



# UNIVERSAL ROBOTS

Universal Robots



UR10/CR3

翻譯自原有指示 (zt)





# UNIVERSAL ROBOTS

Universal Robots

UR10/CB3

版本 3.8

翻譯自原有指示 (zt)

此處所包含的資訊是 Universal Robots A/S 的財產，未經 Universal Robots A/S 事先書面許可，不得全部或部分複製其中的內容。此處所包含的資訊不應視為 Universal Robots A/S 的承諾，並且其內容可能會更改，恕不另行通知。本手冊定期進行評審與修訂。

對於本文檔的任何錯誤或遺漏，Universal Robots A/S 概不負責。

版權所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S

Universal Robots 徽標是 Universal Robots A/S 的註冊商標。

# 目录

前言	xi
這些箱子裡裝的是什麼	xi
重要安全說明	xii
如何使用本手冊	xii
哪裡可以找到更多資訊	xii
UR+	xii
<b>I 硬件安裝手冊</b>	<b>I-1</b>
<b>1 安全</b>	<b>I-3</b>
1.1 簡介	I-3
1.2 有效性和責任	I-3
1.3 責任限制	I-3
1.4 該手冊中的警告標誌	I-4
1.5 一般警告和提醒	I-4
1.6 擬定用途	I-6
1.7 風險評估	I-6
1.8 緊急停止	I-8
1.9 無電力驅動的移動	I-8
<b>2 安全相關功能和界面</b>	<b>I-9</b>
2.1 簡介	I-9
2.2 安全系統的停止時間	I-9
2.3 限制安全相關功能	I-10
2.4 安全模式	I-11
2.5 安全相關的電氣接口	I-12
2.5.1 安全相關的電氣輸入	I-12
2.5.2 安全相關的電氣輸出	I-13
<b>3 運輸</b>	<b>I-15</b>
<b>4 機械接口</b>	<b>I-17</b>



4.1	簡介 . . . . .	I-17
4.2	機器人工作空間 . . . . .	I-17
4.3	安裝 . . . . .	I-17
4.4	最大有效負載 . . . . .	I-21
<b>5</b>	<b>電氣接口</b>	<b>I-23</b>
5.1	簡介 . . . . .	I-23
5.2	電氣警告和小心事項 . . . . .	I-23
5.3	控制器 I/O . . . . .	I-24
5.3.1	所有數位 I/O 的通用規範 . . . . .	I-25
5.3.2	安全 I/O . . . . .	I-26
5.3.3	通用數位 I/O . . . . .	I-29
5.3.4	從按鈕進行的數位輸入 . . . . .	I-29
5.3.5	與其他機器或 PLC 通訊 . . . . .	I-30
5.3.6	通用模擬 I/O . . . . .	I-30
5.3.7	遠程 ON/OFF 控制 . . . . .	I-31
5.4	工具 I/O . . . . .	I-32
5.4.1	工具數位輸出 . . . . .	I-33
5.4.2	工具數位輸入 . . . . .	I-34
5.4.3	工具模擬輸入 . . . . .	I-35
5.5	乙太網路 . . . . .	I-35
5.6	電源連接 . . . . .	I-36
5.7	機器人連接 . . . . .	I-37
<b>6</b>	<b>維護和維修</b>	<b>I-39</b>
6.1	安全指示 . . . . .	I-39
<b>7</b>	<b>處置和環境</b>	<b>I-41</b>
<b>8</b>	<b>認證</b>	<b>I-43</b>
8.1	第三方認證 . . . . .	I-43
8.2	供應商第三方認證 . . . . .	I-43
8.3	製造商測試認證 . . . . .	I-44
8.4	根據歐盟指令發布的聲明 . . . . .	I-44
<b>9</b>	<b>質量保證</b>	<b>I-45</b>
9.1	產品質量保證 . . . . .	I-45

9.2	免責聲明	I-45
<b>A</b>	<b>停止距離和停止時間</b>	<b>I-47</b>
A.1	0 類停機的停止距離和停止時間	I-47
<b>B</b>	<b>聲明和認證</b>	<b>I-49</b>
B.1	CE/EU Declaration of Incorporation (original)	I-49
B.2	CE/EU 公司聲明 (原件翻譯)	I-50
B.3	安全系統證書	I-51
B.4	中國 RoHS	I-52
B.5	KCC 安全	I-53
B.6	環境測試證書	I-54
B.7	EMC 測試證書	I-55
B.8	無塵室測試證書	I-56
<b>C</b>	<b>應用標準</b>	<b>I-59</b>
<b>D</b>	<b>技術規格</b>	<b>I-65</b>
<b>E</b>	<b>安全功能表格</b>	<b>I-67</b>
E.1	表 1	I-67
E.2	表 2	I-70
<b>II</b>	<b>PolyScope 手冊</b>	<b>II-1</b>
<b>10</b>	<b>安全配置</b>	<b>II-3</b>
10.1	簡介	II-3
10.2	更改安全配置	II-4
10.3	安全同步和錯誤	II-4
10.4	公差	II-5
10.5	安全校驗和	II-5
10.6	安全模式	II-5
10.7	自由驅動模式	II-6
10.7.1	逆向驅動	II-6
10.8	密碼鎖	II-6
10.9	應用	II-7
10.10	一般限制	II-7
10.11	關節限制	II-9



10.12	邊界 . . . . .	II-10
10.12.1	選擇一個邊界進行配置 . . . . .	II-10
10.12.2	3D 可視化效果 . . . . .	II-11
10.12.3	安全平面配置 . . . . .	II-11
10.12.4	工具邊界配置 . . . . .	II-13
10.13	安全 I/O . . . . .	II-14
10.13.1	輸入訊號 . . . . .	II-15
10.13.2	輸出訊號 . . . . .	II-16
<b>11</b>	<b>開始編程</b>	<b>II-17</b>
11.1	簡介 . . . . .	II-17
11.2	使用入門 . . . . .	II-17
11.2.1	安裝機械手臂和控制箱 . . . . .	II-17
11.2.2	開/關控制箱 . . . . .	II-18
11.2.3	開/關機械手臂 . . . . .	II-18
11.2.4	快速啓動 . . . . .	II-18
11.2.5	第一個程式 . . . . .	II-19
11.3	PolyScope 程序界面 . . . . .	II-20
11.4	歡迎熒幕 . . . . .	II-21
11.5	初始化熒幕 . . . . .	II-22
<b>12</b>	<b>熒幕編輯器</b>	<b>II-25</b>
12.1	熒幕表達式編輯器 . . . . .	II-25
12.2	位姿編輯器熒幕 . . . . .	II-25
<b>13</b>	<b>機器人控制</b>	<b>II-29</b>
13.1	移動索引標籤 . . . . .	II-29
13.1.1	機器人 . . . . .	II-29
13.1.2	特徵和工具位置 . . . . .	II-29
13.1.3	移動工具 . . . . .	II-30
13.1.4	移動關節 . . . . .	II-30
13.1.5	自由驅動 . . . . .	II-30
13.2	I/O 索引標籤 . . . . .	II-31
13.3	MODBUS . . . . .	II-31
13.4	自動移動索引標籤 . . . . .	II-32
13.5	安裝 → 加載/保存 . . . . .	II-33

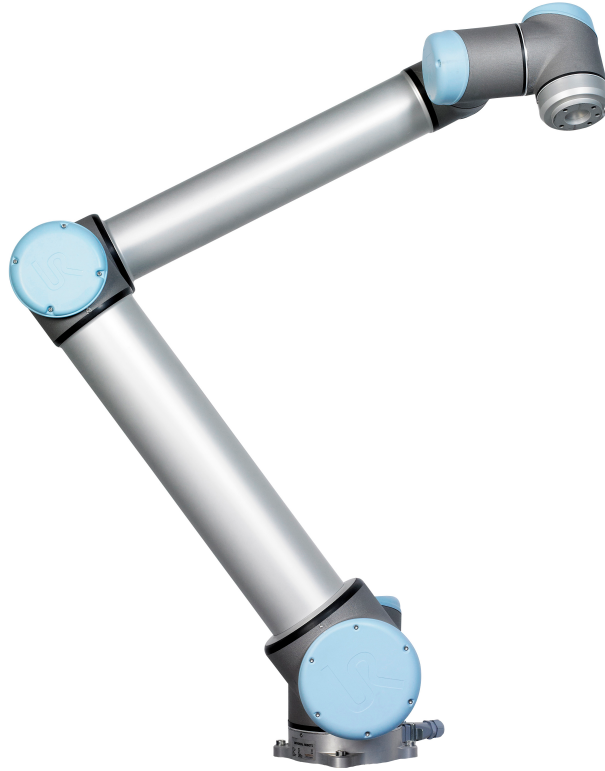
13.6	安裝 → TCP 配置 . . . . .	II-34
13.6.1	添加、重命名、修改和刪除 TCP . . . . .	II-34
13.6.2	預設和激活的 TCP . . . . .	II-35
13.6.3	教導 TCP 位置 . . . . .	II-35
13.6.4	教導 TCP 方向 . . . . .	II-36
13.6.5	有效負載 . . . . .	II-36
13.6.6	重心 . . . . .	II-36
13.7	安裝 → 安裝 . . . . .	II-37
13.8	安裝 → I/O 設置 . . . . .	II-38
13.8.1	I/O 訊號類型 . . . . .	II-38
13.8.2	分配使用者定義的名稱 . . . . .	II-38
13.8.3	I/O 操作和 I/O 索引標籤控制 . . . . .	II-39
13.9	安裝 → 安全 . . . . .	II-39
13.10	安裝 → 變數 . . . . .	II-39
13.11	安裝 → MODBUS 客戶端 I/O 設置 . . . . .	II-40
13.12	安裝 → 特徵 . . . . .	II-43
13.12.1	使用特徵 . . . . .	II-44
13.12.2	新點 . . . . .	II-45
13.12.3	新線 . . . . .	II-45
13.12.4	平面特徵 . . . . .	II-46
13.12.5	例子：手動更新特徵以調整程式 . . . . .	II-47
13.12.6	例子：動態地更新特徵位姿 . . . . .	II-48
13.13	傳送帶跟踪設置 . . . . .	II-48
13.14	平滑過渡安全模式 . . . . .	II-49
13.14.1	調整加速/減速設定 . . . . .	II-49
13.15	安裝 → 預設程式 . . . . .	II-50
13.16	日誌索引標籤 . . . . .	II-51
13.16.1	保存錯誤報告 . . . . .	II-51
13.17	加載熒幕 . . . . .	II-52
13.18	運行索引標籤 . . . . .	II-54
14	編程 . . . . .	II-55
14.1	新程序 . . . . .	II-55
14.2	程序索引標籤 . . . . .	II-56
14.2.1	程式樹 . . . . .	II-56

14.2.2	程序執行指示	II-57
14.2.3	搜索按鈕	II-57
14.2.4	撤銷/重做按鈕	II-57
14.2.5	程序儀表板	II-57
14.3	變數	II-58
14.4	命令: 空	II-59
14.5	命令: 移動	II-59
14.6	命令: 固定路點	II-62
14.7	命令: 相對路點	II-67
14.8	命令: 可變路點	II-68
14.9	命令: 等待	II-69
14.10	命令: 設置	II-69
14.11	命令: 彈出窗口	II-70
14.12	命令: 中止	II-71
14.13	命令: 註釋	II-71
14.14	命令: 資料夾	II-72
14.15	命令: 循環	II-72
14.16	命令: 子程序	II-73
14.17	命令: 賦值	II-74
14.18	命令: If	II-75
14.19	命令: 腳本	II-76
14.20	命令: 事件	II-77
14.21	命令: 線程	II-78
14.22	命令: 開關	II-78
14.22.1	計時器	II-79
14.23	命令: 模式	II-80
14.24	命令: 力	II-81
14.25	命令: 托盤	II-84
14.26	命令: 探尋	II-85
14.27	命令: 傳送帶跟踪	II-87
14.28	命令: 抑制	II-88
14.29	圖形索引標籤	II-88
14.30	結構索引標籤	II-89
14.31	變數索引標籤	II-90
14.32	命令: 變數初始化	II-90

15 設置熒幕	II-93
15.1 語言和單位	II-94
15.2 更新機器人	II-95
15.3 設置密碼	II-96
15.4 調校熒幕	II-97
15.5 設置網路	II-97
15.6 設置時間	II-98
15.7 URCaps 設置	II-99
詞彙表	II-101
指標	II-103



# 前言



恭喜您購買您新的 Universal Robots 機器人 UR10。

該機器人可通過編程來移動工具並使用電訊號與其他機器進行通訊。它是由擠壓鋁管和關節組成的手臂。使用我們獲得專利的編程界面 PolyScope，使用者可輕鬆對機器人進行編程，使其沿著所需的運動軌跡來移動工具。

---

## 這些箱子裡裝的是什麼

預訂一個機器人，但您會收到兩個箱子。一個裝有機械手臂，一個裝有下述物品：

- 控制箱，帶教導器
- 控制箱
- 教導器的安裝支架
- 開控制箱的鑰匙
- 用於連接機械手臂和控制箱的電纜
- 主電纜或電源線與您的地區兼容
- 激光指示筆
- 本手冊

## 重要安全說明

機器人是一種**部分完成的機器**（請參閱 8.4），因此每次安裝機器人後都必須執行安全評估。您必須遵守第1章中的所有安全指示。

## 如何使用本手冊

本手冊包含機器人安裝編程的指示資訊。手冊分為兩部分：

硬件安裝手冊：機器人的機械安裝和電氣安裝。

PolyScope 手冊：機器人編程。

本手冊面向的機器人集成商集成商應接受過基本的機械電氣培訓，並熟悉初級編程概念。

## 哪裡可以找到更多資訊

支援網站（<http://www.universal-robots.com/support>）包含以下資料：

- 本手冊的其他語言版本
- PolyScope 手冊
- 服務手冊內含故障診斷、維護和維修資訊
- 指令碼手冊針對高級使用者

## UR+

UR+ 站點（<http://www.universal-robots.com/plus/>）係一個線上展廳，提供最先進的產品，讓您自定義自己的 UR 機器人應用程式。從末端執行器和配件，到視訊相機和軟體，一個站點，為您提供全部所需內容。所有產品均經過測試和認證，可與 UR 機器人集成，確保設定簡單、操作可靠、使用者體驗優質、程式設計簡單。您還可以透過該站點加入 UR + 開發人員計劃，存取我們的新軟體平台，讓您借助於該平台為 UR 機器人設計更加簡單易用的產品。

部分 I

硬件安裝手冊



# 1 安全

## 1.1 簡介

本章介紹了重要的安全資訊，在機器人第一次通電前，UR 機器人的集成商必須閱讀並理解這些資訊。

本章的第一小節是一個概述。後續小節包含更多具體的工程資料方面的機器人安裝和編程資訊。第 2 章描述並定義了安全相關功能，尤其是有關協同應用的功能。

第 2 章和第 1.7 節中提供的說明和指南尤為重要。

必須遵守並執行其他章節中的組裝指示和指南，以及該手冊中部分內容，這一點非常重要。

應特別注意與警告標誌相關的文本。



### 注意:

如果機器人（手臂控制箱和/或教導器）以任何方式被損壞、改變或改動，Universal Robots 拒絕承擔一切責任。Universal Robots 不對因編程錯誤或機器人故障導致機器人或任何其他設備的任何損害負責。

## 1.2 有效性和責任

該資訊不包含設計、安裝和操作一個完整的機器人應用，也不包含所有可能對這一完整的系統的安全造成影響的周邊設備。該完整的系統的設計和安裝需符合該機器人安裝所在國的標準和規範中確立的安全要求。

UR 機器人的集成商有責任確保遵循相關國家的切實可行的法律法規，確保完整的機器人應用中不存在任何重大危險。

這包括但不限於以下內容：

- 對完整的系統做一個
- 將風險評估定義的其他機械和附加安全設備連接在一起
- 在軟體中建立適當的安全設置
- 確保使用者不會對任何安全措施加以修改
- 確認整個系統的設計和安裝準確無誤
- 明確使用說明
- 在機器人上標明集成商的標誌和聯絡資訊
- 收集技術文件中的所有文檔；包括風險評估和本手冊

## 1.3 責任限制

該手冊所包含的所有安全方面的資訊都不得視為 UR 的保證，即使遵守所有的安全指示，工業操作者所造成的傷害或損害依然有可能發生。

## 1.4 該手冊中的警告標誌

下表定義了該手冊中所包含的危險等級規定說明。產品上也使用了同樣。



**危險:**

這指的是即將引發危險的用電情況，如果不避免，可導致人員死亡或嚴重傷害。



**危險:**

這指的是即將引發危險的情況，如果不避免，可導致人員死亡或嚴重傷害。



**警告:**

這指的是可能引發危險的用電情況，如果不避免，可導致人員傷害或設備嚴重損壞。



**警告:**

這指的是可能引發危險的情況，如果不避免，可導致人員傷害或設備嚴重損壞。



**警告:**

這指的是可能引發危險的熱表面，如果接觸了，可造成人員傷害。



**警告:**

這指的是一種情況，如果不避免，可導致設備損壞。

## 1.5 一般警告和提醒

本節包含一些一般性警告和注意事項，可以在本手冊的不同部分重複或解釋。其他警告和提醒貫穿在此手冊中。



**危險:**

您必須按照 4和5這兩個章節中的說明和警告安裝機器人及所有電氣設備。

**警告:**

1. 確保機械手臂和工具都正確並安全地安裝到位。
2. 確保機械手臂有足夠的空間來自由活動。
3. 確保在機器人操作區域附近建立安全措施（例如：護欄、繩索、或防護熒幕），保護操作者及周邊人群。
4. 操作機器人時請不要穿寬鬆的衣服，不要佩戴珠寶。操作機器人時請確保長頭髮束在腦後。
5. 如果機器人已損壞，請勿使用。例如，如果關節帽鬆動、損壞或移除。
6. 如果軟體跳出一個致命錯誤資訊，請迅速激活緊急停止，寫下導致該錯誤的情況，在代碼頁面找出相關的錯誤代碼，並聯絡您的供應商。
7. 不要將安全設備連接到正常的 I/O 接口上。只能使用安全型 I/O 接口。
8. 確保進行正確的安裝設置（例如：機器人的安裝角度、TCP 中的重量、TCP 偏移、安全配置）。將安裝檔案保存並載入程式內。
9. 只有通過風險評估，才允許在安裝過程中使用自由驅動功能（阻抗/逆向驅動）。工具/末端執行器及障礙物不得有尖角或扭點。
10. 確保所有人的頭和臉在機器人可觸及的範圍之外。
11. 注意使用教導器時機器人的運動。
12. 不要進入機器人的安全範圍，或在系統運轉時觸碰機器人。
13. 任何撞擊將釋放大量的動能，這些動能比高速和高有效負載情況下的高得多。 $(\text{動能} = \frac{1}{2} \text{質量} \cdot \text{速度}^2)$
14. 將不同的機械連接起來可能加重危險或引發新的危險。始終對整個安裝進行全面的風險評估。根據評估的風險，可以應用不同級別的安全功能；因此，當需要不同的安全和緊急停止性能等級時，始終選擇最高的性能等級。始終都要閱讀和理解安裝中使用到的所有設備的手冊。
15. 切勿改動機器人。對機器人的改動有可能造成集成商無法預測的危險。機器人授權重組需依照最新版的所有相關服務手冊。
16. 如果購買機器人時附加了一個模組（例如，euromap67 接口），請在對應的手冊中查找該模組。

**警告:**

1. 機器人和控制箱在運作的過程中會產生熱量。機器人正在工作時或剛停止工作時，請不要操作或觸摸機器人。切斷電源並等待一小時，機器人才可冷卻下來。
2. 切勿將手指伸到控制箱內罩後面。

**警告:**

1. 當機器人與能夠造成機器人損壞的機械連接在一起或是在一起工作時，強烈推薦單獨對機器人的所有功能以及機器人程式進行檢查。推薦使用其他機械工作空間以外的臨時路點來檢測機器人程式。
2. 不要將機器人一直暴露在永久性磁場。強磁場可損壞機器人。

## 1.6 擬定用途

UR 機器人係工業機器人，擬用作操縱設備和固定設備，或用於加工或傳遞零件或產品。有關機器人的操作環境條件的詳細說明，請參閱附錄 B 和 D。

UR 機器人類備特殊的安全評級特徵，這些特徵是特地為協同操作而設計的，也就是說機器人何以在沒有護欄的情況下工作，或者和人類一起工作。

協同操作僅針對無危險的應用，即包括工具、工件、障礙物及其他機器在內的經過針對特定應用的風險評估證明不具備重大危險的完整應用。

任何與擬定用途相違的用途或應用都是不允許的。這包括但不限於以下內容：

- 用於潛在性爆炸環境中
- 用於醫療和生命攸關的應用中
- 未作風險評估就使用的
- 評估的性能等級上不合格就使用的
- 作為攀登用具使用的
- 在允許的操作參數之外進行操作

## 1.7 風險評估

風險評估是集成商務必完成的最重要任務之一。許多國家對此都有法律要求。機器人本身是一個部分完成的機械，而機器人安裝的安全性取決於該機器人是如何集成的（例如：工具/末端執行器、障礙物及其他機械）。

建議集成商使用 ISO 12100 和 ISO 10218-2 中的指南執行風險評估。另外，集成商可以選擇使用技術規範 ISO/TS 15066 作為附加指引。

集成商執行風險評估應考慮機器人整個應用壽命期間的所有工作程式，包括但不限於：

- 在機器人安裝的設置和開發過程中教導機器人

- 故障診斷和維護
- 機器人安裝的正常操作

風險評估必須在機械手臂第一次通電之前進行。由集成商執行的風險評估的一部分就是識別正確的安全配置設置，以及對額外的緊急停止按鈕和/或特定機器人應用所需的其他防護措施的需要。

識別正確的安全配置設置是開發合作機器人應用的一個尤為重要的部分。參閱第 2 章和第 II 部分了解詳情。

一些安全相關功能專門設計用於合作機器人應用。這些功能可通過設置進行配置，當處理集成商執行的風險評估中的特定風險時尤為重要：

- **力和功率限制：**當機器人與操作員發生碰撞時，用於減輕機器人在運動方向上施加的夾緊力和壓力。
- **動量限制：**當機器人與操作員發生碰撞時，用於通過減小機器人的速度來減輕高暫態能量和衝擊力。
- **TCP 和工具位置限制：**專門用於減少與某些身體部位相關的風險。例如：避免向頭部和頸部的運動。
- **TCP 和工具方向限制：**專門用於減少與工具和工件的某些區域和特點相關的風險。例如：避免銳利的稜邊指向操作員。
- **速度限制：**專門用於確保機械手臂低速動作。

集成商必須通過使用密碼保護，以防止未授權人員更改安全配置。

必須對有意和/或由於合理可預見誤用的接觸進行協同機器人應用風險評估，並且必須覆蓋以下幾點：

- 個體潛在碰撞的嚴重性
- 個體潛在碰撞出現的可能性
- 避免個體潛在碰撞的可能性

如果機器人安裝在一個無法通過使用內置安全相關功能合理消除危險或充分降低風險的非協同機器人應用中（例如：當使用危險工具時），那麼集成商執行的風險評估必須判定集成商需要增加額外的防護措施（例如：一台在設置和編程過程中對集成商提供保護的有利裝置）。

Universal Robots 已經明確了如下集成商必須要考慮的重大危險。

注意：特定機器人設備可能還存在其他重大危險。

1. 手指夾在機械手臂電纜連接器和底座之間（關節 0）。
2. 手指夾在機器人足部和底座之間（關節 0）。
3. 手指夾在機械手腕和關節 4）之間。
4. 工具或工具連接器上的銳邊和尖點刺傷皮膚。
5. 機器人軌跡附近障礙物上的銳邊和尖點刺傷皮膚。
6. 被機器人碰撞而受傷。
7. 因有效負載與堅固表面之間的衝擊而導致扭傷或骨折。
8. 因用於固定機械手臂或工具的螺栓鬆動而導致的後果。
9. 物品從工具上掉落，例如：因夾持不到位或斷電。

10. 因不同機器上緊急停止按鈕不同而出現的操作錯誤。
11. 因對安全配置參數的未授權更改而出現的錯誤。

有關停止時間和停止距離的資訊，請參閱第 2 章和附錄 A。

## 1.8 緊急停止

激活緊急停止按鈕，立即停止機器人的一切運動。

注意：根據 IEC 60204-1 和 ISO 13850，緊急設備不受保護。它們是免費的保護措施，而不是為了防止受傷。

如果必須連接多個緊急停止按鈕，必須納入機器人應用的風險評估。緊急停止按鈕應符合 IEC 60947-5-5 的要求（請參閱第 5.3.2 節）。

## 1.9 無電力驅動的移動

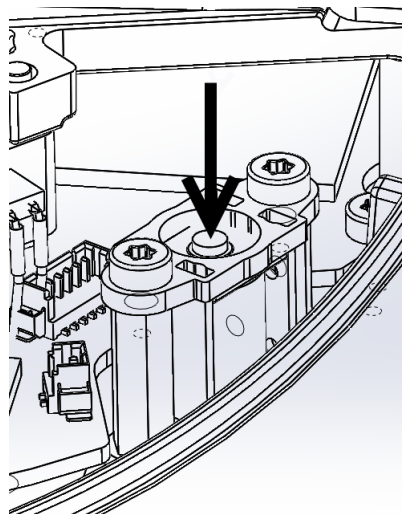
在極少數情況下，可能需要在機器人電源失效或不想使用電源的緊急狀況下移動一個或多個機器人關節，這可以通過以下兩種不同方法來迫使機器人關節移動：注意：在維修情況下，關節上的剎車可以在沒有連接電源的情況下釋放。

1. 強制逆向驅動：用力推動或拉動機械手臂，迫使關節移動。每個關節剎車均有一個摩擦離合器，可使關節在承受高強度扭矩的情況下移動。
2. 手動解除剎車：卸下用於固定關節蓋的幾顆 M3 螺絲，然後拆卸關節蓋。如下圖所示，按下小電磁鐵上的柱塞即可解除剎車。



### 警告：

1. 手動移動機械手臂僅限於緊急情況，並且有可能會損壞關節。
2. 如果手動解除剎車，萬有引力可能會導致機械手臂掉落。解除剎車時務必支撐住機械手臂、工具/末端執行器和工件。



## 2 安全相關功能和界面

### 2.1 簡介

UR 機器人搭載多種安全級功能和用於連接其他機器及附加保護裝置的安全級電氣接口。每項安全功能和每個接口都根據 ISO13849-1:2008 進行監控（認證請參閱第8章），並具有 d 性能等級（PLd）。



#### 危險:

使用的安全配置參數與集成商執行的風險評估所定義的不同可導致無法合理消除的危險或無法充分減少的風險。

參閱第II部分第10章了解使用者界面中的安全相關功能、輸入和輸出的配置。有關安全設備與電氣接口的連接方式，請參閱第5章。



#### 注意:

1. 安全相關功能和界面的使用和配置必須根據集成商針對特定機器人應用而執行的風險評估來完成，請參閱第 1 章的第 1.7 部分。
2. 如果機器人發現安全系統中存在故障或違例，例如緊急停止電路中的一條線被切斷，或位置傳感器損壞，或安全相關功能的限制被違反，將啓動 0 類停機。最壞情況下從錯誤出現到機器人停止所需的時間列在本章的最後部分。這個時間應被考慮為集成商執行的風險評估的一部分。

機器人配備衆多安全相關功能，透過這些功能可限制機器人關節及機器人工具中心點（TCP）的運動。TCP 即納入了 TCP 偏移的輸出法蘭的中心點。

限制安全相關的功能有：

限制級安全功能	描述
關節位置	關節的最小 和最大 角位置
關節速度	關節最大 角速度
TCP 位置	笛卡爾空間中限制機器人 TCP 位置的平面
TCP 速度	機器人 TCP 的最大 速度
TCP 力	機器人 TCP 的最大 推力
動量	機械手臂的最大 動量
功率	機械手臂施加的最大 功率

### 2.2 安全系統的停止時間

安全系統的停止時間是指從安全相關功能出現故障或違例到機器人完全停止且機械剎車發生製動的時間。

如果應用的安全性依賴於機器人的停止時間，則必須考慮表格中的最大停止時間。例如：如果機器人的故障導致整條生產線停工（停工後必須立即採取一定的行動），則必須考慮最大停止時間。執行測量時機器人採用以下配置：

- 延伸：100%（機械手臂完全水平展開）
- 速度：安全系統的 TCP 速度限制被設為所描述的限制。
- 有效負載：連接 TCP 的機器人處理的最大有效負載（10 公斤）。

在最壞情況下，不同停機類別<sup>1</sup>可以根據下表查看是否違反安全限制或接口。

TCP 速度限制	最大停機時間
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

## 2.3 限制安全相關功能

如果機械手臂接近安全相關的限制，高級路徑控制軟體將減速或發出停止執行程序的命令。因此只有在異常情況下才會發生限制違例。但是，如果違反了限制，安全系統將發出 0 類停機。

限制級安全功能	最壞情況			
	準確度	檢測時間	斷電時間	反應時間
關節位置	1.15°	100 ms	1000 ms	1100 ms
關節速度	1.15°/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP 位置	20 mm	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP 方向	1.15°	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP 速度	50 mm/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP 力	25 N	250 ms	1000 ms	1250 ms
動量	3 kg m/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
功率	10 W	250 ms	1000 ms	1250 ms

當 48 V 的總線電壓達到 7.3 V 以下的電勢時，即視為系統斷電。斷電時間即檢測到事件直至系統斷電的這段時間。



### 警告：

在設計機器人的作業單元時，關於力的限制功能有兩種例外情況需要留意。參閱圖2.1。在機器人向外伸展時，膝-關節效應可能導致徑向（遠離底座）產生較高的力，同時速度較低。同樣，短槓桿臂在工具靠近底座和沿切線（周圍）方向移動底座時，可能產生較高的力，但同樣速度較低。通過清除這些區域的障礙物，例如：將機器人放在其他位置，或結合利用安全平面與關節限制，防止機器人進入工作區的此區域，可規避夾傷風險。

<sup>1</sup>停機類別的停機時間應遵守 IEC 60204-1，有關詳細資訊，請參閱詞彙表。

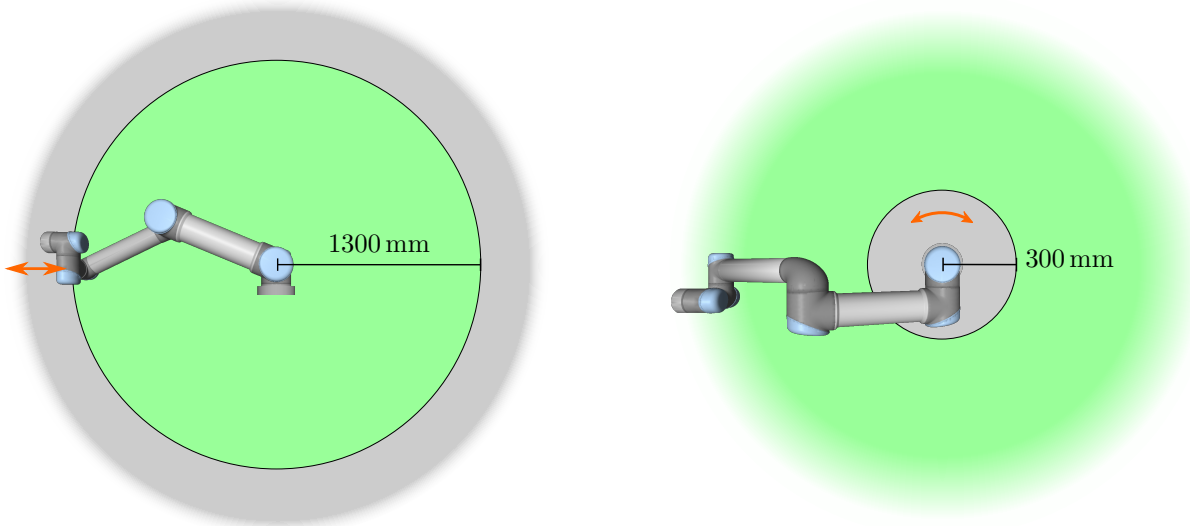


图 2.1: 鑑於機械手臂的物理性質，在工作區的某些區域應留意夾傷風險。其中一個區域是定義的徑向運動區域，即手腕 1 關節至少與機器人底座相距 1300 mm 的區域。另一個區域是在機器人底座 300 mm 範圍內的區域（機器人按正切方向移動時）。



**警告:**

如果機器人用於用手引導的手動應用（線性移動），基座和肩部的關節速度限制必須設置為每秒鐘最大 40 度，除非有風險評估顯示可接受每秒鐘 40 度以上的速度。這可以防止機器人肘部在奇點附近快速運動。

## 2.4 安全模式

**標準模式和縮減模式** 安全系統有兩種可配置的安全模式：標準模式和縮減模式。每種模式均可配置安全限制。機器人 TCP 的位置超出觸發器縮減模式平面，或利用安全輸入觸發時，將激活縮減模式。縮減模式可以通過使用平面或使用輸入來觸發。

**使用平面觸發縮減模式：** 當機器人從觸發平面的簡化模式側移回到正常模式側時，在允許正常模式和簡化模式限制的觸發平面周圍有 20mm 區域。它可以防止機器人在極限情況下安全模式閃爍。

**使用輸入觸發縮減模式：** 當使用輸入（開始或停止縮減模式）時，在應用新的模式限制值之前可能會經過長達 500ms 的時間。當將簡約模式更改為正常模式或將普通模式更改為簡化模式時，可能會發生這種情況。它允許機器人適應，例如：速度達到新的安全限制。

**恢復模式** 如果安全限制違例，必須重新啓動安全系統。如果在啓動時系統超出安全限制範圍（例如：超出關節位置限制），將進入特殊恢復模式。在恢復模式下不能運行機器人程序，但利用自由驅動模式或 PolyScope 中的移動索引標籤（參閱第 II 部分的“PolyScope 手冊”），可將機械手臂手動移回限制範圍內。恢復模式的安全限制為：

限制級安全功能	限制
關節速度	30 °/s
TCP 速度	250 mm/s
TCP 力	100 N
動量	10 kg m/s
功率	80 W

如果違反這些限制，安全系統發出 0 類停機。



**警告:**

請注意，在恢復模式下，關節位置、TCP 位置以及 TCP 方向被禁用。將機械手臂移回限制範圍內時應小心。

## 2.5 安全相關的電氣接口

機器人配備多個安全相關的電氣輸入和輸出。所有安全相關的電氣輸入和輸出均為雙通道。當訊號很低時，它們很安全，在訊號很高（+24V），緊急停止沒有激活等情況下，它們也很安全。

### 2.5.1 安全相關的電氣輸入

下表概述了安全相關的電氣輸入。

安全輸入	描述
機器人緊急停止	（專用輸入）。執行 1 類停機，利用系統緊急停止輸出通知其他機器。
緊急停止按鈕	（教導器按鈕）。執行 1 類停機，利用系統緊急停止輸出通知其他機器。
系統緊急停止	（可配置輸入）。執行 1 類停機。為了避免死鎖，此訊號將不會通過系統緊急停止輸出轉發到其他機器。
安全防護停止	（專用輸入）。執行 2 類停機。
防護重置	（可配置輸入）。當遇到防護重置輸入的邊緣時，從安全防護停止狀態恢復機器人。
縮減模式	（可配置輸入）。安全系統轉換為縮減模式限制。
3 檔位開關	（可配置輸入）。當操作模式輸入為高電平時，功能為安全防護停止。
操作模式	（可配置輸入）。當 3 檔位啓用設備配置時，使用操作模式。

1 類停機和 2 類停機在驅動電源開啓的情況下對機器人減速，使機器人在不偏離當前路徑的情況下停止。

**監控安全輸入** 1 類和 2 類停機由安全系統按照以下方式進行監控:

1. 安全系統監控是否在 24 ms 內啓動制動，請參閱圖 2.2。
2. 如果關節移動，將監控其速度，使其速度不超過標準模式下通過持續減慢最大關節速度限制所獲得的速度（即 500 ms 內移動 0 rad/s）。
3. 如果關節靜止（關節速度低於 0.2 rad/s），將對其進行監控，使其在測得的速度低於 0.2 rad/s 時與其位置的移動不超過 0.05 rad。



图 2.2: 斜坡下面的綠色區域即制動過程中允許的關節速度。在 0 點處，安全處理器檢測到一個事件（緊急停止或安全防護停止）。減速從 24 ms 後開始。

此外，對於 1 類停機，安全系統將監視機械手臂靜止後，是否在 600 ms 內關閉電源。另外在安全防護停止輸入後，機械手臂只能在防護重置輸入的正沿後才允許開始移動。如果不滿足上述任何情況，安全系統將發出 0 類停機。

監控到縮減模式輸入將觸發向縮減模式的轉變，如下所示：

1. 觸發縮減模式輸入後，安全系統接受 500 ms 標準和縮減模式限制設置。
2. 在 500 ms 後，只有縮減模式限制生效。

如果不滿足上述任何情況，安全系統將發出 0 類停機。

0 類停機由安全系統執行，其表現如下表中所示。最壞情況下的反應時間即停止全速和滿負載下運行的機器人並對其斷電的時間（放電到電勢低於 7.3 V）

安全輸入功能	最壞情況		
	檢測時間	斷電時間	反應時間
機器人緊急停止	250 ms	1000 ms	1250 ms
緊急停止按鈕	250 ms	1000 ms	1250 ms
系統緊急停止	250 ms	1000 ms	1250 ms
安全防護停止	250 ms	1000 ms	1250 ms

### 2.5.2 安全相關的電氣輸出

下表概述了安全相關的電氣輸出。

安全輸出	描述
系統緊急停止	當機器人緊急停止輸入為邏輯低電平或緊急停止按鈕按下時。
機器人運動	當此訊號為邏輯高電平時，沒有機械手臂的單一關節移動超過 0.1 rad。
機器人未停止	當由於緊急停止或安全防護停止而使機器人停止或處於停止過程中時為邏輯高電平。否則將為邏輯低訊號。
縮減模式	當安全系統處於縮減模式時為邏輯低電平。
未縮減模式	縮減模式輸出無效。

如果安全輸出設置不當，安全系統將發出 0 類停機，其最壞情況下的反應時間為：



安全輸出	最壞情況反應時間
系統緊急停止	1100 ms
機器人運動	1100 ms
機器人未停止	1100 ms
縮減模式	1100 ms
未縮減模式	1100 ms

## 3 運輸

運輸時保持好原包裝。將包裝材料保存在乾燥處；稍後可能需要包裝並移動機器人。

從機器人的包裝材料中將機器人移至安裝位置時，同時抬昇機械手臂管。扶住機器人直至機器人底座的所有螺栓全部緊固好。

控制箱應使用手柄抬升。



**警告:**

1. 確保抬升設備時您的背部或其他身體部位不過分負重。  
使用適當的抬升設備。應遵守所有地區性和國家性指南。  
Universal Robots 不對設備運輸過程中產生的損害負責。
2. 確保安裝機器人時嚴格遵守第 4 章中的安裝指示。



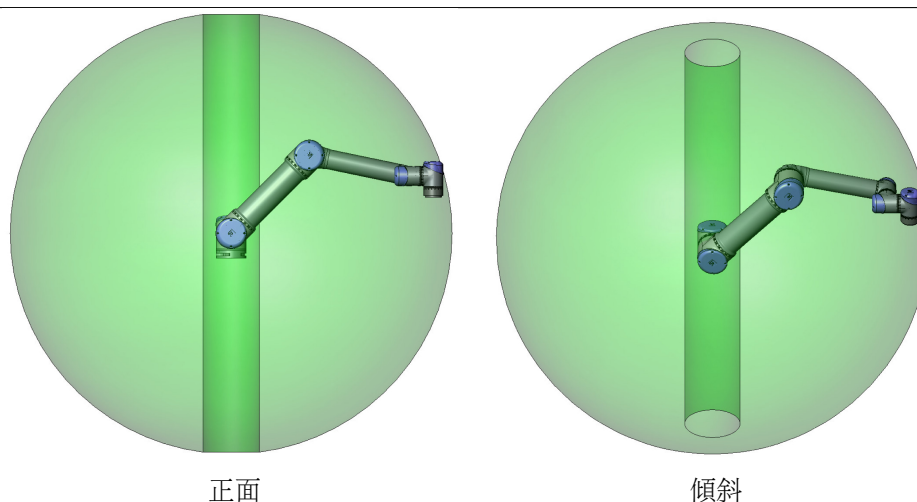
## 4 機械接口

### 4.1 簡介

本章將介紹安裝機器人系統的各個部件時應注意的基本事項。務必遵循第 5 章中的電氣安裝說明。

### 4.2 機器人工作空間

UR10 機器人的工作空間是指底座關節周圍 1300 mm 範圍內的區域。選擇機器人安裝位置時，務必考慮機器人正上方和正下方的圓柱體空間。盡可能避免將工具移向圓柱體空間，因為這樣會造成工具慢速運動時關節卻運動過快，從而導致機器人工作效率低下，風險評估難以進行。



### 4.3 安裝

**機械手臂** 使用四顆 M8 螺栓，通過機器人底座上的四個 8.5 mm 孔來安裝機械手臂。建議以 20 N m 扭矩緊固這些螺栓。如果需要非常準確地調整機械手臂位置，還可以鑽兩個 Ø8 的孔，用銷加以固定。也可採購精確的底座作為附件來使用。圖 4.1 顯示了鑽孔位置和螺絲安裝位置。

機器人連接器電纜可以安裝在底座的側面或底部。將機器人安裝在堅固的防震的表面上，強度足以承受底座關節的全部扭矩的至少十倍以及機械手臂重量的至少五倍。此外，該表面應沒有震動。

如果機器人安裝在線性軸上或是活動的平台上，則活動性安裝底座的加速度應很低。高加速度會導致機器人停止，因為機器人會誤以為撞到東西。



**危險:**

- 確保機械手臂正確並安全地安裝到位。安裝表面必須是防震的。
- 請記住將橡膠塞插入機器人底座的所有安裝孔，以避免夾住手指。



**警告:**

如果機器人泡在水中超過一定時間，則可能會遭受損害。機器人不應安裝在水中或潮濕環境中。

**工具** 機器人法蘭有四個 M6 螺紋孔，可用於將工具連接到機器人。這些孔需要以 9 N m 的力緊固。如果需要非常準確地調整工具位置，還可以鑽 Ø6 孔，用銷加以固定。圖 4.2 顯示了鑽孔位置和螺絲安裝位置。



**危險:**

1. 確保工具正確並安全地安裝到位。
2. 確保工具安全架構，不會有零件意外墜落造成危險。

**控制器** 控制器可懸掛在牆壁上，也可安放在地面上。控制器每側應保留 50 mm 的空隙，以確保空氣流通順暢。額外安裝支架可購買。

**教導器** 教導器可以懸掛在牆壁或控制器上。教導器的額外安裝支架可購買。確保大家不會踩到電纜。



**危險:**

1. 確保控制器、教導器和電纜不接觸液體。潮濕的控制器可導致死亡。
2. 控制器和教導器不得暴露在灰塵或超出 IP20 等級的潮濕環境下。密切注意存在傳導性灰塵的環境。

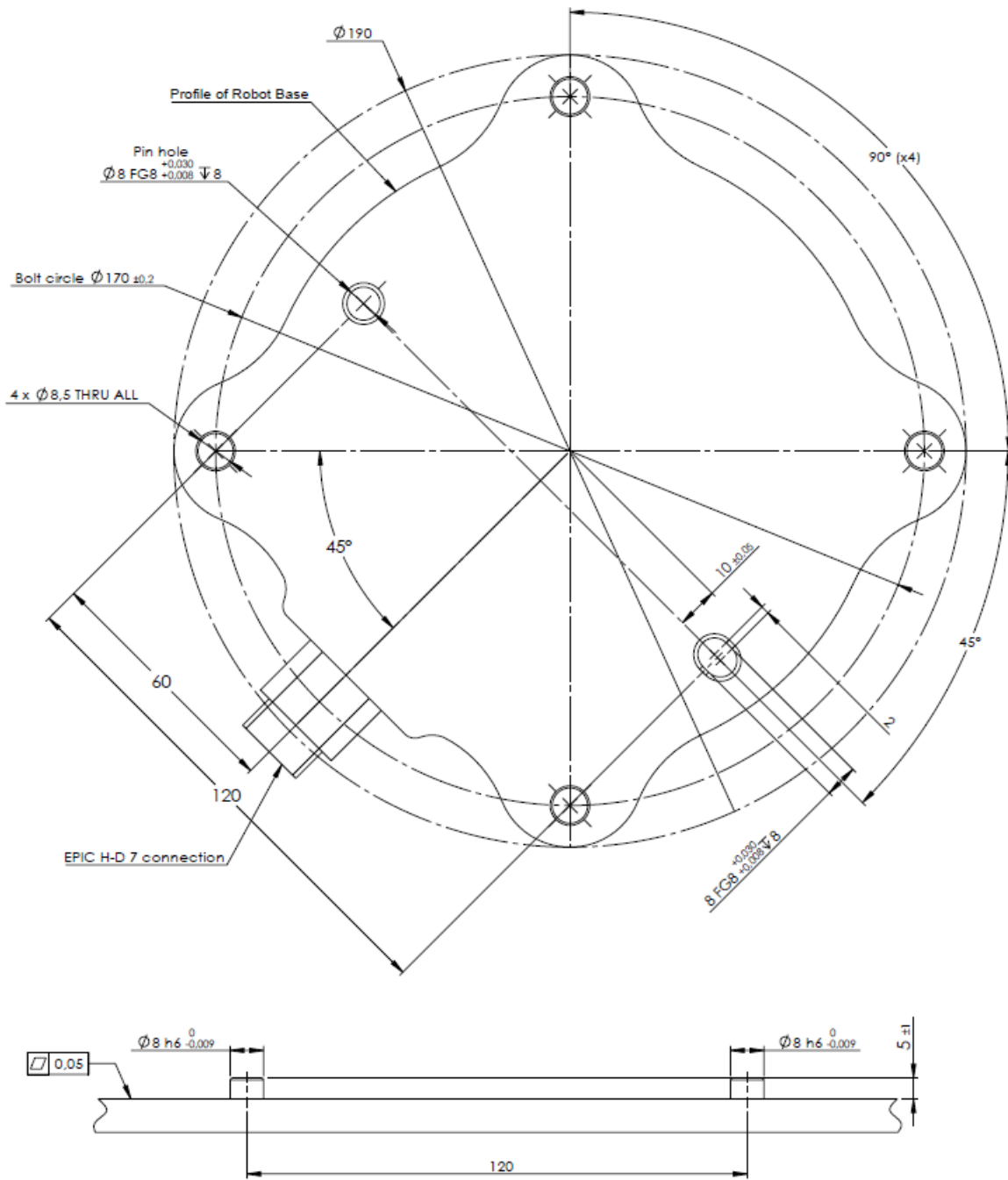


圖 4.1: 機器人安裝孔。使用四個 M8 螺栓。所有測量值均以 mm 為單位。

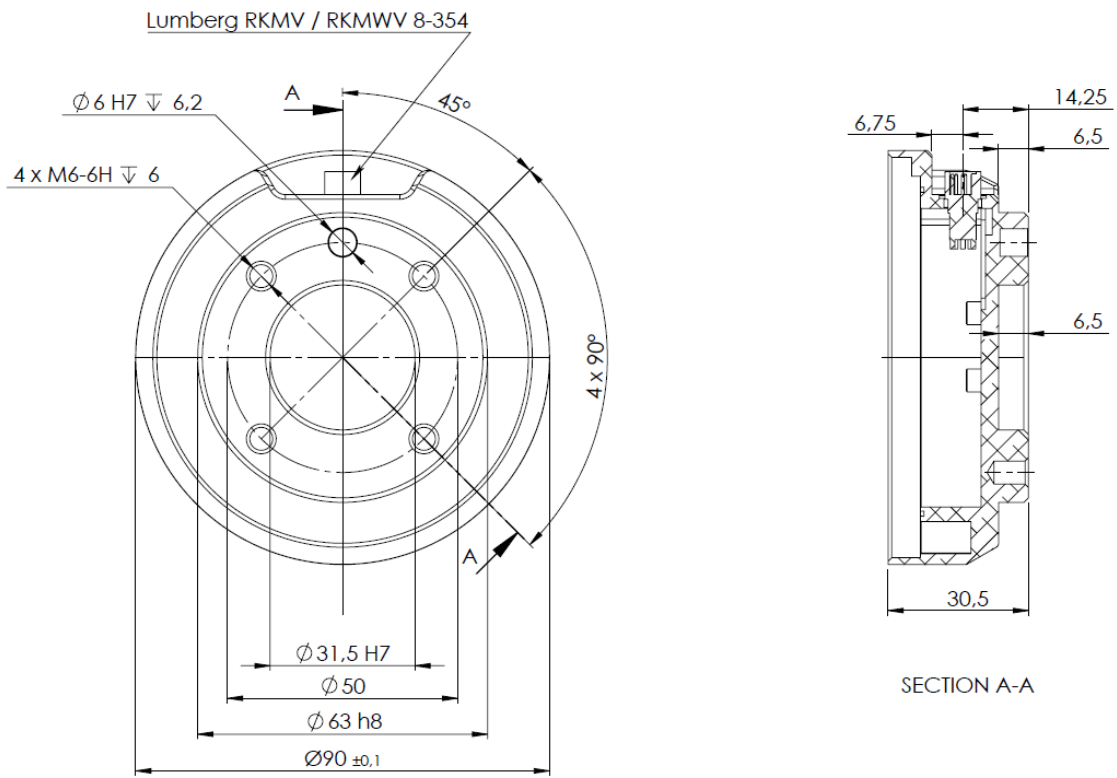


图 4.2: 工具輸出法蘭，ISO 9409-1-50-4-M6。此處顯示的是機器人頂端的工具安裝位置。所有測量均為 mm。

## 4.4 最大有效負載

機械手臂的最大允許有效負載取決於重心偏移，請參閱圖4.3。重心偏移定義為工具輸出法蘭的中心與重心之間的距離。

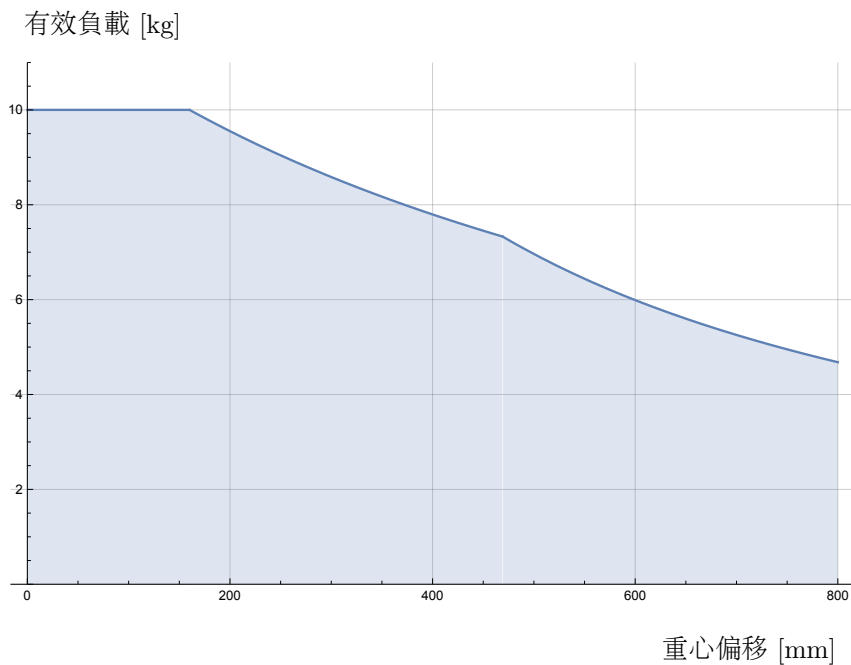


图 4.3: 最大允許有效負載與重心偏移之間的關係。



# 5 電氣接口

## 5.1 簡介

本章描述了機械手臂和控制箱的所有電氣接口。

這些接口分為五類，每類接口有不同的用途和屬性：

- 控制器 I/O
- 工具 I/O
- 乙太網路
- 電源連接
- 機器人連接

I/O 一詞是指進出接口的數位及模擬控制訊號。

下文對這五類接口進行了說明。大部分類型的 I/O 都提供有示例。

下一節的警告和小心事項與這五組接口均有關，請務必遵守這些事項。

## 5.2 電氣警告和小心事項

在設計和安裝機器人應用時，務必遵循以下警告和小心事項。實施維護作業同樣要遵循這些警告和小心事項。



### 危險：

1. 切勿將安全訊號連接到安全等級不合適的非安全型 PLC。如不遵守該警告，可能會因某項安全停止功能失效而導致嚴重受傷乃至死亡。務必將安全接口訊號與普通 I/O 接口訊號分開。
2. 所有安全型訊號均具備冗餘性（兩個獨立通道）。保持兩個通道獨立，可確保在發生單一故障時不會喪失安全功能。
3. 控制箱內部的某些 I/O 可配置為普通或安全型 I/O。請通讀第 5.3 節。



**危險:**

1. 請確保所有不得沾水的設備都保持乾燥。如果有水進入產品，請切斷電源，然後聯繫您的供應商。
2. 僅使用該機器人的原裝電纜。請不要在那些電纜需要彎折的應用中使用機器人。如果需要更長的電纜或柔性電纜，可以聯繫您的供應商。
3. 負關節指接地 GND 關節，且與機器人和控制箱的防護罩相連。本文提到的所有 GND 關節只適用於供電和傳送訊號。對於保護性接地 (PE)，請使用控制箱中標記接地標誌的 M6 螺絲關節。接地連接器應至少有該系統內最高電流的額定電流。
4. 當向機器人的 I/O 安裝接口電纜的時候，務必小心。底部的金屬板是供接口電纜和連接器使用的。鑽孔前請去掉這個金屬板。重新安裝金屬板前，請確保所有的毛面都已去掉。記得使用正確尺寸的壓蓋。



**警告:**

1. 該機器人已通過國際 IEC 標準中規定的電磁兼容性 (EMC) 檢測。高於 IEC 標準中規定電平的干擾訊號將會造成機器人的異常行為。訊號電平極高或過度暴露將會對機器人造成永久性的損害。EMC 問題通常發生在焊接過程中，通常由日誌中的錯誤消息提示。由 EMC 問題造成的任何損失，Universal Robots 概不負責。
2. 用於連接控制箱與其他機械和工廠設備的 I/O 電纜長度不得超過 30 米，除非進行延長測試後表明可行。



**注意:**

所有電壓和電流均為 DC (直流)，除非另有規定。

版權所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S。保留所有權利。

## 5.3 控制器 I/O

本章說明瞭如何連接設備與控制箱內部的 I/O。此 I/O 極其靈活，可用於多種不同的設備，其中包括氣動繼電器、PLC 和緊急停止按鈕。

下圖顯示了控制箱內部的電氣接口佈局。

<b>Safety</b>		<b>Remote</b>		<b>Power</b>		<b>Configurable Inputs</b>				<b>Configurable Outputs</b>				<b>Digital Inputs</b>				<b>Digital Outputs</b>				<b>Analog</b>										
Safety Stop	24V	■	12V	■	PWR	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	EI0	■	GND	■	GND	■	C10	■	C14	■	CO0	■	CO4	■	DI0	■	DI4	■	DO0	■	DO4	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	EI1	■	ON	■	24V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	EI2	■	OFF	■	0V	■	C11	■	C15	■	CO1	■	CO5	■	DI1	■	DI5	■	DO1	■	DO5	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	EI3	■					24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	SI0	■					C12	■	C16	■	CO2	■	CO6	■	DI2	■	DI6	■	DO2	■	DO6	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
	SI1	■					24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	DI3	■	DI7	■	DO3	■	DO7	■	24V	■	24V	■	0V	■	0V	■	AG	■
						C13	■	C17	■	CO3	■	CO7	■	DI4	■	DI8	■	DO4	■	DO8	■									AG	■	

不同顏色的含義如下，請務必遵循。

黃色，含紅色文本	專用安全訊號
黃色，含黑色文本	可進行安全配置
灰色，含黑色文本	通用數位 I/O
綠色，含黑色文本	通用模擬 I/O

可配置型 I/O 可配置為安全型 I/O 或 GUI 中的通用 I/O。詳細資訊請參閱第 II 部分。

以下章節對如何使用數位 I/O 進行了說明。本節描述了必須遵循的通用規範。

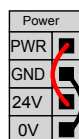
### 5.3.1 所有數位 I/O 的通用規範

本節闡述了控制箱的下列 24V 數位 I/O 的電氣規範。

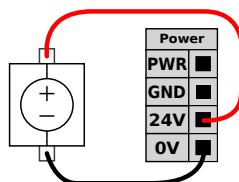
- 安全 I/O。
- 可配置 I/O。
- 通用 I/O。

按照電氣規範安裝 UR 機器人是非常重要的，這三類不同的輸入都要做到這一點。

數位 I/O 可由 24V 電源供電，也可通過配置電源接線盒由外部電源供電。終端盒由四個終端組成。上面兩個（PWR 和 GND）為 24V，內部的 24V 電源接地。終端盒下面的兩個終端（24V 和 0V）為供應 I/O 的 24V 輸入。預設配置為使用內部電源，參閱下文。



如果需要更大的電流，可如下圖所示連接外部電源。



內部和外部電源的電氣規範如下所示。

終端	參數	最小值	典型值	最大值	單位
內置 24V 電源					
[PWR - GND]	電壓	23	24	25	V
[PWR - GND]	當前	0	-	2	A
外部 24V 輸入要求					
[24V - 0V]	電壓	20	24	29	V
[24V - 0V]	當前	0	-	6	A

數位 I/O 的構建遵循 IEC 61131-2。電氣規範如下所示。

終端	參數	最小值	典型值	最大值	單位
數位輸出					
[COx / DOx]	電流 *	0	-	1	A
[COx / DOx]	電壓降	0	-	0.5	V
[COx / DOx]	漏電流	0	-	0.1	mA
[COx / DOx]	功能	-	PNP	-	類型
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1A	-	類型
數位輸入					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	電壓	-3	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	OFF 區域	-3	-	5	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	ON 區域	11	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	電流 (11-30V)	2	-	15	mA
[EIx/SIx/CIx/DIx]	功能	-	PNP	-	類型
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	類型

注意：\* 用於最大 1H 的電阻負載或電感負載。



**注意：**

**可配置**一詞用於可配置為額定安全 I/O 或普通 I/O 的 I/O。這些是帶黑色文本的黃色終端。

### 5.3.2 安全 I/O

本節介紹了專用安全輸入（帶紅色文本的黃色終端）和配置為安全 I/O 時的可配置 I/O（帶黑色文本的黃色終端）。務必遵循第 5.3.1 節的通用規範。

安全裝置和設備必須按照安全說明和風險評估安裝（請參閱第 1 章）。

所有安全 I/O 成對存在（冗餘），必須保留成兩個獨立的分支。單一故障應不會導致喪失安全功能。

固定的輸入有兩個：機器人緊急停止和安全防護停止。機器人緊急停止輸入僅用於緊急停止設備。安全防護停止輸入用於所有類型的安全型保護設備。功能差異如下所示。

	緊急停止	安全防護停止
機器人停止運動	是	是
程式執行	停止	暫停
機器人電源	關閉	開
重置	手動	自動或手動
使用頻率	不常使用	不超過每運行週期一次
需要重新初始化	僅解除剎車	否
停機類別 (IEC 60204-1)	1	2
監控功能的性能等級 (ISO 13849-1)	PLd	PLd

可以使用可配置的 I/O 設置緊急停止輸出等其他安全 I/O 功能。針對安全功能配置一組可配置的 I/O 是通過 GUI 進行的，請參閱第 II 部分。

下面的章節中舉出了一些關於如何使用安全 I/O 的示例。

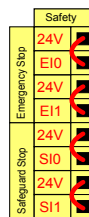


#### 危險:

1. 切勿將安全訊號連接到安全等級不合適的非安全型 PLC。如不遵守該警告，可能會因某項安全停止功能失效而導致嚴重受傷乃至死亡。務必將安全接口訊號與普通 I/O 接口訊號分開。
2. 所有安全型 I/O 均具備冗餘性（兩個獨立通道）。保持兩個通道獨立，可確保在發生單一故障時不會喪失安全功能。
3. 在將機器人投入使用前，務必檢驗安全功能。必須定期測試安全功能。
4. 機器人的安裝需遵循這些規格。如果不遵循這些規格，有可能會造成嚴重的人員傷亡，因為安全停機裝置有可能失效。

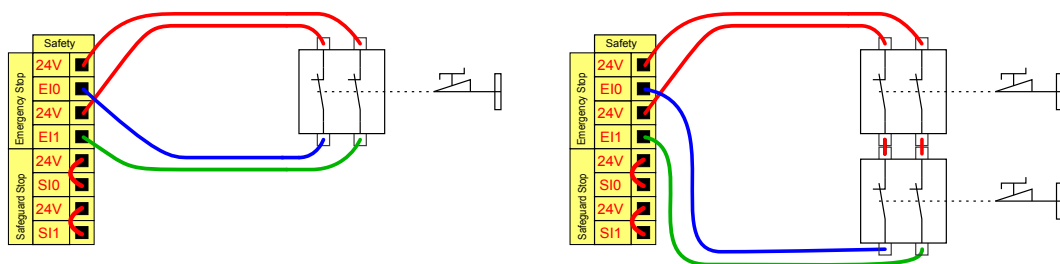
#### 5.3.2.1 預設安全配置

所交付的機器人進行了預設配置，可在沒有任何附加安全設備的情況下進行操作，請參閱下圖。



#### 5.3.2.2 連接緊急停止按鈕

在大多數應用中，需要使用一個或多個額外的緊急停止按鈕。下圖顯示了一個或多個緊急停止按鈕的工作原理。



#### 5.3.2.3 與其他機器共享緊急停止

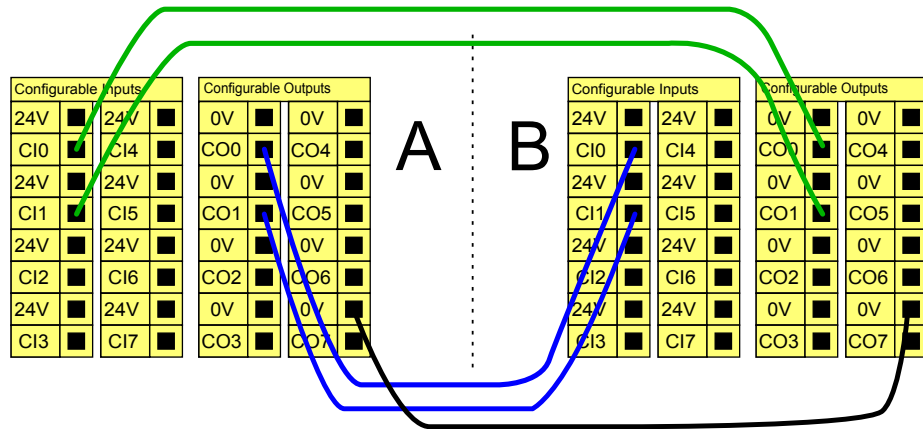
當機器人與其他機器搭配使用時，往往需要設置一條公共的緊急停止電路。通過設置一條公共線路，操作員就不必思考要使用哪一個緊急停止按鈕。

由於這兩台機器都需要等待彼此跳出緊急停止條件，因此機器人緊急停止輸入不能用於共享。

要與其他機器共享緊急停止功能，必須通過 GUI 配置可配置的 I/O 功能。

- 可配置的輸入對：外部緊急停止。
- 可配置的輸出對：系統緊急停止。

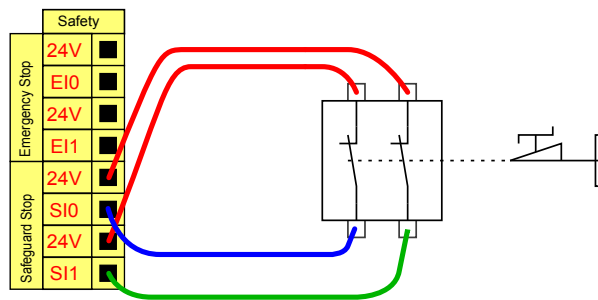
下圖顯示了 UR 機器人如何共享緊急停止功能。在本例中，使用的配置 I/O 為“CI0-CI1”和“CO0-CO1”。



如果需要連接兩台以上的 UR 機器人或其他機器，需要使用安全 PLC 來控制緊急停止訊號。

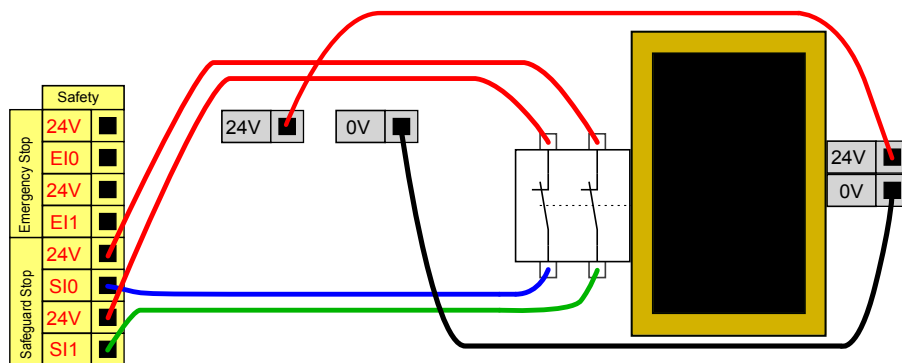
### 5.3.2.4 可自動恢復的安全防護停止

門開關就是基本安全防護停止設備的一個例子，門打開時，機器人停止，請參閱下圖。



此配置僅針對操作員不能通過門並在身後關上門的應用。可配置的 I/O 可以用於設置門外的重置按鈕，以重新激活機器人運動。

適合進行自動恢復的另外一個例子是使用安全墊或安全型激光掃描儀，參閱下圖。

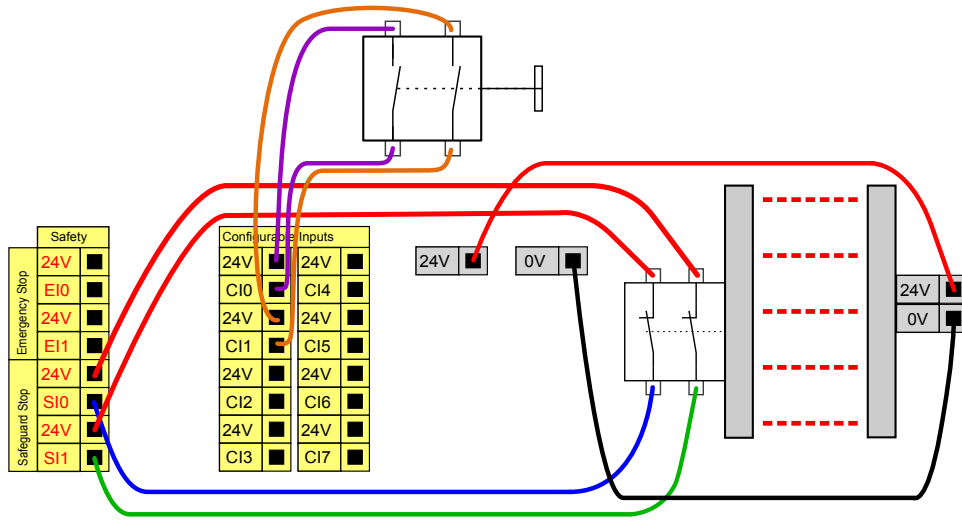


危險:

1. 當重建防護訊號時，機器人自動恢復運動。如果可從安全地帶內部重建訊號，請勿使用此配置。

5.3.2.5 帶重置按鈕的安全防護停止

如果使用防護接口與光幕交互，需要從安全地帶外部進行重置。重置按鈕必須為雙通道型按鈕。在本例中，重置配置的 I/O 為“CI0-CI11”，參閱下圖。



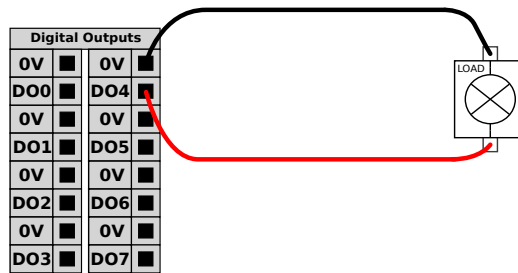
5.3.3 通用數位 I/O

本節介紹了通用 24V I/O（灰色終端）和未配置為安全 I/O 時的可配置 I/O（帶黑色文本的黃色終端）。務必遵循第 5.3.1 節的通用規範。

通用 I/O 可用於直接驅動氣動繼電器等設備，或用於與其他 PLC 系統通訊。程式停止執行時，所有數位輸出可自動禁用，詳情參閱第 II 部分。此模式下，如果程式沒有運行，則輸出始終為低電平。下面的章節舉了幾個例子。這些示例使用的是常規數位輸出，但如果可配置的輸出沒有被配置為執行安全功能，則也可使用此類輸出。

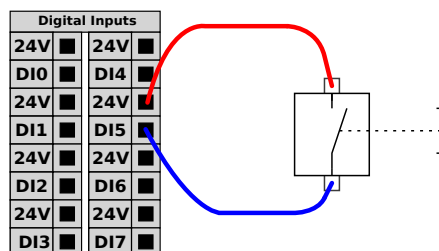
5.3.3.1 由數位輸出控制的負載

本例顯示了由數位輸出控制的負載的連接方式，參閱下圖。



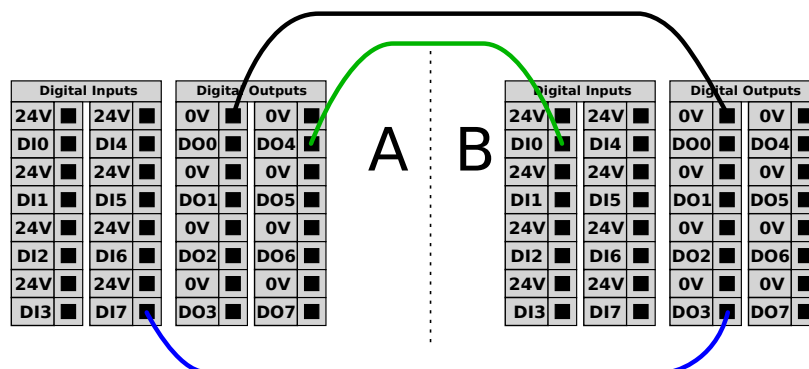
5.3.4 從按鈕進行的數位輸入

本例顯示了簡單按鈕與數位輸入的連接方式。



### 5.3.5 與其他機器或 PLC 通訊

如果建立了通用 GND (0V) 並且機器採用 PNP 技術，則可使用數位 I/O 與其他設備通訊，參閱下圖。



### 5.3.6 通用模擬 I/O

模擬 I/O 接口為綠色終端。此類接口可用於設置或測量進出其他設備的電壓 (0-10V) 或電流 (4-20mA)。

為獲得高準確度，建議遵循以下說明。

- 使用最靠近此 I/O 的 AG 終端。此 I/O 對共享同一個濾波器。
- 設備和控制箱使用相同的接地 (0V)。模擬 I/O 與控制箱不進行電位隔離。
- 使用屏蔽電纜或雙絞線。將屏蔽線與“電源”端子上的“GND”終端相連。
- 使用在電流模式下工作的設備。電流訊號的敏感度低於接口。

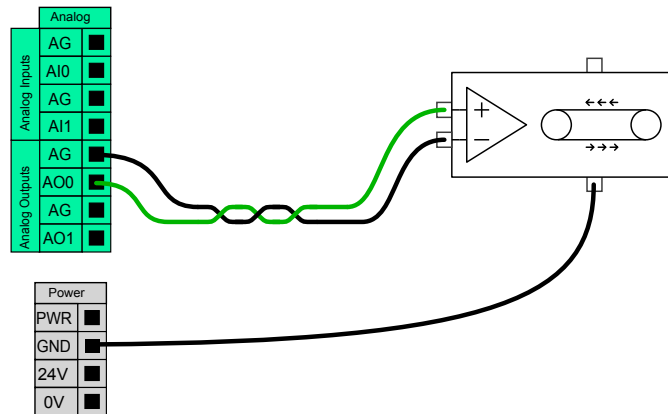
輸入模式可在 GUI 中選擇，請參閱第 II 部分。電氣規範如下所示。

終端	參數	最小值	典型值	最大值	單位
電流模式下的模擬輸入					
[AIx - AG]	當前	4	-	20	mA
[AIx - AG]	電阻	-	20	-	ohm
[AIx - AG]	分辨力	-	12	-	位
電壓模式下的模擬輸入					
[AIx - AG]	電壓	0	-	10	V
[AIx - AG]	電阻	-	10	-	Kohm
[AIx - AG]	分辨力	-	12	-	位
電流模式下的模擬輸出					
[AOx - AG]	當前	4	-	20	mA
[AOx - AG]	電壓	0	-	24	V
[AOx - AG]	分辨力	-	12	-	位
電壓模式下的模擬輸出					
[AOx - AG]	電壓	0	-	10	V
[AOx - AG]	當前	-20	-	20	mA
[AOx - AG]	電阻	-	1	-	ohm
[AOx - AG]	分辨力	-	12	-	位

下面的例子顯示了模擬 I/O 的使用方式。

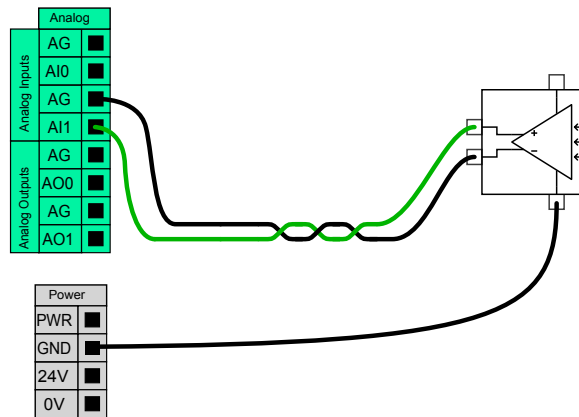
### 5.3.6.1 使用模擬輸出

下例說明瞭如何利用模擬速度控制輸入來控制傳送帶。



### 5.3.6.2 使用模擬輸入

下例說明瞭如何連接模擬傳感器。



### 5.3.7 遠程 ON/OFF 控制

利用遠程 ON/OFF 控制，可在不使用教導器的情況下開啓和關閉控制箱。它通常用於以下應用：

- 教導器不可接近的情況。
- PLC 系統必須實施全面控制的情況。
- 必須同時開啓或關閉多個機器人的情況。

遠程 ON/OFF 控制提供有 12V 的小型輔助電源，控制箱關閉時此電源將保持活動狀態。“on” 和 “off” 輸入只能用於短時間激活。“on” 輸入與電源按鈕的工作原理相同。務必對遠程 “off” 控制使用 “off” 輸入，因此此訊號允許控制箱保存檔案和正常關閉。

電氣規範如下所示。

終端	參數	最小值	典型值	最大值	單位
[12V - GND]	電壓	10	12	13	V
[12V - GND]	當前	-	-	100	mA
[ON / OFF]	無源電壓	0	-	0.5	V
[ON / OFF]	有源電壓	5	-	12	V
[ON / OFF]	輸入電流	-	1	-	mA
[ON]	激活時間	200	-	600	ms

下面的例子顯示了遠程 ON/OFF 的使用方式。



**注意:**

可以利用軟體中的專門功能來自動加載和啓動程式，請參閱第 II 部分。

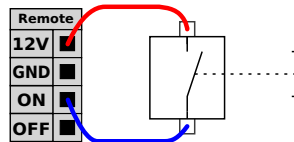


**警告:**

1. 禁止使用 “on” 輸入或電源按鈕關閉控制箱。

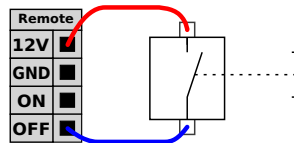
5.3.7.1 遠程 ON 按鈕

下圖說明了遠程 ON 按鈕的連接方法。



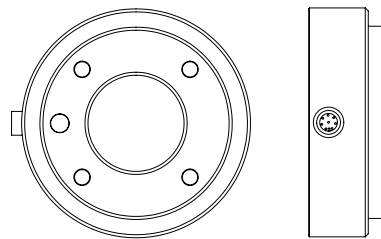
5.3.7.2 遠程 OFF 按鈕

下圖說明了遠程 OFF 按鈕的連接方法。



5.4 工具 I/O

在機器人的工具端，有一個八引腳的小型連接器，請參閱下圖。



此連接器為特定機器人工具上使用的夾爪和傳感器提供電源和控制訊號。適合使用的工業電纜如下：

- Lumberg RKMV 8-354。



**注意:**

必須手動擰緊工具連接器，最大力為 0.4 Nm。

電纜內部的八條線有不同顏色。不同顏色代表不同功能，請參閱下表：

顏色	訊號
紅色	0V (GND)
灰色	0V/+12V/+24V (電源)
藍色	工具輸出 0 (TO0)
粉紅色	工具輸出 1 (TO1)
黃色	工具輸入 0 (TI0)
綠色	工具輸入 1 (TI1)
白色	模擬輸入 2 (AI2)
棕色	模擬輸入 3 (AI3)

在 GUI 的 I/O 索引標籤中，可將內部電源設置為 0V、12V 或 24V（請參閱第 II 部分）。電氣規範如下所示：

參數	最小值	典型值	最大值	單位
24V 模式下的電源電壓	-	24	-	V
12V 模式下的電源電壓	-	12	-	V
兩種模式下的電源電流 *	-	-	600	mA

注意：\* 強烈建議在感性負載中使用保護二極管

後續章節介紹工具各種不同的 I/O。



#### 危險：

1. 工具和夾爪的構造保證了中斷電源時不會導致任何危險，例如工件不會從工具上掉落。
2. 使用 12V 電源時要特別小心，因為編程員出錯可能會導致電壓變為 24V，從而可能損壞設備和引發火災。



#### 注意：

機器人法蘭 GND 相連通（與紅線相同）。

### 5.4.1 工具數位輸出

數位輸出以 NPN 的形式實現。數位輸出激活後，相應的關節即會被驅動接通 GND，數位輸出端禁用後，相應的關節將處於開路（開集/開漏）。電氣規範如下所示：

參數	最小值	典型值	最大值	單位
開路時的電壓	-0.5	-	26	V
灌入 1A 電流時的電壓	-	0.05	0.20	V
灌電流	0	-	600	mA
通過 GND 的電流	0	-	600	mA

下一小節中的示例顯示瞭如何使用數位輸出。

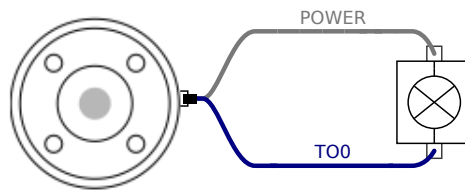


**警告:**

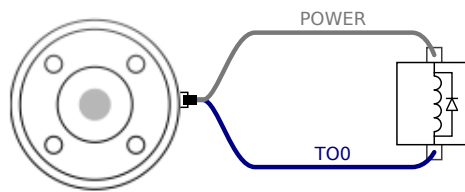
1. 工具中的數位輸出端沒有電流限制，若超過所規定的資料，可能會導致永久性損壞。

**5.4.1.1 使用工具數位輸出**

下例說明瞭如何在使用 12V 或 24V 的內部電源時打開負載。請記住，您必須要在 I/O 索引標籤中定義輸出電壓。並謹記，即使負載已關閉，電源關節和防護罩/地面之間仍存在電壓。



注意：強烈建議在感性負載中使用保護二極管，如下所示。



**5.4.2 工具數位輸入**

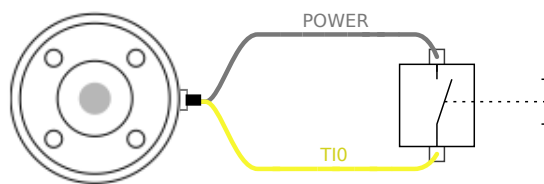
數位輸入以配有弱下拉電阻器的 PNP 的形式實現。這意味著浮置輸入的讀數始終為低。電氣規範如下所示。

參數	最小值	典型值	最大值	單位
輸入電壓	-0.5	-	26	V
邏輯低電壓	-	-	2.0	V
邏輯高電壓	5.5	-	-	V
輸入電阻	-	47k	-	$\Omega$

下一小節中的示例顯示瞭如何使用數位輸入。

**5.4.2.1 使用工具數位輸入**

下例顯示了簡單按鈕的連接方法。



### 5.4.3 工具模擬輸入

工具模擬輸入為非差分輸入，可在 I/O 索引標籤上設置為電壓和電流，請參閱第 II 部分。電氣規範如下所示。

參數	最小值	典型值	最大值	單位
電壓模式下的輸入電壓	-0.5	-	26	V
0V 至 10V 電流範圍內的輸入電阻	-	15	-	k $\Omega$
分辨力	-	12	-	位
電流模式下的輸入電壓	-0.5	-	5.0	V
電流模式下的輸入電流	-2.5	-	25	mA
4mA 至 20mA 電流範圍內的輸入電阻	-	200	-	$\Omega$
分辨力	-	12	-	位

下面的章節中舉出了兩個關於如何使用模擬輸入的示例。

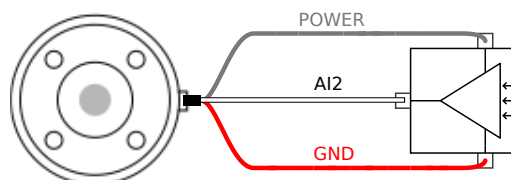


#### 警告:

1. 在電流模式下，模擬輸入沒有提供過電壓保護。超過電氣規範中的限制可能導致輸入端永久損壞。

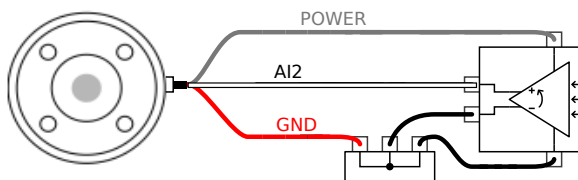
#### 5.4.3.1 使用工具模擬輸入，非差分

下例顯示了模擬傳感器與非差分輸出的連接方式。只要模擬輸入的輸入模式設置與 I/O 索引標籤中的設置相同，那麼傳感器的輸出端可設置為電流模式，也可設置為電壓模式。請記得檢查並確保帶有電壓輸出端的傳感器可以驅動工具的內部電阻，否則測量值可能無效。



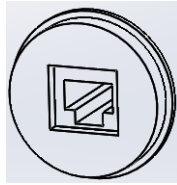
#### 5.4.3.2 使用工具模擬輸入，差分

下例顯示了模擬傳感器與差分輸出的連接方式。將負輸出端連接至 GND (0V)，即可像非差分傳感器一樣工作。



## 5.5 乙太網路

控制箱底部提供有乙太網路接口，請參閱下圖。



乙太網路接口可用於以下應用：

- MODBUS I/O 擴展模塊。詳細資訊請參閱第 II 部分。
- 遠程存取和控制。

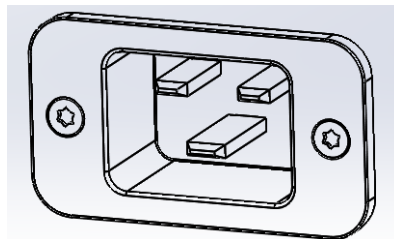
電氣規範如下所示。

參數	最小值	典型值	最大值	單位
通訊速度	10	-	1000	Mb/s

## 5.6 電源連接

控制箱市電電纜末端有一個標準 IEC 插頭。將當地專用的市電插座或電纜連接到 IEC 插頭。

要使機器人通電，控制箱必須與電源相連。這個過程必須使用相應的 IEC C19 電線連接控制箱底部的標準 IEC C20 插頭來完成，請參閱下圖。



電源至少應配備以下附件：

- 接地。
- 市電保險絲。
- 剩餘電流斷路器。

建議對機器人應用中的所有設備的電源安裝電源開關，以便於在維修時上鎖掛牌。

電氣規範如下表所示。

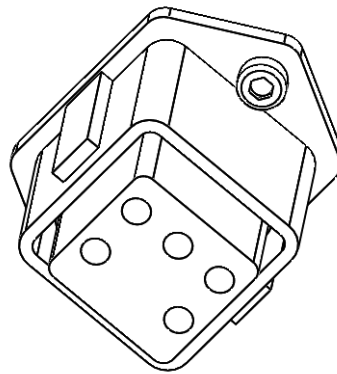
參數	最小值	典型值	最大值	單位
輸入電壓	100	-	265	VAC
外部市電保險絲 (100-200V 時)	15	-	16	A
外部市電保險絲 (200-265V 時)	8	-	16	A
輸入頻率	47	-	63	Hz
備用電源	-	-	0.5	W
額定工作功率	90	250	500	W

**危險:**

1. 請確保機器人以正確的方式接地（電氣接地）。請使用未用的且與控制箱內接地標誌相連的插銷來為系統內的所有設備建立通用接地。接地連接器應至少有該系統內最高電流的額定電流。
2. 請確保控制箱的輸入電流受到剩餘電流裝置（RCD）和適當的保險絲的保護。
3. 完成所有服務所需的機器人安裝設置後，所有的電源都需上鎖掛牌。當系統上鎖後，其他設備都不可給機器人 I/O 供電。
4. 請確保所有的電纜在控制箱通電前都正確連接。始終正確使用原裝的電源線。

## 5.7 機器人連接

機器人電纜必須插入控制箱底部的連接器中，參閱下圖。在開啓機械手臂時，務必適當鎖定連接器。斷開機器人電纜時必須切斷機器人的電源。

**警告:**

1. 切勿在機械手臂開啓時斷開機器人電纜。
2. 切勿延長或改裝原電纜。



## 6 維護和維修

您必須嚴格遵守本手冊的所有安全指示執行維護和維修工作。

您必須根據支持網站<http://www.universal-robots.com/support>上最新版本的服務手冊進行維護、校準和維修工作。

只有授權的系統集成商或 Universal Robots 才能執行維修。

零件退回給 Universal Robots 時應按服務手冊的規定進行操作。

### 6.1 安全指示

維護維修後，必須進行核對以確保服務要求的安全級別。檢查必須遵守有效的國家或地區工作安全規定。同時應檢測所有安全功能是否都正常。

維護維修工作的目的是為了確保系統正常運轉，或在故障狀態時，幫助系統恢復正常運轉狀態。維修包括故障診斷和實際的維修。

在機器人手臂或控制箱上工作時，必須遵守以下程序和警告。



#### 危險:

1. 不要改變軟體安全配置中的任何資訊（例如 力限制）。安全配置在 PolyScope 手冊中有介紹。如果安全參數變更，整個機器人系統應被視為新系統，這就意味著所有安全審核過程，例如風險評估，都必須更新。
2. 使用部件號相同的新部件或 Universal Robots 批准的相當部件替換故障部件。
3. 該工作完成後立即重新激活所有禁用的安全措施。
4. 書面記錄所有維修操作，並將其保存在整個機器人系統相關的技術文檔中。



#### 危險:

1. 從控制箱底部移除主輸入電纜以確保其完全斷電。斷開機械手臂或控制箱連接的其他能源。採取必要的預防措施以避免其他人在維修期間重新接通系統能源。
2. 重新開啓系統前請檢查接地連接。
3. 拆分機械手臂或控制箱時請遵守防靜電法規。
4. 避免拆分控制箱內的供電系統。控制箱關閉後其供電系統仍可留存高壓（高達 600 V）達數小時。
5. 避免水或粉塵進入機械手臂或控制箱。



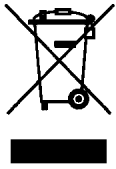
## 7 處置和環境

必須根據適用的國家法律法規及國家標準處置 UR 機器人。

在 UR 機器人的製造過程中，控制使用歐盟 RoHS 指令 2011/65/EU 規定的相關危險物質，以此對環境提供保護。這些危險物質包括汞、鎘、鉛、六價鉻、多溴聯苯、多溴聯苯醚。

UR 機器人（售於丹麥市場）的電子廢棄物的處置處理費用已經由 Universal Robots A/S 預付至 DPA-系統。對於適用歐盟 WEEE 指令 2012/19/EU 的國家，進口商必須向本國 WEEE 註冊機構登記。費用通常低於 1 €/機器人。國內的註冊機構列表如下：<https://www.ewrn.org/national-registers>。

下述符號將貼在機器人上以表示符合上述法律法規：





## 8 認證

本章介紹為產品準備的證書和聲明。

### 8.1 第三方認證

第三方認證是自願的。不過，為了向機器人集成商提供最佳服務，UR 選擇在下述知名檢測機構認證我們的機器人：



**TÜV NORD** UR 機器人通過了符合歐盟 2006/42/EC 機械指令的公告機構——TÜV NORD 的安全認證。您可以在附錄 B. 中找到 TÜV NORD 安全認證證書的副本。



**DELTA** URUR 機器人通過了 DELTA 的性能檢測。您可以在附錄 B 中找到電磁兼容性 (EMC) 和環境測試證書。



**TÜV SÜD** UR 機器人由 TÜV SÜD 進行無塵室測試。您可以在附錄 B 中找到無塵室證書。



**中國 RoHS** UR 機器人符合中國 RoHS 管理方法，用於控制電子資訊產品的污染。您可以在附錄 B 中找到產品聲明表的副本。



**KCC 安全** UR 機器人符合韓國 KC Mark 產品安全認證標準。您可以在附錄 B 中查看 KCC 安全認證證書的副本。

### 8.2 供應商第三方認證



**環境** 如供應商所供，UR 機器人托運托盤符合丹麥 ISMPM-15 生產木質包裝材料的要求，並按照此方案進行標記。

### 8.3 製造商測試認證



UR

連續對 UR 機器人進行了內部測試和生產線終端測試。UR 測試過程需要不斷的檢查和改進。

---

### 8.4 根據歐盟指令發布的聲明

雖然它們主要與歐洲相關，但歐洲以外的一些國家承認和/或要求**歐盟聲明**。歐洲指令可在官方主頁上找到：<http://eur-lex.europa.eu>。

UR 機器人根據下述指令進行認證。

---

#### 2006/42/EC——歐盟機械指令（MD）

根據機械指令 2006/42/EC，UR 機器人是**部分完成的機器**，因此沒有貼 CE 標誌。

注意：如果 UR 機器人用於農藥應用，則必須注意指令 2009/127/EC 的存在。根據 2006/42/EC 附錄 II 1.B 的公司註冊說明見附錄 appendix B。

---

#### 2006/95/EC——低壓指令（LVD）

#### 2004/108/EC——電磁兼容性指令（EMC）

#### 2011/65/EU——特定危險物質禁用指令（RoHS）

#### 2012/19/EU——電氣電子設備廢棄物指令（WEEE）

在附錄 B 的公司註冊聲明中，列出了符合上述指示的聲明。

CE 標誌根據上述 CE 標誌指示加貼。關於電力和電子設備廢物的資訊在 chapter 7 中。

有關機器人開發過程中所使用標準的資訊見附錄 C。

## 9 質量保證

### 9.1 產品質量保證

在無損於使用者（客戶）可能與經銷商或零售商達成的任何索賠協議的原則下，製造商應根據以下所列條款給予客戶質量保證：

若新設備及其組件在投入使用後 12 個月內（如包括運輸時間則最長不超過 15 個月），出現因製造和/或材料不良所致的缺陷，Universal Robots 應提供必要的備用部件，而使用者（客戶）應提供人工來更換備件，使用體現最新技術水平的另一部件予以更換或維修相關部件。若設備缺陷是由處理不當和/或未遵循使用者指南中所述的相關資訊所致，則本質量保證失效。本質量保證不適用於或並不延伸至由授權經銷商或客戶自行執行的維護（例如：安裝、配置、軟體下載）。使用者（客戶）必須提供購買收據和購買日期作為享受質量保證的有效證據。根據本質量保證提出的索賠必須於質量保證明顯未得以履行的兩個月內提出。被更換或返至 Universal Robots 的設備或組件的所有權歸 Universal Robots 所有。由設備引起或與設備相關的任何其他索賠不在本質量保證範圍之列。本質量保證中的任何條款均不試圖限制或排除客戶的法定權利，也不試圖限制或排除製造商對其疏忽而導致的人員傷亡所應承擔的責任。本質量保證持續時期不得因根據質量保證條款所提供之服務而延展。在不違背本質量保證的原則下，Universal Robots 保留向客戶收取更換或維修費用的權利。上述規定並非暗示改變舉證的責任而有損客戶利益。如果設備呈現缺陷，Universal Robots 不承擔由此引起的任何損害或損失，包括但不僅限於生產損失或對其他生產設備造成的損壞。

如果設備呈現缺陷，Universal Robots 不承擔由此引起的任何損害或損失，例如生產損失或對其他生產設備造成的損壞。

### 9.2 免責聲明

Universal Robots 致力於不斷提高產品的可靠性和性能，並因此保留升級產品的權利，恕不另行通知。Universal Robots 力求確保本手冊內容的準確性和可靠性，但不對其中的任何錯誤或遺漏資訊負責。



# A 停止距離和停止時間

0 類停機和停機類型的停機時間及停機距離<sup>1</sup> 1. 本附錄涵蓋 0 類停機的相關資訊。有關 1 類停機的資訊，請訪問<http://universal-robots.com/support/>。

## A.1 0 類停機的停止距離和停止時間

下表中顯示了觸發 0 類停機時測得的停止距離和停止時間。這些測量結果對應於機器人的以下配置：

- 延伸：100%（機械手臂完全水平展開）
- 速度：100%（機器人的一般速度設為 100%，以 183°/s 的關節速度執行移動）。
- 有效負載：連接 TCP 的機器人處理的最大有效負載（10 公斤）。

對關節 0 的測試通過水平移動進行，即：旋轉軸垂直於地面。在對關節 1 和關節 2 的測試過程中，機器人遵循垂直軌跡，即旋轉軸平行於地面，並在機器人向下移動時停止。

	停止距離 (rad)	停止時間 (ms)
關節 0 (底座)	0.98	750
關節 1 (肩部)	0.35	240
關節 2 (肘部)	0.38	280

<sup>1</sup>應符合 IEC 60204-1 的要求，如需更多資訊，請參閱詞彙表。



## B 聲明和認證

### B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original)

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

The manufacturer Universal Robots A/S  
Energivej 25  
5260 Odense S  
Denmark

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR10/CB3

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B and available in electronic form to national authorities upon legitimate request. Undersigned is based on the manufacturer address and authorised to compile this documentation.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:

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

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual.

Odense, April 20<sup>th</sup>, 2016



---

**Roberta Nelson Shea**  
David Brandt  
Technology Officer  
**Global Technical Compliance Officer**

## B.2 CE/EU 公司聲明 (原件翻譯)

根據歐洲指令 2006/42/EC 附件 II 1.B。

製造商                      Universal Robots A/S  
   Energivej 25  
   5260 Odense S  
   Denmark

茲聲明所有下述產品

工業機器人 UR10/CB3

整合進的機器必須聲明符合指令 2006/42/EC (由指令 2009/127/EC 修訂) 的規定，也必須符合相關的國家法規，否則不得整合進該機器。

該產品的安全特徵在正確整合的情況下滿足指令 2006/42/EC 的所有要求，請參閱產品手冊。是否符合指令 2006/42/EC 的所有要求取決於具體的機器人安裝設置和最終風險評估。

相關技術文檔根據指令 2006/42/EC 附件 VII B 部分編撰，並按照合法要求以電子形式提供給國家主管部門。簽署人是基於製造商地址的，並授權編譯本文檔。

此外，產品聲明符合下述指令，產品根據這些指令貼上 CE 標識：

- 2006/95/EC——低壓指令 (LVD)
- 2014/30/Eu——電磁兼容性指令 (EMC)
- 2011/65/EU——特定危險物質禁用指令 (RoHS)

所有參照的協調標準的清單，包括相關的規定，詳情請參閱產品手冊。

Odense, 2016 年 4 月 20 日



**Roberta Nelson Shea**

David Brandt

Technology Officer

**Global Technical Compliance Officer**

## B.3 安全系統證書



## ZERTIFIKAT CERTIFICATE

Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / *This certifies, that the company*

**Universal Robots A/S**  
**Energivej 25**  
**DK-5260 Odense S**  
**Denmark**

berechtigt ist, das unten genannte Produkt mit dem abgebildeten Zeichen zu kennzeichnen.  
*is authorized to provide the product mentioned below with the mark as illustrated.*

Fertigungsstätte: <i>Manufacturing plant:</i>	<b>Universal Robots A/S</b> <b>Energivej 25</b> <b>DK-5260 Odense S</b> <b>Denmark</b>	
Beschreibung des Produktes: (Details s. Anlage 1) <i>Description of product:</i> (Details see Annex 1)	<b>Universal Robots Safety System URSafety 3.1</b> <b>for UR10, UR5 and UR3 robots</b>	

Geprüft nach: **EN ISO 13849-1:2008, PL d**  
*Tested in accordance with:*

Registrier-Nr. / <i>Registration No.</i> 44 207 14097602 Prüfbericht Nr. / <i>Test Report No.</i> 3515 4327 Aktenzeichen / <i>File reference</i> 8000443298	Gültigkeit / <i>Validity</i> von / <i>from</i> 2015-06-02 bis / <i>until</i> 2020-06-01
---	---



Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH  
 TÜV NORD CERT GmbH    Langemarckstraße 20    45141 Essen

Essen, 2015-06-02  
 www.tuev-nord-cert.de    technology@tuev-nord.de

Bitte beachten Sie auch die umseitigen Hinweise  
*Please also pay attention to the information stated overleaf*

B.4 中國 RoHS

Management Methods for Controlling Pollution  
by Electronic Information Products  
Product Declaration Table  
For Toxic or Hazardous Substances  
表1 有毒有害物质或元素名称及含量标识格式



Product/Part Name 产品/部件名称	Toxic and Hazardous Substances and Elements 有毒有害物质或元素					
	铅 Lead (Pb)	汞 Mercury (Hg)	镉 Cadmium (Cd)	六价 Hexavalent Chromium (Cr+6)	多溴联苯 Polybrominated biphenyls (PBB)	多溴二苯醚 Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)
UR Robots UR3 / UR5 / UR10 UR机器人 UR3/UR5/UR10	X	O	X	O	X	X
<p>O: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in all of the homogeneous materials for this part is below the limit requirement in SJ/T11363-2006. O: 表示该有毒有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在SJ/T 11363-2006规定的限量要求以下。</p> <p>X: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in at least one of the homogeneous materials used for this part is above the limit requirement in SJ/T11363-2006. X: 表示该有毒有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出SJ/T 11363-2006规定的限量要求。</p> <p>(企业可在此处，根据实际情况对上表中打“X”的技术原因进行进一步说明。)</p> <p>Items below are wear-out items and therefore can have useful lives less than environmental use period: 下列项目是损耗品,因而它们的使用寿命可能短于环境使用时间: Drives, Gaskets, Probes, Filters, Pins, Cables, Stiffener, Interfaces 驱动器, 垫圈, 探针, 过滤器, 别针, 缆绳, 加强筋, 接口</p> <p>Refer to product manual for detailed conditions of use. 详细使用情况请阅读产品手册。</p> <p>Universal Robots encourages that all Electronic Information Products be recycled but does not assume responsibility or liability. Universal Robots 鼓励回收再利用所有的电子信息产品, 但 Universal Robots 不负任何责任或义务</p>						

To the maximum extent permitted by law, Customer shall be solely responsible for complying with, and shall otherwise assume all liabilities that may be imposed in connection with, any legal requirements adopted by any governmental authority related to the Management Methods for Controlling Pollution by Electronic Information Products (Ministry of Information Industry Order #39) of the Peoples Republic of China otherwise encouraging the recycle and use of electronic information products. Customer shall defend, indemnify and hold Universal Robots harmless from any damage, claim or liability relating thereto. At the time Customer desires to dispose of the Products, Customer shall refer to and comply with the specific waste management instructions and options set forth at <http://www.teradyne.com/about-teradyne/corporate-social-responsibility>, as the same may be amended by Teradyne or Universal Robots.

B.5 KCC 安全

국민의 나라 정의로운 대한민국

한국산업안전보건공단  
서울지역본부



수신자 Universal Robot A/S 대표

(경유)

제목 자율안전확인신고(변경) 결과 통지

산업안전보건법 제35조 및 시행규칙 제61조에 따라 아래 대상품에 대한 자율안전확인 신고(변경) 결과를 통지합니다.

신청사업장 : Universal Robot A/S	대표자명 : Klaus Vestergaard
전화번호 : 031-789-3858	팩스번호 : 031-789-3858
소재지 : Energivej 25, 5260 Odense S, Denmark	
심사일 : 2018/09/10	

■ 심사결과 : 적합 (3)건, 반려 (0)건

자율안전 대상품명	형식 번호	용량	결과	비고
산업용로봇	UR10	6axis	적합	최초신고('16.8.31)시 협동로봇 미기입에 따른 변경신고
산업용로봇	UR5	6axis	적합	
산업용로봇	UR3	6axis	적합	

자율안전확인신고 과정에서 수집된 개인정보는 공단의 고객만족 마인드 제고를 통해 보다 나은 안전보건서비스를 제공하기 위한 목적으로 "고객만족도 조사"에 활용됨을 알려드립니다.  
기타 자세한 사항은 공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)에서 확인하시기 바랍니다.

붙임 : 자율안전확인신고증명서 3부, 끝.

한국산업안전보건공단 서울지역본부장



대리 장승윤 안전인증부장 전결 09/10 변형식

협조자

고객결재

시행 안전인증부-3451 ( 2018.09.10. ) 접수 ( )

우 07254 서울시 영등포구 버드나루로 2길 8 8층 / http://www.kosha.or.kr

전화 02-6711-2966 /전송 02-6711-2969 / sjbul@kosha.or.kr / 비공개(5)


대표번호 052)703-0500 1644-4544 http://www.kosha.or.kr /고객참여

o 공단 업무와 관련하여 금품·향응수수, 부정청탁 등을 확인하신 경우 아래로 신고하여 주시기 바랍니다.  
(부패·비리신고 전화:052-2458-114, 이메일:gamsa@kosha.or.kr, 홈페이지(www.kosha.or.kr)/부패·비리신고센터)

B.6 環境測試證書



Climatic and mechanical assessment sheet no. 1275

<b>DELTA client</b> Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	<b>DELTA project no.</b> T207415-1
<b>Product identification</b> UR5 robot arm: UR5 AE/CB3, 0A-series UR5 control box: AE/CB3, 0A-series UR5 teach pendant: AE/CB3, 0A-series UR10 robot arm: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 control box: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 teach pendant: AE/CB3, 0A-series	
<b>DELTA report(s)</b> DELTA project no. T207415-1, DANAK-19/13752 Revision 1	
<b>Other document(s)</b>	
<b>Conclusion</b> The two robot arms UR5 and UR10 including their control box and teach pendant have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests as specified in Annex 1 of the report were fulfilled.  IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 °C, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +50 °C, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 20 Hz: 0.05 g <sup>2</sup> /Hz, 20 – 150 Hz: -3 dB/octave, 1.66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks	
<b>Date</b>  Hørsholm, 14 March 2014	<b>Assessor</b>   Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org)

版權所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S。保留所有權利。

20ass-sheet-j

## B.7 EMC 測試證書



We help ideas meet the real world

# Attestation of Conformity

## EMC assessment - Certificate no. 1549

DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Administration part of the Energy Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive. The attestation of conformity is in accordance with the essential requirements set out in Annex I.

**DELTA client**

Universal Robots A/S  
Energivej 25  
5260 Odense S  
Denmark

**Product identification (type(s), serial no(s).)**

UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

**Manufacturer**

Universal Robots A/S

**Technical report(s)**

DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014  
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014  
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014  
EMC Assessment Sheet 1351

**Standards/Normative documents**

EMC Directive 2014/30/EU, Article 6  
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications  
EN/(IEC) 61000-6-2:2005  
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

**DELTA**

Venlighedsvej 4  
2970 Hørsholm  
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00  
Fax +45 72 19 40 01  
www.delta.dk  
VAT No. 12275110

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

Hørsholm, 08 August 2016



Knud A. Baltzen  
Senior Consultant

20aocass-uk-j

B.8 無塵室測試證書



Industrie Service

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

# CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

**Roboter, Model: UR10 / Typ INDUSTRIAL**

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 5 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-03  
Report-Nr.: 203195-3  
Valid till: August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz  
Berlin, 25. August 2016  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT



Industrie Service

# CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

### Controller for UR 3 & UR 5 & UR 10

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 6 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-04  
Report-Nr.: 203195  
Valid till: August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz  
Berlin, 25. August 2016  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

版權所有 © 2009-2018 Universal Robots A/S。保留所有權利。



## C 應用標準

本節闡述了機械手臂和控制器在開發過程中所採用的相關標準。如果括號中註有《歐洲指令》編號，表示該標準根據《歐洲指令》進行了調整。

標準並非法律。標準是指由相關行業的利益相關者開發的文檔，文檔中規定了某種產品或產品組的一般安全和性能要求。

縮寫的含義如下：

ISO	International Standardization Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
EN	European Norm
TS	Technical Specification
TR	Technical Report
ANSI	American National Standards Institute
RIA	Robotic Industries Association
CSA	Canadian Standards Association

只有遵循本手冊中的所有裝配說明、安全說明和指南，方保證符合以下標準。

ISO 13849-1:2006 [PLd]

ISO 13849-1:2015 [PLd]

ISO 13849-2:2012

EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd – 2006/42/EC]

EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/EC)

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

根據這些標準的要求，安全控制系統設計成 d 性能等級 (PLd)。

ISO 13850:2006 [1 類停機]

ISO 13850:2015 [1 類停機]

EN ISO 13850:2008 (E) [1 類停機 - 2006/42/EC]

EN ISO 13850:2015 [1 類停機 - 2006/42/EC]

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

根據此標準，緊急停止功能設計成 1 類停機。1 類停機是一種可控的停止，即利用電機的電源實現停止，然後在停止後切斷電源。

ISO 12100:2010

EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/EC]

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

UR 機器人根據此標準的原理進行評估。

ISO 10218-1:2011

EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/EC]

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots

Part 1: Robots

此標準不是面向集成商，而是面向機器人製造商。第二部分（ISO 10218-2）則是面向機器人集成商，這部分闡述了機器人應用的安裝和設計。

標準撰寫者含蓄地展望了傳統的工業機器人，這類機器人在傳統上通過護欄和光幕進行防護。而 UR 機器人在設計中納入了始終啓用的力和功率限制。因此，下文對一些概念進行了解釋說明。

如果在危險的應用中使用 UR 機器人，可能需要採取另外的安全措施，請參閱本手冊的第 1 章。

說明：

- “3.24.3 防護空間” 定義為周圍防護。防護空間通常是指護欄後面的空間，通過護欄可防止人員接觸到危險的傳統機器人。UR 機器人設計為在無護欄的情況下工作，它具備限制功率和力的內置安全功能，因此不存在護欄所規定的危險防護空間。
- “5.4.2 性能需求”。所有安全功能根據 ISO 13849-1:2006 達到 PLd。機器人的每個關節都有冗餘編碼器系統，並且額定安全的 I/O 都有一個 3 類<sup>1</sup>3 結構。額定安全的 I/O 必須根據本手冊與 3 類安全額定設備相連，以構成完整安全功能的 PLd 結構。
- “5.7 操作模式”。由於 UR 機器人沒有不同的操作模式，因此沒有提供模式選擇器。
- “5.8 懸吊控制”。本節定義了教導器在危險防護空間使用時的保護功能。由於 UR 機器人專為協同操作而設計，因此沒有像傳統機器人一樣的危險防護空間。相比傳統機器人，UR 機器人教導更安全。操作員不必釋放啓用了三重定位的設備，只需要用手便可停止機器人。如果 UR 機器人安裝在危險防護應用中，則可以按照本手冊的指示連接三重定位的設備。另外請參閱 ISO/TS 15066 第 5.4.5 條的澄清。
- “5.10 協同操作要求”。UR 機器人限制功率和力的功能始終處於活動狀態。UR 機器人的視覺設計表明機器人能夠用於協同操作。限制功率和力的功能根據 ISO 10218-1 第 5.10.5 條設計。另外請參閱 ISO/TS 15066 第 5.5.4 條的澄清。
- “5.12.3 額定安全的軟軸和空間限制”。此安全功能是可通過軟體配置的多項安全功能之一。通過設置所有安全功能可生成哈希代碼，哈希代碼表示 GUI 中的安全檢查標識符。

ISO/TS 15066:2016

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

這是技術規範（TS），並非標準。TS 的目的是提出一套尚不成熟的要求，判斷這些要求對於特定的行業是否有用。根據定義，TS 仍不夠成熟，不能在《歐洲指令》下進行調整。

該 TS 用於機器人製造商和機器人集成商。UR 機器人符合與原始機器人本身相關的部件，集成商可以

<sup>1</sup>根據 ISO 13849-1，請參閱詞彙表了解更多詳情。

---

在集成機器人時選擇使用 TS。

該 TS 提出了在協作機器人領域補充 ISO 10218 標準的自願要求和指導。除了主要文本之外，TS 還包括一個附錄 A，該附錄中有一個列表提供了基於疼痛而**不是**傷害的力和壓力限制建議。重要的是，您必須閱讀和理解此表下的註釋，這是因為許多限制僅基於保守估計和文獻研究。隨著科學研究的新成果出現，所有數字將在未來發生變化。附錄 A 是 TS 的一個非正式和自願部分，因此，集成商可以在不使用附錄 A 中的限制值的情況下說明對 TS 的遵守情況。

---

#### ANSI/RIA R15.06-2012

##### Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

這項美國標準將 ISO 標準 ISO 10218-1 與 ISO 10218-2 綜合在一個文件中。其語言由英式英語變為美式英語，但內容不變。

請注意，該項標準的第二部分（ISO 10218-2）是面向機器人系統的集成商，不是面向 Universal Robots。

---

#### CAN/CSA-Z434-14

##### Industrial Robots and Robot Systems – General Safety Requirements

這項加拿大標準將 ISO 標準 ISO 10218-1（見上文）與 -2 綜合在一個文件中。CSA 將補充機器人系統使用者的其他要求。其中有些要求可能需要由機器人集成商解決。

請注意，該項標準的第二部分（ISO 10218-2）是面向機器人系統的集成商，不是面向 Universal Robots。

---

#### IEC 61000-6-2:2005

#### IEC 61000-6-4/A1:2010

#### EN 61000-6-2:2005 [2004/108/EC]

#### EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/EC]

#### Electromagnetic compatibility (EMC)

##### Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

##### Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

這些標準規定了電氣和電磁干擾的要求。遵循這些標準可確保 UR 機器人在工業環境中工作良好，且不會干擾其他設備。

---

#### IEC 61326-3-1:2008

#### EN 61326-3-1:2008

##### Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements

##### Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications

這項標準規定了安全功能方面廣泛的 EMC 抗擾性要求。遵循此標準可以保證即便在其他設備超過 IEC 61000 標準中規定的 EMC 輻射限制的情況下，UR 機器人的安全功能也能提供安全性。

---

#### IEC 61131-2:2007 (E)

#### EN 61131-2:2007 [2004/108/EC]

#### Programmable controllers

---

## Part 2: Equipment requirements and tests

標準 I/O 和額定安全的 24V I/O 均根據此標準的要求創建，以確保與其他 PLC 系統進行可靠通訊。

---

ISO 14118:2000 (E)

EN 1037/A1:2008 [2006/42/EC]

Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up

這兩項標準非常相似。它們規定了避免因維護或修理期間無意中重新啓動以及意外發出啓動命令導致的非預期啓動的原則。

---

IEC 60947-5-5/A1:2005

EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/EC]

Low-voltage switchgear and controlgear

Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function

緊急停止按鈕的直接開啓操作和安全鎖定機制符合此標準的要求。

---

IEC 60529:2013

EN 60529/A2:2013

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

這項標準規定了外殼防塵防水的級別。UR 機器人根據此項標準設計並用 IP 代碼進行分類，請參閱機器人標籤。

---

IEC 60320-1/A1:2007

IEC 60320-1:2015

EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EC]

EN 60320-1:2015

Appliance couplers for household and similar general purposes

Part 1: General requirements

電源輸入線符合此項標準。

---

ISO 9409-1:2004 [Type 50-4-M6]

Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces

Part 1: Plates

UR 機器人的機器人法蘭符合此標準的 50-4-M6 類型。機器人工具同樣應根據此標準建造，以確保正確裝配。

---

ISO 13732-1:2006

EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/EC]

Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

---

---

Part 1: Hot surfaces

UR 機器人的設計保證了其表面溫度保持低於此標準規定的人機工程限制。

---

IEC 61140/A1:2004

EN 61140/A1:2006 [2006/95/EC]

Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

UR 機器人根據此標準建造，以防止觸電。必須根據硬件安裝手冊中的規定進行保護性的接地。

---

IEC 60068-2-1:2007

IEC 60068-2-2:2007

IEC 60068-2-27:2008

IEC 60068-2-64:2008

EN 60068-2-1:2007

EN 60068-2-2:2007

EN 60068-2-27:2009

EN 60068-2-64:2008

Environmental testing

Part 2-1: Tests - Test A: Cold

Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat

Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock

Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

UR 機器人根據這些標準中規定的試驗方法進行試驗。

---

IEC 61784-3:2010

EN 61784-3:2010 [SIL 2]

Industrial communication networks – Profiles

Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions

這項標準規定了額定安全的通訊總線的要求。

---

IEC 60204-1/A1:2008

EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/EC]

Safety of machinery – Electrical equipment of machines

Part 1: General requirements

應用此標準的一般原則。

---

IEC 60664-1:2007

IEC 60664-5:2007

EN 60664-1:2007 [2006/95/EC]

EN 60664-5:2007

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1: Principles, requirements and tests

Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm

UR 機器人的電路根據此標準設計。

---

EUROMAP 67:2015, V1.11

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

配備 E67 附件模塊的 UR 機器人根據此標準與注塑機交互。

## D 技術規格

機器人類型	UR10
重量	28.9 kg / 63.7 lb
最大有效負載 (請參閱4.4部分)	10 kg / 22 lb
延伸	1300 mm / 51.2 in
關節範圍	± 所有關節為 360°
速度	底座和肩部關節：最大 120°/s。 所有其他關節：最大 180°/s。 工具：大約 1 m/s / 大約 39.4 in/s。
姿位重複性	± 0.1 mm / ± 0.0039 in (4 mils)
足跡	Ø190 mm / 7.5 in
自由度	6 個旋轉關節
控制箱尺寸 (寬 × 高 × 深)	475 mm × 423 mm × 268 mm / 18.7 in × 16.7 in × 10.6 in
控制箱 I/O 連接埠	16 個數位輸入, 16 個數位輸出, 2 個模擬輸入, 2 個模擬輸出
工具 I/O 連接埠	2 個數位輸入, 2 個數位輸出, 2 個模擬輸入
I/O 電源	控制箱中的 24 V 2 A
通訊	TCP/IP 1000 Mbit : IEEE 802.3u, 100BASE-T 乙太網路接口, modbus TCP & 乙太網路/IP 適配器
編程	在 12" 觸控螢幕的 PolyScope 圖形使用者界面上進行
噪聲	72 dB(A)
IP 等級	IP54
無塵室等級	機械手臂 : ISO 5 類 控制箱 : ISO 6 類
功耗	運行典型的程式時大約為 350 W
協同操作	15 個高級安全功能。按照 : EN ISO 13849-1:2008、PLd 和 EN ISO 10218-1:2011, 條款 5.10.5
材料	鋁, PP 塑料
溫度	機器人可在的環境溫度範圍內工作 0-50 °C
電源	100-240 VAC, 50-60 Hz
佈線	連接機器人和控制箱的電纜 (6 m / 236 in) 連接觸控螢幕和控制箱的電纜 (4.5 m / 177 in)



# E 安全功能表格

## E.1 表 1

**Table 1: Safety Function (SF) Descriptions** NOTE: all safety functions are individual safety functions

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
SF0	Internal	<b>Emergency Stop</b> 1, 2, 3, 4 <i>There are two Emergency Stop safety functions</i>	Pressing Estop on the Teach Pendant <sup>1</sup> or the External Estop (if using the Estop Safety Input configured for Estop) results in both a Cat 0 & a Cat 1 stop according to IEC 60204-1 (NFPA79) <sup>3</sup> . These are SF0 and SF1, respectively. <ul style="list-style-type: none"> <li>• SF0: 524ms timer setting in each safety controller's microprocessor. At the end of the 524ms, Cat 0 stop<sup>3</sup> (IEC 60204-1) is initiated by each microprocessor.</li> <li>• SF1: Command<sup>1</sup> all joints and power to stop. This is a Cat 1 stop<sup>3</sup> per IEC 60204-1.</li> <li>• The stopping times<sup>4</sup> of the SF0 and SF1 Estop safety functions differ.</li> <li>• SF0 has a functional safety rating of PLd Cat3 which stops power immediately with a worst-case scenario stopping time of 1250ms, even if all joint monitoring failed at the same time and the robot is at maximum speed after 524ms.</li> <li>• SF1 has a safety rating of PLd Cat2 (see page 6) with a maximum stop time of 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for more information. The stop time can be reduced by the application's safety limit (SF3, 4, 6, 7, 8, 9) settings and the stop times provided in the User Manual.</li> </ul>	Robot Arm
SF1				
SF2	Logic and outputs INTERNAL	<b>Safeguard Stop (Protective Stop)</b>	This safety function is initiated by an external protective device using safety inputs which initiates a Cat 2 stop <sup>3</sup> per IEC 60204-1. <i>For the safety rating of the completely integrated safety function, add the PFHd of the external protective device to the PFHd of SF2. If a PLd Cat3 stop is needed for protective devices, connect the protective device and configure the input as if it were an external Estop input (See SF0).</i>	Robot Arm
SF3	Internal	<b>Joint Position Limit (soft axis limiting)</b>	Exceeding the Joint Position limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1). Each joint can have its own limit. <i>Limits the set of allowed Joint Positions that the joints can move to. It is set directly in the safety setup part of the UI where you can enter values. It is a means of safety-rated soft axis limiting and space limiting, according to ISO 10218-1:2011, 5.12.3.</i>	Joint (each)
SF4	Internal	<b>Joint Speed Limit</b>	Exceeding a Joint Speed limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> per IEC 60204-1. Each joint can have its own limit.	Joint (each)

<sup>1</sup> **Communications between the Teach Pendant, controller, & the robot arm (between joints) are SIL 2**, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See [NOTES](#)

<sup>2</sup> **Estop validation:** The Estop button is evaluated within the Teach Pendant, then communicated<sup>1</sup> to the safety controller by SIL2. To validate the Teach Pendant Estop functions, press the Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

<sup>3</sup> **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop is either Cat 0 or Cat 1. As an exception, Estop can result in a Cat 2 stop.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

<sup>4</sup> **Emergency Stop response time:** Selecting Estop results in having both PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estops. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used for calculating the stopping distance. Typically, the protective stop stopping time is intended for protective purposes.

<sup>5</sup> **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** The drive power is removed, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop must be either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** The drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
			Limits the set of allowed Joint Speeds. It is in the Teach Pendant's safety setup where you can enter values. It can be used to limit fast joint movements, for instance to limit risks related to singularities.	
SF5	Internal	Joint Torque Limit	Exceeding the joint torque limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (per IEC 60204-1). <b>This is not accessible to the user as it is a factory setting, part of the force limiting safety function.</b>	Joint (each)
SF6	Internal	TCP Pose Limit	Monitors the TCP position and orientation. Any violation of a safety plane or TCP Pose Limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1). <i>This safety function consists of two parts: (1) The safety planes which limit the possible TCP positions by providing TCP inclusion/exclusion zones, and (2) The TCP orientation limit, which has an allowed direction and a tolerance. When a limit (plane or TCP pose) is violated, a Cat 0 stop is initiated.</i>	TCP
SF7	Internal	TCP Speed Limit	Exceeding the TCP speed limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1).	TCP
SF8	Internal	TCP Force Limit	Exceeding the TCP force limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1). <i>Limits the external clamping force exerted by the robot. See also Joint Torque Limit (SF5).</i>	TCP
SF9	Internal	Momentum Limit	Exceeding the Momentum Limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1). <i>The Momentum Limit is useful for limiting transient impacts and affects the entire robot arm.</i>	Robot Arm
SF10	Internal	Power Limit	Exceeding the Power Limit results in a Cat 0 stop <sup>5</sup> (IEC 60204-1). <i>This function monitors the mechanical work (sum of joint torques times joint angular speeds) performed by the robot. This affects the current to, and the speed of, the robot arm. This function dynamically limits the current/torque but maintain the speed.</i>	Robot Arm
SF11	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Estop Output	When configured for Estop output and there is an Estop condition (see SF1), the dual outputs are LOW. If there is no Estop condition, dual outputs are HIGH. Pulses are not used but are tolerated. <i>For the integrated functional safety rating with an external Estop device, add the PFHd of the UR Estop function (SF0 or SF1) to the PFHd of the external logic (if any) and its components (e.g. Estop pushbutton).<sup>6</sup></i>	External connection to logic &/or equipment
SF12	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Moving: Digital Output	Whenever the robot is moving, the dual Digital Outputs are LOW. Outputs are HIGH when the robot is not moving. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i>	External connection to logic &/or equipment
SF13	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not stopping: Digital Output	Whenever the robot is STOPPING (i.e., in the process of stopping or in a stand-still condition) the dual Digital Outputs are HIGH. When outputs are LOW, robot is NOT in the process or stopping and NOT in a stand-still condition. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i>	External connection to logic &/or equipment
SF14	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Reduced Mode: Digital Output	Whenever the robot is in <b>Reduced Mode</b> , the dual Digital Outputs are LOW. See <a href="#">Robot Reduced Mode</a> below. <i>The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i>	External connection to logic &/or equipment
SF15	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not Reduced Mode:	Whenever the robot is NOT in Reduced Mode, the dual Digital Outputs are LOW. <i>The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.</i>	External connection to logic &/or equipment

<sup>6</sup> **Estop validation:** The Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated<sup>4</sup> to the safety controller by SIL2 communications. See Communications and Safety Functions on page 10. To validate the Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See footnote 13. The connection from the Teach Pendant to the safety controller is by safety communications according to SIL 2 (See page 10). See Estop Output for information about Estop I/O.

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
		Digital Output		
Robot Reduced Mode	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	Reduced Mode Input	Reduced Mode is initiated by a safety plane/boundary (starting at 2cm of the plane) or by use of an input to initiate (will achieve reduced settings within 500ms). When the external connections are LOW, Reduced Mode is initiated. Reduced Mode means that ALL Reduced Mode limits are ACTIVE. <i>Reduced Mode is not a safety function, rather it is a state affecting the settings of the following safety function limits: SF3 Joint Position, SF4 Joint Speed, SF6 TCP pose limit, SF7 TCP speed, SF8 TCP force, SF9 Momentum, and SF10 power.</i>	Robot Arm
Safeguard Reset	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	Safeguard Reset Input	When configured for Safeguard Reset and the external connections transition from LOW to HIGH, the safeguard stop RESETS. Safety input to initiate a reset of safeguard stop safety function SF2.	Robot
Enabling Device	External Enabling Device as input to UR Robot logic	Three-Position Enabling Device INPUT	When the external Enabling Device connections are LOW, a Safeguard Stop (SF2) is initiated. <b>Recommendation: Use with a mode switch as a safety input. If a mode switch is not used and connected to the safety inputs, then the robot mode will be determined by the Teach Pendant. If the Teach Pendant is in Run Mode—the enabling device will not be active.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programming Mode—the enabling device will be active. Password protection is available to change modes.</li> </ul>	Robot
Mode Selection	External Mode Switch using dual Inputs (1 through 4) and internal logic	Mode Switch INPUT	When the external connections are LOW, Operation Mode (running) is in effect. When HIGH, it is Programming or Teach Mode. <b>Must be used with an Enabling Device as a safety input. When in Teach/Program Mode, the switch inputs are HIGH, and enabling device is required. When in Teach/Program Mode, the TCP Speed is limited to 250mm/s. The speed can be increased using the Teach Pendant “speed-slider,” but upon activating the enabling device, the speed limit resets to 250mm/s.</b>	Robot

## E.2 表 2

**Table 2: Compliance and ISO 13849-1 Functional Safety Information** <sup>7, 8</sup>

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1 <sup>9</sup>	IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop	PL	Cat	PFHd UR 3/5/10
SF0	<b>Emergency Stop</b> <sup>8, 9, 10, 11, 12, 13, 14</sup> There are two separate Emergency Stop safety functions: SF0 and SF1	No	<b>Cat 1 Stop</b> 524ms time-delay before Cat 0 Stop is initiated	NA	d	3	4.38E-8 See <sup>10</sup>
SF1	<b>Emergency Stop</b> <sup>11, 13, 14</sup> There are two safety functions: SF0 & SF1	No	<b>Cat 1 Stop</b> when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated	<b>SS1</b> <sup>15</sup> when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated	d	2	3.16E-07 See <sup>10</sup>
SF2	<b>Safeguard Stop (Protective Stop)</b>	No	<b>Cat 2</b>	<b>SS2</b> <sup>16</sup>	d	2	3.15E-07

<sup>7</sup> All safety functions are individual safety functions.

<sup>8</sup> **MTTFd is limited to 100 years by ISO 13849-1.** The actual MTTFd values are greater than 100 years. **For all safety functions, the DCavg is 90%.**

<sup>9</sup> **Stop Categories according to IEC 60204-1 (NFPA79).**

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop before removal of power. Estop is either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. For Category 2 stops, specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

<sup>10</sup> **Emergency stop safety functions:** MTTFd, DCavg and PFHd uses fault exclusion in accordance with ISO 13849-1 due to use of direct acting contacts. If fault exclusion were **not** used, then the PFHd values would be: **SF0:** 1.60E-07; **SF1:** 4.27E-07; **SF11:** 1.56E-07.

<sup>11</sup> **Emergency stop components and safety function** complies with IEC 60204-1, IEC 60947-5-1 (direct acting contacts), ISO 13850 and ISO 13849-1.

<sup>12</sup> **Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2** for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See Communications and Safety Functions on page [10](#).

<sup>13</sup> **Estop validation:** The Teach Pendant Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated<sup>d</sup> to the safety controller by SIL2 communications. To validate the Teach Pendant Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

<sup>14</sup> **Emergency Stop response time:** From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both the PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used to calculate the stopping distance.

<sup>15</sup> **SS1 (Safe Stop 1)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- b) Initiates and monitors the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- c) Initiates the motor deceleration and initiates the STO function after an application specific time delay.

NOTE: This safety function corresponds to a controlled stop in accordance with stop category 1 of IEC 60204-1.

<sup>16</sup> **SS2 (Safe Stop 2)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the safe operating stop function when the motor speed is below a specified limit; OR

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1 <sup>9</sup>	IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop	PL	Cat	PFHd UR 3/5/10
Mode Selection	Mode switch INPUT	Input & I/O Configuration	Cat 2	SS2 <sup>18</sup>	d	2	3.15E-07

**NOTES:**

All safety functions are individual safety functions. The UR safety controller has two microprocessors for monitoring incoming inputs, logic, and communications.

**Stopping times of the SF0 and SF1 Emergency Stop safety functions:**

**SF0** has a functional safety rating of PLd Cat3. This means the worst-case stopping time is 1250ms, even if all joint safety monitoring failed at the same time, at full speed, and after 524ms.

**SF1** has a functional safety rating of PLd Cat2 with a maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10 (see the User Manual for information). The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual. *From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both a PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop.*

**SF2** has a functional safety rating of PLd Cat2 with a reliable (see functional safety information) and realistic maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for specific information. The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual.

It is an integration decision whether the Protective Stop (PLd Cat2) or the Emergency Stop (PLd Cat3) response time is to be used for the calculation of the stopping distance. Since the Emergency Stop is not considered a safeguard, it is typically recommended to use the Safeguard Stop (Protective Stop) stopping time.

**Communications and Safety Functions:**

Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2 for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. Some diagnostics require filtering of data to avoid false positives. In these cases, the detection of a fault can range from 8 to 25ms. Depending on the safety function and its diagnostics, fault detection is between 16ms and 33ms. It is recommended to use 33ms, due to the detection variability.



## 部分 II

# PolyScope 手冊



# 10 安全配置

## 10.1 簡介

機器人有一套高級安全系統。根據其工作空間的特殊特徵，安全系統的設置必須在確保機器人周邊的所有人員和設備安全的情況下進行配置。有關安全系統的詳細資訊，請參閱硬件安裝手冊。



### 危險:

1. 安全相關功能和界面的使用和配置必須根據集成商針對特定機器人應用而執行的風險評估來完成，請參閱硬件安裝手冊。
2. 設置和教導的安全配置設置必須根據集成商執行的風險評估來應用，應在機械手臂第一次通電之前進行。
3. 所有可以在熒幕及其子索引標籤上訪問的安全配置設置都必須根據集成商執行的風險評估進行。
4. 集成商需確保所有安全配置設置的更改都是依據集成商自己的風險評估進行的。
5. 集成商必須防止未授權人員更改安全配置，例如通過使用密碼保護。

按機器人編程按鈕，選擇安裝索引標籤，並按一下安全，即可從歡迎熒幕（請參閱 11.4）訪問安全配置熒幕。安全配置有密碼保護，請參閱 10.8。



安全設置包含許多用於限制機械手臂的活動的限制值，還包含許多可配置輸入和輸出的安全功能設置。它們的定義在安全熒幕的下列子索引標籤中：

- 一般限制子索引標籤定義了機械手臂的最大力、功率、速度以及動量。當機械手臂擊中人或與環境的某一部分互撞的風險非常高時，這些設置需設置為低值。如果風險較低，更高的一般限制可使機器人活動得更快，對環境施加更大的力。了解更多詳情，請參閱 10.10。
- 關節限制子索引標籤包括關節速度和關節位置限制。關節速度限制指的是每個關節的最大角速度，這一限制用於進一步限制機械手臂的速度。關節位置限制指的是每個關節允許的位置範圍（在接點空間內）。了解更多詳情，請參閱 10.11。
- 邊界子索引標籤指的是機器人 TCP 的安全平面（在科特爾空間內）和工具方向邊界。安全平面既可以配置為機器人 TCP 位置的硬限制，也可以配置為用於激活縮減模式安全限制的觸發器（請參閱 10.6）。工具方向邊界為機器人 TCP 的方向設定了一個硬限制。了解更多詳情，請參閱 10.12。
- 安全 I/O 子索引標籤指的是可配置輸入和輸出的安全功能（請參閱 13.2）。例如，緊急停止可配置為一個輸入端。了解更多詳情，請參閱 10.13。

## 10.2 更改安全配置



安全配置設置只能根據集成商進行的風險評估進行更改。

建議的安全配置更改程序如下：

1. 確保這些更改符合集成商進行的風險評估。
2. 將安全設置調整到由集成商進行的風險評估所定義的適當水平。
3. 驗證是否應用了安全設置。
4. 將下面這段話記錄在操作員的手冊中：“在靠近機器人作業前，確保安全配置符合預期。這可以通過檢查 PolyScope 右上角的校驗和等方式進行驗證（參閱 PolyScope 手冊中的 10.5）。”

## 10.3 安全同步和錯誤

所應用的安全配置的狀態與 GUI 加載的機器人安裝的比較，通過熒幕左側安全文本旁邊的盾形圖標表示。這些圖標便於快速指示當前狀態。圖標的定義如下：

-  **配置已同步：**表明 GUI 安裝與當前應用的安全配置相同。沒有進行過任何更改。
-  **配置已更改：**表明 GUI 安裝與當前應用的安全配置不同。

在編輯安全配置時，盾形圖標將指示您是否應用了當前設置。

如果安全索引標籤中有任何文本欄位包含無效輸入，安全配置將處於錯誤狀態。指示錯誤狀態的方式很多：

1. 熒幕左側的安全文本旁邊顯示紅色錯誤圖標。
2. 包含有錯誤的子索引標籤的頂部標有紅色錯誤圖標。
3. 包含有錯誤的文本欄位標記為紅色背景。

如果在有錯誤的情況下嘗試退出安裝索引標籤，將顯示提供有如下選項的對話框：

1. 解決問題，消除所有錯誤。這將在熒幕左側的安全文本旁邊不再顯示紅色錯誤圖標時可見。

- 恢復上次應用的安全配置。選擇此選項將放棄所有更改，繼續進行所需的操作。

如果在沒有錯誤的情況下退出該索引標籤，將顯示提供有以下選項的不同對話框：

- 應用更改並重新啓動系統。選擇此選項將對系統應用安全配置更改並重新啓動系統。注意：這並不表示所有更改都已保存；此時關閉機器人將丟失包括安全配置在內的機器人安裝的所有更改。
- 恢復上次應用的安全配置。選擇此選項將放棄所有更改，繼續進行所需的操作。

## 10.4 公差

機器人手臂使用內置公差來防止安全違規。安全容差是安全限制和最大操作值之間的差異。例如，一般的速度公差是  $-150\text{mm/s}$ 。這意味著如果使用者配置  $250\text{mm/s}$  的速度限制，則最大操作速度將為  $250 - 150 = 100\text{mm/s}$ 。安全公差防止安全違規，同時允許程序行為的波動。例如，在處理沉重的有效載荷時，可能會出現機器人手臂需要在正常最大運行速度之上短暫運行才能遵循編程軌跡的情況。圖中顯示了這種情況的一個例子。10.1.



**警告：**  
務必利用限值（不含公差）執行風險評估。



**警告：**  
公差視軟體版本而定。更新軟體可能會改變公差。有關版本之間的變化，請參考發布說明。

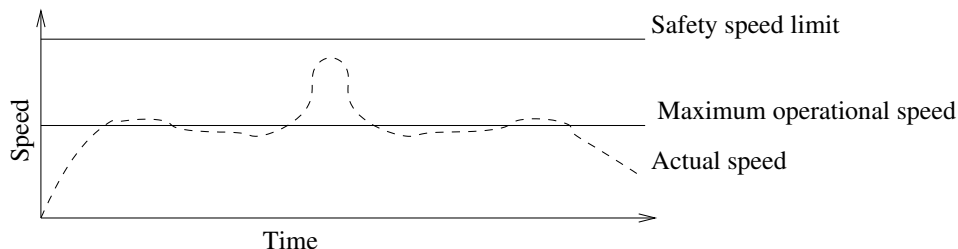


图 10.1: 安全公差示例。

## 10.5 安全校驗和

螢幕右上角的文本簡略地展示了當前機器人所使用的安全配置。文本的變更意味著當前的安全配置也發生了變化。點擊校驗和將顯示當前有效的安全配置的詳細資訊。

## 10.6 安全模式

安全模式在正常條件（即 沒有實施保護性停止）下，安全系統將在如下的一種安全模式下操作，每種模式都有關聯的安全限制設置：

正常模式: 默認為激活的安全模式;

縮減模式: 機器人 TCP 的位置超出觸發器縮減模式平面 (請參閱 10.12), 或使用可配置的輸入觸發 (請參閱 10.13) 時, 將激活此模式。

恢復模式: 當機械手臂與其他某種模式 (例如: 標準模式或縮減模式) 衝突並且發生了 0 類停機時, <sup>1</sup>機械手臂將在恢復模式下啓動。此模式允許機器人使用移動索引標籤或自由驅動緩慢移動到允許的區域。機器人程序不能在此模式下運行。



**警告:**

請注意, 關節位置、TCP 位置和 TCP 方向的限制在恢復模式下被禁用, 因此在限制範圍內移回機械手臂時應小心。

使用者在安全配置熒幕的子索引標籤上可獨立設置標準和縮減模式的安全限制。對於工具和關節, 縮減模式下對於速度和動量的限制要求比標準模式下的更嚴格。

如果活動的限制設置中的安全限制違例, 機械手臂將實施 0 類停機。如果在機械手臂通電時活動的安全限制 (例如: 關節位置限制或安全界限) 已違例, 機械手臂將在恢復模式下啓動。這樣可以將機械手臂移回安全限制範圍內。在恢復模式下, 機械手臂的運動受固定限制設置 (非使用者自定義) 的限制。有關恢復模式限制的詳細資訊, 請參閱硬件安裝手冊。

## 10.7 自由驅動模式

當處於自由驅動模式 (請參閱 13.1.5) 時, 機械手臂的運動接近某一限制, 使用者會感受到一股反抗力。該力量是由機器人 TCP 的位置、方向和速度, 以及關節的位置和速度引起的。

該反抗力的目的是告訴使用者當前的位置或速度接近限制, 從而防止機器人違反該限制。不過, 如果使用者對機器人施加足夠的力量, 該限制是可以被違反的。力的大小對著機械手臂不斷接近限制而增大。

### 10.7.1 逆向驅動

在自由驅動模式下, 由於剎車被釋放, 機器人關節可以以相對較小的力移動。在機械手臂的初始化期間, 當機器人剎車被釋放時, 可能會觀察到輕微的震動。在某些情況下, 例如當機器人接近碰撞時, 這些震顫是不被期望的, 並且逆向驅動特徵可用於將特定關節強制地移動到期望位置, 而不會釋放機械手臂中的所有製動。

要啓用逆向驅動:

1. 按 ON 可以為關節供電。機器人狀態設置為“空閒”。**不要**鬆開剎車 (即不要按開始)。
2. 按住自由驅動按鈕。機器人狀態變為“逆向驅動”。
3. 只要自由驅動按鈕被接合/按下, 剎車只能在施加顯著壓力的關節中釋放。在使用反省驅動時, 機器人移動的時候會感覺沉重。

## 10.8 密碼鎖

在熒幕下方的空白文本欄位輸入正確的密碼, 並按解鎖按鈕前, 此熒幕上的所有設置均被鎖定 (請參閱 15.3)。可通過點擊鎖定按鈕再次鎖住熒幕。當離開安全配置熒幕時, 安全索引標籤可自

<sup>1</sup>符合 IEC 60204-1 的要求, 詳情請參閱詞彙表。

動鎖定。設置被鎖定時，熒幕左側的安全文本旁邊會顯示鎖定圖標。對設置解鎖後，則顯示解鎖圖標。

**注意:**

請注意，安全配置熒幕解鎖後，機械手臂將被切斷電源。

## 10.9 應用

安全配置解鎖後，如果更改了安全配置，機械手臂將被切斷電源。應用更改或恢復更改後，機械手臂才能接通電源，並且是從初始化熒幕手動通電。

在退出安裝索引標籤前，必須應用或恢復對安全配置所做的任何更改。必須按應用按鈕並確認後，這些更改方生效。在確認時要求目視檢查對機械手臂的更改。出於安全原因起見，提供的資訊採用 SI 單位。確認對話框的示例如下所示。



此外，通過確認，這些更改將被自動保存在當前機器人安裝中。請參閱 13.5 了解保存機器人安裝的更多資訊。

### 10.10 一般限制

一般安全限制用於限制機器人 TCP 的速度以及其對環境施加的力。它們由下述值組成：

力：限制機器人 TCP 對環境施加的最大力。

功率：限制機器人對環境做的最大機械功，將負載視為機器人的一部分，而非環境的一部分。

速度：限制機器人 TCP 的最大線性速度。

動量：限制機器人 TCP 的最大動量。

有兩種方法可以在安裝設置中配置一般安全限制；基本設置和高級設置和高級設置，下文詳述。

在定義一般安全限制時，只定義工具的限制，不定義機械手臂的整體限制。這意味著雖然規定了速度限制，但是機械手臂的其他部分不一定也會遵守同樣的限制。

在自由驅動模式下（請參閱 13.1.5），且機器人 TCP 的當前速度接近速度限制時，使用者會感覺到一股反抗力，該反抗力隨著速度接近限制值而增大。當前速度在 250 mm/s 左右的限制內時，就會產生該力。

**基本設置** 初始一般限制次面板以默認熒幕顯示，上面有滑塊，滑塊中有下述幾組正常模式和縮減模式的一般限制預定義值。

GUI 中顯示了具體的數值組。這些模式只是建議，使用前務必進行妥當的風險評估。

**切換至高級設置** 如果預定義值都不滿足要求，可以按下高級設置... 按鈕，進入一般限制高級設置熒幕。

### 高級設置



10.10中的每一個一般限制都可以獨立設置。方法是點擊文本域，然後輸入一個新的值。每個限制的最大可接受值列於最大一欄中。力的限制可設置為介於 100 N 和 250 N 之間的值，功率限制可設置為介於 80 W 和 1000 W 之間的值。

注意：如果安全平面和可配置輸入都沒有設置觸發縮減模式，則縮減模式中的限制欄位會被禁用（詳情請參閱 10.12 和 10.13）。此外，縮減模式下的速度和動量限制值不得高於對應的正常模式限制值。

每個限制的公差和單位列於對應的行末。在運行程序時，機械手臂的速度將自動調整，以避免超過所輸入的值減去公差之值（請參閱 10.4）。請注意，公差值所示的負號只是用於表明要從實際輸入的值中減去公差。如果機械手臂超過限制（無公差），安全系統將實施 0 類停機。

**警告:**

速度限制只適用機器人 TCP，因此機械手臂的其他部分可以比定義值更快的速度移動。

**切換至基本設置** 按下基本設置... 按鈕，切換至一般限制基本設置熒幕，此時所有一般限制都會重置為默認值。如果該操作會導致定制數值丟失，則會跳出對話框要求確認。

## 10.11 關節限制



關節限制對每個關節在關節空間的運動進行限制，即關節限制指的不是笛卡爾空間，而是關節內部（旋轉）位置和旋轉速度。次面板上部的無線電按鈕實現了對最大速度和位置範圍的獨立設置。在自由驅動模式下（請參閱 13.1.5），且某一關節的當前位置或速度接近限制時，使用者會感覺到一股反抗力，該反抗力隨著關節接近限制值而增大。關節速度約在速度限制的 20 %/s 以內時或是關節位置約在位置限制的 8 ° 以內時。

**最大速度** 本選項定義了每個關節的最大角速度。方法是點擊文本域，然後輸入一個新的值。最大可接受值列於最大一欄中。所有值都不得小於公差值。

注意如果安全平面和可配置輸入都沒有設置觸發縮減模式，則縮減模式中的限制欄位會被禁用（詳情請參閱 10.12 和 10.13）。此外，縮減模式下的限制值不得高於對應的正常模式限制值。

每個限制的公差和單位列於對應的行末。在運行程序時，機械手臂的速度將自動調整，以避免超過所輸入的值減去公差之值（請參閱 10.4）。請注意，公差值所示的負號只是用於表明要從實際

輸入的值中減去公差。但是，如果某些關節的角速度超過輸入的值（無公差），安全系統將實施 0 類停機。

**位置範圍** 本螢幕定義了每個關節的位置範圍。方法是點擊對應的文本域並輸入新的關節位置上下限。輸入的區間必須在範圍這一欄以內，且下限不得大於上限。

注意：如果安全平面和可配置輸入都沒有設置觸發縮減模式，則縮減模式中的限制欄位會被禁用（詳情請參閱 10.12 和 10.13）。

每個限制的公差和單位列於對應的行末。第一個公差值應用於最小值，第二個公差值應用於最大值。由於將第一個公差與輸入的最小值相加，以及將第二個公差值與輸入的最大值相減，而導致關節位置即將超過此範圍時，如果繼續沿預測的軌跡移動，程序將中止執行。請注意，公差值所示的負號只是用於表明要從實際輸入的值中減去公差。但是，如果關節位置超過輸入的範圍，安全系統將實施 0 類停機。

## 10.12 邊界

您可以在該索引標籤中對邊界限制進行配置。邊界限制由安全平面及機器人工具方向的最大允許偏離限制組成。您還可以定義用於觸發轉化為縮減模式的平面。

強制使機器人 TCP 保持在被定義的板子的正確一邊，而不超過這些板子，通過這一方法，安全平面可用於限制機器人的允許工作空間。最多可配置八塊安全平面。工具方向的限制可用於確保機器人工具方向與理想的方向的偏離不超過某一指定的數量。



**警告：**

定義安全平面只限制 TCP，對機械手臂的整體限制無影響。這意味著雖然指定了安全平面，但並不保證機械手臂的其他部分也遵循該限制。

每一個邊界限制都是根據當前機器人安裝定義的屬性之一進行配置的（請參閱 13.12）。



**注意：**

強烈建議在編輯安全配置前，先創建配置所需的所有邊界限制的所有特徵，並為其指定適當的名稱。請注意，由於安全索引標籤解鎖後將切斷機械手臂的電源，因此工具特徵（包含機器人 TCP 的當前位置和方向）以及自由驅動模式（請參閱 13.1.5）將不可用。

當機器人 TCP 處於自由驅動模式時（請參閱 13.1.5），其當前位置接近安全平面，或者機器人的方向與理想的方向之間的偏離接近某一指定的最大偏離值，那麼隨著 TCP 越來越接近該限制，使用者會感受到一股不斷增加的排斥力。這股力量在 TCP 位於安全平面大約 5 厘米時產生，或者在工具方向的偏離值與指定的最大偏離值相差大約 3° 時產生。

當一個平面被定義為觸發器縮減模式平面，並且 TCP 超出此邊界，安全系統將轉換為縮減模式，並應用縮減模式的安全設置。觸發器平面與一般的安全平面所遵循的規則是相同的，只不過一般的安全平面允許機械手臂超出板子。

### 10.12.1 選擇一個邊界進行配置


安全邊界控件位於索引標籤左邊，它是用來選擇一個邊界限制進行配置的。

按下控件中列出的八個條目之一就可對安全平面進行設置。如果所選的安全平面已進行配置，此平面相應的 3D 展示將在此面板右側的 3D 視角（請參閱 10.12.2）中突出顯示。可在索引標籤底部安全平面屬性這一部分對安全平面進行設置（請參閱 10.12.3）。

按下工具邊界條目對機器人工具邊界限制方向進行配置。該邊界可在索引標籤底部的工具邊界配置這一部分加以說明（請參閱 10.12.4）。

按下  /  按鈕來觸發邊界限制開/關的 3D 可視化效果。如果邊界限制為活動狀態，安全模式（參閱 10.12.3和10.12.4）將由以下的一個圖標  /  /  /  指示。

### 10.12.2 3D 可視化效果

3D 視角顯示被配置的安全平面，以及與機械手臂當前位置相配的機器人工具的方向邊界限制。所有已配置的邊界記錄，包括在安全邊界部分被選中可視化觸發器（即：顯示  標誌），全都與當前所選的邊界限制配合顯示。

（激活）安全平面以黃黑色呈現，帶小箭頭指示安全平面正常，顯示安全平面上允許放置機器人 TCP 的位置。觸發器平面顯示為藍色和綠色。平面一側的小箭頭表明不會觸發向縮減模式的轉變。如果位於索引標籤左邊控件中的安全平面被選中，那麼相對應的 3D 展示會被高亮。

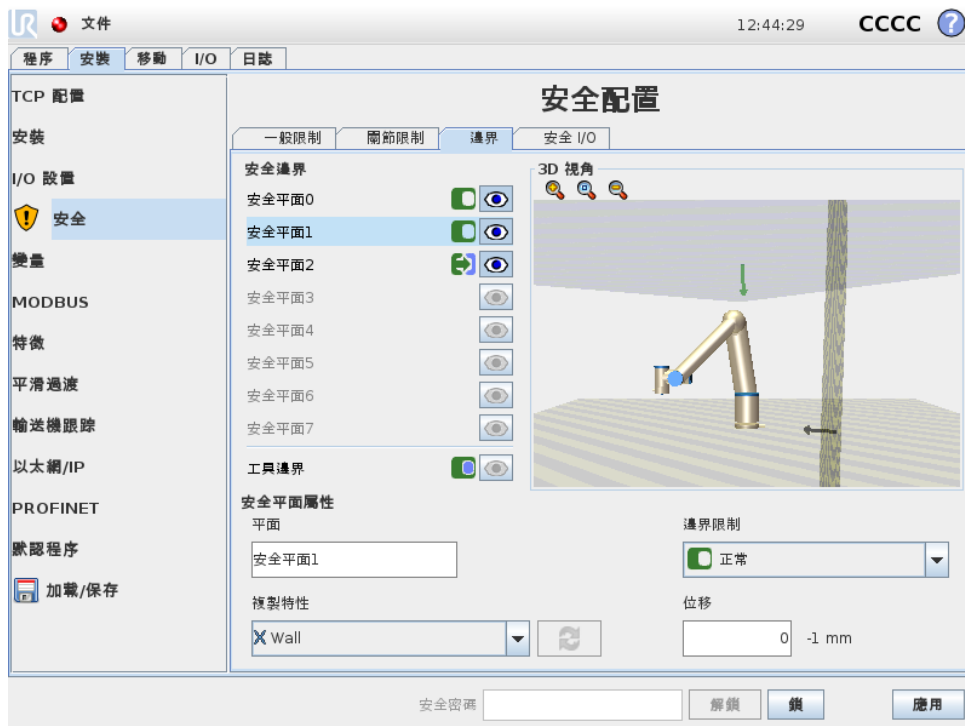
工具方向邊界限制以錐體呈現，帶一個矢量指示機器人工具的當前方向。錐體內部代表允許的工具方向（矢量）。

當板子或者工具方向邊界限制已配置但未被激活，可視化顯示為灰色。

按放大鏡圖標可縮放視角，拖動手指圖標可更改視角。

### 10.12.3 安全平面配置

通過索引標籤底部的安全平面屬性部分定義所選安全平面的配置。選中的安全平面位於索引標籤左上方的安全邊界控件中。



**名稱** 名稱文本域允許使用者為所選安全平面指定一個名稱。更改名稱的方法是，點擊文本域，然後輸入一個新的名稱。

**複製特性** 當前機器人安裝的一種屬性規定安全平面的位置和常態（請參閱 13.12）。請使用安全平面屬性部分左下方的下拉列表框選擇一種屬性。只能使用點和平麵類型的特徵。選擇 <Undefined> 選項來明確安全平面的配置。

被選特性的 z-軸將指向不被允許的區域，板常態會指向相反的方向，除非當基數選中，板常態將指向相同的方向。如果此平面被配置為觸發器縮減模式平面（參閱 10.12.3），平面法線指示不會觸發轉換為縮減模式的平面邊。

需注意當選擇一種屬性對安全平面進行配置之後，位置資訊只是複製到安全平面；安全平面沒有與該屬性相連。這就是說如果用於配置安全平面的屬性的位置或方向發生變化，該安全平面並不會自動更新。如果屬性發生變化，屬性選擇器上方就會顯示 ⚠ 圖標。點擊選擇器旁邊的 ↺ 按鈕，更新安全平面當前位置及屬性方向。如果將被選屬性從配置中刪除，就會顯示 ⚠ 圖標。

**安全模式** 安全平面屬性面板右側的下拉式功能表用於選擇此安全平面的安全模式，可用的模式有：

<input type="checkbox"/> 禁用	安全平面從不處於活動狀態。
<input checked="" type="checkbox"/> 正常	如果安全系統處於標準模式，標準模式平面將處於活動狀態，並嚴格限制機器人 TCP 的位置。
<input type="checkbox"/> 縮減	如果安全系統處於縮減模式，縮減模式平面將處於活動狀態，並嚴格限制機器人 TCP 的位置。
<input checked="" type="checkbox"/> 標準 & 縮減	如果安全系統處於標準或縮減模式，標準 & 縮減模式平面將處於活動狀態，並嚴格限制機器人 TCP 的位置。
<input checked="" type="checkbox"/> 觸發器縮減模式	安全系統處於標準或縮減模式下時，觸發器縮減模式平面將處於活動狀態，並在機器人 TCP 超出此平面時使安全系統切換為縮減模式。

被選的安全模式由安全邊界控件的相應的條目裡的圖標表明。如果安全模式被設置為禁用，沒有任何圖標顯示。

**位移** 如果位於安全平面屬性控件左下角的下拉列表框中的一種屬性被選中，可通過點擊該控件右下方的位移文本欄位，然後輸入一個值，平移安全平面。輸入一個正值，將板子移向板常態的反方向，從而增加機器人的工作空間，而輸入一個負值，將板子向板常態這一方向移動，可減少機器人的工作空間。

邊界平面位移的公差和單位顯示在文本欄位的右側。

**嚴格限制平面的效果** TCP 位置即將穿過嚴格限制的活動安全平面時，如果繼續沿預測的軌跡移動，則公差為負（請參閱 10.4）。請注意，公差值所示的負號只是用於表明要從實際輸入的值中減去公差。如果 TCP 位置超過規定限制的安全平面（無公差），安全系統將實施 0 類停機。

**觸發器縮減模式平面的效果** 如果沒有實施保護性停止，並且安全系統未處於特殊恢復模式（請參閱 10.6），將會在標準或縮減模式下操作，並且機械手臂的運動受限於相應的限制設置。

安全系統默認為處於標準模式。只要出現以下情況，安全系統將轉變為縮減模式：

- a) 機器人 TCP 的位置超出某些觸發器縮減模式平面，即：位於與平面可視化中的小箭頭方向相對的平面的邊上。
- b) 配置了縮減模式安全輸入功能，並且輸入訊號低（詳情請參閱 10.13）。

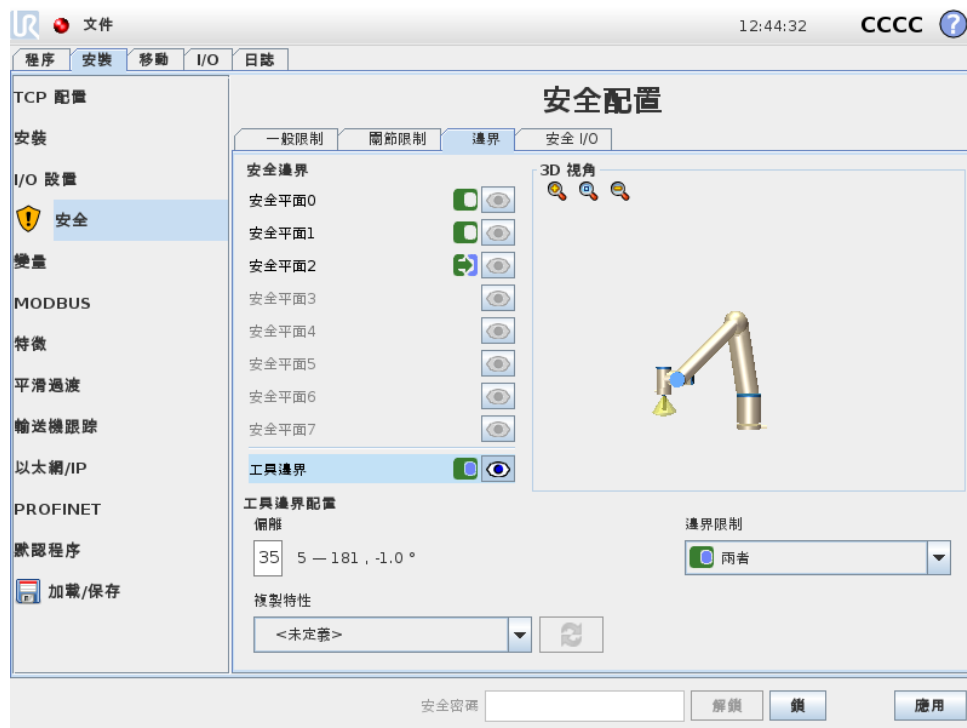
如果不再出現以上任何一種情況，安全系統將重新轉換為標準模式。

由於穿過觸發器縮減模式平面導致從標準轉換為縮減模式時，標準模式限制設置將轉換為縮減。只要機器人 TCP 位於觸發器縮減模式平面的 20 mm 處或靠近此平面（但仍在標準模式的一邊），將對每個限制值應用更隨意的標準和縮減模式限制。一旦機器人 TCP 穿過觸發器縮減模式平面，標準模式限制設置不再處於活動狀態，而是強制應用縮減模式限制設置。

由於穿過觸發器縮減模式平面導致從縮減轉換為標準模式時，縮減模式限制設置將轉換為標準。只要機器人 TCP 穿過觸發器縮減模式平面，將對每個限制值應用更隨意的標準和縮減模式限制。一旦機器人 TCP 位於觸發器縮減模式平面的 20 mm 處或更遠的位置（在標準模式的一邊），縮減模式限制設置不再處於活動狀態，而是強制應用標準模式限制設置。

如果預測的軌跡將是使機器人 TCP 穿過觸發器縮減模式平面，在即將超過關節速度、工具速度或新限制設置中動量限制的情況下，機械手臂將在穿過此平面前就開始減速。請注意，由於這些限制在縮減模式限制設置中需要提供更嚴格的限制，因此只有在從標準模式向縮減模式轉換時才發生過早減速的情況。

#### 10.12.4 工具邊界配置



位於索引標籤底部的工具邊界配置面板定義了機器人工具方向的限度，該限度由理想的工具方向和該方向的最大允許偏離值組成。

**偏離** 偏離文本域表示機器人工具的最大允許偏離與理想的方向的偏離值。更改偏離值的方法是點擊文本域，然後輸入一個新的值。

可接受的數值範圍以及偏離量的公差和單位在文本域旁邊列出。

**複製特性** 使用當前機器人安裝的一種屬性來（請參閱 13.12）規定機器人工具理想的方向。被選屬性的 z-軸會作為該限制的理想的工具方向矢量。

請使用工具邊界配置控件左下部的下拉列錶框選擇一種屬性。只能使用點和平麵類型的特徵。選擇 <Undefined> 選項來明確安全平面的配置。

需注意當選擇一種屬性對安全平面進行配置之後，方向資訊只是複製到該限制；該限制沒有與該屬性相連。這就是說如果用於配置限制的屬性的位置和方向發生變化，該限制並不會自動更新。如果屬性發生變化，屬性選擇器上方就會顯示 ⚠ 圖標。點擊選擇器旁邊的 ↻ 按鈕，更新限制當前屬性方向。如果將被選屬性從配置中刪除，就會顯示 ⚠ 圖標。

**安全模式** 工具邊界配置面板右側的下拉式功能表用於選擇此工具方向邊界的安全模式。可選項如下：

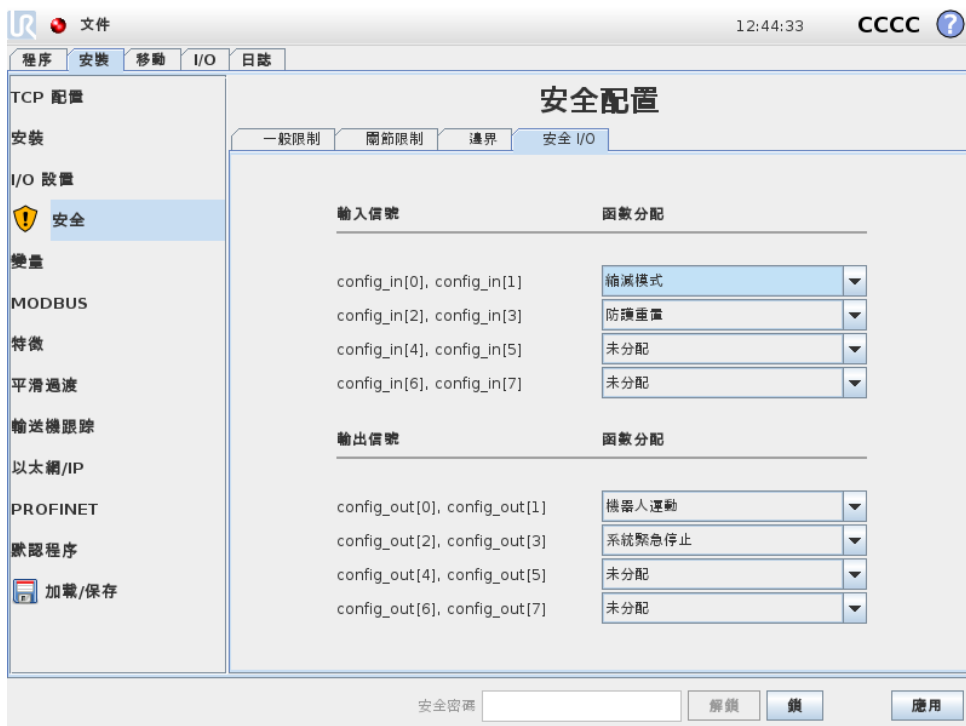
<input type="checkbox"/> 禁用	工具邊界限制從不處於激活狀態
<input checked="" type="checkbox"/> 正常	安全系統採用標準模式時，工具邊界限制激活。
<input type="checkbox"/> 縮減	安全系統採用縮減模式時，工具邊界限制激活。
<input checked="" type="checkbox"/> 標準 & 縮減	安全系統採用標準或縮減模式下時，工具邊界限制激活。

被選的安全模式由安全邊界控件的相應的條目裡的圖標表明。如果安全模式被設置為禁用，沒有任何圖標顯示。

**效果** 工具方向的偏離即將超過輸入的最大偏離時，如果繼續沿預測的軌跡移動，則公差為負（請參閱 10.4）。請注意，公差值所示的負號只是用於表明要從實際輸入的值中減去公差。如果工具方向的偏離超過限制（無公差），安全系統將實施 0 類停機。

版權所有 © 2009–2018 Universal Robots A/S。保留所有權利。

## 10.13 安全 I/O



此螢幕定義了可配置輸入和輸出（I/O）的安全功能。I/O 分輸入輸出，並且成對出現，以便根據 ISO 13849-1 的要求，<sup>2</sup>3 和 PLd I / O。

<sup>2</sup>將每種功能分門別類，詳情請參閱詞彙表。

每項安全功能只能控制一對 I/O。嘗試再次選擇相同的安全功能會將其從之前定義的第一對 I/O 中移除。輸入訊號有 5 種安全功能，輸出訊號有 5 種。

注意：將安全功能套用於一組引腳將覆蓋在 I / O 設置中為引腳指定的任何 I / O 操作（請參閱 13.8）。

### 10.13.1 輸入訊號

對於輸入訊號，可以選擇下述安全功能：系統緊急停止、縮減模式、防護重置、3 檔位開關和 操作模式。

**系統緊急停止** 當選定時，除教導器上的緊急停止按鈕外會增加一個緊急停止按鈕。此功能需要使用符合 ISO 13850 標準的設備。

**縮減模式** 所有安全限制有兩種可以應用的模式：標準模式，此模式指定預設的安全配置；和縮減模式（詳情請參閱 10.6）。如選擇此項輸入安全功能，向輸入提供的低訊號將導致安全系統轉變為縮減模式。必要時，機械手臂將減速，以符合縮減模式限制設置。如果機械手臂違反任何縮減模式限制，將實施 0 類停機。向標準模式轉換的方式與此相同。請注意，安全平面同樣可能導致向縮減模式轉換（詳情請參閱 10.12.3）。


**防護重置** 如果在安全 I/O 中進行了安全防護停止的佈線，將利用防護重置以保證在觸發重置前保持安全防護停止狀態。在安全防護停止狀態下，機械手臂不會移動。




#### 警告：

預設為對引腳 0 和引腳 1 配置防護重置功能。禁用防護重置意味著只要安全防護停止變高，機械手臂將停止在安全防護停止位置。換言之，如果沒有防護重置，安全防護停止輸入 SIO 和 SI1（請參閱硬件安裝手冊）充分確定了安全防護停止狀態是否激活。

**3 檔位開關和 操作模式** 允許在機器人的設置和編程過程中選擇使用 3 檔位設備作為一個附加防護措施。配置 3 檔位開關輸入之後，機器人將處於“操作模式”或“編程模式”。一個圖標將出現在右上角以顯示當前的操作模式：

 **操作模式：** 機器人只能執行預定義的任務。移動索引標籤和自由驅動模式不可用。

 **編程模式：** 操作模式中提出的限制出現。但是，當 3 檔位開關輸入為低訊號時，機器人處於安全防護停止狀態。此外，速度滑塊被設在對應於 250 mm/s 的初始值，可逐漸增大以達到更高的速度。當 3 檔位開關輸入訊號由低變高時，速度滑塊被重置為低值。

配置操作模式選擇有兩種方法：

1. 要使用外部模式選擇設備選擇操作模式，配置操作模式輸入。一旦配置了 3 檔位開關輸入，配置選項將出現在下拉式功能表中。當操作模式輸入訊號較低時，機器人將處於操作模式，當較高時，機器人處於編程模式。
2. 要從 Polyscope 選擇操作模式，只有 3 檔位開關輸入必須配置並應用到安全配置。在這種情況下，預設模式為運行。如要切換到編程模式，在歡迎熒幕上選擇給“機器人編程”按鈕。如要回到操作模式，只需退出給“機器人編程”熒幕。



**注意:**

- 當安全 I/O 配置及 3 檔位開關啓用被確認後，歡迎熒幕自動顯示。當操作模式從編程變為運行時，歡迎熒幕也會自動顯示。
- 物理模式選擇器（如果使用的話）必須完全遵循 ISO 10218-1: 第 5.7.1 條進行選擇。
- 3 位開關以及其行為、性能特性和操作必須完全符合 ISO 10218-1: 第 5.8.3 條關於啓用設備的要求。

## 10.13.2 輸出訊號

對於輸出訊號，可以選擇下述安全功能。觸發強訊號的狀態結束時，所有訊號回覆弱狀態：

**系統緊急停止** 只有當安全系統被機器人緊急停止輸入或緊急停止按鈕觸發進入緊急停止狀態，才會給出弱訊號。為了避免死鎖，如果緊急停止狀態被系統緊急停止輸入觸發，則不會給出低訊號。



**注意:**

從機器人通過系統緊急停止輸出獲得緊急停止狀態的外部機器必須符合 ISO 13850 標準。這在機器人緊急停止輸入連接到外部緊急停止裝置的設置中特別有用。在這種情況下，當外部緊急停止裝置被釋放時，系統緊急停止輸出將變為高電平。這意味著外部機器的緊急停止狀態將重新被設置，無需機器人操作員人工操作。因此，為了遵守安全標準，外部機器必須要手動執行才能恢復。

**機器人運動** 只要機械手臂在移動狀態就給出弱訊號。機械手臂處於固定位置時，給出強訊號。

**機器人未停止** 如果機械手臂被要求停止，指令發出到手臂停止需要一定時間。這期間訊號將處於強狀態。機械手臂在移動狀態，且沒有被要求停止，又或者機械手臂處於停止狀態，訊號將處於弱狀態。

**縮減模式** 當機械手臂處於縮減模式，或利用縮減模式輸入配置了安全輸入且當前訊號低時，將發送低訊號。否則訊號處於強狀態。

**非縮減模式** 這是上述縮減模式的相反狀態。

# 11 開始編程

## 11.1 簡介

通用型機械手臂由管和關節組成。這些關節及其通用的名字如表格 11.1 所示。底座是機器人的安裝位置，機器人的另一端（手腕 3）與機器人的工具相連。通過協調每一個關節的活動，除了底座正上方及正下方的區域以外，機器人可以自由地移動工具。

PolyScope 是一個圖形使用者界面 (GUI)，您可以操作機械手臂和控制箱，執行機器人程序，也可以很輕鬆地創建一個新的程序。

下一節介紹機器人入門知識。之後將對螢幕及 PolyScope 的功能做更加詳盡的介紹。



### 危險:

1. 硬件安裝手冊包含重要的安全資訊，在機器人第一次通電前，UR 機器人的集成商必須閱讀並理解這些資訊。
2. 在機械手臂第一次通電前，集成商必須設置風險評估定義的安全配置參數，參閱 10。

## 11.2 使用入門

使用 PolyScope 之前，必須先安裝機械手臂和控制箱，將控制箱接通電源。

### 11.2.1 安裝機械手臂和控制箱

請按照以下步驟安裝機械手臂和控制箱：

1. 開箱取出機械手臂和控制箱。
2. 將機械手臂安裝在堅固無震動的表面上。

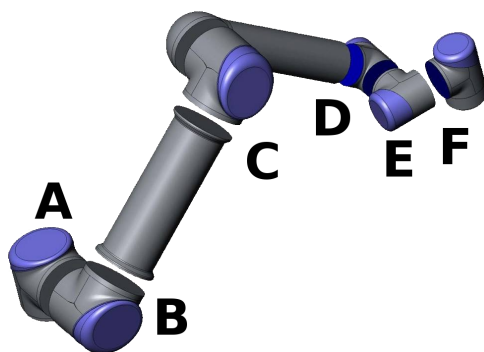


图 11.1: 機器人關節。A: 底座，B: 肩部，C: 肘部和 D、E、F: 手腕 1、2、3

3. 將控制箱放置在其支腳上。
4. 將機器人和控制箱之間的機器人電纜插上電源。
5. 插入控制箱的市電插頭。


**警告:**

傾翻的危險。如果機器人沒有安全地放置在堅固的表面上，機器人有可能會傾倒並造成傷害。

有關詳細安裝說明，請參考硬件安裝手冊。請注意，在使用機械手臂進行任何工作之前，都須進行風險評估。

### 11.2.2 開/關控制箱

按帶觸摸屏的控制板前側的電源按鈕即可打開控制箱。該控制板通常被稱為教導器。接通控制箱後，來自隱藏的操作系統的文本就會出現在觸摸屏上。約一分鐘後，熒幕上將顯示一些按鈕，並彈出一個窗口，引導使用者轉至初始化熒幕（請參閱 11.5）。

按熒幕上的綠色電源按鈕或使用歡迎熒幕上的關閉按鈕可關閉控制箱（請參閱 11.4）。


**警告:**

直接從壁式插座上拔下電源線來關閉系統可能導致機器人文件系統損壞，從而可能致使機器人功能出現故障。

### 11.2.3 開/關機械手臂

如果控制箱已打開且所有緊急停止按鈕都未激活，即可開啓機械手臂。開啓方法是，在初始化熒幕中（請參閱 11.5），觸摸熒幕上的開按鈕，然後按啓動。當啓動機器人後，剎車被解鎖，機器人發出噪音並移動少許位置。

觸摸初始化熒幕上的關按鈕可關閉機械手臂的電源。關閉控制箱也可自動關閉機械手臂的電源。

### 11.2.4 快速啟動

為了快速啓動已安裝好的機器人，請進行如下操作：

1. 按教導器前側的緊急停止按鈕。
2. 按教導器上的電源按鈕。
3. 等待一分鐘，系統會啓動，觸摸屏上將顯示文字。
4. 系統就緒後，觸摸屏上將彈出一個窗口，提示機器人需要進行初始化。
5. 觸摸彈出窗口上的按鈕。您將會被轉至初始化熒幕。
6. 等待出現確認應用的安全配置對話框，按下確認安全配置按鈕。這適用於需要根據風險評估進行調節的初始參數集。
7. 解鎖緊急停止按鈕。機器人狀態從緊急停止變成關閉電源。
8. 請站在機器人可觸及的範圍（工作空間）之外。
9. 觸按觸摸屏上的開按鈕。等待幾秒鐘，直至機器人狀態變成閒置。

10. 請確認有效負載和所選的安裝正確。如果基於傳感數據的安裝與所選的安裝不一致，將有提示出現。
11. 觸按觸摸屏上的啓動按鈕。此時，剎車即會解鎖，機器人會發出噪音並移動少許位置。
12. 觸按確定按鈕，轉至歡迎熒幕。

### 11.2.5 第一個程式

程序是一個告訴機器人該做什麼的命令列表。PolyScope 允許只有很少編程經驗的人員編程機器人。對於大多數任務，整個編程過程使用觸摸屏即可完成，無需鍵入任何晦澀難懂的命令。

刀具運動是機器人程序的一部分，教導機器人手臂如何移動。在 PolyScope 中，工具運動使用一系列路點設置。合併的航點構成了機器人手臂遵循的路徑。使用移動索引標籤設置航點，手動移動（示教）機器人至某個具體位置，或由軟體計算得出。使用移動選項卡（請參閱 13.1）將機器人手臂移動到所需的位置，或者通過將機器人手臂拉到就位來示教位置，同時按住教導盒後面的自由驅動按鈕。

除了移動通過路點外，程序還可在機器人路徑中的特定點處向其他機器發送 I/O 訊號，並可根據變數和 I/O 訊號執行 if..then 和 loop 等命令。

以下是一個簡單的程序，它允許已啓動的機器人手臂在兩個航點之間移動。

1. 觸摸機器人程序按鈕，選擇清空程序按鈕。
2. 觸摸下一步按鈕（右下角），熒幕左側樹結構中 <empty> 行將被選中。
3. 轉至結構索引標籤。
4. 觸摸移動按鈕。
5. 轉至命令索引標籤。
6. 按下一步按鈕，轉至路點設置。
7. 按“?”旁邊的設置此路點按鈕。
8. 在移動熒幕上，按各個藍色箭頭以移動機器人，或者在按住位於教導器背面的自由驅動按鈕的同時拉動機械手臂。
9. 按確定。
10. 按在其前添加路點。
11. 按“?”旁邊的設置此路點按鈕。
12. 在移動熒幕上，按各個藍色箭頭以移動機器人，或者在按住自由驅動按鈕的同時拉動機械手臂。
13. 按確定。
14. 您的程序已就緒。按“播放”符號後，機器人將在兩點之間移動。站在離開機器人的位置，按住緊急停止按鈕並按“播放”。
15. 恭喜！您現已編完了您的第一個機器人程序，該程序可指示機器人在給定的兩點之間移動。



**警告:**

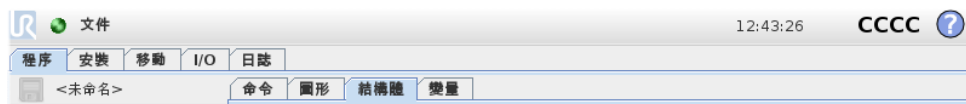
1. 不要讓機器人移到自身或其他物體中，因為這會對機器人造成損害。
2. 您的頭和軀幹不能位於機器人可接觸到的範圍（工作區）。請不要將您的手指放在機器人可抓住的地方。
3. 這只是一個快速啓動指南，教您如何輕鬆地使用 UR 機器人。該指南的前提是環境安全無害，使用者謹慎小心。請不要將速度或者加速度上調至默認值之上。在使機器人進入操作之前，始終進行風險評估。

## 11.3 PolyScope 程序界面

PolyScope 在連接到控制器的觸摸屏上運行。



上圖顯示的是歡迎熒幕。熒幕淺藍區域的按鈕可通過手指觸摸或筆端觸碰來操作。PolyScope 以層級結構的形式來組織各個熒幕畫面。在編程環境中，熒幕以索引標籤的形式組織排列以便於訪問。



在上圖的示例中，使用者選擇了頂層的**程序**索引標籤以及位於其下一層的**結構**索引標籤。程序索引標籤顯示與當前加載程序相關的資訊。若選擇**移動**索引標籤，熒幕將切換為**移動** O 熒幕，在此熒幕中可以移動機械手臂。同理，若選擇 I/O 索引標籤，可以監控和更改電氣 I/O 的當前狀態。

控制器或教導器也可以連接鼠標和鍵盤，不過，實際上無此必要。幾乎所有文本欄位都啓用了觸控功能，因此觸摸它們可以打開一個熒幕小鍵盤或鍵盤。

有關 PolyScope 的各個熒幕，將在後續章節詳細介紹。

## 11.4 歡迎熒幕



啓動控制器 PC 後，將顯示歡迎熒幕。此熒幕提供以下選項：

- **運程序**：選擇並運行已有程序。這是操作機械手臂和控制箱最便捷的方式。
- **為機器人編程**：修改程序或創建新程序。
- **設置機器人**：設置密碼、升級軟體、要求支持、調校觸屏等。
- **關閉機器人**：關閉機械手臂的電源，關閉控制箱。
- **關於**：提供有關軟體版本的詳情、主機名、IP 地址、序列號和法律資訊。

## 11.5 初始化熒幕



在此熒幕上，您可以控制機械手臂的初始化。

### 機械手臂狀態指示

狀態 LED 指示機械手臂的運動狀態：

- 紅色高亮 LED 指示機械手臂目前處於停止狀態，停止原因有多種。
- 黃色高亮 LED 指示機械手臂開啓，但尚未準備好進行正常操作。
- 綠色高亮 LED 指示機械手臂開啓，且準備好進行正常操作。

LED 旁的文字進一步說明了機械手臂的當前狀態。

### 有效負載和安裝設置

機械手臂開啓時，控制器控制機械手臂的有效負載顯示在白色小文本欄位中。更改值的方法是，點擊文本域，然後輸入一個新的值。

請注意，設置該值不會變更機械手臂安裝設置中的負載（請參閱 13.6），只會變更控制器使用的有效負載。

同樣地，當前加載的安裝文件名稱顯示在灰色的文本欄位中。點擊文本欄位或點擊該欄位旁邊的**加載**按鈕就可以加載不同的安裝設置。另外，加載的安裝設置可以通過熒幕下方的 3D 視角旁的按鈕進行定制。

在啓動機械手臂之前，務必驗證有效負載和有效安裝設置與機械手臂的當前狀態匹配。

## 初始化機械手臂



### 危險:

啓動機械手臂時，總是驗證實際負載和實際安裝設置正確。如果設置錯誤，機械手臂和控制器將無法正常工作，並會對周圍的人或設備造成危險。



### 警告:

如果機械手臂碰到障礙物或桌子應格外小心，因為撞上障礙物會導致關節齒輪箱損壞。

帶綠色圖標的大按鈕是用於對機械手臂進行實際初始化的。上面的文字，以及其進行的操作，都會根據機械手臂的當前狀態變化。

- 控制器 PC 啓動後，按下該按鈕一次以啓動機械手臂。機械手臂狀態會顯示**開啟**，隨後顯示**空間**。請注意，如果遇到緊急停止，機械手臂不會啓動，因此該按鈕也被禁用。
- 如果機械手臂狀態是**空間**，需再次點擊該按鈕以啓動機械手臂。在此，感應器資料會根據配置的機械手臂安裝數據進行核對。如果出現不匹配（公差為 30°），則該按鈕會被禁用，按鈕下方會顯示錯誤資訊。  
通過安裝驗證後，點擊該按鈕將釋放所有關節剎車，之後機械手臂就準備好進行正常操作。注意，解除剎車時，機器人會發出聲音並移動少許位置。
- 如果機械手臂啓動後違反了某一安全限制，則會進入特別的**恢復模式**。在該模式下，點擊該按鈕將切換至恢復移動熒幕，在該熒幕可以將機械手臂移動至安全限制內。
- 如果出現故障，可以使用該按鈕重新啓動控制器。
- 如果控制器當前未運行，點擊該按鈕啓動控制器。

最後，帶紅色圖標的較小按鈕用於關閉機械手臂。



## 12 熒幕編輯器

### 12.1 熒幕表達式編輯器



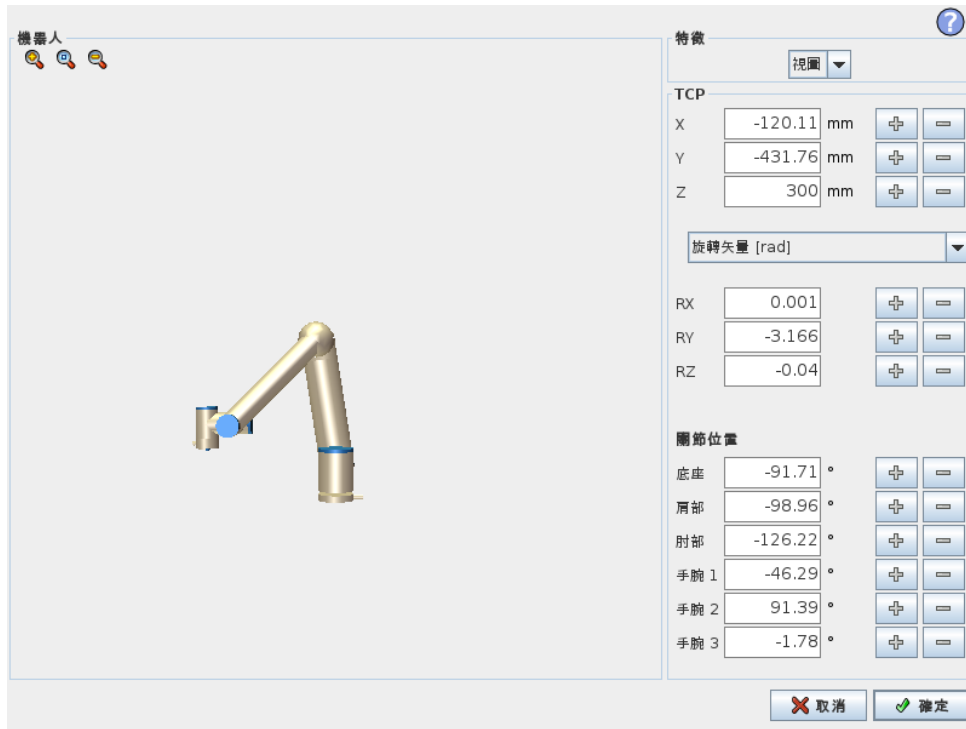
表達式本身可以文本形式進行編輯，同時，也可使用表達式編輯器進行編輯。表達式編輯器提供許多按鈕和函數，可用於插入特殊表達式符號，例如表示相乘的 \* 號和表示小於等於的 ≤ 符號。使用熒幕右上角的鍵盤符號按鈕可切換至表達式文本編輯模式。所有已定義的變量都可在變數選擇器中找到，輸入和輸出端口的名稱可在輸入和輸出選擇器中找到。一些特殊函數可在函數選擇器中找到。

按確定按鈕時，系統將檢查表達式有無語法錯誤。點擊取消按鈕可離開此熒幕，放棄所有更改。表達式類似如下形式：

$digital\_in[1] = True$  和  $analog\_in[0] < 0.5$

### 12.2 位姿編輯器熒幕

可以在此熒幕上指定機器人工具的目標關節位置或目標位姿（位置和方向）。熒幕“離線”，不直接控制機械手臂。



## 機器人

以 3D 視角形式顯示機械手臂的當前位置和指定的新目標位置。機械手臂 3D 圖顯示機械手臂的當前位置，機械手臂“陰影部分”顯示由熒幕右側指定值控制的機械手臂的目標位置。按放大鏡圖標可縮放視角，拖動手指圖標可更改視角。

如果機器人 TCP 的指定目標位置距離安全平面或觸發器平面很近，又或者機器人工具的方向接近工具方向邊界限制（請參閱 10.12），則會顯示相鄰邊界的 3D 成像。

安全平面以黃黑色呈現，帶小箭頭指示安全平面正常，顯示安全平面上允許放置機器人 TCP 的位置。觸發器平面以藍綠色呈現，帶小箭頭指向觸發器平面的一側，在該側正常模式限制處於激活狀態（請參閱 10.6）。工具方向邊界限制以錐體呈現，帶一個矢量指示機器人工具的當前方向。錐體內部代表允許的工具方向（矢量）。

目標機器人 TCP 離開限制區域時，3D 成像消失。如果目標 TCP 違反邊界限制或接近邊界限制，則成像會變成紅色。

## 特徵和工具位置

在熒幕右上角可找到特徵選擇器。特徵選擇器定義了用於控制機械手臂相對應的特徵。

當前激活的工具中心點 (TCP) 的名稱顯示在特徵選擇器下方。關於配置多個指定 TCP 的更多資訊，請參閱 13.6。文本框顯示了 TCP 相對於所選特徵的完整坐標值。X、Y 和 Z 控制工具的位置，而 RX、RY 和 RZ 控制工具的方向。

使用 RX、RY 和 RZ 方塊上方的下拉式功能表選擇方向表示形式。可用類型包括：

- **旋轉矢量 [rad]** 方向由旋轉矢量給定。軸長是指要旋轉的角度，以弧度表示，矢量本身給定了要繞之旋轉的軸。這是默認設置。
- **旋轉矢量 [°]** 方向由旋轉矢量給定，矢量長度是指要旋轉的角度，以度表示。
- **RPY [rad]** 滾動角、俯仰角和偏航角 (RPY)，以弧度表示。RPY 旋轉矩陣 (X、Y'、Z" 旋轉) 由以下公式確定：

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- RPY [°] 滾動角、俯仰角和偏航角 (RPY)，以度表示。

點擊坐標可編輯值。點擊框右側的 + 或 - 按鈕可對當前值進行加/減操作。按住按鈕將直接增大/減小值。按住的時間越長，增大/減小的值越大。

---

### 關節位置

允許直接指定各關節位置。每個關節位置的值可介於  $-360^\circ$  和  $+360^\circ$  之間，兩者為關節限制。點擊關節位置可編輯值。點擊框右側的 + 或 - 按鈕可對當前值進行加/減操作。按住按鈕將直接增大/減小值。按住的時間越長，增大/減小的值越大。

---

### 確定按鈕

如果該熒幕是從移動索引標籤激活的（請參閱 13.1），點擊確定按鈕將返回移動索引標籤，在此機器人將移動至指定目標。如果最後一個指定值是工具坐標，機械手臂將採用 MoveL 移動類型移動至目標位置；如果最後指定的是關節位置，則機械手臂將採用 MoveJ 移動類型移動至目標位置。不同的移動類型如 14.5 所述。

---

### 取消按鈕

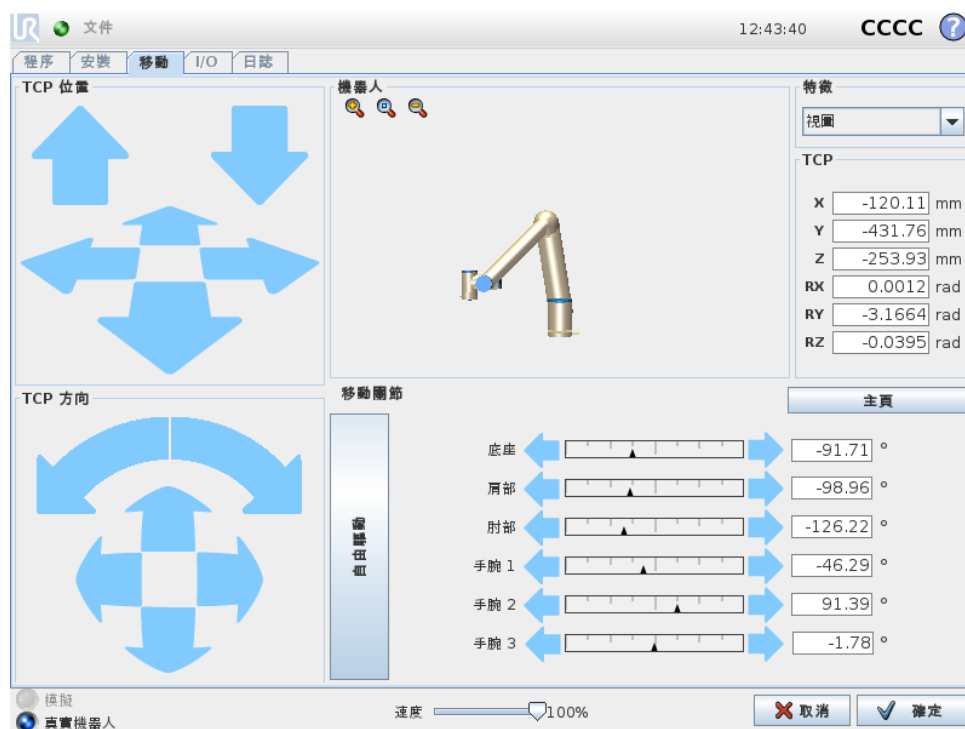
點擊取消按鈕可離開此熒幕，放棄所有更改。



## 13 機器人控制

### 13.1 移動索引標籤

在此螢幕，始終可通過平移/旋轉機器人工具或逐個移動機器人關節來直接移動（緩慢移動）機械手臂。



#### 13.1.1 機器人

以 3D 視角形式顯示機械手臂的當前位置。按放大鏡圖標可縮放視角，拖動手指圖標可更改視角。要獲得控制機械手臂的最佳感覺，選擇**視角**特徵並旋轉 3D 圖的查看角度，以符合您查看真實機械手臂的視角。

如果機器人 TCP 的當前位置距離安全平面或觸發器平面很近，又或者機器人工具的方向接近工具方向邊界限制（請參閱 10.12），則會顯示相鄰邊界的 3D 成像。請注意，如果機器人在運行程序，邊界限制可視化將被禁用。

安全平面以黃黑色呈現，帶小箭頭指示安全平面正常，顯示安全平面上允許放置機器人 TCP 的位置。觸發器平面以藍綠色呈現，帶小箭頭指向觸發器平面的一側，在該側**正常模式**限制處於激活狀態（請參閱 10.6）。工具方向邊界限制以錐體呈現，帶一個矢量指示機器人工具的當前方向。錐體內部代表允許的工具方向（矢量）。

機器人 TCP 離開限制區域時，3D 成像消失。如果 TCP 違反邊界限制或接近邊界限制，則成像會變成紅色。

#### 13.1.2 特徵和工具位置

在螢幕右上角可找到特徵選擇器。它定義了用於控制機械手臂相對應的特徵。

當前激活的工具中心點 (TCP) 的名稱顯示在特徵選擇器下方。文本框顯示了 TCP 相對於所選特徵的完整坐標值。關於配置多個指定 TCP 的更多資訊，(請參閱 13.6)。

點擊坐標或關節位置可手動編輯坐標值。這將轉至位姿編輯器熒幕 (請參閱 12.2)，您可以在該熒幕上為工具指定目標位置和方向或者目標關節位置。

### 13.1.3 移動工具

- 按住平移箭頭 (上部)，將按所指示的方向移動機器人的工具提示。
- 按住旋轉箭頭 (按鈕)，將按所指示的方向移動機器人工具的方向。旋轉點即工具中心點 (TCP)，也即位於機械手臂末端，提供機器人工具特徵點的點。TCP，在圖中以藍色小球表示。

注意：可隨時釋放該按鈕，使機器人停止運動

### 13.1.4 移動關節

允許直接控制各關節。每個關節都可從  $-360^\circ$  移至  $+360^\circ$ ，這兩個角度即是每個關節水平條所示的默認關節限制角。如果關節達到其關節限制角，則無法再移離一步。如果一個關節的位置範圍配置與默認情況 (請參閱 10.11) 不同，該範圍在水平條中以紅色顯示。

### 13.1.5 自由驅動

按住自由驅動按鈕時，可真正抓取機器人並將其拉至所需位置。如果設置索引標籤中的重力設置 (請參閱 13.7) 錯誤，或者機械手臂承受重載時，若按放自由驅動按鈕，機器人可能開始運動 (下降)。此情況下，只需再次釋放自由驅動按鈕即可。



**警告:**

1. 確保使用正確的安裝設定 (例如：機器人的安放角、TCP 的輕量級、TCP 偏移)。與程序一起保存並加載安裝設置文件。
2. 在按下自由驅動按鈕之前，確保 TCP 設置和機器人安裝設置都正確。如果這些設置不正確，機械手臂會在自由驅動按鈕激活時運動。
3. 只有通過風險評估，才允許在安裝過程中使用自由驅動功能 (阻抗/逆向驅動)。工具及障礙物不得有尖角或扭點。確保所有人員都在機械手臂工作範圍之外。

## 13.2 I/O 索引標籤



在此螢幕，您可始終監控並設置機器人控制器收發的實時 I/O 訊號。螢幕將顯示 I/O 的當前狀態，包括程序運行期間的 I/O 狀態。程序運行期間如有任何更改，程序將停止運行。程序停止運行時，所有輸出訊號將保持其狀態。螢幕的更新頻率為 10Hz，因此，特別快的訊號可能無法正確顯示。

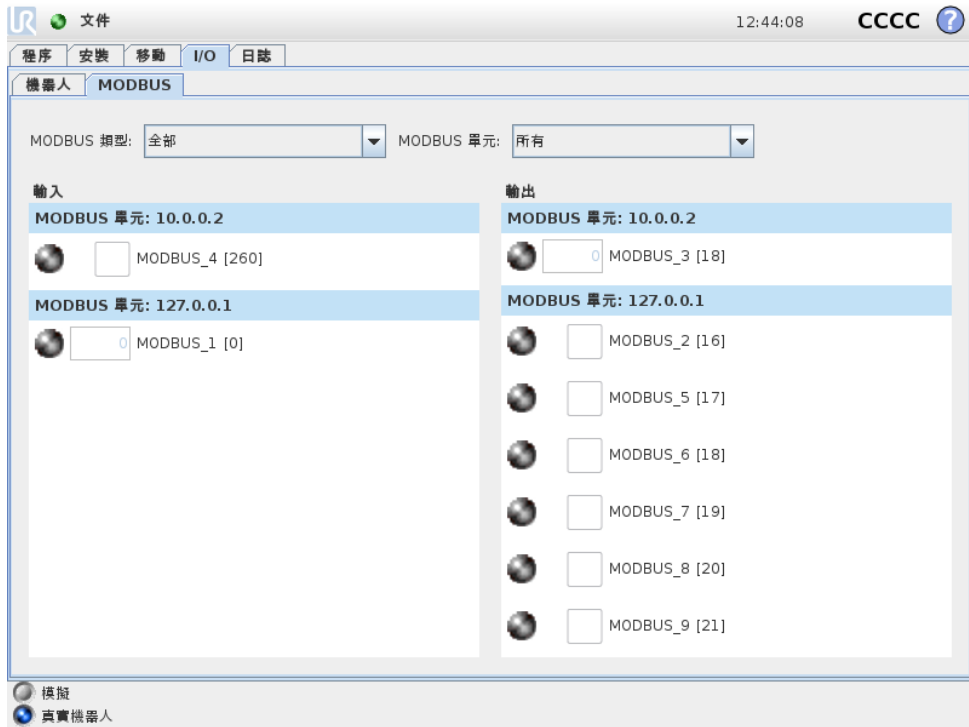
可配置 I/O 可用於安裝設置中（請參閱 10.13）安全 I/O 配置章節裡定義的特定安全設置。保留的配置內容將使用安全功能作為名稱，替代默認名稱或使用者自定義名稱。用於安全設置的可配置輸出不可切換狀態，僅以 LED 顯示。

訊號的電氣細節請參閱 5.3 章。

**模擬域設置** 模擬 I/O 可設置為電流 [4-20mA] 輸出或電壓 [0-10V] 輸出。保存程序時，系統將記住該設置，以便在後續重新啓動機器人控制器時使用。

## 13.3 MODBUS

下面的螢幕截圖顯示了與安裝設置中相同的 MODBUS 客戶端 I/O 訊號。使用螢幕頂部的下拉式功能表，如果配置了多個，則可以根據訊號類型和 MODBUS 單位更改顯示的內容。清單中的每個訊號都包含其連線狀態、數值、名稱和訊號地址。如果連線狀態和 I/O 索引標籤控件允許，則可以切換輸出訊號（請參閱 13.8）。



## 13.4 自動移動索引標籤

當機械手臂必須移至其工作空間內的某個位置時就需使用自動移動索引標籤。例如機械手臂需要移動至程序的開始位置後才開始運行，又或者是移動至路點的同時變更程序。



### 動畫

動畫顯示機械手臂將要進行的動作。

**警告:**

比較動畫和真實機械手臂的位置，確保機械手臂可以安全地運動，不會打到障礙物。

**警告:**

自動移動功能使機器人沿著陰影區軌道移動。碰撞可能會損壞機器人或其他設備。

## 自動

按住**自動**按鈕可按動畫所示移動機械手臂。

注意：可隨時釋放該按鈕，使機器人停止運動。

## 手動

按下**手動**按鈕，將跳轉至**移動**索引標籤，在這裡可以手動移動機械手臂。如果動畫中的運動不理想，則可以採用手動模式。

## 13.5 安裝 → 加載/保存



機器人安裝涵蓋了機器人在工作環境中設置的方方面面。包括機械手臂的機械安裝、與其他設備的電氣連接，以及機器人程序依賴的所有其他選項。不包括程序本身。

這些設置可使用**安裝**索引標籤下的各個螢幕進行設置，有一個例外就是 I/O 域在 I/O 索引標籤中進行設置（請參閱 13.2）。

可以為機器人保存多份安裝設置文件。所創建的程序將使用當前處於激活狀態的安裝設置，在使用程序時會自動加載此安裝設置。

對安裝設置所做的任何更改均需要進行保存，以備斷電後能夠得以保留。如果安裝設置中有未保存的更改，**安裝索引**標籤左邊的**加載/保存**文本附件會出現一個軟盤圖標。

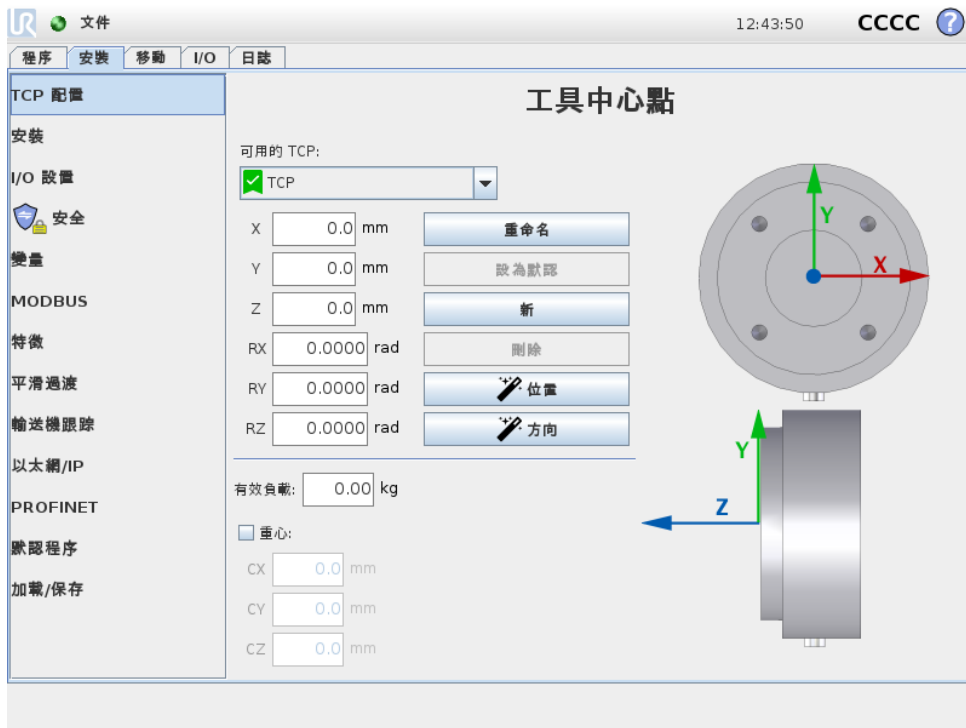
按下**保存**或**另存為...**按鈕可保存安裝設置。此外，保存程序也會保存處於激活狀態的安裝設置。請使用加載按鈕來**加載**另一個安裝設置文件。**新建**按鈕重置機器人安裝設置中的所有設置，使其恢復出廠設置。



**警告:**

不推薦使用 USB 驅動器加載機器人安裝設置。要使用 USB 驅動器裡面存儲的安裝設置，需首先加載該安裝設置，然後使用**另存為...**按鈕將其保存在本地**程序**資料夾中。

## 13.6 安裝 → TCP 配置



**工具中心點 (TCP)** 既機器人工具的點。**設置工具中心點**熒幕的安裝索引標籤定義和命名了 TCP (如上所示)。每個 TCP 都包含相對於機器人輸出法蘭中心而設定的轉換和旋轉。

當編程返回到先前存儲的航點時，機器人將 TCP 移動到航點內保存的位置和方向。當為線性運動編程時，TCP 以線性方式移動。

X、Y 和 Z 坐標決定了 TCP 的位置，而 RX、RY 和 RZ 坐標決定了其方向。當所有值均為零時，TCP 與機器人輸出法蘭的中心點重合，並應用熒幕顯示的坐標體系。

### 13.6.1 添加、重命名、修改和刪除 TCP

要定義新的 TCP，請點擊**新建**按鈕。所創建的 TCP 會自動獲取一個唯一的名稱，並可在下拉式功能表中選擇。如需重命名 TCP，點擊**重命名**按鈕。如需刪除所選的 TCP，點擊**刪除**按鈕。

無法刪除最後一個 TCP。

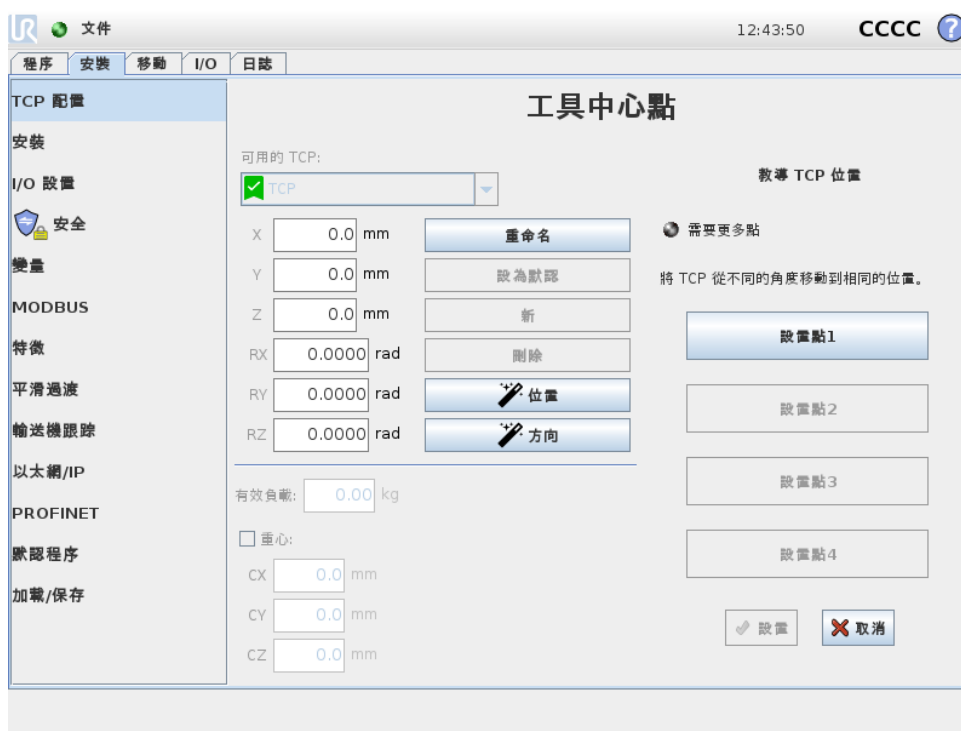
所選 TCP 的轉換和旋轉可以通過點擊相應的空白文本欄位並輸入新值來修改。

### 13.6.2 預設和激活的 TCP

在可用 TCP 下拉式功能表中，預設配置 TCP 的名稱左側有一個綠色複選標記圖標。要將 TCP 設置為預設，請選擇所需的 TCP 並點擊**設為預設**。

TCP 偏移量被指定為激活的，以確定笛卡爾坐標系統空間中的所有線性運動。使用者可在圖形索引標籤（請參閱 14.29）上觀看激活 TCP 的運動。在程式運行之前，預設 TCP 被設置為活動 TCP。在程式中，任何指定 TCP 都可設為激活的 TCP 用於機器人的特別移動（請參閱 14.5和14.10）。

### 13.6.3 教導 TCP 位置



TCP 位置坐標可通過以下步驟自動計算：

1. 點擊 TCP 位置嚮導。
2. 在機器人工作空間中選擇一個固定的點。
3. 使用螢幕右側的位置箭頭從至少三個不同角度移動 TCP，並保存機器人輸出法蘭的相應位置。
4. 使用**設置**按鈕將驗證過的坐標應用到合適的 TCP。這些位置必須足夠多樣化，以確保計算結果正確。如果它們不夠多樣化，按鈕上方的狀態 LED 將變為紅色。

即使只要三個位置便足可確定 TCP，但仍然需要使用第四個位置來進一步驗證計算結果正確。每個為計算所得 TCP 保存的點的質量通過相應按鈕上的 LED 為綠色、黃色還是紅色來指示。

### 13.6.4 教導 TCP 方向



1. 點擊 TCP 方向嚮導。
2. 從下拉式清單中選擇一個特徵。（請參閱 13.12）了解有關定義新特徵的更多資訊
3. 點擊選擇點並使用移動工具箭頭到工具的方向和相應的 TCP 與所選特徵的坐標系統重合的位置。
4. 驗證計算所得的 TCP 方向，並通過點擊設置將其應用於所選的 TCP 上。

### 13.6.5 有效負載

機器人工具的重量在螢幕下方指定。要更改此設置，只需輕按白色文本欄位並輸入新的重量。所作設置將應用於所有指定的 TCP。有關最大允許有效負載的詳細資訊，請參閱硬件安裝手冊。

### 13.6.6 重心

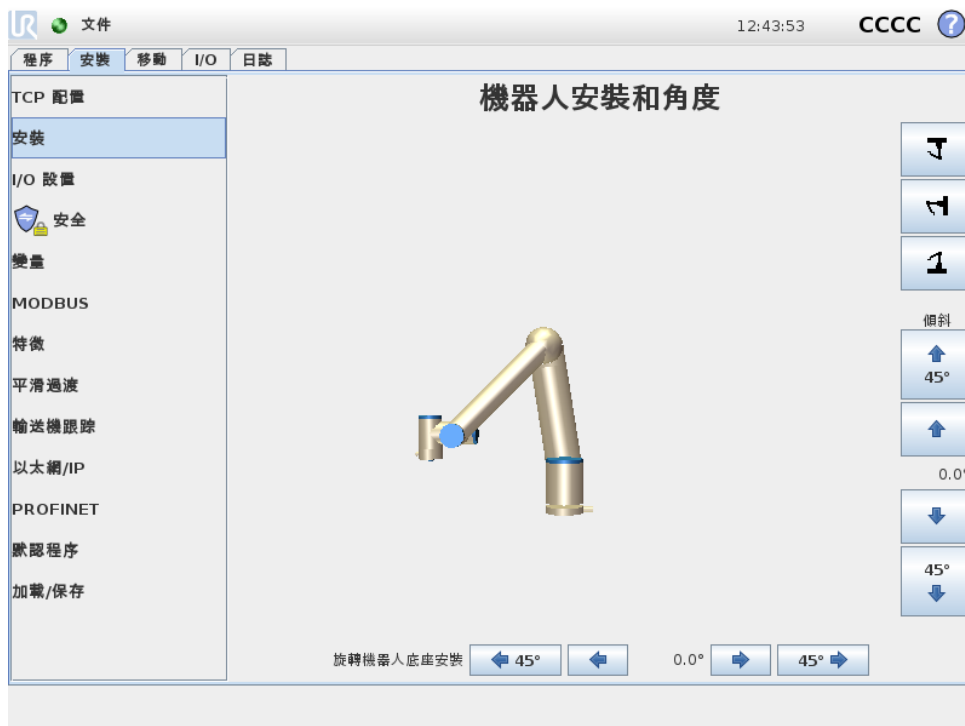
使用 CX、CY 和 CZ 區域指定刀具的重心。這些設置適用於所有定義的 TCP。對使用比 3.8 更舊版本建立的安裝設置進行預設後，則支援為 TCP 設定重心。如果手動設定重心，在 3.8 版本或更高版本中，無法永久刪除為 TCP 設定的重心。



**警告:**

使用正確的安裝設置。用程式保存並加載安裝檔案。

## 13.7 安裝 → 安裝



指定機器人手臂的安裝有兩個目的：

1. 在熒幕上正確顯示機械手臂。
2. 告知控制器重力方向。

高級動力學模型確保機械手臂平穩精確地運動，並使機械手臂處於自由驅動模式時能夠自我支撐。為此，機械手臂的安裝務必設置正確，這一點至關重要。



**警告：**

如果沒有正確地設置機械手臂安裝，這將導致頻繁的保護性停止，和/或機械手臂在自由驅動按鈕按下時會活動。

如果機械手臂安裝在平穩的檯面或地面上，無需對此熒幕進行任何更改。但是，如果機械手臂採用吊頂式安裝、壁掛式安裝或呈一定角度安裝，則需使用熒幕中的按鈕對其進行調整。

熒幕右側的按鈕可用於設置機械手臂的安裝角度。右側前三個按鈕可將角度設置為吊頂（180°）、牆壁（90°）、地面（0°）。傾斜按鈕設置任意角度。

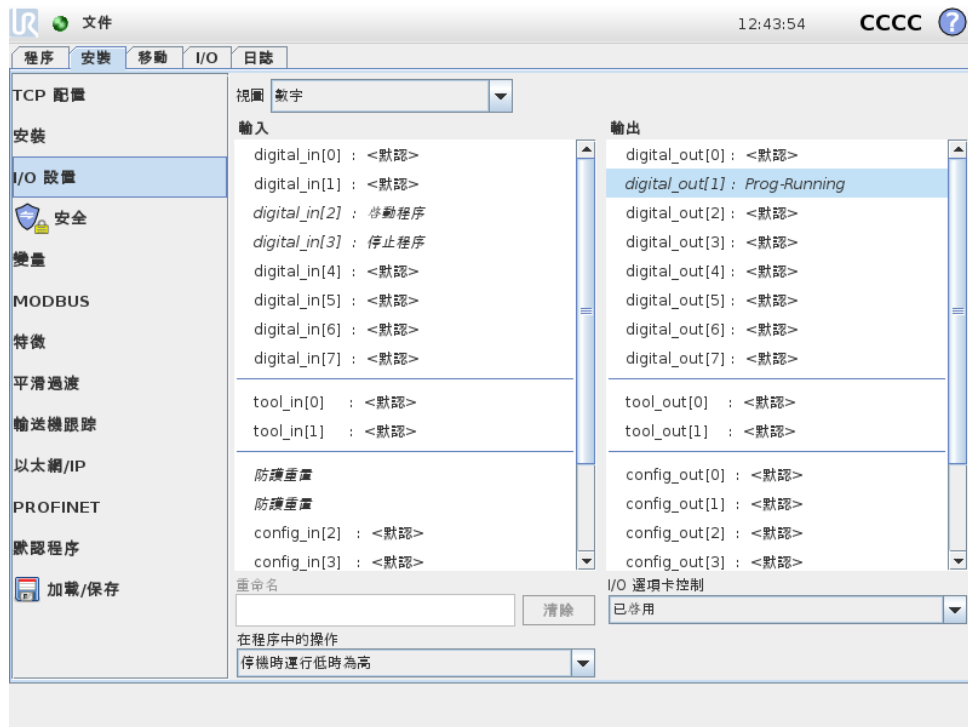
熒幕底部的按鈕用於旋轉機械手臂的安裝角度，以與實際安裝角度保持一致。



**警告：**

使用正確的安裝設置。用程式保存並加載安裝檔案。

## 13.8 安裝 → I/O 設置



在 I / O 設置螢幕上，使用者可以定義 I / O 訊號並使用 I/O 索引標籤控件配置操作。

輸入和輸出部分列出 I/O 訊號的類型，如：

- 數位標準通用、可配置和工具
- 模擬標準通用和工具
- MODBUS
- 通用寄存器（布爾、整數和浮點）通用寄存器可以通過通訊總線訪問（例如：Profinet 和乙太網路/IP）。

### 13.8.1 I/O 訊號類型

要限制輸入和輸出部分中列出的訊號數量，請使用螢幕頂部的**查看**下拉式功能表，根據訊號類型更改顯示的內容。

### 13.8.2 分配使用者定義的名稱

要輕鬆記住訊號在與機器人一起工作時所做的工作，使用者可以將名稱與輸入和輸出訊號相關聯。

1. 選擇所需的訊號
2. 點擊螢幕下方的文本欄位來設置名稱。
3. 要將名稱重置為預設，請點擊**清除**。

必須給通用寄存器一個使用者定義的名稱以使其在程式中可用（即：針對 Wait 命令或 If 命令的條件運算式 等待和如果命令分別在（14.9）和（14.18）中描述。命名的通用寄存器可以在運算式編輯器螢幕的輸入或輸出選擇器中找到。

### 13.8.3 I/O 操作和 I/O 索引標籤控制

輸入和輸出操作：物理和現場總線數位 I/O 可用於觸發操作或對程式狀態作出反應。

可用的輸入操作：

- 啟動當前程式
- 停止當前程式
- 暫停當前程式
- 自由驅動模式（類似於使用教導器上的自由驅動按鈕）

可用的輸出操作：

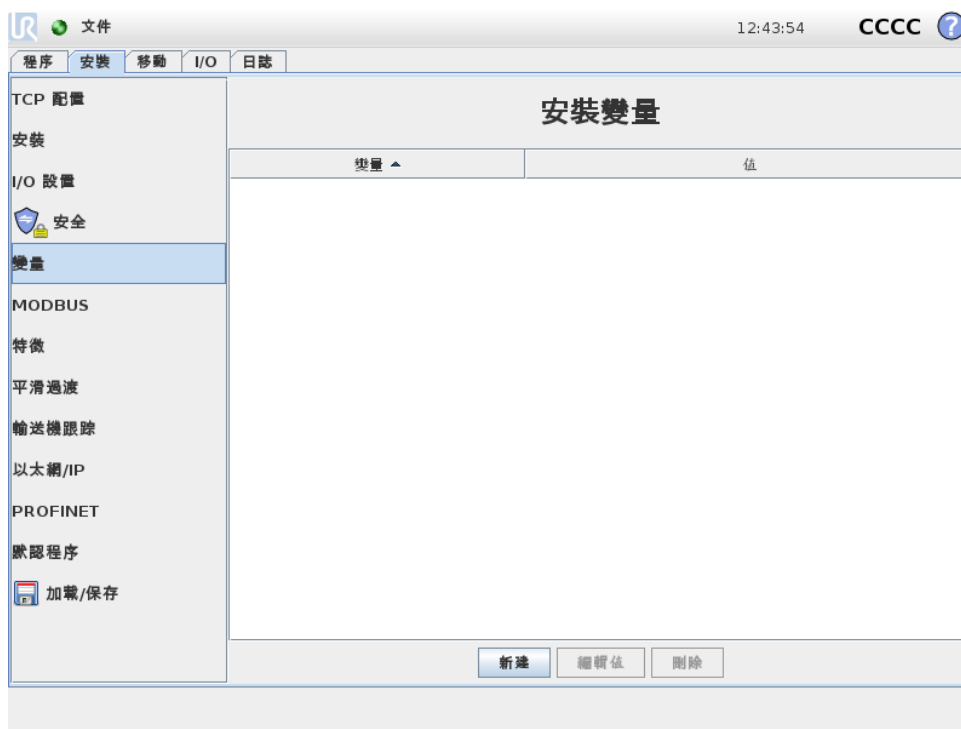
- 不運行時低：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較低。
- 不運行時高：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較高。
- 不運行時較高，停止時較低：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較低，運行時較高。

I/O 索引標籤控制：說明是否在 I/O 索引標籤上控制輸出（由任一程序員執行，或者操作員和程序員共同執行），或說明是否由機器人程式控制。

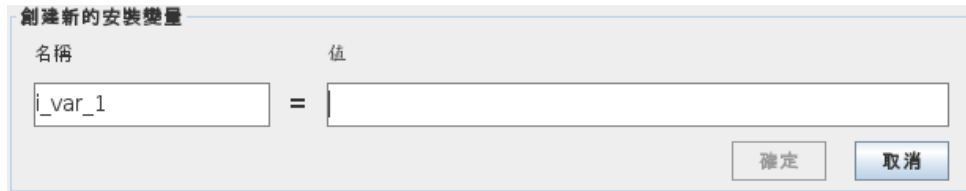
## 13.9 安裝 → 安全

請參閱第 10 章。

## 13.10 安裝 → 變數



變數熒幕上創建的變數稱為安裝變數，像一般的程序辯論一樣使用。安裝設置變數非常特殊，因為即使當程序被中斷而後又重新啟動，以及當機械手臂和/或控制器斷電而後又重新上電，它們的值依然保留著。它們的名稱和值都儲存在安裝設置中，因此可以在多個程序中使用相同的變數。



按**新建**，板上將出現含有新變數建議的名稱。該變數名稱可以更改，變數值可以通過觸摸文本欄位輸入。只有在這個新名稱在該安裝設置沒有使用的情況下，才可以點擊 OK-按鈕。

將列表中的變數高亮，按後點擊**編輯數值**，可以更改安裝設置變數值。

要刪除變數，選中它，然後點擊**刪除**。

安裝設置變量配置結束後，需保存安裝設置本身，從而保存配置。

安裝設置變數及其值每 10 分鐘會自動保存一次。

如果加載了程序或安裝設置，並且一個或一個以上的程序變數與安裝設置變數的名稱相同，使用者將可選擇解決這一問題：選用名稱相同的安裝設置變數而不是程序變數，或對相衝突的變數進行自動更名來解決問題。

## 13.11 安裝 → MODBUS 客戶端 I/O 設置



此處可設置 MODBUS 客戶端（主機）訊號。可由輸入/輸出訊號（寄存器或數字）創建與指定 IP 地址的 MODBUS 服務器（或從設備）的連接。每個訊號都有唯一的名稱，因此可用在程序中。

### 刷新

按此按鈕可刷新所有 MODBUS 連接。刷新會斷開所有的 modbus 單元，並再次連接它們。所有統計數據都被清除

## 添加設備

按此按鈕可添加新的 MODBUS 設備。

## 刪除設備

按此按鈕可刪除 MODBUS 設備和已添加到設備的所有訊號。

## 設置設備 IP

此處將顯示 Modbus 設備的 IP 地址。按此按鈕可更改 IP 地址。

## 順序模式

僅在選擇顯示高級選項（請參閱 13.11）時才可用。選擇此復選框將強制 modbus 客戶端在發送下一個請求之前等待響應。某些現場總線設備需要此模式。打開此選項可能有助於在有多個訊號時，並且提高請求頻率會導致訊號斷開連接。請注意，當在連續模式下定義多個訊號時，實際訊號頻率可能會低於請求的頻率。訊號統計中可以觀察到實際的訊號頻率（參見第 13.11 部分）。如果實際訊號頻率小於從“頻率”下拉式清單中選擇的值的一半，訊號指示燈將變為黃色。

## 添加訊號

按此按鈕可添加訊號到相應的 MODBUS 設備上。

## 刪除訊號

按此按鈕可從相應的 MODBUS 設備上刪除訊號。

## 設置訊號類型

使用此下拉式功能表可選擇訊號類型。可用類型包括：

**數位輸入：**數位輸入（線圈）是一位長度的訊號，可從訊號地址域中指定線圈上的 MODBUS 設備讀取。使用功能代碼 0x02（讀取離散輸入）。

**數位輸出：**數位輸出（線圈）是一位長度的訊號，可設置為高電平或低電平。在使用者已設置此輸出的值之前，將從遠程 MODBUS 設備讀取輸出值。這意味著將使用功能代碼 0x01（讀取線圈）。當通過機器人程序設置或使用**設置訊號值**按鈕設置輸出之後，將使用功能代碼 0x05（寫入單線圈）。

**寄存器輸入：**寄存器輸入訊號是從地址域中指定的地址讀取的 16 位長度訊號。使用功能代碼 0x04（讀取輸入寄存器）。

**寄存器輸出：**寄存器輸出是 16 位長度訊號，可由使用者自行設置。在使用者已設置寄存器的值之前，將從遠程 MODBUS 設備讀取寄存器值。這意味著將使用功能代碼 0x03（讀取保持寄存器）。當通過機器人程序或在**設置訊號值**欄位中指定訊號值來設置訊號之後，將使用功能代碼 0x06（寫入單寄存器）來設置遠程 MODBUS 設備的值。

## 設置訊號地址

此欄位顯示遠程 MODBUS 服務器上的地址。可使用熒幕小鍵盤選擇不同地址。有效地址取決於製造商和遠程 MODBUS 設備的配置。

## 設置訊號名稱

使用者可以使用熒幕鍵盤為訊號指定名稱。當訊號在程序中使用時會用到訊號名稱。

## 訊號值

此處顯示訊號的當前值。對於寄存器訊號，訊號值以無符號整數表示。對於輸出訊號，可以使用按鈕設置所需的訊號值。同樣，對於寄存器輸出訊號，所提供的要寫入設備的訊號值也必須是無符號整數。

## 訊號連接狀態

此圖標顯示是否可正確讀取/寫入訊號（綠色）、設備是否做出意外響應或是否無法檢測到設備（灰色）。如果收到 MODBUS 異常響應，則顯示響應代碼。MODBUS-TCP 異常響應為：

- E1: 非法功能 (0x01) 詢問所收到的功能代碼是服務器（或從設備）不允許的動作。
- E2: 非法數據地址 (0x02) 詢問所收到的功能代碼是服務器（或從設備）不允許的動作，檢查輸入的訊號地址是否對應遠程 MODBUS 服務器的設置。
- E3: 非法數據值 (0x03) 詢問所包含的值是服務器（或從設備）不允許的動作，檢查輸入的訊號值對於遠程 MODBUS 服務器上的指定地址是否有效。
- E4: 從設備故障 (0x04) 服務器（或從設備）在嘗試執行所請求的動作時發生不可恢復的錯誤。
- E5: 應答 (0x05) 專用資訊已與編程命令一起發送至遠程 MODBUS 設備。
- E6: 從設備忙 (0x06) 專用資訊已與編程命令一起發送至遠程 MODBUS 設備，從設備（服務器）現在無法響應。

## 顯示高級選項

此復選框可顯示/隱藏每個訊號對應的高級選項。

## 高級選項

**更新頻率:** 此功能表可用於更改訊號的更新頻率。更新頻率是指向遠程 MODBUS 設備發送請求來讀取或寫入訊號值的請求頻率。當頻率設置為 0 時，使用 `modbus_get_signal_status`、`modbus_set_output_register` 和 `modbus_set_output_signal` 腳本函數按需要啟動 `modbus` 請求。

**從設備地址:** 此文本欄位可用於為與特定訊號對應的請求設置具體的從設備地址。該值必須在 0-255 範圍內（包括 0 和 255），默認值為 255。若要更改此值，建議您首先查閱遠程 MODBUS 設備手冊，驗證從設備地址更改後的功能正常。

**重新連接計數:** TCP 連接關閉的次數，然後再次連接。

**連接狀態:** TCP 連接狀態。

**響應時間 [ms: ]** 發送 `modbus` 請求和收到響應之間的時間 - 僅在通信處於活動狀態時更新。

**Modbus 數據包錯誤:** 接收到的包含錯誤的數據包數量（即無效長度、缺失數據、TCP 套接字錯誤）。

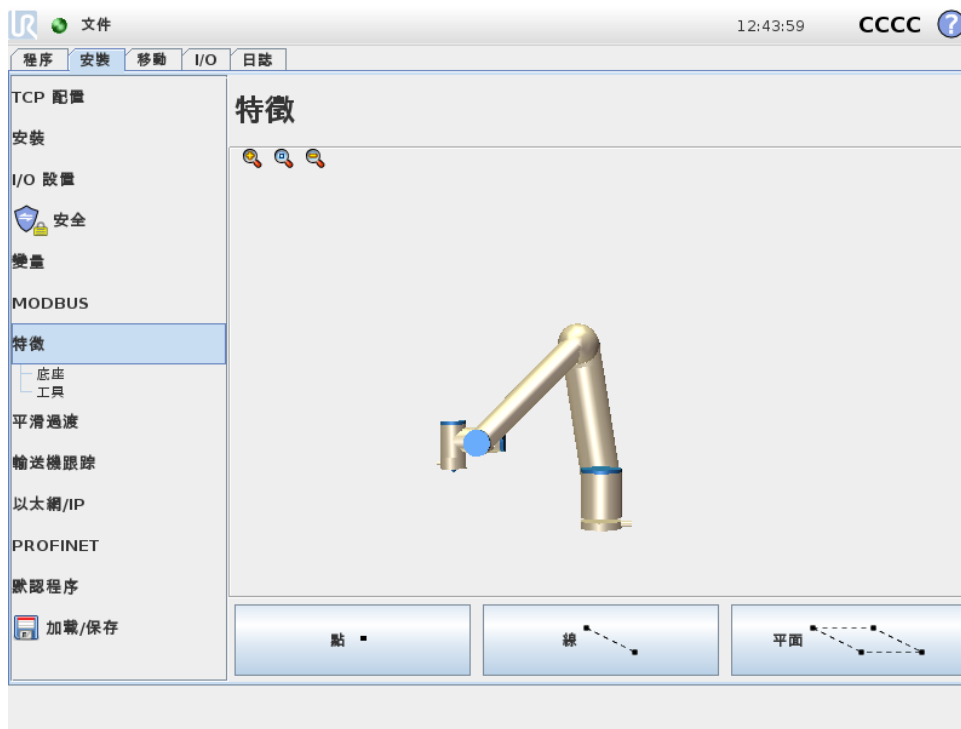
**超時:** 沒有得到響應的 `modbus` 請求的數量。

**請求失敗:** 由於套接字狀態無效而無法發送的數據包數量。

實際頻率：客戶端（主）訊號狀態的平均頻率更新。每次訊號收到服務器（或從站）的響應時，都會重新計算此值。

所有的計數器計數到 65535，然後回到 0。

## 13.12 安裝 → 特徵



**特徵**是已經與以供將來參考的名稱和相對於機器人底座的六維位姿（位置和方向）定義這種物體的表示。

機器人程式的某些子部分包括相對於除機械手臂底座之外的特定物體執行的運動。這些物體是機械手臂周邊的桌子、其他機器、工件、傳送帶、托盤、觀察系統、坯料或邊界。機器人始終存在兩個預定義功能。每個特徵的姿勢都由機械手臂本身的配置定義：

- 底座特徵原點位於機器人底座的中心（見圖13.1）
- 工具特徵原點位於當前 TCP 的中心（見圖13.2）

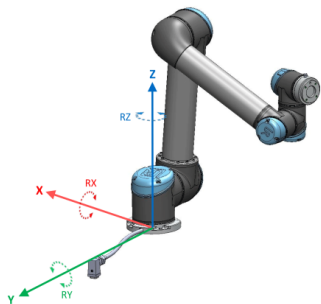


圖 13.1: 底座特徵

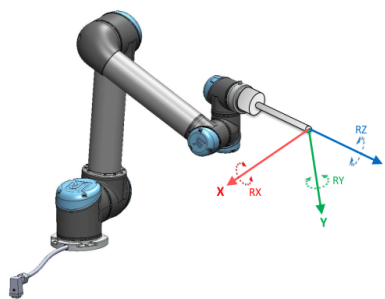


圖 13.2: 工具（TCP）特徵

使用者定義的功能通過使用工作區中 TCP 當前位姿的方法進行定位。這意味著使用者可以使用自由驅動模式或可喚醒模式將機器人移動到所需位姿方法教導功能位置。

存在三種不同的策略（**點、直線和平面**）來定義特徵位姿。給定應用程式的最佳策略取決於所用對象的類型和精度要求。通常，如果適用於特定對象，應首選基於更多輸入點（**直線和平面**）的功能。

為了準確地定義線性傳送帶的方向，用盡可能多的物理分離來定義直線特徵的兩個點。點特徵也可用於定義直線傳送帶，但使用者必須將 TCP 指向傳送帶的運動方向。

使用更多的點來定義桌子的位姿意味著方向是基於單一 TCP 的位置而不是方向。單一 TCP 方向難以進行高精度配置。

要了解定義特徵的不同方法，請參閱（第 13.12.2）、（13.12.3）和（13.12.4 節）。

## 13.12.1 使用特徵

如果在安裝過程中定義特徵，您可以透過在機器人程式中引用該特徵，使機器人運動與（例如 MoveL 和 MoveP 命令）此特徵相關聯（請參閱第 14.5 節）。這允許了機器人程式容易適應（例如：當具有多個機器人站或在程式運行期間移動物體或在場景中永久移動物體時）。通過調整物體的特徵，相對於物體的所有程式運動都會相應地被移動。有關更多示例，請參閱（第 13.12.5 和 13.12.6 節）。

在移動索引標籤（第 13.1 節）或**位姿編輯器**熒幕（請參閱 12.2）中手動移動機器人時，配置為可喚醒的特徵亦是有效的工具。當選擇特徵作為參考時，用於轉換和旋轉的移動工具按鈕將在所選特徵空間（請參閱 13.1.2）和（13.1.3）中和 TCP 坐標的讀數運行。例如，如果一個表被定義為一個特徵並被選為移動索引標籤中的一個參考，那麼轉換箭頭（即上/下、左/右、前進/後退）將機器人在相對於表的這些方向上移動。此外，TCP 坐標將位於表的框架中。

### 重命名

此按鈕重命名一個特徵。

### 刪除

使用此按鈕可刪除所選特徵及任何子特徵。

### 顯示坐標軸

選擇是否在 3D 視角中顯示所選特徵的坐標軸。該選擇適用於此熒幕和移動熒幕。

### 更改點

使用**更改此點**可設置或更改所選特徵。點擊按鈕顯示**移動**索引標籤（請參閱 13.1 部分），可在其中設置特徵的新位置。

### 可喚醒

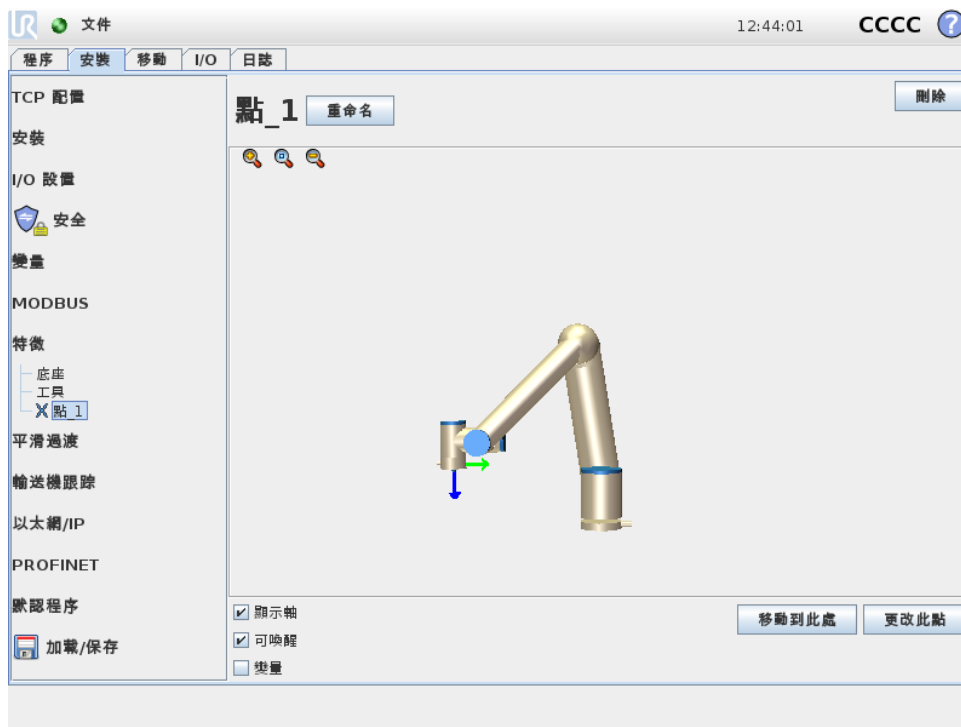
選擇所選特徵是否將可喚醒。這確定該特徵是否將顯示在移動熒幕的特徵功能表中。

### 使用將機器人移至此處

按下**將機器人移至此處**按鈕將機械手臂移向所選特徵。移動結束後，特徵的坐標系和 TCP 的坐標系將重合。

### 13.12.2 新點

按點按鈕可在安裝設置中添加點特徵。點特徵定義機械手臂的安全邊界或全局主配置。點特徵的位置由 TCP 的位置來定義。



### 13.12.3 新線

按線按鈕可在安裝設置中添加線特徵。線特徵定義了機器人需要遵循的線。(例如：當使用傳送帶跟蹤時)。直線 1 由兩個點特徵 p1 和 p2 之間的軸來定義，如 13.3 所示。

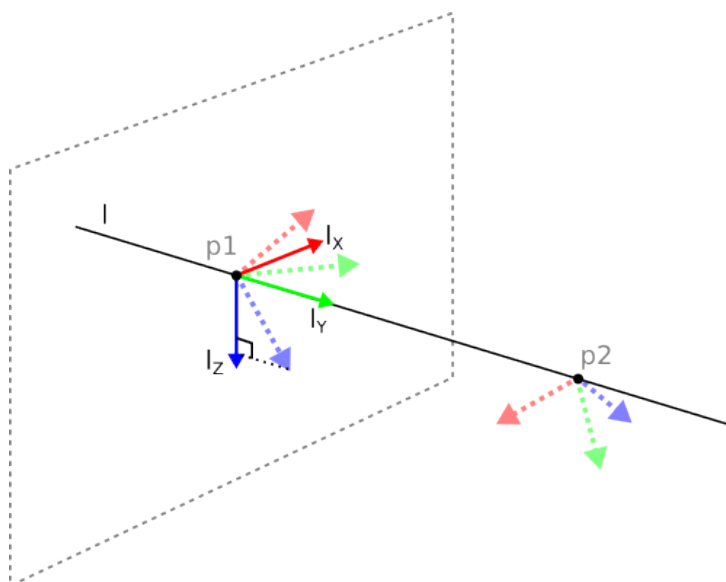
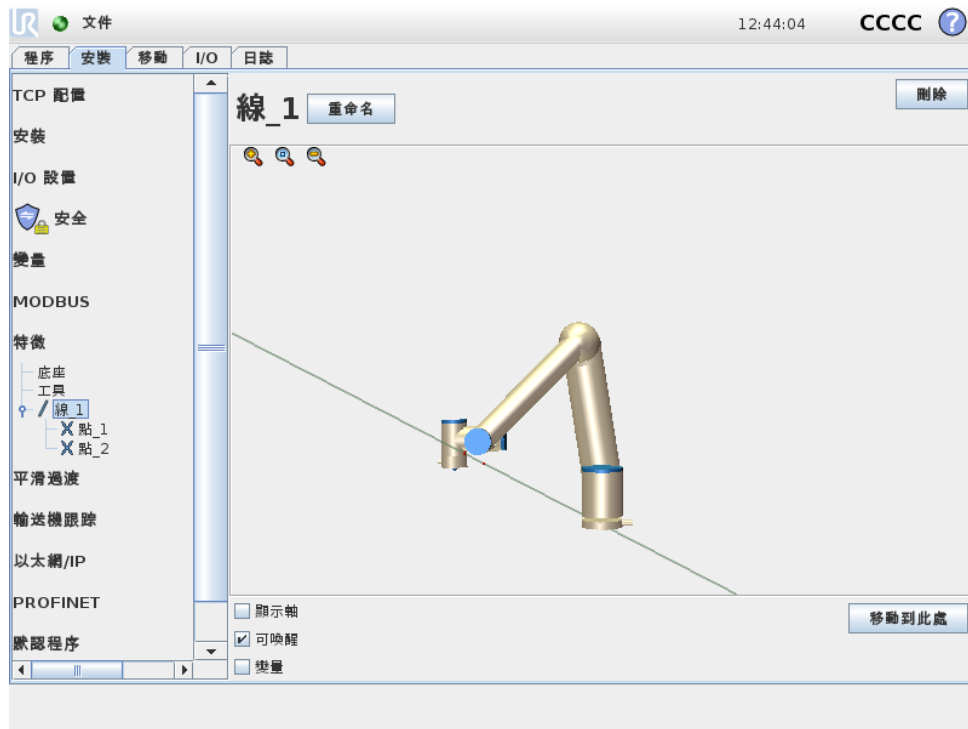


图 13.3: 直線特徵的定義

在圖 13.3 中，軸由第一個點指向第二個點，將構成直線坐標系的 y-軸。直線坐標系的 z-軸將由

p1 的 z-軸投射到線段垂面上的投影來定義。直線坐標系的位置與 p1 的位置相同。



### 13.12.4 平面特徵

當您需要高精度框架時選擇平面特徵：例如：當使用觀察系統或相對於桌子進行移動時。

#### 添加平面

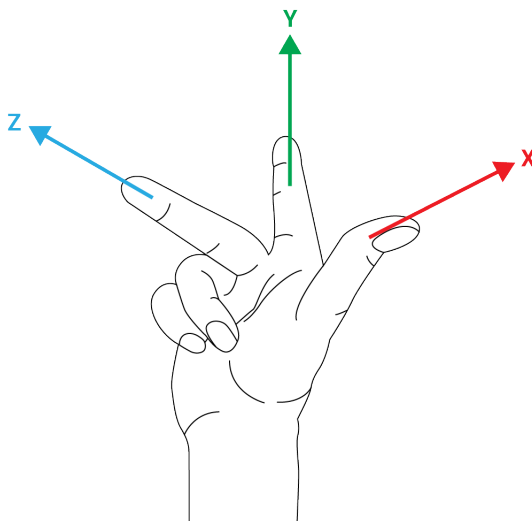
1. 在安裝中，選擇**特徵**。
2. 在特徵下選擇**平面**。

#### 示教平面

按平面按鈕創建新平面時，熒幕上的指南可幫助您創建平面。

1. 選擇 Origo
2. 移動機器人以定義平面的正 x-軸方向
3. 移動機器人以定義平面的正 y-軸方向

平面使用右手定則定義，因此 z-軸是 x-軸和 y-軸的叉積，如下所示。



**注意:**

如果您希望該平面在相反方向上正常，您可以在 x-軸的相反方向上重新示教該平面。

通過選擇平面並按修改平面來修改現有平面。然後，您將使用相同的指南來示教新平面。

13.12.5 例子：手動更新特徵以調整程式

考慮一個應用的機器人程式的多個部分相對於一張桌子。圖13.4中示出從航點 wp1 到 wp4 的移動。

機器人程式

```

MoveJ
S1
MoveL # 特徵 : P1_var
wp1
wp2
wp3
wp4

```

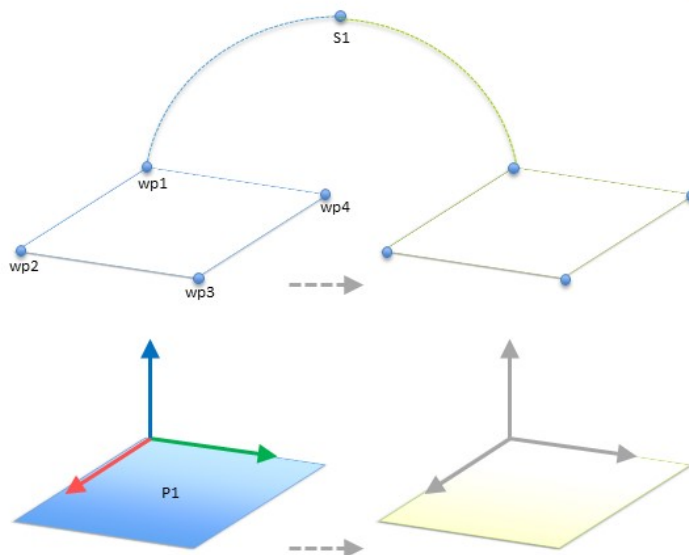


圖 13.4: 相對於平面特徵（通過更改特徵進行手動更新）的四個路點的簡單程式

應用需要將程式重新用於多個機器人安裝，其中只有桌子的位置略有不同。相對於桌子的移動是相同的。通過將桌子的位置定義為安裝中的特徵 P1，具有相對於平面配置的 MoveL 命令的程式可以通過僅使用桌子實際位置更新安裝，從而輕鬆地應用於額外機器人中。

版權所有 © 2009-2018 Universal Robots A/S。保留所有權利。

該概念適用於應用中的一些特徵，以實現可以在許多機器人上解決相同任務的靈活程式，即使工作空間中因安裝而有所不同。

### 13.12.6 例子：動態地更新特徵位姿

考慮一個類似的應用，其中機器人必須以特定的模式移動到桌子的頂部以便解決特定任務（參見13.5）。

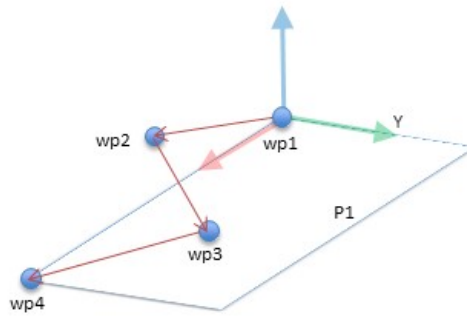


图 13.5: 具有相對於平面特徵的四個路點的 MoveL 命令

相對於 P1 的移動每次以偏移量  $o$  重複許多次。在此示例中，偏移在 Y-方向上設置為 10 cm（參見圖13.6，偏移 O1 和 O2）。這通過使用 `pose_add()` 或 `pose_trans()` 指令碼函數來操作變數。

機器人程式

```

MoveJ
  wp1
y = 0.01
o = p[0,y,0,0,0]
P1_var = pose_trans(P1_var, o)
MoveL # 特徵: P1_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
    
```

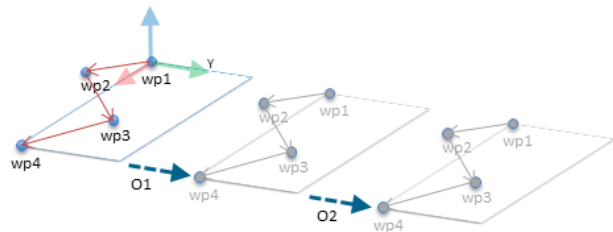


图 13.6: 對平面特徵應用偏移

程式在運行時可以切換到不同的特徵，而不是添加偏移量。下面的示例（參閱圖13.7）演示了 MoveL 命令的參考特徵 P1\_var 可以在兩個平面 P1 和 P2 之間切換。

## 13.13 傳送帶跟踪設置

傳送帶跟踪設置允許最多配置兩個獨立傳送帶的移動。傳送帶跟踪設置中的選項可將機器人配置為使用絕對和增量編碼器以及線性和圓形傳送帶。

### 傳送帶參數

**增量:** 編碼器可以被連接到數位輸入 0 至 3。數位訊號的解碼以 40kHz 運行。使用正交編碼器（需要兩個輸入），機器人將能夠確定速度與傳送帶方向。如果傳送帶的方向是恆定的，可以使用單個輸入檢測上升、下降或升降邊緣以確定傳送帶的速度。

**絕對:** 編碼器可以通過 MODBUS 訊號連接。這需要在（請參閱 13.11部分）中預先配置一個數位式 MODBUS 輸出寄存器。

機器人程式

```

MoveJ
  S1
if (digital_input[0]) then
  P1_var = P1
else
  P1_var = P2
MoveL # 特徵: P1_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4

```

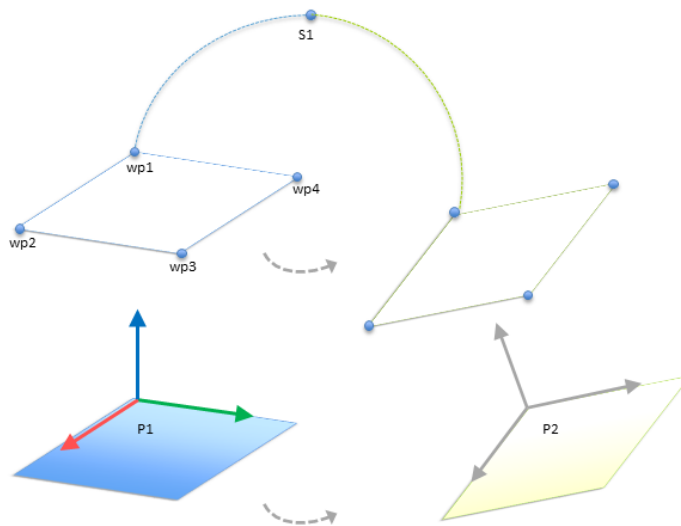


图 13.7: 從一個平面特徵切換到另一個

## 跟踪參數

**線性傳送帶:** 當選擇了線性傳送帶時，必須在安裝的**特徵**部分中配置直線特徵，以確定傳送帶的方向。透過選擇與傳送帶方向平行的直線特徵，使兩個點之間保持較大距離，用於定義直線特徵來確保準確性。在教導兩點時，通過讓工具緊靠傳送帶側面來配置直線特徵。如果直線特徵的方向與傳送帶的運動相反，請使用**反向**按鈕。

**每米刻度**欄位顯示輸送機移動一米時編碼器生成的刻度數。

**圓形傳送帶:** 在跟踪圓形傳送帶時，必須定義傳送帶中心點。

1. 在安裝的**特徵**部分中定義中心點。**每轉一次刻度**值必須是當傳送帶旋轉一整圈時編碼器產生的刻度數。
2. 選擇控制工具方向的**用傳送帶旋轉工具**核取方塊，即可跟踪傳送帶旋轉。

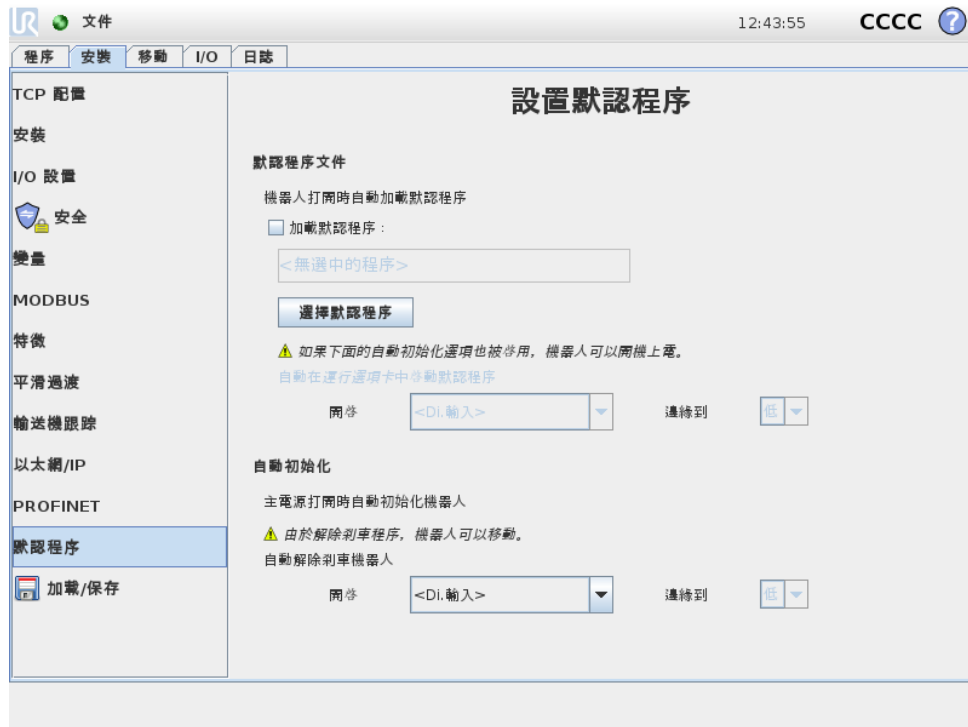
## 13.14 平滑過渡安全模式

在活動期間切換安全模式（即縮減模式輸入、縮減模式觸發平面、安全防護停止和三位激活裝置）時，機械手臂欲使用 0.4 秒來建立“軟”過渡。現有應用程式具有與“硬”設定相對應的恆定行為。新安裝檔案預設為“軟”設定。

### 13.14.1 調整加速/減速設定

- 按安裝索引標籤。
- 於左側功能表中，選擇平滑過渡。
- 選擇“硬”以獲得更高的加速度/減速度，或選擇“軟”以進行更平滑的預設過渡設置。

## 13.15 安裝 → 預設程式



啓動熒幕包含自動加載設置、啓動預設程式，以及在啓動時，自動對機械手臂進行初始化。



### 警告:

1. 當自動加載、自動啓動和自動初始化被啓用時，只要輸入訊號與選定的訊號電平相匹配，機器人在控制箱上電後立即運行程式。例如：在這種情況下，不需要邊沿轉換到選定的訊號電平。
2. 訊號電平設置為低電平時請小心。輸入訊號預設為低電平，使程式自動運行而不受外部訊號的觸發。

### 加載預設程式

控制箱接通電源後會加載預設程式。此外，當輸入**運行程式**熒幕（請參閱 11.4）被輸入，且不加載任何程式時，預設程式會自動加載。

### 開啟預設程式

預設程式可在**運行程式**熒幕中自動啓動。當預設程式被加載，並且特定的外部輸入訊號邊緣過渡被發現，該程式會自動啓動。

在啓動時，當前輸入訊號電平未定義。在啓動時選擇與訊號電平相匹配的轉換會立即啓動程式。此外，離開**運行程式**熒幕或點擊儀表板上的停止按鈕將使自動啓動特徵失效，直到再次按壓運行按鈕。

## 自動初始化

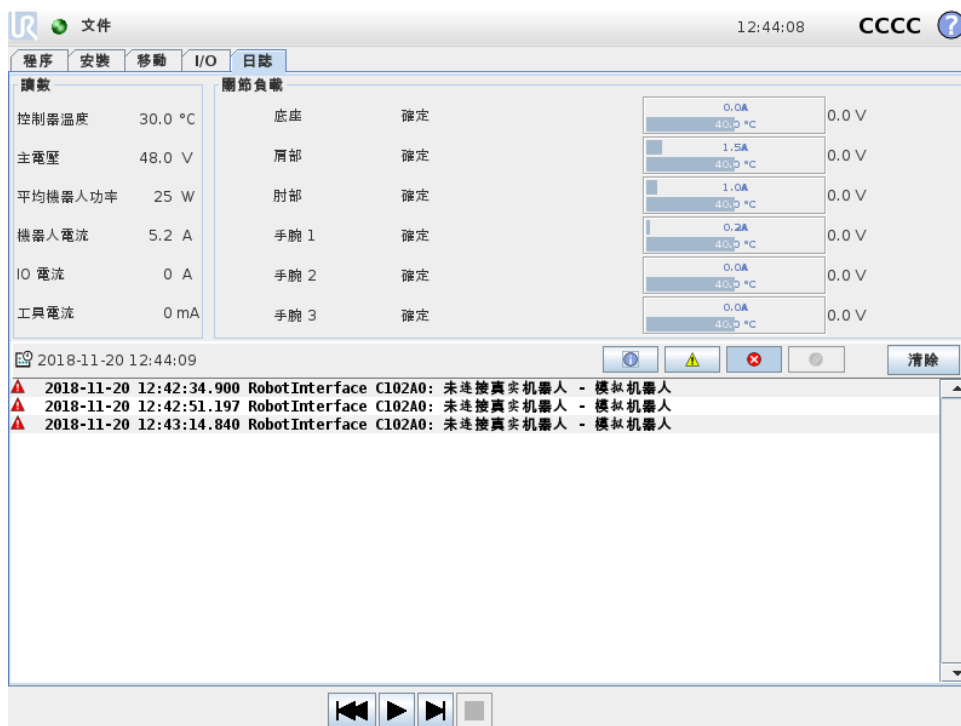
機械手臂會自動初始化。對於特定的外部輸入訊號邊緣過渡，機械手臂將完全被初始化，而不考慮可見熒幕。

解除剎車是最後的初始化階段。在解除剎車期間，機械手臂發出輕微的移動和卡嗒聲。另外，如果配置的安裝角度與（基於傳感器資料）得到的安裝角度不相符，資料剎車將不能自動釋放。在這種情況下，就必須在初始化熒幕（請參閱 11.5）中對機器人進行手動初始化。

在啟動時，當前輸入訊號電平未定義。啟動時選擇與訊號電平相匹配的轉換將立即啟動機器手臂。

僅當關閉機械手臂時，自動初始化功能才可用。

## 13.16 日誌索引標籤



**機器人健康** 熒幕上半部分顯示機械手臂和控制器狀況。

熒幕左側顯示與控制器相關的資訊，而熒幕右側顯示機器人關節資訊。每個關節代表電機和電子部件的溫度，關節的負載，以及電壓。

**機器人日誌** 資訊顯示在熒幕的下半部分。第一列將日誌記錄的嚴重性分類。第二欄顯示消息的到達時間。下一列顯示消息發送人。最後一列顯示具體消息。消息可以通過切換按鈕（與日誌記錄的嚴重性相對應）進行過濾。上圖顯示錯誤會被顯示，而資訊和警告消息會被過濾。一些日誌消息的設計初衷就是提供更多資訊，可以通過選定日誌記錄進行訪問。

### 13.16.1 保存錯誤報告

一旦 PolyScope 發生錯誤，就會生成錯誤日誌。在日誌索引標籤中，您可以跟踪和/或導出生成的報告到 USB 驅動器（請參閱 13.16）。可以跟踪並導出以下錯誤列表：

- 故障
- 內部 PolyScope 例外
- 保護性停止
- URCap 中出現未處理異常
- 違例

導出的報告包含：使用者程序、歷史日誌、安裝和運行服務列表等。

**錯誤報告** 當日誌行中出現回形針圖標時，可以使用詳細的狀態報告。

- 選擇日誌行並點擊保存報告按鈕將報告保存到 USB 驅動器。
- 報告可以在程序運行時保存。



**注意：**

生成一個新報表時，最舊的報表將被刪除。只有最近的五個報告被存儲。

## 13.17 加載熒幕

在此熒幕，您可選擇要加載的程序。此熒幕有兩個版本：一個用於加載程序和執行程序，一個用於編輯程序。



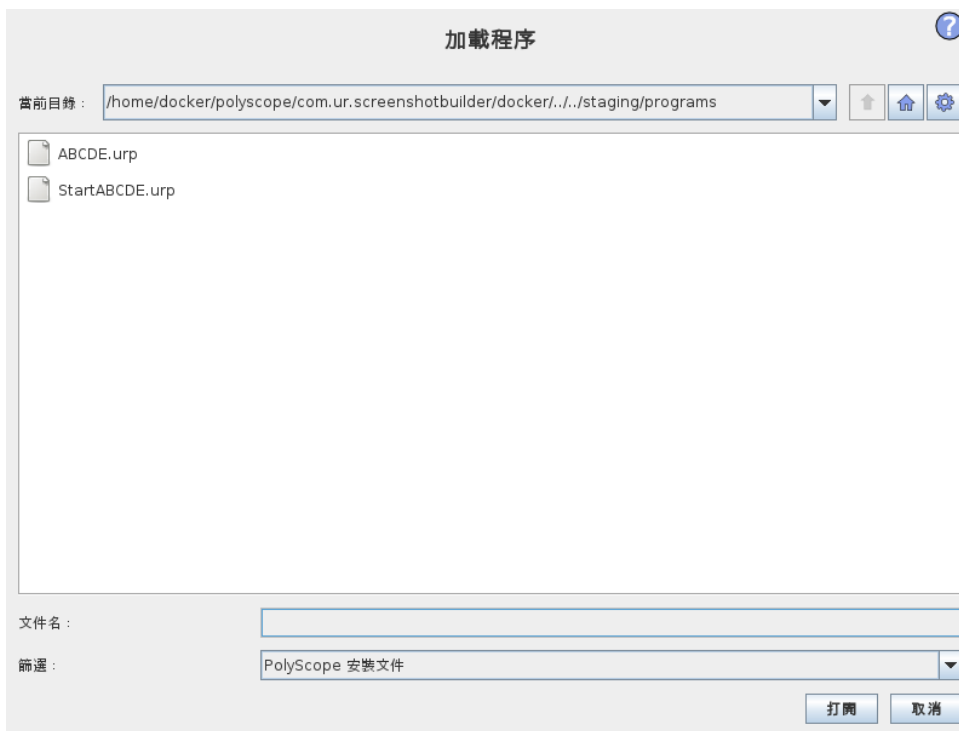
**注意：**

不建議從 USB 設備運行程序。若要運行 USB 驅動上的程序，先通過**檔案**功能表下的**另存為...**將其加載並保存到本地程序資料夾下。

主要差異在於使用者可執行的是哪個。在基本加載熒幕中，使用者只能訪問文件 - 不能修改或刪除文件。此外，使用者不允許離開程序資料夾下的目錄結構。使用者可以向下訪問子目錄，但不能訪問程序資料夾上一級目錄。

因此，所有程序都應放在程序資料夾和/或程序資料夾下的子資料夾。

## 熒幕佈局



上圖顯示的是實際的加載熒幕。包含下述重要區域和按鈕：

**路徑歷史記錄** 路徑歷史記錄顯示訪問至當前位置所經過的路徑的位置。這意味著，熒幕上將顯示直至計算機根目錄的所有父目錄。此處，您會發現您可能無法訪問程序資料夾以上的所有目錄。

選定列表中的資料夾名稱，而將對話變更加載到該目錄，並顯示在文件選擇區（請參閱 13.17）。

**檔案選擇區域** 在對話框的此區域，將顯示實際的目錄。通過這個，使用者可以點擊文件名稱選定文件，或雙擊文件名稱打開文件。

長按大約 0.5 秒選中目錄。點擊向下訪問資料夾並顯示其內容。

**檔案篩選器** 使用文件篩選器，使用者可設定僅顯示自己想要顯示的文件類型。選擇**備份文件**時，文件選擇區域將顯示每個程序最近保存的 10 個版本，其中，.old0 為最新的版本，.old9 為最老的版本。

**檔案欄位** 此處將顯示當前所選的文件。使用者可以點擊欄位右側的鍵盤圖標手動鍵入文件名稱。熒幕鍵盤會跳出，使用者可以直接在熒幕上輸入文件名。

**打開按鈕** 點擊打開按鈕可打開當前所選文件並返回上一個熒幕。

**取消按鈕** 點擊取消按鈕可終止當前的加載進程，並促使熒幕跳回前一頁面。

**操作按鈕** 一系列按鈕讓使用者可以進行一些操作，這些操作以往一般需要使用者在傳統的文件對話框中鼠標右鍵點擊文件名才會跳出。此外，還可以在目錄結構中直接向上訪問程序資料夾。

- 父目錄：在目錄結構中上移。該按鈕在兩種情況下不會啟用：當前資料夾是頂級目錄；或螢幕在受限模式且當前目錄是程序資料夾。
- 轉至程序資料夾：返回主螢幕
- 操作：例如創建目錄、刪除文件等操作。

## 13.18 運行索引標籤



此索引標籤提供了一種非常簡便的機械手臂和控制箱操作方法，使用盡可能少的幾個按鈕和選項即可完成操作。這可結合對 PolyScope 編程部分的密碼保護功能（請參閱 15.3），使機器人成為可以獨占運行預先編好的程序的一種工具，這樣更為實用。

此外，在該索引標籤中一個默認程序會自動加載並啟動，基於外部輸入訊號邊緣過渡（請參閱 13.15）。自動加載啟動預設程式，開機時自動初始化等，可以用於將機械手臂整合進其他機器。

# 14 編程

## 14.1 新程序



新機器人程序可以通過套用範本或參照現有（已保存）機器人程序來創建。範本提供整個程序結構，只需填寫程序的細節內容即可。

## 14.2 程序索引標籤



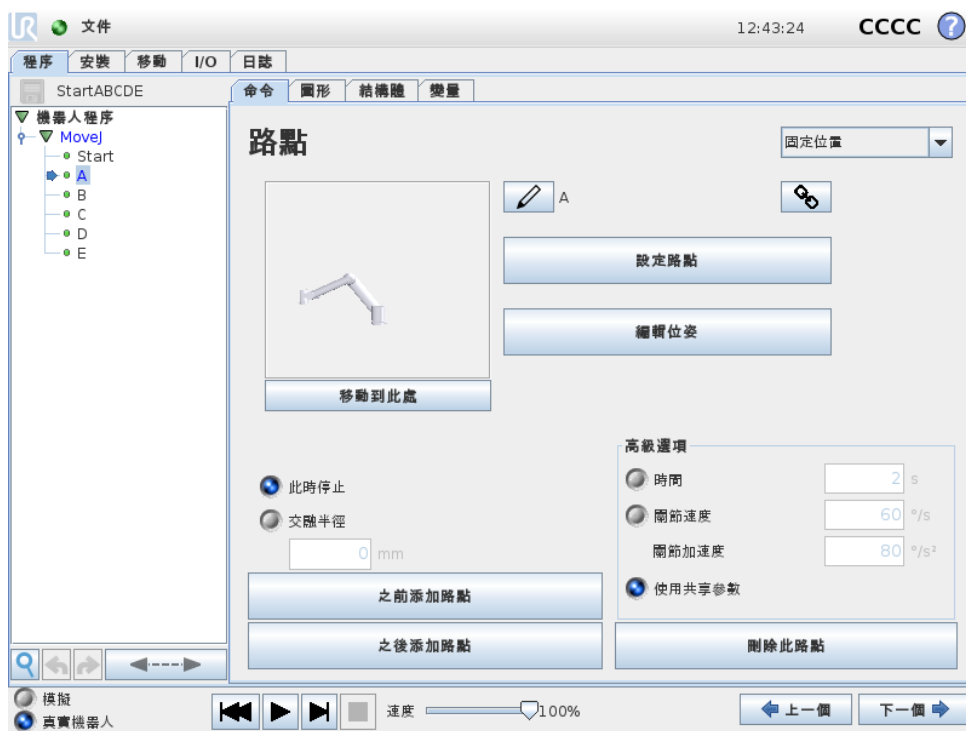
程序索引標籤顯示要編輯的當前程序。







### 14.2.1 程式樹

螢幕左側的**程式樹**以命令列表形式顯示該程序，螢幕右側區域顯示與當前命令相關的資訊。當前命令可通過點擊命令列表來選擇，或使用螢幕右底部的**上一個**和**下一個**按鈕來選擇。可使用**結構**索引標籤來插入或移除命令。程序名稱顯示在命令列表正上方，旁邊有一個小的磁盤圖標，點擊此圖標可快速保存程序。



在程式樹中，當前正在執行的命令高亮顯示，如 14.2.2 中所示。

### 14.2.2 程序執行指示





**程式樹**以可視化線索告知當前機器人控制器正在執行的命令。命令圖標左側顯示小  圖標，正在執行的命令名稱和以該命令為子命令（通常用 / 命令圖標標示）的所有命令都以藍色高亮顯示。這可以幫助使用者在程式樹中找到正在執行的命令。例如，如果機械手臂正在朝著一個路點移動，則標有  圖標的相應路點子命令及其名稱以及其所屬的移動命令（請參閱 14.5）的名稱以藍色高亮顯示。如果程序暫停，則程序執行指示圖標將標示出正在執行中的最後一條命令。點擊程式樹下帶  圖標的按鈕，將跳轉到程式樹中當前正在執行或最後執行的命令。如果在程序運行期間點擊了某個命令，則命令索引標籤將一直顯示該所選命令的相關資訊。按下  按鈕將使命令索引標籤上一直顯示當前正在執行的命令的資訊。

### 14.2.3 搜索按鈕

點擊  即可在程式樹中進行搜索。當點擊時，可輸入搜索文本，匹配的程序節點將以黃色高亮顯示。此外，導航按鈕可用於瀏覽匹配。按  圖標即可退出搜索。注意：必須展開程式樹才能訪問其他導航按鈕。

### 14.2.4 撤銷/重做按鈕

程式樹底部的工具列中帶有  和  圖標的按鈕用於撤銷和重新執行在程式樹及其所含命令中進行的更改。

### 14.2.5 程序儀表板

螢幕最底部是儀表板。儀表板上有一組類似於老式磁帶錄音機按鍵的按鈕，使用這些按鈕可以啟動、停止、單步調試和重新啟動程序。速度滑塊讓您可以隨時調節程序速度，程序速度直接影響著機器人的運動速度。此外，速度滑塊可以實時顯示機械手臂移動的相對速度，並將安全設置考慮在內。顯示的百分比是該運行程序在不造成安全系統故障的情況下可實現的最大速度。

儀表板左側的模擬和真實機器人按鈕可切換程序運行方式，選擇是以模擬形式運行還是在真實機器人上運行。以模擬形式運行時，機械手臂不會運動，因此不會因碰撞而受損或損壞附近任何設備。如果不確定機械手臂將要執行的動作，可使用模擬形式測試程序。



**危險:**

1. 按下播放按鈕後，確保置身在機器人工作空間外。您設定的運動可能不同於預期的運動。
2. 僅在非使用不可的情況下才使用步進按鈕。按下步進按鈕後，確保置身在機器人工作空間外。
3. 確保始終通過速度滑塊降低程序速度的方式來測試程序。集成商造成的邏輯編程錯誤可能導致機械手臂的意外運動。
4. 當緊急停止或保護性停止出現時，機器人程序將停止。只要關節移動不超過 10°，則可以恢復。當按播放時，機器人將慢慢移回到軌跡上，然後繼續執执行程序。

編寫程序時，可以使用圖形索引標籤上的 3D 視角演示機器人的運動效果（如 14.29 所述）。

每個程序命令旁邊都有一個小圖標，顏色分有紅色、黃色和綠色三種。紅色圖標表示該命令出錯，黃色圖標表示命令尚未完成，綠色圖標表示一切正常。只有當所有命令旁邊都顯示綠色圖標時，程序方可運行。

## 14.3 變數

機器人程式可以在運行時通過存儲更新變數值。有兩種變數可用：

**安裝變數:** 這些變數可以用於多個程式，且變數名和變數值在機器人安裝期間持續存在（請參閱 13.10）。安裝變數在機器人和控制箱重新啓動後保持它們的值。

**常規程式變數:** 這些變數僅適用於運行程式，且變數值在程式關閉後即丟失。

**變數類型:**

**布爾值** 布爾變數，值為真或假。

**整數值** 整數，範圍是 -2147483648 至 2147483647（32 位元）。

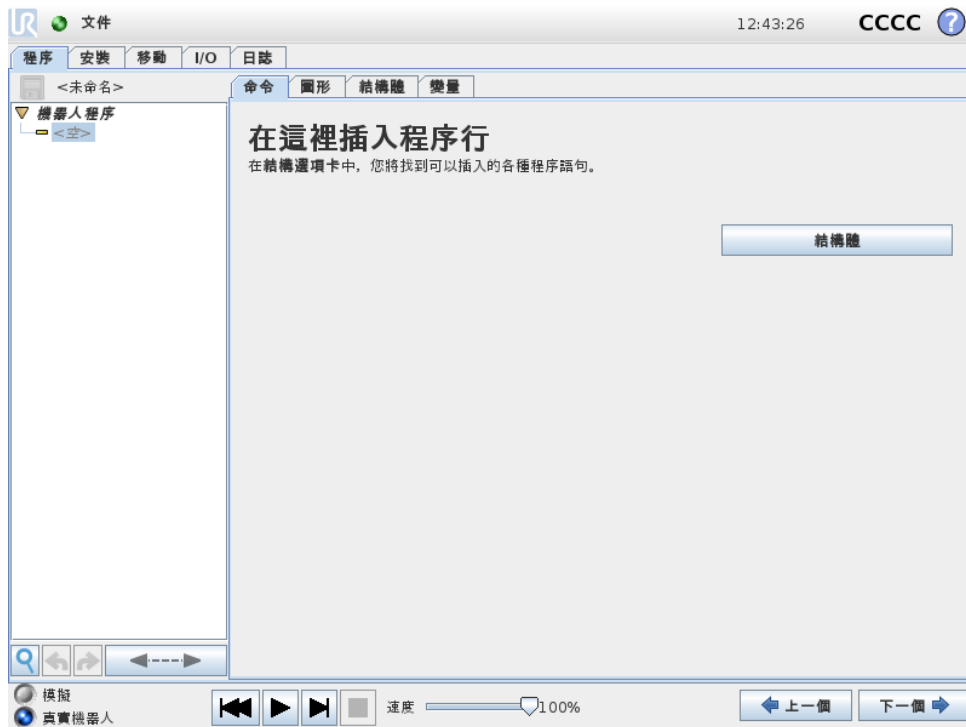
**浮點值** 浮點數（十進制）（32 位元）。

**字串** 字元序列。

**位姿** 矢量，指示笛卡爾空間中的位置和方向。位置矢量  $x, y, z$  和旋轉矢量  $rx, ry, rz$  的集合，表示方向，書寫形式  $p[x, y, z, rx, ry, rz]$ 。

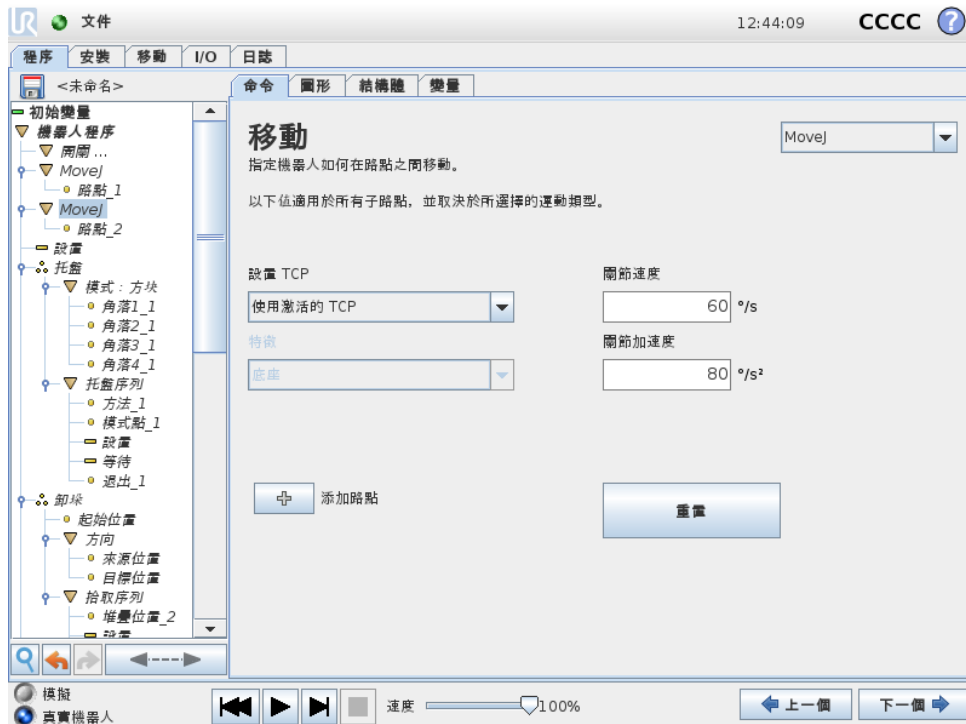
**列表** 變數序列。

## 14.4 命令：空



程序命令需從此處插入。按結構按鈕轉至結構索引標籤，在此索引標籤中可找到各種可選用的程序行。指定並定義所有程序行後，程序方可運行。

## 14.5 命令：移動

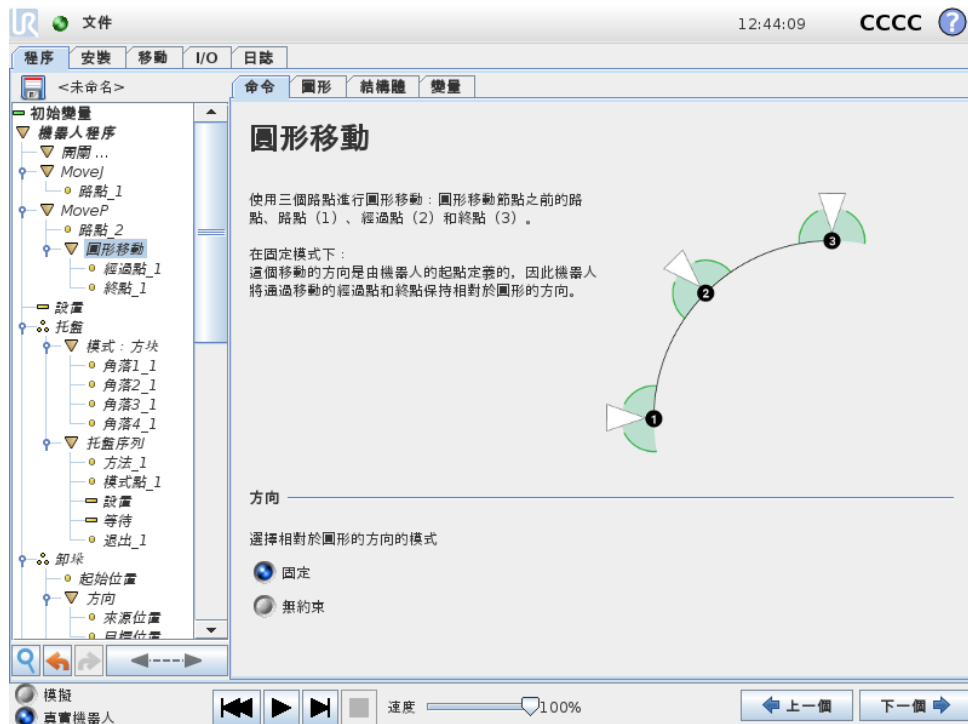


移動命令通過基本路點控制機器人的運動。路點必須置於運動命令下。移動命令定義機械手臂在這些路點之間的加速度和移動速度。

## 移動類型

您可從以下三種移動方式進行選擇：MoveJ、MoveL 和 MoveP。下面將解釋每種移動類型。

- moveJ 進行機械手臂關節空間中的運動。系統同時控制每個關節運動至所需的終點位置。此移動類型將為工具提供一個曲線路徑。適用於此移動類型的共用參數包括最大關節速度和最大關節加速度，分別以  $deg/s$  和  $deg/s^2$  表示。如果希望機械手臂在路點之間快速移動，而不用考慮工具在這些路點之間的移動路徑，此移動類型是個不錯的選擇。
- moveL 將使工具中心點（TCP）在路點之間進行線性移動。這意味著每個關節都會執行更為複雜的移動，以使工具保持在直線路徑上。適用於此移動類型的共用參數包括所需工具速度和工具加速度（分別以  $mm/s$  和  $mm/s^2$  表示）以及特徵。
- moveP 將使工具以恆定速度通過圓形混合區進行線性移動，適用於黏合或配製等一些工藝操作。預設情況下，所有路點使用相同的交融半徑。值越小，路徑轉角越大，反之，值越大，路徑越平直。機械手臂以恆定速度經過各路點時，機器人控制箱不會等待 I/O 操作或操作員的操作。若存在 I/O 操作或操作員採取行動，可能會使機械手臂停止運動，或導致保護性停止。
- **圓形移動** 可以被添加到 moveP 以進行圓形移動。機器人從其當前位置或起點開始移動，移動通過圓弧上指定的經過點和完成圓形移動的結束點。  
模式用於通過圓弧計算工具方向。該模式可以是：
  - 修正：只有起始點用於定義工具方向
  - 無約束：起點轉換為結束點以定義工具方向



## 共享參數

螢幕右下角的共享參數適用於機械手臂從上一個位置移至命令下第一個路點的路徑，以及該路點到每個後續每個路點的路徑。移動命令設置不適用於移動命令下從最後一個路點延伸的路徑。

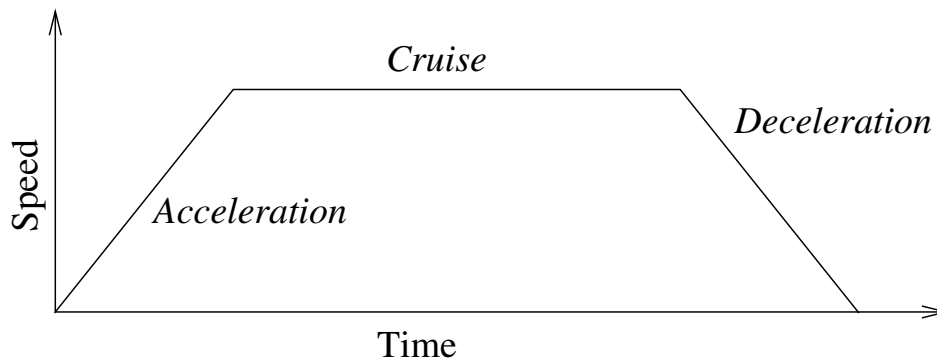


图 14.1: 運動的速度曲線。速度曲線分為三段：加速、穩速和減速。穩速階段的速度水平由運動的速度設置而定，加速和減速階段的陡度則由加速參數而定。

### 選擇 TCP

該移動命令下路點所用的 TCP 可通過下拉式功能表中。可以選擇從安裝中使用者定義的 TCP、激活的 TCP 或僅使用機器人法蘭。如果選擇了使用者定義的 TCP 或激活的 TCP，則該移動命令下的運動將相對於此進行調整。如果選擇使用機器人法蘭，則不使用 TCP，並且此移動命令下的移動將以機器人法蘭（即不對運動進行調整）為參照。

如果此運動所用的激活 TCP 是在程式運行時設定的，則需要使用設置命令（請參閱 14.10）或使用指令碼命令進行動態設定。關於配置指定 TCP 的更多資訊（請參閱 13.6）。

### 特徵選擇

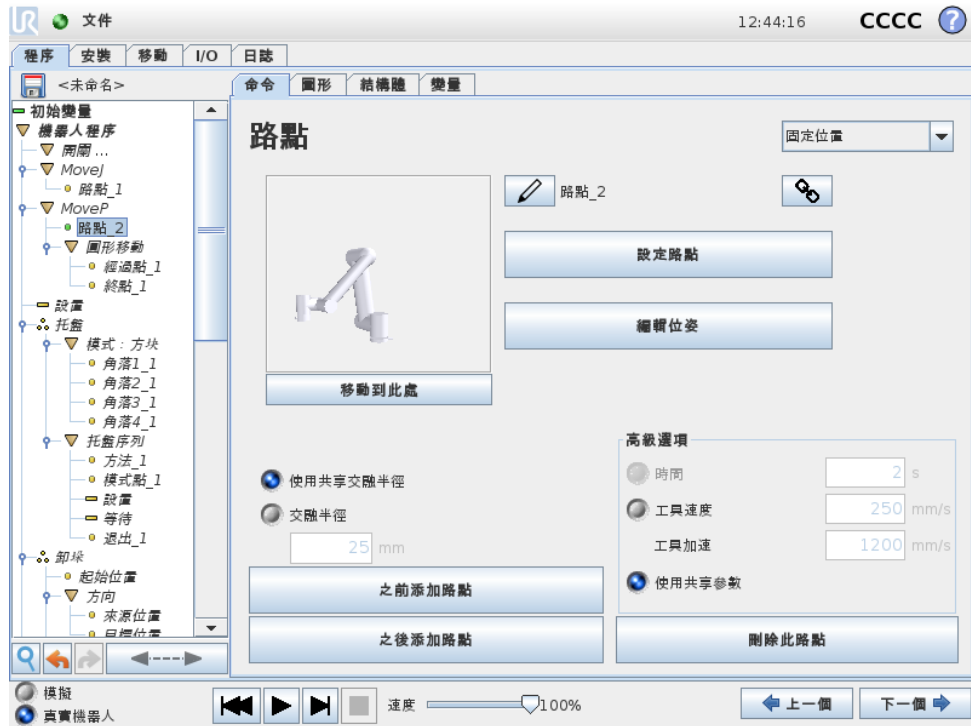
特徵空間是移動命令下的路點，應在指定這些路點時顯示（請參閱第13.12節）。也就是說，設置路點時，程式將記住工具在所選特徵的特徵空間中的坐標。以下幾種情況需要詳細解釋：

**相對路點：**所選特徵對相對路點無影響。總是針對底座方向發生相對移動。

**可變路點：**當機械手臂移動到可變路點時，系統工具會將工具中心點 (TCP) 計算為所選特徵之空間中的變數坐標值。因此，如果選擇另一特徵，機械手臂向可變路點的移動將不同。

**可變特徵：**如果在當前加載的安裝設置中選擇的任何特徵是，那麼這些相應的變數在特徵選擇功能表中也將是可選的。如果選擇特徵變數（根據特徵名稱命名且後面帶有“\_var”），那麼機械手臂的移動（除了移至**相對路點**）將取決於程式運行時變數的實際值。特徵變數的初始值是安裝時配置的實際特徵值。如果該值被修改，則機器人的激動將改變。

## 14.6 命令：固定路點



機器人路徑上的點。路點是機器人程式的核心要素，指示機械手臂移動到哪個位置。透過將機械手臂實際移至相應位置教導固定位置的路點。

### 設置路點

按此按鈕可進入移動熒幕，您可在熒幕中指定該路點對應的機械手臂位置。如果在移動命令熒幕中按線性移動（moveL 或 moveP）形式放置路點，則需要在該移動命令處選擇一個有效的特徵，方可使用此按鈕。

### 路點名稱

路點會自動獲得唯一的名稱。該名稱可以由使用者更改。通過選擇鏈接圖標，航點被鏈接並共享位置資訊。即使它們可能被鏈接，也可以為單個路點設置其他路點資訊，例如：交融半徑、工具/關節速度和工具/關節加速度。

### 交融

交融使機器人能夠在兩個軌跡之間平穩過渡，而不會停在它們之間的路點。

**例子** 考慮一個拾取和放置應用作為示例（見圖14.2），機器人當前在路點 1（WP\_1），它需要在路點 3（WP\_3）上拾取一個物件。為了避免與物件和其他障礙物（O）的碰撞，機器人必須從路點 2（WP\_2）方向接近 WP\_3。因此，引入了三個路點來創建滿足要求的路徑。

在不配置其他設置的情況下，機器人在繼續移動之前將於每個路點停止。對於這個任務，由於平直利的轉彎將需要更少的時間和精力，同時仍然滿足要求，因此停止在 WP\_2 並不是最佳的做法。只要從第一軌跡到第二軌跡的過渡發生在這個位置附近，機器人就不能準確地到達 WP\_2。

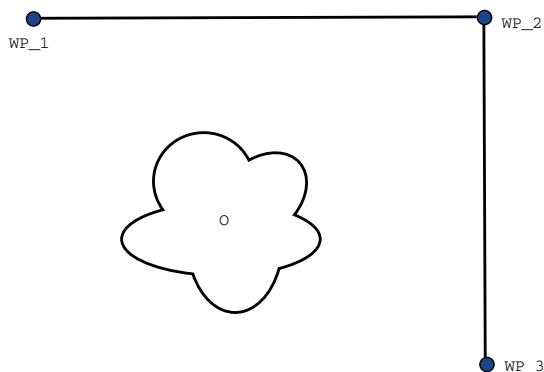


图 14.2: WP\_1: 初始位置, WP\_2: 通過點, WP\_3: 拾取位置, O: 障礙物。

可以通過為路點配置交融以避免停止在 WP\_2，從而允許機器人計算到下一個軌跡的平穩過渡。交融的主要參數是半徑。當機器人位於路點的交融半徑範圍內時，它可以開始交融並偏離原始路徑。由於機器人不需要減速並重新加速，這將允許更快更平穩的運動。

**交融參數** 除了路點外，多個參數將影響混合軌跡（見圖14.3）：

- 交融半徑 ( $r$ )
- 機器人的初始和最終速度（分別在位置  $p1$  和  $p2$ ）
- 移動時間（例如：如果設置軌跡的特定時間，這將影響機器人的初始/最終速度）
- 從... 到（MoveL、MoveJ）的軌跡類型

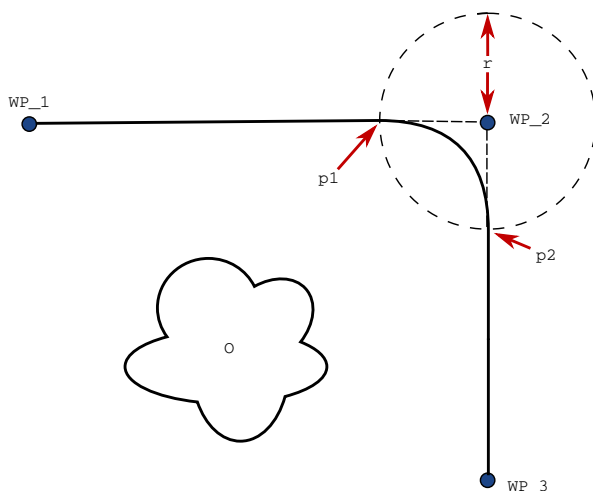


图 14.3: 與半徑  $r$  在 WP\_2 上方交融，初始交融位置位於  $p1$ ，最後交融位置位於  $p2$ 。O 為障礙物。

如果設置了交融半徑，機械手臂軌跡就會繞過路點從其周圍經過，以使機械手臂不會停在該點。混合區不能重疊，因此為當前路點設置的交融半徑不能與上一路點或下一路點的交融半徑重疊（如圖14.4所示）。

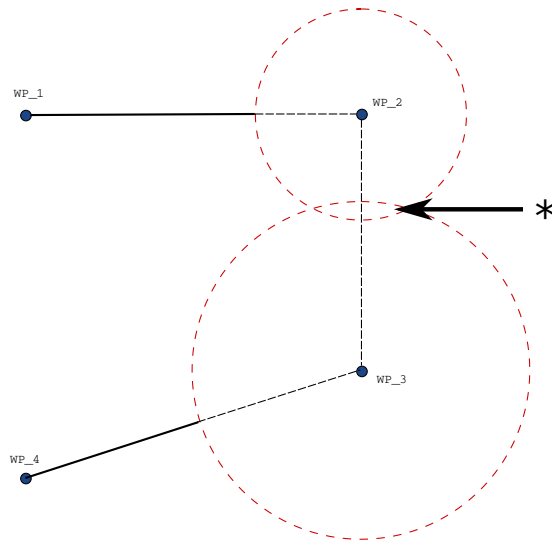


图 14.4: 不允許交融半徑重疊 (\*)。

**有條件的交融軌跡** 交融軌跡受設定交融半徑的路點和程式樹中的下一路點影響。也就是說，在圖14.5的程式中，繞過 WP\_1 從其周圍經過受到了 WP\_2 的影響。在這個例子中，當繞過 WP\_2 從其周圍經過時，其結果變得更加明顯。機器人有兩個可能的終點位置，在確定要交融的下一路點時，機器人必須在輸入交融半徑時評估 digital\_input[1] 的當前讀數。這意味著在我們實際達到 WP\_2 之前，if...then 運算式（或確定下一路點的其他必要語句，例如：可變路點）將被評估。當看程式序列時，這似乎與我們的直覺判斷相違。如果某個路點是停止點，其次是條件運算式來決定下一個路點（例如：I/O 命令），則會在機械手臂停在此路點時執行該命令。

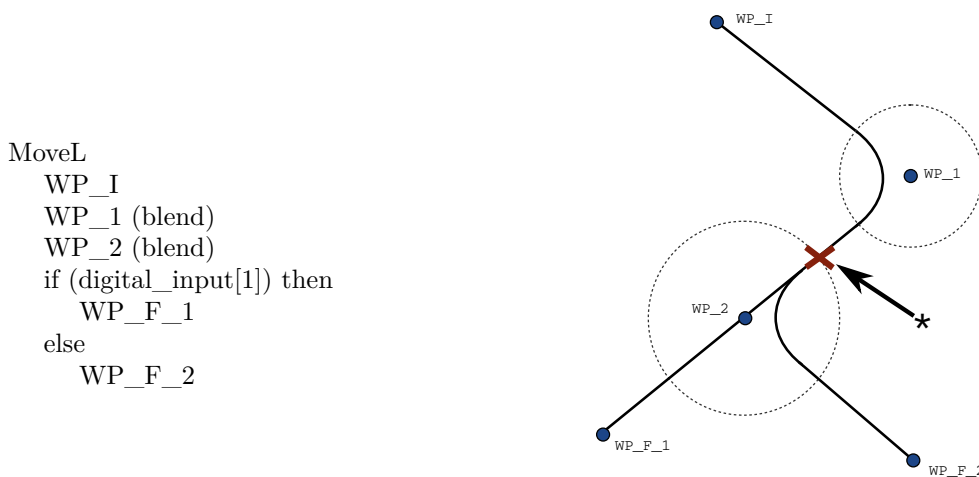


图 14.5: WP\_I 為初始路點，有兩個潛在最終路點 WP\_F\_1 和 WP\_F\_2，取決於條件運算式。當機械手臂進入第二個交融時，條件 if 運算式被評估 (\*)。

**軌跡類型組合** 可以在 MoveJ 和 MoveL 的軌跡類型的所有四種組合之間進行交融，但具體組合將影響計算的交融軌跡。有 4 種可能的組合：

1. MoveJ 到 MoveJ（純關節空間交融）
2. MoveJ 到 MoveL
3. MoveL 到 MoveL（純笛卡爾空間交融）
4. MoveL 到 MoveJ

圖14.6比較了純關節空間交融（圓點 1）與純笛卡爾空間交融（圓點 3）。它顯示了同一組路點的工具的兩個潛在路徑。

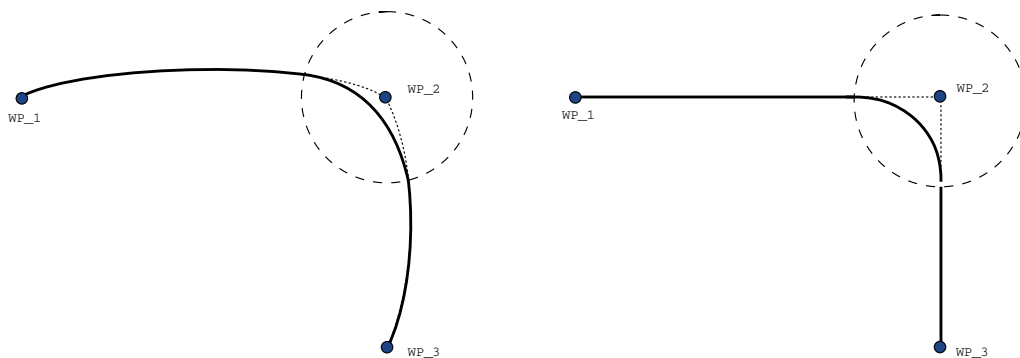


图 14.6: 關節空間（MoveJ）與笛卡爾空間（MoveL）移動和交融。

在不同的組合中，圓點 2、3 和 4 將導致軌跡保持在笛卡爾空間內的原始軌跡的邊界內。不同軌跡類型（圓點 2）之間的交融示例可以在圖14.7中看到。

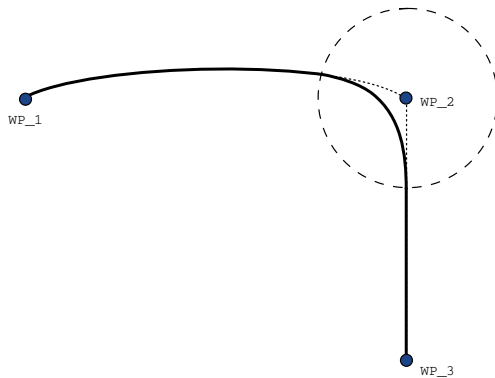


图 14.7: 從關節空間（MoveJ）移動到線性工具移動（MoveL）的交融。

然而，由於機器人將嘗試在關節空間中實現最平穩的軌跡，以考慮速度和時間要求，純關節空間交融（圓點 1）可能表現得不太直觀。基於此，它們可能偏離路點指定的路線。如果兩個軌跡之間的關節速度存在顯著差異，情況尤其如此。注意：如果速度非常不同（例如：通過指定特定路點的高級設置——速度或時間），可能會導致與原始軌跡的大偏離，如圖14.8所示。如果您需要交融不同的速度，並且不能接受此偏離，則考慮使用 MoveL 代替笛卡爾空間的交融。

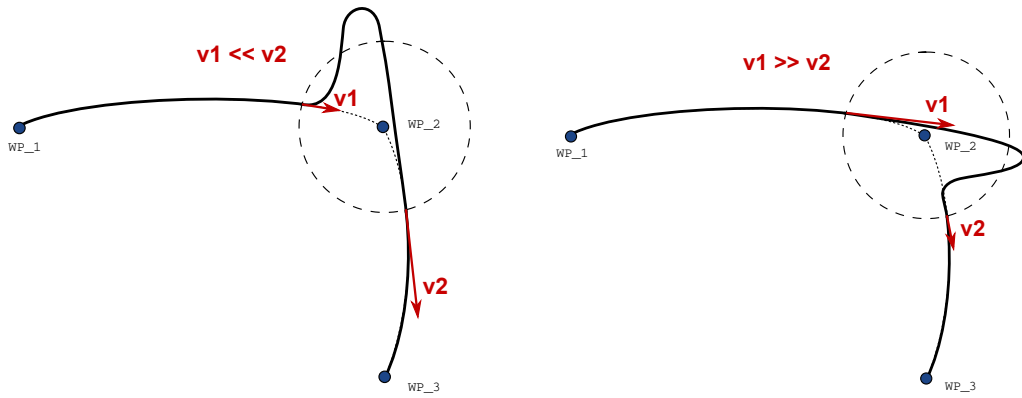
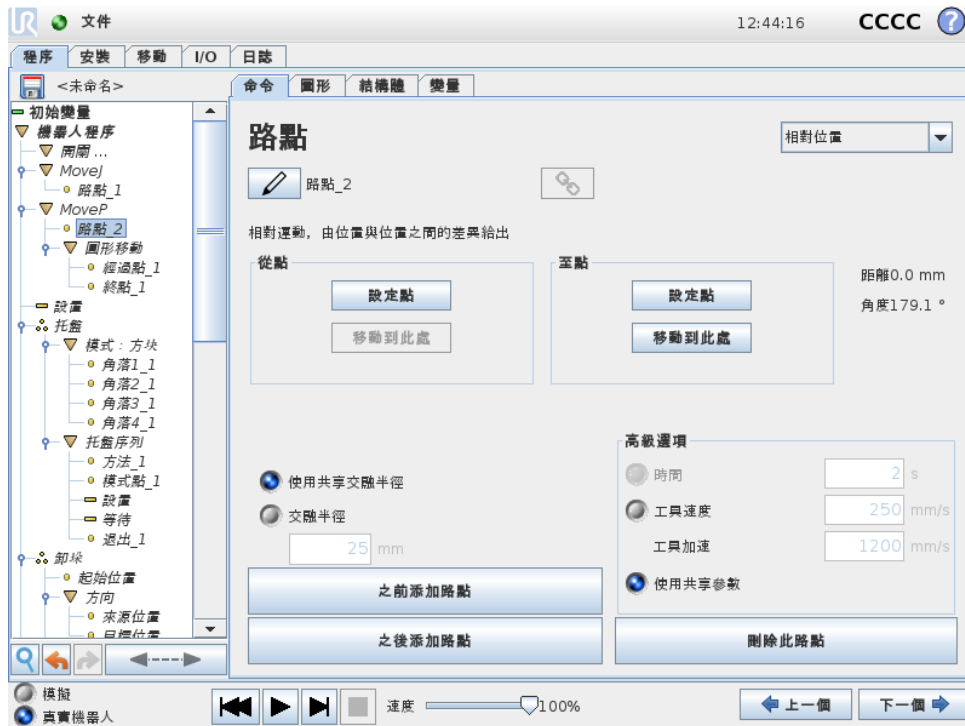


图 14.8: 當初始速度  $v_1$  顯著小於最終速度  $v_2$  或相反時，關節空間交融。

## 14.7 命令：相對路點



相對路點是指該路點的位置是以相對於機械手臂上一個位置的位置差的方式給出的，例如：“偏左兩厘米”。相對位置是根據兩個給定位置（從左至右）之間的差距而定義。

注意：重複的相對位置可能會將機械手臂移出其工作空間。

這裡的距離是指兩個 TCP 位置之間的笛卡爾距離。角度說明兩個位置之間 TCP 方向的變化幅度。更準確地說，是指描述方向變化的旋轉矢量的長度。

## 14.8 命令：可變路點



可變路點係指該路點的位置由變數給定，在此情況下，calculated\_pos 即為變數。變數必須是一個位姿，例如：

var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]。前三個數字表示 x、y、z 坐標，後三個數字表示方向，以旋轉矢量表示，由矢量 rx、ry、rz 給定。軸長是指要旋轉的角度，以弧度表示，矢量本身給定了要繞之旋轉的軸。位置始終是相對於參考框架或坐標系給定的，由所選特徵定義。如果在固定路點上設置交融半徑，並且其前後的路點可變，或者在可變路點上設置交融半徑，則不會檢查交融半徑是否重疊（請參閱參閱14.6）。如果運行程序時，交融半徑與點重疊，機器人將忽略它並移動到下一個點。

例如，將機器人沿著工具的 z-軸移動 20 mm:

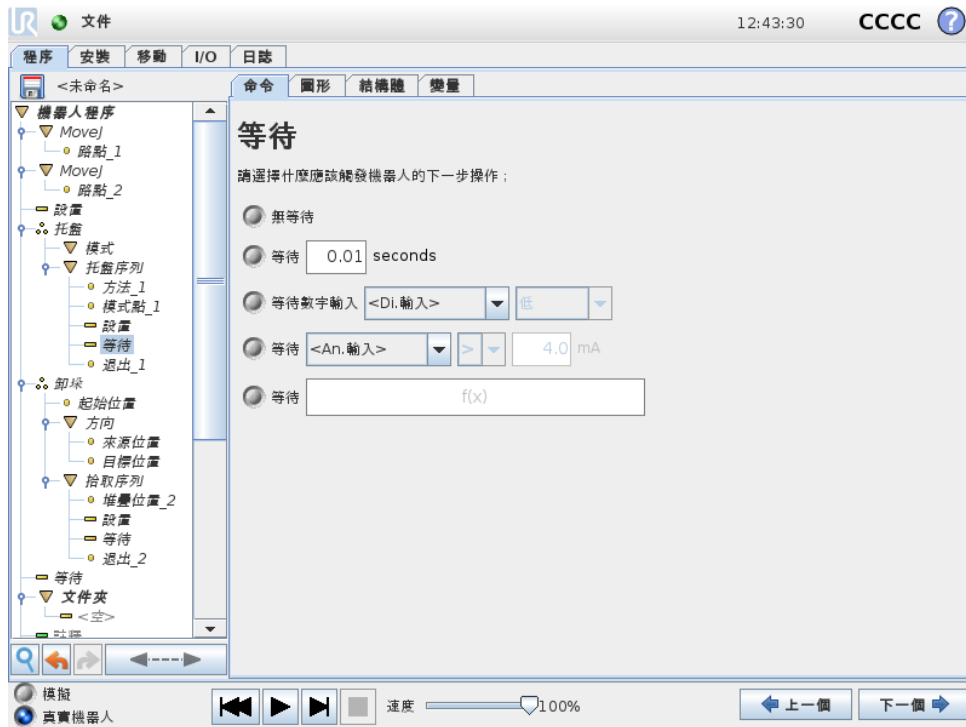
```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
```

```
Move1
```

```
路點_1 (可變位置):
```

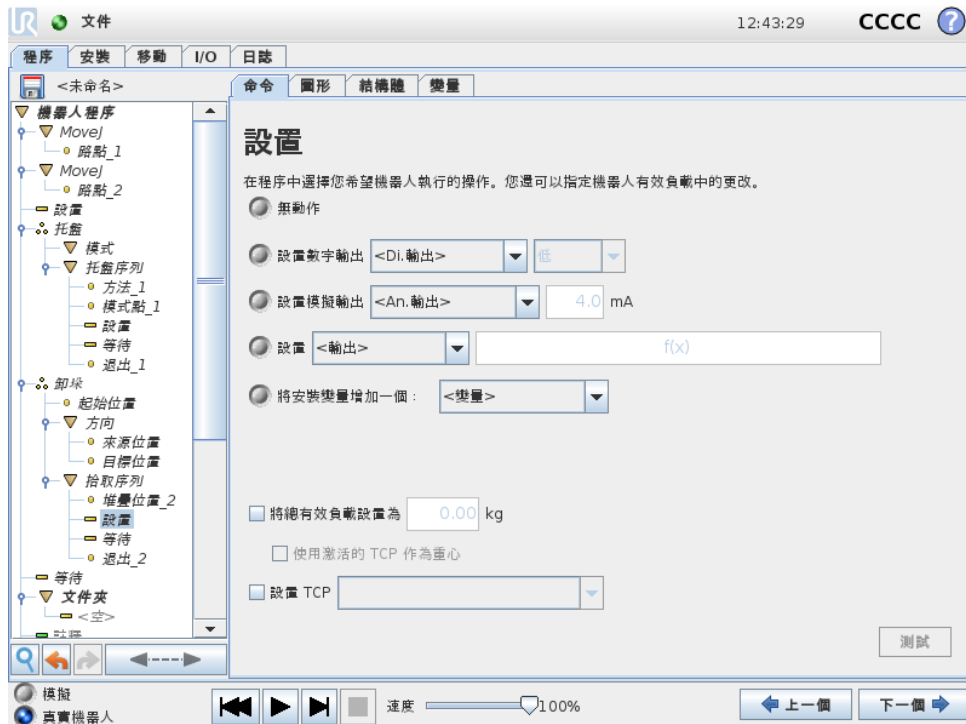
```
使用變數 = var_1, 特徵 = 工具
```

## 14.9 命令：等待



等待在給定的時間內暫停 I / O 訊號或表達式。如果選擇無等待，則不會出現任何反應。

## 14.10 命令：設置

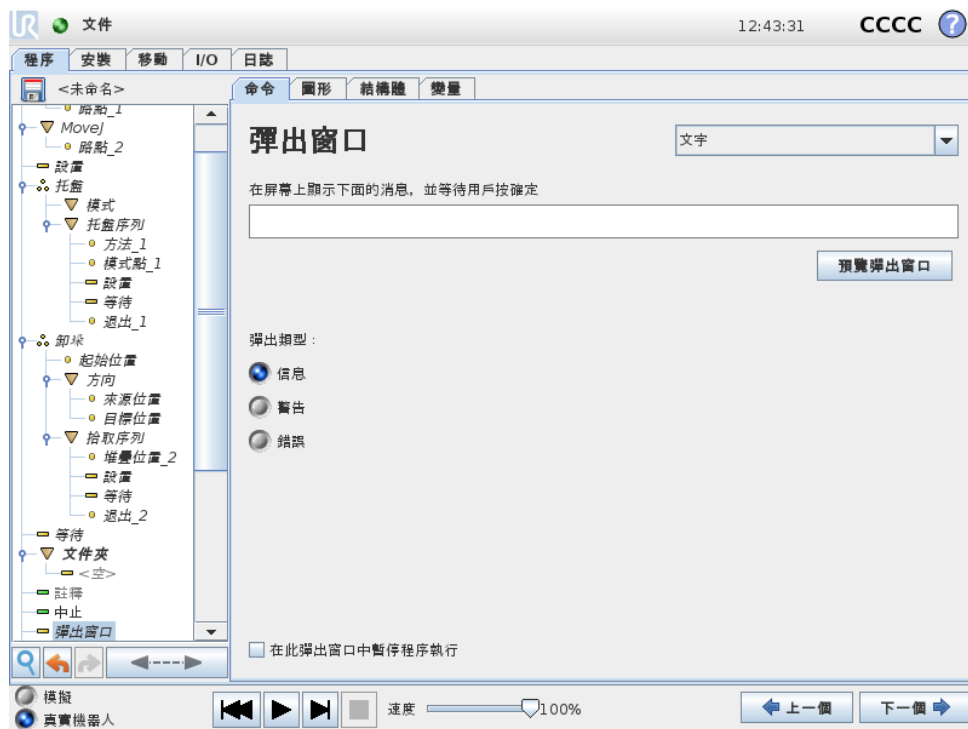


將數位輸出或模擬輸出設置為給定值。

也可用於設置機械手臂的有效負載。如果工具處承受的重量與預期重量不同，可能需要調整負載重量，以避免觸發機器人意外保護性停止。如果激活的 TCP 不能用作重心，則可以取消選中該複選框。如未在程式中設定重心，則使用安裝設置所用的重心。您可以使用文字欄位 (Cx, Cy, Cz) 或使用有效負載嚮導程式設定重心。如果程式源自 3.8 以前的版本，可以將重心設置到 TCP。但是如果手動設定重心，則無法使其返回至 TCP。

激活的 TCP 也可以使用設置命令修改。只需勾選複選框，並從功能表中選擇一個 TCP 偏移。如果在寫入程式時為特定運動指定的激活 TCP 已知，那麼請在移動卡上使用該 TCP 選擇（請參閱 14.5）。關於配置指定 TCP 的更多資訊（請參閱 13.6）。

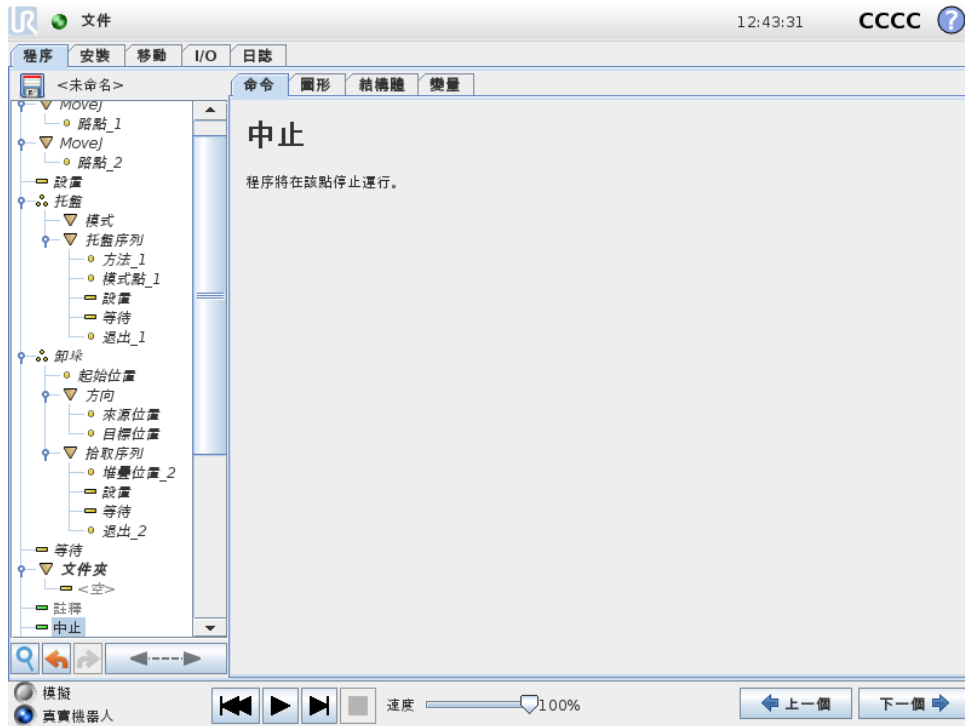
## 14.11 命令：彈出窗口



利用命令可指定一則消息，程序運行至此命令時在螢幕上顯示該消息。您可以選擇消息的樣式，通過螢幕鍵盤可輸入消息文本。顯示彈出窗口後，機器人將等待使用者/操作員按下窗口中的“確定”按鈕，然後才繼續運行程序。如果選中“中止程序執行”，機器人程序將在彈出此消息窗口時中止運行。

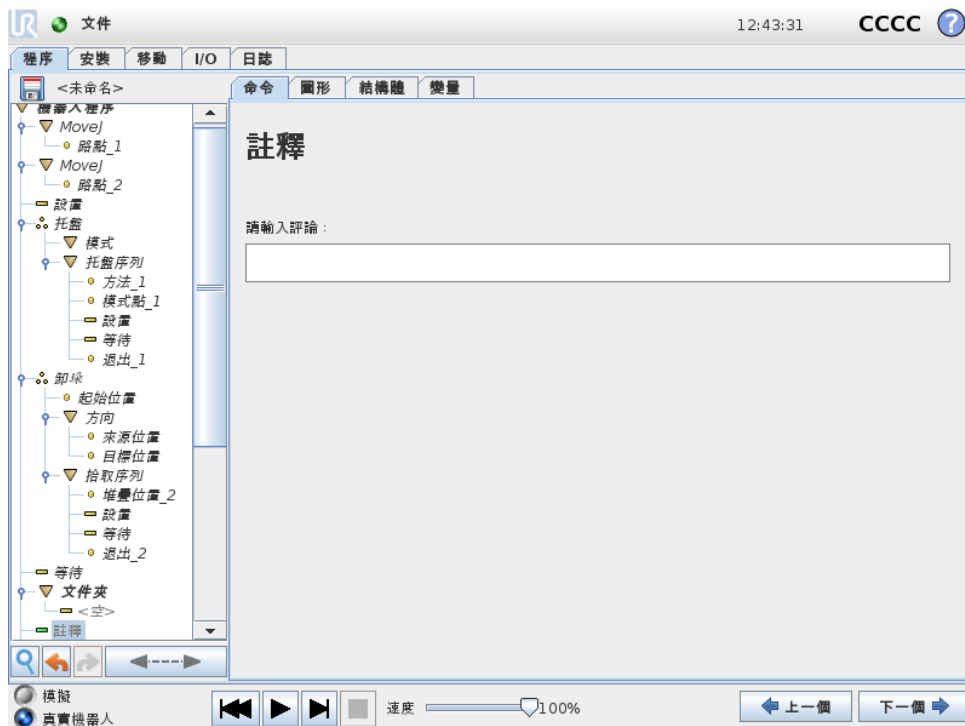
注意：消息被限制為最多 255 個字元。

## 14.12 命令：中止



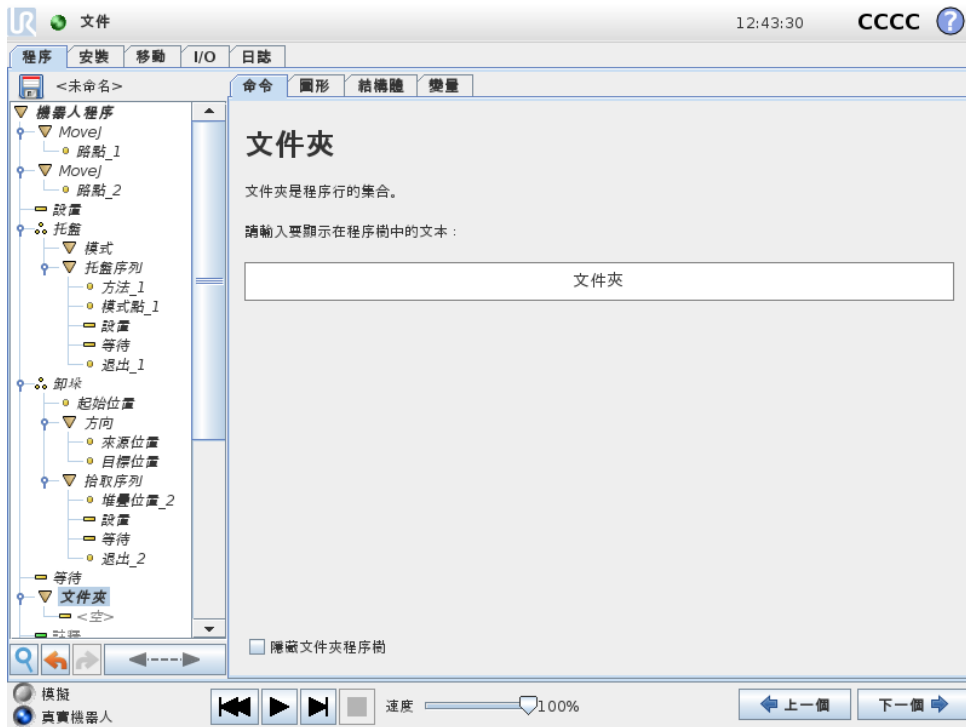
程序將在該點停止運行。

## 14.13 命令：註釋



此命令允許編程員向程序添加一行文本。程序運行期間，此行文本不會執行任何操作。

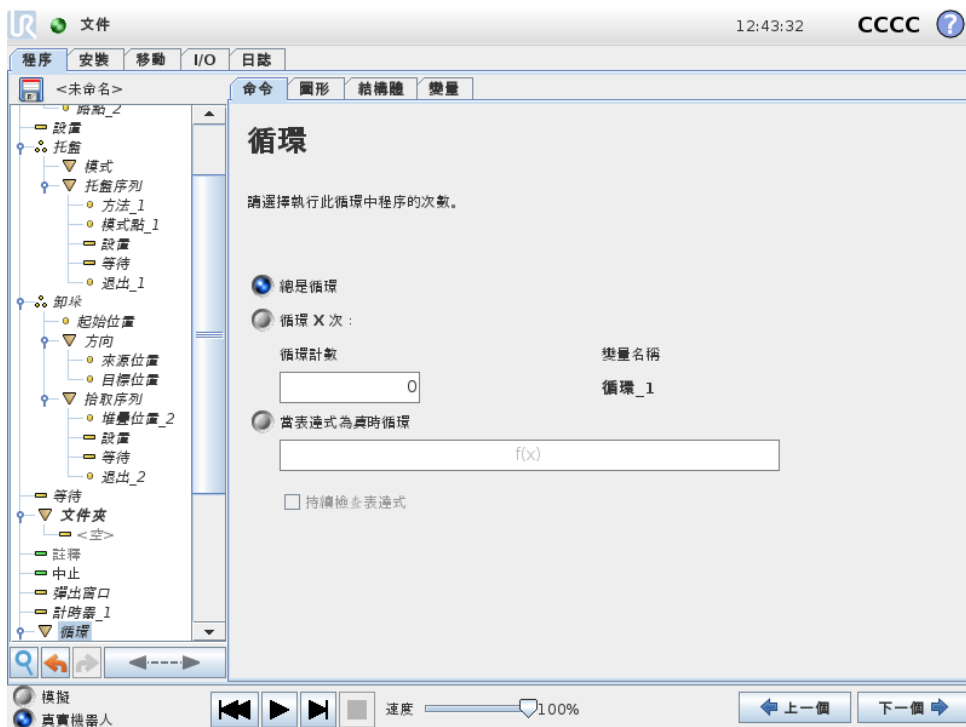
### 14.14 命令：資料夾



資料夾命令用於整理程序並給具體的程序部分加註標籤，以使程式樹清晰明了，程序更易於讀取和瀏覽。

資料夾對程序及其執行沒有影響。

### 14.15 命令：循環

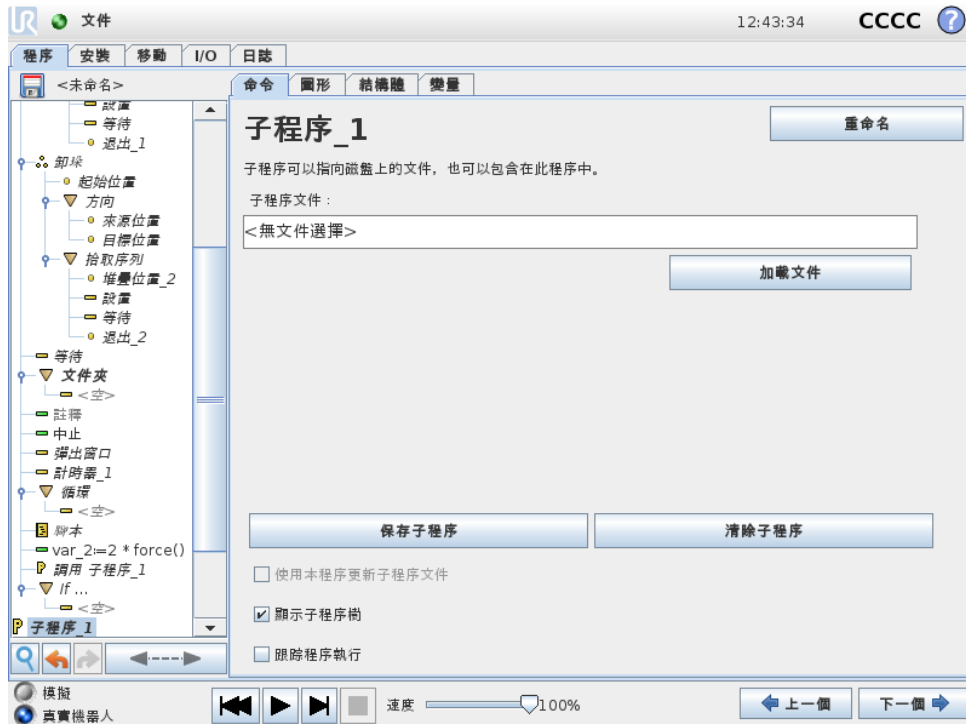


## 14.16 命令：子程序

循環運行基本程序命令。基本程序命令可以無限循環運行，也可以運行指定次數，或者只要給定條件為真，即持續運行，具體取決於所做選擇。循環運行指定次數時，程序將創建一個專用循環變數（即上面截屏中所謂的 loop\_1），此變數可在循環內部的表達式中使用。循環變數從 0 開始計數，直至  $N - 1$ 。

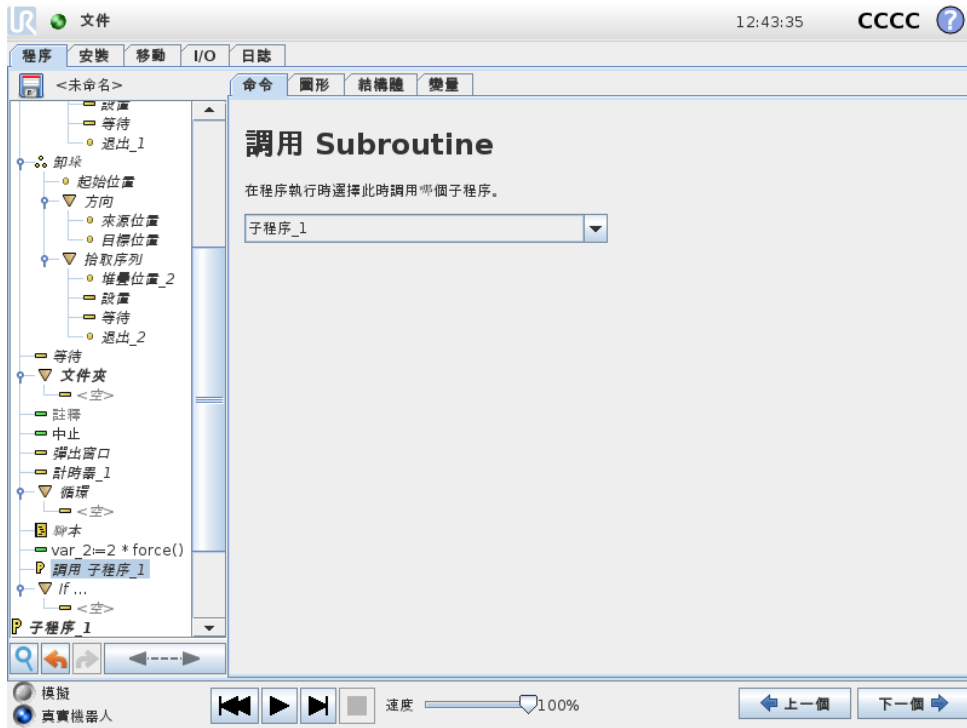
如果循環命令的結束條件是一個表達式，PolyScope 允許選擇持續判斷該表達式，因此，執行循環期間可隨時中斷“循環”，而不是只在每次迭代運行之後中斷。

## 14.16 命令：子程序



子程序命令可以將所需的程序部分存放在多個位置。子程序可以是磁盤上的獨立文件，也可以隱藏以免被意外修改。

命令：調用 SubProgram



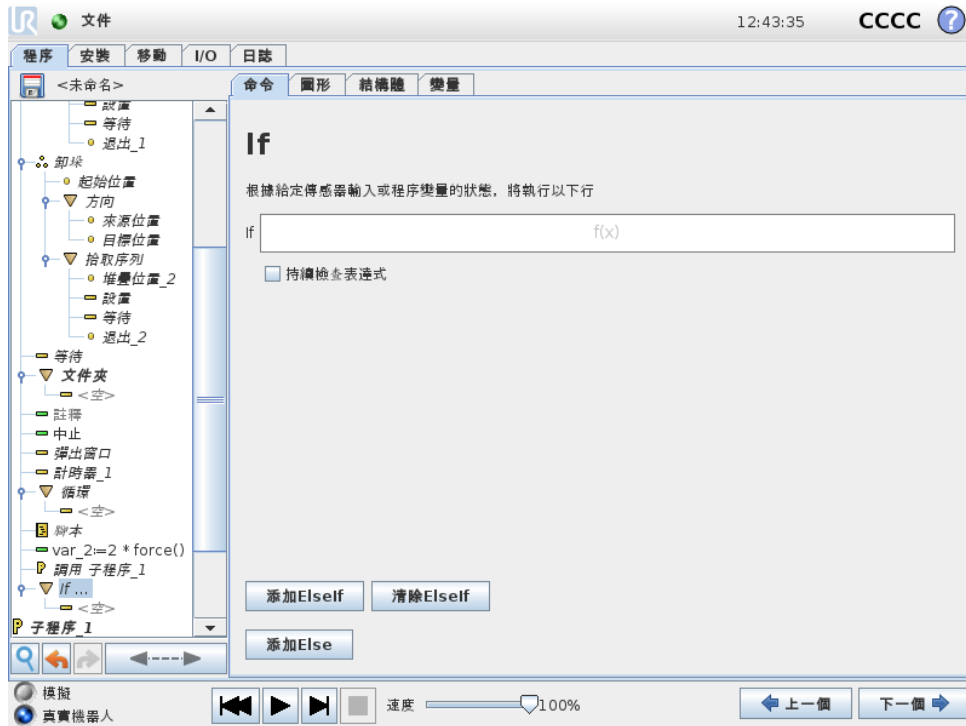
調用子程序時將運行子程序中的程序行，運行完子程序中的程序行後再返回到程序的下一行繼續運行。

14.17 命令：賦值



為變數賦值。通過賦值可將右側的計算值賦給左側的變數。此命令在複雜程序中很實用。

## 14.18 命令：If

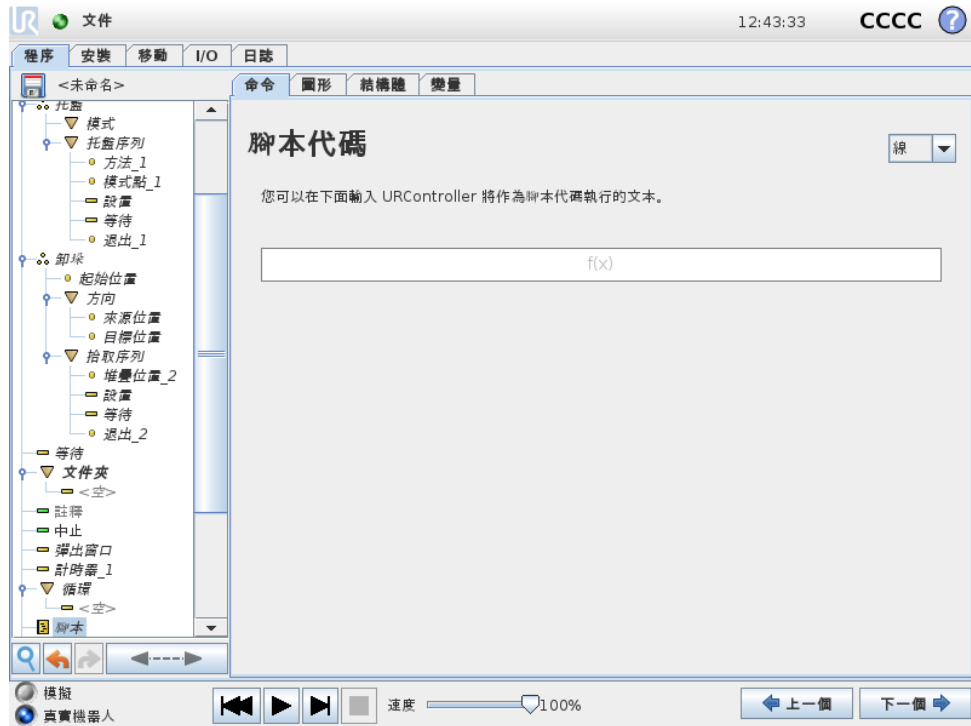


if...Else 命令結構可以根據傳感器輸入或變數值來改變機器人的行為。使用表達式編輯器來描述機器人遵循此 If 命令語句的條件。如果條件為真，則將執行此 If 命令內部的語句。

If 命令可以有幾個 ElseIf 語句，可以使用 Add ElseIf 和 Remove ElseIf 按鈕添加和刪除這些語句。但是，If 命令只能有一個 Else 語句。

注意：您可以選擇**不斷檢查表達式**複選框以在執行所含的命令時，判斷 If 命令和 ElseIf 語句的條件。如果 If 命令中的表達式評估為假，則遵循 ElseIf 或 Else 語句。

## 14.19 命令：腳本



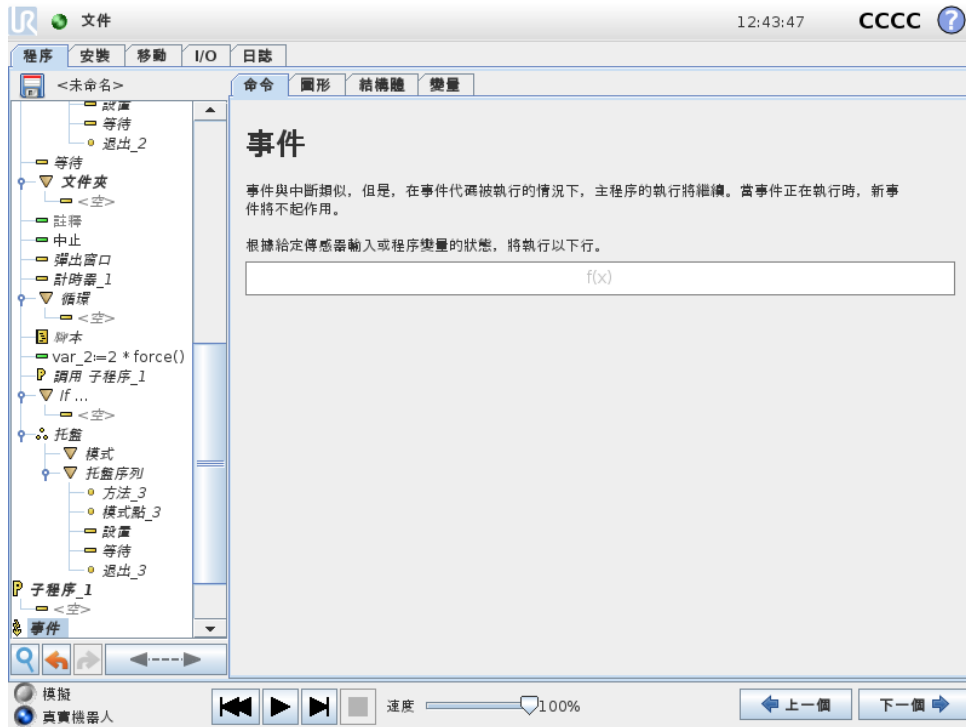
命令選項下的下拉式清單包括以下選項：

- 線可使您使用表達式編輯器編寫單行 URscript 代碼 ( 12.1)
- 檔案可使您編寫、編輯或加載 URscript 檔案。

您可以在支援網站的腳本手冊中查看 URscript 編碼說明 (<http://www.universal-robots.com/support>)。

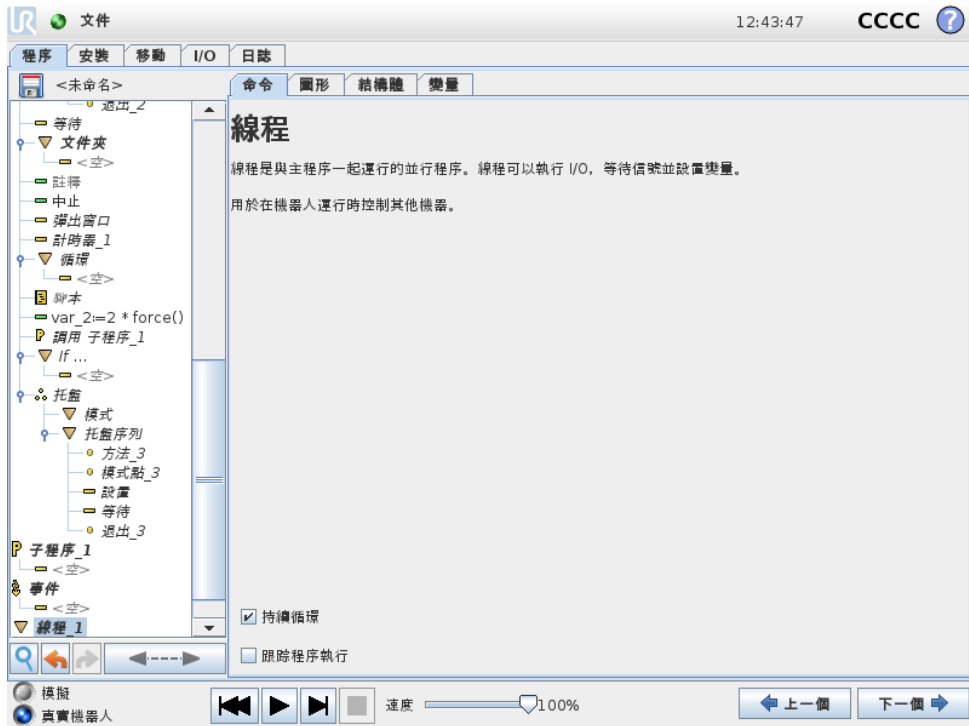
URScript 檔案所述函數和變數可用於編寫 PolyScope 中的程式。

## 14.20 命令：事件



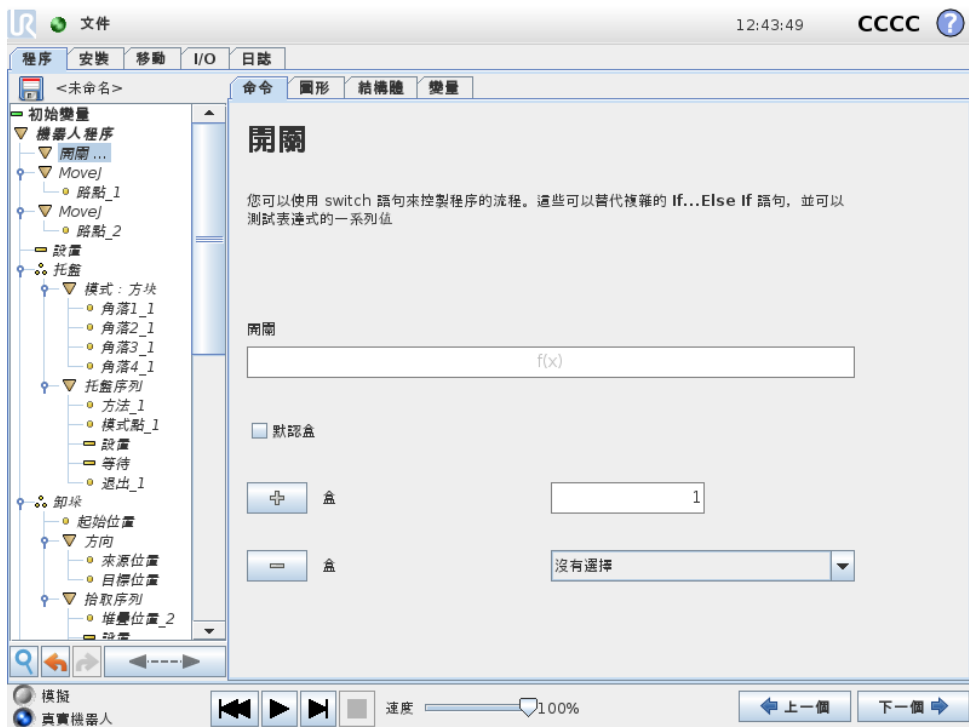
事件命令可用於監控輸入訊號，以及在輸入訊號呈高電平時執行某個動作或設置變數。例如：當輸出訊號呈高電平時，事件程序可等待 200ms，然後將其重新設置為低電平。這樣，如果外部機器上的觸發機制是上升沿而非高輸入電平時，主程序代碼要簡單得多。每個控制周期 (8ms) 均需檢查事件。

### 14.21 命令：線程



線程是機器人程序的一個並行進程。線程可用於控制與機械手臂無關的外部機器。線程可以通過變數和輸出訊號與機器人程序進行通訊。

### 14.22 命令：開關

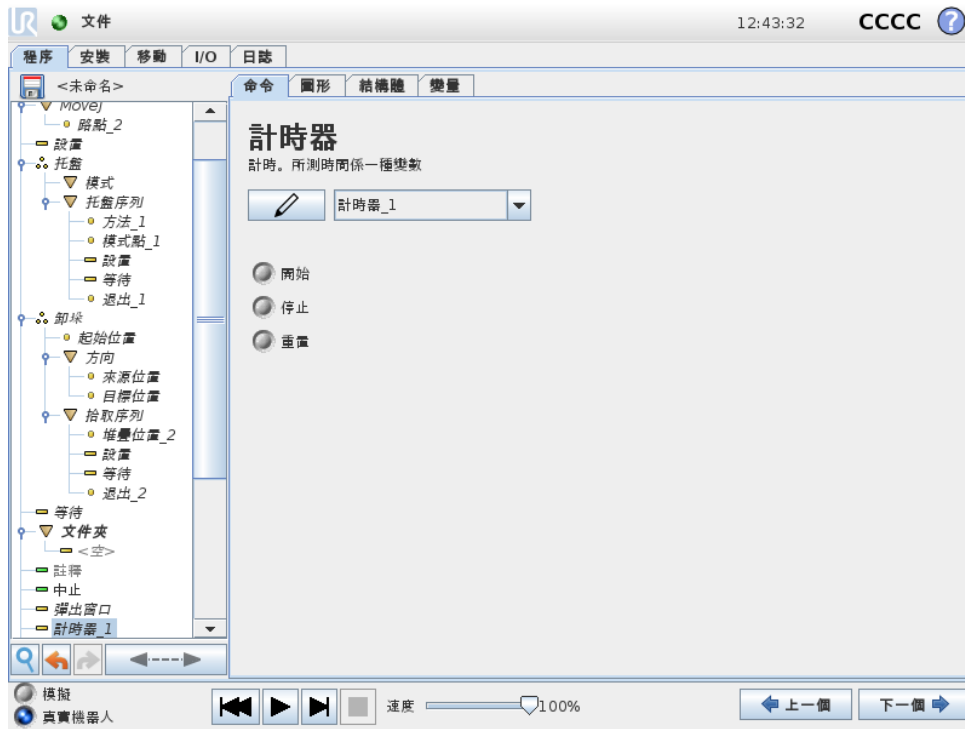


## 14.22 命令：開關

開關盒結構可以指示機器人根據傳感器輸入或變數值來改變其行為。使用**運算式編輯器**可描述基本條件及定義機器人繼續執行此開關命令的子命令的情況。如果條件被評估匹配其中一個情況，則將執行盒命令內部的命令行。如果指定了預設盒，則只有在沒有找到其他匹配的情況下，才會執行這些命令行。

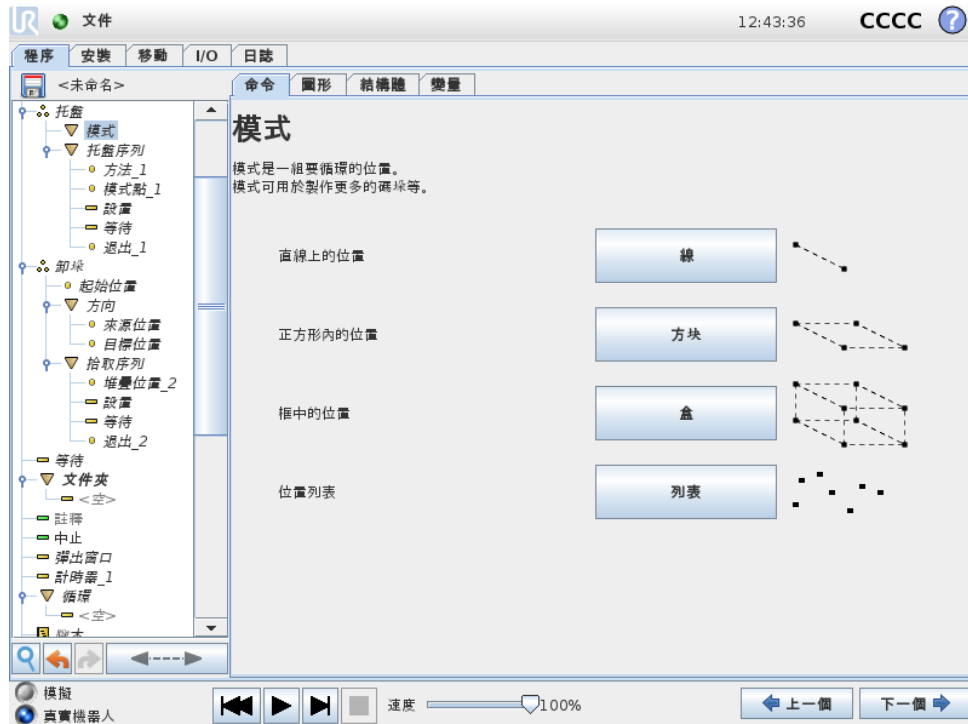
每個開關可以包含多個盒和一個預設盒。開關只能有任何盒值的一個實例。可以使用螢幕上的按鈕添加盒。盒命令可從該開關螢幕上刪除。

### 14.22.1 計時器



計時器用於計量運行特定部分程式所需的時長。程式變數包括自啟動計時器以後的時間，可以在變數索引標籤和運行索引標籤中看到。

## 14.23 命令：模式



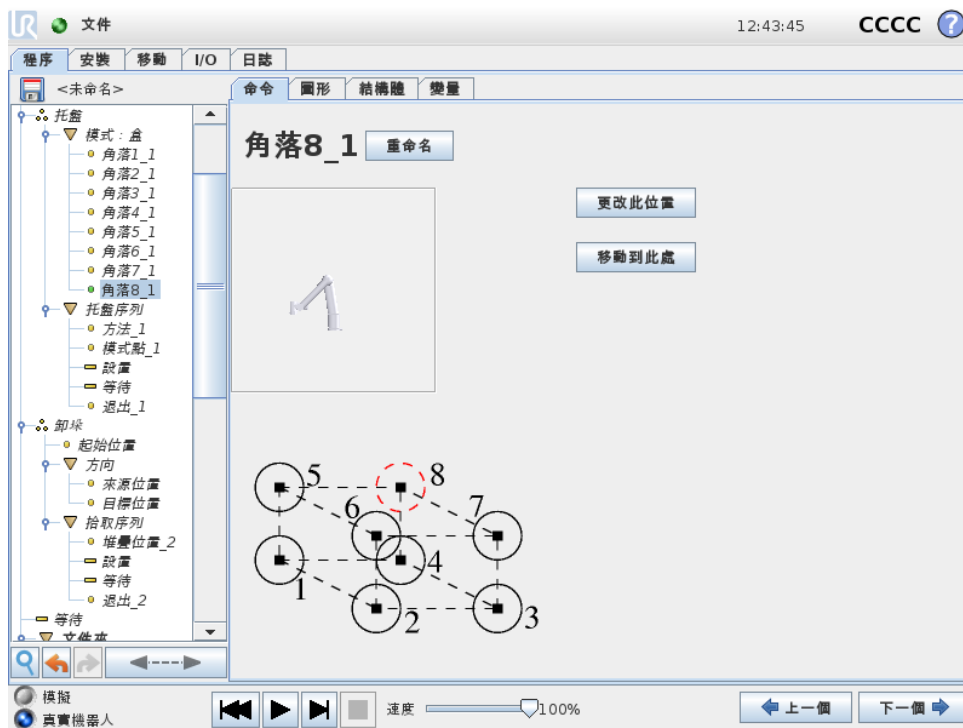
**模式**命令可用於在机器人程序中指示机器人循环通過各個位置。每次執行**模式**命令時，其均與一個位置相對應。

模式可分為四種類型。前三種分別是**直線**、**方塊**和**盒子**，這三種可用於表示符合正規模式的位置。正規模式通過定義模式各邊的多個特征點來定義。**直線**模式由兩個端點來確定，**方塊**模式由四個角點中的三個角點來確定，**盒子**由八個角點中的四個角點來確定。編程員輸入沿模式每條邊的位置數量。然後，机器人控制器通過按比例添加矢量來計算各個模式位置。

如果要經過的位置不屬於正規模式，可以選擇**列表**選項，編程員可在其中指定包含所有位置的位置列表。通過此方式，可以實現各種位置排列。

### 定義模式

選擇**盒子**模式時，螢幕將變成如下圖所示。



**盒子模式**使用三個矢量定義盒子的邊。這三個矢量由四個點確定，第一個矢量從點一至點二，第二個矢量從點二至點三，第三個矢量從點三至點四。每個矢量按輸入的間隔計數進行劃分。模式中的具體位置只需按比例添加間隔矢量即可計算得出。

**直線**和**方塊**模式的原理方式與此類似。

機器人經過各個模式位置，程序會使用一個計數變數。您可在**模式**命令熒幕中看到這個變數的名稱。變數從數字 0 一直循環增加至  $X * Y * Z - 1$ （模式中的點數）。此變數可通過賦值命令進行操作，並可在表達式中使用。

## 14.24 命令：力

在器人工作空間內 **力模式**允許可選軸在機器人工作空間內具有柔順性和力。在力命令下，機械手臂的所有移動都處於**力模式**。機械手臂在**力模式**下移動時，可以選擇一個或多個軸為的柔性軸。機械手臂符合順從軸上的環境。這意味著機械手臂會自動調整其位置以達到所需的力。也可以讓機械手臂自身對其環境（如工件）施加一個力。

**力模式**適用於沿預定軸的實際 TCP 位置不重要，但沿著該軸所需的力度必須達到的情況。例如，如果機器人 TCP 在曲面上滾動，則推動或拉動工件。**力模式**還支持繞預定軸施加一定扭矩的情況。

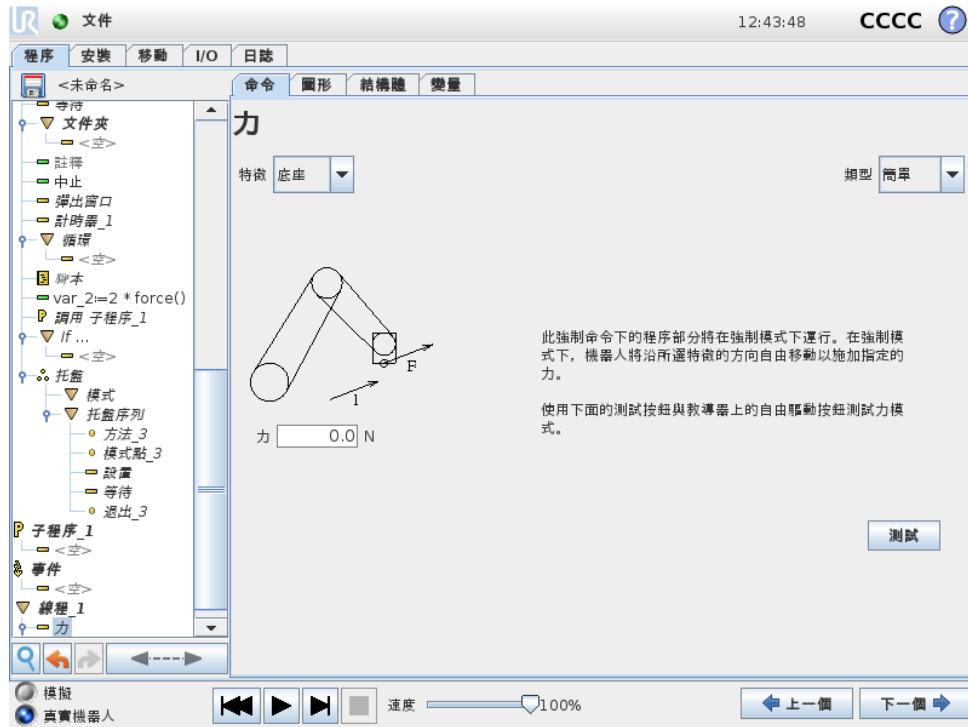
注意：如果某個設置了非零力度的軸沒有遇到障礙物，機械手臂將嘗試沿著該軸加速。

即使某個軸已被選為柔性軸，但機器人程式仍將試圖沿著該軸移動機器人。但是，力控制會確保機械手臂仍然施加接近規定的力值。



### 警告:

1. 在進入強制模式之前避免高速減速。
2. 在力模式下避免高加速度，因為它會降低力控制精度。
3. 進入強制模式之前，避免平行於兼容軸的運動。



### 特徵選擇

特徵功能表用於選擇機器人在力模式下工作時將使用的坐標系（軸）。功能表中的特徵為安裝時所定義的特徵（請參閱 13.12）。

### 力模式類型

力模式有四種不同的類型，每種類型定義一種對所選特徵的理解方式。

- **簡單**：在力模式下將只有一個柔性軸。沿著該軸的力可以調節。所需的力將始終沿著所選特徵的 z-軸施加。但是，對於直線特徵，會沿著他們的 y-軸施加力。
- **框架**：框架類型可實現更高級的應用。在這裡，所有六個自由度的柔順性和力都可以單獨選擇。
- **點**：選擇了點時，任務框架會讓 y-軸從機器人 TCP 指向所選特徵的起點。機器人 TCP 與所選特徵的起點之間的距離必須至少為 10 mm。請注意，運行過程中任務框架將隨著機器人 TCP 位置的變化而變化。任務框架的 x-軸和 z-軸取決於所選特徵的原始方向。
- **運動**：運動表示任務框架將隨 TCP 運動方向而變化。任務框架的 x-軸將是 TCP 移動方向投射到所選特徵的 x-軸和 y-軸所決定平面上的投影。y 軸將垂直於機械手臂運動，並在所選特徵的 x-y 平面內。此類型適用於沿複雜路徑的去毛刺作業，此時需要一個垂直於 TCP 運動的力。

請注意，當機械手臂不再移動時：如果在機械手臂站立不動時進入力模式，在 TCP 速度高於零之前將沒有柔性軸。如果隨後依然是在力模式下機械手臂再次站立不動，任務框架的方向與上一次 TCP 速度大於零時的方向相同。

對於後三種類型，當機器人正在力模式下工作時，實際任務框架可在運行時在圖形索引標籤（請參閱 14.29）上查看。

## 力值選擇

- 可以為順從軸設置力值或扭矩值，機械手臂調整其位置以獲得選定的力。
- 對於不符合標準的軸，機械手臂將遵循程式設定的軌跡。

對於平移參數，力的單位為牛頓 [N]，對於旋轉參數，扭矩單位為牛頓米 [Nm]。



### 注意：

您必須執行以下操作：

- 在單獨的線程中使用 `get_tcp_force()` 指令碼函數來讀取實際的力和扭矩。
- 糾正扳手矢量，如果實際力和/或扭矩低於要求。

## 限制選擇

針對所有軸 都可以設置一個限制，但是這些限制對於柔性軸和非柔性軸有不同的意義。

- **柔性：**限制為允許 TCP 沿/繞軸達到的最大速度。單位為 [mm/s] 和 [度/s]。
- **非柔性：**限制為在保護性停止之前允許機器人從程式軌跡的最大偏離。單位為 [mm] 和 [度]。

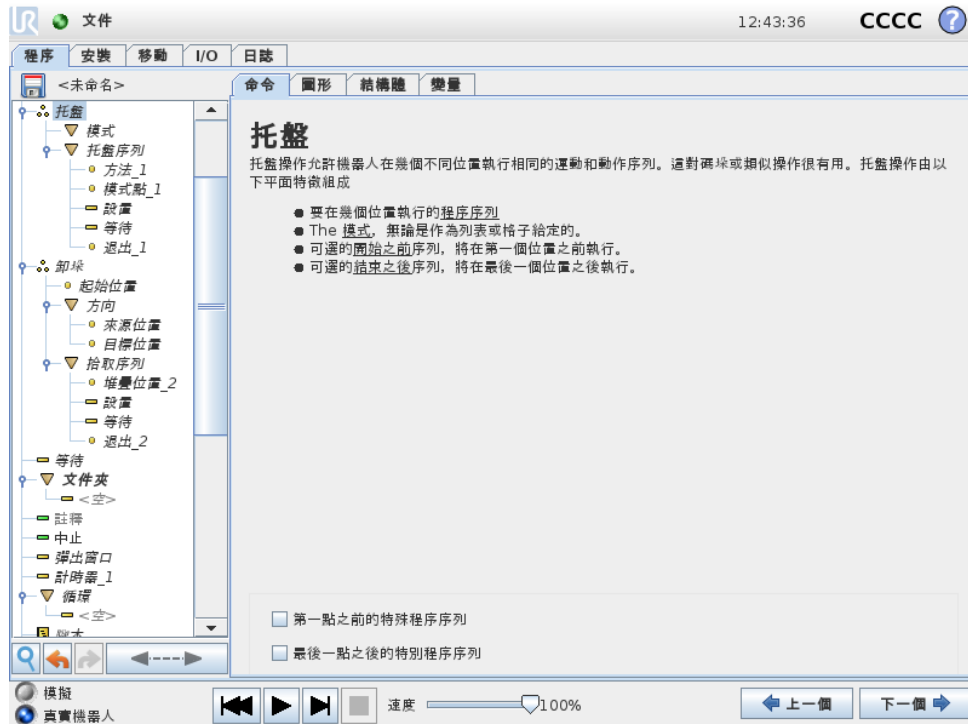
## 測試力設置

標有**測試**的開關按鈕可將教導器背面**自由驅動**按鈕的行為從正常自由驅動模式切換到測試力命令。

當**測試**按鈕開啓、教導器背面的**自由驅動**按鈕按下時，機器人將仿照程式已達到此力命令的情況來進行工作。通過這一方法，可在實際運行完整程式之前驗證各項設置。這一可能性對驗證柔性軸和力是否選擇正確尤其有用。只需要用一隻手握住機器人 TCP，另一隻手按**自由驅動**按鈕，並注意機械手臂能夠/不能夠移動的方向。離開此熒幕時，測試按鈕會自動關閉，這意味著教導器背面的**自由驅動**按鈕再次用於正常**自由驅動**模式。

注意：僅當為力命令選擇了有效的特徵時，**自由驅動**按鈕才有效。

## 14.25 命令：托盤



托盤操作可以在以模式形式給定的一組位置執行運動序列（請參閱14.23）。在模式中的每個位置處，將相對於此模式位置執行運動序列。

### 編寫托盤操作程序

1. 定義模式。
2. 確定用於在每個點拾取/放置工件的**托盤序列**。序列描述在每個模式位置應完成的操作。
3. 使用序列命令螢幕中的選擇器定義應將序列中的那個路點 與模式位置對應。

### 托盤序列/錨式序列

在**托盤序列**節點中，機械手臂相對於托盤位置而運動。使機械手臂處於由模式在**錨點位置/模式點處**指定的位置。為滿足這一原則，將相應移動所有剩餘位置。

勿在序列中使用**移動**命令，因為該命令的運動不是相對於錨點位置。

#### “BeforeStart”

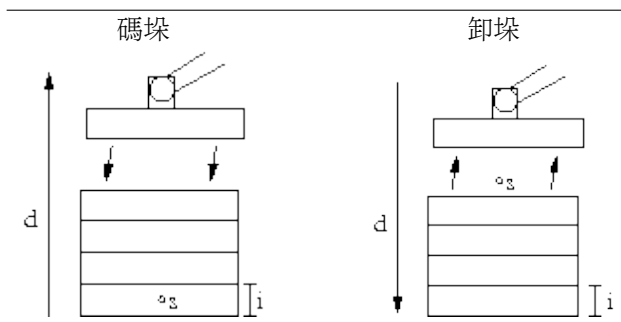
可選的 BeforeStart 序列只在操作開始之前運行。這可用於等待訊號就緒。

#### “AfterEnd”

可選的 AfterEnd 序列在操作完成後運行。這可用於向傳送帶發送開始運動訊號，以為下一托盤做好準備。

### 14.26 命令：探尋

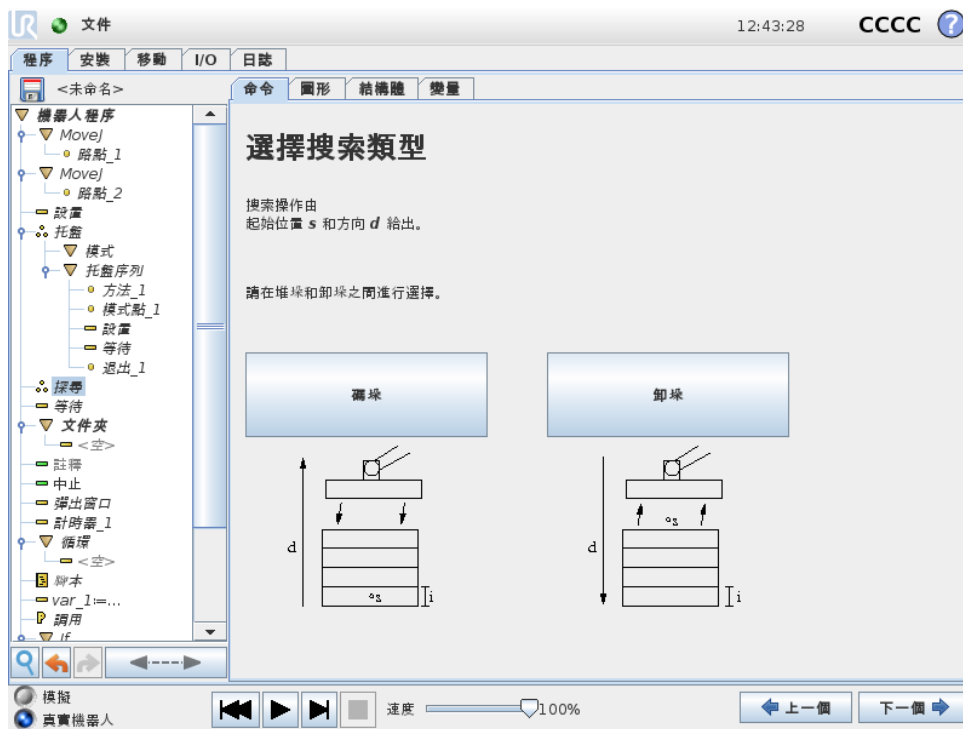
探尋命令使用傳感器確定機器人工具何時抵達可以抓取或放下工件的正確位置。傳感器可以是按鈕開關、壓力傳感器或電容傳感器。此功能適用於處理厚度不一的工件堆垛或工件的精確位置無從知曉或難以編程的情況。



編寫用於處理堆垛探尋操作程序時，必須定義  $s$  (起始點)、 $d$  (堆垛方向) 和  $i$  (堆垛中的工件厚度)。

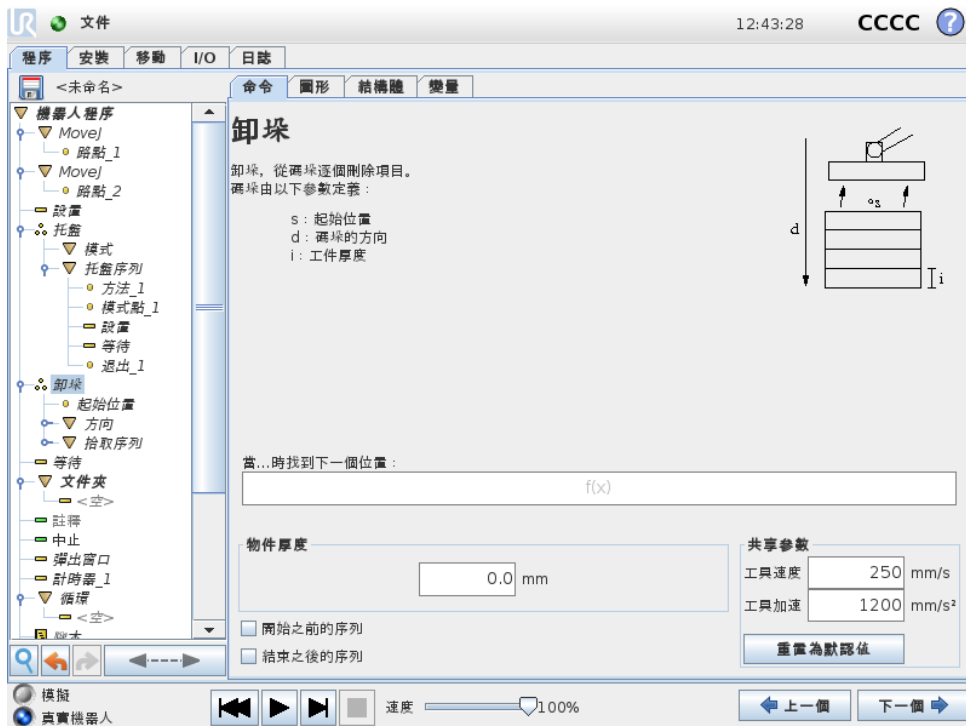
而在此之前，首先必須定義用於確定何時到達下一個堆垛位置的條件以及在每個堆垛位置將要執行的特定程序序列。此外，還必須給出堆垛操作中所涉及的運動的速度和加速度。

### 碼垛



碼垛時，機械手臂將移至起始位置，然後反向移動以搜索下一個堆垛位置。找到下一個堆垛位置時，機器人將記住此位置並執行特定序列。在下一輪，機器人將從所記住的位置開始以工件厚度為增量沿著碼垛方向搜索。當碼垛高度超出所定義的數值時，或者傳感器發送訊號時，碼垛操作即告完成。

## 卸垛



卸垛時，機械手臂從起始位置沿著指定方向移動，搜索下一工件。螢幕上的條件決定何時到達下一工件。當條件滿足時，機器人將記住此位置並執行特定序列。在下一輪，機器人將從所記住的位置開始以工件厚度為增量沿著卸垛方向搜索。

### 起始位置

起始位置是指開始執行堆垛操作的位置。如果忘記定義起始位置，堆垛操作將從機械手臂當前位置開始。

## 方向



方向由兩個位置確定，通過第一個位置 TCP 到第二個位置 TCP 之間的位置差距來計算。  
注意：方向不考慮點的朝向。

## 下一個碼垛位置表達式

機械手臂沿著方向矢量移動，同時不斷判斷是否已到達下一個堆垛位置。當表達式結果為真時，將執行特定序列。

### “BeforeStart”

可選的 BeforeStart 序列只在操作開始之前運行。這可用於等待訊號就緒。

### “AfterEnd”

可選的 AfterEnd 序列在操作完成後運行。這可用於向傳送帶發送開始運動訊號，以為下一個堆垛做好準備。

## 拾取/放置序列

拾取/放置序列是在每個堆垛位置運行的特殊程式序列，類似於托盤操作請參閱 ( )。

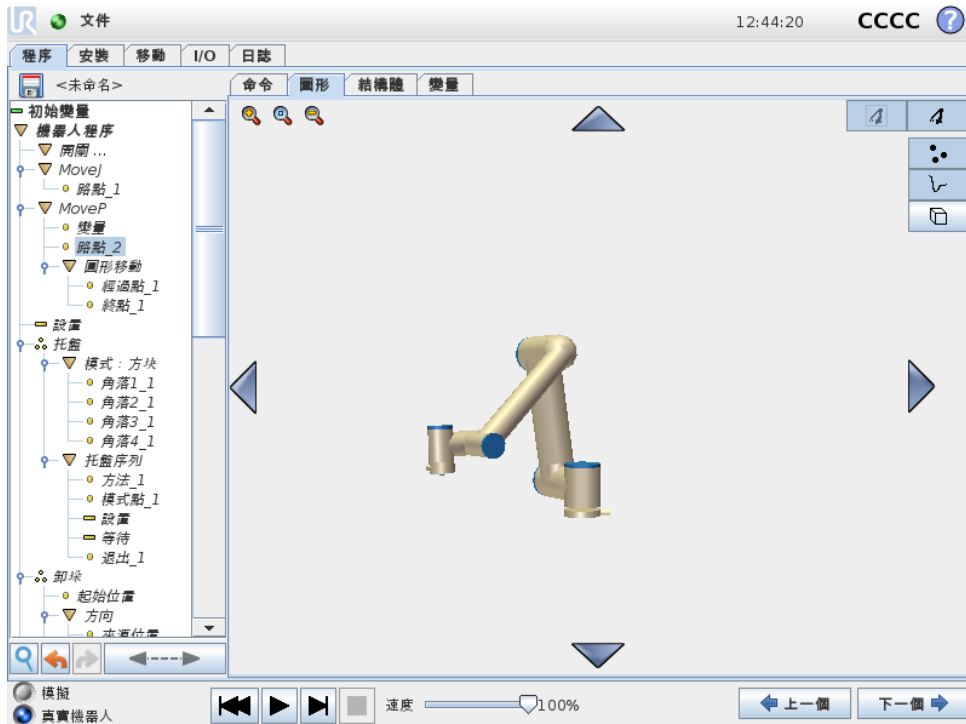
## 14.27 命令：傳送帶跟踪

可對機器人進行配置，使其跟踪某個已配置傳送帶的移動情況。當安裝中定義的**傳送帶跟踪**配置正確時，機器人將調整其運動以跟隨傳送帶。**傳送帶跟踪**程式節點可從**嚮導**索引標籤的結構索引標籤下獲得。跟踪傳送帶的同時允許在該節點下的所有運動，但它們相對於傳送帶的移動。**安裝**索引標籤下的**傳送帶跟踪**設置（請參閱13.13節）提供了將機器人配置為使用絕對和增量編碼器以及線性和圓形傳送帶的選項。

## 14.28 命令：抑制

程序運行時將會直接跳過被抑制的程序行。被抑制的程序行也可以解除抑制。使用這種方法可以快速更改程序，而且確保不破壞原始內容。

## 14.29 圖形索引標籤



當前機器人程序的圖形化表示形式。TCP 的路徑以 3D 視角顯示，運動段顯示為黑色，交融段（運動段之間的過渡）顯示為綠色。綠點標明程序中各路點處的 TCP 位置。機械手臂 3D 圖顯示機械手臂的當前位置，機械手臂陰影部分顯示機械手臂到達熒幕左側所選路點的方式。

如果機器人 TCP 的當前位置距離安全平面或觸發器平面很近，又或者機器人工具的方向接近工具方向邊界限制（請參閱 10.12，則會顯示相鄰邊界的 3D 成像。

請注意，如果機器人在運程序，邊界限制可視化將被禁用。

安全平面以黃黑色呈現，帶小箭頭指示安全平面正常，顯示安全平面上允許放置機器人 TCP 的位置。觸發器平面以藍綠色呈現，帶小箭頭指向觸發器平面的一側，在該側**正常**模式限制處於激活狀態（請參閱 10.6）。工具方向邊界限制以錐體呈現，帶一個矢量指示機器人工具的當前方向。錐體內部代表允許的工具方向（矢量）。

目標機器人 TCP 離開限制區域時，3D 成像消失。如果 TCP 違反邊界限制或接近邊界限制，則成像會變成紅色。

3D 視角可進行縮放和旋轉，以更好地顯示機械手臂的運動狀態。熒幕右上角的按鈕可以禁用 3D 視角中的各個圖形組件。底部按鈕可開啓/關閉相鄰邊界限制成像。所顯示的運動段取決於所選的程序節點。如果選擇移動節點，那麼所顯示的路徑是指由該移動定義的運動。如果選擇路點節點，那麼熒幕將顯示接下來的 ~ 10 步運動。

## 14.30 結構索引標籤



使用程序結構索引標籤可以插入、移動、複製和移除各種命令。

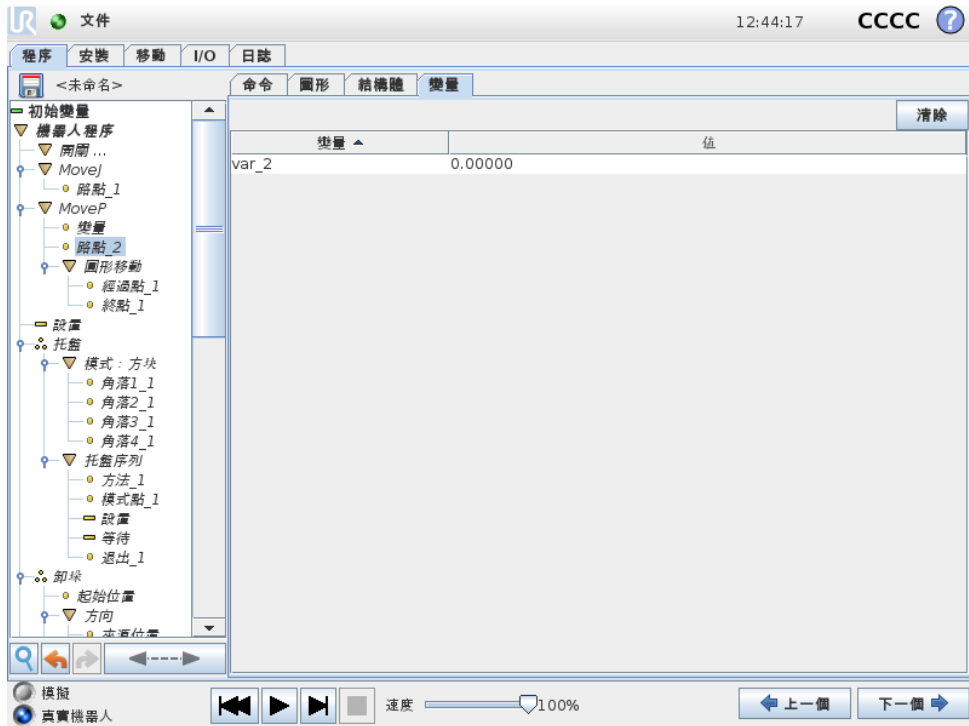
要插入新命令，請執行以下步驟：

1. 選擇現有程序命令。
2. 選擇應將新命令插入所選命令的上方還是下方。
3. 按要插入的命令類型所對應的按鈕。要調整新命令的具體內容，請轉至命令索引標籤。

使用編輯框架中的按鈕可以移動/複製/刪除命令。如果命令含有子命令（命令旁邊有一個三角形符號），則所有子命令也將隨之移動/複製/刪除。

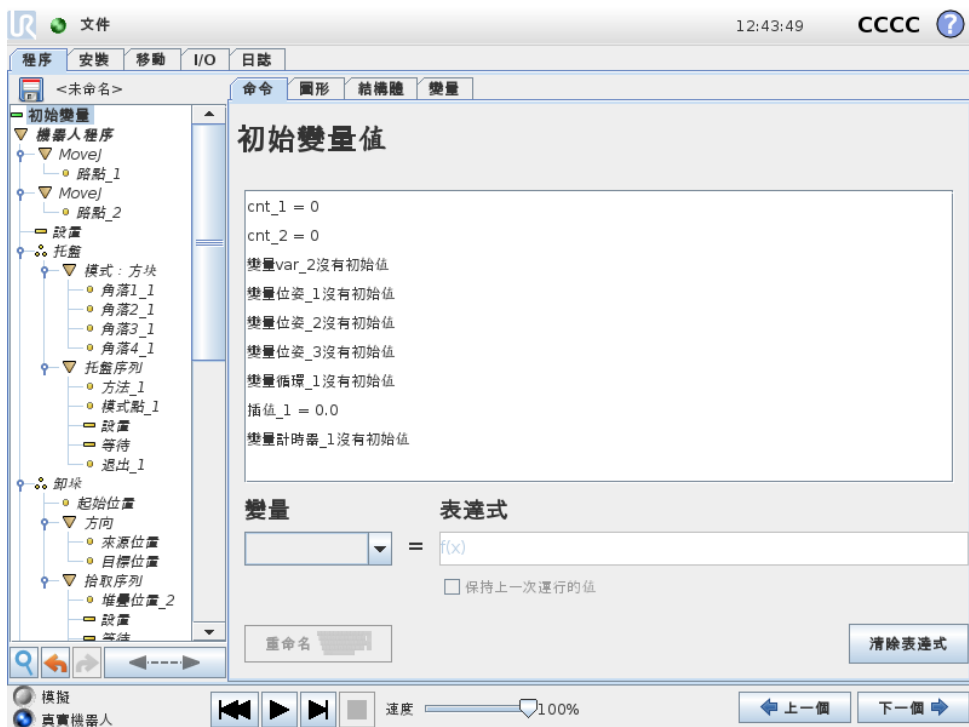
並非所有命令都適合放在程序中的所有位置。路點必須包含（但不必直接包含）在移動命令之中。ElseIf 和 Else 命令必須位於 If 命令之後。通常，隨意移動 ElseIf 命令可能會導致出現棘手問題。使用變數之前必須為其賦值。

### 14.31 變數索引標籤



變數索引標籤顯示程式運行中的實時變數值，並在程式運行之間保存傳遞變數和變數值列表。它僅在有資訊要顯示時出現。變數按其名稱的字母順序排列。此螢幕上的變數名最多以 50 個字元顯示，變數值最多以 500 個字元顯示。

### 14.32 命令：變數初始化



### 14.32 命令：變數初始化

此螢幕允許在程序（和任何線程）開始執行之前設置變數值。

可從變數列表中點擊相應的變數來選擇變數，也可以使用變數選擇器框選擇變數。對於所選變數，可以輸入一個表達式，程序開始執行時將使用此表達式設置變數值。

如果選擇**保持上一次運行的值**複選框，則變數將初始化為**變數**索引標籤上的值（請參閱 14.31）。這允許變數在程序執行之間保持它們的值。如果程序是首次運行，或者變數值索引標籤已清空，則變數將從表達式獲取變數值。

將變數名稱設置為空（僅輸入空格）即可將其從程序中刪除。



## 15 設置熒幕



- 初始化機器人轉至初始化熒幕，請參閱 11.5。
- 語言和單位配置使用者界面使用的語言和測量單位，請參閱 15.1。
- 更新機器人將機器人軟體升級到新版本，請參閱 15.2。
- 設置密碼提供相應機制來鎖定機器人的編程部分，以避免無密碼的人員執行修改操作，請參閱 15.3。
- 調校熒幕調校觸摸屏的“觸摸”功能，請參閱 15.4。
- 設置網路打開用於設置機器人控制箱以太網的界面，請參閱 15.5。
- 設置時間 設置系統的時間和日期並配置時鐘顯示格式，請參閱 15.6。
- URCaps 設置安裝的 URCaps 概述以及安裝和卸載選項，請參閱 15.7。
- 返回返回歡迎熒幕。

## 15.1 語言和單位



PolyScope 中使用的語言、單位和鍵盤語言可以在該熒幕設定。

PolyScope 上不同熒幕顯示的文本都將以選定的語言顯示，內嵌的幫助文件也將以選定的語言顯示。勾選“英文編程”，以英文顯示機器人程序內的命令名稱。PolyScope 必須重新啓動，所做更改方可生效。

所選的鍵盤語言將在 PolyScope 的所有彈出鍵盤中使用。

## 15.2 更新機器人



軟體更新可以從 USB 閃存安裝。插入 U 盤並點擊**搜索**以列出其內容。要進行更新，請選擇一個檔案，按一下**更新**，然後按螢幕說明進行操作。



### 警告:

軟體升級後務必檢測您的程序。升級操作會改變程序中的軌跡。點擊 GUI 右邊角的“?” 按鈕就可以查看更新的軟體規格。軟體規格不變，可以在原來的手冊中查看。

## 15.3 設置密碼

支持設置兩個密碼。第一個密碼是可選的系統密碼，此密碼可防止對機器人設置進行未授權的更改。設置系統密碼後，使用者沒有密碼也能加載和執行程序，但必須輸入正確的密碼才能創建或更改程序。

第二個密碼是必填的安全密碼，必須正確輸入此密碼才能修改安全配置。



**注意:**

要更改安全配置，必須設置安全密碼。



**警告:**

添加系統密碼可防止未授權的人員更改機器人安裝。

## 15.4 調校熒幕



調校觸摸屏。按照熒幕說明調校觸摸屏。最好使用尖細的非金屬物體，例如蓋好蓋的筆。調校時要仔細耐心，這樣有助於獲得更好的效果。

## 15.5 設置網路



用於設置以太網網路的操作面板。運行基本的機器人功能無需連接以太網，且默認情況下禁用以太網連接。

## 15.6 設置時間



設置系統的時間和日期，並配置時鐘的顯示格式。時鐘顯示在運行程序和機器人編程熒幕頂部。輕觸時鐘將立即顯示日期。必須重新啓動 GUI，所做更改方可生效。

## 15.7 URcaps 設置






上部列表概覽所有安裝的 URcaps。點擊 URCap 在列表下方 URCap 資訊區域顯示其元資訊 (包括 URCap 名稱、版本、許可證等)。

點擊螢幕底部的 + 按鈕安裝新的 URCap。在文件選擇器中選擇 .urcap 文件。點擊打開, PolyScope 將轉到安裝螢幕。系統將安裝選定的 URCap, 隨後列表中會顯示相應的條目。新安裝或卸載 URcaps 需要 PolyScope 重新啓動, 此時重新啓動按鈕將啓用。

若要卸載 URCap, 選擇列表中的 URCap 並點擊 - 按鈕即可。URCap 將從列表中消失, 但仍需要重新啓動。

在列表中, 條目旁邊的圖標表示 URCap 的狀態。不同狀態的定義如下:

-  URCap 正常: URCap 已安裝且正常運行。
-  URCap 故障: URCap 已安裝但無法啓動。聯繫 URCap 開發者。
-  需要重新啓動 URCap: URCap 剛剛安裝, 需要重新啓動。



# 詞彙表

**停機類別 0:** 當機器人的電源被切斷後，機器人立刻停止工作。這是不可控的停止，由於每個關節會以最快的速度製動，因此機器人可能偏離程序設定的路徑。當超過安全評定限制，或當控制系統的安全評定部分出現錯誤的情況下方可使用這種保護性停止。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13850 或 IEC 60204-1。

**停機類別 1:** 當為機器人供電使其停止時，機器人就停止，當機器人實現停止後切斷電源。這是可控性停止，機器人會遵循程序編制的路徑。一旦機器人站穩後就將電源切斷。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13850 或 IEC 60204-1。

**停機類別 2:** 機器人通電時的可控性停止。安全評定控制系統的操控可使機器人停留在停止的位置。欲了解更多資訊，請參閱 IEC 60204-1。

**3 類:** 術語類別不應與術語停機類別混淆。類別是指作為某一性能等級的基礎使用的結構類型。3 類結構的一個顯著特性便是發生單一故障時不會喪失安全功能。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13849-1。

**性能等級:** 性能等級 (PL) 是一個分離的等級，它用於說明控制系統中各個與安全相關的部分在可預測的條件下執行安全功能的能力。PLd 是第二高的可信度分類，它意味著安全功能相當值得信賴。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13849-1。

**診斷覆蓋率 (DC):** 用於衡量為了達到評定的性能等級而實施的診斷的有效性。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13849-1。

**MTTFd:** 平均危險失效時間 (MTTFd) 指的是為了達到評定的性能等級而進行計算和檢測所得的值。欲了解更多資訊，請參閱 ISO 13849-1。

**集成商:** 集成商即設計機器人最終安裝的機構。集成商負責進行最終風險評估，必須確保最終安裝遵循當地的法律法規。

**風險評估:** 風險評估即識別所有風險並將風險降低到適當程度的整個過程。風險評估應進行記錄存檔。詳情請參考 ISO 12100。

**合作機器人應用:** 術語合作是指在機器人應用中操作員與機器人之間的協作。準確的定義和描述參閱 ISO 10218-1 和 ISO 10218-2。

**安全配置:** 安全相關功能和界面可通過安全配置參數來配置。它們通過軟體界面進行定義，請參閱第 II 部分。



# 指標

A	
AfterEnd .....	II-84
B	
BeforeStart .....	II-84
I	
I/O ...	I-23, I-24, I-26, II-20, II-31, II-38, II-39
M	
MODBUS .....	II-31, II-40, II-42, II-48
MoveJ .....	II-60
MoveL .....	II-44, II-60
MoveP .....	II-44, II-60
P	
PolyScope .....	xi, II-17, II-19, II-20, II-73
U	
UR+ .....	xii
乙太網路 .....	I-35
乙太網路/IP .....	II-38
交融 .....	II-62
交融參數 .....	II-63
位姿編輯器 .....	II-44
傳送帶跟踪 .....	II-87
傳送帶跟踪設置 .....	II-48
列表 (模式) .....	II-80
力模式 .....	II-81
可變特徵 .....	II-61
可變路點 .....	II-61
可配置 I/O .....	I-25
嚮導 .....	II-87
安全 I/O .....	I-25, I-26
安全指示 .....	I-39
安全設置 .....	I-3
安全評估 .....	xii
安全配置 .....	I-7
安裝 .....	II-40, II-87
安裝變數 .....	II-39
工具 I/O .....	I-32
工具中心點 .....	II-34, II-61
工具特徵 .....	II-43
底座 .....	II-17, II-61
底座特徵 .....	II-43
彈出窗口 .....	II-70
恢復模式 .....	II-23
手腕 3 .....	II-17
托盤序列 .....	II-84
指令碼手冊 .....	xii
控制器 .....	I-59, II-31, II-39, II-51
控制箱 .....	I-23, I-24, I-37, II-21
控制箱的安裝支架 .....	xi
教導器 .....	xi, II-83
方塊模式 .....	II-80, II-81
服務手冊 .....	xii
框架 .....	II-82
標準 .....	I-59–I-61
模式 .....	II-80, II-81
機械手臂 ...	I-23, I-59, II-39, II-51, II-81, II-82, II-85, II-86
正常模式 .....	II-88
測試 .....	II-83
特徵 .....	II-43, II-49
特徵功能表 .....	II-82
盒子模式 .....	II-80, II-81
直線模式 .....	II-80, II-81
相對路點 .....	II-61
移動 .....	II-20, II-44, II-60, II-62, II-70, II-84
程序 .....	II-20
程式樹 .....	II-56, II-57
等待 .....	II-69
簡單 .....	II-82
結構 .....	II-87
自由驅動 .....	II-37, II-43, II-83
設置 .....	II-70
警告標誌 .....	I-4
變數 .....	II-58, II-90



資料夾 .....	II-72	錨點位置 .....	II-84
質量保證 .....	I-45	開關盒結構 .....	II-79
路點 .....	II-19, II-60–II-62, II-67, II-84, II-88	關節空間 .....	II-60
通用 I/O .....	I-25	關節負載 .....	II-51
運動 .....	II-82	集成商 .....	I-6
運算式編輯器 .....	II-79	風險評估 .....	I-3, I-6, I-8
		點 .....	II-82