

ARC 系列工业机器人 焊接操作手册

声 明

感谢您购买埃夫特机器人产品，为确保对产品进行正确的设置，请您在使用本产品之前，务必仔细阅读本操作手册。本声明及手册所提及的内容涉及您的人身及财产安全，若不遵循或不按照手册的说明与警告而擅自操作，可能会给您和周围的人带来人身伤害或给埃夫特机器人或周围的其他物品造成财产损失。本声明及手册为截至本批次产品出厂前的最新版本，后续请通过访问 www.efort.com.cn 官方网站以获取更新的信息。

本手册仅作为对产品进行正常操作的指导，在产品使用过程中，埃夫特公司并不对除产品缺陷外的其他原因引发的人身伤害、财产损失承担责任。埃夫特公司郑重建议：参与机器人操作、示教、维护、维修、点检等相关活动的人员，在学习完毕埃夫特公司准备的培训课程前，请勿赋予其对机器人的操作使用权限。

版本号：V 3.8.2.1-4

目 录

第 1 章 安全	1
1.1 安全须知	1
1.2 安全准则	1
第 2 章 安装与连接	3
2.1 开箱验货	3
2.2 安装注意事项	3
2.3 安装及接线	4
2.3.1 埃夫特焊接电源及送丝机安装	4
2.3.1.1 安装送丝机	4
2.3.1.2 安装机器人焊枪	6
2.3.2 焊接电源安装	13
2.3.3 盘丝附件安装	15
2.4 机器人和焊机通讯	18
2.4.1 CANopen 和 DeviceNet 通讯协议	18
2.4.1.1 埃夫特焊机通讯设置	18
2.4.2 模拟量通讯	19
2.4.3 通讯验证	20
第 3 章 焊接设置及编程	21
3.1 功能包简介	21
3.2 基本焊接功能	21
3.2.1 设备设置	22
3.2.2 特性曲线	23
3.2.3 焊接设置	24
3.2.4 焊接参数	27
3.2.5 悬浮窗口	28
3.2.6 弧焊监控	29
3.2.7 基础指令说明	30
3.2.8 焊接编程示例	31
3.3 摆弧	32

3.3.1 摆弧坐标	32
3.3.2 摆弧参数设置	32
3.3.3 摆弧指令和示例	36
3.3.4 摆弧突变指令和示例	37
3.3.5 摆弧渐变指令和示例	38
3.3.6 摆弧在线调整	39
3.4 电弧跟踪	40
3.4.1 电弧跟踪原理和适用范围	40
3.4.1.1 电弧跟踪基本原理	40
3.4.1.2 电弧跟踪适用范围	41
3.4.2 电弧跟踪参数设置	41
3.4.3 电弧跟踪使用简例	42
3.4.3.1 电弧跟踪指令和程序示例	42
3.4.3.2 电弧跟踪调试技巧	43
3.5 接触寻位	45
3.5.1 接触寻位原理	45
3.5.2 接触寻位应用场景	45
3.5.3 接触寻位参数设置	45
3.5.4 接触寻位指令说明	47
3.5.5 接触寻位方式使用及示例	47
3.5.5.11D 寻位	47
3.5.5.22D 寻位	48
3.5.5.33D 寻位	49
3.5.5.42D+寻位	50
3.5.5.53D+寻位	51
3.5.5.6 内外径寻位	53
3.6 间断焊	55
3.6.1 间断焊类型介绍	55
3.6.1.1 间断点焊	55
3.6.1.2 不停止间断焊	55

3.6.1.3 普通间断焊	56
3.6.1.4 带摆弧间断焊	57
3.6.2 间断焊参数设置	57
3.6.3 间断焊指令和示例	58
3.7 激光跟踪	59
3.7.1 激光器安装与连接	59
3.7.1.1 激光器安装	59
3.7.1.2 激光器连接	59
3.7.2 激光器标定	60
3.7.2.1 激光专用工具坐标系标定	60
3.7.2.2 激光器手眼标定	61
3.7.3 激光功能参数设置	67
3.7.3.1 激光寻位参数设置	67
3.7.3.2 激光跟踪参数设置	68
3.7.4 激光功能指令说明	69
3.7.5 激光寻位示例	70
3.7.5.1 点寻位	70
3.7.5.2 沿工具 X 向搜寻	70
3.7.5.3 沿示教轨迹搜寻	71
3.7.5.4 三点圆心坐标系寻位	72
3.7.5.5 三点坐标系寻位	73
3.7.5.6 四点坐标系寻位	74
3.7.6 激光跟踪示例	76
3.7.6.1 单段轨迹普通跟踪	77
3.7.6.2 单段轨迹立刻跟踪	78
3.7.6.2 多段轨迹普通跟踪	79
3.7.6.2 多段轨迹变位机协同跟踪	80
3.7.7 激光偏移示例	80
3.8 多层多道	82
3.8.1 参数设置	82

3.8.2 多层多道指令说明	83
3.8.3 多层多道焊接使用示例	84
3.8.3.1 单道直线单一方向多层多道焊	84
3.8.3.2 多道直线单一方向多层多道焊	85
3.8.3.3 直线加圆弧单一方向多层多道焊	86
3.8.3.4 往复多层多道焊	87
3.8.4 多层多道复合电弧跟踪使用	89
3.8.4.1 电弧跟踪偏移值记录	89
3.8.4.2 电弧跟踪偏移值复现	90
修订记录	92

第 1 章 安全

1.1 安全须知

本手册主要面向：操作人员、设备维护人员、技术服务人员。

本手册介绍了焊接机器人工作站的安装过程，焊机、焊枪的具体参数和应用场合以自身附带的说明书为准。

此用户手册需要与以下随箱附带手册配合使用，机器人操作者必须熟悉诸如以下适用文档中描述的工业机器人的操作和处理：



- ARC 系列工业机器人安全手册
- 埃夫特工业机器人操作手册
- 工业机器人快速使用手册
- 工业机器人电气使用维护手册
- 工业机器人机械使用维护手册

1.2 安全准则



禁止行为

- 1、不要随意改动或拆除工业机器人防护装置和安全装置。
- 2、如果发生积涝情况，不要触碰机器人，应先切断所有电源、对场地进行排水。
- 3、工业机器人的操作只能由受过充分的培训和指导（包括已经熟读相关手册）的专业人员来进行。
- 4、务必保证急停设备周围畅通，不可在急停设备前堆放杂物，妨碍紧急情况下设备的使用。
- 5、不得对机器人使用不合适的材料、进行不适当的调节和改动。
- 6、未经授权的人员，或者未接受过机器人使用培训来了解存在的风险的人员，不得操作机器人。
- 7、以下情况时不得使用机器人：
 - 机器人元件暴露
 - 安全装置被禁用
 - 保险丝和/或机械设备的全部或者部分被禁用时
 - 加工材料不符合要求
 - 同一时间不允许超过一人使用机器
- 8、严格禁止任何违反上述要求使用机器人的行为，特别是不得随意使用非原装配件。
- 9、切勿移动安全防护装置，用户有责任确保安全防护装置固定稳当并且有序运行。
- 10、只有在维修时才可以移动安全装置，但必须要遵守维修人员的操作程序，在保证机器人安全的情况下进行。

	<p>强制性措施</p> <ol style="list-style-type: none">1、在启动机器前务必确认没有人在危险区域内。2、所有操作人员必须接受专门的工业机器人使用和维修培训。3、工头要持续监控确保所有程序正常运行，确保安全防护程序应用正确到位。4、按照手册中维护保养中的要求进行维护，保持工业机器人的整洁干净。5、要准备合适的工具箱用来归纳清洁工具和维修工具；工作人员必须穿戴所述个人防护设备。6、除了这些说明，试用者还必须遵守现行的健康和安全规范。7、机器人出现故障，或疑似损坏、机器不运转或发出异样噪音时应停止机器工作。8、一旦贵方发现机器出现火情（无论火情大小），应当立即报警，找专业队伍扑救。9、机器的运行状态时控制柜门必须一直关闭不得打开。控制柜钥匙必须由电工保管。10、在通电模式下操作时，人员不得进入安全防护区域。11、在开启自动模式前，所有暂时停用的安全功能必须恢复到正常的工作状态。
	<p>警告</p> <ol style="list-style-type: none">1、重力和制动装置的释放可能会导致坠落危险。2、对安全防护装置进行检查时可能会因安全防护装置无法工作给维修人员保护而造成危险。因此，维修人员必须非常小心，并做好万全的防护措施。

第 2 章 安装与连接

2.1 开箱验货

开箱前，请确认产品外包装是否完好。

开箱后，请确认各配件，以及安装和操作说明书是否齐全，其型号是否与订单一致，若发现配件漏发、错发，请及时与供应商联系。

表 2-1 焊接工作站清单

名称	数量	单位	备注
埃夫特焊接机器人	1	SET	含产品说明书及配套附件
埃夫特焊接工作站安装附件	1	SET	
焊接电源（含用户手册及配套附件）； 送丝机；	1	SET	含产品说明书及配套附件
焊枪	1	SET	含产品说明书及配套附件

2.2 安装注意事项

表 2-2 安装注意事项

1	安装、维修时，务必断开电源，以防触电。
2	水冷焊机、焊枪使用前必须检查水管进、出水口是否安装正确及水流是否顺畅。
3	如果机器人未直接安装，则必须按照机器人储存环境要求储存。
4	确保机器人的预期操作环境符合机器人操作环境要求。
5	将机器人运到其安装现场前，请确保该现场符合地面安装要求。
6	移动机器人前，请先查看机器人的稳定性。
7	满足这些先决条件后，即可按下面章节所述将机器人运到其安装现场。

2.3 安装及接线

埃夫特机器人可搭配多品牌焊机组建焊接工作站，下面以埃夫特焊机为例，对安装接线进行说明。

2.3.1 埃夫特焊接电源及送丝机安装

2.3.1.1 安装送丝机

用附件内自带的四颗发黑内六角组合螺钉 M8X16 发黑的螺钉将支架安装在三轴电机座孔位内，如图 2-1 所示。

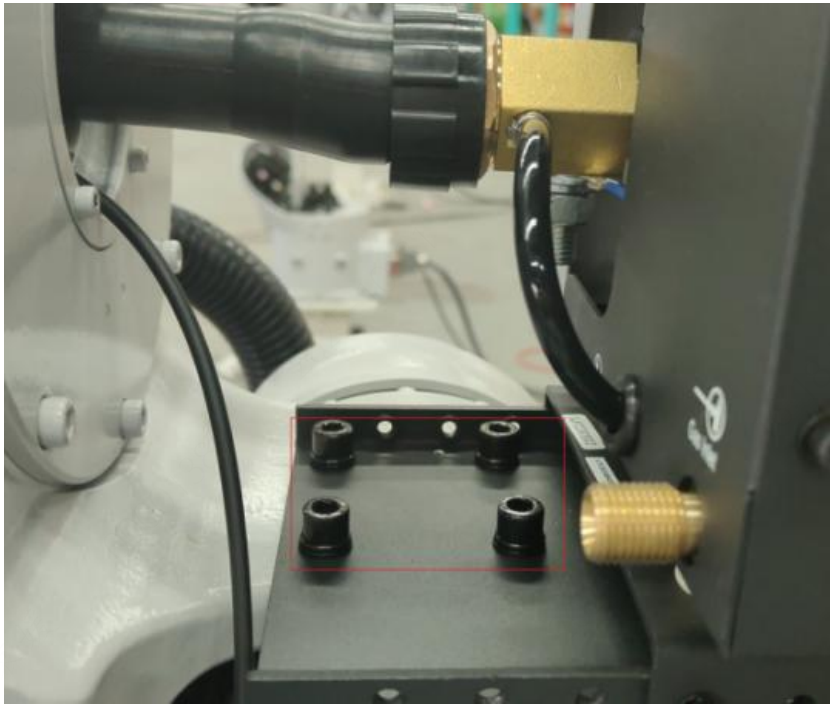


图 2-1 送丝机支架固定孔位

将送丝机固定在合适的孔位上（以 5 轴运行到极限位置枪缆不拉扯为宜）螺母锁紧，如图 2-2 所示。

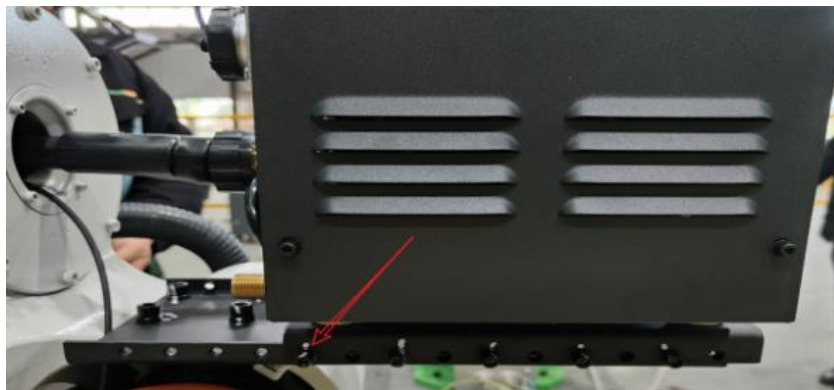


图 2-2 送丝机与支架连接处

将本体正极线电缆安装在送丝机上（铜鼻子朝上紧贴送丝机），螺母锁紧，如图 2-3 所示。

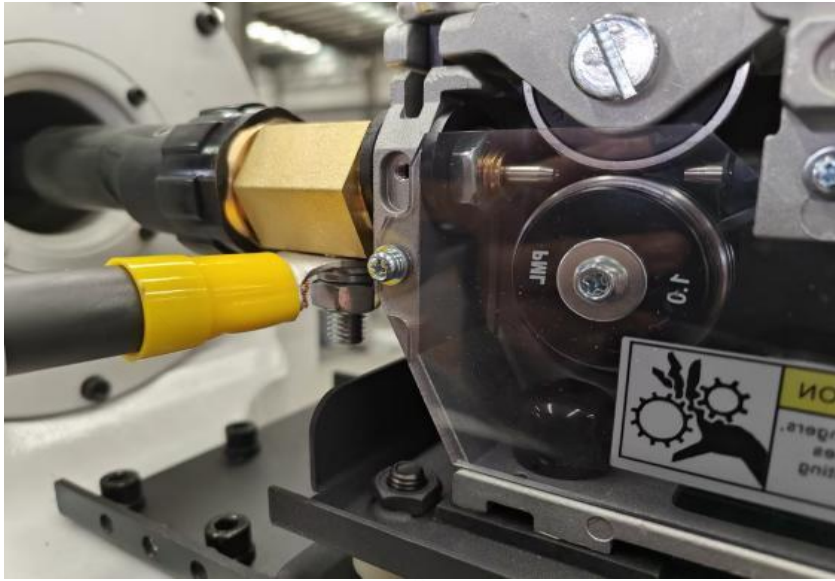


图 2-3 本体正极线固定处

焊机正极线用 M12×30MM 的螺钉紧固在底座正极端子上，如图 2-4 所示；注意与旁边重载连接器保持距离。



图 2-4 焊机正极线固定处

如需安装水冷焊机，需要将自带的水冷组件安装到送丝机侧面，如图 2-5 所示。



图 2-5 水冷组件安装位置

2.3.1.2 安装机器人焊枪

EFT-A35 焊枪和装配附件如图 2-6 所示。

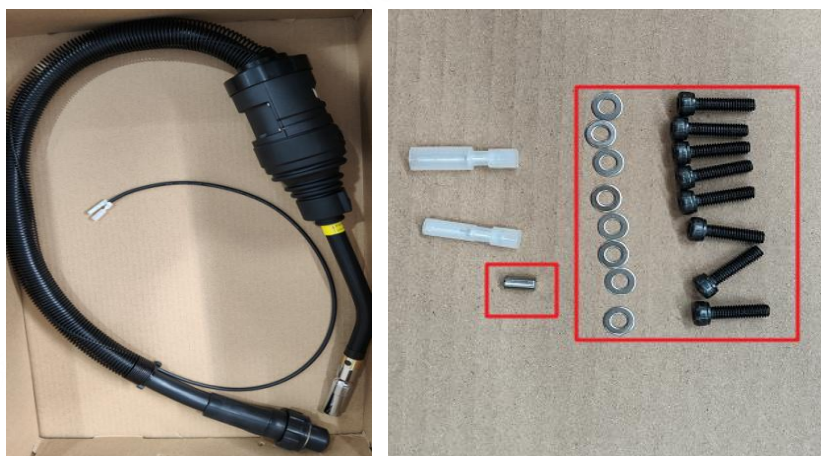


图 2-6 EFT-A35 焊枪及装配附件

用十字螺丝刀下焊枪保护罩的四颗螺丝，如图 2-7 所示。



图 2-7 保护罩螺丝

拆下保护罩后卸下与法兰连接的 4 颗螺丝，如图 2-8 所示。

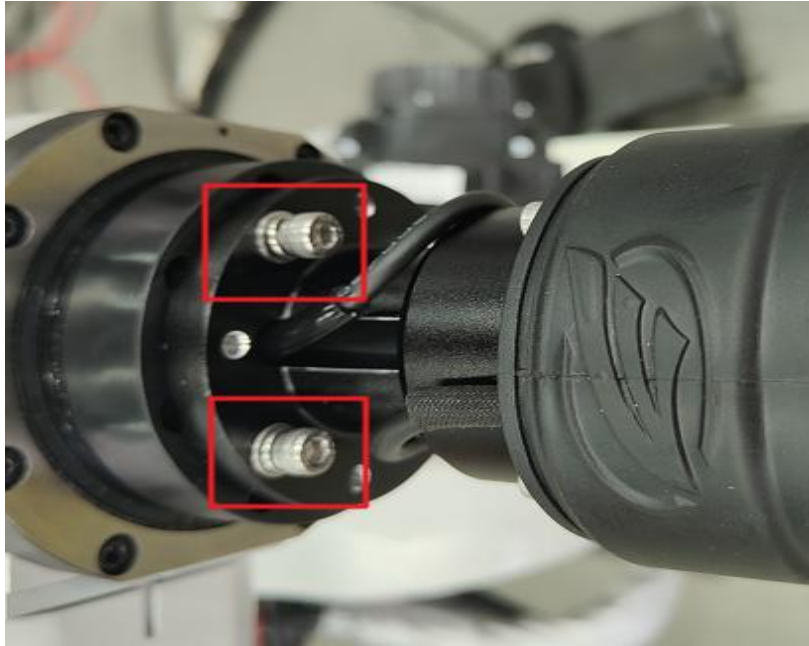


图 2-8 与法兰连接的 4 颗螺丝

将附件中的定位销安装到零位侧销孔中，如图 2-9 所示。



图 2-9 定位销安装位置

将法兰固定，螺孔内要安装垫片，如图 2-10 所示。

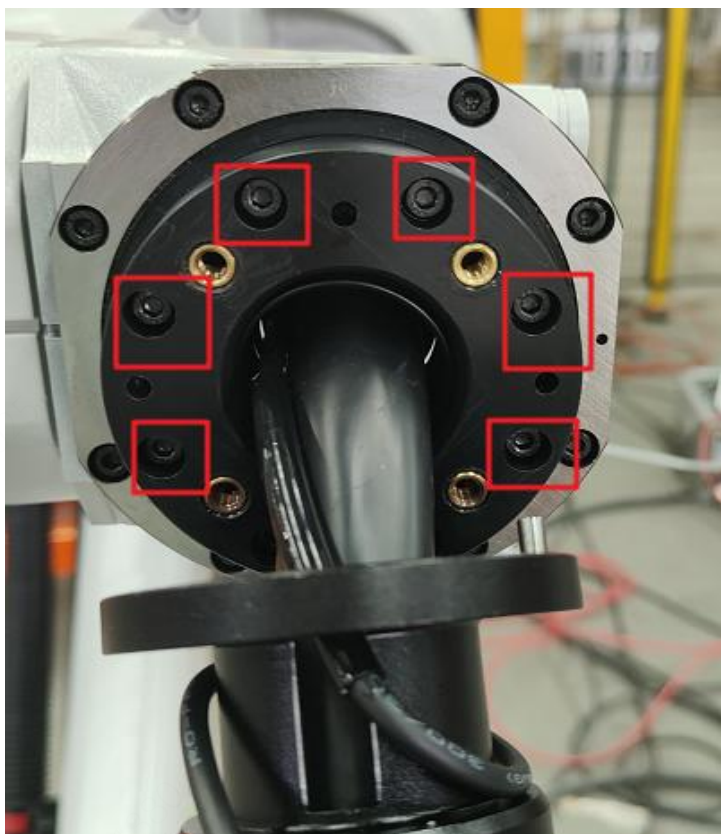


图 2-10 固定法兰的螺孔

将焊枪固定在法兰上，用拆下的四颗螺丝紧固，如图 2-11 所示。

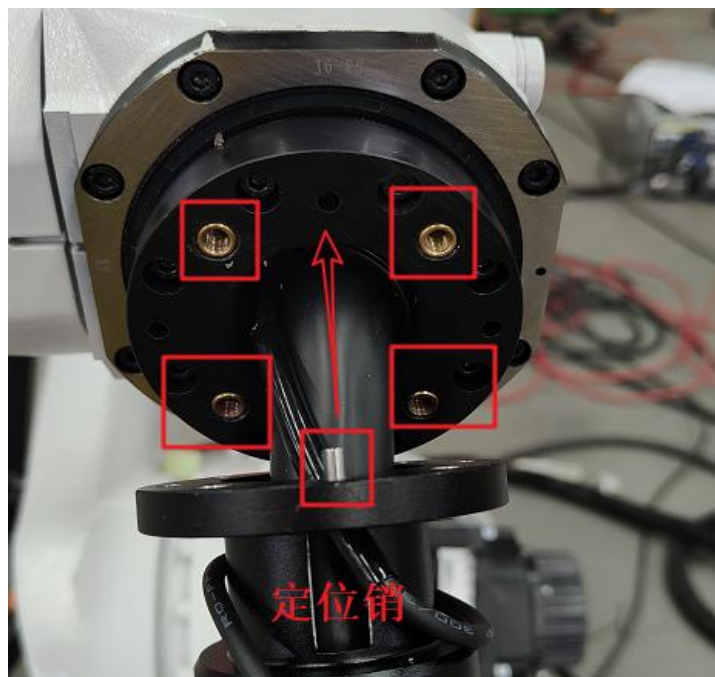


图 2-11 定位销安装位置

安装焊枪保护罩，焊枪 logo 朝向正前方，如图 2-12 所示。



图 2-12 焊枪保护罩安装位置

焊枪为竖直向下姿态，如图 2-13 所示。



图 2-13 焊枪安装方向

EFT-W50焊枪如图 2-14 所示。



图 2-14 EFT-W50 焊枪

焊枪附件及作用一览，如图 2-15 所示。



图 2-15 焊枪附件及作用

将定位销装到零位侧销孔内，如图 2-16 所示。

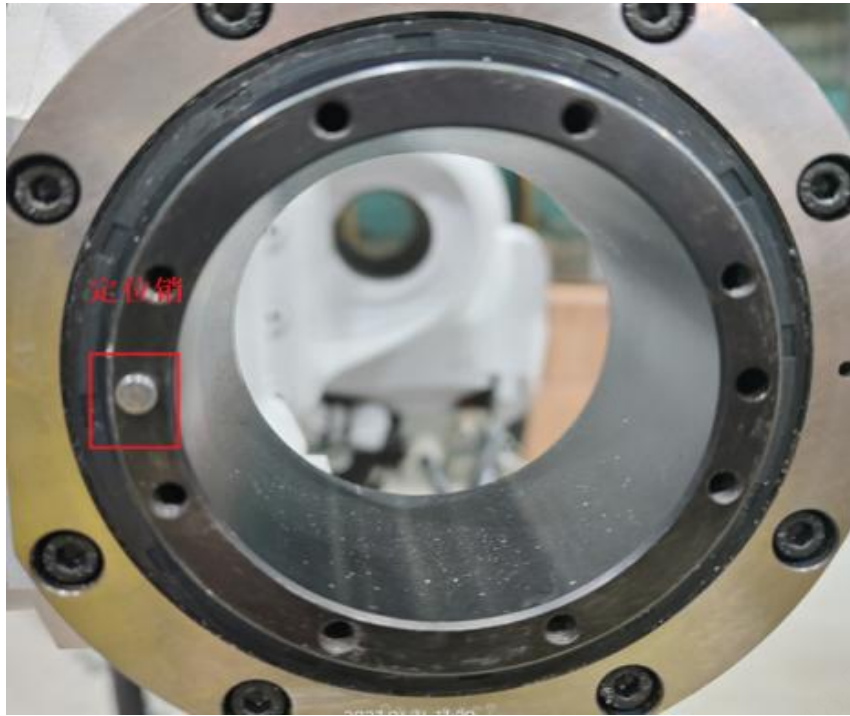


图 2-16 定位销安装位置

装上法兰用螺钉紧固后，装上定位销，如图 2-17 所示。

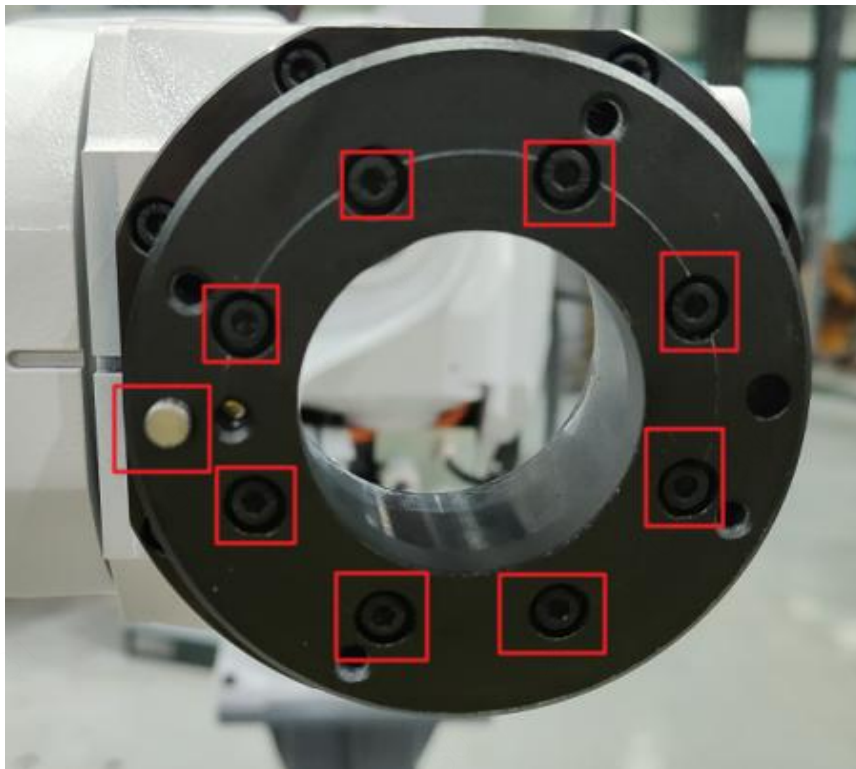


图 2-17 螺钉紧固法兰

将焊枪与法兰固定，用四颗螺钉紧固，如图 2-18 所示。



图 2-18 螺钉连接焊枪与法兰

将焊枪水冷管与水冷组件同色对插，焊枪水冷管盘绕后固定，如图 2-19 所示。

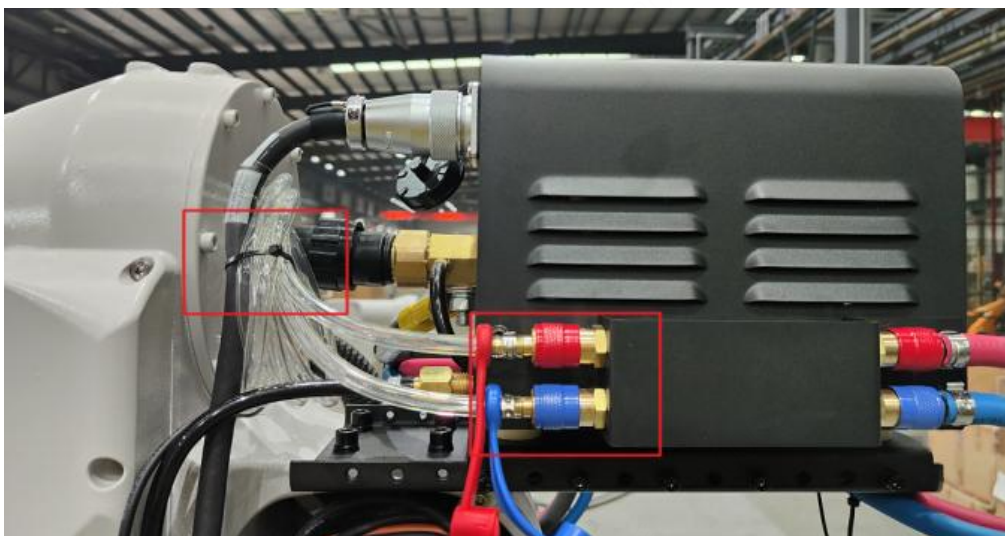


图 2-19 水冷焊枪走线

示教器界面默认配置 DI8（根据实际安装硬件 IO 点位配置），如图 2-20 所示：



图 2-20 防碰撞信号配置(示教器界面)

2.3.2 焊接电源安装

EFT-A350/W500 焊接电源安装接口一览，如图 2-21 所示。



图 2-21 焊接电源接口

分别将机器人通讯线缆（紫色）、送丝机通讯线缆插到对应位置，如图 2-22 所示。



图 2-22 通讯线缆安装

将控制柜前面板保护罩拆下，上下共 4 颗螺丝，如图 2-23 所示。



图 2-23 控制柜前面板保护罩

把 CANOPEN 线从海绵中穿过，插到接口上，如图 2-24 所示。

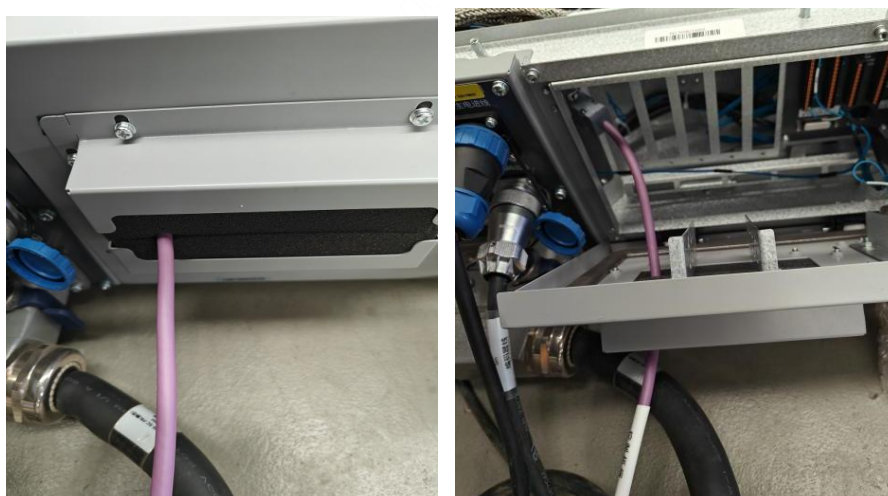


图 2-24 CANOPEN 线连接

把机器人送丝机端通讯线插到机器人底座对应的接口上，如图 2-25 所示。

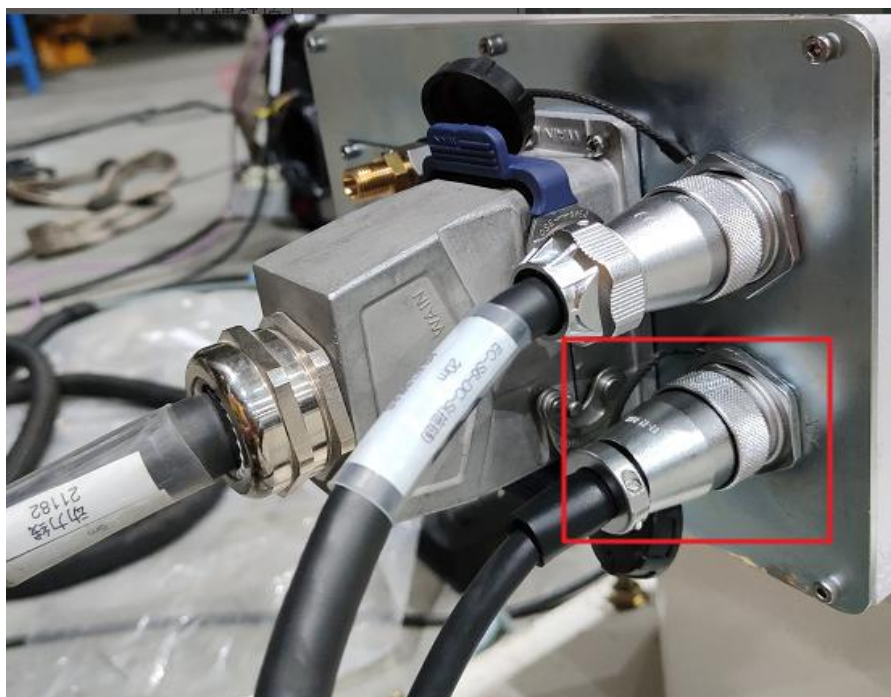


图 2-25 送丝机通讯线与机器人底座连接

2.3.3 盘丝附件安装

焊丝盘部件一览，如图 2-26 所示。

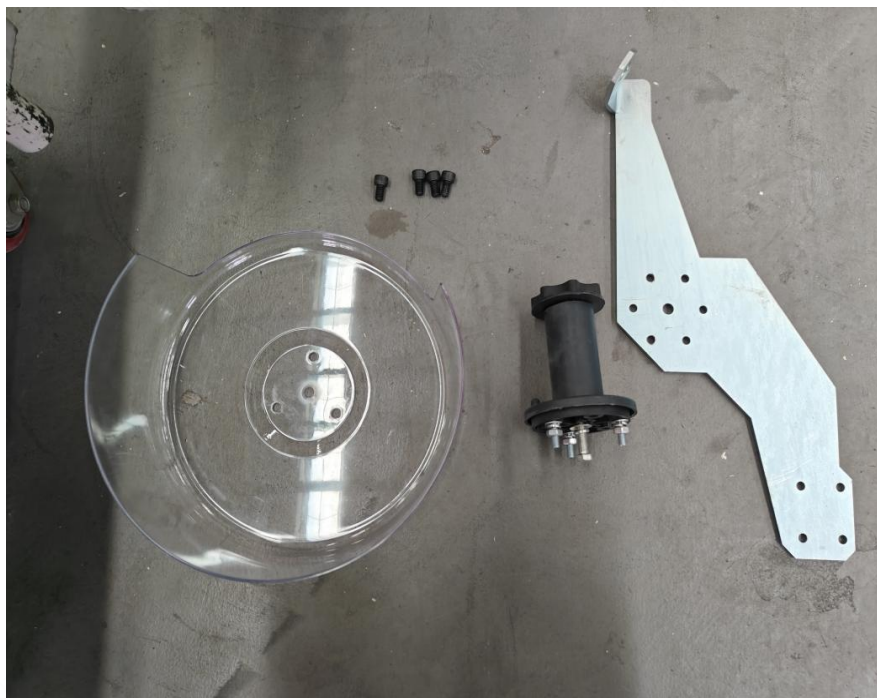


图 2-26 焊丝盘部件

用扳手将四颗螺丝固定，注意防尘罩缺口朝向出丝位置如图 2-27 所示。

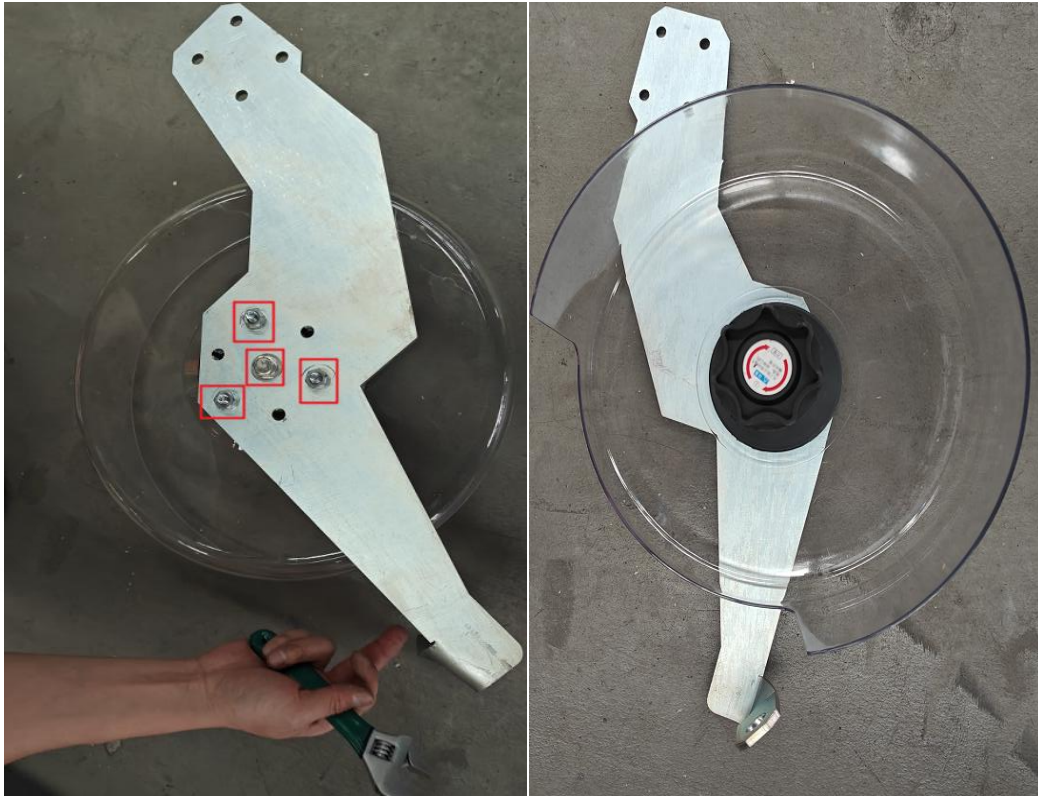


图 2-27 组装焊丝盘

将焊丝盘固定在机器人转座上，如图 2-28 所示。

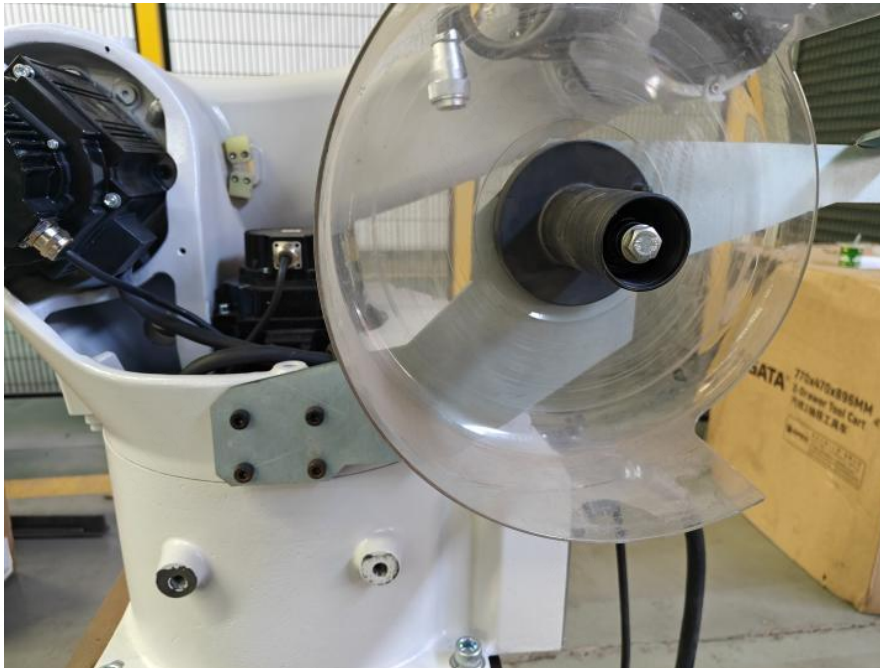


图 2-28 固定焊丝盘

把导丝管上的绝缘垫组件拆下（绝缘垫松动会导致短路，有烧毁其他部件的风险），安装到焊丝盘支架上，防松螺母旋紧，如图 2-29 所示。

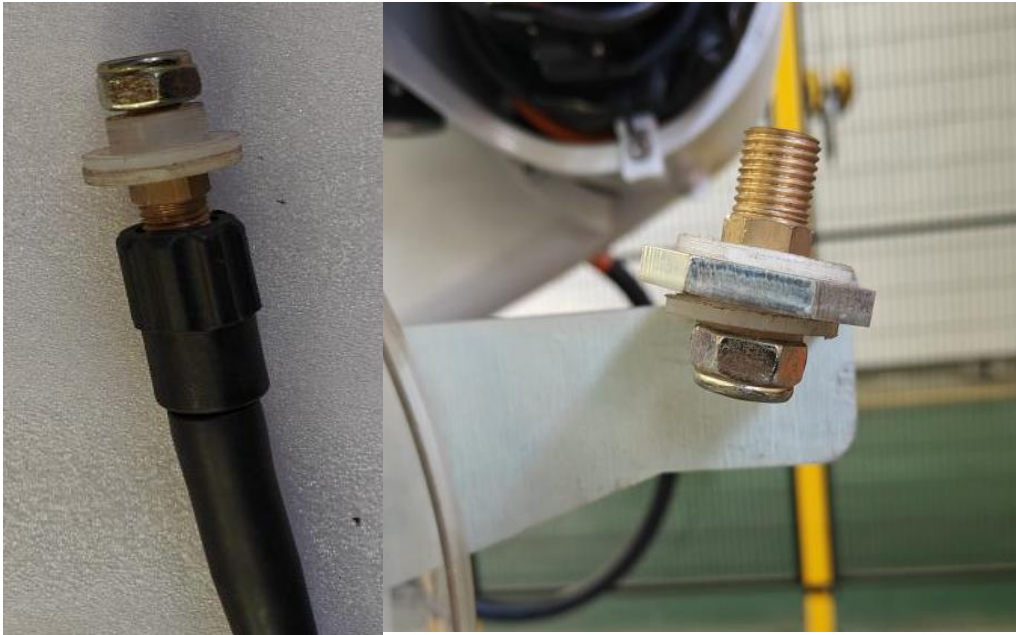


图 2-29 绝缘垫安装

把导丝管一端安装在送丝盘上，另一端接到送丝机上，如图 2-30 所示。

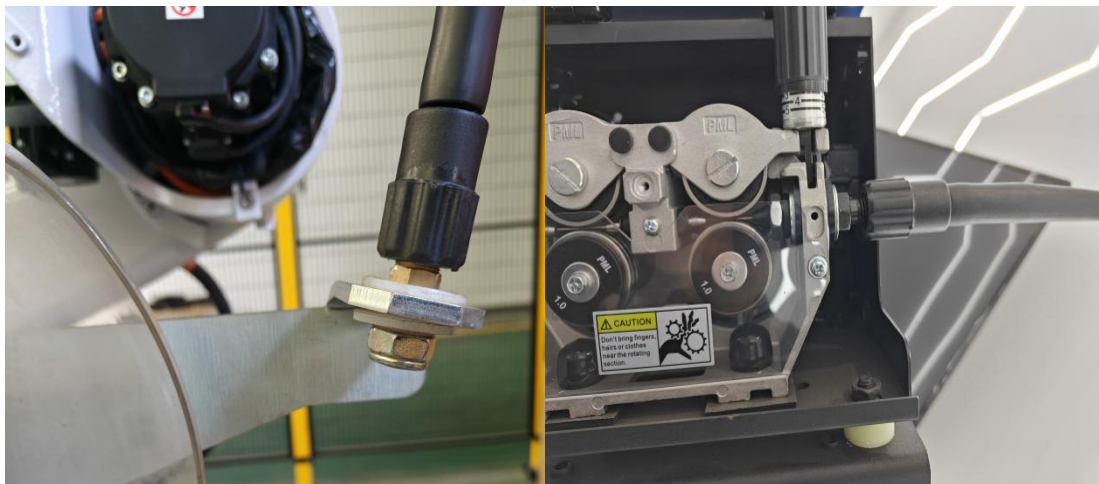


图 2-30 导丝管安装

2.4 机器人和焊机通讯

埃夫特机器人控制系统与焊机存在多种通讯方式，各品牌焊机使用通讯协议以机器人实机为准。

2.4.1 CANopen 和 DeviceNet 通讯协议

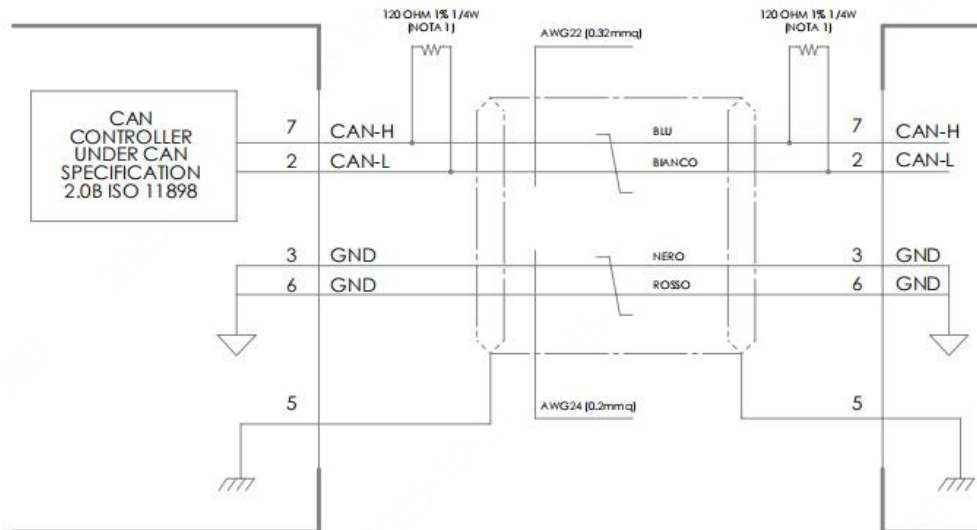


图 2-31 控制器 CANOPEN 通讯定义

注意事项：（1）控制器上 CANOPEN 通讯接口为 DB9 连接器（公头），用户侧使用 DB9 母头连接器，如图 2-32 所示。（2）埃夫特 ARC 系列 IP54 电柜中，已经添加 120Ω电阻。如果是非 ARC 系列机器人中，无 120Ω电阻，需要自行添加。



图 2-32 DB9 连接器

2.4.1.1 埃夫特焊机通讯设置

埃夫特机器人与埃夫特焊接电源通讯时，插入对应的接口即可完成硬件通讯连接。

P10 为水冷保护开关，OFF 时关闭水冷保护，ON 时开启水冷保护，使用水冷焊枪及焊机时确保水冷保护开启，水箱中防冻冷却液高于水箱标注的最低刻度。

焊机设置：等待焊机开启，同时按下存储和焊丝直径进入隐藏菜单，再按上下键设置。（旋转滑轮调 ON 和 OFF，按存储键保存）。

带通讯盒焊机需要设置 ID 设置为 9，波特率设置为 500。当机器人与焊机连接通讯正常，通信控制器的 LED 灯全部为红色常亮。



图 2-33 焊机通信盒

2.4.2 模拟量通讯

注意事项：

- (1) 焊机电源使用模拟量通讯时，控制柜标配无模拟量模块，需要扩展模拟量模块（请参考工业机器人快速使用手册 IO 模块扩展章节）。
- (2) 用户可根据匹配的模拟量焊机的定义，自行匹配定义，控制器支持 IO 模块点位自由配置。
- (3) 除模拟量信号线外，其他功能性 IO 信号请使用继电器隔离。

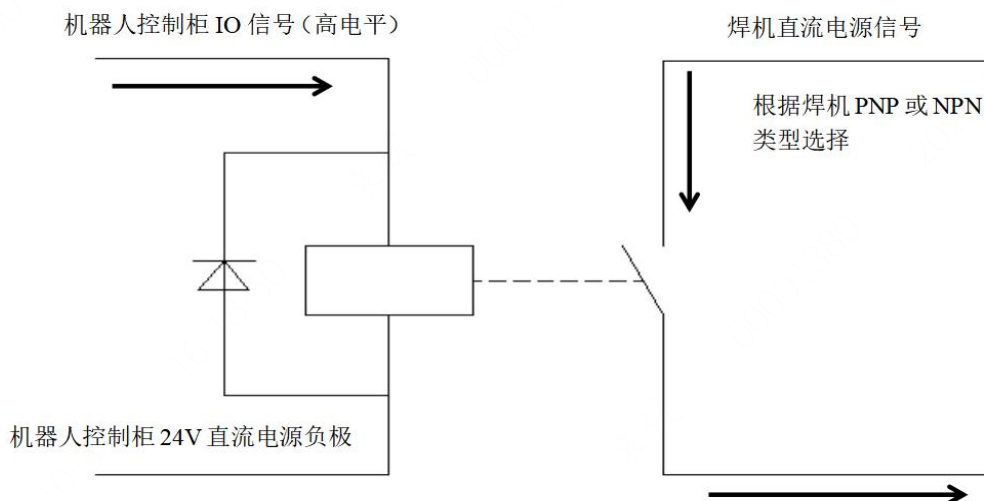


图 2-34 继电器信号隔离接线图

2.4.3 通讯验证

- (1) 触发焊枪防撞传感器，验证防撞功能配置及连接是否正常（轻轻掰动焊枪末端，示教器界面有防撞报警，恢复报警可清除，即配置连接正常）；
- (2) 如果示教器不报 CAN 通讯错误和焊机不报 E84，即表示通讯正常；
- (3) 打开焊接悬浮窗口,进行送丝、退丝、气体检测等操作，观察送丝机情况，如图 2-35 所示



图 2-35 通讯验证

注：其他品牌焊枪、焊接电源及附件的装配方法会有所不同，请以实际为准。

第 3 章 焊接设置及编程

3.1 功能包简介

焊接工艺软件主要是指：用户通过对焊接机器人适当设置后，可以按照指令实现焊接工艺焊接。利用该软件，用户可以快速设置焊接参数及配置相关设备，以便快速实现机器人焊接。机器人焊接工艺软件要求主要有以下几点：

1. 人机交互方便，参数设置简单。
2. 可以保存不同焊接工艺，以便实现快速换产。
3. 可以匹配不同厂家的焊接设备。

3.2 基本焊接功能

基本焊接功能里面主要介绍焊接 app 中基础功能的设置、焊接的基本指令和基本功能的使用方法。

焊接 app 的主界面如图 3-1 所示。左侧红色框为功能菜单标签，包含设备设置、特性曲线、焊接参数等标签，点击对应标签可以进入对应标签页，当标签名称后面出现“*”表示该标签页设置参数未保存。注意不同版本的软件对应的标签可能存在不同，若无对应标签则表示该版本不支持该功能，以实际示教器显示为准。

右侧蓝色框为具体功能页面。当未解锁和焊接功能开关未打开，可以点击左侧查看每个功能页面，但是不可修改焊接设置。

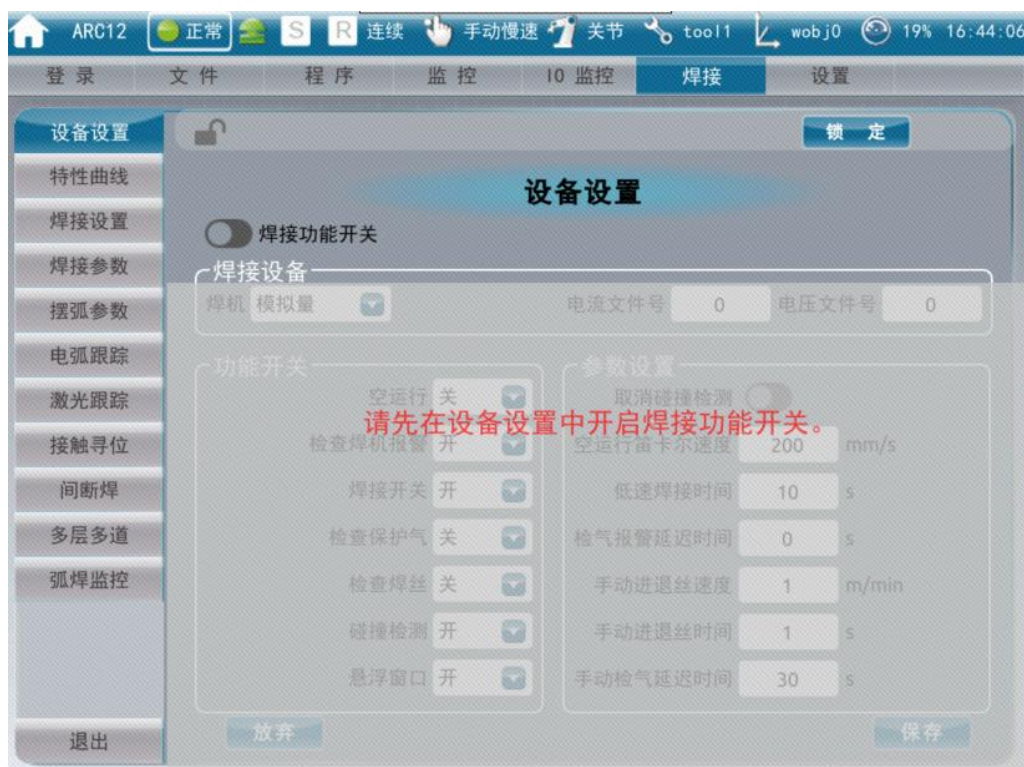


图 3-1 焊接 app 页面布局

3.2.1 设备设置

进入焊接 app，首页为“设备设置”，设备设置主要是选择机器人通讯的焊机及通讯协议，同时包括一些开关功能。在使用焊接 app 前，必须先解锁，然后将焊接功能开关打开，否则界面上不允许配置相关参数，如图 3-1 所示。

配置“设备设置”参数，界面如图 3-2 所示，主要包括以下参数内容：



图 3-2 设备设置界面

(1) 焊机：选择焊机类型，目前支持埃夫特、模拟量、麦格米特、奥太、时代、上海通用、瑞凌、威尔泰克、伏能士、凯尔达、SKS、洛驰、金桥、OTC、EWM、松下、伊萨、龙太焊机。注意：选择模拟量焊机的时候，需要配置在“特性曲线”中设置的电流电压特性曲线。

(2) 协议：选择数字焊机的总线通讯协议。如 CANopen、DeviceNet、EthernetIP、EtherCAT，不同焊机支持通讯协议不同，具体以实际示教器显示为准。

(3) 类型：目前埃夫特和奥太焊机区分焊机类型，分为 RL/RPL 和 RP/RPH 两大类。具体根据实际焊机选择类型即可。

(4) 电流：目前仅奥太焊机区分焊机电流，分为 500A 以下（包含 500A）和 600A 以上两大类。具体根据实际焊机选择电流分类即可。

(5) 电流文件号：配置焊接电流文件参数，即机器人模拟量输出电流与焊机电流的对应关系。仅当选择模拟量焊机需要配置，范围：0-19。

(6) 电压文件号：配置焊接电压文件参数，即机器人模拟量输出电压与焊机电压的对应关系。仅当选择模拟量焊机需要配置，范围：0-19。

(7) 检查连接：开启时候正常检查机器人与焊机的总线连接状态，出现异常则报错，否则出现

异常，机器人不报错。

(8) 连接状态：当机器人与焊机采用 CANopen 总线通讯时候，表示焊机和机器人的通讯状态。红色未连接，绿色连接成功。

(9) 空运行：空运行开关，空运行打开时，运行程序时跳过引弧，熄弧，摆弧。

(10) 检查焊机报警：检测焊机异常报警信号的开关。

(11) 检查保护气：检查保护气异常信号的开关。

(12) 检查焊丝：检查焊丝异常信号的开关。

(13) 焊接开关：焊接功能使能开关，只有将焊接开关打开，才能正常使用焊接功能。

(14) 碰撞检测：检测碰撞报警信号开关。

(15) 悬浮窗口：示教器界面悬浮窗开关。

(16) 取消碰撞检测：当机器人焊枪碰撞之后，打开则临时取消碰撞检测，此时可以清除碰撞检测报警，然后移动机器人。打开 60s 后自动关闭。

(17) 空运行笛卡尔速度：机器人空运行时候的笛卡尔速度。单位 mm/s。范围：1-1000。

(18) 检气报警延迟时间：检查保护气开关打开后有效。起弧后延迟设定时间，再判断保护气信号是否有效。

(19) 低速焊接时间：焊接状态下，最大允许的机器人速度小于 0.01mm/s 的时间。（设 0 则该功能不生效）

(20) 手动进退丝速度：手动进退丝的速度。暂未开放。

(21) 手动进退丝时间：手动进退丝的时间。暂未开放，目前悬浮窗按钮按住进/退丝，松开停止。

(22) 手动检气延迟时间：当“检测气体”按钮触发时，持续检气时间，默认 30s。

修改界面参数完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.2.2 特性曲线

特性曲线分为电流特性曲线和电压特性曲线，仅当焊接协议选择模拟量的时候，才需要配置此参数，主要作用是将机器人输出的模拟量等比例换算成焊机的电流电压数据。

配置“特性曲线”参数，界面如图 3-3 所示，主要包括以下参数内容：

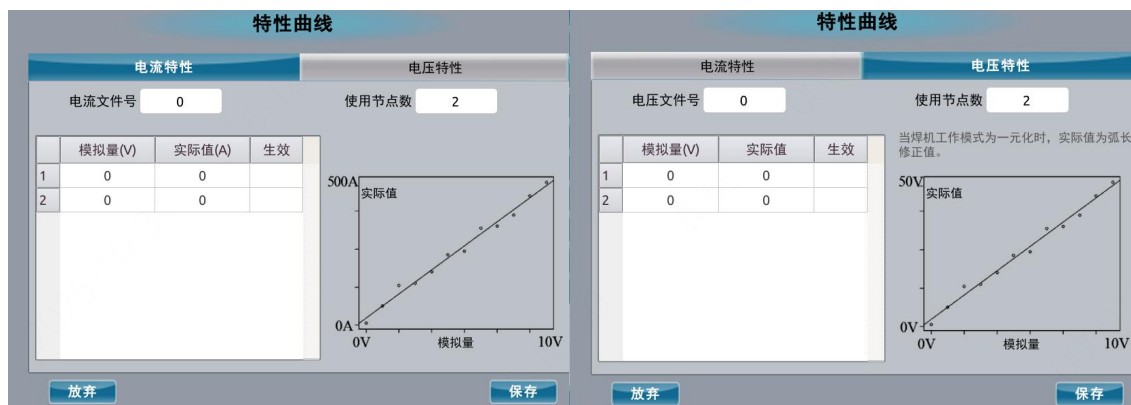


图 3-3 特性曲线界面

(1) 特性曲线类型：选择当前要配置的特性曲线类型：电流特性和电压特性。蓝色表示当前的类型。

(2) 特性文件号：电流/电压特性文件号。各自对应 20 组参数。范围：0-19。

(3) 使用节点数：选择有多少点来拟合特性曲线，最少两个点。在节点后填写的数据不参与曲线的拟合。范围：2-16，点位越多，曲线准确度越高。

(4) 模拟量：机器人模拟量模块输出值。单位：V。注意当模拟量值太小或者太大，达到焊机下线或者上限的数据不可取，否则会影响特性曲线的精度。建议填写的时候根据使用节点数平均分布输出值。

(5) 实际值：焊机实际电流电压值。当选择电流特性文件，此列代表焊机电流值，单位：A；当选择电压特性文件，此列代表焊机电压值，单位：V。

(6) 生效：生效按钮，点击后输出当前行的模拟量值。绿色表示当前生效值。

特性曲线界面参数配置顺序如下：

(1) 在焊接 app 菜单栏点击“特性曲线”按钮。

(2) 选择特性曲线类型。

(3) 填写特性文件号。

(4) 填写使用节点数量。

(5) 在上图表格的模拟量列填写机器人模拟量模块实际输出电压值，然后点击生效栏的按钮，此时，焊机面板上电流/电压值发生改变，将特性曲线类型的对应值手动填写到实际值一列中。注意，当焊机工作模式为一元化时候，实际值中填写弧长修正值。

(6) 配置完所有需要使用的节点后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.2.3 焊接设置

焊接设置主要设置焊接的起收弧参数，同时存在一些基础功能的基本设置。焊接设置直接影响机器人的焊接时序。焊接机器人时序图如下图 3-4 所示，具体参数见表格焊接设置界面介绍。

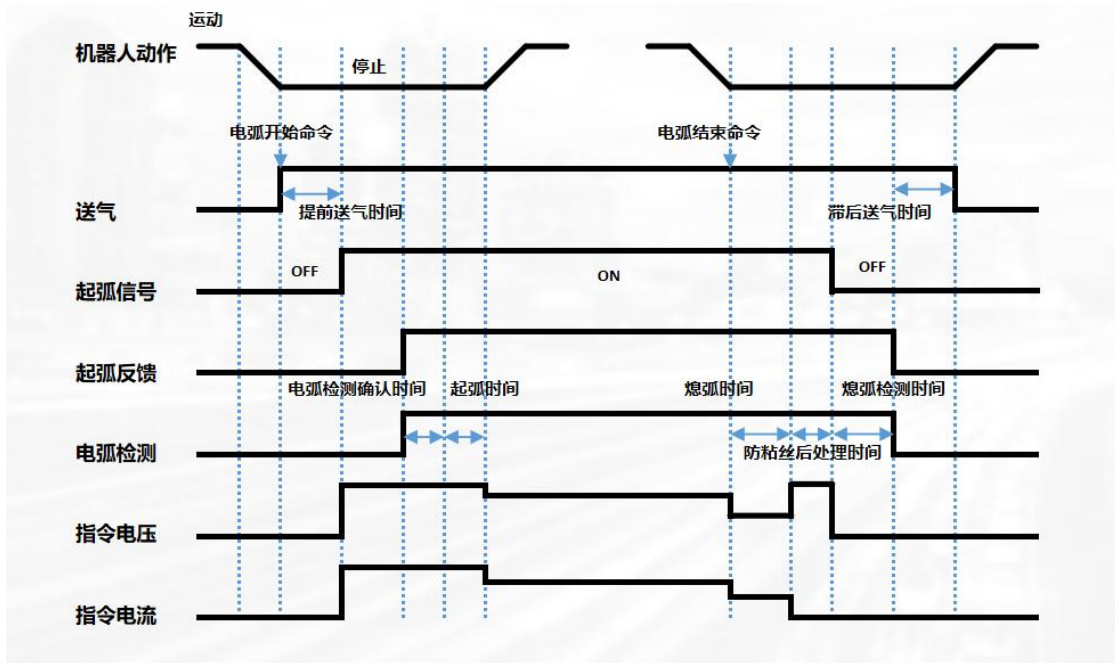


图 3-4 机器人焊接时序图

配置“焊接设置”参数，界面如图 3-5 所示，主要包括以下参数内容：



图 3-5 焊接设置界面

(1) 起弧设置-提前送气时间：在起弧前，提前送气时间，单位：s。范围：0-10。

(2) 起弧设置-起弧检测时间：例如输入 2s，如果超过 2s 没有引弧成功信号，则引弧失败。范围：0-10。

(3) 起弧设置-起弧确认时间：例如输入 0.2s，则只有当起弧成功信号持续 0.2s，才确认起弧成功。范围：0-10。

(4) 起弧设置-起弧次数：焊接起弧次数。范围：0-10。

(5) 起弧设置-再起弧退丝时间：再次起弧前，焊丝后退时间，例如输入 1s，则在再次起弧前，焊丝后退 1s 后，再次开始起弧。范围：0-10。

(6) 收弧设置-滞后关气时间：在熄弧后，保护滞后关闭的时间。单位：s。范围：0-10。

(7) 收弧设置-收弧检测时间：在收弧之后，检测收弧成功信号的时间，当时设置时间内未检测到收弧信号，则报错。设置为 0，则不检测信号。单位：s。范围：0-10。

(8) 收弧设置-收弧退丝时间在熄弧后，焊丝回退时间。单位：s。范围：0-10。

(9) 断弧和再启动设置-断弧检测：断弧检测功能开关为打开状态时，若发生断弧，机器人会检测出断弧并根据设置进行后续处理；断弧检测功能开关为关闭状态时，若发生断弧，机器人依然正常完成示教程序，也不会报断弧错误。

(10) 断弧和再启动设置-断弧检测时间：例如输入 0.5s，只有当断弧持续 0.5s，才输出断弧信号。范围：0-10。

(11) 断弧和再启动设置-断弧自启动：当检测到机器人断弧后，机器人自动回退一段距离，然后重新起弧一次，如果起弧失败则报错。注意，仅在断弧检测开启时有效。

(12) 断弧和再启动设置-再启动使能：使能开时，在焊接过程中断弧或者暂停焊接，按示教器开始按键，可以再次起焊接。如果中间手动移开机器人，机器人会再次回到断弧点进行起焊接。使能关时，无此功能。注意，断弧后，焊接信号复位后，则不能进行再启动。

(13) 断弧和再启动设置-再启动回退距离：断弧自启动和手动再启动时，在机器人断弧点位置向焊缝方向回退的距离。单位：mm。范围：0-100。

(14) 刮擦设置-刮擦启动：刮擦功能使能开关。开关开启后，执行完起弧中的再起弧动作后，进行刮擦起弧动作，如果开关关闭则直接报错。

(15) 刮擦设置-刮擦距离：刮擦运动的距离，单位 mm。范围：0.01-100。

(16) 刮擦设置-刮擦速度：刮擦运动的速度，单位 mm/s。范围：0.01-100。

(17) 刮擦设置-刮擦方向：刮擦方向分为前方和后方，其方向由起弧前一个点和起弧点决定。如下图 3-6 所示，P2 是起弧点，P1-P2 方向为前方，P2-P1 方向为后方。如果需要在焊缝方向上刮擦，需要 P1,P2,P3 在一条直线上，P1 可以在 P2 和 P3 中间，改变刮擦方向即可。刮擦过程中，起弧成功后，机器人会立即停止，并返回起弧点，然后运行焊接轨迹。注意，决定两个点距离不小于 5mm。

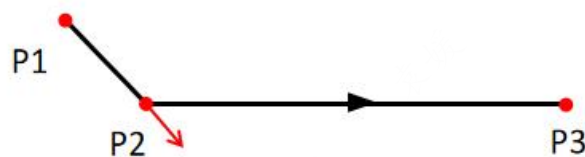


图 3-6 刮擦方向

(18) 刮擦设置-刮擦次数：执行刮擦启动的次数，当此时执行完之后，任不能起弧，则报错。范围：0-10。

3.2.4 焊接参数

焊接参数主要设置焊接起弧、收弧和焊接过程中的电流、电压以及焊接速度等参数。配置“焊接设置”参数，界面如图 3-7 所示，主要包括以下参数内容：

(1) 文件号：保存焊接参数的文件编号，共可以保存 100 组参数。范围：0-99。

(2) 注释：客户可以添加注释信息，方便辨识。

(3) 焊接参数-电流模式：电流模式分为电流和送丝速度两个选项，电流：焊接过程中以焊机控制焊接电流参数；送丝速度：焊接过程中焊机控制送丝速度参数。注意，目前只开放电流值设置方式。

(4) 焊接参数-电压模式：电压模式分为一元化和分别两个选项，一元化：设置焊接电流，焊接电压值焊机自动匹配，可以百分比方式进行上下调节；分别：焊接电流和焊接电压单独给定，互不影响。

(5) 焊接参数-工作模式：选择焊机的起弧工作模式，不同焊机的工作模式略有不同，请根据焊接工艺需求选择。

(6) 焊接参数-焊接电流：焊接时，焊机输出电流/送丝速度，电流模式为电流时，单位：A；电流模式为送丝速度时，单位：m/min。

图 3-7 焊接参数界面

(7) 焊接参数-焊接电压：焊接时，焊机输出电压强度/电压值，电压模式分别时，单位：V；电压模式一元化时，单位：根据焊机可能为%或V。

(8) 焊接参数-焊接速度：正常焊接时，焊枪末端沿焊接方向的速度，单位：mm/s。范围：0.01-100。

(9) 起弧参数-工作模式：选择焊机的起弧工作模式，不同焊机的工作模式略有不同，请根据焊接工艺需求选择。注意，模拟量不支持单独选择，需要和焊接参数的工作模式保持一致。

(10) 起弧参数-起弧电流：起弧时，焊机输出电流/送丝速度，电流模式为电流时，单位：A；

电流模式为送丝速度时，单位：m/min。

(11) 起弧参数-起弧电压：起弧时，焊机输出电压强度/电压值，电压模式分别时，单位：V；电压模式一元化时，单位：根据焊机可能为%或V。

(12) 起弧参数-起弧时间：引弧成功后，焊机的电流电压保持在起弧电流电压的时间，在这个时间后，跳转到正常焊接的电流电压。单位：s。

(13) 收弧参数-工作模式：选择焊机的起弧工作模式，不同焊机的工作模式略有不同，请根据焊接工艺需求选择。注意，模拟量不支持单独选择，需要和焊接参数的工作模式保持一致。

(14) 收弧参数-收弧电流：收弧时，焊机输出电流/送丝速度，电流模式为电流时，单位：A；电流模式为送丝速度时，单位：m/min。

(15) 收弧参数-收弧电压：收弧时，焊机输出电压强度/电压值，电压模式分别时，单位：V；电压模式一元化时，单位：根据焊机可能为%或V。

(16) 收弧参数-收弧时间：接收到收弧信号后，焊机的电流电压保持在收弧电流电压的时间，在这个时间后，切换到防粘丝电流电压（回烧功能），或者是给焊机灭弧信号。灭弧完成后，机器人移动。单位：s。范围：0-10。

(17) 收弧参数-防粘丝电压（回烧电压）：在收弧结束之后，给出一个防粘丝的电流电压，用来防止焊丝粘接到工件上。设置的防粘丝的电流。注意，一般焊机自带，可不设。

(18) 收弧参数-防粘丝时间（回烧时间）：设置防粘丝电流电压的持续时间。注意，一般焊机自带，可不设。

(19) 焊接能量控制：控制类型分为脉冲控制，摆弧控制两种类型（常规情况选无即可）。

相关参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。注意，不同焊机所设置的焊接参数可能不同，界面可设置参数也就不同，以实际显示为准。

3.2.5 悬浮窗口

要使用焊接的悬浮窗口需要在焊接 app 的设备设置中，将悬浮窗开关打开。不使用，则可以将其关闭。

焊接悬浮窗口界面如下图 3-8 所示，在设备设置中悬浮窗口开关配置为“开”，然后点击“保存”按钮保存参数。保存成功后，界面中会出现一个小机器人图标按钮，按钮可在界面上随意拖动。注：当图标为彩色时候，焊接开关打开。当图标为灰色时候，焊接开关关闭。



图 3-8 焊接悬浮窗口

焊接悬浮窗口中包含了若干快捷按钮，其主要功能如下：

(1) 焊接开关：可以在这里快速切换焊接开关，焊接功能使能开关，只有将焊接开关打开，才能正常使用焊接功能。在切换设备设置中的焊接开关，会保存相应文件，机器人如果重启，则以文件中为准。当前实际生效的焊接开关，可以在窗口中监控。

(2) 手动进丝（送丝）：按下按钮，焊丝前进，松开停止。进丝速度以焊机设置为准。

(3) 手动退丝：按下按钮，焊丝退后，松开停止。退丝速度以焊机设置为准。

(4) 检测气体：按下按钮，打开焊接保护气。松开按钮，关闭焊接保护气。

(5) 复位焊接信号：按下按钮，复位焊接信号，比如焊接或者摆弧中断，这时候需要将焊接信号复位。否则会影响焊接程序再次启动。

(6) 清除焊机报警：按下按钮，清除焊机的报警。

(7) 在线修改参数：点击后弹窗在线修改参数窗口，如下图 3-9 所示，在线修改是指在焊接过程中，修改焊接参数，现在支持修改电流和电压参数。

先设置调节的步长，然后点击“+”或“-”可以在当前焊接参数上进行设置步长的调整。参考值中显示的是经过调整后的焊接参数。

当工作模式为一元化时，电压最小步长为 1，调节的是焊接电压的百分比；当工作模式为分别时，电压最小步长为 0.1，调节的是焊接电压的值。

在完成调节后，可以点击保存按钮，将修改后的参数保存到文件中，后续使用相同文件号的起弧指令生效，注意保存必须在本次焊接过程中，收弧及后续断弧之后，数据被刷新，不能进行保存

在线修改支持 IO 和总线操作，步长需要在示教器上提前调整完成，具体见 io 功能部分说明书。



图 3-9 焊接悬浮窗口

(8) 关闭：隐藏当前窗口，显示悬浮按钮。

3.2.6 弧焊监控

进入“弧焊监控”可以查看焊接工艺包中相关数据。弧焊监控界面如下图 3-10 所示。

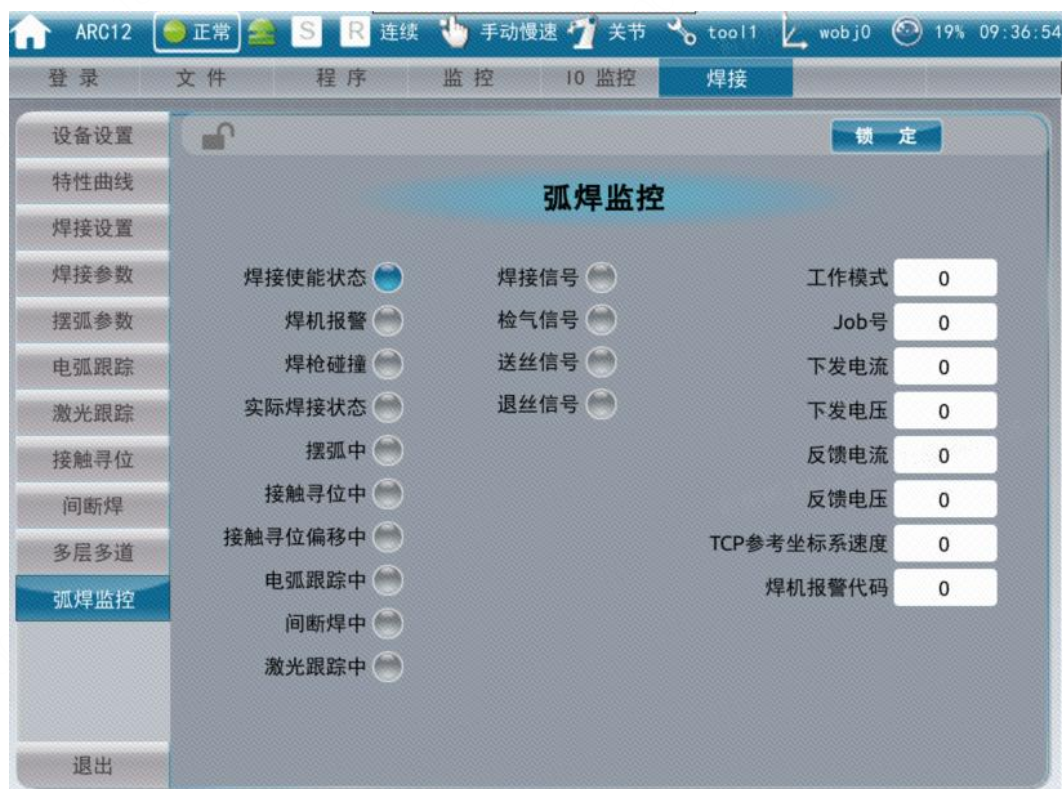


图 3-10 弧焊监控界面

在焊接 app 菜单栏点击“弧焊监控”按钮。进入界面可以查看焊接过程中部分信号状态，实际可监控数据以界面为准。注意：不同焊机所设置的焊接参数可能不同，界面可设置参数也就不同，以实际显示为准。

3.2.7 基础指令说明

焊接指令，由标准的 RPL 语句组成，并且做了封装。使用时，通过 call 指令，调用焊接指令即可。常用焊接指令的内容及使用方法如下：

表 3-1 焊接指令说明

序号	函数名	说明
1	ArcOn	开始起弧。fileNum: 所使用的起弧参数文件号(0-99)
2	ArcOnSimple	开启简易起弧。current:焊接电流(A), voltage:焊接电压(V),焊接速度(mm/s)
3	ArcOff	收弧指令
4	WeaveOn	摆弧开始。fileNum: 所使用的摆弧参数文件号(0-99)
5	WeaveOff	摆弧结束
6	ArcTrackOn	电弧跟踪开始。fileNum:所用的电弧跟踪参数文件号
7	ArcTrackOff	关闭电弧跟踪
8	MultipassOn	多层多道偏移功能开启。fileNum:所使用的多层多道工艺文件号(0-499)
9	MultipassOff	多层多道偏移关闭
10	OpenLaser	打开激光器
11	CloseLaser	关闭激光器

12	LaserSearch	激光寻位, LaserCalibNum: 激光标定序号 (0-19); LaserSearchNum: 激光搜寻序号 (0-19); LaserSeachSaveIndex: 搜寻点序号 (1-15)
13	ResetVar	弧焊信号复位, 通常该指令放在第一行

3.2.8 焊接编程示例

以完整的焊接程序说明焊接指令的具体使用方法。假设需要焊接一条直线，机器人的运动路径如图 3-11 所示。程序示例如表 3-2 所示。

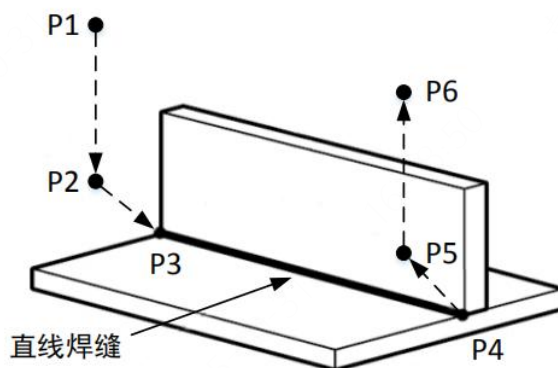


图 3-11 机器人路径示意图

表 3-2 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	焊接安全点 P1, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧, 使用 1 号起弧参数。
6	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝路径, 焊缝终点 P4; 焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示, 如果是收弧指令前一点, 过渡参数需要为 fine。
7	arcweld.ArcOff();	收弧指令。
8	MLIN(P5, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P5。
9	MLIN(P6, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到焊接安全点 P6。

注意事项:

- (1) 起弧与收弧指令需要成对使用; 摆弧打开与摆弧关闭指令需要成对使用。
- (2) 在执行焊接起弧和收弧指令之前的一点, 不能使用过渡参数, 需使用 fine, 或者可增加 WAIT_POS() 指令, 保证机器人准确运动到预定的点位。否则, 若运动指令当中设置了过渡半径 zone 后, 机器人还没有运动到指定点, 将提前触发该指令之后的指令。
- (3) 一般在使用焊接、摆弧及后面的电弧跟踪时候, 编程时候需要按以下顺序: 起弧开→摆弧开→电弧跟踪开→移动指令→电弧跟踪关→摆弧关→收弧。

3.3 摆弧

摆弧是指焊枪在焊接方向上，以特定角度和频率摆动的焊接功能，主要是为了增加焊缝宽度来提高焊接强度和美观性。同时，电弧跟踪功能也必须与摆弧功能进行配合使用。

3.3.1 摆弧坐标

在摆弧焊接中，会在焊缝上建立一个摆弧坐标系，摆弧坐标系分为工具坐标系平面和路径坐标系平面。

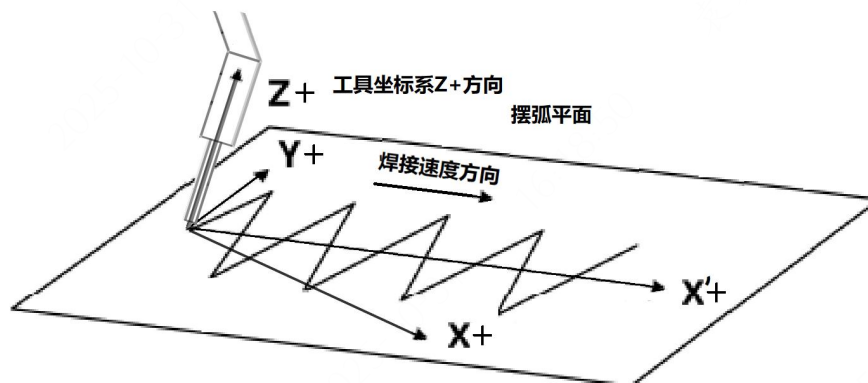


图 3-12 工具坐标系摆弧平面

一是以机器人工具坐标系的 Z 轴方向为摆弧 Z 方向，Y 轴方向垂直于 X' 和焊枪 Z 方向形成的平面，摆弧的 X 方向垂直于 Y 和 Z 方向形成的平面，称之为工具坐标平面。需要注意的是，如果焊接角度发生变化，或者工具 Z 轴方向和焊枪喷嘴方向不一致，轨迹坐标都会发生相应的变化，如上图 3-12 所示，焊缝前进方向为 X'+，焊枪的 Z+ 方向倾斜，则摆弧平面为 XYZ 组成的平面。

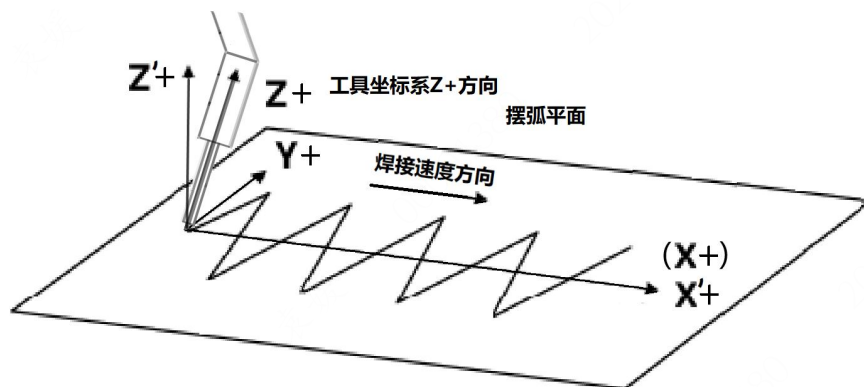


图 3-13 路径坐标系摆弧平面

另一种坐标系为路径坐标系摆弧平面，以焊缝 X' 方向为摆弧的 X 方向，Y 轴方向垂直于 X' 和焊枪 Z 方向形成的平面，摆弧的 Z' 方向垂直于 X 和 Y 方向形成的平面，即摆弧平面为 XYZ' 平面。这是改变焊枪和焊缝的夹角，摆弧平面不会发生变化，如上图 3-13 所示。

3.3.2 摆弧参数设置

摆弧功能使用前需要先在焊接 app 中进行摆弧参数设置，设置完成后在程序中调用即可。摆弧参数界面如下图 3-14 所示。

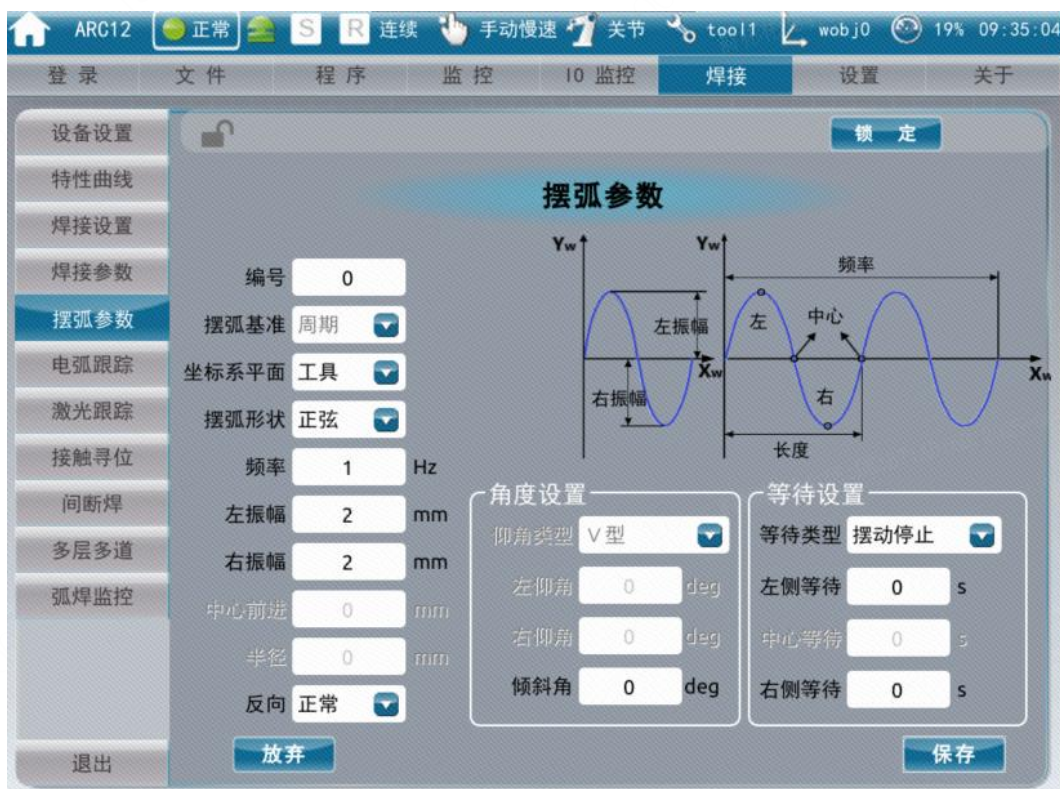


图 3-14 摆弧参数界面

摆弧类型和其他摆弧参数的设置介绍如下：

- (1) 编号：摆弧文件编号，最多可以同时保存 100 组摆弧文件。范围：0-99。
- (2) 摆弧基准：摆弧设置的基准，分为长度和周期，长度表示机器人周期运行的长度距离进行设置，周期表示机器人摆弧按周期运行频率进行设置。目前只支持周期。
- (3) 坐标系平面：分为工具和路径，详细见摆弧坐标章节。
- (4) 摆弧形状：摆弧形状是摆弧的轨迹，分为正弦、圆弧、8 字和 Z 字，如下图 3-15 所示。切换后可在示教器上查看对应波形形状。

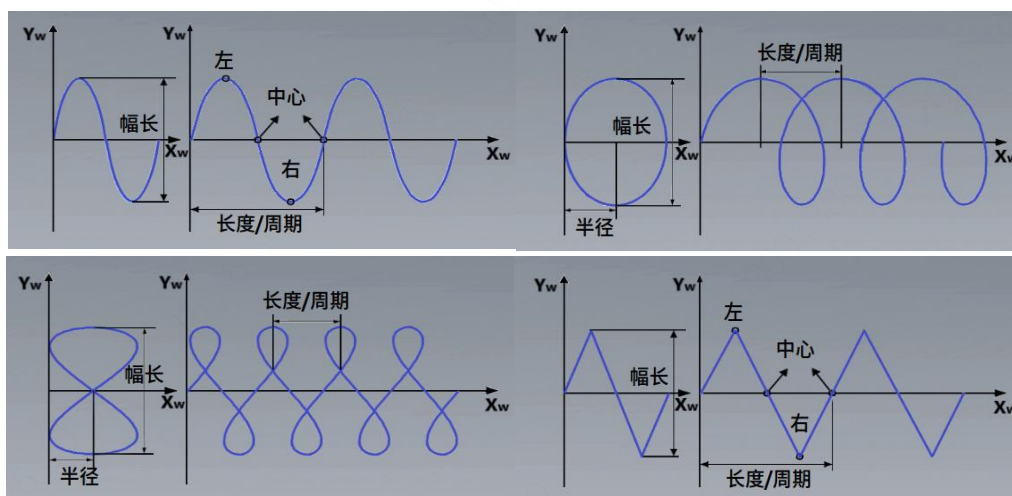


图 3-15 摆弧形状：正弦（左上）/圆弧（右上）/8 字（左下）/Z 字（右下）

- (5) 摆弧长度/频率：机器人摆动一个周期的情况下，机器人运行的长度/时间。长度时，单位

为 mm，范围：1-100。频率时，单位为 hz，范围：0.01-5。

(6) 左/右振幅：指摆焊时，焊缝左边/右边的最大距离。单位：mm，范围：0.1-100。注意，人面对焊缝前进方向，左手边为左边，右手边为右边。焊接频率和左右振幅之和直接需要满足两者之积小于 50。不允许高频大振幅运动。

(7) 中心前进：在使用三角（包括立体三角）和正弦时候，中心位置沿着焊缝方向前进的距离，在左右两端位置没有焊缝方向偏移量。以三角为例，摆出形状如下图 3-16 所示。

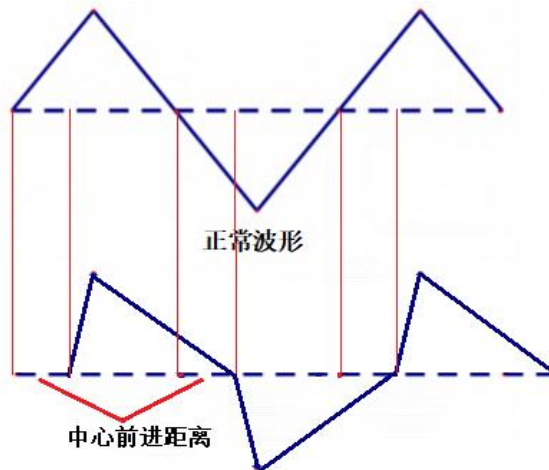


图 3-16 中心前进示意图

(8) 摆弧半径：设置圆弧波和 8 字形摆动时候，要设置摆弧半径。单位：mm。范围：0.1-100。

(9) 等待类型：分为机器人停止和摆动停止，如下图 3-17 所示。选择摆动停止，只有摆动停止，前进方向的运动不停止。如果选择机器人停止，则表示在停止时间处，摆动和前进运动都停止。

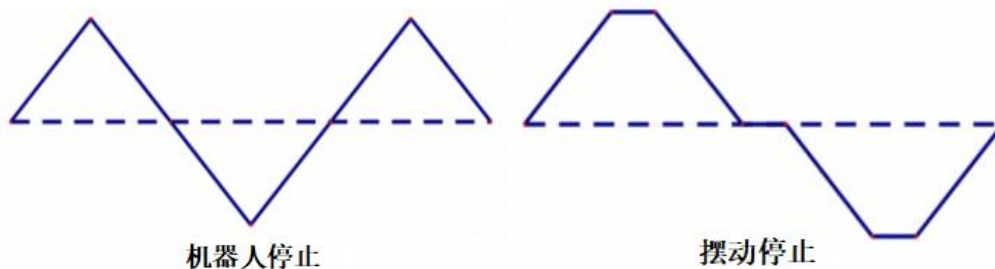


图 3-17 等待类型示意图

(10) 左侧/中心/右侧等待：左侧/中心/右侧等待指的是在每个周期的左侧、中心、右侧处摆弧停止的时间，如下图 3-18 所示，当摆弧基准选择长度且等待类型选择摆动停止单位为 mm。其他情况单位是 s。此参数只有摆弧形状为正弦和 Z 字有效，其中正弦不支持中间等待。

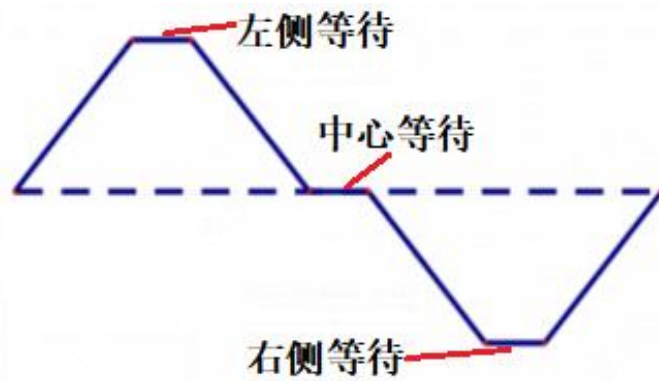


图 3-18 左侧/中心/右侧等待示意图

(11) 波形反向：当前波形按焊缝方向进行轴对称翻转，如图 3-19 所示。

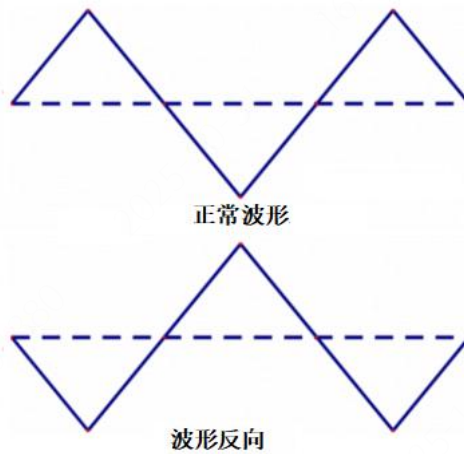


图 3-19 波形反向示意图

(12) 仰角类型：仰角类型分为 V 型和三角，仅当摆弧形状为三角时候有效，如下图 3-20 所示。
 V 型：类似于将三角波形沿着示教的焊缝位置折叠。沿焊缝反向视图成 V 型。三角：从焊缝位置摆动到左侧波峰点，然后摆动到右侧波峰点，再返回示教的焊缝位置。沿焊缝反向视图成三角形。

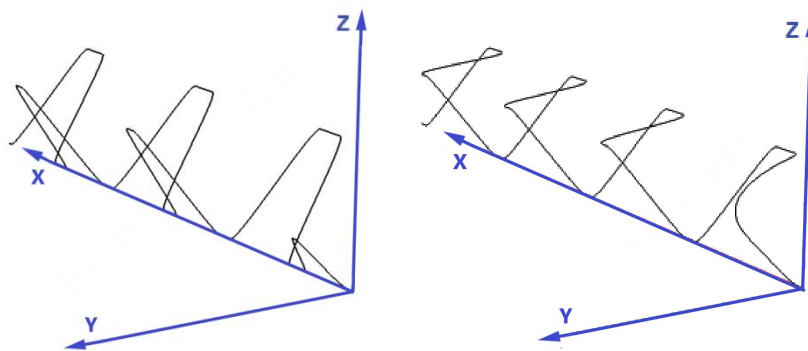


图 3-20 V 型（左）和三角（右）仰角示意图

(13) 左/右仰角：摆动的左/右平面与焊枪工具 Z 轴方向垂直平面的夹角，如下图 3-21 所示。注意，范围：-90-90。当类型为 V 时候，角度设置成 0 度，机器人在单平面摆动。当类型为三角时候，两个角度之和不能为 0、180、-180。

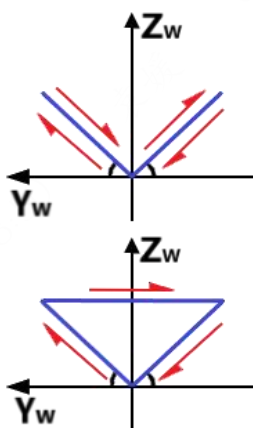


图 3-21 左/右仰角示意图

(14) 倾斜角：摆动的方向与前进方向的垂直方向的角度。即摆动方向上发生倾斜，如下图 3-22 所示。注意，范围：-90-90。当角度设置成 90 或者-90，机器人会变成前后摆动。

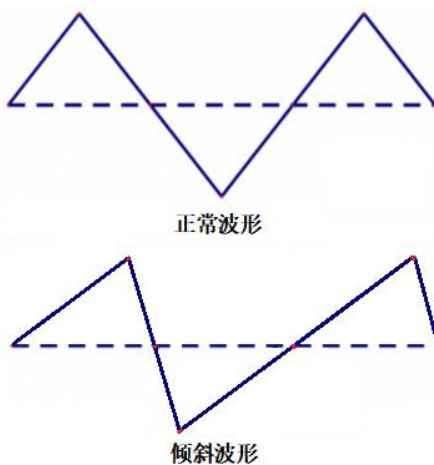


图 3-22 倾斜角示意图

摆弧相关参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.3.3 摆弧指令和示例

摆弧指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如表 3-3 所示。

表 3-3 摆弧指令说明

序号	函数名	说明
1	WeaveOn	摆弧开始。fileNum: 所使用的摆弧参数文件号(0-99)
2	WeaveOff	摆弧结束

摆弧设置完参数后，在程序中可以直接调用，程序示例如下表 3-4 所示：

表 3-4 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	焊机安全点 P1, 通常先以关节运动的形式

		运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧, 使用 1 号起弧参数。
6	arcweld.WeaveOn(1);	打开摆弧功能, 并且以 1 号摆弧参数设置摆弧。
7	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine,tool1, wobj0);	运行焊缝路径, 焊缝终点 P4; 焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示, 如果是收弧指令前一点, 过渡参数需要为 fine。
8	arcweld.WeaveOff();	关闭摆弧功能。
9	arcweld.ArcOff();	收弧。
10	MLIN(P5, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P5。
11	MLIN(P6, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊机安全点 P6。

注意事项:

(1) 摆弧打开与摆弧关闭指令需要成对使用。

(2) 一般在使用焊接、摆弧及后面的电弧跟踪时候, 编程时候需要按以下顺序: 起弧开→摆弧开→电弧跟踪开→移动指令→电弧跟踪关→摆弧关→收弧。

3.3.4 摆弧突变指令和示例

摆弧突变指令使用和普通焊接指令相同, 使用时, 通过 call 指令调用即可, 指令说明如下表 3-5 所示。

表 3-5 摆弧突变指令说明

序号	函数名	说明
1	WeaveChange	摆弧突变开始。fileNum: 所使用的摆弧参数文件号 (0-99)

摆弧突变设置完参数后, 在程序中可以直接调用, 程序示例如下表 3-6 所示:

表 3-6 程序举例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine,tool1, wobj0);	焊机安全点 P1, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧, 使用 1 号起弧参数。
6	arcweld.WeaveOn(1);	打开摆弧功能, 并且以 1 号摆弧参数设置摆弧。
7	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine,tool1, wobj0);	运行焊缝路径, 焊缝终点 P4; 焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示, 如果是收弧指令前一点, 过渡参数需要为 fine。

8	arcweld.WeaveChange(2)	打开摆弧突变功能，并且突变到 2 号摆弧参数开始摆弧。
9	MLIN(P5,arcweld.Speed,fine,tool1,wobj0);	运行焊缝轨迹，焊缝终点 P5;焊接速度以 arcwelding.Speed 变量表示，轨迹的起始点即使用 2 号摆弧参数摆动。
10	arcweld.WeaveOff());	关闭摆弧功能。
11	arcweld.ArcOff());	收弧。
12	MLIN(P6, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P6。
13	MLIN(P7, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊机安全点 P7。

3.3.5 摆弧渐变指令和示例

摆弧渐变指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-7 所示。

表 3-7 摆弧渐变指令说明

序号	函数名	说明
1	WeaveRamp	摆弧渐变开始。fileNum: 所使用的摆弧参数文件号 (0-99)

摆弧渐变设置完参数后，在程序中可以直接调用，程序示例如下表 3-8 所示：

表 3-8 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine,tool1, wobj0);	焊机安全点 P1,通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine,tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧，使用 1 号起弧参数。
6	arcweld.WeaveOn(1);	打开摆弧功能，并且以 1 号摆弧参数设置摆弧。
7	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine,tool1, wobj0);	运行焊缝路径，焊缝终点 P4; 焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示，如果是收弧指令前一点，过渡参数需要为 fine。
8	arcweld.WeaveRamp(2);	打开摆弧渐变功能，并且渐变到 2 号摆弧参数。
9	MLIN(P5,arcweld.Speed,fine,tool1,wobj0);	运行焊缝轨迹，焊缝终点 P5;焊接速度以 arcwelding.Speed 变量表示，轨迹的末点刚好达到 2 号摆弧参数。
10	arcweld.WeaveOff());	关闭摆弧功能。
11	arcweld.ArcOff());	收弧。
12	MLIN(P6, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P6。

13	MLIN(P7, v200, fine,tool1, wobj0);	运动到焊机安全点 P7。
----	------------------------------------	--------------

注意事项:

- (1) 摆弧渐变与摆弧突变暂不支持同时使用。
- (2) 摆弧渐变目前只支持 Z 字型摆与正弦摆。
- (3) 摆弧渐变不支持渐变前后摆弧形状发生变化，如从正弦摆渐变到 Z 字型摆。
- (4) 摆弧渐变不支持摆弧坐标系平面发生变化，如坐标系平面从工具渐变到用户。

3.3.6 摆弧在线调整

摆弧在线调整是为了方便调试，可以在摆弧过程中，通过按钮调整摆弧相关参数，变化量的计算按照设定的步长进行，每次增加或者减少的变化量在下一个摆弧周期开始时开始进行更新。界面如下图 3-23 所示。



图 3-23 摆弧在线调整示意图

注意事项:

- (1) 摆弧过程中支持手动调整摆弧的频率，左、右振幅，前进距离，左、右等待时间。
- (2) 调整方式以步长方式，单次步长可设置。
- (3) 调整后的参数，可以支持保存在摆弧参数文件中，不保存，则下次摆弧时候，以原文件参数为准。

3.4 电弧跟踪

电弧跟踪功能不需要在焊枪上附加任何装置，电弧跟踪的信号检测点就是焊接电弧点；实时性好焊枪运动的灵活性和可达性好，尤其符合焊接过程低成本自动化要求，电弧扫描不仅可以跟踪传感，保证焊接参数的稳定，又可以达到改善成形的效果，不存在传感器位置前导误差。另外不受烟尘、弧光等的干扰。

3.4.1 电弧跟踪原理和适用范围

3.4.1.1 电弧跟踪基本原理

如下图 3-24 所示，使用具有恒压特性焊接电源的焊接具有焊接电流会随着焊嘴与母材间距 L 的变化而变化的特性。利用该特性的功能即为电弧跟踪功能。

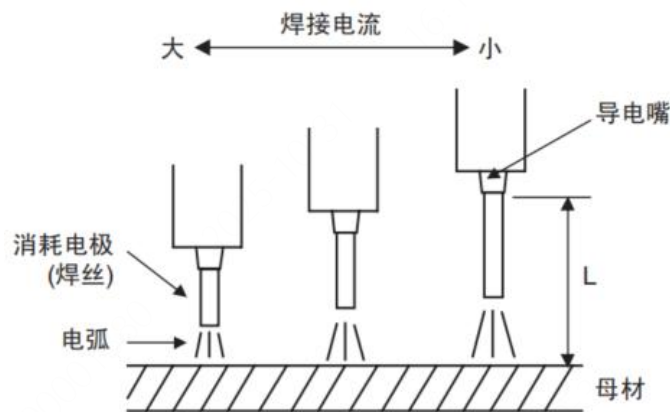


图 3-24 电流随焊嘴与母材间距变化示意图

左右摆动焊枪进行焊接时，如果两端（①、②）的焊嘴与母材之间的距离相等，根据上述特性，①、②的焊接电流也将相同，如下图 3-25 所示。

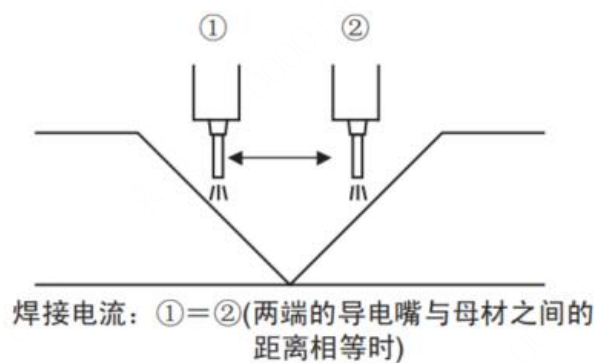


图 3-25 正常摆弧焊接示意图

此外，如下图 3-26 所示，如果焊枪朝左或朝右偏移，①、②的焊接电流将不相同。对此，将通过电弧传感比较①、②的焊接电流，修正轨迹使得两者的焊接电流值相同。

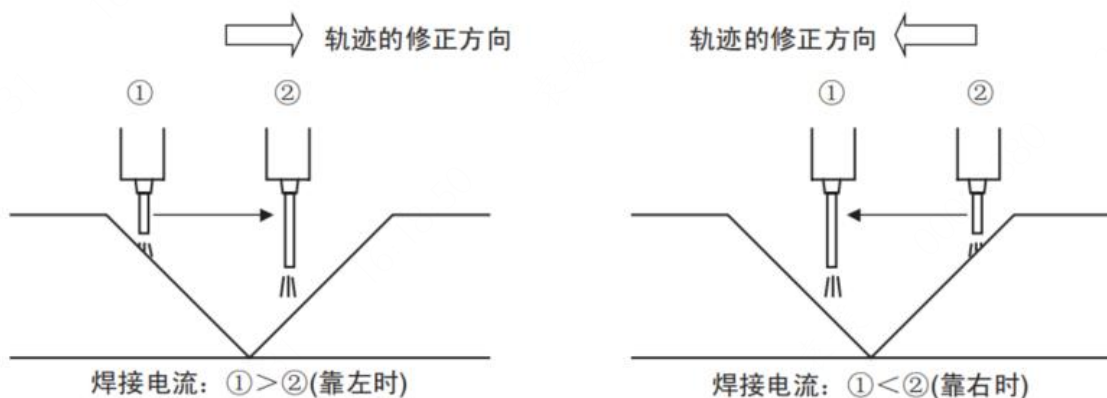


图 3-26 电弧跟踪修正轨迹示意图

上下方向的轨迹修正也将使焊接电流值保持恒定，如下图 3-27 所示。

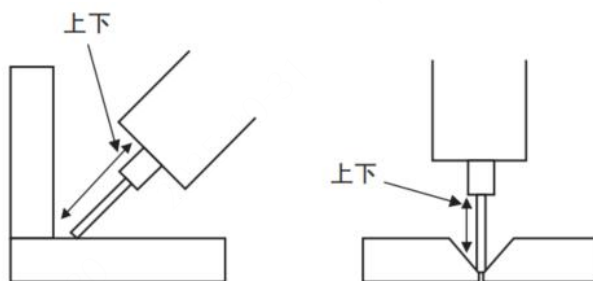


图 3-27 上下方向轨迹修正示意图

3.4.1.2 电弧跟踪适用范围

目前电弧跟踪使用范围为（已验证）

- (1) 支持实心焊丝和药芯焊丝；
- (2) 支持 T 型接头，内角接，外角接打底，V 型坡口打底；
- (3) 摆动单侧振幅大于焊丝直径 1.5 倍，且左右振幅相同；
- (4) 摆动频率大于 1Hz，且不超过 4Hz；
- (5) 直流恒压和脉冲模式；
- (6) 支持正弦和三角摆模式（立体三角不支持），两边等待时间必须相同，且小于 0.5s；
- (7) 焊接电流不小于 160A；

3.4.2 电弧跟踪参数设置

电弧跟踪功能使用需要先在焊接 app 中进行参数设置，设置完成后在程序中调用即可。电弧跟踪界面如下图 3-28 所示。



图 3-28 电弧跟踪界面

电弧跟踪功能设置界面主要包括以下参数：

- (1) 编号：电弧跟踪文件编号，最多可以同时保存 100 组文件。范围：0-99。
- (2) 注释：客户可以添加注释信息，方便辨识。
- (3) 焊接后保持偏移量：电弧跟踪结束后，熄弧点和示教点不同，在后面轨迹中是否清除电弧跟踪补偿的偏移量。选择否则清除偏移量，反之保持偏移量。
- (4) 左右/上下跟踪使能：是否开启左右/上下跟踪的功能开关。关闭则不会跟踪。
- (5) 左右/上下跟踪增益：跟踪过程机器人补偿灵敏度。范围-200-200，为 0 不跟踪。
- (6) 左右/上下累计最大补偿量：距离下一个目标点累计最大补偿量，即左右/上下单方向最大偏移量的值，超过设置值，则不会跟踪补偿。单位：mm。范围：0-1000。
- (7) 偏移比例（左边/右边）：电弧跟踪中，设置左边电流和右边电流比例，默认为 100，表示左右相等，超过 100 则向左边偏移，按电流大小比例进行偏移。反之亦然。范围：50-200。
- (8) 使能参考电流：开启则以设置的焊接电流值为基准进行上下跟踪。关闭则以摆弧前两个周期的电流值为基准进行上下跟踪，建议开启。
- (9) 参考电流：焊接过程中，上下跟踪参考的电流值（以焊机面板上显示的数值为准）范围：50-500。

3.4.3 电弧跟踪使用简例

3.4.3.1 电弧跟踪指令和程序示例

电弧指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-9 所

示。

表 3-9 电弧跟踪指令说明

序号	函数名	说明
1	ArcTrackOn	打开电弧跟踪。fileNum: 所使用的电弧跟踪参数文件号 (0-19)
2	ArcTrackOff	关闭电弧跟踪

摆弧设置完参数后, 在程序中可以直接调用, 程序示例如下表 3-10 所示。

表 3-10 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	焊机安全点 P1, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧, 使用 1 号起弧参数。
6	arcweld.WeaveOn(1);	打开摆弧功能, 并且以 1 号摆弧参数设置摆弧。
7	arcweld.ArcTrackOn(1)	打开电弧跟踪, 使用 1 号电弧跟踪参数
8	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝路径, 焊缝终点 P4; 焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示, 如果是收弧指令前一点, 过渡参数需要为 fine。
9	arcweld.ArcTrackOff());	关闭电弧跟踪。
10	arcweld.WeaveOff());	关闭摆弧功能。
11	arcweld.ArcOff());	收弧。
12	MLIN(P5, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P5。
13	MLIN(P6, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到焊机安全点 P6。

注意事项:

(1) 电弧跟踪打开与电弧跟踪关闭指令需要成对使用。

(2) 一般在使用焊接、摆弧及后面的电弧跟踪时候, 编程时候需要按以下顺序: 起弧开→摆弧开→电弧跟踪开→移动指令→电弧跟踪关→摆弧关→收弧。

3.4.3.2 电弧跟踪调试技巧

调试前需要的准备, 在电弧跟踪不开启的情况下具备稳定且合理的焊接工艺, 保证焊缝成形及焊接过程熔滴过渡相对稳定; 由于电流变化对电弧跟踪效果影响较大, 调试过程中为了稳定焊接状态减少干扰项做以下要求:

(1) 工具坐标系标定时, +Z 方向沿着焊枪方向竖直向上;

(2) 电弧跟踪必须与摆弧同时使用, 并且摆弧类型要求为正弦摆或者三角摆 (不支持立体三角摆弧), 摆弧两边振幅要求相同, 左右等待时间相同, 且等待时间不能超过 0.5s;

(3) 干伸长超过 20mm 且每次一致;

(4) 焊枪角度最好在 45 度左右;

调整方法及思路:

(1) 延迟采样时间目前推荐使用 0.02, 且尽量不调整;

(2) 累计最大补偿量根据实际情况调整即可;

(3) 上下增益: 按照目前经验一般在 20-30 之间选定一个数且不过多进行调整, 在焊接长焊缝的过程中发现干伸长在起弧和收弧处长度发生明显变化后即可调整;

(4) 左右增益: 电弧跟踪最主要的调整参数, 首次焊接设置为 20, 观察焊缝成形, 如焊缝出现明显 S 型弯曲 (例: 10cm 的焊缝长度内就出现 S 型), 说明增益偏大灵敏度过高, 需要调小; 如焊缝出现调整不到位的情况, (例: 如在跟踪焊前明显弯曲的焊缝时, 焊接轨迹整体缓慢偏向一个方向又缓慢偏回), 说明增益偏小灵敏度过小, 需要调大; 可能需要多次调整找到适合参数, 才能稳定焊接。

注意: 目前调试经验只根据已有测试使用情况总结, 如有跟实际情况不符, 以实际情况为准。

3.5 接触寻位

首次安装工件后，打开旗标，机器人按照寻位程序进行寻位，当焊丝碰到工件后，焊机或寻位装置发给机器人信号，机器人停止运动，记录下基础位置，后面更换同种产品后，关闭旗标，进行寻位，条件满足后，记录下当前位置；根据当前位置和基准位置计算出偏差值，实现焊接轨迹基于基准轨迹的偏移。

3.5.1 接触寻位原理

在寻位模式下，系统给喷嘴或焊丝施加电压，工件接地。在机器人沿寻位轨迹移动过程中，一旦喷嘴或焊丝和工件接触时会产生接触信号，机器人停止移动。利用当前位置与旗标设定位置的偏差值对路径进行修正，从而得出真实目标位置，如下图 3-29 所示。

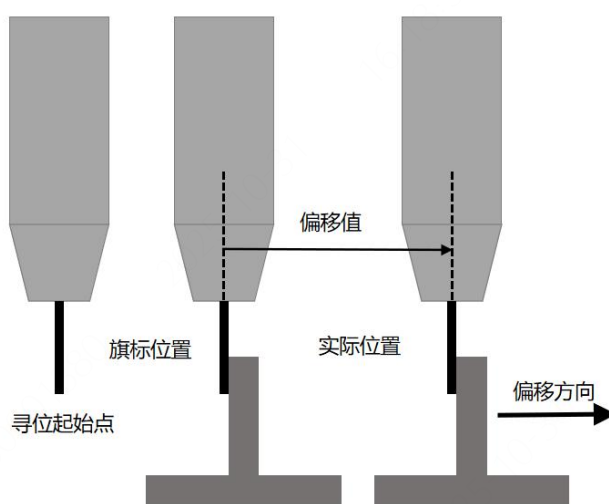


图 3-29 接触寻位原理图

3.5.2 接触寻位应用场景

寻位需满足以下条件：

- (1) 工件一致性高，只有安装位置的偏差；
- (2) 示教准确的基准焊接轨迹；
- (3) 提前获取工件放置的偏差方向，用于确定使用哪种寻位；
- (4) 工件导电性良好；
- (5) 目前支持角焊缝 1D、2D、3D、2D+、3D+寻位，内外径圆心寻位方式；
- (6) 焊机需支持寻位功能或有外部寻位装置；
- (7) 支持带插补附加轴寻位。

3.5.3 接触寻位参数设置

接触寻位功能使用需要先在焊接 app 中进行参数设置，设置完成后在程序中调用即可，接触寻位界面如下图 3-30 所示。



图 3-30 接触寻位界面

接触寻位功能设置界面主要包括以下参数：

- (1) 编号：接触寻位文件编号，最多可以同时保存 20 组文件。范围：0-19。
- (2) 注释：客户可以添加注释信息，方便辨识。
- (3) 基准旗标：程序中工艺号对应的相关寻位点基准位置数据写入开关。开启时，寻位到的位置作为基准数据保存；关闭后，基准数据被保护，不再写入。使用时，在第一次示教好的程序，基准旗标打开，记录基准位置。然后关闭基准旗标，后续程序运行与基准旗标对比，进行偏移。注意，如果基准旗标没关，对偏移工件进行了寻位，那么偏移工件上的寻位数据会保存，覆盖之前准确数据，则后续偏移都会失败，需要重新编写轨迹部分程序。
- (4) 寻位类型：寻位类型的所有种类，不同寻位类型的计算方式、寻位点数量都不相同，详细参照寻位方式使用章节。范围：1D、2D、3D、2D+、3D+、CIRC 中心、CIRC_2D。
- (5) 增量搜寻：增量寻位开关，可适用于寻位类型为 2D、3D、2D+、3D+场景下，将上次寻位相对于基准点位的 X、Y、Z 偏差值，带入下次寻位点位中。
- (6) 搜寻信号类型：接收搜寻到焊机反馈的寻位成功信号，分为总线和 IO，如果使用 IO 信号，需要配合 IO 功能配置使用。注意，数字量通讯焊机协议中具备此信号，可以选择使用。
- (7) 信号沿：机器人检测寻位成功信号的信号沿类型。分为上升沿和下降沿。注意，总线一般都选择上升沿。
- (8) 搜寻距离：从寻位开始点往工具方向的寻位距离，超过这个距离，系统将报警。范围：0-200。
- (9) 搜寻速度：从寻位开始点往工件移动寻位的速度，寻位速度越小，精度越高。范围：0.01-200，建议设置 5mm/s。
- (10) 停止方式：机器人接收到寻位信号的停止方式。

(11) 自动返回：设置为开，寻位接触到工件后，机器人将参考自动返回距离和速度，沿之前运动路径返回。设置为关，接触到工件后暂停，按“start”键继续。建议选择开。

(12) 返回距离：设定自动返回距离，当这个距离超过寻位开始点时，机器人运动到寻位开始点就结束，不在运行。范围：0-200。

(13) 返回速度：设定寻位时，寻到工件后的返回速度。范围：0.01-200。

(14) 超偏差范围：计算结果的工件偏移量限制。当计算结果里面的偏差范围超过设置值，机器人报错。范围：0-500。

相关参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.5.4 接触寻位指令说明

接触寻位指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-11 所示。

表 3-11 接触寻位指令说明

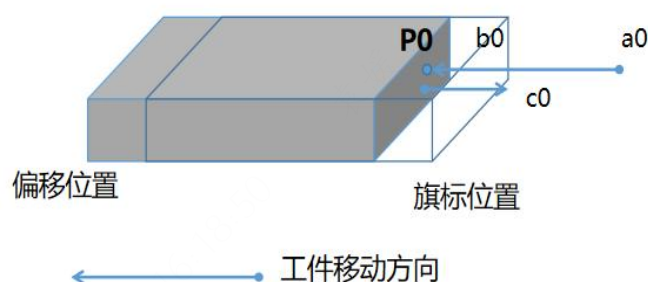
序号	函数名	说明
1	TouchSearchStart	调用寻位工艺号（0-19） offsetid: 存储偏移量序号（0~499）
2	TouchSearch	接触寻位开始。 return_searchpoint: 寻到的点位信息。 toolC: 工具坐标系。 refsysC: 用户坐标系。 dir: 设置寻位方向（±X, ±Y, ±Z）。 searchingId 寻位点序号（0-6），单次寻位按顺序填写
3	TouchSearchEnd	接触寻位结束。 offset_value: 计算出的偏移结果
5	OffsetStart	寻位偏移开始。offsetid: 存储偏移量序号（0~499）
6	OffsetEnd	寻位偏移结束

3.5.5 接触寻位方式使用及示例

目前接触接触寻位暂支持角焊缝寻位，包含 1D、2D、3D、2D+、3D+ 的角焊缝寻位和圆环的内外径寻位。

3.5.5.11D 寻位

应用场景：工件安放位置较基准位置只有一个方向上的位置偏移，如下图 3-31 所示。



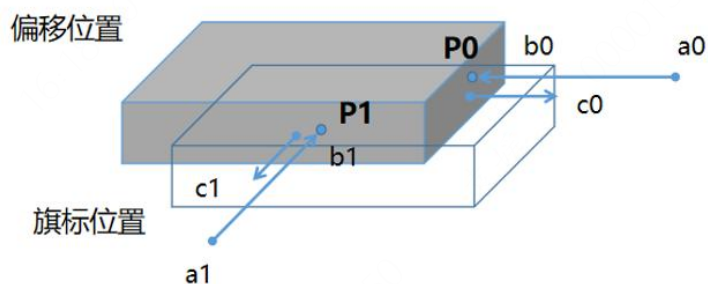
操作流程：在一个方向确定 1 个寻位点（P0）；编写寻位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-12 所示。

表 3-12 1D 程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位， 参数 1：工艺号 0（可设置 0~19），寻位类型需要选择 1D。 参数 2：偏置保存的索引（0~499）。
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 0);	P0 寻位点，沿-Z 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点
6	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束； 参数 1：P1 为计算出的偏移值（可不填）
7	OffsetStart(0);	偏置开始；偏移索引号（0-499）
8	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
9	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
10	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接结束点
11	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接离开点
12	OffsetEnd();	偏置结束

3.5.5.22D 寻位

应用场景：工件安放位置较基准位置仅在两个方向上的位置偏移，如下图 3-32 所示。



操作流程：在一个方向确定 1 个寻位点（P0）；在另一个方向确定 1 个寻位点（P1）；编写寻

位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-13 所示。

表 3-13 2D 程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位， 参数 1：工艺号 0（可设置 0~19），寻位类型需要选择 2D。 参数 2：偏置保存的索引（0~499）
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 0);	P0 寻位点，沿-Z 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
6	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P1 寻位起始点
7	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 1);	P1 寻位点，沿+X 方向寻位
8	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
9	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束； 参数 1：P1 为计算出的偏移值（可不填）
10	OffsetStart(0);	偏置开始；
11	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
12	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
13	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接结束点
14	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接离开点
15	OffsetEnd();	偏置结束

3.5.5.33D 寻位

应用场景：工件安放位置较基准位置仅在三个方向上位置偏移，如下图 3-33 所示。

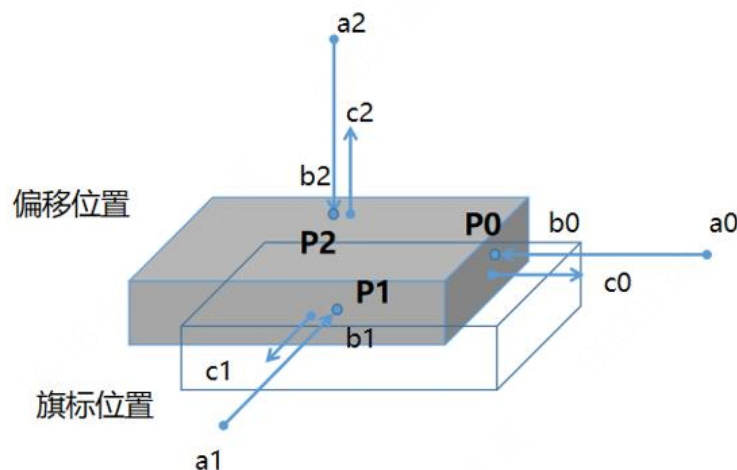


图 3-33 3D 寻位示意图

操作流程：在一个方向确定 1 个寻位点（P0）；在另一个方向确定 1 个寻位点（P1）；在剩余一个方向确定 1 个寻位点（P2）；编写寻位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-14 所示。

表 3-14 3D 程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位, 参数 1: 工艺号 0 (可设置 0~19), 寻位类型需要选择 3D。 参数 2: 偏置保存的索引 (0~499)
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 0);	P0 寻位点, 沿-Z 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点 (根据实际需要添加)
6	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P1 寻位起始点
7	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 1);	P1 寻位点, 沿+X 方向寻位
8	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点 (根据实际需要添加)
9	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P2 寻位起始点
10	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Y", 2);	P2 寻位点, 沿-Y 方向寻位
11	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点
12	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束; 参数 1: P1 为计算出的偏移值 (可不填)
13	OffsetStart(0);	偏置开始;
14	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
15	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
16	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接结束点
17	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接离开点
18	OffsetEnd();	偏置结束

3.5.5.42D+寻位

应用场景：绕工件上的 X、Y、Z 任意 1 个轴（或机器人坐标系）旋转和任意 2 个方向的移动，如下图 3-34 所示。

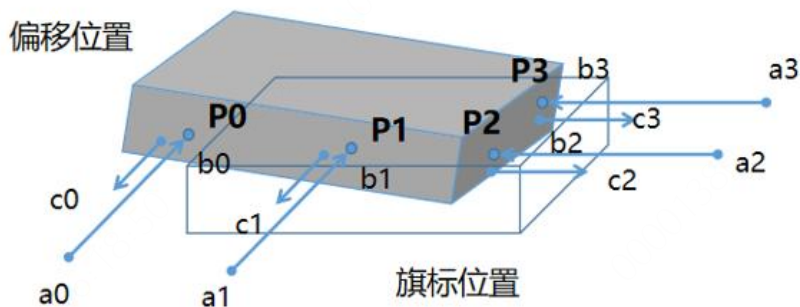


图 3-34 2D+寻位示意图

操作流程：在一个方向确定 2 个点 (P0、P1) 确定一条线；在另一个方向确定 2 个点 (P2、P3) 确定另一条线；编写寻位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-15 所示。

表 3-15 2D+程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位, 参数 1: 工艺号 0 (可设置 0~19), 寻位类型需要选择 2D+。 参数 2: 偏置保存的索引 (0~499)
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 0);	P0 寻位点, 沿+X 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P1 寻位起始点
6	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 1);	P1 寻位点, 沿+X 方向寻位
7	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点 (根据实际需要添加)
8	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点 (根据实际需要添加)
9	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P2 寻位起始点
10	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Y", 2);	P2 寻位点, 沿-Y 方向寻位
11	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P3 寻位起始点
12	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Y", 3);	P3 寻位点, 沿-Y 方向寻位
13	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点
14	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束; 参数 1: P1 为计算出的偏移值 (可不填)
15	OffsetStart(0);	偏置开始;
16	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
17	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
18	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接结束点
19	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接离开点
20	OffsetEnd();	偏置结束

3.5.5.53D+寻位

应用场景: 绕工件上的 X、Y、Z 任意旋转 (或机器人坐标系) 和 3 方向的移动, 如下图 3-35 所示。

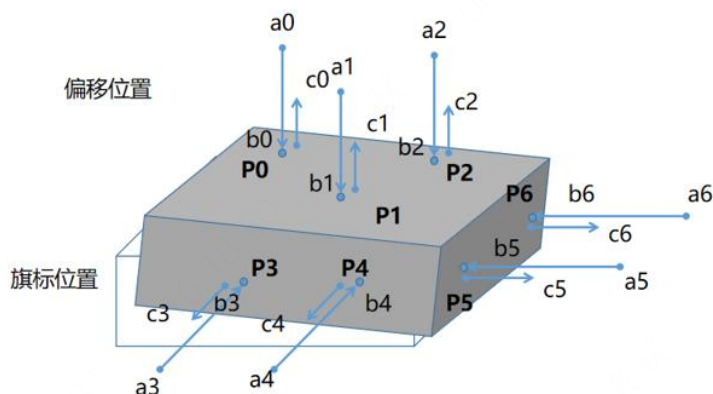


图 3-35 3D+寻位示意图

操作流程：在工件平面的 1 个方向找 3 个不共线的点（P1、P2、P3）确认一个面；在另一个方向确定 2 个点（P4、P5）确定一条线；在最后一个方向确定 2 个点（P6、P7）确定另一条线；编写寻位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-16 所示。

表 3-16 3D+程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位， 参数 1：工艺号 0（可设置 0~19），寻位的类型需要选择 3D+。 参数 2：偏置保存的索引（0~499）。
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 0);	P0 寻位点，沿-Z 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P1 寻位起始点
6	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 1);	P1 寻位点，沿-Z 方向寻位
7	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P2 寻位起始点
8	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Z", 2);	P2 寻位点，沿-Z 方向寻位
9	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
10	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P3 寻位起始点
11	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 3);	P3 寻位点，沿+X 方向寻位
12	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P4 寻位起始点
13	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 4);	P4 寻位点，沿+X 方向寻位
14	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
15	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
16	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P5 寻位起始点
17	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Y", 5);	P5 寻位点，沿-Y 方向寻位
18	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P6 寻位起始点
19	TouchSearch(tool1, wobj0, "-Y", 6);	P6 寻位点，沿-Y 方向寻位
20	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点
21	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束； 参数 1：P1 为计算出的偏移值（可不填）

22	OffsetStart(0);	偏置开始;
23	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
24	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
25	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接结束点
26	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接离开点
27	OffsetEnd();	偏置结束

3.5.5.6 内外径寻位

应用场景：圆柱形工件安放位置较基准位置仅存在圆柱中心线位置偏差，如下图 3-36 所示。

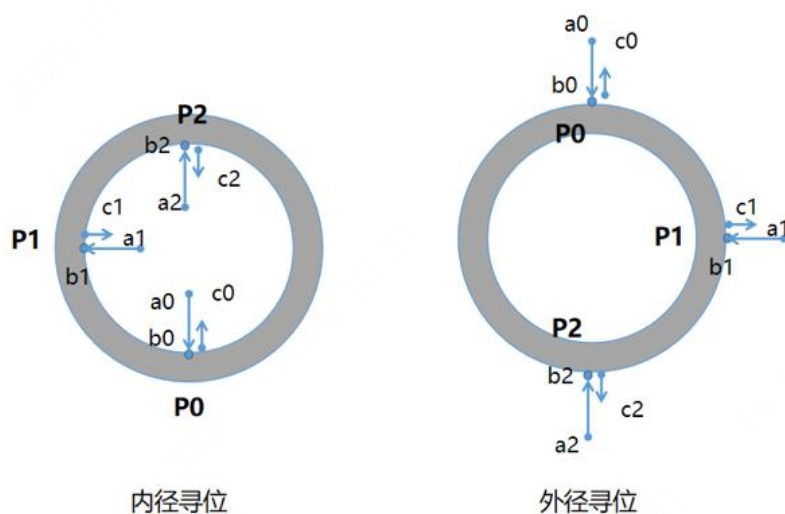


图 3-36 3D 寻位示意图

操作流程：在一个方向确定 2 个寻位点（P0、P2）；在另一个方向确定 1 个寻位点（P1）；编写寻位程序时寻位点严格按照此顺序进行，如下表 3-17 所示。

表 3-17 内外径寻位程序示例说明

序号	程序	说明
1	MJOINT (*, v50perc, fine, tool1);	机器人起始位置
2	TouchSearchStart(0, 0);	开启寻位， 参数 1：工艺号 0（可设置 0~19），寻位类型需要选择 CIRC 中心。 参数 2：偏置保存的索引（0~199）
3	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P0 寻位起始点
4	TouchSearch(tool1, wobj0, "+X", 0);	P0 寻位点，沿-Z 方向寻位
5	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
6	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P1 寻位起始点
7	TouchSearch(tool1, wobj0, "+Y", 1);	P1 寻位点，沿+X 方向寻位
8	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点（根据实际需要添加）
9	MLIN (*, v500, fine, tool1);	P2 寻位起始点
10	TouchSearch(tool1, wobj0, "-X", 2);	P2 寻位点，沿-Y 方向寻位
11	MLIN (*, v500, fine, tool1);	过渡点

12	TouchSearchEnd(P1);	寻位结束; 参数 1: P1 为计算出的偏移值 (可不填)
13	OffsetStart(0);	偏置开始;
14	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接准备点
15	MLIN (*, v500, fine, tool1);	焊接起始点
16	MCRIC (*, *, v500, fine, tool1);	焊接圆弧
17	MCRIC (*, *, v500, fine, tool1);	焊接离开点
18	OffsetEnd();	偏置结束

3.6 间断焊

间断焊就是焊接方式为焊接时焊缝不连续、用于焊缝很长不需要满焊焊接死的非重要连接件焊接，或是为了减少焊接变形以及预留焊接变形空间（焊接件上开剖口）采用的焊接方式，也被称为断续焊，如下图 3-37 所示。

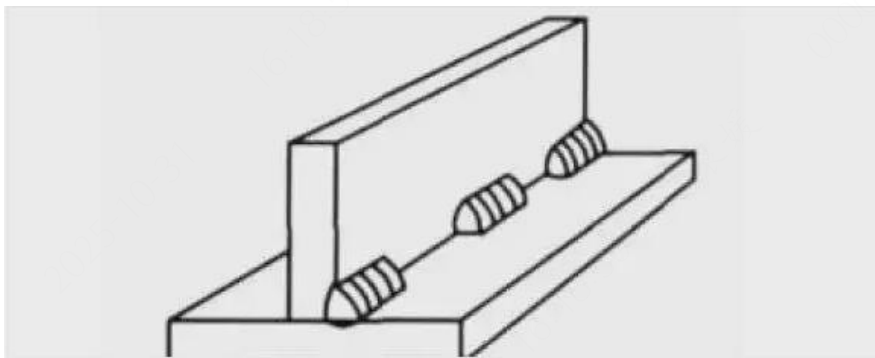


图 3-37 间断焊示意图

3.6.1 间断焊类型介绍

间断焊功能目前提供四种间断方式，分别为：间断点焊、不停止间断焊、普通间断焊和带摆弧间断焊。

3.6.1.1 间断点焊

间断点焊的焊接信号处理不采用基础焊接起弧收弧过程，直接给焊机发送起弧收弧信号。如果设置了间断步数。完成指定步数后，运动没有结束，TCP 以非间断焊速度运动，直到间断焊结束指令行，如图 3-38 所示。

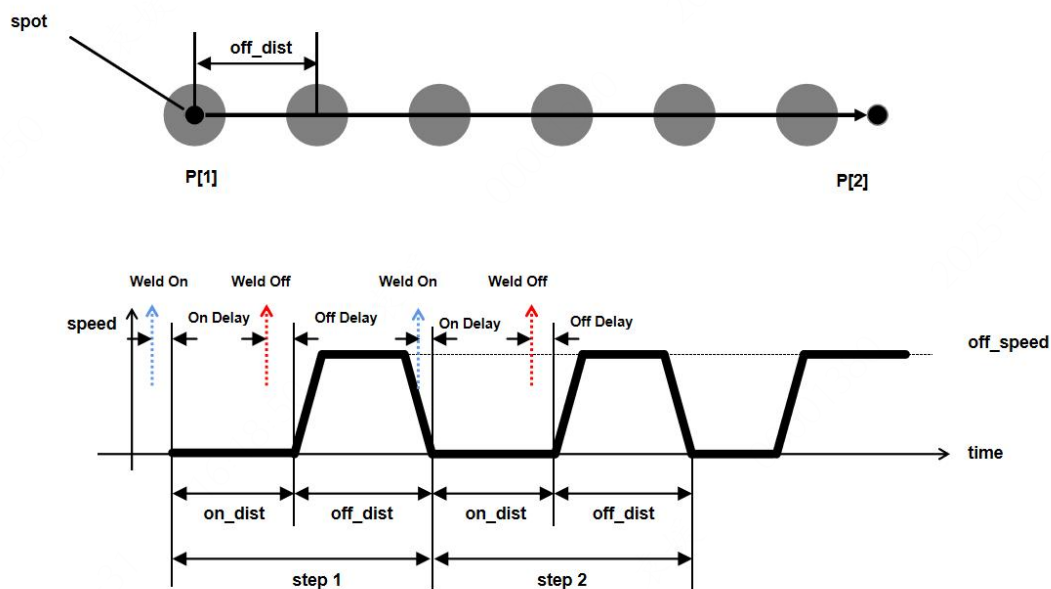


图 3-38 间断点焊示意图

3.6.1.2 不停止间断焊

不停止间断焊方式的焊接信号处理不采用基础焊接起弧收弧过程，直接给焊机发送起弧收弧信

号。如果设置了中断步数。完成指定步数后，运动没有结束，TCP 以非间断焊速度运动，直到间断焊结束指令行，如图 3-39 所示。

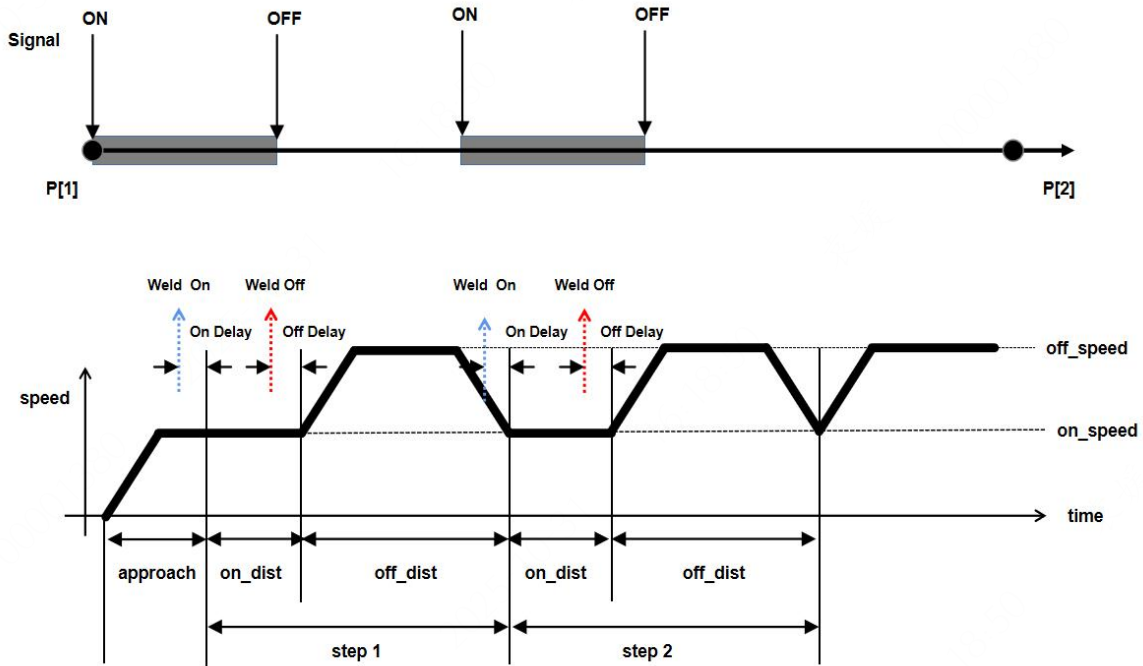


图 3-39 不停止间断焊示意图

3.6.1.3 普通间断焊

普通间断焊方式的焊接信号处理采用基础焊接起弧收弧过程。如果设置了中断步数。完成指定步数后，运动没有结束，TCP 以非间断焊速度运动，直到间断焊结束指令行，如图 3-40 所示。

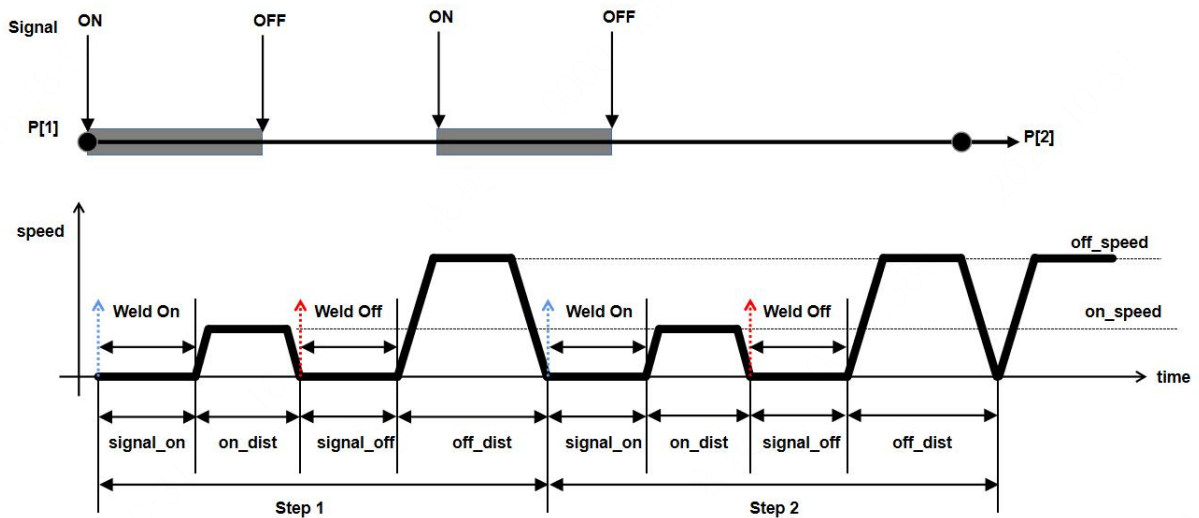


图 3-40 普通间断焊示意图

3.6.1.4 带摆弧间断焊

带摆弧间断焊方式的焊接信号处理采用基础焊接起弧收弧过程，同时在焊接过程中执行摆弧动作。如果设置了间断步数。完成指定步数后，运动没有结束，TCP 以非间断焊速度、无摆弧运动，直到间断焊结束指令行，如图 3-41 所示。

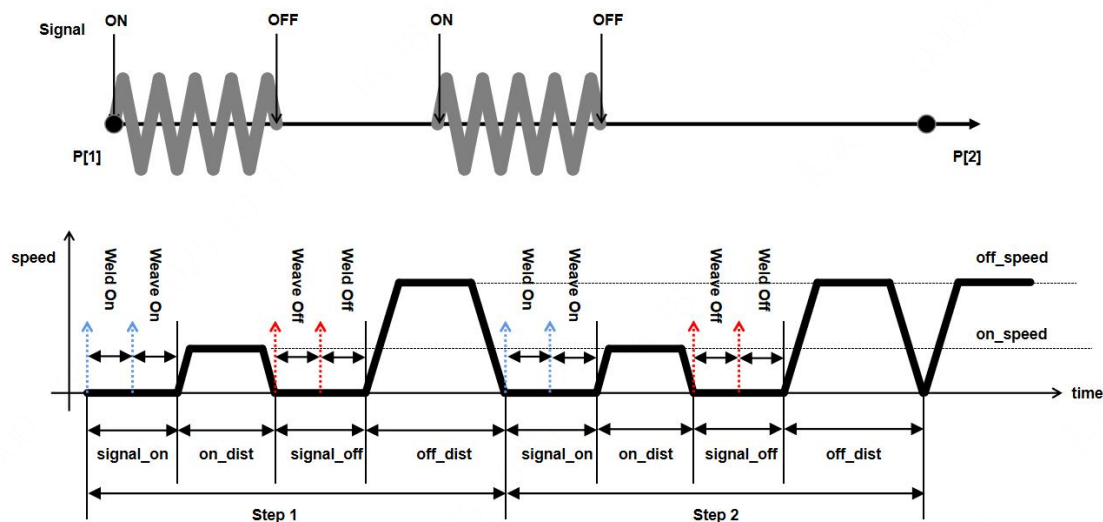


图 3-41 不停止间断焊示意图

3.6.2 间断焊参数设置

间断焊功能使用需要先焊接 app 中进行参数设置，设置完成后在程序中调用即可，间断焊界面如下图 3-42 所示。



图 3-42 间断焊界面

间断焊功能设置界面主要包括以下参数：

- (1) 编号：间断焊文件编号，最多可以同时保存 20 组文件。范围：0-19。
- (2) 注释：客户可以添加注释信息，方便辨识。
- (3) 间断焊类型：间断焊现在具备四种间断焊类型，分别为：间断点焊、不停止间断焊、普通间断焊和带摆弧间断焊。
- (4) 焊接参数文件号：间断焊中使用的焊接参数文件号。范围：0-99。

(5) 摆弧参数文件号：间断焊中使用的摆弧参数文件号。只要当间断焊类型选择带摆弧间断焊时候有效。范围：0-99。

(6) 非焊接段速度：间断焊中非焊接段的速度，单位 mm/s。范围：1-2000。

(7) 焊接段距离/时间：间断焊中焊接段的距离或者时间，当点焊时候为时间，单位 s；其他类型为距离，单位 mm。时间范围：0.01-9999。距离范围：1-9999。

(8) 非焊接段距离：间断焊中非焊接段的距离。单位 mm。距离范围：1-9999。

(9) 焊接段数量：间断执行次数，设置为 0，不指定次数。范围：0-99。

(10) 起弧至焊机响应时间：起弧信号发出到焊机执行延时时间，间断点焊和不停止间断焊有效。单位 ms。范围：10-9999。

(11) 熄弧至焊机响应时间：收弧信号发出到焊机执行延时时间，间断点焊和不停止间断焊有效。单位 ms。范围：10-9999。

(12) 稳定焊接接近距离：到达稳定焊接速度接近距离，不停止间断焊有效。单位 mm。范围：1-999。

相关参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.6.3 间断焊指令和示例

间断焊指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-18 所示。

表 3-18 间断焊指令说明

序号	函数名	说明
1	IntermittentOn	间断焊开始。fileNum：所使用的参数文件号（0-19）
2	IntermittentOff	间断焊结束

间断焊设置完参数后，在程序中可以直接调用，程序示例如下表 3-19 所示。

表 3-19 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	安全点 P1, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P2, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起点上方 P2。
4	MLIN(P3, v200, fine, tool1, wobj0);	焊接起弧点 P3, 过渡参数需要为 fine。
5	arcweld.IntermittentOn(1);	开始间断焊，使用 1 号文件参数。
6	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝路径，焊缝终点 P4；焊接速度以 arcweld.Speed 变量表示，如果是收弧指令前一点，过渡参数需要为 fine。
7	arcweld.IntermittentOff();	间断焊结束。
8	MLIN(P5, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到焊缝终点上方点 P5。
9	MLIN(P6, v200, fine, tool1, wobj0);	运动到安全点 P6。

3.7 激光跟踪

埃夫特激光跟踪功能是机器人结合激光跟踪传感器实现视觉定位和实时跟踪的一种功能。

基本原理是机器人将传感器识别到的焊缝位置转换为机器人坐标系下的位置，再结合一系列算法，从而实现激光寻位和激光跟踪等功能。

3.7.1 激光器安装与连接

3.7.1.1 激光器安装

激光传感器最常见的安装方式有两种，一种是相对于机器人末端工具正装，一种是相对于机器人末端工具侧装。以焊枪作为机器人末端工具为例，正装是将传感器安装在焊枪的正前方，侧装是将传感器安装在焊枪的侧方（左/右均可），如下图 3-43 所示。

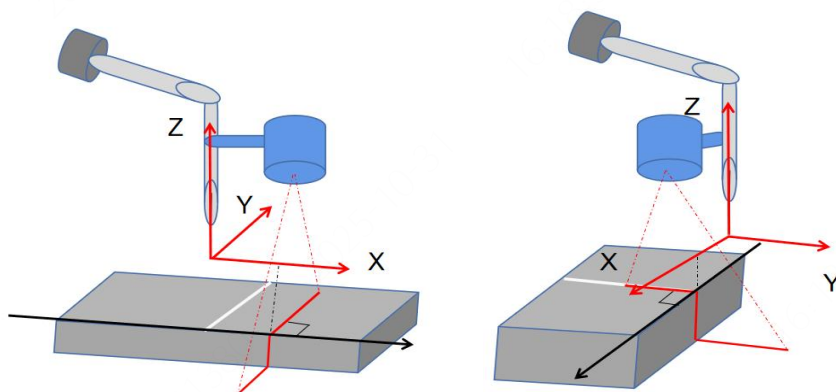


图 3-43 激光器正装（左）和侧装（右）

3.7.1.2 激光器连接

进入激光跟踪的通讯界面进行激光器连接设置，如下图 3-44 所示。



图 3-44 激光跟踪通讯界面

(1) 目前支持埃夫特、SARON、SCANSONIC 等协议，其中埃夫特协议为 V1.3 版本，该版本已与创想、英莱、全视、敏越、明图、同舟、奥太等激光跟踪器适配；

(2) IP 地址为激光器端的 IP 地址，使用时需要根据激光器端的实际 IP 地址进行设置；

(3) 端口号应根据现场实际端口号进行设置，一般情况下，全视激光默认的端口号是 5030，创想智控默认的端口号是 5020，英莱激光默认的端口号是 5050，若不确定，可咨询激光跟踪传感器厂家；

(4) 连接超时时间是激光连接心跳检测时间，一般默认为 1000；

(5) 接收数据超时时间为机器人与激光器的通讯间隔时间（打开/关闭激光、切换任务号、激光寻位）；

(6) 调试模式是激光功能异常时用于记录系统后台运行状态的模式（默认关闭），若激光功能出现异常，可打开该模式，运行示教程序，复现异常后导出系统日志即可；

(7) 开机通讯自连用于机器人重启后自动连接激光跟踪传感器。

3.7.2 激光器标定

3.7.2.1 激光专用工具坐标系标定

激光器标定前，建议（非必须）先标定一个专用于激光功能的工具坐标系，如下图 3-45 所示。该工具坐标系的 Z 方向一般为机器人基坐标系的 Z 方向，该工具坐标系的 X 方向一般应在空间上大致垂直于激光线。以焊枪作为工具为例，工具坐标系标定采用 ZX 标定法，标定需要注意以下事项：



图 3-45 激光专用工具系标定

- (1) 工具标定时，第 1-3 点，使得工具末端与标定尖点在不同姿态接触，姿态变化越大越好；
- (2) 第 4 点，工具末端在标定尖点的正上方，使得工具与标定尖点垂直；
- (3) 第 5 点，使得工具沿着垂直方向远离标定尖点一定距离；

(4) 第 6 点，朝着激光线且大致垂直于激光线的方向移动工具末端，使其远离第 5 点，该方向作为工具坐标系的 X 正方向；

(5) 标定完成后，可将机器人工具坐标系切换成激光专用工具坐标系，然后找一尖点作为参照物，将 TCP 移至尖点处进行绕点运动，从而验证工具坐标系的标定精度（实际误差应小于 1mm，越小越好）。

3.7.2.2 激光器手眼标定

激光传感器标定主要是为了得到机器人末端工具和激光传感器的位姿关系，从而可以将激光数据转换到机器人坐标系下。激光传感器的标定方法有 4 点法和 10 点法（一般选择 4 点法），激光标定界面如下图 3-46 所示，标定主要步骤如下：



图 3-46 激光器标定界面

- (1) 进入激光器标定界面，选择标定序号，范围 0-9；
- (2) 点击“标定”按钮进入标定界面；
- (3) 选择标定方法，4 点法或者 10 点法；
- (4) 正确选择标定点序号，选中点序号外面有红色圆圈。4 点法对应 4 个点，10 点法对应 10 个点；
- (5) 点击“记录”按钮，记录对应点位（其中，机器人位置代表机器人本体轴在基座坐标系下的位置，激光位置代表激光器在激光坐标系下的位置，默认为 Y 坐标和 Z 坐标，结果代表标定结果），记录成功，点序号对应状态灯为蓝色；
- (6) 当所有点记录完成，点击“计算”按钮计算结果；
- (7) 点击坐下角“取消”按钮返回主界面；
- (8) 查看标定误差，标定误差应小于 0.5mm，如果误差过大则需要重新标定；
- (9) 前置距离为机器人 TCP 末端到激光线的距离，一般计算后会给出参考值，建议手动测量确认，如参考值异常，可根据实际测量结果对前置距离进行修正；
- (10) 确认标定误差（最大标定误差应小于 1mm）符合要求后，点击“保存”按钮，保存标定结果。

3.7.2.2.1 四点法标定

按照激光器标定步骤，选择 4 点法开始标定，按如下步骤进行：

(1) 标定板取搭接焊缝，如图 3-47 所示，识别位置为矩形板的上边沿焊缝，红色线条表示激光线，白色表示参考线。注意，尽量选择一块无反光且焊缝特征清晰明显的搭接焊缝作为标定板。

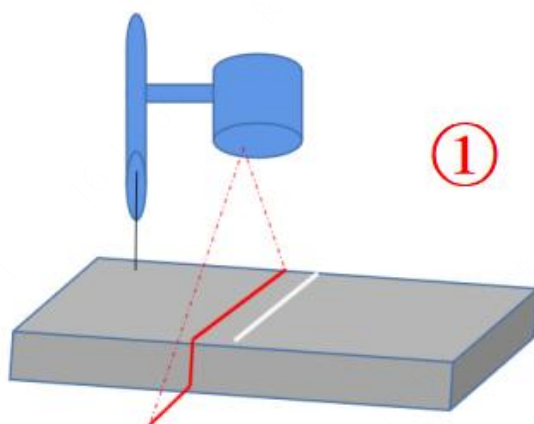


图 3-47 激光器四点法标定板

(2) 调整机器人姿态，使得焊枪末端与标定板平面垂直，激光线与参考线平行，机器人焊枪末端运动至参考线与焊缝的交叉点，如图 3-48 所示，此时选择点序号 1，点击记录。

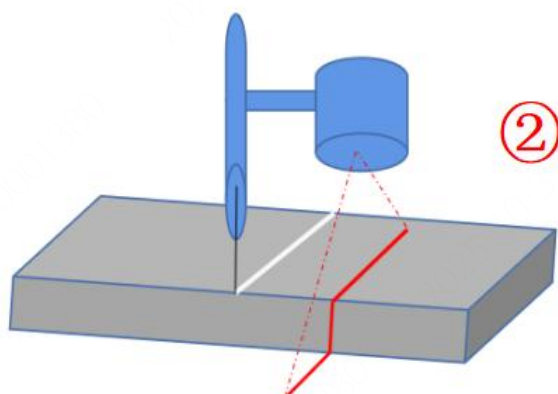


图 3-48 激光器四点法标定姿态 1

(3) 保持机器人姿态不变，移动机器人使得激光线与参考线重合，同时使得激光线的左边偏多，右边偏少，如图 3-49 所示，此时选择点序号 2，点击记录。

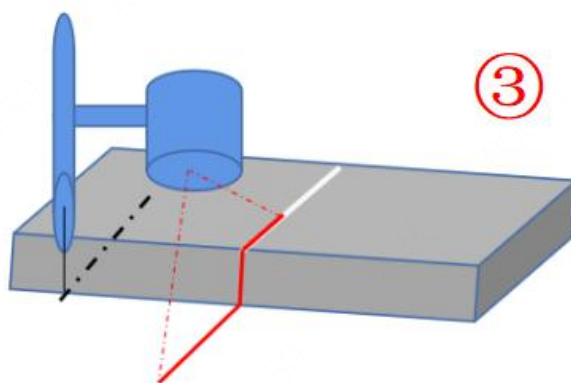


图 3-49 激光器四点法标定姿态 2

(4) 保持机器人姿态不变，移动机器人使得激光线右边偏多，左边偏少，如图 3-50 所示，此时选择点 3，点击记录。

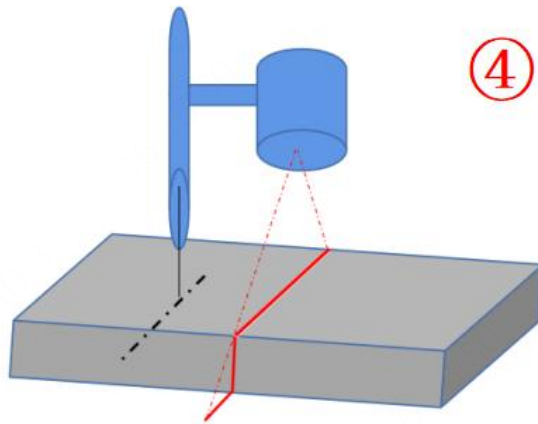


图 3-50 激光器四点法标定姿态 3

(5) 在第 4 步的基础上，将机器人抬高一定距离，左右或前后移动机器人，保证激光线仍与参考线重合，如图 3-51 所示，此时选择点序号 4，点击记录。

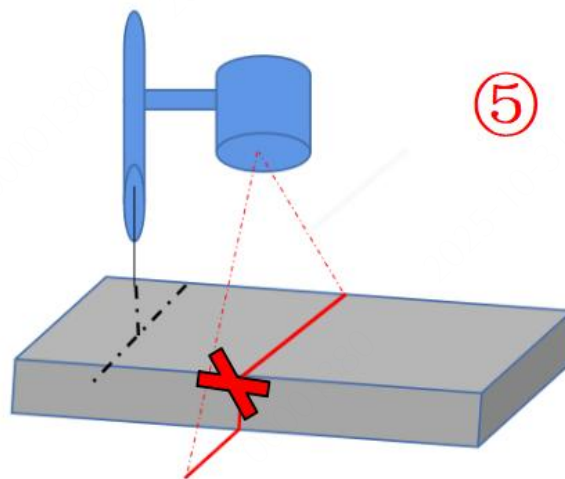


图 3-51 激光器四点法标定姿态 4

(6) 4 个点全部正确记录后，点击计算按钮，会显示计算成功或失败，成功后保存，即获取到激光器标定数据。如果失败，检查标定时是否能够获取机器人和激光器的数据。

(7) 标定计算结束后，检查前置距离和标定误差，最后保存数据。

3.7.2.2.2 十点法标定

按照激光器标定步骤，选择 10 点法开始标定，按如下步骤进行：

(1) 使用焊丝尖端(TCP)精确地在焊缝的结合线上示教参考位置，参考位置有两个，推荐相距 300mm。焊枪末端、焊缝、参考点、传感器位置关系如图 3-52 所示。注意，点动机器人使得 TCP 末端位于参考点 1，激光传感器的光线与焊缝相交于参考点 1 和参考点 2 之间。激光线的大致与焊缝垂直。尽量使得光线的中心与焊缝相交。记录参考点 1。同样方法记录参考点 2。

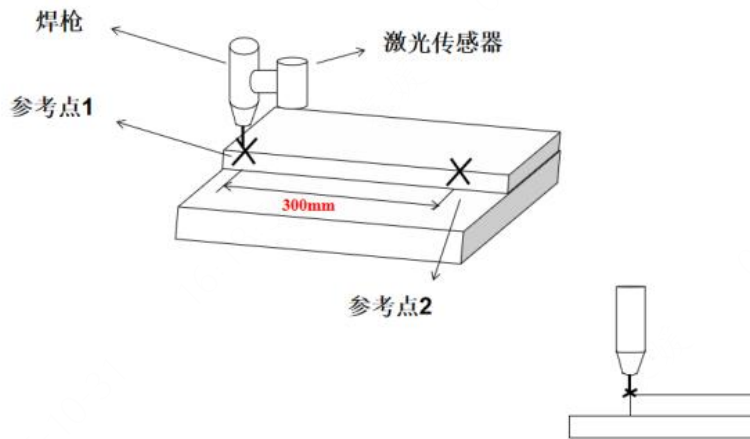


图 3-52 激光器十点法标定姿态 1 和 2

(2) 移动机器人且只移动 X、Y、Z 使得激光线与参考点 1 重合，激光线的中心位于焊缝结合线的左侧，且 TCP 末端不在焊缝的结合线上，记录示教点 3，如图 3-53 所示。

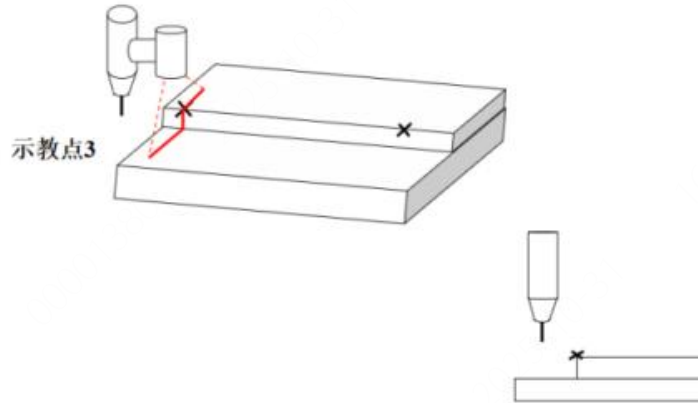


图 3-53 激光器十点法标定姿态 3

(3) 移动机器人且只移动 X、Y、Z 使得激光线与参考点 2 重合，激光线的中心位于焊缝结合线的左侧，且 TCP 末端不在焊缝的结合线上，记录示教点 4，如图 3-54 所示。

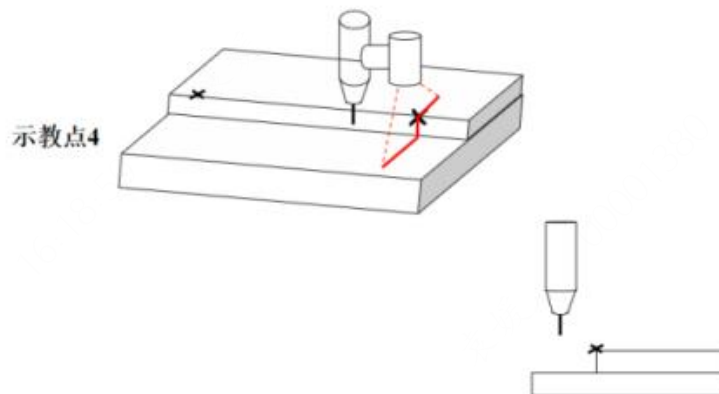


图 3-54 激光器十点法标定姿态 4

(4) 返回示教点 3，只移动 X、Y、Z 使得激光线与参考点 1 重合，激光线的中心位于焊缝结

合线的右侧，且 TCP 末端不在焊缝的结合线上，记录示教点 5，如图 3-55 所示。

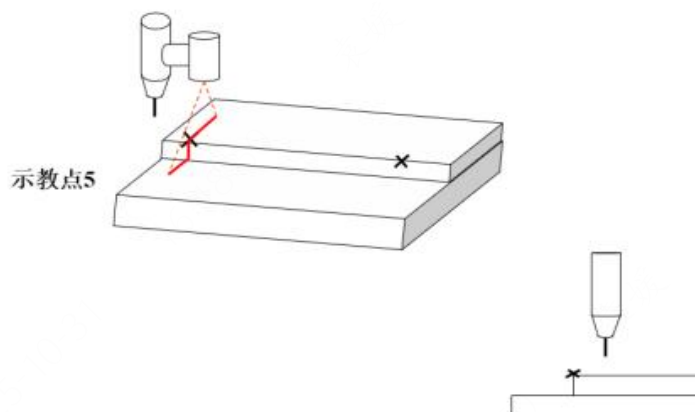


图 3-55 激光器十点法标定姿态 5

(5) 返回示教点 4，只移动 X、Y、Z 使得激光线与参考点 2 重合，激光线的中心位于焊缝结合线的右侧，且 TCP 末端不在焊缝的结合线上，记录示教点 6，如图 3-56 所示。

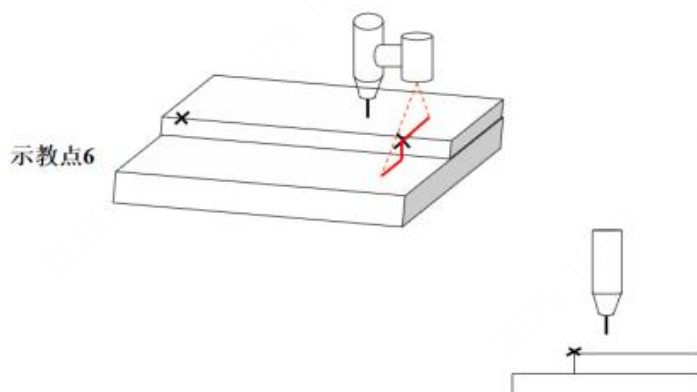


图 3-56 激光器十点法标定姿态 6

(6) 返回示教点 3，在 X、Y、Z 方向移动一定距离，并围绕 TCP 的 Y 轴和 Z 轴旋转+5 到+10 度，使得激光线与参考点 1 重合，激光线的中心位于焊缝结合线的左侧，记录示教点 7，如图 3-57 所示。

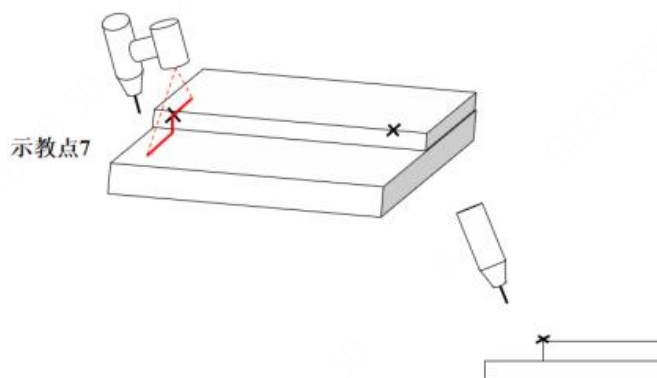


图 3-57 激光器十点法标定姿态 7

(7) 仅移动机器人的 X、Y、Z，使得激光线与参考点 2 重合，且激光线的中心位于焊缝结合线的左侧，记录示教点 8，如图 3-58 所示。

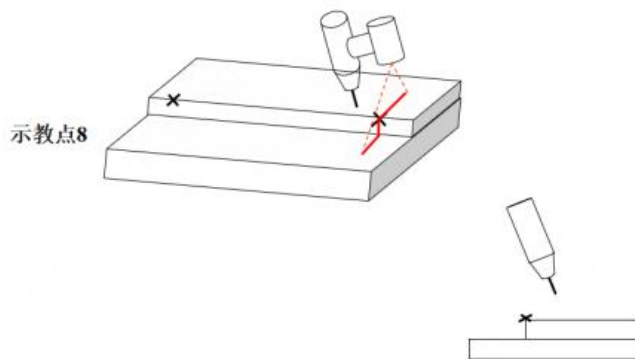


图 3-58 激光器十点法标定姿态 8

(8) 返回示教点 3，在 X、Y、Z 方向移动一定距离，并围绕 TCP 的 Y 轴和 Z 轴旋转-5 到-10 度，使得激光线与参考点 1 重合，激光线的中心位于焊缝结合线的右侧，记录示教点 9，如图 3-59 所示。

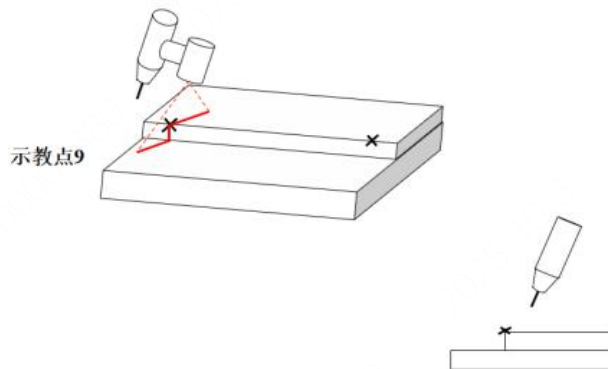


图 3-59 激光器十点法标定姿态 9

(9) 仅移动机器人的 X、Y、Z，使得激光线与参考点 2 重合，且激光线的中心位于焊缝结合线的右侧，记录示教点 10，如图 3-60 所示。

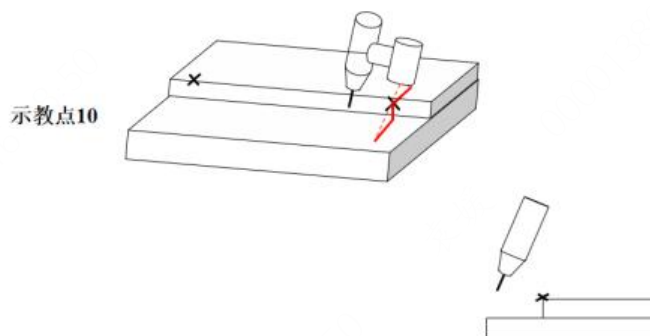


图 3-60 激光器十点法标定姿态 10

(10) 4 个点全部正确记录后，点击计算按钮，会显示计算成功或失败，成功后保存，即获取到激光器标定数据。如果失败，检查标定时是否能够获取机器人和激光器的数据。

(11) 标定计算结束后，检查前置距离和标定误差，最后保存数据。

3.7.3 激光功能参数设置

3.7.3.1 激光寻位参数设置

激光寻位可根据不同的功能特点分为点寻位、3 点圆心寻位、3 点坐标系寻位、4 点坐标系寻位和动态搜寻。当完成激光标定后，需要对所需寻位功能进行参数设置，然后在程序中调用即可，寻位设置界面如下图 3-61 所示。

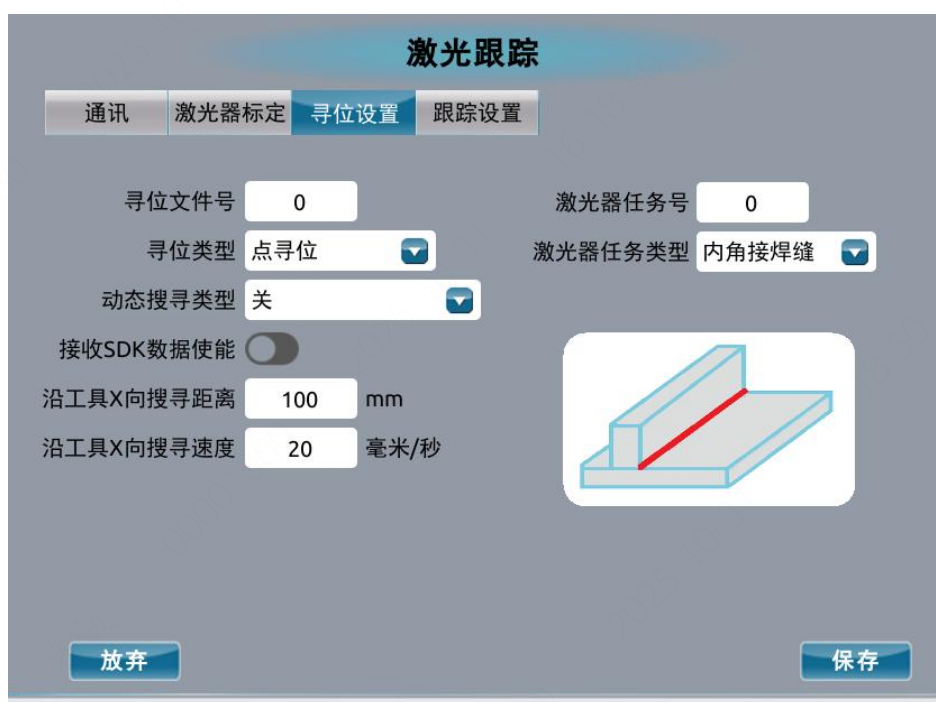


图 3-61 寻位设置界面

寻位设置界面主要包含以下参数：

- (1) 寻位文件号：当前寻位文件编号。范围：0-49。
- (2) 寻位类型：分为点寻位，3 点圆心寻位，3 点坐标系寻位，4 点坐标系寻位。

(3) 动态搜寻类型：包括沿工具 X 向从无到有、沿工具 X 向从有到无、沿示教轨迹从无到有、沿示教轨迹从有到无。A.当设为沿工具 X 向从无到有时，激光从当前位置按照设置的搜寻距离沿工具 X 正/负向搜寻，直到找到焊缝或到达设置的搜寻距离；B.当设为沿工具 X 向从有到无时，激光从当前位置按照设置的搜寻距离沿工具 X 正/负向搜寻，直到找不到焊缝或到达设置的搜寻距离；C.当设为沿示教轨迹从无到有时，激光从当前位置按照示教轨迹（单段）进行搜寻，直到找到焊缝或到达示教轨迹终点；D.当设为沿示教轨迹从有到无时，激光从当前位置按照示教轨迹（单段）进行搜寻，直到找不到焊缝或到达示教轨迹终点。注意，仅寻位类型为点寻位时支持动态搜寻。若到达搜寻距离或示教终点仍未找到所需特征点，机器人将报警。

(4) 沿工具 X 向搜寻距离：正值代表沿工具 X 正方向搜寻，负值代表沿工具 X 负方向搜寻，范围：-200~200。

(5) 沿工具 X 向搜寻速度：动态搜寻时的速度（搜寻速度越小，搜寻结果越准确）。范围：0-50。

(6) 接收 SDK 数据使能：此开关开启，则激光寻位所需位置数据由 SDK 接口提供，关闭则由正常激光器提供。注意，SDK 需要自行开发相关软件，详细内容参见 SDK 接口说明书。

(7) 激光器任务号：激光跟踪器内部任务文件号，根据激光器软件设置的参数进行匹配。范围：0-63。

(8) 激光器任务类型：激光器对应识别的焊缝类型，包括角接、搭接、对接等。注意，该参数仅用于提示该寻位文件所代表的任务类型，无其他含义。

参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.7.3.2 激光跟踪参数设置

当完成激光标定后，需要对激光跟踪功能进行参数设置，设置完成后在程序中调用即可，界面如下图 3-62 所示。

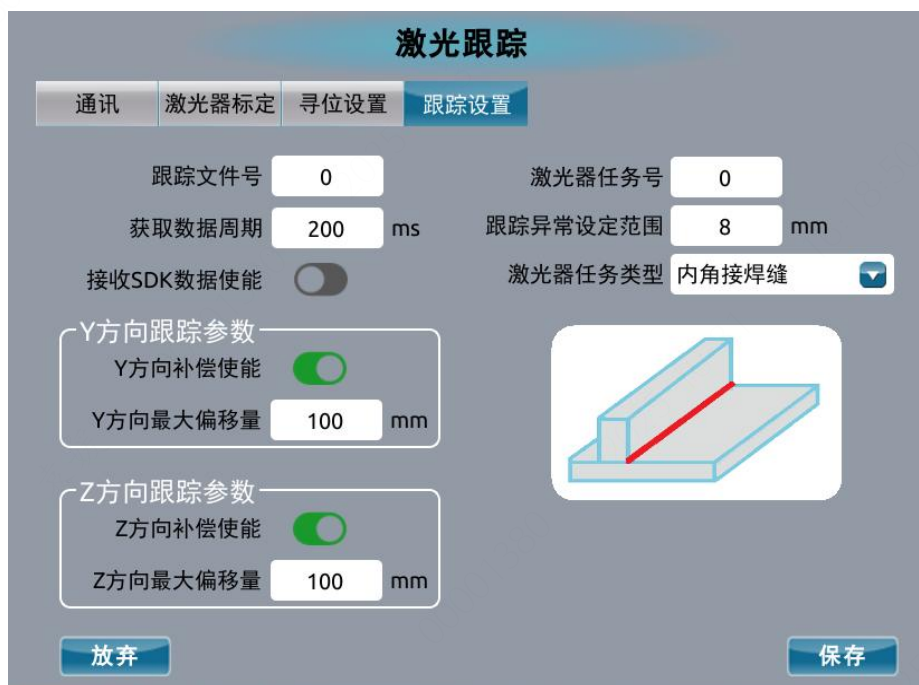


图 3-62 跟踪设置界面

跟踪设置界面主要包含以下参数：

(1) 跟踪文件号：当前跟踪文件编号。范围：0-49。

(2) 获取数据周期：激光跟踪过程中，机器人获取激光器焊缝数据的时间周期，单位：ms。范围：20-1000。经测试比较，大多数激光器的可靠数据周期要求均大于 50ms，一般默认 200，实际情况与适配的激光器相关。

(3) 接收 SDK 数据使能：此开关开启，则激光跟踪所需位置数据由 SDK 接口提供，关闭则由正常激光器提供。注意，SDK 需要自行开发相关软件，详细内容参见 SDK 接口说明书。

(4) Y/Z 方向补偿使能：机器人根据激光数据计算出偏移量后，开启则机器人进行轨迹偏移补偿，关闭则保存原轨迹不进行偏移补偿，默认开启。

(5) Y/Z 方向最大偏移量：单方向的最大累计偏移量，超过后则不再继续补偿，默认 100，单位：mm。范围：0-1000。

(6) 激光器任务号：激光跟踪器内部任务文件号，根据激光器软件设置的参数进行匹配。范围：0-63。

(7) 跟踪异常设定范围：用于过滤激光跟踪过程中的异常数据，如短暂的数据丢失或焊点干扰等。范围：0-50。一般默认 10mm，可根据实际情况调整，最大不能超过前置距离的 1/2。

(8) 激光器任务类型：激光器对应识别的焊缝类型，包括角接、搭接、对接等。注意，该参数仅用于提示该寻位文件所代表的任务类型，无其他含义。

参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.7.4 激光功能指令说明

激光类的指令使用和普通焊接指令相同，使用时通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-20 所示。

表 3-20 激光功能指令说明

序号	函数名	说明
1	ConnectLaser	连接激光器。
2	CloseConnect	断开连接。
3	OpenLaser	打开激光器。
4	CloseLaser	关闭激光器。
5	LaserSearch	激光寻位， SearchResult：寻位结果（可省略）； LaserCalibNum：激光标定文件号（0-9）； LaserSearchNum：激光寻位文件号（0-49）； LaserSearchSaveIndex：寻位点序号(1-15)。
6	LaserTeachDetectOn	激光示教搜寻开启， LaserCalibNum：激光标定文件号（0-9）； LaserSearchNum：激光寻位文件号（0-49）； LaserSearchSaveIndex：寻位点序号(1-15)。
7	LaserTeachDetectOff	激光示教搜寻关闭， TeachDetectResult：示教搜寻结果（可省略）；
8	CalSearchFrame	寻位坐标系计算。
9	LaserTrackOn	激光跟踪开启， LaserCalibNum：激光标定文件号（0-9）； LaserTrackParNum：激光跟踪文件号（0-49）； LaserTrackSpeed：激光跟踪速度（0-60mm/s）。
10	LaserTrackAtOnce	激光立刻跟踪开启。
11	LaserTrackOff	激光跟踪关闭。
12	LaserOffset	激光偏移， offsetX：垂直激光线方向偏移值； offsetY：沿激光线方向偏移值；

	offsetZ: 沿工具 Z 方向偏移值
--	----------------------

3.7.5 激光寻位示例

3.7.5.1 点寻位

点寻位一般是指机器人处于静止状态下，通过调用寻位指令计算得到当前激光传感器所识别的特征点在机器人用户坐标系下的位姿（姿态值以当前姿态为准）。

点寻位程序示例如下表 3-21 所示，寻位结果默认存储在寻位点序号对应的 SP 点中（也可同时输出给一个 EPOINTC 类型的变量），通过 MLIN 指令，机器人可以运动到寻位目标点。当需要对多个点进行点寻位时，根据实际情况调整寻位参数，重复上述程序即可。

表 3-21 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点,通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine,tool1, wobj0);	P1 为寻位点 1,此时激光线照射在目标焊缝位置。
4	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光点寻位开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,将结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(P2, v50, fine,tool1, wobj0);	P2 为寻位点 2。
6	Res1 := arcweld.LaserSearch(0, 0, 2);	激光点寻位开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,将结果存放到 SP02 中,同时将结果保存到变量 Res1 (EPOINTC 类型) 中。
7	MLIN(arcweld.SP01, v20, fine, tool1, wobj0);	运动到寻位结果 SP01,姿态和 cfg 数据以寻位时的数据为准(若需以其他姿态到达寻位点,也可单独调用 arcweld.SP01.pose.x、arcweld.SP01.pose.y 和 arcweld.SP01.pose.z)。
8	MLIN(POINTC(arcweld.SP02.pose.x,arcweld.SP02.pose.y,arcweld.SP02.pose.z,-0.01,0,-180,CFG0), v20, fine, tool1, wobj0);	运动到寻位结果 SP02,姿态和 cfg 数据按示教数据(若对到达寻位结果的姿态和 cfg 数据无明确要求,也可直接调用 arcweld.SP02)。
9	MLIN(P3, v100, fine,tool1, wobj0);	运动到安全点 P3。

注意，进行点寻位时，需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为点寻位，动态搜寻类型和接收 SDK 数据使能一般均处于关闭状态。

3.7.5.2 沿工具 X 向搜寻

沿工具 X 向搜寻是动态搜寻类型的一种，主要是指机器人沿工具坐标系的 X 方向运动一定的距离，在运动过程中机器人通过激光跟踪传感器搜寻目标焊缝，在搜寻过程中搜寻到目标焊缝后立即结束搜寻运动，若搜寻运动结束仍未搜寻到焊缝则报警。

沿工具 X 向搜寻支持四种搜寻方式，分别是沿工具 X 正向从无到有搜寻、沿工具 X 正向从有到无搜寻、沿工具 X 负向从无到有搜寻、沿工具 X 负向从有到无搜寻。当沿工具 X 向搜寻距离设置为正值时，代表沿工具 X 正向搜寻，当设置为负值时，代表沿工具 X 负向搜寻。

以沿工具 X 正向从无到有搜寻为例，沿 X 向搜寻距离为 50mm，沿工具 X 向搜寻速度设置为 10mm/s，示例程序如下表 3-22 所示，搜寻结果默认存储在寻位点序号对应的 SP 点中（也可同时输出给一个 EPOINTC 类型的变量），通过 MLIN 指令使机器人运动到寻位目标点，验证寻位结果。当需要对多个点进行搜寻时，根据实际情况调整搜寻参数，重复上述程序即可。

表 3-22 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点,通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine,tool1, wobj0);	P1 为搜寻运动起始点 1。
4	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光搜寻开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,机器人自动沿工具 X 正方向,以 10mm/s 的速度自动向前搜寻,直到找到目标焊缝位置或实际搜寻距离达到 50mm,将搜寻结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(arcweld.SP01, v20, fine, tool1, wobj0);	运动到搜寻结果 SP01,姿态和 cfg 数据以搜寻时的数据为准(若需以其他姿态到达搜寻点,也可单独调用 arcweld.SP01.pose.x、arcweld.SP01.pose.y 和 arcweld.SP01.pose.z)。
6	MLIN(P2, v100, fine,tool1, wobj0);	运动到安全点 P2。

注意，进行沿工具 X 向搜寻时，需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为点寻位，动态搜寻类型应选择为沿工具 X 向从无到有/从有到无，接收 SDK 数据使能一般处于关闭状态。

3.7.5.3 沿示教轨迹搜寻

沿示教轨迹搜寻是动态搜寻类型的一种，沿示教轨迹搜寻主要是指机器人沿示教轨迹运动过程中通过激光跟踪传感器搜寻焊缝位置，在搜寻过程中搜寻到焊缝后立即结束搜寻运动，示教搜寻运动结束仍未搜寻到焊缝则报警。

沿示教轨迹搜寻支持两种搜寻方式，分别是沿示教轨迹从无到有搜寻、沿示教轨迹从有到无搜寻。

以沿示教轨迹从无到有搜寻为例，沿 LaserTeachDetectOn 指令的下一行示教轨迹开始搜寻，搜寻速度以示教速度为准，示例程序如下表 3-23 所示，搜寻结果默认存储在寻位点序号对应的 SP 点中（也可同时输出给一个 EPOINTC 类型的变量），通过 MLIN 指令使机器人运动到寻位目标点，验证寻位结果。当需要对多个点进行搜寻时，根据实际情况调整搜寻参数，重复上述程序即可。

表 3-23 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点,通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine,tool1, wobj0);	P1 为搜寻运动起始点 1。
4	arcweld.LaserTeachDetectOn(0, 0, 1);	示教搜寻开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,机器人沿下一条示教轨迹进行

		搜寻，直到找到目标焊缝位置或示教轨迹运动结束，将搜寻结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(P2, v10, fine, tool1, wobj0);	P2 为示教搜寻运动终点(仅支持单条示教搜寻轨迹)。
6	arcweld.LaserTeachDetectOff();	示教搜寻结束。
7	MLIN(arcweld.SP01, v20, fine, tool1, wobj0);	运动到搜寻结果 SP01，姿态和 cfg 数据以搜寻时的数据为准(若需以其他姿态到达搜寻点，也可单独调用 arcweld.SP01.pose.x、arcweld.SP01.pose.y 和 arcweld.SP01.pose.z)。
8	MLIN(P3, v100, fine, tool1, wobj0);	运动到安全点 P3。

注意，进行沿示教轨迹搜寻时，需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为点寻位，动态搜寻类型应选择为沿示教轨迹从无到有/从有到无，接收 SDK 数据使能一般处于关闭状态。

3.7.5.4 三点圆心坐标系寻位

3 点圆心坐标系寻位主要是指机器人通过三次静态寻位分别得到 SP01、SP02 和 SP03 共三个点位数据，从而依据这三个点位数据计算得到寻位坐标系 wobj_search (3 点求圆心坐标系) 和当前用户坐标系下的圆心位置 originInWobj (3 点求圆心)。3 点圆心坐标系寻位主要适用于在带有圆弧特征的样件上建立一个圆心坐标系，从而实现基于样件圆弧特征相对位置固定的焊缝的焊接。

取点示意图如图 3-63 所示，点 SP01 代表了寻位坐标系 X 轴上任意一点，由圆心指向点 SP01 代表了寻位坐标系 X 轴正方向，当点 SP01、点 SP02、点 SP03 取点顺序为顺时针时，寻位坐标系 Z 轴正方向垂直三点所在平面向上，否则垂直三点所在平面向下，寻位坐标系原点为过三点构成圆弧的圆心。

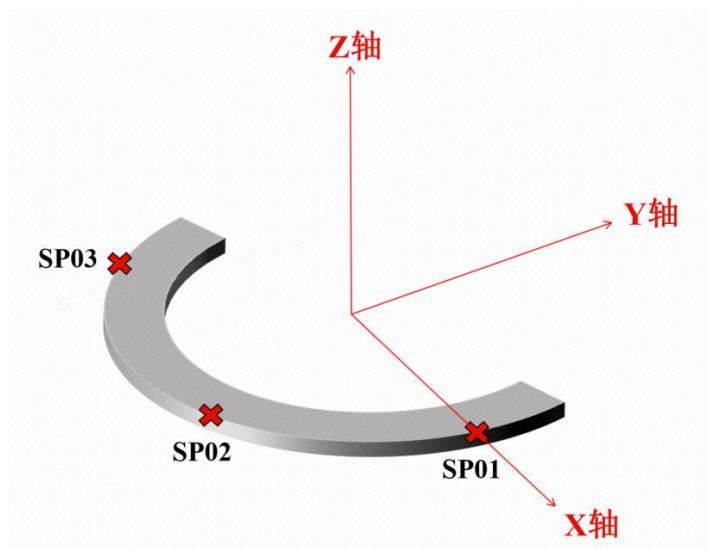


图 3-63 三点圆心坐标系寻位取点示意图

3 点圆心坐标系寻位程序示例如下表 3-24 所示：

表 3-24 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。

2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点,通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj0);	P1 为坐标系寻位点 1。
4	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,必须将结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(P2, v50, fine, tool1, wobj0);	P2 为坐标系寻位点 2。
6	arcweld.LaserSearch(0, 0, 2);	激光寻位开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,必须将结果存放到 SP02 中。
7	MLIN(P3, v50, fine, tool1, wobj0);	P3 为坐标系寻位点 3。
8	arcweld.LaserSearch(0, 0, 3);	激光寻位开启,使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件,必须将结果存放到 SP03 中。
9	arcweld.calSearchFrame();	计算坐标系寻位结果。
10	MLIN(P4, v20, fine, tool1, wobj_search);	运动到起弧点 P4。
11	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧。
12	MLIN(P5, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	焊接轨迹点
13	MLIN(P6, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	
14	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
15	MLIN(P7, v100, fine, tool1, wobj_search);	抬起焊枪到安全位置 P7。

注意,进行 3 点圆心坐标系寻位时,需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为 3 点圆心坐标系寻位,搜寻运动开关和接收 SDK 数据使能一般均处于关闭状态。此外,输入寻位点序号时,不同于普通的静态寻位,三点坐标系寻位时必须根据取点示意图按顺序依次将三个静态寻位结果存放到寻位点序号 1、2 和 3 中。

3.7.5.5 三点坐标系寻位

3 点坐标系寻位主要是指机器人通过三次静态寻位分别得到 SP01、SP02 和 SP03 共三个点位数据,从而依据这三个点位数据计算得到寻位坐标系 wobj_search (3 点求坐标系)和当前用户坐标系下的交点位置 originInWobj (3 点求交点)。3 点坐标系寻位主要适用于在带有直角特征的样件上建立一个寻位坐标系,从而实现基于样件直角特征相对位置固定的焊缝的焊接。

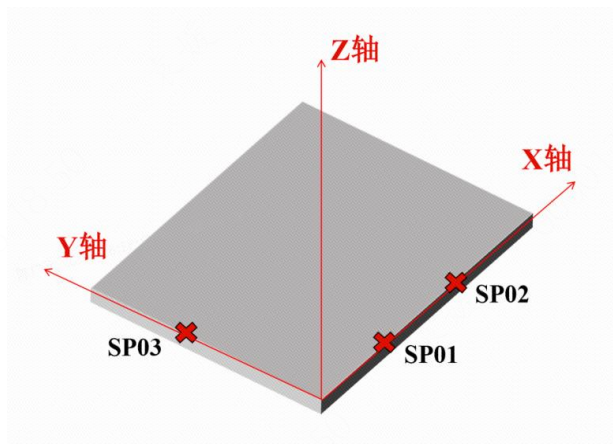


图 3-64 三点坐标系寻位取点示意图

取点示意图如图 3-64 所示，点 SP01 和点 SP02 分别代表了寻位坐标系 X 轴上任意两点，由点 SP01 指向点 SP02 代表了寻位坐标系 X 轴正方向，点 SP03 代表了寻位坐标系 Y 轴上任意一点，寻位坐标系原点为过点 SP03 向点 SP01 和点 SP02 所在直线做垂线的垂足。

3 点坐标系寻位程序示例如下表 3-25 所示：

表 3-25 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj0);	P1 为坐标系寻位点 1。
4	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(P2, v50, fine, tool1, wobj0);	P2 为坐标系寻位点 2。
6	arcweld.LaserSearch(0, 0, 2);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP02 中。
7	MLIN(P3, v50, fine, tool1, wobj0);	P3 为坐标系寻位点 3。
8	arcweld.LaserSearch(0, 0, 3);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP03 中。
9	arcweld.calSearchFrame();	计算坐标系寻位结果。
10	MLIN(P4, v20, fine, tool1, wobj_search);	运动到起弧点 P4。
11	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧。
12	MLIN(P5, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	焊接轨迹点
13	MLIN(P6, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	
14	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
15	MLIN(P7, v100, fine, tool1, wobj_search);	抬起焊枪到安全位置 P7。

注意，进行 3 点坐标系寻位时，需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为 3 点坐标系寻位，搜寻运动开关和接收 SDK 数据使能一般均处于关闭状态。此外，输入寻位点序号时，不同于普通的静态寻位，三点坐标系寻位时必须根据取点示意图按顺序依次将三个静态寻位结果存放到寻位点序号 1、2 和 3 中。

3.7.5.6 四点坐标系寻位

4 点坐标系寻位主要是指机器人通过四次静态寻位分别得到 SP01、SP02、SP03 和 SP04 共四个点位数据，从而依据这四个点位数据计算得到寻位坐标系 wobj_search（4 点求坐标系）和当前用户坐标系下的交点位置 originInWobj（4 点求交点）。4 点坐标系寻位主要适用于在带有角度特征的样件上建立一个寻位坐标系，从而实现基于样件角度特征相对位置固定的焊缝的焊接。

取点示意图如图 3-65 所示，点 SP01、SP02、SP03 和 SP04 确定了寻位坐标系的 XY 平面，点 SP01 和点 SP02 分别代表了寻位坐标系 X 轴上任意两点，由点 SP01 指向点 SP02 代表了寻位坐标系 X 轴正方向，点 SP01 和点 SP02 所在直线与点 SP03 和点 SP04 所在直线的交点为寻位坐标系的原点。

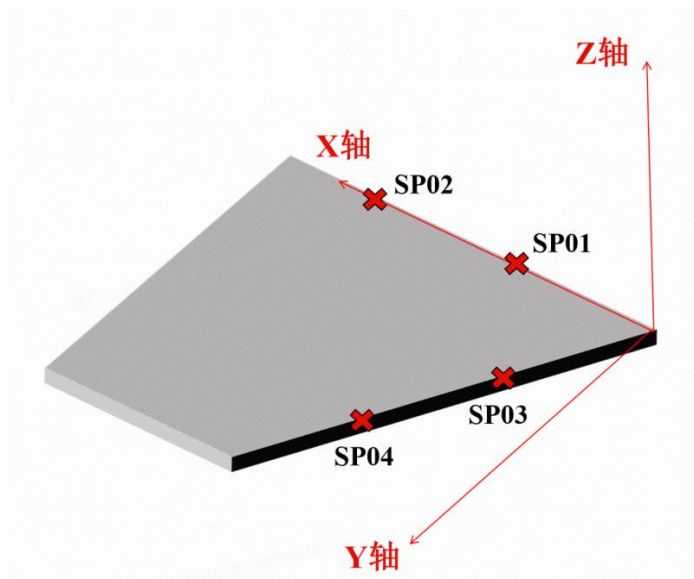


图 3-65 四点坐标系寻位取点示意图

4 点坐标系寻位程序示例如下表 3-26 所示：

表 3-26 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj0);	P1 为坐标系寻位点 1。
4	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP01 中。
5	MLIN(P2, v50, fine, tool1, wobj0);	P2 为坐标系寻位点 2。
6	arcweld.LaserSearch(0, 0, 2);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP02 中。
7	MLIN(P3, v50, fine, tool1, wobj0);	P3 为坐标系寻位点 3。
8	arcweld.LaserSearch(0, 0, 3);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP03 中。
9	MLIN(P4, v50, fine, tool1, wobj0);	P4 为坐标系寻位点 4。
10	arcweld.LaserSearch(0, 0, 4);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 必须将结果存放到 SP04 中。
11	arcweld.calSearchFrame();	计算坐标系寻位结果。
12	MLIN(P5, v20, fine, tool1, wobj_search);	运动到起弧点 P5。
13	arcweld.ArcOn(1);	开始起弧。
14	MLIN(P6, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	焊接轨迹点。
15	MLIN(P7, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_search);	
16	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。

17	MLIN(P8, v100, fine,tool1, wobj_search);	抬起焊枪到安全位置 P8。
----	--	---------------

注意，进行 4 点坐标系寻位时，需要在调用的寻位文件中将寻位类型设置为 4 点坐标系寻位，搜寻运动开关和接收 SDK 数据使能一般均处于关闭状态。此外，输入寻位点序号时，不同于普通的静态寻位，四点坐标系寻位时必须根据取点示意图按顺序依次将四个静态寻位结果存放到寻位点序号 1、2、3 和 4 中。

3.7.6 激光跟踪示例

激光跟踪主要是指机器人在沿基轨迹运动的过程中，会根据激光传感器数据自动纠正 TCP 位置，使得 TCP 点始终在焊缝上，从而达到实时跟踪焊缝的效果。

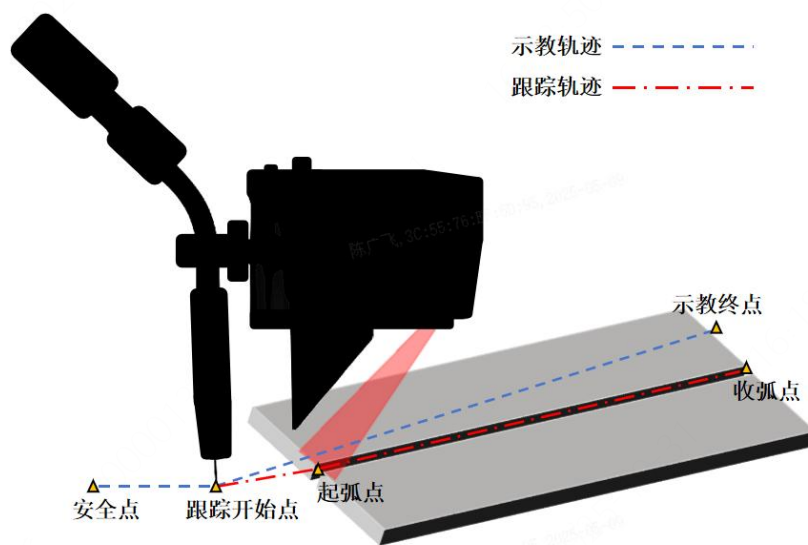


图 3-66 普通跟踪示意图

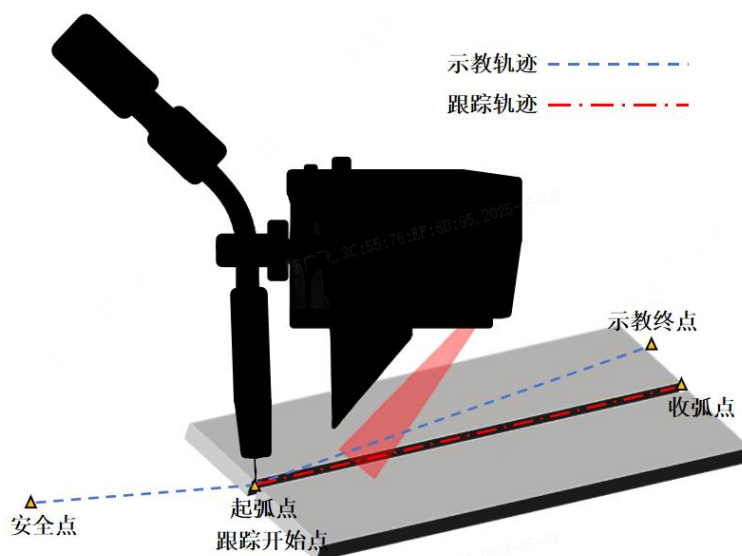


图 3-67 立刻跟踪示意图

激光跟踪根据使用场景不同，主要分为普通跟踪和立刻跟踪，两种跟踪方式的区别在于跟踪开始位置的不同和是否需要搭配寻位指令，一般多使用普通跟踪。

普通跟踪的跟踪开始位置在起弧点之前，如图 3-66 所示。当机器人到达跟踪开始位置时，激光线照射在起弧点上，因此普通跟踪可以对跟踪初段进行预扫描，从而实现对全部焊缝位置的跟踪，但普通跟踪必须配合寻位指令，否则无法正常跟踪。

立刻跟踪的跟踪开始位置在起弧点上，如图 3-67 所示。主要针对起弧点位于狭小或特殊位置，激光线无法照射在起弧点，由于无法对跟踪初段进行预扫描，因此无法实现对全部焊缝位置的跟踪，但立刻跟踪无须配合寻位指令，到达起弧点后可直接开始跟踪。

激光跟踪使用注意事项：

- (1) 跟踪轨迹必须在同一个用户坐标系下，跟踪过程中禁止切换用户坐标系。
- (2) 跟踪速度必须与实际焊接速度保持一致，即与起弧文件中的焊接速度相同。
- (3) 获取数据周期是激光跟踪功能的通讯时间，应大于 70ms，不超过 500ms，一般默认 200ms。
- (4) 跟踪异常设定范围主要用于跟踪时过滤干扰点，防止对跟踪产生干扰导致跟踪异常，一般默认设为 10mm，最大不能超过前置距离的 1/2。
- (5) 跟踪提前关闭距离主要用于焊缝首尾相接时，防止激光误识别，一般默认为 0mm。
- (6) 跟踪过程中支持暂停或急停后再启动，但暂停后不可移动机器人位置，否则可能导致跟踪失败。
- (7) Y 方向和 Z 方向补偿使能开关均应保持开启。
- (8) 接收 SDK 数据使能一般应处于关闭状态。

3.7.6.1 单段轨迹普通跟踪

单段轨迹普通跟踪主要针对焊缝或焊缝基线近似为直线的场景，如图 3-68 所示，仅需示教单段轨迹（可变姿态），即可完成对焊缝的跟踪。

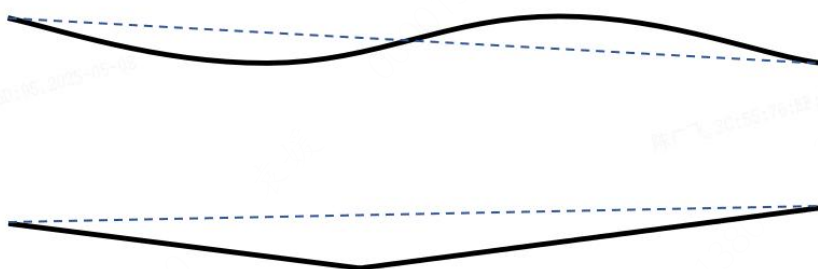


图 3-68 单段轨迹跟踪应用场景

程序示例如下表 3-27 所示。

表 3-27 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。

3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj1);	P1 为跟踪开始点, 此时激光线照射在起弧位置。
4	arcweld.OpenLaser();	打开激光。
5	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 并将结果存放到 SP01 中。
6	arcweld.LaserTrackOn(0,0,5,0)	激光跟踪开始, 使用 0 号标定文件和 0 号跟踪文件, 跟踪速度为 5mm/s, 跟踪提前关闭距离为 0。
7	MLIN(arcweld.SP01, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj1);	运行到寻位点, 也是起弧点, 必须采用焊接速度, 必须采用 fine 到达。
8	arcweld.ArcOn(1);	调用 1 号起弧参数文件, 开始焊接起弧。
9	MLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj1);	焊接轨迹, 运动到收弧点, 必须采用焊接速度。
10	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
11	arcweld.LaserTrackOff();	关闭激光跟踪。
12	arcweld.CloseLaser();	关闭激光。
13	MLIN(P3, v100, fine, tool1, wobj0);	运行到安全点。

注意, 对于普通跟踪, 激光寻位和激光跟踪必须同时使用, 否则无法跟踪。

3.7.6.2 单段轨迹立刻跟踪

单段轨迹立刻跟踪的应用场景和单段轨迹普通跟踪类似, 如图 3-68 所示, 仅需示教单段轨迹(可变姿态), 即可完成对焊缝的跟踪。

程序示例如下表 3-28 所示。

表 3-28 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj1);	P1 为跟踪开始点, 也是起弧点, 必须采用 fine 到达。
4	arcweld.OpenLaser();	打开激光。
5	arcweld.LaserTrackAtOnce(0,0,5,0)	激光立刻跟踪开始, 使用 0 号标定文件和 0 号跟踪文件, 跟踪速度为 5mm/s, 跟踪提前关闭距离为 0。
6	arcweld.ArcOn(1);	调用 1 号起弧参数文件, 开始焊接起弧。
7	MLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj1);	焊接轨迹, 运动到收弧点, 必须采用焊接速度。
8	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
9	arcweld.LaserTrackOff();	关闭激光跟踪。
10	arcweld.CloseLaser();	关闭激光。
11	MLIN(P3, v100, fine, tool1, wobj0);	运行到安全点。

注意, 对于立刻跟踪, 无须搭配激光寻位, 即可实现跟踪。

3.7.6.2 多段轨迹普通跟踪

多段轨迹普通跟踪主要针对焊缝比较复杂或基线方向变化较大的场景，无法通过一条示教轨迹描述焊缝，如图 3-69 所示，需要示教多段轨迹（可变姿态），从而完成对焊缝的跟踪。

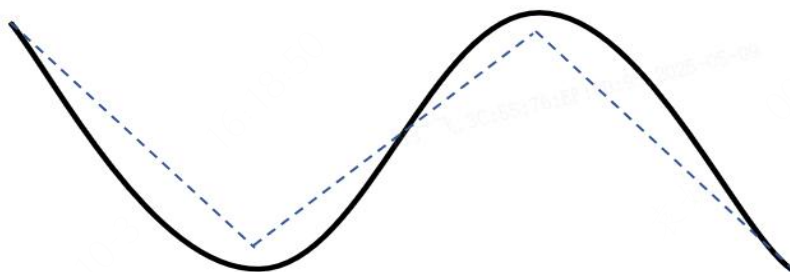


图 3-69 多段轨迹跟踪应用场景

程序示例如下表 3-29 所示。

表 3-29 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点，通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj1);	P1 为跟踪开始点，此时激光线照射在起弧位置。
4	arcweld.OpenLaser();	打开激光。
5	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启，使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件，并将结果存放到 SP01 中。
6	arcweld.LaserTrackOn(0,0,5,0)	激光跟踪开始，使用 0 号标定文件和 0 号跟踪文件，跟踪速度为 5mm/s，跟踪提前关闭距离为 0。
7	MLIN(arcweld.SP01, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj1);	运行到寻位点，也是起弧点，必须采用焊接速度，必须采用 fine 到达。
8	arcweld.ArcOn(1);	调用 1 号起弧参数文件，开始焊接起弧。
9	MLIN(P2, arcweld.Speed, z5, tool1, wobj1);	焊接轨迹，运动到焊接中间点，必须采用焊接速度，建议采用 zone 到达。
10	MLIN(P3, arcweld.Speed, z5, tool1, wobj1);	焊接轨迹，运动到焊接中间点，必须采用焊接速度，建议采用 zone 到达。
11	MLIN(P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj1);	焊接轨迹，运动到收弧点，必须采用焊接速度。
12	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
13	arcweld.LaserTrackOff();	关闭激光跟踪。
14	arcweld.CloseLaser();	关闭激光。
15	MLIN(P5, v100, fine, tool1, wobj0);	运行到安全点。

注意，对于多段跟踪，焊接起弧点必须采用 fine 到达，焊接中间点建议采用 zone 到达，否则中间点处会存在速度不连续的情况。

3.7.6.2 多段轨迹变位机协同跟踪

多段轨迹变位机协同跟踪主要应用于焊缝位置或所需焊接姿态变化较大，依赖机器人本体难以实现对整段焊缝的焊接，从而需要依靠变位机协同，使得机器人仅需小范围的位姿变化即可完成长距离或大角度变化的焊缝焊接，如直径较大的圆柱形压力容器、大型箱体等。

以变位机协同圆弧跟踪为例，程序示例如下表 3-30 所示。

表 3-30 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点，通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj_dyn0);	P1 为跟踪开始点，此时激光线照射在起弧位置。
4	arcweld.OpenLaser();	打开激光。
5	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启，使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件，并将结果存放到 SP01 中。
6	arcweld.LaserTrackOn(0,0,5,0)	激光跟踪开始，使用 0 号标定文件和 0 号跟踪文件，跟踪速度为 5mm/s，跟踪提前关闭距离为 0。
7	MLIN(arcweld.SP01, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_dyn0);	运行到寻位点，也是起弧点，必须采用焊接速度，必须采用 fine 到达。
8	arcweld.ArcOn(1);	调用 1 号起弧参数文件，开始焊接起弧。
9	MCIRC(P2, P3, arcweld.Speed, z5, tool1, wobj_dyn0);	焊接轨迹，运动到焊接中间点，必须采用焊接速度，建议采用 zone 到达。
10	MCIRC(P4, P5, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj_dyn0);	焊接轨迹，运动到收弧点，必须采用焊接速度。
11	arcweld.ArcOff();	焊接熄弧。
12	arcweld.LaserTrackOff();	关闭激光跟踪。
13	arcweld.CloseLaser();	关闭激光。
14	MLIN(P7, v100, fine, tool1, wobj0);	运行到安全点。

注意，对于多段跟踪，焊接起弧点必须采用 fine 到达，焊接中间点建议采用 zone 到达，否则中间点处会存在速度不连续的情况。对于变位机协同跟踪，示教跟踪轨迹时，建议切换到 wobj0 或其他非变位机坐标系下移动机器人或附加轴，记录点位时再切换到 wobj_dyn0 下。

3.7.7 激光偏移示例

激光偏移功能主要用于补偿激光识别或激光标定的误差（无论使用国内外任何机器人或激光传感器，误差或大或小必然存在）。对于机器人姿态变化较大的激光功能应用场景，需要基于激光偏移坐标系进行相应的偏移补偿，从而实现更高精度的寻位和跟踪。

激光偏移坐标系是基于机器人的工具坐标系和激光的相机坐标系混合而成，如图 3-70 所示，机器人工具坐标系的 Z 向即为激光偏移坐标系的 Z 向，沿激光线的相机坐标系方向即为激光偏移坐标系的 X 向。

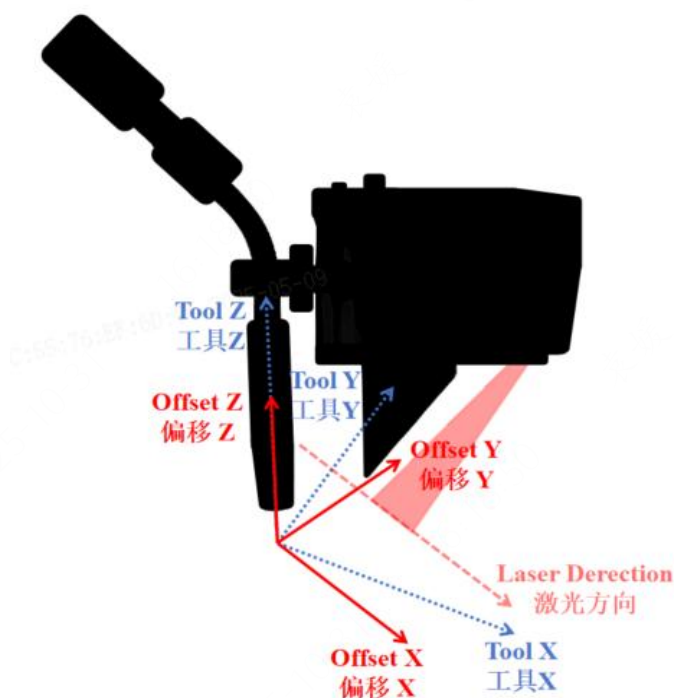


图 3-70 激光偏移坐标系示意图

激光偏移指令为实时生效指令，对于激光寻位和激光跟踪都有效，设置后在程序运行中持续生效。清除偏移的方式包括：重新开始、Set PC、LaserOffset(0, 0, 0)。

程序示例如下表 3-31 所示。

表 3-31 程序示例说明

序号	程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(P0, v100, fine, tool1, wobj0);	P0 为安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MLIN(P1, v50, fine, tool1, wobj1);	P1 为寻位开始点, 此时激光线照射在目标焊缝位置。
4	arcweld.OpenLaser();	打开激光。
5	arcweld.LaserOffset(0.4, 0.5, 0.6);	设置激光偏移值。
6	arcweld.LaserSearch(0, 0, 1);	激光寻位开启, 使用 0 号标定文件和 0 号寻位文件, 并将结果存放到 SP01 中。
7	MLIN(arcweld.SP01, v20, fine, tool1, wobj1);	运行到寻位点。
8	arcweld.LaserOffset(0, 0, 0);	清空激光偏移值。
9	arcweld.CloseLaser();	关闭激光。
10	MLIN(P2, v100, fine, tool1, wobj0);	运行到安全点。

注意，程序中使用完激光偏移后，建议及时使用指令清空偏移值，以免对其他激光功能产生影响。

3.8 多层多道

多层多道焊功能分为多道焊和多层焊，其中多层焊又分为多层单道和多层多道工艺，是厚板对接焊缝和角接焊缝的常见焊接形式。多层多道功能在程序中编写根部焊道，并以此为基础，进行循环调用多层多道参数即可。使用过程中需要注意以下情况：

(1) 多层多道偏移过程中仅可使用 CMLIN、CMCIRC、CMARC（不支持普通 MLIN 类)的指令。

(2) 多层多道指令关(MultipassOff)之后，需要使用 MJOINT 或 MLIN 指令，不可使用 CMOVE 类指令。

3.8.1 参数设置

多层多道功能使用需要先在焊接 app 中进行参数设置，设置完成后在程序中调用即可，界面如图 3-66 所示。



图 3-66 多层多道界面

多层多道界面中主要包含以下参数：

- (1) 编号：多层多道文件编号，最多可以同时保存 500 组文件。范围：0-499。
- (2) 注释：客户可以添加注释信息，方便辨识。
- (3) 多层多道模式：多层多道焊的模式，普通多层焊。

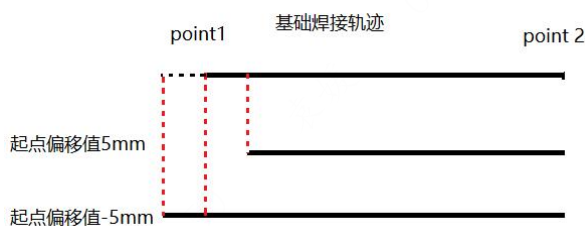


图 3-67 多层多道起点偏移示意图

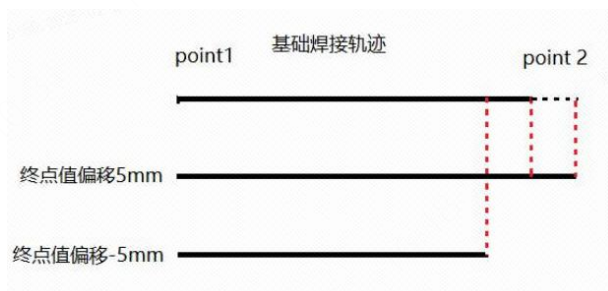


图 3-68 多层多道终点偏移示意图

- (4) 起点偏移值：起始点 X 方向偏移数值，如图 3-67 所示，单位 mm。范围：-50-50。
- (5) 终点偏移值：终止点 X 方向偏移数值，如图 3-68 所示，单位 mm。范围：-50-50。
- (6) Y 方向偏移值：整体运动轨迹向 Y 方向偏移，单位 mm。垂直于工具 Z 方向和焊缝前进方向，由右手定则确定正负。正值为正方向前进距离。范围：-150-150。
- (7) Z 方向偏移值：整体运动轨迹向 Z 方向偏移，单位 mm。偏移和工具方向相同，正值为正方向前进距离。范围：-150-150。
- (8) 绕 X 轴偏移角：整体运动轨迹 X 方向旋转度数，单位°。范围：-90-90。
- (9) 绕 Y 轴偏移角：整体运动轨迹 Y 方向旋转度数，单位°。范围：-90-90。
- (10) 绕 Z 轴偏移角：整体运动轨迹 Z 方向旋转度数，单位°。范围：-90-90。
- (11) 记录开关：记录偏移值功能打开开关，同时填写复现距离，按照设置的距离值记录实时记录偏差值。
- (12) 复现开关：复现偏移值功能打开开关，同时填写复现文件号，按照设置的文件号复现该文件号记录的偏差值（具体使用见下文，多层多道复合电弧跟踪功能使用）。

参数配置完成后，点击“保存”，保存设置的参数。

3.8.2 多层多道指令说明

多层多道的指令使用和普通焊接指令相同，使用时，通过 call 指令调用即可，指令说明如下表 3-25 所示。

表 3-25 多层多道指令说明

序号	函数名	说明
1	MultipassOn	多层多道开始指令。fileNum:所使用的多层多道偏移轨迹号(0-499)。
2	MultipassOff	MultipassOff:多层多道关闭指令。

3.8.3 多层多道焊接使用示例

3.8.3.1 单道直线单一方向多层多道焊

单道直线单一方向多层多道焊指的是：整个焊接轨迹只有一道直线，并且一道焊接完成后，收弧回到最初的起始点，再进行下一道直线的焊接，具体如图 3-69 所示。程序包括起始轨迹共用 6 道轨迹，其中轨迹号 0，没有加偏移值，为示教时的焊接轨迹，1-5 根据实际需求设置不同的偏移参数。循环自加，从 1-5 依次进行不同的轨迹偏移焊接，同样也可以设置 8 为基础轨迹，然后 9-15 为不同轨迹偏移。程序示例如表 3-26 所示。

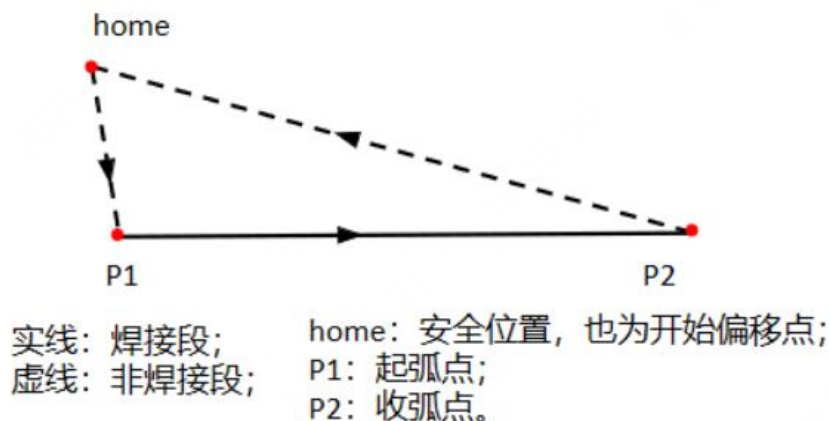


图 3-69 单道直线单一方向多层多道焊示意图

表 3-26 单道直线单一方向多层多道焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultypassOn(fileId);	多层多道偏移开，注意后面的值为 fileId，为子程序的输入参数。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	CMLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
6	arcweld.ArcOff();	收弧指令。
7	arcweld.MultypassOff();	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令，否则影响收弧位置的偏移。
8	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
序号	子程序变量名	说明
1	fileId	fileId 为子程序的输入变量，类型为 DINT，用于主程序传值。
序号	主程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	安全点，通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MultiWeld (0)	多层多道中间焊接过程，每一道焊缝进行

4	MultiWeld (1)	不同参数焊接。MultiWeld 为子程序名称，可根据实际情况定义子程序名称，用 CALL 指令进行调用即可。
5	MultiWeld (2)	
6	MultiWeld (3)	
7	MultiWeld (4)	
8	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	回到安全点，不在进行下次偏移。

3.8.3.2 多道直线单一方向多层多道焊

多道直线单一方向多层多道焊指的是：焊接轨迹由多段直线组成，并且一次偏移焊接完成后，收弧回到 home 点，再进行下一次轨迹偏移，具体如下图 3-70 所示。

如果多直线焊接过程中不需要变焊枪姿态，且无姿态偏移，则 P2 和 P4 点可以省略。如果存在姿态变化，必须增加点位用于焊枪姿态变化，否则会在 P3-P5 整段直线中调整姿态。如果偏移指令为向 Y 方向收缩的话，P2-P3 和 P3-P4 的长度要大于偏移的值。程序示例如表 3-27 所示。

表 3-27 多道直线单一方向多层多道焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultypassOn(fileId);	多层多道偏移开，注意后面的值为 fileId，为子程序的输入参数。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	CMLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
6	CMLIN(P3, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
7	CMLIN(P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
8	CMLIN(P5, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
9	arcweld.ArcOff;	收弧指令。
9	arcweld.MultypassOff();	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令，否则影响收弧位置的偏移。
10	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
序号	子程序变量名	说明
1	fileId	fileId 为子程序的输入变量，类型为 DINT，用于主程序传值。
序号	主程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	安全点，通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MultiWeld (0)	多层多道中间焊接过程，每一道焊缝进行不同参数焊接。MultiWeld 为子程序名称，可根据实际情况定义子程序名称，用 CALL 指令进行调用即可。
4	MultiWeld (1)	
5	MultiWeld (2)	
6	MultiWeld (3)	
7	MultiWeld (4)	

8	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	回到安全点，不在进行下次偏移。
---	---	-----------------

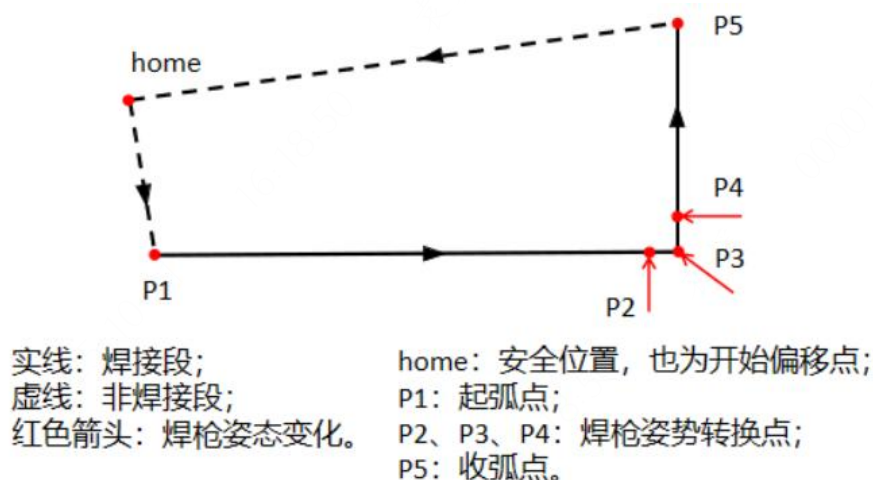


图 3-70 多道直线单一方向多层多道焊示意图

3.8.3.3 直线加圆弧单一方向多层多道焊

多道直线单一方向多层多道焊指的是：焊接轨迹由直线和圆弧组成，并且一次偏移焊接完成后，收弧回到 home 点，再进行下一次轨迹偏移。注意，圆弧偏移如果要内缩，则偏移量值要小于圆弧半径，具体如下图 3-71 所示。对应程序如下表 3-28 所示。

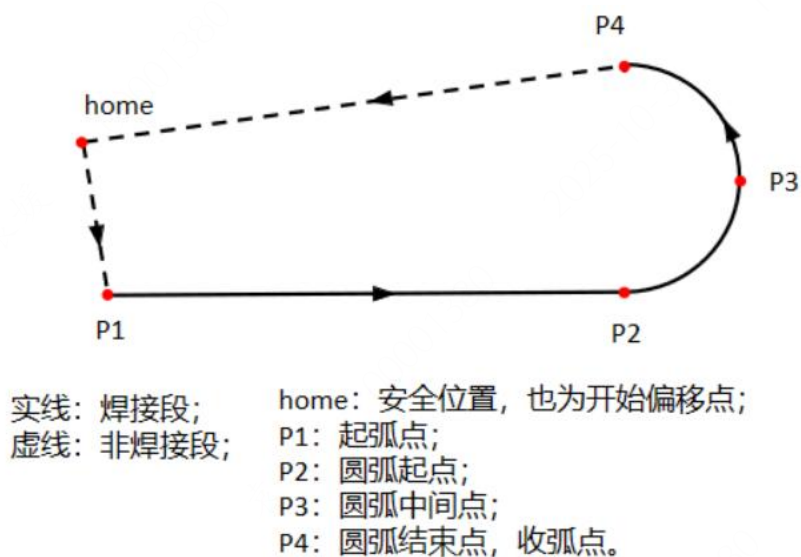


图 3-71 直线加圆弧单一方向多层多道焊示意图

表 3-28 直线加圆弧单一方向多层多道焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultipassOn(fileId);	多层多道偏移开，注意后面的值为 fileId, 为子程序的输入参数。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	CMLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。

6	CMCIRC(P3,P4,arcweld.Speed,fine,tool1,wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
7	arcweld.ArcOff());	收弧指令。
8	arcweld.MultipassOff());	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令，否则影响收弧位置的偏移。
9	MLIN(home, v500, fine,tool1, wobj0);	运动到 home 点
序号	子程序变量名	说明
1	fileId	fileId 为子程序的输入变量，类型为 DINT，用于主程序传值。
序号	主程序	说明
1	arcweld.ResetVar());	焊接信号复位。
2	MJOINT(safe, v500, fine,tool1, wobj0);	安全点，通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MultiWeld (0)	多层多道中间焊接过程，每一道焊缝进行不同参数焊接。MultiWeld 为子程序名称，可根据实际情况定义子程序名称，用 CALL 指令进行调用即可。
4	MultiWeld (1)	
5	MultiWeld (2)	
6	MultiWeld (3)	
7	MultiWeld (4)	
8	MJOINT(safe, v500, fine,tool1, wobj0);	回到安全点，不在进行下次偏移。

3.8.3.4 往复多层多道焊

多层多道往复焊接是指：一道焊接轨迹完成后进行收弧，不回到最初的起始点。以该方向的一个点作为新的起始点，进行下一道轨迹的焊接回到原先的起始点。其示教方法与单方向示教类似，只是将返回路径点再次调用一遍。需要注意的是，往复一次，两次运动的方向相反，注意设置偏移的方向。下面以单道直线往复多层多道焊为例，如图 3-72 所示，整个焊接轨迹只有一条直线，并且一道焊接轨迹完成后进行收弧，不回到最初的起始点。以该方向的一个点作为新的起始点，进行下一道直线轨迹的焊接，示例程序如下表 3-29 所示。多道直线或者圆弧加直线与之相同，将中间焊接轨迹部分示教为多道直线和圆弧即可。

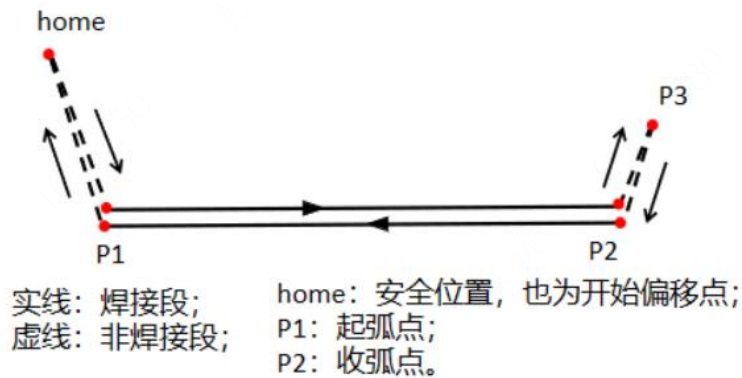


图 3-72 单道直线往复多层多道焊示意图

表 3-29 单道直线往复多层多道焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultipassOn(fileId1);	多层多道偏移开, 注意后面的值为 fileId, 为子程序的输入参数。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	CMLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
6	arcweld.ArcOff());	收弧指令。
7	arcweld.MultipassOff());	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令, 否则影响收弧位置的偏移。
7	MLIN(P3, v500, fine, tool1, wobj0);	抬起焊枪, 类似终止位置的 home 点, 此点不能使用 CMOVE, 否则影响 P2 点的偏移。
8	arcweld.MultipassOn(fileId2);	多层多道偏移开, 注意后面的值为 fileId+1。
9	CMLIN(P2, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
10	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
11	CMLIN(P1, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
12	arcweld.ArcOff());	收弧指令。
13	arcweld.MultipassOff());	多层多道关指令, 收弧以及停摆。
14	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
序号	子程序变量名	说明
1	fileId1	fileId1 为子程序的输入变量, 类型为 DINT, 用于主程序传值, 表示正向焊接参数。
2	fileId2	fileId2 为子程序的输入变量, 类型为 DINT, 用于主程序传值, 表示反向焊接参数。
序号	主程序	说明
1	arcweld.ResetVar();	焊接信号复位。
2	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	安全点, 通常先以关节运动的形式运动到该点。
3	MultiWeld (0, 1)	多层多道中间焊接过程, 每一道焊缝进行不同参数焊接。MultiWeld 为子程序名称, 可根据实际情况定义子程序名称, 用 CALL 指令进行调用即可。
4	MultiWeld (2, 3)	
5	MultiWeld (4, 5)	
6	MultiWeld (6, 7)	
7	MultiWeld (8, 9)	
8	MJOINT(safe, v500, fine, tool1, wobj0);	回到安全点, 不在进行下次偏移。

3.8.4 多层多道复合电弧跟踪使用

多层多道使用场景主要为中厚板领域，该使用场景通常存在热变形、安装尺寸不一问题，单纯的使用多层多道无法很好的满足实际的焊接需求，为解决该问题，通常第一道焊缝，采用电弧跟踪的方式，补偿其偏差值。第一道焊满后，后续焊接道根据第一道的偏差值，实时调整焊接位置，完成焊接效果。

3.8.4.1 电弧跟踪偏移值记录



图 3-73 多层多道记录开关

如图 3-73 所示，编号 0（可选择编号 0-99）的记录开关打开，选择复现距离为 10mm（每隔 10mm 记录一次电弧跟踪偏移值），编程时，多层多道参数值选 0，如下表所示。

表 3-30 电弧跟踪偏差值记录焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultypassOn(0);	多层多道偏移开，注意后面的值为 0, 并且 0 号参数打开记录开关。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	arcweld.WeaveOn(0)	摆弧开指令，电弧跟踪必须搭配摆弧使用
6	arcweld.ArcTrackOn(0)	电弧跟踪开指令
5	CMLIN(P2, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
6	CMCIRC(P3, P4, arcweld.Speed, fine, tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
7	arcweld.ArcTrackOff()	电弧跟踪关指令。

8	arcweld.WeaveOff();	摆弧关指令。
9	arcweld.ArcOff();	收弧指令。
10	arcweld.MultipassOff();	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令，否则影响收弧位置的偏移。
11	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点

此时，该轨迹采集到的电弧跟踪偏差值，则保存在编号为 0 的文件中。

3.8.4.2 电弧跟踪偏移值复现



图 3-74 多层多道复现开关

如图 3-74 所示，编号 1 的复现开关打开，选择复现文件号为 0(上次记录的文件号)，编程时，多层多道参数值选 1，如下表所示。

注意：当打开多层多道复现开关时，不允许使用电弧跟踪开指令。并且复现的轨迹与记录的轨迹要保持完全一致。

表 3-31 电弧跟踪偏差值复现焊程序说明

序号	MultiWeld 子程序内容	说明
1	MLIN(home, v500, fine, tool1, wobj0);	运动到 home 点
2	arcweld.MultipassOn(1);	多层多道偏移开，注意后面的值为 1,并且 1 号参数打开复现开关，复现的文件号为上次记录的编号。
3	CMLIN(P1, v500, fine, tool1, wobj0);	CMLIN 指令移动到起弧点。
4	arcweld.ArcOn(0);	起弧指令。
5	arcweld.WeaveOn(0)	摆弧开指令。

5	CMLIN(P2,arcweld.Speed, fine,tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
6	CMCIRC(P3,P4,arcweld.Speed,fine,tool1, wobj0);	运行焊缝轨迹。速度设置为焊接速度。
8	arcweld.WeaveOff()	摆弧关指令。
9	arcweld.ArcOff();	收弧指令。
10	arcweld.MultipassOff();	多层多道关指令。 注意多层多道结束指令后一条运动指令暂不能为 CMOVE 指令, 否则影响收弧位置的偏移。
11	MLIN(home, v500, fine,tool1, wobj0);	运动到 home 点

后续复现道数, 参考上表完成程序编写, 复现文件号保持与基轨迹记录时的编号一致即可。

修订记录

版本	修订日期	修订细节	修订人工号
V1.0	2020.6.15	创建	1014
V1.1	2020.6.25	增加焊接报警说明	1014
V2.0_beta1	2020.7.10	增加安全、安装与连接章节	1014
V2.0	2020.7.20	修改 beta1 测试问题	1014
V2.1_beta1	2020.11.6	修改焊接界面修改和部分说明，更新报警	1014
V2.2_alpha1	2020.12.09	增加飞行起弧功能说明	1014
V2.2_beta1	2021.1.12	增加送丝、退丝、检气指令 增加电弧跟踪说明 增加间断焊说明	1014
V2.3_beta1	2021.3.25	修改图片，将图片中 logo 删除。 电弧跟踪增加跟踪器部分说明。	1014
V2.4_alpha1	2021.8.21	修改部门界面图片和说明。 增加接触寻位说明。	1014
V2.4.1	2021.11.4	更新指令说明部分	1014
V2.4.2	2022.3.15	修改焊接设置里面的图片，删除主界面说明， 修改基础的模板程序中指令顺序和相关说明。	1014
V3.0.0	2022.7.2	更新说明书，按功能分类；增加焊接时序图， 增加内外径寻位说明，增加间断焊说明。	1014
V3.0.1	2022.9.10	增加在线修改保存说明，奥太焊机增加类型 和电流选择，增加激光跟踪、激光寻位说明	1014
V3.1.0	2022.11.30	增加多层多道说明；摆弧增加路径坐标系。	3067、1014
V3.2.3	2023.3.13	版本号与软件版本对应，优化电弧跟踪参数 及调试技巧，修改激光跟踪参数和标定方式	1014
V3.5.2.2	2023.5.21	修改多层多道使用方式	3067
V3.5.2.4	2024.10.21	新增激光标定误差和前置距离，修改激光寻 位返回值，新增坐标系寻位返回值，新增跟 踪异常过滤	3067
V3.8.2	2025.01.24	新增多层多道复合电弧跟踪使用方式	3067
V3.8.2.1-4	2025.04.01	新增开机激光通讯自连，新增激光调试模式， 新增示教搜寻功能，新增圆弧跟踪，新增多 段轨迹跟踪，新增变位机协同跟踪，新增增 量寻位使用说明，调整设备设置、焊接参数 部分参数使用	3067

服务热线：400-052-8877

本产品的额定功率、规格、外部尺寸等如需改良而进行变更，恕不另行通告。技术数据和插图仅作为供货参考，保留更改权利。

EFORT | 股票代码
688165

埃夫特智能机器人股份有限公司

EFORT Intelligent Robot Co., Ltd.

中国（安徽）自由贸易试验区芜湖片区万春东路96号

No.96 East Wanchun Road, China(Anhui) Pilot

Free Trade Zone Wuhu Area, Wuhu, Anhui Province, China

网址：<http://www.efort.com.cn>

