



# **G 代码指令集**

## **用户手册**

(技术开发文档)

**文档版本: V1.001**

**发布日期: 2021/05/30**

**版权所有© 勤牛创智科技有限公司 2021。保留一切权利。**

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## 免责声明

在法律允许的最大范围内，本手册所描述的产品（含其硬件、软件、固件等）均“按照现状”提供，可能存在瑕疵、错误或故障，勤牛创智不提供任何形式的明示或默示保证，亦不对使用本手册或使用本公司产品导致的任何特殊、偶然或间接的损害进行赔偿。在使用本产品前详细阅读本使用手册及网上发布的相关技术文档并了解相关信息，确保在充分了解产品相关知识的前提下使用本产品。

本产品的使用者有责任确保遵循相关国家的切实可行的法律法规，确保在勤牛创智机械臂的使用中不存在任何重大危险。

## 版本修订说明

时间	版本号	修订记录
2021/05/30	V1.001 版	初稿（20210516 固件）

## 北京勤牛创智科技有限公司

地址：北京市海淀区清华东路16号3号楼中关村能源与安全科技园1603室

网址：cn.wlkata.com

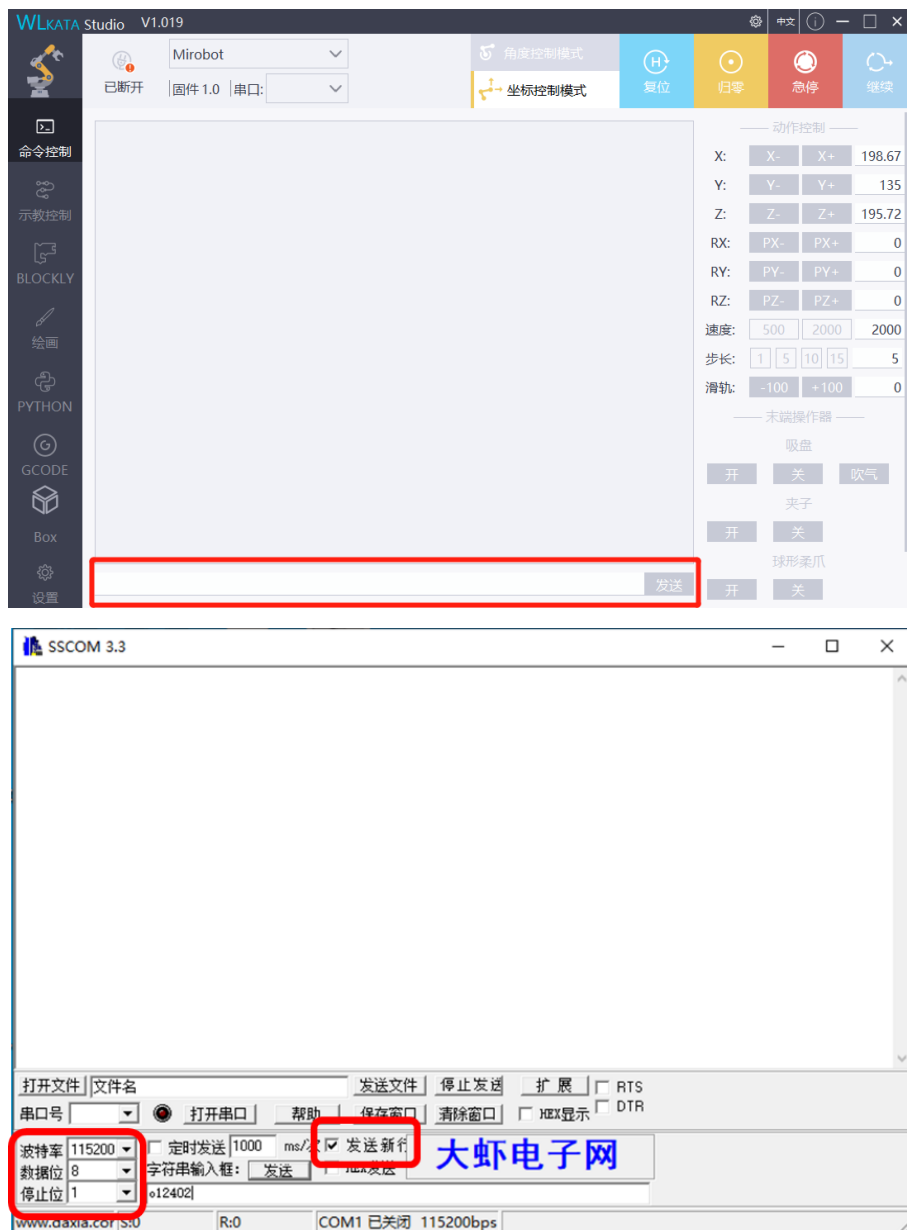
# 目录

1. 指令说明.....	- 4 -
2. G 代码指令集.....	- 5 -
2.1 运动指令 .....	- 5 -
● 2.1.1 归零 .....	- 6 -
● 2.1.2 回零（各轴名义零位） .....	- 6 -
● 2.1.3 运动速度 .....	- 7 -
● 2.1.4 坐标运动模式.....	- 7 -
● 2.1.5 角度运动模式.....	- 7 -
● 2.1.6 运动模式.....	- 8 -
● 2.1.7 快速运动.....	- 8 -
● 2.1.8 直线插补运动.....	- 9 -
● 2.1.9 圆弧插补运动.....	- 10 -
● 2.1.10 定时暂停 .....	- 11 -
● 2.1.11 门型轨迹运动 .....	- 11 -
2.2 辅助指令 .....	- 12 -
● 2.2.1 各轴解锁.....	- 12 -
● 2.2.2 气泵/夹子控制.....	- 12 -
● 2.2.4 状态查询.....	- 13 -
3. 机械臂参数设置.....	- 14 -
3.1 归零相关 .....	- 14 -
3.2DH 参数 .....	- 15 -

3.3 基坐标原点偏移 .....	- 16 -
3.4 插补运动相关 .....	- 16 -
3.5 工具坐标系相关 .....	- 17 -
3.6 步进电机脉冲当量设置 .....	- 18 -
3.7 步进电机速度与加速度设置 .....	- 18 -
3.8 工作空间相关 .....	- 19 -
3.9 校准位置参数 .....	- 20 -
3.10 背隙补偿参数 .....	- 22 -

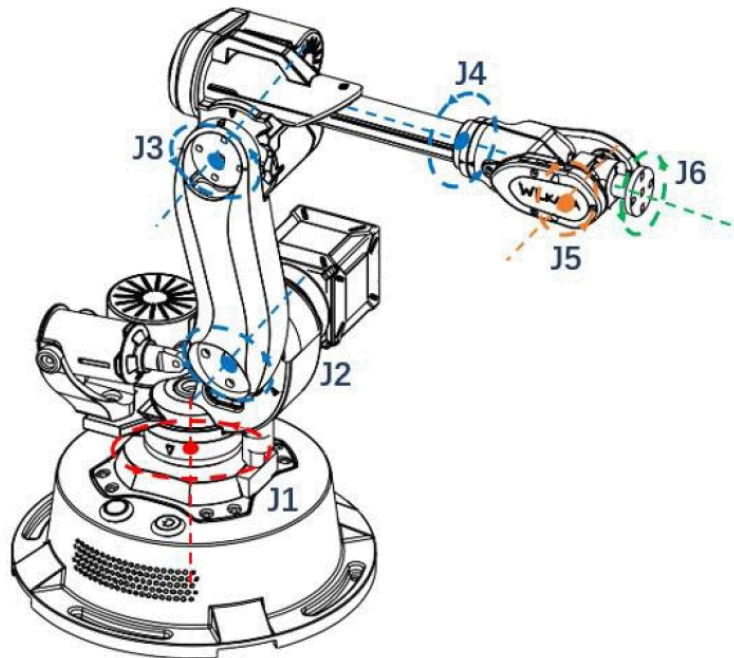
## 1. 指令说明

- 1、Mirobot 采用 **USB 串口** 方式进行通信。波特率为 115200，数据位 8，停止位 1。
- 2、Mirobot 采用基于 **G 代码** 的指令控制。
- 3、指令中各个字母**不区分大小写**。
- 4、Mirobot 能够**对外输出两组 PWM 信号**用于控制末端夹手或者吸盘。
- 5、用户可通过 WlkataStudio 或串口工具向机械臂发送指令，每条指令以'\n'换行符为结束

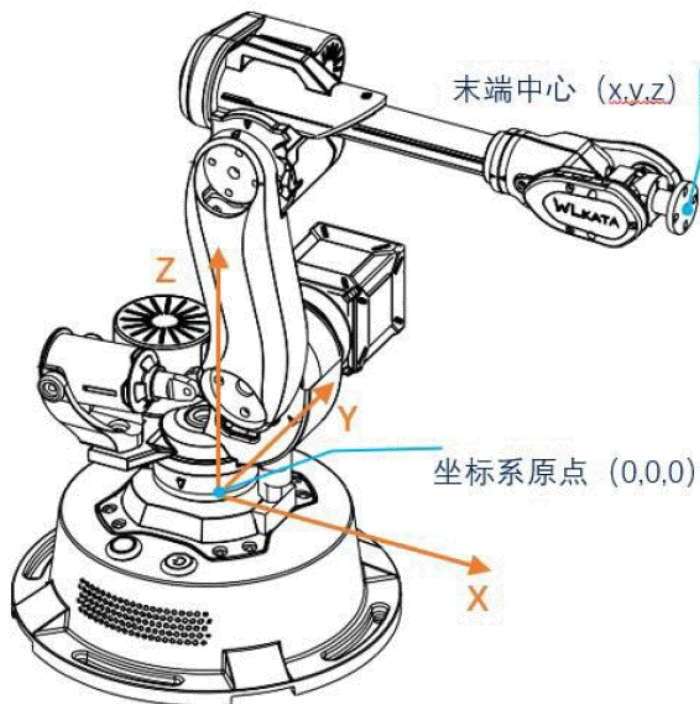


## 2. G 代码指令集

### 2.1 运动指令



▲图：Mirobot 关节坐标系（各轴正方向如箭头所示）



▲图：Mirobot 笛卡尔坐标系

### ● 2.1.1 归零

指令	\$H{1}
功能	机械臂各轴归零，并运动至初始位置（各轴名义零位）；
参数	<p><b>{1}模式：缺省：</b>快速归零（各轴同步归零）；</p> <p><b>H：</b>顺次归零（自轴 1 至轴 5 各轴依次归零）；</p> <p><b>7:7</b> 轴归零（机械臂快速归零后，7 轴归零）；</p> <p><b>E：</b>紧凑归零（首先 2、3 轴归零，再执行 1、4、5 轴归零，避免归零时与机械臂周边物体发生碰撞）；</p>
返回	Info, in homing moving...ok;
示例	<p>\$H</p> <p>机械臂快速归零；</p>

### ● 2.1.2 回零（各轴名义零位）

指令	\$M
功能	机械臂快速运动至零位（角度模式下各轴 0 度位置）；
参数	无;
返回	无;
示例	<p>\$M</p> <p>机械臂快速运动至零位</p>

### ● 2.1.3 运动速度

指令	F{1}
功能	设置机械臂末端坐标模式下的运动速度; 除 G00 快速运动外, 其余运动模式都需要设置运动速度, 否则机械臂无法正常执行运动指令并返回: Error, E113,Undefined feed rate;
参数	{1}速度: 整数 (默认 2000, 单位 mm/min) ;
返回	无;
示例	F2000 设置机械臂末端在坐标模式下的运动速度为 2000mm/min

### ● 2.1.4 坐标运动模式

指令	M20
功能	切换为坐标运动模式 (设置机械臂末端相对于基坐标的位姿参数);
参数	无;
返回	Info, M20: Cartesian mode start.;
示例	M20

### ● 2.1.5 角度运动模式

指令	M21
功能	切换为角度运动模式 (设置各轴的旋转角度);
参数	无;




返回	Info, M21: Angle mode start.
示例	M21

### ● 2.1.6 运动模式

指令	<b>G90/G91</b>
功能	绝对值运动/增量值运动;
参数	无;
返回	无
示例	<p>M21 <b>G90</b> X10</p> <p>控制机械臂 1 轴运动至 10 度位置;</p> <p>M21 <b>G91</b> Y10</p> <p>控制机械臂 2 轴正方向旋转 10 度;</p>

### ● 2.1.7 快速运动

指令	<b>G00</b>
功能	<p>控制机械臂以各轴设定最大速度运动;</p> 
参数	无;
返回	无

示例

M20 G90 **G00** X180 Y50 Z150

控制机械臂末端在坐标模式下，快速运动至基坐标系下 xyz (180,50,150) 位置；

● 2.1.8 直线插补运动

指令

**G01**

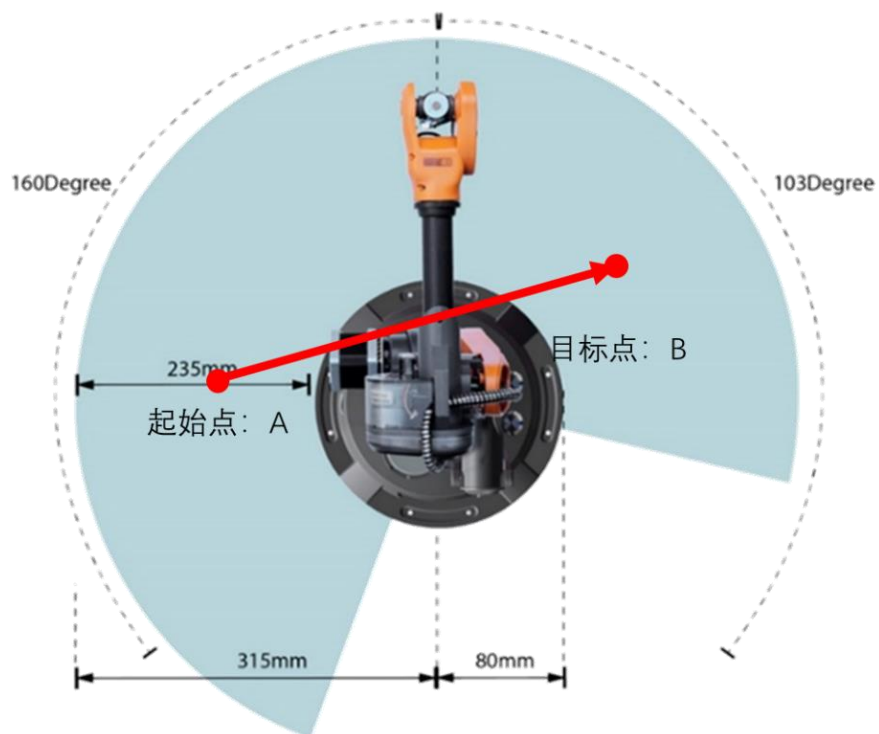
直线插补运动（末端运动轨迹为直线）；



插补模式相关参数设置为\$35、\$36,可参看下节内容；

使用时需注意机械臂的工作空间为环形，当出现轨迹超出工作空间时，机械臂无法正常执行该指令，即使起始点 A 与目标点 B 都在工作空间内。（如下图所示），此种情况请使用 G00 快速运动；

功能



参数	无;
返回	无
示例	<p>M20 G90 <b>G01</b> X250 Z100 F1000</p> <p>控制机械臂末端在坐标模式下, 以 1000mm/min 速度直线插补运动至基坐标系下 xyz (250,0,100) 位置;</p>


### ● 2.1.9 圆弧插补运动

指令	<b>G02/G03 R{1}</b>
功能	<p>顺时针圆弧插补/逆时针圆弧插补 (XY 平面);</p> 
参数	<b>{1}半径: 浮点数</b> (单位 mm) ;
返回	无;
示例	<p>M20 G91 <b>G03</b> X60 Y0 Z0 R60</p> <p>控制机械臂以相对坐标 xyz (60,0,0) 处为终点顺时针绘制半径为 60mm 的一段圆弧 (劣弧);</p> <p>起点与终点间的距离应小于等于所设定圆弧半径值的 2 倍 (圆弧直径)。否则机械臂返回: Error, E116,Arc radius error (错误 E116 圆弧半径误差)</p>

### ● 2.1.10 定时暂停

指令	G04 P{1}
功能	定时暂停;
参数	{1}时间: 浮点数 (单位 s) ;
返回	无
示例	G04 P1.5 暂停 1.5 秒;

### ● 2.1.11 门型轨迹运动

指令	G05
功能	<p>门型轨迹运动;</p>  <p>门型轨迹高度参数由\$49 设置, 请参看下节内容;</p>
参数	无;
返回	无
示例	<p>M20 G90 G05 X198.6 Y0 Z165.7 A-20 B-60 C0</p> <p>控制机械臂末端在坐标模式下, 门型轨迹运动至基坐标系下 xyz (250,0,100) 位置, (-20, -60,0) RPY 角姿态处;</p>

## 2.2 辅助指令

### ● 2.2.1 各轴解锁

指令	M50
功能	解除上电后的轴锁定状态;  机械臂使用之前必须先进行“homing”操作。为了防止不进行 homing 操作而直接运动机械臂造成错误, 我们设置上电后各个轴为锁定状态, 只有进行了 homing 操作后, 锁定状态才能解除。M50 指令用来直接解锁各个轴。
参数	无;
返回	Info, M50: Unlock each axis.
示例	M50  解锁;

### ● 2.2.2 气泵/夹子控制

指令	M3 S{1}
功能	打开或者关闭气泵/舵机夹子 (指定气泵控制的 PWM 输出值);
参数	{1}状态: 0: 关闭气泵;  500: 气泵吹气;  1000: 气泵吸气;  40: 打开夹子;  60: 闭合夹子;

返回	无
示例	M3S500 气泵吹气;

#### ● 2.2.4 状态查询

指令	? (英文输入法)
功能	获取当前机械臂状态与位置信息;
参数	无;
返回	<p>&lt;Idle,Angle(ABCDXYZ):{A},{B},{C},{D},{X},{Y},{Z},Cartesian coordinate(XYZ RxRyRz):{X},{Y},{Z},{Rx},{Ry},{Rz},Pump PWM:{PWM1},Value PWM:{PWM2}&gt;</p> <p>Idle 表示机械臂处于空闲状态, Angle(ABCDXYZ)后为机械臂各轴角度值, 顺序: 第四轴{A}、第五轴{B}、第六轴{C}、外接滑轨{D} (如果有)、第一轴{X}、第二轴{Y}、第三轴{Z} (各轴位置如图 1 所示)。Cartesian coordinate(XYZ RxRyRz)后接机械臂末端的位置与姿态 (机械臂坐标系如图 2 所示), {X},{Y},{Z}表示 X-Y-Z 坐标值, {Rx},{Ry},{Rz}表示姿态 (RPY 角)。{PWM1},{PWM2}为机械臂输出的两组 PWM 的值。</p>
示例	<p>?</p> <p>返回值:</p> <p>&lt;Alarm,Angle(ABCDXYZ):0.000,0.000,0.000,0.000,0.000,0.000,0.000,Cartesian coordinate(XYZ RxRyRz):198.670,0.000,230.720,0.000,0.000,0.000,Pump PWM:0,Valve PWM:0,Motion_MODE:0&gt;</p>

返回值说明：Alarm 表示机械臂处于锁定状态，Angle(ABCDXYZ)后为机械臂各轴角度值，第四轴 0°、第五轴 0°、第六轴 0°、外接滑轨（如果有）0、第一轴 0°、第二轴 0°、第三轴 0°。Cartesian coordinate(XYZ RxRyRz)后接机械臂末端的位置与姿态，位置 (198.67, 0, 230.72)，姿态为 (0, 0, 0)，输出的两路 PWM 值均为 0。

### 3. 机械臂参数设置

Mirobot 机械臂的硬件参数设置指令由 “\$” + “数字” 组成，设置方式与上节相同；设置前向机械臂发送“\$\$”即可获取当前参数信息，如下图所示，修改数值时发送 “\$+数字=数值”，例如，关闭直线插补：“\$35=0”，修改后即时生效，掉电保存。以下将按功能分别讲解各参数功能；

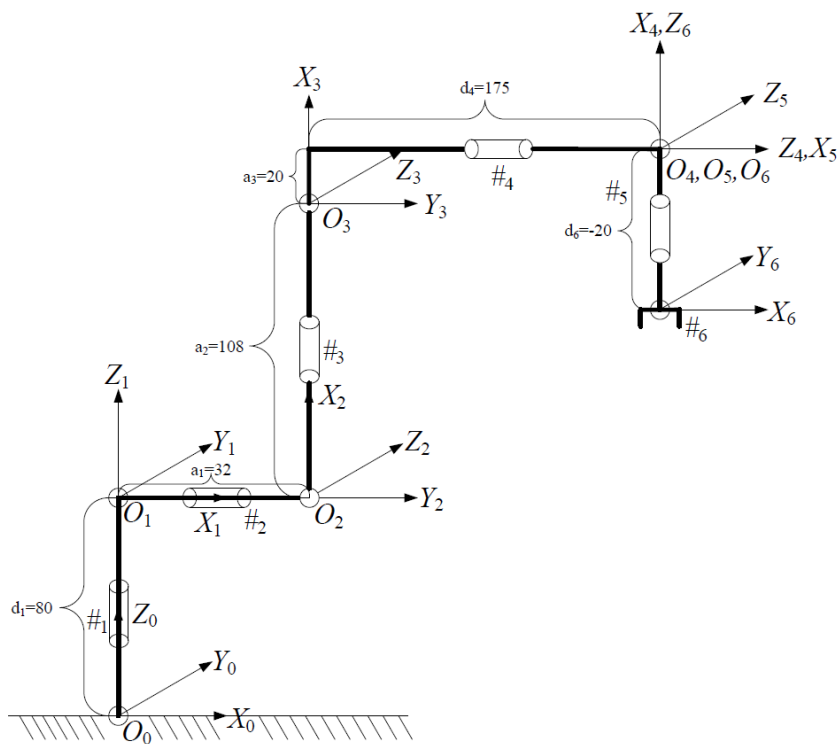
```
$$
$0=10 (step pulse, usec)
$1=0 (step idle delay, msec)
$2=0 (step port invert mask:00000000)
$3=127 (dir port invert mask:01111111)
$4=0 (step enable invert, bool)
$5=0 (limit pins invert, bool)
$6=0 (probe pin invert, bool)
```

#### 3.1 归零相关

指令	功能	参数	单位
\$22	归零动作是否启用；	0 关；1 开（默认开启）	无
\$23	各轴归零方向；8 个二进制数字依次对应：空、4 轴、5 轴、6 轴、7 轴、1 轴、2 轴、3 轴；	对应的十进制数值； 例 (00110000)：48	无
\$24	慢速归零速度，即归零时各轴多次触	速度（默认 1500.000）	毫米/分钟

	碰行程开关时的速度;		mm/min
\$25	快速归零速度, 即归零时各轴由当前 锁定位置触碰行程开关的速度;	速度 (默认 2000.000)	毫米/分钟 mm/min
\$26	开关防抖时间, 各轴触碰到限位开关 后停留等待的时间;	时间 (默认 250)	毫秒 ms
\$27	归零时各轴反复触碰行程开关后回退 的角度;	角度 (默认 12)	度 deg
\$28	各轴归零后的运动方向; 8 个二进制 数字依次对应: 空、4 轴、5 轴、6 轴、 7 轴、1 轴、2 轴、3 轴;	对应的十进制数值; 例 (01000001): 65	无

### 3.2DH 参数



注: 图中各连杆长度数值仅做参考, 不代表实际数值



指令	功能	参数	单位
\$29	D1 连杆长度;	长度 (默认 127)	毫米 mm
\$30	A1 连杆长度;	长度 (默认 29.69)	毫米 mm
\$31	A2 连杆长度;	长度 (默认 108)	毫米 mm
\$32	A3 连杆长度;	长度 (默认 20)	毫米 mm
\$33	D4 连杆长度;	长度 (默认 168.98)	毫米 mm
\$34	D6 连杆长度;	长度 (默认 -24.28)	毫米 mm

### 3.3 基坐标原点偏移

机械臂原始的坐标原点在圆形底座的正中央，机械臂无法到达，在激光雕刻等软件中，下发坐标是相对于这个原点的，因此使用非常不方便。以下三个偏移量就是调整原点在 XYZ 坐标轴方向上的偏移量，从而挪动机械臂原点的位置。

指令	功能	参数	单位
\$41	X 方向偏移量;	距离 (默认 0)	毫米 mm
\$42	Y 方向偏移量;	距离 (默认 0)	毫米 mm
\$43	Z 方向偏移量;	距离 (默认 0)	毫米 mm

### 3.4 插补运动相关

指令	功能	参数	单位
\$35	G01 直线插补开关设置;	0 关; 1 开 (默认开启)	无
\$36	插补点数量;	个数 (默认 10)	个
\$49	G05 门型抬升高度;	距离 (默认 30)	毫米 mm

### 3.5 工具坐标系相关



默认机械臂第 6 关节末端法兰盘底面中心点为工具坐标原点，如果安装其他工具，则可以根据需要选取工具上某一点为参考点，并设定其相对于法兰盘中心的 XYZ 偏移量，则笛卡尔坐标模式下控制的机械臂末端位姿即为该点位姿。

指令	功能	参数	单位
\$46	X 方向偏移量；	距离（默认 0）	毫米 mm
\$47	Y 方向偏移量；	距离（默认 0）	毫米 mm
\$48	Z 方向偏移量；	距离（默认 0）	毫米 mm
\$50	设置末端工具； (设置后自动预设\$46、\$47、\$48)	0：无工具；1：吸盘； 2：夹子；3：三指柔爪	无

### 3.6 步进电机脉冲当量设置

这组参数与各轴减速比有关，请勿轻易修改；

指令	功能	参数	单位
\$100	4 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 32.000）	步/度 step/deg
\$101	5 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 22.712）	步/度 step/deg
\$102	6 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 11.356）	步/度 step/deg
\$103	7 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 211.111）	步/度 step/deg
\$104	1 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 38.482）	步/度 step/deg
\$105	2 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 113.100）	步/度 step/deg
\$106	3 轴步进电机脉冲当量设置	步数（默认 40.000）	步/度 step/deg

### 3.7 步进电机速度与加速度设置

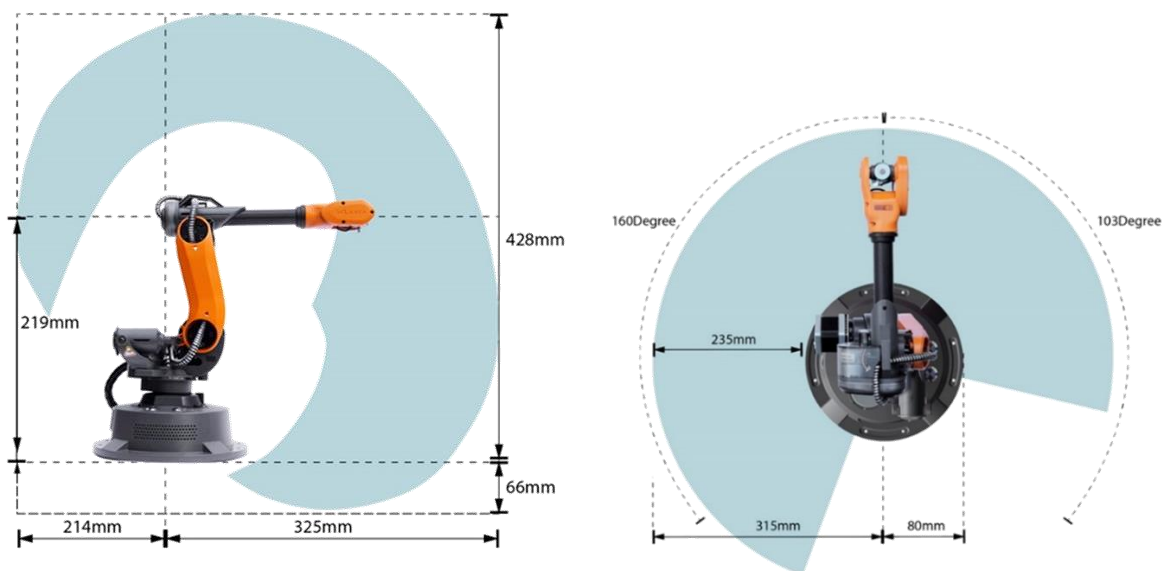
指令	功能	参数	单位
\$110	4 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 5000）	度/分钟 deg/min
\$111	5 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 5000）	度/分钟 deg/min
\$112	6 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 5000）	度/分钟 deg/min
\$113	7 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 2500）	度/分钟 deg/min
\$114	1 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 3000）	度/分钟 deg/min
\$115	2 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 3000）	度/分钟 deg/min
\$116	3 轴步进电机速度设置	速度（建议小于 3000）	度/分钟 deg/min
\$120	4 轴步进电机加速度设置	加速度（建议小于 500）	deg/sec^2
\$121	5 轴步进电机加速度设置	加速度（建议小于 500）	deg/sec^2

\$122	6 轴步进电机加速度设置	加速度 (建议小于 500)	deg/sec^2
\$123	7 轴步进电机加速度设置	加速度 (建议小于 500)	deg/sec^2
\$124	1 轴步进电机加速度设置	加速度 (建议小于 500)	deg/sec^2
\$125	2 轴步进电机加速度设置	加速度 (建议小于 500)	deg/sec^2
\$126	3 轴步进电机加速度设置	加速度 (建议小于 500)	deg/sec^2

### 3.8 工作空间相关

机械臂运动触发软限位后，机械臂停止运动，此时反方向运动即可解除；

机械臂触发硬限位后机械臂锁死，需重启机械臂；



指令	功能	参数	单位
\$20	软限位开关设置；	0 关；1 开 (默认开启)	无
\$21	硬限位开关设置；	0 关；1 开 (默认开启)	无
\$130	4 轴正方向最大行程；	角度 (默认 350)	度 deg
\$131	5 轴正方向最大行程；	角度 (默认 36)	度 deg

\$132	6 轴正方向最大行程;	角度 (默认 360)	度 deg
\$133	7 轴正方向最大行程;	角度 (默认 500) <b>滑轨模式</b>	度 deg
\$134	1 轴正方向最大行程;	角度 (默认 160)	度 deg
\$135	2 轴正方向最大行程;	角度 (默认 70)	度 deg
\$136	3 轴正方向最大行程;	角度 (默认 60)	度 deg
\$140	4 轴负方向最大行程;	角度 (默认 350)	度 deg
\$141	5 轴负方向最大行程;	角度 (默认 205)	度 deg
\$142	6 轴负方向最大行程;	角度 (默认 360)	度 deg
\$143	7 轴负方向最大行程;	角度 (默认 0) <b>滑轨模式</b>	度 deg
\$144	1 轴负方向最大行程;	角度 (默认 100)	度 deg
\$145	2 轴负方向最大行程;	角度 (默认 30)	度 deg
\$146	3 轴负方向最大行程;	角度 (默认 170)	度 deg

### 3.9 校准位置参数

机械臂归零后运动至初始姿态 (大臂直立, 小臂水平), 规定当前姿态下各轴的位置为 0 度位置, 各轴自触发行程开关的位置运动至当前位置所转过的角度即为校准位置参数。调整校准位置参数时, 可观察各轴校准刻度标线是否对齐。第 6 轴没有行程开关, 因此无需校准, 默认以上电时的位置为 6 轴 0 度位置, 如需调整, 可通过上位机控制旋转或手动调整。



指令	功能	参数	单位
\$150	4 轴校准位置参数;	角度 (默认 73)	度 deg
\$151	5 轴校准位置参数;	角度 (默认 30)	度 deg
\$152	6 轴校准位置参数;	角度 (默认 0)	度 deg
\$153	7 轴校准位置参数;	角度 (默认 0)	度 deg
\$154	1 轴校准位置参数;	角度 (默认 100)	度 deg
\$155	2 轴校准位置参数;	角度 (默认 32)	度 deg
\$156	3 轴校准位置参数;	角度 (默认 57)	度 deg

### 3.10 背隙补偿参数

机械臂各轴减速器等机械结构在运动时存在重复性误差，可通过设置进行补偿；

指令	功能	参数	单位
\$150	背隙补偿开关设置；	0 关；1 开（默认关闭）	无
\$160	4 轴背隙补偿参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$161	5 轴校准位置参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$162	6 轴校准位置参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$163	7 轴背隙补偿参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$164	1 轴背隙补偿参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$165	2 轴背隙补偿参数；	角度（默认 0）	度 deg
\$166	3 轴背隙补偿参数；	角度（默认 0）	度 deg



官方公众号