

# 用户手册

## User's Guide

Rev.A

适用于 Rev.A1.03 以上版本

# AT4050/40100/40150/40200

## 多路电压测试仪

50 通道/100 通道/150 通道/200 通道

并行测量

采样速率: 10ms (全部通道)

最小分辨率: 0.01mV

常州安柏精密仪器有限公司

Applent Instruments Ltd.

江苏省常州市武进区漕溪路 9 号 14 幢

电话: 0519-88805550

<http://www.anbai.cn>

销售服务电子邮件: [sales@applent.com](mailto:sales@applent.com)

技术支持电子邮件: [tech@applent.com](mailto:tech@applent.com)

©2005-2024 Applent Instruments Ltd.

## 图例说明



高压危险标志，说明可能造成重大人身损害。



禁止：可能造成人身损害或设备不可恢复的损坏。



警告与注意：可能造成人身损害或设备不可恢复的损坏。



重要信息。



请参考细节。

## 安全须知



当你发现有以下不正常情形发生,请立即终止操作并断开电源线。立刻与安柏仪器销售部联系维修。否则将会引起火灾或对操作者有潜在的触电危险。

- 仪器操作异常。
- 操作中仪器产生反常噪音、异味、烟或闪光。
- 操作过程中, 仪器产生高温或电击。
- 电源线、电源开关或电源插座损坏。
- 杂质或液体流入仪器。



### 免责声明

用户在开始使用仪器前请仔细阅读以下安全信息, 对于用户由于未遵守下列条款而造成的人身安全和财产损失, 安柏仪器将不承担任何责任。



为防止电击危险, 请连接好电源地线。



不可在易燃易爆气体、蒸汽或多灰尘的环境下使用仪器。在此类环境使用任何电子设备, 都是对人身安全的冒险。



超出本说明书指定的方式使用仪器, 仪器所提供的保护措施将失效。

# 目录

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 图例说明 .....                      | 2         |
| 安全须知 .....                      | 3         |
| 目录 .....                        | 4         |
| 插图目录 .....                      | 7         |
| 表格目录 .....                      | 8         |
| <b>1. 安装和设置向导 .....</b>         | <b>9</b>  |
| 1.1 装箱清单 .....                  | 9         |
| 1.2 电源要求 .....                  | 9         |
| 1.3 操作环境 .....                  | 9         |
| 1.4 清洗 .....                    | 9         |
| <b>2. 概述 .....</b>              | <b>10</b> |
| 2.1 引言 .....                    | 10        |
| 2.2 主要功能 .....                  | 11        |
| 2.2.1 量程 .....                  | 11        |
| 2.2.2 测试速度 .....                | 11        |
| 2.2.3 触发方式 .....                | 11        |
| 2.2.4 基本准确度 .....               | 11        |
| 2.2.5 设置 .....                  | 11        |
| 2.2.6 接口 .....                  | 11        |
| <b>3. 开始 .....</b>              | <b>12</b> |
| 3.1 认识前面板 .....                 | 12        |
| 3.1.1 前面板描述 .....               | 12        |
| 3.2 认识后面板 .....                 | 12        |
| 3.3 测试端 .....                   | 13        |
| 3.4 上电启动 .....                  | 15        |
| 3.4.1 开机 .....                  | 15        |
| 3.4.2 预热 .....                  | 15        |
| 3.4.3 运行状态 .....                | 15        |
| <b>4. 远程通讯 .....</b>            | <b>16</b> |
| 4.1 USB-VCOM .....              | 16        |
| 4.2 局域网接口 (LAN) .....           | 16        |
| 4.3 RS-232C .....               | 16        |
| 4.3.1 RS232C 连接 .....           | 17        |
| 4.3.2 默认的通信设置: .....            | 17        |
| 4.3.3 后面板设置为 RS-232C 通讯接口 ..... | 17        |
| 4.4 RS-485 连接 .....             | 18        |
| 4.4.1 后面板设置为 RS-485 通讯接口 .....  | 18        |
| 4.5 通讯协议 .....                  | 18        |
| 4.5.1 SCPI 语言 .....             | 18        |
| <b>5. 设置和 SCPI 命令参考 .....</b>   | <b>19</b> |
| 5.1 命令串解析 .....                 | 19        |
| 5.1.1 命令解析规则 .....              | 19        |

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 5.1.2 | 符号约定和定义 .....                     | 19 |
| 5.1.3 | 命令树结构 .....                       | 20 |
| 5.2   | 命令和参数 .....                       | 20 |
| 5.2.1 | 命令 .....                          | 20 |
| 5.2.2 | 参数 .....                          | 20 |
| 5.2.3 | 分隔符 .....                         | 21 |
| 5.2.4 | 错误码 .....                         | 21 |
| 5.3   | SCPI 多机通讯 .....                   | 22 |
| 5.4   | 命令参考 .....                        | 22 |
| 5.5   | TRIGger 触发设置 .....                | 22 |
| 5.5.1 | TRIGger:SOURce .....              | 22 |
| 5.6   | SAMPlE 测试速度设置 .....               | 22 |
| 5.6.1 | SAMPlE[:SPEED(RATE)] 测试速度设置 ..... | 23 |
| 5.6.2 | SAMPlE:FILTER(LINE) 工频设置 .....    | 23 |
| 5.7   | LAN 局域网设置 .....                   | 23 |
| 5.7.1 | LAN? 查询当前仪器局域网设置 .....            | 24 |
| 5.7.2 | LAN:IP 设置 ip 地址 .....             | 24 |
| 5.7.3 | LAN:PORT 设置端口 .....               | 24 |
| 5.7.4 | LAN:GATE 设置网关地址 .....             | 25 |
| 5.7.5 | LAN:MASK 设置子网掩码 .....             | 25 |
| 5.8   | RS232/RS485 通讯设置 .....            | 26 |
| 5.8.1 | 波特率设置【BAUD】 .....                 | 26 |
| 5.8.2 | 通讯协议设置【PROTocol】 .....            | 27 |
| 5.9   | 获取测量数据【FETCh?】 .....              | 27 |
| 5.10  | *TRG 触发并返回测量结果子系统 .....           | 28 |
| 5.11  | IDN? 子系统 .....                    | 28 |
| 5.12  | ERRor 子系统 .....                   | 28 |
| 6.    | Modbus (RTU) 通讯协议 .....           | 30 |
| 6.1   | 数据格式 .....                        | 30 |
| 6.1.1 | 站号 .....                          | 30 |
| 6.1.2 | 指令帧 .....                         | 31 |
| 6.1.3 | CRC-16 计算方法 .....                 | 32 |
| 6.1.4 | 响应帧 .....                         | 32 |
| 6.1.5 | 无响应 .....                         | 33 |
| 6.1.6 | 错误码 .....                         | 33 |
| 6.2   | 功能码 .....                         | 33 |
| 6.3   | 寄存器 .....                         | 33 |
| 6.4   | 读出多个寄存器 .....                     | 34 |
| 6.5   | 写入多个寄存器 .....                     | 34 |
| 6.6   | 回波测试 .....                        | 35 |
| 7.    | Modbus (RTU) 指令集 .....            | 37 |
| 7.1   | 寄存器总览 .....                       | 37 |
| 7.2   | 获取测量数据 .....                      | 38 |
| 7.2.1 | 获取测量结果, 整数类型【1000】 .....          | 38 |
| 7.2.2 | 获取测量结果, 浮点数类型【2000】 .....         | 38 |

---

|     |           |    |
|-----|-----------|----|
| 8.  | 规格.....   | 39 |
| 8.1 | 技术指标..... | 39 |
| 8.2 | 一般规格..... | 39 |
| 8.3 | 外形尺寸..... | 40 |

## 插图目录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 图 3-1 前面板.....                     | 12 |
| 图 3-2 后面板.....                     | 12 |
| 图 3-3 测试端定义.....                   | 13 |
| 图 3-4 工作指示灯定义.....                 | 15 |
| 图 4-1 后面板上 DB-9 插座.....            | 17 |
| 图 4-2 后面板上的远程控制 RS232C 拨码开关位置..... | 17 |
| 图 4-3 后面板上的远程控制 RS485 拨码开关位置.....  | 18 |
| 图 5-1 命令树结构.....                   | 20 |
| 图 5-2 TRIGger 子系统树.....            | 22 |
| 图 5-3 SAMPlE 子系统树.....             | 22 |
| 图 5-4 LAN 设置.....                  | 24 |
| 图 5-5 查看当前局域网环境-默认网关.....          | 25 |
| 图 5-6 查看当前局域网环境-子网掩码.....          | 26 |
| 图 5-7 UART 设置树.....                | 26 |
| 图 5-8 FETC?子系统树.....               | 28 |
| 图 5-9 IDN? 子系统树.....               | 28 |
| 图 6-1 站号设置.....                    | 30 |
| 图 6-2 Modbus 指令帧.....              | 31 |
| 图 6-3 Modbus 附加 CRC-16 值.....      | 32 |
| 图 6-4 正常响应帧.....                   | 32 |
| 图 6-5 异常响应帧.....                   | 32 |
| 图 6-6 读出多个寄存器 (0x03).....          | 34 |
| 图 6-7 读出多个寄存器 (0x03) 响应帧.....      | 34 |
| 图 6-8 写入多个寄存器 (0x10).....          | 34 |
| 图 6-9 写入多个寄存器 (0x10) 响应帧.....      | 35 |
| 图 6-10 回波测试 (0x08).....            | 35 |
| 图 8-1 外形尺寸.....                    | 40 |

## 表格目录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 表 3-1 前面板功能描述.....              | 12 |
| 表 3-2 前面板功能描述.....              | 12 |
| 表 3-3 (M1) CH1~CH50 接线表.....    | 13 |
| 表 3-4 (M2) CH51~CH100 接线表.....  | 14 |
| 表 3-5 (M3) CH101~CH150 接线表..... | 14 |
| 表 3-6 (M4) CH151~CH200 接线表..... | 15 |
| 表 4-1 RS-232 标准的最小子集.....       | 17 |
| 表 5-1 倍率缩写.....                 | 21 |
| 表 6-1 拨码开关真值表.....              | 30 |
| 表 6-2 指令帧说明.....                | 31 |
| 表 6-3 异常响应帧说明.....              | 32 |
| 表 6-4 错误码说明.....                | 33 |
| 表 6-5 功能码.....                  | 33 |
| 表 6-6 读出多个寄存器.....              | 34 |
| 表 6-7 写入多个寄存器.....              | 35 |
| 表 7-1 寄存器总览.....                | 37 |



# 1. 安装和设置向导

感谢您购买我公司的产品！使用前请仔细阅读本章。在本章您将了解到以下内容：

- 主要功能装箱清单
- 电源要求
- 操作环境
- 清洗

## 1.1 装箱清单

正式使用仪器前请首先：

1. 检查产品的外观是否有破损、刮伤等不良现象；
2. 对照仪器装箱清单检查仪器附件是否有遗失。

如有破损或附件不足，请立即与安柏仪器销售部或销售商联系。

## 1.2 电源要求

AT40200 系列只能在以下电源条件使用：

电压：100~240VAC (1±10%)

频率：50Hz/60Hz (1±10%)



警告：

电击危险，请连接好电源地线

如果用户更换了电源线，请确保该电源线的地可靠连接。

## 1.3 操作环境

AT40200 系列必须在下列环境条件下使用：

温度：0°C ~ 55°C，

湿度：在 23°C 小于 70%RH

## 1.4 清洗

为了防止电击危险，在清洗前请将电源线拔下。

请使用干净布蘸少许清水对外壳和面板进行清洗。

不可清洁仪器内部。



警告：

不可使用溶剂（酒精或汽油等）对仪器进行清洗。

## 2. 概述

本章您将了解到以下内容：

- 引言
- 主要功能

### 2.1 引言

感谢您购买 AT40200 系列多路电压测试仪。

AT40200 系列多路电压测试仪，采用高性能 ARM9 微处理器控制的全自动实时检测的微型台式仪器，测量范围-5.00000V~+5.00000V，准确度：0.01%（AT40200A），测量速度：105 次/秒@全通道。

仪器使用了安柏原创设计的并行测量技术，结合优秀的小信号采样技术，使得 AT40200 系列每通道测量时间缩短为 1ms 以下，所有 200 通道仅需 10ms 即可测量完成。超高速的采样速率下，仍然可以达到 0.05% 的准确度，0.0001V 的分辨率。

仪器标配 USB2.0 的 VCOM 接口，接口通讯速率，200 通道数据仅需 0.1ms。

仪器标配百兆 LAN 接口，高效传输数据。

仪器标配 RS-232 接口，支持波特率 115200bps，使用 SCPI（Standard Command for Programmable Instrument 可编程仪器标准命令集）和 Modbus RTU 协议与计算机、PLC 或 WINCE 设备进行通讯，高效完成远程控制和数据采集功能。

仪器标配 RS-485 接口，支持 SCPI 和 Modbus RTU 协议，非常方便地与 PLC 通讯。

AT40200 系列有多种型号可供选择：

| 型号      | 通道数    | 准确度   | 最小分辨率  |
|---------|--------|-------|--------|
| AT4050  | 50 通道  | 0.05% | 0.01mV |
| AT40100 | 100 通道 | 0.05% | 0.01mV |
| AT40150 | 150 通道 | 0.05% | 0.01mV |
| AT40200 | 200 通道 | 0.05% | 0.01mV |

AT40200A 系列为高性能版本：

|          |        |              |        |
|----------|--------|--------------|--------|
| AT4050A  | 50 通道  | <b>0.01%</b> | 0.01mV |
| AT40100A | 100 通道 | <b>0.01%</b> | 0.01mV |
| AT40150A | 150 通道 | <b>0.01%</b> | 0.01mV |
| AT40200A | 200 通道 | <b>0.01%</b> | 0.01mV |



参考：技术规格参见规格一章。

## 2.2 主要功能

### 2.2.1 量程

量程：-5.00000V~+5.00000V。（可出厂配置其它量程）

### 2.2.2 测试速度

仪器分四档速度：慢速、中速、快速和高速。

慢速： 2 次/秒@全通道  
 中速： 4.6 次/秒@全通道  
 快速： 27 次/秒@全通道  
 高速： 105 次/秒@全通道

### 2.2.3 触发方式

内部触发：内部自动循环测试，上位机使用指令：fetch?实时获取测量数据。

远程触发：使用远程指令触发一次扫描测量，上位机使用指令：trg 执行一次测量并返回数据。



#### 注意！

使用远程触发时，上位机发送 trg 指令后，需要足够的时间等待仪器测量完成，才能获取到数据，例如，慢速时至少等待 500ms 的测量时间来等待数据返回，务必根据测量速度来设置 TIMEOUT 时间。

### 2.2.4 基本准确度

慢速： 0.01% (AT40200A) 0.05%(AT40200)  
 中速： 0.01% (AT40200A) 0.05%(AT40200)  
 快速： 0.05% (AT40200A) 0.05%(AT40200)  
 高速： 0.1% (AT40200A) 0.1%(AT40200)

### 2.2.5 设置

1. 测试速度设置
2. 触发方式设置
3. 局域网设置，包括 IP/网关/子网掩码/端口设置。
4. RS232/RS485 波特率设置。

### 2.2.6 接口

USB-VCOM 接口：

标配接口，开机自动开启。支持 USB2.0 的通讯速率，Windows10/11 即插即用，无需驱动程序。

LAN 接口：

标配接口，开机自动开启。百兆局域网接口。

RS-232 接口：

支持最大 115200bps 的波特率，兼容 SCPI 协议和 Modbus RTU 协议。

后面板拨码开关进行预置使能。

RS-485 接口：

支持最大 115200bps 的波特率，使用 Modbus RTU 通讯协议。

后面板拨码开关进行预置使能。

# 3. 开始

本章您将了解到以下内容：

- 认识前面板——包括按键和测试端子的介绍。
- 后面板——介绍电源和接口信息。
- 上电启动——包括上电自检过程、仪器缺省值和仪器预热时间。

## 3.1 认识前面板

### 3.1.1 前面板描述

图 3-1 前面板

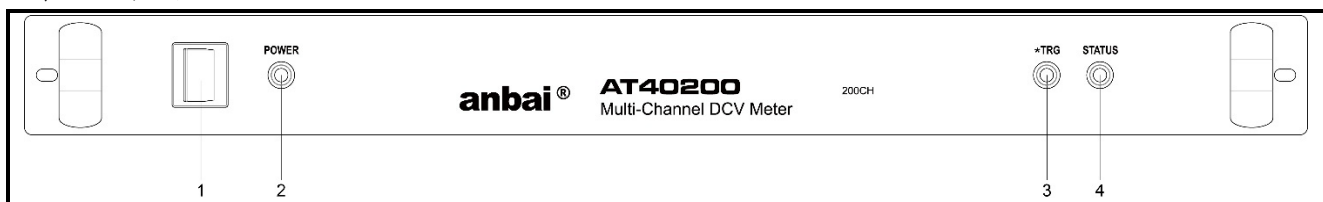


表 3-1 前面板功能描述

| 序号 | 功能                              |
|----|---------------------------------|
| 1  | 电源开关：O-关/I-开                    |
| 2  | 电源指示灯                           |
| 3  | *TRG，触发指示灯，所有通道测量一次闪烁一次         |
| 4  | STATUS，触发状态指示，总线触发（BUS）时，指示灯点亮。 |

## 3.2 认识后面板

图 3-2 后面板

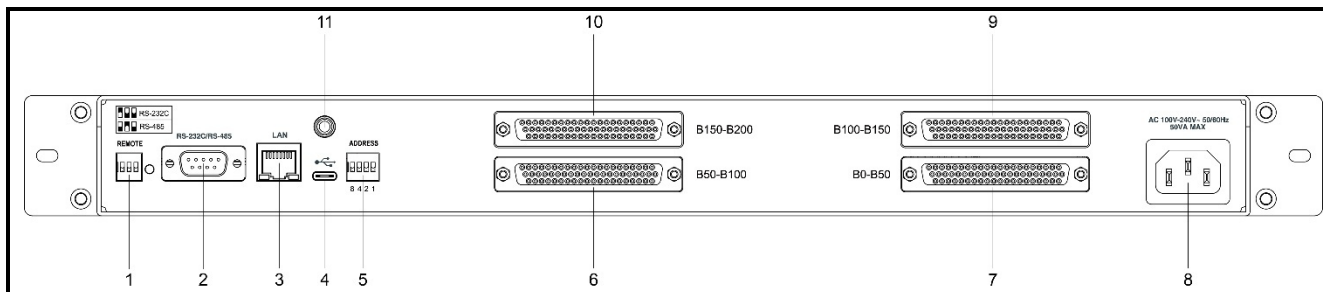


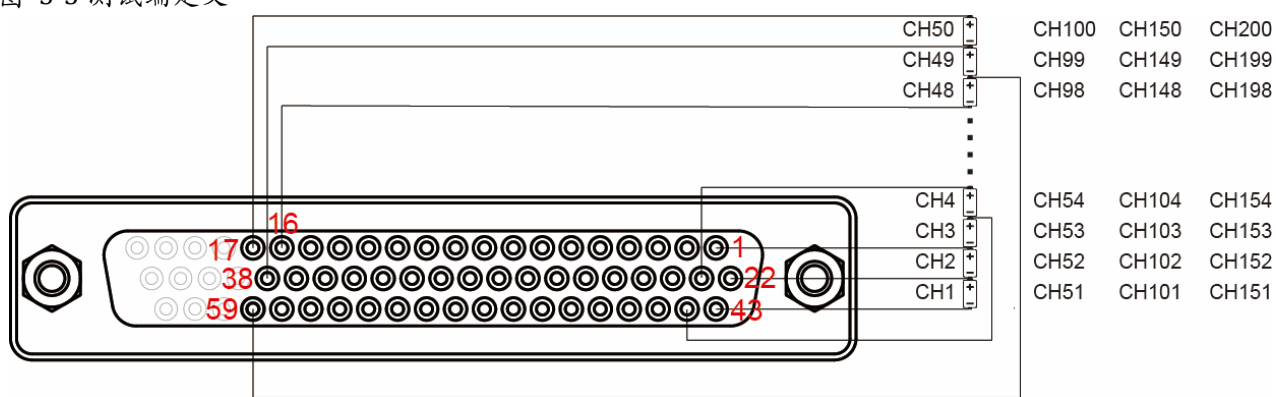
表 3-2 前面板功能描述

| 序号 | 功能   |
|----|--|
| 1  | REMOTE: 远程通讯开关<br>100: RS232C<br>010: RS485            |
| 2  | RS232C/RS485:<br>DB9: 2-3-5: RS232C<br>DB9: 8-9: RS485 |

|    |                      |
|----|----------------------|
| 3  | LAN 接口               |
| 4  | USB-VCOM 接口          |
| 5  | ADDRESS: RS485 地址设置。 |
| 6  | 测试端 B50-B100         |
| 7  | 测试端 B0-B50           |
| 8  | 电源插座：100VAC~240VAC   |
| 9  | 测试端 B100-B150        |
| 10 | 测试端 B150-B200        |
| 11 | 接地端，GND              |

### 3.3 测试端

图 3-3 测试端定义



**注意!**

DB62 为标识的引脚为空脚，无定义。

由于 CH1~CH50、CH51~CH100、CH101~CH150、CH151~CH200 分别为独立的 50 通道模块，因此在通道交界处，需要引出 2 根线分别接入 M1-17 和 M2-43, M2-17 和 M3-43, M3-17 和 M4-43

表 3-3 (M1) CH1~CH50 接线表

| DB62 | 电池(B)定义   | DB62 | 电池(B)定义 | DB62 | 电池(B)定义 |
|------|-----------|------|---------|------|---------|
| 43   | B0*(CH1-) | 49   | B18     | 55   | B36     |
| 22   | B1        | 28   | B19     | 34   | B37     |
| 1    | B2        | 7    | B20     | 13   | B38     |
| 44   | B3        | 50   | B21     | 56   | B39     |
| 23   | B4        | 29   | B22     | 35   | B40     |
| 2    | B5        | 8    | B23     | 14   | B41     |
| 45   | B6        | 51   | B24     | 57   | B42     |
| 24   | B7        | 30   | B25     | 36   | B43     |
| 3    | B8        | 9    | B26     | 15   | B44     |
| 46   | B9        | 52   | B27     | 58   | B45     |
| 25   | B10       | 31   | B28     | 37   | B46     |
| 4    | B11       | 10   | B29     | 16   | B47     |
| 47   | B12       | 53   | B30     | 59   | B48     |
| 26   | B13       | 32   | B31     | 38   | B49     |

|    |     |    |     |    |             |
|----|-----|----|-----|----|-------------|
| 5  | B14 | 11 | B32 | 17 | B50+ (B51-) |
| 48 | B15 | 54 | B33 |    |             |
| 27 | B16 | 33 | B34 |    |             |
| 6  | B17 | 12 | B35 |    |             |

表 3-4 (M2) CH51~CH100 接线表

| DB62 | 电池(B)定义    | DB62 | 电池(B)定义 | DB62 | 电池(B)定义       |
|------|------------|------|---------|------|---------------|
| 43   | B50(CH51-) | 49   | B68     | 55   | B86           |
| 22   | B51        | 28   | B69     | 34   | B87           |
| 1    | B52        | 7    | B70     | 13   | B88           |
| 44   | B53        | 50   | B71     | 56   | B89           |
| 23   | B54        | 29   | B72     | 35   | B90           |
| 2    | B55        | 8    | B73     | 14   | B91           |
| 45   | B56        | 51   | B74     | 57   | B92           |
| 24   | B57        | 30   | B75     | 36   | B93           |
| 3    | B58        | 9    | B76     | 15   | B94           |
| 46   | B59        | 52   | B77     | 58   | B95           |
| 25   | B60        | 31   | B78     | 37   | B96           |
| 4    | B61        | 10   | B79     | 16   | B97           |
| 47   | B62        | 53   | B80     | 59   | B98           |
| 26   | B63        | 32   | B81     | 38   | B99           |
| 5    | B64        | 11   | B82     | 17   | B100+ (B101-) |
| 48   | B65        | 54   | B83     |      |               |
| 27   | B66        | 33   | B84     |      |               |
| 6    | B67        | 12   | B85     |      |               |

表 3-5 (M3) CH101~CH150 接线表

| DB62 | 电池(B)定义      | DB62 | 电池(B)定义 | DB62 | 电池(B)定义       |
|------|--------------|------|---------|------|---------------|
| 43   | B100(CH101-) | 49   | B118    | 55   | B136          |
| 22   | B101         | 28   | B119    | 34   | B137          |
| 1    | B102         | 7    | B120    | 13   | B138          |
| 44   | B103         | 50   | B121    | 56   | B139          |
| 23   | B104         | 29   | B122    | 35   | B140          |
| 2    | B105         | 8    | B123    | 14   | B141          |
| 45   | B106         | 51   | B124    | 57   | B142          |
| 24   | B107         | 30   | B125    | 36   | B143          |
| 3    | B108         | 9    | B126    | 15   | B144          |
| 46   | B109         | 52   | B127    | 58   | B145          |
| 25   | B110         | 31   | B128    | 37   | B146          |
| 4    | B111         | 10   | B129    | 16   | B147          |
| 47   | B112         | 53   | B130    | 59   | B148          |
| 26   | B113         | 32   | B131    | 38   | B149          |
| 5    | B114         | 11   | B132    | 17   | B150+ (B151-) |
| 48   | B115         | 54   | B133    |      |               |
| 27   | B116         | 33   | B134    |      |               |
| 6    | B117         | 12   | B135    |      |               |

表 3-6 (M4) CH151~CH200 接线表

| DB62 | 电池(B)定义      | DB62 | 电池(B)定义 | DB62 | 电池(B)定义 |
|------|--------------|------|---------|------|---------|
| 43   | B150(CH151-) | 49   | B168    | 55   | B186    |
| 22   | B151         | 28   | B169    | 34   | B187    |
| 1    | B152         | 7    | B170    | 13   | B188    |
| 44   | B153         | 50   | B171    | 56   | B189    |
| 23   | B154         | 29   | B172    | 35   | B190    |
| 2    | B155         | 8    | B173    | 14   | B191    |
| 45   | B156         | 51   | B174    | 57   | B192    |
| 24   | B157         | 30   | B175    | 36   | B193    |
| 3    | B158         | 9    | B176    | 15   | B194    |
| 46   | B159         | 52   | B177    | 58   | B195    |
| 25   | B160         | 31   | B178    | 37   | B196    |
| 4    | B161         | 10   | B179    | 16   | B197    |
| 47   | B162         | 53   | B180    | 59   | B198    |
| 26   | B163         | 32   | B181    | 38   | B199    |
| 5    | B164         | 11   | B182    | 17   | B200    |
| 48   | B165         | 54   | B183    |      |         |
| 27   | B166         | 33   | B184    |      |         |
| 6    | B167         | 12   | B185    |      |         |

## 3.4 上电启动

### 3.4.1 开机

打开电源开关，电源指示灯点亮，仪器进入正常工作状态。

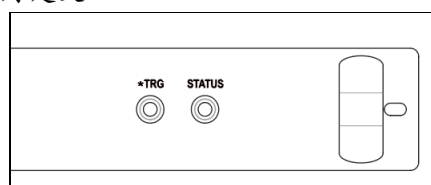
### 3.4.2 预热

预热时间：为了达到指定的准确度，仪器需要预热至少 15 分钟。

### 3.4.3 运行状态

仪器开机后，立即进入内部触发模式，仪器将不间断对所有通道进行测量：

图 3-4 工作指示灯定义



\*TRG 指示灯：

所有通道测量一次，\*TRG 指示灯将闪烁一次。

STATUS 指示灯：

1. 在开机自检时，如果自检错误，STATUS 将点亮。
2. 正常工作状态，触发方式修改为总线（BUS）触发后，STATUS 将点亮。

## 4. 远程通讯

您将了解到以下内容：

- 介绍 RS-232 接口
- RS-232 连接。
- 选择波特率。
- 软件协议。

仪器使用 RS-232 接口（标准配置）与计算机进行通信，完成所有仪器功能。通过标准 SCPI 命令，用户还可以方便地编制各种适合自身的采集系统。

### 4.1 USB-VCOM

仪器标配 USB2.0 通讯接口，为了上位机编程方便，我们将自动在 Windows 系统里虚拟为一个串口，在 Windows 10/Windows11 下，系统自动安装驱动程序。低版本的 Windows，可能需要自行安装驱动程序。



注意！

Windows7/XP 用户需要自行安装驱动程序，安装方法请与我公司 FAE 联系。

USB-VCOM 仍是使用 USB2.0 的传输速率进行通讯，不受串口波特率限制，用户将波特率设置为任意波特率，例如：115200bps 即可。

USB-VCOM 开机自动开启，后续无需设置任何参数。

### 4.2 局域网接口（LAN）

仪器内置百兆局域网（LAN）接口。LAN 接口开机自动开启。

LAN 在出厂时默认设置如下：

IP: 192.168.1.175 端口：1000

子网掩码：255.0.0.0

网关：192.168.1.1

用户可以使用 USB-VCOM/LAN/RS232 接口，通过指令进行修改。

### 4.3 RS-232C

RS-232 是目前广泛采用的串行通讯标准，也称为异步串行通讯标准，用于实现计算机与计算机之间、计算机与外设之间的数据通讯。RS 为“Recommended Standard”（推荐标准）的英文缩写，232 是标准号，该标准是美国电子工业协会(EIA)1969 年正式公布的标准。

最常用的 RS-232 信号如表所示：



表 4-1 RS-232 标准的最小子集

| 信号   | 符号  | 9 芯连接器引脚号 |
|------|-----|-----------|
| 发送数据 | TXD | 3         |
| 接收数据 | RXD | 2         |
| 接地   | GND | 5         |

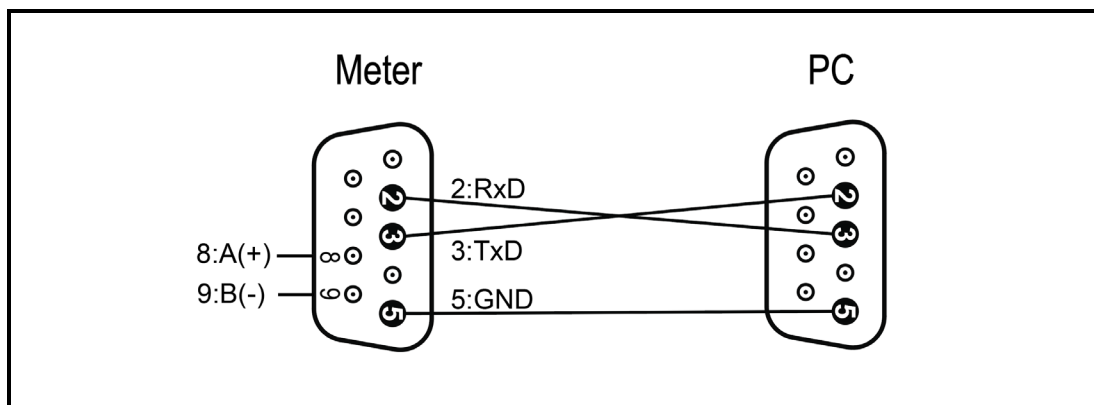
### 4.3.1 RS232C 连接

RS-232 串行接口可以和控制器（例如：电脑或工控机）的串行接口通过 3 芯 DB-9 电缆进行互连。



仪器使用公头 DB9 与电脑通讯，必须使用 2-3 交叉的双母头电缆。  
由于 DB9 的 8/9 脚复用 RS485，因此仅可使用 3 线的 DB9 电缆。

图 4-1 后面板上 DB-9 插座



为避免电气冲击，在插拔连接器时，建议关闭仪器电源。

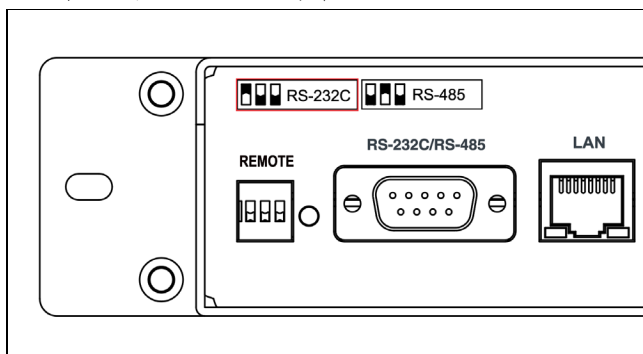
### 4.3.2 默认的通信设置：

- 传输方式：含起始位和停止位的全双工异步通讯
- 数据位： 8 位
- 停止位： 1 位
- 校验位： 无

### 4.3.3 后面板设置为 RS-232C 通讯接口

RS232C 必须在后面板 REMOTE 拨码开关位置如下图设置。

图 4-2 后面板上的远程控制 RS232C 拨码开关位置





1. 拨码开关设置后，需要在下次启动后生效。
2. RS232C 接口支持 SCPI/MODBUS 两种协议，需要使用通讯指令进行切换，设置好的通讯协议会自动保存便于下次开机使用。

## 4.4 RS-485 连接

仪器标配 RS485 接口并同时支持安柏增强 SCPI 和 ModbusRTU 协议。

RS485 是一种支持多机通讯的通讯接口，可以通过一台主机与多台从机并接在一起。

详细的 RS485 规范，不作为本用户手册的说明重点，请参考

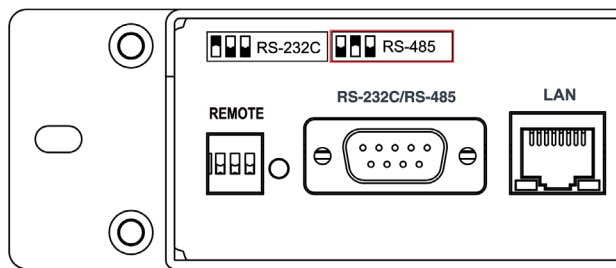
<https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>

| 引脚 | 功能         |
|----|------------|
| 8  | RS485-A(+) |
| 9  | RS485-B(-) |

### 4.4.1 后面板设置为 RS-485 通讯接口

RS485C 必须在后面板 REMOTE 拨码开关位置如下图设置。

图 4-3 后面板上的远程控制 RS485 拨码开关位置



- a. 拨码开关设置后，需要在下次启动后生效。
- b. RS485 接口支持 SCPI/MODBUS 两种协议，需要使用通讯指令进行切换，设置好的通讯协议会自动保存便于下次开机使用。

## 4.5 通讯协议

### 4.5.1 SCPI 语言

SCPI-Standard Commands for Programmable Instruments（可编程仪器标准命令）是安柏仪器采用的一种用于测试仪器的通用命令集。SCPI 亦称为 TMSL-Test and Measurement System Language（测试系统语言），至今已被测试设备制造商广泛采用。

安柏增强 SCPI 通讯协议可以支持 RS485 多机通讯。

使用 Windows 操作系统，建议使用 SCPI。



1. 仪器内置命令解析器负责用户各种命令格式解析。由于命令解析器依据 SCPI 协议，但并不完全与 SCPI 一致，请开始工作之前仔细阅读“设置与 SCPI 命令参考”一章。
2. 由于 SCPI 协议对于电脑端上位机比较易用，同时为了防止设置了错误通讯协议造成无法通讯，仪器的 USB-VCOM 和 LAN 接口只支持 SCPI 协议，通过指令切换的通讯协议仅对 RS232 和 RS485 接口有效。

## 5. 设置和 SCPI 命令参考

本章包括以下几方面的内容：

- 命令解析器——了解命令解析器的一些规则。
- 命令语法——命令行的书写规则
- 查询语法——查询命令的书写规则
- 查询响应——查询响应的格式
- 命令参考

本章节提供了仪器使用的所有的 SCPI 命令，通过这些 SCPI 命令，可以完全控制仪器所有功能。

### 5.1 命令串解析

主机可以发送一串命令给仪器，仪器命令解析器在捕捉到结束符或是 20ms 时间内无输入后开始解析。

例如：

合法的命令串：

```
AAA:BBB CCC;DDD EEE::FFF
```

仪器命令解析器负责所有命令解析和执行，在编写程序前您必须首先对其解析规则有所了解。

#### 5.1.1 命令解析规则

1. 命令解析器只对 ASCII 码数据进行解析和响应。
2. 在收到结束符后开始命令解析。（结束符可以在<系统配置>页面里设置）
3. 如果没有收到结束符，命令解析器会在等待 20ms 未收到字符后开始解析命令。
4. 如果指令握手打开，命令解析器在每接收到一个字符后，立即将该字符回送给主机，主机只有接收到这个回送字符后才能继续发送下一个字符。
5. 命令解析器在解析到错误后，立即终止解析，当前指令作废。
6. 命令解析器在解析到查询命令后，终止本次命令串解析，其后字符串被忽略。
7. 命令解析器对命令串的解析不区分大小写。
8. 命令解析器支持命令缩写形式，缩写规格参见之后章节。

#### 5.1.2 符号约定和定义

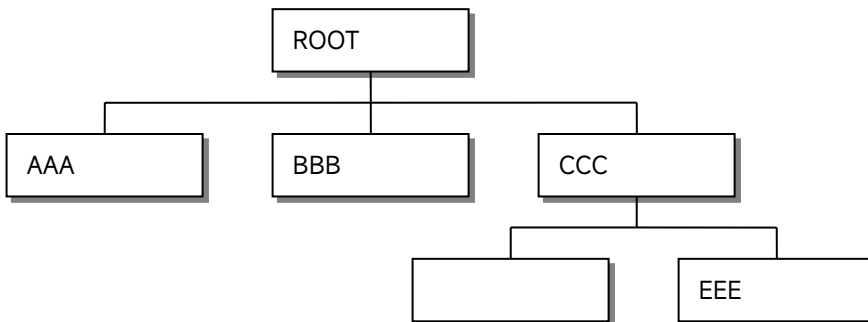
本章使用了一些符号，这些符号并不是命令树的一部分，只是为了能更好的对命令串的理解。

| 标志      | 说明  |
|---------|---|
| <.....> | 尖括号中的文字表示该命令的参数,例如:<br><float> 代表浮点数参数<br><integer>代表整数参数 |
| [.....] | 中括号中文字表示可选命令，例如：<br>COMP[:STAT] ON = COMP ON              |
| {.....} | 大括号中的参数表示单选项，例如：<br>FUNC:RATE {SLOW,MED,FAST} 参数是其中一项     |
| 大写字母    | 命令的缩写形式   |
| □       | 空格字符，表示一个空格，仅用于阅读需要。                                      |

### 5.1.3 命令树结构

对 SCPI 命令采用树状结构的，可向下三级（注：此仪器的命令解析器可向下解析任意层），在这里最高级称为子系统命令。只有选择了子系统命令，该其下级命令才有效，SCPI 使用冒号 (:) 来分隔高级命令和低级命令。

图 5-1 命令树结构



#### 举例说明

```

ROOT:CCC:DDD ppp
ROOT    子系统命令
  CCC    第二级
    DDD    第三级
      ppp    参数
  
```

## 5.2 命令和参数

一条命令树由 **命令和[参数]** 组成，中间用 1 个空格 (ASCII: 20H) 分隔。

#### 举例说明

```

AAA:BBB 1.234
命令    [参数]
  
```

### 5.2.1 命令

命令字可以是长命令格式或缩写形式，使用长格式便于工程师更好理解命令串的含义；缩写形式适合书写。

### 5.2.2 参数

1. 单命令字命令，无参数。  
例如：AAA:BBB
2. 参数可以是字符串形式，其缩写规则仍遵循上节的“命令缩写规则”。  
如：AAA:BBB 1.23
3. 参数可以是数值形式

|            |   |
|------------|---|
| <integer>  | 整数 123, +123, -123  |
| <float>    | 任意形式的浮点数：<br>定点浮点数：1.23, -1.23<br>科学计数法表示的浮点数：1.23E+4, -1.23e-4<br>倍率表示的浮点数：1.23k, 1.23MA, 1.23G, 1.23u |
| <SciFloat> | 科学计数法表示的浮点数：1.2345E+04 表示 1.2345×10 <sup>4</sup>  |

表 5-1 倍率缩写

| 数值            | 倍率 |            |
|---------------|----|------------|
| 1E15 (PETA)   | PE |            |
| 1E12 (TERA)   | T  |            |
| 1E9 (GIGA)    | G  |            |
| 1E6 (MEGA)    | MA |            |
| 1E3 (KILO)    | K  |            |
| 1E-3 (MILLI)  | M  | 特别注意, 代表 m |
| 1E-6 (MICRO)  | U  |            |
| 1E-9 (NANO)   | N  |            |
| 1E-12 (PICO)  | P  |            |
| 1E-15 (PEMTO) | F  |            |
| 1E-18 (ATTO)  | A  |            |



由于 SCPI 不区分大小写, 因此倍率单位的写法与标准名称不同, 例如:

“1M”表示为 1 毫, 而不是 1 兆

“1MA”表示为 1 兆

### 5.2.3 分隔符

仪器命令解析器只接收允许的分隔符, 除此之外的分隔符命令解析器将产生“Invalid separator(非法分隔符)”错误。这些分隔符包括:

; 分号, 用于分隔两条命令。

例如: AAA:BBB 100.0; CCC:DDD

: 冒号, 用于分隔命令树, 或命令树重新启动。

例如: AAA:BBB:CCC 123.4:DDD:EEE 567.8

? 问号, 用于查询。

例如: AAA?

□ 空格, 用于分隔参数。

例如: AAA:BBB□1.234

### 5.2.4 错误码

对应的错误码如下:

| 错误码  | 说明                 |        |
|------|--------------------|--------|
| *E00 | No error           | 无错误    |
| *E01 | Bad command        | 命令错误   |
| *E02 | Parameter error    | 参数错误   |
| *E03 | Missing parameter  | 缺少参数   |
| *E04 | buffer overrun     | 缓冲区溢出  |
| *E05 | Syntax error       | 语法错误   |
| *E06 | Invalid separator  | 非法分隔符  |
| *E07 | Invalid multiplier | 非法倍率单位 |
| *E08 | Numeric data error | 数值错误   |
| *E09 | Value too long     | 数字太长   |
| *E10 | Invalid command    | 无效指令   |

|      |              |      |
|------|--------------|------|
| *E11 | Unknow error | 未知错误 |
|------|--------------|------|

## 5.3 SCPI 多机通讯

使用安柏增强型 SCPI 通讯协议，可以支持多机通讯，所有安柏生产的配备 RS485 接口的仪器，都可以透过 RS485 接口进行多机通讯。

多机通讯指令：

ADDRess <No>;:<SCPI 指令>

例如：`ADDR 2;:IDN?`

获取站号 2 的版本信息。

## 5.4 命令参考

所有命令都是按子系统命令顺序进行解释，下面列出了所有子系统

- FETCH? 内部触发 (INT) 下，获取实时测量数据
- TRG 总线触发 (BUS) 下，触发一次测量并返回测量结果
- TRIGger 设置触发模式
- SAMPlE 采样子系统，设置采样速率和市电工频
- LAN 局域网配置子系统
- UART 系统配置子系统
- IDN? 仪器信息查询子系统
- ERRor 错误信息子系统

## 5.5 TRIGger 触发设置

图 5-2 TRIGger 子系统树

|         |         |             |       |
|---------|---------|-------------|-------|
| TRIGger | :SOURce | {INT,,BUS } | 触发源选择 |
|---------|---------|-------------|-------|

TRIGger 用来设置触发源。

### 5.5.1 TRIGger:SOURce

TRIG:SOUR 用来设置触发源。

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 命令语法 | TRIGger:SOURce {INT,BUS}       |
| 例如   | 发送> TRIG:SOUR BUS //设置为总线触发模式。 |
| 查询语法 | TRIG:SOUR?                     |
| 查询响应 | {INT,BUS}                      |

## 5.6 SAMPlE 测试速度设置

SAMPlE 采样子系统用来设置测试速度和市电工频。

图 5-3 SAMPlE 子系统树

|        |         |                        |        |
|--------|---------|------------------------|--------|
| SAMPlE | :SPEED  | {SLOW,MED,FAST,ULTRa } | 测试速度设置 |
|        | :RATE   |                        |        |
|        | :FILTER | {50Hz/50, 60Hz/60}     | 工频设置   |
|        | :LINE   |                        |        |

慢速：2 次/秒@全通道，测量周期 500ms

中速：4.6 次/秒@全通道，测量周期 217ms

快速：27 次/秒@全通道，测量周期 37ms

高速：105 次/秒@全通道，测量周期 9.5ms



注意：

SAMPLE 子系统设置的参数不会存储到仪器文件中。

仪器开机，采样速率将设置为慢速，工频为 50Hz。

### 5.6.1 SAMPlE[:SPEED(RATE)] 测试速度设置

SAMPLE[:SPEED] 或 SAMP[:RATE] 用来设置测量速度

|      |   |
|------|---|
| 命令语法 | SAMPlE[:SPEED] {SLOW,MED,FAST,ULTRa}<br>SAMPle[:RATE] {SLOW,MED,FAST,ULTRa} |
| 参数   | 其中，{SLOW,MED,FAST,ULTRa}<br>SLOW 慢速<br>MED 中速<br>FAST 快速<br>ULTRa 高速        |
| 例如   | 发送> SAMP:RATE FAST //快速<br>发送> SAMP SLOW //慢速                               |
| 查询语法 | SAMP?<br>SAMP:RATE?<br>SAMP:SPEED?  |
| 查询响应 | {SLOW,MED,FAST,ULTR}  |
| 例如   | 发送> SAMP?<br>返回> FAST   |

### 5.6.2 SAMPlE:FILTER(LINE) 工频设置

SAMPlE:FILTER 或 SAMP:LINE 用来设置市电工频。

|      |  |
|------|--|
| 命令语法 | SAMPlE:FILTER {50Hz,50,60Hz,60}<br>SAMPle:LINE {50Hz,50,60Hz,60} |
| 例如   | 发送> SAMP:LINE 60 //设置为 60Hz<br>发送> SAMP:LINE 60Hz                |
| 查询语法 | SAMPlE:FILTER?<br>SAMPle:LINE?                                   |
| 查询响应 | {50Hz,60Hz}  |

## 5.7 LAN 局域网设置

LAN 子系统用来设置与局域网通讯有关的参数，包括 IP 地址、端口、子网掩码和网关。这些设置必须与当前局域网匹配才能正确通讯。



注意：

1. 建议使用仪器 USB-VCOM 通讯接口进行局域网设置，仅需简单使用串口调试助手发送指令即可进行修改。调试助手可以在安柏官网 <https://www.anbai.cn> 中免费下载。

2. 如果使用 LAN 接口进行修改，需要将网线点对点插入电脑网口上，并按下列设置：  
IP 地址:192.168.1.1,  
子网掩码设置为 255.255.255.0,  
网关设置为 192.168.1.1,  
DNS 设置为自动获取，或设置为 192.168.1.1  
设置完成后使用网络调试助手 NetAssist 输入指令进行修改。  
NetAssist 为免费的网络调试助手，网络上可轻松下载。

图 5-4 LAN 设置

|     |        |                                  |          |
|-----|--------|----------------------------------|----------|
| LAN | ?      | <IP>:<PORT> <NET MASK> <GATEWAY> | 查询当前网络配置 |
|     | :ip    | <###.###.###.###>                | IP 地址设置  |
|     | :port  | <1~65535>                        | 端口设置     |
|     | :gate  | <###.###.###.###>                | 网关设置     |
|     | :gw    |                                  |          |
|     | :mask  | <###.###.###.###>                | 子网掩码设置   |
|     | :reset |                                  | 恢复出厂设置   |

### 5.7.1 LAN? 查询当前仪器局域网设置


|      |  |
|------|--|
| 命令语法 | LAN?   |
| 查询响应 | <IP>:<PORT> <GATEWAY> <NET MASK>                             |
| 例如   | 发送> LAN?<br>返回> 192.168.1.175:1000 192.168.1.1 255.255.255.0 |

### 5.7.2 LAN:IP 设置 ip 地址

IP 地址必须与当前局域网路由器地址在同一网段中。

|      |   |
|------|---|
| 命令语法 | LAN:IP <###.###.###.###>                        |
| 参数   | ip 地址格式：<br>192.168.0.100<br>10.0.0.100         |
| 例如   | 发送> LAN:IP 192.168.0.168                        |
| 查询语法 | LAN:IP?   |
| 查询响应 | <ip 地址:端口>                                      |
| 例如   | 发送> LAN:IP?<br>返回> 192.168.0.168:1000 //IP + 端口 |

### 5.7.3 LAN:PORT 设置端口

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| 命令语法  | LAN:PORT <1~65535>             |
| 参数  | <1~65535>                      |
| 例如  | 发送> LAN:PORT 1235              |
| 查询语法  | LAN:PORT?                      |
| 查询响应  | <1~65536>                      |
| 例如  | 发送> LAN:PORT?<br>返回> 1235 //端口 |
|  | 端口通常不需要更改，默认 1000 即可。          |

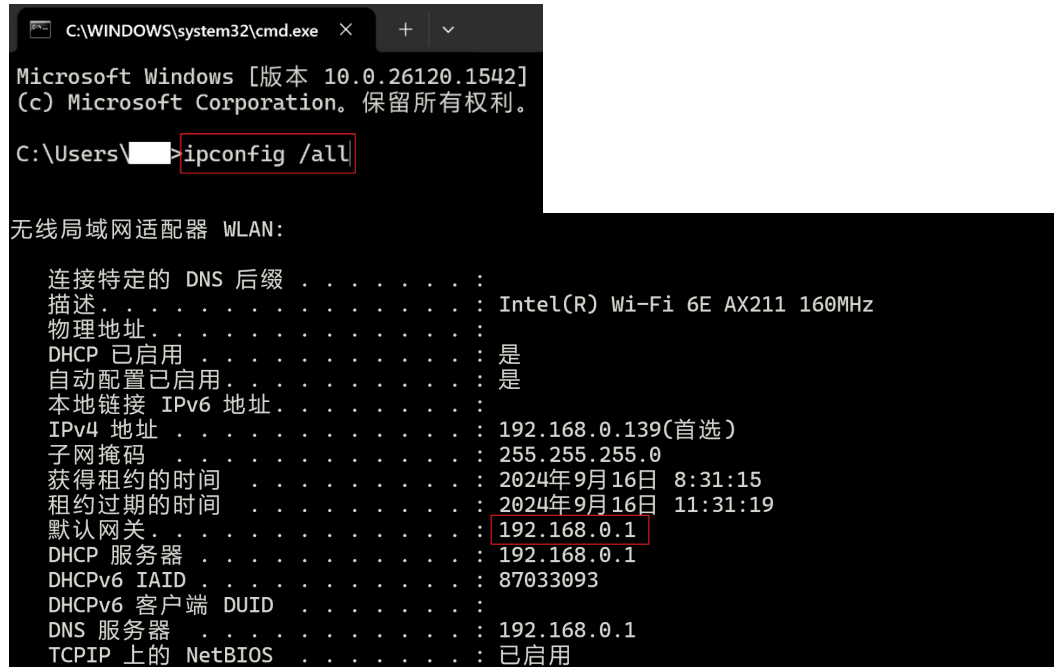


### 5.7.4 LAN:GATE 设置网关地址

带路由器局域网环境，请输入路由器地址。

可以通过局域网中的正常工作的电脑上进行查看本地局域网配置：

图 5-5 查看当前局域网环境-默认网关



|      |   |
|------|---|
| 命令语法 | LAN:GATE <###.###.###.###><br>LAN:GW <###.###.###.###>        |
| 参数   | 网关地址格式：<br>192.168.0.1<br>10.0.0.1                            |
| 例如   | 发送> LAN:GATE 192.168.0.1 //必须是路由器地址<br>发送> LAN:GW 192.168.0.1 |
| 查询语法 | LAN:GATE?   |
| 查询响应 | <网关地址>  |
| 例如   | 发送> LAN:GATE?<br>返回> 192.168.0.1                              |

### 5.7.5 LAN:MASK 设置子网掩码

查看正常工作的电脑上子网掩码，输入到仪器中。

图 5-6 查看当前局域网环境-子网掩码

```

无线局域网适配器 WLAN:

 连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
 描述 . . . . . : Intel(R) Wi-Fi 6E AX211 160MHz
 物理地址 . . . . . :
  DHCP 已启用 . . . . . : 是
 自动配置已启用 . . . . . : 是
 本地链接 IPv6 地址 . . . . . :
 IPv4 地址 . . . . . : 192.168.0.139(首选)
 子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
 获得租约的时间 . . . . . : 2024年9月16日 8:31:15
 租约过期的时间 . . . . . : 2024年9月16日 11:31:19
 默认网关 . . . . . : 192.168.0.1
  DHCP 服务器 . . . . . : 192.168.0.1
  DHCPv6 IAID . . . . . : 87033093
  DHCPv6 客户端 DUID . . . . . :
  DNS 服务器 . . . . . : 192.168.0.1
  TCP/IP 上的 NetBIOS . . . . . : 已启用
    
```

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 命令语法 | LAN:MASK <###.###.###.###>            |
| 参数   | 子网掩码格式:<br>255.255.255.0<br>255.0.0.0 |
| 例如   | 发送> LAN:MASK 255.255.255.0            |
| 查询语法 | LAN:MASK?                             |
| 查询响应 | <子网掩码>                                |
| 例如   | 发送> LAN:MASK?<br>返回> 255.255.255.0    |

## 5.8 RS232/RS485 通讯设置

UART 通讯设置可以设置 RS232C/RS485 通讯接口使用的波特率和通讯协议。

此处设置的波特率和通讯协议仅针对 RS232C/RS485 接口有效。  
 USB-VCOM 自适应波特率，不受此设置影响。  
 USB-VCOM/LAN 接口始终使用 SCPI 协议，以防止设置错误，而无法建立通讯。

图 5-7 UART 设置树


|      |          |                                 |        |
|------|----------|---------------------------------|--------|
| UART | BAUD     | <9600,19200,38400,57600,115200> | 波特率设置  |
|      | PROTocol | <SCPI,MODBUS>                   | 通讯协议设置 |

### 5.8.1 波特率设置【BAUD】

|      |  |
|------|--|
| 命令语法 | UART:BAUD <9600,19200,38400,57600,115200>                                    |
| 参数   | <9600,19200,38400,57600,115200><br>通常电脑端上位机设置为 115200。<br>PLC 端建议 9600~38400 |
| 例如   | 发送> UART:BAUD 115200   |
| 查询语法 | UART:BAUD?   |
| 查询响应 | <9600,19200,38400,57600,115200>  |
| 例如   | 发送> UART:BAUD?<br>返回> 115200   |
|      | 在未知当前仪器设置的波特率，使用 RS232/RS485 发送此指令将无法正确响应。此时使用 USB 接口进行查询或重新设置。              |

设置的波特率将自动保存在仪器中，便于下回开机使用。

### 5.8.2 通讯协议设置【PROTOcol】

|   |   |
|---|---|
| 命令语法  | UART:PROTOcol <SCPI,MODBUS>   |
| 参数  | < SCPI,MODBUS><br>通常电脑端上位机使用 SCPI 通讯协议比较容易编程。<br>PLC 端建议 MODBUS 协议。 |
| 例如  | 发送> UART:PROT SCPI  |
| 查询语法  | UART:PROT?  |
| 查询响应  | <SCPI,MODBUS>   |
| 例如  | 发送> UART:PROT?<br>返回> SCPI  |
|  | 仪器出厂默认为 SCPI 协议，如果需要更改通讯协议，建议使用 USB/LAN 进行预先设置。<br>通讯协议设置将会自动保存。    |

## 5.9 获取测量数据【FETCh?】

在内部触发模式下，安装设置的测量速度，不停循环测量所有通道，每次测量完成后会将测量结果保存在内部单缓冲区中，等待上位机发送 FETCh?指令来返回。

由于内部触发，测量不间断，每次接收到 FETCh? 指令，将是上一次的测量结果。

如果仪器安装在自动化设备上，有多工位的情况下，务必在电池接触可靠后，至少延时 2 个测量周期后发送 FETCh?指令。

请参考采样速率：

慢速： 2 次/秒@全通道，测量周期 500ms  
中速： 4.6 次/秒@全通道，测量周期 217ms  
快速： 27 次/秒@全通道，测量周期 37ms  
高速： 105 次/秒@全通道，测量周期 9.5ms



通常，如果用于自动化设备测量，使用总线触发模式，发送 TRG 进行同步并且测量一次。

数据格式：

+1.00001, +1.00002, +1.00001, +1.00003, +1.00001,.....

CH1 CH2 CH3 CH4 CH5

每个通道以逗号 (,) 分割。

AT4050 CH1~CH50

AT40100 CH1~CH100

AT40150 CH1~CH150

AT40200 CH1~CH200

使用 C# 语言使用字符串分割函数可以非常简单的分割成数组：

```
string[] array = sFetch.Split(',');
double[] fValue = new double[array.Length];
```



注意：

如果数据返回+9999.0，代表当前通道异常。

图 5-8 FETC?子系统树

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| <b>FETCh?</b> | <无参数>                 |
|               | {SLOW,MED,FAST,ULTRa} |

|      |  |
|------|--|
| 查询语法 | FETCh?<br>FEECh? {SLOW,MED,FAST,ULTRa}   |
| 参数   | 无参数: 直接获取测量结果<br>{SLOW, MED, FAST, ULTRa} 获取测量结果, 并修改测量速率。   |
| 例如   | 发送> FETC? //获取测量结果<br>发送> FETC? FAST //获取测量结果,并将测量速率修改为快速。<br>返回> +1.00001, +1.00002, +1.00001, +1.00003, +1.00001,..... //数据总数与通道数量一致 |
| 注意   | 在总线触发模式下, 将始终返回最后一次触发的测量结果。<br>数据返回的每一帧数据长度都相同。  |

## 5.10 \*TRG 触发并返回测量结果子系统

\*TRG 子系统用来触发一次测量, 并在测量完成后返回测量结果。



注意:

1. 仪器开机为内部触发, 发送 TRG 后, 将强制更改为远程触发, 前面板上的 STATUS 指示灯将点亮。
2. 如果需要更换为内部触发, 需要发送 TRIG:SOUR INT 指令来手动切换。
3. TRG 返回的数据格式与 FETC?完全一致。参考 FETCh? 一节。

## 5.11 IDN? 子系统

图 5-9 IDN? 子系统树

|      |   |
|------|---|
| IDN? | 查询系统信息  |
|      | IDN?子系统用来返回仪器的版本号。                            |
| 查询语法 | IDN?  |
| 查询响应 | <Manufacturer>,<MODEL>,<SN>,<Revision>        |
| 例如   | 发送> IDN?<br>返回> APPLent,AT40200,00000000,A103 |

## 5.12 ERRor 子系统

错误子系统用来获取最近一次发生错误的信息

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| 查询语法: | ERRor?                            |
| 查询响应: | Error string                      |
| 例如:   | 发送> ERR?<NL><br>返回> no error.<NL> |

对应的错误码如下:

| 错误码  | 说明          |
|------|-------------|
| *E00 | No error    |
| *E01 | Bad command |

|      |                    |
|------|--------------------|
| *E02 | Parameter error    |
| *E03 | Missing parameter  |
| *E04 | buffer overrun     |
| *E05 | Syntax error       |
| *E06 | Invalid separator  |
| *E07 | Invalid multiplier |
| *E08 | Numeric data error |
| *E09 | Value too long     |
| *E10 | Invalid command    |
| *E11 | Unknow error       |


# 6.Modbus (RTU) 通讯协议

本章包括以下几方面的内容：

- 数据格式——了解 Modbus 通讯格式。
- 功能
- 变量区域
- 功能码

## 6.1 数据格式

我们遵循 Modbus (RTU) 通讯协议，仪器将响应上位机的指令，并返回标准响应帧。

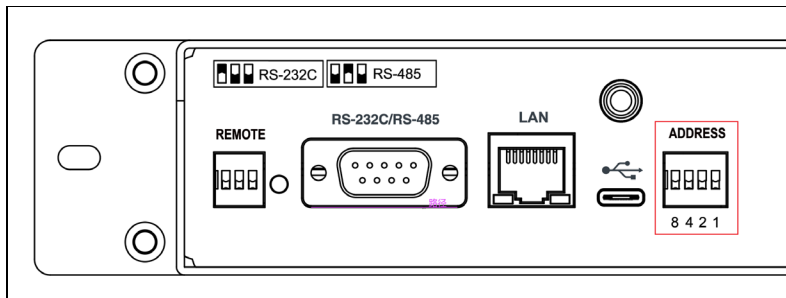
参见：

您可以与我公司销售部联系，获取安柏仪器通讯测试工具，里面有 Modbus 通讯调试方法。包含了 CRC-16 计算器和浮点数转成 Modbus 浮点数格式。

### 6.1.1 站号







Modbus 必须设置站号。站号使用后面板的 ADDRESS 拨码开关进行设置。

图 6-1 站号设置



后面板上的拨码开关可以设置 1~0xF (15) 共 15 个站号，站号 0 无效。

表 6-1 拨码开关真值表

| 拨码开关状态  | 站号(16 进制) |
|---|-----------|
|  | 1         |
|  | 2         |
|  | 3         |
|  | 4         |
|  | 5         |
|  | 6         |

|  |   |
|--|---|
|  | 7 |
|  | 8 |
|  | 9 |
|  | A |
|  | B |
|  | C |
|  | D |
|  | E |
|  | F |

6.1.2 指令帧

图 6-2 Modbus 指令帧



表 6-2 指令帧说明

|        |   |
|--------|---|
|        | 至少需要 3.5 字符时间的静噪间隔  |
| 从站地址   | 1 字节<br>Modbus 可以支持 00~0x63 个从站<br>统一广播时指定为 00  |
| 功能码    | 1 字节<br>0x03: 读出多个寄存器<br>0x04: =03H, 不使用<br>0x06: 写入单个寄存器, 可以用 10H 替代<br>0x08: 回波测试 (仅用于调试时使用)<br>0x10: 写入多个寄存器 |
| 数据     | 指定寄存器地址、数量和内容   |
| CRC-16 | 2 字节, 低位在前<br>Cyclic Redundancy Check<br>将从站地址到数据末尾的所有数据进行计算, 得到 CRC16 校验码                                      |

至少需要 3.5 字符时间的静噪间隔

### 6.1.3 CRC-16 计算方法

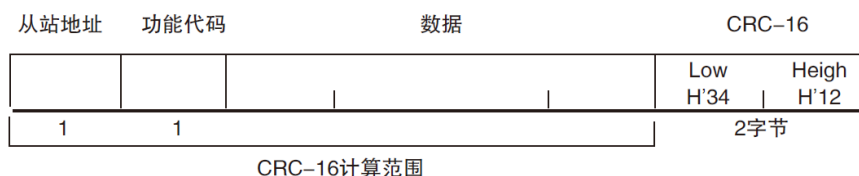
1. 将 CRC-16 寄存器的初始值设为 0xFFFF。
2. 对 CRC-16 寄存器和信息的第 1 个字节数据进行 XOR 运算，并将计算结果返回 CRC 寄存器。
3. 用 0 填入 MSB，同时使 CRC 寄存器右移 1 位。
4. 从 LSB 移动的位如果为“0”，则重复执行步骤(3)(处理下 1 个移位)。从 LSB 移动的位如果为“1”，则对 CRC 寄存器和 0xA001 进行 XOR 运算，并将结果返回 CRC 寄存器。
5. 重复执行步骤(3) 和(4)，直到移动 8 位。
6. 如果信息处理尚未结束，则对 CRC 寄存器和信息的下 1 个字节进行 XOR 运算，并返回 CRC 寄存器，从第(3)步起重复执行。
7. 将计算的结果(CRC 寄存器的值) 从低位字节附加到信息上。



我公司的“安柏仪器通讯测试工具”，里面有 Modbus 通讯调试方法。包含了 CRC-16 计算器。

计算出 CRC-16 数据需要附加到指令帧末尾，例如：1234H：

图 6-3 Modbus 附加 CRC-16 值



### 6.1.4 响应帧

除非是 00H 从站地址广播的指令，其它从站地址仪器都会返回响应帧。

图 6-4 正常响应帧

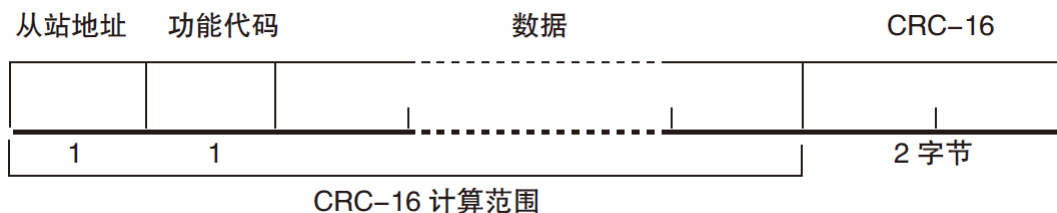


图 6-5 异常响应帧

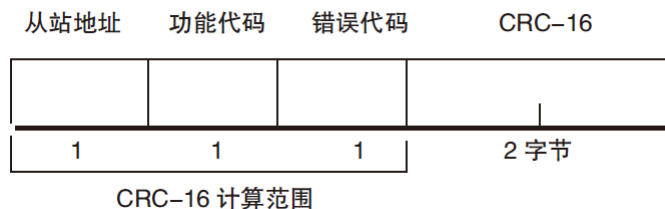


表 6-3 异常响应帧说明

|      |  |
|------|--|
| 从站地址 | 1 字节<br>从站地址原样返回   |
| 功能码  | 1 字节<br>指令帧的功能码逻辑或 (OR) 上 BIT7 (0x80)，例如：0x03 OR 0x80 = 0x83 |
| 错误码  | 异常代码：  |



|        |  |
|--------|--|
|        | 0x01 功能码错误 (功能码不支持)<br>0x02 寄存器错误 (寄存器不存在)<br>0x03 数据错误<br>0x04 执行错误       |
| CRC-16 | 2 字节, 低位在前<br>Cyclic Redundancy Check<br>将从站地址到数据末尾的所有数据进行计算, 得到 CRC16 校验码 |

### 6.1.5 无响应

以下情况, 仪器将不进行任何处理, 也不响应, 导致通讯超时。

1. 从站地址错误
2. 传输错误
3. CRC-16 错误
4. 位数错误, 例如: 功能码 0x03 总位数必须为 8, 而接受到的位数小于 8 或大于 8 个字节。
5. 从站地址为 0x00 时, 代表广播地址, 仪器不响应。

### 6.1.6 错误码

表 6-4 错误码说明

| 错误码  | 名称    | 说明                 | 优先级 |
|------|-------|--------------------|-----|
| 0x01 | 功能码错误 | 功能码不存在             | 1   |
| 0x02 | 寄存器错误 | 寄存器不存在             | 2   |
| 0x03 | 数据错误  | 寄存器数量或字节数量错误       | 3   |
| 0x04 | 执行错误  | 数据非法, 写入的数据不在允许范围内 | 4   |

## 6.2 功能码

仪器仅支持以下几个功能码, 其它功能码, 将响应错误帧。

表 6-5 功能码

| 功能码  | 名称        | 说明          |
|------|-----------|-------------|
| 0x03 | 读出多个寄存器   | 读出多个连续寄存器数据 |
| 0x04 | 与 0x03 相同 | 请用 0x03 代替  |
| 0x08 | 回波测试      | 接收到的数据原样返回  |
| 0x10 | 写入多个寄存器   | 写入多个连续寄存器   |

## 6.3 寄存器

仪器的寄存器数量为 2 字节模式, 即每次必须写入 2 个字节, 例如: 速度的寄存器为 0x3002, 数据为 2 字节, 数值必须写入 0x0001

数据:

仪器支持以下几种数值:

1. 1 个寄存器, 双字节 (16 位) 整数, 例如: 0x64 → 00 64
2. 2 个寄存器, 四字节 (32 位) 整数, 例如: 0x12345678 → 12 34 56 78

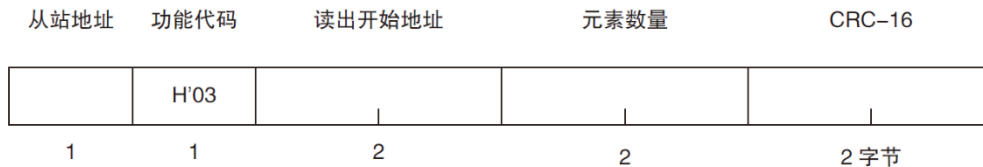
3. 2 个寄存器，四字节（32 位）单精度浮点数，3.14 → 40 48 F5 C3



我公司的“安柏仪器通讯测试工具”，里面有 Modbus 通讯调试方法。包含了浮点数转换器。

## 6.4 读出多个寄存器

图 6-6 读出多个寄存器 (0x03)

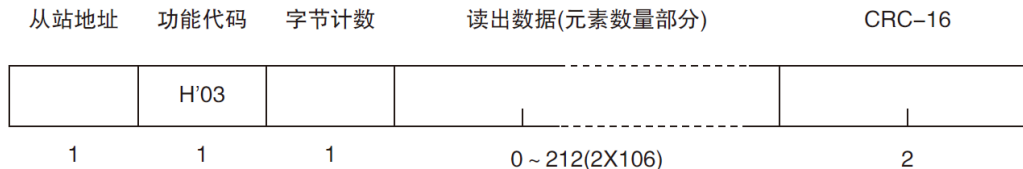


读出多个寄存器的功能码是 0x03.

表 6-6 读出多个寄存器

| 名称     | 名称                         | 说明   |
|--------|----------------------------|--|
|        | 从站地址                       | 没有指定 RS485 地址时，默认为 01                                |
| 0x03   | 功能码                        |  |
|        | 起始地址                       | 寄存器起始地址，请参考 Modbus 指令集                               |
|        | 读取寄存器数量<br>0001~006A (106) | 连续读取的寄存器数量。请参考 Modbus 指令集，以确保这些寄存器地址都是存在的，否则将会返回错误帧。 |
| CRC-16 | 校验码                        |  |

图 6-7 读出多个寄存器 (0x03) 响应帧



| 名称             | 名称   | 说明                           |
|----------------|------|------------------------------|
|                | 从站地址 | 原样返回                         |
| 0x03<br>或 0x83 | 功能码  | 无异常：0x03<br>错误码：0x83         |
|                | 字节数  | =寄存器数量 x 2<br>例如：1 个寄存器返回 02 |
|                | 数据   | 读取的数据                        |
| CRC-16         | 校验码  |                              |

## 6.5 写入多个寄存器

图 6-8 写入多个寄存器 (0x10)

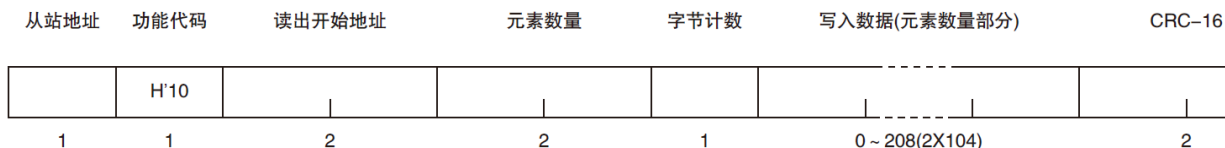
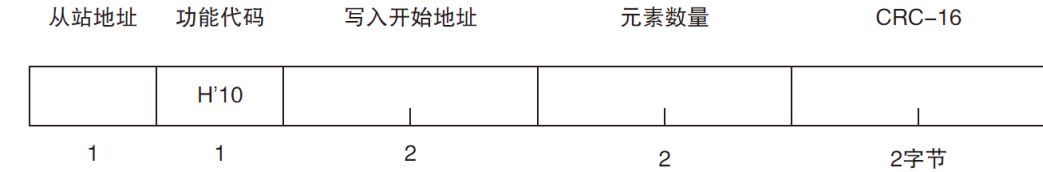


表 6-7 写入多个寄存器

| 名称     | 名称                         | 说明   |
|--------|----------------------------|--|
|        | 从站地址                       | 没有指定 RS485 地址时, 默认为 01                                 |
| 0x10   | 功能码                        |  |
|        | 起始地址                       | 寄存器起始地址, 请参考 Modbus 指令集                                |
|        | 写入寄存器数量<br>0001~0068 (104) | 连续读取的寄存器数量。请参考 Modbus 指令集, 以确保这些寄存器地址都是存在的, 否则将会返回错误帧。 |
|        | 字节数                        | =寄存器数量 x 2   |
| CRC-16 | 校验码                        |  |

图 6-9 写入多个寄存器 (0x10) 响应帧



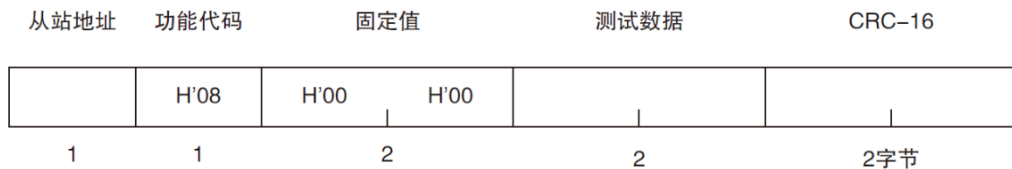
| 名称             | 名称         | 说明                     |
|----------------|------------|------------------------|
|                | 从站地址       | 原样返回                   |
| 0x10<br>或 0x90 | 功能码        | 无异常: 0x10<br>错误码: 0x90 |
|                | 起始地址       |                        |
|                | 寄存器数量      |                        |
|                | CRC-16 校验码 |                        |

## 6.6 回波测试

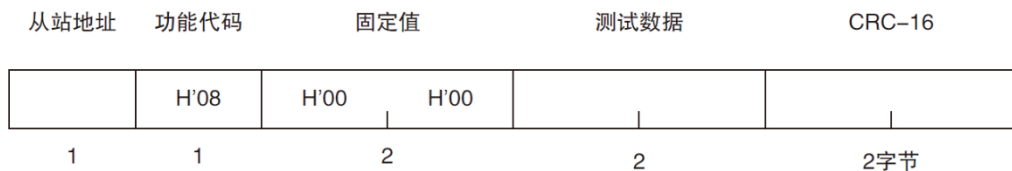
回波测试功能码 0x08, 用于调试 Modbus。

图 6-10 回波测试 (0x08)

### 指令帧



### 响应帧



| 名称   | 名称   | 说明   |
|------|------|------|
|      | 从站地址 | 原样返回 |
| 0x08 | 功能码  |      |

|  |            |               |
|--|------------|---------------|
|  | 固定值        | 00 00         |
|  | 测试数据       | 任意数值：例如 12 34 |
|  | CRC-16 校验码 |               |

例如：

假定测试数据为 0x1234：

指令： 01 08 00 00 12 34 ED 7C(CRC-16)

响应： 01 08 00 00 12 34 ED 7C(CRC-16)

# 7. Modbus (RTU) 指令集

本章包括以下几方面的内容：

寄存器地址



我公司的“安柏仪器通讯测试工具”，里面有 Modbus 通讯调试方法。包含了浮点数转换器。



除非特别说明，以下说明中指令和响应帧的数值都是 16 进制数据。

## 7.1 寄存器总览

以下列出了仪器使用的所有寄存器地址，任何不在表中的地址将返回错误码 0x02.

表 7-1 寄存器总览

| 寄存器  |    | 字节数 | 名称           | 数值                        | 说明 |
|------|----|-----|--------------|---------------------------|----|
| 地址   | 数量 |     |              |                           |    |
| 1000 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH1   | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| 1001 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH2   | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| 1002 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH3   | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 1031 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH50  | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 1062 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH100 | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 1095 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH150 | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 10C7 | 1  | 2   | 读取测量结果：CH200 | 2 字节有符号整数，单位 mV           | 只读 |
| 2000 | 2  | 4   | 读取测量结果：CH1   | 4 字节浮点数，<br>字节顺序 CCDDAABB | 只读 |
| 2002 | 2  | 4   | 读取测量结果：CH2   | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB  | 只读 |
| 2004 | 2  | 4   | 读取测量结果：CH3   | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB  | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 2064 | 2  | 4   | 读取测量结果：CH50  | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB  | 只读 |
| ...  |    |     |              |                           |    |
| 20C8 | 2  | 4   | 读取测量结果：CH100 | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB  | 只读 |

|      |   |   |              |                          |    |
|------|---|---|--------------|--------------------------|----|
| 212C | 2 | 4 | 读取测量结果：CH150 | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB | 只读 |
| 2190 | 2 | 4 | 读取测量结果：CH200 | 4 字节浮点数<br>字节顺序 CCDDAABB | 只读 |

## 7.2 获取测量数据

### 7.2.1 获取测量结果，整数类型【1000】

寄存器 1000~1031 用来获取仪器 CH1~CH50 电压值，16 位带符号整数，单位 mV。  
 寄存器 1000~1063 用来获取仪器 CH1~CH100 电压值，16 位带符号整数，单位 mV。  
 寄存器 1000~1096 用来获取仪器 CH1~CH150 电压值，16 位带符号整数，单位 mV。  
 寄存器 1000~1037 用来获取仪器 CH1~CH200 电压值，16 位带符号整数，单位 mV。



每个寄存器分别返回 1 个通道的数据，格式为 16 位带符号整数。例如：

0x3E8 = 1000mV = 1.000V

寄存器 0x1000 起始的数据分辨率为 1mV。

0x1000 寄存器可以有效缩短通讯时间，但分辨率较低。

高精度的数据，可以读取 0x2000 寄存器，数据格式为 2 位浮点数。

以下指令同时获取所有 50 个通道数据。

|    |    |      |   |       |   |      |  |
|----|----|------|---|-------|---|------|--|
| 1  | 2  | 3    | 4 | 5     | 6 | 7    |  |
| 01 | 03 | 1000 |   | 0032  |   | C0DF |  |
| 从站 | 读  | 寄存器  |   | 寄存器数量 |   | 校验码  |  |

### 7.2.2 获取测量结果，浮点数类型【2000】

每个通道寄存器占用 2 个寄存器（4 个字节）。

为了 PLC 自动转换方便，字节顺序已经更换为 CCDDAABB 格式。

|             |           |
|-------------|-----------|
| <b>CH1</b>  | 2000-2001 |
| <b>CH2</b>  | 2002-2003 |
| <b>CH3</b>  | 2004-2005 |
| <b>CH4</b>  | 2006-2007 |
| <b>CH5</b>  | 2008-2009 |
| <b>CH6</b>  | 200A-200B |
| <b>CH7</b>  | 200C-200D |
| <b>CH8</b>  | 200E-200F |
| ...         | ...       |
| <b>CH50</b> | 2063-2064 |

其它通道以此类推。

指令：

|    |    |      |   |       |   |      |  |
|----|----|------|---|-------|---|------|--|
| 1  | 2  | 3    | 4 | 5     | 6 | 7    |  |
| 01 | 03 | 2000 |   | 0064  |   | 4FE1 |  |
| 从站 | 读  | 寄存器  |   | 寄存器数量 |   | 校验码  |  |

## 8. 规格

您将了解到以下内容：

技术指标。

一般规格。

外形尺寸。

### 8.1 技术指标

下列数据在以下条件下测得：

温度条件：23°C±5°C

湿度条件：≤ 65% R.H. 未结露

预热时间：> 30 分钟

校准时间：12 个月

|         |  |
|---------|--|
| 电压测量准确度 | 慢速： 0.01% (AT40200A) 0.05%(AT40200)<br>中速： 0.01% (AT40200A) 0.05%(AT40200)<br>快速： 0.05% (AT40200A) 0.05%(AT40200)<br>高速： 0.1% (AT40200A) 0.1%(AT40200) |
| 最小分辨率   | 0.01mV   |
| 源内阻     | 2MΩ  |

### 8.2 一般规格

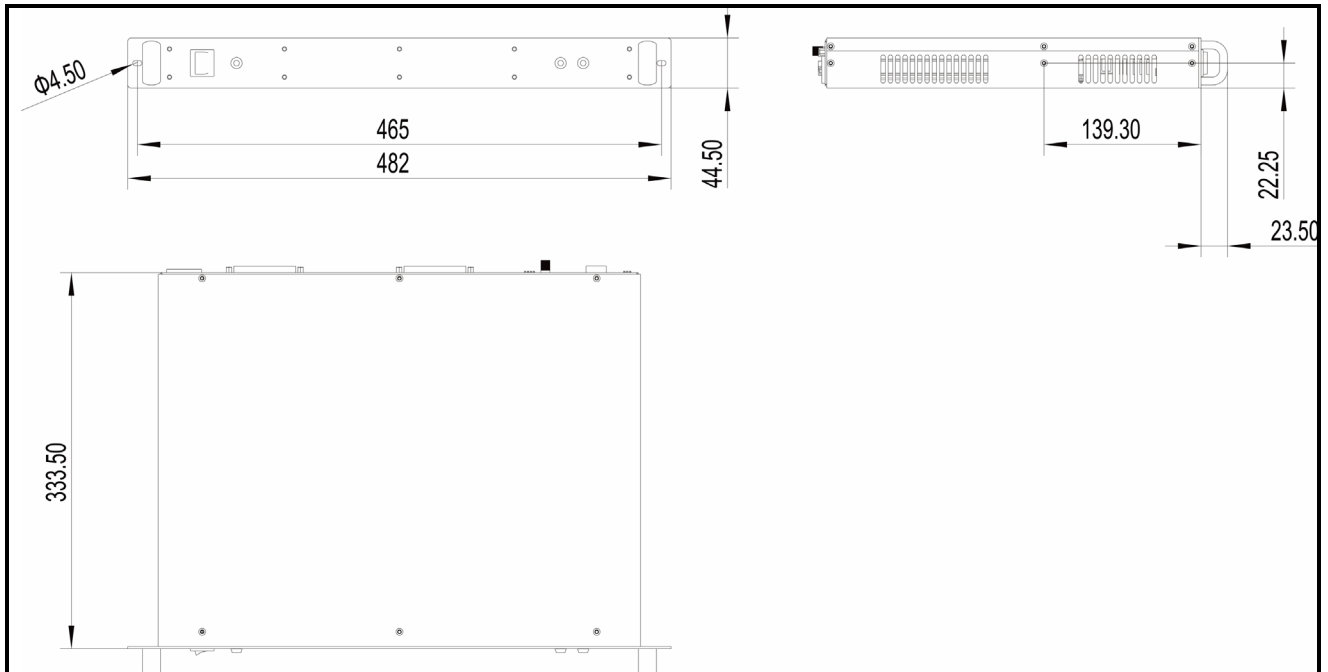
|       |   |
|-------|---|
| 测量范围  | -5.00000V~+5.00000V   |
| 测试速度  | 慢速： 2 次/秒@全通道<br>中速： 4.6 次/秒@全通道<br>快速： 27 次/秒@全通道<br>高速： 105 次/秒@全通道                                     |
| 通道数   | AT4050/AT4050A: 50 通道<br>AT40100/AT40100A: 100 通道<br>AT40150/AT40150A: 150 通道<br>AT40200/AT40200A: 200 通道 |
| 通道间隔离 | 500VAC  |
| 触发方式  | 内部、远程   |
| 接口    | USB2.0 接口 (VCOM)<br>LAN 百兆局域网接口<br>RS232 接口<br>RS485 接口   |
| 通讯协议  | 安柏增强 SCPI/ModBus(RTU)   |

|      |     |                             |
|------|-----|-----------------------------|
| 环境要求 | 指标  | 温度 18°C~28°C 湿度 <65% RH 未结露 |
|      | 操作  | 温度 10°C~40°C 湿度 10~80% RH   |
|      | 储存  | 温度 0°C~50°C 湿度 10~90% RH    |
| 电源要求 | 电压  | 100V~240VAC                 |
|      | 保险丝 | 250V/3A 慢熔 (仪器内部安装)         |
|      | 功率  | 最大 50VA                     |
|      | 重量  | ≈3kg                        |

## 8.3 外形尺寸

(示意图)

图 8-1 外形尺寸



Applent Instruments

-AT40200 系列用户手册- 简体中文版

©2005-2024 版权所有: 常州安柏精密仪器有限公司 Applent Instruments Ltd.