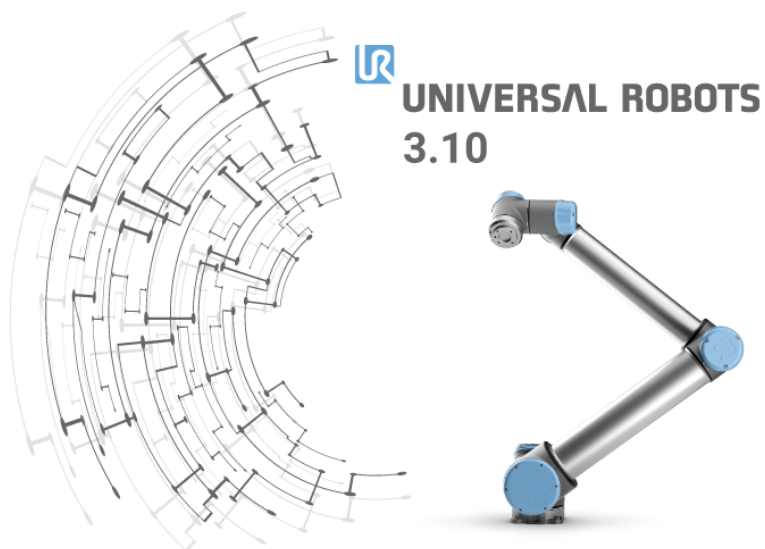




UNIVERSAL ROBOTS

PolyScope 手冊



版本 3.10

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 © 2009–2019 Universal Robots A/S

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

目录

II PolyScope 手冊	II-1
10 安全配置	II-3
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-11
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-14
10.13 安全 I/O	II-15
10.13.1 輸入訊號	II-15
10.13.2 輸出訊號	II-16
11 開始編程	II-19
11.1 簡介	II-19
11.2 使用入門	II-19
11.2.1 安裝機械手臂和控制箱	II-19
11.2.2 開/關控制箱	II-20
11.2.3 開/關機械手臂	II-20

11.2.4	快速啟動	II-20
11.2.5	第一個程序	II-21
11.3	PolyScope 程序界面	II-22
11.4	歡迎屏幕	II-23
11.5	初始化熒幕	II-24
12	屏幕編輯器	II-27
12.1	屏幕表達式編輯器	II-27
12.2	位姿編輯器屏幕	II-27
13	機器人控制	II-31
13.1	移動選項卡	II-31
13.1.1	機器人	II-31
13.1.2	特徵和工具位置	II-31
13.1.3	移動工具	II-32
13.1.4	移動關節	II-32
13.1.5	自由驅動	II-32
13.2	I/O 選項卡	II-33
13.3	MODBUS	II-33
13.4	自動移動選項卡	II-34
13.5	安裝 → 加載/保存	II-35
13.6	安裝 → TCP 配置	II-36
13.6.1	添加、重命名、修改和刪除 TCP	II-36
13.6.2	預設和激活的 TCP	II-37
13.6.3	教導 TCP 位置	II-37
13.6.4	教導 TCP 方向	II-38
13.6.5	有效負載	II-38
13.6.6	重心	II-38
13.7	安裝 → 安裝	II-39
13.8	安裝 → I/O 設置	II-40
13.8.1	I/O 訊號類型	II-40
13.8.2	分配使用者定義的名稱	II-40
13.8.3	I/O 操作和 I/O 索引標籤控制	II-41
13.9	安裝 → 安全	II-41
13.10	安裝 → 變量	II-42
13.11	安裝 → MODBUS 客戶端 I/O 設置	II-43

13.12 安裝 → 特徵	II-46
13.12.1 使用特徵	II-47
13.12.2 新點	II-47
13.12.3 新線	II-48
13.12.4 平面特徵	II-49
13.12.5 例子: 手動更新特徵以調整程式	II-50
13.12.6 例子: 動態地更新特徵位姿	II-50
13.13 輸送機跟踪設置	II-51
13.14 平滑過渡安全模式	II-52
13.14.1 調整加速/減速設定	II-52
13.15 安裝 → 預設程式	II-52
13.16 日誌選項卡	II-53
13.16.1 保存錯誤報告	II-54
13.17 加載屏幕	II-54
13.18 運行索引標籤	II-56
14 編程	II-57
14.1 新程序	II-57
14.2 程序選項卡	II-58
14.2.1 程序樹	II-58
14.2.2 程序執行指示	II-59
14.2.3 搜索按鈕	II-59
14.2.4 撤銷/重做按鈕	II-59
14.2.5 程序儀表板	II-59
14.3 變數	II-60
14.4 命令: 空	II-61
14.5 命令: 移動	II-61
14.6 命令: 固定路點	II-64
14.7 命令: 相對路點	II-69
14.8 命令: 可變路點	II-70
14.9 命令: 方向	II-70
14.10 命令: Until	II-71
14.11 命令: 等待	II-73
14.12 命令: 設置	II-73
14.13 命令: 彈出窗口	II-74



14.14 命令: 中止	II-75
14.15 命令: 註釋	II-75
14.16 命令: 文件夾	II-76
14.17 命令: 循環	II-76
14.18 命令: 子程序	II-77
14.19 命令: 賦值	II-78
14.20 命令: If	II-79
14.21 命令: 腳本	II-80
14.22 命令: 事件	II-81
14.23 命令: 線程	II-82
14.24 命令: 開關	II-82
14.24.1 計時器	II-83
14.25 命令: 模式	II-84
14.26 命令: 力	II-85
14.27 命令: 托盤	II-88
14.28 命令: 探尋	II-88
14.29 命令: 輸送機跟踪	II-91
14.30 命令: 抑制	II-92
14.31 圖形選項卡	II-92
14.32 結構選項卡	II-93
14.33 變數索引標籤	II-94
14.34 命令: 變量初始化	II-94
15 設置屏幕	II-97
15.1 語言和單位	II-98
15.2 更新機器人	II-99
15.3 設置密碼	II-100
15.4 調校屏幕	II-101
15.5 設置網絡	II-101
15.6 設置時間	II-102
15.7 URCaps 設置	II-103

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信息，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. 所有可以在屏幕及其子選項卡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。它們的定義在安全屏幕的下列子選項卡中：

- 一般限制子選項卡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 子選項卡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. 包含有錯誤的子選項卡的頂部標有紅色錯誤圖標。
3. 包含有錯誤的文本字段標記為紅色背景。

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選項卡，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 -150mm/s 。這意味著如果用戶配置 250mm/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10.1中顯示了這種情況的一個例子。



警告：
務必利用限值（不含公差）執行風險評估。



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

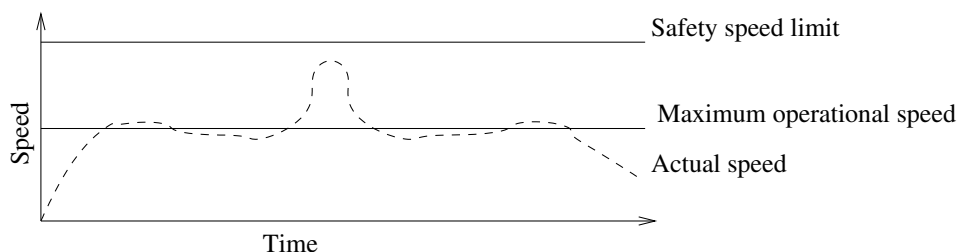


图 10.1: 安全公差示例。

10.5 安全校驗和

屏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信息。

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, ¹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, 用戶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用戶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, 如果用戶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

在屏幕下方的空白文本字段輸入正確的密碼, 並按解鎖按鈕前, 此屏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屏幕。當離開安全配置屏幕時, 安全選項卡可自動

¹符合 IEC 60204-1 的要求, 詳情請參閱詞彙表。

鎖定。設置被鎖定时，屏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，安全配置屏幕解鎖後，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，並且是從初始化屏幕手動通電。

在退出安裝選項卡前，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，提供的信息採用 SI 單位。確認對話框的示例如下所示。



限制	正常模式	縮減模式
力	150.00	120.00 N
功率	300.00	200.00 W
速度	1.50	0.75 m/s
動量	25.00	10.00 kg m/s

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信息。

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屏幕。

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字段會被禁用（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屏幕，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，用戶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。

預設情況下，機械手腕 3 位置範圍為無限制。當使用連接到機器人的電纜時，您必須首先禁用機械手腕 3 無限制範圍核取方塊，以避免產生電纜張力與發生保護性停止。

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字段會被禁用（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 本屏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字段會被禁用（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

您可以在該選項卡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，由於安全選項卡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，用戶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

安全邊界控件位於選項卡左邊，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。可在選項卡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。該邊界可在選項卡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。如果位於選項卡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。

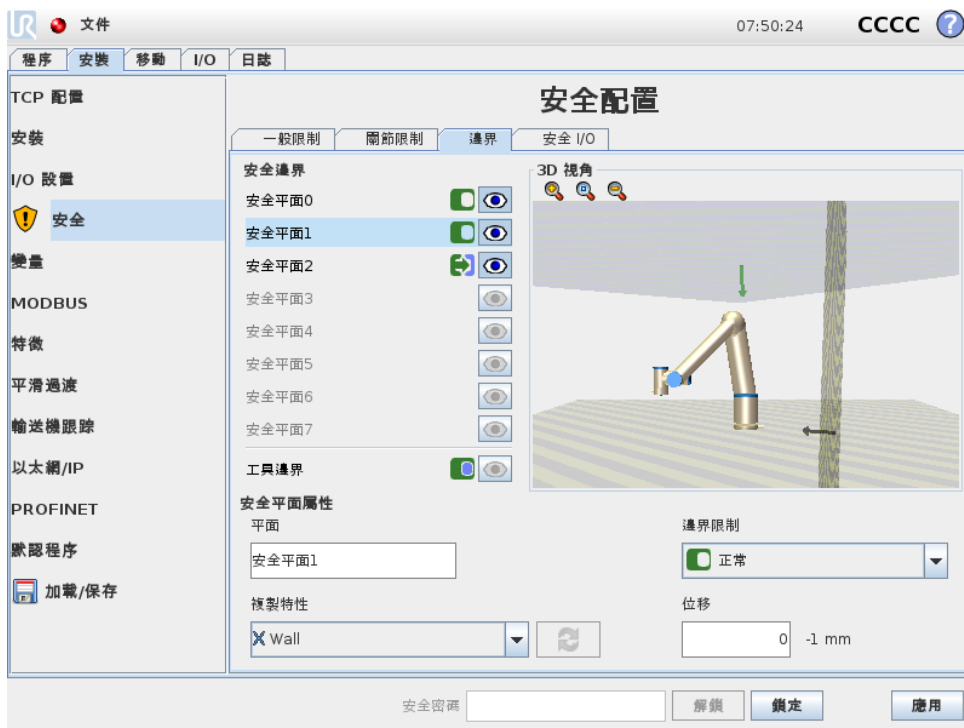
工具方向邊界限制以錐體呈現，帶一個矢量指示機器人工具的當前方向。錐體內部代表允許的工具方向（矢量）。

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

通過選項卡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選項卡左上方的安全邊界控件中。



名稱 名稱文本域允許用戶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，位置信息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菜單用於選擇此安全平面的安全模式，可用的模式有：

☐ 禁用	安全平面從不處於活動狀態。
☒ 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。
☐ 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。
☒ 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。
☒ 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字段的右側。

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，並且輸入信號低（詳情請參閱 10.13）。

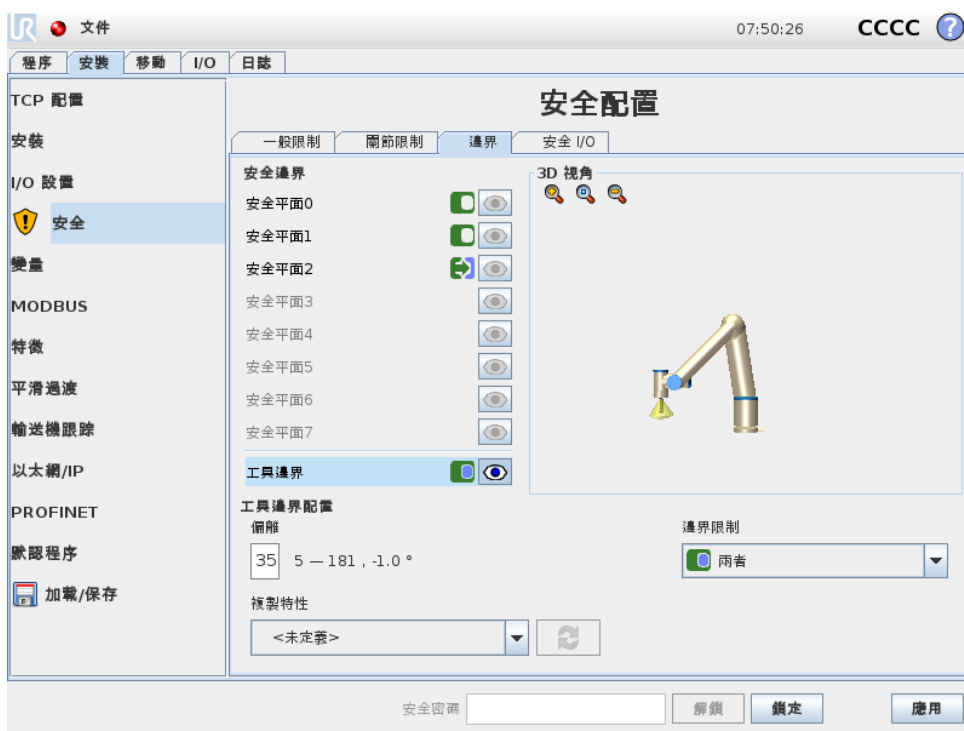
如果不再出現以上任何一種情況，安全系統將重新轉換為標準模式。

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



位於選項卡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。

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：

☐ 禁用	工具邊界限制從不處於激活狀態
☒ 正常	安全系統採用標準模式時，工具邊界限制激活。
☐ 縮減	安全系統採用縮減模式時，工具邊界限制激活。
☒ 標準 & 縮減	安全系統位於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。

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，²3 和 PLd I / O。

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、三位激活裝置和 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。

²將每種功能分門別類，詳情請參閱詞彙表。

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。

三位激活裝置和操作模式 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。配置三位激活裝置輸入之後，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，當三位激活裝置輸入為低訊號時，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。當三位激活裝置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。一旦配置了三位激活裝置輸入，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，只有三位激活裝置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 配置及三位激活裝置啓用被確認後，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 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訊號為強訊號。否則訊號為邏輯低電平。

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 是一個圖形用戶界面（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。之後將對屏幕及 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信息，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信息。
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。

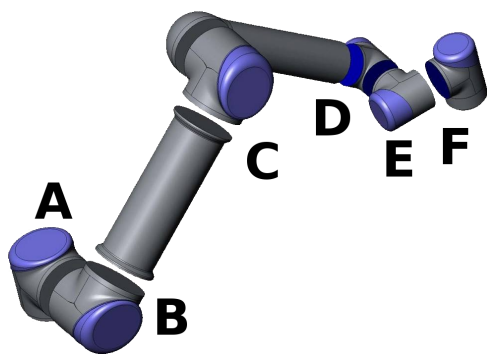


图 11.1: 機器人關節。A: 底座，B: 肩部，C: 肘部和 D、E、F: 手腕 1、2、3

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，屏幕上將顯示一些按鈕，並彈出一個窗口，引導用戶轉至初始化屏幕（請參閱 11.5）。

按屏幕上的綠色電源按鈕或使用歡迎屏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，在初始化屏幕中（請參閱 11.5），觸摸屏幕上的開按鈕，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。

觸摸初始化屏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

為了快速啟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屏幕。
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 第一個程序

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。使用移動選項卡設置航點，手動移動（示教）機器人至某個具體位置，或由軟件計算得出。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 信號，並可根據變量和 I/O 信號執行 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），屏幕左側樹結構中 <empty> 行將被選中。
3. 轉至結構選項卡。
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. 在移動屏幕上，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:

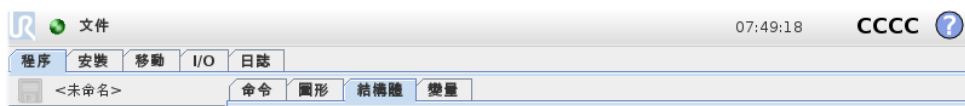
1. 不要讓機器人移到自身或其他物體中，因為這會對機器人造成損害。
2. 您的頭和軀幹不能位於機器人可接觸到的範圍（工作區）。請不要將您的手指放在機器人可抓住的地方。
3. 這只是一個快速啟動指南，教您如何輕鬆地使用 UR 機器人。該指南的前提是環境安全無害，用戶謹慎小心。請不要將速度或者加速度上調至默認值之上。在使機器人進入操作之前，始終進行風險評估。

11.3 PolyScope 程序界面

PolyScope 在連接到控制器的觸摸屏上運行。



上圖顯示的是歡迎屏幕。屏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屏幕畫面。在編程環境中，屏幕以選項卡的形式組織排列以便於訪問。



在上圖的示例中，用戶選擇了頂層的**程序**選項卡以及位於其下一層的**結構**選項卡。程序選項卡顯示與當前加載程序相關的信息。若選擇**移動**選項卡，屏幕將切換為**移動** O 屏幕，在此屏幕中可以移動機械手臂。同理，若選擇 I/O 選項卡，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。幾乎所有文本字段都啓用了觸控功能，因此觸摸它們可以打開一個屏幕小鍵盤或鍵盤。

有關 PolyScope 的各個屏幕，將在後續章節詳細介紹。

11.4 歡迎屏幕



啓動控制器 PC 後，將顯示歡迎屏幕。此屏幕提供以下選項：

- **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、升級軟件、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**：提供有關軟件版本的詳情、主機名、IP 地址、序列號和法律信息。

11.5 初始化熒幕



在此屏幕上，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字段中。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字段中。點擊文本字段或點擊該字段旁邊的**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屏幕下方的 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，感應器數據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屏幕，在該屏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 屏幕編輯器

12.1 屏幕表達式編輯器



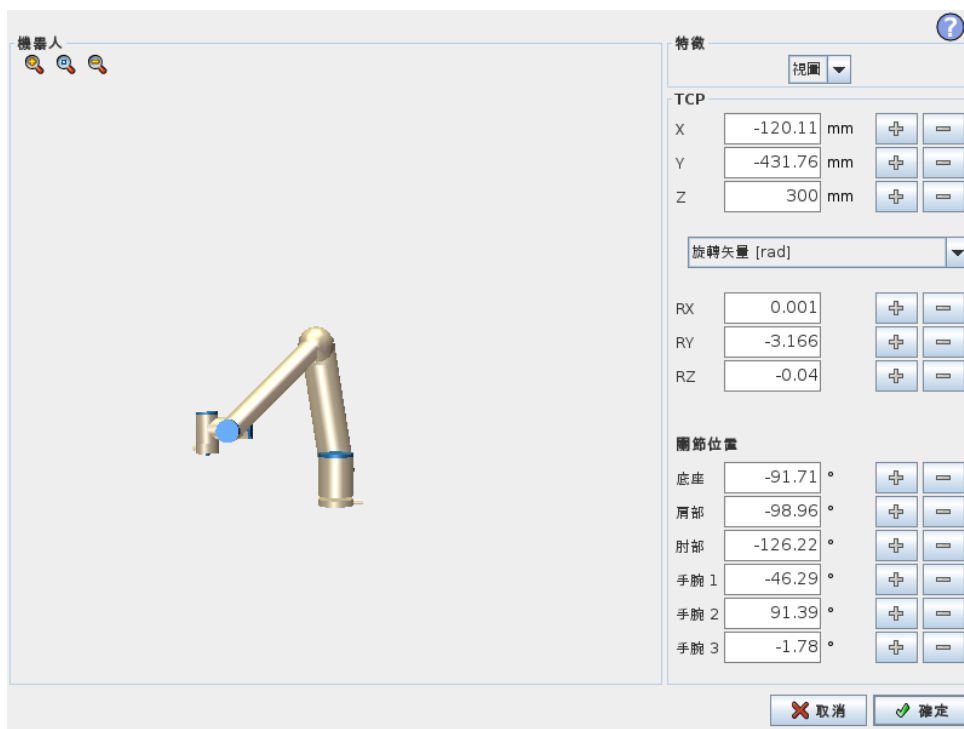
表達式本身可以文本形式進行編輯，同時，也可使用表達式編輯器進行編輯。表達式編輯器提供許多按鈕和函數，可用於插入特殊表達式符號，例如表示相乘的 * 號和表示小於等於的 $\leq$ 符號。使用屏幕右上角的鍵盤符號按鈕可切換至表達式文本編輯模式。所有已定義的變量都可在變數選擇器中找到，輸入和輸出端口的名稱可在輸入和輸出選擇器中找到。一些特殊函數可在函數選擇器中找到。

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螢幕，放棄所有更改。表達式類似如下形式：

$\text{digital_in}[1] \stackrel{?}{=} \text{True}$ 和 $\text{analog_in}[0] < 0.5$

12.2 位姿編輯器屏幕

可以在此屏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）。屏幕“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”顯示由屏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

在屏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 的更多信息，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° 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

如果該螢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。

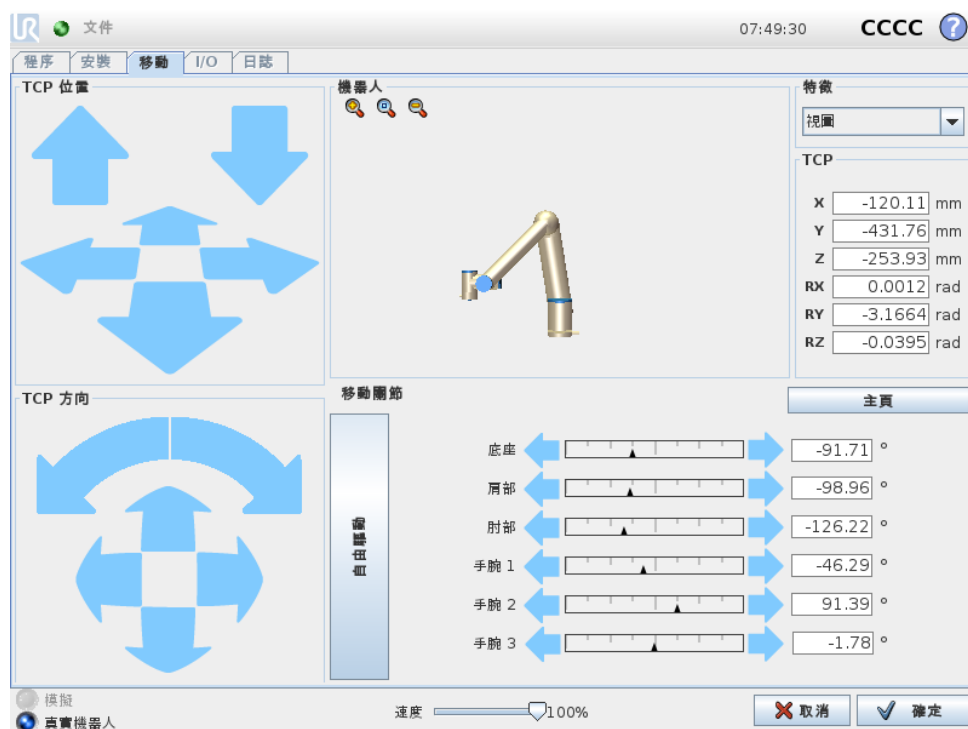
取消按鈕

點擊取消按鈕可離開此屏幕，放棄所有更改。

13 機器人控制

13.1 移動選項卡

在此屏幕，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

在屏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 的更多信息，（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屏幕（請參閱 12.2），您可以在該屏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° 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。如果設置選項卡中的重力設置（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 選項卡



在此屏幕，您可始終監控並設置機器人控制器收發的實時 I/O 信號。屏幕將顯示 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，所有輸出信號將保持其狀態。屏幕的更新頻率為 10Hz，因此，特別快的信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，替代默認名稱或用戶自定義名稱。用於安全設置的可配置輸出不可切換狀態，僅以 LED 顯示。

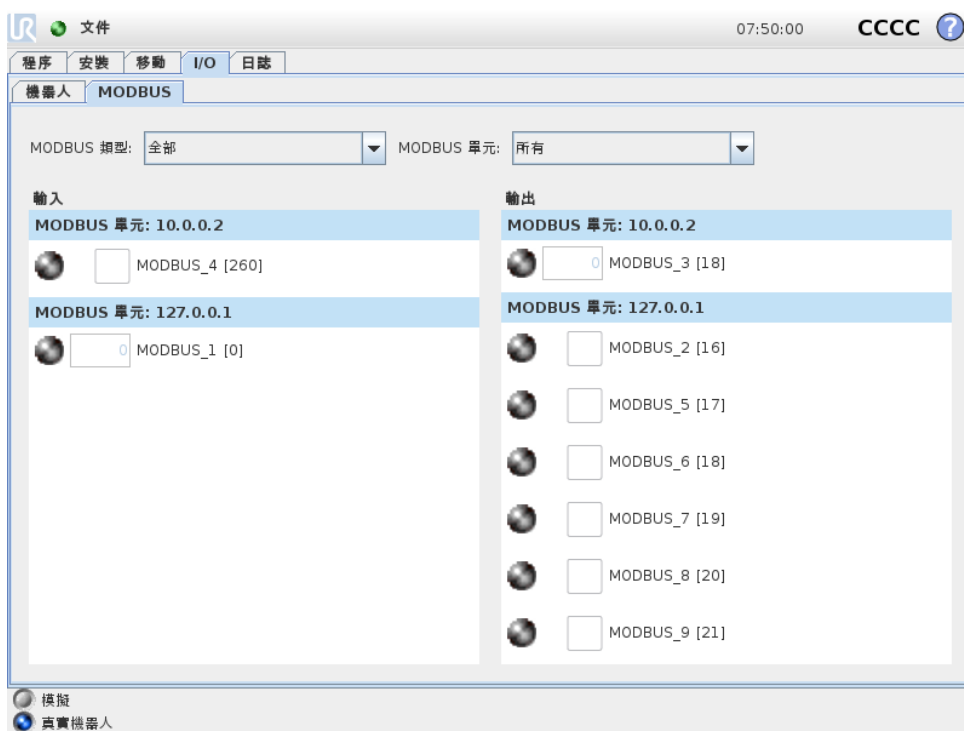
信號的電氣細節請參閱 ?? 章。

電壓 在工具輸出選項中，電壓僅可在使用者控制工具輸出時予以配置。選擇 URCap 消除對電壓的存取。

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。在工具輸出選項中選擇 URCap，將消除對模擬工具輸入域設置的存取。

13.3 MODBUS

下面的熒幕截圖顯示了與安裝設置中相同的 MODBUS 客戶端 I/O 訊號。使用熒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 自動移動選項卡

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選項卡。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**選項卡，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**選項卡下的各個屏幕進行設置，有一個例外就是 I/O 域在 I/O 選項卡中進行設置（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**選項卡左邊的**加載/保存**文本附件會出現一個軟盤圖標。

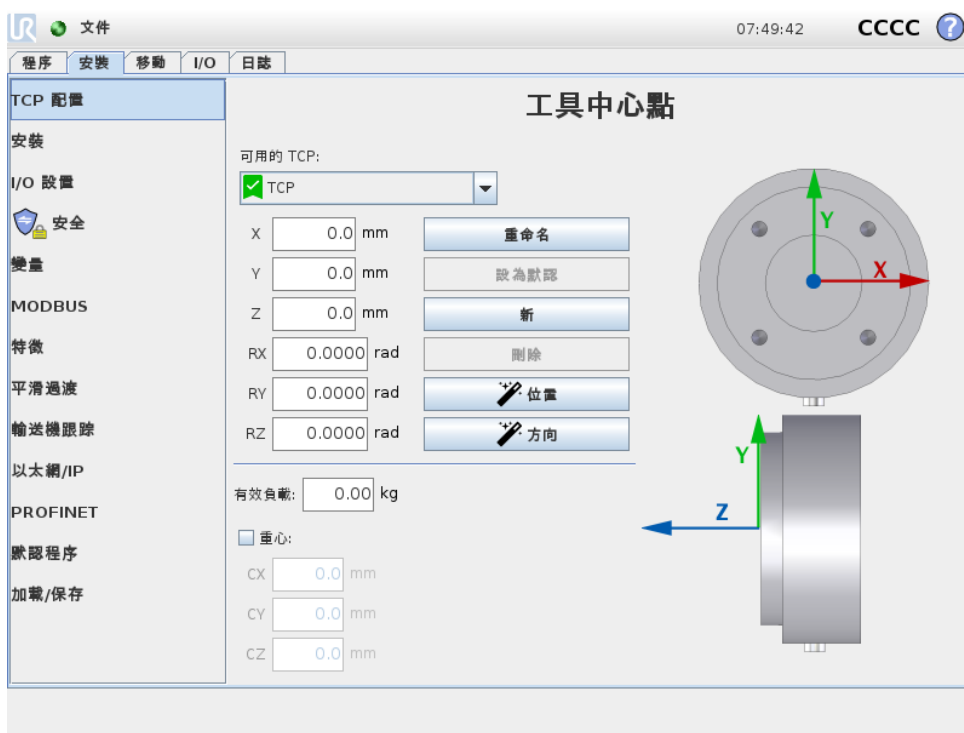
按下**保存**或**另存為...**按鈕可保存安裝設置。此外，保存程序也會保存處於激活狀態的安裝設置。請使用加載按鈕來**加載**另一個安裝設置文件。**新建**按鈕重置機器人安裝設置中的所有設置，使其恢復出廠設置。



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**文件夾中。

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。

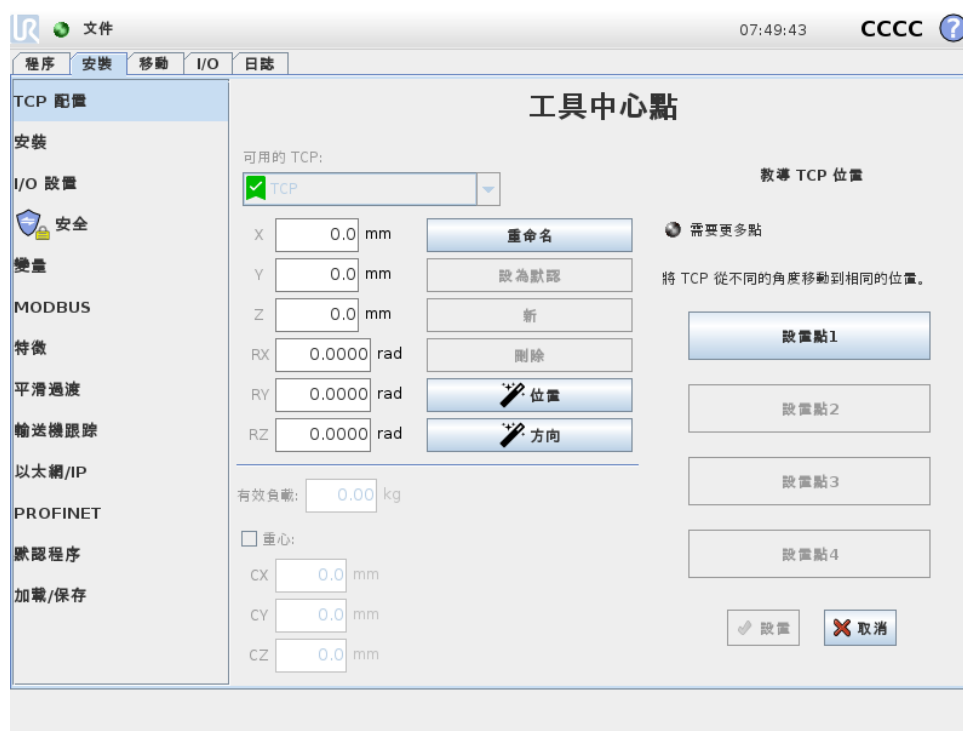
所選 TCP 的轉換和旋轉可以通過點擊相應的空白文本欄位並輸入新值來修改。

13.6.2 預設和激活的 TCP

在可用 TCP 下拉式功能表中，預設 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 14.31）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14.12）。

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. 從下拉列表中選擇一個特徵。（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

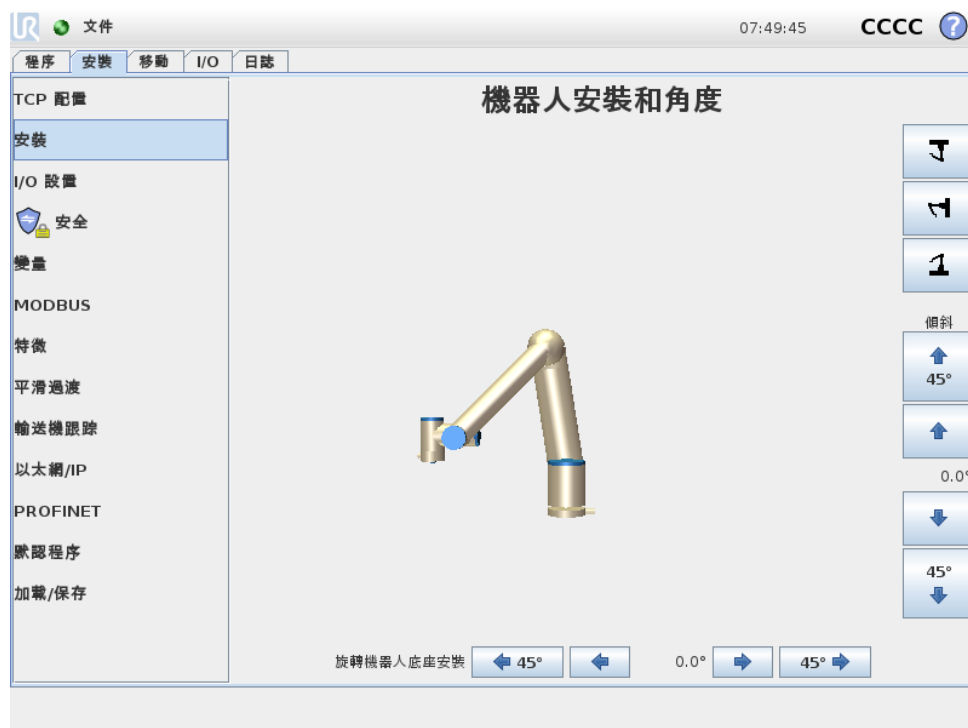
使用 CX、CY 和 CZ 區域指定刀具的重心。這些設置適用於所有定義的 TCP。對使用比 3.8 更舊版本建立的安裝設置進行預設後，則可為 TCP 設置重心。如果在 3.8 或更高版本中手動設置重心，則永久刪除為 TCP 設置重心的功能。



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. 在屏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，無需對此屏幕進行任何更改。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，則需使用屏幕中的按鈕對其進行調整。

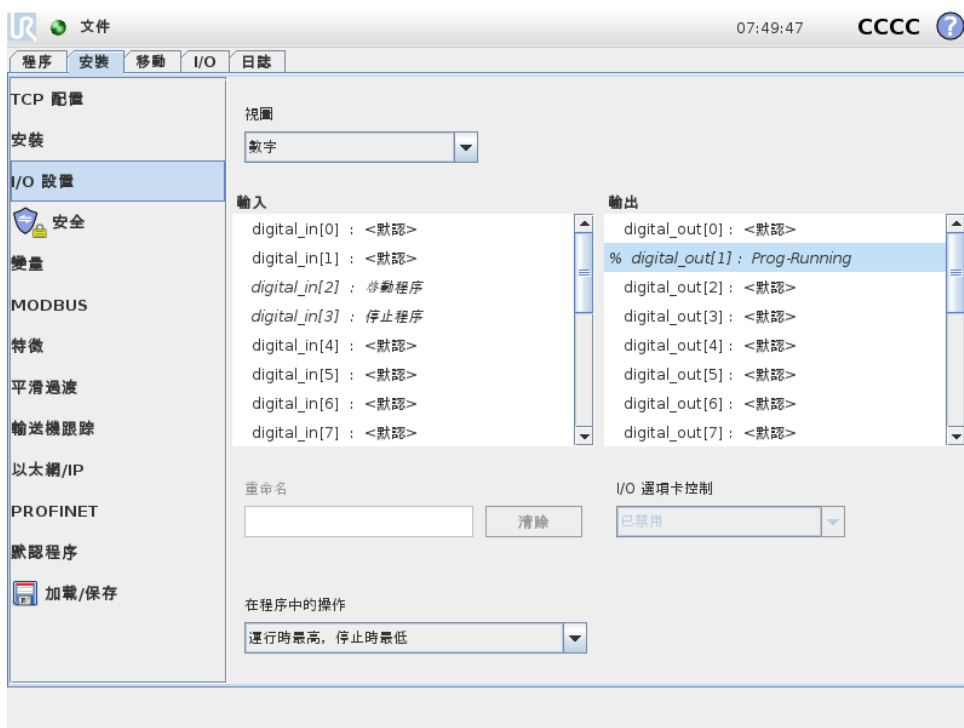
屏幕右側的按鈕可用於設置機械手臂的安裝角度。右側前三個按鈕可將角度設置為吊頂（180°）、牆壁（90°）、地面（0°）。傾斜按鈕設置任意角度。

屏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（14.11）和（14.20）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：

- 開始：在上升沿開始或恢復當前程式。
- 停止：在上升沿停止當前程式。
- 暫停：在上升沿暫停當前程式。
- 自由驅動：當輸入值較高時，機器人處於自由驅動模式（類似於自由驅動按鈕）。如果程式正在運行或其他條件不允許自由驅動，則忽略輸入。



警告：

如果在使用開始輸入操作時機器人停止，則機器人會在執行該程式前緩慢移動至程式的第一個路點。如果在使用開始輸入操作時機器人暫停，則機器人會在恢復該程式前緩慢移動至暫停的位置。

可用的輸出操作：

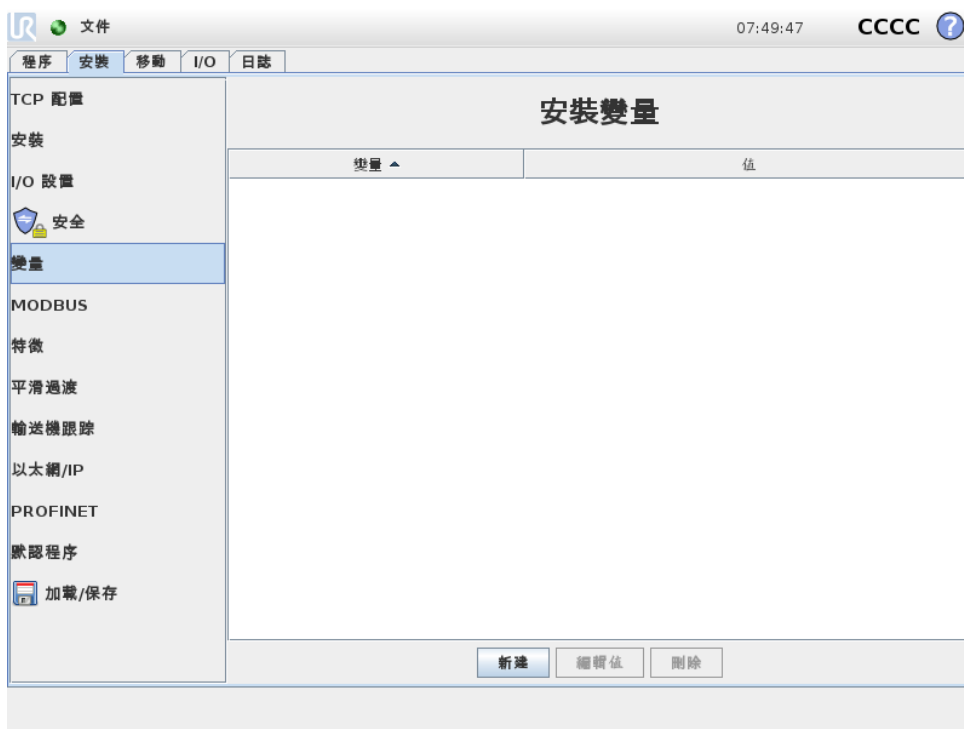
- 不運行時低：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較低。
- 不運行時高：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較高。
- 運行時高，停止時低：程式狀態係“停止”或“暫停”時輸出較低，運行時較高。
- 連續脈衝：程式運行時，指定秒數內，輸出在高和低之間切換。暫停或停止程式以維持脈衝狀態。

I/O 索引標籤控制：指定是否（由編程員或操作員和編程員合作）透過 I/O 選項卡控制輸出，或指定是否由機器人程式控制輸出。

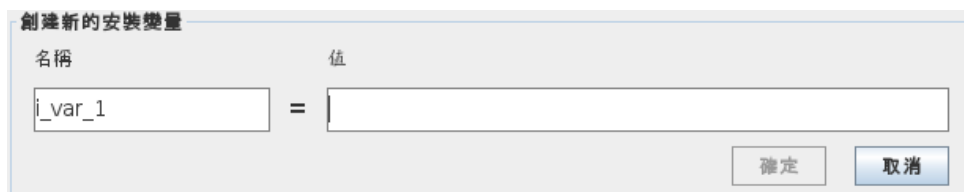
13.9 安裝 → 安全

請參閱第 10 章。

13.10 安裝 → 變量



變量屏幕上創建的變量稱為安裝變量，像一般的程序變數一樣使用。安裝設置變量非常特殊，因為即使當程序被中斷而後又重新啓動，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量。



按**新建**，板上將出現含有新變量建議的名稱。該變量名稱可以更改，變量值可以通過觸摸文本字段輸入。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。

將列表中的變量高亮，按後點擊**編輯數值**，可以更改安裝設置變量值。

要刪除變量，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。

安裝設置變量及其值每 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）信號。可由輸入/輸出信號（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。每個信號都有唯一的名稱，因此可用在程序中。



警告:

存取斷開連線的訊號將停止程式。

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信號。

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信號時，並且提高請求頻率會導致信號斷開連接。請注意，當在連續模式下定義多個信號時，實際信號頻率可能會低於請求的頻率。信號統計中可以觀察到實際的信號頻率（參見第 13.11 部分）。如果實際信號頻率小於從“頻率”下拉列表中選擇的值的一半，信號指示燈將變為黃色。

添加信號

按此按鈕可添加信號到相應的 MODBUS 設備上。

刪除信號

按此按鈕可從相應的 MODBUS 設備上刪除信號。

設置信號類型

使用此下拉菜單可選擇信號類型。可用類型包括：

數字輸入：數字輸入（線圈）是一位長度的信號，可從信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）。

數字輸出：數字輸出（線圈）是一位長度的信號，可設置為高電平或低電平。在用戶已設置此輸出的值之前，將從遠端 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**設置信號值**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：寄存器輸入信號是從地址域中指定的地址讀取的 16 位長度信號。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 位長度信號，可由用戶自行設置。在用戶已設置寄存器的值之前，將從遠端 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**設置信號值**字段中指定信號值來設置信號之後，將使用功能代碼 0x06（寫入單寄存器）來設置遠端 MODBUS 設備的值。

設置信號地址

此字段顯示遠端 MODBUS 服務器上的地址。可使用屏幕小鍵盤選擇不同地址。有效地址取決於製造商和遠端 MODBUS 設備的配置。

設置信號名稱

用戶可以使用屏幕鍵盤為信號指定名稱。當信號在程序中使用時會用到信號名稱。

信號值

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

信號連接狀態

此圖標顯示是否可正確讀取/寫入信號（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，檢查輸入的信號地址是否對應遠端 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，檢查輸入的信號值對於遠端 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) 專用信息已與編程命令一起發送至遠端 MODBUS 設備。
- E6: 從設備忙 (0x06) 專用信息已與編程命令一起發送至遠端 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/隱藏每個信號對應的高級選項。

高級選項

更新頻率: 此菜單可用於更改信號的更新頻率。更新頻率是指向遠端 MODBUS 設備發送請求來讀取或寫入信號值的請求頻率。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: 此文本字段可用於為與特定信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，建議您首先查閱遠端 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）。

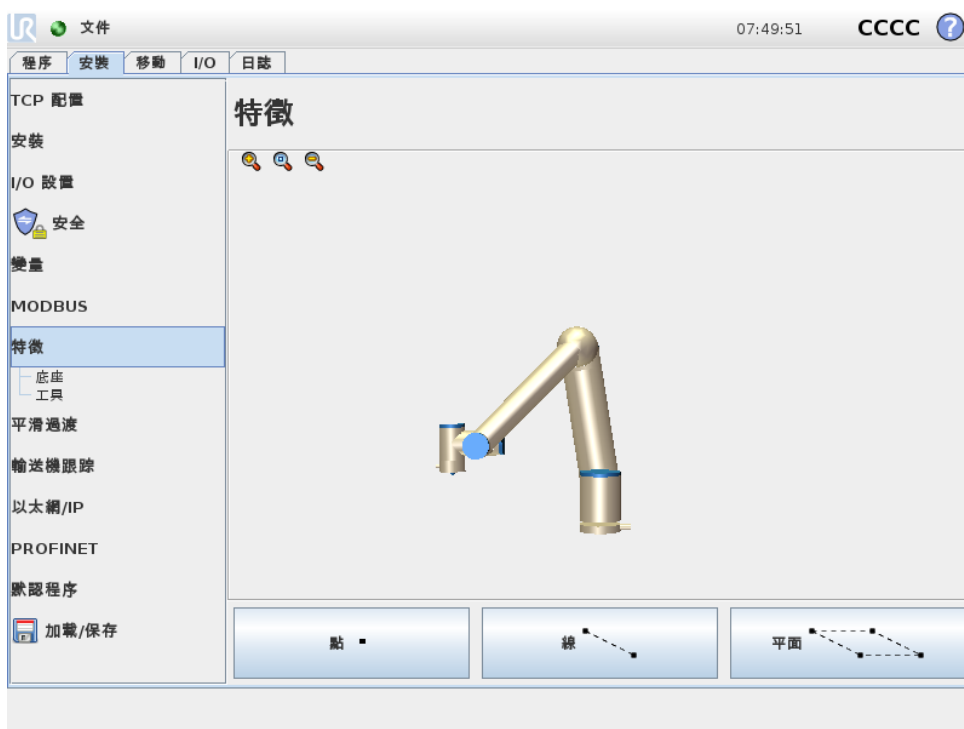
超時: 沒有得到響應的 modbus 請求的數量。

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）信號狀態的平均頻率更新。每次信號收到服務器（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、輸送機、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）

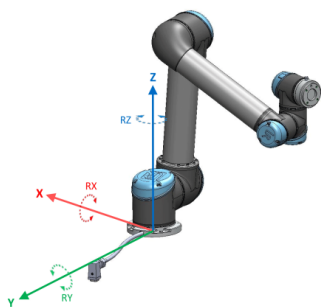


图 13.1: 底座特徵

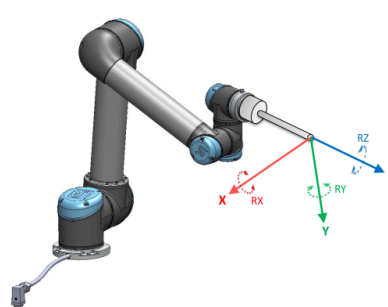


图 13.2: 工具 (TCP) 特徵

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輸送機的方向，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輸送機，但使用者必須將 TCP 指向輸送機的運動方向。

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）或位姿編輯器螢幕（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。該選擇適用於此螢幕和移動螢幕。

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

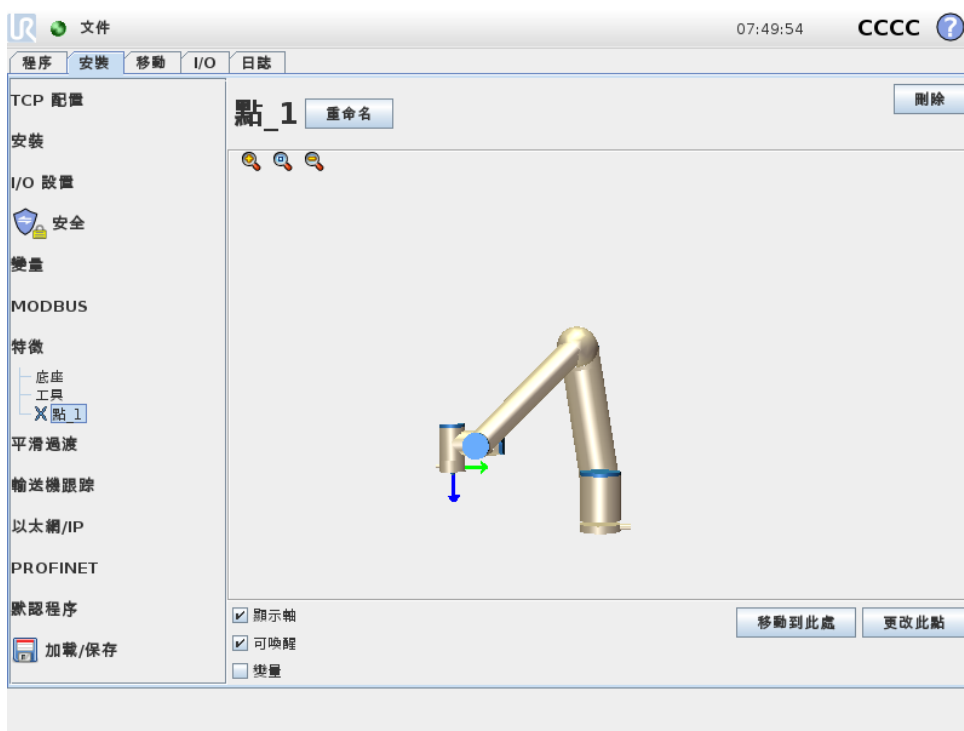
選擇所選特徵是否將可喚醒。這確定該特徵是否將顯示在移動螢幕的特徵功能表中。

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。

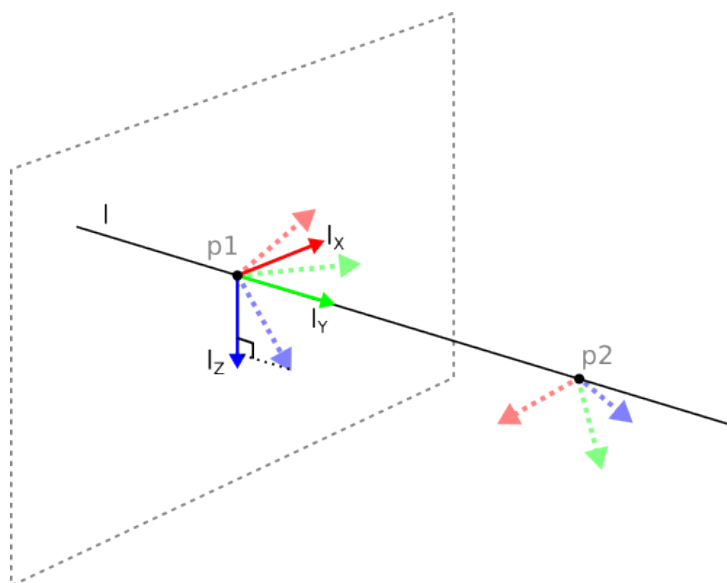
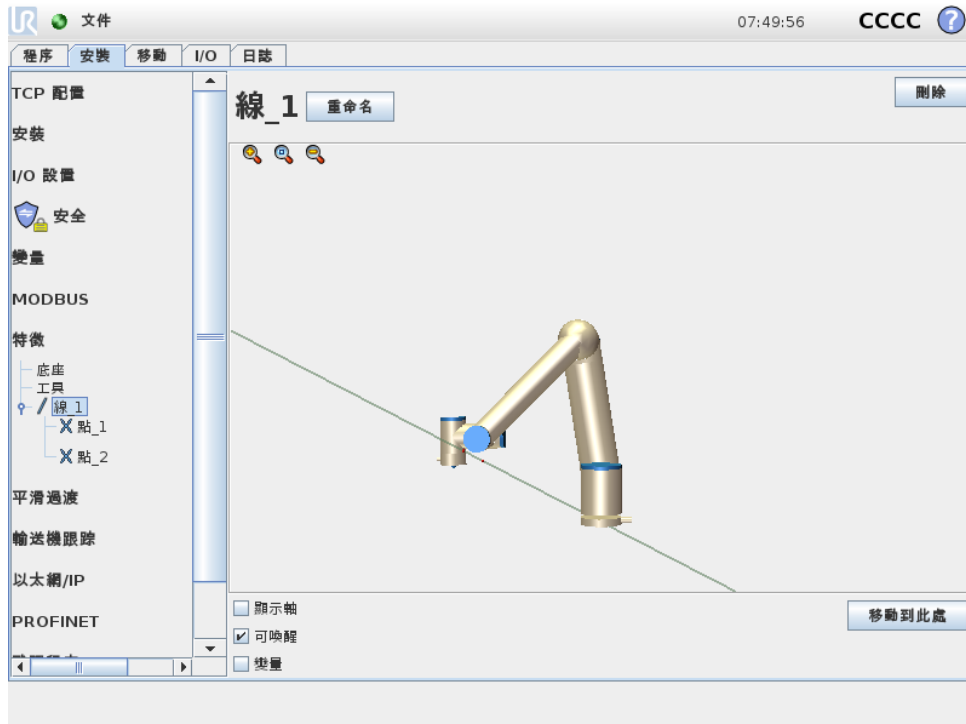


图 13.3: 直線特徵的定義

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

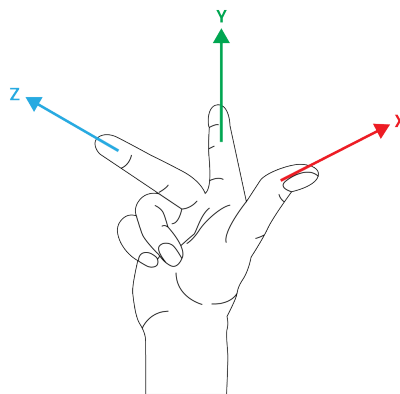
1. 在安裝中，選擇**特徵**。
2. 在特徵下選擇**平面**。

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

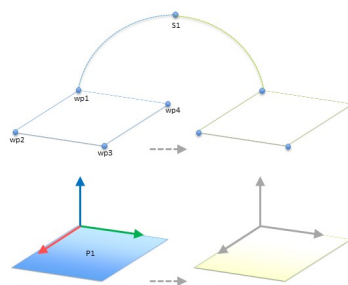


图 13.4: 相對於平面特徵（通過更改特徵進行手動更新）的四個路點的簡單程式

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。

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）。

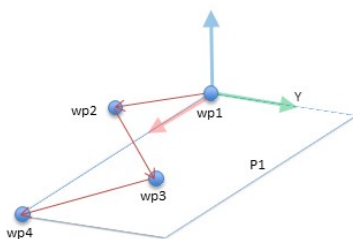


图 13.5: 具有相對於平面特徵的四個路點的 MoveL 命令

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。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）中顯示了 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 輸送機跟踪設置

機器人程式

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

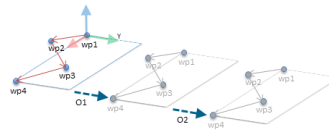


图 13.6: 對平面特徵應用偏移

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
```

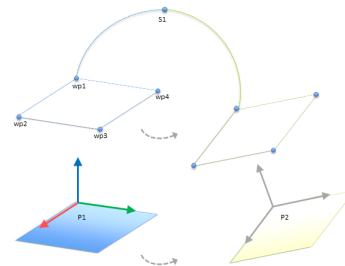


图 13.7: 從一個平面特徵切換到另一個

13.13 輸送機跟踪設置

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。

輸送機參數

增量: 編碼器可以被連接到數位輸入 0 至 3。數字信號的解碼以 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輸送機方向。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 信號連接。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。

跟踪參數

線性傳送帶: 當選擇了線性輸送機時，必須在安裝的**特徵**部分中配置直線特徵，以確定輸送機的方向。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，通過讓工具緊靠輸送機側面來配置直線特徵。如果直線特徵的方向與輸送機的運動相反，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: 在跟踪圓形輸送機時，必須定義輸送機中心點。

1. 在安裝的**特徵**部分中定義中心點。**每轉一次刻度**值必須是當輸送機旋轉一整圈時編碼器產生的刻度數。

- 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。

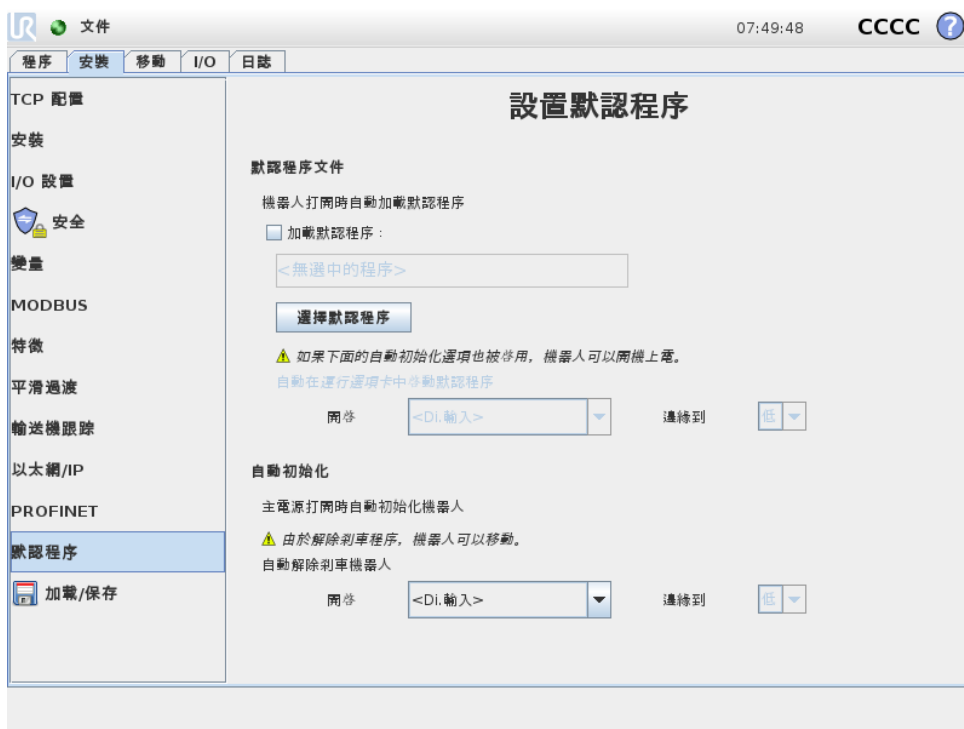
13.14 平滑過渡安全模式

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。
- 於左側的側邊功能表中，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



啟動螢幕包含自動加載設置、啟動預設程式，以及在啟動時，自動對機械手臂進行初始化。



警告:

- 當自動加載、自動啟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。
- 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**螢幕（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**螢幕中自動啟動。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，該程式會自動啟動。

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

自動初始化

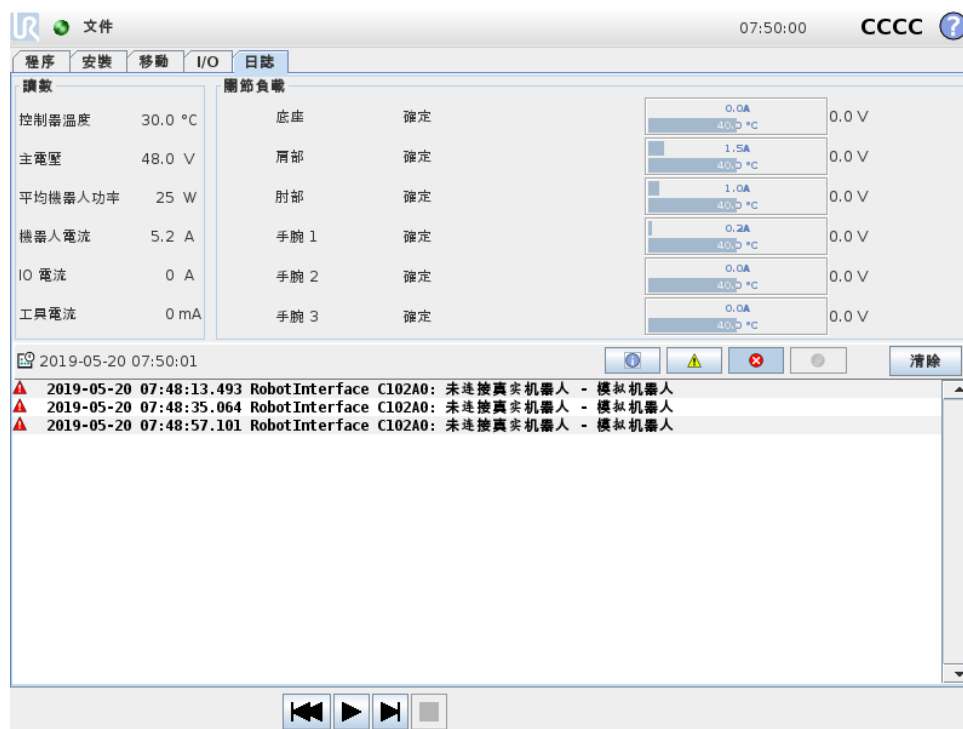
機械手臂會自動初始化。對於特定的外部輸入訊號邊緣過渡，機械手臂將完全被初始化，而不考慮可見螢幕。

解除制車是最後的初始化階段。在解除制車期間，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，資料制車將不能自動釋放。在這種情況下，就必須在初始化螢幕（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 日誌選項卡



機器人健康 屏幕上半部分顯示機械手臂和控制器狀況。

屏幕左側顯示與控制器相關的資訊，而屏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 資訊顯示在屏幕的下半部分。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。在日誌選項卡中，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：用戶程序、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 加載屏幕

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



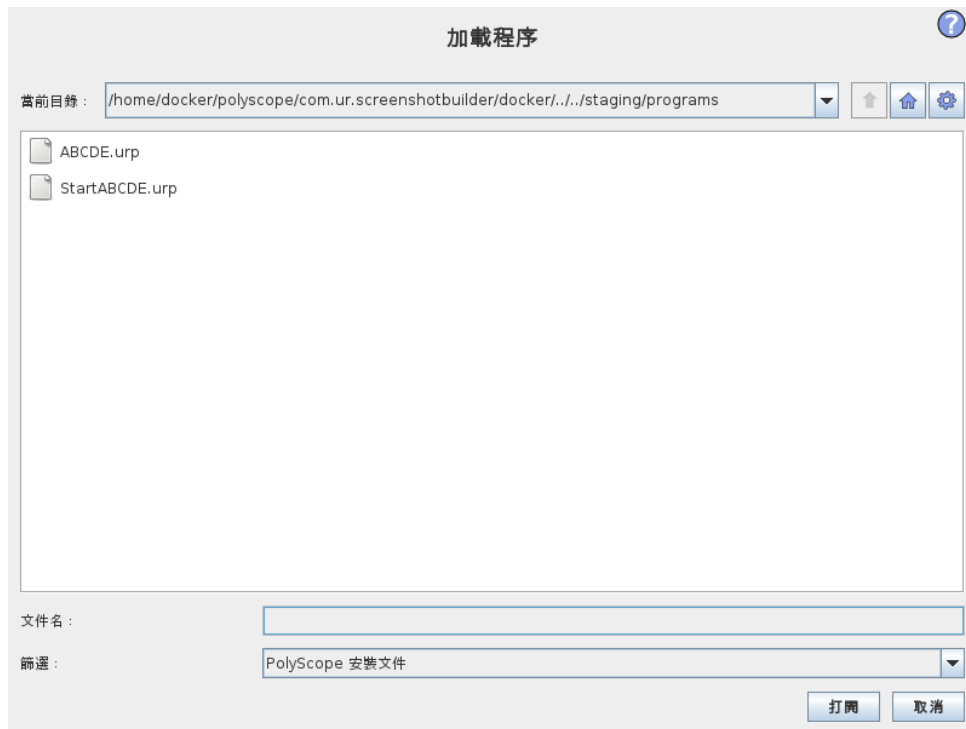
注意：

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。

主要差異在於用戶可執行的是哪個。在基本加載屏幕中，用戶只能訪問文件 - 不能修改或刪除文件。此外，用戶不允許離開程序文件夾下的目錄結構。用戶可以向下訪問子目錄，但不能訪問程序文件夾上一級目錄。

因此，所有程序都應放在程序文件夾和/或程序文件夾下的子文件夾。

屏幕佈局



上圖顯示的是實際的加載屏幕。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，屏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文件夾以上的所有目錄。

選定列表中的文件夾名稱，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）。

文件選擇區域 在對話框的此區域，將顯示實際的目錄。通過這個，用戶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。點擊向下訪問文件夾並顯示其內容。

文件篩選器 使用文件篩選器，用戶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。

文件字段 此處將顯示當前所選的文件。用戶可以點擊字段右側的鍵盤圖標手動鍵入文件名稱。屏幕鍵盤會跳出，用戶可以直接在屏幕上輸入文件名。

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屏幕。

取消按鈕 點擊取消按鈕可終止當前的加載進程，並促使屏幕跳回前一頁面。

操作按鈕 一系列按鈕讓用戶可以進行一些操作，這些操作以往一般需要用戶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文件夾。

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

13.18 運行索引標籤



此選項卡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，在該選項卡中一個默認程序會自動加載並啟動，基於外部輸入信號邊緣過渡（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模板或參照現有（已保存）機器人程序來創建。模板提供整個程序結構，只需填寫程序的細節內容即可。

14.2 程序選項卡



程序選項卡顯示要編輯的當前程序。

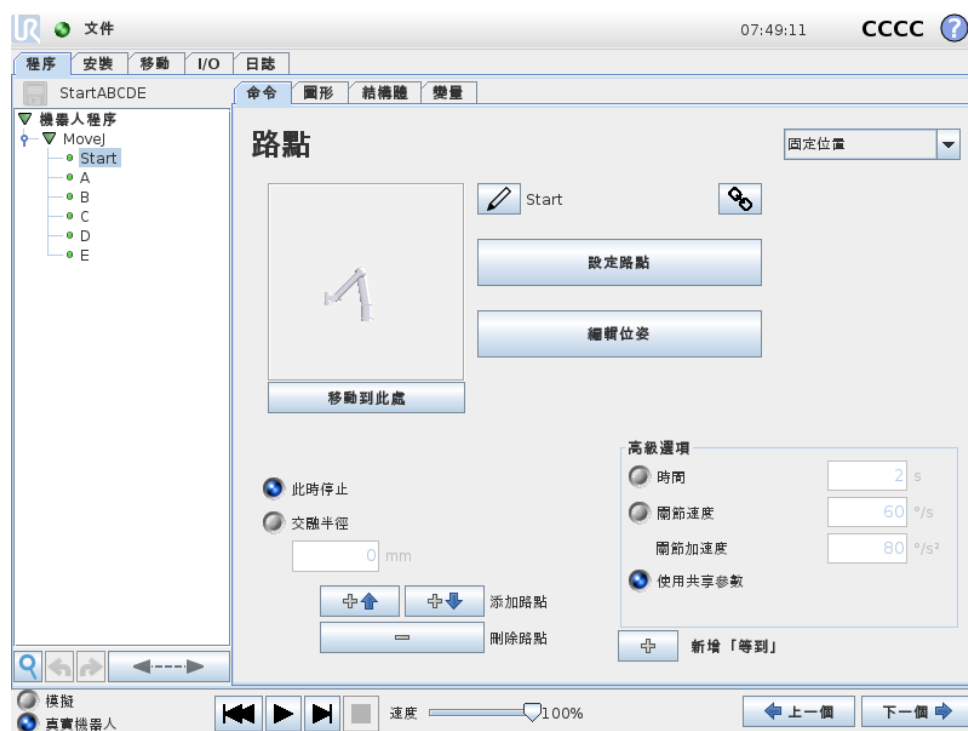
14.2.1 程序樹

屏幕左側的**程序樹**以命令列表形式顯示該程序，屏幕右側區域顯示與當前命令相關的信息。

當前命令可通過點擊命令列表來選擇，或使用屏幕右底部的**上一個**和**下一個**按鈕來選擇。可使用**結構**選項卡來插入或移除命令。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。

在程序樹中，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



程序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序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。點擊程序樹下帶  圖標的按鈕，將跳轉到程序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，則命令選項卡將一直顯示該所選命令的相關信息。按下  按鈕將使命令選項卡上一直顯示當前正在執行的命令的信息。

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：必須展開程序樹才能訪問其他導航按鈕。

14.2.4 撤銷/重做按鈕

程序樹底部的工具欄中標有  和  圖標的按鈕用於撤銷和重做在程序樹及其所含命令中所做的更改。

14.2.5 程序儀表板

屏幕最底部是儀表板。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，可以使用圖形選項卡上的 3D 視角演示機器人的運動效果（如 14.31 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）。

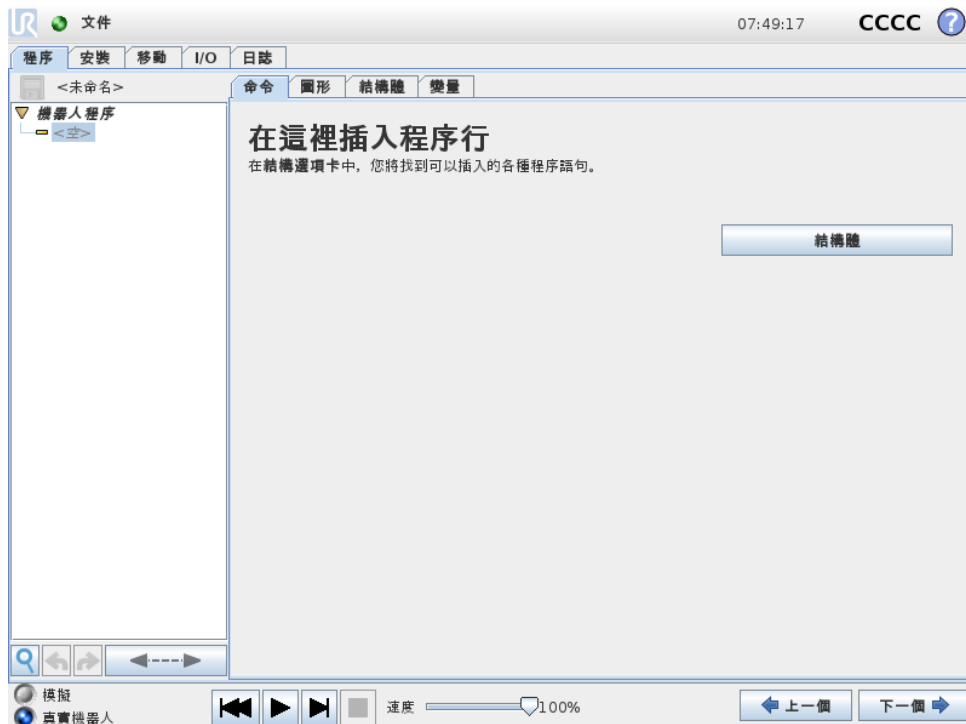
浮點值 浮點數（十進制）（32 位元）。

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 $p[x, y, z, rx, ry, rz]$ 。

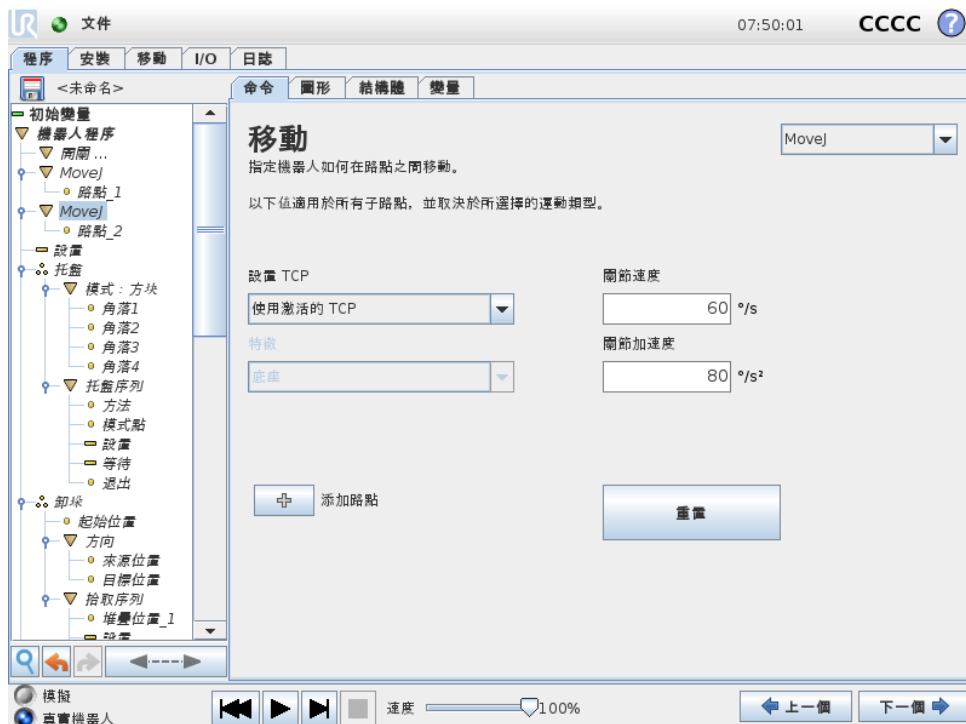
列表 變數序列。

14.4 命令：空



程序命令需從此處插入。按結構按鈕轉至**結構**選項卡，在此選項卡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。

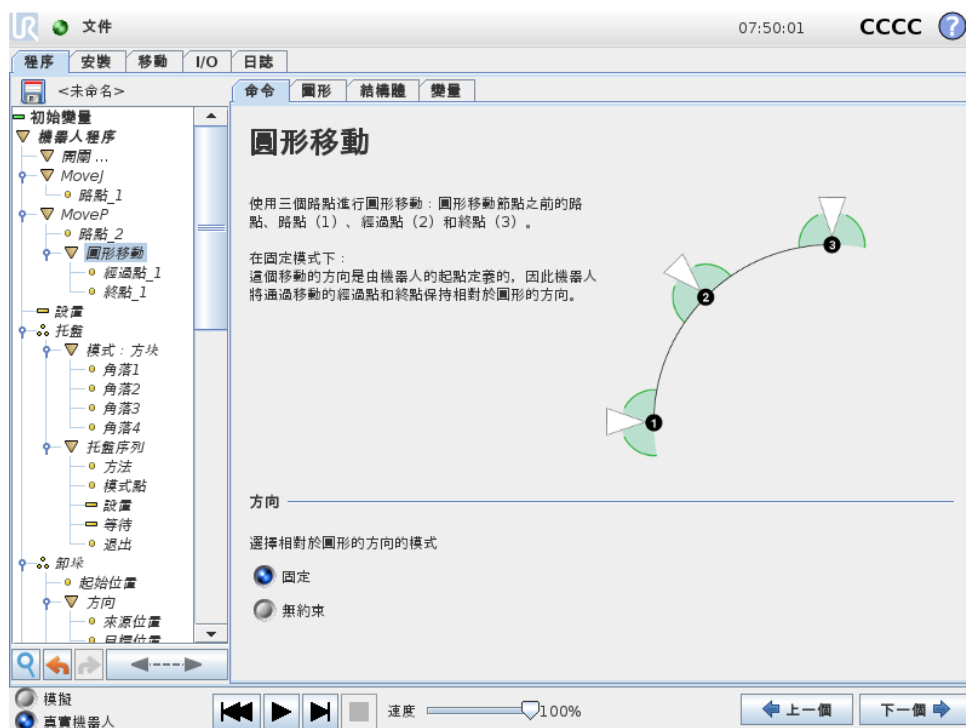
移動類型

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。

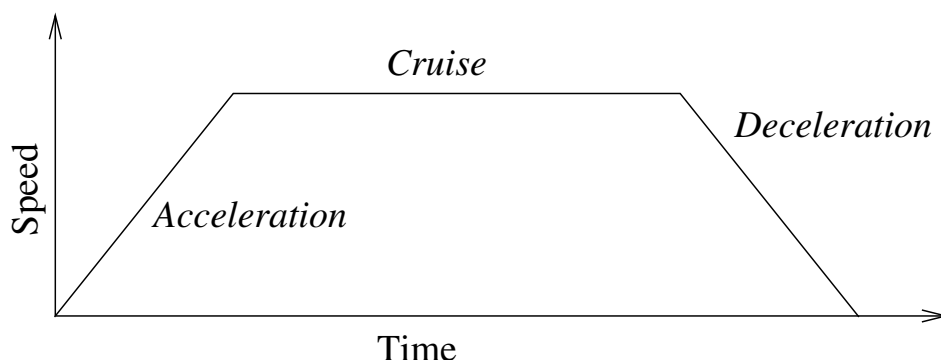


图 14.1: 運動的速度曲線。速度曲線分為三段：加速、穩速和減速。穩速階段的速度水平由運動的速度設置而定，加速和減速階段的陡度則由加速參數而定。

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 14.12）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

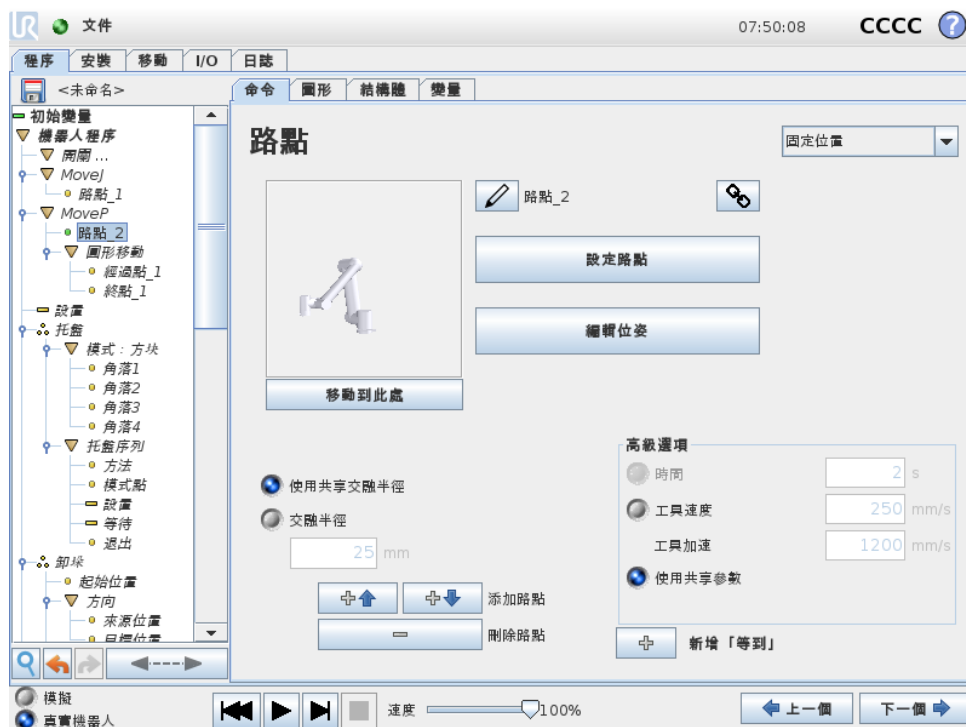
特徵空間是移動命令下的路點，應在指定這些路點時顯示（請參閱第13.12節）。也就是說，設置路點時，程式將記住工具在所選特徵的特徵空間中的坐標。以下幾種情況需要詳細解釋：

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螢幕，您可在螢幕中指定該路點對應的機械手臂位置。如果在移動命令螢幕中按線性移動（moveL 或 moveP）形式放置路點，則在該移動命令處需要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。

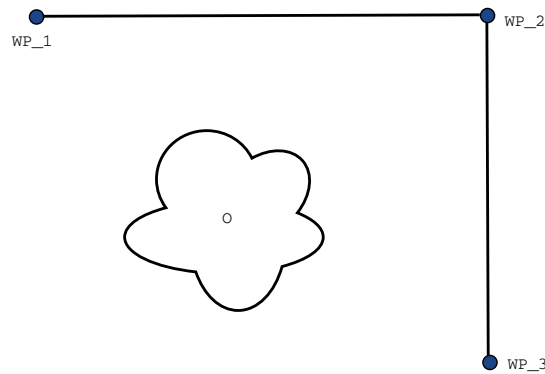


图 14.2: WP_1: 初始位置, WP_2: 通過點, WP_3: 拾取位置, O: 障礙物。

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

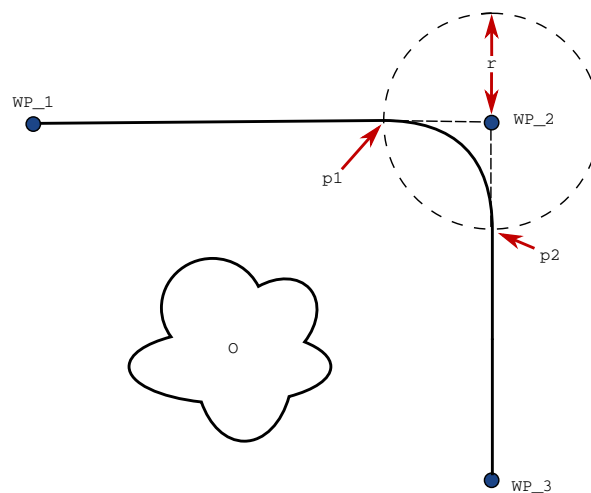


图 14.3: 與半徑 r 在 WP_2 上方交融，初始交融位置位於 p1，最後交融位置位於 p2。O 為障礙物。

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）。

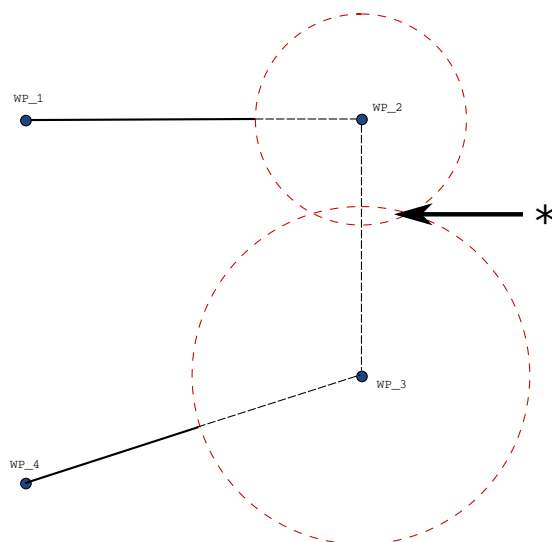


图 14.4: 不允許交融半徑重疊 (*)。

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。

```
MoveL
  WP_I
  WP_1 (blend)
  WP_2 (blend)
  if (digital_input[1]) then
    WP_F_1
  else
    WP_F_2
```

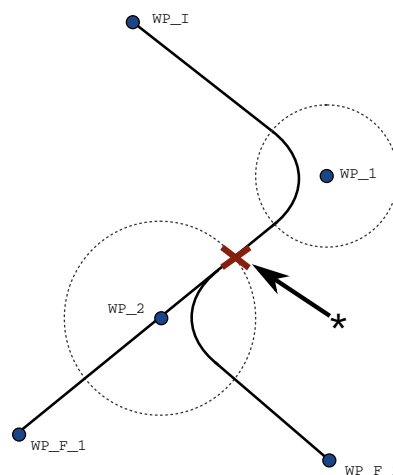


图 14.5: WP_I 為初始路點，有兩個潛在最終路點 WP_F_1 和 WP_F_2，取決於條件運算式。當機械手臂進入第二個交融時，條件 if 運算式被評估 (*)。

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。

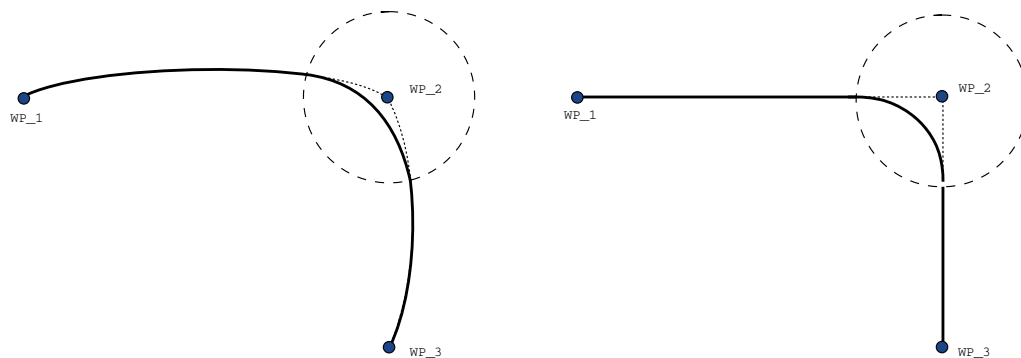


图 14.6: 關節空間（MoveJ）與笛卡爾空間（MoveL）移動和交融。

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。

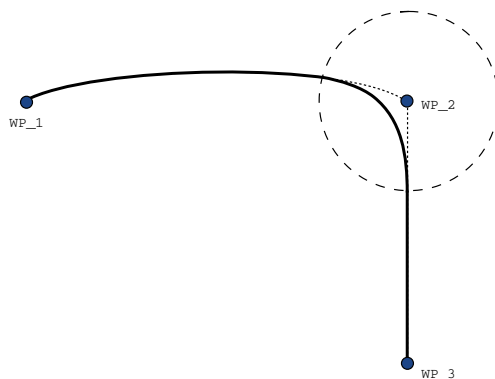


图 14.7: 從關節空間（MoveJ）移動到線性工具移動（MoveL）的交融。

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。

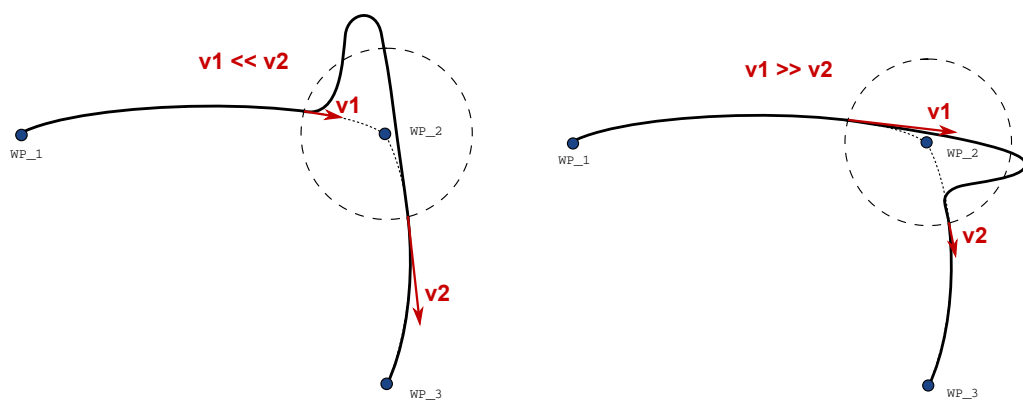
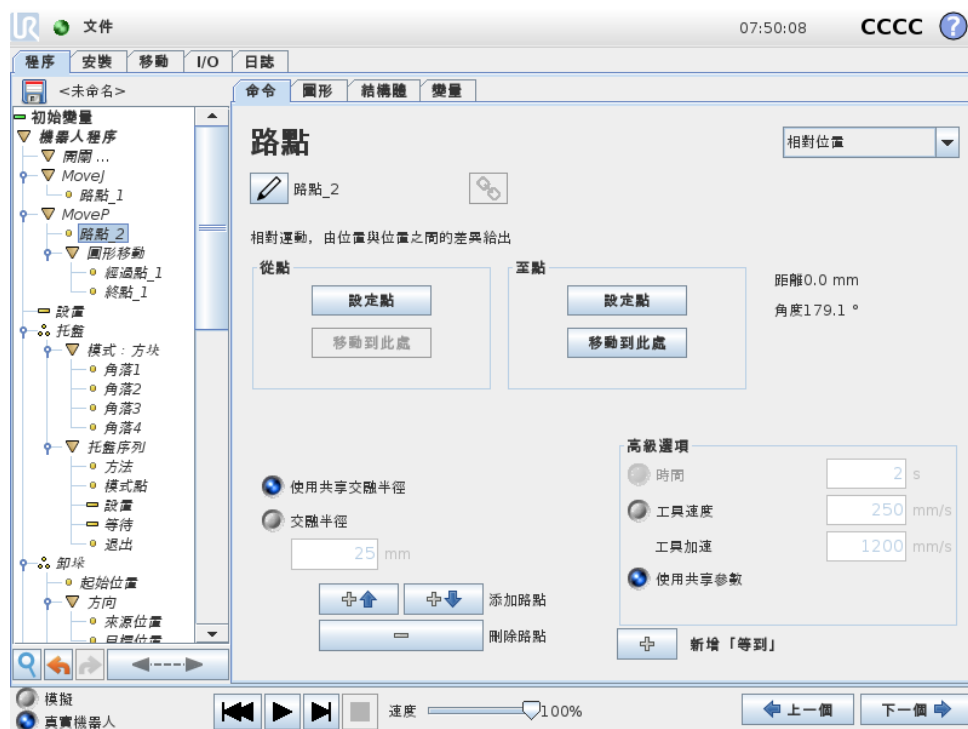


图 14.8: 當初始速度 v_1 顯著小於最終速度 v_2 或相反時，關節空間交融。

14.7 命令：相對路點

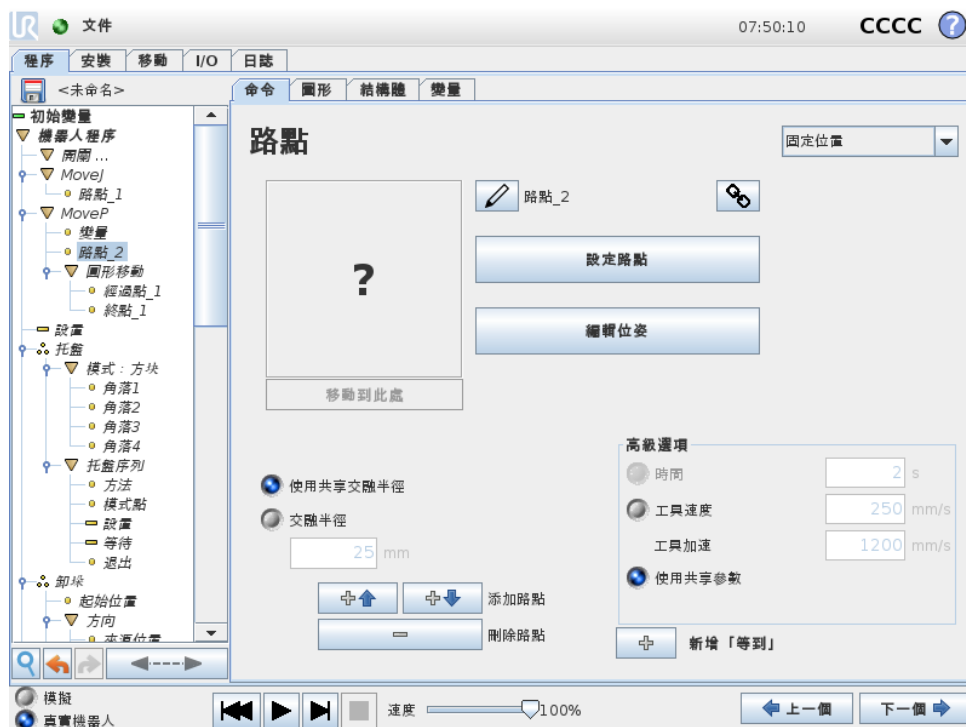


相對路點是指該路點的位置是以相對於機械手臂上一個位置的位置差的方式給出的，例如：“偏左兩厘米”。相對位置是根據兩個給定位置（從左至右）之間的差距而定義。

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量給定，在此情況下，calculated_pos 即為變量。變量必須是一個位姿，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]
```

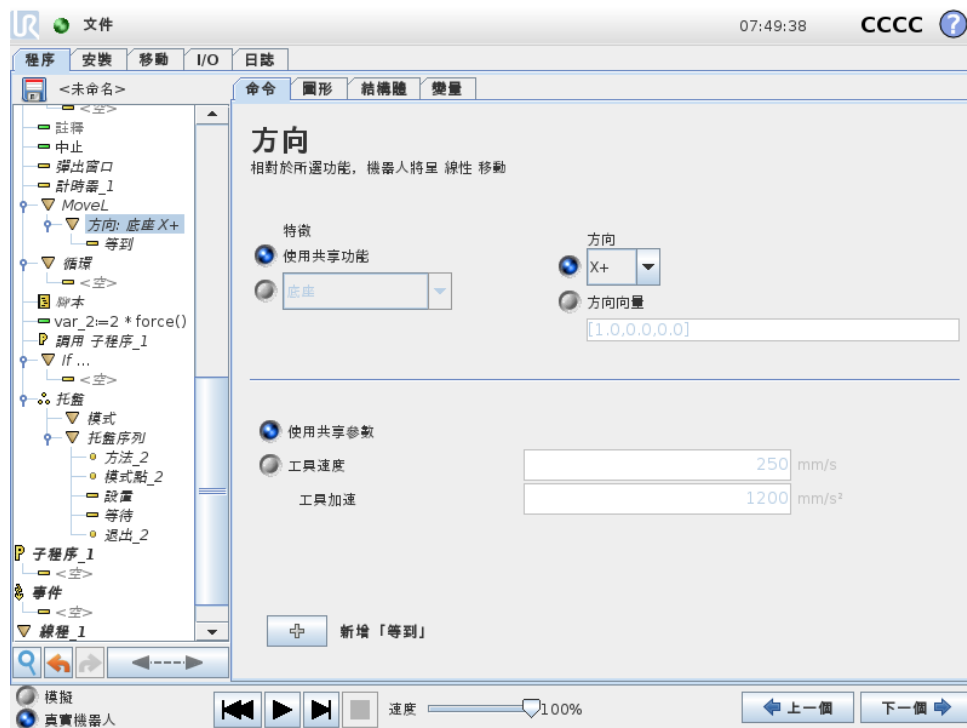
```
MoveL
```

```
路點_1 (可變位置)：
```

```
使用變量 = var_1, 特徵 = 工具
```

14.9 命令：方向

程式節點方向指定了相對於特徵軸或 TCP 的運動。機器人沿著方向程式節點指定的路徑移動，直到移動被 Until 條件停止。您必須具有停止在一個方向上移動的 Until 條件，點擊添加 Until 按鈕，定義停止條件。



停止方向移動

您可以為 **工具速度**和**工具加速度**添加方向矢量設置，為線性運動定義矢量方向，具有如下高級用途：

- 定義相對於多個特徵軸的線性運動
- 以數學表達式形式計算方向

方向矢量定義了被解析為單位矢量的自定義代碼表達式。例如，對於矢量 $[2,1,0]$ ，相對於指定速度，機器人每在 y 方向上移動一個單位，則在 x 方向上移動兩個單位。

14.10 命令：Until

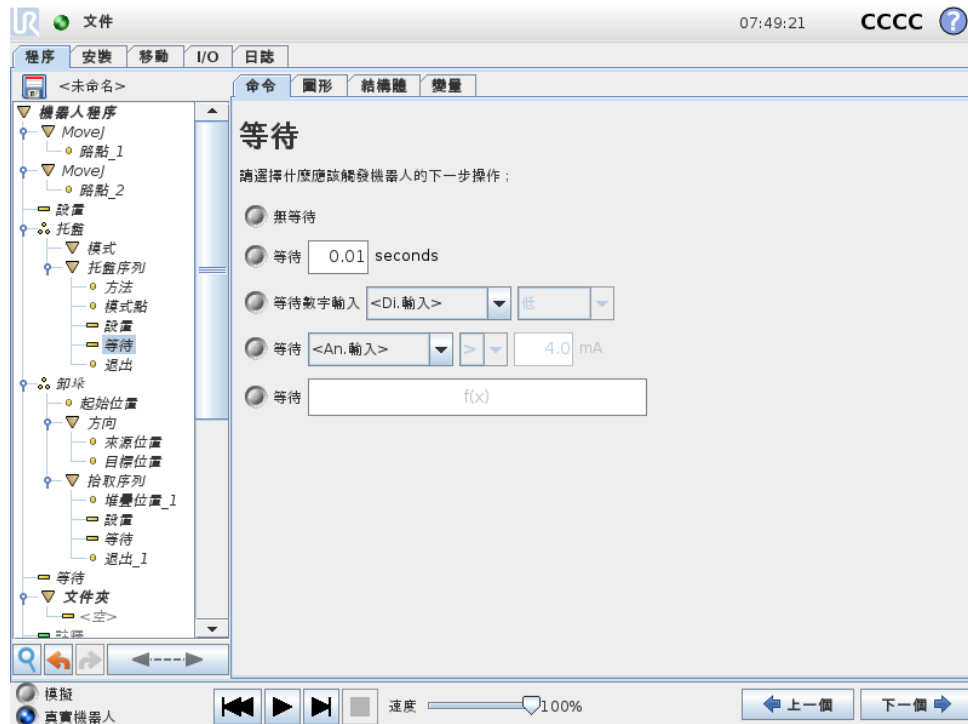
程式節點 Until 為運動定義停止準則。機器人沿著路徑移動，並在檢測到接電時停止。



在 Until 欄位，您可以定義以下停止準則：

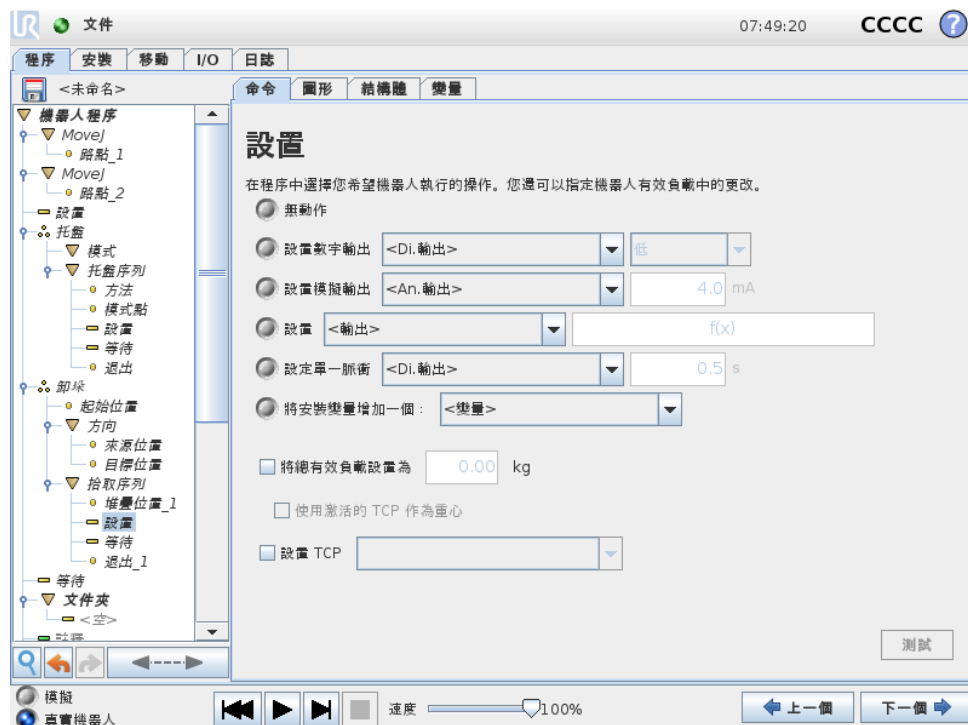
- **添加操作** 在滿足指定的 until 條件時添加程式節點。例如，如果檢測到錯誤狀態，可用彈出視窗節點停止程式。
- **距離** 在機器人已經移動了一定距離時，該節點可用於停止方向移動。速度減緩，以便機器人恰好停在該距離處。
- **表達式** 節點可用於停止由自定義程式表達式啟動的運動。您可以使用 I/O、變數或腳本函數來指定停止條件。
- **I/O 輸入** 您可以使用該節點停止 I/O 輸入上的信號控制運動。

14.11 命令：等待



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

14.12 命令：設置



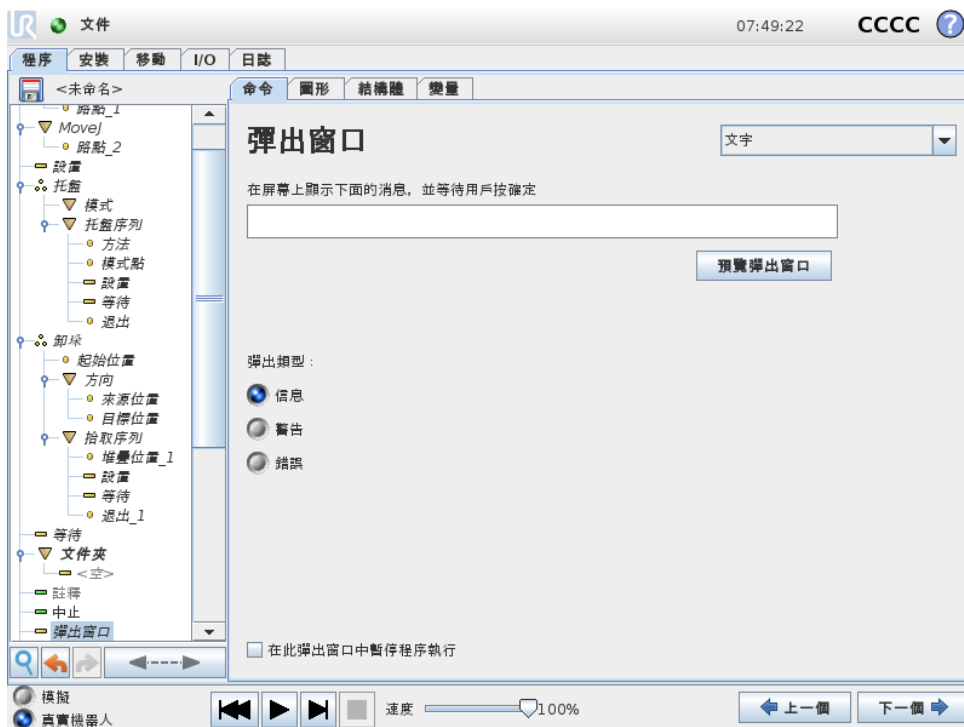
將數位輸出或模擬輸出設置為給定值。亦可設置數位輸出以發送單脈衝。

使用設置命令設置機械手臂的負載。如果工具所承受的重量與預期重量不同，您可以調整負載重量，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，則必須取消選中該核取方塊。

亦可使用設置命令，透過選中核取方塊並從功能表中選擇一項 TCP 偏移來修改激活的 TCP。

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）。

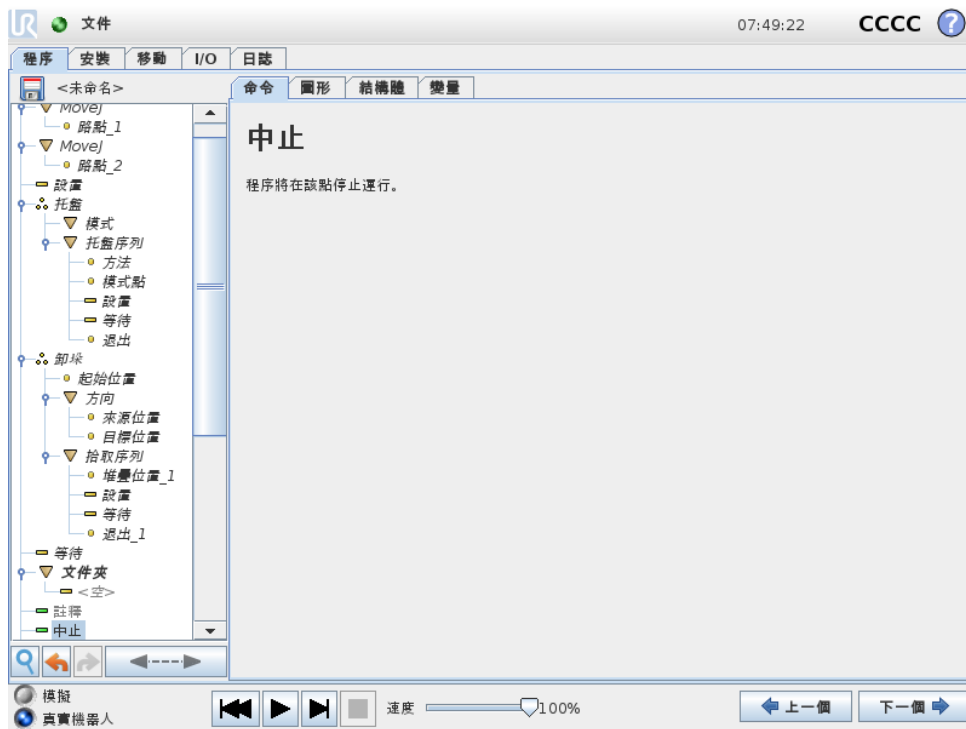
14.13 命令：彈出窗口



利用命令可指定一則消息，程序運行至此命令時在屏幕上顯示該消息。您可以選擇消息的樣式，通過屏幕鍵盤可輸入消息文本。顯示彈出窗口後，機器人將等待用戶/操作員按下窗口中的“確定”按鈕，然後才繼續運程序。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。

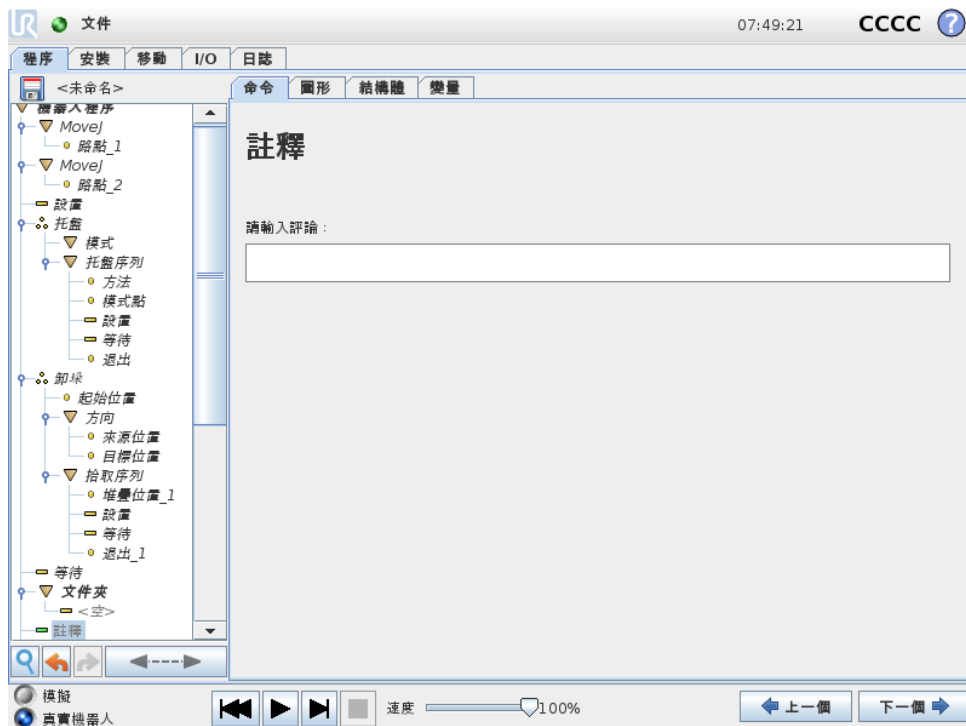
注意：消息被限制為最多 255 個字符。

14.14 命令：中止



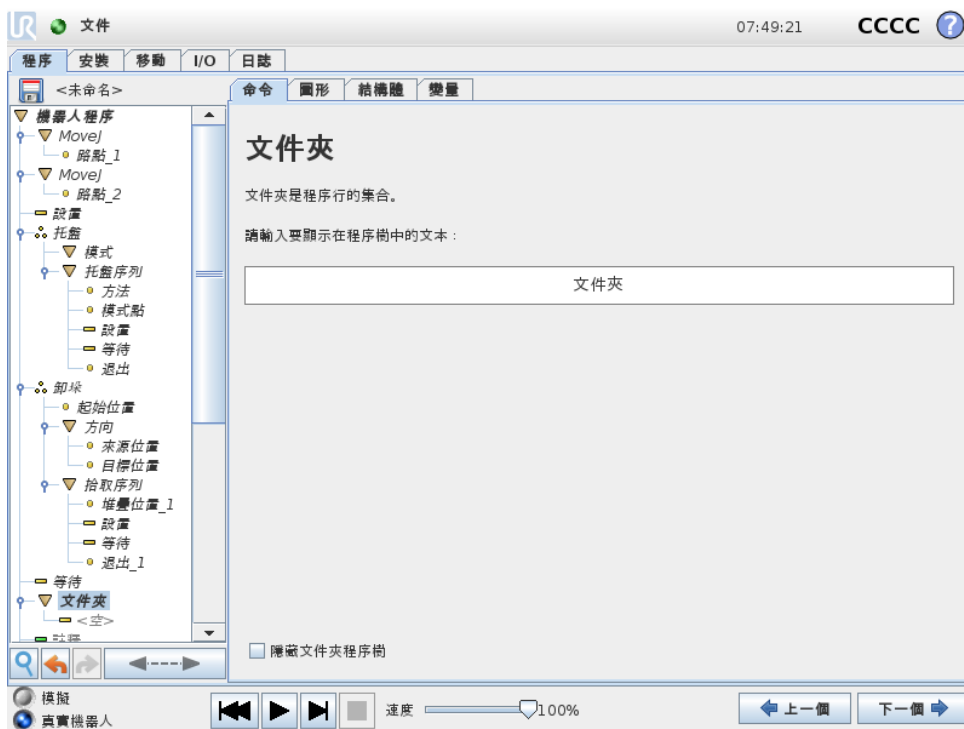
程序將在該點停止運行。

14.15 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。

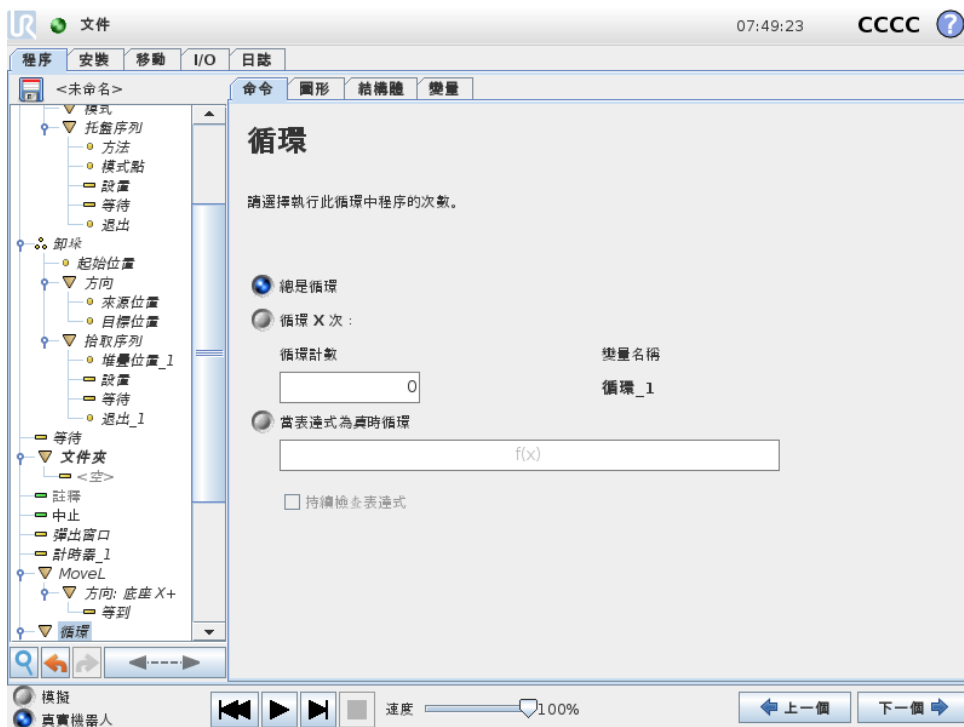
14.16 命令：文件夾



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

文件夾對程序及其執行沒有影響。

14.17 命令：循環

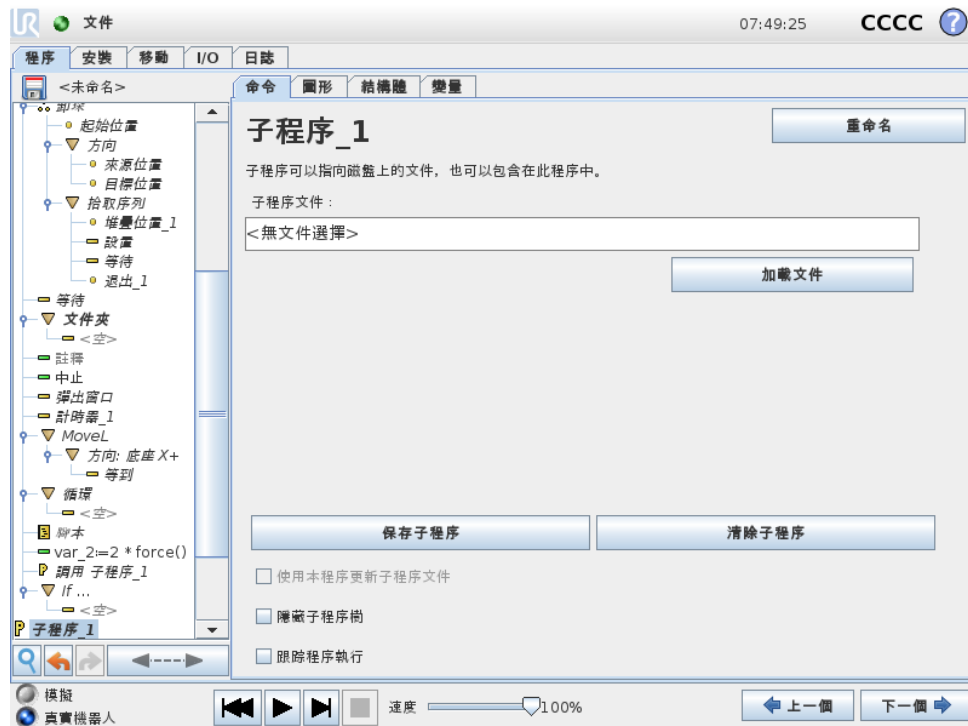


14.18 命令：子程序

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量（即上面截屏中所謂的 loop_1），此變量可在循環內部的表達式中使用。循環變量從 0 開始計數，直至 $N - 1$ 。

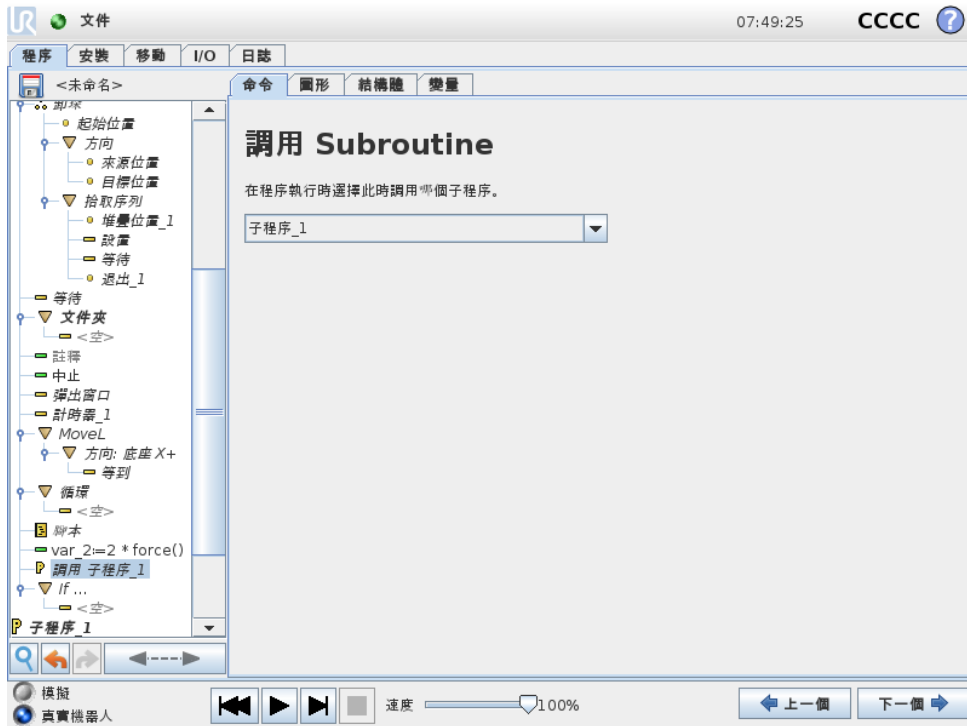
如果循環命令的結束條件是一個表達式，PolyScope 允許選擇持續判斷該表達式，因此，執行循環期間可隨時中斷“循環”，而不是只在每次迭代運行之後中斷。

14.18 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



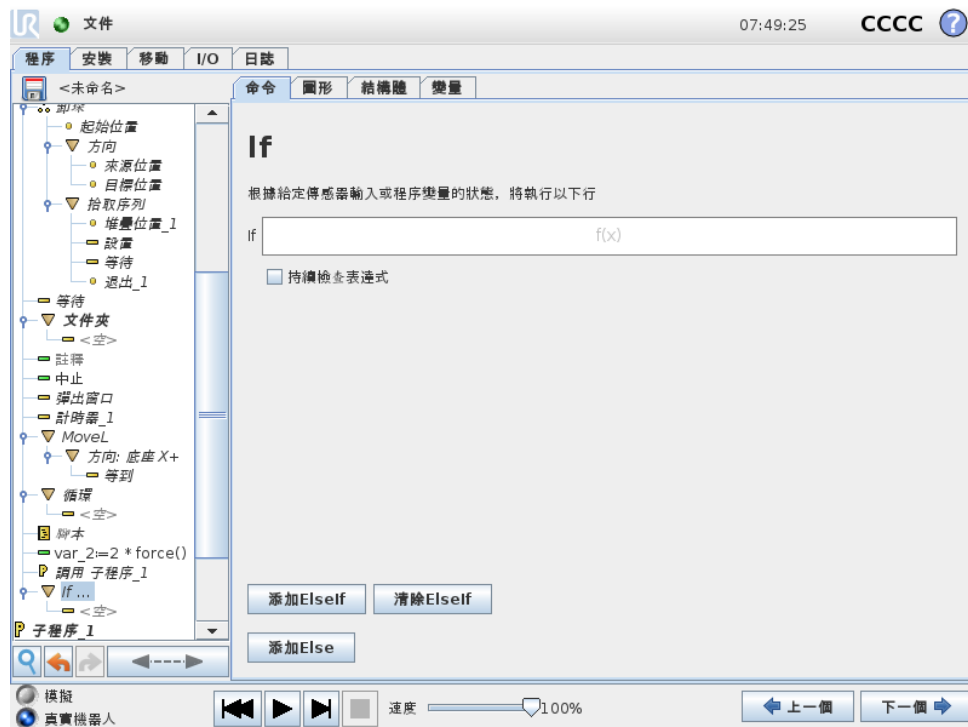
調用子程序時將運行子程序中的程序行，運行完子程序中的程序行後再返回到程序的下一行繼續運行。

14.19 命令：賦值



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

14.20 命令：If

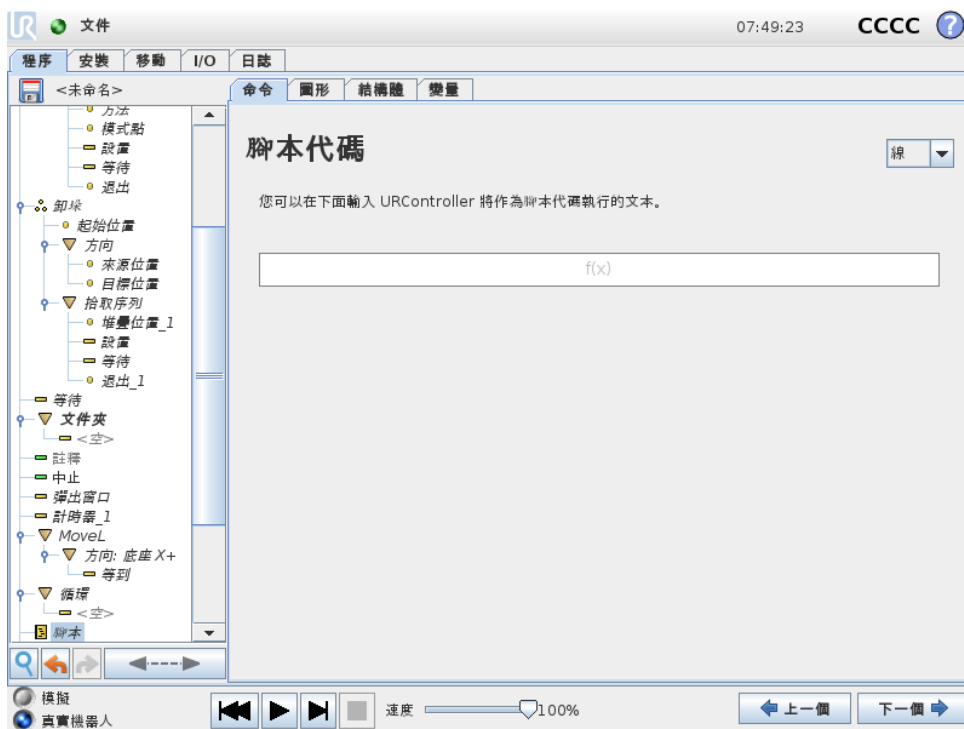


if...Else 命令結構可以根據傳感器輸入或變量值來改變機器人的行為。使用表達式編輯器來描述機器人遵循此 If 命令語句的條件。如果條件為真，則將執行此 If 命令內部的語句。

If 命令可以有多個 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。

14.21 命令：腳本



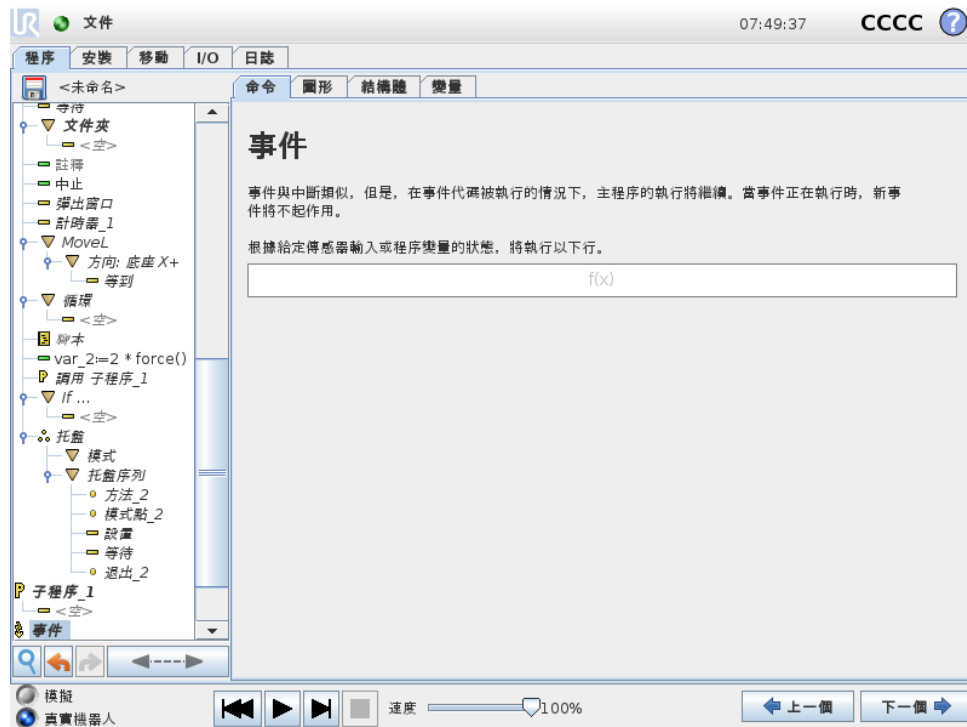
命令選項下的下拉式清單包括以下選項：

- 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>)。

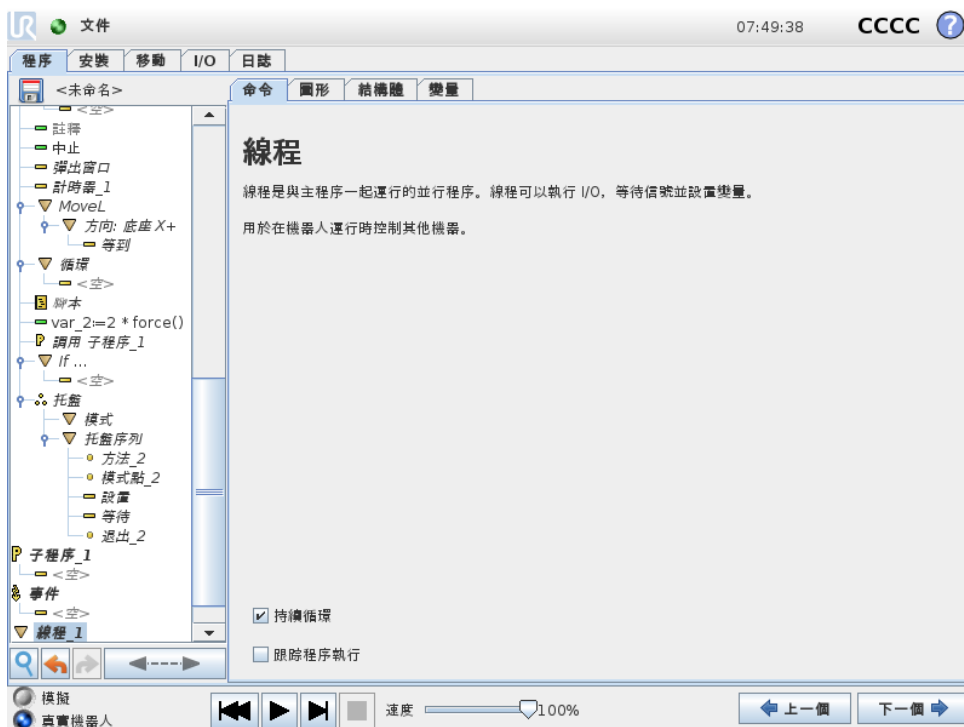
URScript 檔案所述函數和變數可用於編寫 PolyScope 中的程式。

14.22 命令：事件



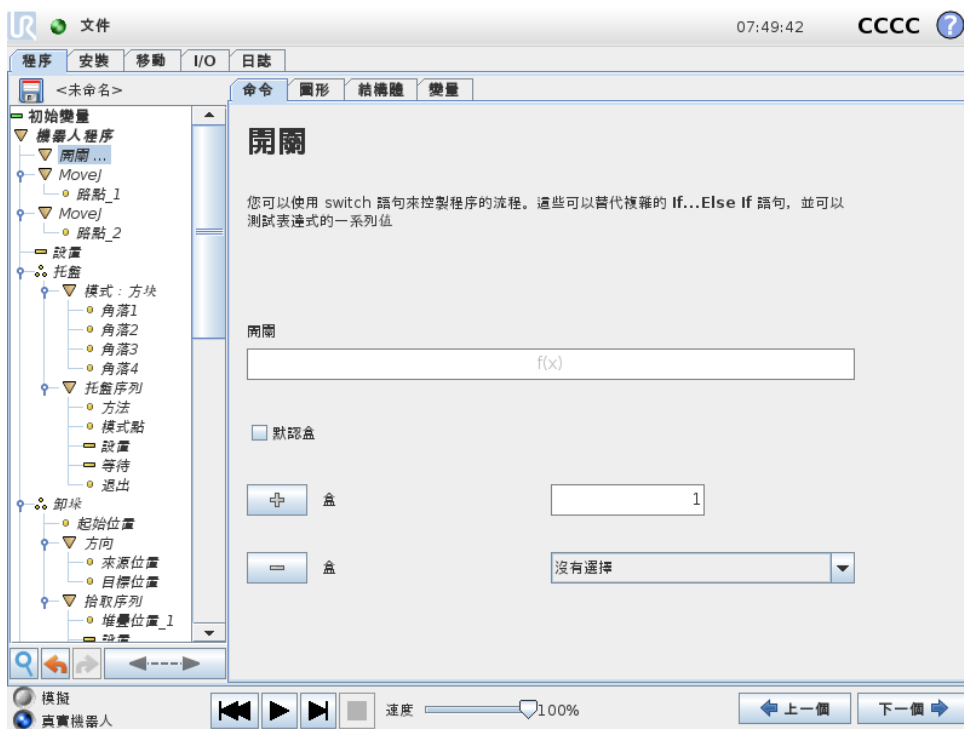
事件命令可用於監控輸入信號，以及在輸入信號呈高電平時執行某個動作或設置變量。例如：當輸出信號呈高電平時，事件程序可等待 200ms，然後將其重新設置為低電平。這樣，如果外部機器上的觸發機制是上升沿而非高輸入電平時，主程序代碼要簡單得多。每個控制周期 (8ms) 均需檢查事件。

14.23 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。線程可以通過變量和輸出信號和機器人程序進行通訊。

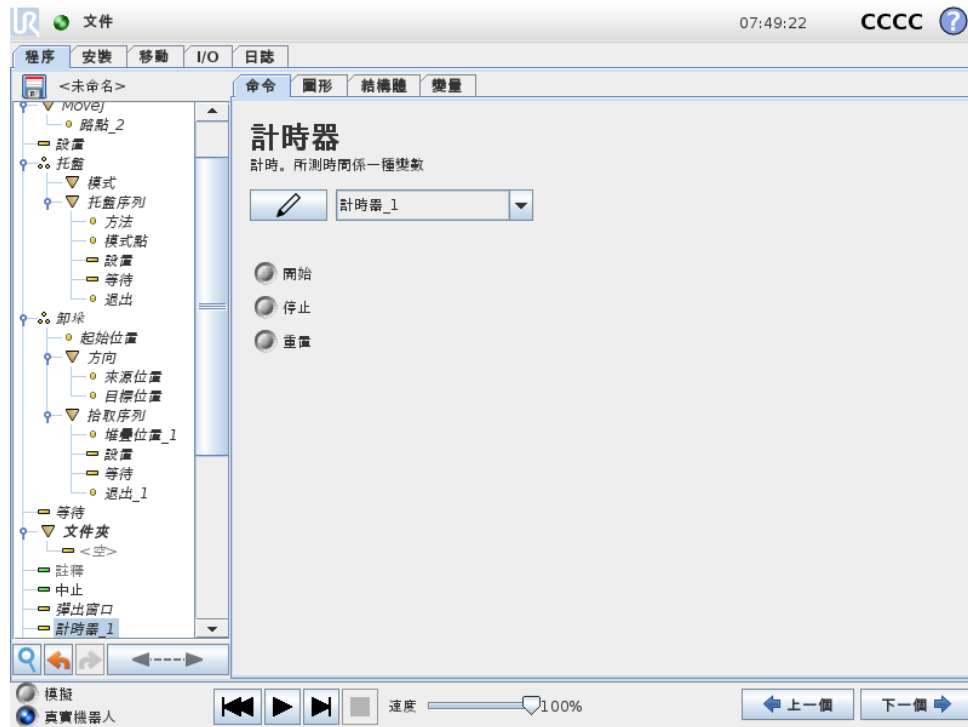
14.24 命令：開關



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。

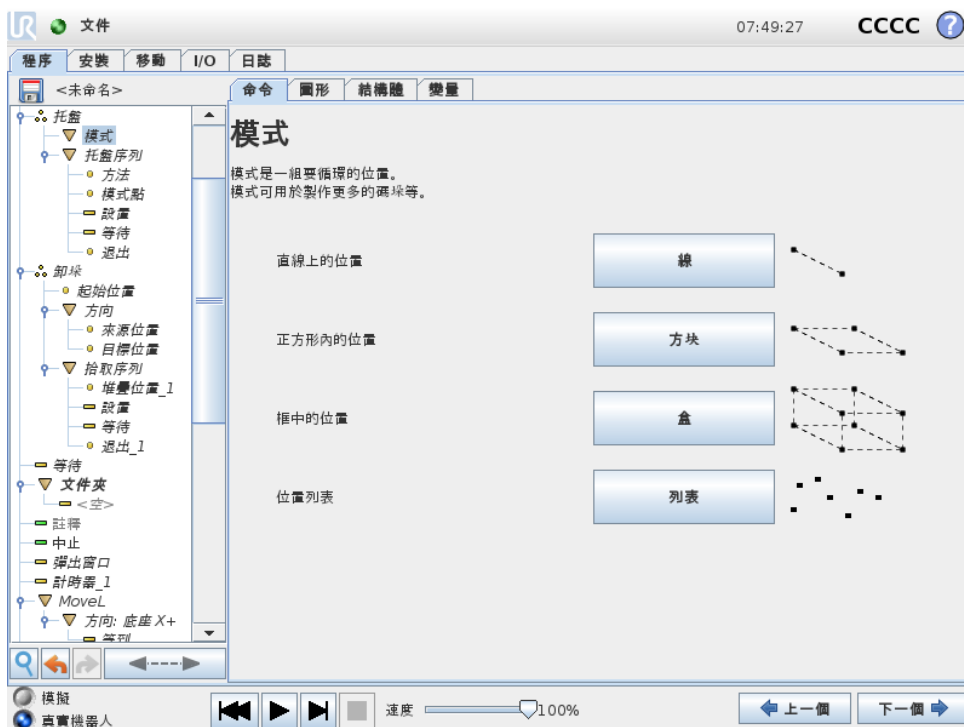
每個開關可以包含多個盒和一個預設盒。開關只能有任何盒值的一個實例。可以使用熒幕上的按鈕添加盒。盒命令可從該開關熒幕上刪除。

14.24.1 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

14.25 命令：模式



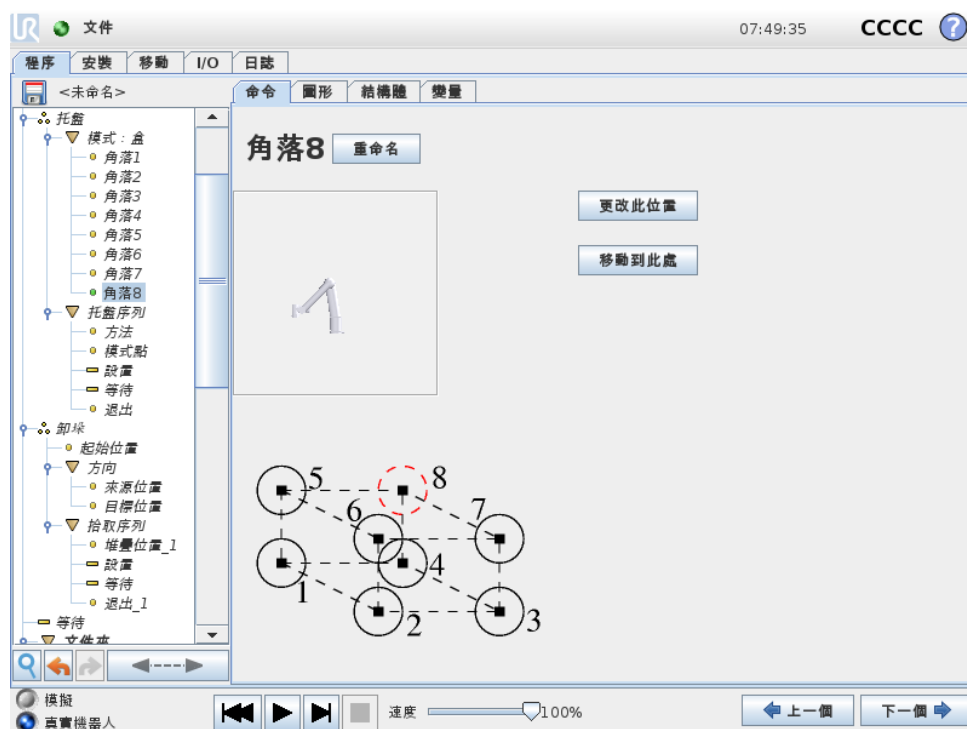
模式命令可用於在機器人程序中指示機器人循環通過各個位置。每次執行**模式**命令時，其均與一個位置相對應。

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，機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，屏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量。您可在**模式**命令屏幕中看到這個變量的名稱。變量從數字 0 一直循環增加至 $X * Y * Z - 1$ （模式中的點數）。此變量可通過賦值命令進行操作，並可在表達式中使用。

14.26 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。

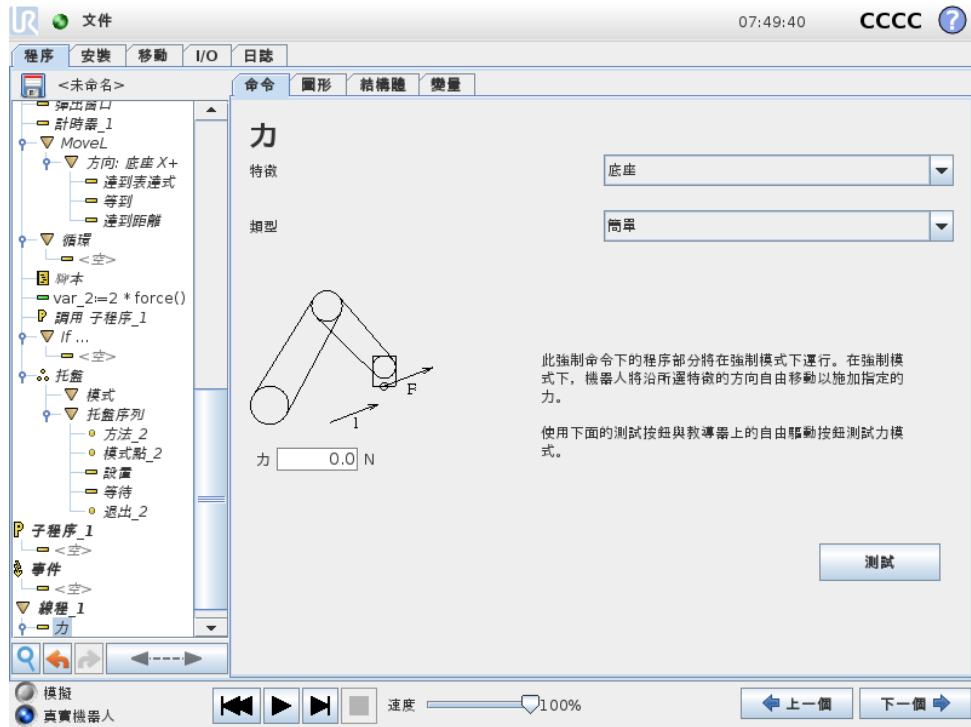
注意：如果某個設置了非零力度的軸沒有遇到障礙物，機械手臂將嘗試沿著該軸加速。

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 14.31）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]。

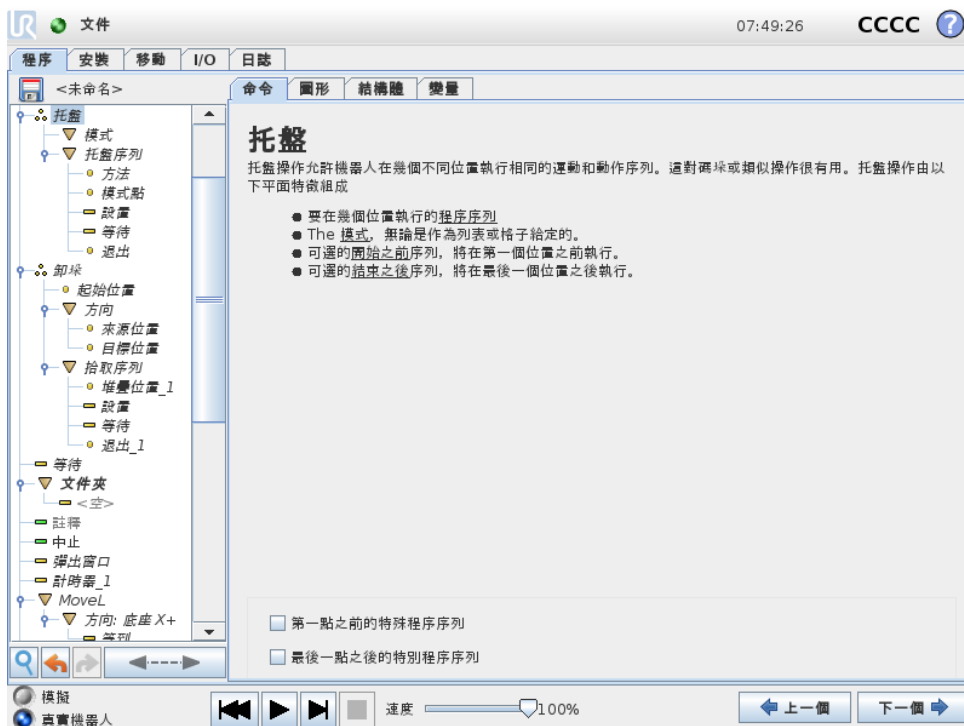
測試力設置

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。

14.27 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14.25）。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動作。
3. 使用序列命令屏幕上的選擇器定義序列中應與模式位置相對應的。

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。這可用於等待信號就緒。

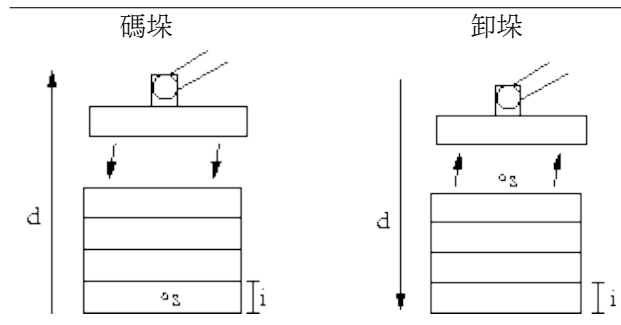
“AfterEnd”

可選的 AfterEnd 序列在操作完成後運行。這可用於向輸送機發送開始運動信號，以為下一托盤做好準備。

14.28 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

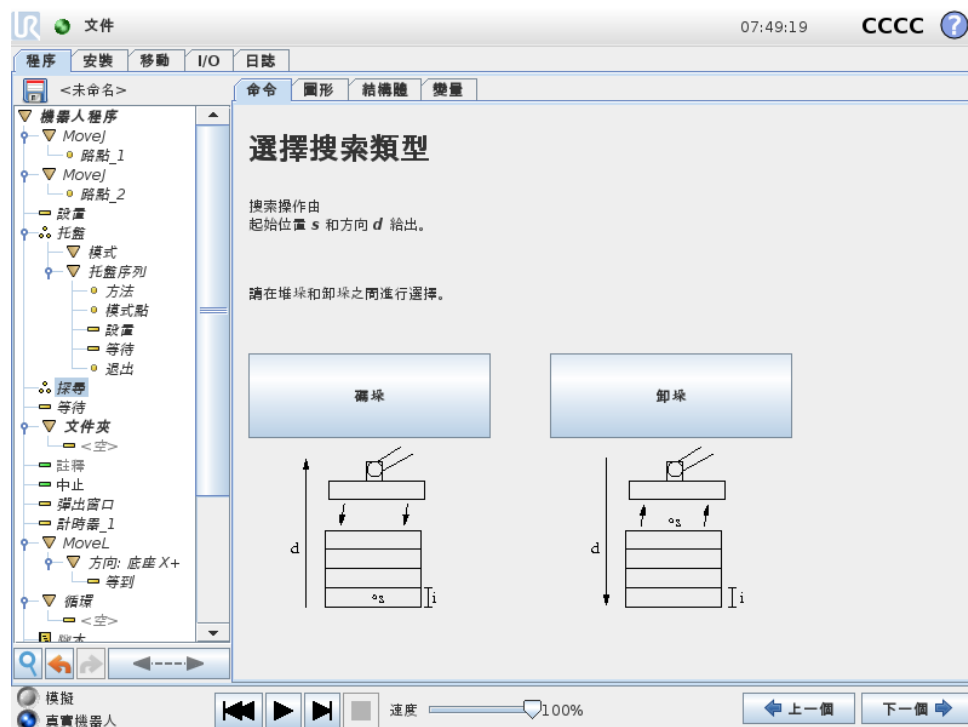
置無從知曉或難以編程的情況。



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）。

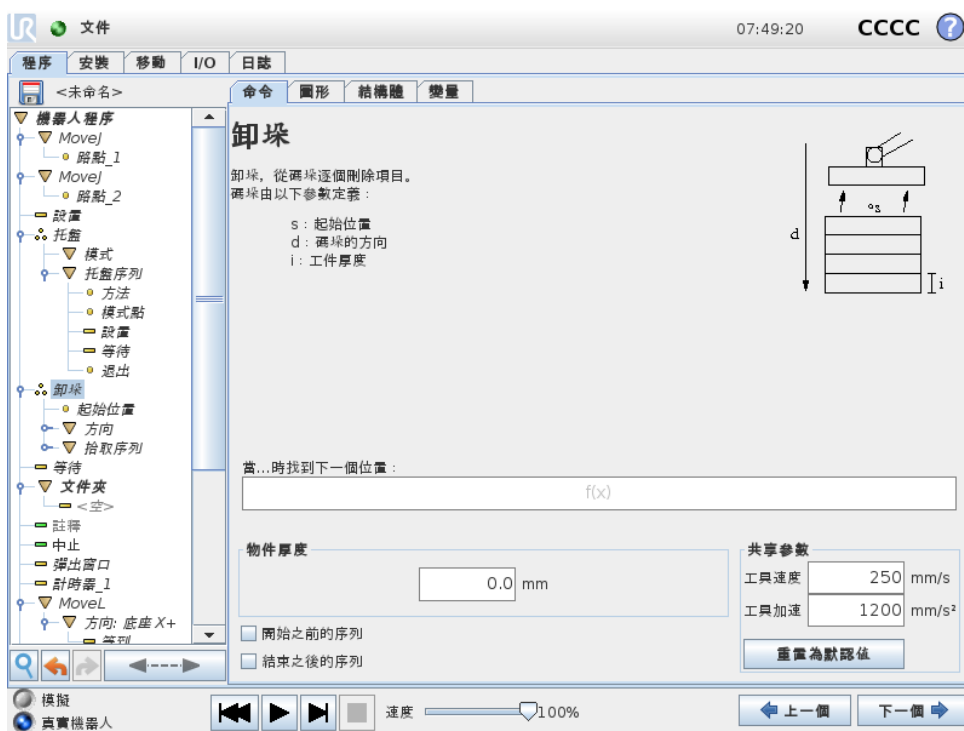
而在此之前，首先必須定義用於確定何時到達下一個堆垛位置的條件以及在每個堆垛位置將要執行的特定程序序列。此外，還必須給出堆垛操作中所涉及的運動的速度和加速度。

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，或者傳感器發送信號時，碼垛操作即告完成。

卸垛

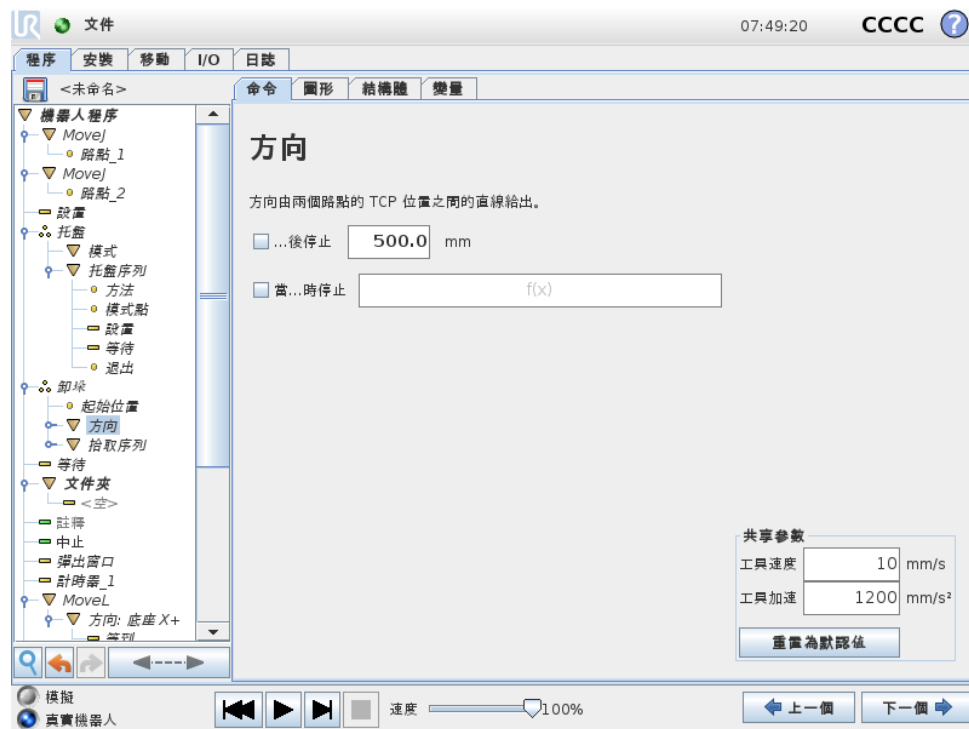


卸垛時，機械手臂從起始位置沿著指定方向移動，搜索下一工件。屏幕上的條件決定何時到達下一工件。當條件滿足時，機器人將記住此位置並執行特定序列。在下一輪，機器人將從所記住的位置開始以工件厚度為增量沿著卸垛方向搜索。

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。這可用於等待信號就緒。

“AfterEnd”

可選的 AfterEnd 序列在操作完成後運行。這可用於向輸送機發送開始運動信號，以為下一個堆垛做好準備。

拾取/放置序列

拾取/放置序列係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）。

14.29 命令：輸送機跟踪

可對機器人進行配置，使其跟踪一個已配置輸送機（輸送機 1）的移動情況。當安裝程式中定義的輸送機跟踪配置正確時，機器人將調整其運動以跟踪輸送機。輸送機跟踪程式節點可從嚮導索引標籤的結構索引標籤下獲得。跟踪輸送機的同時允許在該節點下的所有運動，但它們相對於輸送機的移動。安裝索引標籤下的輸送機跟踪設置（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輸送機的選項。

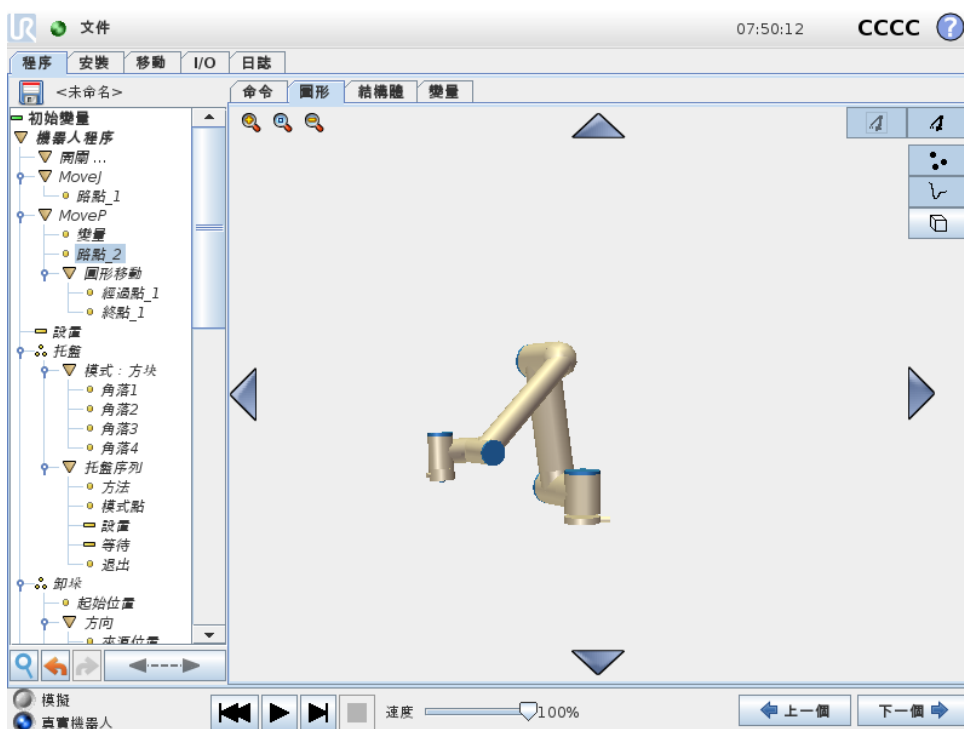
**注意:**

控制箱僅可容納一個增量編碼器，此編碼器只能與一台輸送機（輸送機 1）配合使用。

14.30 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。

14.31 圖形選項卡



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屏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）。

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。屏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，那麼屏幕將顯示接下來的 ~ 10 步運動。

14.32 結構選項卡



使用程序結構選項卡可以插入、移動、複製和移除各種命令。

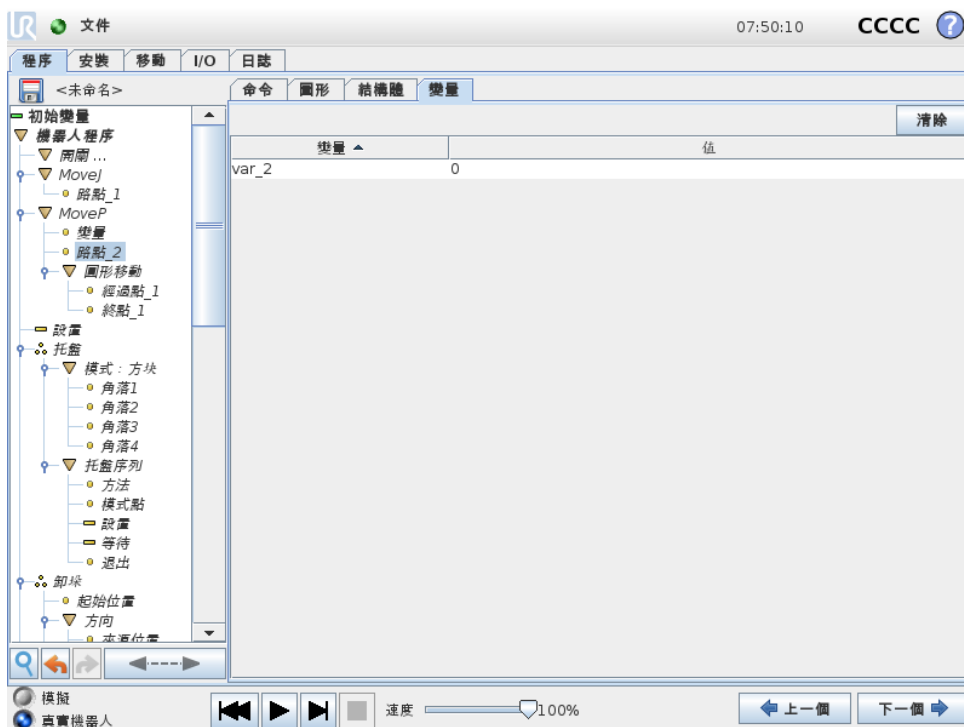
要插入新命令，請執行以下步驟：

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。

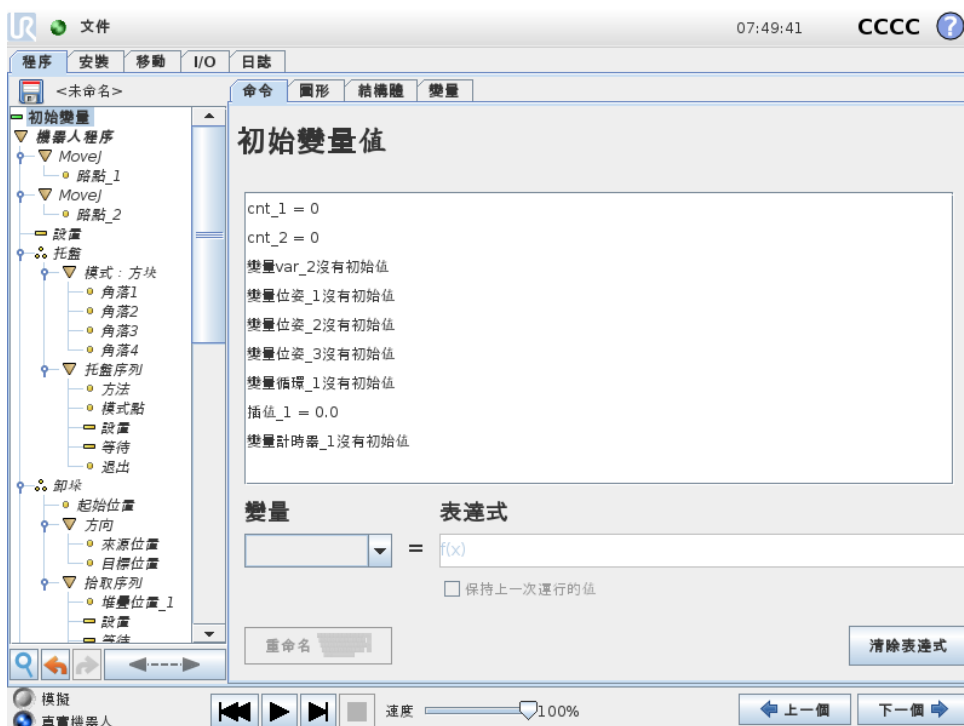
並非所有命令都適合放在程序中的所有位置。路點必須包含（但不必直接包含）在移動命令之中。ElseIf 和 Else 命令必須位於 If 命令之後。通常，隨意移動 ElseIf 命令可能會導致出現棘手問題。使用變量之前必須為其賦值。

14.33 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。

14.34 命令：變量初始化



此屏幕允許在程序（和任何線程）開始執行之前設置變量值。

可從變量列表中點擊相應的變量來選擇變量，也可以使用變量選擇器框選擇變量。對於所選變量，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量值。

如果選擇**保持上一次運行的值**複選框，則變量將初始化為**變量**選項卡上的值（請參閱 14.33）。這允許變量在程序執行之間保持它們的值。如果程序是首次運行，或者變量值選項卡已清空，則變量將從表達式獲取變量值。

將變量名稱設置為空（僅輸入空格）即可將其從程序中刪除。

15 設置屏幕



- **初始化機器人**轉至初始化熒幕，請參閱 11.5。
- **語言和單位**配置用戶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** 返回歡迎屏幕。

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屏幕設定。

PolyScope 上不同屏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 必須重新啟動，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



軟件更新可以從 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，請選擇一個文件，點擊**更新**，然後按屏幕說明進行操作。



警告:

軟件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。軟件規格不變，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，用戶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 調校屏幕



調校觸摸屏。按照屏幕說明調校觸摸屏。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 設置網絡



用於設置以太網網絡的操作面板。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

設置機器人

初始化機器人

調校螢幕

URCap

網路

語言

設定密碼

時間

更新

返回

設定時間

時間格式：

☒ 24 小時
 ☐ 12 小時

請選擇目前時間：

+	+	+
07	48	54
-	-	-

設定日期

請選擇今天的日期：

May 20, 2019

日期格式：

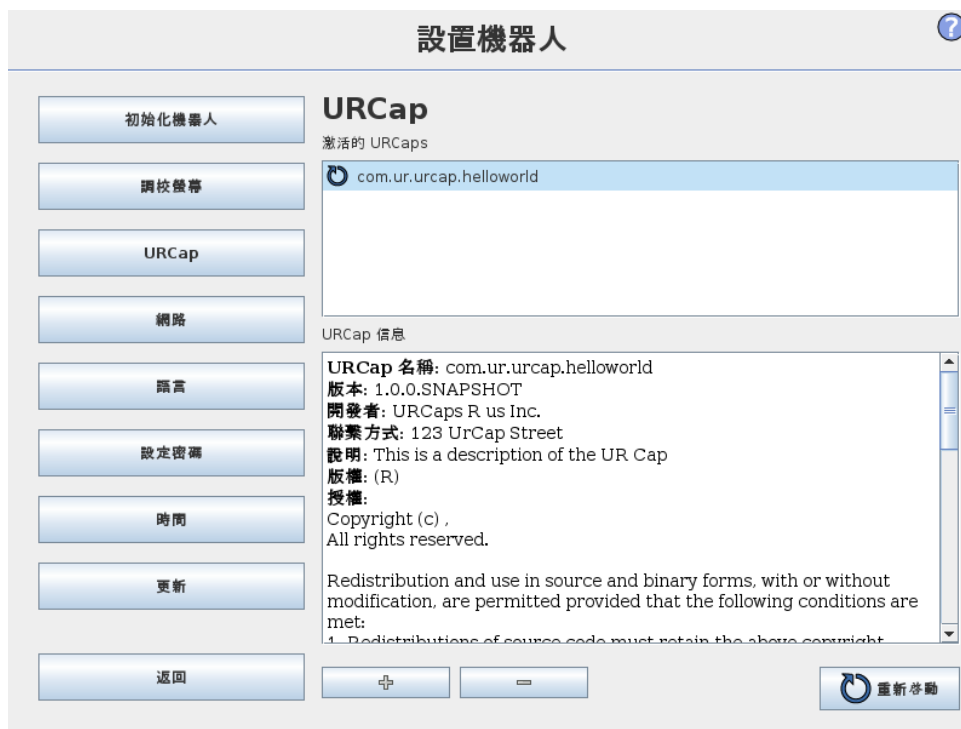
☒ May 20, 2019
 ☐ May 20, 2019
 ☐ 5/20/19

重新啓動 PolyScope 以使新設置生效

重新啓動

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屏幕頂部。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)。

點擊屏幕底部的 + 按鈕安裝新的 URCap。在文件選擇器中選擇 .urcap 文件。點擊打開, PolyScope 將轉到安裝屏幕。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。