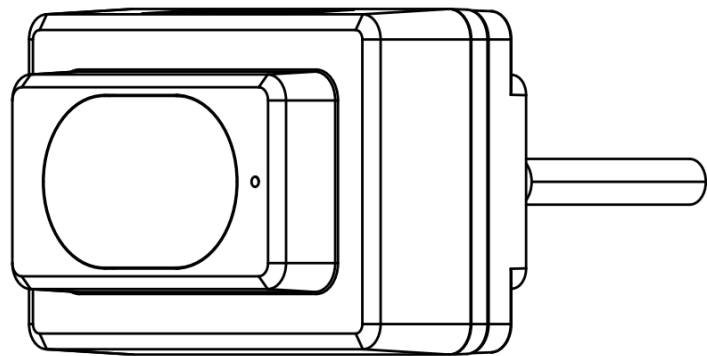




# TFmini-i 用户手册



# 前言

---

尊敬的用户：

您好，感谢您选择北醒的产品。为了让产品的使用体验更好，我们特制定此用户手册，以帮助您更加便捷地使用产品。

本用户手册包括 TFmini-i 激光雷达测距模组的介绍、使用和维护等相关内容，涵盖常见情况下的使用说明及问题处理措施。请在使用前仔细阅读本手册，谨记注意事项，避免危险，并在使用过程中，严格遵守手册内所述步骤执行。

如果您在使用过程中遇到了无法解决的问题，欢迎您随时联系北醒工作人员协助解决。

## 联系方式

官网地址：[www.benewake.com](http://www.benewake.com)

联系电话：400 880 9610

咨询技术问题，请联系：[support@benewake.com](mailto:support@benewake.com)

咨询销售事宜或索取介绍资料，请联系：[bw@benewake.com](mailto:bw@benewake.com)

## 公司总部地址

北醒（北京）光子科技有限公司

北京市海淀区创业路六号自主创新大厦 3 层 3030

## 版权声明

本文档版权归©北醒公司所有，未经北醒公司的官方书面许可，请勿改变文档中的内容描述，以及对文档进行修改、删减或翻译。

## 免责声明

我们的产品还在不断改进和更新，因此 TFmini-i 的规格参数可能会发生变化，请以官网上的最新版本为准。

# 目录

---

1	概览.....	1
1.1	产品参数.....	1
1.2	维护与清洁.....	2
1.3	安装说明.....	2
1.4	设备存储.....	3
1.5	应用介绍.....	3
2	物理接口.....	4
2.1	线序说明.....	4
2.2	电气特性.....	4
3	通信协议与数据格式.....	5
3.1	RS-485 通信协议.....	5
3.1.1	通信协议.....	5
3.1.2	Modbus 协议参数配置说明.....	5
3.1.3	RS-485 通信参数配置.....	7
3.2	CAN 通信协议.....	8
3.2.1	通信协议.....	8
3.2.2	CAN 通信数据帧.....	9
3.2.3	CAN 组网.....	9
3.2.4	CAN 参数配置.....	9
3.2.5	其他参数配置.....	10

# 1 概览

TFmini-i 是一款基于 TFmini-S 升级的单点测距雷达，在通讯接口、输入电压等方面做了优化升级，适应各种工业场景需求。产品基于 ToF（飞行时间）原理，具有稳定、精准、高灵敏的测量性能。

## 1.1 产品参数

表 1-1 TFmini-i 产品参数列表

类型	参数名称	参数值	
产品性能	测量范围	90%反射率, 0Klux	0.1m~12m
		10%反射率, 0Klux	0.1m~7m
		90%反射率, 70Klux	0.1m~12m
		10%反射率, 70Klux	0.1m~7m
	准确度 <sup>①</sup>	±6cm (0.1m~6m), ±1% (6m~12m)	
	距离分辨率 <sup>①</sup>	1cm	
	帧率 <sup>②</sup>	1Hz~100Hz (可调, 默认 100Hz)	
	抗环境光能力	70Klux	
	防护等级	IP65	
	光学参数	人眼安全	Class1 (IEC60825)
中心波长		850nm	
光源		VCSEL	
视场角 <sup>③</sup>		2°	
电学参数	供电电压	DC 7V~30V	
	平均电流	≤65mA @12V	
	功耗	≤0.8W @12V	
	峰值电流	100mA @12V	
其他	尺寸	50mm×34mm×41mm (长*宽*高)	
	壳体材质	ABS/PC/PMMA	
	工作温度	-20°C~60°C	
	存储温度	-30°C~75°C	
	重量	52g (含连接线)	
	线长	70cm/200cm	



### 提示

- ① 准确度、距离分辨率、重复精度等均在漫反射白板 (90%反射率) 条件下测得。
- ② 帧数可调整, 缺省为 100Hz, 最高支持 100Hz, 自定义帧率数值需要满足如下公式:  $200/n$  ( $n$  为  $\geq 2$  的整数)。
- ③ 视场角为理论值, 实际角度值存在一定偏差。
- ④ 200cm 尾线无外部端子, 出线为散线沾锡状态。

## 1.2 维护与清洁

- 开启设备前, 请检查外露的窗口镜是否清洁, 若有脏污请及时清洁。
- 设备使用后, 检查光学器件是否污染, 如污染应及时清洁。
- 设备长期在恶劣环境下工作, 应定期对光学元件进行清洁。
- 常规清洁前, 请断开电源, 设备在关闭状态下使用软布向同一方向轻轻擦拭窗口来完成清洁, 避免反复擦拭, 造成窗口镜的损伤。
- 清洁窗口时, 请勿使用酒精进行清洁, 以免产品窗口受损。
- 如需深度清洁内部光学元件, 请联系 [bw@benewake.com](mailto:bw@benewake.com) 提供专业建议。

## 1.3 安装说明

产品外观及尺寸如下图所示:

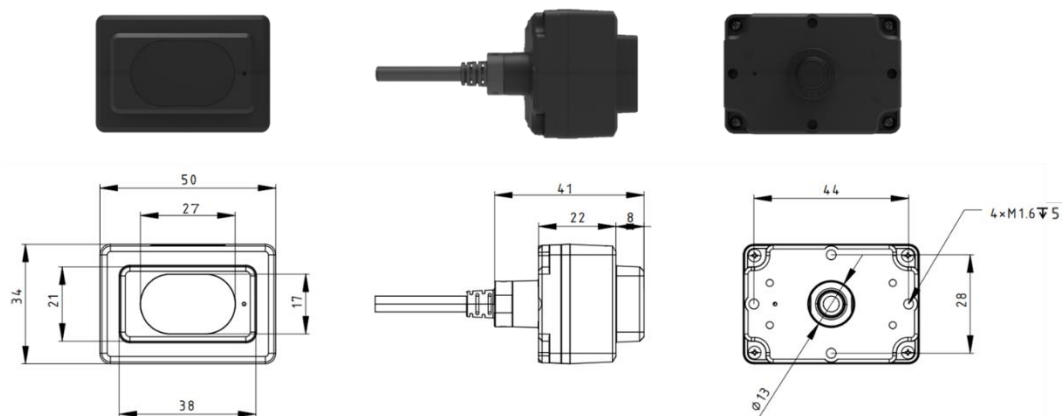


图 1-1 TFmini-i 产品尺寸示意图 (单位: mm)

TFmini-i 在背部预留 4 个  $\phi 1.6$  安装螺丝孔位, 孔深 5mm, 如图 1-2 所示, 安装时建议使用 4 颗 M2 十字圆头平尾自攻螺丝, 螺丝长度与安装结构件厚度相关, 建议螺丝安装深度 3mm 以上, 可根据如下表格选择螺丝:

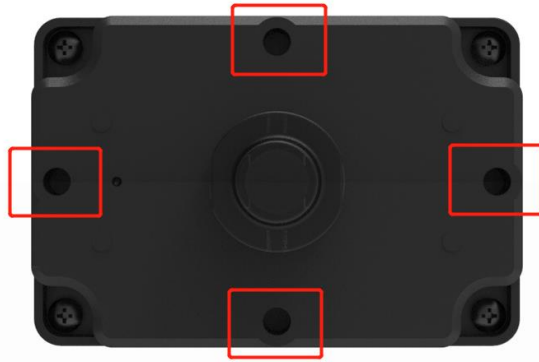


图 1-2 TFmini-i 安装孔位置

表 1-2 TFmini-i 建议安装螺丝型号

安装结构件厚度	安装螺丝尺寸
≤1mm	M2*4
1mm~3mm	M2*6
3mm~5mm	M2*8

**注意**

- ① 产品包装中配套附赠 M2\*6 及 M2\*8 两种尺寸螺丝，请根据实际情况选用。
- ② 切勿使用过长螺丝，防止穿透产品外壳，影响产品防护特性。
- ③ 为防止光学镜面脏污，产品光学窗口上会粘贴防尘薄膜，使用前建议去除薄膜。
- ④ 产品光学镜头前请勿遮挡，产品前表面建议与周围结构件平齐，以防影响光路。

## 1.4 设备存储

- 设备请存储在温度-30°C~80°C，相对湿度≤60%的环境下，保证通风无腐蚀性气体影响。
- 设备在存储之前，请确保所有的断路开关或防尘盖都已插入或盖上，以保证设备的清洁。
- 存储时间超过三个月，使用前请进行工作试验，保证设备正常状态下使用。
- 请勿打开外壳进行手册说明以外的装配或保养，以免影响产品防护性能，造成产品失效。

## 1.5 应用介绍

使用本产品时，请详细阅读规格书、用户手册及用户手册中所提到的注意事项，以确保在额定规格范围内使用本产品。同时，请遵守如下应用规范：

该产品设计用于以下场景

- 机器人
- 智能交通
- 智能设备
- 无人机
- 其他工业类产品

如果超出上述应用范围使用本产品，请仔细评估拟应用产品对可靠性的要求是否和本产品相匹配，或随时联系北醒工作人员协助解决。

## 2 物理接口

### 2.1 线序说明

TFmini-i 接线端子型号为 MH1.25-7P-W/B，芯线：AWG26 直径 0.404mm，截面积 0.129mm<sup>2</sup>。外部接线端子图示如图 2-1。相关引脚功能说明请见表 2-1。

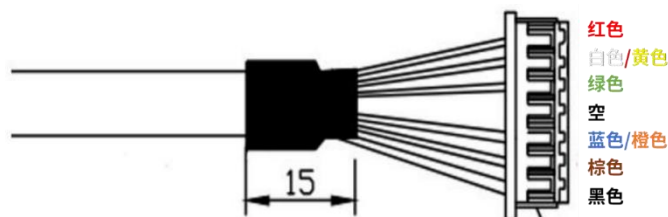


图 2-1 TFmini-i 外部接线端子及线序

表 2-1 引脚功能及连接说明

Pin	线材颜色	功能	说明
1	红色	VCC	电源正极
2	白色/黄色	RS485-B/CAN_L	RS485-B/CAN 总线
3	绿色	RS485-A/CAN_H	RS485-A/CAN 总线
4	N/A	/	/
5	蓝色/橘黄色	UART_RXD	串口接收 (调试)
6	棕色	UART_TXD	串口发射 (调试)
7	黑色	GND	电源地



#### 注意

- ① RS-485 和 CAN 接口为不同硬件版本。
- ② 请勿将串口调试线与 RS485 或 CAN 总线混接，否则会导致雷达 MCU 损坏。
- ③ RS-485 版本不支持使用引脚 5 和 6 的串口调试线。

### 2.2 电气特性

表 2-2 TFmini-i 电气特性

参数	数值
输入电压	DC 7V~30V
平均电流	≤65mA@12V
峰值电流	100mA
平均功耗	≤0.8W@12V

## 3 通信协议与数据格式

TFmini-i 支持 RS-485 和 CAN 两种通信接口，两种接口硬件不同，无法通过指令切换，采购前请确认产品型号。

### 3.1 RS-485 通信协议

#### 3.1.1 通信协议

RS-485 接口下默认为 Modbus 协议，详细通信协议请见表 3-1，默认波特率为 115200，默认地址为 0x01。

表 3-1 TFmini-i 数据通信协议——RS-485

参数	参数值
通信接口	RS-485
默认波特率	115200
数据位	8
停止位	1
奇偶校验	None



#### 提示

TFmini-i 支持 9600、14400、19200、38400、43000、57600、76800、115200（默认）、128000、230400、256000 波特率。基于通讯可靠性考虑，在 Modbus 协议下，不建议使用 115200 以上的波特率通信。

#### 3.1.2 Modbus 协议参数配置说明

##### 3.1.2.1 数据获取指令说明

TFmini-i Modbus 协议使能时，获取雷达测量值的指令格式如表 3-2：

表 3-2 Modbus 协议获取距离值指令格式

地址域	功能码	寄存器地址		寄存器数量		CRC_Low	CRC_High
01 (默认)	03	00	00	00	01	xx	xx

测量值数据返回时上行指令格式如表 3-3：

表 3-3 TFmini-i Modbus 协议测量值上行指令格式

地址域	功能码	数据长度	Dist_High	Dist_Low	CRC_Low	CRC_High
01 (默认)	03	02	XX	XX	xx	xx



### 3.1.2.2 功能码说明

TFmini-i 支持的功能码如表 3-4:

表 3-4 功能码说明

功能码	说明
03	读寄存器
06	写寄存器

### 3.1.2.3 可访问寄存器地址

- 所有寄存器地址均为 16 进制，寄存器值均为 16bit 定义；
- 配置参数后，要保存配置，重启后才会生效。

功能码 03 可访问寄存器如表 3-5。

表 3-5 功能码 03(只读)可访问寄存器

寄存器地址	定义	说明
00 00	Dist	距离值，单位 cm
00 01	Strength	信号强度值
00 03	时间戳 High 16bit	时间戳高 2 字节，雷达启动的相对时间，单位 ms
00 04	时间戳 Low 16bit	时间戳低 2 字节，雷达启动的相对时间，单位 ms
00 06	软件版本号 High 16bit	00 + 主版本号
00 07	软件版本号 Low 16bit	次版本号 + 修正版本号

功能码 06 可访问寄存器如表 3-6。

表 3-6 功能码 06 (只写)可访问寄存器

寄存器地址	定义	说明
00 80	保存配置	可写入任意寄存器值，都会执行保存配置操作
00 81	关机/重启	寄存器值说明： 0-关机（关机暂不支持） 1-重启；
00 82	Modbus 协议关闭	寄存器值说明： 1-关闭 Modbus 协议 其他-回复错误
00 83	波特率 High	配置波特率，保存后重启生效
00 84	波特率 Low	配置波特率，保存后重启生效
00 85	Slave ID	配置设备地址，保存后重启生效(默认 0x01)
00 86	fps	配置帧率，保存后重启生效（默认 100Hz）
00 87	工作模式	配置工作模式，保存后重启生效，寄存器值说明： 0-连续（默认） 1-触发 其他-回复错误

00 88	低功耗模式	配置低功耗模式，保存后重启生效，寄存器值说明： 0-不使能（默认） >0 且小于等于 10-使能(其值为内部采样频率)
00 89	恢复出厂设置	可写入任意寄存器值，保存后重启生效

### 3.1.3 RS-485 通信参数配置

表 3-7 TFmini-i RS-485 串口模式常用指令集

功能	下行指令	上行指令	说明
使能 Modbus	5A 05 15 01 75	5A 05 15 01 75	保存后重启生效。
信号强度低阈值和低阈值输出值	5A 07 22 XX LL HH SU	5A 07 22 XX LL HH SU	出厂默认, Strength≤100 后, Dist 输出值为 65535。 XX=100/10=10(DEC)=0A(HEX), 65535(DEC)=FFFF(HEX), LL(低温)=FF, HH(高位)=FF
保存配置	5A 04 11 6F	5A 05 11 00 70	

表 3-8 TFmini-i Modbus 常用指令集

功能	下行指令	上行指令	说明
获取距离值	01 03 00 00 00 01 84 0A	01 03 02 DH DL CL CH	DH、DL 是 Dist 的高 8bit 和低 8bit; CL、CH 是 CRC 的低 8bit 和高 8bit。
获取距离值和信号强度值	01 03 00 00 00 02 C4 0B	01 03 04 DH DL SH SL CL CH	DH、DL 是 Dist 的高 8bit 和低 8bit; SH、SL 是 Strength 的高 8bit 和低 8bit。
获取版本号	01 03 00 06 00 02 24 0A	01 03 04 00 VM VS VC CL CH	VM、VS、VC 分别是版本的主、次、修正版本号。
设置波特率	01 06 00 83 BH1 BH2 CL CH 01 06 00 84 BL1 BL2 CL CH	01 06 00 83 BH1 BH2 CL CH 01 06 00 84 BL1 BL2 CL CH	BH1、BH2、BL1、BL2 分别为波特率的高、次高、次低、低字节; 例如修改波特率为 9600 (0x00002580), BH1=00 BH2=00 CL=78 CH=22, BL1=25 BL2=80 CL=D2 CH=D3
修改 Slave ID	01 06 00 85 IH IL CL CH	01 06 00 85 IH IL CL CH	IH、IL 为 ID 的高字节和低字节。修改 ID 为 2, IH=00 IL=02 CL=19 CH=E2
修改帧率	01 06 00 86 FH FL CL CH	01 06 00 86 FH FL CL CH	FH、FL 为帧率的高字节和低字节。修改帧率为 100 (0x0064), FH=00 FL=64 CL=69 CH=C8
低功耗模式	01 06 00 88 LH LL CL CH	01 06 00 88 LH LL CL CH	LH、LL 为低功耗的采样速率高字节和低字节。例如修改为 5Hz 低功耗模式, LH=00 LL=05 CL=C9 CH=E3

保存配置	01 06 00 80 00 00 88 22	01 06 00 80 00 00 88 22	保存后重启生效
关闭 Modbus	01 06 00 82 00 01 E8 22	01 06 00 82 00 01 E8 22	保存后重启生效
恢复出厂设置	01 06 00 89 00 00 58 20	01 06 00 89 00 00 58 20	

**注意**

- ① TFmini-i 只支持 RTU 模式在串行链路中进行通信。

配置示例:

1) 在 RS-485 串口模式下, 输入指令:

5A 05 15 01 75 // 使能 Modbus 协议

5A 04 11 6F // 保存配置

重启后即进入 Modbus 协议模式, 可输入 Modbus 指令操作。

2) 在 Modbus 协议模式下, 输入指令:

01 06 00 82 00 01 E8 22 // 默认地址 01, 关闭 Modbus 协议

01 06 00 80 00 00 88 22 // 默认地址 01, 保存配置

重启后退出 Modbus 协议。

## 3.2 CAN 通信协议

### 3.2.1 通信协议

TFmini-i 的 CAN 通信协议支持客户自定义协议参数或定制化服务, CAN 协议波特率及 ID 可修改, 协议内容如下表。

表 3-9 TFmini-i 数据通信协议——CAN

参数	默认值
通信接口	CAN
默认波特率	250kbps
发送 ID	0x00000003
接收 ID	0x00000003
帧格式	标准帧

**注意**

- ① 0 为广播 ID, 不可设置发送、接收 ID 为 0;
- ② TFmini-i-CAN 通信协议仅支持常用波特率, 如下: 1000kbps, 900 kbps, 800 kbps, 666 kbps, 500 kbps, 400 kbps, 250 kbps, 200 kbps, 160 kbps, 125 kbps, 100 kbps。

### 3.2.2 CAN 通信数据帧

CAN 协议下的数据格式如表 3-10 所示，数据均为 16 进制数，每帧数据共计 8 字节，数据包含实测距离信息，即 DIST，单位为 cm；信号强度，即 Strength；时间戳信息，单位 ms。

表 3-10 TFmini-i CAN 通信数据格式

数据位	定义	说明
Byte0	Dist_L	距离值低 8 位
Byte1	Dist_H	距离值高 8 位
Byte2	Strength_L	信号强度低 8 位
Byte3	Strength_H	信号强度高 8 位
Byte4	时间戳	时间戳低 8 位
Byte5	时间戳	时间戳次低 8 位
Byte6	时间戳	时间戳次高 8 位
Byte7	时间戳	时间戳高 8 位

### 3.2.3 CAN 组网

CAN 总线网络主要挂在 CAN\_H 和 CAN\_L，各个节点通过两条线进行信号的串行差分传输，为了避免信号的反射和干扰，建议在总线两端接上 120Ω 的终端电阻，常用如图 3-1 所示。

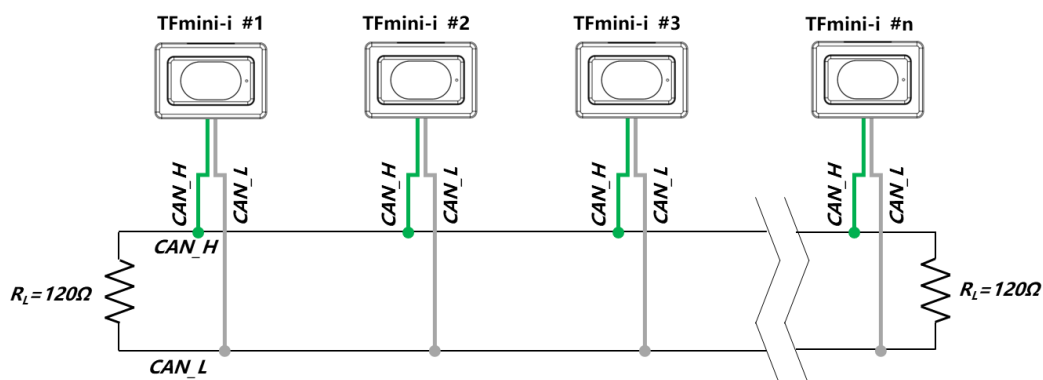


图 3-1 TFmini-i 常用 CAN 组网

目前推荐 CAN 组网最大级联台数情况如下表：

表 3-11 TFmini-i-CAN 组网台数推荐

波特率	帧率	最大级联台数
800kbps	100Hz	6
500kbps	100Hz	15
250kbps	100Hz	20



#### 提示

组网使用情况下，建议联系北醒技术人员，沟通使用场景。

### 3.2.4 CAN 参数配置

CAN 参数配置指令格式如下所示：

表 3-12 TFmini-i CAN 通信参数配置指令格式

字节	0	1	2	3	4	5-8	9-12	13
描述	0x5A	0x0E	0x51	Type	Baudrate	Recv_id	Send_id	Check_sum
默认值				0	8	0x00000003	0x00000003	

其中各字段可选参数如下：

Type: 0 (标准帧, 默认), 1 (扩展帧);

Recv\_id: TFmini-i 接收 ID, 小端格式;

Send\_id: TFmini-i 发送 ID, 小端格式;

Baudrate: 波特率代码, 默认 250kbps, 对应值 0x08, 各波特率与 Byte4 数值对应如下表:

表 3-13 Byte4 数值与波特率对应表

Byte4 值	0	1	2	3	5	6
波特率 (Kbps)	1000	900	800	666	500	400
Byte4 值	8	10	11	14	16	
波特率 (Kbps)	250	200	160	125	100	

指令配置示例:

举例 1: 设置标准帧, 波特率 500kbps, 接收 ID=0x00000010, 发送 ID=0x00000020, 配置指令如下。

5A 0E 51 00 05 10 00 00 00 20 00 00 00 EE

举例 2: 设置扩展帧, 波特率 250kbps, 接收 ID=0x0000AABB, 发送 ID=0x0000CCDD, 配置指令如下。

5A 0E 51 01 08 BB AA 00 00 DD CC 00 00 D0

### 3.2.5 其他参数配置

表 3-14 TFmini-i 常用参数配置

功能	下行指令	上行指令	说明
获取版本号	5A 04 01 5F	5A 07 01 V1 V2 V3 SU	版本号 V3.V2.V1
输出帧率 <sup>①</sup>	5A 06 03 LL HH SU <sup>①</sup>	5A 06 03 LL HH SU	1-100Hz, 默认 100Hz, LL、HH 分别为帧率低八位和高八位
单次触发指令	5A 04 04 62	数据帧	将帧率设置为 0, 使用本指令触发测距
系统复位 <sup>③</sup>	5A 04 02 60	5A 05 02 00 61	配置成功
		5A 05 02 01 62	配置失败
数据输出开关	5A 05 07 00 66	5A 05 07 00 66	关闭数据输出
	5A 05 07 01 67	5A 05 07 01 67	使能数据输出
信号强度低阈值和低阈值输出值	5A 07 22 XX LL HH SU	5A 07 22 XX LL HH SU	出厂默认, Strength≤100 后, Dist 输出值为 65535。 XX=100/10=10(DEC)=0A(HEX), 65535(DEC)=FFFF(HEX), LL(低温)=FF, HH(高位)=FF

恢复出厂设置	5A 04 10 6E	5A 05 10 00 6F	配置成功
		5A 05 10 01 70	配置失败
保存配置 <sup>④</sup>	5A 04 11 6F	5A 05 11 00 70	配置成功
		5A 05 11 01 71	配置失败
配置 120Ω端接电阻 <sup>⑤</sup>	5A 05 60 01 C0	5A 05 60 01 C0	使能 120Ω端接电阻
		5A 05 60 00 BF	不使能 120Ω端接电阻



### 注意

- ① 自定义帧率需要满足如下公式： $200/n$  ( $n$  为 $\geq 2$  的整数)。
- ② SU 为数据校验和，校验和默认关闭。
- ③ 系统复位指令发送后，请保持通电并等待 1s，否则有可能导致无法复位。
- ④ 所有配置完成后，均需执行保存设置指令，否则设备重启后配置失效。
- ⑤ 120Ω端接电阻默认不使能。