

AUBO 协作机器人简介 1

1.1 遨博协作机器人简介

遨博协作机器人是高品质、低成本的6自由度协作轻型机械臂,是专为企业 制造而生的机器人。它可以在没有防护栏的情况下与人近距离的工作。邀博协作 机器人人机界面友好: 机械臂本体灵活、轻便、容易安装和部署: 不需要复杂的 编程环境,通过手动引导便可实现对机器人的控制。 遨博协作机器人能够在快速 满足柔性化生产需求、帮助企业在制造过程中获得竞争优势的同时减少工人的危 险和重复性的作业。

遨博协作机器人目前有3kg/5kg/7kg/10kg 共4个系列的工业级协作机器人, 分别对应型号为 AUBO-i3、AUBO-i5、AUBO-i7、AUBO-i10。

参考信息: http://new.aubo-robotics.cn/。



负载 3kg| 臂展 832mm 负载 5kg| 臂展 1053.5mm 负载 7kg| 臂展 1357.7mm 负载 10kg| 臂展 1563.2mm

图 1.1 遨博协作机器人

下面的教程均以 AUBO-i5 为例, 讲解协作机器人在 ROS 平台的开发。

1.2 AUBO i5 机器人系统组成

AUBO i5 机器人采用关节模块化设计,使用面向开发者层面的机器人系统。 用户可根据AUBO平台提供的应用程序接口,开发属于自己的机器人控制系统; 此外, AUBOi5 机器人配有专用的可编程操作界面, 用户可通过此界面实时观察 机器人的运行状态,对机器人进行诸多控制,也可脱机进行离线仿真,极大地提 升了实际应用的工作效率。AUBO i5 由机器人本体、控制柜、示教器、工具端 等组成。如图 1.2 所示。



图 1.2AUBO i5 机器人系统整体图

1.1.1 AUBO-i5 机器人本体结构

AUBO-i5 机器人本体模仿人的手臂, 共有 6 个旋转关节, 每个关节表示一 个自由度。 如图 1.3 所示, 机器人关节包括基座(关节 1), 肩部(关节 2), 肘部 (关节 3), 腕部 1 (关节 4), 腕部 2 (关节 5) 和腕部 3 (关节 6)。 基座用于机器人本体和底座连接, 工具端用于机器人与工具连接。肩部和肘部 之间以及肘部和腕部之间采用臂管连接。通过示教器操作示教或拖动示教,用户 可以控制各个关节转动,使机器人末端工具移动到不同的位姿。

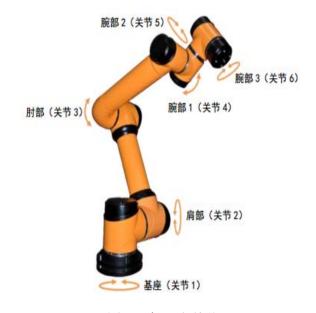


图 1.3 机器人关节



图 1.4 表示 AUBO-i5 的运动范围, 关节 1 ~ 关节 6 转动角度范围是-175° ~+175°, 理论工作空间为半径 886mm 的球体。在实际应用中机器人安装在圆柱 形基座上, 选择机器人安装位置时, 务必考虑机器人正上方和正下方的圆柱体空 间,尽可能避免将工具移向圆柱体空间。



图 1.4 机器人工作空间示意图

1.1.2 AUBO-i5 控制柜

控制柜是 AUBO i5 机器人的控制中心,控制柜外形示意图如图 1.5 所示,其 内部含有控制主板、 接口板、 PLC、开关电源和安全防护元件等。 控制柜由 100V-240V 交流电供电, 其内部有 3 个开关电源, 这些开关电源把 100V-240V 交流电转化为 12V、 24V 和 48V 直流电,为控制柜内负载和机器人供电。所以 使用前必须检查机器人和示教器与控制柜之间的连线是否牢靠。



图 1.5 AUBO i5 控制柜外形示意图

控制柜中有硬件防护和软件防护,最大程度保证在使用时的安全。控制柜内

部使用多个断路器,硬件上起到了可靠的短路保护和过载保护,且控制面板和示 教器上都有急停开关,用户可以在最短时间内切断机器人电源,保护人员和设备 的安全。软件方面,控制柜内部高精度电流传感器把机器人电流值实时的传送给 控制电路,若电流大于阈值,软件会自动切断机器人电流,起到过载保护作用。

控制柜前面板结构如图 1.6 所示。

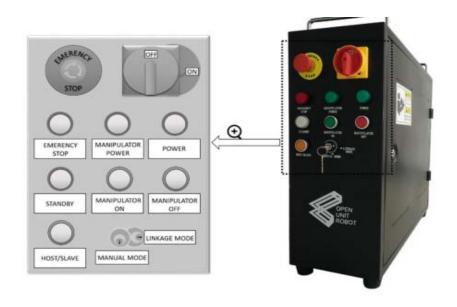


图 1.6 控制柜前面板按钮名称示意图

面板上开关、按钮和指示灯的功能如表 1.1 所示。

表 1.1 面板上开关、按钮和指示灯的功能表

名称	功 能
EMERGENCY	机器人紧急停止按键,按下后机器人断电
POWER SWITCH	总电源开关, ON 为通电状态, OFF 为断 电状态
EMERGENCY STOP	指示灯亮表示机器人处于急停状态
MANIPULATOR POWER	指示灯亮表示机器人电源接通
POWER	指示灯亮表示外部电源接通

49
-

STANDBY	指示灯亮表示控制柜接口板程序初始化完成,可以按下示教 器电源按钮给机器人上电
MANIPULATOR ON	按下后机器人电源接通
MANIPULATOR OFF	按下后机器人电源切断
HOST/SLAVE	按下进入主机模式, 抬起进入从机模式
LINKAGE MODE	联动模式
MANUAL MODE	手动模式

控制柜后面板连线示意图如图 1.7 所示。



图 1.7 控制柜后面板连线示意图

1.1.3 AUBO i5 机器人示教器

示教器是 AUBO 机器人重要的组成部分,示教器是人对机器人示教的人机交互接口。目前人对机器人示教有 3 种方式: (1)手把手示教,又称拖动示教,即由人握住机器人机械臂末端,带动机器人按实际任务操作一遍;(2)示教器示教,即由人通过示教器操纵机器人进行示教,这是最常用的机器人示教方式;(3)离线编程示教,即无需人操作机器人进行现场示教,而可根据图样,在计算机上进

行编程,然后输给机器人控制器,它具有不占机器人工时,便于优化和更为安全的优点。AUBO i5 机器人使用示教器方式示教和拖动示教两种方式。AUBO i5 机器人的示教器如图 1.8 所示。用户通过示教器可以读取机器人的日志信息,可以以示教的方式让机器人动作,还可以对机器人进行简单编程。

示教器主要包括:一块 12.1 寸 LCD 触摸屏、一个电源开关、一个急停按钮、一个力控开关和一个示教器连接线插口。LCD 触摸屏不仅可以向用户清晰的展现包括位置姿态参数等机器人运动的细节,还可以方便用户的操作,所有操作都可以通过直接点击屏幕来完成。此外,示教器外壳的设计兼具美学和人体工程学,示教器背后有一根尼龙绳带,方便单手持握。

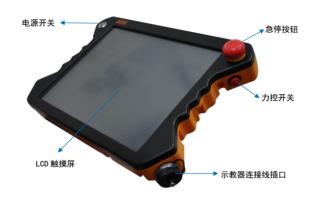


图 1.8 示教器组成部分

1.1.4AUBO i5 机器人的功能及工作原理

机器人按照用途分,可分为工业机器人、服务机器人、探索机器人、军事机器人等。工业机器人应用于工农业生产中,主要应用在制造业,进行焊接、喷涂、装配、搬运、检验、农产品加工等作业。

协作机器人是整个工业机器人产业链中一个非常重要的细分类别,协作机器人与传统机器人之间并没有非常大的不同,只是基于不同的设计理念生产的工业机器人产品,在协作机器人发展初期,很多都是从传统机器人的基础上改造的。协作机器人与工业机器人的区别在于:以传统机器人为主的自动化改造是用生产线代替生产线,机器人做为整个生产线中的组成部分,很难单独拿出来,如果某个环节的机器人坏了,在没有设计备份的情况下,整个产线可能要停工。而协作机器人的独立性很强,它代替的是单独的人,二者之间可以互换,一个协作机器人坏了,挪开不良机器,找个工人替代即可,整个生产流程的灵活性非常高。但缺点也很明显:为了控制力和碰撞能力,协作机器人的运行速度比较慢,通常只有传统机器人的三分之一到二分之一;为了减少机器人运动时的动能,协作机器人一般重量比较轻,结构相对简单,这就造成整个机器人的刚性不足,定位精

度相比传统机器人差 1 个数量级;低自重,低能量的要求,导致协作机器人体型都很小,负载一般在 10kg 以下,工作范围只与人的手臂相当,很多场合无法使用。

基于以上特点,AUBO i5 机器人的一般应用场景有 3C 行业、医药、食品、物流以及一些需要人机共同合作完成的任务等。

AUBO i5 机器人采用的是示教再现的作业方式。基本工作原理是示教再现,即由用户导引机器人,一步一步按实际任务操作一遍,机器人在导引过程中自动记忆示教的每个动作的位置、姿态、运动参数、焊接参数等,并自动生成一个连续执行全部操作的程序。完成示教后,只需给机器人一个起动命令,机器人将精确地按示教动作,一步一步完成全部操作,实现示教与再现。

在示教器上面示教之后,会产生一个作业程序,这个作业程序是以文本文件的形式存放于示教器中的,每一行包括一条控制指令(如以 MOVJ、MOVL 和 MOVC 开头的指令,其他的指令)。示教编程的时候,示教器通过示教指令连接控制柜控制机械臂运动;示教完成之后,示教器和主控制器上保存有同一个作业文件,这样做提高示教之后再自动运行时的效率。

指定好示教器上面的具体的作业文件之后,按住示教器界面上的自动,示教器会向主控制器发信号,机械臂将运动到初始位置。再点击开始界面主控制器收到信号之后就会对指定的文件逐行解析和译码、轨迹规划、插补运算、运动学求解,并驱动机器人运动。

1.2 AUBO i5 机器人基本操作

1.2.1 AUBO i5 机器人上电操作

1) 上电前准备

- 检查机器人与控制柜是否连接完好。
- 检查示教器与控制柜之间是否连接完好。
- 检查控制柜电源电缆是否连接完好。
- 控制柜电源总开关在电源未接通时处于关闭状态。
- 控制柜和示教器急停开关处于弹起状态。
- 模式选择钥匙开关处于正确的位置。
- 确保机器人不会碰到周围人员或设备。



2) 系统上电

(1) 控制柜上电

把电源电缆品字插头插到工频交流电源插座上,然后把电源开关从 OFF 旋转 至 ON 状态, 电源指示灯亮。

(2) 示教器和机器人上电

- 把钥匙开关转至手动模式。
- 等待白色指示灯(STANDBY)常亮,进入待机状态。
- 按住示教器左上角的启动按钮约 1s,蓝色灯光亮,机器人与示教器 一同上电,示教器屏幕点亮。
- 启动按钮及 LED 指示灯开机状态如图 1.9 所示。



图 1.9 示教器启动按钮及 LED 上指示灯示意图

3) 启动默认工程

示教器启动后,进入 ORPE 机器人可编程操作界面,如图 1.10 所示。



图 1.10 可编程操作界面-启动界面



图 1.11 工具端设置

随后自动跳转为机械臂初始化页面,如图 1.11 所示,点击【保存】 后,进入图 1.12 所示界面。



图 1.12 机械臂初始化

依次启动机械臂电源、释放刹车、设置碰撞等级,操作步骤为:依 次点击如图 3.4 所示界面中的【关】->【关】->【保存】按键。随后 点击【确定】,即可进入如图 1.13 所示可编程操作控制环境界面。

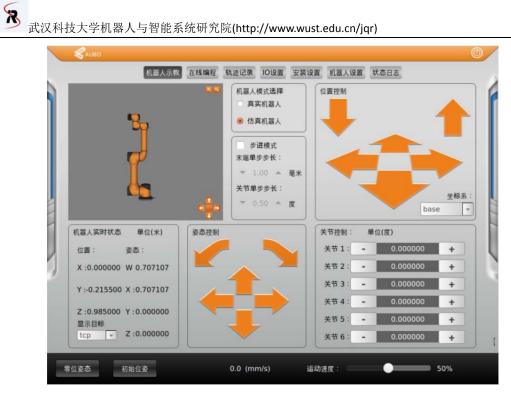


图 1.13 可编程操作环境界面示意图

点击如图 1.13 所示【在线编程】模块,进入图 1.14 所示界面。



图 1.14 工程项目

点击【打开工程】进入图 1.15 所示界面。



图 1.15 打开工程

依次点击【default.xml】工程文件->【加载】,即可加载默认程序, 此默认程序可作为机器人初次使用时测试程序,此时示教器进入如 图 1.16 所示界面。



图 1.16 在线编程-控制逻辑

然后,点击示教器界面【启动】后会进入如图 1.17 所示界面。



图 1.17 自动移动

按如图 1.17 界面所示【自动】按键(在此过程中可随时松开按键以 停止机器人手臂运动),直至屏幕上出现【确定】按键,如图 1.18 所示。



图 1.18 自动移动到指定位置

依次点击【确定】->【启动】按键,机器人即按默认程序进行工作。



1.2.2 AUBO i5 机器人示教器基本功能介绍

示教器软件面板用于机器人示教操作,用户通过点击面板上的图标来移动机器人。同时,面板也会把机器人的运动信息反馈给用户。面板有 11 个部分组成,如图 1.19 所示。



图 1.19 机器人示教面板

- 1) 软件关闭按钮:通过点击此按钮来关闭软件。
- **2) 面板选择:**点击某个面板名称可以切换到此面板,方便用户操作。选中的面板呈现深色背景浅色文字。
- 3) 机器人 3D 仿真界面: 机器人仿真界面的作用是为了脱离真实机械臂,验证用户编写的程序。界面右侧的图标按钮用于 3D 模型观察,右上角为放大和缩小按钮,右下角可通过上下左右四个按钮调整 3D 模型视图,中间按钮为复位视图按钮。可以根据仿真环境来检验机器人的控制程序是否合理正确。
- **4) 机器人仿真切换按钮:** 选择真实机器人时,程序在真实机器人上运行,机器人会按照程序来动作。在示教情况下,3D 仿真不会与真实机器人同时运动。选择仿真机器人时,真实机器人不动作。完成一个机器人程序,可先选择仿真机器人,通过运行程序来验证程序是否正确,以提高机器人应用的安全性。

5) 步进控制:

● 为了能够增加示教的精度,需要增加步进控制这个功能,能够让被控制

的变量以步进的方式精确变化。

- 可以激活步进模式使用步进控制方式。
- 用户可以通过点击输入框左右两边的按钮来调整机械臂运动的步长。
- 末端单步步长表示控制末端位置移动的步长,单位为毫米,可设置范围 为 0~2 毫米。
- 关节单步步长表示控制关节运动角度的步长,单位为度,可设置范围为 0~0.5度。
- 步进控制只对末端位置控制及关节轴控制有效。
- 6) 位置控制: 机械臂末端可以基于基坐标系(base)、末端坐标系(end) 以及用户自定义平面坐标系(plane)来完成位置控制,用户可以对末端进行不 同坐标系下的示教。

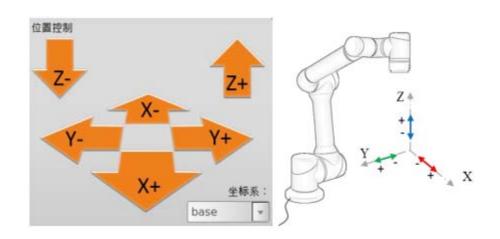


图 1.20 位置控制 (base)

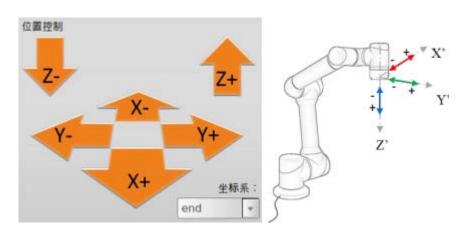


图 1.21 位置控制 (end)

7) 机器人实时状态末端位置、姿态参数显示见图 1.22 所示。



图 1.22 机器人实时状态末端位置、姿态参数

- 位置下的 XYZ 表示工具法兰中心点(选定的工具坐标系)在选定坐标系 (基坐标系、末端坐标系、用户自定义坐标系)下的坐标,姿态下的 RX、 RY、RZ 表示相对于选定坐标系旋转的角度值,是以一定顺序绕选定坐标 系旋转三次得到的方位的描述。
- 末端状态表示当前的坐标点是否存在逆解(是否为奇异点),如果为奇异 点, 3D 仿真界面中的模型会卡住不动。
- 下拉菜单提供选择显示位姿的目标是法兰盘重心(默认)或指定的 tool 末端功能。
- 用户可以通过【安装设置】->【工具坐标系设置】 来新增加下拉菜单工 具选项。
- 8) 姿态控制: 通过点击示教器上的 X+、X-、Y+、Y-、Z+、Z-按钮调整基坐 标系(base)和末端坐标系(end)的姿态。

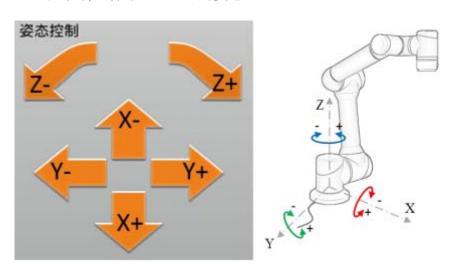


图 1.23 姿态控制 (base)



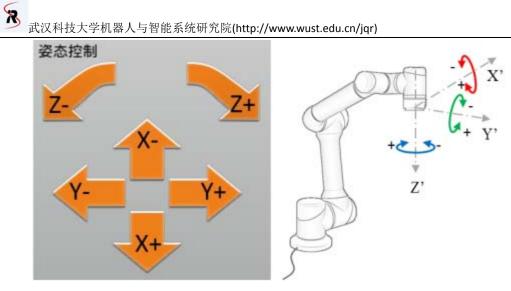


图 1.24 姿态控制 (end)

9) 关节轴控制:

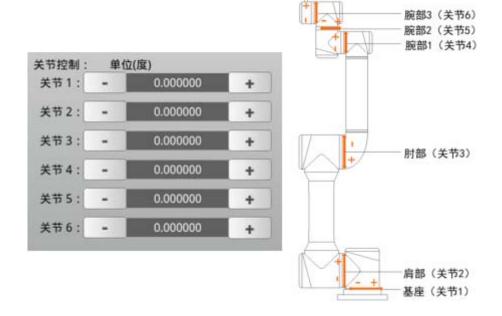


图 1.25 关节控制示意图

- 机器人一共有6个自由度,从下到上的每个关节分别命名为关节1~ 关节6,分别对应机器人的六个关节。用户只需要使用示教界面上的 关节控制按钮就可以控制每个机械臂关节的转动。
- "+"表示该关节中的电机逆时针转动, "-"表示该关节中的电机 顺时针转动, 可参考上图关节控制示意图。
- 单位:度。

10) 零位姿态, 初始位姿:

零位姿态:长按可使机械臂回到零位。

初始位姿:长按可使机械臂回到初始位置。用户也可以通过示教器界面:【机 器人设置】 ->【初始位置设定】来任意设定机器人初始位姿。

11) 机器人运动速度控制:

- 用户可以通过控制滑条来调整机械臂示教时的运动速度(速度最大 值的百分比)。
- 在示教模式下可以用速度滑条来控制机械臂示教运动速度。当机械 臂开始正常工作时,不能通过速度滑条来控制机械臂的运动速度。

1.2.3 AUBO i5 机器人关机操作

关机顺序为: 首先断开机器人和示教器电源, 再断开控制柜电源。

1) 断开机器人和示教器电源。

正常退出: 退出程序, 按下示教器操作界面右上角软件关闭按钮:

强制关机:长按示教器左上角的启动按钮约 3s,蓝灯灭,示教器和机器人断 电。

2) 断开控制柜电源。

把控制柜前面板上的电源开关旋转到 OFF 位置。

1.3 Aubo i5 书法机器人介绍

本教程将以 AUBO i5 六轴协作型书法机器人的设计为例, 讲解在 ROS 平台上 实现对 AUBO i5 机械臂的控制与实践,目的是让实验室学生或研究人员在该平台 上进行协作机器人的研究。



图 1.26 书法机器人组成示意图

1.4 本章实验安排

通过本章内容的学习后,要求进行如下实验,掌握协作机器人操作的基本技 能。

实验内容及安排:

1) 实验目的

- (1) 学会开启与关闭工业机器人(AUBO i5)系统;
- (2) 认识示教器:
- (3) 结合《机器人原理与应用》课程的理论学习,掌握六轴工业机器人 的控制与示教编程。

2) 实验内容

按正确顺序开启 AUBO i5 机器人系统;认识和熟悉示教器的控制界面和基本 操作: 在关节坐标系和直角坐标系下分别控制机器人运动,观察不同之处: 实现 示教编程写一幅字或一幅画。

3) 实验步骤

- (1) AUBO i5 机器人上电:
- (2) 示教器控制 AUBO i5 机器人运动;
- (3) 通过示教器编程,在白纸上描绘出一幅字或一幅画:
- (4) AUBO i5 机器人系统关机;
- (5) 撰写实验报告。

1.5 本章版权及声明

本教程为武汉科技大学机器人与智能系统研究院闵华松教授实验室内部教 学内容,未经授权,任何商业行为个人或组织不得抄袭、转载、摘编、修改本章 内容:任何非盈利性个人或者组织可以自由传播(禁止修改、断章取义等)本网 站内容, 但是必须注明来源。

本章内容由闵华松 (mhuasong@wust.edu.cn) 、陈睿 (349951418@qq.com)、 林云汉(yhlin@wust.edu.cn)编写。