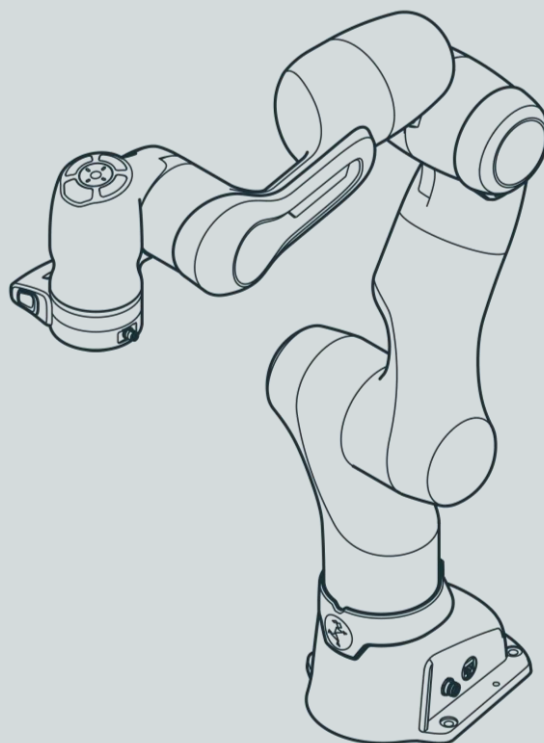




法蘭卡研究 3

產品手冊

翻譯自原始產品手冊

© 版權所有 2025
Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 慕尼黑
德國

本文件及其摘要僅可在獲得 Franka Robotics GmbH 明確授權的情況下複製或提供給第三方。

本 Franka Research 3 產品手冊旨在為 Franka Research 3 和 Franka Production 3 提供全面的指導。

我們已仔細檢查本文件的內容是否符合所述的硬體和軟體。然而，我們無法完全排除任何差異，因此我們不承擔完全符合的責任。

為了顧客的利益，我們保留在任何時候對硬體、軟體和文件進行改進和修正的權利，恕不另行通知。

我們非常感謝您的意見，documentation@franka.de。

德文文件為原始文件。其他語言為原始文件的翻譯。

本產品手冊的補充文件有

- 資料表 Franka Research 3 (文件號碼：R02212)
- FR3 安裝快速指南 (文件號碼：R02040)

文件名：產品手冊 Franka Research 3

文件號碼：R02210

發行版本：1.5.1 (2025 年 6 月)，適用於系統版本 5.8.0 的 Franka Research 3

變更記錄：

發佈版本	發佈日期	變更
1.0	三月。2024	首次推出 Franka 機器人品牌
1.1	2024 年 9 月	針對系統版本 5.4.0 所做的調整
1.1.1	2024 年 12 月	修正的安全功能
1.2	2025 年 3 月	系統版本 5.5.0 的調整 安全組態的新功能匯入/匯出
1.3	2025 年 4 月	系統版本 5.6.0 的調整 執行作業模式的更新影像
1.4	2025 年 5 月	系統版本 5.7.0 的調整 更新網路設定 UI 和救援系統的影像
1.5	2025 年 5 月	針對系統版本 5.8.0 所做的調整 新增功能 記錄下載與扭力校正
1.5.1	2025 年 6 月	我們更新了 GitHub 組織架構



您可以從www.franka.de/documents 獲得英文和其他語言版本的手冊和其他輔助資料。

目錄

1	關於法蘭克福機器人	8
2	使用權與財產權	9
2.1	一般	9
2.2	識別	9
3	公司註冊聲明及證書	10
3.1	公司成立聲明	10
3.2	證書	12
3.3	進一步聲明	12
3.3.1	RoHS / REACH / WEEE / 電池指令	12
3.3.2	中國 RoHS 2	13
3.4	設備上的標籤	14
4	S AFETY	17
4.1	安全說明和一般指示	17
4.2	責任通知	18
4.3	預期用途	18
4.4	濫用	18
4.5	使用機器人工作時的一般可能危險與安全措施	19
4.6	應用程式相關的可能危險與安全措施	21
4.7	安裝安全週邊設備	24
4.8	故障安全鎖系統	25
4.9	手動移動臂	25
4.10	安全概念	27
4.11	安全功能	30
4.12	規劃和初次安裝機器人系統的其他資訊	33
5	角色和人員	37
5.1	人員	37
5.2	使用者角色	38
6	設備概觀	40
6.1	手臂	41
6.2	控制	47
7	交付範圍和附加設備	49
7.1	包裝盒內包含	49
7.2	不包括在包裝盒內	50
7.3	可用的備件和配件	50
8	技術規格	51
9	運輸 及處理	55

9.1	交貨和運輸的環境條件	56
10	安裝與安裝	58
10.1	開箱	59
10.2	正確安裝 網站	63
10.2.1	最大且有保障的空間	63
10.2.2	環境條件：臂	64
10.2.3	環境條件：控制	65
10.3	準備安裝地點	68
10.3.1	手臂	68
10.3.2	控制	69
10.4	安裝臂	70
10.5	定位控制器	72
10.6	配線與電氣安裝	73
10.6.1	連接圖	74
10.6.2	介面	74
10.6.3	連接功能接地	77
10.6.4	接線	78
10.7	安裝末端執行器 s	82
10.8	使用與定位的實用技巧 of Franka Research 3	84
10.8.1	能源消耗	84
10.8.2	ESD 限制	85
10.8.3	工作空間的設計	85
10.8.4	個人安全與人體工學	86
10.9	重新包裝臂	89
11	操作	97
11.1	開啟	97
11.2	机器人 LED 指示灯系统	98
11.3	弗蘭卡研究的安全相關測試 3	102
11.3.1	機器人系統的自我測試	102
11.3.2	定期測試安全功能	103
11.3.3	測試緊急停止	104
11.4	初始設定	105
11.4.1	連接使用者介面 裝置	105
11.4.2	初始組態「首次啟動」	105
11.5	設定 Franka 控制介面 (FCI)	110
11.5.1	設定透過 FCI 控制的網路	110
11.5.2	在 Linux 工作站上設定 libfranka	112
11.5.3	驗證通訊	117

11.6	典型使用方式	119
11.7	關閉 並重新啟動	119
12	安全配置/看守員	121
12.1	守望者	121
12.2	概述	121
12.3	編輯安全組態	123
12.4	匯入/匯出安全設定	125
12.4.1	匯入程序	126
12.4.2	匯出程序	128
12.5	安全設定	130
12.5.1	一般安全設定	130
12.5.2	安全輸入組態	130
12.5.3	末端執行器組態	130
12.5.4	建立球體以模擬 End Effector 封套	131
12.6	建立和編輯規則	134
12.6.1	規則的結構	134
12.7	有效 ate	138
13	與法蘭卡研究中心合作 3	141
13.1	機器人基礎知識	141
13.2	單點控制	142
13.3	操作模式	145
13.3.1	程式設計	146
13.3.2	執行	147
13.3.3	狀態指標概述	148
13.3.4	逐步概述操作模式和相應的狀態指示器	148
13.4	工作	150
13.5	協助	152
13.6	Franka UI	154
13.6.1	應用程式	163
13.6.2	教 一項任務	163
13.6.3	建立任務	163
13.6.4	任務 設定	164
13.6.5	應用程式的參數化	164
13.6.6	姿勢教學	165
13.6.7	姿勢微調	166
13.6.8	指導配置	167
13.6.9	指導	170
13.6.10	編輯終端效果器設定	171

13.6.11	測試與點動	171
13.7	法蘭克控制介面 (FCI)	173
13.7.1	原則上與 FCI 界面合作	174
13.8	疑難排解	177
13.8.1	一般用途	177
13.8.2	使用 FCI 時的疑難排解	185
14	管理 Franka 研究 3	186
14.1	法蘭卡世界	186
14.2	管理應用程式 和 功能	186
14.3	集線器	187
14.4	更新	188
14.5	備份	193
14.5.1	安全配置	193
14.5.2	網路設定	195
14.5.3	Modbus 組態	195
14.5.4	終端執行器組態	195
14.5.5	儲存建立的任務	196
15	維護與處置	197
15.1	維護	197
15.2	清潔	197
15.3	處理	198
16	服務與支援	199
16.1	救援系統	199
16.2	日誌下載	203
16.2.1	可用的日誌檔案及下載方法	203
16.2.2	下載日誌資料	204
16.3	扭力校正	205
16.3.1	何時校正扭力感測器	206
16.3.2	如何校準扭力感測器	206
16.3.3	重設為出廠預設值	209
16.3.4	錯誤處理	210
16.4	硬體 Exchange	210
16.4.1	更換控制器	210
17	附錄	214
17.1	停車時間和距離	214
17.2	停止類別 1	215
17.2.1	聯合 1	215
17.2.2	聯合 2	217

17.2.3	聯合 3.....	219
17.2.4	聯合 4.....	221
17.3	停止類別 2.....	223
17.3.1	聯合 1.....	223
17.3.2	聯合 2.....	225
17.3.3	聯合 3.....	227
17.3.4	聯合 4.....	229
17.4	回應時間.....	231
17.5	安全定位精度.....	231
18	詞彙.....	232
19	索引.....	236
20	圖表.....	239

1 關於法蘭克福機器人



FRANKA ROBOTICS

實現工業自動化

Franka 成立於 2016 年，是一家位於慕尼黑的機器人平台公司，在巴伐利亞擁有製造設施。

Franka 機器人平台因其獨特的控制介面、類似人類的觸感技術，以及龐大的機器人與人工智慧研究人員與破壞者社群，而廣泛應用於研究與其他領域。

自 2023 年 11 月起，Franka Robotics 成為 Agile Robots AG 的一員，代表著業界強大的專家聯盟。我們共同致力於推動研究創新和工業自動化，塑造機器人的未來。

在德國設計、開發、製造及維修。

介紹 Franka World - 數位機器人平台

在重新定義機械人技術並建立社群後，我們推出了新穎的數位機器人平台，將數位世界與實體世界互連。

Franka World 可讓研究人員、合作夥伴、客戶、開發商、供應商和機器人之間進行社群互動。此外，所有使用者都能輕鬆取得產品與服務的整合存取權，並管理整個機器人機群，不受實際位置的限制。Franka World 也可輕鬆進行機器人部署與更新。

我們努力建立一個人人都能使用機器人的世界，而我們可以透過連結全世界來達成這個目標。我們珍惜我們的機器人專業人員、學者和愛好者社群，我們每天都從他們身上學習。

身為社群的一員，我們承諾彼此支持，共同茁壯成長。Franka Robotics - 具備觸覺智慧的認證機器人平台。

2 使用權與財產權

2.1 一般

受保護的商標

本產品手冊提及受保護的商標，但未在持續性文字中明確指定。未指明可能並不表示相應的產品名稱不受第三方權利保護。下列商標為受保護商標：

Franka 和 Franka Robotics 均為註冊商標。

Microsoft 是註冊商標，Windows 是 Microsoft Corporation 在美國和其他國家的標示。

GOOGLE、Mozilla、Firefox、CHROME、ITEM 均為註冊商標。

商標權

的負責人不被授予任何權利或要求 Franka Robotics 的商標、標誌或商號。

使用開放原始碼

Franka Research 3 使用的所有開放原始碼授權證的完整清單，可透過 Franka UI 的「設定」功能表存取。

2.2 識別

移除識別

不得移除或修改版權聲明、序號以及識別產品或作業軟體的任何其他標籤。

3 公司註冊聲明及證書

3.1 公司成立聲明

Declaration of Incorporation according to directive 2006/42/EC on machinery (Annex II B) for partly completed machinery		
--	--	--

Description of the partly completed machinery:

Product identification: Franka Production 3 / Research 3 components: *Control, Arm*

Model/Type:

Control (#295341) in combination **with** *Arm FP3* (#290101) or *FR3* (#290102), each with running number starting from 2320001.

We declare that the product complies with the following essential safety and health requirements set out in Annex I of the Machinery Directive 2006/42/EC:

1.1.2; 1.1.3; 1.1.5; 1.1.6; 1.2.1; 1.2.2; 1.2.3; 1.2.4.1; 1.2.4.2; 1.2.4.3; 1.2.4.4; 1.2.5; 1.2.6; 1.3.1; 1.3.2; 1.3.3; 1.3.4; 1.3.6; 1.3.7; 1.3.8; 1.3.8.1; 1.3.8.2; 1.3.9; 1.4.1; 1.4.2.1; 1.4.2.2; 1.4.3; 1.5.1; 1.5.2; 1.5.3; 1.5.4; 1.5.5; 1.5.6; 1.5.8; 1.5.9; 1.5.10; 1.5.11; 1.5.13; 1.5.14; 1.6.1; 1.6.3; 1.6.4; 1.7.1; 1.7.1.1; 1.7.1.2; 1.7.2; 1.7.3; 1.7.4; 1.7.4.1; 1.7.4.2; 2; 2.2.1; 2.2.1.1; 4; 4.1.2.3; 4.2.1; 4.3.3; 4.4.2

In addition, the partly complete machinery is in conformity with the following EU Directives:

Directive 2014/35/EU relating to electrical equipment (LVD)

Directive 2014/30/EU relating to electromagnetic compatibility (EMC)

Directive 2011/65/EU relating to hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS)

Directive 94/62/EC relating to packaging and packaging waste

We declare that the relevant technical documentation is compiled in accordance with part B of Annex VII.

Applied harmonized standards:

Electrical safety

Standard	Name
EN 60204-1:2018	Safety of machinery – Electrical equipment of machines
IEC 60204-1:2016	– Part 1: General requirements
EN 60664-1:2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
IEC 60664-1:2007	Part 1: Principles, requirements and tests
EN 60664-4:2006	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
IEC 60664-4:2005	Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress
EN 60529:1991/A1:2000/A2:2013	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
IEC 60529:1989/AMD1:1999/A2:2013	
EN 61010-1:2010/A1:2019/AC:2019-04	Safety requirements for electrical equipment for measurement,
IEC 61010-1:2010/AMD1:2016/COR1:2019	control, and laboratory use – Part 1: General requirements
EN IEC 61010-2-201:2018	Safety requirements for electrical equipment for measurement,
IEC 61010-2-201:2017	control, and laboratory use – Part 2-201: Particular requirements for control equipment
EN 61800-5-1:2007/A1:2017-04	Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems
IEC 61800-5-1:2007	– Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy
/AMD1:2016	

Machinery safety

Standard	Name
EN ISO 10218-1:2011	Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots
ISO 10218-1:2011	– Part 1: Robots
EN ISO 12100:2010	Safety of machinery – General principles for design
ISO 12100:2010	– Risk assessment and risk reduction

EN ISO 13849-1:2015	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems
ISO 13849-1:2015	– Part 1: General principles for design
EN ISO 13849-2:2012	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems
ISO 13849-2:2012	– Part 2: Validation
EN ISO 13850:2015	Safety of machinery – Emergency stop function
ISO 13850:2015	– Principles for design
EN ISO 14118:2018	Safety of machinery
ISO 14118:2017	– Prevention of unexpected start-up
EN 61310-1:2008	Safety of machinery – Indication, marking and actuation
IEC 61310-1:2007	– Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals
EN 61310-2:2008	Safety of machinery – Indication, marking and actuation
IEC 61310-2:2007	– Part 2: Requirements for marking

EMC

Standard	Name
EN IEC 61000-6-1:2019	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards
IEC 61000-6-1:2016	– Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
EN IEC 61000-6-2:2019	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards
IEC 61000-6-2:2016	– Immunity standard for industrial environments
EN 61000-6-3:2007	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards
/A1:2011/AC:2012-08	– Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
IEC 61000-6-3:2020	
EN IEC 61000-6-4:2019	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards
IEC 61000-6-4:2018	– Emission standard for industrial environments
EN 61000-6-7:2015	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards
IEC 61000-6-7:2014	– Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations
EN 61326-3-1:2017	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC
IEC 61326-3-1:2017	requirements – Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety)
	– General industrial applications
CISPR 11:2015+AMD1:2016	Industrial, scientific and medical equipment
+AMD2:2019 CSV	– Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

We commit to transmit, in response to a reasoned request by the market surveillance authorities, relevant documents on the partly completed machinery. The industrial property rights remain unaffected!

Important note!

The partly completed machinery must not be put into service until the final machinery into which it is to be incorporated has been declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC on Machinery, where appropriate, and until the CE Declaration of Conformity according to Annex II A is issued.

Representative in EU, authorized to compile the relevant technical documentation:

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 München
Germany

Manufacturer:

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 München
Germany

Date, location

25.01.2024
Munich, Germany

Jin Zhengxun, CEO



Document No.: R02011

Page 2/2

3.2 證書

TÜV SÜD RAIL 和 TÜV SÜD PS 的證書可在以下連結找到：

www.franka.de/documents

3.3 進一步聲明

3.3.1 RoHS / REACH / WEEE / 電池指令

更多資訊
狀態：01.04.2022 Franka 研究 3
有害物質限用 (RoHS)： 元件 <i>Control</i> 和 <i>Arm</i> 不屬於歐盟 RoHS 指令 2011/65/EU 的範圍，但仍符合均質材料中允許的限制物質和最大濃度值的要求： • 鉛 (0.1 %) • 汞 (0.1%) • 鎘 (0.01 %) • 六價鉻 (0.1%) • 多溴聯苯 (PBB) (0.1 %) • 多溴聯苯醚 (PBDE) (0.1 %) 以下例外情況也適用： 6a: 鉛作為合金元素，用於加工用鋼和鍍鋅鋼中，鉛的重量百分比不超過 0.35 6b: 鉛作為鋁中的合金元素，含鉛量最高可達 0.4% (重量百分比) 6c: 按重量計含鉛量高達 4% 的銅合金 7a: 高熔融溫度型焊料（即含鉛重量百分比為 85% 或以上的鉛基合金）中的鉛 7c-l：電容器（如壓電裝置）中介電陶瓷以外的玻璃或陶瓷，或玻璃或陶瓷基質化合物中含鉛的電氣和電子元件
REACH： FRANKA ROBOTICS GmbH 是 REACH 所定義的「下游使用者」。我們的產品完全是非化學產品 (製成品)。此外，在正常使用條件和可合理預測的條件下，不會釋放任何物質 (REACH 第 7 條)。 我們確認我們的產品不含 ECHA 公佈的候選清單 (SVHC) 中任何所列物質的質量百分比超過 0.1%，除非屬於 RoHS 的例外情況 (請參閱上文)。ECHA 候選清單所公佈的延伸物質與我們的產品相匹配，如果知道我們的產品中含有這些新增加的物質之一，我們會立即通知您。 本確認書是根據我們供應商現有的資訊建立的。
WEEE 指令： <i>Control</i> 和 <i>Arm</i> 元件不受 WEEE 指令 2002/96/EC 有關電器產品收集、循環再造和回收的規範。

電池指令：

產品控制包含 BIOS 電池。

電池的處置：

根據電池指令 2006/66/EC，有義務歸還充電電池和非充電電池；請勿將其與消費者廢物一併處置。請依照法定指令處理，並將其送到回收商處。電池將被回收。

劃線垃圾桶下方的標誌表示鉛 (Pb)、鎘 (Cd) 或汞 (Hg) 等物質。



3.3.2 中國 RoHS 2



零件名稱 部件名稱	有毒和有害的物質和元素 / 有毒和有害的物質和元素					
	鉛 鉛 (Pb)	水銀 汞 (Hg)	鎘 鎘 (Cd)	六價鉻 六價鉻 (Cr (VI))	多溴聯苯 多溴聯苯 (PBB)	多溴聯苯醚 多溴二苯醚 (PBDE)
控制 控制器	X	O	O	O	O	O
手臂 FP3 臂架 FP3	X	O	O	O	O	O
機器人連接線 連接線 2,5 公尺 / 5 公尺 / 10 公尺	O	O	O	O	O	O
緊急停止裝置	O	O	O	O	O	O
外部啟用裝置	O	O	O	O	O	O

本表根據 SJ/T 11364-2006 的規定編制。
 本表根據sj/t 11364-2006的規定編制。

O：表示本部件所有均質材料中含有的所述有害物質低於 GB/T 26572-2011 的限值要求。
 O: 表示該部分所有均質材料中的所述有害物質低於gb/t 26572-2011的限量要求。

X：表示本部件所用均質材料中至少一種材料所含的所述有害物質超過 GB/T 26572-2011 的限值要求。
 X: 表示本試驗用同質材料中至少有一種所含的有害物質高於gb/t 26572-2011的限量要求。

(企業可根據實際情況，在此方格中進一步提供標記 "X" 的技術性解釋)
 (企業可根據自己的實際情況，在此框中進一步提供標示 "x" 的技術解釋)

3.4 設備上的標籤

手臂

類型標籤



圖 .31 : 類型標籤

緊急解鎖標籤

臂上的三個緊急解鎖標籤指向需要插入緊急解鎖 工具的插入點，以便在緊急情況下手動解除故障安全鎖系統。



圖 .32 : 緊急解鎖標籤

警告

使用緊急開鎖工具時，重臂墜落

解鎖關節時，有被手臂卡住的風險

- 在解除鎖定之前和過程中，請支撐手臂。
- 請勿將頭部或其他身體部位置於臂環之間或下方。
- 請勿將身體部位（尤其是手、手指）放在手臂的連結、末端執行器或固定物之間。
- 請勿在電動臂通電時使用緊急解鎖工具。
- 只能使用隨附的緊急開鎖工具。
- 將緊急開鎖工具存放在手臂附近。



圖 .33 : 熱表面標籤

警告

熱表面和導引
當環境溫度超過 30 °C 時，機器人表面會變得太熱而無法觸摸。因此，在執行模式下使用輔助功能，不允許超過 30 °C。

功能性接地標籤

功能接地標籤指向可將功能接地連接至 Arm 的位置。



圖 .34 : 功能性接地標籤

提升位置標籤

提升位置標籤指示可提升支撐臂的位置點。



圖 .35 : 提升位置標籤

控制

類型標籤

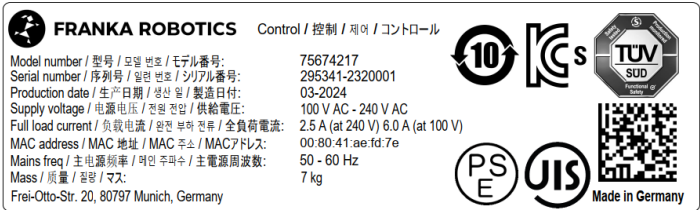


圖 。 36 : 類型標籤控制

外部啟用裝置

類型標籤



圖 .37 : 外部裝置類型標籤

緊急停止裝置

類型標籤



圖 .38 : 型號標籤緊急停止裝置

4 SAFETY

4.1 安全說明和一般指示

警告通知

在安裝、啟動和操作本裝置之前，請仔細閱讀本手冊和任何其他文件。請注意安全說明和一般指示。

警告通知張貼如下：



小心

危險類型

危害的潛在後果

應採取的迴避/避免行動

本手冊使用下列警告提示：



危險

DANGER 表示危險情況，若不避免，將導致死亡或嚴重傷害。



警告

警告表示如果不避免可能導致死亡或嚴重傷害的危險情況。



小心

注意」表示危險情況，若不避免，可能會造成輕微或中度傷害。

注意事項

NOTICE 表示重要但與危險無關的資訊。

安全說明

安全說明指出需要嚴格遵守的流程。

適應症



表示可取得進一步資訊的位置。

4.2 責任通知

Franka Research 3 是根據相關品質標準開發的。在開發過程中，我們根據 EN ISO 12100 進行了危害和風險評估，該評估是 Franka Research 3 和本手冊的基礎。

Arm 配備符合 DIN ISO 9409-1-A50 標準的 ISO 末端執行器法蘭。

本文件包括 Franka Research 3 的裝配說明，作為部分完成的機械。它包含了為了在最終機器中正確安裝而不影響安全 and 健康所必須滿足的條件說明（例如，機械指令 2006/42/EC 的附件 I）。

4.3 預期用途

Franka Research 3 專門用於學術和工業環境中的研究和開發。本系統只能在技術狀況良好、符合預期用途、符合技術規格及操作條件的情況下使用，並須注意安全及可能發生的危險。

本 Franka Research 3 系統僅供本手冊所述用途使用。

有關機器人應在的正常工作條件和擴展工作條件，請參閱8「技術規格」章節和10.2「正確安裝 網站」章節。

4.4 濫用

危險

濫用 Franka 研究 3

危及生命和受傷的風險，以及損害、損壞機器人和其他物質資產的風險。

- 只能在技術狀況良好的情況下使用 Franka Research 3。
- 僅在本文件所述的環境和操作條件下使用 Franka Research 3。

濫用 Franka Research 3 會導致製造商的保固和責任失效。任何與預期用途不同的使用方式都被視為濫用，是不允許的。

濫用是指任何偏離本手冊和入門指南中的警告、通知和說明的使用，尤其是（但不限於）以下用途：

- 人員或動物的運輸
- 無包裝姿勢和原始包裝的運輸
- 用作攀爬輔助
- 靠著手臂
- 在潛在爆炸性區域使用
- 在地面以下使用
- 用於處理放射性物體
- 室外使用
- 用作醫療產品
- 用作服務臂，例如用於照顧老人
- 在兒童附近使用
- 處理液體
- 可在直立以外的任何安裝位置使用

SAFETY

- 在指定的操作限值之外使用

不允許對 Franka Research 3 進行 Franka Robotics 未明確允許的修改，並將導致失去保固和責任索賠。不允許的修改包括但不限於以下情況：

- 機械結構的任何調整
- 上漆
- 包覆機器人結構，除非使用 FE 認證的設備

Franka Robotics 僅授權對 Franka Research 3 進行以下修改：

- 外部電纜導引系統安裝（會影響系統的運動和控制行為）
- 將設備安裝至凸緣
- 覆蓋螺絲孔

嚴禁打開臂和控制 外殼及其他設備。

機器人只能在有足夠空間且能確保安全使用的地方使用。

Franka Robotics 對安裝設備造成的損壞或因使用不當造成的損壞概不負責。

4.5 使用機器人工作時的一般可能危險與安全措施

可能的危險摘要

EN ISO 10218-1:2011 ANNEX A 中列出了機器人系統可能造成的廣泛但非確定的危險。

請特別注意 Franka Research 3 可能帶來的下列危險：

危險

電氣或火災危險及危險煙霧

火災和煙霧可能會造成呼吸困難、眼睛刺激、肺部受損、中毒，並可能導致死亡。

- 請勿在 Franka Research 3 指定的規格範圍外使用。

危險

電線損壞或電氣安裝不足

有觸電造成人身傷害和材料損壞的風險。

- 只能在技術狀況良好的情況下使用 Franka Research 3。
- 只有合格的人員才能安裝緊急 停止系統。
- 檢查電纜和電力裝置。

SAFETY

危險

燃燒的風險

連接至供電系統的裝置太多，可能會導致電力裝置超載，並可能引起燃燒火災，造成人員死亡或嚴重損害。

- 請依此連接 Franka Research 3，以避免電力裝置超載。
- 安裝相應的過載保護裝置。

警告

由於電源供應器斷電，導致物體從終端裝置掉落

從夾持器掉落的物體可能導致手、手指、腳和腳趾受傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全鞋）。
- 使用適當類型的夾具以防止物件掉落。

警告

機器人的墜落和意外動作，特別是在地震多發地區

有嚴重受傷的風險，如擠壓、撕裂皮膚和刺穿。

- 平整平台。
- 僅允許將支臂安裝在平整、不動且穩定的平台上。不允許加速和震動。
- 請勿在懸吊、傾斜或不平的平台上安裝支撐臂。
- 將平台調至直立位置。
- 確保螺絲連接位置正確且緊密。
- 使用 100 小時後，以正確的鎖緊扭力鎖緊螺絲。
- 如果在地震多發地區運行，請考慮相關的危害和風險評估。

警告

手臂的危險和不受控制的動作

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 確保末端效應器和/或抓取物件的質量以及質量中心 (CoM) 的參數設定正確。
- 操作時請避開工作區域。

小心

電纜、插頭、機械外殼損壞或漏油

接觸洩漏油可能會刺激眼睛或皮膚。

電氣風險可能導致嚴重傷害。

SAFETY

- 只能在技術狀況良好的情況下使用 Franka Research 3。
- 請勿使用損壞的電纜、插頭和機械外殼進行操作。如有疑問，請與 Franka Robotics 聯絡。

聲音狀況



小心

透過機器人結構元件的空隙洩漏油脂或機油

刺激皮膚和眼睛。

- 停止操作機器。
- 聯絡製造商。
- 使用手套。
- 眼睛或皮膚接觸後請就醫。

干擾

注意事項

操作員將透過 Desk 獲知可能發生的故障。在繼續操作之前，必須先排除故障。

- 若要糾正可能的故障，請遵循 Franka UI 中的指示。可能需要重新啟動系統。

關節負荷過重

注意事項

機器人所有關節的離線過載可能會導致機器人的材料損壞。

- 執行風險評估時，應將可預見的濫用納入考量。
- 遵守系統警告，必要時讓機器人停止運作。

4.6 應用程式相關的可能危險與安全措施

在規劃和設計應用程式以及對已完成的機械進行危害和風險評估時，必須考慮下列可能與安全相關的方面。集成商有義務執行風險分析。

各種安全等級的功能與特性

Franka Research 3 提供各種安全等級的功能和特性。所有安全功能及其相對應的安全等級在 4.11 "安全功能" 章節的安全功能中描述。根據 EN ISO 13849-1 或 EN 62061，本章中描述的所有其他功能未分類為安全等級。因此，您不可依賴這些功能的可用性。

請注意，整合商有義務執行風險分析。

SAFETY

意外的動作

小心

手臂意外移動

使用各種應用程式、手持式末端效應器和周圍的物件，可能會造成臂節間的擠壓及撞擊和碰撞。

- 確保末端效應器和/或物件質量以及質量中心 (CoM) 的參數設定正確。
- 操作期間，請勿靠近最大工作空間。

在已完成的機器中進行捕捉

警告

困住身體部位或人的風險

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 請勿將身體部位置於臂節之間。
- 在發生嚴重致命危險的情況下：
 1. 按下緊急停止裝置，停止機器人操作。
 2. 手動將 Arm 拉出或推出危險位置。

如需詳細資訊，請參閱4.9「手動移動臂」章節中的緊急解鎖。

終端執行器的接線

注意事項

如果末端執行器與 Franka Research 3 一起使用，則最大可附加有效負載會因末端執行器及其外部接線的重量而減少。

注意事項

外部接線會增加 Arm 的額外負載和扭力，可能會影響 Franka Research 3 的控制性能。

啟動外部接線末端執行器、相關設備的動作

注意事項

由於配置、安裝的應用程式和服務不同，Franka Research 3 能夠傳送通訊協定至可能連接的機器 (包括啟動運動)、外部接線的終端執行器和其他相關設備。請注意使用外部設備可能產生的相關風險。

如需詳細資訊，請參閱13.6.11 "測試與點動" 一章中的 Initiating Motion (啟動動作) 一節。

單點控制

Franka Research 3 可透過單一的 Franka UI 連線或現場匯流排進行控制。單點控制 (SPoC) 機制可確保僅由一個來源進行控制。SPoC 也涵蓋現場匯流排。有關 SPoC 的詳細資訊，請參閱13.2「單點控制」一章。

警告

手臂意外移動

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 確保末端效應器和/或物件質量以及質量中心 (CoM) 的參數設定正確。
- 操作時請避開工作區域。
- 在發生嚴重致命危險的情況下：
 1. 按下緊急停止裝置，停止機器人操作。
 2. 手動將 Arm 拉出或推出危險位置。
- 在無生命危險的情況下：
 1. 使用緊急開鎖工具移動臂。

支臂的表面溫度（從底座到軸 7，不包括凸緣）

警告

熱表面

在執行緊張的任務後，長時間操作電動臂的金屬或塑膠部分可能會造成熱灼傷。

- 在以最大有效負載和較高溫度執行緊張任務後，停止 Franka Research 3 超過 60 秒後，請勿碰觸手臂的各個區段。

警告

熱表面和導引

當環境溫度超過 30 °C 時，機器人表面會變得太熱而無法觸摸。因此，在執行模式下使用輔助功能，不允許超過 30 °C。

效果取決於任務和環境。

所需的安全說明取決於風險評估（關於熱表面）。

安全說明

在 25 °C 和 45 °C 之間的長時間環境溫度下（在強烈的任務執行之後以及一旦 Franka Research 3 設定為「監控停止」狀態），集成商需要採取措施，並評估長時間（< 60 秒）觸摸 Arm 而不會受到熱灼傷的風險（EN ISO 13732-1:2006）。措施包括但不限於下列各項：

- 機器人的冷卻時間。
- 關閉機器人一段時間。
- 通知操作員。
- 標示最可能發熱的位置。
- 禁止存取機器人。

安全說明

集成商需要對觸摸臂、末端執行器和末端執行器凸緣的表面採取措施，以防發熱導致熱灼傷（EN ISO 13732-1:2006）。措施包括但不限於下列各項：

- 機器人的冷卻時間。
- 關閉機器人一段時間。
- 通知操作員。
- 標示最可能發熱的位置。
- 禁止存取機器人。

4.7 安裝安全週邊設備

緊急停止裝置

緊急停機裝置的安裝必須符合一般有效且公認的工程標準，例如歐洲標準 EN 60204 及相關標準。

Franka Robotics 提供的緊急停止裝置需要連接至 X3.1 連接埠。除了 Franka Robotics 提供的緊急停止裝置之外，其他裝置也可以連接至 X3 連接埠。

連接緊急停止訊號的裝置必須遵循 EN 60947-5-5 或 EN 62061。

將不再具有安全功能的分離裝置存放在遠離裝置的地方，以防止錯誤啟動。

注意事項

將連接好的緊急停止裝置放置在緊急情況下隨時可以拿到的地方，但要防止意外使用。

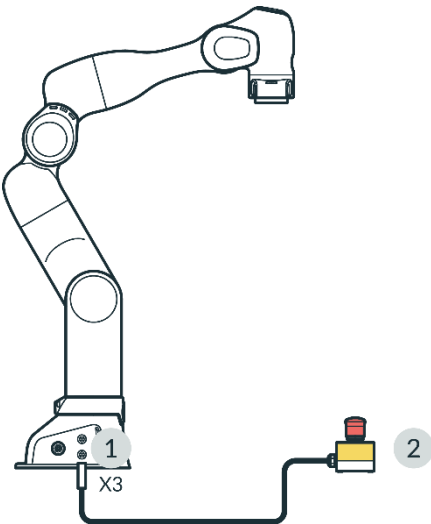


圖4.1：連接緊急停止裝置

1	X3 - 安全輸入連接器	2	緊急停止裝置
---	--------------	---	--------

SAFETY

停止時間和距離

根據 EN ISO 10218-1, Annex B 測量了停止時間（即從要求緊急停止到機械臂完全停止之間所經過的時間）和停止距離（即啟動緊急停止後機械臂到完全停止所走過的距離）。停止時間和距離可在本文件的附錄中找到。

4.8 故障安全鎖系統

故障安全鎖系統

當旋臂與電源斷開時，鎖緊螺栓會自動鎖緊所有七個關節。鎖定螺栓以機械方式鎖定關於關節的任何動作，因此即使在不供電的情況下，旋臂也能保持在原位。

由於這些鎖定螺栓的技術，在電源切斷時無法保持精確的位置。鎖定螺栓鎖定时會發出咔嗒一聲，手臂會降低幾公分。特別是關節，由於其排列和位置特別受重力影響。

解除安全鎖系統

只要安全鎖系統解鎖，每個軸都會輕微移動。

4.9 手動移動臂

在沒有電力的情況下移動臂



小心

移動臂

嚴重受傷的風險，例如擠壓、皮膚撕裂和刺穿。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全護目鏡）。
- 集成商需要針對任何附加的終端效應器執行風險分析。
- 操作時請勿站在最大工作空間內。

注意事項

集成商必須評估人員可能被困的風險。

如果有人被電動臂困住，請遵循下列三個釋放選項之一，即使電源已被切斷，也能將他們釋放。

- 在需要解鎖的關節對應的開口處使用緊急解鎖工具 解鎖機器人，並用手移動機器人。
- 從安裝位置擰下支撐臂底座。
- 手動移動臂。

在發生非急性危險和卡臂的情況下，請使用緊急開鎖工具。

警告

使用緊急開鎖工具時，重臂墜落

解鎖關節時，有被手臂卡住的風險

- 在解除鎖定之前和過程中，請支撐手臂。
- 請勿將頭部或其他身體部位置於臂環之間或下方。
- 請勿將身體部位（尤其是手、手指）放在手臂的連結、末端執行器或固定物之間。
- 請勿在電動臂通電時使用緊急解鎖工具。
- 只能使用隨附的緊急開鎖工具。
- 將緊急開鎖工具存放在手臂附近。

行動：緊急解鎖

安全說明

1. 按下緊急停止裝置，停止機器人操作。
2. 從 Pilot 底座取出解鎖工具。
3. 握住手臂的分段。
4. 將解鎖工具插入各自的梯形開口，然後逐個解鎖一個或多個接頭。

開口處標有「緊急解鎖」標誌。

現在可以手動移動臂段。

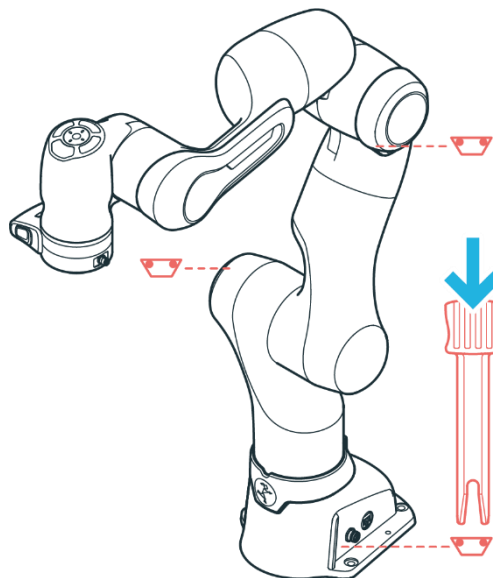


圖4.2：緊急解鎖

注意事項

請注意，一旦插入解鎖工具，朝向 Arm 腕部的 Arm 段可能會隨著重力落下。

注意事項

SAFETY

- 集成商需要確保解鎖工具存放在機器人底部的固定器中。
- 除非在緊急情況下，否則請勿移除解鎖工具。
- 解鎖工具必須隨時在伸手可及之處。
- 只能使用原廠的解鎖工具。
- 解鎖工具只能在緊急情況下使用。

動作：手動推開

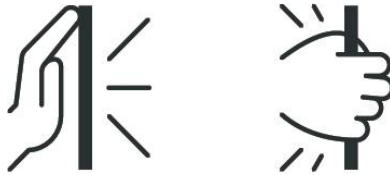


圖4.3：手動推開

安全說明

在發生嚴重致命危險的情況下：

1. 按下緊急停止裝置，停止機器人的運作。
2. 手動將 Arm 拉出或推出危險位置。
3. 確保機械手臂不會掉落。

注意事項

手拉或手推旋臂會損壞旋臂，因為關節會負荷過重。

- 只有在安全危急的情況下，才能手動拉開或推開 Arm。

4.10 安全概念

Franka Research 3 的安全概念提供了一個簡單的方法，讓機器人系統在其目標應用範圍內是安全的。系統提供一套符合 EN ISO 13849-1 的安全功能。有關安全功能的詳細資訊，請參閱 4.11 「安全功能」 章節。

透過 Franka UI 工具 Watchman，安全操作員可以在所謂的安全規則和情境中使用這些安全功能，以涵蓋針對機器人單元和應用所進行的風險分析中發現的風險。

透過 Watchman 進行的安全系統設定分為兩部分：

- 一般安全相關的設定會在安全設定中設定（例如，定義安全輸入的行為）。
- 安全情境可涵蓋不同的情況，並採取適當的安全措施。

每個安全情境可以定義一個或多個安全規則，以涵蓋機器人可能處於的特定情況/狀態。

每個安全規則都包含安全功能、可選擇的條件（定義規則何時啟用），以及違反安全功能時觸發的反應。

透過安全設定和安全情境，安全操作員可以根據風險分析所顯示的需求設定安全系統。Franka Research 3 隨附一組預先定義且經過驗證的情境。如果它們適用於涵蓋風險分析所揭示的需求，則此設定可開箱即用。

SAFETY

如果需要特定的安全規則和情境，安全操作員可以使用 **Watchman** 調整預先定義的情境和規則。有些安全情境是唯讀或包含固定的規則，以確保大部分應用程式通用的最低安全措施集。一般而言，這些預設是由 **ISO 10218-1** 所定義的。

安全操作員必須先驗證所有自訂的安全設定與情境，才能在機器人上確認與啟動。

預先定義的安全情境涵蓋了系統可能的操作狀態。

注意事項

在復原被違反的安全功能時，系統會切換到預先定義的復原場景，以提供安全的復原。在復原過程中，發生違規事件的原始情境（例如工作）、其規則，尤其是違規的安全功能，都不會啟動。一旦復原完成，系統會立即切換回原始情境。當針對已完成的機器執行特定應用的危險與風險評估時，整合人員必須考慮預先定義的復原情境。

編程模式下的狀態情況

閒置 (唯讀)

- 使用者可能會靠近機器人，但不會與機器人互動。機器人處於安全監控的靜止狀態。
- 如果沒有其他模式啟動，或出現衝突的輸入，這是 **Programming**（程式編寫）模式中的預設狀態。

教學 (可自訂)

- 使用者可以用手引導機器人。
- 安全啟動信號：按下位於 **Pilot-Grip** 上的啟動按鈕。
- 安全操作員 可以自訂預先定義的速度限制。

測試與點動 (可自訂)

- 使用者可以觀看並驗證所建立任務的執行，並透過 **Franka UI** 對機器人進行指導。
- 安全啟動訊號：外部啟動裝置 (X4)。
- 安全操作員可以自訂預先定義的速度限制。

開啟/關閉煞車 (唯讀)

- 煞車開啟或關閉時有效。
- 安全地限制動作和速度的延伸。

執行模式下的狀態情況

工作 (可自訂)

- 機器人透過執行任務獨立工作。
- 此方案已預先填入啟動安全監控停機 (SMSS) 安全功能的規則，當輸入 **X3.2** 或 **X3.3** 打開時會停止機器人。必須設定在「工作」內啟動「安全監控停機」的規則，以便切換到「輔助」模式。
- 安全操作員可以自訂此情境中的所有規則。

輔助 (可自訂)

- 在執行模式時，根據 **ISO 10218-1** 定義的協同操作「手導」。

SAFETY

- 安全啟動訊號：當機器人處於安全監控的靜止狀態時，按下位於 **Pilot-Grip** 上的啟動按鈕。
- 安全操作員可以自訂此模式的速度限制和/或新增自訂規則。

開啟/關閉煞車 (唯讀)

- 在煞車開啟或關閉時啟動。
- 安全地限制動作和速度的延伸。

錯誤/違反狀態

下列狀態在機器人正常操作時並不啟動。只有在違反其他狀態的安全功能或發生安全相關錯誤時，這些狀態才會啟動。

工作無效 (唯讀)

如果工作模式沒有可用的有效安全情境，則會啟動「工作無效」情境作為後備，以防止機器人移動。

違反閒置 (唯讀)

此狀態在任何安全功能被違反且執行相關反應後啟動。

復原 (位置錯誤、違反接合限制或違反空間限制) (唯讀)

當機器人從違反安全功能或錯誤中恢復時，此狀態會啟動。

安全啟動訊號：視違規類型或錯誤而定。

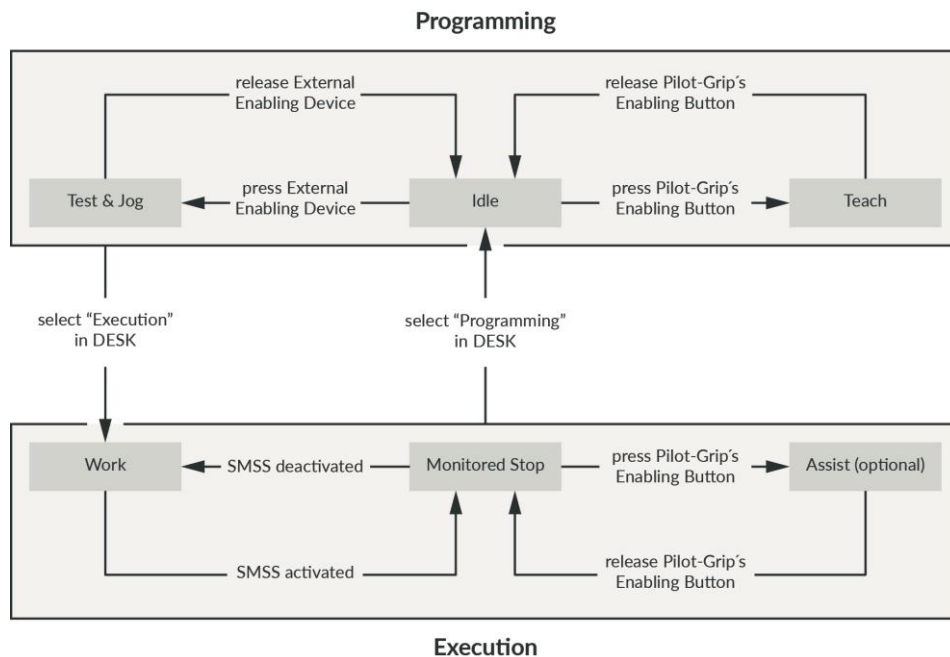


圖4.4：正常操作時的狀態

4.11 安全功能

警告

熱表面和恢復期間的引導

當環境溫度超過 30 °C 時，機器人表面會變得太熱而無法觸摸。因此，如果發生違反安全功能的情況，需要在復原過程中進行手部引導，則必須遵守下列規定：

- 只有經過專門訓練的人員才能進行復原。
- 在復原之前，必須評估表面溫度是否在可觸摸的範圍內。冷卻時間取決於之前的操作和環境溫度。
- 建議在此程序中戴上耐熱安全手套。

注意事項

Franka Research 3 區分了兩種安全功能：監控功能和停止功能。

監控功能可確保不違反極限，例如速度 (SLS-J)、位置 (SLP-C)...

停止功能會在監控違規或安全輸入時觸發。安全操作員有義務在設定極限時考慮停止時間和停止距離。

注意事項

如果不遵守電力額定值，使用獨立電源連接外部裝置可能會危及系統的安全功能。

此外，連接設備中的電壓必須是 SELV 或與系統連接的信號適當隔離。

安全輸入

名稱	說明	安全等級	停止反應
X3.1 - 緊急停止	機器人底座的 X3 連接器提供一個安全輸入端子，可連接緊急停止裝置。	PL d / Cat.3	第 1 類停止
X4 - 外部啟用	機器人底座上的 X4 連接器提供一個專用於 3 位元外部啟動裝置的安全輸入。	PL d / Cat.3	鬆開或完全按下啟動按鈕可啟動 SMSS 安全功能。違反 SMSS 時的反應取決於主動安全情境。
啟用按鈕	機器人 Pilot-Grip 的凸緣附近有一個 3 位元啟動按鈕。	PL d / Cat.3	操作模式「編程」：第 1 類停止 (請參閱預先定義的情況「空閒」) 操作模式「執行」：反應取決於情景「工作」中的 SMSS 配置。 在違反安全功能或錯誤復原期間，完全按下或釋放啟動按鈕可觸發類別 1 停止。
X3.2 - 安全輸入 1 X3.3 - 安全輸入 2	機器人底座上的 X3 連接器提供兩個額外的安全輸入。這兩個輸入的行為可在安全設定中設定。	PL d / Cat.3	取決於安全情境中的配置。

監控功能

名稱	縮寫	說明	安全等級	違規追討 注意：操作員 可以追回所有違規記錄。
----	----	----	------	----------------------------

SAFETY

 當 SLP-C 啟動時，機器人無法由 FCI 控制！				
安全限制笛卡兒位置	SLP-C	監控手臂上特定點的笛卡兒位置。根據使用者定義的笛卡兒區域檢查位置。 監控下列各點 • 凸緣 • 肘部 • 手腕 • 客戶定義的工具範圍 監控可設定為在一個或多個點在定義空間內或一個或多個點在定義範圍外時發出違規訊號。 參數化： • 末端執行器模型（最多五個球體） ◦ 每個球體的半徑 ◦ 每個球心相對於凸緣的位置 提示：這是一般設定，會影響使用此工具型號的所有安全功能。 • 監視笛卡兒空間 (方塊) • 內/外違規	PL d / Cat.3	違反位置或方向限制將顯示在 Franka UI 的 Desk 中。 • 解除機器人的煞車。 • 導引機器人離開笛卡兒位置限制。Franka UI 顯示是否不再違反位置限制。 • 按下 Desk 中的 Confirm（確認）完成復原。
 當 SLS-C 啟動時，機器人無法由 FCI 控制！				
安全限制笛卡兒速度	SLS-C	監控支撐臂結構上某些點的笛卡兒速度。可監測下列各點 • 凸緣 • 肘部 • 手腕 • 客戶定義的工具領域中心 參數化： • 笛卡兒速度的極限	PL d / Cat.3	違反車速限制會顯示在 Franka UI 的對話框中。 • 按彈出訊息中的按鈕確認違規。 不需要進一步的復原程序。
安全監控的靜止狀態	SMSS	監控 Arm 結構上某些點在直角坐標空間中的靜止狀態。監控下列各點： • 凸緣 • 肘部 • 手腕 • 客戶定義的工具領域中心 使用者無法變更此安全功能的參數。	PL d / Cat.3	在 Franka UI 中會顯示違規對話框。 • 按下按鈕確認違規。 不需要進一步的復原程序。
安全末端執行器關機	SEEPO	安全關閉提供給終端執行器的電源（48 V 電源線）。SEEPO 的行為可在安全設定中設定。例如，可以設定 SEEPO 在觸發緊急停止時關閉電源。 參數化： • 一般設定，SEEPO 是否啟用 • SEEPO 的關機觸發器	PL b / Cat.	您可以在「設定」或 Desk 的側邊欄中再次開啟末端效果器的電力。

內部監控功能（不可參數化，可在安全規則中設定）

名稱	縮寫	說明	安全等級	反應	違規追討
 當 SLP-J 啟動時，FCI 無法控制機器人！					
Safely Limited 關節位置	SLP-J	監測每個關節在關節空間中的位置。 此安全功能僅在內部使用，以保護旋臂的接合極限、防止自我碰撞和局部夾	PL d / Cat.3	-	Franka UI 中的對話框會通知使用者違規情況，並允許復原。 • 按一下復原對話方塊中的解鎖圖示，解除要移動的接點的鎖定。 • 若要啟用復原動作，請按外部啟用裝置。

SAFETY

		緊。在使用者定義的情況下不可使用。 這是一個限制函數。			按復原對話框中的 +/- 按鈕移動接點。 提示：處於違反狀態的關節只能移離違反極限。所有其他關節都可以往兩個方向移動，讓機器人移動到更方便的姿勢。
安全限制速度	SLS-J	監測關節空間中單一關節的速度。 此內部安全功能可用於在關節位置恢復期間防止快速運動。	PL d, Cat.3	Cat.1 停止	在 Franka UI 中會顯示違規對話框。 1. 按下按鈕確認違規。 不需要進一步的復原程序。
安全限制距離	SLD	SLD 可監控單一接頭，使其維持在允許的位置視窗內。 此內部安全功能可用於防止煞車開啟過程中的過度移動。	PL d, Cat.3	Cat.1 停止	Franka UI 中會顯示安全錯誤對話框。 1. 按下按鈕確認錯誤。 不需要進一步的復原程序。

停止功能

名稱	說明	安全等級
類別 0 停止	通過移除馬達的電力和踩下剎車器，機械臂會立即停止。	PL d / Cat.3
第 1 類停止	使用馬達的正常控制，以受控的方式停止機械臂，直到每個關節靜止為止。剎車器啟動，馬達停住後馬達的動力被移除。 監控笛卡兒速度減速。	PL d / Cat.3
第 2 類停止	使用馬達的正常控制，以受控的方式停止手臂，直到每個關節靜止為止。靜止後，靜止狀態會受到安全監控。 監控笛卡兒速度減速。	PL d / Cat.3

安全輸出

名稱	說明	安全等級
安全末端執行器關機	關閉提供給末端執行器的電源（48 V 電源線）。	PL b / Cat.b

更多安全評級

機器人凸緣附近的三段式啟動按鈕符合 IEC 60204-1:2016 和 IEC 60947-5-8:2006。

由 Franka Robotics 提供的 3 階段外部啟動裝置符合 IEC 60204-1:2016 和 IEC 60947-5-8。

Franka Robotics 提供的緊急停止裝置符合 IEC 60204-1:2016 和 EN ISO 13850:2015。

其他與安全相關的復原 (發生安全錯誤時)

聯合位置誤差恢復

只有安全操作員可以恢復關節位置錯誤。

Franka UI 中的對話框會通知使用者有關錯誤，並允許復原。

有關如何更正錯誤的詳細說明，請參閱 13.8 「疑難排解疑難排解」一章。

安全的輸入錯誤復原

如果在 Watchman 中設定了安全輸入的確認，則可透過在 Franka UI 中確認相關對話方塊來復原安全輸入錯誤。

SAFETY

其他安全錯誤

其他安全錯誤通常無法復原。請嘗試重新啟動系統，以從此類錯誤中恢復。如果錯誤仍然存在，請聯絡您的供應商或 Franka Robotics。

所有個案的一般資訊

如果發生違反安全的情況，機器人在完成復原之前不允許動作。

如果違反安全規定，底座會以紅色緩慢閃爍。

必要時，Franka UI 會顯示復原精靈，以執行復原程序。

只有安全操作員可以恢復關節位置錯誤。

操作員可以執行所有其他復原工作。

13.8 「疑難排解」章節描述了更多可能的疑難排解措施。

4.12 規劃和初次安裝機器人系統的其他資訊

根據 EN ISO 10218-2 和 EN ISO 8373 標準，機器人系統被理解為一個機器人，它與周邊裝置，如機器人工具、工件、輸送技術和所有涉及的裝置和防護設備組成一個完整的系統。由於機器人的運動和整合應用，機器人系統對於那些參與操作、組裝或維護活動的人來說是潛在的危險。機器人系統製造商和安裝商的工作就是分析和評估這些危險，並確保採取適當的防護措施。

本說明書以法律、法規和指導方針為基礎，這些法律、法規和指導方針因國家而異，因此取決於機器人各自的位置（操作地點）。

在歐洲經濟區 (EEA)，總體法規適用，並可能由各國特定立法、行業特定法規和公司內部法規補充。

因此，在規劃機器人系統時，必須瞭解安裝地點的相關規定，並將其納入考量。

產業類型也會導致不同的規格。例如，機器人系統是用於工業研究還是科研？

如上所述，機器人系統的位置決定了必須遵守哪些不同的規則、法規和法律。在歐洲經濟區 (EEA)，機械指令和協調的歐洲標準適用於所有國家。此外，德國的產品安全法、產品責任法和工業安全與健康條例等當地法律也必須予以考慮。

以下列出了建立機器人系統最重要的規範。

標準 / 指令	說明
RL 2006/42/EG	Maschinenrichtlinie des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates
ISO 12100	機械安全 - 設計的一般原則 - 風險評估與風險降低
ISO 10218-2	機器人與機器人裝置 - 工業機器人的安全要求 - 第 2 部分：機器人系統與整合
ISO/TS 15066	機器人與機器人裝置 - 合作式機器人
ISO 13854	機械安全 - 避免壓碎人體部分的最小間隙
ISO 13855	機械安全 - 人體部分接近速度的保障定位
ISO 13850	機械安全 - 緊急停止功能 - 設計原則
ISO 11161	機械安全 - 整合製造系統 - 基本要求
IEC 60204-1	機械安全 - 機械電氣設備 - 第 1 部分：一般要求

SAFETY

ISO 13849-1	機械安全 - 控制系統的安全相關部件 - 第 1 部分：設計的一般原則
ISO 13849-2	機械安全 - 控制系統的安全相關部分 - 第 2 部分：驗證
ISO 13482	機器人和機器人裝置 - 個人護理機器人的安全要求

基本上，相同的目標始終適用：=>降低人類受傷的風險。

因此，可以這樣說，如果沒有適當的防護措施，就不能操作機器人系統。

例如，保護措施可以是

- 安全防護裝置
- 電敏感防護設備
- 圍欄和/或實體屏障
- 標示區域
- 標誌
- 緊急停止按鈕
- 指示元件
- 控制系統安全裝置
- 機器人內部安全功能 (請參閱4.11 「安全功能」 章節)

由於機器人可能有不同的應用，Franka Robotics 無法在整合機器人系統時，提供統一的準則來決定所需的保護裝置。安全實現機器人系統的責任在於集成商/操作員。

在 DGUV（德國社會意外保險）網站 => [DGUV Information 209-074](#) 上也描述了一個非常好且詳細的機器人系統設計指南。

以下說明描述了規劃機器人系統的基本措施。這些措施必須由應用規範和規格中的必要細節加以補充。

I. 分析：

分析包括自動化解決方案的描述，同時也縮小計畫系統功能的範圍。這部分稱為預期用途。非預期用途，即不得使用此系統執行的條件和活動，也必須記錄在案。對任務的詳細描述是後續風險評估的一部分，可簡化在進一步規劃過程中對各危險的風險判斷。

建立概念設計圖有助於規劃系統的概觀。這應該顯示所有元件，包括相關的週邊設備。

下一步是分析機器人系統的潛在危險來源。如果列出哪個元件會構成哪種危險，就能使後續的風險評估更加明確。必要時，這也可將危險的影響歸類在一起。

要集成的機器人系統的所有組件都應視為可能的危險源。除了機器人之外，還包括所有要整合的元件，例如工具、裝置、輸送系統、控制櫃和保護裝置，以及元件彼此組合時可能產生的危險。

II. 風險評估：

風險評估是用來分析和評估危險源及其所造成的人身傷害風險程度，並決定降低風險的必要措施。

根據機械指令所要求的風險評估程序在標準 DIN EN ISO 12100 中有所描述。有多種表格和工具可讓您有條理地執行（請參閱上面這些列表的參考資料）。風險評估的基本結構包含下列要素：

- 計劃系統的資料（機器名稱、序號等）
- 機器人系統的限制
- 確定所需的法規和標準

SAFETY

- 機器人系統的佈局
- 在佈局中標示危險源
- 評估各自活動和操作模式的危險源。為此，可採用不同的評估程序。該程序在標準中有詳細說明。

確定風險降低措施的程序也在標準和指南及參考文獻中說明。

原則上，下列措施的優先順序適用於降低風險：

- 避免危險
- 透過固有的安全設計減少
- 透過機械保護裝置減少
- 透過控制相關的保護裝置減少
- 透過組織措施減少

在確定措施時，應始終符合協調標準中的規格。由於根據標準推定符合性，這減少了舉證責任。

SAFETY

III. 佈局：

在機器人系統的最終佈局中，所有防護措施都應按比例繪製。風險評估中確定的防護措施應有明確的分配。

IV. 實現階段：

設定系統和執行已定義的防護措施。

V. 驗證：

在系統（包括所有防護措施）設定完成之後，必須依據相關標準對防護措施進行驗證。例如，在標準 **13849-2** 中，控制技術防護措施的測試被稱為「功能安全驗證」，其中規定了驗證的要求。

此驗證協議是機器人系統驗收的重要組成部分。

VI. 接受：

機器人系統的最終驗收包括上述所有個別步驟的詳細記錄。在工業應用領域，經銷商必須根據機械指令提交符合性聲明（CE）。如果機器人系統是為了內部研究中的「自用」而設置，也需要符合性聲明（CE）。對於研究和實驗室中的機器人系統，也必須設計機器人的操作對人安全，並實施適當的保護措施。機械指令將用於研究目的的機器人系統，定義為為特定研究目的而設計，且僅為臨時使用而建造的系統。因此，決定性因素在於該系統是否具有臨時用途（例如，進行一次性實驗，實驗後將被拆除 - 無需 CE - 或作為實驗室中的設備永久使用 - 需要 CE）。

5 角色和人員

警告

合格人員不足

資格不足的人員可能會對自己或他人造成嚴重傷害。

- 請詳細閱讀手冊，並解決任何問題。

所有進入機器人工作區的人員都必須運用他們的知識和經驗，意識到機器人系統的潛在風險，並對自己的行為保持足夠的謹慎。

- 負責人 必須明確告知使用者有關 **Franka Research 3** 的限制與約束。

警告

醉酒人員

醉酒人員可能會對自己或他人造成嚴重傷害，或對機器和設備造成重大損壞。

- 請勿在藥物、酒精或影響反應的藥物影響下操作 **Franka Research 3**。

5.1 人員

負責人

負責人負責遵守職業健康法規和操作安全條例。**Franka Research 3** 的負責人可以是企業主、機構主管、僱主或負責使用 **Franka Research 3** 的代表。

負責人負責以下事項：

- 負責人必須履行監控義務。
- 負責人必須確保所有與 **Franka Research 3** 一起工作的員工都具備適當的資格，並已獲告知 **Franka Research 3** 可能帶來的危險。
- 負責人必須在指定的時間間隔內提供訓練和指示，以建立和鞏固風險意識。

使用者

系統使用者是指直接參與系統操作的人員。系統的操作分為不同的任務，涵蓋系統的不同操作階段：

- 行政工作
- 安全相關任務
- 系統運作

根據指派的任務，使用者必須具備任務主題領域的合格知識、安全說明以及機器人系統的訓練。所需的資格將在下文的使用者角色描述中說明。

整合器

集成商負責將部分完成的機械組裝成最終的機械，方法是將機器人與其他設備或另一種機械（包括其他機器人）組合在一起，形成一個機械系統。

角色和人員

集成商還會進行適當的風險評估，以識別剩餘風險，並消除或最小化這些風險。

集成商對最終應用的安全性負責。

關於責任相關主題的進一步資訊，請參閱4.2「**責任通知**」章節。

注意事項

只有合格或受過充分訓練且具備足夠技術能力的人員才允許操作機器人。上述人員的資格包括但不限於專業技術教育、工程學大學學位或機器人或自動化領域的專業經驗。

Franka Robotics 建議由 Franka Robotics、合作夥伴及附屬公司執行特定產品的訓練。

5.2 使用者角色

操作員

操作員可存取 Franka Research 3，並利用 Franka UI 在負責人、管理員和安全操作員定義的範圍內使用 Franka Research 3。操作員可按以下方式使用使用者介面 Franka UI：

- 啟動、監控及停止 Franka Research 3 的預期運作
- 下載並選擇任務
- 檢視任務和應用程式設定
- 檢視系統狀態（網路、機器人、末端效應器）
- 檢視安全設定
- 鎖定/解鎖接頭
- 開始/停止任務
- 指導（無法儲存姿勢）
- 轉換先導模式
- 移至運輸姿勢進行包裝
- 從系統下載日誌檔案
- 關機並重新啟動系統

操作員只能有限地存取 Franka UI。

管理員

管理員擁有操作員的所有權限。管理員是經負責人授權，可設定及存取機器人系統，並使用使用者介面 Franka UI，如下所示：

- 使用者管理（建立、更新及刪除使用者；指派角色及修改密碼）
- 設定和變更系統的非安全性相關參數（例如變更終端執行器設定）
- 編程和教導機器人系統
- 安裝系統更新、功能和應用程式
- 編輯系統組態

角色和人員

- 建立、編輯及設定任務參數

安全操作員

安全操作員擁有與操作員相同的權限，以及設定和驗證安全設定的權限。安全操作員可使用 **Franka UI** 如下：

- 編輯安全配置
- 編程和教導機器人系統
- 建立、編輯及設定任務參數
- 恢復特定的安全錯誤

注意事項

使用者角色只能由合格或受過充分訓練的人員擔任。他們應接受緊急或異常狀況下的行為指導。負責人必須根據機器人、自動化、工業安全和職業健康方面的經驗、訓練或類似現有職務來選擇人員。

指派使用者角色

指派管理員

首次登入時，必須建立管理員使用者。

1. 輸入使用者名稱。
2. 輸入密碼。
3. 確認密碼。

管理員 **r** 登入資訊應妥善保管。要在沒有密碼的情況下存取管理員角色，唯一的方法是執行出廠重設，刪除所有先前的資訊。

注意事項

請務必使用安全的密碼，以防止未經授權的人存取系統。

建立和編輯使用者

必須始終至少有一個使用者已定義了管理員角色。這表示最後一個管理員不能被刪除。每個使用者都必須被指派一個角色，而且幾個使用者可以擁有相同的角色。**Franka Research 3** 支援上述角色。

程序

1. 登入 **Franka UI**。有關 **Franka UI** 的資訊，請參閱13.6 "Franka UI" 一章。
2. 前往「設定」。
3. 按一下使用者索引標籤。
4. 新增使用者或編輯現有使用者。

6 設備概觀

下圖顯示系統的最低配置，並示範佈線。

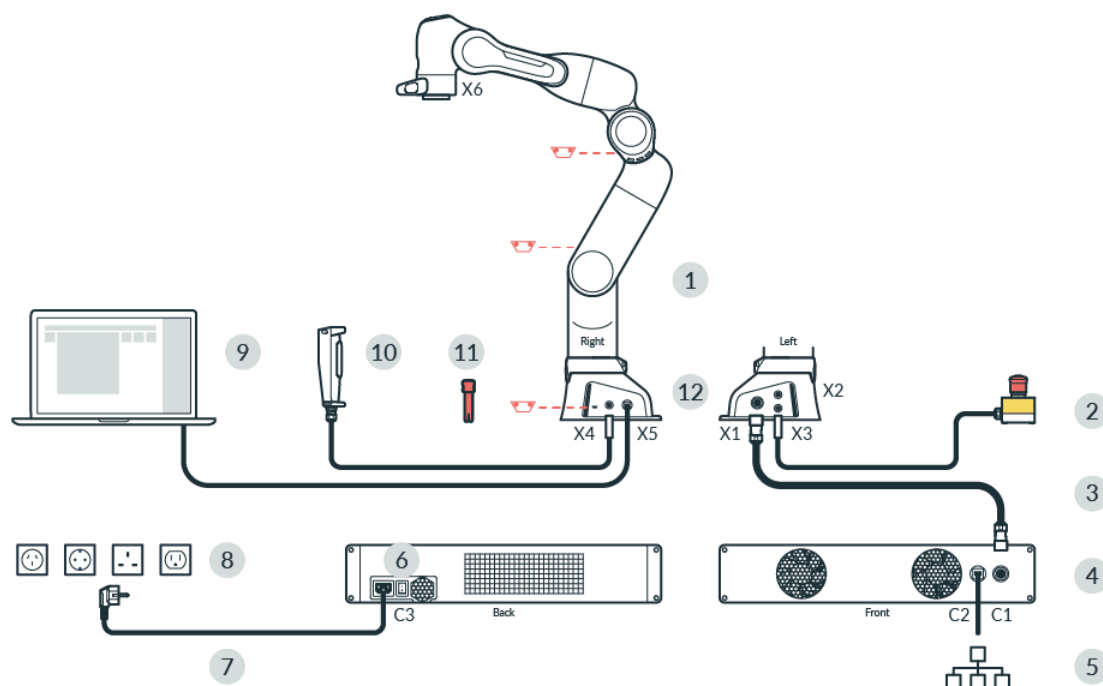


圖6.1：設備總覽

1	手臂	7	電源線
2	緊急停止裝置	8	主電源插座
3	連接線	9	介面裝置 (不含) 搭配 Franka UI
4	控制	10	外部啟用裝置
5	乙太網路 (網路)	11	緊急開鎖工具
6	電源開關	12	連接至功能接地端

6.1 手臂

手臂具有下列組件：

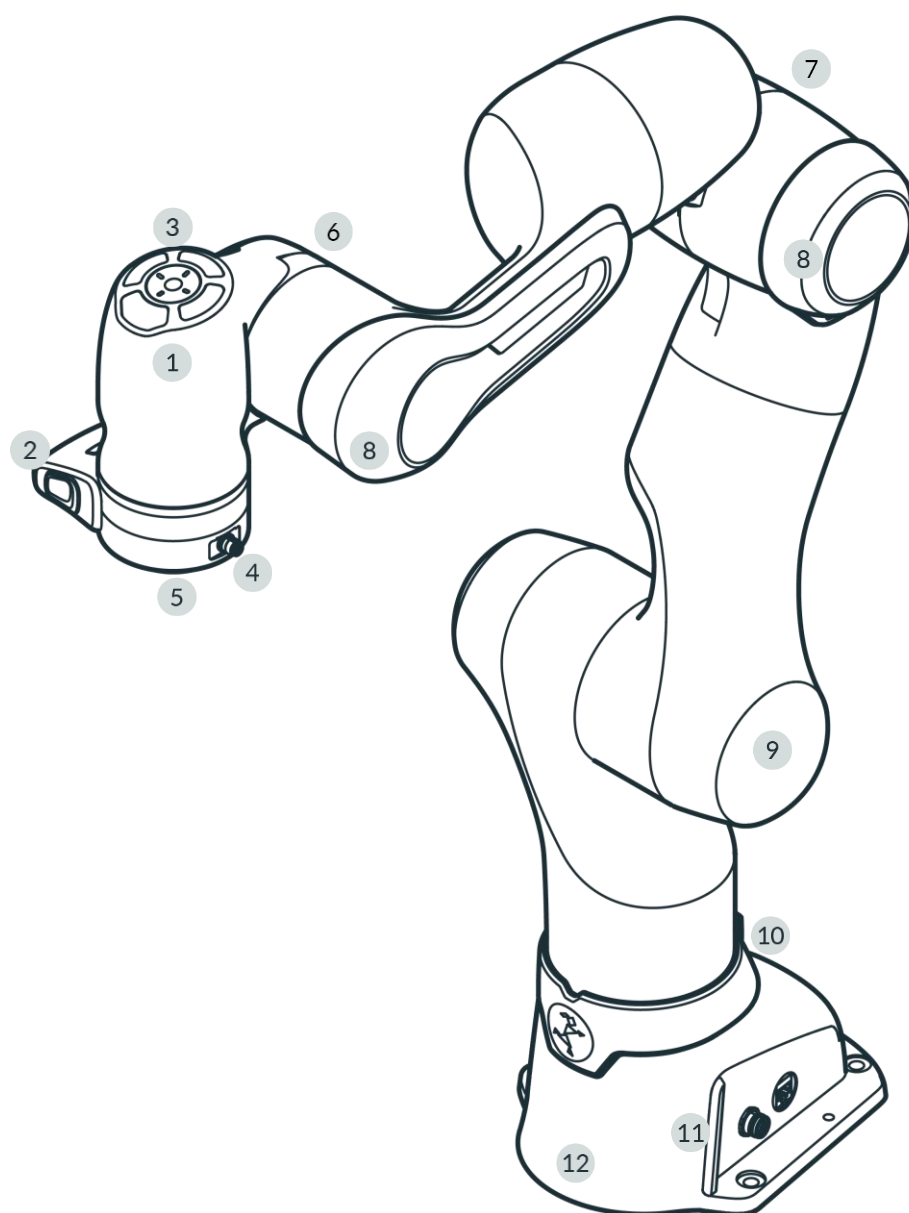


圖6.2：概述臂

1	試點	7	手肘
2	先導式握把	8	柔軟保護套
3	先導碟	9	肩部
4	X6 - 末端效果器連接器	10	緊急開鎖工具座
5	用於末端執行器的凸緣	11	狀態燈
6	手腕	12	基座

設備概觀

引航員 - 俯視圖

可透過 Pilot-Disc 直接從機械手臂操作 和整合式末端執行器的零件。

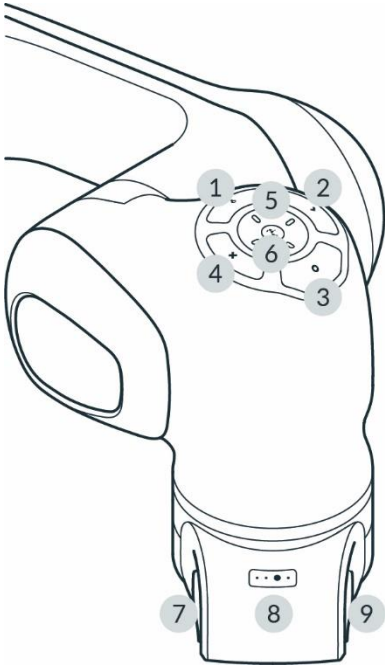


圖 .63 : 飛行員

1	先導模式按鈕	6	狀態燈
2	確認按鈕	7	啟用按鈕
3	示教按鈕	8	導向模式按鈕
4	刪除按鈕	9	引導按鈕
5	箭頭鍵		

試點

Pilot 是直接整合在手臂上的使用者介面，用於引導機器人，以及與終端效應器和 Desk 進行簡易互動。Pilot 由 Pilot-Disc (1-6) 和 Pilot-Grip (7-9) 組成。

有關 Desk 的詳細資訊，請參閱13.2 "單點控制 " 一章中的 Desk 一節。

先導碟 (1-6)

Pilot-Disc 位於 Pilot 頂端，用於與機器人系統互動。按下 Pilot-Disc 上的 Pilot-Mode 按鈕 (1)，即可切換手臂或末端效應器的控制。選擇個別的應用程式、參數化它們或透過手動引導手臂到所需的姿勢並按下 Teach 按鈕 (3) 來輸入姿勢。

Pilot-Grip (7-9)

Pilot-Grip 位於機器人頂端附近，是機器人結構的一部分。Pilot-Grip 提供一個導引按鈕、一個啟用按鈕和一個導引模式按鈕。

先導模式 按鈕 (1)

按下 Pilot-Mode 按鈕 (1)，使用者即可切換使用 Pilot-Disc 的方向鍵來導覽 Desk 或控制整合式終端效果器 (例如，Franka Hand)。

設備概觀

確認按鈕 (2)

如果確認按鈕亮起，在上下文功能表中所做的所有變更都會被確認，並跳至下一節。確認按鈕會儲存所做的任何選擇。

示教按鈕 (3)

將手臂或末端效果器移動到所需的配置，然後按下 **Teach** 按鈕，即可儲存手臂姿勢或末端效果器姿勢。

刪除按鈕 (4)

如果亮起，按 **Delete** 按鈕可刪除選取的姿勢或部分。

方向鍵 (5)

方向鍵可以導航桌或控制整合式終端效應器，視導航模式而定。在終端效應器模式下，按鍵指派取決於作用中的終端效應器。

啟用按鈕 (7)

啟動按鈕位於 **Pilot-Grip** 的左側，按到中間位置時可啟動機器人動作。若要移動機器人，請半按啟動按鈕，同時按下導引按鈕。啟動按鈕的安全等級符合 **EN ISO 10218-1** 的要求。啟動按鈕的三個位置可讓機器人停止、重新啟動或移動。要立即停止機器人，鬆開或完全按下啟動按鈕。停止後，先完全鬆開，然後再按至中間位置，即可重新啟動機器人。



圖。64：切換狀態 啟用按鈕

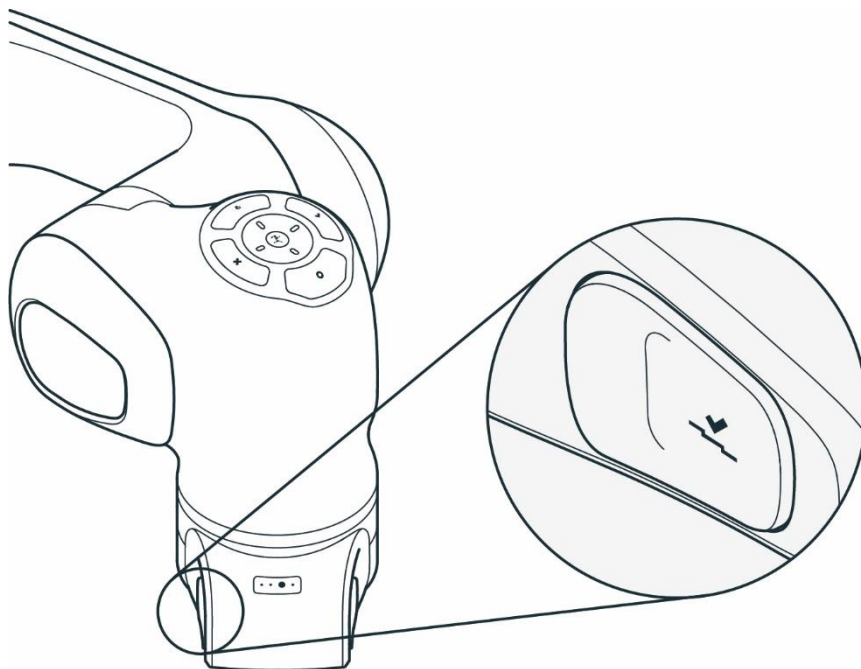


圖6.5：啟用按鈕

導向模式 按鈕 (8)



圖6.6 : 導航模式按鈕

導引模式按鈕（Guiding-Mode Button）位於 Pilot-Grip 的頂部，使用者可按下導引模式按鈕在不同的導引模式之間進行切換。可能的導引模式有僅平移、僅旋轉、自由移動和使用者定義移動。

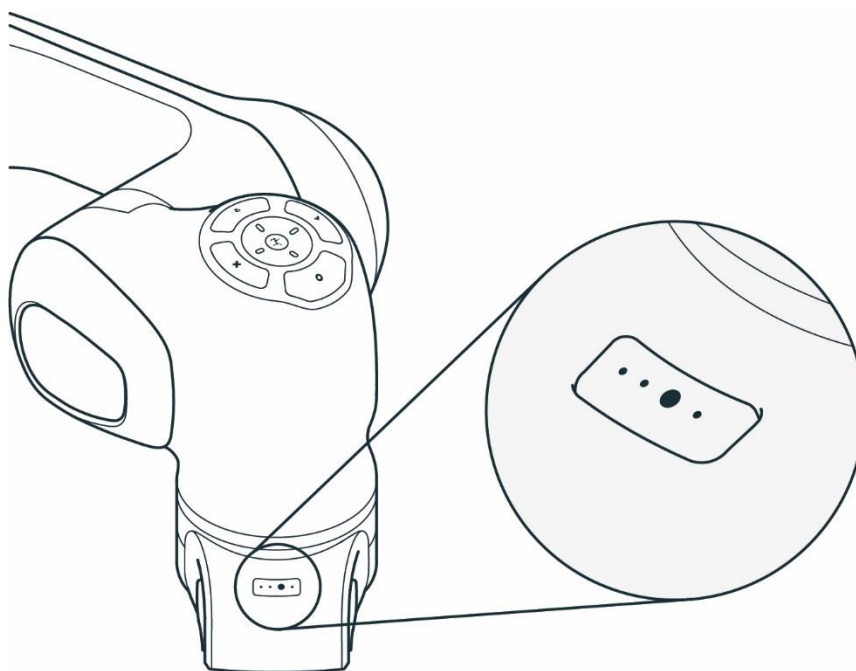


圖6.7 : 導航模式按鈕

引導按鈕 (9)



圖6.8 : 導向按鈕

導向按鈕位於 Pilot-Grip 右側。按下導引按鈕，同時半按啟動按鈕 (7)，即可移動機器人。

設備概觀

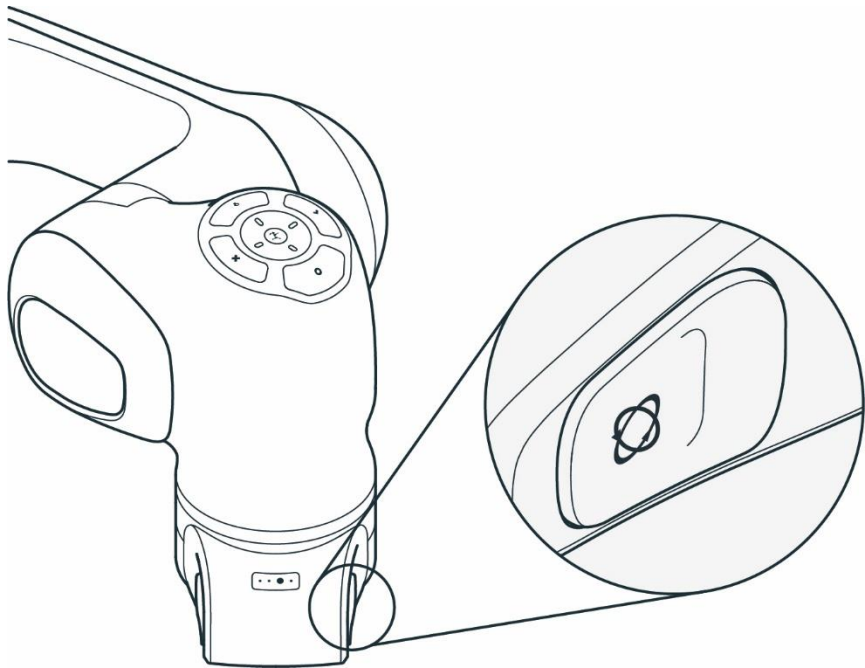


圖6.9：導向按鈕

手臂底部

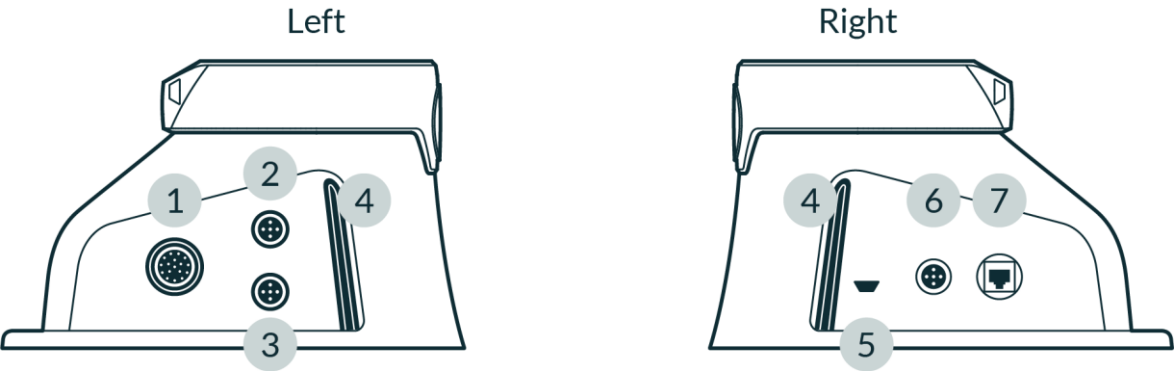


圖6.10：機器人底座的連接埠

1	X1 - 連接至控制連接器	5	緊急開鎖工具的插入點
2	X2 - 保留	6	X4 - 外部啟用連接器
3	X3 - 安全輸入連接器	7	X5 - 機器人網路連接器
4	狀態燈		

機器人的底座有多個連接埠，可連接和支援各種設備：

- X1 - 連接至控制器
- X2 - 數位 IO
此連接埠有兩個非安全的數位輸入和輸出。輸入和輸出以及 24 V 電源與機器人系統和機器人的其他介面電氣隔離。物理埠的功能取決於特定的軟體版本。

設備概觀

- X3 - 安全信號
 - X3.1 - 緊急停止：按下緊急停止裝置 (Emergency Stop Device)，將會觸發類別 1 的停止指令，以停止機器人，並可選擇切斷終端裝置的電源。此行為可在 Watchman 中設定。
 - X3.2, X3.3 - 安全輸入：X3 連接埠允許兩個額外的安全輸入。它們的行為可以在 Watchman 中設定。有關 Watchman 的詳細資訊，請參閱 **Error! Reference source not found.**
 - X4 - 外部啟用

當系統處於編程模式時，3 位外部啟用裝置可啟用「測試與點動」。它允許 Franka Research 3 移動。可透過 Desk 啟動程式。

- X5 - 機器人網路

執行以瀏覽器為基礎的 Franka UI 的介面裝置可連接至 X5 乙太網路埠。

注意事項

要使用可設定的安全輸入 (X3.2、X3.3)，必須組裝一個具有相應安全訊號的客製化連接器。如此一來，現有的急停功能就無法再使用。因此，必須在自訂連接器中為通道 X3.1 整合緊急停止功能。

注意事項

預設情況下，安全輸入通道 X3.2 和 X3.3 會指定給 Watchman 中「工作」情境中的 SMSS 安全功能。假設沒有外部安全裝置連接至 X3.2 和 X3.3 (只有 Franka Robotics 緊急停止裝置連接至 X3.1)。這些輸入將被視為「啟動」，這表示無法以預設的「工作」情境規則移動機器人。根據特定應用的風險與危害分析，預設規則可更改為允許機器人移動，而不考慮 X3.2 和 X3.3。

設備概觀

末端執行器凸緣

末端執行器（如 Franka Hand）可通過末端執行器凸緣連接。末端執行器法蘭是根據 DIN ISO 9409-1-A50 的相關品質標準開發的。如需更多資訊，請參閱 10.7 「安裝末端執行器 s」一章。

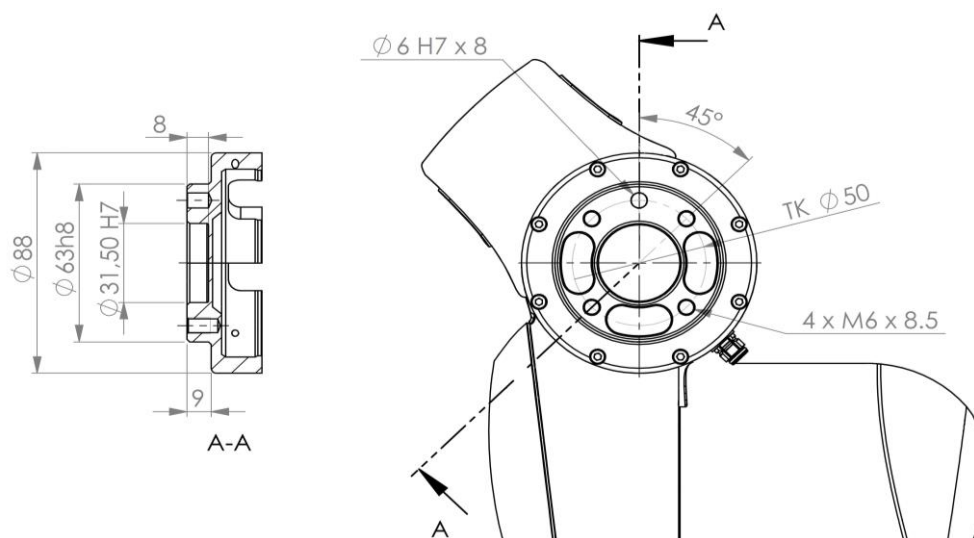


圖6.11：末端執行器凸緣

注意事項

Franka Hand 不屬於認證機械。

6.2 控制

注意事項

僅允許使用 Franka Robotics 提供的控制裝置來操作機械手臂。

Control 是主控制單元，是 Franka Research 3 的一部分。主控制單元實現了對機器人機械結構的監測和控制。

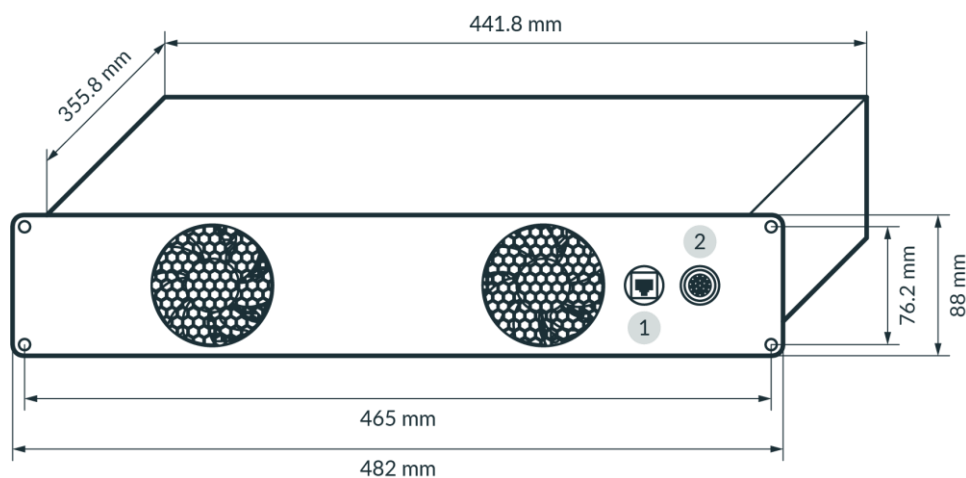


圖6.12：控制器的尺寸和連接埠

1 C2 - 車間網路連接器

2 C1 - 與 Arm 連接器連接

設備概觀

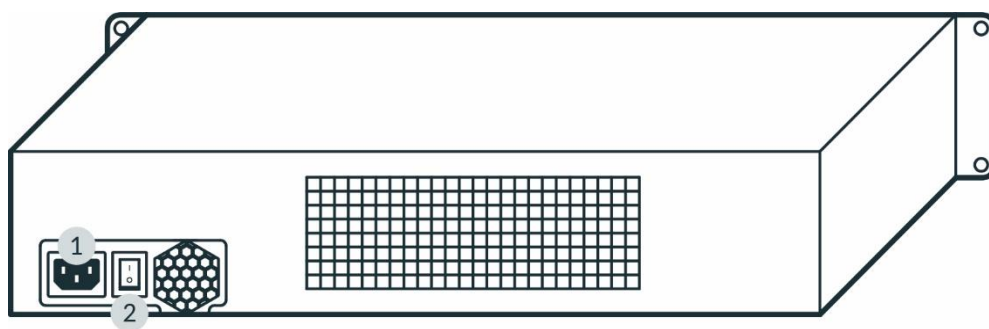


圖6.:13

1	C3 - 電源連接器	2	電源開關
---	------------	---	------

安裝

Control 適用於 2RU 19" 機架。

7 交付範圍和附加設備

7.1 包裝盒內包含

手臂

- 1x 手臂
- 1x 緊急開鎖工具
- 4x 螺絲 (ISO 4762, M8x20, ST 10.9 A2K)
- 4 個華司 (ISO 7089, M8, ST HV300 A2K)
- 1x 螺絲 (ISO 4762, M5x8, ST 8.8 A2K)
- 1x 齒型墊圈 (DIN 6797-A, M5, ST A2K)
- 1x 快速安裝指南 FR3 (文件號碼：R02040)



圖7.1：交付範圍 Arm

控制

- 1x 控制
- 1x 國家專用電源線



圖7.2：交付範圍 控制

裝置

- 1x 外部啟用裝置
- 1x 緊急停止裝置



圖7.3：輸送裝置的範圍

交付範圍和附加設備

配件

- 1x 連接線



圖7.4: 交付範圍 連接電纜

7.2 不包括在包裝盒內

如需其他配件，例如 cobot 泵，請造訪 <https://franka.world/>。

不包括下列設備：

- 介面裝置
 - 平板電腦/筆記型電腦/電腦
介面裝置應配備瀏覽器 (Chrome、Chromium 或 Firefox)、乙太網路連接埠，且最好具備觸控功能。
- 材質
 - 乙太網路線連 RJ 45 接頭，用於連接介面裝置與 Arm
 - 配備 RJ 45 連接器的乙太網路線，可選擇將控制器連接至公司網路或 PC 工作站
 - 安裝配件 (Franka Robotics 建議)：2x 6 mm h8 針腳，用於精確安裝機械手臂（如適用）
 - 安裝支撐臂的底板 (依據不同的底板，可能需要不同的螺絲和墊圈，請參閱10.4 「安裝臂」 章節中的表格)
 - 帶接地孔的功能性接地線
- 工具
 - 六角鑰匙，用於將臂安裝在底板上
 - 連接功能接地線的螺絲起子
 - 水平儀用於確保水平安裝 支撐臂
 - 扭力扳手以 30 牛頓米的扭力鎖緊螺絲

7.3 可用的備件和配件

Franka Research 3 的備用零件包括但不限於：

- 手臂
- 控制裝置包含特定國家的電源線
- 外部啟用裝置
- 緊急停止裝置
- 連接線 (2.5 公尺、5 公尺或 10 公尺)
- 緊急開鎖工具
- Franka Hand (不屬於認證機器)
- Cobot 泵 (不屬於認證機器)

8 技術規格

ARM				
自由度	7		介面	- 乙太網路 (TCP/IP) 可與 Desk 進行視覺化直覺編程 - 安全等級輸入，用於緊急停止和外部啟動裝置 2 組可設定的安全等級輸入，用於保護裝置或其他保護裝置（可透過外部 OSSD 轉換器連接 OSSD 裝置） - 硬體準備2x DI & 2x DO (24V, 隔離, EN 61131-2 type 3 特性, 100 Hz 取樣率) - 控制接頭 - 末端執行器的接頭
有效載荷	3 公斤			
最大達到	855 公釐			
力/扭力感測	所有 7 軸的連結端扭力感測器			
聯合位置限制	A1、A3	-166° / 166°		
	A2	-105°/105°		
	A4	-176°/-7°		
	A5	-165°/165°		
	A6	25°/265°		
	A7	-175°/175°		
安裝凸緣	DIN ISO 9409-1-A50			
安裝位置	直立式		使用者介面在 Arm's Pilot 把手	- 整合式安全等級導引啟動開關 - 引導按鈕 - 導航模式按鈕
重量	~17,8 公斤			
保護等級	IP40			
環境溫度	+5°C 至 +45°C		使用者介面在 Arm's Pilot Disc	- 狀態燈 - 先導模式選擇器 - 方向鍵、教學、確認、刪除
空氣濕度	20-80%, 非冷凝			
控制			效能	
控制尺寸 (19")	483 x 355 x 89 公釐 (長 x 寬 x 高)		動議	
供應電壓	100-240 V AC		關節速度限制	A1-A4: 150°/s
主頻	50-60 Hz			A5-A7: 301°/s (I) (使用)(FCI) (使用)(A6: 239°/s)
耗電量	~80 W		笛卡兒速度極限	高達 2 m/s 的末端效應器速度
主動式功率因素校正 (PFC)	是的		姿勢重複性 ¹	< ±0,1 mm (ISO9283)
重量	~7 公斤		互動	
保護等級	IP20		引導力	~2,5 N
環境溫度	+5 °C 至 +45 °C		可調整平移剛性	10-3000 N/m
空氣濕度	20-80 %, 無冷凝		可調整旋轉硬度	1-300 Nm/rad
允許的安裝方向	水平		監控信號	關節位置、速度、扭力軸心位置、力

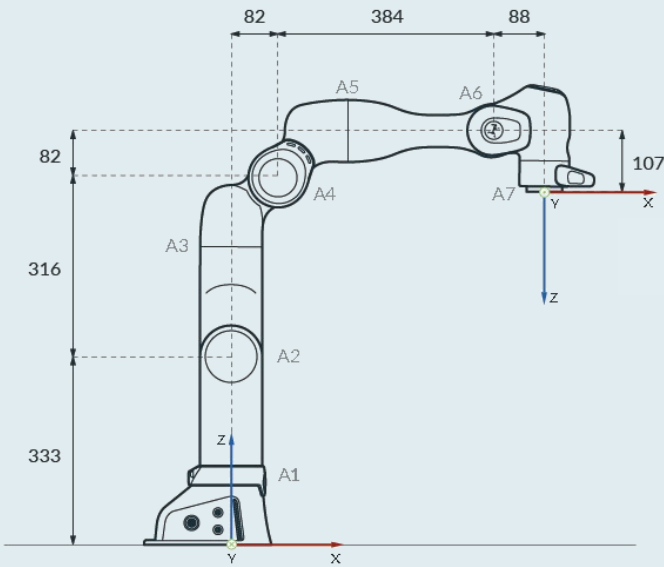
¹ 上述數值是指以 [0.498/0.0/0.226]m 為中心點量測的 0.4 x 0.4 x 0.4 m 的工作空間，凸緣的 Z 軸方向平行於地球重力，且彎頭朝上 (根據 ISO 9283 附錄 A)。

介面	• 乙太網路 (TCP/IP) 用於網際網路和/或車間連線 • 電源連接器 IEC 60320C14 (V-Lock) • 手臂接頭	附加元件	
		完全整合的末端執行器	• 雙指夾持器 • 真空夾具
		野戰車	• Modbus/TCP • OPC UA
獨家			
研究介面	1kHz 弗蘭卡控制介面 (FCI)		
安全			
認證			
EN ISO 13849-1:2015機械安全-控制系統的安全相關零件		由 TÜV 南德意志集團產品服務部認證	
協同操作模式			
安全等級的監控停止裝置		完全整合於 PLd / Cat.3	
手導		完全整合於 PLd / Cat.3	
安全等級的速度與分離監控		可與外部保護裝置結合，最高可達 PLd / Cat.3	
安全參數化與驗證			
守望者		使用者介面可設定及驗證安全相關參數	
使用者管理		以角色為基礎的存取管理	
安全功能			
緊急停止 (x3.1)		PLd / Cat.3	
外部啟用裝置 (x4)		PLd / Cat.3	
啟用按鈕		PLd / Cat.3	
兩個可設定的安全輸入 (x3.2 和 x3.3)		PLd / Cat.3	
SLP-C：安全限制笛卡兒位置		PLd / Cat.3 注意：SLP-C 啟動時，FCI 無法控制機器人	
SLS-C：安全限制笛卡兒速度		PLd / Cat.3 注意：SLS-C 啟動時，FCI 無法控制機器人	
SLP-J：安全限制關節角度		PLd / Cat.3 注意：SLP-J 啟動時，FCI 無法控制機器人	
SLS-J：安全限制接合速度		PLd / Cat.3	
SLD：安全限制距離		PLd / Cat.3	
SEEPO：安全末端執行器電源關閉		PLb / Cat.	
停止功能			
類別 0 停止		PLd / Cat.3	
第 1 類停止		PLd / Cat.3	
第 2 類停止		PLd / Cat.3	
停止函数的最壞情況安全笛卡兒位置精確度		50 公釐	
安全值符合 EN ISO 13849-1			
PLd / Cat.3 安全功能（每小時故障概率）		< 1 x 10 ⁻⁷	

技術規格

PLb / Cat. b 安全功能的 PFH (每小時故障概率)	$< 1 \times 10^{-7}$
----------------------------------	----------------------

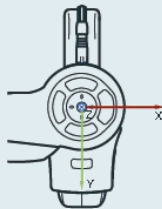
尺寸與工作空間



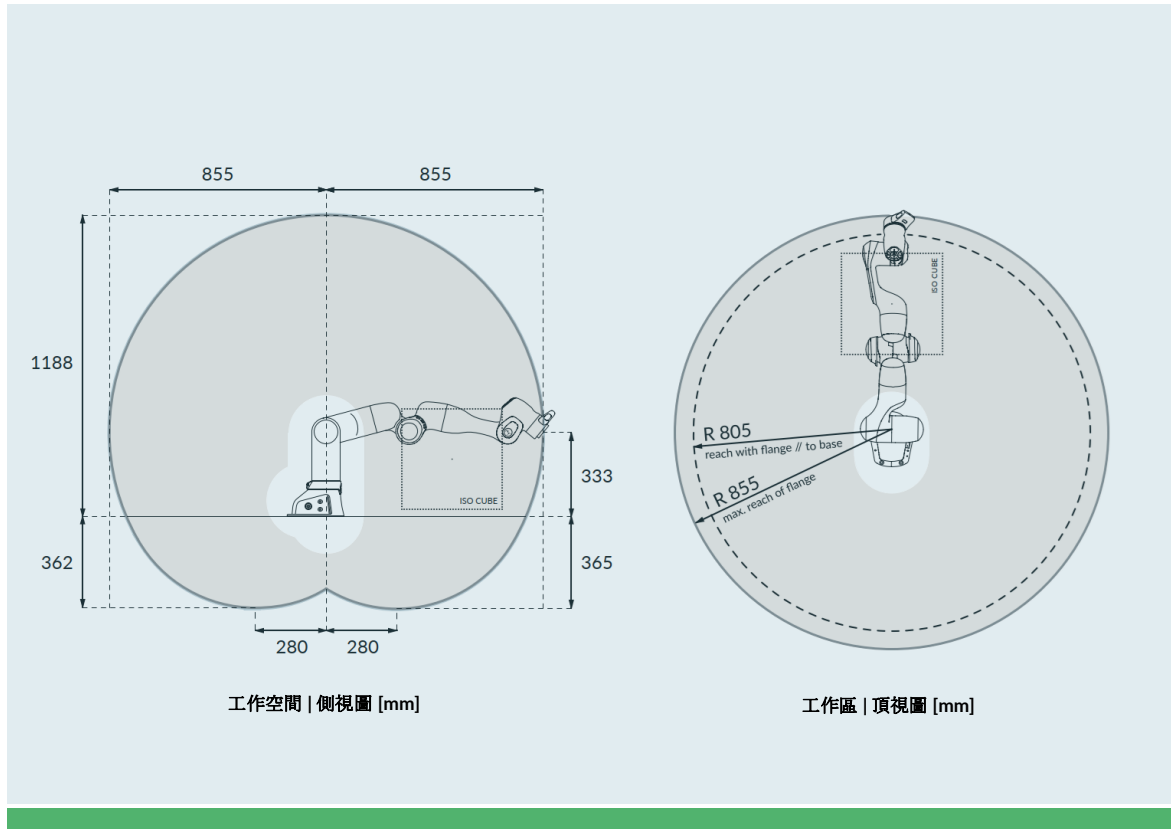
軸名稱與連結距離 [mm]



校準軸 7 不含末端效應器



與 Franka Hand 對齊軸 7



注意事項

每小時發生故障的概率是在 40 °C 時進行評估的。然而，安全等級對於溫度範圍內的所有功能都成立，包括擴展溫度範圍。

如果使用系統每小時故障概率值進行計算，請將溫度考慮在內。

如需更多關於每小時故障概率的資訊，請聯絡 Franka Robotics，電子郵件：support@franka.de。

9 運輸 及處理

⚠ 警告

重型設備

由於自重和幾何設計，提舉和搬運設備可能會造成背部受傷，如果設備墜落，手指、手掌、腳趾和腳掌可能會受到嚴重傷害。

- 運輸、安裝或拆卸設備時，請務必穿戴個人防護裝備（例如安全鞋）。
- 設備必須放置在平整的表面上，以防止傾斜或滑動。
- 遵守公司有關起重負荷和個人防護裝備的規定。

⚠ 警告

運輸及處理

損壞的組件

電氣風險可能導致嚴重傷害。

- 檢查包裝是否完好無損，並能發揮其保護功能。
- 檢查電纜、插頭和機械外殼是否有裂縫和破損的絕緣層。
- 請勿使用損壞的電纜、插頭和機械外殼進行操作。如有疑問，請與 Franka Robotics 聯絡。

注意事項

支撐臂和控制裝置的材料損壞

機械衝擊可能會造成旋臂和控制器中敏感的機電元件損壞或失去校準功能。

- 避免震動。
- 小心放下裝置。
- 即使是短途運輸，也請務必在原始包裝中存放和運輸裝置。

注意事項

手臂、末端效應器和最大工作空間中的物件的材料損壞

如果將末端執行器連接到機械臂上，同時將機械臂帶入運輸位置，可能會損壞機械臂和末端執行器中的敏感機電部件。

- 將手臂移至運輸位置前，請先卸下任何末端執行器。
- 請勿在最大工作空間內放置鬆散的物件。

9.1 交貨和運輸的環境條件

系統可在 -25 °C 至 +70 °C 的溫度範圍內儲存和運輸。

處理和提升

請務必以預定的懸掛位置懸掛支撐臂（見下圖），以免在搬運和懸掛時對支撐臂關節造成過大的壓力。尤其是，絕對不能在伸展狀態下，由一人握住支撐臂的兩端來攜帶支撐臂。

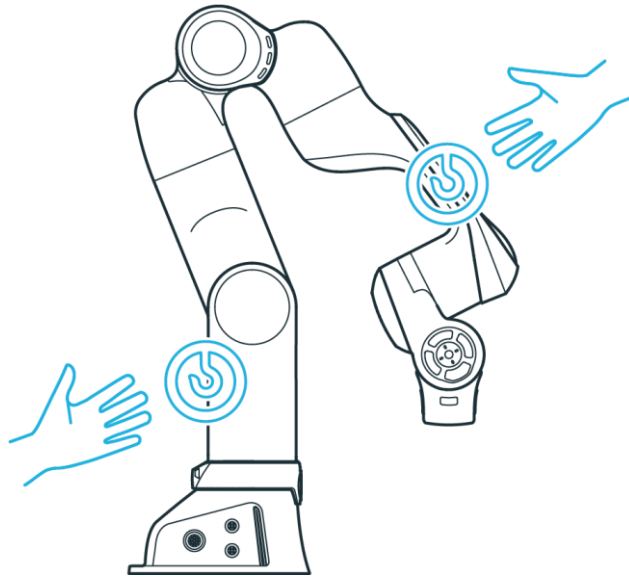


圖 .91 : 提升位置

注意事項

手臂的物質損壞

在鎖定狀態下用力移動旋臂會導致內部零件的瞬間滑動，造成校準損失和旋臂損壞。

- 僅在本手冊指示的位置上操作、舉起和運輸旋轉臂，以避免旋轉臂的關節受力過大。
- 即使在設定和開關手臂時，也要輕輕地操作。

注意事項

請勿踩踏或倚靠 Arm。

注意事項

注意重量。

手臂重量約為 17.8 公斤

10 安裝與安裝

警告

重型設備

由於自重和幾何設計，提舉和處理設備可能會造成背部受傷，如果設備倒下，手指、手掌、腳趾和腳也可能會受到嚴重傷害。

- 運輸、安裝或拆卸設備時，請務必穿戴個人防護裝備（例如安全鞋）。
- 一定要在第二個人的幫助下抬起設備。
- 設備必須放置在平整的表面上，以防止傾斜或滑動。
- 遵守公司有關起重負荷和個人防護裝備的規定。

注意事項

在安裝系統前，請仔細閱讀4「S AFETY」和9「運輸 及處理」章節。

注意事項

如果不在底部鎖上螺絲，支撐臂就無法站穩。

控制 和 Arm 提供的介面概觀

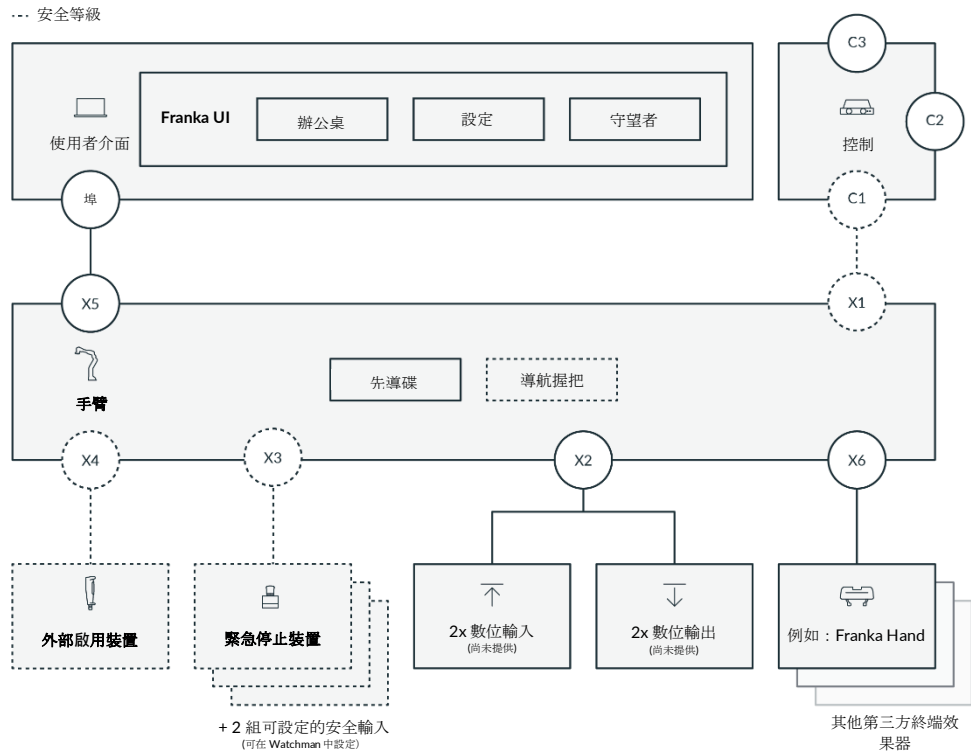


圖 .101 : 介面概觀

10.1 開箱

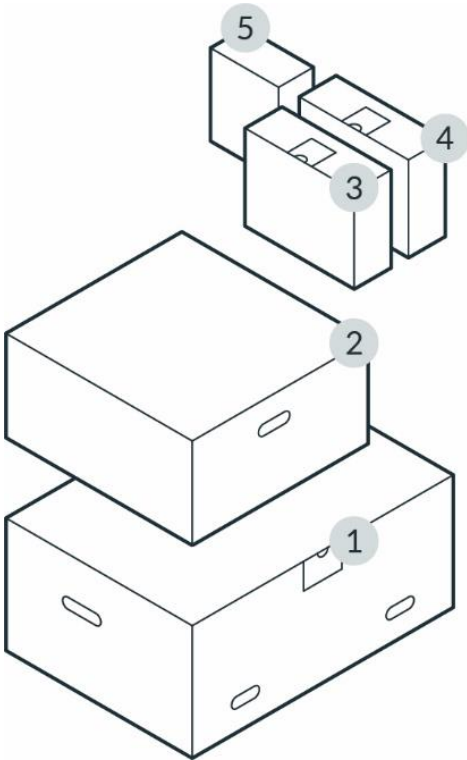


圖.102 : 包裝

1	手臂	4	緊急停止裝置及外部啟動裝置
2	控制	5	可選 (例如：Franka Hand)
3	連接線		

注意事項

請務必保留原始包裝，以防重新安置機器人。

安裝與安裝

開箱

程序

1. 取下外盒的頂蓋。

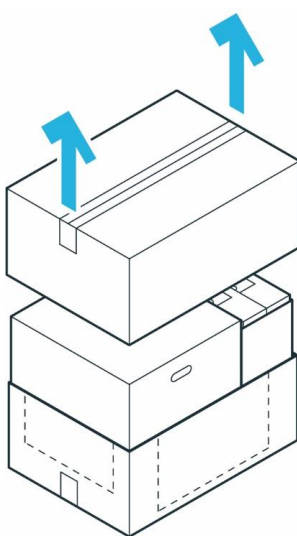


圖 .103 : 拆開主紙箱

2. 提起上面的內盒，放在一旁。

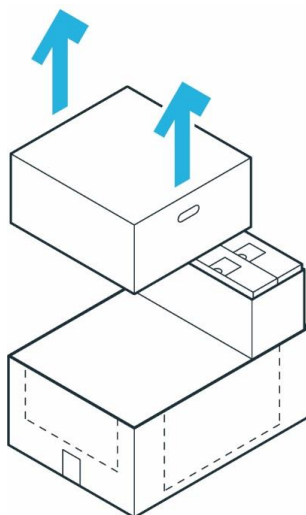


圖 .104 : 移除個別紙箱

3. 將外盒拉開，即可進入底部內盒。

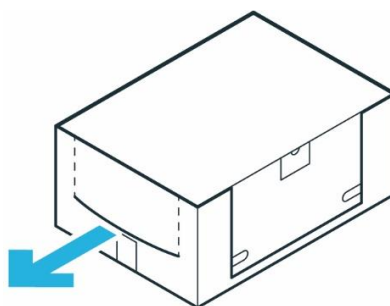


圖 .105 : 內紙箱

安裝與安裝 拆開包裝臂

程序

1. 小心地撕開紙箱頂部的密封膠條，打開盒子。
2. 打開鋁箔塗層。
3. 移除最上面的保護層。

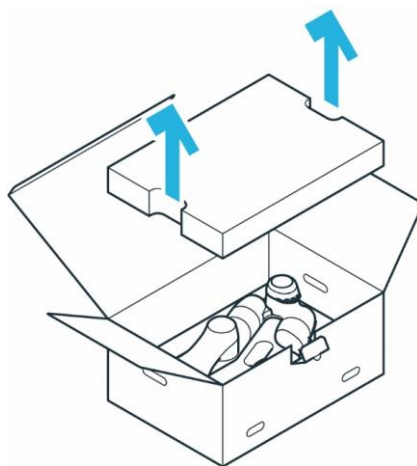


圖 .106 : 從手臂開箱

4. 移除中間的保護層。

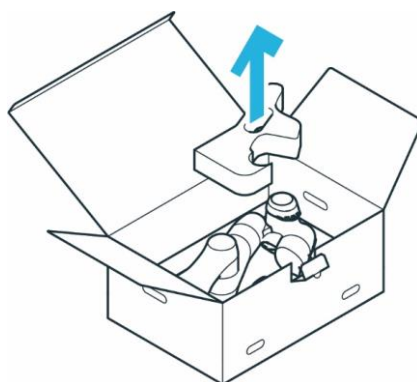


圖 .107 : 拆開包裝臂

5. 在指定的提拉位置小心地抓住 **Arm**，將其從底部保護層中提拉出來，並將其擱置一旁。

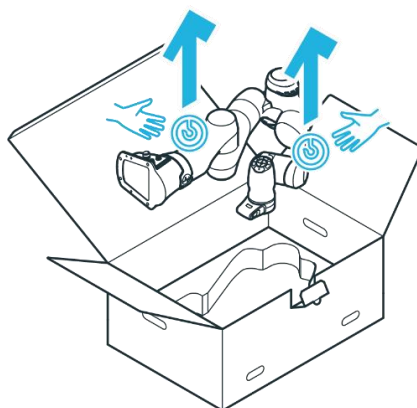


圖 .108 : 提升臂

安裝與安裝

拆開控制器的包裝

程序

1. 小心地撕開紙箱頂部的密封膠條，打開盒子。
2. 打開鋁箔塗層。
3. 取下電源線和頂蓋。

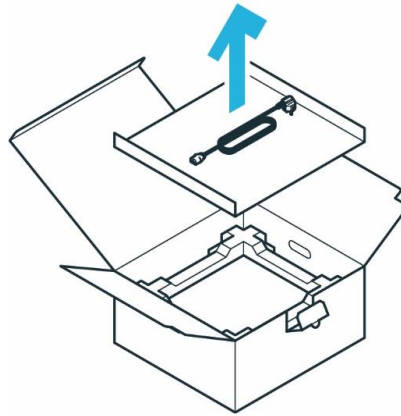


圖 .109 : 打開控制盒

4. 移除最上面的保護層。

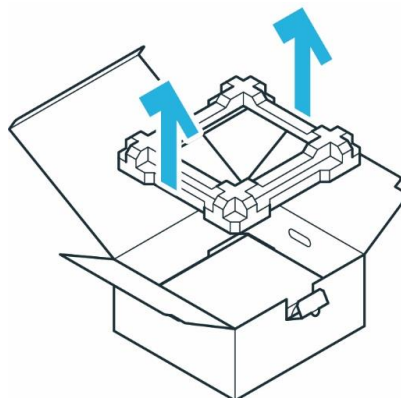


圖 .1010 : 拆除包裝

5. 在指定的提拉位置抓住 **Control**，小心地將其從底部保護層中拉出，並將其擱置一旁。

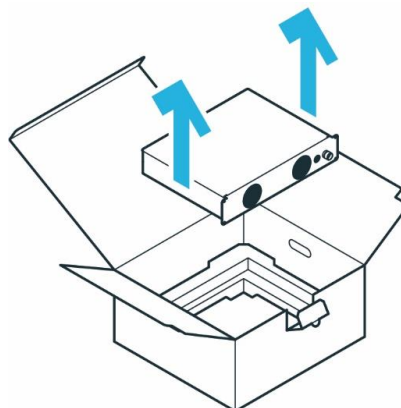


圖 .1011 : 抬出控制

10.2 正確安裝 網站

10.2.1 最大且有保障的空間

空間分類

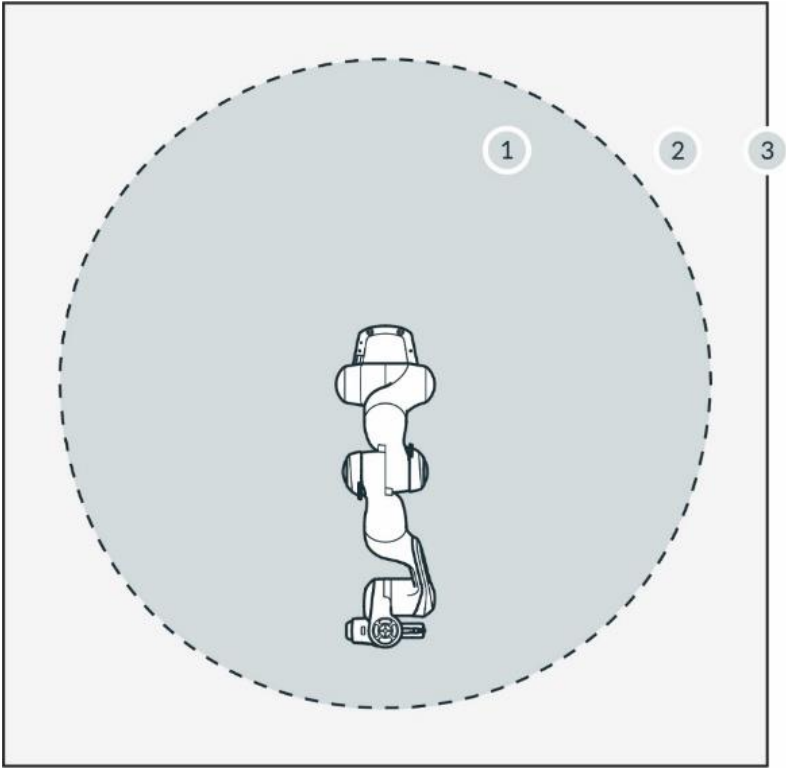


圖 .1012 : 空間分類

1	最大工作空間	3	周界防護
2	保障空間		

- 最大工作空間
機器人的移動部件可以掃到的空間，加上末端執行器和工件可以掃到的空間。
- 受保護的空間
由周邊保護區界定（見圖表）

注意事項

利用所提供的安全功能來降低任何因意外移動的 Arm 而造成意外碰撞的風險。監控功能只有在違反規定時才會觸發。安全整合人員必須考慮停止時間、距離和公差。

注意事項

針對特定應用的風險分析可能會在某些應用中定義比最大工作空間更大的危險區域。

安裝與安裝

10.2.2 環境條件：臂

安裝地點的允許條件

環境溫度

- +15 °C 至 +25 °C (正常)
- +5 °C 至 +45 °C (擴展)
- IP 20
- 正常操作（無衍生）：+15°C 至 +25°C，60% 非冷凝濕度
- 長時間操作（安全系統不降級，性能可能降級）：+5°C 至 +45°C，90% 非冷凝濕度
- 儲存與運輸：-10°C 至 +60°C

相對空氣濕度

- 20 % 至 80 %，無冷凝

安裝地點

- 室內、密閉建築物內
- 不受陽光直接照射
- 無震動、無加速基底
- 磁場僅允許在指定的規格範圍內使用。請參閱4.2「責任通知」章節。

安裝方向

- 支撐臂僅可垂直安裝（底座水平於地表，不可懸掛支撐臂）

環境介質

- 空氣
- 無易燃物質（粉塵、氣體、液體）
- 不受侵略性媒體的影響
- 不含腐蝕性物質
- 不受飛行物影響
- 無噴灑液體
- 不受加壓氣流影響

污染程度

- 2 級 (根據 EN 60664)
- 只有乾燥、不導電的污染才會發生；偶爾可能會發生因凝結而造成的暫時導電現象

設定高度

- 海拔 ≤ 2,000 公尺

電磁相容性

- 環境條件必須符合 EN 61000-6-4 所規定的一般工業設備，因為系統的設計符合 EN 61000-6-2 所規定的各自排放容限。

注意事項

安裝與安裝

為了不危及系統的安全功能，請確保符合 EN 60664 的污染等級 2。

足夠的通風

注意事項

電源電子元件和模組在 Arm 內部產生的熱量透過 Arm 的表面散發。

- 將臂安裝在通風良好的地方。
- 請勿讓 Arm 直接暴露在陽光下。
- 請勿重新油漆、貼上或包裝 Arm。

人體工學考量

注意事項

為避免過熱，系統會在超過延長的溫度範圍時停止工作。使用者會透過 Franka UI 獲得通知。

遵循 Franka UI 中的進一步指示。

注意事項

為避免馬達過熱，當內部感應器偵測到繞組溫度過高時，系統會停止工作。使用者會透過 Franka UI 獲得通知。

遵循 Franka UI 中的進一步指示。

注意事項

將手臂安裝在符合人體工學的教學位置。

10.2.3 環境條件：控制

安裝地點的允許條件

環境溫度

- +15 °C 至 +25 °C (正常)
- +5 °C 至 +45 °C (擴展)

相對空氣濕度

- 20 % 至 80 %，無冷凝

安裝地點

- 室內、密閉建築物內
- 不受陽光直接照射
- 無震動
- 磁場僅允許在指定的規格範圍內使用。請參閱 4.2 「責任通知」 章節。

安裝與安裝

- 若安裝於對所有人開放的場所，外殼需要達到 IP4X 或 IPXXD 的最低防護等級。

安裝與安裝

安裝方向

- 裝置只能水平安裝在地球表面
- 安裝在角形托架中，例如桌下
- 安裝於控制櫃 (2U、4HP)

電源供應

- 為了確保系統的穩定性和安全性，請提供穩定的電源供應，以維持足夠的電力給控制器，當電源供應關閉時，控制器會以受控制的方式關機。

環境介質

- 空氣
- 無易燃物質（粉塵、氣體、液體）
- 不受侵略性媒體的影響
- 不含腐蝕性物質
- 不受飛行物影響
- 無噴灑液體
- 不受加壓氣流影響

污染程度

- 2 級 (根據 EN 60664)
- 只有乾燥、不導電的污染才會發生；偶爾可能會發生因凝結而造成的暫時導電現象

設定高度：

- 海拔 ≤ 2,000 公尺

注意事項

如果不是對所有人開放，則只有污染程度 2 相關，需要確保。

注意事項

為了不危及系統的安全功能，請確保符合 EN 60664 的污染等級 2。

上述外殼不適用於較高污染程度的保護。在此，需要更高的 IP。

10.3 準備安裝地點

正確的安裝地點

安裝前，請準備好安裝地點。請參閱10.2「正確安裝 網站」一章。

警告

因安裝不當造成的故障和意外動作

嚴重受傷的風險，例如手指、手掌、上半身、頭部受到擠壓。

- 只有當手臂正確安裝在平台上時，才能開啟機器人。
- 僅允許將支臂安裝在平整、不動且穩定的平台上。不允許由平台引起加速和震動。
- 請勿懸掛 Arm 或將其安裝在傾斜或不平的平台上。
- 將平台放平，並將機器人直立安裝。
- 使用 100 小時後，以正確的鎖緊扭力鎖緊螺絲。

10.3.1 手臂

降額

在延伸溫度範圍內操作 Franka Research 3 時，使用者可能需要降低動態參數 (加速度、最高速度等)，以避免系統及其元件過熱。否則，Franka Research 3 會停止運作。

穩定的平台

觸控臂配備高靈敏度的感測器技術和微調控制演算法。控制演算法要求安裝在穩定、水平、不移動且不振動的平台上，並保持直立位置。最大允許傾斜角度為 0.1° 。

安裝基座在靜態和動態操作時，必須支撐下列最大力：

- 傾斜扭力：280 牛頓米
- 繞軸扭力：190 Nm
- 水平力：300 N
- 垂直力：410 N

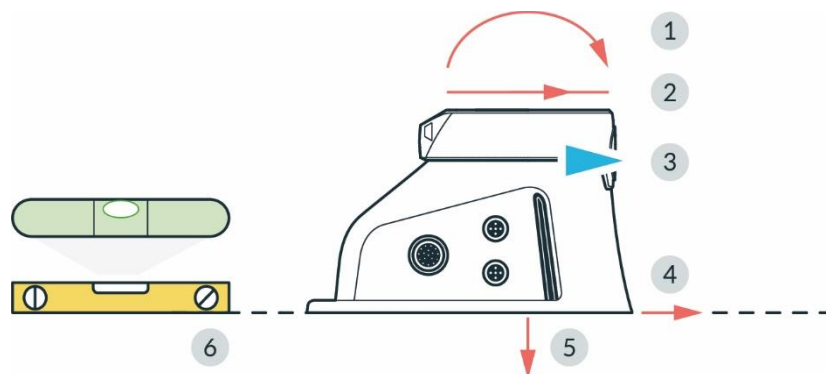


圖 .1013 : 準備底板

安裝與安裝

1	傾斜扭力	4	水平力
2	繞軸扭力	5	垂直力
3	前方	6	平整表面

準備底板

所需材料

- 底板的詳細安裝佈局

程序

- 使用技術圖紙定位孔位。

注意事項

注意技術圖紙中支撐臂的位置，並將其對齊於基座上。

孔距的設計是為了與 ITEM 的彈性組裝零件相容。安裝凸緣上有兩個圓銷孔 (Ø 6 mm H7)，可使用 2 x Ø6 h8 圓銷準確、重複地組裝旋臂 (請參閱10.4 「安裝臂」 章節中的表格)。

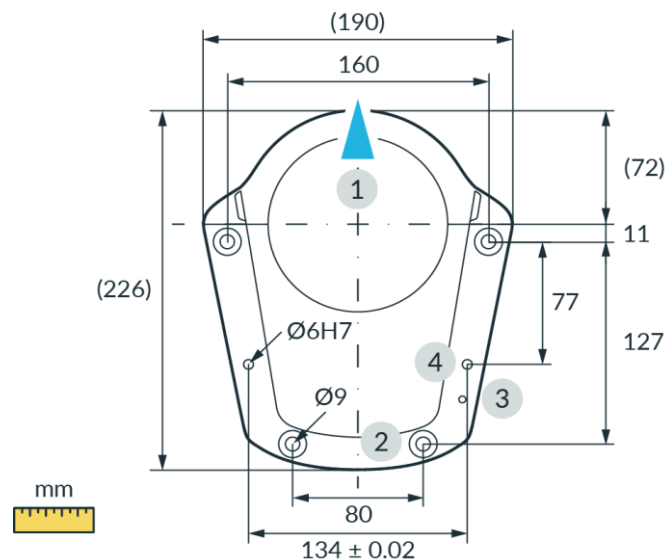


圖.1014 : 鑽孔模板

1	前方	3	功能性接地 M5 的線程
2	M8 螺栓孔	4	校準針孔 Ø6H7

10.3.2 控制

安裝地點

將控制器水平放置在預定位置。

安裝與安裝

替代方案：

將控制端安裝在專為 19 吋設備設計的機架上。如需更多資訊，請參閱 10.2 「正確安裝 網站」一章。

注意事項

電源連接必須透過適當的設備建立，例如使用隨附的國家特定電纜。

確保主供電裝置和主開關容易接近。

足夠的通風

注意事項

Control 內部的電源電子元件和模組所產生的熱量會透過內部通風系統散去。

- 將控制器安裝在通風良好的地方。
- 請勿將本控制器直接暴露在陽光下。
- 將 Control 置於前/後風扇與覆蓋元件之間的足夠距離 (兩側均為 40 mm)。
- 確保 Control 的風扇未被灰塵覆蓋。

警告

重型設備

由於自重和部分由於幾何設計，提舉和處理設備可能會導致背部受傷，如果設備墜落，手指、手掌、腳趾和腳也可能會受到嚴重傷害。

- 在運輸、安裝或拆卸設備時，請務必穿戴個人防護裝備（例如安全鞋）。
- 設備必須放置在平整的表面上，以防止傾斜或滑動。
- 遵守公司有關起重負荷和個人防護裝備的規定。

10.4 安裝臂

必須使用四個適當大小的螺絲將支撐臂與底板穩固連接。為此，支撐臂的底座凸緣上有四個直徑為 9 mm 的鑽孔。

僅使用指定的吊點吊起支撐臂。

所需的工具和材料

- 墊圈和螺絲視機器人安裝的表面而定。詳情請參閱下表。
- 1x 圓柱頭六角螺絲 M5x8 (強度等級 8.8 A2K)
- 1x 齒型墊圈 M5 (強度等級 A2K)
- 扭力扳手以 30 牛頓米的扭力鎖緊螺絲

	鋁桌上的機器人	鐵桌上的機器人	ITEM 鋁型材上的機器人
螺絲	ISO 4762 - M8x25 - 10.9	ISO 4762 - M8x20 - 10.9 (包含在交貨範圍內)	
墊圈	ISO 7089-8,4-HV300 墊圈 (包含在交貨範圍內)		
最小螺紋長度	16 mm	11 mm	8 號線施工簡介
鎖緊扭力	30 牛頓米		
其他			只能使用 ITEM 0.0.420.83 重型 T 型槽 M8 螺帽。

注意事項

手臂的物質損壞

在鎖定狀態下用力移動旋臂會導致內部零件的瞬間滑動，造成校準損失和旋臂損壞。

- 僅在本手冊指示的位置上操作、舉起和運輸旋轉臂，以避免旋轉臂的關節受力過大。
- 即使在安裝和開關臂時，也要輕輕地操作。

注意事項

確保在靜態和動態操作時，能支撐最大的力和扭力。如需詳細資訊，請參閱10.3 「準備安裝地點」中的穩固平台一節。

先決條件

- 安裝支撐臂需要兩個人。
- 準備好底板。請參閱10.3 「準備安裝地點」一章中的準備底板一節。

程序

1. 抬起手臂。
2. 將手臂抬到指定位置。
3. 依據底板上的預先固定孔對齊支撐臂。
4. 人員 1：握住旋臂。
人員 2：使用四顆螺絲將其安裝在底板上，鎖緊扭力為 30 Nm。

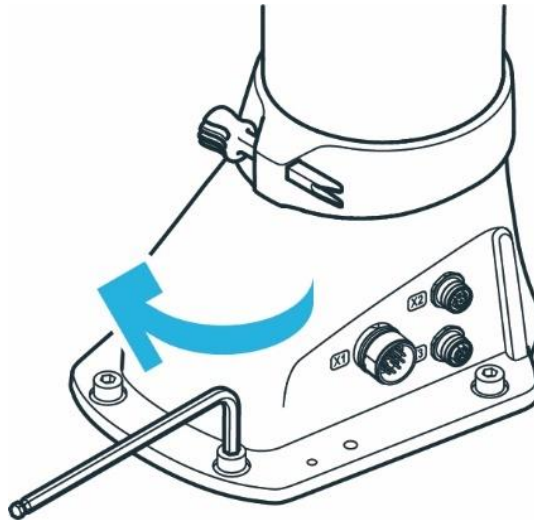


圖 .1015 : 支撐臂的安裝

5. 將功能接地端連接到 Arm 的底座。

旋臂已成功安裝至底板。

注意事項

在再次驗證安裝正確之前，不應該為 Arm 供電。

10.5 定位控制器

警告

重型設備

由於自重和部分由於幾何設計，提舉和處理設備可能會導致背部受傷，如果設備墜落，手指、手掌、腳趾和腳也可能會受到嚴重傷害。

- 在運輸、安裝或拆卸設備時，請務必穿戴個人防護裝備（例如安全鞋）。
- 控制器必須放置在平整的表面上，以防止傾斜或滑動。
- 遵守公司有關起重負荷和個人防護裝備的規定。

注意事項

支撐臂和控制裝置的材料損壞

在鎖定狀態下用力移動旋臂會導致內部零件的瞬間滑動，造成校準損失和旋臂損壞。

- 避免震動。
- 小心放下裝置。
- 即使在建築物內，也請務必在原始包裝中存放和運輸裝置。

安裝與安裝

定位

程序

1. 人員 1：在指定的提舉位置握住控制器。
2. 人員 2: 移除 **Control** 的泡沫包裝。
3. 將控制器水平放置在指定位置，並確保提供適當的通風。

替代選項：

將控制端安裝在專為 19 吋裝置設計的機架上。如需詳細資訊，請參閱 10.2 「正確安裝 網站」一章。

10.6 配線與電氣安裝

聲音狀況

⚠ 危險

電線損壞或電氣安裝不足

電擊造成人身傷害的風險，以及材料損壞的風險

- 僅在技術狀況良好的情況下使用 **Franka Research 3**。
- 只能由合格的人員安裝緊急停止裝置和安全週邊系統。
- 檢查電纜和電力裝置。

⚠ 小心

外露的電線和電纜

操作員可能會因為最大工作空間中的裸露電線和纜線而絆倒或摔倒。因此：

- 務必安全敷設電纜。

注意事項

只有乙太網路埠電氣隔離達 60 V 的裝置才可連接到系統。

注意事項

當控制端開啟電源時，請勿交換或拔除連接的 **Arm**。

10.6.1 連接圖

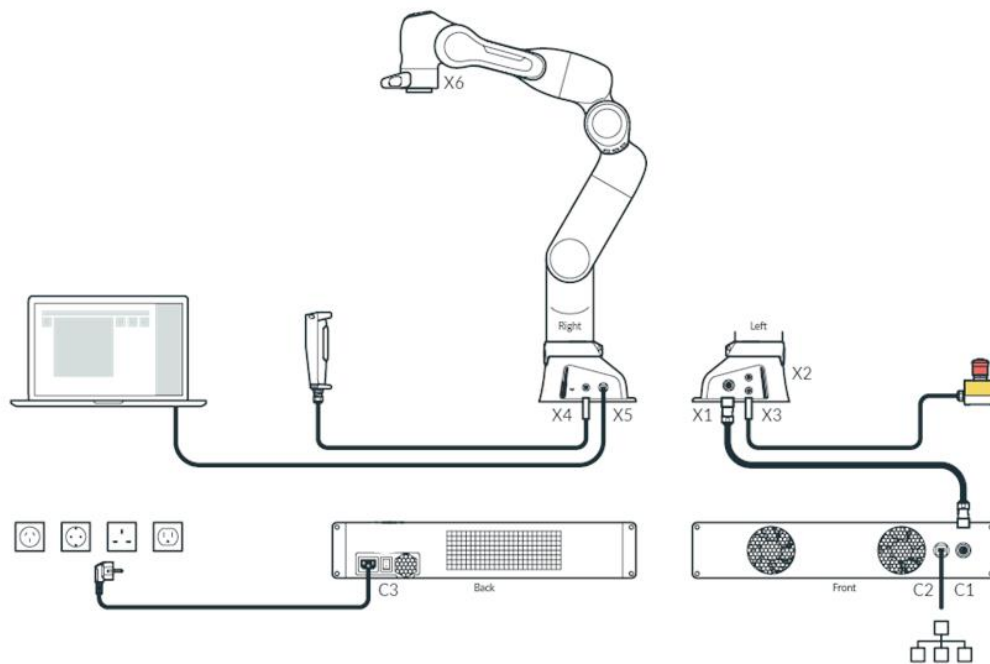


圖 .1016 : 連接圖概述

10.6.2 介面

X2 - 數位 IO

介面 X2 位於機器人的底座。它為非安全數位輸入和輸出提供硬體介面。此介面並未在所有 - 尤其是較舊 - 的軟體版本中啟用。

X2 上提供的輸入和輸出以及 24 V 電源與機器人系統和機器人的其他介面電氣隔離。

連接器為帶有 A 型編碼的 8 針母頭 M12 連接器。

24V 電源由機器人驅動。向這些引腳饋電既無必要，也不允許。24 V 引腳和數位輸出的最大總輸出電流為 500 mA。

輸入特性

- 24 V 輸入符合 IEC 61131-2 類型 3
- 15 kHz 低通輸入濾波器
- 取樣頻率 1 kHz

輸出特性

- 輸出高電平 24 V DC ; 每個輸出最大輸出電流250 mA
- 更新頻率 1 kHz

安裝與安裝

pin	signal
1	X2.3
2	+24V
3	X2.4
4	+24V
5	X2.1
6	GND
7	X2.2
8	GND

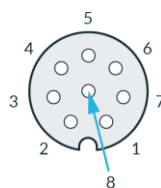


圖 .1017 : X2 介面

X3 - 安全輸入

安全輸入端 (X3.n) 總是有兩個獨立的通道，分別指定為 A 和 B。每個通道都是透過其 p 引腳和 n 引腳來實現，而這些引腳必須透過浮動開關來連接。在正常操作期間，這兩個通道必須處於相同的狀態（開啟/關閉），且不得連接；任何其他狀態都會觸發安全系統故障。

安全輸入與機器人系統和機器人的其他介面是電氣隔離的，但所有安全輸入都共用一個電域，不論其介面連接器為何。

介面 X3 位於機械手臂的底部，載有三個安全輸入訊號。X3.1 提供機器人的緊急停止整合，X3.2 和 X3.3 提供兩個可自由設定的安全輸入。連接器為母 12 針 M12 連接器，具有 A 型編碼。

X3 的安全輸入電域特性：

- 信號電壓 24 V；信號電流 30mA

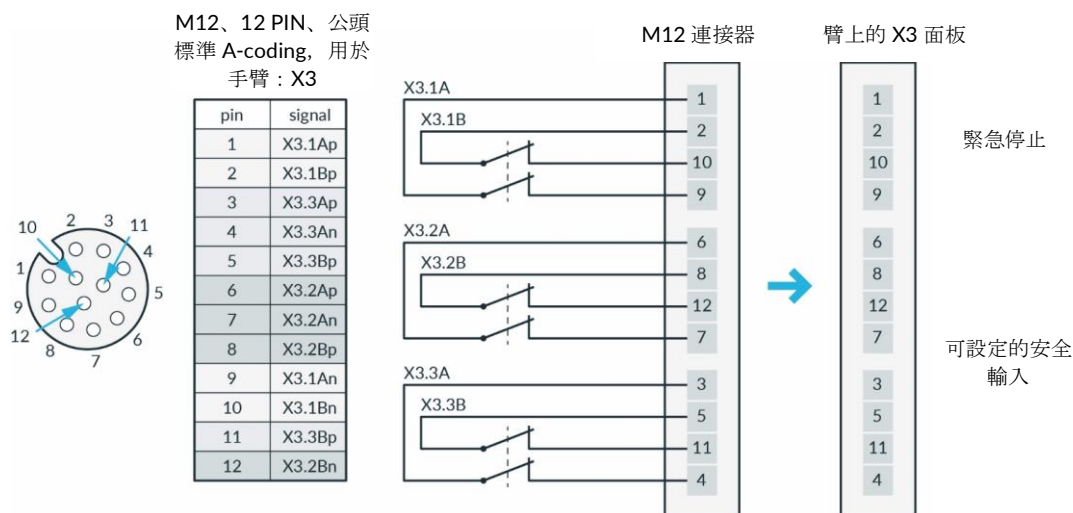


圖 .1018 : X3 - 安全輸入

X4 - 外部啟用

介面 X4 位於機械手臂的底部，可傳輸一個安全輸入訊號。該連接器為帶有 A 型編碼的 4 針母頭 M12 連接器。此連接器用於在操作階段需要時暫時連接外部啟動裝置。

如果可能，請務必使用隨附的外部啟用裝置。

通知

如果要使用獨立的外部啟動裝置，外部啟動裝置必須符合 IEC 60204 1 和 DIN EN 60947 5 8 的規定。

安裝與安裝

X5 - 機器人網路

X5 連接器位於機器人底座上，透過乙太網路插座提供機器人內部網路。機器人網路內建 DHCP 伺服器。操作裝置可連接至 X5。輸入 URL `robot.franka.de`，即可進入機器人的 Franka UI 網頁介面。X5 介面的 IP 位址可在設定中設定。

預設設定的儲存 IP 位址為 `192.168.0/24`。這樣就可以在 IP 位址 `192.168.0.1` 下連線到機器人。DHCP 伺服器會將 100 到 150 範圍內的位址指派給用戶端，也就是預設值 `192.168.0.100` 到 `192.168.0.150`。

X6 - 末端效應器

介面 X6 位於機器人手臂的手腕處，可傳送從機器人連接到終端效應器的訊號。接頭為 Binder 8 針母卡入式 IP67 系列 620。

pin	signal
1	48V
2	CAN_H
3	CAN_L
4	reserved
5	reserved
6	reserved
7	reserved
8	GND



圖 .1019: X6 介面

- 額定電壓 48 ± 3 VDC。
- 25°C 時的額定保持電流為 0.5 A。
- 最大電容負載 220 μ F。

End effector 介面不會交換任何安全相關資訊。不提供離散或基於通訊協定的安全資料傳輸方式。如果 SEEPO 已啟動，此介面上沒有 48 V 電源供應。終端效應器供電沒有提供接地。

如果連接了其他裝置，請測試預期功能是否如預期般運作。

C2 網路連線

C2 介面位於控制單元的前端。它提供一個乙太網路連接埠，透過此連接埠可將控制單元連接到系統/公司網路以及網際網路。

網路連線可在設定中設定。在預設設定中，此介面的 DHCP 用戶端已啟動。也可以手動設定網路連線，以便整合至現有網路。請注意，機器人網路與公司網路不可使用相同的 IP 位址範圍。

10.6.3 連接功能接地

注意事項

需要連接功能接地以符合規定的 EMC 等級。

所需材料

- M5 螺紋
- 1x 齒墊圈 M5
- 功能接地線

我們建議使用最小 1.5 mm^2 截面的 Cu 電纜，最大長度為 5 公尺。

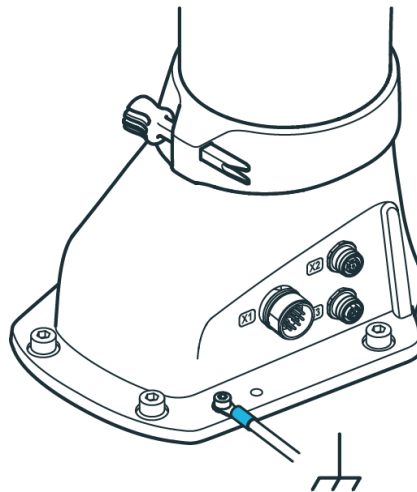


圖 .1020 : 連接功能接地

程序

1. 將功能接地連接至 Arm 底座一側指示位置的 M5 螺紋，另一側連接至附近接地良好的部件（例如堅固的金屬接地棒）。
2. 將 M5 齒型墊圈安裝在支撐臂底座的指定位置，以進行功能性接地。
3. 用 M5 螺栓固定功能接地電纜的電纜接線片。
4. 將電纜的另一端連接至附近接地良好的部分（例如堅固的金屬接地棒）。

注意事項

系統的電氣安全並不取決於功能性接地連接。功能性接地連接不適用於將保護接合傳播至附加設備（如末端執行器）。機器人附近的所有設備都必須依照各自的電氣要求安裝，包括保護接地（如適用）。

10.6.4 接線

注意事項

Arm 連接電纜、緊急停止電纜、外部使能裝置電纜和使用者特定佈線不得受到下列情況的格外影響：

- 機械處理和在粗糙表面拖曳（磨損）
- 無導軌運作（纏繞）
- 導輪和強制導向，在電纜滾筒上捲繞和重新捲繞（應力）
- 高拉伸應力、小半徑、彎曲到另一平面和/或頻繁的工作週期

連接控制臂

所需材料：

- 連接線

注意事項

只有 Franka Robotics 提供的連接電纜才能用於機械臂和控制器之間的電氣連接。

程序

1. 小心地將連接器連接埠（母頭部位）置於連接器 X1 上，並確保三角形標記指向上方。

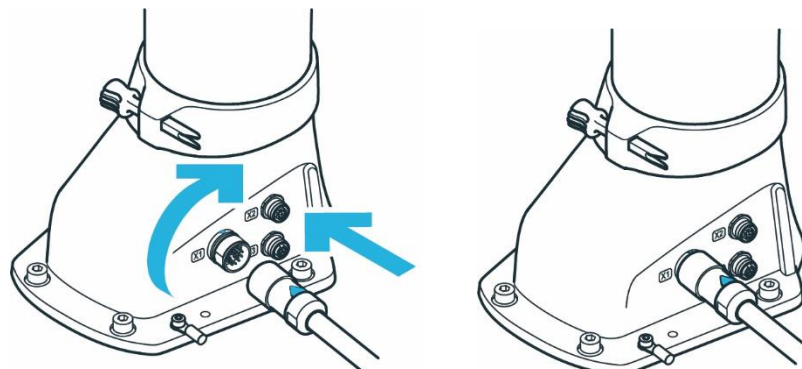


圖 .1021：連接電纜的連接臂

2. 藉由轉動連接器的活動前端部分，將插頭本身拉入連接器連接埠。
3. 用手擰緊，稍稍拉一下插頭，測試是否正確。
4. 應用相同的原則，將連接電纜的另一端（公頭部位）與控制器前方的連接器 C1 連接。

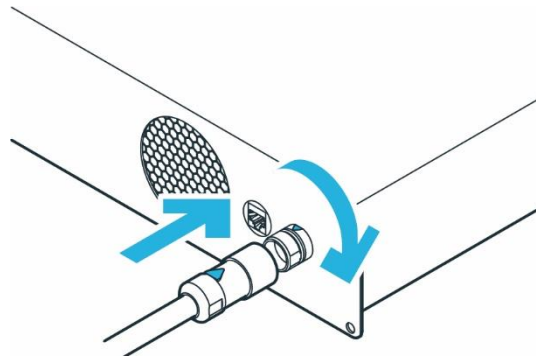


圖 .1022 : 連接線與控制器的連接

連接外部啟動裝置

所需材料：

- 提供外部啟用裝置

程序

1. 確保導針指向正確方向。
2. 外部使能裝置連接到 X4 連接器。

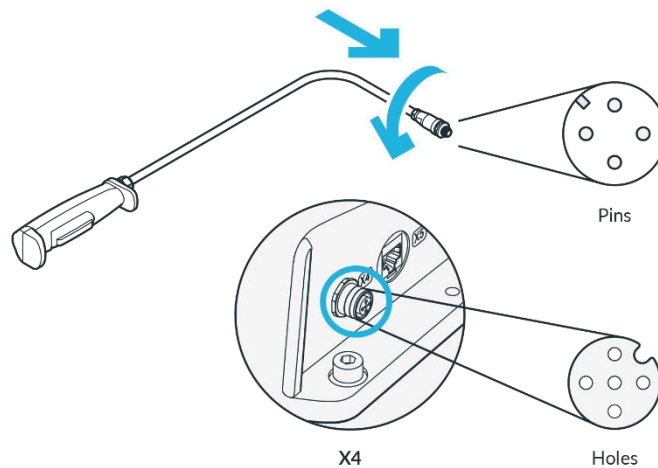


圖 .1023 : 連接外部標籤裝置

3. 藉由轉動連接器的活動前端部分，將插頭本身拉入連接器連接埠。
4. 用手擰緊。

連接您的操作裝置 (透過 Franka UI 進行操作)

所需材料：

- 介面裝置 (請參閱11.4 「初始設定」 章節)
- 配備 RJ 45 連接器的乙太網路線 (不包含)

程序

- 使用乙太網路線連接您的介面裝置和 Arm 底座的 X5 連接器。

安裝與安裝

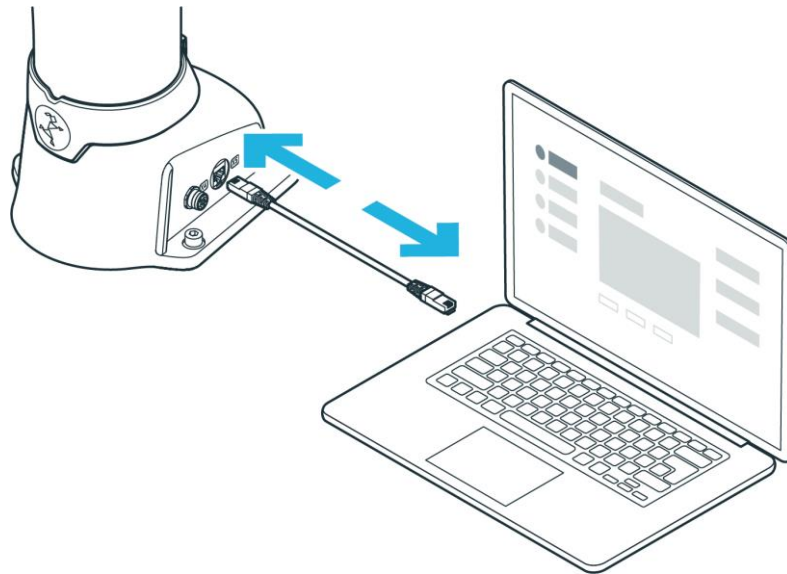


圖 .1024 : 連接操作裝置

連接控制器與電源供應器

注意事項

請務必將強制鎖定裝置連接到電源線上的 C14 連接器。

注意事項

允許的供電頻率：50 - 60 Hz

供應電壓：100 - 240 VAC

接地漏電：< 10 mA

所需材料：

- 特定國家的電源線

程序

1. 將電源線連接至 Control。
2. 將電源線連接至電源供應器。

連接保護裝置

如果您想要連接外部安全裝置，以減緩機械臂的速度，或透過 1 類或 2 類停止裝置 (根據 IEC 60204 1) 使機械臂停止，請閱讀 4.7 「安裝安全週邊設備」一章。

安裝與安裝

警告

受傷風險

使用獨立電源連接外部裝置可能會危及系統安全功能。

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 確保連接設備中的電壓為 SELV 或與系統連接信號適當隔離。

注意事項

材料損壞

使用獨立電源供應器連接外部裝置，如果不遵守電氣額定值，可能會造成系統損壞。

- 連接設備中的電壓必須是 SELV 或與系統連接信號適當隔離。

注意事項

電纜材料損壞

電纜處理不當會導致電纜損壞。

- 請勿彎曲、折疊或捲動連接電纜。
- 連接線的鋪設應避免過度受壓。

注意事項

手臂或終端裝置的材料損壞

在操作過程中，不安全地連接或斷開帶電的電纜或終端裝置會導致設備損壞。

- 當 Franka Research 3 連接到電源供應器時，請勿連接或斷開電纜。
- 當 Franka Research 3 連接到電源供應器時，請勿連接或斷開末端執行器。

使用隨附的緊急停止裝置

所需材料

- 隨附的緊急停止裝置或客戶提供的保護裝置（不包括在交付範圍內）。
- 使用客戶提供的保護裝置時：額外的連接電纜（不包含在出貨範圍內）

程序

1. 將提供的緊急停止裝置連接到 X3 端子。

或

將客戶特定配置的匹配連接器連接至 X3 連接埠和待連接的保護裝置（不包括在交付範圍內）。將保護裝置連接到 X3 連接器。

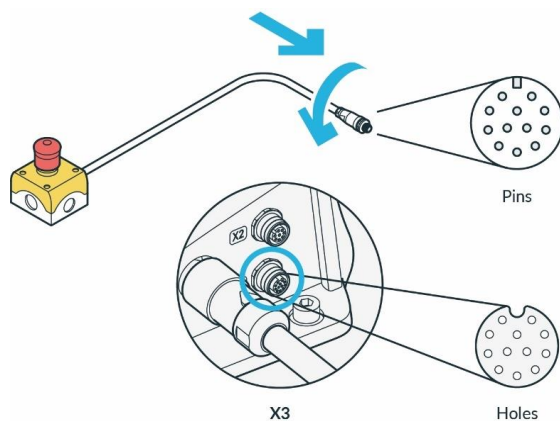


圖 .1025 : 保護裝置（此處為緊急停機指令裝置）的連接

2. 藉由轉動連接器的活動前端部分，將插頭本身拉入連接器連接埠。
3. 用手擰緊

有關安全輸入的詳細資訊，請參閱4.11 「安全功能」 章節中的 「安全輸入」 部分。

有關安全功能的詳細資訊，請參閱4.11 「安全功能」 一章。

有關安全設定的詳細資訊，請參閱Error! Reference source not found.Error! Reference source not found. "。

有關裝置的詳細資訊，請參閱4.7 「安裝安全週邊設備」 一章。

注意事項

在初次運轉前，必須檢查安全裝置是否正常運作，並定期進行檢查。

10.7 安裝末端執行器 s

警告

從末端執行器掉落和/或飛行的工具

仍然插在末端執行器中的工具可能會在手臂稍後的動作中變成飛彈，導致受傷。

- 請勿在機器人內放置任何工具。

小心

尖銳邊緣、尖頭設計和移動零件

附加的末端執行器可能會造成手部、手指、上半身和頭部受傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全護目鏡）。
- 集成商需要對任何連接的終端執行器進行風險評估。
- 操作時請勿站在最大工作空間內。

注意事項

使用獨立電源供應器連接外部裝置，如果不遵守電氣額定值，可能會危及系統的安全功能。

此外，連接設備中的電壓必須是 SELV 或與系統連接的信號適當隔離。

臂上有一個凸緣，用於末端執行器的機械連接。有關末端執行器凸緣的資訊，請參閱10.3.1「手臂」章節。

注意先導式握把與末端執行器凸緣呈 45° 扭轉。

介面 X6 - 末端執行器

如果需要，末端執行器法兰上的 X6 电气连接可用于为末端执行器供电，并通过 can 总线与控制器通信。注意：X6 连接是专门为 Franka Hand 配置的，其他设备可能与此连接不兼容。如果要耦合的末端效应器不能直接连接到这样的端口，则可以相应地设计和实施用于末端效应器供电和控制的外部接线。

有關介面 X6 接線的詳細說明，請參閱10.6「配線與電氣安裝」一章。

終端執行器介面不會交換任何安全相關資訊。不提供離散或基於通訊協定的安全資料傳輸方式。如果 SEEPO 已啟動，此介面上沒有 48 V 電源供應。

⚠ 小心

開關末端執行器

控制器的故障可能會導致末端執行器意外打開或關閉。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全護目鏡）。
- 集成商必須對任何連接的終端執行器進行風險評估。
- 操作期間，請勿站立於最大工作空間。

⚠ 小心

移動臂

嚴重受傷的風險，例如擠壓、皮膚撕裂和刺穿

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全護目鏡）。
- 集成商必須對任何連接的終端執行器進行風險評估。
- 操作時請勿站在最大工作空間內。

注意事項

連接終端執行器後，需要執行風險評估。風險評估取決於終端效應器，包括但不限於下列內容：

- 鋒利或尖銳的末端執行器
- 尖銳旋轉末端執行器的移動或旋轉
- 手臂意外移動，導致末端效應器撞擊或壓碎人體

安裝與安裝

對於可能發生的終端效應器失效風險，需要進行額外的風險評估。失效風險評估取決於終端效應器，包括但不限於下列內容：

- 保護停止信號故障，導致末端執行器無法停止開啟/關閉
- 評估末端效應器的功率損耗及其功能
- 控制故障導致末端執行器意外打開/關閉



有關終端執行器的安裝與拆卸資訊，請參閱相關終端執行器手冊。

10.8 使用與定位的實用技巧 of Franka Research 3

10.8.1 能源消耗

在標準操作下，Franka Research 3 平均需要 140-350 W 的電力。

注意事項

在意外斷電的情況下，Franka Research 3 會嘗試 Cat.1 停止。如果儲存的能量不足，則會執行 Cat.0 停止。

緊急停止後，Arm 可能已失去校準或已損壞。如果在下次啟動時偵測到故障，使用者將會收到通知，並應遵循 Desk 中的指示。

10.8.2 ESD 限制

注意事項

需要連接功能接地以符合規定的 EMC 等級。

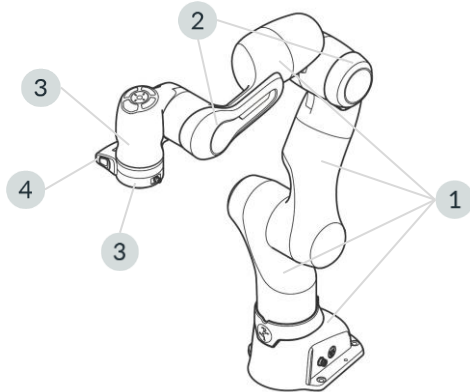


圖 .1026 : 測量點 ESD 測量

表中的數值是在溫度 24.2 °C 和相對濕度 44 % 的條件下測量的。

	接地電阻 $R_{(G)}$ [Ohm] (歐姆)	表面電壓 [V]	到 ESDs 的距離 [mm]
塗層機器人 (1)	$15,5 \times 10^9$	13	0
前臂保險桿 (2)	$20,3 \times 10^9$	30	0
手腕外殼包括保險桿 (3)	$24,3 \times 10^9$	850	25
凸緣 (4)	$50,0 \times 10^3$	0	0
先導式握把 (5)	$25,7 \times 10^9$	279	25
弗蘭卡手（無指尖） (6)	$38,1 \times 10^9$	615	25

指定的距離符合 DIN EN 61340-5-1 標準。125 V 以上至 2.000 V 需要 25 mm 的間距。

注意事項

建議根據應用需求和
DIN EN 61340-5-1 標準檢查距離。

10.8.3 工作空間的設計

警告

意想不到的移動臂
嚴重受傷的風險，例如手指、手掌、上半身、頭部受到擠壓。

- 最大工作空間內不要有尖銳的邊緣。
- 請勿在最大工作空間內放置任何尖銳物品。
- 將手臂安裝在符合人體工學的教學位置。

安裝與安裝



圖 .1027 : 工作區設計

規劃安裝時，請確保機器人周圍有足夠的自由工作空間。

注意事項

為了在發生故障時進行復原程序，可能需要移動關節到手臂的參考位置。因此，建議在設定規劃時考慮下圖所示的位置，以便機器人在需要時能夠到達參考位置。

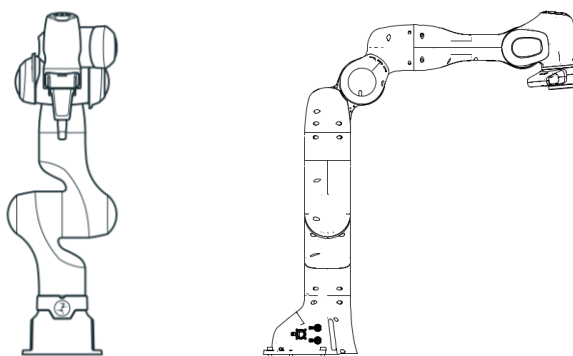


圖 .1028 : 手臂的關節參考位置

10.8.4 個人安全與人體工學

伸縮的自由空間

注意事項

以下有關如何使用和放置 Arm 的資訊僅為實用提示，在涉及到特定應用時可能並非詳盡無遺。它們不能取代危險和風險評估，但可以建議佈局選項。

人類會本能地從意外的動作中後退。因此，操作員或其他人站立的區域應預留足夠的空間，以便縮回或後退。此外，請確保此空間沒有障礙物（如電纜、物件），以免人們被絆倒而傷害自己。

警告

移動臂

被 Arm 困住的風險。

- 在任何時候都要讓手臂保持最大可能的距離，讓操作者有反應和縮回的時間。
- 請勿在擁抱手臂時操作手臂。
- 請勿將頭部或其他身體部位置於手臂的兩段之間或下方。
- 請勿將身體部位（尤其是手、手指）放在手臂、末端執行器或固定物之間。
- 在發生嚴重致命危險的情況下：
 1. 按下緊急停止裝置，停止機器人操作。
 2. 手動將 Arm 拉出或推出危險位置。

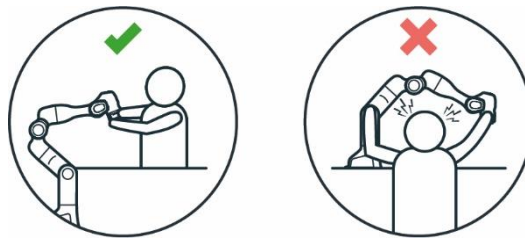


圖 .1029 : 手臂碰撞頭部的距離



圖 .1030 : 手臂碰撞距離



圖 .1031 : 距離手臂 擠壓手掌

安裝與安裝 護眼

⚠ 警告

Arm 意外移動和漏油

接觸洩漏油可能會刺激眼睛或皮膚。

使用各種應用程式、所操作的終端執行器以及周圍的物件可能會導致壓碎、撕裂皮膚以及刺穿。

- 請務必配戴防護眼鏡。

服裝和首飾

⚠ 小心

鬆散的衣物或珠寶夾在 Arm 中

衣服或首飾夾住可能會造成失衡，並有人員墜落的危險。

- 請勿穿著寬鬆的衣物或帶有絲帶的衣物
- 請勿佩戴鬆散的首飾，例如項鍊或手鐲。



圖 .1032 : 保護設備不穿戴珠寶

更多資訊

可見表面可能會出現腐蝕。這不會影響機器人的功能。

注意事項

在防銹方面，以下資訊僅為實用資訊，未必詳盡無遺。在生銹的情況下，Franka Robotics 不承擔任何保證或責任，因為生銹不會損害功能。

- 確保在使用、運輸和儲存期間符合濕度和溫度範圍。
- 將機器人存放在減濕材料中，例如乾燥袋。
- 僅使用乾淨和乾燥的雙手工作，特別是在處理、安裝和教學工作時。

10.9 重新包裝臂

警告

重型設備

由於自重和部分由於幾何設計，提舉和處理 設備可能會導致背部受傷，如果掉落，手指、手掌、腳趾和腳也可能受到嚴重傷害。

- 在運輸、安裝或拆卸設備時，請務必穿戴個人防護裝備（例如安全鞋）。
- 一定要在第二個人的幫助下抬起設備。
- 設備必須放置在平整的表面上，以防止傾斜或滑動。
- 遵循公司現行有關起重負荷和個人防護裝備的規定。

注意事項

手臂、末端效應器和最大工作空間中的物件的材料損壞

如果將末端執行器連接到機械臂上，同時將機械臂帶入運輸位置，可能會損壞機械臂和末端執行器中的敏感機電部件。

- 在將伸縮臂移至搬運位置之前，請卸下任何末端執行器與附件。
- 請勿在最大工作空間內放置鬆散的物件。

注意事項

支撐臂和控制裝置的材料損壞

機械衝擊可能導致旋臂和控制器中敏感的機電元件損壞或失去校準功能。避免震動。

- 請勿粗暴地放下裝置。
- 即使在建築物內，也請務必在原始包裝中存放和運輸裝置。

運輸 構成 的手臂

若要讓 Franka Research 3 進入運輸 模式，請在 Franka UI 的「設定」中使用「移動至打包姿勢」功能。

先決條件

- 末端執行器和附件必須從手臂上取下。
- 機器人需要在不受障礙物阻礙的情況下自由移動，以採用傳送姿勢。如果機器人單元中有障礙物，可考慮透過手部引導將機器人移近運送姿勢。



要將末端執行器從支臂上拆下，請參閱末端執行器產品手冊中的說明。

安裝與安裝

程序

1. 登入 Franka UI 的使用者介面。
2. 按一下設定。
3. 導航至「系統」。
4. 依據執行模式
 - a. 在程式設計中：按住「移至封裝姿勢」按鈕。
 - b. 在執行中：按一下「移動到封裝姿勢按鈕」，等待動作完成。

在按下按鈕的同時，手臂會自動移動到搬運姿勢。如果機器人處於「程式設計」模式，也必須按下啟動裝置才能移動機器人。

注意事項

系統會監控 Franka UI 保持運行控制的連線，最大超時時間為 1 秒。如果在按下保持運行控制時偵測到連線斷開，系統會停止運行。

程序

1. 導航至「設定」：

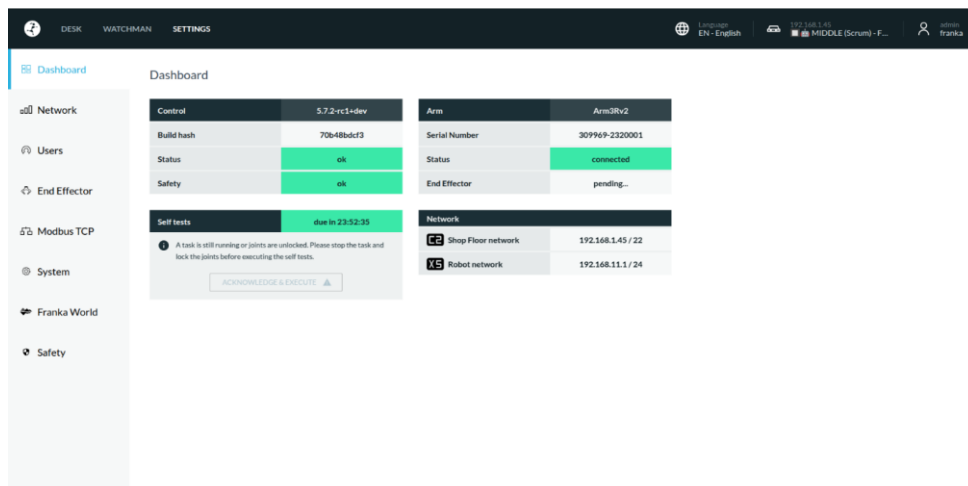


圖10.33: 設定

2. 導航至「系統」：

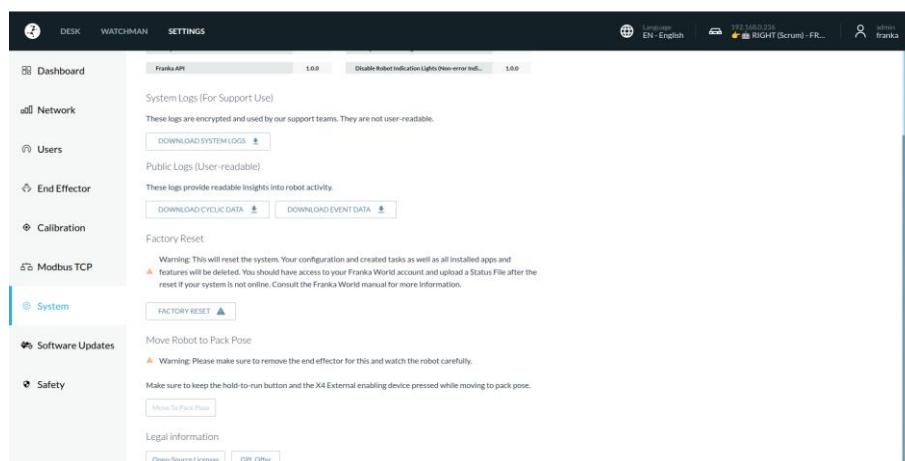


圖10.34: 系統

3. 需要解除煞車， 按住 x4 開始移動機器人（程式編輯模式）：

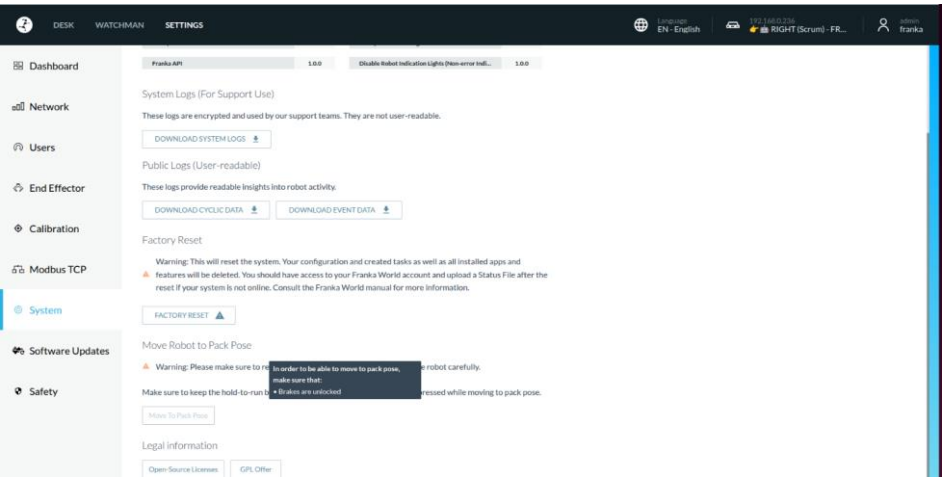


圖10.35: 剎車解鎖

4. 需要按住 x4 才能開始移動機器人（程式編輯模式）：

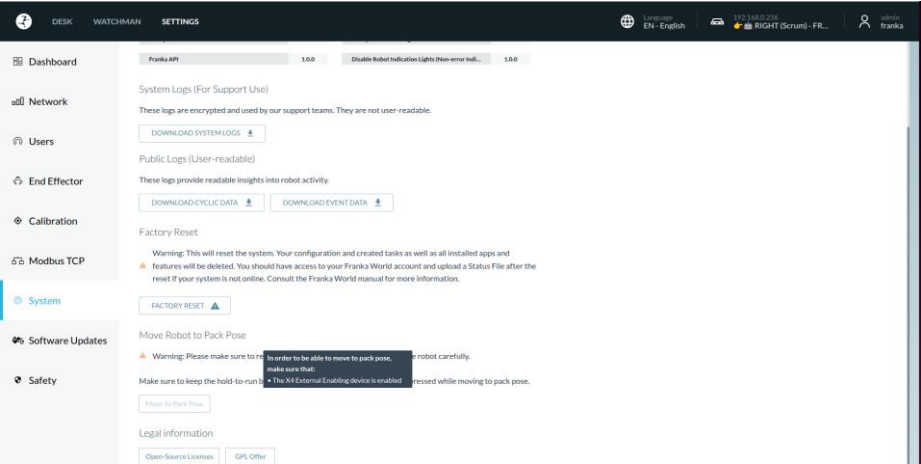


圖10.36: x4 外部使能裝置

5. 需要解除煞車， 才能開始移動機器人（執行）：

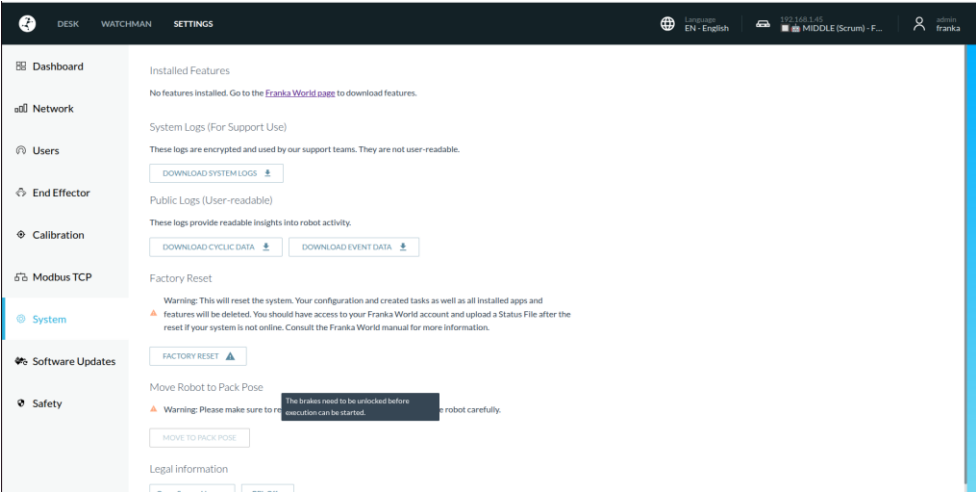


圖10.37: 剎車解除鎖定執行模式

6. 移動到包裝姿勢按鈕已啟用 (程式編寫)

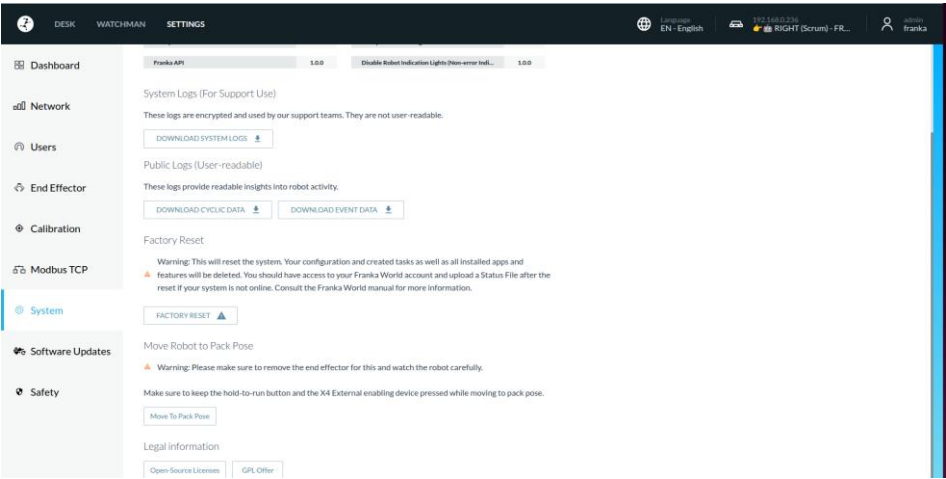


圖10.38 : 在編程模式下啟用封裝姿勢按鈕

7. 移動到包裝姿勢按鈕已啟用 (執行)

安裝與安裝

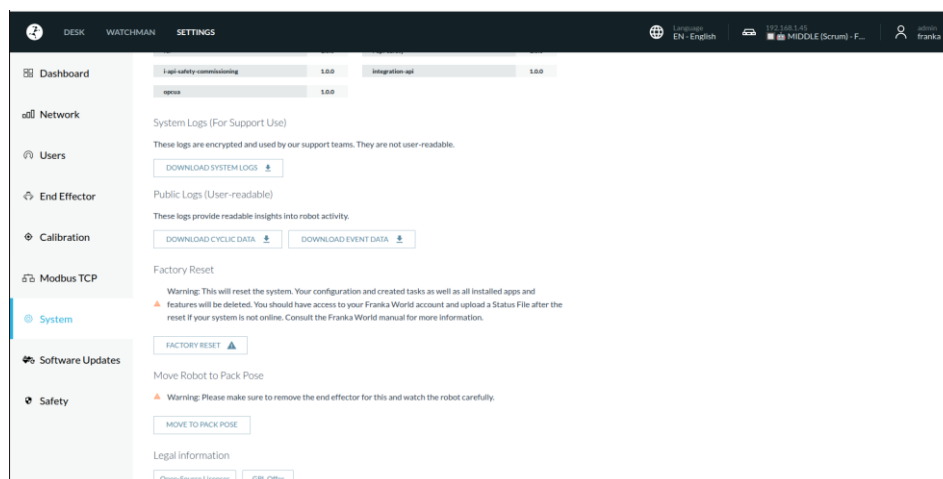


圖10.39：在執行模式中啟用封裝姿勢按鈕

8. 在機器人達到包裝姿勢之前釋放 x4 (程式模式)

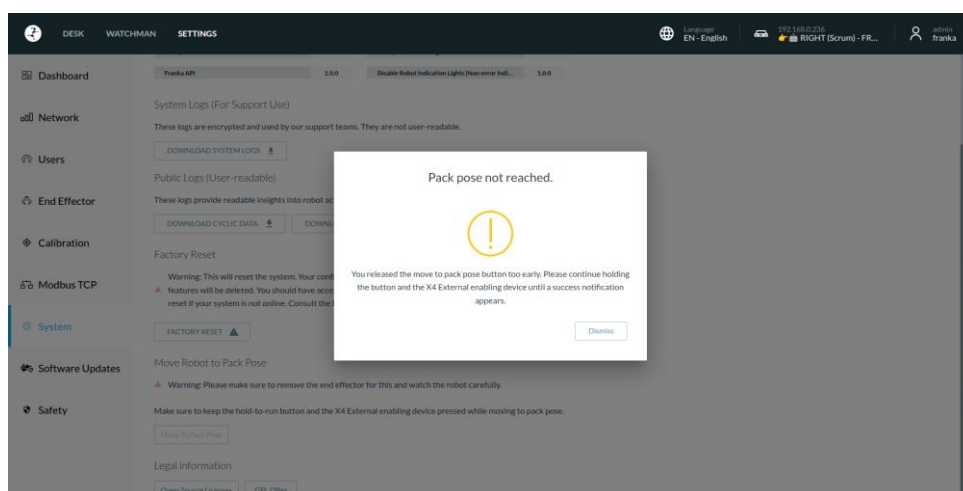


圖10.40：機器人在編程模式下達到包裝姿勢之前

9. Abort Move to Pack Pose 按鈕（執行模式）

注意事項

放棄不會產生任何額外的對話。畫面只會回到啟用「移動到包裝姿勢」按鈕的狀態（執行模式）。

安裝與安裝

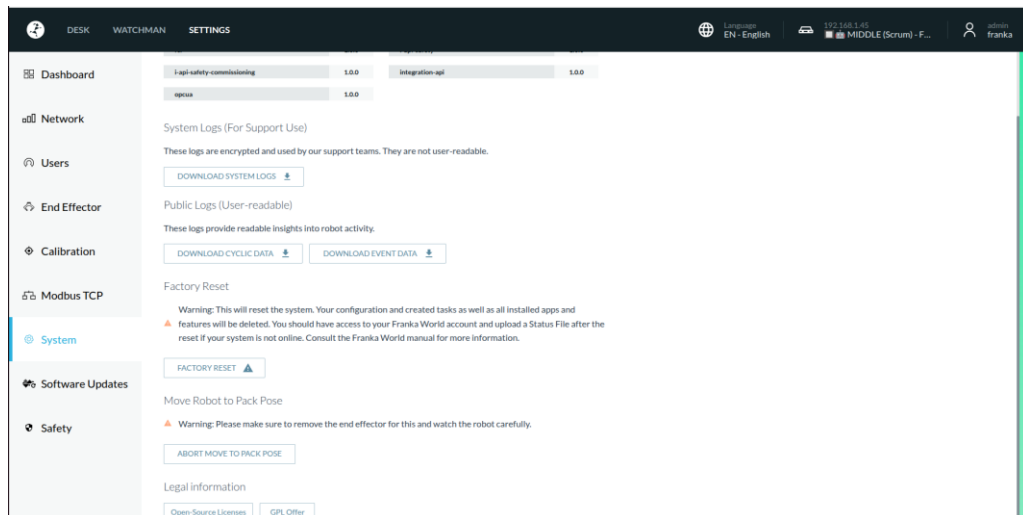


圖10.41：在執行模式中放棄移動到封裝姿勢按鈕

10. 移動到包裝姿勢完成

注意事項

編程 - 執行不會觸發額外的彈出視窗。

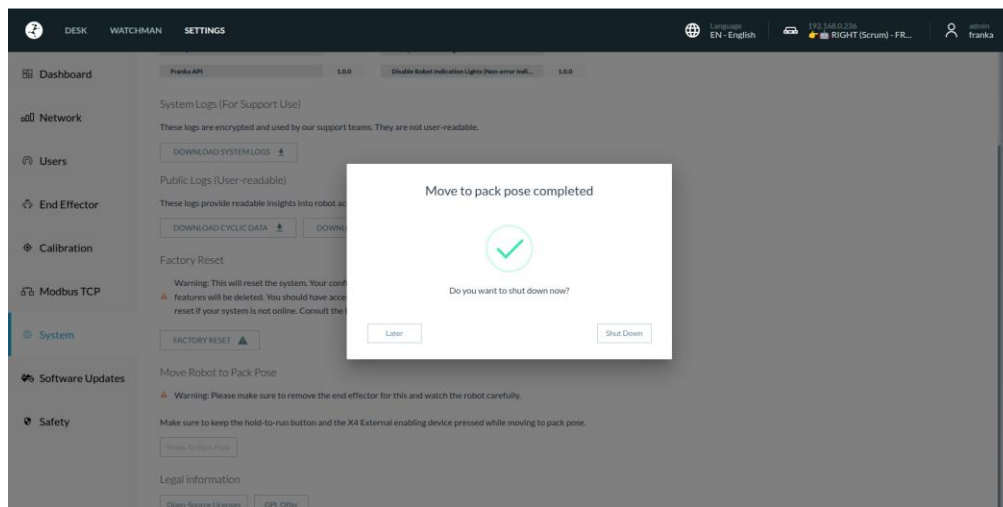


圖10.42: 移動到包裝姿勢完成

重新包裝臂

先決條件

- 機器人需要保持運輸姿勢。

程序

1. 打開盒子。

安裝與安裝

2. 在指定的提拉位置抓住 Arm，將其分成兩組，小心地放入底部保護層內。

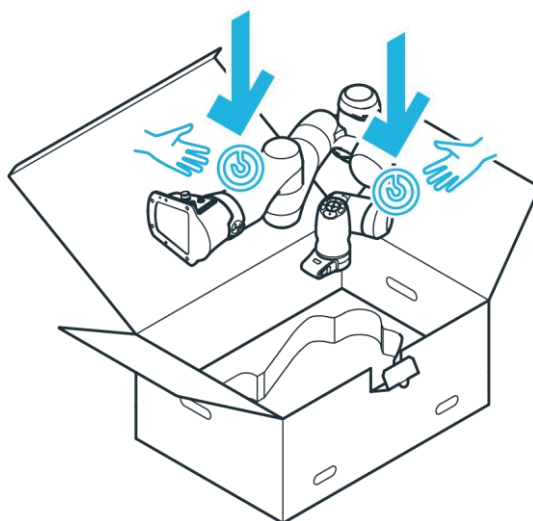


圖10.43: 抬起手臂

3. 插入中間的保護層。

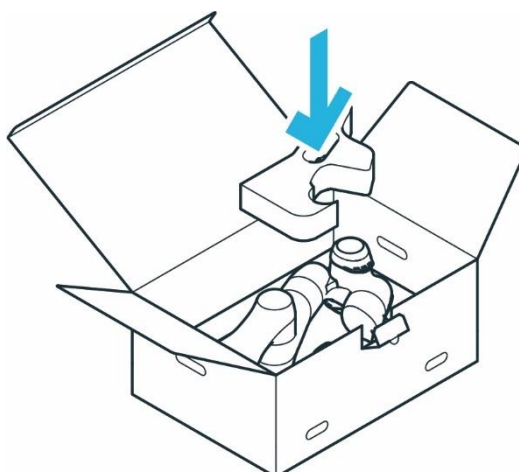


圖.1033 : 包裝臂

安裝與安裝

4. 插入最上面的保護層。

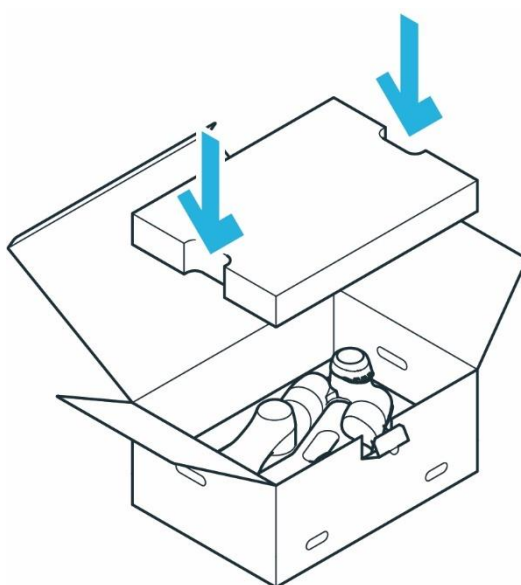


圖 .1034 : 開箱

5. 合上鋁箔塗層。
6. 用膠條將盒子封好。

11 操作

11.1 開啟

⚠ 危險

當裝置從較冷的環境運送到較溫暖和潮濕的環境時，由於產生冷凝水而導致短路。

有可能因電擊而造成危及生命的傷害。

- 運輸 之後，讓裝置適應環境。
- 請勿開啟潮濕的裝置。

先決條件

- 電纜需要正確插入。
- 必須連接外部電源。
- 保留最大工作空間。

程序

1. 開啟控制。

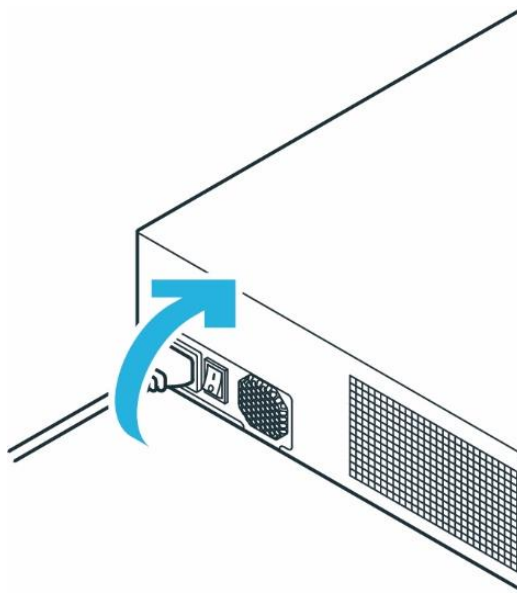


圖 .111 : 開關控制

控制現在開啟。

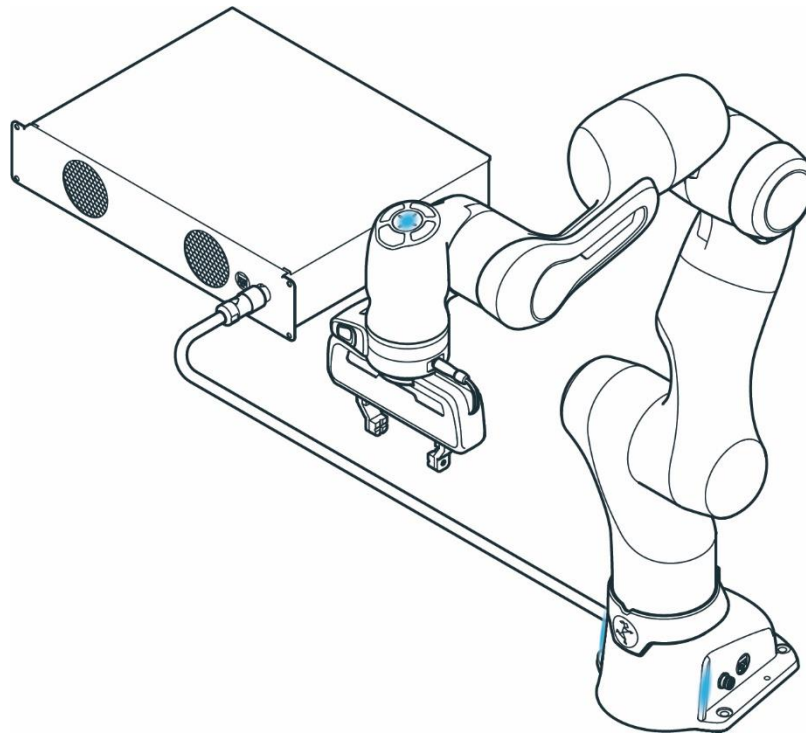


圖 .112 : 臂上的藍色狀態指示燈

您可以觀察以下順序：

- 冷卻系統將會啟動，並可看到和聽到。
- 開機可能需要大約 1 分鐘。
- Pilot 和底座兩側的狀態指示燈將開始閃爍。
- 開機完成後，狀態指示燈會持續亮藍燈，表示機器人處於執行模式的停止狀態。
如果狀態指示燈閃紅燈，表示存在安全錯誤。然後檢查是否已啟用緊急停止功能，或緊急停止裝置是否已正確連接至輸入 X3。
- 故障安全鎖定系統已啟動。接頭仍然是機械鎖定。有關解除故障安全鎖定系統的資訊，請參閱預先導引部分。
- 發生故障時，請參閱15.1「維護」、16「服務與支援」及「疑難排解13.8疑難排解」等章節。

11.2 机器人 LED 指示灯系统

机器人使用六种不同颜色的 LED 指示灯来显示其运行状态。这些指示灯有两种显示模式：

- 固态（静态）--表示稳定状态
- 闪烁（闪烁）--表示过渡或需要注意的状态

LED 指示灯在三个关键位置可见：

- 桌面界面

操作

- 机器人底座
- 引导盘

每种颜色和图案组合都提供了有关机器人当前状态以及与之交互是否安全的重要信息。这些视觉提示旨在提高操作员的意识和安全性。

LED 激活行为

- **基本 LED :**
始终处于激活状态。它们持续反映机器人的运行状态，是系统状态的主要参考。
- **先导 LED :**
仅在编程或手动引导时激活。它们在这些模式下提供与用户交互有关的反馈。

操作员启动检查表

打开机器人电源时，请务必

1. 检查所有指示灯是否正常工作。
2. 确保 LED 指示灯从您的工作位置清晰可见。
3. 正确解读指示灯，以确定机器人是否处于以下状态
 - 空闲或处于 "教学" 模式
 - 执行任务
 - 处于错误或警告状态
 - 等待用户输入

重要安全注意事项

在每种状态下接近机器人是否安全，取决于特定应用的风险和危险分析以及配置的安全方案。虽然 LED 指示灯有助于识别机器人的状态，但它们并不是经过认证的安全功能。

如有疑问，请在接近机器人之前采取适当的安全措施：

- 按下紧急停止按钮
- 激活保护性停止
- 通过用户界面确认机器人处于安全状态

操作

闪烁模式说明

模式	频率	意义
慢闪	~0.6 Hz（大约每 3 秒闪烁 2 次）	表示状态之间的转换或请求用户注意
快速闪烁	~2 Hz（约每秒闪烁 2 次）	警告运动正在开始、机器人移动缓慢或系统正在更新

错误和通信中断

如果视觉指示器或其控制设备检测到通信中断，则会以实心红灯发出错误信号。

LED 优先逻辑

- LED 系统始终显示最关键的状态。
- 如果同时发生多个事件，则显示重要性最高的颜色。
- 在同一优先级内，每次只显示一种颜色，以避免混淆。

LED 颜色参考表

类别	LED 颜色	LED 图案	状态 含义	用户操作
机器人系统状态	白色	固态	系统空闲或处于示教模式。	 可安全接近。准备启动。
	白色	慢闪	启动或关闭。	 请勿中断。等待直至完成。
	白色	快闪	系统更新。	 请勿拔出或中断。等待直至完成。
制动器	黄色	固态	制动器锁定/解锁。	 在制动操作期间使用。
	黄色	慢闪	等待启动完成。	 等待黄色固体或下一条指令。

操作

类别	LED 颜色	LED 图案	状态 含义	用户操作
警告	黄色	固态	警告状态。	 请勿靠近。检查用户界面。
	黄色	缓慢闪烁	警告：需要用户交互。	 检查用户界面并确认警告。
安全错误	红色	固体	严重错误（如安全、系统、通信）。	 不要接近。通过用户界面进行调查。
	红色	缓慢闪烁	违反安全规定或应用程序错误。	 检查用户界面。只有在安全和经过培训的情况下才能接近。
	红色	快闪	错误恢复中。	 等待或通过用户界面重置。
	红色	闪烁	需要输入以恢复错误。可通过用户输入进行错误恢复（例如，在手引导过程中超出关节限制）	 解锁关节或复位以恢复操作。
	绿色	固态	任务正在自主执行。	 请勿靠近。机器人正在移动。
执行	绿	快闪	即将开始执行（例如 FCI 倒计时）。	 请勿靠近。执行即将开始。
协作执行模式	绿灯	慢闪	任务在辅助模式下激活。	 小心接近。遵循安全协议。

类别	LED 颜色	LED 图案	状态 含义	用户操作
协作执行模式	蓝色	实心	执行阶段准备就绪。刹车已启动。	 小心靠近。机器人可能开始移动。
	蓝色	缓慢闪烁	制动器打开或协作模式（无活动任务）。	 机器人可能会轻微移动。可安全接近。
	蓝色	闪烁	执行中断。等待反馈。	 提供反馈以继续执行。机器人暂停。
冲突	品红色	实心	检测到冲突输入（例如，手动引导与自动操作）。	 请勿靠近。解决输入冲突。
	品红色	闪烁	需要输入以解决冲突。	 提供输入或指导以继续。

11.3 弗蘭卡研究的安全相關測試 3

11.3.1 機器人系統的自我測試

控制的自我測試在系統運行時執行。旋轉手臂電源一次，以執行手臂的自我測試。

警告

因物件墜落而受傷的風險

在手臂的電源循環過程中，末端執行器的電源會被移除。物件可能會從末端執行器掉落，導致受傷。

- 移除末端執行器上的所有物件。
- 離開危險區。

注意事項

每 24 小時，使用者必須啟動一次安全診斷，以偵測操作期間可能發生的危險故障。在側邊欄中，系統會在超過時間前 2 小時警告使用者。

操作

如果超過時間，機器人將停止所有操作，並要求使用者啟動自檢。為此，會出現一則訊息，您可以從中啟動自檢。

您也可以隨時手動啟動自檢。要執行此操作，請按照下列步驟進行

1. 在 Interface 裝置上啟動 Franka UI。
2. 前往「設定」。
3. 變更為 "Dashbord"
4. 按一下顯示自檢倒數旁的按鈕「EXECUTE

警告

當 SEEPO 設定啟動時，由於電源中斷導致終端執行器上的物件墜落

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全鞋）。
- 使用適當類型的末端執行器，以防止物件墜落。
- 根據 10218-2 進行風險評估時，請考慮所抓物品的形狀、質地和重量。使用重量輕和/或圓形的物件可能會大幅降低風險。

11.3.2 定期測試安全功能

某些安全功能的功能必須定期測試。這適用於下列安全功能：

安全功能	測試
緊急停止裝置	1. 在機器人未啟動時，按下緊急停止裝置。 2. 檢查煞車是否鎖定。
導向使能裝置	1. 在導航時鬆開 Pilot-Grip 的啟動按鈕。 <i>機器人必須停止。</i> 2. 在導航時，完全按下 Pilot-Grip 的啟動按鈕。 <i>機器人必須停止。</i>
外部啟用裝置	1. 在測試任務時鬆開外部啟用裝置的啟用按鈕。 <i>機器人必須停止。</i> 2. 在測試任務時，完全按下外部啟用裝置的啟用按鈕。 <i>機器人必須停止。</i>
任何連接至 X3.2 或 X3.3 的交換器	1. 啟動開關。 2. 檢查配置的安全功能是否被相應觸發。

注意事項

- 每 12 個月在啟動時啟動緊急停止系統。
- 每 12 個月在啟動期間重新連接緊急停止系統。
- 每 12 個月檢查所有安全裝置，例如緊急停止系統的功能。
- 檢查已採取的任何其他安全措施，以確保安全操作。



有關緊急停車系統的詳細資訊，請參閱章節 4.7
安裝安全週邊設備 "。

11.3.3 測試緊急停止

警告

因緊急停止裝置無法運作而導致嚴重受傷的風險

在緊急情況下，使用無法操作的緊急停止裝置來停止操作，可能會導致被困，造成嚴重傷害，例如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 將緊急停止裝置存放在安全的地方。

注意事項

材料損壞

當裝置停在製程中的不利位置時，可能會損壞終端執行器、工件或周圍環境。

- 僅在安全危急的情況下使用緊急停止裝置。

注意事項

按下緊急停止按鈕時，機械臂發生的任何損壞都不會對人造成傷害，因為無論損壞與否，機械臂都會安全停止。

注意事項

緊急停止後，Arm 可能已失去校準或已損壞。如果下次啟動時偵測到故障，會通知使用者。

注意事項

考慮到除了 Franka Research 3 之外，其他已安裝的裝置也會因緊急停機而關閉。

安全說明

先決條件

- Franka Research 3 必須在沒有任務執行的情況下停滯不前。
- 故障安全鎖系統的鎖緊螺栓必須打開。
- 手臂不得移動。

程序

操作

1. 清理手臂周圍的空間，避免對抓取的物件或周圍環境造成任何損害。
2. 使用導引將手臂移至無障礙的位置，例如離靜止物體 200 mm。
3. 啟動緊急停止。

機械鎖定螺栓落下時，Arm 會輕微下降並發出喀嚓聲。

11.4 初始設定

11.4.1 連接使用者介面 裝置

需要 PC、筆記型電腦或平板電腦等外部操作裝置來操作和控制機器人。

硬體建議：

- 市售 PC、筆記型電腦或平板電腦
- 乙太網路介面
- 解析度最低 1280x720px，建議 Full HD (1920x1080 px)
- 多點觸控功能，如果使用平板電腦。
- 建議使用的瀏覽器：Chrome、Edge、Safari 或 Firefox

程序：

1. 透過乙太網路線將介面裝置連接到 Arm base 上的 X5 接頭，開啟初始設定介面。
如需詳細資訊，請參閱 10.6 「配線與電氣安裝」一章。
2. 若要透過 DHCP 自動取得 IP 位址，請確定您的介面裝置已啟動 DHCP 用戶端。
一旦開啟 Franka Research 3，IP 位址就會自動分配。
3. 進入您喜愛的網頁瀏覽器。
4. 輸入下列 URL：robot.franka.de
5. 按 Enter。

開啟顯示 Franka UI 的網站。

11.4.2 初始組態「首次啟動」

首次啟動 Control 之後，必須在系統中設定基本設定。初始設定會顯示在網頁瀏覽器中。將控制器重設為出廠設定後，也會顯示此初始設定。

若要執行初始組態，請先執行 11.4 「初始設定」

連接使用者介面 裝置 " 然後按以下步驟進行：

1. 開始 Franka 研究 3。
2. 輸入下列 URL：robot.franka.de
⇒ Franka UI 的 "First Start"（首次啟動）網頁介面開啟時，可選擇系統介面的語言。

操作

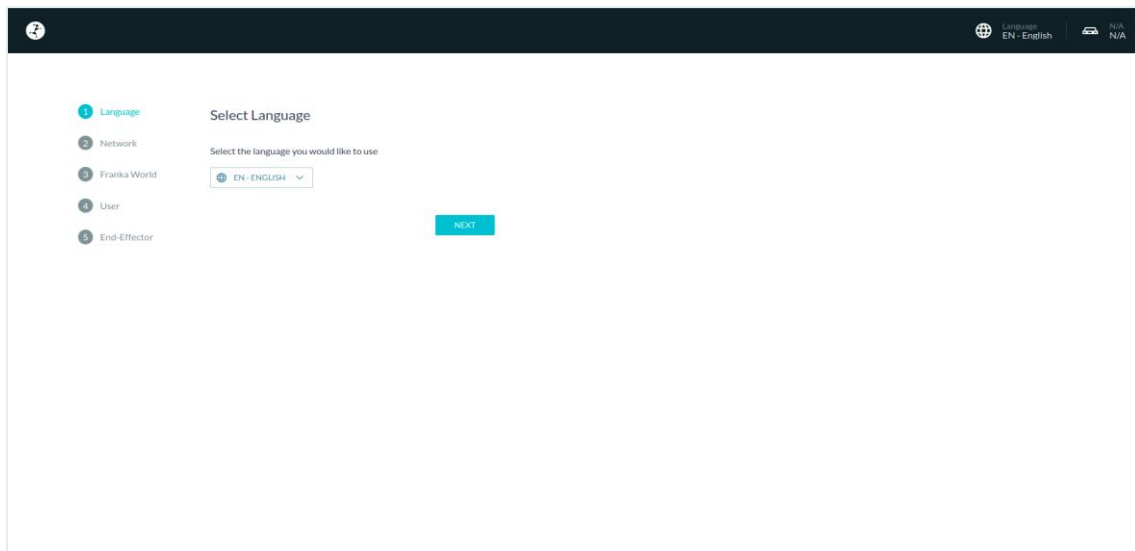


圖 .113 : 語言選擇 初始設定

3. 點選功能表中顯示機器人 IP 位址的區域，下載產品手冊。請務必仔細閱讀。
4. 為 Franka UI 介面選擇所需的語言。按一下 "NEXT" (下一個)
⇒ 設定網路連線的頁面開啟。

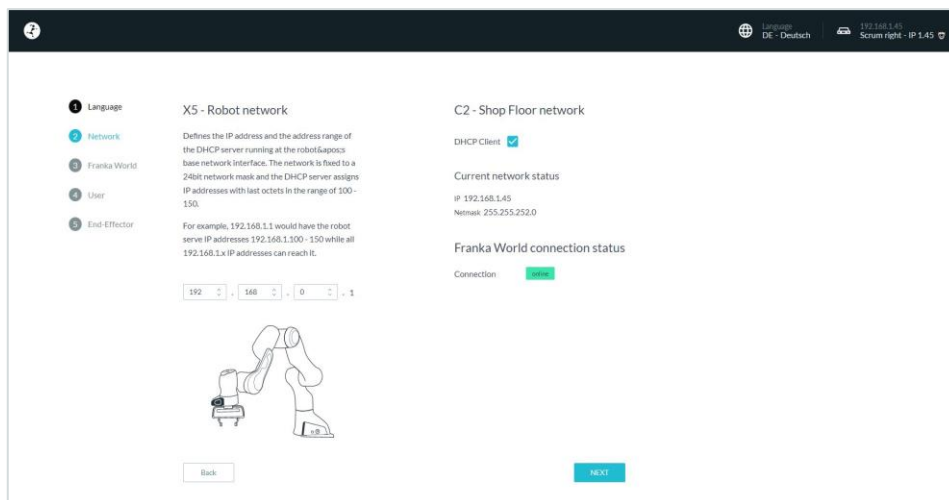


圖 .114 : 網路 初始設定

在此頁面中，可以設定機器人內部網路的網路連線，以及網際網路連線或公司網路連線的網路連線。

如有需要，可調整機器人網路的子位址。預設值為 192.168.0.1，位址範圍可使用 100-150。

若要存取公司網路或網際網路，可選擇使用 DHCP 用戶端或進行手動設定。

以圖形顯示目前與 Franka World 的連線狀態。

5. 按一下「下一步」確認設定

⇒ 用 Franka World 設定/管理機器人的網頁介面開啟。

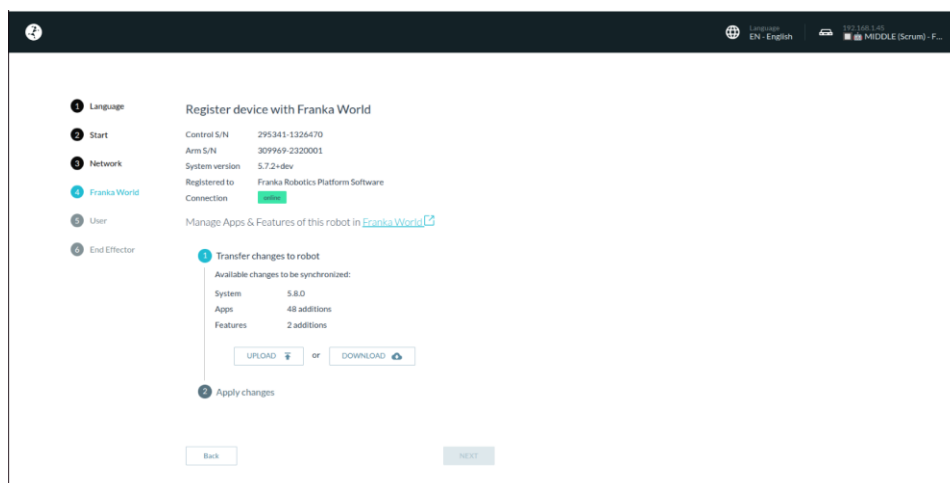


圖 .115 : Franka World registration

本頁用於在 **Franka World** 註冊機器人，以及管理更新和 **Apps**。

當控制端連線至網際網路時，機器人會自動在 **Franka World** 註冊，並檢查是否有最新的系統更新或應用軟體 (**App**)。

機器人的設定在 **Franka World** 中完成。您可點選連結開啟 **Franka World**。

安裝系統更新和應用程式需要 **Franka World** 帳戶 (請參閱第 14.2 章「管理應用程式和功能」)。



有關 **Franka World** 的詳細資訊，請參閱14.1 "法蘭卡世界 " 章節。

6. 按一下「下載」以傳輸任何可用的變更。

如果無法建立網際網路連線，您也可以「離線」更新裝置。為此，請閱讀14.4 「更新」 一章。

7. 資料傳輸完成後，需要確認才能完成安裝。為此，請按一下「套用」。

如果發生與系統相關的變更，則會重新啟動。然後重新啟動第一次啟動的程序，但會儲存您先前的設定。在這種情況下，請使用「下一步」確認之前的所有步驟。

在 **Franka World** 步驟中安裝所有可用變更後，您可以按一下「下一步」繼續下一步。



關於系統更新和應用程式的資訊，請參閱14.2 「管理應用程式和」 章節。

⇒ 建立管理員的網頁介面開啟。

操作

圖 .116 : 建立管理員

8. 建立「管理員」類型的初始使用者

此使用者稍後可以繼續設定，並建立其他系統使用者。有關角色的詳細資訊，請參閱5 "角色和人員" 章節中的「建立管理員」。

9. 按一下「下一步」確認輸入。

⇒ 用於配置終端執行器的 Web 介面被打開。

圖 .117: 末端效果器設定

警告

由於端部效應器配置不正確，導致軌道導引過程中產生意外運動

末端效應器的質量和慣性配置不正確，可能會導致重力無法完全補償。包括末端效應器在內的機器人由此產生的意外行為可能會導致傷害，例如壓碎、撕裂皮膚和刺傷。

- 請務必檢查終端執行器的配置。

操作

- 將已經設定參數的 App 或任務 複製到另一個 Franka Research 3 系統時，請確保終端執行器的配置與原始配置保持一致。

小心

在初始安裝期間，從終端執行器墜落的物件

從夾持器掉落的物件會導致手部、手指、腳部和腳趾受傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全鞋）。
- 使用適當類型的夾具以防止物件掉落。
- 根據 10218-2 進行風險評估時，請考慮所抓物品的形狀、質地和重量。使用重量輕和/或圓形的物件可能會大幅降低風險。
- 請勿將手放在抓握的物體與實體物體（如桌子）之間。
- 啟動前請勿載入末端執行器，因為根據所安裝的末端執行器，「回歸」動作可能會在電源恢復時自動執行。

10. 設定機器人上使用的末端執行器。

如果您沒有安裝終端執行器，請從下拉式功能表中選擇「無」。

如果您已安裝 Franka Hand 作為終端效果器，請從下拉式功能表中選擇「Hand」。

注意事項

Franka Hand 不屬於認證機器人。

如果您想使用其他終端效果器或調整焊鐵手的組態，請從下拉式選單中選擇「使用者定義」，然後在文字欄位中輸入相對應的數值。適當的值通常可以在終端效果器的手冊中找到。

注意事項

您稍後可以重新編輯終端效果器的設定。

11. 按一下「確認」確認輸入的項目。至此，初始組態完成並確認，並進行最後的準備步驟。

⇒ 編程介面 DESK 會顯示在網路瀏覽器中，手臂上的狀態顯示器也會長亮藍燈。

操作

11.5 設定 Franka 控制介面 (FCI)

要通过 Franka Control Interface (FCI) 操作机器人，必须在设备上安装 FCI-Feature。如果控制器上已经安装，则会在 Franka UI -> 設定 -> 系統 -> 已安裝功能下列出。根據預設，FCI 功能會在初始組態時自動安裝。如果 FCI 尚未安裝，您可以使用您的 Franka World 帳戶在 Control 上安裝。

若要透過 Franka Control Interface (FCI) 控制機器人，操作裝置必須透過乙太網路線連接到控制器上的 C2 - Shop Floor 網路埠。

注意事項

只有透過 C2 - 工場網路連接埠，才能透過 FCI 進行控制。使用機器人腳座上的 X5 - 機器人網路連接埠不適合使用 FCI 功能。

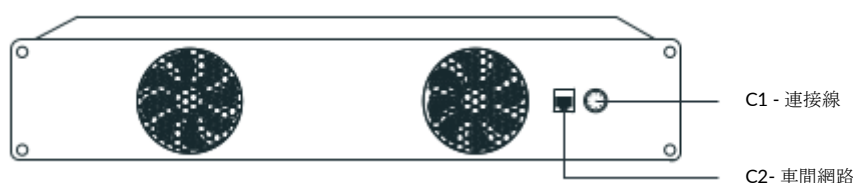


圖 118.FCI 使用的網路連線

11.5.1 設定透過 FCI 控制的網路

良好的網路性能對於通過 FCI 介面控制機器人至關重要。因此，強烈建議在工作站 PC 與 Control 之間使用直接連線。本節將介紹如何針對此使用情況配置網路。

若要透過 FCI 介面操作和控制機器人，建議使用搭載 Linux 作業系統 (如 Ubuntu) 的 PC 或筆記型電腦等外部作業裝置。

硬體建議：

- 市售 PC、配備 Linux 的筆記型電腦
- 乙太網路介面
- 解析度最低 1280x720px，建議 Full HD (1920x1080 px)
- 建議使用的瀏覽器：Chrome 或 Firefox

Control 和您的工作站必須設定為出現在同一個網路中。最簡單的方法是使用靜態 IP 位址。相同網路中的任何兩個位址都可以使用，但本範例將採用下列值：

	工作站電腦	控制
地址	172.16.0.1	172.16.0.2
網路遮罩	24	24

Control 的位址 (172.16.0.2) 在以下章節稱為 <fci-ip>。

操作

注意事項

有了這個網路設定，就可以透過 <https://<fcii-ip>> 來存取 Franka UI，不過您會在瀏覽器中看到證書警告。

Control 的網路可在管理員的設定中設定。在本步驟期間，您可以連線至機器人底座的 X5 - 機器人網路連接埠。

更多資訊請參閱 11.4.1 「連接使用者介面 裝置」一章。

若要設定靜態位址，請停用「C2-Shop Floor network」設定中的 DHCP-Client。

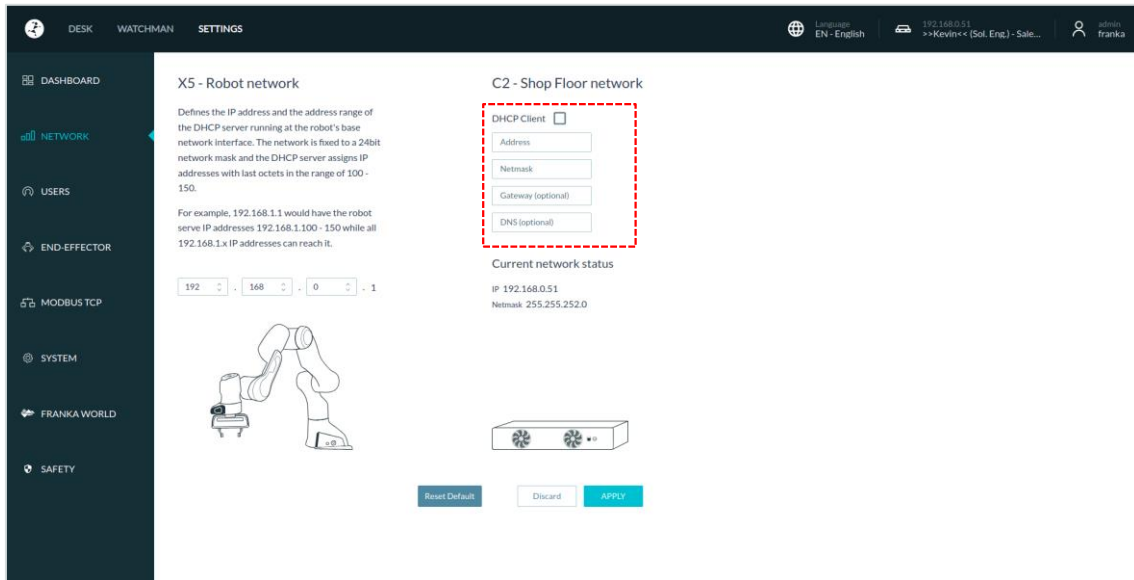


圖 119.網路設定

現在，您可以輸入店面/公司網路控制器 LAN 連線的靜態 IP 設定。

若要確認設定，請按「套用」。

成功套用設定後，仍需調整 Linux 作業裝置的網路介面設定。

操作裝置的設定

本節說明如何在 Ubuntu 20.04 上使用圖形使用者介面設定靜態 IP 位址。如果您偏好使用命令列，請遵循 [Ubuntu 官方指南](#)。

注意事項

以下步驟將修改您的網路設定。如有疑問，請聯絡您的網路管理員。

首先，移至「網路連線」小工具。選取您要使用的有線連線，然後按一下編輯。

操作

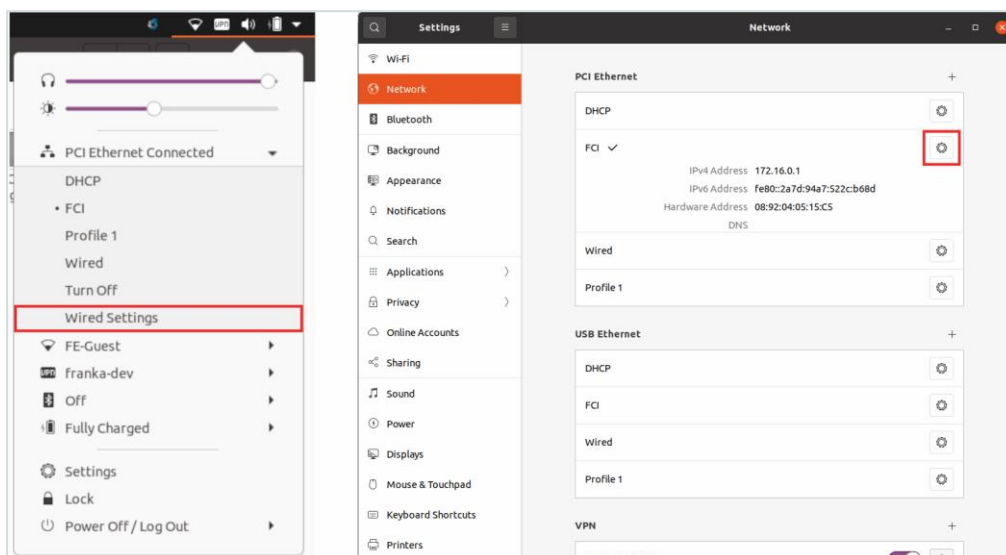


圖 1110.Ubuntu - 乙太網路設定

接下來，按一下 IPv4 設定索引標籤，將方法設定為手動，然後輸入下列值。

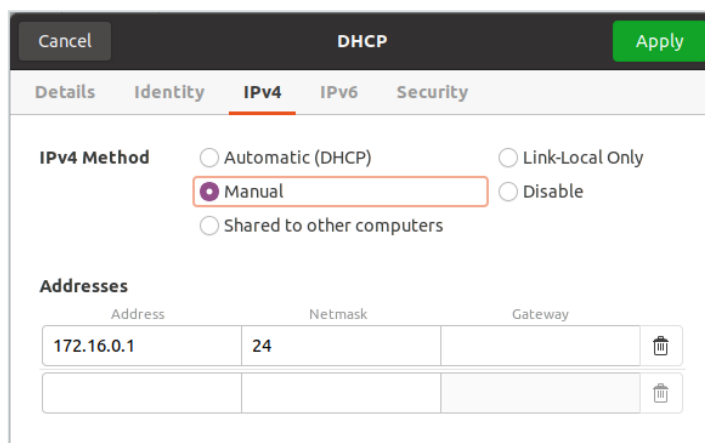


圖 1111.Ubuntu - 設定靜態 IP

注意事項

此步驟將停用 DHCP，這表示您在連線到 DHCP 伺服器（例如 Arm 底座 (X5 - Robot network) 中的伺服器）時，將不再取得位址。當您不再使用 FCI 時，可以將方式改回 *自動(DHCP)*。

儲存變更並關閉「網路連線」視窗。點選下拉式功能表中的連線名稱。現在應該可以從您的工作站連線到機器人。

要驗證網路品質，請在完成系統的 FCI 設定後，執行網路頻寬、延遲和抖動的通訊測試。

從現在開始，您也可以透過瀏覽器中的這個位址 <fci-ip> 來存取 Franka UI。

11.5.2 在 Linux 工作站上設定 libfranka

建議使用 Ubuntu 22.04 Pro 或更新的版本進行設定。在此版本中，Ubuntu 已提供所需的 RT 核心，但可能會視使用情況收費。

如果您使用的 Ubuntu 版本沒有提供即時核心，則必須在 libfranka 補丁之前安裝。即時核心用來實現控制與操作裝置之間 1 kHz 的即時訊號傳輸。

操作

設定 libfranka 需要兩個步驟，必須相繼執行。執行時，您需要在 Linux 電腦上擁有完整的「admin」權限。

您也可以透過 [Franka World 在 FCI-Documentation](#) 中找到更多資訊。

安裝 PREEMPT_RT 核心

第一步，如果 Ubuntu 版本尚未安裝 RT 核心，則必須安裝 PREEMPT Real-Time 核心。為此，請在 Linux PC 的磁碟機中建立新資料夾，並從中啟動終端機。

注意事項

PREEMPT_RT 核心不支援 NVIDIA 二進位驅動程式。

安裝步驟如下：

注意事項

為了避免在輸入命令時出現打字錯誤，請打開 FCI 線上說明文件並複製其中的命令列，然後貼上並在終端機執行。

- 下載

若要安裝相依性，請在 Terminal 輸入下列指令：

```
sudo apt-get install build-essential bc curl ca-certificates gnupg2 libssl-dev lsb-release libelf-dev bison flex  
dwaves zstd libncurses-dev
```

然後您需要決定要使用的核心版本。使用下列指令找出您目前使用的版本。

```
uname -r
```

即時修補程式僅適用於特定的核心版本，請參閱

<https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/>。我們建議您選擇最接近您目前使用的版本。

Franka Robotics 測試的版本為 Ubuntu 20.04 的 5.9.1，以下安裝步驟即以此為基礎。

使用下列命令列下載原始碼檔案。

如果您選擇了不同的版本，請變更指令行中的版本號 (5.9.1)，以符合您選擇的版本。

```
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.9.1.tar.xz  
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.9.1.tar.sign  
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/5.9/patch-5.9.1-rt20.patch.xz  
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/5.9/patch-5.9.1-rt20.patch.sign
```

然後用命令解壓縮下載的資料：

```
xz -d *.xz
```

- 驗證

下載相依性之後，建議您檢查它們是否已損毀或被竄改。建議的步驟取自 [Linux Kernel Archive](#)。

使用下列指令檢查：

```
gpg2 --verify linux-*.tar.sign  
gpg2 --verify patch-*.patch.sign
```

如果所有載入的套件都正確無誤，您將收到與下列每個指令範例相對應的訊息。

操作

```
$ gpg2 --verify linux-*.tar.sign
gpg: 假定「linux-4.14.12.tar」中有簽署資料
gpg: 使用 RSA 金鑰 ID 6092693E 在太平洋標準時間 2018 年 1 月 5 日 06:49:11 進行簽署
gpg: 來自「Greg Kroah-Hartman <gregkh@linuxfoundation.org>」的良好簽章 [unknown]
gpg: 又名「Greg Kroah-Hartman <gregkh@kernel.org>」 [未知]
gpg: 又名「Greg Kroah-Hartman (Linux 核心穩定版簽署金鑰) <greg@kroah.com>」 [unknown]
gpg: WARNING: This key is not certified with a trusted signature!
gpg: 沒有顯示簽署屬於擁有者。
主金鑰指紋: 647f 2865 4894 e3bd 4571 99be 38db bdc8 6092 693e
```

請參閱 [Linux Kernel Archive](#)，以取得更多關於警告的資訊。

如果檢查返回錯誤，則會收到與以下範例相對應的訊息。

```
$ gpg2 --verify linux-*.tar.sign
gpg: 假定「linux-4.14.12.tar」中有簽署資料
gpg: 使用 RSA 金鑰 ID 6092693E 在太平洋標準時間 2018 年 1 月 5 日 06:49:11 進行簽署
gpg: Can't check signature: 沒有公開密鑰
```

在這種情況下，您必須從金鑰伺服器下載金鑰。

為此，請對 "*.tar" 和 "*.patch" 使用下列命令，並在命令列中輸入各錯誤訊息中指定的 ID。

```
gpg2 --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 --recv-keys 6092693E
```

- **編譯核心**

確定檔案已正確下載後，您就可以解壓縮原始碼並套用修補程式。

為此，請相繼輸入下列指令：

```
tar xf linux-*.tar
cd linux-*/
patch -p1< ../patch-*.patch
```

使用指令取得目前修補程式的名稱：

```
uname -r
```

為了讓新的即時核心成為標準組態，請從下一頁的問題選取您先前啟動的核心組態。透過「`uname -r`」自動取得最新的核心。

```
cp -v /boot/config-${uname -r} .config
```

現在您可以使用此設定作為預設的建立設定。為此，請執行下列指令：

```
make olddefconfig
make menuconfig
```

第二個指令會開啟終端介面 (TUI)，您可以在這裡設定優先模式。

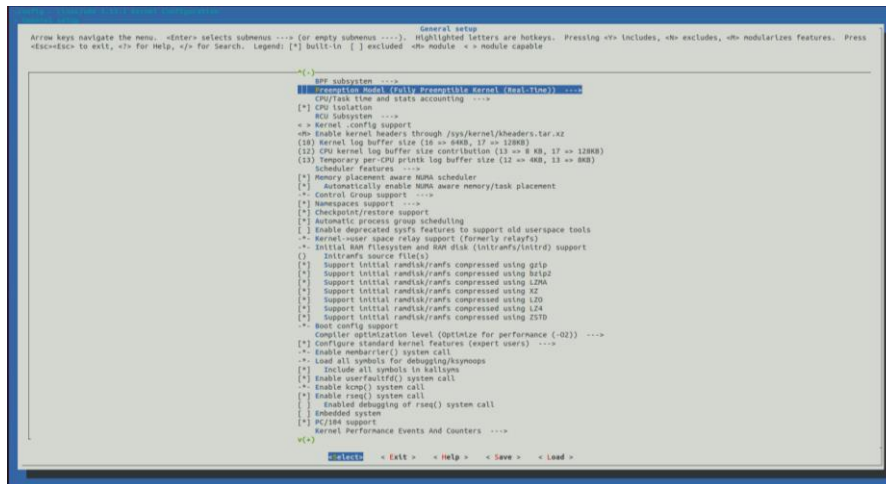


圖 1112.TUI- 介面

- 使用向上/向下鍵導航至「一般設定」(General Setup) > 「抢先模式」(Preemption Model) 並在那裡標記 > 「完全抢先核心 (即時)」(Fully Preemptible Kernel (Real-Time))使用側邊方向鍵，您可以將游標移至螢幕底部命令列中的 Select。現在按下 <Enter> 即可選擇。
- 將命令列中的游標設定為 <EXIT>，然後重複按下 <Enter>，直到回到主功能表。
- 現在導覽至「Cryptographic API」 > 「Certificates for signature checking」（位於清單最底端） > 「Provide system-wide ring of trusted keys」。
- 在此選擇「預設系統鑰匙圈的其他 X.509 金鑰」，然後按 Enter。畫面上會出現輸入視窗。從提示中移除「debian/canonical-certs.pem」，然後按確定。
- 現在導覽至「Cryptographic API」 > 「Certificates for signature checking」（位於清單最底端） > 「Provide system-wide ring of revocation certificates」。
- 在此選擇「X.509 憑證必須預先載入系統黑名單密鑰圈」，然後按 Enter。畫面上會出現輸入視窗。從提示中移除「debian/canonical-revoked-certs.pem」，然後按確定。
- 將此設定儲存於 .config 中，並退出終端介面 (TUI)。

現在安裝已經為編譯核心做好準備。由於這是一個冗長的過程，"nproc" 命令會自動使用命令列上的多執行緒選項 "-j"，以使用 CPU 上的最大核心數。儘管如此，這個步驟還是需要較長的時間。

```
make -j$(nproc) deb-pkg
```

現在您可以使用下列指令安裝新建立的套件。確切的名稱取決於您的環境。該命令會搜尋 header 和 images 套件。

```
sudo dpkg -i ../linux-headers-*.deb ../linux-image-*.deb
```

• 驗證新核心

重新啟動您的系統。現在 grub 開機選單應該可以讓您選擇新安裝的核心。若要查看開機後使用的核心，請查看下列指令的輸出：

```
uname -a
```

它應該包含字串 PREEMPT_RT 和您選擇的版本號碼。此外，/sys/kernel/realtime 應該存在並包含數字「1」。

操作

注意事項

- 如果遇到無法啟動新核心的錯誤，請參閱「[Cannot boot realtime kernel because of Invalid Signature](#)」。
- 如果要重新建立，請事先刪除安裝資料夾中所有未壓縮的資料。

- **允許使用者設定此程序的即時權限**

安裝並執行 PREEMPT_RT-Kernel 之後，新增一個名為 *realtime* 的群組，並將控制您機器人的使用者加入此群組。

您可以從命令列取得您的使用者名稱：

```
whoami
```

```
sudo addgroup realtime
sudo usermod -a -G realtime $(whoami)
```

然後使用下列指令開啟「limits.conf」檔案：

```
sudo gedit /etc/security/limits.conf
```

然後將下列即時群組限制新增至檔案，並儲存。

```
@realtime soft rtprio 99
@realtime soft priority 99
@realtime soft memlock 102400
@realtime hard rtprio 99
@realtime 硬體優先級 99
@realtime 硬 memlock 102400
```

限制會在您登出並再次登入後套用。

安裝 Libfranka

下一步將介紹如何從原始碼檔案安裝 libfranka。另外，也可以使用 ROS-repos (<Ubuntu 22.04) 或 ROS2-repos (Ubuntu 22.04 及更新版本) 安裝 libfranka。

您也可以在 [Franka World 的 FCI-Dokumentation](#) 中找到進一步的協助。

注意事項

為了避免在輸入命令時出現打字錯誤，請打開 FCI 線上說明文件並複製其中的命令列，然後貼上並在終端機執行。

在從原始碼建立新的 libfranka 之前，請解除安裝現有的 libfranka 和 franka_ros 以避免衝突。

為此，請在終端機執行以下指令：

```
sudo apt remove "*libfranka*"
```

操作

- 下載

要安裝 **libfranka**，必須先下載相依性。為此，請輸入下列命令列：

```
sudo apt install build-essential cmake git libpoco-dev libeigen3-dev
```

然後從 **GitHub** 複製 **libfranka** 下載原始碼，然後變更到目錄。為此，請使用下列指令：

```
git clone --recursive https://github.com/frankarobotics/libfranka --branch 0.10.0
cd libfranka
```

- 安裝

然後，以下指令會在目前目錄建立 **build** 資料夾，並執行「**CMake**」指令來建立 **build** / 專案檔案。

```
mkdir build
cd build
cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE= Release -DBUILD_TESTS= OFF ...
cmake --build .
```

建議安裝可選的 **libfranka Debian** 套件。為此，請在建立 "**libfranka-<version>-<architecture>.deb**" 套件的相同目錄中輸入下列指令。

```
cpack -G DEB
```

然後使用下列指令安裝。

```
sudo dpkg -i libfranka*.deb
```

libfranka 現在已安裝在您的電腦上，並可用於透過 **FCI** 控制機器人。

11.5.3 驗證通訊

成功編譯/安裝 **libfranka** 之後，建議進行介面通訊測試。為此，請確定機器人已準備好在 **Desk** 中使用 **FCI**，並執行 **libfranka** 中的範例 "**echo_robot_state**"。

變更至 **libfranka** 的建立目錄，並在 **Linux** 上執行下列指令：

```
./examples/echo_robot_state <fcii-ip>
```

程式會在控制台顯示機器人目前的狀態，並在反覆幾次後自動退出。

```
{
  "O_T_EE" : [0.998578,0.0328747,-0.0417381,0,0.0335224,-0.999317,0.0149157,0,-0.04122,
    -0.016294,-0.999017,0,0.305468,-0.00814133,0.483198,1],
  "O_T_EE_d" : [0.998582,0.0329548,-0.041575,0,0.0336027,-0.999313,0.0149824,0,-0.0410535,
    -0.0163585,-0.999023,0,0.305444,-0.00810967,0.483251,1],
  "F_T_EE" : [0.7071,-0.7071,0,0,0.7071,0.7071,0,0,0,1,0,0,0,0.1034,1],
  "EE_T_K" : [1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1],
  "m_ee" : 0.73, "F_x_Cee" : [-0.01,0,0.03], "I_ee" : [0.001,0,0,0,0.0025,0,0,0,0.0017],
  "m_load" : 0, "F_x_Cload" : [0,0,0], "I_load" : [0,0,0,0,0,0,0,0],
  "m_total" : 0.73, "F_x_Ctotal" : [-0.01,0,0.03], "I_total" : [0.001,0,0,0,0.0025,0,0,0,0.0017],
  "elbow" : [-0.0207622,-1], "elbow_d" : [-0.0206678,-1],
  "tau_J" : [-0.00359774,-5.08582,0.105732,21.8135,0.63253,2.18121,-0.0481953],
  "tau_J_d" : [0,0,0,0,0,0,0],
  "dttau_J" : [-54.0161,-18.9808,-64.6899,-64.2609,14.1561,28.5654,-11.1858],
```

操作

```
"q": [0.0167305, -0.762614, -0.0207622, -2.34352, -0.0305686, 1.53975, 0.753872],
"dq": [0.00785939, 0.00189343, 0.00932415, 0.0135431, -0.00220327, -0.00492024, 0.00213604],
"q_d": [0.0167347, -0.762775, -0.0206678, -2.34352, -0.0305677, 1.53975, 0.753862],
"dq_d": [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
"joint_contact": [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], "cartesian_contact": [0, 0, 0, 0, 0, 0],
"joint_collision": [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], "cartesian_collision": [0, 0, 0, 0, 0, 0],
"tau_ext_hat_filtered": [0.00187271, -0.700316, 0.386035, 0.0914781, -0.117258, -0.00667777,
                        -0.0252562],
"O_F_ext_hat_K": [-2.06065, 0.45889, -0.150951, -0.482791, -1.39347, 0.109695],
"K_F_ext_hat_K": [-2.03638, -0.529916, 0.228266, -0.275938, 0.434583, 0.0317351],
"theta": [0.01673, -0.763341, -0.0207471, -2.34041, -0.0304783, 1.54006, 0.753865],
"dtheta": [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
"current_errors": [], "last_motion_errors": [],
"control_command_success_rate": 0, "robot_mode": "Idle", "time": 3781435
}
```

圖 11.3: "echo robot state" 輸出範例

libfranka API 文件 (<https://frankrobotics.github.io/libfranka/>) 中解釋了各個欄位。

注意事項

如果此時發生錯誤，請執行 ping 測試，並驗證 FCI 是否啟用，以及機器人的煞車是否打開。

若要執行 ping 測試，請輸入下列命令列：

```
ping <fci-ip>
```

如果此命令失敗，則說明機器人未正確連接到網路，或者在設置階段未正確分配 IP 地址。請按照 11.5.211.5.1 「設定透過 FCI 控制的網路」 章節中描述的步驟重新設置網路。

11.6 典型使用方式

開啟機器人後，必須透過先前指定的 IP 位址來呼叫 Franka UI，如果操作裝置已連接到機器人底座上的 X5 - 機器人網路，則可透過 robot.franka.de 呼叫。現在可以用兩種不同的方式控制 Franka Research 3。

1. 如果您想使用 Apps 控制機器人並編程，現在可以在開啟的 **Franka UI** 中進行。
進一步的說明與操作指示請參閱 "Franka UI"。
2. 如果您想通过**Franka控制界面（FCI）**控制机器人，必须在控制中激活**FCI**模式。
要做到这一点，请在Franka用户界面中打开Desk，并展开标题中的系统菜单。将操作模式更改为「执行」，并在此按下「激活 FCI」按钮激活 FCI 界面。

從現在開始，您可以透過 libfranka 或 ROS-、ROS 2- 或 Matlab-Interface 使用 FCI 指令在 Linux 端口控制機器人。

進一步的解釋和操作說明請參閱13.7 "法蘭克控制介面 (FCI)" 章節。

注意事項

若要使用 FCI 模式，機器人必須使用穩定且快速的網路連線，透過 Control 前方的 C2 - Shop Floor 網路連接至操作裝置。

使用 FCI 時，無法透過機器人腳座上的 X5 - 機器人網路控制機器人。

11.7 關閉 並重新啟動

警告

由於電源斷電，導致終端執行器上的物件墜落

從夾持器掉落的物件會導致手部、手指、腳部和腳趾受傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全鞋）。
- 使用適當類型的夾具以防止物件掉落。
- 根據 10218-2 進行風險評估時，請考慮所抓物品的形狀、質地和重量。使用重量輕和/或圓形的物件可能會大幅降低風險。

關機

注意事項

只有當風扇停止運轉時，系統才會完全關閉。

仍在運轉的風扇顯示 Franka Research 3 尚未完全關閉。

重複關閉 Franka Research 的安全說明 3。

操作

安全說明

程序

1. 離開危險區。
2. 在 Franka UI 中，導覽使用者功能表至「關閉」，然後按一下。

故障安全鎖系統啟動。

Franka Research 3 將會關閉。

重新啟動

關閉 Desk 中的系統，等待風扇關機。關閉 Control 上的電源開關。等待一分鐘後再重新啟動 Franka Research 3。若要重新啟動 Franka Research 3，請開啟控制端背面的電源開關。Franka Research 3 將重新啟動。

注意事項

為避免系統意外重新上電，請將連接線固定在安全的地方。

將 Franka Research 3 從電源斷開

程序

1. 移出最大工作空間。
2. 前往 Franka UI。
3. 在使用者功能表中選擇「關機」。

系統關閉。

4. 關閉控制器背面的電源開關。
5. 從控制器背面拉出電纜。

注意事項

為避免系統意外重新啟動，請將電源線存放在安全的地方。

Franka Research 3 斷開電源。

12 安全配置/看守員

如4.12「**規劃和初次安裝機器人系統的其他資訊**」章節所述，機器人周圍必須設置防護裝置，以防止人員進入危險區域，或者，在協作式機器人的情況下，當人們出現在危險區域時，必須啟動和監控安全區域。

進行風險評估後，機器人的安全情境必須與安裝機器人系統的工作場所所確定的必要安全功能相適應。

根據 ISO 10218-1 標準的要求，Franka Research 3 配備了一套預先定義和預先驗證的安全情境。

如果風險分析顯示這些功能已經足夠，則在適當的電氣整合之後，Franka Research 3 可以整合並用於機器人的規劃工作環境中，而無需進一步變更安全配置。但是，如果風險分析顯示需要額外的安全功能，則必須透過適用於特定機器人狀態或情境的規則，在 Watchman 中實現這些功能。

12.1 守望者

Watchman 是 Franka Web 使用者介面 (Franka WebUI) 中的一種工具，用於在 Franka Research 3 上顯示、建立和編輯安全功能。安全功能可透過規則定義。反過來，這些規則可以調整各個情境的行為，例如「教學」和「工作」，使其符合機器人兩種操作狀態（「編程」和「執行」）的風險評估所需的防護措施。

安全設定只能由安全操作員完成。安全操作員是 FRANKA RESEARCH 3 上三個可用的使用者角色之一，其他角色為管理員和操作員。如需詳細資訊，請參閱5「**角色和人員**」一章。管理員角色的使用者可以建立安全操作員角色，但無法自行編輯任何安全功能。只有安全操作員的使用者角色才能修改 Watchman 中的設定。安全操作員負責安全功能的正確安全組態和記錄，且只能由合格的人員執行。

12.2 概述

在 Watchman 中，可透過直覺式圖形介面顯示安全情境。

介面的結構說明如下。

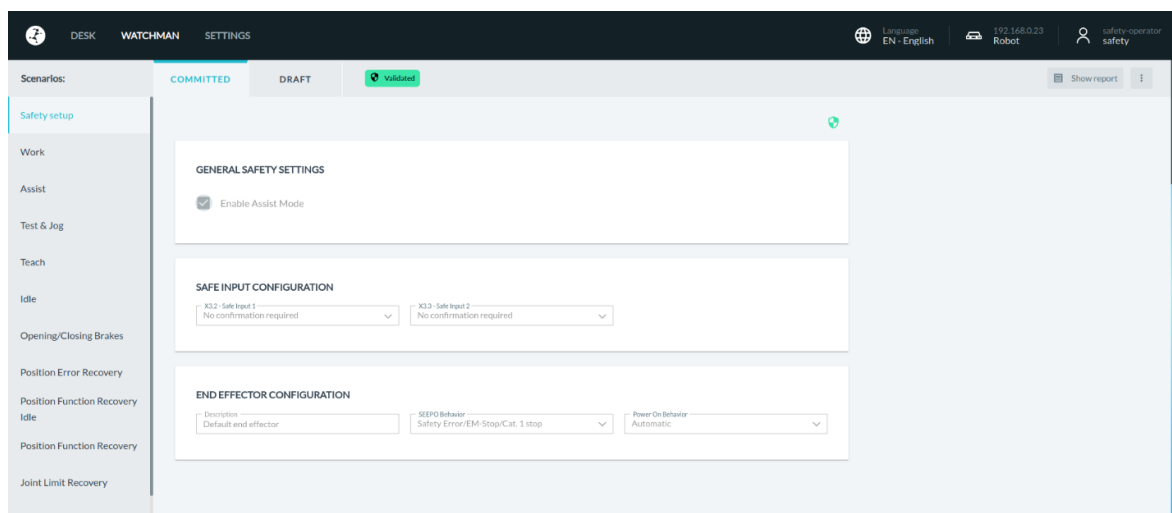


圖 .121 : 守望者

在 Watchman 檢視的標題中，您可以在右側找到目前有效的安全組態報告。右邊帶有三個圓點的按鈕可讓您將安全組態重設為出廠設定。

顯示安全組態目前的驗證狀態。綠色表示已驗證；橘色表示需要驗證

安全配置/看守員

按一下草稿索引標籤旁邊的驗證符號，會顯示目前已驗證安全組態的校驗和。

在檢視的左側部分，可以看到結構概觀，顯示基本安全設定的驗證狀態以及不同安全情境的驗證狀態。

在編輯區中，會顯示基本設定或安全情境的規則。

安全情境分為可編輯安全情境和不可編輯安全情境。

有關安全情境的詳細說明，請參閱產品手冊4.10「安全概念」一章。

可編輯的情境可用來調整機器人控制，以符合先前風險分析所決定的安全措施。下列情境可供使用：

- 工作
- 協助
- 測試與點動
- 教導

在「工作」和「輔助」情境中，最多可建立和設定 16 個使用者自訂的安全規則。在「測試與點動」和「教學」情境中，只能調整現有的規則。

Franka Research 3 的出廠設定有一組預先定義並準備好的情境。如果這些情況適合進行風險分析時所確定的需求，就可以立即使用。

注意事項

預設情況下，Watchman 中的「工作」情境不包含任何規則。為了確保安全操作，同時考慮到特定應用程式的風險與危害分析，空的「工作」情境未經預先驗證。安全操作員必須正確設定系統並驗證安全設定。

不可編輯的安全情境（唯讀情境）是永久性整合在機器人控制系統中的安全功能，可確保機器人安全且符合標準的操作，且不可變更。這些功能包括

- 閒置
- 開關煞車
- 位置錯誤恢復
- 位置功能恢復 IDLE
- 位置功能恢復
- 關節限位恢復
- 工作無效

所有恢復情景以及「工作無效」情景僅在機器人狀態為「錯誤/違規」時啟動。機器人狀態「錯誤/違反」是由於機器人狀態「執行」和「程式設計」中的安全情境遭到違反，或出現基本的安全相關錯誤。

機器人狀態「執行」包括「工作」、「輔助」和「開啟/關閉煞車」等情境。機器人狀態「編程」包括「閒置」、「示教」及「測試與點動」等情境。

12.3 編輯安全組態

要完成下列步驟，必須登入「安全操作員」使用者。

透過 Franka UI 側邊欄上的功能表開啟 Watchman 介面。現在，Watchman 介面上會顯示作用中和已確認的規則，以及方案的驗證狀態。

根據參數的種類 Watchman 現在對可編輯參數使用下列精確度：

- 座標（以公尺為單位）：小數點後 4 位
- 速度（以米/秒為單位）：2 位小數
- 方向（以度為單位）：小數點後 0 位
- 方向（以弧度為單位）：2 位小數
- 接合速度（以弧度/秒為單位）：2 位小數

例如：

CONFIGURE AREA

Define a safe cuboid by teaching a reference corner and the size of the cuboid. Coordinates will be rounded to an accuracy of four decimal places. Optionally you can set the orientation of the cuboid.

Type of area Robot behavior
Stay inside area

Reference corner X: -0.3453 Y: -0.2878 Z: 0.1357 [m]

Take From Robot 0.2961 0.1166 0.6176 [m]

Orientation (optional) Axis X: 0 Axis Y: 0 Axis Z: 1 [°]

Cuboid Size X: 1.6667 Y: 1.6667 Z: 2.3333 [m]

Take From Robot 0.6484 0.3932 0.4819 [m]

Back Save Validate

圖 .122 : 可編輯參數

安全配置/看守員

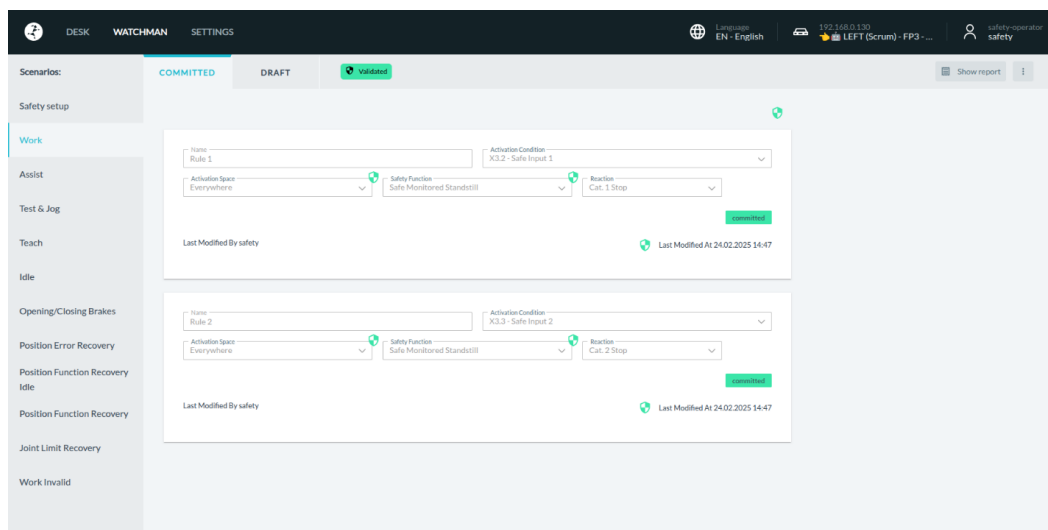


圖12.3: 經驗證的規則

切換到「草稿」模式並開始編輯。

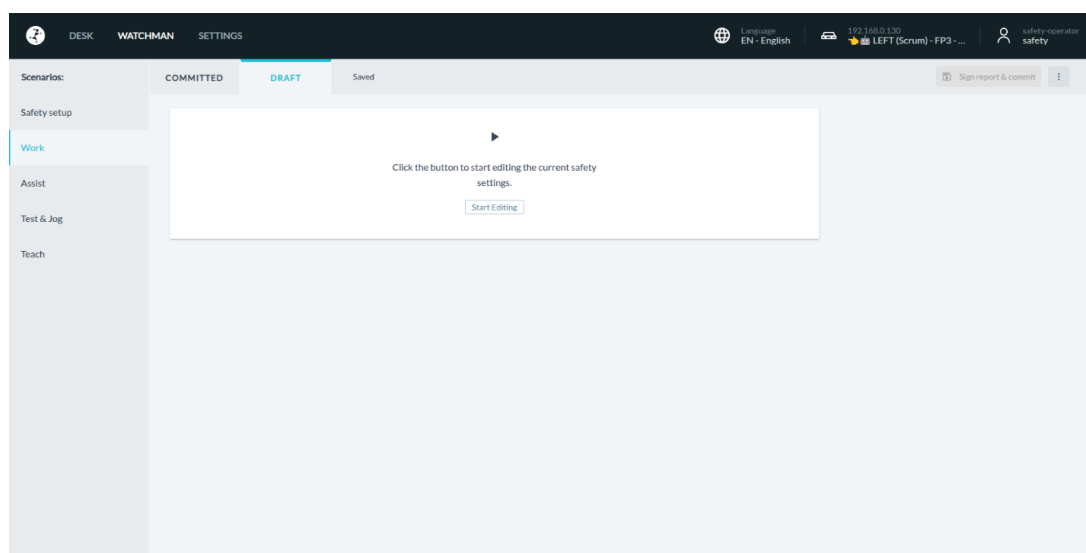


圖12.4: 切換到「草稿」模式

以「草稿」模式開啟已驗證的安全概念後，所有驗證標記都會顯示為綠色。

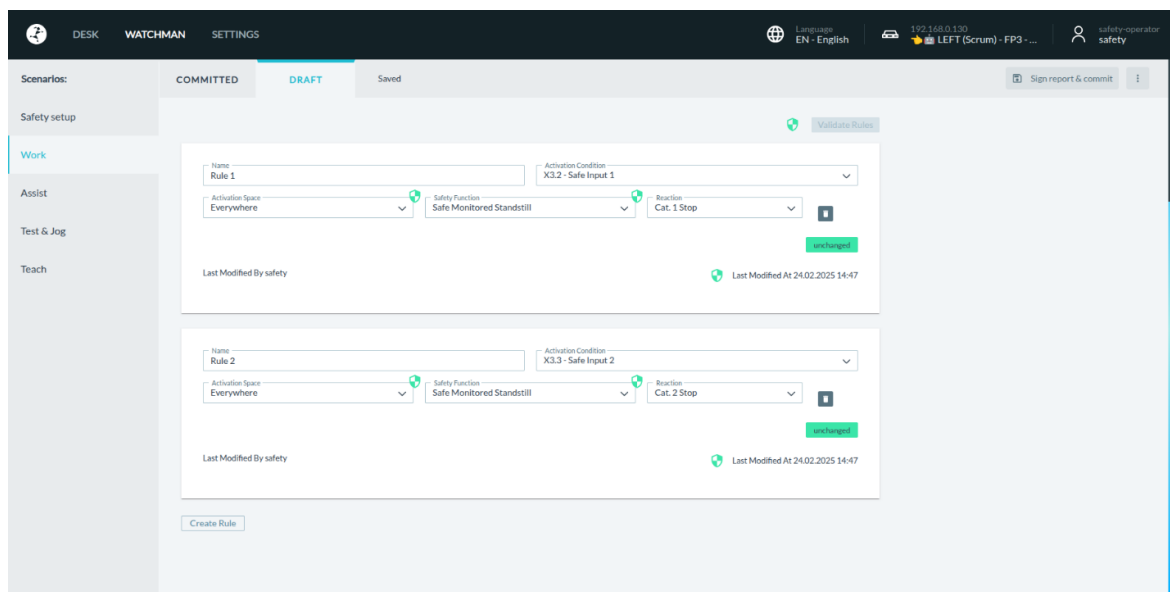


圖12.5: 草圖模式

如果現在進行變更，則變更後的安全功能、依賴於變更的所有參數、規則和情境以及整體安全性的驗證標記都會顯示為橘色。不受影響的參數、規則和情境則維持有效，因此顯示為綠色。

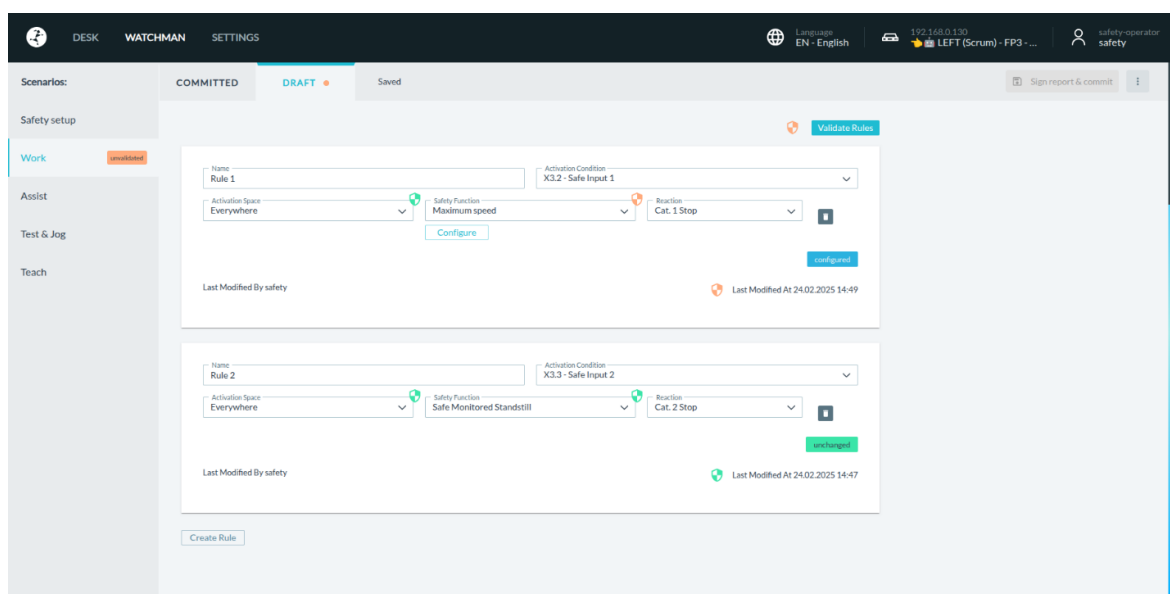


圖12.6: 驗證標記

完成安全組態後，必須驗證整體概念。該程序在12.7 "有效 ate " 章節中有所描述。

12.4 匯入/匯出安全設定

匯入/匯出功能可讓安全操作員在系統之間傳輸安全設定或建立備份。此功能可讓使用者避免從頭配置設定，確保多個系統的安全設定一致，並提供備份目前安全設定以進行復原的方法。

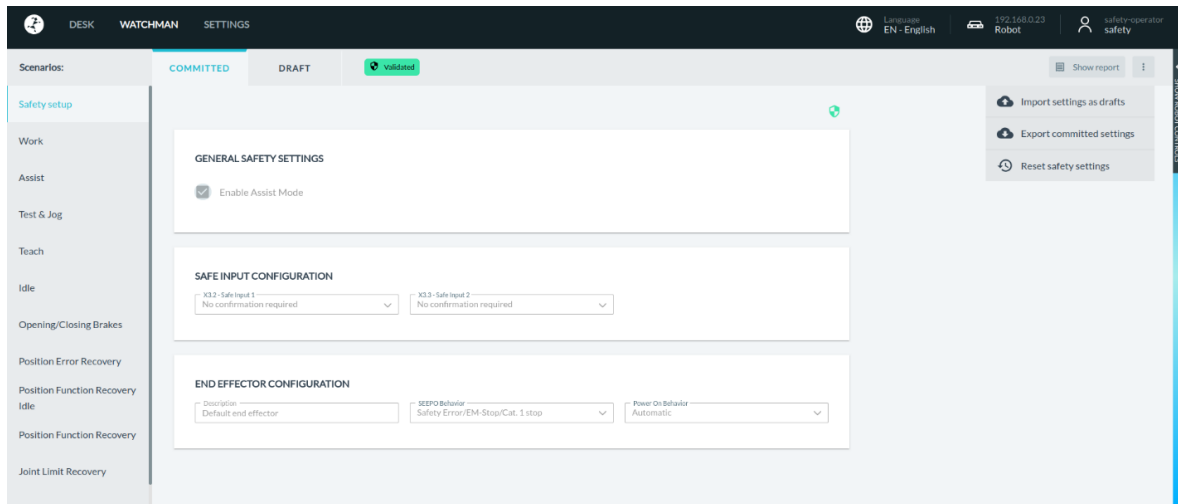


圖 12.7: 匯入/匯出設定

使用此功能的情況

系統遷移：

- 將安全設定移動到新系統時。

備份與復原：

- 用於保護設定以防止資料遺失。

多重系統：

- 在不同的系統中應用相同的設定，以維持一致性。

進口後的行動

安全操作員可以將目前已承諾的安全設定匯出成檔案，下載到自己的裝置上。之後，可以在同一個系統或不同的系統上匯入此檔案。在這兩種情況下，目前存在的草稿都會被匯入檔案的內容覆蓋。

匯入設定後，安全操作員應該

- 檢查新設定是否正確。
- 在匯入的安全設定生效之前，安全操作員仍需要提交這些草稿。
- 如果匯入是在不同的系統上執行，則還需要先驗證，才能提交。

注意事項

在進行匯入之前，必須確保任何重要的草稿都已儲存或備份。

12.4.1 匯入程序

1. 開放式標準 UI：

安全配置/看守員

首先開啟 Standard UI Watchman。

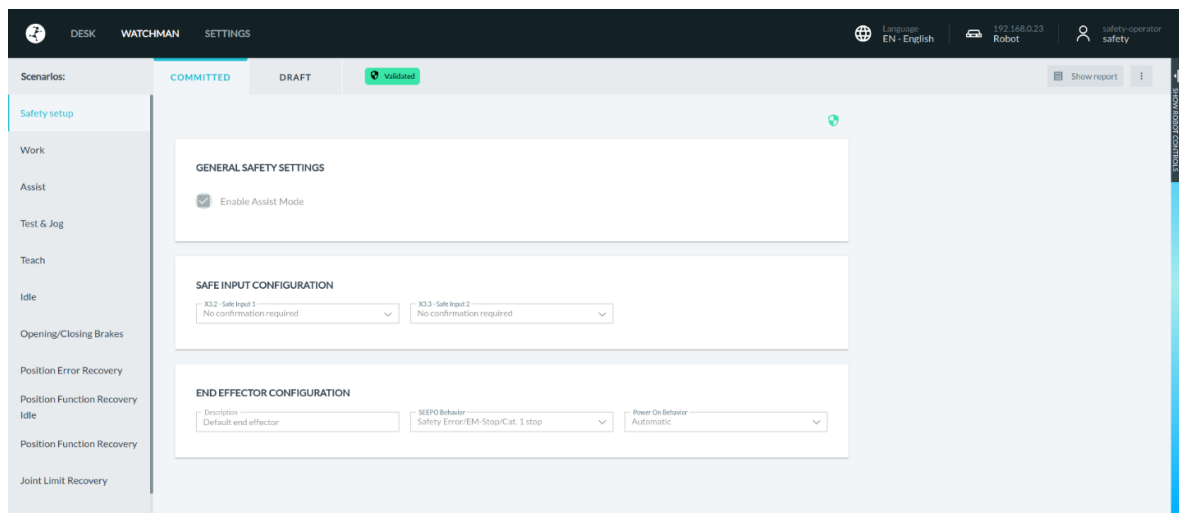


圖 12.8: 標準 UI 看守員

2. 存取右上方功能表：

按一下位於介面右上角的功能表。

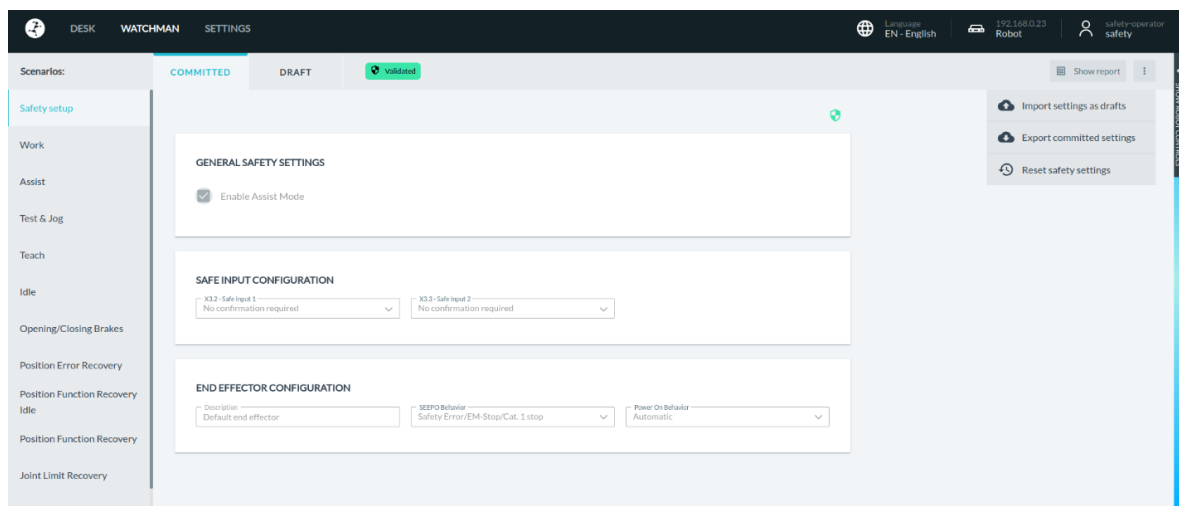


圖 12.9：匯入設定為草稿

3. 選擇「匯入設定為草稿」：

在右上角功能表中，找到並按一下「匯入設定為草稿」標籤。

4. 選擇要匯入的檔案：

安全配置/看守員

系統會出現提示，要求您選擇要匯入的檔案。從您的系統中選擇適當的檔案。

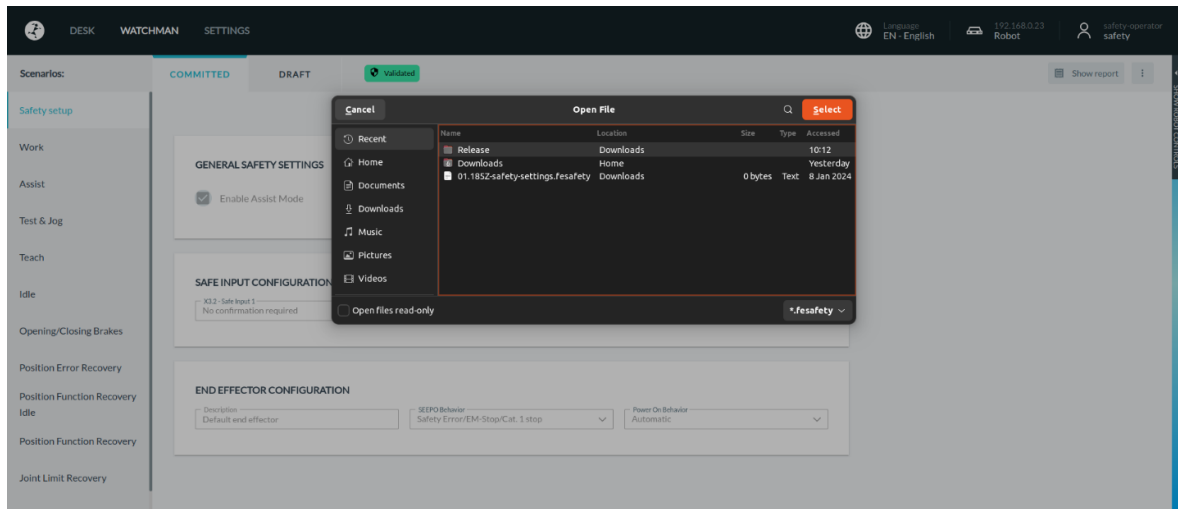


圖 12.10: 檔案選擇

5. 警告對話框：

選擇檔案後，會出現警告對話框。它會通知您，您目前的草稿將被匯入檔案中的安全設定取代。

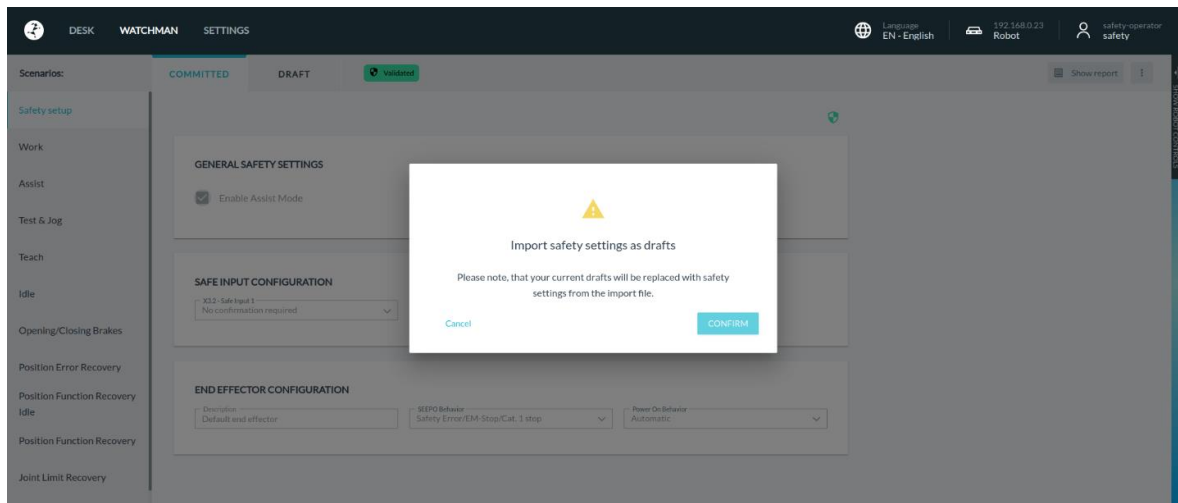


圖 12.11: 警告對話框

6. 確認匯入：

如果您確認此動作，安全設定就會成功匯入。

12.4.2 匯出程序

匯出目前已承諾的設定：

步驟：

安全配置/看守員

1. 導覽到 Watchman UI 中的「匯出已執行設定」區段。
2. 選擇要匯出的設定。
3. 下載檔案。

檔案格式

注意事項

唯一允許的檔案副檔名是 .fesafety。不允許手動修改這些檔案。

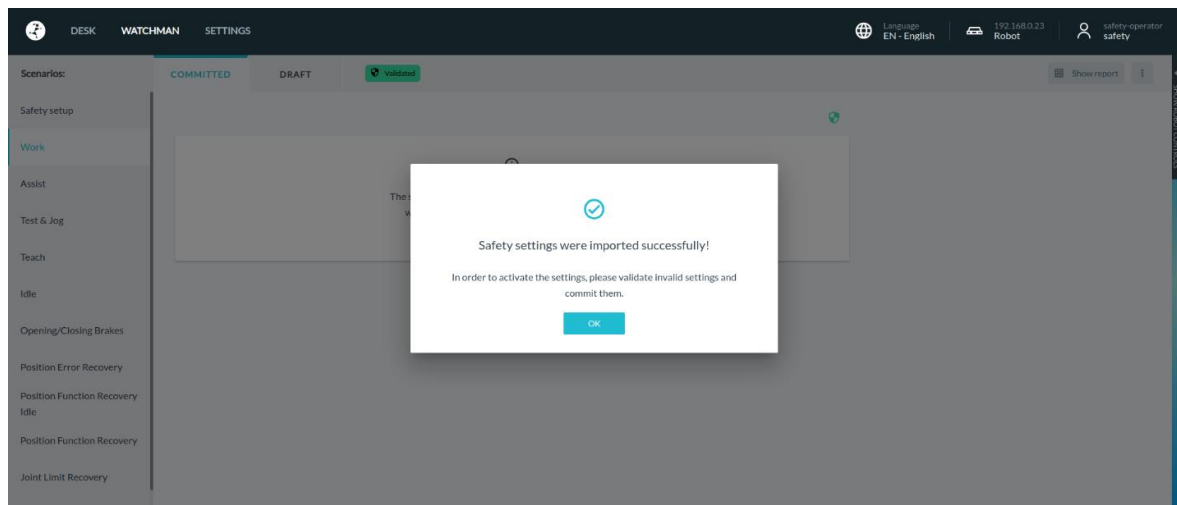


圖 12.12: 匯入的安全設定

7. 錯誤處理：

如果在匯入過程中發生錯誤，則會出現錯誤訊息，說明「安全設定無法匯入」。如果安全規則檔案已被篡改，則通常會發生此錯誤。

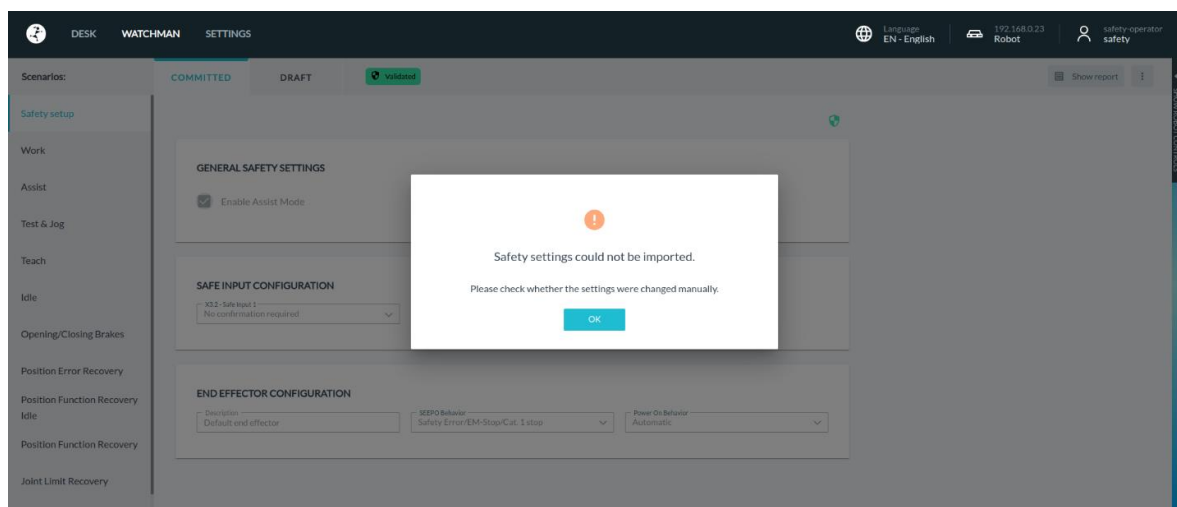


圖 12.13：錯誤訊息

12.5 安全設定

在安全設置中，會映射機器人較高層級的可設定基本設定。其中包括「一般安全設定」、「安全輸入組態」和「末端執行器組態」區域。

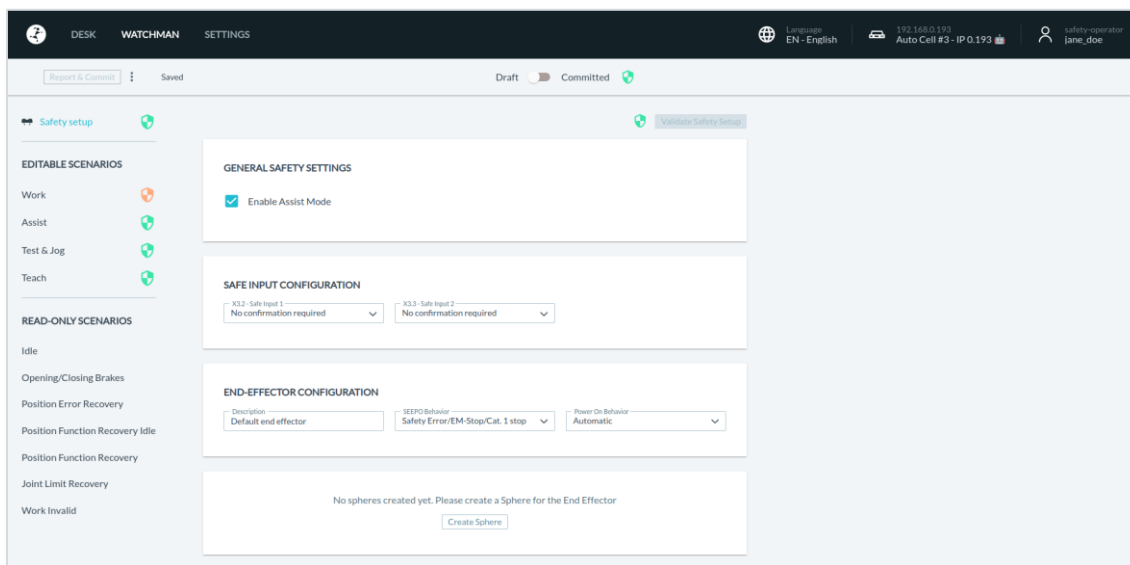


圖 12.14: 安全設定

12.5.1 一般安全設定

要在輔助模式下操作機器人，必須設定「啟用輔助模式」複選框。有關輔助模式的說明，請參閱13.5 "協助" 一章。如果停用此功能，則在機器人控制的任何其他子功能表中，都無法使用輔助功能。這些功能選單就會變成灰色。

此功能在機器人的預設設定中已啟動。

12.5.2 安全輸入組態

安全輸入 X3.2 和 X3.3 的處理可透過 Safe Input Configuration 進行設定。

輸入端 X3.2 和 X3.3 的分配請參閱10.6 「配線與電氣安裝」 一章。

如果設定為 "No confirmation required"（無需確認），則會直接處理訊號。控制器會立即對輸入做出反應。

在「Confirmation required（需要確認）」的設定下，當觸點打開時會直接處理訊號，但當輸入閉合時，DESK 上會出現一則查詢訊息。必須確認此訊息才能在內部處理訊號。

在機器人的預設設定中，已預先選擇「無需確認」設定。

12.5.3 末端執行器組態

所連接的終端執行器的安全行為是透過「End Effector Configuration」（終端執行器組態）來定義的。可以設定下列欄位：

- **說明：**可自由編輯的終端效果器描述
- **SEPO 行為：**決定何時及何種安全關機會關閉終端執行器。

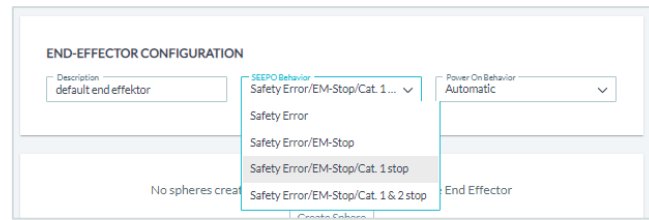


圖12.15: 末端執行器組態

- 安全錯誤：=> 機器人安全故障
- 安全故障 / 緊急停止:=> 機器人安全故障或緊急停止
- 安全錯誤/EM-停止/貓。1 停止 機器人安全故障或緊急停止或類別 1 停止
- Safety Error/EM-Stop/Cat.1&2 停止： 機器人安全故障或緊急停止或類別 1 或 2 停止

在機械手的預設設定中，"Safety Error/EM-Stop/Cat.1 停止"。

Power ON Behavior (電源開啟行為)：設定何時啟動終端效果器。

- **手動** => 每次開啟時，必須在 DESK 中手動啟動終端執行器。
- **自動** => 關節解鎖時會自動啟動末端執行器。

在機器人的預設設定中，「自動」已被預先選取。

12.5.4 建立球體以模擬 End Effector 封套

當安裝末端效應器時，控制系統需要有關其尺寸的資訊，以便能夠在空間和動態上監控末端效應器。為此，可建立多達五個球體，並依其尺寸和位置放置，使球體的整體與末端效應器的輪廓相似。

對於空間監測，考慮的是球體的外殼，而對於速度監測，考慮的是球體的中心。應該注意的是，由於槓桿的考量，遠離末端效應器凸緣放置的球體可能對速度監控非常敏感。

定位圓球時，請確保法蘭克指針與法蘭克座標系成 45° 角安裝。

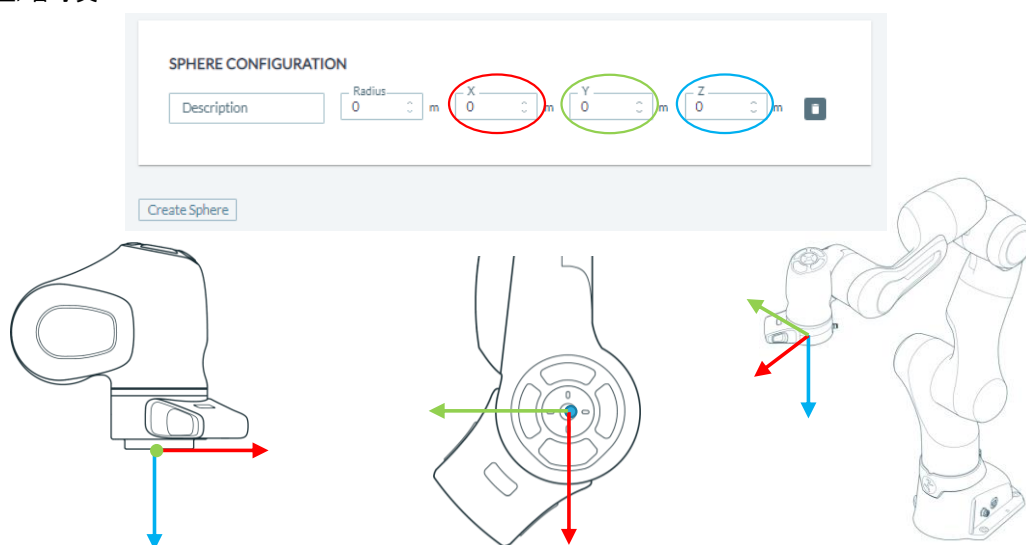


圖12.16: 球體配置

安全配置/看守員

下圖為 Franka Hand 的球面配置範例。

SPHERE CONFIGURATION

Description Franka_hand_body_right	Radius 0.045 m	X 0 m	Y -0.0424 m	Z 0.03 m	
---------------------------------------	-------------------	----------	----------------	-------------	---

SPHERE CONFIGURATION

Description Franka_hand_body_left	Radius 0.045 m	X -0.0424 m	Y 0.0424 m	Z 0.03 m	
--------------------------------------	-------------------	----------------	---------------	-------------	---

SPHERE CONFIGURATION

Description Franka_hand_fingers	Radius 0.06 m	X 0 m	Y 0 m	Z 0.08 m	
------------------------------------	------------------	----------	----------	-------------	---

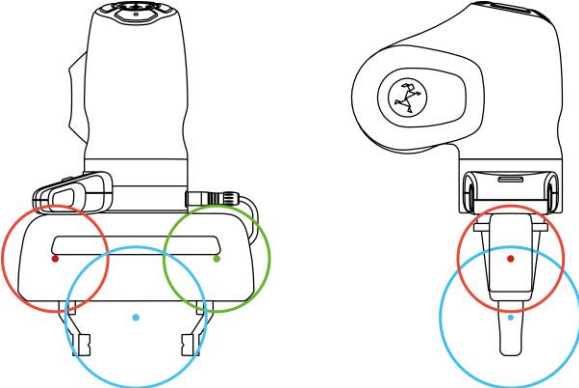


圖12.17：Franka Hand 的球體範例

如果上圖所示的球面模型沒有涵蓋您的抓取情況，則必須對其進行調整。確保球形模型涵蓋可能導致碰撞的輪廓。如果您要處理較長的物件，也必須監控懸臂物件的最大速度。要做到這一點，您可以將球體的中心放在物件的兩端。最大速度會在中心受到監控。

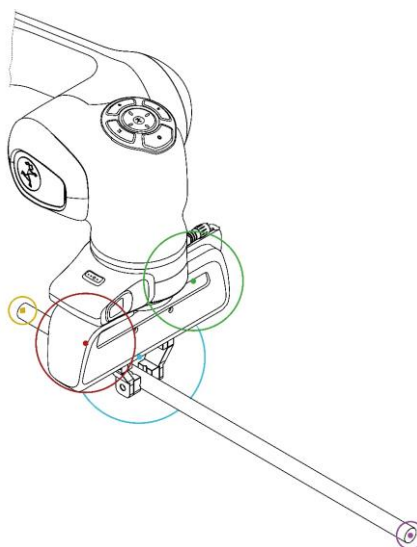


圖12.18: 圓球配置範例 Franka 手持法杖

12.6 建立和編輯規則

工作「和」協助"情境中最多可各建立 **16** 條規則。按一下最後顯示的規則下方的「建立規則」，即可插入新規則。按一下規則內的「刪除」符號，即可刪除該規則。

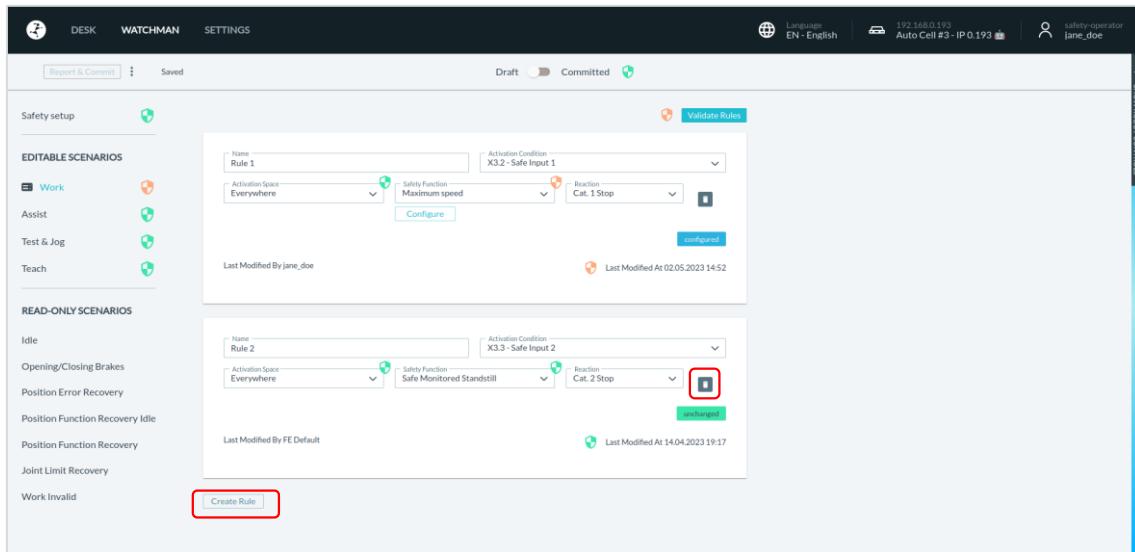


圖12.9: 編輯規則

12.6.1 規則的結構

該規則由以下部分組成：

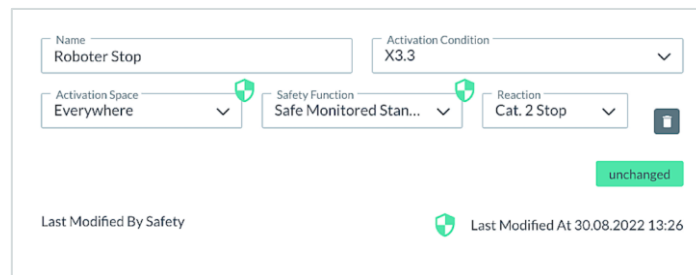


圖12.20: 規則的結構

- **名稱**：可自由編輯的規則名稱
- **啟動條件**：啟動規則的條件。可以選擇以下項目：
 - 總是 規則永遠有效
 - X3.2 規則變為有效，當雙通道 X3.2-Input 已打開。
 - X3.3 規則變為有效，當雙通道 X3.3-Input 已打開。
- **啟動空間**：空間區域：規則啟動的空間區域。以下選擇為可能：
 - 每個地方 規則在機器人的整個工作區域內都是有效的。
 - 內/外區域 在可自由定義的區域內或外，規則變為有效。

立方體空間。定義空間時，會決定規則是在空間內還是空間外生效。

- **安全功能：**安全功能：違反規則時要執行的安全功能。下列選項是可能的：
 - 總是違反 不執行安全功能。如果選擇「總是違反」、如果該規則變為活動，則會永久違反該規則。
 - 內/外區域 如果機器人在區域內或區域外，則觸發違規行為。
在定義空間之外。定義空間時，會決定違規應該發生在空間內還是空間外。
 - 最高速度 在規則適用的空間範圍內，最大速度受到監控。如果機器人的速度超過允許的最大速度，則會在監控下降低到允許的速度。如果減速未如預期發生，則執行預先選擇的反應 (Cat. 1 Stop / Cat. 2 Stop)。
 - 安全監控的靜止狀態 在規則適用的空間範圍內，機器人是安全監控停滯。任何移動都會導致違反規則。

 警告

請注意，當 SLP-C、SLS-C 或 SLP-J 功能啟動時，無法透過 FCI 控制機器人。這會影響包括空間位置監控（內/外區域）和笛卡兒速度監控（最高速度）的安全功能。如果這些功能整合到 Watchman 的規則中，則無法透過 FCI 進行控制。

- **反應：**違反規則時機器人的反應。
 - Cat.1 級止動器 符合 EN ISO 13849-1 的 1 類止動器
(達到靜止狀態時，受控停止並關閉能源)
 - Cat.2 級止動器 符合 EN ISO 13849-1 的 2 級止動器
(有控制地停止，並維持能量)

機器人控制系統在執行移動時已經考慮到規則，因此總是盡力避免違反規則。如果無法避免違反規則，安全功能會啟動安全反應。

需要驗證的函數或參數會以驗證符號顯示在規則視窗中。如果規則已驗證，則此符號為綠色。如果需要驗證，則此符號為橘色。

如果在規則的「啟動空間」或「安全功能」欄位中選擇了「內部/外部區域」，則必須按一下出現的「組態」按鈕配置此區域。畫面上會出現以下檢視。

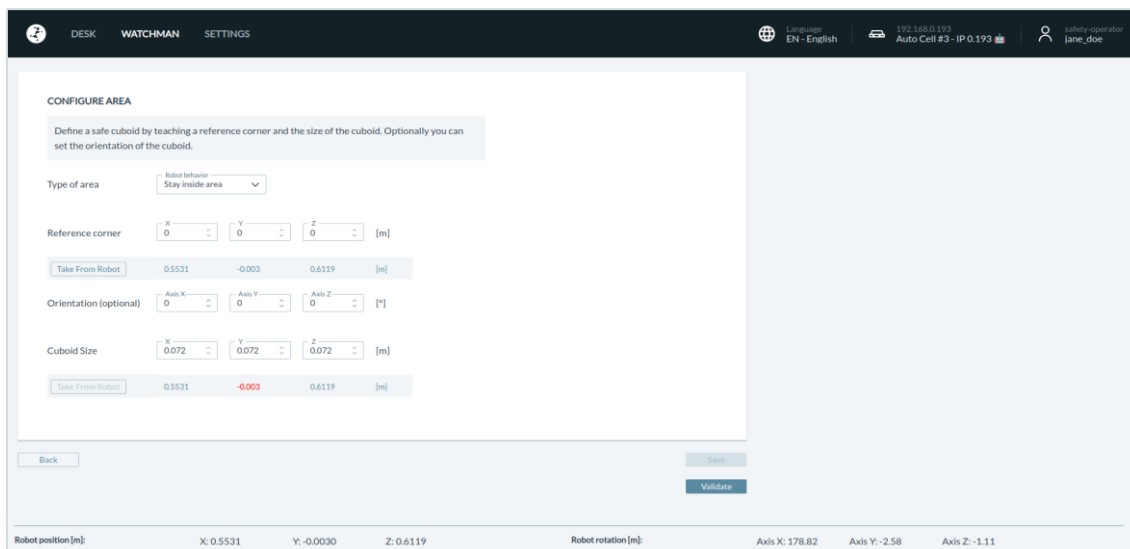
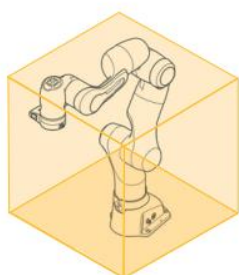


圖12.21:「啟動空間」的設定

使用選擇欄位 "Type of Area" (區域類型)，您可以決定是否不允許機器人離開立方體區域 (停留在區域內) 或不允許機器人進入立方體區域 (停留在區域外)。工具、凸緣、手腕和彎頭都會在此受到監控。



待在區域內



監控元件



留在區外

圖.123: 監控

要定義長方形區域，必須先確定其參考角。為此，您可以將機器人的 TCP 引導至參考角，然後點選「從機器人處取值」("Take from Robot") 來教導位置值，或是手動輸入位置值。如果是手動輸入，則會在機器人的坐標系中輸入坐標。

選擇參考角時，必須以正值建立對角。然後必須輸入 XYZ 值來定義空間延伸。為此，也可透過引導機器人 TCP 到對角點來教導空間。

在「Orientation (方向)」的幫助下，定義的空間也可以繞三軸旋轉。樞軸點就是設定的參考角點。

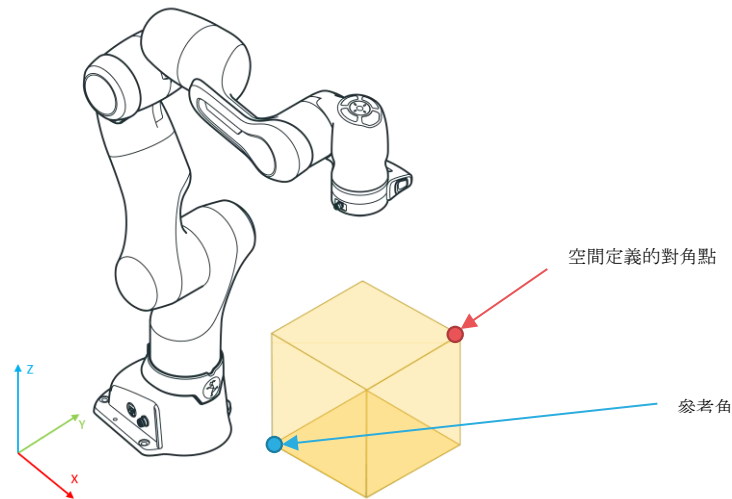


圖12.22: 建立立方體區域

定義了立方體區域後，必須儲存設定。然後，驗證按鈕會變為有效。點選「驗證」後，驗證規格和輸入的數值會進行比較。機器人現在必須從三個方向移進或移出所建立的空間。根據「停留在區域內」或「停留在區域外」的選擇，如果違反功能，「違反」會出現紅點。這可以用來檢查區域邊界是否符合您的規格。

檢查完成後，按一下「確認驗證」以確認該區域。在按鈕旁邊，驗證隨即以綠色確認，回到規則後，規則參數的驗證符號會顯示為綠色。

如果在規則的「安全功能」欄位中選擇了「最大速度」，則必須按一下出現的「設定」按鈕來設定此區域。畫面上會出現以下視圖。

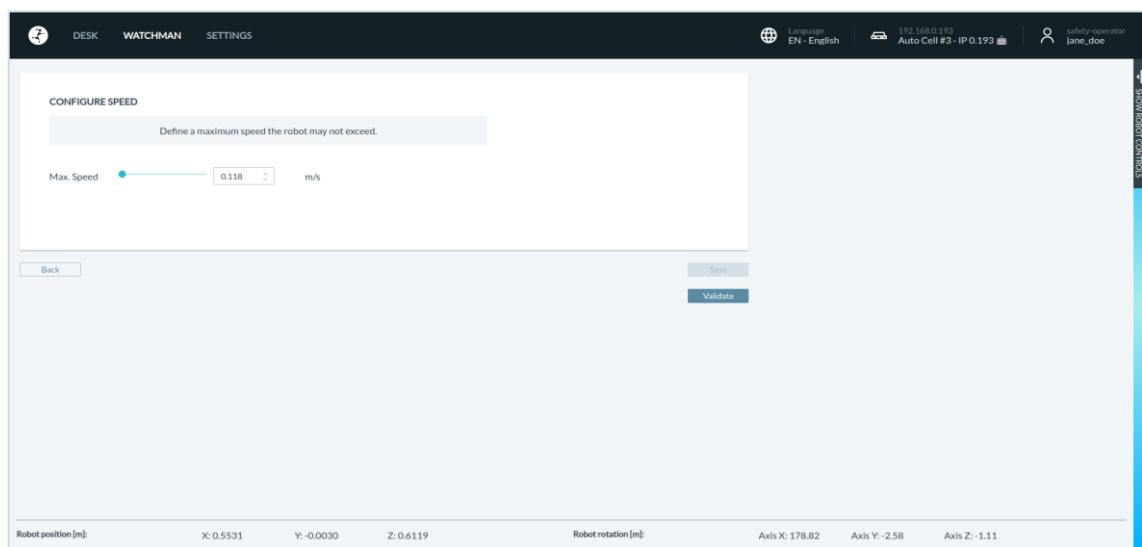


圖12.23: 設定速度

必須設定根據風險評估確定的最大允許速度，並按一下「儲存」確認。然後必須按一下「驗證」來確認輸入的資料。

驗證設定的速度後，必須按一下「確認驗證」以完成驗證。

在按鈕旁邊，驗證會以綠色符號確認，回到規則後，規則參數的驗證符號會顯示為綠色。

12.7 有效 ate

對 Watchman 中的設定進行變更後，必須進行驗證。Watchman 的結構規定，只有當包含的參數已變更時，才需要驗證規則；只有當包含的規則已變更時，才需要驗證情境。

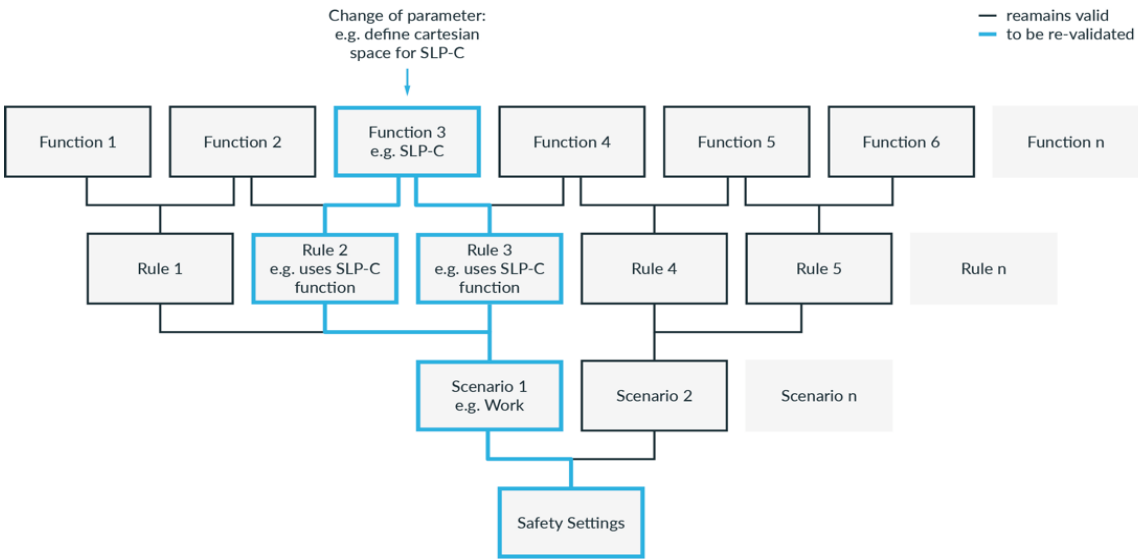


圖12.24: 驗證結構

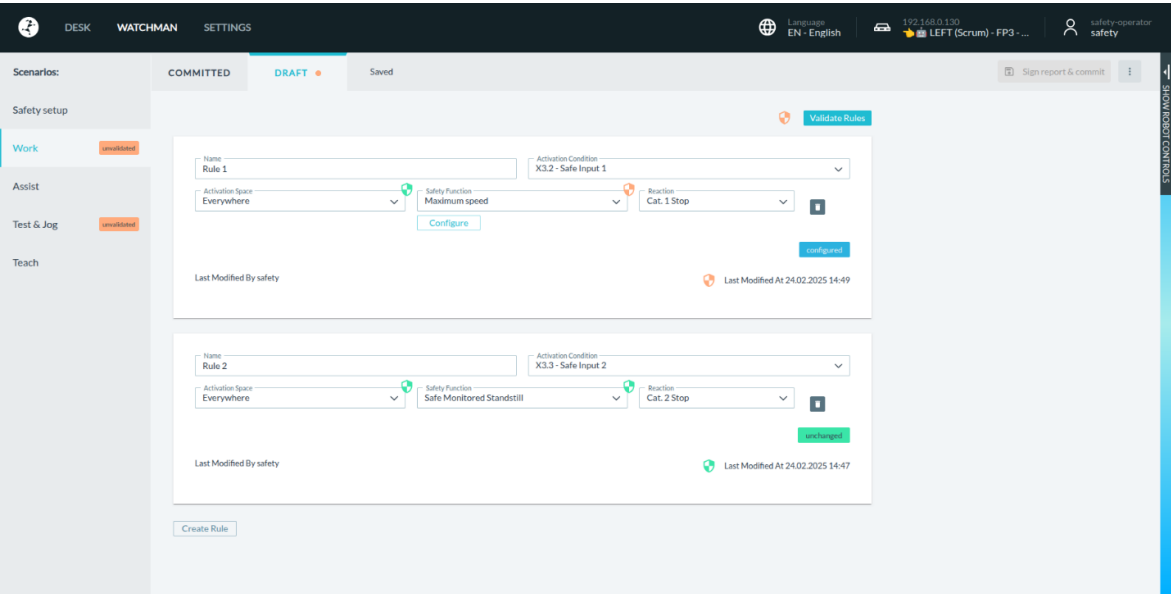


圖12.25: 驗證

右下角的橙色驗證圖示表示未驗證的規則。若要驗證方案，請按一下列出規則上方的「驗證規則」。

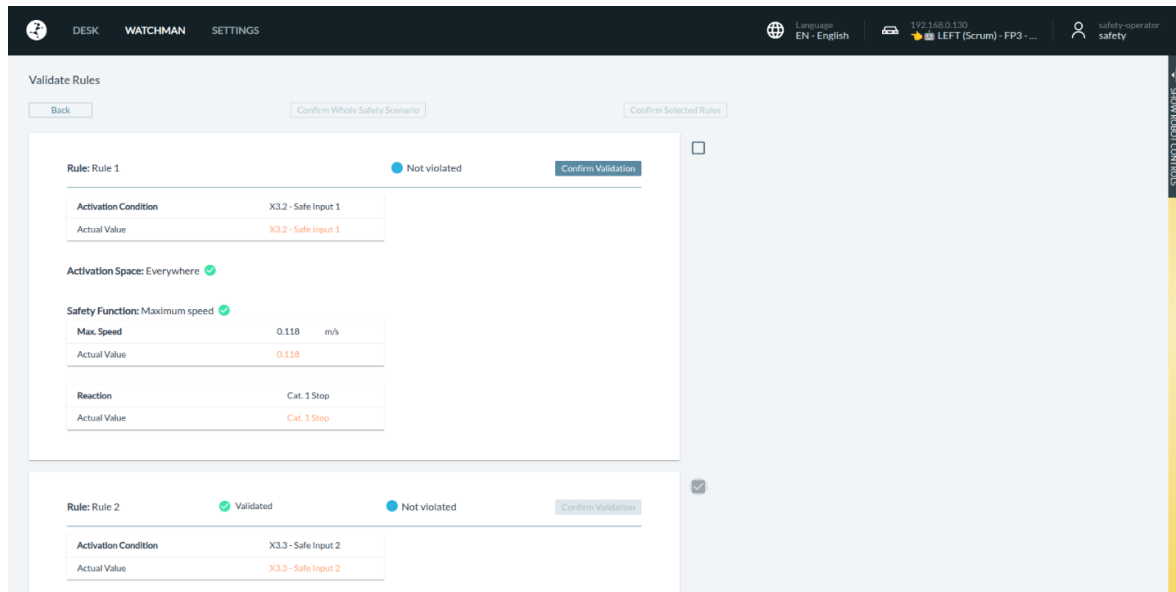


圖12.26: 驗證規則

現在列出方案的所有規則與各自的參數。第一步，必須在未確認的規則中驗證規則參數，然後驗證規則本身，如前所述。驗證各種安全功能的程序說明如下：

驗證安全輸入

- 檢查啟動條件是否符合風險分析所定義的安全概念。
- 將週邊裝置連接到安全輸入。
- 檢查輸入被觸發後，Watchman UI 中顯示的狀態是否會改變。

驗證 SLP-C

- 檢查安全功能的參數是否符合風險分析所定義的安全概念。

驗證 SLS-C

- 在程式設計模式下引導機器人，使其違反定義的規則。
- 檢查 Watchman UI 中安全功能旁邊顯示的違反狀態，是否會在預期位置 / 方向違反規則時改變。

驗證 SEEPO

- 檢查終端裝置的電源是否在所有預期的情況下都已關閉。

驗證整個規則、情境和整體組態

- 檢查安全功能的參數是否符合風險分析所定義的安全概念。
- 在每個層級檢查啟動觸發、安全功能、反應、規則和情境的組合是否符合風險分析所定義的安全概念。

若要確認規則，請按一下「確認驗證」或勾選要確認的規則旁邊的方塊，然後按一下規則上方的「確認選取的規則」。

現在所有規則都顯示為已驗證。

下一步是按一下「確認整個安全方案」來確認安全方案。Watchman 總覽現在會再次顯示，剛剛確認的安全方案現在顯示為已驗證。

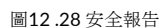
所有未經驗證的情況都必須以上述方式處理。

所有方案驗證完成後，左上角會出現「Report & Commit」按鈕。



此報告包含記錄安全功能的所有相關資訊，包括產生的校驗和。

現在必須列印報告並簽名。



系統現在已儲存並接受安全組態。滑動開關旁邊的驗證符號現在顯示為綠色，並顯示已驗證的狀態。

按一下滑動開關旁邊的驗證符號，就會顯示安全組態的目前校驗和。

13 與法蘭卡研究中心合作 3

13.1 機器人基礎知識

關節空間

在關節空間中，機器人的姿勢 是使用機器人每個關節的旋轉角度來描述的。與大多數有六個關節的工業機器人不同，Franka Research 3 有七個關節。這使得機器人具有極高的彈性。機器人上的末端執行器在空間中的線性移動是由幾個關節旋轉的疊加互動所產生的。

笛卡兒空間

在笛卡兒空間中，機器人姿勢並非由各個機器人關節的旋轉角度來描述，而是根據參考坐標系統（機器人的世界坐標系統或工具坐標系統）來指定。在此，終端效應器的位置和方向是焦點。笛卡兒姿勢的三維空間表示通常包含三個長度值（以米為單位），用來決定位置，以及三個數值（以度為單位），用來決定末端效應器的方向。

如需有關機器人姿勢的詳細資訊，請參閱本章的「備援」一節。

笛卡兒空間中的移動可以精確追蹤空間中的預定路徑，例如直線。位置的改變稱為平移，而方向的改變稱為旋轉。機器人的直角坐標運動始終取決於參考坐標系，Franka Research 3 可透過 Franka UI 管理設定中的終端執行器設定來設定參考坐標系。

備援

由於 Franka Research 3 有七個關節，因此手臂可以透過不同的關節配置達到特定的笛卡兒姿勢。這種能力稱為冗餘性。機器人可以移動的部分通常稱為「肘部」，因為它與人類手臂肘部的運動能力相符。手臂的備援功能可讓機器人在示教或執行任務時有更大的靈活性，例如，利用手臂環繞障礙物抓取位於其後方的物件。機器人肘部的行為可以改變，並適應各種情況。它可以設定為可自由移動或不可移動。

敏感度

手臂的所有七個關節中都有扭力感應器。扭力感應器可辨識作用在機械臂上的最小力並作出反應。這種靈敏度有助於實現多種功能和能力，例如阻抗或敏感碰撞檢測。為了達到最高靈敏度，機器人系統必須以最佳方式適應附加在機器人上或由機器人拾取的額外質量。因此，必須在 Franka UI 設定中盡可能精確地配置終端執行器。

阻抗

阻抗是模仿機械彈簧能力的機器人行為。阻抗控制的機器人可以輕柔地與環境互動，例如，不會損壞易碎的物件。改變阻抗的能力可被視為與人類手臂的能力相似，人類手臂會繃緊肌肉以改變剛性，並可根據情況進行調整，以增加執行任務時的穩健性。

碰撞偵測與反應

扭力感應器已整合至所有七個軸上。這些感測器可在任何特定時間提供每個軸當前應用的扭力資訊。結合我們以模型為基礎的 Control of Franka Research 3，可以精確地確定接觸力和關節的扭力。接著，機械手臂就能做出反應。舉例來說，如果機械臂在移動時碰觸到意外的物體，這個接觸會被一個或多個扭力感應器即時偵測到，並歸類為碰撞。例如，這可以用來停止機器人的移動。

注意事項

機器人對碰撞的反應取決於使用者的程式設計，並非安全功能。

產生力

手臂與周圍環境保持預定的接觸。在扭力感測器訊號協助下，馬達可在接觸點上產生定義的力。為了達到此目的，需要適當的應用程式或編程。

注意事項

外部接線會增加 Arm 的額外負載和扭力，可能會影響 Franka Research 3 的控制性能。

13.2 單點控制

系統提供單點控制 (SPoC) 功能，以符合法規要求。這表示每次只有一位使用者可以觸發關鍵動作，例如編輯系統設定和任務，或觸發主動式機器人動作，例如解鎖關節和執行任務。控制使用者會被指派 SPoC 軟體代碼。

SPoC 也適用於現場總線。請參閱本章的現場總線控制部分。

注意事項

即使沒有 SPoC 記憶體，仍有可能觸發非關鍵性的動作，例如停止執行中的任務 (Task) 或鎖定機器人的煞車。

掌握控制權

使用可用令牌連接機器人時，請接受登入後顯示的對話框，以取得控制權。令牌現已分配給您。未經您同意，其他使用者無法控制機器人。

請求控制

當使用其他使用者已使用的權限連線至機器人時，請接受登入後顯示的對話框，以要求控制。控制用戶將在屏幕上显示控制请求对话框。如果控制用户同意访问，令牌将重新分配给请求用户。如果控制使用者拒絕存取，代用權將保留給控制使用者。

注意事項

為了改善可追蹤性，建議在系統設定中為每個使用者設定命名的設定檔。如此一來，系統就能告知新連線的使用者目前是由誰在控制機器人。

與法蘭卡研究中心合作 3

使用者要求控制：

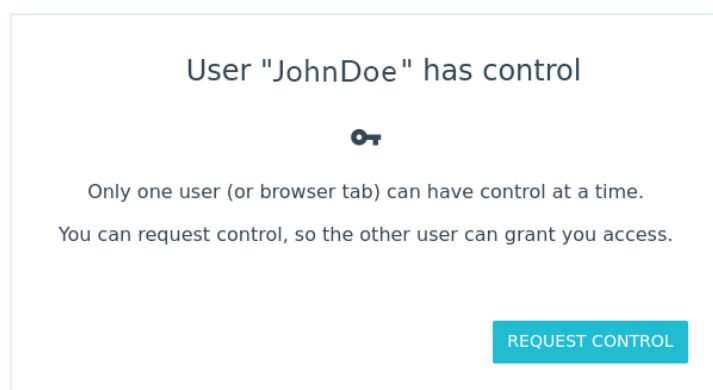


圖 .131：控制請求

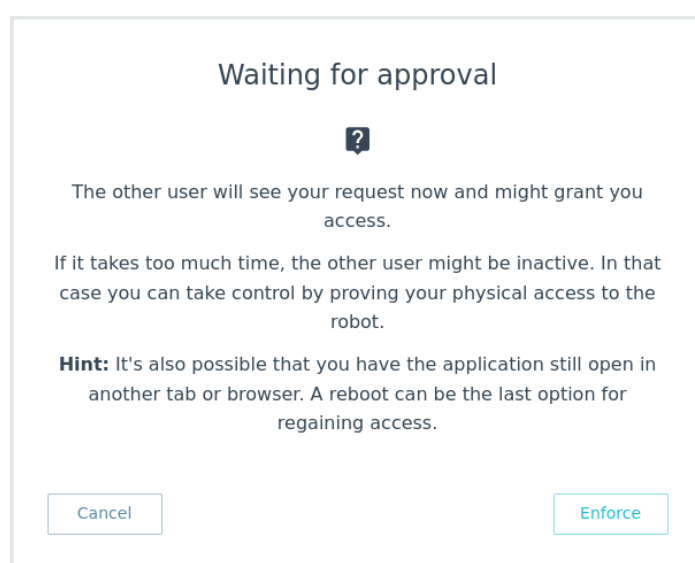


圖 .132：等待批准的使用者管理

擁有 SPoC 令牌的使用者會收到控制請求：

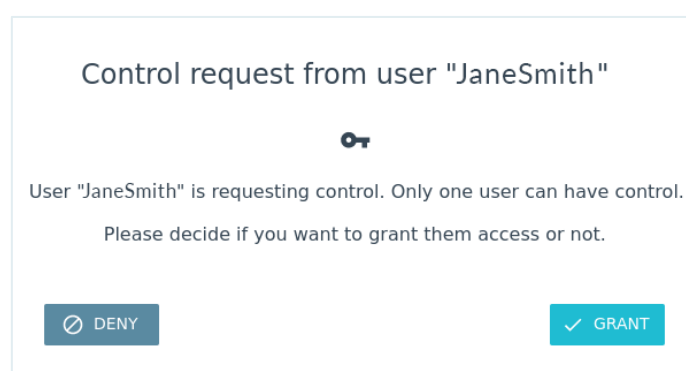


圖 .133：使用者請求

執行控制

如果使用者可以實體存取機器人，則可以強制執行控制。用戶可在登入後顯示的對話框中選擇強制控制，而非請求控制。選擇強制控制後，要求控制的使用者有一個時間視窗，他可以按下機器人 Pilot 上的藍色圓圈來控制機器人。控制使用者會在這段時間內收到執行嘗試的通知。控制使用者可以確認或拒絕控制。

注意事項

在系統設定中調整控制執行的時間視窗。預設情況下，時間視窗設定為 30 秒。

新使用者強制控制：

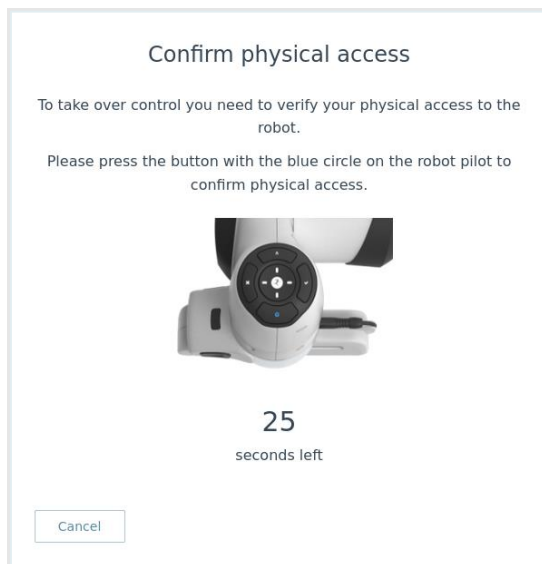


圖 .134 : 強制執行控制

執行控制

當控制使用者完成機器人工作後，控制使用者可在機器人功能表中釋放控制權。這將會鎖定控制使用者的存取權，並釋放記號碼。其他用戶現在可以連接到機器人並直接控制。如果控制使用者登出，控制權也會解除。

現場總線 控制

也可透過 **Fieldbus** 介面控制機器人。單點控制也適用於現場總線介面。所支援的現場總線通訊協定會提供所需的功能，但必須在連線實作時加以考慮。無論令牌狀態如何，都可透過現場總線進行資料存取和非關鍵動作。

Franka Research 3 實作 OPC UA 伺服器功能。

注意事項

所有現場總線的權限與操作員角色相同。

注意事項

如果機器人是透過現場總線通訊協定控制，則其他使用者嘗試透過 Franka UI 控制機器人時，不會有任何請求程序。當 Franka UI 使用者取得控制權時，會自動從現場總線通訊協定將記憶體重新分配給使用者。



有關如何使用 Modbus 和 OPC UA 的詳細資訊，請參閱 Franka World 的相關手冊。

13.3 操作模式

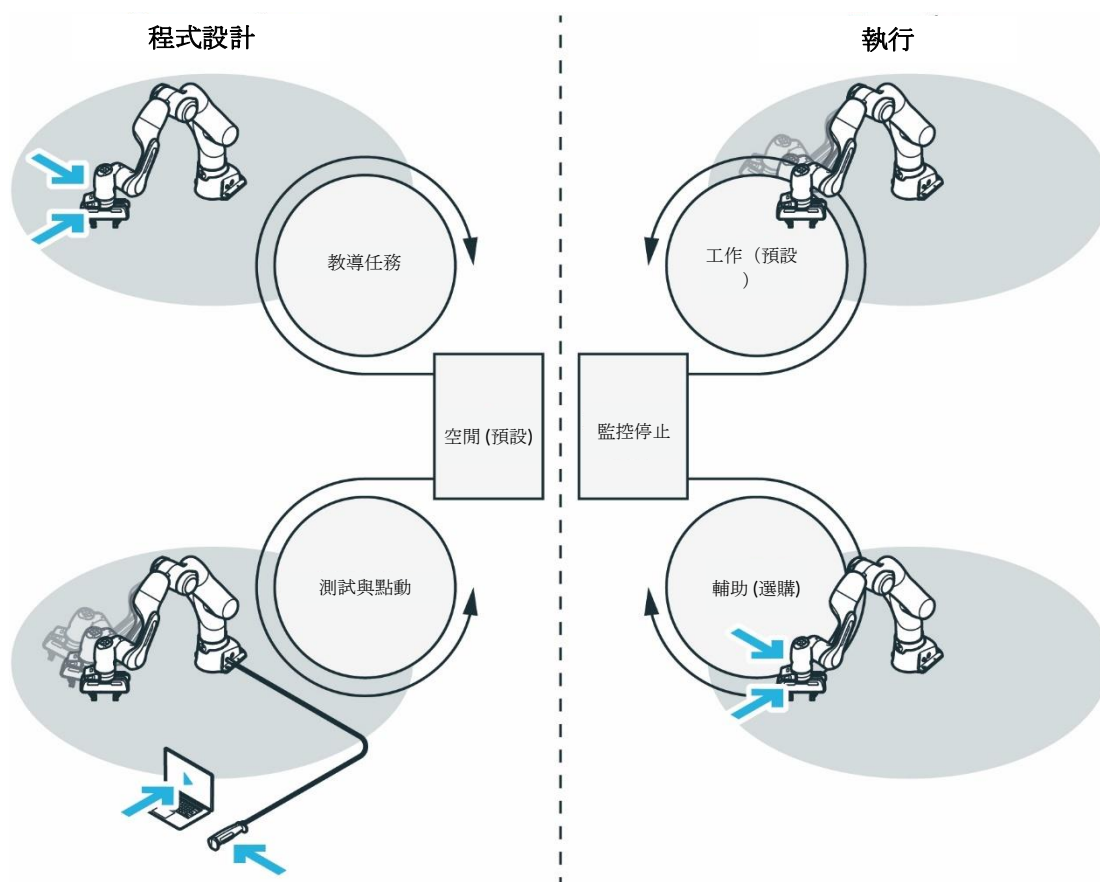


圖 .135 : 操作模式總覽

Franka Research 3 提供下列操作模式：

1. 程式設計
 - 閒置 (預設)
 - 教導任務 (啟用按鈕、引導按鈕)
 - 測試與點動 (外部使能裝置, Desk 中的保持運行按鈕)
2. 執行
 - 工作 (預設)
 - 監控停止
 - 輔助 (啟用按鈕、引導按鈕)

切換

使用 Desk 側邊欄上的切換按鈕在一般「燒錄」和「執行」模式之間切換。某些使用者互動會在一般模式中隱式選擇所有其他模式，例如在「程式編寫」中按下外部啟動裝置。

一般操作模式也可透過現場總線 控制切換。

13.3.1 程式設計

編程模式是一種操作模式，在此模式下，機器人可被編程以執行特定的任務。

在「编程」模式下，无法通过 FCI 控制机器人。

教導任務 (導向使能裝置)

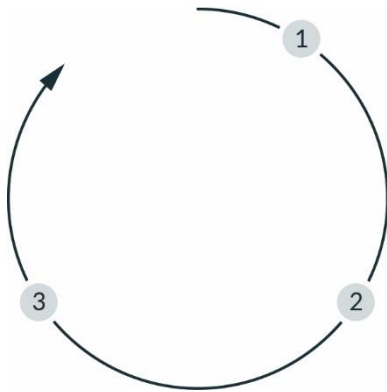
管理員透過設定任務及其應用程式的參數來教導機器人。管理員可使用 Pilot-Grip 上的啟動與引導按鈕，以手動方式引導機器人。

測試與點動（外部使能裝置）

管理員在遠離機器人的情況下測試和監控執行。使用經由專用 X4 連接埠連接至機器人的外部啟動裝置。如需詳細資訊，請參閱13.6.11 "測試與點動 " 章節。

編程的典型程序

使用 Franka Research 3 編程時，步驟如下：



圖。136：程序

1	教導任務	3	執行任務
2	測試與點動		

教導任務 (1)

教導 Franka 研究 3 a 任務。

測試與點動 (2)

走出最大工作區，檢查教導的任務是否正確執行。為此，可以限制速度，並隨時停止執行。

執行任務 (3)

一旦教授了任務，Franka Research 3 就會自動執行任務。

13.3.2 執行

執行模式是一種操作模式，在此模式下，機器人會執行先前透過 **Franka UI** 教導的任務，或可透過 **Franka** 控制介面移動。

工作

在工作模式下，自動執行任務，不需要安全的外部啟用裝置。如需詳細資訊，請參閱13.4「工作」章節。

監控停止

機器人在監控下處於靜止狀態。在下列情況下會出現此模式：

連接至使用 **SMSS** 安全功能的專用安全規則中配置的安全輸入的安全感測器可偵測到人類的存在。

轉換模式，提供輔助模式給使用者。

協助

如果手導是應用程式的一部分，則可在執行時使用此模式。此模式僅允許在定義的協同空間內使用。

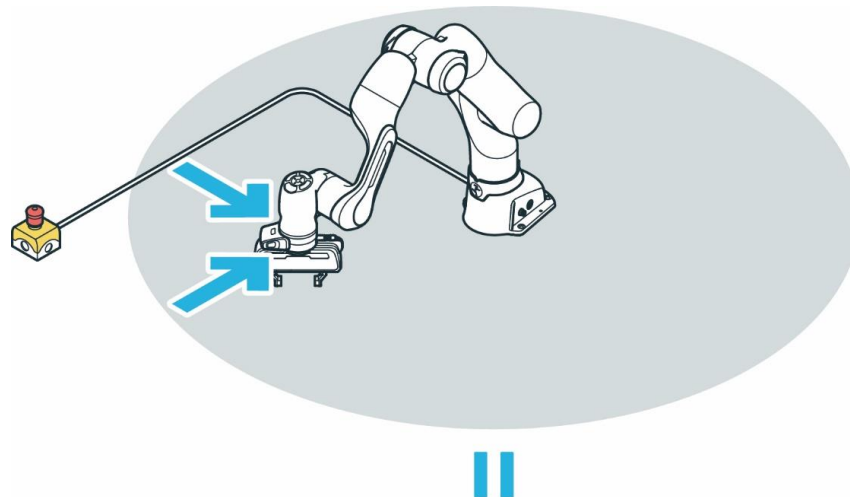


圖 .137：輔助操作

⚠ 警告

熱表面和導引

當環境溫度超過 30 °C 時，機器人表面會變得太熱而無法觸摸。因此，當環境溫度超過 30 °C 時，不允許在執行模式下使用輔助功能。

13.3.3 狀態指標概述

底座兩側的狀態燈會呈現相應的顏色，類似交通燈。在開機、Franka Research 3 需要注意或使用輸入數值時，狀態燈會緩慢閃爍。在其他過程中，燈會以 Franka Research 3 狀態的對應顏色點亮。Pilot-Disc 中間的圓形狀態燈也會顯示 Franka Research 3 的狀態。

當操作員與手臂互動時，Pilot-Disc 上的狀態指示燈會熄滅。

有關色彩行為的詳細資訊，請參閱 11.1 「開啟」一章。

警告

手臂的危險和不受控制的動作

嚴重受傷的風險，如壓傷、皮膚撕裂、手臂和末端執行器刺傷。

- 確保末端效應器和/或物件質量以及質量中心 (CoM) 的參數設定正確。
- 操作時請避開工作區域。

注意事項

示教或手導模式下的運動速度是預先設定的。速度可根據手臂在應用中的風險評估而降低。

13.3.4 逐步概述操作模式和相應的狀態指示器

1. 開啟控制器。

故障安全鎖定系統啟動，並以機械方式鎖定動作。

開機期間，指示燈會慢慢閃白。

啟動時，指示燈會持續亮藍色，表示煞車仍處於啟動狀態。

2. 若要開啟故障安全鎖定系統，請按一下 Desk 側邊欄中的「解鎖關節」。

顯示燈持續亮白色。

解鎖期間，燈號會緩慢地閃藍光。

解鎖後，指示燈又會持續呈現藍色。

Desk 側邊欄顯示「關節已解鎖」。

Franka Research 3 處於工作模式。

3. 切換至 Desk 中的 "Programming" 模式。

Franka Research 3 處於「閒置」模式。

燈光持續亮著白色。

與法蘭卡研究中心合作 3

4. 若要手動引導手臂進行教學，請按下引導按鈕，同時半按啟動按鈕。

燈光持續亮著白色。

5. 鬆開按鈕。

Franka Research 3 處於「閒置」狀態。

指示燈持續亮白燈。

6. 離開最大工作空間，帶著外部啟動裝置和緊急停止裝置執行 Test & Jog。

7. 按外部啟動裝置。

Franka Research 3 處於「測試與點動」模式。

指示燈持續亮藍色。

8. 按下 Desk 中的 Play 按鈕。

如果設定了倒數計時(請參閱13.6.11 "測試與點動" 章節中的啟動運動)，機器人指示燈會快速閃綠燈，直到倒數計時屆滿。

之後，任務開始執行。

執行期間，機器人指示燈會亮綠燈。

如果發生錯誤或違反安全規定，燈號會變成紅色。

如果存在衝突的安全輸入，指示燈會變成粉紅色（緩慢閃爍）。

9. 切換到 Desk 中的「執行」模式。

Franka Research 3 進入「工作」模式。

燈亮藍色。

無需外部啟動裝置即可執行任務。

執行期間，指示燈亮綠燈。

透過從安全組態（例如從安全輸入）觸發安全監控的停機，Franka Research 3 會進入「監控停機模式」。

10. 按下導引按鈕和啟用按鈕。

Franka Research 3 會進入「輔助」模式，並可作為任務的一部分進行指導。

13.4 工作

在工作模式下，機器人自主執行任務。與測試與點動模式相比，沒有外部啟動裝置 (External Enabling Device) 作為安全防護，也就是說，操作員需要與機械手臂所造成的危險安全分離 (acc. to EN ISO 10218-1:2011 and ISO 10218-2)。

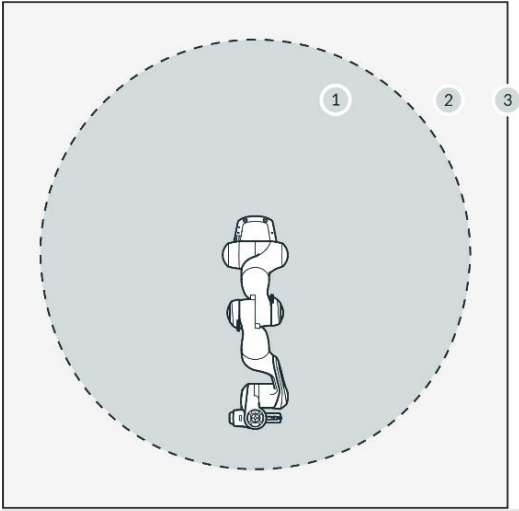


圖 .138 : 區域分配

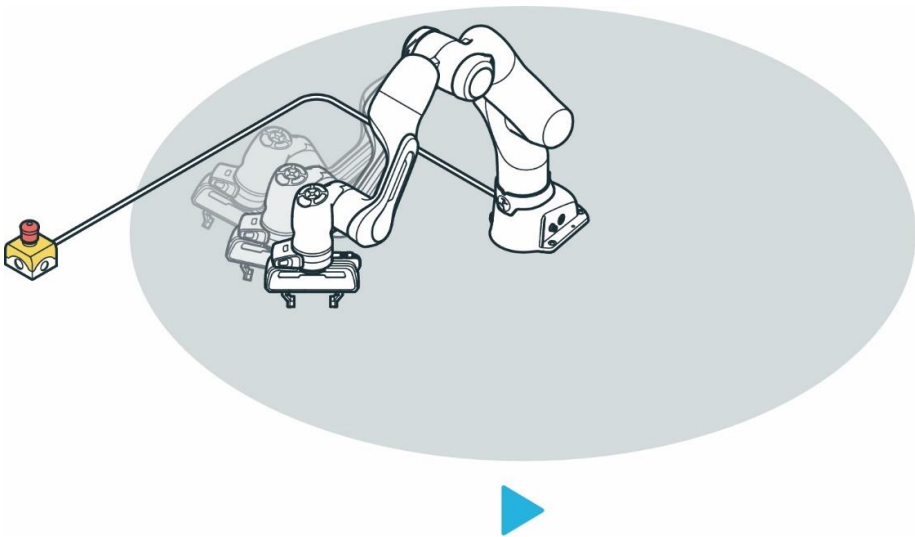
1	最大工作空間	3	周界防護
2	保障空間		

先決條件

- 已在「教導任務」中建立任務
- 該任務已在 Test & Jog 中測試成功。
- 安全系統在運行時沒有違規和錯誤。

注意事項

務必評估執行的遠端啟動，並在安全設計（例如外部安全手段）和機械人系統的安全設定中實現安全概念。



注意事項

操作期間的噪音水平 < 70 dB (A)

程序

1. 切換至「執行」操作模式
2. 按下 Desk 中的 Play 按鈕。

顯示確認對話框。

3. 確認對話框。

機器人執行學習到的任務。

注意事項

如果發生碰撞，會停止執行。失敗的 App 會高亮顯示，並顯示錯誤說明。在此模式下，可使用導引移動手臂，並消除任何導致錯誤的原因。

注意事項

任何錯誤訊息都會顯示在側邊欄中。在此可查看有關錯誤的資訊以及如何消除錯誤。

1. 若要繼續執行，請按下其中一個應用程式的「播放」按鈕。
2. 若要結束任務，請按下停止按鈕。

注意事項

在實現特定的電池安全概念時，必須評估遠端執行啟動。

使用弗蘭卡控制介面 (FCI) 的要求

- Der FCI-Mode 已啟動 (請參閱11.6 「典型使用方式」)。
- 與 Linux 工作站存在網路連線。
- 安全系統在運作時不會發生違規和錯誤。
- 煞車開啟。
- 控制系統處於執行模式。

注意事項

如果在透過 FCI 進行控制時發生錯誤，則會中止目前的操作，並透過 FCI 傳送所產生的錯誤。在 Franka UI 中會顯示錯誤訊息。

使用者的程式現在必須設計成可以自動將錯誤作為輸出傳送。

13.5 協助

輔助模式是 **Execution** 作業模式的一種狀態。此模式可根據 **ISO 10218-1** 以手動引導方式進行協同操作。為了使其可用，此模式必須由 **Watchman** 中的安全操作員明確啟用。

如果在執行任務期間，機器人處於儲存監控靜止 (**SMSS**) 狀態，按下啟動和手動輔助按鈕後，機器人會自動切換至輔助模式。此狀態會顯示在 **DESK** 中機器人的狀態訊息中。

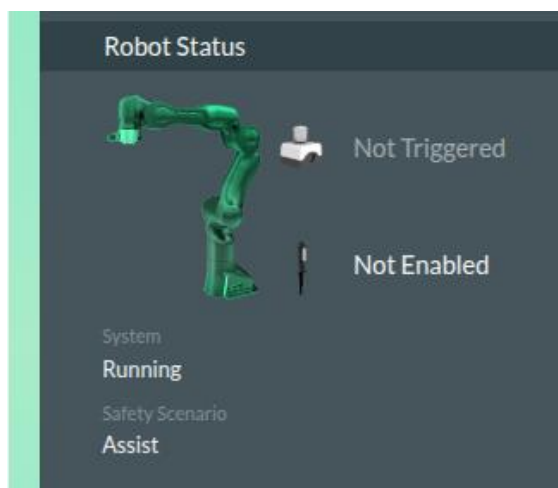


圖 .1310：顯示輔助模式 e

在此模式下，操作員可按下機器人 **Pilot-Grip** 上的啟動按鈕，以手動控制方式移動機器人。

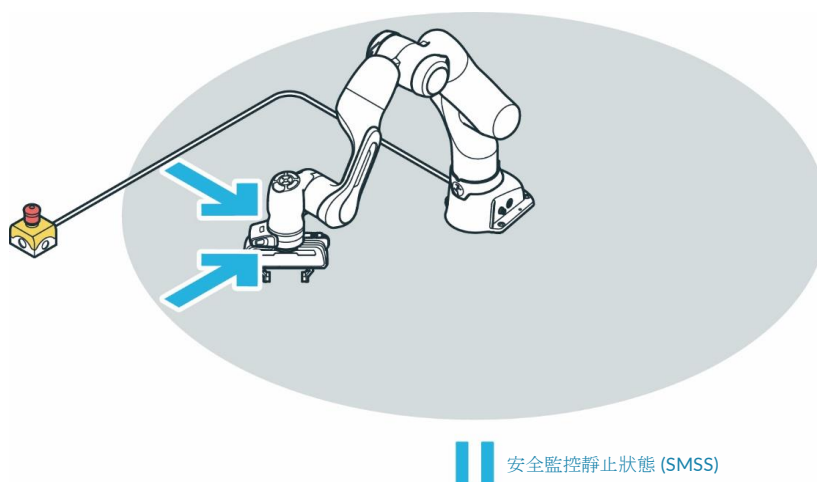


圖 .1311：輔助模組啟動運動的條件 e

警告

熱表面和導向

當環境溫度超過 **30 °C** 時，機器人表面會變得太熱而無法觸摸。因此，在自動模式下使用輔助功能不允許超過 **30 °C**。

如果再次移除安全監控**停滯**條件 (**SMSS**)，機器人會恢復執行停滯的任務，並移動到下一個姿勢。

與法蘭卡研究中心合作 3

使用 Franka 控制介面 (FCI) 時，SMSS 會發出錯誤訊息，並停止執行機器人的移動。取消 SMSS 並不會自動重新啟動機器人。必須通過命令輸入重新啟動。

啟動輔助模式的條件：

- 在 Watchman 的 Safety Settings (安全設定) 中啟動 Assist-Mode (輔助模式)。此啟動只能由安全操作員完成。
- 機器人必須處於安全監控靜止狀態 (SMSS)。為此，必須在 Watchman 的工作情境中建立規則，使機器人進入安全監控狀態 (安全監控靜止狀態)。此規則的觸發條件可以是處理安全輸入訊號 (X3.2 或 X3.3) 或進入定義的安全空間。建議由安全輸入訊號啟動安全監控靜止。
- 按下啟動按鈕和引導按鈕。

輔助模式下的移動選項：

- 按下 Pilot 手柄上的啟動和導引按鈕，機器人即可在手導引模式下自由移動。
- 在輔助模式下，無法啟動已安裝的末端執行器的移動。

退出輔助模式：

鬆開啟動按鈕或引導按鈕時，輔助模式會自動停止。



如果安全監控停滯 (SMSS) 由受監控的空間觸發，當啟動或引導按鈕在受監控空間外釋放時，機器人會立即移動到下一個姿勢。

因此，請規劃安全輸入 (X3.2 或 X3.3)，以便使用輔助模式啟動安全監控停滯 (SMSS)。

13.6 Franka UI

Franka UI 是 Franka Robotics 機器人的使用者介面。它可用於在 Desk 中編程和操作機器人。一般設定可透過 Settings 進行，而必要的安全調整則可透過 Watchman 進行設定。

如果使用者端連接至機器人基地的 X5 機器人網路，且 DHCP 用戶端已啟動，則可經由 URL <https://robot.franka.de> 連接至 Franka UI。

登入

輸入 URL <https://robot.franka.de> 之後，會出現登入使用者介面。

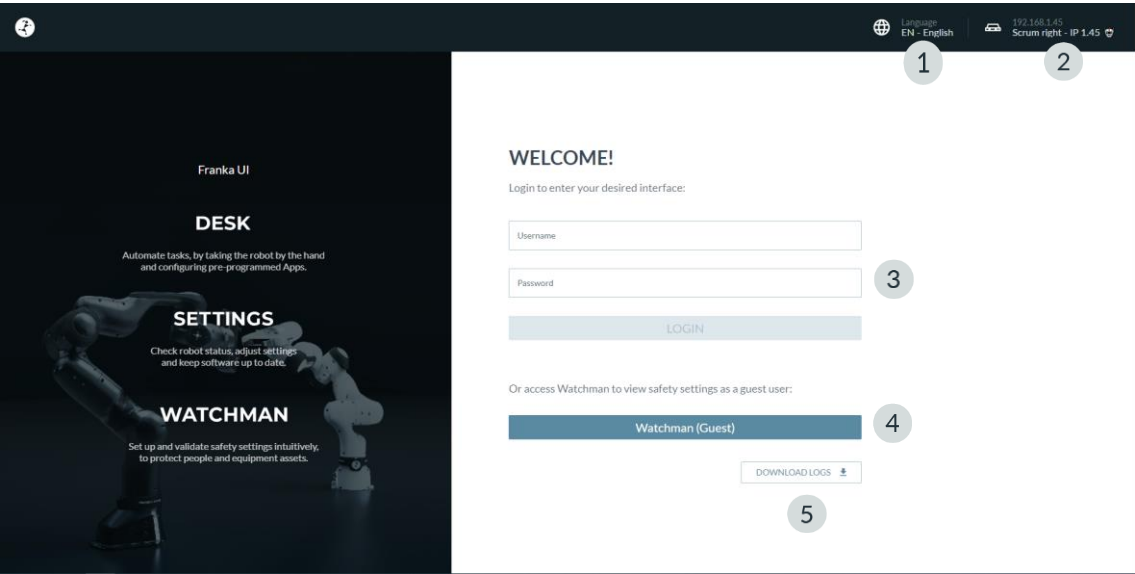


圖 .1312 : 登入 Franka 使用者介面

1	語言選擇	4	守望者
2	網路狀態	5	下載日誌檔案
3	登入		

1 語言選擇

按一下 以選取使用者介面的可用語言。

2 網路狀態

顯示機器人目前的 IP 位址，以及機器人在 Franka World 的註冊名稱。

按一下會開啟一個選單，有以下選項：

- 連線至 Franka World，顯示機器人是否連線至 Franka World（綠點或紅點）。
- Shut Down（關機）按鈕，關閉機器人。
- Manuals 按鈕，按一下此按鈕可開啟控制項的下載頁面，並可開啟所有可用語言的使用者手冊。

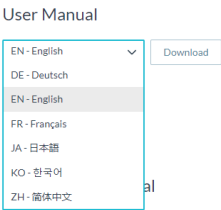


圖 .1313：下載使用手冊

3 登入

用於登入的輸入欄位；使用者登入後，會出現 DESK 的檢視。

4 守望者

在檢視模式下直接存取 Watchman 使用者介面。

5 下載日誌

下載機器人日誌檔案的按鈕。

辦公桌

概述

Desk 是 Franka UI 中的用戶介面，用於編程、設定和操作機器人。若要開啟 Desk，請在瀏覽器中輸入下列 URL：
<https://robot.franka.de> 並登入。

在 Desk 中，您可以建立任務。任務是按時間順序排列的 Apps。反過來說，Apps 是任務的構成要素，並概括了 Franka Research 3 的基本能力，例如「抓起」、「放下」或「按下按鈕」。

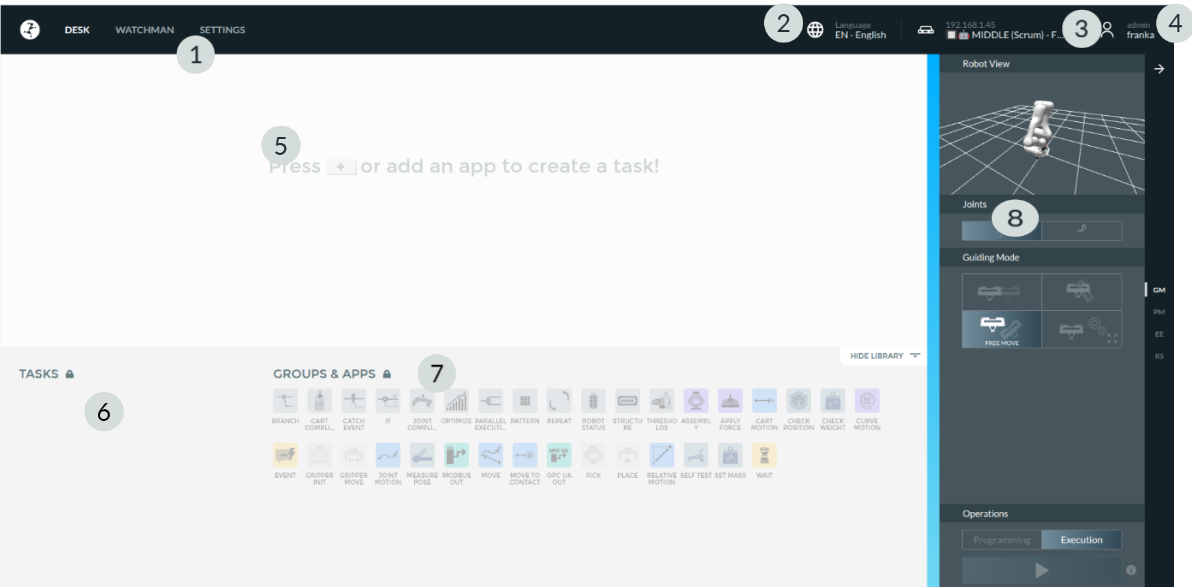


圖 .1314：辦公桌

1	快速導覽	5	時間軸
2	語言選擇	6	任務
3	系統選單	7	群組與應用程式
4	使用者選單	8	側邊欄

1 快速導覽

要在 Desk、Watchman 和 Settings 的顯示之間快速切換。

2 語言選擇

按一下 以選取使用者介面可用的語言。

3 系統選單

顯示機器人目前的 IP 位址，以及機器人在 Franka World 的註冊名稱。

按一下開啟系統功能表，有以下選項：

- Link to Franka World (與 Franka World 連結) : 指示機器人是否與 Franka World 連結 (綠點或紅點)。
- Reboot 按鈕; 重新啟動 機械人。
- Shut Down (關機) 按鈕，關閉機器人。
- 啟動 FCI 按鈕。
- Manuals 按鈕; 按一下此按鈕可開啟控制項的下載頁面，並可開啟所有可用語言版本的使用者手冊。

4 使用者選單

登入資訊顯示目前登入的使用者及其角色。按一下此按鈕會開啟使用者功能表，有以下選項：

- 釋放控制權; 交出機器人的控制權。
- Log Out (登出); 從使用者介面登出目前的使用者。

5 時間軸

在時間軸上排列您的應用程式，以編排您的任務。時間軸代表任務的時間順序。

6 任務

機器人的所有設定任務都會列在「任務」區中。您可以在此存取現有的任務並進行管理。您也可以建立、下載、複製、重新命名或刪除任務。將從目前或其他機器人下載的任務檔案拖放到任務區，即可匯入任務。

Franka Research 3 不支援 Franka Robotics 老一代機器人系統的任務。

注意事項

確保您經常備份系統日誌、安全日誌和建立的工作。

7 應用程式

所有已安裝的 Franka World 應用程式都可在此檢視。Desk 這部分的應用程式可直接在「任務」部分使用。將所需的應用程式拖放到時間軸，即可使用和設定這些應用程式。

8 側邊欄

側邊欄可讓使用者透過選擇先導模式 (PM)、選擇手導模式 (GM)、鎖定/解除關節或開啟或關閉末端執行器 (EE) 來控制機器人。它顯示機器人的狀態和重要訊息 (RS)。

1. 指導模式：
 - 翻譯
 - 旋轉
 - 免費
 - 使用者定義
2. 鎖緊接頭：
 - 鎖
 - 解鎖

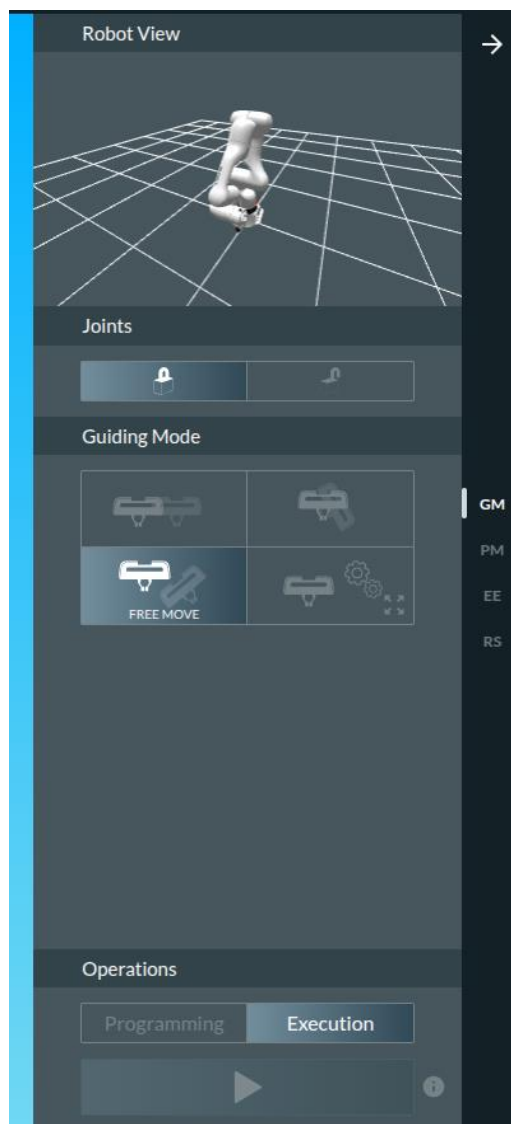


圖 .1315 : 桌面側邊欄 (GM)

1. 導航模式：

在桌面控制和末端效果器控制之間切換

2. 鎖緊接頭：

- 鎖
- 解鎖

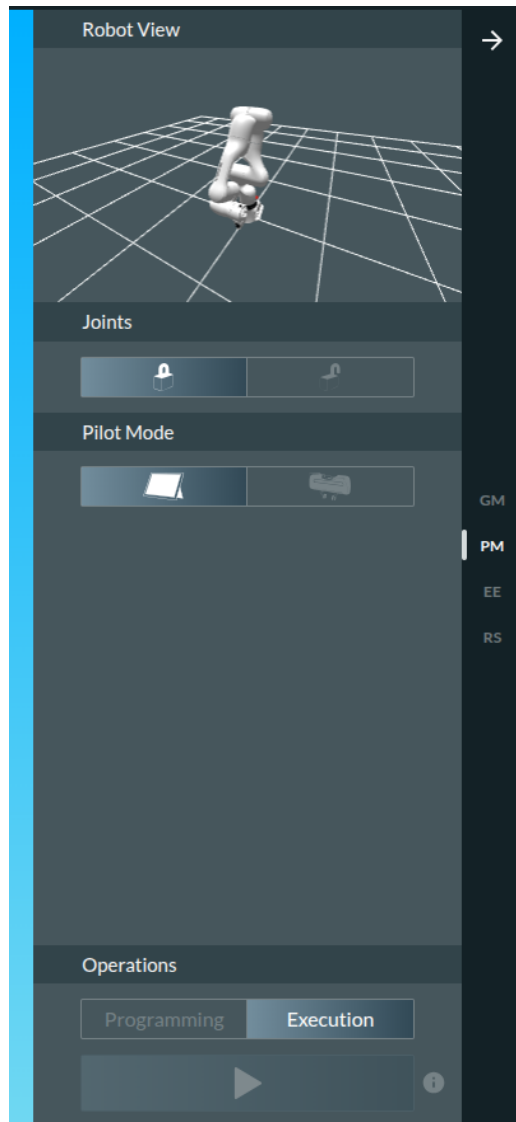


圖13.16: 桌面側邊欄 (PM)

與法蘭卡研究中心合作 3

1. 鎖緊接頭：
 - 鎖
 - 解鎖
2. 啟動終端效應器：
 - 開啟
 - 關閉/開關
3. 狀態列

彩色顯示機器人狀態，請參閱第11.1章「開啟」中的顏色表。

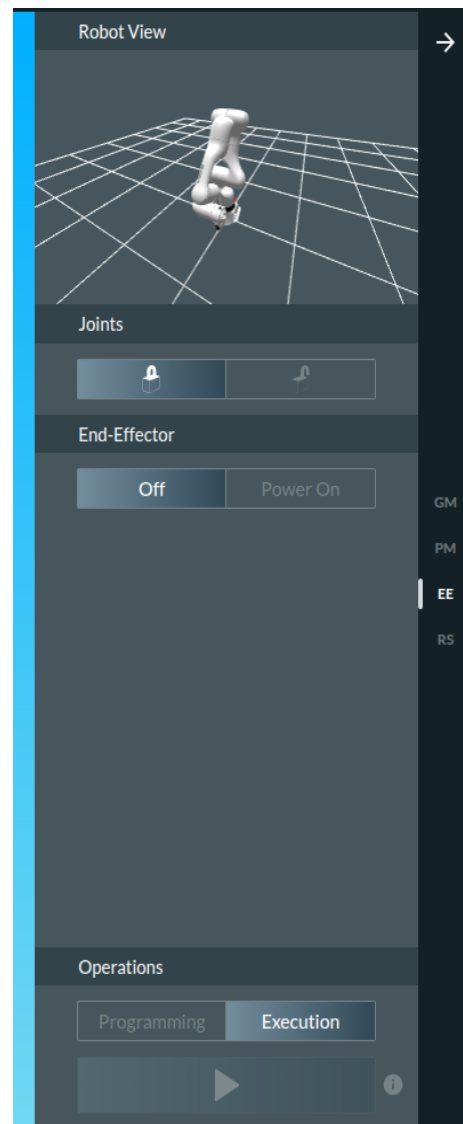


圖13.17: 桌面側邊欄 (EE)

1. 啟動末端執行器：

- 開啟
- 關閉/開關

2. 狀態指示 機器人

- 狀態和訊息

3. 狀態列

彩色顯示機器人狀態，請參閱第11.1章「開啟」中的顏色表

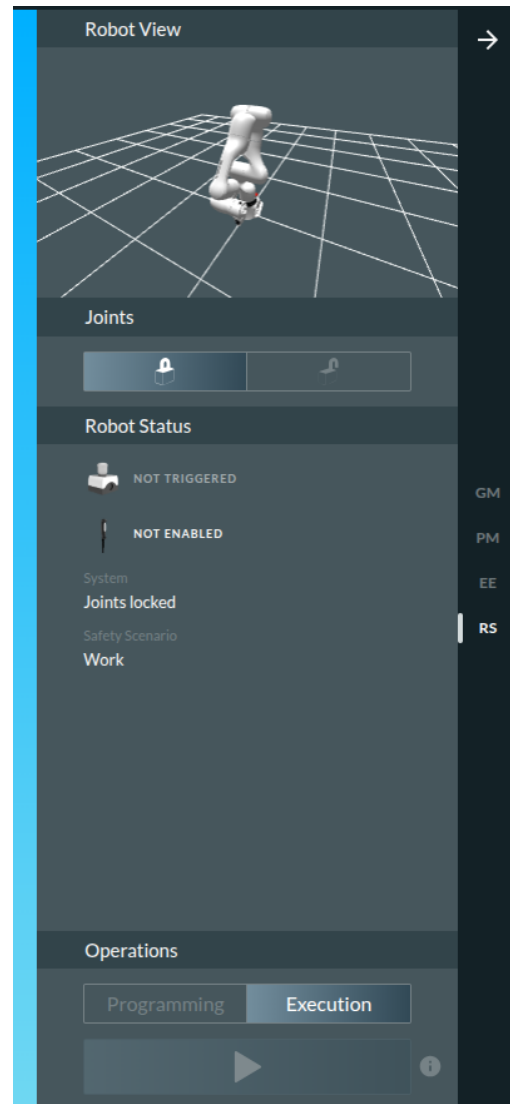


圖13.18: 桌面側邊欄 (RS)

守望者

透過 Watchman Web 應用程式，只有「安全操作員」使用者才能編輯、驗證及整合安全設定。但是，任何使用者都有權在 Watchman 中檢視目前的安全設定。

若要在 Watchman 中檢視目前的安全設定，請按一下上方功能表列中的「WATCHMAN」或在瀏覽器中前往 <https://robot.franka.de/watchman>。

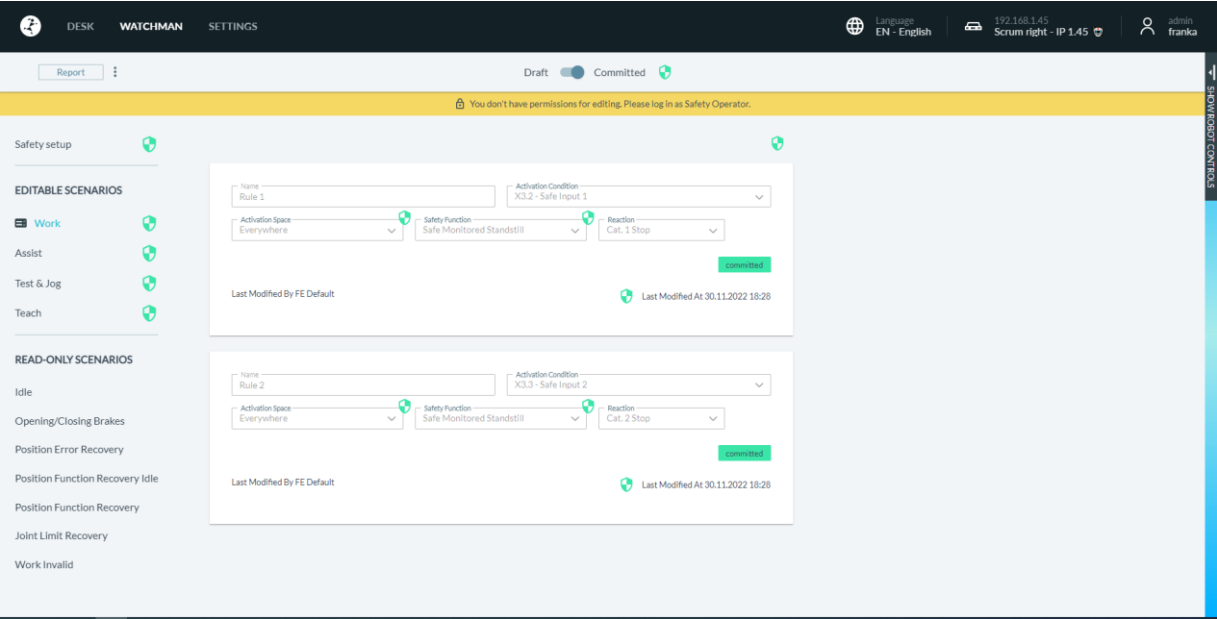


圖 .1316 : 守望者

有關介面的詳細說明，以及設定機器人安全設定的程序，請參閱Error! Reference source not found.Error! Reference source not found. "。

設定介面

在設定介面中，管理員可使用各種功能來設定機器人。

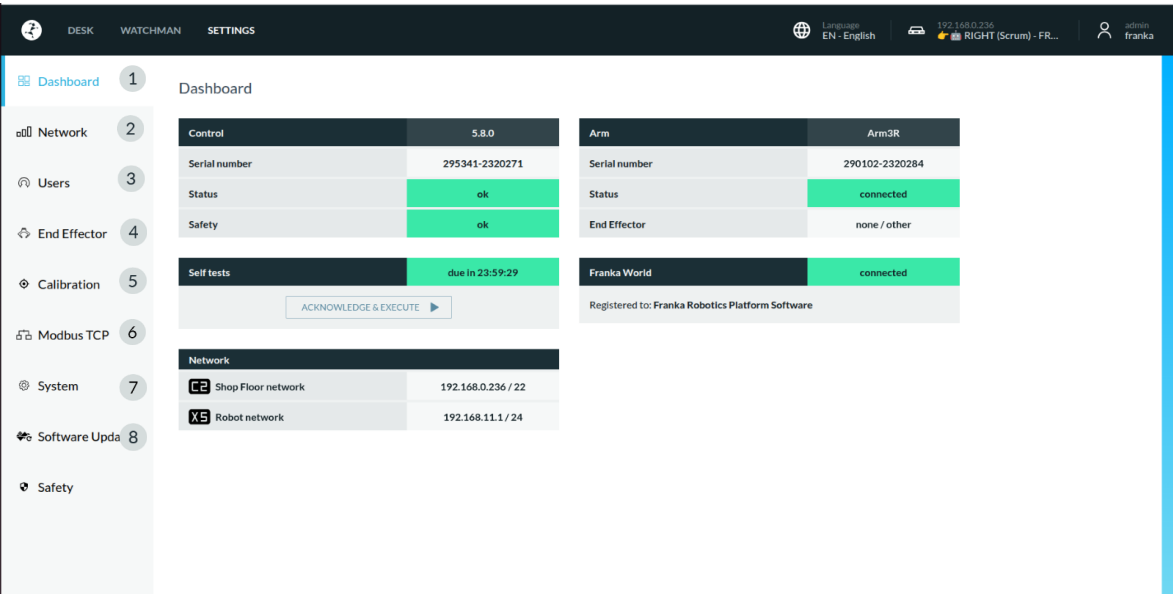


圖 .1317 : 功能表 設定

1	系統概觀	5	Modbus TCP 設定
2	網路設定	6	系統設定
3	使用者管理	7	弗蘭卡世界同步
4	終端執行器配置	8	安全性

1 系統狀態總覽

- 有關控制的系統資訊
- 手臂的系統資訊
- 連接網路的網路資訊

2 網路配置管理

- X5 機器人網路的位址設定
- 配置公司網路 C2

3 使用者管理

- 建立、編輯及移除使用者

4 終端執行器的配置

- 啟動終端效果器的電源供應
- 選擇終端效應器
- 終端效果器參數的設定

5 Modbus 組態

- 下載 Modbus 手冊
- 啟動 Modbus 功能
- 上傳與下載 Modbus 組態

6 系統設定

- 下載系統日誌
- 重設為出廠設定
- 移動到包裝姿勢

7 弗蘭卡世界同步

- 安裝應用程式和功能
- 法蘭克世界軟體更新

8 安全設定

- 下載安全記錄
- 設定移動啟動的延遲
- SPoC 令牌強制逾時的設定

13.6.1 應用程式

Apps 包含了 Franka Research 3 系統的整個複雜性，代表了一個流程的模組化建構區塊，例如抓取、插入、插入和擰緊。使用 Desk, Apps 可在短時間內排列成整個任務。所建立的任務可快速調整、重複使用，或部署在多台機器人上，以大幅降低設定成本。可透過示範教授 Franka Research 3 種姿勢，或加入速度、持續時間、力道和觸發動作等情境相關參數，來設定個別 Apps 和任務的參數。



請造訪我們的商店 <https://franka.world>，瀏覽我們持續成長的 Apps 和解決方案組合。

13.6.2 教一項任務

警告

導引時受傷的風險

導引時有撕裂皮膚或刺穿的風險。

- 最大工作空間內不要有尖銳的邊緣。
- 請勿在最大工作空間內放置任何尖銳物品。
- 如需詳細資訊，請閱讀0 章節「Franka Research 3 的使用與定位實用技巧」。

注意事項

在使用 Franka Research 3 執行任何任務之前，請務必先閱讀章節11 "操作"。

13.6.3 建立任務

程序

1. 若要建立和選取新任務，請按一下任務中的 "+" 符號，並指定名稱。

新任務會以空時間軸建立。

2. 將相關的 Apps 從 Apps 拖放到 Timeline，即可編寫個別任務。
或者，按兩下各應用程式，將其加入時間軸。
3. 將應用程式拖放至所需的順序。
已編程的任務會從左至右執行。
4. 若要從任務移除 Apps，請將各 Apps 從 Timeline 拖放到 Apps。

或者，在 App 上按一下滑鼠右鍵，開啟下拉式功能表，您可以從中啟用、停用或刪除個別 App。
5. 若要變更任務層級設定，例如執行速度，請按一下時間軸的任務名稱。

13.6.4 任務 設定

程序

1. 按一下 Desk 左上角的任務名稱。
2. 設定機器人速度、順應性/剛性和敏感度臨界值的參數。

注意事項

導航和參數設定也可透過 Pilot 上的按鈕完成。

13.6.5 應用程式的參數化

警告

在初始安裝期間，從終端執行器墜落的物件

從夾持器掉落的物件會導致手部、手指、腳部和腳趾受傷。

- 務必穿戴個人防護裝備（如安全鞋）。
- 使用適當類型的夾具以防止物件掉落。
- 根據 10218-2 進行風險評估時，請考慮所抓物品的形狀、質地和重量。使用重量輕和/或圓形的物件可能會大幅降低風險。
- 請勿將手放在所抓物件與實體物件（如桌子）之間。
- 啟動前請勿載入末端效應器，因為每次啟動時解除煞車鎖定後，可能會發生「歸位」現象。

管理員建立任務並新增至少一個 App 之後，就可以設定 App 參數。

先決條件

- 已建立任務，並選擇在時間軸中顯示。
- 任務中已加入 App。

程序

1. 若要在建立的任務中開啟應用程式，請按一下該應用程式。
會出現相應的上下文功能表來設定參數。
2. 按照應用程式上下文功能表中的指示來教導或參數化姿勢。
3. 手動引導機器人達到所需的姿勢。
4. 按下 Pilot-Disc 上的 Teach（教學）按鈕確認姿勢。

有關 Pilot-Disc 及其按鈕的詳細資訊，請參閱 6.1 "手臂" 一章。

有關指導的進一步資訊，請參閱「教導任務」一章中的指導設定一節。

教 一項任務

與法蘭卡研究中心合作 3

應用程式的上下文功能表各有不同，包含一個或多個輸入參數的步驟，例如：教學姿勢或輸入執行速度。

只有啟動的 Apps 才會執行，並且需要教導。

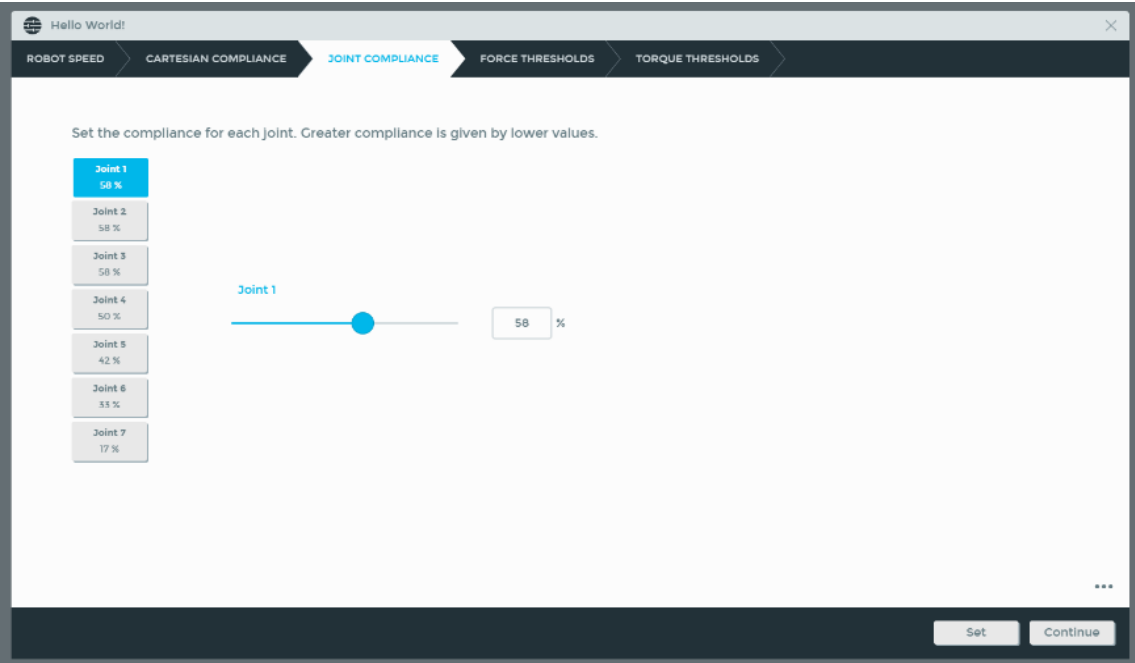


圖 .1318：應用程式參數化

注意事項

Pilot（按鈕）也可用於導航和參數設定。

13.6.6 姿勢教學

⚠️ 小心

手臂意外移動

不正確的設定質量和重心值可能會導致傷害，例如擠壓。

- 檢查任何終端效應器的質量和重心，以及其抓取的物件。
- 必要時更正數值。

先決條件

已在任務中加入具有姿勢參數的 App。

程序

1. 按一下開啟應用程式。

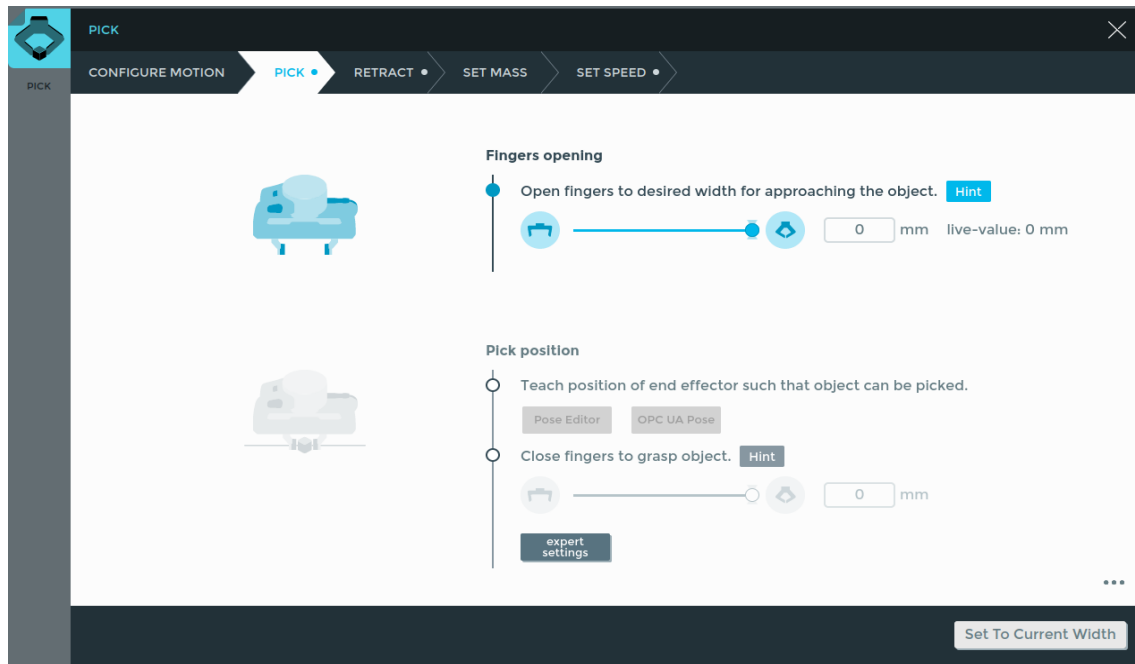


圖 .1319 : 應用程式介面

2. 按一下 App 中必要的步驟

依照13.6.9「指導」章節所述，導引電動臂。

3. 停止引導手臂。
4. 達到正確姿勢時放開按鈕。
5. 按下 Teach 按鈕確認姿勢。

在 App 中教一個姿勢現在已經完成。

13.6.7 姿勢微調

程序

1. 按一下要調整姿勢的 App。
出現上下文功能表。
2. 在上下文功能表中，用滑鼠右鍵按一下要調整的姿勢。
3. 透過加/減鍵 (2) 單步調整末端效應器的直角坐標姿勢。當您調整好姿勢後，您可以透過 "HOLD TO MOVE" (保持移動) 鍵 (3) 將手臂移動到重新調整的姿勢。
TAKE LIVE POS 「(4) 按鈕可用於採用先前透過手動輔助達成的姿勢，而」 TAKE STORED POSE" (5) 按鈕可用於採用目前儲存在 Control 中的姿勢作為目前的設定。
4. 要儲存姿勢，請按一下「儲存」(1)。
調整姿勢。

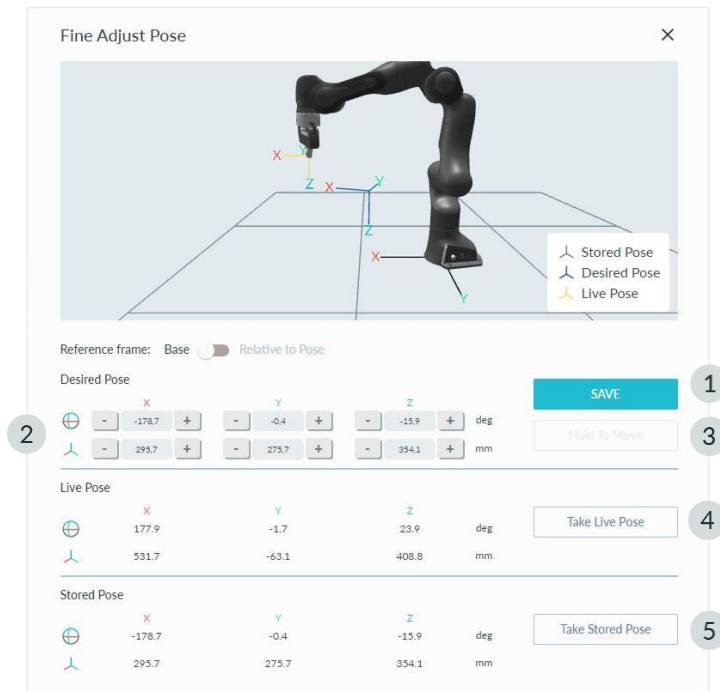


圖 .1320 : 姿勢微調

13.6.8 指導配置

在導引模式（Guiding mode）下，旋臂的運動遵循相應的導引配置，該配置顯示在側邊欄中。按下導引夾上方的導引模式按鈕，即可變更導引配置。也可從側邊欄選擇所需的配置。可選擇下列配置：

- 平移
手臂的移動只能改變末端效應器的笛卡兒位置。其方向維持在進入導向模式之前的位置。
- 旋轉
旋臂的移動只能改變末端效應器的笛卡兒方位。它的位置會維持在進入導引模式之前的位置。此旋轉的參考坐標系是終端效果器的預先定義坐標系。
- 自由
手臂可以自由移動。所有七個關節都可以移動。
- 使用者
使用者可以定義每個笛卡兒平移軸和旋轉軸的引導行為。肘部可以是活動或固定的。

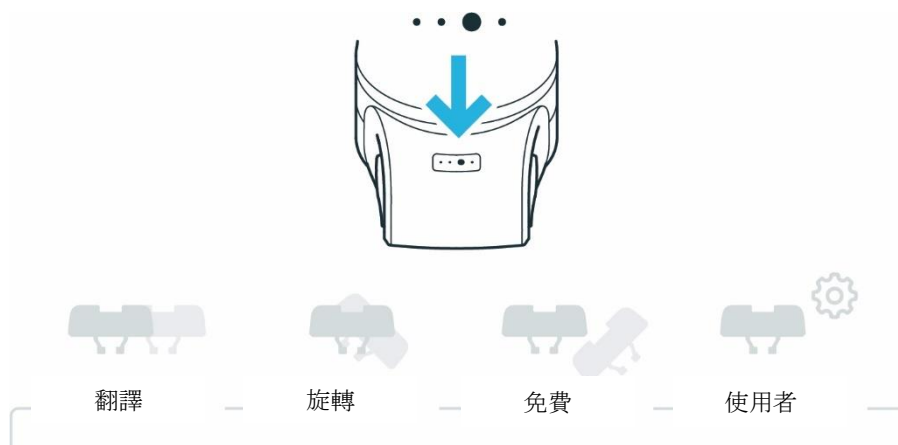
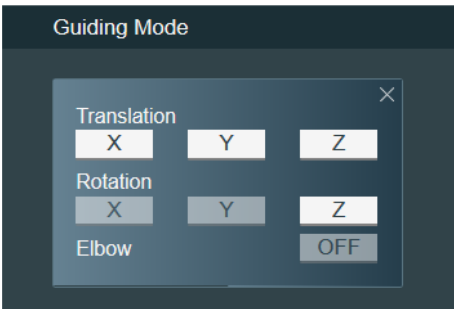


圖 .1321：手動輔助模式切換概述



圖 .1322：手動引導示意圖

如果選擇了「使用者模式」，使用者可以選擇引導的限制條件：



圖。1323：設定，如果選擇了 "使用者模式

必要的指導元件

要引導手臂，請使用 Pilot。

注意事項

直接透過觸控螢幕或使用滑鼠/鍵盤操作 Desk。

注意事項

Teach 或 Hand Guiding 模式下的運動速度是預先設定的。在 Watchman 的設定中，可根據手臂在應用中的風險評估降低速度。

安全說明

先決條件

1. 控制器必須開啟並啟動。
2. 必須允許所有連接至 X3 的外部裝置移動。
3. 緊急停止解除。

程序

- 離開最大工作空間，並確保最大工作空間內沒有其他人。

與法蘭卡研究中心合作 3

- 在 Desk 上，按一下「解鎖關節」。

七個軸心各做一個小動作，可以聽到七聲喀嚓聲。

Arm 現在處於閒置模式或受監控的停止狀態。

- 回到最大工作區開始導引。



有關 Pilot 的詳細資訊，請參閱6.1 "手臂" 一章。



如需詳細資訊，請參閱0 " " 章節。

使用與定位的實用技巧 of Franka Research 3 "。

13.6.9 指導

⚠ 小心

手臂意外移動

不正確的設定質量和重心值可能會導致傷害，例如擠壓。

- 檢查任何終端效應器的質量和重心，以及其抓取的物件。
- 必要時更正數值。

程序

1. 按下導向按鈕，然後半按啟用按鈕。

導航現已啟用。

機器人底部的狀態指示燈會變成白色。

2. 用手引導手臂。
3. 停止用手引導手臂。
4. 達到正確姿勢時放開按鈕。
5. 按下示教按鈕確認姿勢。

應用程式中的姿勢教學現已完成。

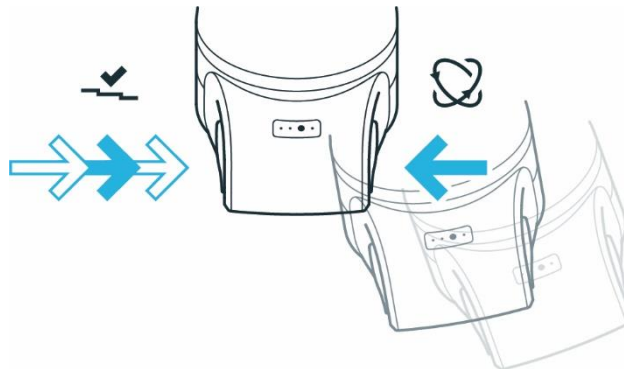


圖 .1324: 手導板核准

注意事項

請勿使用外部啟動按鈕引導機器人，否則會導致錯誤。

注意事項

鎖定時請勿引導手臂。

注意事項

手導時傳送的震動低於 2.5 m/s^2 。它是根據 DIN EN 1032:2009-02 中定義的測試方法進行測試的。

13.6.10 編輯終端效果器設定

正確的配置是操作 Franka Research 3 的必要條件。配置不正確時，重力無法完全補償，手臂會控制到錯誤的目標值。

程序

1. 前往 Franka UI。
2. 按一下設定。
3. 選取終端效果器子功能表。

輸入遮罩開啟。

4. 輸入各自的技術資料，例如質量或質量慣性矩陣。

如果設定不正確，可能會發生下列行為：

- 在引導模式下，手臂可能會拉向某些方向。
- 在操作模式下的控制可能會受到影響，因此 Arm 對於碰撞偵測的預期靈敏度會降低。
- 追蹤的行為可能會受到影響。

一旦教導好任務並設定好正確的末端效應器，切換到 **Test & Jog** 以合理的執行速度測試任務。確保沒有碰撞，一切運作正常，並可隨時鬆開外部啟動裝置停止。

13.6.11 測試與點動

注意事項

在使用 Franka Research 3 執行任何任務之前，請務必先閱讀章節11 "操作"。

啟動運動

可以在「設定」中設定和編輯任務執行的倒數時間。

在 **Test & Jog** 或 **Work** 模式下啟動任務時，會在執行任務前顯示倒數計時。在倒數期間，機器人底座上的 LED 會以綠色快速閃爍的方式顯示已開始的任務。

注意事項

系統重新開機後，控制令牌會被重設。

注意事項

在系統設定中調整等待時間。預設情況下，等待時間設定為 0 秒。

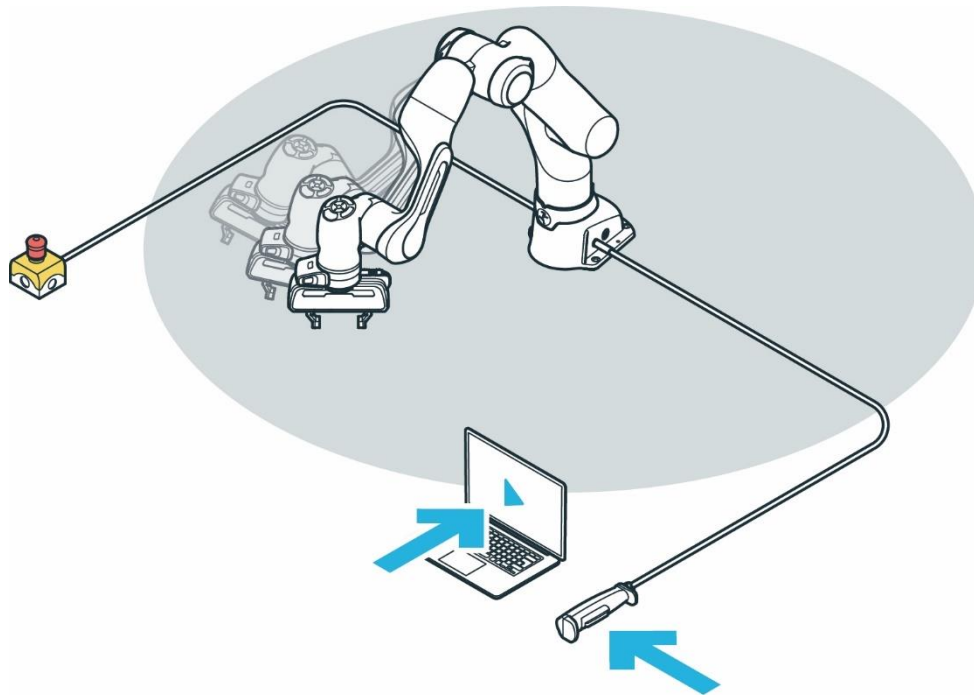


圖 .1325 : 測試與點動

測試

安全說明

先決條件

- 機器人學會了一項任務。
- 外部啟動裝置必須連接至 X4。
- 操作員必須離開最大工作空間。
- 操作員必須檢查所有其他人是否已離開安全區。
- 操作員必須全神貫注於待定的機械手動作。

程序

要啟用機器人，請按下外部啟用裝置上的按鈕。可選：在側邊列的「操作」部份選擇適當的執行速度。預設速度為 0.25m/s

按住側邊欄 "Operation"（操作）部分的 Test&Jog 播放按鈕。

如果釋放「播放」按鈕或「外部啟用裝置」，工作執行將會終止。

如果已設定任務執行的倒數時間，也會顯示確認對話框。在倒計時期間，仍可取消執行。在倒數期間，機器人指示燈會快速閃綠燈。

如果機器人按照預定的方式執行任務，則進入13.4「工作」章節。

如果需要調整，請返回13.6.2「教一項任務」章節。

注意事項

系統會監控 Franka UI 保持運行控制的連線，最大超時時間為 1 秒。如果在按下保持運行控制時偵測到連線斷開，系統會停止運行。

13.7 法蘭克控制介面 (FCI)

Franka 控制介面 (FCI) 允許與機械手臂、Franka Hand 和 Cobot Pump 進行快速、直接的低階雙向連接。它可提供機器人目前的狀態，並透過乙太網路與外部工作站 PC 連線，直接控制機器人。

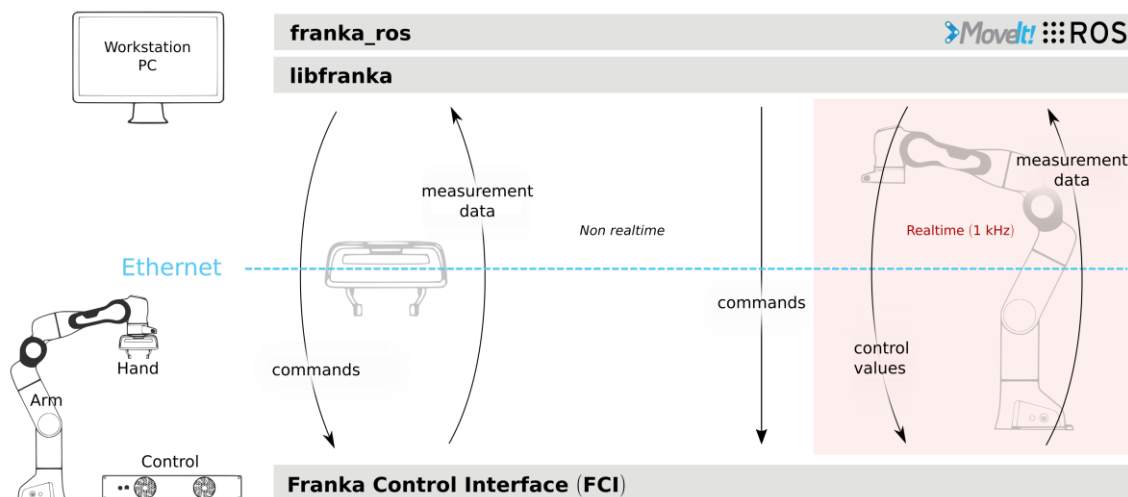


Abb. 131.FCI 示意圖總覽

使用我們的開放原始碼 C++ FCI 用戶端 `libfranka`，您可以透過 5 種不同的介面，以 1 kHz 的頻率傳送即時控制值：

- 重力與摩擦補償接合層扭矩指令。
- 聯合位置指令
- 聯合速度指令。
- 笛卡兒姿勢指令。
- 笛卡兒速度指令。

與此同時，您可獲得 1 kHz 的測量結果：

- 測量的關節資料，例如位置、速度和連結端轉矩感測器訊號。
- 估算外部施加的扭矩和力。
- 各種碰撞和聯絡資訊。

您還可以存取提供的機器人模型庫：

- 所有機器人關節的前向運動學。
- 所有機器人關節的 Jacobian 矩陣。
- 動力學：慣性矩陣、科里奧利向量、離心向量和重力向量。

此外，`franka_ros` 和 `franka_ros2` 將 Franka Robotics 的研究機器人與整個 ROS 和 ROS2 生態系統連接起來。它將 `libfranka` 整合到 [ROS Control](#) 中。此外，它還包含了我們機器人和終端效應器的 [URDF](#) 模型和詳細 3D 網格

與法蘭卡研究中心合作 3

，可進行可視化（例如 RViz）和運動模擬。[Movelt!1/ Movelt!2](#) 整合可輕鬆移動機器人和控制抓手，[Movelt ! / Movelt!2 中提供的](#)範例可教您如何使用 ROS 控制機器人。

警告

請注意，當 SLP-C、SLS-C 或 SLP-J 功能啟動時，無法透過 FCI 控制機器人。這會影響包括空間位置監控（內/外區域）和笛卡兒速度監控（最大速度）的安全功能。如果在 Watchman 中的規則中使用這些功能，則無法透過 FCI 進行控制。

注意事項

資料會以 1 kHz 的頻率透過網路傳送。因此，需要良好的網路連線！

注意事項

當 FCI 啟動時，您可以完全專屬地控制手臂和 Franka Hand。這表示無法同時透過 Apps 和 FCI 執行手臂控制！

13.7.1 原則上與 FCI 界面合作

透過 FCI 介面控制機器人可以在 C++ 環境中使用 libfranka 來實現。建議具備良好的 Linux 環境和 C++ 程式設計知識者使用。

另外，也可以使用 ROS、ROS 2.0 或 ROS 3.0 透過 FCI 介面控制機器人。

下面將介紹在 C++ 環境中借助 libfranka 編程的基本步驟。

執行檔

透過之前在 13.7 "法蘭克控制介面 (FCI)" 章節中描述的 libfranka，可以建立可執行檔案 (可執行檔)。

在 libfranka 的「範例」子資料夾中，列出了執行檔的範例。您可以使用這些範例作為基礎，輕鬆上手，並根據您的需求建立複本。

以下是 libfranka 的範例 "generate_joint_position_motion.cpp" 原始碼，用來說明指令碼的結構。

```
// 版權所有 (c) 2017 Franka Robotics GmbH
// 此原始碼的使用受 Apache-2.0 授權規範，請參閱 LICENSE。
#include <cmath>
#include <iostream>

#include <franka/exception.h>
#include <franka/robot.h>
#include "examples_common.h"
/**
```

與法蘭卡研究中心合作 3

```
* @example generate_joint_position_motion.cpp
* 顯示如何產生關節位置運動的範例。
*
* @warning 執行本範例之前，請確定機器人前方有足夠的空間。
*/
int main(int argc, char** argv) {
    if (argc != 2) {
        std::cerr << "Usage: " << argv[0] << " <robot-hostname>" << std::endl;
        return -1;
    }
    try {
        franka::Robot robot(argv[1]);
        setDefaultBehavior(robot);

        // 首先將機器人移動到適當的關節配置
        std::array<double, 7> q_goal = {{0, -M_PI_4, 0, -3 * M_PI_4, 0, M_PI_2, M_PI_4}};
        MotionGenerator motion_generator(0.5, q_goal);
        std::cout << "警告：本範例會移動機器人！"
        << "「請確定使用者手邊有停止按鈕！」" << std::endl;
        << "「按 Enter 繼續...」" << std::endl;
        std::cin.ignore();
        robot.control(motion_generator);
        std::cout << "Finished moving to initial joint configuration." << std::endl;

        // 設定附加參數總是在控制迴圈之前，絕對不是在控制迴圈中！
        // 設定碰撞行為。
        robot.setCollisionBehavior(
            {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}}, {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}},
            {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}}, {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}},
            {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}}, {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}},
            {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}}, {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}});
        std::array<double, 7> initial_position;
        double time = 0.0;
        robot.control([&initial_position, &time](const franka::RobotState& robot_state,
            franka::Duration period) -> franka::JointPositions {
            time += period.toSec();
            if (time == 0.0) {
                initial_position = robot_state.q_d;
            }
            double delta_angle = M_PI / 8.0 * (1 - std::cos(M_PI / 2.5 * time));

            franka::JointPositions output = {{initial_position[0], initial_position[1],
                initial_position[2], initial_position[3] + delta_angle,
                initial_position[4] + delta_angle, initial_position[5],
                initial_position[6] + delta_angle}};

            if (time >= 5.0) {
                std::cout << std::endl << "完成動作，關閉範例" << std::endl;
            }
            return franka::MotionFinished(output);
        });
        返回輸出；
    });
} catch (const franka::Exception& e) {
    std::cout << e.what() << std::endl;
    return -1;
}
返回 0;
}
```

在 C++ 中，文字是透過字串 "//" 來排除的。例如，這些字串可作為程式設計師對程式結構的資訊。

在指令碼開頭的 `include` 指令 `#include <path-spec>`，會指示處理器在顯示 `-statement` 的位置包含路徑規格中的內容。例如，您可以用它來存取 `libfranka` 的預定義函式。

`int main(int argc, char** argv) { }` 這一行包含單括號內的命令列參數。在大括弧內是腳本的實際主函數。`main` 函數以一個閉合的大括弧結束。

在主功能中，現在可以執行各種指令或呼叫包含的子功能。

如前所述，機器人的控制需要深厚的 C++ 程式設計知識。

注意事項

為了攔截機器人立即啟動的動作，**Franka Robotics** 建議在腳本開頭建立一個查詢程序，只有在主動確認後才執行程式。這樣的查詢也可以在 `libfranka` 的範例腳本中找到。

建立或修改執行檔

如果您想要建立自己的執行檔，我們建議您建立自己的專案。為此，請建立您的專案資料夾。在此資料夾中，您必須建立「`CMakeLists.txt`」。此檔案的結構應依照下列方案。

```
專案(hello_world)
find_package(Franka REQUIRED)
add_executable(hello_world hello_world.cpp)
target_link_libraries(hello_world Franka::Franka)
```

將可執行檔 (xxxxx.cpp) 的原始碼檔案存放在專案資料夾中。將您的原始碼相應地加入「`CMakeLists.txt`」檔案。

現在在專案中建立一個 `build` 資料夾。從這個資料夾，執行下列指令：

```
cmake ...
```

現在您的建置將會依照 `CMakeLists.txt` 建立。

然後，在您的 `build` 資料夾中執行下列指令進行編譯：

```
作出
```

您的專案已成功編譯。

執行檔的執行

若要執行可執行檔，您必須從為專案建立的建立檔中執行它們。

可執行檔的執行方式是在存放它的專案建立資料夾中開啟終端機，並執行下列指令：

```
./name 可執行 <ip roboter>
```

與法蘭卡研究中心合作 3

輸入可執行檔的名稱和機器人的 IP 位址。

現在將執行腳本。

 警告

可執行檔的執行可直接啟動機器人的動作，進而導致傷害。

在啟動執行檔之前，請確定機器人的危險區域內沒有人！

若要停止 / 取消執行可執行檔，您可以按組合鍵 <CTRL>+<C>。

13.8 疑難排解

13.8.1 一般用途

可修復錯誤

有關可恢復安全錯誤的清單，請參閱4.11 「安全功能」一章。

錯誤	解決方案
Franka Research 3 指示燈亮白色	可能是 Pilot-Grip 上的兩個按鈕中有一個沒有按準。鬆開兩個按鈕，並半按啟動按鈕，同時再次按下引導按鈕。 請確定您沒有完全按下啟動按鈕，否則機械臂的動作會停止。
Franka Research 3 指示器變為粉紅色	系統正在接收衝突的啟用訊號。 再次移動機器人之前，請關閉所有輸入端。已打開的輸入端 X3.1（緊急停止）和 X4（外部啟動裝置）在 Desk 中以粉紅色標示。
Franka Research 3 指示燈亮起或黃色閃爍	系統發現系統中有警告。 系統可能會與主動警告一起運作，也可能不會，這取決於警告的類型。
Franka Research 3 指示燈閃紅燈	發生應用程式錯誤或違反安全規定。 必須先修正錯誤或違反規定，才能再次從 Desk 上釋放系統故障安全鎖定系統。
Franka Research 3 指示燈亮紅	有一個問題。 如果重新啟動系統仍無法糾正，請聯絡聯絡合作夥伴、服務供應商或直接聯絡我們：support@franka.de。

教學時手臂朝一個方向強力拉扯

立即檢查末端效應器的設定，並確認已選擇和設定正確的末端效應器。確保 Franka Research 3 安裝在允許的傾斜公差範圍內的平面上。

如果您連接第三方或客製化的末端效應器，請確認已透過更新變換矩陣正確補償。要設定正確的工具中心點，調整重量，設定相對於凸緣的質心。

注意事項

如果已安裝第三方或客製化的末端執行器，請檢查下列事項：

1. 更新變形矩陣，以設定正確的刀具中心點。

與法蘭卡研究中心合作 3

2. 調整末端效應器的重量。
3. 設定相對於凸緣的質心。
4. 更新慣性矩陣。

如果問題仍然存在，請聯絡您的服務 合作夥伴或客戶支援部門 support@franka.de。在問題解決之前，請勿操作系統。

在外部佈線較重的情況下，無法避免漂移，因為所有姿勢的 Franka Research 3 設定都無法補償漂移。

關機時發出巨大的咔嚓聲

點擊聲是由故障安全鎖定系統的部署造成的，屬於正常現象。Locking pin 裝在接合處以機械方式鎖定。

接合極限誤差

發生關節極限錯誤時，機器人的一個關節被移出允許的移動範圍。出現以下錯誤訊息：

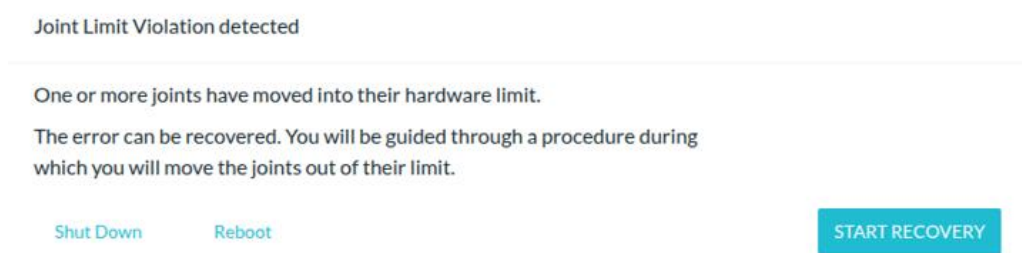


圖 .1326 : 訊息 "A joint limit has been violated" (違反聯合限制)

此錯誤僅可由安全操作員修正。已登入的安全操作員會出現「開始復原」按鈕。

按一下「開始復原」（START RECOVERY）開始復原關節錯誤的程序。開啟顯示受影響關節的對話框。

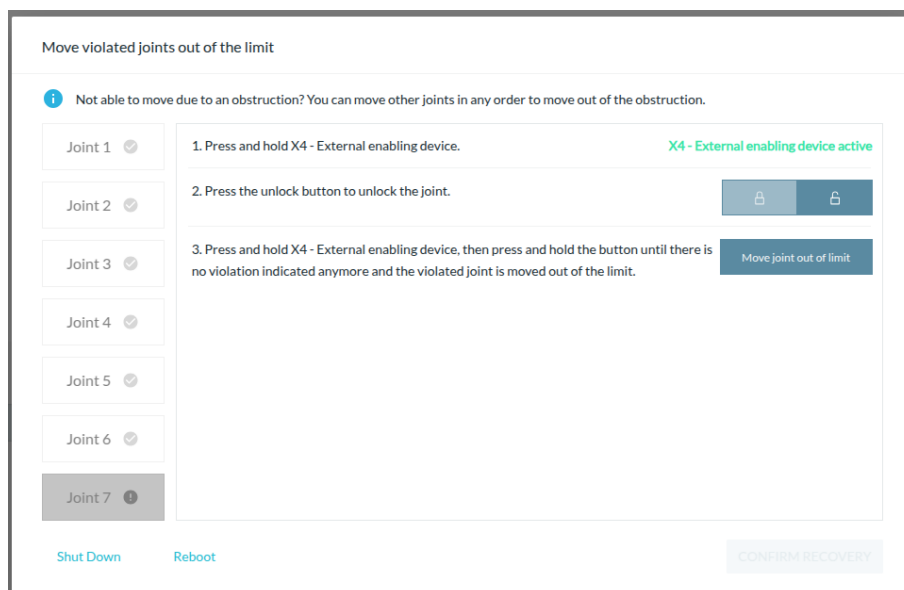


圖 .1327 : 顯示故障接頭的訊息

現在啟動 **External Enabling Device**（外部啟動裝置），然後按一下「**Move Joint Out Of Limit**（將關節移出極限）」。同時按住這兩個按鈕，直到出現以下訊息：

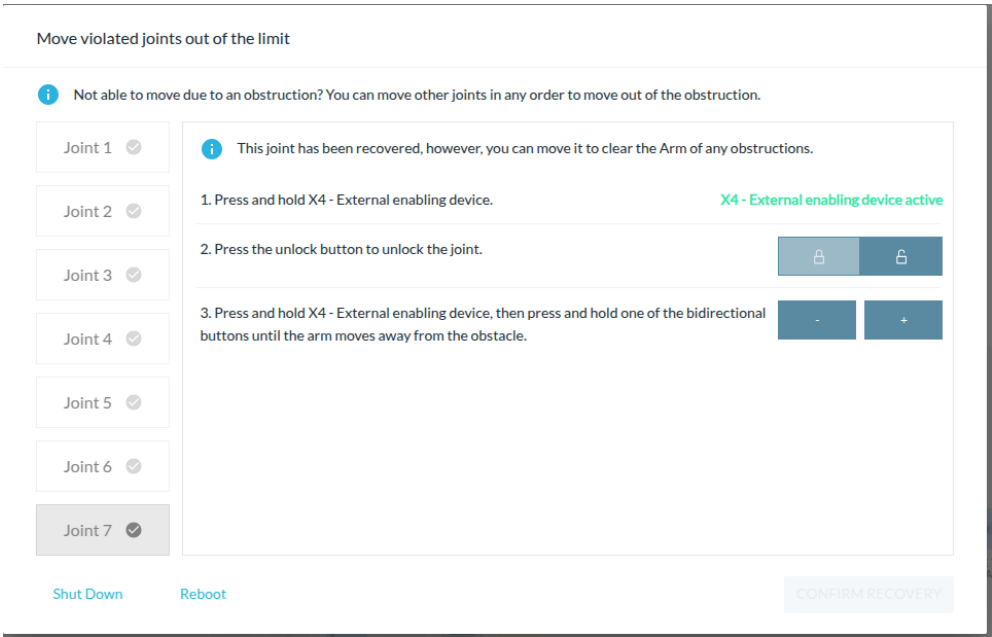


圖 .1328 : 確認接頭回到極限

關節現在又回到移動極限內。現在按一下「確認」，即可完成復原。

接合位置誤差

在出現關節位置錯誤時，控制系統中的關節位置資料已經丟失。例如，這可能是由於剎車器打開時發生斷電造成的。為了糾正這個錯誤，需要一個程序來恢復位置分配或關節校準。此錯誤會在 **Desk** 中以下列訊息顯示。

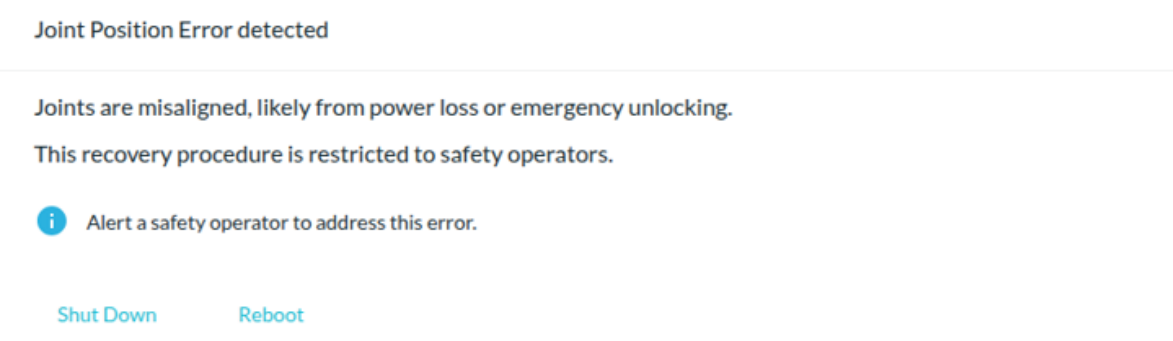


圖 .1329 : 訊息「偵測到接合位置錯誤」

此錯誤僅可由安全操作員修正。已登入的安全使用者會出現「開始復原」按鈕。

按一下「開始復原」（**START RECOVERY**）後，會開啟一則訊息，顯示故障的接點。

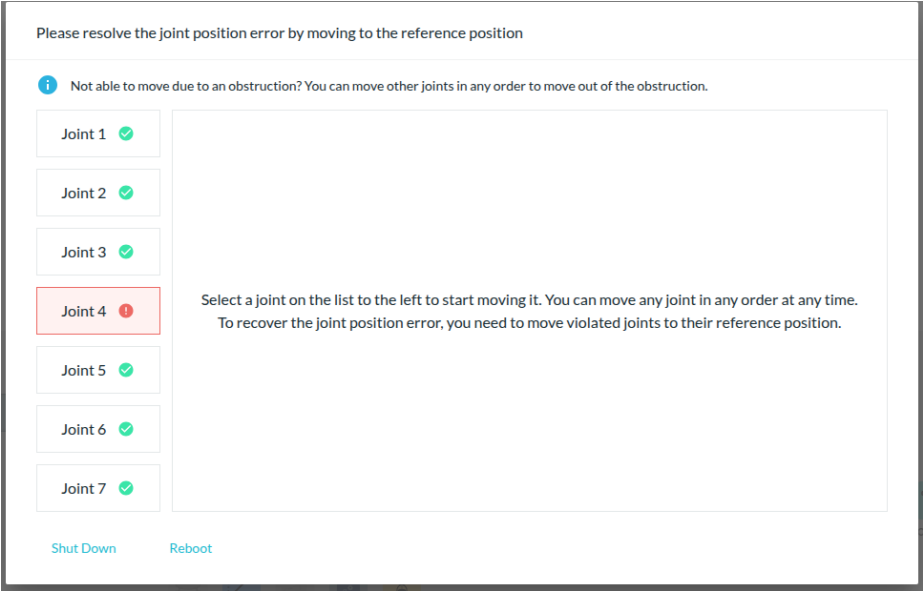


圖 .1330 : 顯示故障接頭的訊息

按一下任何已報告失敗的接點。顯示還原接頭的檢視。

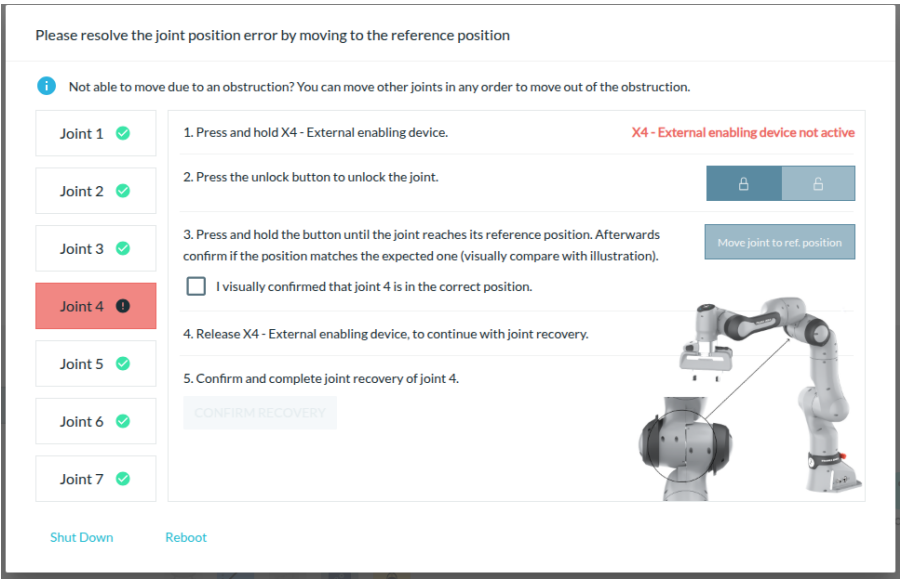


圖 .1331 : 關節恢復鎖定

現在啟動 External Enabling Device（外部啟動裝置）並保持按下狀態，直到關節復原完成。按一下關節的解鎖圖示。

注意事項

操作外部啟動裝置時，請務必在危險區域之外，從安全距離檢查復原的執行情況。

現在，機器人正在解鎖這個關節。

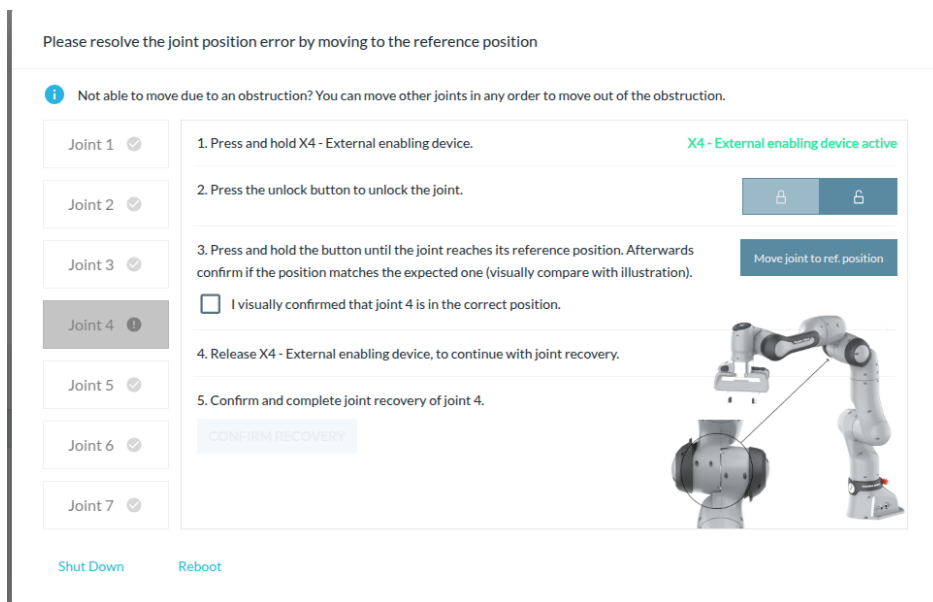


圖 .1332 : 關節恢復準備移動

然後點擊 "Move Joint To Ref.位置" 按鈕，並一直按著，直到機器人到達參考位置為止。另外，也可以使用 "+" / "-" 鍵來移動機器人。

當接頭到達正確位置時，會出現以下訊息：

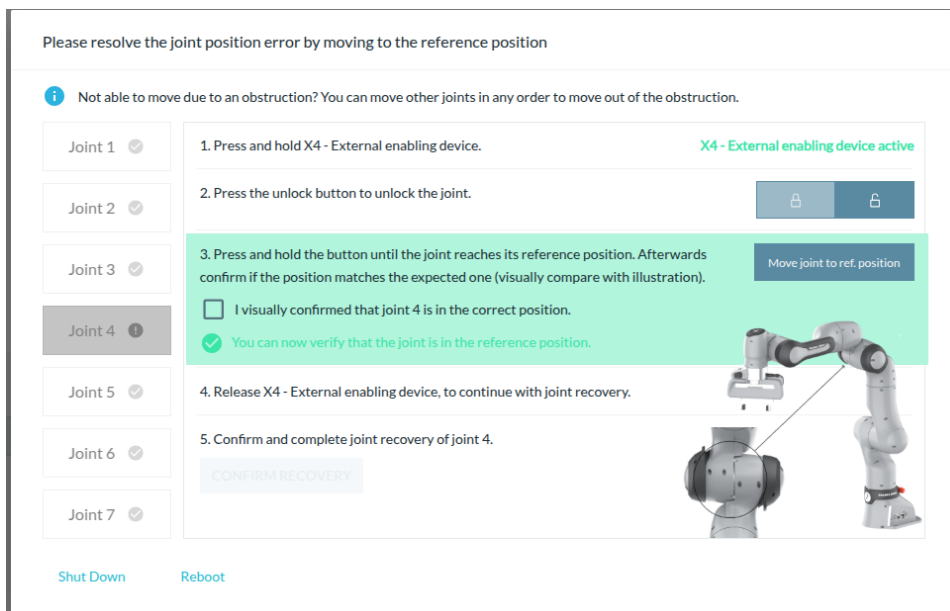


圖 .1333 : 構成位置 達到

與法蘭卡研究中心合作 3

目視檢查受影響的關節是否已移至參考位置。如果情況並非如此，即關節尚未移動到正確的參考位置，請聯絡支援人員。

當接頭位置處於參考位置時，您可以再次釋放外部啟動裝置。現在勾選確認關節參考位置正確的方塊，然後按一下「CONFIRM」按鈕。現在，關節位置再次被參照。

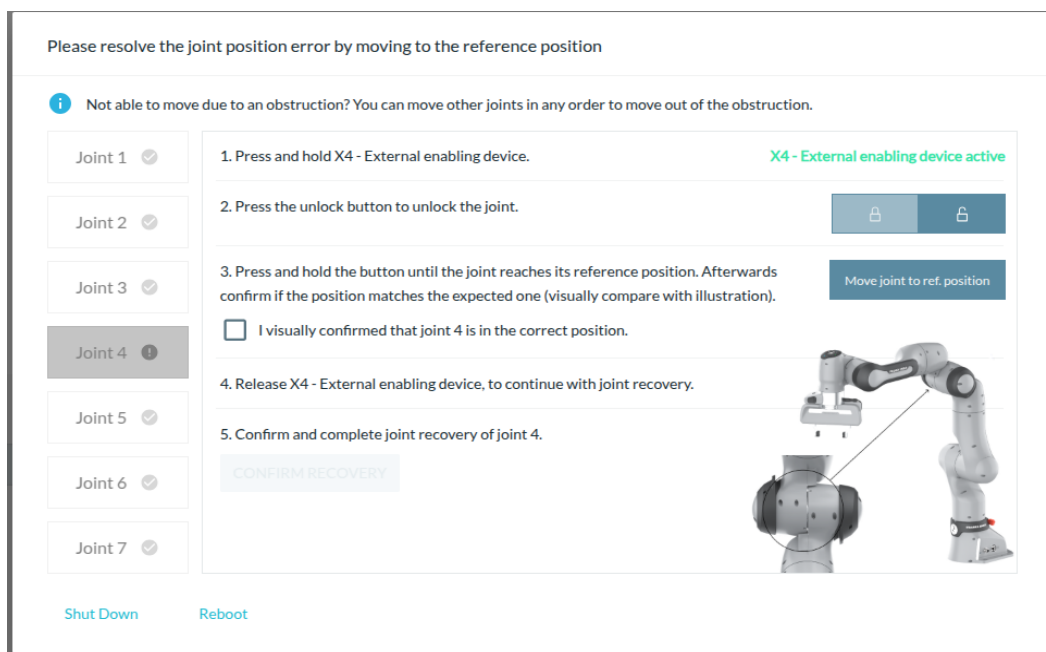


圖 .1334 : 確認聯合復原

現在對所有其他仍顯示失敗的接頭執行所述程序。

如果不按住按鈕移動，則會出現以下訊息：

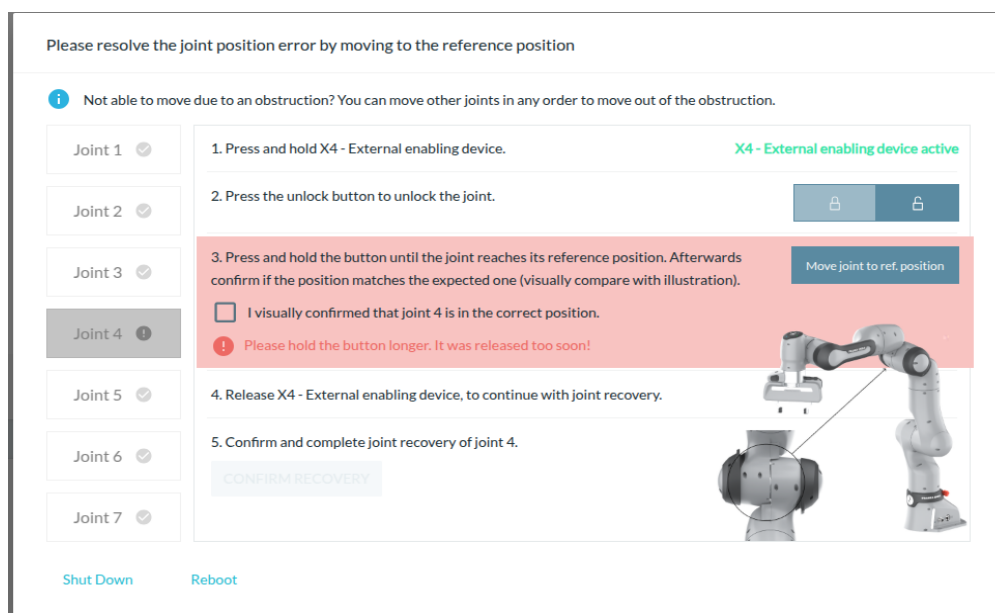


圖 .1335 : Message Button not held

如果您在達到參考位置之前結束程序，則會出現以下訊息：

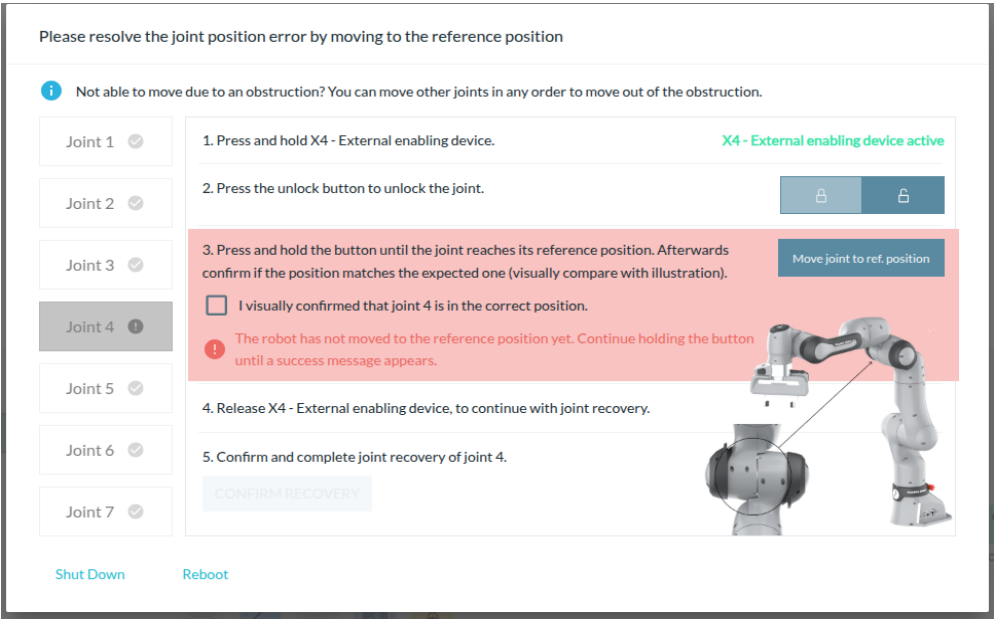


圖 .1336 : 未達參考位置時的訊息

如果您因為某個關節位置受到輪廓線的干擾而無法移動到該關節位置，您可以使用 "+/-"鍵根據需要先移動機器人的其他關節，進而使要參考的關節參考位置得以到達。

當所有錯誤報告的關節都被參考後，機器人參考位置的恢復就完成了。點選「CONFIRM」確認恢復。

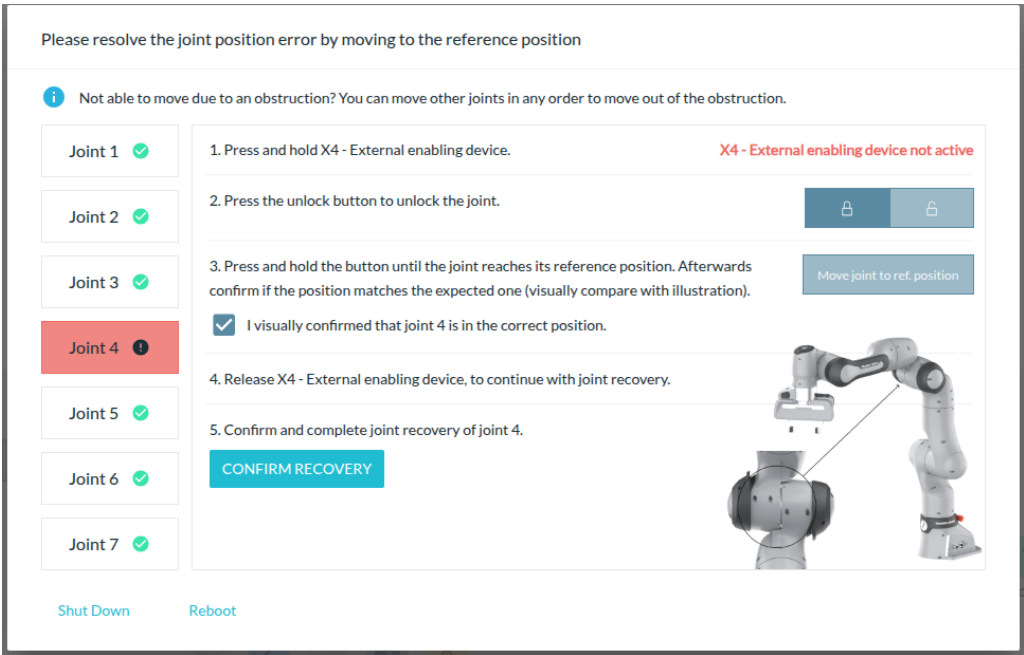


圖 : .1337 : 確認完全恢復

機器人現在可以再次使用。

注意事項

與法蘭卡研究中心合作 3

還原關節位置錯誤後，系統無法保證先前教導的姿勢仍能正確接近。因此，在 **Execute**（執行）中啟動工作之前，請先檢查工作的姿勢。

如果無法成功完成復原，可能是機器人硬體已損壞或軟體出錯。在這種情況下，請關閉系統，讓機器人停止運作，並與支援人員聯繫。

解鎖關節失敗

如果聯合解鎖過程失敗，請遵循下列步驟：

1. 關閉機器人，拔下電源插頭，並移除手臂與控制器之間的連接線。有關如何安全關閉 **Franka Research 3 關閉 並重新啟動**」一章中的「將 **Franka Research 3** 從電源斷開」一節。
2. 檢查針腳是否有可能損壞。

如果沒有發現任何損傷，請仔細但堅固地重新接上電纜，並確保其緊固安裝。啟動機器人電源，並嘗試解除關節的鎖定。
3. 如果問題仍然存在，請提供 **Arm** 的序號和機器人的記錄檔，聯絡您的服務合作夥伴或客戶支援部門 support@franka.de。您可以在 **Desk - Settings - System - Download log files** 中找到記錄檔。

機器人未完成開機

程序

1. 關閉 **Control**。
2. 拔下系統的電源插頭。

有關如何安全關閉 **Franka Research 3** 的資訊，請參閱10.3「**準備安裝地點**」一章中的「從電源斷開 **Franka Research 3**」一節。
3. 拆下控制臂和控制器之間的連接線。
4. 檢查針腳是否有可能損壞。
5. 如果沒有發現損傷，請小心但堅固地重新接上電纜，並確保其緊固安裝。
6. 啟動機器人。

如果問題仍然存在，請提供 **Arm** 的序號，聯絡您的服務合作夥伴或 support@franka.de。

桌面持續顯示「正在關閉系統」

您已經關閉了系統。只要控制面板前方的風扇停止轉動，就可以使用後方的開關關閉控制面板。然後可以關閉 **Desk** 的瀏覽器視窗。

打開控制面板後，機器人無法開機

當系統已透過 **Desk** 關閉，但控制電源按鈕未關閉時發生。解決方案：關閉 **Control** 並等待 1-2 分鐘。再次開啟。
Control 現在應該可以開機。

意外停止後重新啟動

關於意外停機後的重新啟動，請參閱11.7「**關閉 並重新啟動**」章節中的重新啟動子章節。

13.8.2 使用 FCI 時的疑難排解

有關使用 FCI 的錯誤，請參閱 <https://franka.world/> 上的線上 FCI 文件。

您可在[此](#)找到有關如何修復可能發生的各種錯誤情況的詳細最新資訊。

14 管理 FRANKA 研究 3

14.1 法蘭卡世界



Franka World 是一個線上平台，將客戶、合作夥伴、軟硬體開發者連結起來，他們的活動都圍繞著 Franka Robotics 的產品和服務。Franka World 提供管理 Franka Research 3 的工具、存取線上商店 (以不斷成長的軟硬體產品組合為特色)，以及成為活躍且熱情社群一員的可能性。

請造訪 <https://franka.world/> 以利用所有優點。



存取 Franka World 使用手冊，以獲得所有 Franka World 功能的概覽，以及如何從中獲益：
<https://download.franka.de/franka-world-manual/>

14.2 管理應用程式 和 功能

透過「Franka World 商店」購買的應用程式與功能，可經由「設定」介面中的「Franka World」標籤存取並安裝在機器人上。機器人在線時，機器人與 Franka World 帳戶之間的同步化簡單快速。但是，如果機器人離線，操作員也可以在同一個介面上手動執行同步化。視機器人是否在線上，檢視會自動調整。

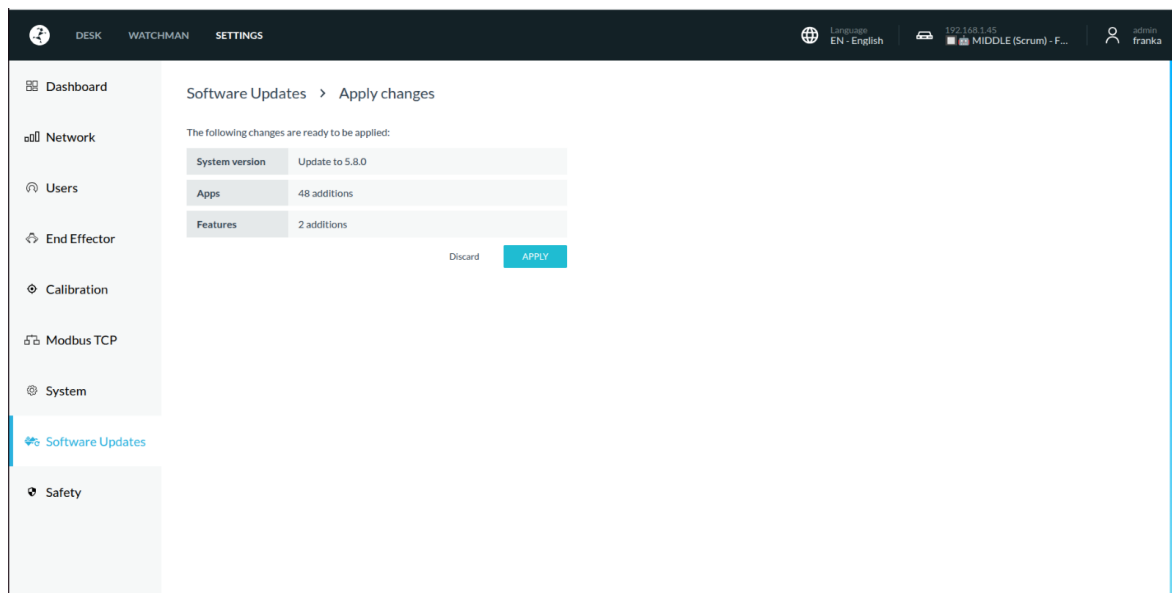


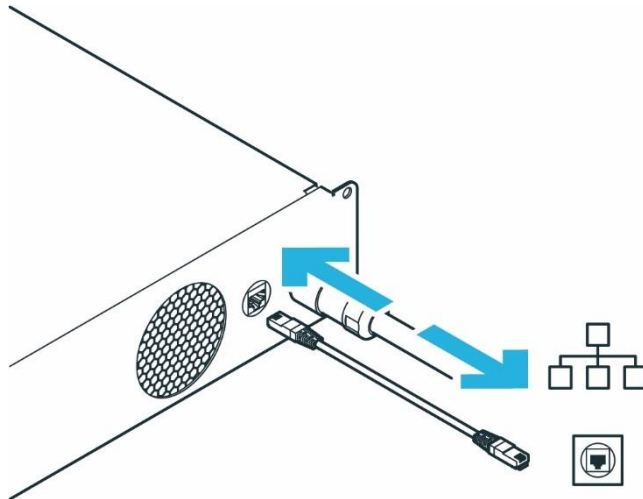
圖 .141 : 透過 Franka World 管理應用程式和功能

如有需要，當需要從 Franka World 安裝新的 Apps 或功能時，作業系統會進行更新。

機器人註冊

先決條件

- 機器人必須連線。
- 您必須登入 Franka World。



圖。142：控制的網路連接

程序

1. 導航至「設定」。
2. 按一下 REGISTER DEVICE。

您將被轉到一個不同的網站，該網站會列明您的機器人序號和其他所有權證明。

3. 如果需要，請輸入您的電子郵件和密碼並登入。

您將被重定向到另一個網站。

4. 選擇註冊機器人的帳號。
5. 按一下 REGISTER。

機器人現在已經註冊。

6. 導航至「管理」。
7. 若要檢視所有已註冊的機器人，請按一下裝置。

14.3 集線器

Hub 是 Franka World 的核心知識區。您可在此取得有關 Franka Robotics 機器人及其介面的文件、教學、程式碼與更新。如需更多資訊，請瀏覽 <https://franka.world/>。

14.4 更新

軟體更新

操作系统的更新可通过设置视图中的 "Franka World" 选项卡方便地下载。要進行此操作，機器人必須能線上存取 Franka World。

Control 會定期檢查作業系統的可用更新，並顯示在設定介面的「Franka World」標籤中。

如果您的機器人無法連線至 Franka World，您也可以手動開始更新 (離線同步化)。

注意事項

如有需要，當需要從 Franka World 安裝新的 Apps 或功能時，作業系統會進行更新。

線上同步

1. 軟體更新頁面顯示有更新可用。

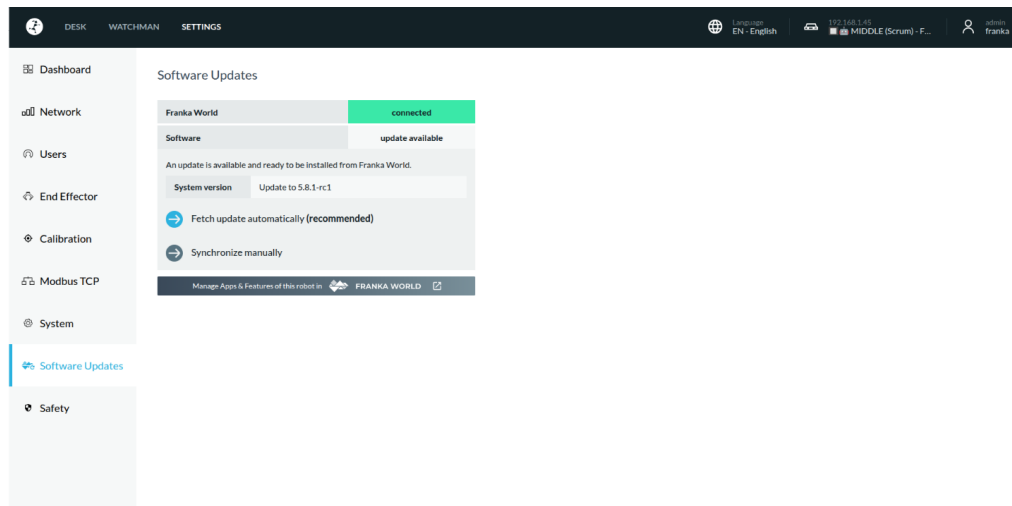


圖 14.3：軟體更新

2. 按「自動取得更新（建議）」下載變更

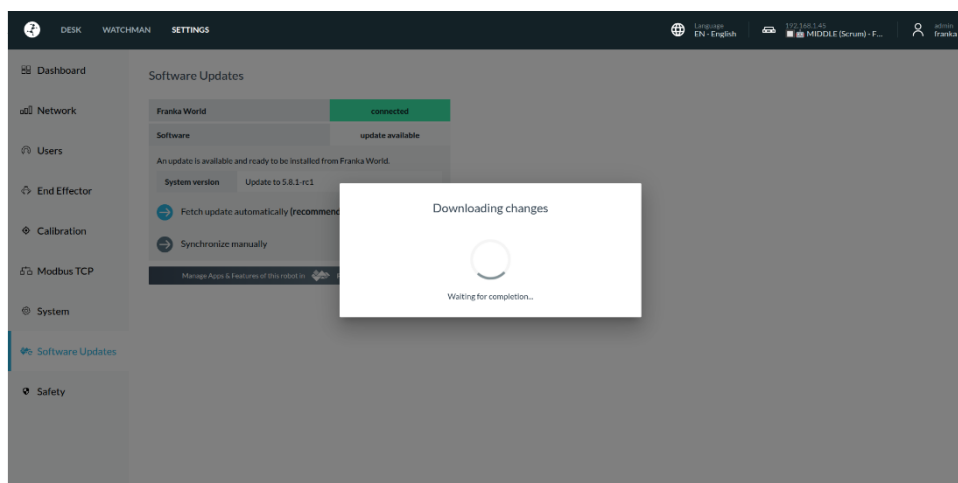


圖 14.4：自動取得更新（建議）

管理 Franka 研究 3

3. 下載變更後，「套用」按鈕變得可用。

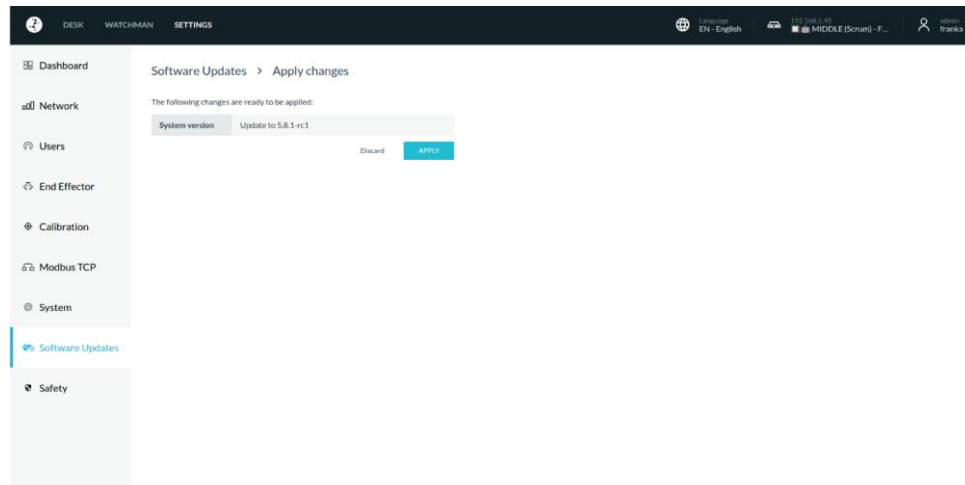


圖 14.5: 套用按鈕

4. 出現應用變更的確認對話。

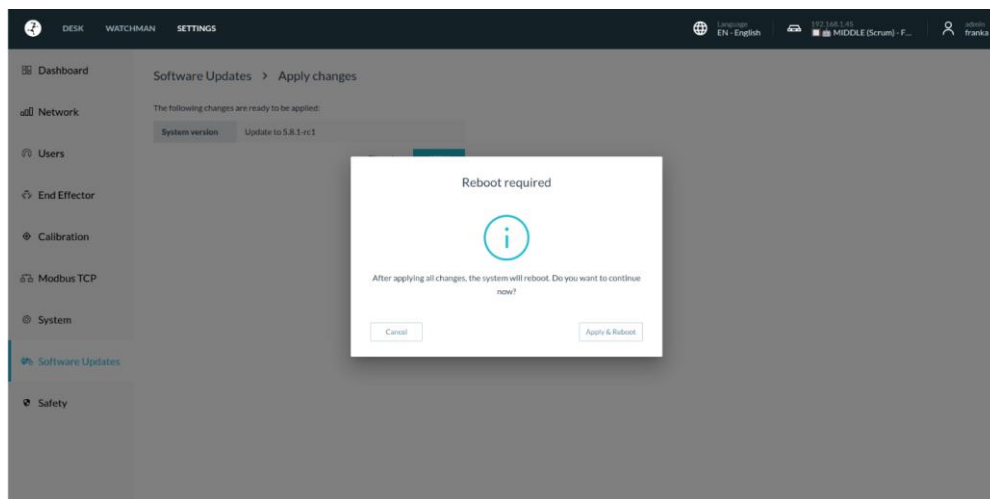


圖 14.6 : 套用並重新啟動

5. 系統開始套用變更。

管理 Franka 研究 3

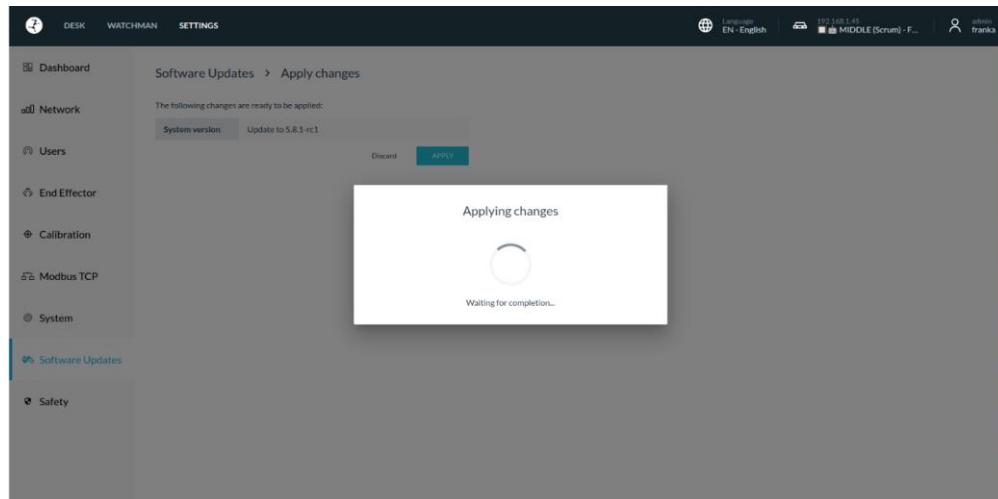


圖 14.7 : 套用變更

6. 套用變更後，系統會顯示「Applying Changes and Rebooting」（套用變更並重啟）。

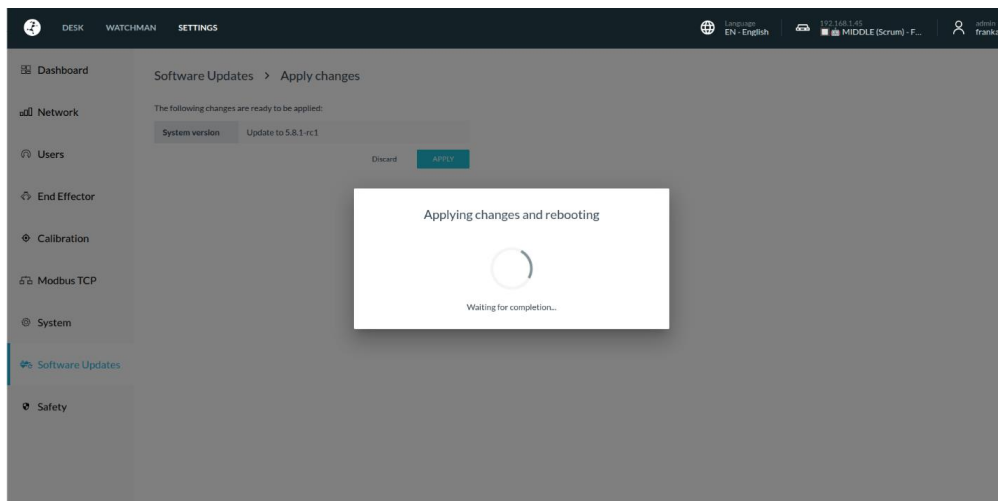


圖 14.8 : 套用變更並重開機

7. 變更的應用現已完成。

管理 Franka 研究 3

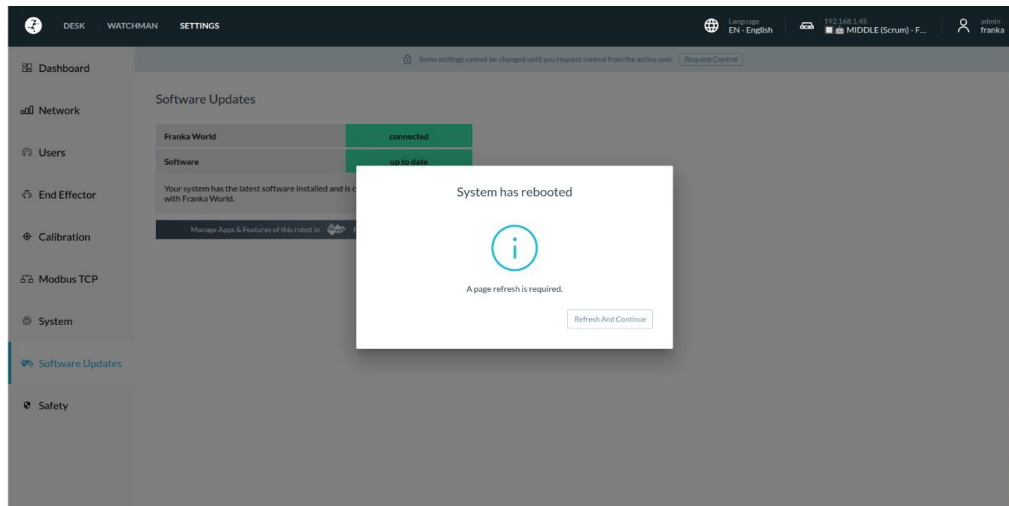


圖 14.9: 重新開機

離線同步

按下「手動同步化」後，會顯示同步化系統的指示。

1. 按「下一步」繼續。

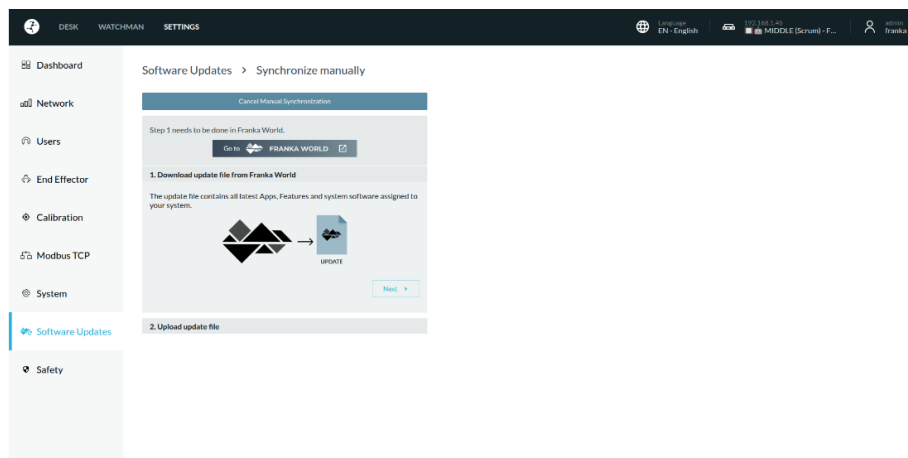


圖 14.10 : 手動同步化

2. 上傳更新檔案。

管理 Franka 研究 3

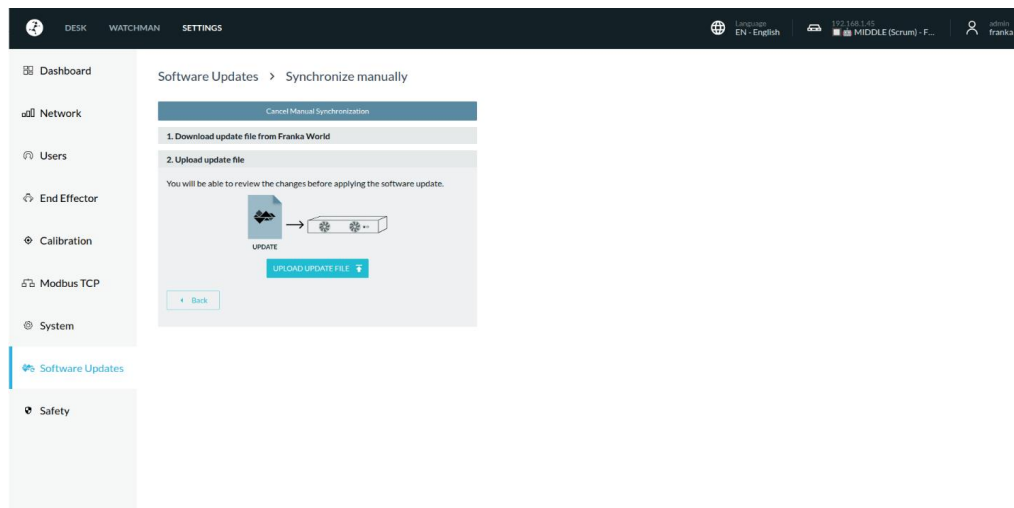


圖 14.11: 上傳更新檔案

3. 上傳更新檔案。

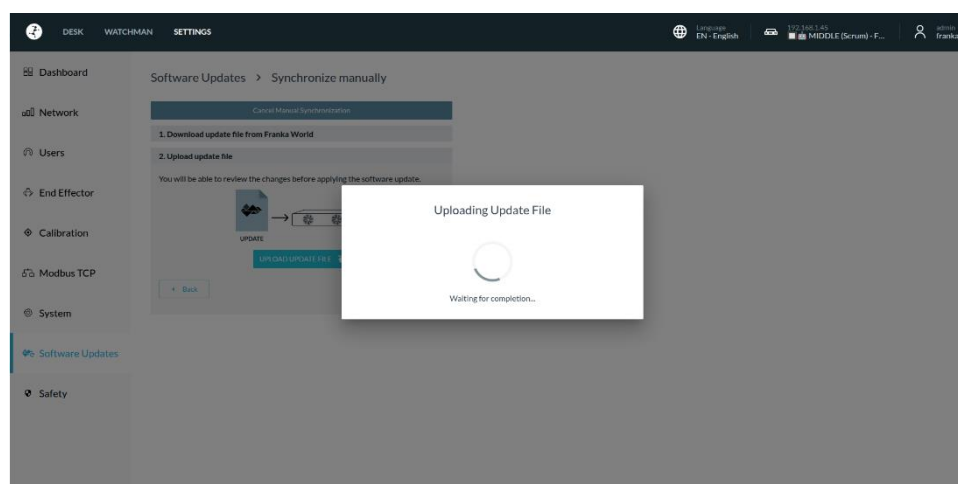
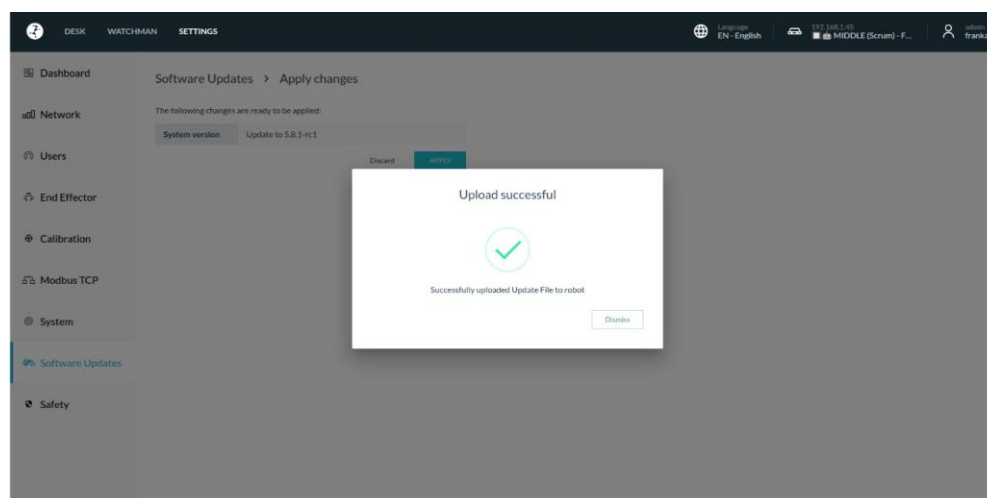


圖 14.12: 上傳更新檔案

4. 更新檔案上傳成功。



5. 下載變更後，請按照線上程序的相同步驟，從「申請」按鈕開始。

14.5 備份

控制項的備份包括數個相關類別的控制項資料。這些通常是：

- 系統的安全組態、
- 網路設定、
- ModBus-Configuration、
- 末端執行器配置、
- 使用者設定、
- 建立的任務。

使用實際可用的韌體或之前版本的 **Control**，系統備份必須手動執行五個獨立的步驟。這些步驟是

- ✓ 儲存安全組態
- ✓ 儲存網路設定
- ✓ 儲存 ModBus 組態
- ✓ 儲存終端效果器組態
- ✓ 儲存建立的任務

目前無法備份使用者管理。我們建議將已建立的使用者及其設定的授權儲存為螢幕截圖，並與剩餘的備份資料一起儲存為檔案。在目前的韌體下，使用者管理的還原只能透過重新建立使用者來完成。

在與使用者介面裝置連接的適當儲存媒體上，為備份檔案建立備份目錄。建立備份資料所需的步驟說明如下。

14.5.1 安全配置

在目前的韌體中，安全組態無法儲存為備份檔案。若要執行已建立組態的備份，必須在 **Watchman** 中開啟報告並在備份目錄中儲存為 PDF。若要執行此操作，請依照下列步驟進行：

- ✓ 在 Desk 功能表中選擇 **Watchman**
- ✓ 按一下 **Watchman** 使用者介面左上角的「報告」。
- ✓ 將報告儲存為 PDF，並將其放置在備份目錄中。

在 **Watchman** 介面之外，還有兩個安全組態參數需要儲存。執行此操作的步驟如下：

- ✓ 在桌面功能表中選擇「設定
- ✓ 開啟「安全」標籤。
- ✓ 將此檢視截圖並儲存到備份目錄中。

本節中的相關參數為

- 工作執行等待時間
- 令牌強制超時

在復原的情況下，必須在 **Watchman** 或「設定/安全」標籤中手動輸入並驗證參數和規則。

14.5.2 網路設定

若要儲存網路設定，請執行下列步驟：

- ✓ 開啟 Desk 上的「設定」
- ✓ 選擇「網路」標籤
- ✓ 截取此檢視的畫面，並將其儲存到已建立的備份目錄中。

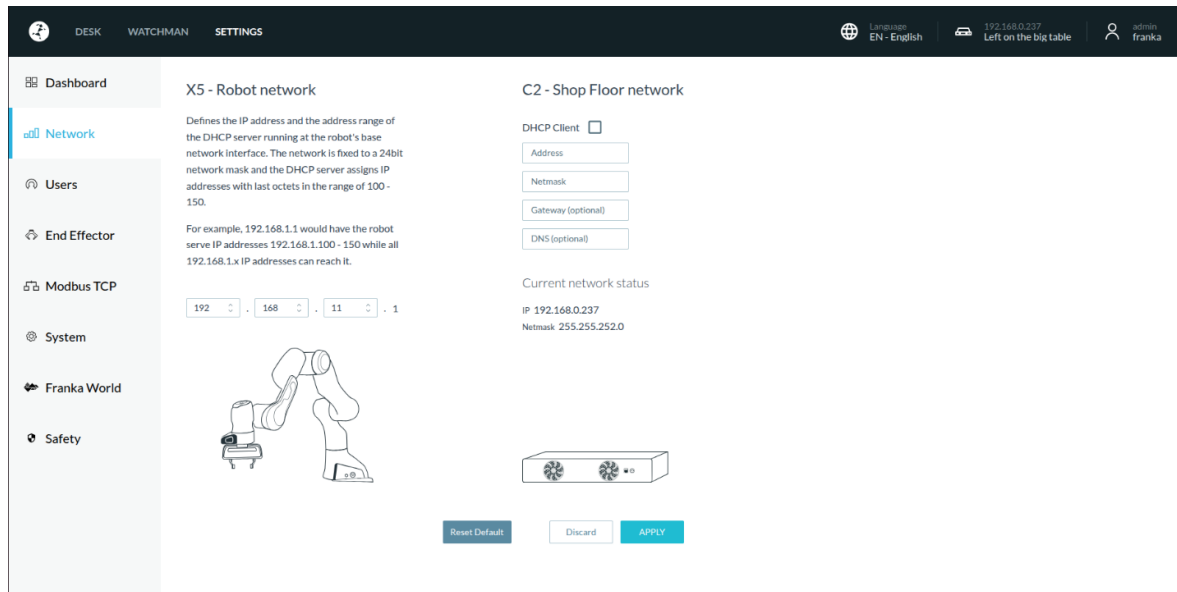


圖14.14: 網路設定

如果需要恢復組態，則必須手動輸入螢幕截圖中列出的參數。

14.5.3 Modbus 組態

若要儲存 Modbus 組態，請執行下列步驟：

- ✓ 開啟 Desk 上的「設定」
- ✓ 選擇「MODBUS TCP」標籤
- ✓ 按一下「DOWNLOAD」可將 Modbus 組態以下列名稱儲存到連接的使用者介面裝置上：
"modbus.json"

將下載的檔案儲存於先前建立的備份目錄中。

透過「UPLOAD」按鈕，您可以將 Modbus 組態的備份檔案再次還原到系統中。

14.5.4 終端執行器組態

若要儲存 End effector 組態，請執行下列步驟：

- ✓ 開啟 Desk 上的「設定」
- ✓ 選擇「END_EFFECTOR」標籤
- ✓ 按一下「機械資料」旁邊的編輯符號
- ✓ 按一下「DOWNLOAD」即可在連接的使用者介面裝置上，以下列名稱儲存 Modbus 組態：
"endeffector-config.json"。

管理 Franka 研究 3

將下載的檔案儲存於先前建立的備份目錄中。

透過「UPLOAD」按鈕，您可以將 End effector 組態的備份檔案再次還原到系統中。

14.5.5 儲存建立的任務

建立的任務可以在「DESK」檢視中個別下載。

若要下載任務，請執行下列步驟：

- ✓ 開啟 Desk 上的「設定」
- ✓ 選取所需的任務
- ✓ 按一下下載符號即可開始下載程序。

將所有下載的任務儲存到備份目錄。

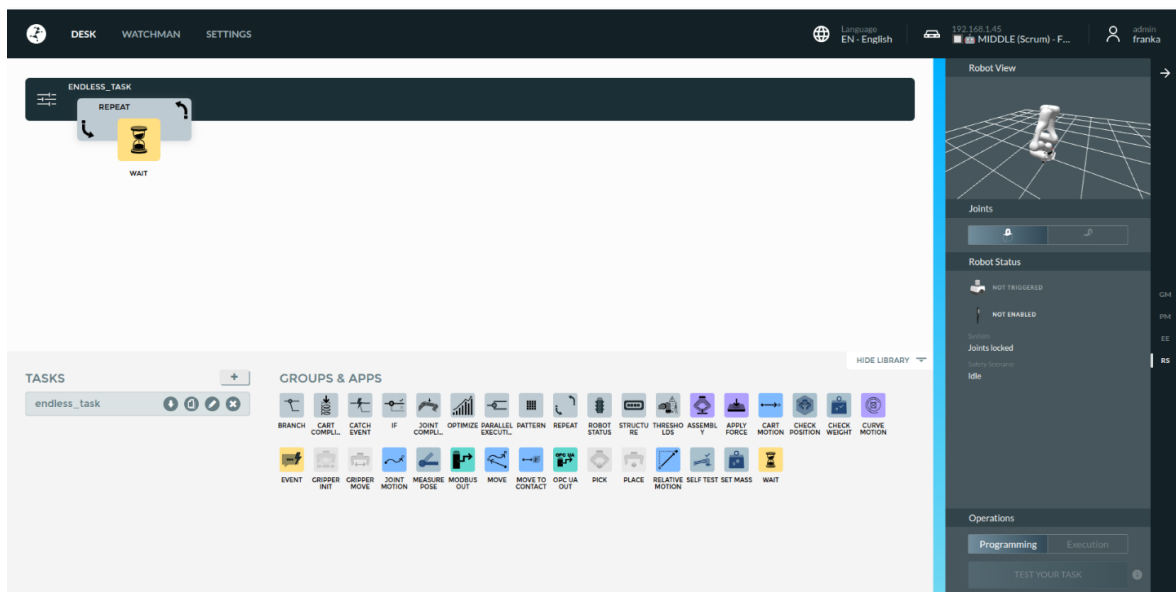


圖14.15: 儲存任務

若要還原工作，請將下載的工作檔案從檔案目錄拖放至 DESK 中的工作清單。

15 維護與處置

15.1 維護

Franka Research 3 的手臂和控制系統在正常操作條件下可免維護運作約 20,000 小時。正常操作條件是根據機器人系統的各種代表性應用而得出，並經過分析和測試驗證。如果客戶的應用與這些基本操作條件有很大偏差，在某些情況下，持續時間可能會延長或縮短。

如果系統接近此操作持續時間，建議聯絡 Franka Robotics 支援 (support@franke.de)。由支援團隊評估系統的日誌資料後，將指出任何必要的行動。

注意事項

如果在目視檢查過程中發現機器人的結構有損壞，則無論當前的工作時間長短，機器人都必須停止使用。

注意事項

- 每 12 個月在啟動時啟動緊急停止系統。
- 每 12 個月在啟動期間重新連接緊急停止系統。
- 每 12 個月檢查所有安全裝置，例如緊急停止系統的功能。
- 檢查已採取的任何其他安全措施，以確保安全操作。

15.2 清潔

⚠ 危險

電擊風險

不當使用液體清潔劑，以及不正確斷開裝置與電源的連接，都可能導致致命的意外。

- 請勿清潔未安全斷開電源的裝置。
- 請勿使用液體清潔劑清潔裝置。

清潔時需要注意以下事項：

- 只有合格人員才能進行清潔。
- 只有在 Franka Research 3 安全停止並與電源斷開時，才允許進行清潔。
- 關閉和斷開裝置必須由合格人員進行。
- 請勿使用任何液體清潔裝置。
- 請勿使用任何清潔劑。
- 組件只能用乾布清潔。
- 濕氣不得進入裝置。
- 請勿對清洗臂施加強力。待清潔的零件必須以手動方式支撐，以免負荷過重而損壞手臂。

注意事項

裝置的材料損壞

- 請勿使用液體清潔劑清潔裝置。

15.3 處理

處理

Franka Research 3 的棄置必須遵守相關國家特定的法律、標準和法規。

電池

本控制器內含一顆鈕扣電池。電池必須依照相關國家特定的法律、標準和規定分開處理。

若要取出電池，請打開 Control。

注意事項

只有在棄置鈕扣電池時，才可打開控制器以取出電池。

退回包裝廢料

請與 Franka Robotics 聯絡，以退回任何使用過的包裝。

16 服務與支援

注意事項

如果您在我們的銷售夥伴處購買了您的 **Franka Research 3**，或者您與服務供應商合作，請先與他們取得聯繫。我們的合作夥伴可以整合資訊，並聯絡法蘭克機器人，以進行故障排除和進一步支援。

請造訪 www.franka.world，取得有關我們機器人的補充資料和其他資訊。

有關服務和支援的任何其他請求，請與我們聯絡：support@franka.de 我們將在服務和支援中心針對您的請求發出票單，我們的專家將儘快回覆。

聯繫我們的服務部時，請準備好以下資訊：

- ✓ 客戶號碼
- ✓ 控制項的序號
- ✓ 手臂的序號
- ✓ 系統的日誌檔案

16.1 救援系統

如果控制端無法開機，或管理員無法登入，控制端會執行救援系統。

救援系統僅支援存取控制的基本功能。這些功能可以是

- 檢索系統日誌，以便與客戶進行進一步的錯誤分析、
- 擷取救援系統網路設定的組態、
- 透過與 **Franka World** 同步，重新安裝系統版本、
- 將主系統重設為出廠設定。

不支援機器人移動或與手臂或末端效應器的其他互動。

若要存取 **Rescue** 系統使用者介面，請將可存取瀏覽器的操作員裝置透過乙太網路線連接到機械臂底座上的 **X5** 連接埠。

若要手動啟動控制端進入救援系統，請執行下列步驟：

- ✓ 關閉 **Control**，等待風扇關閉，然後關閉主開關。
- ✓ 等待約 10 秒後，再接通主開關重新啟動控制器。
- ✓ 至少等待 20 秒，但少於 40 秒。
- ✓ 使用主開關關閉控制器。
- ✓ 等待 10 秒。
- ✓ 接通主開關，重新啟動控制器。

Control 現在應該可以開機進入救援系統。在連接的使用者裝置上呼叫 robot.franka.de 網路介面後，瀏覽器會顯示下列使用者介面。

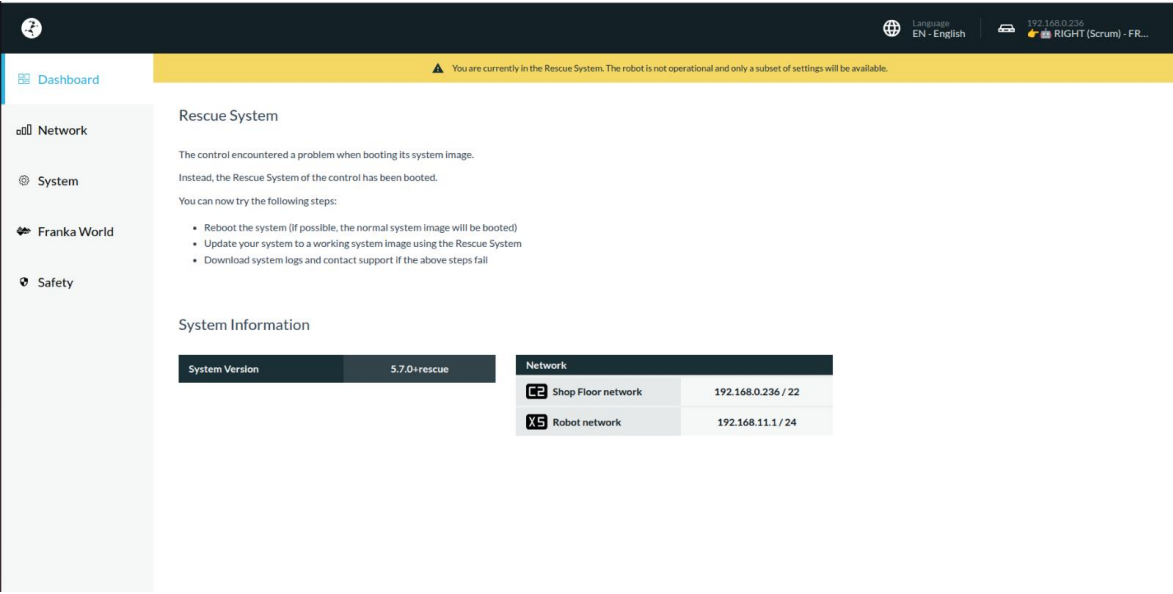


圖 .161 : 救援系統

網路

救援系統會嘗試使用主系統儲存的網路設定。如果失敗，則使用預設設定。

在此頁面中，您可以暫時調整控制端的網路設定。這些設定僅暫時適用於救援系統，重新啟動後不會被主系統採用。

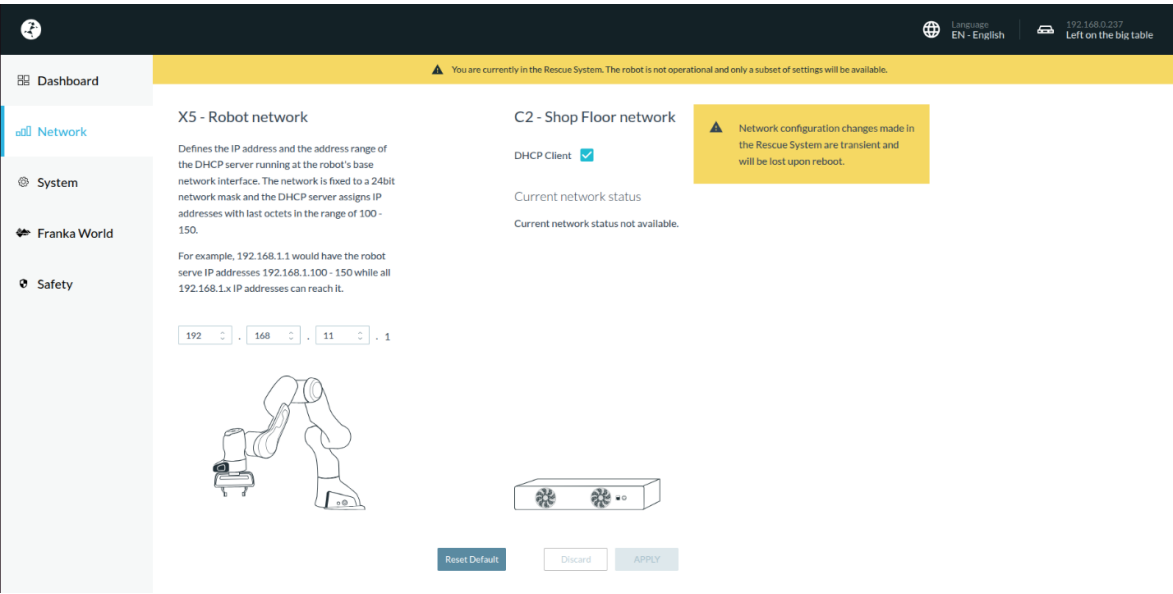


圖 .162 : 網路

系統

在此頁面，您可以開始下載記錄檔或啟動出廠重設。

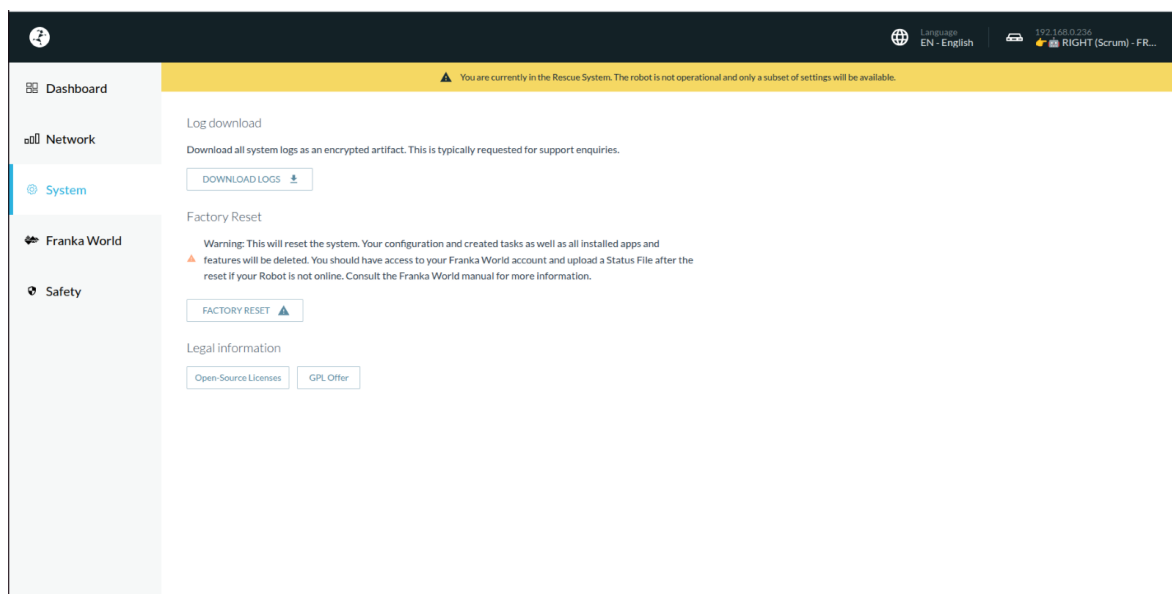


圖 .163 : 日誌下載與出廠重設

- 日誌下載

下載日誌時，救援系統會收集主系統的日誌檔案。如果主系統的檔案系統損毀，此作業可能會失敗。

- 出廠重設

出廠重設功能會重設主系統。所有設定和建立的任務，以及所有已安裝的應用程式和功能都會刪除。這對救援系統本身沒有影響。重設後，系統必須由使用者重新啟動。

法蘭卡世界

此功能可讓您重新安裝或更新主系統的系統軟體。在救援系統中無法安裝應用程式和功能。

為確保系統軟體安裝無誤，在此類安裝過程中會刪除所有應用程式和功能。

主系統成功安裝並啟動後，所有的應用程式和功能都可以透過 **Franka World** 頁面重新安裝在主系統中。不過，先前建立的任務只有在之前已另外儲存或備份的情況下才能還原。

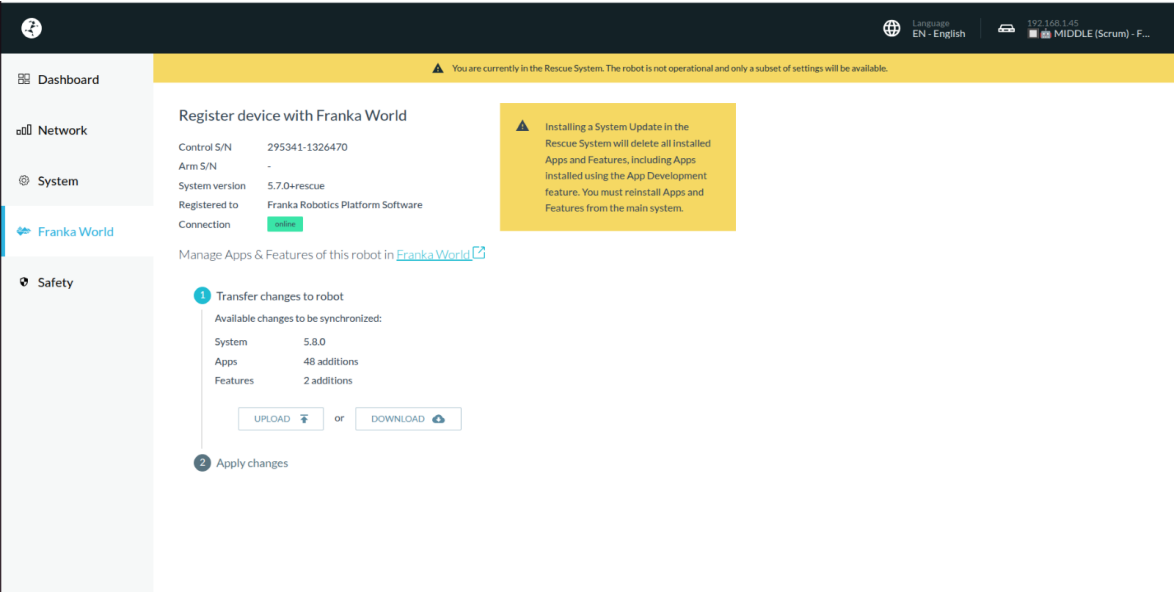


圖 16.4：法蘭卡世界

離開救援系統

要退出救援系統，必須重新啟動控制器。然後控制器會在正常系統中重新啟動。

16.2 日誌下載

FR3 系統在執行時會收集資訊，並透過特定的記錄檔將這些資料轉發給使用者。目前，有四個不同的記錄檔收集並提供這些資訊。

16.2.1 可用的日誌檔案及下載方法

四種不同的記錄檔包括

日誌檔案	說明	特定於
系統日誌套件	它包含系統特有的所有日誌檔案，只有 Franka Robotics 員工才能讀取。這些日誌用於排除系統問題。建议在创建支持票单时包含系统日志。	Franka Robotics 員工
安全記錄	它包含系統所有與安全相關的事件。此日誌可由人類讀取，即使在出廠重設時也不會被刪除。	Franka Robotics 員工、整合商及終端使用者
循環記錄資料	它包含機器人活動時收集的資料，例如力和速度。	終端使用者和 Franka Robotics 員工
事件日誌資料	它包含所有基於事件的資料，包括重新啟動和系統更新。	終端使用者

16.2.2 下載日誌資料

日誌資料可在每個日誌檔案的 **Settings**（設定）中下載。

- **系統日誌套件、循環日誌和事件日誌**：這些都可以在設定 -> 系統下載。

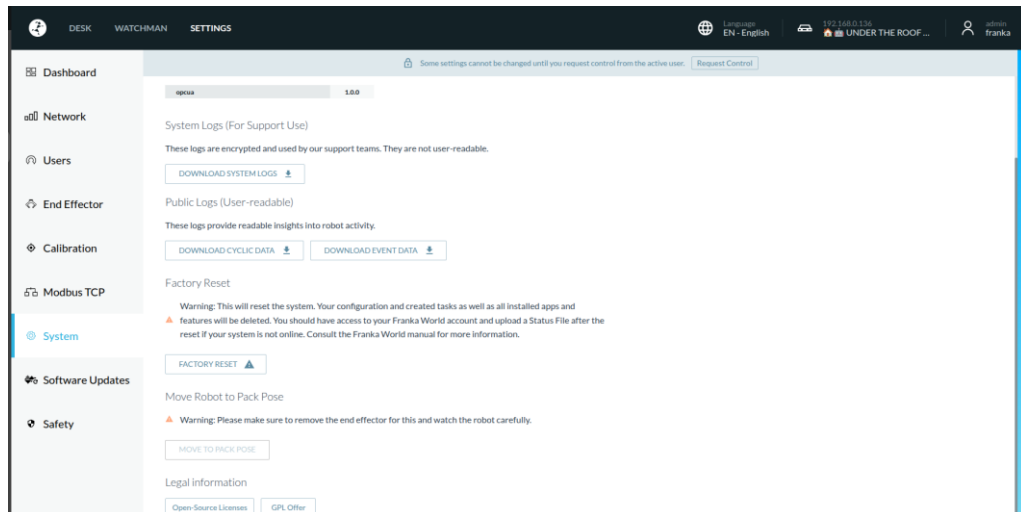


圖 16.5: 系統

- **安全記錄**：可在設定 -> 安全下載。

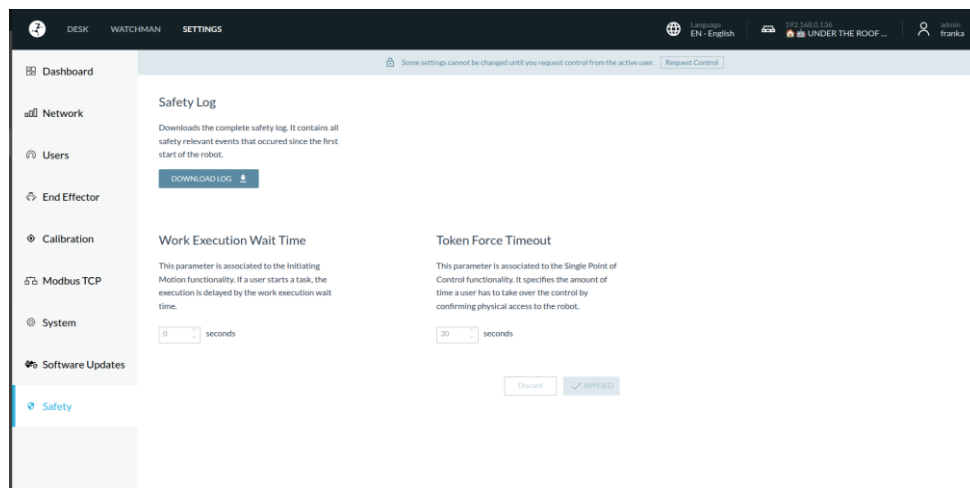


圖 16.6: 安全

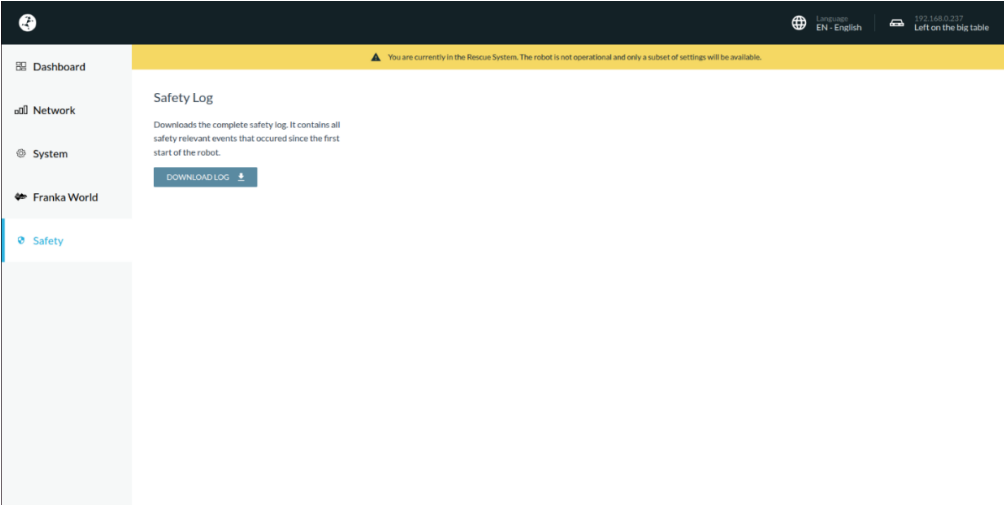


圖16.7: 下載

- **Desk API** : 所有日誌檔案也可透過 Desk API 取得。

16.3 扭力校正

FR3 的每個關節上都有扭力感測器。對手臂施加的超限力（如撞擊或過載）可能會降低手部引導或施力區域的系統性能，並可能需要重新校準扭力感測器。

設定」中的「扭力感應器校正」可讓具有管理員角色的使用者重新校正感應器，以便再次使用機器人，而無需將機器人送回 Franka Robotics GmbH。

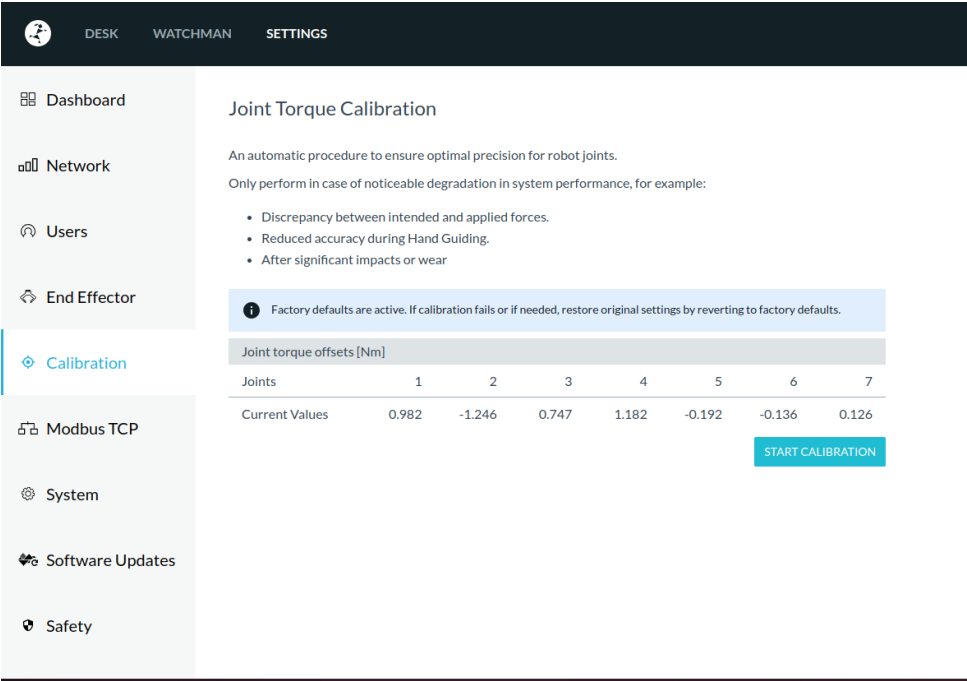


圖16.8: 校正

16.3.1 何時校正扭力感測器

在下列情況之一時，應校正扭力感測器：

- 在手導引時，機械手臂會感覺不平衡，因為其中一個關節不是在推就是在拉。
- 施力時會觸發力或扭力臨界值違規。
- 當客戶支援指示您這樣做時。

16.3.2 如何校準扭力感測器

扭力感測器可在 **Settings**（設定）中進行校正。扭力感測器校正程式會引導您完成下列步驟：

注意事項

扭力感測器只能在機器人手臂安裝在固定的水平平面上時進行校正。任何不平坦的表面或校正過程中的震動都會嚴重影響校正結果。

1. 機械手臂的準備

- 使用者必須確認工作區沒有任何障礙物，並且可以自由移動。扭力感測器校正例行程序會在機器人完整的工作空間內移動機器人。
- 使用者必須確認機械手臂已直立並水平安裝。

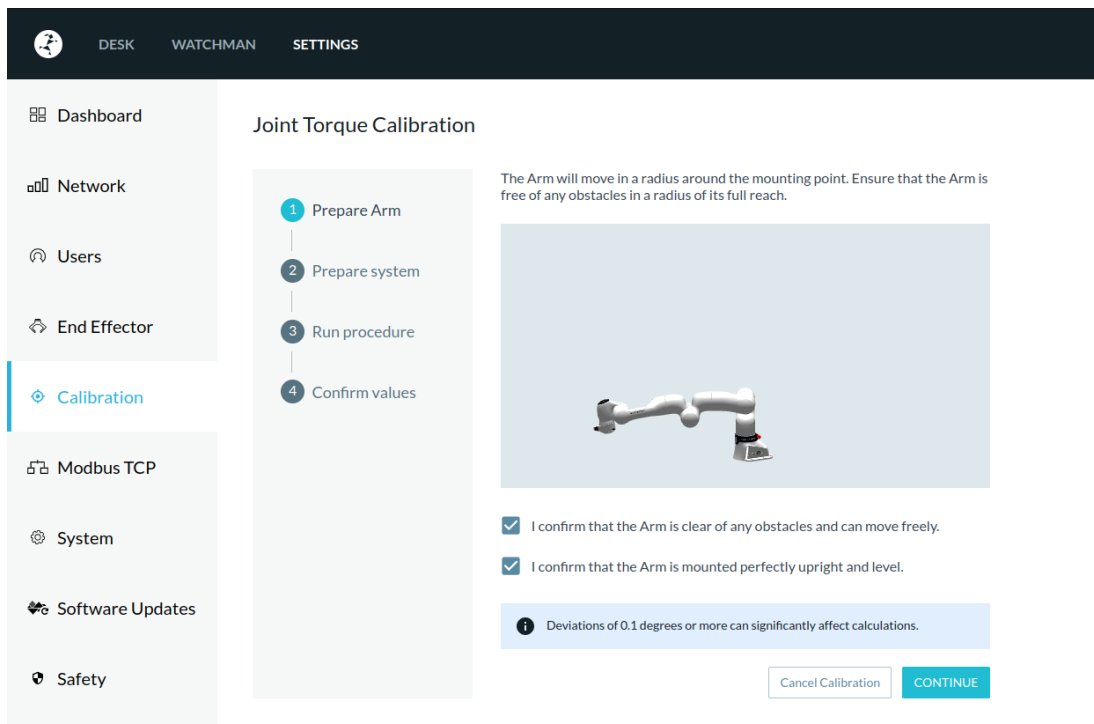


圖 16.9: 準備手臂

2. 系統準備

使用者需要以管理員角色登入，並擁有機械手臂的控制權。

- a. 關節需要解鎖。
- b. 操作模式必須是「執行」。
- c. 需要設定終端效果器設定檔 "no end-effector"。
- d. 使用者需要確認機器人手臂上沒有安裝任何末端效應器。
- e. 執行需要準備就緒。系統內部會檢查這一點：
 - i. 機械手臂未處於協同操作模式。
 - ii. 沒有任務正在執行。
 - iii. Watchman 中的系統組態已經過驗證。

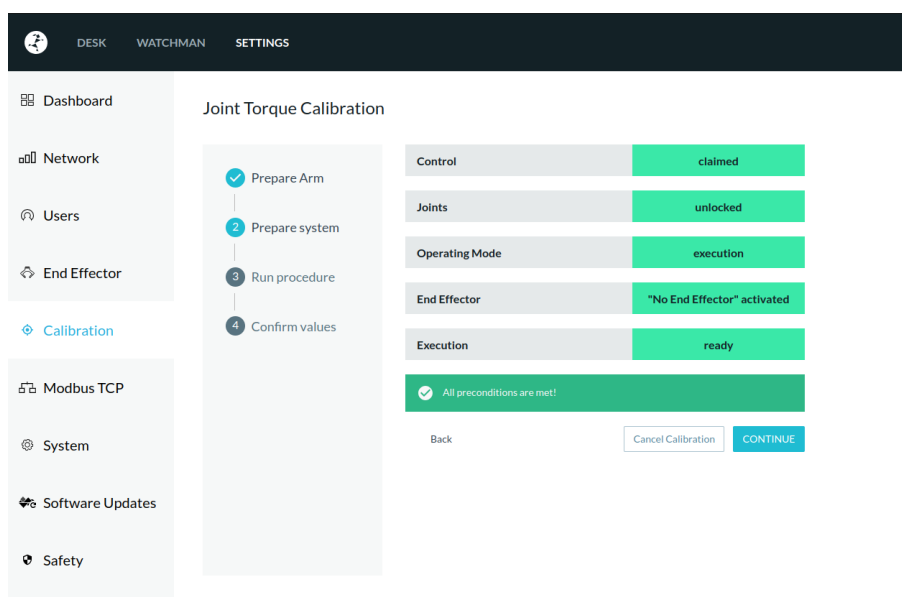


圖16.10: 準備系統

3. 校準

扭力感測器校正將會執行。這可能需要長達五分鐘的時間。機器人將移動到特定位置，同時測量內部扭矩

注意事項

扭力感測器只能在機器人手臂安裝在固定的水平平面上時進行校正。任何不平坦的表面或校正過程中的震動都會嚴重影響校正結果。

警告

校正期間，請勿接近機械手臂。請勿造成安裝表面的震動。請勿阻礙機械手臂的路徑。

- 請勿造成安裝表面的震動。
- 請勿阻礙 Arm 的路徑。
- 當機械手臂在單點移動時，狀態 LED 可能會變黃。這是預期的行為，不需要使用者動作。

注意事項

機械手臂可能看起來沒有移動，但在接近機械手臂之前，請務必在 **Calibration**（校正）頁面中確認是否安全。

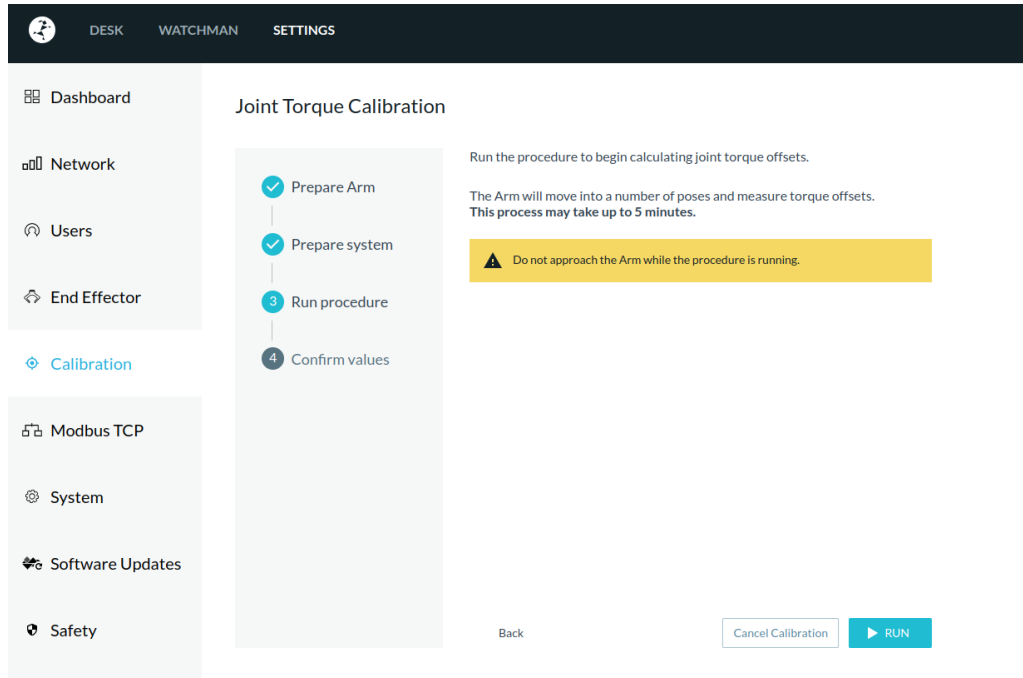


圖16.11: 執行政序

4. 確認數值

數值會呈現給使用者。

- a. 使用者可將數值套用至系統。
 - i. 如果應用了這些值，機械手臂會重新啟動。
- b. 使用者可以放棄，數值不會被儲存，但可以開始新的校正。

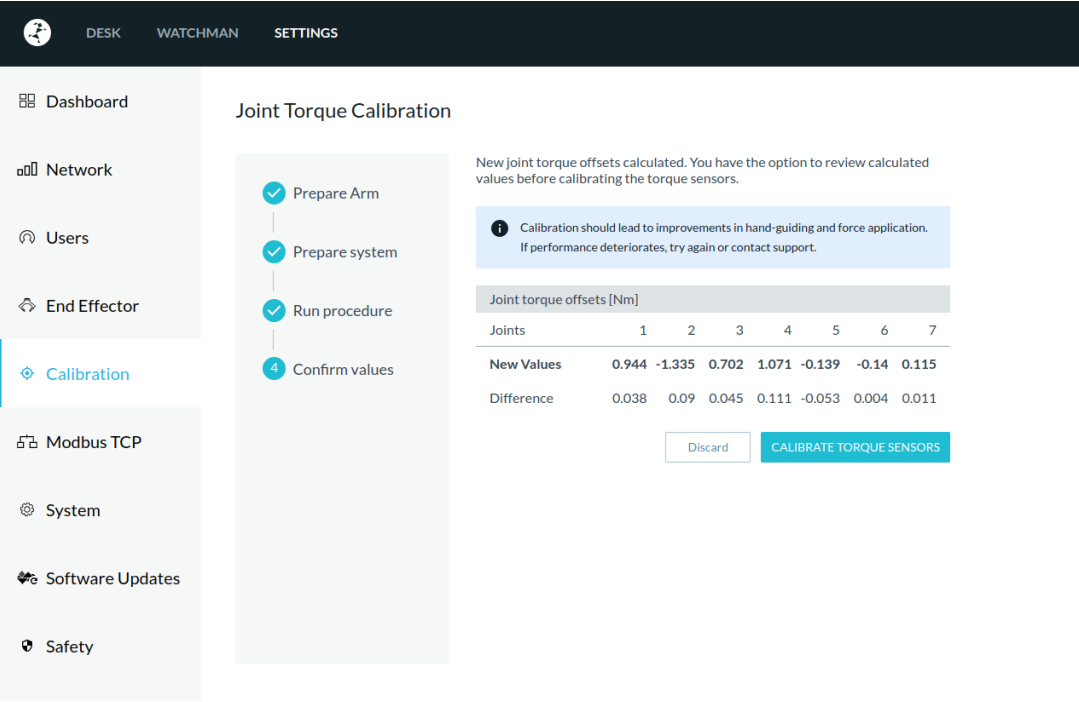


圖16 .12: 確認數值

16.3.3 重設為出廠預設值

執行扭力偏移校正後，設定頁面將允許具有管理員角色的使用者將扭力偏移重設為出廠值。

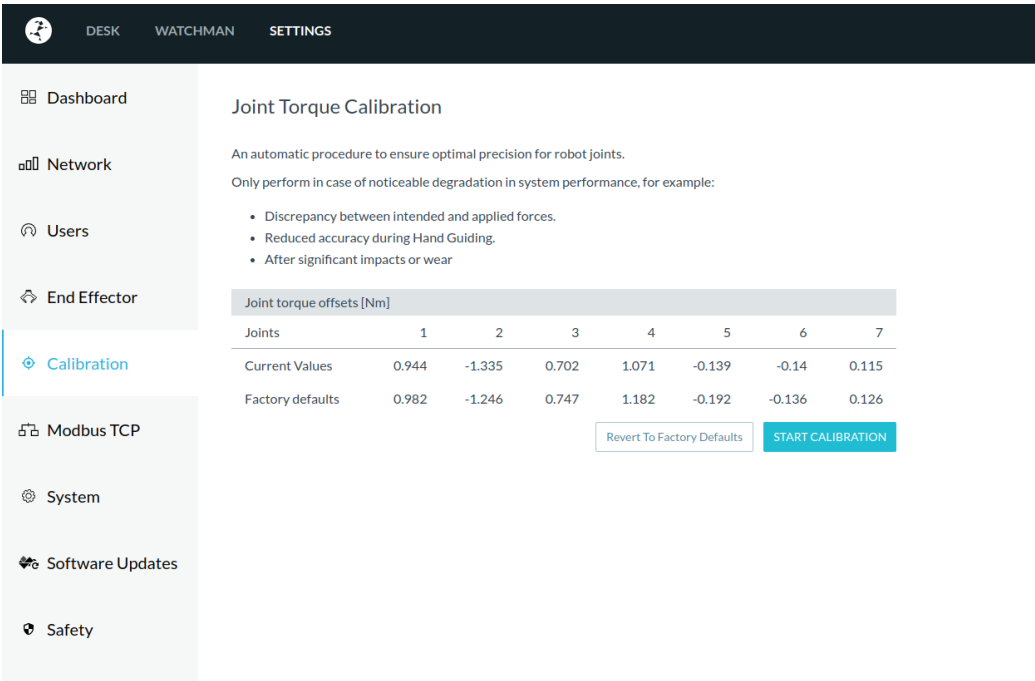


圖16 .13: 接頭扭矩偏移

16.3.4 錯誤處理

如果機械手臂在校正後仍有問題，請聯絡客戶支援。在某些情況下 - 特別是碰撞 - 扭矩校正可能無法完成。

16.4 硬體 Exchange

如果控制單元或控制臂損壞，可能需要更換相關的故障部件。

16.4.1 更換控制器

在控制單元故障的情況下，必須考慮兩種情況。

1. 控制仍可啟動，並可連線至 Franka World。
2. 控制功能無法再啟動和/或與 Franka World 同步。

在控制項仍可啟動並與 Franka World 連線的情況下，所有已安裝的功能和應用程式都可透過 Franka World 從故障控制項中刪除，並在 Franka World 中提供，以便轉移到新控制項。要做到這一點，請遵循以下步驟：

1. 按照第 14.5 章「備份」中的說明執行控制端備份。
2. 透過 URL <https://franka.world> 喚起 Franka World。
3. 切換到功能表列的「MANAGE」檢視。所有註冊給您或您公司的控制單元現在都會列在這裡。
4. 選擇相關的控制單元。顯示機器人的所有系統資訊，以及安裝在控制裝置上的功能。

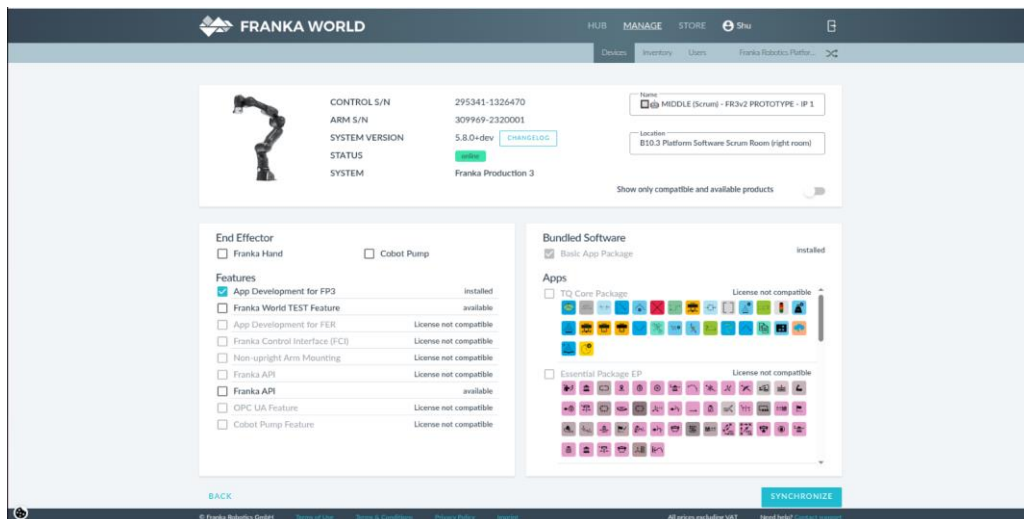


圖16.14: 裝置詳細檢視

5. 移除藍色核取標記後，各功能即標示為可從控制項中脫離。移除所有藍色核取標記之前，請截取螢幕截圖或 NOTICE Control 上安裝的功能。
6. 移除藍色核取標記後，「同步化」按鈕會出現藍色核取標記。按一下它會啟動與控制的分離，並在下次同步化控制時執行。
7. 現在在瀏覽器中呼叫 URL <https://franka.robot.de>，然後在 Desk 功能表中選擇「設定」。

8. 開啟「Franka 世界」檢視。現在您會看到要對機器人進行變更。點選「下載」下載變更。也可以手動將更新檔案匯入系統。

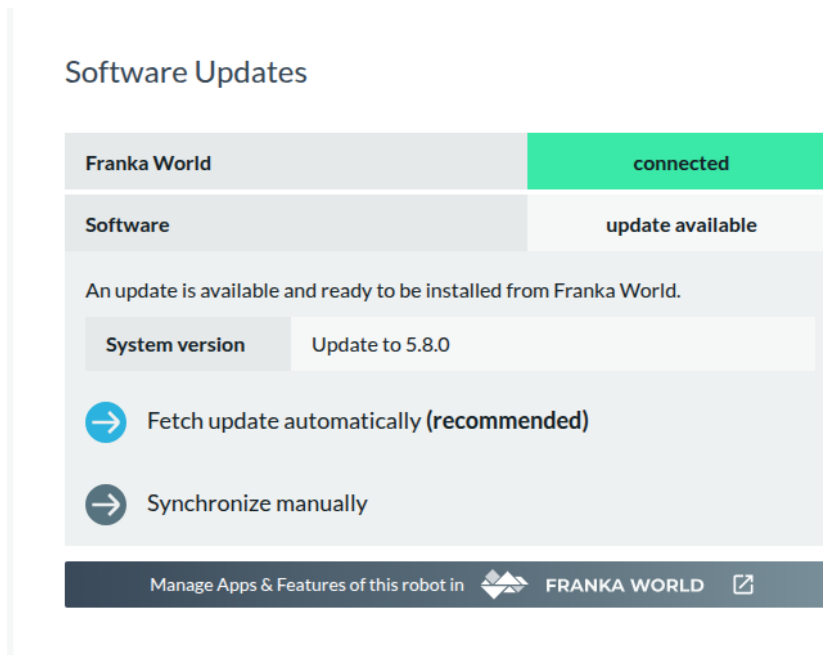


圖16.15: Sync- 提示

9. 讀取更新資料後，會出現「DISCARD」和「APPLY」按鈕。若要套用，請按一下「套用」。
10. 視變更內容而定，系統可能會重新開機。完成後，檢視中會出現「Everything up to date」。

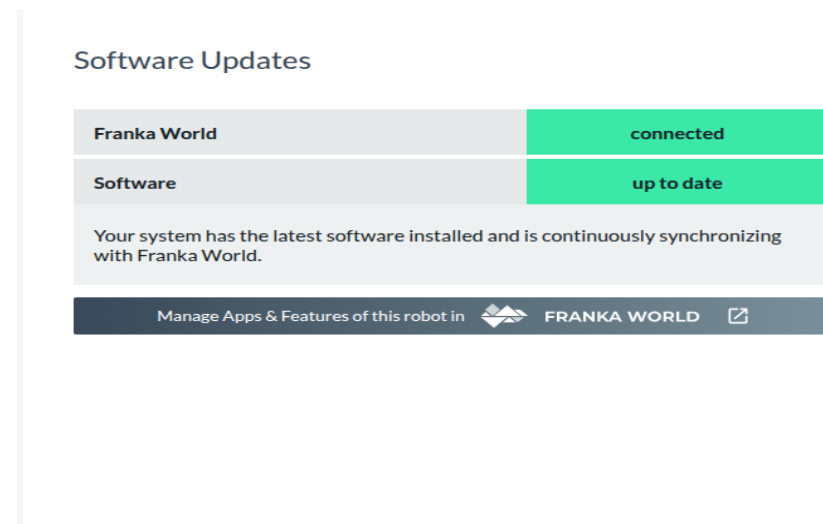


圖16.16: 一切最新消息

您的功能和應用程式的授權從屬關係現已從舊 Control 脫離，並可在 Franka World 中連結。

11. 現在用新控制器更換舊控制器。要做到這一點，請按照第 16.2.1 節「更換控制」中所述的步驟進行。
12. 開啟新的 Control，並在啟動系統後透過 URL <https://franka.robot.de> 開啟 Desk 介面。
13. 切換到 "Settings/Franka World" 檢視，然後按一下「REGISTER」按鈕執行註冊。註冊完成後，您就可以在 Franka World 中設定您的 Control。

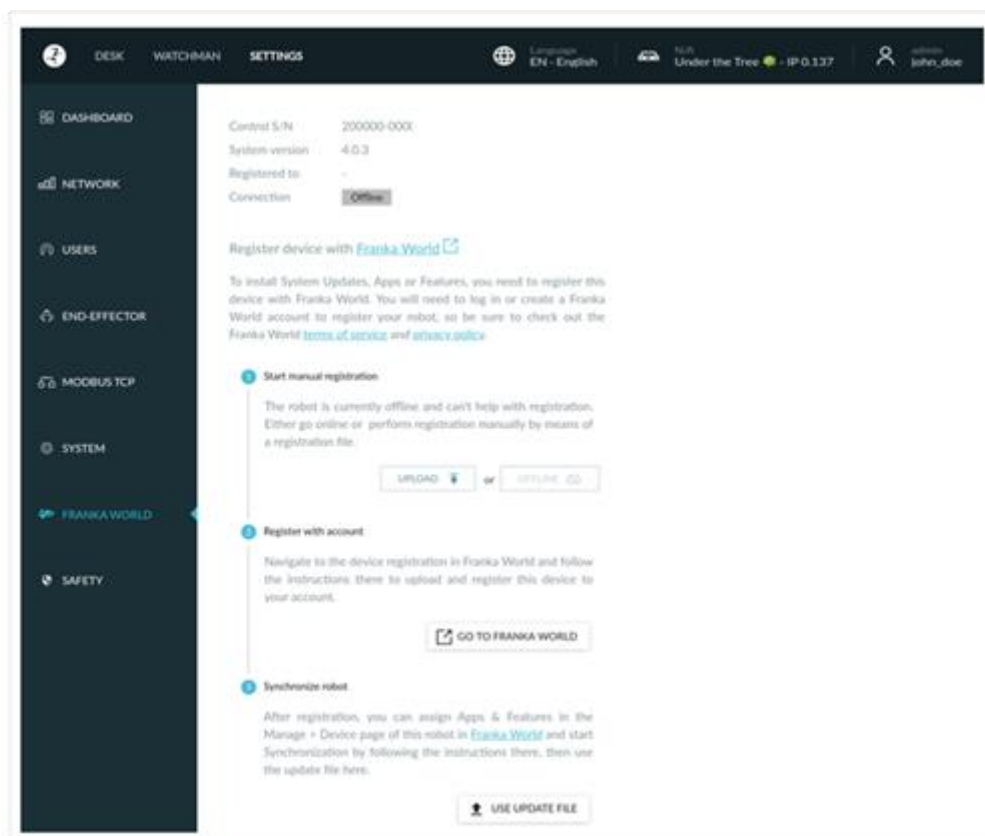


圖16.17: 寄存器控制

14. 在瀏覽器中開啟 URL: <https://franka.world> 並登入。
15. 切換到 MANAGE 檢視，並檢查是否顯示新的 Control。
16. 選取新的 Control，然後按一下開啟檢視。
17. 現在您將看到新控制項的資料以及帳戶中的所有可用功能。
18. 根據舊控制項的螢幕截圖或您的 NOTICE，填寫所有資訊欄位，並透過設定各自的核取標記選擇功能。
19. 按一下「SYNCHRONIZED」按鈕套用資料。
20. 現在在瀏覽器中輸入 URL <https://franka.robot.de> 切換到機器人的 Desk 視圖，然後在那裡呼叫「設定/法蘭卡世界」視圖。
21. 現在會顯示您在 Franka World 中啟動的變更。按一下「DOWNLOAD」。
22. 所有資料下載完成後，您可以按一下「套用」以接受傳輸。控制程式會安裝所有變更，並在必要時重新啟動。
23. 要將您的控制卡恢復到舊控制卡的狀態，請從舊控制卡的備份資料恢復系統。請按照第 14.5 章「備份」中的描述進行。

如果控制器無法再啟動，因此無法再與 Franka World 同步，則必須在 Franka Robotics GmbH 的支援下，將舊控制器的授權從故障控制器上拆下。

若要執行此操作，請發送包含下列資訊的電子郵件至支援部門：support@franka.de:

服務與支援

- 帳戶名稱 (Franka World)
- 帳號 (Franka World)
- 故障控制器的序號
- 新控制項的序號 (可選)
- 平台類型 (FP3/FR3)

在支援部門釋放許可證後，這些許可證將可再次在 **Franka World** 中連結到新的 **Control**。

現在將新的 **Control** 連接到 **arm**，然後開機。若要傳輸功能和應用程式，請依照步驟 13 至 22 所述進行。如果您仍有舊版控制器的更新，您可以依照 14.4 「更新」 章節所述的步驟，將資料匯入新版控制器。

機械交換控制

若要以機械方式更換控制器，請依照下列步驟進行：

- ✓ 如果缺陷控制仍然允許，請執行備份。
- ✓ 關閉機器人。
- ✓ 在主開關上關掉控制器
- ✓ 切斷控制器與主電源的連接
- ✓ 斷開插頭連接 C1（機器人的連接電纜）以及控制端的網路連接 C2。
- ✓ 用替換的控制器更換有故障的控制器。遵守控制器所需的環境條件（請參閱第 10 章「組裝與安裝」）。
- ✓ 將機器人的連接線連接至控制面板上的 C1 插頭連接。
- ✓ 建立網路連線 C2
- ✓ 將控制端連接到主電源
- ✓ 使用乙太網路線將您的操作裝置連接到機器人底座上的 X5 連接器
- ✓ 使用主開關開啟控制器

17 附錄

17.1 停車時間和距離

下圖顯示根據 EN ISO 10218-1 的要求，軸 1 至 4 的停止時間和停止距離。

下表說明了不同延伸狀態下的接合位置。

Franka Research 3.

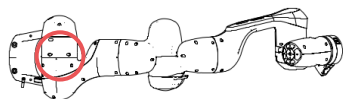
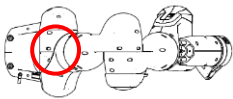
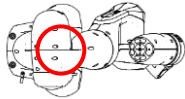
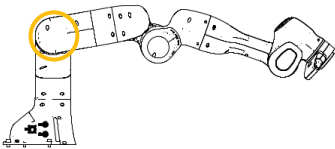
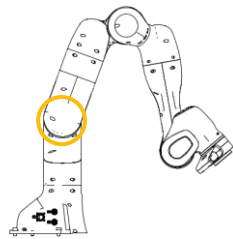
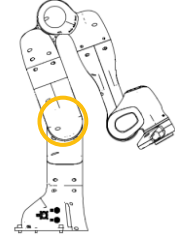
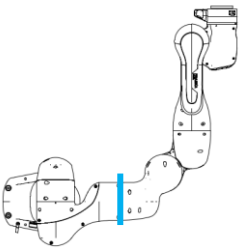
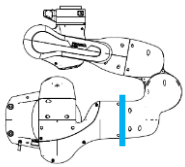
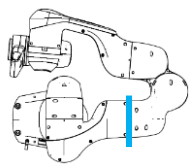
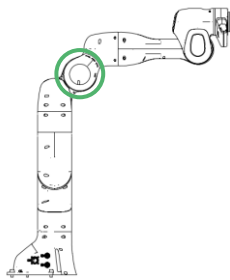
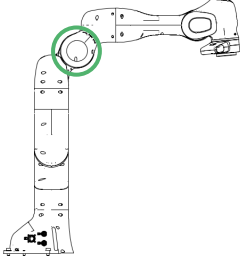
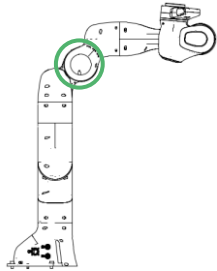
	延長 100%	延長 66	擴展 33
聯合 1			
聯合 2			
聯合 3			
聯合 4			

圖 .171: 延伸狀態說明

17.2 停止類別 1

下表總結了停止類別 1 的軸 1-4 的最大值。

聯合	最大停車距離 [rad]	最大停止時間 [s]
1	0,803	0,735
2	0,798	0,682
3	0,684	0,534
4	0,455	0,418

17.2.1 聯合 1

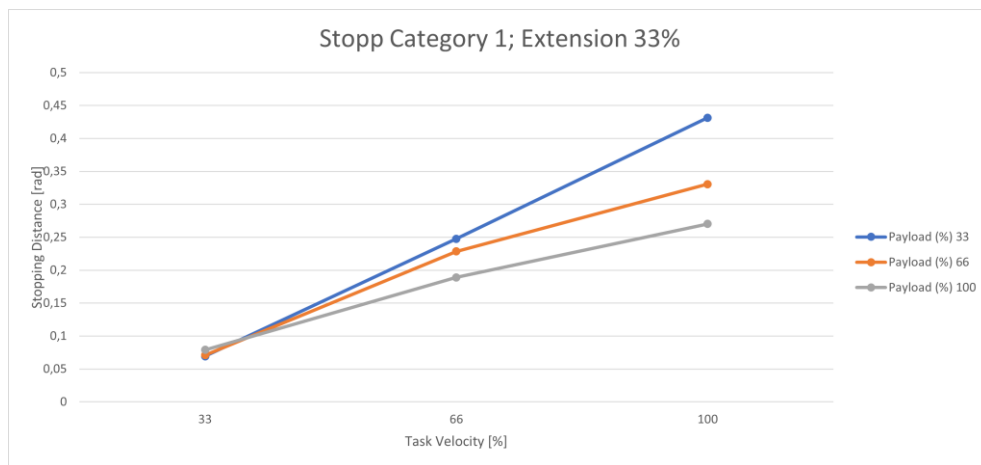


圖 .172 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1, 33

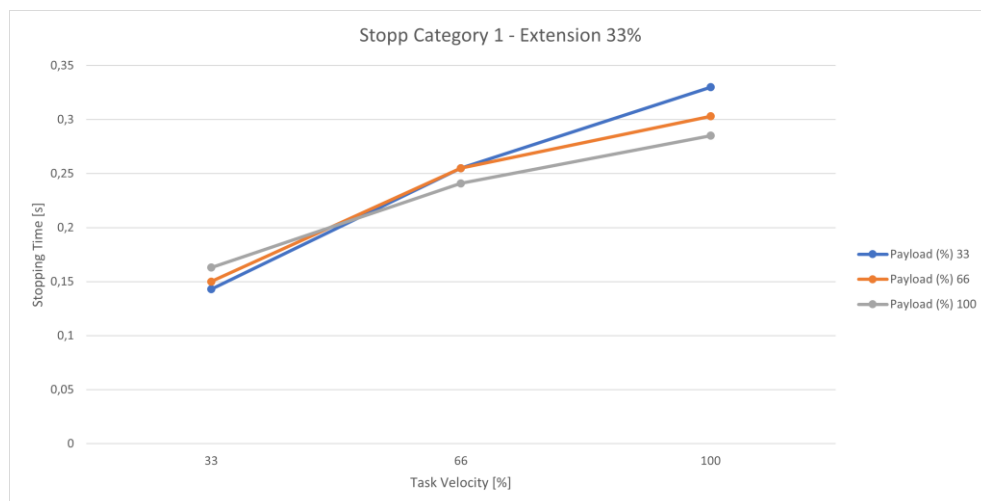


圖 。 173 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 33% 。

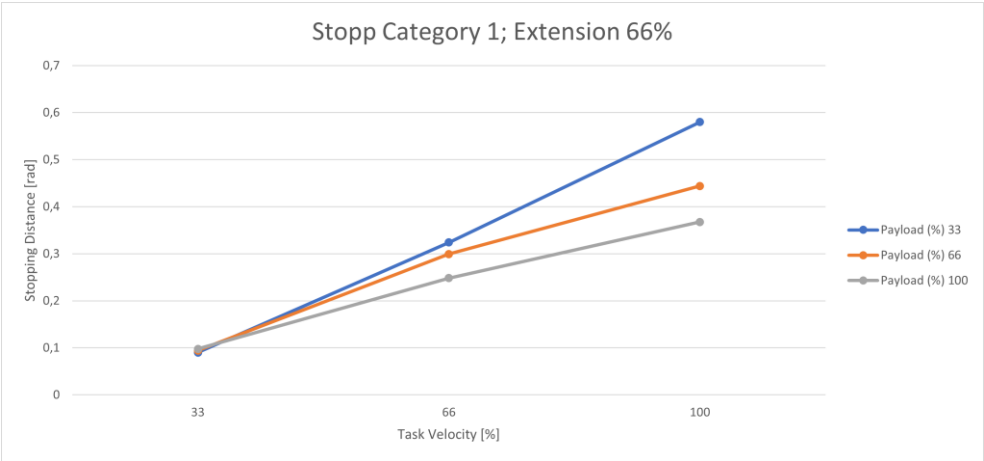


圖 .174 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 66%。

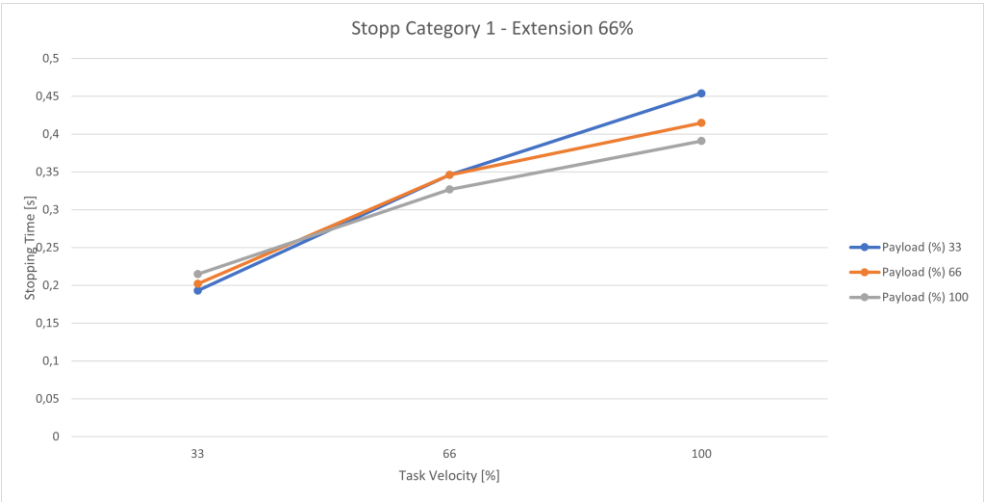


圖 . 175 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 66%。

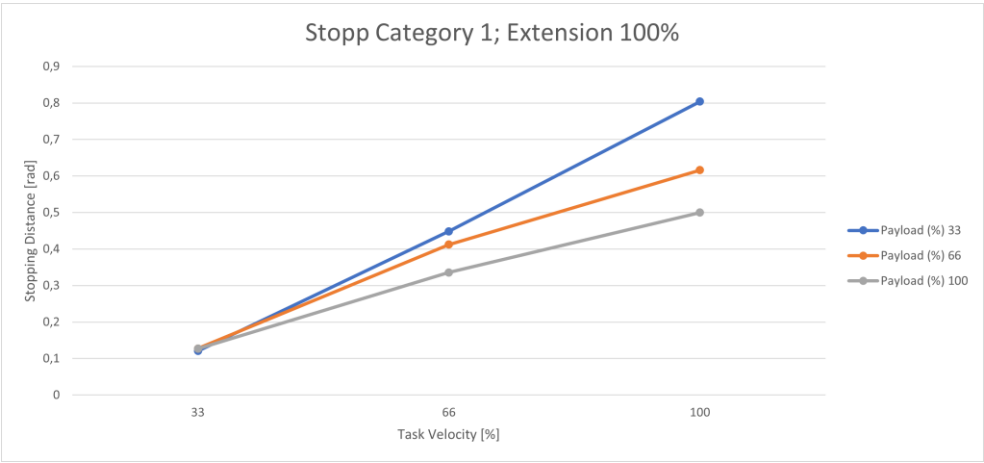


圖 .176 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 100%

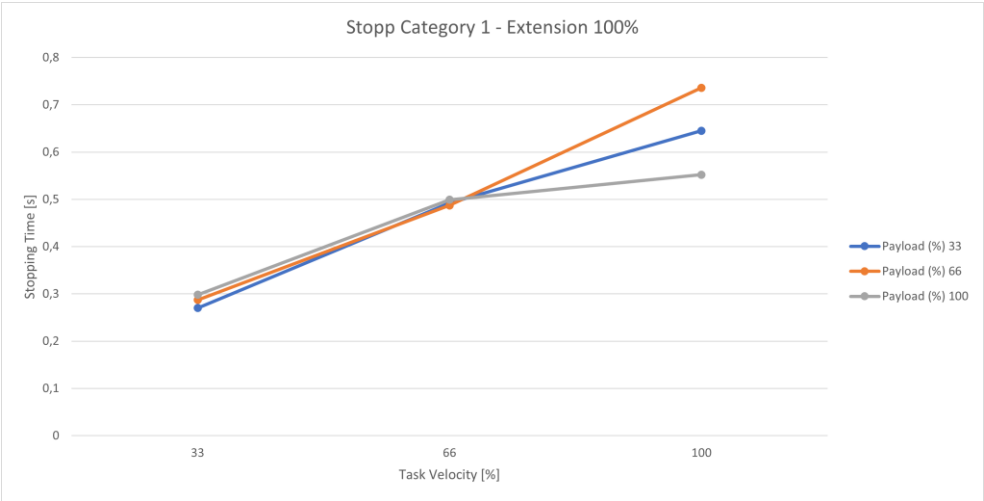


圖 .177 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 100%

17.2.2 聯合 2

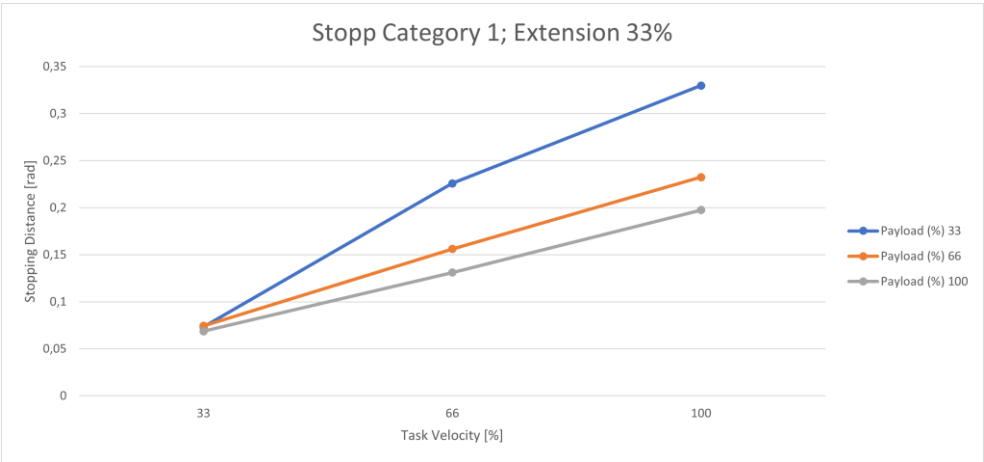
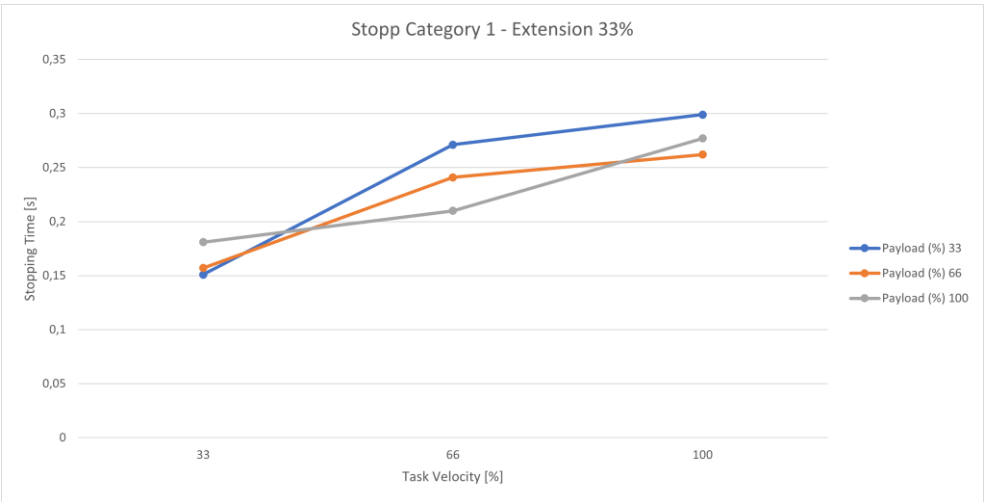


圖 .178 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 33%。



圖。 179 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 33%。

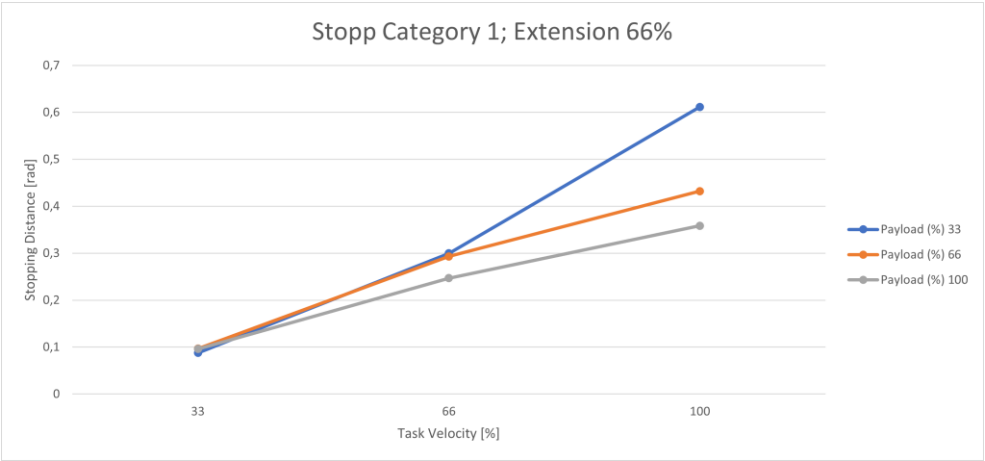


圖 .1710 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 66% 。

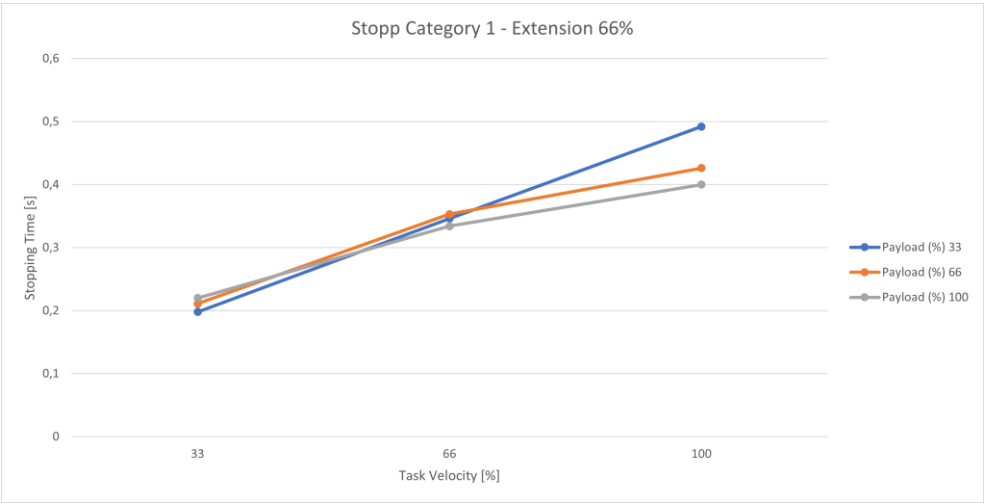


圖 。 1711 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 66% 。

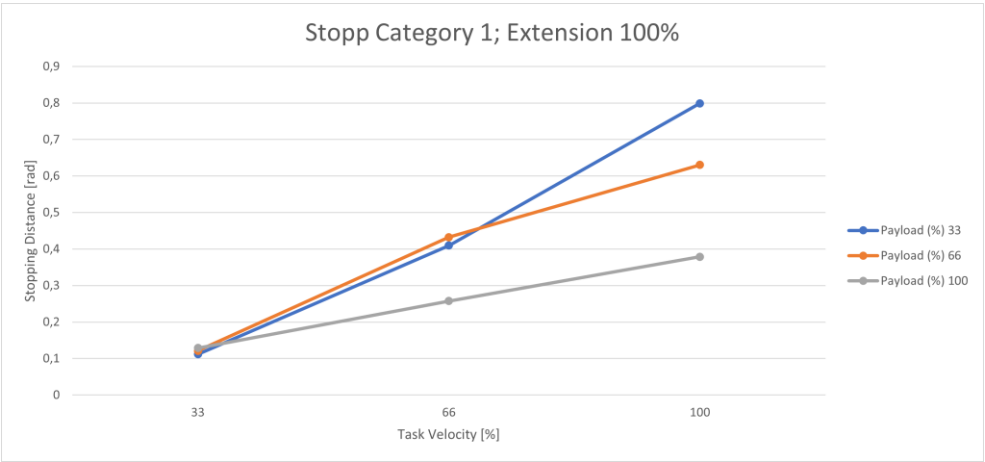
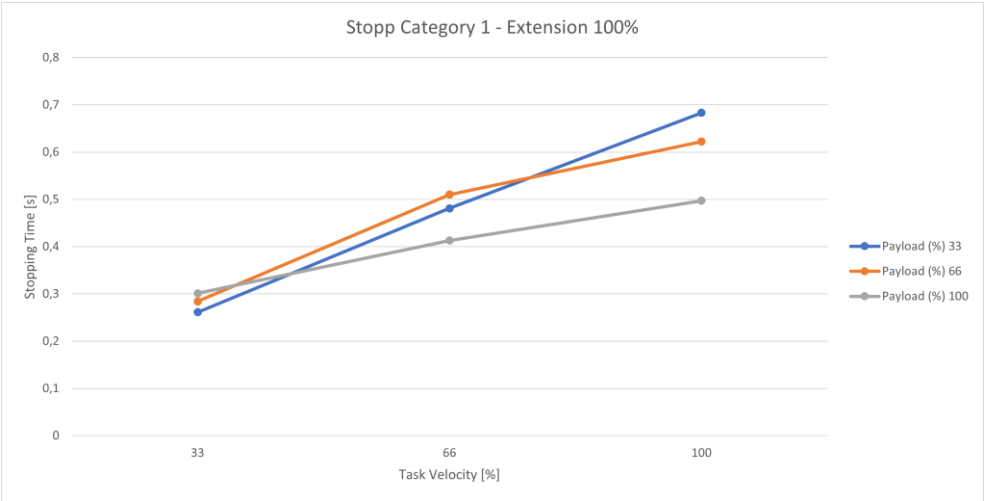


圖 .1712 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 100%



圖。1713：時間；Stopp Cat 1；Joint 2 100%

17.2.3 聯合 3

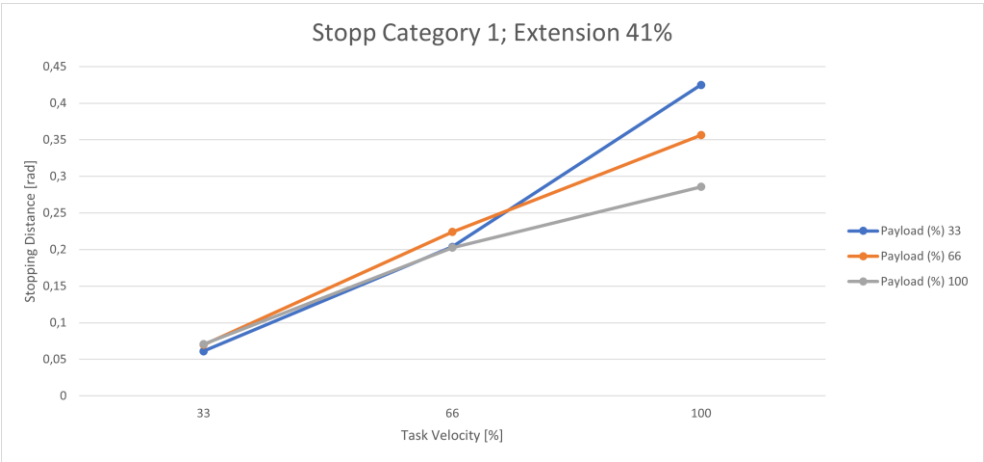
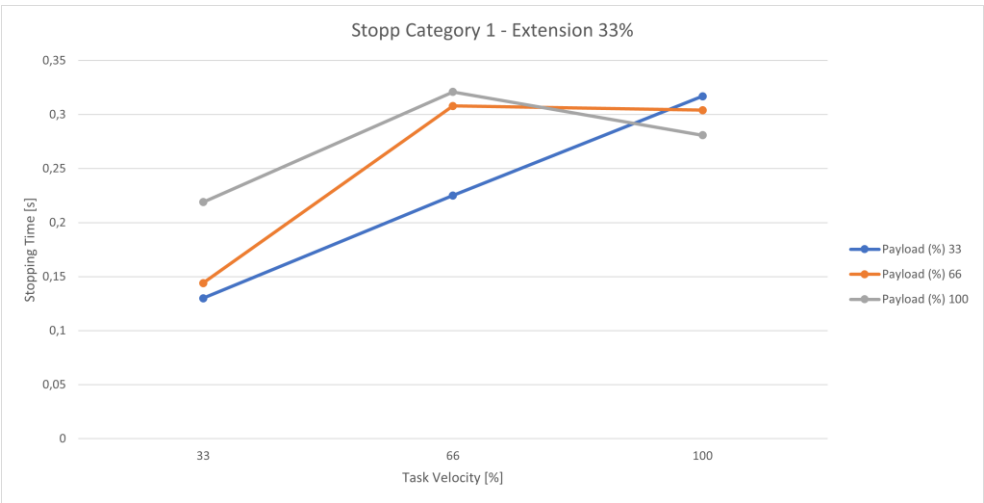


圖 .1714：距離；Stopp Cat 1；Joint 3 33%。



圖。1715：時間；Stopp Cat 1；Joint 3 33%。

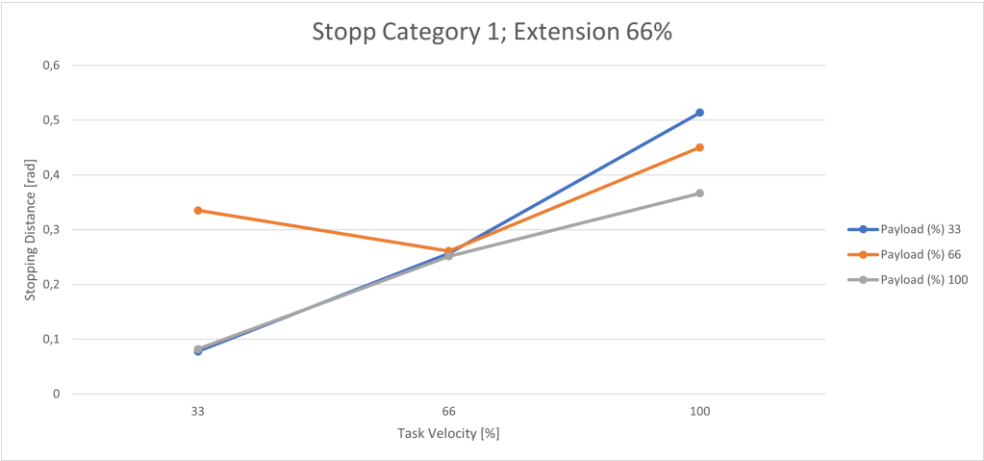
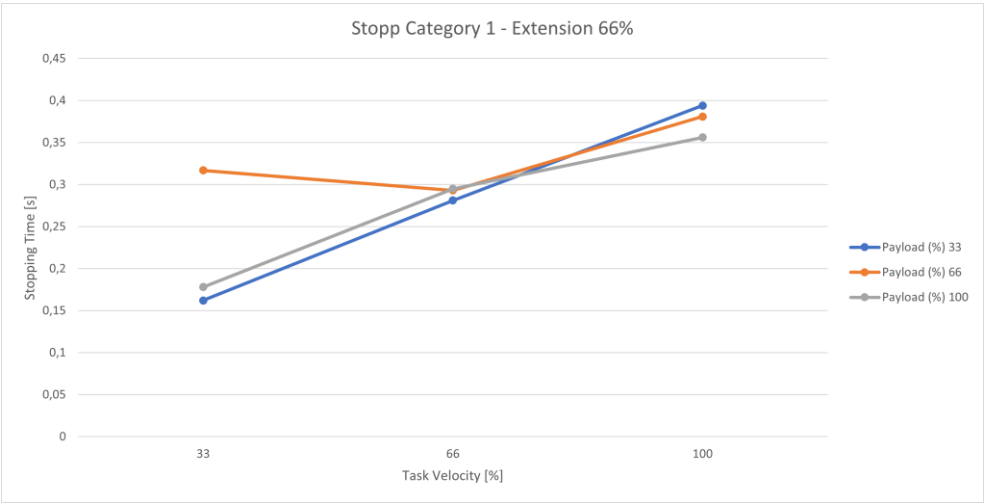


圖 .1716 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 66%。



圖。 1717 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 66%。

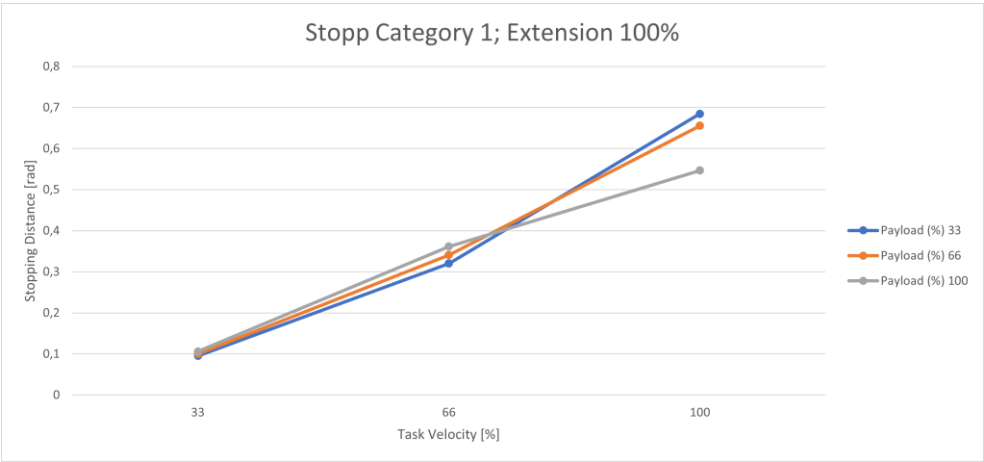
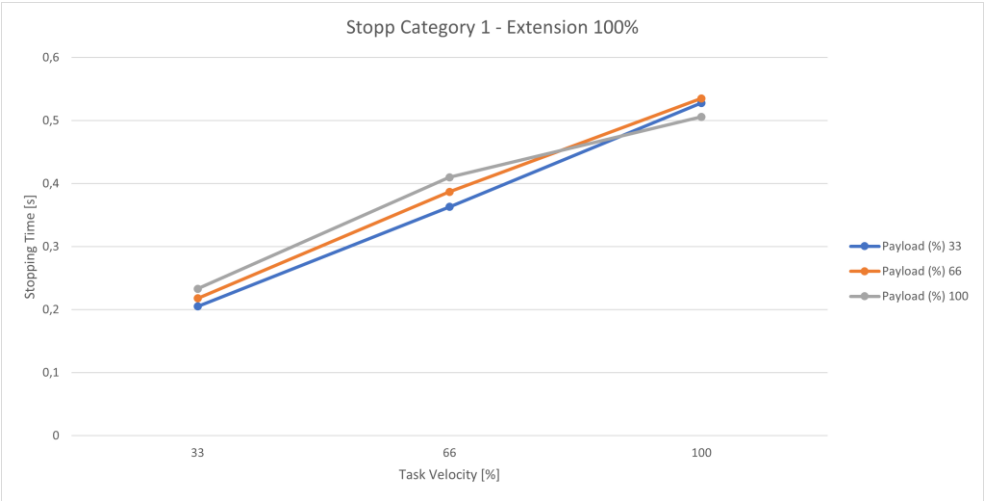
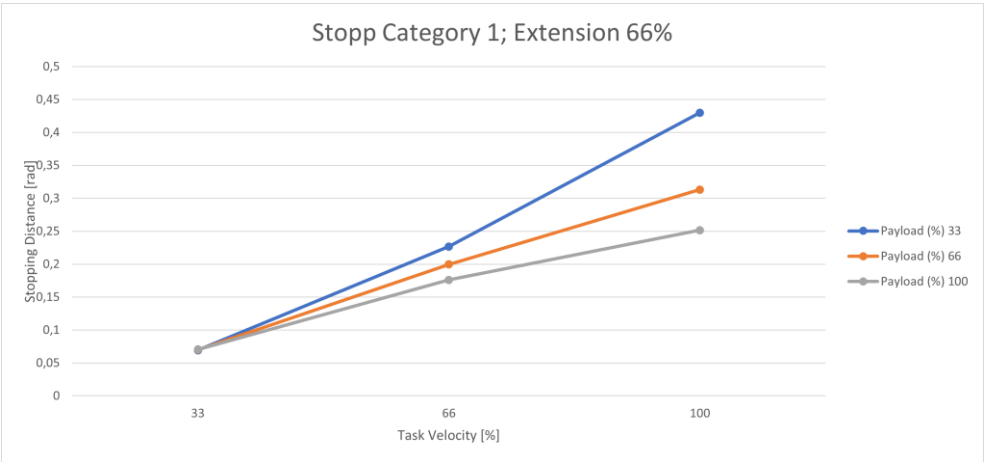


圖 .1718 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 100%

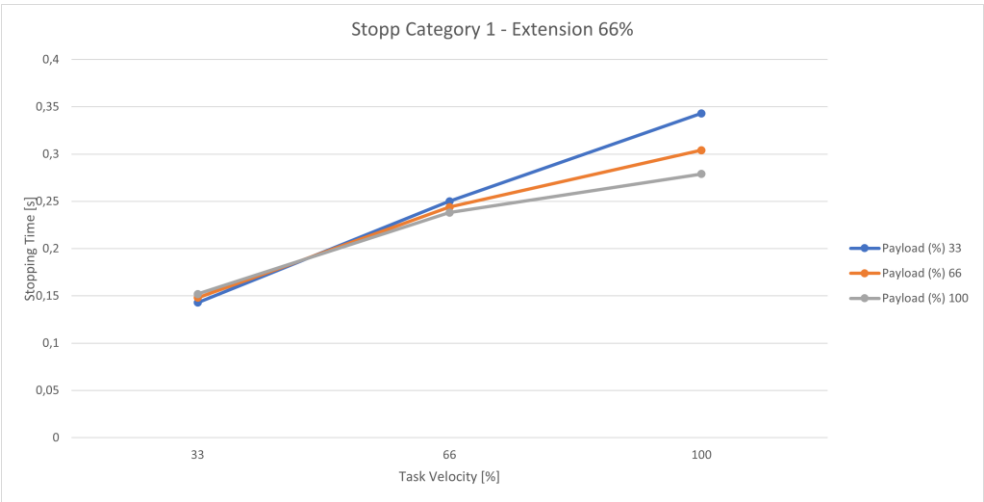


圖。1719：時間；Stopp Cat 1；Joint 3 100%

17.2.4 聯合 4



圖。1720：距離；Stopp Cat 1；Joint 4 66%。



圖。1721：時間；Stopp Cat 1；Joint 4 66%。



圖 .1722 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 4 100%

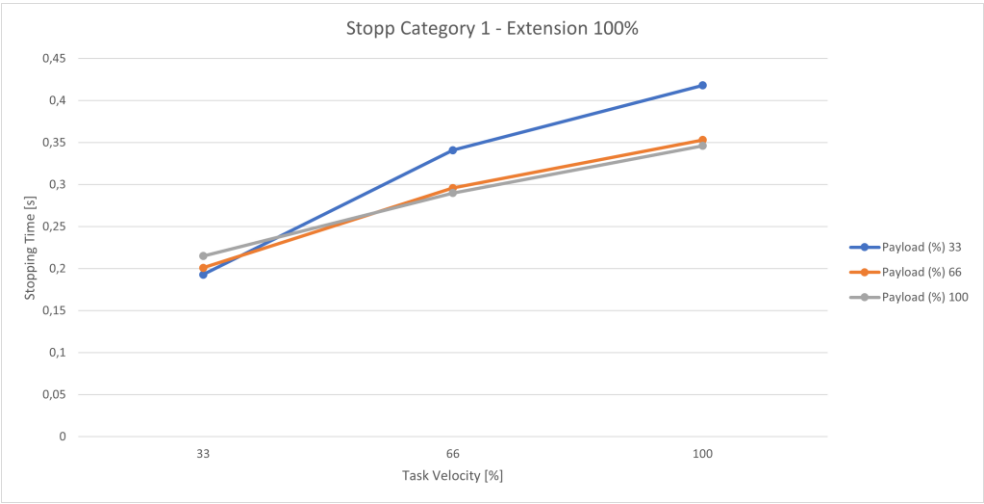


圖 .1723 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 4 100%

17.3 停止類別 2

下表總結了停止類別 2 的軸 1-4 的最大值。

聯合	最大停車距離 [rad]	最大停止時間 [s]
1	0,806	0,743
2	0,805	0,684
3	0,695	0,542
4	0,455	0,417

17.3.1 聯合 1

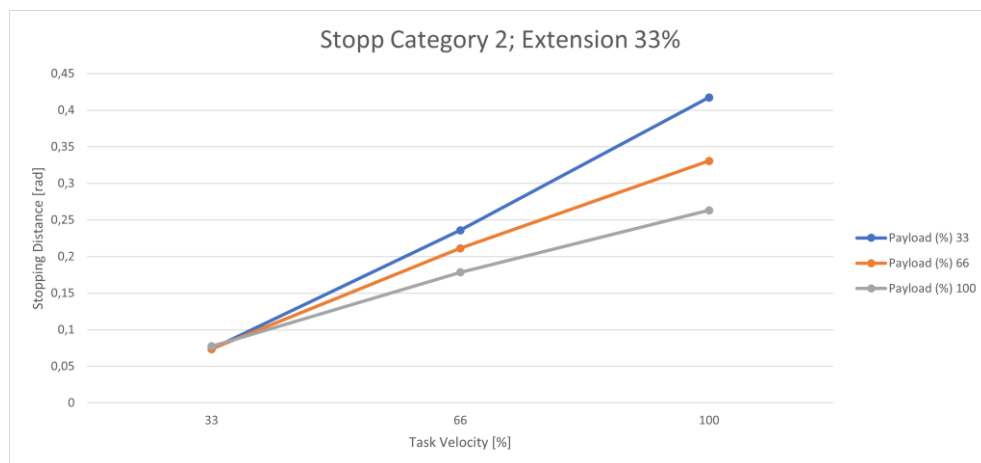
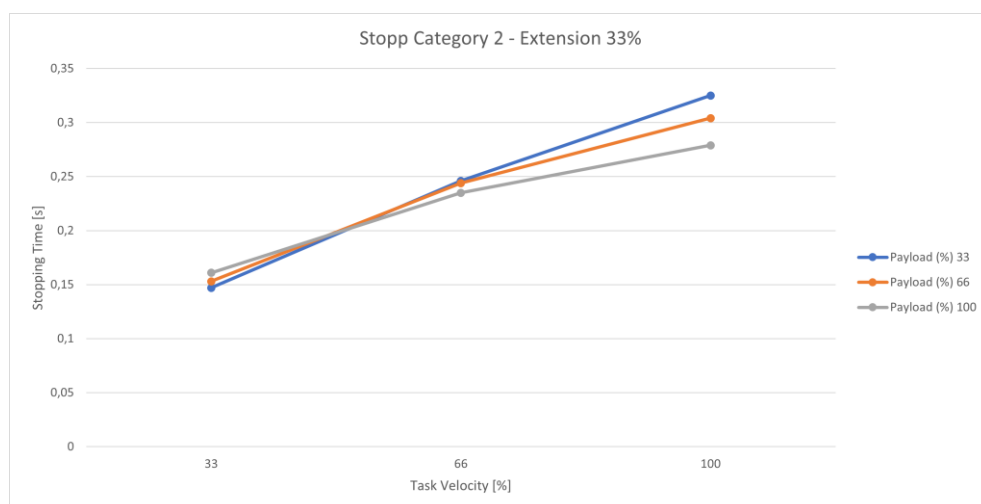


圖 .1724 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 33



圖。1725 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 33%。

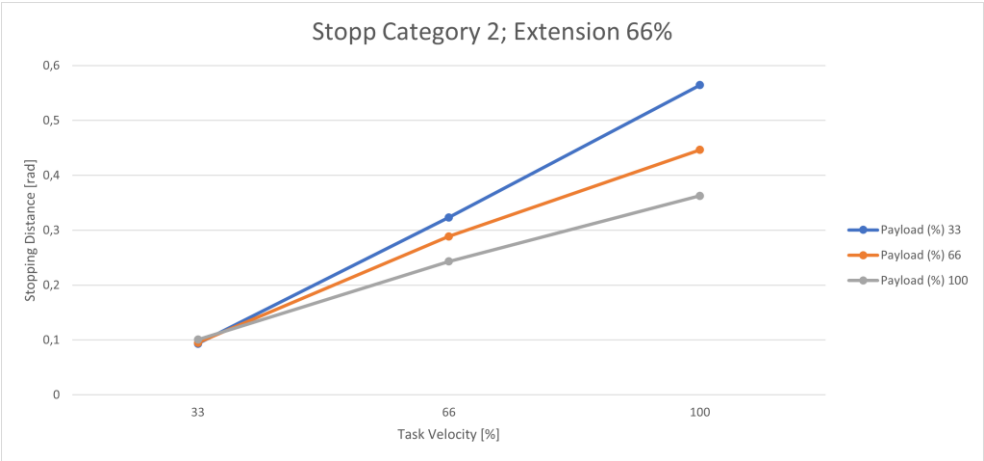


圖 .1726 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 66% 。

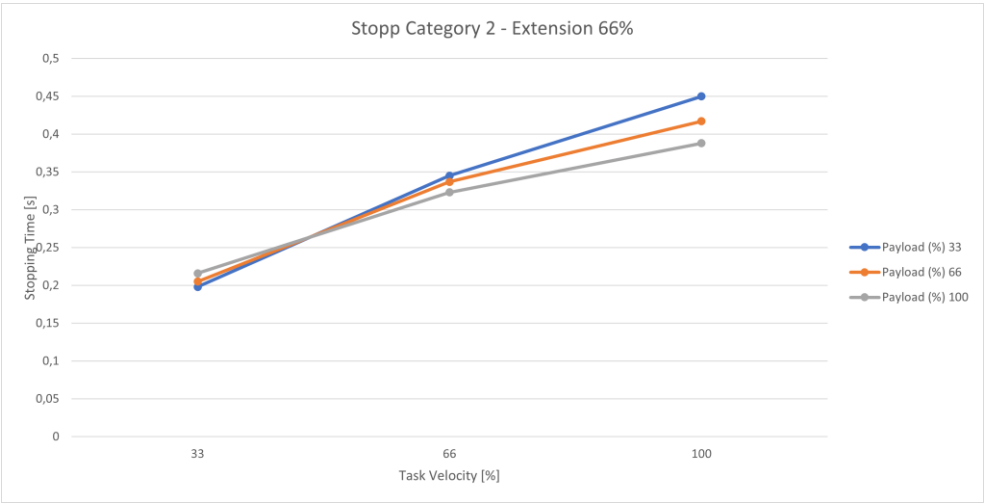


圖 。1727 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 66% 。



圖 .1728 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 100%

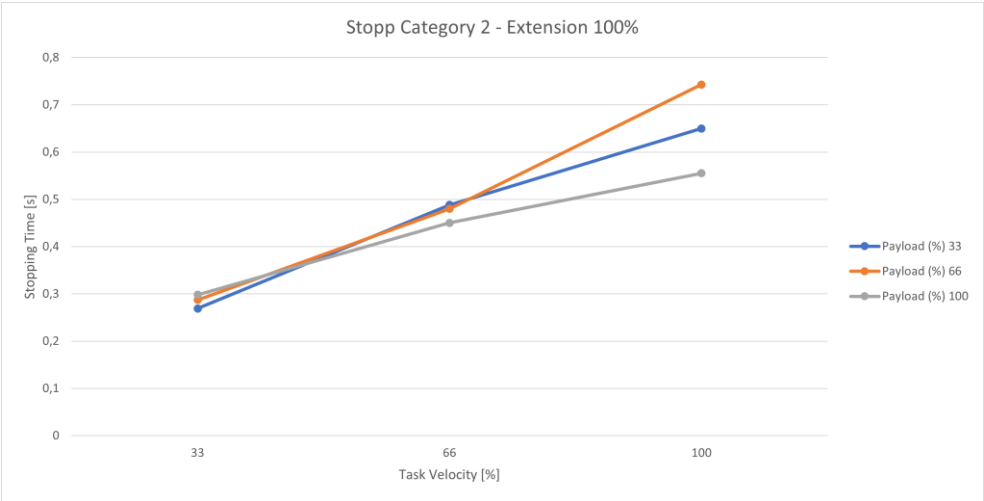


圖 .1729 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 100%

17.3.2 聯合 2

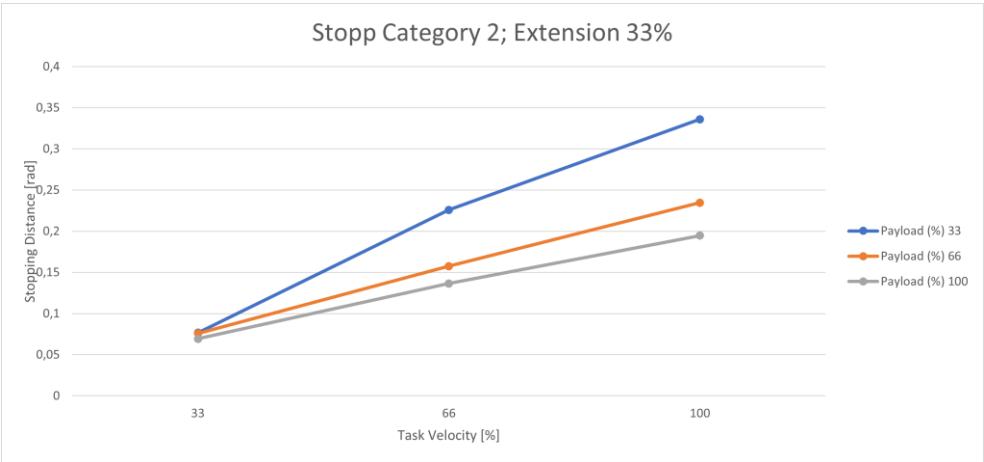
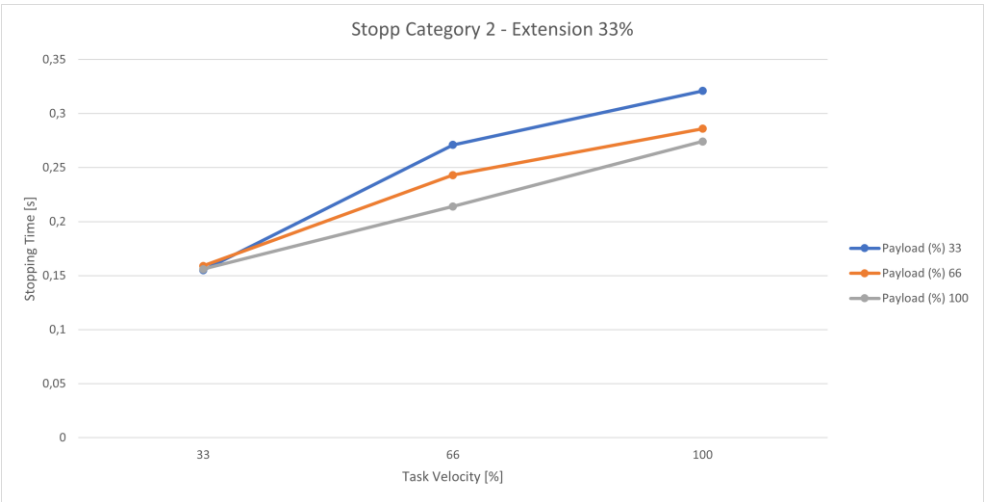


圖 .1730 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 33



圖。 1731 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 33%。



圖 .1732 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 66%。

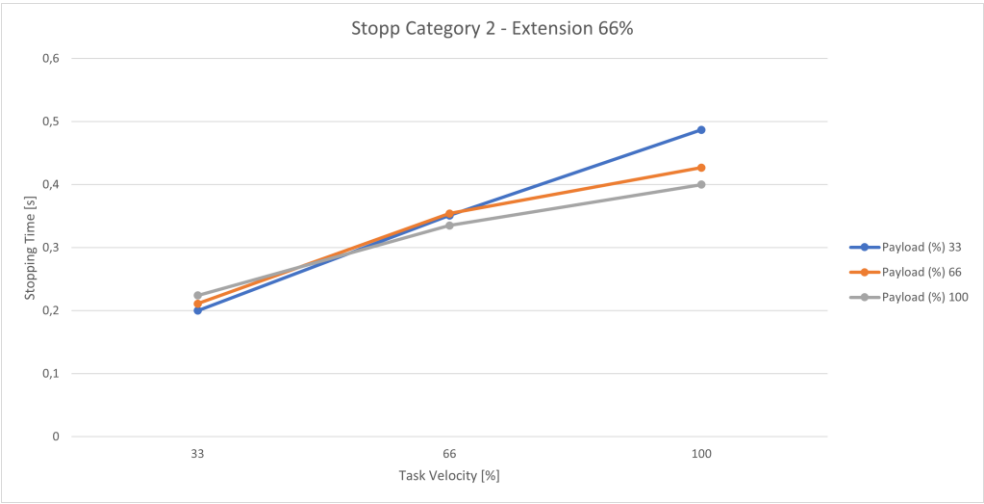


圖 。 1733 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 66%。

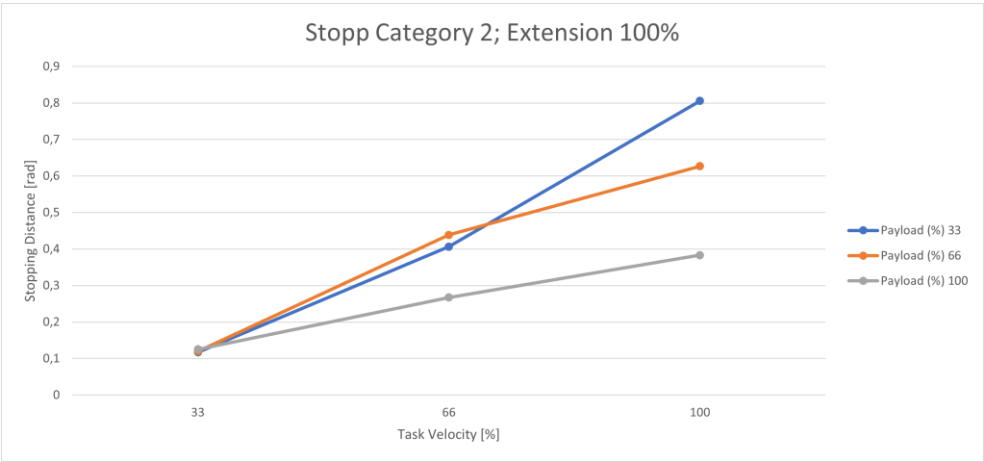


圖 .1734 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 100%



圖。1735：時間；Stopp Cat 2；Joint 2 100%

17.3.3 聯合 3

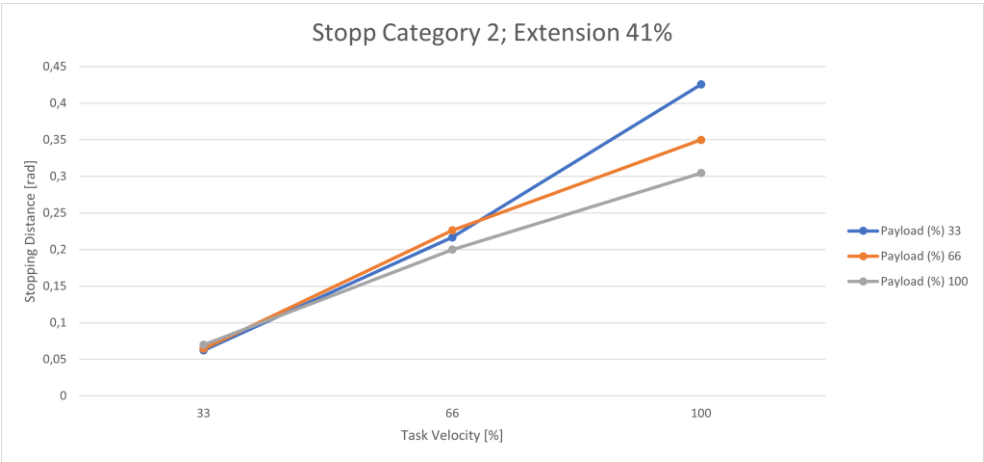
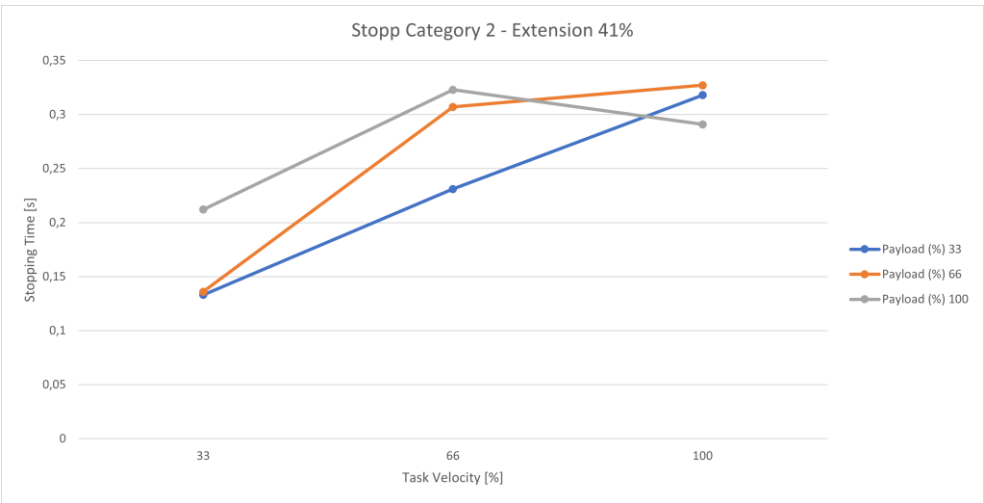


圖 .1736：距離；Stopp Cat 2；Joint 3 41%。



圖。1737：時間；Stopp Cat 2；Joint 3 41%。

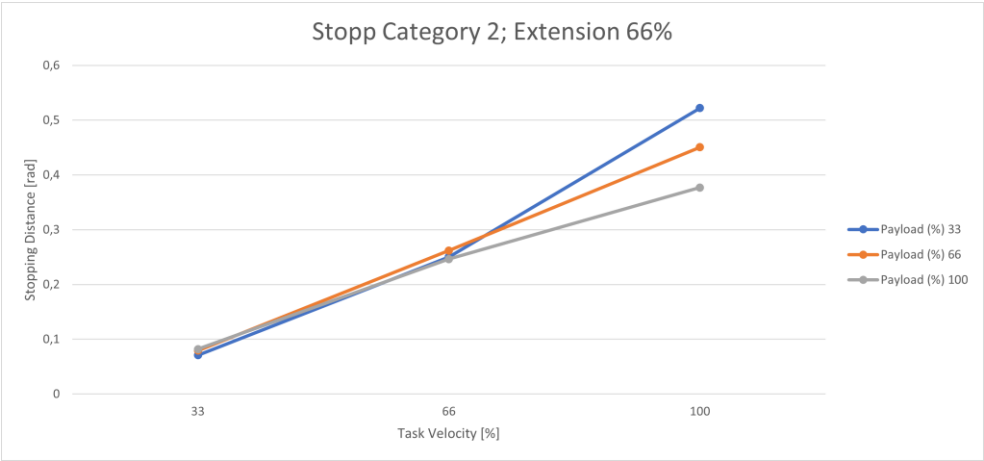


圖 .1738 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 66%。

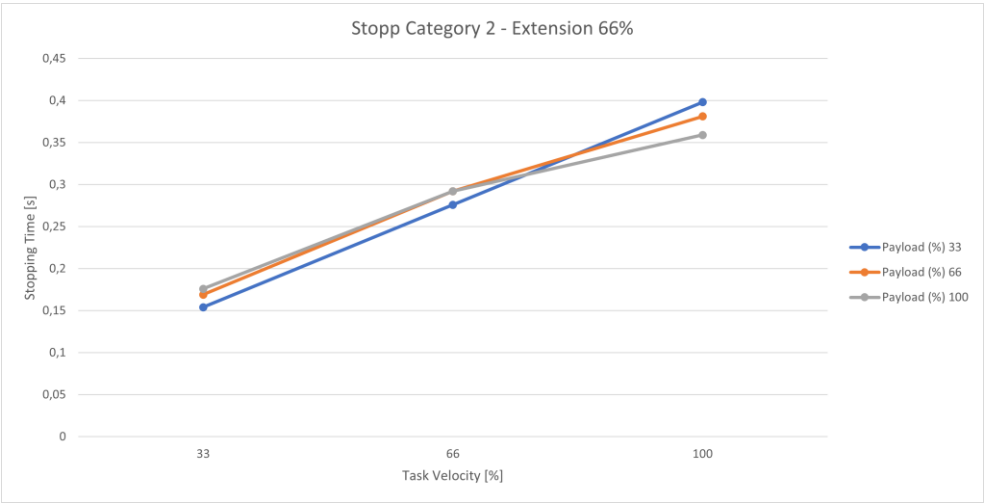


圖 。 1739 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 66%。

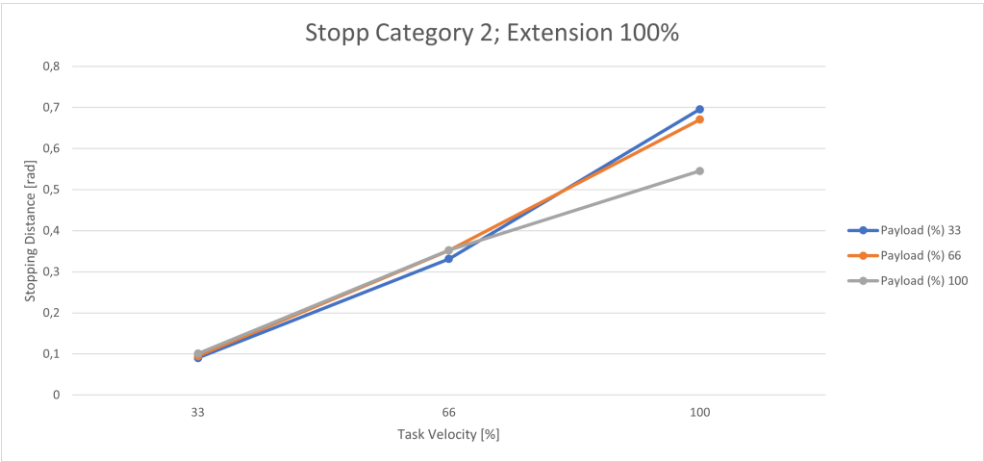


圖 .1740 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 100%

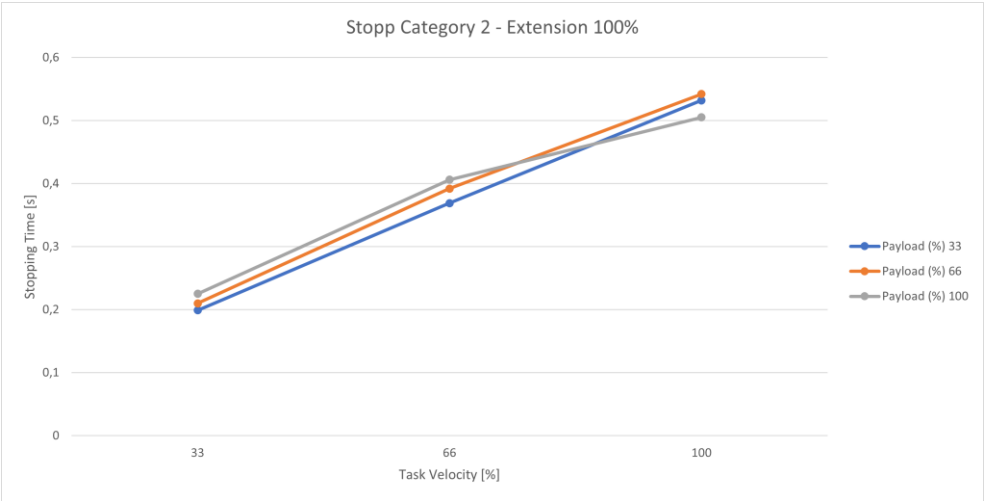


圖 .1741 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 100%

17.3.4 聯合 4

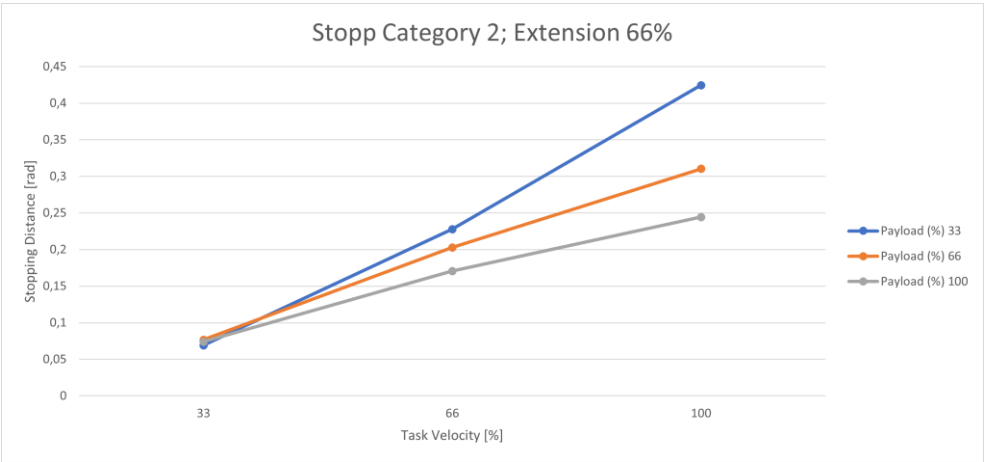
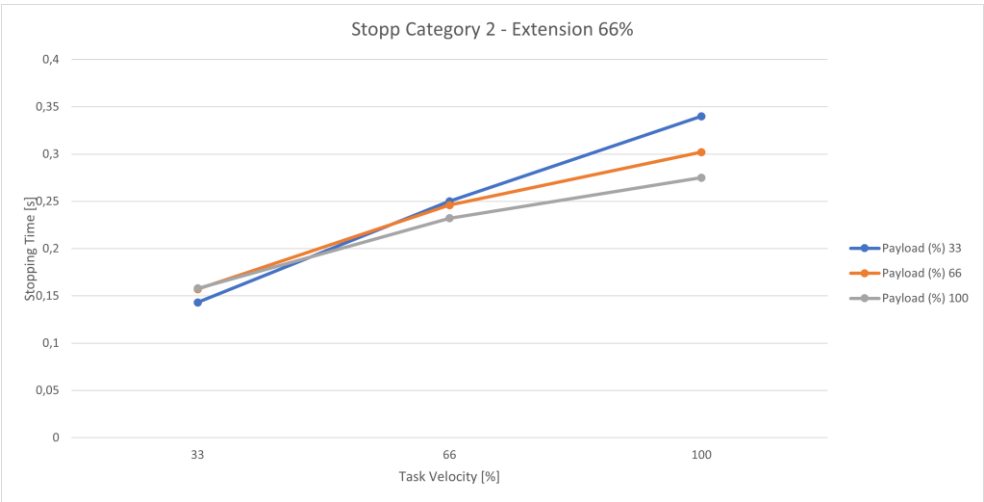


圖 .1742 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 4 66% 。



圖。 1743 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 4 66% 。



圖 .1744 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 4 100%



圖 .1745 : Zeit; Stopp Cat 2; Joint 4 100%

17.4 回應時間

輸入	運動反應時間	反應時間 安全輸出握把
使用者輸入	42 毫秒	48 毫秒
違反安全功能	36 毫秒	42 毫秒
	42 毫秒	48 毫秒
中心反應 - 聯合誤差	42 毫秒	48 毫秒
中央反應 - 從屬錯誤	10 毫秒	-
局部反應 - 連接誤差	10 毫秒	-
當地反應 - 從屬錯誤	30 毫秒	36 毫秒
反應 - 主控制錯誤		

17.5 安全定位精度

如果使用任何基於安全位置測量的安全功能，就必須考慮到有限的精確度。

需要考慮的主要因素包括但不限於結構彈性、機械公差、組裝公差、訊號處理、感測器精度。

這些因素對精確度的影響深受外力、有效負載、動態狀態（如速度和運動構造（姿勢））的影響。

在設定應用程式中使用的安全功能參數時，必須考慮安全位置精確度。需要使用多少餘量在很大程度上取決於上述因素，因此需要逐一評估和驗證。

18 詞彙

命名	說明
管理員	管理員是經負責人授權可存取機器人系統和使用使用者介面 Desk 的人員，如下所示： 管理員設定和變更角色、存取權限和密碼。 管理員設定和變更系統的非安全性相關參數（例如，變更終端執行器設定時）。 管理員編程並教導機器人系統。
應用程式	Apps 是模組化的機器人程式，每個都代表機器人任務的部分步驟。它們可以在 Franka 商店購買，並在 Desk 中進行參數化，以形成整個自動化任務。
手臂	The Arm 是具有七軸的觸覺機械手臂。它是 Franka Research 3 的一部分。
軸心	手臂由七個連續的軸組成。運動在軸上產生。
笛卡兒	笛卡兒空間是所有軸（X、Y 和 Z）都垂直的三維空間。
類別 0 停止	0 類停止是指立即移除機器驅動器的電源而停止 (acc. to EN 60204:2019)。
類別 1 停止	第 1 類停止是一種受控制的停止，機器致動器可獲取電力以達到停止，然後在達到停止後移除電力 (acc. to EN 60204:2019)。
第 2 類停止	第 2 類停止是可控制的停止，機器致動器有電源可用（符合 EN 60204:2019）。
質量中心 (CoM)	質量中心是物體的重力中心。在這一點上，引力開始生效。
協作空間	操作員和機器人在執行任務時可存取的空間。
連接線	連接線連接控制臂與控制器。
控制	Control 是主控制單元，是 Franka Research 3 的一部分。主控制單元可監控機器人的機械結構。
辦公桌	Desk 是 Franka Robotics 基於 Web 的直觀圖形編程和用戶介面，用於交換資訊和發出指令。它是 Franka UI 的一部分。
緊急停止裝置	緊急停止裝置（Emergency Stop Device）必須連接至系統，以停止 Franka Research 3 並執行 Cat.1 停止。這將使 Franka Research 3 以最大能力煞車，並使鎖緊螺栓以機械方式鎖緊 Arm。 緊急停止裝置連接到 Arm 底部的 X3 連接器。
緊急解鎖標籤	緊急解鎖標籤可在機械臂上的三個不同區域找到。它們顯示在緊急情況下使用緊急解鎖工具手動移動機器人的位置。
緊急解鎖	使用緊急解除鎖定工具解除故障安全鎖定系統，以手動方式移動 arm 稱為緊急解除鎖定。

詞彙

命名	說明
緊急開鎖工具	緊急解鎖工具是在緊急情況下手動解鎖故障安全鎖系統的工具。使用該工具，即使在 Arm 沒有電源的情況下，也可以移動 Arm。
EMI 指令 2014/30/EU	EMI 指令 (2014/30/EC)，簡稱 EMI 指令，規範歐洲經濟區、瑞士和土耳其境內裝置的電磁相容性。
啟用按鈕	啟動按鈕是 Pilot-Grip 和 Pilot 的一部分。它允許啟動手臂的運動。
外部啟用裝置	外部啟動裝置連接到手臂底座的 X4 連接器。當半按外部啟動裝置時，只要裝置保持半按狀態，就可以測試和執行自動機器人程式。
故障安全鎖系統	故障安全鎖定系統可鎖定旋臂的所有七個軸心。即使電源關閉，旋臂仍可保持其位置。
FCC 規則 47 CFR 第 15 部分	FCC 是聯邦通訊委員會。它是一個獨立的美國機構，負責監管無線電、衛星和有線通訊。它監管有關設備電磁相容性的問題。
Franka Robotics GmbH	Franka Robotics GmbH（簡稱 FR）是公司名稱。我們已經開發並生產了 Franka Research 3。
法蘭卡研究 3/ Franka 研究 3 系統	手臂和控制系統組件組成了 Franka Research 3 系統，簡稱為 Franka Research 3。
法蘭卡商店	Franka Store 是 Franka Robotics 線上商店，提供應用程式、套件和硬體，方便您線上訂購。它是法蘭克世界的一部分： https://franka.world/
Franka UI	Franka UI 是 Franka Research 3 的網路瀏覽器存取使用者介面的軟體架構。它包含「Desk」、「Watchman」和「Settings」介面。
法蘭卡世界	Franka World 是一個線上平台，將客戶、合作夥伴、軟硬體開發者連結起來，他們的活動都圍繞著 Franka Robotics 的產品和服務。Franka World 提供管理 Franka Research 3 的工具、存取以持續成長的軟硬體產品組合為特色的線上商店，以及成為活躍且熱情的社群一員的可能性。 請造訪 https://franka.world/ 以利用所有優點。
嚮導 / 手嚮導	引導是指透過觸覺互動來移動機器人，例如教導一個新的姿勢。
引導按鈕	導引按鈕位於 Pilot-Grip 的右側。按下導引按鈕，再半按啟動按鈕，即可移動手臂。
導向模式	導引模式可在空間中鎖定或解除鎖定不同的方向或旋轉，例如在三個方向上移動導引臂，從而簡化導引作業。您可以使用 Pilot-Grip 上的導引模式按鈕或直接從 Desk 切換導引模式。
手/ 弗蘭卡-漢德	Hand 是一種電動雙指平行夾持器，可選配。Hand 可以用於 Franka Production3、Franka Research 3 以及符合 ISO 法蘭克設計的安裝。Hand 是一種末端執行器。它不是認證機械的一部分。

詞彙

命名	說明
整合器	整合商負責將部分完成的機械組裝成最終的機械，方法是將機器人與其他設備或另一機械組合，包括額外的機械人，以形成機械系統。 集成商還會根據 ISO 12100 進行適當的風險評估，以識別剩餘風險，並消除和最小化這些風險。 集成商對最終應用的安全性負責。
互動	Franka Research 3 的設計易於編程和操作，並可快速學習和重新學習新任務。當 Franka Research 3 處於「監控停止」模式或被引導時 (教學模式)，Franka Research 3 的底座會呈白色，表示機械手臂已準備好進行互動。
介面裝置	透過乙太網路線將介面裝置 (市售的 PC、平板電腦或具備網路瀏覽器的 NOTICEbook) 連接到 Arm base。可透過介面裝置的網頁瀏覽器存取 Franka UI。
低電壓指令 2014/35/EC	低電壓指令 (2014/35/EC)，以下簡稱低電壓指令 (LVD)，規範歐洲經濟區、瑞士和土耳其內電子操作裝置的安全性。
機械指令 (2006/42/EU)	機械指令 (2006/42/EG)，以下簡稱「機械指令」或「MD」，規範歐洲經濟區、瑞士和土耳其內機械和部分完成機械的標準保護等級，以防止意外發生。
最大工作空間	機器人的移動部件可以掃到的空間，加上末端執行器和工件可以掃到的空間。 如需更多資訊，請參閱正確安裝一章中的最大安全空間一節。
操作員	操作員有權存取 Franka Research 3，並在負責人和管理員定義的範圍內使用使用者介面 Desk 來使用 Franka Research 3。操作員可啟動、監控和停止 Franka Research 3 的預定作業。在 Desk 中，可將「操作員」角色指派給使用者。操作員對 Desk 只有有限的存取權。
試點	Pilot 是手臂上的用戶介面，用於引導和操作手臂和/或工作台。它包括 Pilot-Grip 和 Pilot-Disc。
先導碟	Pilot-Disc 是 Pilot 的一部分，用於與手臂和/或桌面互動。
先導式握把	Pilot-Grip 是 Pilot 的一部分，用於手動引導。
姿勢	姿勢是空間中位置和方向的組合。
防護措施	根據 ISO 12100 的 3.19，防護措施可降低風險。這些措施由下列人員執行和評估： 設計人員和/或整合人員（固有安全設計、保障和輔助保護措施、使用資訊） 負責人/綜合人員（組織：安全工作程序、監督、工作許可證制度；提供和使用額外的保障措施；使用個人防護裝備；培訓）
負責人	負責人負責遵守職業健康法規和作業安全條例。Franka Research 3 的負責人包括但不限於企業家、研究所所長、僱主或負責使用 Franka Research 3 的委託人。
RoHS 指令 2011/65/EU	RoHS 指令 (2011/65/EU)，以下簡稱 RoHS 指令，限制在歐洲經濟區、瑞士和土耳其的電器和電子設備中使用某些危險物質。
保障空間	週邊防護定義了防護空間。

詞彙

命名	說明
	如需更多資訊，請參閱 正確安裝 章節的空間分類。
安全規則	安全規則包含參數化的安全功能、可選的啟動條件，以及違反安全功能時要執行的反應。
安全情境	在 Watchman 中定義的一組安全規則，涵蓋特定的風險情況，例如「測試與點動」情境涵蓋測試與點動模式的所有規則。
安全設定	定義一般安全相關的設定，例如安全輸入行為或終端效應器碰撞模型。
SEEO	安全功能「安全末端執行器斷電」。詳情請參閱安全功能章節。
設定介面	設定介面是網頁瀏覽器可存取的使用者介面，用來設定 Franka Research 3 的非安全相關參數，例如網路設定、使用者角色或密碼。它是軟體架構 Franka UI 的一部分。
單點控制 (SPoC)	單點控制 (SPoC) 是一種功能，一次只允許一位使用者觸發關鍵動作，即編輯系統設定和任務，或觸發主動式機器人動作，如解鎖關節和執行任務。
SLD	安全功能「安全限制距離」。詳情請參閱安全功能一章。
SLP-C	安全功能「安全限制直角坐标位置」。詳情請參閱安全功能一章。
SLP-J	安全功能「安全限制關節角度」。詳情請參閱安全功能一章。
SLS-C	安全功能「安全限制直角坐标速度」。詳情請參閱安全功能一章。
SLS-J	安全功能「安全限制接合速度」。詳情請參閱安全功能一章。
SMSS	安全功能「安全監控停機」。詳情請參閱安全功能一章。
停車距離	停止距離是指手臂在收到停止要求後到完全停止前的距離。
停止時間	停止時間是指在緊急裝置等接收到停止需求後，到機臂完全停止為止所經過的時間。
任務	Desk 中的任務代表整個自動化例程。任務由一個或多個 Apps 組成。
教學	示教是指透過手動引導機器人或終端效應器來設定任務及所含應用程式的參數。這包括，除其他外，透過引導機器人完成「姿勢」的教學。
追蹤誤差	手臂的實際運動會跟隨目標運動，但會有微小的偏差，也就是所謂的「追蹤誤差」。
守望者	Watchman 是網頁瀏覽器可存取的使用者介面，用來設定並視覺化驗證 Franka Research 3 的安全相關參數，例如安全相關的監控速度或安全相關的監控空間。它是 Franka UI 的一部分。
網頁瀏覽器	在介面裝置上執行的軟體應用程式，作為 Franka UI 連線。網頁瀏覽器提供 Desk 、 Watchman 和 Settings 介面的環境。範例如下： Chrome 、 Edge 和 Firefox 。

19 索引

另外設備.....	48	出廠重設.....	176
管理員.....	38	故障安全鎖系統.....	24, 133, 159
應用程式.....	98, 145, 146, 166	FCC 規則 47 CFR 第 15 部分.....	200
手臂.....	13, 17, 40, 48, 56, 66	現場總線.....	129, 130
手動移動臂.....	24	法蘭卡.....	8, 200
開箱.....	57	Franka 控制介面.....	110, 155, 156
軸心.....	126	FCI.....	110, 155, 156
備份.....	169	法蘭卡商店.....	200
終端執行器組態.....	170	Franka UI.....	8, 21, 27, 139
Modbus 組態.....	170	法蘭卡世界.....	144, 166, 176
網路設定.....	170	管理應用程式和更新.....	166
安全配置.....	169	更新.....	168
儲存建立的任務.....	171	Gelenk-Referenz-Position des Armes.....	84
笛卡兒.....	30	詞彙.....	199
笛卡兒空間.....	126	指導	
質量中心 (CoM).....	19, 133, 159	導覽/手工導覽.....	28
證書.....	11	引導按鈕.....	43, 130, 159
清潔.....	172	導向模式.....	149
協作空間.....	132	導向模式按鈕.....	43
連接線.....	57, 76	手.....	41, 46, 49
控制.....	14, 18, 39, 48, 56, 67	處理.....	54, 55, 87
辦公桌.....	41, 77, 140	閒置.....	27, 28, 130
處理.....	12, 172, 173	安裝.....	18, 47, 49, 56
緊急.....	15, 18	準備安裝地點.....	65
緊急停止裝置.....	15	配線與電氣安裝.....	71
緊急停止裝置.....	23	整合器.....	20, 37
緊急解鎖標籤.....	13	預期用途.....	17
緊急開鎖.....	13	互動.....	41, 92
緊急開鎖工具.....	24	介面裝置.....	39, 49, 96
EMI 指令 2014/30/EU.....	200	設備上的標籤.....	13
啟用按鈕.....	28, 94, 152, 159	功能性接地標籤.....	14
末端執行器.....	46, 80, 87, 144, 159	抓取位置標籤.....	14
外部啟用裝置.....	15, 48, 73, 94	日誌下載.....	176
出廠重設.....	38	登入.....	139
		低電壓指令 2014/35/EC.....	201

索引

機械指令 2006/42/EC.....	17	指派使用者角色.....	38
維護.....	172	安全性.....	16
最大空間.....	54, 61, 81, 90	安裝安全週邊設備.....	23
濫用.....	17, 20	安全輸入.....	29
操作模式.....	130	安全輸出.....	31
操作員.....	26, 27, 30, 37	保障空間.....	61
試點.....	40, 41	安全概念.....	26
先導碟.....	41	安全功能.....	29
先導式握把.....	41	安全規則.....	26
試點模式.....	41	安全記錄.....	177
埠.....	72	SEEPO.....	30
C2.....	74	自我測試.....	93
X1.....	44	服務與支援.....	159, 174
X2.....	72	硬體交換.....	177
X3.....	73	設定面板.....	143
X4.....	73	單點控制 (SpOC).....	127
X5.....	74	單點控制 (SPoC).....	21, 127
X6.....	74	安裝地點.....	62, 64
姿勢.....	126	SLD.....	31
使用和定位的實用提示.....	82, 151	SLP-J.....	31
防護措施.....	18	SLS-C.....	30
負責人.....	8, 36, 37	SLS-J.....	31
重新啟動.....	110	SMSS.....	30
RoHS 指令 2011/65/EU.....	11	軟體架構.....	96
角色與人物		停車距離.....	24
管理員.....	38	停止功能.....	31
負責人.....	36	類別 0 停止.....	31
角色與人物.....	36	第 1 類停止.....	31
角色與人物		第 2 類停止.....	31
負責人.....	36	停止時間.....	24
角色與人物		停車時間和距離.....	181, 198
整合器.....	37	關機.....	110, 164, 165
角色與人物		開啟.....	90
操作員.....	37	任務.....	94, 100, 126, 146
角色與人物		教學.....	91, 131, 133, 145, 146, 154, 159
管理員.....	37	教學任務.....	91, 131, 145, 146, 154
角色與人物		技術規格.....	50
安全操作員.....	38	追蹤誤差.....	153
角色與人物		運輸.....	54, 56, 87, 90

索引

重新包裝臂	87	末端執行器配置.....	116
開箱.....	58	一般安全設定.....	116
疑難排解.....	159	安全輸入組態.....	116
使用者介面	37, 41, 96, 102	安全配置	112
守望者.....	26, 112, 143	安全設定	116
建立和編輯規則.....	119	規則的結構.....	119
建立球體以模擬 End Effector 封套	117	驗證.....	122
編輯安全組態	114		

20 圖表

圖 3.1 : 類型標籤	14	圖 10.7 : 拆開包裝臂	61
圖 3.2 : 緊急解鎖標籤	14	圖 10.8 : 抬出臂	61
圖 3.3: 熱表面標籤	15	圖 10.9 : 開啟控制盒	62
圖 3.4 : 功能性接地標籤	15	圖 10.10: 拆除包裝	62
圖 3.5: 提升位置標籤	15	圖 10.11: 揚程控制	62
圖 3.6 : 類型標籤控制	15	圖 10.12 : 空間分類	63
圖 3.7 : 類型標籤外部裝置	16	圖 10.13: 準備底板	68
圖 3.8 : 型號標籤緊急停止裝置	16	圖 10.14: 鑽孔模板	69
圖 4.1 : 連接緊急停止裝置	24	圖 10.15: 支撐臂的安裝	72
圖 4.2 : 緊急解鎖	26	圖 10.16: 總覽連接圖	74
圖 4.3 : 手動推開	27	圖 10.17: X2 介面	75
圖 4.4 : 正常運行時的狀態	29	圖 10.18: X3 - 安全輸入	75
圖 6.1 : 設備概觀	40	圖 10.19: X6 介面	76
圖 6.2: 總覽臂	41	圖 10.20: 連接功能接地端子	77
圖 6.3: 試點	42	圖 10.21: 連接電纜與臂的連接	78
圖 6.4 : 切換狀態 啟用按鈕	43	圖 10.22 : 連接電纜與控制器的連接	79
圖 6.5: 啟用按鈕	43	圖 10.23: 外部標籤裝置的連接	79
圖 6.6: 導航模式按鈕	44	圖 10.24: 連接操作裝置	80
圖 6.7 : 導航模式按鈕	44	圖 10.25: 保護裝置的連接（此處為緊急停止指令裝置）	82
圖 6.8: 導向按鈕	44	圖 10.26: 測量點 ESD 測量	85
圖 6.9: 導向按鈕	45	圖 10.27: 工作區的設計	86
圖 6.10: 機器人底座的連接埠	45	圖 10.28 : 手臂的接合參考位置	86
圖 6.11: 末端執行器凸緣	47	圖 10.29 : 手臂碰撞頭部的距離	87
圖 6.12: 控制器的尺寸和連接埠	47	圖 10.30 : 手臂碰撞距離	87
圖 6.13	48	圖 10.31 : 手臂擠壓手掌的距離	87
圖 7.1 : 交付範圍 Arm	49	圖 10.32 : 防護裝備不佩戴首飾	88
圖 7.2 : 交付範圍 控制	49	圖 10.33: 包裝臂	95
圖 7.3 : 輸送裝置的範圍	49	圖 10.34: 關閉方塊	96
圖 7.4 : 交貨範圍 連接電纜	50	圖 11.1 : 開啟控制	97
圖 9.1 : 提升位置	57	圖 11.2 : 臂上的藍色狀態指示燈	98
圖 10.1 : 介面概觀	58	圖 11.3: 語言選擇初始設定	106
圖 10.2 : 包裝	59	圖 11.4 : 網路初始組態	106
圖 10.3: 開箱	60	圖 11.5 : Franka 世界註冊	107
圖 10.4 : 移除個別紙箱	60	圖 11.6: 建立管理員	108
圖 10.5: 內紙箱	60		
圖 10.6 : 從 Arm 打開盒子	61		

圖表

圖 11.7: 末端效應器設定	108	圖 13.13: 下載使用手冊	155
圖 11.8 FCI 使用的網路連線	110	圖 13.14: 桌子	155
圖 11.9 網路設定	111	圖 13.15: 桌面側邊欄 Error! Bookmark not defined.	
圖 11.10 Ubuntu - 乙太網路設定	112	圖 13.16 : 守望者	161
圖 11.11 Ubuntu - 設定靜態 IP	112	圖 13.17: 功能表設定	161
圖 11.12 TUI 介面	115	圖 13.18: App 參數化	165
圖 12.1 : 守望者	121	圖 13.19: App 介面	166
圖 12.2 : 已驗證的規則	124	圖 13.20 : 姿勢微調	167
圖 12.3 : 切換至「草稿」模式	124	圖 13.21: 手動輔助模式切換概述	168
圖 12.4 : 草稿模式	125	圖 13.22: 手動引導示意圖	168
圖 12.5 : 驗證標記	125	圖 13.23 : 設定, 如果選擇了 "使用者模式"	168
圖 12.6 : 末端執行器組態	131	圖 13.24: 手導板核准	170
圖 12.7 : 球體配置	132	圖 13.25: 測試與點動	172
圖 12.8 : Franka Hand 的球體範例	133	圖 13.26: 訊息 "A joint limit has been violated" (聯 接限制已被違反)	178
圖 12.9 球形配置範例 Franka 手持法杖	133	圖 13.27: 顯示故障接頭的訊息	179
圖 12.10: 編輯規則	134	圖 13.28 : 確認接頭回到極限內	179
圖 12.11 : 規則的結構	134	圖 13.29 : 訊息「偵測到接頭位置錯誤」	179
圖 12.12 : 「啟動空間」的組態	136	圖 13.30: 顯示故障接頭的訊息	180
圖 12.13 : 監控	136	圖 13.31 : 關節恢復鎖定	180
圖 12.14 : 建立立方體區域	137	圖 13.32 : 關節恢復, 準備移動	181
圖 12.15: 設定速度	137	圖 13.33 : 達到符合位置	181
圖 12.16 : 驗證結構	138	圖 13.34 : 已確認的關節恢復	182
圖 12.17 : 驗證	138	圖 13.35: 未按住訊息按鈕	182
圖 12.18 : 驗證規則	139	圖 13.36 : 未達到參考位置時的訊息	183
圖 12.19 : 驗證 Watchman	140	圖 13.37 : 確認完全恢復	183
圖 12.20 安全報告	140	圖 14.1 : 透過 Franka World 管理應用程式和功能	186
圖 13.1 : 控制請求	143	圖 14.2 : 控制網路連接	187
圖 13.2 : 等待核准的使用者管理	143	圖 16.1 : 救援系統	201
圖 13.3 : 使用者請求	143	圖 16.2: 網路	201
圖 13.4 : 強制執行控制	144	圖 16.3: 記錄下載與出廠重設	202
圖 13.5: 作業模式總覽	145	圖 17.1 : 延伸狀態說明	214
圖 13.6 : 程序	146	圖 17.2 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1, 33	215
圖 13.7 : 輔助操作	147	圖 17.3 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; 關節 1 33	215
圖 13.8 : 區域分配	150	圖 17.4 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 66	216
圖 13.9 : 工作運作	151	圖 17.5 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; 關節 1 66	216
圖 13.10: 輔助模式的指示	152	圖 17.6 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 100%	216
圖 13.11 : 輔助模式中啟用運動的條件	152		
圖 13.12: 登入 Franka 使用者介面	154		

圖表

圖 17.7 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 1 100%.....	217
圖 17.8 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 33.....	217
圖 17.9 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; 關節 2 33.....	217
圖 17.10 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 66.....	218
圖 17.11 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 66.....	218
圖 17.12 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 100%...	218
圖 17.13 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 2 100%...	219
圖 17.14 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; 接點 3 33.....	219
圖 17.15 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; 關節 3 33.....	219
圖 17.16 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 66.....	220
圖 17.17 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 66.....	220
圖 17.18 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 100%...	220
圖 17.19 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 3 100%...	221
圖 17.20 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; Joint 4 66.....	221
圖 17.21 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; Joint 4 66.....	221
圖 17.22 : 距離 ; Stopp Cat 1 ; 接點 4 100% ...	222
圖 17.23 : 時間 ; Stopp Cat 1 ; 接點 4 100% ...	222
圖 17.24 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; 接點 1 33.....	223
圖 17.25 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 關節 1 33.....	223
圖 17.26 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 1 66.....	224
圖 17.27 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 關節 1 66.....	224
圖 17.28 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; 接點 1 100% ...	224
圖 17.29 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 接點 1 100% ...	225
圖 17.30 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; 接點 2 33.....	225
圖 17.31 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 關節 2 33.....	225
圖 17.32 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 66.....	226
圖 17.33 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 2 66.....	226
圖 17.34 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; 接點 2 100% ...	226

圖 17.35 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 接點 2 100% ...	227
圖 17.36 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 41.....	227
圖 17.37 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 41.....	227
圖 17.38 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 66.....	228
圖 17.39 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 66.....	228
圖 17.40 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 3 100%...	228
圖 17.41 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 接點 3 100% ...	229
圖 17.42 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; Joint 4 66.....	229
圖 17.43 : 時間 ; Stopp Cat 2 ; 關節 4 66.....	229
圖 17.44 : 距離 ; Stopp Cat 2 ; 接點 4 100% ...	230
圖 17.45 : Zeit ; Stopp Cat 2 ; Joint 4 100%....	230

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Strasse 20
80797 慕尼黑
德國