

## 經驗分享

### (一) 機械產品與人因工程

#### 1、人因工程介紹

人因工程，在國內也有稱為人體工學，在英文的敘述或是學術上也有不同的名稱，如：Ergonomic或者Human Factors，有的人試圖去區別這其中的不同，但更多人將它視為同一件事。人因工程除了是工程學科也是應用科學，它包括了心理學、生理學、生物力學（Biomechanics）及人體計測學（Anthropometrics）的基本原理，還有認知人因工程（Cognitive Human Factors）。

過去國內業界在應用人因技術可能較著重於生產線上的生產效能問題的處理，產品設計對於人因技術的應用並不普遍。後來隨著資訊時代而來，使用電腦不當而產生的生理病例在國內外逐漸增多，才使得一般人逐漸認識了“人因”這項科學。而把人因應用到產品設計中，就是為了要創造出符合人性需求的產品，也就是著重產品使用者的需求，確保產品易於使用、易於學習，而且具有生產性與安全性。

從“一般系統理論”（General System Theory），看人與機械產品的操作，可以建立一個互補關係（如圖3.1所示）。

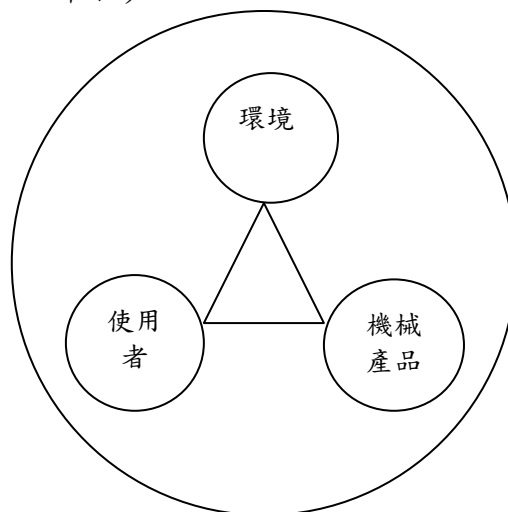


圖3.1 人 - 機 - 環系統

其中，使用者包括操作者、服務人員、維修人員、訓練人員及組裝人員；環

境則是指上述人員，其行為發生所在的場合；機械產品則指所見之機械，此三者相互影響，並因需求轉移而形成互補的關係，透過人因技術的介入將可妥善解決此三方面的需求。

## 2、人因工程的重要性

Wilson (1983) 及 Dreyfuss (1967) 描述優良設計產品的特質，必須具有: 1) 安全性、2) 效率性、3) 使用滿意性、4) 耐用性、5) 服務性、6) 價格實在、及 7) 心怡的外觀；這些特質構成了對使用者而言的價值 (Sears, 1985)。

專業複雜的產品，人因工程愈顯重要(表3.1)，此7項特質套用在機械設備上，來檢視一項機械產品優良的程度也同樣適用。特別是對於安全性的考量，人因工程被視為是用以處理人與機械之間及操作介面問題的有效方法，除了價格的因素，其餘特質都可藉由人因工程加以改善。由於人因技術的介入，可以使得產品的使用性獲得改善，特別是當製造者技術實力相當時，人因技術可以提供較優良的使用容易性，成為產品的特色；更因能獲得較多預期使用者接受，而擴大銷售。

表3.1 使用人因技術在產品設計與開發上的主要理由

創造更好的產品	防止損失
改進產品使用性	防止訴訟
改進使用者的表現	不良的產品風評
包容使用者間的差異	產品回收
製造更安全的產品	滿足工業標準
改進使用者舒適性	滿足法規標準
增加使用者滿意度	減少產品在保固期間的修護次數

[資料來源: 產品設計的人因工程, 1996]

## 3、人因工程的應用案例

在許多產品上可以見到人因技術介入之後，獲得不錯口碑的產品，特別知名的是一些手工具，一般人初始覺得外觀新奇，加上使用經驗舒適，並不明白背後應用了人因工程的技術。另外，電腦的週邊設備，例如：滑鼠或是鍵盤等有些廠商還特別經驗證單位測試，聲明符合人體工學的原則所設計。

美國有一家專門生產電動堆高機的公司（Crown Equipment Corporation），在70年代早期，藉由一家工業設計顧問公司的協助，不但使得產品擁有良好的品質，如今更成為同類產品的領導品牌，其中最為引人注目的是藉由人因技術的協助，率先設計出符合使用者操作需求的操作介面。



圖3.2



圖3.3

（圖3.2）與（圖3.3）均為Crown Equipment Corporation 於德國iF design award 2003獲獎產品。

以機械產品而言，人因工程可以介入參與之處有：控制面板（control panel）、鉸金護罩、人機溝通訊息（警告標示、燈號、聲響等提示功能）。以工具機為例，目前控制軟體的主要控制面板是由軟體製造廠提供的模組化產品及工具機製造廠僅需提供開啟、關閉等特定功能的按鈕（圖3.4），不過控制面板的設計仍需由廠商處理，然而國內廠商在設計控制面板時，缺乏充分的參考資料，例如：高度的設定、按鈕位置的安排、指示儀錶的呈現方式與排列等。因而，在面對操作的安全性、效率性，甚至於使用滿意性等要求時，將難以滿足。人因工程將可在這些問題中找到協調，使產品符合安全與美感的需求（圖3.4），達到提升產品等級的目的。



圖3.4 設計整合妥善的介面設計案例

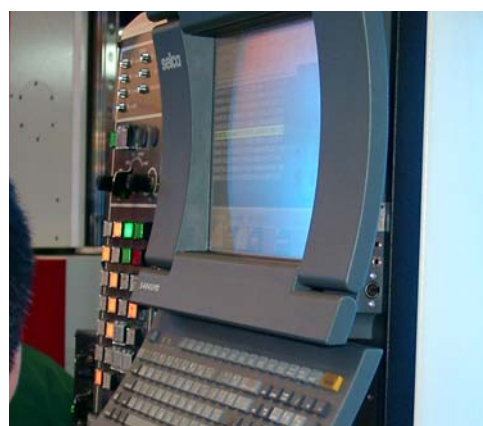


圖3.5 國內機械設備控制面板整合情形

#### 4、CE中對於人因問題的考量

現在，回過來看CE的要求，在“歐盟理事會指令 98/37/EC (Directive 98/37/EC of The European Parliament and of The Council)”關於機械法律的調和要求（以下簡稱機械指令）為例，對於產品安全的要求，不僅只於機械性或電氣特性所造成的危害，對於長期受工作環境影響或產品設計造成作業不符人因原則等，因機械所衍生對於人員在健康與安全上的影響都必須考量並抑制問題發生。

在該文件的條文中1.1.2 (d) / (e)、1.1.5、1.2.2、1.2.8、1.5.8、1.5.9及1.7.0、1.7.1、1.7.2等項，所提及的要求均與人因工程技術有關。由於是基本要求，所以關於設計的原則，另外有相關標準作說明，例如：EN 894-1/2/3內容是在分別說明機械產品的顯示裝置、控制器等在人因方面的設計需求；EN 614-1/2則是人因方面的機械基本設計原則；另外，像EN 61310-1對於操作把手的形狀及產品針對殘留危險所貼的警告標示設計等，提供在設計及使用上的指引。

另外，除對於機械本身安全做積極防範外，機械指令中1.7.4也明白指出操作說明的重要性，要求製造商必須提供操作所需的，一切必要資訊予操作者，並且不得抵觸操作說明中的內容。事實上，對於產品的操作性問題，除了一些功能簡易的產品外，大多數產品，還是需要操作說明書，協助操作者了解產品的操作，才能將人因技術的易於使用特性凸顯。

目前，我國業者對於操作手冊的內容要求雖可符合，但普遍需加以強化，特

別是對於應提供予操作者資訊的認知，同時對於操作手冊的編製作業也未納入例常維護工作項目，由於歐洲人士大多對於人身安全相當重視，所以連帶的對於提供安全資訊的操作手冊的內容也相當著重，對此業界應有適當回應重視手冊的編輯工作與內容品質。

## 5、小結

以上是對於人因工程的初步介紹，目的在向我國機械產業推薦“創新”思維下，另一將對產品產生有利價值的觀念，應用人因工程的技術於機械產品的設計上；其價值除可整合生產技術與使用者需求，調合出最佳的設計產品外，更重要的意義在於積極的探討與了解產品本身使用性的問題，使機械產品的販售不只是以技術為導向，還轉變為包括服務導向的感性訴求。從Crown Equipment Corporation的例子，我們可以見證一家公司，因為關切產品使用性對操作者感受的問題而獲致成功，相信對於利用人因的技術改善產品，是一個值得加以重視的案例。

在歐盟的許多標準中，分別陳述了須加以注意的人因設計準則，上述的機械指令“基本的健康與安全要求”只是部分的展現；另外，世界的半導體設備會員組織，在其所制定發行的半導體設備標準中，也有專門針對人因設計原則所編列的標準，我們將在往後的技術通報中，進一步說明這些標準中的設計原則與要求。

撰寫本文之目的在提供相關資訊、協助辨認機械及操作環境可能產生的各種危險（藉其本質或影響），以利於危險分析，特別是在於：

- 1、設計機器時。
- 2、檢定機器安全標準時。
- 3、評估風險時。

由機械所產生之危險主要分為機械性危險、電的危險、熱的危險、噪音引發之危險、振動引發之危險、輻射引發之危險、材料及質料所引發之危險、機械設計時忽略人體工學原則所引發之危險、聯結危險、機械使用環境引發之危險等十大項（如圖3.6所示）：

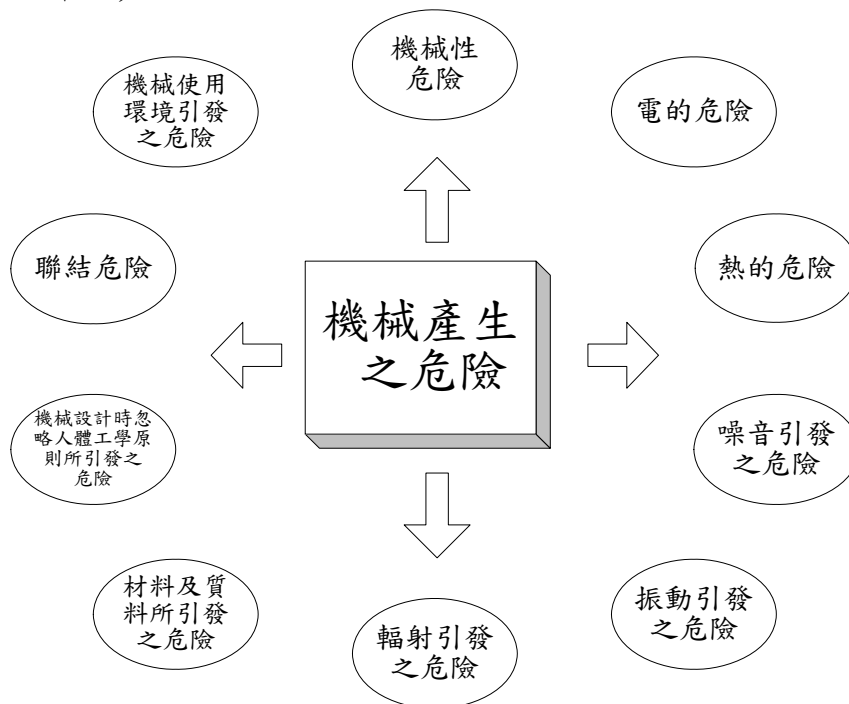


圖3.6 機械使用環境所引發之十項危險

以下就危險產生之原因及傷害做分析與整理：

### A、機械性危險（如圖 3.7 所示）

機械性危險乃為由於機械元件、工具、工件的機械運動或固體及液體射出所造成危險之所有物理因素的通稱。

機械性危險的基本型式及機器元件（或工件）所引起的機械危險：

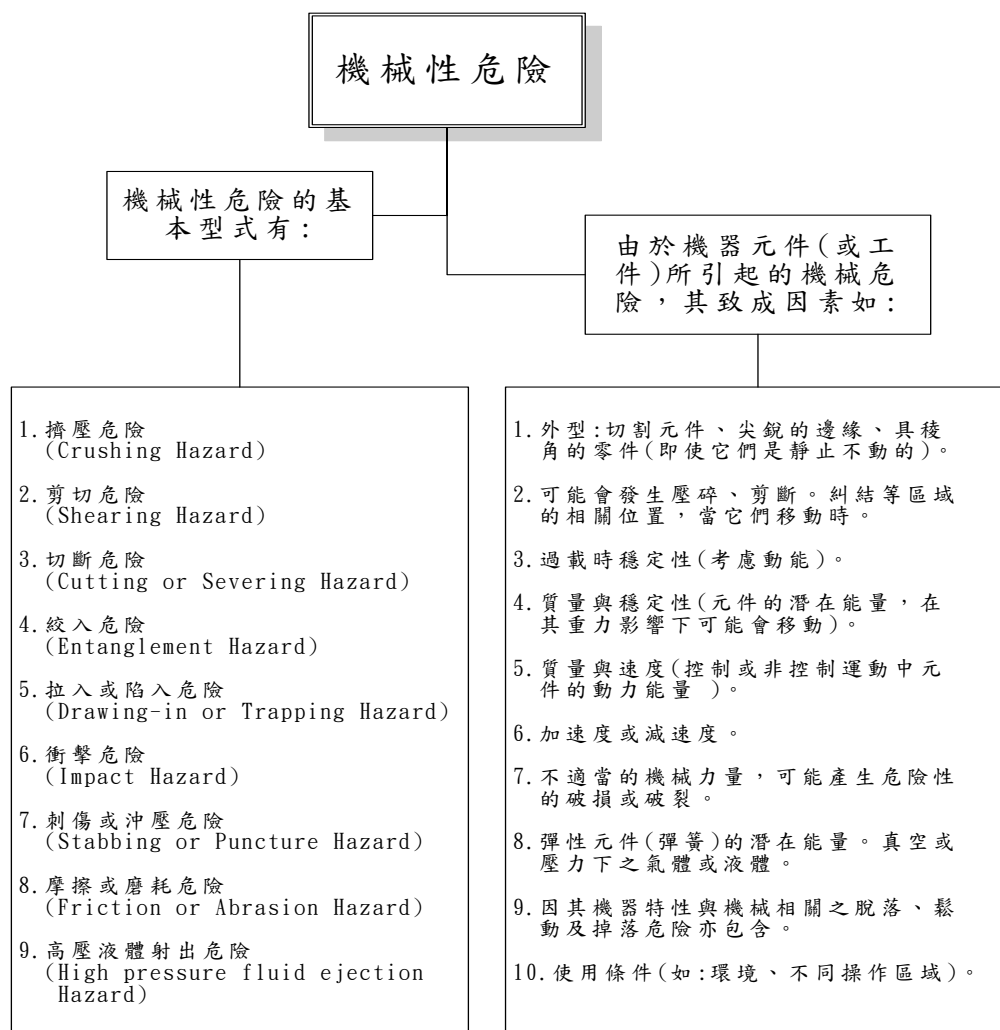


圖3.7 基本型式及機器元件（或工件）所引起的機械危險

## B、電的危險（如圖3.8所示）

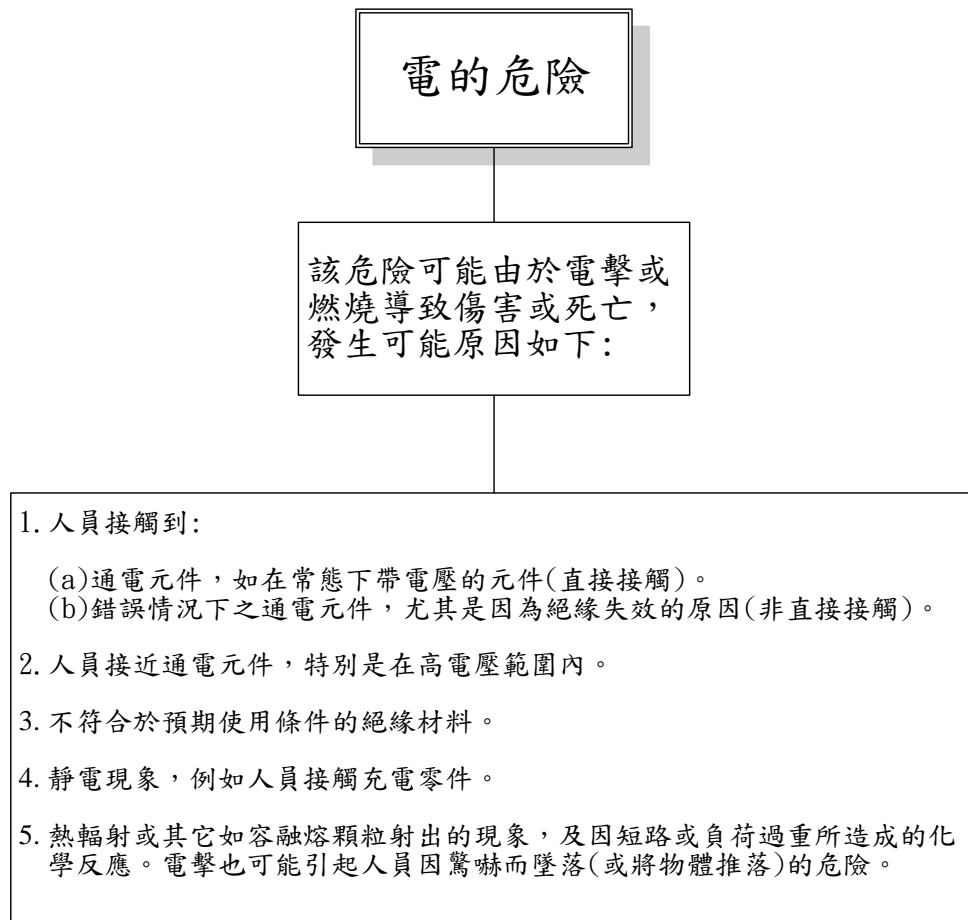


圖3.8 電的危險所發生的可能原因

## C、熱的危險（如表 3.2 所示）

表3.2 熱的危險所引發之危險

熱的危險可能導致：
1. 由於接觸具極端溫度的物體或材料，熱源之輻射熱及火焰或爆炸，所造成的燒傷或灼傷。
2. 過冷或過熱工作環境所造成危害健康的影響。



#### D、噪音引發之危險（如表 3.3 所示）

表3.3 噪音引發之危險

噪音可能導致：

1. 永久喪失聽力。
2. 耳鳴。
3. 疲倦、壓力等等。
4. 其他影響，如失去平衡感、失去知覺等等。
5. 對談話溝通、聲音訊號等等造成干擾。

#### E、振動引發之危險（如表 3.4 所示）

表3.4 振動引發之危險

振動可能傳送到全身（使用移動式設備），特別是手及手臂（使用手操作機器）。最劇烈的振動（或是不那麼劇烈，但超越時間限度）可能會造成嚴重的生理錯亂（血脈錯亂，如白手指、神經、骨關節錯亂、腰痛、坐骨神經痛等等）。

#### F、輻射引發之危險（如表 3.5 所示）

表3.5 輻射引發之危險

此種危險可能瞬間造成灼傷或長時間產生基因突變，起因很多，可能由於非電離或電離輻射所造成，如：

1. 低頻率。
2. 輻射頻率及微波。
3. 紅外線。
4. 可見光。
5. 紫外線。
6. X與Y射線。
7.  $\alpha$ 、 $\beta$ 射線、電子或離子光束。
8. 中子。

## G、材料及質料所引發之危險（如表 3.6 所示）

表3.6 材料及質料引發之危險

機械所處理、使用或排放的材料及質料和用來建造機械本身的材料都有可能造成不同的危險：

1. 由於接觸或吸入具毒害、腐蝕、刺激影響的液體、氣體、霧、煙和灰塵所造成的危險。
2. 燃燒和爆炸的危險。
3. 生物(例如霉菌)和微生物(濾過性毒菌或細菌)的危險。

## H、機械設計時忽略人體工學原則所引發之危險（如表 3.7 所示）

表3.7 機械設計時忽略人體工學原則所引發之危險

機械與人體特性及能力配合錯誤，可造成：

1. 生理上的影響，例如由於不健康的姿勢，施力過度或重覆施力等等所導致的影響。
2. 心智負擔過重或過輕、壓力等等所造成的心理、生理影響，起因於使用範圍內操作、監控或維護機器之時。
3. 人為錯失。

## I、聯結危險（如表 3.8 所示）

表3.8 聯結所引發之危險

某些獨立的危險，它們看起來很小，但當彼此互相聯結發生時，可能變成相當大的危險。

## J、機械使用環境引發之危險（如表 3.9 所示）

表3.9 機械使用環境引發之危險

機械使用、操作的環境將引發之危險應納入考慮，如：溫度、風、雪、閃電等。

綜合以上所述，希望能提供產業處理相關問題之解決方向，更進一步降低危險之發生，如需其它相關資料可參考EN1050 annex A。

### (三) 橡塑膠射出成型機如何符合CE驗證需求

#### 1、認識主要危險區域（如圖3.9及圖3.10所示）：

- (1) 模具區域
- (2) 鎖模機構區
- (3) 在區域1及2以外之模心與射出器驅動機構之移動區域
- (4) 噴嘴區域
- (5) 塑化及/或射出單元區域
  - (5.1) 進料孔區域
  - (5.2) 塑化及/或是射出汽缸加熱帶區域
- (6) 射出成品排放區域

#### 2、控制型保護裝置---氣動式安全門的設計（如圖3.11所示）：

##### (1) 型式I之保護裝置

移動式互鎖護罩具有一個位置開關，經由控制電路而作用於電源電路之主切斷裝置上（例如：閘、接觸器）。

當護罩關閉時，此位置開關應被設計成：

- 無法被操作
- 在等效模式下，須具有閉合之接點或功能
- 須能確認由危險移動所產生之控制訊號

當護罩打開時，此位置開關應被設計成：

- 確實且直接地被護罩所控制且能確實地中斷因危險移動所產生之控制訊號。

當發生唯一之信號錯誤，此系統應被設計成：

- 保持安全狀態
- 位置開關所控制之繼電器用於多接點上，則這些繼電器的監視是必須的。
- 監視工作可用可程式化之電子系統來完成。
- 唯一信號錯誤之安全要求並未使用於位置開關或是切斷裝置上。
- 安全元件是經過良好測試之元件。

##### (2) 型式II之保護裝置

可移動式互鎖護罩共有二個位置開關，經由控制電路而同時作用於電源電路之主切斷裝置。第一個位置開關應依照型式I之保護裝置來作用。

當護罩關閉時，第二個位置開關應被設計成：

- 應被護罩所操控
- 在等效模式下，應具有閉合之接點或功能
- 須能確認是由危險移動所產生之控制訊號

當護罩開啟時，第二個位置開關應被設計成：

- 不再被護罩所控制且需將危險移動所產生之控制訊號中斷。
- 這二個位置開關的正確作用，為護罩在每個移動週期中，至少應被監視一次。
- 當二個位置開關之其中一個發生錯誤時，應能被自動地辨識出來且任何後續之危險移動應被防止。

### (3) 型式 III 之保護裝置

可移動式互鎖護罩包含二個相互獨立的互鎖裝置。其中一個裝置應依照型式II之保護裝置而經由控制電路來作用，另一個互鎖裝置則應使用一個位置偵測器來直接或間接地作用在電源電路上。

當護罩關閉時，則位置偵測器應被設計成：

- 將無法被操作
- 在等效模式下，應具有閉合之接點或功能
- 應致動電源電路

當護罩開啟時，位置偵測器應被設計成：

- 確實且直接地為護罩所作用且能藉由第二切斷裝置來中斷電源電路。
- 在每個移動周期中，這二個互鎖裝置的正確功能，應至少被監視一次。
- 當二個互鎖裝置之其中一個發生錯誤時，應被自動地辨識出來且任何後續之危險移動應被防止。

## 3、控制型保護裝置之實際應用（如表3.10所示）：

表3.10 控制型保護裝置之實際應用

危險區域	保護裝置	說 明
模具區域	型式III	<p>整個身體無法進入模具區域或模具與護罩之間的區域時，一但護罩開啟，此雙位置開關應被設計成如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 切斷模板閉合運動之主驅動動力(Main Drive)</li> <li>— 切斷用於模板閉合運動之蓄壓器(energy accumulator)</li> </ul> <p>一但護罩回復至其關閉位置時，須將位於機器側邊之控制器以手動方式重設，如此循環動作才可再激發。</p> <p>整個身體可能進入模具區域或模具與護罩之間的區域時，需加裝可以用來偵測是否有人員存在此區域之附加安全裝置。(如ESPE或壓力感測墊或感測板)。</p> <p>當機器啟動時，應被設計成如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 中斷模板閉合運動之控制電路</li> <li>— 避免射入模具區域</li> <li>— 防止後續之循環過程的啟動</li> </ul>
鎖模機構	型式II	<p>一但護罩開啟，此雙位置開關應被設計成如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 中斷循環過程</li> <li>— 中斷模板之所有移動</li> </ul> <p>若接近機器只是為了進行保養或修理，則可允許使用固定式護罩。</p>
心軸與射出機構	型式I	防止接近此區域可藉由型式I的保護裝置或是固定式護罩。
噴嘴區域	型式I	當護罩開啟時，噴嘴的向前移動與動力操控噴嘴之元件及其驅動件之移動應該被中斷。
成品之排放區域	型式I	除了可使用型式I的保護裝置之外，也可以使用符合EN50100-1之型式2之電子感應保護裝備(ESPE)，但是此保護裝置不可以用來控制機器的運動。

#### 4、結語：

上述是針對控制型保護裝置做安全設計上的說明，若有不足之處，讀者可以查閱標準EN201：1997來相互印證。當然除了這些之外，模具區域之可移動式護罩與模具本身之間的區域，至少需提供一個符合EN60204 -1種類0之緊急停止開關。

電控方面的安全設計也需要考量符合EN60204-1的要求，例如：電源切斷（隔離）裝置、防止觸電、設備的保護、等電位接地連接、控制電路及控制功能、導線及電纜之接線等。

熱的危險，若最高溫度可超過如EN563中所述之極限值，則應提供固定式護罩或隔離材料。除此之外，也應貼上警告標示（包含熱調節管與接頭、模具、加熱元件及噴嘴等）。

一台安全又實用的機器，除了使用者需要了解機器的特性之外，也要熟讀使用說明書與歐盟對於安全、衛生及環保的重視，所以設計者與製造商更應該熟讀法規與標準的含意才能保障操作者與本身自己的生命及財產損失。

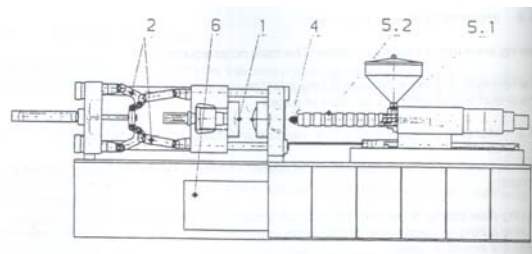


圖3.9 具有水平鎖模單元及水平射出單元之射出成型機

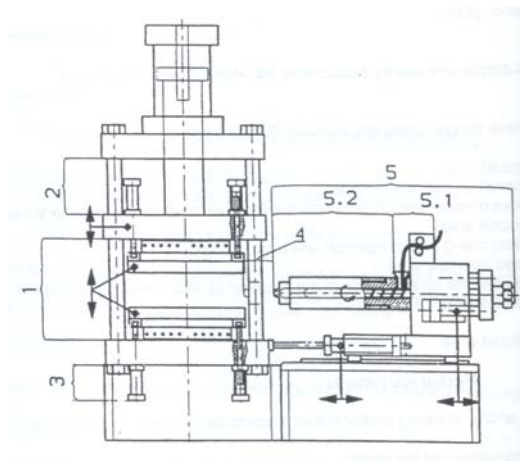
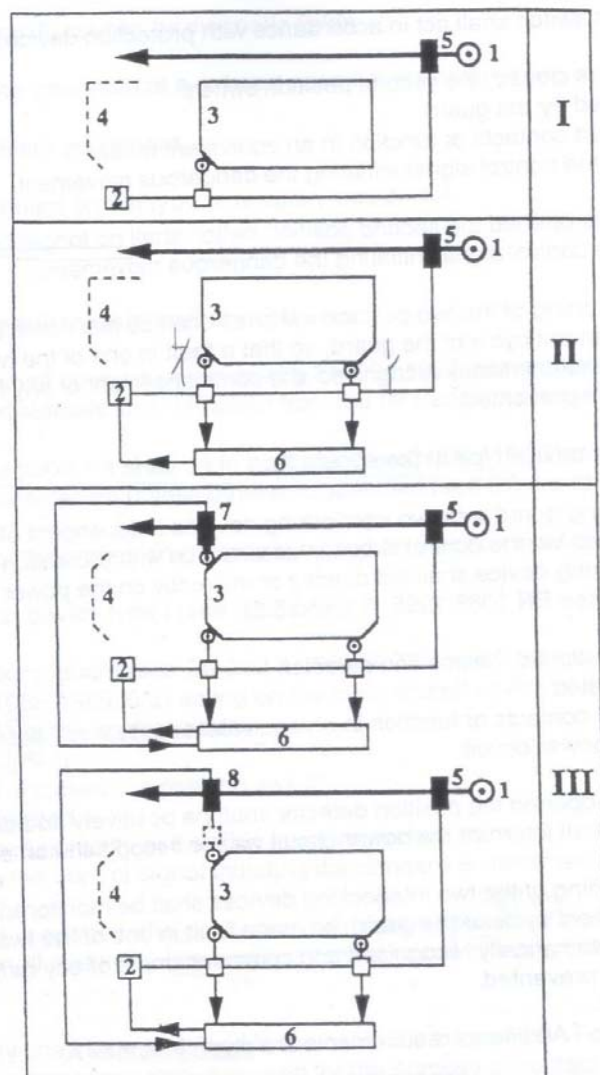


圖3.10 具有垂直鎖模單元及水平射出單元之射出成型機



1. 電源電路	5. 主切斷裝置
2. 控制電路	6. 監視電路
3. 移動式護罩/關閉	7. 第二切斷裝置(直接的，見EN201附錄 A，A.1.1.1)
4. 移動式護罩/開啟	8. 第二切斷裝置(非直接的，見EN201附錄A，A.1.1.2)

圖3.11 型式I、II、III之保護裝置