

ZHAOWEI 兆威

### 深圳市兆威机电股份有限公司

深圳市宝安区燕罗街道燕川社区燕湖路兆威工业园

SHENZHEN ZHAOWEI MACHINERY & ELECTRONICS CO.,LTD.

ZHAOWEI Industrial Park, Yanhu Road, Yanchuan Community, Yanluo Street, Baoan District,  
Shenzhen City, Guangdong, China

· 深圳 · 东莞 · 苏州 · 上海 · 香港 · 德国 · 美国  
· Shenzhen · Dongguan · Suzhou · Shanghai · Hong Kong · Germany · USA

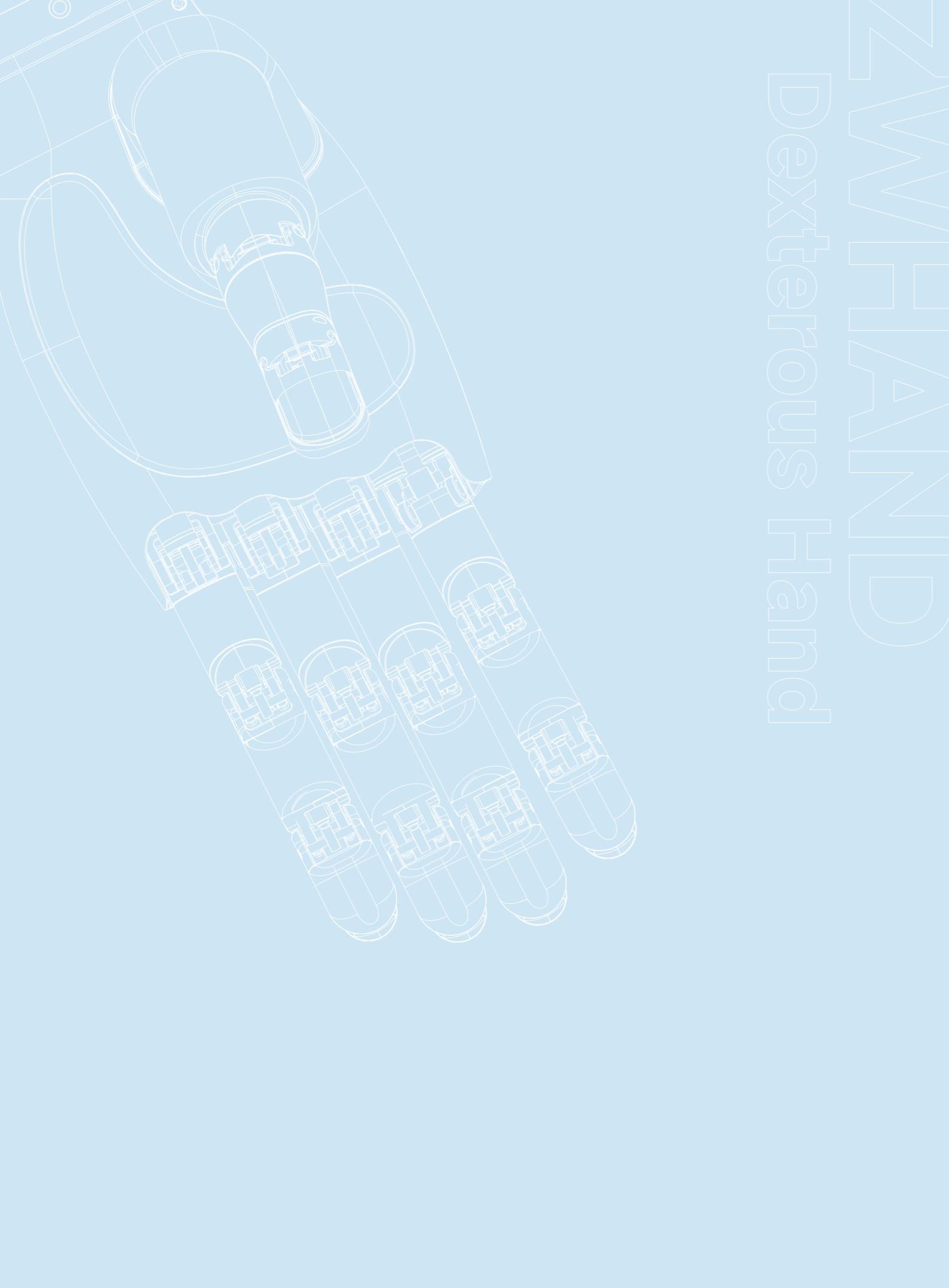
Email: [sales@szzhaowei.net](mailto:sales@szzhaowei.net)  
Tel: +86-0755-2732-2645  
Web.: [www.zwgearbox.com](http://www.zwgearbox.com)

ZWHAND 灵巧手

ZWHAND-DM17 用户手册



# 目录



1 / 注意	01
2 / 产品介绍	01
3 / 产品型号、组成和尺寸	02
3.1 型号	02
3.2 材质	02
3.3 结构尺寸	02
3.4 运动空间	02
3.5 腕连接尺寸	05
4 / 技术参数	05
4.1 载荷和速度	05
4.2 重量	05
4.3 通讯接口	06
4.4 其他参数	06
5 / 通信控制协议	06
5.1 帧ID格式	07
5.2 数据写入/读取	07
5.3 灵巧手功能	09
6 / 储存、运输和使用环境	26

## 1 注意



ZWHAND 仿生人形灵巧手不具有防水能力。

ZWHAND灵巧手内部配备了精密的电子元件、动力马达以及复杂的机械结构。一旦这些组件遭遇液体侵入，将会引发电路短路、部件生锈等严重后果，进而导致设备遭受无法逆转的损坏。因此，用户在操作过程中必须严格确保无任何液体渗透进灵巧手内部，并应避免在湿度过高或重度灰尘污染的环境中操作该设备，以防止潜在的损害发生。

ZWHAND灵巧手采用了高强度铝合金与优质不锈钢作为主要骨架材料，以确保结构的稳固性和耐用性。然而，用户在使用时仍需特别注意，确保所施加的负载不超过其设计规格（食指12N,其余手指5N）。任何超出设计承载范围的负重都可能导致金属部件发生永久变形，甚至断裂，进而对内部结构造成不可恢复的破坏。此外，摔落或遭受重物撞击等意外情况也将对ZWHAND灵巧手的机械结构和电路系统构成严重威胁，可能导致功能失效。

## 2 产品介绍

ZWHAND灵巧手配备了17个精密运动关节，每个关节均内置高性能电机，从而实现了17个独立的主动自由度。通过内嵌的智能电机控制算法，该灵巧手能够模拟人手的各种复杂抓取动作。其典型应用领域广泛，包括但不限于机器人末端执行器、教育科研装备以及工厂自动化应用。



### 3 产品型号、组成和尺寸

#### 3.1 型号

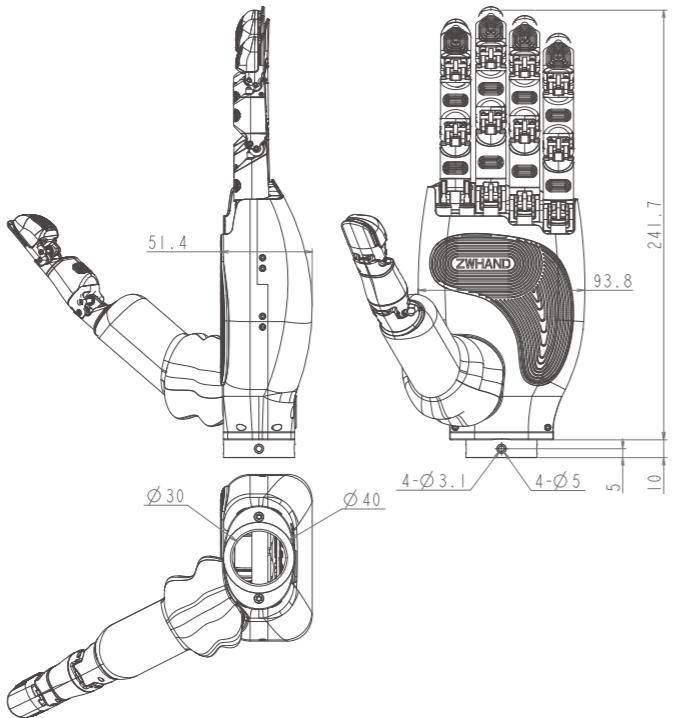
ZWHAND-DM17

17 主动自由度，皮肤可选配

#### 3.2 材质

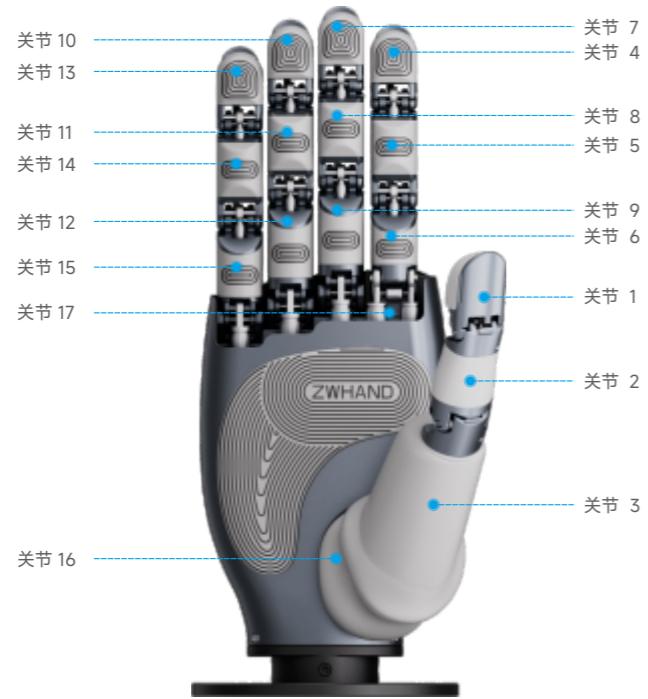
铝合金，不锈钢，硅胶，塑料。

#### 3.3 结构尺寸



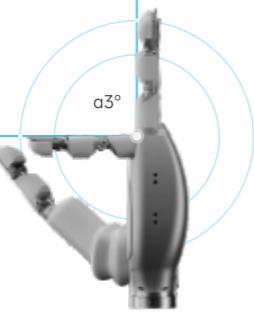
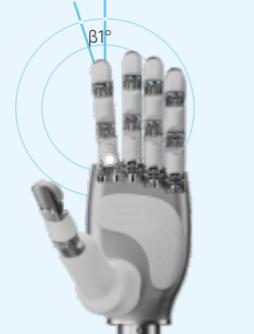
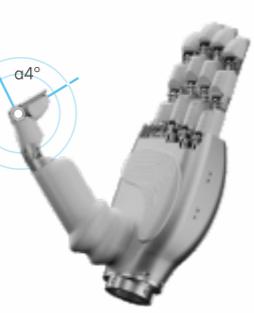
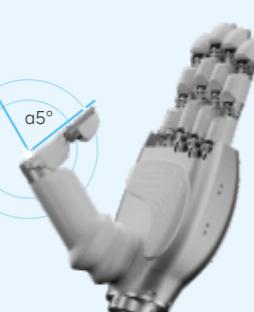
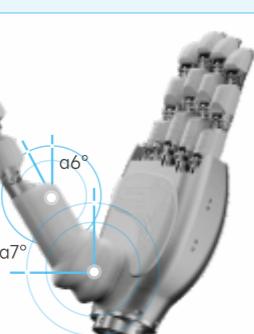
#### 3.4 运动空间

灵巧手关节运动空间如下表所示：



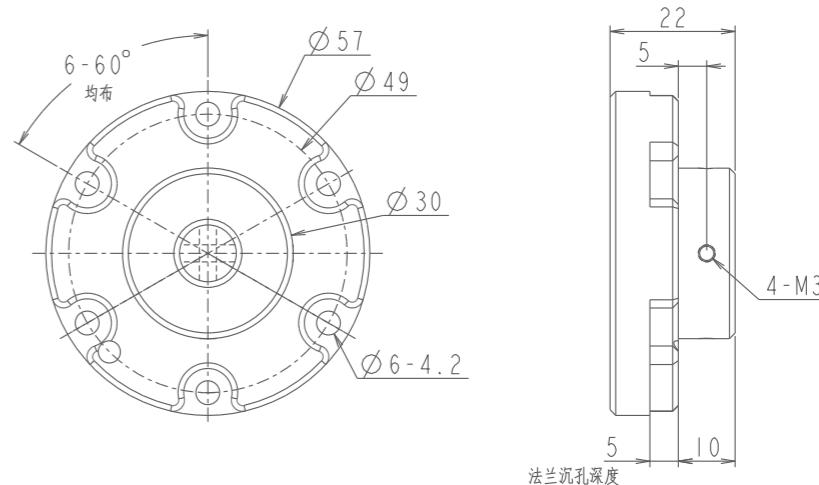
分类		工作空间（角度）	
大拇指	joint 16	60	30-90
	joint 3	45	45-90
	joint 2	70	10-80
	joint 1	80	0-80
食指	joint 17	10	0-10
	joint 6	90	0-90
	joint 5	90	0-90
	joint 4	80	0-80
中指	joint 9	90	0-90
	joint 8	90	0-90
	joint 7	80	0-80
无名指	joint 12	90	0-90
	joint 11	90	0-90
	joint 10	80	0-80
小指	joint 15	90	0-90
	joint 14	90	0-90
	joint 13	80	0-80

关节	图例说明	运动角度
四指远端指间关节		$\alpha_1: 0-80^\circ$
四指近端指间关节		$\alpha_2: 0-90^\circ$

四指掌指关节		$\alpha_3: 0-90^\circ$
食指掌指关节摆角		$\beta_1: 0-10^\circ$
大拇指远端指间关节		$\alpha_4: 0-80^\circ$
大拇指掌指关节		$\alpha_5: 10-80^\circ$
大拇指指根关节		$\alpha_6: 30-90^\circ$ $\alpha_7: 45-90^\circ$

### 3.5 腕连接尺寸

兆威灵巧手标配的机械接口尺寸如图所示，也可按客户需求定制。



## 4 技术参数

### 4.1 载荷和速度

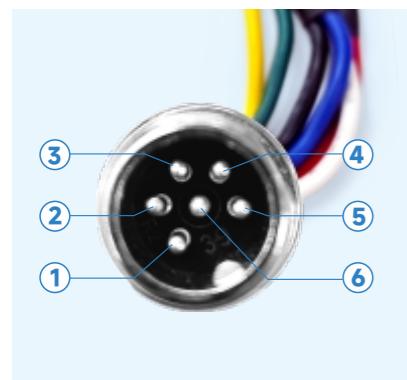
参数	数值
手指全开到全闭最短时间	0.45s
手指全闭到全开最短时间	0.45s
大拇指完全闭合最短时间	0.38s
拇指完全张开最短时间	0.38s
最大提重物（重握）	3kg

### 4.2 重量

参数	数值
重量（含手腕）	1000 g

### 4.3 通讯接口

ZWHAND手腕内置有RS485/CANFD接口的高性能驱控板，该板提供了便捷的6芯M12航空头公座转换选项。航空头公座被稳固地安装于手腕组件的背面。面对公座正面时，其顺时针方向排列的6根电线信号定义具体为：



序号	说明
1	485+/CAN_H
2	485-/CAN_L
3	GND
4	VCC
5	VCC
6	GND

### 4.4 其他参数

参数	数值
工作电压	DC12V
工作电流	5A
静态电流	≤300mA
运行环境温度范围	-10°C~40°C
关节总数	17
主动自由度	17
整手握力	30N
四指指尖压力	5~12N

## 5 通信控制协议

本产品使用的通信协议是运行在 CAN FD (Controller Area Network with Flexible Data-Rate) 总线上的私有定制协议。该协议利用 CAN FD 的多主对等通信能力，通过预定义的 CAN 标识符 (ID) 和私有数据段格式 来实现设备间的命令与数据交互，实现对产品的状态读取、单个或多个手指关节动作控制。

### 5.1 帧ID格式

ID[10]	ID[9]	ID[8]	ID[7]	ID[6]	ID[5]	ID[4]	ID[3]	ID[2]	ID[1]	ID[0]
报文方向						设备ID				

#### 报文方向:

0x00表示由控制端到灵巧手；  
其他表示由灵巧手到控制端。

#### 设备ID:

默认0x01，  
0x02-0xFE可设置。

### 5.2 数据写入/读取

数据读取操作：指上位机系统请求获取灵巧手特定的状态或参数信息。上位机通过 CAN FD 总线，发送一个包含目标读取指令和对应数据标识（定义在数据段格式中）的 帧（使用约定的读取指令 CAN ID）给灵巧手系统。灵巧手在收到该帧并校验通过后，会根据请求的数据标识，组织相应的状态或参数数据，封装在另一个 帧（使用约定的响应 CAN ID）中，通过 CAN FD 总线反馈给上位机系统。

数据写入/控制操作：指上位机系统发送指令以控制灵巧手执行动作或设置参数。上位机通过 CAN FD 总线，发送一个包含目标控制指令、控制参数（如关节角度、速度等，定义在数据段格式中）的 帧（使用约定的写入/控制指令 CAN ID）给灵巧手系统。灵巧手在接收到该帧并完成校验后，会解析指令和数据段内容，执行相应的动作或参数设置，并通过 CAN FD 总线向上位机系统反馈一个包含操作状态或结果的 帧（使用约定的响应或状态反馈 CAN ID）。

#### 5.2.1 数据写入/控制操作

数据写入/控制操作通过控制指令0x10实现，数据帧格式如下：

数据帧格式：指令 (0x10) + 功能码 + 长度 + 数据；		
请求数据帧格式	指令(0x10) + 起始功能码(8bit) + 功能码数量(8bit) + 数据(16bit MSB)	
字节	参数	说明
Byte0	Operation instructions	指令，指定读写功能
Byte1	function code	功能码，指定操作的功能
Byte2	length	操作的数量
Byte3 Byte4	data1	数据1

Byte5 Byte6	Data2	数据2
...	...	...
Byte(2 + 2*(n-1)+1) Byte(2 + 2*(n-1)+2)	Data N	数据N
回复数据帧格式	指令 (0x10) +起始功能码 (8bit) +功能码数量 (8bit) +数据 (16bit MSB)	
Byte0	Operation instructions	指令, 指定读写功能
Byte1	function code	功能码, 指定操作的功能
Byte2	length	操作的数量
Byte3 Byte4	data1	数据1
Byte5 Byte6	Data2	数据2
...	...	...
Byte(2 + 2*(n-1)+1) Byte(2 + 2*(n-1)+2)	Data N	数据N

## 5.2.2 数据读取

数据读取通过控制指令0x04/0x06指令完成, 帧格式如下:

数据帧格式: 指令 (0x06/0x04) +功能码+长度+数据		
请求数据帧格式	指令 (0x10) +起始功能码 (8bit) +功能码数量 (8bit)	
字节	参数	说明
Byte0	Operation instructions	指令, 指定读写功能
Byte2	function code	功能码, 指定操作的功能
Byte3	length	操作的数量
Byte4 Byte5	data1	数据1
回复数据帧格式	指令 (0x10) +起始功能码 (8bit) +功能码数量 (8bit) +数据 (16bit MSB )	
Byte0	Operation instructions	指令, 指定读写功能
Byte1	function code	功能码, 指定操作的功能

Byte2	length	操作的数量
Byte3 Byte4	data1	数据1
Byte5 Byte6	Data2	数据2
Byte7 Byte8	Data3	...
...	...	数据N
Byte(2 + 2*(n-1)+1) Byte(2 + 2*(n-1)+2)	Data N	指令, 指定读写功能

## 5.3 灵巧手功能

### 5.3.1 灵巧手功能定义

功能逻辑地址	缩写	读写权限	地址宽度	说明
0x0000	HAND_ID	R/W	16位(bit)	灵巧手ID
0x0001	BUS_BAUD_RATE	R/W	16位(bit)	总线波特率
0x0002	CLEAR_ERROR	R/W	16位(bit)	错误清除
0x0003	POWER_OFF_SAVE_DTAT	R/W	16位(bit)	下电保存数据
0x0005~0x0015	MOTOR_SPEED	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17的最大运行转速
0x0016~0x0026	MOTOR_CURRENT	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17的最大运行电流
0x0027~0x0037	MOTOR_STOP	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17的停止运行
0x0038~0x0048	MOTOP_ABS_POS	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17的绝对位置
0x0049~0x0059	MOTOP_INC_POS	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17的增量位置
0x005A~0x006A	MOTOR_ZERO	R/W	16位(bit)	设置电机1~ 17电机零点标定
0x006B	ALL_STEP_MOTOR_ZERO	R/W	16位(bit)	设置所有步进电机零点标定
0x006C	ALL_MOTOR_ZERO	R/W	16位(bit)	设置整手的所有电机零点标定

### 5.3.1.1 HAND\_ID 配置灵巧手标识符（设备ID）

**说明：**本灵巧手产品具备在线调整灵巧手标识符（从站地址）能力，目前支持的灵巧手标识符范围为0x01~0xFE，当需要调整灵巧手标识符时，只需修改灵巧手标识符配置寄存器HAND\_ID的数值即可，配置完新的灵巧手标识符后，灵巧手将回复一帧报文，并在下一帧周期报文开始前修改产品设备ID。设备ID修改只在当前上电周期内生效，保存用户数据参考5.3.1.4 POWER\_OFF\_SAVE\_DTAT 下电保存数据。

灵巧手标识符配置请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x00	功能码	uint8_t	0x00
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte7	0xXX	灵巧手标识符高字节	uint16_t	0x01~0xFE
Byte8	0xXX	灵巧手标识符低字节		

灵巧手标识符配置回复格式：指令（0x10）+起始功能码+功能码数量+数据（MSB）

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0xXX	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x10	功能码（写多个保持寄存器）	uint8_t	0x00
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	修改前灵巧手标识符低字节	uint16_t	0x0001
Byte4	0xXX	修改前灵巧手标识符高字节		

示例：配置灵巧手标识符为0x02

请求	10 00 01 00 02
回复	10 00 01 00 01

### 5.3.1.2 BUS\_BAUD\_RATE 配置RS485总线波特率

**说明：**本灵巧手产品具备在线调整总线波特率能力，目前支持的总线波特率有5个等级level1 ~ level5，分别对应波特率：

等级	仲裁域	数据域	采样点
1	500k	500k	80%
2	500k	1000k	80%
3	500k	2000k	80%
4	1000k	5000k	80%
5	1000k	1000k	75%

当需要调整总线波特率时，只需修改总线波特率配置寄存器BUS\_BAUD\_RATE的波特率等级即可，配置完波特率等级后，灵巧手将回复一帧波特率等级报文，并在下一帧周期报文开始前修改产品波特率配置。

波特率等级修改只在当前上电周期内生效，保存用户数据参考5.3.1.4 POWER\_OFF\_SAVE\_DTAT 下电保存数据

总线波特率配置请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x01	功能码	uint8_t	0x01
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte7	0xXX	灵巧手波特率等级高字节	uint16_t	0x01~0x05
Byte8	0xXX	灵巧手波特率等级低字节		

灵巧手波特率配置回复格式：指令（0x10）+起始功能码+功能码数量+数据（MSB）

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x01	功能码（写多个保持寄存器）	uint8_t	0x01
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	修改前灵巧手波特率等级高字节	uint16_t	0x01~0x05
Byte4	0xXX	修改前灵巧手波特率等级低字节		

Example: Set Baud Rate to 0x02

请求	10 00 01 00 02
回复	10 00 01 00 01

### 5.3.1.3 故障清除

**说明:** 本灵巧手产品具备在线清除已出现故障的能力。当需要清除故障时，只需往故障清除位

CLEAR\_ERROR写入1即可。

清除故障请求格式: 写指令 (0x10) +功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x01	功能码	uint8_t	0x02
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte7	0xXX	灵巧手波特率等级高字节	uint16_t	0x01
Byte8	0xXX	灵巧手波特率等级低字节	uint16_t	

无回复

### 5.3.1.4 下电保存数据

**说明:** 本灵巧手产品需要在下电前保存当前相关参数以便在下一次的快速启动。下电前保存数据，需  
要往下电保存位POWER\_OFF\_SAVE\_DTAT写入命令1即可。

下电保存数据请求格式: 写指令 (0x10) +功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0x01	功能码	uint8_t	0x03
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte7	0xXX	灵巧手波特率等级高字节	uint16_t	0x01
Byte8	0xXX	灵巧手波特率等级低字节	uint16_t	

无回复

### 5.3.1.5 电机转速设置

**说明:** 本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，支持对单个或多个电机同时进行最  
大转速限制，在整个电机运行过程中，电机的最大运行转速不超过转速限制阈值，每个电机转速的可  
调整范围为0~100（无单位量纲），17个电机对应的转速设置MOTOR\_SPEED逻辑地址分别为  
0x0005 ~ 0x0015；将相应的MOTOR\_SPEED参数进行修改，即可限制电机在运行过程中的最大运  
行转速。

单个或多个电机转速设定请求格式: 写指令 (0x10) +功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x0005~0x0015
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x00~0x11
Byte3	0xXX	电机速度高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
Byte4	0xXX	电机速度低字节	uint16_t	
.....	0xXX	电机速度高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
.....	0xXX	电机速度低字节	uint16_t	
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机速度高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机速度低字节	uint16_t	

示例：限制所有电机转速不超过最大转速的50%

请求	01 10 00 05 00 11 22 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 A4 F0
	00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 A4 F0

### 5.3.1.6 电机运行电流设置

**说明:** 本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，支持对单个或多个电机同时进行最  
大运行电流限制，确保电机在运行过程中，电机的最大运行电流不超过电流限制阈值，每个电机最大  
运行电流的可调整范围为0~100（无单位量纲）；17个电机对应的电流设置MOTOR\_CURRENT逻辑  
地址分别为0x0016~0x0026；对相应的MOTOR\_CURRENT电流控制参数进行修改，即可限制电机  
在运行过程中的最大运行电流。

电机运行电流设置请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x16~0x26
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x00-0x11
Byte3	0xXX	电机电流高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
Byte4	0xXX	电机电流低字节		
.....	0xXX	电机电流高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
.....	0xXX	电机电流低字节		
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机电流高字节	uint16_t	0x0000~0x0064
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机电流低字节		

示例：限制所有电机电流不超过最大电流的50%

请求 01 10 00 16 00 11 22 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32  
00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 00 32 15 B3

### 5.3.1.7 电机停机控制

**说明：**本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，支持对单个或多个电机同时进行停机控制，17个电机对应的停机控制MOTOR\_STOP的逻辑地址分别为0x0027~0x0037，当需要控制正在运行的电机停机时，往对应的电机停机控制参数写1即可。

单个或多个电机停机控制请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x0027~0x0037
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x00~0x11
Byte3	0xXX	电机停机命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte4	0xXX	电机停机命令低字节		

.....	0xXX	电机停机命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
.....	0xXX	电机停机命令低字节		
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机停机命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机停机命令低字节		

示例：控制所有电机同时停机

请求	01 10 00 27 00 11 22 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 00 01 59 64
----	---

### 5.3.1.8 电机绝对位置控制

**说明：**本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，支持单个或多个电机的绝对位置同时控制。电机在经过标定后得到整个电机最大运动量程范围为0~1000（无单位量纲），要将电机位置控制在整个运动量程的具体位置，只需要修改相应电机的绝对位置控制参数MOTOP\_ABS\_POS的数值即可。

单个或多个电机绝对位置控制请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x0038~0x0048
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x00~0x11
Byte3	0xXX	电机绝对位置高字节	uint16_t	0x0001~0x03E8
Byte4	0xXX	电机绝对位置低字节		
.....	0xXX	电机绝对位置高字节	uint16_t	0x0001~0x03E8
.....	0xXX	电机绝对位置低字节		
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机绝对位置高字节	uint16_t	0x0001~0x03E8
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机绝对位置低字节		

示例：控制15#电机运行的绝对位置在487的位置

请求	10 46 01 01 F4
----	----------------

### 5.3.1.9 电机增量位置控制

**说明：**本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，支持单个或多个电机的增量位置同时控制（增量位置控制：即在原本位置上进行位置自增或自减控制）。电机在经过标定后得到整个电机最大运动范围为0~1000（无单位量纲），要控制电机位置在原本的位置上自增或自减，只需要修改对应电机相应的增量位置控制参数MOTOP\_INC\_POS的数值即可（正数代表在原本位置的基础上增加，负数代表在原本的位置上减少）。

**单个或多个电机增量位置控制请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。**

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x0049~0x0059
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x00~0x11
Byte3	0xXX	电机增量位置高字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8
Byte4	0xXX	电机增量位置低字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8
.....	0xXX	电机增量位置高字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8
.....	0xXX	电机增量位置低字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机增量位置高字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机增量位置低字节	uint16_t	0xFC18~0x03E8

**示例：控制15#电机正向运动500**

请求 10 57 01 01 F4

### 5.3.1.10 电机零点标定

**说明：**本灵巧手产品具有17个自由度，每个自由度对应一个电机，电机首次使用需要对当前电机零点位置进行标定，17个电机对应的标定参数MOTOR\_ZERO的逻辑地址分别为0x005A~0x006A。如需同时标定单个或多个电机零点，只需在相应的电机标定参数MOTOR\_ZERO写1即可。

**单个电机或多个电机零点标定请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。**

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x005A~0x006A
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x0001~0x0011
Byte3	0xXX	电机零点标定命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte4	0xXX	电机零点标定命令低字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
.....	0xXX	电机零点标定命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
.....	0xXX	电机零点标定命令低字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	电机零点标定命令高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	电机零点标定命令低字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF

**示例：对1#电机进行零点标定**

请求 10 5A 01 00 01

### 5.3.1.11 所有步进电机零点标定

**说明：**本灵巧手产品具有两种类型的电机：步进电机与无刷电机。除了通过单个电机标定零点的方式标定电机零点外，还提供一种更简单的方式来标定所有的步进电机。要同时对所有步进电机的零点进行标定，只需要往所有步进电机标定参数ALL\_STEP\_MOTOR\_ZERO（0x006B）的逻辑地址写入1即可。

**所有步进电机标定请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。**

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0X6B	功能码	uint8_t	0x6B
Byte2	0x00	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte4	0x00	全步进电机零点标定命令高字节	uint16_t	0x0001
Byte5	0x01	全步进电机零点标定命令低字节	uint16_t	0x0001

**示例：对灵巧手的所有步进电机进行零点标定**

请求 10 6B 01 00 01

### 5.3.1.12 ALL\_MOTOR\_ZERO 整手全部电机标定

**说明：**本灵巧手产品具有两种类型的电机：步进电机与无刷电机。除了通过单个电机标定零点的方式标定电机零点外，还提供一种更简单的方式来标定所有的电机（步进电机与无刷电机）。要同时对所有电机的零点位置进行标定，只需要往所有电机标定参数ALL\_MOTOR\_ZERO的逻辑地址0x006C写入1即可。

整手的所有电机零点标定请求格式：写指令（0x10）+功能码+长度+数据。

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x10	控制指令	uint8_t	0x10
Byte1	0X6B	功能码	uint8_t	0x6C
Byte2	0x00	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte4	0x00	全电机零点标定命令高字节	uint16_t	0x0001
Byte5	0x01	全电机零点标定命令低字节		

示例：对灵巧手的所有电机进行零点标定

请求	10 6c 01 00 01
----	----------------

### 5.3.2 灵巧手输入寄存器定义

功能逻辑地址	缩写	读写权限	地址宽度	说明
0x0000	INIT_OK	R	16-bit	初始化成功信号
0x0001	BOOT_VERSION	R	16-bit	BootLoader版本
0x0002	HW_VERSION	R	16-bit	硬件版本
0x0003	VERSION	R	16-bit	软件版本
0x0004	ERRCODE	R	16-bit	错误码
0x0005~0x000C	Reserve	R	16-bit	保留
0x000D	SYSVOLT	R	16-bit	系统电压值
0x0000E~0x001E	STALL_STATE	R	16-bit	堵转状态
0x001F~0x002F	RT_Angle	R	16-bit	实时角度
0x0030~0x0040	Reserve	R	16-bit	保留
0x0041~0x0045	FTHUMBPRESS	R	16-bit	指尖压力

### 5.3.2.1 INIT\_OK 读取初始化信号

**说明：**本灵巧手产品上电后需要进行初始化才能正常工作。

请求格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x00	功能码	uint8_t	0x00
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x00	功能码	uint8_t	0x00
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0x0001
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例：请求初始化信号

请求	04 00 01
回复	04 00 01 00 01

### 5.3.2.2 BOOT\_VERSION 读取bootloader版本

**说明：**本灵巧手产品支持读取bootloader版本。

请求格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x01	功能码	uint8_t	0x01
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x01	功能码	uint8_t	0x01
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例：请求BOOTLOADER版本

请求	04 01 01
回复	04 01 01 00 01

### 5.3.2.3 HW\_VERSION 读取硬件版本

说明：本灵巧手产品支持读取硬件版本。

请求格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x02	功能码	uint8_t	0x02
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x02	功能码	uint8_t	0x02
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例：请求硬件版本

请求	04 02 01
回复	04 02 00 01

### 5.3.2.4 HW\_VERSION 读取软件版本

说明：本灵巧手产品支持读取软件版本。

请求格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x03	功能码	uint8_t	0x03
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x03	功能码	uint8_t	0x03
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例：请求硬件版本

请求	04 03 01
回复	04 03 01 00 01

### 5.3.2.5 读取系统错误状态码

**说明:** 本灵巧手产品支持读取系统内错误码。

请求格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x04	功能码	uint8_t	0x04
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x04	功能码	uint8_t	0x04
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例: 请求硬件版本

请求 04 04 01

回复 04 04 00 00

### 5.3.2.6 读取系统电压

**说明:** 本灵巧手产品支持读取系统内错误码。

请求格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x0D	功能码	uint8_t	0xD
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01

回复格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0X04
Byte1	0x0D	功能码	uint8_t	0x0D
Byte2	0x01	功能码长度	uint8_t	0x01
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		

示例: 12V供电时, 读取当前系统电压, 回复11.8V。

请求	04 0D 01
回复	04 0D 01 2E 6C

### 5.3.2.7 读取堵转状态

**说明:** 本灵巧手产品支持读取当前电机堵转状态。

请求格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x00E~0x1E
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-11

回复格式: 指令 (0x04) +功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x00E~0x1E
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-11
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0x0001
Byte4	0xXX	数据低字节		

...	...	...	...	...
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	数据N高字节	uint16_t	0x0000-0x0001
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	数据N低字节		

示例：读取17个电机的堵转状态。

示例：读取17个电机的角度信息。

请求	04 30 11
回复	04 30 11 00 00 00 0D 00 00 00 00 00 00 00 C3 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 00 00 00 00 00 17 00 00 00 00

### 5.3.2.8 读取实时角度

**说明：**本灵巧手产品支持读取当前电机角度。

请求格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x1F~0x2F
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-11

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x1F~0x2F
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-11
Byte3	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte4	0xXX	数据低字节		
...	...	...	...	...
Byte(2 + 2*(N-1)+1)	0xXX	数据N高字节	uint16_t	0x0000~0xFFFF
Byte(2 + 2*(N-1)+2)	0xXX	数据N低字节		

### 5.3.2.9 读取指尖压力

**说明：**本灵巧手产品支持读取手指指尖压力，寄存器地址为0x0041-0x0045,依次为大拇指指尖压力，食指指尖压力，中指指尖压力，无名指指尖压力，小指指尖压力。

请求格式：地址+功能码（读）+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x41-0x45
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-0x05

回复格式：指令（0x04）+功能码+功能码长度+数据

字节	数据	含义	数据类型	范围
Byte0	0x04	控制指令	uint8_t	0x04
Byte1	0xXX	功能码	uint8_t	0x41-0x45
Byte2	0xXX	功能码长度	uint8_t	0x01-0x05
...	...	...	...	...
Byte( $2 + 2*(N-1)+1$ )	0xXX	数据高字节	uint16_t	0x0000-0xFFFF
Byte( $2 + 2*(N-1)+2$ )	0xXX	数据低字节		

示例：读取5个手指的指尖压力信息。

请求	04 41 05
回复	04 41 05 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 11

## 6 储存、运输和使用环境

### 存放和运输要求:

放置在原厂包装箱中

**温度:** -20摄氏度 ~ +60摄氏度

**湿度:** 最大相对湿度85%

### 工作环境

**温度:** -10摄氏度 ~ +40摄氏度

**湿度:** 最大相对湿度85%