

介紹

1. 使用範圍

工業用機器人可以負載很大的能量，在惡劣的環境下工作，若經過適當的輸入控制程式之後，可以執行較複雜的工作，及多種不同的功能，因此在惡劣的或是在有危害物質的工作環境，或是需要大負載/大跨距，或多功能加工的作業，大多使用工業用機器人來執行。

2. 名詞解釋

- (1) 可動範圍：工業用機器人整體（包括握持及加工具部份），在各部零組件最大的伸展狀態下，可以運動的最大空間。
- (2) 教導控制器：手持的控制單元，可以直接與主控制器連接，並且可以直接在此單元上輸入程式，控制工業用機器人的動作。
- (3) 減速機構：工業用機器人製造商所提供的機構，當此機構啓動時可自動將機器人的運動速度降低至指定的範圍之內，以提供人員足夠的時間從危險區域內退出或停止機器人的運動。

3. 構造、形式種類、優點

- (1) 構造：工業用機器人包括
 - A. 機器人本體、操縱裝置（不論是軟體或硬體）、動力源（電、氣壓、液壓）、控制系統；
 - B. 尾端握持部份；
 - C. 任何機器人執行其任務所需的所有設備、裝置、感測器等；
 - D. 任何操作及監視機器人、設備、裝置、感測器的通訊介面，只要這些週邊設備是機器人控制器所控制的。
- (2) 型式種類：工業用機器人的尺寸、容量和速度，變化量很大，同時機器人的應用非常廣泛，因此工業用機器人的型式種類非常多樣，基本上以適合其特定加工型態與需求，為主要的設計與製造考量。
- (3) 優點：工業用機器人可以執行高負載作業，可以在惡劣環境下作業，也可以在有危害物質的環境下作業，也可以同時或順序性執行多功能作業，是其優點。

4. 使用場所(作業)、行業、職種、相關作業環境

工業用機器人使用的場所非常廣泛，如點焊，噴漆，裝配，製造，搬運等

作業，而在汽車製造業、金屬製品製造業、造船業等，皆為經常使用工業用機器人的行業。一般工業用機器人的作業環境，大多為惡劣性環境，或是存在有危害物質的作業環境。

危害

1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策(安全設施)

(1) 潛在危害：由於工業用機器人本身即存在很高的能量，因此一旦發生危害，其後果都相當嚴重。因此機器人大多設置護圍，以限制人員進入危險區域內。然而在機器人的教導及維修狀態時，不但會發生近距離的人機介面，人員處於危險區域之內，同時為了順利執行作業，機器人仍然保有能量，因此在此狀態下最容易發生人員的危害。另一方面安全防護裝置失效；機器人的作動範圍與鄰近的機器人或其連結設備或其他機械設備的作動範圍相重疊，都有發生危害的可能。

(2) 工業用機器人的危害源有：

- A. 安全防護裝置（含裝置、線路、元件等）失效（包括拆除）；
- B. 動力源（電、氣壓、液壓）失效；
- C. 控制線路、裝置、元件失效；
- D. 移動性機械元件，導致撞擊和陷入；
- E. 移動件所儲存的高危害能量；
- F. 電力或流體動力元件所儲存的高危害能量；
- G. 危害性（如易燃易爆性、腐蝕性、游離輻射性、異常溫度等）的作業環境，材料或狀態；
- H. 噪音；
- I. 振動；
- J. 電磁干擾；
- K. 人因工程/人體工學危害，人為失誤；
- L. 搬運。

(3) 災害類型：災害型態以撞擊、陷入、物體飛射為主，其他危害型態包括感電、火災、爆炸、振動/噪音、夾傷等。

(4) 災害防止對策：工業用機器人的型式、應用、與其他機械設備的關連性變化很大，這些差異性會影響安全防護方式的選擇與設計。其基本原則應不會影響機器人的操作，同時能安全地執行機器人的操作、教導、設定、維修、程式輸入、程式驗證、故障排除等作業。

(5) 災害防止對策主要考量為：

A. 限制和防止人員進入危險區域；

B. 當人員進入危險區域時，將危害源消除，至少需要降低危害風險。爲了達到上述原則，至少必須做到：

(A) 建立安全防護區域；

(B) 機器人的設計、製造與安裝應儘可能使得最多的工作和任務，能在危險區域以外執行；

(C) 當進入危險區域時，應有對應的安全防護方式；

(D) 定期檢查與測試安全防護裝置，以確定其有效性。

2. 安全裝置之構造、作動、功用等原理

工業用機器人的安全防護裝置有很多種型式，依據不同的功能與防護對象而選擇不同的安全防護裝置。但其基本的安全防護裝置應至少包括：

(1) 護圍：以堅固的剛性材料構成的物理性障礙物，主要功用在限制人員進出危險區域之內，同時防止物體飛射出來。護圍應具有足夠的強度及穩固性，其上應有警告標示，警告人員進入危險區域內可能產生的危害。

(2) 互鎖式出入口：可視爲護圍的一部份，提供人員進出危險區域的通道。此出入口應具備互鎖功能，當出入口開啓時，能立即停止機器人的作動，並發出聽覺和/或視覺的警告訊號。

(3) 近接感應或壓力感應裝置：以近接感應或壓力感應的方式偵測人員的位置，以確認人員是否進入危險區域中。若人員處於危險狀態時，近接感應或壓力感應裝置即啓動，並停止機器人的作動，同時並發出聽覺和/或視覺的警告訊號。

(4) 視覺及聽覺警告訊號：以視覺警告訊號（如警示燈）和聽覺警告訊號（如警鈴）警告人員機器人已開始作動。當人員處於危險狀態時，視覺及聽覺警告訊號即啓動，以警告人員危險的狀態。

(5) 殘壓排除裝置：當機器人停止操作或緊急停機時，能將機器人及其零組件內殘存的壓力（氣壓和液壓）排除，避免造成人員高壓噴射或其他傷害。

(6) 警告標示：以圖形和文字警告人員機器人相關零組件和動作的危害，如撞擊、感電、夾傷、陷入等危害。

3. 相關作業環境之危害

工業用機器人的作業環境大多爲惡劣的環境，如高溫、粉塵、電磁干擾、

游離輻射/非游離輻射等作業環境，或為有危害物質的作業環境，如有毒有害物質、易燃易爆物質、腐蝕性物質等存在的作業環境。因此必須特別注意進入機器人的作業環境時的安全防護措施。另一方面對機器人進行維修保養、修理、更換零件等作業後，其更換後之報廢品應妥善的處理，以免造成污染或發生人員傷害。

使用

1. 工業用機器人的應用非常廣泛，如：噴漆作業、電弧焊、點焊、物料搬運、產品組裝、機器操作的進退料、和其他多種應用。
2. 常見的工業用機器人大多數為重複可程式、多功能的機械加工器具。一般具有三種不同型式的能源，即機電式、液壓式和氣壓式能源。
3. 工業用機器人主要的危害型式為：
 - (1) 在機器人的可動範圍之內被機器人的移動件撞擊；
 - (2) 在機器人的可動範圍之內或是其附近區域，被陷入在機器人的移動件和其他機械或物件之中；
 - (3) 被機器人掉落或是噴射出的物件或工具撞擊；
 - (4) 感電；
4. 工業用機器人由於尺寸、容量、速度和應用變化很大，因此其危害和風險的程度也不相同。通常考量工業用機器人的危害時應至少評估其安裝、程式輸入、操作、使用、故障排除和維修等作業。
5. 評估工業用機器人危害時，應特別注意機器人具有能量而又需要接近機器人的時候，因為此時是人機介面最接近的時候。尤其是在教導、程式輸入和維修時，更需要特別注意，避免危害發生，因為此時工作人員大多處於機器人的可動範圍之內。教導作業更是其他一般工業機械所沒有的作業，非受過訓練的合格人員不得進行此項作業。
6. 進行教導作業時，工作人員處於機器人的可動範圍之內，以便輸入控制程式，達到極微小的精密度要求。雖然此時機器人應處於降速狀態之下操作，但是如果機器人失去控制，引起不可預期的高速操作，或是不可預期的作動型式，就會導致危害的發生。
7. 工業用機器人應依據製造商的建議加以牢固的錨定。
8. 工業用機器人控制面盤的位置應使得在程式輸入或是操作機器人的主控制時可以容易且清楚的看到機器人的動作。
9. 工業用機器人所有的能量源（不論是電、氣壓和液壓的能源）都應配置可

鎖型式的斷能裝置。

10. 對工業用機器人進行服務之前，應提供釋放儲存能量（尤其是殘存能量，如殘壓釋放）的方式。這些能量可能以氣壓、液壓儲存器，彈簧，配重，飛輪和機器人握持負荷的方式存在。
11. 工業用機器人內所有和控制有關的固態電子裝置都應有適當的遮蔽，以防止電磁干擾、射頻干擾等，使得機器人失去控制。
12. 工業用機器人的可動範圍應設置物理性障礙物，其範圍應達到機器人所有的操作或是安裝的可動範圍。此物理性障礙物是設置機械式障礙，其強度足以承受在機器人承載最大負荷且以最高速度作動狀態下的力量和能量，並使得機器人停止。
13. 工業用機器人上應裝置琥珀色的燈號，使得在機器人附近的任何地方，都可以明顯的看到。當機器人具有能量時（不論機器人是否作動），此燈號都應打開，以告知所有工作人員機器人是具有能量的。
14. 教導控制器或附屬控制器應配置緊急停機按鈕或是死人開關（壓力開關），以便操作人員可以切斷機器人的驅動能源，將機器人停止作動。此緊急停機線路應直接與機器人的驅動能源停止線路接線，而不可以透過電腦的輸入/輸出記憶體介面接線。
15. 當工業用機器人處於教導狀態時，其速度在機器人完全伸展時的尾端量測，應低於每秒 15 公分。
16. 工業用機器人的輸入程式，應使得操作人員在使用教導控制器時，無法將機器人切換到自動狀態，而必須將所有的互鎖閘門關閉，且控制權回到機器人可動範圍之外的主控制器時，才可切換到自動狀態。
17. 工業用機器人的每一個作動軸上應標示作動的方向，並與主控制器和教導控制器上標示的每一個軸的作動按鈕相對應，例如：X 軸前進（X+），後退（X-）；Y 軸前進（Y+），後退（Y-）；Z 軸昇高（Z+），降低（Z-）。
18. 當按下緊急停機按鈕，切斷機器人的能源後，機器人的各軸應可以用手動操作。
19. 工業用機器人可動範圍的週界應設置固定式護圍，此護圍應防止不注意或是未經授權的進入機器人可動範圍之內，同時也能擋住機器人墜落或是飛射出的物體。
20. 工業用機器人的週界護圍與機器人的可動範圍之間，應有足夠的空間，使得人員不會被機器人的手臂或是任何一部份和護圍夾住。

21. 工業用機器人週界護圍的出入閘門應設置電氣性互鎖，使得機器人在自動狀態下操作時，若是出入閘門打開，互鎖裝置會切斷主驅動能源，將機器人停止。機器人的程式設定應使得閘門的關閉，不會啓動機器人的自動操作。機器人的自動操作應由機器人週界護圍之外的主控制器啓動。
22. 工業用機器人週界護圍的出入閘門上應裝設警告標示，以告知進入機器人可動範圍內的人員機器人的般危害和/或可能存在的特殊危害。機器人的特殊危害包括（但不限於）：
 - (1) 兩個或是多個鄰近的機器人，其可動範圍相互重疊；
 - (2) 其他的自動化設備或是機器的作動，可能會進入工作區域。
23. 有多種方式可以偵測人員是否進入機器人可動範圍之內，包括（但不限於）：光電感應裝置、壓力感應墊、光柵和聲柵等。這些裝置的目的是在偵測是否有人員闖入危害存在的區域。
24. 在人員未經適當的安全操作訓練，和機器人特殊應用的功能，並取得認可的資格之前，不可操作機器人。另一項基本要求是在人員實際操作機器人之前，所有和操作機器人有關的人員（如安裝、操作、教導、程式輸入、故障排除、維修等作業的人員），必須完全了解機器人控制系統故障的影響與後果，並了解所有提供的安全防護裝置及其使用方法。
25. 工業用機器人作業場所的照明，應無反光或閃爍光線，其照明強度建議在 50 至 100 呎燭光之間。
26. 工業用機器人作業場所的地板，應維持良好的狀態，且應保持整潔，以避免滑倒和絆倒的危害。
27. 工業用機器人作業場所附近的環境，應特別注意防止下列（但不限於）特殊設施的危害：
 - (1) 電弧焊的紫外線；
 - (2) 鐳射光束的高強度光；
 - (3) 點焊的火花；
 - (4) 噴漆的蒸氣等。
28. 用以包覆隔離具有危害性的電氣和液壓設備的密閉型隔板，應具備固定的護蓋和護圍。
29. 在操作工業用機器人之前，操作人員必須先行確定所有的安全防護裝置和護圍已就定位，並且功能正常，所有機器人的週邊設備和機械已和機器人的作業同步，並且機器人的作動區域之內，沒有任何不屬於正常操作狀態的人員和物體。

30. 工業用機器人的維修人員，在進入機器人的可動範圍內，對機器人進行維修之前，必須採取適當的鎖住和測試程序，以確定機器人的維修作業可以安全的進行。
31. 在啓動工業用機器人之前，應先行確認所有對機器人進行維修所需的工具和設備，都已確實移出機器人的操作範圍之外。

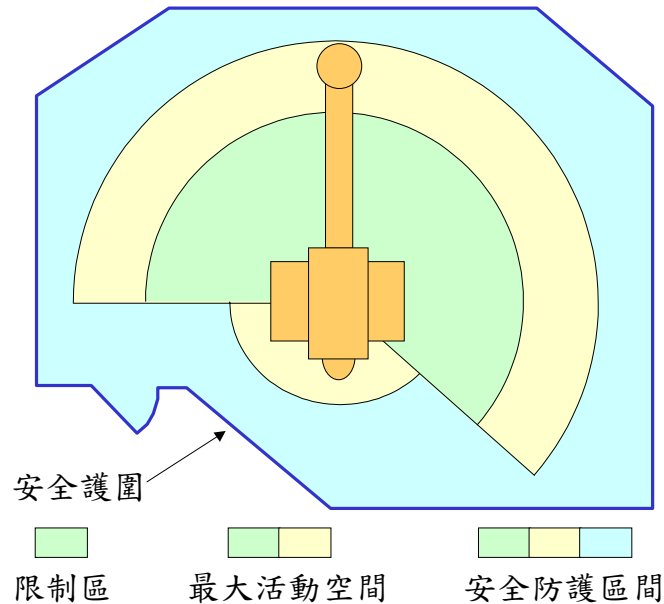


圖 1 機器人安全作業範圍

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生法第五條第一項第一款
雇主應有防止機械、器具、設備等引起之危害的符合標準之必要安全衛生設備。
2. 工業用機器人危害預防標準
第七條：雇主選用機器人時，應依本章之規定。
第八條：雇主選用機器人時，應將防護左列危害列入考量：
 - (1) 錯誤操作、錯誤動作及故障時引起之危害。
 - (2) 動力源異常引起之危害。
 - (3) 由於人、物之進入引起之危害。
 - (4) 相連機器故障引起之危害。第九條：機器人應具有發生異常時可迅即停止動作之緊急停止裝置。

參考資料

1. 行政院勞工委員會，民國 80 年，台北，勞工安全衛生法。
2. 行政院勞工委員會，民國 80 年，台北，勞工安全衛生法施行細則。
3. 行政院勞工委員會，民國 83 年，台北，勞工安全衛生設施規則。
4. 行政院內政部，民國 76 年，台北，工業用機器人危害預防標準。
5. National Safety Council, USA, Industrial Safety Data Sheets I-717, 1985, "Robots"。