

# 低电阻测试仪

## 产品操作说明书



产品型号：**MO 3**

制造商：**H.-P.菲舍尔**

产地：**德国**

**注意！同时按住手柄两端旋转轴解除锁定以调节手柄位置**

# 目 录

1. 注意事项 .....	4
1.1. 说明书指引 .....	4
1.2. 说明书中所使用的标识 .....	4
1.3. 基本注意事项 .....	4
1.4. 安全注意事项 .....	5
2. 产品描述 .....	6
2.1. 主要特征 .....	6
2.2. 基本参数 .....	7
2.3. 低电阻测试参数 .....	7
3. 仪器硬件描述 .....	8
3.1. 仪器操作面板 .....	8
3.2. 仪器操作面板各部件描述 .....	9
3.3. LCD 显示和 LED 指示灯 .....	9
3.4. 插孔和接口 .....	10
4. 开始测量 .....	11
4.1. 快速使用 .....	12
5. 仪器设置 .....	15
5.1. 量程模式设置 .....	15
5.1.1. 量程档位限制设置 .....	15
5.1.2. 量程切换间隔时间设置 .....	16
5.2. 测试方式设置 .....	17
5.3. 测试计时设置 .....	17
5.3.1. 测试次数设置 .....	18

5.4. 均值计算设置 .....	18
5.5. 电阻率测试设置 .....	19
5.6. 温度校准 .....	20
5.7. 内存管理 .....	20
5.8. 显示设置 .....	21
5.9. 测量值报警设置 .....	22
5.9.1. 报警下限设置 .....	22
5.9.2. 报警上限设置 .....	23
5.10. 出厂初始设置 .....	23
6. 电阻率测试和温度校准功能 .....	25
6.1. 综述 .....	25
6.2. 体积电阻率 .....	25
6.3. 表面电阻率 .....	26
6.4. 温度校准 .....	26
7. 测试流程 .....	28
7.1. 低电阻测试相关要求 .....	29
7.2. 测试原理图 .....	29
7.3. 测试示例 .....	30
7.4. 四线法测试电极 .....	31
8. 故障排除 .....	33
9. 性能检测 .....	36
9.1. 机械结构检查 .....	36
9.2. 电气检查 .....	36
9.3. 检查最大测试电压 .....	36
9.4. 检查测试电流 .....	37
9.5. 准确度校准 .....	37

## 1. 注意

**注意！中文说明书和原厂英文说明书编排顺序并不完全相同，阅读时敬请留意！**

### 1.1. 产品说明书指引

本说明书内容为最新产品信息，任何最新改动有可能没有预先通知用户。制造商有权在没有预先通知用户的情况下对该说明书进行更改。制造商不承担由于打印或印刷造成的错误。

### 1.2. 说明书中所使用的标识

 **注意!**  
请注意该标识以避免任何人员损伤或产品损坏

 **提示:**  
安全预防、具体操作和其他信息等提示

 **备注:**  
在操作过程中有用的备注

### 1.3. 基本注意事项

本仪器只能用于测试不带电（零电位）的导体的电阻。仪器应该固定使用并只能用于室内测量工作。仪器应避免阳光直射。使用时应放置在水平并且平坦的台面上，台面为光滑无液体泼溅。绝对避免仪器受到震动和摇晃。仪器应在干燥无湿气的环境下使用和保存。

移动仪器时应尽量保证上述条件，只能提取仪器的手柄来移动仪器。清洁仪器时不要采用液体清洁剂，并且只能清洁仪器外表面，绝对避免液体进入仪器内部。维护和保养应由专业的技术人员来操作。

如果需要打开仪器外壳对内部检查，同样需遵守以上事项。

请遵守本说明书所描述的其他安全规范、操作指引和注意事项。

#### **1.4. 安全注意事项**

本仪器符合德国“Schutzklasse 1”安全标准，只能采用 230V/50Hz 的具有接地极的电源。仪器电源插口配有安全电阻，当仪器发生故障时可以更换，更换时确保仪器断电！

**本仪器只能由专业的技术人员打开外壳和维修！**

当仪器屏幕不显示任何读数或按键的 LED 灯不亮时，仪器出现故障，出现这种情况应立即将仪器断电然后由专业的技术人员检查。

不能用本仪器直接测试带电体，危险的高接触电压可能对仪器造成巨大损坏。

测试时不要触碰任何非绝缘部分和测试电极，小电感的被测试物可能产生高的电压。开启和关闭测试电压时不要接触任何测试装置，这时可能产生高的感应电压，**该电压可能伤害人体！**

当使用本仪器时请遵守 10mA 以上电气使用和操作安全规范。

测试小电阻丝时可能会产生极高的温度，**小心烫伤皮肤或造成火灾！**

## 2. 仪器参数

### 2.1. 主要特征

- 最大测试电压：<math><5.5V</math>
- 测试电流：1 $\mu$ A~1A（量程 7-1 档）
- 读数显示方式：科学表达式（例如 16.55 E-3  $\Omega$  表示 16.55 m $\Omega$ ）
- 在 23 $^{\circ}$ C 时测试精确度： $\pm 0.2\% \pm 2$  字
- 只能测试非带电体

### 2.2. 基本参数

仪器使用方式	<ul style="list-style-type: none"><li>◇ 开始测试：<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 按&lt;START&gt;键开始测试或软件远端控制</li></ul></li><li>◇ 结束测试：<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 按&lt;STOP/ESC&gt;键结束测试；</li><li>➢ 到达所设置的时间后，自动停止测试；</li><li>➢ 通过软件远端控制</li></ul></li></ul>
读取速率	1 次/秒
量程档位	7 档（自动/手动模式）
仪器控制	通过仪器面板上的按键或 RS-232 远端控制
标定精确度的取样时间	10 分钟
显示	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2 行 x 20 位 LCD 显示屏，2 个</li><li>● 每个按键上 LED 指示灯</li></ul>
超出测量值限制	峰鸣器报警，继电器启动（最大 24V/0.5A）
超出量程	仪器 LCD 和电脑界面同时显示“overrange”或“underrange”
输入电源	100-240VAC，50-60Hz，功率 20VA
安全电阻	电源插口安全电阻 1.6 AT 电源开关安全电阻 2.0 AT
RS232 接口	DB9 端子
接地极	4mm 直径插孔
工作环境温度	15 $^{\circ}$ C~23 $^{\circ}$ C~35 $^{\circ}$ C
工作环境相对湿度	最高 70%，无水气凝结
储存温度	-10 $^{\circ}$ C~+60 $^{\circ}$ C
仪器尺寸	340mm x 150mm x 300mm
仪器重量	5.5kg
德国安全级别	1
保护级别	IP40

### 2.3. 低电阻测试参数

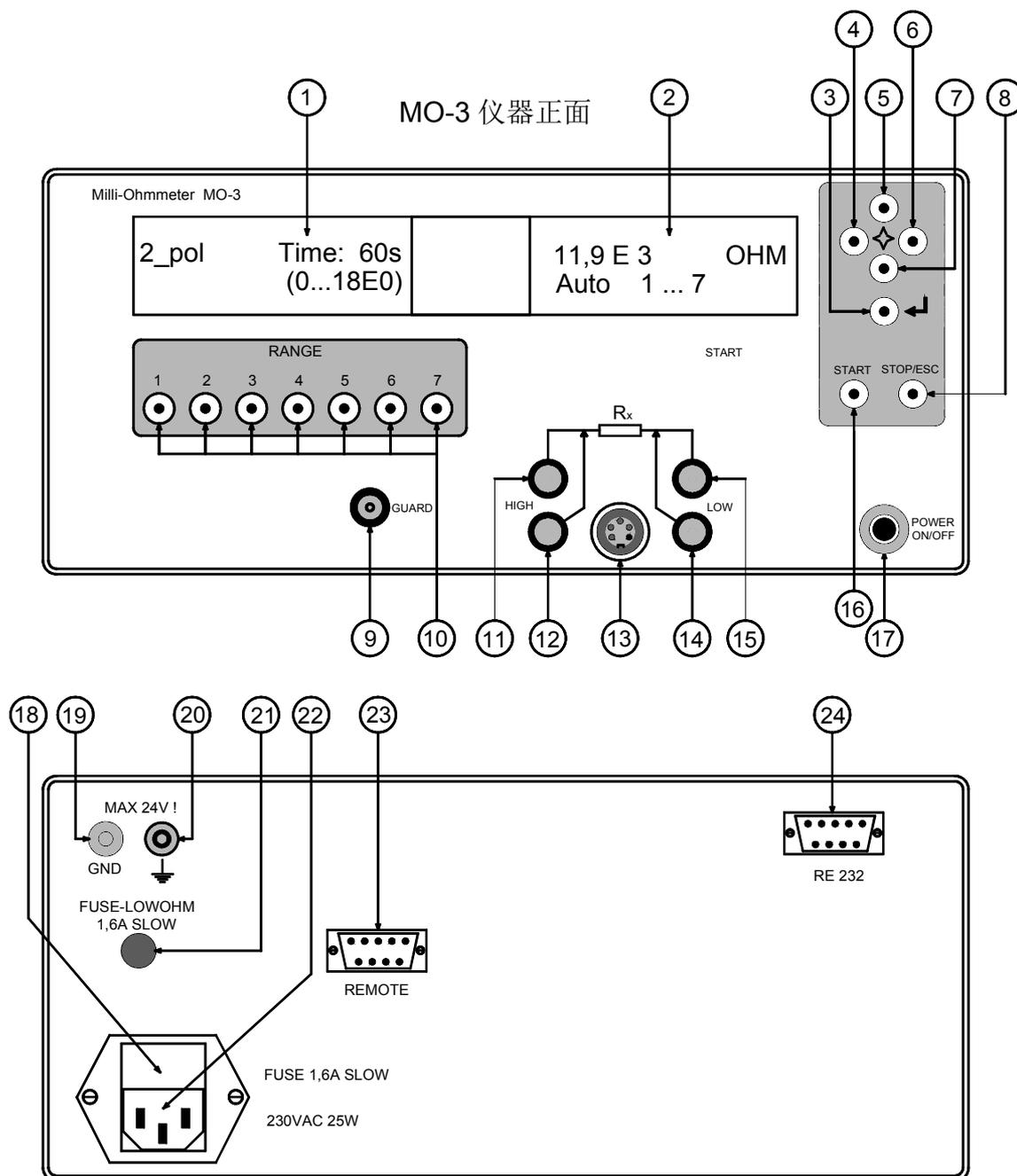
电阻量程	180mΩ~180kΩ
电阻率量程	电阻值 x 转换因子 F (有以下设置) 0.01m~99.99m 0.01cm~99.99cm 0.01mm~99.99mm
分辨率	量程档位 1: 10μΩ 量程档位 2: 100μΩ 量程档位 3: 1mΩ 量程档位 4: 10mΩ 量程档位 5: 100mΩ 量程档位 6: 1Ω 量程档位 7: 10Ω
量程档位	7 档 (自动/手动模式)
测试电流	量程档位 1: 1A 量程档位 2: 100mA 量程档位 3: 10mA 量程档位 4: 1mA 量程档位 5: 100μA 量程档位 6: 10μA 量程档位 7: 1μA
显示	2 位半、3 位半、4 位半
测量方式	2 线或 4 线法
热电电压补偿	0~±20mV
测量精确度	±0.2% ± 2 字
温度系数(15°C-35°C)	±0.01%/°C
最大测试电压	<5.5VDC
测试电压过载保护 (电流源电极之间)	+24VDC 和-3VDC
测试电压过载保护 (感知电极之间)	±48VDC
R <sub>x</sub> 测试插孔	4 个 4mm 插孔或 5 针螺纹插口

◇ 铜线温度系数: 0.0039 1/°C (该温度系数为 MO 3 仪器内置)

◇ 温度设置范围: -99.9°C~99.9°C

### 3. 仪器硬件描述

#### 3.1. 仪器操作面板



MO-3 仪器背面

### 3.2. 仪器操作面板各部件描述

#### A. 只在设置模式中用到的按键

- ③ Enter: 回车键, 保存设置
- ④ Left: 向左移动光标
- ⑤ Up: 选择子菜单或移动光标到上一行
- ⑥ Right: 向右移动光标
- ⑦ Down: 选择子菜单或移动光标到下一行

#### B. 在设置模式和操作模式使用到的按键

- ⑰ POWER ON/OFF: 开机/关机
- ⑧ STOP/ESC: 停止测试, 结束设置

#### C. 只在测试模式使用到的按键

- ⑩ RANGE: 手动选择量程档位
- ⑰ START: 开始测试

### 3.3. LCD 显示和 LED 指示灯

仪器面板上有 2 个 LCD 屏幕, 分别显示测试参数和测试读数, 同时在设置仪器时用于便捷的人机交互。所有按键都具有 LED 指示灯, 通过颜色来做出状态指示。

#### A. 以下按键为绿灯表示:

- ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ 绿灯表示各按键处于随时可以使用状态
- ⑰ 绿灯表示仪器接通电源

#### B. 以下按键为黄灯表示:

- ⑧ 黄灯表示测试结束
- ⑩ 该组按键黄灯表示所采用的量程档位
- ⑰ 黄灯闪烁表示测试正在进行中

### 3.4. 插孔和接口

- ⑪ HIGH: 电流插孔，正极
- ⑫ HIGH: 电压插孔（4线法测试时使用）
- ⑬ 5-PIN: 5针螺纹插口
- ⑭ LOW: 电压插孔（4线法测试时使用）
- ⑮ LOW: 电流插孔，负极
- ⑨ GUARD: 屏蔽保护，该插孔电压等于⑮插孔
- ⑰ GND: 线路内部接地点，出厂时和⑰仪器外壳接地点连接。⑰和⑳之间电压不能超过 24V
- ⑳ EARTH: 仪器外壳接地点，通过电源线接地极接地
- ㉓ REMOTE: 继电器输出，超过所设置的测量值限制后启动
- ㉔ RS232: RS232 串口连接电脑

## 4. 开始测量

- 1) 请阅读 1.3 和 1.4 章节的注意事项及安全警告!
- 2) 把仪器放置在安全的台面
- 3) 把电源线插入仪器背面的②②插口，电源线另一端接入 230VAC/50Hz 电源

 **注意!**  
确保使用的电源插座无故障!

 **注意!**  
确保使用的电源线为三脚插头，电源插座具有接地极!

 **注意!**  
不要在仪器 1 米范围内使用手机!

- 4) 按①⑦开/关机键开机，绿色 LED 灯亮。

 **备注:**  
①和②屏幕会显示仪器固件号，软件版本号。  
然后显示最近一次所设置的测试参数。

- 5) 现在可以对测试进行设置(详见第 5 章节)，或直接开始测试(详见第 6 章节)

 **提示:**  
仪器需要 10 分钟预热以保证测试精确度。

## 4.1. 快速使用

测试一个已知阻值的材料，例如 10kΩ，手动选择量程档位。

➤ 按⑰键开机

➤ 按⑤键进入设置模式

➤ 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Range Mode</b> Auto → MAN
--------------	--	---------------------------------

➤ 选择模式为 MAN：手动选择量程档位(详见 5.1 章节)

➤ 按⑤键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Wire Mode</b> 2pol ← 4pol
--------------	--	---------------------------------

➤ 选择 2pol：2 线测试法(详见 5.2 章节)

➤ 按⑤键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Timer</b> 010_s ON → OFF
--------------	--	--------------------------------

➤ 选择 OFF 关闭测试计时功能(详见 5.3 章节)

➤ 按⑤键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Average</b> 01_ ON → OFF
--------------	--	--------------------------------

➤ 选择 OFF 关闭均值计算功能(详见 5.4 章节)

➤ 按⑤键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Electrode factor</b> 01.00_m ON → OFF
--------------	--	---

➤ 选择 OFF 关闭电阻率测试(详见 5.5 章节)

- 按 **⑤** 键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>temperature</b>
<b>Temp</b>	<b>norm.20°C</b>	<b>20.0°C ON → OFF</b>

- 选择 OFF 关闭温度校准(详见 5.6 章节)

- 按 **⑤** 键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Memory</b>
		<b>(0) off</b>

- 选择 OFF 不保存测试结果，或选择 WRITE 保存测试结果(详见 5.7 章节)

- 按 **⑤** 键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Display Mode</b>
		<b>4_1/2 Digit</b>

- 选择 4 位半显示(详见 5.8 章节)

- 按 **⑤** 键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Limit</b>
		<b>ON → OFF</b>

- 选择 OFF 关闭测量值限制(详见 5.9 章节)

- 按 **⑤** 键继续设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Default-Values</b>
		<b>SET → OFF</b>

- 不用任何改变，直接按 STOP/ESC **⑧** 键退出设置。

- 在⑩键组中选择适当的量程档位，选择某档位后，该档位的量程显示在左边屏幕第二行。10kΩ的最佳量程档位是第6档

ⓘ 提示：

如果已经按下 START⑬键开始测试，之后改变切量程档位，仪器需要5秒钟延迟才能显示出稳定的读数。

- 连接测试线到⑪和⑮插孔（注意：现在是采用2线法测试）
- 测试线另一端分别连接被测试物
- 首先测试的是热电电压，如果热电电压超过15mV，测试停止并报错；如果热电电压没有超过15mV，测试继续，计算结果时热电电压被考虑在内
- 右边屏幕第一行显示测试结果，例如10.00 E3 OHM，仪器采用以下公式计算出这个结果：

$$R = \frac{V1 \pm V2}{I}$$

R: 仪器右边屏幕第一行显示的阻值

V1: ⑪和⑮插孔之间的电压

V2: 热电电压

I: 电流

## 5. 仪器设置

<<按⑤键进入设置模式>>

### 5.1. 量程模式设置

● 备注：仪器自动选择量程档位或手动确定量程档位

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Range Mode</b> <b>AUTO    →    MAN</b>
--------------	--	--

2) 按③回车键

3) 光标在箭头位置闪烁

4) 按④或⑥键左右移动箭头指向 AUTO 或 MAN

5) 按③回车键选定 AUTO 自动量程模式或 MAN 手动量程模式

#### 5.1.1 量程档位限制

❗ 提示：只有在 5.1 中选择了自动量程档位模式，才可以设置此功能。

● 备注：  
设置了量程档位限制后，仪器只采用所设置的档位。  
MIN: 最小档位，可选择从 1 档到 7 档  
MAX: 最大档位，可选择从 1 档到 7 档

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Range Limit</b> <b>MIN: 1    MAX: 7</b>
--------------	--	---

2) 按③回车键，出现闪烁的 OK 符号

<b>Menu:</b>		<b>Range Limit</b> <b>MIN: 1    MAX: 7 OK</b>
--------------	--	--

- 3) 按一次④键，把光标移到 MAX 的数值下，按⑤键增加或⑦键减小数值
- 4) 设置完 MAX 档位后，按④键把光标移到 MIN 的数值下
- 5) 按⑤或⑦键来增加或减小数值
- 6) 设置完 MIN 档位后，按⑥键向右移动光标到 OK 符号（OK 符号开始闪烁）
- 7) 按③回车键确定

### 5.1.2. 量程档位切换间隔时间设置

❗ **提示：**只有在 5.1 中选择了自动量程档位模式，才可以设置此功能。

● **备注：**  
 在自动量程档位模式下，仪器自动切换档位，切换间隔时间可以设置。  
 OFF: 量程档位切换无间隔时间  
 ON: 可选择 1-30 秒的间隔时间

- 1) 屏幕显示:

<b>Menu:</b>		<b>Autorange Delay</b> <b>01_s ON → OFF</b>
--------------	--	--

- 2) 按③回车键，光标在箭头位置闪烁
- 3) 按④或⑥键改变箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 如果选择了 ON，再按④键把光标移到左边的数值下面
- 5) 按⑤或⑦键来增加或减小数值，可以设置 01-30 秒的间隔时间
- 6) 设置好间隔时间后，按⑥键移动光标使箭头指向 ON
- 7) 按③回车键确定

## 5.2. 测试方式设置

● 备注：设置采用 2 线法或 4 线法测试

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Wire Mode</b> 2pol → 4pol
--------------	--	---------------------------------

2) 按③回车键，出现箭头位置的光标闪烁

3) 按④或⑥键改变箭头指向，2pol 表示 2 线法；4pol 表示 4 线法

4) 按③回车键确定

## 5.3. 测试计时设置

● 备注：

仪器根据所设置的时间进行测试，到达所设置的时间后停止测试。

OFF：关闭计时。测试时间手动控制，按⑩键开始测试，按⑧键结束测试

ON：开启计时。可设置 5-300 秒测试时间，达到所设置的时间，仪器自动结束测试并保存数据

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Timer</b> 010_s ON → OFF
--------------	--	--------------------------------

2) 按③回车键，箭头在光标位置闪烁

3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF

4) 选择 ON 后，可以设置 3 位数的测试时间，按④键移动光标到每个数值下，按⑤或⑦键来增加或减小数值，可以设置 5-300 秒的测试时间

5) 设置完数值后，按⑥键使箭头指向 ON

6) 按③回车键确定

### 5.3.1. 测试次数(测试持续时间)设置

① **提示:**  
只有选择了 5.3 测试计时后，才能设置该功能。

● **备注:**  
仪器按照 5.3 所设置的测试时间进行测试，一旦完成单次测试立即开始下一次测试。可以设置 1-999 次重复测试，该功能可以形成一个连续性的数据组。

例如：每次测试计时为 30 秒，重复次数为 120 次。则测试会持续 1 小时后结束(120 次 x 30 秒/次=3600 秒=1 小时)。  
每 30 秒仪器会记录一个测试数据，最终获得 120 个数据。

1) 屏幕显示:

<b>Menu:</b>		<b>Period</b>
		<b>010    ON → OFF</b>

- 2) 按③回车键，箭头在光标位置闪烁
- 3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 选择 ON 后，可以设置 3 位数的测试次数，按④键移动光标到每个数值下，按⑤或⑦键来增加或减小数值，可以设置 001-999 测试次数
- 5) 设置完数值后，按⑥键使箭头指向 ON
- 6) 按③回车键确定

### 5.4. 均值计算设置

● **备注:**  
读数以平均值显示，可以设置 2-10 个测试值平均。  
OFF: 关闭平均计算，仪器显示实时读数  
ON: 开启平均计算，仪器显示平均读数

1) 屏幕显示:

<b>Menu:</b>		<b>Average</b> <b>01      ON → OFF</b>
--------------	--	---

- 2) 按③回车键, 箭头在光标位置闪烁
- 3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 选择 ON 后, 可以设置 2 位的平均数, 按④键移动光标到每个数值下, 按⑤或⑦键来增加或减小数值, 可以设置 01-10 平均数
- 5) 设置完数值后, 按⑥键使箭头指向 ON
- 6) 按③回车键确定

## 5.5. 电阻率测试设置

● **备注:**  
可以开启和关闭电阻率测试功能, 并能设置转换因子 F。

ⓘ **提示:**  
体积电阻率单位显示为  $\Omega\text{m}$ ; 表面电阻率单位显示为  $\Omega$ 。  
OFF: 关闭电阻率测试功能, 这时仪器读数为电阻。  
ON: 开启电阻率测试功能, 这时仪器读数为电阻率。  
可以设置 00.01-99.99 的转换因子, 单位可设置为 m、cm、mm。

1) 屏幕显示:

<b>Menu:</b> <b>Specific resist.</b>		<b>Electrode factor</b> <b>01.00_m ON → OFF</b>
---	--	--

- 2) 按③键, 光标在箭头位置闪烁
- 3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 如果选择 ON, 按④键向左移动光标到单位底下来设置单位
- 5) 按⑤或⑦键选择米(m)、厘米(cm)或毫米(mm)
- 6) 然后再按④键向左移动光标到数值底下, 按⑤或⑦键设置转换因子的数值
- 7) 设置完成后, 按⑥键向右移动光标指向 ON
- 8) 按③键确认

## 5.6. 温度校准

- **备注:**  
仪器设定铜的温度系数为  $0.0039\ 1/^{\circ}\text{C}$ ，可以把实际测试环境的温度设  
入仪器，仪器自动根据温度系数换算出  $20^{\circ}\text{C}$  时的阻值。

1) 屏幕显示:

<b>RxLow-Menu:</b>		<b>temperature</b>
<b>Temp. norm.20°C</b>		<b>20°C ON → OFF</b>

- 2) 按③键，光标在箭头位置闪烁
- 3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 如果选择 ON，按④键向左移动光标到数值底下
- 5) 按⑤或⑦键逐一设置每位数值，可以设置  $-99.9-99.9^{\circ}\text{C}$  的温度
- 6) 设置完成后，按⑥键向右移动光标指向 ON
- 7) 按③键确认

## 5.7. 内存管理

- **备注:**  
3000 个测试数据可以保存到仪器内存。  
(0) off: 不保存测试数据  
(1) clear: 删除所有保存的数据  
(2) write: 保存测试数据  
(3) read: 查看数据

- ⓘ **提示:**  
选择(3) read 查看数据后，可以按⑤和⑦键上下滚动查看保存在仪器  
内存中的数据。

1) 屏幕显示上一次设置:

<b>Menu:</b>		<b>Memory</b> <b>(0) off</b>
--------------	--	---------------------------------

或

<b>Menu:</b>		<b>Memory</b> <b>(1) clear</b>
--------------	--	-----------------------------------

或

<b>Menu:</b>		<b>Memory</b> <b>(2) write</b>
--------------	--	-----------------------------------

或

<b>Menu:</b>		<b>Memory</b> <b>(3) read</b>
--------------	--	----------------------------------

2) 按③键, 出现 OK 符号并且光标在 OK 符号下闪烁

3) 按④键移动光标到左边括号内的 0、1、2、3 数值底下, 这时 OK 符号消失

4) 按⑤或⑦键改动数值, 改动好后按⑥键向右移动光标到闪烁的 OK 符号下

5) 按③键确认

## 5.8. 显示设置

- 备注: 可以读数以 2 位半或 4 位半显示  
2<sub>1/2</sub>(2 位半): 进行大概的定性测试时选用  
4<sub>1/2</sub>(4 位半): 进行精准测试时选用

1) 屏幕显示:

<b>Menu:</b>		<b>Display Mode</b> <b>2<sub>1/2</sub> Digit</b>
--------------	--	---

2) 按③键, 出现 OK 符号并且闪烁

3) 按④键把光标移到最左的第一位数值上

5) 按⑤或⑦键改变数值

6) 设置完成后, 按⑥键向右移动光标到闪烁的 OK 符号

7) 按③键确认

## 5.9. 测量值报警设置

在已知待测材料初步特性或根据经验判断待测材料阻值不会超出某个范围时，可以设置测量的上限和下限，超出该范围仪器会蜂鸣报警并启动继电器，这时表示测试发生错误。

ⓘ **提示：**  
OFF：关闭测量值报警功能  
ON：开启测量值报警功能

ⓘ **提示：**  
在自动量程档位模式下，读数低于或超出该范围时报警。  
在手动量程档位模式下，只有所设置的报警范围在所选择的档位量程内，超出范围时才会报警。

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Limit</b> <b>ON ← OFF</b>
--------------	--	---------------------------------

- 2) 按③键，光标在箭头位置闪烁
- 3) 按④或⑥键使箭头指向 ON 或 OFF
- 4) 按③键确认

### 5.9.1. 报警下限设置

当读数小于所设置的下限时报警，最小限值可以设置到  $100\text{ E }-4$  ( $0.01\Omega$ )

1) 按 5.9 开启报警功能后，首先进入下限设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Limit</b> <b>min: 100E-4</b>
--------------	--	------------------------------------

- 2) 按③键，出现 OK 符号并且闪烁
- 3) 按④键把光标移到倒数第一位数值上
- 4) 按⑤或⑦键改变数值，继续按④键向左移动光标，设置每位数值
- 5) 设置完成后，按⑥键向右移动光标到闪烁的 OK 符号
- 6) 按③键确认

### 5.9.2. 报警上限设置

当读数大于所设置的上限时报警，最大限值可以设置到 180 E 3 (180000Ω)

1) 完成 5.9.1 下限设置后，接着上限设置，屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Limit max: 180E03</b>
--------------	--	------------------------------

- 2) 按③键，出现 OK 符号并且闪烁
- 3) 按④键把光标移到倒数第一位数值上
- 4) 按⑤或⑦键改变数值，继续按④键向左移动光标，设置每位数值
- 5) 设置完成后，按⑥键向右移动光标到闪烁的 OK 符号
- 6) 按③键确认

### 5.10. 出厂初始设置

❗ **提示：**  
恢复出厂初始设置不会改变任何已保存在仪器内存中的测试数据。

● **备注：**  
YES: 所有设置恢复出厂初始设置  
NO: 保持用户自己的设置

1) 屏幕显示：

<b>Menu:</b>		<b>Default-Values YES → NO</b>
--------------	--	------------------------------------

- 2) 按③键，光标在箭头位置闪烁并指向 NO
- 3) 如果要恢复出厂默认，按④键箭头指向 YES，然后按③键恢复出厂设置

#### 出厂默认设置：

- ◇ 量程模式：                                  MAN（手动）
- ◇ 量程档位限制：                              MIN:1, MAX:7
- ◇ 量程档位切换间隔时间：                  OFF（连续）
- ◇ 测量方法：                                  2-pole（2线法）
- ◇ 测试计时：                                  OFF（关闭）
- ◇ 测量次数：                                  1

◇ 均值计算:	OFF (关闭)
◇ 电阻率测试:	OFF (关闭)
◇ 温度显示:	OFF (关闭)
◇ 内存管理:	(0) OFF, 不保存测试数据
◇ 显示模式:	4_1/2 (4 位半)
◇ 测量值报警:	OFF (关闭)
◇ 报警下限:	100 E -04 (0.01Ω)
◇ 报警上限:	180 E 03 (180000Ω)
◇ 出厂设置:	NO (不恢复出厂初始设置)

## 6. 电阻率测试和温度校准功能

### 6.1. 综述

MO 3 测试仪可以扩展测试体积电阻率和表面电阻率，并且具有温度校准功能。

### 6.2. 体积电阻率

① **提示：**  
根据 5.5 章节描述进行电阻率测试设置后才可以测试电阻率。

体积电阻率由特定几何形状的电阻，可以根据以下公式计算：

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

$\rho$ : 体积电阻率  
 $R$ : 体积电阻  
 $A$ : 电流通过的横截面  
 $l$ : 电流通过的长度

在以上公式中，横截面除以长度就是通常所说的电阻率几何因子，用测试出来的电阻  $R$  乘以该几何因子就得到电阻率。

如果所测试的是线状导体，可以很方便地确定横截面和长度并计算出几何因子。但当测试高电阻物体甚至绝缘体或液体时，该几何因子由特定采用的测试电极确定。

通常测试高电阻时，体积电阻率的几何因子由平均横截面和被测物体厚度决定：

$$f = \frac{S1 + S2}{h \cdot 2}$$

$f$ : 体积电阻率几何因子  
 $S1$ : 测试电极接触被测试体上部的面积  
 $S2$ : 测试电极接触被测试体下部的面积  
 $h$ : 被测试体的厚度

按照 5.5 章节描述，设置体积电阻率几何因子  $f$  后，仪器根据该几何因子自动把电阻换算为电阻率，读数直接显示为体积电阻率，单位为 [ $\Omega\text{m}$ ]。体积电阻率几何因子可以设置为 0.01~99.99，单位可以选择 m、cm、mm。

### 6.3. 表面电阻率

① 提示：  
根据 5.5 章节描述进行电阻率测试设置后才可以测试电阻率。

表面电阻根据以下公式计算：

$$R_o = \frac{U_m}{I_o}$$

$R_o$ : 表面电阻

$U_m$ : 测试电压

$I_o$ : 通过被测物体表面的电流

高电阻物体的表面电阻率通常采用同心圆电极测试，可以按以下公式计算：

$$\sigma = \frac{R_o \cdot \pi (d_l + g)}{g}$$

$\sigma$ : 表面电阻率

$R_o$ : 表面电阻

$d_l$ : 内圆电极直径

$g$ : 内圆和外环电极间距

表面电阻率转换因子由电极尺寸决定，把该转换因子设入测试仪后，屏幕直接显示表面电阻率。转换因子可以设置为 0.01~99.99，单位可以选择 m、cm、mm。

**注意！表面电阻和表面电阻率的单位都是[Ω]。**

### 6.4. 温度校准

① 提示：  
根据 5.6 章节描述进行温度校准设置后才启用该功能。

在不同的温度下，物体的电阻是不同的，电阻温度系数指每变化 1°C，电阻改变的百分率，单位是 1/°C。MO 3 测试仪设置了铜的温度系数为 0.0039 1/°C，根据实际测试环境的温度，可以自动把读数校准（换算）为 20°C 时的电阻。校准（换算）公式如下：

$$R_t = R_o [1 + \alpha (t - 20)]$$

$R_t$ : 在实际温度下的电阻

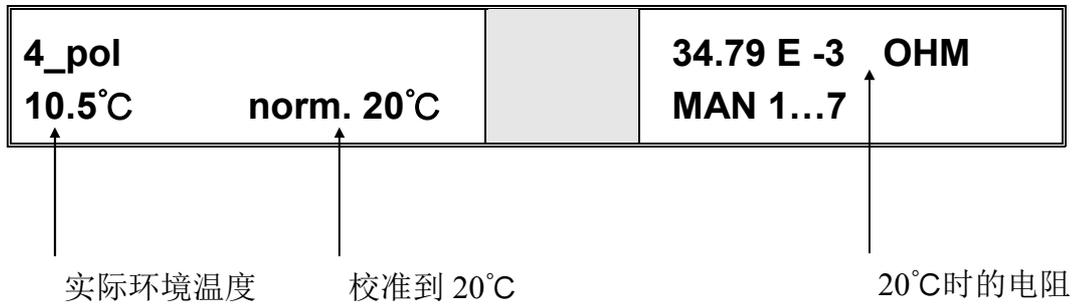
$R_o$ : 在 20°C 时的电阻

$\alpha$ : 铜的温度系数 (0.0039 1/°C)

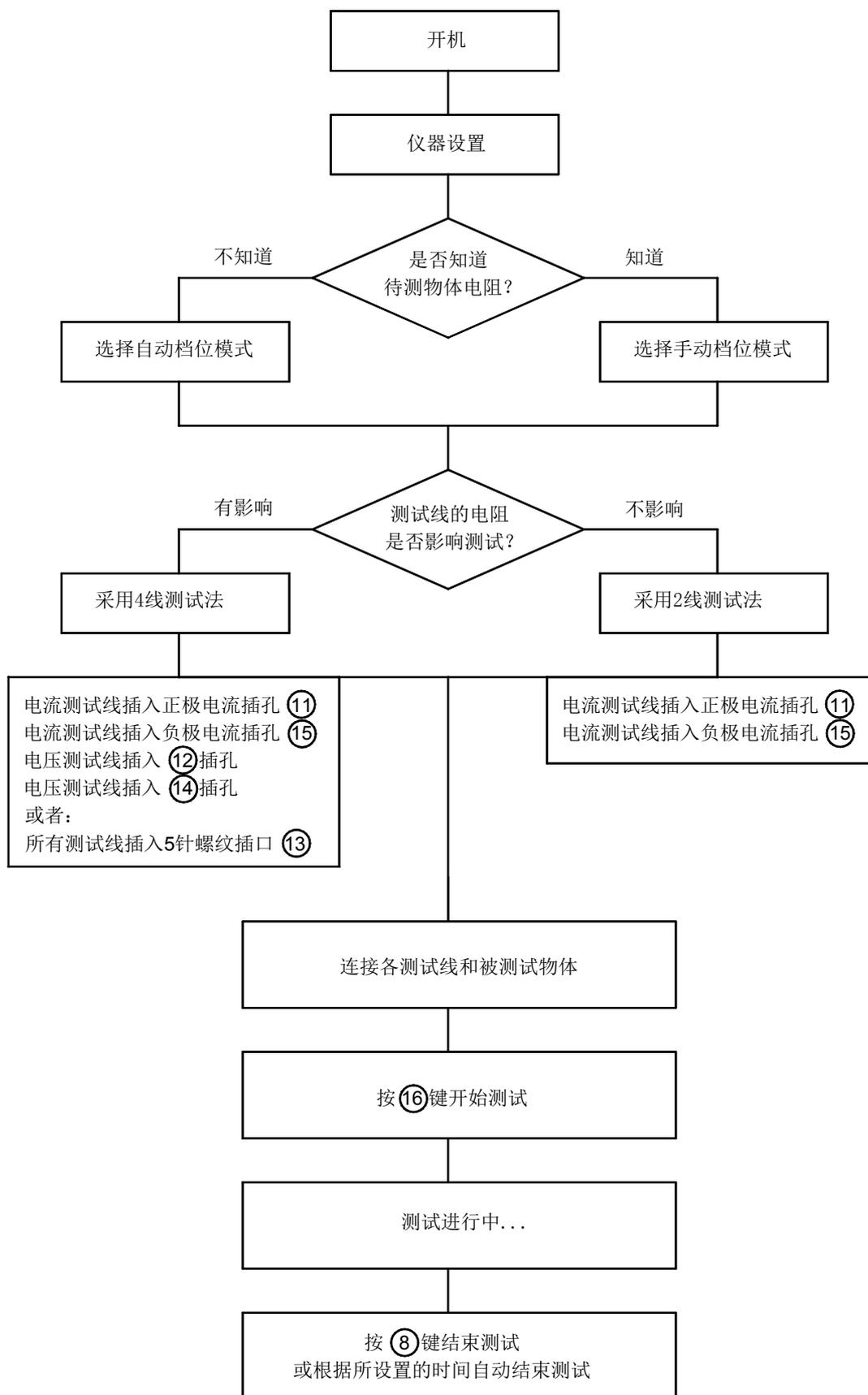
$t$ : 实际温度

例如在 10.5°C 环境下测得铜线的电阻为 0.0335Ω，根据以上公式换算，在 20°C 时该铜线的电阻为 0.03479Ω。

在 5.6 章节开启温度校准功能后，测试结果显示如下（例）：



## 7. 测试流程



## 7.1. 低电阻测试相关要求

通常采用一个已知的电流通过被测体，然后测量所形成的压降，然后依据欧姆定律计算出被测体的电阻。

当被测体电阻很小时，需要采用相对大一点的电流。例如被测体电阻为  $1\Omega$ ，即使采用  $0.1A$  的测试电流，所形成的压降也只有  $0.1V$ ，这时仪器的分辨率需要达到  $10\mu V$ 。

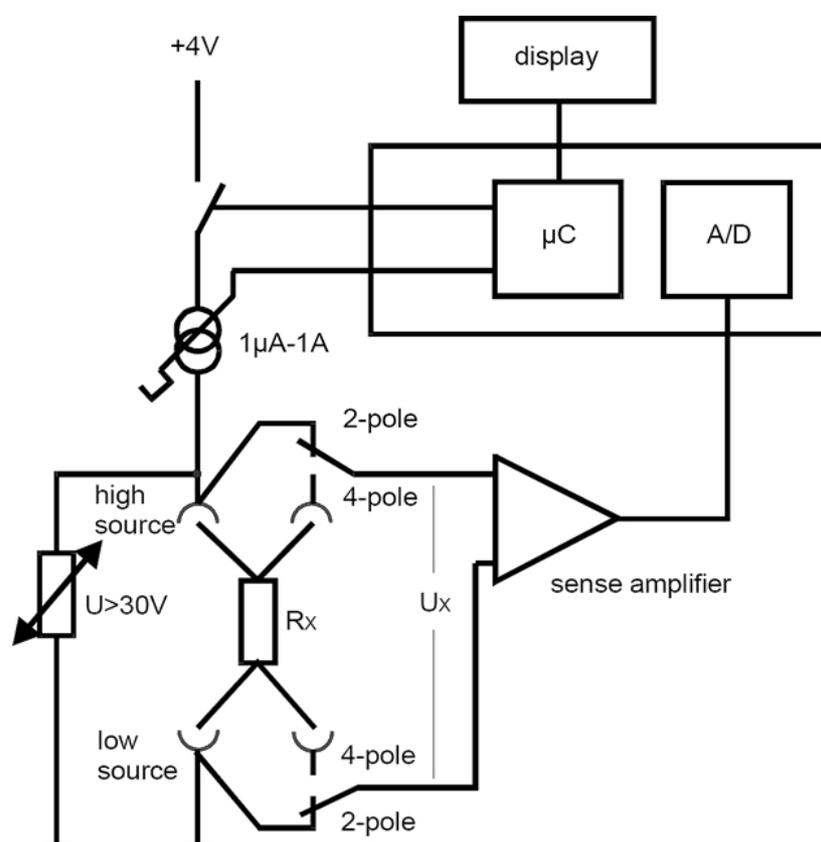
在测试中如果存在其他电压源，例如热电压，这时会发生测试错误。MO 3 测试仪能对热电压进行自动补偿。

以下几个因素会严重影响测试准确性：

- ✧ 测试环境的温度
- ✧ 被测试物体的温度
- ✧ 测试电流造成的温度变化
- ✧ 测试参数设置
- ✧ 被测试物体的机械性能，历史状况

测试极小电阻时，测试线的电阻严重影响准确性，在测试时必须采用 4 线法。高质量，防腐蚀的夹具也是测试准确性的重要保证。

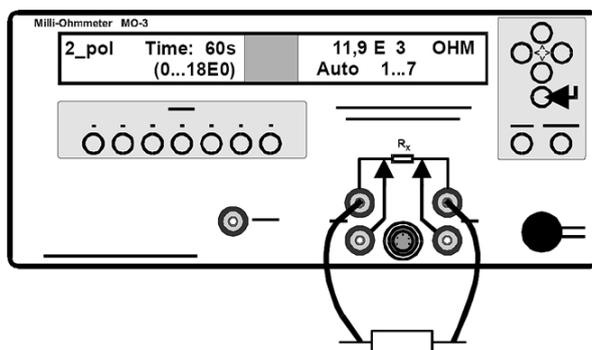
## 7.2. 测试原理图



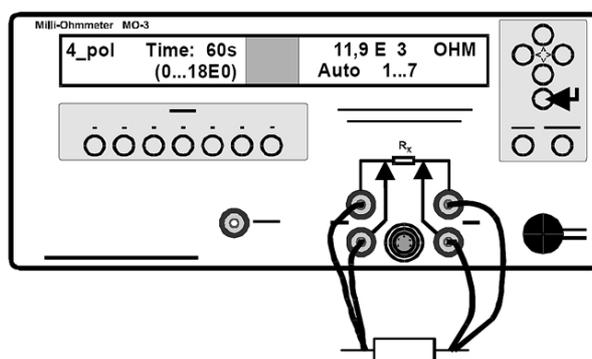
采用各档位确定的电流通过被测体，所形成的压降  $U_x$  ( $0\sim 180\text{mV}$ ) 和电流计算出被测体电阻  $R_x$ :

$$R_x = \frac{U_x}{I}$$

需要精确测量小电阻时，必须采用 4 线法。被测体上的压降  $U_x$  由电压测试线测量，这样就把电流测试线的电阻排除在外。



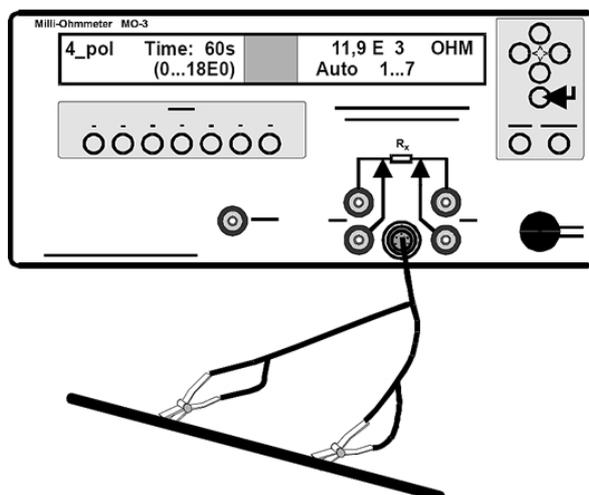
2 线测试法



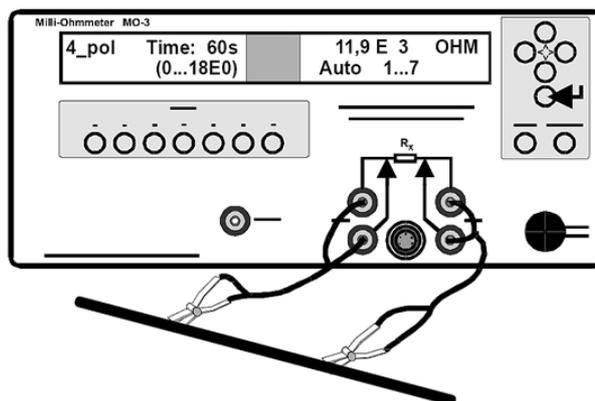
4 线测试法

### 7.3. 测试示例

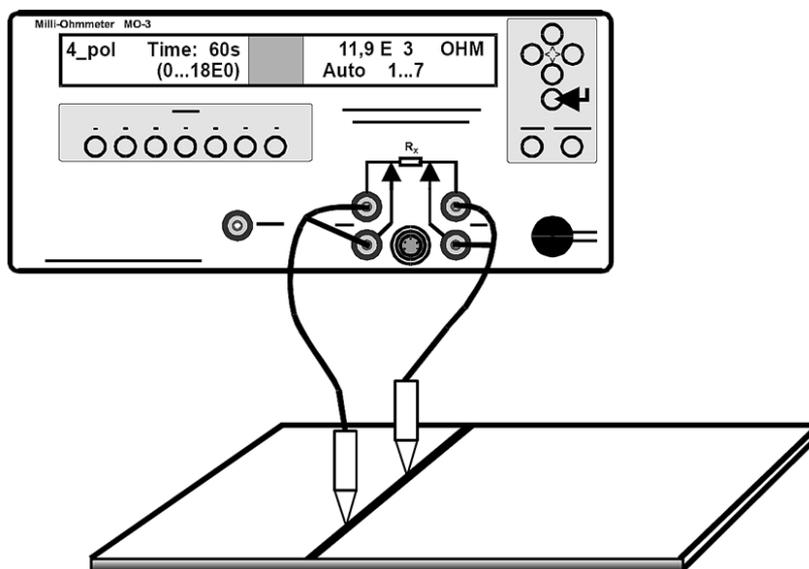
采用 5 针测试线测试线阻（4 线法）



#### 采用独立测试线测试线阻（4线法）



#### 测试小物体电阻（4线法）



### 7.4. 四线法测试电极

#### ◇ KEZ-S 标准开尔文钳夹（标配）

4 线法测试低电阻，适用于 1mm-20mm 测量接触点

测试范围： $100 \times 10^{-6} \Omega$  -  $100 \times 10^3 \Omega$

最大测试电流：1A

1 米连接线缆长度，5 芯 DIN 插头

#### ◇ KEZ-60 开尔文钳夹

4 线法测试低电阻，适用于 10mm-60mm 测量接触点

测试范围： $10^{-6} \Omega$  -  $10^6 \Omega$

最大测试电流：1A

1 米连接线缆长度，4mm 标准插头

- ◇ **KEZ-Maxi-1 开尔文钳夹**  
 四线法测试低电阻，适用于 1mm-15mm 测量接触点  
 测试范围：100x10<sup>-6</sup>Ω - 100x10<sup>3</sup>Ω  
 最大测试电流：1A  
 1 米连接线缆长度，4mm 标准插头
- ◇ **KEZ-Mini-1 开尔文钳夹**  
 四线法测试低电阻，适用于极微小测量接触点  
 测试范围：100x10<sup>-6</sup>Ω - 100x10<sup>3</sup>Ω  
 最大测试电流：1A  
 1 米连接线缆长度，5 芯 DIN 插头
- ◇ **KEZ-Micro-1 开尔文钳夹**  
 四线法测试低电阻，适用于 1mm-20mm 测量接触点  
 测试范围：100x10<sup>-6</sup>Ω - 100x10<sup>3</sup>Ω  
 最大测试电流：1A  
 1 米连接线缆长度，5 芯 DIN 端口连接测试仪器
- ◇ **KT-1 开尔文探针**  
 四线法测试低电阻，电位施加和电位检测点分离设计  
 测试范围：100x10<sup>-6</sup>Ω - 200x10<sup>3</sup>Ω  
 最大测试电流：1A  
 1 米连接线缆长度，5 芯 DIN 插头
- ◇ **KSP-1 开尔文探针**  
 四线法测试低电阻，针尖接触面积 0.4mm<sup>2</sup>  
 接触电阻：2.5mΩ  
 测试范围：100x10<sup>-6</sup>Ω - 200x10<sup>3</sup>Ω  
 最大测试电流：1A  
 1 米连接线缆长度，5 芯 DIN 插头
- ◇ **4P-1 测试台**  
 四线法测试低电阻  
 符合 DIN EN ISO 3915 规范测试导电材料表面和体积电阻/电阻率  
 片刀形电压电极  
 电压电极刃口宽度: 20mm  
 电压电极刃口距离: 10mm  
 电压电极刃口接触压力: 0.6N  
 电阻量程:100mΩ-180kΩ  
 最小试验尺寸: 70mm(长) x 10mm(宽) x 1mm(厚)  
 最大试验尺寸: 150mm(长) x 20mm(宽) x 20mm(厚)

## 8. 故障排除

### 1) 屏幕不显示并且 LED 指示灯不亮

原因	解决
主电源未接通	电源线是否破损，插头是否插牢
⑱ 保险丝熔断	检查保险丝
MO 3 仪器损坏	断开电源，由专业人员检查仪器

### 2) 屏幕显示乱码并且 LED 指示灯不亮

原因	解决
仪器内部处理器不正常或者程序故障或者硬件故障	断开电源，拆下所有连接线，重新开机。如果问题未解决，断开电源，由专业人员检查仪器

### 3) 屏幕显示“Overrange”，例如：

<b>4_Pol</b>	<b>Timer Off (0...180E-3)</b>		<b>Overrange MAN 1...7</b>
--------------	-----------------------------------	--	--------------------------------

原因	解决
被测物体阻值超出最高量程	检查量程设置
测试回路未闭合	闭合测试回路
电流测试线太长	检查电流测试线
4 线法测试时，有测试线未连接	检查测试线

### 4) 屏幕显示“Error Zero-Control”，例如：

<b>Error Zero-Control</b>		<b>190.2V Thermovoltage</b>
-------------------------------	--	---------------------------------

原因	解决
热电电压过高	重启并较长时间暖机
测试回路未闭合	闭合测试回路
被测试物体带电	检查测试线路

5) 读数显示为 0, 例如:

<b>4_Pol</b>	<b>Timer Off</b> <b>(0...180E-3)</b>		<b>0.00 E-3 OHM</b> <b>MAN 1...7</b>
--------------	---	--	---

原因	解决
测试回路未闭合	闭合测试回路
②1 保险丝熔断	检查保险丝
被测试物体电阻小于 10 $\mu\Omega$	用标准电阻校准仪器

6) 读数波动很大

原因	解决
外界干扰信号	屏蔽测试线并连接 <b>GUARD</b> 插孔

7) 采用 4 线法测试时, 读数始终在 0 位上下波动

原因	解决
其中有测试线未连接	检查测试连接

8) 测试结果不符合预期

原因	解决
测试连接不正确	检查测试连接
被测试物本身损坏	更换被测试物体
仪器故障	用标准电阻校准
温度校准功能开启	检查设置

9) 读数前出现\*号

原因	解决
接线错误	检查测试线连接
负电压干扰测试	检查测试回路
其中 1 条电流测试线未连接被测体	检查电流测试线和钳夹

10) 移动测试线读数不稳定, 测试线静止后读数稳定

原因	解决
高频或低频电磁干扰	采用屏蔽测试线, 移除干扰源

11) 读数不是预期的稳定

原因	解决
温度系数太大	更换到恒温环境下测试
被测物体未正确连接	检查测试连接
其中 1 条电流测试线未连接被测体	检查电流测试线和钳夹

12) 测试  $20\mu\Omega$  以上电阻时，读数显示为 0

原因	解决
红色插孔和黑色插孔之间有短路	检查测试回路和连接

## 9. 性能检测

每年应对仪器的性能和精度进行检查。要求在 0-40℃，相对湿度 70%以内进行检测。

### 9.1. 机械结构检查

- ◇ 仪器外表有无损坏
- ◇ 按键是否灵敏，有无损坏
- ◇ 显示屏有无损坏
- ◇ 所有连接点是否干净，有无损坏
- ◇ 仪器外壳是否紧固
- ◇ 仪器机身背板有无损坏，内部接地点①⑨和机壳接地点②⑩是否连接
- ◇ 180 度晃动仪器，检查有无部件松动

### 9.2. 电气检查

- ◇ 把仪器放置在水平的桌面，确保仪器处于断电状态
- ◇ 把电源线插入仪器，按①⑦键开机，左右 LCD 屏幕亮。左边 LCD 屏幕显示  
FISCHER ELEKTRONIK
- ◇ 按⑤键进入设置界面，恢复出厂设置
- ◇ 仪器屏幕显示 40 秒倒计时，仪器在该时间恢复为出厂初始设置

### 9.3. 检查最大测试电压

- ◇ 用一个量程为 10VDC 的电压表接入①⑪和①⑮插孔
- ◇ 按⑤键进入设置模式，设置手动档位测量模式，选择 4 线测试法
- ◇ 选择档位 1，然后按①⑯键开始测试，MO 3 仪器读数为“Overrange”，电压表读数应小于 5.5V
- ◇ 如果电压表读数为 0，则仪器背面的②⑱保险丝需要更换
- ◇ 按⑧键结束检查

## 9.4. 检查测试电流

- ◇ 按⑤键进入设置模式，设置手动档位测量模式，选择2线测试法
- ◇ 使用量程  $1\mu\text{A}\sim 1\text{A}$ ，精度 1%的直流安培表接入⑪和⑮插孔
- ◇ 选择档位 1，然后按⑯键开始测试
- ◇ 安培表的读数不能超出 $\pm 1\%$
- ◇ 切换其他档位，检查每个档位的测试电流是否超标

各档位的电流应该在以下范围 ( $\pm 1\%$ ):

- 档位 1: 1A
- 档位 2: 100mA
- 档位 3: 10mA
- 档位 4: 1mA
- 档位 5: 100 $\mu\text{A}$
- 档位 6: 10 $\mu\text{A}$
- 档位 7: 1 $\mu\text{A}$

## 9.5. 准确度校准

- ◇ 按⑤键进入设置模式，设置手动档位测量模式，选择4线测试法
- ◇ 把 N01N 标准电阻插入仪器
- ◇ 选择档位 1，然后按⑯键开始测试
- ◇ 切换到其他档位，逐一使用标准电阻测试每个档位的精度
- ◇ 按⑧键结束检查

标准校准值和仪器读数的误差范围如下:

量程档位	标准电阻型号	标准电阻标定值	仪器实际测试值
档位 1	N01N	0.1 $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 2	N0N	1 $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 3	N1N	10 $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 4	N2N	100 $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 5	N3N	1 k $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 6	N4N	10 k $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.2%)
档位 7	N5N	100 k $\Omega$	$\pm$ (标准电阻误差+0.3%)

~中文说明书仅供参考，请以原厂英文说明书为准~