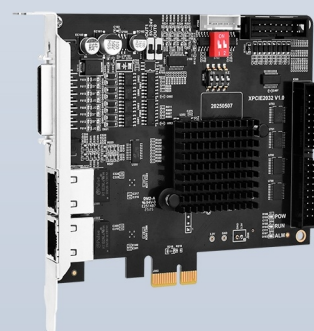
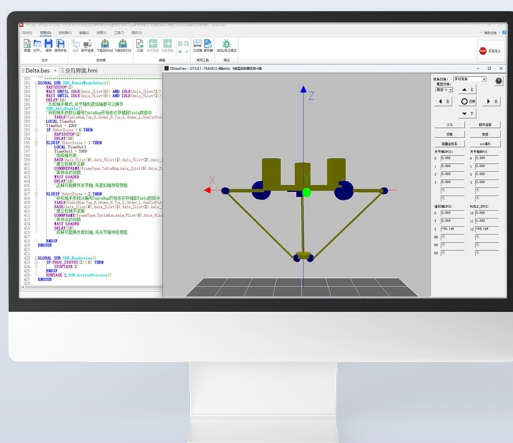


正运动机械手运动学参数 说明书 V4.0.16



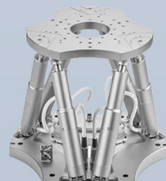
Delta 并联机械手



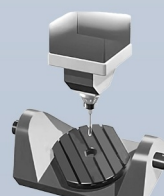
SCARA 机械手



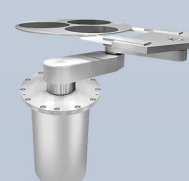
6 关节机械手



Stewart 并联机械



XYZAC 五轴



晶圆搬运机械手

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。为避免潜在的危险，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

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	

4.0.15	2026-07-03	GGB	新增 Frame30、 frame31、frame144。 旧 frame76 增加 largex 参数并支持 5 轴，frame30、31、 144、98 增加标定过 程描述。	内容修订	GGB	
4.0.16	2026-8-10	GGB	新增 frame145	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	1
1.4.1	关节轴	1
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	19
2.1.10	二到六轴的叠加	20
2.2	带 R 的 frame 一览表	20
2.3	Zrobotview 支持的 frame 一览表	21
第三章	软件工具使用	23
3.1	RTSys 程序开发环境	23
3.2	ZRobotView 机械手模型仿真工具	23
3.3	PC 上位机使用	23
第四章	机械手相关使用	24
4.1	相关指令	24
4.1.1	建立正逆解例程模板	24
4.1.2	计算指定姿态解例程模板	26
4.1.3	标定计算例程模板	26
4.1.4	建立两个 frame 正逆解叠加例程模板	28
第五章	机械手标定示教	32
5.1	支持标定的 FRAME	32
5.2	操作步骤	32

5.3	指令和例程模板	33
5.3.1	FRAME_CAL--参数矫正	33
5.4	各类型标定说明	34
5.4.1	FRAME1-134	34
5.4.2	FRAME11	46
5.4.3	FRAME17-19	49
5.4.4	FRAME29	51
5.4.5	FRAME101-105	53
5.4.6	FRAME100-104	55
5.4.7	FRAME76-78-86	59
5.4.8	FRAME93-94-95	61
5.4.9	FRAME118	63
5.4.10	FRAME30	65
5.4.11	FRAME31	67
5.4.12	FRAME144	69
5.4.13	FRAME98	71
第六章	各类型机械手详细说明	73
6.1	二到五轴的卡式坐标系机器人	73
6.1.1	FRAME100-104	73
6.1.2	FRAME118	77
6.1.3	FRAME128	80
6.1.4	FRAME114	83
6.1.5	FRAME115	86
6.1.6	FRAME133	89
6.1.7	FRAME139	92
6.2	二到五轴的 Delta Robot	94
6.2.1	FRAME102	95
6.2.2	FRAME145	98
6.2.3	FRAME2-12-14	102
6.2.4	FRAME13	107
6.3	二到六轴的 SCARA 机器人	110
6.3.1	FRAME1-21-106-107-134	110
6.3.2	FRAME5	115
6.3.3	FRAME101-105	117
6.3.4	FRAME137	121
6.3.5	FRAME138	124
6.3.6	FRAME143	127
6.4	二到六轴的并联机构	130
6.4.1	FRAME66-67	131
6.4.2	FRAME68	135
6.5	二到五轴的 Cylindrical 构型机器人	138
6.5.1	FRAME3-23	139
6.5.2	FRAME136	144
6.5.3	FRAME129	147

6.6	三到七轴的 Articulated 机器人	150
6.6.1	FRAME25	151
6.6.2	FRAME6-26-36-46 (旧版本)	155
6.6.3	FRAME78-86 (6 轴工业机械手)	162
6.6.4	FRAME76-77(6 轴 UR).....	167
6.6.5	FRAME87-88(5 轴 UR).....	171
6.7	二到三轴的对位平台 (XXY、XYR)	175
6.7.1	FRAME15	175
6.7.2	FRAME131	177
6.7.3	FRAME33	180
6.7.4	FRAME34	182
6.7.5	FRAME37	185
6.8	三到五轴的数控加工旋转台	187
6.8.1	FRAME11-18	187
6.8.2	FRAME17-19-29	191
6.8.3	FRAME30	198
6.8.4	FRAME31	204
6.8.5	FRAME144	209
6.9	二到六轴的其他	213
6.9.1	FRAME44-47	213
6.9.2	FRAME109	216
6.10	二到六轴的叠加	218
6.10.1	FRAME90	218
6.10.2	FRAME93-94-95	221
6.10.3	FRAME96	225
6.10.4	FRAME97	227
6.10.5	FRAME98	228
6.10.6	FRAME99	231

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° （J1: 0° , J2: 0° , J3: 0° , J4: 0° , J5: 0° , J6: 0° ）。

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 = $\text{Rotz}(Rz) * \text{Roty}(Ry) * \text{Rotx}(Rx)$,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。

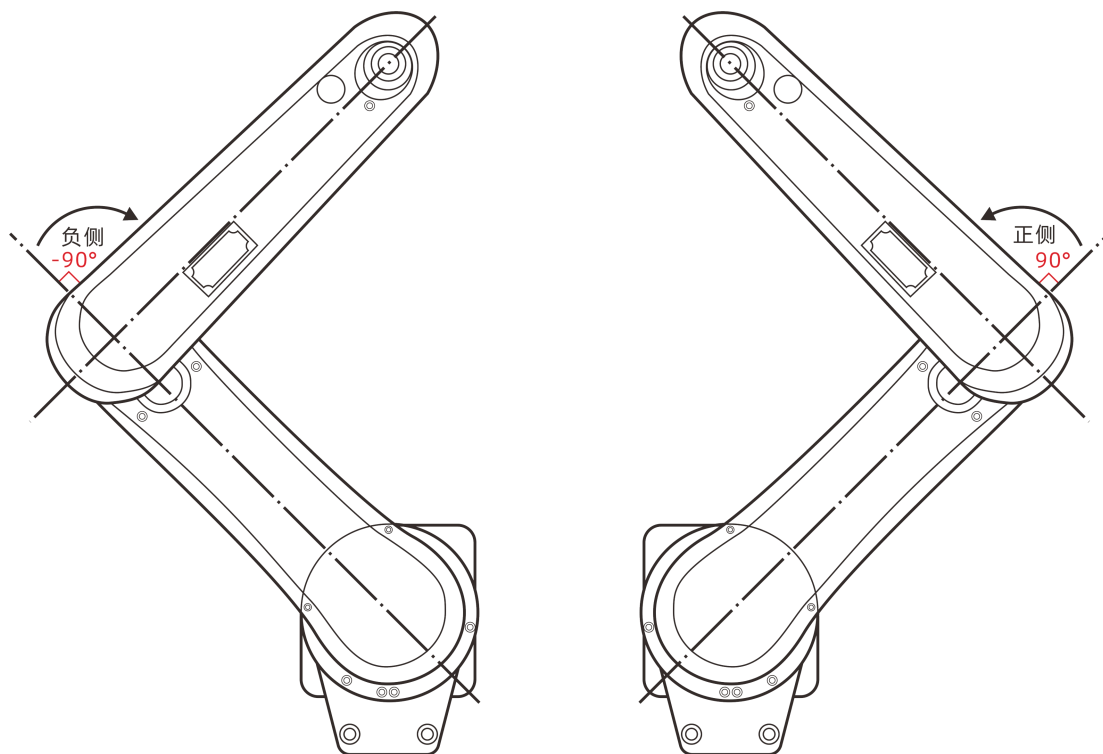
1.5.2 逆解运动

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

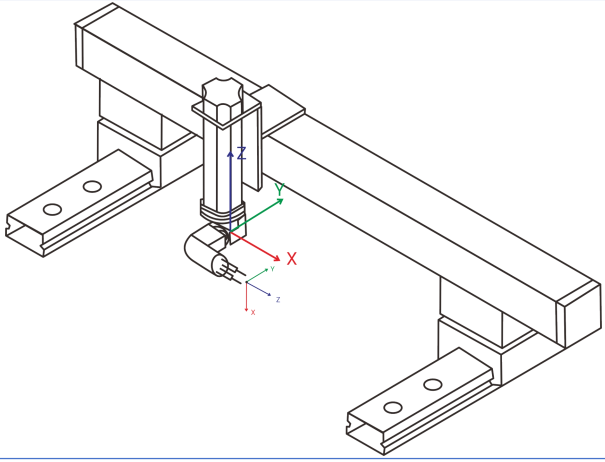
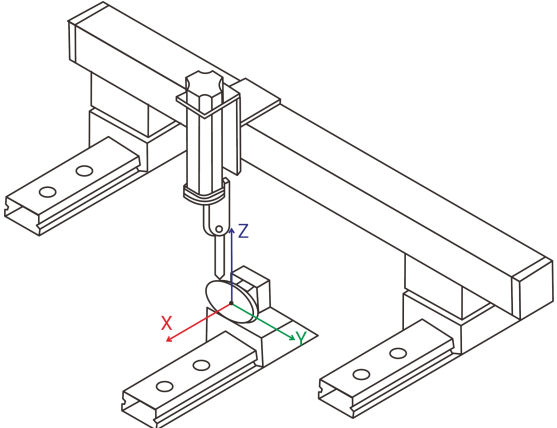
基本的二到五轴的卡式坐标系机器人、二到五轴的 Delta Robot(水平取放速度最快俗称蜘蛛手)、六轴的并联机构(6-DOF Parallel Mechanism)、二到六轴的 SCARA(有标准 SCARA 也有类似晶圆取出臂之构型)、二到五轴的 Cylindrical 构型、三到七轴的 Articulated 构型、三轴的对位平台(XXY、XYR)、三到五轴的数控加工旋转台、二到六轴的其他、二到六轴的叠加类。

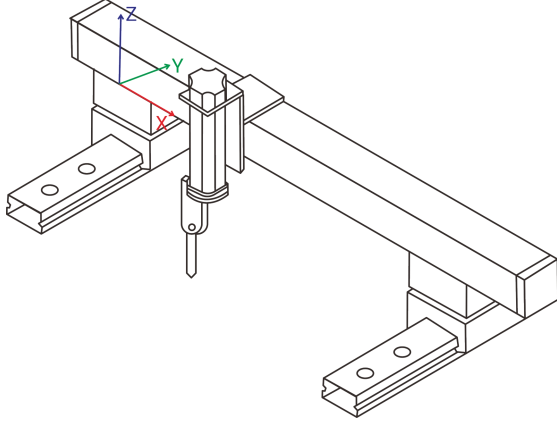
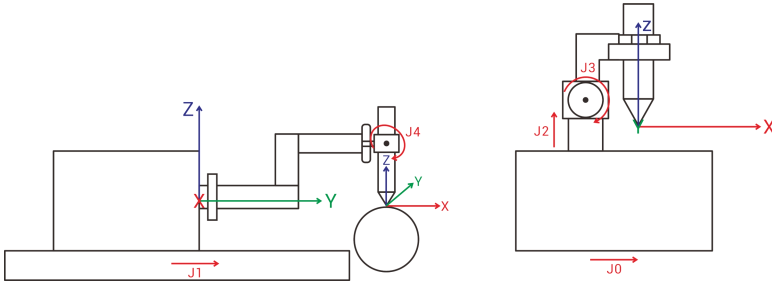
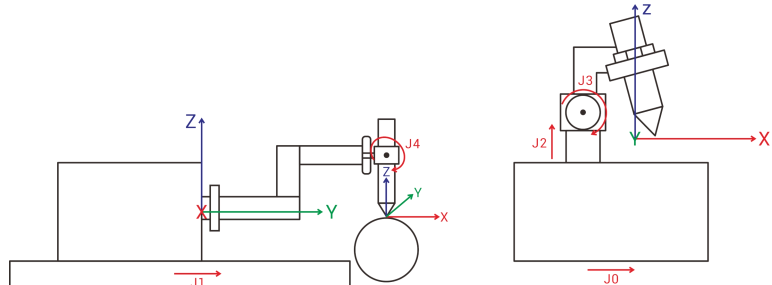
2.1.1 二到五轴的卡式坐标系机器人

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

Frame100 Frame104		5 轴
Frame114		5 轴
Frame115 Frame133		5 轴

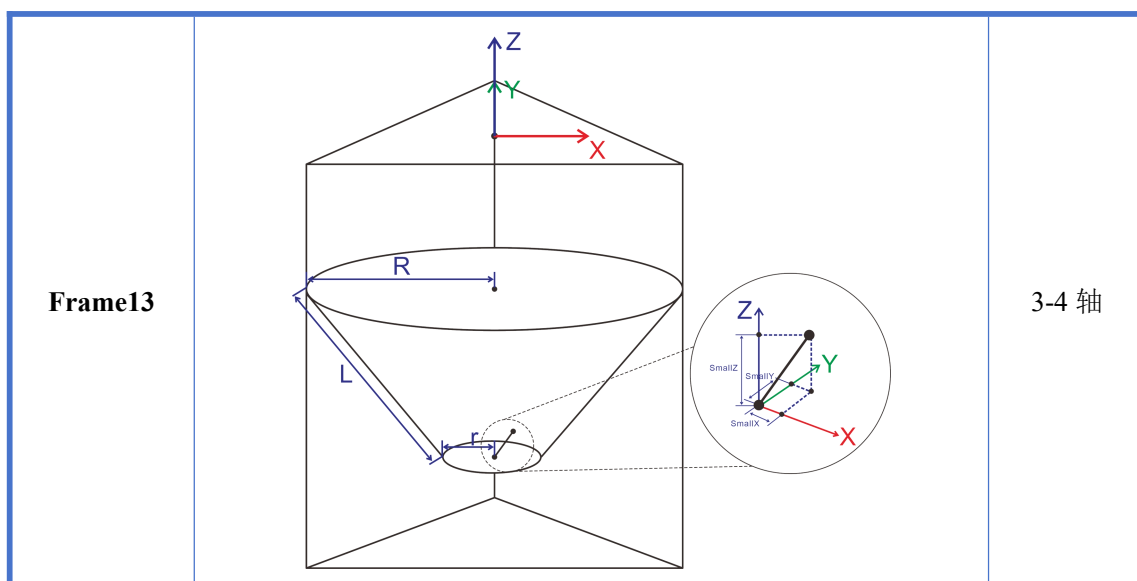
2.1.2 二到五轴的 Delta Robot

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
Frame102		2 轴
Frame145		2 轴
Frame12		3-4 轴

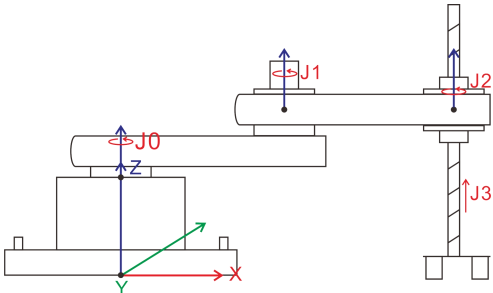
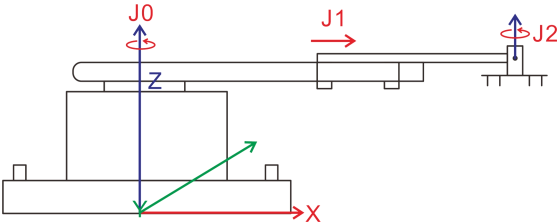


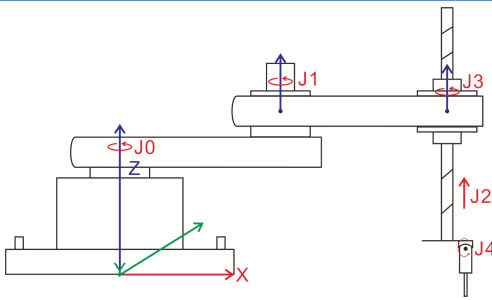
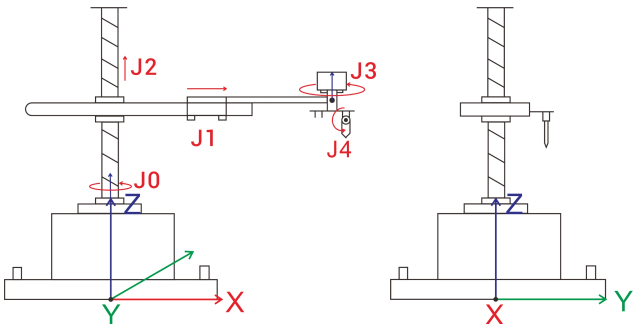
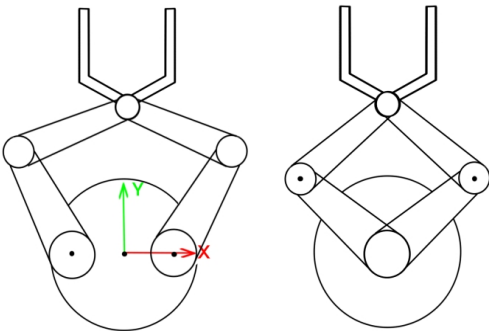
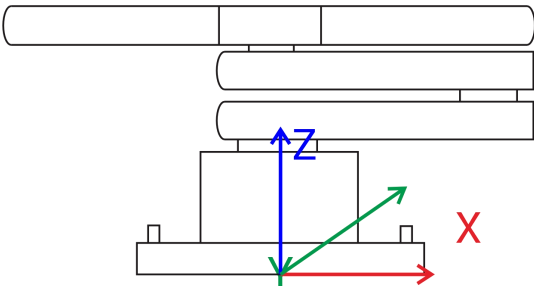
2.1.3 二到六轴的 SCARA 机器人

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 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。

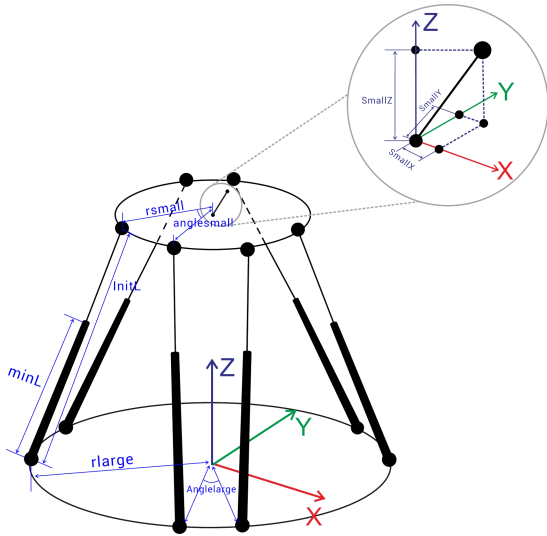
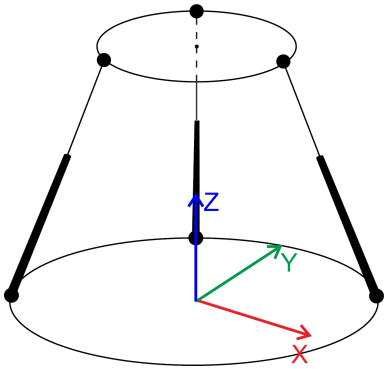
特点：

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。

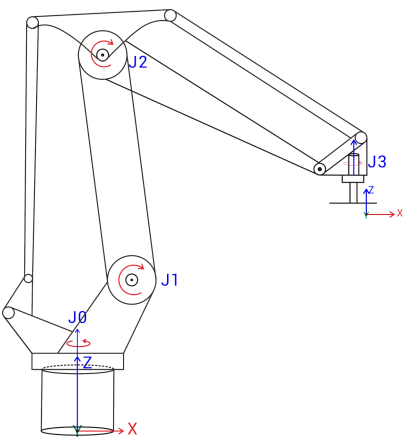
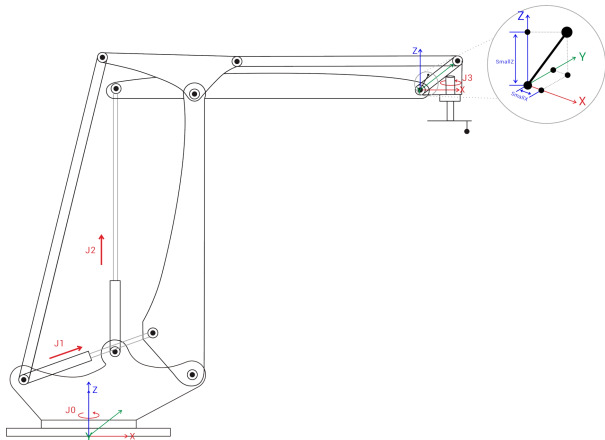
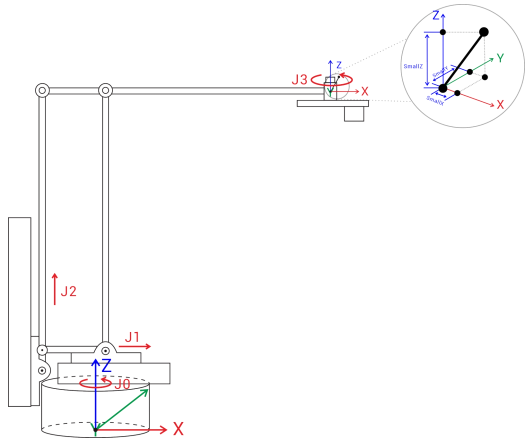
类型	图纸	描述
Frame66 Frame67		6 轴
Frame68		3 轴

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（ θ 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 Frame23		4 轴
Frame136		5 轴
Frame129		4 轴

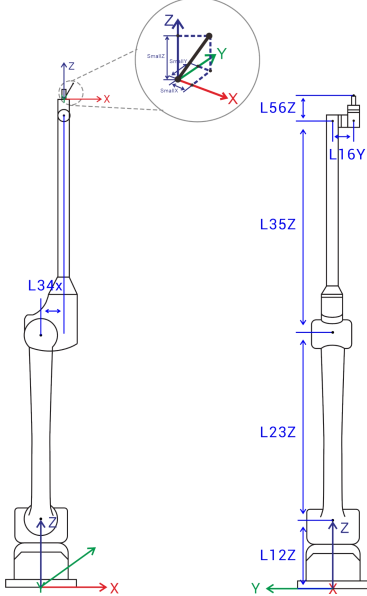
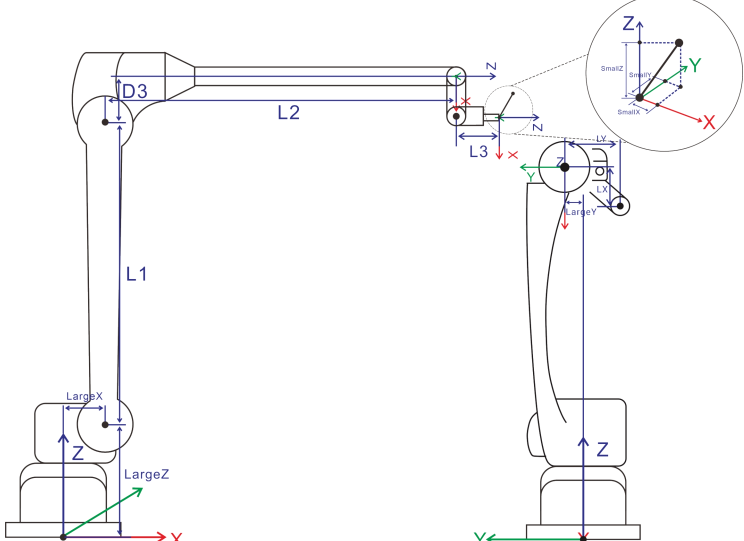
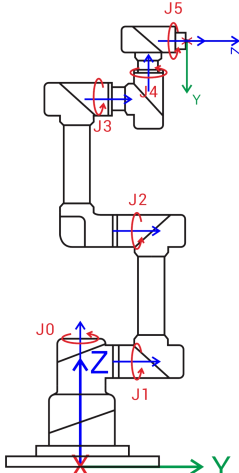
2.1.6 三到七轴的 Articulated 机器人

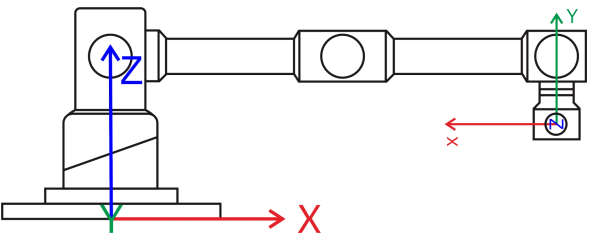
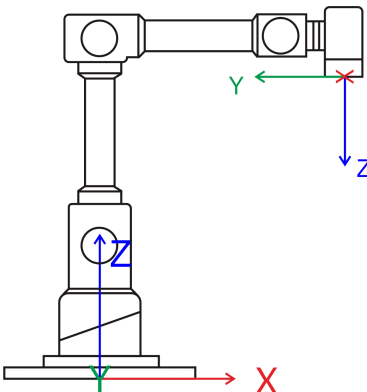
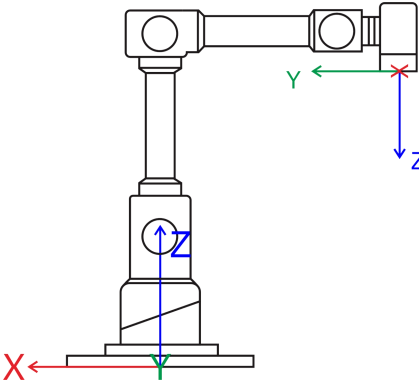
Articulated: 关节型。

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

Frame79		6 轴
Frame86		6 轴
Frame76		6 轴

Frame77		6 轴
Frame87		5 轴
Frame88		5 轴

2.1.7 三轴的对位平台（XXY、XYR）

特点：

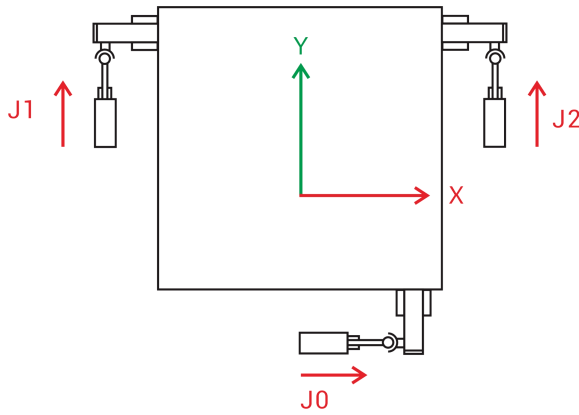
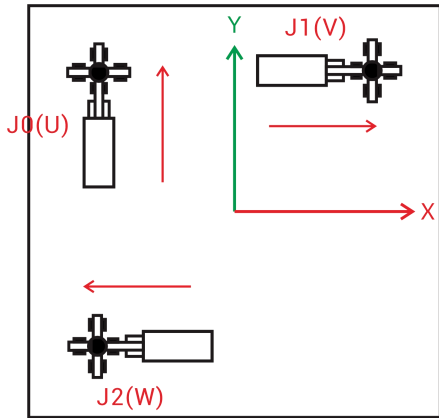
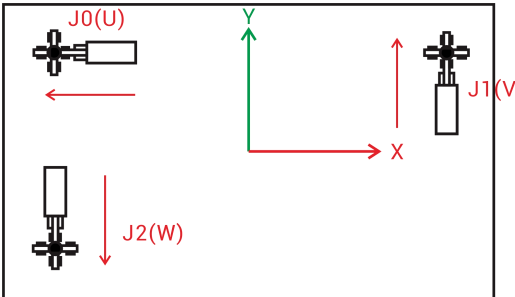
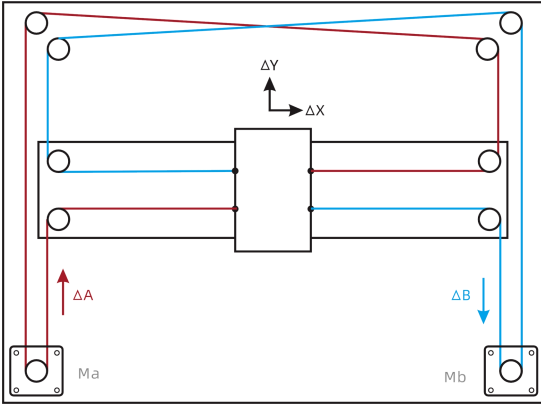
高精度：采用高精度研磨丝杆与交叉导轨，运行精度可达 $\pm 2\mu\text{m}$ 。

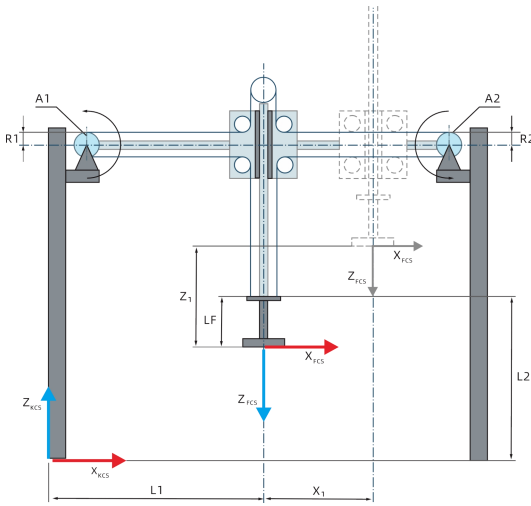
高稳定性：四点共平面支撑结构，负载能力达 400KG 以上。

灵活性：三轴驱动轴加一个自由轴设计，实现 X-Y 平移与 θ 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。

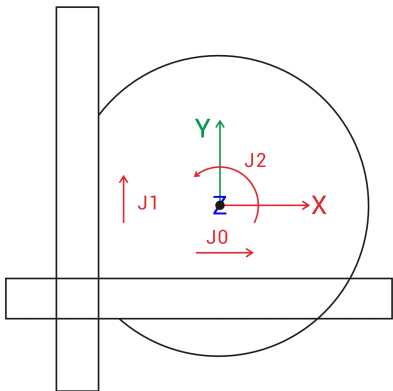
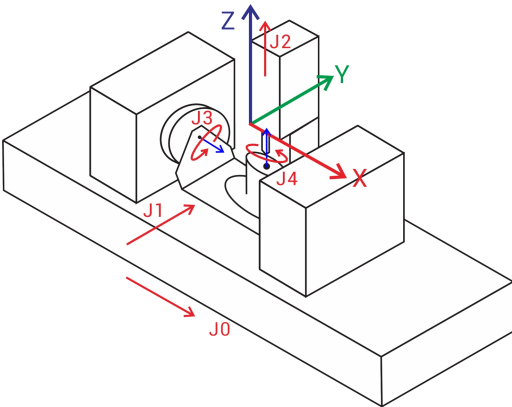
类型	图纸	描述
Frame33		3 轴
Frame34		3 轴
Frame37		3 轴
Frame15		2 轴

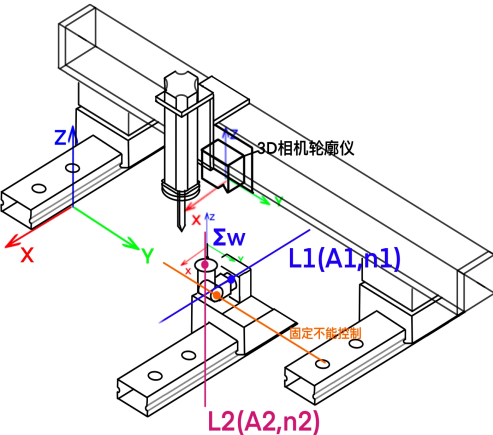
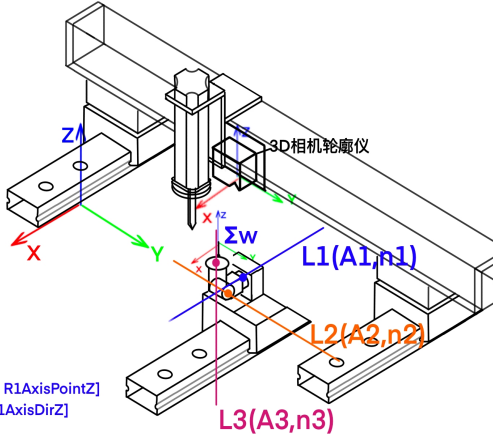
Frame131		2 轴
----------	--	-----

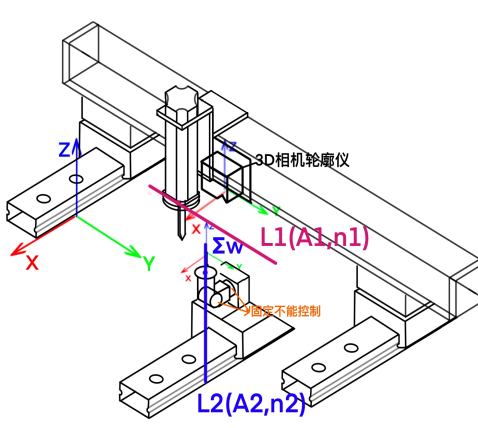
2.1.8 三到五轴的数控加工旋转台

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
Frame11 Frame18		3 轴
Frame17 Frame19 Frame29		5-6 轴

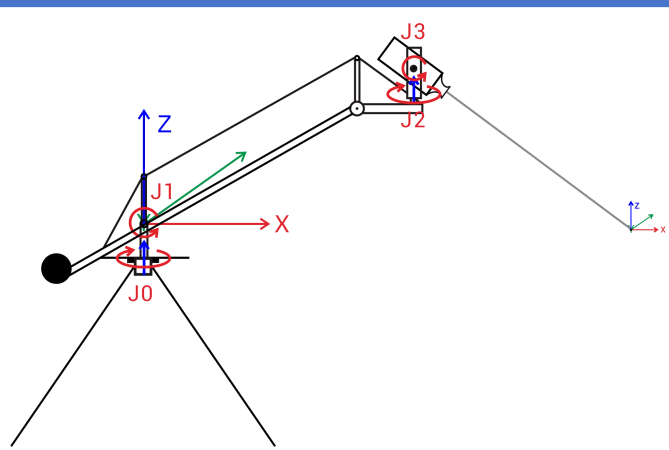
Frame30	$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。 $L1(A1,n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点，$n1$ 为轴方向单位向量。 $L2(A2,n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点，$n2$ 为轴方向单位向量。 $\Sigma w=(Ow,Rw)$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置，Rw 为工件姿态角。  $A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$ $n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$ $A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$ $n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$ $Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$ $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$	5 轴
Frame31	$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。 $L1(A1,n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点，$n1$ 为轴方向单位向量。 $L2(A2,n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点，$n2$ 为轴方向单位向量。 $L3(A3,n3)$ 表示第三旋转轴零位轴线，其中 $A3$ 为轴线上参考点，$n3$ 为轴方向单位向量。 $\Sigma w=(Ow,Rw)$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置，Rw 为工件姿态角。  $A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$ $n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$ $A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$ $n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$ $A3 = [R3ZeroAxisPointX, R3ZeroAxisPointY, R3ZeroAxisPointZ]$ $n3 = [R3ZeroAxisDirX, R3ZeroAxisDirY, R3ZeroAxisDirZ]$ $Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$ $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$	6 轴

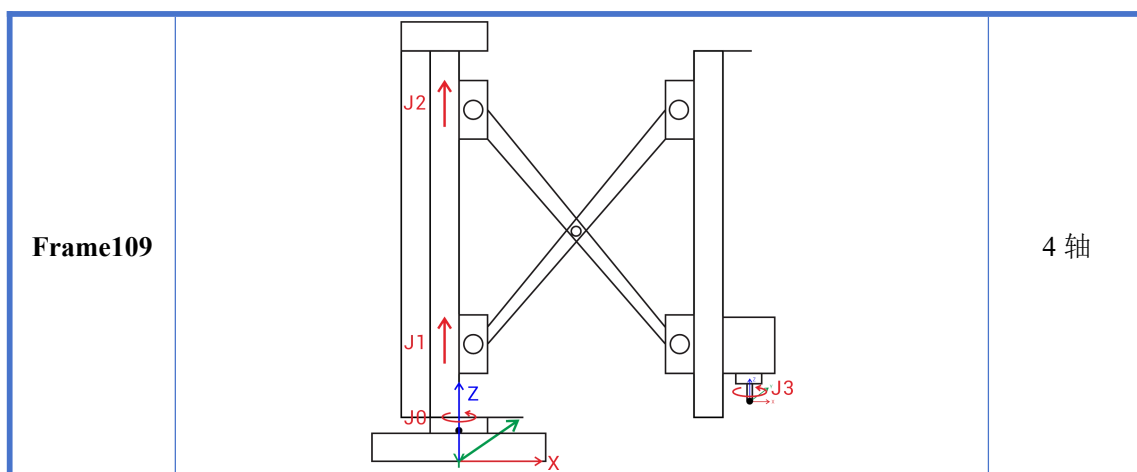
Frame144	X0 表示设备默认基准坐标系。 L1(A1,n1) 表示第一旋转轴轴线，其中 A1 为轴线上参考点，n1 为轴方向单位向量。 L2(A2,n2) 表示第二旋转轴零位轴线，其中 A2 为轴线上参考点，n2 为轴方向单位向量。 $\Sigma w=(Ow,Rw)$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置，Rw 为工件姿态角。  A1 = [SwingAxisPointX, SwingAxisPointY, SwingAxisPointZ] n1 = [SwingAxisDirX, SwingAxisDirY, SwingAxisDirZ] A2 = [WorkRotAxisPointX, WorkRotAxisPointY, WorkRotAxisPointZ] n2 = [WorkRotAxisDirX, WorkRotAxisDirY, WorkRotAxisDirZ] Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ] Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]	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 Frame47		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 Frame94 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。
Frame96	暂无	叠加机械手 XY 小三轴台装在另外一个 XY 大三轴台上。
Frame97	暂无	叠加机械手 XYZ 小三轴台装在另外一个 XYZ 大三轴台上。
Frame98	暂无	增加系数矩阵映射。
Frame99	暂无	XYZ 映射 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
Frame30	支持
Frame145	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

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

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
  table(100,1240, 0, 1260, 0) '坐标 1240 0 1260 0

  'table100 是输入，输入坐标，计算关节解，关节解在 table200 输出
  err = FRAME_TRANS2(100,200,2)
  ?"关节解： "
  ?*TABLE(200,4)

  table(400,20, 20, 30, 10) '关节 20, 20, 30, 10
  FRAME_TRANS2(400,500,3)
  ?"坐标解： "
  ?*TABLE(500,4)

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

```

4.1.4 建立两个 frame 正逆解叠加例程模板

```

'===== frame 98 旋转台 =====

dim axisx,axisy,axisz      '关节轴定义
dim viraxisx,viraxisy,viraxisz '虚拟轴定义
axisx=0      '关节 x 轴编号
axisy=1      '关节 Y 轴编号
axisz=2      '关节 Z 轴编号

viraxisx=6   '虚拟 X 轴编号
viraxisy=7   '虚拟 Y 轴编号
viraxisz=8   '虚拟 Z 轴编号

rapidstop (2)

u_jx=3600000
u_jy=3600000
u_jz=3600000
u_jr1=3600000
u_jr2=3600000

dim p_x      'x 螺距
dim p_y      'y 螺距
dim p_z      'z 螺距
p_x=2
p_y=2
p_Z=10

```

```

base(axisx,axisy,axisz)
ATYPE=0,0,0
UNITS=u_jx/p_x,u_jy/p_y,u_jz/p_z    '设置为 1mm 的脉冲数
dpos=0,0,0
merge=1,1,1
speed=100,100,100

base(viraxisx,viraxisy,viraxisz)    '虚拟轴定义
ATYPE=0,0,0
UNITS=10000,10000,10000    "'虚拟轴运动参数赋值
SPEED=300,300,300
ACCEL=500,500,500

CLUTCH_RATE=1000000,1000000,1000000
TABLE(0,0.98482,0.17360,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0)    'table 表参数

'===== frame 17 旋转台 =====

'=====机械参数、电机参数定义=====
dim axisx,axisy,axisz,axisr1,axisr2    "定义实际轴
dim viraxisx,viraxisy,viraxisz        "定义虚拟轴
Axisx2=6    "'实际轴编号
Axisy2=7
Axisz2=8
axisr1=3    "'旋转轴编号
axisr2=4

Viraxisx2=9    "'虚拟轴编号
Viraxisy2=10
Viraxisz2=11

dim centy1,centz1,centx2,centy2        '旋转中心定义
dim ifanticlock1,ifanticlock2        '是否逆时针
centy1=0        '旋转中心偏移
centz1=0
centx2=10
centy2=0
ifanticlock1=1    '旋转台 1 逆时针
ifanticlock2=1    '旋转台 2 逆时针

''''''''定义关节轴
BASE(axisx2,axisy2,axisz2)    '实际轴定义
ATYPE=0,0,0        '轴运动类型
UNITS=10000,10000,10000

```

```

speed=500,500,500
CREEP=20,20,20
ACCEL=1000,1000,1000
DECEL=500,500,500

base(axisr1,axisr2)      '旋转轴设置
ATYPE=0,0                '轴运动类型
units =u_jr1/360,u_jr1/360  '设置为 1°的脉冲数
Dpos=0,0
speed=200,200            '末端旋转轴参数设置
accel=300,300

""""""虚拟轴定义
base(viraxisx2,viraxisy2,viraxisz2)  '虚拟轴定义
ATYPE=0,0,0
UNITS=10000,10000,10000    ""虚拟轴运动参数赋值
SPEED=300,300,300
ACCEL=500,500,500

TABLE(20, CentY1, CentZ1,u_jr1, IfAntiClock1, CentX2, CentY2,u_jr2, IfAntiClock2)
""table 表参数填写

""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(viraxisx,viraxisy,viraxisz)          '选择关节轴号
        Cancele(2)
        Wait idle

        BASE(viraxisx2,viraxisy2,viraxisz2)        '选择关节轴号
        Cancele(2)
        Wait idle

        BASE(axisx,axisy,axisz)                    '选择关节轴号
        CONNFRAME(98,0,viraxisx,viraxisy,viraxisz) '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 frame98"

        BASE(axisx2,axisy2,axisz2,axisr1,axisr2)    '选择关节轴号
        CONNFRAME(17,20, viraxisx2,viraxisy2,viraxisz2,axisr1,axisr2) '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 frame17"

elseif scan_event(in(0))<0 then '输入 0 下降沿触发

BASE(axisx,axisy,axisz) '选择关节轴号

Cancle(2)

Wait idle

BASE(axisx2,axisy2,axisz2) '选择关节轴号

Cancle(2)

Wait idle

BASE(viraxisx,viraxisy,viraxisz) '选择虚拟轴号

CONNREFRAME(98,0,axisx,axisy,axisz) '启动正解连接。

WAIT LOADED '等待运动加载。

?"正解模式 frame98"

BASE(viraxisx2,viraxisy2,viraxisz2,axisr1,axisr2) '选择虚拟轴号

CONNREFRAME(17,20,axisx2,axisy2,axisz2,axisr1,axisr2) '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 frame17"

endif

wend

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 臂长纠正 FRAME1-TCP 标定 U 型旋转轴标定 相机在手上标定 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
FRAME6-76	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	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。 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。 FRAME_CAL 的 BASE 轴必须是在 FRAME 状态的轴。
语法	FRAME_CAL(tablein,space,groups,tableaux,zeroout,[tableout2]) 参数： 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。 space 每两个点之间间隔的 TABLE 元素。 Groups 点数。 Tableaux 辅助参数的 table 编号，部分 FRAME 需要。 Zeroout 计算出来理论零点时关节轴的绝对坐标的 table 编号。 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。
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 -> 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

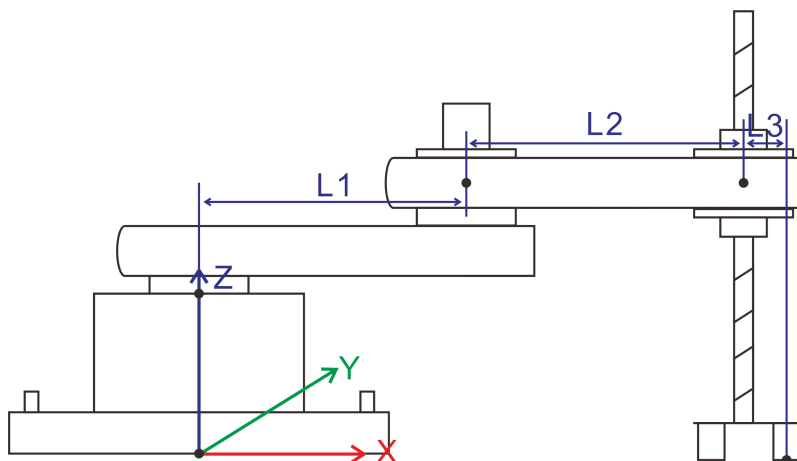
base(0,1,2,3,4,5)
?FRAME_CAL(tablej,6,3,tablec,tableout,tableout2)

?"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



FRAME1/FAME134 的 FRAME_CAL 标定不是单一功能，而是通过 `tableaux` 选择不同标定方式。常用方式如下：

TABLE(tableaux)	标定方式	适用场景
0	J1 偏差校正	左右手姿态对同一点，校正 J1(小臂关节)零点偏差和相关臂长参数。
2	臂长参数校正	用标定板四点校正 L1/L2 和 J0/J1 零点偏差。
3	FRAME1TCP 工具标定	两个姿态对同一个固定点，求工具在末端坐标系下的位置和角度。
6	U 型旋转轴标定	U 轴旋转多个角度对同一个固定点，求偏心位置和角度。
7	FRAME134 批头标定	相机中心和批头分别对同一个固定点，求批头相对相机中心的偏移。

8	相机在 J2 上	根据相机 9 点标定结果和机械手运动，计算新的相机中心坐标。
9	相机在 J4 上	与 8 类似，但相机安装在 J4；需要额外给 TCP 的 X/Y。

5.4.1.1 J1 偏差

校正内容

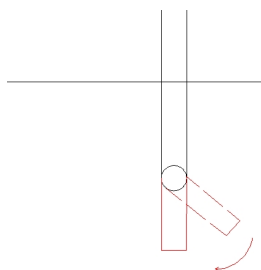
L2 长度。(见 FRAME_CAL 的 tableout2 输出)

关节 J1(小臂关节)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

tableaux:

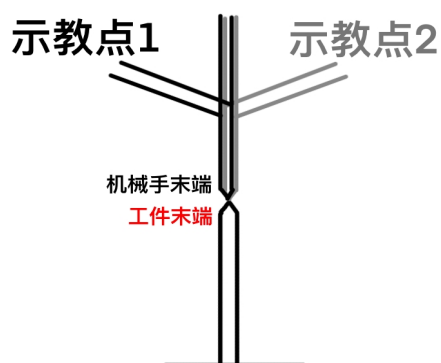
TABLE(tableaux, 0)

tablein 每点填写当前 FRAME 的关节轴坐标。常见四轴 SCARA 写法: [J0, J1, R, Z]

示教点:

P1:左手姿态，对准固定点。

P2:右手姿态，对准同一个固定点。



例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups

tablein = 500
tableaux = 480
zeroout = 700
tableout2 = 800
space = 4
groups = 2

TABLE(tableaux, 0)

'P1 左手, P2 右手; 两点末端实际位置相同
TABLE(tablein + space*0, -30, 120, 0, 0)
TABLE(tablein + space*1, 20, 80, 0, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)
```

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 臂长参数矫正

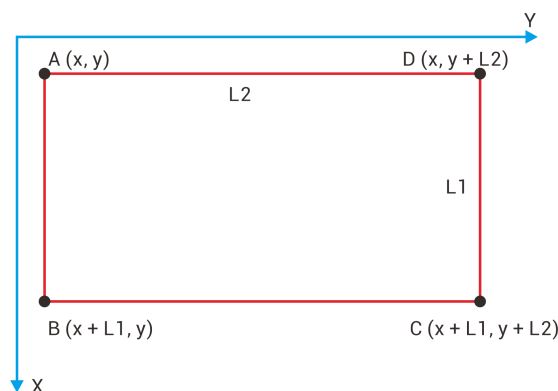
校正内容

J0、J1 角度偏差。L1、L2 长度。

- ◆ L1 大臂长度。
- ◆ L2 小臂长度。
- ◆ J0 零点偏差(可以使用, 也可以不使用, 使用纠正 J0, 就能让机械手零度伸直和 AD 方向平行)。
- ◆ J1 零点偏差。

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。



示意图

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。

示意图中的 $L1$ (如示意图矩形的长 > 0) 和 $L2$ (如示意图矩形的宽 ≥ 0) 为矩阵标定板的矩形长宽已知的参数（没有矩阵标定板，可以把矩阵 $L1$ 长度 $= 0$ ，这样矩阵标定板就变成两点的标定板了，只需要两个孔即可）。

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：

`tableaux`：

`TABLE(tableaux, 2, boardL1, boardL2)`

含义：

偏移	内容
0	固定填 2，选择臂长参数校正。
1	标定板矩形长度 <code>boardL1</code> 。
2	标定板矩形宽度 <code>boardL2</code> 。

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。

tablein 每点填写: [J0, J1, R, Z]

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups

tablein = 900
tableaux = 880
zeroout = 1100
tableout2 = 1200
space = 4
groups = 4

' 选择臂长参数校正, 标定板长 180, 宽 200
TABLE(tableaux, 2, 180, 200)

' A -> B -> C -> D, 姿态建议左右左右或右左右左
TABLE(tablein + space*0, -56.08, 130.35, 0, 0)
TABLE(tablein + space*1, -26.65, 56.20, 0, 0)
TABLE(tablein + space*2, 21.30, 15.08, 0, 0)
TABLE(tablein + space*3, 3.53, 104.67, 0, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"L1", TABLE(zeroout)
?"L2", TABLE(zeroout + 1)
?"J1 零点偏差", TABLE(zeroout + 2)
?"J2 零点偏差", TABLE(zeroout + 3)
```

使用结果:

- ◆ zeroout + 0: 大臂长度 L1。
- ◆ zeroout + 1: 小臂长度 L2。
- ◆ zeroout + 2: J1 零点偏差, 单位 deg。
- ◆ zeroout + 3: J2 零点偏差, 单位 deg。

零点偏差的使用方式: 如果计算出 J2 偏差为 +5 deg, 则机械手回到理论伸直位置后, 将 J2 手动正向运动 5 度, 再重新设置该位置为 DPOS = 0。

5.4.1.3 FRAME1-TCP（工具）标定

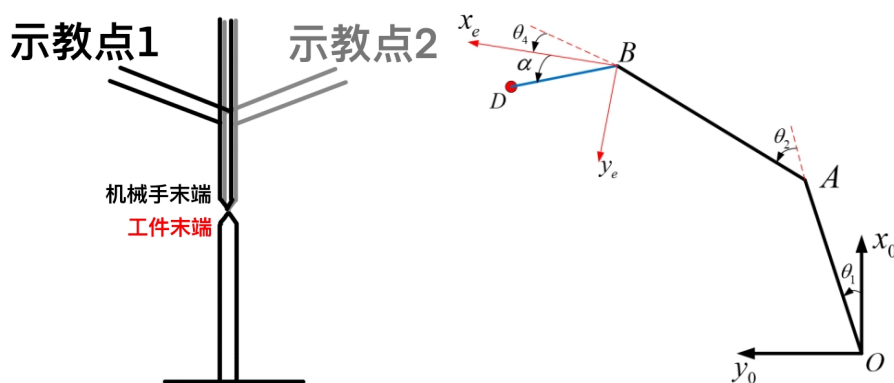
校正内容

- 工具长度。
- 工具相对旋转轴零点的角度。
- 工具末端在机械手末端坐标系下的 X/Y/Rz。

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。

- 两点法。
- 选一个固定点，P1 用一种姿态让工具末端对准该点。
- P2 换姿态或换手系，继续让工具末端对准同一个点。



校正方法

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

tableaux:

TABLE(tableaux, 3)

tablein 每点填写: [J0, J1, R, Z]

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。

例程：

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 1300
```



```

tableaux = 1280
zeroout = 1500
tableout2 = 1600
space = 4
groups = 2

TABLE(tableaux, 3)

' P1 和 P2 都让工具末端对准同一个固定点
TABLE(tablein + space*0, 10.2075, 120.0000, -40.2050, 2.2337)
TABLE(tablein + space*1, 17.6015, 109.5725, -127.1700, 7.0652)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"工具长度", TABLE(zeroout)
?"工具角度", TABLE(zeroout + 1)
?"工具 X", TABLE(tableout2)
?"工具 Y", TABLE(tableout2 + 1)
?"工具 Rz", TABLE(tableout2 + 5)

```

5.4.1.4 U 型旋转轴标定

校正内容

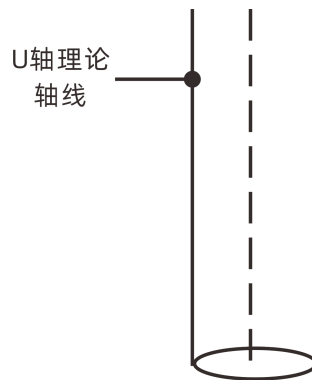
- ◆ U 型旋转轴偏心位置。
- ◆ 机械手零点位置下，机械手末端到圆心所成直线与 X 轴的夹角。
- ◆ U 轴末端在机械手末端坐标系下的 X/Y/Rz。

校正要求

- ◆ 至少三点。
- ◆ 选一个固定点，P1 对准该点。
- ◆ 旋转 U 轴后，P2、P3 继续对准同一个固定点。
- ◆ 旋转角度范围要足够大，避免圆心拟合不稳定。

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

tableaux:

TABLE(tableaux, 6)

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups

tablein = 1700
tableaux = 1680
zeroout = 1900
tableout2 = 2000
space = 4
groups = 3

TABLE(tableaux, 6)

' 三个 U 轴角度下，工具末端都对准同一个固定点
TABLE(tablein + space*0, 360.1170, 0.7223, 359.5905, 5.1943)
TABLE(tablein + space*1, 355.7279, 9.2466, 350.9536, 10.1093)
TABLE(tablein + space*2, 346.1812, 9.1534, 342.3643, 6.0690)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"U 轴圆心 X", TABLE(zeroout)
?"U 轴圆心 Y", TABLE(zeroout + 1)
?"U 轴角度", TABLE(zeroout + 2)
?"U 轴距离", TABLE(zeroout + 3)
?"U 轴工具 X", TABLE(tableout2)
?"U 轴工具 Y", TABLE(tableout2 + 1)
?"U 轴工具 Rz", TABLE(tableout2 + 5)
```

校正后输出 table 数据

?"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

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

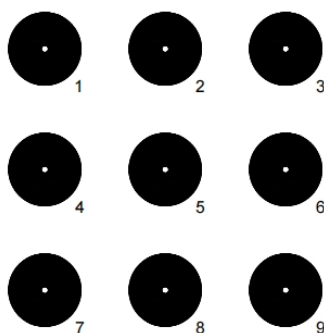
相机安装在小臂 J2 或 J4 上时，根据 9 点标定结果和当前关节位置，计算新的相机中心坐标。

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 P1。



25mm×25mm

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 P2。

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。

注意：9 点标定（就是拿相机中心对准 5 点时拍照，然后示教获取 9 点像素对应的机械手虚拟轴 x y 的坐标位置）。完成 9 点标定之后，把机械手继续运动到回到 P1 点拍一个物体，直接拿物体 mark 中心 9 点转换物理组别结果运动过去，能不能对上，这样验证 9 点效果。

没问题，才随意运动机械手，去其他位置，拍，才用 frame_cal 给 P1 点、P2 点、相机结果 oldx oldy，当前 frame_cal 纯粹就是研究 P2 和 P1 的运动变化

总结步骤：

- ◆ 相机中心作为机械手臂长末端参考点。
- ◆ 已完成常规 9 点标定。
- ◆ 做 9 点标定时，相机中心对准第 5 点并记录该关节位置，作为 P1。
- ◆ 后续在任意位置拍照识别 Mark，记录当前关节位置，作为 P2。
- ◆ 将 Mark 点相对相机的局部世界坐标 oldx/oldy 作为第三组数据写入。

校正方法

tableaux:

'相机在 J2

TABLE(tableaux, 8)

'相机在 J4，需要额外给 TCP X/Y

TABLE(tableaux, 9, tcpx, tcpy)

space 要求：

模式	要求
相机在 J2	space >= 关节轴数，且关节轴数量至少 2。
相机在 J4	space >= 关节轴数，且关节轴数量至少 4。

例程：

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 2100
```

```
tableaux = 2080
```

```
zeroout = 2300
```

```

tableout2 = 2400
space = 4
groups = 3

' 相机在 J2
TABLE(tableaux, 8)

' P1: 9 点标定时, 相机中心对准第 5 点的关节位置
TABLE(tablein + space*0, 10, 14, 0, 0)

' P2: 后续拍照识别 Mark 时的当前关节位置
TABLE(tablein + space*1, 11, 16, 0, 0)

' P3: Mark 点相对相机的局部世界坐标 oldx / oldy
TABLE(tablein + space*2, oldx, oldy, 0, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"新相机中心 X", TABLE(tableout2)
?"新相机中心 Y", TABLE(tableout2 + 1)

```

校正后输出 table 数据

"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

- ◆ 批头相对相机中心末端坐标系的 X/Y 偏移。
- ◆ 标定后可通过 FRAME_TCP 快速切换批头偏移，不需要重新建立正逆解。

注意：frame134 机械手才可以用。

校正要求

- 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）。

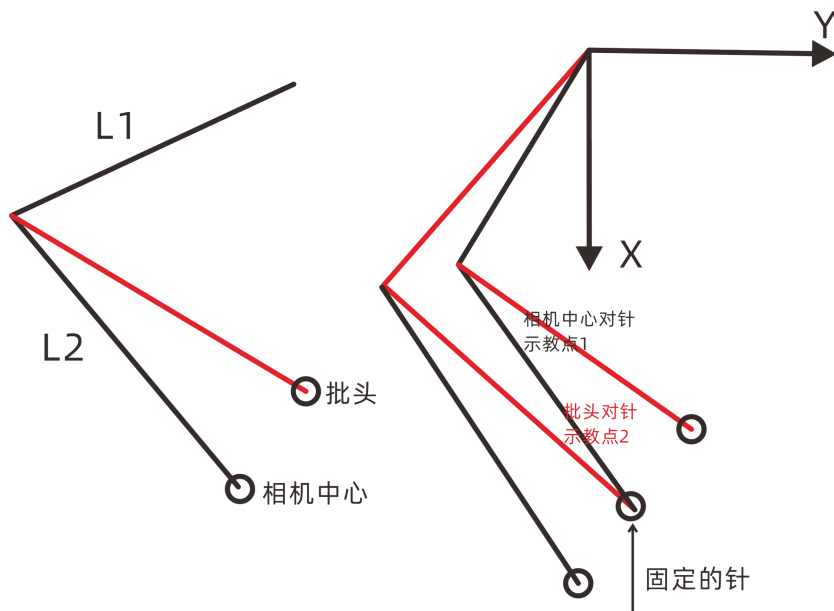
标定相机中心到批头的偏移，返回零点时在批头在相机中心末端坐标系下的坐标。

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 P1 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 P2 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

tableaux:

TABLE(tableaux, 7)

例程：

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 2500
```

```
tableaux = 2480
```

```
zeroout = 2700
```

```
tableout2 = 2800
```

```
space = 4
```

```
groups = 2
```

```
TABLE(tableaux, 7)
```

```

' P1: 相机中心对固定针尖
TABLE(tablein + space*0, 10, 12, 0, 0)

' P2: 批头对同一个固定针尖
TABLE(tablein + space*1, 11, 15, 0, 0)

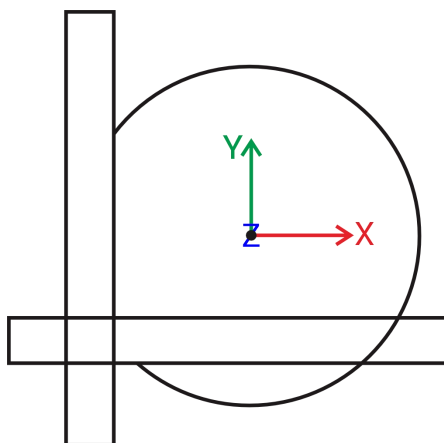
?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"批头 X", TABLE(tableout2)
?"批头 Y", TABLE(tableout2 + 1)

?"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

FRAME11 标定只校正旋转中心偏移：

- ◆ CENTERX
- ◆ CENTERY

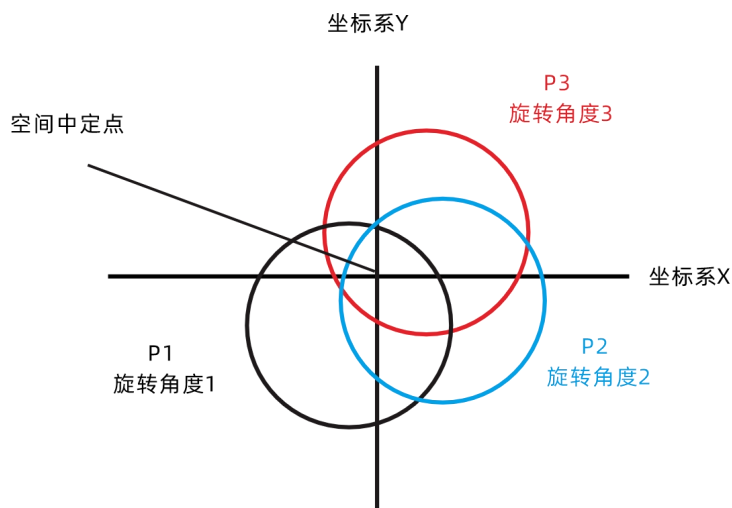
关节轴零点偏移：无。zeroout 输出 0。

pulseRonecircle 和 IfAntiClock 不由本标定计算，必须在标定前填写正确，校正后沿用原参数。

校正要求

- ◆ R 轴 UNITS 或 pulseRonecircle 必须正确。
- ◆ R 轴正方向必须与 IfAntiClock 和机械连接方向一致。

- ◆ 至少 3 个示教点，建议 4 点以上。
- ◆ 所有示教点必须对应世界坐标系中的同一个实际位置。
- ◆ R 角度跨度要尽量大，建议覆盖正负两个方向，避免点太近导致圆心不稳定。
- ◆ 每个点只需要记录关节轴坐标[X,Y,R]。



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。

例程：

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```



```

tablein = 300
tableaux = 200
zeroout = 400
tableout2 = 500
space = 3
groups = 3

' 建立 FRAME11 前，TABLE 参数中 pulseRonecircle 和 IfAntiClock 必须先填对
' BASE 轴必须已经处于 FRAME11 状态

' 示教要求：三个点都是世界坐标系中的同一个实际点，只改变 R 角度并记录 X/Y/R
TABLE(tablein,          0,    0,    0)  '点 1
TABLE(tablein + space, -6,   10, -45)  '点 2
TABLE(tablein + space*2, 5.2, 10.8, 45)  '点 3

TABLE(tableaux, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"CENTERX", TABLE(tableout2)
?"CENTERY", TABLE(tableout2 + 1)

```

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。

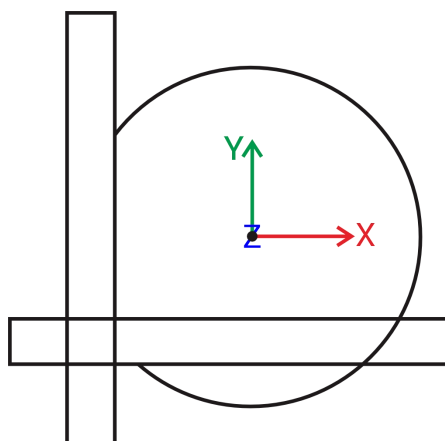
zeroout:

偏移	内容
0-2	输出 0。FRAME11 不校正关节零点。

tableout2:

偏移	内容
0	校正后的 CENTERX
1	校正后的 CENTERY
2	原参数 pulseRonecircle，沿用不变。
3	原参数 IfAntiClock，沿用不变。

5.4.3 FRAME17-19



校正内容

- ◆ 旋转台 1 中心偏移：CentY1 / CentZ1。
- ◆ 旋转台 2 中心偏移：CentX2 / CentY2。
- ◆ 旋转台 1 零点角度偏差。
- ◆ 旋转台 2 零点角度偏差。

中心偏移输出到 tableout2，零点角度偏差输出到 zeroout。

校正要求

- ◆ 两根旋转轴 UNITS 或一圈脉冲数必须正确。
- ◆ 两根旋转轴正方向必须与机械连接设置方向一致。
- ◆ 大旋转中心线与 X 方向水平，小旋转中心线与 Z 方向水平。
- ◆ 所有示教点对应世界坐标系中的同一个实际位置。
- ◆ 至少 16 个示教点。
- ◆ 固定大旋转轴 R1，只改变小旋转轴 R2 的点不少于 8 个。
- ◆ 固定小旋转轴 R2，只改变大旋转轴 R1 的点不少于 8 个。

校正方法

tableaux:

FRAME17 / FRAME19 不需要辅助参数:

TABLE(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups, i
```

```

tablein = 600
tableaux = 580
zeroout = 800
tableout2 = 900
space = 5
groups = 16

' BASE 轴必须已经处于 FRAME17 或 FRAME19 状态
' 示教要求：所有点对应世界坐标系中的同一个实际点

TABLE(tableaux, 0)

' 第 1 组：固定 R1=0，只改变 R2
TABLE(tablein + space*0, 100, 200, 300, 0, -70)
TABLE(tablein + space*1, 102, 198, 301, 0, -50)
TABLE(tablein + space*2, 103, 196, 302, 0, -30)
TABLE(tablein + space*3, 104, 195, 303, 0, -10)
TABLE(tablein + space*4, 104, 195, 304, 0, 10)
TABLE(tablein + space*5, 103, 196, 305, 0, 30)
TABLE(tablein + space*6, 102, 198, 306, 0, 50)
TABLE(tablein + space*7, 100, 200, 307, 0, 70)

' 第 2 组：固定 R2=0，只改变 R1
TABLE(tablein + space*8, 100, 200, 300, -70, 0)
TABLE(tablein + space*9, 101, 199, 301, -50, 0)
TABLE(tablein + space*10, 102, 198, 302, -30, 0)
TABLE(tablein + space*11, 103, 197, 303, -10, 0)
TABLE(tablein + space*12, 103, 197, 304, 10, 0)
TABLE(tablein + space*13, 102, 198, 305, 30, 0)
TABLE(tablein + space*14, 101, 199, 306, 50, 0)
TABLE(tablein + space*15, 100, 200, 307, 70, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)
?"R1 零点偏移", TABLE(zeroout + 3)
?"R2 零点偏移", TABLE(zeroout + 4)
?"Tableout2 起始"
?*TABLE(tableout2,10)

```

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

- 旋转台 1 中心点：CentX1 / CentY1 / CentZ1。
- 旋转台 1 轴线方向：dirx1 / diry1 / dirz1。
- 旋转台 2 中心点：CentX2 / CentY2 / CentZ2。
- 旋转台 2 轴线方向：dirx2 / diry2 / dirz2。

FRAME29 不校正旋转台零点位置偏差，zeroout 输出 0。

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 16 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。

- 两根旋转轴 UNITS 或一圈脉冲数必须正确。
- 两根旋转轴正方向必须与机械连接方向一致。
- 所有示教点应对应世界坐标系中的同一个实际位置。
- 按说明书至少 16 个示教点。
- 固定 R1，只改变 R2 的点不少于 8 个。
- 固定 R2，只改变 R1 的点不少于 8 个。
- 角度跨度要尽量大，避免点太近导致圆心和方向不稳定。

校正方法

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 1000
tableaux = 980
zeroout = 1200
tableout2 = 1300
space = 5
```

```

groups = 6

' BASE 轴必须已经处于 FRAME29 状态
' 示教要求：所有点对应世界坐标系中的同一个实际点

TABLE(tableaux, 0)

' 第 1 组：固定 R1=0，只改变 R2
TABLE(tablein + space*0, 100, 200, 300, 0, -70)
TABLE(tablein + space*1, 102, 198, 301, 0, -50)
TABLE(tablein + space*2, 103, 196, 302, 0, -30)
TABLE(tablein + space*3, 104, 195, 303, 0, -10)
TABLE(tablein + space*4, 104, 195, 304, 0, 10)
TABLE(tablein + space*5, 103, 196, 305, 0, 30)
TABLE(tablein + space*6, 102, 198, 306, 0, 50)
TABLE(tablein + space*7, 100, 200, 307, 0, 70)
....

' 第 2 组：固定 R2=0，只改变 R1
TABLE(tablein + space*8, 100, 200, 300, -70, 0)
TABLE(tablein + space*9, 101, 199, 301, -50, 0)
TABLE(tablein + space*10, 102, 198, 302, -30, 0)
TABLE(tablein + space*11, 103, 197, 303, -10, 0)
TABLE(tablein + space*12, 103, 197, 304, 10, 0)
TABLE(tablein + space*13, 102, 198, 305, 30, 0)
TABLE(tablein + space*14, 101, 199, 306, 50, 0)
TABLE(tablein + space*15, 100, 200, 307, 70, 0)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)
?"Tableout2 起始"
?*TABLE(tableout2,15)

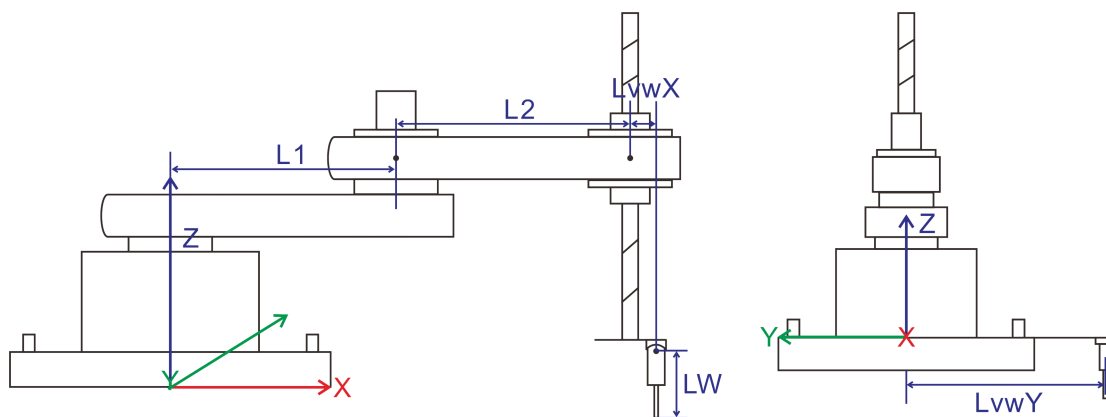
```

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

- ◆ L_w : 摆动轴长度。
- ◆ L_{vwX} : XY 平面内，末端工作点相对末端旋转轴中心的 X 方向偏移。
- ◆ L_{vwY} : XY 平面内，末端工作点相对末端旋转轴中心的 Y 方向偏移。

大关节、小关节零点偏差不在本标定中校正。文档要求大小关节零位偏移使用 FRAME1 校正。

校正要求

- ◆ 大小关节零位已经校正。
- ◆ $L1 / L2$ 长度正确。
- ◆ 各旋转轴一圈脉冲数正确。
- ◆ 所有示教点应运动到世界坐标系中的同一个实际位置。
- ◆ 说明书要求至少 5 个示教点；但仍必须能分出 V 相同 3 点和 W 相同 3 点。
- ◆ P1~P3: XYZ 位置相同，末端旋转轴 V 角度相同，摆动轴 W 角度不同，至少 3 点。
- ◆ P4~P5: XYZ 位置相同，摆动轴 W 角度相同且不能为 0，末端旋转轴 V 角度不同，至少 3 点。

校正方法

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 1500
```

```
tableaux = 1480
```

```
zeroout = 1700
tableout2 = 1800
space = 5
groups = 5

' BASE 轴必须已经处于 FRAME101 或 FRAME105 状态
' 所有点对应世界坐标系中的同一个实际点

TABLE(tableaux, 0)

' P1~P3: V 相同, W 不同
TABLE(tablein + space*0, 10, 20, 100, 0, -30)
TABLE(tablein + space*1, 12, 18, 102, 0, 0)
TABLE(tablein + space*2, 14, 16, 104, 0, 30)

' P4~P5: W 相同且不能为 0, V 不同
TABLE(tablein + space*3, 11, 19, 101, -45, 20)
TABLE(tablein + space*4, 03, 07, 113, 15, 20)
TABLE(tablein + space*4, 13, 17, 103, 45, 20)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

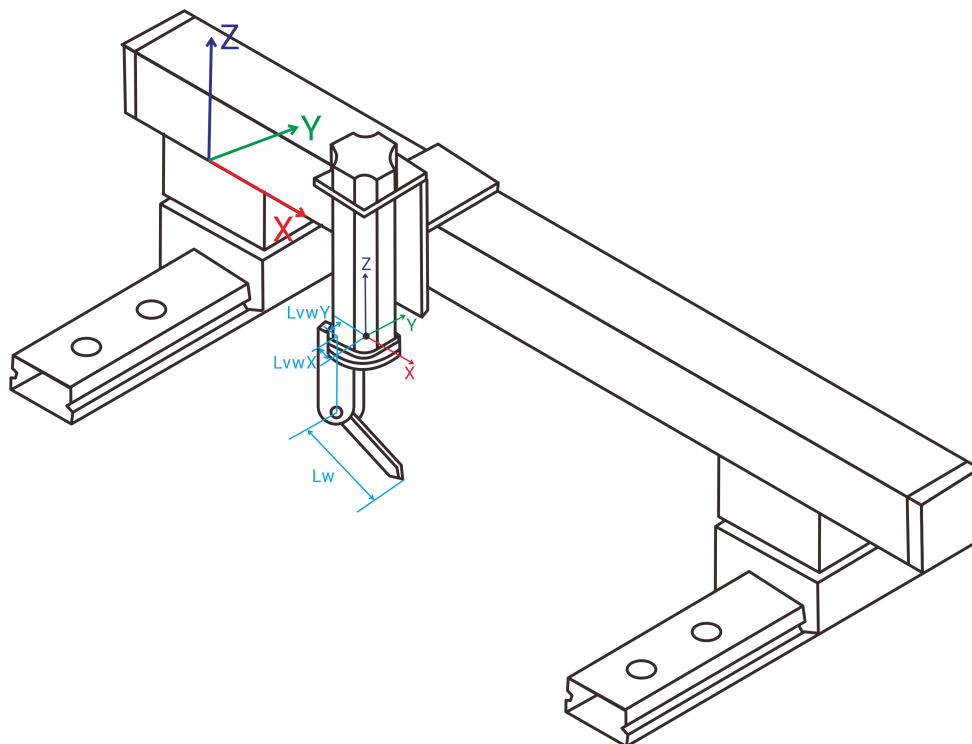
?"V 零点", TABLE(zeroout + 3)
?"W 零点", TABLE(zeroout + 4)
?"Lw", TABLE(tableout2 + 5)
?"Lvwx", TABLE(tableout2 + 7)
?"Lvwy", TABLE(tableout2 + 8)
```

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

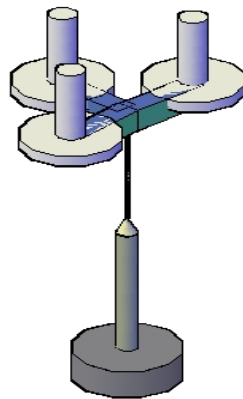
四轴模式只校正：

- ◆ LvwX
- ◆ LvwY

V 轴零点偏差：无，不需要校正。

校正要求

- ◆ 所有示教点应运动到世界坐标系中的同一个实际位置。
- ◆ 要求至少 3 个示教点。
- ◆ P1~P3：XYZ 位置相同，末端旋转轴 V 角度不同。



校正方法

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups

tablein = 2000
tableaux = 1980
zeroout = 2200
tableout2 = 2300
space = 4
groups = 3

' BASE 轴必须已经处于 FRAME104 四轴模式
' 三个点是同一个世界位置，V 不同

TABLE(tableaux, 0)
TABLE(tablein + space*0, 100, 200, 300, -45)
TABLE(tablein + space*1, 102, 198, 300, 0)
TABLE(tablein + space*2, 100, 201, 300, 45)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"LvwX", TABLE(tableout2 + 3)
?"LvwY", TABLE(tableout2 + 4)
```

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。

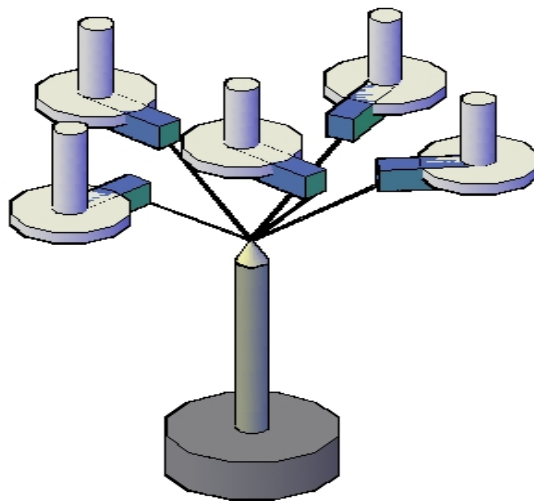
其他不支持。

校正内容

- ◆ Lw
- ◆ Lvwx
- ◆ Lvwy
- ◆ V/W 零点偏差。

校正要求

- ◆ 所有示教点应运动到世界坐标系中的同一个实际位置。
- ◆ 说明书要求至少 5 个示教点。
- ◆ P1~P3: XYZ 位置相同, V 角度相同, W 角度不同, 至少 3 点。
- ◆ P4~P5: XYZ 位置相同, W 角度相同且不能为 0, V 角度不同, 至少 2 点。
- ◆ P1~P3 示教过程中, W 摆动轴幅度不能到达或越过 $\pm 90^\circ$ 度。



校正方法

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups

tablein = 2400

tableaux = 2380

zeroout = 2600

tableout2 = 2700

space = 5

groups = 5

' BASE 轴必须已经处于 FRAME100 或 FRAME104 五轴模式

TABLE(tableaux, 0)

' P1~P3: V 相同, W 不同; W 不要到 +/-90 度

TABLE(tablein + space*0, 100, 200, 300, 0, -30)

TABLE(tablein + space*1, 102, 198, 302, 0, 0)

TABLE(tablein + space*2, 100, 201, 304, 0, 30)

' P4~P5: W 相同且不能为 0, V 不同

TABLE(tablein + space*3, 101, 199, 301, -45, 20)

TABLE(tablein + space*4, 103, 197, 303, 45, 20)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"V 零点", TABLE(zeroout + 3)

?"W 零点", TABLE(zeroout + 4)

?"Lw", TABLE(tableout2)

?"Lvwx", TABLE(tableout2 + 3)

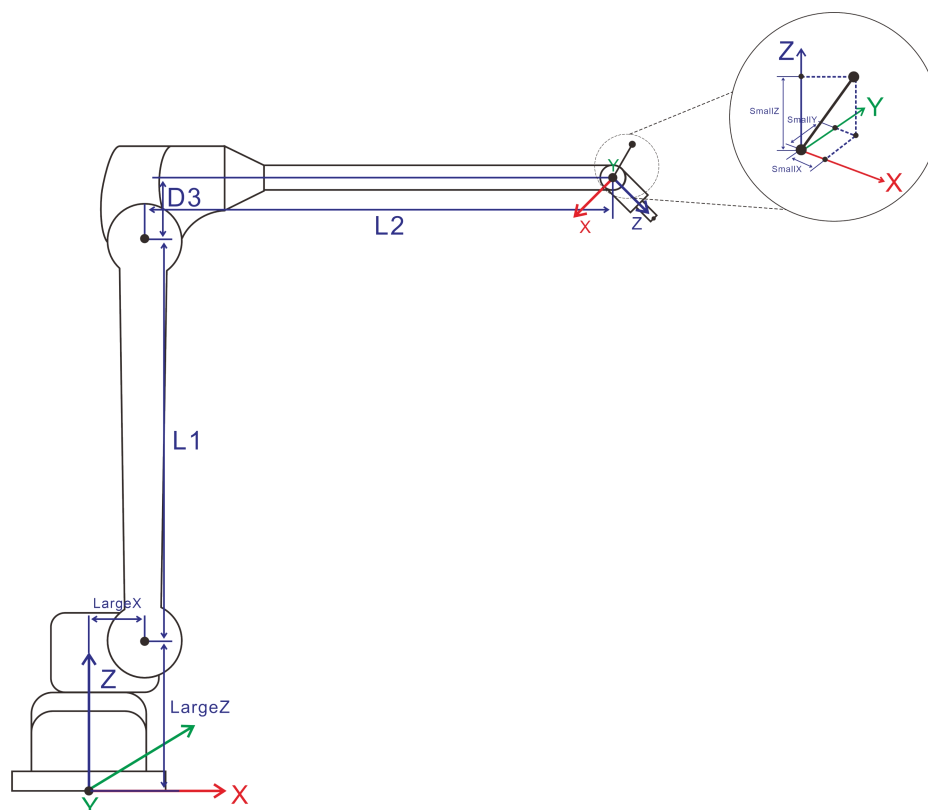
?"Lvwy", TABLE(tableout2 + 4)

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 FRAME76-78-86



校正内容

按示教点数分三种：

点数	校正内容	说明
4 点法	SmallZ/SmallX/SmallY	用 P1~P4 求同一个 TCP 点在不同姿态下形成的球心，从而反推出 TCP 偏移。
5 点法	SmallZ/SmallX/SmallY 和 InitRx/InitRy/InitRz	P5 的末端认为是垂直姿态，P5 不参与球心计算，只作为姿态参考。
6 点法	SmallZ/SmallX/SmallY 和 InitRx/InitRy/InitRz	P5 的末端认为是垂直姿态，P5~P6 的方向认为是工具 X 方向。

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。P5 点不参与计算，单纯一个点信息，输出的 InitRx，InitRy，InitRz 对应的矩阵默认是：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

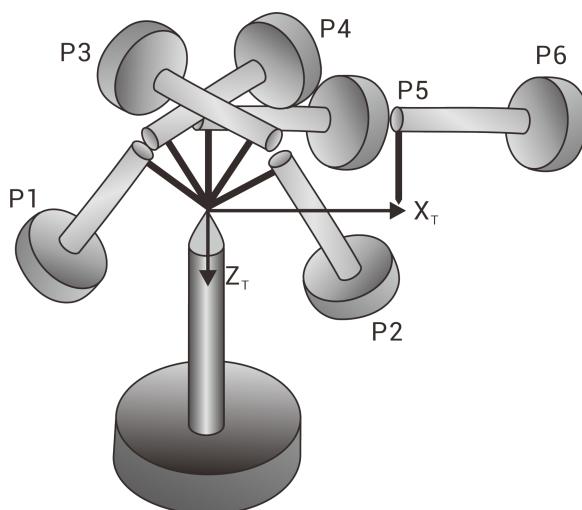
其中第三列 z 向量默认垂直向下(0,0,-1)

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. P5 和 P6 的点的坐标向量单位化, 作为输出的 InitRx, InitRy, InitRz 对应的矩阵的第一列, 其中第三列 z 向量默认垂直向下(0,0,-1), 然后第二列 y 通过第一列和第三列叉乘计算得出。

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)

校正要求

- ◆ P1~P4: 同一个实际 TCP 点, 在不同关节姿态下对准同一个空间点。
- ◆ 5 轴模式 3 到 6 点只求 SmallZ;
- ◆ 6 轴模式 4 到 6 点求完整 TCP。
- ◆ P1~P4 不能共面或过于接近, 否则球心计算不稳定。
- ◆ P5~P6 不能重合, 否则无法得到工具 X 方向。



校正方法

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 3000
tableaux = 2980
zeroout = 3200
tableout2 = 3300
space = 6
groups = 6
```

' BASE 轴必须已经处于 FRAME6 或 FRAME76 状态
 ' P1~P4: 同一 TCP 点, 不同姿态
 ' P5: 末端垂直姿态参考
 ' P6: 工具 X 方向参考

TABLE(tableaux, 0)

TABLE(tablein + space*0, 0, -30, 60, 10, 20, 0)

TABLE(tablein + space*1, 20, -35, 55, -20, 30, 40)

TABLE(tablein + space*2, -20, -25, 65, 30, 10, -30)

TABLE(tablein + space*3, 10, -40, 50, -10, 40, 80)

TABLE(tablein + space*4, 0, -30, 60, 0, 0, 0)

TABLE(tablein + space*5, 0, -30, 60, 0, 0, 10)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"工具偏移 1", TABLE(tableout2 + 13)

?"工具偏移 2", TABLE(tableout2 + 14)

?"工具偏移 3", TABLE(tableout2 + 15)

?"InitRx", TABLE(tableout2 + 16)

?"InitRy", TABLE(tableout2 + 17)

?"InitRz", TABLE(tableout2 + 18)

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

- ◆ 导轨正方向在机械手基座坐标系下的 Rx / Ry / Rz。
- ◆ 平均误差: 计算导轨移动矢量与示教矢量的偏差, 用于判断示教质量。
- ◆ 关节轴零点偏移: 无, 不需要。

校正要求

- ◆ 至少 3 个示教点。
- ◆ 每个点包含机械手基座坐标系下的位置 X/Y/Z 和导轨位置 R。
- ◆ 三个点必须按同一个导轨方向顺序示教: 导轨位置要单调变大或单调变小。
- ◆ 三个点都要对准同一个固定针尖。

- ◆ tableaux 必须填 0、1、2 中的一个，表示该导轨大致接近平行的基座轴。

机械手在导轨上移动，机械手的基座系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。

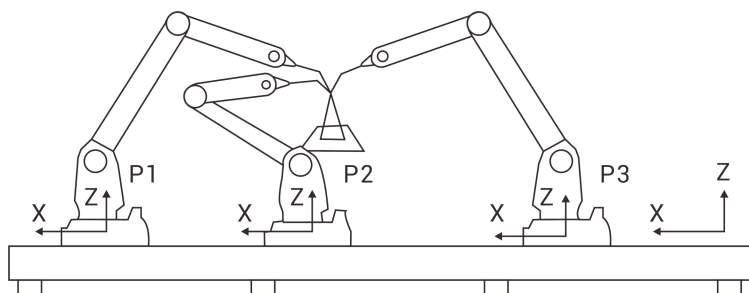
输入：

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

tableaux:

table(tableaux) = 0

table(tableaux) 要填导轨和机械手基座系接近平行的轴。

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

例程：

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 3400
```

```
tableaux = 3380
```

```
zeroout = 3600
```

```
tableout2 = 3700
```

```
space = 4
```

```

groups = 3

' BASE 轴必须已经处于 FRAME93、FRAME94 或 FRAME95 状态
' 这里示例导轨大致平行 Y 轴
TABLE(tableaux, 1)

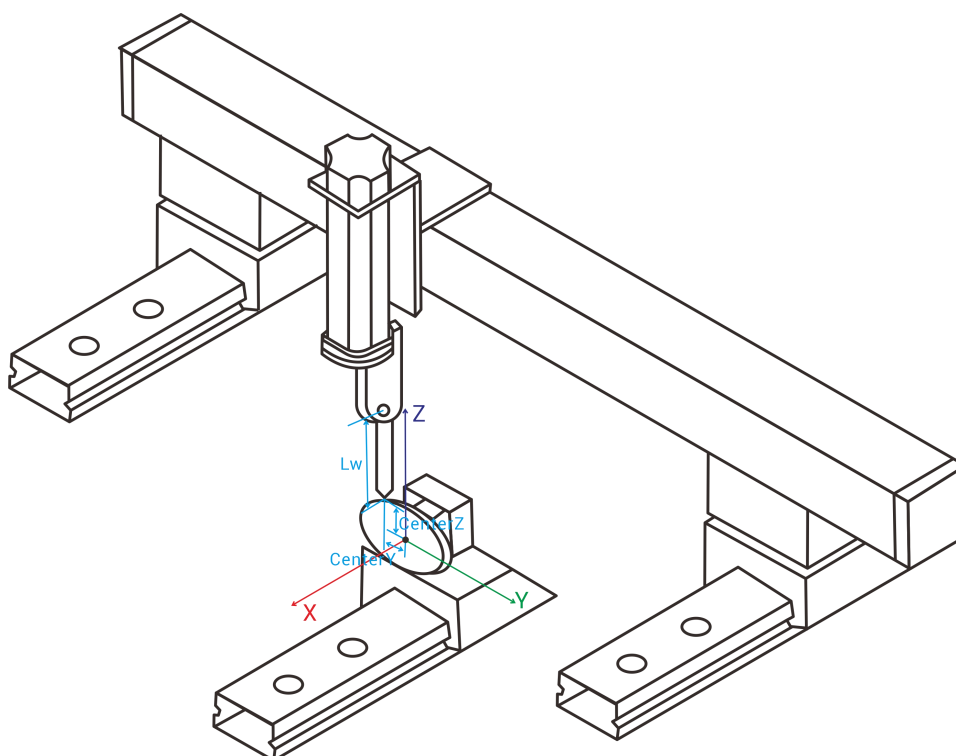
' 示教点 P1 -> P2 -> P3, 导轨位置按顺序变化
' X, Y, Z 是机械手基座坐标系下末端位置, R 是导轨位置
TABLE(tablein + space*0, 1260.7961, -96.0341, 181.0824, -119.6803)
TABLE(tablein + space*1, 1258.1518, -215.6852, 181.1263, 0.0000)
TABLE(tablein + space*2, 1255.3135, -344.1212, 181.1733, 128.4674)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"RX1", TABLE(zeroout)
?"RY1", TABLE(zeroout + 1)
?"RZ1", TABLE(zeroout + 2)
?"平均误差", TABLE(zeroout + 3)

```

5.4.9 FRAME118



校正内容

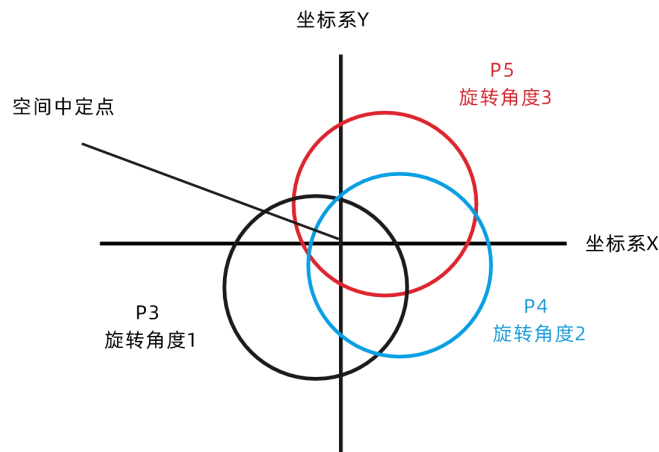
- ◆ P1~P3: V 相同、W 不同, 用于校正 L_w 。
- ◆ P3~P5: W 相同、V 不同, 用于校正旋转中心实际偏移 $CENTER_Y / CENTER_Z$ 。

- ◆ P1~P3: 同时用于校正摆动轴 W 的零点角度偏差。

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

tableaux:

table(tableaux) = 0

例程:

```
LOCAL tablein, tableaux, zeroout, tableout2, space, groups
```

```
tablein = 3800
```

```
tableaux = 3780
```

```
zeroout = 4000
```

```
tableout2 = 4100
```

```
space = 5
```

```
groups = 5
```

```
' BASE 轴必须已经处于 FRAME118 状态
```

```
TABLE(tableaux, 0)
```

```
' P1~P3: V 相同, W 不同
```

```
TABLE(tablein + space*0, 100, 200, 300, 0, -30)
```

```
TABLE(tablein + space*1, 102, 198, 302, 0, 0)
```

```
TABLE(tablein + space*2, 104, 196, 304, 0, 30)
```

```
' P3~P5: W 相同, V 不同
TABLE(tablein + space*3, 106, 194, 304, 45, 30)
TABLE(tablein + space*4, 108, 192, 304, 90, 30)

?FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)

?"V 零点", TABLE(zeroout + 3)
?"W 零点", TABLE(zeroout + 4)
?"Lw", TABLE(tableout2)
?"CENTERY", TABLE(tableout2 + 3)
?"CENTERZ", TABLE(tableout2 + 4)
```

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。

5.4.10 FRAME30

校正内容

- ◆ 前级 F98 模组参数：M 和 D。
- ◆ R1AxisPoint / R1AxisDir: R1 旋转轴在基坐标系下的轴线上一点和轴向。
- ◆ R2ZeroAxisPoint / R2ZeroAxisDir: R2 在 R1 零位时的轴线上一点和轴向。
- ◆ WorkOrigin / WorkAngle: 当前工件零位参数沿用当前 FRAME 参数输出。
- ◆ 关节轴零点偏移：无，不需要校正。zeroout 输出 5 个 0。

旋转轴方向不需要用户给向量。程序根据点云和关节正方向，按右手法则自动选择轴向。

校正要求

- ◆ space ≥ 8 。
- ◆ groups = modCount + rotateCount。
- ◆ TABLE(tableaux) = modCount, 且 modCount ≥ 1 。
- ◆ rotateCount ≥ 5 。
- ◆ 旋转点中需要能找到一个公共基准点。
- ◆ 相对公共基准点，至少 2 个点只变 r1。
- ◆ 相对公共基准点，至少 2 个点只变 r2。
- ◆ 超过 5 个旋转点时，同一公共基准下所有有效点都会参与多点拟合。

FRAME30 / FRAME31 / FRAME144 的 TABLE(tableaux)必须填写前 N 行用于 F98 模组

标定，记为 modCount。

- ◆ modCount = 1: 只校正原点偏移 D, M 沿用当前参数。
- ◆ modCount = 2~3: 标准方向标定。每个方向点相对第 1 点只能有一个 dpos 轴变化，且基坐标也只能沿 X/Y/Z 一个标准方向变化。
- ◆ modCount >= 4: 完整最小二乘拟合 M 和 D, 可处理非正交、倾斜、比例误差。

前 modCount 行是模组点，最后 3 列表示已知基坐标 baseX/baseY/baseZ，不是 Ref。

后续行是旋转轴点，最后 3 列才表示 Ref。

校正方法

- 1、建立当前 FRAME30，并让 BASE 处于 FRAME30 状态。
- 2、填写 TABLE(tableaux) = modCount。
- 3、从 tablein 开始填写前 modCount 行 F98 模组标定点。
- 4、紧接着填写 R1/R2 旋转轴标定点。
- 5、执行 FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)。
- 6、从 tableout2 读取校正后的完整 FRAME30 参数。

例程：

每行固定 8 个数：[d1,d2,d3,r1,r2,refX,refY,refZ]

前 modCount 行用于 F98：[d1,d2,d3,0,0,baseX,baseY,baseZ]

其中 r1/r2 列忽略，最后 3 列按 baseX/baseY/baseZ 使用。

后续旋转轴行：[d1,d2,d3,r1,r2,refX,refY,refZ]

```
LOCAL tablej, tableaux, tablezero, tableout2, space, groups
```

```
tablej = 100
```

```
tableaux = 80
```

```
tablezero = 300
```

```
tableout2 = 400
```

```
space = 8
```

```
BASE(0,1,2,3,4)
```

```
' 确保当前 BASE 已经是 FRAME30
```

```
' 前 4 点标定 F98: 最后 3 列是 baseX/baseY/baseZ
```

```
TABLE(tableaux, 4)
```

```
TABLE(tablej+space*0, 0, 0, 0, 0, 500, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*1, 100, 0, 0, 0, 600, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*2, 0, 100, 0, 0, 500, 200, 300)
```

```

TABLE(tablej+space*3, 0, 0, 100, 0, 0, 500, 100, 400)

' 后 5 点标定 R1/R2: 最后 3 列是 Ref, 没有附加偏移时填 0
TABLE(tablej+space*4, 20, 30, 40, 0, 0, 0, 0, 0) '公共基准点
TABLE(tablej+space*5, 2.32, 35.98, 40, 30, 0, 0, 0, 0) '只变 R1
TABLE(tablej+space*6, -15.98, 32.32, 40, 60, 0, 0, 0, 0) '只变 R1
TABLE(tablej+space*7, 20, 5.98, 49.64, 0, 30, 0, 0, 0) '只变 R2
TABLE(tablej+space*8, 20, -19.64, 45.98, 0, 60, 0, 0, 0) '只变 R2

groups = 9
?FRAME_CAL(tablej, space, groups, tableaux, tablezero, tableout2)

?"F98 M11", TABLE(tableout2,9)
?"F98 D1", TABLE(tableout2+9,3)
?"R1 AxisDir", TABLE(tableout2+15), TABLE(tableout2+16), TABLE(tableout2+17)
?"R2 AxisDir", TABLE(tableout2+21), TABLE(tableout2+22), TABLE(tableout2+23)

```

FRAME30 / FRAME31 / FRAME144 的旋转轴拟合会在残差过大时输出英文告警。残差单位为 mm，含义是：用拟合出的轴点、轴向和关节正方向右手法则，把基准点旋转到其它示教角度后，与实际示教点之间的最大位置误差。

5.4.11 FRAME31

校正内容

- ◆ 前级 F98 模组参数：M 和 D。
- ◆ A1/A2/A3 三根串联旋转轴的零位轴点和轴向。
- ◆ WorkOrigin / WorkAngle：当前工件零位参数沿用当前 FRAME 参数输出。
- ◆ 关节轴零点偏移：无，不需要校正。zeroout 输出 6 个 0。

FRAME31 不关心三根轴叫 Rx/Ry/Rz，程序只按机械结构顺序 A1 -> A2 -> A3 处理。

校正要求

- ◆ space >= 9。
- ◆ groups = modCount + rotateCount。
- ◆ TABLE(tableaux) = modCount，且 modCount >= 1。
- ◆ rotateCount >= 7。
- ◆ 程序自动寻找“该轴变化，其它两根旋转轴静止”的点组。
- ◆ 每根旋转轴至少需要 3 个不同角度点参与拟合。公共基准点可以被三根轴共用。
- ◆ 如果三根轴不使用公共基准点，建议每根轴独立 3 点，即至少 9 个旋转点。

校正方法

- 1、建立当前 FRAME31，并让 BASE 处于 FRAME31 状态。
- 2、填写 $TABLE(tableaux) = modCount$ 。
- 3、从 tablein 开始填写前 modCount 行 F98 模组标定点。
- 4、紧接着填写 A1/A2/A3 三根旋转轴标定点。
- 5、执行 $FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)$ 。
- 6、从 tableout2 读取校正后的完整 FRAME31 参数。

每行固定 9 个数：

$[d1, d2, d3, r1, r2, r3, refX, refY, refZ]$

前 modCount 行用于 F98：

$[d1, d2, d3, 0, 0, 0, baseX, baseY, baseZ]$

其中 r1/r2/r3 列忽略，最后 3 列按 baseX/baseY/baseZ 使用。

后续旋转轴行：

$[d1, d2, d3, r1, r2, r3, refX, refY, refZ]$

例程：

```
LOCAL tablej, tableaux, tablezero, tableout2, space, groups
```

```
tablej = 1000
```

```
tableaux = 980
```

```
tablezero = 1300
```

```
tableout2 = 1400
```

```
space = 9
```

```
BASE(0,1,2,3,4,5)
```

```
' 确保当前 BASE 已经是 FRAME31
```

```
TABLE(tableaux, 4)
```

```
TABLE(tablej+space*0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 500, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*1, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 600, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*2, 0, 100, 0, 0, 0, 0, 500, 200, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*3, 0, 0, 100, 0, 0, 0, 500, 100, 400)
```

```
' 一个公共基准点，加每根轴各两个变化点
```

```
TABLE(tablej+space*4, 20, 30, 40, 0, 0, 0, 0, 0, 0) '公共基准点
```

```
TABLE(tablej+space*5, 22, 35, 40, 30, 0, 0, 0, 0, 0) '只变 R1
```

```

TABLE(tablej+space*6, 24, 38, 40, 60, 0, 0, 0, 0, 0) '只变 R1
TABLE(tablej+space*7, 20, 32, 45, 0, 30, 0, 0, 0, 0) '只变 R2
TABLE(tablej+space*8, 20, 34, 48, 0, 60, 0, 0, 0, 0) '只变 R2
TABLE(tablej+space*9, 25, 30, 42, 0, 0, 30, 0, 0, 0) '只变 R3
TABLE(tablej+space*10, 28, 30, 44, 0, 0, 60, 0, 0, 0) '只变 R3

groups = 11
?FRAME_CAL(tablej, space, groups, tableaux, tablezero, tableout2)

?"A1 AxisDir", TABLE(tableout2+15), TABLE(tableout2+16), TABLE(tableout2+17)
?"A2 AxisDir", TABLE(tableout2+21), TABLE(tableout2+22), TABLE(tableout2+23)
?"A3 AxisDir", TABLE(tableout2+27), TABLE(tableout2+28), TABLE(tableout2+29)

```

FRAME30 / FRAME31 / FRAME144 的旋转轴拟合会在残差过大时输出英文告警。残差单位为 mm，含义是：用拟合出的轴点、轴向和关节正方向右手法则，把基准点旋转到其它示教角度后，与实际示教点之间的最大位置误差。

5.4.12 FRAME144

校正内容

- ◆ 前级 F98 模组参数：M 和 D。
- ◆ SwingAxisPoint / SwingAxisDir：摆动轴轴线上一点和轴向。
- ◆ WorkRotAxisPoint / WorkRotAxisDir：工件旋转轴轴线上一点和轴向。
- ◆ WorkOrigin / WorkAngle：当前工件零位参数沿用当前 FRAME 参数输出。
- ◆ 关节轴零点偏移：无，不需要校正。zeroout 输出 5 个 0。

校正要求

- ◆ space ≥ 8 。
- ◆ groups = modCount + rotateCount。
- ◆ TABLE(tableaux) = modCount，且 modCount ≥ 1 。
- ◆ rotateCount ≥ 5 。
- ◆ 旋转点中需要能找到一个公共基准点。
- ◆ 相对公共基准点，至少 2 个点只变 workrot。
- ◆ 相对公共基准点，至少 2 个点只变 swing。
- ◆ 超过 5 个旋转点时，同一公共基准下所有有效点都会参与多点拟合。

校正方法

- 1、建立当前 FRAME144，并让 BASE 处于 FRAME144 状态。
- 2、填写 $TABLE(tableaux) = modCount$ 。
- 3、从 tablein 开始填写前 modCount 行 F98 模组标定点。
- 4、紧接着填写 swing/workrot 旋转轴标定点。
- 5、执行 $FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)$ 。
- 6、从 tableout2 读取校正后的完整 FRAME144 参数。

例程：

每行固定 8 个数：

[d1,d2,d3,swing,workrot,refX,refY,refZ]

前 modCount 行用于 F98：

[d1,d2,d3,0,0,baseX,baseY,baseZ]

其中 swing/workrot 列忽略，最后 3 列按 baseX/baseY/baseZ 使用。

后续旋转轴行：

[d1,d2,d3,swing,workrot,refX,refY,refZ]

```
LOCAL tablej, tableaux, tablezero, tableout2, space, groups
```

```
tablej = 2000
```

```
tableaux = 1980
```

```
tablezero = 2300
```

```
tableout2 = 2400
```

```
space = 8
```

```
BASE(0,1,2,3,4)
```

```
' 确保当前 BASE 已经是 FRAME144
```

```
TABLE(tableaux, 4)
```

```
TABLE(tablej+space*0, 0, 0, 0, 0, 0, 500, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*1, 100, 0, 0, 0, 0, 600, 100, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*2, 0, 100, 0, 0, 0, 500, 200, 300)
```

```
TABLE(tablej+space*3, 0, 0, 100, 0, 0, 500, 100, 400)
```

```
TABLE(tablej+space*4, 20, 30, 40, 0, 0, 0, 0, 0) '公共基准点
```

```
TABLE(tablej+space*5, 20, 32, 45, 30, 0, 0, 0, 0) '只变 swing
```

```
TABLE(tablej+space*6, 20, 34, 48, 60, 0, 0, 0, 0) '只变 swing
```

```
TABLE(tablej+space*7, 25, 30, 42, 0, 30, 0, 0, 0) '只变 workrot
```

```
TABLE(tablej+space*8, 28, 30, 44, 0, 60, 0, 0, 0) '只变 workrot
```

```
groups = 9
?FRAME_CAL(tablej, space, groups, tableaux, tablezero, tableout2)

?"Swing AxisDir", TABLE(tableout2+15), TABLE(tableout2+16), TABLE(tableout2+17)
?"WorkRot AxisDir", TABLE(tableout2+21), TABLE(tableout2+22), TABLE(tableout2+23)
```

FRAME30 / FRAME31 / FRAME144 的旋转轴拟合会在残差过大时输出英文告警。残差单位为 mm，含义是：用拟合出的轴点、轴向和关节正方向右手法则，把基准点旋转到其它示教角度后，与实际示教点之间的最大位置误差。

5.4.13 FRAME98

校正内容

- ◆ 三轴模组正方向矩阵 M。
- ◆ 三轴模组原点偏移 D。
- ◆ 关节轴零点偏移：无，不需要校正。zeroout 输出 3 个 0。

FRAME98 是纯三轴线性模型：

$$P_{base} = M * [d1, d2, d3]^T + D$$

校正要求

- ◆ space >= 6。
- ◆ groups = 1~64。
- ◆ tableaux 预留，可填 0。
- ◆ groups = 1 时只更新 D。
- ◆ groups = 2~3 时按标准方向更新部分矩阵列。
- ◆ groups >= 4 时完整拟合 M/D。

FRAME30 / FRAME31 / FRAME144 的 TABLE(tableaux)必须填写前 N 行用于 F98 模组标定，记为 modCount。

- ◆ modCount = 1：只校正原点偏移 D，M 沿用当前参数。
- ◆ modCount = 2~3：标准方向标定。每个方向点相对第 1 点只能有一个 dpos 轴变化，且基坐标也只能沿 X/Y/Z 一个标准方向变化。
- ◆ modCount >= 4：完整最小二乘拟合 M 和 D，可处理非正交、倾斜、比例误差。

前 modCount 行是模组点，最后 3 列表示已知基坐标 baseX/baseY/baseZ，不是 Ref。

后续行是旋转轴点，最后 3 列才表示 Ref。

校正方法

- 1、建立当前 FRAME98，并让 BASE 处于 FRAME98 状态。
- 2、tableaux 预留，可执行 TABLE(tableaux,0)。
- 3、从 tablein 开始填写 FRAME98 模组标定点。
- 4、执行 FRAME_CAL(tablein, space, groups, tableaux, zeroout, tableout2)。
- 5、从 tableout2 读取校正后的完整 FRAME98 参数。

例程：

每行固定 6 个数：

[d1,d2,d3,baseX,baseY,baseZ]

```
LOCAL tablej, tableaux, tablezero, tableout2, space, groups

tablej = 3000
tableaux = 2980
tablezero = 3300
tableout2 = 3400
space = 6

BASE(0,1,2)
' 确保当前 BASE 已经是 FRAME98

TABLE(tableaux, 0)
TABLE(tablej+space*0, 0, 0, 0, 500, 100, 300)
TABLE(tablej+space*1, 100, 0, 0, 600, 100, 300)
TABLE(tablej+space*2, 0, 100, 0, 500, 200, 300)
TABLE(tablej+space*3, 0, 0, 100, 500, 100, 400)

groups = 4
?FRAME_CAL(tablej, space, groups, tableaux, tablezero, tableout2)

?"M11 M12 M13", TABLE(tableout2), TABLE(tableout2+1), TABLE(tableout2+2)
?"D1 D2 D3", TABLE(tableout2+9), TABLE(tableout2+10), TABLE(tableout2+11)
```

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。

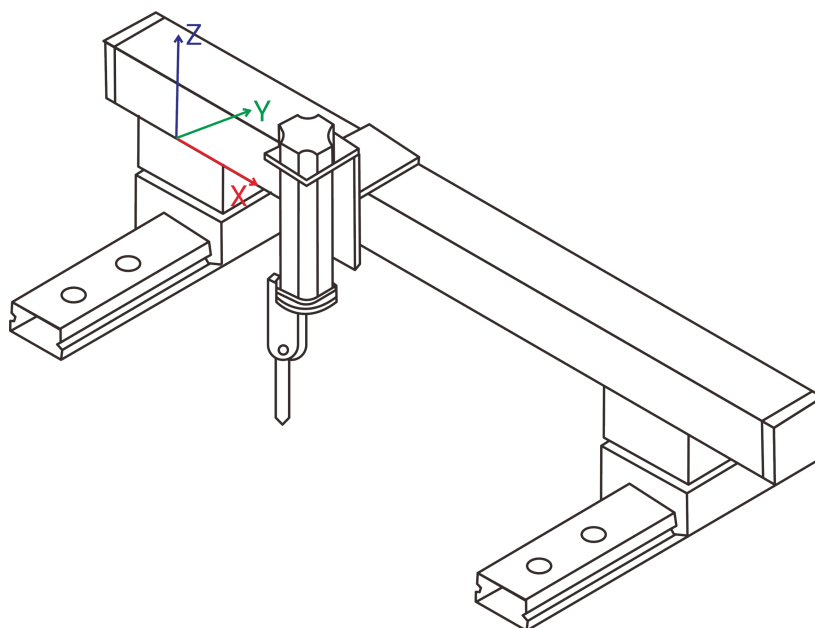
特点：和直角坐标系原理相似，具备在三个相互垂直方向（X、Y、Z 轴，部分二到四轴可能缺少某一方向运动轴）上的直线运动能力，运动轨迹直观易懂，控制算法相对简单。

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

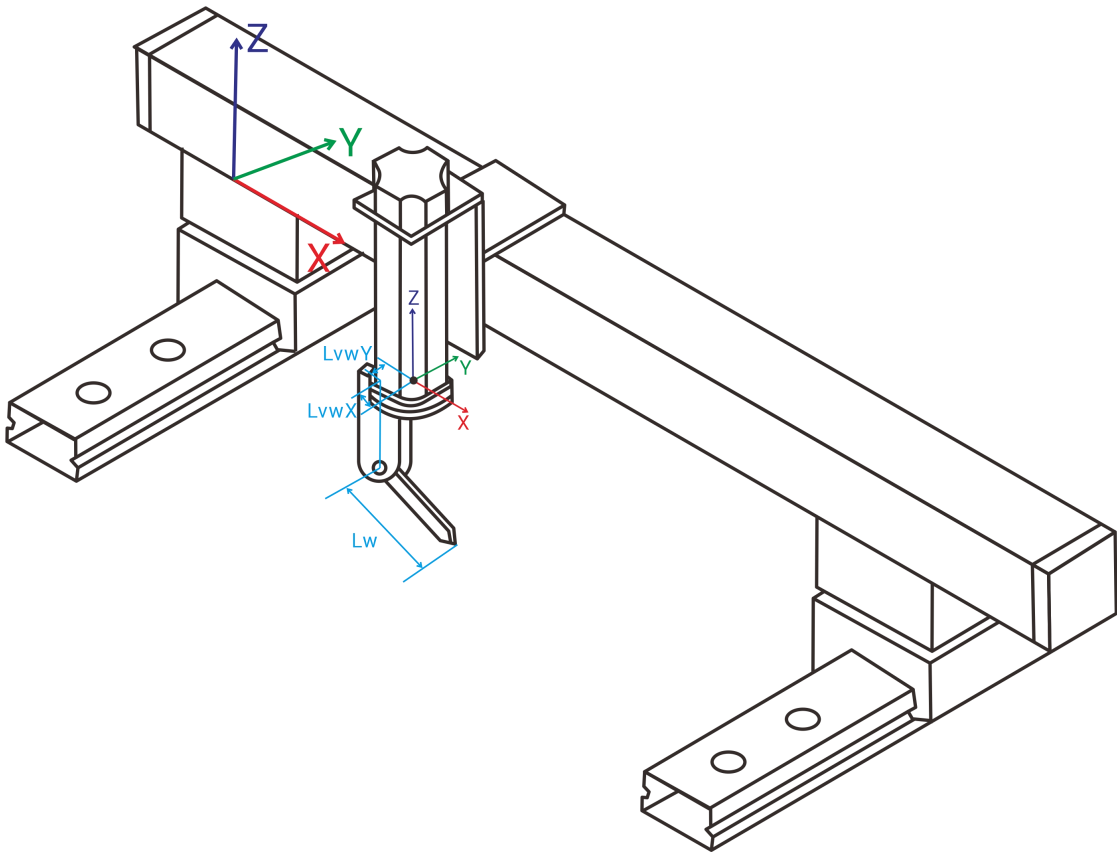
FRAME100

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

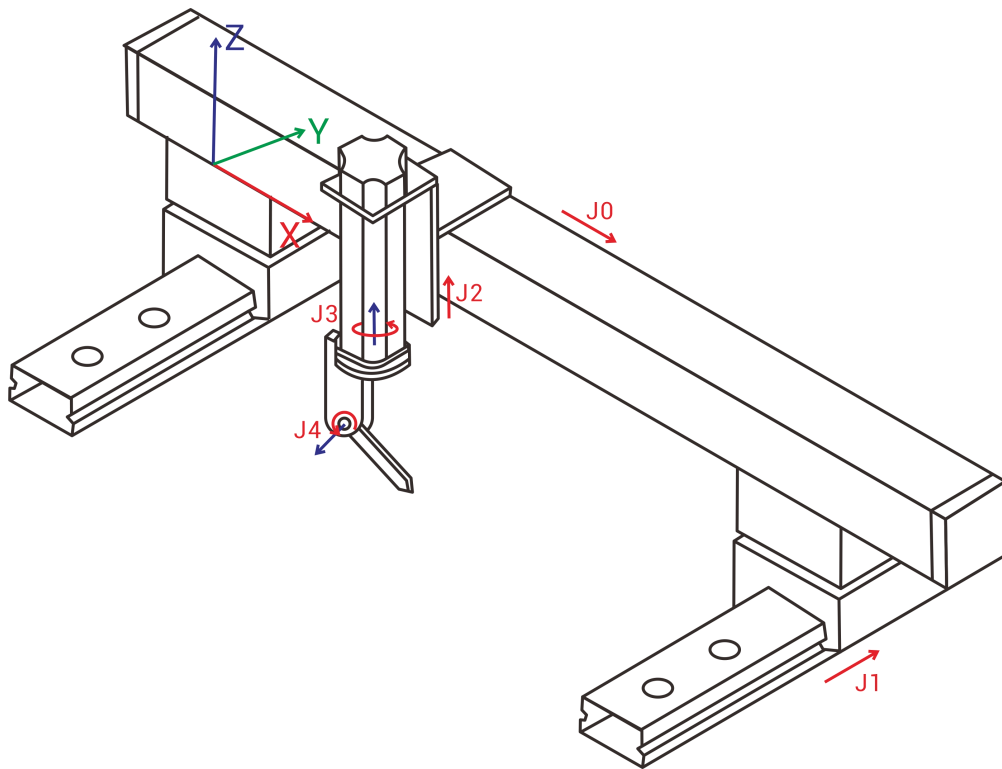
FRAME100

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

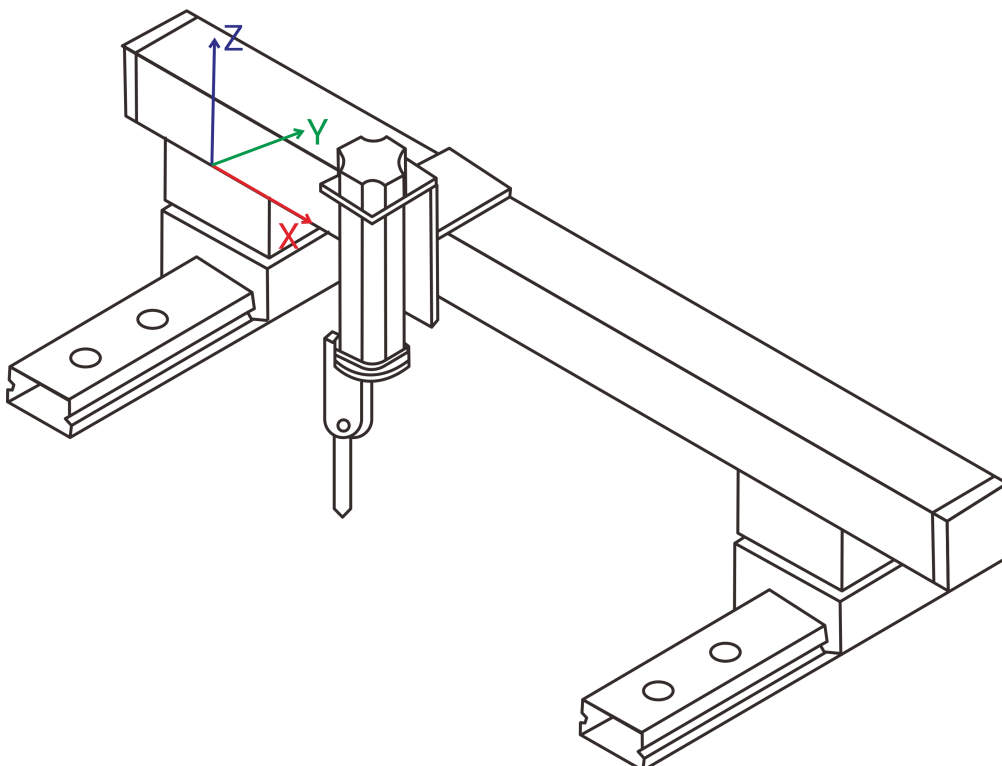
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		PulesWOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

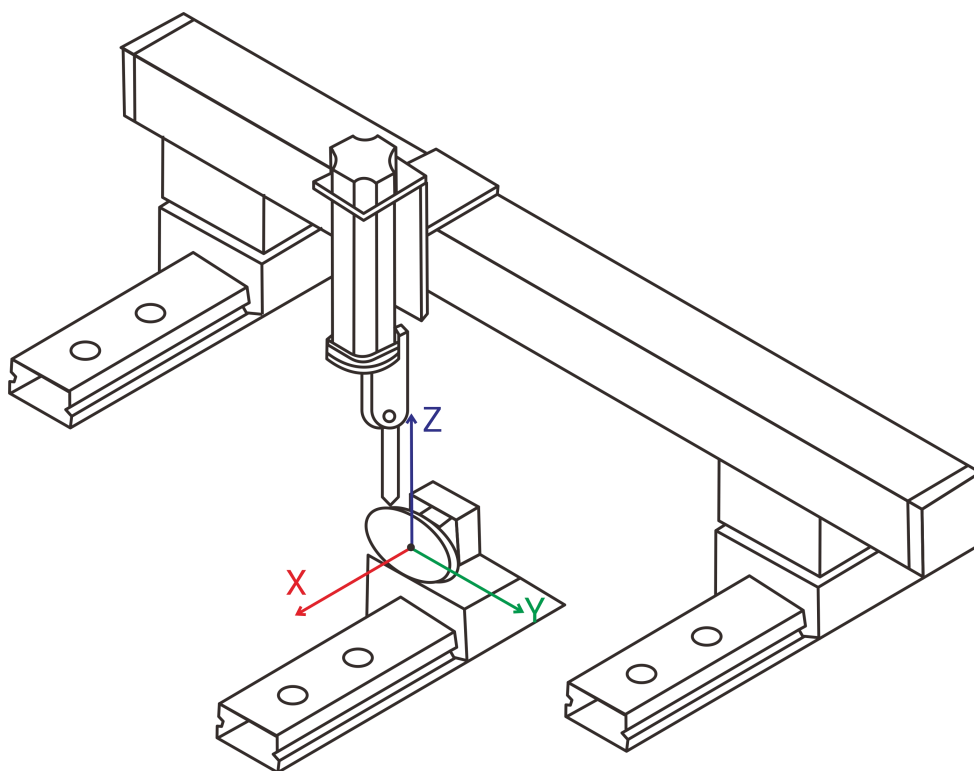


注意：模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx 和 Lvwy 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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

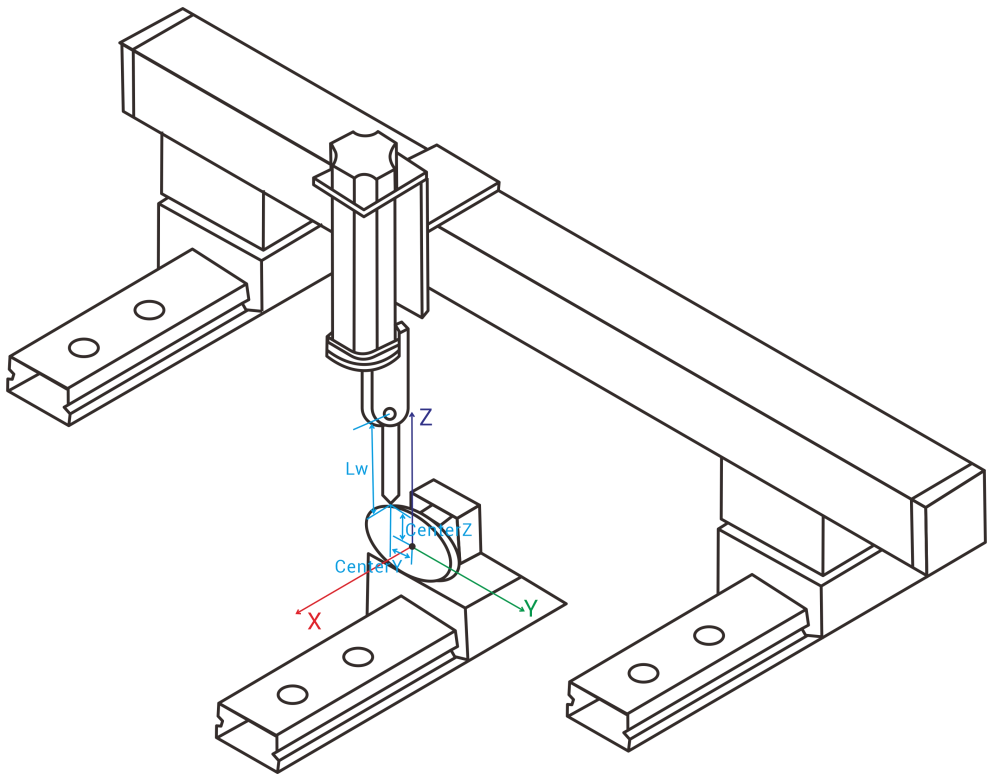
关节和自由度

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)

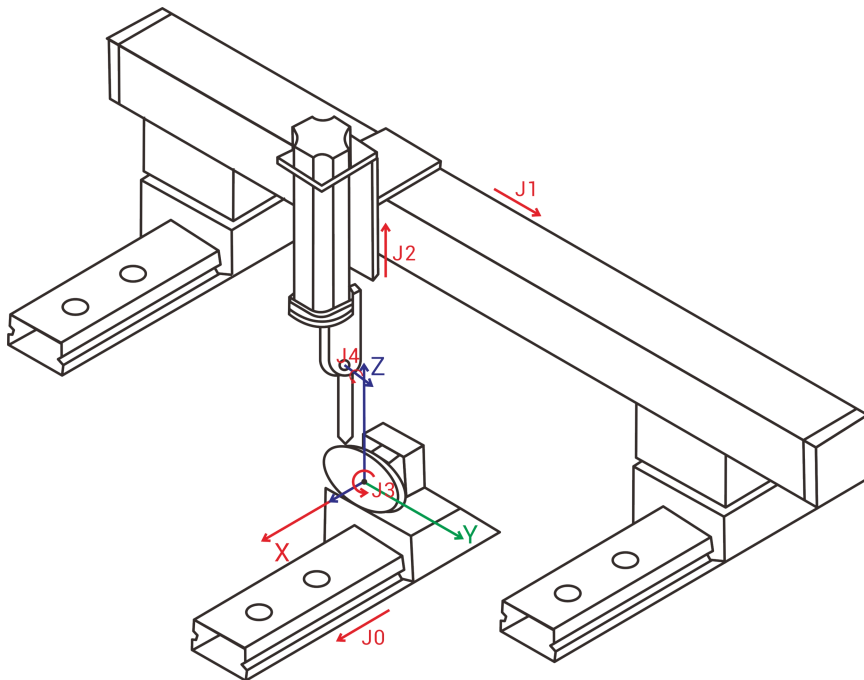
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
Lw	摆动轴长度
PulesVOneCircle	工件旋转轴旋转一圈的脉冲数
PulesWOneCircle	激光摆动轴旋转一圈的脉冲数
CENTERY	Y 方向偏移量
CENTERZ	Z 方向偏移量

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

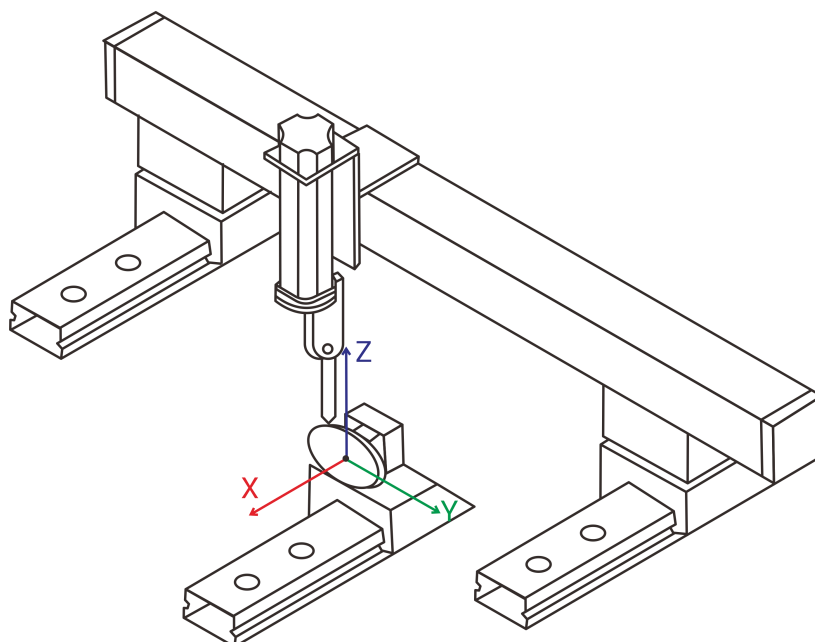
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

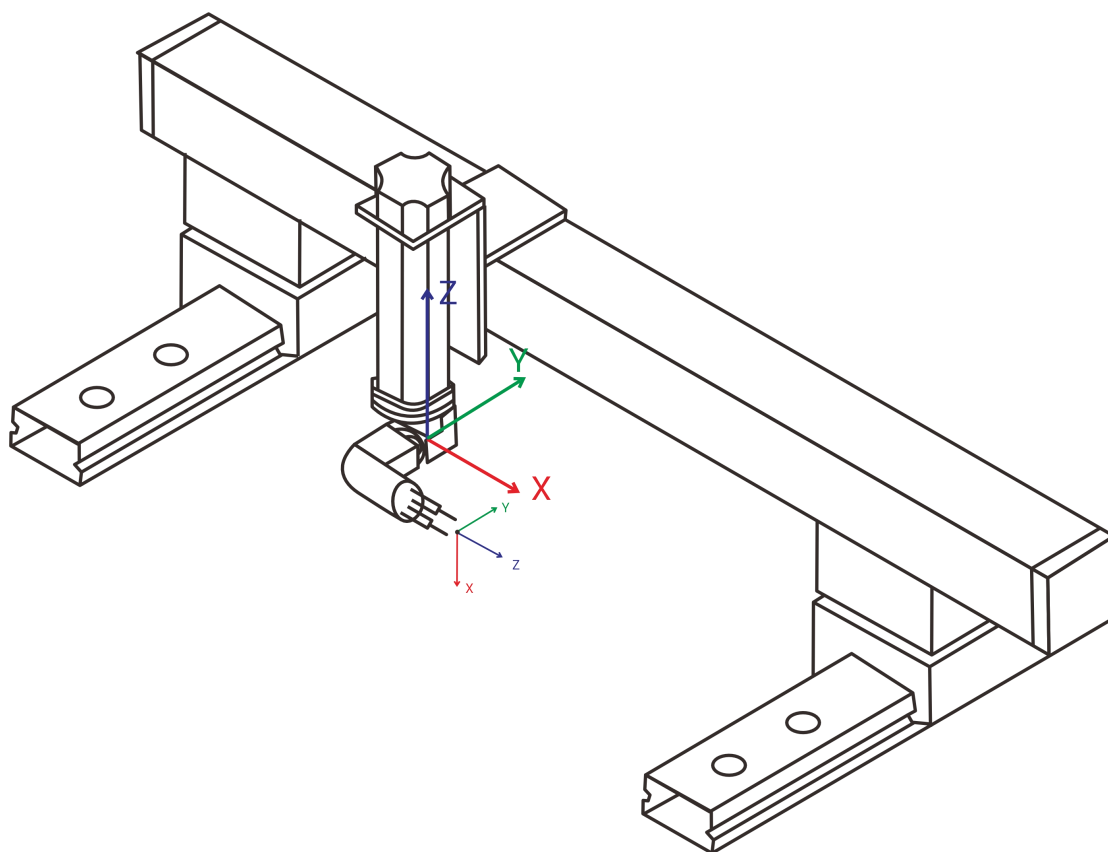


注意：模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，CERTERY 和 CENTERZ 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.1.3 FRAME128

6.1.3.1 机械结构

设计图纸



6.1.3.2 运动学模型

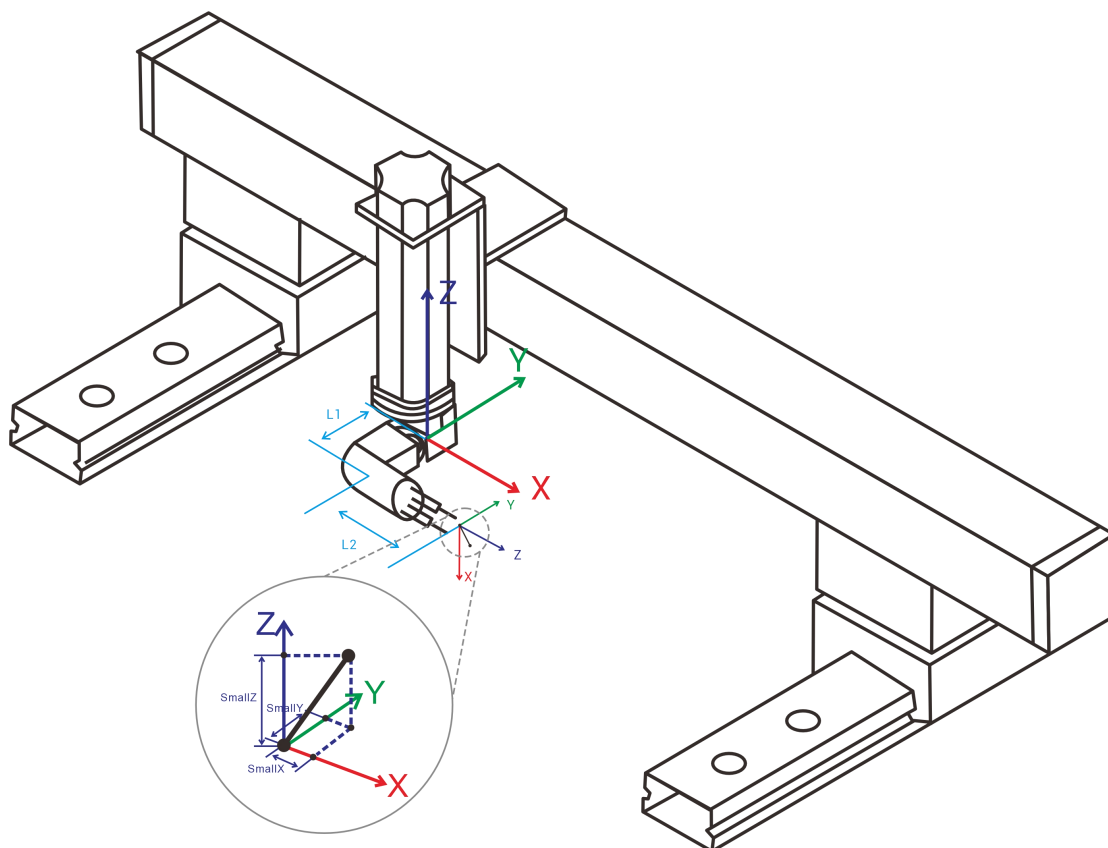
关节和自由度

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)

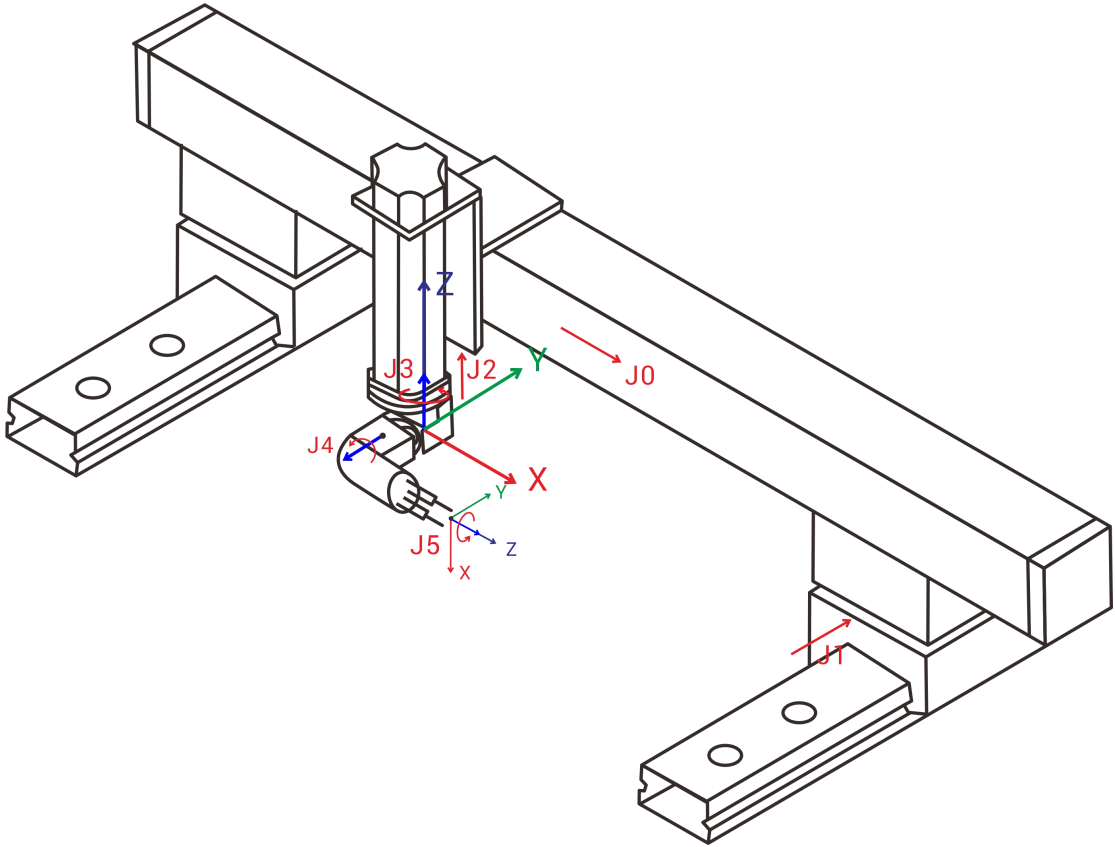
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
L1	关节轴 3 旋转中心线到关节轴 5 旋转中心线的距离
L2	关节轴 5 长度
ZDis	关节轴 3 旋转一圈 Z 上升的距离
SmallX	零点时，末端工作点到关节轴 5 在坐标系下的 X 方向的偏移
SmallY	零点时，末端工作点到关节轴 5 在坐标系下的 Y 方向的偏移
SmallZ	零点时，末端工作点到关节轴 5 在坐标系下在 Z 方向的偏移
InitRx	初始的姿态，弧度单位，末端指向的方向，为末端工具坐标系的 Z 方向，0,0,0,指向 Z 方向

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

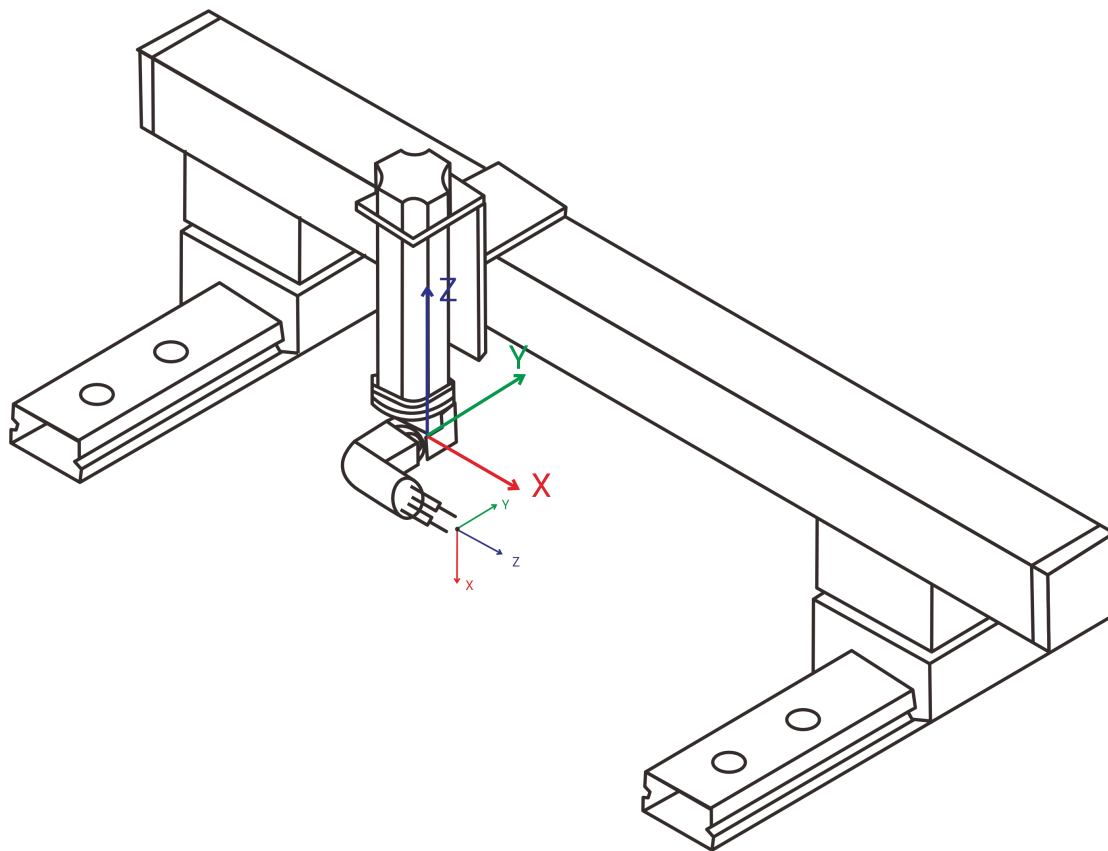
模型方向



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

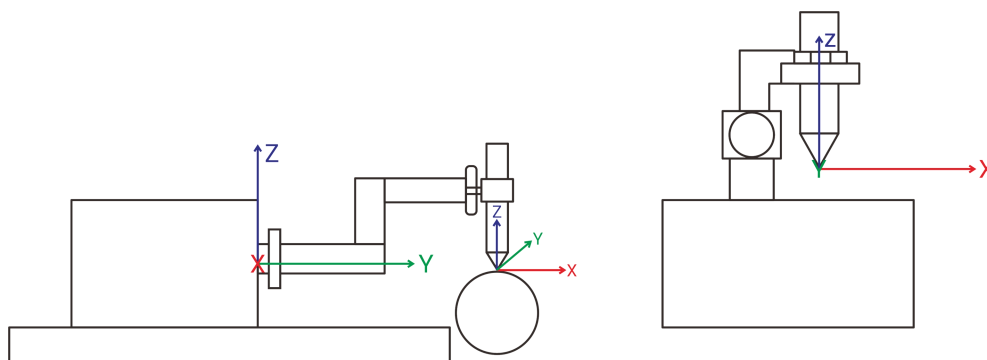


注意：模组位置任意、L1 臂和 L2 臂水平、SmallZ 和 X 轴平行为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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

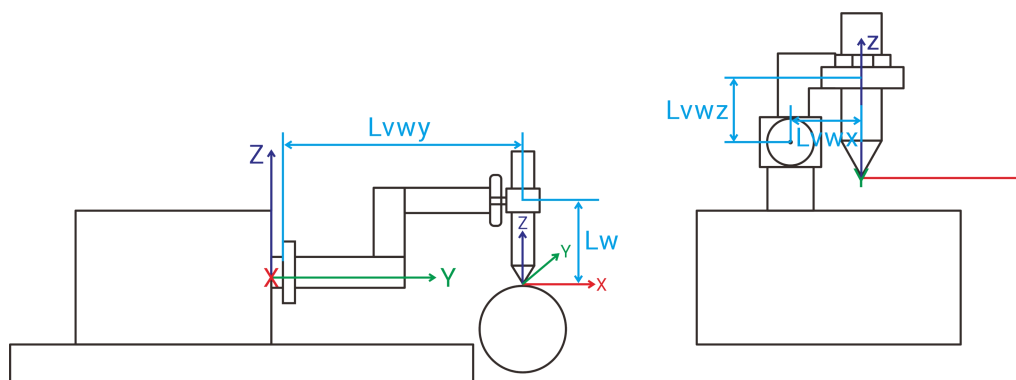
关节和自由度

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)

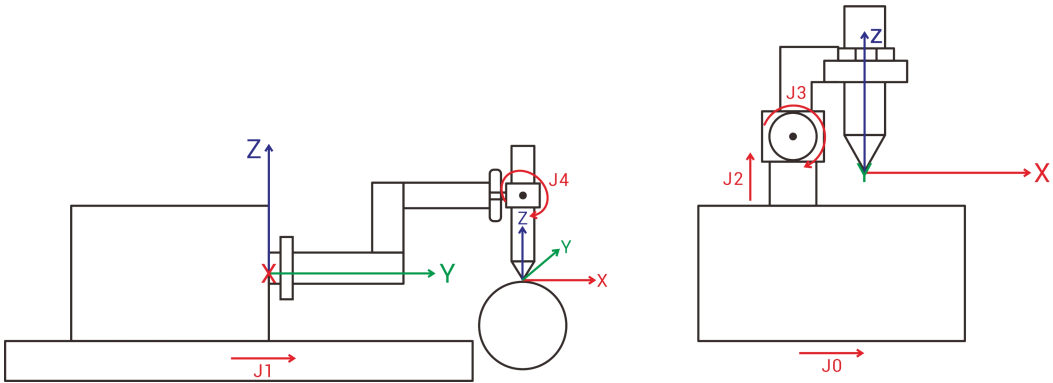
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
Lw	摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样
PulesVOneCircle	末端旋转轴旋转一圈的脉冲数
PulesWOneCircle	末端摆动轴旋转一圈的脉冲数
Lvwxy	零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移
Lvwz	零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移

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

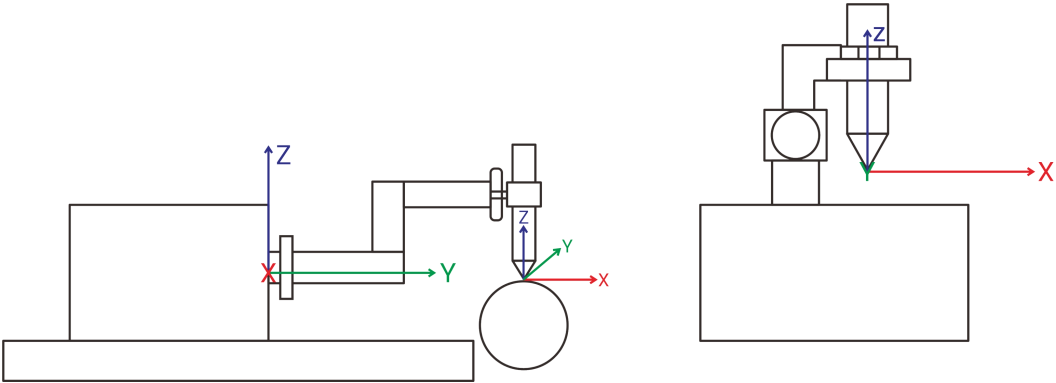
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		PulesWOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

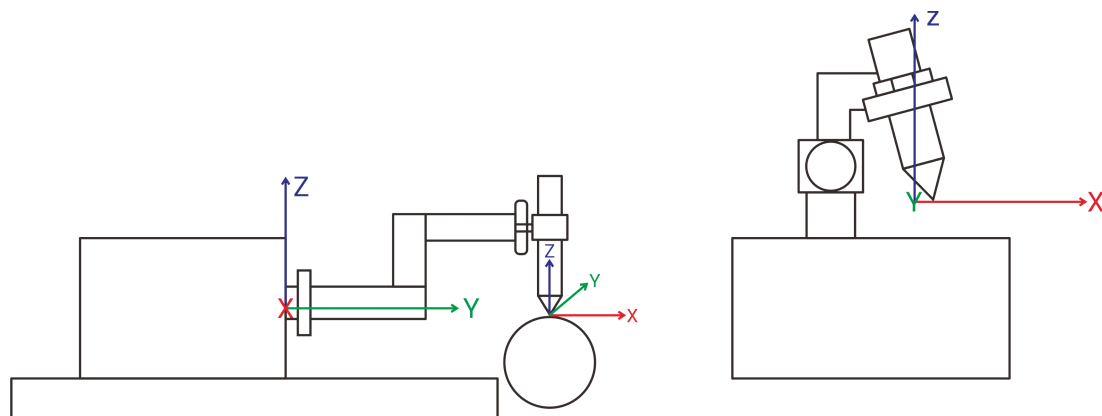


注意：模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx、Lvwy、Lv wz 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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。

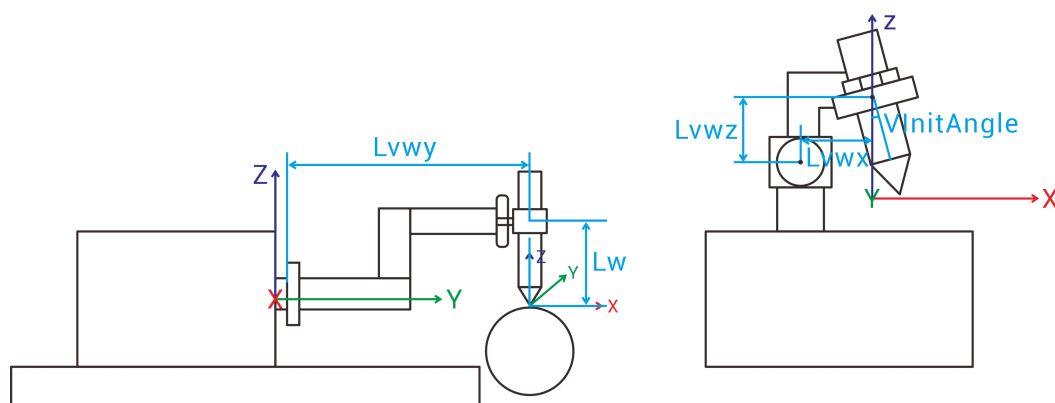
6.1.5.2 运动学模型

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



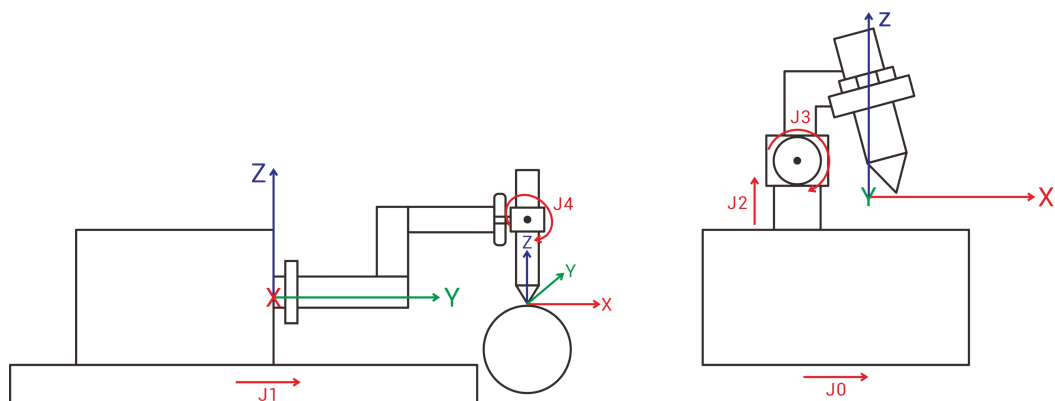
结构参数: TABLE(Tablenum,Lw,PulesVOneCircle,PulesWOneCircle,LvwX,LvwY,LvwZ,Vdir,Wdir,VInitAngle)

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
LvwX	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

轴参数

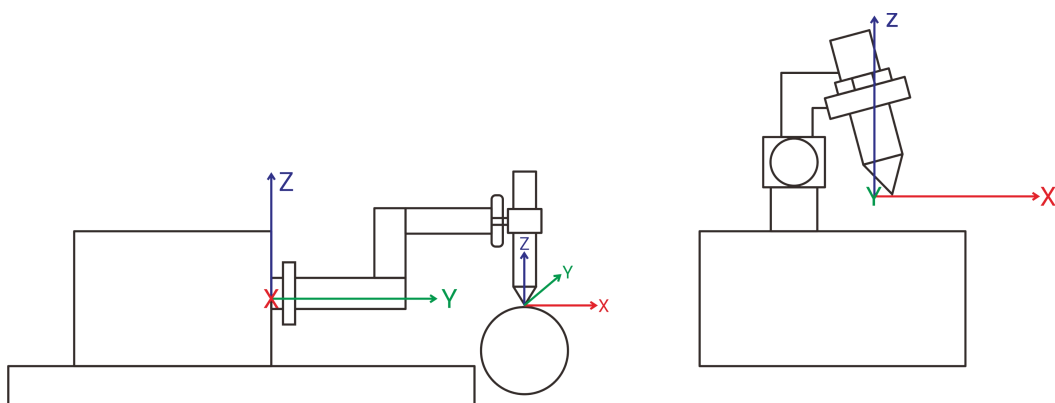
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		PulesWOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

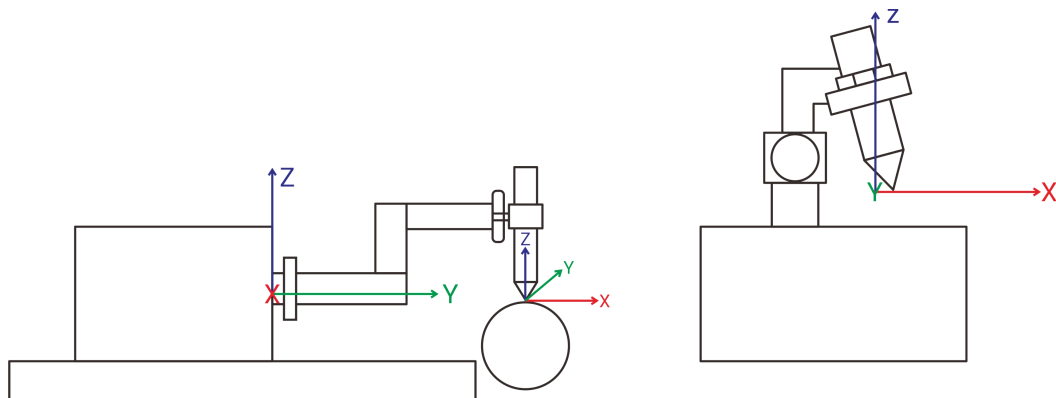


注意：模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时， L_{vwx} 、 L_{vwy} 、 L_{vwz} 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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。

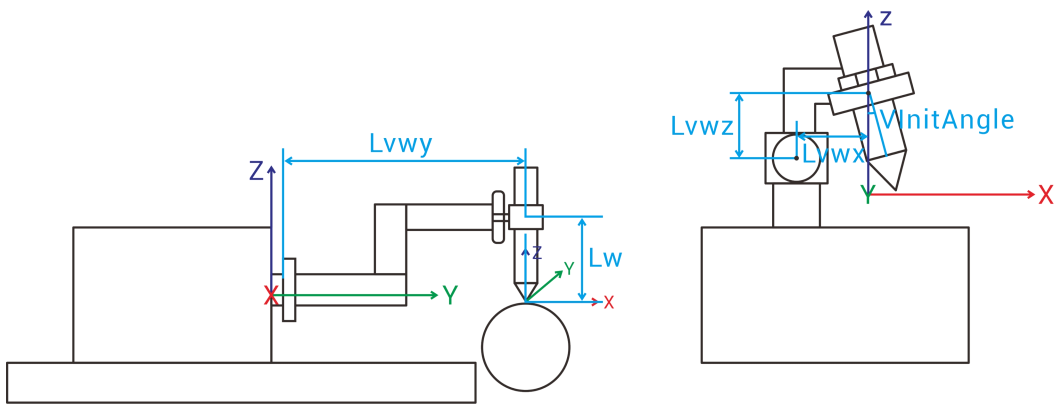
6.1.6.2 运动学模型

关节和自由度

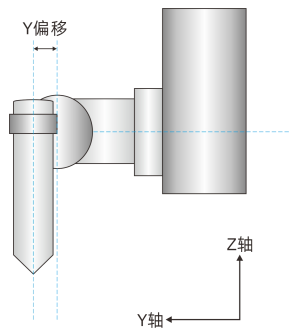
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	移动轴 mm
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	移动轴 mm
关节轴 3	J3(Axis_d)	无	旋转轴° 度
关节轴 4	J4(Axis_e)	无	旋转轴° 度

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,Lvwx,Lvwy,Vdir,Wdir,VInitAngle,WdiffY)

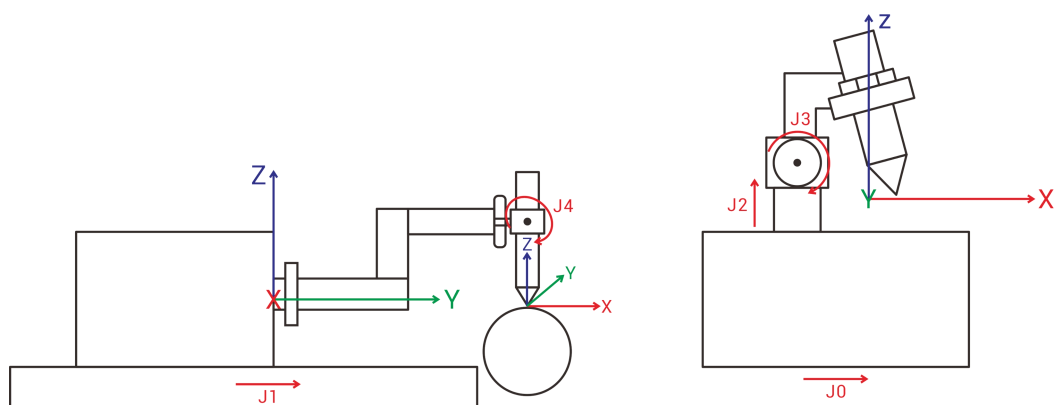
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
Lw	摆动轴长度 负数表示末端和 Z 正向方向一样
PulesVOneCircle	末端旋转轴旋转一圈的脉冲数
PulesWOneCircle	末端摆动轴旋转一圈的脉冲数
Lvwz	零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Z 偏移
Lvwx	零点时手腕中心与 V 旋转中心的 X 偏移
Lvwy	零点时手腕中心与 V 旋转中心的 Y 偏移
Vdir	V 旋转方向, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向
Wdir	W 旋转方式, <0, -1 表示负向, >=0 表示正向
VInitAngle	末端的方向偏移角度, 摆动旋转轴与摆动焊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

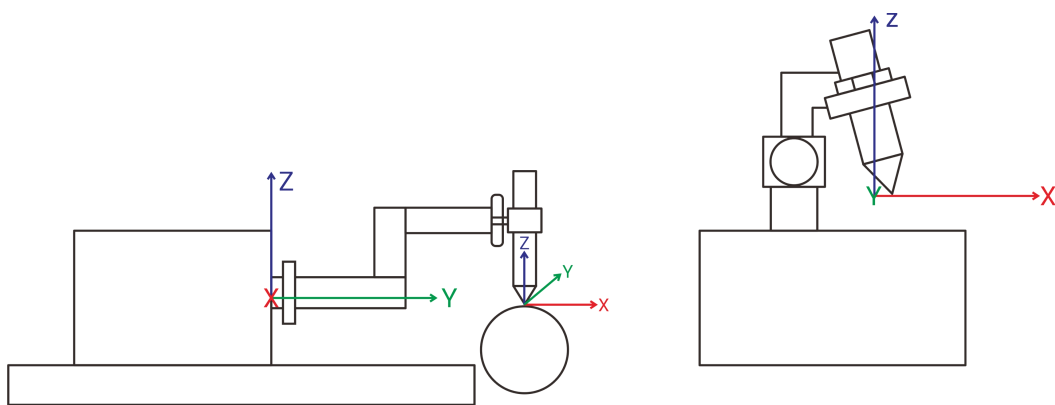
Axis_c	0	每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		PulesWOneCircle/360
Viraxis_x		1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

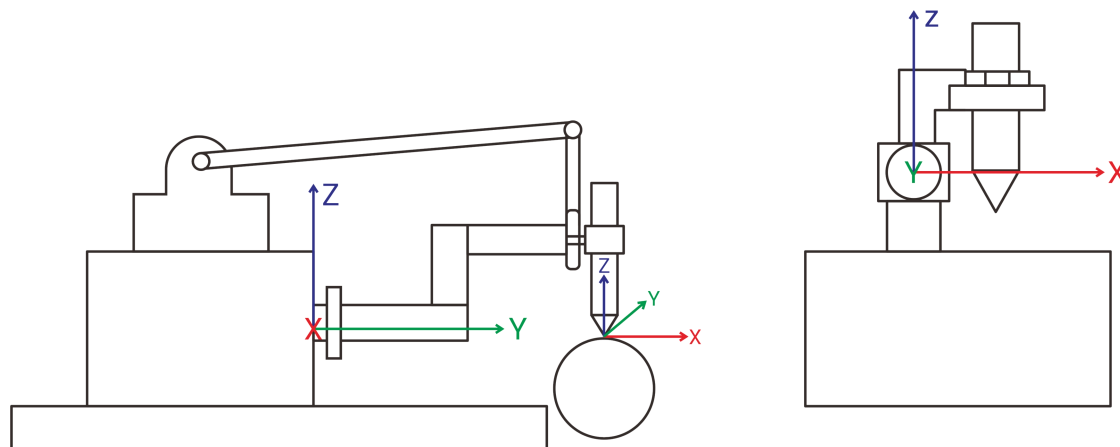


注意：模组位置任意，摆动轴垂直向下时为零点，零点确定时，Lvwx、Lvwy、Lv wz 参数也就确定了。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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。

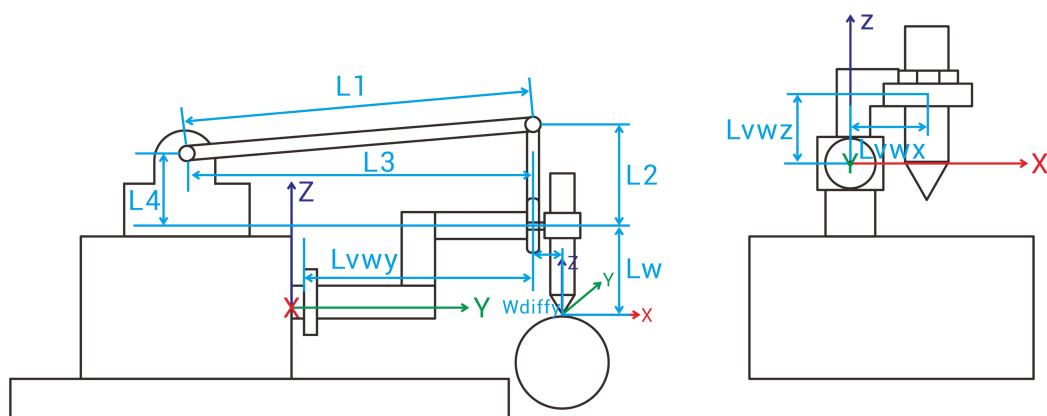
6.1.7.2 运动学模型

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



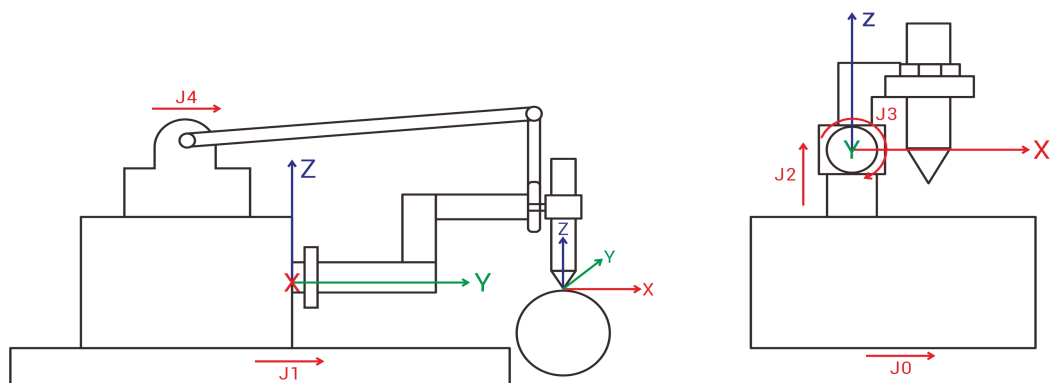
结构参数: TABLE(Tablenum,Lw,L1,L2,L3,L4,LvwX,LvwY,Lvwz,Vdir,Wdir,WdiffY)

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
LvwX	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
WdiffY	焊枪和摆动旋转中心 Y 方向的偏移

轴参数

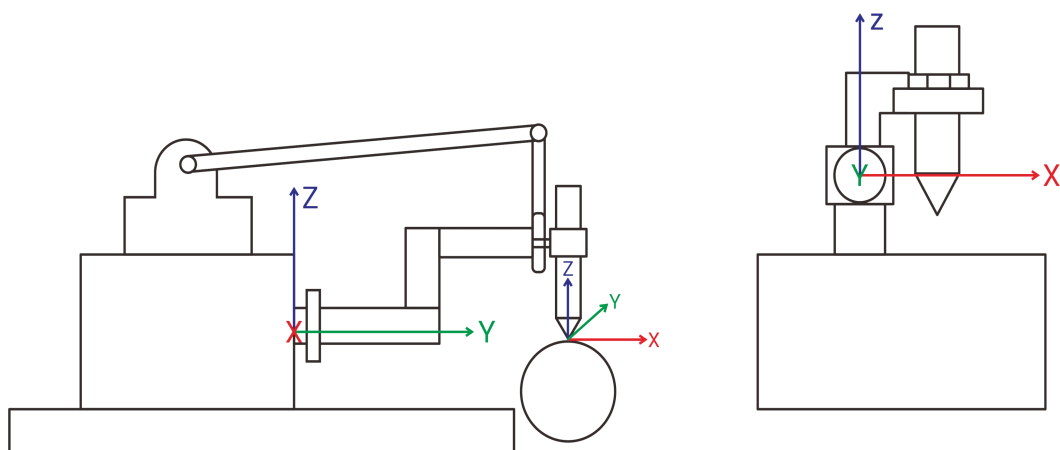
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		每 mm 脉冲数
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		1000

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，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。

6.2 二到五轴的 Delta Robot

Delta Robot：德尔塔机器人。

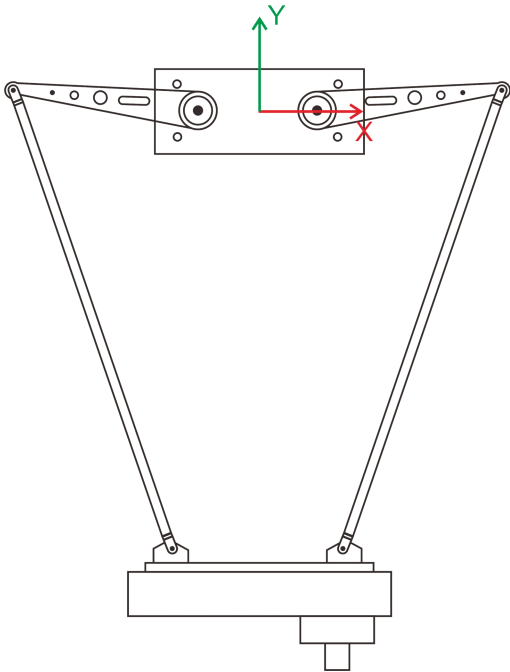
特点：作为最快速的平面取放手臂，一般由三个平行的臂构成。这种独特的机械结构使其能够快速进行水平移动，具有极高的加速度和速度，能够在短时间内完成物料的抓取和放置动作。

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



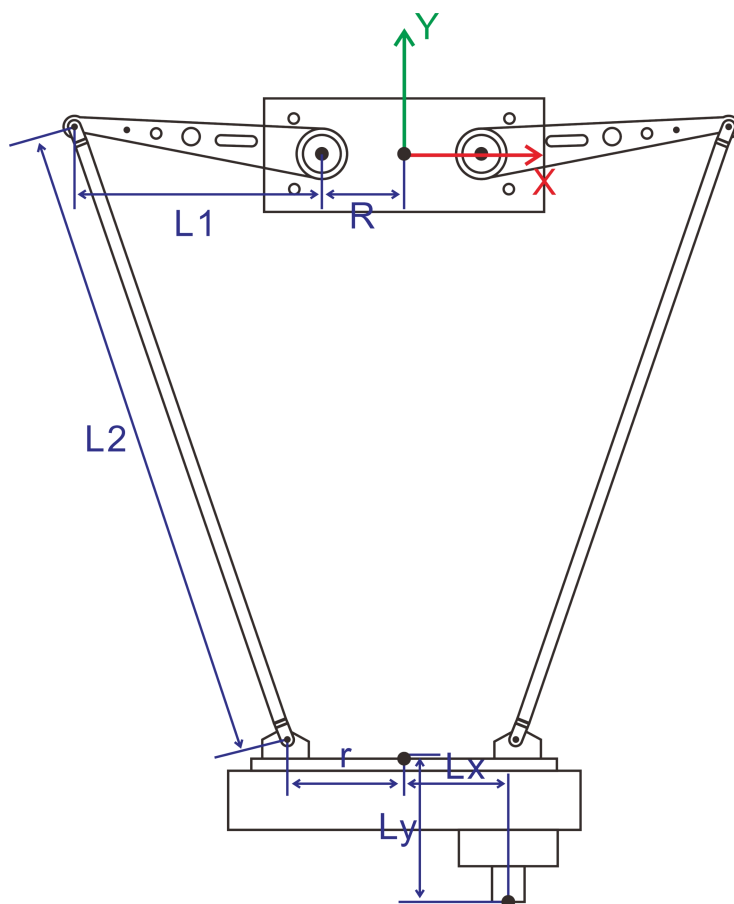
6.2.1.2 运动学模型

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



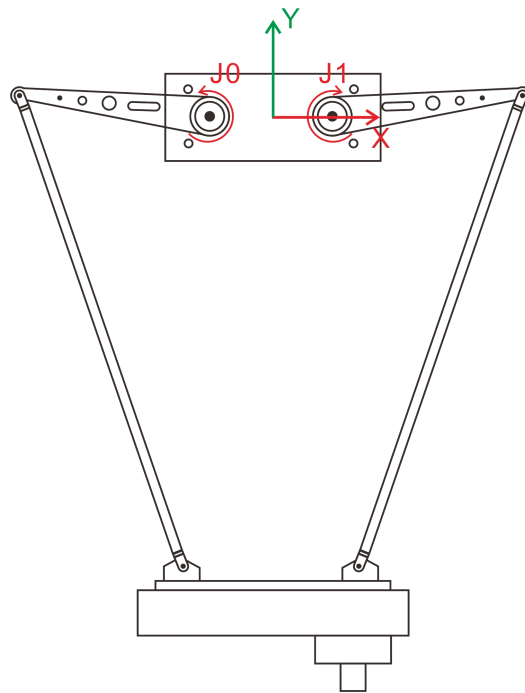
结构参数: TABLE(Tablenum,R,r,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Lx,Ly)

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

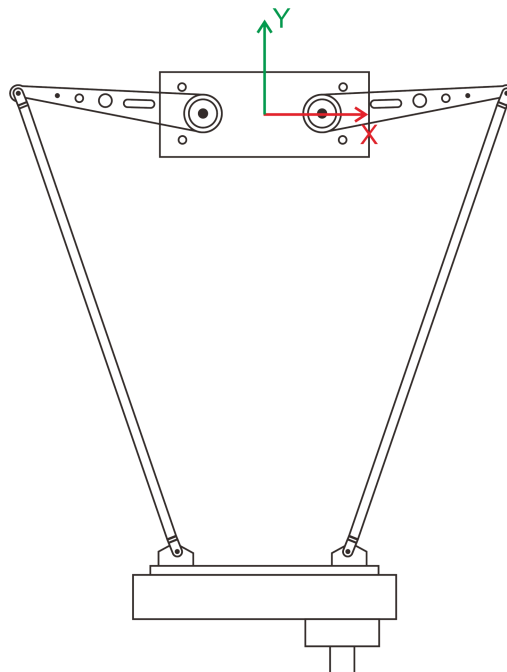
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000

模型方向



注意：两关节向下旋转为正。

模型零点

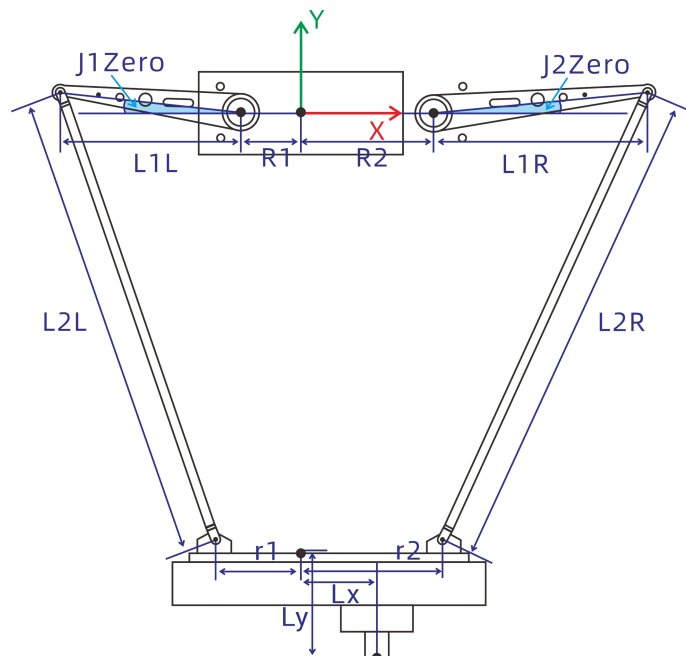


注意：二关节轴连杆 L1 水平时（或者 2 个 L1 在同一个水平线）为零点，向下转为正。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.2.2 FRAME145

6.2.2.1 机械结构

设计图纸



FRAME145 用于 2 轴平面并联 Delta 的非对称结构。它和 FRAME102 的主要区别是左右结构参数可以分别设置。

- 上平台左、右电机交点到坐标中心的距离分别为 $R1$ 、 $R2$ 。
- 下平台左、右铰点到末端 TCP 的距离分别为 $r1$ 、 $r2$ 。
- 左右上杆、下杆长度分别独立设置。
- 一圈脉冲数不再由 TABLE 输入，改为读取对应关节轴 UNITS。

描述	位置
上平台坐标中心	$(0, 0)$
左电机交点位置	$(-R1, 0)$
右电机交点位置	$(R2, 0)$
末端 TCP	用户编程的 (X, Y)
左下平台交点位置	$(X - r1, Y)$
右下平台交点位置	$(X + r2, Y)$

$r1$ 和 $r2$ 的含义类似一根杆在任意位置折断：折点就是末端 TCP，折点左边长度是 $r1$ ，右边长度是 $r2$ 。因此 $r1 \neq r2$ 时，TCP 不是下平台左右铰点的中点。

Lx 、 Ly 是末端 TCP 坐标偏移。FRAME145 内部计算时先扣除偏移，输出世界坐标时再加回偏移。

6.2.2.2 运动学模型

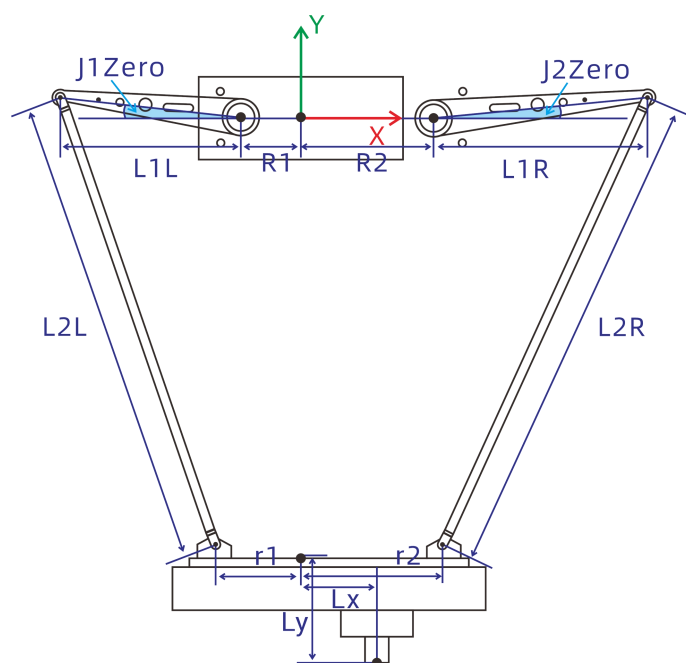
关节和自由度

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

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(145, Tablenum, Axis_a, Axis_b)

模型参数



结构参数: TABLE(Tablenum, R1, R2, r1, r2, L1L, L1R, L2L, L2R, Lx, Ly, J1Zero, J2Zero)

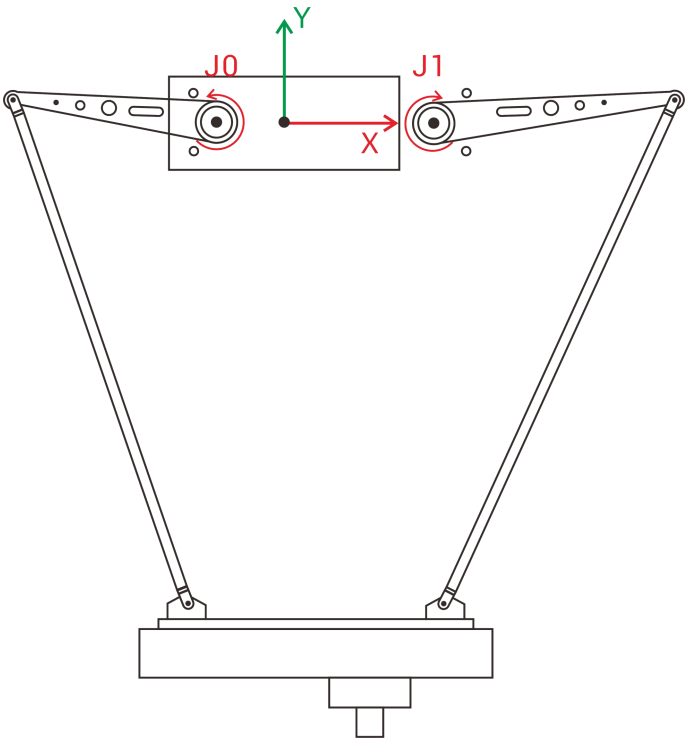
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
R1	上平台左电机交到坐标中心的距离
R2	上平台右电机交到坐标中心的距离
r1	TCP 到左下平台交点的距离, 方向为 X 负方向
r2	TCP 到右下平台交点的距离, 方向为 X 正方向
L1L	左侧上杆长度
L1R	右侧上杆长度
L2L	左侧下杆长度
L2R	右侧下杆长度

Lx	TCP 的 X 偏移
Ly	TCP 的 Y 偏移
J1Zero	左关节零点补偿角，单位 degree
J2Zero	右关节零点补偿角，单位 degree

轴参数

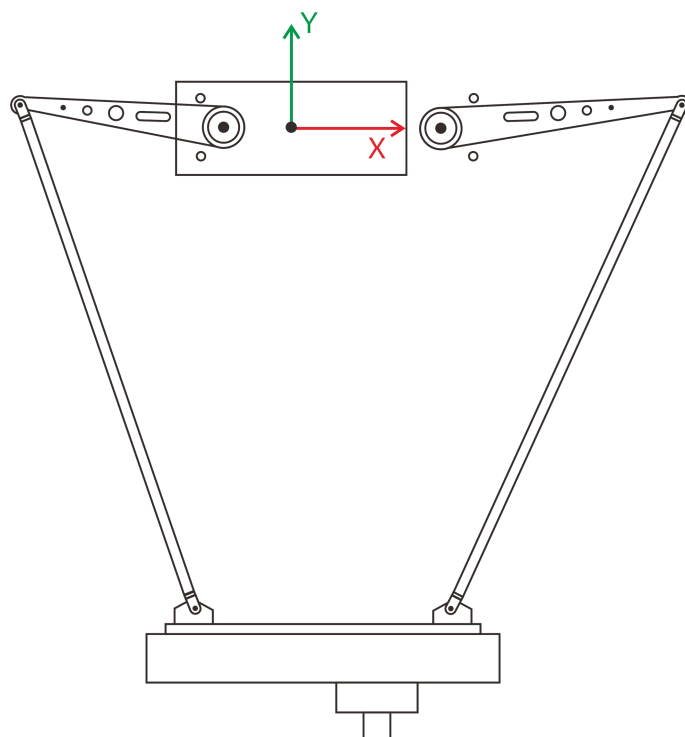
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000

模型方向



注意：两关节向下旋转为正。

模型零点



- 左关节几何角 $\theta_1 = 0$: 左上杆从左电机铰点水平指向 X 负方向
- 右关节几何角 $\theta_2 = 0$: 右上杆从右电机铰点水平指向 X 正方向

J1Zero、J2Zero 表示控制器关节坐标为 0 时，机构实际对应的几何角度。单位为度。

正解时：

$$\theta_1 = \text{jointPulse1} / \text{pulsePerRad1} + \text{J1Zero}$$

$$\theta_2 = \text{jointPulse2} / \text{pulsePerRad2} + \text{J2Zero}$$

逆解时：

$$\text{jointPulse1} = (\theta_1 - \text{J1Zero}) * \text{pulsePerRad1}$$

$$\text{jointPulse2} = (\theta_2 - \text{J2Zero}) * \text{pulsePerRad2}$$

其中：

$$\text{pulsePerRad} = \text{UNITS}(\text{axis}) * 360 / (2 * \pi)$$

对称退化

当满足以下参数时，FRAME145 退化为 FRAME102 的对称结构：

$$R1 = R2 = R$$

$$r1 = r2 = r$$

$$L1L = L1R = L1$$

$$L2L = L2R = L2$$

$$J1Zero = J2Zero = 0$$

这样可以用 FRAME102 的旧机械参数作为第一组对照测试。

使用示例

TABLE(tab, R1, R2, r1, r2, L1L, L1R, L2L, L2R, Lx, Ly, J1Zero, J2Zero)

CONNFRAME(145, tab, jointAxis0, jointAxis1) AXIS(virtX, virtY)

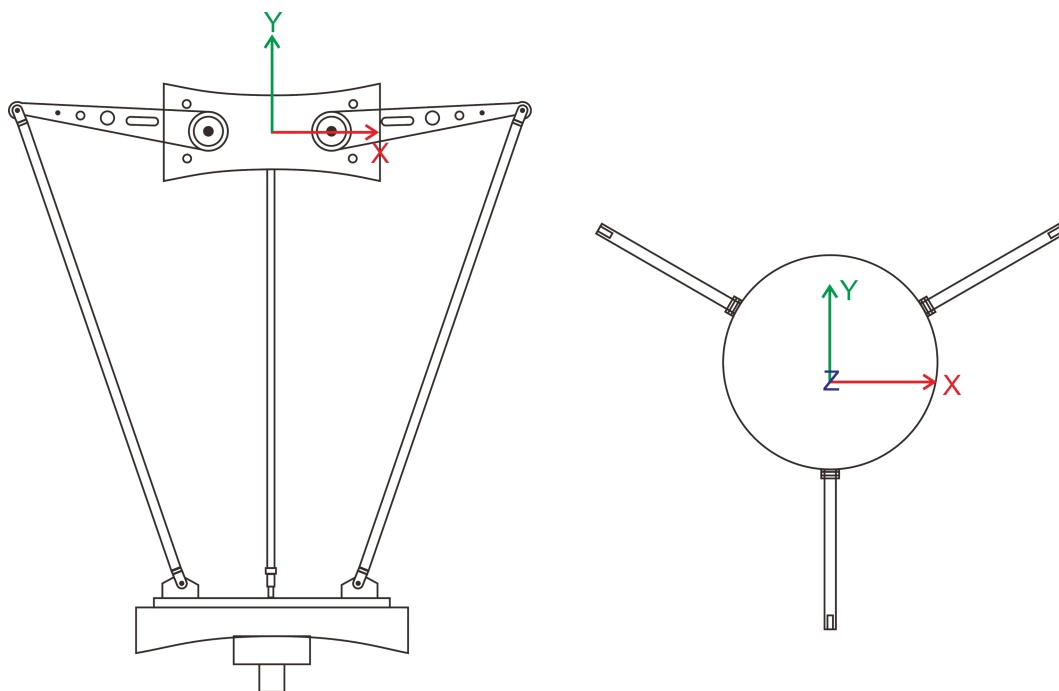
WAIT LOADED

实际项目中请按照控制器已有 CONNFRAME 表参数写法选择 TABLE 起始位置，并先确认关节轴 UNITS 已配置正确。

6.2.3 FRAME2-12-14

6.2.3.1 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。

6.2.3.2 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)			

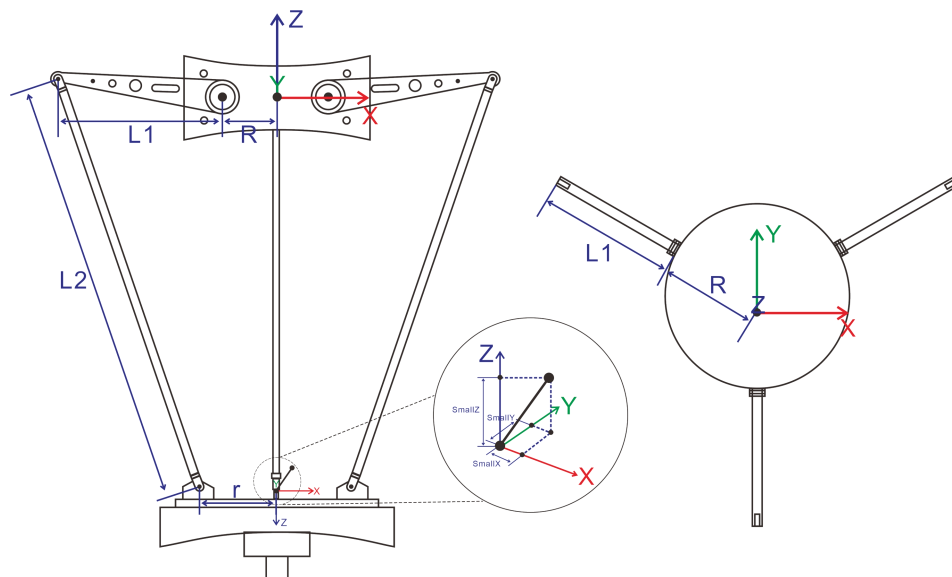
FRAME14

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])

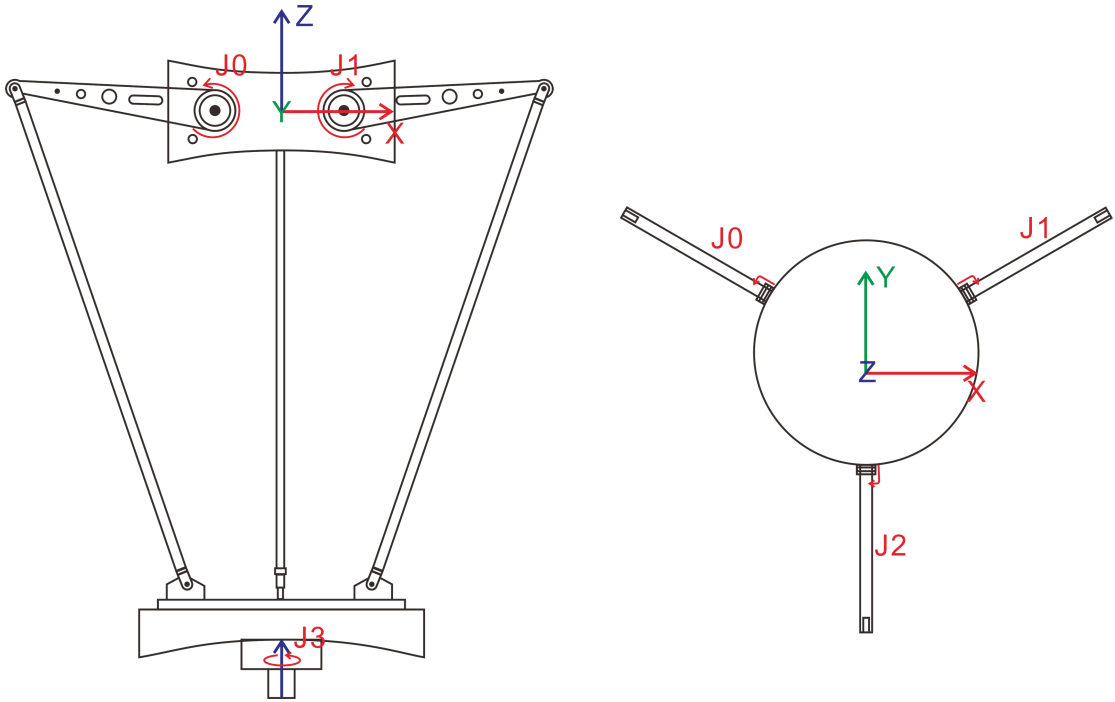
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
R	上间距半径
r	下间距半径
L1	上杆长度
L2	下杆长度
Pules1OneCircle	第一个关节轴旋转一圈的脉冲数
Pules2OneCircle	第二个关节轴旋转一圈的脉冲数
Pules3OneCircle	第三个关节轴旋转一圈的脉冲数
Smallx	末端与下面中心点的 X 偏移
Smally	末端与下面中心点的 Y 偏移
Smallz	末端与下面中心点的 Z 偏移
Pules4OneCircle	末端旋转轴旋转一圈的脉冲数

轴参数

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

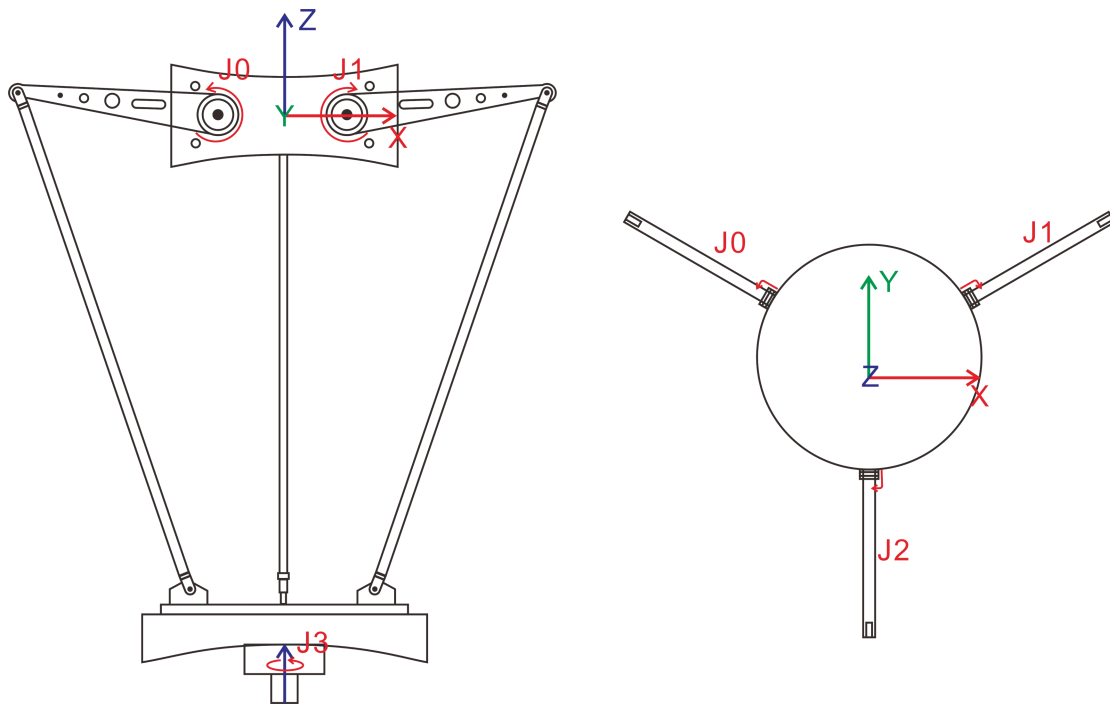
Axis_c	0	Pules3OneCircle/360
Axis_d		Pules4OneCircle/360
Viraxis_x		1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		Pules4OneCircle/360

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。
坐标系：此时轴 0 和轴 1 连线方向为直角坐标系 Y 方向，直角坐标系零点位于连杆 L1 水平面的中心。

模型零点

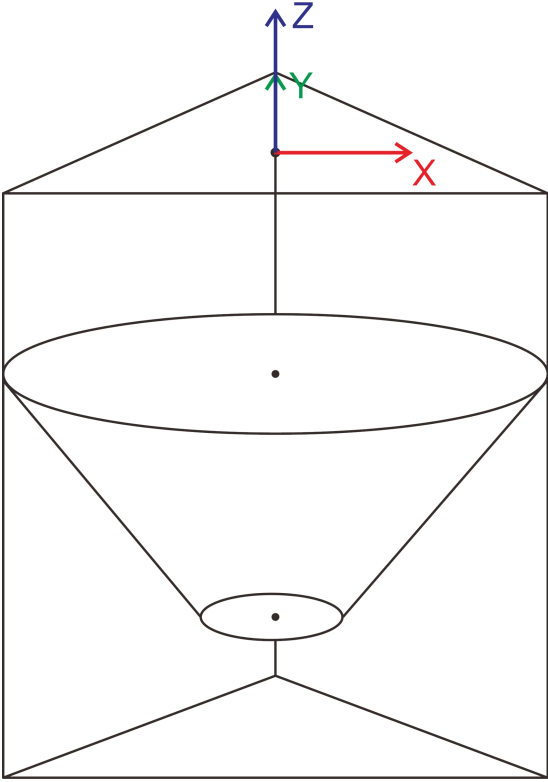


注意：三关节轴连杆 L1 水平时（或者 3 个 L1 在同一个平面）为零点，向下转为正。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.2.4 FRAME13

6.2.4.1 机械结构

设计图纸



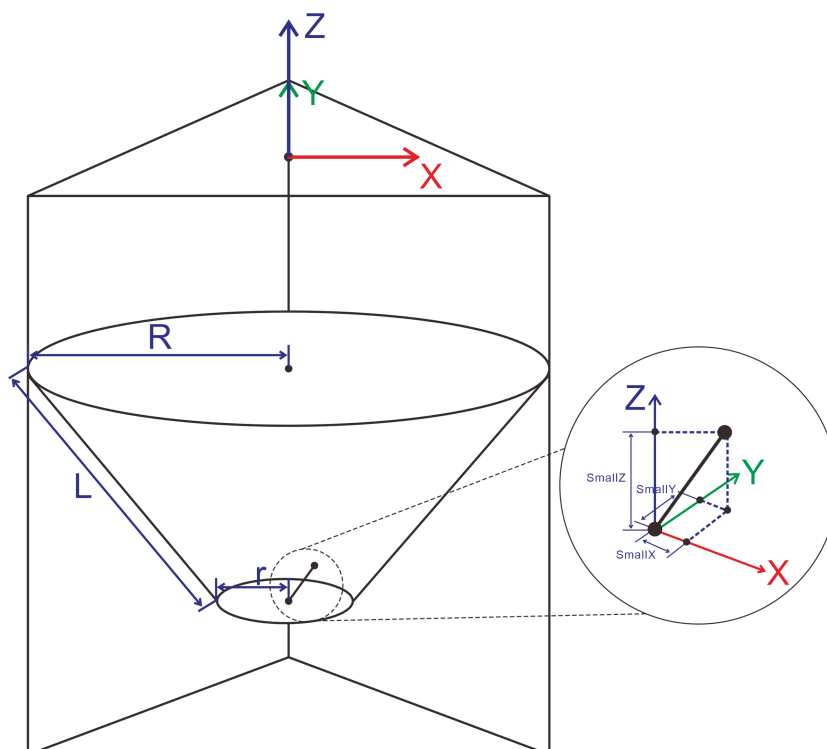
6.2.4.2 运动学模型

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)(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



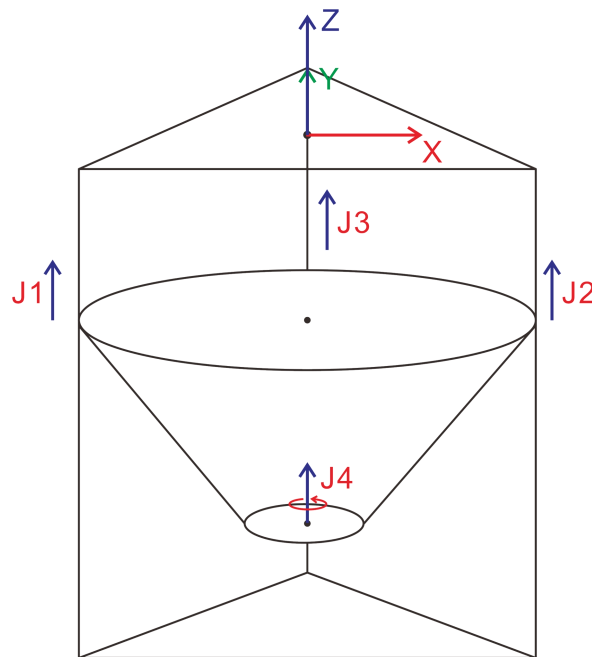
结构参数: TABLE(Tablenum,R,r,L,SmallX,SmallY,SmallZ,[PULSE4ONECIRCLE])

参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
R	顶部大圆半径
r	下间距半径
L	底部小圆半径
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

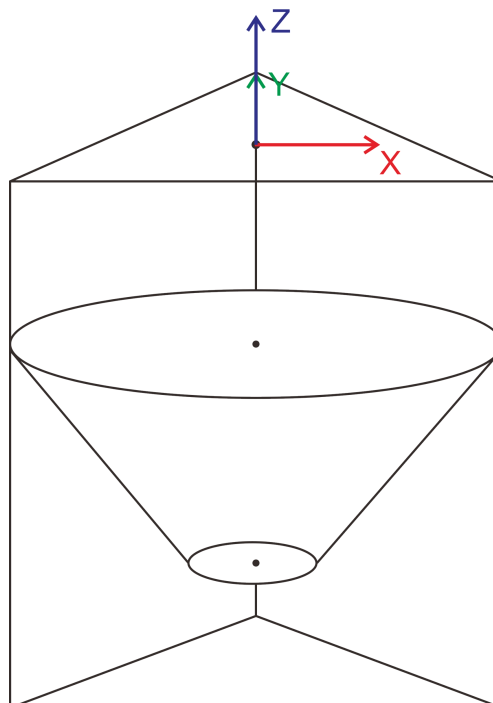
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		Pules4OneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		Pules4OneCircle/360

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。

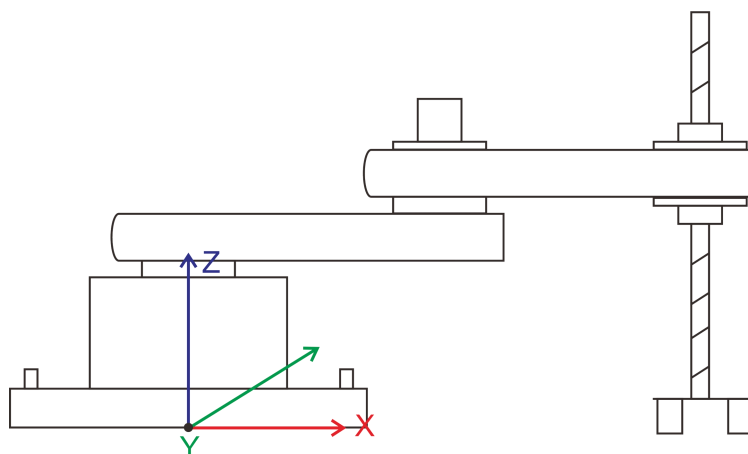
特点: 其手臂运动姿态最接近产线作业员的徒手组装姿态，在水平方向（X、Y 轴）具有较好的顺应性，而在垂直方向（Z 轴）具有较高的刚度。这种特性使得它在执行组装和取放操作时，能够更好地适应零件的装配要求，同时保证操作的精度。

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			

注：此模型虚拟轴参数同 FRAME1。

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			

注：此模型虚拟轴参数同 FRAME1。

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			

注：此模型虚拟轴参数同 FRAME1。

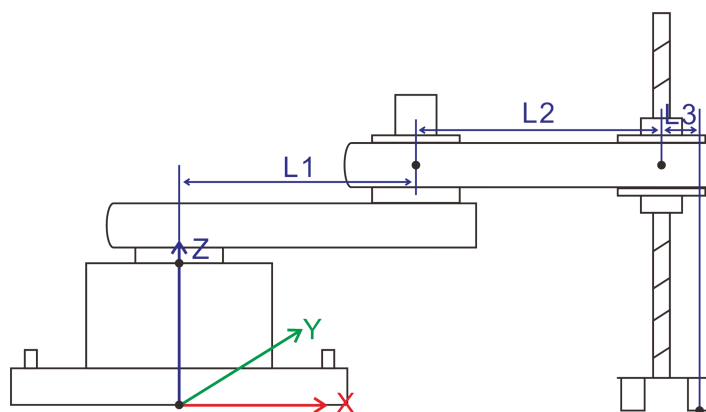
FRAME134

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（有耦合）

FRAME21

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

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
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（有耦合）
L2toLV	小关节转动一圈，旋转关节变动的圈数（有耦合）

FRAME106

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,L1toL2,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
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（有耦合）

FRAME107

结构参数: TABLE(Tablenum,L1,L2,L2toLV,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
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（有耦合）

FRAME134

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

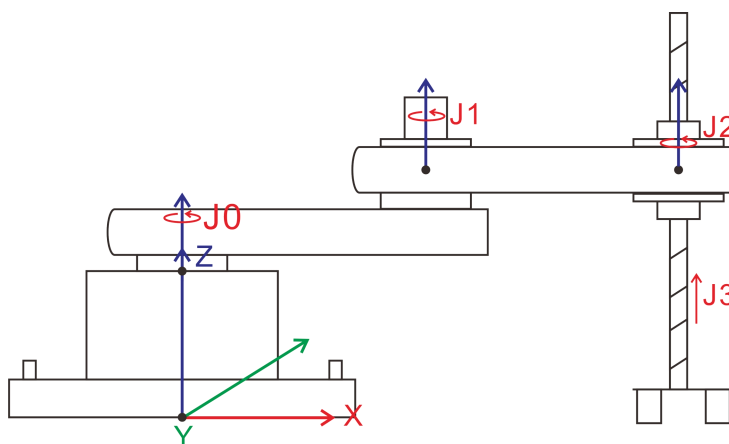
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 地址
L1	大关节轴旋转中心到小关节轴旋转中心的距离
L2	小关节轴旋转中心到相机中心的距离
Pules1OneCircle	大关节旋转一圈的脉冲数
Pules2OneCircle	小关节旋转一圈的脉冲数

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

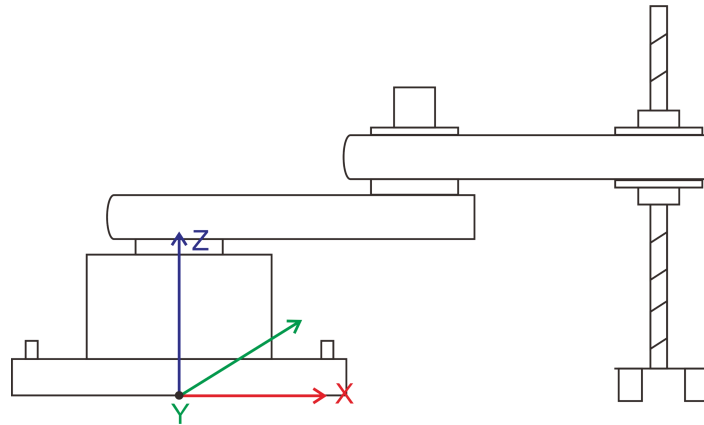
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Axis_c		Pules3OneCircle/360
Axis_d		每 mm 脉冲数
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_v		Pules3OneCircle/360
Viraxis_z		1000

模型方向



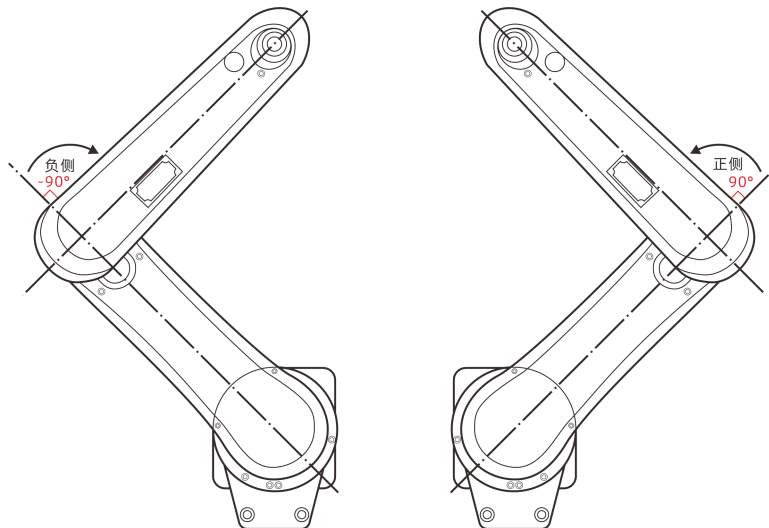
注意：三关节 J0、J1、J2 绕+Z 轴右手法则旋转为正；末端 J3 平移+Z 轴为正。

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

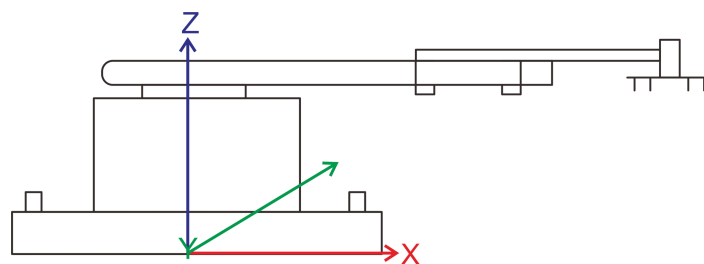


scara 姿态只有两种。

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

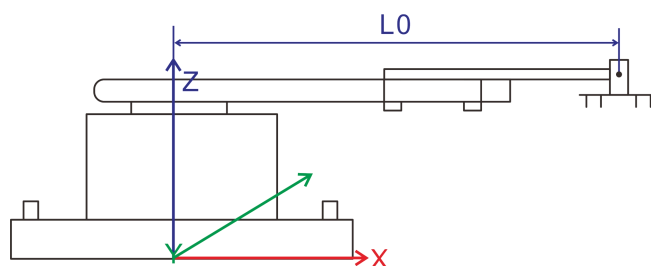
关节和自由度

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



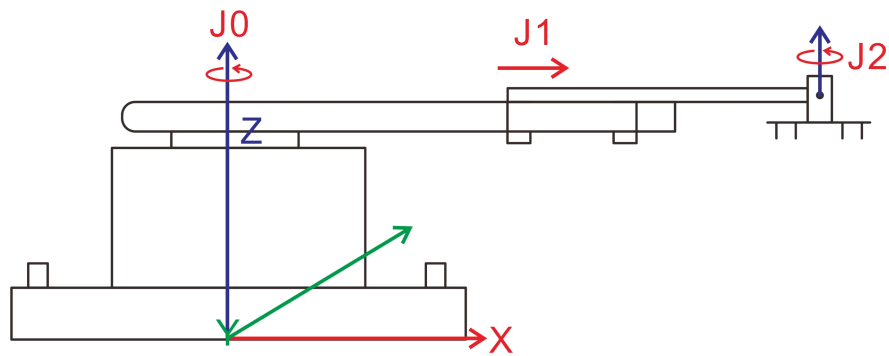
结构参数: TABLE(Tablenum, L0, Pules1OneCircle, Pules2OneUnit, [Pules3OneCircle])

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

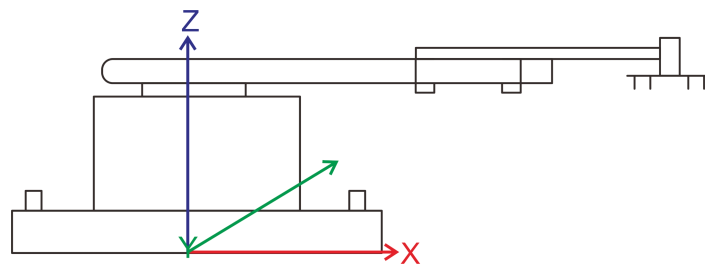
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneUnit
Axis_c		Pules3OneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_v		Pules3OneCircle/360

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

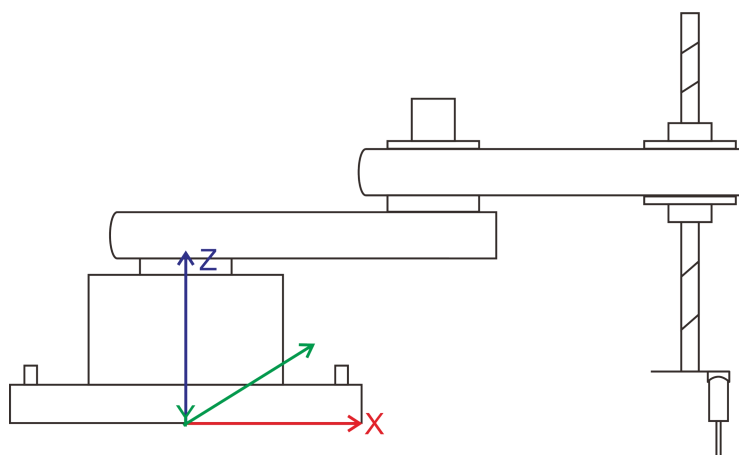


注意：任意位置可以作为零点。零点位置确定，坐标系也确定了。

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

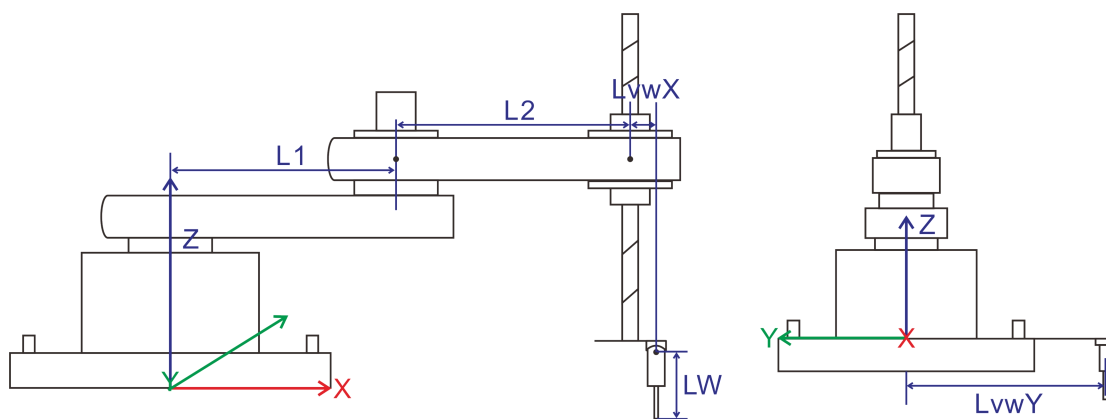
坐标系虚拟轴	定义简写	范围	物理特征
平移轴 X	Viraxis_x	无	mm
平移轴 Y	Viraxis_y	无	mm
平移轴 Z	Viraxis_z	无	mm
旋转轴 RZ	Viraxis_v	无	旋转轴° 度
摆动轴 RY	J4(Axis_e)	无	旋转轴° 度
BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_v, Axis_e)			
CONNREFRAME(101, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e)			

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

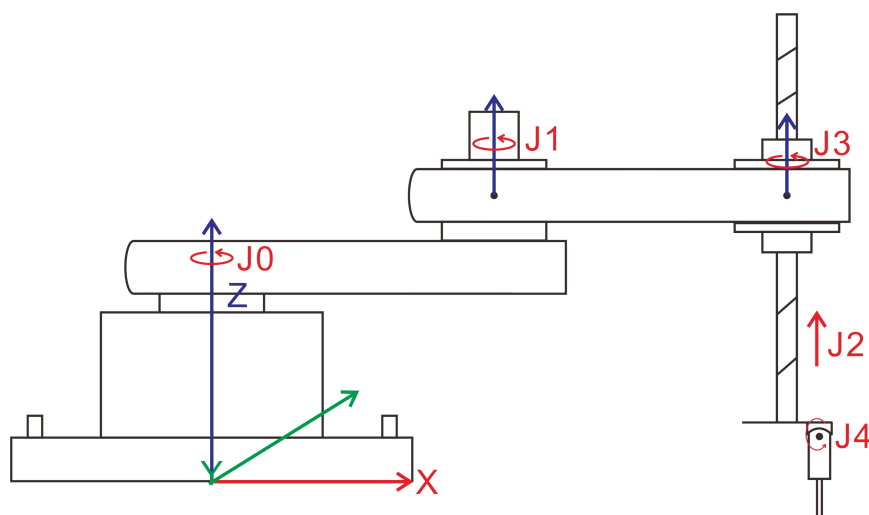
FRAME105

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

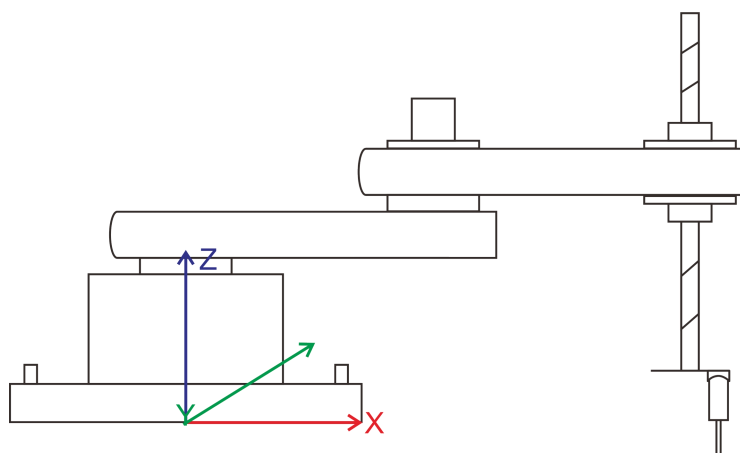
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesvOneCircle/360
Axis_e		PuleswOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_v		1000
Viraxis_z		PulesvOneCircle/360
Viraxis_w		PuleswOneCircle/360

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

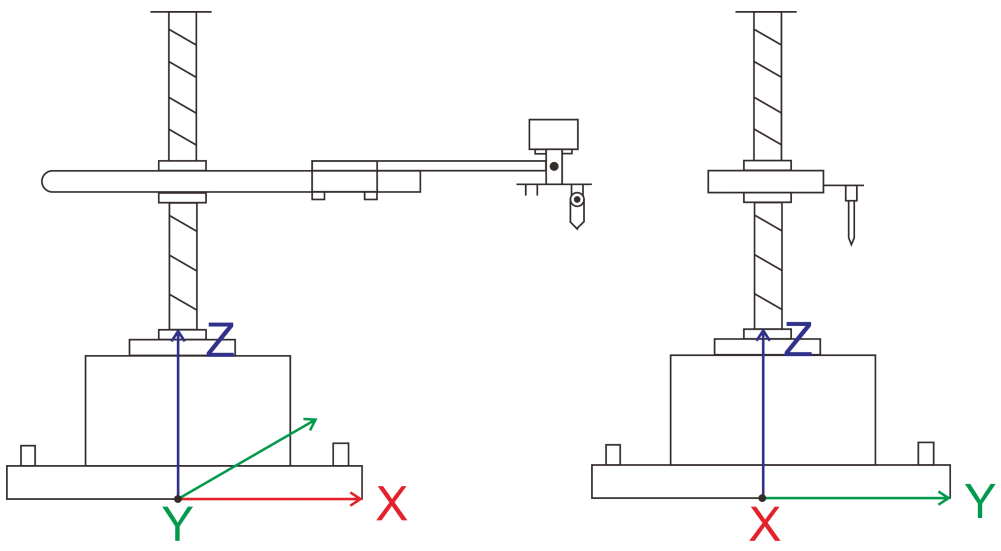


注意：大臂 L1 和小臂 L2 保持伸直为同一直线时为零点；摆动轴垂直向下时为零点。此时直角坐标系如图所示。

6.3.4FRAME137

6.3.4.1 机械结构

设计图纸



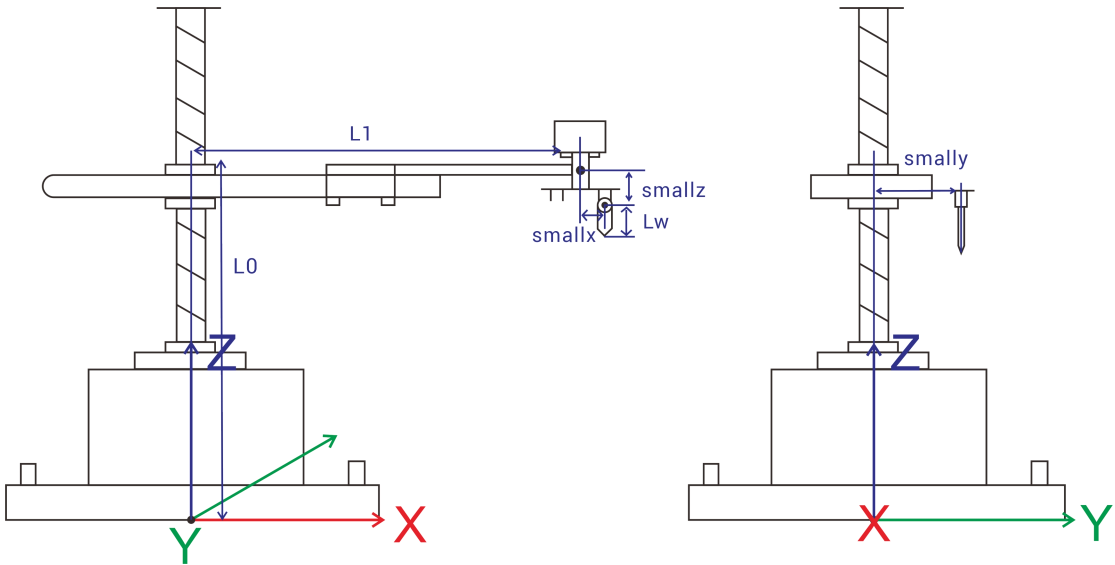
6.3.4.2 运动学模型

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



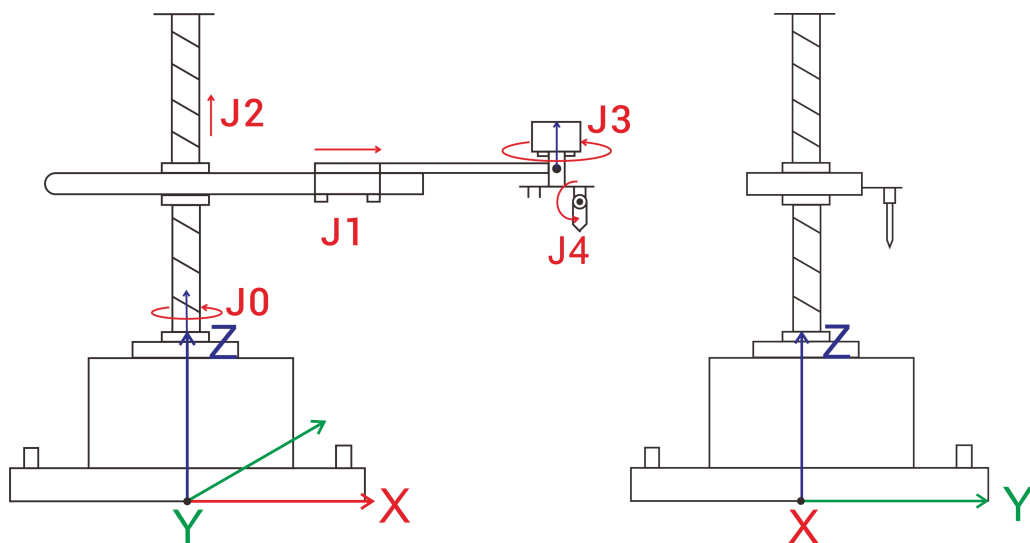
结构参数：TABLE(Tablenum,L0,L1,SMALLX,SMALLY,SMALLZ,LW)

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

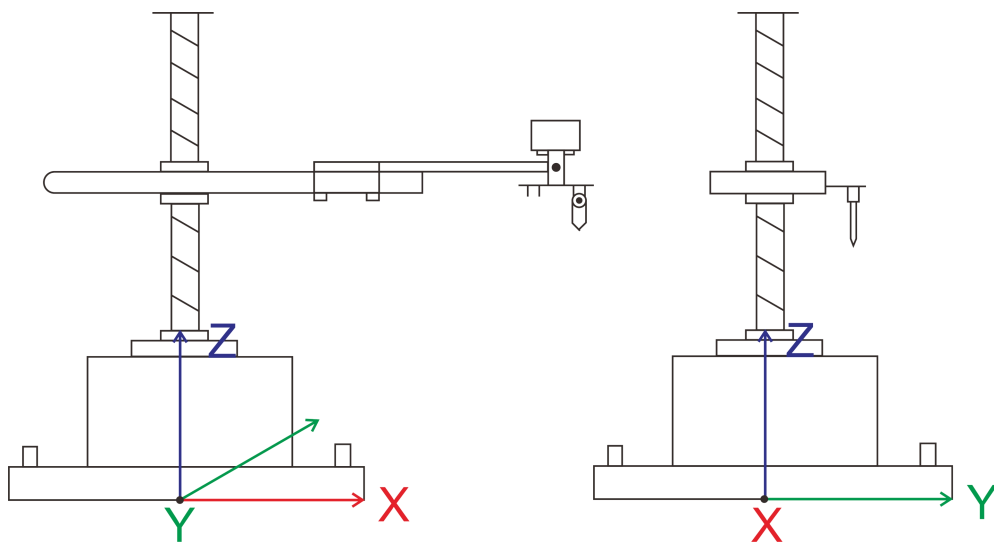
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	PulesLargeOneCircle/360
Axis_b		每 mm 脉冲数
Axis_c		每 mm 脉冲数
Axis_d		PulesVOneCircle/360
Axis_e		PulesWOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_v		PulesVOneCircle/360
Viraxis_w		PulesWOneCircle/360

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

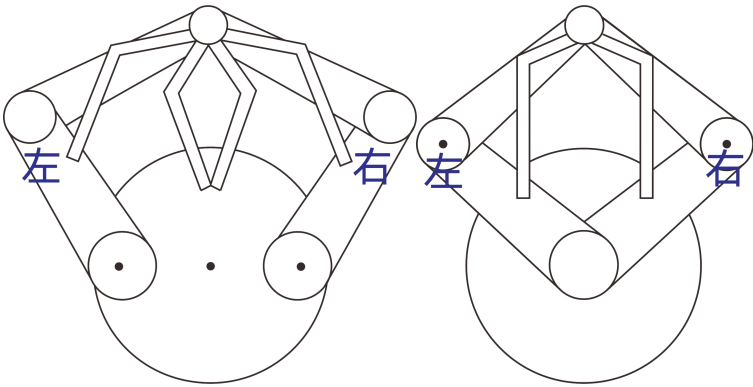


注意：摆动轴垂直向下时为零点，其他无要求。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.3.5FRAME138

6.3.5.1 机械结构

设计图纸

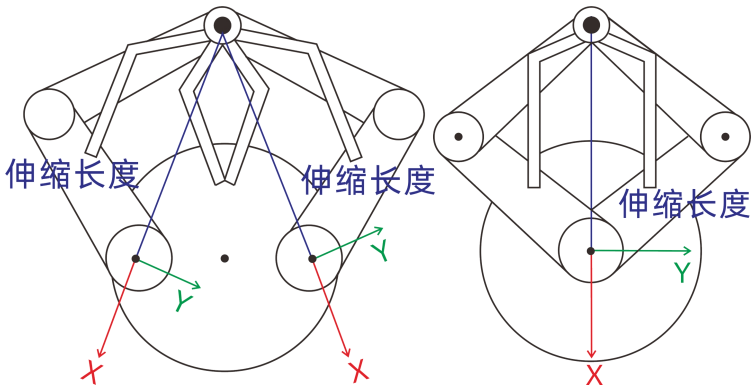


晶圆机械手。

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

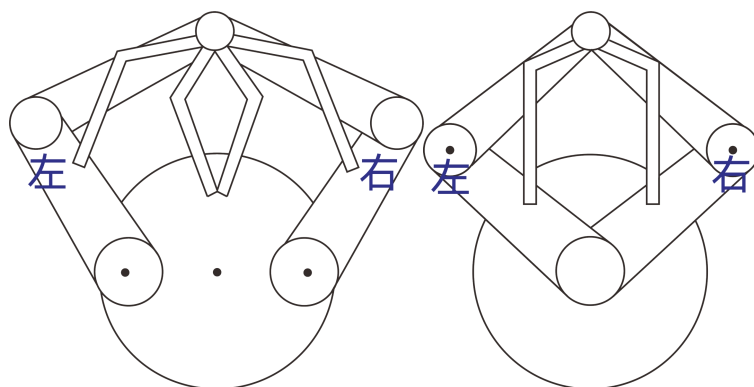
注意：该机械手分为左右两个机械手，当前虚拟轴 Viraxis_l, Viraxis_rz, Viraxis_z 表示是左手晶圆末端位置还是右手晶圆的末端位置，通过 FRAME_TCP 指令进行切换

（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



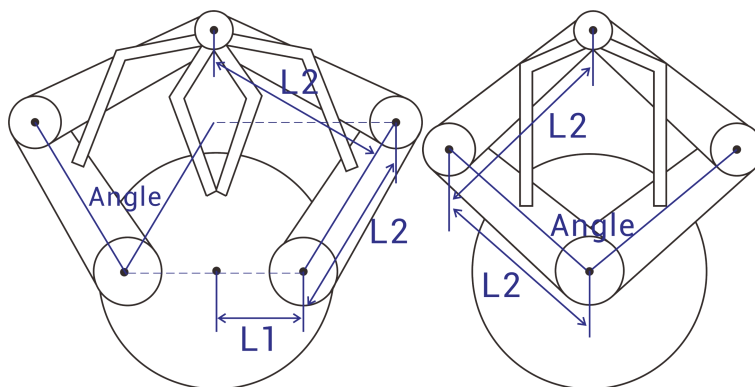
虚拟轴 Viraxis_l, Viraxis_rz, Viraxis_z 指定左手还是右手之后，后面对 Viraxis_l, Viraxis_rz, Viraxis_z 轴进行任何插补运动，就只操作对应的晶圆手臂。

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



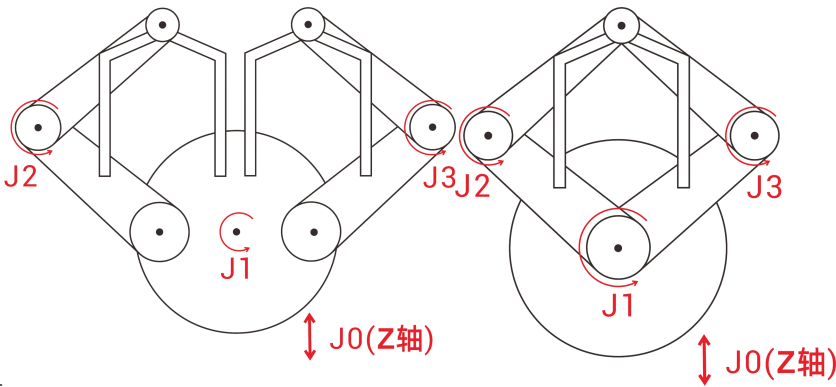
结构参数：TABLE(Tablenum,L1,L2,Angle)

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

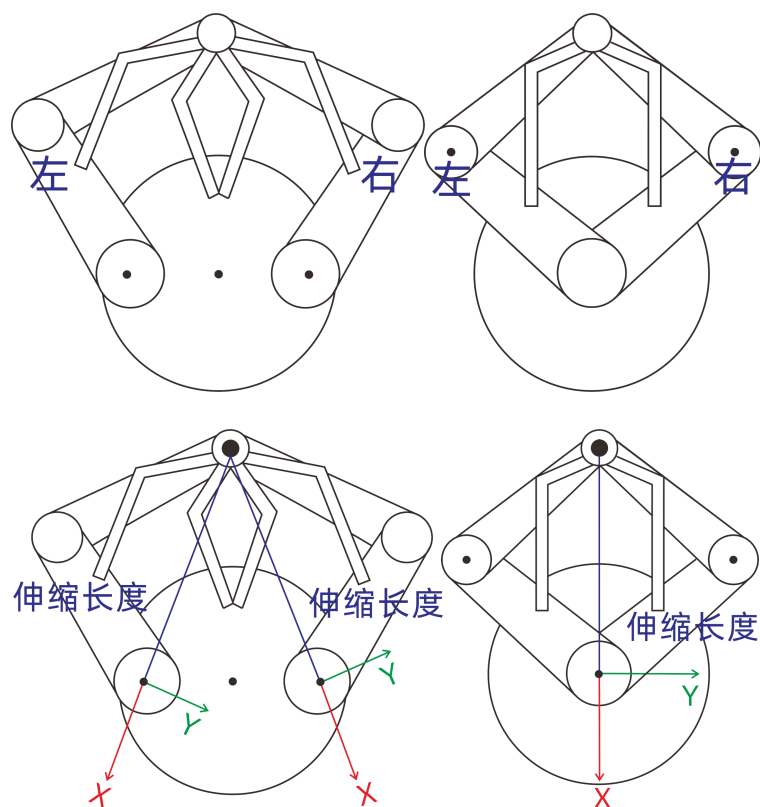
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		PulesOneCircle/360
Axis_c		PulesOneCircle/360
Axis_d		PulesOneCircle/360
Viraxis_l	0	1000
Viraxis_Rz		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_n		1000

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



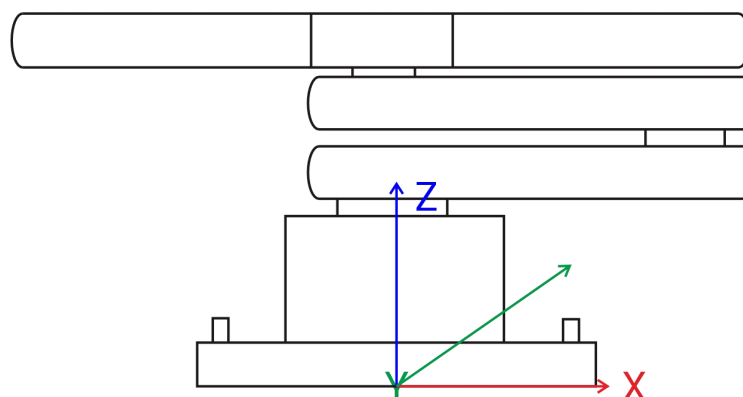
注意：双臂时，末端重合时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

(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

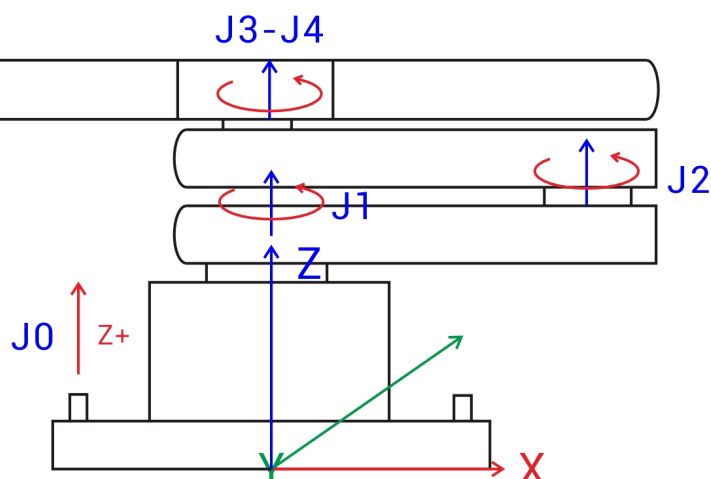
6.3.6.1 机械结构

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。

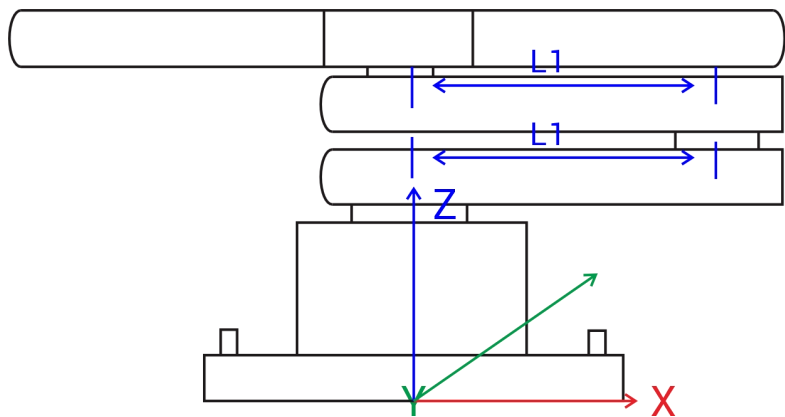
当存在两个旋转轴 J3 和 J4 时，需要通过以下方式指定一个（J3 或 J4）配合完成旋转轴 RZ 进行控制，同时导致另一个旋转轴（J3 或 J4）就是伴随轴：

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



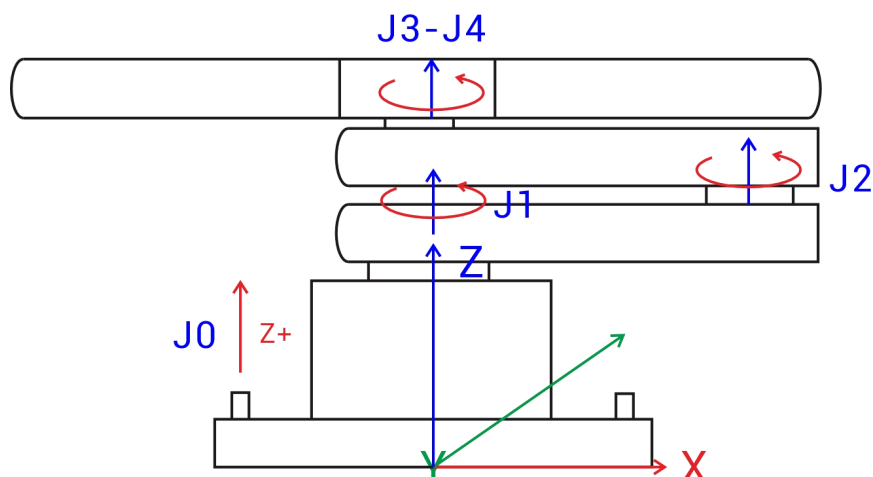
结构参数：TABLE(Tablenum,L1)

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

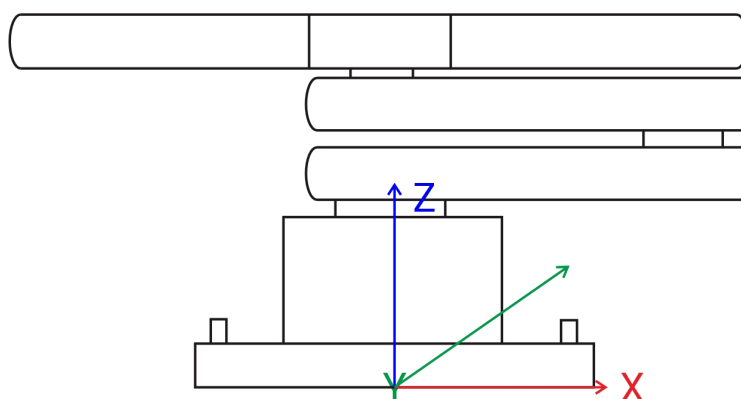
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	每 mm 脉冲数
Axis_b		PulesOneCircle/360
Axis_c		PulesOneCircle/360
Axis_d		PulesOneCircle/360
Axis_e		PulesOneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_vl		1000
Viraxis_vl		1000

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；

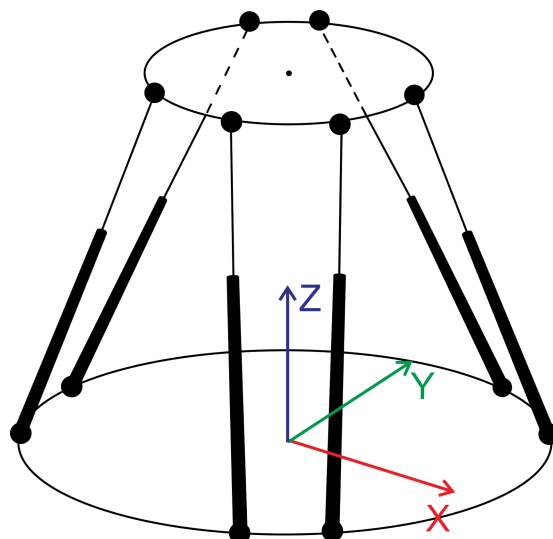
高动态特性：电机固定于机座，运动负荷小，响应快；

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

SPS 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

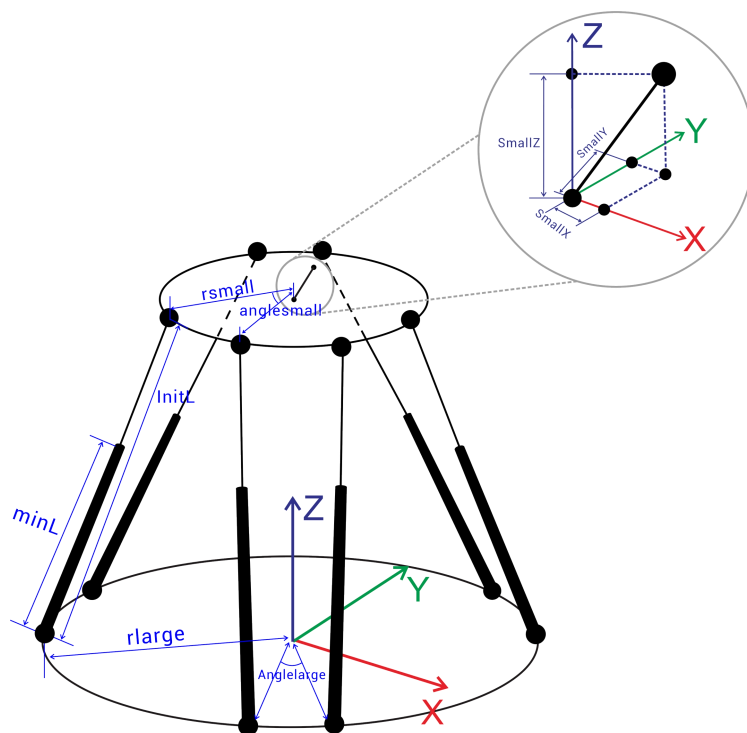
关节和自由度

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, anglarge, 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
anglarge	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)

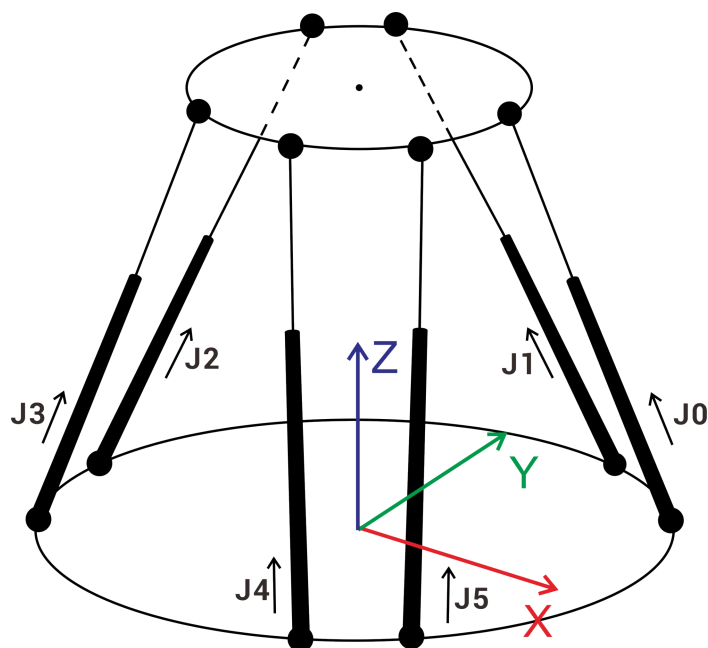
参数	含义
Tablestart	放置数据的起始 TABLE 地址
rsmall	动平台的半径，上面平台
anglesmall	动平台的短边角度 弧度单位
rlarge	静平台的半径，下面平台
anglelarge	静平台的短边角度 弧度单位
initL	初始杆长度，关节轴坐标=0 时
minL	最小杆长度
maxL	最大杆长度
PulesROneCircle	姿态轴一圈的脉冲数，建议 UNITS 以度为单位
SmallX,SmallY	末端到动平台中心的 XY 偏移。0 位置的时候
SmallZ	末端到动平台中心的垂直距离
InitRx,InitRy,InitRz	初始的方向，焊枪针头的方向。0,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

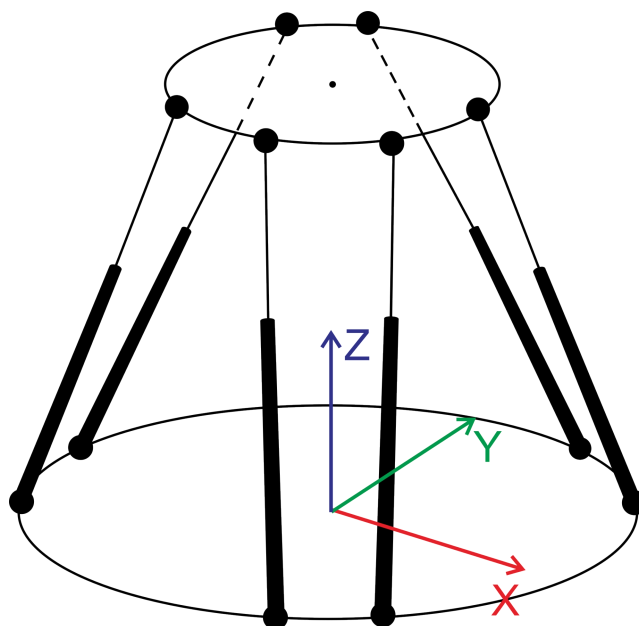
FRAME66

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

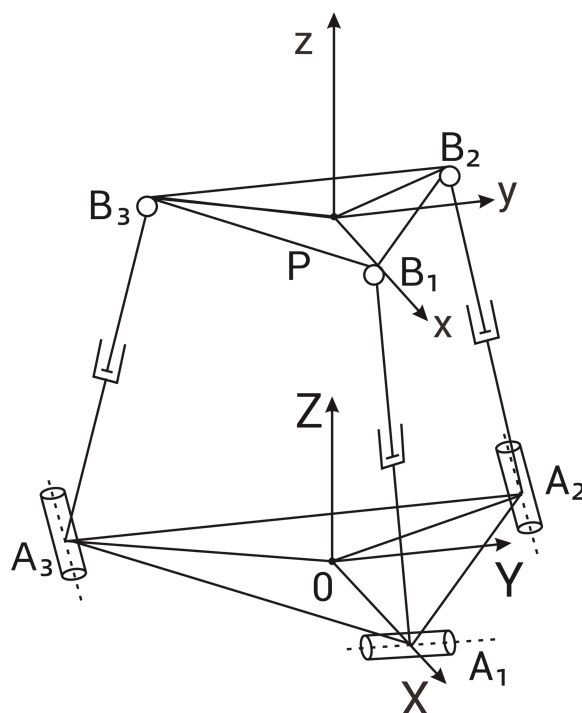
支持任意位置正解，第一次建立正解，需要设置虚拟轴 z 轴 dpos 给大概高度。

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

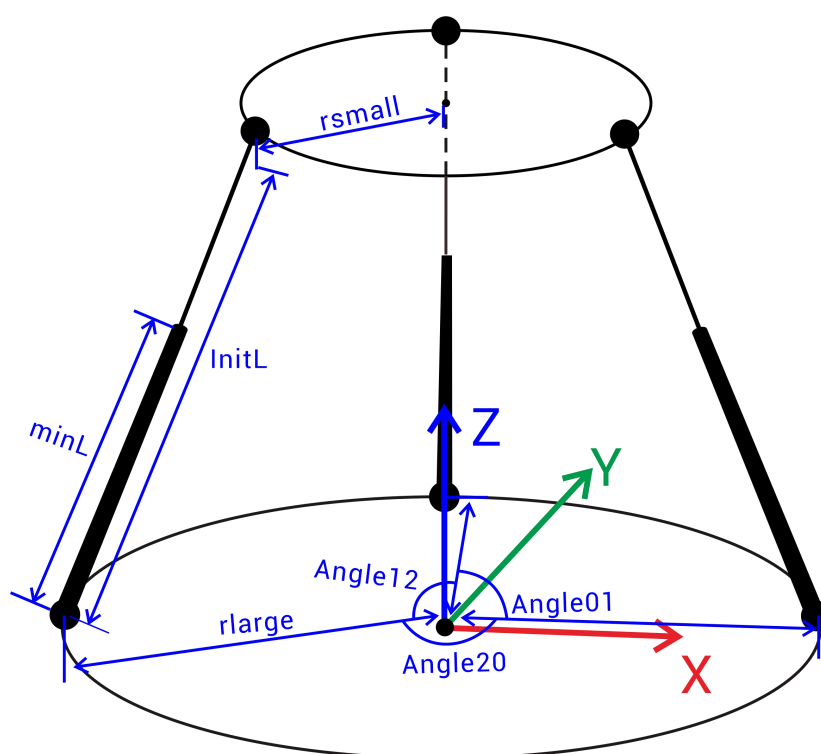
关节和自由度

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

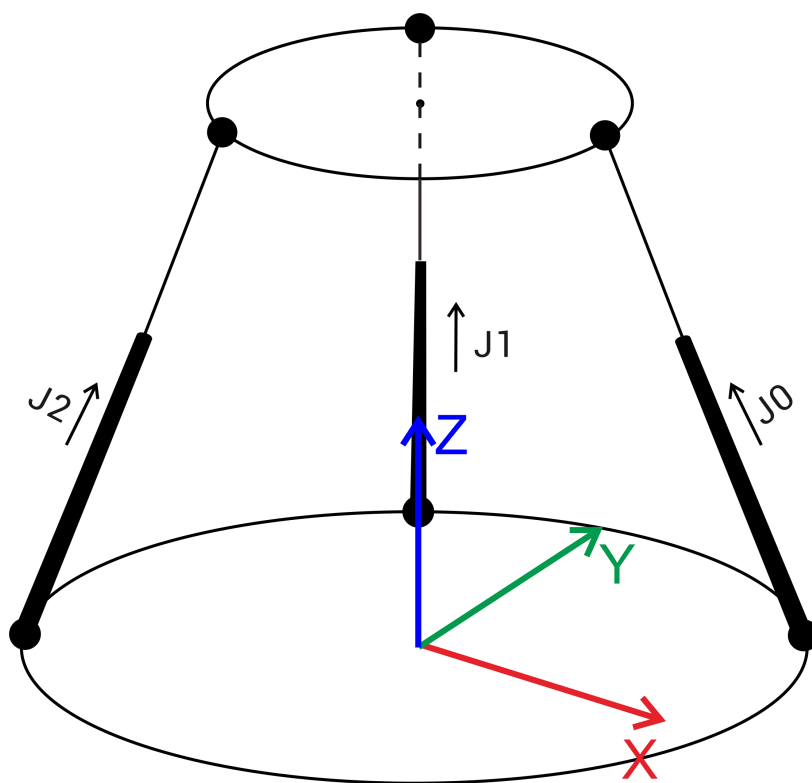
追加： position_error 3*6 矩阵=18 个数据 前三列是定平台铰链的位置误差，后三列是动平台的，一共 3 个连杆 3 行，每行对应一个连杆的静动平台铰链误差，按照逆时针轴 1-3 顺序对应 1-3 行。

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。

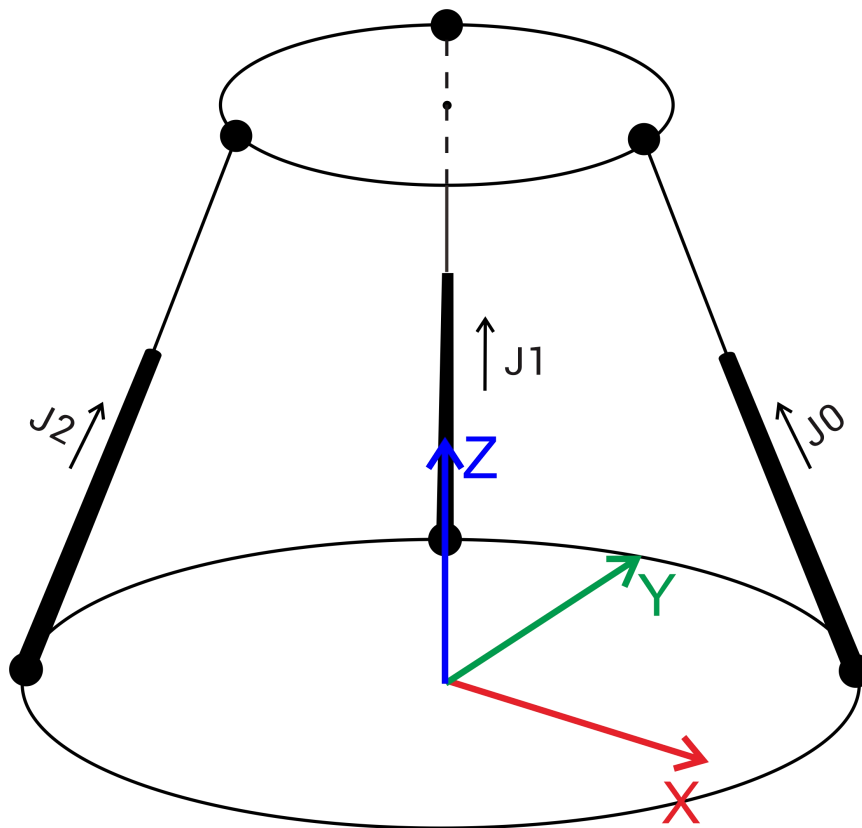
模型零点

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。

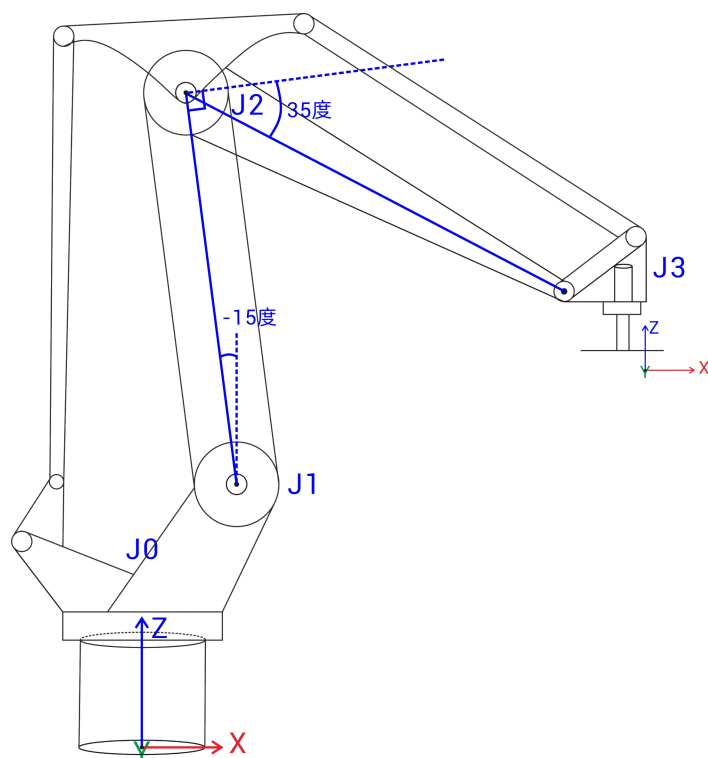
特点: 手臂在圆柱坐标系中运行，这意味着它具有绕中心轴的旋转运动（ θ 轴）、沿中心轴的直线运动（Z 轴）以及在垂直于中心轴的平面内的直线运动（R 轴）。这种运动组合提供了圆形和垂直方向的运动能力。

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

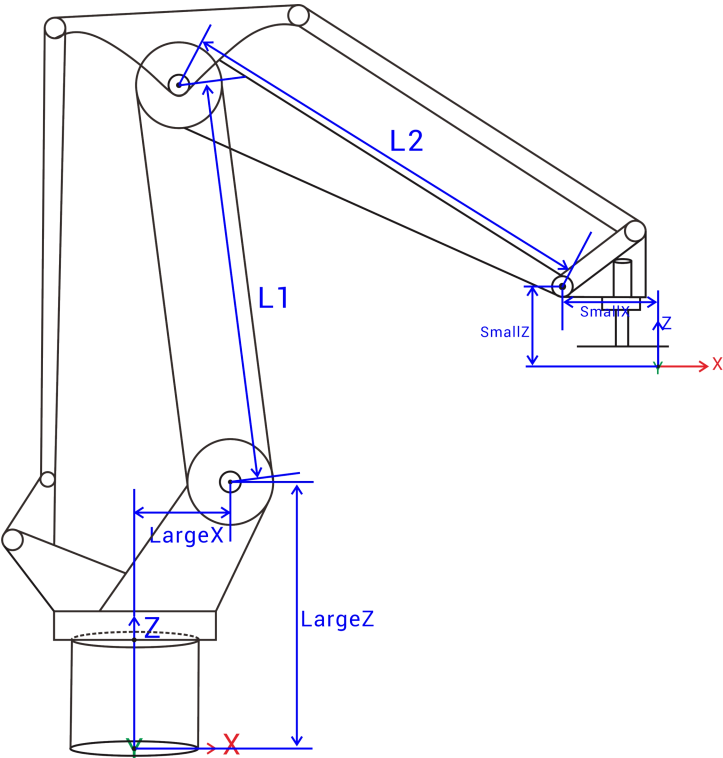
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	旋转轴° 度
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	旋转轴° 度
关节轴 2	J2(Axis_c)	[-90, 90]	旋转轴° 度
关节轴 3	J3(Axis_d)(可缺省)	无	旋转轴° 度

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

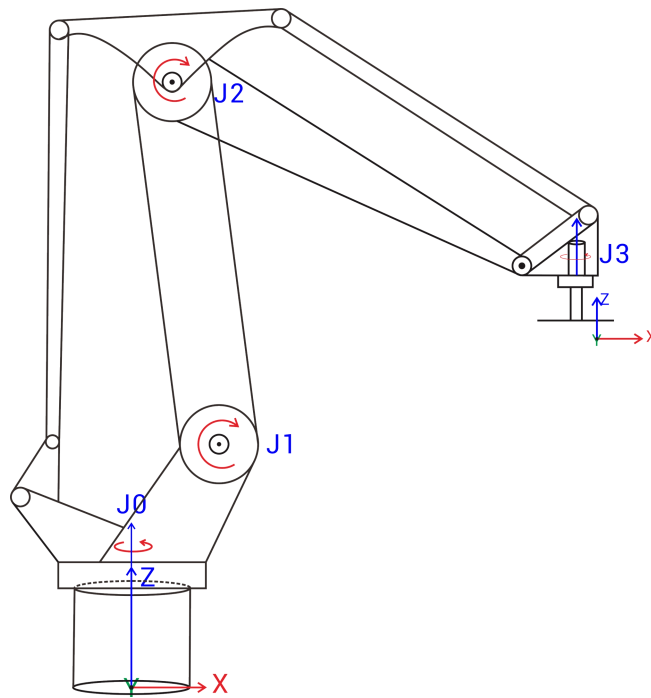
结构参数: TABLE(Tablenum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, SmallX, SmallZ, PulesSmallOneCircle, L1TOL2)

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。

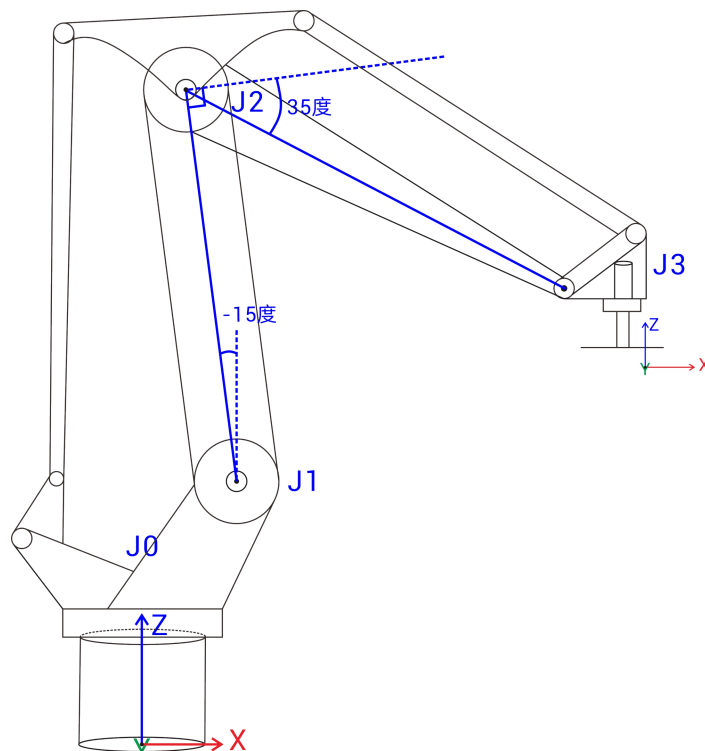
轴参数

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



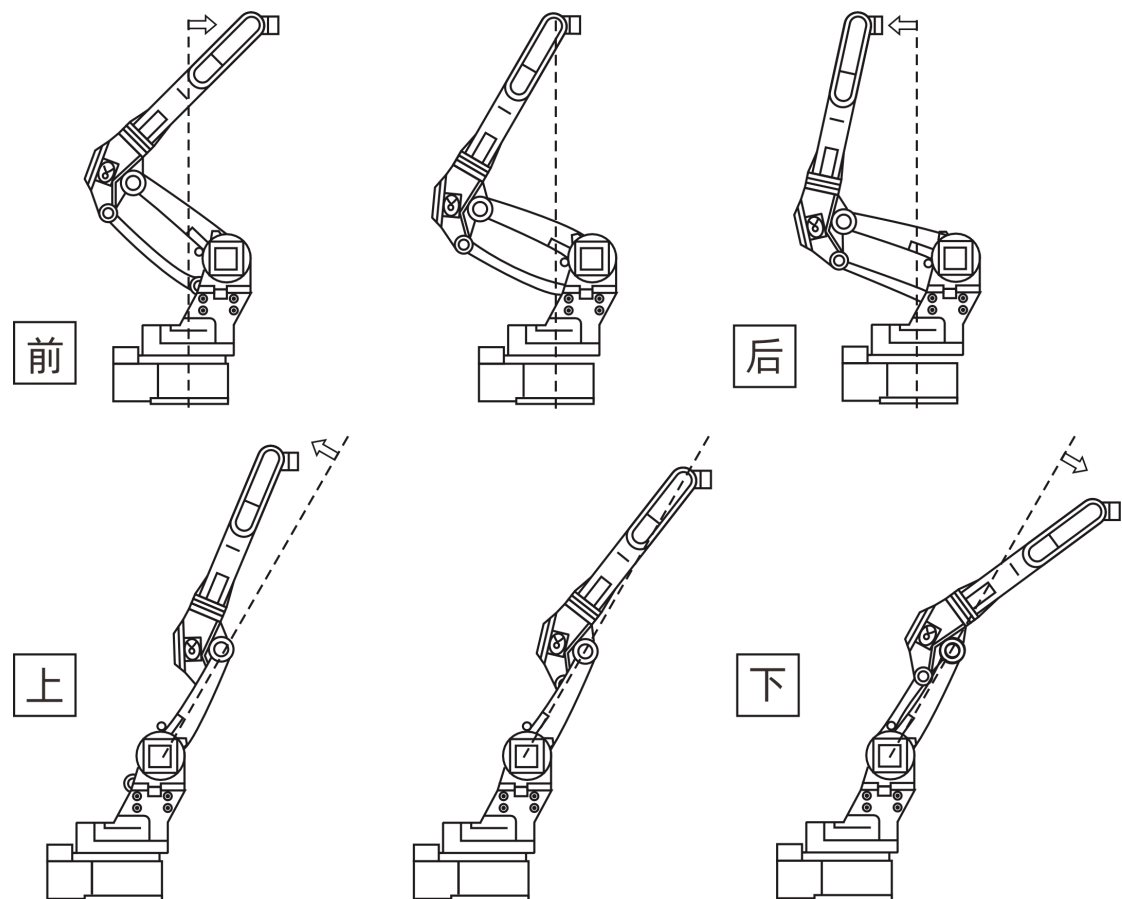
模型零点



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）。



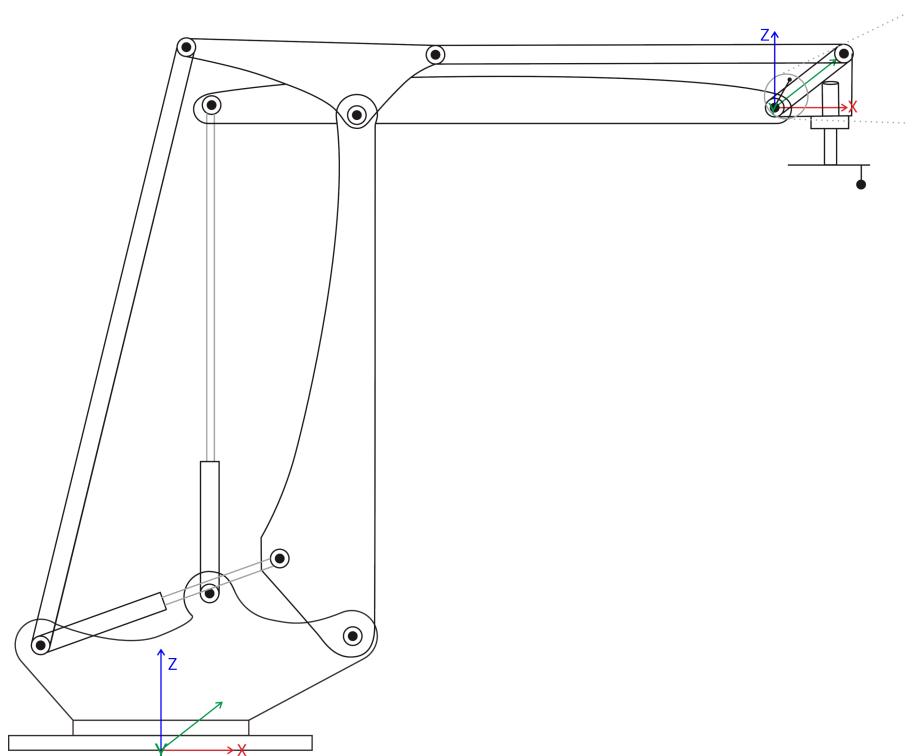
由于机械限制，关节 J2 只能 $[-90, 90]$ 度范围内，限制了上下姿态，所以姿态一直保持下姿态。

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



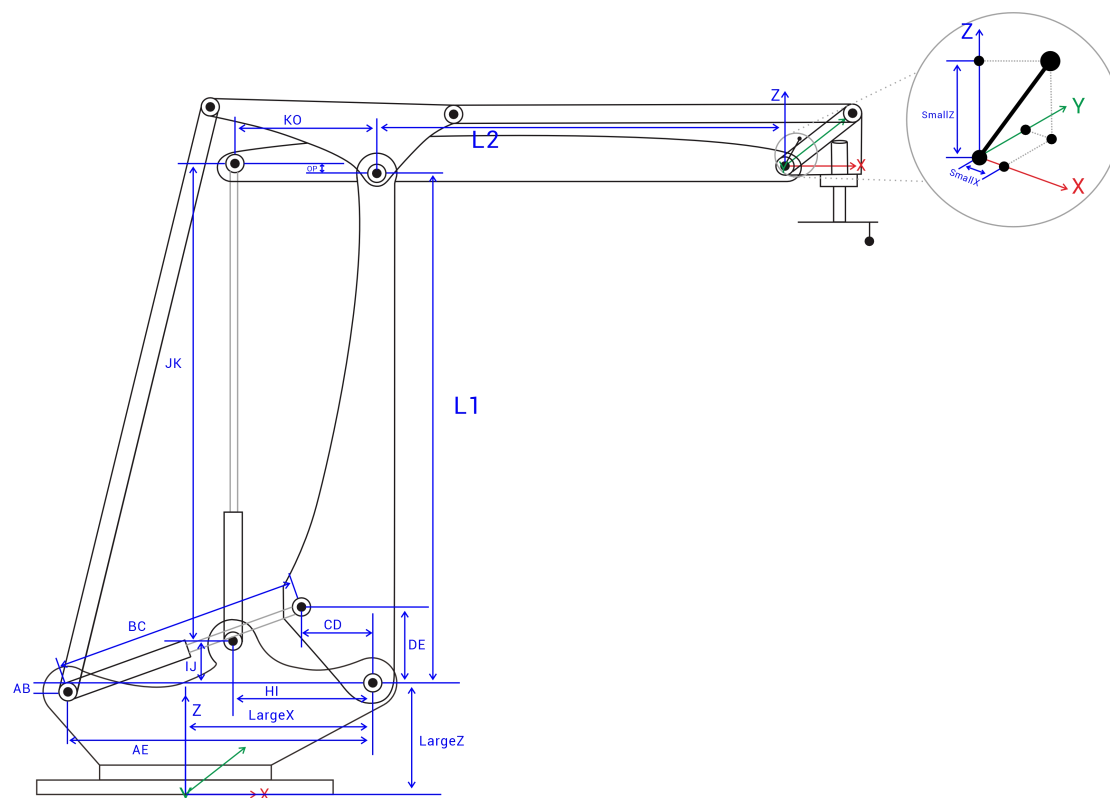
6.5.2.2 运动学模型

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, HL, IJ, SmallX, SmallZ, [PulesSmallOneCircle])

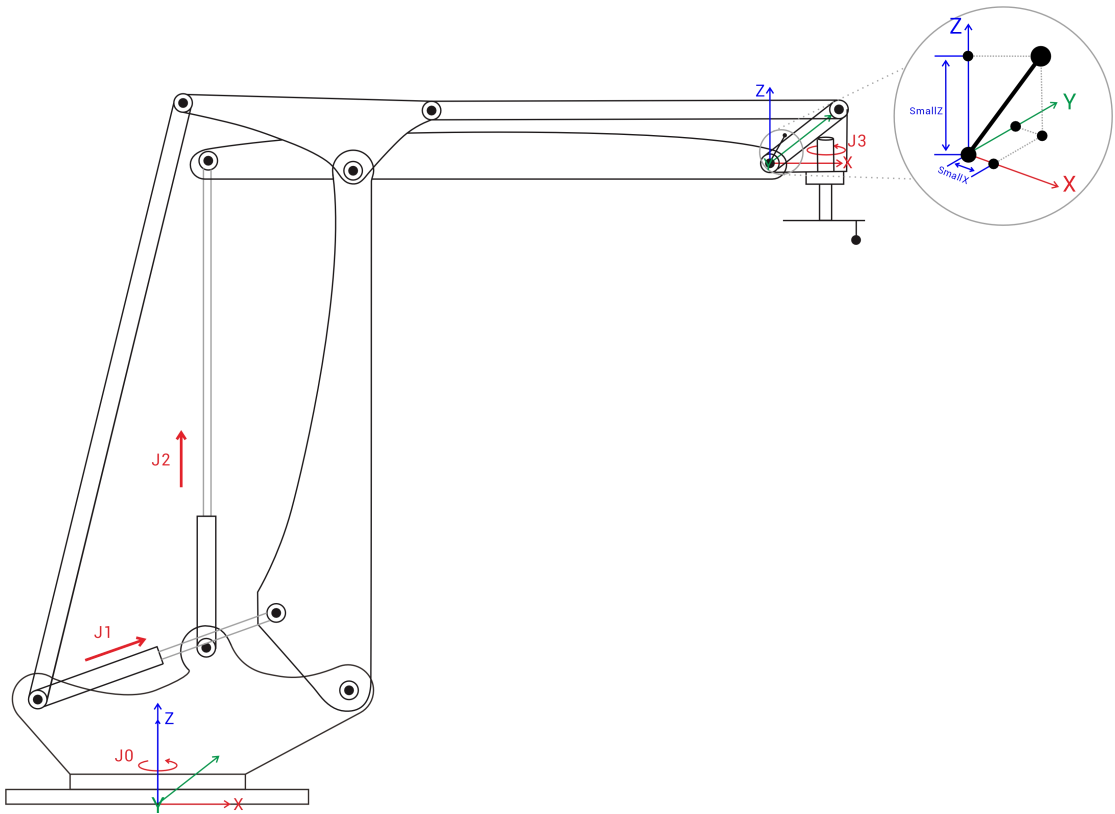
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
LargeX	零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 x 方向的距离
LargeZ	零点时, xz 平面内, 底座旋转轴的旋转中心到大关节轴的旋转中心 z 方向的距离
PulesLargeOneCircle	底座轴一圈脉冲数
L1	大臂轴长度
L2	小臂轴长度
BC	电缸零点位置时的长度(长度都是 xz 平面投影的长度)mm
AB	(长度都是 xz 平面投影的长度)mm
AE	(长度都是 xz 平面投影的长度)mm
ED	(长度都是 xz 平面投影的长度)mm
DC	(长度都是 xz 平面投影的长度)mm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

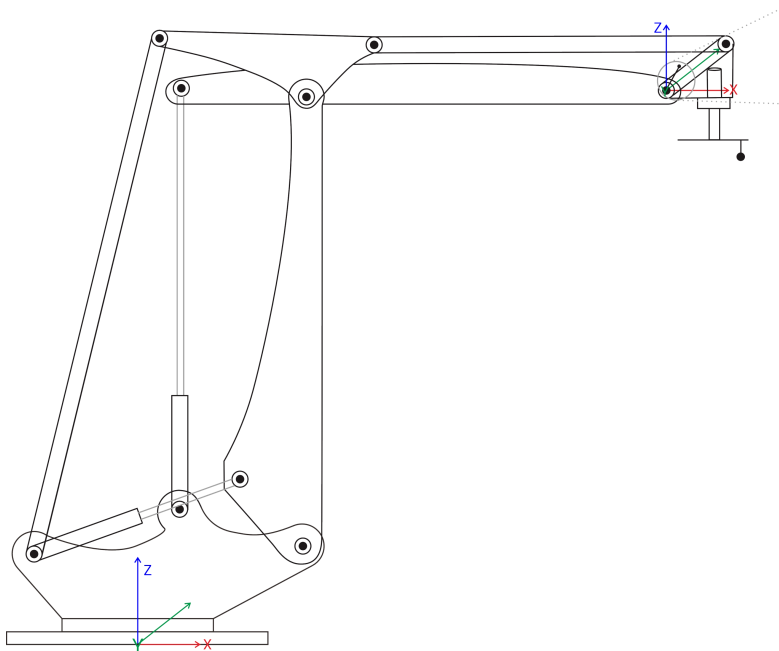
轴参数

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

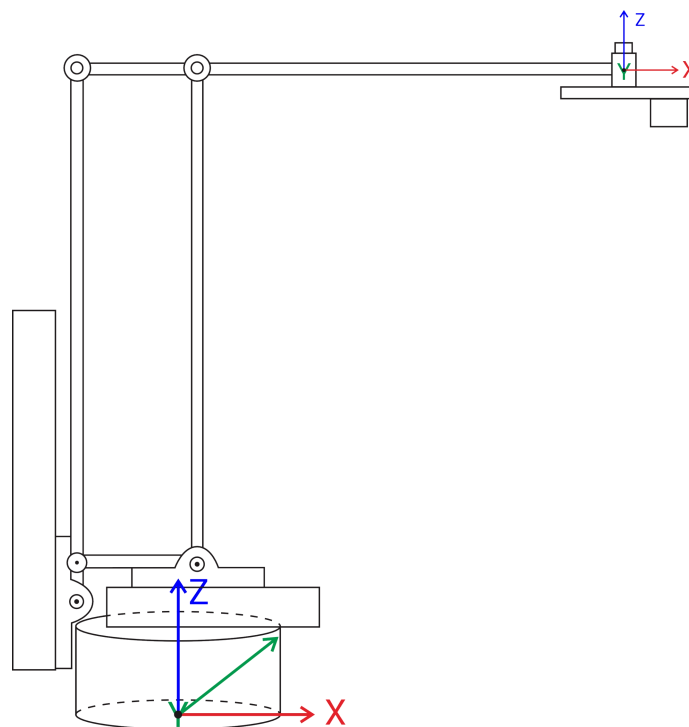


注意：L1 臂垂直和 L2 臂水平时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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

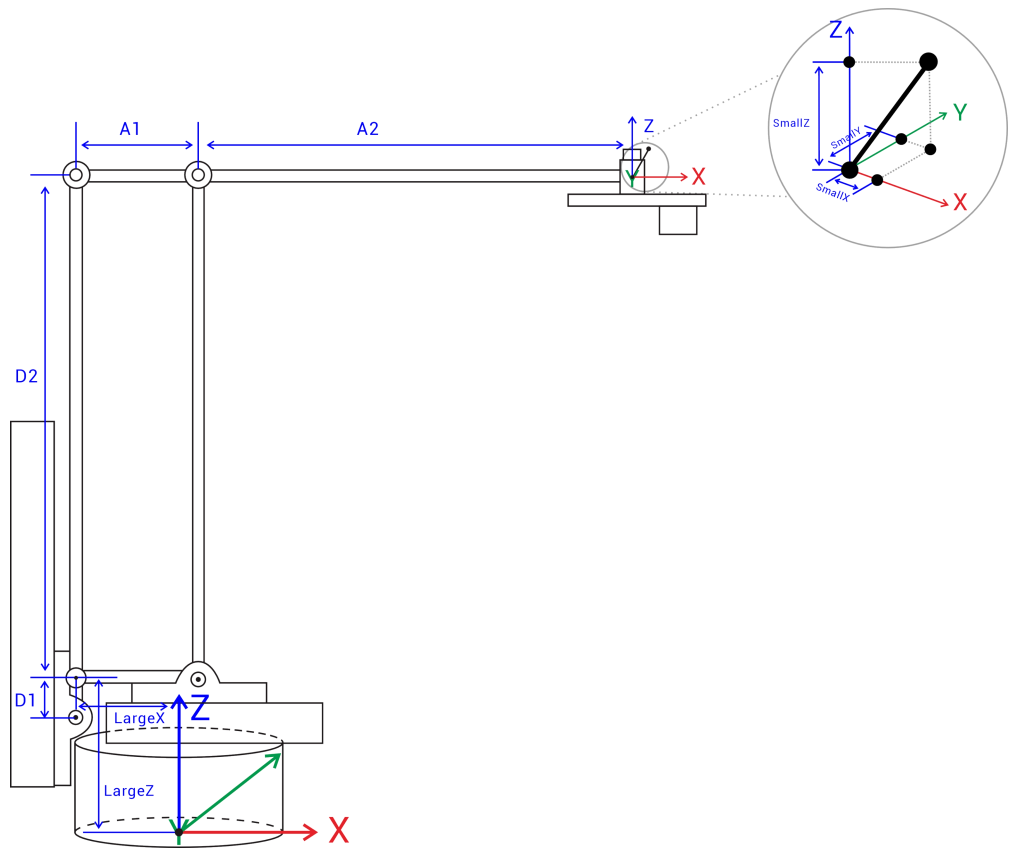
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	旋转轴° 度
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	移动轴 mm
关节轴 3	J3(Axis_d)	无	旋转轴° 度

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



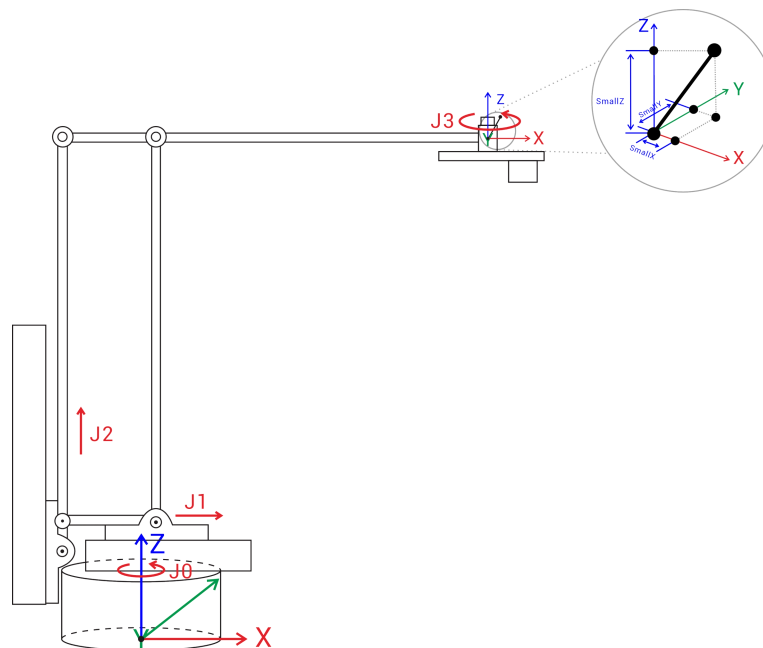
结构参数: TABLE(TableNum,largeZ,largeX,largeY,A1,A2,D1,D2,Pules1OneCircle,Pules2,Pules3,Pules4OneCircle,SmallX,SmallY,SmallZ)

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) 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

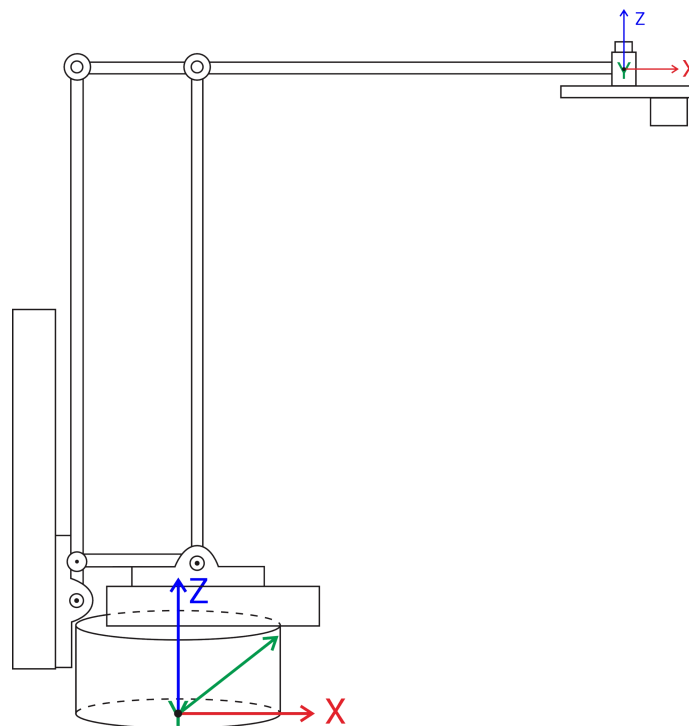
轴参数

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。

6.6 三到七轴的 Articulated 机器人

Articulated： 关节型。

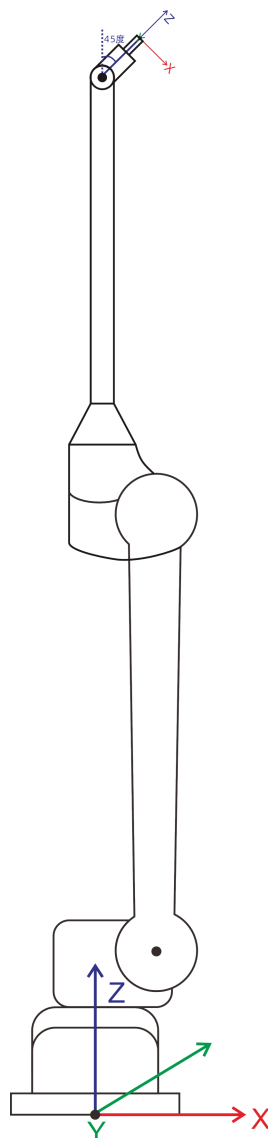
特点：这种机器人手臂类似人类手臂，具有多个旋转关节，因此具有很高的灵活性。根据不同的应用需求，可以选择不同轴数的配置。如果取放位置角度相对简单，可以选择轴数较少的精简配置，以降低成本和提高系统的可靠性；如果需要完成复杂位置角度的动作，则选择轴数较多的配置，以满足各种工业应用的需求。

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

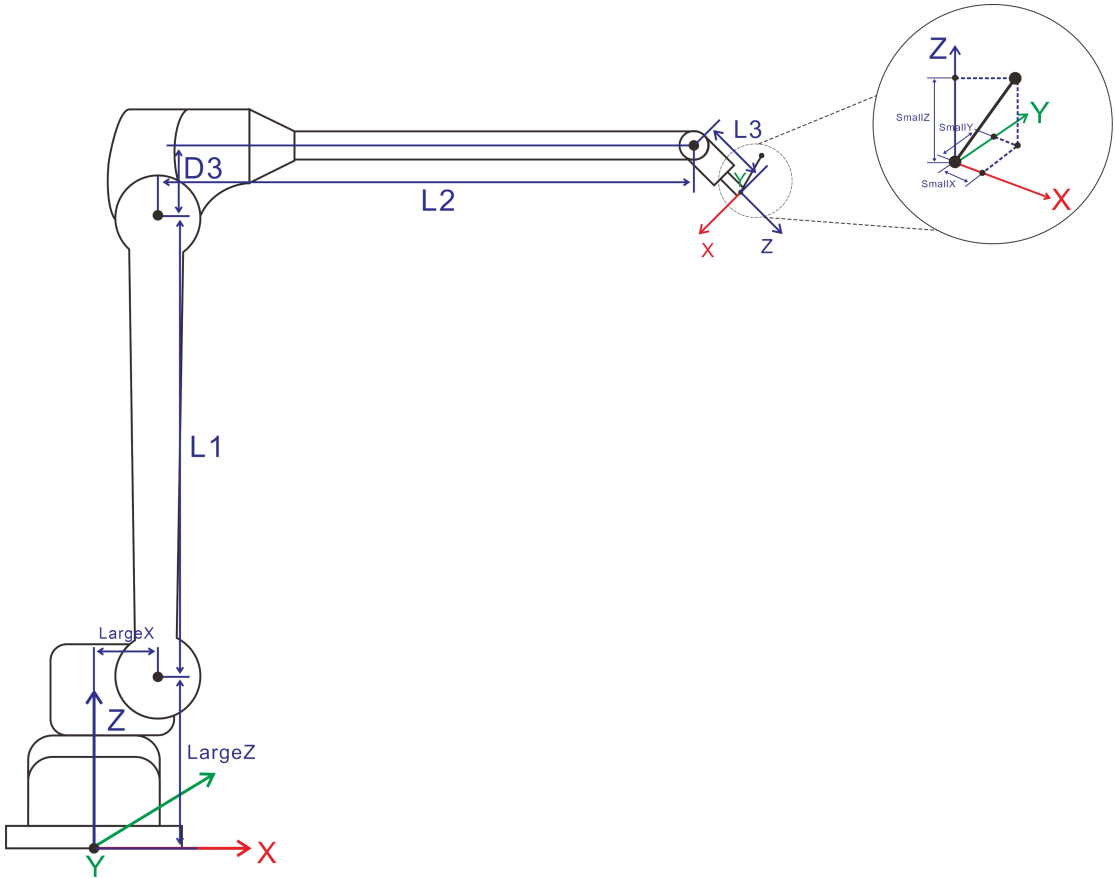
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	旋转轴° 度
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	旋转轴° 度
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	旋转轴° 度
关节轴 3	J3(Axis_d)	无	旋转轴° 度
关节轴 4	J4(Axis_e)	无	旋转轴° 度

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



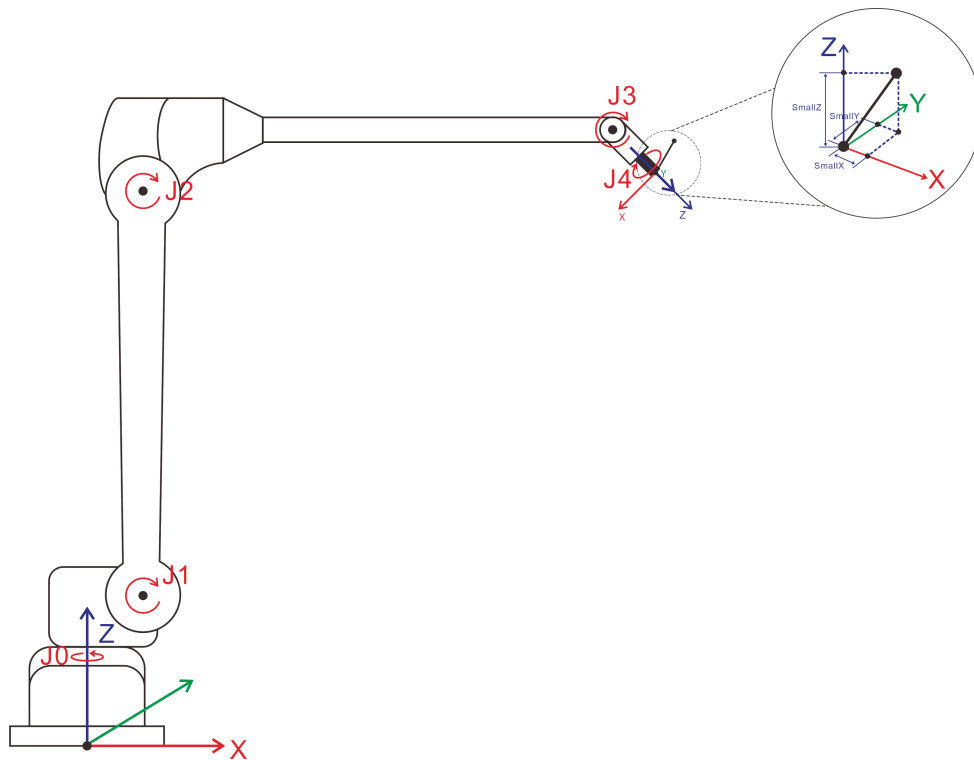
结构参数：TABLE(Tablenum, LargeX, LargeZ, PulesLargeOneCircle, L1, L2, L3+SmallZ, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Smallx, Smally, D3)

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（机械臂末端工具法兰盘到 J4 轴之间的距离）
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

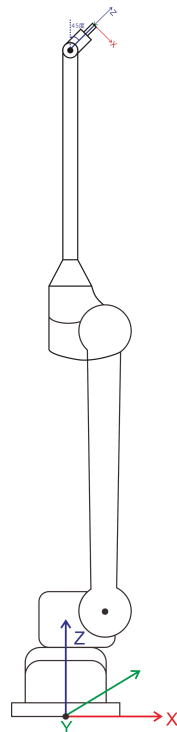
轴参数

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

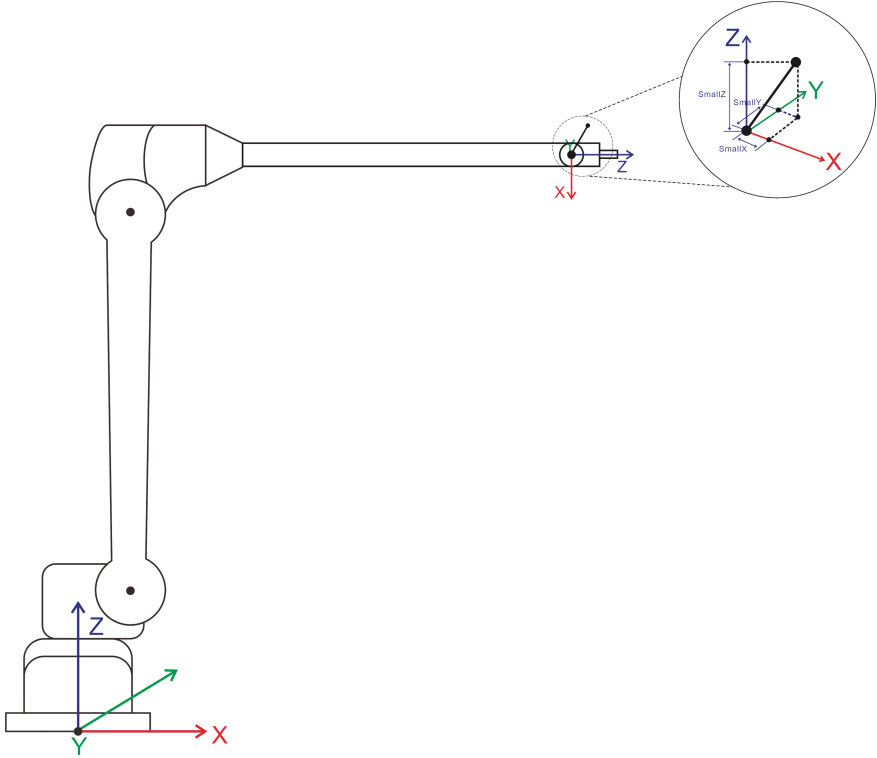


注意： L1 臂垂直、L2 臂垂直、D3 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.6.2 FRAME6-26-36-46（旧版本）

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。

注意：建议用 Frame78-86 进行 6 轴工业机械手使用，当前属于旧版本（参数不能改，兼容性差）不建议使用。

6.6.2.2 运动学模型

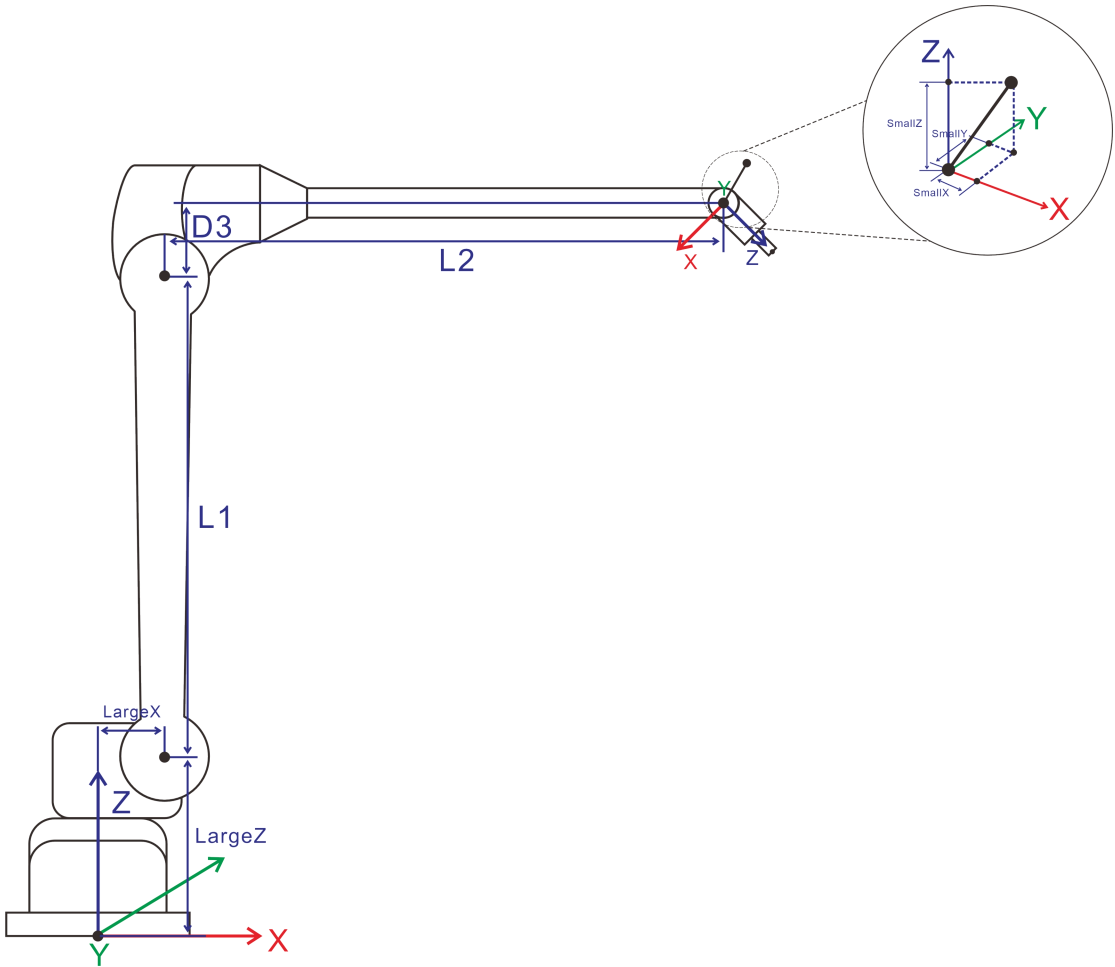
关节和自由度

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, SmallX, SmallY, SmallZ, 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（有耦合），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

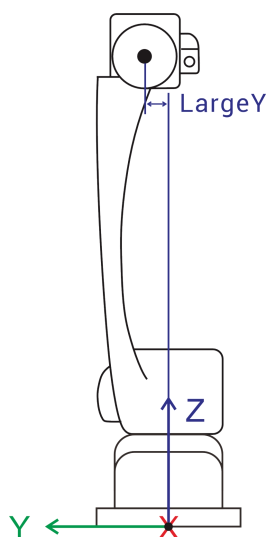
FRAME26

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, J1 to J2)

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（有耦合），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（有耦合），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, J1 to J2)

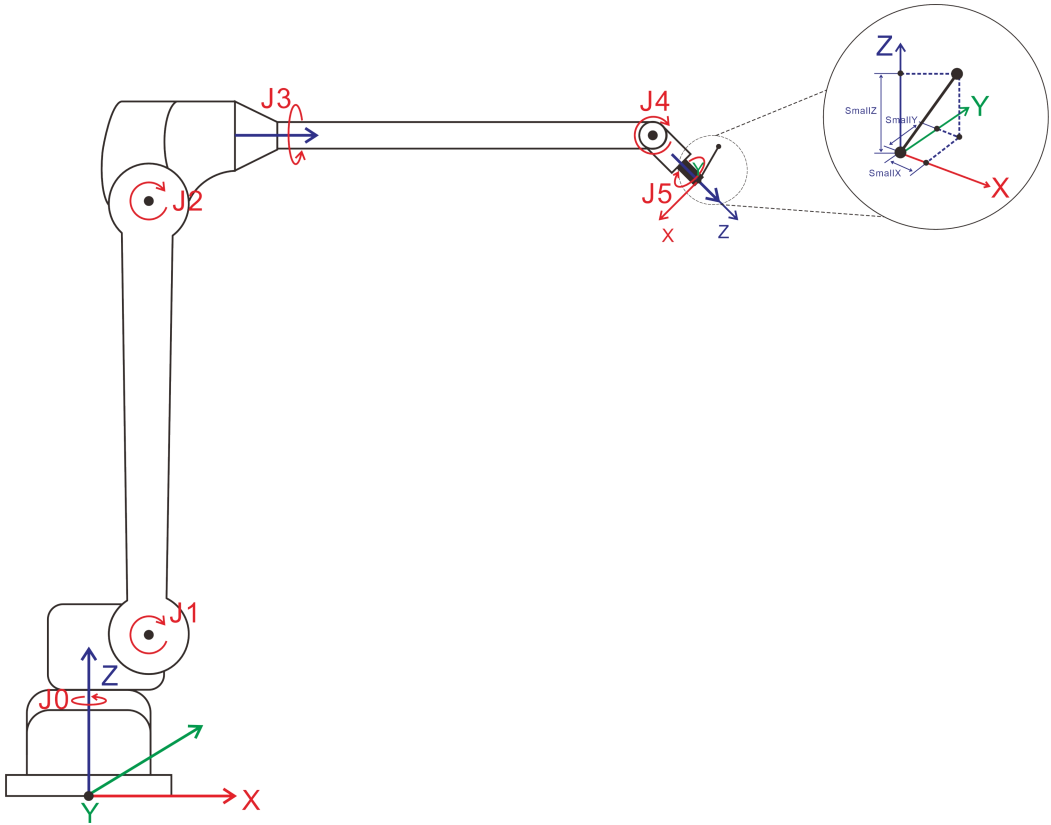
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
LargeZ	大盘的垂直高度。坐标系零点到关节轴 2 旋转中心距离
LargeX	关节轴 1 到关节轴 2 在 X 方向的偏移。转盘中心到大摆臂中心的偏移
L1	大摆臂的长度，关节轴 2 到关节轴 3 的距离
D3	3 轴中心到 4 轴在 Z 方向的距离
L2	3 轴到 5 轴的水平距离
D5	5 转一圈，6 转动的圈数（有耦合），0 表示不关联
Pules1OneCircle	关节轴 1 旋转一圈的脉冲数
Pules2OneCircle	关节轴 2 旋转一圈的脉冲数
Pules3OneCircle	关节轴 3 旋转一圈的脉冲数
Pules4OneCircle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

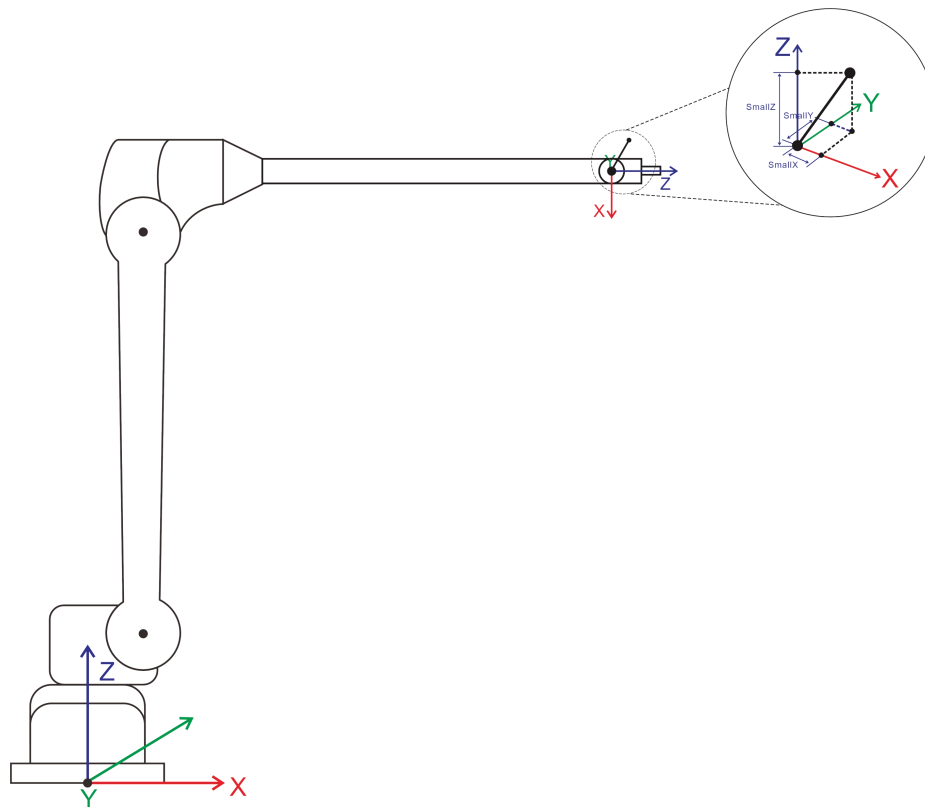
轴参数

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

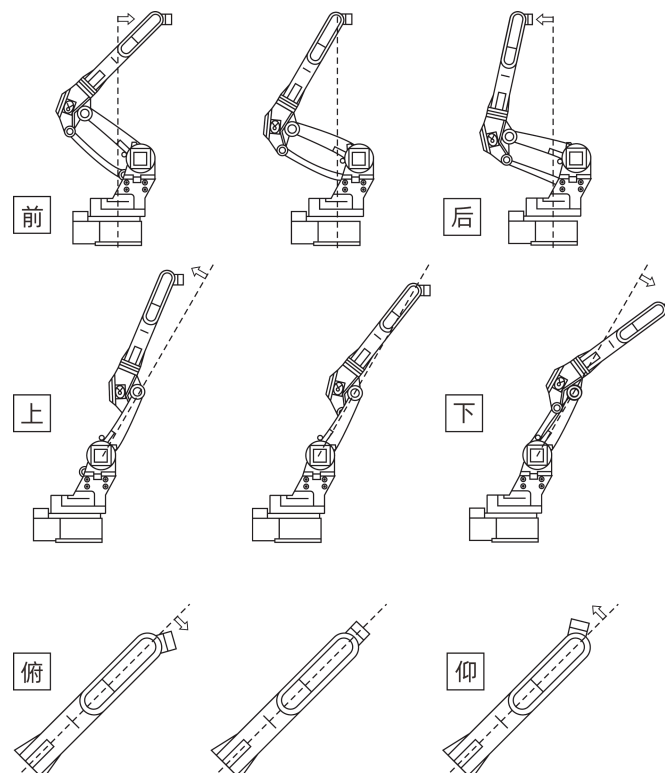


模型零点



注意：L1 臂垂直、L2 臂水平、SmallLZ 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



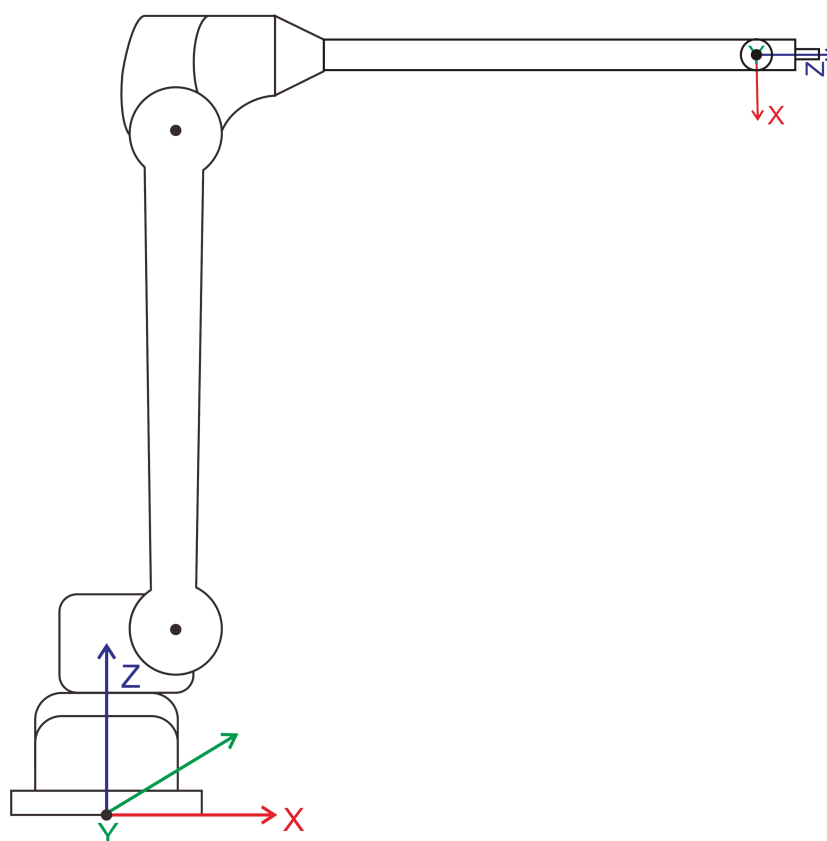
工业机器人行业里常说起 6 自由度机械手三类奇异点，分别是肩部奇异点、肘关节奇异点、腕关节奇异点，共形成 8 组逆解。

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

6.6.3 FRAME78-86（6 轴工业机械手）

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
-------	------	----	------

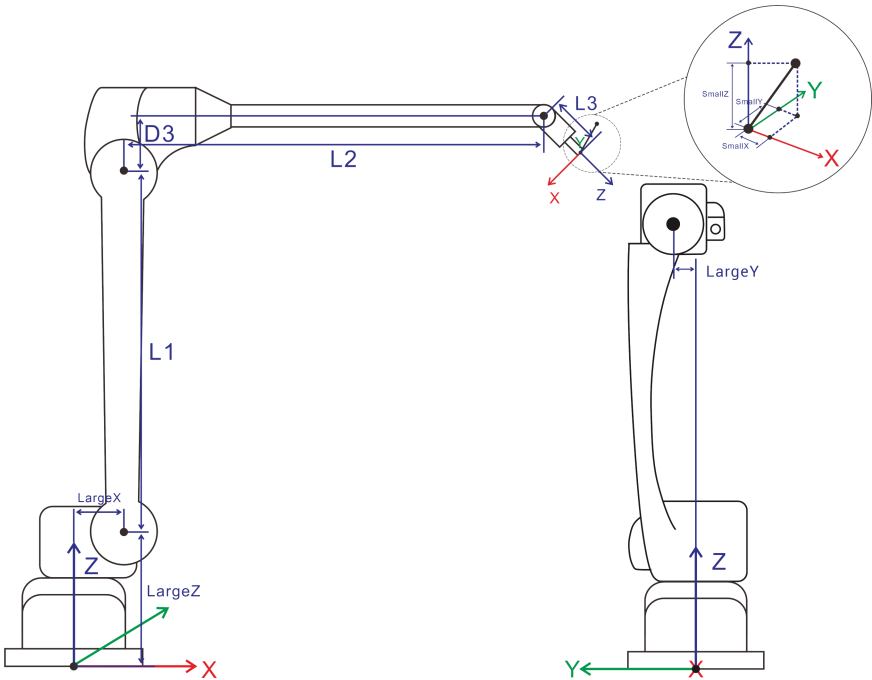
关节轴 0	J1(Axis_a)	无	旋转轴° 度
关节轴 1	J2(Axis_b)	无	旋转轴° 度
关节轴 2	J3(Axis_c)	无	旋转轴° 度
关节轴 3	J4(Axis_d)	无	旋转轴° 度
关节轴 4	J5(Axis_e)	无	旋转轴° 度
关节轴 5	J6(Axis_f)	无	旋转轴° 度

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

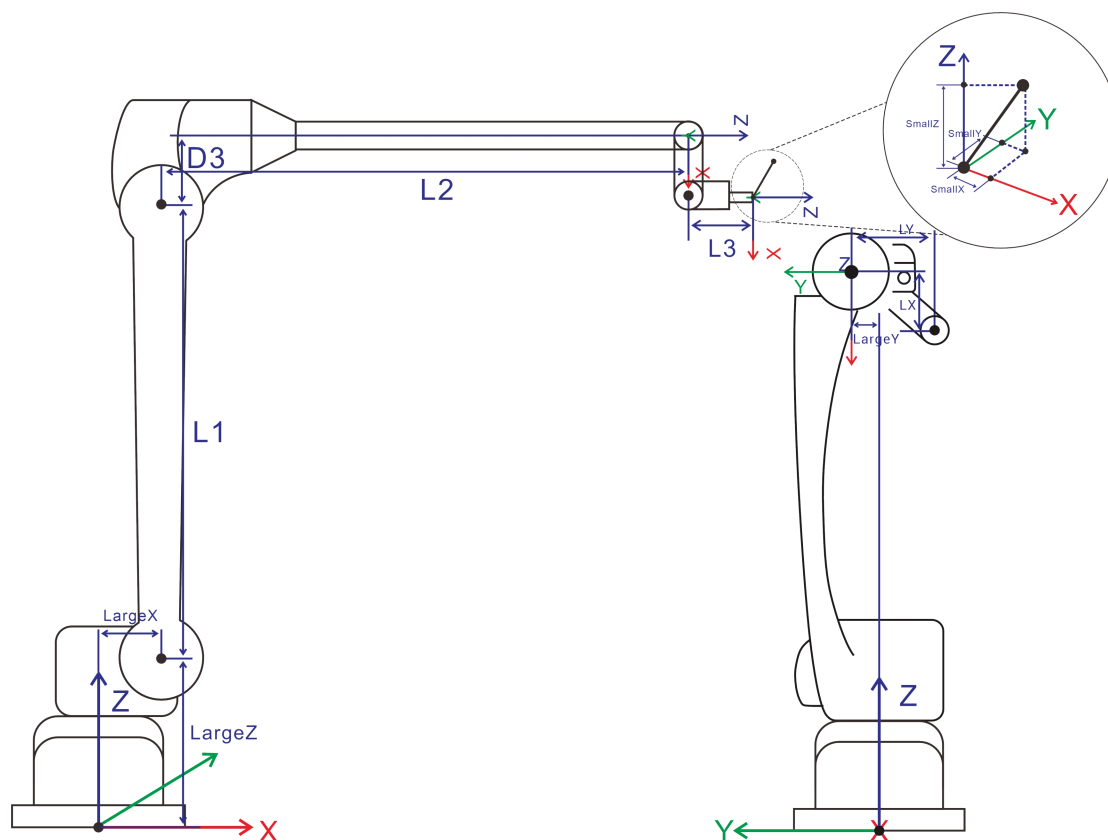


结构参数: TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, LargeY, L1, L2, D3, L3, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz)

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 J5 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



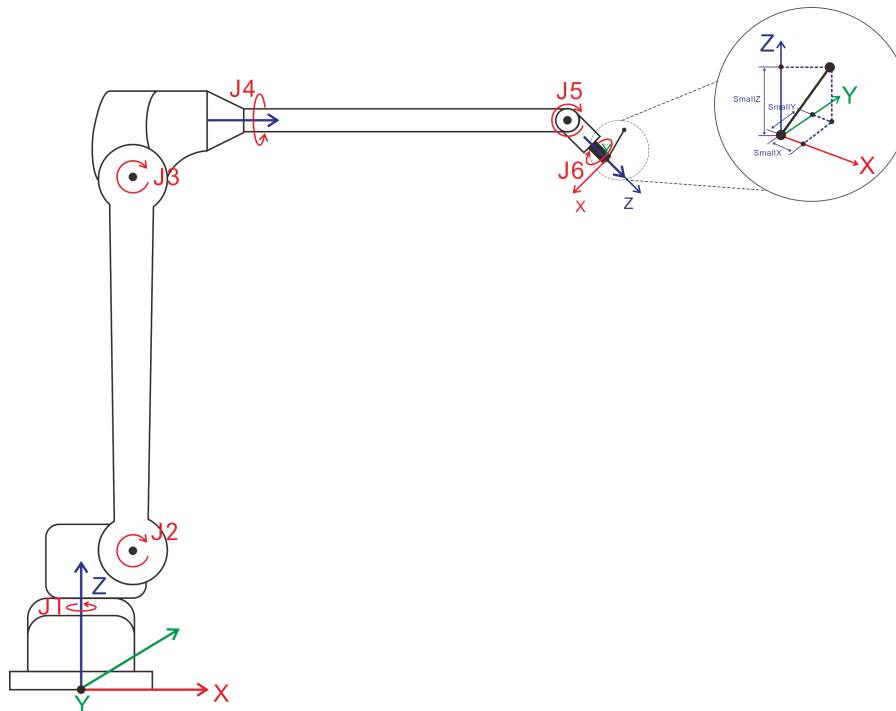
结构参数: TABLE(Tablenum, LargeZ, LargeX, LargeY, L1, L2, D3, L3, Lx, Ly, Pules1OneCircle, Pules2OneCircle, Pules3OneCircle, Pules4OneCircle, Pules5OneCircle, Pules6OneCircle, PulesVROneCircle, SmallX, SmallY, SmallZ, InitRx, InitRy, InitRz)

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	机械臂末端工具法兰盘到 J5 轴之间的距离
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

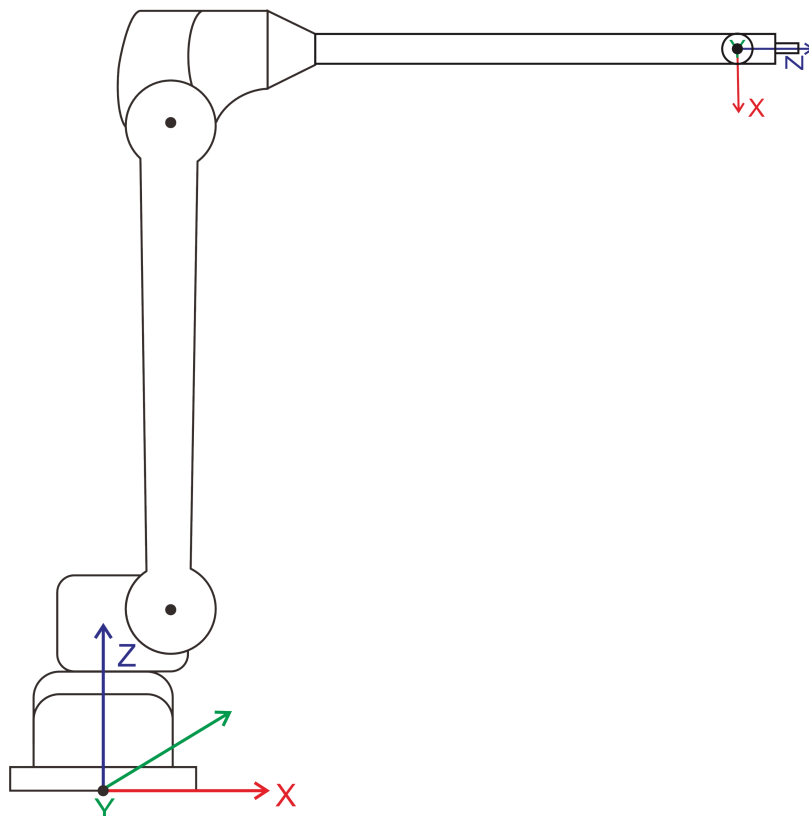
轴参数

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

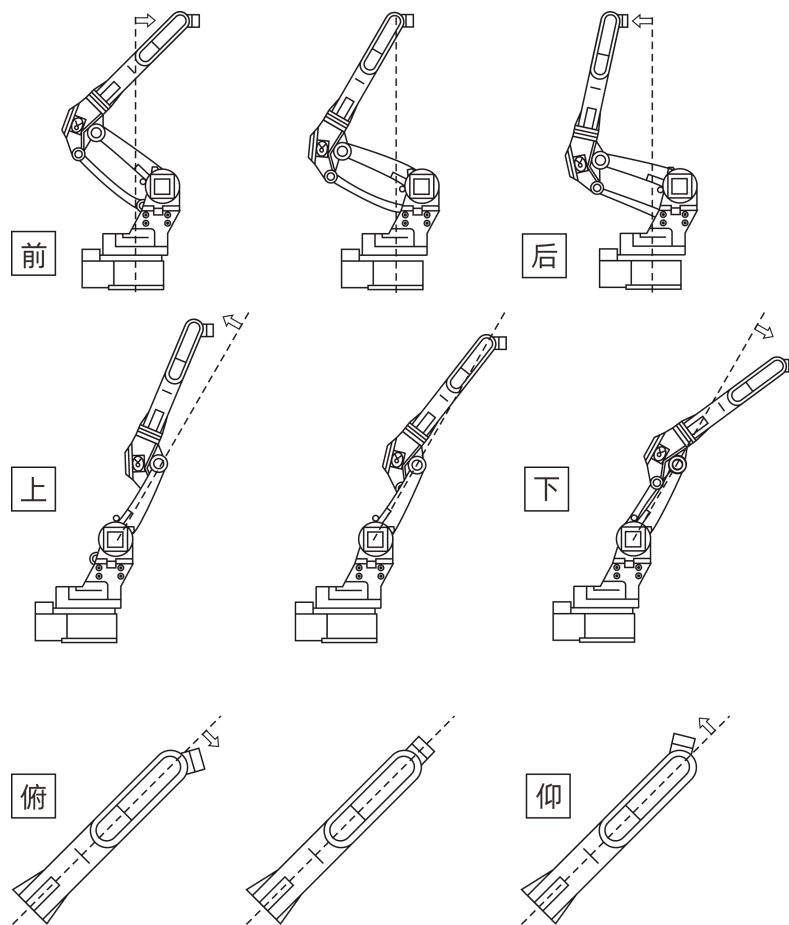


模型零点



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。

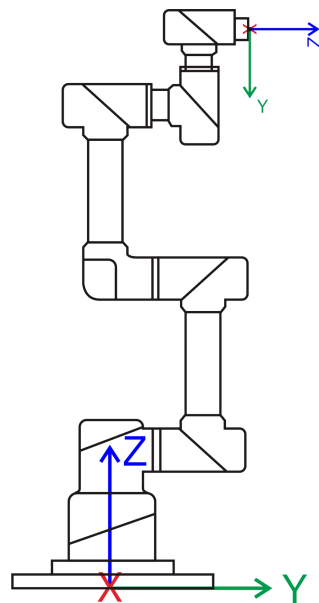
模型姿态



6.6.4 FRAME76-77 (6 轴 UR)

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

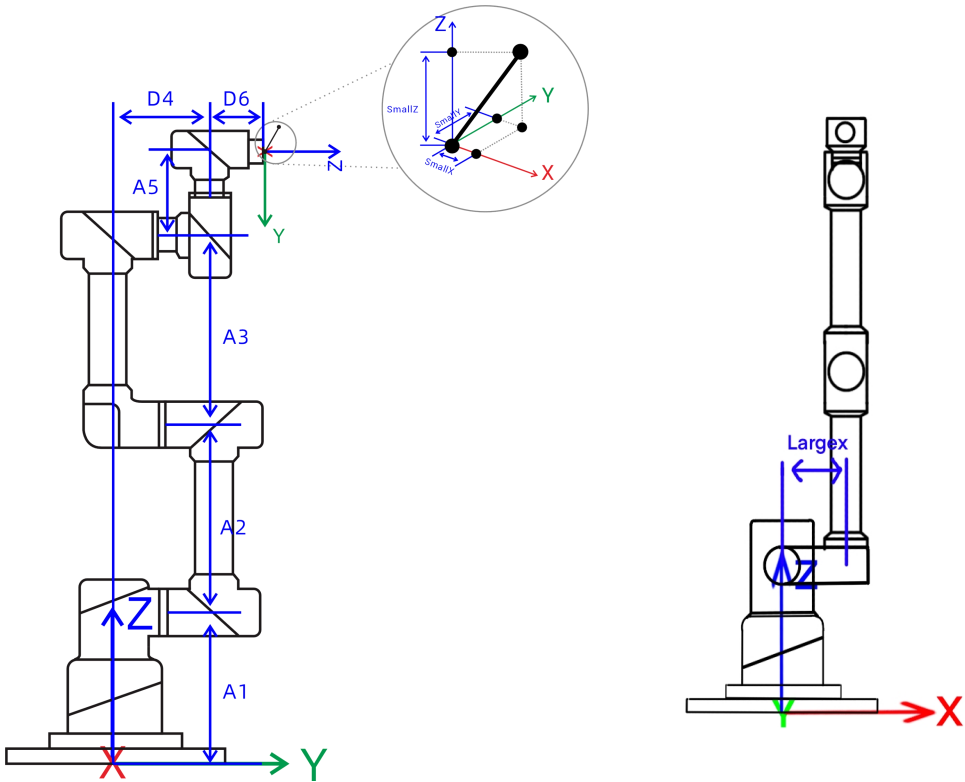
关节和自由度

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)(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 RX	Viraxis_rx	无	° 度
旋转轴 RY	Viraxis_ry	无	° 度
旋转轴 RZ	Viraxis_rz(可缺省)	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



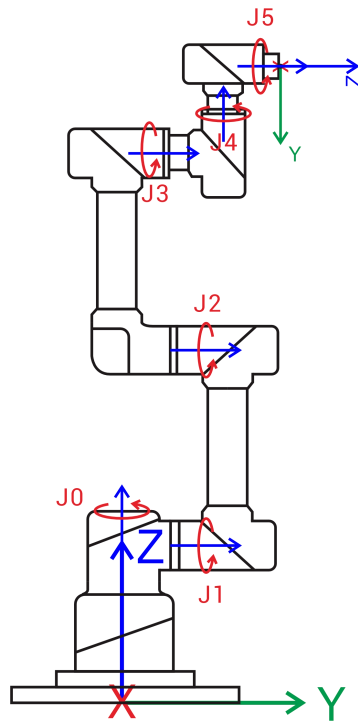
结构参数: TABLE(Tablenum,A1,A2,A3,D4,A5,D6,Pules1OneCircle,Pules2OneCircle,Pules3OneCircle,Pules4OneCircle,Pules5OneCircle,Pules6OneCircle,PulesVROneCircle,SmallZ,SmallX,SmallY,InitRx,InitRy,InitRz,largex)

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 圆盘法兰中心相对于 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
SmallX,SmallY,SmallZ	工具 TCP 末端到 6 轴法兰工具坐标系下的工具 tcp
InitRx,InitRy,InitRz	工具 TCP 初始的姿态,焊枪针头的方向。0,0,0 指向 z 正向
largex	J1 和 J0 的在 x 方向的水平距离

轴参数

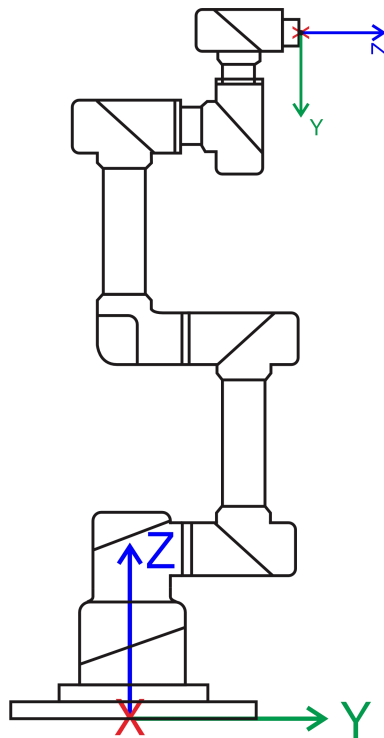
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Axis_c		Pules3OneCircle/360
Axis_d		Pules4OneCircle/360
Axis_e		Pules5OneCircle/360
Axis_f		Pules6OneCircle/360(可缺省)
Viraxis_x	0	100000
Viraxis_y		100000
Viraxis_z		100000
Viraxis_rx		PulesVROneCircle/360
Viraxis_ry		PulesVROneCircle/360
Viraxis_rz		PulesVROneCircle/360(可缺省)

模型方向



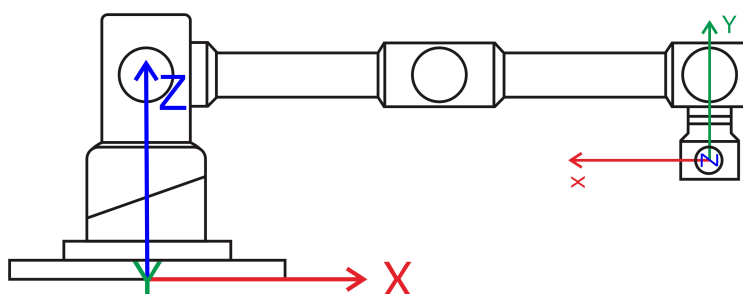
模型零点

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

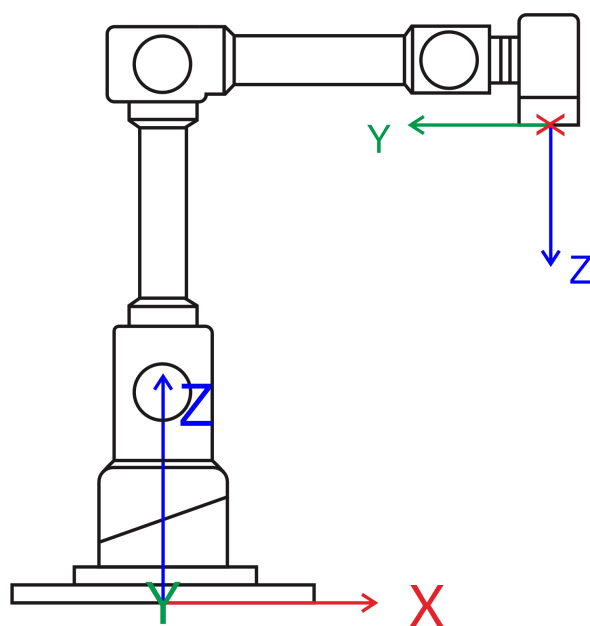


注意：A2 臂水平、A3 臂水平、A5 垂直时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.6.5 FRAME87-88 (5 轴 UR)

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

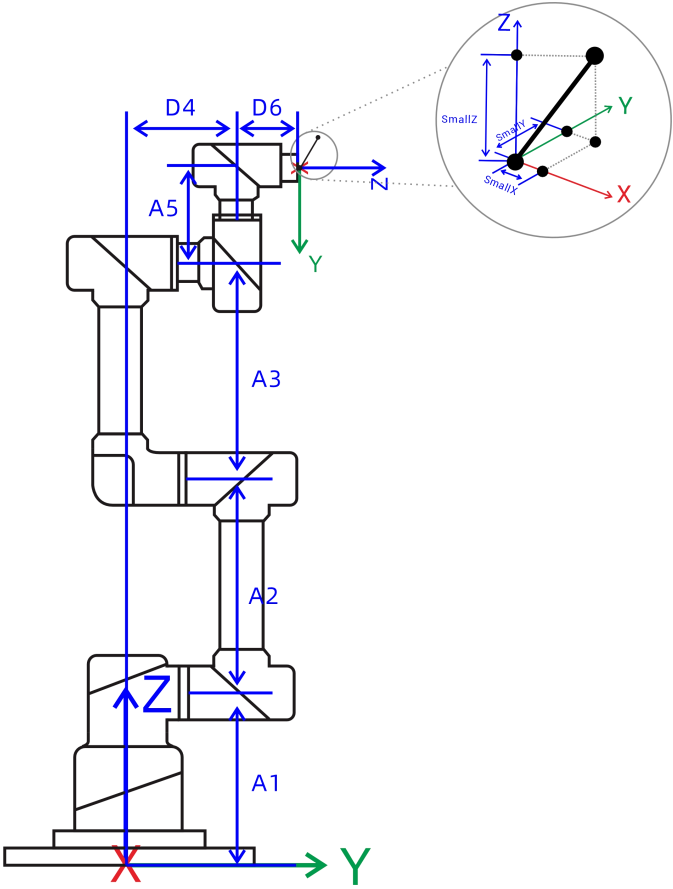
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	旋转轴° 度
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	旋转轴° 度
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	旋转轴° 度
关节轴 3	J3(Axis_d)	无	旋转轴° 度
关节轴 4	J4(Axis_e)	无	旋转轴° 度

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)

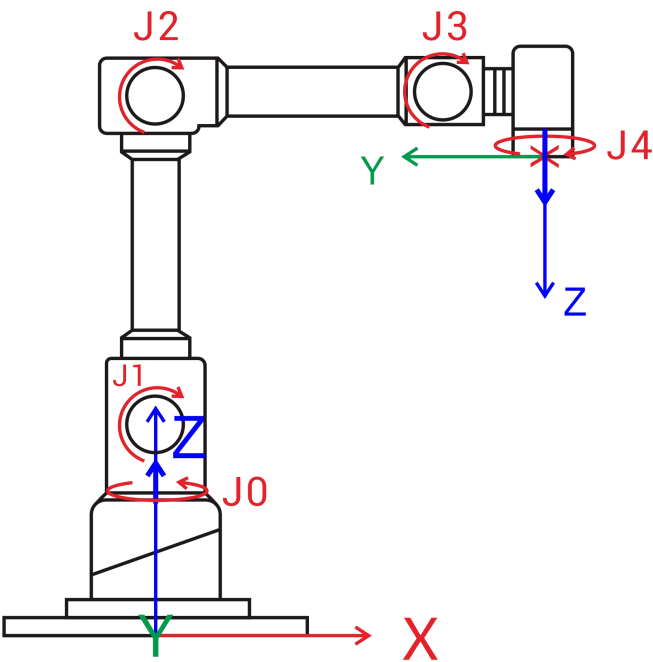
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
A1	J1 的垂直距离
A2	J2 的垂直距离
A3	J3 的垂直距离
D4	J4 相对 J1 旋转中心的水平距离
A5	J5 的垂直距离

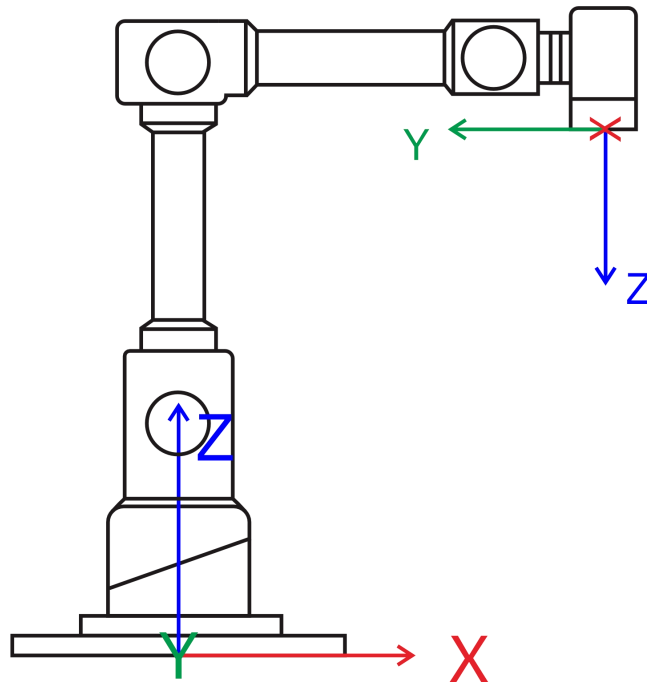
D6	J6 圆盘中心相对于 J4 的水平距离
Pules1OneCircle	关节 1 转一圈的脉冲数
Pules2OneCircle	关节 2 转一圈的脉冲数
Pules3OneCircle	关节 3 转一圈的脉冲数
Pules4OneCircle	关节 4 转一圈的脉冲数
Pules5OneCircle	关节 5 转一圈的脉冲数
Pules6OneCircle	关节 6 转一圈的脉冲数
PulesVROneCircle	虚拟轴的脉冲数
SmallZ	末端到 6 轴的垂直距离
SmallX,SmallY,	末端到转盘中心的 XY 偏移。0,0 位置的时候,指向 z 正方向
InitRx,InitRy,InitRz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

轴参数

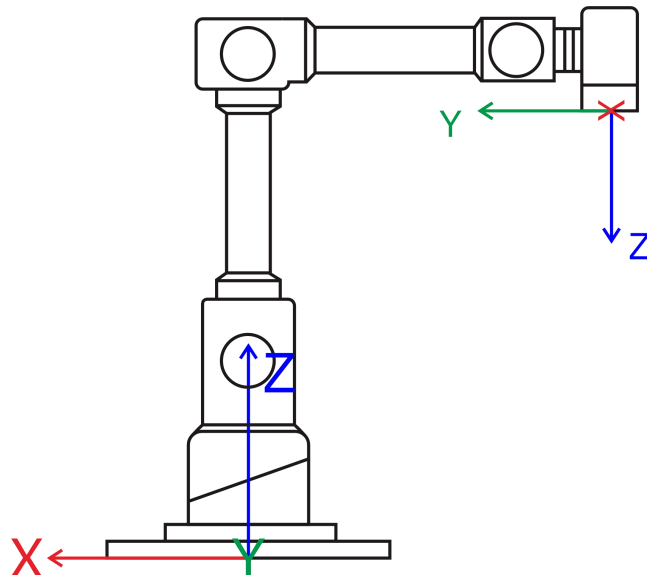
Axis	Atype	Units
Axis_a	1 或 4 或 7 或 65 或 50	Pules1OneCircle/360
Axis_b		Pules2OneCircle/360
Axis_c		Pules3OneCircle/360
Axis_d		Pules4OneCircle/360
Axis_e		Pules5OneCircle/360
Viraxis_x	0	1000
Viraxis_y		1000
Viraxis_z		1000
Viraxis_ry		PulesVROneCircle/360
Viraxis_rz		PulesVROneCircle/360

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：

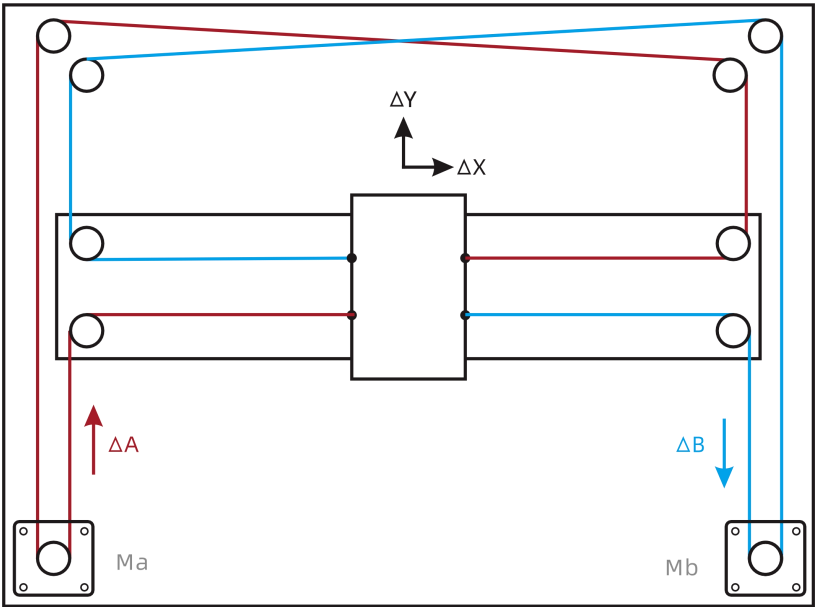
- 高精度：采用高精度研磨丝杆与交叉导轨，运行精度可达 $\pm 2\mu\text{m}$ 。
- 高稳定性：四点共平面支撑结构，负载能力达 400KG 以上。
- 灵活性：三轴驱动轴加一个自由轴设计，实现 X-Y 平移与 θ 角度微调。
- 结构紧凑：最小台面尺寸仅 150mm，适应空间受限场景。

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



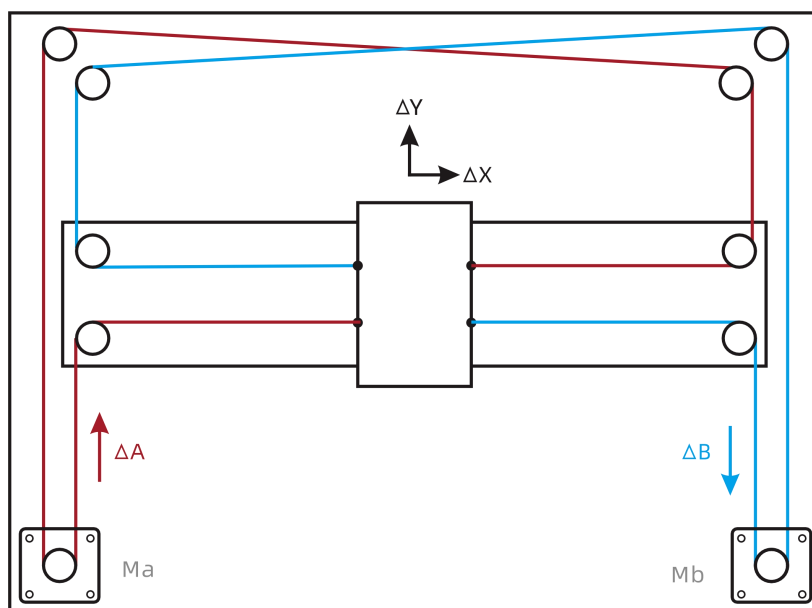
6.7.1.2 运动学模型

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

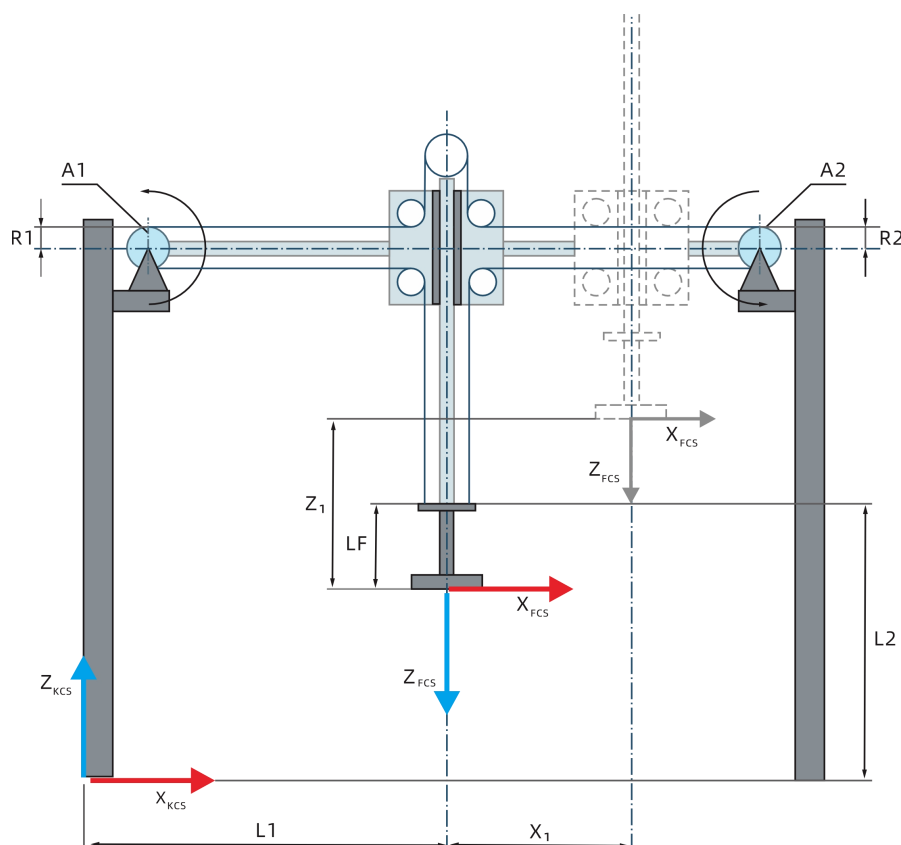
此结构对零点位置无要求, 当前停止位置作为零点。

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



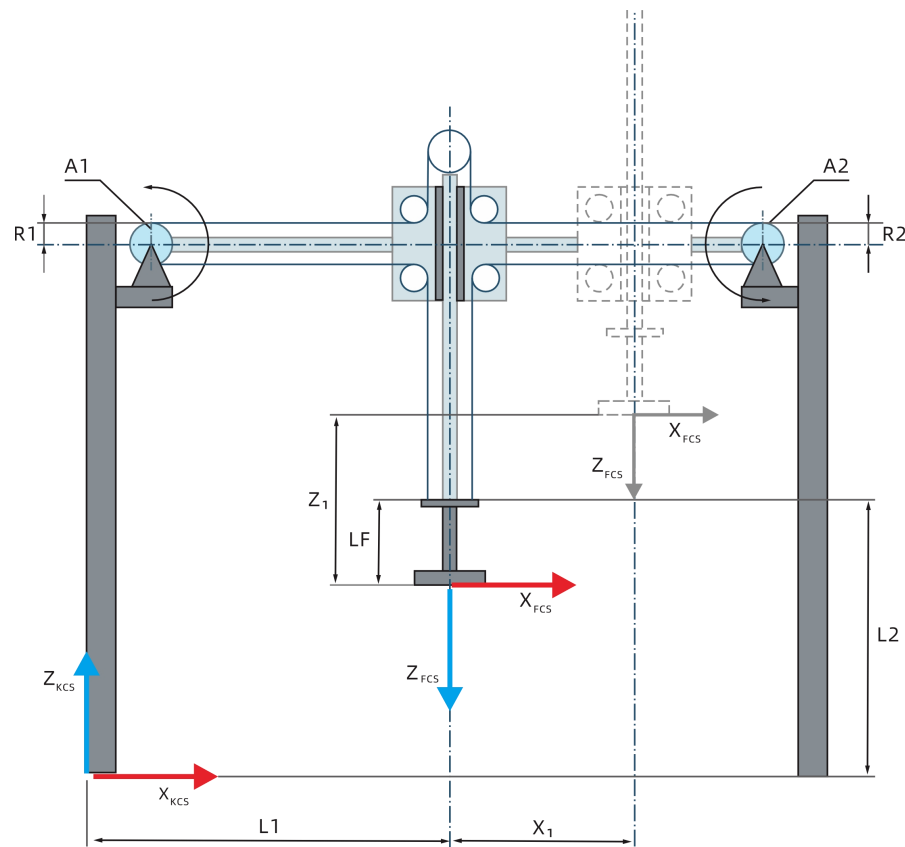
6.7.2.2 运动学模型

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



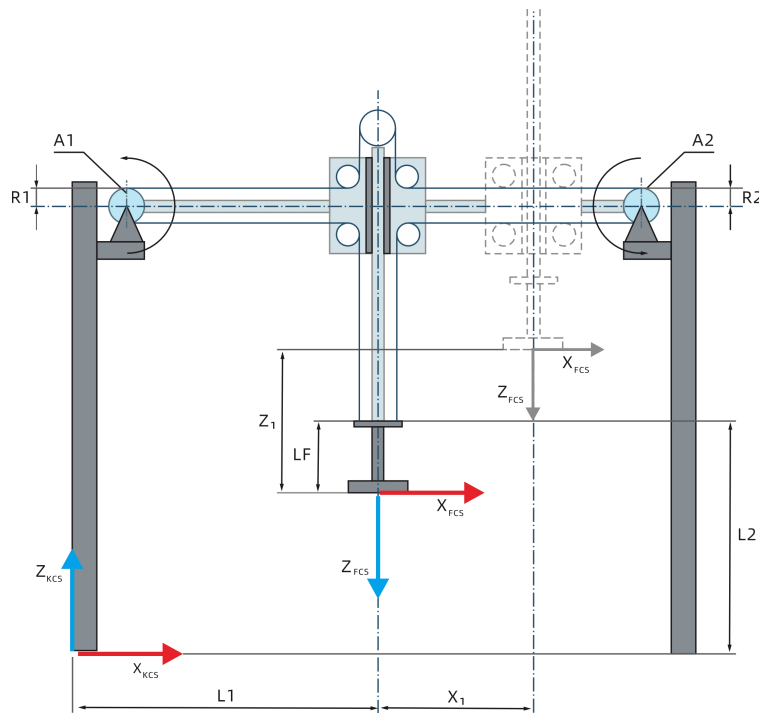
结构参数: TABLE(Tablenum,J1Xdir,J1Ydir,J2Xdir,J2Ydir)

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

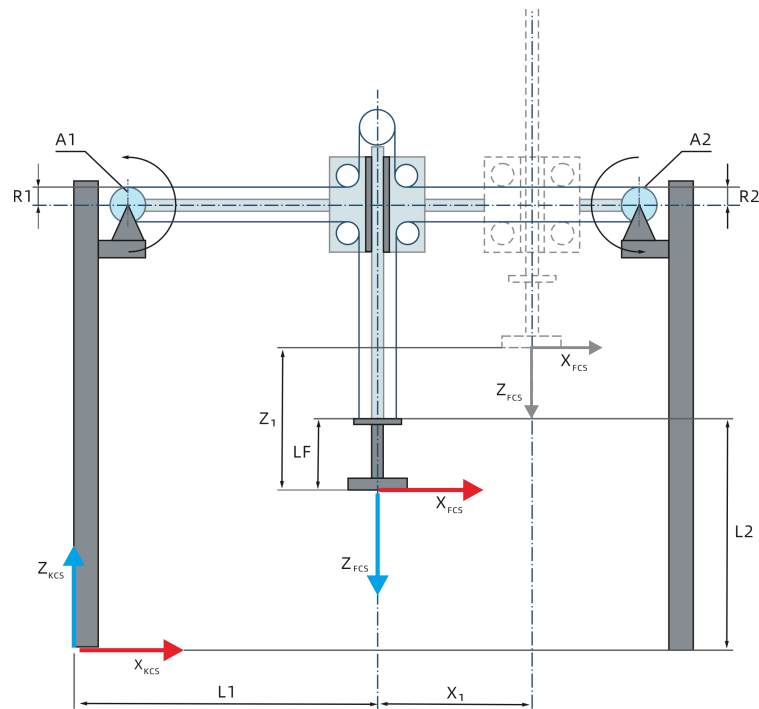
轴参数

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

模型方向



模型零点

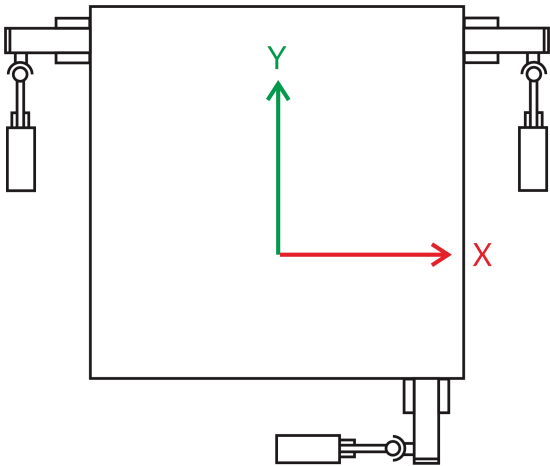


注意：任意位置可作为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.7.3FRAME33

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

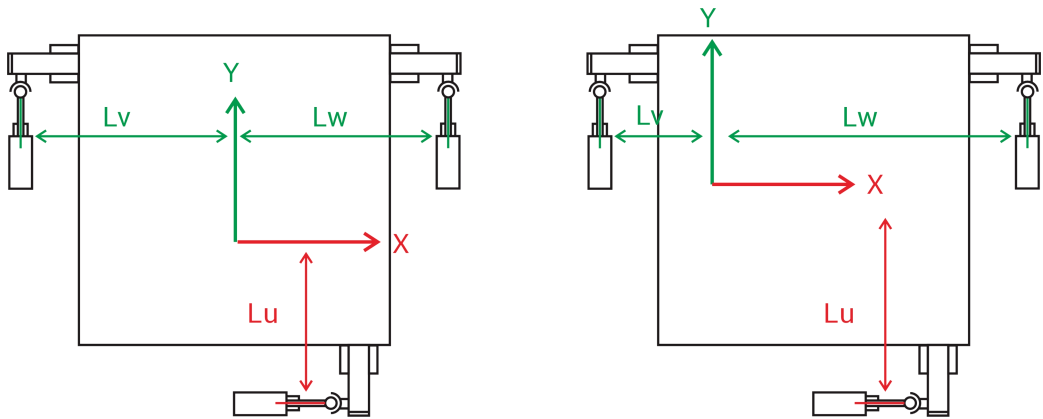
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a) U	无	移动轴 mm
关节轴 1	J1(Axis_b) V	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c) W	无	移动轴 mm

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



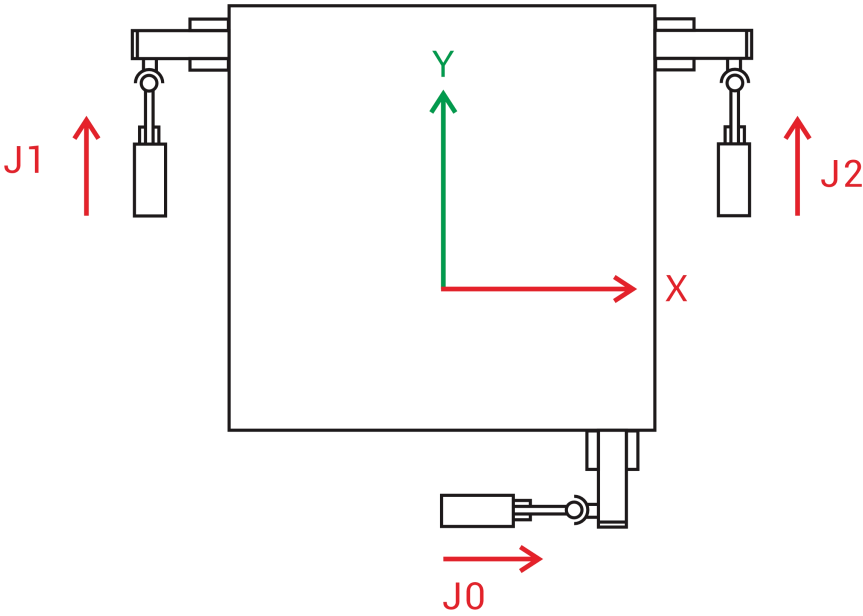
结构参数: TABLE(Tablenum,lu,lv,lw,angleonecircle,diru,dirv,zdirw)

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

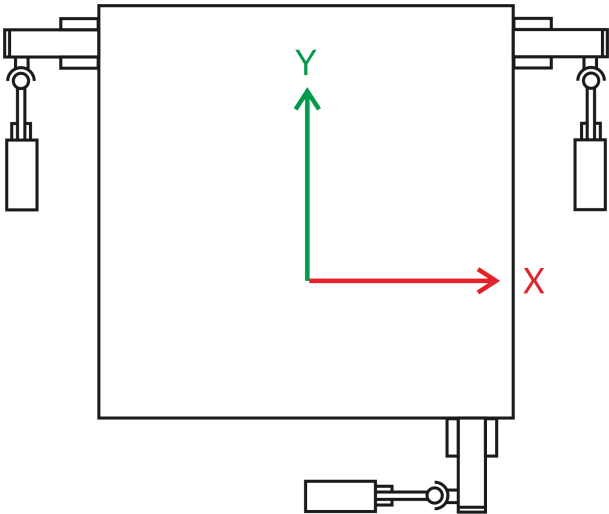
轴参数

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

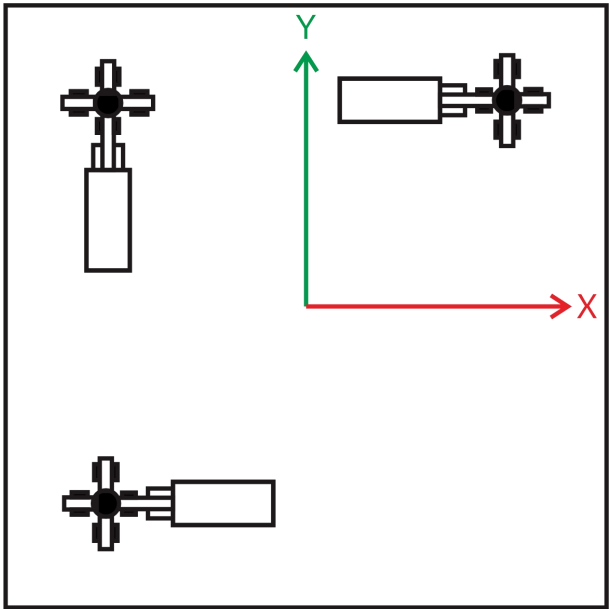


注意：机构无任何旋转时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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

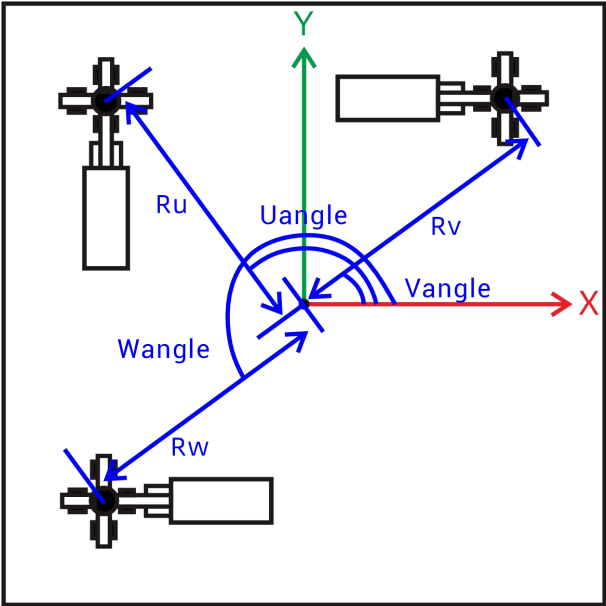
关节和自由度

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)

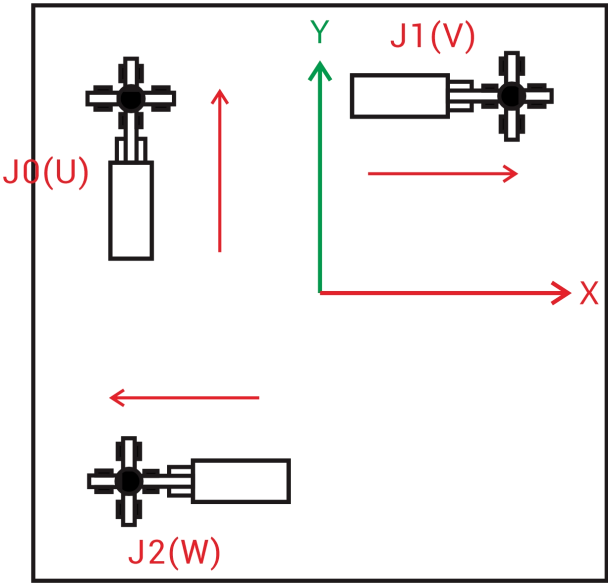
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
Ru	U 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 U 轴旋转中心距离
Rv	V 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 V 轴旋转中心距离
Rw	W 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 W 轴旋转中心距离
Uangle	U 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
Vangle	V 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
Wangle	W 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
angleonecircle	虚拟旋转轴一圈脉冲数, 任意值
diru	U 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向
dirv	V 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致,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

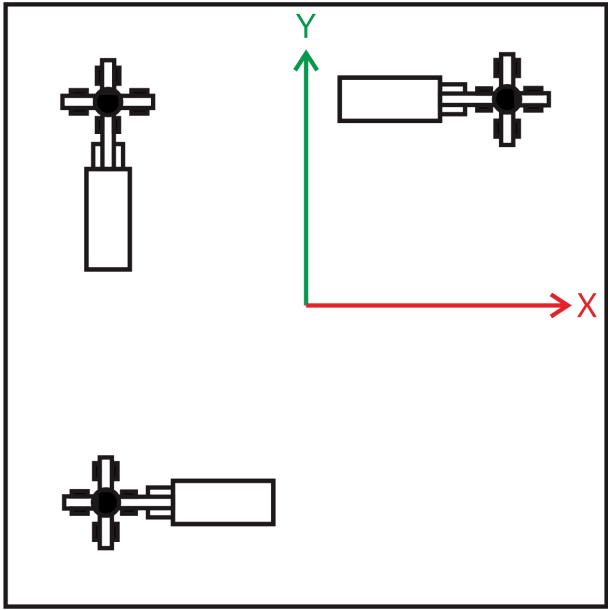
轴参数

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

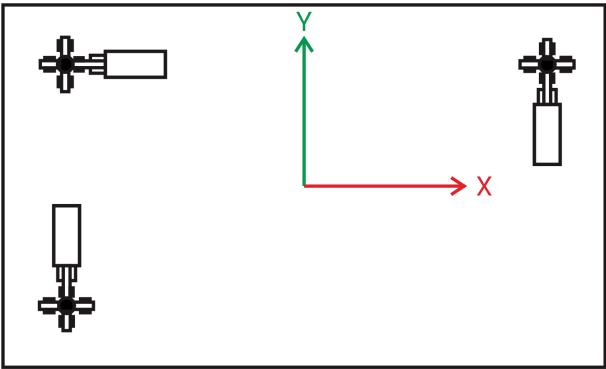


注意：机构无任何旋转时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

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

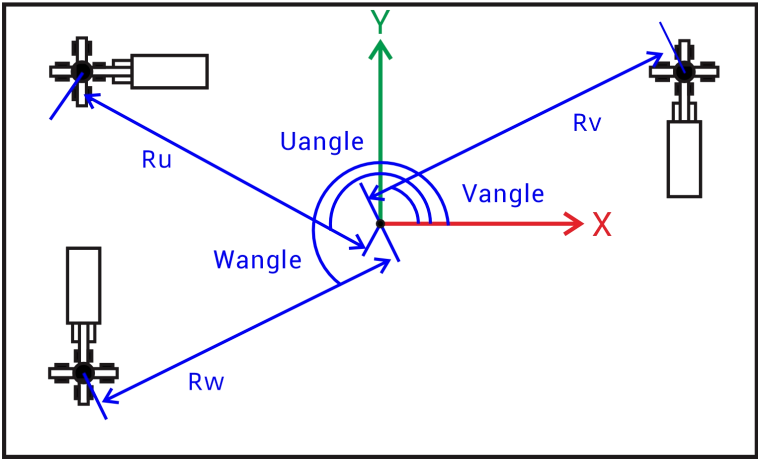
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a) U	无	移动轴 mm
关节轴 1	J1(Axis_b) V	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c) W	无	移动轴 mm

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)

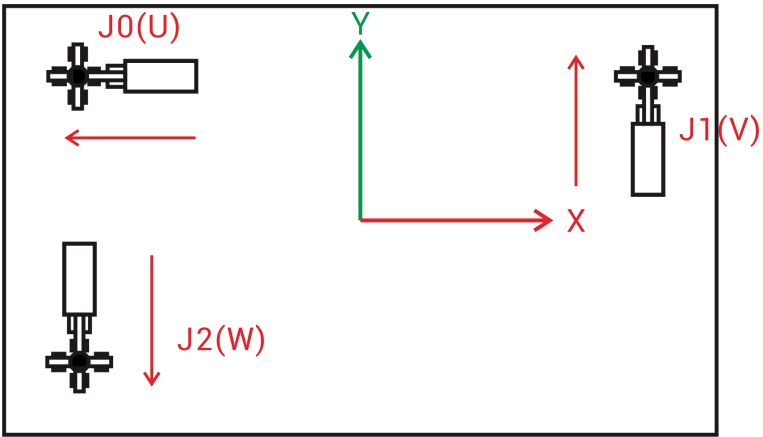
参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
Ru	U 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 U 轴旋转中心距离
Rv	V 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 V 轴旋转中心距离
Rw	W 轴的距离参数, 填写正值, 零点到 W 轴旋转中心距离
Uangle	U 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
Vangle	V 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
Wangle	W 轴零点时和 x 轴角度, 单位度
angleonecircle	虚拟旋转轴一圈脉冲数, 任意值
diru	U 轴的方向, 0° 与虚拟 Y 正向一致, 1 反向
dirv	V 轴的方向, 0° 与虚拟 X 正向一致,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

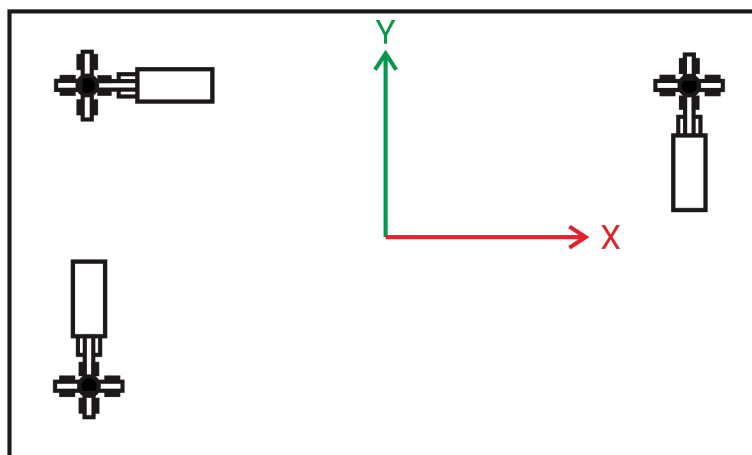
轴参数

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

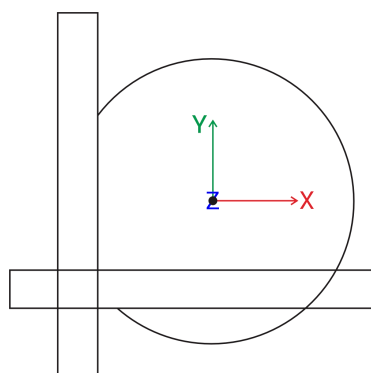
特点：工作台和主轴均可旋转，实现复杂曲面加工。

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
-------	------	----	------

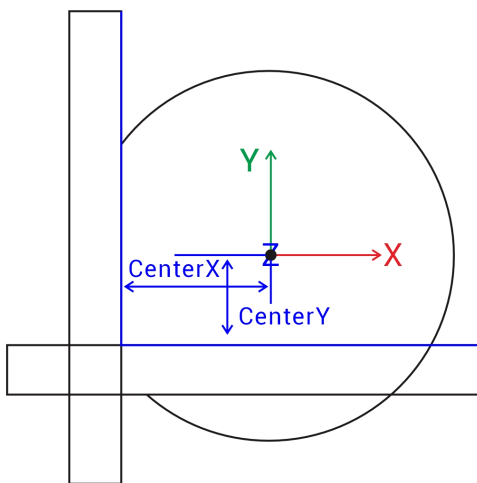
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	移动轴 mm
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	旋转轴 ° 度

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

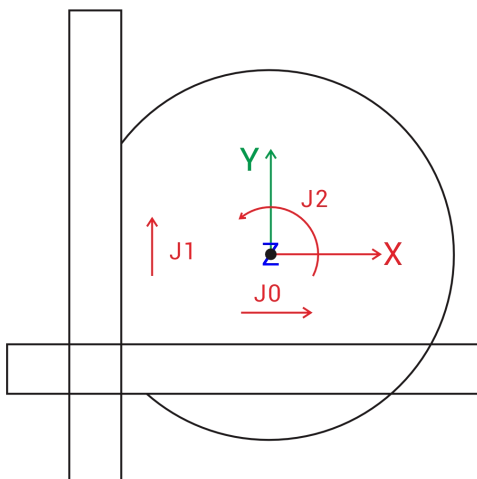
结构参数: TABLE(Tablenum,CENTERX,CENTERY,pulseonecircle,IfAntiClock,centerZ,rx,ry,rz,ifWorkCoor)

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 1 使用，此时 rx、ry、rz 生效 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

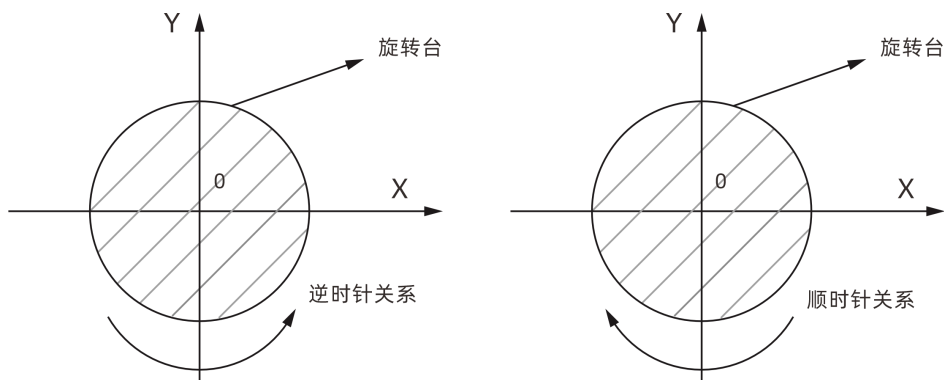


两个平移轴方向无要求。

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

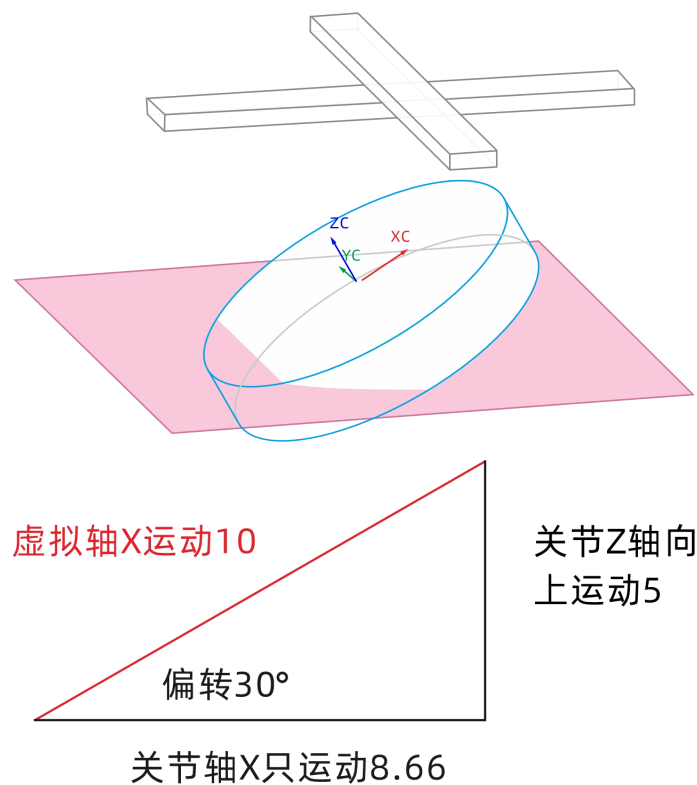
无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时的圆心偏移参数 CENTERX 和 CENTERY 要设置正确。

FRAME18

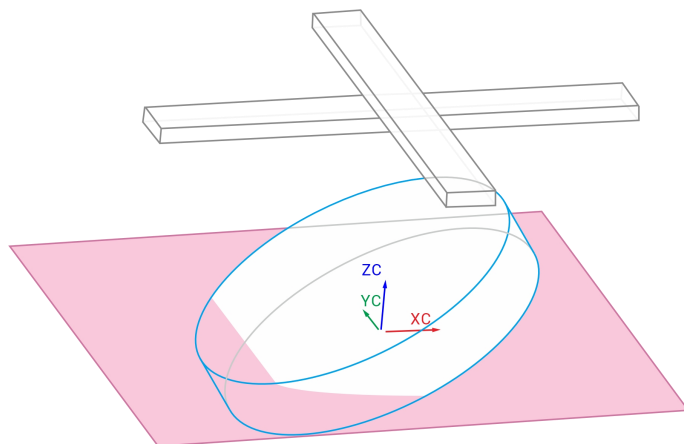
无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时的圆心偏移参数 CENTERX 和 CENTERY 要设置正确。

假设此时旋转台中心没有偏移，只绕着 Y 轴偏转 30° 。

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。

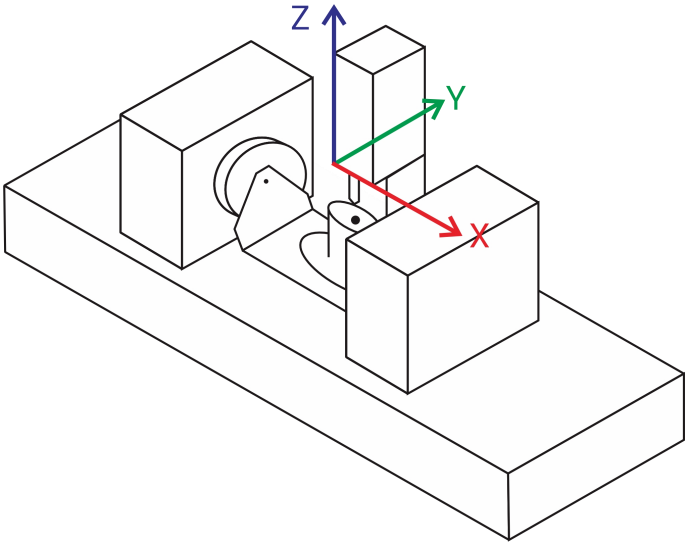


6.8.2 FRAME17-19-29

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。

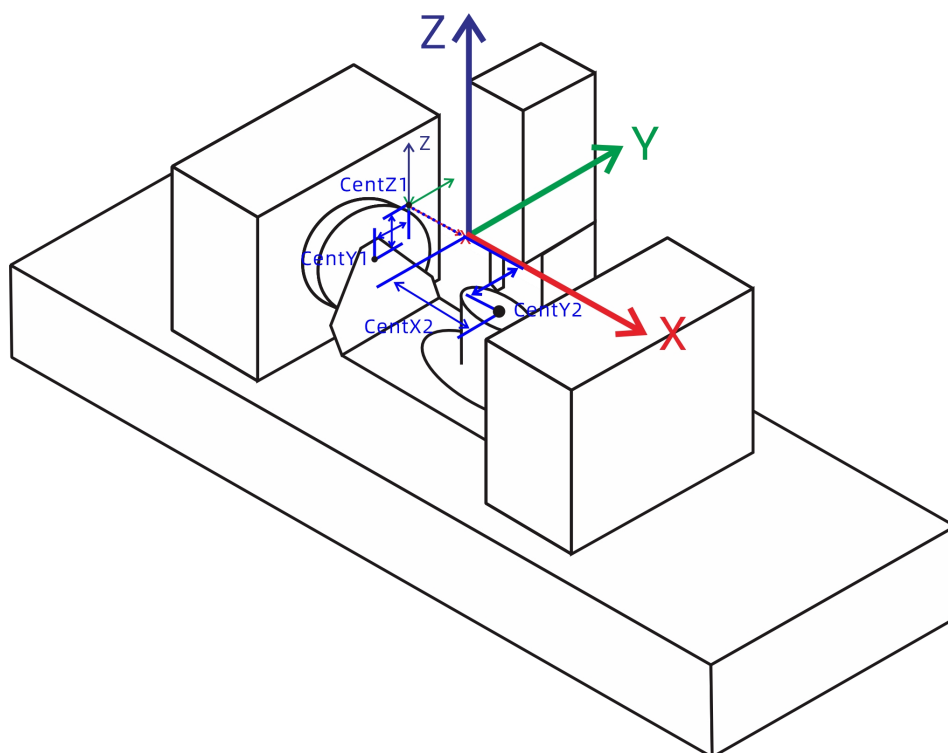
6.8.2.2 运动学模型

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

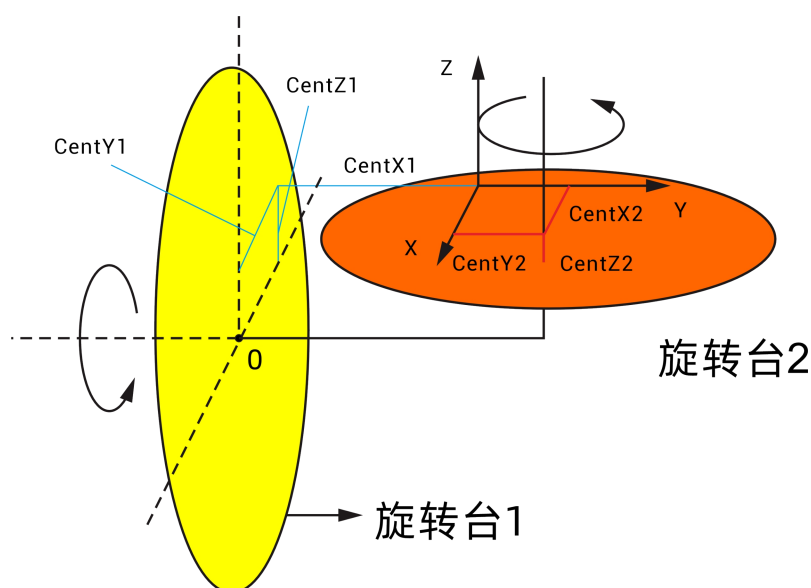


FRAME17

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

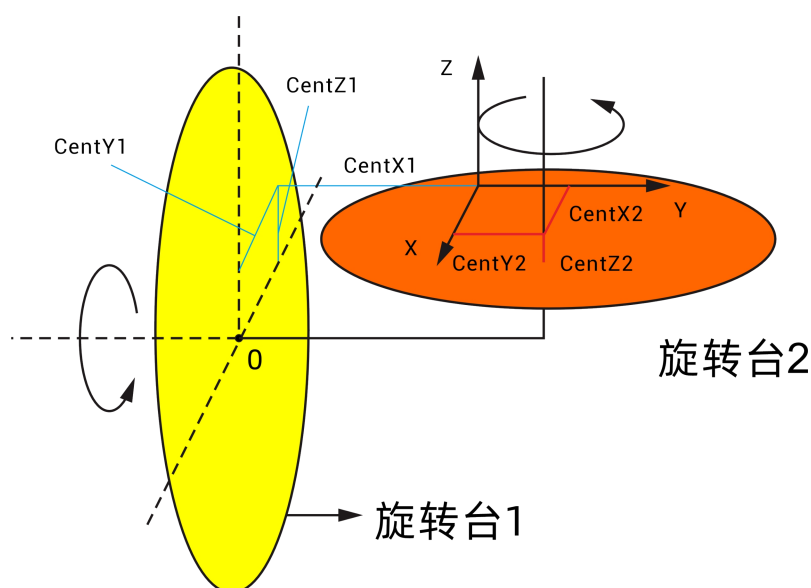
FRAME19



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 Y 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 1 使用, 此时 rx、ry、rz 生效 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 旋转轴中心线的在坐标系的方向; 举例 [1,0,0] 绕 x 轴 [0,1,0] 绕 y 轴 [0,0,1] 绕 z 轴 [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 旋转轴中心线的在坐标系的方向; 举例 [1,0,0] 绕 x 轴 [0,1,0] 绕 y 轴 [0,0,1] 绕 z 轴 [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

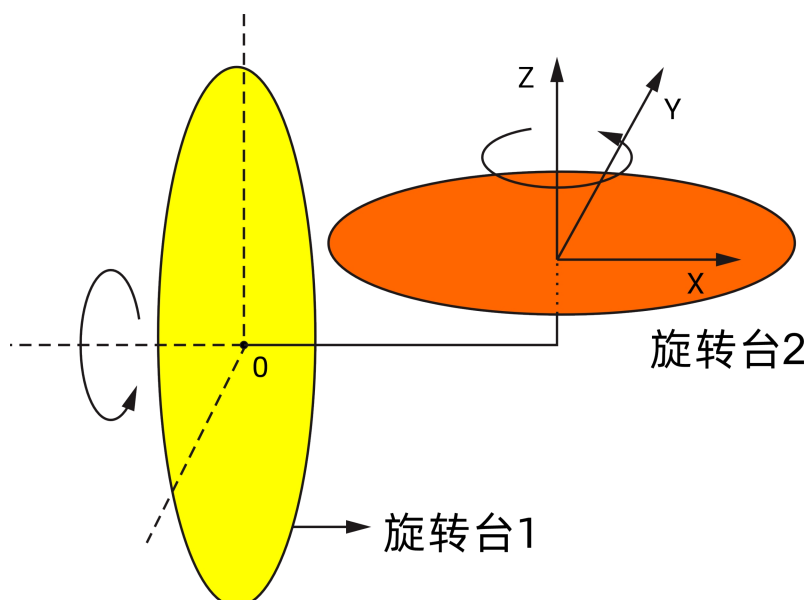
轴参数

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		Pulse1oncircle/360
Axis_e		Pulse2oncircle/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。

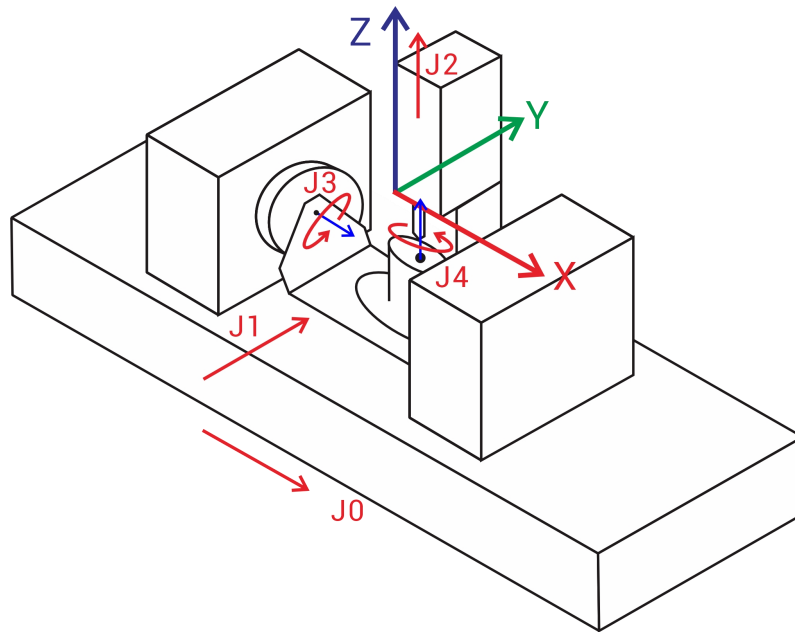
旋转台 1 和旋转台 2 转向满足右手法则。



关节轴 XYZ 方向没有要求。

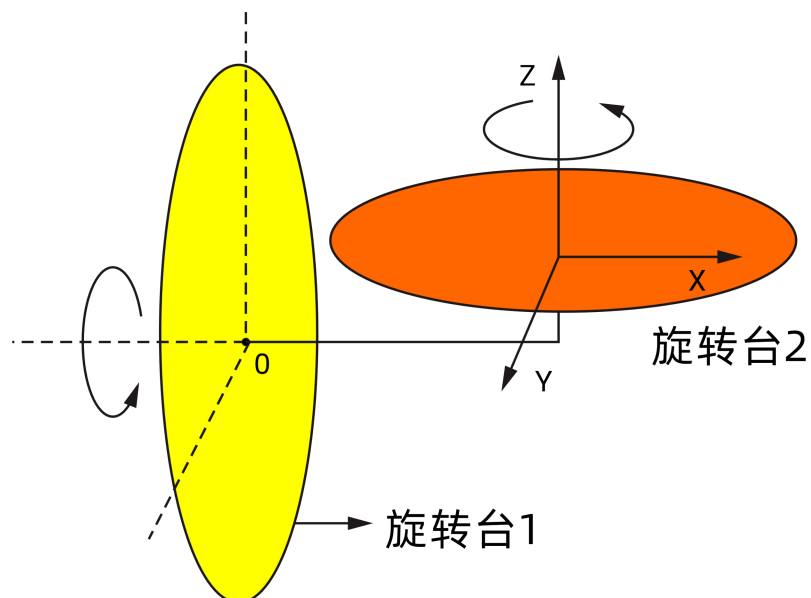
旋转台 1 方向根据实际情况设置 IfAntiClock1 参数：逆时针值为 1（旋转台从 Y 正转向 Z 正），顺时针值为 0（旋转台从 Z 正转向 Y 正）。

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

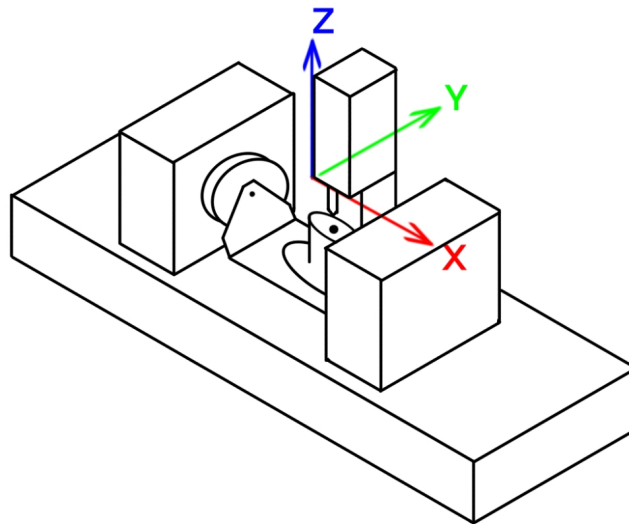
无特殊要求，当前位置即可作为 0 点，但是注意此时旋转台 1 的圆心偏移参数 CENTERZ1 和 CENTERY1，旋转台 2 的圆心偏移参数 CENTERX2 和 CENTERY2 要设置正确。



6.8.3 FRAME30

6.8.3.1 机械结构

设计图纸



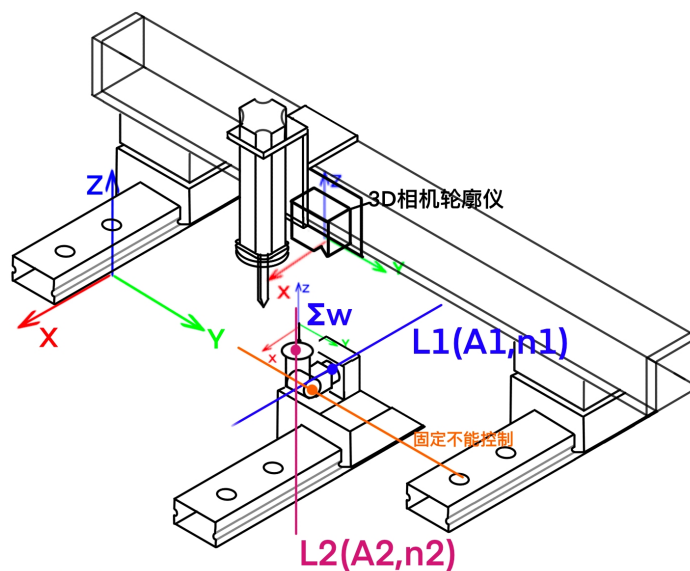
或者

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = \{Ow, Rw\}$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$
 $n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$

$A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$
 $n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$
 $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME30 类型与 FRAME17 一致，只是结构参数输入和使用不一致。

适用于双运动链五轴设备。该设备包括两条运动链：第一条为相机运动链，由两个平移轴组成，用于带动三维相机在空间中移动；第二条为工件运动链，由一个平移轴和两个旋转轴组成，用于带动工件或工装在空间中移动和转动。设备通过三维相机获取目标点在相机坐标系下的空间位置，并以该相机基准坐标系作为统一参考，对平移轴方向、旋转轴方向以及工件坐标系进行统一描述和计算。

主要用于描述两根旋转轴的空间结构参数，以及工件坐标系在零位状态下相对于设备默认基准坐标系的位置和姿态，并据此完成后续工件坐标系随旋转轴联动时的坐标换算。

6.8.3.2 运动学模型

关节和自由度

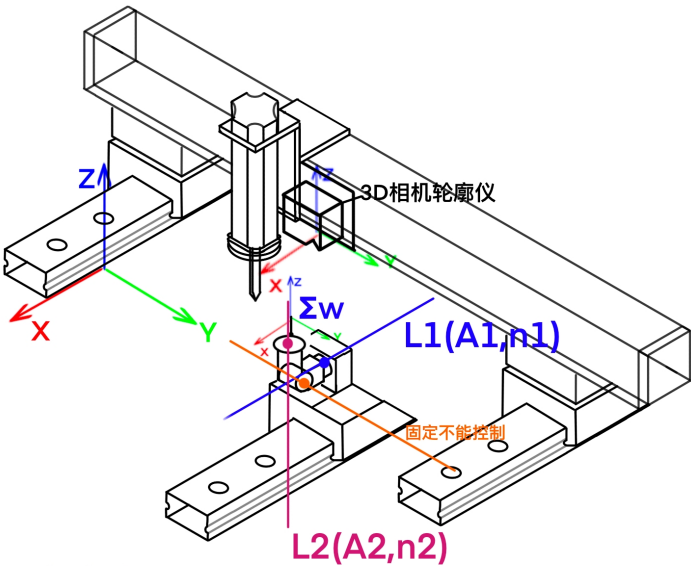
实际关节轴	定义简写	范围	物理特征
关节轴 0	J0(Axis_a)	无	移动轴 mm
关节轴 1	J1(Axis_b)	无	移动轴 mm
关节轴 2	J2(Axis_c)	无	移动轴 mm
关节轴 3	J3(Axis_d)	无	旋转轴° 度
关节轴 4	J4(Axis_e)	无	旋转轴° 度

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 R1	Viraxis_r1	无	° 度
旋转轴 R2	Viraxis_r2	无	° 度
BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_r1, Viraxis_r2)			
CONNREFRAME(30, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e)			

注意：关节 3 和关节轴 4 一定是串联的，并且关节 3 旋转会带动关节 4 旋转的，这个物理顺序默认保证这样。

模型参数

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。
 $L1(A1,n1)$ 表示第一旋转轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。
 $L2(A2,n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。
 $\Sigma w=\{Ow,Rw\}$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$
 $n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$
 $A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$
 $n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$
 $Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$
 $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME30

结构参数: TABLE(0,F98A11,F98A12,F98A13,F98A21,F98A22,F98A23,F98A31,F98A32,F98A33,F98D1,F98D2,F98D3,R1AxisPointX,R1AxisPointY,R1AxisPointZ,R1AxisDirX,R1AxisDirY,R1AxisDirZ,R2ZeroAxisPointX,R2ZeroAxisPointY,R2ZeroAxisPointZ,R2ZeroAxisDirX,R2ZeroAxisDirY,R2ZeroAxisDirZ,WorkOriginX,WorkOriginY,WorkOriginZ,WorkAngleX,WorkAngleY,WorkAngleZ))

参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
F98a11,F98a21,F98a31	关节 1 方向+1mm 投影向量
F98a12,F98a22,F98a32	关节 2 方向+1mm 投影向量
F98a13,F98a23,F98a33	关节 3 方向+1mm 投影向量
F98d1,F98d2,F98d3	3 个导轨零点时到基座坐标系原点的长度，有正负
R1AxisPointX	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
R1AxisPointY	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
R1AxisPointZ	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系

	下的 Z 坐标，单位 mm。
R1AxisDirX	第一旋转轴方向向量的 X 分量。
R1AxisDirY	第一旋转轴方向向量的 Y 分量。
R1AxisDirZ	第一旋转轴方向向量的 Z 分量。
R2ZeroAxisPointX	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisPointY	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisPointZ	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisDirX	第二旋转轴在零位时方向向量的 X 分量。
R2ZeroAxisDirY	第二旋转轴在零位时方向向量的 Y 分量。
R2ZeroAxisDirZ	第二旋转轴在零位时方向向量的 Z 分量。
WorkOriginX	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。该值必须在 r1=0、r2=0 时设置。
WorkOriginY	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
WorkOriginZ	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
WorkAngleX	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 X 方向姿态角，单位弧度。
WorkAngleY	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Y 方向姿态角，单位弧度。
WorkAngleZ	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Z 方向姿态角，单位弧度。

注意：建议通过示教标定参数，见标定章节 `frame_cal` 指令

$a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$ 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。

前 12 个参数：描述机台关节导轨的方向向量和偏移，带 mm 对应多少投影的向量，不一定是单位向量。

$R1AxisPoint^*$ 、 $R2ZeroAxisPoint^*$ 表示“轴线上任选的一个参考点”，不是“旋转中心面上的点”。

$R1AxisDir^*$ 、 $R2ZeroAxisDir^*$ 表示旋转轴的空间方向，必须做单位化。

$WorkOrigin^* + WorkAngle^*$ 一起定义工件坐标系。

$WorkAngleX/WorkAngleY/WorkAngleZ$ 的旋转顺序必须由控制系统统一规定，欧拉角顺序 $R_z(WorkRZ) * R_y(WorkRY) * R_x(WorkRX)$ ，通过三点法算出工件坐标系，最终只需要把结果整理成 $WorkOrigin + WorkAngle$ 输入即可。

前 12-24 个参数：描述机台两根旋转轴的空间位置和方向。

后 24-30 个参数：描述工件坐标系在零位时相对于机台默认基准坐标系的位置和姿态。而且可以使用 `Frame_rotato` 指令随时切换新的零位工件坐标系。

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	100000
Viraxis_y		100000
Viraxis_z		100000
Viraxis_r1		100000
Viraxis_r2		100000

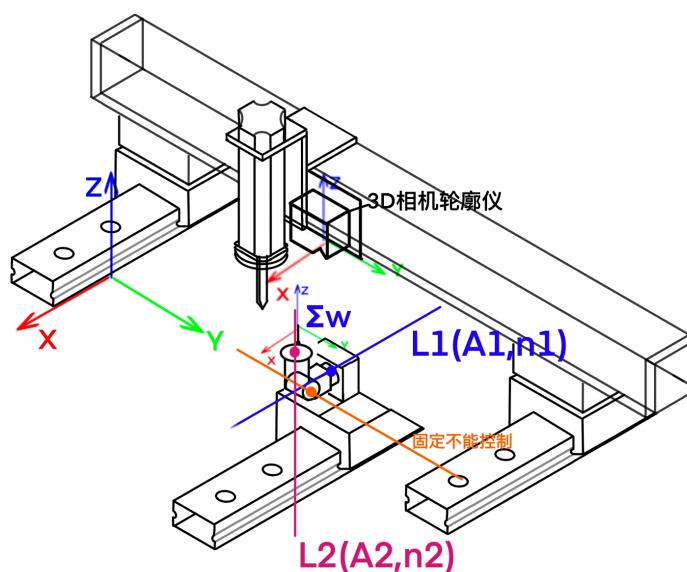
模型方向

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = (Ow, Rw)$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$

$n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$

$A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$

$n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$

$Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

注意：当前 frame30 结构参数是输入旋转轴方向向量和参考点的，旋转轴的正方向不一定按照当前模型方向图约定，此图仅供参考，具体设备的方向和模组方向通过标定步骤进行标定确定。

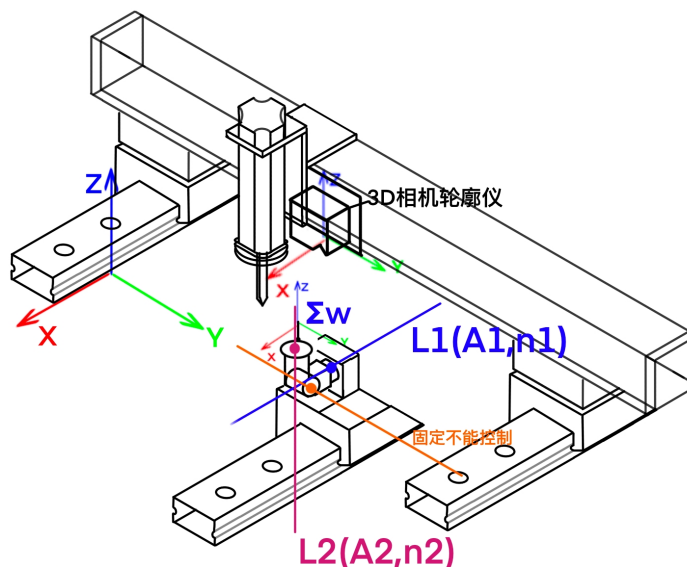
模型零点

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = \{Ow, Rw\}$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$
 $n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$

$A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$
 $n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$
 $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

零点状态定义为设备各参与补偿的轴均处于其约定零位时的状态。

具体为：平移轴处于零位位置，第一旋转轴 $r1=0$ ，第二旋转轴 $r2=0$ 。在该状态下，设备默认基准坐标系取为零位参考相机坐标系，作为的统一计算基准。

当设备未设置工件坐标系时，frame30 输出的位置点默认均表达在该基准工件坐标系下。

第一旋转轴和第二旋转轴的结构参数，均按照该零点状态进行定义，其中第一旋转轴参数描述其轴线在基准坐标系下的位置和方向，第二旋转轴参数描述其在零位状态下轴线在基准坐标系下的位置和方向。

工件坐标系也必须在该零点状态下示教生成，用户输入的工件坐标系位置和姿态，均直接基于该默认基准坐标系进行定义。

可再补一条约定：

为保证参数含义唯一，frame30 约定工件坐标系只能在 $r1=0$ 、 $r2=0$ 时设置；设置完成后，系统内部自动建立工件坐标系与旋转结构之间的固定关系，并在后续 $r1$ 、 $r2$ 变化时自动完成工件坐标系的联动换算。

6.8.4 FRAME31

6.8.4.1 机械结构

设计图纸

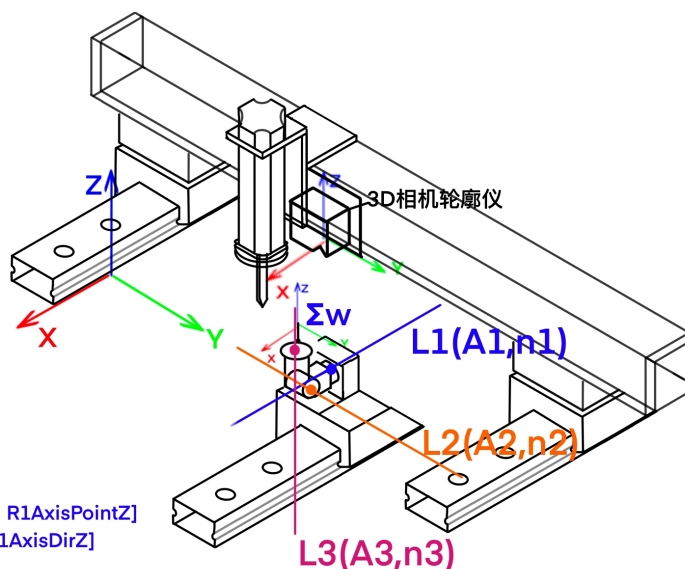
$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$L3(A3, n3)$ 表示第三旋转轴零位轴线，其中 $A3$ 为轴线上参考点， $n3$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = \{Ow, Rw\}$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$

$n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$

$A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$

$n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$

$A3 = [R3ZeroAxisPointX, R3ZeroAxisPointY, R3ZeroAxisPointZ]$

$n3 = [R3ZeroAxisDirX, R3ZeroAxisDirY, R3ZeroAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$

$Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME31 类型与 FRAME128 看起来类似，但实际差别很大，当前 frame31 工作在工件坐标系下的，属于数控常见需要的坐标系，而 frame128 基于世界坐标系工作的，除此之外，结构参数也是差别非常大。

6.8.4.2 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
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 R1	Viraxis_r1	无	° 度
旋转轴 R2	Viraxis_r2	无	° 度
旋转轴 R3	Viraxis_r3	无	° 度
BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_r1, Viraxis_r2, Viraxis_r3)			
CONNREFRAME(31, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e, Axis_f)			

注意：关节 3、关节轴 4 和关节轴 4 一定是串联的，并且关节 3 旋转会带动关节 4 旋转的，同时带着关节 5 旋转，这个物理顺序默认保证这样。

模型参数

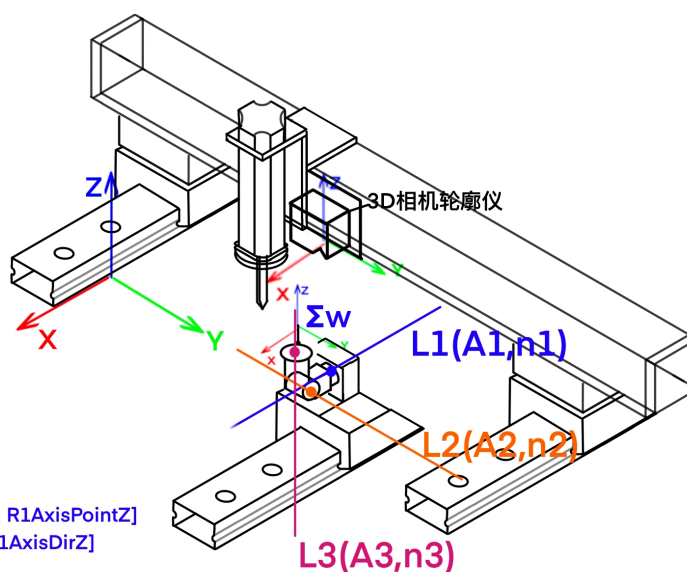
$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$L3(A3, n3)$ 表示第三旋转轴零位轴线，其中 $A3$ 为轴线上参考点， $n3$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = (Ow, Rw)$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ]$

$n1 = [R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ]$

$A2 = [R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ]$

$n2 = [R2ZeroAxisDirX, R2ZeroAxisDirY, R2ZeroAxisDirZ]$

$A3 = [R3ZeroAxisPointX, R3ZeroAxisPointY, R3ZeroAxisPointZ]$

$n3 = [R3ZeroAxisDirX, R3ZeroAxisDirY, R3ZeroAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$

$Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME31

结构参数：TABLE(0, F98A11, F98A12, F98A13, F98A21, F98A22, F98A23, F98A31, F98A32, F98A33, F98D1, F98D2, F98D3, R1AxisPointX, R1AxisPointY, R1AxisPointZ, R1AxisDirX, R1AxisDirY, R1AxisDirZ, R2ZeroAxisPointX, R2ZeroAxisPointY, R2ZeroAxisPointZ, R2ZeroAxisDirX, R2Zero

AxisDirY,R2ZeroAxisDirZ,R3ZeroAxisPointX,R3ZeroAxisPointY,R3ZeroAxisPointZ,R3ZeroAxisDirX,R3ZeroAxisDirY,R3ZeroAxisDirZ,WorkOriginX,WorkOriginY,WorkOriginZ,WorkAngleX,WorkAngleY,WorkAngleZ))

参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
F98a11,F98a21,F98a31	关节 1 方向+1mm 投影向量
F98a12,F98a22,F98a32	关节 2 方向+1mm 投影向量
F98a13,F98a23,F98a33	关节 3 方向+1mm 投影向量
F98d1,F98d2,F98d3	3 个导轨零点时到基座坐标系原点的长度，有正负
R1AxisPointX	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
R1AxisPointY	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
R1AxisPointZ	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
R1AxisDirX	第一旋转轴方向向量的 X 分量。
R1AxisDirY	第一旋转轴方向向量的 Y 分量。
R1AxisDirZ	第一旋转轴方向向量的 Z 分量。
R2ZeroAxisPointX	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisPointY	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisPointZ	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
R2ZeroAxisDirX	第二旋转轴在零位时方向向量的 X 分量。
R2ZeroAxisDirY	第二旋转轴在零位时方向向量的 Y 分量。
R2ZeroAxisDirZ	第二旋转轴在零位时方向向量的 Z 分量。
R3ZeroAxisPointX	第三旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
R3ZeroAxisPointY	第三旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
R3ZeroAxisPointZ	第三旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
R3ZeroAxisDirX	第三旋转轴在零位时方向向量的 X 分量。
R3ZeroAxisDirY	第三旋转轴在零位时方向向量的 Y 分量。
R3ZeroAxisDirZ	第三旋转轴在零位时方向向量的 Z 分量。
WorkOriginX	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。该值必须在 r1=0、r2=0 时设置。
WorkOriginY	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
WorkOriginZ	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
WorkAngleX	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 X 方向姿态角，单位弧度。

WorkAngleY	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Y 方向姿态角，单位弧度。
WorkAngleZ	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Z 方向姿态角，单位弧度。

注意：建议通过示教标定参数，见标定章节 `frame_cal` 指令

$a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$ 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。

前 12 个参数：描述机台关节导轨的方向向量和偏移，带 mm 对应多少投影的向量，不一定是单位向量。

$R1AxisPoint^*$ 、 $R2ZeroAxisPoint^*$ 、 $R3ZeroAxisPoint^*$ 表示“轴线上任选的一个参考点”，不是“旋转中心面上的点”。

$R1AxisDir^*$ 、 $R2ZeroAxisDir^*$ 、 $R3ZeroAxisDir^*$ 表示旋转轴的空间方向，必须做单位化。

$WorkOrigin^*$ + $WorkAngle^*$ 一起定义工件坐标系。

$WorkAngleX/WorkAngleY/WorkAngleZ$ 的旋转顺序必须由控制系统统一规定，欧拉角顺序 $R_z(WorkRZ) * R_y(WorkRY) * R_x(WorkRX)$ ，通过三点法算出工件坐标系，最终只需要把结果整理成 $WorkOrigin + WorkAngle$ 输入即可。

前 12-30 个参数：描述机台两根旋转轴的空间位置和方向。

后 30-36 个参数：描述工件坐标系在零位时相对于机台默认基准坐标系的位置和姿态。而且可以使用 `Frame_rotato` 指令随时切换新的零位工件坐标系。

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		Pulse1oncircle/360
Axis_e		Pulse2oncircle/360
Axis_f		Pulse3oncircle/360
Viraxis_x	0	100000
Viraxis_y		100000
Viraxis_z		100000
Viraxis_r1		100000
Viraxis_r2		100000
Viraxis_r3		100000

模型方向

注意：当前 frame31 结构参数是输入旋转轴方向向量和参考点的，旋转轴的正方向不一定按照当前模型方向图约定，此图仅供参考，具体设备的方向和模组方向通过标定步骤进行标定确定。

模型零点

零点状态定义为设备各参与补偿的轴均处于其约定零位时的状态。

具体为：平移轴处于零位位置，第一旋转轴 $r1=0$ ，第二旋转轴 $r2=0$ ，第三旋转轴 $r3=0$ 。在该状态下，设备默认基准坐标系取为零位参考相机坐标系，作为的统一计算基准。

当设备未设置工件坐标系时，frame31 输出的位置点默认均表达在该基准工件坐标系下。

第一旋转轴和第二旋转轴和第三旋转轴的结构参数，均按照该零点状态进行定义，其中第一、二、三旋转轴参数描述其轴线在基准坐标系下的位置和方向。

工件坐标系也必须在该零点状态下示教生成，用户输入的工件坐标系位置和姿态，均直接基于该默认基准坐标系进行定义。

可再补一条约定：

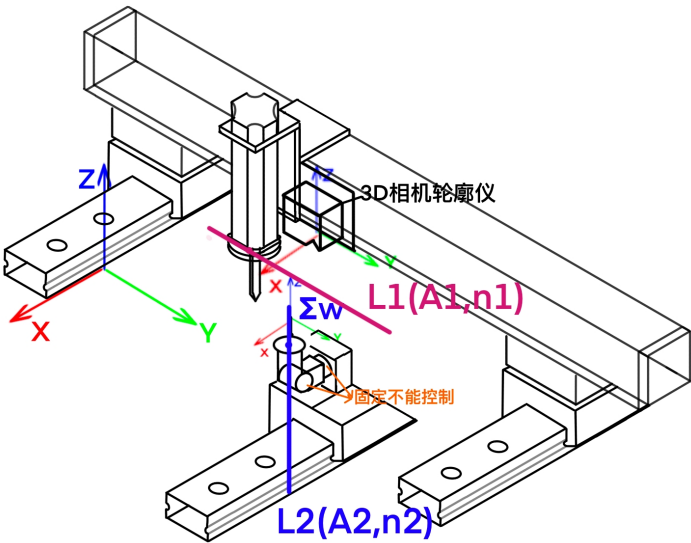
为保证参数含义唯一，frame31 约定工件坐标系只能在 $r1=0$ 、 $r2=0$ 、 $r3=0$ 时设置；设置完成后，系统内部自动建立工件坐标系与旋转结构之间的固定关系，并在后续 $r1$ 、 $r2$ 、 $r3$ 变化时自动完成工件坐标系的联动换算。

6.8.5 FRAME144

6.8.5.1 机械结构

设计图纸

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。
 $L1(A1,n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。
 $L2(A2,n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。
 $\Sigma w=\{Ow,Rw\}$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [SwingAxisPointX, SwingAxisPointY, SwingAxisPointZ]$
 $n1 = [SwingAxisDirX, SwingAxisDirY, SwingAxisDirZ]$
 $A2 = [WorkRotAxisPointX, WorkRotAxisPointY, WorkRotAxisPointZ]$
 $n2 = [WorkRotAxisDirX, WorkRotAxisDirY, WorkRotAxisDirZ]$
 $Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$
 $Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME144 类型与 FRAME118 看起来类似，但实际差别很大，当前 frame144 工作在工件坐标系下的，属于数控常见需要的坐标系，而 frame118 基于世界坐标系工作的，除此之外，结构参数也是差别非常大。

6.8.5.2 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
旋转轴 R1	Viraxis_r1	无	° 度
旋转轴 R2	Viraxis_r2	无	° 度

BASE(Viraxis_x, Viraxis_y, Viraxis_z, Viraxis_r1, Viraxis_r2)

CONNREFRAME(144, Tablenum, Axis_a, Axis_b, Axis_c, Axis_d, Axis_e)

注意：关节 3 和关节轴 4 一定是分开的，相互之间无联动，一般一个旋转轴安装到 z 轴，一个旋转轴安装到 x 轴上（简称摆动轴），分离，工件坐标系建立在第二个旋转轴上，这个物理顺序默认保证这样。

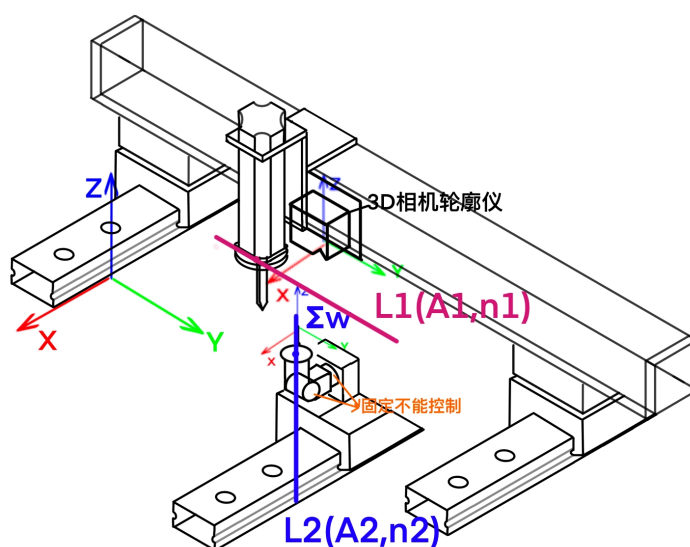
模型参数

$\Sigma 0$ 表示设备默认基准坐标系。

$L1(A1, n1)$ 表示第一旋转轴轴线，其中 $A1$ 为轴线上参考点， $n1$ 为轴方向单位向量。

$L2(A2, n2)$ 表示第二旋转轴零位轴线，其中 $A2$ 为轴线上参考点， $n2$ 为轴方向单位向量。

$\Sigma w = [Ow, Rw]$ 表示工件坐标系，其中 Ow 为工件原点位置， Rw 为工件姿态角。



$A1 = [SwingAxisPointX, SwingAxisPointY, SwingAxisPointZ]$

$n1 = [SwingAxisDirX, SwingAxisDirY, SwingAxisDirZ]$

$A2 = [WorkRotAxisPointX, WorkRotAxisPointY, WorkRotAxisPointZ]$

$n2 = [WorkRotAxisDirX, WorkRotAxisDirY, WorkRotAxisDirZ]$

$Ow = [WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ]$

$Rw = [WorkAngleX, WorkAngleY, WorkAngleZ]$

FRAME144

结构参数：TABLE(0, F98A11, F98A12, F98A13, F98A21, F98A22, F98A23, F98A31, F98A32, F98A33, F98D1, F98D2, F98D3, SwingAxisPointX, SwingAxisPointY, SwingAxisPointZ, SwingAxisDirX, SwingAxisDirY, SwingAxisDirZ, WorkRotAxisPointX, WorkRotAxisPointY, WorkRotAxisPointZ, WorkRotAxisDirX, WorkRotAxisDirY, WorkRotAxisDirZ, WorkOriginX, WorkOriginY, WorkOriginZ)

Z,WorkAngleX,WorkAngleY,WorkAngleZ))

参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置
F98a11,F98a21,F98a31	关节 1 方向+1mm 投影向量
F98a12,F98a22,F98a32	关节 2 方向+1mm 投影向量
F98a13,F98a23,F98a33	关节 3 方向+1mm 投影向量
F98d1,F98d2,F98d3	3 个导轨零点时到基座坐标系原点的长度，有正负
SwingAxisPointX	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
SwingAxisPointY	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
SwingAxisPointZ	第一旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
SwingAxisDirX	第一旋转轴方向向量的 X 分量。
SwingAxisDirY	第一旋转轴方向向量的 Y 分量。
SwingAxisDirZ	第一旋转轴方向向量的 Z 分量。
WorkRotAxisPointX	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。
WorkRotAxisPointY	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
WorkRotAxisPointZ	第二旋转轴在零位时，轴线上一个参考点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
WorkRotAxisDirX	第二旋转轴在零位时方向向量的 X 分量。
WorkRotAxisDirY	第二旋转轴在零位时方向向量的 Y 分量。
WorkRotAxisDirZ	第二旋转轴在零位时方向向量的 Z 分量。
WorkOriginX	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 X 坐标，单位 mm。该值必须在 r1=0、r2=0 时设置。
WorkOriginY	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Y 坐标，单位 mm。
WorkOriginZ	工件坐标系原点在设备默认基准坐标系下的 Z 坐标，单位 mm。
WorkAngleX	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 X 方向姿态角，单位弧度。
WorkAngleY	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Y 方向姿态角，单位弧度。
WorkAngleZ	工件坐标系相对于设备默认基准坐标系的 Z 方向姿态角，单位弧度。

注意：建议通过示教标定参数，见标定章节 frame_cal 指令。

a11,a12,a13,a21,a22,a23,a31,a32,a33 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。

前 12 个参数：描述机台关节导轨的方向向量和偏移，带 mm 对应多少投影的向量，不一定是单位向量。

SwingAxisPoint*、WorkRotZeroAxisPoint*表示“轴线上任选的一个参考点”，不是“旋转

中心面上的点”。

SwingAxisDir*、WorkRotZeroAxisDir*表示旋转轴的空间方向，必须做单位化。

WorkOrigin* + WorkAngle*一起定义工件坐标系。

WorkAngleX/WorkAngleY/WorkAngleZ 的旋转顺序必须由控制系统统一规定，欧拉角顺序 $R_z(\text{WorkRZ}) * R_y(\text{WorkRY}) * R_x(\text{WorkRX})$ ，通过三点法算出工件坐标系，最终只需要把结果整理成 WorkOrigin + WorkAngle 输入即可。

前 12-24 个参数：描述机台两根旋转轴的空间位置和方向。

后 24-30 个参数：描述工件坐标系在零位时相对于机台默认基准坐标系的位置和姿态。而且可以使用 Frame_rotato 指令随时切换新的零位工件坐标系。

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		Pulse1oncircle/360
Axis_e		Pulse2oncircle/360
Viraxis_x	0	100000
Viraxis_y		100000
Viraxis_z		100000
Viraxis_r1		100000
Viraxis_r2		100000

模型方向

注意：当前 frame144 结构参数是输入旋转轴方向向量和参考点的，旋转轴的正方向不一定按照当前模型方向图约定，此图仅供参考，具体设备的方向和模组方向通过标定步骤进行标定确定。

模型零点

零点状态定义为设备各参与补偿的轴均处于其约定零位时的状态。

具体为：平移轴处于零位位置，第一旋转轴 $r1=0$ ，第二旋转轴 $r2=0$ 。在该状态下，设备默认基准坐标系取为零位参考相机坐标系，作为的统一计算基准。

当设备未设置工件坐标系时，frame144 输出的位置点默认均表达在该基准工件坐标系下。

第一旋转轴和第二旋转轴的结构参数，均按照该零点状态进行定义，其中第一旋转轴参数描述其轴线在基准坐标系下的位置和方向，第二旋转轴参数描述其在零位状态下轴线在基

准坐标系下的位置和方向。

工件坐标系也必须在该零点状态下示教生成，用户输入的工件坐标系位置和姿态，均直接基于该默认基准坐标系进行定义。

可再补一条约定：

为保证参数含义唯一，frame144 约定工件坐标系只能在 $r1=0$ 、 $r2=0$ 时设置；设置完成后，系统内部自动建立工件坐标系与旋转结构之间的固定关系，并在后续 $r1$ 、 $r2$ 变化时自动完成工件坐标系的联动换算。

6.9 二到六轴的其他

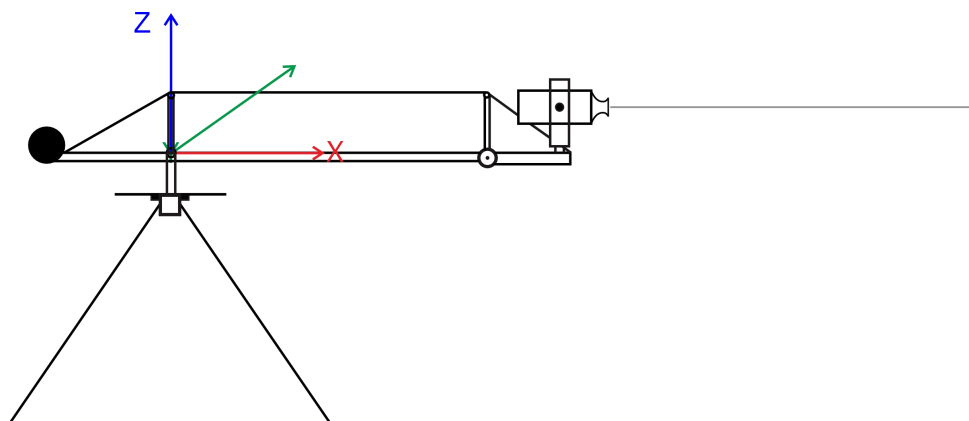
特点：无。

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

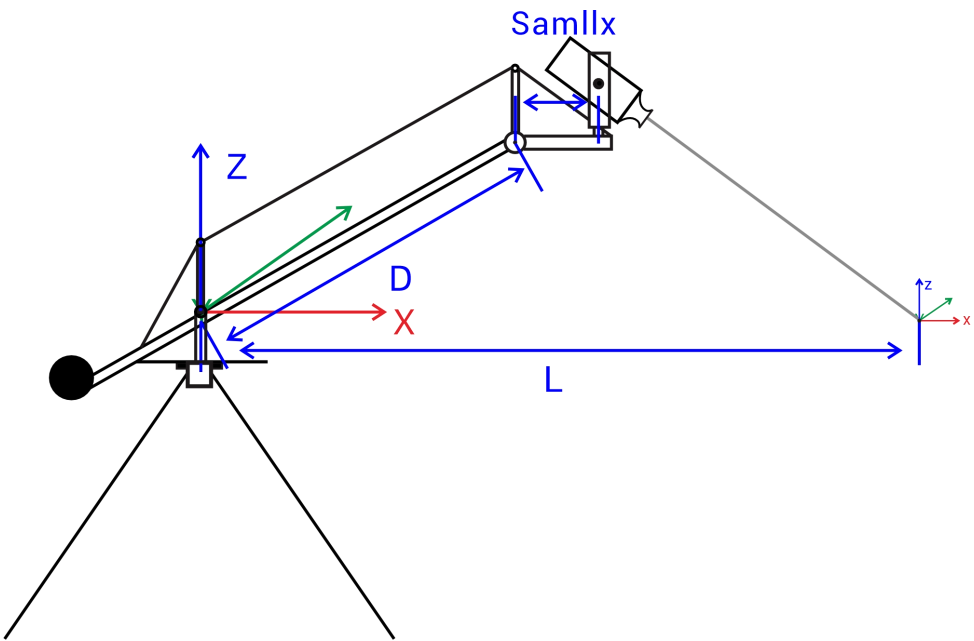
关节和自由度

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



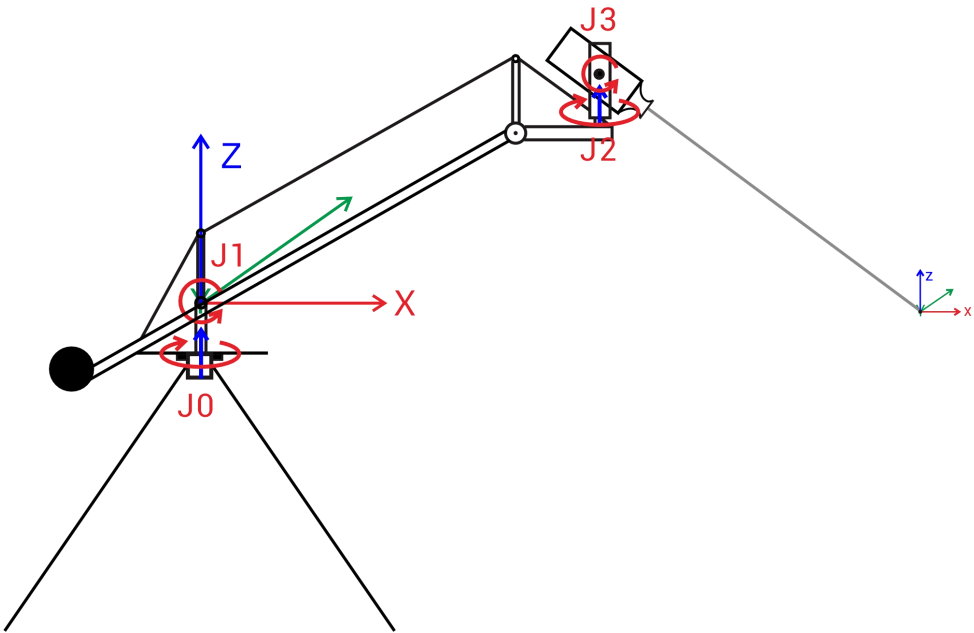
结构参数：TABLE(Tablenum,Largex(L),D,SAMLLX,Pulseonecircle1,Pulseonecircle2,Pulseonecircle3,Pulseonecircle4)

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

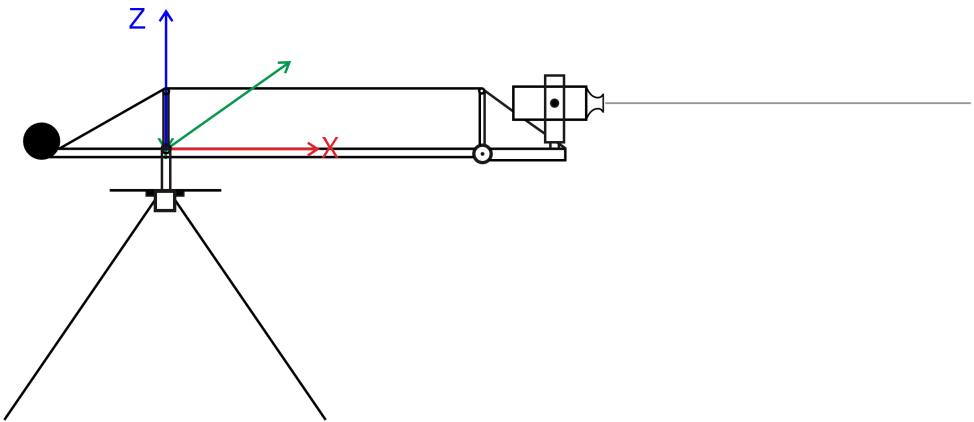
轴参数

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

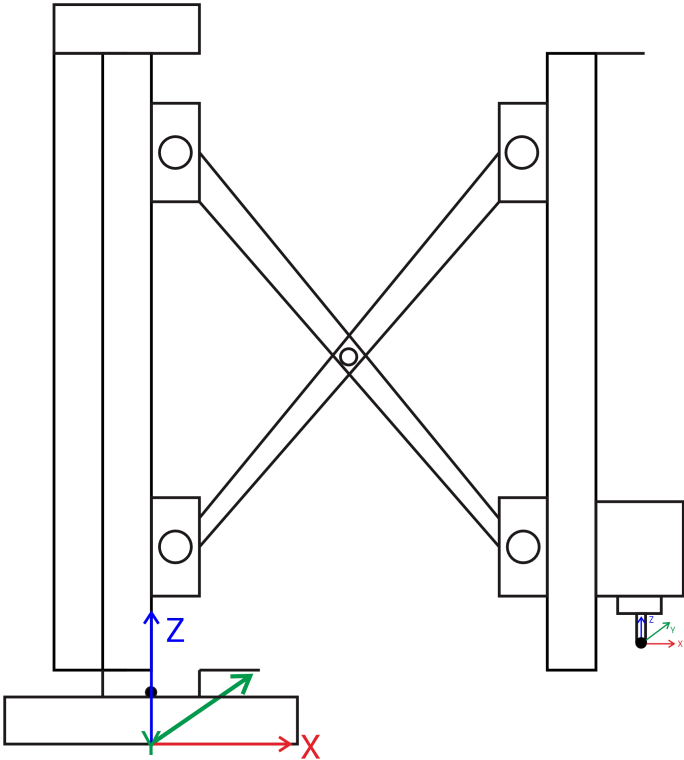


注意：臂长都保持水平状态时为零点。零点确定时，直角坐标系也同时确定，此时直角坐标系如图所示。

6.9.2 FRAME109

6.9.2.1 机械结构

设计图纸



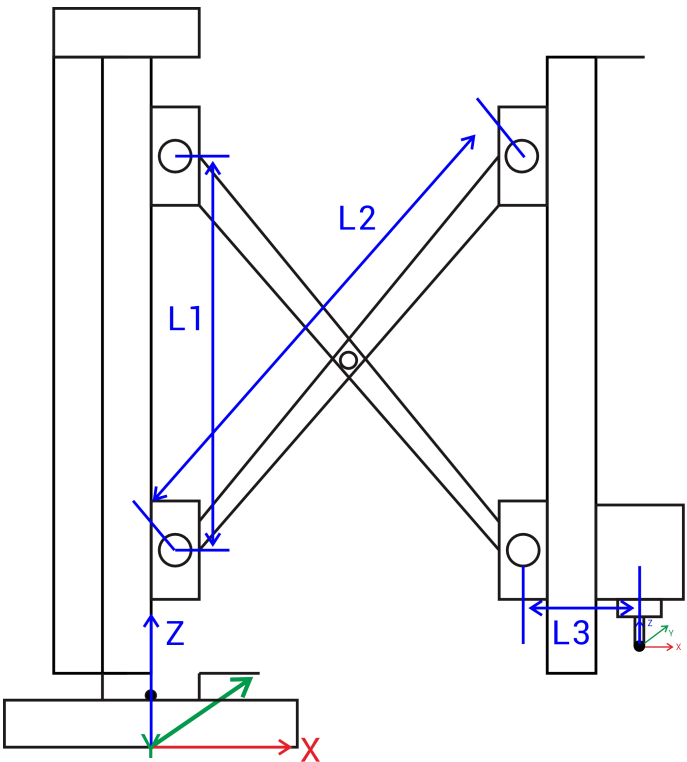
6.9.2.2 运动学模型

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



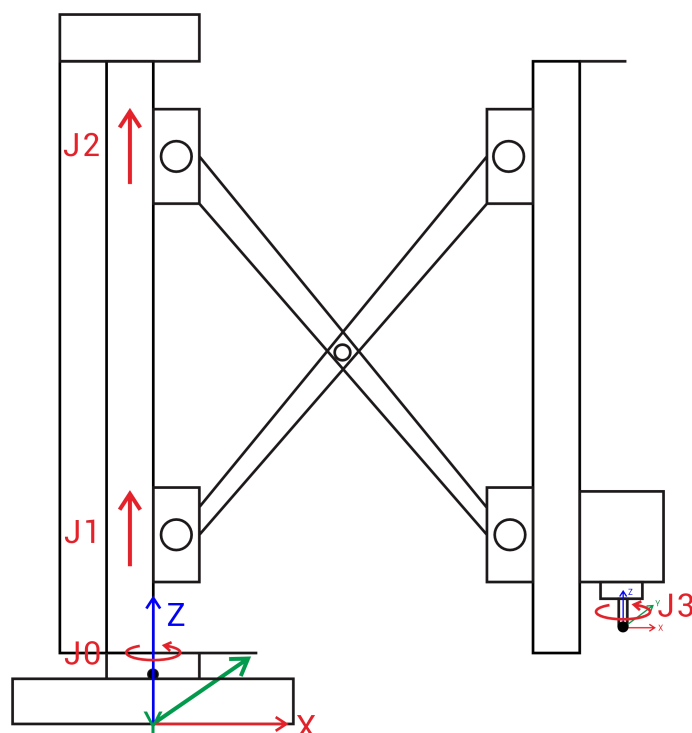
结构参数：TABLE(Tablenum,L1,L2,Pules1OneCircle,Pules2,Pules3,L3)

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

Output[0] = input[0]

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

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

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

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

Output[4] = input[5] - Input[4]*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

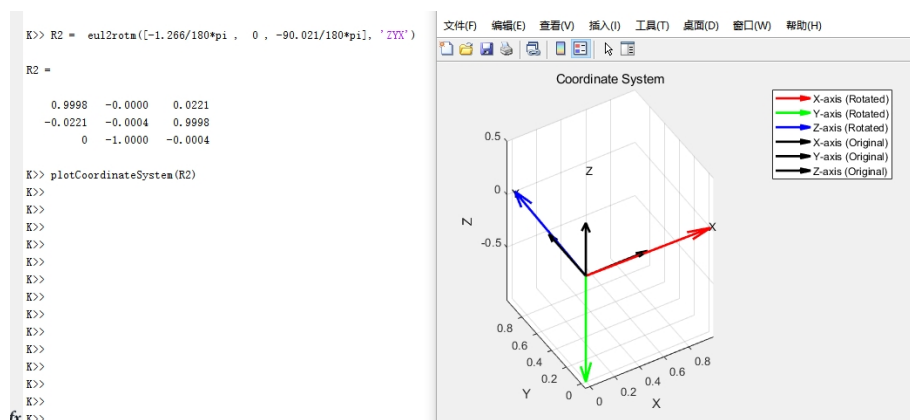
结构参数: TABLE(Tablenum,RX1,RY1,RZ1,RX2,RY2,RZ2,RX3,RY3,RZ3)

参数	含义
Tablenum	存储转换参数的 TABLE 位置 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

$V = [0 \ 0 \ \text{导轨移动的距离}]$

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

$\text{newV} = R * V$

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

FRAME94

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, offsety	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 $P = [dpos(0), dpos(1), dpos(2)]$

辅助轴 $P = [dpos(3), dpos(4), dpos(5)]$

$OrginP = [offsetx, offsety, offsetz]$

$newP = R * \text{小三轴 } P$

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

输出: $dpos(6), dpos(7), dpos(8) = Outp$

逆解:

$inputP = [dpos(6), dpos(7), dpos(8)]$

辅助轴 $P = [dpos(3), dpos(4), dpos(5)]$

$OrginP = [offsetx, offsety, offsetz]$

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

$Outp = newP * R$

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, a21, a31	关节 1 方向+1mm 投影向量
a12, a22, a32	关节 2 方向+1mm 投影向量
a13, a23, a33	关节 3 方向+1mm 投影向量
d1, d2, d3	3 个导轨零点时到基座坐标系原点的长度, 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, 不要求一定是单位向量, 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[t1,t2,t3]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： $A \cdot t = B$

正解：

输入 t: 虚拟轴 inpos[3]

输出 B: 关节轴 outpos[3]

$\text{Outpos} = A \cdot \text{inpos} + [d1, d2, d3]$

逆解：

输入 t: 关节轴 inpos[3]

输出 B: 虚拟轴 outpos[3]

$\text{Outpos} = A^{-1} \cdot (\text{inpos} - [d1, d2, d3])$

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。