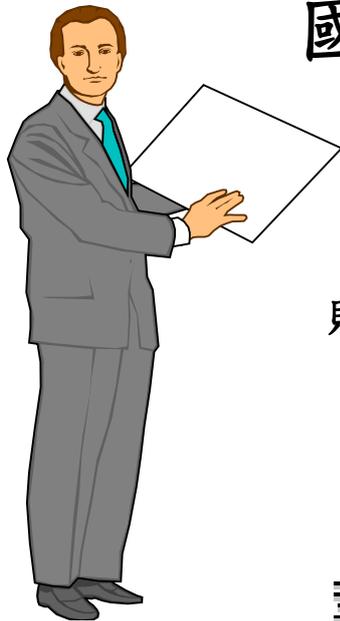


協同作業機器人 國際標準技術重點介紹



蘇恒立

財團法人安全衛生技術中心

106.8.18



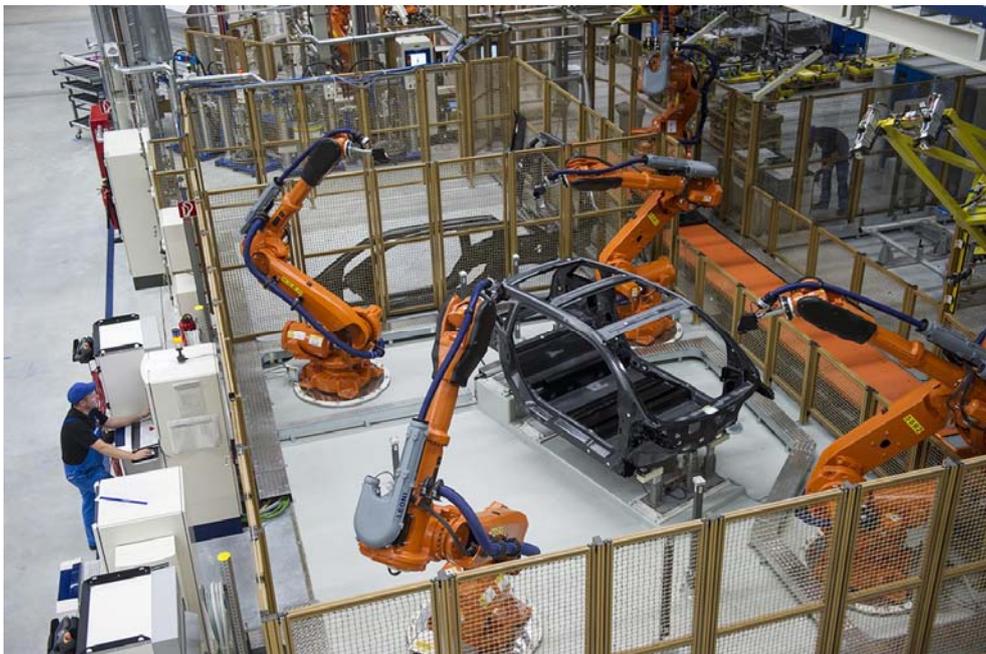
03-5837538

03-5836885#105

suhengli@sahtech.org



A Robot Killed a Factory Worker



Robot Safety

① 雷射掃描器或
安全踏墊

⑤ 教導器

④ 安全
光柵



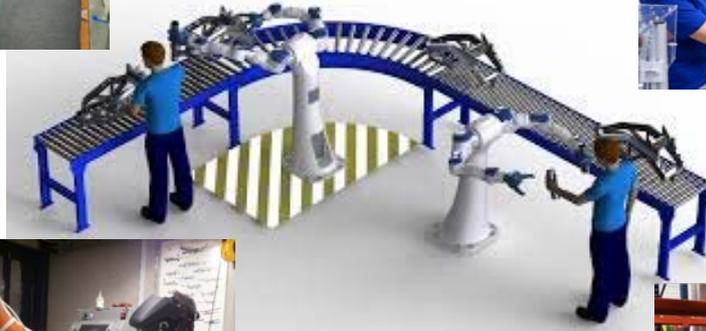
② 安全門開關
或電磁鎖

③ Fail-safe
迴路設計

3

From OMRON

Collaborative robots



4

From google pictures

ISO標準

- **ISO 10218-1** Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots*
- **ISO 10218-2** Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration**
- **ISO/TS 15066** Robots and robotic devices — Collaborative robots

5

* CNS 14490-1 , **CNS 14490-2

用語及定義

- 協同操作 (collaborative operation)
 - 於已定義之工作空間內，專屬設計機器人與人員共同作業的狀態。State in which purposely designed robots work in direct cooperation with a human within a defined workspace (Part 1, 3.4)
 - 於協同工作空間內，專屬設計機器人系統與操作員作業的狀態。State in which a purposely designed robot system and an operator work within a collaborative workspace.(3.1)

6

用語及定義

- 協同工作空間 (collaborative workspace)
 - 安全防護空間內之工作空間，在生產作業期間，機器人與人員可同時執行任務。workspace within the safeguarded space where the robot and a human can perform tasks **simultaneously** during production operation (Part 1, 3.5)
 - 操作空間內之空間，在生產作業期間，**機器人系統(包含工件)**和人員可同時執行任務。space within the operating space where **the robot system (including the workpiece)** and a human can perform tasks **concurrently** during production operation

7

用語及定義

- **安全額定減速** (safety-rated reduced speed)
 - 限制機器人速率至 **250 mm/s** 或以下之安全額定監控速率功能。
- **安全額定監控速率** (safety-rated monitored speed)
 - 相對於機器人凸緣 (例：工作中心點 (TCP) 之單點直線速率或單軸 / 多軸速率超出指定限界值時，造成保護性停止之安全額定功能。安全額定監控速率極限可設定大於 250 mm/s。
- **安全額定監控停止** (safety-rated monitored stop)
 - 在驅動動力仍作用時，機器人為停止之狀態，而由指定充分安全性能之監控系統確保機器人不移動。

8

用語及定義

- 最大空間 (maximum space)
 - 機器人可動部分所掃掠之空間再加上端效器與工件所掃掠之空間。
- 限制空間 (restricted space)
 - 由限制裝置所侷限之最大空間的一部分，此等裝置建立不可超越之限界。
- 限制裝置 (limiting device)
 - 藉由停止或致使機器人停止所有運動，以限制最大空間之裝置。



ISO 10218-1
協作機器人要求

5.10 協同操作要求

- 為協同操作所設計之機器人，應提供協同操作時之目視指示裝置，且符合 5.10.2 至 5.10.5 之 1 項或以上要求。
 - 5.10.2 安全額定監控停止(Safety-rated monitored stop)
 - 5.10.3 手動導引(Hand guiding)
 - 5.10.4 速率及分隔監控(Speed and separation monitoring)
 - 5.10.5 由固有設計或控制所限制之功率及力量(Power and force limiting by inherent design or control)

11

6.2 查證及確認法

- 查驗與確認法包括，但不限於以下項目。
 - A 目視檢查。
 - B 實際試驗。
 - C 量測。
 - D 操作期間之觀察。
 - E 應用特定圖示、電路圖及設計材料之審核。
 - F 基於任務(task-based)的風險評估之審核。
 - G 規範及使用資訊之審核。

12

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.1	為協同操作所設計之機器人，提供協同操作時之目視指示。	X	X		X	X		
5.10.1	機器人符合 5.10.2 至 5.10.5 所要求 1 項以上規定。		X		X	X		
5.10.2	人員位於協同工作空間內時，機器人即停止。		X		X	X		
5.10.2	停止功能符合 5.4 及 5.5.3。		X		X	X		
5.10.2	若採用類別 2 停止，停駐狀態受符合 5.4 之安全相關控制系統監控。		X		X	X		
5.10.2	安全額定監控停止功能若出錯，即應導致類別 0 之停止。		X		X	X		

13

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.3	手動導引設備位於端效器附近。	X				X		
5.10.3	手動導引設備具有符合 5.5.2 及 5.8.4 之緊急停止。	X	X		X	X	X	
5.10.3	手動導引設備具有符合 5.8.3 之致能裝置。	X	X		X	X		
5.10.3	機器人在安全額定監控速率功能作用中進行操作，且其速率限界經由風險評估決定。		X	X	X	X		
5.10.3	速率監控功能符合 5.4。		X		X	X		
5.10.3	若監控速率超出既定速率限制，即發出保護性停止命令。		X			X		

14

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.4	機器人維持既定之速率及分隔距離。		X	X		X		
5.10.4	速率與分隔距離監控之功能符合 5.4.2。		X			X		
5.10.4	無法維持已決定之速率與分隔距離時，即導致保護性停止。		X	X		X		
5.10.4	協同操作應用是透過風險評估而決定					X		
5.10.4	使用資訊中包含實行速率值及分隔距離之指示。							X
5.10.4	設計協同操作時，採用 CNS14490-2		X			X		X

15

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.5	機器人依 5.4 限制動態功率輸出、靜力及速率或能量。		X	X		X		
5.10.5	若超出任何參數限界，即發出保護性停止命令。		X	X		X		
5.10.5	協同操作應用於應用系統設計期間，透過風險評估之執行而決定。		X			X	X	
5.10.5	使用資訊中包含對機器人控制器設定參數限界之細節。							X

16

5.4 安全相關控制系統性能(硬體/軟體)

- 除非風險評估結果認定適用於 5.4.3 所述之替代性能準則，安全相關控制系統(電氣、液壓、氣壓及軟體)應符合 5.4.2 的要求。機器人及任何配置之設備的安全相關控制系統性能，應於使用資訊中明確陳述。
- 安全相關控制系統性能以下列方式說明。
 - 性能等級 (PL) 及類別依 ISO 13849- 1: 2006 之 4.5.1 。
 - 安全完整性等級 (SIL) 及硬體容錯要求，依 IEC 62061: 2005 之 5.2.4 。
- 設計人員可選擇使用 2 項標準之一，決定安全相關控制系統性能時必要之資料與準則，應包含於使用資訊之內。

17

5.5 機器人停止功能

- 每一機器人均應具有保護性停止功能及獨立之緊急停止功能。此等功能須具備與外部保護裝置連線。此外，亦可提供選擇緊急停止輸出信號。

表 1 為緊急停止與保護性停止功能比對表

參數	緊急停止	保護性停止
啟動裝置之位置	操作人員可快速無阻礙接近	保護裝置之位置應利用 ISO 13855 所述最小(安全)距離公式計算後決定
啟動方式	手動	手動、自動或可由安全相關功能自動啟動
安全相關控制系統性能	應依 5.4 所述之性能要求	應依 5.4 所述之性能要求
重置	僅手動	手動或自動
使用頻率	不常	可變動，自每次操作至不常
用途	緊急	安全防護或風險降低
效應	移除所有危害之能量來源	安全地控制被安全防護之危害

5.5.2 緊急停止

- 機器人應具備 1 項以上緊急停止功能 (依 IEC 60204-1 之停止類別 0 或 1)。可啟動機器人運動或其他危害狀況之各控制站，應具有手動啟動之緊急停止功能，且具功能如下：
 - 符合 5.4 及 IEC 60204-1 各項要求。
 - 優先順序高於其他機器人控制方式。
 - 致使所有受控制之危害停止。
 - 移除機器人致動器之驅動動力。
 - 提供機器人系統控制之危害的控制能力。
 - 維持作用直至重置為止。
 - 僅能以手動方式重置且重置後不致再起動，但只容許出現一次再起動。

19

5.5.3 保護性停止

- 機器人應具備 1 項以上保護性停止功能，且於設計上可連接外部保護裝置。保護性停止功能之性能應符合 5.4 所述之各項要求。
- 此停止功能應能停止所有機器人運動、移除或控制機器人驅動致動器之動力，並容許控制任何受機器人控制之危害。此停止功能可利用手動方式啟動或由控制邏輯啟動。
- 至少 1 項保護性停止功能應依 IEC 60204-1 所述之停止類別 0 或 1。

20

5.5.3 保護性停止(續)

- 機器人可額外具有 1 項符合 IEC 60204- 1 所述停止類別 2，且不致驅動已移除之動力，但需於機器人停止後持續監控其停駐狀態之保護性停止功能。
- 處於受監控之停駐狀態下，機器人之任何非蓄意運動，或偵測出其保護性停止功能失效時，即應導致符合 IEC 60204- 1 所述之類別 0 停止。受監控停駐之功能應依 5.4 所述要求。此功能亦可由外部裝置啟動(來自保護裝置之輸入之停止信號)。



ISO 10218-2
協作機器人要求

6.2 查證及確認法

- 查驗與確認法包括，但不限於以下項目。
 - A 目視檢查。
 - B 實際試驗。
 - C 量測。
 - D 操作期間之觀察。
 - E 應用專屬之示意圖、電路圖及設計材料之審核。
 - F 安全相關應用軟體及 / 或軟體文件之審核。
 - G 基於任務(task-based)的風險評估之審核。
 - H 配置圖及文件之審核。
 - I 規格及使用資訊之審核。

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.1	使用資訊包括所需安全防護及模式選擇的描述。									X
5.11.2	整合者已進行考量整個協同作業空間的風險評估(參照 5.11.2(a))。							X	X	X
5.11.2	協同作業空間中的機器人滿足 CNS 14490-1 的要求。					X	X		X	X
5.11.2	用於存在偵測的保護裝置滿足 5.2.2 之要求。					X	X			X
5.11.2	協同作業空間中之額外保護裝置滿足 5.2 之要求。					X	X			X
5.11.2	安全防護的設計及安裝，可防止或偵測人員進一步進入單元(超越協同作業空間)。	X	X		X			X	X	
5.11.2	若發生人員越過協同作業空間侵入安全防護空間，機器人會停止且危害會終止。		X		X				X	
5.11.2	周圍安全防護防止或偵測人員進入非協同作業之安全防護空間。	X	X		X				X	
5.11.2	協同作業空間內其他有連接的機器，除風險評估認為另有規定，其安全相關的功能符合 5.2.2					X	X	X		X

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.3	人員直接與機器人互動的協同作業空間有明確定義(例：樓板標示及標誌等)。	X			X				X	
5.11.3	與保護裝置連用的機器人性能特性符合5.2.2。		X			X	X			X
5.11.3	若有2人以上參與協同作業，每個人受符合5.2.2 控制之保護。	X	X			X	X	X		
5.11.3	協同作業空間允許任務容易執行。	X	X		X			X		X
5.11.3	設備的位置不會引起額外危害。	X			X			X	X	
5.11.3	在小於 500 mm 淨空的區域，有額外防護措施以防止暴露於纏陷或夾傷之危害。	X	X	X				X	X	X
5.11.4	從自主操作變更為協同作業及反向變更，不會危及人員。	X	X		X	X	X	X	X	X

25

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.5.1	適當的協同作業機器人操作安全特性已被選取。							X		X
5.11.5.1	已選取的安全特性被偵測到失效時，導致依5.3.8.3 之保護性停止。		X			X	X	X		X
5.11.5.1	若偵測到失效發生時，僅能由外部協同作業空間外再起動後，才得以恢復自主操作。		X		X	X	X		X	
5.11.5.2	若使用安全額定監控停止技術，當人員進入協同作業空間時，機器人的運動會停止，並維持安全額定監控停止。		X		X	X		X	X	
5.11.5.3	若是以手動導引，當機器人到達交接位置時，依 ISO 10218-1發出安全額定監控停止。		X		X	X	X			X
5.11.5.3	手動導引裝置符合ISO 10218之要求。		X			X	X			X
5.11.5.3	若以手動導引，整個協同作業空間清晰可見。	X			X				X	
5.11.5.3	當操作員釋放手動導引裝置時，依CNS 14490-1 發出安全額定監控停止。		X		X	X	X			X

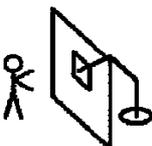
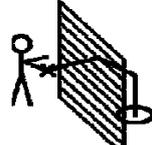
26

安全要求及措施之查證方式

條文	適用之安全要求及/或措施	查證及/或確認方法								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
5.11.5.4	若使用速率及位置監控技術，在協同作業空間中的機器人，符合 ISO 10218-1 的要求。					X	X		X	X
5.11.5.4	已由風險評估及 ISO/TS 15066 之指引決定參數。							X	X	X
5.11.5.5	若使用動力及力限制技術時，協同作業空間中之機器人滿足 ISO 10218-1 的要求。					X	X		X	X
5.11.5.5	已由風險評估及 ISO/TS 15066 之指引決定參數。							X	X	X

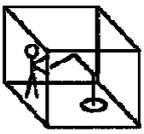
27

協同作業機器人之概念應用

應用類型	說明	安全防護	目的
 交接窗口	<ul style="list-style-type: none"> — 在安全防護空間中自主自動操作 — 機器人移入窗口 — 接近過程中不會中斷自動操作 	<ul style="list-style-type: none"> — 作業空間周圍的固定式或靈敏式防護裝置 — 降速並減少窗口附近的作業空間 — 窗外沒有機器人作業空間 — 當窗口下緣低於1,000 mm，安全防護依 5.10.3 	<ul style="list-style-type: none"> — 加載、卸載 — 測試、修整 (benching)、清洗 — 維修
 介面窗口	<ul style="list-style-type: none"> — 在安全防護空間中自主自動操作 — 機器人在介面視窗處停止，然後可以在介面外以手動移動 	<ul style="list-style-type: none"> — 作業空間周圍的固定式或靈敏式防護裝置 — 降速並減少窗口附近及外側的作業空間 — 以持動控制進行導引移動 	<ul style="list-style-type: none"> — 自動堆疊/去除堆疊 — 導引組裝 — 導引充填/去除填充 — 測試、修整、清潔 — 維修

28

協同作業機器人之概念應用

應用類型	說明	安全防護	目的
 協同作業空間	<ul style="list-style-type: none"> 在共同的(協同)作業空間中自主自動操作 當有人進入共同的(協同)作業空間，機器人降速及/或停止 	<ul style="list-style-type: none"> 使用 1 個以上感測器之人員偵測系統 依距離(5.11.5.4)降速 當接近禁止進入空間時，機器人安全地停止，且若有適當的安全防護，可能會在淨空後自動再起動 	<ul style="list-style-type: none"> 共同組裝 共同處理 測試、修整、清潔 維修
 檢驗	<ul style="list-style-type: none"> 在安全防護空間中自主自動操作 當有人進入協同作業空間時，機器人以降速並減少行程繼續操作 	<ul style="list-style-type: none"> 作業空間周圍的固定式或靈敏式防護裝置 人員偵測系統或致能裝置 進入作業空間後，降速並減少作業空間防止誤用的措施 	<ul style="list-style-type: none"> 製程檢驗及調整，例：焊接應用

29

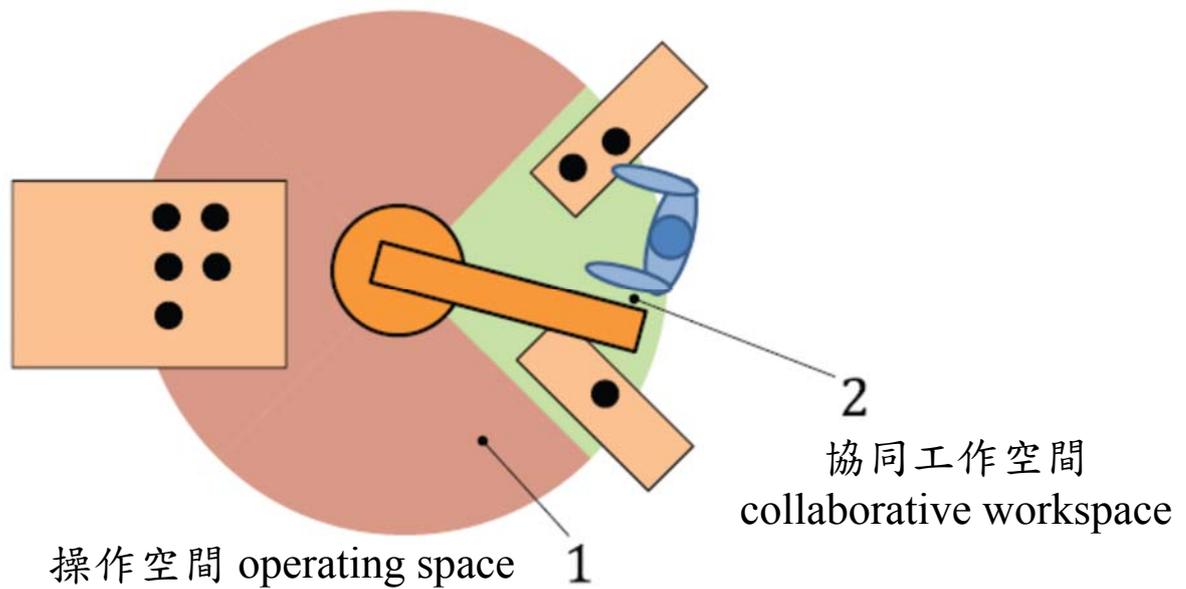
協同作業機器人之概念應用

應用類型	說明	安全防護	目的
 手動導引機器人	<ul style="list-style-type: none"> 應用特定的作業空間 以手動導引方式移動 沿一路徑導引手臂移動 	<ul style="list-style-type: none"> 降速 持動控制 協同作業空間，隨應用的危害而異 	<ul style="list-style-type: none"> 手動導引的組裝、塗裝等

30



協同工作空間



協同操作四種方法

- **安全額定監控停止(Safety-rated Monitored Stop)**
 - 在不移除電源下能確保停止 (stop category 2)
- **手動導引(Hand-guided)**
 - 基本上是一個手動控制的機器人系統
- **速度及分隔監控(Speed & Separation Monitoring)**
 - 在機器人和任何侵入的分隔間，其運動速度受到控制
 - 現在由外部安全裝置來控管 (例如, 安全雷射掃描器, 安全監視系統)
 - 未來會將安全裝置整和在機器人系統裡
- **動力和力量的限制(Power and Force Limited)**
 - 機器人速度、扭矩、受控運動不會造成操作員的傷害

33

安全額定監控停止

- 只有在以下情況下，允許操作員進入協同作業空間與機器人系統直接互動
 - 協同作業空間內不存在機器人系統或其他的危害
 - 當機器人系統在協同作業空間時，操作員隨時可啟動安全額定監控停止(Part 1, 5.4)
 - 當機器人系統在協同作業空間時，具有保護性停止功能(Part 1, 5.4 and 5.5.3)

Robot motion or stop function		Operator's proximity to collaborative workspace	
		Outside	Inside
Robot's proximity to collaborative workspace	Outside	Continue	Continue
	Inside and moving	Continue	Protective stop
	Inside, at Safety-Rated Monitored Stop	Continue	Continue

34

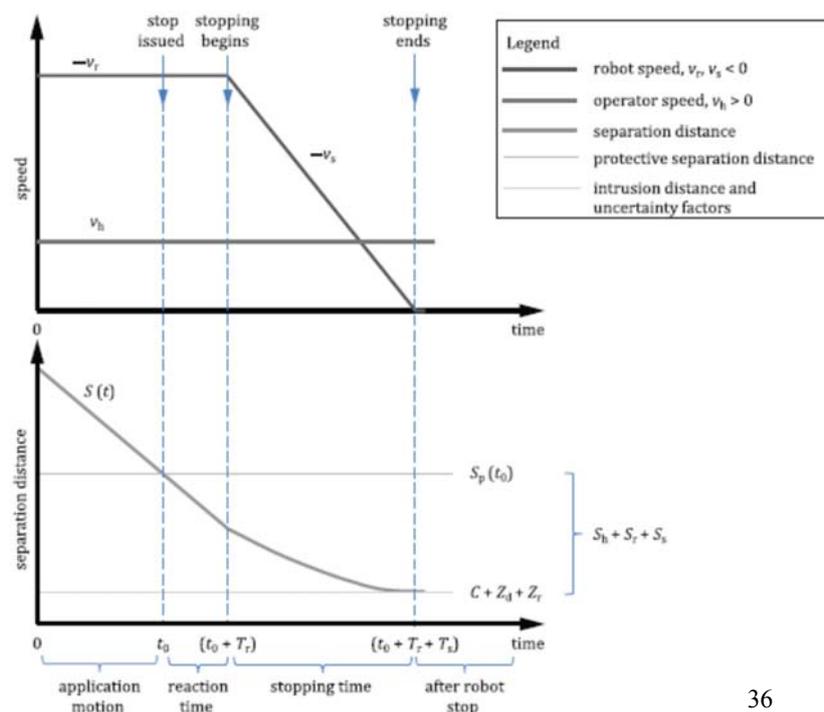
手動導引

- 操作員使用手動裝置來傳達運動命令給機器人系統
 - 在操作員進入協同作業空間和執行手動導引任務前，機器人系統應達到安全額定監控停止
 - 驅動電源仍然存在
 - 操作員抓住手動裝置(內建致能裝置enabling device)，啟動機器人移動和動作
 - 手動導引裝置被釋放時，應立即發出保護性停止
 - 當操作員離開協同作業空間，非協同作業的動作才能恢復
- 應用面
 - 機器人升降機輔助
 - 限制或小批量的生產

35

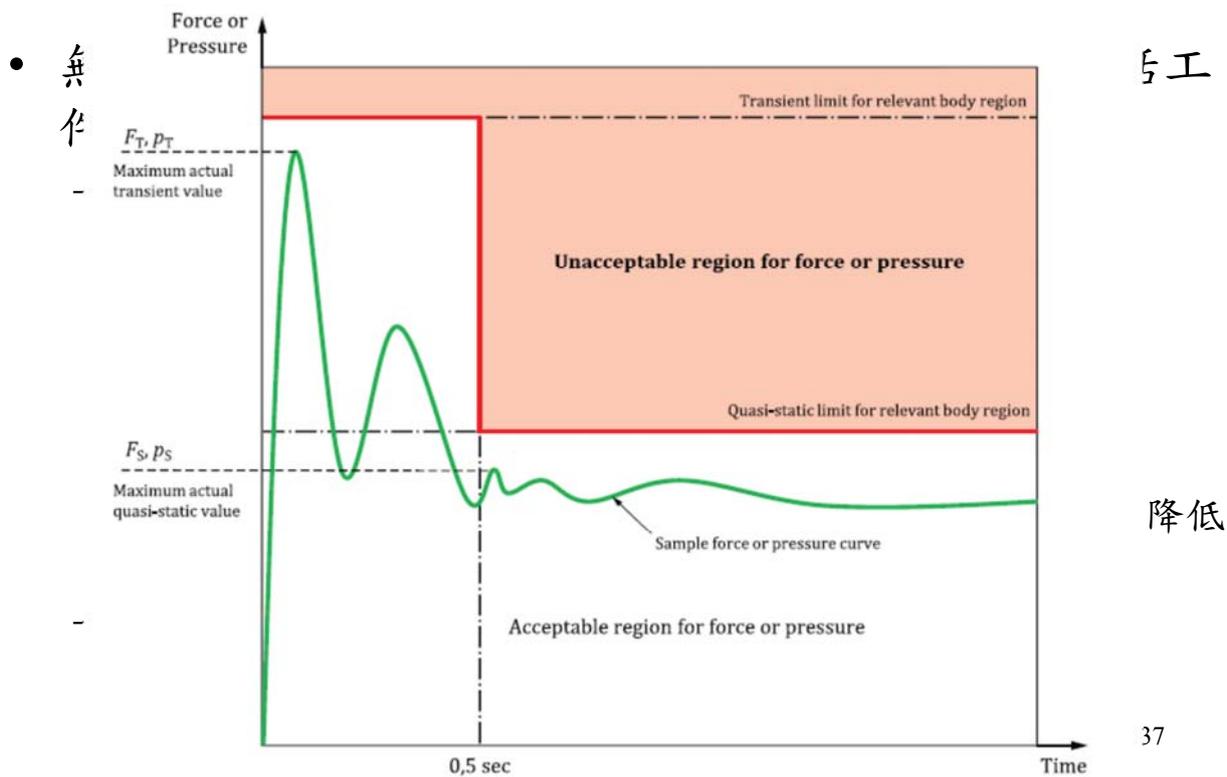
速度及分隔監控

- 操作員和機器人系統可能在協同工作空間同時移動
 - 始終保持操作員和機器人系統之間的最小保護分隔距離
 - 當操作員與機器人任何危害組件小於分隔距離，安全額定保護性停止



36

動力和力量的限制



Q&A