

高精度功率表

PM9600

操作说明书

版本 1.0

2021年6月

目录

第一章技术指标	1
第二章使用说明	5
一前面板说明.....	5
二后面板说明.....	11
三接线说明	11
第三章外部接口说明	15

第一章 技术指标

■ 产品简介

PM9600 系列交直流功率分析仪（以下简称分析仪）以 STM32 控制器为核心并辅以 FPGA，采用直接采样和智能判别技术，广泛应用于单相用电设备的电压、电流、功率、功率因数、频率、电能量、时间、谐波等电参数测量，测量范围广，采用 4 窗口 LED 高亮显示，按键简单快捷，同时具有 U 盘读写、串行通信、参数报警、电压/电流变比设置等功能，具有一机多用、专业可靠的特点。

■ 技术参数

型号	PM9601/PM9602/PM9605/PM9610/PM9620/PM9650
测量参数	电压 U 、电流 I 、有功功率 P 、无功功率 Q 、视在功率 S 、功率因数 PF 、电压频率 f_U 、电流频率 f_I 、相位角 Φ 、效率 η 、总电能量 Wh 、正向电能量 Wh+ 、反向电能量 Wh- 、电流积分 Ah 、50 次谐波分析 HDF 、电压和电流失真度 THD 、峰值电压 Upk 、峰值电流 Ipk 、电压峰值因数 Cf_U 、电流峰值因数 Cf_I 、直流电压 U_{dc} 、直流电流 I_{dc} 、整流平均值 U_{mn}/I_{mn}/U_{rmn}/I_{rmn} 、
输入阻抗	电压：约 2MΩ 电流直接输入：约 10mΩ (20A) 约 2.5mΩ (50A) 电流传感器输入：约 100kΩ
AD 采样速率	约 100kS/s
满量程峰值因数	3
电压额定量程 (直接输入)	15/30/60/100/150/300/600[V]
电流额定量程 (直接输入)	PM9601: 5m/10m/20m/50m/100m/200m/500m/1[A] PM9602: 10m/20m/50m/100m/200m/500m/1/2[A] PM9605: 20m/50m/100m/200m/500m/1/2/5[A] PM9610: 50m/100m/200m/500m/1/2/5/10[A] PM9620: 100m/200m/500m/1/2/5/10/20[A] PM9650: 500m/1/2/5/10/20/40/50[A]
电流额定量程 (传感器输入)	50m/100m/200m/500m/1/2/5/10[V]
电压/电流精度范围	(1% ~ 110%)*×量程
功率因数精度范围	±(0.001 ~ 1.000)
电压测量精度	DC ±(0.1%×显示值+0.1%×量程) 0.5Hz≤f<45Hz ±(0.1%×显示值+0.2%×量程) 45Hz≤f≤66Hz ±(0.1%×显示值+0.1%×量程) 66Hz<f≤1kHz ±(0.1%×显示值+0.2%×量程) 1kHz<f≤10kHz ±({0.1+0.05×(f-1)})%×显示值+0.2%×量程 10kHz<f≤100kHz ±({0.5+0.04×(f-10)})%×显示值+0.3%×量程

第一章 技术指标

电流测量精度	DC	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.1\% \times \text{量程})$
	$0.5\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$45\text{Hz} \leq f \leq 66\text{Hz}$	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.1\% \times \text{量程})$
	$66\text{Hz} < f \leq 1\text{kHz}$	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$1\text{kHz} < f \leq 10\text{kHz}$	$\pm((0.1 \times f)\% \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$10\text{kHz} < f \leq 100\text{kHz}$	$\pm(\{1 + 0.08 \times (f - 10)\}\% \times \text{显示值} + 0.3\% \times \text{量程})$
有功功率测量精度	DC	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.1\% \times \text{量程})$
	$0.5\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	$\pm(0.3\% \times \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$45\text{Hz} \leq f \leq 66\text{Hz}$	$\pm(0.1\% \times \text{显示值} + 0.1\% \times \text{量程})$
	$66\text{Hz} < f \leq 1\text{kHz}$	$\pm(0.2\% \times \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$1\text{kHz} < f \leq 10\text{kHz}$	$\pm(\{0.2 + 0.1 \times (f - 1)\}\% \times \text{显示值} + 0.2\% \times \text{量程})$
	$10\text{kHz} < f \leq 50\text{kHz}$	$\pm(\{0.2 + 0.1 \times (f - 1)\}\% \times \text{显示值} + 0.3\% \times \text{量程})$
	$50\text{kHz} < f \leq 100\text{kHz}$	$\pm(\{5.1 + 0.18 \times (f - 50)\}\% \times \text{显示值} + 0.3\% \times \text{量程})$
有功功率测量范围	0.1mW~11kW@220V, PF=0.01~1 按照不同机型量程不同	
低功率因数	视在功率测量精度, $\pm(0.2\% \times \text{显示值})$ @PF=0	
功率精度范围	有功功率测量精度在上述基础上, 加读数的 0.05%@PF=0.001~0.1	
有功功率最高分辨率	0.1mW	
频率测量范围	DC, 0.5Hz ~ 100kHz	
频率测量精度	$\pm 0.1\% \times \text{显示值}$	
谐波测量	10Hz ~ 600Hz, 1~50 次谐波含量, 总失真度	
电能测量范围	0~999999MWh (分辨率: 1mWh/0.01mAh)	
电能测量精度	$\pm 0.2\% \times \text{显示值}$	
扩展不确定度	电压、电流、功率、频率、电能量 $\leq 0.20\%$	
滤波器功能	500Hz、5.5kHz 电压线路、电流线路和频率滤波	
变比范围	1 ~ 50000	
数据更新周期	100m / 250m / 500m / 5[s]	
报警功能	电压、电流、功率、功率因数; 上限、下限、门限设定	
控制接口	标配: RS-232; 选配: RS-485、开关量接口	
外形尺寸	213mm (W, 前塑) \times 88mm (H, 前塑) \times 386mm (D, 含接线端子)	
开口尺寸	210(W) \times 85(H) mm	
底脚高度	15 mm	
整机重量	约 3kg	

- [条件]温度: $23 \pm 5^\circ\text{C}$, 湿度: 30%~75%RH, 输入波形: 正弦波, 共模电压: 0V, 线路滤波器: OFF, 频率滤波器: 440Hz 以下 ON, 功率因数 λ : 1, 峰值因数: 3. 预热后. 接线状态下, 调零或改变量程后。

测量精度公式中 f 是频率, 单位 kHz。

当数据更新率是 100ms 时, 所有精度加读数的 0.05%。

因调零或量程改变后温度变化的影响: 电压 DC 精度加量程的 $0.02\%/^\circ\text{C}$, 电流 DC 精度加 $500\mu\text{A}/^\circ\text{C}$, 外部传感器 DC 精度加 $50\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 功率 DC 精度加电压和电流影响的乘积。

■ 系统设置对测量精度的影响

➤ 线路滤波对测量精度的影响

由于线路滤波器位于电压和电流的测量回路里，当打开线路滤波时，测量值不包含高频成分，可以去除来自变频器、开关电源或畸变波形的噪声，所以会直接影响电压、电流和功率的测量精度，因此当开启线路滤波时，对测量精度的影响如下：

线路滤波	电压/电流	功率
开启	当截止频率是 500Hz 时， 45Hz~66Hz：加读数的 0.2% < 45Hz：加读数的 0.5% 当截止频率是 5.5kHz 时， ≤66Hz：加读数的 0.2% 66Hz~500Hz：加读数的 0.5%	当截止频率是 500Hz 时， 45Hz~66Hz：加读数的 0.3% < 45Hz：加读数的 1% 当截止频率是 5.5kHz 时， ≤66Hz：加读数的 0.4% 66Hz~500Hz：加读数的 1.2%

➤ 谐波对测量精度的影响

当打开谐波测量时，测量精度（读数误差+量程误差）如下：

（1）线路滤波打开时（5.5kHz）

频率	电压/电流	功率
$10\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	读数的 0.4%+量程的 0.35%	读数的 0.85%+量程的 0.5%
$45\text{Hz} \leq f < 440\text{Hz}$	读数的 0.75%+量程的 0.35%	读数的 1.5%+量程的 0.5%
$440\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	读数的 1.2%+量程的 0.35%	读数的 2.4%+量程的 0.5%

（2）线路滤波关闭时

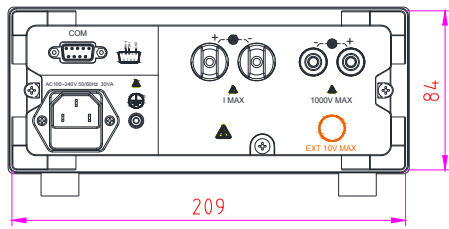
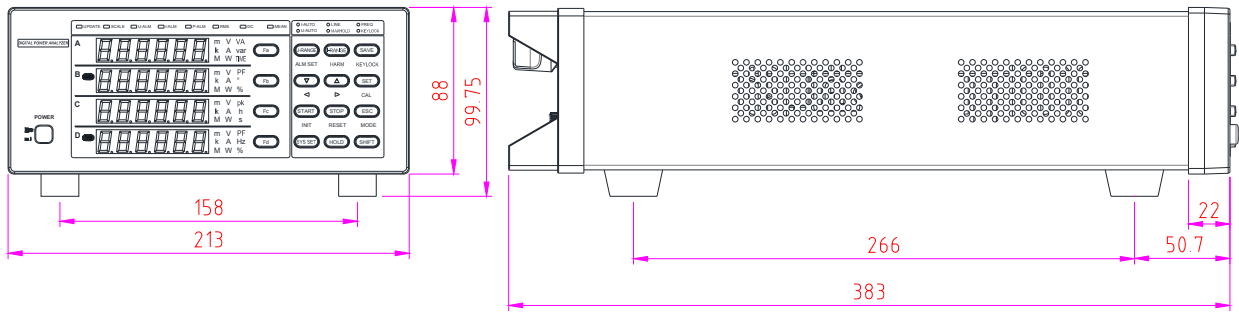
频率	电压/电流	功率
$10\text{Hz} \leq f < 45\text{Hz}$	读数的 0.15%+量程的 0.35%	读数的 0.35%+量程的 0.5%
$45\text{Hz} \leq f < 440\text{Hz}$	读数的 0.15%+量程的 0.35%	读数的 0.25%+量程的 0.5%
$440\text{Hz} \leq f < 1\text{kHz}$	读数的 0.2%+量程的 0.35%	读数的 0.4%+量程的 0.5%

➤ 计算周期与频率测量下限

频率的测量范围因数据计算周期的不同而异，具体关系如下：

计算周期	0.1s	0.25s	0.5s
测量频率范围	25Hz~100kHz	10Hz~100kHz	5Hz~100kHz
	1s	2s	5s
	2.5Hz~100kHz	1.5Hz~50kHz	0.5Hz~20kHz

■ 外形尺寸



单位：mm

第二章 使用说明

一 前面板说明

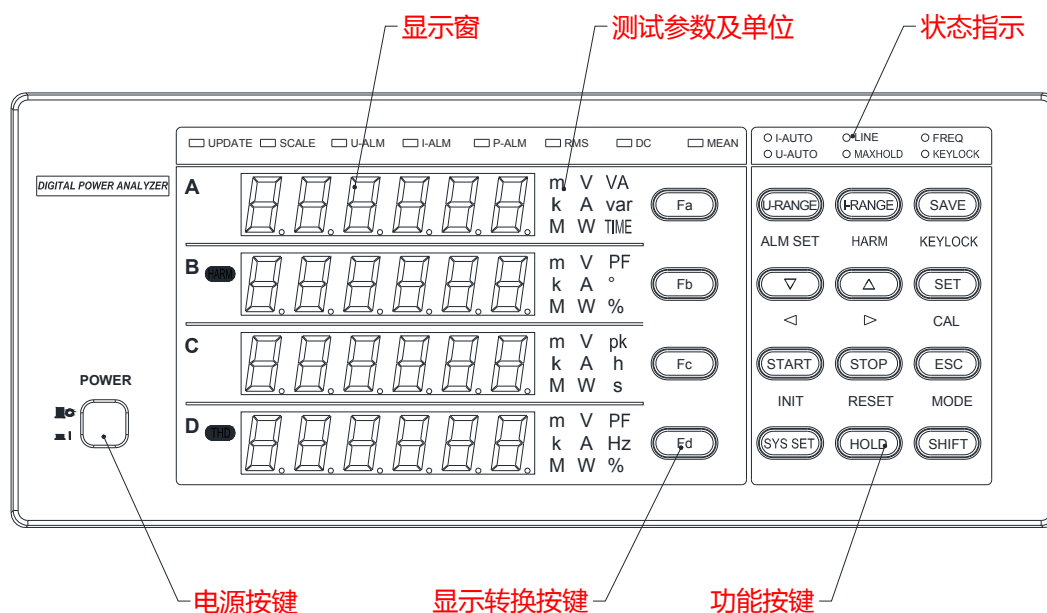


图 3-1 仪表前面板示意图

1 显示窗：四个显示窗口分别可以显示以下测试参数（见表 3-1）。

表 3-1 仪表测试参数说明

指示灯	参数	单位	
V	电压	伏特	
A	电流	安培	
W	有功功率	瓦	
VA	视在功率	伏安	
var	无功功率	乏	
TIME	时间	时：分：秒	
PF	功率因数		
°	相位角	度	
%	谐波		
pk	峰值		
Wh	电能	瓦时	
Ws	电能	瓦秒	
Hz	频率	赫兹	

m (毫)、k (千)、M (兆)
量纲指示灯：
1M—1000k
1k—1000
1m—0.001

2 字符对照表：

仪表采用七段 LED 显示所有字符与数据，常用数字与字符显示对照如下图所示：

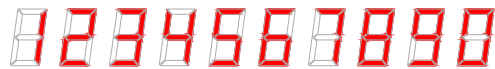


图 3-2 阿拉伯数字显示对照



图 3-3 英文字母显示对照

3 特殊字符含义：

- ：横杠。当改变计算模式时或者切换量程时，将会显示横杠；
- OH--：超量程。在测量态，当测量的电压值或电流值超过当前量程的 110% 时发生超量程。当使用自动量程时，仪器会自动向上换档，当超过最大量程的 110% 时发生超量程。
- OL--：超最大测量值。在测量态，当测量的电压值或电流值超过本仪表所限定的最大值。
- HH--：超上限。在测量态，当测量的电压值或电流值超过设定的报警上限值。
- LL--：超下限。在测量态，当测量的电压值或电流值超过设定的报警下限值。

4 状态指示灯：

表 3-2 状态指示灯说明

指示灯	含义	备注
UPDATE	数据更新指示灯	正常运行时，该指示灯亮并伴有微闪
SCALE	变比指示灯	变比功能打开时，该指示灯亮
U-ALM	电压报警指示灯	当电压超出报警设定值时，该指示灯亮
I-ALM	电流报警指示灯	当电流超出报警设定值时，该指示灯亮
P-ALM	功率报警指示灯	当功率超出报警设定值时，该指示灯亮
RMS	有效值测量模式	测量信号的有效值
DC	直流分量测量模式	测量信号的直流分量
MEAN	整流平均值测量模式	测量信号有效值的整流平均值
I-AUTO	电流自动量程指示灯	电流量程处于自动选择模式时，该指示灯亮
U-AUTO	电压自动量程指示灯	电压量程处于自动选择模式时，该指示灯亮
LINE	线路滤波指示灯	线路滤波打开时，该指示灯亮
FREQ	频率滤波指示灯	频率滤波打开时，该指示灯亮
MAXHOLD	最大值保持指示灯	MAXHOLD 功能开启时，该指示灯亮
KEYLOCK	按键锁定指示灯	操作按键被锁定时，该指示灯闪烁
HARM	谐波指示灯	谐波打开时，该指示灯亮
THD	总失真度显示指示灯	D 窗显示总失真度时，该指示灯亮

5 显示转换按键：

- **显示转换**按键 (Fa~Fd): 共 4 个，用于分别选择各显示窗口的内容。

显示窗口 A (Fa): 可以在 V、A、W、VA、var、TIME 中切换。

显示窗口 B (Fb): 可以在 V、A、W、PF、°、%中切换。

显示窗口 C (Fc): 可以在 V、A、W、pk、Wh、Ws 中切换。

显示窗口 D (Fd): 可以在 V、A、W、PF、Hz、%中切换。

A、B、C、D 各区参数选定后，仪表自动记忆选定参数，关机不会丢失。

Shift+显示选择按键，可实现反向循环切换功能。

6 功能按键：

- **电压量程**按键 (U-RANGE): 用于电压量程 0~7 档、AUTO 的切换。

报警设置按键 (SHIFT+ U-RANGE): 用于设置电压、电流、功率的报警参数。

步骤 1：按“SHIFT+ U-RANGE”键进入报警设置状态后，显示窗口 A 显示子菜单名称，显示窗口 B 显示子菜单下的具体参数类型，显示窗口 C 显示当前参数类型对应的参数值。

步骤 2：按“▼”或“▲”切换要设置的参数类型，显示窗口 B 的字符闪动；

步骤 3：按“SET”键，确定将要设置该参数，显示窗口 C 的字符闪动；

步骤 4：按“▼”、“▲”、“◀”、“▶”键设置参数大小；

步骤 5：按“SET”键确定设置完毕返回上一级菜单，可重复以上步骤继续设置其他参数；

步骤 6：按下“SAVE”键，仪表保存设置。

表 3-3 仪表报警参数设置

窗口 A 显示字符	窗口 B 显示字符	窗口 C 设置参数	说 明
SEt SET	GrOuP GROUP	报警参数组号	1-5 默认值：1，当前被激活的报警参数组号
VoLt VOLT	uPLi t UPLIT	电压报警上限值	0.00V-1000.00V 默认值：1000.00V，当测量的电压值大于该值，上限报警动作
	LoLi t LOLIT	电压报警下限值	0.00V-1000.00V 默认值：0.00V，当测量的电压值小于该值，下限报警动作
	thRE THRE	电压报警门限值	0.00V-1000.00V 默认值：0.00V，只有当测量的电压值大于该值时，报警功能有效
AmP AMP	uPLi t UPLIT	电流报警上限值	0.000A-22.000A 默认值：22.000A，当测量的电流值大于该值，上限报警动作
	LoLi t LOLIT	电流报警下限值	0.000A-22.000A 默认值：0.000A，当测量的电流值小于该值，下限报警动作
	thRE THRE	电流报警门限值	0.000A-22.000A 默认值：0.000A，只有当测量的电流值大于该值时，报警功能有效

Pot POR	UP L I T	功率报警上限值	0.00W-22.000kW 默认值：22.000kW，当测量的功率值大于该值，上限报警动作
	Lo L I T	功率报警下限值	0.00W-22.000kW 默认值：0.00W，当测量的功率值小于该值，下限报警动作
	THRE	功率报警门限值	0.00W-22.000kW 默认值：0.00W，只有当测量的功率值大于该值时，报警功能有效
AL A	TIME	报警延时时间	0.0-20.0s 默认值：0.0，发生报警后计时，计时结束如果参数仍超限，报警动作

- **电流量程**按键 (I-RANGE)：用于电流量程 0~7 档、AUTO 的切换。
- 谐波**按键 (HARM)：复用按键 (SHIFT+ I-RANGE)，开启/关闭谐波。
- **保存**按键 (SAVE)：保存 ALM SET 和 SYS SET 设置参数，以及电压、电流量程切换确认。
- 按键锁定**按键 (KEYLOCK)：复用按键 (SHIFT+SAVE)，该键被按下后，按键被锁定，防止误操作。
- **方向键**：
 - “▼” 按键：减小当前闪烁位的设置参数值或切换到下一设置参数。
 - “▲” 按键：增大当前闪烁位的设置参数值或切换到上一设置参数。
 - “◀” 按键：复用按键 (SHIFT+ ▼)，循环左移位，改变设置参数的当前数码管 (闪烁位) 位置。
 - “▶” 按键：复用按键 (SHIFT+ ▲)，循环右移位，改变设置参数的当前数码管 (闪烁位) 位置。
- **设置参数**按键 (SET)：确定所选项目。配合 ALM SET 和 SYS SET 功能使用。
- 零点校准**按键 (CAL)：复用按键 (SHIFT+SET)，执行仪表零点校准功能。当仪表长时间处于稳态测量 (无按键操作，无量程、测量模式切换) 且环境温度变化较大时，执行该功能可提高仪表测量精度。
- **启动**键 (START)：在测试状态按下，启动电能量积分。电能累积期间，TIME 参数逐秒累加。
- 恢复出厂设置**按键 (INIT)：复用按键 (SHIFT+START)，恢复所有参数到出厂设置。
- 停止**键 (STOP)：在测试状态按下，停止电能量积分。
- 清零**键 (RESET)：复用按键 (SHIFT+STOP)，当电能处于停止状态时，按下此键可清零电能记录、时间记录。当电能处于启动状态时，该操作无效。
- **退出**按键 (ESC)：关闭设置菜单，返回测量数据界面。
- 模式**按键 (MODE)：复用按键 (SHIFT+ESC)，用于测量模式 RMS、DC、MEAN 的循环切换。
- **系统设置**按键 (SYS SET)：在测试状态按下，可预置更新速率、电压/电流变比、BNC 变比、电能积分电流门限、电能累积时间上限、通信地址、通信波特率、通信协议规范、蜂鸣器开关、零值忽略开关、线路滤波开关、频率滤波开关、同步源选择、电流源选择。
- 步骤 1：按 “SYS SET” 键进入系统设置状态后，显示窗口 A 显示子菜单名称，显示窗口 B 显示子菜单下的具体参数类型，显示窗口 C 显示当前参数值。详见表 3-4。
- 步骤 2：按 “▼” 或 “▲” 切换要设置的参数类型，显示窗口 B 的字符闪动；
- 步骤 3：按 “SET” 键，确定将要设置该参数，显示窗口 C 的字符闪动；
- 步骤 4：按 “▼”、“▲”、“◀”、“▶” 键设置参数大小；
- 步骤 5：按 “SET” 键确定设置完毕返回上一级菜单，可重复以上步骤继续设置其他参数；
- 步骤 6：按下 “SAVE” 键，仪表保存设置。

表 3-4 仪表系统参数设置

窗口 A 显示字符	窗口 B 显示字符	窗口 C 设置参数	说 明
d SP DISP	uPdAtE UPDATE	显示更新速率	0.1s、0.25s、0.5s、1s、2s、5s 默认值：0.5s
UoLt VOLT	SCALE SCALE	电压变比	0.1-5000 默认值：1 仪表计量时，该值应设为 1
AñP AMP	SCALE SCALE	电流变比	0.1-5000 默认值：1 仪表计量时，该值应设为 1
bñC BNC	SCALE SCALE	BNC 变比	0.010-100.000mV/A 默认值：1mV/A 仪表计量时，该值应设为 1mV/A
Por POR	AñPL, t AMPLIT	电能量积分门限电 流	0.000A-22.000A 默认值：0.000A 电流测量值大于该值时，电能量开始积分
	t, ñE TIME	电能量积分时间	默认为 HH.MM.SS (时分秒) 模式，最 大 99.59.59；继续增大，自动切换到 HHH.MM (时分) 模式，最大 9999.59
Coñ COM	Addt ADDR	GPIB 通信地址	1-30 默认值：1
	bAud BAUD	通信波特率	可选值：9600，19200，38400 默认值：38400
	Proto PROTO	通信协议规范	XC 协议、MODBUS 协议、SCPI 协议 默认：XC 协议
ALA ALA	bEEP BEEP	蜂鸣器报警开关	ON/OFF 默认值：ON
	tñE THRE	零值门限开关	ON/OFF 默认值：ON ON—零值不报警，OFF—零值报警
FL, t FLIT	Li ñE LINE	线路滤波开关	ON/OFF 默认值：OFF OFF—关，500—500Hz，5500—5.5kHz
	FñE9 FREQ	频率滤波开关	ON/OFF 默认值：OFF ON—开，OFF—关
SññC SYNC	SoutCE SOURCE	同步源选择	电压源 VOLT、电流源 AMP 默认：电压 源
Cñtt CURR	SoutCE SOURCE	电流源选择	电流 AMP、BNC 输入 BNC 默认：AMP



注意

同步源是仪表精确测量的信号基准，仅在电压信号畸变严重或者噪声较大时，改变同步源为电流源。



注意

在电能量累积已启动或未清零时，不允许设置变比，计算模式，计算周期，电能量累积的电流门限，电能量计时时间。

- **最大值保持功能按键 (MAXHOLD)**: 复用按键 (SHIFT+ SYS SET), 该功能开启后, 如果测量得到的值比当前保持值更大, 将保持较大值。**此键为隐藏式按键, 面板上没有此名称。**
- **屏幕锁定按键 (HOLD)**: 当前显示数据停止更新并保持, UPDATE 指示灯熄灭, 再按一次 HOLD 键, 解除屏幕锁定。
- **复用功能按键 (SHIFT)**: 按一次 SHIFT 键, 键亮灯, 表示该键处于切换状态, 可以复用位于各键下方键名的相应功能。再按一次 SHIFT 键, 解除复用状态。

二 后面板说明

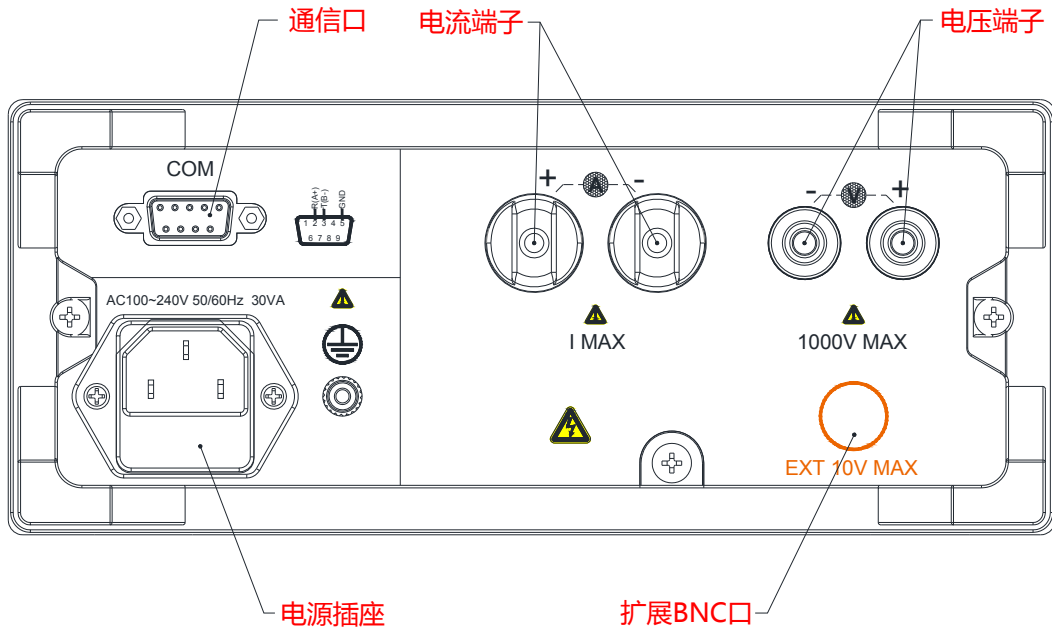


图 3-4 仪表后面板示意图

- 1 后面板由以下几部分组成：电源插座、电压/电流端子、通信口、扩展 BNC 接口。
- 2 电源插座是仪表工作的电源输入。插座的下方放有保险丝，规格为 250V 3A。
- 3 电压/电流端子为连接测量回路的接线端子。
- 4 串口为 RS232/RS485 可选，标配 RS232。

三 接线说明

1 电流表内接

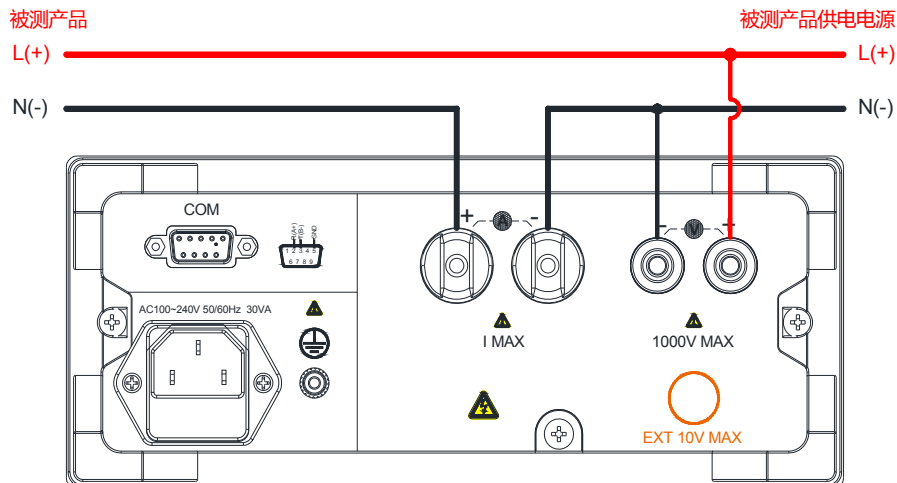


图 3-5-1 外部接线示意图

2 电流表外接 (常规)

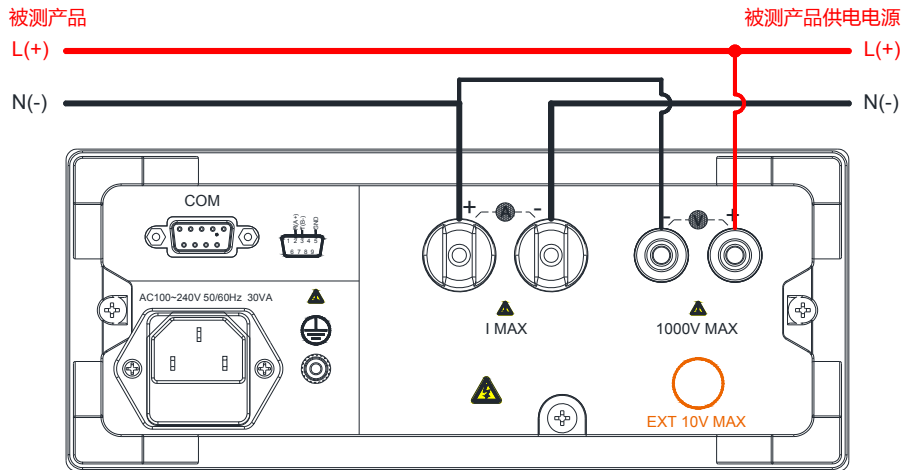


图 3-5-2 外部接线示意图

3 电流表外接 (四线法)

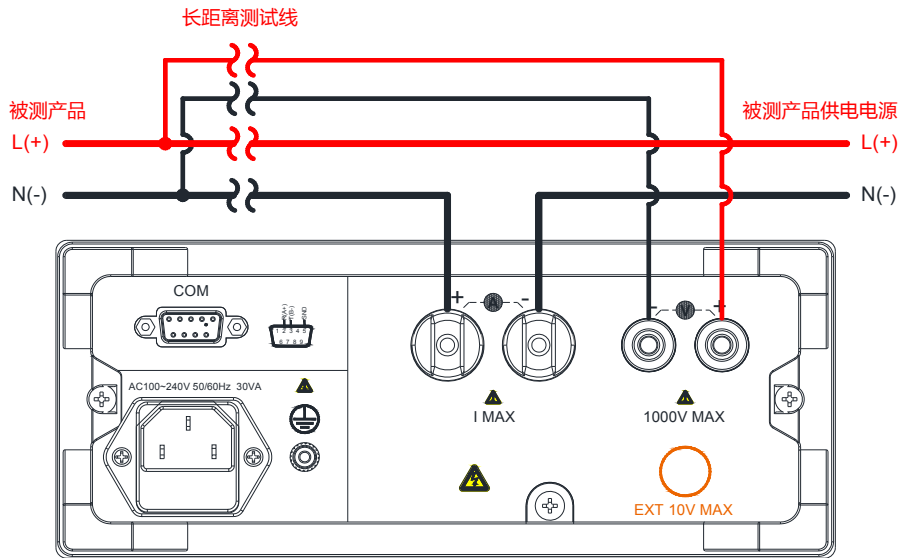


图 3-5-3 外部接线示意图

4 外置互感器使用接线

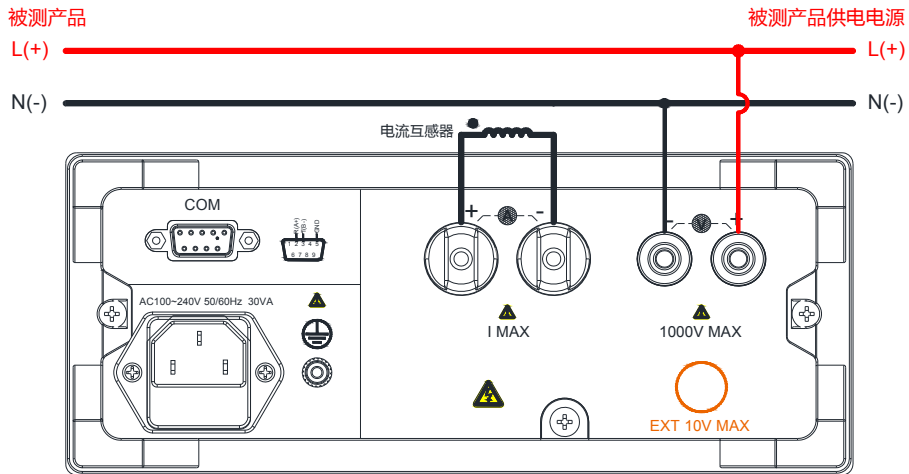


图 3-6 互感器接线示意图



注意

使用外置互感器时，请根据互感器参数设置相应的仪表变比参数。

5 使用标准源计量检定接线

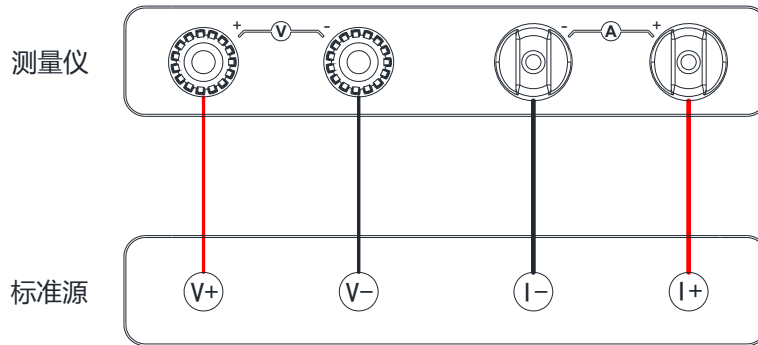


图 3-7 标准源计量检定接线示意图

6 使用标准表计量检定接线

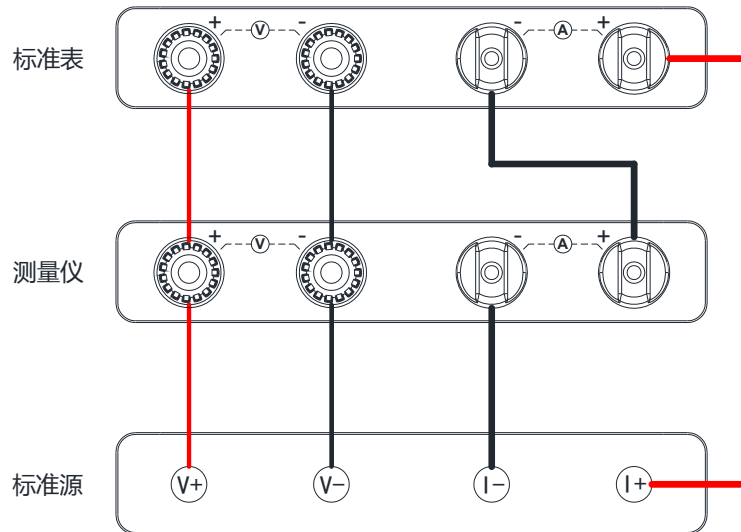


图 3-8 标准表计量检定接线示意图



- 计量前请按下复用按键 (SHIFT+START), 恢复出厂设置 (INIT)
- 单独进行电流计量时, 分析仪电压输入端要有大于 60V 的电压输入信号

7 线径要求

铜芯电缆的载流量详见国际电工委员会建筑物装置第五部分的第 523 节-载流量, 标准号为: IEC 60364-5-523 1983 年。当分析仪的测量电流达到 20A 时, 推荐使用截面积 $\geq 4\text{mm}^2$ 的铜导线。

第三章 外部接口说明

分析仪后面板上配置有 1 个 9 针 D 型通信口 (公口), 可提供 RS-232 或者 RS-485 通信数传功能。默认配置为 RS-232 接口。

1RS-485 通信接口定义

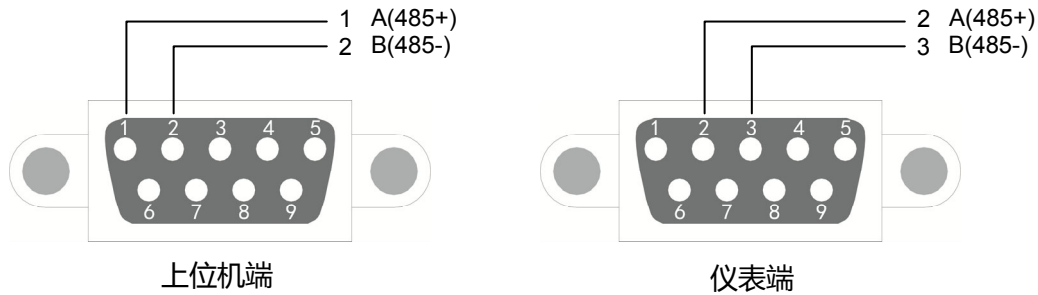


图 3-1 RS-485 接口定义 (注意 : 上位机、仪表端定义不同)

2RS-232 通信接口定义

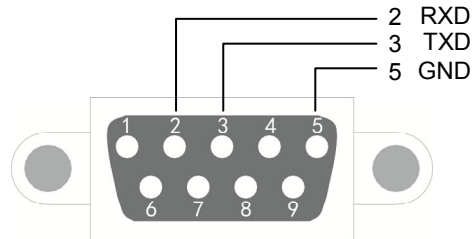
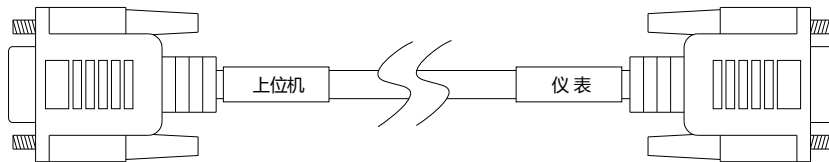


图 3-2 RS-232 接口定义 (上位机、仪表端定义相同)

3 通信线缆配件接口定义



上位机 (9 针母头)	仪表 (9 针母头)
1	2
2	3
3	2
5	5
金属外壳	金属外壳 (用金属屏蔽层连接)

注意 仪表的通信地址、通信波特率与上位机的设置应相同。