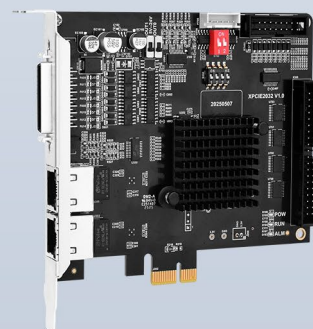
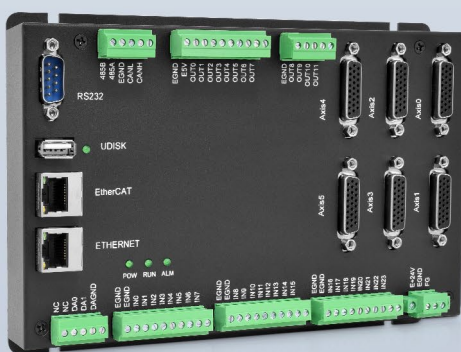
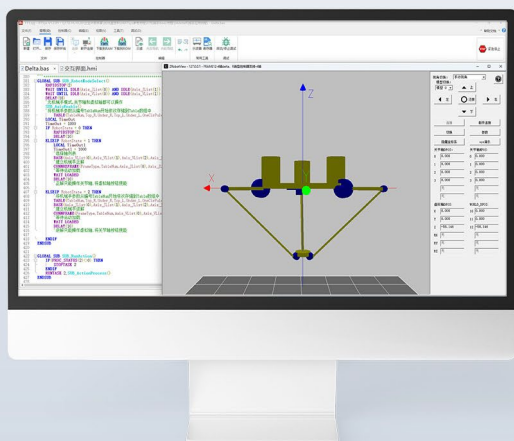


# 正运动机械手运动学参数 说明书 V4.0.13



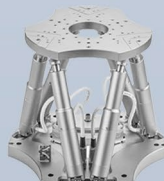
Delta 并联机械手



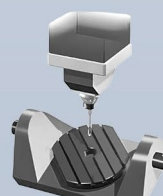
SCARA 机械手



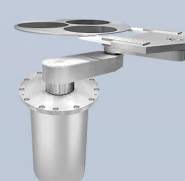
6 关节机械手



Stewart 并联机械



XYZAC 五轴



晶元搬运机械手

## 版 权 说 明



本手册主要介绍了正运动 Frame 运动学参数的使用说明及相关注意事项。

为了更好的服务于广大受众，深圳市正运动技术有限公司，对所发布的信息（含文字、数据、图片等）作出以下声明：

本手册版权归深圳市正运动技术有限公司所有，严禁任何媒体、网站、个人或组织以任何形式或出于任何目的在未经本公司书面授权的情况下抄袭、转载、摘编、修改本手册内容，或链接、转贴或以其他方式复制用于商业目的或发行，或稍作修改后作为他用，前述行为均将构成对本公司手册版权之侵犯，本司将依法追究其法律责任。

本手册中的信息资料仅供参考。由于改进设计和功能等原因，正运动公司保留对本资料的最终解释权！内容如有更改，恕不另行通知！



**调试机器要注意安全！请务必在机器中设计有效的安全保护装置，并在软件中加入出错处理程序，否则所造成的损失，正运动技术公司没有义务或责任对此负责。**

## 前言

感谢选用正运动的运动控制器。在使用本产品之前，请务必仔细阅读本手册以及了解必要的安全信息、注意事项，以及了解硬件接口、使用方法及函数接口，充分理解正运动控制器使用功能。

## 安全警告



调试机器过程中，人员保持安全的距离。



请务必在机器中设计有效的安全保护装置。



请务必在软件中加入出错处理程序。



调试过程中，测试的速度在合理范围。

## 常规安全守则

请查看下列安全防范措施以避免受伤害并防止对本产品或任何与其相连接的产品造成损伤。为避免潜在的危險，请按详细说明来使用本产品。

**使用正确的电源线：**请使用满足国家标准的电源线。

**不要在潮湿的环境下操作，不要在爆炸性的空气中操作，保持产品表面清洁和干燥。**

**防止静电损伤：**静电释放（ESD）可能会对运动控制卡及其附件中的元件造成损伤。为了防止 ESD，请小心处理控制卡元件，不要触摸控制卡上元器件。不要将控制卡放置在可能产生静电的表面。在防护静电的袋子或容器内运输和储存控制卡。

## 关于保证

**保修时间：**在指定的地点购买的产品的保修期为 1 年。

**保修范围：**如果在上述质保期内由于本公司责任发生了故障，本公司提供无偿修理。以下范围不在保修范围内：

▲对于说明书及其它手册记录的不适当环境或不适当使用引起的故障。

▲用户的装置、控制软件等引起本产品意外故障。

▲由客户对本产品的改造引起的故障。

▲火灾、地震及其它自然灾害等外部主要原因引起的故障。

产品的应用范围：本产品设计制造用于普通工业应用，超出预料的用途并对人的生命或财产造成重大的影响不在产品服务范围。

## 技术支持和售后服务

您可以通过以下途径获得我们的技术支持和售后服务

地址：深圳市宝安区西乡洲石路阳光工业园 A1 栋 5 楼

公司网站：<http://www.zmotion.com.cn/>

电话：0755-32976042

传真：0755-26066955

服务热线：4000-8989-66

邮箱：[tech@zmotion.com.cn](mailto:tech@zmotion.com.cn)

技术支持值班微信：zmotion666

## 更新记录

| 版本号     | 修改日期       | 修订人 | 修改内容摘要      | 修改类型 | 审核人 | 备注   |
|---------|------------|-----|-------------|------|-----|------|
| V3.0    | 2020-01-01 | XJW | 创建文档        | 新增   | XJW | 首次发布 |
| V4.0.0  | 2025-04-11 | GGB | 内容修订        | 内容修订 | GGB | 二次发布 |
| V4.0.6  | 2025-10-28 | GGB | 新增第四章例程     | 内容修订 | GGB |      |
| V4.0.9  | 2025-12-05 | GGB | 新增零点说明      | 内容修订 | GGB |      |
| V4.0.10 | 2025-12-05 | GGB | 新增关节方向说明    | 内容修订 | GGB |      |
| V4.0.12 | 2026-01-05 | GGB | 新增 Frame143 | 内容修订 | GGB |      |

|        |            |     |             |      |     |  |
|--------|------------|-----|-------------|------|-----|--|
| 4.0.13 | 2026-02-02 | GGB | 修改 Frame128 | 内容修订 | GGB |  |
|--------|------------|-----|-------------|------|-----|--|

## 目录

|        |                               |    |
|--------|-------------------------------|----|
| 第一章    | 机械手相关基本知识.....                | 1  |
| 1.1    | 工业机械手定义.....                  | 1  |
| 1.2    | 空间中的自由度.....                  | 1  |
| 1.3    | 坐标系.....                      | 1  |
| 1.3.1  | 关节坐标系.....                    | 1  |
| 1.3.2  | 世界坐标系.....                    | 1  |
| 1.4    | 关节轴与虚拟轴.....                  | 2  |
| 1.4.1  | 关节轴.....                      | 2  |
| 1.4.2  | 虚拟轴.....                      | 2  |
| 1.5    | 正解运动与逆解运动.....                | 2  |
| 1.5.1  | 正解运动.....                     | 2  |
| 1.5.2  | 逆解运动.....                     | 2  |
| 1.6    | 机械手姿态.....                    | 2  |
| 1.7    | 奇异点.....                      | 4  |
| 1.8    | 零点位置.....                     | 4  |
| 1.9    | 正运动机械手模式.....                 | 4  |
| 第二章    | 硬件选配.....                     | 6  |
| 2.1    | 支持的机械手.....                   | 6  |
| 2.1.1  | 二到五轴的卡式坐标系机器人.....            | 6  |
| 2.1.2  | 二到五轴的 Delta Robot .....       | 7  |
| 2.1.3  | 二到六轴的 SCARA 机器人.....          | 9  |
| 2.1.4  | 二到六轴的并联机构.....                | 10 |
| 2.1.5  | 二到五轴的 Cylindrical 构型机器人.....  | 11 |
| 2.1.6  | 三到七轴的 Articulated 机器人.....    | 12 |
| 2.1.7  | 三轴的对位平台（XXY、XYR）.....         | 15 |
| 2.1.8  | 三到五轴的数控加工旋转台.....             | 17 |
| 2.1.9  | 二到六轴的其他.....                  | 18 |
| 2.1.10 | 二到六轴的叠加.....                  | 18 |
| 2.2    | 带 R 的 frame 一览表.....          | 19 |
| 2.3    | Zrobotview 支持的 frame 一览表..... | 19 |
| 第三章    | 软件工具使用.....                   | 22 |
| 3.1    | RTSys 程序开发环境.....             | 22 |
| 3.2    | ZRobotView 机械手模型仿真工具.....     | 22 |
| 3.3    | PC 上位机使用.....                 | 22 |
| 第四章    | 机械手相关使用.....                  | 23 |
| 4.1    | 相关指令.....                     | 23 |
| 4.1.1  | 建立正逆解例程模板.....                | 23 |
| 4.1.2  | 计算指定姿态解例程模板.....              | 25 |
| 4.1.3  | 标定计算例程模板.....                 | 25 |
| 第五章    | 机械手标定示教.....                  | 28 |
| 5.1    | 支持标定的 FRAME.....              | 28 |
| 5.2    | 操作步骤.....                     | 28 |
| 5.3    | 指令和例程模板.....                  | 29 |

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 5.3.1 | FRAME_CAL--参数矫正 .....        | 29  |
| 5.4   | 各类型标定说明.....                 | 30  |
| 5.4.1 | FRAME1-134.....              | 30  |
| 5.4.2 | FRAME11 .....                | 40  |
| 5.4.3 | FRAME17-19.....              | 42  |
| 5.4.4 | FRAME29.....                 | 43  |
| 5.4.5 | FRAME101-105.....            | 44  |
| 5.4.6 | FRAME100-104.....            | 46  |
| 5.4.7 | FRAME6-78.....               | 50  |
| 5.4.8 | FRAME93-94-95 .....          | 51  |
| 5.4.9 | FRAME118.....                | 53  |
| 第六章   | 各类型机械手详细说明.....              | 55  |
| 6.1   | 二到五轴的卡式坐标系机器人.....           | 55  |
| 6.1.1 | FRAME100-104.....            | 55  |
| 6.1.2 | FRAME118.....                | 59  |
| 6.1.3 | FRAME128.....                | 62  |
| 6.1.4 | FRAME114.....                | 65  |
| 6.1.5 | FRAME115.....                | 68  |
| 6.1.6 | FRAME133.....                | 71  |
| 6.1.7 | FRAME139.....                | 74  |
| 6.2   | 二到五轴的 Delta Robot .....      | 77  |
| 6.2.1 | FRAME102.....                | 77  |
| 6.2.2 | FRAME2-12-14 .....           | 80  |
| 6.2.3 | FRAME13.....                 | 84  |
| 6.3   | 二到六轴的 SCARA 机器人 .....        | 87  |
| 6.3.1 | FRAME1-21-106-107-134.....   | 87  |
| 6.3.2 | FRAME5.....                  | 92  |
| 6.3.3 | FRAME101-105.....            | 94  |
| 6.3.4 | FRAME137.....                | 98  |
| 6.3.5 | FRAME138.....                | 101 |
| 6.3.6 | FRAME143.....                | 104 |
| 6.4   | 二到六轴的并联机构.....               | 107 |
| 6.4.1 | FRAME66-67.....              | 108 |
| 6.4.2 | FRAME68.....                 | 112 |
| 6.5   | 二到五轴的 Cylindrical 构型机器人..... | 115 |
| 6.5.1 | FRAME3-23.....               | 116 |
| 6.5.2 | FRAME136.....                | 121 |
| 6.5.3 | FRAME129.....                | 124 |
| 6.6   | 三到七轴的 Articulated 机器人.....   | 127 |
| 6.6.1 | FRAME25.....                 | 128 |
| 6.6.2 | FRAME6-26-36-46.....         | 132 |
| 6.6.3 | FRAME78-86.....              | 139 |
| 6.6.4 | FRAME76-77.....              | 144 |
| 6.6.5 | FRAME87-88.....              | 148 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 6.7    | 二到三轴的对位平台（XXY、XYR） ..... | 152 |
| 6.7.1  | FRAME15 .....            | 152 |
| 6.7.2  | FRAME131 .....           | 154 |
| 6.7.3  | FRAME33 .....            | 157 |
| 6.7.4  | FRAME34 .....            | 159 |
| 6.7.5  | FRAME37 .....            | 162 |
| 6.8    | 三到五轴的数控加工旋转台 .....       | 164 |
| 6.8.1  | FRAME11-18 .....         | 164 |
| 6.8.2  | FRAME17-19-29 .....      | 168 |
| 6.9    | 二到六轴的其他 .....            | 174 |
| 6.9.1  | FRAME44-47 .....         | 175 |
| 6.9.2  | FRAME109 .....           | 178 |
| 6.10   | 二到六轴的叠加 .....            | 180 |
| 6.10.1 | FRAME90 .....            | 180 |
| 6.10.2 | FRAME93-94-95 .....      | 183 |
| 6.10.3 | FRAME96 .....            | 187 |
| 6.10.4 | FRAME97 .....            | 189 |
| 6.10.5 | FRAME98 .....            | 191 |
| 6.10.6 | FRAME99 .....            | 193 |

# 第一章 机械手相关基本知识

## 1.1 工业机械手定义

工业机械手，依据国际标准化组织（ISO）的技术报告，被定义为“一种具备自动控制、可重复执行预设程序、功能多样且拥有多个自由度机械特性的机械设备”。简而言之，现代工业机械手是模拟人类手腕与手掌动作机能，集多种动作功能于一体的自动化装置。

工业机械手凭借其卓越的多动作操作能力，极大地推动了多品种、小批量生产自动化的发展进程，使得过去难以实现的复杂生产任务变得高效可行。

## 1.2 空间中的自由度

在三维空间中，一个未受约束的物体理论上拥有六个自由度：沿三个正交方向（X、Y、Z）的平动自由度，以及绕这三个方向（RX、RY、RZ）的旋转自由度。当物体被限制在某一平面（如 XY 平面）上时，其自由度减少至三个：沿 X、Y 方向的平动自由度及绕垂直于该平面的轴（Z 轴）的旋转自由度。

以标准 SCARA 机械手为例，其末端执行器具备四个自由度：可在 XY 平面内移动（2 轴）、绕 Z 轴旋转（3 轴）以及沿 Z 轴方向升降（4 轴）。相比之下，六自由度机械手则能在三维空间内实现任意运动，因此拥有六个自由度。

## 1.3 坐标系

### 1.3.1 关节坐标系

关节坐标系涵盖了机械手的所有关节，各关节之间相互独立，坐标单位通常为角度，简称为 J。操作某一关节时，不会影响其他关节的坐标值。例如，在初始状态下，所有关节的坐标均设为  $0^\circ$ （J1: $0^\circ$  , J2: $0^\circ$  , J3: $0^\circ$  , J4: $0^\circ$  , J5: $0^\circ$  , J6: $0^\circ$  ）。

### 1.3.2 世界坐标系

世界坐标系是固定在空间中的标准直角坐标系，其位置根据机械手的具体类型确定。在虚拟轴操作中，机械手的运动是基于世界坐标系进行的，此时各关节会自动计算所需的旋转角度。

## 1.4 关节轴与虚拟轴

### 1.4.1 关节轴

关节轴指的是机械结构中的实际旋转关节，在程序中通常以旋转角度表示（某些结构中也可能为平移轴）。由于电机与旋转关节之间存在减速比，因此在设置单位时需按照实际关节旋转一圈来设定，同时在填写结构参数时，应以旋转关节中心为准，而非电机轴中心。

### 1.4.2 虚拟轴

虚拟轴是抽象出来的概念，代表世界坐标系的六个自由度（X、Y、Z、RX、RY、RZ），可视为直角坐标系的三个直线轴和三个旋转轴。虚拟轴用于确定机械手末端执行器的加工轨迹与坐标。若某框架的虚拟轴包含 RX、RY、RZ，则该框架的末端坐标系矩阵可通过旋转矩阵计算得出：末端坐标系矩阵 =  $\text{Rotz}(\text{Rz}) * \text{Roty}(\text{Ry}) * \text{Rotx}(\text{Rx})$ ，先 Roll(X 轴)→再 Pitch(Y 轴)→最后 Yaw(Z 轴)。

这是典型的 Z-Y-X 欧拉角(Yaw-Pitch-Roll)定义，先绕 X 轴转 Rx→再绕 Y 轴转 Ry→最后绕 Z 轴转 Rz，但每一步的旋转轴都是“已经被前面旋转过的末端坐标系轴”。

## 1.5 正解运动与逆解运动

### 1.5.1 正解运动

通过操作关节坐标，并结合机械结构参数，可计算出末端执行器在直角坐标系中的空间位置，这一过程称为正解运动。在正解模式下，操作的是实际关节轴，而虚拟轴的坐标则由系统自动计算。控制器使用 CONNREFRAME 指令建立正解模式，该指令作用于虚拟轴。在此模式下，虽只能操作关节轴，但关节轴可执行各种运动，不过实际运动轨迹并非直线或圆弧。正解模式通常用于手动调整关节位置或上电点位回零。

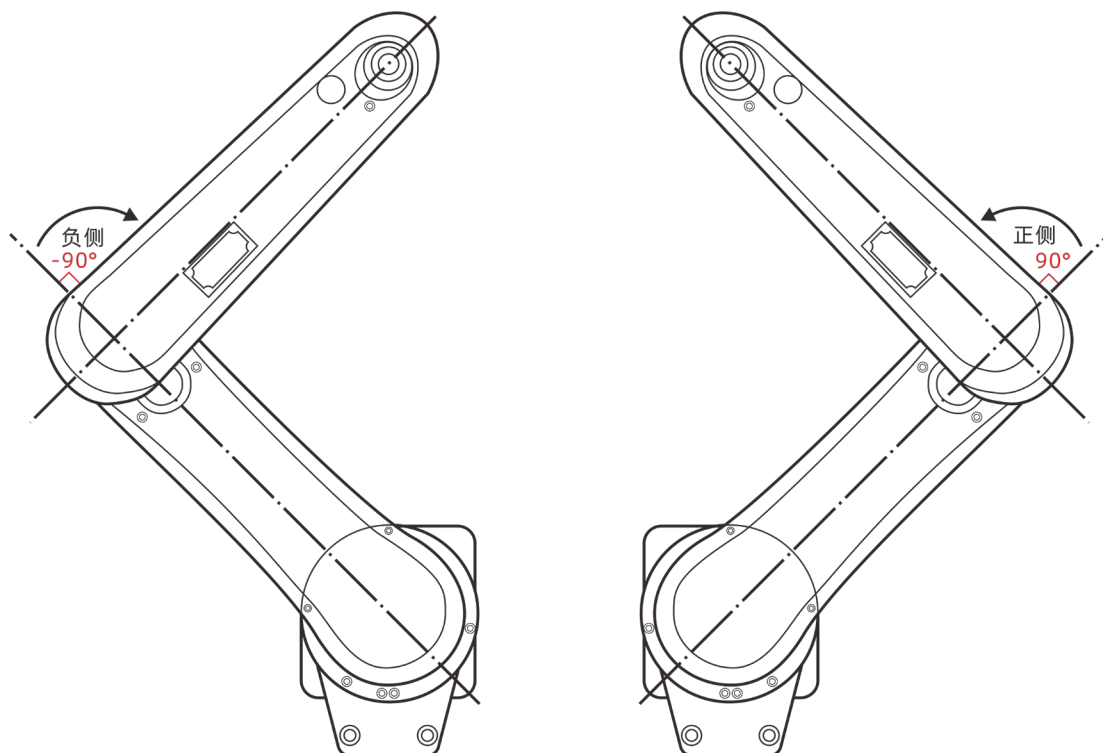
### 1.5.2 逆解运动

给定直角坐标系中的一个空间位置，反推出各关节轴的坐标，这一过程称为逆解运动。在逆解模式下，操作的是虚拟轴，而实际关节轴的坐标则由系统自动解算并驱动运动。控制器同样使用 CONNFRAME 指令建立逆解模式，但此时该指令作用于关节轴。在此模式下，只能操作虚拟轴，虚拟轴可在笛卡尔坐标系中执行直线、圆弧、空间圆弧等运动，关节轴则在 CONNFRAME 指令的作用下自动运动至逆解后的位置。

## 1.6 机械手姿态

从数学角度来看，机械手姿态指的是同一组虚拟轴数值对应的多组关节轴解。即机械手在笛卡尔坐标系中运动到某一坐标点时，可以有多种运动轨迹，这些轨迹对应着不同的姿态。

如下图 SCARA 的两种姿态，在 X 方向运动，关节轴可以有两种运动方式。



对于六轴机械手而言，其姿态的多样性和复杂性更为显著。

**姿态多样性：**六轴机械手由于拥有六个自由度，其姿态的多样性远超四轴或 SCARA 机械手。例如，在执行焊接任务时，不同的焊接姿态会影响焊接质量与效率。通过调整各关节角度，可实现多种焊接姿态，如垂直焊接、倾斜焊接等，以满足不同工件的焊接需求。

**姿态与稳定性：**机械手的姿态不仅影响作业效率，还关系到机械手的稳定性和精度。例如，在装配任务中，合适的姿态能减少误差，提高装配精度。

**姿态规划：**在实际应用中，为避免碰撞、提高作业效率，需对机械手姿态进行合理规划。例如，在搬运重物时，需确保机械手处于稳定姿态，以保证搬运过程的平稳与安全。

工业机器人行业里常说起 6 自由度机械手三类奇异点，分别是肩部奇异点、肘关节奇异点、腕关节奇异点，共形成 8 组逆解。

| 解值 | 前/后（肩部） | 凹凸（肘部） | 俯仰（腕关节） |
|----|---------|--------|---------|
| 0  | 前       | 凸      | 俯       |
| 1  | 后       | 凸      | 俯       |
| 2  | 前       | 凹      | 俯       |
| 3  | 后       | 凹      | 俯       |
| 4  | 前       | 凸      | 仰       |
| 5  | 后       | 凸      | 仰       |
| 6  | 前       | 凹      | 仰       |
| 7  | 后       | 凹      | 仰       |

## 1.7 奇异点

当机械手运动到某一特定位置时，可能会失去某个自由度，这个位置被称为奇异点。在实际应用中，应尽量避免机械手进入奇异点。

如 SCARA 机械手完全伸直时，此时无法在 X 方向平动，操作往 X 负向运动时，结构无法判断使用哪种姿态运动，此时结构会卡住。为避免出现此种问题，需要正解时调整好姿态，逆解时规划好轨迹。

**对于六轴机械手，奇异点的情况更为复杂。**

**结构限制：**六轴机械手在特定姿态下，如某些关节轴处于极限位置时，可能出现奇异点。例如，当某个旋转关节达到机械限位时，机械手可能无法沿某一方向平动或旋转，导致运动受限。

**影响与规避：**奇异点会导致机械手运动不稳定，甚至可能损坏机械结构。为避免此类问题，需在编程时进行姿态检查与调整，确保机械手在运动过程中不进入奇异点区域。例如，在规划路径时，可通过逆解运动提前预判奇异点位置，并调整运动轨迹，使机械手绕过奇异点，保证运动的连续性与稳定性。

**多轴协同的复杂性：**六轴机械手由于关节多、自由度高，其奇异点问题较四轴、SCARA 机械手更为复杂。需综合运用各轴的运动特性，通过合理规划各轴的运动顺序与幅度，来规避奇异点带来的影响。

## 1.8 零点位置

在建立机械手算法时，需要设定一个零点位置作为参考，并确定电机的转向。各机械手结构的零点位置与电机转向请参考下文第六章各类型具体说明确认部分进行详细阐述，六轴机械手因结构复杂，其零点位置与电机转向需精确标定与调整，以确保机械手启动与运行时的精准定位。

## 1.9 正运动机械手模式

机械手有几个电机称为几关节机械手，控制实际机械关节运动的电机轴称为机械手的关节轴，所有的关节轴构成关节坐标系，关节轴在此坐标系中按角度旋转。

控制机械手末端工作点在世界坐标系下运动，世界坐标系的坐标轴假想为虚拟轴，按距离单位移动。

关节轴和虚拟轴通过 CONNREFRAME 或 CONNFRAME 指令来指明，只要轴数足够，控制器支持多机械手。

程序可以通过运动指令(所有的运动指令都可以使用)控制关节轴或虚拟轴运动，但同一

时刻只能操作虚拟轴或者关节轴。

操作关节轴运动时，虚拟轴需要位于 CONNREFRAME 模式，从而自动指向当前的空间坐标；操作虚拟轴运动时，关节轴需要位于 CONNFRAME 模式，从而自动指向当前的关节轴坐标。

机械手建立是通过 CONNREFRAME（正解）和 CONNFRAME（逆解）指令，CONNREFRAME 时虚拟轴 MTYPE（运动类型）值为 34，CONNFRAME 时关节轴 MTYPE 值为 33，可以通过 MTYPE 来查看特定轴是否位于对应的模式。

通过 CANCEL 或 RAPIDSTOP 指令可以取消机械手模式。

---

### 注意：

机械手处于逆解模式时关闭使能，此时推动机械手，机械手反馈位置 mpos 变化了，但虚拟轴的位置不变，逆解实时计算输出的 dpos 不变，导致 mpos 和 dpos 不一致，重新给使能会飞车。

使用机械手 frame，每个 frame 都需要通过 table 传入参数，table 的臂长和一圈脉冲数不能为 0，同时进入正逆解之后，table 的数据不能中途改变，否则会飞车。建议 table 使用规划和保护，避免出现问题。

---

## 第二章 硬件选配

### 2.1 支持的机械手

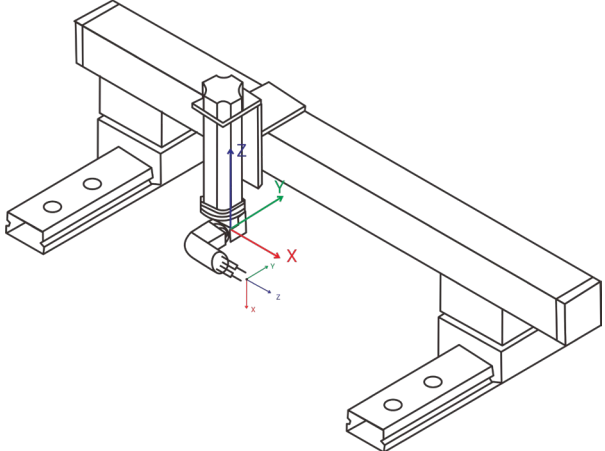
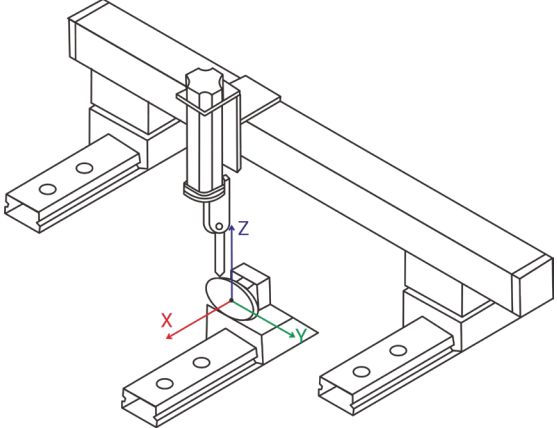
基本的二到五轴的卡式坐标系机器人、二到五轴的 Delta Robot(水平取放速度最快俗称蜘蛛手)、六轴的并联机构(6-DOF Parallel Mechanism)、二到六轴的 SCARA(有标准 SCARA 也有类似晶圆取出臂之构型)、二到五轴的 Cylindrical 构型、三到七轴的 Articulated 构型、三轴的对位平台(XXY、XYR)、三到五轴的数控加工旋转台、二到六轴的其他、二到六轴的叠加类。

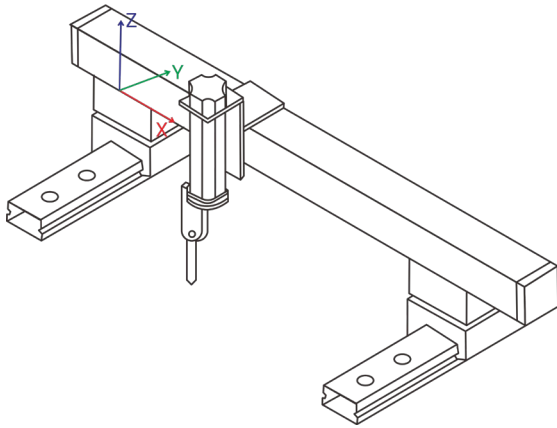
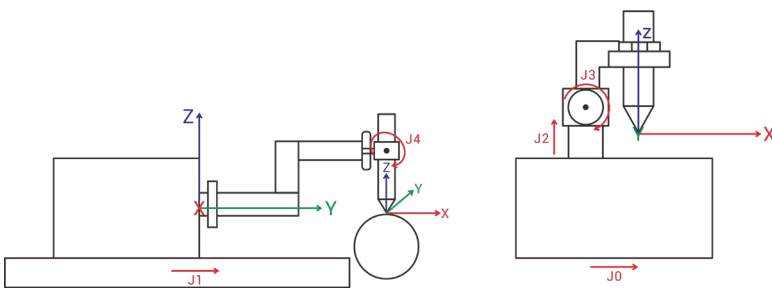
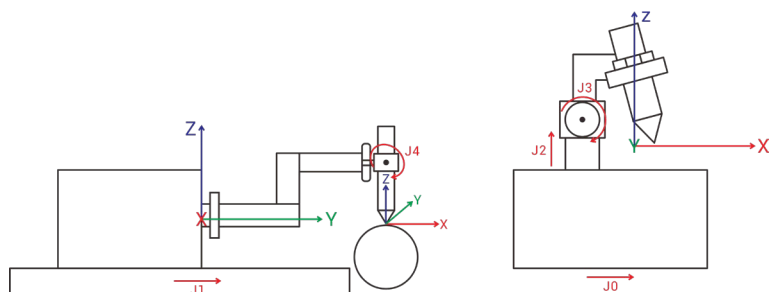
#### 2.1.1 二到五轴的卡式坐标系机器人

**卡式:** Cartesian。

**特点:** 和直角坐标系原理相似,具备在三个相互垂直方向(X、Y、Z 轴,部分二到四轴可能缺少某一方向运动轴)上的直线运动能力,运动轨迹直观易懂,控制算法相对简单。

**应用场景:** 非常适合传统的搬运和定位操作,例如在工厂自动化生产线上,用于将零件从一个工位搬运到另一个工位,或者在装配过程中进行精确的定位操作。

| 类型       | 图纸                                                                                   | 描述  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame128 |  | 6 轴 |
| Frame118 |  | 5 轴 |

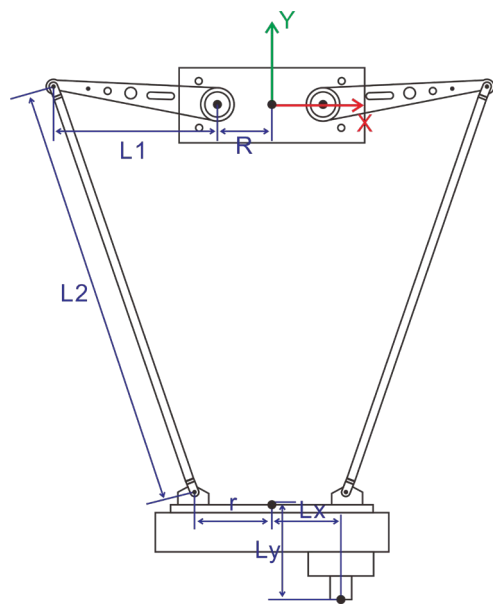
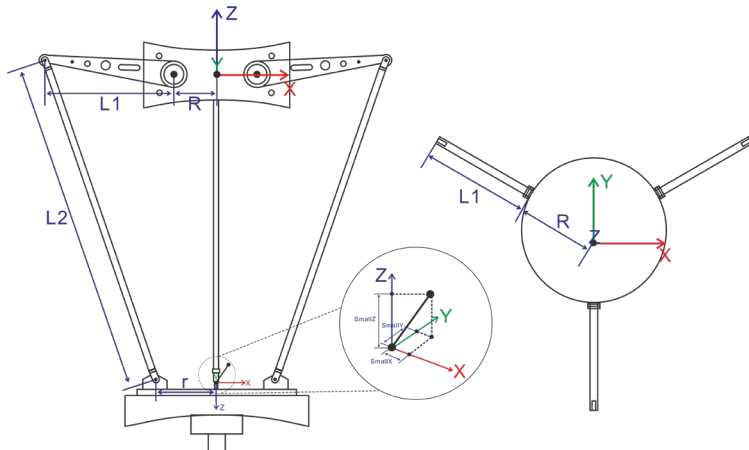
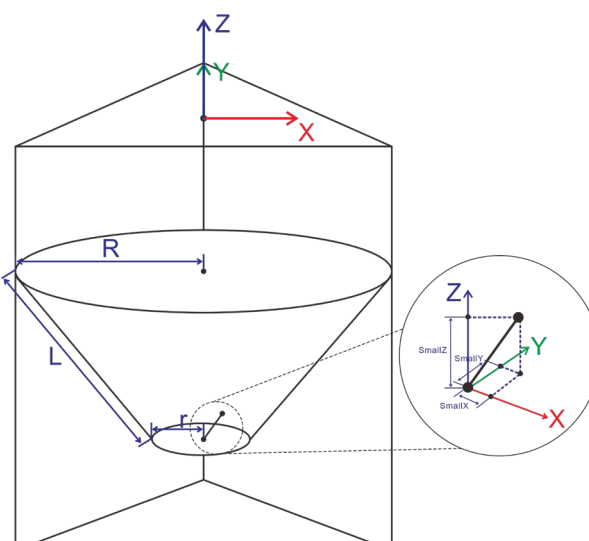
|                                    |                                                                                      |     |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Frame100</b><br><b>Frame104</b> |    | 5 轴 |
| <b>Frame114</b>                    |   | 5 轴 |
| <b>Frame115</b><br><b>Frame133</b> |  | 5 轴 |

## 2.1.2 二到五轴的 Delta Robot

**Delta Robot:** 德尔塔机器人。

**特点:** 作为最快速的平面取放手臂，一般由三个平行的臂构成。这种独特的机械结构使其能够快速进行水平移动，具有极高的加速度和速度，能够在短时间内完成物料的抓取和放置动作。

**应用场景:** 常见于包装和取放作业中，由于其高速、精准的特性，在食品包装、药品分拣、电子产品组装前的取放等环节得到广泛应用，因此俗称“蜘蛛手”。

| 类型      | 图纸                                                                                   | 描述    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Frame2  |    | 2 轴   |
| Frame12 |   | 3-4 轴 |
| Frame13 |  | 3-4 轴 |

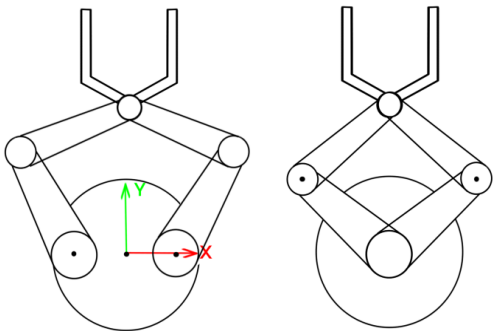
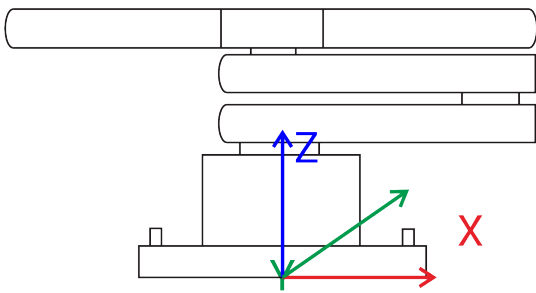
## 2.1.3 二到六轴的 SCARA 机器人

**SCARA:** Selective Compliance Assembly Robot Arm—选择顺应性装配机器人手臂。

**特点:** 其手臂运动姿态最接近产线作业员的徒手组装姿态，在水平方向（X、Y 轴）具有较好的顺应性，而在垂直方向（Z 轴）具有较高的刚度。这种特性使得它在执行组装和取放操作时，能够更好地适应零件的装配要求，同时保证操作的精度。

**应用场景:** 特别适合空间有限的组装和取放操作，在电子和半导体产业中应用广泛。例如在晶圆取出、卡夹取放等对精度和空间要求极高的应用中，SCARA 机器人凭借其优势成为首选。

| 类型                   | 图纸 | 描述    |
|----------------------|----|-------|
| Frame1               |    | 2-4 轴 |
| Frame5               |    | 3 轴   |
| Frame101<br>Frame105 |    | 5 轴   |
| Frame137             |    | 5 轴   |

|          |                                                                                    |       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Frame138 |  | 4 轴   |
| Frame143 |  | 3-5 轴 |

## 2.1.4 二到六轴的并联机构

**6 自由度并联机构：**6-DOF Parallel Mechanism。

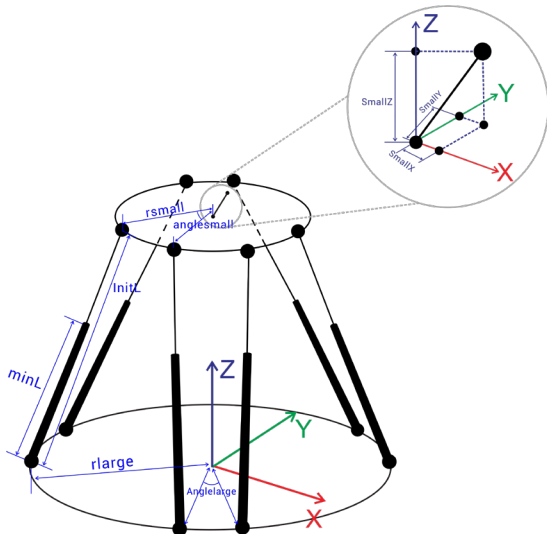
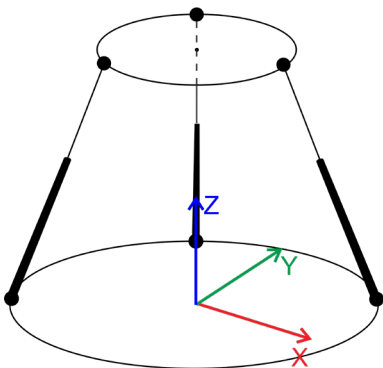
**特点：**

高刚度与高精度：多杆支承，误差小，传动累积误差低；

高承载能力：载荷由六杆分摊，总承载量大；

高动态特性：电机固定于机座，运动负荷小，响应快；

**应用场景：**高刚度、高精度、多用途，适合复杂空间运动与精密控制场景。

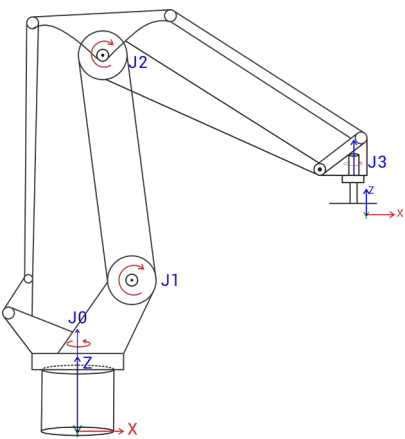
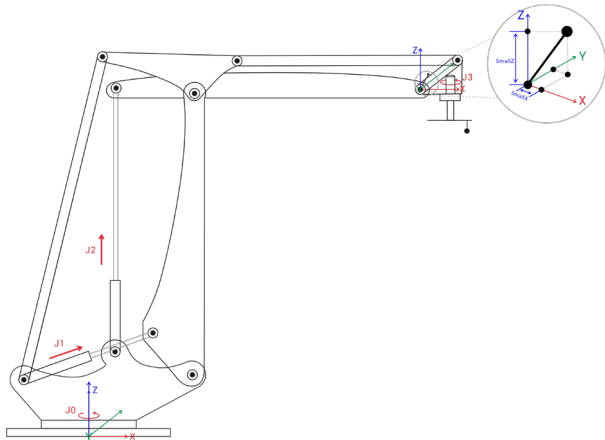
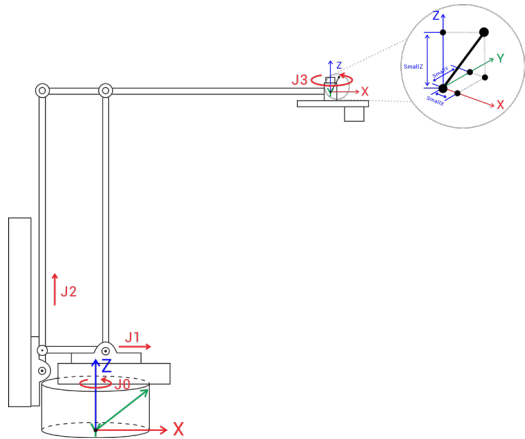
| 类型                 | 图纸                                                                                 | 描述  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame66<br>Frame67 |  | 6 轴 |
| Frame68            |  | 3 轴 |

## 2.1.5 二到五轴的 Cylindrical 构型机器人

**Cylindrical:** 圆柱坐标系。

**特点:** 手臂在圆柱坐标系中运行，这意味着它具有绕中心轴的旋转运动（ $\theta$  轴）、沿中心轴的直线运动（Z 轴）以及在垂直于中心轴的平面内的直线运动（R 轴）。这种运动组合提供了圆形和垂直方向的运动能力。

**应用场景:** 适用于物件的堆放、翻面等操作。例如在仓储物流领域，用于货物的堆垛和整理；在机械加工中，用于对工件进行翻转以便进行多面加工。

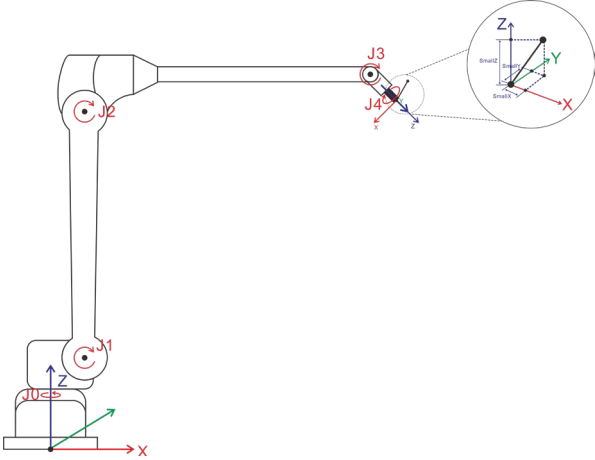
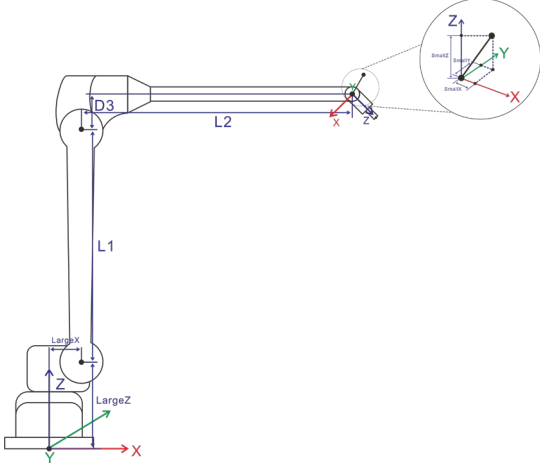
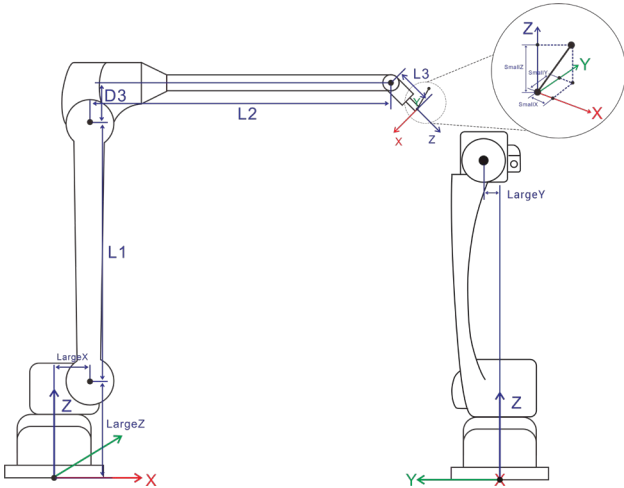
| 类型                | 图纸                                                                                   | 描述  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame3<br>Frame23 |    | 4 轴 |
| Frame136          |   | 5 轴 |
| Frame129          |  | 4 轴 |

## 2.1.6 三到七轴的 Articulated 机器人

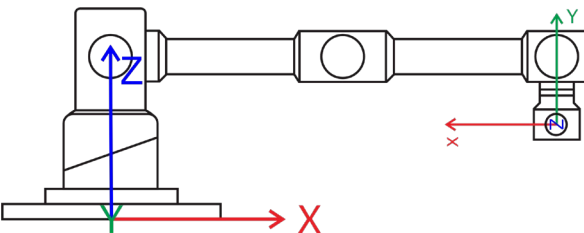
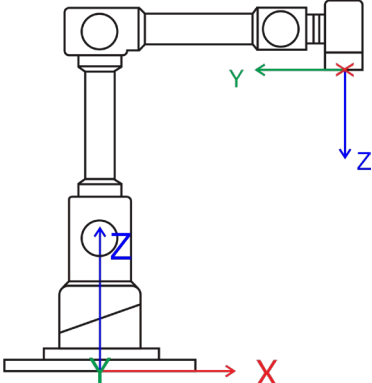
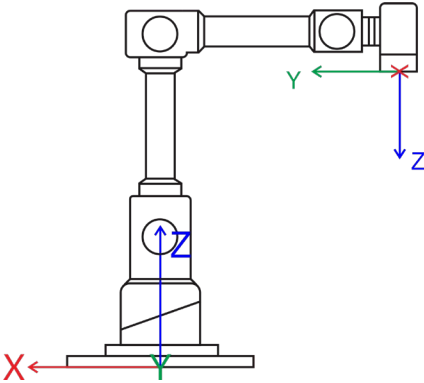
**Articulated:** 关节型。

**特点:** 这种机器人手臂类似人类手臂，具有多个旋转关节，因此具有很高的灵活性。根据不同的应用需求，可以选择不同轴数的配置。如果取放位置角度相对简单，可以选择轴数较少的精简配置，以降低成本和提高系统的可靠性；如果需要完成复杂位置角度的动作，则选择轴数较多的配置，以满足各种工业应用的需求。

**应用场景：** 关节型机器人适用于多种工业应用，如汽车制造中的焊接、喷涂、装配，航空航天领域的零部件加工和装配，以及医疗行业的手术辅助等。

| 类型      | 图纸                                                                                   | 描述  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame25 |    | 4 轴 |
| Frame6  |   | 6 轴 |
| Frame78 |  | 6 轴 |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <div>Frame79</div> | <div><p>Diagram of a 6-axis robotic arm (Frame79) in two configurations. The left configuration shows a vertical arm with joints J0, J1, J2, and J3. The right configuration shows a horizontal arm with joints J0, J1, J2, J3, J4, and J5. Dimensions L12Z, L23Z, L35Z, L56Z, L16Y, and L34X are indicated. A coordinate system (X, Y, Z) is shown at the end of the arm.</p></div> | <div>6 轴</div> |
| <div>Frame86</div> | <div></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                |

|         |                                                                                      |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame77 |    | 6 轴 |
| Frame87 |    | 5 轴 |
| Frame88 |  | 5 轴 |

### 2.1.7 三轴的对位平台（XXY、XYR）

#### 特点：

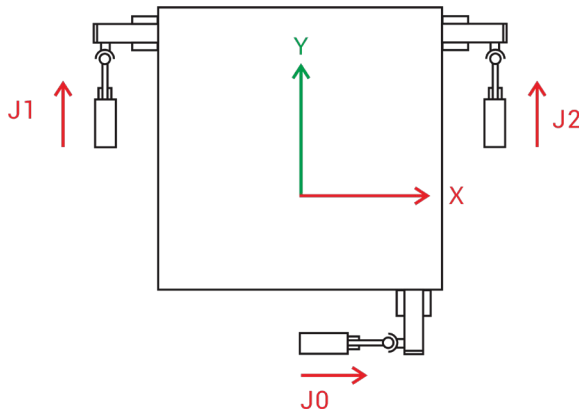
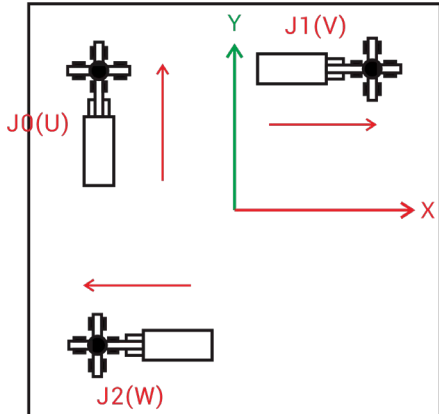
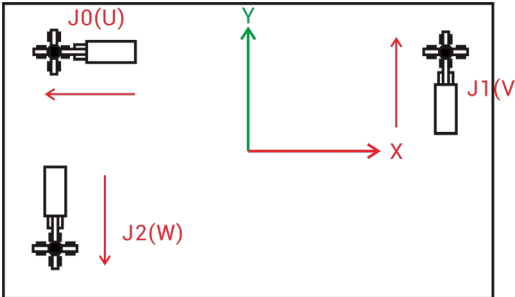
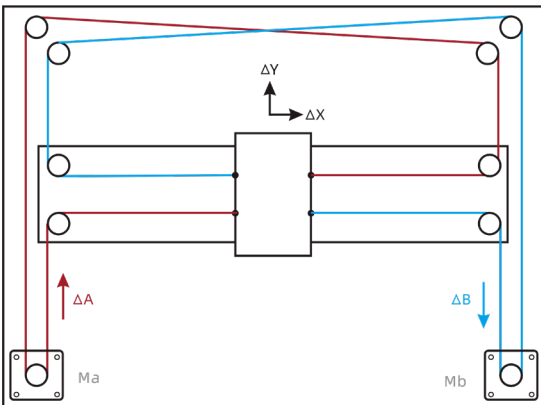
高精度：采用高精度研磨丝杆与交叉导轨，运行精度可达 $\pm 2\mu\text{m}$ 。

高稳定性：四点共平面支撑结构，负载能力达 400KG 以上。

灵活性：三轴驱动轴加一个自由轴设计，实现 X-Y 平移与  $\theta$  角度微调。

结构紧凑：最小台面尺寸仅 150mm，适应空间受限场景。

**应用场景：**广泛应用于半导体、PCB、手机制造等精密行业。

| 类型      | 图纸                                                                                   | 描述  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame33 |    | 3 轴 |
| Frame34 |   | 3 轴 |
| Frame37 |  | 3 轴 |
| Frame15 |  | 2 轴 |

The diagram illustrates a 2-axis robotic arm, labeled 'Frame131'. It features a horizontal beam supported by two vertical columns. The left column is labeled 'A1' and the right column is labeled 'A2'. The beam has a central joint mechanism. The diagram shows the following components and dimensions:

- Dimensions:**
  - $R1$ : Radius of the left column.
  - $R2$ : Radius of the right column.
  - $L1$ : Horizontal distance from the left column to the center of the beam.
  - $L2$ : Horizontal distance from the right column to the center of the beam.
  - $L$ : Vertical distance from the base to the center of the beam.
  - $L1$ : Horizontal distance from the left column to the center of the beam.
  - $L2$ : Horizontal distance from the right column to the center of the beam.
- Coordinate Systems:**
  - $X_{RES}$ : Red arrow pointing right, representing the base coordinate system.
  - $Z_{RES}$ : Blue arrow pointing up, representing the base coordinate system.
  - $X_{FCS}$ : Red arrow pointing right, representing the frame coordinate system.
  - $Z_{FCS}$ : Blue arrow pointing down, representing the frame coordinate system.
- Other Labels:**
  - $2$  轴: Two-axis.
  - $Frame131$ : Label for the frame.

### 2.1.8 三到五轴的数控加工旋转台

**特点:** 工作台和主轴均可旋转, 实现复杂曲面加工。

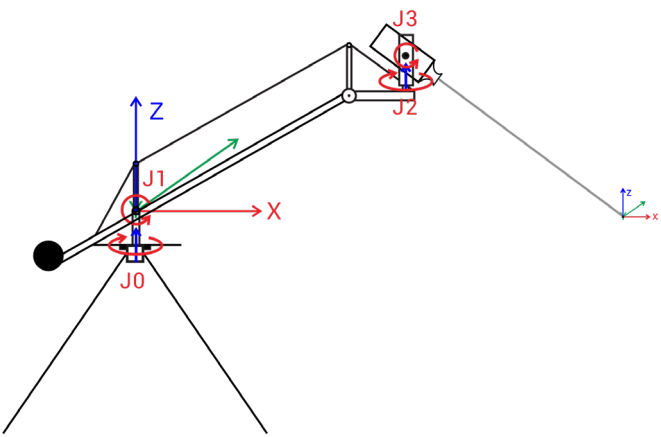
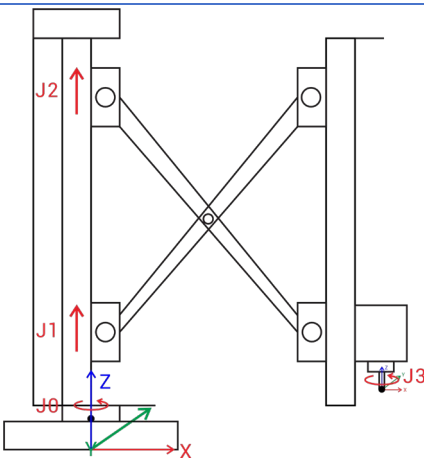
**应用场景：**广泛应用于航空航天、汽车制造、模具制造等领域。

| 类型                                                 | 图纸 | 描述  |
|----------------------------------------------------|----|-----|
| <b>Frame11</b><br><b>Frame18</b>                   |    | 3 轴 |
| <b>Frame17</b><br><b>Frame19</b><br><b>Frame29</b> |    | 5 轴 |

## 2.1.9 二到六轴的其他

特点：无。

应用场景：无。

| 类型                 | 图纸                                                                                  | 描述  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Frame44<br>Frame47 |   | 4 轴 |
| Frame109           |  | 4 轴 |

## 2.1.10 二到六轴的叠加

特点：常用于实现一些 frame 的叠加。

应用场景：无。

| 类型                            | 图纸 | 描述                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frame90                       | 暂无 | 关节耦合抵消类 frame-适用 1-6 的机械手。                                                                                                                                                                                                 |
| Frame93<br>Frame94<br>Frame95 | 暂无 | 此 frame 主要用于机械手安装到可移动的导轨上，如果我们要研究机械手和导轨的末端矢量速度，就需要固定一个坐标系，由于原来的机械手的基座坐标系一般是在机械手底座，但现在改机械手安装到可移动的导轨上了，因此需要从新定义一个新的固定的坐标系。假设我把坐标系固定在导轨的起始端（在此位置设置导轨零点即可），在基于这个坐标系下，末端的 xyz 拿出来，他的变化率就是我们要的速度的，如何拿到这个末端的 xyz？就用这个 frame93 即可， |

|                |    |                                                                                      |
|----------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                |    | 把要安装到导轨上的机械手的虚拟轴 xyz 作为这个 frame95 的关节 xyz,导轨使用辅助轴, frame93 的虚拟轴 xyz 就是上面讨论需要的末端 xyz。 |
| <b>Frame96</b> | 暂无 | 叠加机械手 XY 小三轴台装在另外一个 XY 大三轴台上。                                                        |
| <b>Frame97</b> | 暂无 | 叠加机械手 XYZ 小三轴台装在另外一个 XYZ 大三轴台上。                                                      |
| <b>Frame98</b> | 暂无 | 增加系数矩阵映射。                                                                            |
| <b>Frame99</b> | 暂无 | XYZ 映射<br>好处可以使用 frame_rotate 指令对 XYZ 做平移旋转。                                         |

## 2.2 带 R 的 frame 一览表

| 机械手      | 要求    |
|----------|-------|
| Frame2   | 需要带 R |
| Frame12  | 需要带 R |
| Frame14  | 需要带 R |
| Frame22  | 需要带 R |
| Frame13  | 需要带 R |
| Frame6   | 需要带 R |
| Frame26  | 需要带 R |
| Frame36  | 需要带 R |
| Frame46  | 需要带 R |
| Frame56  | 需要带 R |
| Frame66  | 需要带 R |
| Frame76  | 需要带 R |
| Frame77  | 需要带 R |
| Frame87  | 需要带 R |
| Frame88  | 需要带 R |
| Frame128 | 需要带 R |
| Frame78  | 需要带 R |
| Frame79  | 需要带 R |
| Frame86  | 需要带 R |
| Frame68  | 需要带 R |

## 2.3 Zrobotview 支持的 frame 一览表

| 机械手      | 是否支持 |
|----------|------|
| Frame1   | 支持   |
| Frame101 | 支持   |
| Frame105 | 支持   |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Frame106                          | 支持 |
| Frame107                          | 支持 |
| Frame108                          | 支持 |
| Frame11                           | 支持 |
| Frame17                           | 支持 |
| Frame18                           | 支持 |
| Frame19                           | 支持 |
| Frame3                            | 支持 |
| Frame103                          | 支持 |
| Frame5                            | 支持 |
| Frame15                           | 支持 |
| Frame102                          | 支持 |
| Frame2                            | 支持 |
| Frame12                           | 支持 |
| Frame13                           | 支持 |
| Frame25                           | 支持 |
| Frame6                            | 支持 |
| Frame26                           | 支持 |
| Frame36                           | 支持 |
| Frame100                          | 支持 |
| Frame104                          | 支持 |
| Frame14                           | 支持 |
| Frame46                           | 支持 |
| Frame66                           | 支持 |
| Frame76                           | 支持 |
| Frame77                           | 支持 |
| Frame86                           | 支持 |
| Frame110                          | 支持 |
| Frame112                          | 支持 |
| Frame116                          | 支持 |
| Frame33                           | 支持 |
| Frame87                           | 支持 |
| Frame117                          | 支持 |
| Frame118                          | 支持 |
| Frame88                           | 支持 |
| Frame67                           | 支持 |
| Frame78                           | 支持 |
| Frame23                           | 支持 |
| Frame138                          | 支持 |
| Frame95                           | 支持 |
| Frame3695（frame36 和 frame95 合并显示） | 支持 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Frame7895（frame78 和 frame95 合并显示） | 支持 |
| Frame143                          | 支持 |
| Frame114                          | 支持 |
| Frame115                          | 支持 |
| Frame133                          | 支持 |
| Frame128                          | 支持 |

## 第三章 软件工具使用

### 3.1 RTSys 程序开发环境

编写和调试 BASIC 程序需要。

下载链接: [https://zmotion.com.cn/download\\_list\\_4.html](https://zmotion.com.cn/download_list_4.html)

详情使用请阅读 RTSys 使用说明文档。

### 3.2 ZRobotView 机械手模型仿真工具

ZRobotView 主要是用来模拟机械手的实际运动轨迹，检查机械手程序及实际机械手在运行过程中的速度，轨迹，姿态位置等，防止事故的发生。

下载链接: [https://zmotion.com.cn/download\\_list\\_4.html](https://zmotion.com.cn/download_list_4.html)

### 3.3 PC 上位机使用

使用上位机开发。

详情使用请阅读上位机开发使用说明文档。

[\\172.16.10.20\企业外部共享\00 光盘资料\03 编程手册\03Zmotion PC 函数库编程手册](#)

## 第四章 机械手相关使用

### 4.1 相关指令

请详细阅读 Basic 指令手册。

#### 4.1.1 建立正逆解例程模板

下面是 Frame1 例程。

```
""电机、机械手参数定义
dim L1      '大臂长度
dim L2      '小臂长度
dim L3      'X 方向偏移
dim ZDis    '旋转轴一圈，z 轴移动距离
L1=10
L2=10
L3=0
ZDis=0

dim u_m1    '电机 1 一圈脉冲数
dim u_m2    '电机 2 一圈脉冲数
dim u_mz    '电机 z 一圈脉冲数
dim u_mv    '电机 v 一圈脉冲数
u_m1=10000
u_m2=10000
u_mz=10000
u_mv=10000

dim i_1     '关节 1 传动比
dim i_2     '关节 2 传动比
dim i_z     '关节 z 传动比
dim i_v     '关节 v 传动比
i_1=2
i_2=2
i_z=2
i_v=2

dim u_j1 '关节 1 实际一圈脉冲数
dim u_j2 '关节 2 实际一圈脉冲数
dim u_jz '关节 z 实际一圈脉冲数
dim u_jv '关节 v 实际一圈脉冲数
u_j1=u_m1*i_1
u_j2=u_m2*i_2
```

```

u_jz=u_mz*i_z
u_jv=u_mv*i_v

dim p_z      'z 轴螺距
p_z=1.5

""关节轴设置
BASE(0,1,2,3)      '选择关节轴号
atype=1,1,1,1      '轴类型设为脉冲轴
UNITS=u_j1/360,u_j2/360,u_jv/360,u_jz/p_z  '把 z 轴 units 设成 1mm 的脉冲数
                                          '其余轴设成 1° 的脉冲数
DPOS=0,0,0,0      '设置关节轴位置，确认移动到零点位置再清 0
speed=100,100,100,100  '速度参数设置
accel=1000,1000,1000,1000
decel=1000,1000,1000,1000
CLUTCH_RATE=0,0,0,0      '使用关节轴的速度和加速度限制

""虚拟轴设置
BASE(6,7,8,9)
ATYPE=0,0,0,0      '设置为虚拟轴
TABLE(0,L1,L2,u_j1,u_j2,u_jv,L3,ZDis)  '根据手册说明填写参数
UNITS=1000,1000,u_jv/360,1000  '运动精度，要提前设置，中途不能变化
speed=200,200,200,200  '速度参数设置
accel=1000,1000,1000,1000
decel=1000,1000,1000,1000

""建立机械手连接
while 1
    if scan_event(in(0))>0 then  '输入 0 上升沿触发
        BASE(0,1,2,3)      '选择关节轴号
        CONNFRAME(1,0,6,7,8,9)  '第 6/7 轴作为虚拟的 XY 轴，启动逆解连接
        WAIT LOADED      '等待运动加载，此时会自动调整虚拟轴的位置
        ?"逆解模式：此时可以发送运动指令操作虚拟轴"
    elseif scan_event(in(0))<0 then  '输入 0 下降沿触发
        BASE(6,7,8,9)      '选择虚拟轴号
        CONNREFRAME(1,0,0,1,2,3)  '第 0/1 轴作为关节轴，启动正解连接。
        WAIT LOADED      '等待运动加载
        ?"正解模式：此时可发送运动指令操作关节轴"
    endif
Wend

```

### 4.1.2 计算指定姿态解例程模板

```
GLOBAL sub frame_test3()
  LOCAL err
  if MTYPE(0) = 0 THEN
    '正解时，要 base 关节轴
    base(0,1)
  ELSE
    '逆解时，要 base 虚拟轴
    base(6,7)
  ENDIF

  'i 是姿态值，现在计算姿态 0 1 2 3 同一个坐标 xyz 位置的关节解
  for i = 0 to 3
    table(100,1240, 0, 1260, 0, i)

    err = FRAME_TRANS2(100,200,2)

    if err = -1 THEN
      '输出对应姿态位置解：关节位置
      ?*TABLE(200,6),"姿态",i

      '把算出的关节位置，又作为输入，计算这个关节的坐标位置 xyz
      FRAME_TRANS2(200,300,3)
      ?*TABLE(300,6),"关节位置",TABLE(306)
    ENDIF
  NEXT

end sub
```

### 4.1.3 标定计算例程模板

```
'测试 frame100 frame_cal 指令
GLOBAL sub frame100_cal()
  LOCAL err

  '保证对应的 frame 进入逆解

  base(0,1,2,3,4)
  ' table(300,21.5800, 1.8800, 0.0000 ,10.0000 ,0.0000 )
  ' table(305,0, 0, 0.0000, 0, 0.0000 )
  ' table(310,13.6600, -3.6600, 0.0000, 6.0000, 0.0000)
  ' table(315,-15.3200, 0.0000 ,-7.1400, 0.0000, 5.0000)
  ' table(320,-19.6900,0.0000, -23.4700, 0.0000, 10.0000)
  table(300,92.8440, 119.6880, 56.7700, 0, 0 )
```

```

table(305,92.0560, 131.8540, 56.7700, 45, 0)
table(310,99.7940, 140.9780, 56.7700, 90, 0)
table(315,111.7760, 142.2120, 56.7700, 135, 0)
table(320,120.9920, 134.5640, 56.7700, 180, 0)

table(200) = 0 '辅助点
err = FRAME_CAL(300,5,5,200,100,150) 'FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux,
zeroout, [tableout2])
if not err then
    print "FRAMECAL failed"
ENDIF

for i = 0 to 10
    print "table",100+i,"= ",table(100 + i)
next

for i = 0 to 10
    print "table",150+i,"= ",table(150 + i)
next

end sub

GLOBAL sub Cal_Frame6cal()
    LOCAL tablej,tablec,eyemode,tableout,tableout2,i,j

    tablej = 100
    tablec = 200
    tableout=300
    tableout2=400

    DMSET TABLE(tablej,500,0)
    '进入逆解

    op(0,1)

    TABLE(tablej +0, -27.17,32.7426,18.4722,-40.4,-79.7749,36.5106)
    TABLE(tablej +10,-3.6545, 27.0083, 32.7838, -10.5708,-76.9495,-43.9495)
    TABLE(tablej +20,-9.7324, 24.7946, 10.616, -28.6027,-23.8832,5.8011)
    TABLE(tablej +30,-20.0569, 34.3796, -5.0021, -95.6912,-69.9759,50.8453)
    TABLE(tablej +40,-24.0498, 37.2304, -5.3454, -87.9633,-80.4957,49.2725)
    TABLE(tablej +50,-21.8824, 45.0116, -18.8879,-87.9721,-78.3945,55.0074)
    TABLE(tablec) = 0

```

```
base(0,1,2,3,4,5)
?FRAME_CAL(tablej,10,4,tablec,tableout,tableout2)

for i=0 to 3
    ?table(tableout + i*4 + 0),table(tableout + i*4 + 1),table(tableout + i*4 +
2) ,table(tableout + i*4 + 3)
NEXT

    ?table(tableout2 + 13),table(tableout2 + 14),table(tableout2 + 15) ,table(tableout2 +
16) ,table(tableout2 + 17),table(tableout2 + 18)
    ?"success"
end sub
```

## 第五章 机械手标定示教

由于机械手整体配件在设计和装配时都会有误差,所以如果按照理论值填写参数必然会产生坐标的偏差,此时就需要使用参数校正功能。

参数校正是机械手关节示教的坐标和特点自动校正零点位置与机械参数,部分机械手类型支持。

### 5.1 支持标定的 FRAME

| 类型            | 描述                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------|
| FRAME1-134    | 关节偏差纠正<br>臂长纠正<br>FRAME1-TCP 标定<br>U 型旋转轴标定<br>相机在手上标定<br>FRAME134-批头标定 |
| FRAME11       | 旋转台 1 和旋转台 2 标定                                                         |
| FRAME17-19    | 旋转台 1 和旋转台 2 标定                                                         |
| FRAME29       | 旋转台 1 和旋转台 2 标定                                                         |
| FRAME101-105  | 摆动轴和旋转轴偏心距离标定                                                           |
| FRAME100-104  | 摆动轴和旋转轴偏心距离标定                                                           |
| FRAME118      | 摆动轴和旋转轴偏心距离标定                                                           |
| FRAME6-78     | TCP 标定                                                                  |
| FRAME93-94-95 | 导轨角度标定                                                                  |

### 5.2 操作步骤

- 1) 操作各关节轴运动到类型规定零点位置。
- 2) 按理论机械手参数建立机械手连接。
- 3) 控制机械手末端点运动到校正点。
- 4) 记录关节轴坐标并填入 Table 数组。
- 5) 通过 FRAME\_CAL 指令实现参数校正。
- 6) 校正出实际零点时的关节轴绝对坐标与机械参数,输出到指令指定的 Table 位置。
- 7) Rapidstop 指令取消机械手模式。
- 8) 手动运动各关节轴到纠偏输出对应的绝对位置。
- 9) 手动清 0 关节轴 dpos。

10) 最后使用纠偏输出的 Table 参数重新建立机械手。

## 5.3 指令和例程模板

### 5.3.1 FRAME\_CAL--参数矫正

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 类型    | 机械手计算指令                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 描述    | <p>根据机械手关节示教的坐标和特点自动校正当前的机械手参数。</p> <p>Tablein 中存储的关节轴坐标获取，用当前的零点位置与机械手参数建立机械手链接前提下，控制机械手末端点运动到校正点，取校正点的关节轴坐标。校正当前零点位置与理论零点的偏差，计算出在理论零点的关节轴坐标。校正机械手参数的值（校正部分参数），计算出理论的机械参数的值。FRAME_CAL 只做计算，指令返回值为-1 计算成功，返回 0 计算失败。</p> <p><b>FRAME_CAL 的 BASE 轴必须是在 FRAME 状态的轴。</b></p>                                                                                                 |
| 语法    | <p>FRAME_CAL(tablein,space,groups,tableaux,zeroout,[tableout2])</p> <p>参数：</p> <p>tablein 关节坐标存储的 table 起始编号，每个点的关节坐标按顺序存储，多个点之间间隔 space。</p> <p>space 每两个点之间间隔的 TABLE 元素。</p> <p>Groups 点数。</p> <p>Tableaux 辅助参数的 table 编号，部分 FRAME 需要。</p> <p>Zeroout 计算出来理论零点时关节轴的绝对坐标的 table 编号。</p> <p>Tableout2 计算出来的机械手参数存储的位置，不填时直接存储原参数的位置。</p>                                  |
| 适用控制器 | 通用                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 例程    | <pre> LOCAL tablej,tablec,eyemode,tableout,tableout2,i,j  tablej = 100 tablec = 200 tableout = 300 tableout2 = 400  BASE(0,1,2,3,4,5) '确保逆解模式 wait UNTIL MTYPE(0) = 33  table(tablec,1)' 理想和 y 轴平行 0 是 x 轴 2 是 z 轴  '示教点 P1 -&gt; P2-&gt;P3 导轨变化是从按顺序变大或变小 '示教点数据： 机械手基座坐标的位置 x y z R(导轨位置) TABLE(tablej,1260.7961,-96.0341,181.0824,-119.6803,0,0) '导轨 - 119.6803 </pre> |

```

TABLE(tablej+6,1258.1518,-215.6852,181.1263,0,0,0)
'导轨 - 0
TABLE(tablej+12,1255.3135,-344.1212,181.1733,128.4674,0,0)
'导轨 + 128.4674

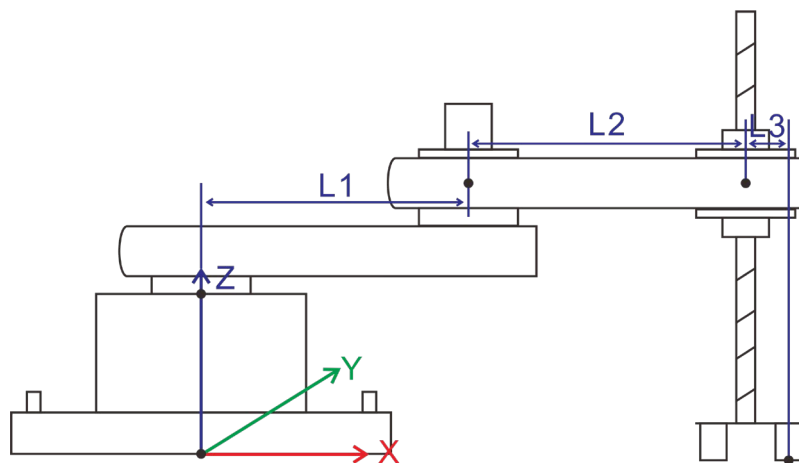
base(0,1,2,3,4,5)
?FRAME_CAL(tablej,6,3,tablec,tableout,tableout2)

?"RX1",table(tableout)
?"RY1",table(tableout + 1)
?"RZ1",table(tableout + 2)
?"平均误差",table(tableout + 3)

```

## 5.4 各类型标定说明

### 5.4.1 FRAME1-134



#### 5.4.1.1 J1 偏差

##### 校正内容

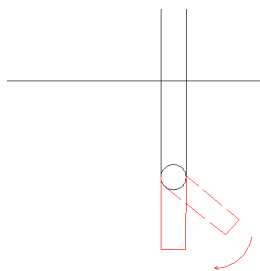
L2 长度。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

关节 J1 零点的偏差角度。(见 FRAME\_CAL 的 Zerooutz 输出)

##### 校正要求

L1 的长度是正确的。

如果有末端旋转摆动，示教时必须保证末端在正下方，如下图。



## 校正方法

### 1) Tableaux

Tableaux 对应的 TABLE 填入 0，表示左右手法。

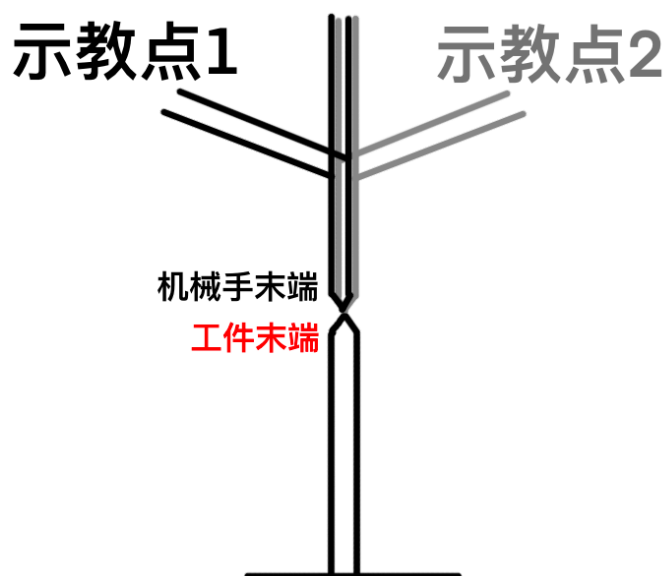
`table(tableaux) = 0`

### 2) 示教

左右两个关节姿态下运行到世界坐标系中同一个位置。

示教点 1：记录左手姿态时的关节轴坐标。

示教点 2：记录右手姿态时的关节轴坐标。



### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 `tablein` 一致的 `table`。

点 2 的关节轴坐标填入 `tablein+space` 的 `table`。

根据选择的校正方式，辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 `Zerooutz` 指定的 `table`。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 `Tableout2` 指定的 `table`。

### 5.4.1.2 臂长参数校正

#### 校正内容

J0、J1 角度偏差

L1、L2 长度。

见以下 Zerooutz 输出：

? "大臂长",table(Zerooutz)

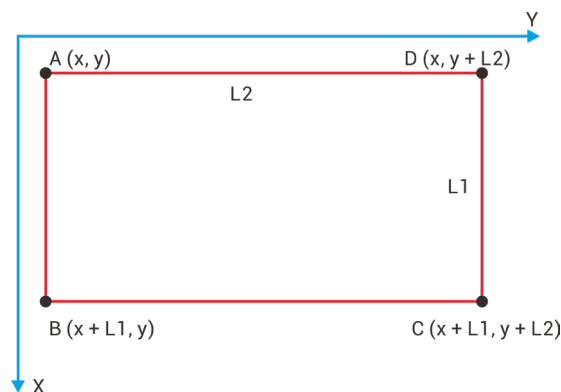
? "小臂长",table(Zerooutz+ 1)

? "关节 1 零点偏差",table(Zerooutz+ 2)

? "关节 2 零点偏差",table(Zerooutz+ 3)

#### 校正要求

通过机械手按顺序示教四个孔，每示教一个孔需要读取记录一次关节位置，直到记录完，然后使用该指令计算校正 SCARA 臂长 L1 和 L2，以及小臂关节的零点位置与理论零点的偏差。



在机械手的工作平面上任意位置固定标定板，保证机械手执行末端圆柱体在行程内可插入标定板任意孔位，其次依次将标定板执行端圆柱体插入标定板孔位中，示教顺序从 A - B - C - D，记录关节的度数，按间隔分别填到 table(groups)。

如图标定板参数说明。

L1 和 L2 为标定板已知的参数。

ABCD 示教过程要求换姿态示教，确保每次小臂关节变化大。

例如：ABCD->左右左右或者右左右左。

注意：其中 L1 长度可以给等于 0，这样 AB 两点重合，但示教仍然是 4 个点，按照 ABCD->（手系）左右左右或者右左右左

## 校正方法

根据 FRAME\_CAL 指令的 tableaux 参数填写值，有两种情况：

1) Tableaux:

`table(tableaux) = 2`

`table(tableaux + 1) = L1`

`table(tableaux + 2) = L2`

2) 示教:

ABCD 示教过程要求换姿态示教，确保每次小臂关节变化大。

例如：ABCD->左右左右或者右左右左

示教点顺序 A - B - C - D 关节顺序(大臂 小臂 末端旋转 末端升降)

`TABLE(tablej,-56.08,130.35,0,0,-26.65,56.20,0,0,21.30,15.08,0,0,3.53,104.67,0,0)`

`TABLE(tableaux,2,180,200,0,0)`

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

以此类推。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

? "大臂长",table(Zerooutz)

? "小臂长",table(Zerooutz+ 1)

? "关节 1 零点偏差",table(Zerooutz+ 2)

? "关节 2 零点偏差",table(Zerooutz+ 3)

计算出来关节 1、2 零点偏差之后，输出的值是度单位，矫正时正向旋转偏差值，在重新给关节标定零点。例如：关节 2 偏差 5 度，这时候伸直机械手之后，关节 2 手动运动+5 度，dpos=5 之后，然后重新设置 dpos = 0 即可。

### 5.4.1.3 FRAME1-TCP（工具）标定

#### 校正内容

工具的长度，和工具相对旋转轴零点的角度。

见以下 Zerooutz 输出：

? "工具长度",table(Zerooutz)

? "工具相对零点的旋转角度",table(Zerooutz + 1)

? "工具末端在机械手末端的 x 轴坐标",table(Tableout2)

? "工具末端在机械手末端的 y 轴坐标",table(Tableout2 + 1)

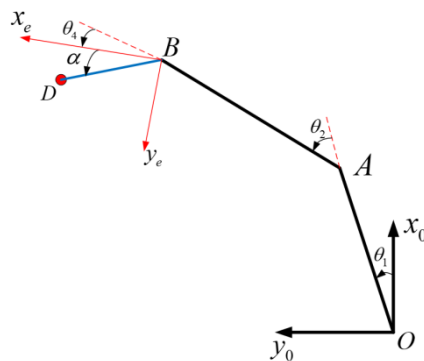
? "工具末端在机械手末端的 Rz 轴坐标单位度",table(Tableout2 + 5)

#### 校正要求

标定机械手末端工具，返回工具在末端坐标系下的坐标。

采用两点法。

用户选定一个在机械手工作空间范围内的点，把机械手示教工具末端对准该点，记录小臂末端关节坐标 A，换个姿态或手系，继续对准该点，记录小臂末端关节坐标 B。



#### 校正方法

根据 FRAME\_CAL 指令的 tableaux 参数填写值，有两种情况：

1) Tableaux

table(tableaux) = 3

2) 示教

记录小臂末端关节坐标 A，换个姿态或手系，继续对准该点，记录小臂末端关节坐标 B。

示教点 A-B 关节顺序(大臂 小臂 末端旋转 末端升降)

TABLE(tablej,10.2075,120,-40.2050,2.2337,17.6015,109.5725,-127.17,7.0652)

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

以此类推。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

? "工具长度",table(Zerooutz)

? "工具相对零点的旋转角度",table(Zerooutz + 1)

? "工具末端在机械手末端的 x 轴坐标",table(Tableout2)

? "工具末端在机械手末端的 y 轴坐标",table(Tableout2 + 1)

? "工具末端在机械手末端的 Rz 轴坐标单位度",table(Tableout2 + 5)

## 5.4.1.4 U 型旋转轴标定

### 校正内容

标定机械手末端 U 型旋转的偏心位置和角度（机械手零点位置机械手末端至圆心所成直线与 X 轴所成夹角）。

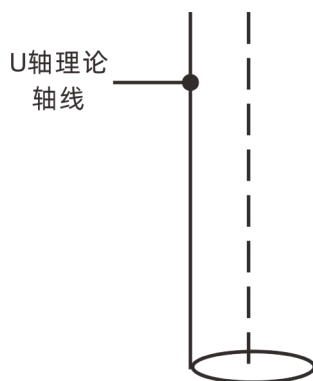
最终计算出旋转轴旋转一圈的圆心位置和角度。

### 校正要求

标定机械手末端工具，返回工具在末端坐标系下的坐标。

采用三点法。

用户选定一个在机械手工作空间范围内的点，把机械手示教工具末端对准该点，记录关节示教 1，旋转 U 轴，继续对准该点，记录关节示教 2，继续旋转 U 轴，记录关节示教 3。



理论轴线与旋转轴线平行

## 校正方法

根据 FRAME\_CAL 指令的 tableaux 参数填写值，有两种情况：

### 1) Tableaux

table(tableaux) = 6

### 2) 示教

设置 3 点关节数据 关节顺序(大臂 小臂 末端旋转 末端升降)

```
TABLE(tablej,360.1170,0.7223,359.5905,5.1943,355.7279,9.2466,350.9536,10.1093,346.18
12,9.1534,342.3643,6.0690,340.6466,1.5751,341.1974,-3.1836,343.8594,-7.2663,348.2902,-9.763
6,353.3520,-9.0493,357.7442,-6.9600,360.5526,-2.6476)
```

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

以此类推。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

?"U 轴末端在机械手坐标系下 x 轴坐标",table(Zerooutz)

?"U 轴末端在机械手坐标系下 y 轴坐标",table(Zerooutz+ 1)

?"U 轴末端在机械手末端的的角度",table(Zerooutz+ 2)

?"U 轴末端在机械手末端的距离",table(Zerooutz+ 3)

?"U 轴末端在机械手末端的 x 轴坐标",table(tableout2)

?"U 轴末端在机械手末端的 y 轴坐标",table(tableout2 + 1)

?"U 轴末端在机械手末端的 Rz 轴坐标",table(tableout2 + 5)

#### 5.4.1.5 相机在手上计算新的相机中心位置标定

##### 校正内容

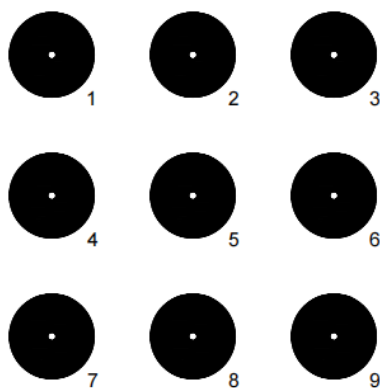
1. 相机在手上（仅适用在小臂 J2 上）。
2. 相机中心作为臂长 L2，即丝杆末端。
3. 相机 9 点标定按照固定相机思路即可，算出的坐标，通过 frame\_cal 转即可。

##### 校正要求

相机在机械手小臂手上（仅适用在小臂 J2 上），且相机中心作为机械手丝杆末端为机械手臂长 L2。

##### 输入：

用户在任意位置给相机做 9 点标定时（下图是标定板），相机中心要对准第 5 点再进行拍照，拍完照之后示教 9 个点的过程要，要记录示教第 5 点时的关节位置，记录作为示教点 A。



25mmx25mm

完成标定之后，后面相机去任意地方拍照，进行 mark 识别输出 Mark 点相对相机的局部世界坐标，记录该坐标 oldx、oldy，同时记录当前拍照的关节坐标，记录作为示教点 B。

##### 输出：

需要经过此 frame\_cal 计算出新的坐标 newx、newy 才能真正给到机械手。

##### 校正方法

根据 FRAME\_CAL 指令的 tableaux 参数填写值，有两种情况：

- 1) Tableaux

table(tableaux) = 8(相机在 J2)

table(tableaux) = 9(相机在 J4)

table(tableaux+1)要给 tcp 标定的 x 和 y

space >= 关节轴数(相机在 J2,要求关节轴数要 2 以上)

space >= 关节轴数(相机在 J4,要求关节轴数要 4 个)

## 2) 示教

table(tablec,8) '相机在 J2

'table(tablec,9,tcp<sub>x</sub>,tcp<sub>y</sub>) '相机在 J4

'示教点 A 关节顺序(大臂 小臂 [末端旋转 末端升降])

'示教点 A

TABLE(tablej,10,14,0,0)

'示教点 B

TABLE(tablej+4,11,16,0,0)

'Mark 点相对相机的局部世界坐标 oldx,oldy

TABLE(tablej+8,oldx,oldy)

## 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

以此类推。

## 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

?"新的相机中心 x 轴坐标",table(tableout2)

?"新的相机中心 y 轴坐标",table(tableout2 + 1)

## 5.4.1.6 FRAME134-批头标定

### 校正内容

1. 相机在手上（仅适用在小臂 J2 上）。
2. 相机中心作为臂长 L2，即丝杆末端。

3. 随意更换批头，简单完成两点标定批头偏移即可，通过 `frame_tcp` 快速切换，不需要重新建立正逆解（此标定仅适用 `frame134` 的机械手）。

**注意：** `frame134` 机械手才可以用。

## 校正要求

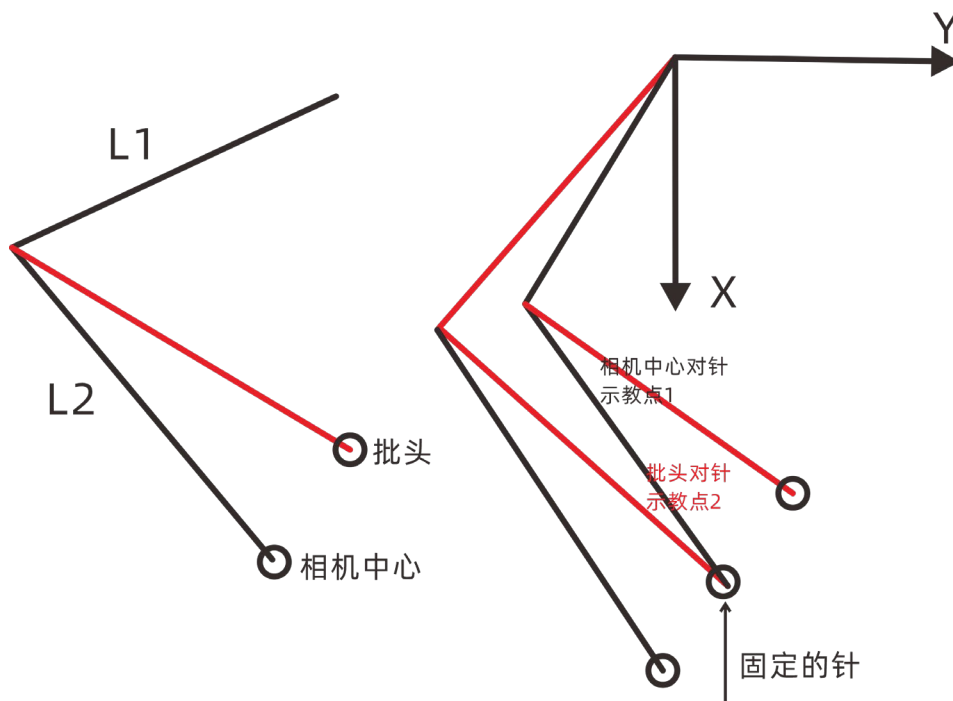
标定相机中心到批头的偏移，返回零点时在批头在相机中心末端坐标系下的坐标。

**输入：**

采用两点法（相机在机械手小臂手上，且相机中心作为机械手丝杆末端为机械手臂长 `L2`）

第一个示教点：先让相机中心去对一个固定的针，记录示教点 A 关节。

第二个示教点：拖动机械手，让批头对同一个固定的针，记录示教点 B 关节。



**输出：**

最终计算零点时在批头在相机中心末端坐标系下的坐标。

**其他：**

批头标定：右手系示教标定一个，右手系示教标定一个，如果当前是右手打螺丝，就用右手的标定结果给到 `frame_tcp`，反之左手。这样精度高。

## 校正方法

根据 `FRAME_CAL` 指令的 `tableaux` 参数填写值，有两种情况：

1) `Tableaux`

`table(tableaux) = 7`

## 2) 示教

'示教点 A 关节顺序(大臂 小臂)

'示教点 A

TABLE(tablej,10,12,0,0)

'示教点 B

TABLE(tablej+4,11,15,0,0)

**校正前填写 table 数据**

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

以此类推。

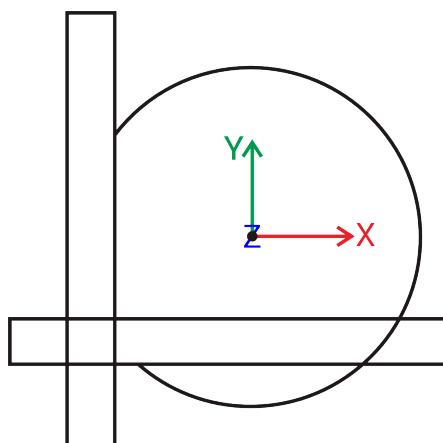
**校正后输出 table 数据**

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

?"批头在相机中心末端的 x 轴坐标",table(tableout2)

?"批头在相机中心末端的 y 轴坐标",table(tableout2 + 1)

**5.4.2 FRAME11****校正内容**

旋转中心实际偏移 CENTERX, CENTERY。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

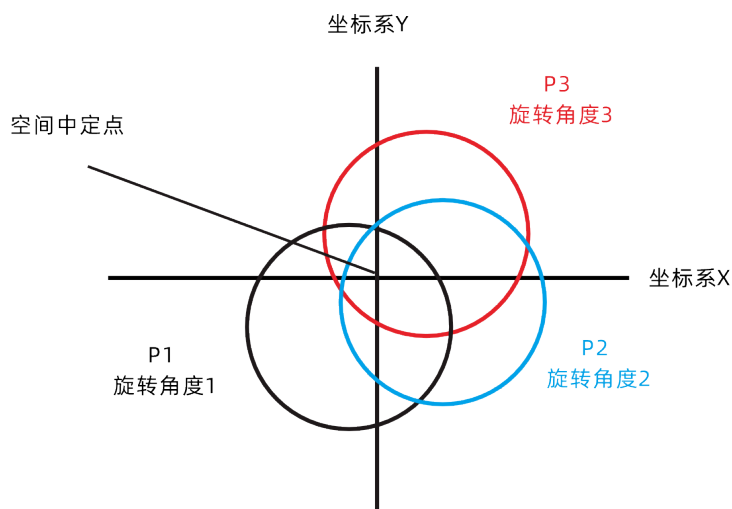
关节轴零点偏移: 无

## 校正要求

旋转轴 UNITS 设置为正确的一圈脉冲数。

旋转正向与机械手连接设置方向一致。

在世界坐标系中同一个位置，对应旋转轴不同的角度,角度范围大一些。至少记录 3 个关节坐标位置，如下图所示。



## 校正方法

### 1) Tableaux

`table(tableaux) = 0`

### 2) 示教

世界坐标系中同一个位置，对应旋转轴不同的角度，角度范围大一些。至少记录 3 个关节坐标位置。

`table(300,0,0,0)` '第一个点

`table(303,-6,10,-45)` '第二个点

`table(306,5.2,10.8,45)` '第三个点

`table(200) = 0` '辅助点

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 `tablein` 一致的 `table`。

点 2 的关节轴坐标填入 `tablein+space` 的 `table`。

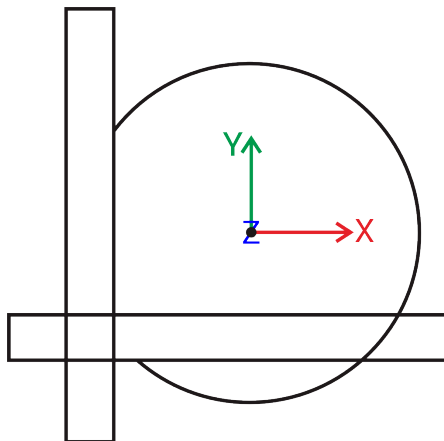
根据选择的校正方式，辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

### 5.4.3 FRAME17-19



#### 校正内容

rx 旋转台 1 中心实际偏移 CentY1, CentZ1, rz 旋转台 2 中心实际偏移 CentX2, CentY2。  
(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

rx 旋转台 1 和 rz 旋转台 2 零点时的位置偏移角度。(见 FRAME\_CAL 的 Zerooutz 输出)

#### 校正要求

旋转轴 UNITS 设置为正确的一圈脉冲数。

旋转正向与机械手连接设置方向一致。

大旋转中心线与 x 水平，小旋转中心线与 z 水平。

在世界坐标系中同一个位置，对应旋转轴不同的角度，角度范围大一些。

至少记录 6 个关节坐标，其中大旋转轴相同角度，小旋转不一样角度下至少 3 点；小旋转轴相同角度，大旋转不一样角度下至少 3 点。

#### 校正方法

##### 1) Tableaux

table(tableaux) = 0

##### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*1 的 table。

点 3 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*2 的 table。

点 4 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*3 的 table。

点 5 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*4` 的 table。

点 6 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*5` 的 table。

#### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 `FRAME_CAL` 指令参数 `tablein` 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 `tablein+space` 的 table。

根据选择的校正方式，辅助点 `Tableaux` 填写 0。

#### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 `Zerooutz` 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 `Tableout2` 指定的 table。

## 5.4.4 FRAME29

### 校正内容

`rx` 旋转台 1 中心实际偏移 `CentY1`, `CentY1`, `CentZ1`, `rx` 旋转台 1 旋转轴中心线方向 `dirx1,diry1,dirz1`, `rz` 旋转台 2 中心实际偏移 `CentX2`, `CentY2`, `CentZ2`, `rz` 旋转台 2 旋转轴中心线方向 `dirx2,diry2,dirz2`。(见 `FRAME_CAL` 的 `Tableout2` 输出)

`rx` 旋转台 1 和 `rz` 旋转台 2 零点时的位置偏移角度：无。

### 校正要求

旋转轴 `UNITS` 设置为正确的一圈脉冲数。

旋转正向与机械手连接设置方向一致。

大旋转中心线与 `x` 水平，小旋转中心线与 `z` 水平。

在世界坐标系中同一个位置，对应旋转轴不同的角度，角度范围大一些。

至少记录 6 个关节坐标，其中大旋转轴相同角度，小旋转不一样角度下至少 3 点；小旋转轴相同角度，大旋转不一样角度下至少 3 点。

### 校正方法

#### 1) Tableaux

`table(tableaux) = 0`

#### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 `FRAME_CAL` 指令参数 `tablein` 一致的 table。

点 2 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*1` 的 table。

点 3 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*2` 的 table。

点 4 关节轴坐标填入编号为  $\text{tablein}+\text{space}*3$  的 table。

点 5 关节轴坐标填入编号为  $\text{tablein}+\text{space}*4$  的 table。

点 6 关节轴坐标填入编号为  $\text{tablein}+\text{space}*5$  的 table。

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数  $\text{tablein}$  一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入  $\text{tablein}+\text{space}$  的 table。

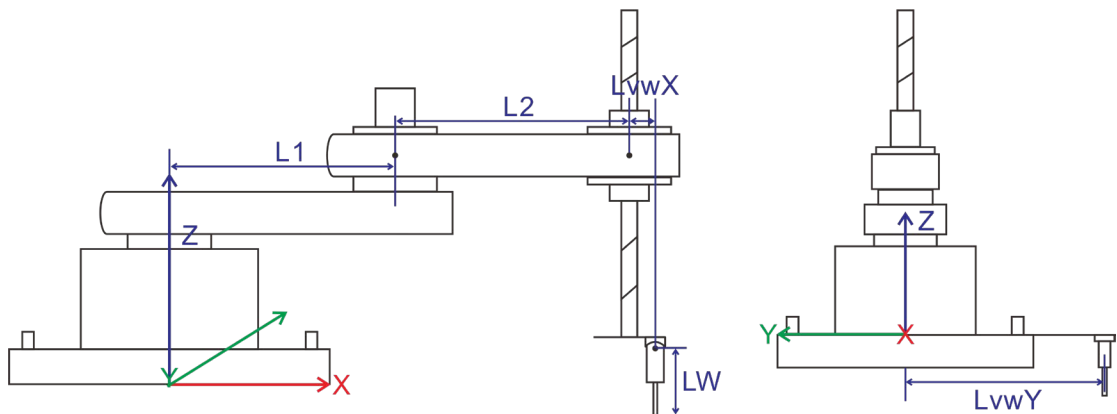
根据选择的校正方式，辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

## 5.4.5 FRAME101-105



### 校正内容

LW 长度，LVWX，LVWY 偏移。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

零点时 vw 的偏差：大小关节的零位偏移请使用 FRAME1 校正。

### 校正要求

大小关节的零位已校正。

L1，L2 的长度是正确的。

通过不同的关节坐标，运动到世界坐标系中同一个位置。至少记录 5 个关节坐标位置。

P1~P3：在世界坐标系中 x y z 位置相同，末端旋转轴 v 角度相同，摆动轴 w 角度不相同的点，至少记录三个。

P4~P5：在世界坐标系中 x y z 位置相同，摆动轴 w 角度相同（不能为 0），末端旋转

轴角度不相同的点，至少记录两个。

## 校正方法

### 1) Tableaux

`table(tableaux) = 0`

### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 `tablein` 一致的 `table`。

点 2 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*1` 的 `table`。

点 3 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*2` 的 `table`。

点 4 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*3` 的 `table`。

点 5 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*4` 的 `table`。

编号为 Tableaux 的 `table`，填 0。

### 校正前填写 `table` 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 `tablein` 一致的 `table`。

点 2 的关节轴坐标填入 `tablein+space` 的 `table`。

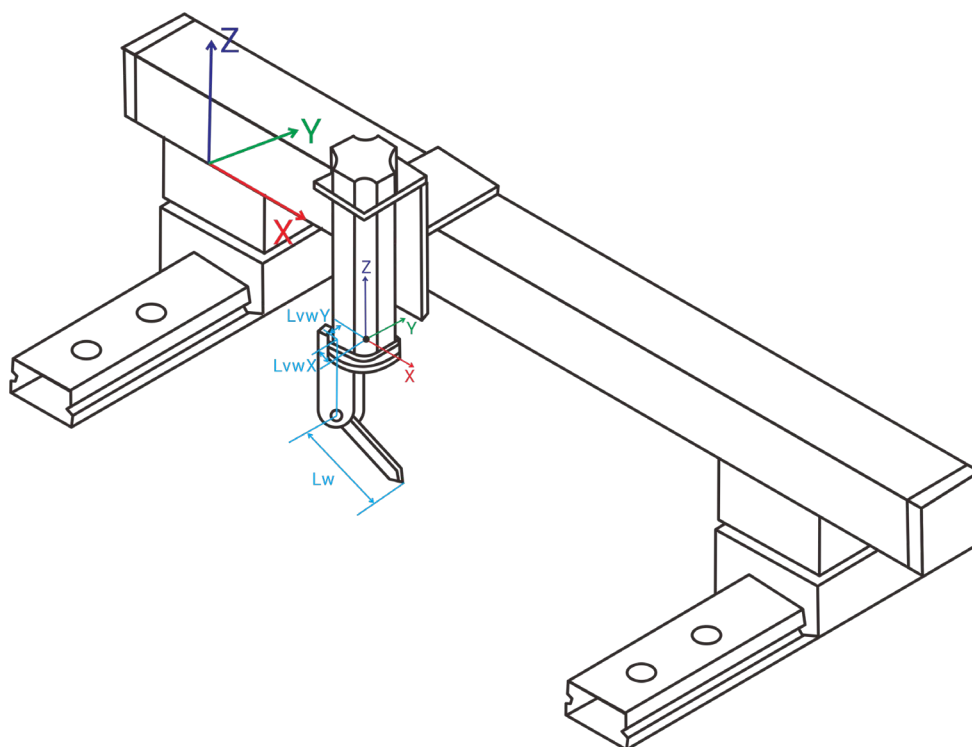
根据选择的校正方式，辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 `table` 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 `Zerooutz` 指定的 `table`。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 `Tableout2` 指定的 `table`。

## 5.4.6 FRAME100-104



分为四轴模式与五轴模式两种情况。

如何区分 4 轴 5 轴：建立正逆解代码 `base(0,1,2,3) CONNFRAME((104,0,6,7,8,9))`，这个建立正逆解就有 4 轴信息，你只 `base(0,1,2,3)` 4 个轴，底层就知道是 4 轴模式。

### 5.4.6.1 四轴模式

**注意：**四轴时 Frame104 支持。

frame100 不支持。

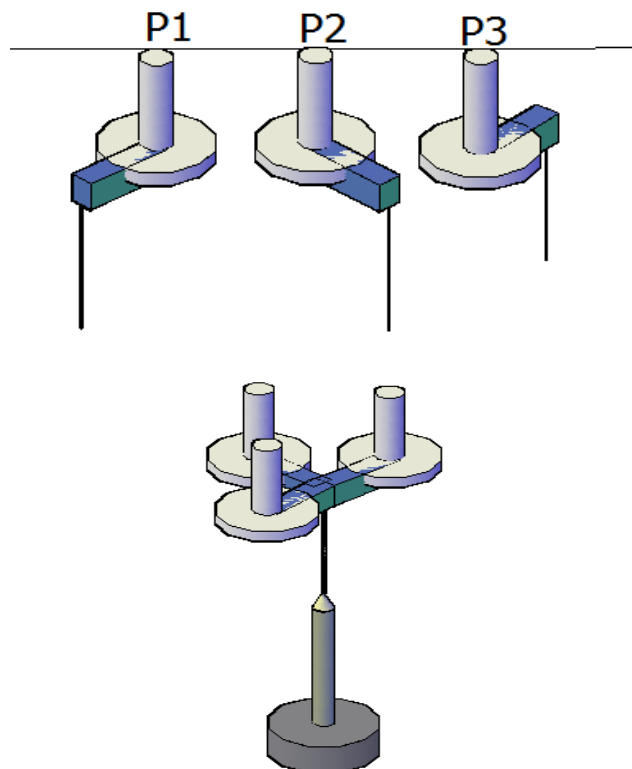
#### 校正内容

LVWX, LVWY 的偏移。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

零点时 v 的偏差。无，不需要。

#### 校正要求

通过不同的关节坐标，运动到世界坐标系中同一个位置。至少记录 3 个关节坐标位置，如下图所示。



P1~P3: 在世界坐标系中 x y z 位置相同, 末端旋转轴 v 角度不相同的点, 至少记录三个。

## 校正方法

### 1) Tableaux

table(tableaux) = 0

### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*1 的 table。

点 3 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*2 的 table。

编号为 Tableaux 的 table, 填 0。

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

根据选择的校正方式, 辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

### 5.4.6.2 五轴模式

**注意：**Frame104 和 frame100 都支持。

其他不支持。

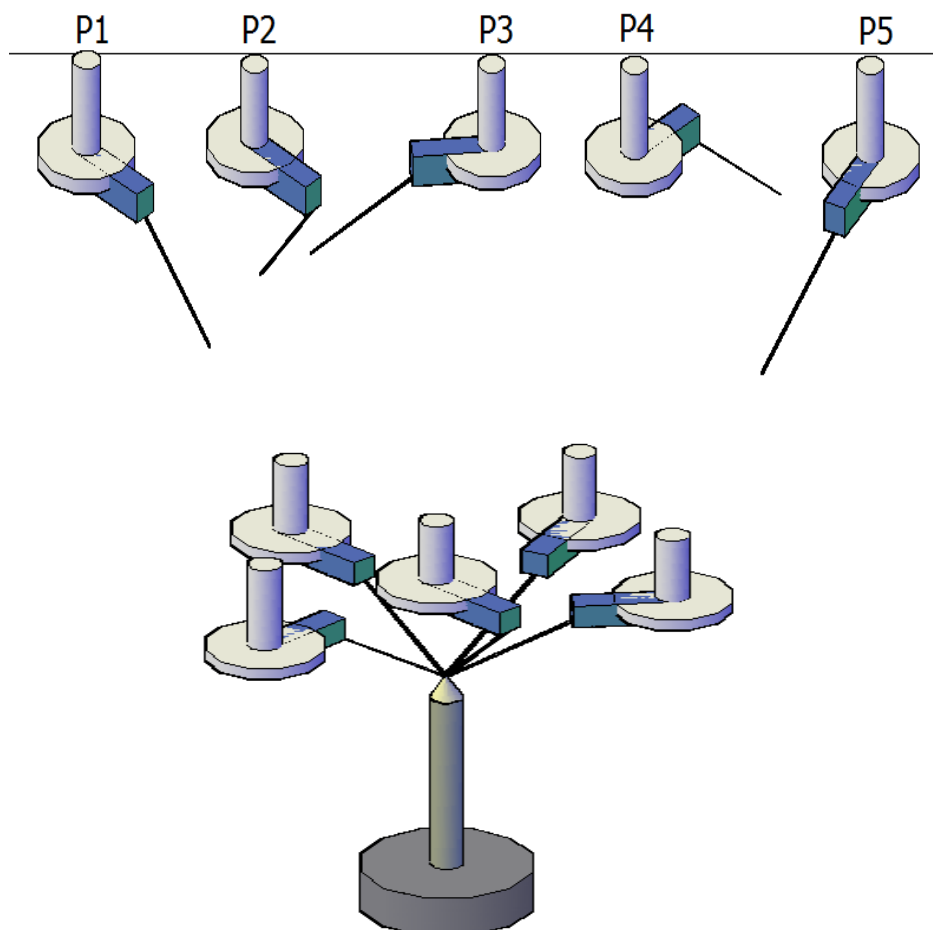
#### 校正内容

LW 长度, LVWX, LVWY 偏移。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

零点时 vw 的偏差。(见 FRAME\_CAL 的 Zerooutz 输出)

#### 校正要求

通过不同的关节坐标，运动到世界坐标系中同一个位置。至少记录 5 个关节坐标位置，如下图所示。



P1~P3: 在世界坐标系中 x y z 位置相同，末端旋转轴 v 角度相同，摆动轴 w 角度不相同的点，至少记录三个。

P4~P5: 在世界坐标系中 x y z 位置相同，摆动轴 w 角度相同（不能为 0），末端旋转

轴角度不相同的点，至少记录两个。

**注意：**示教 P1~P3 个点过程中，w 摆动轴的幅度不能 $\pm 90$  度。

## 校正方法

### 1) Tableaux

table(tableaux) = 0

### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*1 的 table。

点 3 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*2 的 table。

点 4 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*3 的 table。

点 5 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*4 的 table。

编号为 Tableaux 的 table，填 0。

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

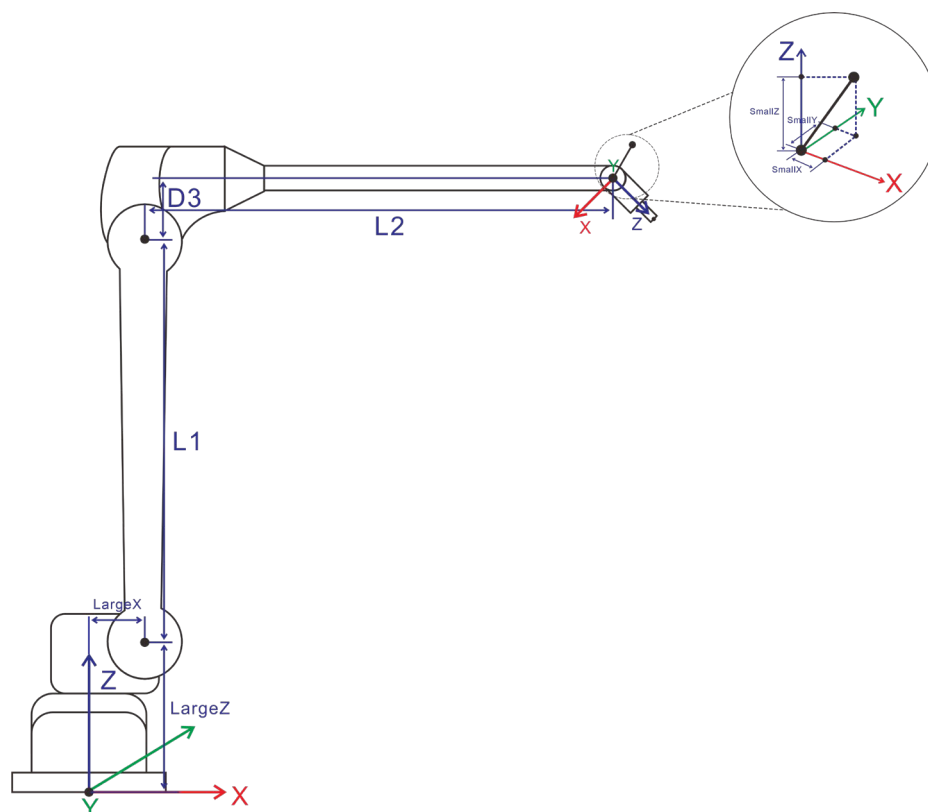
根据选择的校正方式，辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

## 5.4.7 FRAME6-78



## 校正内容

根据校正点的不同，校正不同参数。

4 点法--P1~P4，只计算末端的 SmallZ，SmallX，SmallY 偏移。

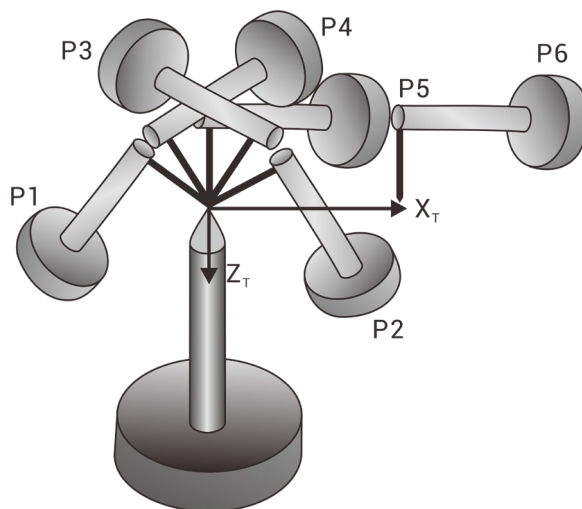
5 点法--P1~P5，P5 的末端认为是垂直的，以此计算 InitRx，InitRy，InitRz。

6 点法--P1~P6，P5 的末端认为是垂直的，P5~P6 之间认为是 X 方向，以此计算 InitRx，InitRy，InitRz。

总之，只能矫正末端工具参数 SmallZ，SmallX，SmallY InitRx，InitRy，InitRz：(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

零点时 v 的偏差。无，无法计算

## 校正要求



## 校正方法

### 1) Tableaux

`table(tableaux) = 0`

### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 `tablein` 一致的 `table`。

点 2 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*1` 的 `table`。

点 3 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*2` 的 `table`。

点 4 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*3` 的 `table`。

点 5 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*4` 的 `table`。

点 6 关节轴坐标填入编号为 `tablein+space*5` 的 `table`。

编号为 Tableaux 的 `table`，填 0。

### 校正后输出 `table` 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 `Zerooutz` 指定的 `table`。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 `Tableout2` 指定的 `table`。

## 5.4.8 FRAME93-94-95

### 校正内容

导轨正方向的向量在基坐标系下的  $R_x$   $R_y$   $R_z$  的值和平均误差(和示教的向量进行作差)。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

关节轴的零点偏移：无，不需要。

## 校正要求

机械手在导轨上移动，机械手的基座标和导轨存在一定的角度关系，假设我们使用  $Rz Ry Rx(eul2rotm([Rz Ry Rx], 'ZYX'))$  表示这个关系的话，下面通过示教计算出来这个关系的值。

同一个导轨上示教不同导轨位置上让机械手末端对一个固定的针尖，示教 3 个不同位置即可，按顺序把机械手末端位置和导轨位置给到 `tablein`。

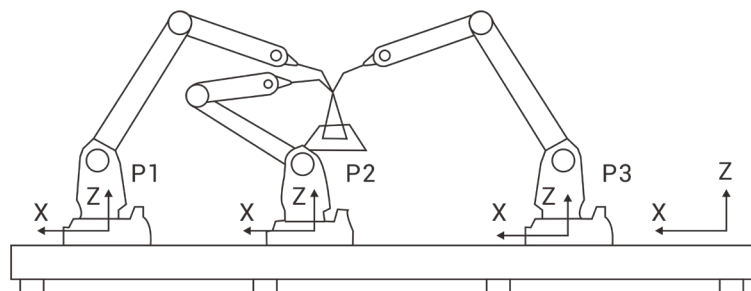
### 输入：

示教点 P1：基于机械手坐标系上位置+导轨的位置

示教点 P2：基于机械手坐标系上位置+导轨的位置

示教点 P3：基于机械手坐标系上位置+导轨的位置

`tableaux` 需要输入导轨在基座标系下的理想方向 0:x 轴 1:y 轴 2:z 轴



### 输出：

导轨正方向的向量在基座标系下的  $Rx Ry Rz$  的值和平均误差(和示教的向量进行作差)。

**注意：**示教 3 个点的顺序保证导轨在一个方向上移动，例如示教点 A 导轨位置-100 示教点 B 导轨位置 10 那示教 C 点的导轨位置必须大于 10。

## 校正方法

### 1) Tableaux

`table(tableaux) = 0`

`table(tableaux)` 要填导轨和机械手基座标系接近平行的轴。

要求 `table(tableaux) = 0` 或 1 或 2(0 是 x 轴 1 是 y 轴 2 是 z 轴)。

### 2) 示教

'示教点 P1 -> P2->P3 导轨变化是从按顺序变大或变小

'示教点数据：机械手基座标的位置 x y z R(导轨位置)

`TABLE(tablej,1260.7961,-96.0341,181.0824,-119.6803,0,0)` '导轨 - 119.6803

`TABLE(tablej+6,1258.1518,-215.6852,181.1263,0,0,0)` '导轨 - 0

TABLE(tablej+12,1255.3135,-344.1212,181.1733,128.4674,0,0) '导轨 + 128.4674

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

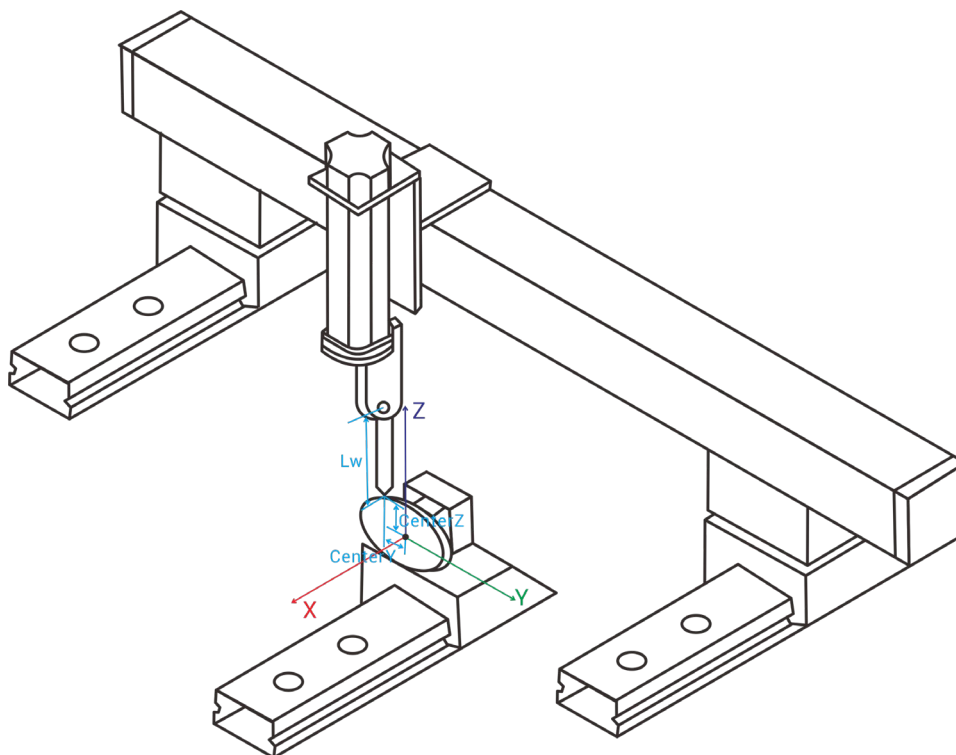
? "RX1",table(Zerooutz)

? "RY1",table(Zerooutz+ 1)

? "RZ1",table(Zerooutz+ 2)

? "平均误差",table(Zerooutz+ 3)

## 5.4.9 FRAME118



### 校正内容

P1-P3(V 相同): Lw。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

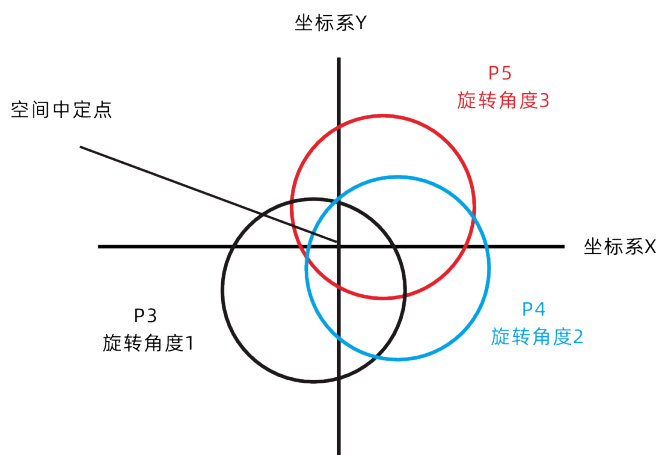
P3-P5(W 相同): 旋转中心实际偏移 CENTERX,CENTERZ。(见 FRAME\_CAL 的 Tableout2 输出)

P1-P3(V 相同): 摆动轴零点角度的偏差。(见 FRAME\_CAL 的 Zerooutz 输出)

## 校正要求

示教 P1-P3: 在世界坐标系中 x y z 位置相同, Rx 旋转轴 v 角度相同, 摆动轴 w 角度不相同的点, 至少记录三个。

示教 P3-P5: 在世界坐标系(Rx 旋转盘上)中同一个位置, 摆动轴 w 角度相同, 对应 Rx 旋转轴不同的角度, 角度范围大一些。至少记录 3 个关节坐标位置, 如下图所示。



## 校正方法

### 1) Tableaux

table(tableaux) = 0

### 2) 示教

点 1 关节轴坐标填入编号为 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*1 的 table。

点 3 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*2 的 table。

点 4 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*3 的 table。

点 5 关节轴坐标填入编号为 tablein+space\*4 的 table。

编号为 Tableaux 的 table, 填 0。

### 校正前填写 table 数据

点 1 的关节轴坐标填入与 FRAME\_CAL 指令参数 tablein 一致的 table。

点 2 的关节轴坐标填入 tablein+space 的 table。

根据选择的校正方式, 辅助点 Tableaux 填写 0。

### 校正后输出 table 数据

校正后理论零点时关节轴的绝对坐标存储在指令参数 Zerooutz 指定的 table。

校正后实际的机械手参数存储在指令参数 Tableout2 指定的 table。

## 第六章 各类型机械手详细说明

### 6.1 二到五轴的卡式坐标系机器人

**卡式：**Cartesian。

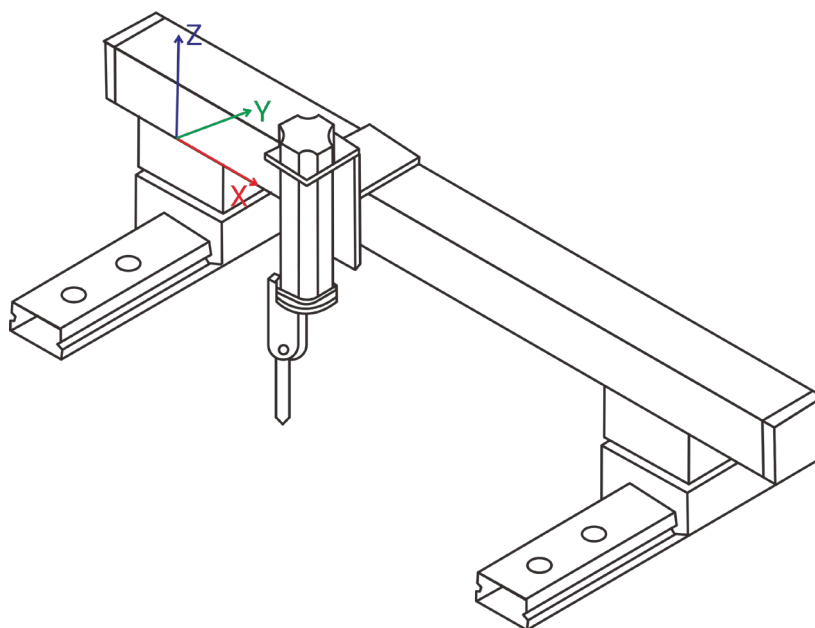
**特点：**和直角坐标系原理相似，具备在三个相互垂直方向（X、Y、Z 轴，部分二到四轴可能缺少某一方向运动轴）上的直线运动能力，运动轨迹直观易懂，控制算法相对简单。

**应用场景：**非常适合传统的搬运和定位操作，例如在工厂自动化生产线上，用于将零件从一个工位搬运到另一个工位，或者在装配过程中进行精确的定位操作。

#### 6.1.1 FRAME100-104

##### 6.1.1.1 机械结构

###### 设计图纸



##### 6.1.1.2 运动学模型

###### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

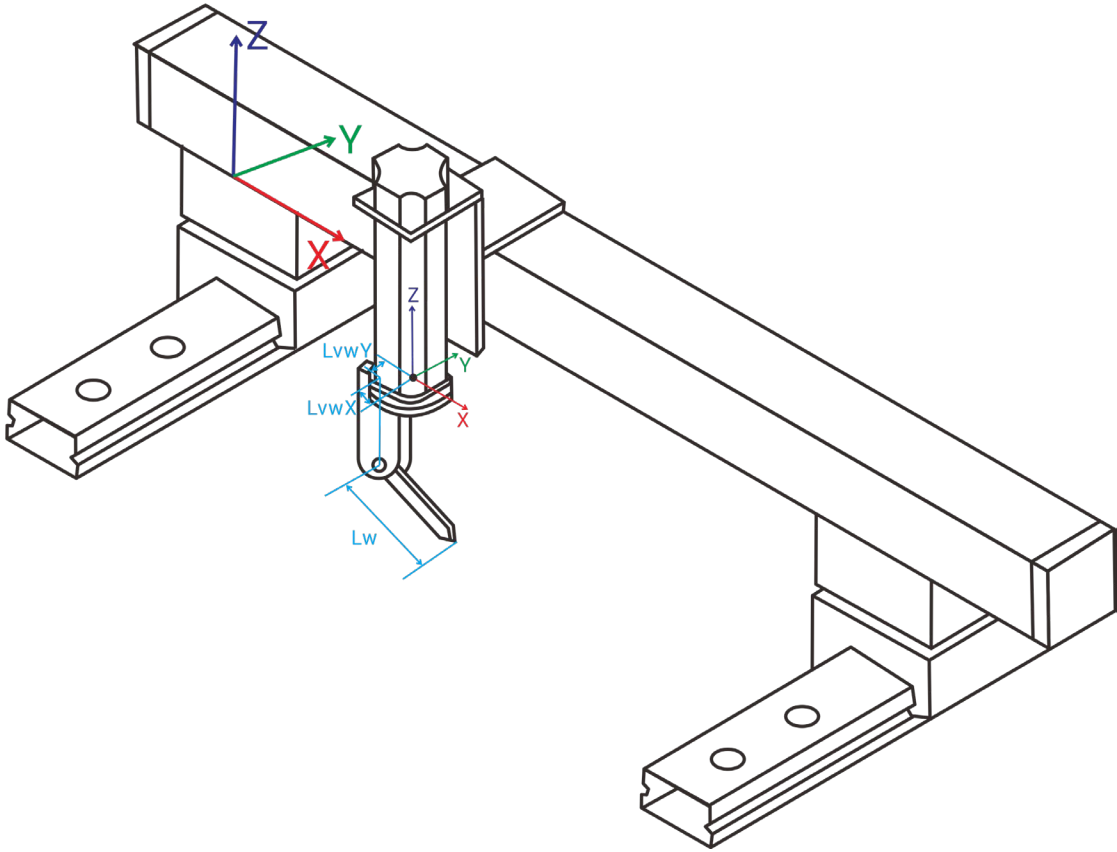
FRAME100

| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------------------------|------------|----|------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Rz                                                           | J3(Axis_d) | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Ry                                                           | J4(Axis_e) | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d, Axis_e)              |            |    |      |
| CONNREFRAME(100, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |            |    |      |

FRAME104

| 坐标系虚拟轴                                                               | 定义简写           | 范围 | 物理特征 |
|----------------------------------------------------------------------|----------------|----|------|
| 平移轴 X                                                                | Viraxis_x      | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                                | Viraxis_y      | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                                | Viraxis_z      | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Rz                                                             | Viraxis_v      | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Ry                                                             | Viraxis_w(可缺省) | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v[, Viraxis_w])        |                |    |      |
| CONNREFRAME(104, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d[, Axis_e]) |                |    |      |

模型参数



结构参数：TABLE(Tablenum,Lw,PulesVOneCircle,PulesWOneCircle,LvwX,Lvwy)

| 参数              | 含义                  |
|-----------------|---------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置    |
| Lw              | 摆动轴长度               |
| PulesVOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数       |
| PulesWOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数       |
| LvwX            | 零点时末端与 V 旋转中心的 X 偏移 |
| Lvwy            | 零点时末端与 V 旋转中心的 Y 偏移 |

注：4 轴和 5 轴模式相同 table 参数

## 轴参数

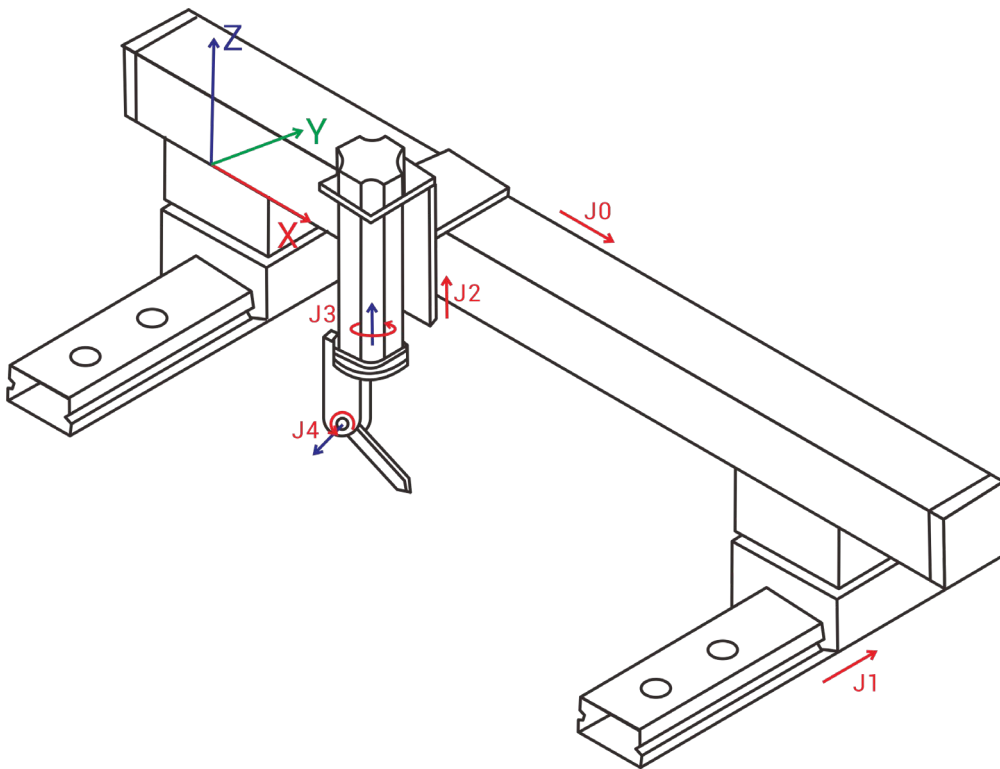
### FRAME100

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |

### FRAME104

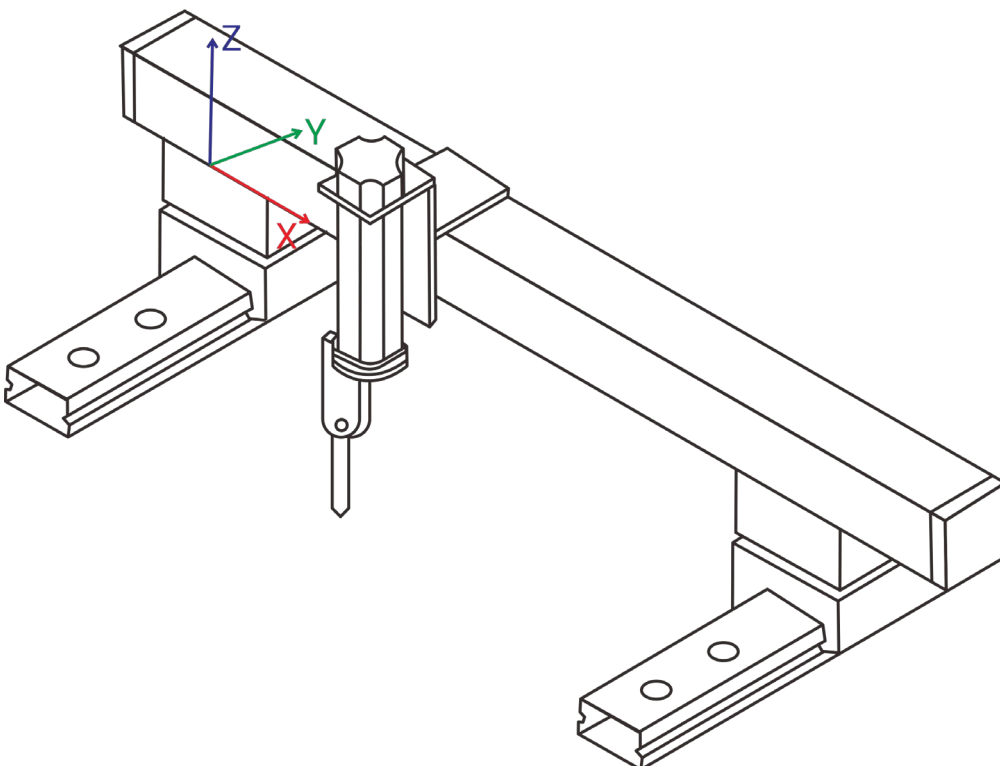
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |                     | PulesWOneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**摆动轴的正方向在零点时是向  $x+$  轴方向摆动，例如图:摆动轴垂直向下时，向  $x+$  轴方向摆属于正方向。

## 模型零点

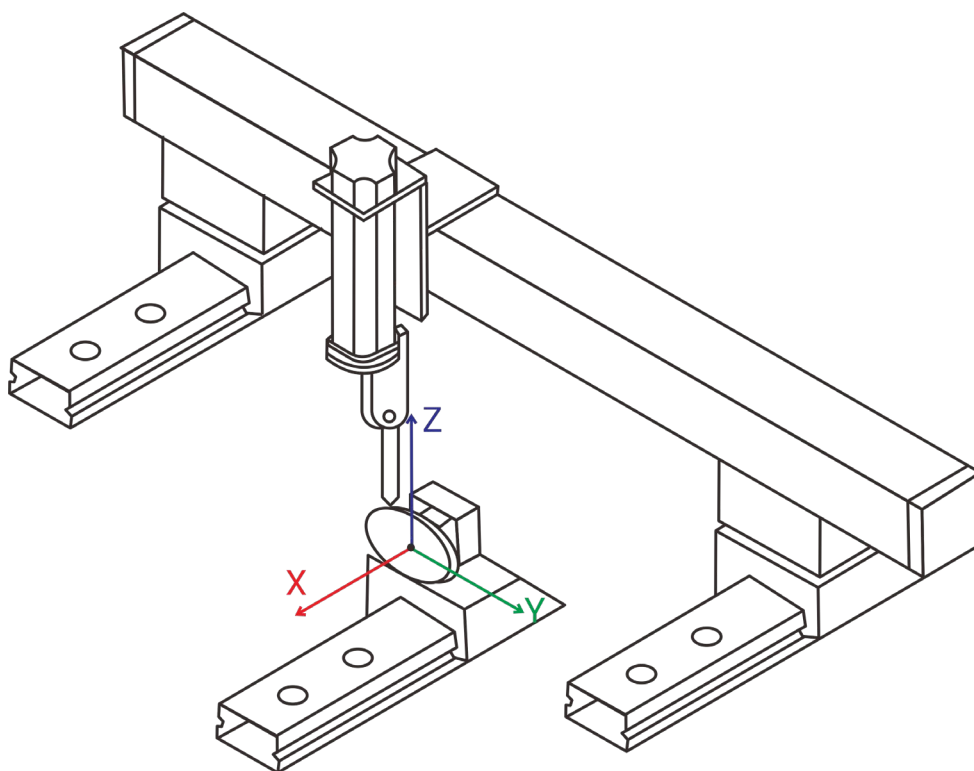


**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx 和 Lvwy 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.1.2 FRAME118

### 6.1.2.1 机械结构

#### 设计图纸



### 6.1.2.2 运动学模型

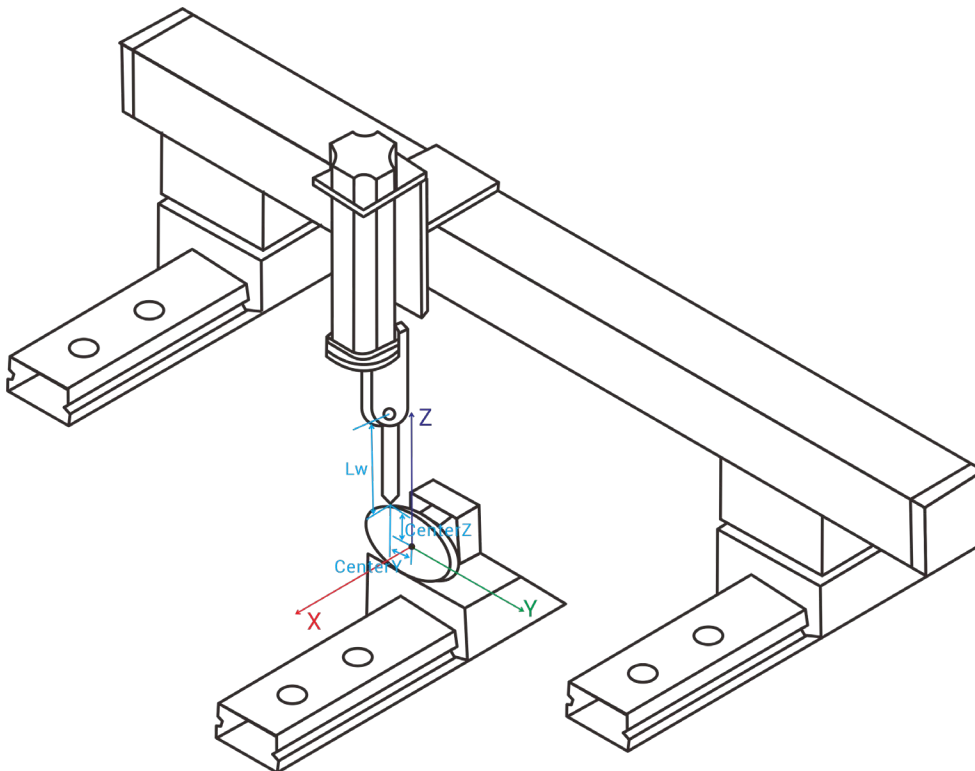
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴   | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|----------|-----------|----|------|
| 平移轴 X    | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y    | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z    | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 工件旋转轴 RX | Viraxis_v | 无  | ° 度  |

|                                                                    |           |   |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|---|-----|
| 摆动旋转轴 RY                                                           | Viraxis_w | 无 | ° 度 |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Viraxis_w)        |           |   |     |
| CONNREFRAME(118, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |   |     |

## 模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum, Lw, PulesVOneCircle, PulesWOneCircle, CENTERY, CENTERZ)

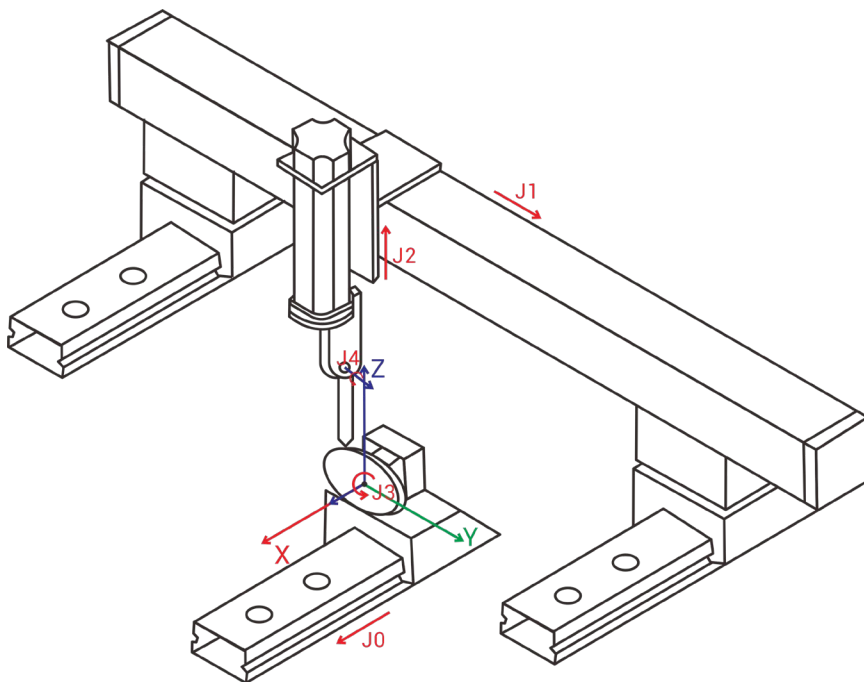
| 参数              | 含义               |
|-----------------|------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| Lw              | 摆动轴长度            |
| PulesVOneCircle | 工件旋转轴旋转一圈的脉冲数    |
| PulesWOneCircle | 激光摆动轴旋转一圈的脉冲数    |
| CENTERY         | Y 方向偏移量          |
| CENTERZ         | Z 方向偏移量          |

## 轴参数

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |

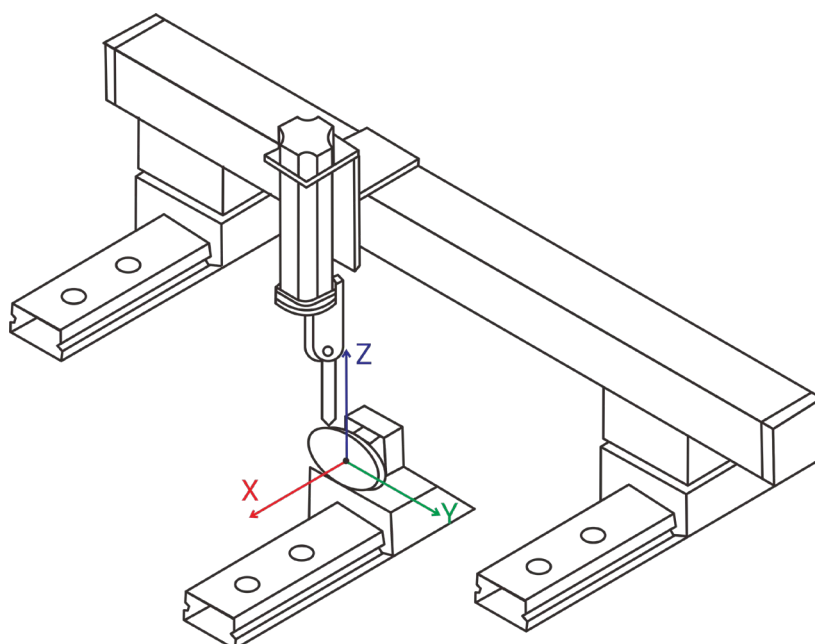
|           |  |                     |
|-----------|--|---------------------|
| Viraxis_y |  | 1000                |
| Viraxis_z |  | 1000                |
| Viraxis_v |  | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |  | PulesWOneCircle/360 |

### 模型方向



**注意：**摆动轴的正方向在零点时是向 x-轴方向摆动，例如图:摆动轴垂直向下时，向 x-轴方向摆动属于正方向。

### 模型零点

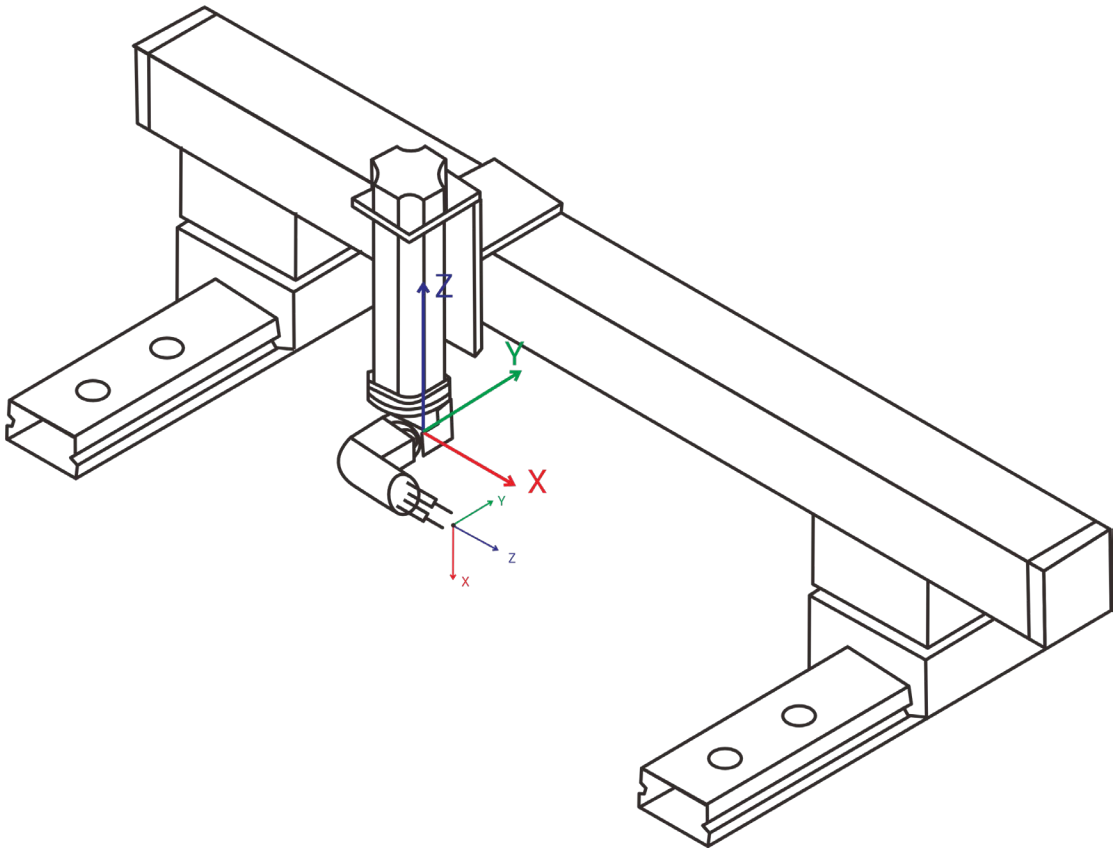


**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，CERTERY 和 CENTERZ 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.1.3FRAME128

6.1.3.1 机械结构

设计图纸



6.1.3.2 运动学模型

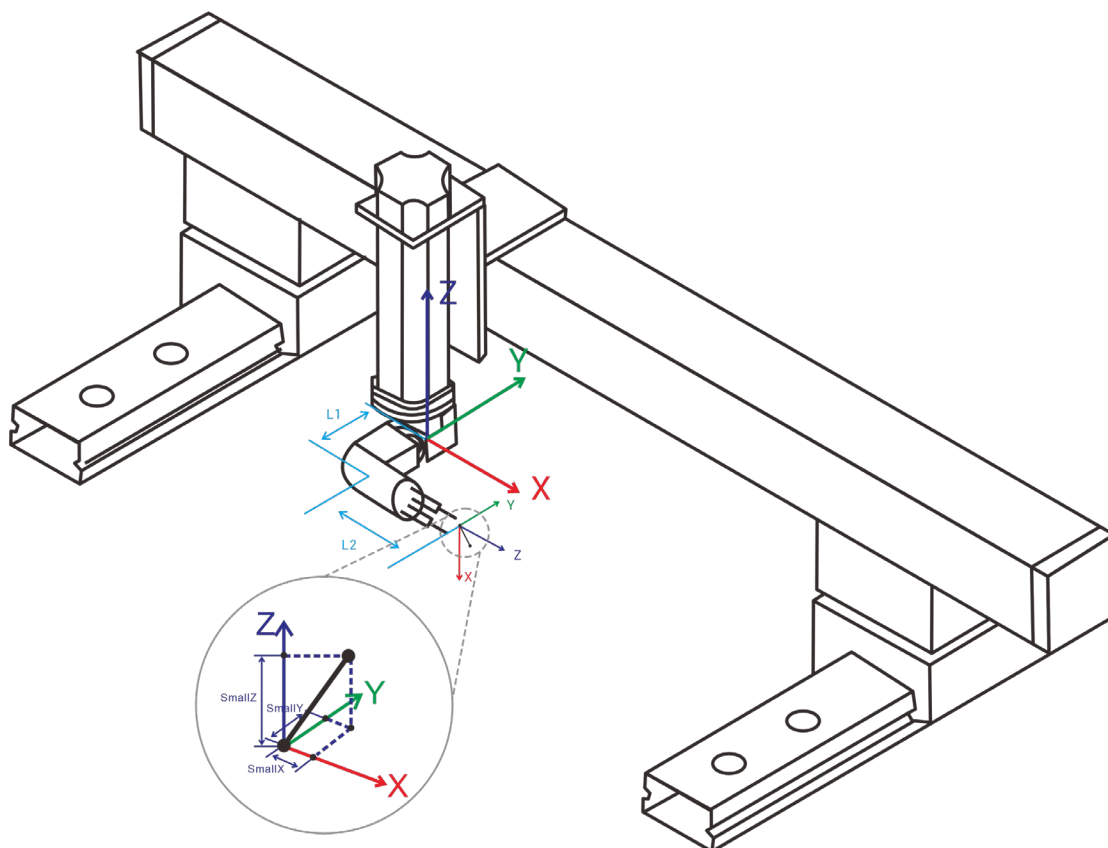
关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围              | 物理特征   |
|-------|------------|-----------------|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无               | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无               | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无               | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | $(-2\pi, 2\pi)$ | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | $(-2\pi, 2\pi)$ | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 5 | J5(Axis_f) | $(-2\pi, 2\pi)$ | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |

|                                                                            |            |   |     |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|---|-----|
| 平移轴 Y                                                                      | Viraxis_y  | 无 | mm  |
| 平移轴 Z                                                                      | Viraxis_z  | 无 | mm  |
| 旋转轴 RX                                                                     | Viraxis_rx | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RY                                                                     | Viraxis_ry | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RZ                                                                     | Viraxis_rz | 无 | ° 度 |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_rx, Viraxis_ry, Viraxis_rz)  |            |   |     |
| CONNREFRAME(128, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e, Axis_f) |            |   |     |

## 模型参数



**结构参数:** TABLE(Tablenum, L1, L2, ZDis, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz)

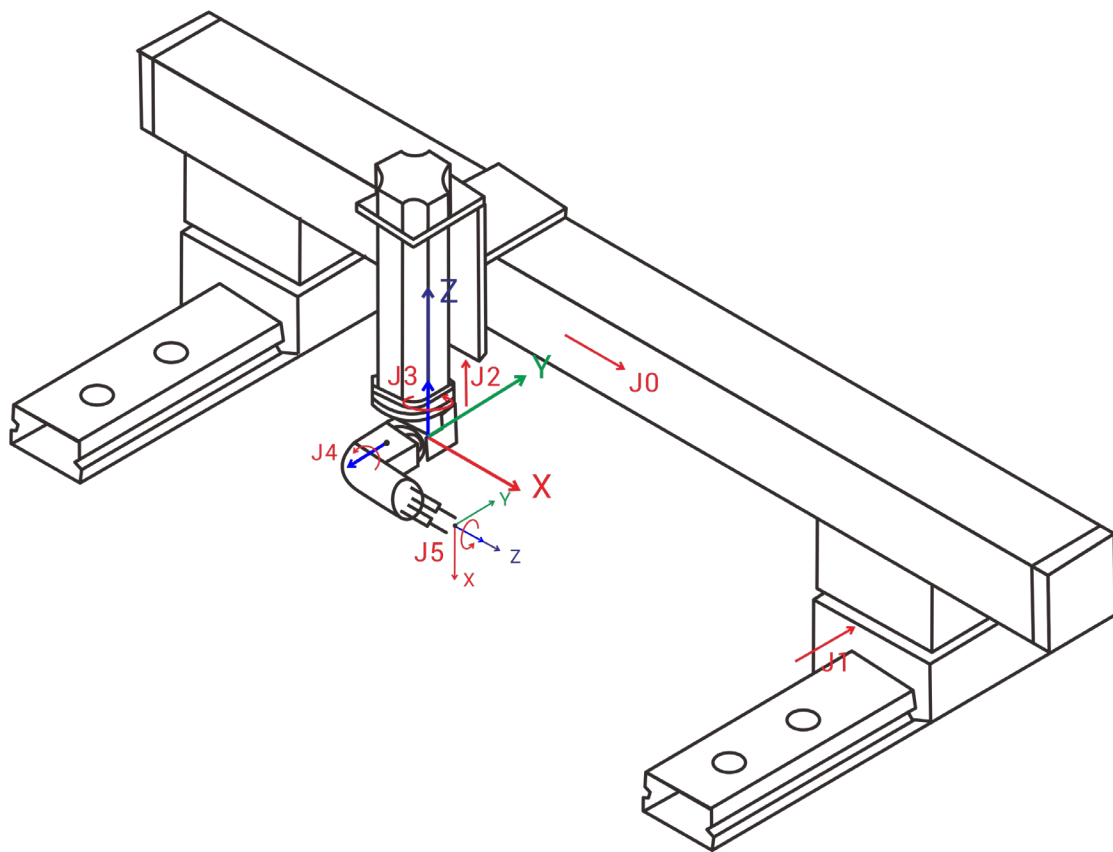
| 参数       | 含义                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置                                    |
| L1       | 关节轴 3 旋转中心线到关节轴 5 旋转中心线的距离                          |
| L2       | 关节轴 5 长度                                            |
| ZDis     | 关节轴 3 旋转一圈 Z 上升的距离                                  |
| SmallX   | 零点时, 末端工作点到关节轴 5 在坐标系下的 X 方向的偏移                     |
| SmallY   | 零点时, 末端工作点到关节轴 5 在坐标系下的 Y 方向的偏移                     |
| SmallZ   | 零点时, 末端工作点到关节轴 5 在坐标系下在 Z 方向的偏移                     |
| InitRx   | 初始的姿态, 弧度单位, 末端指向的方向, 为末端工具坐标系的 Z 方向, 0,0,0,指向 Z 方向 |

|        |                                                 |
|--------|-------------------------------------------------|
| InitRy | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRz | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |

## 轴参数

| Axis       | Atype               | Units                |
|------------|---------------------|----------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数             |
| Axis_b     |                     | 每 mm 脉冲数             |
| Axis_c     |                     | 每 mm 脉冲数             |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360  |
| Axis_e     |                     | Pules5OneCircle/360  |
| Axis_f     |                     | Pules6OneCircle/360  |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                 |
| Viraxis_y  |                     | 1000                 |
| Viraxis_z  |                     | 1000                 |
| Viraxis_rx |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_ry |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesVROneCircle/360 |

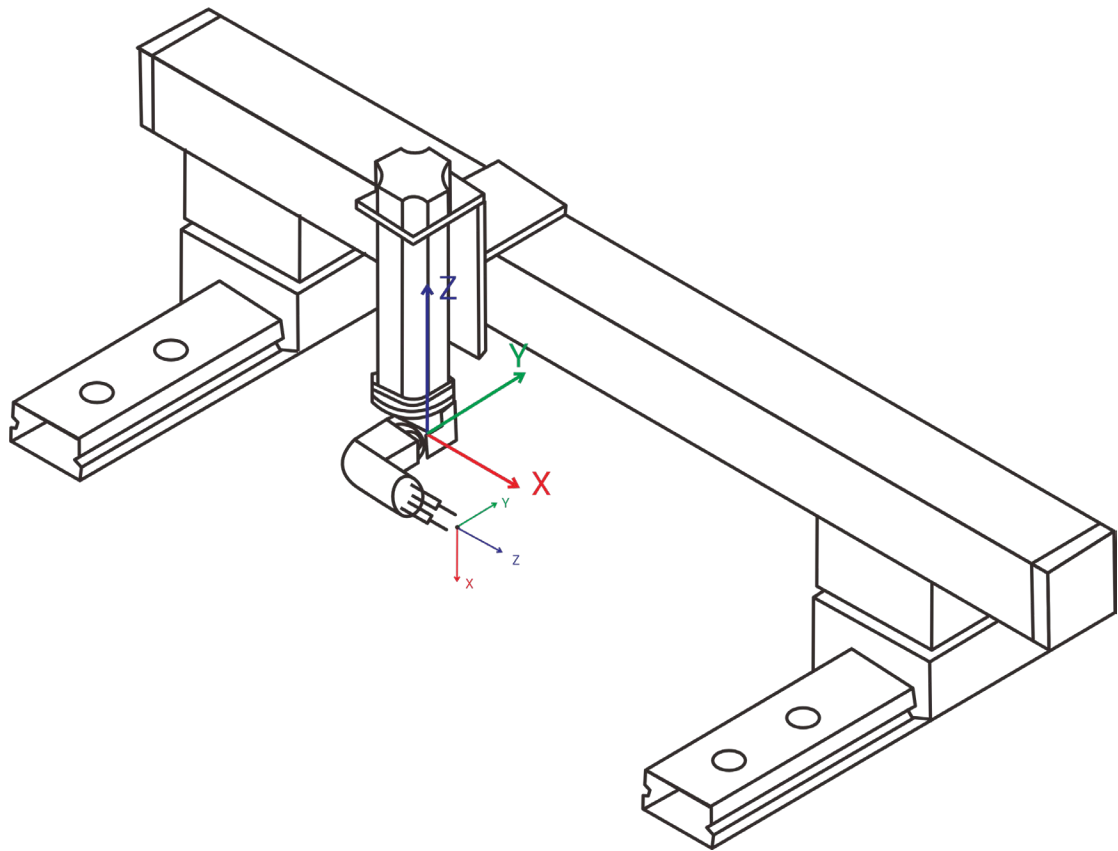
## 模型方向



**注意：**模组 XYZ+末端 3 关节旋转，模组正方向按照坐标系正方向即可。J3 绕+Z 轴右手法

则正方向旋转；J4 绕-Y 轴右手法则正方向旋转；J5 绕+X 轴右手法则正方向旋转；

## 模型零点

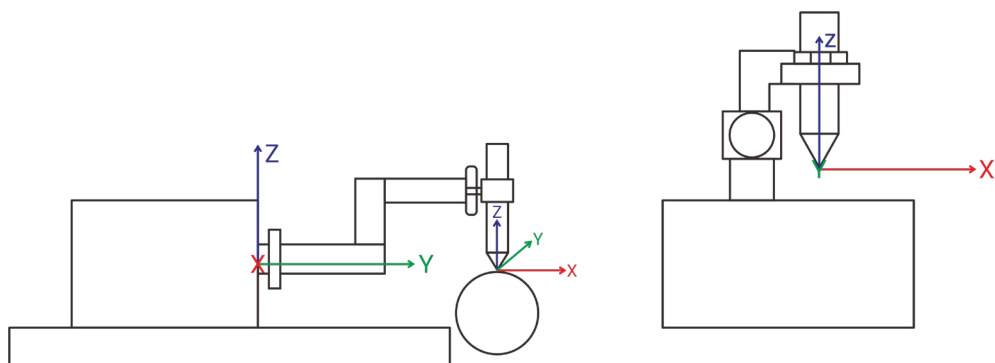


**注意：**模组位置任意、L1 臂和 L2 臂水平、SmallZ 和 X 轴平行为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.1.4 FRAME114

### 6.1.4.1 机械结构

#### 设计图纸



垂直旋转摆动机械手，类似 104，只是摆动轴缺省 0 位与旋转轴垂直。

关节轴：5 个，XYZ，V-旋转(模型方向中 J3 轴)，W-摆动(模型方向中 J4 轴)。

### 6.1.4.2 运动学模型

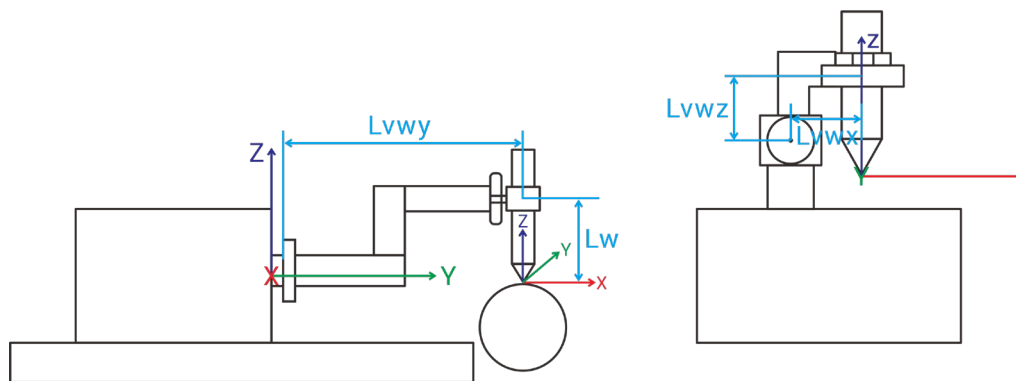
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴   | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|----------|-----------|----|------|
| 平移轴 X    | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y    | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z    | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Ry | Viraxis_v | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Rx | Viraxis_w | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_v, Viraxis\_w)  
 CONNREFRAME(114, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e)

#### 模型参数



结构参数：TABLE(Tablenum, Lw, PulesVOneCircle, PulesWOneCircle, Lvwxy, Lvwz, Vdir, Wdir)

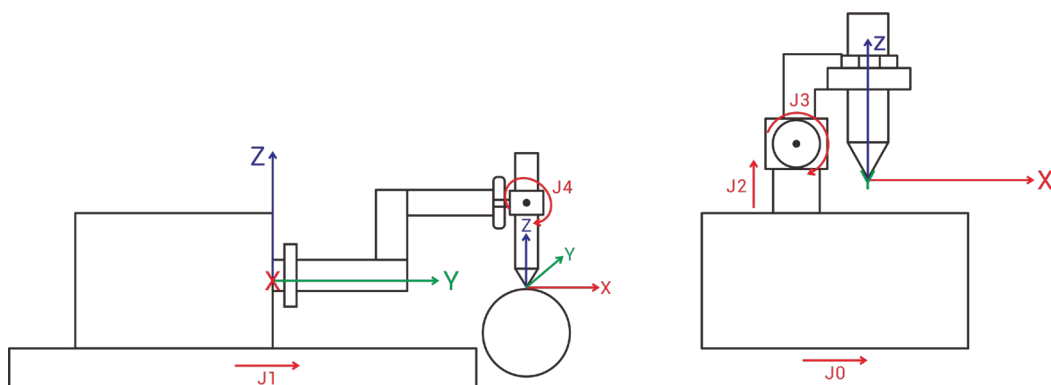
| 参数              | 含义                     |
|-----------------|------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置       |
| Lw              | 摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样 |
| PulesVOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数          |
| PulesWOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数          |
| Lvwxy           | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移  |
| Lvwz            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移  |

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| Vdir | V 旋转方向, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向 |
| Wdir | W 旋转方式, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向 |

## 轴参数

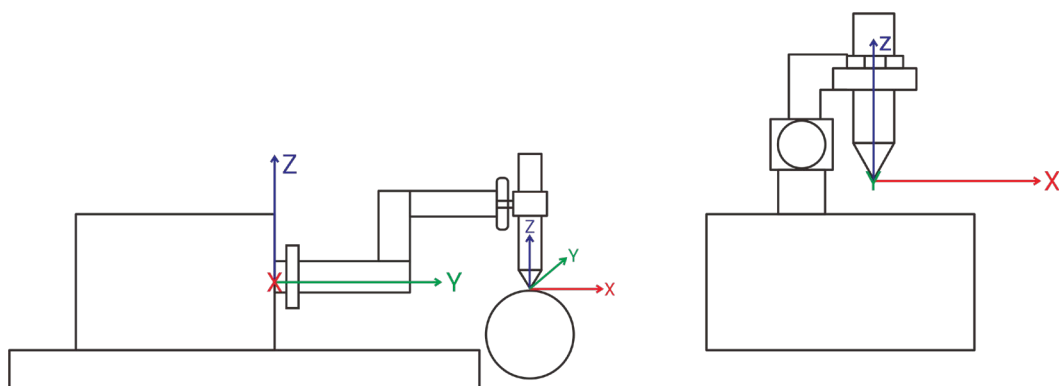
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |                     | PulesWOneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**模组按照如图坐标系右手法则为正方向；左图的 x 轴正方向从屏幕指向屏幕外；右图是从 -Y 方向上的剖面图；旋转轴 J3 绕 Y+右手法则正方向旋转为正；摆动轴 J4 绕 X-右手法则正方向旋转为正。

## 模型零点

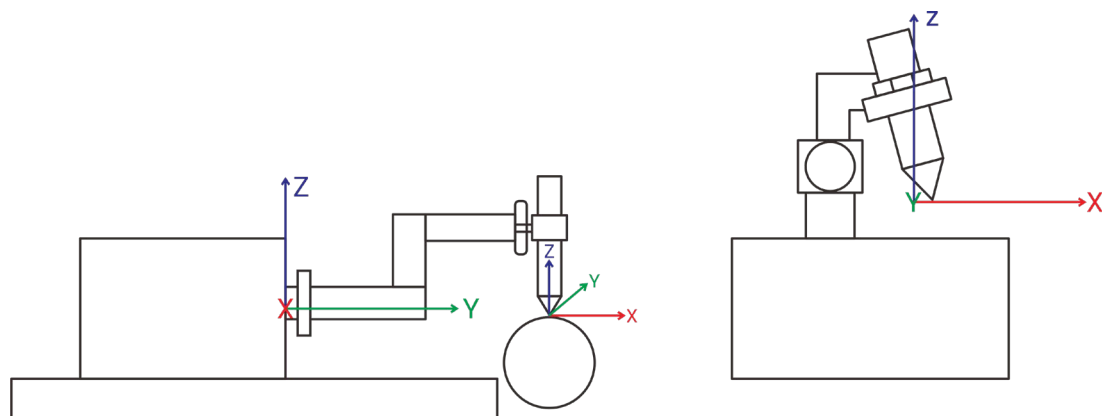


**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx、Lvwy、Lv wz 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.1.5 FRAME115

### 6.1.5.1 机械结构

#### 设计图纸



同 Frame114，只是摆动轴的末端方向带一定倾斜角度。

垂直旋转摆动机械手。

**关节轴：**5 个，XYZ，V-旋转，W-摆动。

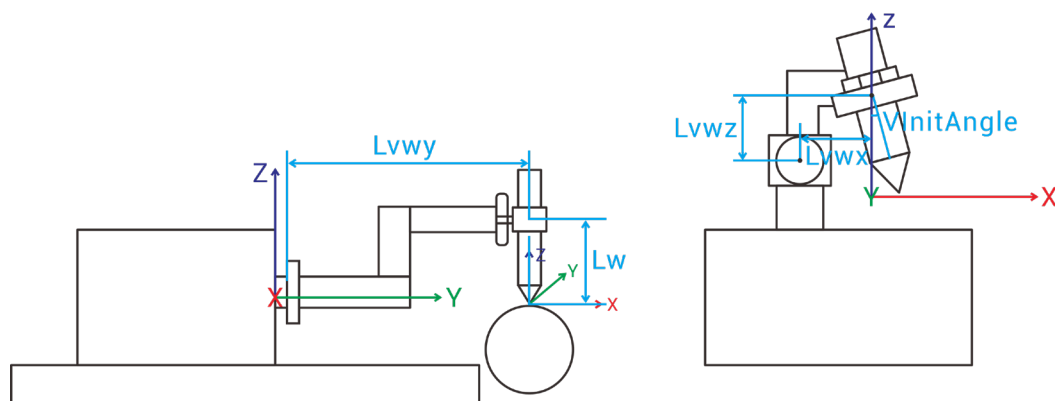
### 6.1.5.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Ry                                                           | Viraxis_v | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Rx                                                           | Viraxis_w | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Viraxis_w)        |           |    |      |
| CONNREFRAME(115, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |    |      |

## 模型参数



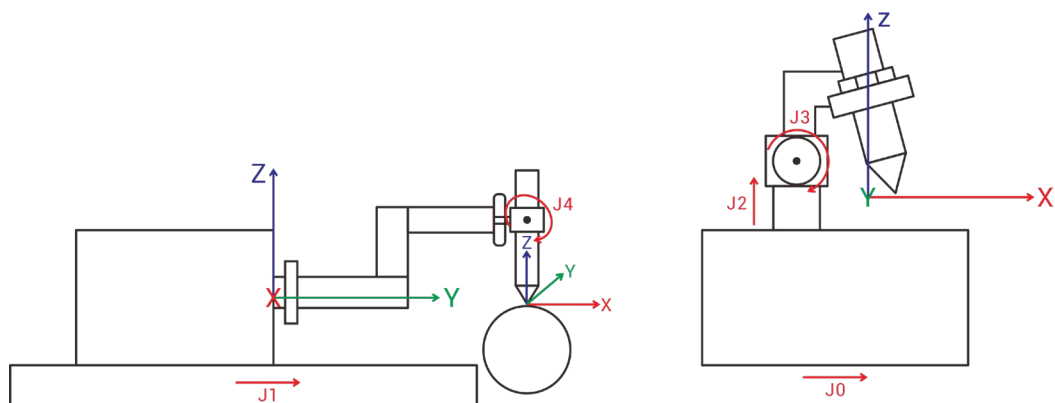
结构参数: TABLE(Tablenum,Lw,PulesVOneCircle,PulesWOneCircle,Lvwz,Lvwxy,Lvwz,Vdir,Wdir,VInitAngle)

| 参数              | 含义                                           |
|-----------------|----------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                             |
| Lw              | 摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样                       |
| PulesVOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数                                |
| PulesWOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数                                |
| Lvwz            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移                        |
| Lvwxy           | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Y 偏移                        |
| Lvwz            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移                        |
| Vdir            | V 旋转方向,<0, -1 表示负向,>=0 表示正向                  |
| Wdir            | W 旋转方式,<0, -1 表示负向,>=0 表示正向                  |
| VInitAngle      | 末端的方向偏移角度,摆动旋转轴与摆动焊枪之间的差值弧度, 给 0 等同 frame114 |

## 轴参数

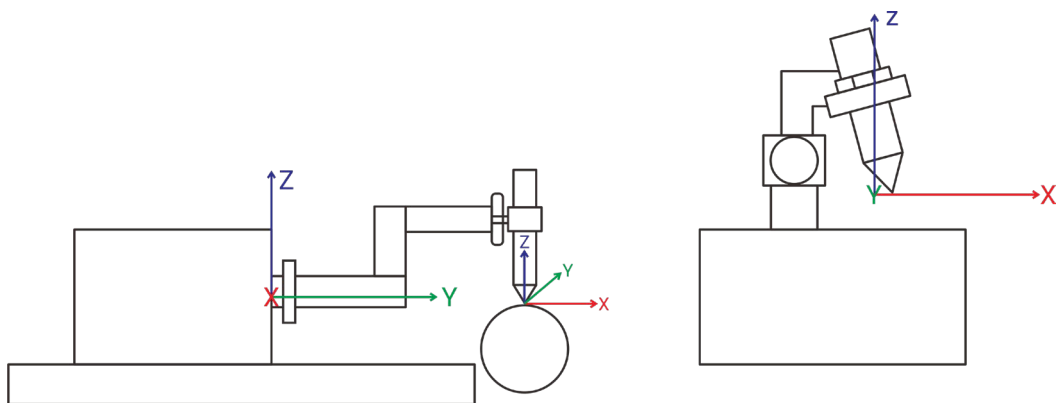
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |                     | PulesWOneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**模组按照如图坐标系右手法则为正方向；左图的 x 轴正方向从屏幕指向屏幕外；右图是从 -Y 方向上的剖面图；旋转轴 J3 绕 Y+ 右手法则正方向旋转为正；摆动轴 J4 绕 X- 右手法则正方向旋转为正。

## 模型零点

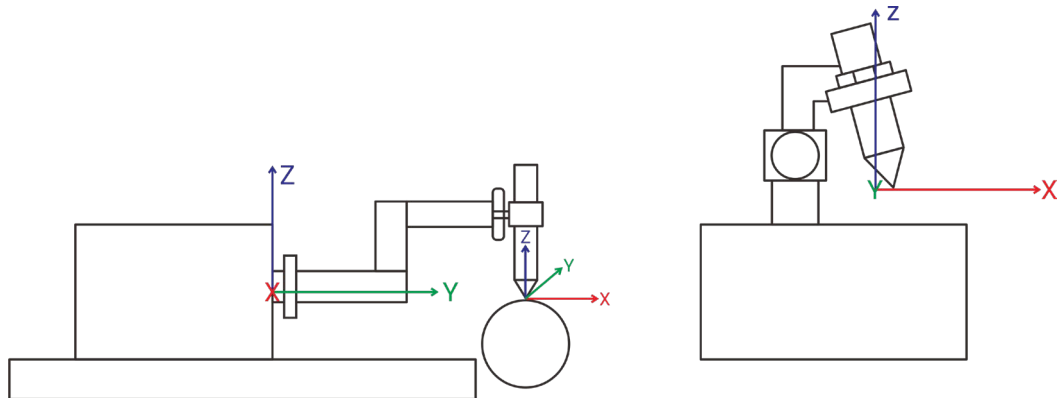


**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时， $L_{vwx}$ 、 $L_{vwy}$ 、 $L_{vwz}$  参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.1.6 FRAME133

### 6.1.6.1 机械结构

#### 设计图纸



同 Frame115。

垂直旋转摆动机械手。

**关节轴：**5 个，XYZ，V-旋转，W-摆动。

增加割枪和摆动旋转中心 Y 方向的偏移，但虚拟轴的摆动轴 W 输出和 frame115 保持不变。

### 6.1.6.2 运动学模型

#### 关节和自由度

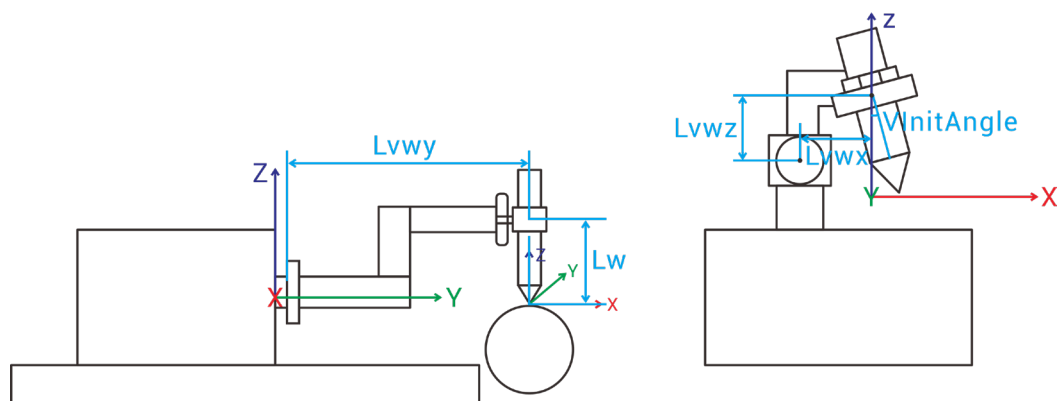
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴   | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|----------|-----------|----|------|
| 平移轴 X    | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y    | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z    | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Ry | Viraxis_v | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Rx | Viraxis_w | 无  | ° 度  |

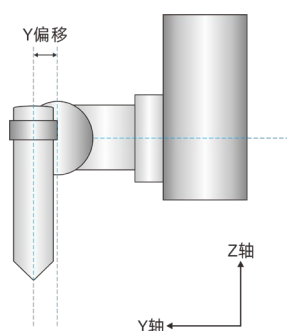
BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_v, Viraxis\_w)

CONNREFRAME(133, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e)

## 模型参数



WdiffY 偏移如下图。



结构参数: TABLE(Tablenum,Lw,PulesVOneCircle,PulesWOneCircle,Lvwz,Lvwy,Lvwz,Vdir,Wdir,VInitAngle,WdiffY)

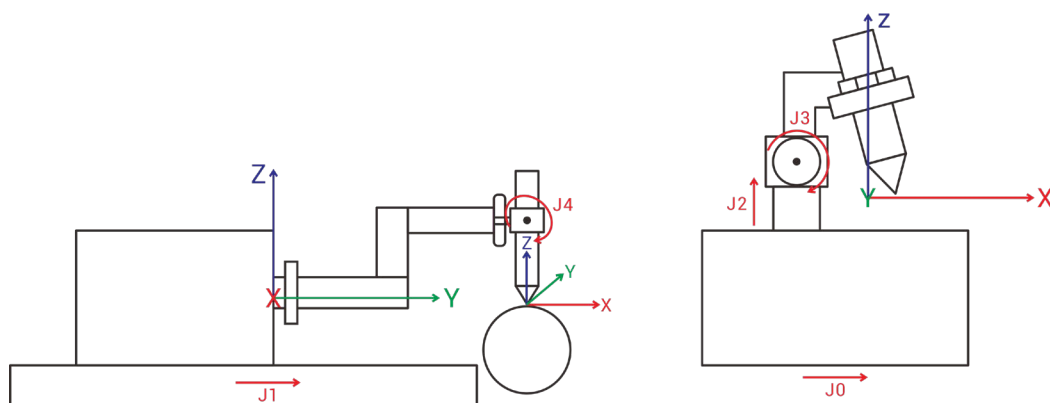
| 参数              | 含义                                           |
|-----------------|----------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                             |
| Lw              | 摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样                       |
| PulesVOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数                                |
| PulesWOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数                                |
| Lvwz            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移                        |
| Lvwy            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Y 偏移                        |
| Lvwz            | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移                        |
| Vdir            | V 旋转方向,<0,-1 表示负向,>=0 表示正向                   |
| Wdir            | W 旋转方式,<0,-1 表示负向,>=0 表示正向                   |
| VInitAngle      | 末端的方向偏移角度,摆动旋转轴与摆动焊枪之间的差值 弧度,给 0 等同 frame114 |
| WdiffY          | 焊枪和摆动旋转中心 Y 方向的偏移                            |

## 轴参数

| Axis   | Atype               | Units    |
|--------|---------------------|----------|
| Axis_a | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b |                     | 每 mm 脉冲数 |

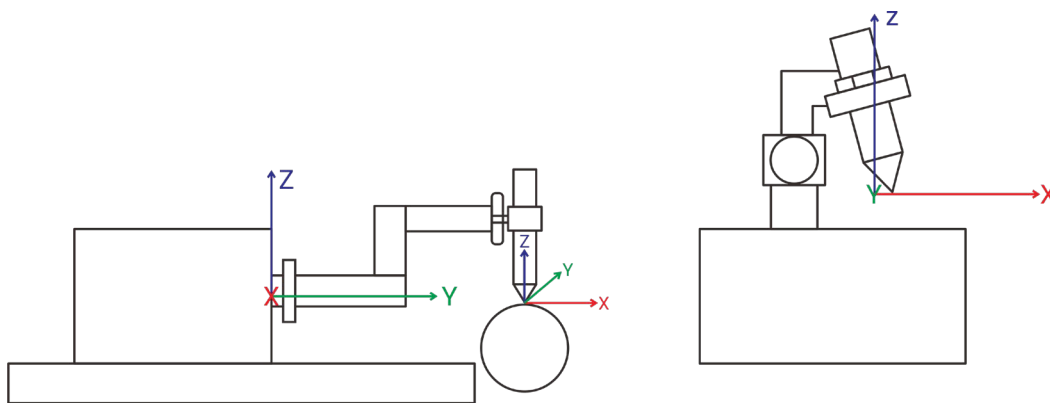
|           |   |                     |
|-----------|---|---------------------|
| Axis_c    | 0 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |   | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |   | PulesWOneCircle/360 |
| Viraxis_x |   | 1000                |
| Viraxis_y |   | 1000                |
| Viraxis_z |   | 1000                |
| Viraxis_v |   | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |   | PulesWOneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**模组按照如图坐标系右手法则为正方向；左图的 x 轴正方向从屏幕指向屏幕外；右图是从 -Y 方向上的剖面图；旋转轴 J3 绕 Y+右手法则正方向旋转为正；摆动轴 J4 绕 X-右手法则正方向旋转为正。

## 模型零点

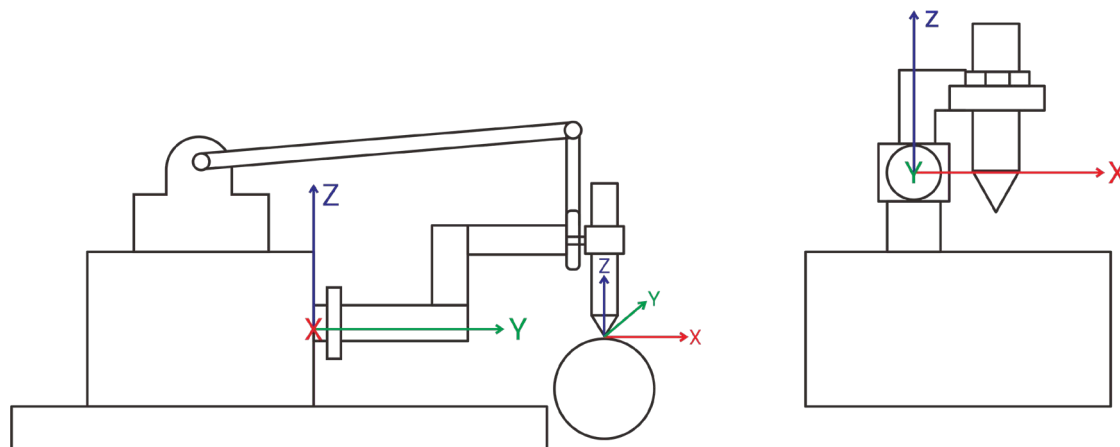


**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx、Lvwy、Lv wz 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.1.7 FRAME139

### 6.1.7.1 机械结构

#### 设计图纸



同 Frame115，只是摆动轴的是通过气缸推动。

垂直旋转摆动机械手。

关节轴：5 个，XYZ，V-旋转，W-摆动。

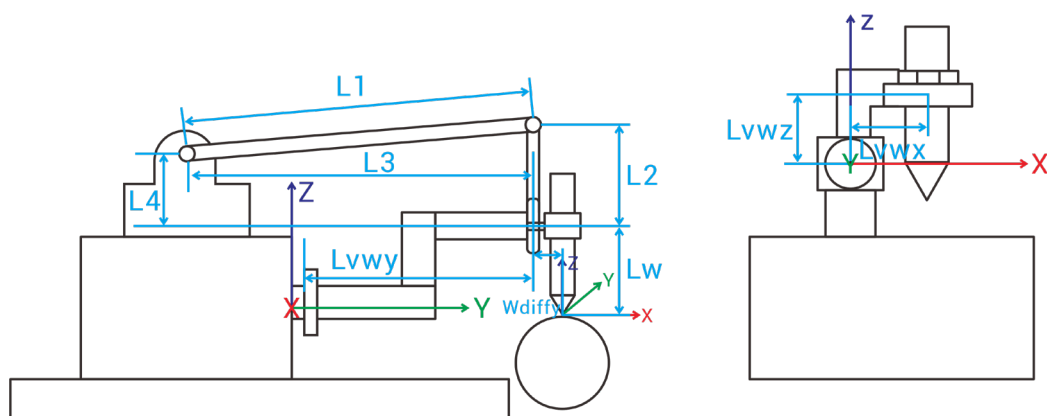
### 6.1.7.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Ry                                                           | Viraxis_v | 无  | ° 度  |
| 末端摆动轴 Rx                                                           | Viraxis_w | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Viraxis_w)        |           |    |      |
| CONNREFRAME(139, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |    |      |

## 模型参数



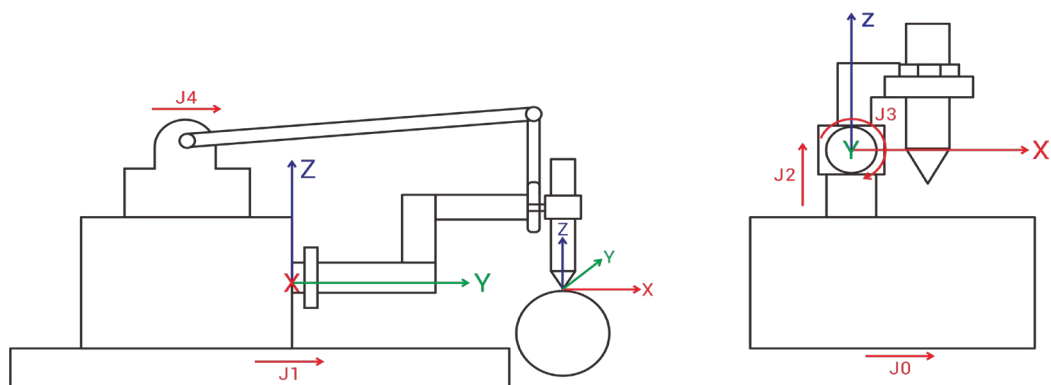
结构参数: TABLE(Tablenum, Lw, L1, L2, L3, L4, Lvw, Lvwxy, Lvwz, Vdir, Wdir, WdiffY)

| 参数       | 含义                            |
|----------|-------------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置              |
| Lw       | 摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样        |
| L1       | 推杆长度                          |
| L2       | 推杆长度                          |
| L3       | 推杆长度                          |
| L4       | 推杆长度                          |
| Lvw      | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移         |
| Lvwxy    | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Y 偏移         |
| Lvwz     | 零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移         |
| Vdir     | V 旋转方向, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向 |
| Wdir     | W 旋转方式, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向 |
| WdiffY   | 焊枪和摆动旋转中心 Y 方向的偏移             |

## 轴参数

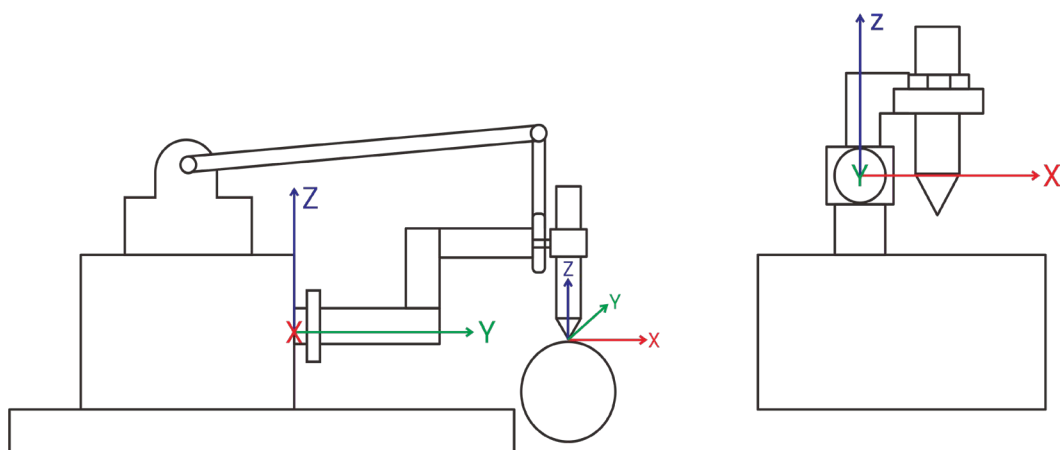
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | PulesVOneCircle/360 |
| Viraxis_w |                     | 1000                |

## 模型方向



**注意：**模组按照如图坐标系右手法则为正方向；左图的 x 轴正方向从屏幕指向屏幕外；右图是从 -Y 方向上的剖面图；旋转轴 J3 绕 Y+右手法则正方向旋转为正；摆动轴 J4(平移控制旋转)绕 X-右手法则正方向旋转为正。

## 模型零点



**注意：**模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时， $L_{vwx}$ 、 $L_{vwy}$ 、 $L_{vwz}$  参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.2 二到五轴的 Delta Robot

**Delta Robot:** 德尔塔机器人。

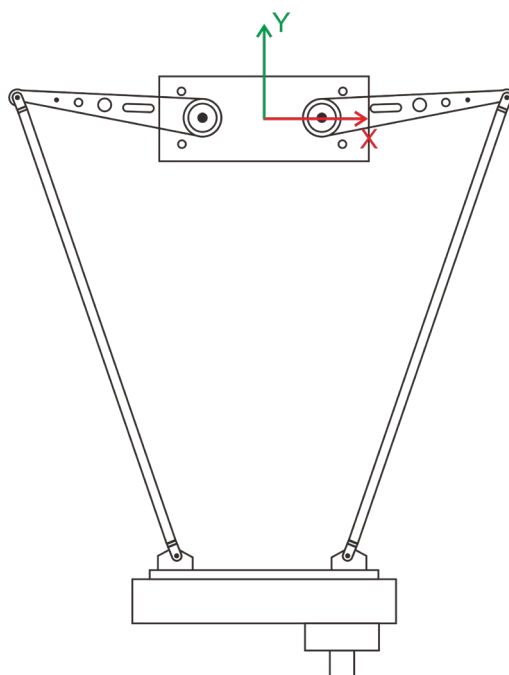
**特点:** 作为最快速的平面取放手臂，一般由三个平行的臂构成。这种独特的机械结构使其能够快速进行水平移动，具有极高的加速度和速度，能够在短时间内完成物料的抓取和放置动作。

**应用场景:** 常见于包装和取放作业中，由于其高速、精准的特性，在食品包装、药品分拣、电子产品组装前的取放等环节得到广泛应用，因此俗称“蜘蛛手”。

### 6.2.1 FRAME102

#### 6.2.1.1 机械结构

##### 设计图纸



#### 6.2.1.2 运动学模型

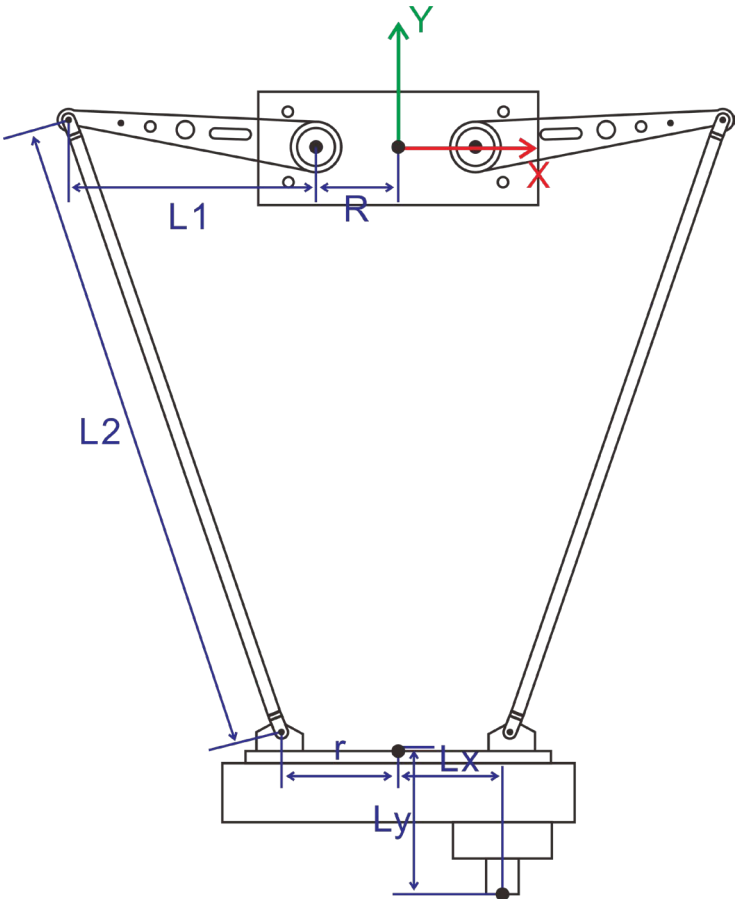
##### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y)  
CONNREFRAME(102, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b)

模型参数



结构参数：TABLE(Tablenum,R,r,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Lx,Ly)

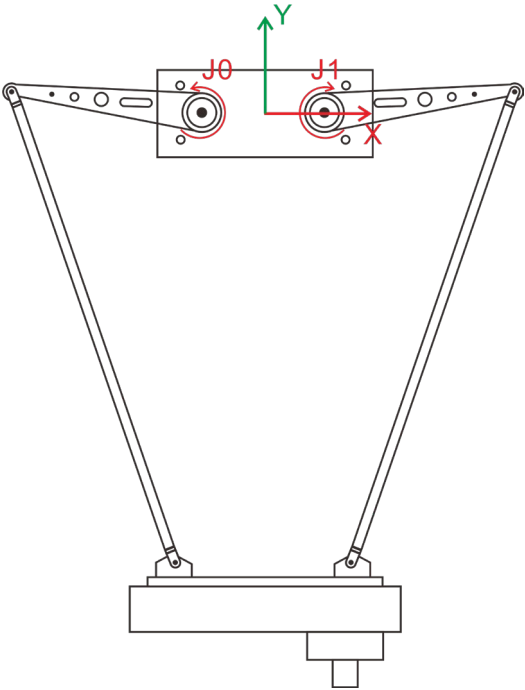
| 参数              |  | 含义               |
|-----------------|--|------------------|
| Tablenum        |  | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| R               |  | 上间距半径            |
| r               |  | 下间距半径            |
| L1              |  | 上杆长度             |
| L2              |  | 下杆长度             |
| Pules1OneCircle |  | 第一个关节轴旋转一圈的脉冲数   |
| Pules2OneCircle |  | 第二个关节轴旋转一圈的脉冲数   |
| Lx              |  | 末端与下面中心点的 X 偏移   |
| Ly              |  | 末端与下面中心点的 Y 偏移   |

轴参数

| Axis   | Atype               | Units               |
|--------|---------------------|---------------------|
| Axis_a | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b |                     | Pules2OneCircle/360 |

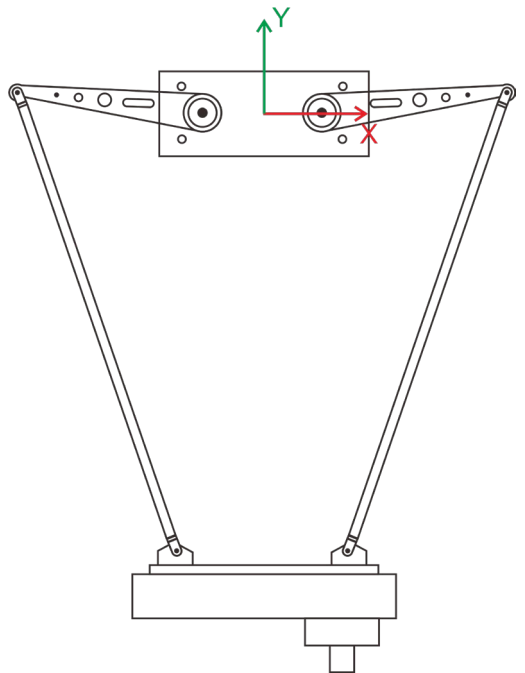
|           |   |      |
|-----------|---|------|
| Viraxis_x | 0 | 1000 |
| Viraxis_y |   | 1000 |

模型方向



注意：两关节向下旋转为正。

模型零点

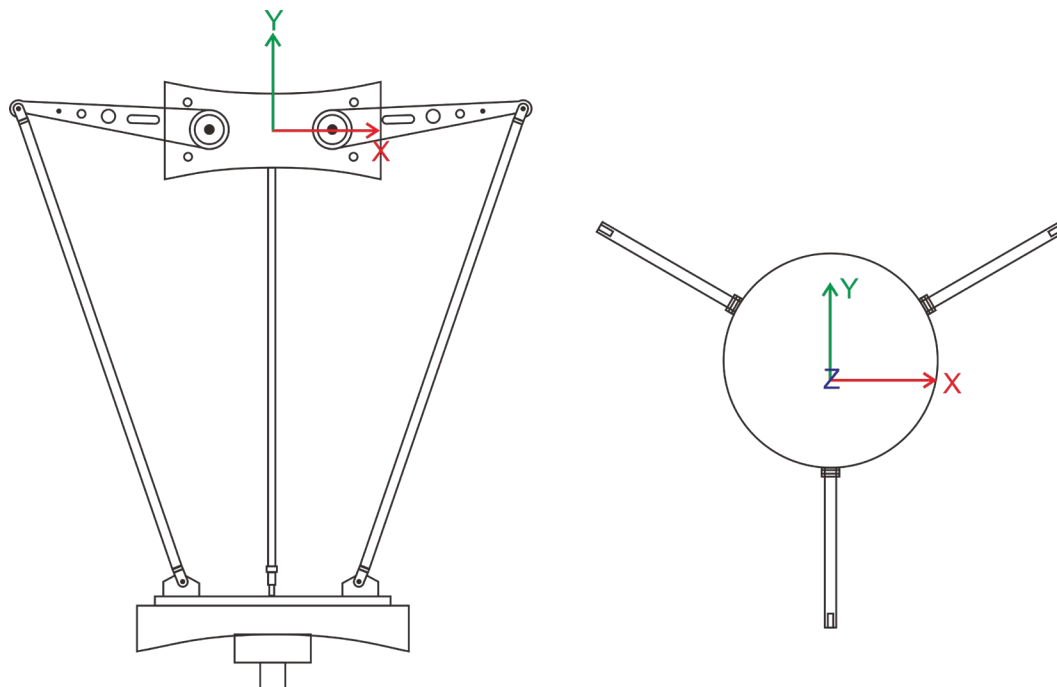


注意：二关节轴连杆 L1 水平时（或者 2 个 L1 在同一个水平线）为零点，向下转为正。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.2.2 FRAME2-12-14

### 6.2.2.1 机械结构

#### 设计图纸



FRAME2 为 3 轴模式，没有末端旋转轴。

FRAME12 为 4 轴模式，有末端旋转轴，使用关节轴号操作旋转轴。

FRAME14 为 4 轴模式，有末端旋转轴，使用虚拟轴号操作旋转轴。

### 6.2.2.2 运动学模型

#### 关节和自由度

##### FRAME2

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                           | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                            | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                            | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                            | Viraxis_z | 无  | mm   |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z)            |           |    |      |
| CONNREFRAME(2, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |           |    |      |

**FRAME12**

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |

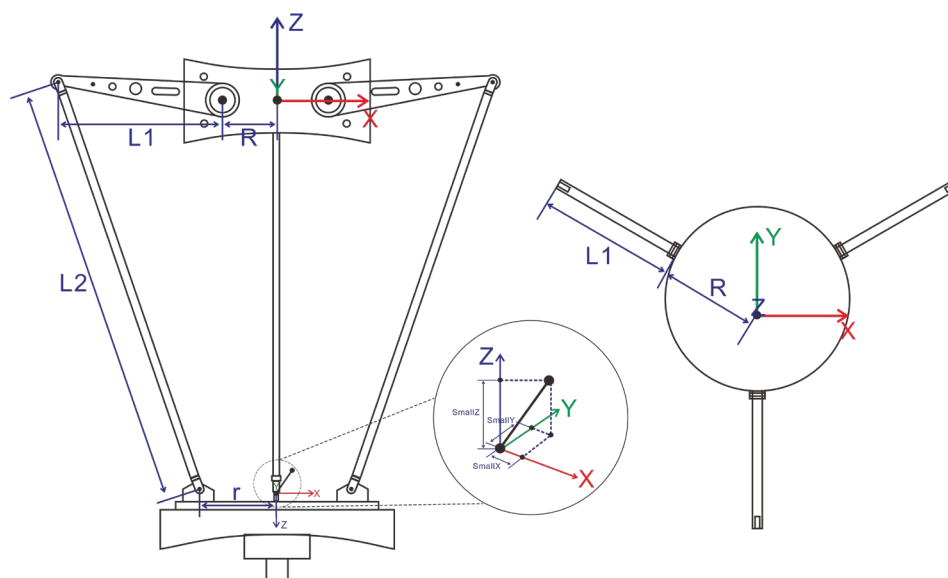
| 坐标系虚拟轴                                                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|-----------------------------------------------------------|------------|----|------|
| 平移轴 X                                                     | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                     | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                     | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ                                                    | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_rz)         |            |    |      |
| CONNREFRAME(12, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d) |            |    |      |

**FRAME14**

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                    | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|-----------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                     | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                     | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                     | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 关节轴 3                                                     | Axis_d    | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d)             |           |    |      |
| CONNREFRAME(14, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d) |           |    |      |

## 模型参数



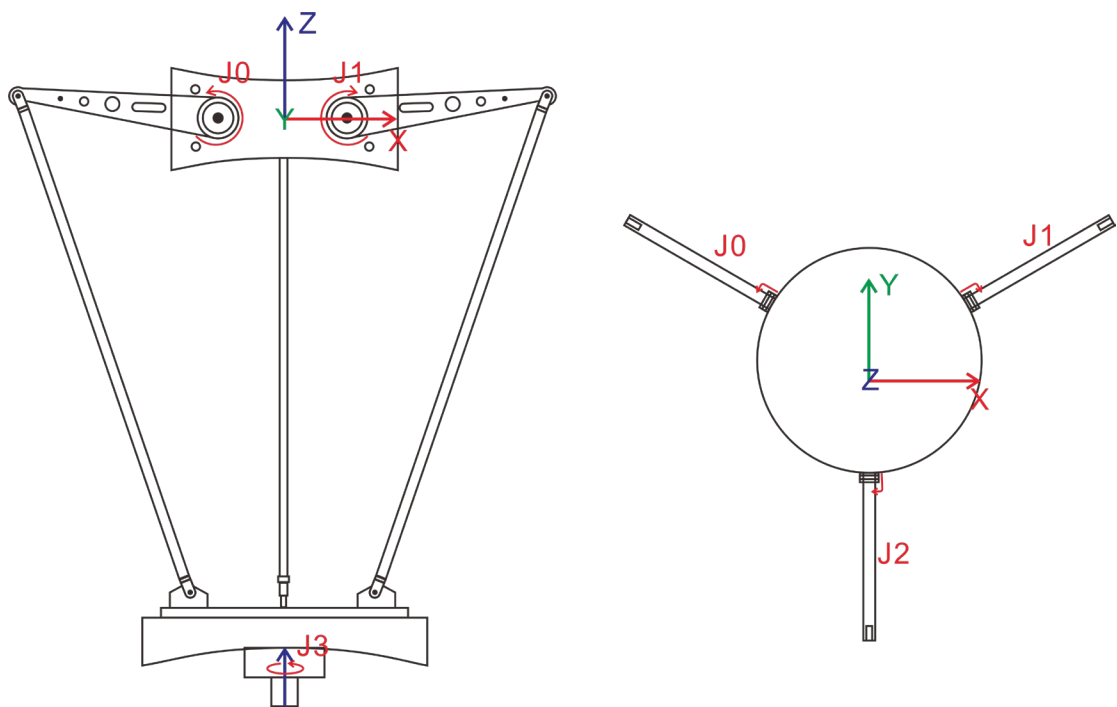
结构参数: TABLE(Tablenum,R,r,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,Smallx,Smally,Smallz,[Pules4OneCircle])

| 参数              | 含义               |
|-----------------|------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| R               | 上间距半径            |
| r               | 下间距半径            |
| L1              | 上杆长度             |
| L2              | 下杆长度             |
| Pules1OneCircle | 第一个关节轴旋转一圈的脉冲数   |
| Pules2OneCircle | 第二个关节轴旋转一圈的脉冲数   |
| Pules3OneCircle | 第三个关节轴旋转一圈的脉冲数   |
| Smallx          | 末端与下面中心点的 X 偏移   |
| Smally          | 末端与下面中心点的 Y 偏移   |
| Smallz          | 末端与下面中心点的 Z 偏移   |
| Pules4OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数    |

## 轴参数

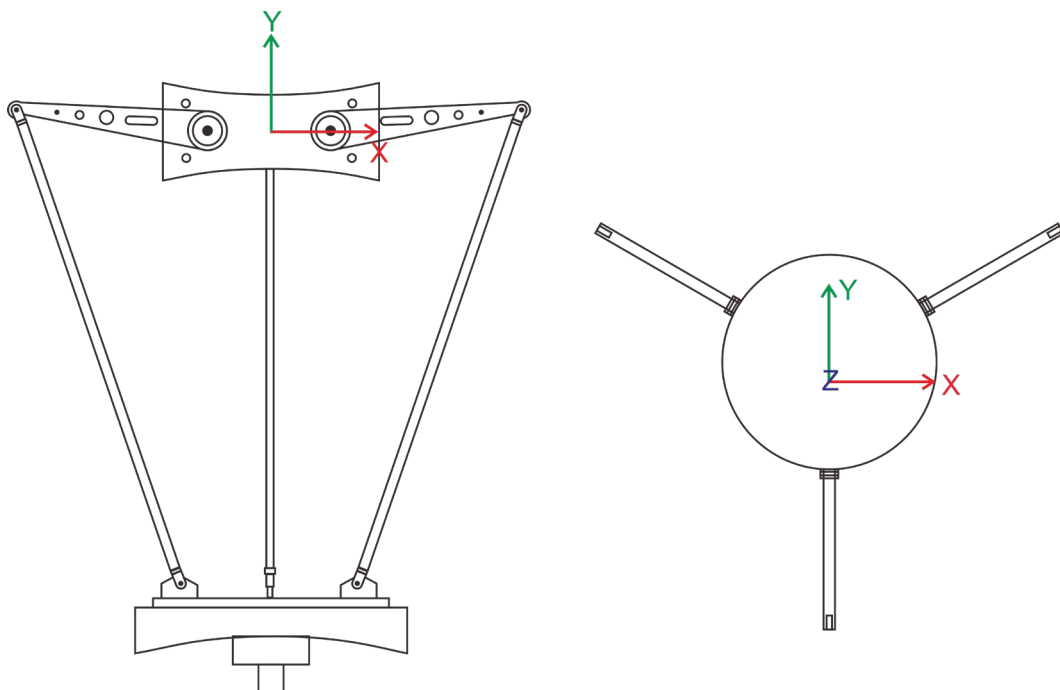
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | Pules2OneCircle/360 |
| Axis_c    |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Axis_d    |                     | Pules4OneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | Pules4OneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**三关节 J0、J1、J2 向下旋转为正；末端 J3 绕+Z 轴右手法则旋转为正。

## 模型零点

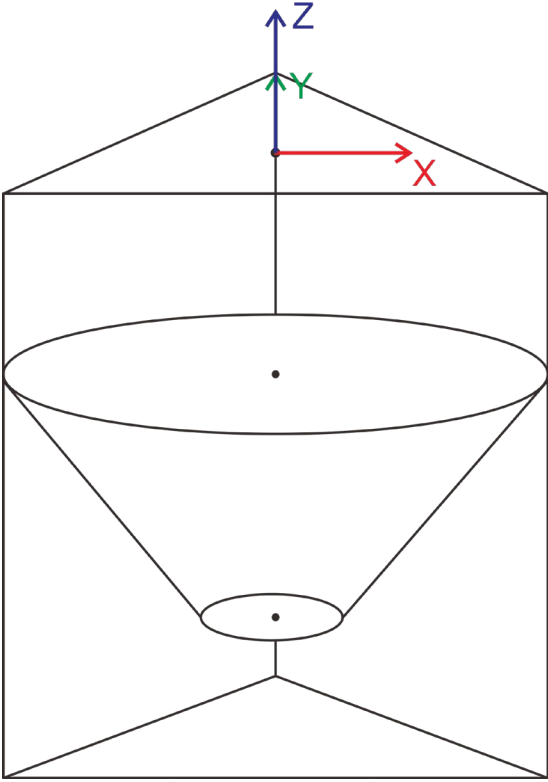


**注意：**三关节轴连杆 L1 水平时（或者 3 个 L1 在同一个平面）为零点，向下转为正。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.2.3 FRAME13

6.2.3.1 机械结构

设计图纸



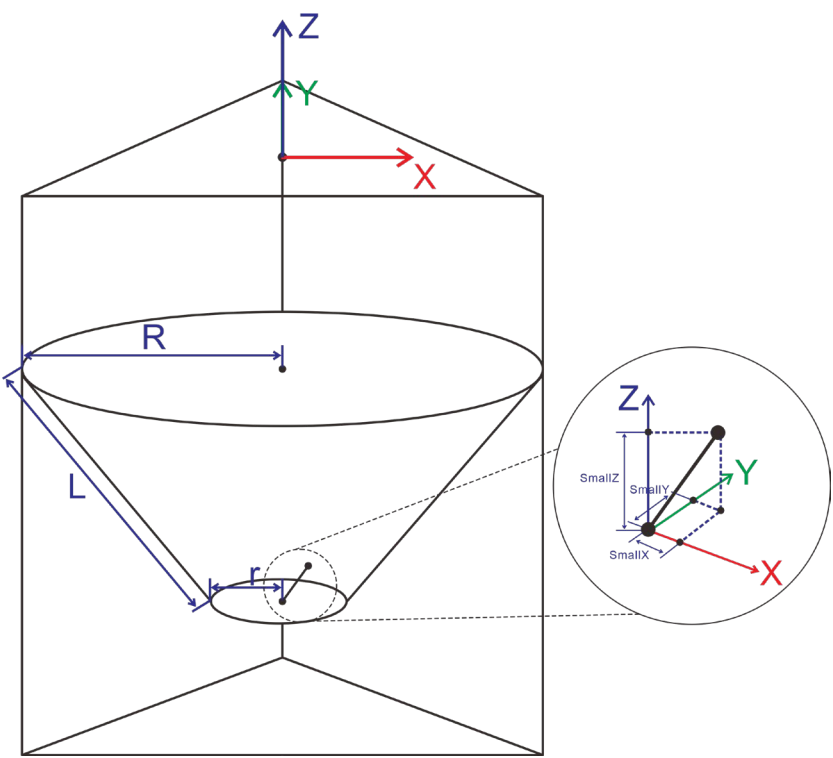
6.2.3.2 运动学模型

关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写            | 范围 | 物理特征   |
|-------|-----------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                      | 定义简写            | 范围 | 物理特征 |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|----|------|
| 平移轴 X                                                       | Viraxis_x       | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                       | Viraxis_y       | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                       | Viraxis_z       | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ                                                      | Viraxis_rz(可缺省) | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z[, Viraxis_rz])         |                 |    |      |
| CONNREFRAME(13, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c[, Axis_d]) |                 |    |      |

模型参数



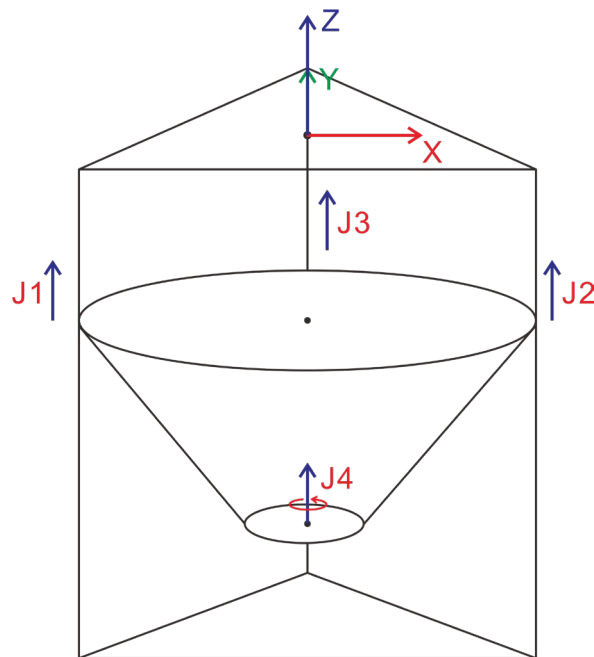
结构参数: TABLE(Tablenum,R,r,L,SmallX,SmallY,SmallZ,[PULSE4ONECIRCLE])

| 参数              | 含义                    |
|-----------------|-----------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置      |
| R               | 上间距半径                 |
| r               | 下间距半径                 |
| L               | 连杆的长度                 |
| SmallX          | 末端点到小外切圆圆心的 X 的偏移(距离) |
| SmallY          | 末端点到小外切圆圆心的 Y 的偏移(距离) |
| SmallZ          | 末端点到小外切圆圆心的 Z 的偏移(距离) |
| PULSE4ONECIRCLE | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数         |

轴参数

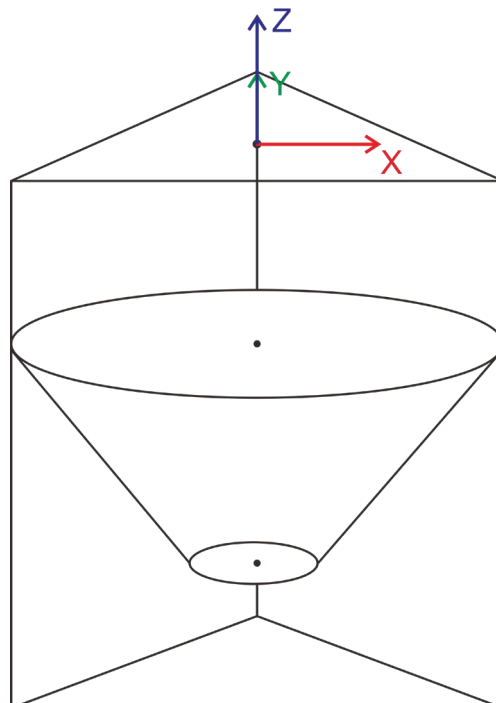
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | Pules4OneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | Pules4OneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**三关节 J0、J1、J2 向上平移为正；末端 J3 绕+Z 轴右手法则旋转为正。

## 模型零点



**注意：**三关节轴位置保持同一个水平平面时为零点。此时直角坐标系如图所示。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.3 二到六轴的 SCARA 机器人

**SCARA:** Selective Compliance Assembly Robot Arm—选择顺应性装配机器人手臂。

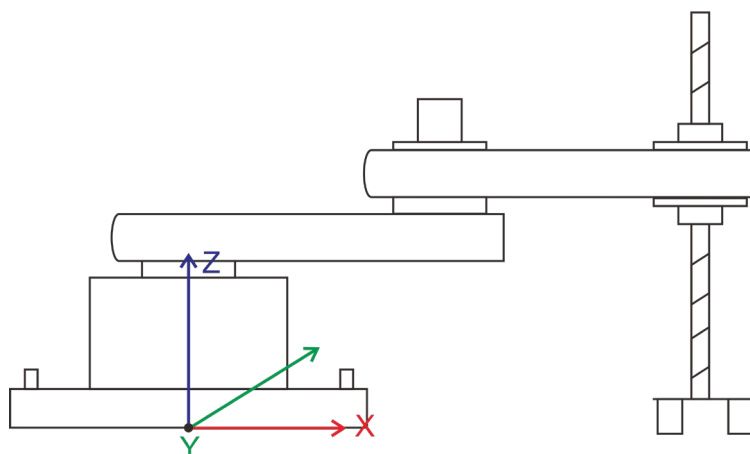
**特点:** 其手臂运动姿态最接近产线作业员的徒手组装姿态，在水平方向（X、Y 轴）具有较好的顺应性，而在垂直方向（Z 轴）具有较高的刚度。这种特性使得它在执行组装和取放操作时，能够更好地适应零件的装配要求，同时保证操作的精度。

**应用场景:** 特别适合空间有限的组装和取放操作，在电子和半导体产业中应用广泛。例如在晶圆取出、卡夹取放等对精度和空间要求极高的应用中，SCARA 机器人凭借其优势成为首选。

### 6.3.1 FRAME1-21-106-107-134

#### 6.3.1.1 机械结构

##### 设计图纸



FRAME1 为 2-4 轴模式，支持 2 轴 SCARA 和 4 轴 SCARA。

FRAME21 为 4 轴模式，有末端旋转轴，存在机械耦合。

FRAME106 为 4 轴模式，有末端旋转轴，存在机械耦合。

FRAME107 为 4 轴模式，有末端旋转轴，存在机械耦合。

FRAME134 为 3 轴模式，无末端旋转轴，可以随意切换末端点，应用锁附领域。

#### 6.3.1.2 运动学模型

##### 关节和自由度

##### FRAME1

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围       | 物理特征   |
|-------|------------|----------|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | -360-360 | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | -360-360 | 旋转轴° 度 |

|       |                 |          |        |
|-------|-----------------|----------|--------|
| 关节轴 2 | J2(Axis_c)(可缺省) | -180-180 | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无        | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                       | 定义简写           | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------------------------------------------|----------------|----|--------|
| 平移轴 X                                                        | Viraxis_x      | 无  | mm     |
| 平移轴 Y                                                        | Viraxis_y      | 无  | mm     |
| 旋转轴 RZ                                                       | Viraxis_v(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 平移轴 Z                                                        | Viraxis_z(可缺省) | 无  | mm     |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y[, Viraxis_v][, Viraxis_z])         |                |    |        |
| CONNREFRAME(1, Tablenum, Axis_a, Axis_b[, Axis_c][, Axis_d]) |                |    |        |

**FRAME21**

| 实际关节轴                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------|------------|----|--------|
| 关节轴 0                    | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1                    | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2                    | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3                    | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| L1toL2 J0 转动一圈, J1 变动的圈数 |            |    |        |
| L2toLV J1 转动一圈, J2 变动的圈数 |            |    |        |

**FRAME106**

| 实际关节轴                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------|------------|----|--------|
| 关节轴 0                    | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1                    | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2                    | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3                    | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| L1toL2 J0 转动一圈, J1 变动的圈数 |            |    |        |

**FRAME107**

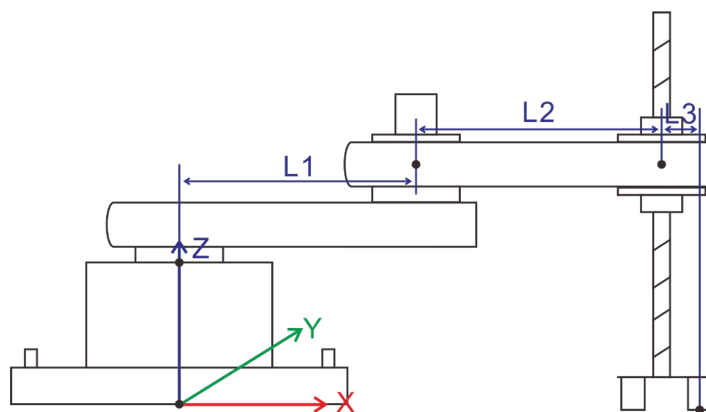
| 实际关节轴                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------|------------|----|--------|
| 关节轴 0                    | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1                    | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2                    | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3                    | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| L2toLV J1 转动一圈, J2 变动的圈数 |            |    |        |

**FRAME134**

| 实际关节轴 | 定义简写            | 范围 | 物理特征   |
|-------|-----------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写           | 范围 | 物理特征 |
|--------|----------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x      | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y      | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z(可缺省) | 无  | mm   |

## 模型参数



### FRAME1

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,[Pules3OneCircle,L3]  
[,ZDis])

| 参数              | 含义                    |
|-----------------|-----------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 地址      |
| L1              | 大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离  |
| L2              | 小关节轴旋转中心到末端旋转轴的旋转中心距离 |
| Pules1OneCircle | 大关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules2OneCircle | 小关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules3OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数         |
| L3              | 末端旋转轴旋转中心到末端工作点的距离    |
| ZDis            | 末端旋转轴旋转一圈，伸缩轴移动的距离    |

### FRAME21

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,L1toL2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,  
L3,ZDis,L2toLV)

| 参数              | 含义                    |
|-----------------|-----------------------|
| L1              | 大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离  |
| L2              | 小关节轴旋转中心到末端旋转轴的旋转中心距离 |
| L1toL2          | 大关节转动一圈，小关节变动的圈数      |
| Pules1OneCircle | 大关节旋转一圈的脉冲数           |

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Pules2OneCircle | 小关节旋转一圈的脉冲数        |
| Pules3OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数      |
| L3              | 末端旋转轴旋转中心到末端工作点的距离 |
| ZDis            | 末端旋转轴旋转一圈，伸缩轴移动的距离 |
| L2toLV          | 小关节转动一圈，旋转关节变动的圈数  |

**FRAME106**

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,L1toL2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,L3,ZDis)

| 参数              | 含义                    |
|-----------------|-----------------------|
| L1              | 大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离  |
| L2              | 小关节轴旋转中心到末端旋转轴的旋转中心距离 |
| L1toL2          | 大关节转动一圈，小关节变动的圈数      |
| Pules1OneCircle | 大关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules2OneCircle | 小关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules3OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数         |
| L3              | 末端旋转轴旋转中心到末端工作点的距离    |
| ZDis            | 末端旋转轴旋转一圈，伸缩轴移动的距离    |

**FRAME107**

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,L2toLV,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,L3,ZDis)

| 参数              | 含义                    |
|-----------------|-----------------------|
| L1              | 大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离  |
| L2              | 小关节轴旋转中心到末端旋转轴的旋转中心距离 |
| L2toLV          | 小关节转动一圈，旋转关节变动的圈数     |
| Pules1OneCircle | 大关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules2OneCircle | 小关节旋转一圈的脉冲数           |
| Pules3OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数         |
| L3              | 末端旋转轴旋转中心到末端工作点的距离    |
| ZDis            | 末端旋转轴旋转一圈，伸缩轴移动的距离    |

**FRAME134**

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle)

| 参数              | 含义                   |
|-----------------|----------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 地址     |
| L1              | 大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离 |
| L2              | 小关节轴旋转中心到相机中心的距离     |
| Pules1OneCircle | 大关节旋转一圈的脉冲数          |

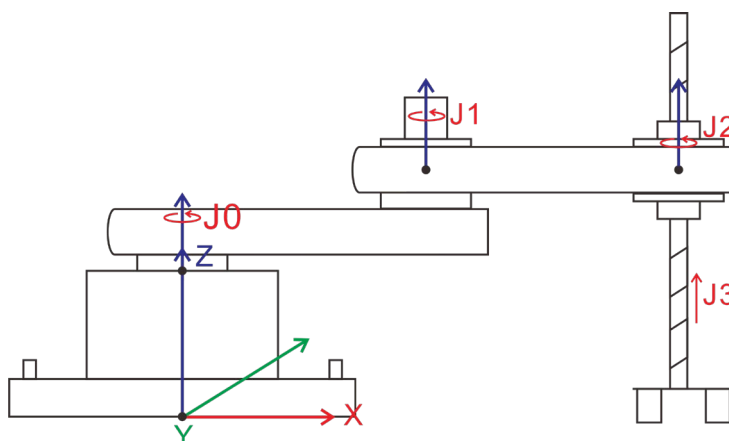
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Pules2OneCircle | 小关节旋转一圈的脉冲数 |
|                 |             |

注意：FRAME134 的臂长 L1 L2 标定以及关节零点角度偏差标定，适用于 FRAME1 的四点标定法，可以先建立 FRAME1 正逆解，求出 TABLE 参数。

## 轴参数

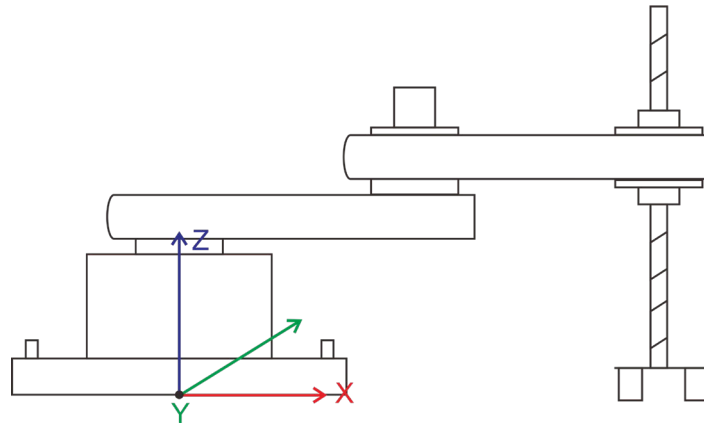
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | Pules2OneCircle/360 |
| Axis_c    |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Axis_d    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Viraxis_z |                     | 1000                |

## 模型方向



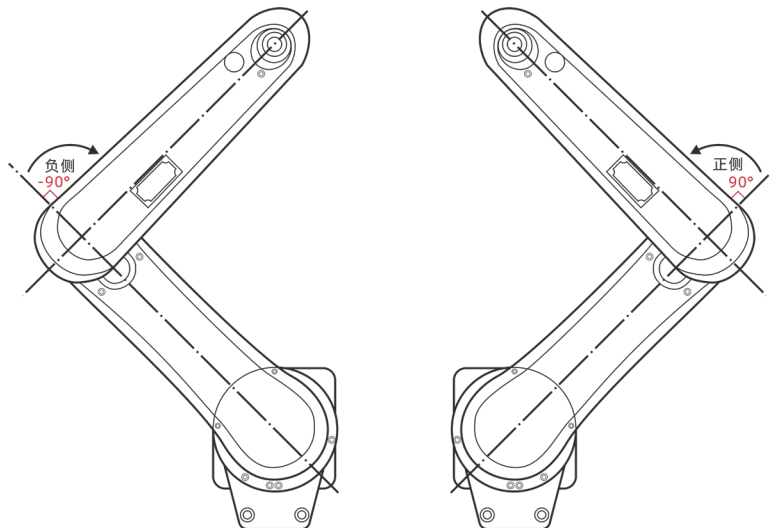
注意：三关节 J0、J1、J2 绕+Z 轴右手法则旋转为正；末端 J3 平移+Z 轴为正。

## 模型零点



**注意：**大臂 L1 和小臂 L2 保持伸直为同一直线时为零点。此时直角坐标系如图所示。

## 模型姿态

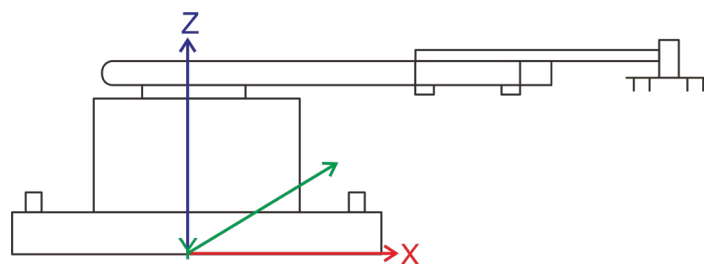


scara 姿态只有两种。

## 6.3.2 FRAME5

### 6.3.2.1 机械结构

#### 设计图纸



### 6.3.2.2 运动学模型

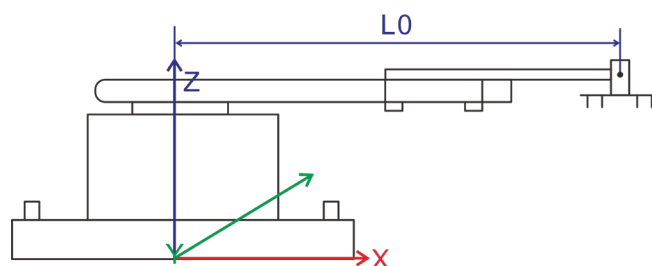
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_v | 无  | mm   |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_v)  
CONNREFRAME(5, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c)

#### 模型参数



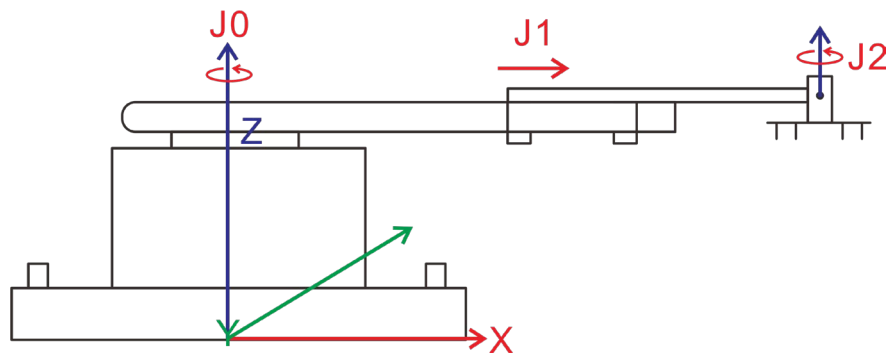
结构参数: TABLE(Tablenum, L0, Pules1OneCircle, Pules2OneUnit, [Pules3OneCircle])

| 参数              | 含义               |
|-----------------|------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| L0              | 水平伸缩轴零点时的长度      |
| Pules1OneCircle | 底座旋转轴旋转一圈的脉冲数    |
| Pules2OneUnit   | 水平伸缩轴走 1mm 的脉冲数  |
| Pules3OneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数    |

#### 轴参数

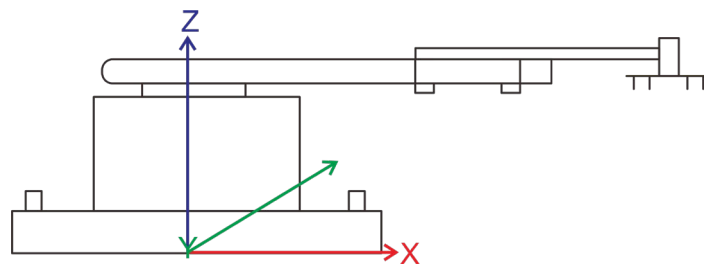
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | Pules2OneUnit       |
| Axis_c    |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | Pules3OneCircle/360 |

## 模型方向



注意：关节 J0、J2 绕+Z 轴右手法则旋转为正；末端 J1 平移+X 轴为正。

## 模型零点

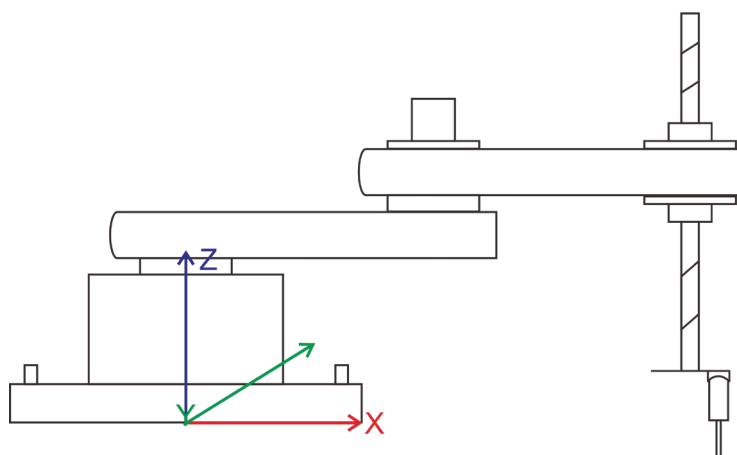


注意：任意位置可以作为零点。零点位置确定，坐标系也确定了。

## 6.3.3 FRAME101-105

### 6.3.3.1 机械结构

## 设计图纸



### 6.3.3.2 运动学模型

#### 关节和自由度

##### FRAME101

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

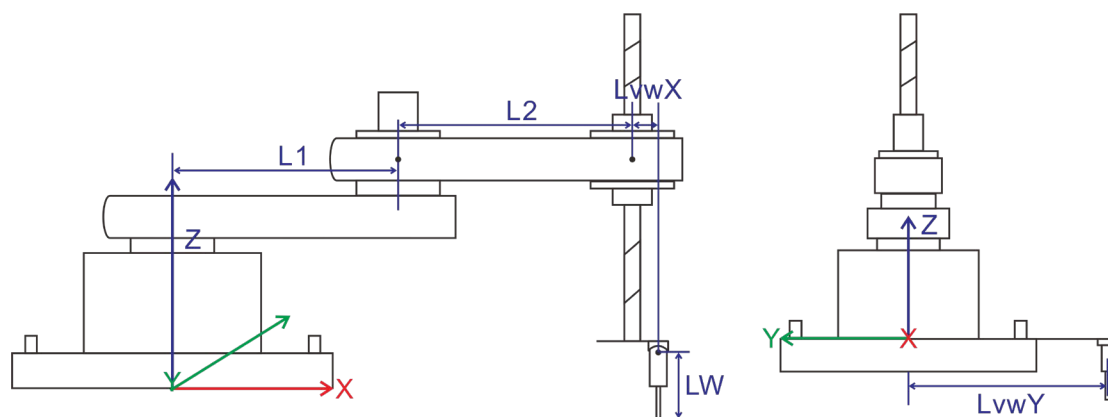
| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------------------------------------------------|------------|----|--------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x  | 无  | mm     |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y  | 无  | mm     |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z  | 无  | mm     |
| 旋转轴 RZ                                                             | Viraxis_v  | 无  | 旋转轴° 度 |
| 摆动轴 RY                                                             | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Axis_e)           |            |    |        |
| CONNREFRAME(101, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |            |    |        |

##### FRAME105

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x | 无  | mm     |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y | 无  | mm     |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z | 无  | mm     |
| 旋转轴 RZ                                                             | Viraxis_v | 无  | 旋转轴° 度 |
| 摆动轴 RY                                                             | Viraxis_w | 无  | 旋转轴° 度 |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Viraxis_w)        |           |    |        |
| CONNREFRAME(105, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |    |        |

## 模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,PulesvOneCircle,Lw,PulesWOneCircle,Lvwx,Lvwy)

### FRAME101

| 参数              | 含义                              |
|-----------------|---------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                |
| L1              | 第一个关节轴的旋转中心到第二个关节轴的旋转中心的距离      |
| L2              | 第二个关节轴的旋转中心到末端旋转轴的旋转中心的距离       |
| Pules1OneCircle | 第一个关节轴旋转一圈的脉冲数                  |
| Pules2OneCircle | 第二个关节轴旋转一圈的脉冲数                  |
| PulesvOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数                   |
| Lw              | 摆动半径                            |
| PuleswOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数                   |
| Lvwx            | Xy 平面内, 末端工作点与末端旋转轴旋转中心的 x 方向距离 |
| Lvwy            | Xy 平面内, 末端工作点与末端旋转轴旋转中心的 y 方向距离 |

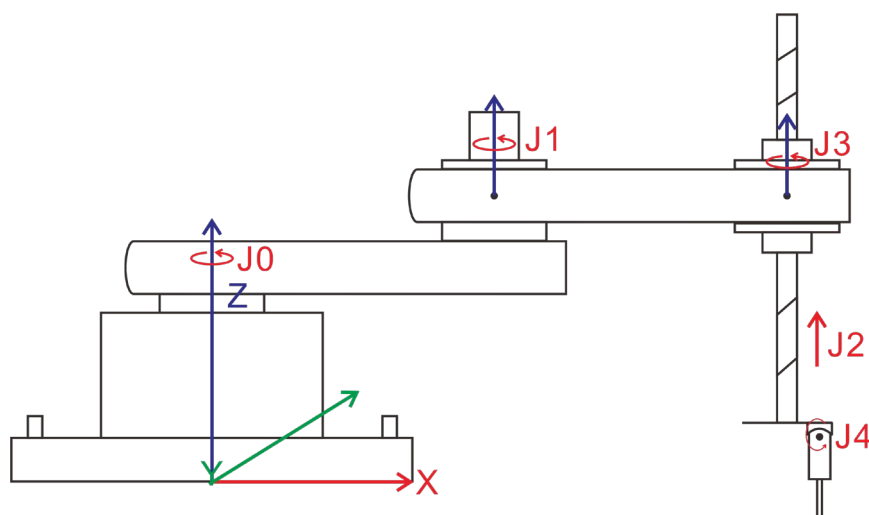
### FRAME105

| 参数              | 含义                              |
|-----------------|---------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                |
| L1              | 第一个关节轴的旋转中心到第二个关节轴的旋转中心的距离      |
| L2              | 第二个关节轴的旋转中心到末端旋转轴的旋转中心的距离       |
| Pules1OneCircle | 第一个关节轴旋转一圈的脉冲数                  |
| Pules2OneCircle | 第二个关节轴旋转一圈的脉冲数                  |
| PulesvOneCircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数                   |
| Lw              | 摆动半径                            |
| PuleswOneCircle | 末端摆动轴旋转一圈的脉冲数                   |
| Lvwx            | Xy 平面内, 末端工作点与末端旋转轴旋转中心的 x 方向距离 |
| Lvwy            | Xy 平面内, 末端工作点与末端旋转轴旋转中心的 y 方向距离 |
| Zdis            | Zdis, 末端旋转一圈, Z 变化的距离.          |

## 轴参数

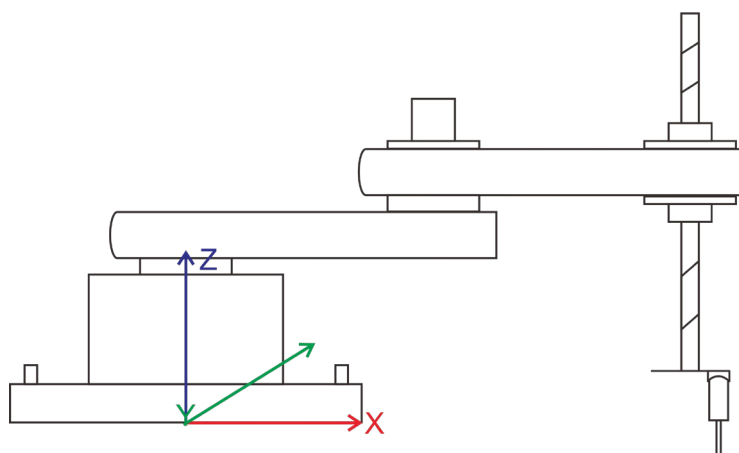
| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | Pules2OneCircle/360 |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | PulesvOneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | PuleswOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_v |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | PulesvOneCircle/360 |
| Viraxis_w |                     | PuleswOneCircle/360 |

## 模型方向



**注意：**三关节 J0、J1、J3 绕+Z 轴右手法则旋转为正；末端 J2 平移+Z 轴为正；摆动轴 J4 绕-Y 右手法则旋转为正，也就是向+X 轴方向摆动为正；

## 模型零点

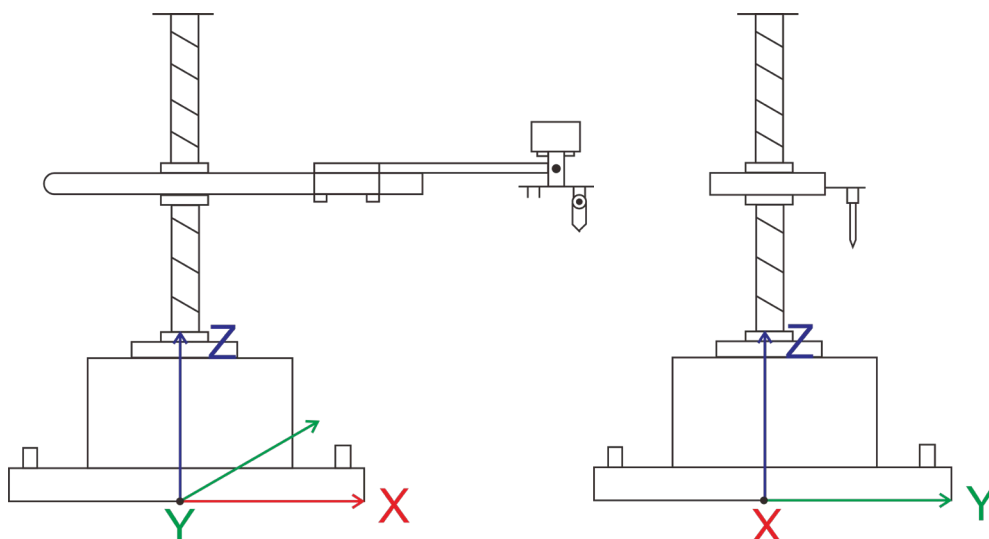


**注意：**大臂 L1 和小臂 L2 保持伸直为同一直线时为零点；摆动轴垂直向下时为零点。此时直角坐标系如图所示。

## 6.3.4 FRAME137

### 6.3.4.1 机械结构

#### 设计图纸



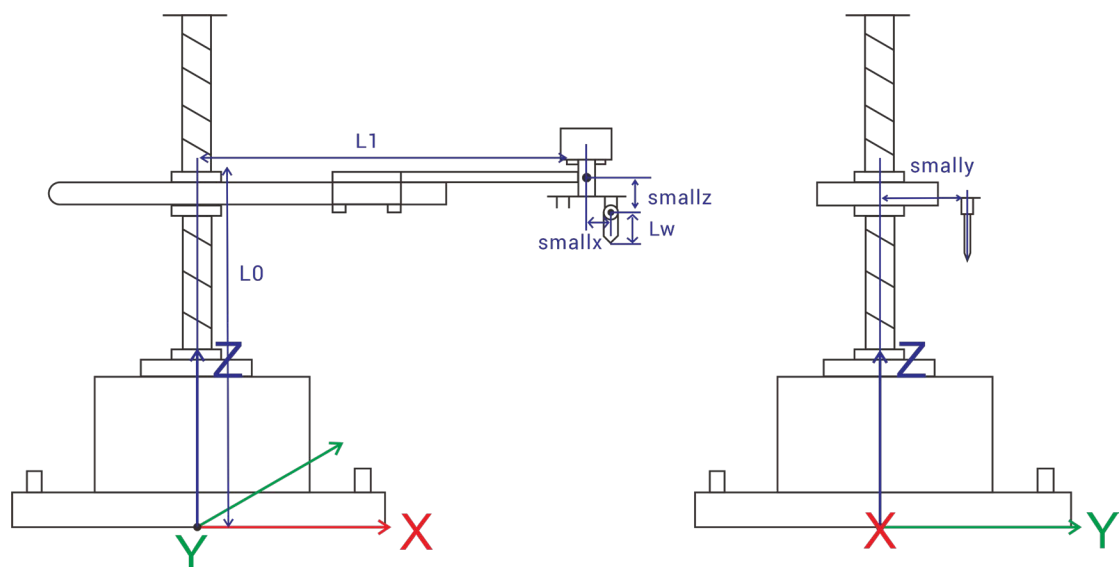
### 6.3.4.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                             | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                              | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                              | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                              | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 旋转轴 v                                                              | Viraxis_v | 无  | mm   |
| 旋转轴 w                                                              | Viraxis_w | 无  | mm   |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Viraxis_w)        |           |    |      |
| CONNREFRAME(137, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |    |      |

## 模型参数



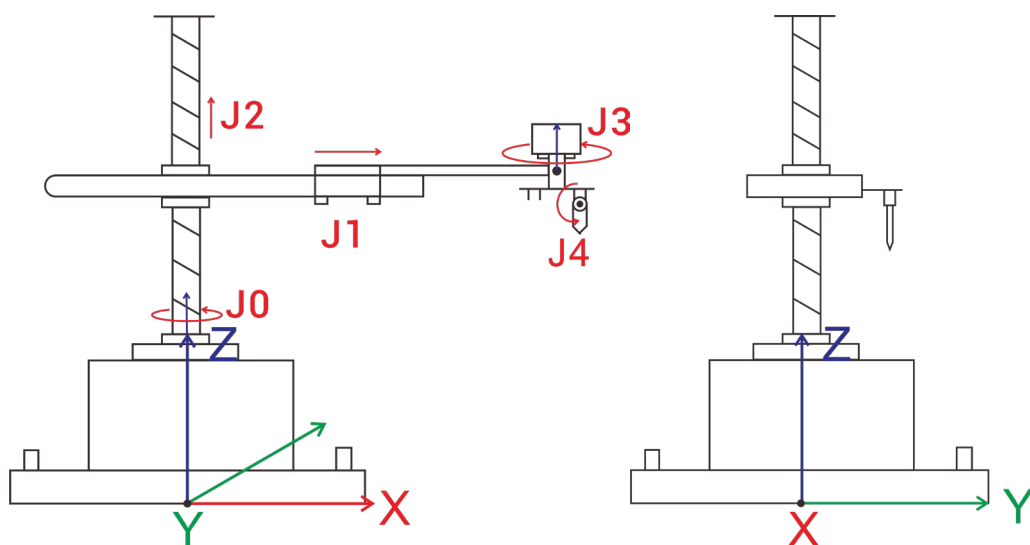
结构参数: TABLE(Tablenum,L0,L1,SMALLX,SMALLY,SMALLZ,LW)

| 参数       | 含义               |
|----------|------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| L0       | 零点时的 Z 轴高度       |
| L1       | 水平伸缩轴零点时的长度      |
| SMALLX   | 末端旋转轴到摆动轴 X 长度   |
| SMALLY   | 末端旋转轴到摆动轴 Y 长度   |
| SMALLZ   | 末端旋转轴到摆动轴 Z 长度   |
| LW       | 摆动轴长度            |

## 轴参数

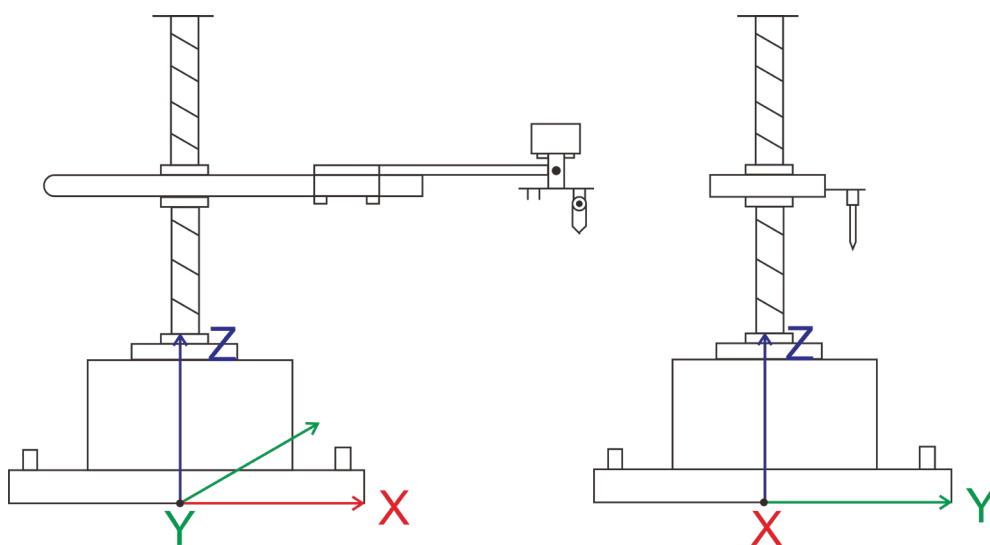
| Axis      | Atype               | Units                   |
|-----------|---------------------|-------------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | PulesLargeOneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数                |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数                |
| Axis_d    |                     | PulesVOneCircle/360     |
| Axis_e    |                     | PulesWOneCircle/360     |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                    |
| Viraxis_y |                     | 1000                    |
| Viraxis_z |                     | 1000                    |
| Viraxis_v |                     | PulesVOneCircle/360     |
| Viraxis_w |                     | PulesWOneCircle/360     |

## 模型方向



**注意：** 关节 J0、J3 绕+Z 轴右手法则旋转为正；末端 J1 平移+X 轴为正；末端 J2 平移+Z 轴为正；摆动轴 J4 绕-Y 右手法则旋转为正，也就是向+X 轴方向摆动为正；

## 模型零点

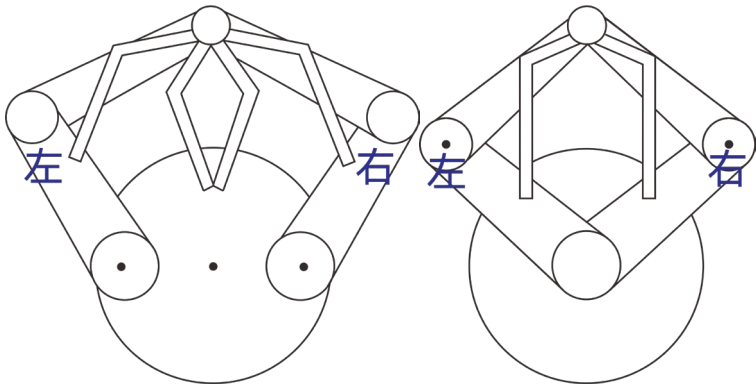


**注意：** 摆动轴垂直向下时为零点，其他无要求。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.3.5FRAME138

6.3.5.1 机械结构

设计图纸

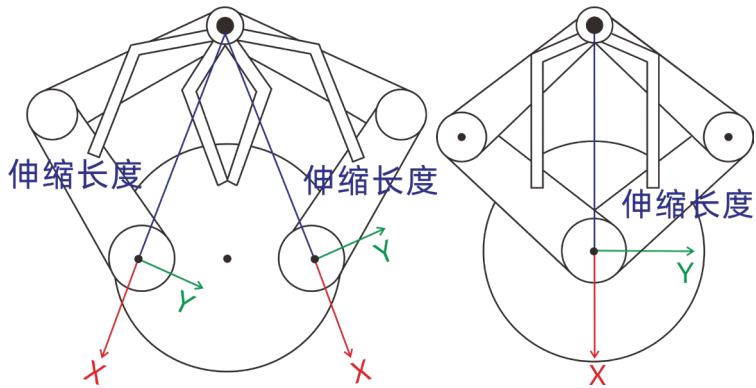


晶圆机械手。

6.3.5.2 运动学模型

关节和自由度

| 实际关节轴         | 定义简写       | 范围       | 物理特征   |
|---------------|------------|----------|--------|
| 关节轴 0         | J0(Axis_a) | 无        | 移动轴 mm |
| 关节轴 1         | J1(Axis_b) | -180~180 | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2(左)      | J2(Axis_c) | 无        | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3(右)(可缺省) | J3(Axis_d) | 无        | 旋转轴° 度 |



| 坐标系虚拟轴                                                       | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------------------------|------------|----|------|
| 伸缩轴 L                                                        | Viraxis_l  | 无  | mm   |
| 旋转轴 Rz                                                       | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |
| 平移轴 Z                                                        | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 伴随轴 n(可缺省)                                                   | Viraxis_n  | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_l, Viraxis_rz, Viraxis_z[, Viraxis_n])          |            |    |      |
| CONNREFRAME(138, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c[, Axis_d]) |            |    |      |

(可缺省)轴缺省时，为单臂模式，单臂对应如图的左单臂，单臂模式下，单臂的零点为

### 左臂伸直，和-X 轴重合

伸缩轴 L 长度为末端到坐标系原点的距离，有正负，正数时在对应自己坐标系的 x 轴的正方向轴上。零点时，默认 L 为负数

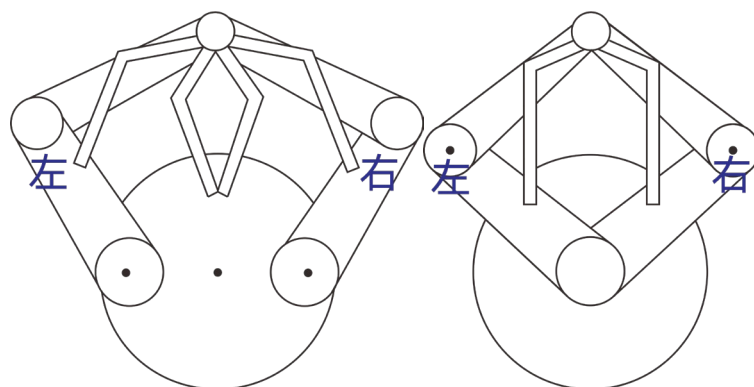
**注意：**该机械手分为左右两个机械手，当前虚拟轴 Viraxis\_l, Viraxis\_rz, Viraxis\_z 表示是左手晶圆末端位置还是右手晶圆的末端位置，通过 FRAME\_TCP 指令进行切换

（当可缺省轴缺省时，FRAME\_TCP 不可用）。

FRAME\_TCP(0,0,0,0,0,0)为左手晶圆，FRAME\_STATUS 会设置 0 状态值。

FRAME\_TCP(1,0,0,0,0,0)为右手晶圆，FRAME\_STATUS 会设置 1 状态值。

FRAME\_TCP 指令，每次正解或逆解切换，默认会恢复 FRAME\_TCP(0,0,0,0,0,0)值



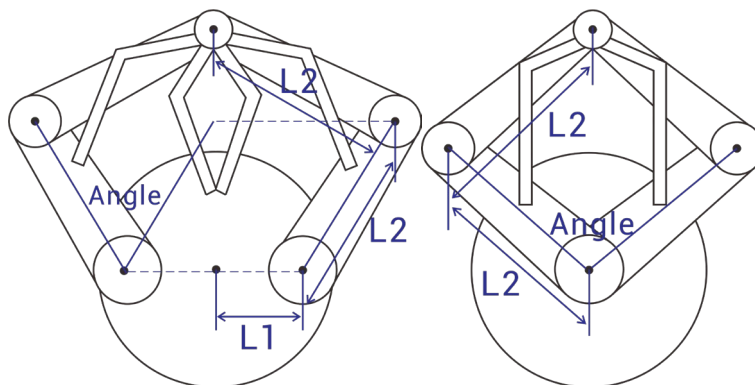
虚拟轴 Viraxis\_l, Viraxis\_rz, Viraxis\_z 指定左手还是右手之后，后面对 Viraxis\_l, Viraxis\_rz, Viraxis\_z 轴进行任何插补运动，就只操作对应的晶圆手臂。

### 伴随轴 Viraxis\_n 含义：

FRAME\_TCP 切换左手时，Viraxis\_n 等同关节轴 3(右)的角度，可以跟随左手插补运动时一起运动。

FRAME\_TCP 切换右手时，Viraxis\_n 等同关节轴 2(左)的角度，可以跟随右手插补运动时一起运动。

### 模型参数



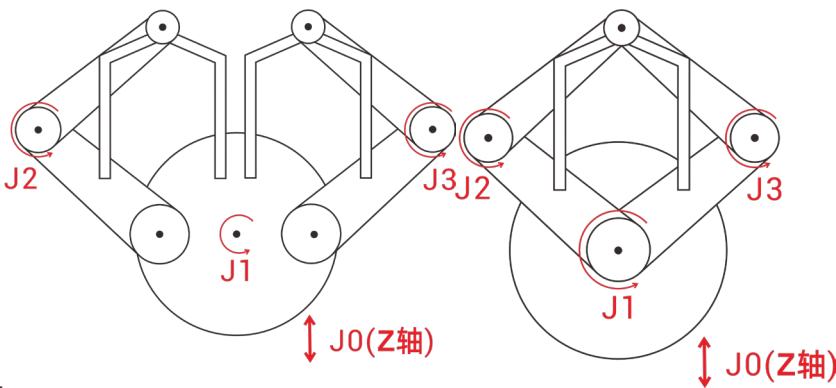
结构参数：TABLE(Tablenum,L1,L2,Angle)

| 参数       | 含义                    |
|----------|-----------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置      |
| L1       | 大旋转中心和大臂旋转中心距离，=0 时重合 |
| L2       | 臂长                    |
| Angle    | 两臂角度 弧度               |

轴参数

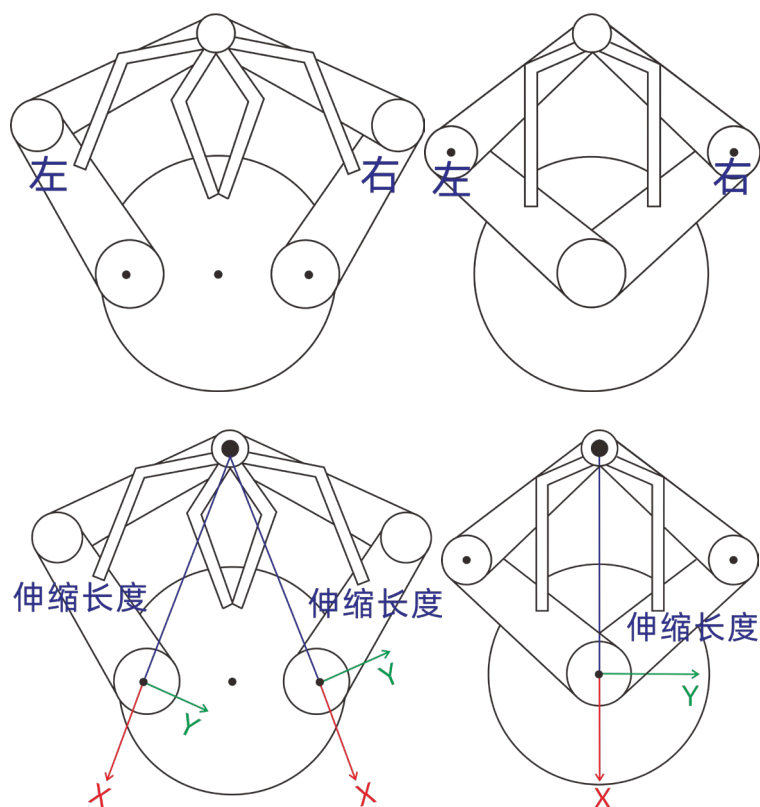
| Axis       | Atype               | Units              |
|------------|---------------------|--------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_b     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Axis_c     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Axis_d     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Viraxis_l  | 0                   | 1000               |
| Viraxis_Rz |                     | 1000               |
| Viraxis_z  |                     | 1000               |
| Viraxis_n  |                     | 1000               |

模型方向



注意：关节 J1、J2、J3 绕+Z 轴右手法则旋转为正；J0 平移+Z 轴为正；  
(可缺省)轴缺省时，为单臂模式，没有 J3

## 模型零点



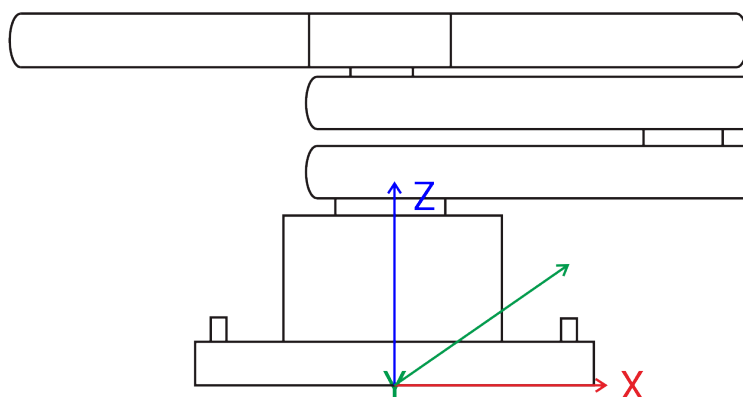
**注意：**双臂时，末端重合时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

(可省略)轴缺省时，为单臂模式，单臂对应如图的左单臂，单臂模式下，左单臂的零点为左臂伸直，和-X 轴重合

### 6.3.6 FRAME143

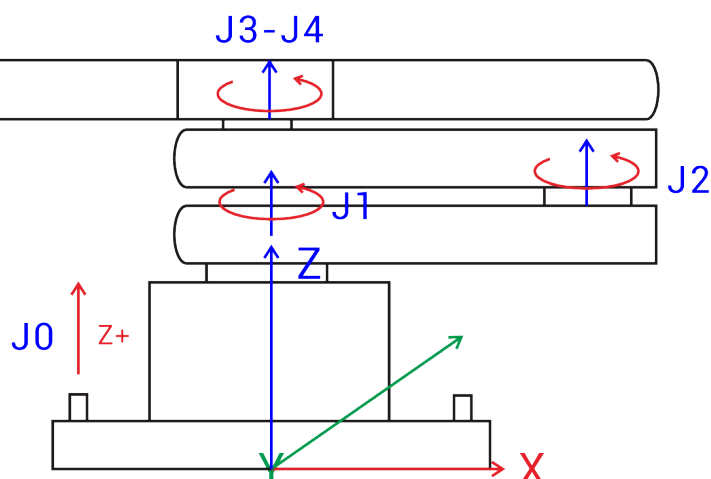
#### 6.3.6.1 机械结构

#### 设计图纸



3-5 轴晶圆机械手。5 轴时为双托盘。

### 6.3.6.2 运动学模型



#### 关节和自由度

| 实际关节轴      | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|------------|------------|----|--------|
| 关节轴 0      | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1      | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2      | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3(可缺省) | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4(可缺省) | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴      | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|-------------|-----------|----|--------|
| 平移轴 X       | Viraxis_x | 无  | mm     |
| 平移轴 Y       | Viraxis_y | 无  | mm     |
| 平移轴 Z       | Viraxis_z | 无  | mm     |
| 旋转轴 RZ(可缺省) | Viraxis_v | 无  | 旋转轴° 度 |
| 伴随轴 n(可缺省)  | Viraxis_n | 无  | 旋转轴° 度 |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z[, Viraxis\_v][, Viraxis\_n])  
 CONNREFRAME(143, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c[, Axis\_d][, Axis\_e])

**注意：**该机械手末端有两个可缺省的旋转轴，它的用途是可以切换旋转轴（晶圆有两个托盘，每个托盘独立轴控制）；关节轴 3(可缺省)缺省时，表示改机械手末端无旋转轴，无托盘；关节轴 4(可缺省)缺省时，表示改机械手末端只有一个旋转轴 J3, 仅仅有一个托盘。

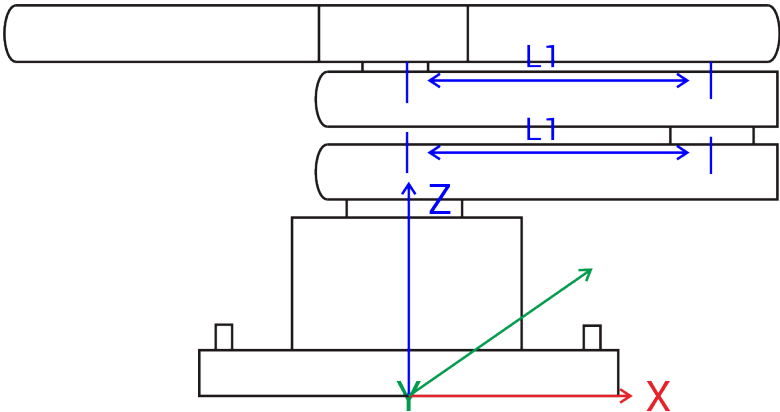
当存在两个旋转轴 J3 和 J4 时，需要通过以下方式指定一个（J3 或 J4）配合完成旋转轴 RZ 进行控制，同时导致另一个旋转轴（J3 或 J4）就是伴随轴：

FRAME\_TCP(x,y,0,0,0,0)时，旋转轴 RZ 和 J3(Axis\_d)绑定，伴随轴 Viraxis\_n 默认和 J4(Axis\_e)绑定，用户下发此轴 Viraxis\_n 目标位置多少，就输出 J4(Axis\_e)多少。

FRAME\_TCP(x,y,0,0,0,1)时，旋转轴 RZ 和 J4(Axis\_e)绑定，伴随轴 Viraxis\_n 默认和 J3(Axis\_d)绑定，用户下发此轴 Viraxis\_n 目标位置多少，就输出 J3(Axis\_d)多少。

其中 FRAME\_TCP(x,y,0,0,0,1)中的 x y 可以给托盘的标定 xy，也可以给 0,0。  
FRAME\_TCP 指令，每次正解或逆解切换，默认会恢复 FRAME\_TCP(0,0,0,0,0,0)值。

模型参数



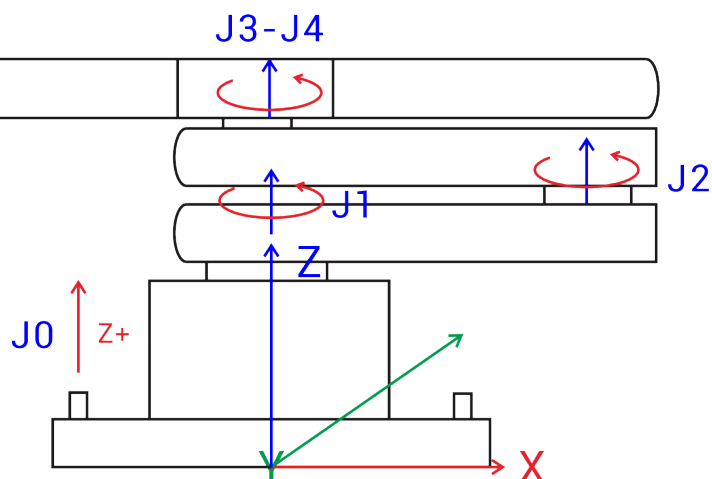
结构参数：TABLE(Tablenum,L1)

| 参数       |  | 含义               |
|----------|--|------------------|
| Tablenum |  | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| L1       |  | 臂长，晶圆机械手大小臂长相等   |

轴参数

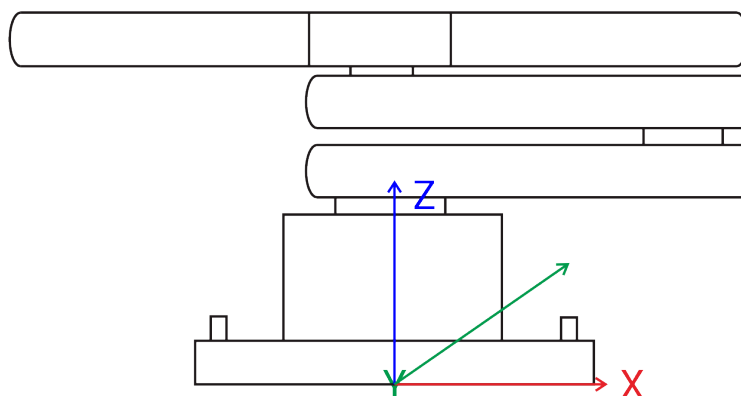
| Axis       | Atype               | Units              |
|------------|---------------------|--------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_b     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Axis_c     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Axis_d     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Axis_e     |                     | PulesOneCircle/360 |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000               |
| Viraxis_y  |                     | 1000               |
| Viraxis_z  |                     | 1000               |
| Viraxis_vl |                     | 1000               |
| Viraxis_vl |                     | 1000               |

## 模型方向



**注意：**关节 J1、J2、J3、J4 绕+Z 轴右手法则旋转为正；J0 平移+Z 轴为正；(可缺省)轴缺省时，没有 J3-J4。

## 模型零点



**注意：**大臂和小臂等长，同时零点是大臂和小臂重合；  
J3 托盘默认和小臂重合，J4 托盘默认也和小臂重合。

## 6.4 二到六轴的并联机构

**6 自由度并联机构：**6-DOF Parallel Mechanism。

**特点：**

高刚度与高精度：多杆支承，误差小，传动累积误差低；

高承载能力：载荷由六杆分摊，总承载量大；

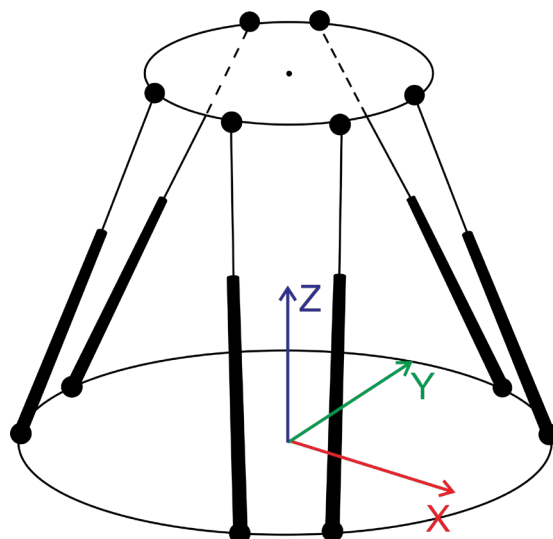
高动态特性：电机固定于机座，运动负荷小，响应快；

**应用场景：**高刚度、高精度、多用途，适合复杂空间运动与精密控制场景。

## 6.4.1 FRAME66-67

### 6.4.1.1 机械结构

#### 设计图纸



SPS Stewart 平台

**RPS 表示:** S-球副 (Spherical), P-移动副 (Prismatic), S-球副 (Spherical)

**构型描述:** 每条支链由一个被动球副 S, 一个主动移动副 P, 以及一个球副 S 组成, 三条支链连接底座和平台。

**典型自由度:** 通常实现六个自由度, 一般为平移 xyz+倾转 Rx、Ry、Rz。

FRAME66 低系列控制器支持。

### 6.4.1.2 运动学模型

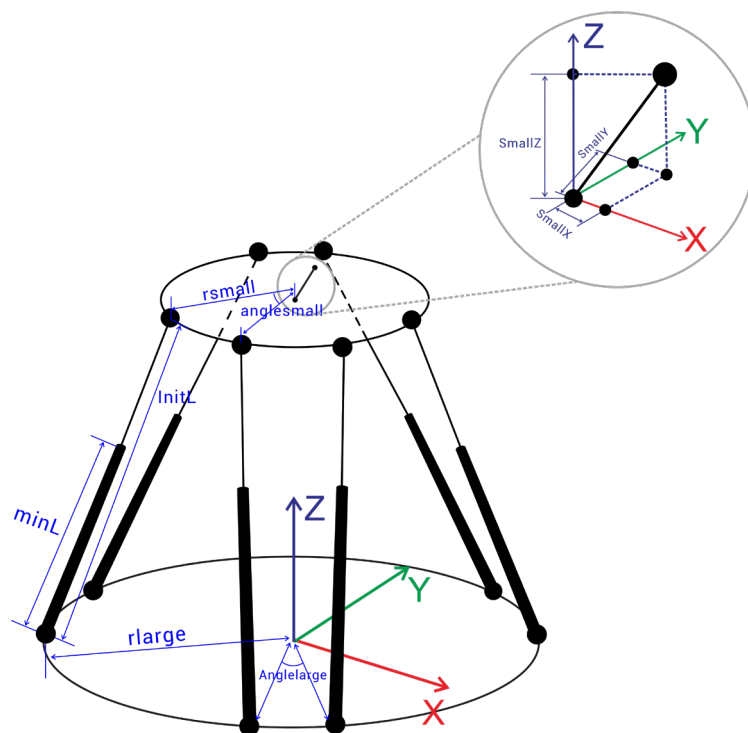
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 5 | J5(Axis_f) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z | 无  | mm   |

|                                                                           |            |   |     |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|---|-----|
| 旋转轴 RX                                                                    | Viraxis_rx | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RY                                                                    | Viraxis_ry | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RZ                                                                    | Viraxis_rz | 无 | ° 度 |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_rx, Viraxis_ry, Viraxis_rz) |            |   |     |
| CONNREFRAME(67, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e, Axis_f) |            |   |     |

## 模型参数



## FRAME66

**结构参数:** TABLE(Tablestart, rsmall, anglesmall, rlarge, anglelarge, initL, minL, maxL, PulesROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz)

| 参数              | 含义                        |
|-----------------|---------------------------|
| Tablestart      | 放置数据的起始 TABLE 地址          |
| rsmall          | 动平台的半径, 上面平台              |
| anglesmall      | 动平台的短边角度 弧度单位             |
| rlarge          | 静平台的半径, 下面平台              |
| anglelarge      | 静平台的短边角度 弧度单位             |
| initL           | 初始杆长度, 关节轴坐标=0 时          |
| minL            | 最小杆长度                     |
| maxL            | 最大杆长度                     |
| PulesROneCircle | 姿态轴一圈的脉冲数, 建议 UNITS 以度为单位 |
| SmallX, SmallY  | 末端到动平台中心的 XY 偏移。0 位置的时候   |
| SmallZ          | 末端到动平台中心的垂直距离             |

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| InitRx,InitRy,InitRz | 初始的方向,焊枪针头的方向。0,0,0 指向 z 正向 |
|----------------------|-----------------------------|

**FRAME67**

**结构参数:** TABLE(Tablestart,rsmall,anglesmall,rlarge,anglelarge,initL,minL,maxL,PulesROneCircle,SmallX,SmallY,SmallZ,InitRx,InitRy,InitRz,position\_error\_table)

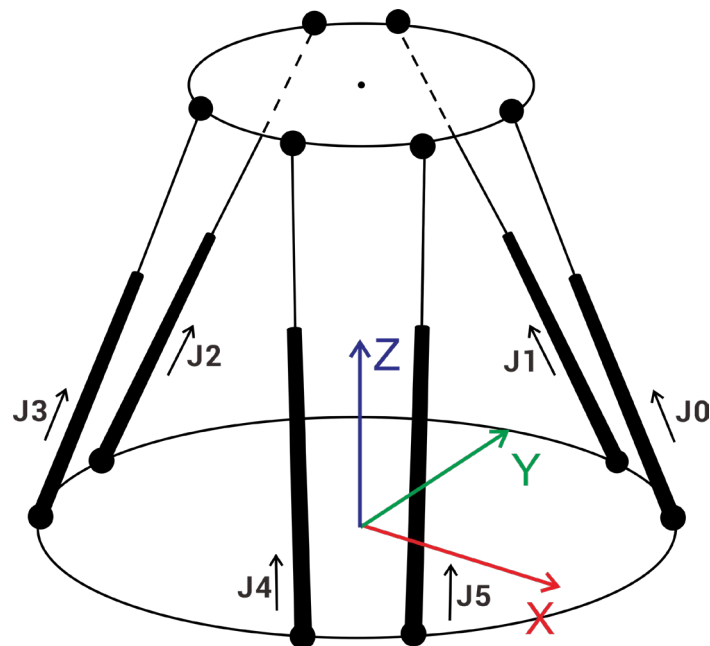
| 参数                   | 含义                            |
|----------------------|-------------------------------|
| Tablestart           | 放置数据的起始 TABLE 地址              |
| rsmall               | 动平台的半径,上面平台                   |
| anglesmall           | 动平台的短边角度 弧度单位                 |
| rlarge               | 静平台的半径,下面平台                   |
| anglelarge           | 静平台的短边角度 弧度单位                 |
| initL                | 初始杆长度,关节轴坐标=0 时               |
| minL                 | 最小杆长度                         |
| maxL                 | 最大杆长度                         |
| PulesROneCircle      | 姿态轴一圈的脉冲数,建议 UNITS 以度为单位      |
| SmallX,SmallY        | 末端到动平台中心的 XY 偏移。0 位置的时候       |
| SmallZ               | 末端到动平台中心的垂直距离                 |
| InitRx,InitRy,InitRz | 初始的方向,焊枪针头的方向。0, 0, 0 指向 z 正向 |
| position_error_table | 连杆误差数据 table 下标               |

**追加:** position\_error 6\*6 矩阵=36 个数据 前三列是定平台铰链的位置误差,后三列是动平台的,一共 6 个连杆 6 行,每行对应一个连杆的静动平台铰链误差,按照逆时针轴 1-6 顺序对应 1-6 行。

**轴参数**

| Axis       | Atype               | Units               |
|------------|---------------------|---------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_e     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_f     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y  |                     | 1000                |
| Viraxis_z  |                     | 1000                |
| Viraxis_rx |                     | PulesROneCircle/360 |
| Viraxis_ry |                     | PulesROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesROneCircle/360 |

## 模型方向



注意：6 关节向上平移为正方向。

## 模型零点

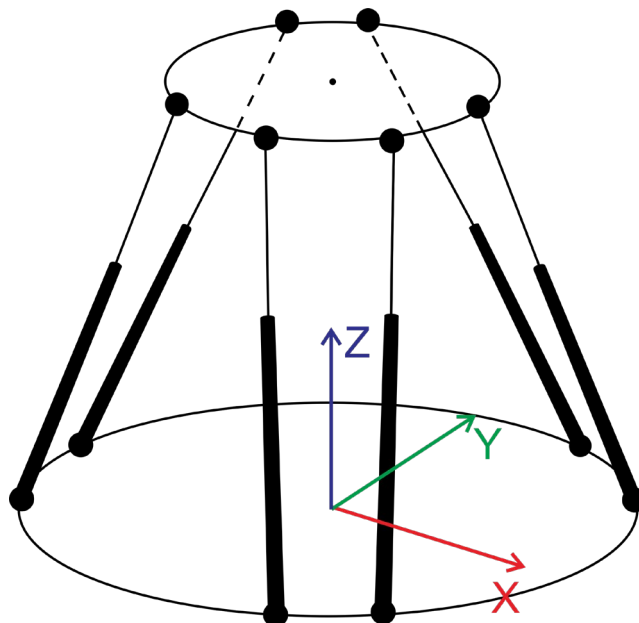
### FRAME66

关节轴零点位置，对应初始杆长度，所有关节轴初始位置必须一致。

虚拟轴以静平台(下面平台)的中心为坐标零点。

X 方向指向静平台大边角度的中间，以逆时针方向依次排列各个关节轴。

XY 平面与静平台平行，Z 向上方向，XYZ 采用右手法则。



## FRAME67

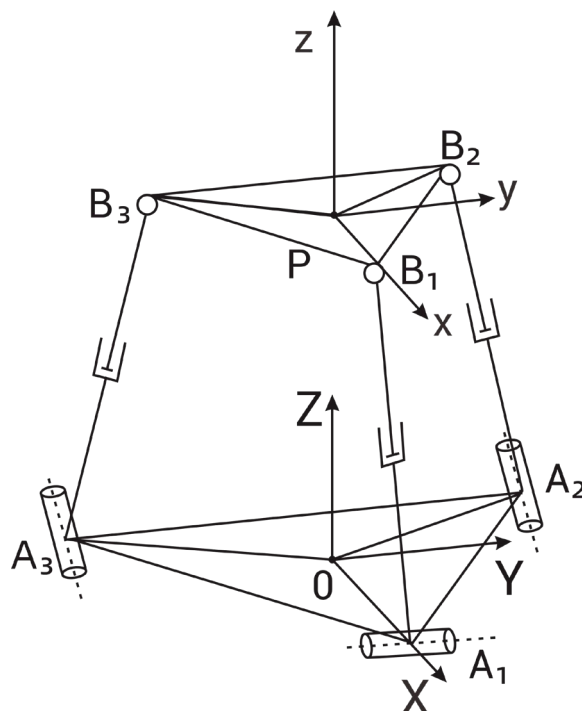
支持任意位置正解，第一次建立正解，需要设置虚拟轴 z 轴 dpos 给大概高度。

区别在于结构参数增加六个连杆动静平台的误差补偿，不考虑误差补偿需要全部设置 0。

## 6.4.2 FRAME68

### 6.4.2.1 机械结构

#### 设计图纸



3-RPS 并联机构

图为 3-RPS 的机构简图，其机构下平台  $A_1A_3$  位于半径  $R$  的圆内接等边三角形的三个顶点，通过销轴连接的方式与驱动机构相连，且销轴的中心轴线与圆相切。上平台  $B_1B_3$  位于半径为  $r$  的圆内接等边三角形的三个顶点，通过球面副与移动副相连。

**RPS 表示：**R-旋转副（Revolute），P-移动副（Prismatic），S-球副（Spherical）

**构型描述：**每条支链由一个被动旋转副 R，一个主动移动副 P，以及一个球副 S 组成，三条支链连接底座和平台。

**典型自由度：**通常实现三个自由度，一般为平移  $z$ +倾转  $R_x$ 、 $R_y$ 。

### 6.4.2.2 运动学模型

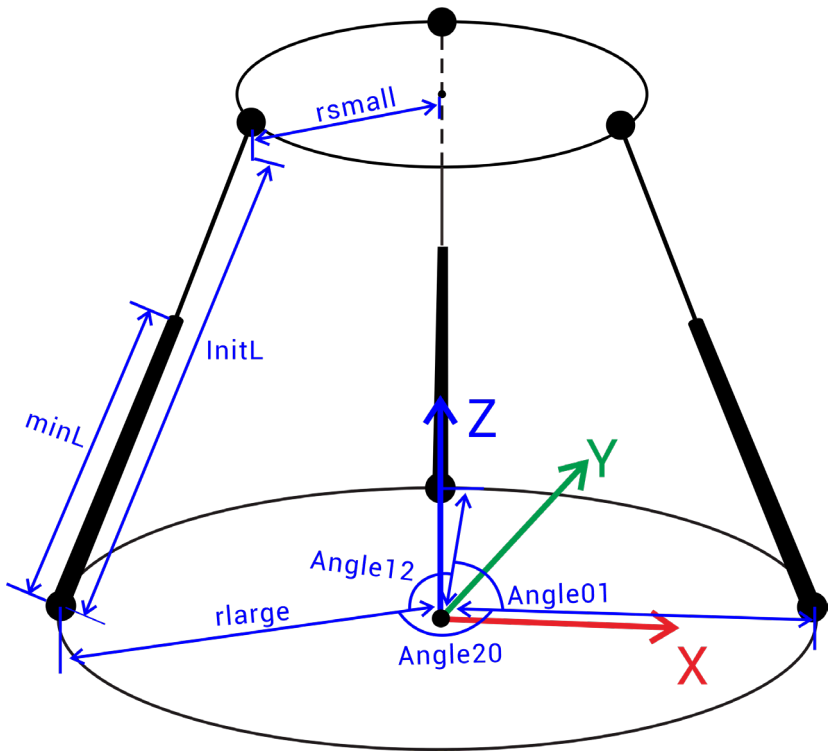
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |

|       |            |   |        |
|-------|------------|---|--------|
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无 | 移动轴 mm |
|-------|------------|---|--------|

| 坐标系虚拟轴                                            | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|---------------------------------------------------|------------|----|------|
| 平移轴 Z                                             | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RX                                            | Viraxis_rx | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RY                                            | Viraxis_ry | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_z, Viraxis_rx, Viraxis_ry)           |            |    |      |
| CONNREFRAME(68, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |            |    |      |

模型参数



结构参数: TABLE(Tablestart,rsmall,rlarge,Angle01,Angle12,Angle20,initL,minL,maxL,position\_error\_table)

| 参数                   | 含义                   |
|----------------------|----------------------|
| Tablestart           | 放置数据的起始 TABLE 地址     |
| rsmall               | 动平台的半径，上面平台          |
| rlarge               | 静平台的半径，下面平台          |
| Angle01              | 静平台的 J0 和 J1 角度 弧度单位 |
| Angle12              | 静平台的 J1 和 J2 角度 弧度单位 |
| Angle20              | 静平台的 J2 和 J0 角度 弧度单位 |
| initL                | 初始杆长度，关节轴坐标=0 时      |
| minL                 | 最小杆长度                |
| maxL                 | 最大杆长度                |
| position_error_table | 连杆误差数据 table 下标      |

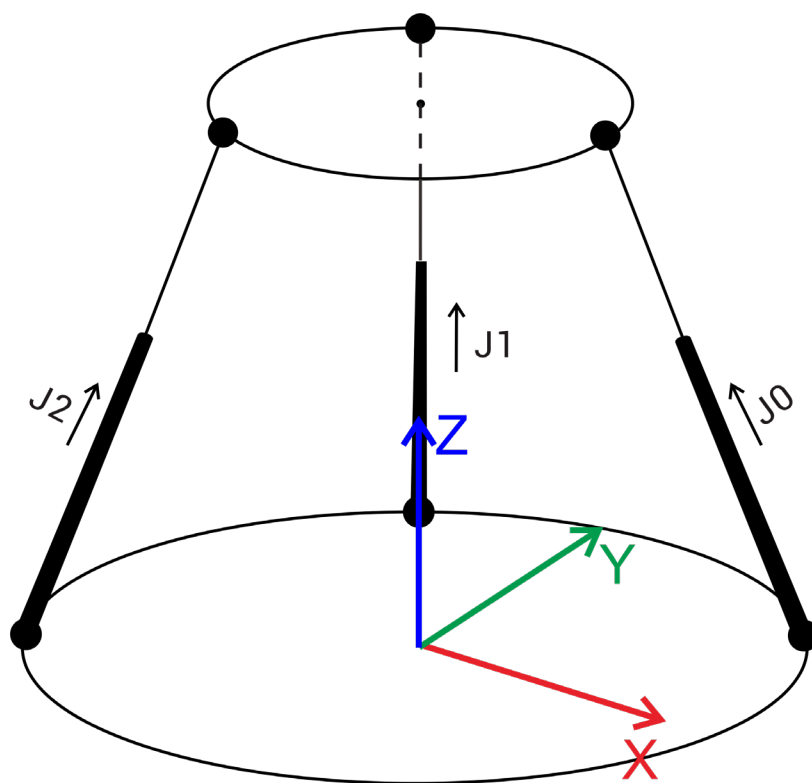
**追加：** position\_error 3\*6 矩阵=18 个数据 前三列是定平台铰链的位置误差，后三列是动平台的，一共 3 个连杆 3 行，每行对应一个连杆的静动平台铰链误差，按照逆时针轴 1-3 顺序对应 1-3 行。

**注意：** Angle01 和 Angle12 参数必须相等，要求平台对称，动平台和静平台角度分布需要一样。

### 轴参数

| Axis       | Atype               | Units    |
|------------|---------------------|----------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b     |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c     |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_z  | 0                   | 1000     |
| Viraxis_rx |                     | 1000     |
| Viraxis_ry |                     | 1000     |

### 模型方向



**注意：** 3 关节向上平移为正方向。

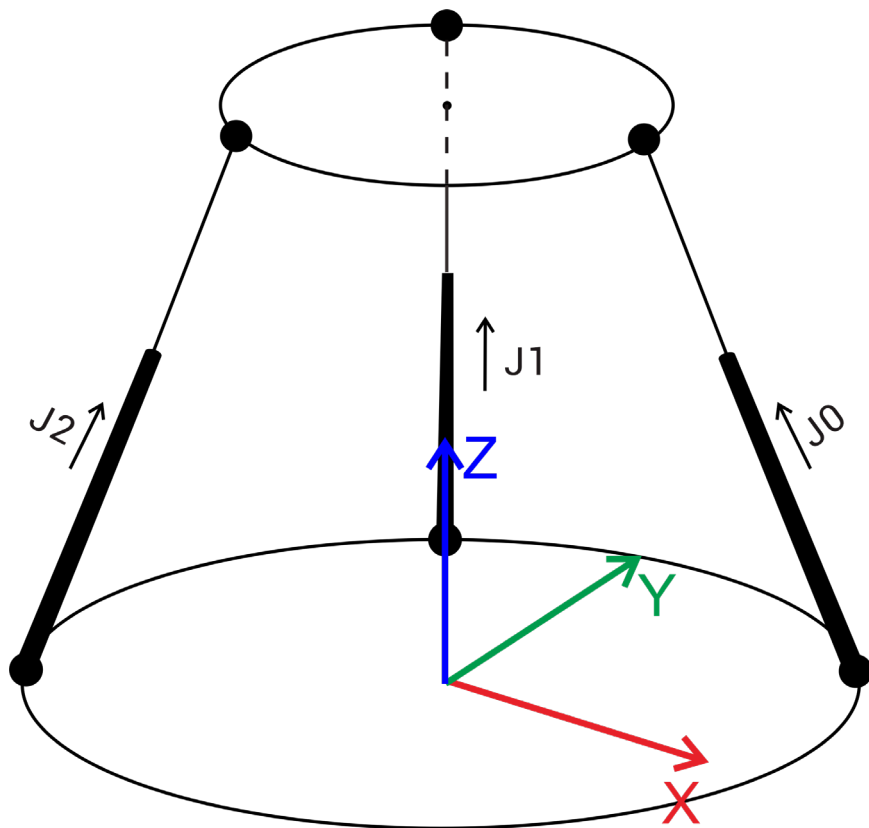
### 模型零点

关节轴零点位置，对应初始杆长度，所有关节轴初始位置必须一致。

虚拟轴以静平台(下面平台)的中心为坐标零点。

X 方向指向静平台 J2 和 J0 角度的中间，以逆时针方向依次排列各个关节轴。

XY 平面与静平台平行，Z 向上方向，XYZ 采用右手法则。



支持任意位置正解，第一次建立正解，需要设置虚拟轴 z 轴 dpos 给大概高度。

增加三个连杆动静平台的误差补偿，不考虑误差补偿需要全部设置 0。

## 6.5 二到五轴的 Cylindrical 构型机器人

**Cylindrical:** 圆柱坐标系。

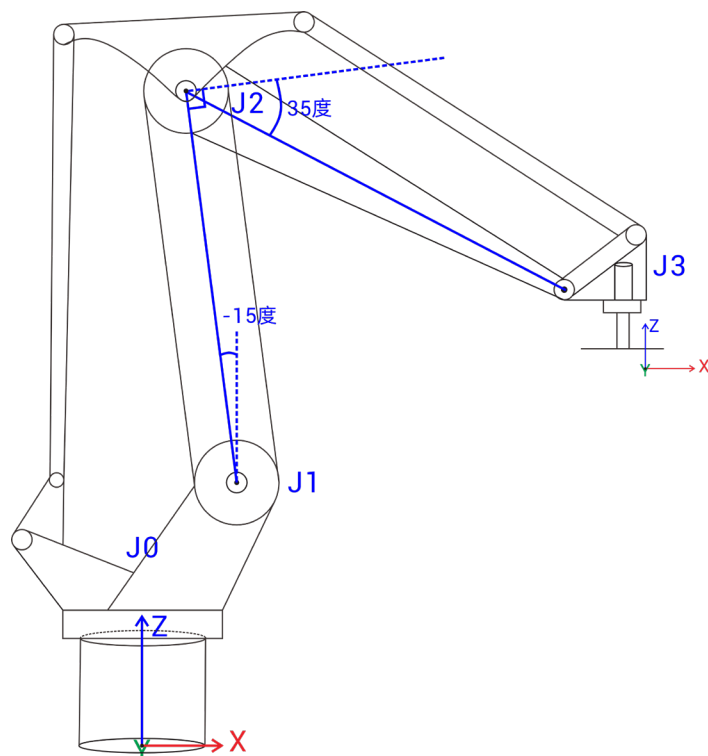
**特点:** 手臂在圆柱坐标系中运行，这意味着它具有绕中心轴的旋转运动（ $\theta$  轴）、沿中心轴的直线运动（Z 轴）以及在垂直于中心轴的平面内的直线运动（R 轴）。这种运动组合提供了圆形和垂直方向的运动能力。

**应用场景:** 适用于物件的堆放、翻面等操作。例如在仓储物流领域，用于货物的堆垛和整理。在机械加工中，用于对工件进行翻转以便进行多面加工。

## 6.5.1 FRAME3-23

### 6.5.1.1 机械结构

#### 设计图纸



FRAME23 存在机械耦合。

### 6.5.1.2 运动学模型

#### 关节和自由度

##### FRAME3

| 实际关节轴 | 定义简写            | 范围        | 物理特征   |
|-------|-----------------|-----------|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a)      | 无         | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b)      | 无         | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c)      | [-90, 90] | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无         | 旋转轴° 度 |

##### FRAME23

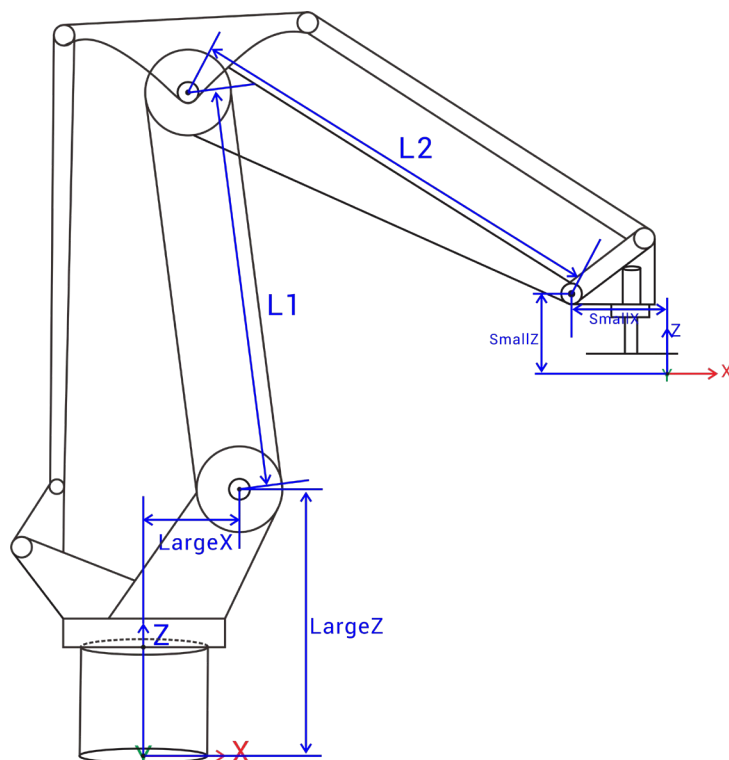
| 实际关节轴 | 定义简写            | 范围        | 物理特征   |
|-------|-----------------|-----------|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a)      | 无         | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b)      | 无         | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c)      | [-90, 90] | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无         | 旋转轴° 度 |

L1TOL2 J1 与 J2 关联，关联的比例设置，不关联设置 0。

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写            | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x       | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y       | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z       | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz(可缺省) | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z[, Viraxis\_v])  
CONNREFRAME(3, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c[, Axis\_d])

## 模型参数



## FRAME3

结构参数: TABLE(Tablenum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, SmallX, SmallZ, [PulesSmallOneCircle])

| 参数                  | 含义                                        |
|---------------------|-------------------------------------------|
| Tablenum            | 存储转换参数的 TABLE 位置                          |
| LargeX              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 x 方向的距离 |
| LargeZ              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 z 方向的距离 |
| PulesLargeOneCircle | 底座轴一圈脉冲数                                  |
| L1                  | 大臂轴长度                                     |
| L2                  | 小臂轴长度                                     |
| Pules1OneCircle     | 大臂轴一圈脉冲数                                  |

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Pules2OneCircle     | 小臂轴一圈脉冲数  |
| SmallX              | 末端的水平偏移   |
| SmallZ              | 末端的垂直偏移   |
| PulesSmallOneCircle | 末端轴的一圈脉冲数 |

## FRAME23

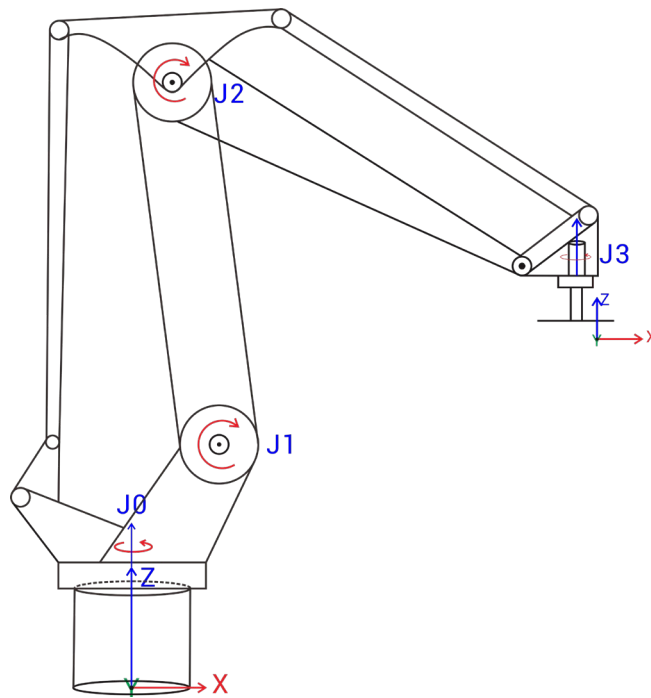
结构参数: TABLE(TableNum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, SmallX, SmallZ, PulesSmallOneCircle, L1TOL2)

| 参数                  | 含义                                        |
|---------------------|-------------------------------------------|
| TableNum            | 存储转换参数的 TABLE 位置                          |
| LargeX              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 x 方向的距离 |
| LargeZ              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 z 方向的距离 |
| PulesLargeOneCircle | 底座轴一圈脉冲数                                  |
| L1                  | 大臂轴长度                                     |
| L2                  | 小臂轴长度                                     |
| Pules1OneCircle     | 大臂轴一圈脉冲数                                  |
| Pules2OneCircle     | 小臂轴一圈脉冲数                                  |
| SmallX              | 末端的水平偏移                                   |
| SmallZ              | 末端的垂直偏移                                   |
| PulesSmallOneCircle | 末端轴的一圈脉冲数                                 |
| L1TOL2              | J1 与 J2 关联, 关联的比例设置, 不关联设置 0。             |

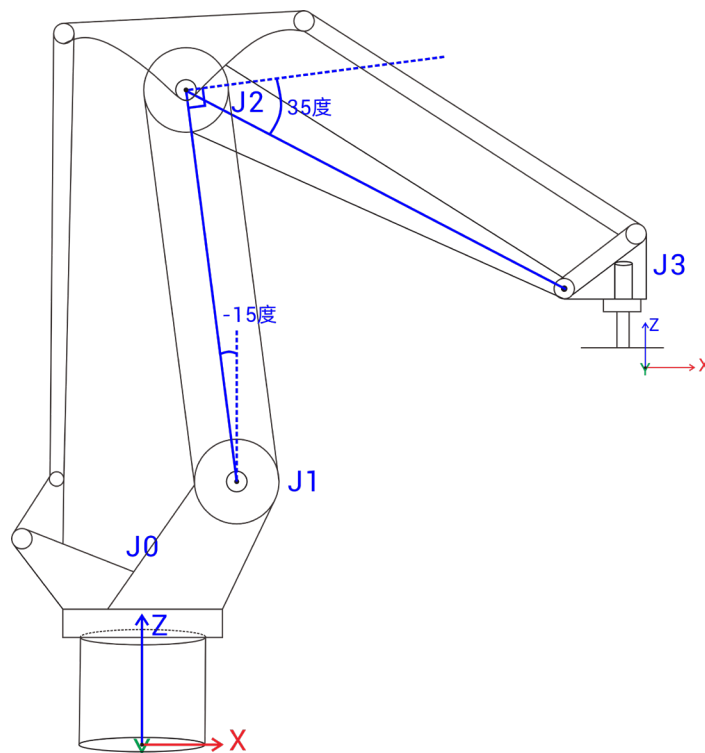
## 轴参数

| Axis      | Atype               | Units                   |
|-----------|---------------------|-------------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | PulesLargeOneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | Pules1OneCircle/360     |
| Axis_c    |                     | Pules2OneCircle/360     |
| Axis_d    |                     | PulesSmallOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                    |
| Viraxis_y |                     | 1000                    |
| Viraxis_z |                     | 1000                    |
| Viraxis_v |                     | PulesSmallOneCircle/360 |

## 模型方向



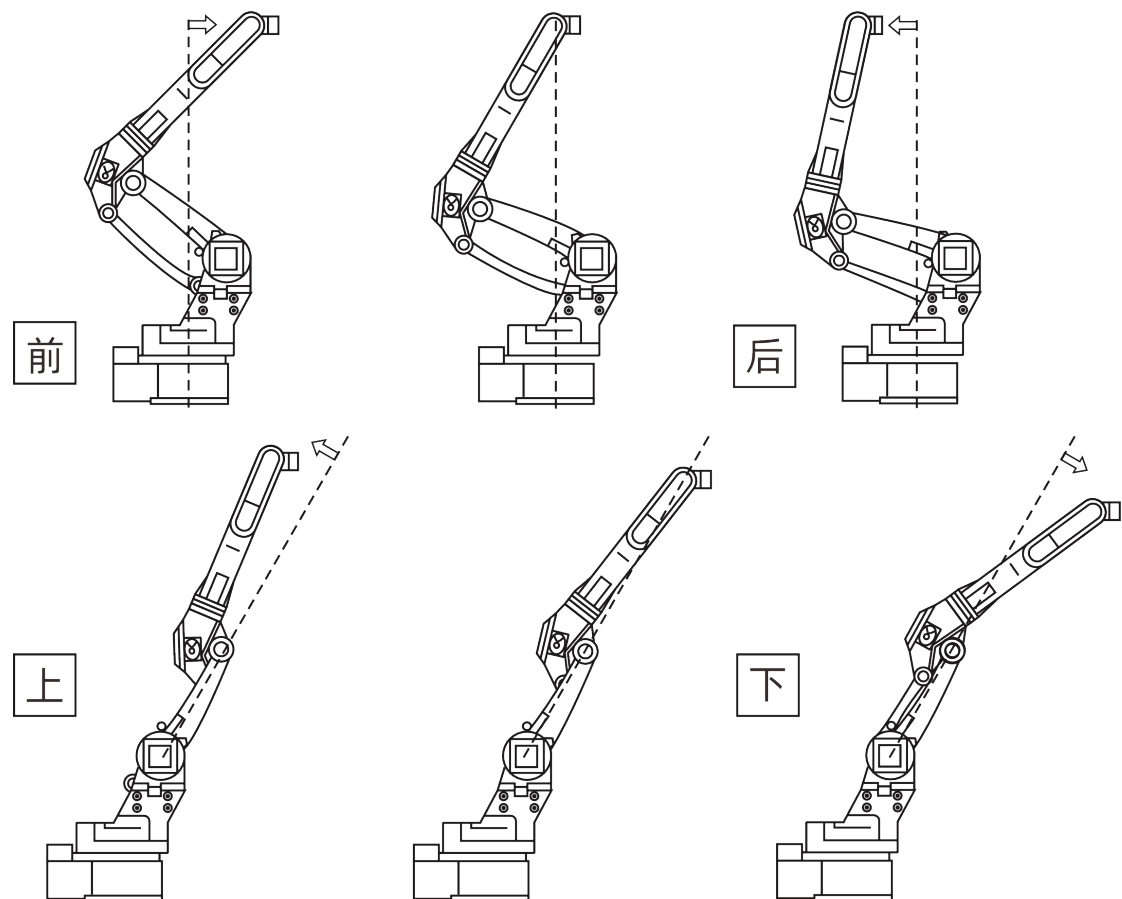
## 模型零点



**注意：**此图描述了和零点的角度差，其实零点就是 L1 垂直，L2 水平，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 模型姿态

理论上该机械手姿态有 4 种（0 前下、1 后下、2 前上、3 后上）。



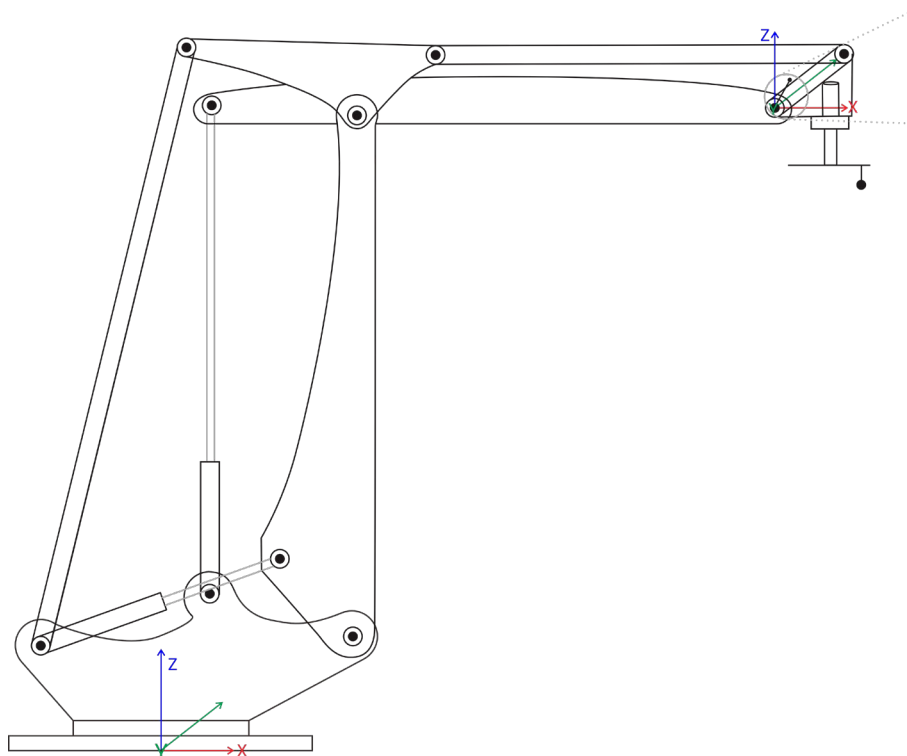
由于机械限制，关节 J2 只能 $[-90, 90]$ 度范围内，限制了上下姿态，所以姿态一直保持下姿态。

同时由于码垛机一般都是在（前下）姿态下工作，直接默认只计算（前下）姿态，其他姿态不计算，所以要求运动全程在（前下）姿态下工作。只保留（前下）姿态的计算。

### 6. 5. 2 FRAME136

### 6.5.2.1 机械结构

## 设计图纸



### 6.5.2.2 运动学模型

## 关节和自由度

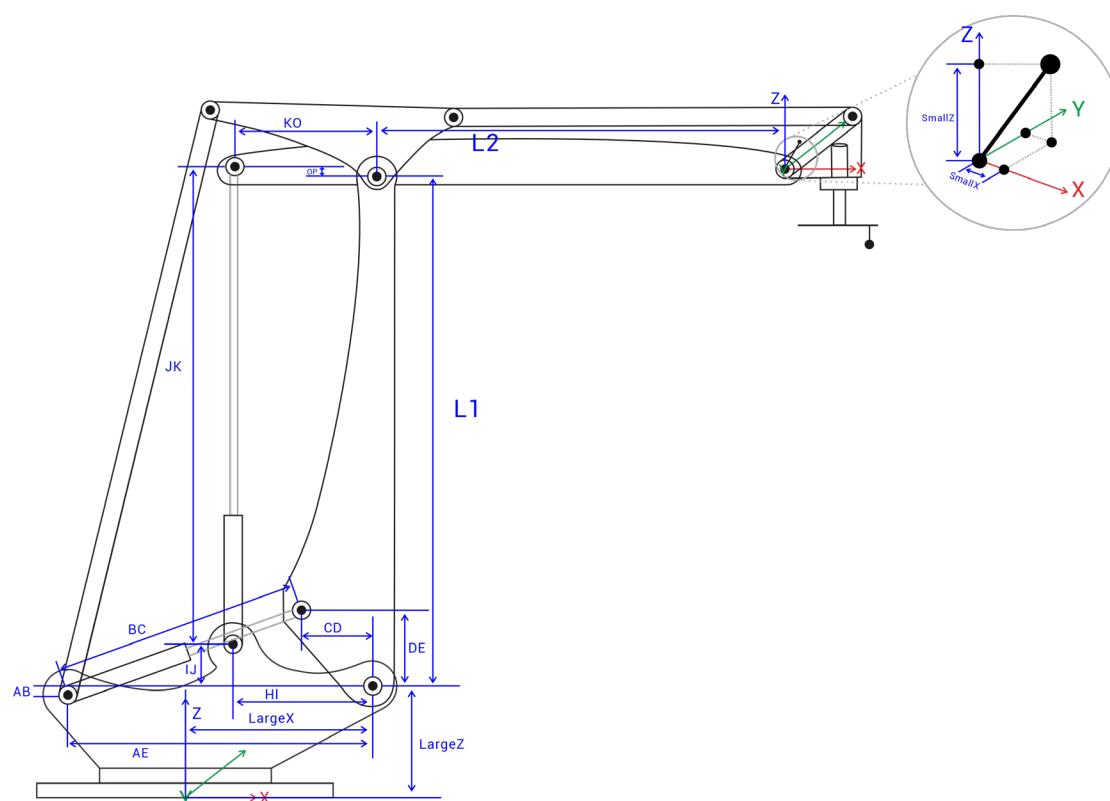
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------|------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_rz)

CONNREFRAME(136, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d)

## 模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, BC, AB, AE, ED, DC, JK, KO, OP, HI, IJ, SmallX, SmallZ, [PulesSmallOneCircle])

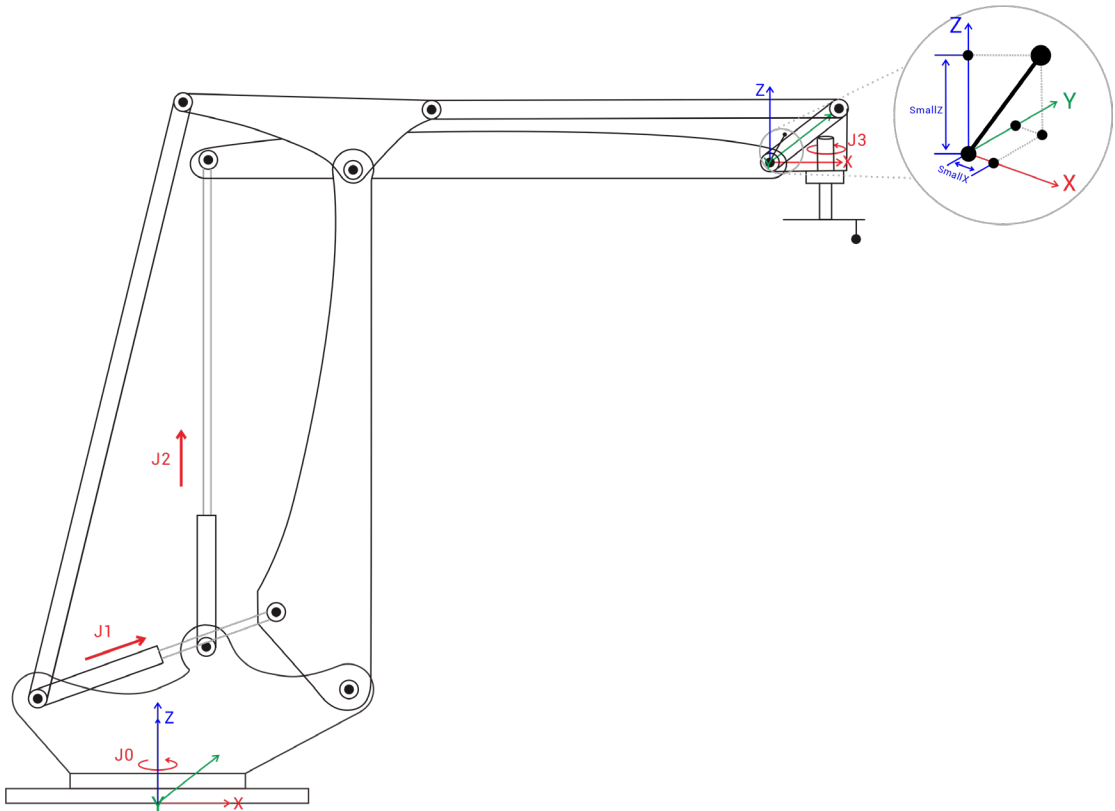
| 参数                  | 含义                                        |
|---------------------|-------------------------------------------|
| Tablenum            | 存储转换参数的 TABLE 位置                          |
| LargeX              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 x 方向的距离 |
| LargeZ              | 零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 z 方向的距离 |
| PulesLargeOneCircle | 底座轴一圈脉冲数                                  |
| L1                  | 大臂轴长度                                     |
| L2                  | 小臂轴长度                                     |
| BC                  | 电缸零点位置时的长度(长度都是 xz 平面投影的长度)mm             |
| AB                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| AE                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| ED                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| DC                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| JK                  | 电缸零点位置时的长度(长度都是 xz 平面投影的长度)mm             |
| KO                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| OP                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| HI                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |
| IJ                  | (长度都是 xz 平面投影的长度)mm                       |

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| SmallX              | 末端的水平偏移   |
| SmallZ              | 末端的垂直偏移   |
| PulesSmallOneCircle | 末端轴的一圈脉冲数 |

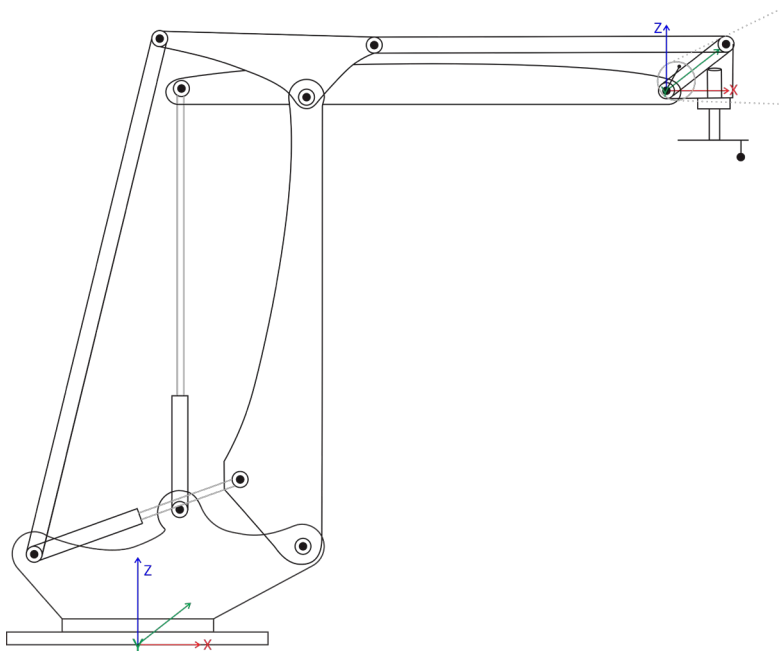
轴参数

| Axis      | Atype               | Units                   |
|-----------|---------------------|-------------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | PulesLargeOneCircle/360 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数                |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数                |
| Axis_d    |                     | PulesSmallOneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                    |
| Viraxis_y |                     | 1000                    |
| Viraxis_z |                     | 1000                    |
| Viraxis_v |                     | PulesSmallOneCircle/360 |

模型方向



## 模型零点

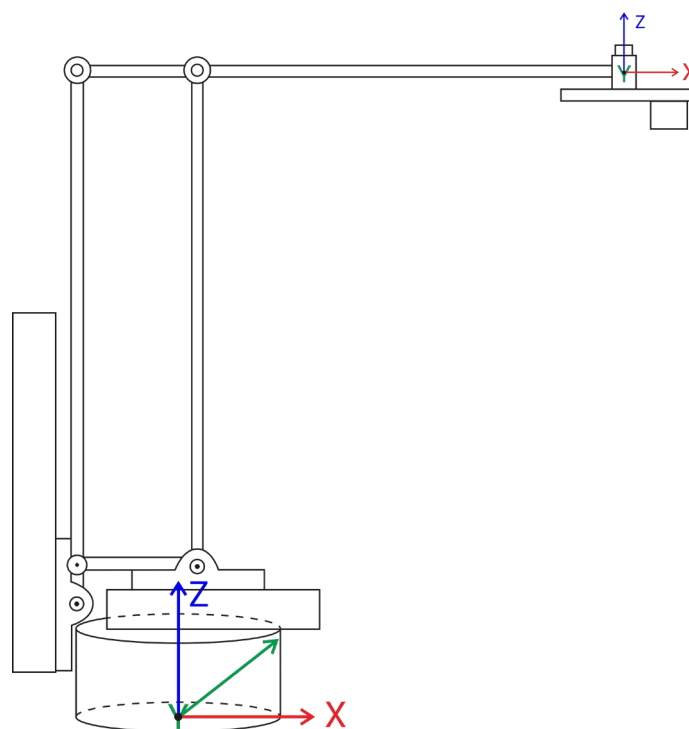


**注意：**L1 臂垂直和 L2 臂水平时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.5.3 FRAME129

### 6.5.3.1 机械结构

#### 设计图纸



6.5.3.2 运动学模型

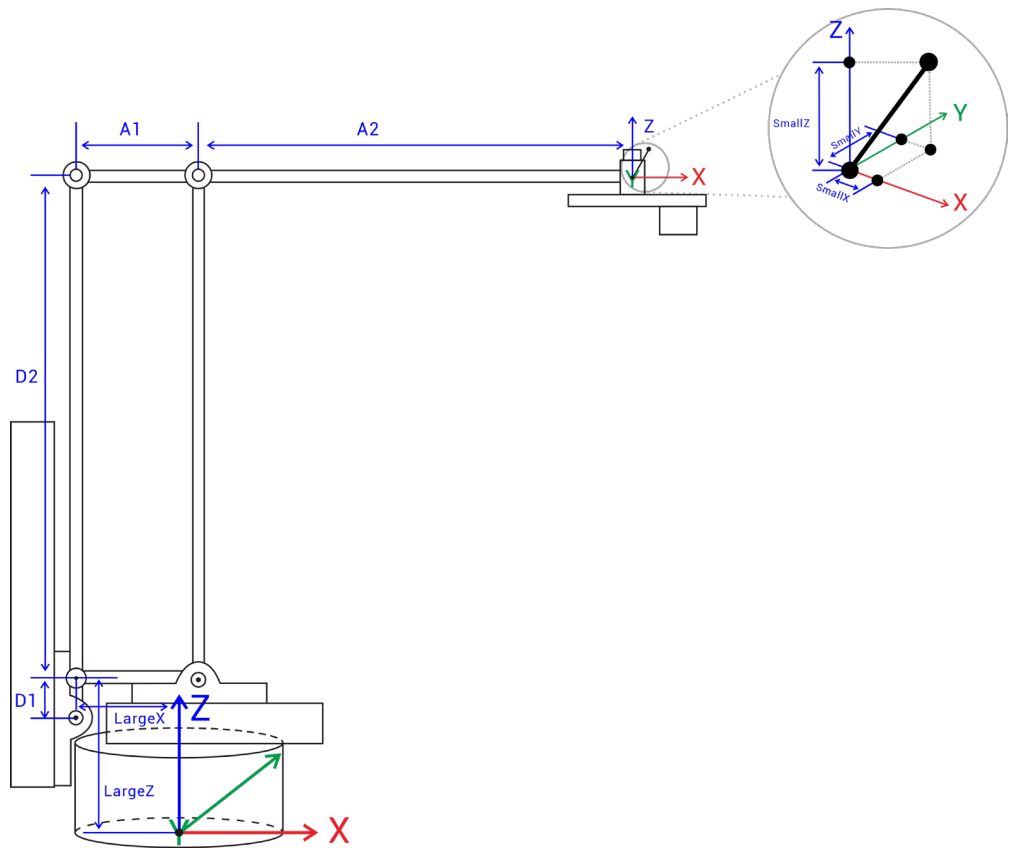
关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------|------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_rz)  
CONNREFRAME(129, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d)

模型参数



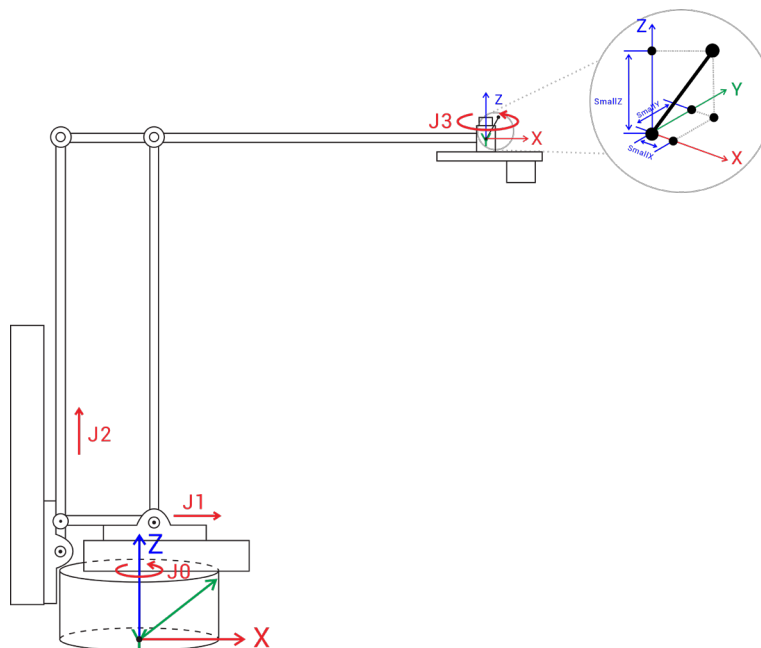
**结构参数:** TABLE(TableNum,largeZ,largeX,largeY,A1,A2,D1,D2,Pules1OneCircle,Pules2,Pules3,Pules4OneCircle,SmallX,SmallY,SmallZ)

| 参数              | 含义                                                      |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| TableNum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                                        |
| largeZ          | 基座高度                                                    |
| largeX          | 零点时大旋转关节轴 1 到 P 点的 x 轴方向的投影长度 有方向(可正负)                  |
| largeY          | 零点时大旋转关节轴 1 到 P 点的 y 轴方向的投影长度 有方向(可正负)<br>预留, 暂不支持 强制 0 |
| A1              | 关节轴 2 和关节轴 3 的旋转中心距离                                    |
| A2              | 末端到小臂的第二个旋转中心                                           |
| D1              | 关节轴 3 旋转中心到大臂第一个旋转中心的距离                                 |
| D2              | 大臂第一个旋转中心到小臂的第一个旋转中心的距离                                 |
| Pules1OneCircle | 关节轴 1 旋转一圈的脉冲数                                          |
| Pules2          | 关节轴 2 移动 1MM 的脉冲数                                       |
| Pules3          | 关节轴 3 移动 1MM 的脉冲数                                       |
| Pules4OneCircle | 关节轴 4 旋转一圈的脉冲数(没有关节轴 4 给 0)                             |
| SmallX          | 零点时, 末端工作点到 R 点在 X 方向的偏移                                |
| SmallY          | 零点时, 末端工作点到 R 点在 Y 方向的偏移                                |
| SmallZ          | 零点时, 末端工作点到 R 点在 Z 方向的偏移                                |

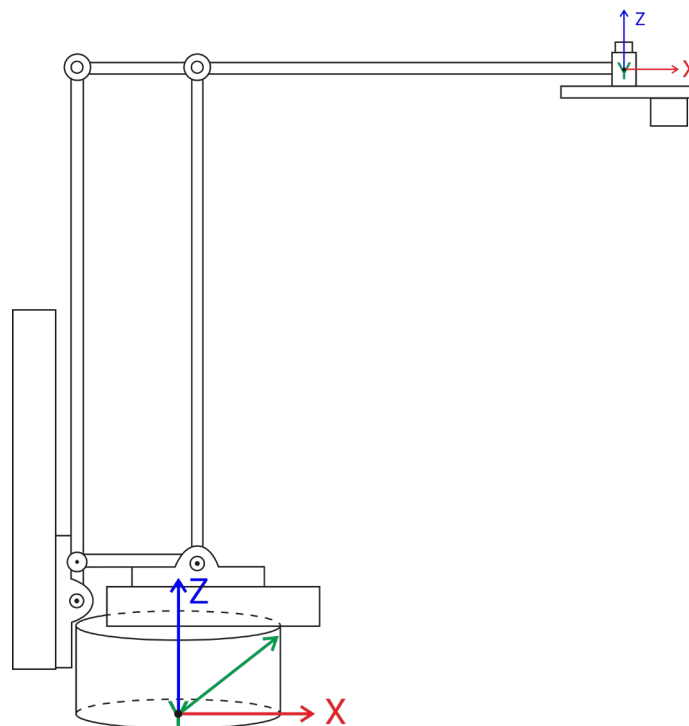
## 轴参数

| Axis       | Atype               | Units               |
|------------|---------------------|---------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_b     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c     |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360 |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y  |                     | 1000                |
| Viraxis_z  |                     | 1000                |
| Viraxis_rz |                     | Pules4OneCircle/360 |

## 模型方向



## 模型零点



**注意：**D2 臂垂直和 A2 臂平时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.6 三到七轴的 Articulated 机器人

**Articulated:** 关节型。

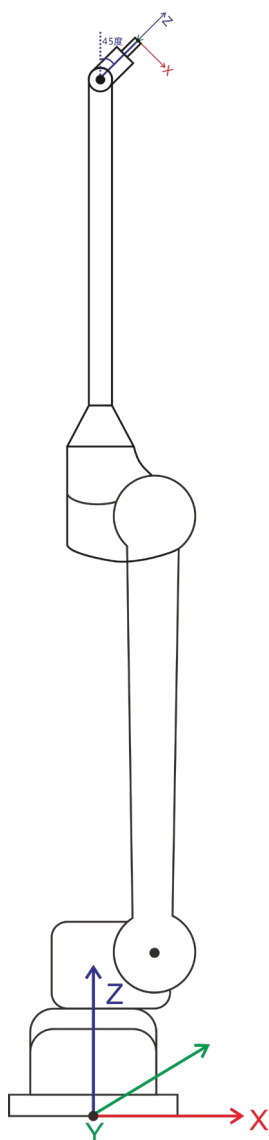
**特点：**这种机器人手臂类似人类手臂，具有多个旋转关节，因此具有很高的灵活性。根据不同的应用需求，可以选择不同轴数的配置。如果取放位置角度相对简单，可以选择轴数较少的精简配置，以降低成本和提高系统的可靠性；如果需要完成复杂位置角度的动作，则选择轴数较多的配置，以满足各种工业应用的需求。

**应用场景：**关节型机器人适用于多种工业应用，如汽车制造中的焊接、喷涂、装配，航空航天领域的零部件加工和装配，以及医疗行业的手术辅助等。

## 6.6.1 FRAME25

### 6.6.1.1 机械结构

#### 设计图纸



6.6.1.2 运动学模型

关节和自由度

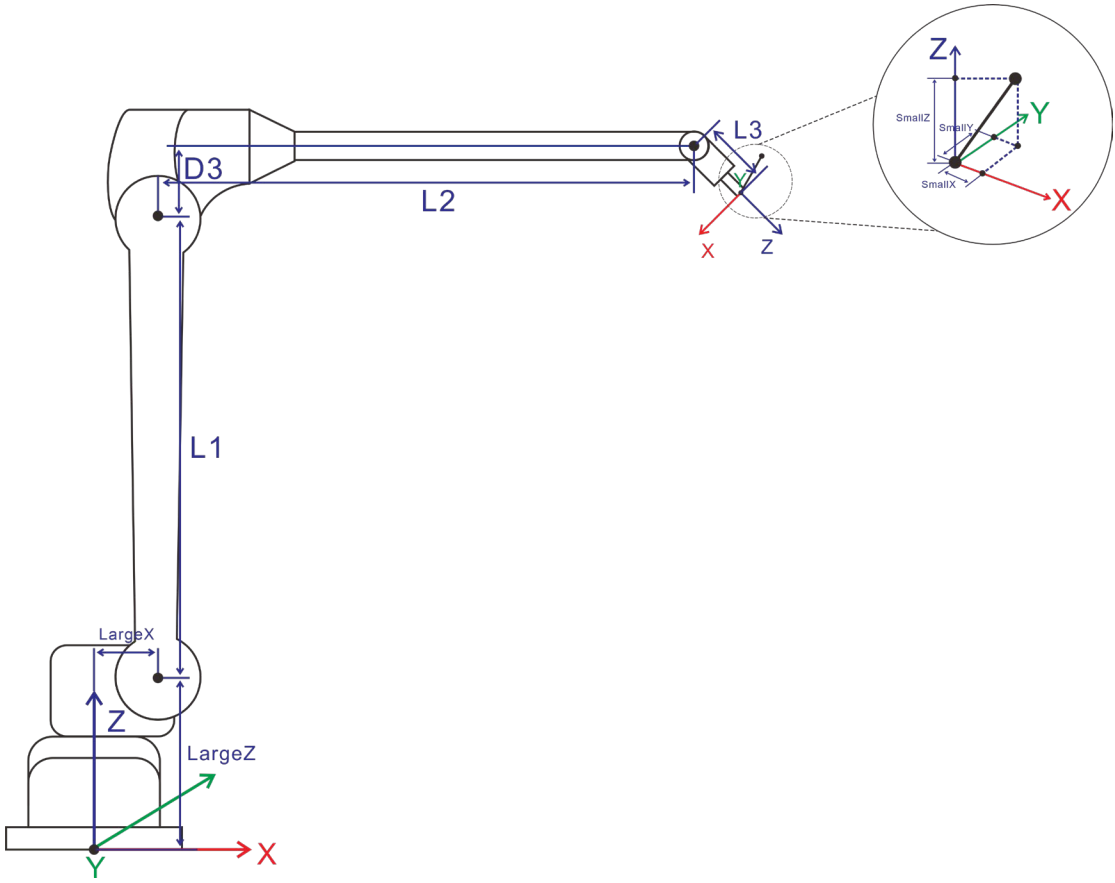
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 旋转轴 RY | Viraxis_w | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_v | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_w, Viraxis\_v)

CONNREFRAME(25, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e)

模型参数



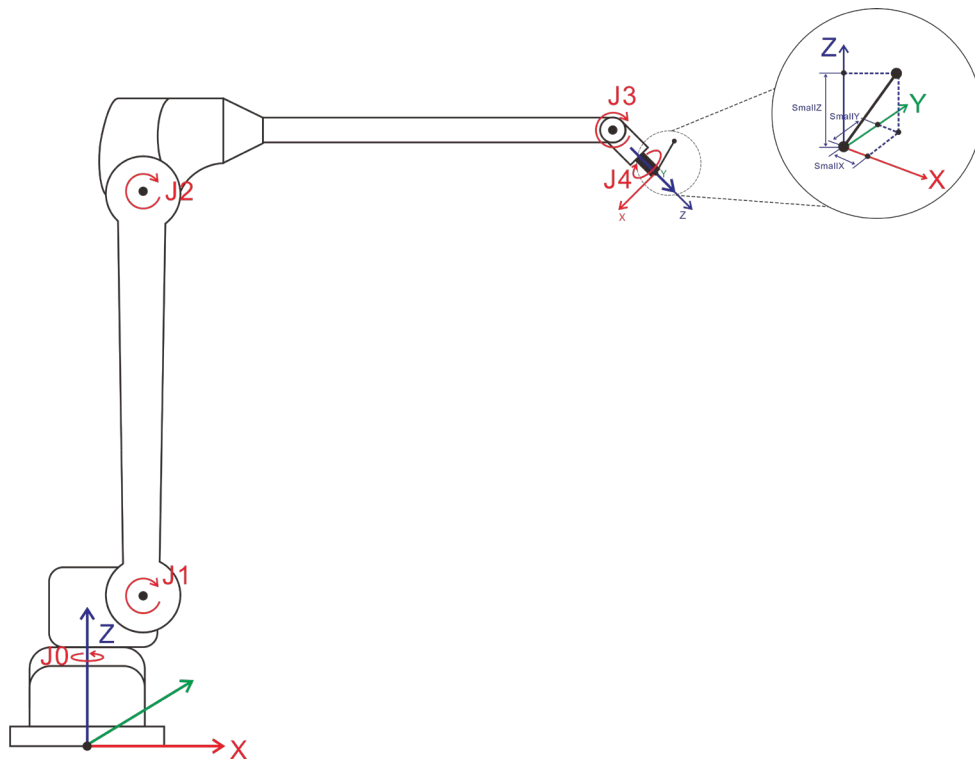
结构参数: TABLE(Tablenum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, L3+SmallZ, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Smallx, Smally, D3)

| 参数                  | 含义               |
|---------------------|------------------|
| Tablenum            | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| LargeX              | LargeX           |
| LargeZ              | LargeZ           |
| PulesLargeOneCircle | 底座旋转轴旋转一圈的脉冲数    |
| L1                  | 大臂轴长度            |
| L2                  | 小臂轴长度            |
| L3+SmallZ           | 小小臂轴长度           |
| Pules1OneCircle     | 大关节轴旋转一圈的脉冲数     |
| Pules2OneCircle     | 小关节轴旋转一圈的脉冲数     |
| Pules3OneCircle     | 小关节轴旋转一圈的脉冲数     |
| Pules4OneCircle     | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数    |
| Smallx              | 末端零点位置时 X 方向偏移   |
| Smally              | 末端零点位置时 Y 方向偏移   |
| D3                  | 大臂小臂零点位置时的偏移     |

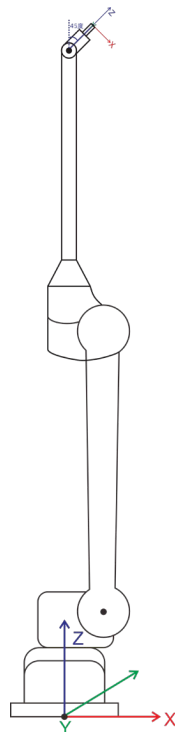
## 轴参数

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | PulesLargeOneCircle |
| Axis_b    |                     | Pules1OneCircle/360 |
| Axis_c    |                     | Pules2OneCircle/360 |
| Axis_d    |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Axis_e    |                     | Pules4OneCircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |
| Viraxis_w |                     | Pules3OneCircle/360 |
| Viraxis_v |                     | Pules4OneCircle/360 |

## 模型方向



## 模型零点

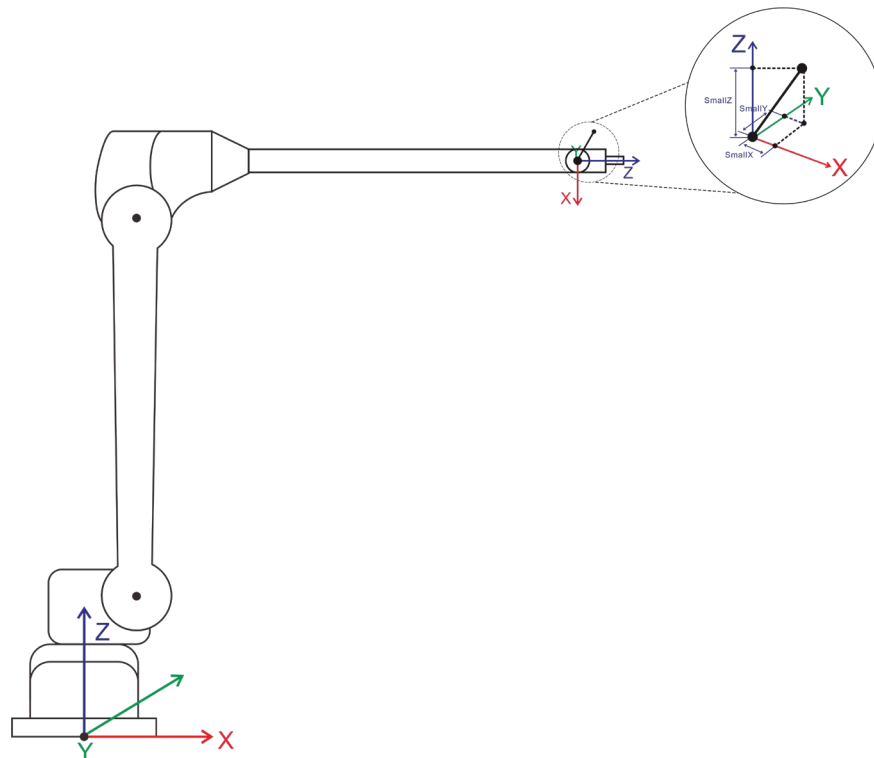


**注意：**L1 臂垂直、L2 臂垂直、D3 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.6.2 FRAME6-26-36-46

### 6.6.2.1 机械结构

#### 设计图纸



FRAME26 存在机械耦合。

FRAME36 存在参数偏移。

FRAME46 存在机械耦合。

### 6.6.2.2 运动学模型

#### 关节和自由度

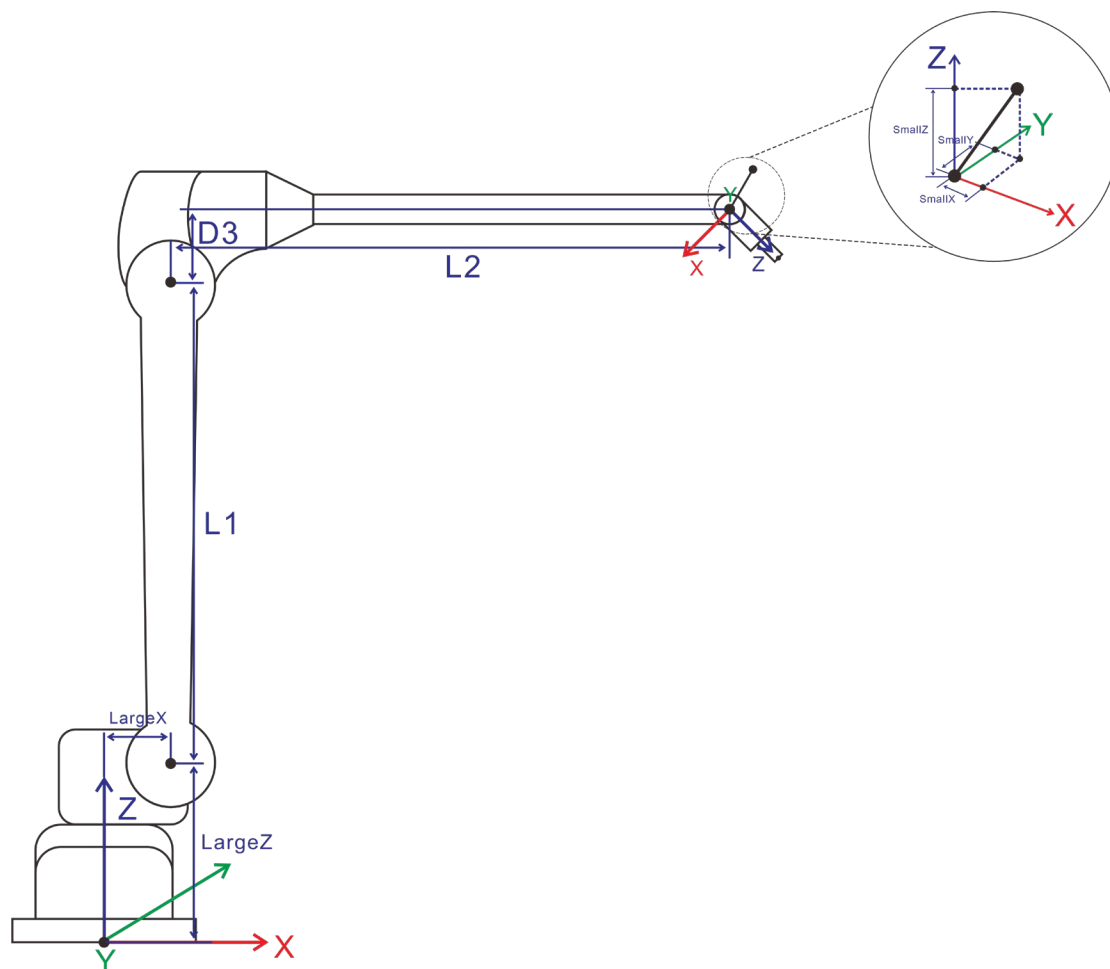
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 5 | J5(Axis_f) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |

|        |            |   |     |
|--------|------------|---|-----|
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无 | mm  |
| 旋转轴 RX | Viraxis_rx | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RY | Viraxis_ry | 无 | ° 度 |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无 | ° 度 |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_rx, Viraxis\_ry, Viraxis\_rz)  
CONNREFRAME(6, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e, Axis\_f)

## 模型参数



## FRAME6

**结构参数：**TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, L1, D3, L2, D5, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallLX, SmallLY, SmallLZ, InitRx, InitRy, InitRz)

| 参数       | 含义                                   |
|----------|--------------------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置                     |
| LargeZ   | 大盘的垂直高度。坐标系零点到关节轴 2 旋转中心距离           |
| LargeX   | 关节轴 1 到关节轴 2 在 X 方向的偏移。转盘中心到大摆臂中心的偏移 |
| L1       | 大摆臂的长度，关节轴 2 到关节轴 3 的距离              |

|                  |                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------|
| D3               | 3 轴中心到 4 轴在 Z 方向的距离                             |
| L2               | 3 轴到 5 轴的水平距离                                   |
| D5               | 5 转一圈，6 转动的圈数，0 表示不关联                           |
| Pules1OneCircle  | 关节轴 1 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules2OneCircle  | 关节轴 2 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules3OneCircle  | 关节轴 3 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules4OneCircle  | 关节轴 4 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules5OneCircle  | 关节轴 5 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules6OneCircle  | 关节轴 6 旋转一圈的脉冲数                                  |
| PulesVROneCircle | 虚拟姿态轴旋转一圈的脉冲数                                   |
| SmallX           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 X 方向的偏移                       |
| SmallY           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 Y 方向的偏移                       |
| SmallZ           | 末端旋转轴 6 到轴 5 中心的距离                              |
| InitRx           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRy           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRz           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |

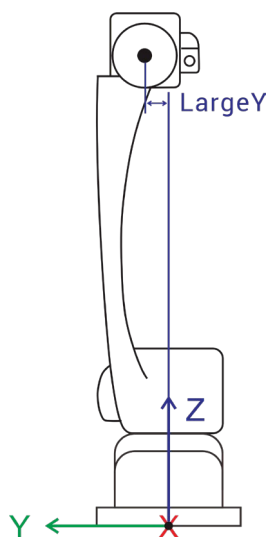
## FRAME26

**结构参数：**TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, L1, D3, L2, D5, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz, J1toJ2)

| 参数               | 含义                                   |
|------------------|--------------------------------------|
| Tablenum         | 存储转换参数的 TABLE 位置                     |
| LargeZ           | 大盘的垂直高度。坐标系零点到关节轴 2 旋转中心距离           |
| LargeX           | 关节轴 1 到关节轴 2 在 X 方向的偏移。转盘中心到大摆臂中心的偏移 |
| L1               | 大摆臂的长度，关节轴 2 到关节轴 3 的距离              |
| D3               | 3 轴中心到 4 轴在 Z 方向的距离                  |
| L2               | 3 轴到 5 轴的水平距离                        |
| D5               | 5 转一圈，6 转动的圈数，0 表示不关联                |
| Pules1OneCircle  | 关节轴 1 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules2OneCircle  | 关节轴 2 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules3OneCircle  | 关节轴 3 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules4OneCircle  | 关节轴 4 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules5OneCircle  | 关节轴 5 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules6OneCircle  | 关节轴 6 旋转一圈的脉冲数                       |
| PulesVROneCircle | 虚拟姿态轴旋转一圈的脉冲数                        |
| SmallX           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 X 方向的偏移            |

|        |                                                 |
|--------|-------------------------------------------------|
| SmallY | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 Y 方向的偏移                       |
| SmallZ | 末端旋转轴 6 到轴 5 中心的距离                              |
| InitRx | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRy | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRz | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| J1toJ2 | J1 与 J2 关联，关联的比例设置，不关联设置 0                      |

### FRAME36



结构参数：TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, L1, D3, L2, D5, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz, LargeY)

| 参数              | 含义                                   |
|-----------------|--------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                     |
| LargeZ          | 大盘的垂直高度。坐标系零点到关节轴 2 旋转中心距离           |
| LargeX          | 关节轴 1 到关节轴 2 在 X 方向的偏移。转盘中心到大摆臂中心的偏移 |
| L1              | 大摆臂的长度，关节轴 2 到关节轴 3 的距离              |
| D3              | 3 轴中心到 4 轴在 Z 方向的距离                  |
| L2              | 3 轴到 5 轴的水平距离                        |
| D5              | 5 转一圈，6 转动的圈数，0 表示不关联                |
| Pules1OneCircle | 关节轴 1 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules2OneCircle | 关节轴 2 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules3OneCircle | 关节轴 3 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules4OneCircle | 关节轴 4 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules5OneCircle | 关节轴 5 旋转一圈的脉冲数                       |
| Pules6OneCircle | 关节轴 6 旋转一圈的脉冲数                       |

|                  |                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------|
| PulesVROneCircle | 虚拟姿态轴旋转一圈的脉冲数                                   |
| SmallX           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 X 方向的偏移                       |
| SmallY           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 Y 方向的偏移                       |
| SmallZ           | 末端旋转轴 6 到轴 5 中心的距离                              |
| InitRx           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRy           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRz           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| LargeY           | J2 轴心 Y 方向的偏移参数                                 |

## FRAME46

结构参数：TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, L1, D3, L2, D5, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz, J1toJ2)

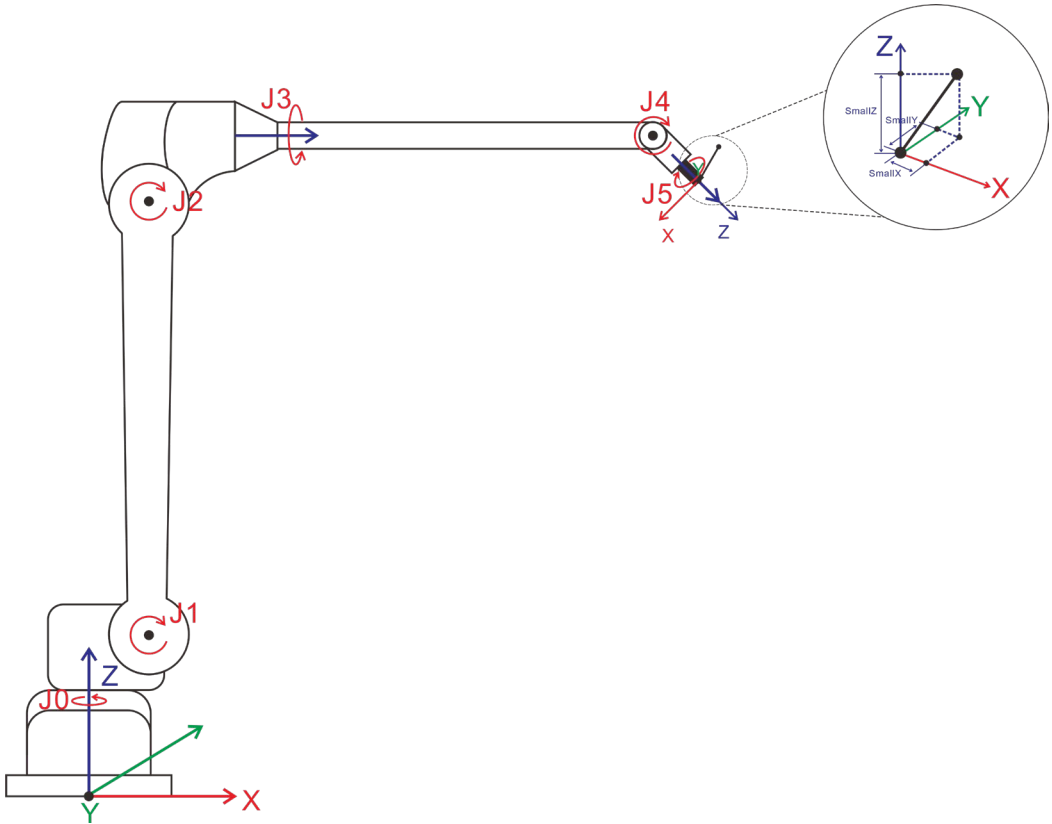
| 参数               | 含义                                              |
|------------------|-------------------------------------------------|
| Tablenum         | 存储转换参数的 TABLE 位置                                |
| LargeZ           | 大盘的垂直高度。坐标系零点到关节轴 2 旋转中心距离                      |
| LargeX           | 关节轴 1 到关节轴 2 在 X 方向的偏移。转盘中心到大摆臂中心的偏移            |
| L1               | 大摆臂的长度，关节轴 2 到关节轴 3 的距离                         |
| D3               | 3 轴中心到 4 轴在 Z 方向的距离                             |
| L2               | 3 轴到 5 轴的水平距离                                   |
| D5               | 5 转一圈，6 转动的圈数，0 表示不关联                           |
| Pules1OneCircle  | 关节轴 1 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules2OneCircle  | 关节轴 2 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules3OneCircle  | 关节轴 3 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules4OneCircle  | 关节轴 4 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules5OneCircle  | 关节轴 5 旋转一圈的脉冲数                                  |
| Pules6OneCircle  | 关节轴 6 旋转一圈的脉冲数                                  |
| PulesVROneCircle | 虚拟姿态轴旋转一圈的脉冲数                                   |
| SmallX           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 X 方向的偏移                       |
| SmallY           | 零点时，末端工作点到关节轴 6 在 Y 方向的偏移                       |
| SmallZ           | 末端旋转轴 6 到轴 5 中心的距离                              |
| InitRx           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRy           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |
| InitRz           | 初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向 |

|        |                                     |
|--------|-------------------------------------|
| J1toJ2 | J1 与 J2 关联，关联的比例设置，不关联设置 0。         |
|        | J3 与 J4 关联，J3 运动--J4 跟着运动（固定比例 2:1） |

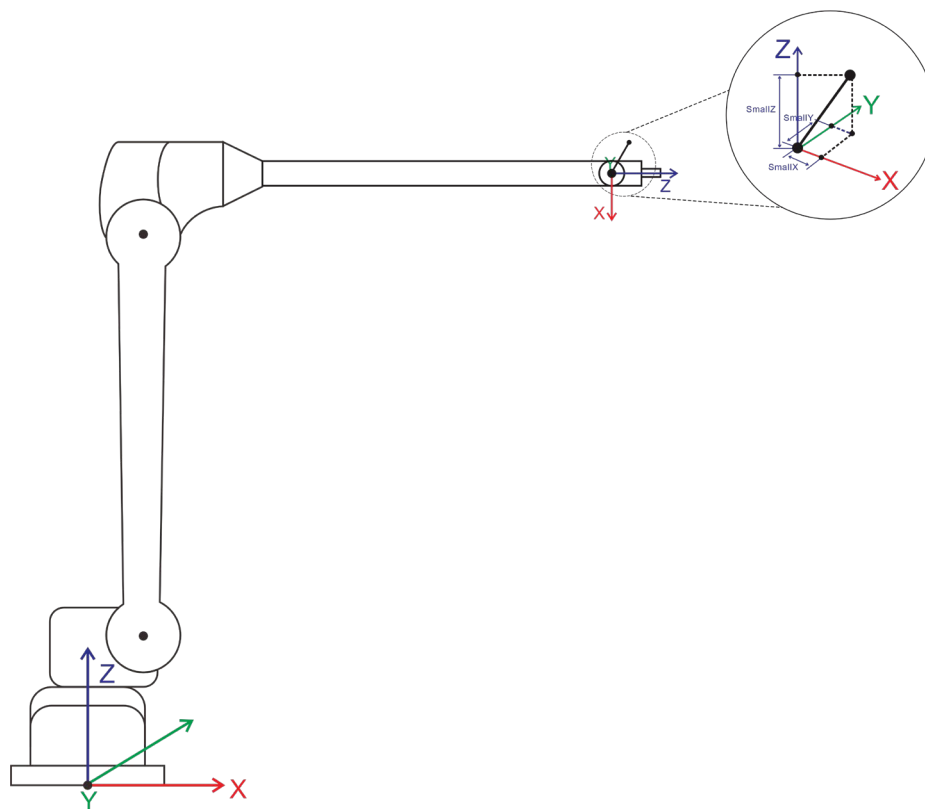
轴参数

| Axis       | Atype               | Units                |
|------------|---------------------|----------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360  |
| Axis_b     |                     | Pules2OneCircle/360  |
| Axis_c     |                     | Pules3OneCircle/360  |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360  |
| Axis_e     |                     | Pules5OneCircle/360  |
| Axis_f     |                     | Pules6OneCircle/360  |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                 |
| Viraxis_y  |                     | 1000                 |
| Viraxis_z  |                     | 1000                 |
| Viraxis_rx |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_ry |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesVROneCircle/360 |

模型方向

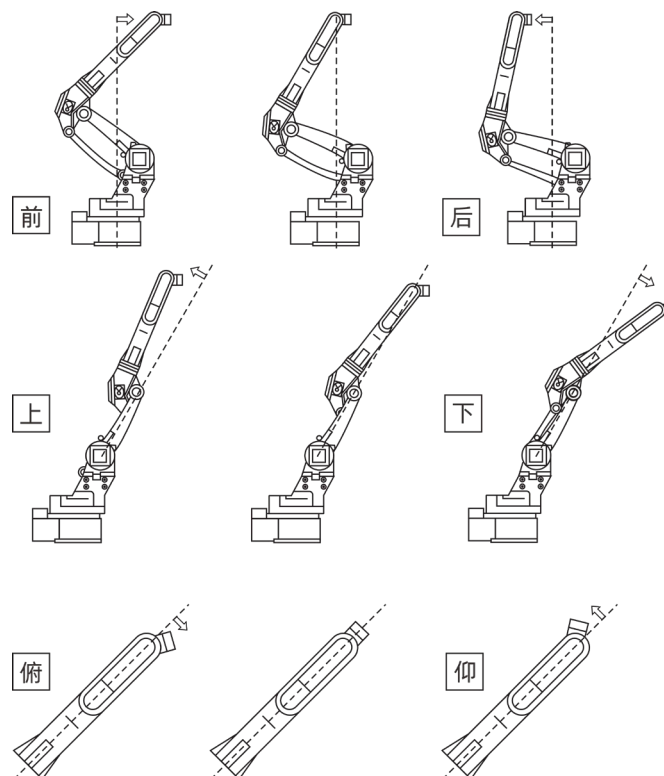


## 模型零点



**注意：**L1 臂垂直、L2 臂水平、SmaLZ 水平时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 模型姿态



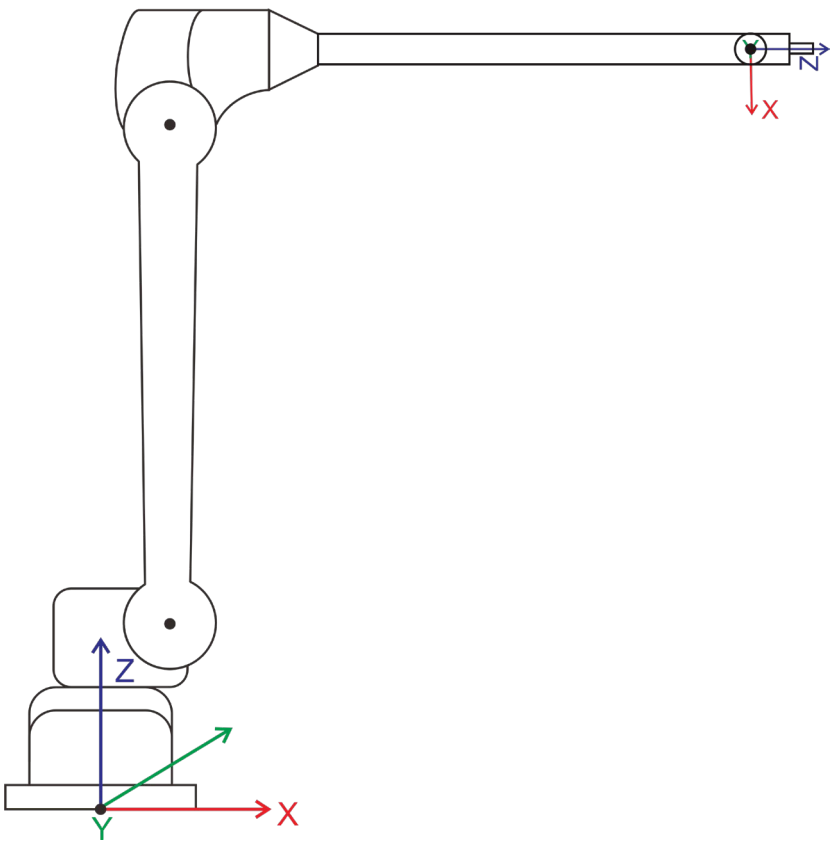
工业机器人行业里常说起 6 自由度机械手三类奇异点，分别是肩部奇异点、肘关节奇异点、腕关节奇异点，共形成 8 组逆解。

| 解值 | 前/后（肩部） | 凹凸（肘部） | 俯仰（腕关节） |
|----|---------|--------|---------|
| 0  | 前       | 凸      | 俯       |
| 1  | 后       | 凸      | 俯       |
| 2  | 前       | 凹      | 俯       |
| 3  | 后       | 凹      | 俯       |
| 4  | 前       | 凸      | 仰       |
| 5  | 后       | 凸      | 仰       |
| 6  | 前       | 凹      | 仰       |
| 7  | 后       | 凹      | 仰       |

6.6.3FRAME78-86

6.6.3.1 机械结构

设计图纸



FRAME86 存在参数偏移。

### 6.6.3.2 运动学模型

## 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J1(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J2(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J3(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J4(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J5(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 5 | J6(Axis_f) | 无  | 旋转轴° 度 |

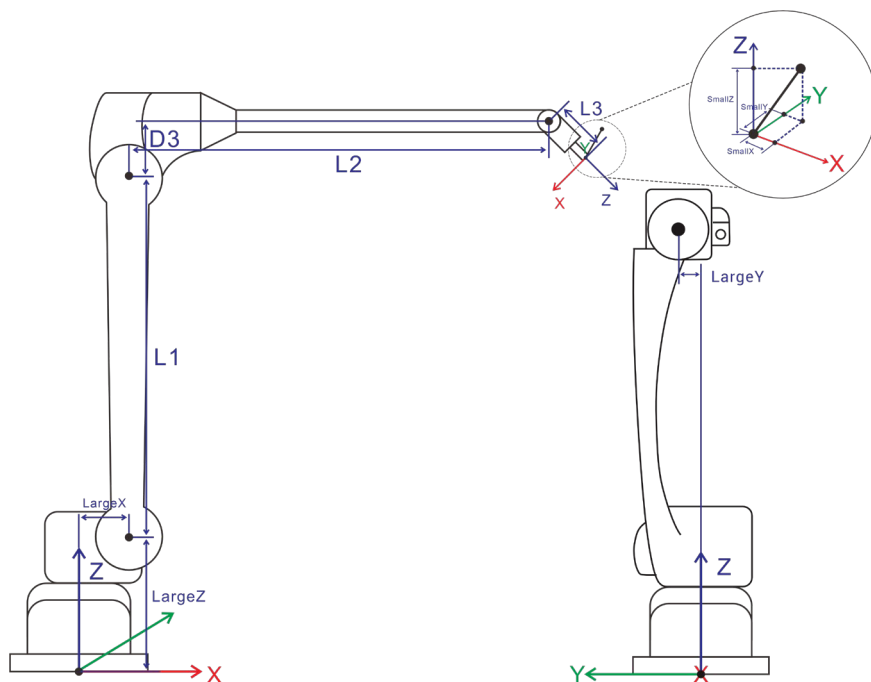
| 坐标系虚拟轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------|------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RX | Viraxis_rx | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RY | Viraxis_ry | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis x, Viraxis y, Viraxis z, Viraxis rx, Viraxis ry, Viraxis rz)

CONNREFRAME(78,Tablenum,Axis a,Axis b,Axis c,Axis d,Axis e,Axis f)

## 模型参数

**FRAME78**

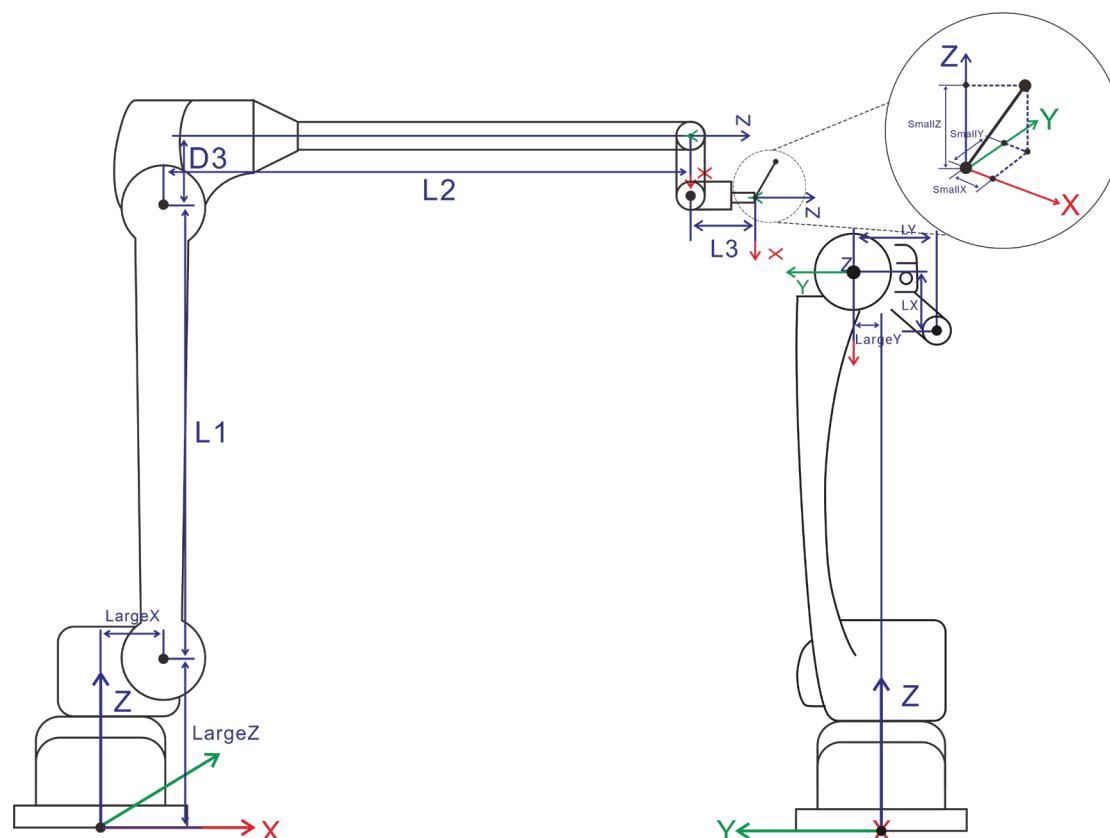


**结构参数:** TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, LargeY, L1, L2, D3, L3, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, S

mallX,SmallY,SmallZ,InitRx,InitRy,InitRz)

| 参数                   | 含义                          |
|----------------------|-----------------------------|
| Tablenum             | 存储转换参数的 TABLE 位置            |
| LargeZ               | J1 原点与底座的垂直距离               |
| LargeX               | J1 轴到 J2 轴之间的 X 方向水平距离      |
| LargeY               | J1 轴与 J2 轴之间的 Y 方向水平距离      |
| L1                   | J2 轴到 J3 轴之间的的主臂长度          |
| L2                   | J3 轴到 J5 轴之间的的主臂长度          |
| D3                   | J3 轴到 J4 轴之间的垂直偏移（高度差）      |
| L3                   | 机械臂末端工具法兰盘到 J6 轴之间的距离       |
| Pules1OneCircle      | J1 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| Pules2OneCircle      | J2 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| Pules3OneCircle      | J3 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| Pules4OneCircle      | J4 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| Pules5OneCircle      | J5 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| Pules6OneCircle      | J6 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| PulesVROneCircle     | 虚拟轴旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）  |
| SmallX,SmallY,       | 末端到转盘中心的 XY 偏移，0,0 指向 z 正方向 |
| SmallZ               | 末端到 J6 原点的垂直距离              |
| InitRx,InitRy,InitRz | 初始的姿态，焊枪针头的方向，0,0,0 指向 z 正向 |

## FRAME86



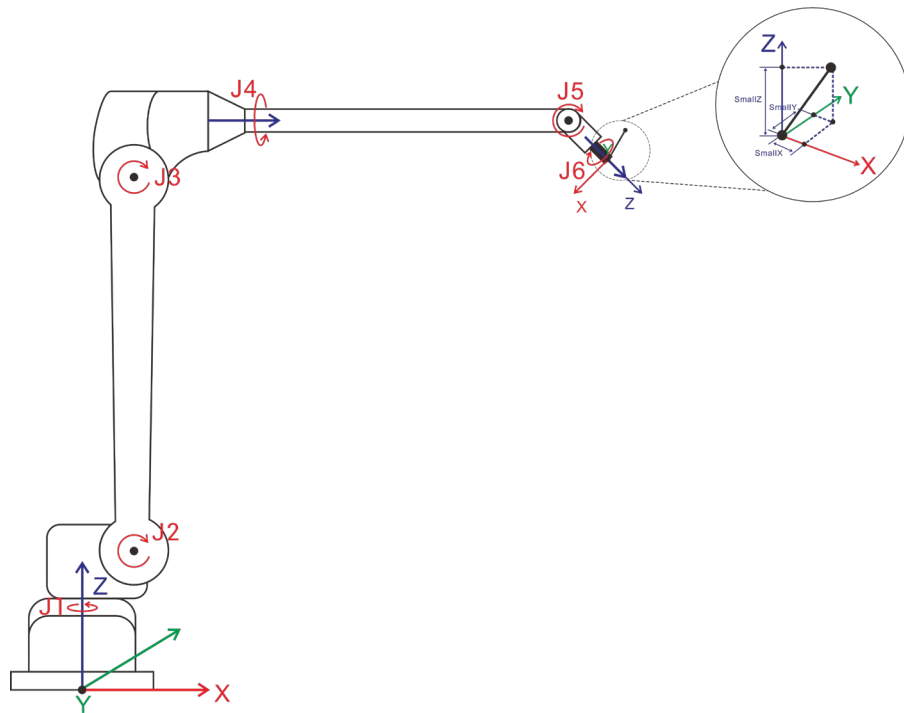
结构参数: TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, LargeY, L1, L2, D3, L3, Lx, Ly, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz)

| 参数                     | 含义                            |
|------------------------|-------------------------------|
| Tablenum               | 存储转换参数的 TABLE 位置              |
| LargeZ                 | J1 原点与底座的垂直距离                 |
| LargeX                 | J1 轴到 J2 轴之间的 X 方向水平距离        |
| LargeY                 | J1 轴与 J2 轴之间的 Y 方向水平距离        |
| L1                     | J2 轴到 J3 轴之间的主臂长度             |
| L2                     | J3 轴到 J5 轴之间的主臂长度             |
| D3                     | J3 轴到 J4 轴之间的垂直偏移（高度差）        |
| L3                     | J6 轴长度                        |
| Lx                     | J4 到 J6 轴之间的 X 方向偏移           |
| Ly                     | J4 到 J6 轴之间的 Y 方向偏移           |
| Pules1OneCircle        | J1 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| Pules2OneCircle        | J2 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| Pules3OneCircle        | J3 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| Pules4OneCircle        | J4 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| Pules5OneCircle        | J5 移动一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| Pules6OneCircle        | J6 旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| PulesVROneCircle       | 虚拟轴旋转一圈的脉冲数（单位 UNITS/360°）    |
| SmallX, SmallY,        | 末端到转盘中心的 XY 偏移, 0,0 指向 z 正方向  |
| SmallZ                 | 末端到 J6 原点的垂直距离                |
| InitRx, InitRy, InitRz | 初始的姿态, 焊枪针头的方向, 0,0,0 指向 z 正向 |

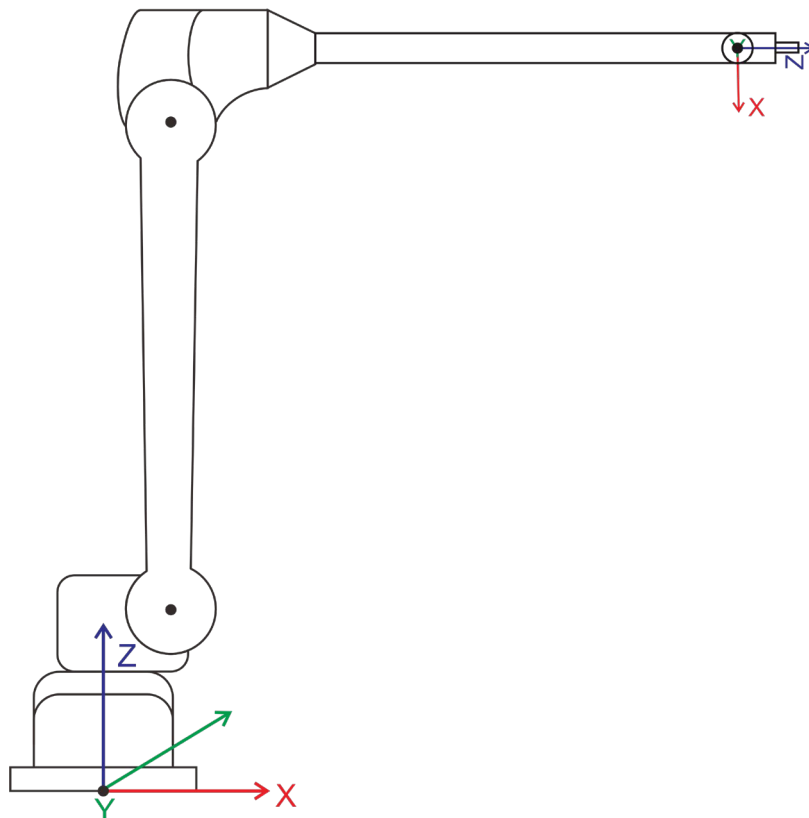
## 轴参数

| Axis       | Atype               | Units                |
|------------|---------------------|----------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360  |
| Axis_b     |                     | Pules2OneCircle/360  |
| Axis_c     |                     | Pules3OneCircle/360  |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360  |
| Axis_e     |                     | Pules5OneCircle/360  |
| Axis_f     |                     | Pules6OneCircle/360  |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                 |
| Viraxis_y  |                     | 1000                 |
| Viraxis_z  |                     | 1000                 |
| Viraxis_rx |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_ry |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesVROneCircle/360 |

## 模型方向

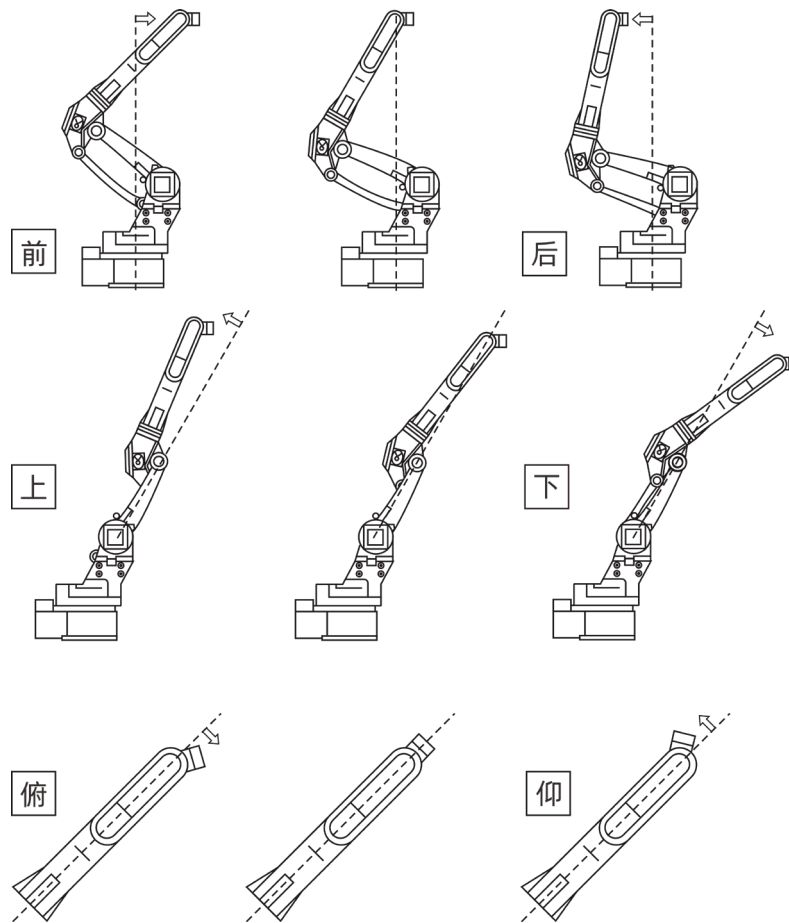


## 模型零点



**注意：** L1 臂垂直、L2 臂水平、L3 水平时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

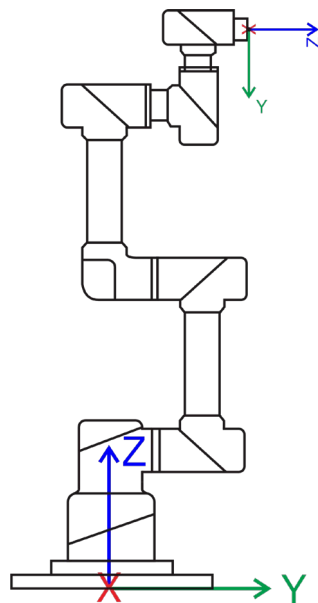
## 模型姿态



## 6.6.4 FRAME76-77

### 6.6.4.1 机械结构

#### 设计图纸



FRAME77 零点不同。

6.6.4.2 运动学模型

关节和自由度

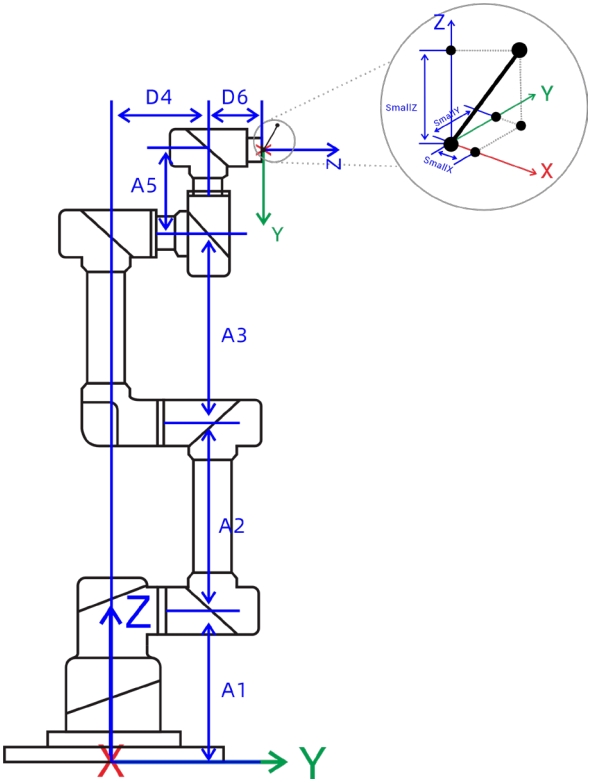
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 5 | J5(Axis_f) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------|------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RX | Viraxis_rx | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RY | Viraxis_ry | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_rx, Viraxis\_ry, Viraxis\_rz)

CONNREFRAME(76, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e, Axis\_f)

模型参数



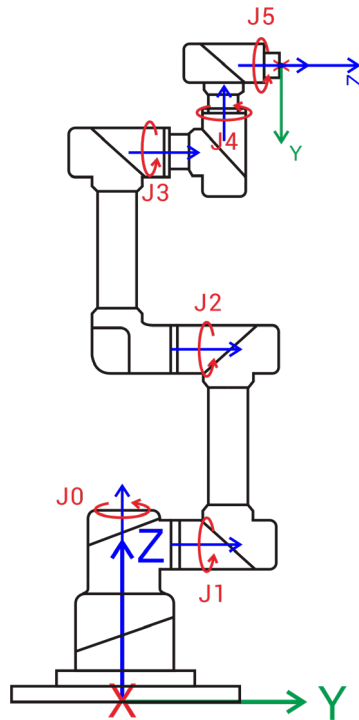
结构参数: TABLE(Tablenum,A1,A2,A3,D4,A5,D6,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,Pules4OneCircle,Pules5OneCircle,Pules6OneCircle,PulesVROneCircle,SmallZ,SmallX,SmallY,InitRx,InitRy,InitRz)

| 参数                   | 含义                                |
|----------------------|-----------------------------------|
| Tablenum             | 存储转换参数的 TABLE 位置                  |
| A1                   | J1 的垂直距离                          |
| A2                   | J2 的垂直距离                          |
| A3                   | J3 的垂直距离                          |
| D4                   | J4 相对 J1 旋转中心的水平距离                |
| A5                   | J5 的垂直距离                          |
| D6                   | J6 圆盘中心相对于 J4 的水平距离               |
| Pules1OneCircle      | 关节 1 转一圈的脉冲数                      |
| Pules2OneCircle      | 关节 2 转一圈的脉冲数                      |
| Pules3OneCircle      | 关节 3 转一圈的脉冲数                      |
| Pules4OneCircle      | 关节 4 转一圈的脉冲数                      |
| Pules5OneCircle      | 关节 5 转一圈的脉冲数                      |
| Pules6OneCircle      | 关节 6 转一圈的脉冲数                      |
| PulesVROneCircle     | 虚拟轴的脉冲数                           |
| SmallZ               | 末端到 6 轴的垂直距离                      |
| SmallX,SmallY        | 末端到转盘中心的 XY 偏移。0,0 位置的时候,指向 z 正方向 |
| InitRx,InitRy,InitRz | 初始的姿态,焊枪针头的方向。0,0,0 指向 z 正向       |

## 轴参数

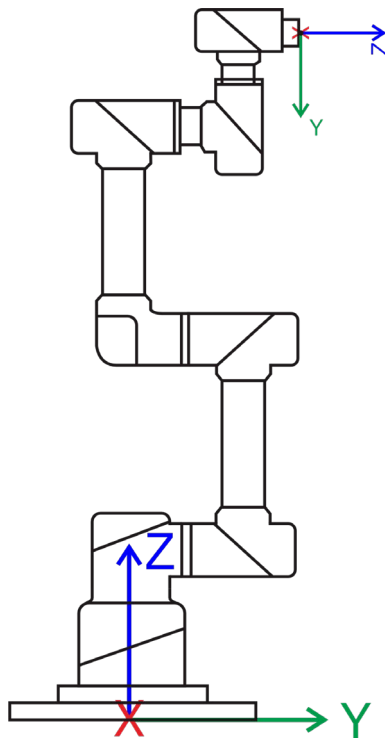
| Axis       | Atype               | Units                |
|------------|---------------------|----------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360  |
| Axis_b     |                     | Pules2OneCircle/360  |
| Axis_c     |                     | Pules3OneCircle/360  |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360  |
| Axis_e     |                     | Pules5OneCircle/360  |
| Axis_f     |                     | Pules6OneCircle/360  |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                 |
| Viraxis_y  |                     | 1000                 |
| Viraxis_z  |                     | 1000                 |
| Viraxis_rx |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_ry |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesVROneCircle/360 |

## 模型方向

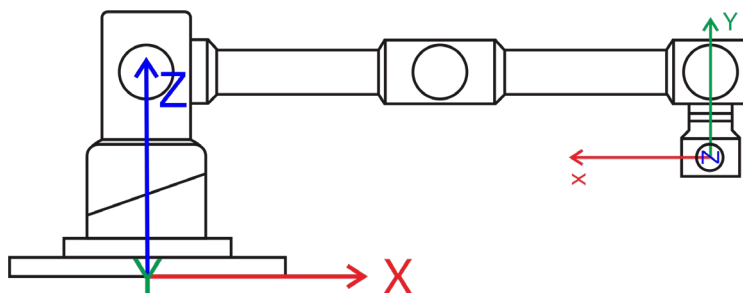


## 模型零点

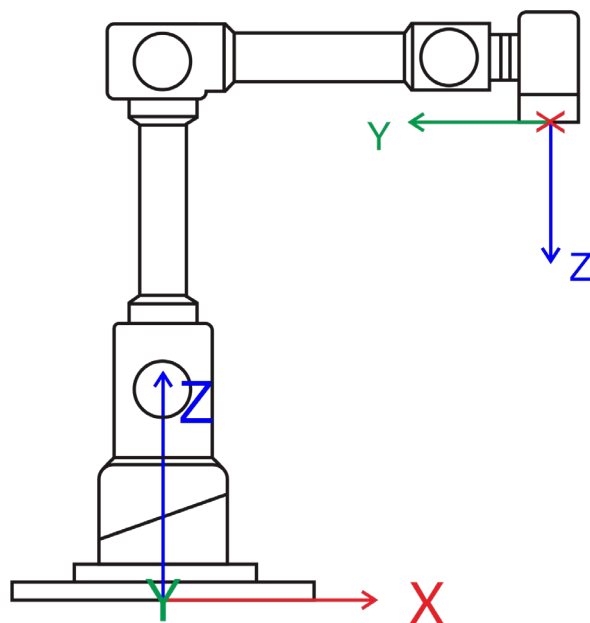
### FRAME76



**注意：**A2 臂垂直、A3 臂垂直、A5 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

**FRAME77**

**注意：**A2 臂水平、A3 臂水平、A5 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

**6.6.5 FRAME87-88****6.6.5.1 机械结构****设计图纸**

FRAME88 零点不同。

**6.6.5.2 运动学模型****关节和自由度**

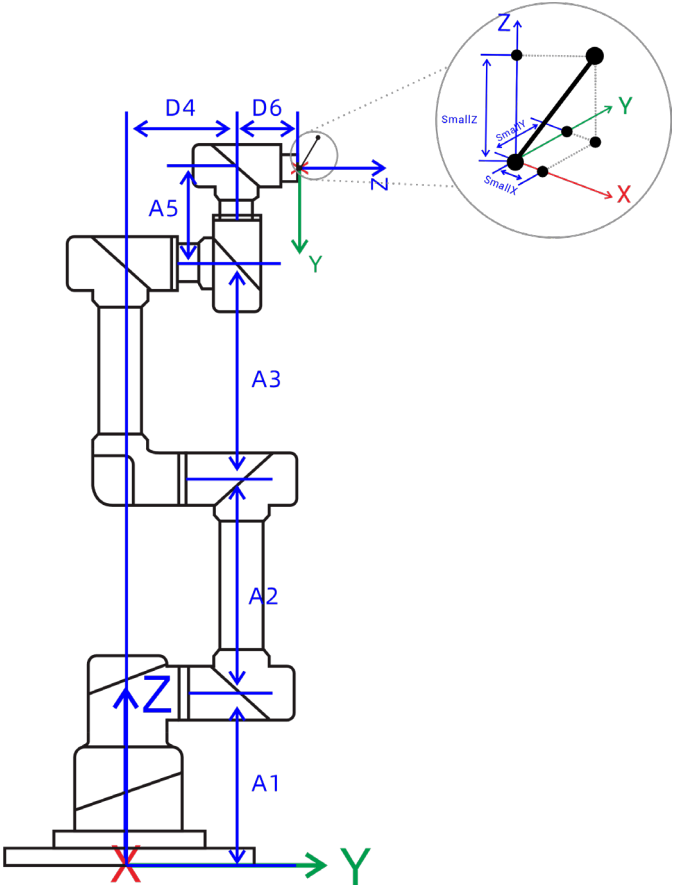
| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|--------|------------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 平移轴 Z  | Viraxis_z  | 无  | mm   |
| 旋转轴 RY | Viraxis_ry | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_rz | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_z, Viraxis\_ry, Viraxis\_rz)

CONNREFRAME(87, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c, Axis\_d, Axis\_e)

模型参数



结构参数：TABLE(Tablenum,A1,A2,A3,D4,A5,D6,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,Pules4OneCircle,Pules5OneCircle,Pules6OneCircle,PulesVROneCircle,SmallZ,SmallX,SmallY,InitRx,InitRy,InitRz)

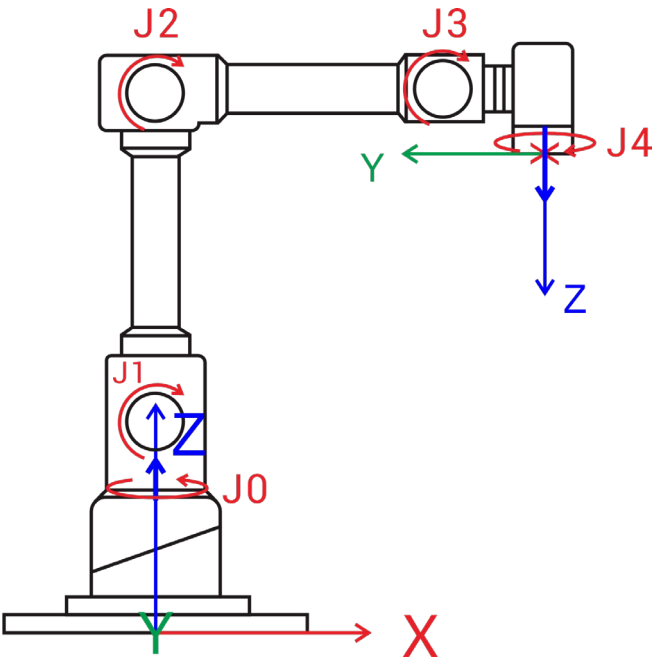
| 参数       | 含义                 |
|----------|--------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置   |
| A1       | J1 的垂直距离           |
| A2       | J2 的垂直距离           |
| A3       | J3 的垂直距离           |
| D4       | J4 相对 J1 旋转中心的水平距离 |
| A5       | J5 的垂直距离           |

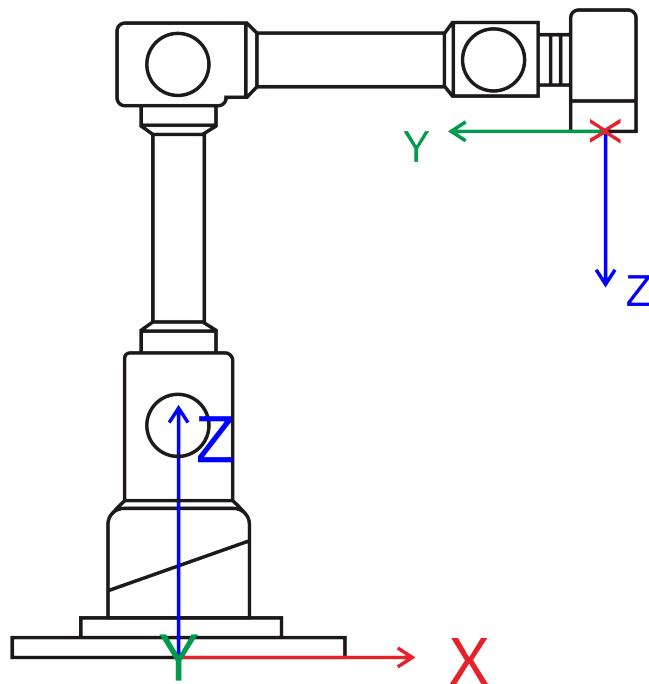
|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| D6                   | J6 圆盘中心相对于 J4 的水平距离               |
| Pules1OneCircle      | 关节 1 转一圈的脉冲数                      |
| Pules2OneCircle      | 关节 2 转一圈的脉冲数                      |
| Pules3OneCircle      | 关节 3 转一圈的脉冲数                      |
| Pules4OneCircle      | 关节 4 转一圈的脉冲数                      |
| Pules5OneCircle      | 关节 5 转一圈的脉冲数                      |
| Pules6OneCircle      | 关节 6 转一圈的脉冲数                      |
| PulesVROneCircle     | 虚拟轴的脉冲数                           |
| SmallZ               | 末端到 6 轴的垂直距离                      |
| SmallX,SmallY,       | 末端到转盘中心的 XY 偏移。0,0 位置的时候,指向 z 正方向 |
| InitRx,InitRy,InitRz | 初始的姿态,焊枪针头的方向。0,0,0 指向 z 正向       |

轴参数

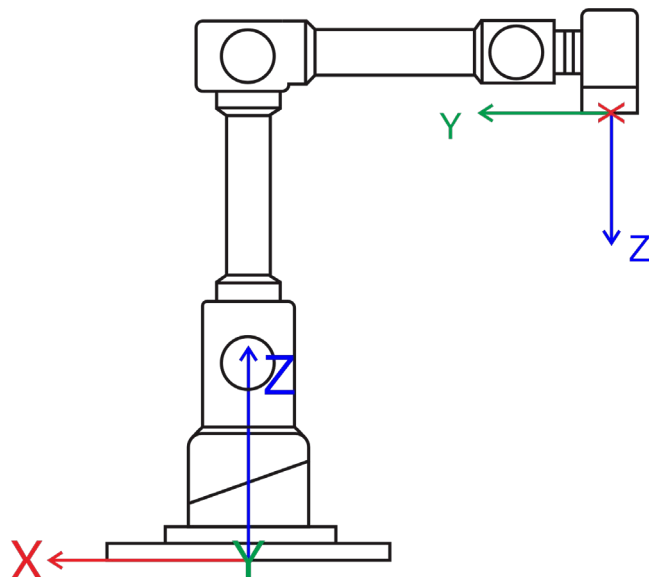
| Axis       | Atype               | Units                |
|------------|---------------------|----------------------|
| Axis_a     | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pules1OneCircle/360  |
| Axis_b     |                     | Pules2OneCircle/360  |
| Axis_c     |                     | Pules3OneCircle/360  |
| Axis_d     |                     | Pules4OneCircle/360  |
| Axis_e     |                     | Pules5OneCircle/360  |
| Viraxis_x  | 0                   | 1000                 |
| Viraxis_y  |                     | 1000                 |
| Viraxis_z  |                     | 1000                 |
| Viraxis_ry |                     | PulesVROneCircle/360 |
| Viraxis_rz |                     | PulesVROneCircle/360 |

模型方向



**模型零点****FRAME87**

**注意：**A2 臂垂直、A3 臂水平、A5 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

**FRAME88**

**注意：**A2 臂垂直、A3 臂水平、A5 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.7 二到三轴的对位平台（XXY、XYR）

### 特点：

高精度：采用高精度研磨丝杆与交叉导轨，运行精度可达 $\pm 2\mu\text{m}$ 。

高稳定性：四点共平面支撑结构，负载能力达 400KG 以上。

灵活性：三轴驱动轴加一个自由轴设计，实现 X-Y 平移与  $\theta$  角度微调。

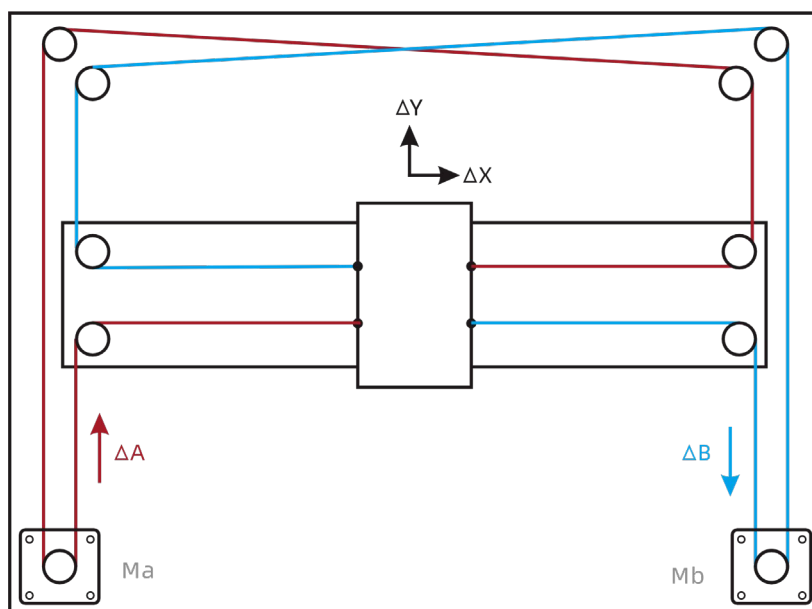
结构紧凑：最小台面尺寸仅 150mm，适应空间受限场景。

**应用场景：**广泛应用于半导体、PCB、手机制造等精密行业。

### 6.7.1 FRAME15

#### 6.7.1.1 机械结构

##### 设计图纸



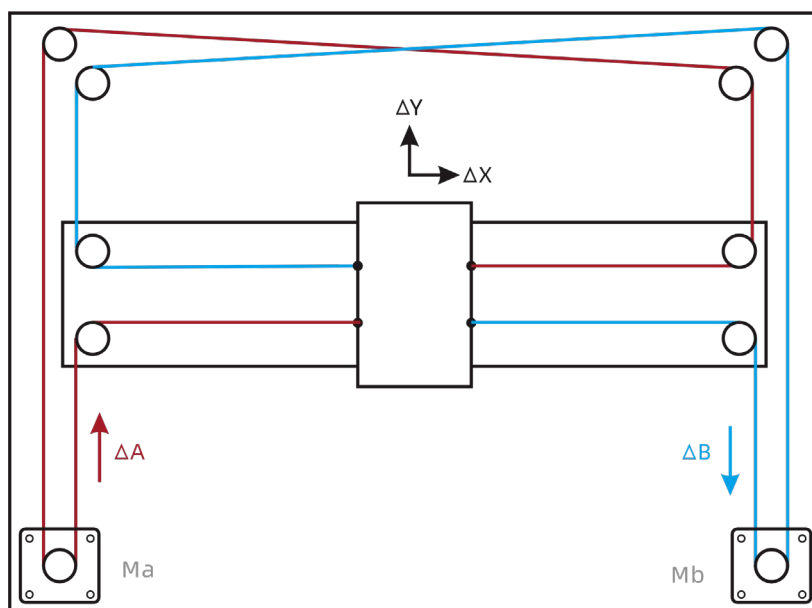
#### 6.7.1.2 运动学模型

##### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                    | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|-------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                     | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                     | Viraxis_y | 无  | mm   |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y)                |           |    |      |
| CONNREFRAME(15, Tablenum, Axis_a, Axis_b) |           |    |      |

## 模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum,J1Xdir,J1Ydir,J2Xdir,J2Ydir)

| 参数       | 含义                          |
|----------|-----------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置            |
| J1Xdir   | 关节轴 1 正向时 X 方向, 1 正向, -1 反向 |
| J1Ydir   | 关节轴 1 正向时 Y 方向              |
| J2Xdir   | 关节轴 2 正向时 X 方向              |
| J2Ydir   | 关节轴 2 正向时 Y 方向              |

## 轴参数

| Axis      | Atype               | Units    |
|-----------|---------------------|----------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000     |
| Viraxis_y |                     | 1000     |

## 模型方向

Ma 逆时针旋转, Mb 顺时针旋转, 向+Y 轴运动;

Ma 顺 Mb 逆, 向-Y 轴运动;

Ma 顺 Mb 顺, 向-X 轴运动;

Ma 逆 Mb 逆, 向+X 轴运动。

## 模型零点

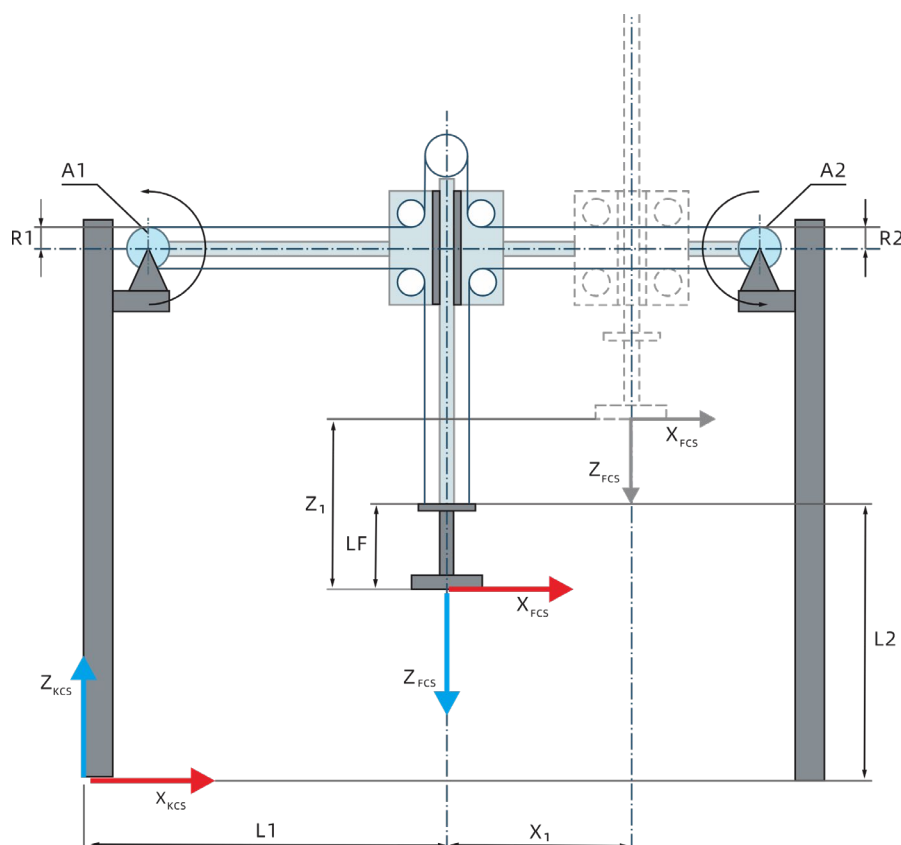
此结构对零点位置无要求, 当前停止位置作为零点。

## 6.7.2 FRAME131

### 6.7.2.1 机械结构

运动系统由两个旋转轴（A1 和 A2）和导向轮组成。如果两个轴 A1 和 A2 沿相同的方向同速旋转，则法兰在 KCS 的 x 轴方向上水平移动。如果两个轴 A1 和 A2 沿相反的方向同速旋转，则法兰在 KCS 的 z 轴方向上水平移动。运动系统形成矩形工作区域。

#### 设计图纸



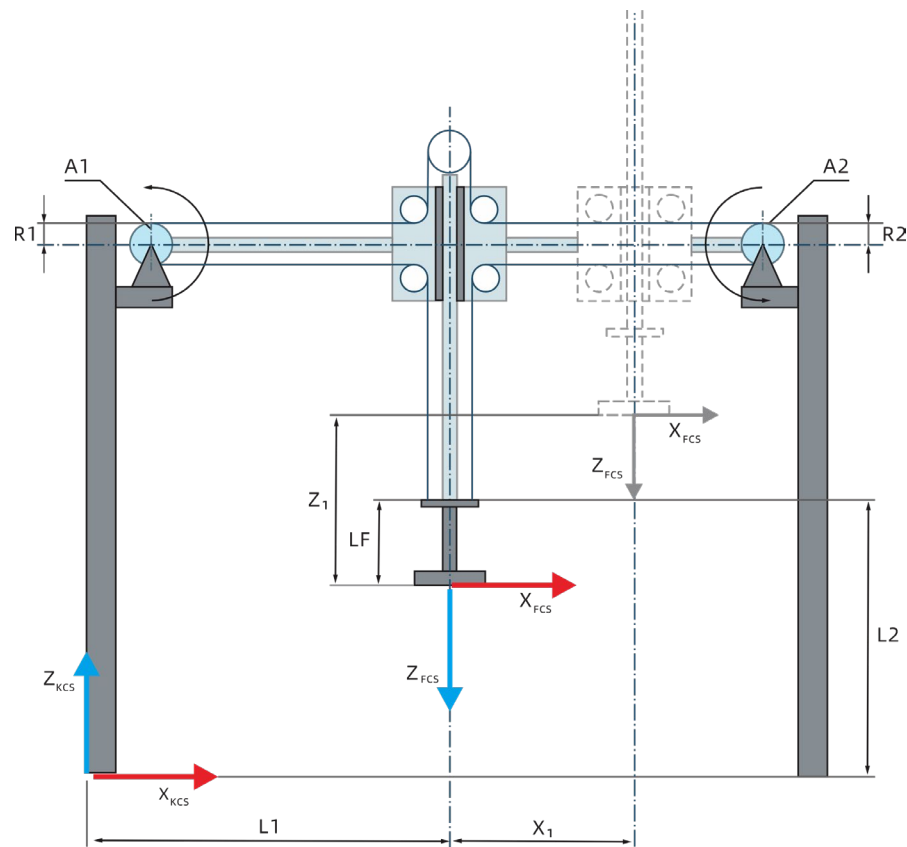
### 6.7.2.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                     | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                      | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                      | Viraxis_z | 无  | mm   |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_z)                 |           |    |      |
| CONNREFRAME(131, Tablenum, Axis_a, Axis_b) |           |    |      |

模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum,J1Xdir,J1Ydir,J2Xdir,J2Ydir)

| 参数       |  | 含义                          |
|----------|--|-----------------------------|
| Tablenum |  | 存储转换参数的 TABLE 位置            |
| J1Xdir   |  | 关节轴 1 正向时 X 方向, 1 正向, -1 反向 |
| J1Ydir   |  | 关节轴 1 正向时 Y 方向              |
| J2Xdir   |  | 关节轴 2 正向时 X 方向              |
| J2Ydir   |  | 关节轴 2 正向时 Y 方向              |

轴参数

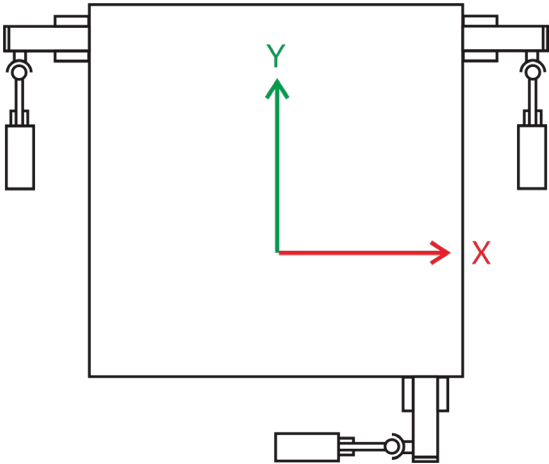
| Axis      | Atype               | Units      |
|-----------|---------------------|------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | mm 皮带移动的距离 |
| Axis_b    |                     | mm 皮带移动的距离 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000       |
| Viraxis_z |                     | 1000       |



6.7.3 FRAME33

6.7.3.1 机械结构

设计图纸



6.7.3.2 运动学模型

关节和自由度

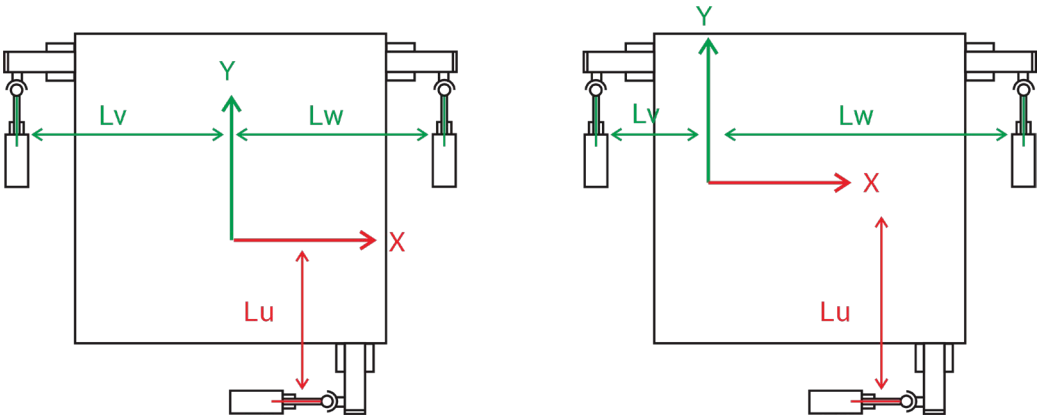
| 实际关节轴 | 定义简写         | 范围 | 物理特征   |
|-------|--------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) U | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) V | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) W | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_v | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_v)

CONNREFRAME(33, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c)

模型参数



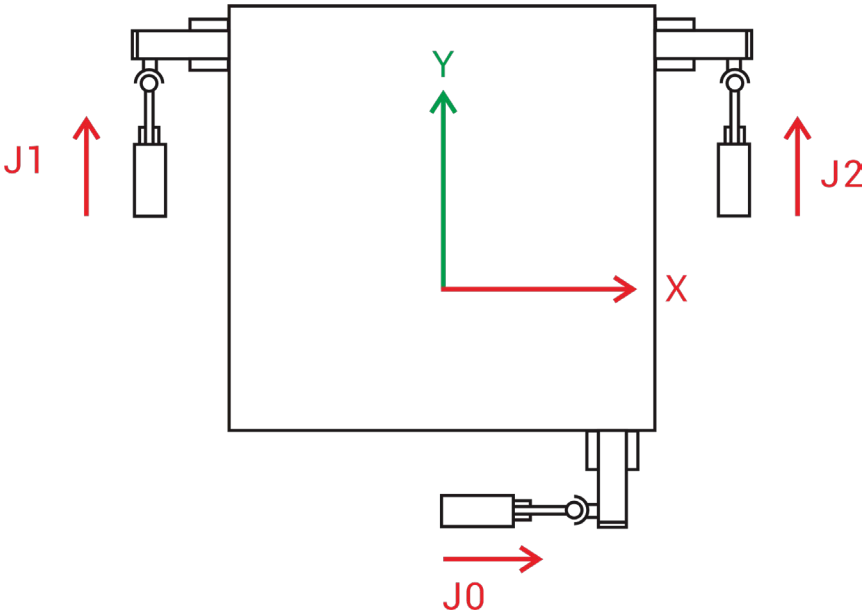
结构参数: TABLE(Tablenum,lu,lv,lw,angleonecircle,diru,dirv,zdirw)

| 参数             | 含义                           |
|----------------|------------------------------|
| Tablenum       | 存储转换参数的 TABLE 位置             |
| lu             | U 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 U 轴的垂直距离 |
| lv             | V 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 V 轴的垂直距离 |
| lw             | W 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 W 轴的垂直距离 |
| angleonecircle | 虚拟旋转轴一圈脉冲数, 任意值              |
| diru           | U 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致, 1 反向  |
| dirv           | V 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向  |
| zdirw          | W 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向  |

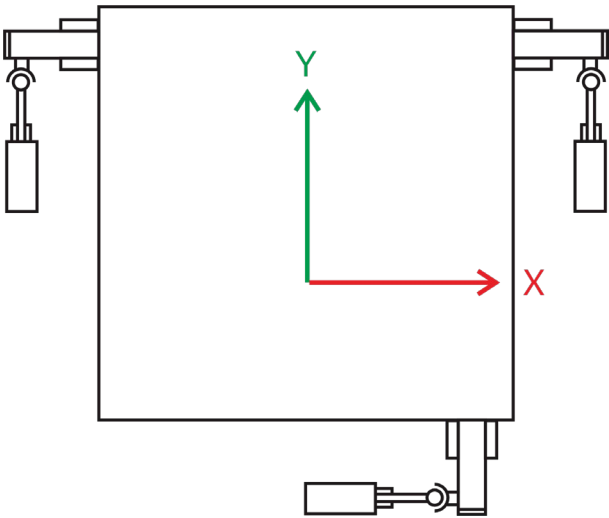
轴参数

| Axis      | Atype               | Units              |
|-----------|---------------------|--------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Viraxis_x | 0                   | 1000               |
| Viraxis_y |                     | 1000               |
| Viraxis_v |                     | Angleonecircle/360 |

模型方向



模型零点

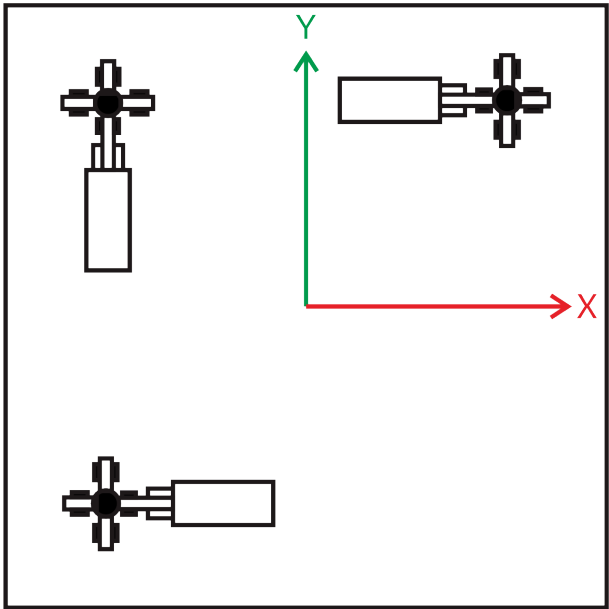


**注意：**机构无任何旋转时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.7.4 FRAME34

6.7.4.1 机械结构

设计图纸



6.7.4.2 运动学模型

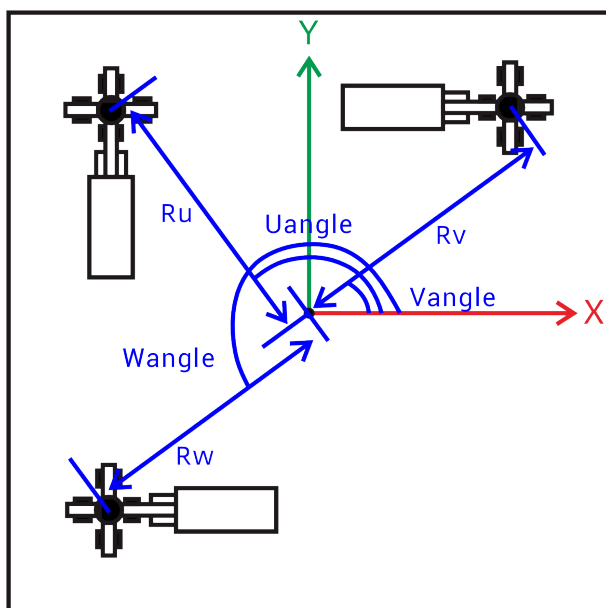
关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写         | 范围 | 物理特征   |
|-------|--------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) U | 无  | 移动轴 mm |

|       |              |   |        |
|-------|--------------|---|--------|
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) V | 无 | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) W | 无 | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                            | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|---------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                             | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                             | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ                                            | Viraxis_v | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_v)             |           |    |      |
| CONNREFRAME(34, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |           |    |      |

## 模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum, Ru, Rv, Rw, Uangle, Vangle, Wangle, angleonecircle, diru, dirv, dirw)

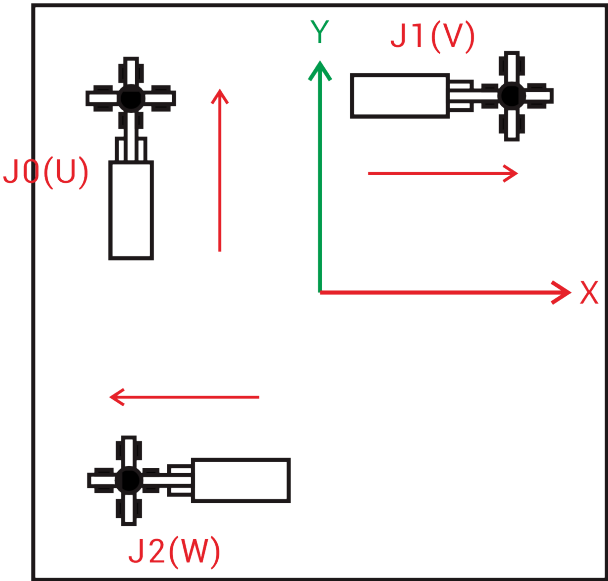
| 参数             | 含义                            |
|----------------|-------------------------------|
| Tablenum       | 存储转换参数的 TABLE 位置              |
| Ru             | U 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 U 轴旋转中心距离 |
| Rv             | V 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 V 轴旋转中心距离 |
| Rw             | W 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 W 轴旋转中心距离 |
| Uangle         | U 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| Vangle         | V 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| Wangle         | W 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| angleonecircle | 虚拟旋转轴一圈脉冲数, 任意值               |
| diru           | U 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向   |
| dirv           | V 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致, 1 反向   |
| dirw           | W 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致, 1 反向   |

注意: 要求 Ru、Rv、Rw 三者距离要相等。

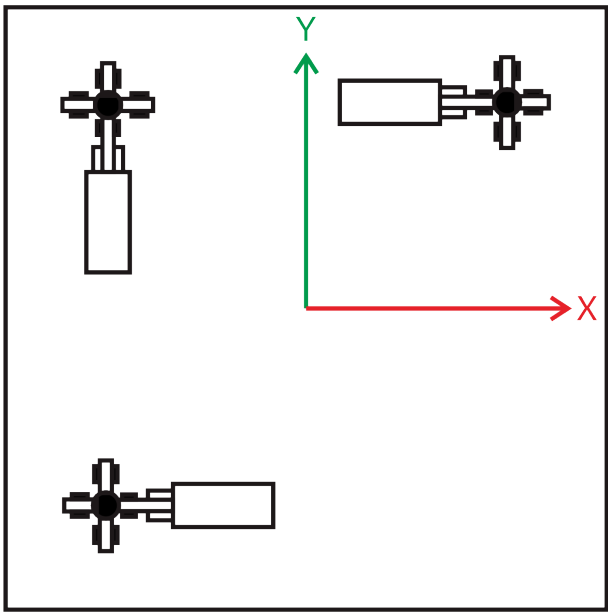
轴参数

| Axis      | Atype               | Units              |
|-----------|---------------------|--------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Viraxis_x | 0                   | 1000               |
| Viraxis_y |                     | 1000               |
| Viraxis_v |                     | Angleonecircle/360 |

模型方向



模型零点

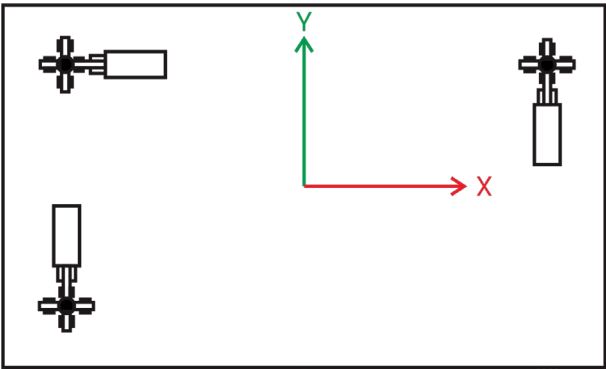


**注意：**机构无任何旋转时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.7.5 FRAME37

6.7.5.1 机械结构

设计图纸



6.7.5.2 运动学模型

关节和自由度

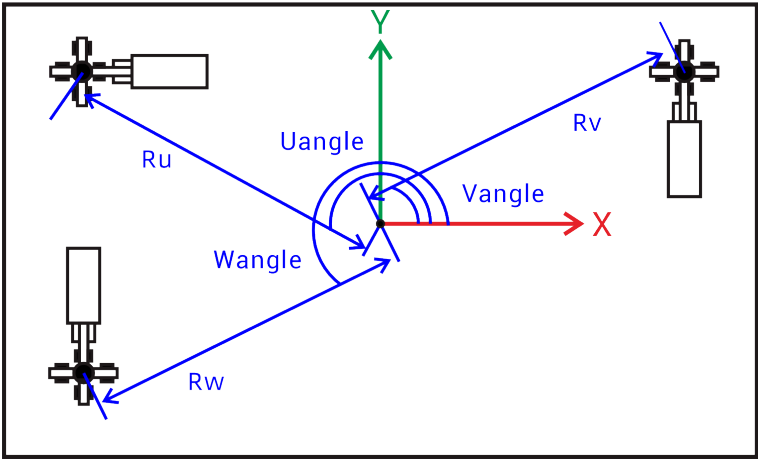
| 实际关节轴 | 定义简写         | 范围 | 物理特征   |
|-------|--------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) U | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) V | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) W | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴 | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|--------|-----------|----|------|
| 平移轴 X  | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y  | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 旋转轴 RZ | Viraxis_v | 无  | ° 度  |

BASE(Viraxis\_x, Viraxis\_y, Viraxis\_v)

CONNREFRAME(37, Tablenum, Axis\_a, Axis\_b, Axis\_c)

模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum,Ru,Rv,Rw,Uangle,Vangle,Wangle,angleonecircle,diru,dirv,dirw)

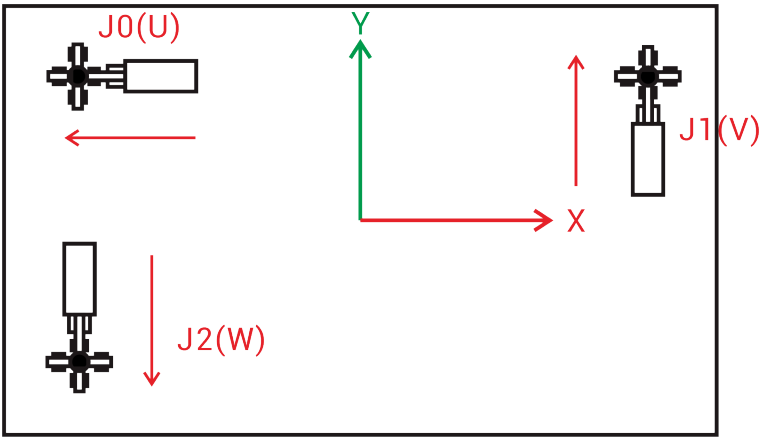
| 参数             | 含义                            |
|----------------|-------------------------------|
| Tablenum       | 存储转换参数的 TABLE 位置              |
| Ru             | U 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 U 轴旋转中心距离 |
| Rv             | V 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 V 轴旋转中心距离 |
| Rw             | W 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 W 轴旋转中心距离 |
| Uangle         | U 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| Vangle         | V 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| Wangle         | W 轴零点时和 x 轴角度, 单位度            |
| angleonecircle | 虚拟旋转轴一圈脉冲数, 任意值               |
| diru           | U 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向   |
| dirv           | V 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致, 1 反向   |
| dirw           | W 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致, 1 反向   |

注意: 要求 Ru、Rv、Rw 三者距离要相等。

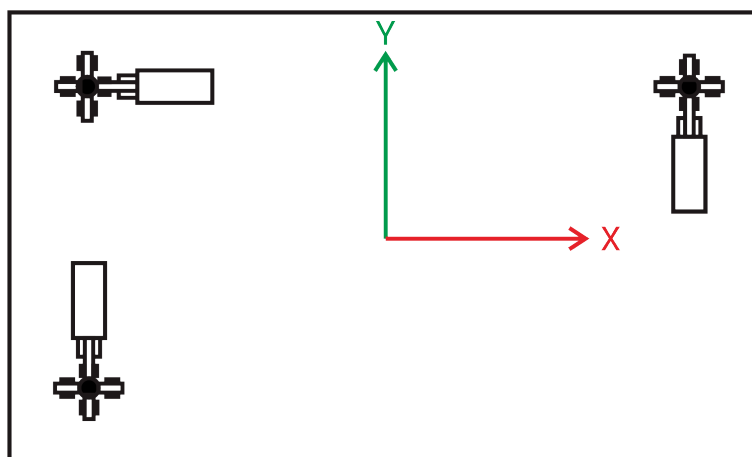
轴参数

| Axis      | Atype               | Units              |
|-----------|---------------------|--------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数           |
| Viraxis_x | 0                   | 1000               |
| Viraxis_y |                     | 1000               |
| Viraxis_v |                     | Angleonecircle/360 |

模型方向



## 模型零点



**注意：**机构无任何旋转时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

## 6.8 三到五轴的数控加工旋转台

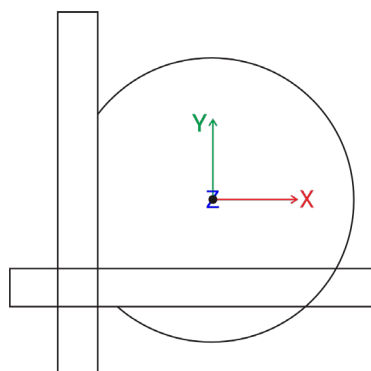
**特点：**工作台和主轴均可旋转，实现复杂曲面加工。

**应用场景：**广泛应用于航空航天、汽车制造、模具制造等领域。

### 6.8.1 FRAME11-18

#### 6.8.1.1 机械结构

##### 设计图纸



FRAME18 类型与 FRAME11 一致，只是支持旋转台任意角度偏转，同时增加 z 轴关节轴。

#### 6.8.1.2 运动学模型

##### 关节和自由度

##### FRAME11

| 实际关节轴 | 定义简写 | 范围 | 物理特征 |
|-------|------|----|------|
|-------|------|----|------|

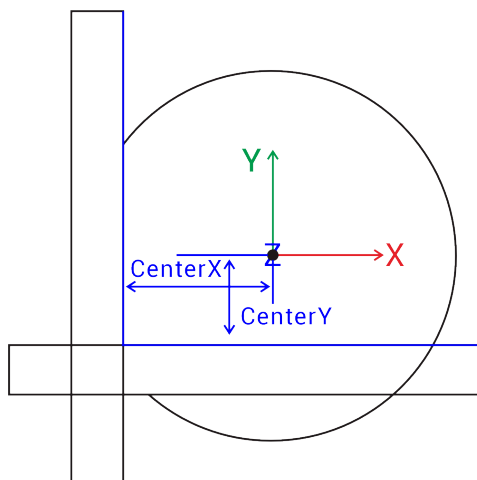
|       |            |   |         |
|-------|------------|---|---------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无 | 移动轴 mm  |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无 | 移动轴 mm  |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无 | 旋转轴 ° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                            | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|---------------------------------------------------|------------|----|------|
| 平移轴 X                                             | Viraxis_x  | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                             | Viraxis_y  | 无  | mm   |
| 末端旋转轴 Rz                                          | J2(Axis_c) | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Axis_c)                |            |    |      |
| CONNREFRAME(11, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |            |    |      |

**FRAME18**

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征    |
|-------|------------|----|---------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm  |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm  |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm  |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴 ° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                    | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|-----------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                     | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                     | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                     | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 关节轴 3                                                     | Axis_e    | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_e)             |           |    |      |
| CONNREFRAME(18, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d) |           |    |      |

**模型参数****FRAME11**

结构参数: TBALE(Tablenum, CENTERX, CENTERY, pulseRonecircle, IfAntiClock)

| 参数              | 含义               |
|-----------------|------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| CENTERX         | X 方向偏移量          |
| CENTERY         | Y 方向偏移量          |
| pulseRonecircle | 末端旋转轴旋转一圈的脉冲数    |
| IfAntiClock     | 是否逆时针转动          |

设备整体只有一个坐标系，看设备怎么建立坐标系，如果如上图 xy 坐标系，旋转台属于绕 Rz 旋转。如果 y 坐标系换成 z 坐标系，则是 xz 坐标系，旋转台变成绕 RY 旋转，偏移量 CENTERX 代表 x 的坐标下的偏移，CENTERY 则代表 z 坐标系下的偏移。

## FRAME18

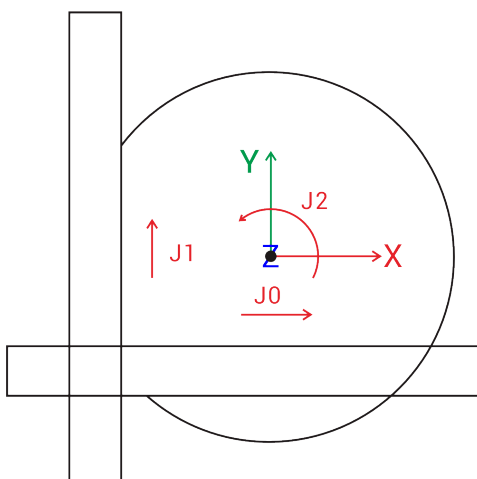
结构参数: TABLE(Tablenum,CENTERX,CENTERY,pulseonecircle,IfAntiClock,centerZ,rx,ry,rz,ifWorkCoor)

| 参数              | 含义                                                                                     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                                                                       |
| CENTERX         | 零点时，xy 平面内，旋转轴的旋转中心与原点 X 方向的偏移                                                         |
| CENTERY         | 零点时，xy 平面内，旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                                         |
| pulseRonecircle | 旋转轴旋转一圈的脉冲数                                                                            |
| IfAntiClock     | 旋转台与 XY 是否逆时针的关系，逆时针值为 1（旋转台从 X 正转向 Y 正），顺时针值为 0（旋转台从 Y 正转向 Z 正）                       |
| centerZ         | 零点时，yz 平面内，旋转轴的旋转中心与原点 Z 方向的偏移                                                         |
| rx,ry,rz        | 非标准姿态的旋转台，相对标准位置旋转的角度，弧度单位                                                             |
| ifWorkCoor      | 虚拟轴坐标是否使用相对旋转中心的工件坐标<br>1 使用，此时 rx、ry、rz 生效<br>0 不使用，此时 rx、ry、rz 不生效，与 frame11 标准旋转台相同 |

## 轴参数

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | pulseRonecircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |

## 模型方向

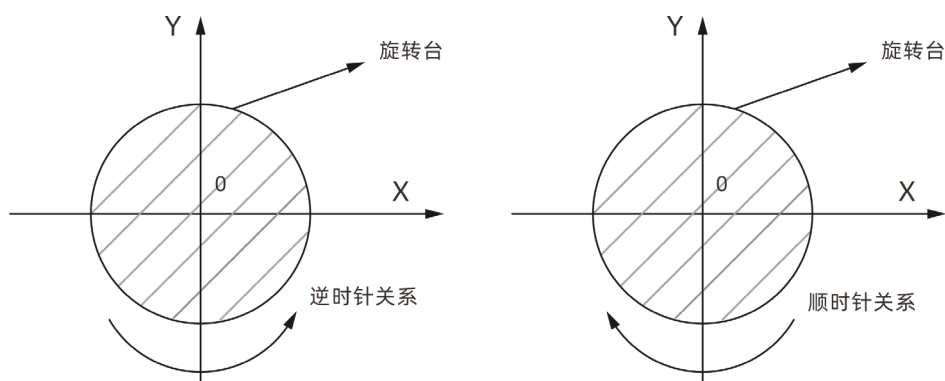


两个平移轴方向无要求。

旋转台转向从上往下看，根据参数 IfAntiClock 的值确定。

IfAntiClock=1 时，与 XY 为逆时针关系（旋转台从 X 正转向 Y 正）。

IfAntiClock=0 时，与 XY 为顺时针关系（旋转台从 Y 正转向 X 正）。



## 模型零点

### FRAME11

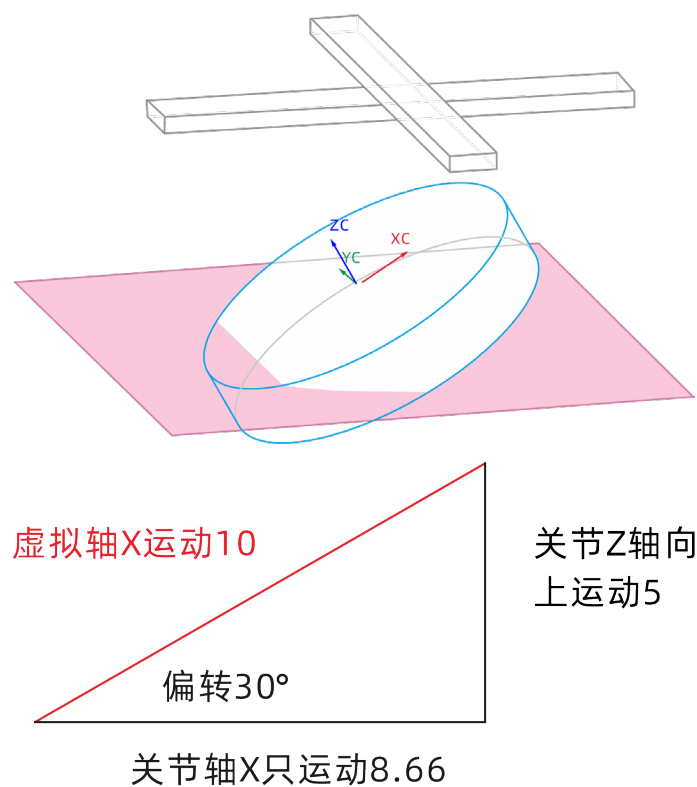
无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时的圆心偏移参数 CENTERX 和 CENTERY 要设置正确。

### FRAME18

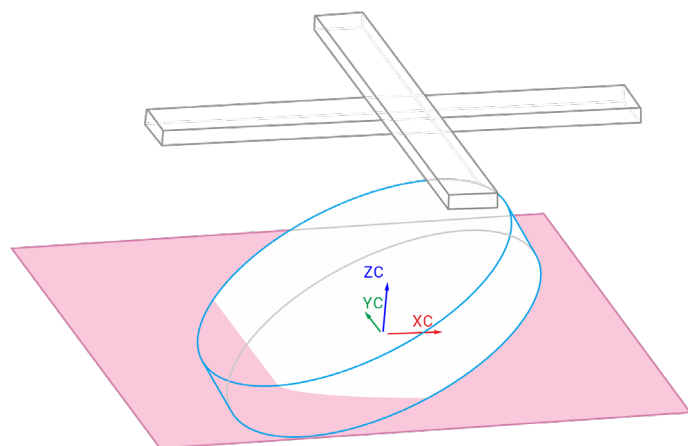
无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时的圆心偏移参数 CENTERX 和 CENTERY 要设置正确。

假设此时旋转台中心没有偏移，只绕着 Y 轴偏转  $30^\circ$ 。

ifWorkCoor=1，使用工件坐标系，此时虚拟轴坐标按工件坐标系，虚拟坐标系原点为旋转中心。此时操作虚拟轴 X 运动 10，实际关节轴 X 只运动 8.66，同时 Z 轴向上运动 5。



ifWorkCoor=0, 使用世界坐标系, 此时虚拟轴按世界坐标系移动, 虚拟坐标系原点为工作点。此时操作虚拟轴 X 运动 10, 实际关节轴 X 就运动 10, 其他轴不动。

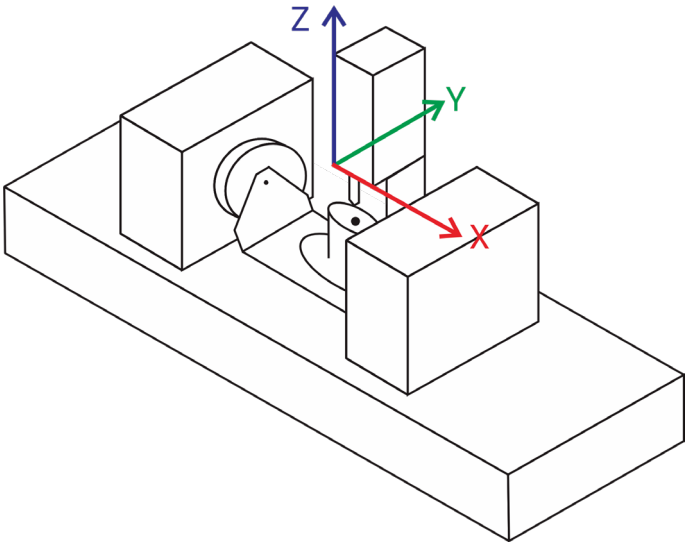


## 6.8.2 FRAME17-19-29

### 6.8.2.1 机械结构

在 YZ 平面有一个旋转台 1, 在 XY 平面上有一个旋转台 2, 旋转台 2 安装在旋转台 1 上。当旋转轴坐标 0 时, 虚拟轴和实际轴坐标一致, 虚拟坐标系与实际坐标系也重合。

设计图纸



FRAME29 类型与 FRAME17 一致，只是支持旋转台任意角度偏转。

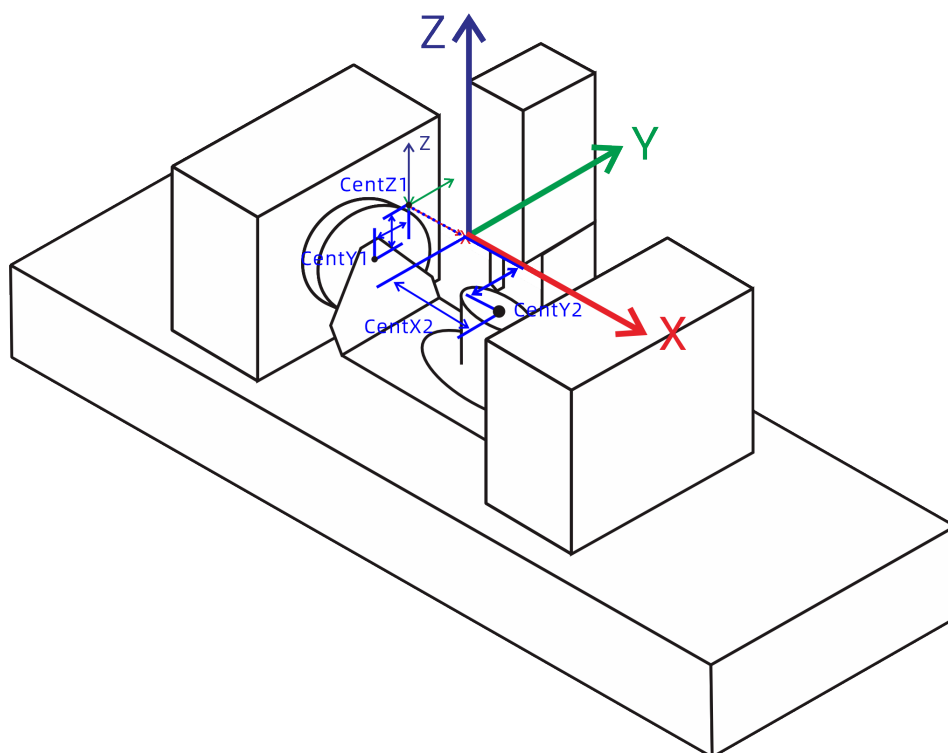
6.8.2.2 运动学模型

关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                            | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                                             | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                                             | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                                             | Viraxis_z | 无  | mm   |
| 旋转轴 RX                                                            | Axis_d    | 无  | ° 度  |
| 旋转轴 RZ                                                            | Axis_e    | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d, Axis_e)             |           |    |      |
| CONNREFRAME(17, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |           |    |      |

## 模型参数

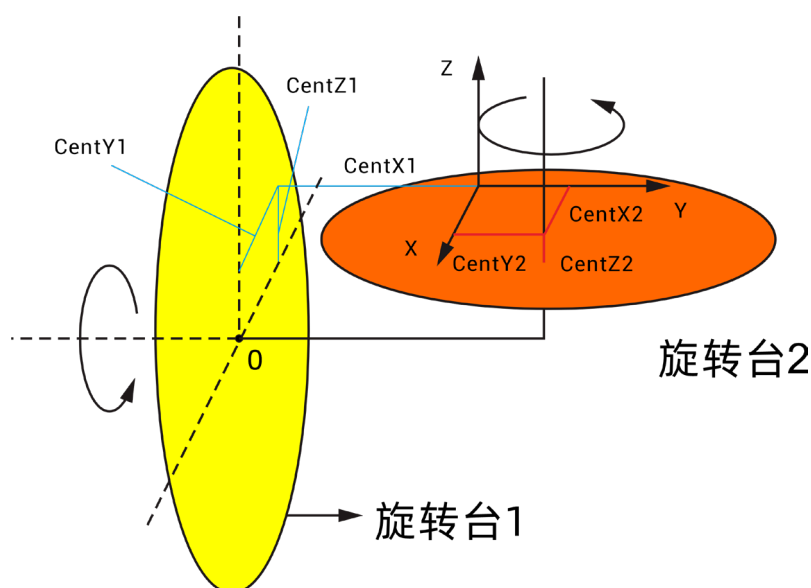


### FRAME17

结构参数: TABLE(Tablenum,CentY1,CentZ1,pulse1onecircle,IfAntiClock1,CentX2,CentY2,pulse2onecircle,IfAntiClock2)

| 参数              | 含义                                                                      |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                                                        |
| CentY1          | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                     |
| CentZ1          | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Z 方向的偏移                                     |
| pulse1onecircle | 旋转台 1 的一圈脉冲数                                                            |
| IfAntiClock1    | 旋转台 1 与 YZ 是否逆时针的关系, 逆时针值为 1 (旋转台从 Y 正转向 Z 正), 顺时针值为 0 (旋转台从 Z 正转向 Y 正) |
| CentX2          | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 X 方向的偏移                                     |
| CentY2          | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                     |
| pulse2onecircle | 旋转台 2 的一圈脉冲数                                                            |
| IfAntiClock2    | 旋转台 2 与 XY 是否逆时针的关系, 逆时针值为 1, 顺时针值为 0, 逆时针的时候符合右手法则                     |

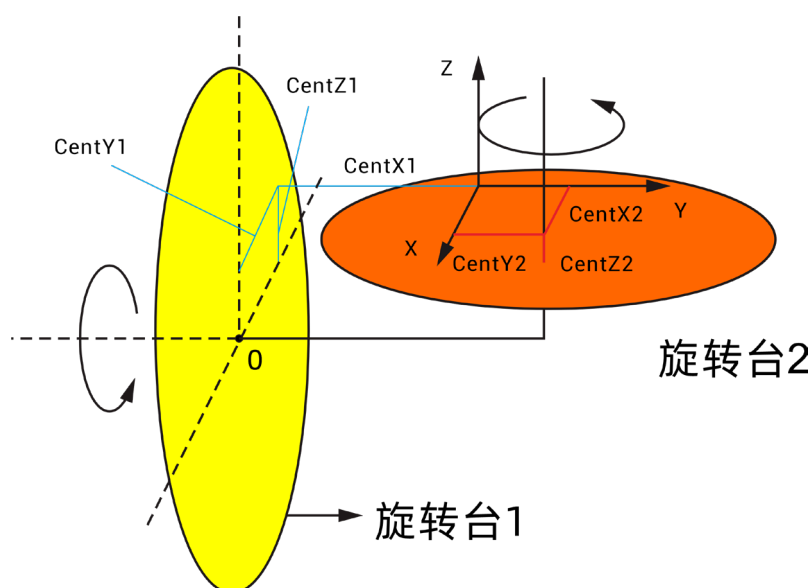
## FRAME19



结构参数: TABLE(Tablenum,CentY1,CentZ1,pulse1onecircle,IfAntiClock1,CentX2,CentY2,pulse2onecircle,IfAntiClock2,centx1,centz2,rx,ry,rz,ifWorkCoor)

| 参数              | 含义                                                                                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                                                                                      |
| CentY1          | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                                                   |
| CentZ1          | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Z 方向的偏移                                                                   |
| pulse1onecircle | rx 旋转轴旋转一圈的脉冲数                                                                                        |
| IfAntiClock1    | 旋转台 1 与 YZ 是否逆时针的关系, 逆时针值为 1 (旋转台从 Y 正转向 Z 正), 顺时针值为 0 (旋转台从 Z 正转向 Y 正)                               |
| CentX2          | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 X 方向的偏移                                                                   |
| CentY2          | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                                                   |
| pulse2onecircle | rz 旋转轴旋转一圈的脉冲数                                                                                        |
| IfAntiClock2    | 旋转台 2 与 XY 是否逆时针的关系, 逆时针值为 1, 顺时针值为 0, 逆时针的时候符合右手法则                                                   |
| centx1          | rx 旋转轴中心的 X 坐标                                                                                        |
| centz2          | rz 旋转轴中心的 Z 坐标。                                                                                       |
| rx,ry,rz        | 旋转台 2 是非标准姿态的旋转台, 相对标准位置旋转的角度                                                                         |
| ifWorkCoor      | 虚拟轴坐标是否使用相对旋转中心的工件坐标, 参看 FRAME18<br>1 使用, 此时 rx、ry、rz 生效<br>0 不使用, 此时 rx、ry、rz 不生效, 与 frame11 标准旋转台相同 |

## FRAME29



结构参数: TABLE(Tablenum,CentX1,CentY1,CentZ1,dirx1,diry1,dirz1,pulse1onecircle,CentX2,CentY2,CentZ2,dirx2,diry2,dirz2,pulse2onecircle,R1tor2,Reserve1-Reserve6)

| 参数                | 含义                                                                                                                                       |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tablenum          | 存储转换参数的 TABLE 位置                                                                                                                         |
| CentX1            | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 X 方向的偏移                                                                                                      |
| CentY1            | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                                                                                      |
| CentZ1            | 零点时, yz 平面内, rx 旋转轴的旋转中心与原点 Z 方向的偏移                                                                                                      |
| dirx1,diry1,dirz1 | 旋转台 1 旋转轴中心线的在 origin 坐标系的方向; 举例<br>[1,0,0] 绕 x 轴<br>[0,1,0] 绕 y 轴<br>[0,0,1] 绕 z 轴<br>[0,cos(pi/4),sin(pi/4)] 绕 yz 平面中 y 轴倾斜 pi/4 的方向旋转 |
| pulse1onecircle   | 旋转台 1 的一圈脉冲数                                                                                                                             |
| CentX2            | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 X 方向的偏移                                                                                                      |
| CentY2            | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 Y 方向的偏移                                                                                                      |
| CentZ2            | 零点时, xy 平面内, rz 旋转轴的旋转中心与原点 Z 方向的偏移                                                                                                      |
| dirx2,diry2,dirz2 | 旋转台 2 旋转轴中心线的在 origin 坐标系的方向; 举例<br>[1,0,0] 绕 x 轴<br>[0,1,0] 绕 y 轴<br>[0,0,1] 绕 z 轴<br>[0,cos(pi/4),sin(pi/4)] 绕 yz 平面中 y 轴倾斜 pi/4 的方向旋转 |
| pulse2onecircle   | 旋转台 2 的一圈脉冲数                                                                                                                             |
| R1tor2            | 旋转台 1 旋转时旋转台 2 的关联比例, 0-不关联                                                                                                              |
| Reserve1-Reserve6 | 预留其他辅助参数, 缺省 0, 其它值只能自动矫正的时候计算出来                                                                                                         |

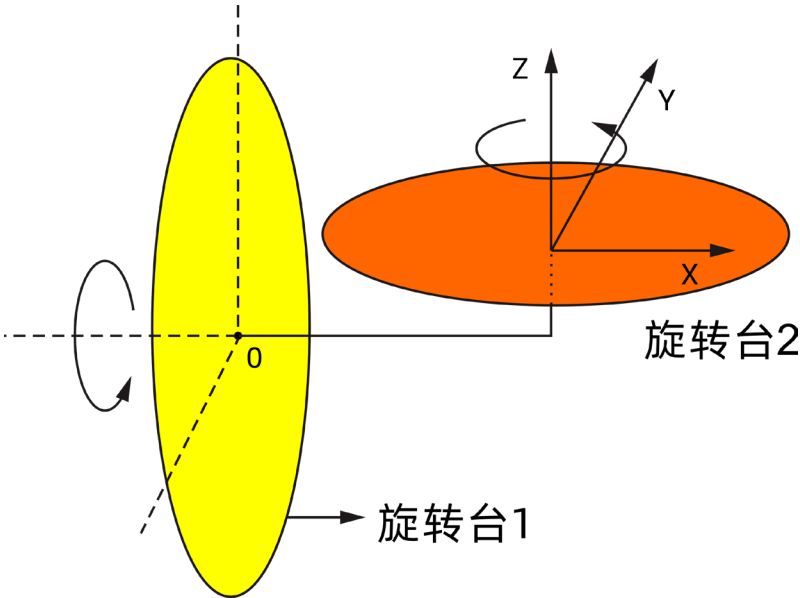
轴参数

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_d    |                     | Pulse1onecircle/360 |
| Axis_e    |                     | Pulse2onecircle/360 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |

模型方向

关节轴 XYZ 方向没有要求。

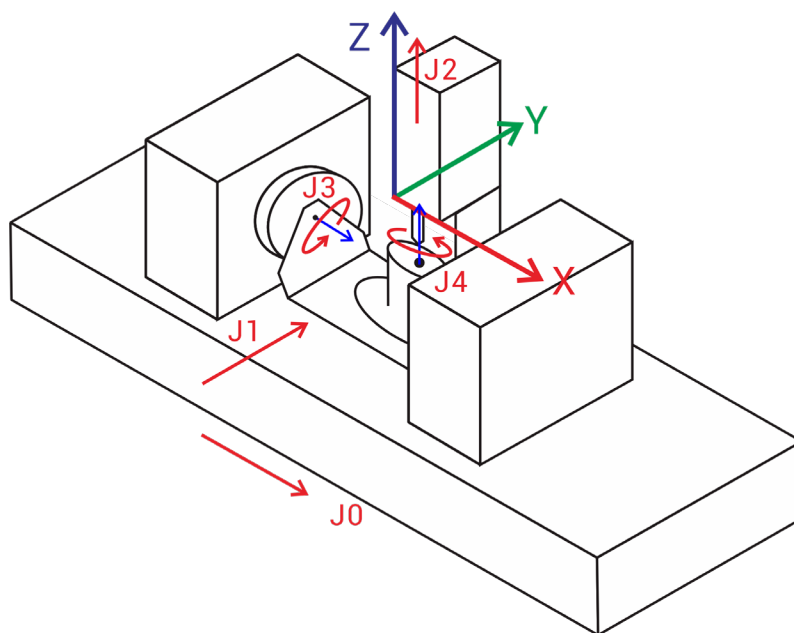
旋转台 1 和旋转台 2 转向满足右手法则。



关节轴 XYZ 方向没有要求。

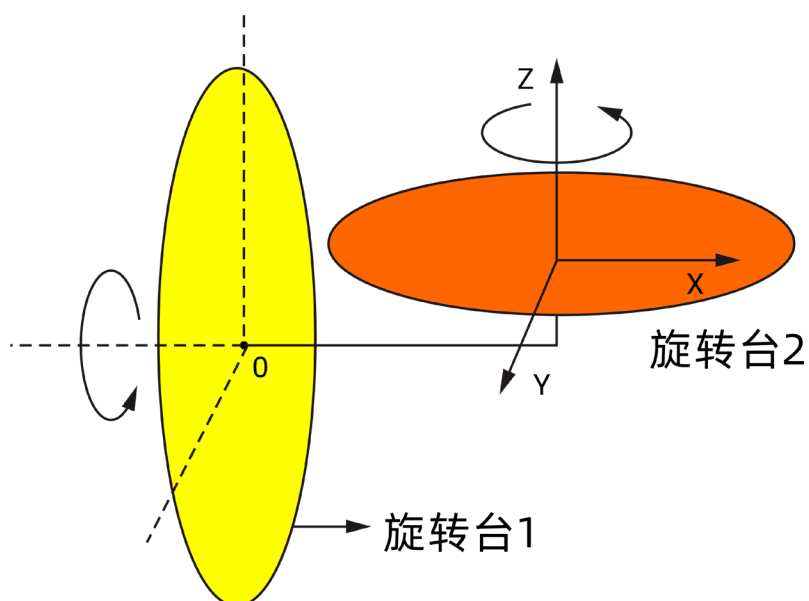
旋转台 1 方向根据实际情况设置 IfAntiClock1 参数：逆时针值为 1（旋转台从 Y 正转向 Z 正），顺时针值为 0（旋转台从 Z 正转向 Y 正）。

旋转台 2 方向根据实际情况设置 IfAntiClock2 参数：逆时针值为 1（旋转台从 X 正转向 Y 正），顺时针值为 0（旋转台从 Y 正转向 X 正）。



### 模型零点

无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时旋转台 1 的圆心偏移参数 CENTERZ1 和 CENTERY1，旋转台 2 的圆心偏移参数 CENTERX2 和 CENTERY2 要设置正确。



## 6.9 二到六轴的其他

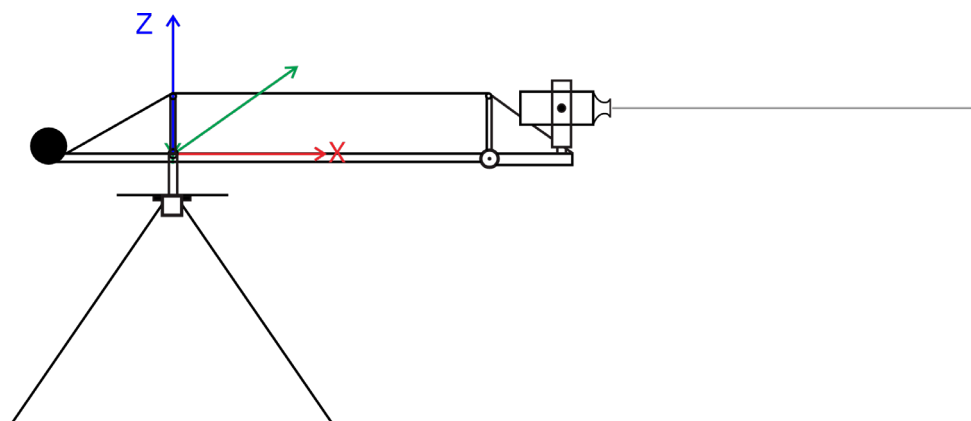
特点：无。

应用场景：无。

## 6.9.1 FRAME44-47

### 6.9.1.1 机械结构

#### 设计图纸



FRAME47 允许建立正逆解之后其中 L 实时通过修改 table 来达到动态修改，同时 D 引入多一个关节轴，用于控制 D 摆臂长度。其他和 frame44 一致。

### 6.9.1.2 运动学模型

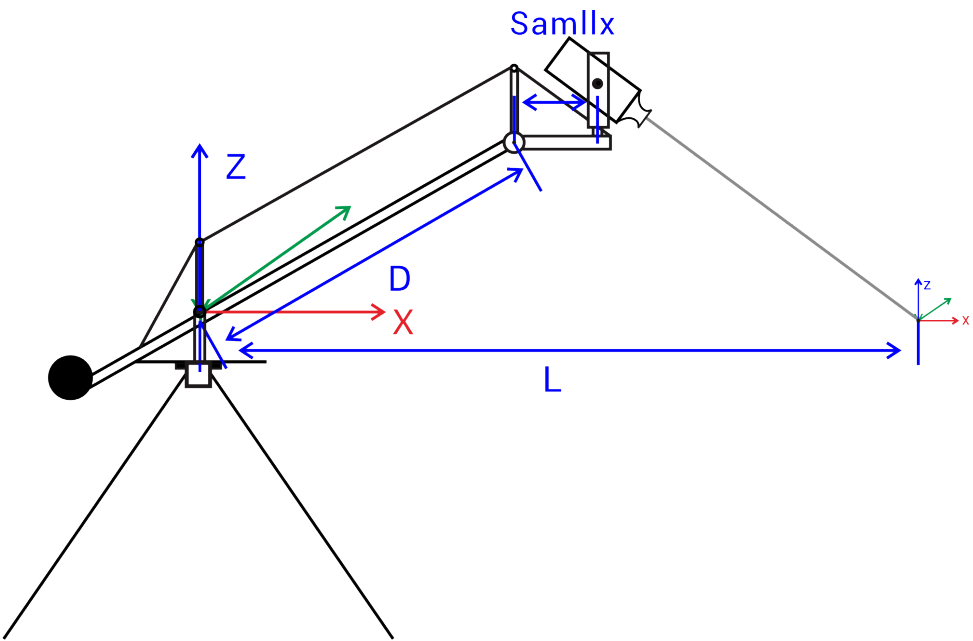
#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                             | 定义简写          | 范围 | 物理特征   |
|------------------------------------|---------------|----|--------|
| 旋转轴 Angle                          | Viraxis_Angle | 无  | 旋转轴° 度 |
| 平移轴 Z                              | Viraxis_Z     | 无  | mm     |
| 关节轴 0                              | J0(Axis_a)    | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1                              | J1(Axis_b)    | 无  | 旋转轴° 度 |
| BASE(angle,Z,J1,J2)                |               |    |        |
| CONNFRAME(44,Tablenum,J2,J3,J0,J1) |               |    |        |

**J0 J1 作用：**angle,Z 末端点位置不发生变化，J0 J1 发生改变后自动控制 J2 J3 改变，其实相机拍摄末端点不改变。

模型参数



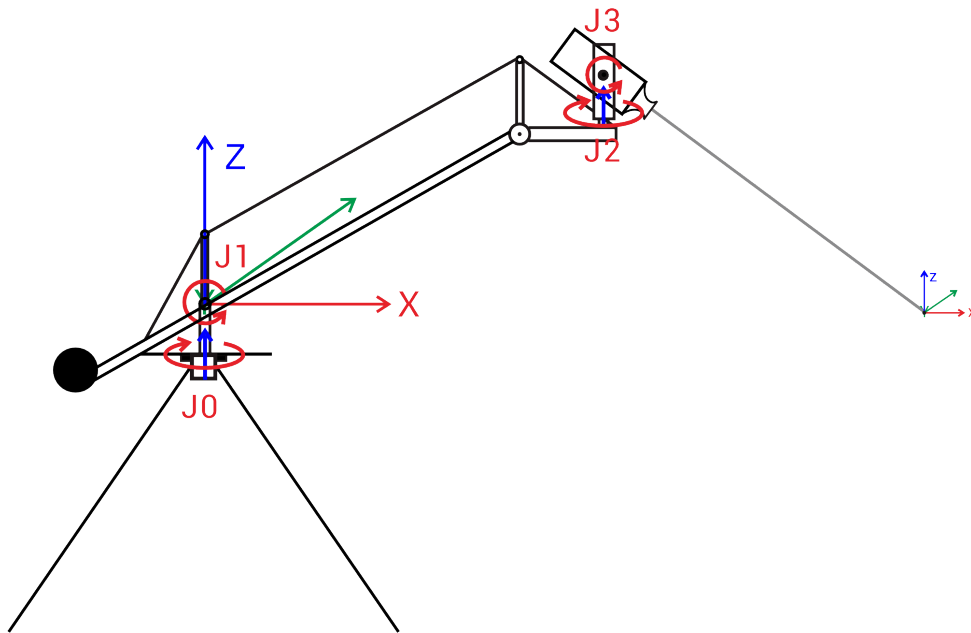
结构参数: TABLE(Tablenum,Largex(L),D,SAMLLX,Pulseonecircle1,Pulseonecircle2,Pulseonecircle3,Pulseonecircle4)

| 参数              | 含义                                                     |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置                                       |
| Largex(L)       | 末端点到达大水平旋转中心的距离，相当于 L                                  |
| D               | 摇臂的长度，定值                                               |
| SAMLLX          | 相机与摇臂链接的水平长度，定长保持一直水平（平行四边形支架，j2 大俯仰摆动，SAMLLX 还是会保持水平） |
| Pulseonecircle1 | 大水平旋转一圈脉冲数                                             |
| Pulseonecircle2 | 大俯仰一圈脉冲数                                               |
| Pulseonecircle3 | 相机水平旋转一圈脉冲数                                            |
| Pulseonecircle4 | 相机俯仰一圈脉冲数                                              |

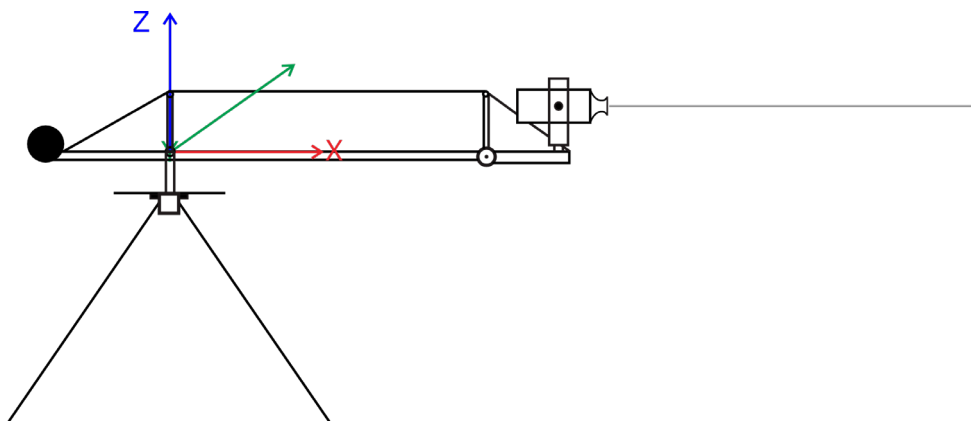
轴参数

| Axis  | Atype               | Units               |
|-------|---------------------|---------------------|
| J2    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pulseonecircle3/360 |
| J3    |                     | Pulseonecircle4/360 |
| J0    |                     | Pulseonecircle1/360 |
| J1    |                     | Pulseonecircle2/360 |
| Angle | 0                   | Pulseonecircle1/360 |
| Z     |                     | 1000                |
| J0    |                     | Pulseonecircle1/360 |
| J1    |                     | Pulseonecircle2/360 |

## 模型方向



## 模型零点

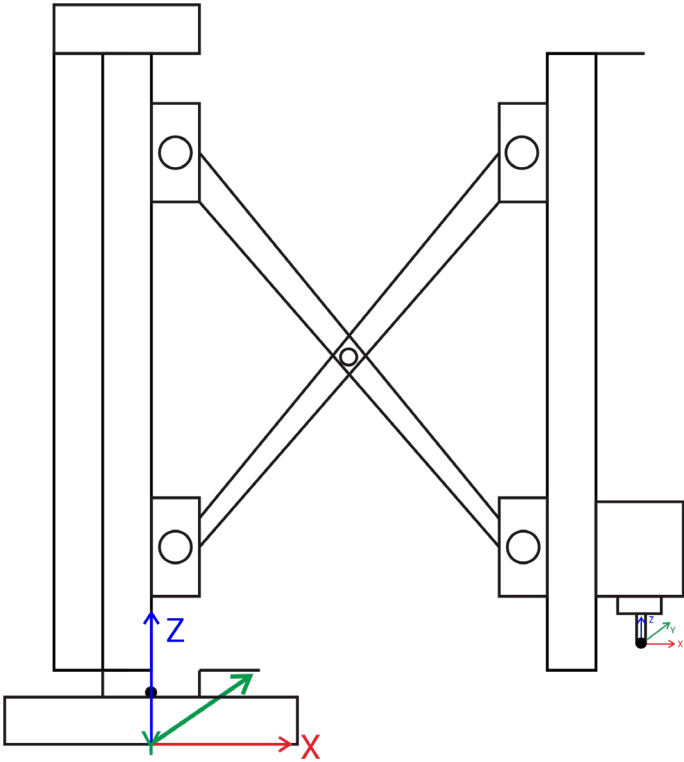


**注意：**臂长都保持水平状态时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.9.2 FRAME109

6.9.2.1 机械结构

设计图纸



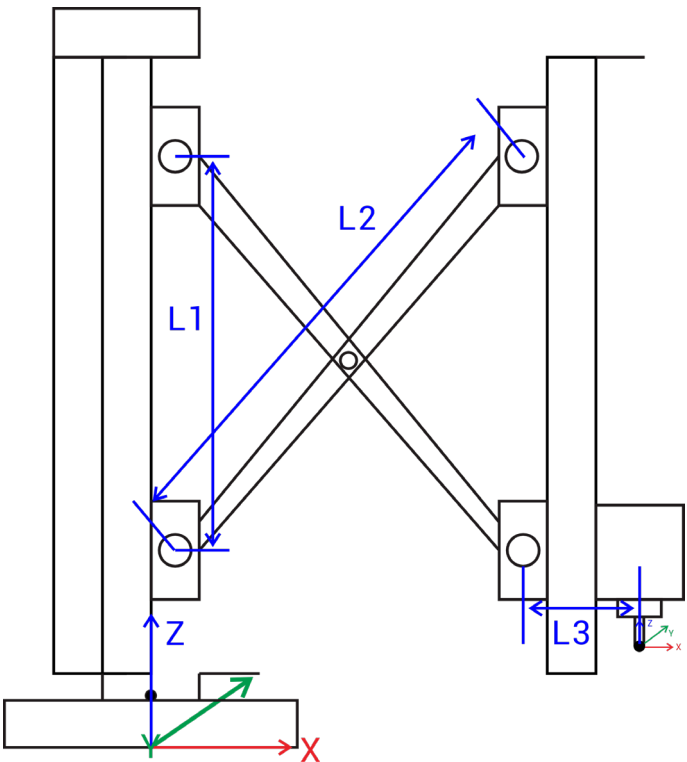
6.9.2.2 运动学模型

关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                             | 定义简写      | 范围 | 物理特征 |
|----------------------------------------------------|-----------|----|------|
| 平移轴 X                                              | Viraxis_x | 无  | mm   |
| 平移轴 Y                                              | Viraxis_y | 无  | mm   |
| 平移轴 Z                                              | Viraxis_z | 无  | mm   |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z)              |           |    |      |
| CONNREFRAME(109, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |           |    |      |

模型参数



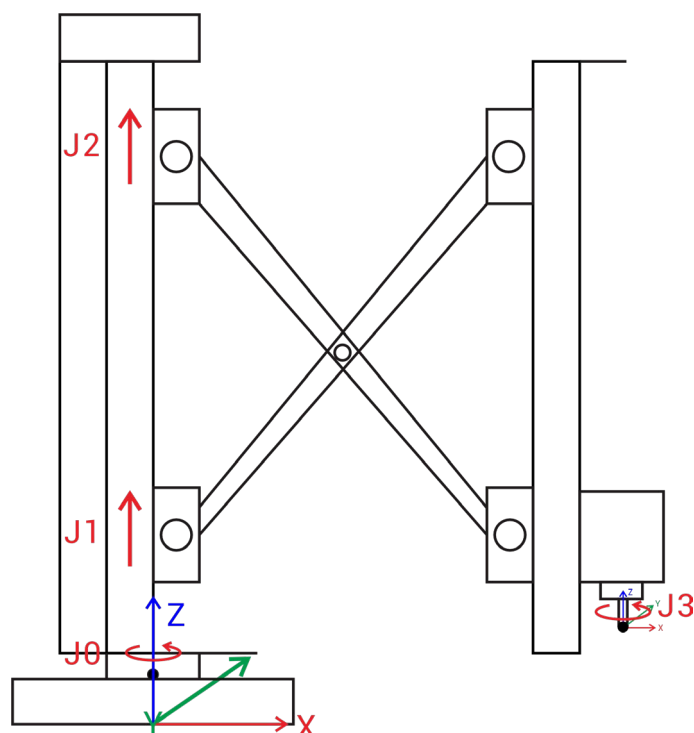
结构参数：TABLE(Tablenum,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2,Pules3,L3)

| 参数              | 含义                   |
|-----------------|----------------------|
| Tablenum        | 存储转换参数的 TABLE 位置     |
| L1              | 零点时关节 2 和关节 3 旋转中心距离 |
| L2              | 交叉臂长                 |
| Pules1OneCircle | 第一个关节轴旋转一圈的脉冲数       |
| Pules2          | 第二个关节轴 mm 的脉冲数       |
| Pules3          | 第三个关节轴 mm 的脉冲数       |
| L3              | 零点时末端 X 方向的偏移        |

轴参数

| Axis      | Atype               | Units               |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pulse1onecircle/360 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数            |
| Viraxis_x | 0                   | 1000                |
| Viraxis_y |                     | 1000                |
| Viraxis_z |                     | 1000                |

## 模型方向



## 模型零点

无要求，任意位置可以作为零点。

## 6.10 二到六轴的叠加

**特点：**常用于实现一些 frame 的叠加。

**应用场景：**无。

### 6.10.1 FRAME90

#### 6.10.1.1 机械结构

先阶段的所有 frame 机械手关节轴都没有抽象关节，如果关节轴 5 和关节轴 6 存在机械耦合，控制轴 5 的 dpos 运行，关节 6 实物是会发生变化的，但我们的关节轴 6 的 dpos 不发生变化。

此 frame 就是为了解决这个问题，用户 table 告知每个轴的耦合关系，当用户控制关节 5 的 dpos 运动时，逆解输出除非关节 5 的 dpos 运动之外，也会运动关节 6 的 dpos，使其运动抵消关节 5 的机械耦合的运动。

## 设计图纸

无。

## 6.10.1.2 运动学模型

### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写            | 范围 | 物理特征   |
|-------|-----------------|----|--------|
| 关节轴 0 | J0(Axis_a)      | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 1 | J1(Axis_b)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 2 | J2(Axis_c)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 3 | J3(Axis_d)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 4 | J4(Axis_e)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |
| 关节轴 5 | J5(Axis_f)(可缺省) | 无  | 旋转轴° 度 |

| 坐标系虚拟轴                                                                            | 定义简写       | 范围 | 物理特征 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|----|------|
| 虚拟耦合关节轴 0                                                                         | Viraxis_J0 | 无  | ° 度  |
| 虚拟耦合关节轴 1                                                                         | Viraxis_J1 | 无  | ° 度  |
| 虚拟耦合关节轴 2                                                                         | Viraxis_J2 | 无  | ° 度  |
| 虚拟耦合关节轴 3                                                                         | Viraxis_J3 | 无  | ° 度  |
| 虚拟耦合关节轴 4                                                                         | Viraxis_J4 | 无  | ° 度  |
| 虚拟耦合关节轴 5                                                                         | Viraxis_J5 | 无  | ° 度  |
| BASE(Viraxis_J0,[Viraxis_J1],[Viraxis_J2],[Viraxis_J3],[Viraxis_J4],[Viraxis_J5]) |            |    |      |
| CONNREFRAME(90,Tablenum,Axis_a,[Axis_b],[Axis_c],[Axis_d],[Axis_e],[Axis_f])      |            |    |      |

### 模型参数

结构参数: TABLE(0,CON1,CON2,CON3,CON4,CON5)

| 参数       | 含义               |
|----------|------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置 |
| CON1     | 关节 1 到关节 2 的耦合比  |
| CON2     | 关节 2 到关节 3 的耦合比  |
| CON3     | 关节 3 到关节 4 的耦合比  |
| CON4     | 关节 4 到关节 5 的耦合比  |
| CON5     | 关节 5 到关节 6 的耦合比  |

#### 正解过程:

输入: Input[6]耦合前的 dpos

Output[0] = input[0]

Output[1] = input[1] + Output[0]\*CON1\*(-1)

Output[2] = input[2] + Output[1]\*CON2\*(-1)

Output[3] = input[3] + Output[2]\*CON3\*(-1)

Output[4] = input[4] + Output[3]\*CON4\*(-1)

Output[4] = input[5] + Output[4]\*CON5\*(-1)

输出：output[6]耦合后的 dpos

#### 逆解过程：

输入：Input[6]耦合后的 dpos

$$\text{Output}[0] = \text{input}[0]$$

$$\text{Output}[1] = \text{input}[1] - \text{Input}[0] * \text{CON1} * (-1)$$

$$\text{Output}[2] = \text{input}[2] - \text{Input}[1] * \text{CON2} * (-1)$$

$$\text{Output}[3] = \text{input}[3] - \text{Input}[2] * \text{CON3} * (-1)$$

$$\text{Output}[4] = \text{input}[4] - \text{Input}[3] * \text{CON4} * (-1)$$

$$\text{Output}[4] = \text{input}[5] - \text{Input}[4] * \text{CON5} * (-1)$$

输出：output[6]耦合前的 dpos

### 轴参数

| Axis      | Atype               | Units                        |
|-----------|---------------------|------------------------------|
| Viraxis_a | 0                   | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_b |                     | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_c |                     | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_d |                     | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_e |                     | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_f |                     | Pulseonecircle1/360/每 mm 脉冲数 |
| Axis_a    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | Pulseonecircle1/360/mm       |
| Axis_b    |                     | Pulseonecircle1/360/mm       |
| Axis_c    |                     | Pulseonecircle1/360/mm       |
| Axis_d    |                     | Pulseonecircle1/360/mm       |
| Axis_e    |                     | Pulseonecircle1/360/mm       |
| Axis_f    |                     | Pulseonecircle1/360/mm       |

### 模型方向

无。

### 模型零点

无。

## 6.10.2 FRAME93-94-95

### 6.10.2.1 机械结构

此 frame 主要用于机械手安装到可移动的导轨上，如果我们要研究机械手和导轨的末端矢量速度，就需要固定一个坐标系，由于原来的机械手的基座标系一般是在机械手底座，但现在改机械手安装到可移动的导轨上了，因此需要从新定义一个新的固定的坐标系。

假设我把坐标系固定在导轨的起始端（在此位置设置导轨零点即可），在基于这个坐标系下，末端的 xyz 拿出来，他的变化率就是我们要的速度的，如何拿到这个末端的 xyz？就用这个 frame93 即可，把要安装到导轨上的机械手的虚拟轴 xyz 作为这个 frame95 的关节 xyz，导轨使用辅助轴，frame93 的虚拟轴 xyz 就是上面讨论需要的末端 xyz。

### 设计图纸

无。

### 6.10.2.2 运动学模型

#### 关节和自由度

##### FRAME93

| 实际关节轴        | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------|------------|----|--------|
| 其他 FRAME 的 X | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Y | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Z | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3        | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-----------------------------------------------------------|------------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                                     | Viraxis_x  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                                     | Viraxis_y  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                                     | Viraxis_z  | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3                                                     | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d)             |            |    |        |
| CONNREFRAME(93, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d) |            |    |        |

##### FRAME94

| 实际关节轴        | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------|------------|----|--------|
| 其他 FRAME 的 X | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Y | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Z | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3        | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4        | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                            | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------------------------------------------------------------------|------------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                                             | Viraxis_x  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                                             | Viraxis_y  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                                             | Viraxis_z  | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3                                                             | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4                                                             | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d, Axis_e)             |            |    |        |
| CONNREFRAME(94, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e) |            |    |        |

## FRAME95

| 实际关节轴        | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|--------------|------------|----|--------|
| 其他 FRAME 的 X | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Y | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 其他 FRAME 的 Z | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3        | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4        | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 5        | J5(Axis_f) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                                    | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                                                     | Viraxis_x  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                                                     | Viraxis_y  | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                                                     | Viraxis_z  | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3                                                                     | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4                                                                     | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 5                                                                     | J5(Axis_f) | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d, Axis_e, Axis_f)             |            |    |        |
| CONNREFRAME(95, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e, Axis_f) |            |    |        |

## 模型参数

### FRAME93

结构参数: TABLE(Tablenum, RX1, RY1, RZ1)

| 参数       | 含义                      |
|----------|-------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数 TABLE 位置         |
| RX1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RX 单位 弧度 |
| RY1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RY 单位 弧度 |
| RZ1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度 |

### FRAME94

结构参数: TABLE(Tablenum, RX1, RY1, RZ1, RX2, RY2, RZ2)

| 参数       | 含义                      |
|----------|-------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置        |
| RX1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RX 单位 弧度 |
| RY1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RY 单位 弧度 |
| RZ1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度 |
| RX2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RX 单位 弧度 |
| RY2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RY 单位 弧度 |
| RZ2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度 |

## FRAME95

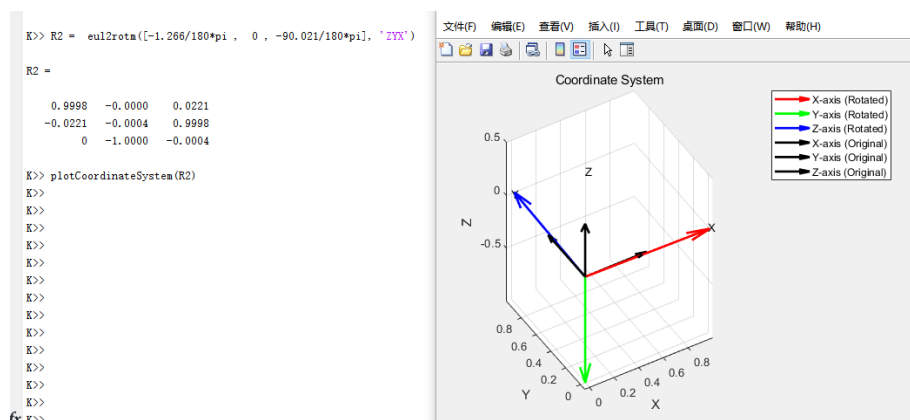
**结构参数:** TABLE(Tablenum,RX1,RY1,RZ1,RX2,RY2,RZ2,RX3,RY3,RZ3)

| 参数       | 含义                                      |
|----------|-----------------------------------------|
| Tablenum | 存储转换参数的 TABLE 位置<br>Rx Ry Rz 是 R[XYZ]得到 |
| RX1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RX 单位 弧度                 |
| RY1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RY 单位 弧度                 |
| RZ1      | 辅助轴 1 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度                 |
| RX2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RX 单位 弧度                 |
| RY2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RY 单位 弧度                 |
| RZ2      | 辅助轴 2 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度                 |
| RX3      | 辅助轴 3 在机械手基座标的 RX 单位 弧度                 |
| RY3      | 辅助轴 3 在机械手基座标的 RY 单位 弧度                 |
| RZ3      | 辅助轴 3 在机械手基座标的 RZ 单位 弧度                 |

每个辅助轴运动的正方向就是输入的 Rx Ry Rz 经过 `eul2rotm([RZ RY RX], 'ZYX')` 转成矩阵的 z 轴向量的方向。

不知道  $R_x$   $R_y$   $R_z$  怎么求可以看 [frame93 导轨标定说明](#)。

例如：辅助轴 1 标定的  $R_x - R_y - R_z$  为：-90.021,0,-1.266



上图黑色的坐标系就是机械手基座的。

有颜色的就是旋转了标定值之后的。

**Frame93 的正解过程:**

输入: 关节  $x\ y\ z$  和导轨移动的距离

$$V = [0\ 0\ \text{导轨移动的距离}]$$

$$R = \text{eul2rotm}([RZ\ RY\ RX], 'ZYX')$$

$$\text{newV} = R * V$$

$$\text{虚拟 } xyz = \text{关节 } x\ y\ z + \text{newV}$$

输出: 虚拟  $xyz$  和导轨移动的距离

**轴参数****FRAME93**

| Axis      | Atype               | Units    |
|-----------|---------------------|----------|
| Axis_a    | 0                   | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_d    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000     |
| Viraxis_y |                     | 1000     |
| Viraxis_z |                     | 1000     |

**FRAME93**

| Axis      | Atype               | Units    |
|-----------|---------------------|----------|
| Axis_a    | 0                   | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c    |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_d    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_e    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000     |
| Viraxis_y |                     | 1000     |
| Viraxis_z |                     | 1000     |

**FRAME95**

| Axis   | Atype               | Units    |
|--------|---------------------|----------|
| Axis_a | 0                   | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c |                     | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_d | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |

|           |                     |          |
|-----------|---------------------|----------|
| Axis_e    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_f    | 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                   | 1000     |
| Viraxis_y |                     | 1000     |
| Viraxis_z |                     | 1000     |

### 模型方向

无。

### 模型零点

无。

## 6.10.3 FRAME96

### 6.10.3.1 机械结构

叠加机械手，XY 小二轴台装在另外一个 XY 大二轴台上。

### 设计图纸

无。

### 6.10.3.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴      | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|------------|------------|----|--------|
| 关节轴 X(小二轴) | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Y(小二轴) | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 2(大二轴) | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3(大二轴) | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                    | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|-----------------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                                     | Viraxis_x | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                                     | Viraxis_y | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Axis_c, Axis_d)                |           |    |        |
| CONNREFRAME(96, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d) |           |    |        |

### 模型参数

结构参数：TABLE(offsetx, offset, rotatez)

| 参数                | 含义                |
|-------------------|-------------------|
| offsetx, offseety | 小二轴安装相对大二轴的零点差    |
| rotatez           | 小二轴安装相对大二轴的角度差 弧度 |

小三轴号:0 1

辅助轴号:3 4

虚拟轴号:6 7

$R = \text{Rotz}(\text{rotatez})$

#### 正解:

输入: 小三轴  $P = [\text{dpos}(0), \text{dpos}(1)]$

辅助轴  $P = [\text{dpos}(3), \text{dpos}(4)]$

$\text{OrginP} = [\text{offsetx}, \text{offsety}]$

$\text{newP} = R * \text{小三轴 } P$

$\text{Outp} = \text{newP} + \text{辅助轴 } P + \text{OrginP}$

输出:  $\text{dpos}(6), \text{dpos}(7) = \text{Outp}$

#### 逆解:

$\text{inputP} = [\text{dpos}(6), \text{dpos}(7)]$

辅助轴  $P = [\text{dpos}(3), \text{dpos}(4)]$

$\text{OrginP} = [\text{offsetx}, \text{offsety}]$

$\text{newP} = \text{inputP} - \text{辅助轴 } P - \text{OrginP}$

$\text{Outp} = \text{newP} * R$

## 轴参数

| Axis      | Atype                   | Units    |
|-----------|-------------------------|----------|
| Axis_a    | 0 或 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_d    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                       | 1000     |
| Viraxis_y |                         | 1000     |
| Viraxis_z |                         | 1000     |

## 模型方向

无。

## 模型零点

无。

## 6.10.4 FRAME97

### 6.10.4.1 机械结构

叠加机械手，XYZ 小三轴台装在另外一个 XYZ 大三轴台上。

## 设计图纸

无。

### 6.10.4.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴      | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|------------|------------|----|--------|
| 关节轴 X(小三轴) | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Y(小三轴) | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Z(小三轴) | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 3(大三轴) | J3(Axis_d) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 4(大三轴) | J4(Axis_e) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 5(大三轴) | J5(Axis_f) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                                                    | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                                                     | Viraxis_x | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                                                     | Viraxis_y | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                                                     | Viraxis_z | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Axis_d, Axis_e, Axis_f)             |           |    |        |
| CONNREFRAME(97, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e, Axis_f) |           |    |        |

## 模型参数

结构参数: TABLE(offsetx,offsety,offsetz,rotatex,rotatey,rotatez,)

| 参数                      | 含义             |
|-------------------------|----------------|
| offsetx,offsety,offsetz | 小三轴安装相对大三轴的零点差 |
| rotatex,rotatey,rotatez | 小三轴安装相对大三轴的角度差 |

小三轴号:0 1 2

辅助轴号:3 4 5

虚拟轴号:6 7 8

$R = \text{eul2rotm}([\text{rotatez rotatey rotatex}], 'ZYX')$

正解:

输入: 小三轴  $P = [\text{dpos}(0), \text{dpos}(1), \text{dpos}(2)]$

辅助轴  $P = [\text{dpos}(3), \text{dpos}(4), \text{dpos}(5)]$

$\text{OrginP} = [\text{offsetx}, \text{offsety}, \text{offsetz}]$

$\text{newP} = R * \text{小三轴 } P$

$\text{Outp} = \text{newP} + \text{辅助轴 } P + \text{OrginP}$

输出:  $\text{dpos}(6), \text{dpos}(7), \text{dpos}(8) = \text{Outp}$

逆解:

$\text{inputP} = [\text{dpos}(6), \text{dpos}(7), \text{dpos}(8)]$

辅助轴  $P = [\text{dpos}(3), \text{dpos}(4), \text{dpos}(5)]$

$\text{OrginP} = [\text{offsetx}, \text{offsety}, \text{offsetz}]$

$\text{newP} = \text{inputP} - \text{辅助轴 } P - \text{OrginP}$

$\text{Outp} = \text{newP} * R$

## 轴参数

| Axis   | Atype                   | Units    |
|--------|-------------------------|----------|
| Axis_a | 0 或 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_d |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_e |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_f |                         | 每 mm 脉冲数 |

|           |   |      |
|-----------|---|------|
| Viraxis_x | 0 | 1000 |
| Viraxis_y |   | 1000 |
| Viraxis_z |   | 1000 |

### 模型方向

无。

### 模型零点

无。

## 6.10.5 FRAME98

### 6.10.5.1 机械结构

增加系数矩阵映射。

### 设计图纸

无。

### 6.10.5.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 X | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Y | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Z | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                            | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|---------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                             | Viraxis_x | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                             | Viraxis_y | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                             | Viraxis_z | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z)             |           |    |        |
| CONNREFRAME(98, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |           |    |        |

### 模型参数

结构参数: TABLE(Tablenum, a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33, d1, d2, d3)

| 参数            | 含义                      |
|---------------|-------------------------|
| Tablenum      | Table 存储起始              |
| a11, a12, a13 | x 方向单位向量                |
| a21, a22, a23 | y 方向单位向量                |
| a31, a32, a33 | z 方向单位向量                |
| d1, d2, d3    | 3 个导轨零点时到基坐标系原点的长度, 有正负 |

**注意：**该矩阵是系数矩阵。它由每条直线的方向向量组成，用于线性方程组的求解。

**证明：**

由空间直线参数方程

#### 点向式方程

如果直线通过点  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  并沿向量  $d = (a, b, c)$  方向，则其方程为：

$$r(t) = P_0 + t \cdot d$$

其中  $t$  是参数。

把这个用  $(0, 0, 0)$

#### 参数方程

直线的参数方程可以写成：

$$x = x_0 + at$$

$$y = y_0 + bt$$

$$z = z_0 + ct$$

每个导轨看作一条直线，都经过基座坐标系原点 $(0,0,0)$ ，参数  $t$  就是导轨的当前 Dpos 位置。

正向计算任意导轨位置 $[t_1, t_2, t_3]$ 下的基座坐标系的空间位置 $[X, Y, Z]$ ，则有：

$$a_1 t_1 + a_2 t_2 + a_3 t_3 = X$$

$$b_1 t_1 + b_2 t_2 + b_3 t_3 = Y$$

$$c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3 = Z$$

构建系数矩阵  $A$ 。

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}$$

构建变量向量  $t$

$$t = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix}$$

常数向量  $B$

$$B = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

由此得:  $A*t = B$

### 轴参数

| Axis      | Atype                   | Units    |
|-----------|-------------------------|----------|
| Axis_a    | 0 或 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                       | 1000     |
| Viraxis_y |                         | 1000     |
| Viraxis_z |                         | 1000     |

### 模型方向

无。

### 模型零点

无。

## 6.10.6 FRAME99

### 6.10.6.1 机械结构

XYZ 映射。

好处可以使用 frame\_rotate 指令对 XYZ 做平移旋转。

### 设计图纸

无。

### 6.10.6.2 运动学模型

#### 关节和自由度

| 实际关节轴 | 定义简写       | 范围 | 物理特征   |
|-------|------------|----|--------|
| 关节轴 X | J0(Axis_a) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Y | J1(Axis_b) | 无  | 移动轴 mm |
| 关节轴 Z | J2(Axis_c) | 无  | 移动轴 mm |

| 坐标系虚拟轴                                            | 定义简写      | 范围 | 物理特征   |
|---------------------------------------------------|-----------|----|--------|
| 虚拟轴 X                                             | Viraxis_x | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Y                                             | Viraxis_y | 无  | 移动轴 mm |
| 虚拟轴 Z                                             | Viraxis_z | 无  | 移动轴 mm |
| BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z)             |           |    |        |
| CONNREFRAME(99, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c) |           |    |        |

## 模型参数

无。

## 轴参数

| Axis      | Atype                   | Units    |
|-----------|-------------------------|----------|
| Axis_a    | 0 或 1 或 4 或 7 或 65 或 50 | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_b    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Axis_c    |                         | 每 mm 脉冲数 |
| Viraxis_x | 0                       | 1000     |
| Viraxis_y |                         | 1000     |
| Viraxis_z |                         | 1000     |

## 模型方向

无。

## 模型零点

无。