固定量程配置

如果没有使用自动量程，则用户可在电机设置菜单里配置固定量程。如图 21.4 所示，可选择配置传感器模拟信号量程为 20V、10V、5V、2V、1V。



图 21.4 固定量程配置

### 21.2.5 配置线路滤波器和同步源

本小节设定仅适用于输入信号类型设为模拟信号 Analog 时的情况。如果输入信号类型设为脉冲 Pulse，则不需要设定同步源。

#### 1. 选择线路滤波器

用户可将线路滤波器插入转速传感器回路和扭矩仪回路，以便在测量转速信号和扭矩信号时去除谐波噪声。用户可在电机设置菜单里配置线路滤波器。线路滤波器的截止频率可选择为 50kHz、10kHz、100Hz，若选择 OFF 则关闭线路滤波器，详见图 21.5。



图 21.5 线路滤波器的截止频率选择

#### 2. 选择同步源

测量转速信号和扭矩信号的模拟信号时，需要从下列选项中选择成为同步源的信号：U1~U6、I1~I6、None。同步源信号决定了测量转速信号和扭矩信号的测量区间。如果在指定同步源时选择“None”，数据更新周期内所有采样数据都将用于计算转速和扭矩。用户可在电机设置菜单里配置同步源；如图 21.6 所示，是转速传感器信号的同步源选择菜单(未上电工作的输入单元不在同步源选择菜单内显示)。

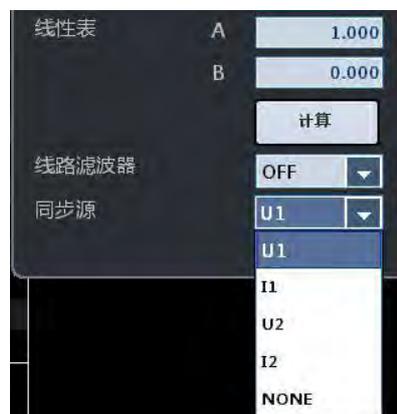


图 21.6 同步源选择

### 21.2.6 设定脉冲量程、脉冲数和脉冲额定值

本小节仅适用于输入信号类型设为脉冲 Pulse 时的情况。

### 1. 设定脉冲输入量程

如果转速信号和扭矩信号的类型是 Pulse，要设定脉冲输入量程的上、下限值。例如，被测信号的转速在 120rpms~180rpms、扭矩在-18N·m~+18N·m 之间，转速信号的脉冲输入量程就应设为 100rpms~200rpms、扭矩的脉冲输入量程就应设为-20N·m~+20N·m。

各输入信号可选的脉冲量程如下：

- 转速信号：-200000.0~200000.0 [rpm]；
- 扭矩信号：-999999.0~999999.0 [N·m]。

用户可在电机设置菜单里配置转速信号的脉冲输入量程，如图 21.7 所示。



图 21.7 转速输入量程

同理，用户可在配置扭矩信号的脉冲输入量程。

### 2. 设定转速信号每转脉冲数

用户需要设定转速信号每转的脉冲数，设定范围在 1~99999。每转脉冲数和转速信号的关系如下。

转速 = 每分钟来自转速传感器的输入脉冲数 / 每转的脉冲数 × 比例系数

用户可在图 22.7 所示脉冲输入量程界面里配置每转脉冲数，如图 21.8 所示。



图 21.8 每转脉冲数配置

### 3. 设定扭矩信号的脉冲额定值

若扭矩信号类型是脉冲 Pulse，要设定扭矩传感器的正负额定值，数值设定范围如下：

- 扭矩值：-999999.0~999999.0 [N·m]；
- 脉冲数：1~100000000 [Hz]。

用户可在图 21.7 所示脉冲输入量程界面里配置脉冲额定值、额定频率值及执行 NULL 功能后获取对应的频率值，如图 21.9 所示。

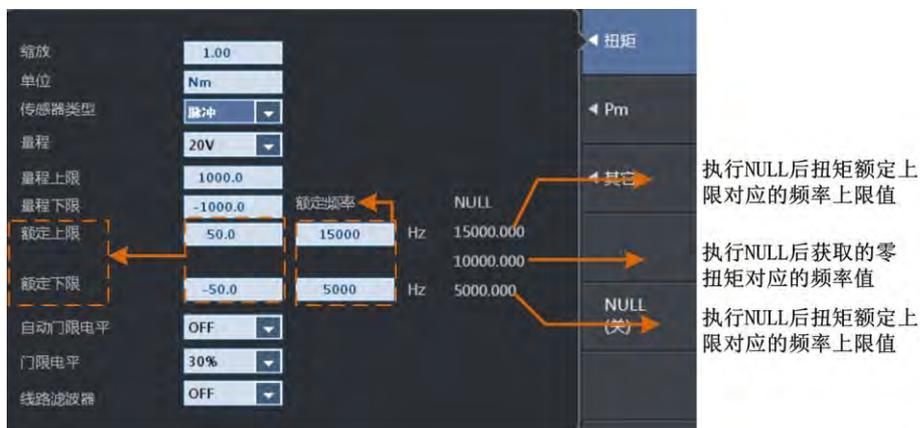


图 21.9 脉冲额定值

备注：电机 NULL 只针对扭矩的脉冲模式起作用，且系统处于零扭矩时执行。

## 21.2.7 脉冲输入模式下设定信号幅度和门限电平

### 1. 设定信号幅度

当转速信号和扭矩信号类型为脉冲，用户可根据信号特征设定输入信号幅度，如图 21.10 所示，点击模拟信号选项后面的下拉框选择，可选择的信号幅度为 20V、10V、5V、2V 和 1V(本文所指幅度为峰值，即 20V 对应的输入范围是±20V)。



图 21.10 扭矩信号幅度设置

## 2. 设置门限电平

用户可启用自动门限电平功能。在自动门限电平功能下，门限电平会根据输入信号的最大值和最小值自动设定。

用户可在如图 21.11 所示电机设置菜单里配置自动门限功能打开或关闭，如果打开则无需再配置固定门限。如图 21.11 所示，是转速传感器信号的自动门限配置。



图 21.11 扭矩信号的自动门限配置

如果没有使用自动门限电平，则用户可在图 21.12 所示电机设置菜单里配置上下门限，为扭矩传感器信号的上下门限设置。



图 21.12 扭矩信号的上下门限设置

备注：输入信号频率 100Hz 以下、50KHz 以上时，“自动门限电平”功能受限，需手动设置门限电平上下限。

转速传感器只支持手动设置门限电平，可选择的电平 30%、40%、50%、60%、70%，如图 21.13。



图 21.13 转速信号的手动门限配置

备注：其中门限电平一般设置信号波形的中间电平。

## 21.2.8 设定比例系数和单位

### 1. 设定用于转换转速信号的比例系数

设定用于换算转速信号的比例系数，设定范围是 0.01~9999.99。用户可在图 21.7 所示脉冲输入量程界面里配置转速信号比例系数，如图 21.14 所示。



图 21.14 转速比例系数

转速信号的类型 Analog

通过设定每伏输入电压的转数，用以下公式计算转速。

转速 = 来自转速传感器的输入电压 × 比例系数

转速信号类型 Pulse 时

在“设定转速脉冲数”的等式中之值作为比例系数使用。

## 2. 设定用于转换扭矩信号的比例系数

可以指定比例系数，将扭矩信号换算成电机的扭矩。设定范围是 0.01~9999.99。用户可在图 22.7 所示脉冲输入量程界面里配置扭矩信号比例系数，如图 21.15 所示。



图 21.15 扭矩信号的比例系数

当扭矩信号的类型是 Analog 时

通过设定每伏输入电压的扭矩，将来自扭矩仪的输入电压用以下公式计算扭矩。

扭矩 = 来自扭矩仪的输入电压 × 比例系数

当扭矩信号的类型是 Pulse 时

在“设定扭矩信号脉冲数”的等式中之值作为比例系数使用。

## 3. 设定用于计算电机输出的比例系数

电机输出 P<sub>m</sub> 的计算公式如下。

$$\text{电机输出 } P_m = \frac{2 \times \pi \times \text{转速}}{60} \times \text{比例系数} \times \text{扭矩}$$

用户可在图 21.7 所示脉冲输入量程界面里配置电机输出比例系数，如图 21.16 所示。

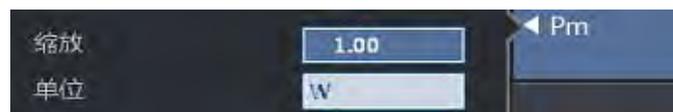


图 21.16 电机输出比例系数配置

## 4. 设定转速、扭矩、电机输出的单位

用户可设置转速、扭矩、电机输出的单位。用户可在图 22.7 所示脉冲输入量程界面里配置单位，单位的字符数为 8 个字以下，字符类型为键盘上的字符或空格。扭矩单位的配置

如图 22.14 所示。

22.2.9 设定用于计算滑差和同步速度的电机极数和频率测量源

### 1. 同步速度和滑差的计算公式

同步速度的单位固定为  $\text{min}^{-1}$ (或 rpm)，公式如下公式 21.1 所示。

$$\text{同步速度 SyncSp} = \frac{120 \times \text{频率测量源的频率}}{\text{电机极数}}$$

公式 21.1 同步转速

滑差的计算公式如下公式 21.2 所示。

$$\text{滑差 Slip(\%)} = \frac{\text{同步速度}(\text{min}^{-1}) - \text{转速}(\text{min}^{-1})}{\text{同步速度}(\text{min}^{-1})} \times 100$$

公式 21.2 滑差

### 2. 设定电机极数

极数设定范围 1~99。用户可在图 21.7 所示对话框配置电机极数，如图 21.17 所示。



图 21.17 电机极数

## 21.2.9 设定频率测量源的信号

用户需要选择一个信号作为频率测量对象以计算同步速度。通常将电机的电压和电流中畸变或噪声相对较少的作为频率测量源。如果选择这两项以外的信号，可能得不到正确的同步速度。用户可在图 21.7 所示脉冲输入量程界面里配置频率测量源信号，如图 21.18 所示。



图 21.18 频率源信号

### 21.2.10 选择测量电机输入电压和电流的输入单元

若用户使用功率输入单元测量电机的输入单元和输入电流，需要指定使用输入单元的编号，如图 21.19 所示。

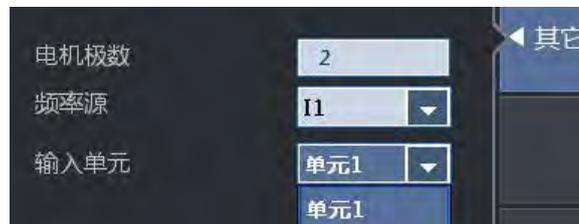


图 21.19 选择用于测量电机的输入单元

### 21.2.11 电机测量结果显示

用户按下前面板的 Motor 键，出现电机测量显示菜单如图 21.20 所示。



图 21.20 电机测量显示

用户可在图 21.20 所示菜单里设置电机测量结果的数值、波形、数值和波形的显示。

#### 1. 数值显示视图

在电机测量显示菜单按下“数值”软键，打开数值显示视图如图 21.21 所示。

Speed	-----	Ke	-----
Torque	-----	Kt	-----
SyncSp	-----	Loss	-----
Slip	-----	$\eta_1$	0.000 %
Pm	-----	$\eta_2$	-1.035 %
Eff	-----	$\eta_3$	-2249.58 %
Uin	-----	$\eta_4$	-53.698 %
Iin	-----	$\eta_5$	0.000 %
Pin	-----	$\eta_6$	0.000 %
-----		-----	
-----		-----	

图 21.21 电机测量显示

### 数值显示视图显示格式

在电机测量数值显示视图按下前面板的 Form 键，显示格式菜单，用户可配置数值显示视图里的数据显示个数。

Speed	-----	Ke	-----	页码	格式
Torque	-----	Kt	-----	▲	6 项目
SyncSp	-----	Loss	-----	1	12 项目
Slip	-----	$\eta_1$	0.000 %	2	24 项目
Pm	-----	$\eta_2$	-1.033 %	3	所有项目
Eff	-----	$\eta_3$	-2250.92 %	4	
Uin	-----	$\eta_4$	-53.890 %	5	
Iin	-----	$\eta_5$	0.000 %	6	
Pin	-----	$\eta_6$	0.000 %	7	

图 21.22 配置显示项目数

### 配置显示的测量功能

用户可配置数值显示视图显示的测量功能。在电机测量数值显示视图按下前面板的 Item 键，显示项目菜单，用户可在项目菜单里设置显示的测量功能以及测量功能的显示顺序，如图 21.23 所示。

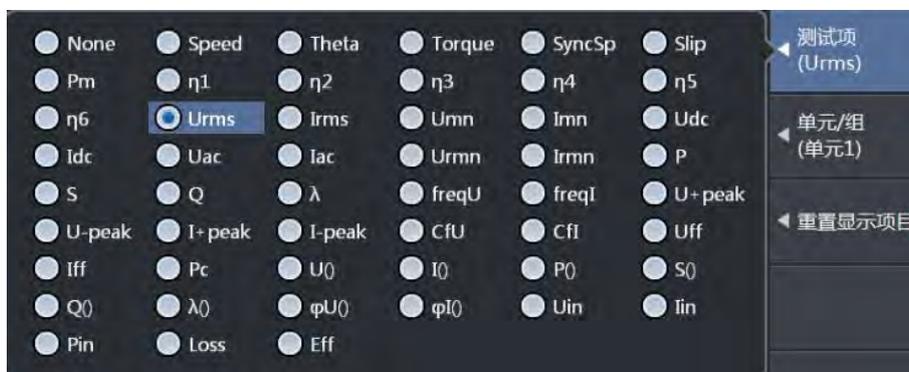


图 21.23 电机测量功能的显示

## 2. 波形显示视图

用户可显示扭矩、转速的波形图，并且设置显示格式。在图 21.20 所示菜单里选择“波形”，即可进入电机测量波形显示视图，并且可配置显示的测量功能、波形的显示缩放、波形运算等，如图 21.24 所示。

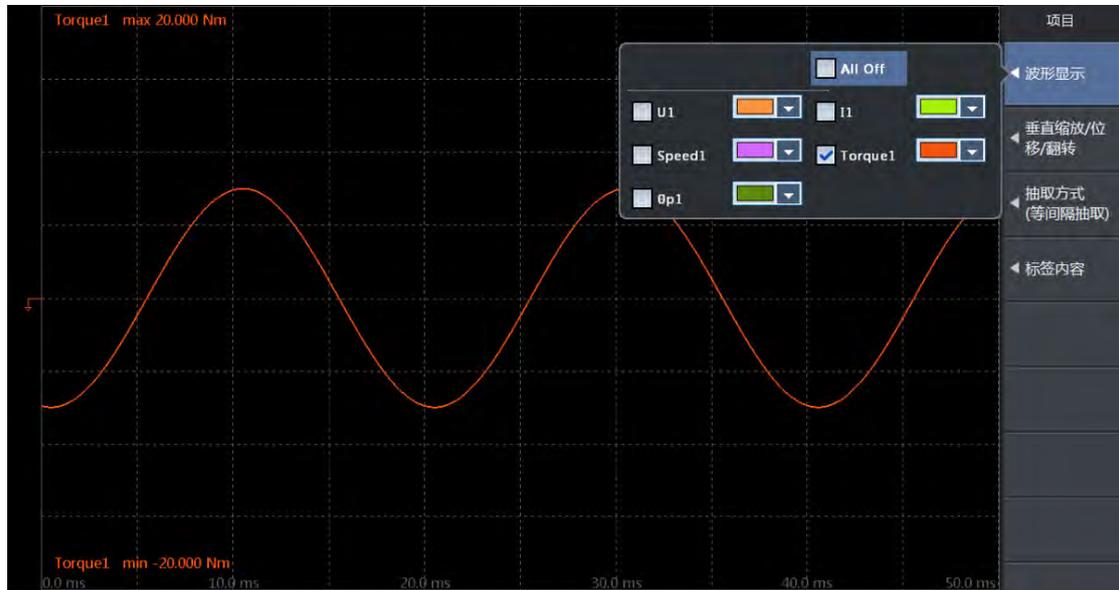


图 21.24 波形显示视图

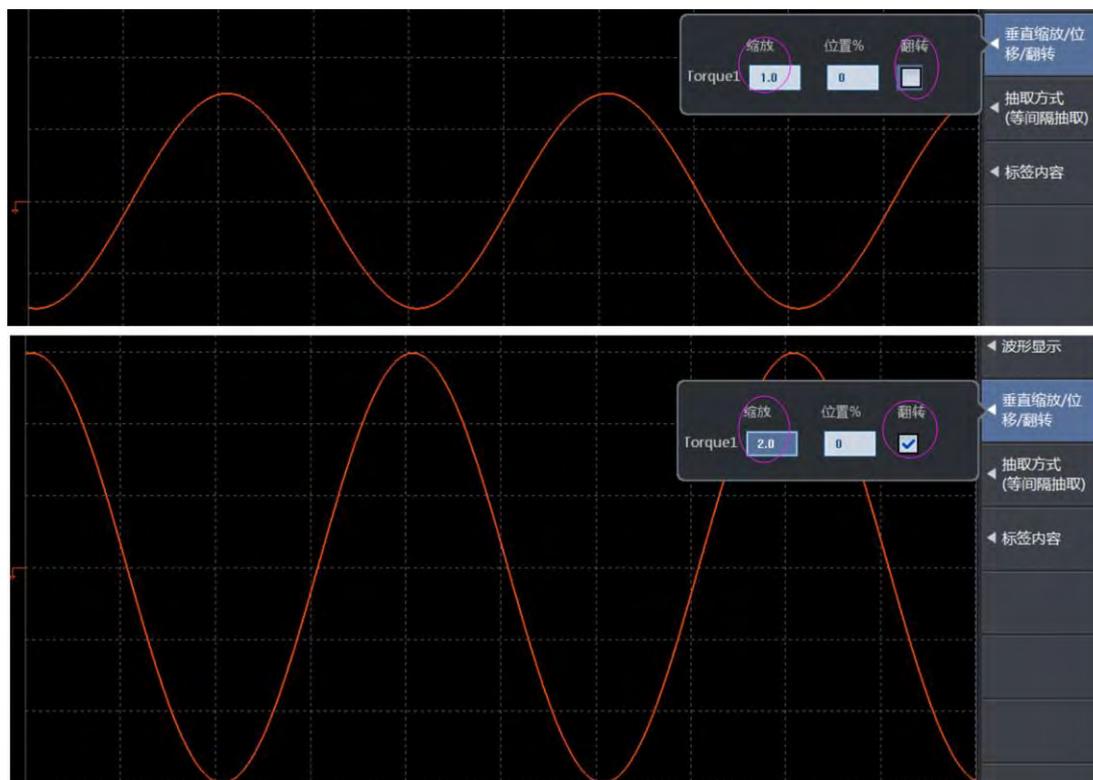


图 21.25 垂直缩放/位移/翻转对比

如果需要进一步设置波形显示的相关参数，可在波形显示时按下前面板的 Form 键，

在弹出的显示格式菜单里进行设置，如图 21.26 所示。电机测量功能的波形显示格式设置的操作方法和“波形显示”节的相关内容基本相同，此处不再赘述。

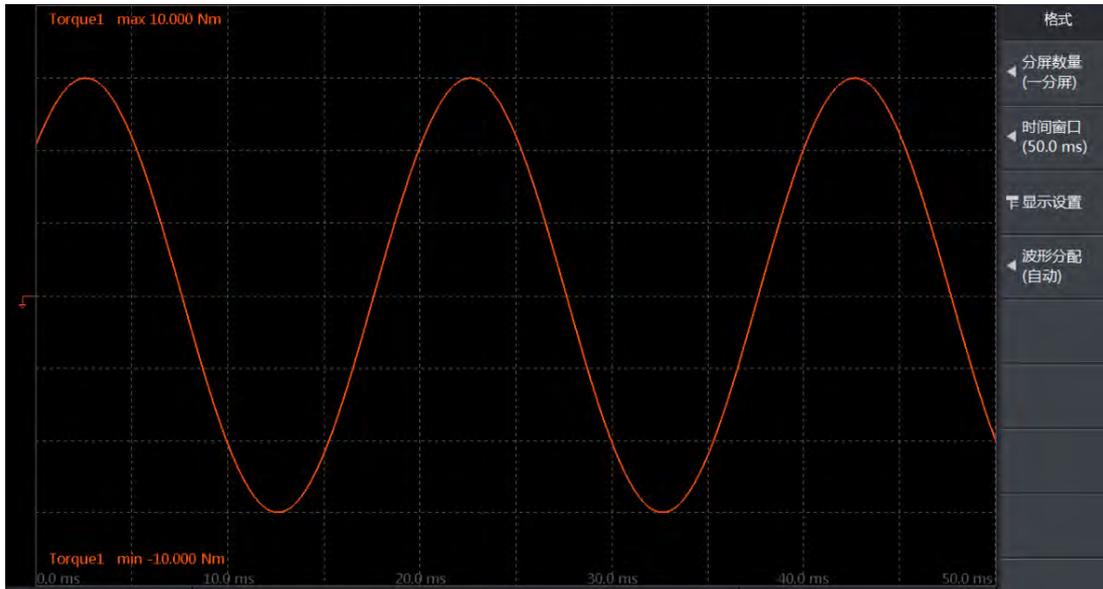


图 21.26 波形显示相关参数的配置

### 21.3 注意事项

IEC 谐波测量模式、电压波动和闪烁测量模式及周期分析模式下不能使用电机测量功能。

## 22. 存储数据

### 22.1 功能简介

用户可将测量过程中的波形数据、数值数据、测量配置信息保存为文件并存储到各个存储介质上，此外还可从各存储介质上的文件里读取存储的数据。

### 22.2 操作步骤

#### 22.2.1 选择运行模式

在前面板按下 Store 键，显示菜单如图 22.1 所示。用户可选择运行模式为存储或回读模式。

运行模式为存储模式。在存储模式下，用户可将数据存储为文件。在存储菜单里，可执行“存储开始”操作、“存储暂停”操作、“存储结束”操作、“存储设置”操作；此外，如果仪器通过 USB 接口连接了外部 GPS 设备，则可通过 GPS 设备校正时间。

运行模式为回读模式。常规测量暂停，用户可从文件里读取数值数据和波形数据。



图 22.1 存储功能菜单

#### 22.2.2 运行模式为存储

##### 1. 进入存储菜单

在如图 22.1 所示存储菜单里，可执行开始存储、暂停存储、结束存储操作，在单帧存储模式时可执行逐帧存储，下面分别叙述。

##### 2. 开始存储

启动存储。在如图 22.1 所示存储菜单里按下“开始”软键，则按照存储设置启动存储，存储项数据被自动保存到存储介质。保存到存储介质的数据不受掉电影响。

##### 3. 暂停存储

暂停存储。在如图 23.1 所示存储菜单里按下“暂停”软键，则按照存储设置暂停当前的存储操作，直至用户执行“开始”操作，则存储又恢复，存储项数据被追加存储至当前存储

文件中。单帧存储模式下不支持暂停存储。

#### 4. 存储本帧

在单帧存储模式下，用户可在如图 22.1 所示单帧存储菜单按下“存储本帧”软键，每次按一次则存储一帧。

#### 5. 结束存储

结束存储。在如图 22.1 所示存储菜单里按下“结束”软键，则关闭当前的存储文件和存储操作。

#### 6. 存储设置菜单

存储操作前须设定参数。在如图 22.1 所示存储菜单里，按下“设置”软键，进入存储设置菜单，不同的存储模式则对应的存储设置菜单不同，如图 22.2 所示。须注意的是，在执行存储设置操作之前，必须执行“结束存储”操作，如图 22.1 所示。



图 22.2 存储设置菜单

#### 7. 存储模式

按下如图 22.2 所示菜单里的存储模式软键，弹出存储模式选择对话框如图 22.3 所示，用户可通过菜单操作旋钮选择存储模式。



图 22.3 存储模式选择

对存储模式的说明如下：

- 手动。启动存储后，以指定的存储间隔和存储次数存储数值数据或波形数据；
- 定时。启动存储后，到预约的存储开始时间，以指定的存储间隔和存储次数存储数值数据或波形显示数据，到预约的存储结束时间则停止存储；
- 积分。启动存储后，积分开始时，以指定存储间隔和存储次数(或到积分结束)存储数值数据或波形数据；
- 触发。启动存储后，出现符合设定触发条件时，以指定存储间隔和存储次数存储数值或波形数据；
- 单帧存储。在用户控制下，逐帧存储。

## 8. 定时设置

如果选择存储模式为定时模式，则须设置存储开始和结束时间。当到存储开始时间，则自动开始存储当前显示的数据直至存储结束时间。

在如图 22.2 所示存储设置菜单里，按下“定时设置”软键，设置存储定时，弹出对话框如图 22.4 和 图 22.5 所示。用户可通过设置时间长度来确定定时时间，也可直接设置存储操作的起止时间作为定时。



图 22.4 时间设置(时间长度)



图 22.5 时间设置(起止时间)

起止时间单位为年、月、日、时、分、秒。设定时:分:秒须注意确保在 00:00:00~23:59:59 的范围内设置，此外须确保存储结束时间晚于开始时间。

注：系统会自动判断是否闰年，菜单中的 2 月份是否有 29 日。

## 9. 触发参数设置

如果选择存储模式为触发，则需设置触发参数。在如图 22.2 所示存储设置菜单里，按下“触发”软键，显示如图 22.6 所示的触发设置菜单(根据触发源数据的不同，触发设置菜单也不同)。

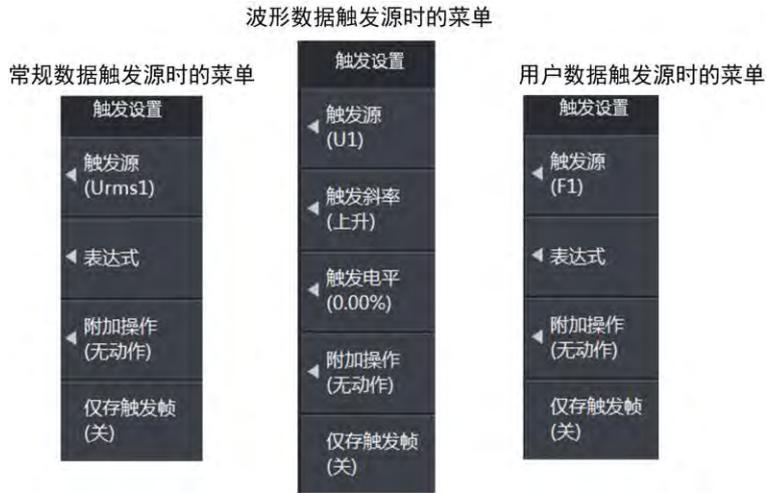


图 22.6 触发参数设置

(1)触发源选择

用户可选择常规数据、波形数据、用户数据三类数据作为触发源，如图 22.7 所示。选择触发源时须选择触发源数据所在功率单元通道。通道 1~通道 7 分别对应输入单元 1~7。

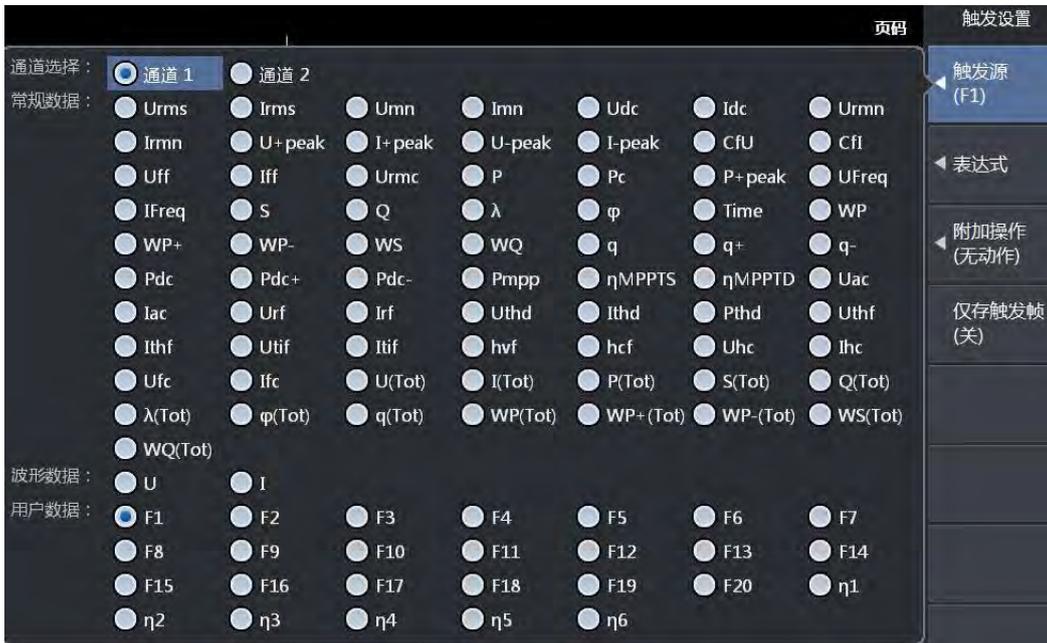


图 22.7 触发源

(2)表达式

常规数据触发类型和用户数据触发类型下，触发数据为数据值，用户可设置当数据 > 或 < 或 ≥ 或 ≤ 或 ≠ 某值时触发，在图 22.6 所示的常规数据和用户数据触发设置菜单按下“表达式”软键，可设置触发表达式，如图 22.8 所示。



图 22.8 常规数据触发类型下的触发条件

### (3) 触发斜率和触发电平

当选择触发数据源为波形数据时，用户可设定在波形信号的斜率或电平达到某值时产生触发。在图 22.6 所示波形数据触发设置菜单按下触发电平和触发斜率软键，分别显示对话框如图 22.9 所示。



图 22.9 斜率和触发电平设置

### (4) 附加操作

用户可选择触发时执行的操作。在图 22.6 所示触发菜单按下“附加操作”软键，显示附加操作对话框如图 22.10 所示，用户可配置触发时的动作：

- 保持。触发时，功率分析仪进入保持状态，等效于按下前面板上的 Hold 键；
- 截图。触发时，执行一次截图操作，等效于按下前面板上的 Capture 键；
- 保持+截图。触发时，同时执行保持和截图操作。



图 22.10 附加操作对话框

### (5) 仅存触发帧

当触发时，可一直保存数据帧直至结束存储；也可每触发一次则保存一个触发数据帧。在图 22.6 所示触发菜单按下“仅存触发帧”软键，切换“仅存触发帧”的开启状态。

注意：存储触发参数的设置是独立的，不受其它功能模块的触发参数设置影响(例如波

形显示触发参数设置)。

## 10. 存储项

用户可直接指定存储的数据项，在如所示存储设置菜单里，按下“存储项”软键，显示存储项选择对话框，如图 22.11 所示。



图 22.11 存储项

## 11. 文件设置

用户在执行数据存储操作前，需要预先指定存储文件的类型、名称、路径、文件大小；存储操作开始后，数据会被存储至预先指定的存储文件内。

### (1) 文件类型

存储文件有两种类型供选择，分别是.pad 类型和.csv 类型，说明如表 22.1 所示。在如图 22.1 所示存储设置菜单里，按下“文件类型”软键，弹出文件类型对话框。

表 22.1 文件类型说明

文件类型	数值类型	说明
.csv	数值数据或波形显示数据保存为 ASCII 格式	存储速度较慢，文件体积较大，但文件可在 PC 上用 Excel 等软件直接编辑并阅读
.pad	二进制格式	存储速度较快，文件体积小。仅可使用功率分析仪上位机软件阅读和编辑、本仪器上回读

### (2) 文件名称

用户可指定文件名称生成规则。在如所示存储设置菜单里按下“文件名”软键，弹出对话框，用户可在对话框设置文件命名规则，如图 22.12 所示：

- 固定。启用该命名规则后，用户须自行命名新存储文件，文件名在如图 22.12 所示的文件名输入框里输入自定义文件名；
- 时间。启用该命名规则后，仪器会直接使用生成存储文件的时间来命名文件；
- 自增。启用该命名规则后，仪器会在固定文件名添加后缀，后缀格式为\_n，其中 n 为数字。



图 22.12 文件名设置

### (3)文件路径

在如图 22.2 所示存储设置菜单里按下“文件路径”软键，弹出对话框，用户可在对话框里设置文件的存储路径，如图 22.13 所示。

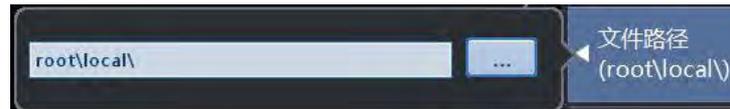


图 22.13 文件路径

### (4)文件大小

用户可控制单个存储文件的大小。在如图 22.2 所示存储设置菜单里按下“文件大小”软键，弹出对话框，用户可在对话框里设置存储文件的大小以及存储帧数，如图 22.14 所示。文件最大为 50MB，可保存存储帧的最大数目为 200 帧。



图 22.14 文件大小

## 12. 连续存储

用户可以指定当存储内容达到存储文件的上限时，是否再生成新的存储文件来存储数据。在如图 22.2 所示存储设置菜单中按下如图 22.15 所示“连续存储”软键，可在弹出的对话框里设置连续存储操作的开或关。

如果选择开启连续存储，那么当存储的数据达到 50MB，会再建立一个文件来存储，也就是不断建立新文件来存储数据；如果选择关闭连续存储，则只使用一个文件来存储数据，也就是说，最多只存储单个文件大小的数据。



图 22.15 连续存储操作

## 13. 文件格式

当存储文件类型为 CSV，并且存储谐波数据或波形数据时，用户可设定谐波数据或波形数据的存储位置，在如图 22.2 所示存储设置菜单中按下“文件格式”软键，显示对话框如图 22.16 所示。

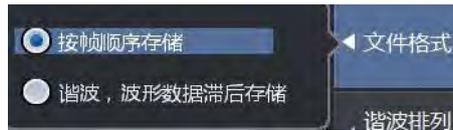


图 22.16 文件格式

当选择“谐波, 波形数据滞后存储”，每一帧的谐波数据、波形数据将和常规测量数据分开存储；当选择“按顺序存储”，谐波数据、波形数据将和常规测量数据一起存储。

以 CSV 存储格式的存储文件为例说明。如图 22.17 所示，选择“谐波, 波形数据滞后存储”，此时每帧的常规测量数据集中存储，而谐波数据和波形数据存储于文件尾部。

如图 22.18 所示，选择“按顺序存储”，此时常规测量数据、谐波数据、波形数据集中存储在一帧内。

Store No.	Date	Time	MilliSecc	Integ-Tim	Urms1	Urms2	Urms3	Urms4	Irms1	
0	#####	8:54:49	687ms	0:00:00	0.546395	0.6979	0.807939	2.640682	0.010876	
1	#####	8:54:49	734ms	0:00:00	0.548991	0.697274	0.807281	2.634941	0.010891	
2	#####	8:54:49	781ms	0:00:00	0.545255	0.692273	0.805546	2.635589	0.010892	
3	#####	8:54:49	843ms	0:00:00	0.546238	0.69769	0.805721	2.637442	0.010887	
4	#####	8:54:49	890ms	0:00:00	0.545361	0.69222	0.804816	2.637316	0.01087	
5	#####	8:54:49	937ms	0:00:00	0.544582	0.693383	0.806916	2.639426	0.01087	
*****										
第0帧	Store No.	0	Date	#####	Time	8:48:51	453ms	Integ-Tim	0:00:00	
	<Harmonics Data> 谐波数据									
	<Wave> 波形数据									
	U1	-0.85724	-0.10715	-0.85724	0	-0.85724	0	-0.21431	-0.85724	0.107154
	I1	0.009037	0.013289	0.007973	0.013289	0.009568	0.014352	0.012757	0.009037	0.009037
	U2	-1.07154	-0.32146	-1.1787	-0.10715	0.107154	-0.96439	-0.21431	-0.85724	-0.32146
	I2	0.004252	0.000532	0.000532	0.003721	-0.00053	0.005847	0	0.003721	0.004252
	U3	-1.1787	-0.10715	-0.32146	-1.07154	-0.32146	-1.1787	-1.1787	-0.10715	-1.28585
	I3									

图 22.17 常规数据和谐波数据、波形数据分开存储

***** 存储帧0							
Store No.	0	Date	2014-5-21	Time	8:49:43	234ms	
<Data>							
常规测量数据	Urms1	Urms2	Urms3	Urms4	Irms1	Irms2	Irms3
	0.548211	0.699419	0.796098	2.654599667	0.010911	0.002528	0.009736
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
	0	0	0	0	0	0	0
<Motor Data>							
	Speed	Torque	Theta	SyncSp	Pm	Slip	
	0.274192	0.285761	NaN	NaN	0.008205	NaN	
<Harmonics Data>							
<Wave>							
谐波与波形数据	U1	-1.07154	0	-0.85724	0.107154414	-0.85724	0.107154
	I1	0.012757	0.008505	0.008505	0.012225897	0.007973	0.011694
	U2	0.107154	-1.1787	-0.32146	-1.07154417	-0.10715	-1.07154
	I2	0.003721	-0.00159	0.000532	0.004784047	0.005316	0
	U3	-0.96439	-0.32146	-0.32146	-1.07154417	-0.32146	-1.07154
	I3	-0.00797	-0.01116	-0.01223	-0.00744185	-0.0085	-0.01116

图 22.18 常规数据、谐波数据、波形数据存储在一帧内

#### 14. 谐波排列

当选择文件类型为 CSV 并且文件内有谐波数据时，用户可选择 CSV 文件内谐波数据的排列方式为纵向或横向。在如图 22.2 所示存储设置菜单中按下“谐波排列”软键，显示对话框如图 22.19 所示。谐波数据横向排列示例如图 22.21 所示，谐波数据纵向排列如图 22.20 所示。

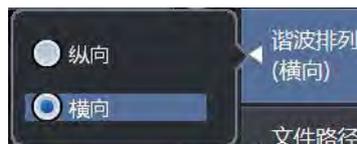


图 22.19 谐波排列设置

```

244 <Harmonic Data>
245      U(k)1      I(k)1      U(k)2      I(k)2
246      0 2.615832 0.001667 0.974717 -0.00039
247      1 240.529 0.000005 0.00799 0.000002
248      2 0.129754 0.000004 0.001994 0.000002
249      3 13.7592 0.000004 0.00248 0.000002
250      4 0.042432 0.000006 0.002422 0.000003
251      5 0.51232 0.000004 0.001185 0.000003
252      6 0.049234 0.000004 0.001921 0.000002
253      7 1.873408 0.000003 0.001043 0.000003
254      8 0.069916 0.000003 0.001689 0.000003
255      9 3.354696 0.000004 0.002093 0.000003
256     10 0.113664 0.000004 0.001503 0.000003
257     11 3.084023 0.000005 0.001687 0.000003
258     12 0.064972 0.000005 0.001585 0.000003
259     13 1.249926 0.000005 0.001499 0.000001
260     14 0.025289 0.000004 0.001437 0.000002
261     15 2.803861 0.000006 0.001908 0.000003

```

图 22.20 谐波数据纵向排列示例

```

86 <Harmonic Data>
87 U(k)1      2.620358 240.3899 0.153785 13.80969 0.055784 0.509609
88 I(k)1      0.001662 0.000003 0.000003 0.000004 0.000003 0.000003
89 U(k)2      0.975954 0.008008 0.001686 0.001919 0.00176 0.001872
90 I(k)2     -0.00039 0.000002 0.000003 0.000003 0.000002 0.000002

```

图 22.21 谐波数据横向排列示例

## 15. 存储间隔

在如图 22.2 所示存储设置菜单中按下“存储间隔”软键，可设置每收到几个测量数据帧后开始存储，如图 22.22 所示。

当选择存储间隔为 0 帧时，则对每一个测量数据帧都执行存储操作。



图 22.22 存储间隔设置

### 22.2.3 运行模式为回读模式

#### 1. 进入回读模式

用户首先须选择运行模式为回读模式，如图 22.1 所示，此时显示菜单如图 22.23 所示。



图 22.23 回读模式菜单

#### 2. 载入存储文件

须选择回读的存储文件执行载入操作。首先,在如图 22.23 所示灰度模式菜单,按下“回读文件”软键,如图 22.24 所示,定位到指定的回读文件然后选中,如图 22.25 所示。用户可对选中文件执行转换为 CSV、删除、重命名、复制、剪切等操作。按下“确认选择”后,仪器显示存储文件的信息,如图 22.26 所示。



图 22.24 指定回读的存储文件

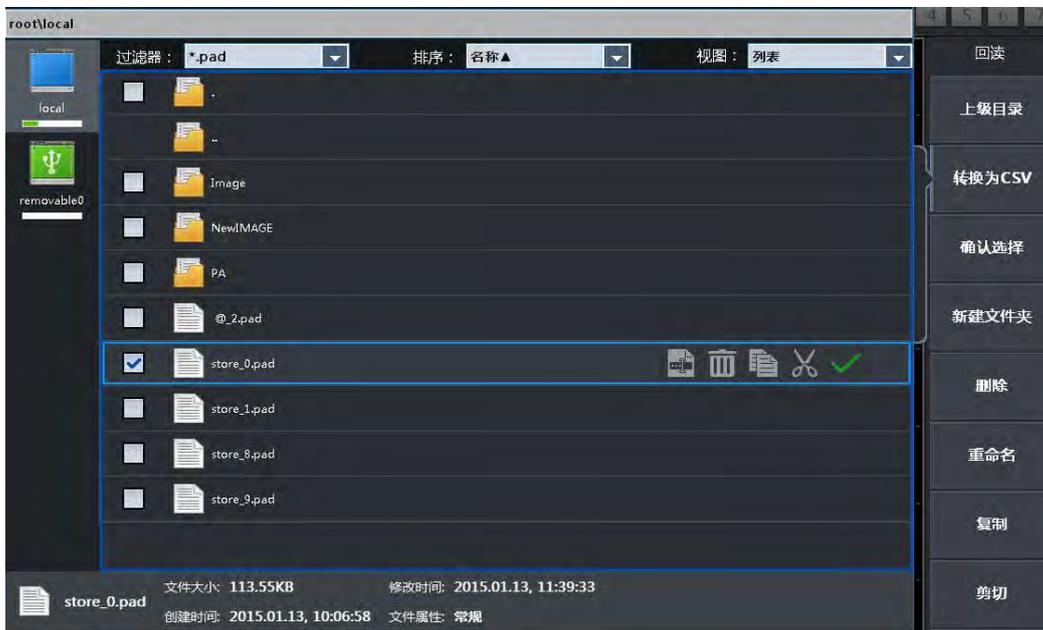


图 22.25 选择须回读的存储文件



图 22.26 回读文件信息

### 3. 回读帧

用户载入存储文件后可选择显示该文件中的指定帧,此时测量项的显示会更新为指定帧

内的存储值。在如图 22.22 所示回读模式菜单，按下“回读帧”软键，显示对话框如图 22.27 所示。



图 22.27 帧选择

#### 4. 存储项

若用户想了解当前存储文件保存的存储项，可在如图 22.23 所示回读模式菜单，按下“存储项”软键，用户可以看到文件保存的存储项在显示的存储项列表里勾选，如图 22.28 所示。

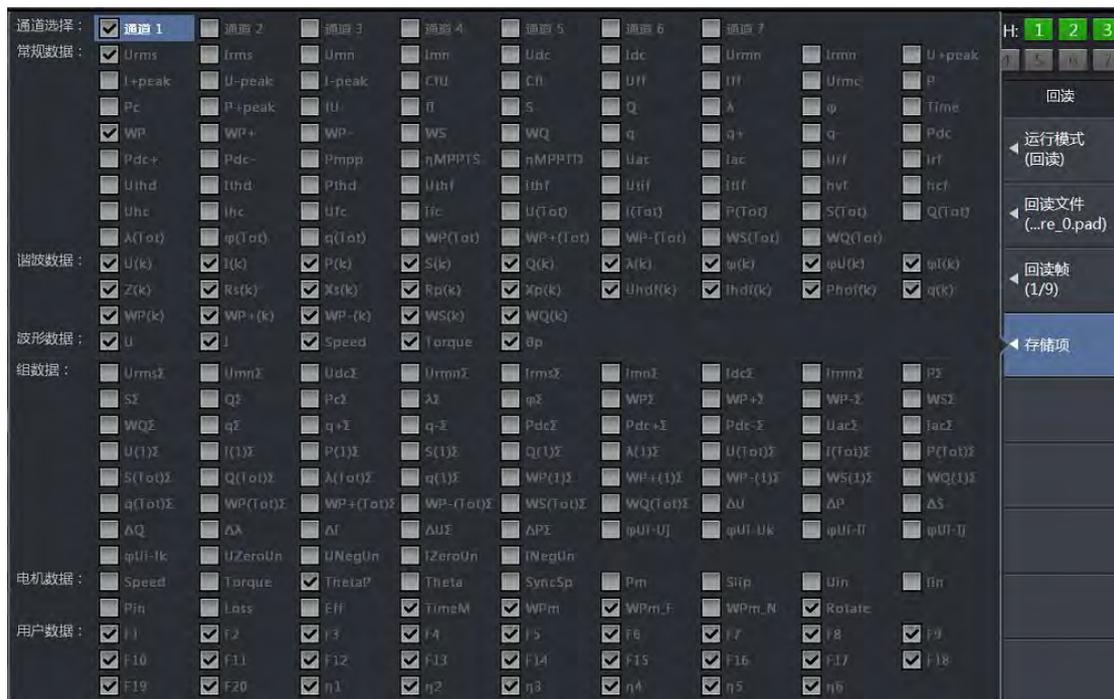


图 22.28 文件保存的存储项

## 23. 系统功能

用户可在仪器上执行或设置如下系统功能：日期/时间、按键锁、按键配置、显示器、捕获、语言、电源管理、触摸屏校准、文件管理、软件更新、网络、系统信息、存储数据、恢复出厂设置。系统设置菜单见图 23.1。



图 23.1 系统设置菜单

### 23.1 测量设置

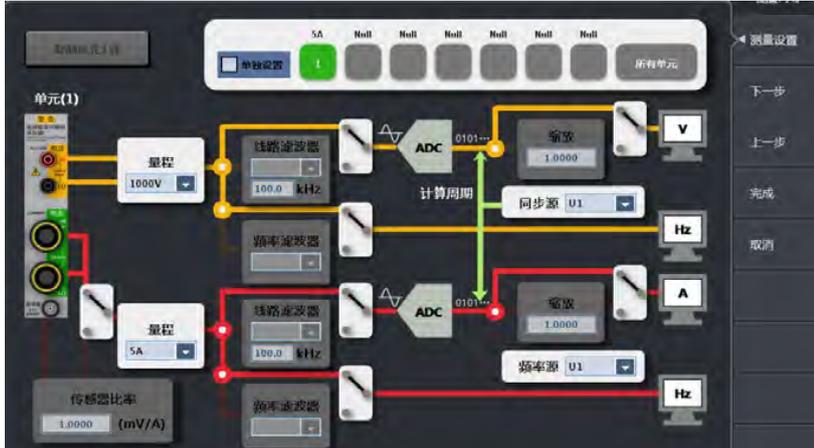
快捷实现板卡单独或统一测量参数设置，如电压/电流量程、同步源、滤波器、传感器比率，如图 5.3。

### 23.2 配置向导

用户可在配置向导菜单中依次完成以下设置：接线组设置、测量设置、更新率设置、谐波设置，点击“完成”按钮设置才生效，操作如表 23.1。

备注：配置向导功能只适用于常规模式设置。

表 23.1 配置向导操作表

序号	图片	设置项
①		接线组设置：显示的是当前配置信息
②		设置方法及功能可参考图 5.3
③		更新率设置
④		谐波设置

### 23.3 配置管理

用户可将对仪器功能参数的所有配置保存为配置文件，也可以从配置文件里读取对所有功能参数的配置。配置管理功能在系统功能菜单里的位置如图 24.2 所示。

### 1. 配置列表

用户可管理当前启用的配置与存储的其它配置。在如图 23.3 所示“配置管理”菜单下可完成现有配置的加载、删除、导出，如图 23.2 所示。

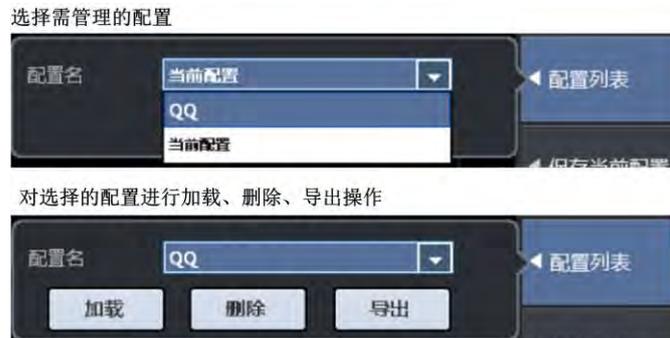


图 23.2 现有配置

### 2. 保存当前配置

用户可将当前的配置保存并命名，命名规则如下所述：

- 文件名长度为 1~255 个字符；
- 文件名中不能出现 \、/、\*、?、〈、〉、| 等字符，可以包含空格、下划线等；
- 不区分英文字母大小写。

仪器将配置文件保存在指定路径，用户不能选择保存路径。



图 23.3 配置管理

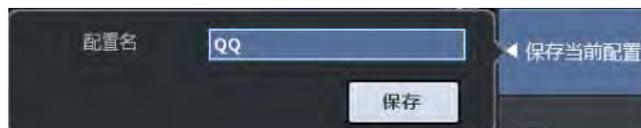


图 23.4 另存为

### 3. 导入

用户可读取并应用任意路径的配置文件中的配置信息，如图 23.5 所示。



图 23.5 导入配置信息

### 4. 恢复出厂设置

功率分析仪提供了恢复出厂设置功能供用户使用。用户可在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“恢复出厂设置”软键，弹出如图 23.6 所示恢复出厂设置对话框。



图 23.6 恢复出厂设置

用户在图 23.6 所示恢复出厂设置窗口，通过菜单操作旋钮选择是否执行恢复操作。

## 23.4 文件管理

用户可在功率分析仪上直接进行文件管理操作，包括：新建/删除文件夹、文件夹重命名、文件夹复制/剪切、后退到上一级目录、操作确认、格式化等。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“文件管理”软键弹出文件管理操作窗口如图 23.7 示。



图 23.7 文件管理

### 1. 过滤器

通过过滤器功能，可只显示指定类型的文件，如图 23.8 所示。例如，若选择图片，则只显示图片类型的文件。

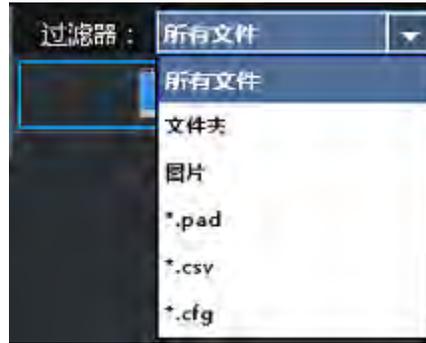


图 23.8 过滤器

## 2. 排序

用户也可按文件的名称、大小、修改日期、类型排序显示，如图 23.9 所示。



图 23.9 排序显示

## 3. 视图类型

用户可选择文件视图显示类型为列表或图标，如图 23.10 所示。



图 23.10 列表或图标

## 4. 磁盘格式化

用户可格式化内部磁盘和外部 U 盘。当在文件管理窗口选中磁盘或根目录时，显示格式化磁盘软键，如图 23.11 所示。



图 23.11 磁盘格式化

## 5. 弹出磁盘

当需要拔出外部 U 盘时，可在如图 23.11 所示的设置菜单里，按下“弹出”软键，之后可拔出外部 U 盘。

## 23.5 按键锁和按键配置

### 23.5.1 按键锁

设置按键锁可避免因疏忽大意导致的错误操作。

#### (1) 加锁

若没有开启按键锁功能，在图 23.12 所示系统设置菜单按下“按键锁”软键可弹出设置窗口。在设置窗口里按下“加锁”软键，即可设置按键锁控制码，如图 23.12 所示。



图 23.12 按键锁

按键锁控制码被用于解锁按键锁，长度为 0~260 个字符，为字母数字符号的任意组合。控制码可通过软键盘输入，也可以为空。设置控制码后，按键锁立即生效，此时，无论是本地操作仪器还是远程操作仪器，触摸屏和几乎所有按键均失效(仅 F4 键、两个菜单操作旋钮、ESC 键、Setting 键仍然有效)。

#### (2) 解锁

用户在按键锁解锁对话框输入按键锁控制码方可解锁。注意，此时用户只能使用菜单操作旋钮输入并确认按键锁控制码。

### 23.5.2 按键配置

按键配置包括 Shift 键锁和按键音设置。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“按键配置”软键弹出按键配置对话框如图 23.13 所示。

设定 Shift 键锁可降低频繁使用 Shift 键的次数。当 Shift 锁开启，按下 Shift 键则上档功能一直有效并且 Shift 键常亮直至用户再次按下 Shift 键；当 Shift 锁关闭，则按下 Shift 键后上档功能仅生效一次，之后 Shift 键自动熄灭。

在不需要按键音时，可以选择关闭按键音。



图 23.13 按键配置

## 23.6 语言

功率分析仪显示界面支持中英文。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“Language”软键，弹出设置窗口如图 23.14 所示。



图 23.14 菜单语言

## 23.7 日期/时间

用户可在日期/时间菜单里设置功率分析仪的系统时间和日期。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“日期/时间”软键弹出设置窗口如图 23.15 所示。在该窗口里，用户可以使用菜单操作旋钮来设置所需的日期和时间。



图 23.15 日期时间设置窗口

## 23.8 远程控制

功率分析仪支持远程控制功能。在远程控制功率分析仪前，须根据实际连接选择对应的远程控制通信接口。在图 23.1 所示设置菜单按下“远程控制”软键，显示可选的远程通信接口如图 23.16 所示，如果选择的通信接口与实际连接不一致，将可能导致远程通信失败。



图 23.16 远程控制接口选择

## 23.9 网络

功率分析仪可连接到以太网。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“网络”软键弹出网络参数配置窗口如图 23.17 所示。用户通过菜单操作旋钮可配置功率分析仪的 IP 地址、子网掩码、网关、DNS 服务器、IP 地址等网络信息。



图 23.17 网络参数配置

### 23.10 无线网络

在系统设置菜单里，用户可配置无线网络，令功率分析仪连接无线网络。按下如图 23.18 所示的无线网络，显示了当前检测到的无线网络信息。如果需要刷新当前可用无线网络显示，用户可按下图 23.18 “刷新网络”软键，刷新无线网络显示。



图 23.18 无线网络显示

当需要输入指定无线网络密码时，可双击须连接的无线网络，在弹出的对话框里输入无线网络的连接密码，如图 23.19 所示。

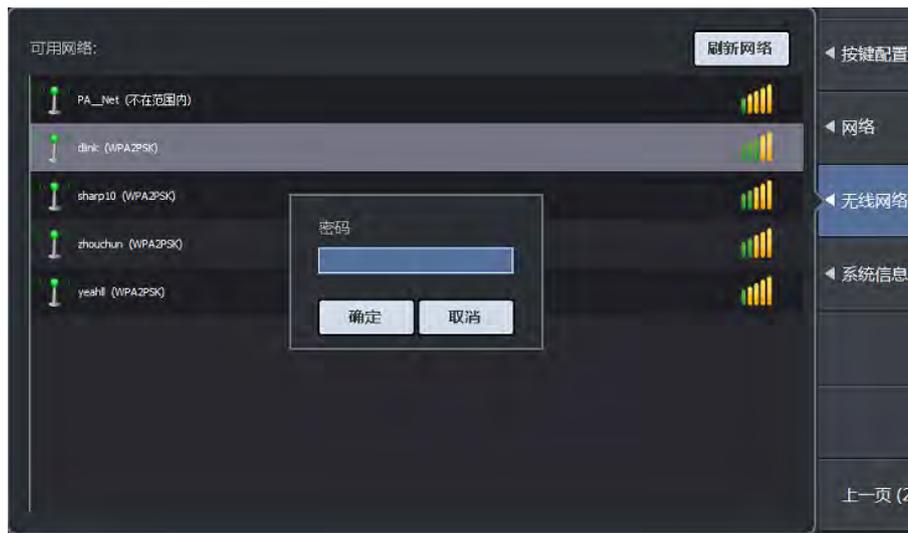


图 23.19 输入无线网络密码

当连接到无线网络后，会标记已连接的网络，如图 23.20 所示，已连接 Dlink 无线网络。

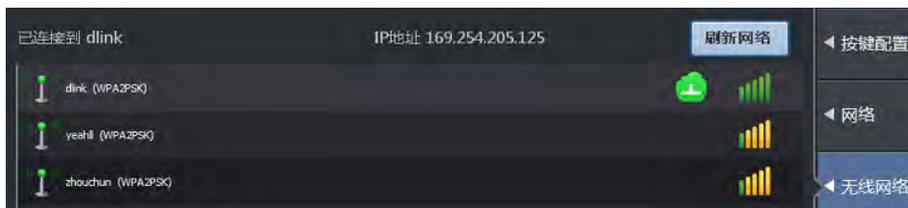


图 23.20 已连接 dlink 网络

### 23.11 软件更新

用户可将功率分析仪的软件更新包放入功率分析仪内；然后，通过功率分析仪提供的软

件更新功能，更新仪器的驱动、软件、FPGA 和 DSP 版本等。用户可在图 23.1 所示系统设置菜单里，选择存放更新软件包的路径找到更新软件包，然后按下“软件更新”软键，弹出如图 23.21 所示软件更新操作窗口。



图 23.21 软件更新操作

用户在如图 23.2 所示软件更新操作窗口，通过菜单操作旋钮选择软件更新包；然后执行更新操作。

### 23.12 系统信息

用户可通过系统信息功能了解到功率分析仪的硬件信息、FPGA 版本、DSP 版本、驱动版本、软件版本等信息。用户可在图 24.1 所示系统设置菜单里，按下“系统信息”软键即可弹出系统信息窗口，点击图 24.22 中“导出当前系统信息”按钮可导出当前系统信息并生成 SystemInfo.dat 文件。

	单元1	单元2	单元3	单元4	单元5	单元6	单元7	
采样频率	2MS/s	2MS/s	2MS/s	2MS/s	2MS/s	200KS/s	200KS/s	◀ 软件更新
校准日期	2018-11-07	2018-11-07	2018-11-07	2018-11-08	2018-11-08	2018-11-07	2018-11-07	◀ 系统信息
校准有效期	2019-11-06	2019-11-06	2019-11-06	2019-11-07	2019-11-07	2019-11-06	2019-11-06	◀ 硬件自检
硬件类型	PH00-0116	PH00-0116	PH00-0116	PH00-0216	PH00-0216	MHCS-5000	MH12-8917	◀ 电源管理
硬件序列号	0607-0060	0607-0059	0607-0135	0607-0103	0607-0097	1709-0009	7709-0010	◀ 触摸屏校准
板卡类型	5710H-5A	5710H-5A	5710H-5A	5710H-50A	5710H-50A	LB-电机	LB-电机	◀ 系统信息
Card-45 版本	5.0.0.1239	5.0.0.1239	5.0.0.1239	5.0.0.1239	5.0.0.1239	4.0.0.1223	4.0.0.1223	◀ 电源管理
DSP 版本	2.2.8.1287	2.2.8.1287	2.2.8.1287	2.2.8.1287	2.2.8.1287	2.2.8.1287	2.2.8.1287	◀ 触摸屏校准
FPGA-7 版本	2.2.8.1330	2.2.8.1330	2.2.8.1330	2.2.8.1330	2.2.8.1330	2.2.8.1330	2.2.8.1330	◀ 触摸屏校准
背板版本	1.0.0.2848	功能选项 /RA/HM/IEC/FA/FFT/PA/MTR						◀ 触摸屏校准
软件版本	1.3.19.22787 (2019-1-16)		Interface Options/GPIB/LAN/VGA/USB/RS-232					◀ 触摸屏校准
设备编号	2018110517393600001	GPIB 版本		0.0.0.96				◀ 触摸屏校准
导出当前系统信息								上一页 (2/2)

图 23.22 系统信息

### 23.13 硬件自检

用户可对单元板卡、FPGA 背板、面板按键执行检查，观察这些部件是否正常工作：

- 单元板卡/FPGA 背板测试：按图 23.23 中开始自检按钮，执行自检，自检前界面会提示恢复出厂设置，自检结果会显示在显示框中，测试通过 CHn/FPGA-7 颜色显示绿色，测试失败，显示红色；点击 CHn 或者 FPGA-7 可查看详细自检信息。其中 n 是功率板卡的数量，范围 1~7。
- 面板按键测试：在该测试项目中，用户可按下前面板的按键，然后观察仪器显示的

按键信息是否与按键对应，如果退出按键测量，则按退出自检按钮。如图 23.25。

- 导出硬件记录：点击“导出硬件记录”，会在文件管理目录下生成 Mem\_XXX\_XXX.bin 文件，当仪器出现故障时，可发该文件给原厂；
- 导出 Log：点击“导出 Log”，会在文件管理目录下生成 Palog.bin 文件，当仪器出现故障时，可发该文件给原厂。



图 23.23 硬件自检界面



图 23.24 单元/FPGA 自检结果



图 23.25 面板按键测量结果

### 23.14 电源管理

功率分析仪内有风扇用于散热。用户可调节风扇的速度，以减少风扇产生的功耗、噪音；并可选择关闭功率分析仪的电源。

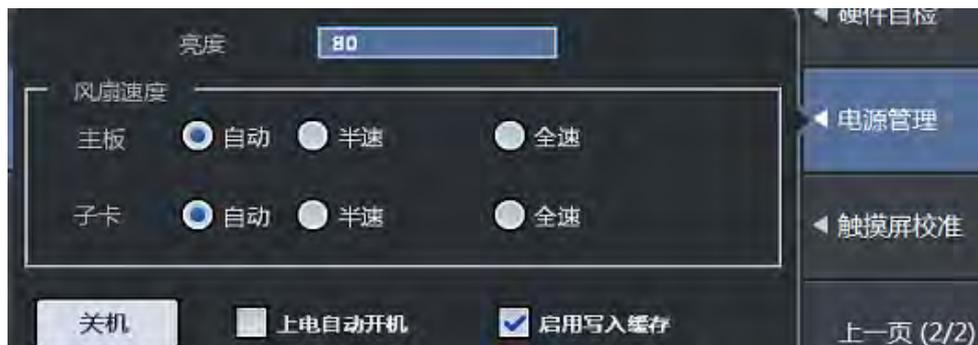


图 23.26 功率分析仪电源管理

如果令“上电自动开机”有效，则当仪器一通电就启动测量系统，无须再按下电源键。

另外，图 23.26 中，用户可设置屏幕亮度，默认 80，可设置值 60~100，步进 1。

最后，图 23.26 中，用户可设置是否开启“启用写入缓存”，默认是开启状态。通常系统集成客户是总开关控制测量系统，即硬关机断电，等同于意外断电，为最大程度的保证数据保存的完整性，不建议启用写入缓存。

### 23.15 触摸屏校准

在第一次使用使用功率分析仪触摸屏功能前，用户须对触摸屏进行校准。系统设置里提供了触摸屏校准功能。在图 23.1 所示系统设置菜单里，按下“触摸屏校准”软键弹出触摸屏校准设置窗口如图 23.27 所示，之后用户根据系统提

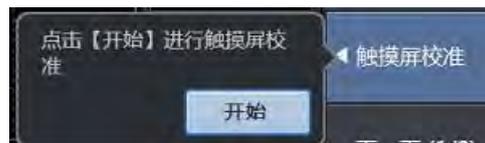


图 23.27 触摸屏校准

示进行触摸屏校准操作。

### 23.16 捕获

功率分析仪提供了捕获截图功能，方便用户通过图片保存仪器显示的重要信息。在使用捕获功能前，须完成捕获参数设置等。按下前面板的 Shift 键和 Capture 键或双击 Capture 键，进入 Capture set 捕获参数设置界面如图 23.28 所示。



图 23.28 捕获设置

用户通过菜单操作旋钮可在如图 24.28 所示窗口里完成捕获参数的设置，设置完后按前面板 ESC 键返回，设置生效。此时，用户可以通过前面板上的 Capture 键执行捕获操作，捕获得到的截图保存至用户在图 24.28 所设置的图片保存目录里。对捕获参数说明如表 23.2 所示。

另外，可对捕获的图片进行编辑，如图 23.29。

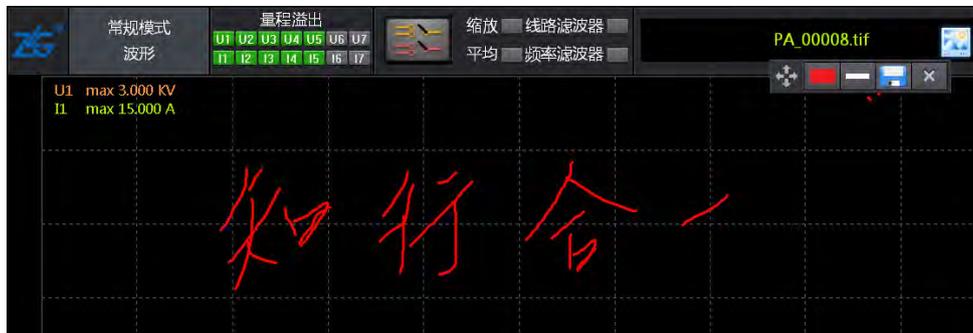
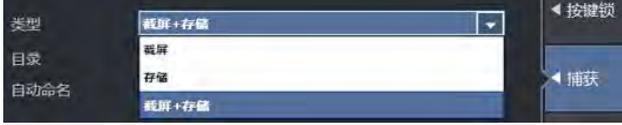
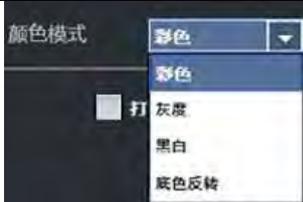
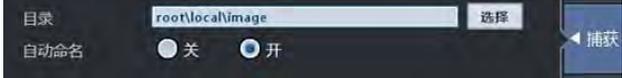
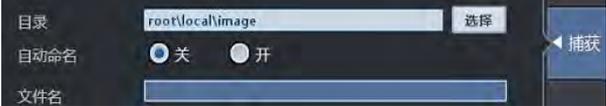
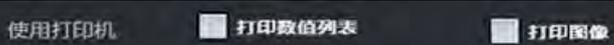


图 23.29 捕获的图片进行可编辑

表 23.2 捕获参数说明

图片示意	参数设置说明
	<p>设置前面板捕获键(Capture 键)的功能是截屏、存储、截屏与存储:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 截屏。将当前显示内容截图并保存到指定目录</li> <li>● 存储。根据图 22.1 所示存储菜单的存储设置, 存储一帧数据(按一次 Capture 键则存储一帧)</li> </ul>
	<p>设置截图生成图片使用的图片格式</p>
	<p>设置生成图片的颜色模式</p>
<p>自动命名开示意图</p> 	<p>用户可选择生成的文件是否自动命名 自动命名 如果选择“自动命名”, 则文件以编号命名(编号格式为: PA_0XXXXX .扩展名, 其中 X 是 0~9)。每生成一个新文件则文件名编号递增, 例如: PA_000001.jpg、PA000002.jpg</p>
<p>自动命名关示意图</p> 	<p>自定义文件名 用户须自行命名新文件, 在文件名输入框里输入自定义文件名</p>
<p>隐藏菜单</p> 	<p>当勾选“隐藏菜单”, 右侧菜单会在截图时消隐, 若菜单弹出有配置框时, 菜单不会自动消隐; 当不勾选“隐藏菜单”, 则当前显示内容全部截图</p>
<p>使用打印机</p> 	<p>勾选打印图像 勾选打印图像则在按下 Capture 按键时打印当前生成截图的文件 勾选打印数值列表 勾选打印数值列表则在按下 Capture 按键时打印 Urms、Umn、Udc、Urmn、Irms、Imn、Idc、Irmn 等常规测量数据</p>

### 23.17 Help 键

按下前面板的 Help 按键，可弹出帮助信息。当前显示界面为设置界面时按下 Help 键会弹出当前选中项目的帮助信息，如图 23.30 所示。当前显示界面如果不是设置界面，按下 Help 键则弹出对 Help 键的使用提示信息，如图 23.31 所示。



图 23.30 设置选项帮助信息

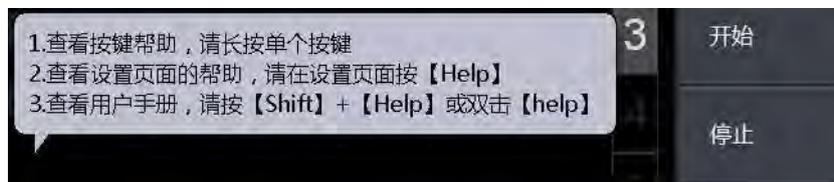


图 23.31 Help 键的帮助信息

## 24. 异常处理/维护

### 24.1 异常处理

发生异常时，当屏幕上显示提示信息，请对照从下页开始的内容；需要服务或按照以下处理方法仪器仍然无法恢复正常时，请联系致远公司进行处理，可拨打致远全国销售与服务免费服务热线：400-888-4005 进行维修或提供技术支持。

表 24.1 异常处理表

症状	处理方法
打开电源后屏幕无任何显示	请确保电源线与主机电源接口、电源插座连接正常
	请将电源电压设置在允许范围内
	请确认显示设置
	请确认保险丝是否熔断
显示的数据不正确	请确认仪器环境温度和湿度是否符合规格
	请确认是否有噪声影响
	请确认测试线的接线
	请确认接线方式
	请确认线路滤波器是否设在 OFF
	请确认测量区间的设置
	请重启电源
操作键失灵	请确认锁键是否关闭
	操作键测试，如果测试失败，需要维修服务
触发失灵	请确认触发条件
	请确认触发源是否有输入
无法识别存储介质	请确认存储介质的格式。如有需要，对存储介质进行格式化
	存储介质可能受损
无法将数据保存至已选介质	如有需要，对存储介质进行格式化
	请确认存储介质的剩余容量。根据需要删除不需要的文件或换一个新介质
无法通过通信接口设置或控制操作	请确认 GPIB 地址或串行口信息设置是否符合规格
	请确认接口是否满足电气机械的规格

### 24.2 推荐部件更换周期

以下易磨损部件建议定期更换，关于部件更换，请联系广州致远。

表 24.2 推荐更换配件周期表

部件名称	建议更换周期
风扇	3 年
备用电池	3 年

## 25. 规格

### 25.1 输入参数

#### 25.1.1 输入端子类型

表 25.1 输入端子类型

参数描述		
电压	插入式安全端子（香蕉插座）	
电流	直接输入	插入式安全端子（香蕉插座）
	传感器输入	安全 BNC 端子

#### 25.1.2 输入类型

表 25.2 输入类型

参数描述	
电压	浮地输入、电阻分压输入
电流	浮地输入、分流器输入

#### 25.1.3 输入单元数量

表 25.3 输入单元数量

参数描述	
输入单元数量	最多支持 7 个输入单元，其中任意可选配功率和电机输入单元

#### 25.1.4 电压测量量程

表 25.4 电压测量量程

输入参数	参数描述		
电压测量量程(额定)	PA5000H	1.5V、3V、6V、10V、15V、30V、60V、100V、150V、300V、600V、1000V、1500V（峰值因数 1.33）	峰值因数为 3
	PA8000 PA6000H	15V、30V、60V、100V、150V、300V、600V、1000V、1500V（峰值因数 1.33）	
连续最大允许输入值	PA5000H	峰值 2100V 或 RMS 值 1500V，取两者较小值	
	PA8000 PA6000H	峰值 2000V 或 RMS 值 1500V，取两者较小值	
瞬时最大允许输入值(1s 或以下)	峰值 3000V 或 RMS 值 1600V，取两者较小值		
电压输入阻抗	输入电阻：约 2M $\Omega$ ，输入电容：约 10pF		

## 25.1.5 电流测量量程

表 25.5 5A 输入单元电流测量量程

直接输入 5A		
输入参数	参数描述	
电流测量量程（额定）	10mA、20mA、50mA、100mA、200mA、500mA、1A、2A、5A	峰值因数为 3
连续最大允许输入值	峰值 15A 或 RMS 值 6.5A，取两者较小值	
瞬时最大允许输入值 (1s 或以下)	峰值 22.5A 或 RMS 值 10A，取两者较小值	
电流输入阻抗	输入电阻：约 100mΩ，输入电感：约 0.07 μH	
传感器输入		
传感器输入量程（额定）	50mV、100mV、200mV、500mV、1V、2V、5V、10V	峰值因数为 3
连续最大允许输入值	峰值不得超过量程的 4 倍，有效值不得超过量程 2 倍	
瞬时最大允许输入值 (1s 或以下)	峰值不得超过量程的 5 倍，有效值不得超过量程 3 倍	
传感器输入阻抗	输入电阻：约 1MΩ，输入电容：约 45pF	

表 25.6 50A 单元测量量程

直接输入 50A		
输入参数	参数描述	
电流测量量程（额定）	1A、2.5A、5A、10A、25A、50A	峰值因数为 3
连续最大允许输入值	峰值 90A 或 RMS 值 55A，取两者较小值	
瞬时最大允许输入值(1s或以下)	峰值 100A 或 RMS 值 60A，取两者较小值	
瞬时最大允许输入值(20ms或以下)	峰值 300A	
电流输入阻抗	输入电阻：约 5mΩ，输入电感：约 0.07 μH	
传感器输入		
传感器输入量程（额定）	50mV、100mV、200mV、500mV、1V、2V、5V、10V	峰值因数为 3
连续最大允许输入值	峰值不得超过量程的 4 倍，有效值不得超过量程 2 倍	
瞬时最大允许输入值(1s或以下)	峰值不得超过量程的 5 倍，有效值不得超过量程 3 倍	
传感器输入阻抗	输入电阻：约 1MΩ，输入电容：约 45pF	

## 25.1.6 输入带宽

表 25.7 输入带宽

输入带宽	DC, 0.1Hz~5MHz	PA8000、PA5000H
	DC, 0.1Hz~2MHz	PA6000H

## 25.1.7 共模电压

表 25.8 共模电压

最大连续共模电压	1000Vrms
共模抑制比	120dB/50Hz

### 25.1.8 滤波器

表 25.9 滤波器

线路滤波器	可选择 OFF、1MHz、300kHz、100Hz~100kHz 步进 100Hz
频率滤波器	可选择 OFF、100Hz、500Hz、1kHz

### 25.1.9 量程切换

表 25.10 功率输入单元的量程切换

量程	可单独设置每个输入单元的量程	
自动量程	量程升档	U 和 I 的测量值超过额定量程的 108%
		峰值超过额定量程的 324%
	量程降档	U 和 I 的测量值低于额定量程的 30%
		峰值低于下档量程的 300%

表 25.11 电机输入单元的量程切换

量程	可单独设置电机输入单元的量程	
自动量程	量程升档	模拟信号测量值超过当前量程的 110%
	量程降档	模拟信号测量值低于当前量程的 30%

#### 25.1.10 A/D 转换器

表 25.12 A/D 转换器

型号	PA8000/PA6000H 系列	PA5000H 系列
A/D 转换器	18 位	16 位
采样率	约为 2MS/s	

## 25.2 显示器

表 25.13 显示参数

显示参数	参数描述
显示器	12.1"彩色液晶显示器
分辨率	1280×800 像素
触摸屏	支持触摸屏操作
显示更新率	与数据更新率相同

## 25.3 精度

### 25.3.1 基本精度

功率分析仪的测量精度是在以下条件给出：

温度：23±5° C。湿度：30~75%RH。输入波形：正弦波。共模电压：0V。线路滤波

器：OFF。 $\lambda$  (功率因数)：1。峰值因数：3。预热 30 分钟后。测量前执行手动校零。f 是频率。数据更新率：500ms。

其中读数误差公式中 f 的单位是 kHz。

表 25.14 PA5000H 系列 5A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	0.05+0.05	0.05+0.05
$0.1\text{Hz} \leq f < 30\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.08 + 0.10$
$30\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.08 + 0.10$
$45\text{Hz} \leq f < 66\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.05 + 0.05$
$66\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	$0.10 + 0.10$	$0.20 + 0.10$
$1\text{kHz} \leq f < 10\text{kHz}$	$0.15 + 0.10$	$0.30 + 0.10$
$10\text{kHz} \leq f < 50\text{kHz}$	$0.30 + 0.10$	$0.30 + 0.20$
$50\text{kHz} \leq f < 100\text{kHz}$	$0.50 + 0.30$	$0.70 + 0.50$
$100\text{kHz} \leq f < 500\text{kHz}$	$(0.004f+0.8) + 0.5$	$(0.02f-0.3) + 1.0$
$500\text{kHz} \leq f \leq 1\text{MHz}$	$(0.01f-2.2) + 1.0$	$(0.042f-12) + 2.0$

表 25.15 PA5000H 系列 50A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	0.05+0.05	0.05+0.05
$0.1\text{Hz} \leq f < 30\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.08 + 0.10$
$30\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.08 + 0.10$
$45\text{Hz} \leq f < 66\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.05 + 0.05$
$66\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	电压/传感器： $0.10 + 0.10$ 电流直接输入： $0.20 + 0.10$	$0.20 + 0.10$
$1\text{kHz} \leq f < 10\text{kHz}$	电压/传感器： $0.15 + 0.10$ 电流直接输入： $(0.10f + 0.2) + 0.10$	传感器： $0.30 + 0.10$ 电流直接输入： $(0.10f + 0.2) + 0.20$
$10\text{kHz} \leq f < 50\text{kHz}$	电压/传感器： $0.30 + 0.10$ 电流直接输入： $(0.10f + 0.2) + 0.10$	传感器： $0.30 + 0.20$ 电流直接输入： $(0.10f + 0.2) + 0.20$
$50\text{kHz} \leq f < 100\text{kHz}$	电压/传感器： $0.50 + 0.30$ 电流直接输入： $(0.10f + 0.2) + 0.10$	传感器： $0.70 + 0.50$ 电流直接输入： $(0.30f-9.5) + 0.50$
$100\text{kHz} \leq f < 200\text{kHz}$	电压/传感器： $(0.004f+0.8) + 0.5$ 电流直接输入： $(0.05f+5.0) + 0.5$	传感器： $(0.02f-0.3) + 1.0$ 电流直接输入： $(0.09f+11) + 1.0$
$200\text{kHz} \leq f < 500\text{kHz}$	电压/传感器： $(0.004f+0.8) + 0.5$	传感器： $(0.02f-0.3) + 1.0$
$500\text{kHz} \leq f \leq 1\text{MHz}$	电压/传感器： $(0.01f-2.2) + 1.0$	传感器： $(0.042f-12) + 2.0$

表 25.16 PA6000H 系列 5A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	0.05 + 0.05	0.05 + 0.10
0.1Hz ≤ f < 30Hz	0.03 + 0.05	0.08 + 0.10
30Hz ≤ f < 45Hz	0.03 + 0.03	0.05 + 0.05
45Hz ≤ f < 66Hz	0.01 + 0.02	0.01 + 0.03
66Hz ≤ f < 1kHz	0.03 + 0.03	0.05 + 0.05
1kHz ≤ f < 10kHz	0.10 + 0.05	0.15 + 0.10
10kHz ≤ f < 50kHz	0.20 + 0.10	0.30 + 0.20
50kHz ≤ f < 100kHz	(0.004f+0.4) + 0.2	(0.012f+0.1) + 0.3
100kHz ≤ f < 500kHz	(0.006f+0.2) + 0.5	(0.013f-0.7) + 1.0
500kHz ≤ f ≤ 1MHz	(0.014f-4.3) + 1.0	(0.044f-17.2) + 2.0

表 25.17 PA6000H 系列 50A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	0.05 + 0.05	0.05 + 0.10
0.1Hz ≤ f < 30Hz	0.03 + 0.05	0.08 + 0.10
30Hz ≤ f < 45Hz	0.03 + 0.03	0.05 + 0.05
45Hz ≤ f < 66Hz	0.01 + 0.02	0.01 + 0.03
66Hz ≤ f < 1kHz	电压/传感器: 0.03 + 0.03 电流直接输入: 0.06 + 0.05	传感器: 0.05 + 0.05 电流直接输入: 0.1+0.05
1kHz ≤ f < 10kHz	电压/传感器: 0.10 + 0.05 电流直接输入: 0.20 + 0.10	传感器: 0.15 + 0.10 电流直接输入: (0.1f+0.2) + 0.2
10kHz ≤ f < 50kHz	电压/传感器: 0.20 + 0.10 电流直接输入: 0.30 + 0.10	传感器: 0.30 + 0.20 电流直接输入: (0.1f+0.2) + 0.2
50kHz ≤ f < 100kHz	电压/传感器: 0.50 + 0.30 电流直接输入: (0.1f+0.2) + 0.10	传感器: (0.012f+0.1) + 0.3 电流直接输入: (0.3f-9.5) + 0.3
100kHz ≤ f < 200kHz	电压/传感器: (0.004f+0.8) + 0.50 电流直接输入: (0.05f+5) + 0.50	传感器: (0.013f-0.7) + 1.0 电流直接输入: (0.9f+11) + 1.0
200kHz ≤ f < 500kHz	电压/传感器: (0.004f+0.8) + 0.50	传感器: (0.013f-0.7) + 1.0
500kHz ≤ f ≤ 1MHz	电压/传感器: (0.01f-2.2) + 1.0	传感器: (0.044f-17.2) + 2.0

表 25.18 PA8000 系列 5A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	0.05 + 0.05	0.05 + 0.10
0.1Hz ≤ f < 30Hz	0.03 + 0.05	0.08 + 0.10
30Hz ≤ f < 45Hz	0.03 + 0.03	0.05 + 0.05
45Hz ≤ f < 66Hz	0.01 + 0.02	0.01 + 0.03

续上表

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
$66\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	$0.03 + 0.03$	$0.05 + 0.05$
$1\text{kHz} \leq f < 10\text{kHz}$	$0.10 + 0.05$	$0.15 + 0.10$
$10\text{kHz} \leq f < 50\text{kHz}$	$0.20 + 0.10$	$0.30 + 0.20$
$50\text{kHz} \leq f < 100\text{kHz}$	$0.50 + 0.30$	$(0.01f+0.2) + 0.3$
$100\text{kHz} \leq f < 500\text{kHz}$	$(0.005f+0.3) + 0.5$	$(0.011f-0.6) + 1.0$
$500\text{kHz} \leq f \leq 1\text{MHz}$	$(0.011f-3.2) + 1.0$	$(0.04f-16.1) + 2.0$

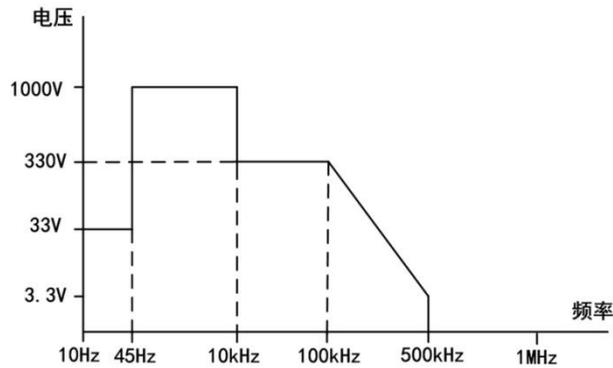
表 25.19 PA8000 系列 50A 功率单元测量精度

指标±(%读数+%量程)

输入信号频率范围	电流/电压/传感器	功率
DC	$0.05 + 0.05$	$0.05 + 0.10$
$0.1\text{Hz} \leq f < 30\text{Hz}$	$0.03 + 0.05$	$0.08 + 0.10$
$30\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	$0.03 + 0.03$	$0.05 + 0.05$
$45\text{Hz} \leq f < 66\text{Hz}$	$0.01 + 0.02$	$0.01 + 0.03$
$66\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	电压/传感器: $0.03 + 0.03$ 电流直接输入: $0.05 + 0.04$	传感器: $0.05 + 0.05$ 电流直接输入: $0.1+0.05$
$1\text{kHz} \leq f < 10\text{kHz}$	电压/传感器: $0.10 + 0.05$ 电流直接输入: $0.15 + 0.10$	传感器: $0.15 + 0.10$ 电流直接输入: $(0.1f+0.2) + 0.2$
$10\text{kHz} \leq f < 50\text{kHz}$	电压/传感器: $0.20 + 0.10$ 电流直接输入: $0.30 + 0.10$	传感器: $0.30 + 0.20$ 电流直接输入: $(0.1f+0.2) + 0.2$
$50\text{kHz} \leq f < 100\text{kHz}$	电压/传感器: $0.50 + 0.30$ 电流直接输入: $(0.15f-7.2) + 0.10$	传感器: $(0.01f+0.2) + 0.3$ 电流直接输入: $(0.3f-9.5) + 0.3$
$100\text{kHz} \leq f < 200\text{kHz}$	电压/传感器: $(0.004f+0.8) + 0.50$ 电流直接输入: $(0.07f+0.4) + 0.50$	传感器: $(0.011f-0.6) + 1.0$ 电流直接输入: $(0.9f+11) + 1.0$
$200\text{kHz} \leq f < 500\text{kHz}$	电压/传感器: $(0.004f+0.8) + 0.50$	传感器: $(0.011f-0.6) + 1.0$
$500\text{kHz} \leq f \leq 1\text{MHz}$	电压/传感器: $(0.01f-2.2) + 1.0$	传感器: $(0.04f-16.1) + 2.0$

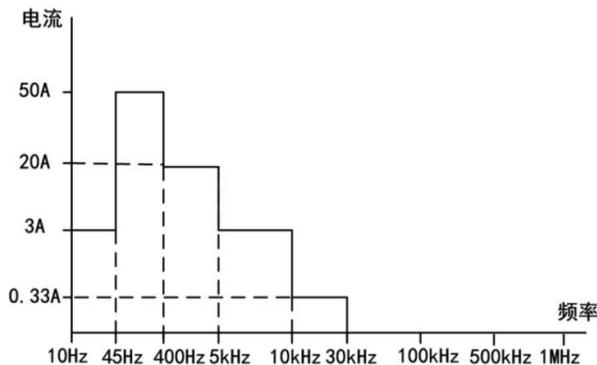
备注:

- 电压和电流信号测量的精度指标与输入的信号频率和幅值有关:
  - 0.1~10Hz 范围内的所有精度都是参考值
  - 电压精度:
    - ◆ 10Hz~45Hz 范围内, 电压超过 33V, 电压精度是参考值。
    - ◆ 10kHz~1MHz 范围内, 电压若超过 330V, 电压精度是参考值。
    - ◆ 100kHz~1MHz 范围内, 电压若超过 3.3V, 电压精度是参考值。
    - ◆ 500kHz~1MHz 范围内, 电压精度为参考值。



■ 电流精度:

- ◆ 10Hz~45Hz 范围内, 电流超过 3A, 电流精度是参考值。
- ◆ 400Hz~1MHz 范围内, 电流若超过 20A, 电流精度是参考值。
- ◆ 5kHz~1MHz 范围内, 电流若超过 3A, 电流精度是参考值。
- ◆ 10kHz~1MHz 范围内, 电流若超过 0.33A, 电流精度是参考值。
- ◆ 30kHz~1MHz 范围内, 电流精度是参考值。



- 波形显示数据、Upk 和 Ipk 的精度在上述精度加量程的 3%(参考值)。但是, 外部传感器输入精度加量程的 3%+5mV(参考值)。有效输入范围在±量程的 300%以内。
- DC 测量附加误差

PA5000H 系列

- DC 电压精度加 0.5mV, 功率精度加 0.5mV×电流读数
- 外部传感器输入电流精度加 50 μV, 功率精度加量程的 (50 μV/传感器量程) ×100%
- 5A 单元直接输入电流精度加 20 μA, 功率精度加 20 μA×电压读数
- 50A 单元直接输入电流精度加 1mA, 功率精度加 1mA×电压读数

PA8000/PA6000H 系列

- DC 电压精度加 0.5mV, 功率精度加 0.5mV×电流读数
- 外部传感器输入电流精度加 50 μV, 功率精度加量程的 (50 μV/传感器量程) ×100%
- 5A 单元直接输入电流精度加 5 μA, 功率精度加 5 μA×电压读数
- 50A 单元直接输入电流精度加 250 μA, 功率精度加 250 μA×电压读数

- 温度变化

PA8000 系列

- DC 电压精度加  $0.25\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。
- 电流直接输入的 DC 精度加以下数值。  
5A 输入单元:  $2\ \mu\text{A}/^\circ\text{C}$   
50A 输入单元:  $100\ \mu\text{A}/^\circ\text{C}$
- 外部电流传感器输入的 DC 精度加  $10\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。
- DC 功率精度: 电压附加误差  $\times$  电流的附加误差。

PA5000H/PA6000H 系列

- 电压 DC 精度加量程的  $0.3\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。
- 电流直接输入的 DC 精度加以下数值。  
5A 输入单元:  $20\ \mu\text{A}/^\circ\text{C}$   
50A 输入单元:  $1\text{mA}/^\circ\text{C}$
- 外部电流传感器输入的 DC 精度加  $50\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。
- DC 功率精度: 电压附加误差  $\times$  电流的附加误差。

- 输入信号自热的影响 (U 是电压 (单位 V)、I 是电流 (单位 A))

PA8000 系列

- 输入电压 AC 超过  $400\text{Vrms}$  时, 电压和功率精度增加读数  $2 \times 10^{-8} \times U^2\%$ 。
- 输入电压 DC 超过  $400\text{Vrms}$  时, 电压和功率精度增加读数的  $2 \times 10^{-8} \times U^2\% +$  量程的  $1 \times 10^{-8} \times U^2\%$ 。
- 5A 输入单元电流和功率精度  
输入 AC 电流时, 电流和功率精度加读数的  $7 \times 10^{-4} \times I^2\%$   
输入 DC 电流时, 电流和功率精度加读数的  $7 \times 10^{-4} \times I^2\% + 0.8 \times I^2\ \mu\text{A}$
- 50A 输入单元电流和功率精度  
输入 AC 电流时, 电流和功率精度加读数的  $7 \times 10^{-6} \times I^2\%$   
输入 DC 电流时, 电流和功率精度加读数的  $7 \times 10^{-6} \times I^2\% + 0.8 \times I^2\ \text{mA}$

PA5000H/6000H 系列

- 输入电压 AC 超过  $400\text{Vrms}$  时, 电压和功率精度增加读数  $10^{-7} \times U^2\%$ 。
- 输入电压 DC 超过  $400\text{Vrms}$  时, 电压和功率精度增加读数的  $10^{-7} \times U^2\% +$  量程的  $10^{-7} \times U^2\%$ 。
- 5A 输入单元电流和功率精度
- 输入 AC 电流: 读数的  $6 \times 10^{-3} \times I^2\%$
- 输入 DC 电流: 读数的  $6 \times 10^{-3} \times I^2\% + 4 \times 10^{-3} \times I^2\ \mu\text{A}$
- 50A 输入单元电流和功率精度
- 输入 AC 电流: 读数的  $6 \times 10^{-5} \times I^2\%$
- 输入 DC 电流: 读数的  $6 \times 10^{-5} \times I^2\% + 4 \times 10^{-3} \times I^2\ \text{mA}$

即使输入电流变小，自热影响也会一直作用到内部分流电阻温度下降。

- 数据更新率对精度的影响
  - 当数据更新率是 10ms 时，所有精度加读数的 0.5%。
  - 当数据更新率是 50ms 时，所有精度加读数的 0.1%。
  - 当数据更新率是 100ms 时，所有精度加读数的 0.05%。
- 小量程对精度的影响

#### PA8000/PA6000H 系列

- 5A 单元 10mA 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $10\text{mA} \times \text{读数} (\text{mA})^{-1} \times 0.005\%$
- 5A 单元 20mA 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $20\text{mA} \times \text{读数} (\text{mA})^{-1} \times 0.0015\%$
- 50A 单元 1mA 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $1\text{A} \times \text{读数} (\text{A})^{-1} \times 0.00125\%$
- 50A 单元 2.5A 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $2.5\text{A} \times \text{读数} (\text{A})^{-1} \times 0.0001\%$
- 外部传感器 50mV 量程：输入电压 RMS 值在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $50\text{mV} \times \text{输入电压} (\text{mV})^{-1} \times 0.0025\%$

#### PA5000H 系列

- 5A 单元 10mA 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $10\text{mA} \times \text{读数} (\text{mA})^{-1} \times 0.02\%$
- 5A 单元 20mA 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $20\text{mA} \times \text{读数} (\text{mA})^{-1} \times 0.003\%$
- 50A 单元 1A 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $1\text{A} \times \text{读数} (\text{A})^{-1} \times 0.005\%$
- 50A 单元 2.5A 量程：I<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $2.5\text{A} \times \text{读数} (\text{A})^{-1} \times 0.002\%$
- 外部传感器 50mV 量程：输入电压 RMS 值在允许的量程范围（1~110%），电流和功率精度加量程的  $50\text{mV} \times \text{输入电压} (\text{mV})^{-1} \times 0.0025\%$
- 1.5V 量程：U<sub>rms</sub> 在允许的量程范围（1~110%），电压和功率精度加量程的  $1.5\text{V} \times \text{读数} (\text{V})^{-1} \times 0.0003\%$

### 25.3.2 输入范围

输入信号幅值大小应该在允许的量程范围以内

- U<sub>dc</sub> 和 I<sub>dc</sub> 是量程的 0~±10%。
- U<sub>rms</sub> 和 I<sub>rms</sub> 是量程的 1~110%。
- U<sub>mn</sub> 和 I<sub>mn</sub> 是量程的 10~110%。
- U<sub>rmn</sub> 和 I<sub>rmn</sub> 是量程的 10~110%。

同步源电平应满足频率测量的输入信号电平。

### 25.3.3 输入显示值

- 最大显示值电压或电流额定量程的 140%
- 最小显示值 Urms、Uac 和 Irms、Iac 低至量程的 0.5%。
- Umn、Urmn、Imn、Irmn 低至量程的 1%。

### 25.3.4 线路滤波器的影响

- 截止频率(fc)为 100Hz ~ 100kHz 时  
电压/电流
  - 0.1Hz~fc/2: 读数的 $[(f/fc)^{4.2} \times 60\% + (f/1000\text{kHz})^2 \times 60\%]$
  - DC: 加量程的 0.05%
 功率
  - 0.1Hz~fc/2: 读数的 $[(f/fc)^{4.2} \times 120\% + (f/1000\text{kHz})^2 \times 120\%]$
  - DC: 加量程的 0.1%
- 截止频率(fc)为 300kHz 时  
电压/电流
  - 0.1Hz~fc/10: 读数的 $(f/300\text{kHz})^2 \times 60\%$
  - DC: 加量程的 0.1%
 功率
  - 0.1Hz~fc/10: 读数的 $(f/300\text{kHz})^2 \times 120\%$
  - DC: 加量程的 0.2%
- 截止频率(fc)为 1MHz 时  
电压/电流
  - 0.1Hz~fc/10: 读数的 $(f/1000\text{kHz})^2 \times 60\%$
  - DC: 加量程的 0.05%
 功率
  - 0.1Hz~fc/10: 读数的 $(f/1000\text{kHz})^2 \times 120\%$
  - DC: 加量程的 0.1%

### 25.3.5 角度误差（参考值）

输入波形：50Hz 正弦波。共模电压：0V。线路滤波器：OFF。数据更新率：500mS。

- $\pm[|\phi - \cos^{-1}(\lambda / 1.0002)| + 0.01]\text{deg}$

电压电流为额定量程

### 25.3.6 温度系数

- PA8000/PA6000H 系列：温度系数，加读数的  $\pm 30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。
- PA5000H 系列：温度系数，加读数的  $\pm 300\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

### 25.3.7 12 个月精度

12 个月精度：6 个月精度加(6 个月精度的读数误差 $\times 0.5$ )。

## 25.4 测量模式

表 25.20 测量模式

测量模式	描述
常规测量模式 (Normal Mode)	用于测量电压、电流、功率、波形运算和积分值。可以使用波形显示×8、柱状图显示×8、矢量显示×2、X-Y图×8
谐波测量模式 (Harmonic Mode)	可以对 1kHz 的基波频率信号进行多达 255 次的谐波测量。对基波频率高于商用电源频率的信号进行谐波测量时，请使用该功能。谐波显示×3
IEC 谐波测量模式	此模式可以符合 IEC61000-3-2 和 IEC61000-4-7 国际标准执行谐波测量
电压波动和闪烁测量模式 (Flicker Mode)	此模式可以符合 IEC61000-3-3 和 IEC61000-4-15 国际标准执行电压波动和闪烁测量
FFT 模式	此模式可以通过 FFT(快速傅立叶变换)显示输入信号的功率谱。请使用该模式检查输入信号的频率分布
周期模式	此模式可以测量交流输入信号各周期的电压、电流、功率及其它参数

## 25.5 测量项目

表 25.21 测量项目

项目	符号和含义	
电压(V)	Urms: 真有效值、Umn: 校准到有效值的整流平均值 Udc: 简单平均值、Urmn: 整流平均值 Uac: 去掉直流信号的电压有效值	支持同时测量, 峰值 因数最大 300
电流(A)	Irms: 真有效值、Imn: 校准到有效值的整流平均值 Idc: 简单平均值、Irmn: 整流平均值 Iac: 去掉直流信号的电流有效值	
有功功率(W)	P	
视在功率(VA)	S	
无功功率(var)	Q	
功率因数	$\lambda$	
相位差(°)	$\varphi$	
频率(Hz)	fU(FreqU): 电压频率、fI(FreqI): 电流频率	
电压的最大值和最小值(V)	U+pk: 电压最大值、U-pk: 电压最小值	
电流的最大值和最小值(A)	I+pk: 电流最大值、I-pk: 电流最小值	
峰值因数	CfU 电压峰值因数、CfI 电流峰值因数	
修正功率(W)	Pc(适用标准 IEC76-1(1976)、IEEE C57.12.90-1993、IEC76-1(1993))	
效率	效率 $\eta$ 测量	
积分	Time: 积分时间、WP: 正负瓦时之和 WP+: 正瓦时之和(消耗的功率量)、WP-: 负瓦时之和(返回到电网的功率量) q: 正负安时之和、q+: 正安时之和、q-: 负安时之和、WS: 伏安时、WQ: 乏时、通过设定电流模式选择 Irms、Imn、Idc、Iac 或 Irmn 进行安时积分	
自定义功能	用户自定义测量功能: F1~F20	

## 25.6 测量功能/测量条件

表 25.22 测量功能/测量条件

项目	规格
测量方法	数字乘法
峰值因数	系统默认为 3
测量区间	<p>区间由测量功能和运算决定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 测量区间由参考信号(同步源)的过零点决定 (瓦时积分值 WP、DC 模式期间的电流积分值 q 除外)</li> <li>• 谐波测量时,测量区间是从数据更新周期的起点,以谐波采样频率采集 8192 点的时间段</li> </ul>
接线方式	<p>可从以下 5 种接线方式中选择:</p> <p>1P2W(单相 2 线)、1P3W(单相 3 线)、3P3W(三相 3 线)、3P4W(三相 4 线)、3P3W(3V3A)(三相 3 线, 3 电压 3 电流测量)</p> <p>可选的接线方式取决于输入单元的安装数量</p>
补偿功能	接线补偿: 补偿因接线造成的仪器损耗、U-I 相位差补偿
比例系数	当仪器引入外部传感器、PT 或 CT 时,在 0.0001~99999.9999 的范围内设定电流传感器的换算比、PT 比、CT 比
输入滤波器	指定线路滤波器或频率滤波器
平均功能	<p>选择指数平均或移动平均</p> <p>指数平均: 2、4、8、16、32、64 中选择衰减常数</p> <p>移动平均: 8、16、32、64、128、256 中选择平均个数</p>
数据更新率	从 10ms、50ms、100ms、200ms、500ms、1s、2s、5s、10s、20s 中选择,同时支持 1ms~20s 之间自定义
显示更新率	与数据更新率相同
响应时间	与数据更新率相同
保持	保持数据显示
单次测量	在显示保持状态下执行 1 次测量

## 25.7 电机功能

### 25.7.1 模拟量输入参数

表 25.23 模拟量输入参数

项目	规格
输入方式	安全 BNC、浮地、隔离、TORQUE 与 SPEED 的 A、B、Z 间的电气隔离
输入阻抗	1M $\Omega$ $\pm$ 100k $\Omega$
量程	1V、2V、5V、10V、20V
截止频率(可配置)	100Hz、10kHz、50kHz、OFF
有效测量范围	$\pm$ 110%
最大允许电压	$\pm$ 22V
最大共模电压	$\pm$ 42V <sub>peak</sub>
位数	16bit
采样速率	200kHz
同步源	U1~U6/I1~I6/None

续上表

项目	规格
精度	$\pm (0.05\% \text{ 读数} + 0.05\% \text{ 量程})$
温漂	$\pm 0.03\% \text{ 量程}/^{\circ}\text{C}$

### 25.7.2 脉冲频率输入参数

表 25.24 脉冲量输入参数

项目	规格
输入方式	安全 BNC、浮地、隔离、TORQUE 与 SPEED 的 A、B、Z 间的电气隔离
输入阻抗	$1\text{M}\Omega \pm 100\text{k}\Omega$
频率范围	1Hz~1MHz
输入振幅范围	$\pm 22\text{V}_{\text{peak}}$
最大共模电压	$\pm 42\text{V}_{\text{peak}}$
有效振幅	1V
最小高脉宽	2.5 $\mu\text{S}$ 以上
精度	$\pm (0.05\% \text{ 读数} + 1\text{mHz})$

[备注]如果不检测方向，转速输入到 A 端子；如果检测方向，旋转编码器的 A 和 B 相输入到 A 和 B 端子，Z 相输入到旋转编码器的 Z 端子，以进行电相角测量。

## 25.8 谐波测量

表 25.25 PLL 同步源法

PLL 源的基波频率	采样率 (S/s)	相对 FFT 数据长度的窗口宽度 (基波频率)	最大谐波分析次数	采样点数
0.5~1Hz	$f \times 8192$	1	500	8192
1~5Hz	$f \times 4096$	2	500	8192
5~10Hz	$f \times 2048$	4	500	8192
10~640Hz	$f \times 1024$	8	500	8192
640~1.28kHz	$f \times 512$	16	255	8192
1.28kHz~2.56kHz	$f \times 256$	32	100	8192
2.56kHz~5kHz	$f \times 128$	64	50	8192

## 25.9 IEC 谐波测量

表 25.26 PLL 同步源法

PLL 源的基波频率	采样率 (S/s)	相对 FFT 数据长度的窗口宽度 (基波频率)	最大谐波分析次数	采样点数
50Hz	$f \times 3072$	10	500	30720
60Hz	$f \times 2560$	12	500	30720

## 25.10 常规谐波/谐波/IEC 谐波

表 25.27 常规谐波/谐波/IEC 谐波

模式	常规模式谐波	谐波模式谐波	IEC 模式谐波
输入信号	10Hz-99kHz	0.5Hz-5kHz	50Hz 或 60Hz
采样方式	200kHz 非同步采样	锁相环倍频 同步采样	锁相环倍频 同步采样
输出需求	1.采样区间 $\geq$ 100ms, 周期数 $>10$ 2.频率源设置正确	1.输入信号为 0.5Hz~5kHz 2. PLL 源设置正确	1.输入信号为 50Hz 或 60Hz 的电网信号 2. PLL 源设置正确
FFT 点数	40000	8192	30720

## 25.11 FFT 运算功能

表 25.28 FFT 运算功能

参数	描述
运算对象	各输入单元的电压、电流、有功功率和无功功率；接线组 $\Sigma$ 的有功功率和无功功率；电机输入的扭矩和转速信号
分析数	8 (FFT1~FFT8)
频率分辨率 (Hz)	0.1、0.125、0.2、0.25、0.5、0.625、1、1.25、2、2.5、4、5、10、.20、25、40、50、100、200、250、400、500、1000、2000
窗口功能	矩形窗、汉宁窗、海明窗、布莱克曼窗、平顶窗
显示更新	FFT 测量周期(最长 10s)

表 25.29 支持的 FFT 测量周期

采样率/ 记录长度	1k 点	5k 点	10k 点	50k 点	100k 点	200k 点	400k 点	500k 点
2MS/s	0.5ms	2.5ms	5ms	25ms	50ms	100ms	200ms	250ms
1MS/s	1ms	5ms	10ms	50ms	100ms	200ms	400ms	500ms
500kS/s	2ms	10ms	20ms	100ms	200ms	400ms	800ms	1s
250kS/s	4ms	20ms	40ms	200ms	400ms	800ms	1.6s	2s
100kS/s	10ms	50ms	100ms	500ms	1s	2s	4s	5s
50kS/s	20ms	100ms	200ms	1s	2s	4s	8s	10s

## 25.12 周期分析功能

表 25.30 周期分析功能

参数	描述
测量对象	同步源频率、电压、电流、有功功率、视在功率、无功功率、功率因数、转速、扭矩、机械功率
同步源	选择 U、I、Ext Clk、None
测量点数	10~4000 (与输入模块数目有关)
超时时间	24 小时、1~3600s (以秒为单位)
同步源频率范围	0.1Hz~1kHz

## 25.13 积分功能

表 25.31 积分功能

参数	描述
模式	可选择手动、标准、循环、标准、实时循环模式
WP±模式	充电/放电、买电/卖电
计时器	设置定时器，能够自动停止积分 0000h00m00s ~ 10000h00m00s
计数停止	积分时间达到最大积分时间(10000小时)，或积分值达到最大/最小显示积分值(±999999M)，保持积分时间和积分值并且停止积分
精度	±(功率或电流精度+时间精度)
时间精度	±读数的0.02%

## 25.14 波形采样数据保存功能

表 25.32 波形采样数据保存功能

参数	描述
存储项	电压波形、电流波形、运算波形、FFT 运算数据、转速、扭矩的模拟量、谐波数据、自定义函数
存储模式	常规、实时、积分同步、条件触发
数据类型	数值、波形、数值+波形
文件类型	CSV 格式、PAD 格式
存储	U 盘、内部固态硬盘

## 25.15 存储

表 25.33 存储

参数	描述
内部固态硬盘容量	60G 存储空间，支持长时间存储：大于 1 万小时(常规)
USB 存储接口	支持 USB 存储接口

## 25.16 常规特性

表 25.34 常规特性

功能系统	参数描述
电源	100~240VAC 50~60Hz
额定功率	200VA
保险丝	T3AL250V, 慢速型, VDE/UL/CCC 认证
预热时间	≥ 30 分钟
工作环境	5℃至 40℃, 20%~80% R.H., 无结露
存储温度	-20℃至 50℃
运输温度	-20℃至 50℃
VGA 接口	支持 VGA 接口
通讯接口	GPIB、1000Mbit LAN、RS-232、USB2.0 High Speed Device 复合设备、USB2.0 High Speed Host 支持 U 盘、SFP、触发输入/输出、AUX

续上表

功能系统	参数描述
备用电池	CR2032 锂电池，维持实时时钟运行
重量	约 12kg（主机、7 个功率单元、国标电源线、测量线、鳄鱼夹、端子，不包括传感器）
安全标准	IEC /EN61010-1: 2010、61010-2-030:2010、测量 CAT II 1000V，污染等级 2
EMC 标准	IEC/EN61326:2013

## 25.17 配件（选配）

表 25.35 输入单元

型号	图片	规格
功率板卡		<p>可以根据需求增加或者减少功率输入单元数量</p> <p>备注：</p> <p>1) 最多支持 7 个输入单元，其中任意可选配功率输入单元和电机输入单元数量</p> <p>2) 无电机输入单元时，最多支持 7 个功率输入单元</p>
电机板卡		<p>可以根据需求增加或者减少电机输入单元数量</p> <p>备注：</p> <p>1) 最多支持 7 个输入单元，其中任意可选配功率输入单元和电机输入单元数量</p> <p>2) 无功率输入单元时，最多支持 7 个电机输入单元</p>

表 25.36 交直流电流传感器/互感器/电流钳

产品类型	型号	图片	电流	精度	带宽	变比	接口类型
LEM 高精度 交直流电 流传感器	IT 60-S		直流: 0-60A 交流: 60A peak	$\pm (0.05\%$ of rdg + $30 \mu A)$	DC-800KHz	1:600	DB9
LEM 高精度 交直流电 流传感器	IT 200-S		直流: 0-200A 交流: 200A peak	$\pm (0.05\%$ of rdg + $30 \mu A)$	DC-500KHz	1:1000	DB9
LEM 高精度 交直流电 流传感器	IT 400-S		直流: 0-400A 交流: 282A peak	$\pm (0.05\%$ of rdg + $30 \mu A)$	DC-500KHz	1:2000	DB9
LEM 高精度 交直流电 流传感器	IT 700-S		直流: 0-700A 交流: 495A peak	$\pm (0.05\%$ of rdg + $30 \mu A)$	DC-100KHz	1:1750	DB9
LEM 高精度 交直流电 流传感器	IT 1000-S/S P1		直流: 0-1000A 交流: 707A peak	$\pm (0.05\%$ of rdg + $30 \mu A)$	DC-500KHz	1:1000	DB9
LEM 低精度 交直流电 流传感器	LF 205-S/SP 3		100Arms (DC/A C)	$\pm 0.5\%$	DC-100KHz	1:1000	3PIN
LEM 低精度 交直流电 流传感器	LF 205-S		200Arms (DC/A C)	$\pm 0.5\%$	DC-100KHz	1:2000	3PIN
LEM 低精度 交直流电 流传感器	LF 505-S		500Arms (DC/A C)	$\pm 0.6\%$	DC-100KHz	1:5000	3PIN
LEM 低精度 交直流电 流传感器	LF 1005-S		1000Arms (DC/ AC)	$\pm 0.4\%$	DC-150KHz	1:5000	3PIN
交直流电 流钳	CA (PAC22)		1400Apk	$\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2\%$	DC-10kHz	10mV/A 1mV/A	BNC 接 口
交流电流 钳	CA(C116)		1000Arms	$\pm 0.3\%$	$30\text{Hz} \leq f \leq$ 10kHz	1mV/A	$\phi 4\text{mm}$ 香蕉插 头

续上表

产品类型	型号	图片	电流	精度	带宽	变比	接口类型	
交流电流钳	CA(C112)		1000Arms	±0.3%	30Hz≤f ≤ 10kHz	1000:1	Φ4mm 香蕉插头	
交流电流钳	ZY (CTS500)		500Arms	±0.3%	45Hz-5kHz	1mV/A	BNC 接口	
交流电流钳	ZY(CTS5)		5Arms	±0.3%	45Hz-5kHz	10mV/A	BNC 接口	
交流电流钳	ZY (CTS6000)		6000Arms	±1.0%	10Hz≤f≤ 20kHz	50mV/A 5mV/A 0.5mV/A	BNC 接口	
电流互感器	YX-CTS200		200Arms	±0.3%	45Hz-5kHz	10mV/A 1mV/A	BNC 接口	
交直流电流钳	知用 ZCP500		500Arms	±0.3%	DC-100kHz	4mV/A	BNC 接口	
交直流电流钳	知用 ZCP1000		1000Arms	±0.3%	DC-20kHz	2mV/A	BNC 接口	
电源箱	CTB104		知用传感器专用电源箱，4通道、输入电压范围 90~264VAC					

表 25.37 测试连接头和连接线

型号	图片	规格
TA1002R		MC, 大号鳄鱼夹, Φ4mm 安全型插座。额定电压 1000V, 最大电流 32A, 红色
TA1003R		MC, Φ4mm 安全插头, 可堆叠, 可通过螺丝连接测试导线。额定电压 1000V, 红色
TA1004		MC, 安全 BNC 公头香蕉插座转换头, 具有 Φ4mm 安全型插座。额定电压 1000V

续上表

型号	图片	规格
TA1000		MC, $\Phi$ 6mm 香蕉插头, 带有卡扣锁紧装置和压接端
TP-DB9		DB9 公头转 DB9 母头连接线, 与 TP3000 系列电源套件配套使用, 可以适配 LEM IT 系列传感器, 3m
TA1002		MC, 大号鳄鱼夹, $\Phi$ 4mm 安全型插座。额定电压 1000V, 最大电流 32A, 黑色
TA1003		MC, $\Phi$ 4mm 安全插头, 可堆叠, 可通过螺丝连接测试导线。额定电压 1000V, 黑色
TA1005		MC, 安全 BNC 母头香蕉插座转换头, 具有 $\Phi$ 4mm 安全型插座。额定电压 1000V
TA1006		MC, $\Phi$ 6mm 大电流自锁端子母座, 带有卡扣锁紧装置和接线端
TP-3PIN		DB9 公头转 3PIN 连接线, 与 TP3000 系列电源套件配套使用, 可以适配 LEM LF 系列传感器, 3m
TL1000R		ZLG 安全测试导线。 $\Phi$ 4mm, 安全香蕉插头。安全等级: 600 V, CATIII $\sim$ 1000 V, CAT II / 10A, 测试线长 1.5m, 红色
TL1000B		ZLG 安全测试导线。 $\Phi$ 4mm, 安全香蕉插头。安全等级: 600 V, CATIII $\sim$ 1000 V, CAT II / 10 A, 测试线长 1.5m, 黑色
TL1001		MC 电机测试线。安全等级: 600 V, CAT II (300 V, CAT III), 测试线长 0.65m
TL1002R		大电流安全测试导线, 最大电流 60A, 标配 2 米, 红色, 可根据用户需求定制长度
TL1002B		大电流安全测试导线, 最大电流 60A, 标配 2 米, 黑色, 可根据用户需求定制长度
TL1006R		大电流安全测试导线, 最大电流 10A, 标配 2 米, 红色, 电源套件专用

续上表

型号	图片	规格
TL1006B		大电流安全测试导线，最大电流 10A，标配 2 米，黑色，电源套件专用
TL1004		长丰安全测试导线。TL1004 $\Phi$ 4mm, 安全香蕉插头，红黑黄绿四条, L=1500mm

表 25.38 测量接线盒

型号	图片	规格
ZWA330		ZWA330 接线适配器适用于无中性线的三相设备电压测量，内部为 3V3A 接法，满足 CAT II 标准
ZWA340		ZWA340 接线适配器适用于有中性线的三相设备电压测量，内部为 3P4W 接法，满足 CAT II 标准

表 25.39 电源套件

型号	图片	规格
TP3001		LEM 传感器配套电源套件，搭配 TP-DB9 连接线时可以适用于 IT 系列传感器，搭配 TP-3PIN 连接线时可以适用于 LF 系列传感器。

备注：另可选配三相 TP3003。

表 25.40 功率分析仪电流传感器套件

型号	图片	规格
PATV-33		PATV-33 高精度外置分流器，主要作用是将电流信号转换为电压信号，阻值在 3.3 $\Omega$ 左右（每个实物对应实测值），最大允许输入电流 300mA

表 25.41 PA 拉杆箱

型号	图片	规格
PA 系列拉杆箱		用于所有 7 通道台式功率分析仪拉杆箱，蓝色，600×383×354mm

表 25.42 PA 系列功率分析仪机架支架

型号	图片	规格
PA 系列 19 寸机架支架（左）		19 寸机架支架（左）。用于所有台式功率分析仪与 19 寸机柜之间固定使用
PA 系列 19 寸机架支架（右）		19 寸机架支架（右）。用于所有台式功率分析仪与 19 寸机柜之间固定使用

### 25.18 外观尺寸

PA8000/6000H/5000H 外形尺寸统一描述如图 25.1 所示，单位：mm。

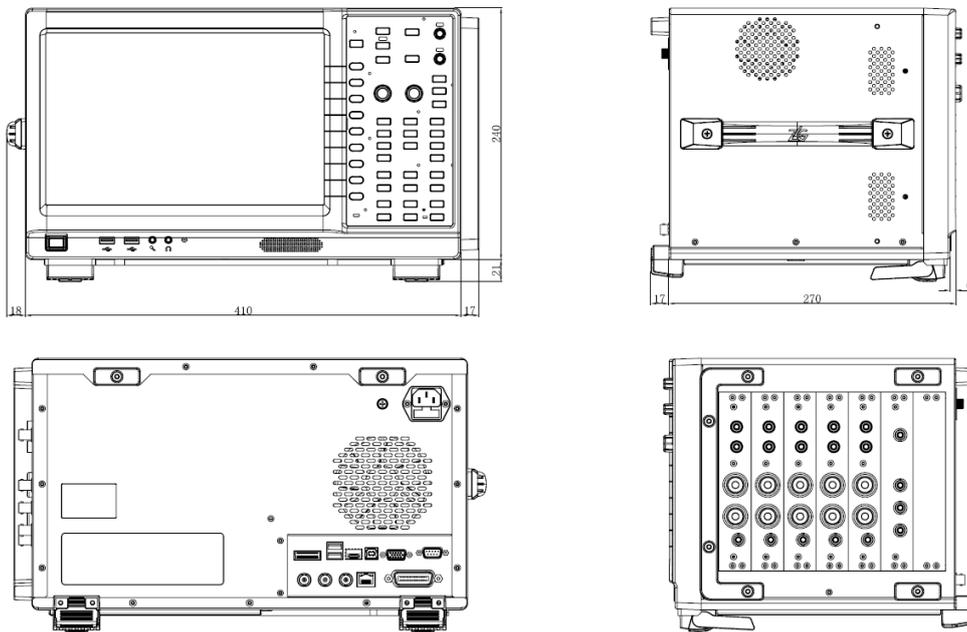


图 25.1 尺寸图

## 26. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子有限公司（下称“致远电子”）在本手册中将尽可能地向用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！

## 附录A 测量功能符号及含义

测量项目符号	含义
U	电压
I	电流
P	有功功率
S	视在功率
Q	无功功率
Pc	修正功率
Pm	机械功率
$\lambda$	功率因数
$\eta$	效率
q	q 是正负安时之和
q+	q+是正安时
q-	q-是负安时
WS	伏安时
WQ	乏时
WP	WP 是正负瓦时之和
WP+	WP+是正瓦时，是消耗的瓦时
WP-	WP-是负瓦时，是反馈到电源的瓦时
SyncSp	SyncSp 是同步转速，电机输入单元的一项测量内容
Theta	电相角
Thetap	电机转动的机械角度
U+pk	电压最大值
U-pk	电压最小值
I+pk	电流最大值
I-pk	电流最小值
CfU	电压峰值因数
CfI	电流峰值因数
Uff	电压波形因数
Iff	电流波形因数
Urf	电压纹波率
Irf	电流纹波率
$\phi$	相位差
$\Phi U$	相对 U 的相位差
$\Phi I$	相对 I 的相位差
Rs	负载电路的串联电阻
Rp	负载电路的并联电阻
Z	负载电路的阻抗
Xs	负载电路的串联电抗
Xp	负载电路的并联电抗

续上表

测量项目符号	含义
Uhdf	电压谐波畸变因数
Ihdf	电流谐波畸变因数
Phdf	有功功率谐波畸变因数
Uthd	电压总谐波畸变因数
Ithd	电流总谐波畸变因数
Pthd	有功功率总谐波畸变因数
Uthf	电压电话谐波因数
Ithf	电流电话谐波因数
Utif	电压电话影响因数
Itif	电流电话影响因数
hvf	谐波电压因数
hcf	谐波电流因数
Uperc <sub>n</sub> (n=1~7)	Uperc <sub>n</sub> 是测量输入单元 n 电压的谐波子组和间谐波子组电压模值占基波电压模值的百分比
Iperc <sub>n</sub> (n=1~7)	Iperc <sub>1</sub> ~Iperc <sub>7</sub> 是测量输入单元 1~7 电流的谐波子组和间谐波子组模值占基波电流模值的百分比
Torque	扭矩信号
speed	转速信号
thdV	电压总谐波畸变
thd_ind	感性负载应用
thdCmp	无功补偿设备
tdd	总需量畸变
din	畸变因数
thdc	电流总谐波畸变
pwhd	部分加权谐波畸变
thc	总谐波电流
pohc	高于 21 次的奇次谐波电流
ihc	间谐波含量
tdev	电压总畸变
tidv	电压总间谐波畸变率
tshdv	电压总次谐波畸变率
tdcc	电流总畸变
tdrc	电流总畸变率
tidc	电流总间谐波畸变率
tshdc	电流总次谐波畸变率

## 附录B 测量功能求法

项目		符号和含义				
常规测量时的测量功能		运算公式和求法				
		关于公式符号的相关信息，请查阅本表格后的注释				
电压 U [V]	真有效值 Urms 校准到有效值的整	Urms	Umn	Udc	Urmn	Uac
	流平均值 Umn 简单平均值 Udc 整流平均值 Urmn 交流成分 Uac	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n^2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \times \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N  u_n $	$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n$	$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N  u_n $	$\sqrt{U_{rms}^2 - U_{dc}^2}$
电流 I [A]	真有效值 Irms 校准到有效值的整	Irms	Imn	Idc	Irmn	Iac
	流平均值 Imn 简单平均值 Idc 整流平均值 Irmn 交流成分 Iac	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_n^2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N  i_n $	$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_n$	$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N  i_n $	$\sqrt{I_{rms}^2 - I_{dc}^2}$
有功功率 P [W]		$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_n \cdot i_n)$ n 为采样点数，由测量区间决定				
视在 功率 S [VA]	Type1、Type2	U × I(代数相乘)				
	Type3	$\sqrt{P^2 + Q^2}$				
无功 功率 Q [var]	Type1、Type2	$s \times \sqrt{S^2 - P^2}$ 。s 在超前相时为-1、滞后相时为 1				
	Type3	$Q = \sum_{k=\min}^{\max} [U_j(k)I_r(k) - U_r(k)I_j(k)]$ U <sub>r</sub> (k)和 I <sub>r</sub> (k)是 U(k)和 I(k)的实数部分 U <sub>j</sub> (k)和 I <sub>j</sub> (k)是 U(k)和 I(k)的虚数部分、只在谐波被正确测量时有效				
功率因数 λ		P/S				
相位差 φ [°]		$\varphi = \text{atan2}(Q, P)$ 其中 $\text{atan2}(y, x)$ 表示向量 $(\sqrt{x^2 + y^2}, 0)$ 逆时针旋转到 $(x, y)$ 所需的角。				
电压频率 fU (FreqU) [Hz]		用过零检测测量电压频率(fU)和电流频率(fI)				
电流频率 fI (FreqI) [Hz]		可以同时测量安装单元的任意 2 个频率，fU 和 fI				
电压最大值 U+pk [V]		每次数据更新周期中的最大值 u(n)				
电压最小值 U-pk [V]		每次数据更新周期中的最小值 u(n)				
电流最大值 I+pk [A]		每次数据更新周期中的最大值 i(n)				
电流最小值 I-pk [A]		每次数据更新周期中的最小值 i(n)				
电压纹波率 Urf 电流纹波率 Irf		$Urf = \frac{0.5 (U_{pk+} - U_{pk-})}{U_{dc}} \times 100$		$Irf = \frac{0.5 (I_{pk+} - I_{pk-})}{I_{dc}} \times 100$		

续上表

项目		符号和含义	
常规测量时的测量功能		运算公式和求法 关于公式符号的相关信息，请查阅本表格后的注释	
电压峰值因数 CfU 电流峰值因数 Cfi		$CfU = \frac{U_{pk}}{U_{rms}}$ <p>Upk =  U+pk 或 U-pk ，取两者较大值。电压模式不是 RMS 时，显示[-----]</p>	$Cfi = \frac{I_{pk}}{I_{rms}}$ <p>Ipk =  I+pk 或 I-pk ，取两者较大值。电流模式不是 RMS 时，显示[-----]</p>
修正功率 Pc [W]		IEC76-1(1976),IEEE C57.12.90-1993	IEC76-1(1993)
		$\frac{P}{P1 + P2 \left( \frac{U_{rms}}{U_{mn}} \right)^2}$ <p>P1、P2: 适用标准规定的系数</p>	$P \left( 1 + \frac{U_{mn} - U_{rms}}{U_{mn}} \right)$
		电压模式不是 RMS 或 MEAN 时，显示[-----]。	
积分	积分时间[h:m:s] Time	从积分开始到积分结束的时间	
	瓦时 [Wh]	WP WP+ WP-	<p>当瓦时积分计算类型为充电/放电时</p> $WP = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_n \cdot i_n \cdot \Delta t)$ <p>WP 是正负瓦时之和</p> $WP+ = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_n \cdot i_n \cdot \Delta t) \quad (u_n \cdot i_n > 0)$ $WP- = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_n \cdot i_n \cdot \Delta t) \quad (u_n \cdot i_n < 0)$ <p>N 是积分时间内的采样次数，<math>u_n</math> 是第 n 次电压采样值，<math>i_n</math> 是第 n 次电流采样值，<math>\Delta t</math> 是以小时为单位的时间间隔</p> <hr/> <p>当瓦时积分计算类型为卖电/买电时</p> $WP = \sum_{n=1}^N (P_n \cdot T)$ <p>WP 是正负瓦时之和</p> $WP+ = \sum_{n=1}^N (P_n \cdot T) \quad (P_n \cdot T > 0)$ $WP- = \sum_{n=1}^N (P_n \cdot T) \quad (P_n \cdot T < 0)$ <p>N 是积分时间内的采样次数。<math>P_n</math> 是第 n 个更新周期的有功功率，T 是以小时为单位的更新周期</p>

续上表

项目		符号和含义	
安时 [Ah] q q+ q-	RMS MEAN	$q = \sum_{n=1}^N (I_n \cdot T)$	N 是积分时间内的更新次数。 $I_n$ 是电流信号的第 n 个更新周期的 RMS、MEAN 或 RMEAN 值。 T 是以小时为单位的更新周期
	RMEA N	$q+ = \sum_{n=1}^N (I_n \cdot T) \quad (I_n > 0)$	
	DC	$q- = \sum_{n=1}^N (I_n \cdot T) \quad (I_n < 0)$	
安时 [Ah] q q+ q-	DC	$q = \sum_{n=1}^N (i_n \cdot \Delta t)$	N 是积分时间内的更新次数。 $i_n$ 是第 n 次电流采样值。 $\Delta t$ 是以小时为单位的采样间隔
		$q+ = \sum_{n=1}^N (i_n \cdot \Delta t) \quad (i_n > 0)$	
		$q- = \sum_{n=1}^N (i_n \cdot \Delta t) \quad (i_n < 0)$	
	伏安时 WS[VAh]	$WS = \sum_{n=1}^N (S_n \cdot T)$ $S_n$ 是第 n 个更新周期的视在功率。N 是积分时间内的更新次数	
乏时 WQ[varh]	$WQ = \sum_{n=1}^N (Q_n \cdot T)$ $Q_n$ 是第 n 个更新周期的无功功率。N 是积分时间内的更新次数		
积分	静态功率点跟踪效率 $\eta$ MPPTS	<p>使用自动搜索的 PPUdT、PPITt 来计算最大功率点跟踪效率时：</p> $\eta \text{ MPPT, sta} = \frac{\sum_{i=1}^N P[i]}{P_{\max\max}[N]N}$ <p>使用手动设置的 PPUdT、PPITt 来计算最大功率点跟踪效率时：</p> $\eta \text{ MPPT, sta} = \frac{\sum_{i=1}^N P[i]}{P_{PITt}N}$ <p>每个更新周期长度相等。N 表示当前积分时间内的更新周期个数，i 表示第 i 次更新周期，P[i]表示第 i 次更新周期的平均功率，<math>P_{\max}[i]</math>表示第 i 次更新周期内的最大瞬时功率值，<math>P_{\max\max}[N]</math>表示当前积分时间内最大瞬时功率值：</p> $P_{\max\max}[N] = \max(P_{\max\max}[N-1], P_{\max}[N])$	

续上表

项目		符号和含义				
积分	动态功率点跟踪效率 $\eta_{MPPTD}$	使用自动搜索的 PPUdT、PPITt 来计算最大功率点跟踪效率时： $\eta_{MPPT, dyn} = \frac{\sum_{i=1}^N P[i]}{\sum_{i=1}^N P_{max[i]} P_{maxmax}[N] N}$				
		使用手动设置的 PPUdT、PPITt 来计算最大功率点跟踪效率时： $\eta_{MPPT, dyn} = \frac{\sum_{i=1}^N P[i]}{P_{PUdT} N}$ <p>每个更新周期长度相等。N 表示当前积分时间内的更新周期个数，i 表示第 i 次更新周期，P[i] 表示第 i 次更新周期的平均功率，P<sub>max</sub>[i] 表示第 i 次更新周期内的最大瞬时功率值</p>				
$\Sigma$ 功能	$WS_{\Sigma}[VAh]$	$\sum_{n=1}^N (S_{\Sigma n} \cdot T)$ $S_{\Sigma n}$ 是第 n 个更新周期接线组的视在功率；N 是积分时间内的更新次数				
	$WQ_{\Sigma}[varh]$	$\sum_{n=1}^N (Q_{\Sigma n} \cdot T)$ $Q_{\Sigma n}$ 是第 n 个更新周期接线组的无功功率；N 是积分时间内的更新次数				
	$\lambda_{\Sigma}$	$\frac{P_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}$				
	$\varphi_{\Sigma}[^{\circ}]$	$\cos^{-1}\left(\frac{P_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}\right)$				
常规测量时的测量功能		运算公式和求法 关于公式符号的相关信息，请查阅本表格后的注释				
$\Sigma$ 功能	接线方式		单相 3 线制 1P3W	三线 3 线制 3P3W	3 电压 3 电流表法 3P3W(3V3A)	三线 4 线制 3P4W
	$U_{\Sigma}[V]$		$(U1 + U2)/2$		$(U1 + U2 + U3) / 3$	
	$I_{\Sigma}[V]$		$(I1 + I2)/2$		$(I1 + I2 + I3) / 3$	
	$P_{\Sigma}[V]$		$P1 + P2$			$P1 + P2 + P3$
	$S_{\Sigma}[V]$	TYPE 1	$S1 + S2$	$\frac{\sqrt{3}}{2}(S1+S2)$	$\frac{\sqrt{3}}{3}(S1+S2+S3)$	$S1 + S2 + S3$
		TYPE 2				
		TYPE 3	$\sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}$			
	$Q_{\Sigma}[var]$	TYPE 1	$Q1+Q2$			$Q1 + Q2 + Q3$
		TYPE 2	$ Q_{\Sigma}  = \sqrt{S_{\Sigma}^2 - P_{\Sigma}^2}$			
		TYPE 3	$Q1 + Q2$			$Q1 + Q2 + Q3$

续上表

常规测量时的测量功能		运算公式和求法 关于公式符号的相关信息，请查阅本表格后的注释		
$\Sigma$ 功能	$Pc\Sigma[\text{var}]$	$Pc1 + Pc2$	$Pc1 + Pc2 + Pc3$	
	$WP\Sigma[\text{Wh}]$	$WP\Sigma$	$WP1+WP2+WP3$	
		$WP+\Sigma$	$WP_{+1} + WP_{+2} + WP_{+3}$	
		$WP-\Sigma$	$WP_{-1} + WP_{-2} + WP_{-3}$	
	$q\Sigma[\text{Ah}]$	$q\Sigma$	$q1 + q2$	$q1 + q2 + q3$
		$q+\Sigma$	$q_{+1} + q_{+2}$	$q_{+1} + q_{+2} + q_{+3}$
		$q-\Sigma$	$q_{-1} + q_{-2}$	$q_{-1} + q_{-2} + q_{-3}$
电机 测量 功能	电机输出效率 Eff	$Eff = P_m / P_{in}$		
	电机损耗 Loss	$Loss = P_{in} - P_m$		
	电机输入功率 Pin	$P_{in} = U_{in} \times I_{in}$		

注：

- $u(n)$  表示电压的瞬时值(电压信号的采样数据)；
- $i(n)$  表示电流的瞬时值(电流信号的采样数据)；
- $AVG[ ]$ 是在测量区间内对[ ]里的采样数据进行平均计算。功率分析仪有两种平均方法，选择哪种由数据更新周期决定；
- $P\Sigma A$  和  $P\Sigma B$  分别表示接线组  $\Sigma A$  和  $\Sigma B$  的有功功率。分配到接线组  $\Sigma A$  和  $\Sigma B$  的输入单元因功率分析仪安装的单元数量和选择的接线方式的类型而异；
- 表格中的输入单元 1、2、3 组成接线方式时，在  $U\Sigma$ 、 $I\Sigma$ 、 $P\Sigma$ 、 $S\Sigma$ 、 $Q\Sigma$ 、 $Pc\Sigma$ 、 $WP\Sigma$ 、 $q\Sigma$  的运算公式中表示为数字 1、2、3。表格中如果是单元 2、3、4 组成接线组，请用 2、3、4 分别替换 1、2、3；
- 功率分析仪的  $S$ 、 $Q$ 、 $\lambda$ 、 $\phi$  通过电压、电流和有功功率的测量值运算求得(但选择 TYPE3 时， $Q$  由采样数据直接求得)。如果输入失真波形，从本仪器获得的测量值与从其它使用不同测量原理的仪器得到的测量值之间可能存在差异；
- 计算  $Q[\text{var}]$  时，当电流相位超前电压时， $Q$  值为负(-)；电流相位滞后电压时， $Q$  值为正(+)。 $Q\Sigma$  的结果可能为负，因为它是从每个单元带符号的  $Q$  值运算而得。

专业 · 专注成就梦想

Dreams come true with professionalism and dedication.

广州致远电子有限公司

更多详情请访问  
[www.zlg.cn](http://www.zlg.cn)

欢迎拨打全国服务热线  
400-888-4005

