

# 微型伺服电缸

## LA 系列用户手册

(电气)

# 目 录

1 部件概述 .....	1
1.1 产品介绍 .....	1
1.2 产品系列 .....	1
1.3 电气连接 .....	3
2 PWM 控制接口 .....	5
3 UART 控制接口 .....	7
3.1 UART 通信通讯方式 .....	4
3.2 UART 通信协议概要 .....	8
3.3 指令帧 .....	8
3.4 应答帧 .....	9
3.4.1 应答帧格式 .....	7
3.4.2 应答时间 .....	9
3.5 指令类型 .....	10
3.5.1 读指令 .....	10
3.5.2 写指令 .....	11
3.5.3 运动控制写指令 .....	12
3.5.4 单控指令 .....	14
3.6 内存控制表 .....	16
3.7 常规指令示例 .....	18
3.7.1 示例 1（修改 ID） .....	18
3.7.2 示例 2（目标位置设置） .....	18
3.7.3 示例 3（停止设置） .....	19
3.7.4 示例 4（工作设置） .....	19
3.7.5 示例 5（过温保护参数设置） .....	19
3.7.6 示例 6（过流保护参数设置） .....	20
3.7.7 示例 7（参数装订设置） .....	20
3.7.8 示例 8（驱动器状态信息获取） .....	20
3.7.9 示例 9（清除故障状态） .....	20
3.8 异常处理机制 .....	20

# 微型伺服电缸用户手册

(适用于 LA、LAS、LAF、LASF、LAXC 系列)

## 1. 部件概述

### 1.1 产品介绍

微型伺服电缸是一种微小型一体化直线伺服系统，内部集成了空心杯电机、行星减速器、丝杆机构、传感器以及驱动控制器，具有前馈补偿的位置闭环控制功能。

#### 技术特点：

- 驱控一体化设计
- 小体积、高功率密度、高重复定位精度
- 通信与机械接口：

电气接口：

**D：D 型接口**，为 LVTTTL3.3V 的串口通信，微型伺服电缸可以配置地址编号（ID），多个不同 ID 的微型伺服电缸可以通过串口总线控制，出厂默认 ID 为 1，通信波特率为 921600bps，1 起始位、8 数据位、1 停止位、无奇偶校验。

**P：P 型接口**的微型伺服电缸兼容标准舵机接口，支持 50hz 和 333hz 两种频率的 PWM 控制信号。

**2：RS485 接口**，微型伺服电缸可以配置地址编号（ID），多个不同 ID 的微型伺服电缸可以通过串口总线控制，出厂默认 ID 为 1，通信波特率为 115200bps，1 起始位、8 数据位、1 停止位、无奇偶校验。

**机械接口**：具有丰富的接口方式可选，方便用户安装使用。

- 宽电压

**C7V~9V 宽电压范围供电**，建议供电 8V。特定产品 12V 可以供电，需要与技术工程师沟通。

- 具备过热、过流保护。

### 1.2 产品系列

微型伺服电缸有五个系列可供选择：

**LA 系列：**电机和丝杆机构旋转中心在一条直线上。特点：整体构型呈细长形，截面尺寸较小。

**LAXC 系列：**外形与 LA 系列一致，电机和丝杆机构旋转中心在一条直线上，螺杆为行星螺杆结构。特点：整体构型呈细长形，截面尺寸较小。

**LAS 系列：**电机和丝杆机构的旋转中心不在一条直线上，通过齿轮传动平行布置。特点：整体长度更短，截面尺寸稍大。

**LAF 系列：**在 LA 系列基础上，增加了力传感器及相应的信号采集滤波算法，可以检测微型伺服电缸实际的受力情况（在章节 3.5.4 单控指令中有具体描述力传感器数据的获取方式）。

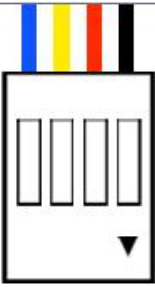
**LASF 系列：**在 LAS 系列基础上，增加了力传感器及相应的信号采集滤波算法，可以检测微型伺服电缸实际的受力情况（在章节 3.5.4 单控指令中有具体描述力传感器数据的获取方式）。



（图 1）四个系列微型伺服电缸

1.3 电气连接


D 型控制接口的电缸的电器接口是标准的 2.54mm 间距的 4pin 杜邦母头,定义如下：

Pin NO.	Color	Signal	
1	Black ■	GND	
2	Red ■	VCC	
3	Yellow ■	R X	
4	Blue ■	T X	

Pin NO	Color	Signal	Voltage
1	黑色	地	0V
2	红色	电源	7-9V（最大范围 7-10V）， <span style="color: red;">过压损坏，低压不运动</span>
3	黄色	串口接收	0-3.3V（5V 有损坏风险）
4	蓝色	串口发送	0-3.3V（5V 有损坏风险）

（图 2） D 型控制接口的电缸电器接口示意图

P 型控制接口的电缸的电器标准的 2.54mm 间距的 3pin 杜邦母头，定义如下：

PWM	Pin NO.	Color	Signal	
	1	Black ■	GND	
	2	Red ■	VCC	
	3	Yellow ■	PWM	

Pin NO	Color	Signal	Voltage
1	黑色	地	0V
2	红色	电源	7-9V（最大范围 7-10V）， <span style="color: red;">过压损坏，低压不运动</span>
3	黄色	串口接收	0-3.3V（5V 有损坏风险）

（图 3） P 型控制接口的电缸电器接口示意图

2 型控制接口的电缸的电器接口是标准的 2.54mm 间距的 4pin 杜邦母头,定义如下：

Pin NO.	Color	Signal	
1	Black ■	GND	
2	Red ■	VCC	
3	Yellow ■	A+	
4	Blue ■	B-	

Pin NO	Color	Signal	Voltage
1	黑色	地	0V
2	红色	电源	7-9V（最大范围 7-10V）， <b>过压损坏，低压不运动</b> <b>特定型号可以 12V 供电，需要与技术工程师确认</b>
3	黄色	A+	0-3.3V（RS485 差分信号正端）
4	蓝色	B-	0-3.3V（RS485 差分信号负端）

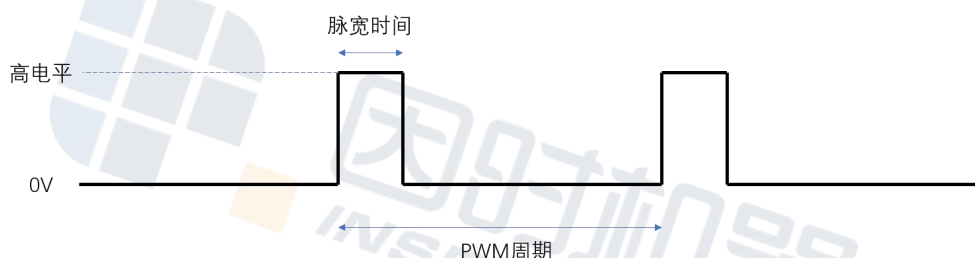
（图 4） 2 型控制接口的电缸电器接口示意图

## 2. PWM 控制接口

名词释义：

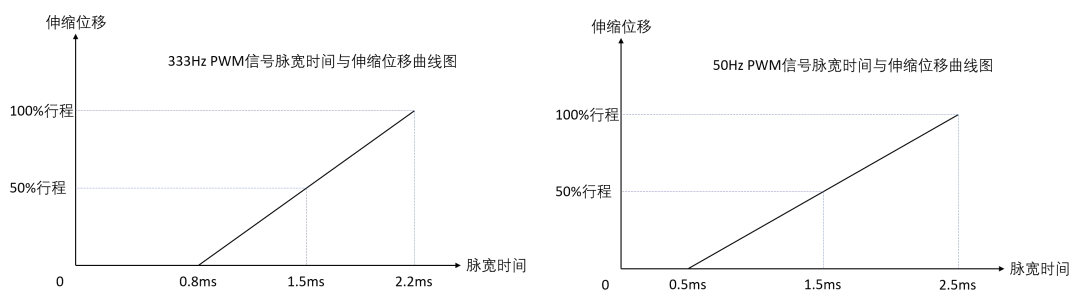
PWM	脉冲宽度调制
PWM 频率	1 秒钟内信号从高电平到低电平再回到高电平的次数
PWM 周期	1 / PWM 频率
脉宽时间	1 个 PWM 周期内高电平的时间
占空比	脉宽时间 / PWM 周期

P 型接口即 PWM 控制接口，采用固定的信号周期（支持 PWM 频率为 50Hz 或 333Hz），通过调节脉宽时间，达到位移控制的目的。PWM 参考波形如下：



（图 5）周期性 PWM 波形图

脉宽时间和伸缩位移的线性关系如下图所示：



（图 6）PWM 信号脉宽时间与伸缩位移曲线图

333Hz：伸缩位移 =  $(5/7 * \text{脉宽时间} - 4/7) * \text{行程}$

50Hz：伸缩位移 =  $(1/2 * \text{脉宽时间} - 1/4) * \text{行程}$

注意：由于 PWM 信号的脉冲宽度最快 1 个周期调整 1 次，因此调整位移的最短时间间隔须大于等于 1 个 PWM 周期。

这种控制接口的微型伺服电缸的 **PWM** 控制信号高电平的保持时间长短与推杆行程之间的关系如下表所示：

333Hz PWM 控制信号		
脉冲宽度	行程 10mm	行程 16mm
0.8ms	0mm	0mm
1.52ms	5mm	8mm
2.2ms	10mm	16mm

50Hz PWM 控制信号		
脉冲宽度	行程 10mm	行程 16mm
0.5ms	0mm	0mm
1.5ms	5mm	8mm
2.5ms	10mm	16mm



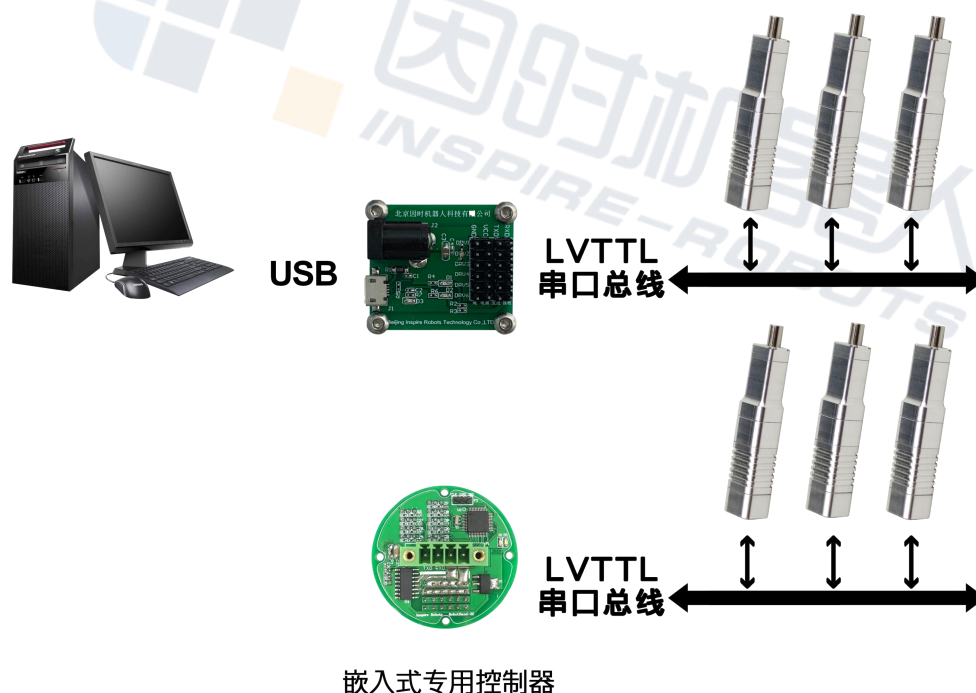
### 3. UART 控制接口

#### 3.1 UART 通信通讯方式

微型伺服电缸具备总线接口，理论上最多可支持 254 个电缸并接在同一条总线上，通过 3.3V-LVTTL 电平的全双工异步串行收发传输接口（UART）统一控制，挂接在同一总线上的电缸，需配置为不同的 ID 号进行通信控制。

电缸的通信指令集对产品用户开放，可通过 3.3V-LVTTL 的 UART 接口与用户的上位机（控制器或通用计算机）连接。用户可对电缸进行参数配置、状态监测以及运动控制等。

只要符合通信协议的 3.3V-LVTTL 的 UART 接口的设备均可与电缸进行通信，对它进行配置和控制。可采用以下两种通信方式：



（图 7）通信方式示意图

#### 方式一：通过上位机控制软件控制

向通用计算机的 USB 接口插入标准的 USB 转 3.3V-LVTTL 串口模块，即可识别为串口设备，通过对微型伺服电缸配备的上位机控制软件进行操作，软件可通过串口发送符合通信协议的数据包给微型伺服电缸，微型伺服电缸接收到正确的指令后，解析该指令并完成相应指令要求后返回应答数据包。采用该方式，可以方便快捷的调试微型伺服电缸的性能参数，便于达到最佳运行效果。

## 方式二：通过嵌入式专用控制器控制

微型伺服电缸采用全双工标准的 3.3V LVTTL ( $V_{CC}: 3.3V$ ;  $VOH \geq 2.4V$ ;  $VOL \leq 0.4V$ ;  $VIH \geq 2V$ ;  $VIL \leq 0.8V$ ) 通用异步收发传输器 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), 较半双工机制相比, 接收发送端口独立, 用户只需使用标准的 USB 转 3.3V-LVTTL 串口模块即可与微型伺服电缸进行通信控制, 无需设计半双工的驱动电路, 方便用户快速进行集成调测试。若与嵌入式设备连接需保证串口信号的电平标准为 3.3V-LVTTL。

## 3.2 UART 通信协议概要

控制单元与电缸之间采用问答方式通信, 控制单元主动发送指令帧, 电缸收到指令帧, 解析执行后返回应答帧。

同一控制网络中允许一个控制单元同时连接控制多个电缸, 因此每个电缸需用户分配不同的 ID 号作为唯一标识。控制单元发出的指令帧数据体中包括有 ID 号信息, 只有与之匹配的 ID 号对应的电缸才能完整接收指令帧信息, 并在执行指令后返回相应的应答帧。

通信方式为 3.3V-LVTTL 异步串行收发传输 (UART), 每个指令帧的以字节为最小单位, 单一字节由 1 位起始位、8 位数据位以及 1 位停止位组成, 无奇偶校验, 共 10 比特组成。

## 3.3 指令帧

基础指令帧格式:

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令号 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA	Length	ID	CMD	Index	B1~BN	Check Sum

帧头: 连续收到 0x55 和 0xAA, 表示有指令帧到达。

帧长度: 等于待发送的数据段长度 N 加上 2 (指令类型和控制表索引), 即 “N+2”。

ID 号: 每个电缸都有一个 ID 号。ID 号范围为 1~254, 转换为十六进制为 0x01~0xFE。广播 ID 号 255 (0xFF), 若控制器发出的 ID 号为 255 (0xFF), 所有的电缸均接收指令帧, 但都不返回应答信息。

指令类型: 指定该指令帧的类型。

控制表索引：若指令帧涉及到控制表，则表示需要操作的控制表的起始索引地址。

数据段：随指令帧一起发送的数据内容。其中，读指令数据段只有一个字节，表示所要读取的内存表字节长度；写指令数据段为要写入内存表的内容。

校验和：校验和 Check Sum，除帧头两字节外其余所有数据累加和的低八位。

### 3.4 应答帧

#### 3.4.1. 应答帧格式

微型伺服电缸的应答帧为正常通信控制的一发一收制的应答帧。

应答帧格式：

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0xAA	0x55	Length	ID	CMD	Index	B1~BN	Check Sum

帧头：连续收到 0xAA 和 0x55 ,表示有指令帧到达。

帧长度：等于待发送的数据段长度 N 加上 2（指令类型和控制表索引），即“N+2”。

ID 号：每个电缸都有一个 ID 号。ID 号范围为 1~254,转换为十六进制为 0x01~0xFE。广播 ID 号 255 (0xFF),若控制器发出的 ID 号为 255 (0xFF)，所有的电缸均接收指令帧，但都不返回应答信息。

指令类型：指定该应答帧对应的指令帧的类型。

控制表索引：若应答帧涉及到控制表，则表示需要操作的控制表的起始索引地址。

数据段：随应答帧一起发送的数据内容。其中，读指令数据段为控制单元需要读取的数据内容，写指令则为一个字节的保留内容。

校验和：校验和 Check Sum，除帧头两字节外其余所有数据累加和的低八位。

#### 3.4.2. 应答时间

微型伺服电缸的应答帧对应的应答时间最快为 120us，由于有时会被控制任务中断（800us），则最长应答时间为 800us，建议使用过程中控制指令间隔在 1ms 以上。

### 3.5 指令类型

指令帧的类型如下表说明：

指令类型	功能描述	数值	数据段长度
CMD_RD（读指令）	查询控制表内的数据	0x01	1
CMD_WR（写指令）	向控制表内写入数据	0x02	不小于 2
CMD_WR_DRV（运动控制写指令）	定位模式（反馈状态信息）	0x21	2
	定位模式（无反馈）	0x03	2
	随动模式（反馈状态信息）	0x20	2
	随动模式（无反馈）	0x19	2
	广播定位模式(无反馈)内涵 N 个电缸位置信息	0xF2	3*N (N<=15)
	广播随动模式(无反馈)内涵 N 个电缸位置信息	0xF3	3*N (N<=15)
CMD_MC（单控指令）	实现对电缸的功能控制	0x04	1

#### 3.5.1. 读指令

功能：控制单元读取电缸控制表内从索引位置开始的指定长度的数据信息。

指令帧长度：8

指令值：0x01

参数 1：读取控制表的索引首位置

参数 2：需要读取控制表的字节数

例如：控制单元读取 ID 为 1 的电缸的控制表内参数配置区信息时，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA	0x03	0x01	0x01	0x62	0x02	0x69

发出的指令帧为“55 AA 03 01 01 62 02 69”，其中 55 AA 为帧头、03 为帧数据

长度、01 为 ID 号、01 为 CMD\_RD 读指令、62 为读取控制表的数据段的首地址（此时为过温保护的溫度值\*10）、02 为读取的数据段字节数、69 为校验和，是指令帧除帧头外其余字节的累加和的低字节。当该指令帧发送给电缸后，返回的应答帧入下表所示

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0xAA	0x55	0x04	0x01	0x01	0x62	0x58 0x02	0xC2

具体收到的应答帧信息为“AA 55 04 01 01 62 58 02 C2”，其中 AA 55 为应答帧头、04 为数据长度、01 为 ID 号、01 为指令类型、62 为读取控制表的数据段的首地址（此时为过温保护的溫度值\*10）、0x0258 的字节信息为读出的控制表内的数据段信息（按照低字节先高字节后的顺序，0x0258=600，即 60 度为过温保护溫度值）、C2 是最后一个字节，为校验和，是除应答帧头外其余数据的累加和的低字节。

### 3.5.2. 写指令

功能：控制单元向电缸控制表内从索引位置开始写入指定长度的数据信息。

指令帧长度：不固定

指令值：0x02

参数 1：写入控制表的索引首位置

参数 2：需要写入控制表的数据信息

例如：控制单元向 ID 为 1 的电缸的控制表内写入参数信息时，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA	0x04	0x01	0x02	0x37	0x14 0x05	0x57

具体发送的指令帧为“55 AA 04 01 02 37 14 05 57”，其中 55 AA 为帧头、04 为帧数据长度、01 为 ID 号、02 为 CMD\_WR 写指令、37 为写入控制表的数据段的首地址（此时为目标位置）、14 05 数据为写入控制表的数据段内容（0x0514=1300，即目标位置设置为 1300）、57 为校验和，是指令帧除帧头外其余字节的累加和的低字节。当该指令帧发送给电缸后，电缸将运动到目标位置并返回应答帧，应答帧参考单控指令中的查询电缸状态信息反馈的内容。

3.5.3. 运动控制写指令

对电缸的运动控制可以按照控制模式和状态回复的不同而分为以下几种指令帧。

➤ 定位模式（反馈状态信息）

功能：修改控制表内的目标位置，电缸安装规划路径以最短时间到达目标点，同时返回电缸的状态信息（可参考单控指令中的查询电缸状态信息反馈的内容）。

指令帧长度：4

指令值：0x21

参数 1：0x37（目标位置首地址）

参数 2：目标位置

例如：控制单元向 ID 为 1 的电缸按照定位模式发送目标位置，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA	0x04	0x01	0x21	0x37	0x14 0x05	0x76

具体发送的指令帧为“55 AA 04 01 21 37 14 05 76”，其中 55 AA 为帧头、04 为帧数据长度、01 为 ID 号、21 为运动控制写指令——定位模式（反馈状态信息）、37 为写入控制表的目标位置的首地址、14 05 数据为写入控制表的数据段内容（0x0514=1300，即目标位置设置为 1300）、76 为校验和，是指令帧除帧头外其余字节的累加和的低字节。当该指令帧发送给电缸后，电缸将按照路径规划运动到目标位置并返回应答帧，应答帧参考单控指令中的查询电缸状态信息反馈的内容。

➤ 定位模式（无反馈）

功能：修改控制表内的目标位置，电缸安装规划路径以最短时间到达目标点，无回复帧。

指令帧长度：4

指令值：0x03

参数 1：0x37（目标位置首地址）

参数 2：目标位置



例如：控制单元向 ID 为 1 的电缸按照定位模式发送目标位置，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	指令类型 (1 B)	控制表索引 (1 B)	数据段 (N B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA A	0x04	0x01	0x03	0x37	0x14 0x05	0x58

具体发送的指令帧为“55 AA 04 01 03 37 14 05 58”，其中 55 AA 为帧头、04 为帧数据长度、01 为 ID 号、03 为运动控制写指令——定位模式（无反馈）、37 为写入控制表的目标位置的首地址、14 05 数据为写入控制表的数据段内容（0x0514=1300，即目标位置设置为 1300）、58 为校验和，是指令帧除帧头外其余字节的累加和的低字节。当该指令帧发送给电缸后，电缸将按照路径规划运动到目标位置无应答帧回复。

➤ 随动模式（反馈状态信息）

功能：在随动模式下，要求用户以固定的时间间隔（10ms~50ms）向电缸发送目标位置，实现轨迹跟踪的效果，电缸对每条控制指令都将回复状态信息。

指令帧长度：4

指令值：0x20

其余部分参考 b) 中相关内容。

➤ 随动模式（无反馈）

功能：在随动模式下，要求用户以固定的时间间隔（10ms~50ms）向电缸发送目标位置，实现轨迹跟踪的效果，电缸不回复应答帧。

指令帧长度：4

指令值：0x19

其余部分参考 c) 中相关内容。

➤ 广播定位模式（无反馈）

功能：同时向 N 个不同 ID 号的电缸发送目标位置，实现一条指令同时控制多个电缸的运动。

指令帧长度：1+3\*N (1≤N≤15)

指令值：0xF2

例如：控制单元向  $N$  个微型伺服电缸按照定位模式发送目标位置，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2B)		帧长度 (1B)	广播 ID (1B)	定位 标志 (1B)	电缸 1 ID 号 (1B)	电缸 1 目标 位置 (2B)	...	电缸 N ID 号 (1B)	电缸 N 目标 位置 (2B)	校验和 (1B)
0x55	0xAA	1+3*N	0xFF	0xF2	0x**	0x****	...	0x**	0x****	0x**

#### ➤ 广播随动模式（无反馈）

功能：同时向  $N$  个不同 ID 号的电缸发送目标位置，实现一条指令同时控制多个电缸的运动，同时在随动模式下，要求用户以固定的时间间隔（10ms~50ms）向电缸发送目标位置，实现轨迹跟踪的效果。

指令帧长度：1+3\*N ( $1 \leq N \leq 15$ )

指令值：0xF3

例如：控制单元向  $N$  个微型伺服电缸按照定位模式发送目标位置，需要发送的指令帧如下表所示

帧头 (2B)		帧长度 (1B)	广播 ID (1B)	定位 标志 (1B)	电缸 1 ID 号 (1B)	电缸 1 目标 位置 (2B)	...	电缸 N ID 号 (1B)	电缸 N 目标 位置 (2B)	校验和 (1B)
0x55	0xAA	1+3*N	0xFF	0xF3	0x**	0x****	...	0x**	0x****	0x**

### 3.5.4. 单控指令

功能：控制单元向电缸发送控制命令。

指令帧长度：8

指令值：0x04

参数 1：保留

参数 2：单控指令信息，用户可使用的单控指令如下

0x04： 工作，即使能电机功率驱动输出

0x23： 急停，即禁止电机功率驱动输出（需要运动时先发送工作启动指令、再发



送位置指令才能运动)

**0x14：** 暂停，即禁止电机功率驱动输出（需要运动时直接发送位置指令即可运动）

**0x20：** 参数装订，即将当前运行参数装订烧写到内部 Flash

**0x22：** 查询电缸状态信息（BIT），包括目标位置、当前位置、温度、电机驱动电流以及异常信息

**0x1E：** 故障清除，当电缸发生过流、堵转、电机异常故障时可通过该指令清除故障码，恢复电缸的正常工作

控制单元向 ID 为 1 的电缸发送急停命令，需要发送的指令帧如下表所示：

帧头 (2 B)		帧长度 (1 B)	ID 号 (1 B)	单控指令 (1 B)	参数 1 (1 B)	参数 2 (1 B)	校验和 (1 B)
0x55	0xAA	0x03	0x01	0x04	保留	0x23	0x2B

具体发送的指令帧为“55 AA 03 01 04 00 23 2B”，其中 55 AA 为帧头、03 为帧数据长度、01 为 ID 号、04 为 CMD\_MC 写指令、XX 为保留字节、23 为单控指令值（23 表示急停）、2B 为校验和，是指令帧除帧头外其余字节的累加和的低字节。当该指令帧发送给微型伺服电缸后，返回的应答帧参考单控指令中的查询电缸状态信息反馈的内容。

当单控指令帧发送给微型伺服电缸“查询电缸状态信息”时，返回的应答帧的格式如下：

帧头 (2B)		B 0	0xAA
		B 1	0x55
数据体长度 (1B)		B 2	0x11
ID 号 (1B)		B 3	0x**
指令号 (1B)		B 4	0x04
参数 1 (1B)		B 5	0x00
参数 2 (1B)		B 6	0x22
目标位置 (16 位无符号整型数据) 0x03EB 转为十进制为 1000	低字节	B 7	0xEB
	高字节	B 8	0x03
当前位置 (16 位有符号整型数据) 0x03DE 转为十进制为 990	低字节	B 9	0xDE

	高字节	B 10	0x03
电缸温度（1B 有符号字节数据） 0x14 表示 20℃		B 11	0x14
当前电流（16 位无符号整型数据） 0x0064 转为十进制为 100	低字节	B 12	0x64
	高字节	B 13	0x00
力传感器数值--低字节（16 位有符号整型数据，单位为克） 0x01F4 转为十进制为 500g。注意，非力控型电缸此数值没有意义。	低字节	B 14	0xF4
错误信息（1B），Bit0 为 1 时表示堵转保护、Bit1 为 1 时表示过温保护、Bit2 为 1 时表示过流保护、Bit3 为 1 时表示电机异常		B 15	0x**
力传感器数值--高字节（16 位有符号整型数据，单位为克） 0x01F4 转为十进制为 500g。注意，非力控型电缸此数值没有意义。	高字节	B 16	0x01
内部数据 1（16 位无符号整型数据） 0x0708 转为十进制为 1800。注意，非力控型电缸此数值没有意义。	低字节	B 17	0x08
	高字节	B 18	0x07
内部数据 2（16 位无符号整型数据） 0x070A 转为十进制为 1802。注意，非力控型电缸此数值没有意义。	低字节	B 19	0x0A
	高字节	B 20	0x07
校验和，是除应答帧头外其余数据的累加和的低字节 ( (B2+B3+...+B20) & 0xFF )		B 21	0x**

### 3.6 内存控制表

微型伺服电缸内部的主控制器拥有一张涵盖电缸信息和控制参数的控制表，在主控制器芯片的 RAM 和 Flash 中各保存一份。在系统上电时，主控制器芯片从 Flash 读取控制表到 RAM 中，在电缸运行过程中用户对 RAM 中的控制表进行读写操作，获取电缸的状态信息以及对电缸进行控制操作。

用户可通过“CMD\_MC”单控命令中的“参数装订”指令，从而实现主控制器芯片将当前 RAM 表的内容复制到 Flash 中，完成参数保存，断电不丢失。

控制表内容如下：

偏移地址	名称	注释	权限	默认值
0~1	表头	保留	--	0xAA 0x55
2	电缸 ID	1~254 255 为广播地址	R/W	0x01

偏移地址	名称	注释	权限	默认值
3~11	保留	保留	--	--
12	串口波特率	0---19200 1---57600 2---115200 3---921600	R/W	3
13~25	保留	保留	--	--
26~27	当前位置	-20~2020	R	--
28~30	保留	保留	--	--
31	力传感器零位 校准设置	可设置范围 1 写入 1 时将当前力传感器数据设为零点	R/W	0
32~33	过流保护设置	可设置范围 300~1500mA	R/W	1500
34~54	保留	保留	--	--
55~56	目标位置设置	0~2000	R/W	--
57~75	保留	保留	--	--
76~77	力传感器数据	数据范围[-32767, +32768], 单位：克	R	--
78~79	力传感器原始 值	数据范围[0, 65535], 12bitADC	R	--
80~89	保留	保留	--	--
98~99	过温保护设置	可设置范围, [(回温启动温度+5), 80] 输入值为温度*10	R/W	800
100~101	回温启动设置	可设置范围, [20, 过温保护温度-5] 输入值为温度*10	R/W	600
102~254	保留	保留	--	--

需要说明的参数地址如下：

**2：电缸 ID 号**，多电缸并联时请区别设置 ID 号，ID 修改设置成功后将立即启用新 ID 号，电缸将以新 ID 进行通讯，若要固化 ID 号，请使用“参数装订”操作。

**12：通信接口波特率**，默认 921600bps，串口波特率在修改设置后需要使用“参数装订”操作，并且在下次上电时才生效。

**32 ~ 33：过流保护参数**，当电缸电流超过该设定值时电缸停止工作，进入过流保护状态，5s 后电缸自动退出过流保护状态，进入正常上电初始状态等待指令，当连续第三次进入过流保护状态后，电缸会一直保持保护状态，直到接收到清零故障命令，电缸退

出过流保护。

**55 ~ 56:** 电缸目标位置，范围 0 ~ 2000，数据越大电缸的伸长量越大。

**98 ~ 99:** 过温保护温度值参数，当电缸内部温度超过该设定值时电缸停止工作，进入过温保护状态，当温度回落到低于回温启动参数的温度值后，电缸进入正常上电初始状态等待指令。

**100 ~ 101:** 回温启动温度值参数，当电缸进入过温保护状态后，只有电缸的温度回落到低于该值后电缸才能恢复工作，进入正常上电初始状态等待指令，建议过温保护和回温启动温度差不小于 20 度。

### 3.7 常规指令示例

#### 3.7.1. 示例 1 (修改 ID)

将 ID 号为 3 的电缸改为 ID 号 2

指令帧：55 AA 03 03 02 02 02 0C

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

ID 号修改完成后立即有效，之后的通信 ID 即为新的 ID 号，若需要断电保存该新 ID 号，则需要配合“参数装订”操作。

#### 3.7.2. 示例 2 (目标位置设置)

##### ➤ 定位模式 (反馈状态信息)

将 ID 号为 3 的电缸的目标地址设置为 1000，并返回含电缸状态的应答帧：

指令帧：55 AA 04 03 21 37 E8 03 4A

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

##### ➤ 定位模式 (无反馈)

将 ID 号为 3 的电缸的目标地址设置为 1000，无应答帧返回：

指令帧：55 AA 04 03 03 37 E8 03 2C

##### ➤ 随动模式 (反馈状态信息)

将 ID 号为 3 的电缸的目标地址设置为 1000，并返回含电缸状态的应答帧：

指令帧：55 AA 04 03 20 37 E8 03 49

应答帧：与“查询驱动器状态信息”指令返回的应答帧一致

#### ➤ 随动模式（无反馈）

将 ID 号为 3 的电缸的目标地址设置为 1000，无应答帧返回：

指令帧：55 AA 04 03 19 37 E8 03 28

**注意：发送随动模式命令时，要求发送间隔时间固定不变，建议发送间隔时间为 10ms 至 50ms，发送间隔越小，跟随误差越小。**

### 3.7.3. 示例 3（急停设置）

将 ID 号为 3 的电缸启动急停操作

指令帧：55 AA 03 03 04 00 23 2D

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

### 3.7.4. 示例 4（工作设置）

将 ID 号为 3 的电缸启动工作操作

指令帧：55 AA 03 03 04 00 04 0E

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

### 3.7.5. 示例 5（过温保护参数设置）

将 ID 号为 3 的电缸的过温保护温度值设为 70.5 度（实际输入为 705，放大 10 倍，转化为 16 进制为 0x02C1）

指令帧：55 AA 04 03 02 62 C1 02 2E

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

将 ID 号为 3 的电缸的回温启动运行的温度值设为 60.5 度（实际输入为 605，放大 10 倍，转化为 16 进制为 0x025D）

指令帧：55 AA 04 03 02 64 5D 02 CC

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

当电缸的内部温度超过过温保护温度值后电缸将停止运动，直到温度值低于回温启

动温度的设置值后，电缸才可继续工作。

注意：过温保护温度点输入范围[回温启动温度+5 度，80 度]；回温启动的温度设置范围[20 度，过温保护温度-5 度]。

### 3.7.6. 示例 6（过流保护参数设置）

将 ID 号为 1 的电缸的过流保护值设为 1000mA (实际输入为 1000，转化为 16 进制为 0x03E8)。

指令帧：55 AA 04 01 02 20 E8 03 12

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

### 3.7.7. 示例 7（参数装订设置）

将 ID 号为 3 的电缸的当前参数装订烧写到内部 Flash，实现掉电不丢失

指令帧：55 AA 03 03 04 00 20 2A

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

### 3.7.8. 示例 8（电缸状态信息获取）

获取 ID 号为 1 的电缸的状态信息

指令帧：55 AA 03 01 04 00 22 2A

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

### 3.7.9. 示例 9（清除故障状态）

将 ID 号为 1 的电缸的故障信息清除掉，当电缸发生过流、堵转故障时，可通过清除故障指令使电缸恢复正常运行

指令帧：55 AA 03 01 04 00 1E 26

应答帧：与“查询电缸状态信息”指令返回的应答帧一致

## 3.8 异常处理机制

通过单控指令中的状态查询指令（BIT），可以获取到电缸的故障信息，包括有过温保护、过流保护、堵转保护以及电机异常。

当电缸发生过温保护时，电缸将停止工作，该故障不可以被清除，只能在温度回落到回温启动温度值后自动恢复到上电的初始状态，等待新指令。

当电缸发生过流故障时，可等待 5 秒故障将被自动清除或使用单控指令中的故障清除指令，电缸将恢复到上电初始状态，等待新指令，若驱前两次故障都是通过自动清除恢复工作，则在第三次报故障时只能通过清除故障指令使电缸恢复正常运行。

当电缸发生堵转故障时，处理机制与过流故障相同。

当电缸发生电机异常故障时，说明电缸内部输出达到最大但实际采集到的电流信息为 0，当采集电流超过 30mA 时，自动取消电机异常提示，也可使用单控指令中的故障清除指令取消电机异常提示，一般在提示电机异常时说明电缸内马达即将达到寿命。

