

MT 5V15 通讯磁编码器

产品说明书

Version: 1V0 | Ø35.97mm / DC 4~6V / 17bit分辨率 / 多摩川 & Modbus协议 / RS485通讯

1 简介

1.1 产品概述

MT 5V15 是一款基于磁电传感技术的高精度绝对值编码器，通过RS485总线差分方式输出位置数据。

支持多摩川通讯协议和Modbus RTU协议，可广泛应用于伺服电机反馈、关节机器人、自动化定位设备、精密仪器角度测量等领域。

1.2 产品特性

紧凑型设计，直径35.97mm，厚度7.46mm

17位有效(131072) · 17位格式输出

支持安装后自校准（INL 校准），角度误差典型值可达 $\pm 0.07^\circ$ ，满足超高精度测量需求

支持多摩川通讯协议（含0x1A扩展读命令），兼容主流伺服驱动器

支持Modbus RTU协议，便于工业控制集成

RS485半双工通讯，支持多设备总线并联

支持通过Modbus读写配置参数(站号、波特率、零位偏移等)

板载LED状态指示灯

支持零点设置及参数掉电保存

宽温工作范围 $-40^\circ\text{C} \sim +105^\circ\text{C}$

参数	说明
产品系列	MT 5V15 通讯磁编码器
通讯接口	RS485 半双工
通讯协议	多摩川协议 / Modbus RTU 根据型号选择
传输速率	RS485: 2.5Mbps (多摩川) / 9600bps~2.5Mbps (Modbus, 默认38400)
接口响应时间	5 μ s
默认波特率	38400 bps
数据格式	8位数据位, 1位停止位, 无校验
默认设备地址	1
支持功能码	03 (读)、06 (单写)、16 (多写)
工作电压	DC 4 ~ 6V
工作电流	<50mA
每圈分辨率	17位有效(131072) · 17位格式输出 (角度当量 $\approx$ 0.0027°/LSB)
测量范围	0° ~ 360° 连续旋转
角度误差 (INL)	出厂典型 $\pm 0.5^\circ$, 最大 $\pm 1.0^\circ$; 安装后自校准可提升至典型 $\pm 0.07^\circ$ (详见 4.4 节)
传感器技术	磁电
工作温度	-40°C ~ +105°C
存储温度	-40°C ~ +125°C
相对湿度	$\leq 85\%$ RH (无凝露)
磁铁规格	$\Phi 5\text{mm} \times 3\text{mm}$ 径向充磁钕铁硼磁铁
磁铁距离	建议1mm ~ 3mm

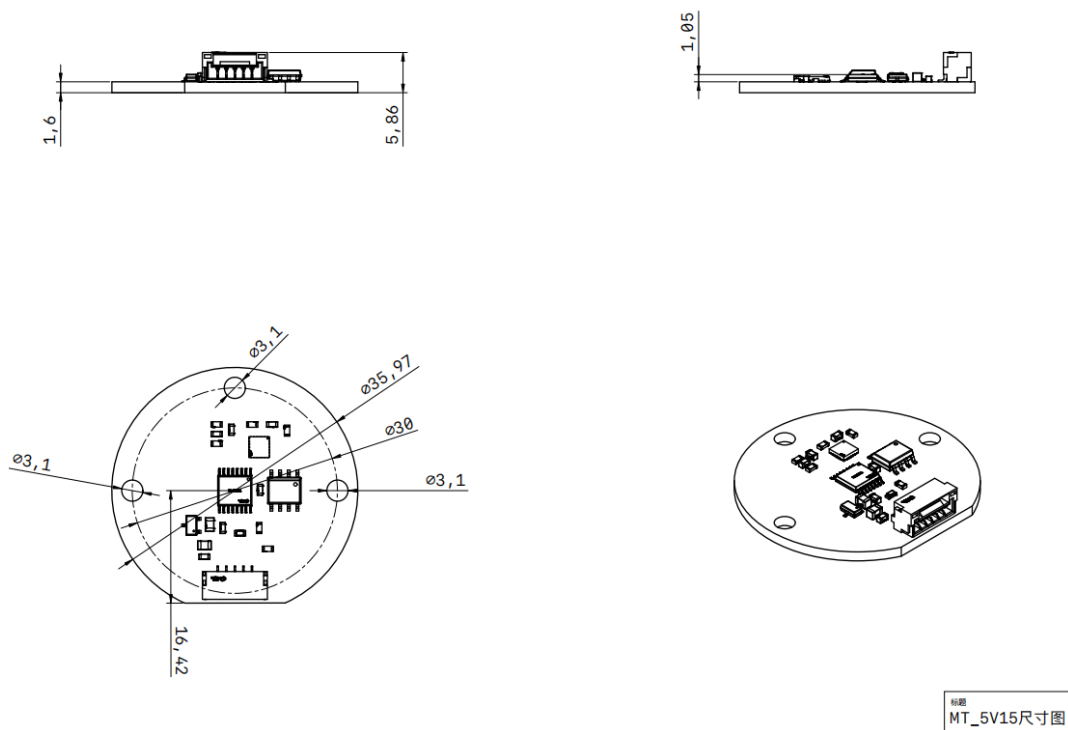
参数	说明
产品直径	Ø35.97mm
安装孔	3×Ø3.1mm
产品厚度	7.46mm (含连接器)
最高旋转速度	12000 rpm
重量	≈5g
连接方式	GH1.25 连接器

3 硬件说明

3.1 产品外观



产品实物图



外形尺寸图 (单位: mm)

3.2 状态指示灯

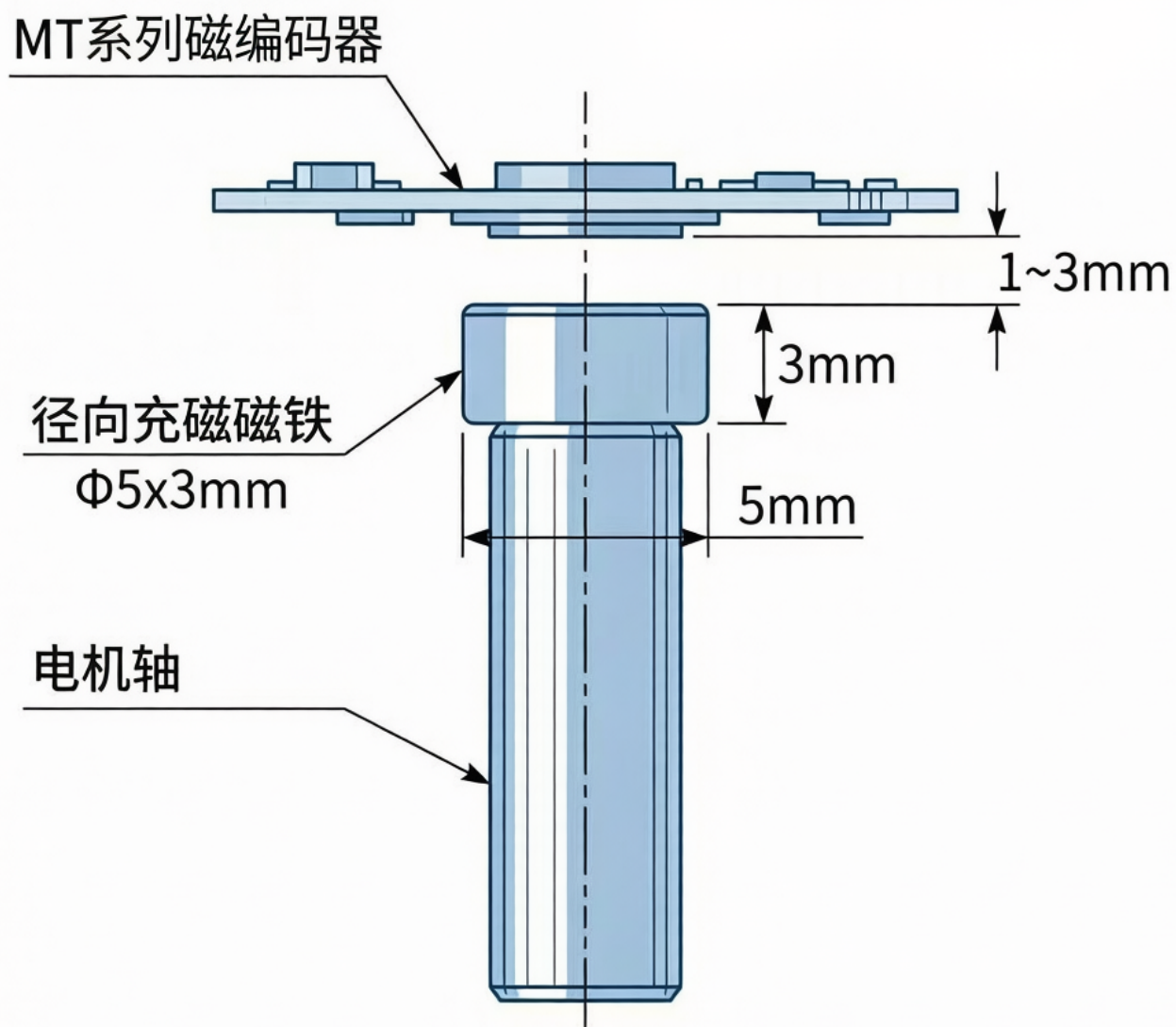
规律慢闪(约1秒一次): 正常工作, 等待主机通信; 快速闪烁(约0.1秒一次): 正在与主机进行数据通信; 常亮或常灭: 异常状态

4 使用说明

4.1 安装步骤

1. 在电机轴末端固定径向充磁圆饼磁铁或磁环, 确保居中安装
2. 将编码器模块固定在磁铁正上方, 保持适当间距
3. 按照引脚定义连接电源和通讯线缆
4. 上电, 确认电源指示灯亮起
5. 通过RS485发送通讯指令读取编码器位置数据

4.2 安装示意图



编码器与磁铁安装示意图（编码器固定在磁铁正上方，与磁铁保持 1~3mm 间距）

4.3 磁铁安装要求

- 使用径向充磁（磁力方向垂直于圆面）的圆片状永磁铁
- 推荐规格：直径 $\Phi 5 \text{mm}$ × 厚度3mm，N35级以上钕铁硼磁铁
- 磁铁中心应与编码器传感器中心对准
- 磁铁表面到传感器表面的距离建议保持在1mm ~ 3mm

- 确保磁铁固定牢固，旋转时不得松动或偏移

磁铁安装注意事项：

- 磁铁必须居中安装，偏心会导致测量误差增大
- 磁铁的N极或S极均可使用，但需垂直朝向芯片表面
- 安装后请手动旋转轴，观察输出数据变化是否平滑连续

4.4 自校准功能（安装后精度校准）

4.4.1 自校准的作用

编码器出厂时已完成基础精度校准。出厂状态下，角度积分非线性（INL，Integral Non-Linearity）典型值为 $\pm 0.5^\circ$ ，最大不超过 $\pm 1.0^\circ$ 。编码器安装到电机后，磁铁与位置检测元件的装配偏差、机械安装偏心（同心度误差）等因素会引入附加安装误差，叠加后实际角度误差将大于出厂 INL 指标。建议在整机安装完成后执行一次自校准：编码器内部自动测量并存储安装误差补偿数据（无需外部计算），补偿后角度误差典型值可达 $\pm 0.07^\circ$ （较出厂典型水平约改善 7 倍；实际补偿效果与安装质量及校准时的旋转匀速性相关）。

自校准由编码器内部自动完成，无需外部计算。补偿内容：磁铁与位置检测元件的装配偏差、机械安装偏心。

不执行自校准编码器也可正常使用，此状态下角度误差为出厂校准水平（INL 典型值 $\pm 0.5^\circ$ ）。建议在对角度精度要求较高的场合（伺服换相、精密定位等）安装后执行一次自校准。**更换磁铁或重新拆装编码器后，需重新执行自校准。**

4.4.2 校准条件

校准过程要求电机保持匀速旋转，需满足以下条件：

条件	要求	说明
安装	按安装规范装配	同心度、气隙符合安装要求，磁铁居中
旋转速度	匀速（速度波动 < 3%）	推荐使用对拖平台或闭环伺服驱动；开环步进等匀速性差的驱动方式可能导致校准失败
旋转圈数	≥ 64 圈	校准过程中保持连续旋转，中途停止会导致校准失败
保存时间	成功后等待 ≥ 6 秒	校准数据写入掉电存储区，期间不可断电，否则校准结果丢失

4.4.3 校准步骤（上位机软件方式，推荐）

使用配套上位机调试软件 **ServoTool**，通过 USB 转 RS485 连接编码器，按设备通信协议选择连接方式：

设备协议版本	连接方式	自校准入口
多摩川协议	多摩川模式，默认 2.5Mbps	多摩川面板 → 「自校准 (INL)」按钮
Modbus 协议	Modbus 模式，默认 38400bps（站号默认 255）	Modbus 面板 → 「自校准 (INL)」按钮

两种方式的校准窗口操作完全相同：

- 1. 打开串口 → 点击 **「自校准 (INL)」** 按钮打开校准窗口；
- 2. 让电机在目标速度段匀速旋转；
- 3. 点击 **「开始校准」**，保持匀速旋转 ≥ 64 圈，窗口会自动轮询校准状态；
- 4. 状态显示 **「校准成功」** 后停止旋转，等待 ≥ 6 秒；
- 5. 给编码器断电 → 重新上电，校准参数即生效。

校准状态含义：空闲/未在校准 → 校准进行中 → 校准成功 / 校准失败。点击开始后状态约 100ms 后才刷新，请稍作等待再观察。若状态长时间停留在"空闲/未在校准"，请给编码器断电重新上电后再试；若显示"校准失败"，请检查旋转匀速性与机械同心度后重新开始校准。

4.4.4 校准命令帧（多摩川协议）

使用自研主控时，可通过以下自定义命令帧触发校准（单字节命令，帧尾 XOR 校验）：

命令	功能	响应帧（3字节）
0xB1	启动自校准	[0xB1][状态][CRC]
0xB2	停止自校准	[0xB2][状态][CRC]
0xB3	查询校准状态	[0xB3][状态][CRC]

响应帧中"状态"字节定义：

状态值	含义	处理建议
0x00	空闲 / 未在校准	未开始校准（或校准未启动）
0x01	校准进行中	保持匀速旋转，继续轮询等待
0x02	校准失败	检查匀速性/同心度后重新发送 0xB1
0x03	校准成功	等待 ≥ 6 秒后断电重启，参数生效

示例：发送 0xB1 启动校准，编码器响应 0xB1 0x01 0xB0（状态=校准中，CRC = 0xB1 XOR 0x01）。

注：0xB1~0xB3 为自定义命令，标准多摩川主站（驱动器）不会发送，不会产生冲突。

4.4.5 校准寄存器（Modbus 协议）

Modbus 协议版本可通过保持寄存器触发/监控校准（以 1 为基地址，报文地址 = 寄存器号）：

寄存器地址	读写	功能	说明
113	读/写	校准控制	写 1 = 启动自校准；写 0 = 停止校准（须使用功能码 06 写单寄存器）
114	只读	校准状态	0=空闲 1=校准中 2=失败 3=成功

报文中的寄存器地址字段：113 = 0x0071，114 = 0x0072。

启动校准：写寄存器 113 = 1（功能码 06）；随后轮询读寄存器 114 等待状态变化。启动后状态约 100ms 才开始刷新，刚写入立即读取可能仍为 0。

4.4.6 注意事项

- 校准会覆盖编码器内部已保存的安装误差补偿数据，请确认需要时再执行；
- 校准过程中可正常读取角度数据（返回值为校准前冻结值，属正常现象），校准完成后自动恢复实时输出；
- 校准成功后必须等待 ≥ 6 秒再断电，否则校准数据写入未完成会丢失；
- 若开始校准后状态长时间停留在“空闲/未在校准”，请给编码器断电重新上电后再试；
- 自校准仅补偿安装误差（磁铁装配偏差、机械安装偏心），不改变编码器分辨率与输出协议。注意区分：分辨率对应的量化误差（ $\pm\frac{1}{2}\text{LSB}$ ，约 $\pm 0.0014^\circ$ ）与角度综合误差（INL，补偿后典型 $\pm 0.07^\circ$ ）是两个不同维度的指标。

4 多摩川通讯协议

4.1 协议概述

本编码器兼容常规伺服协议（多摩川通讯协议），通过 RS485 总线差分方式通讯。

- **接口：**RS485 半双工
- **传输速率：**2.5Mbps

- 接口响应时间：5μs
- 输出驱动器：RS485总线差分

4.2 读取编码器位置数据

主控端发送请求命令帧：

```
0x02
```

主控端接收来自编码器的数据帧：

```
0x02 0x00 0x34 0x12 0x00 0x24
```

字节	含义	说明
0x02	起始字节	固定值
0x00	状态	一直为0
0x34 0x12 0x00	编码器位置值	= 0x001234 = 4660 (max. 131072, 17bit有效)
0x24	CRC校验	= 0x02 XOR 0x00 XOR 0x34 XOR 0x12 XOR 0x00

4.3 位置置零操作

主控端发送位置置零请求命令帧：

```
0xAA 或 0xC2
```

重要：置零命令必须连续发送10次才能生效

- **命令字节：**0xAA 或 0xC2 均可触发置零
- **发送次数：**连续发送 **10次**
- **间隔要求：**每次发送之间的间隔时间 > **50μs**
- **响应：**编码器不会回复数据
- **生效时间：**第10次命令发送完成后，等待约1秒，编码器自动将单圈位置设为0位
- **掉电保持：**置零设置会保存到非易失性存储器中，掉电不丢失

时序示例：
发送序列：0xAA → (>50μs) → 0xAA → (>50μs) → ... (共10次) → 等待1秒 → 置零生效
若未满足连续10次或间隔不足50μs的要求，置零操作将被忽略。

4.4 扩展读取 (0x1A 读命令)

除标准 0x02 读命令外，本编码器额外支持 **0x1A 扩展读命令**，可一次性读取**单圈绝对位置、编码器ID、多圈计数、报警状态**等完整数据：

主控端发送请求命令帧：

```
0x1A
```

主控端接收来自编码器的数据帧（共11字节）：

```
0x1A [SF] [ABS0] [ABS1] [ABS2] [ENID] [ABM0] [ABM1] [ABM2] [ALMC] [CRC]
```

字节位置	名称	含义	说明
Byte 0	CF	命令标识	0x1A，与发送的命令一致
Byte 1	SF	Status Field 状态域	正常时为 0x00，非零表示异常
Byte 2~4	ABS0 / ABS1 / ABS2	单圈绝对位置数据(3字节)	17位有效 (max. 131072)，LSB低位在前
Byte 5	ENID	编码器设备ID	固定值，由厂商决定
Byte 6~8	ABM0 / ABM1 / ABM2	多圈计数数据(3字节)	旋转圈数记录，LSB低位在前（本型号为单圈编码器，此字段为0或保留）
Byte 9	ALMC	Alarm Code 报警错误码	0x00 = 正常，非零表示有报警
Byte 10	CRC	CRC校验	前10字节的XOR校验和

数据拼接示例：

假设收到：1A 00 34 12 01 05 00 00 00 00 A6

- 单圈位置 = 0x011234 = 70324 (17bit有效值)
- 编码器ID = 0x05
- 多圈计数 = 0x000000 = 0 圈
- 报警码 = 0x00（无报警）
- CRC = 0xA6 = 前10字节XOR校验结果

0x1A 与 0x02 读命令的区别：

- **0x02 命令**：标准多摩川读命令，返回6字节（CF+SF+3字节位置+CRC），仅包含16位格式位置数据
- **0x1A 命令**：扩展读命令，返回11字节，包含完整单圈位置(17bit有效)、设备ID、多圈计数及报警信息，适用于需要更高精度和更丰富诊断信息的场景

MT 5V15 产品说明书 | Version 1V0

© Ø35.97mm / DC 4~6V / 17bit分辨率 / 多摩川 & Modbus协议 / RS485通讯