



# 用户手册

HEX

力扭矩传感器

适用于优傲机器人

版本号 E12

OnRobot FT URCap 插件版本 4.0.0

2018 年 9 月

# 目录

---

<b>1</b>	<b>前言</b>	<b>6</b>
1.1	目标用户	6
1.2	预期用途	6
1.3	重要安全说明	6
1.4	警告符号	6
1.5	印刷惯例	7
<b>2</b>	<b>开始</b>	<b>8</b>
2.1	交货范围	8
2.1.1	OnRobot (OptoForce) UR Kit (v1)	8
2.1.2	OnRobot UR Kit (v2)	8
2.2	传感器说明	9
2.2.1	HEX-E v1 和 HEX-H v1	9
2.2.2	HEX-E v2 和 HEX-H v2	10
2.3	安装	11
2.3.1	HEX-E v1 和 HEX-H v1	11
2.3.2	HEX-E v2 和 HEX-H v2	11
2.4	电缆连接	12
2.5	UR 兼容性	13
2.6	URCap 插件安装	13
2.7	URCap 插件设置	15
<b>3</b>	<b>使用 URCap 插件</b>	<b>17</b>
3.1	OnRobot 反馈变量	17
3.1.1	TCP 位置的作用	20
3.2	OnRobot Hand Guide 工具栏	21
3.3	OnRobot URCap 指令	23
3.3.1	F/T 中心	23
3.3.2	F/T 控制	25
3.3.3	F/T 正在码垛	28
3.3.4	F/T 固定和旋转	32

3.3.5	F/T 保护 .....	34
3.3.6	F/T 插箱 .....	36
3.3.7	F/T 插入部件 .....	38
3.3.8	F/T 移动 .....	40
3.3.9	F/T 路径 .....	43
3.3.10	F/T 搜索 .....	45
3.3.11	F/T 路径点 .....	47
3.3.12	F/T 零 .....	49
3.3.13	F/T 设置载荷 .....	50
3.4	应用示例 .....	51
3.4.1	碰撞检测 .....	51
3.4.2	中心点检测 .....	51
3.4.3	抛光和喷砂 .....	51
3.4.4	托盘包装 .....	52
3.4.5	插针 .....	53
3.4.6	插箱 .....	53
3.4.7	固定和旋转 .....	53
<b>4</b>	<b>术语表 .....</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>首字母缩略词列表 .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>附录 .....</b>	<b>56</b>
6.1	更改 Compute Box IP 地址 .....	56
6.2	升级 Compute Box 上的软件 .....	57
6.3	软件卸载 .....	57
6.4	返回数值 .....	58
6.4.1	F/T 中心指令返回数值 .....	58
6.4.2	F/T 固定和旋转指令返回数值 .....	58
6.4.3	F/T 插箱指令返回数值 .....	58
6.4.4	F/T 插入部件指令返回数值 .....	59
6.4.5	F/T 移动指令返回数值 .....	59
6.4.6	F/T 搜索指令返回数值 .....	59

6.4.7	F/T 码垛指令返回数值 .....	60
6.5	故障排除.....	61
6.5.1	URCap 插件设置错误 .....	61
6.5.2	过于接近奇点.....	63
6.5.3	手动引导条上显示警示标志.....	64
6.5.4	“socket_read_binary_integer: 超时” .....	64
6.5.5	“套接字 vectorStream 打开不成功。” .....	64
6.5.6	路径重放速度低于预期.....	64
6.5.7	路径保存 “错误编号 -2” .....	64
6.5.8	路径保存 “错误编号 -3” .....	65
6.5.9	“未知的传感器类型” .....	65
6.5.10	“传感器不响应。” .....	65
6.6	声明和认证.....	66
6.7	版本.....	69

版权所有 © 2017-2018 OnRobot A/S。保留所有权利。未经 OnRobot A/S 书面批准，严禁以任何形式或通过任何方式复制本出版物的任何部分。

在本文件出版之时，我们已经尽量保证其中信息的准确性。如果产品版本发生更新，则更新日期后的产品的用户手册可能会与本文件存在差异。

对于本文件中出现的任何错误或遗漏，OnRobot A/S 不承担任何责任。在任何情况下，对于因为使用本文件而造成的任何人身伤害或财产损失，OnRobot A/S 概不负责。

本文所列信息随时可能发生变更，恕不另行通知。您可以访问我们的网站获取最新版本的<sup>1</sup>用户手册，网址：<https://onrobot.com/>。

本出版物的原始语言为英文。其他语言版本均翻译自英文版本。

所有商标均属于其各自的所有者。(R) 和 TM 的含义在此不做说明。

# 1 前言

---

## 1.1 目标用户

本文件的目标用户为设计和安装整套机器人应用的集成商。操作传感器的工作人员需要具备以下相关知识：

1. 机械系统方面的基础知识
2. 电子和电气系统方面的基础知识
3. 机器人系统方面的基础知识

## 1.2 预期用途

本传感器设计用于测量力和扭矩，安装在机器人的末端执行器上。本传感器可以在指定测量范围内使用。超出范围使用传感器将被视为误用。对于因此造成的任何损害或人身伤害，OnRobot 概不负责。

## 1.3 重要安全说明

本传感器属于 *部分完整机械*，当用作应用中的部件时，需要进行风险评估。需要遵守此处的所有安全说明。安全说明仅针对传感器，并不能涵盖整个应用的安全注意事项。

完整应用的设计和安装必须遵循应用安装国家/地区的相应标准和法规中的具体安全要求。

## 1.4 警告符号



### 危险：

警告指示非常危险的情形，如果不能避免可能会导致严重伤害甚至死亡。



### 警告：

警告指示潜在的电气危险情形，如果不能避免可能会导致人身伤害或设备损坏。



### 警告：

警告指示潜在的危险情形，如果不能避免可能会导致人身伤害或严重的设备损坏。



### 小心：

小心指示如果不能避免可能会导致设备损坏的情形。

### 注意：



注意表示附加信息，例如窍门或建议。

## 1.5 印刷惯例

本文件遵循下述印刷惯例。

表 1: 惯例

Courier 文本	用于文件路径和文件名、代码、用户输入和计算机输出。
<i>斜体文本</i>	用于引用内容或以文本形式标记的插图中的内容。
<b>粗体文本</b>	用于表示 UI 元素，包括按钮和菜单选项上的文本。
<b>粗体蓝色字体</b>	外部链接或内部交叉引用。
<尖括号>	表示必须用实际的数值或字符串代替的变量名称。
1. 数字编号	程序步骤。
A. 字母编号	插图内容说明。

## 2 开始

---

### 2.1 交货范围

Universal Robots OnRobot HEX Sensor Kit 中包括将 OnRobot 力/扭矩传感器连接到 UR 机器人所需的所有物品。

OnRobot Universal Robots (UR) Kit 有两个版本，取决于传感器的硬件版本。

#### 2.1.1 OnRobot (OptoForce) UR Kit (v1)

OnRobot (OptoForce) UR Kit v1 包括下述内容：

- OnRobot (OptoForce) 六轴力/扭矩传感器（型号为 HEX-E v1 或 HEX-H v1）
- OnRobot (OptoForce) Compute Box
- OnRobot (OptoForce) U 盘
- 适配器 A
- 过载塞
- 传感器电缆 (4 针 M8 - 4 针 M8, 5 米)
- Compute Box 电源线 (3 针 M8 - 开端)
- Compute Box 电源
- UTP 电缆 (RJ45 - RJ45)
- USB 电缆 (Mini-B - A 类)
- PG16 电缆密封套
- 塑料袋，包括：
  1. 电缆支架
  2. M6x30 螺钉（2 颗）
  3. M6x8 螺钉（10 颗）
  4. M5x8 螺钉（9 颗）
  5. M4x8 螺钉（7 颗）
  6. M4x12 螺钉（2 颗）
  7. M4 垫片（8 个）

#### 2.1.2 OnRobot UR Kit (v2)

OnRobot (OptoForce) UR Kit v2 包括下述内容：

1. OnRobot 六轴力/扭矩传感器（型号为 HEX-E v2 或 HEX-H v2）
2. OnRobot Compute Box
3. OnRobot U 盘



4. 适配器 A2
5. 传感器电缆 (4 针 M8 - 4 针 M8, 5 米)
6. Compute Box 电源线 (3 针 M8 - 开端)
7. Compute Box 电源
8. UTP 电缆 (RJ45 - RJ45)
9. PG16 电缆密封套
10. 塑料袋, 包括:
11. 电缆支架, 包括内置螺钉
12. M6x8 内梅花头螺钉 (6 颗)
13. M5x8 内梅花头螺钉 (9 颗)
14. M4x6 内梅花头螺钉 (7 颗)
15. M6 垫片 (6 个)
16. M5 垫片 (9 个)

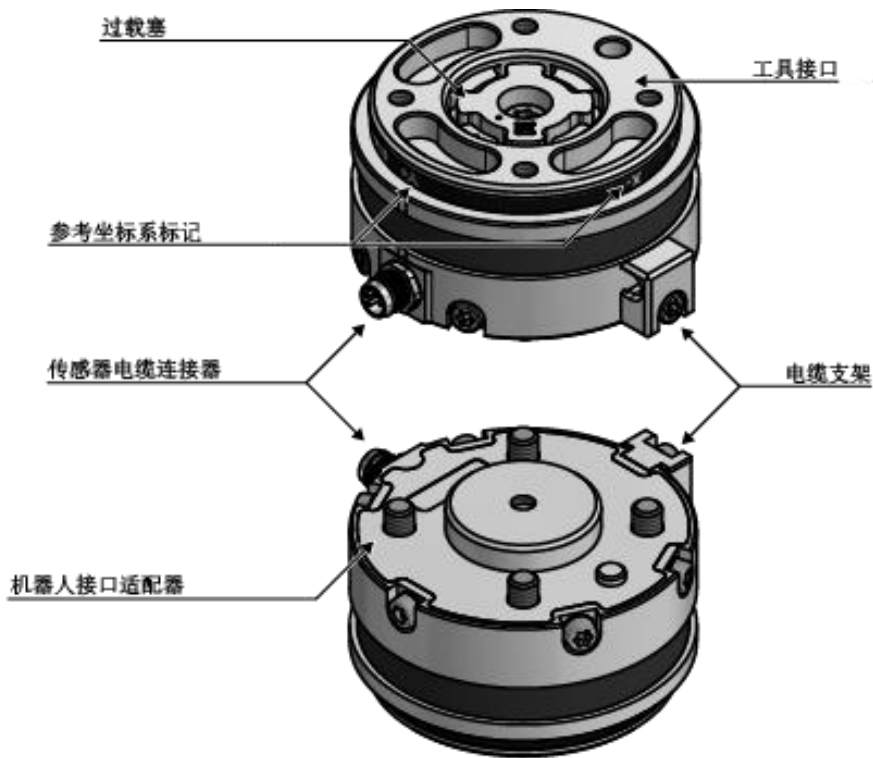
**注意:**

自 2018 年 9 月中旬开始, OnRobot UR Kit v2 不再配备 USB 线 (Mini-B - A 型)。如果需要, 可以单独购买。

## 2.2 传感器说明

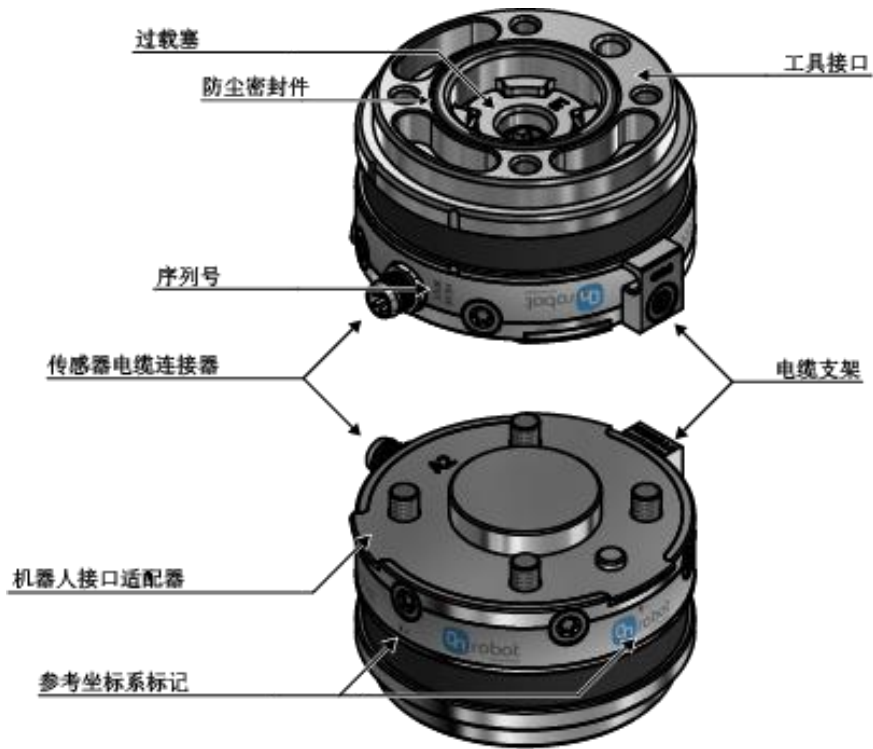
### 2.2.1 HEX-E v1 和 HEX-H v1

传感器包括传感器本体、适配器和过载塞。传感器电缆连接器、电缆支架和参考坐标系的标记均在传感器本体上。工具直接通过工具接口固定到传感器本体上。传感器通过适配器固定到机器人工具凸缘。



2.2.2 HEX-E v2 和 HEX-H v2

传感器包括传感器本体、适配器和过载塞。传感器电缆连接器、电缆支架、防尘密封件、序列号和参考坐标系的标记均在传感器本体上。工具直接通过工具接口固定到传感器本体上。传感器通过适配器固定到机器人工具凸缘。



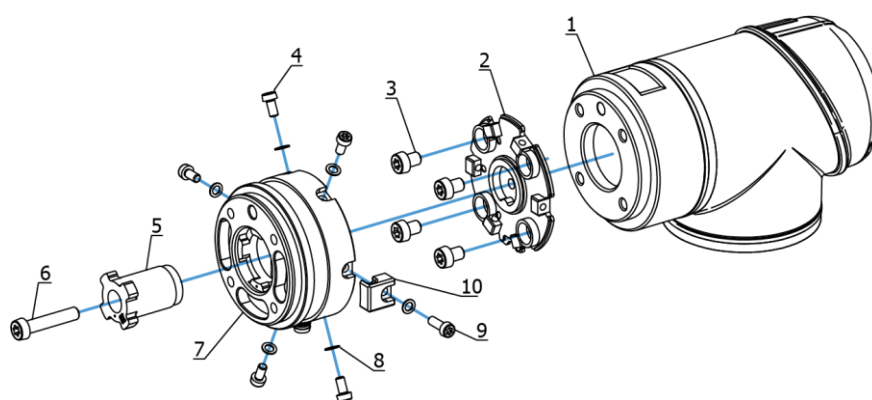
## 2.3 安装

仅限使用随传感器提供的螺钉。过长的螺钉可能会损坏传感器或机器人。

### 2.3.1 HEX-E v1 和 HEX-H v1

要安装传感器，程序如下：

1. 用 4 颗 M6x8 螺钉将适配器 A 固定到机器人上。用 6 Nm 扭矩拧紧。
2. 用 5 颗带 M4 垫片的 M4x8 螺钉将传感器固定到适配器上。用 1.5 Nm 扭矩拧紧。
3. 用 1 颗带 M4 垫片的 M4x12 螺钉将电缆固定到带电缆支架的传感器上用 1.5 Nm 扭矩拧紧。
4. 用 1 颗 M6x30 螺钉将插头固定到传感器上。用 6 Nm 扭矩拧紧。



图例：1 - 机器人工具凸缘，2 - 适配器 A，3 - M6x8 螺钉，4 - M4x8 螺钉，5 - 过载塞，6 - M6x30 螺钉，7 - 传感器，8 - M4 垫片，9 - M4x12 螺钉，10 - 电缆支架

5. 按照工具制造商的说明，将工具固定到传感器上。



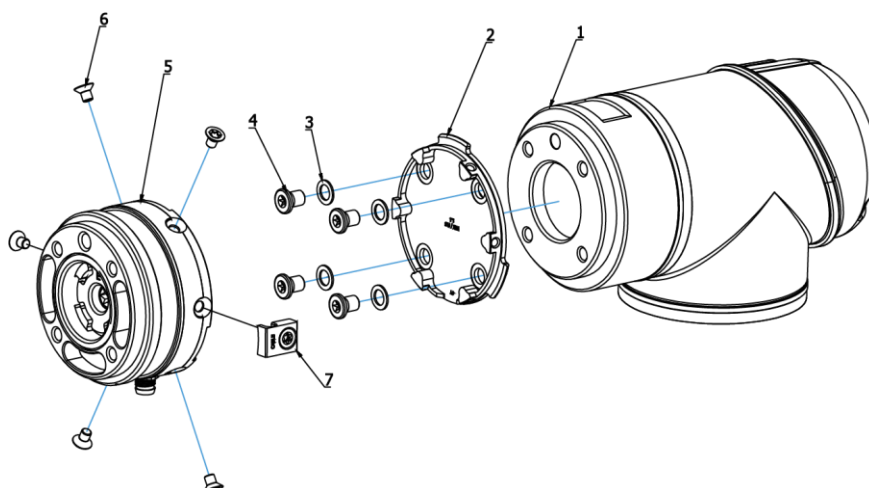
如果工具不是以平面连接到传感器，则过载保护功能无法正常工作。

### 2.3.2 HEX-E v2 和 HEX-H v2

要安装传感器，程序如下：

1. 用 4 颗带 M6 垫片的 M6x8 内梅花头螺钉将适配器 A2 固定到机器人上。用 6 Nm 扭矩拧紧。
2. 用 5 颗带 M4 垫片的 M4x6 螺钉将传感器固定到适配器上。用 1.5 Nm 扭矩拧紧。

- 用 1 颗带 **M4** 垫片的 M4x12 螺钉将电缆固定到带电缆支架的传感器上用 1,5 Nm 扭矩拧紧。



图例：1 - 机器人工具凸缘，2 - 适配器 A2，3 - M6 垫片，4 - M6x8 内梅花头螺钉，5 - 传感器，6 - M4x6 内梅花头螺钉，7 - 电缆支架

- 按照工具制造商的说明，将工具固定到传感器上。



#### 注意：

如果工具不是通过 ISO 9409-1-50-4-M6 中规定的接口连接到传感器，则过载保护功能无法正常工作。

## 2.4 电缆连接

要连接传感器，程序如下：

- 将 4 针 M8 电缆（长度为 5 米）连接到传感器。确保电缆上的孔与传感器上的连接器销对准。



#### 注意：

不要转动电缆，只能转动电缆锁。

- 用电缆夹将电缆固定到机器人上。



#### 注意：

确保接头附近的电缆有足够的长度可以弯曲。

- 将 Compute Box 放置在优傲机器人控制柜附近或内部，并连接 4 针 M8 电缆。提供的电缆密封套可以用于将电缆引入优傲机器人控制柜。

- 4. 利用提供的 UTP 电缆将 Compute Box 的以太网接口与优傲机器人控制器的以太网接口连接。
- 5. 使用 3 针 M8 电缆（长 1 米）从优傲机器人控制盒为 Compute Box 供电。将棕色电缆连接到 24V 一端，黑色电缆连接到 0V 一端。

电源		可配置输入				可配置输出			
PWR	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■
GND	■	CI0	■	CI4	■	CO0	■	CO4	■
24V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■
0V	■	CI1	■	CI5	■	CO1	■	CO5	■
		24V	■	24V	■	0V	■	0V	■
		CI2	■	CI6	■	CO2	■	CO6	■
		24V	■	24V	■	0V	■	0V	■
		CI3	■	CI7	■	CO3	■	CO7	■

更多信息，请参阅优傲机器人文档。

- 6. 为 Compute Box 和优傲机器人采用正确的网络设置。Compute Box 的默认 IP 地址为 192.168.1.1，要更改 IP 地址，请参阅[更改 Compute Box IP 地址](#)。

2.5 UR 兼容性

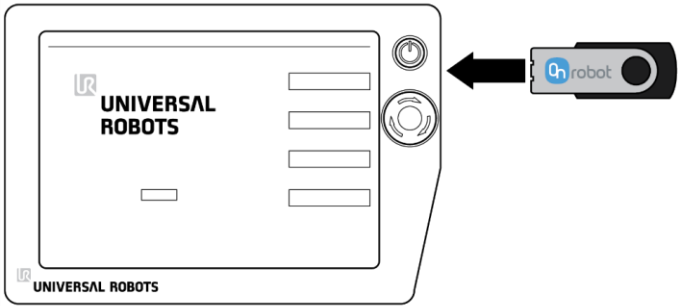
确保机器人控制器的版本至少为 PolyScope 版本 3.5 (高达 3.7)。

PolyScope 版本 3.7 中存在已知错误：保存按钮有时候不能正确显示。这种情况下，请使用另存为选项代替。

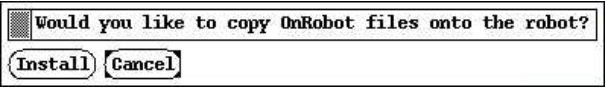
2.6 URCap 插件安装

要上传 OnRobot 示例并安装 OnRobot URCap 插件，请遵守此流程：

- 1. 将 OnRobot U 盘插入到示教盒右侧的 USB 插口中。

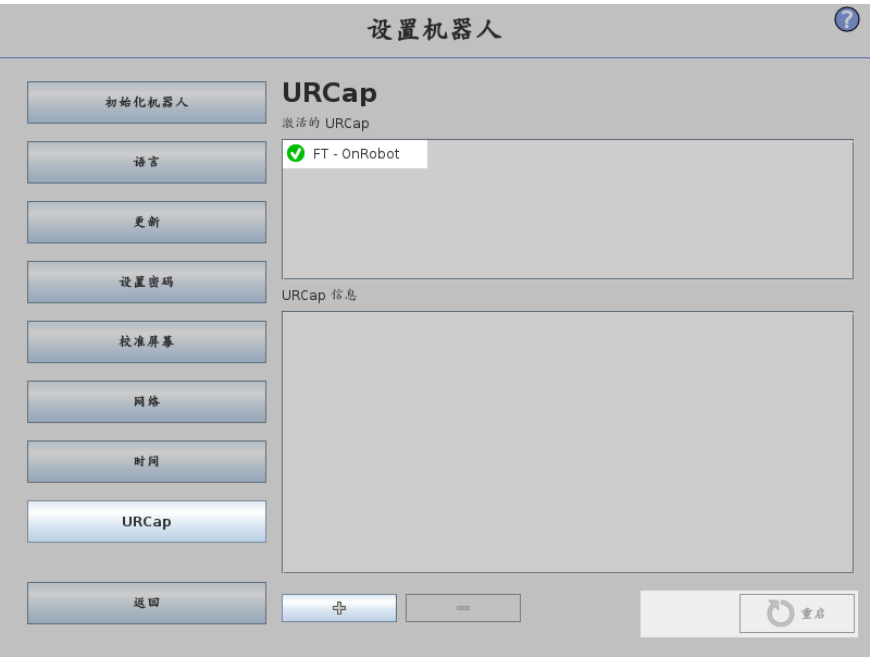


2. 此时会出现消息对话框，要求您允许继续将 OnRobot 示例和 URCap 文件拷贝到 programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件夹。



点按**安装(Install)**以继续。

3. 接着从主菜单中依次选择**设置机器人**选项、**URCaps 设置**选项。
4. 点按**+**号，浏览新拷贝的 OnRobot URCap 文件。可以在 programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件夹中找到这一文件。点按**打开**。
5. 接着需要重启系统，更改才能生效。点按**重启**按钮，并等待系统重启。



6. 对机器人进行初始化。

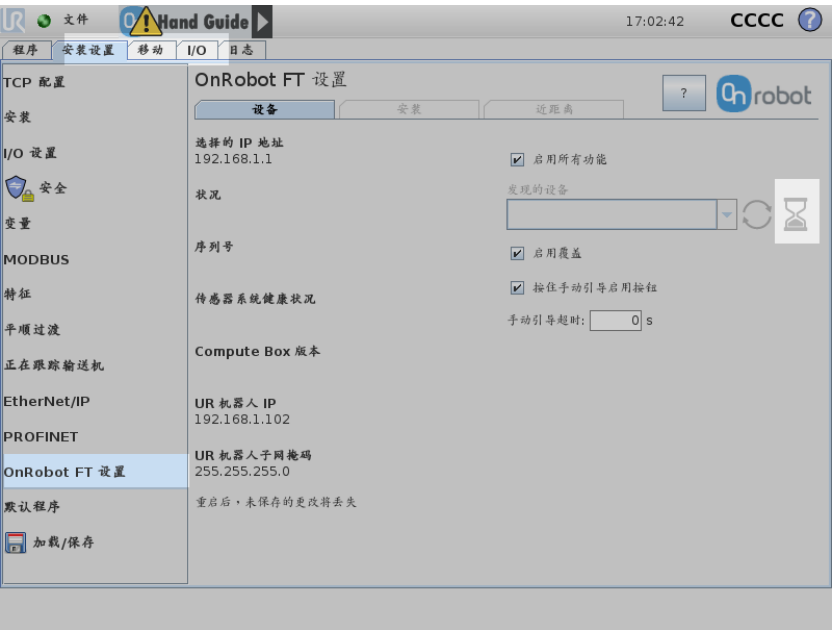



**注意：**  
关于 URCap 安装的更多信息，请参阅 UR 的文档。

继续 [URCap 插件设置](#)。

2.7 URcap 插件设置


选择**安装**选项卡，接着选择 **OnRobot FT 设置**。显示下面的屏幕：




等待几秒钟，软件会自动发现可用的 OnRobot 传感器。沙漏图标表示正在查找可用的 OnRobot 传感器。

发现过程完成后，会先选择第一个发现的设备并自动进行测试，此时会出现下面的屏幕。




对号图标显示已经发现设备并成功完成自动测试，因此设备使用准备工作已经完成。

如果没有发现设备或在自动测试过程中出现错误，则会显示图标。如需排查故障，请参阅 [URCap 插件设置错误](#)。



**注意：**

可以点按刷新图标，手动重新开始发现流程。

如果有多个可用的设备，则可以使用**已发现设备**下拉菜单更改预先选择的设备。

已连接设备的状态和基本信息在左侧显示：

**选择的 IP 地址：**显示已选中设备的 IP 地址。Compute Box 出厂默认设置的 IP 地址为 192.168.1.1。

**状态：**此处显示对号或错误消息（如果存在错误）。

**序列号：**OnRobot 设备的序列号。

**传感器系统健康状况：**此处显示对号或错误消息（如果存在错误）。

**Compute Box 版本：**Compute Box 的软件版本。必须与 URCap 版本匹配。如果版本不匹配，请更新 Compute Box。

显示 UR 机器人的当前网络设置，以便在发生错误时，帮助排查故障。

**UR 机器人 IP：**此处显示机器人的当前 IP 地址。Compute Box 上使用出厂默认设置时，数值必须为 192.168.1.x。

**UR 机器人子网掩码：**机器人当前的子网掩码。Compute Box 上使用出厂默认设置时，数值必须为 255.255.255.0。

手动引导设置在左下方：


**按住启用手动引导复选框：**如果选中（默认），在手动引导过程中，需要长按手动引导启用按钮。如果取消选中，则需要点按启用按钮开始手动引导，或再次点按启用按钮，停止手动引导。

**手动引导超时：**在设置的超时值（单位为秒）过后，手动引导将自动停止。默认值为 0，此时设置的超时值为无限大。



**注意：**

设置设备后，需要使用加载/保存按钮将更改保存作为当前安装的一部分。

要使用嵌入的帮助功能，可以点按问号图标。



### 3 使用 URCap 插件

#### 3.1 OnRobot 反馈变量

本节中会通过示例程序演示一些简单的功能。程序显示如何从 OnRobot 传感器中获取数据以及如何将传感器的力/扭矩值清零。

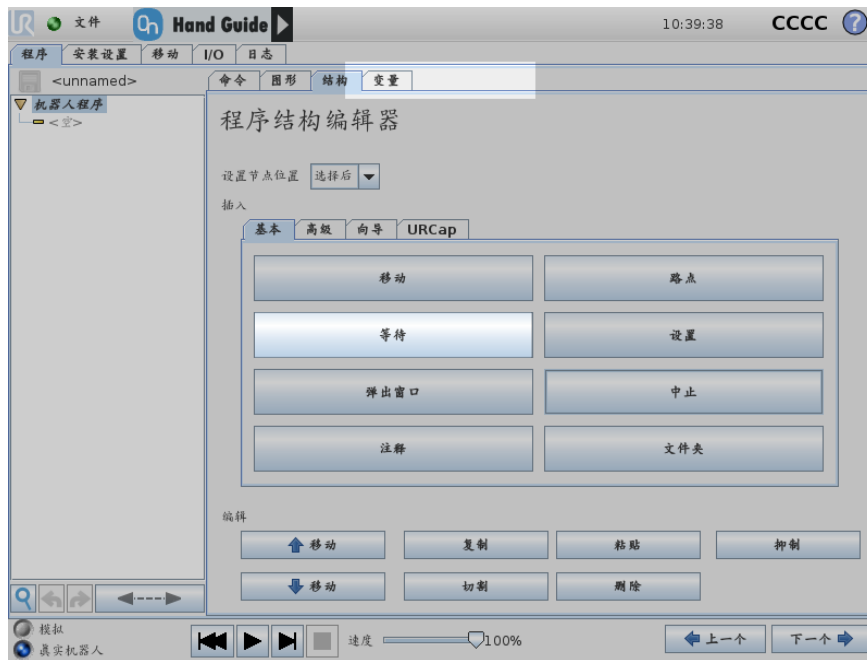
1. 点击机器人编程。



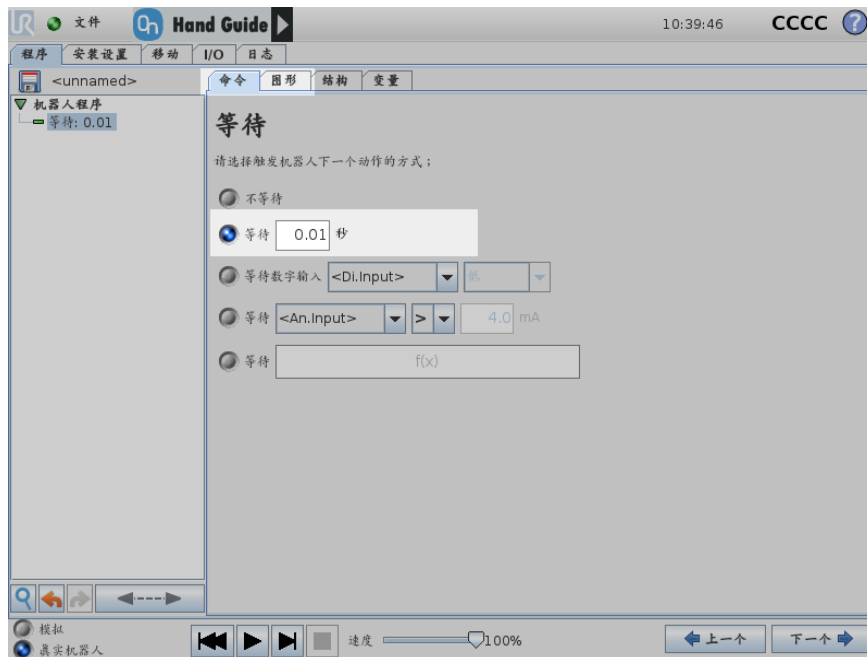
2. 点击空程序。



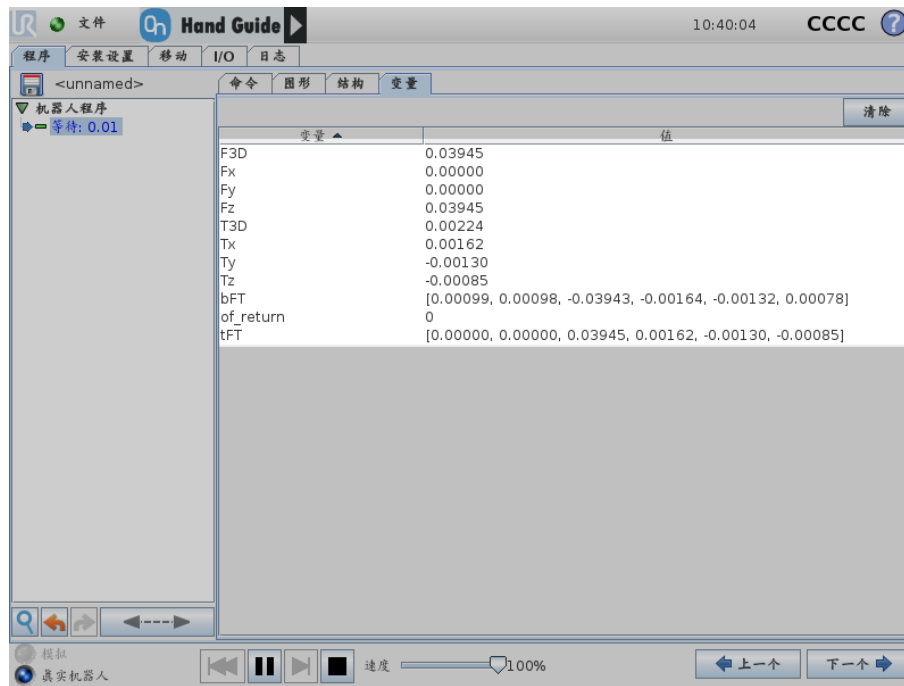
3. 选择**结构**选项卡。
4. 按下**等待**按钮，避免程序无限循环。



5. 从程序结构中选择**等待**指令。
6. 选择**指令**选项卡。
7. 将**等待**设置为 0.01 秒。
8. 按下**播放**按钮，执行程序。



9. 选择**变量**选项卡。



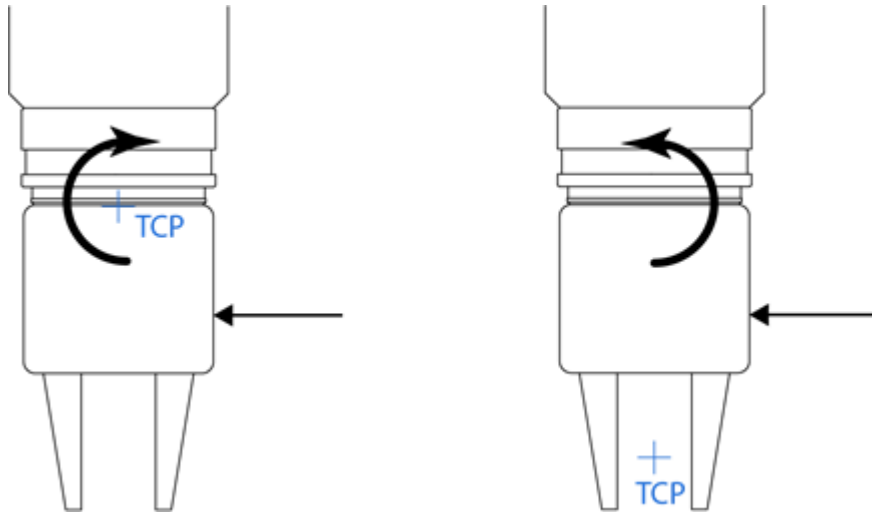
可以看到力和扭矩值。您可以在任何程序中使用这些变量。

这些变量会以大约 125Hz 的速率进行自动更新:

- **F3D**: 3D 力矢量的长度  $F3D = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$  (N)
- **Fx**: X 方向的力矢量 (单位为牛顿-N)
- **Fy**: Y 方向的力矢量 (单位为牛顿-N)
- **Fz**: Z 方向的力矢量 (单位为牛顿-N)
- **T3D**: 3D 扭矩矢量的长度  $T3D = \sqrt{T_x^2 + T_y^2 + T_z^2}$  (Nm)
- **Tx**: X 方向的扭矩 (单位为牛米-Nm)
- **Ty**: Y 方向的扭矩 (单位为牛米-Nm)
- **Tz**: Z 方向的扭矩 (单位为牛米-Nm)
- **bFT**: 在基础坐标系中计算的力和扭矩值, 单位分别为牛顿 (N) 和牛米 (Nm)
- **of\_return**: 用于存储 OnRobot 指令的变量
- **tFT**: 在工具坐标系中计算的力和扭矩值, 单位分别为牛顿 (N) 和牛米 (Nm)

### 3.1.1 TCP 位置的作用

扭矩基于工具中心点计算，表示测量的力产生的扭矩基于工具中心点计算，而不是传感器面。在下图中查看 TCP 位置对测得的扭矩的影响。






### 3.2 OnRobot Hand Guide 工具栏

打开优傲机器人后，可以看到 PolyScope 的启动屏幕。20 秒后，如果激活，右上角会出现 OptoForce Hand Guide 工具栏。



#### 注意：

在启动的几秒内，出现黄色警示信号  Hand Guide 是正常现象。如果黄色警示信号没有消失，则在 [URCap 插件设置](#) 中检查设备设置。

要激活工具栏的功能，点按工具栏上的任意一点。工具栏展开时，会出现可用的轴、启用  按钮、清零  按钮和对齐到轴  按钮。

要选择轴，按下对应的项目按钮。在下述示例中，选择了项目 X 和 Y 限制沿 X 和 Y 轴（平面）的运动：



#### 注意：




使用的坐标系是工具坐标系。

要禁用已经选择的轴，只需要再次按下相应的按钮即可。






**注意：**

在手动引导过程中，可以启用或禁用轴。

要开始手动引导 UR 机器人，首先确保您不会触碰工具，接着按下并按住启用  按钮。按钮会变为沙漏图标 ，同时手动引导会激活。等待启用按钮  变为绿色，借助 OnRobot 手指传感器，用手驱动机器人。



**注意：**


在手动引导激活前（启用  按钮变为绿色），确保不要触碰工具，否则，机器人可能会出现异常（例如机器人可能会在没有施加任何外力的作用下移动）。这种情况下，按下清零  按钮，同时不得触碰工具。在触碰工具的过程中，确保不要使用清零  按钮。


要停止手动引导 UR 机器人，释放启用  按钮。在禁用手动引导模式后，启用  按钮会立即禁用 1 秒，接着变为沙漏图标 。



**注意：**

请始终将机器人的速度滑块设置为 100%，这样使用手动引导功能才能获得最佳的用户体验。

清零  按钮可以在手动引导过程中工具方向发生变化时使用，从而抵消机器人的重力效应或载荷变化。

对齐到轴  按钮会使工具坐标系轴旋转，以与基础坐标系中最近的轴（不论是在正方向还是负方向上）对准。这就允许用户在手动引导后准确设置工具朝向水平或垂直方向。

### 3.3 OnRobot URCap 指令

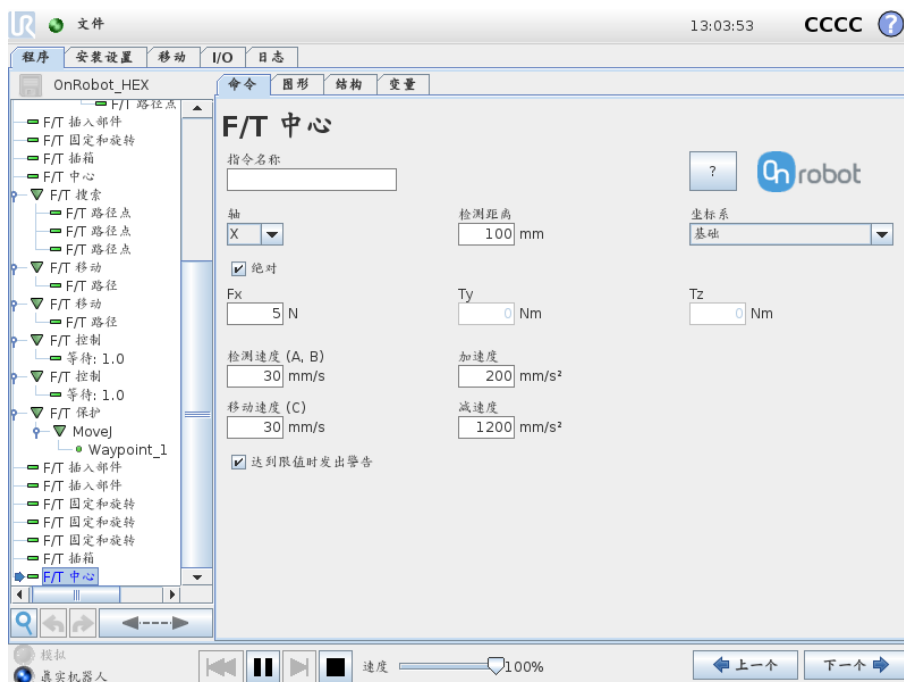
#### 3.3.1 F/T 中心

使机器人沿指定轴移动，直到检测到障碍物。碰撞后，向相反方向移动，直到再次发生碰撞。在机器人计算两个边界点的中间位置后，移动到该点。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 矩清零指令开始时，执行 F/T 控制指令，并确保在启动 F/T 控制指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能正常运行。



**轴:** 决定是沿 X、Y 或 Z 轴进行平移运动还是沿 RX、RY 或 RZ 轴进行旋转运动。只能选择一个轴。

**检测距离:** 从起点开始，指令允许机器人移动的距离（在两个方向）。确保距离足够大，否则无法找到正确的中心点。

**力/扭矩限值(Fx, Ty, Tz):** 表示检测限值。设定的轴决定可以用作限值的力/扭矩值。

**绝对值复选框:** 如果选中这一复选框，则还会选中力或扭矩值符号，不只是大小。



#### 注意：

一次只能激活一个力/扭矩选项。要更改当前使用的选项，清除之前的选项（删除字段内容），接着设定一个新选项。

**检测速度 A, B:** 碰撞检测时的移动速度。



**注意:**

在检测阶段，速度越低，在坚硬接触面（例如金属表面）的工作效果越好，可以避免因为机器人和工具惯性造成的过冲。

**移动速度 C:** 计算完中心点后，向中心点移动的速度。

**拆垛:** 移动的加速度参数（A 段、B 段和 C 段的共享参数）。

**减速度:** 移动的减速度参数（A 段、B 段和 C 段的共享参数）。

**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础或工具，取决于优傲机器人的参考坐标系。

**生成警告(...):** 启用这一选项后，当达到或超过设定限值（找不到中心点）时，则会出现弹窗消息（阻止）。如果找到中心点，则不会出现警告。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 中心指令返回数值](#)。



### 3.3.2 F/T 控制

F/T 控制指令的主要用途是为应用编程人员提供易于使用的功能，帮助他们开发力控制的应用，例如抛光、喷砂或打磨。这种应用中有很大大一部分都要求在移动过程中，在规定的方向上保持恒定的力/扭矩值。

这一指令可以在执行 F/T 控制下的指令时保证沿参考轴始终保持设定的力/扭矩值。F/T 控制指令不会控制工具在 F/T 移动、F/T 搜索、和 F/T 路径指令的作用下移动的方向上的力。



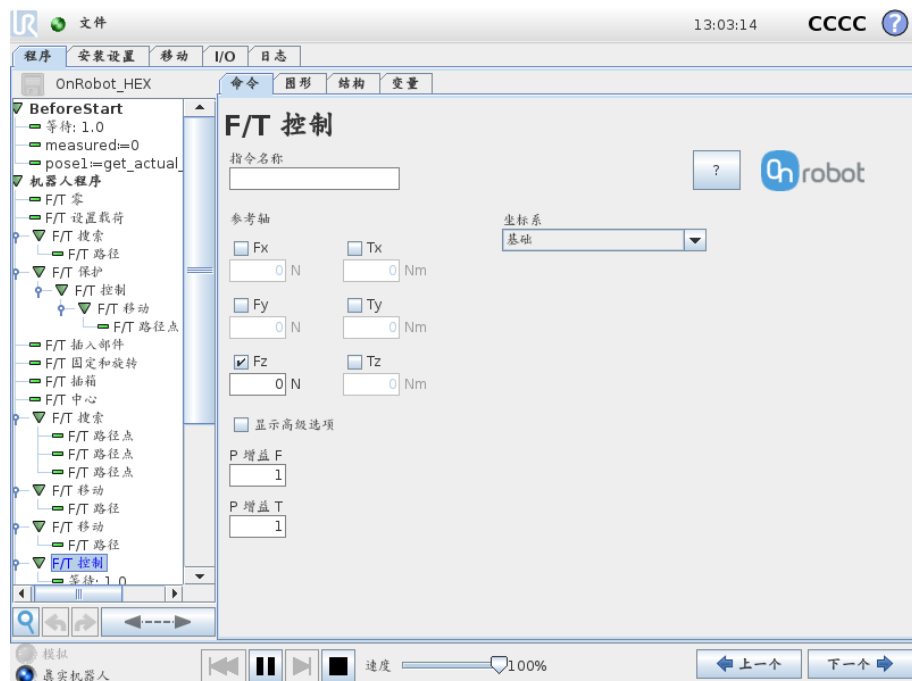
#### 注意：

优傲机器人的内置移动指令不能在 F/T 控制指令下使用。要在力控制条件下移动机器人，请使用 F/T 移动或 F/T 搜索指令。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 矩清零指令开始时，执行 F/T 控制指令，并确保在启动 F/T 控制指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能正常运行。



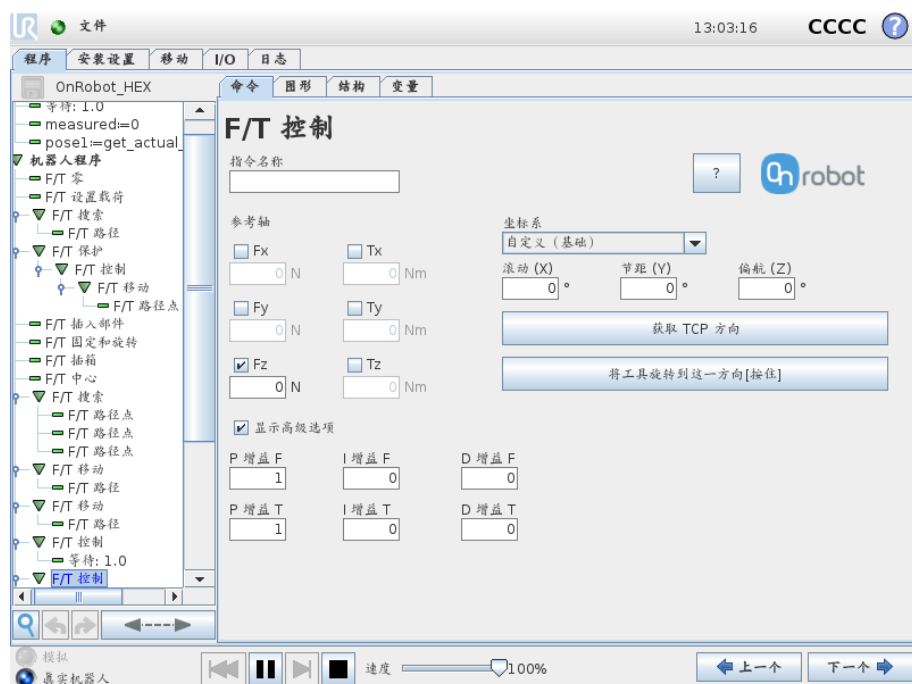
**参考轴 Fx, Fy, Fz, TX, TY, TZ:** 需要参考的轴。如果启用轴（参考轴），沿该轴的移动受力/扭矩控制，否则（非参考轴），根据位置进行控制。通过控制启用的轴，保持恒定的设置力/扭矩值。必须至少选择一个参考轴。

**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础、工具、自定义（基础）、自定义（工具），取决于优傲机器人的参考坐标系。自定义坐标系基于基础坐标系和给定的滚动、节距和偏航值来计算。对于自定义（基础）坐标系，可以使用**获取 TCP 方向**按钮，通过当前的 TCP 的方向来指定坐标系的方向。要测试给定的方向，可以使用**将工具旋转到这一方向[按住]**按钮。

**P 增益 F:** 可以通过这一比例增益参数对力控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值（例如：0.5）。

**P 增益 T:** 可以通过这一比例增益参数对扭矩控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值（例如：0.5）。

**显示高级参数复选框:** 如果选中，则会有多个选项可供使用：



**I 增益 F:** 可以通过这一积分增益参数对力控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值。

**I 增益 T:** 可以通过这一积分增益参数对扭矩控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值。

**D 增益 F:** 可以通过这一微分增益参数对力控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值。

**D 增益 T:** 可以通过这一微分增益参数对扭矩控制器进行微调。如果出现过冲或振动，则需要降低增益值。

这一指令无返回值。

### PID 力/扭矩控制器设置:

PID 力/扭矩控制器会对比 F/T 控制指令设定的值，并连续计算传感器测得的力/扭矩误差值，并基于这一误差进行校正。

**P 增益:** 这一比例项目会产生与当前误差值成比例的校正。提高这项目参数的作用如下：反应更快、过度反应、误差更低、稳定性下降。

**I 增益:** 这一积分项目会产生与过去的误差值大小和持续时间成比例的校正。增加这项目参数的作用如下：反应更快、过度反应、误差更低、稳定性下降。

**D 增益:** 这一微分项目会产生与过去的误差值坡度或变化速度成比例的校正。提高这项目参数的作用如下：过度反应更低、稳定性提高。

如果力控制过低，即工具偶尔会离开表面而不是继续接触表面，尝试提高 **P 增益** 和 **I 增益** 值。

如果力控制对变化的反应过度，即工具从表面弹会，尝试降低 **P 增益**（或在超过 1 的情况下，降低 **D 增益**）。

如果力控制对变化的反应过慢，即在接触后继续以较大的力推动表面，尝试降低 **I 增益**。

作为经验法则，建议使用下述值：

1. P 增益 < 5
2. I 增益 < 0.25
3. D 增益 < 1
4. P 增益/I 增益比率 = 10

可以用作微调基础的数值为：

P 增益 F = 1, I 增益 F = 0.1, D 增益 F = 0.3

P 增益 T = 0.2, I 增益 T = 0, D 增益 T = 0

### 3.3.3 F/T 正在码垛

F/T 正在码垛指令中包括码垛和拆垛功能。

**类型:** 选择 F/T 码垛和 F/T 拆垛的选择器。

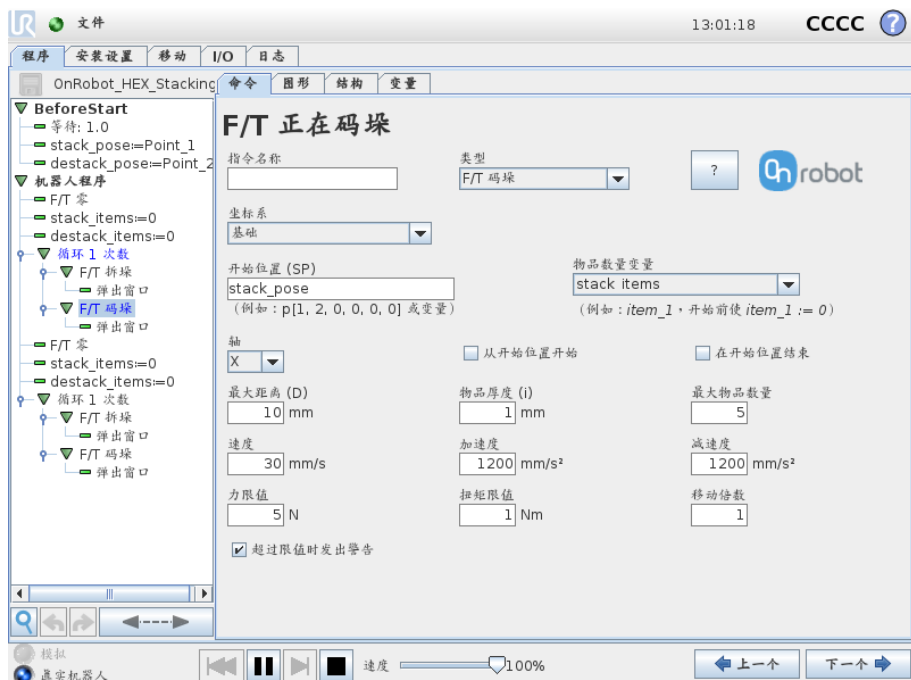
#### 3.3.3.1 F/T 码垛

F/T 码垛指令尝试检测垛顶部，接着而执行用户的放置顺序（例如：打开夹爪），接着退出。该指令会跟踪有多少物品已经码垛，从而在垛堆满时，更容易处理。这一指令还适用于厚度不同的物品。



#### 注意:

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 码垛指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 码垛指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能正常运行。



**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础或工具，取决于优傲机器人的参考坐标系。

**开始位置 (SP):** 也可以通过  $p[1, 2, 3, 4, 5, 6]$  等常数或变量来确定开始动作。数值需要大于满垛顶部的数值。

**物品数量变量:** 用于跟踪成功码垛的物品数量的变量。在此处输入之前定义的变量名称，并设定为 0。（例如：在程序的开始前部分，使用内置的优傲机器人分配命令 `item_1 := 0`。

**轴:** 执行码垛的参考轴 (X、Y 或 Z)。

**从开始位置开始:** 如果启用，指令将会开始，在执行开始之时就向开始位置 (SP) 移动。

**在开始位置结束:** 如果启用，指令将会退出，在执行结束之时就向开始位置 (SP) 移动。

**最大距离 (D):** 沿定义的轴的停止距离。从开始位置 (SP) 进行测量，并且需要大于满垛的尺寸。这一符号决定沿给定轴的码垛方向。

**物品厚度 (i):** 码垛物品的厚度。

**最大物品数量:** 确定可以码垛物品的数量，从而确定堆满所需的物品数量。

**力限值:** 要在垛顶找到的碰撞检测的力限值。

**扭矩限值:** 要在垛顶找到的碰撞检测的扭矩限值。

**速度:** 检测垛顶的移动速度。(m/s, rad/s)



**注意:**

在检测阶段，速度越低，在坚硬接触面（例如金属表面）的工作效果越好，可以避免因为机器人和工具惯性造成的过冲。

**拆垛:** 移动的加速度参数。

**减速度:** 移动的减速度参数。

**移动倍数:** 决定在机器人不检测垛顶而是接近/远离起点时的给定速度和力/扭矩数据限值的倍数。

**生成警告(...):** 如果启用，当没有找到下一个物体或垛已堆满时，则会出现弹窗消息（阻止）。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 码垛指令返回数值](#)。

## 3.3.3.2 F/T 拆垛

F/T 拆垛指令尝试搜索垛顶部，接着而执行用户的拾取顺序（例如：关闭夹爪）。该指令会跟踪有多少物品已经拆垛，从而在垛拆空时，更容易处理。这一指令还适用于厚度不同的物品。

**注意：**

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 码垛指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 码垛指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能正常运行。



**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础或工具，取决于优傲机器人的参考坐标系。

**开始位置 (SP):** 也可以通过  $p[0.1, 0.2, 0.3, 0.9, 0.8, 0.7]$  等常数或变量来确定开始动作。数值需要大于满垛顶部的数值。

**物品数量变量:** 用于跟踪成功拆垛的物品数量的变量。在此处输入之前定义的变量名称，并设定为 0。（例如：在程序的开始前部分，使用内置的优傲机器人分配命令 `item_1 := 0`。

**轴:** 执行拆垛的参考轴 (X、Y 或 Z)。

**从开始位置开始:** 如果启用，指令将会开始，在执行开始之时就向开始位置 (SP) 移动。

**在开始位置结束:** 如果启用，指令将会退出，在执行结束之时就向开始位置 (SP) 移动。

**最大距离 (D):** 沿定义的轴的停止距离。从开始位置 (SP) 进行测量，并且需要大于满垛的尺寸。这一符号决定沿给定轴的拆垛方向。

**物品厚度 (i):** 堆垛物品的厚度。

**最大物品数量:** 确定可以拆垛物品的数量，从而确定拆空所需的物品数量。

**力限值:** 要在垛顶找到的碰撞检测的力限值。

**扭矩限值:** 要在垛顶找到的碰撞检测的扭矩限值。

**速度:** 检测垛顶的移动速度。



**注意:**

在检测阶段，速度越低，在坚硬接触面（例如金属表面）的工作效果越好，可以避免因为机器人和工具惯性造成的过冲。

**拆垛:** 移动的加速度参数。

**减速度:** 移动的减速度参数。

**移动倍数:** 决定在机器人不检测垛顶而是接近/远离起点时的给定速度和力/扭矩数据限值的倍数。

**生成警告(...):** 如果启用，当没有找到下一个物体或垛已拆空时，则会出现弹窗消息（阻止）。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 码垛指令返回数值](#)。

### 3.3.4 F/T 固定和旋转

首先定位要插入到插座中的对象，指向正确的方向，并靠近孔的插座口。通过 F/T 固定和旋转指令校正最终位置和方向。尝试以预先设定的力限值推动对象，直到达到定义的插入深度，接着根据需要调整方向。



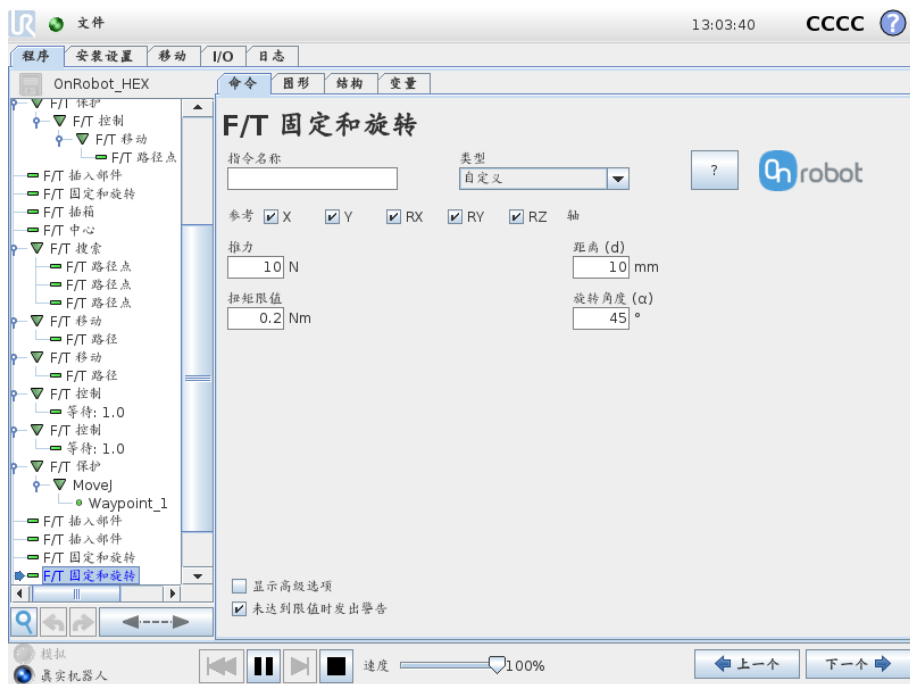
#### 注意：

重要的一点是，将 TCP（工具中心点）设置在对象的尖端。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 固定和旋转指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 固定和旋转指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能正常运行。



**X, Y, RX, RY, RZ 参考轴复选框：**插入操作沿工具坐标系的 Z 轴执行。考虑到定位偏差，其余的轴（X 和 Y 轴对应平移量，X、Y 和 Z 对应旋转角度）可以设置为自动移动。

**推力：**目标推力，用于轻轻将对象推入插座中的推力控制。

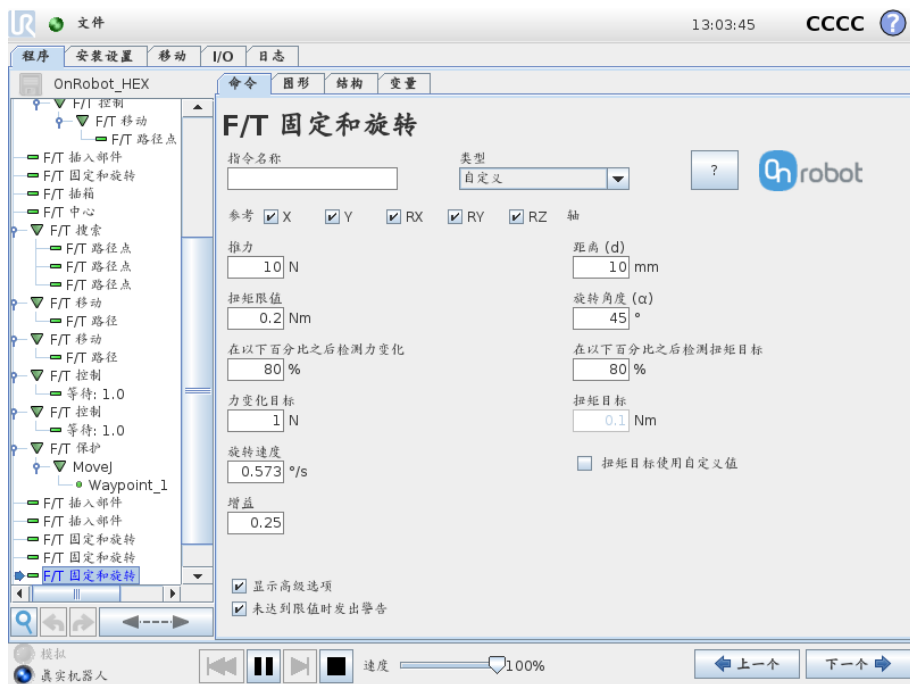
**距离 (d)：**沿 Z 轴（在工具坐标系中）到开始点的距离。

**扭矩限值：**在旋转阶段，这一限值用于完成移动。限值越小，旋转操作越谨慎。

**旋转角度 (α)：**绕工具坐标系 Z 轴旋转的角度。



**显示高级选项:** 如果启用，则会有多个选项可供使用：



**在以下百分比之后检测力变化:** 在物体靠近插座底部后，激活“碰撞检测”。可以通过**距离**的百分比设置物体接近程度的限值。

**在以下百分比之后检测扭矩目标:** 在旋转阶段，在达到设置的**旋转角度 (α)** 角度百分比后，激活扭矩目标检测。

**力变化目标:** 在插入过程中，达到**后检测力变化距离**百分比后，激活力检测。力检测用于检测连接器是否推入到插座的底部。可以通过附加力限值即**力变化目标**值进行设置。当力值等于或大于**推理 + 力变化目标**时，则连接器已经推入到插座底部。

**扭矩目标:** 将停止旋转阶段的设置扭矩值。

**扭矩目标使用自定义值:** 选中这一选项可以设置自定义扭矩目标。

**旋转速度:** 旋转阶段的旋转速度。

**增益:** 力和扭矩控制的增益参数。默认值为 0.5。数值越小，设置的推力的控制精度就越高。

**生成警告(...):** 如果启用，当插入不成功时，则会出现弹窗消息（阻止）。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 固定和旋转指令返回数值](#)。

### 3.3.5 F/T 保护

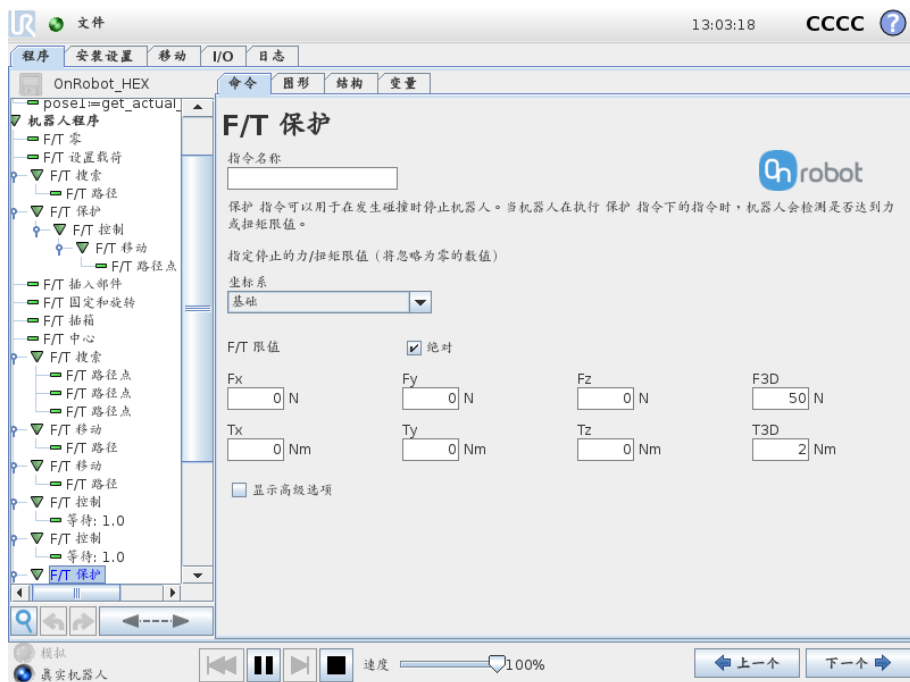
将执行 F/T 保护指令下的所有优傲机器人指令，但是机器人会在达到其中一个设定限值时停止。力限制可以与外部 I/O 信号结合

（例如：如果  $F_z > 5$  AND  $\text{digital\_in}[7] == \text{True}$ ，则停止）。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 保护指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 保护指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能在达到指定力/扭矩限值时停止。



**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础或工具，取决于优傲机器人的参考坐标系。

**F/T 限值:** 表示检测限值。在  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$ 、 $F_{3D}$ 、 $T_{3D}$  等可用选项中，有至少一个选项可以设置。这种情况下，如果任意值达到设置阈值，则会触发停止指令。等于零的数值会被忽略。

如果启用**绝对值**选项，则输入的值是正是负并不重要（例如：如果  $|F_z| \geq 3$ ，则停止），否则，符号决定计算阈值的方式（例如：如果  $F_z \geq 3$ ，则停止，如果  $F_z \leq -3$  则停止）

**显示高级选项:** 如果启用，则会有多个选项可供使用：



如果启用**除力/扭矩限值外...**，则还会监控设置的数字 I/O，而且当满足条件（除力/扭矩限值外）时，机器人将停止。（例如：如果  $Fz > 5$  AND  $digital\_in[7] == True$ ，则停止）。

这一指令没有返回数值，当达到限值时会停止程序。

### 3.3.6 F/T 插箱

首先将物体定位到孔的入口附近，并从倾斜方向 ( $\alpha$ ) 开始操作。只要没有找到孔的边缘，机器人就会沿预先确定的轴（例如 Z 轴）在 A 阶段移动物体。可以选择在 B 阶段找到另一个边缘（例如在孔的侧面）。在  $\alpha$  阶段，方向发生更改，因此物体可以与孔对准（用户必须设置正确的角度）。最终，物体插入（沿 A 阶段定义的轴）到剩余的插入深度。如果超过力和扭矩限值，就会生成警告。



#### 注意：

重要的一点是，将 TCP（工具中心点）设置在部件的尖端。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 插箱指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 插箱指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能在达到指定力/扭矩限值时停止。



**插入深度:** 沿 A 阶段确定的轴到开始点的距离。

**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础或工具，取决于优傲机器人的参考坐标系。

**力限值:** 边缘检测的力限值。

**扭矩限值:** 方向调节的扭矩限值。

**力倍数:** 边缘检测的力限值乘以这一数值，可以计算出最终插入的力限值。

**速度:** 插入过程中的移动速度。

**拆垛:** 移动的加速度参数。

**减速度:** 移动的减速度参数。

**A:** A 运动的相对坐标。

**B:** B 运动的相对坐标。

**$\alpha$  :**  $\alpha$  旋转的相对角度。

**生成警告(...):** 如果启用，当插入不成功时，则会出现弹窗消息（阻止）。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 插箱指令返回数值](#)。

### 3.3.7 F/T 插入部件

首先定位要插入到孔中的针或钉子，指向正确的方向，并靠近孔的入口。通过 F/T 插入部件指令校正最终位置和方向。尝试以预先设定的力限值推动针，并根据需要调整方向，达到设定的插入深度时停止。



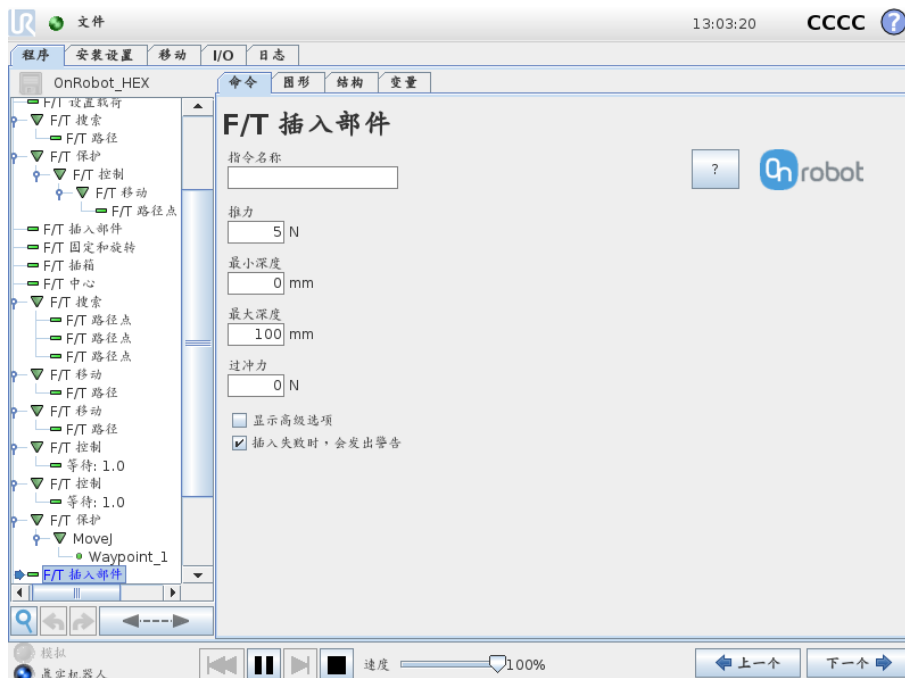
#### 注意：

重要的一点是，将 TCP（工具中心点）设置在部件的尖端。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 插入部件指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 插入部件指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能在达到指定力/扭矩限值时停止。



**推力:** 目标推力，用于轻轻将部件推入孔中的推力控制。

**最小深度:** 插入成功所需的最小深度，沿 Z 轴（在工具坐标系中）到开始点的距离。

**最大深度:** 插入可以达到的最大距离，沿 Z 轴（在工具坐标系中）到开始点的距离。

**过冲力:** 如果设置这一参数，则在达到**最小深度**后，预计会出现‘碰撞’，即推理增加（例如关闭扣合接头）。这一参数是在**推力**基础上插入操作允许的附加力，数值在最小和最大深度之间。

显示高级参数复选框：如果选中，则会有多个选项可供使用：



**力增益:** 参考轴推力和侧面作用力的力控制比例增益参数。

**扭矩增益:** 参考轴扭矩控制的比例增益参数。

**超时:** 整个插入功能的最大允许时长。如果设置为零，则可以忽略这一推出标准。

**预期速度:** 插入操作的预期最小速度。如果设置这一参数，并且插入以低于这一参数的频率进行，则插入操作停止，并认为插入操作失败。如果设置为零，则可以忽略这一推出标准。

**参考或限值 (Fx, Fy, Tx, Ty, Tz):** 需要参考的轴。如果启用轴（参考轴），沿该轴的移动受力/扭矩控制，否则（非参考轴），根据位置进行控制。通过控制启用的轴，保持恒定的设置力/扭矩值。必须至少选择一个参考轴。

**插入失败时(...):** 如果启用，当插入不成功时，则会出现弹窗消息（阻止）。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 插入部件指令返回值](#)。

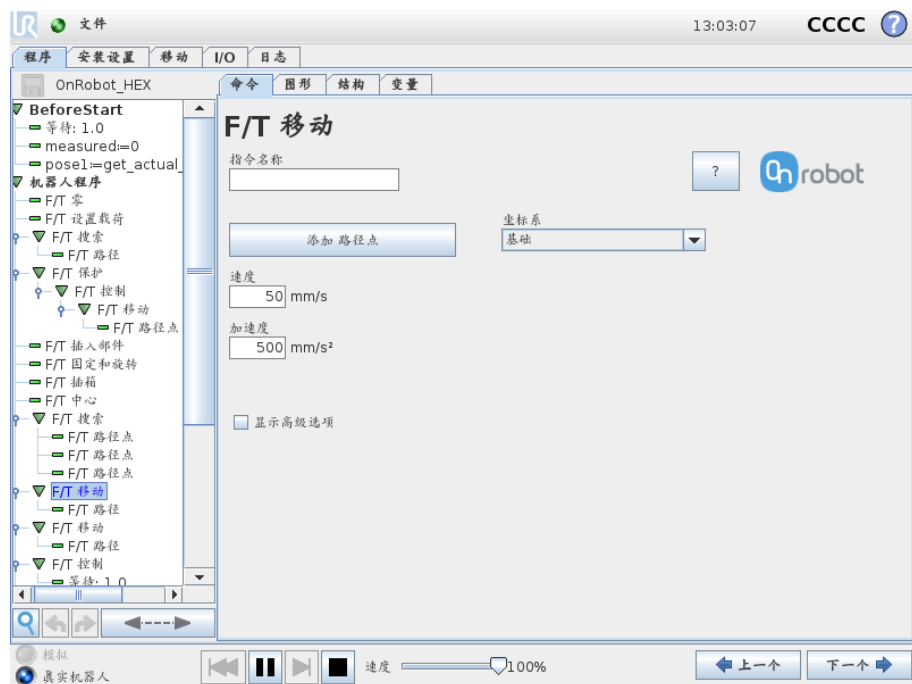
### 3.3.8 F/T 移动

F/T 移动可以与 F/T 路径点指令一同使用，以沿路线移动机器人，或与 F/T 路径一同使用，以沿路径移动机器人，并在达到设定的力/扭矩限值时停止（移动中断）。这种情况下会生成警报。如果移动到最后一个路径点，则移动成功。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 移动指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 移动指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能在达到指定力/扭矩限值时停止。



要执行 F/T 移动指令，点按**添加路径点**按钮，将 F/T 路径点添加为子节点。可以以相同的方式添加多个路径点。要删除路径点，使用**结构**选项卡**删除**按钮。

此外，也可以使用**结构**选项卡，将 F/T 路径点或 F/T 路径添加为 F/T 移动指令的子节点。

**速度：**移动过程中的移动速度限值。移动以恒定的平移速度执行。如果路径或路线在方向上有急剧变化，则机器人的实际速度可能会低于指定值，但是在路径或路线上仍然保持恒定。

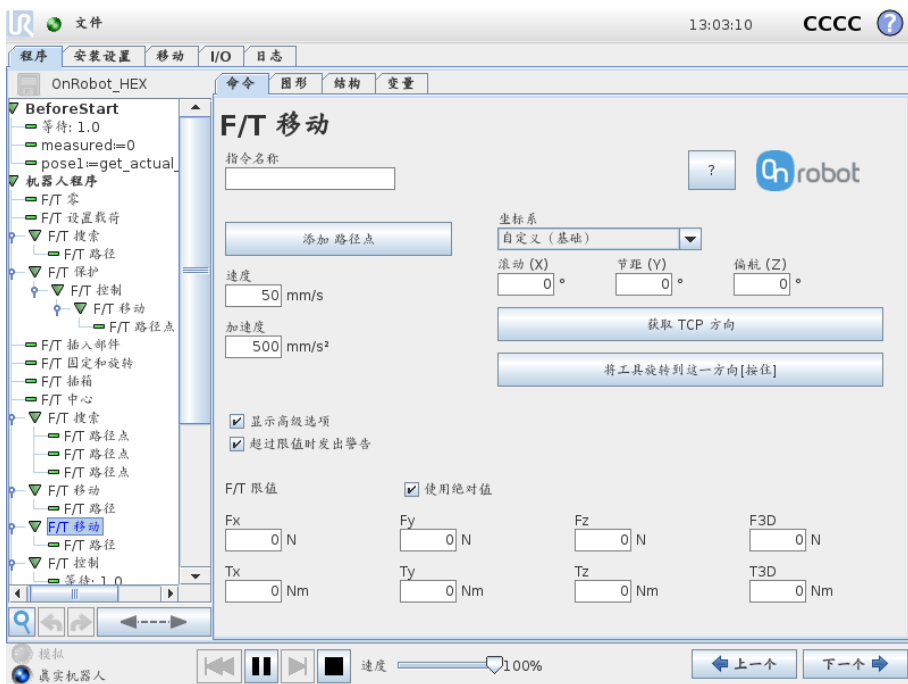
**加速度：**移动的加速度和减速度参数。

**坐标系：**坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础、工具、自定义（基础）、自定义（工具），取决于优傲机器人的参考坐标系。自定义坐标系基于基础坐标系和给定的滚动、节距和偏航值来计算。对于自定义（基础）坐标系，可以使用**获取 TCP 方**



向按钮，通过当前的 TCP 的方向来指定坐标系的方向。要测试给定的方向，可以使用将工具旋转到这一方向[按住]按钮。

显示高级选项复选框：如果选中，则会有多个选项可供使用：



**F/T 限值  $F_x, F_y, F_z, T_x, T_y, T_z, F_{3D}, T_{3D}$ :** 表示检测限值。在  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$ 、 $F_{3D}$ 、 $T_{3D}$  等可用选项中，有至少一个选项可以设置。这种情况下，如果任意值达到设置阈值，则会触发停止指令。等于零的数值会被忽略。

如果启用**使用绝对值**选项，则输入的值是正是负并不重要（例如： $|F_z| \geq 3$ ），否则，符号决定计算阈值的方式（例如： $F_z \geq 3$  或  $F_z \leq -3$ ）

**超过限值(...):** 如果启用，到达目标位置（移动不成功）时，则会出现弹窗消息（阻止）。如果移动成功，则不会出现警告。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 移动指令返回值](#)。

### 3.3.9 F/T 路径

F/T 路径指令可以与 F/T 移动或 F/T 搜索指令一起使用，以记录或播放路径。



**类型:** 如果选择相对，则路径会从工具的实际位置开始播放，而不是在记录的绝对位置。如果选择绝对，则工具移动到原始起点，并从此处开始播放路径。

**路径 ID 下拉列表:** 列出 Compute Box 上保存的所有路径的标识符。路径 ID 会分配给保存路径时的路径。如果没有已经记录的未保存路径，则会出现**记录新...**选项，选择这一选项以记录新路径。如果已经记录的路径未保存，则列表中会显示**未保存**项目。



**注意:**

只能有一个未保存的路径，开始路径记录时，如果选中**未保存**路径，则未保存的路径会被覆盖。

**删除选定的路径按钮:** 从 Compute Box 中永久性删除**路径 ID** 下拉列表中当前选中的路径。



**注意:**

不要删除其他 F/T 路径指令使用的路径。

**开始路径记录按钮:** 自动启用手动引导功能，开始记录路径。

**停止路径记录按钮:** 停止手动引导功能，并将记录的路径存储到内存中。这样做不会永久保存路径。

**移动到路径开始点[按住]按钮:** 将工具移动到路径的开始位置，只有路径并非相对时，才能使用这一按钮。

**开始路径重放按钮:** 重放路径，即使路径没有保存，而只是存储在内存中。

**停止路径重放按钮:** 停止重放路径。

**保存路径按钮:** 将未保存的路径保存到 Compute Box 中。



**注意:**

相对于路径记录的平移运动的旋转运动不得超过 2.8 度/mm，因为过大的比率会导致机器人以非常低的平移速度重放路径。因此，没有平移运动的旋转运动不会被记录为路径。



**注意:**

重放路径相对于原始记录的运动的最大误差不得超过 1 mm。

这一指令无返回值。

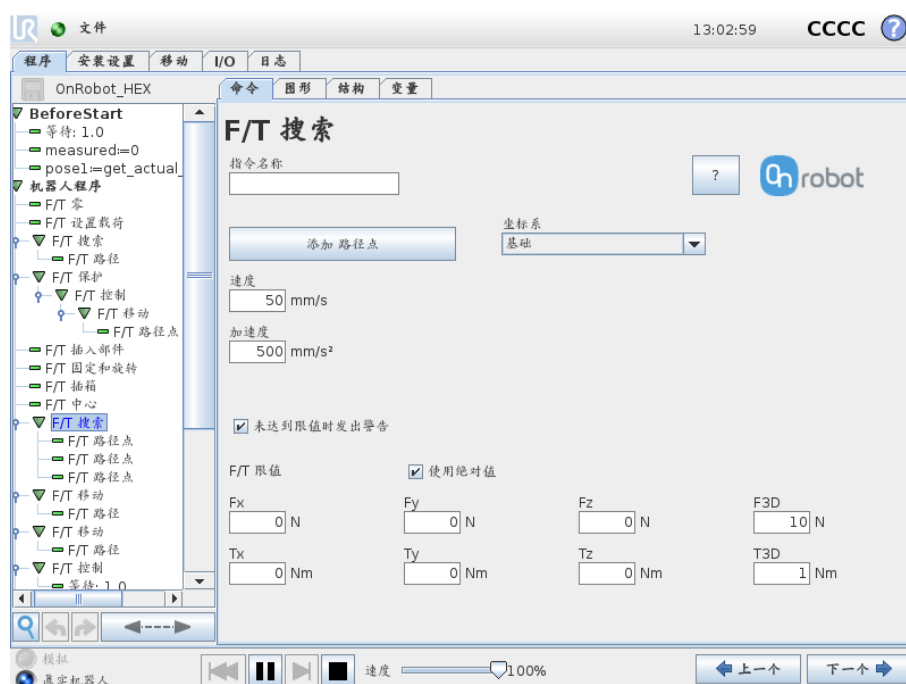
### 3.3.10 F/T 搜索

F/T 搜索指令可以与 F/T 路径点指令一同使用，以沿路线移动机器人，或与 F/T 路径一同使用，以沿路径移动机器人，并在达到设定的力/扭矩限值时停止（发现物体）。如果移动到达最后一个路径点或路径的最后一个点，这表示检测不成功（未发现物体），会生成警告。



#### 注意：

要取消任何力/扭矩补偿，在 F/T 搜索指令开始时，执行 F/T 零指令，并确保在启动 F/T 搜索指令前，工具不会接触任何对象，否则指令将不能在达到指定力/扭矩限值时停止。



要执行 F/T 搜索指令，点按**添加路径点**按钮，将 F/T 路径点添加为子节点。可以以相同的方式添加多个路径点。要删除路径点，使用**结构**选项卡**删除**按钮。

此外，也可以使用**结构**选项卡，将 F/T 路径点或 F/T 路径添加为 F/T 搜索指令的子节点。

**速度:** 碰撞检测的移动速度。移动以恒定的平移速度执行。如果路径或路线在方向上有急剧变化，则机器人的实际速度可能会低于指定值，但是在路径或路线上仍然保持恒定。



**注意:**

在检测阶段，速度越低，在坚硬接触面（例如金属表面）的工作效果越好，可以避免因为机器人和工具惯性造成的过冲。

**拆垛:** 移动的加速度和减速度参数。

**F/T 限值 Fx,Fy,Fz,Tx,Ty,Tz,F3D,T3D:** 表示检测限值。在 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz、F3D、T3D 等可用选项中，有至少一个选项可以设置。这种情况下，如果任意值达到设置阈值，则会触发停止指令。等于零的数值会被忽略。

如果启用**使用绝对值**选项，则输入的值是正是负并不重要（例如： $|F_z| \geq 3$ ），否则，符号决定计算阈值的方式（例如： $F_z \geq 3$  或  $F_z \leq -3$ ）

**坐标系:** 坐标系用于移动和传感器读数。可以设置为基础、工具、自定义（基础）、自定义（工具），取决于优傲机器人的参考坐标系。自定义坐标系基于基础坐标系和给定的滚动、节距和偏航值来计算。对于自定义（基础）坐标系，可以使用**获取 TCP 方向**按钮，通过当前的 TCP 的方向来指定坐标系的方向。要测试给定的方向，可以使用**将工具旋转到这一方向[按住]**按钮。

**未达到限(...):** 如果启用，到达目标位置或已经发生碰撞（检测不成功）时，则会出现弹窗消息（阻止）。如果检测成功，则不会出现警告。

如果禁用，则不会出现弹窗消息，但是用户可以通过指令的返回数值处理任何可能出现的错误。

关于返回值，请参阅 [F/T 搜索指令返回值](#)。

### 3.3.11 F/T 路径点

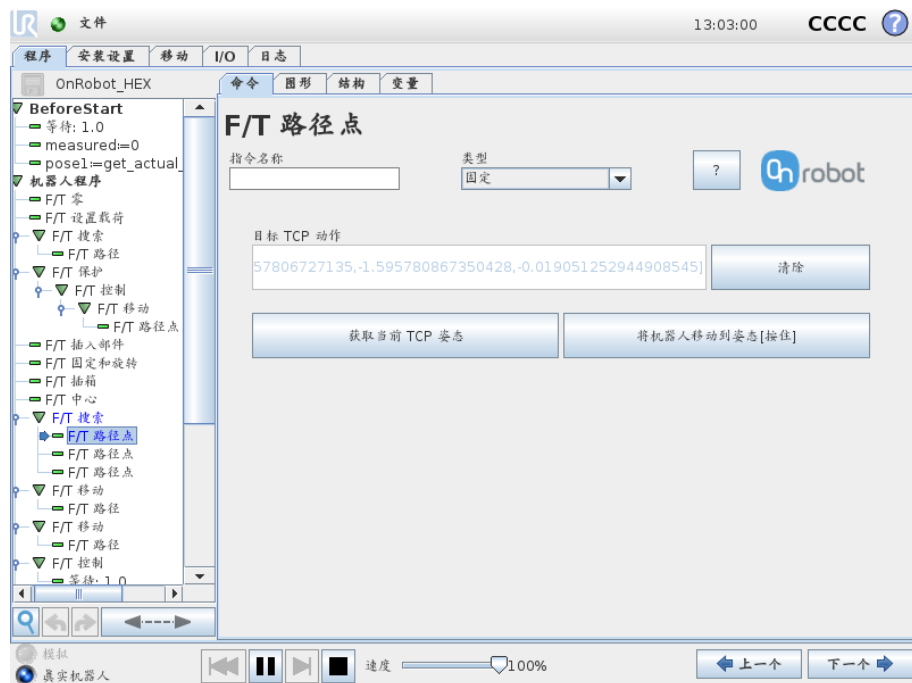
F/T 路径点指令可以与 F/T 移动或 F/T 搜索指令一起使用，以沿路线移动机器人。有三种路径点（固定、相对、变量），三者之间可以任意组合使用。



#### 注意：

不得使用在相同的 F/T 移动指令中仅包含旋转的连续 F/T 路径点。使用一个以上的 F/T 移动指令在没有平移运动的情况下实现旋转。

**路径点类型：**路径点类型。可以设置为固定、相对、变量。

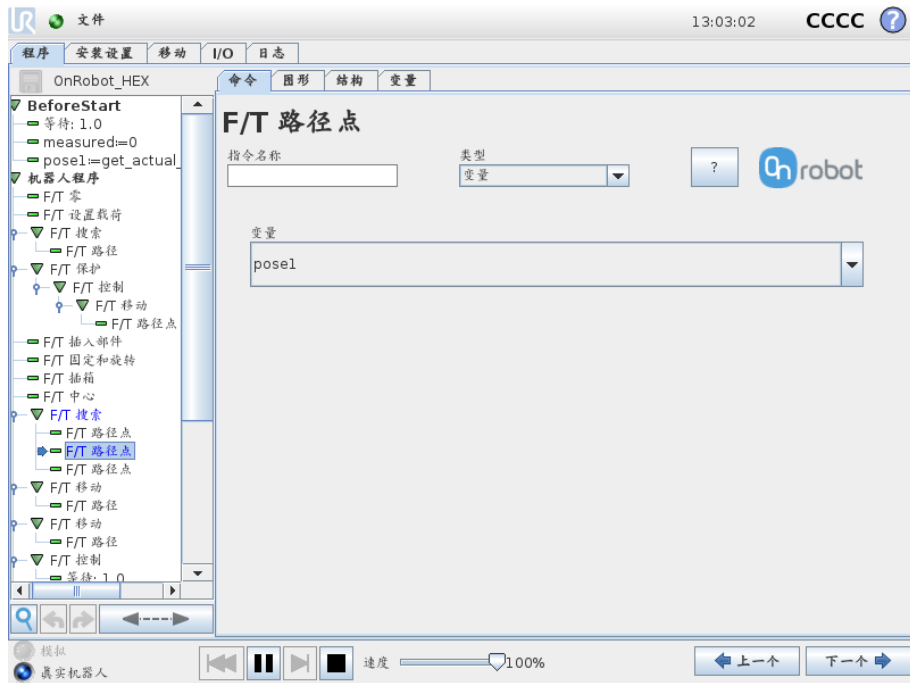


**目标 TCP 位置：**机器人路径上的路径点代表的位置。这是一个只读域，可以使用**获取当前 TCP 位置**按钮填充。

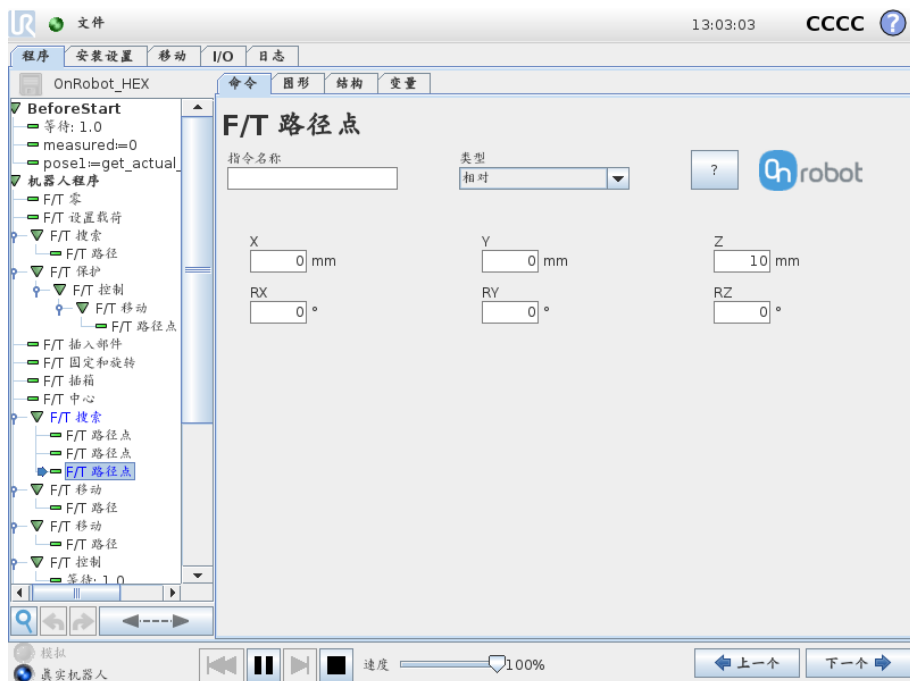
**清除按钮：**删除目标 TCP 位置域中的内容。

**获取当前 TCP 位置按钮：**将当前的 TCP 坐标插入到目标 TCP 位置域中。

**将机器人移动到位置[按住]按钮：**如果按下这一按钮，则会将机器人移动到目标 TCP 位置域中设置的动作。释放按钮后，机器人会停止。



**变量：** 机器人路径上的路径点代表的位置。变量可以定义目标动作。需要先创建变量。



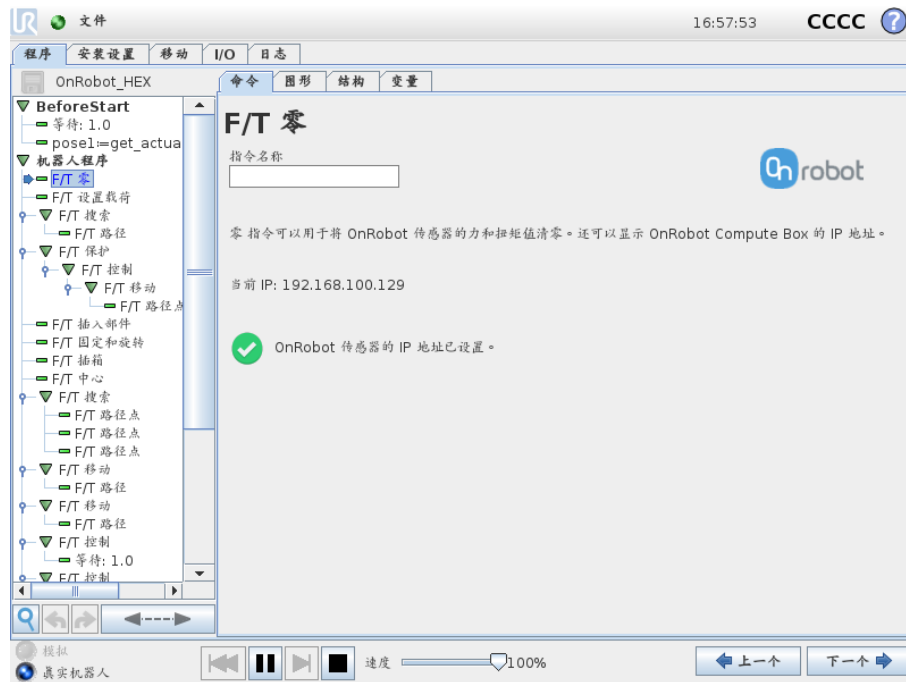
**相对 X, Y, Z, RX, RY, RZ:** 相对于之前的机器人位置，这一路径点代表的距离和旋转角度。

这一指令无返回值。



### 3.3.12 F/T 零

F/T 零指令可以用于将 RG2-FT 手指传感器力/扭矩值清零。



这一指令无返回值。

### 3.3.13 F/T 设置载荷

F/T 设置载荷指令可以用于设置新的有效载荷和更改一个指令内的 TCP 设置。

需要选中要设置的 TCP 或有效载荷，以启用要执行的指令。



**设置 TCP 补偿复选框：**如果选中，则给定的值将覆盖安装 TCP 设置。

**补偿 X, Y, Z:** TCP 相对于工具凸缘（或指尖中心）的平移值。

**RPY RX, RY, RZ 旋转：** TCP 相对于工具凸缘（或指尖中心）的旋转值。

**设置有效载荷复选框：**如果选中，则给定的值将覆盖安装载荷和重心设置。载荷必须为总重量，包括夹爪。

**CX, CY, CZ:** 重心相对于工具凸缘的坐标。

**将重心设置为 TCP 复选框：**如果选中，CX,CY,CZ 值将由设置 TCP 补偿给出。

这一指令无返回值。

## 3.4 应用示例

### 3.4.1 碰撞检测

碰撞检测可以通过下述指令执行：

1. F/T 搜索: 可以用于存在性检测。检测物体，并在检测到物体后停止。如果没有检测到物体，则会发出警告信息。如果物体的位置会发生变化，还可以用于轻松确定其准确位置。
2. F/T 移动: 可以用于限定力/扭矩的移动。这与优傲机器人的移动指令相似，但是设置了内置的力/扭矩限值，并支持相对补偿类型参数（例如沿 Z 轴移动 1 厘米 或 1 英寸）。
3. F/T 保护: 可以结合优傲机器人指令使用，以限制过高的力/扭矩。可以与代码同时监控设置的限值，一旦达到限值，就会停止机器人。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Collision\_Detection\_Example.urp*。

### 3.4.2 中心点检测

借助轻柔接触，机器人可以定位到孔的几何中心点中。这一功能还可以用于基于摄像头的解决方案无法应用的有光泽的金属物体。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Centerpoint\_Detection\_Example.urp*。

### 3.4.3 抛光和喷砂

对于任何抛光或喷砂工作，保持恒定的预设力值非常关键。可以通过我们的力/扭矩控制功能完成这项任务，这一过程中需要用到下面的两个指令：

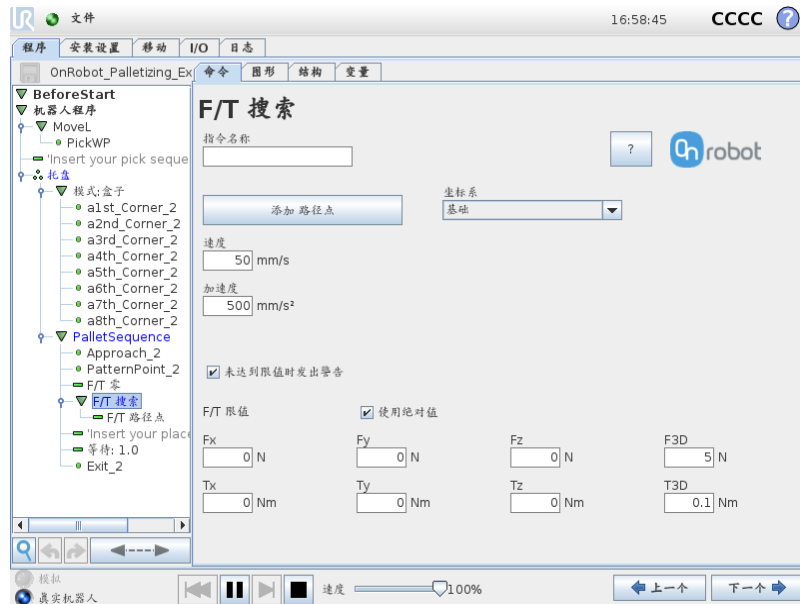
1. F/T 控制: 这一指令与优傲机器人的内置力指令相似，不同的是使用更加精准的 OnRobot 力/扭矩传感器作为输入，从而可以保证即使力度更小，也可以达到理想的效果。力/扭矩控制会尝试在设定的参考轴上保持设定的力/扭矩常量。非参考轴根据位置进行控制（只能通过 F/T 移动指令）。
2. F/T 移动: 可以用于在 F/T 控制中沿非参考轴控制（移动）机器人的位置。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Plastic\_Partingline\_Removal\_Example.urp*。

### 3.4.4 托盘包装

对需要小心操作的物品进行托盘包装是一项非常有挑战性的工作。将柔软的纸箱彼此靠近堆放需要的不仅仅是以固定的方式进行简单的定位。利用优傲机器人的内置托盘包装指令结合我们的 F/T 搜索指令，任何人都可以轻松完成这项充满挑战的任务。

首先将优傲机器人内置的托盘包装指令设置为所需的方式。确保位置略远于要设置的最终位置。这样 F/T 搜索指令才能通过轻轻触碰检测到相邻的物品，以适应定位错误。



必要时，可以使用多个 F/T 搜索来使物品水平和垂直对准。

确保使用的 F/T 搜索指令输入参数的相对补偿类型始终与方式相关。

更多信息，请参阅 [F/T 搜索](#)。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Palletizing\_Example.urp*。

### 3.4.5 插针

使用传统的基于位置的传感器无法将针或钉子插入到细孔中。即使是使用摄像头也无法获得可靠的解决方案。

利用精密的 OnRobot F/T 传感器和 F/T 插针指令，任何人都可以轻松可靠地完成需要精密装配的任务。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Pin\_Insertion\_Example.urp*。

### 3.4.6 插箱

将矩形物体插入到矩形孔中是一项很常见的任务，例如将车载收音机总成插入到收音机槽中或将电池插入到手机中。

利用 F/T 插箱操作，任何人都可以轻松完成这项任务。

programs/OnRobot\_UR\_Programs 文件中包括碰撞检测示例 UR 程序，名为 *OnRobot\_Box\_Insertion\_Example.urp*。

### 3.4.7 固定和旋转

利用精密的 OnRobot F/T 传感器和 F/T 固定和旋转指令，任何人都可以轻松可靠地完成需要使用卡口安装的任务。

## 4 术语表

---

术语	说明
Compute Box	OnRobot 随传感器提供的设备，用于执行使用 OnRobot 执行的指令和应用所需的计算，需要连接到传感器和机器人控制器。
OnRobot Data Visualization	OnRobot 创建的数据可视化软件，用于以可视化形式表述传感器提供的数据。可以安装到 Windows 操作系统上。

## 5 首字母缩略词列表

---

首字母缩略词	全称
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DIP	Dual In-Line Package
F/T	Force/Torque
ID	Identifier
IP	Internet Protocol
IT	Information Technology
MAC	Media Access Control
PC	Personal Computer
RPY	Roll-Pitch-Yaw
SP	Starting Position
SW	Software
TCP	Tool Center Point
UR	Universal Robots
URCap	Universal Robots Capabilities
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair

## 6 附录

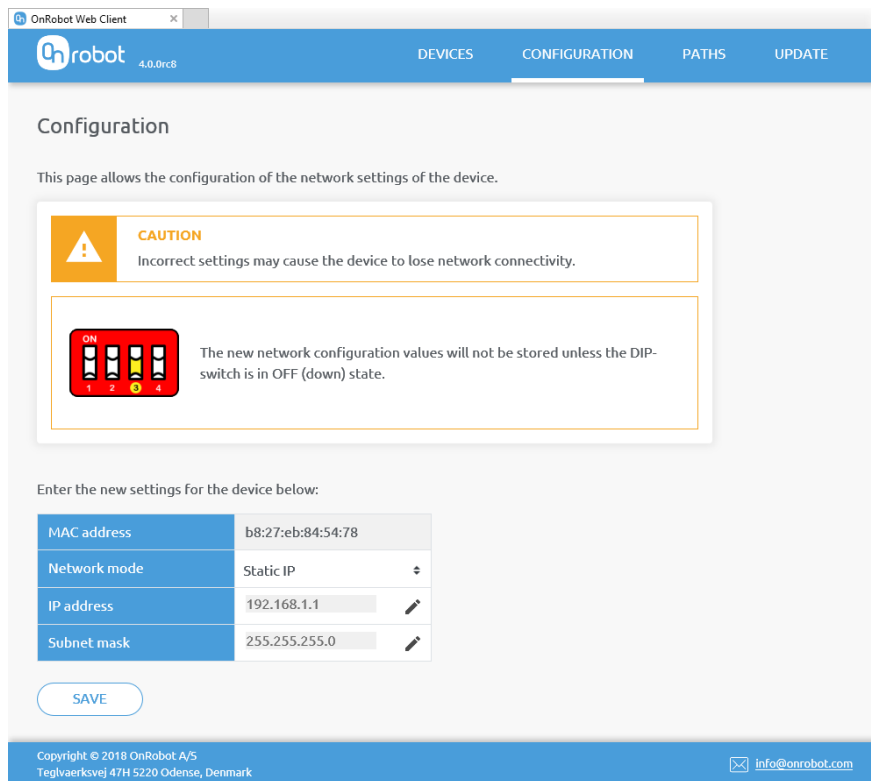
### 6.1 更改 Compute Box IP 地址

要更改传感器 IP 地址，将笔记本电脑或外部台式机连接到 OnRobot Compute Box。

1. 确保设备没有通电。用提供的以太网电缆连接设备和计算机。
2. 如果设备采用出厂默认设置，参考步骤 3。否则，确保将 DIP 3 切换到 ON 位置（向上），接着将 DIP 4 切换到 OFF 位置（向下）。



3. 用提供的电源给设备供电，等候 30 秒，待设备启动。
4. 打开 web 浏览器（建议采用 Internet Explorer），导航到 <http://192.168.1.1>。显示欢迎屏幕。
5. 点击顶部菜单中的 **Configuration**。显示下述屏幕。



6. 从 **Network mode** 下拉菜单中选择 **Static IP** 选项。
7. 编辑 IP 地址。
8. 将 DIP 开关 3 设置到关闭位置。
9. 点击 **Save** 按钮
10. 打开 web 浏览器（建议采用 Internet Explorer），导航到第 7 步中设置的 IP 地址。



## 6.2 升级 Compute Box 上的软件

请参阅 Compute Box 说明文档。

## 6.3 软件卸载

1. 要卸载（删除）之前拷贝的 OnRobot UR 程序文件，从下述选项中选择：
  - a. 在文件操作（例如加载程序、保存程序）过程中，使用示教盒的**删除**选项，删除文件和文件夹。
  - b. 将 `uninstall.sh` 文件从 U 盘中拷贝到新的 U 上，重命名为 `urmagic_OnRobot_uninstall.sh`，并插入到示教盒中。文件会在 U 上创建备份副本，接着从优傲机器人上永久性删除 `OnRobot_UR_Programs` 文件夹。
2. 卸载安装的 URCap 插件。
  - a. 进入 PolyScope 的欢迎屏幕。
  - b. 单击**设置机器人**。
  - c. 单击 **URCap 设置**，并将 FT - OnRobot 定位到活跃 URCap 列表中。
  - d. 单击底部的 - 号即可卸载。
  - e. 重新启动机器人。

## 6.4 返回数值

指令退出时，这些具有返回数值的 OnRobot 指令会更新 of\_return 变量。这一全局变量可以通过优傲机器人内置的 if 条件表达式(例如：if of\_return == 1 则执行哪些操作)来使用。

### 6.4.1 F/T 中心指令返回数值

- 0 成功到达中心点。
- 1 第一次边界检测不成功。移动达到距离限值。
- 2 第二次边界检测不成功。移动达到距离限值。
- 3 无法到达中心点。在移动过程中，工具发生碰撞。
- 4 由于条件原因，检测没有开始！
- 5 由于条件原因，第二次检测没有开始！
- 99 定义的方向参数不能超过一个。

### 6.4.2 F/T 固定和旋转指令返回数值

- 0 固定和旋转完成，没有错误。
- 11 Ry 方向中心点检测未成功。
- 12 Ry 方向中心点检测未成功。
- 21 旋转不成功，发生碰撞。
- 22 旋转结束，没有发生接触。
- 99 参数错误。

### 6.4.3 F/T 插箱指令返回数值

- 0 插箱完成，没有错误。
- 1 第一次方向检测不成功。移动达到距离限值。
- 2 第二次方向检测不成功。移动达到距离限值。
- 3 倾斜后退移动不成功。发生碰撞！
- 4 倾斜移动不成功。发生碰撞！
- 5 在定位 X 轴中心点的过程中，箱子卡在插入状态！请检查位置和方向！
- 6 在定位 Y 轴中心点的过程中，箱子卡在插入状态！请检查位置和方向！

- 7 在定位 Z 轴中心点的过程中，箱子卡在插入状态！请检查位置和方向！
- 8 无法将箱子插入到位，发生的碰撞次数过多。请检查位置和方向！

#### 6.4.4 F/T 插入部件指令返回数值

- 0 插入部件指令达到最大距离。
- 1 在最小插入深度后发生碰撞时，插入部件指令退出。
- 2 在最小插入深度后，插入部件指令卡住。插入速度慢于要求的速度。
- 3 在最小插入深度前，插入部件指令卡住。插入速度慢于要求的速度。
- 4 在最小插入深度后超时，插入部件指令退出。
- 5 在最小插入深度前超时，插入部件指令卡住。
- 6 在最小插入深度后，由于非参考轴的侧向力/扭矩过高，插入部件指令退出。
- 7 在最小插入深度前，由于非参考轴的侧向力/扭矩过高，插入部件指令退出。
- 8 插入部件指令存在参数错误。

#### 6.4.5 F/T 移动指令返回数值

- 0 移动结束，未检测到大于设定限值的力或扭矩。
- 1 移动结束，因为检测到大于设定限值的力或扭矩。
- 3 移动无法开始，因为力或扭矩超过设定限值。
- 11 移动无法开始，因为包含选定 ID 的 Compute Box 上没有记录的路径。
- 12 移动无法开始，因为这一路径上没有记录的点。
- 13 移动无法开始，因为这一路径 ID 对应的路径文件为空。
- 14 移动无法开始，因为这一路径文件已经崩溃。

#### 6.4.6 F/T 搜索指令返回数值

- 0 检测成功结束，因为检测到大于设定限值的力或扭矩。
- 1 检测结束，未检测到大于设定限值的力或扭矩。
- 3 检测无法开始，因为力或扭矩超过设定限值。
- 11 检测无法开始，因为选择的 Compute Box 上没有记录的路径。
- 12 检测无法开始，因为这一路径上没有记录的点。

- 13 检测无法开始，因为这一路径 ID 对应的路径文件为空。
- 14 检测无法开始，因为这一路径文件已经崩溃。

#### 6.4.7 F/T 码垛指令返回数值

码垛返回值：


- 0 完成一次码垛循环！
- 1 循环计数超过最大值：垛已堆满。
- 2 码垛不成功。没有找到下一个项目。
- 3 码垛无法开始，因为力或扭矩超过设定限值。
- 4 没有成功移动到下一元素，发生碰撞。
- 5 没有成功移动到开始点，发生碰撞。

拆垛返回值：

- 0 完成一次拆垛循环！
- 1 循环计数超过最大值：垛已拆空。
- 2 拆垛不成功。没有找到下一个项目。
- 3 拆垛无法开始，因为力或扭矩超过设定限值。
- 4 没有成功移动到下一元素，发生碰撞。
- 5 没有成功移动到开始点，发生碰撞。

## 6.5 故障排除

### 6.5.1 URCap 插件设置错误

导致出现错误  图标的原因可能有两个。

1. 如果**发现的设备**下拉菜单中显示“没有发现设备!”错误消息, 请参阅[“没有发现设备”](#), 查找解决方案。
2. 如果成功发现 OnRobot 设备, 但是 **UR 机器人 IP** 显示“不适用”, 请参阅[UR 机器人 IP 为“不适用”](#), 查找解决方案。
3. 如果成功发现 OnRobot 设备, UR 机器人 IP 显示有效的 IP 地址, 请参阅[发现设备且 UR 有 IP](#), 查找解决方案。

#### 6.5.1.1 “没有发现设备”

如果**发现的设备**下拉菜单中显示“没有发现设备!”错误, 则检查与 Compute Box 和传感器的连接, 接着尝试重启 Compute Box。

60 秒后(当 Compute Box 的两个状态 LED 都变为绿色时), 点按刷新  图标, 尝试手动重复发现操作。

#### 6.5.1.2 UR 机器人 IP 为“不适用”

当没有设置优傲机器人的网络配置时, 会出现这种错误。

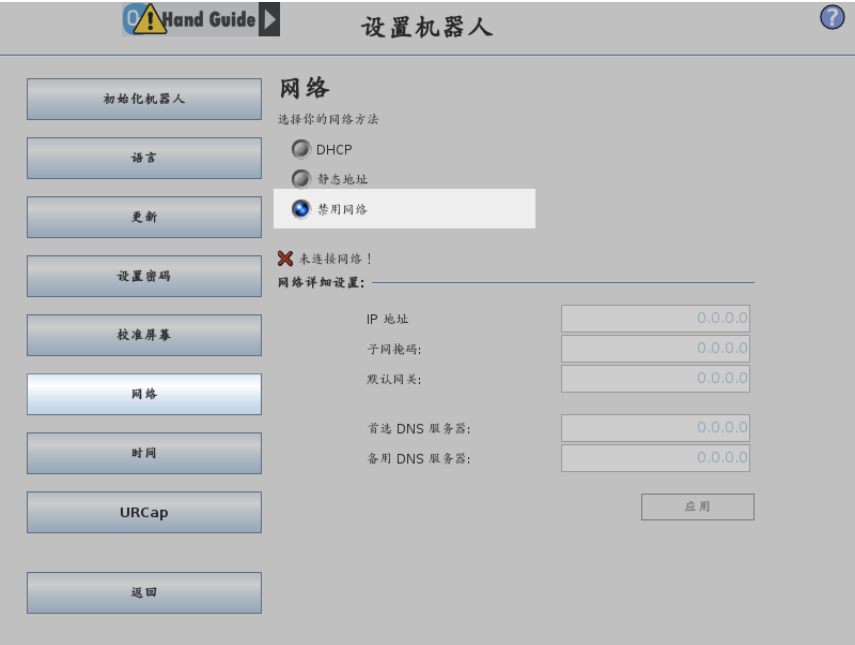
要解决这一问题, 检查优傲机器人的网络配置, 操作如下:

1. 按下设置机器人按钮。



2. 按下设置网络按钮。

- 3. 如果优傲机器人网络被禁用：
- 4. 如果 OnRobot 设备直接与优傲机器人连接，选择 DHCP 并按下应用按钮。  
OnRobot 服务会分配一个 IP 地址。
- 5. 如果 OnRobot 设备不是直接与优傲机器人连接，检查 OnRobot 设备是否与优傲机器人连接到相同的网络（路由器、交换机等），或咨询网管。
- 6. 如果选择 DHCP 或静态地址，但是问题仍然存在，请咨询网管。



如果选择 DHCP，在为优傲机器人分配适当的 IP 地址后，切换到静态地址模式（优傲机器人的 IP 地址应保持相同），接着按下应用按钮。此时，IP 地址为固定地址，而且稍后不会更改。

最后，以 [URCap 插件设置](#) 启动。

6.5.1.3 发现设备且 UR 有 IP

当机器人和设备不在同一个子网上时，会出现这一错误。

要解决这一问题，程序如下：

- 1. 如果 OnRobot 设备不是直接与 UR 机器人连接，检查 Compute Box 上的 DIP 3 是否处于关闭状态，如下图所示：



- 2. 如果 DIP 设置为打开状态，将其关闭，接着重启 OnRobot 设备（断开电源），重复 [URCap 插件设置](#) 章节中的步骤。

如果问题仍然存在，遵循下述步骤：

- 1. 按照 **UR 机器人地址为“不适用”** 中的说明打开优傲机器人的设置网络页面。
- 2. 将子网掩码改为“255.0.0.0”。
- 3. 按下应用按钮。




最后，以 **URCap 插件设置** 启动。

6.5.2 过于接近奇点

在手动引导过程中，如果工具过于靠近机器人底座正上方或正下方的圆柱体，则会显示警告消息。



按下**停止程序**按钮将禁用手动引导功能。按下**继续**按钮将切换到安全模式，这样可以阻止工具凸缘在手动引导功能的作用下移动到机器人底座正上方或正下方的圆柱体内。离开圆柱体的距离超过 10 毫米后将关闭安全模式，再次允许在所有方向上移动。



**注意：**

为了保证安全性和准确性，手动引导模式会使工具凸缘到圆柱体的距离大于优傲机器人的物理可能性。可以使用 PolyScope Move 选项卡或移动指令使工具凸缘更靠近。

### 6.5.3 手动引导条上显示警示标志



如果 OnRobot 设备没有正常运行，会显示警示标志。重复 [URCap 插件设置](#) 中的步骤。

### 6.5.4 “socket\_read\_binary\_integer: 超时”

如果任意指令运行超过 2 秒，则日志中会显示 `socket_read_binary_integer: 超时` 条目。

这对机器人的程序执行没有影响。

### 6.5.5 “套接字 vectorStream 打开不成功。”

如果机器人控制器不能连接到 Compute Box，则会显示“套接字 vectorStream 打开不成功。”错误消息。



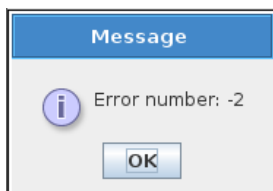
这种情况下，确保 Compute Box 连接到机器人控制器，并且已经打开电源。

### 6.5.6 路径重放速度低于预期

在使用 F/T 路径指令时，由于人类敏捷性极限的原因，记录的路径可能不够平顺。在这些情况下，机器人只能以非常低的速度重放路径。为了避免这一问题，尝试再次记录路径，确保平滑运动，尽量降低水平和旋转速度上的变化。同时，尽量避免只包含旋转但是没有平移元素的路径。

### 6.5.7 路径保存“错误编号 -2”

如果记录空路径，在尝试保存路径时，会显示“错误编号：-2”错误消息。

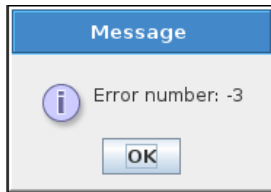


这种情况下，确保机器人在开始和停止路径记录功能之间移动。



### 6.5.8 路径保存“错误编号 -3”

如果由于 Compute Box 存储空间不足而无法保存路径，则会显示“错误编号 -3”错误消息。



这种情况下，可以删除之前记录的不再使用的路径。

### 6.5.9 “未知的传感器类型”

如果 Compute Box 不能识别连接的 OnRobot 设备，则会显示这一错误消息。



这种情况下，确保 Compute Box 和 OnRobot 设备（传感器）之间连接正常，并且连接的设备正确无误。

### 6.5.10 “传感器不响应。”

如果 Compute Box 已经识别连接的 OnRobot 设备，但是接着设备连接丢失，则会显示这一错误消息。



确保 Compute Box 和 OnRobot 设备（传感器）之间连接正常，并且连接的设备正确无误。

## 6.6 声明和认证

### CE/EU Declaration of Incorporation (original)

According to the European Machinery Directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer:

OnRobot A/S  
Teglværskvej 47H  
DK-5220, Odense SØ  
Denmark  
+45 53 53 57 37

declares that this product:


Type: Industrial 6-axis Force/Torque sensor  
Model: HEX-E and HEX-H  
Serial number from: HEXEB001 and HEXHB001

is partly completed machinery according to 2006/42/EC. The product must not be put into service before the complete machine is in full compliance with all essential requirements of 2006/42/EC. A comprehensive risk assessment must be carried out for each application as part of ensuring that all essential requirements are fulfilled. All essential requirements must be assessed. Instructions and guidance provided in the HEX user manual must be followed.

Technical documentation compiled according to 2006/42/EC annex VII part B is available to national authorities upon request.

The product is in conformity with, and CE marked according to, the following directives:

2014/30/EU — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)  
2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)  
2014/35/EU — Low Voltage Directive (LVD)



Nicolae Gheorghe Tuns  
RD Director  
Odense, October 17<sup>st</sup>, 2018

# Declaration of EMC test result

**T-Network client**

OnRobot Hungary Kft.  
Aradi u. 16.  
1043 Budapest  
Hungary

**Product identification**

OnRobot HEX Force/Torque Sensor  
S/N: HEXEX005 with CB1807B018

**Manufacturer**

OnRobot A/S

**Technical report**

T-Network Project EMC-180926/1, OnRobot HEX Force/Torque Sensor and Compute Box EMC Test Report,  
dated 17 July 2018

**Standards/Normative documents**

EN 61000-6-2:2005  
EN 61000-6-4:2007+A1:2011

T-Network has evaluated the products in various measurements, and the results verify the product's  
EMC compliance.

Budapest, 05 October 2018

Sándor Tatár  
Laboratory Leader  
T-Network Kft.

  
**T-Network Kft.**  
**EMC Laboratory**  
Ungvár u. 64-66. 1142 Budapest, Hungary  
Registration num.: 12005222-2-42

**T-Network Kft.**  
Ungvár u. 64-66.  
1142 Budapest  
Hungary

Tel. +36 1 460 9000  
Fax +36 1 460 9001  
E-mail: [tnetwork@tnetwork.hu](mailto:tnetwork@tnetwork.hu)  
Web: <http://www.tnetwork.hu>



Report No.: SHES180600601401  
Date of issue: 2018-09-25

## **TEST REPORT**

Product name..... : 6-axis Force/Torque Sensor  
Product model. .... : HEX-E v2  
Product description..... : Sensor  
Electrical Rating ..... : -  
Applicant..... : OptoForce Ltd.  
Address ..... : Aradi utca 16 1043 Budapest Hungary  
Manufacturer ..... : OptoForce Ltd.  
Address ..... : Aradi utca 16 1043 Budapest Hungary  
Testing Laboratory ..... : SGS-CSTC Standards Technical Services (Shanghai) Co., Ltd.  
Address ..... : No. 588 West Jindu Rd, Xinqiao Town, Songjiang District, Shanghai, CHINA  
Number of Samples received: 1  
Date of samples reception ... : 2018-08-31  
Date Test Conducted ..... : 2018-09-08 to 2018-09-09  
Test Requested ..... : IP67 (as client's requirement)  
Test Method (standards) ..... : IEC 60529 Clause 13.6 & Clause 14.2.7  
Test result ..... : **Pass**  
**CONCLUSION** ..... : The submitted sample complies with the clauses examined.

Prepared and checked by:

*Lewis Hua*

Lewis Hua

Reviewed by:

*Lucy Wang*

Lucy Wang

## 6.7 版本

版本	备注
版本 2	<p>重新组织了文件结构</p> <p>添加了术语表。</p> <p>添加了首字母缩略词列表。</p> <p>添加了附录。</p> <p>添加了目标用户。</p> <p>添加了预期用途。</p> <p>添加了版权、商标、联系信息、原始语言信息。</p> <p>更改了 F/T 移动、F/T 搜索、F/T 插针、F/T 控制指令。</p> <p>添加了 F/T 路径点指令。</p> <p>删除了 F/T 移动（控制）指令。</p> <p>在示例 UR 程序中增加了应用示例参考。</p>
版本 3	<p>Hand Guide 工具栏坐标系纠正为工具。</p> <p>增加了关于 TCP 方向限制的备注。</p> <p>删除了手动引导轴激活限值。</p> <p>增加了关于路径点类型使用的澄清。</p>
版本 4	删除了 TCP 方向限制。
版本 5	<p>更新了 F/T 搜索和 F/T 移动指令返回值。</p> <p>删除了路径记录部分。</p> <p>增加了 F/T 路径指令部分。</p> <p>删除了 F/T 插入连接器部分。</p> <p>删除了 F/T 插入连接器返回值部分。</p> <p>F/T 移动和 F/T 搜索指令部分更新为恒速重放部分和新指令截图。</p> <p>F/T 控制指令部分更新为定向力控制限制。</p> <p>编辑方面的更改。</p>
版本 6	<p>增加了路径重放精度。</p> <p>程序继续中的“运行程序时出现错误”部分更改为程序停止时“运行程序时出现错误”，程序暂停和继续时不再触发警报。</p> <p>增加了关于 TCP 位置的作用的章节。</p> <p>socket_read_byte_list(): 超时日志项目更改为</p> <p>socket_read_binary_integer: 超时，行为更改。</p> <p>在故障排查部分增加了“套接字 vectorStream 打开不成功。”</p> <p>删除了插入连接器章节。</p> <p>增加了关于“路径重放速度低于预期”的章节。</p> <p>增加了仅有旋转的路径点的限制。</p>

版本 7	编辑方面的更改。
版本 8	在 F/T 路径指令中增加路径记录平移对应的最大旋转限值。 增加了路径保存“错误编号-2”和路径保存“错误编号-3”。 编辑方面的更改。
版本 9	增加了重要安全说明。 增加了警示符号。 更新了屏幕截图。 在电缆连接部分增加了注意事项，警示避免转动传感器电缆。
版本 10	增加了 Hex v2 信息。
版本 11	F/T 码垛指令和 F/T 拆垛指令和并到 F/T 码垛指令部分。 F/T 码垛指令返回值和 F/T 拆垛指令返回值和并到 F/T 码垛指令返回值部分。 更新了屏幕截图。
版本 12	更新了 USB 线信息 更新了 URCap 插件设置 更新了手动引导图标 更新了故障排查部分 更新了错误消息