

## Dynamixel MX-64 数字舵机使用说明



### 主要参数

- ◆ 重量 126g
- ◆ 尺寸 40.2mmx61.1mmx41mm
- ◆ 微控 ST CORTEX-M3 (STM32F103C8 @ 72MHZ,32BIT)
- ◆ 最小角度 0.088°
- ◆ 齿轮比 200: 1
- ◆ 静止扭矩 5.5N.m (at 11.1V, 3.9A)  
6.0N.m (at 12V, 4.1A)  
7.3N.m (at 14.8V, 5.2A)
- ◆ 空载转速 58rpm (at 11.1V)  
63rpm (at 12V)  
78rpm (at 14.8V)
- ◆ 位移角度 0° ~ 360° , 无限旋转
- ◆ 工作温度 -5°C ~ +80°C
- ◆ 工作电压 10V ~ 14.8V (推荐 12V)
- ◆ 指令包 数字信号
- ◆ 通讯方式 MX-64T (半双工异步串口通讯 8bit, 1stop, No Party)  
MX-64R (RS485 全双工串口通讯 8bit, 1stop, no party)
- ◆ 物理连接 MX-64T TTL 多通道  
MX-64R RS485



- ◆ ID 扩展            0 ~ 253
- ◆ 波特率            8000 bps ~ 3Mbps
- ◆ 反馈                位置、温度、负载和输入电压等
- ◆ 材料                全金属齿轮，外壳-工程塑料
- ◆ 待机电流          100mA

## 控制表

控制表包含舵机状态和操作信息。操作 Dynamixel 舵机，用户可通过指令包更改数据来控制舵机。

### EEPROM 及 RAM

RAM 区域中的数据在断电时不会被保存，而保存在 EEPROM 区域的数据即使在断电时仍然会保存在 EEPROM 内。

### Address (位址)

表示数据储存的位址, 用户需要正确的把位址设到指令包中来读取或写入数据到控制列表内。

### Access (存取)

Dynamixel 拥有两类数据, 一类是只能读取的, 主要用于传感器, 另一类可存取的, 多用于控制用途。

### Initial Value (初始化数值)

本例中储存在 EEPROM 内的数据, 在下面列的列表中, 右面的列位栏便是控制板出厂时初始化的值。

本例中储存在 RAM 内的数据, 在下面列表右面的栏位值, 在启动电源时便载入成初始化的值。

### Highest/Lowest Byte (高位及低位字节)

在列表中, 有一些数据应用了相同的名称, 而在名称尾后加上一个(L)或(H)来辨别不同的位址上, 这是因为那是一个十六位元的数据, 而需要储存在两个分别为(高位)及(低位)的八位元位置内。如需要读取或写入这个数据时, 需要在一个指令上同时作读取或写入的动作。



# 北京智能佳科技有限公司

区域	位址 (十六进制)	名称	说明	存取	初始值 (十六进制)
E E P R O M	0 (0X00)	Model Number (L)	模组型号低位字节	R	54 (0X36)
	1 (0X01)	Model Number (H)	模组型号高位字节	R	1 (0X01)
	2 (0X02)	Version of Firmware	固件版本数据	R	-
	3 (0X03)	ID	Dynamixel 序号	RW	1 (0X01)
	4 (0X04)	Baud Rate	Dynamixel 波特率	RW	34 (0X22)
	5 (0X05)	Return Delay Time	返回延迟时间	RW	250 (0XFA)
	6 (0X06)	CW Angle Limit (L)	顺时针方向角度限制的 低字节	RW	0 (0X00)
	7 (0X07)	CW Angle Limit (H)	顺时针方向角度限制的 高字节	RW	0 (0X00)
	8 (0X08)	CCW Angle Limit (L)	逆时针方向角度限制的 低字节	RW	255 (0XFF)
	9 (0X09)	CCW Angle Limit (H)	逆时针方向角度限制的 高字节	RW	15 (0X0F)
	11 (0X0B)	the Highest Limit Temperature	最高温度限制	RW	80 (0X50)
	12 (0X0C)	the Lowest Limit Voltage	最低电压限制	RW	60 (0X3C)
	13 (0X0D)	the Highest Limit Voltage	最高电压限制	RW	160 (0XA0)
	14 (0X0E)	Max Torque (L)	最大矩力限制的低字节	RW	255 (0XFF)
	15 (0X0F)	Max Torque (H)	最大矩力限制的高字节	RW	3 (0X03)
	16 (0X10)	Status Return Level	状态传回水平	RW	2 (0X02)
	17 (0X11)	Alarm LED	LED 警报	RW	36 (0X24)
	18 (0X12)	Alarm Shutdown	关闭警报	RW	36 (0X24)



# 北京智能佳科技有限公司

R A M	24 (0X18)	Torque Enable	启动矩力	RW	0 (0X00)
	25 (0X19)	LED	LED 灯	RW	0 (0X00)
	26 (0X1A)	D Gain	D 增益	RW	0 (0X00)
	27 (0X1B)	I Gain	I 增益	RW	0 (0X00)
	28 (0X1C)	P Gain	P 增益	RW	32 (0X20)
	30 (0X1E)	Goal Position(L)	目标位置的低字节	RW	-
	31 (0X1F)	Goal Position(H)	目标位置的高字节	RW	-
	32 (0X20)	Moving Speed(L)	移动速度的低字节	RW	-
	33 (0X21)	Moving Speed(H)	移动速度的高字节	RW	-
	34 (0X22)	Torque Limit(L)	转矩极限的低字节	RW	ADD14
	35 (0X23)	Torque Limit(H)	转矩极限的高字节	RW	ADD15
	36 (0X24)	Present Position(L)	现时位置的低字节	R	-
	37 (0X25)	Present Position(H)	现时位置的高字节	R	-
	38 (0X26)	Present Speed(L)	现时移动速度的低字节	R	-
	39 (0X27)	Present Speed(H)	现时移动速度的高字节	R	-
	40 (0X28)	Present Load(L)	现时负载的低字节	R	-
	41 (0X29)	Present Load(H)	现时负载的高字节	R	-
	42 (0X2A)	Present Voltage	现时电压	R	-
	43 (0X2B)	Present Temperature	现时温度	R	-
	44 (0X2C)	Registered	指令注册	R	0 (0X00)
	46 (0X2E)	Moving	移动	R	0 (0X00)
	47 (0X2F)	Lock	锁定 EEPROM	RW	0 (0X00)
	48 (0X30)	Punch(L)	载入的低字节	RW	0 (0X00)
	49 (0x31)	Punch(H)	载入的高字节	RW	0 (0X00)
68 (0x44)	Current (L)	电流损耗的低字节	RW	0 (0X00)	



69 (0x45)	Current (H)	电流损耗的高字节	RW	0 (0X00)
70 (0X46)	Torque Control Mode Enable	扭矩控制模式开/关	RW	0 (0X00)
71 (0X47)	Goal Torque (L)	目标扭矩 (左)	RW	0 (0X00)
72 (0X48)	Goal Torque (H)	目标扭矩 (高)	RW	0 (0X00)
73 (0X49)	Goal Acceleration	目标加速度	RW	0 (0X00)

### 地址功能帮助

#### EEPROM 区

- **模型序号**  
代表模型序号
- **固件版本**  
代表固件版本
- **ID**  
是一个唯一的 Dynamixel 序号  
序号值由 0(0x00) 至 253(0xFD), 值 254(0xFE) 是作为广播的 ID  
广播序号 254 用以送出指令控制及传给所有连接中的 Dynamixel  
**注意：请不要重复连接舵机的 ID**
- **波特率**  
代表通讯速度，0-254 (0xFE) 都可用  
速度计算请参照下表：  
速度 (BPS) = 200000 / (数据+1)

数据	设置 BPS	实际 BPS	误差
1	1000 000.0	1000 000.0	0.000%
3	500 000.0	500 000.0	0.000%
4	400 000.0	400 000.0	0.000%
7	250 000.0	250 000.0	0.000%
9	200 000.0	200 000.0	0.000%
16	117 647.1	115200.0	-2.124%
34	57142.9	57600.0	0.794%
103	19230.8	19200.0	-0.160%

207	9615.4	9600.0	-0.160%
-----	--------	--------	---------

如果波特率值超过 250, 请参见下表:

序号	设定值	目标值	误差
250	2250000.0	2250000.0	0.000 %
251	2500000.0	2500000.0	0.000 %
252	3000000.0	3000000.0	0.000 %

**注意: UART 通讯范围内的波特率最大误差率为 3%**

## ● 反馈延时

表示指令包发送后舵机传回状态包所需时间

0-254 (0xFE) 可用, 每个数字的延迟时间为 2 us

也就是说, 如果数值为 10, 延迟时间为 20us, 初始值为 250 (0xFA) (即 0.5ms)

## ● 顺时针/逆时针角度限制

角度限制影响运动受限, 角度范围和单位值与目标位置是一样的 (地址 30, 31)

顺时针角度限制: 目标位置的最小值 (地址 30, 31)

逆时针角度限制: 目标位置的最大值 (地址 30, 31)

顺时针角度限制 ≤ 目标位置 ≤ 逆时针角度限制

以下两种模式是根据顺时针和逆时针的值设定的:

操作类型	顺时针/逆时针
轮子模式	两者的值都是 0
关节模式	两者的值都不是 0

轮子模式用作轮式机器人操作, 因为需要电机无线旋转

关节模式用作多关节机器人, 因为此类机器人需特殊的角度控制

## ● 温度上限

即运行温度的最高限度, 使用范围为 10-99 (0x10~0x63), 单位为摄氏度。例如, 若果值为 80, 即 80° C

如果舵机内部温度超出指定范围, 状态包的过热错误位 (bit2) 将返回 1, 地址 17 和 18 将设置警报。

**注意: 不要设置温度低于/高于默认值**

**当温度警报关闭后, 等待 20 分钟, 温度凉下来再使用。若高温使用, 易造成损坏。**

## ● 电压上限/下限

即电压运行范围, 50-250 (0x32~0x96), 单位为 0.1V。例如, 如果值为 80, 即 8V

如果当前电压（地址 42）不在这个范围，状态包的电压范围错误位（bit0）会返回 1 地址 17 和 18 将设置警报。

- **最大扭矩**

即最大扭矩输出值，0-1023（0x3FF），单位为 0.1%。例如，数据 1023（0x3FF）指舵机能产生的最大扭矩为 100%，而数据 5120（0x200）指舵机可用的最大扭矩为 50%。在通电状态下，扭矩限制（地址 34 和 35）的值可作为初始值。

- **状态返回水平**

它决定了如何反馈状态包，以下图表显示了三种方式：

值	状态包反馈
0	对于任何命令都不反馈(PING 命令除外)
1	只反馈 READ 命令
2	反馈所有命令

注意：当指令包是广播 ID，那么无论是什么值，舵机都不会返回状态包

- **LED 警报**

- **警报撤销**

在运行状态下，舵机可通过检测到的错误进行自我保护

下表是出现错误时的状态：

Bit	名称	包括
7	0	
6	指令错误	当发出不确定性指令或者发出未注册的运动命令时
5	超载错误	设定最大扭矩下，当前负载不可控制时
4	校验码错误	当指令包发出的校验码无效时
3	范围错误	当给出的命令超出了使用范围时
2	过热错误	当内部电压超出了控制表中设定的运行电压范围时
1	角度限制错误	当目标位置设定的值不在顺时针角度限制和逆时针角度限制的范围内时
0	输入电压错误	当实际电压超出了控制表中设定的运行电压范围时

该功能是按照各位上的值的“或”逻辑运算实现的。例如，该地址的值为 0x05，也就是 00000101，则出现输入电压错误或者过热错误时，LED 发光。当舵机从错误状态返回正常状态时，LED 发光 2 秒后熄灭。

## RAM 区

- **扭矩激活**

值	含义
0	电机断电，无扭矩产生
1	电机供电，激活扭矩

● LED

值	含义
0	LED 熄灭
1	LED 亮起

● PID 增益

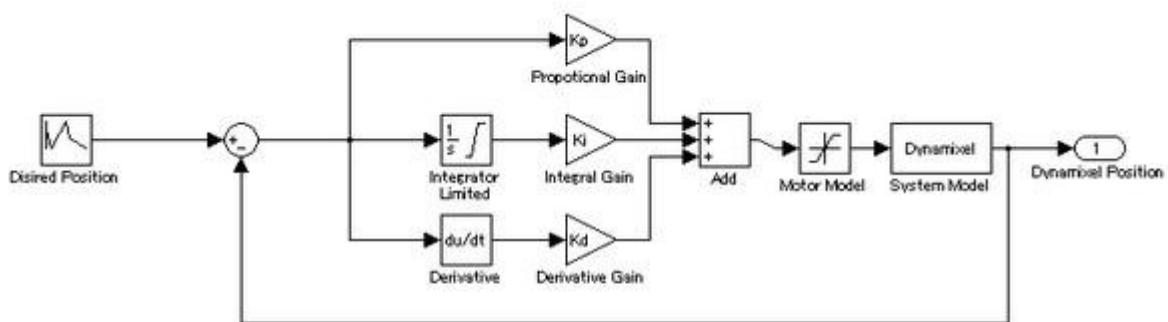
MX 系列采用 PID 控制器作为主要控制方式

P 增益反应比例单元的值

I 增益反应积分作用的值

D 增益反应微分作用的值

增益值范围在 0~254 间。



$$K_p = P \text{ Gain} / 8$$

$$K_i = I \text{ Gain} * 1000 / 2048$$

$$K_d = D \text{ Gain} * 4 / 1000$$

柔性斜率 与 PID 间的关系:

斜率	P 增益
8	128
16	64
32	32
64	16
128	8

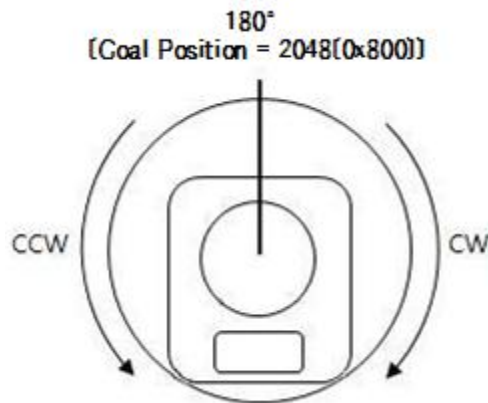
P 增益又少，齿隙越大，靠近目标位置输出量越弱，

● 目标位置

即最终的位置值，0-7095 (0xFFFF)，单位为 0.088°

如果目标位置超出这个范围，状态包的角度限制错误位 (bit1) 会返回 1，警报 LED 也会开启。





### ● 运动速度

即达到目标位置的运行速度，其范围和单位依据运行模式不同而发生变化。

#### · 关节模式

0-1023 (0x3FF)，单位为 0.114rpm

如果设到 0，舵机将以电压能提供的最大速度运动，也就是说，没有速度控制的全运动。

如果是 1023，大概为 117.07rpm

例如，如果设到 300，大约为 34.33rpm

#### · 轮子模式

0-2047 (0x7FF)，单位为 0.114rpm

在 0-1023 范围内，设定 0 表示停止，同时可逆时针旋转

在 1024-2047 范围内，设定 1024 为停止，顺时针旋转

即第十个位元值是用以控制伺服马达之转动方向。

**注意：请参阅模组最高转速的相关资料,这个选项设至最大速也不等同模组的最大扭力输出**

### ● 扭矩限制

即最大扭矩限制值，0-1023 (0x3FF)，单位为 0.1%

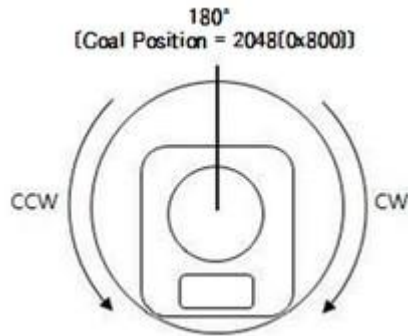
例如，如果值为 512，则是 50%，意指可用的最大扭矩为 50%

如果电源打开，最大扭矩值（地址 14，15）用作初始值

**注意：如果撤销警报启动，电机失去扭矩，因为值为 0。此时，如果改变值，电机又能用。**

### ● 当前位置

即舵机的目前位置值，范围为 0-4095 (0xFFFF)，单位量为 0.088°



- **当前速度**

即目前的运动速度，0-2047 (0x7FF)

如果值在 0-1023 范围内，电机逆时针方向旋转；如果值在 1024-2047 范围内，电机顺时针方向旋转。

即第十个元值是用以控制马达的转动方向，并且 1024=0

单位量为 0.11rpm

例如：设定值为 300，伺服马达做逆时针转动，速度为 34.33rpm

- **当前负载**

意指目前的实际负载，范围为 0-2047，单位为 0.1%。

值在 0-1023 间，意指当前负载逆时针方向运行；值在 1024-2047 间，则为顺时针方向。

即第 10 位是方向位，控制方向，1024 和 0 是等值。

例如，值为 512，意指当前负载探测逆时针方向，最大扭矩为 50%。

Bit	15-11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
值	0	负载方向	值（负载比）									

注意：当前负载是根据内部扭矩值推断得来，而不是扭矩传感器等，基于这个原因，它不能用来测量重量或扭矩，而只能用来探测力的方向。

- **当前电压**

即当前提供的电压大小。这个值比实际电压大 10 倍。例如，当供应电压是 10V 时，值为 100 (0x64)

- **当前温度**

即舵机自身温度，单位为°C

这个值和实际温度是相同的。例如，值为 85 (0x55)，当前自身温度是 85°C

- **注册指令**

值	含义
0	表示没有通过 REG_WRITE 发出指令

1	表示有通过 REG_WRITE 发出指令
---	----------------------

注意：若执行动作命令，值应改为 0

- **运动中**

值	含义
0	表示目标位置指令执行完整
1	表示目标位置指令执行过程中

- **锁定**

值	含义
0	EEPROM 区可改
1	EEPROM 区不可改

- **载入**

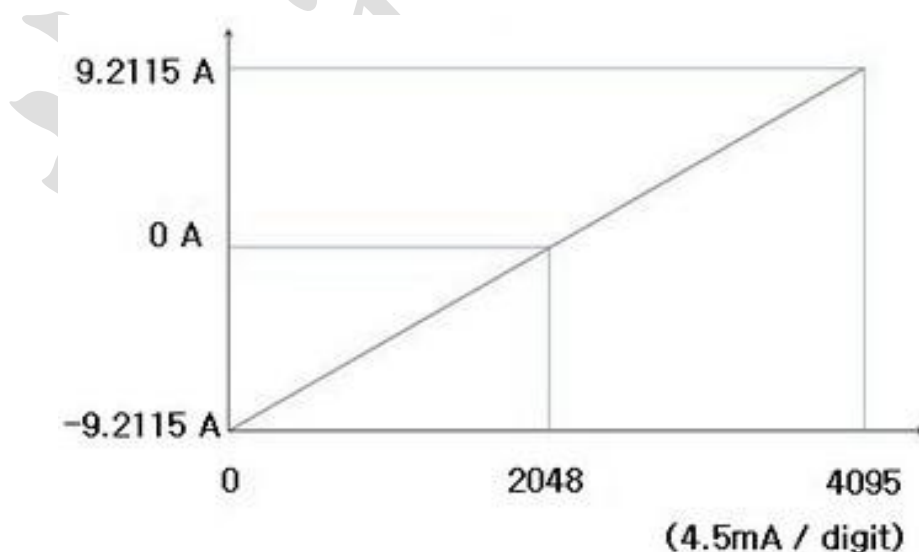
用于运行伺服马达的电流为最小  
可设定的值为 0x20 到 0x3FF 之间

- **电流损耗**

值为 2048 (0x800) 时，电流无损耗  
当值高于 2048 (0x800) 时，电流损耗低  
当值低于 2048 (0x800) 时，电流损耗高  
以下为电流计算方式：

$$I = (4.5\text{mA}) * (\text{CURRENT} - 2048), \text{ 单位为 (A)}$$

例如，68 给出数值为 2148，对应为 450mA 的电流



## ● 启动扭矩控制模式

值	意义
0	关掉扭矩模式，执行关节模式或轮式模式
1	启动扭矩模式，只能控制扭矩，不能控制位置或移动速度

当设置启动扭矩控制模式为 1 时，舵机行为如下：

- 1.舵机不控制位置或移动速度
- 2.舵机控制目标扭矩 值
- 3.无论目标位置和目标速度的值是什么，舵机不会有反应
- 4.因为位置/移动速度不是控制器，舵机行为就像是轮式模式

## ● 目标扭矩

舵机设有目标扭矩值

可设定的值为 0~2047 (0X7FF)，单位量为 4.5mA  
(扭矩与电流值成正比)

如果设定值为 0~1023，扭矩向逆时针方向，值为 0，则停止

如果设定值为 1024~2047，扭矩向顺时针方向，值为 1024，则停止

也就是说，第 10 个位元值是方向位，控制方向

目标扭矩不能大于扭矩极限 (34,35)

## ● 目标加速度

指目标加速度值

设定值为 0~254 (0XFE)，单位量约为  $8.583^{\circ} / \text{sec}^2$

当值为 0，不受控制，舵机将以全速加速度运转

当目标速度设置为 0，同样不受控制，以全速加速度运转

当值为 254，加速度值为  $2180^{\circ} / \text{sec}^2$

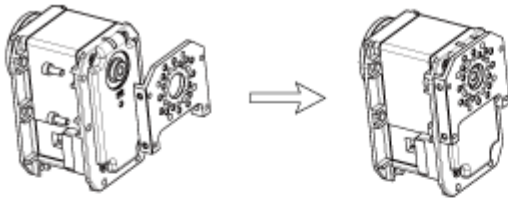
例如，舵机的电流速度值为 0，目标加速度为 10

1 秒后舵机速度将是 14.3rpm

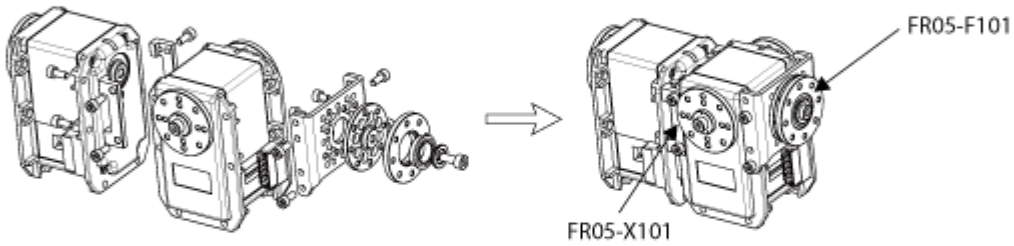
## 可选框架

以下为 MX-64 数字舵机的可选架构

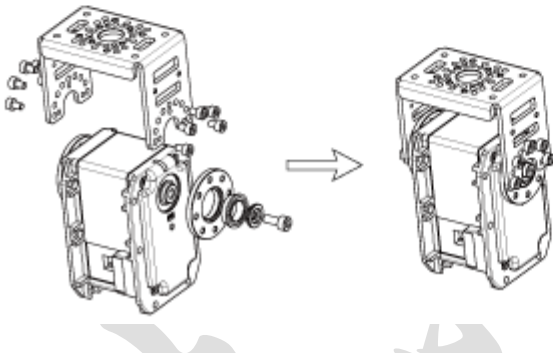
FR05-B101



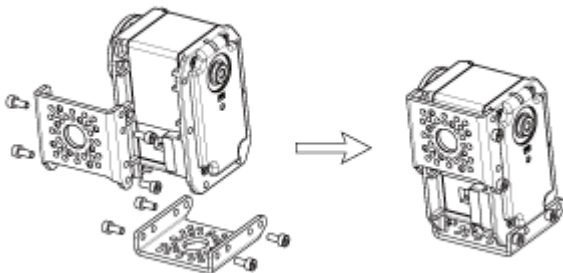
FR05-F101\_FR05-X101



FR05-H101



FR05-S101

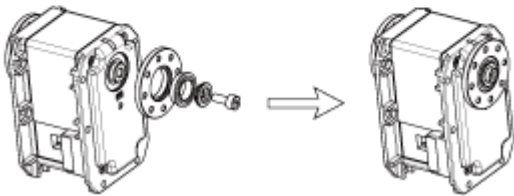


舵盘

HN05-N102



HN05-I101



连接

