力控

中科新松有限公司

Mar 01, 2024

CONTENTS

1	末端) 1.1 1.2	力控简介 功能目标	1 1 1
2	力传标 2.1 2.2 2.3 2.4	感器集成 传感器安装	3 3 5 2
3	末端 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7	功 挖牵引 1 功能简述 1 功能限制 1 功能操作界面 1 本引坐标系设置 1 牵引坐标系设置 1 牵引主标系设置 1 本引素顺度设置 1 开启及退出牵引 1	5 5 5 5 6 7 8 9
4	末端1 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5	为载辨识 2 功能简述 2 功能限制 2 功能操作界面 2 辨识点位设置 2 辨识结果生效 2	2 1 1 2 4 8
5	末端) 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9	力控编程 3 功能简述 3 功能限制 3 末端力控程序 3 Force 程序 3 ForceGuard 程序 3 ForceSetZero 程序 3 ForceMove 程序 3 ForceMove 程序 4	1 1 1 2 5 7 7 0

CHAPTER ONE

末端力控简介

1.1 功能目标

末端力控功能使得机器人可以通过力传感器对外界环境与外部工装进行力感知并进行力交互。 用户通过选择使用末端力控功能,使得机器人末端可以在运动过程中根据用户设定的指定方向 上的力大小与外部环境进行接触,尤其是在用户对机器人及其交互环境之间的绝对位置关系无 法确定的情况下。末端力控功能适用的部分典型机器人应用包括:精密装配、打磨抛光、力性 能检测、高精度负载辨识等。



1.2 使用限制

用户选择使用末端力控功能时,需要注意以下使用限制:

- 机器人末端正确安装有六维力传感器并进行配置启用或机器人底座正确安装有底座六维 力传感器并进行配置启用。
- 机器人末端所承受的总负载,包括末端传感器自身重量、安装在末端传感器上的工具及负载、以及机器人末端传感器,及工具负载与外界的接触力之和,不得超过机器人所规定的负载限制曲线。
- 当机器人末端力控功能启用时,机器人碰撞检测功能将失效,即使用户启用了碰撞检测功能。
- 当机器人末端力控功能启用时,机器人会在力控制方向上产生用户运动指令以外的运动, 用户需要根据实际情况评估该类运动的安全性。

CHAPTER

TWO

力传感器集成

2.1 传感器安装

用户在使用机器人末端力控前,需要将力传感器安装在机器人系统上。用户可以选择集成末端 力传感器或集成底座力传感器从而使用末端力控功能。

若选择使用末端力传感器,需要将末端力传感器安装在机器人末端法兰上,并正确连接力 传感器与机器人末端法兰通讯接口及供电接口,并保证通讯线与供电线不会在机器人运动过程 中发生缠绕、打结、过度弯折等会影响机器人及末端传感器正常工作的现象。

若选择使用底座力传感器,需要将机器人正确安装在机器人底座传感器上,并正确连接力 传感器以机器人控制柜通讯接口及供电接口,并保证通讯子安与供电线不会与机器人及环境产 生缠绕、打结、过度弯折等影响传感器正常工作的现象。

当控制器系统中同时集成有底座力传感器与末端力传感器时,系统默认优先会采用末端力 传感器数据进行末端力控功能的执行。

2.2 力控插件安装

用户在将使用机器人末端力控前,需要先安安装机器人力控插件,如下图所示:



2.3 传感器集成配置

点击界面左下角力传感器图标进入力传感器配置界面,点击上方通讯设置即可进入力传感器集成配置界面,如下图所示:

未上	し 工程 project_1	安装 工具 工作 竖装 def Okg defa	4 JOG 全局 ault 70% 关节JOG 70	速度 % 手动模式 L3 ビ 66ff A
DUCO COBOT Premium 派列	力传感器	通讯设置 [●] 安装设置		
ロ概覧	末端力传感器		基座力传感器	
÷	状态	● 未连接	状态	● 未连接
移动	启用	OFF	启用	OFF
程序	型号	ATI-AXIS ~	型号	不配置
け 接口	通讯方式	EtherCat		
Ë	输入端口	控制柜EtherCat端口 ~		
日志				
设 置				
(F) 力传感器				
			设置	
2024-02-22 16:54:50				

用户需根据实际情况,选择末端力传感器型号与基座力传感器型号。所有力传感器型号都 分为两种:

1. 官方适配型号;

2. 其他型号;

官方适配型号

点击型号选择栏,所有显示的传感器型号为官方适配型号。选择对应的官方适配新型号后, 会自动匹配其通讯方式。当前支持的两类力传感器通讯方式为:

- 1. EtherCAT;
- 2. 485

如下图所示:

未上	■ 工程 project_1	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default	JOG 全 70% 关节JOG 全	周速度 70% 手动模式 真机 碰撞 3 定全校验 A 66ff A
DUCO COBOT Premium 系列	力传感器	通讯设置● 安装设置		
ロの概じ	末端力传感器		基座力传感器	
÷	状态	● 未连接	状态	● 未连接
移动	启用	OFF	启用	OFF
	型号	ATI-AXIS ~	型号	不配置
ひ 接口	通讯方式	EtherCat	J	
Ë	输入端口	控制柜EtherCat端口 ~		
日志				
65 设置				
(F) 力传感器				
			设置	
2024-02-22				
10.58.20				
10.58.20				
16.58.20	し 工程 project_1	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default	JOG 全 70% 关节JOG 全	周速度 70% 手动模式 真机 碰撞 3 安全校验 A 66ff A
TO.58.20 東上印 Premium 派列	1程 project_1 力传感器	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default 通讯设置 安装设置	JOG 全 70% 关节JOG 全	周速度 70% 手动模式 真机 碰撞 了安全校验 A 66ff A
10.58.20 未上的 DUCO COBOT Premium 系列 概览	 工程 project_1 力传感器 未端力传感器 	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default 通讯设置 安装设置	JOG 70% 关节JOG 全 基座力传感器	局速度 70% 手动模式 真机 磁撞 3 安全校验 A 66ff A
10.58.20 東上印 <u>PUCO COBOT</u> Premium 系列 	工程 project_1 力传感器	安装 工具 工件 竖装 def Okg default 通讯设置 安装设置	^{JOG} 70% 美节JOG ^全 基座力传感器 状态	 ■ 手动模式 真机 磁播 2 安全校验 A 66ff A ● 未连接
10.58.20 未上印		安装 工具 工件 竖装 def Okg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接	^{JOG} 70% 关节JOG ^全 基座力传感器 状态 启用	 周速度 70% 手动模式 真机 磁播 ② 安全校盤 66ff 66ff
10.58.20 ★上年 DUCC COBOT Premium 系列 Q 概览 ◆ 移动 程序	 工程 project_1 力传感器 末端力传感器 状态 启用 型号 	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 ✓	^{JOG} 70% 美市JOG ^全 基座力传感器 状态 启用 型号	周速度 70% 手动模式 真机 避強 Set校验 66ff 66ff 66ff ▲ 13 ○ Set校验 66ff ▲ 13 ○ Set校验 66ff ▲ 13 ○ Set校验 66ff ▲ 13 ○ Set校验 66ff ▲ 13 ○ Set校验 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 66ff ▲ 13 ○ Set校 8 13 ○ 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
10.58.20	 ^{工程} project_1 力传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 	安装 工具 工件 竖装 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 ✓ 485	^{JOG} 70% 关节JOG ^全 基座力传感器 状态 启用 型号	周速度 70% 手动模式 真机 避 全 な 66ff 66ff 66ff へ 66ff へ 66ff へ 66ff へ 66ff へ 66ff へ
10.38.20 未上	 ^{工程} project_1 力传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 输入端口 	安装 工具 工件 翌菜 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 ✓ 485 控制柜485端口 ✓	JOG 70% 关节JOG 全 基座力传感器 状态 启用 型号	■ 手动模式 真机 融強 2 全技絵 ▲ 66ff ▲
10.38.20 未上	 「I程 project_1 力传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 輸入端口 波特率 	安装 工具 工件 翌菜 def Okg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 485 拉制柜485端口 115200	JOG 70% 关节JOG 全 第二 基座力传感器 状态 启用 型号	周速度 70% 手动模式 真机 避 2 2 2 5 6 6 6 6 6 6 6 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
10.38.20 未上年 DUCO COBOT Premium 系列 一口 概览 ◆ 移动 ペン 程序 貸口 台口 日志 设置	 「^{工程} project_1 力传感器 末端力传感器 状态 店用 型号 通讯方式 输入端口 波特率 	安装 工具 工件 翌装 def Okg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 485 拉制柜485端口 115200	JOG 70% 美市JOG 全 基座力传感器 状态 启用 型号	再読書 ● 未连接 ▲ 正置
10.33.20 ま上	 「I程 project_1 力传感器 末端力传感器 状态 店用 型号 通讯方式 输入端口 波特率 	安装 工具 工件 翌装 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 485 「左制柜485端口 115200	JOG 70% 关节JOG 全 基座力传感器 状态 启用 型号	■速葉 70% 手动模式 真机 融強 2 2 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
10.533.20 ま上	工程 project_1 力传感器 末端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 输入端口 波特率	安装 工具 工件 翌装 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 神源生 485 115200	JOG 70% 关节JOG 全 基座力传感器 状态 启用 型号	■ 示 正 一 で 下 た 正 で た で た で で で で で で で で で で
10.33.20 未上年 DUCO COBOT Premium £月 概院 令 務动 投口 世 皮皮 後辺 日志 设置 力(長際器 …	工程 project_1 力传感器 末端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 输入端口 波特率	安装 工具 工件 堅装 def 0kg default 通讯设置 安装设置 ● 未连接 OFF 排源生 ✓ 485 「拉制柜485端口 ✓ 115200 ✓	JOG 70% 美市JOG 全 基座力传感器 状态 周用 型号	■ 示 示 市 市 市 市 市 市 市 市 市 市

工程 *project_1 _{安装} 竖装 工具 def... 0kg 工件 default 全局速度 70% 真机 碰撞 2 安全校验 L3 2 66ff JOG 未上电 手动模式 70% 关节JOG DUCO COBOT Premium 派列 通讯设置 安装设置 力传感器 Ţ 末端力传感器 基座力传感器 概览 状态 未连接 状态 未连接 ÷ 移动 启用 启用 </> 不配置 神源生 型号 程序 型号 ¢ 485 通讯方式 接口 输入端口 控制柜485端口 Ð 日志 波特率 控制柜485端口 末端485端口 设置 F 力传感器 ••• 2024-02-22 17:07:28

无论选择的传感器型号未 EtherCAT 通讯或 485 通讯,都需要根据实际情况配置传感器输入端口在机器人末端或控制柜上,如下图所示:

未上	电 T程 *project_1	会装 工具 工件 竖装 def 0kg default	JOG 70% 关节JOG	全局速度 70% 手动模式	真机 碰撞 2 安全校验 A 66ff A
DUCO COBOT Premium 派列	力传感器	通讯设置 [●] 安装设置			
中概院	末端力传感器		基座力传感器	2	
(状态	● 未连接	状态	● 未连接	
移动	启用	OFF	启用	OFF	
< 程序	型号	ATI-AXIA ~	型号	不配置	~
さ _{接口}	通讯方式	EtherCat			
Ë	输入端口	控制柜EtherCat端口 へ			
日志		控制柜EtherCat端口			
谷		未端EtherCat端口			
			J		
下 力传感器					
			设置		
2024-02-22 17:07:57					

基座力传感器的配置方式与末端力传感器的配置方式完全相同。

注意

基座力传感器仅支持配置为输入端口位于控制柜接口上,无法被配置为末端接口。

其他型号

当前其他型号传感器型号仅支持485 通讯接口,用户需根据传感器对应输入端口及波特率完成相应配置,以保证通讯的正常建立,如下图所示:

#L	电 *project_1	安装 工具 工 竖装 def Okg de	E件 fault 70%	JOG 关节JOG	全局速度 70% 手动模式 真机 磁油 の 安全校验 A 66ff A
DUCO COBOT Premium 派列	力传感器	通讯设置● 安装设置	B		
ロ概覧	末端力传感器			基座力传感器	۶ ۲
(状态	● 未连接		状态	● 未连接
移动	启用	OFF		启用	OFF
< 程序	型号	其他型号		型号	不配置
ご 接口	通讯方式	485			
H	输入端口	末端485端口 ~			
日志	波特率	38400 ~			
贷 设置	通讯解析	后台脚本 ~			
	后台脚本	未选择 ~	管理		
(F) 力传感器					
			i	2置	
2024-02-22 17:15:43					

用户可以通过定义实时配方或后台脚本,并根据传感器厂商提供的485 通讯协议格式完成 对数据帧解析,并通过机器人末端力数据传输接口将力传感器数据信息传递给机器人。如下图 所示:

未上	甩 工程 project_1	安装 工具 竖装 def Okg d	工件 JOG 全組 Fault 70% 关节JOG 7	^{局速度} 20% 手动模式	真机 碰撞 2 安全校验 A 66ff A
DUCO COBOT Premium 系列	力传感器	通讯设置安装设	<u>署</u>		
ロ概覧	末端力传感器		基座力传感器		
÷	状态	● 未连接	状态	● 未连接	
移动	启用	OFF	启用	OFF	
< 程序	型号	其他型号	型号	不配置	~
よ 接口	通讯方式	485			
Ë	输入端口	末端485端口	~		
日志	波特率	9600	~		
谷 设置	通讯解析	配方	~		
	配方	不使用配方	管理		
F		不使用配方			
		force	设음:		
		www			
2024-02-22 17:22:20					
	TR		T//t J0G + AE		
未上	电 T程 project_1	安装 工具 竖装 def Okg d	工件 efault JOG 全射 70% 关节JOG 7	^{司速度} 0% 手动模式	真机 L3 C Settle A
テロン テremium 系列	电 project_1 力传感器	安装 工具 空装 def Okg d 通讯设置 [●] 安装设	工件 efault 70% 关节JOG 7 置	^{副速度} 0%	真机 碰撞 文全校验 A 66ff A
● 未上 DUCO COBOT Premium 系列	电 project_1 力传感器 末端力传感器	安装 工具 竖装 def 0kg def 通讯设置● 安装设	工件 efault 70% 关节JOG 2 3 置 基座力传感器	副速度 10% 手动模式)	真机
● 未上 DUCC COBOT Premium 系列 一 一 概览 ◆	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	安装 工具 竖装 def 通讯设置 安装设	^{工件} efault 70% 关节JOG 2 置 基座力传感器 状态	 ● 未连接 	真机
● 未上 DUCO COBOT Premium 系別 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	电	安装 工具 竖装 def 0kg d 通讯设置 安装设 ● 未连接	^{工件} efault JOG 2 70% 关节JOG 7 置 基座力传感器 状态 启用	^{副速度} 10% ● 未连接 ● FF	真机 L3 C C C C C C C C C C C C C C C C C C
ま上 DUCO COBOT Premium 系別 一 、 概応 谷动 く/> 程序	电 TE project_1 力传感器 未端力传感器 状态 启用 型号	安装 工具 竖装 def 0kg d 通讯设置 安装设 ● 未连接 OFF 其他型号 、	^{工件} efault JOG 2 70% 关节JOG 7 置 基座力传感器 状态 启用 型号	 ● 未连接 ● F ● 「 ● 「 ● 「 ● 「 ○ ○ 「 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	
 未上 DUCCO COBOT Premium 系列 中 概応 中 移动 マ> 程序 t2 接口 	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	安装 工具 空装 def Okg d 通讯设置● 安装设 ● 未连接 OFF 其他型号 485	T件 efault 70% 美节JOG 2 7 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	 ● 未连接 ● 「「「」」 ● 「「」」 ○ 「「」」 ○ 「「」」 「「」」 「」 「」」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「	
 未上 DUCCO COBOT Premium 系列 中 税院 中 移动 ペ> 程序 t2 接口 昔 	 ・ ・	安装 工具 翌菜 def Okg d 通讯设置● 安装设 ● 未连接	T件 efault 70% 关节JOG 2 7 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	 ● 未注接 ● 未注接 ● 「下 	
	 ・ ・	安装 工具 翌菜 def Okg d 通讯设置● 安装设 ● 未连接 ● 「「「」」 其他型号 1 485 未端485端口 9600 1	T# efault 70% 美节JOG 17 置	 ● 未注接 ● 未注接 ● 「下 	
★上	 ・ 「王程 project_1 カ传感器 未端力传感器 ホ応 はのには、していたいでは、 ないでは、 ないでは、 ないでは、 ないでは、 びいでは、 びいでは、	安禁 工具 翌菜 def 0kg 通讯设置 安装设 ● 未连接	T件 efault 70% 关节JOG 2	 ● 未连接 ● 未连接 ● 「下 ○ 不配置 	
★上	电 『理 project_1] 力传感器 大端力传感器 大流、力信感器 成本 成本 成本 通讯方式 输入端口 波特率 通讯解析 后台脚本	安装 工具 翌菜 def 0kg d 通讯设置 安装设 ● 未连接	工件 efault JOG 70% 关节JOG 針 7 置 基座力传感器 状态 启用 型号 型号	 ● 未连接 ● 未连接 ● 「下 「不配置 	
 未上 DUCO COBOT Premium 系別	 电 『理 project_1 力传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 输入端口 波特率 通讯解析 后台脚本 	安禁 工具 翌菜 def Okg 通讯设置 安装设 ● 未连接 OFF 其他型号 485 床端485端口 9600 床选择 未选择	工件 efault JOG 70% 关节JOG 計 7 T 基座力传感器 状态 启用 型号 型号	 ● 未连接 ● 未连接 ● 「下 ● 不配置 	
ま上 Prentum 系別 中のののののののののののののののののののののののののののののののののののの	 ・ 「I程 project_1 カ传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通 通	安装 工具 翌菜 def Okg d 通讯设置 安装设 ● 未连接 ● 未连接 ● 月 其他型号 485 年端485端口 9600 未选择 東波祥 東波祥 東波祥 9500 「 第 <t< th=""><th>工件 efault JOG 70% 关节JOG 針 7 置 基座力传感器 状态 启用 型号 型号 管理 ど 変置 ジ</th><th> ・予助模式 ・ ・ ・</th><th></th></t<>	工件 efault JOG 70% 关节JOG 針 7 置 基座力传感器 状态 启用 型号 型号 管理 ど 変置 ジ	 ・予助模式 ・ ・ ・	
 ★上 DUCC COBOT Premium 系列 中 松院 中 移动 イン 程序 【 日志 () (・ 「I程 project_1 カ传感器 未端力传感器 状态 启用 型号 通讯方式 输入端口 波特率 通讯解析 后台脚本 	安装 工具 盛菜 def Okg d 通讯设置 安装设 ● 未连接 ●FF 其他型号 485 本端485端口 9600 后台脚本 1 未选择 ●gcript1 force_1 ●	Image: Text of the second	 ● 未连接 ● 未连接 ● の子 ● の子	

注意

配方与后台脚本的使用详情请参考机器人软件用户手册。

在完成了力传感器型号的配置后,点击"设置"按钮完成配置。完成配置后,会弹窗提示 配置成功,需要重启机器人控制系统后生效,如下图所示:

未上	电 工程 project_1	安装 工具 工(竖装 def Okg defa	4 JOG 全原 ault 70% 关节JOG 7	^{引速度} 0% 手动模式 []	真机 磁撞 ▶ 安全校验 ▲ 66ff ▲
DUCO COBOT Premium 系列	力传感器	通讯设置 📀 保存成功	力,重启控制柜生效		
中概览	末端力传感器		基座力传感器		
\$	状态	● 未连接	状态	● 未连接	
移动	启用	OFF	启用	OFF	
程序	型号	监示-F/ ~	型북	不配置	~
5	通讯方式	EtherCat			
接口	输入端口	控制柜EtherCat端口 ~			
日志					
设置					
序 力传感器					
			设置		
2024-02-22 17:25:25					

重启机器人系统后,按照配置在对应输入端口正确连接力传感器并上电。点击"启用"按钮,若传感器通讯连接正常,则力传感器连接状态会变更为"已连接",如下图所示:

● 待机	工程 *project_1	安装 工具 工件 竖装 def 0kg defaul	t JOG 全 70% 关节JOG 全	局速度 70% 手动模式 耳	紅 山田 安全校設 A 13 山田 安全校設 A 66ff 66ff
DUCO COBOT Premium 系列	力传感器	通讯设置 安装设置			
中概览	末端力传感器		基座力传感器		
(状态	● 已连接	状态	● 未连接	
移动	启用	ON	启用	OFF	
	型号	蓝点-F7 ~	型号	不配置	~
さ 接口	通讯方式	EtherCat			
日志	输入端口	控制柜EtherCat端口 >			
() 公署					
下 力传感器					
			设置		
2024-02-22 17:30:11					

正确完成传感器配置后,即可使用机器人力控功能。

2.4 传感器安装位置配置

用户在完成力传感器的安装后,需要对传感器安装位置进行正确配置,如下图所示:

● 待机	工程 *project_	2 安装 竖装 de	工具 工 ef Okg defi	件 ault 70% 关节JOG	全局速度 70%	手动模式 真机	碰撞 L3 L3 L3 安全校验 A 66ff
DUCO COBOT Premium 系列	力传感器	通讯设	置安装设置				
中の	末端力传感	22					
÷	X(mm)		RX(°)	0			
移动	Y(mm)		RY(°)	0			
 程序	Z(mm)		RZ(°)	0			
t	基座力传感器	器 器					
接口	X(mm)	0	RX(°)	0			
目 志	Y(mm)	0	RY(°)	0			
谈 设置	Z(mm)	0	RZ(°)	0			
F				设置			
力传感器							
2024-02-22 17:31:48							

若选择使用末端力传感器,则其中 X/Y/Z 为末端力传感器受力面坐标系原点在机器人末端 法兰坐标系中的位置偏移量,单位毫米; RX/RY/RZ 为末端力传感器受力面坐标系在机器人末 端法兰坐标系中的姿态 RPY 旋转偏移,旋转顺序参考 Z-Y-X 旋转轴顺序,单位度。

若选择使用底座力传感器,则其中 X/Y/Z 为机器人基坐标系原点在底座传感器受力坐标系中的位置偏移量,单位毫米; RX/RY/RZ 为机器人基坐标系在底座传感器受力坐标系中的姿态 PRY 旋转偏移,旋转顺序参考 Z-Y-X 旋转轴顺序,单位度。

在正确填写力传感器安装位置后,点击设置安装位置生效配置。

注意

传感器安装位置仅在传感器未启用时可被配置。

CHAPTER THREE

末端力控牵引

3.1 功能简述

用户选择使用末端力控牵引时,可以直接拖拽机器人末端在笛卡尔空间中移动。相较于机器人 自身牵引示教功能,末端力控牵引让用户可以控制机器人末端在指定坐标系中沿着指定方向移 动,并限制非牵引方向上不产生位移。用户通过选择使用末端力控牵引,可以获得更高的牵引 自由度及精度。

3.2 功能限制

用户使用末端力控牵引功能时,需要注意如下使用限制:

- 该功能仅在力传感器被正确配置并启用时可使用。
- 在启用功能前,用户需根据实际安装在力传感器上及机器人末端的工具及负载情况进行 工具负载质心参数的配置。
- 若选择使用末端力传感器,在功能启用后,用户仅可通过拖拽安装在末端力传感器上的工具及负载进行牵引,拖拽机器人其他部位不会产生任何移动。
- 若选择使用底座力传感器,在功能启用后,用户可通过拖拽机器人任意位置进行牵引,用 户作用在机械臂上的力会被视为作用在机器人末端工具上的力。

3.3 功能操作界面

用户可以在移动界面中进入末端力控牵引功能操作界面,如下图所示:

() 待	几 *project_1	安装 竖装 (工具 工件 def Okg defau	JOG JIII 70% 关节JOC	全局速度 70%	手动模式 真机	碰撞 L3 ⊌ 66ff	A
DUCO COBOT Premium 系列	R N			参考坐标系: 世界	~	₽ -	关节 1 0.00°	+
口概览						$\mathbf{p} -$	关节 2 0.00°	+)
↔ 移动	⊕		Ļ			¢1 —	关节 3 0.00°	+)
 程序						$\mathbf{p} -$	关节 4 0.00°	+)
こ 接口				按住归位		牵引类型	済本引 ∨	
日志	连续模式				ţţ	笛卡尔牵引		
设 置		-90.00	- (+ X	0.200	平移し旋		
(F) 力传感器		0.00			300 211	Y C	RY RZ	쮄
•••		0.00			500.211	柔顺度 ————————————————————————————————————	50%	
2024-02-22 17:34:26	RZ RZ	-0.08	$\overline{}$	+ Z 1	465.492	-		

操作界面中包含:功能开启按钮、牵引方向开关以及牵引方向柔顺度调节。

3.4 牵引坐标系设置

用户在使用末端力控牵引时,可以选择不同的坐标系进行牵引进行牵引。牵引坐标系的选择与机器人笛卡尔空间移动功能的坐标系选择方式相同,如下图所示:



用户在启用末端力控牵引后,选择的牵引平移方向 X/Y/Z 与牵引旋转方向 RX/RY/RZ 都会参考选取坐标系的对应方向。

3.5 牵引方向设置

用户可以根据实际使用需求进行指定坐标系下的牵引方向开关,如下图所示:



当开启力控牵引功能时,仅激活的力控牵引方向上会根据产生移动,未激活方向上则不会产生位移。当用户仅需要对平移方向 X/Y/Z 进行牵引时,可以使用平移模式操作按钮自动开启平移方向并关闭旋转方向,如下图所示:



当用户仅需要对旋转方向 RX/RY/RZ 进行牵引时,则可以用旋转模式操作按钮自动开启旋转方向并关闭平移方向,如下图所示:



当用户需要自行定义牵引方向开关时,则可以使用自定义模式。

3.6 牵引柔顺度设置

用户使用力控牵引功能时,可以根据需求进行牵引柔顺度的设置,如下图所示:

增大牵引方向上的牵引柔顺度会使末端力控牵引使用过程中对应牵引方向上的最大可牵引 速度增大,反之则会减小。在修改了末端力控牵引柔顺度并点击确定后参数即生效。

3.7 开启及退出牵引

按住机器人末端T按钮,机器人则会进入末端力控牵引模式,如下图所示:



用户完成牵引功能使用时,松开末端T按钮或点击退出牵引按钮即可退出牵引。为了避免 机器人在退出牵引时末端遭受较大外力/力矩冲击,在点击退出牵引按钮时,机器人应尽可能处 于静止状态。

•		1.5 migrage		and the	uri 25) Feet		×	2 MAR 0
			80			*****	20	60.00*	
•					110000-011		D C	60.00°	
-	Ē				2045		¢t 🤆	60.00*	
-							2045	.00"	
22				771		NOC 223		871 882 813	
8	-	8.6		117	1 Are	. 8	1 - •	RX (30) 007	0
0 1.11	0		90.00			232.0	2 × •		
	ø		0.00			. 777.0		20 4 21	11 > 842H
									1
08.35.43	3.5		180.00			31.4	99		

CHAPTER FOUR

末端负载辨识

4.1 功能简述

用户选择末端负载辨识功能时,仅需要将应用所需的工装负载安装固定在末端力传感器受力端, 通过示教任意4个末端姿态,即可获得高精度的工具负载的质量与质心信息,并在机器人后续 使用过程中使用该质量与质心信息,从而提高机器人力控相关功能性能。

为了保证末端负载辨识精度,末端负载辨识功能仅在正确接入并启用末端力传感器时才可使用。

4.2 功能限制

用户选择使用末端负载辨识功能时,需要注意以下功能限制:

- 使用该功能需要正确配置并启用末端力传感器。
- 使用该功能前需将待辨识工具负载安装并固定在末端力传感器受力端上,否则将影响辨 识精度。
- 使用该功能过程中,请勿使用末端力控牵引功能,否则辨识结果将不具备参考价值。

4.3 功能操作界面

在机器人设置界面-工具设置界面中,可以进行机器人工具的设置,添加新工具或点击对应工具的修改按钮可以对机器人工具坐标系名称、位置、质量与质心参数进行配置,如下图所示:

	et.	Itil project_1	2位 遊興 def	R Okg	工作 default	705	200 空闲JC	10 200 C	Filmes All	111 🖉 ester 🔨
Particle Date		工具设置	I#26K	\$80 <u>8</u>	1 8	N.C.B	92	22 NAMP	NORE	16件设置
	IR	245.8					8.50	¥ 2 ¥		
0	99.9	88	628	新聞	850	sen				
化化	٩.,	default	0;0,0,0,0,0	0	0,0,0	•••	80.			
- 中 810	2	topt	0.90,0,0,0,180	0	0,0,0			izhati.]	
4/2	3	tcp2	0,0,0,0,0,0	0	0,0,0			(25mm)		
程序										
\$							_	92		15
e						l	_			1 ⁹
BB Q QR										
_								711		
X								//		
2023-11-29 10:01:30										

进入工具配置页面后,点击"负载辨识"按钮,可进入质量质心辨识功能,如下图所示:

	14	设置 工件呈标系	安禄设置 系统变量	t s	全设置 系统事	件 其他设置	國件設置
	88	1cp1	*	的工具			
200	255.8						TOPHER
e an	X(mm)	0				RX(")	0
	Y(mm)	90				RY(")	0
*	Z(mm)	0				RZ(*)	180
3	2048						A KOMPA
3	問題(kg)	0	1812.9	K Story and	ⁿ²) X	Y	z
8	問心((mm)	0		х	0	0	0
×	問心Y(mm)	0		۲		0	0
	問心Z(mm)	0		z			0
5							

进入质量质心辨识功能操作界面,如下图所示:

- 3.9	IRRE	工作业标系	安装设置	系统变量	安全设置	NACO	MORE	10/10月
				质量质	心辨识			
2		MERICH	NR			10	NRHINE	
20	-				P1 •	示数	SAURG	Bilding
• 20			1		P2 •	- FR	Saure	BERRIER
	.	0	T	0	P3 •	示教	CRAMA	823224
3				Ŭ	P4 •	示教	SRAME	BINNER
3		//	20	8				
>		3	17	4				
~								
\$0.5	林不同語古州工具	WREE生参四点(不3	(梁古里)(平可能)	(于39*)				
5								

操作界面中包含:辨识点位 P1-P4 "示教"、"记录当前点、"移动到此点"按钮、辨识点位 指示灯、功能"取消"按钮及辨识计算"下一步"按钮。

4.4 辨识点位设置

用户使用末端负载辨识功能时,先要选取4个辨识点位,点击操作界面中的"示教"按钮,界 面会跳转到移动页面,如下图所示:





移动机器人到目标点后,单击"记录当前位置",界面会跳回质量质心辨识示教标定点界面,且示教好一个标定点后,对应标定点后的红色圆点会变成绿色,如下图所示:

也可通过示教器物理按键直接移动机器人到目标点位后,直接单击"记录当前点"。

当完成 P1-P4 所有辨识点位的设置后,点击"下一步"按钮,即可进行末端负载辨识,如下图所示:

• m	Till Still Still III	okg default 70%	100 月 100 月 100 月	10月前 70% 手約	RIC RIL	111 🖉 221010 🔨
BUDG-DORET Partice BR	IROR IMAGE I	京師京園 系統支量	安全设置	KRBIT	MORE	15/14设置
		质量原	心辨识		•	
Q	IS BUSIC OWN		_	10	FORM	
858			P1 •	河政	CRAME	843946-8
++ 8535	10		P2 •	示数	Sauna	Bistuca
40		- C	P3 •	示教	CRAMA	Biblica
d d			P4 •	示数	SRAME	Righton
	3 BUEHTRECHIANES(SEA (TRE	(a)				
X#						
2023-11-29 10:49:55					804	THE

辨识点位之间需要满足如下关系:

- 点位与点位之间末端姿态旋转偏移需要大于 10°。
- 点位与点位之间不能存在共面的情况。

示教过程中,当前示教点位不满足限制条件会弹框提示如下:



若出现所有点位共面情况,点击"下一步"按钮进行辨识功能则会反馈对应错误,提示用户辨识点位违反了上述限制,用户需要根据提示信息进行相应辨识点位的修改,直到满足末端负载辨识功能的点位需求。

4.5 辨识结果生效

辨识结果会在正确设置所有辨识点位并点击确认后显示,如下图所示:

. 1947	project_1	空间 建筑 defOkg	default 100%	NTSJOG	900% #4	18 M Stand	M 0756
Partice collect	IROR	IPRNK RHR	素 系统定量	安全设置	Xittile??	MORE	MITCH
			质量原	心辨识		_	
		原業的な研究				NR:SUR	
Q #08				25.00 (Page 10)	4.99		
÷				an O(min)	[1,240,3]		
4/9							
程序							
C							
8							
0.0							
-	请纳入会订表政策正规者						
57 BT48							
1 16:30					163	8 ±-	-19 1028

用户可以根据实际情况决定是否使用该组质量与质心参数作为当前工具设置参数。若选择 使用,点击"完成"按钮即可,如下图所示:

名称		冷加工。	4		
全球系					теры
X(mm)	0			R00(*)	0
Y(mm)	0			RY(*)	0
Z(mm)	0			RZ(*)	0
2042		_			5.808
西里(kg)	4.99	惯性外量(kg)*	um²) X	Y	z
25()X(mm)	1	×	0	0	0
悉心Y(mm)	249	Y		0	0
問心Z(mm)	4	z			0
		,			

CHAPTER

FIVE

末端力控编程

5.1 功能简述

用户选择使用末端力控编程功能,可以实现机器人在程序运行过程中加入力控功能,实现在机器人运动过程中机器人根据与外界交互力的信息进行调整,从而使得用户可以控制机器人在指 定笛卡尔空间方向上与外界保持特定的交互力。

5.2 功能限制

用户使用末端力控编程功能时,需要注意以下功能限制:

- 使用该功能需要正确配置并启用力传感器。
- 仅机器人末端及安装在在末端上的传感器、工具及负载与外界产生交互力会被感知,机器 人其他部分与外界发生接触不会产生任何效果。
- 该功能不支持在线程编程中使用。

5.3 末端力控程序

用户选择使用末端力控编程功能时,可以在机器人程序编程界面-高级程序中添加末端力控程序,如下图所示:

	<.	ForceControl.jspf	0 +	811	1.8	**	10.7
	ForceControl.jspf			a.i.e			1.0
	* 1889						6
)	2 Start			Ø los			
				2			e
				gi Kanada	kard .		
				100.00			•
				gi facale	etaro -		7/0
5				1000048			6
				S forest	-		
				109930			
				S forces	Ave		
				10.0962-2020140			
				C Comerco	Defect		

末端力控程序包括:

- Force
- ForceGuard
- ForceSetZero
- ForceWait
- ForceMove

5.4 Force 程序

用户可以选择使用 Force 程序控制机器人在运动过程中在笛卡尔空间延坐标系指定方向与外界进行力交互,如下图所示:

- C	ForceControl.jspf *	0 +		Red I		2.8		**	10.7
ForceControlja	ut.		_	_			Fore		
1 1.829				カ					
2 Start			з х	1	N	150		1	
D v Rece			Y I		N				
4	information and		- z		N		made		
			3 RK		Net		10		
			: RY		New		54		
			12		Net		59		
			TROUG		10.01				
			THORN		10.0.1				
			力校會考试	es.	IANIS				

力控方向开关

用户通过勾选力控方向开关可以启用/禁用对应笛卡尔空间坐标系中指定方向的力控。

以上力控方向都是基于力控参考坐标系所对应的方向,当用户选择力控参考坐标系为工具 坐标系时,力控方向则会沿着 Force 程序中所配置的工具坐标系进行力控制,当用户选择力控 参考坐标系为工件坐标系时,力控方向则会沿着 Force 程序中所配置的工件坐标系进行控制。

力控方向参考力

用户启用力控方向后,通过配置参考力参数控制机器人末端在指定方向上与外界产生并保持目标力,单位为N与Nm。当用户配置了非0目标力且机器人末端与外界未达到目标交互力时,机器人末端会沿着对应的力控方向持续产生移动,直到交互力达到用户所配置的参考力大小。

该参考力是作用在机器人末端的力在用户所配置的力控参考坐标系中的描述,因此用户需 要根据实际情况调整目标力参数的大小及符号。当目标力方向在力控参考坐标系中沿着坐标系 平移/旋转方向为正,参考力值为正。当目标力方向在力控参考坐标系中沿着坐标系平移/旋转方 向为负,参考力值为负。

力控方向最大速度

用户启用力控方向后,机器人末端会基于用户设置的参考力与阻尼参数产生位移。用户可 以通过配置力控方向最大速度限制力控方向上由于力控产生的位移最大速度,单位为 mm/s 与 °/s。

33

用户使用 Force 程序,需要对力控参数进行配置。Force 程序参数配置界面如下图所示:

力控方向阻尼

用户启用力控方向后,可以通过配置力控方向阻尼调整机器人末端与外界实际交互力与参考交互力的误差与对应力控方向调整速度的关系。

力控平移方向 X/Y/Z 方向阻尼 d 单位 N/(mm/s),机器人末端力控平移方向上与环境的实际 交互力与参考力误差 ΔF(N) 会令对应力控平移方向产生 ΔF/d(mm/s) 的力控平移调整速度。

力控旋转方向 RX/RY/RZ 方向阻尼 d 单位 Nm/(°/s),机器人末端力控旋转方向上与环境的 实际交互力矩与参考力矩误差 ΔM(Nm) 会令对应力控旋转方向产生 ΔM/d(°/s) 的力控旋转调整 速度。

力控方向力死区

用户启用力控方向后,可以通过配置力控方向力死区来调整机器人末端与外界实际交互力 的检测死区大小。当机器人末端与外界实际交互力大小赋值小于死区范围时,机器人末端将不 会对该交互力产生对应的力控调整运动。

力控平移方向 X/Y/Z 方向死区单位 N,力控旋转方向 RX/RY/RZ 方向死区单位 Nm。

力控工具坐标系

用户配置力控工具坐标系,机器人末端力控会将力控工具坐标系原点作为机器人末端与外 界实际交互力的作用点,且由于力控方向产生的力控调整平移/旋转都将以力控工具坐标系原点 为参考点。

当用户选择力控参考坐标系为工具坐标系时,用户所配置启用的力控方向都将沿着开启力 控时的工具坐标系所在方向进行平移/旋转调整,且对应的力控参考力都是在开启力控时的工具 坐标系中的描述。

力控工件坐标系

用户配置力控工具坐标系,且选择力控参考坐标系为工件坐标系时,用户所配置启用的力 控方向都将沿着工件坐标系所在方向进行平移/旋转调整,且对应的力控参考力都是在工件坐标 系中的描述。

力控参考坐标系

用户选择使用末端力控功能时,需要确定最终力控生效坐标系。用户可以选择末端力控沿 着工具坐标系或工件坐标系进行力控调整。

运动程序末端力控集成

用户正确配置 Force 程序后,可以在 Force 程序下添加 Move 类运动程序,所有在 Force 程序 节点下的 Move 程序都会在运动过程中基于 Force 程序配置参数进行末端力控。未添加在 Force 程序节点下的 Move 程序不具备末端力控调整功能,如下图所示:

• =	a unier and an	HORE RL	*	2260
D# 48 58	K ForceControljept* □ + ForceControljept* ···· * ForceControljept* ···· * Start * Start * Force * Force	En RE How STORE STORE STORE Morel Morel	911	2/7
10 0 0 0 0 0	6 Move ···· 不含未成力控的运动 7 ··· Move ··· ··· ··· ··· 不含未成力控的运动	Move1CP		
88 114952	876 F.X 61755	yand Speedlag		9 78

5.5 ForceGuard 程序

用户选择使用 ForceGuard 程序可以用来激活/禁用基于末端交互力大小,如下图所示:

	ForceCon	trol.jupf *	8 +		110		18	#8	89
Ford	Control.jspt+						力安全	2:272	
	1809			88.7.0	1.571				
	Manufacture and	'n		×		N			
: 1.	hance			5 Y.		N			
	More			5 Z.		Ν			
	Mexal wet			∃ RK		No			
	- Move			: RY		Net			
	Manual and			- RZ		Non			
				IRett	6	10.0/5			
				19:263	4	10.0/0			
				00045	10.85	IRONA			
				I					
	1.00		dotte				808	-	

用户使用 ForceGuard 程序,需要配置激活/关闭状态、监控力方向、监控力大小、监控工具 坐标系、监控工件坐标系及监控坐标系。

激活/关闭状态

在 ForceGuard 程序运行后且用户选择激活力安全监控,当机器人运行含末端力控的程序时, 若作用在机器人末端的交互力大小在监控坐标系指定方向上超过了监控力大小,则会触发安全 停止1类。

在 ForceGuard 程序运行后且用户选择关闭力安全监控,则监控失效。

安全力监控激活后仅会在机器人运行含末端力控的程序时生效。

当用户使用 ForceGuard 程序激活力安全监控且未通过 ForceGuard 程序禁用力安全监控时,力安全监控功能将以生效参数持续监控直到用户使用 ForceGuard 程序禁用或修改力安全监控配置。

监控力方向

用户通过勾选监控力方向开关可以启用/禁用对应笛卡尔空间监控坐标系中指定方向的力监 控。

以上监控力方向都是基于监控参考坐标系所对应的方向,当用户选择监控参考坐标系为工 具坐标系时,监控方向则会参考 ForceGuard 程序中所配置的工具坐标系进行力监控,当用户选 择监控参考坐标系为工件坐标系时,监控方向则会沿着 ForceGuard 程序中所配置的工件坐标系 进行监控。

监控力大小

用户开启监控力方向后,可以配置监控力大小来调整触发监控报警停机的力大小赋值,单位为N与Nm。

用户应确保激活力安全监控方向上的监控力大小为非零正数,从而保证力安全监控的正常运行。

监控工具坐标系

用户配置监控工具坐标系,机器人末端安全力监控会将监控工具坐标系原点作为机器人末端与外界实际交互力的作用点。

当用户选择监控参考坐标系为工具坐标系时,用户所配置启用的监控方向都将沿着实时工 具坐标系所在方向进行力/力矩监控,且对应的监控力方向都是在机器人实时工具坐标系中的描述。

监控工件坐标系

用户配置监控工具坐标系,且选择监控参考坐标系为工件坐标系时,用户所配置启用的监 控方向都将沿着工件坐标系所在方向进行力/力矩监控,且对应的监控力方向都是在工件坐标系 中的描述。

监控参考坐标系

用户选择使用末端力安全监控功能时,需要确定最终监控生效坐标系。用户可以选择末端 力安全监控控沿着工具坐标系或工件坐标系进行监控。

5.6 ForceSetZero 程序

用户可以选择使用 ForceSetZero 程序对当前传感器读数进行清零操作,如下图所示:



用户使用且程序执行 ForceSetZero 程序后,当前所有作用在机器人末端力上的负载,包括 安装在机器人末端上的工具负载重量及所有作用在末端工具负载上的外力,都会被清空。此后 修改安装在机器人末端的工具负载或与外界交互工况则会产生对应的误差力。

5.7 ForceWait 程序

用户选择使用 ForceWait 程序,可以实现在满足机器人末端力控等待条件后自动跳出当前 Force 程序段的运动程序,直到在当前 Force 程序段中执行新的 ForceWait 程序或当期 Force 程序运行 结束,如下图所示:

	<		Forcel	Control.jupf *	8 +	81		28		PR	89
	Ford	eControljsj	pt-			0		Me	aveL模块		
		Start				8048		88.0	watur	a	
	1.	Force	_			2. wp5					
	4	Toro			第6行Movel程序运行过程	X(mm) No	A		R0(*)	N/A.	
	5	+	Move		第4行ForceWait程序条件的 自动停止第6行Movel程序	Kitym) No	A		RY(*)	N/A.	
1	6		Movel and		第7行MoveHU序,直到第3	T2(mm) N	A		R2(*)	N/A.	
	2		Marine and		Porter Party and Party and	IRENK	102/4				
		fore	emat		第10i7Movel程序运行过来	Z/12/5.K	102/5				
		+	Move		自动停止第10行Movel程序	Ara , Ar					
	10		M008	•••	地过第11行Movel程序。 直到当前Force程序投运行	TO BARDON	10	00			
	11					TRUER	m/1-2	-			
	12	ForceGua	ed deaths								



用户选择使用 ForceWait 程序时,需要配置相关力控等待条件。当前用户可配置力控等待条件参数包括,位置等待条件、速度等待条件、力等待条件及力控等待条件激活逻辑。

位置等待条件

用户选择启用位置等待条件时,可以通过配置 X/Y/Z/RX/RY/RZ 上的绝对位置及相较于绝对位置的偏移范围来设定位置等待条件参数。

当绝对位置参数与偏移位置参数同时为0时,则代表不对该方向进行位置等待条件监控。

当用户选择绝对位置等待条件时,此时位置等待条件所监控的位置为 ForceWait 程序所在的 Force 程序中配置的力控工具坐标系原点在力控工件坐标系下的绝对位姿。当用户选择相对位置等待条件时,所监控的位置为 ForceWait 程序所在的 Force 程序中配置的力控工具坐标系原点在运行 ForceWait 程序后走过的相对位姿偏移。

用户通过配置位置等待条件持续时间参数,可以调整机器人末端位置满足并保持在等待条件范围内的持续时间,单位 ms。当机器人末端位置超出范围时,持续时间会重新计时。当持续时间设为0时,则会在满足位置等待条件瞬间激活位置等待条件满足标志位。

用户通过配置位置等待条件超时参数,用户可以调整机器人末端在无法满足位置等待条件时的等待超时时间,单位ms,当FoeceWait程序执行后并超过位置等待超时时间,则会直接激活位置等待条件满足标志位。

速度等待条件

用户选择启用位置等待条件时,可以通过配置 X/Y/Z/RX/RY/RZ 上的绝对速度及相较于绝对速度的偏移范围来设定速度等待条件参数。当绝对速度参数与偏移速度参数同时为0时,则代表不对该方向进行速度等待条件监控。

当用户选择绝对速度等待条件时,此时速度等待条件所监控的速度为 ForceWait 程序所在的 Force 程序中配置的力控工具坐标系原点在力控工件坐标系下的绝对速度。当用户选择相对速度等待条件时,锁监控的速度为 ForceWait 程序所在的 Force 程序中配置的力控工具坐标系原点在运行 ForceWait 程序后的速度增量。由于开始进行末端力控运动功能时,机器人总是处于静止状态,因此对于速度等待条件,绝对速度等待条件与相对速度等待条件等价。

用户通过配置速度等待条件持续时间参数,可以调整机器人末端速度满足并保持在等待条件范围内的持续时间,单位 ms。当机器人末端速度超出范围时,持续时间会重新计时。当持续时间设为0时,则会在满足速度等待条件的瞬间激活速度等待条件满足标志位。

用户通过配置速度等待条件超时参数,用户可以调整机器人末端在无法满足速度等待条件时的等待超时时间,单位 ms。当 FoeceWait 程序执行后并超过速度等待超时时间,则会直接激活速度等待条件满足标志位。

力等待条件

用户选择启用力等待条件时,可以通过配置 X/Y/Z/RX/RY/RZ 上的绝对力大小及相较于绝 对力的偏移范围来设定力等待条件参数。当绝对力大小参数与偏移力范围参数同时为0时,则 代表不对该方向进行力等待条件监控。

力等待条件所参考的坐标系与 ForceWait 程序所在的 Force 程序中配置的力控参考坐标系相同,即当 Force 程序中配置力控参考坐标系为工具坐标系时,力等待条件所监控的力大小及方向是在力控工具坐标系中被描述的,当 Force 程序中配置力控参考坐标系为工件坐标系时,力等待条件所监控的力大小及方向是在力控工件坐标系中被描述的。

在进行力等待条件参数的设置时,应参考 ForceWait 程序所在 Force 程序中的实际坐标系配置进行设置,注意符号及大小是否能够被 Force 程序所引起的末端力控功能所满足。

当用户选择绝对力等待条件时,力等待条件监控的是对应监控力的绝对赋值大小。当用户选择相对力等待条件时,力等待条件监控的是运行完 ForceWait 程序后监控力的增量大小。

用户通过配置力等待条件持续时间参数,可以调整机器人末端力满足并保持在等待条件范围内的持续时间,单位 ms。当机器人末端力超出范围时,持续时间会重新计时。当持续时间设为0时,则会在满足力等待条件的瞬间激活力等待条件满足标志位。

用户通过配置力等待条件超时参数,用户可以调整机器人末端在无法满足力等待条件时的 等待超时时间,单位 ms。当 FoeceWait 程序执行后并超过力等待超时时间,则会直接激活力等 待条件满足标志位。

力控等待条件激活逻辑

当启用多个力控等待条件监控时,用户可以通过设置力控等待条件激活逻辑配置多个等待 条件的逻辑关系。

当力控等待条件激活逻辑中存在与逻辑时,所有启用的力控等待条件都需要激活才认为全 局力控等待条件被激活。

当力控等待条件激活逻辑中存在或逻辑时,任意启用的力控等待条件激活即认为全局力控 等待条件被激活。

当力控等待条件激活逻辑中同时存在与逻辑与或逻辑是,任意或逻辑的力控等待条件激活 或者所有与逻辑的力控等待条件激活都会认为全局力控等待条件被激活。

全局力控条件激活

当全局力控条件满足条件并激活后,对应 Force 程序下的所有 Move 类运动程序都将被停止 并调过,如下图所示:

• =	Linipet.	10 00.	Ng L 18 MR) (Fores an	*	2360
	< n	orceControl.jspf *	Ø +	35.00	1.8		87
	ForceControl.jspf				M-	oveL模块	
	1 + 1729 2 Start 4 - Familian 5 - V + Moue 6 - Gaussi - Gaussi - Const 7 - Gaussi - Const 7 - Gaussi - Const 7 - C		2局力控導待条件激活 P止并过所有Move指令	#2028 d, wp2 X(mm) N/A Y(mm) N/A Z(mm) N/A Z(mm) N/A Z(mm) N/A Z(mm) N/A	• 2403	Hizburn RR() N/A RR() N/A R2() N/A	
0	3 • Core 3 • Move 1 • Move 2 • Move 10 • Move 10 • • Move 10 • • •		且入新的Force程序节点 目新开始末端力控规划	ensis Rabitelinen/s Rabitelinen/ Rabitelinen/ Source	100 1472) 1000 0		
118 58:36	-		6968		838		

5.8 ForceMove 程序

用户选择使用 ForceMove 程序,可以使机器人末端仅产生末端力控调整,而不会产生任何 Move 类运动,如下图所示:

• •	1,200 and 1	BH deb. Do	1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10) - Fe	as All	*	2260
		ForceControl.jsgif*		151	2.2		101
	ForceControl jugt*			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Fore	eMove	
108 135129	28 FX		SHDR		101	82	l

ForceMove 程序仅可被添加在 Force 程序下,用以实现纯末端力控移动。

当用户选择使用 ForceMove 程序时,末端力控会持续保持机器人末端位置/姿态基于力/力矩的调整,直到满足 ForceWait 程序条件后退出或用户手动停止/暂停。因此当用户选择使用ForceMove 程序时,应在 ForceMove 程序前添加 ForceWait 程序并正确配置条件参数,从而保证ForceMove 程序运行过程中能够满足力控等待条件并正常退出 ForceMove 程序运行接下来的程序。

5.9 末端力控编程示例

末端力控抛光打磨

设计机器人末端对某一曲面进行打磨,需要机器人末端在打磨开始时已与曲面产生10N的 打磨力并持续维持1s。在打磨力满足要求后,机器人末端沿着曲面进行打磨。打磨路径采用从 点A至点B至点C的两段支线路径。打磨过程中持机器人末端工具需要始终保持垂直于曲面切 线方向。

对应上述工况,设计末端力控编程程序示例如下:

1、需要机器人末端朝打磨曲面方向探索直到保持 10N 大小的接触力,采用 Force 程序进行 力控并配合 ForceMove 程序使用;

2、接触力在机器人工具坐标系中的方向为负,设定目标力为-10N,设定力控调整最大速度为默认值150mm/s,期望机器人以10mm/s的速度朝曲面运动,设置阻尼参数为1,实际工况中,若机器人末端始终无法与外界达到平衡,应调大阻尼参数;

3、选取力控工具坐标系与工件坐标系为默认坐标系,并选取力控参考坐标系为工具坐标 系,与设定目标里相对应;



4、由于采用 ForceMove 程序进行力控探寻,配合使用 ForceWait 程序监控力等待条件激活情况;

5、仅对力方向有等待条件需求, 仅启用力等待条件;

6、需要对Z方向上的力是否达到并保持-10N进行监控,选取相对便宜范围为正负2N,偏移范围的选取需要考虑实际工况中工具与打磨表面的接触刚度进行选取;

7、需要力保持 1s,即 1000ms,超时时间设定默认值 5000ms;

a marth	600		70135		1.8		PR	-
wwbase.jspf		_				力控等待		_
forcejspf					21	速度	カ	3
1 * 主程序		①月 日						
2 Soft III		电北/8	Det .		893	v	۲	_
		×	0	Ŧ	0	N		
Terrentinen III		Y	0	Ŧ	0	N		
5 Torra III		z	-10	=	2	N		
2 A A Mare		RX	0	1	0	Nm		
8 Movel wol		RY	0	1	0	Nm		
9 Movet wet		RZ	0	-	0	Nm		
		10(20)	(ms)		000	0	-	
		HERSESHI (ms)		5000		1		
		激活体	件					
		ħ						

8、执行 ForceMove 程序,机器人末端力控调整机器人末端朝曲面方向移动,无其他方向运动规划,当机器人接触到曲面,产生 10N 力并保持超过 1s,跳出当前 ForceMove 程序,执行后续程序;



9、再次开启末端力控功能, 使后续机器人 Move 类运动同时具有末端力控调整;

10、机器人打磨过程中继续保持与打磨曲面产生 10N 大小的接触力,在工具坐标系中方向为 Z-。同时为了保证机器人末端始终垂直于曲面切向,因此开启 RX 与 RY 旋转方向力控调整, 且参考力矩设为 0Nm,设置选装方向最大调整速度为 60°/s,阻尼参数则需要根据实际工况中的 曲面曲率以及打磨工具与曲面接触刚度进行调整;



11、Force 程序下的两行 Move 程序控制机器人以直线路径从点 A 运动至点 B 运动至点 C, 由于工具坐标系 Z 向上通过力控进行调整,因此推荐点 A 点 B 点 C 的示教点位为曲面正上方在 XY 平面中的点位,使得力控调整方向与运动控制方向解耦,尽可能同时保证两者的精度;

 torce_spit 	U +		610	28		R
wwbase.jspf					Force	
force.jspf			23	建度	SUR	力列区
1 * 主程序		×	0	150	N/Immyhi Nen/C/G	0
2 Start ···		O Y			1	
3 v force ···		a z	-10	150		0
4 ForceWait ···		E RY		60		0
S ForceMove ···					÷	
6 T Force ···	-	• K Y	0	00		0
7 🤨 Move 🚥		RZ				
8 MoveL up0 ····		IRR	5.所	default		
9 Movel. up1 ····		1#98	1.15	default		
		力投票者	PERK	IROSK		

基于上述编程示例,机器人实际运动工况示意图如下图所示:

