Data Sheet

# T-4008

## 8 通道模拟量输入数据采集模块

**8 通道、16 位精度模拟量输入**

DS01010501 V1.03 Date: 2012/05/03

产品用户手册

### 概述

TCP 是泉州市凌力电子科技有限公司全新系列的基于 RJ-45 以太网接口的数据采集模块。TCP 数据采集模块在单个设备中集成了 I/O、数据采集和隔离的 RJ-45 以太网通讯接口。支持标准的 Modbus/TCP 协议。

T-4008 是模拟量输入模块，可以同时采样 8 路的差分信号，采样精度高达 16 位。适用于采集工业现场的各种电压和电流信号。

T-4008 对输入输出端口采用电气隔离，并采用带隔离的 RJ-45 以太网接口及看门狗技术，有效保障设备安全可靠运行。

### 产品特性

- 32 位 ARM 处理器；
- 嵌入式实时操作系统；
- 输入通道数：8 路差分输入；
- 输入信号范围：±10V、±5V、±2.5V、±1V、±500mV、±150mV、±20mA；
- AD 转换分辨率：16 位；
- 采样速度：2 次/秒（默认配置下，全通道）
- 各个模拟量输入通道可独立使能或禁止；
- 隔离耐压：2500 $V_{DC}$；
- 工作温度范围：-35℃～+75℃；
- 工业级塑料外壳，标准 DIN 导轨安装。

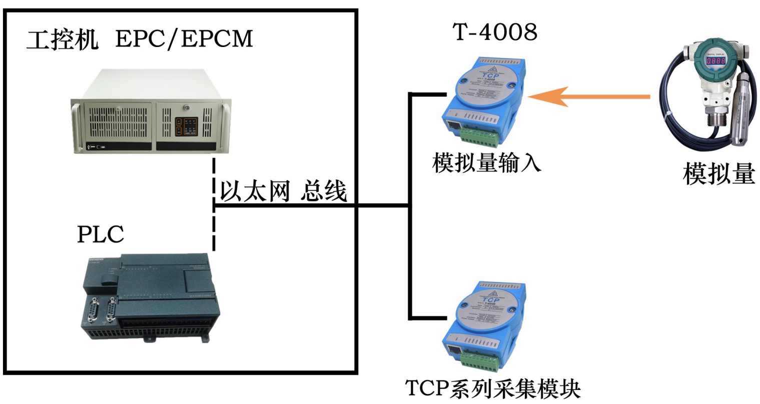
### 产品应用

工业现场控制
远程监控与数据采集
电力通讯
仓储与监控
电子产品制造
食品和饮料行业

### 订购信息

| 型号 | 温度范围 | 封装 |
|---|---|---|
| T-4008 | -35°C～+75°C | 塑料外壳 |

### 典型应用



# 目 录

# 1. T-4008 功能简介

T-4008 是模拟量输入采集模块，可以同时采样 8 路的差分信号，采样精度高达 16 位。适用于采集工业现场的各种电压和电流信号，可以用于采集传感器或变送器的信号。

T-4008 模块的外观如图 1.1 所示。


图 1.1 T-4008 外观示意图

## 1.1 主要技术指标

### 1.1.1 模拟量输入

- 输入路数：8 路差分输入
- 支持类型及测量范围：可独立配置各个通道的输入信号测量范围，电压输入范围：±10V、±5V、±2.5V、±1V、±500mV、±150mV；电流输入范围：±20mA，选择电流输入时，需要外接一个 125Ω的精密电阻。
- ADC 分辨率：16 位
- 采样精度：±0.1%
- 采样速率：2 次/秒（默认配置下，全通道）
- 输入低通滤波、过压保护

### 1.1.2 系统参数

- CPU：32 位 RISC ARM
- 操作系统：实时操作系统
- 隔离耐压：2500 $V_{DC}$
- 供电电压：+10~+30$V_{DC}$，电源反接保护
- 工作温度范围：-35℃～+75℃
- 工业级塑料外壳，标准 DIN 导轨安装通讯接口：
- 隔离 2500 $V_{DC}$，ESD、过压、过流保护

## 1.2 原理框图

T-4008 模块的原理框图如图 1.2 所示。模块主要由电源、隔离电路、A/D 转换电路、数字量输出电路、RJ-45 以太网隔离通讯接口以及 MCU 等组成。模块的微控制器采用 32 位 RISC 的 ARM 芯片，具有非常快速的数据处理能力，并采用了看门狗电路，可以在出现意外时将系统重新启动，使得系统更加稳定可靠，可以应用在高性能和高速度的应用环境中。

T-4008 针对工业应用设计，在内部输入输出单元与控制单元之间采用光电隔离，并对输入信号采取滤波措施，极大降低了工业现场干扰对模块正常运行的影响，使模块具有良好的可靠性。采用带隔离的 RJ-45 以太网通信接口，可以避免工业现场信号对微控制器通讯接口的影响，并具有 ESD、过压、过流保护。

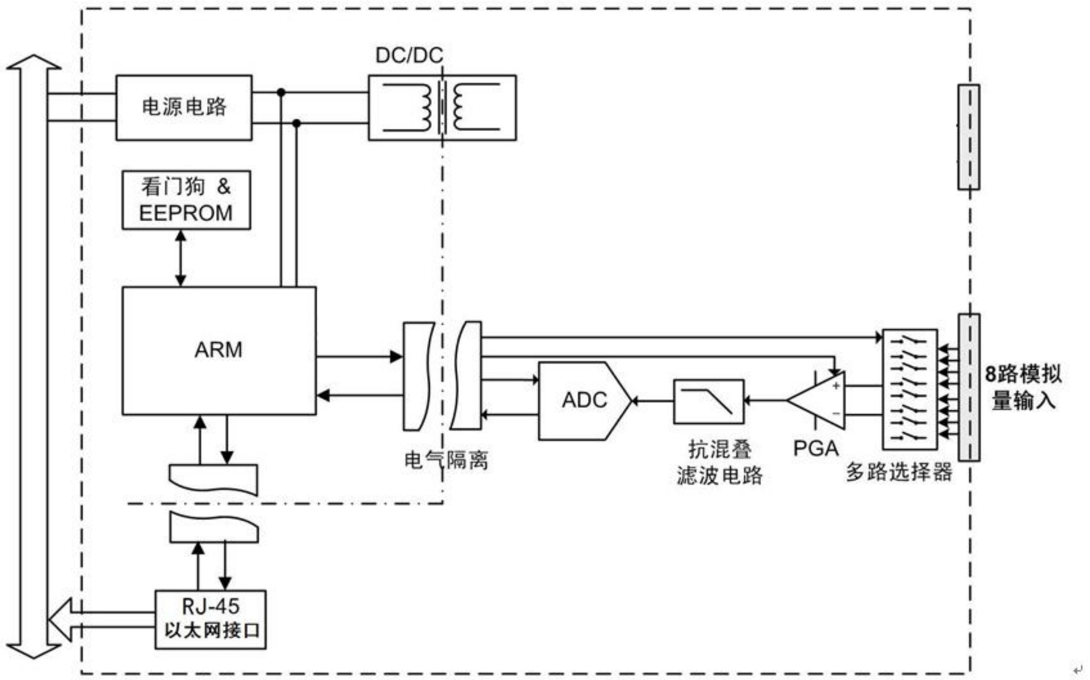



图 1.2 T-4008 原理框图

## 1.3 端子信息

### 1.3.1 端子排列

T-4008 共有 22 个端子，壳体上端子排列如图 1.3 所示。


图 1.3 T-4008 端子排列

### 1.3.2 端子描述

T-4008 的端子定义说明如下：

- GND，+VIN 为模块的电源输入端，GND 接电源负端，+VIN 接电源正端；
- CFG 为模块的默认通信参数硬件使能端子，当此端子接地，模块将以默认的通信参数进行初始化，并且通信参数可配置；
- AIN0±~AIN7±为模块的 8 路模拟量差分输入通道，AIN+为正输入端子，AIN-为负输入端子。

## 1.4 电气参数

除非特别说明，表 1.1 电气参数所列参数是指 Tamb=25℃时的值。

表 1.1 电气参数

| 参数 | Parameter | 最小值 Min. | 典型值 Typ. | 最大值 Max. | 单位 Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| 模拟量输入 | Analog Input | | | | |
| 采样精度 | Accuracy | | ±0.02 | ±0.05 | % of FSR |
| 采样速率 | Sampling Rate | | 2 | | 次/秒 |
| 输入信号范围 | Range | | | +10 | V |
| 过压保护 | Overvoltage | -25 | | +25 | V |
| 零点温漂 | Zero Drift | -50 | | +50 | uV/℃ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 量程温漂 | Span Drift | | | ±50 | ppm/℃ |
| 输入阻抗 | Load Impedance | | 1M | | Ω |
| 隔离电压 | Isolation Voltage | | 2500 | | Vdc |
| 供电电压 | Power Supply | 10 | | 30 | V |
| 功耗 | Power Consumption | | 1.2 | | W |

## 1.5 通信参数配置

TCP 系列模块支持标准的 TCP-Modbus 协议。模块的通信参数如：IP 地址，子网掩码，网关，MAC 地址都可通过配置软件进行配置。通信参数都是保存在模块的 $E^2$PROM 中，用户可以通过 RJ-45 以太网接口进行远程软件配置。

要通过配置软件进行修改通信参数，用户首先需要知道该模块的参数配置。由于模块没有诸如拨码开关之类的硬件设置来指示此时的参数配置，可能会存在用户忘了某个 TCP 模块的通信参数的情况。为了解决此问题，每个 TCP 模块都有一个硬件使能输入端子 CFG。将此端子连接到 GND 后，给模块上电，模块的通信参数处于确定的状态：

- IP 地址：192.168.1.30
- 子网掩码：255.255.255.0
- 网关：192.168.1.1
- MAC 地址：00:04:a3:11:22:33

将 CFG 端子与 GND 短接，模块用以上确定的通信参数进行初始化，并不会改变 $E^2$PROM 中保存的配置参数。但只有在这个条件下，通信配置参数才可以进行修改，否则对通信参数的配置命令都将回应异常响应。

通信参数修改后，必须把 CFG 端与 GND 断开连接后，给模块重上电，配置的通信参数才生效。**（完整步骤即断电，短接 CFG 跟 GND，上电，进入软件配置成功后，断电，断开 CFG 跟 GND，重新上电生效）**

## 1.6 信号指示灯

TCP 系列模块具有两个指示灯，PWR 为电源指示灯（红色）和工作状态指示灯 MNS。PWR 在模块内部，需要打开外壳才能看到，此灯亮，表示 TCP 模块供电正常。MNS 为红绿双色指示灯，可以从外壳面板上看到，用于指示模块的工作状态。

模块上电进行初始化后，将进入正常功能状态，其 MNS 指示灯状态如表 1.2 所示。

表 1.2 MNS 指示灯状态

| MNS 指示灯状态 | 模块的工作及通信状态 |
|---|---|
| 不亮 | 模块没有上电或没有运行 |
| 红灯亮 | 模块初始化出错 |
| 绿灯常亮 | 模块正常运行，未与主机进行过通信 |
| 绿灯闪烁，频率 3Hz | 模块与主机已正常通信，建立连接 |

## 1.7 电源和通讯线的连接

### 1.7.1 电源连接

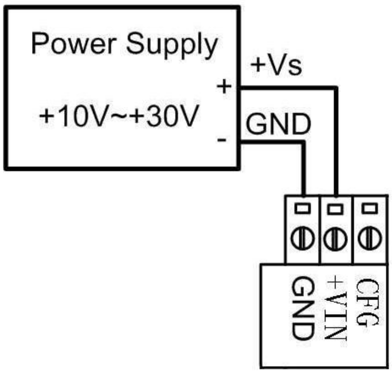



图 1.4 电源连接

### 1.7.2 网络连接

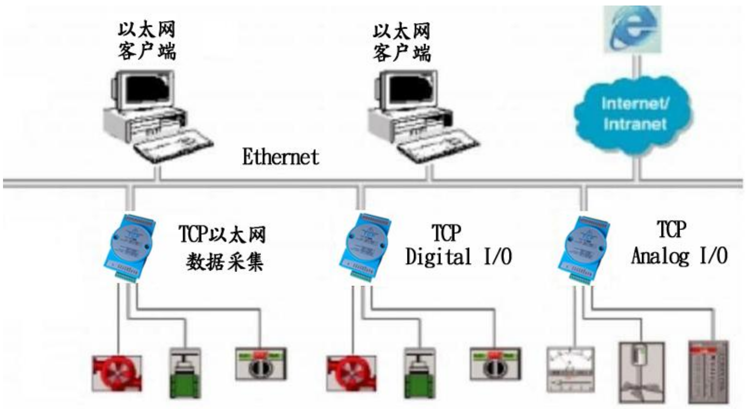



图 1.5 以太网网络连接

模块的电源连接如图 1.4 所示，RJ-45 以太网通讯线连接如图 1.5 所示，在接线时，要注意：

模块的+VIN 引脚连接输入电源的正极性端，GND 引脚连接输入电源的负极性端，连接时避免电源连接的极性错误。多个模块连接到同一个电源时，所有的+VIN 引脚连接到电源正端，GND 引脚连接到电源负端。

用 RJ-45 连接器连接 T-4008 的连接器通过直连网线连接到 HUB 上，最大的通信长度支持 10M 和 100M 网速。任何一台 T-4008 到 Hub 之前的最长距离为 100 米。

## 1.8 机械规格

### 1.8.1 机械尺寸

TCP 系列数据采集模块采用工业级塑料外壳，其外形尺寸如图 1.所示。

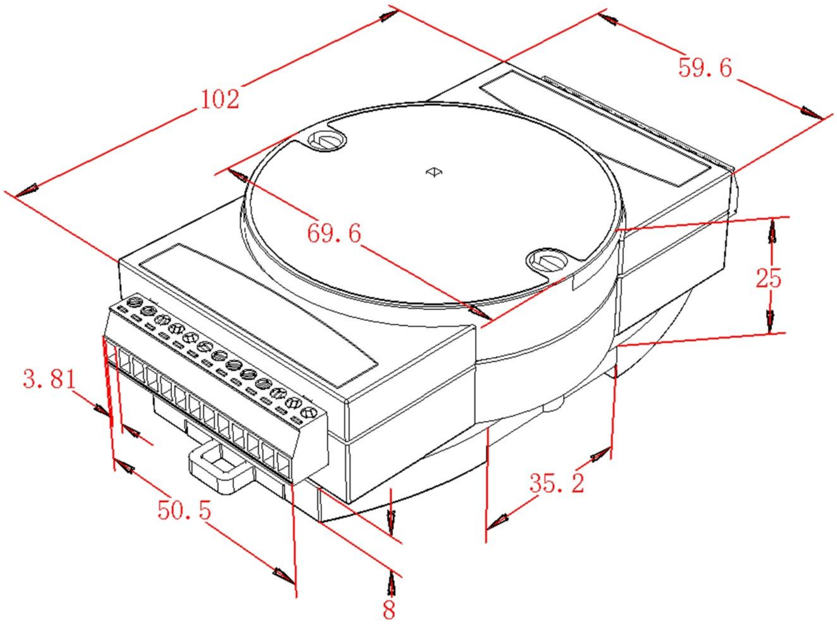



图 1.6 机械尺寸示意图

### 1.8.2 安装方式

TCP 系列数据模块外壳配有导轨底板，如图 1.所示，可以直接安装在标准的 DIN 导轨（35mm 宽 D 型导轨）上，用户也可以采用其它的简便的安装方式。

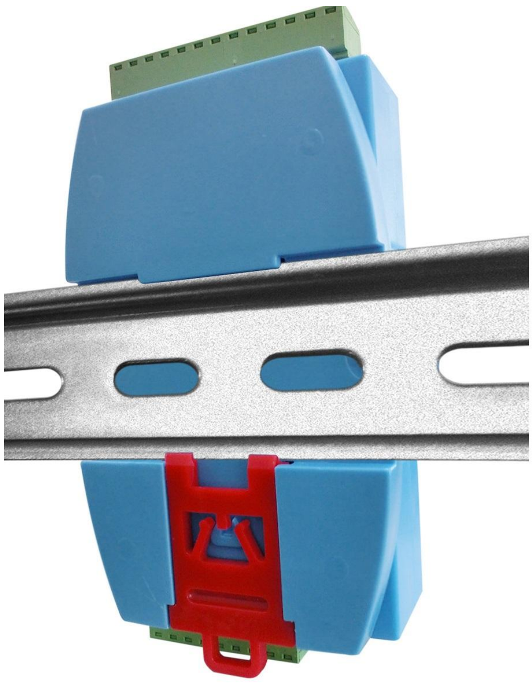


图 1.7 导轨底板示意图

安装时，先将 TCP 模块与导轨底板锁紧后，将导轨底板钩住导轨的上边沿，然后将底板上的红色卡座往下拉，将模块底板贴紧导轨后，松开红色卡座，即把模块装在导轨上。

# 2. T-4008 的模拟量输入功能

## 2.1 模拟量输入

在工业控制过程中，经常需要采集现场的传感器模拟量信号，以便对其分析进行现场设备的控制。而各种的传感器设备的模拟量输出信号不同，常见的有电压信号和电流信号，且输出的信号范围也不同，这就需要在进行模拟量数据采集时，根据不同的信号进行不同处理。

T-4008 模块具有 8 路模拟量差分输入通道，每个通道可以独立设置输入信号测量范围，电压测量范围为±150mv，±500mv，±1v，±2.5v，±5v，±10v；电流输入范围：±20mA，选择电流输入时，需要外接一个 125Ω的精密电阻。

## 2.2 输入采样原理

T-4008 模块的模拟量输入采样是通过前端调理电路来实现的，前端调理电路的基本结构如图 2.1 所示。

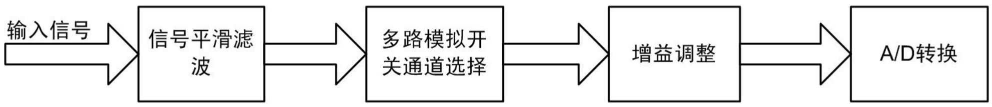



图 2.1 模拟量输入采样前端调理电路

其前端调理电路基本由平滑滤波器、多路模拟开关、增益调整电路以及 A/D 转换电路组成。平滑滤波器实现对输入信号的滤波，增益调整电路根据输入信号的幅值将信号调整至较合适的电压，提高对于系统对信号测量的动态范围，ADC 完成最终对于信号的测量。其中，多路模拟开关、增益调整电路以及 A/D 转换电路是采用集成于芯片中 ADC 芯片来实现。

## 2.3 输入接线

T-4008 具有 8 路模拟量差分输入通道，可以采集传感器或变送器输出的电压信号或电流信号。电压输入信号，可以直接连接到输入端子上。对于电流输入信号，需要外接一个 125Ω，0.1%的精密电阻。其接线方式如图 2.2 所示。

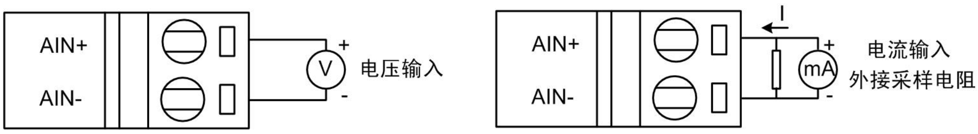



图 2.2 模拟量输入接线方式

## 2.4 采样值计算

T-4008 将模拟量输入的采样值采集经过校准后，存放于指定的寄存器地址空间中，RJ-45 以太网主机可以通过命令读取指定通道的采样值。采样值为 16 位数据，具有多种数据类型，可根据用户使用要求通过配置软件 TCPTOOL 进行选择。

### 2.4.1 最高位符号位

TCPTOOL 配置 AI 数据输出格式为“最高位符号位”时，表示采样值数据类型高位符号位类型。16 位采样值数据的最高位为符号位，“0”表示测量值为负值，“1”表示测量值为正值，其余 15 位表示测量数值。测量值的零点值为 0x0000，满量程值为 0x7FFF。

例如，主机在模块配置测量范围为+2.5V 条件下，读取的采样值为 0x40BB，则测量的

输入信号伏值为 $-\dfrac{0x40bb}{0x7fff}x2.5v$

每个输入通道的电压测量范围可独立配置为±150mv，±500mv，±1v，±2.5v，±5v，±10v。出厂默认测量范围为±10V。

### 2.4.2 ADC 数据类型

设置输出类型为 ADC 数据时，表示输出数据为 ADC 输出数据类型，16 位有效数据，0x8000 为 0 值，0x8001~0xFFFF 表示采样值为正数，转换公式为：(X-0x8000)*FSR/0x7FFF；0~0x7FFF 表示采样值为负数，转换公式为 $(-1)x\dfrac{0x8000-x}{0x7fff}xFSR$

将上下限值转换为对应数据类型寄存器数值计算公式为： $0x8000+\dfrac{x}{FSR}x0x7fff$ ，其中 X 为带符号的模拟量值。

### 2.4.3 有符号整型

设置输出类型为计算机补码时，表示输出数据为 16 位整型数据，负数采用补码方式，可以将读取到的寄存器中的值 X 当成有符号数来处理，转换成模拟量值的计算公式为：X*FSR/32767。

上下限的模拟量值转换成寄存器值公式为：X*32767/FSR，其中 X 为带符号的模拟量值，计算后将数值转换成有符号的 16 进制整型数据。

### 2.4.4 量程百分比

T-4008 还提供采样数据的量程百分比数据类型，当设置为百分比输出时，输出数据表示此时的采样值为设定的量程的百分比，单位为 0.01%，负数采用补码方式。

输出数据转换成模拟量值公式为：X*FSR/10000，其中 X 为有符号数。上下限的模拟量值转换为对应数据类型寄存器值计算公式为：X*10000/FSR，其中 X 为带符号的模拟量值。

## 2.5 模拟量输入通道控制

T-4008 的 8 路模拟量输入通道可以独立配置使能或禁止指定通道对输入信号的采样，应用中可以将没有用到的 AI 通道关闭，来提高其他通道的采样速率，读取关闭的通道的采样值，将回复该通道关闭之前的最后采样值。

# 3. T-4008 应用示例

## 3.1 安装设备

TCP 系列模块是基于 RJ-45 以太网接口的数据采集模块，将各个 TCP 功能模块进行组网时，需要配备以下设备及工具：

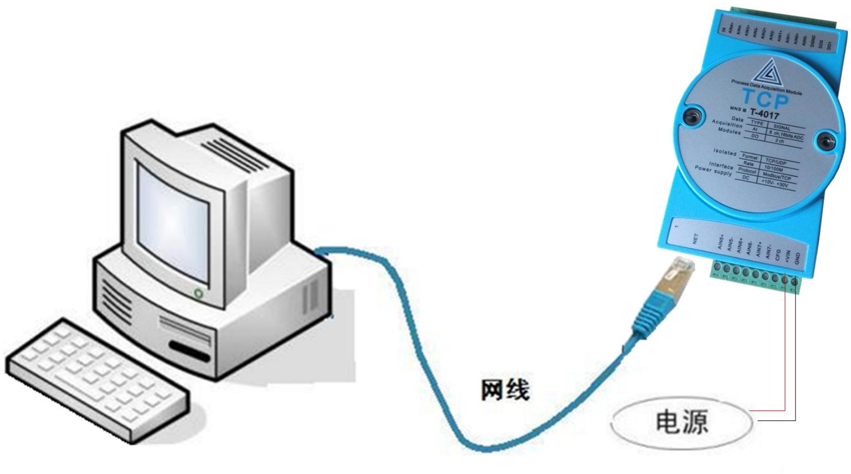



图 4.1 配置安装示意图

- TCP 数据采集模块；
- 带 RJ-45 以太网通讯接口的电脑；
- 供电电源（+10V~+30V）；
- TCP 测试软件
- 网线

TCP 系列模块的通信参数是通过软件进行配置，并保存在模块内部的 $E^2$PROM 中，在进行组网之前，需要获知每个 TCP 模块的通信参数，利用配置软件进行配置，保证同一网络里所有模块的 IP 地址、MAC 地址不冲突。

## 3.2 操作设备

### 3.2.1 TCP 系列模块通信参数的修改

TCP 系列模块的通信参数如：IP 地址、子网掩码和网关，MAC 地址都是保存在模块的 $E^2$PROM 中，用户可以利用测试软件通过 RJ-45 以太网接口进行远程软件配置。

要通过测试软件修改通信参数，需要在模块上电之前，将硬件使能输入端子 CFG 连接到 GND，然后给模块上电，此时模块的通信参数处于确定的状态：

- IP 地址：192.168.1.30
- 子网掩码：255.255.255.0
- 网关：192.168.1.1
- MAC 地址：00:04:a3:11:22:33

由于同一网络中的模块地址需要唯一性，同一时刻只能有一个模块处于 CFG 状态，

没有其他的设备使用 IP 地址 192.168.1.30。将 CFG 端与 GND 短接后为模块上电，模块用以上确定的通信参数进行初始化，并不会改变 $E^2$PROM 中保存的配置参数。且只有在这个条件下，通信配置参数才可以进行修改，否则对通信参数的配置命令都将回应异常响应。

通信参数修改后，必须把 CFG 端与 GND 断开连接后，给模块重上电或通过软件复位模块，配置的通信参数才生效。

建议单独连接要配置参数的模块，对模块进行配置后，再将模块连接到 RJ-45 以太网网络中。

### 3.2.2 RJ-45 以太网主机通信参数设置

使用 PC 机连接好接线后和 TCP 设备供电，给 TCP 设备供电，在 PC 机上打开 TCP 测试软件，软件界面如图 4.2 所示。


图 4.2 TCP 系列模块测试软件界面

用户可在配置软件上配置从机 IP（服务器），若配置不合理，在测试软件上点击“连接到以太网从机”将弹出连接到设备失败对话框，若配置成功，会提示连接到服务器成功，并显示连接型号。

### 3.2.3 模块信息配置

配置成功后，测试软件将根据实际的模块型号打开采集界面，如图 4.3 所示。


图 4.3 主机通信参数设置示意图

### 3.2.3.1 设备版本信息

设备版本信息包括设备型号、设备代码、硬件版本、固件版本。

### 3.2.3.2 设备通信信息

设备通信信息为设备保存的通信参数以及一些公用的配置信息。设备在 CFG 脚不接或接高电平时，系统按这些通信参数进行通讯，在 CFG 接地时，设备以默认的通信参数运行，但是这些参数不受改变，在 CFG 脚不接地时模块恢复原来的参数。

修改设备通信参数信息后，需要点击“配置”按钮将通信参数信息保存在 TCP 模块内部。设备通信参数的修改需要模块模块满足硬件配置条件（模块在 CFG 端子接地时上电）下才能成功操作。点击“读取配置”按钮，测试软件将发送读取命令，从 TCP 模块获取当前的通信参数并更新软件界面。

设备的功能参数配置信息包括设备支持的功能的配置参数，TCP 系列模块中不同的功能模块，功能参数配置信息不同，在任何状态下都可以直接通过软件配置功能参数。在测试软件上对设备功能配置参数进行修改后，需要点击“配置”按钮将配置参数保存在 TCP 模块内部。点击“读取配置”按钮可以更新功能配置参数，保持测试软件和设备的同步。

点击“设备参数配置”，将弹出的设备参数配置对话框如图 4.4 所示，根据 TCP 模块地址设置正确的起始地址和结束地址后，单击“配置”按钮开始配置参数，若配置成功，则会出现“配置成功”对话框。点击“更新配置参数”按钮，将在对话框中恢复默认的配置，

点击“退出”，退出配置。


图 4.4 测试软件运行界面

功能参数配置对话框中，根据模块功能可能包括一些扩展功能操作。例如，T-4008 具有多种 AI 数据格式，在功能参数配置对话框中可以通过选择 AI 数据格式，再点击“AI 数据格式配置”按钮执行对应的配置功能。扩展功能界面操作独立于功能配置参数配置操作，点击 “配置”按钮不会执行 AI 数据格式配置操作，但点击“更新配置参数”按钮将同步更新模块的 AI 数据格式。AI 数据格式需要在硬件条件满足时才能配置成功，硬件条件是指在 CFG 连接到 GND 时对模块上电。

### 4.2.4 功能操作

T-4008 具有 8 路的模拟量输入通道在进行功能操作前，需要对功能参数进行正确的配置。

8 路 AI 通道可同时采样 8 路差分信号输入，其输入测量范围可独立配置，并且可以独立控制通道采样的使能或禁止。

#### 4.2.4.1 模拟量输入

AI 通道的采样数据直接在数据采集区显示出来，测试软件提供单次的读操作，在不选择自动读取复选框时，点击“读取数据”按钮，即为单次读，将只进行采样数据单次读取操

作。测试软件还提供自动读取操作，选择自动读取后，需要配置自动读取的间隔时间，然后点击“读取数据”按钮，测试软件将自动对采样数据进行循环读取。建议设定的自动读取间隔时间应该大于设定的超时时间，否则测试软件在一次未成功读取时，只有等到超时时间到了，才进行下一次读取操作。对于通道关闭的 AI 通道，将以最后一次采样值显示。读取采样数据操作，输入返回 AI 通道的采样数据外。

# 4. T-4008 命令简析

## 4.1 MODBUS/TCP 协议命令结构

一个完整的 MODBUS/TCP 命令由命令头和命令体组成。命令头由六个字节构成，用来标识 MODBUS/TCP 命令协议，命令体决定目标设备和要进行操作的动作。命令定义如下：

字节 0：事务标识符 — 由服务器拷贝

字节 1：事务标识符 — 由服务器拷贝

字节 2：协议标识符 — 通常为 0

字节 3：协议标识符 — 通常为 0

字节 4：长度字域（高字节）=0（因为所有报文都小于 256 个字节）

字节 5：长度字域（低字节）=后面的字节数

字节 6：单元标识符（即从站地址）

字节 7：MODBUS/TCP 功能码

字节 8：所需数据的开始

例如读取 TCP-1808 从站地址为 1，寄存器地址为 40001 的内容，返回数值 6。请求命令如图 5.1 所示，响应命令如图 5.2 所示。

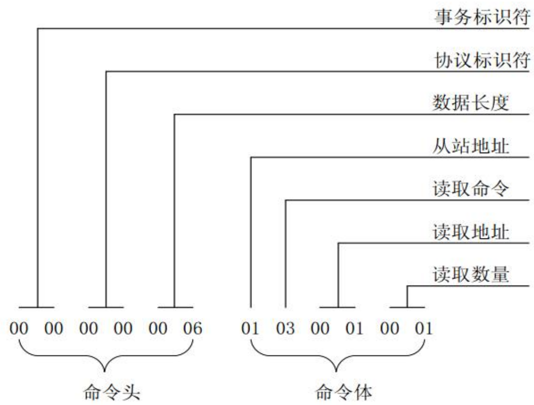



图 5.1 Modbus/TCP 请求命令结构

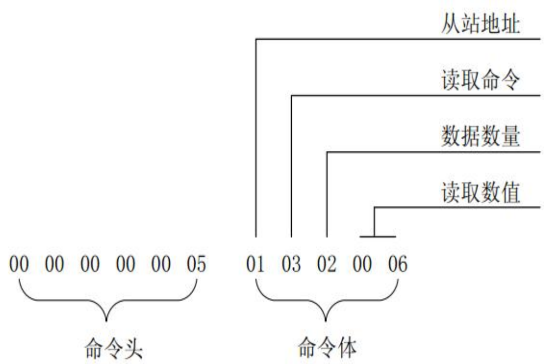



图 5.2 Modbus/TCP 响应帧结构

## 4.2 MODBUS/TCP 命令码介绍

表 5.1 是 Modbus/TCP 常用的命令码

表 5.1 Modbus/TCP 常用命令表

| 命令值 | 名称 | 说明 |
|---|---|---|
| 01 | 读取输出数字量 | 读取输出数字量的状态 |
| 02 | 读取输入数字量 | 读取输入数字量的状态 |
| 03 | 读取保持型寄存器 | 读取模拟量输出的电压、电流值 |
| 04 | 读取输入型寄存器 | 读取输入的电压、电流、温度的数值 |
| 05 | 写入单个数字量输出 | 设置单个数字量输出为 ON/OFF 状态 |
| 06 | 写入单个模拟量输出 | 设置单个模拟量的输出电压、电流值 |
| 15 | 写入多个数字量输出 | 设置多个数字量输出为 ON/OFF 状态 |
| 16 | 写入多个模拟量输出 | 设置多个模拟量的输出电压、电流值 |

## 4.3 TCP 资源地址说明

### 4.3.1 T-4008 的资源地址

**T-4008** 模块具有 8 路的模拟量差分输入通道和 2 路的数字量输出通道，其 AI 资源和 DO 资源地址以及他们在组态王中的使用如表 5.2 所示。

表 5.2 T-4008 资源地址

| 资源地址 | 端口号 | 说明 | 组态王寄存器地址 | 功能码 | 数据类型 | 范围 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 64 | 通道 AIN0 | 模拟量差分输入通道 AIN0 的电压 | 3065 | 04 | 有符号短整型（short ）（16 位） | -32768~+32767 |
| 65 | 通道 AIN1 | 模拟量差分输入通道 AIN1 的电压 | 3066 | | | |
| 66 | 通道 AIN2 | 模拟量差分输入通道 AIN2 的电压 | 3067 | | | |
| 67 | 通道 AIN3 | 模拟量差分输入通道 AIN3 的电压 | 3068 | | | |
| 68 | 通道 AIN4 | 模拟量差分输入通道 AIN4 的电压 | 3069 | | | |
| 69 | 通道 AIN5 | 模拟量差分输入通道 AIN5 的电压 | 3070 | | | |
| 70 | 通道 AIN6 | 模拟量差分输入通道 AIN6 的电压 | 3071 | | | |
| 71 | 通道 AIN7 | 模拟量差分输入通道 AIN7 的电压 | 3072 | | | |

# 6 免责声明

*版权*



*修改文档的权利*

泉州市凌力电子科技有限公司保留任何时候在不事先声明的情况下对本手册的修改的权力。