doMotion 控制系统用户手册

版本号：V3.0

目录

前言.....错误！未定义书签。
目录.....1
第一章　控制系统介绍.....1
1.1　系统组成.....1
1.1.1　全触屏手持示教器.....1
1.1.2　工控机.....1
1.1.3　数字 IO 模块.....2
1.1.4　驱动器.....3
1.2　系统连接.....4
1.3　脉冲版方案.....5
第二章　基本设置及操作.....7
2.1　启动示教器.....7
2.2　机器人参数设置.....7
2.2.1　驱动参数.....8
2.2.2　模型参数.....9
2.2.3　运动参数.....12
2.2.4　比例参数.....13
2.3　打开系统.....13
2.4　机器人零位设置.....14
2.4.1　手动置零.....14
2.4.2　自动置零.....15
2.5　关闭系统.....15
第三章　基本示教方法.....16
3.1　点动.....16
3.1.1　关节空间点动.....16
3.1.2　末端笛卡尔直角空间点动.....17

3.2 步进.....18
3.3 其他示教操作.....18
第四章 坐标系介绍.....19
4.1 机器人坐标系系统.....19
4.2 描述坐标系方法.....20
4.3 设置坐标系.....23
4.4 坐标系标定.....24
4.4.1 用户坐标系标定.....24
4.4.2 工具坐标系标定.....24
第五章 程序调试和运行.....28
5.1 编程综述.....28
5.2 文件操作.....29
5.3 语句操作.....29
5.4 工作模式.....29
5.4.1 示教模式.....30
5.4.2 再现模式.....30
5.5 变量.....31
第六章 编辑轨迹.....32
6.1 编辑轨迹综述.....32
6.2 相关变量.....32
6.2.1 JOINT 类型变量.....32
6.2.2 TERMINAL 类型变量.....33
6.2.3 FRAME 类型变量.....34
6.3 坐标系切换.....35
6.4 编辑运动轨迹.....36
6.4.1 直线运动.....36
6.4.2 圆弧运动.....38
6.4.3 关节运动.....39

6.4.4 样条运动 MOVB..... 42
6.4.5 参数解释..... 43
第七章 逻辑指令..... 45
7.1 逻辑指令综述.....45
7.2 相关变量.....45
7.2.1 INT 类型变量.....45
7.2.2 DOUBLE 类型变量..... 46
7.2.3 BOOL 类型变量..... 46
7.3 添加逻辑指令.....47
7.3.1 循环指令 FOR.....47
7.3.2 条件循环指令..... 48
7.3.3 判断指令..... 49
7.3.4 延时指令..... 51
7.4 变量计算.....51
7.5 子函数.....53
7.5.1 创建子函数..... 53
7.5.2 调用子函数..... 54
第八章 IO 操作..... 56
8.1 IO 功能综述..... 56
8.2 添加 IO 指令.....56
8.2.1 IO 输入..... 56
8.2.2 IO 输出..... 57

第一章 控制系统介绍

1.1 系统组成

doMotion 系列机器人控制系统由**示教器、工控机、驱动器和 IO 模块**组成。用户购买的 doMotion 基本版控制系统包含示教器和工控机；同时，用户可以选配 IO 模块，以及根据电机型号适配驱动器。

1.1.1 全触屏手持示教器

图 1 全触屏手持示教器

示教器如图 1 所示，采用全触屏手持设计，降低用户操作和使用难度，面向机器人协作化、智能化发展方向。详细参数见表 1。

表 1 示教器参数

液晶	10 寸 TFT 1024 x 768
触摸	加固型 4 线电阻式
操作系统	Linux (3D 支持)
虚拟键盘	支持
外接 USB	2.0 x 1
电源模块	12V，30W
防护等级	IP65

1.1.2 工控机

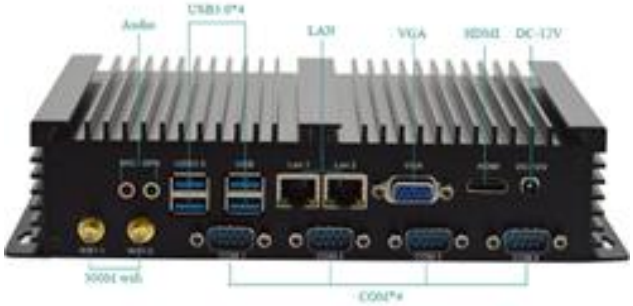

图 2　工控机

控制器工控机如图 2 所示；采用 Linux 内核和工业级的实时内核结合的操作系统架构，支持任意标准 EtherCAT 协议的驱动系统和数字 IO 模块扩展，详细参数见表 2。

表 2　工控机参数

硬件参数	双核 1.8GHz CPU，集成 GPU，内存 2GB，用户存储 4GB
控制伺服	总线式（EtherCAT）
控制轴数	6 轴
扩展接口	16 路数字量输入+ 16 路继电器输出
操作模式	示教、再现、远程，支持二次开发
运动功能	关节、直线、运算、圆弧、NURBS 样条、复杂曲线连续运动
指令系统	运动、逻辑、I/O、流程、工艺
坐标系统	关节坐标、直角坐标、用户坐标、工具坐标、基坐标
适配机型	标准 6 轴、UR 型
电源模块	DC 12V，30W
工作环境	温度 0℃~50℃（无冻结），湿度：10%-90%（无结露）

1.1.3 数字 IO 模块

图 3　数字 IO 模块

IO 模块用于机器人系统与工业现场各种工装设备的通讯互联；doMotion 控制系统采用支持 EtherCAT 协议的数字 IO 模块作为扩展接口，如图 3 所示；详细的参数见表 3。

表 3　数字 IO 模块规格

数字量输入	
通道数	16
输入类型	PNP
滤波时间	0.5ms
额定电平	24VDC (-15%/+20%)
“1”信号电平	15~30VDC (7mA)
“0”信号电平	0~5VDC
端口防护	过压冲击保护
数字量输出	
通道数	16
输出类型	继电器（无源干接点）
额定电平	30VDC/250VAC
“1”信号电平	继电器干接点闭合
“0”信号电平	继电器干接点断开
最大输出电流（单通道）	1A
最大冲击电流（单通道）	2A
最大总输出电流	16A
触点接触电阻	小于 0.05 欧姆

1.1.4 驱动器

doMotion 控制系统支持多种 EtherCAT 总线架构的电机驱动器。

清能德创 CoolDrive R/RC

台达 ASDA A2-E

汇川 IS620N

1.2 系统连接

图 4 展示了 doMotion 控制系统 EtherCAT 总线型控制方案的连接方法；整体系统由示教器、工控机、驱动器、数字 IO 模块以及机器人本体构成。

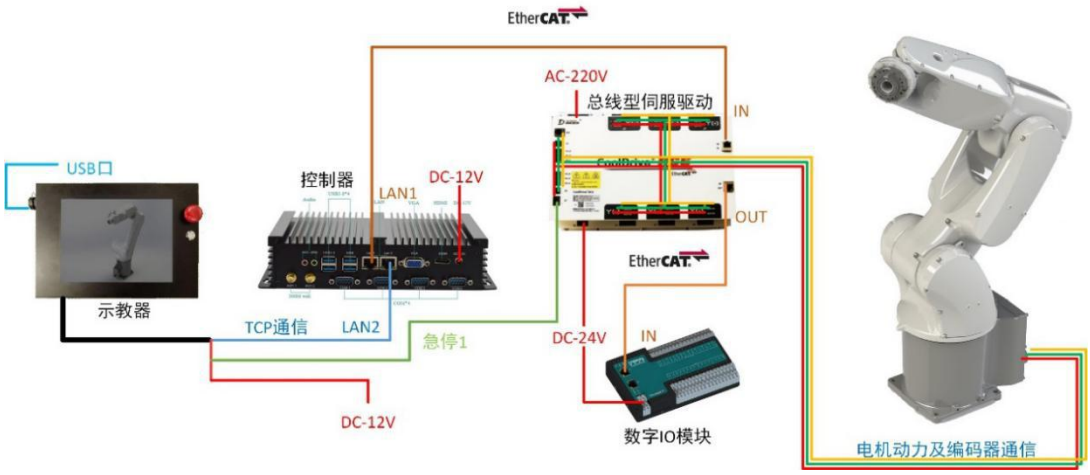

图 4 EtherCAT 总线型机械臂控制系统方案

示教器的左上角为 USB 口，左下角的引出线缆包括三股，双绞网线（TCP 通信）接到控制器的网口 LAN2，急停 1 接到驱动器对应的急停 1 端口，供电线接 DC-12V 电源；工控机的网口 LAN1 接到驱动器的网口 IN（EtherCAT 协议）；驱动器的网口 OUT 用网线连接到数字 IO 模块的网口 IN；驱动器和本体之间的动力线及编码器线连接参考驱动器手册。**务必保证接线正确。**

电源规格方面，示教器和控制器的供电为 DC-12V（不小于 5A），数字 IO 模块的供电和驱动器的控制电压都是 DC-24V（不小于 5A），驱动器的动力电源为 AC-220V（不小于 10A）。

1.3 脉冲版方案

脉冲版控制系统，专门针对各类步进、伺服系统。脉冲版控制系统配备了工业级的软件和 DeX-Platform 开发平台，具备强大的功能和可拓展性。

图 5 展示了脉冲版运动控制系统设计图，由 Mocon 运动控制卡、触屏示教器和教育级主控板共三部分构成。触屏示教器和主控板之间是 Ethernet 网线连接，采用 TCP 协议通信；主控板和 Mocon 运动控制卡之间是 USB 转 485 串口线连接，采用串口通信。

图 5 教育版控制系统方案

脉冲版系统配备由高性能 FPGA 运动控制板卡 Mocon，支持各类步进、伺服电机驱动器，可广泛适配各类教育级、桌面级和 3D 打印类机械臂本体。

表 4 Mocon 运动控制板卡参数

整体尺寸 220×170×30mm	9 轴步进或数字式伺服控制
默认通讯周期 15ms	16 路通用输入开关信号
输出脉冲频率 500KHz	16 路通用输出开关信号
电机正反转方向可选	1 路抱闸控制信号
兼容单端和差分信号驱动器	485 串行通讯
高性能 FPGA 芯片	24V 电源输入
过流保护	输出脉冲 5V\24V 可选
单轴两路限位开关	单轴使能和错误中断

表 5 触屏示教器参数

液晶	10.1 寸 TFT 1280 x 800
触摸	电容屏
操作系统	Linux（支持 3D 仿真）
虚拟键盘	支持
外接 USB	2.0 x 1
电源模块	5V，10W

表 6　主控板参数

硬件参数	双核 1.8GHz CPU，集成 GPU，内存 2GB，用户存储 4GB
控制伺服	通用脉冲型（步进电机）
控制轴数	6 轴
操作模式	示教、再现、远程，支持二次开发
运动功能	关节、直线、运算、圆弧、NURBS 样条、复杂曲线连续运动
指令系统	运动、逻辑、I/O、流程、工艺
坐标系统	关节坐标、直角坐标、用户坐标、工具坐标、基坐标
适配机型	标准 6 轴、UR 型
电源模块	DC 5V，10W
工作环境	温度 0℃~50℃（无冻结），湿度：10%-90%（无结露）

第二章　基本设置及操作

2.1　启动示教器

按下示教器电源开关后，系统开机并自动进入如下图 6 所示的界面。此时系统尚未完全打开，大部分按键处于灰色不可点击状态。

点击左上角【连接系统】按钮。

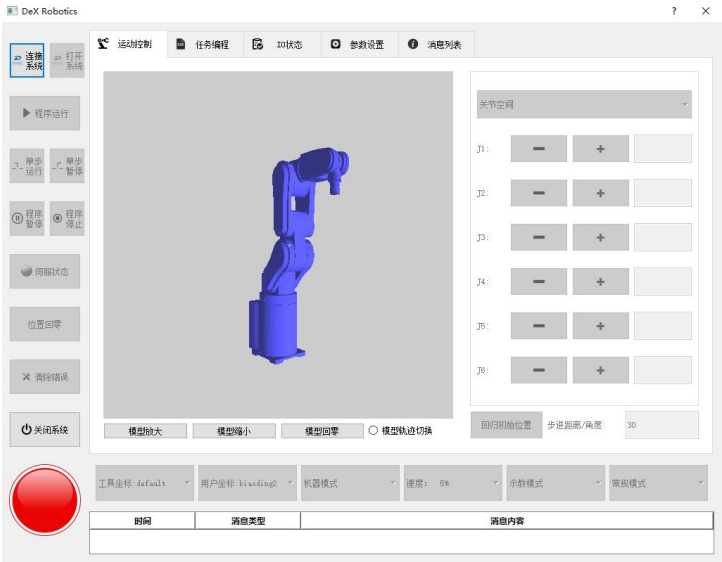

图 6　开机界面

2.2　机器人参数设置

切换到【参数设置】标签页下，如图 7 所示。

图 7　参数设置界面

【基本参数】中包含【机器人构型】,【通信类型】和【指令周期】设置项。**注意：此三项设置一般在出货前已经设置好，如欲更改请与我们联系。**

选择【机器人设置】标签页，左上角下拉选项有【驱动参数】、【模型参数】、【运动参数】和【比例参数】四类设置。**注意，进行本节的所有设置时，输入完成后都需要点击右上方【保存参数】按钮进行保存。**

2.2.1 驱动参数

驱动参数设置页面如图 8 所示。

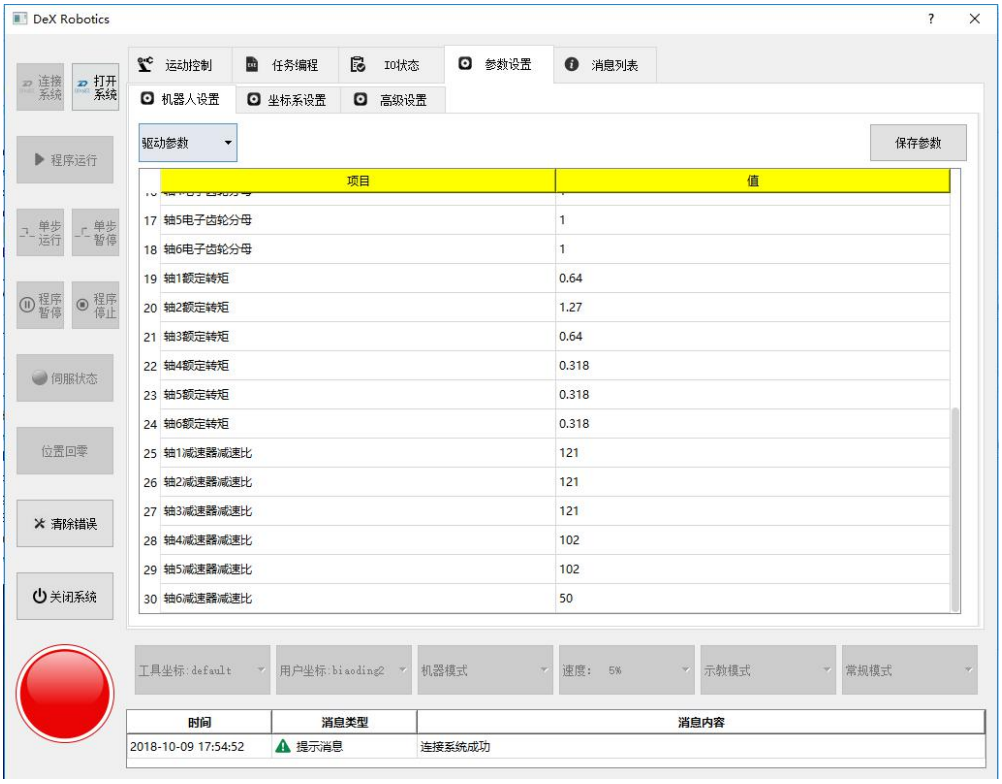

图 8　驱动参数设置界面

驱动参数有以下几部分组成：

1) **轴编码器分辨率：**轴编码器分辨率需根据各轴电机手册参数设置填写。
2) **轴电子齿轮分子/分母：**轴电子齿轮分子/分母需根据电机和驱动器手册参数设置填写。
3) **轴额定转矩：**轴额定转矩需根据各轴电机手册参数设置填写。
4) **轴减速比：**轴减速比需根据机器人实际情况设置填写。

2.2.2 模型参数

模型参数即工业机器人的 DH 参数，设置界面如图 9 所示。“alpha”、“a”、“d”和“theta”为每个连杆需要设置的四个运动学参数。

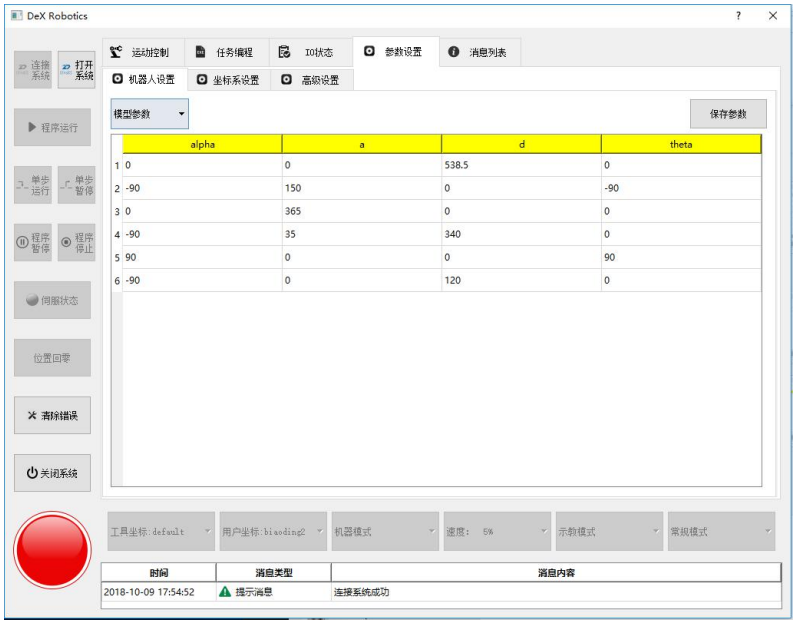

图 9　模型参数设置界面

doMotion 系列控制系统内置两种六轴工业机器人构型：常规型和协作型。**常规型**机器人构型如图 10 所示，所示构型同时为常规型机器人零位构型。

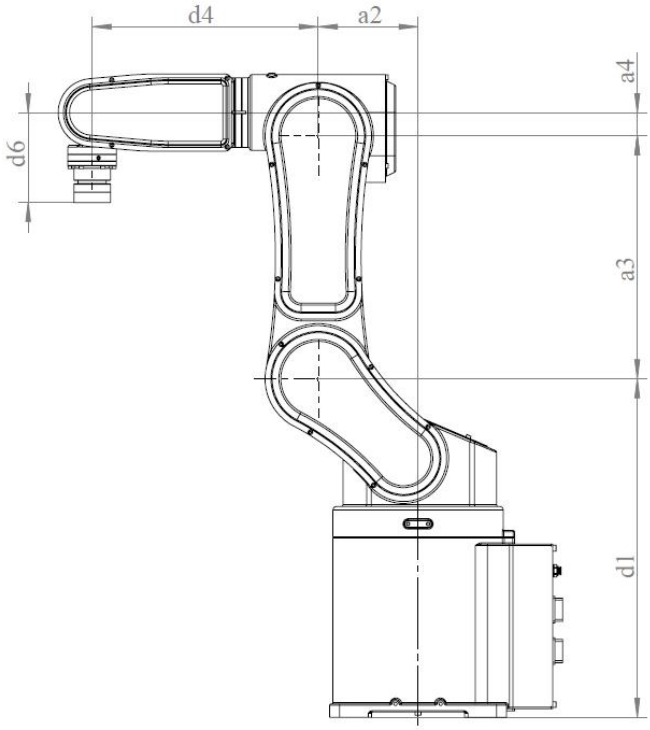

图 10　常规型机器人构型

常规型机器人 DH 参数如表 7 所示。一般情况下，alpha 和 theta 为表中数值不可改变；a 和 d 中的所有为零项也不可改变，非零项根据机器人实际尺寸对应图 10 填写。

表 7　常规型机器人 DH 参数表

序号	$\boldsymbol{\alpha_i}$（°）	$\boldsymbol{a_i}$（mm）	$\boldsymbol{d_i}$（mm）	$\boldsymbol{\theta_i}$（°）
1	0	0	d_1	0
2	-90	a_2	0	-90
3	0	a_3	d_3	0
4	-90	a_4	d_4	0
5	90	0	0	90
6	-90	0	d_6	0

注：绝大多数常规构型工业机器人的 d3 为 0，若有偏置根据实际结构参数填写

协作型机器人构型如图 11 所示，所示构型同时为协作型机器人零位构型。

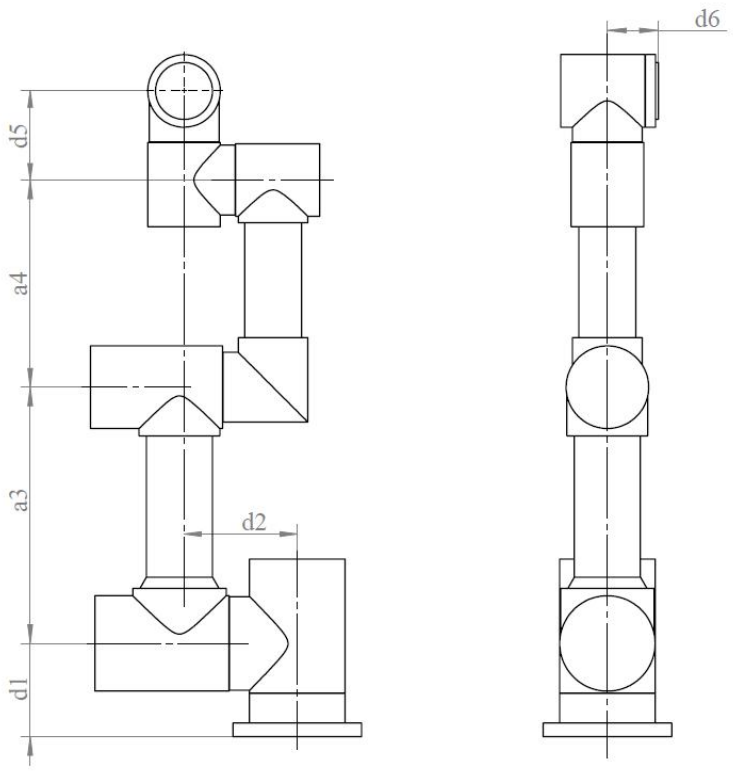

图 11　协作型机器人构型

协作型机器人 DH 参数如表 8 所示。与常规型一样，a 和 d 中的非零项根据机器人实际尺寸对应图 11 填写，其余保持表格数值。

表 8　协作型机器人 DH 参数表

序号	$\boldsymbol{\alpha_i}$（°）	$\boldsymbol{a_i}$（mm）	$\boldsymbol{d_i}$（mm）	$\boldsymbol{\theta_i}$（°）
1	0	0	d_1	0
2	-90	0	$-d_2$	-90
3	0	a_3	0	0
4	0	a_4	0	90
5	90	0	d_5	90
6	90	0	d_6	0

输入模型参数的同时，还需要确保各轴正负旋转向正确。**设置旋转方向通常需要在电机驱动器上操作。**常规型机器人各轴正方向如图 12 所示。

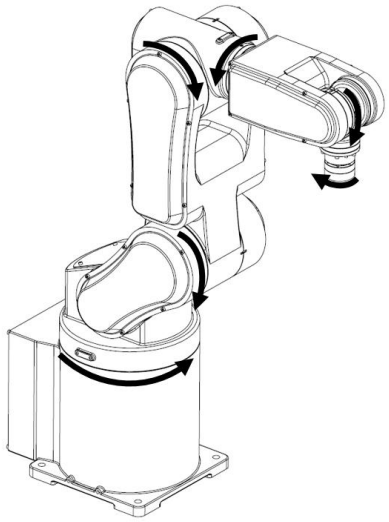

图 12　常规型各关节旋转正方向

协作型机器人各轴正方向如图 13 所示。

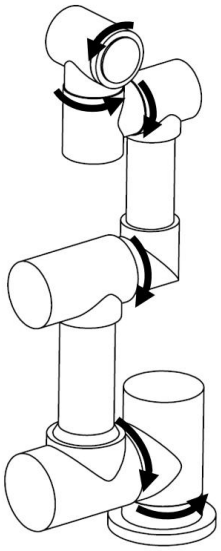

图 13　协作型各关节旋转正方向

2.2.3 运动参数

运动参数界面如图 14 所示，此部分设置关系到机器人运动效率、性能和使用寿命，过大的数值可能会导致机器人使用寿命降低及较差的运动效果，需根据工作任务需求、机器人本体刚度以及减速器和伺服电机性能谨慎设置。

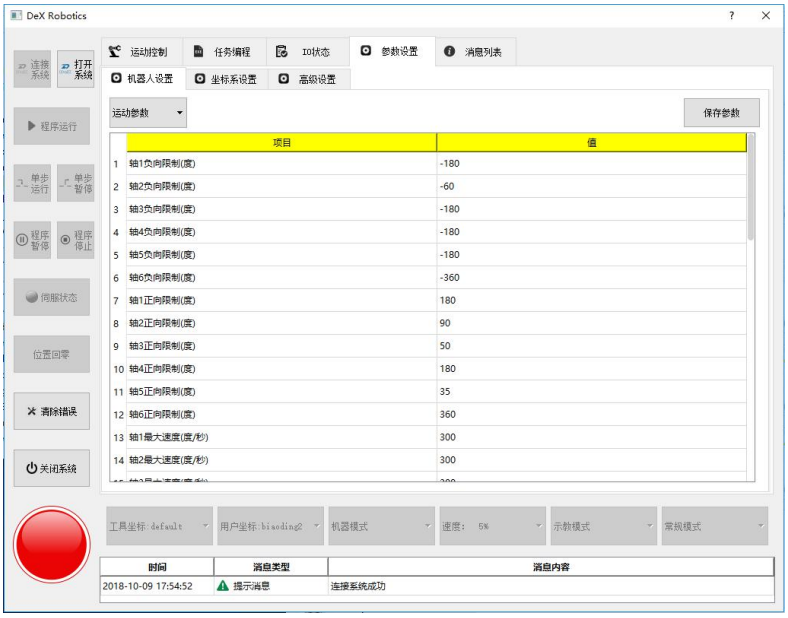

图 14　运动参数设置界面

运动参数由以下几部分组成：

1) **轴正/负向角度限制：**根据机器人实际结构和尺寸情况设置各关节正负软限位。

2) **轴最大速度/加速度/冲击限制：**根据机器人本体性能和工作需求谨慎设置各关节最大速度、加速度和冲击。注意，过小的设置会导致机器人无法进行较高速运动；过大的设置可能会造成机器人使用寿命下降甚至本体损伤。

3) **笛卡尔空间正/负向限制：**根据机器人臂长和工作空间要求设置笛卡尔空间 X\Y\Z 范围限制。

4) **笛卡尔空间速度/加速度/冲击限制：**笛卡尔空间运动由“末端位移”，“沿 Z 轴选择”和“沿 X 轴旋转”三项（此三项几何意义详见第四章）构成。与关节空间设置类似，笛卡尔空间运动性能限制数值需根据机器人本体谨慎设置。

2.2.4 比例参数

比例参数界面如图 15 所示。比例参数可进一步调节机器人关节空间和末端笛卡尔空间运动的速度、加速度及冲击；输入范围为 0—1，表示在【运动参数】“轴最大速度/加速度/冲击限制”和“笛卡尔空间速度/加速度/冲击限制”数值的基础上，再乘上的比例系数，作为当前最大性能限制；轨迹规划时，以乘上此比例之后的数值为性能限制值计算。

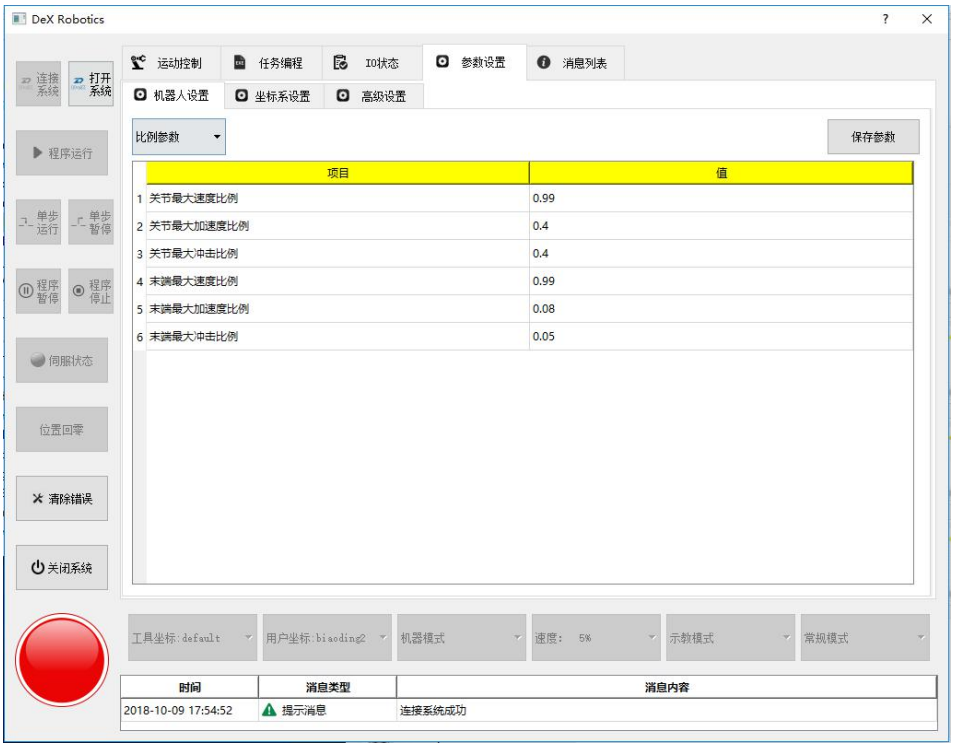

图 15　性能参数设置界面

2.3　打开系统

设置完成之后，点击图 6 左侧最上方【打开系统】按钮，进入等待系统初始化状态；待系统初始化完成后，底部信息提示“打开系统成功”，整个界面变亮，如图 16 所示。

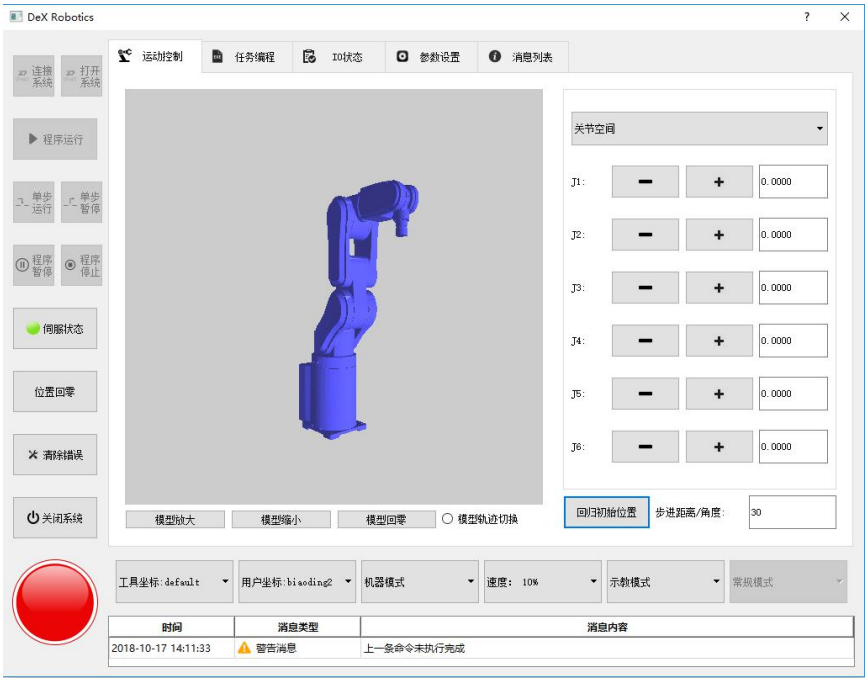

图 16　打开系统成功界面

系统初始化后，还无法直接控制机器人运动。点击图 16 左侧灰色的【伺服使能】按钮，之后指示灯图标变绿，表示伺服打开成功。之后即可开始正常使用。

2.4　机器人零位设置

机器人零位是另一块需要在系统正式启动前设置好的项目，需要在【参数设置】中的【高级设置】页面下进行，如图 17。有手动置零和自动置零两种方式。

2.4.1 手动置零

按照以下步骤操作设置零位：

1) 切换到【运动控制】页面下进行示教操作（具体示教方法见第三章），将机器人调节至图 10 或图 11 所示的机器人零位位置；
2) 关闭【伺服状态】;
3) 切换回【参数设置】页面下的【高级信息设置】，点击部分轴或全部的【置零】按钮；
4) 提示置零成功。

图 17　置零界面

置零成功之后，可以切换到【运动控制】页面下，观察机器人三维模型是否回到零位。

2.4.2 自动置零

自动置零功能需要在机械臂各轴加装接近开关，并且连接系统 IO。当轴转动触发接近开关时停止，并自动回零。在【高级设置】页面下，在“回零设置”处按照顺序填写希望各轴回零的顺序，以及自动旋转速度；在“重置当前位置”处填写各轴接近开关距离零位的角度值。

设置完成之后，点击右侧边栏【位置回零】按钮，则机械臂开始按顺序回零，当触发接近开关后停止。当六个轴都停止后，当前的关节角度即“重置当前位置”处填入的值，若此值精确，则回零以后将会回到各轴的零位。

2.5　关闭系统

在关闭整个系统前请点击关闭【伺服使能】按钮，确认无误后，点击【关闭系统】，并确认是否正常关机。

第三章　基本示教方法

3.1　点动

打开系统并伺服使能之后，即可进行示教-编程操作。示教操作在【运动控制】页面下进行。

点动是最常用的示教操作方法，分为关节点动和末端点动两种方式。

3.1.1 关节空间点动

在【运动控制】页面中，左半部分为机器人三维模型，右半部分为**示教按钮**（-为负向，+为正向），如图 18 所示。在示教按钮上方的下拉框中选择“关节空间”，即选中了关节空间点动功能。此时，点击各个轴对应的“-”、“+”按钮即可对机器人各个轴进行点动操作：按键按下开始运动，放开停止。

页面下方选择“速度”百分比可以调节点动速度。

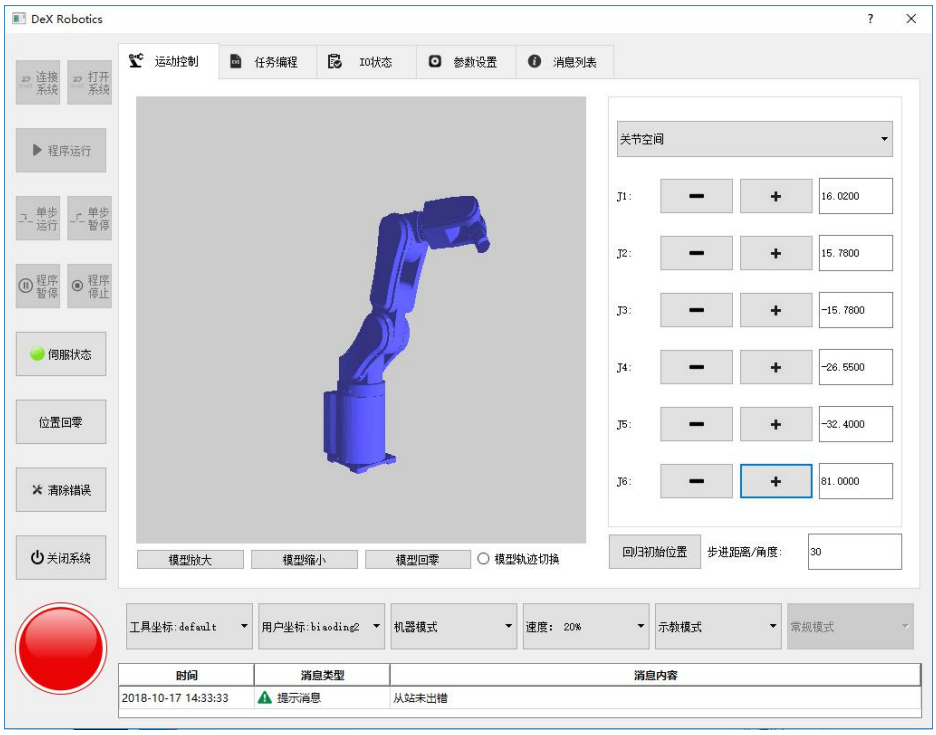

图 18　关节点动

3.1.2 末端笛卡尔直角空间点动

在示教按钮上方的下拉框中选择“直角”，即选中了末端笛卡尔直角坐标系中的点动功能，如图 19 所示。此时，点击各个轴对应的“-”、“+”按钮即可对笛卡尔直角坐标系的六个分量：X 方向，Y 方向，Z 方向，A 角，B 角和 C 角进行点动操作；同样可下方选择“速度”百分比条调节速度。

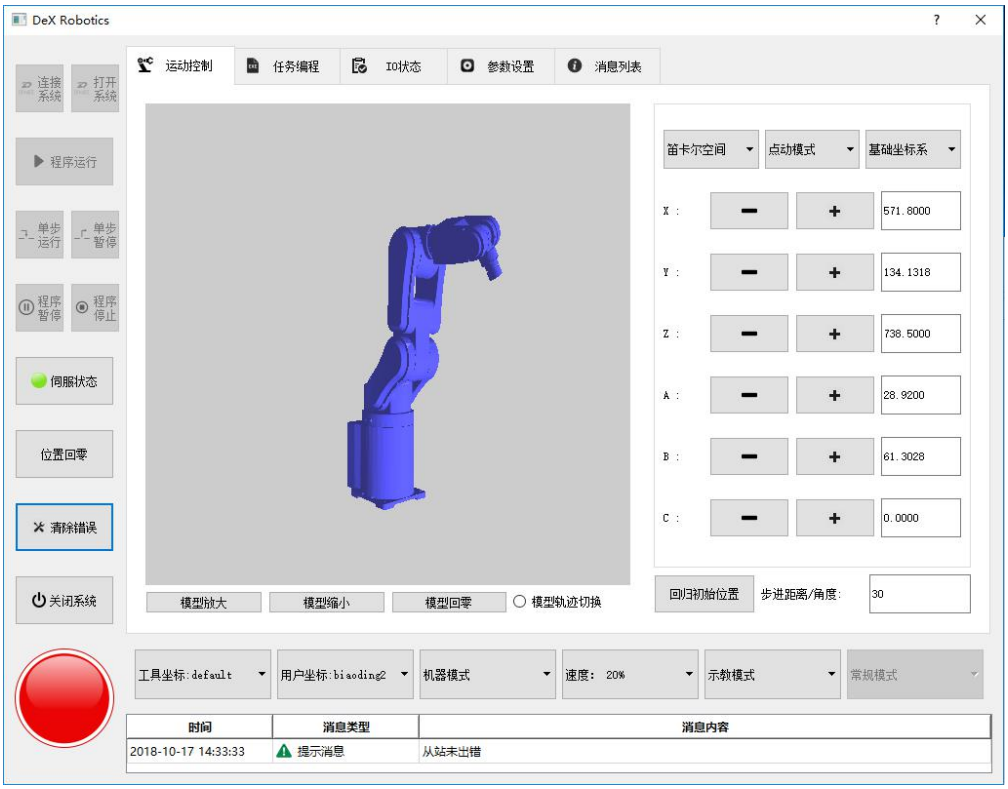

图 19　笛卡尔直角空间点动

与关节空间相比，笛卡尔直角空间多了选择坐标系一项，表示可在不同的坐标系下进行笛卡尔空间的运动（关于坐标系的详细介绍见第四章）。在【点动】后面的下拉框中可选择“基坐标系”、“用户”和“末端”三种参考坐标系：

1) **基坐标系**即机器人默认的坐标系，其位置与机器人 DH 参数建模相关；
2) **用户坐标系**是用户可以自行标定和使用的坐标系，可在【参数设置】的【坐标系设置】页面下添加或标定用户坐标系；并在【运动控制】页面左下方的“用户坐标”下拉框中选择当前操作需要的用户坐标系；
3) **末端坐标系**是机器人当前末端工具的坐标系。

3.2 步进

在笛卡尔直角坐标系模式下可选择“步进”示教模式：在示教按键下方的“步进距离/角度”处可设置步进的步长（当步进 X,Y,Z 时步长单位为 mm，步进 A,B,C 角时步长单位为度）。此时，点击示教“-”、“+”按钮即可让机器人末端沿着各个方向步进输入的距离或角度。同样的，步进速度可通过选择“速度”百分比调节。

3.3 其他示教操作

【运动控制】页面中，示教按钮下方有【回归初始位置】按钮，使机器人从当前位置回到零位，速度通过下方选择“速度”百分比调节。

注意：

此功能必须谨慎使用，必须保证机器人从当前位置移动到零位过程中不会碰到障碍物造成损害。

页面中的**三维仿真模型**可实时显示机器人运动。下方有【模型放大】,【模型缩小】【模型回零】和【模型/轨迹切换】选项。同时，可滑动模型界面改变视角，【模型回零】使三维模型视角回到初始位置。【模型/轨迹切换】可选择三维视图内是显示机器人模型还是末端运动轨迹。

第四章 坐标系介绍

4.1 机器人坐标系系统

坐标系系统是机器人控制系统中非常重要的概念，它会影响大部分示教操作和运动轨迹动作。doMotion 系列控制系统主要有三类坐标系概念：基坐标系，工具坐标系和用户坐标系，如图 20 所示。

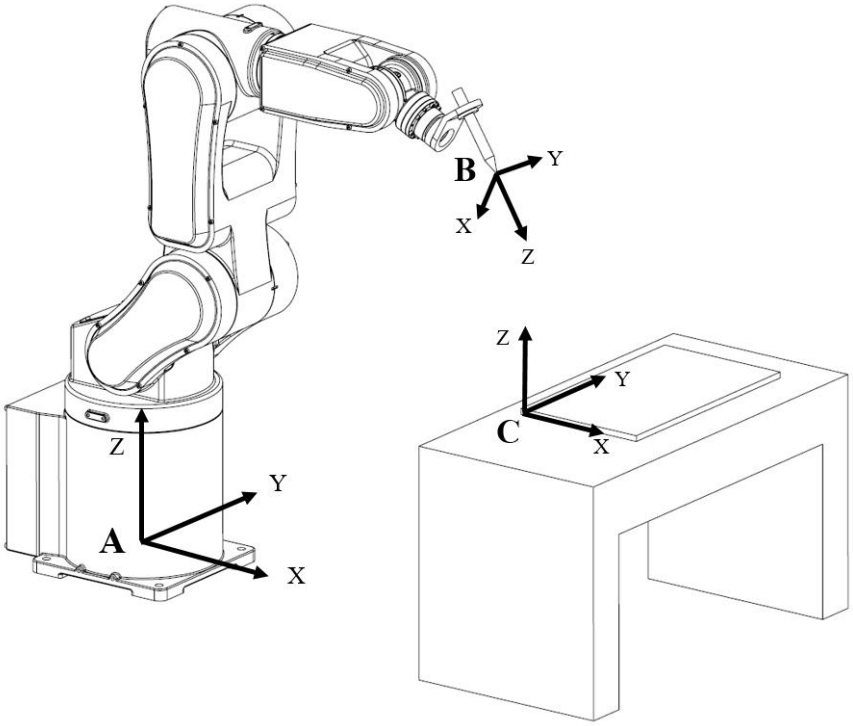

图 20 机器人坐标系系统图

A. **基坐标系**。机器人基坐标系在建立机器人 DH 模型时决定，一般在基座处。在简单应用中，可以在机器人基坐标系下编程。

B. **工具坐标系**。安装在末端法兰盘上的工具需要工具坐标系来定义它的工具中心点（TCP）。更换工具时，只需要重新定义工具坐标系便可在新工具下完成原有任务。doMotion 控制系统相对于法兰坐标系描述工具坐标系。

C. **用户坐标系。**机器人可能需要在工作台上多个工件位置处进行工作，这时可以定义用户坐标系。当更换不同的工件位置时，只需变换相应的用户坐标系即可。doMotion 控制系统相对于基坐标系描述用户坐标系。

4.2 描述坐标系方法

三维笛卡尔空间物体具有六个自由度，因此最少需要六个相互独立的量描述一个空间坐标系。其中，X,Y,Z 是坐标系原点的位置坐标，非常简单直观；但描述空间姿态（A,B,C 角）就具有一定难度。

doMotion 系列控制器中对坐标系姿态的描述和设定方式与传统控制器略有不同。传统控制器一般采用**欧拉角或四元数**描述空间姿态，而**本控制器采用经纬角方式**。与欧拉角相比，采用经纬角方式描述姿态更易于示教，且不存在欧拉角之间相互耦合和万向节锁死等缺点；与四元数相比，经纬角更直观、且能够直接输入坐标系值。

经纬角方式描述坐标系姿态分为两个部分：坐标系 Z 轴方向部分和绕 Z 轴自身旋转部分（即 X 轴方向）。两部分是相互解耦的。当描述 Z 轴方向时，可以认为 Z 轴的顶点在以坐标系原点为圆心的单位球面上运动，因此，用**球面经纬坐标系**的方法即可唯一确定 Z 轴的方向；当 Z 轴方向确定，再绕其自身旋转，即可确定 X 轴方向，从而使坐标系到达空间中任意的姿态。

与欧拉角类似，经纬角方式描述姿态同样需要三个角度，在控制器中分别为 A、B、C。其中，A 为纬度角，B 为经度角，C 为自转角。经度角和纬度角在单位球面上确定了一点，从球心指向这一点的向量便确定了坐标系的 Z 轴；当 Z 轴确定，再使坐标系绕 Z 轴旋转即可确定其余两轴方向，这个需要旋转的角度用 C 角（自转角）描述。

根据单位齐次矩阵：

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

可确定基准坐标系。以基准坐标系的原点为球心、Z 轴顶点为球面北极点、球面 0 度经线过 X 轴顶点建立单位球体，如图 21 所示。

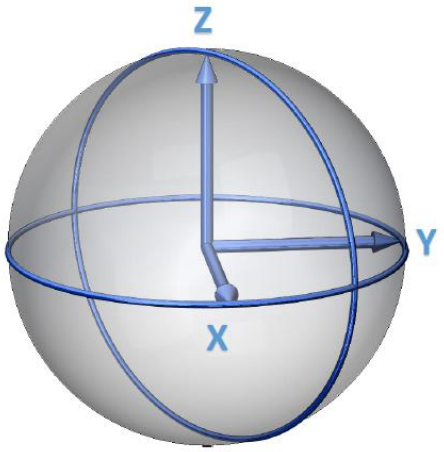

图 21　基准坐标系单位球体

以下为 A,B,C 角定义方法：

纬度角 A：纬度角顾名思义，是姿态坐标系 Z 轴沿同一经线移动、继而纬度变化的角度。与地球纬度定义不同的地方是，控制器纬度 0 点不是从赤道开始，而是从单位球面的南极点开始，到北极点为 180°，范围即 0°至 180°，如图 22 所示。

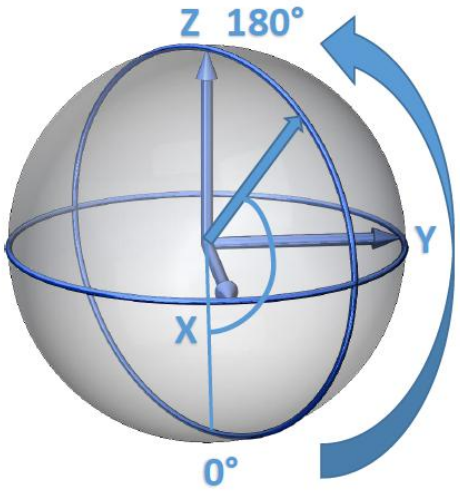

图 22　纬度角定义

经度角 B：经度角是姿态坐标系 Z 轴沿同一纬线移动、继而经度变化的角度。0 经度线定义为经过基准坐标系 X 轴正向顶点的经线。与地球仪类似，东经 180°线和西经 180°线重合。范围即-180°（西经 180°）至 180°（东经 180°），如图 23 所示。

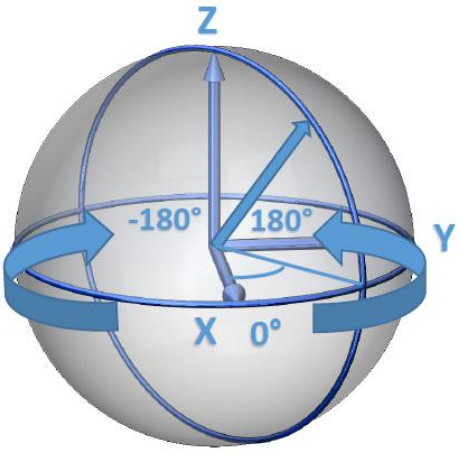

图 23　经度角定义

自转角 C：当经纬度确定之后，坐标系 Z 轴的指向就确定了，此时还剩下绕自身 Z 轴旋转的角度。此角度可用坐标系 X 轴间的角度定义；其中，X 轴 0°位置定义为将基准坐标系 Z 轴旋转到和当前坐标系 Z 轴重合时、基准坐标系 X 轴的位置。自转角的范围为-180°至 180°，如图 24 所示。

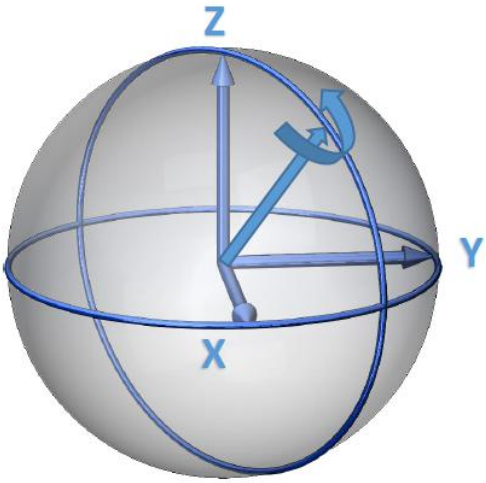

图 24　自转角定义

根据经纬角的定义可以，此方法描述姿态存在两个奇异点：南极点和北极点。在这两个点上，纬度分别为 0°和 180°，但经度无法定义。控制器规定当纬度为 0°和 180°时，经度为 0°。

由定义可知，**基准坐标系的姿态用经纬角方式描述为（180°，0°，180°）。**

4.3 设置坐标系

切换到【参数设置】页面下，选择【坐标系设置】标签页，如图 25 所示。

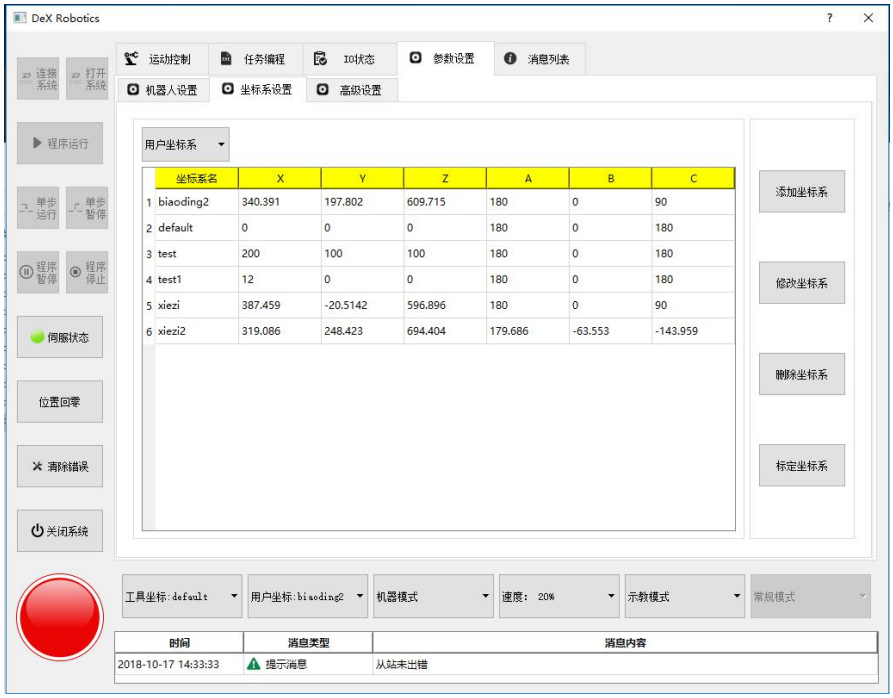

图 25 设置坐标系

按照如下步骤设置添加坐标系：

1) 页面左上方下拉框中选择【用户坐标系】或【工具坐标系】;

2) 点击右侧【添加坐标系】按钮，输入“坐标系名”（注意区分类别，如可在用户坐标系前加前缀 user，在工具坐标系前加前缀 tool）;

3) 在下方输入框中输入数值，顺序依次为 X（mm），Y（mm），Z（mm），A（°），B（°），C（°）；**注意，若想创建基准坐标系应输入（0,0,0,180,0,180）。**

4) 点击【确定】按钮完成坐标系添加。

选中一个坐标系，点击【修改坐标系】按钮，可修改数值；点击【删除坐标系】按钮并确定可删除此坐标系。

在页面左下方的【用户坐标】和【工具坐标】选择下拉框中可以根据名字选择添加的坐标系；这里选择的坐标系结果将会体现在示教和采点过程中，以及在编程过程中设置【坐标系切换】指令，详情参考第六章内容。

4.4 坐标系标定

4.4.1 用户坐标系标定

在【坐标系设置】页面里选择【用户坐标系】，点击右侧【标定坐标系】按钮，跳转到图 26 所示画面。

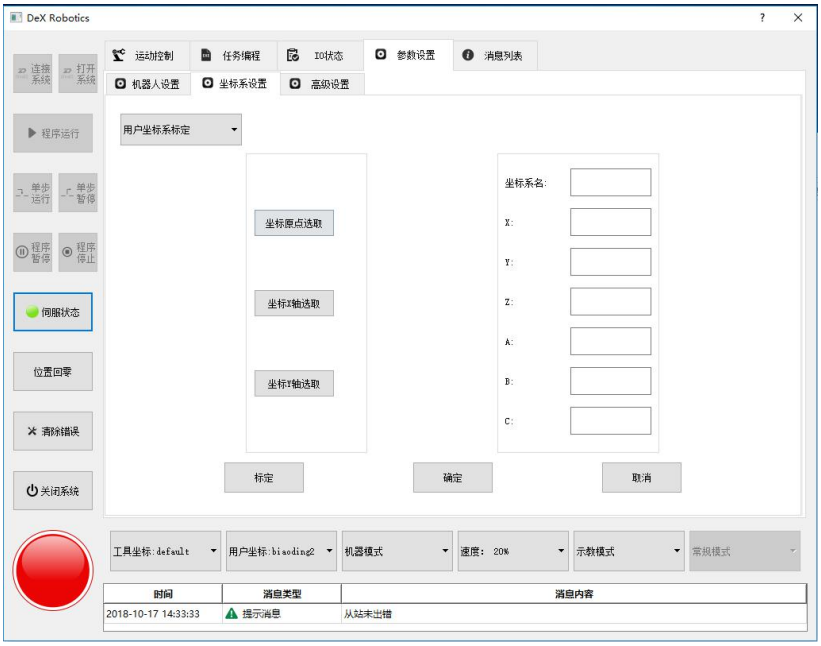

图 26　用户坐标系标定

按照以下步骤进行标定操作：

1) 填写“坐标系名”；
2) 切换到【运动控制】页面，移动机器人末端点到欲标定坐标系的原点，返回【参数设置】页面，点击【坐标原点选取】按钮，按钮中文字变为【√坐标原点选取】；
3) 示教末端点移动到欲标定坐标系 X 轴上一点，点击【坐标 X 轴选取】；
4) 示教末端点移动到欲标定坐标系 Y 轴上一点，点击【坐标 Y 轴选取】；
5) 点击下方【标定】按钮，显示标定结果；
6) 确认标定结果无误后，点击【确定】按钮，返回设置【用户坐标系】页面；

4.4.2 工具坐标系标定

标定工具坐标系时一般采用“定点变姿态”的方式，将欲标定的工具坐标系

中心点以各种姿态对尖一个固定点，如图 27 所示。

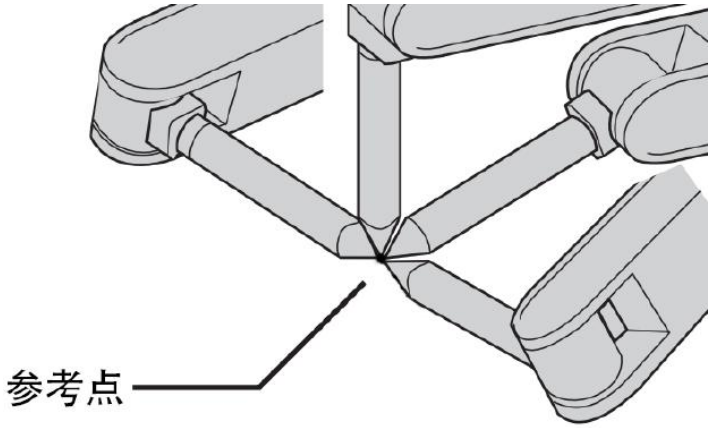

图 27　工具坐标系标定方法

在【坐标系设置】页面里选择【工具坐标系】，点击右侧【标定坐标系】按钮，跳转到图 28 所示画面，坐上侧框中可以选择三种方式：【TCP 标定】，【TCP+Z 标定】和【TCP+Z/X 标定】。

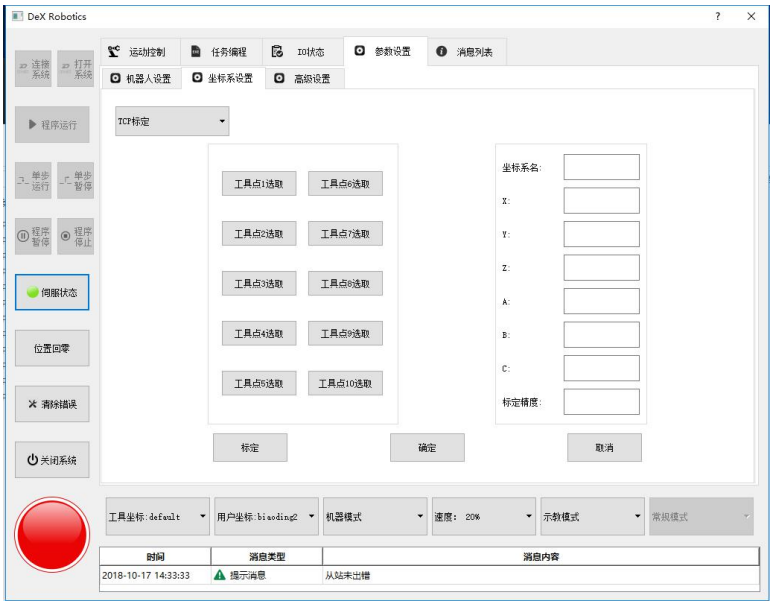

图 28　工具坐标系标定

4.4.2.1 TCP 标定

【TCP 标定】模式下只标定工具坐标系中心点，而不标定坐标系轴。按照以下步骤进行标定操作：

1) 填写“坐标系名”；

2) 切换到【运动控制】页面，移动机器人工具坐标系中心点到对尖一个固定的参考点，返回【参数设置】页面，依次点击【工具店选取】按钮；

3) 重复上述动作 10 次，将 10 个框点满；注意，对尖姿态相差越大结果越准确；

4) 点击下方【标定】按钮，显示标定结果；

5) 确认标定无误后，点击【确定】按钮，返回设置【工具坐标系】页面；

4.4.2.2 TCP+Z 标定

【TCP+Z 标定】模式下标定工具坐标系中心点和坐标系 Z 轴。标定的基本方法和顺序和“TCP 标定”模式一样，区别在于在标定完中心点的 10 个对尖点之后，还需要移动到工具坐标系 Z 轴向量原点和 Z 轴正向上一个点，以确定 Z 轴方向，如图 29 所示。

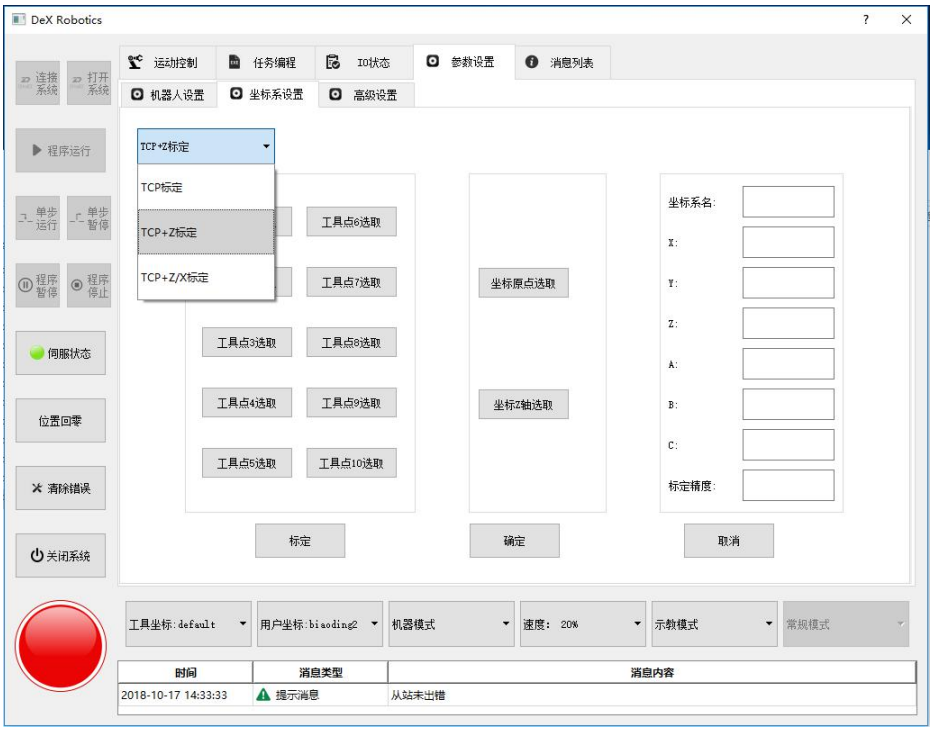

图 29 TCP+Z 标定模式

4.4.2.3 TCP+Z/X 标定

【TCP+Z/X 标定】模式下标定工具坐标系中心点、坐标系 Z 轴和 X 轴。标定的基本方法和顺序和“TCP+Z 标定”模式一样，区别在于在标定完中心点的 10 个对尖点之后，还需要移动到工具坐标系各向量原点、Z 轴正向上一个点以及 X 轴正向上一个点，以确定 Z 轴方向和 X 轴方向，如图 30 所示。

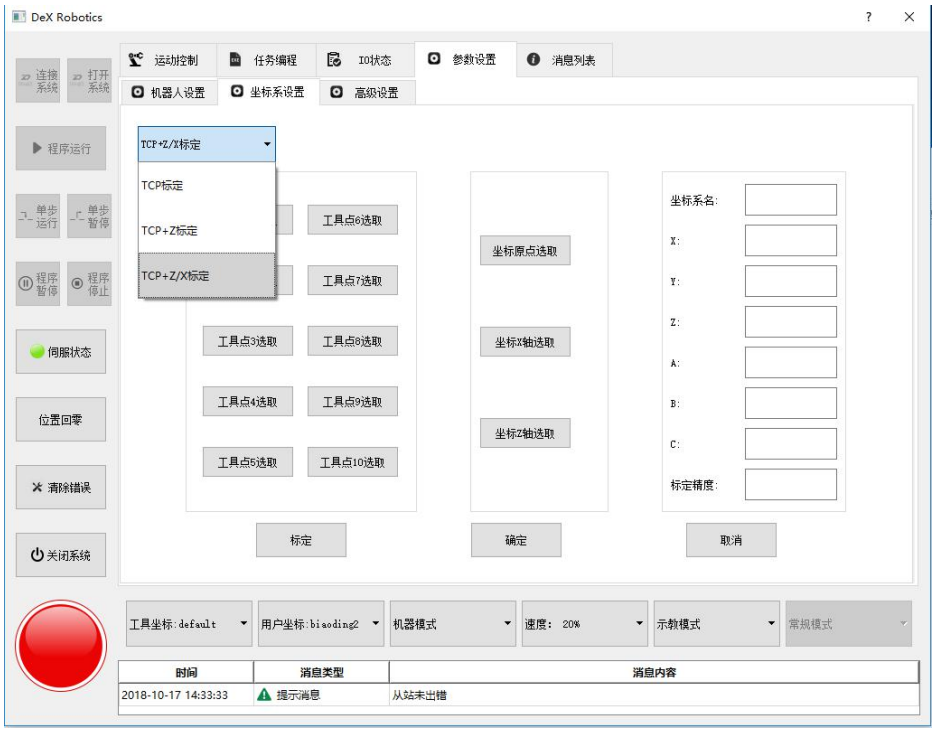

图 30　TCP+Z/X 标定模式

第五章　程序调试和运行

5.1　编程综述

一段工业机器人完整的程序通常包含以下部分：

1) **轨迹设置**。机器人从上一个位姿点移动到下一个位姿点时，中间的路径轨迹可以有多种类型，常见的类型有直线、圆弧、关节运动以及样条曲线。编程时，需要将多段基本轨迹按照任务需要顺序拼接，组成完整的机器人任务动作。轨迹编辑方法见第六章。

2) **逻辑指令**。逻辑指令能够实现复杂的机器人任务程序，使机器人完成更加复杂多样的任务。常见的逻辑指令包括循环、条件循环、判断等。逻辑指令的使用方法见第七章。

3) **IO 控制**。机器人通常需要和其他设备相互配合以完成工作，这时候可以通过控制系统的 IO 口与设备完成沟通，既可以向设备发送控制信号，也可以读取设备发回的信号。常见的设备有夹具、吸盘、喷头、焊枪等。IO 控制方法见第八章。

在【任务编程】页面下可以进行程序的编写和调试操作，如图 31 所示。

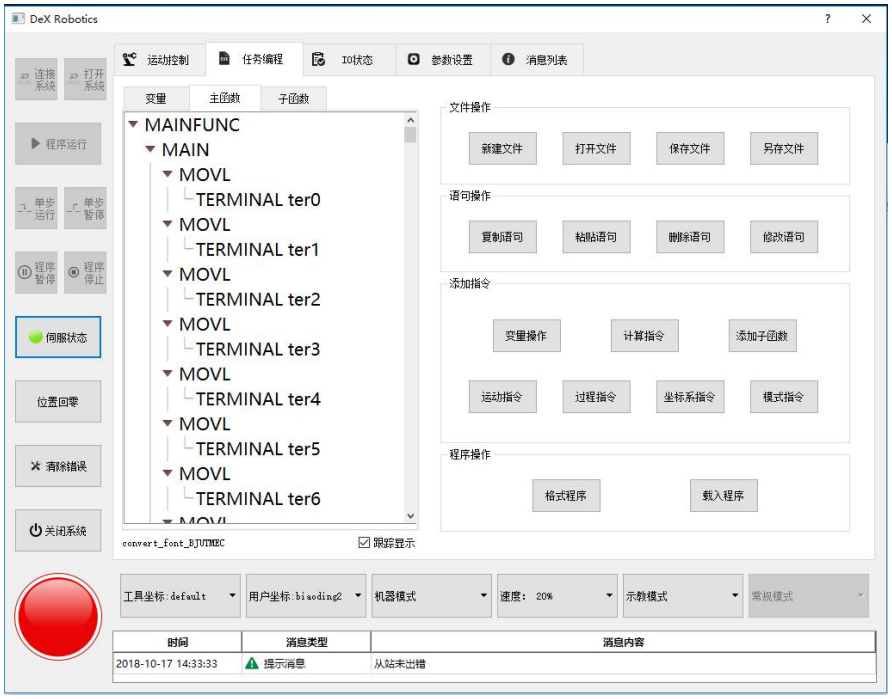

图 31　编程页面

页面左侧有“变量”，“主函数”和“子函数”三个列表。“变量”列表中可编辑当前所有类型的变量，“主函数”和“子函数”类别中可编辑编程语句。

5.2 文件操作

在【任务编程】页面下，有“文件操作”部分，其中：

1) 【新建文件】：新建一个新的编程项目；
2) 【打开文件】：打开一个现有的编程项目；
3) 【保存文件】：保存正在编辑的编程项目；
4) 【另存文件】：将正在编辑的编程项目另存为一个新文件。

5.3 语句操作

对函数语句代码常见操作如下：

【复制/粘贴语句】：若想复制粘贴一行代码，可选中此行，点击【复制语句】按钮，再选中一行新的代码，点击【粘贴语句】按钮，即可在新代码行下方插入欲复制内容；**注意，变量不可复制粘贴，也不可将【函数】页面下的代码复制粘贴到【变量】页面下；**【主函数】和【子函数】之间可相互复制粘贴代码；

【删除语句】：选中一行**代码或变量**，点击【删除语句】按钮，确认之后即可进行删除；**注意，删除“变量”类型时需要谨慎，若此变量在【函数】中正在使用，加载时即会发生语法错误；**

【修改语句】：选中一行语句，点击【修改语句】按钮，即可跳转到相应修改页面进行修改。

在后续章节将会陆续介绍运动轨迹，变量，逻辑指令等内容的使用方法。

5.4 工作模式

doMotion 系列控制系统有【示教模式】和【再现模式】两种基本的工作模式，在示教器界面下方的第五个下拉选项框中可以进行选择。

5.4.1 示教模式

示教模式下可进行机器人的点动、步进等示教操作，文件操作，编程操作等绝大部分示教器功能。在这个模式下，用户将程序编辑好，以便进入【再现模式】连续运行。

5.4.2 再现模式

再现模式下可以让机器人和三维模型执行编程代码。

当用户在【示教模式】下编辑好程序后，点击“文件操作”中的【保存文件】按钮；进而点击“程序操作”中的【载入程序】按钮，若无语法问题，则下方信息栏提示“加载成功”；点击页面下方【示教模式】下拉框，选择【再现模式】，此时页面中大部分按钮变灰，【伺服使能】按钮自动打开，此时已经不可进行任何示教编辑操作。

底部第三个下拉框可以选择**【机器模式】**或**【虚拟模式】**。若选择**【机器模式】**，则所有【再现模式】下的运行都是机器人实际运动；若选择**【虚拟模式】**，则这是三维模型的运行。为了确保使用安全，**强烈建议在进入【再现模式】运行程序时，首先选择【虚拟模式】下，观察三维模型运动，确认编程指令与机器人动作与预想一致后，再切换到【机器模式】下实际运动。**

最后一个下拉框可以选择**【调试模式】或【常规模式】**：

【调试模式】下用户可单步调试程序，检查是否与预想的运动有偏差；页面最左侧使能【程序运行】,【单步运行】,【单步暂停】按钮，点击【程序运行】按钮后，机器人按照编程代码顺序执行，但运动段之间不会连续；【单步运行】按钮使机器人单步执行运动轨迹；【单步暂停】使机器人在执行完当前运动轨迹后停止；

在检查运动无误后，切换到**【常规模式】**下，页面最左侧使能【程序运动】按钮，点击之后机器人按照编程代码顺序、连续执行，用户可点击下方的【程序暂停/继续】,【程序停止】按钮进行相应操作。

在【再现模式】下，可以选择页面下方“速度”百分比调节整体运行速度。同时，在左侧程序列表框下方，可以勾选“跟踪显示”以使光标实时跳转当前运行

的代码段。

注意：当机器人处于【再现模式】下运动时人务必同机器人保持安全距离！

当从【再现模式】切换回【示教模式】后，【伺服使能】按钮自动关闭，此时可再次进行示教编程操作。

5.5 变量

变量是编程中非常重要的概念。doMotion 系列控制系统中有 TERMINAL，JOINT，FRAME，INT，DOUBLE，BOOL 几种变量类型，且能够进行变量计算。TERMINAL 和 JOINT 类型变量可以添加进 MOVE 运动指令中，FRAME 类型变量可以用于“坐标系切换”，INT，DOUBLE，BOOL 可用于逻辑指令。

添加变量时，在【任务编程】中的“添加指令”中选择【变量操作】按钮，如图 32；

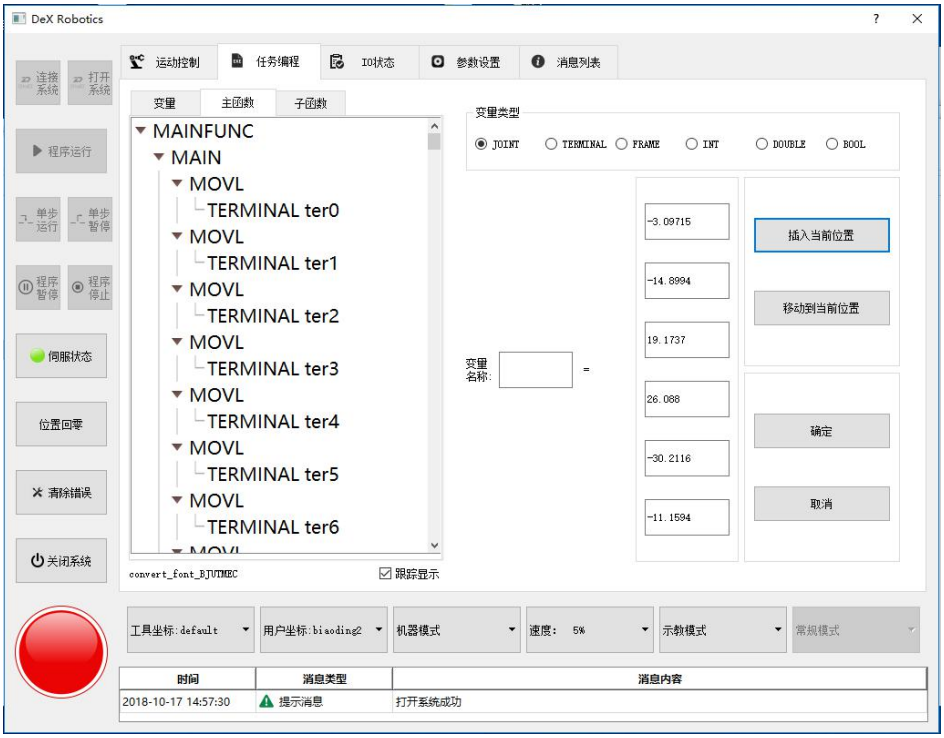

图 32 变量生成页面

在上方中选择需要生成的变量类型，填写“变量名称”及数值，点击【确认】按钮，则在【变量】列表中即添加了该变量。注意，在变量命名时应体现类型，以方便之后操作。各类变量具体设置的方式详见之后章节。

第六章 编辑轨迹

6.1 编辑轨迹综述

运动轨迹规定了机器人从一个位姿运动到下一个位姿的方式。doMotion 系列控制系统中的运动轨迹类型包括了在关节空间和末端空间下的多种运动轨迹类型，可以使机器人完成复杂而多样的动作。

本章将依次介绍编辑轨迹时需要用到的变量类型，如何进行用户坐标系和工具坐标的切换，添加各类运动轨迹以及添加路径点等内容。

6.2 相关变量

在本章中主要涉及到 TERMINAL，JOINT 和 FRAME 变量类型。在【任务编程】页面下的“添加指令”部分选择【变量操作】按钮，跳转到【变量】页面。

6.2.1 JOINT 类型变量

在页面上方选择“JOINT”，如图 33。

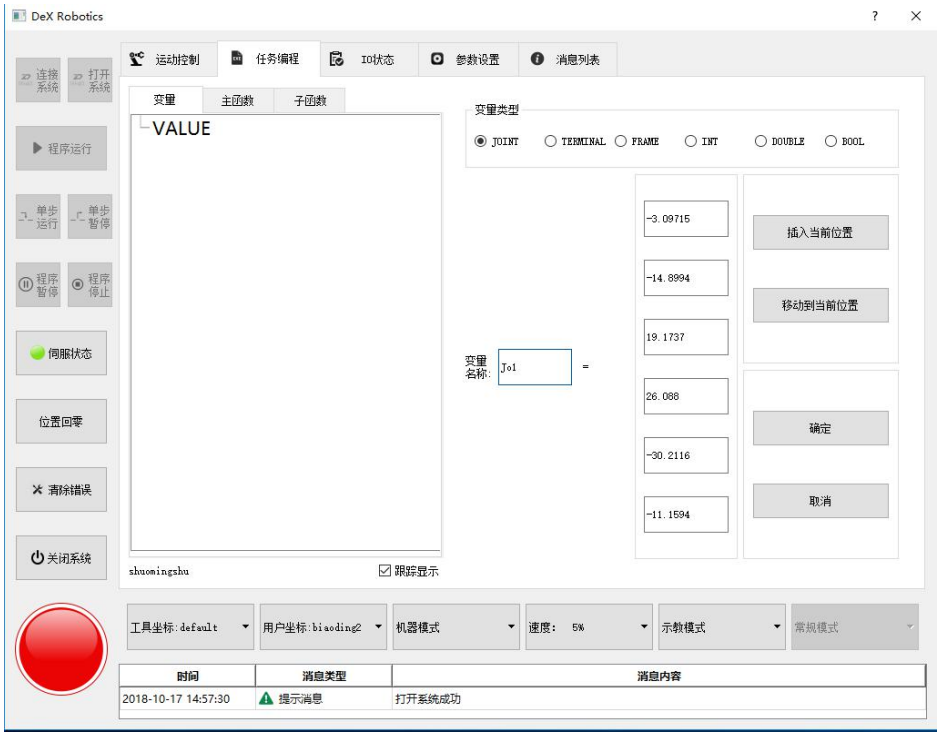

图 33 JOINT 类型变量

首先在“变量名称”输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可加前缀“Jo”）。

有两种方式填入数值：

1) 在每个框中手动输入数字，之后可点击【移动到输入位置】按钮，使机器人移动到该位置；**注意保证输入点的正确性和移动时与周围环境的安全性，可通过下方“速度”百分比降低移动速度；**确认输入无误后点击【确定】按钮，则在左侧【变量】列表框中添加该 JOINT 类型变量；

2) 点击【插入当前位置】，则自动填入机器人当前位置的 JOINT 值，点击【确定】按钮成功添加此变量。

6.2.2 TERMINAL 类型变量

在【变量】页面上方选择“TERMINAL”，如图 34。

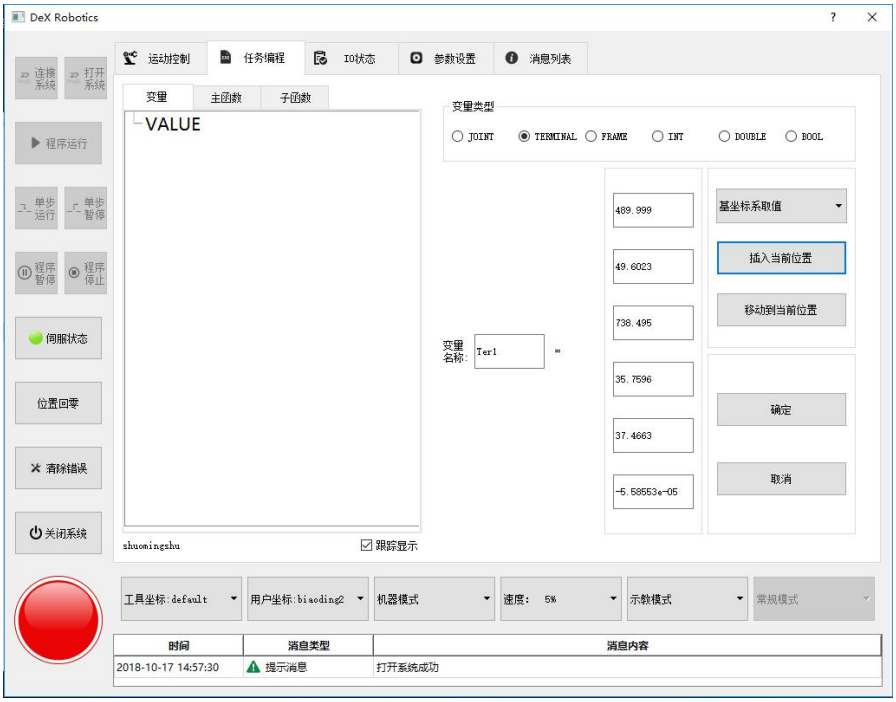

图 34 TERMINAL 类型变量

首先在“变量名称”输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可加前缀“Ter”）。与 JOINT 类型变量相比，TERMINAL 多了坐标系选择，以指明 TERMINAL 的值是相对于哪个坐标系而言。若在下拉框中选择了“用户坐标系取值”，则说明填入的数值是相对于用户坐标系，实际运行时的用户坐标系根据当

时【坐标系切换】设定而定（见下一节）。

有两种方式填入 TERMINAL 数值：

1) 在每个框中手动输入数字，之后可点击【移动到输入位置】按钮，确认输入无误后点击【确定】按钮；

2) 点击【当前位置】，则自动填入机器人当前位置的 TERMINAL 值；若选择了“用户坐标系”，则当前用户坐标系即页面左下方选择的【用户坐标】坐标系，填入的数值也是相对于此用户坐标系而言；另一方面，TERMINAL 值也会根据【工具】坐标系的选择而变；因此，添加点时需要确保当前选择的【用户】坐标系和【工具】坐标系的正确性；点击【确定】按钮成功添加此变量。

注意：

若路径点输入数值为相对变化量，则不可点击【移动到输入位置】按钮。

6.2.3 FRAME 类型变量

FRAME 类型变量用于添加【坐标系切换】命令。在【变量】页面上方选择“FRAME”，如图 35。

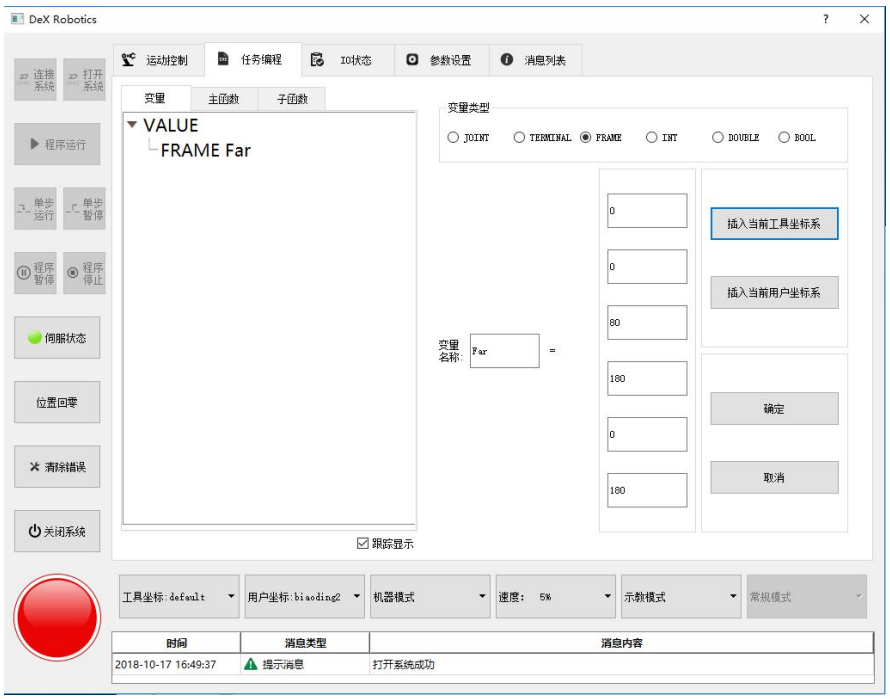

图 35　FRAME 类型变量

首先在“变量名称”下方输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可加前缀“Fra”）。

有两种方式填入 FRAME 数值：

1) 在每个框中手动输入数字，确认输入无误后点击【确定】按钮；

2) 点击【插入当前用户坐标系】填入页面左下方【用户】坐标系当前选择的坐标系值；或点击【插入当前工具坐标系】填入页面左下方【工具】坐标系当前选择的坐标系值，点击【确定】按钮；

6.3 坐标系切换

在【函数】编辑列表中插入【坐标系指令】，可以变更用户坐标系或工具坐标系，使之后的运动轨迹段和路径点都在变更后的坐标系运动。

在【任务编程】页面下的“添加指令”中点击【坐标系指令】，跳转到相应页面，如图 36。

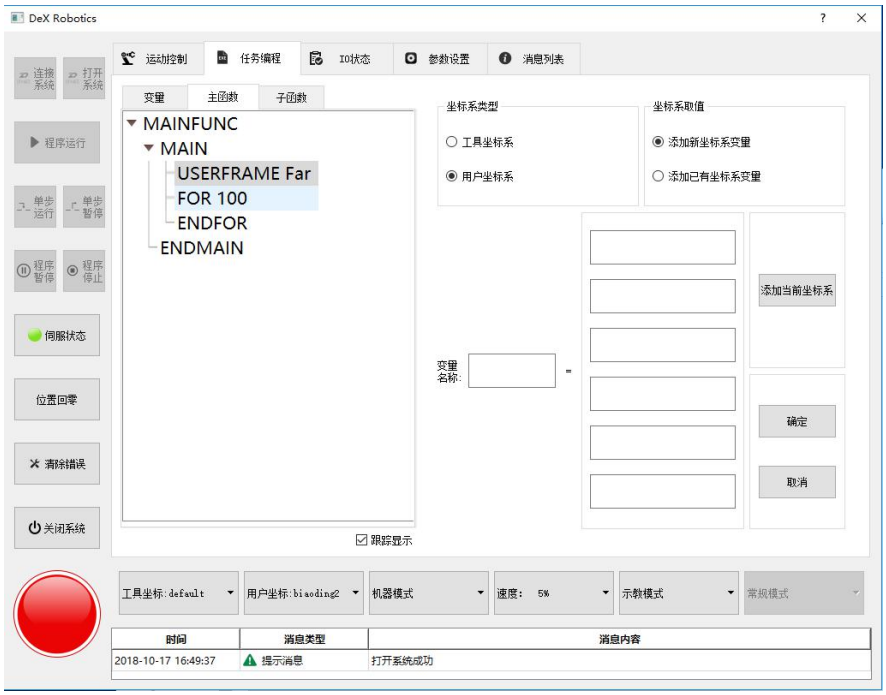

图 36 坐标系切换

此时，可以在上方选择“用户坐标系”，或“工具坐标系”。

有三种方式输入坐标系：

1) 先在【变量】列表中添加类型为 FRAME 的变量，点击上方右侧“坐标

系取值”中的【添加已有坐标系变量】，在“变量名称”后输入添加的变量名，点击【确定】按钮；

2) 点击上方右侧“坐标系取值”中的【添加新坐标系变量】按钮，在数值输入框中直接输入数字，点击【确定】;

3) 点击上方右侧“坐标系取值”中的【添加新坐标系变量】按钮，输入“变量名称”，点击【添加当前坐标系】按钮，则若左侧选择的是“用户坐标系”，数值框中自动填入页面左下方【用户】坐标系当前的值；若选择的是“工具坐标系”，数值框中自动填入页面左下方【工具】坐标系当前的值；点击【确定】;

在程序的开头就分别指定好用户坐标系和工具坐标系是一个良好的编程习惯，也能避免由于坐标系不确定而可能造成的潜在危险。

用户可以在程序段的任意位置插入【坐标系变换】指令，使机器人任务随时在不同坐标系间转换，但进行操作时必须确保坐标系的正确性以及转换时机器人运动路径和周围环境的安全。

6.4 编辑运动轨迹

首先在【编程】页面左侧的【函数】列表框内选择一行代码，则添加的运动轨迹将插在此行代码的下一行；点击右侧“添加指令”中的【运动指令】按钮，跳转到运动编辑页面。

6.4.1 直线运动

直线运动在机器人末端笛卡尔直角空间进行规划，使机器人末端沿直线运动。直线运动有绝对模式 MOVL 和相对运动 MOVLR 两种。区别在于绝对模式下添加的路径点值为机器人的绝对位置值；而相对模式下添加的路径点为相对于上一个点的相对变化值。

在页面上方选择 MOVL 或 MOVLR，如图 37。填入速度，加速度，冲击和转弯半径比率（注意输入范围信息提示）；选择此段运动相对的坐标系；点击【下一步】按钮。

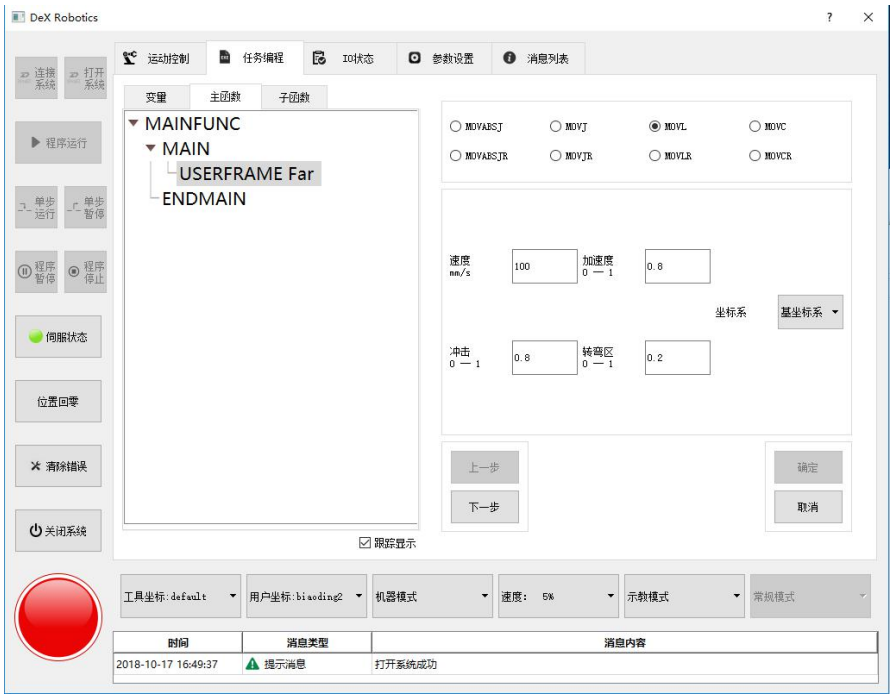

图 37　绝对式直线运动

路径点编辑页面如图 38 所示，可为直线运动添加一个 TERMINAL 类型的路径点。首先选择【用户坐标系】或【基坐标系】，确定添加的路径点值所参考的坐标系（用户坐标系由页面左下方【用户】坐标当前的选择确定），**一般情况下，这里的选择与上个页面中的坐标系选择保持一致**。

有三种方式完成添加路径点：

1) 选择【新的路径点】，在“路点名称”后面的框中填入此路点名称；点击【插入当前点】，则自动填入机器人当前位置的笛卡尔坐标值，点击【添加路点】，【确定】完成；之后，将生成一个新的 TERMINAL 类型变量。

2) 选择【新的路径点】，在“路点名称”后面的框中填入此路点名称；在输入框中手动输入数值，点击【添加路点】，【确定】完成；之后，将生成一个新的 TERMINAL 类型变量。

3) 选择【已有路径点】，在“路点名称”后面的框中填入已经创建的 TERMINAL 类型变量名称；点击【添加路点】，【确定】完成；

若不输入“路点名称”，系统将自动添加一个由系统命名的 TERMINAL 类型的变量储存此路径点，命名方式为 ter+数字序号。

选中路径点，点击【删除路点】、【确定】可删除此路点。**注意，删除路点并**

不删除对应的变量。

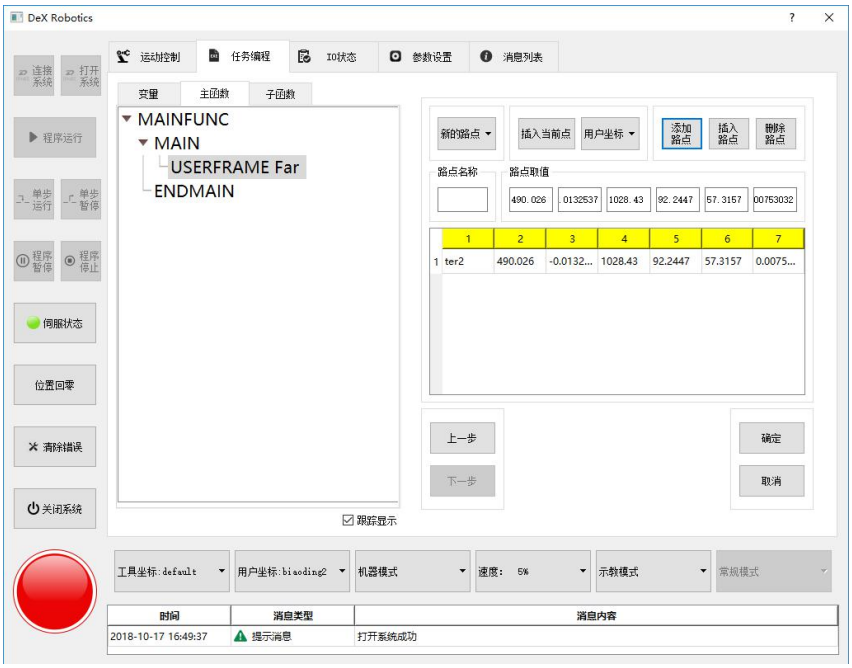

图 38　编辑 TERMINAL 类型路径点

编辑完成后，将在【函数】列表中增加此段运动轨迹。

6.4.2 圆弧运动

与直线运动类似，圆弧运动也有绝对模式 MOVC 和相对运动 MOVCR 两种模式。在左侧下拉框中选择 MOVC，如图 39。选择【整圆】或【部分圆】运动；填入速度，加速度，冲击和转弯半径值（注意输入范围信息提示）；选择此段运动相对的坐标系；点击【下一步】按钮。

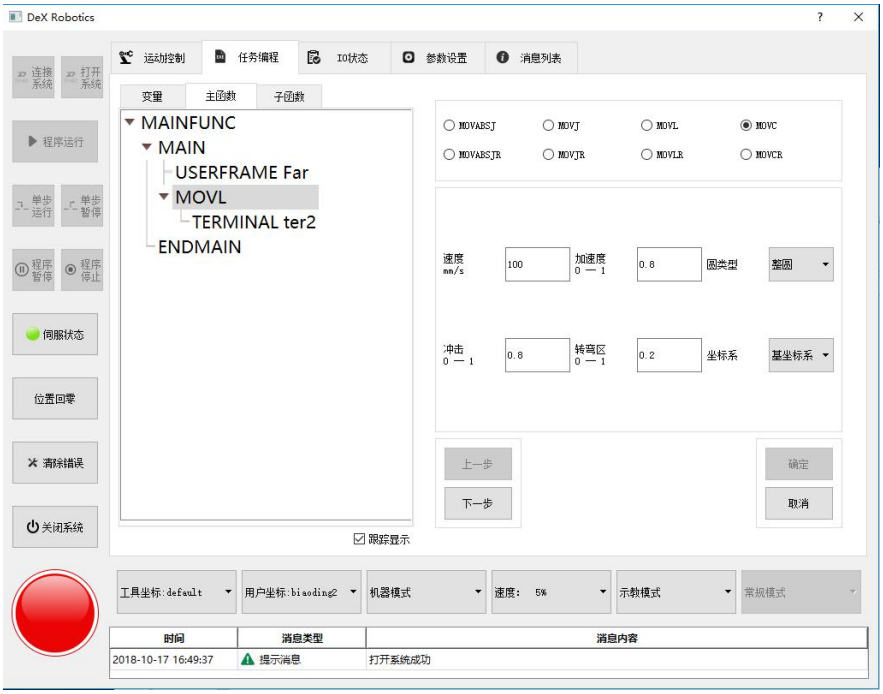

图 39　绝对式圆弧运动

在路径点编辑页面，可为圆弧运动添加**两个** TERMINAL 类型的路径点，按顺序对应着圆上的中间点和结束点。添加方式与直线运动相同。

6.4.3 关节运动

关节运动在机器人的关节空间进行规划，因此对末端运动轨迹不可知，使用时必须确保由此不会带来安全性隐患；关节运动可以添加拟合多个路径点，建议添加尽可能多的路径点以增加运动的可控性和拟合的平滑性。

关节运动分为 MOVJ 和 MOVABSJ 两类，区别在于前者的路径点类型为 TERMINAL，后者的路径点类型为 JOINT；与笛卡尔直角空间规划的直线和圆弧运动类似，MOVJ 和 MOVABSJ 运动也有其对应的相对运动模式 MOVJR 和 MOVABSJR。

在左侧下拉框中选择 MOVJ/MOVJR/MOVABSJ/MOVABSJR，如图 40。填入速度比例值；选择此段运动相对的坐标系（MOVABSJ 和 MOVABSJR 由于直接添加 JOINT 关节类型值，因此无需指定坐标系，如图 41 所示）；点击【下一步】按钮。

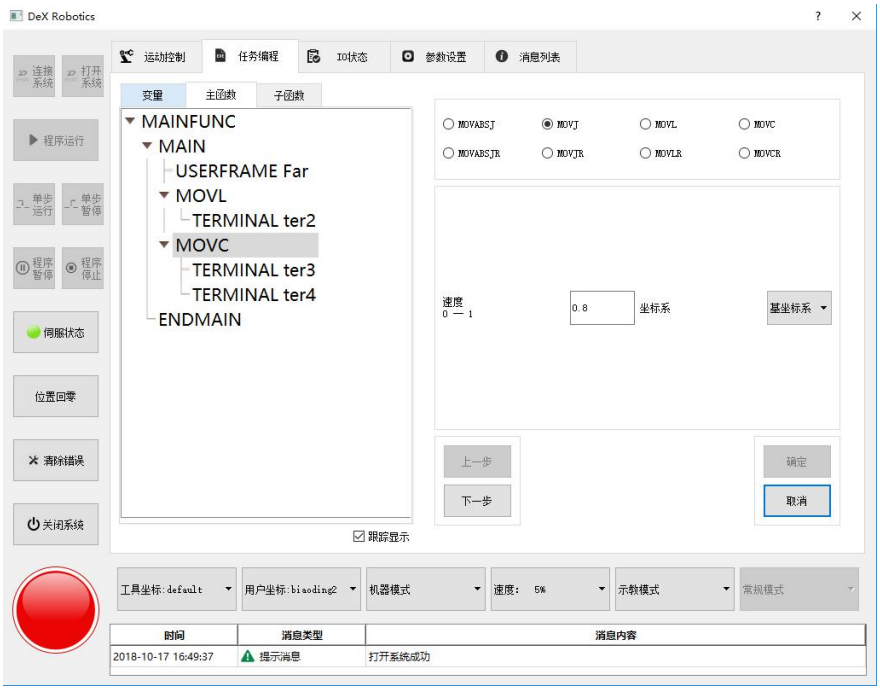

图 40　绝对式关节运动

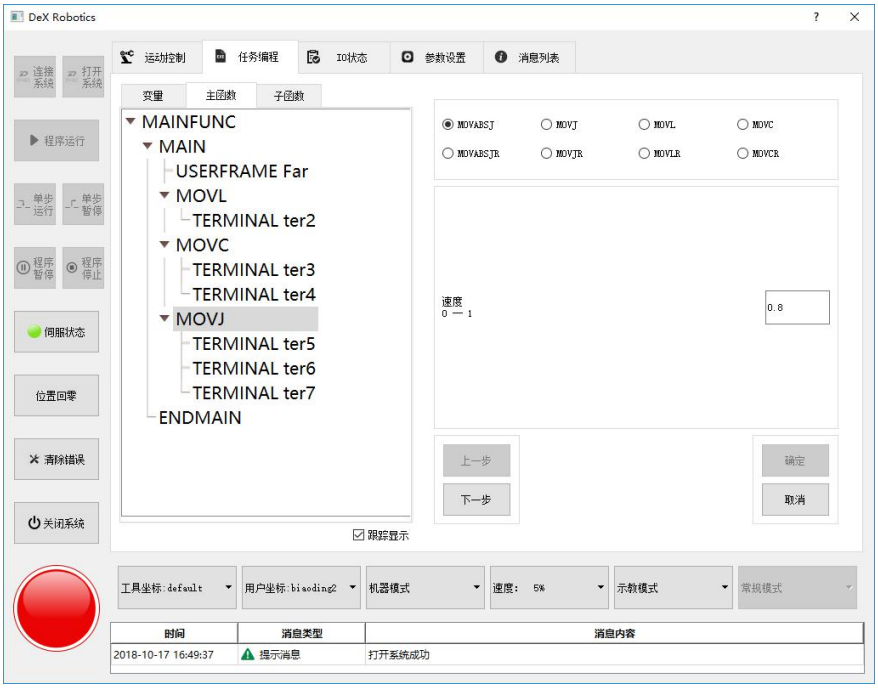

图 41　MOVABSJ

路径点编辑页面如图 42 所示，可为关节运动添加**任意个**路径点。

若选择 MOVJ/MOVJR 类型运动，添加 TERMINAL 类型路点方式与直线圆弧一致。若选择 MOVABSJ/MOVABSJR 类型运动，类似的，有三种方式完成添加 JOINT 路径点：

1)　选择【新的路径点】，在“路点名称”后面的框中填入此路点名称；点击

【插入当前点】，则自动填入机器人当前位置的关节坐标值，点击【添加路点】；

2) 选择【新的路径点】，在“路点名称”后面的框中填入此路点名称；在输入框中手动输入数值，点击【添加路点】；

3) 选择【已有路径点】，在“路点名称”后面的框中填入已经创建的 JOINT 类型变量；点击【添加路点】；

若不输入“路点名称”，系统将自动添加一个由系统命名的 JOINT 类型的变量储存此路径点，命名方式为 joP+数字序号。

先选取一个路点，点击【插入路点】按钮，可在选取路点上方插入点。

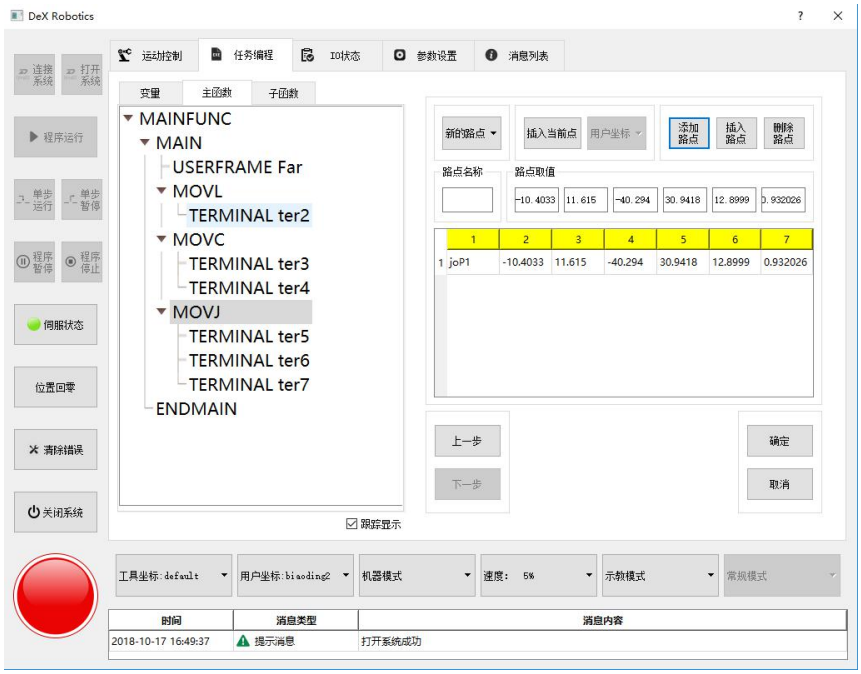

图 42 编辑 JOINT 类型路径点

注意：

若添加路径点对象为相对运动类型 MOVJR/ MOVLR/ MOVCR/ MOVABSJR，则路径点输入数值应为相对于上一个点的相对变化量，因此不可点击会填入绝对位置值的【插入当前点】按钮，而必须手动输入值或填入变量（变量值也必须为相对量）。

6.4.4 样条运动 MOVB

NURBS 曲线是一种先进的样条曲线拟合算法，实现曲线的高阶平滑；doMotion 系列控制系统内置 B 样条曲线轨迹，可以实现多位姿点的高质量拟合。

在【任务编程】页面下的“添加指令”中点击【模式指令】，在“模式”中选择“样条曲线”，如图 43 所示。

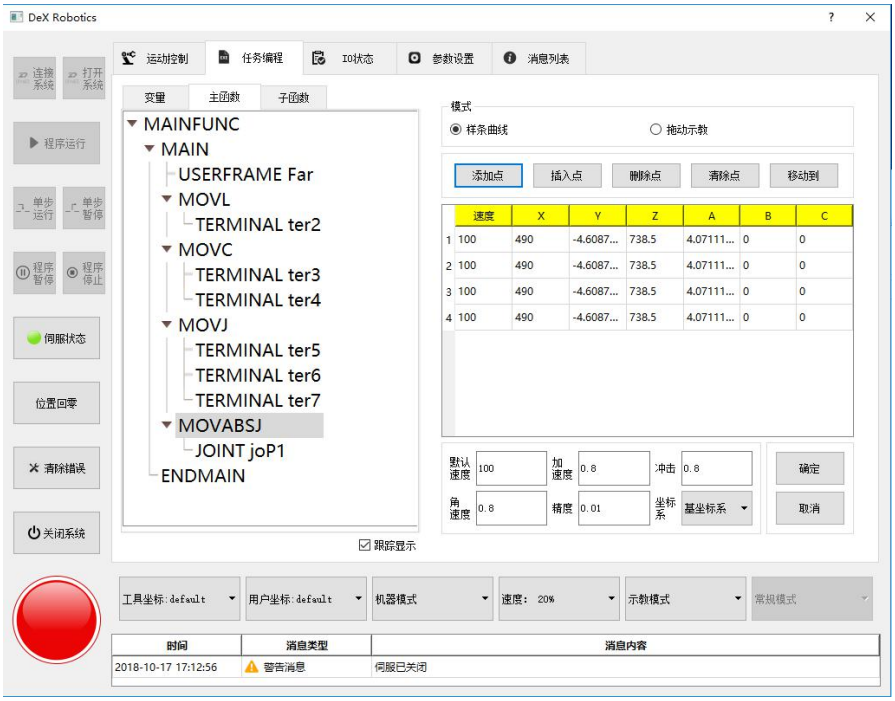

图 43　B 样条曲线运动

在下方可以设置速度，加速度，角速度（调节当末端做纯姿态旋转运动时的角度旋转速度），冲击等值；其中，速度的单位为 mm/s，加速度，角速度和冲击输入 0 到 1 之间的比例值。

“精度”为 B 样条拟合的精度，单位为 mm，输入值越小拟合精度越高，但拟合计算的时间将越长；输入值过大将使拟合精度降低，甚至导致无法通过拟合，值不宜超过 0.5。

最后可以选择此段运动相对的坐标系。

用户可切换到【运动控制】页面下进行示教操作，将机器人示教到目标点后返回“样条曲线”编辑页面，点击【添加点】按钮，将当前示教点添加到序列的最后；或点击【插入点】，将示教点插入到当前光标选中点之前；可修改第一列

的【速度】，改变两点之间的位移速度值，单位为 mm/s；**用户可添加任意多个点**；

【删除点】按钮可删除光标选中的点；【清空点】按钮可将列表清空。

在列表中选中一点后，点击【移动到】，可将机器人移动到选中点位置。

点击【确定】完成 B 样条运动轨迹的编辑，返回主页面，此时 MOVB 轨迹添加到【函数】列表中。

6.4.5 参数解释

6.4.5.1 速度/加速度/冲击

doMotion 系列控制系统中的直线、圆弧和 B 样条曲线轨迹使用 S 型速度曲线规划（曲线如图 44 所示），保证了运动的高阶平滑。**速度，加速度和冲击**对应了图中的 Vm，Am 和 Jm；其中加速度和冲击比例参数是对**比例参数**中设定的末端值而言。

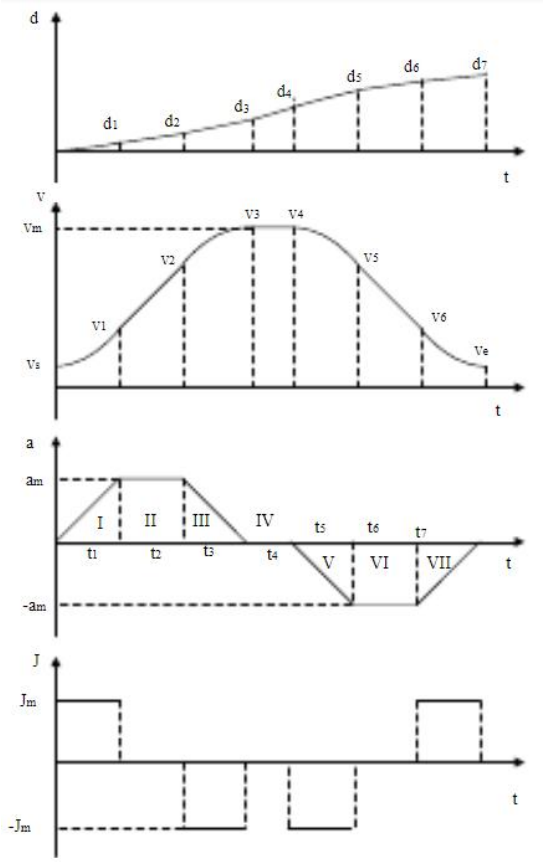

图 44　S 型速度曲线

6.4.5.2 关节运动速度比例

MOVJ，MOVJR 和 MOVABSJ 使用五次多项式拟合。五次多项式确保了拟合的高阶平滑性，但无法对其运动学曲线的速度、加速度和冲击进行精确设定；设置时，输入的速度比例数值相对于关节**比例参数**设定值而言，对关节轨迹的运行速度进行大致约束。

6.4.5.3 转弯区

转弯区实现了轨迹段之间的平滑过渡，减少了机器人工作的节拍时间；转弯半径意义如图 45 所示，机器人运动到距离实际目标点转弯半径长度时便开始向下一段轨迹过渡。输入的转弯区半径比例值是相对于前后轨迹段长度中的较小值而言。**只有直线和圆弧运动轨迹类型可以设置转弯区过渡**；若转弯区半径比例值设为 0 则无转弯区，末端将运动到目标点停下再继续下一段。

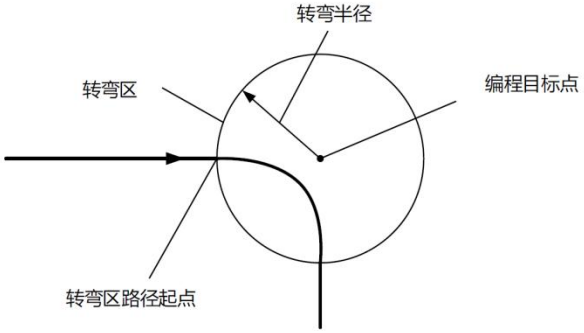

图 45　转弯区

第七章 逻辑指令

7.1 逻辑指令综述

逻辑指令是编辑一个完整机器人任务程序的必要组成内容，doMotion 系列控制系统有多种逻辑指令，可完成复杂的任务动作。

本章将介绍编辑逻辑指令时需要的变量类型，添加各类逻辑指令的方法，变量计算以及使用子函数等内容。

7.2 相关变量

在本章中主要涉及到 INT，DOUBLE 和 BOOL 类型变量。在【任务编程】页面下的“添加指令”中点击【变量操作】。

7.2.1 INT 类型变量

在【变量】页面上方选择“INT”，如图 46 所示。

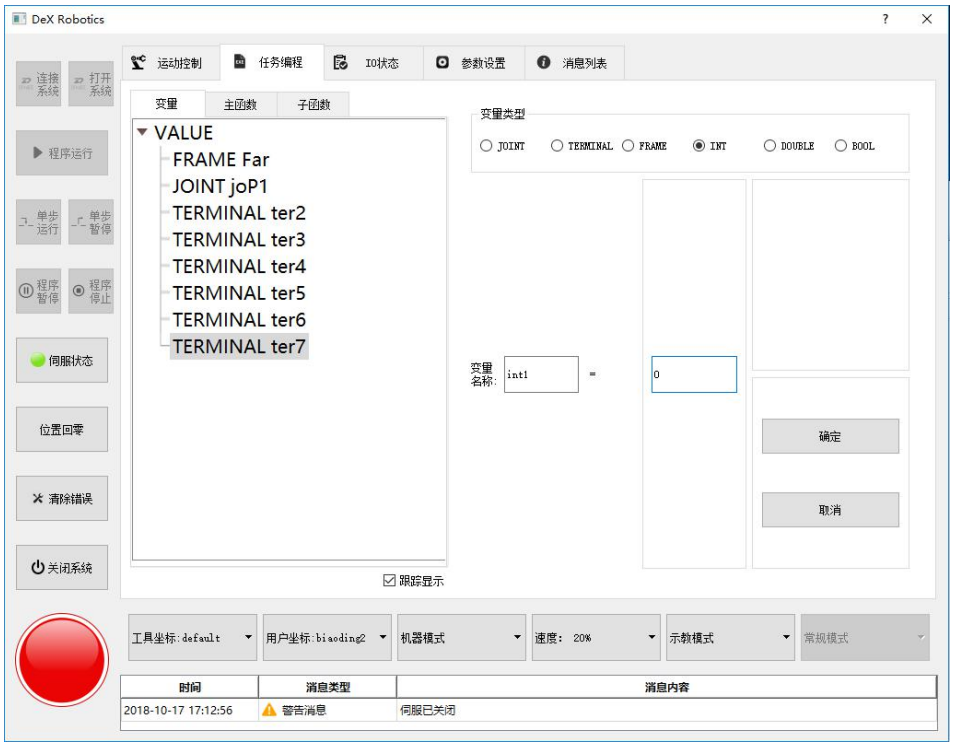

图 46 INT 类型变量

首先在“变量名称”输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可

加前缀“int”）；再在后方输入框输入一个整型数字；点击【确定】完成变量添加。

7.2.2 DOUBLE 类型变量

在【变量】页面上方选择“DOUBLE”，如图 47 所示。

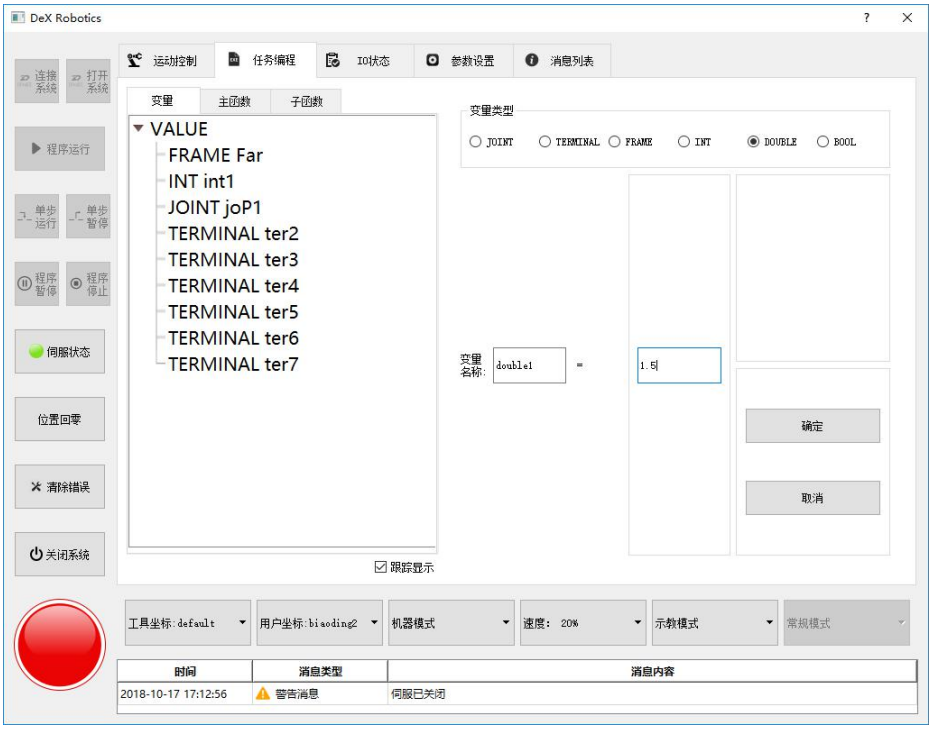

图 47　DOUBLE 类型变量

首先在“变量名称”输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可加前缀“do”）；再在后方输入框输入一个双精度浮点型数字；点击【确定】完成变量添加。

7.2.3 BOOL 类型变量

在【变量】页面上方选择“BOOL”，如图 48 所示。

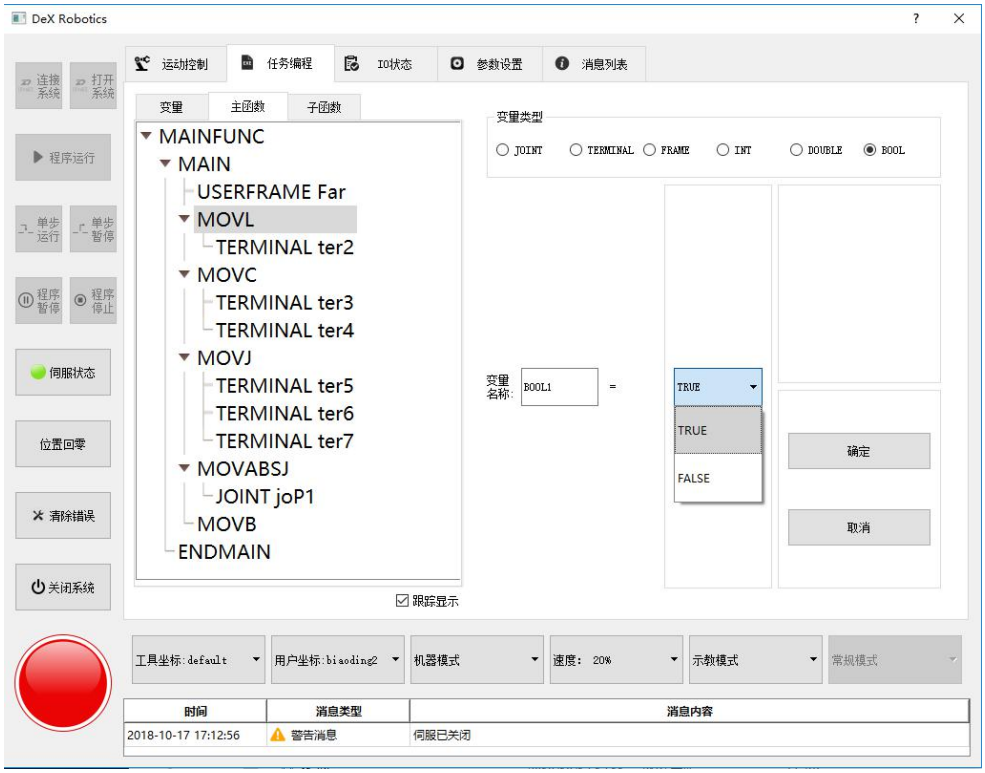

图 48　BOOL 类型变量

首先在“变量名称”输入框输入欲命名的变量名称，注意体现变量类型（如可加前缀“bool”）；再在后方下拉框选择 TRUE 或 FALSE；点击【确定】完成变量添加。

7.3　添加逻辑指令

首先在【任务编程】页面左侧的【函数】列表框内选择一行代码，则添加的逻辑指令将插在此行代码的下一行；点击右侧【过程指令】按钮。

7.3.1 循环指令 FOR

在上方选择【循环】，如图 49 所示；第二个下拉框先选择【FOR】，并在下方【循环次数】输入框中输入欲循环的次数；点击【确认】按钮完成添加；

再在【函数】列表选中之后的一行代码，经过【过程指令】-【循环】，第二个下拉框选择【ENDFOR】，点击【确认】按钮完成添加。

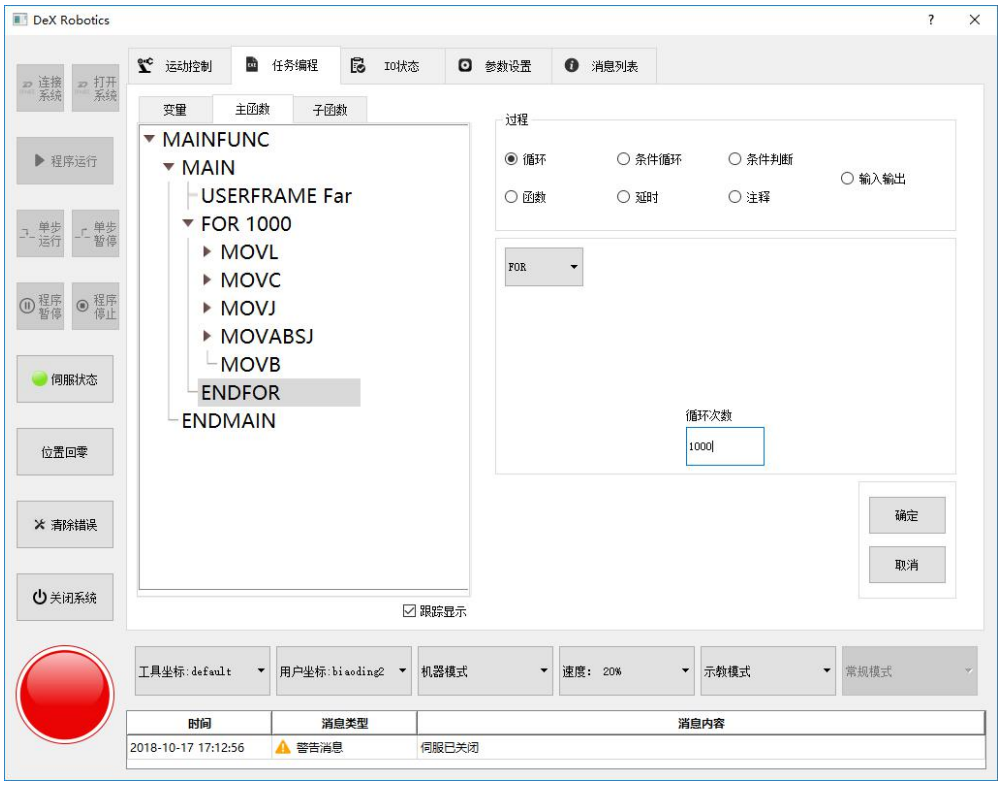

图 49　循环指令

添加完成之后，实现在 FOR 和 ENDFOR 之间代码的循环。

7.3.2 条件循环指令

在上方选择【条件循环】，如图 50 所示；第二个下拉框先选择【WHILE】；在下方的输入框中，判断符号前只能输入变量名，因此需要在之前创建好需要的变量；判断符号后的框按照表 9 所示规则输入：

表 9　条件循环输入规则

变量类型	对应判断输入
INT	INT/输入数字
DOUBLE	DOUBLE/输入数字
BOOL	BOOL/填入 TRUE/FALSE

输入完成之后，点击【确认】按钮完成添加。

再在【函数】列表选中之后的一行代码，经过【过程指令】-【条件循环】，第二个下拉框选择【ENDWHILE】，点击【确认】按钮完成添加。

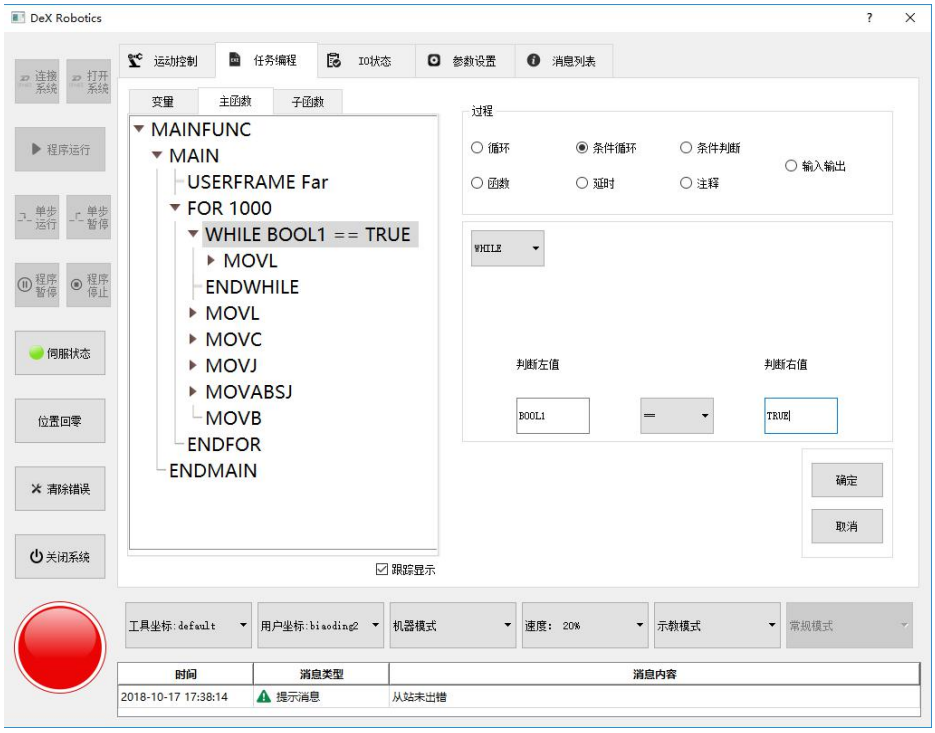

图 50　条件循环指令

添加完成之后，实现在 WHILE 和 ENDWHILE 之间代码的条件循环。

7.3.3 判断指令

在上方选择【条件判断】，如图 51 所示；下拉框中先选择【IF】；下方的输入框规则与表 9 相同。输入完成之后，点击【确认】按钮完成添加。

再在【函数】列表选中之后的一行代码，经过【过程指令】-【条件判断】，下拉框选择【ENDIF】，点击【确认】按钮完成添加。

添加完成之后，实现在 IF 和 ENDIF 之间代码的判断执行。

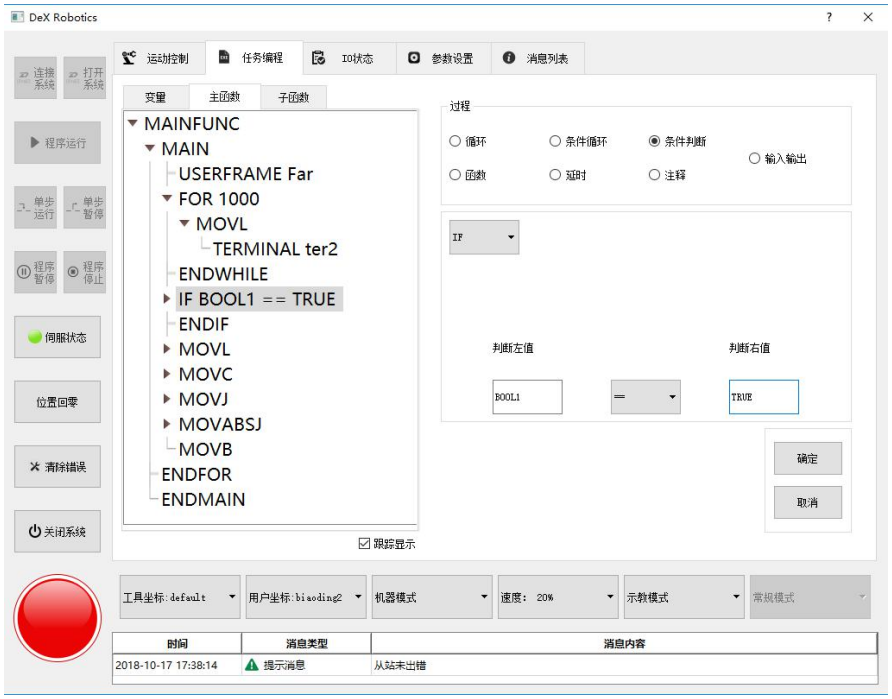

图 51　判断指令

同时，在 IF 后还可以插入 ELSE，并在最后插入 ENDIF，如图 52；如果 IF-ELSE 指令在循环中，则可插入 CONTINUE 或 BREAK 指令继续或跳出循环。

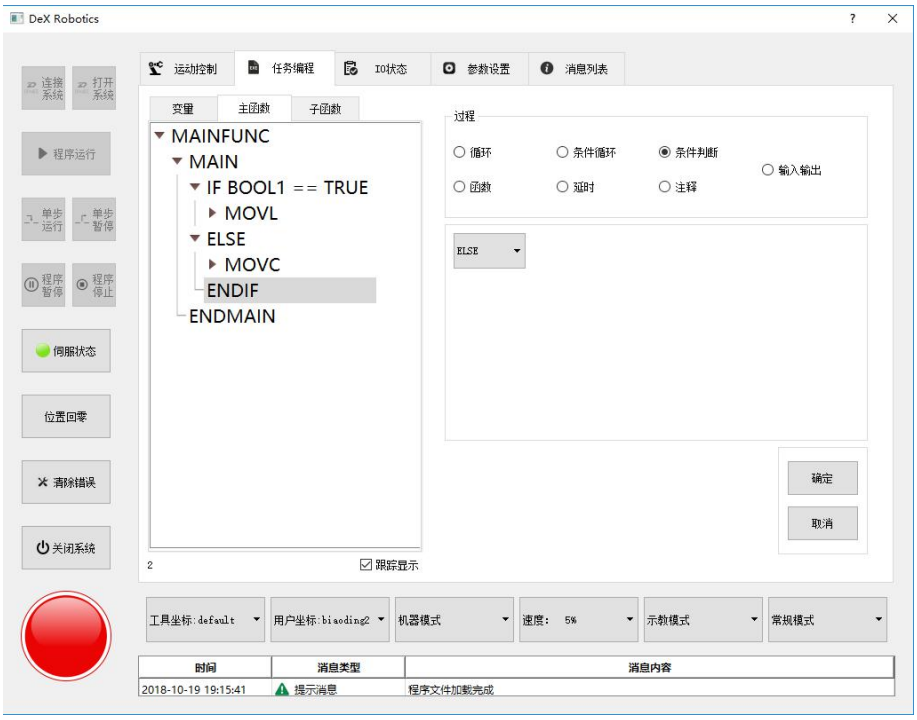

图 52　IF-ELSE 指令

注意：本节逻辑指令都必须添加相应的“END”指令，否则会发生语法错误。

7.3.4 延时指令

在上方选择【延时】，如图 53 所示；在下方【延时时长】输入框中输入欲延时时间（单位为秒）；点击【确认】按钮完成添加；

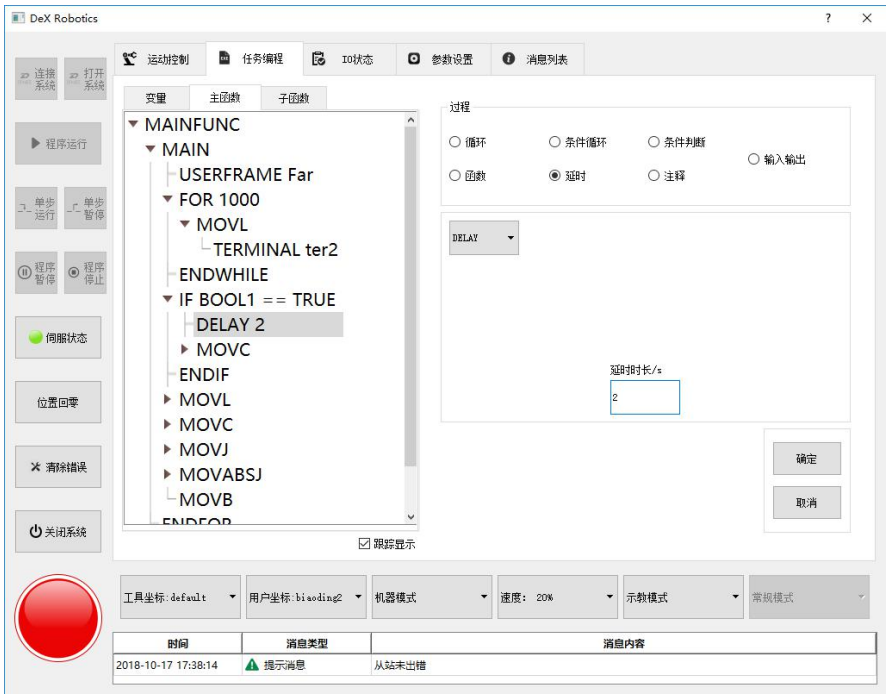

图 53　延时指令

7.4　变量计算

在【任务编程】页面左侧的【函数】列表框内选择一行代码，则添加的变量计算指令将插在此行代码的下一行；右侧“添加指令”中点击【计算指令】，如图 54 所示。

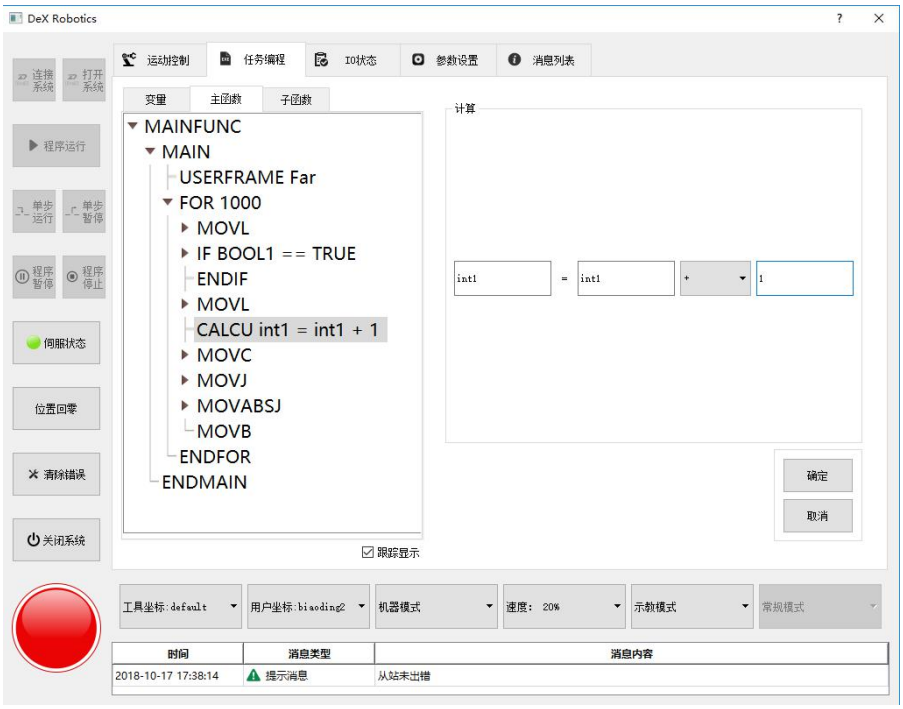

图 54　变量计算

在下方的输入框中，判断符号前只能输入变量名，因此需要在之前创建好需要的变量；判断符号后的框按照表 10 所示规则输入：

表 10　计算指令输入规则

变量类型	框 1 输入	支持符号	框 2 输入
JOINT	JOINT	+, −	JOINT
TERMINAL	TERMINAL	+, −	TERMINAL
FRAME	FRAME	+, −	FRAME
INT	INT/输入数字	+, −, ∗, /, %	INT/输入数字
DOUBLE	DOUBLE/输入数字	+, −, ∗, /	DOUBLE/输入数字
BOOL	BOOL/输入 TRUE/FALSE	无	无

图 55 所示为 TERMINAL 类型变量的加法。输入完成之后，点击【确认】按钮完成添加。

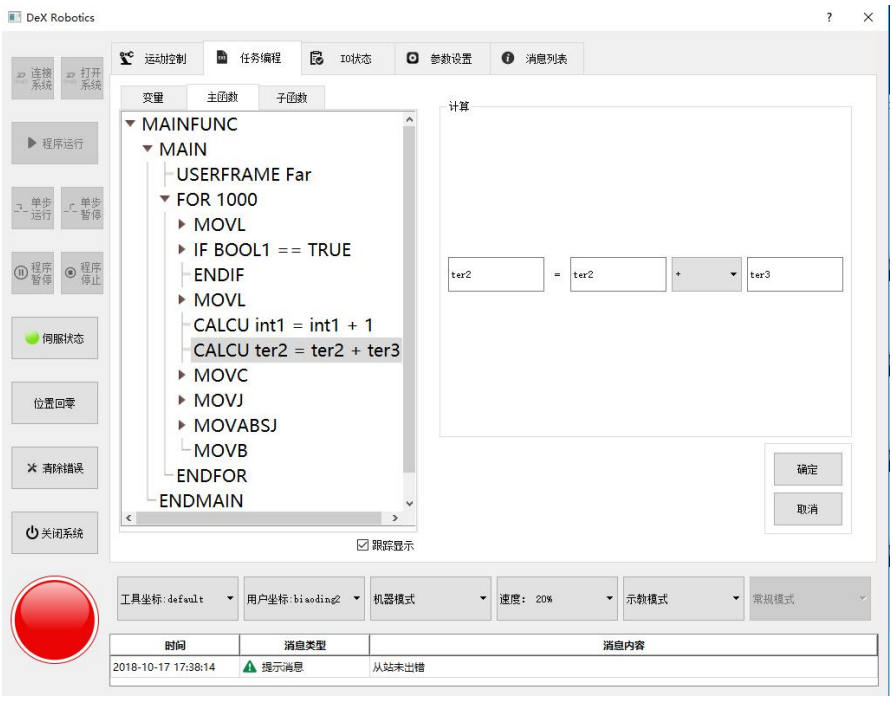

图 55　TERMINAL 类型变量加法

7.5　子函数

7.5.1 创建子函数

【任务编程】页面左侧切换到【子函数】列表，选中 SUBFUNC 或上一个子函数的 ENDFUNC 语句，点击右侧“添加指令”中的【添加子函数】，如图 56 所示。

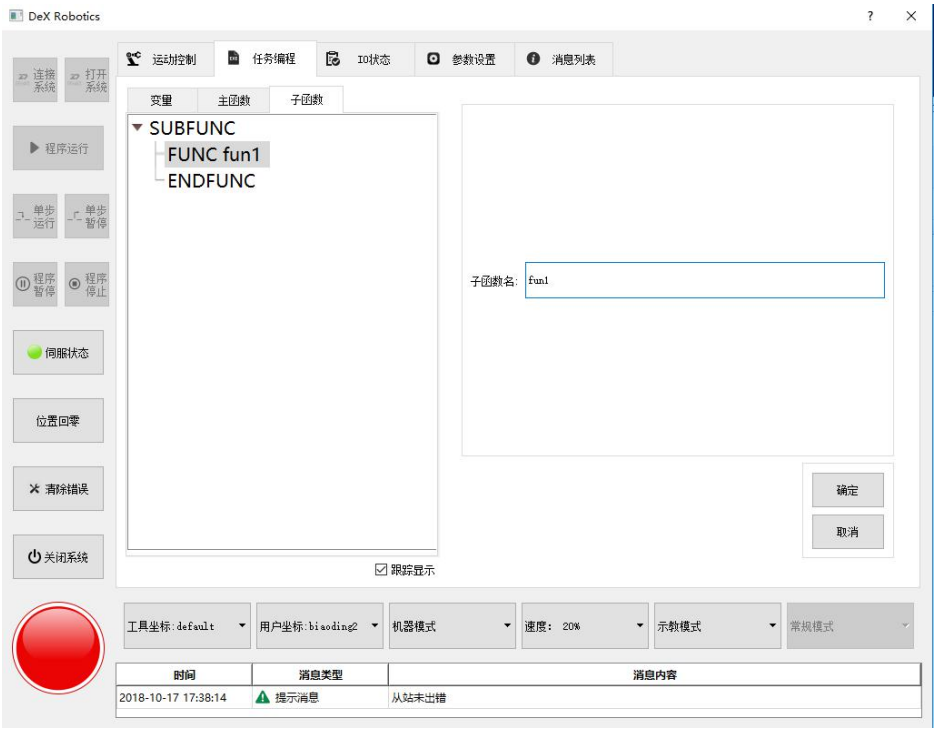

图 56　创建子函数

在下方“函数名称”处输入子函数名，点击【确定】按钮创建子函数。

在子函数下可以像主函数一样添加各类代码语句；可以从【主函数】列表中直接复制粘贴语句到【子函数】中。

用户可以创建任意个子函数，需确保子函数名字各不相同。

7.5.2 调用子函数

调用时，切换到【主函数】列表，选中一行代码，点击右侧【过程指令】，上方选择【函数】，如图 57 所示。

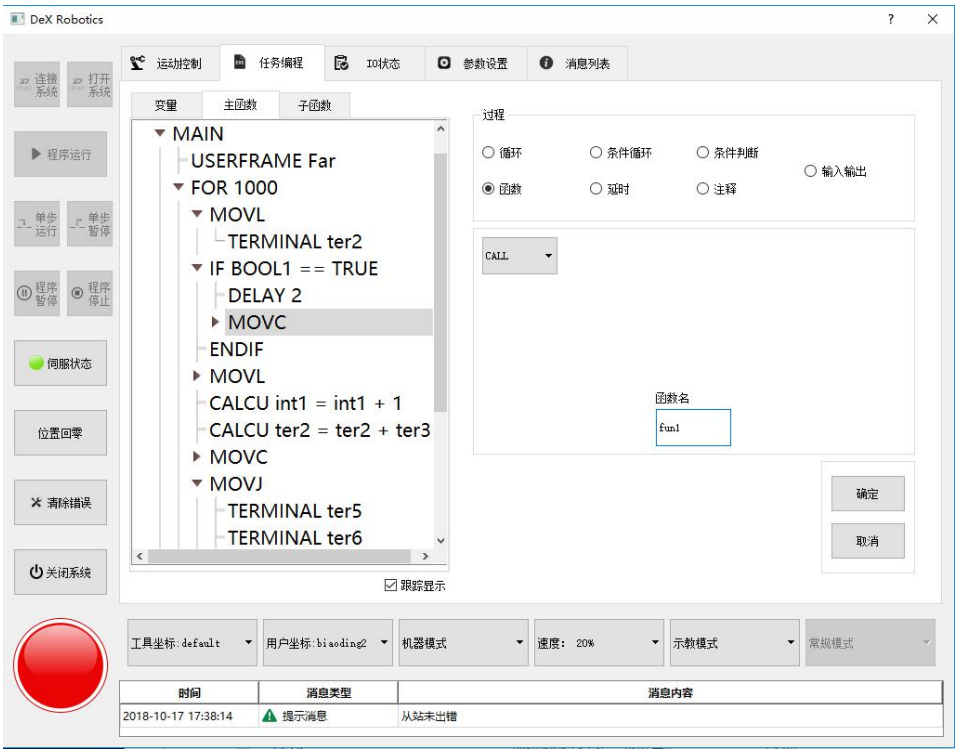

图 57　调用子函数

在下方“调用函数名称”处输入子函数名，点击【确定】按钮调用子函数。同时，下拉框中还可以选择 RETURN，用以退出子函数或结束主函数运行。

第八章 IO 操作

8.1 IO 功能综述

IO 是 doMotion 系列控制系统与外部设备交互的主要方式。控制系统具有 16 路 IO 输入输出口。

切换到【IO 状态】页面可以查看当前各输入输出端口的状态，如图 58 所示。左侧是当前输入端口的状态；右侧为输出端口状态，OFF（按钮灰色）表示关闭，ON（按钮绿色）表示打开；点击圆形按钮可以切换对应的输入输出状态。

图 58 IO 状态

8.2 添加 IO 指令

首先在【任务编程】页面左侧的【函数】列表框内选择一行代码，则添加的 IO 指令将插在此行代码的下一行；点击右侧【过程指令】，上方选择【输入输出】。

8.2.1 IO 输入

下拉框中选择【WEITDIN】，表示等待端口输入。下方“等待输入”框中，

第一个框中输入等待输入的端口数，形式为“DI+数字（1—16）”，如“DI1”；后面的框中为等待输入的状态，选择“ON”或“OFF”，如图 59 所示。

状态还可以填入 BOOL 类型的变量，TRUE 表示 ON，FALSE 表示 OFF。

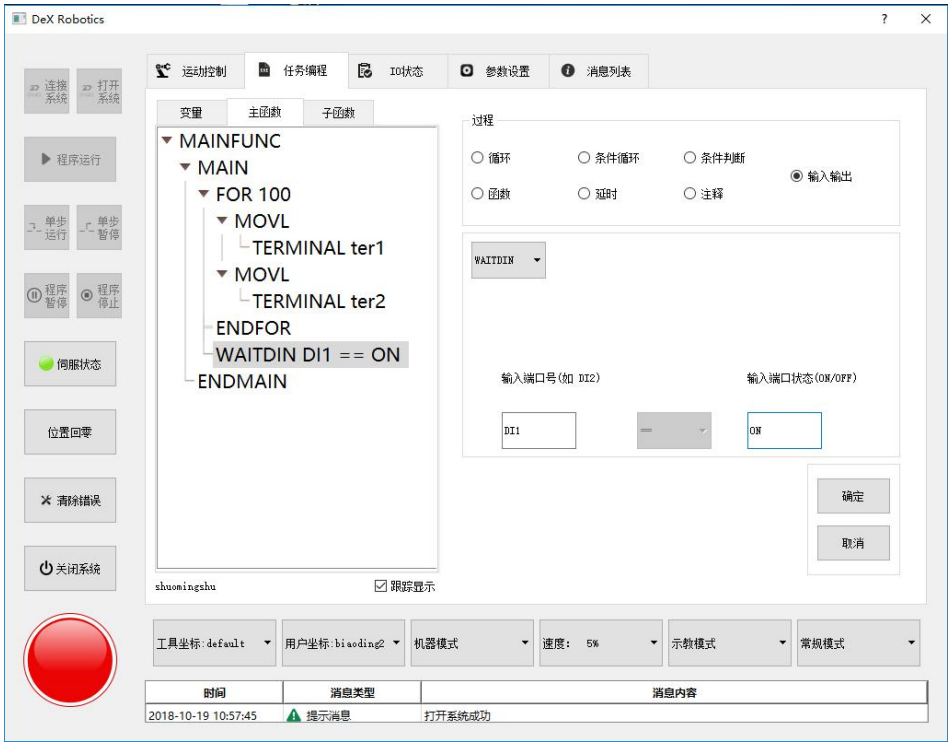

图 59　等待 IO 输入指令

点击【确定】按钮插入等待 IO 输入指令。

8.2.2 IO 输出

第二个下拉框中选择【DOUT】，表示端口输出。下方“输出”框中，第一个框中填入输出端口数，形式为“DO+数字（1—16）”，如“DO1”；后面的框中为欲输出的状态，选择“ON”或“OFF”，如图 60 所示。

状态同样也可以填入 BOOL 类型的变量，TRUE 表示 ON，FALSE 表示 OFF。

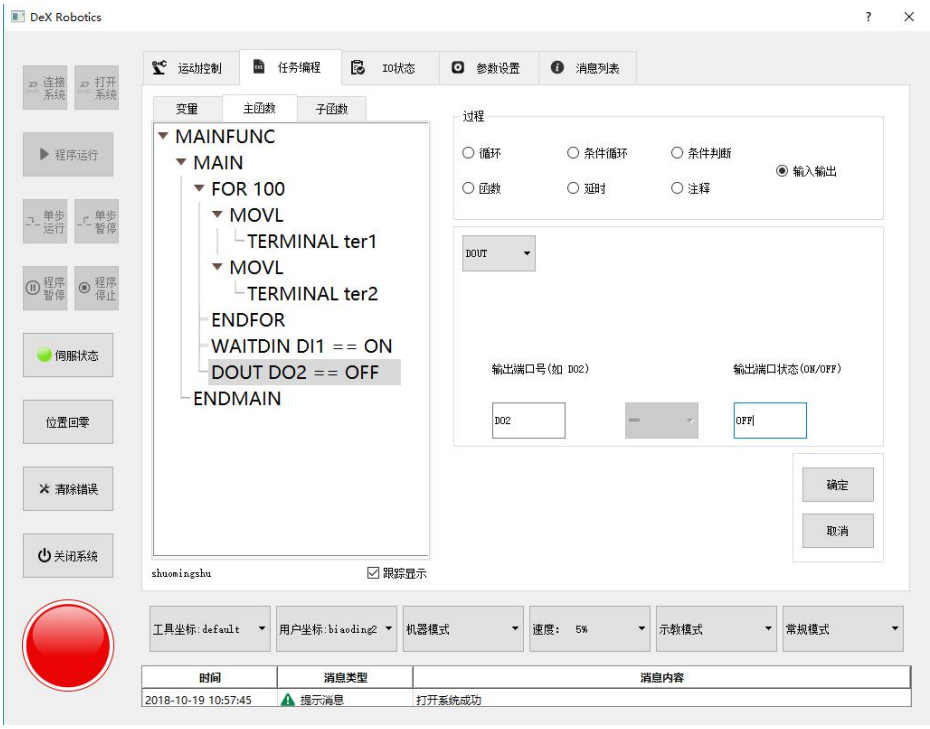

图 60　IO 输出指令

点击【确定】按钮插入 IO 输出指令。