

## 介紹

### 1. 使用範圍

本安全資料表說明雷射加工機械的輻射相關危害及其安全需求與安全防護對策，同時說明雷射加工機械所使用的材料及物質可能引起的危害。本安全資料表不適用於單獨做為光學攝影、立體光學攝影、印刷攝影、醫療用途、資料儲存等用途及其相關產品的設備。

### 2. 名詞解釋

- (1) 雷射加工機械：配置具有足夠雷射能量而能夠使得至少一部份的加工件熔解、蒸發、或產生相變化的內建式雷射設備的機械，同時此機械的功能及安全性皆已齊備，可以隨時使用進行加工作業。
- (2) 製造商：加工、製造、組裝雷射加工機械的個人或組織，若雷射加工機械為進口者，進口商視為製造商，若授權修改雷射加工機械的個人或組織，亦視為製造商。
- (3) 修改：變更雷射加工機械使其加工材料、加工方式、或加工狀態與原使設計不同，或改變機械的安全防護特性。
- (4) 加工區域：雷射光束與加工件材料反應的區域。
- (5) 加工作業：加工作業包括兩部份，即自動或手動的將被加工的材料或零件進料或退料；雷射光束單獨或是與其他設備共同進行加工的動作。
- (6) 加工件：被加工的材料，即雷射光束的標靶。

### 3. 構造、形式種類、優點

雷射加工機械的構造包括機械本體，雷射產生裝置，雷射工控制系統，加工件夾持機構，安全防護裝置，和除害裝置(如機械通風裝置、集塵裝置)。由雷射產生裝置產生雷射光束，經由雷射控制系統將雷射光束發射至加工件夾持機構上的加工件以進行焊接、切割、表面硬化等作業。由於雷射光束將高能量集中於光點上，因此可以避免加工件承受加工刀具的重量及推力，同時光點的尺寸很小，可進行精密加工及避免加工件材料的損失。

#### 4. 使用場所(作業)、行業、職種、相關作業環境

雷射加工機械多使用於精密加工作業，如飛機/汽車製造，精密儀器加工，材料表面硬化/處理等行業。

### 危害

#### 1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策

雷射加工機械的潛在危害包括：機械性危害，電氣性危害，熱危害，噪音危害，振動危害，輻射危害，使用及處理的材料和物質的危害，忽略人體工學的危害，外在因素影響所引起的危害等。本安全資料表將針對輻射危害，使用及處理的材料和物質的危害，外在因素影響所引起的危害等項目進行說明，其他的危害與一般機械設備相同，可參照其他的安全資料表或相關的標準如ISO199(機械性危害)，IEC204和EN60204(電氣性危害)，EN563(熱危害)，ISO3744、ISO9614、ISO11201、和ISO12001(噪音危害)，ISO2631(振動危害)等。

雷射加工機械的輻射危害包括：

- (1) 雷射光束直接或間接(反射、折射、繞射)發射所引起的危害；
- (2) 離子輻射所引起的危害；
- (3) 附屬設備如閃光燈、放電真空管、高週波源、射頻源等產生的附屬輻射(紫外線、微波)所引起的危害；
- (4) 雷射標靶(加工件)因光學效應所產生的次輻射發射所引起的危害(此次輻射的波長與原雷射的輻射波長可能不同)。

上述輻射危害應加以遮蔽或裝設護圍將輻射危害隔離，或使用互鎖裝置使得遮蔽物開啓時，立即關閉雷射源的供應。

雷射加工機械的使用及處理的材料和物質的危害包括：

- (1) 機械所使用的材料或物質所引起的危害，如雷射氣體，雷射染料，溶劑等；
- (2) 雷射光束與材料(如燻煙、粉塵、雜質、蒸氣等)相互反應所引起的危害；
- (3) 機械所使用的介質氣體或觸媒所引起的危害；
- (4) 機械所使用的介質氣體或觸媒與雷射光束相互反應所引起的危害。

為避免上述使用的材料或物質所引起的危害，機械所使用的材料應謹慎的選用，若有發生火災、爆炸、有毒/有害性氣體外洩、或缺氧之

虞時，除了機械應採用密閉設計之外，同時應採取耐壓型式設計。雷射加工機械因動力源異常或使用環境不良，可能引起機械故障而產生危害的狀態，或使得人員必須進入危險區域內產生人機介面的危害。外在因素影響所引起的危害原因包括：

溫度、濕度、外在的衝擊和振動、環境內的粉塵、蒸氣、或氣體，電磁干擾，射頻電波干擾，電源供應異常，電力供應品質不良，控制系統軟體/硬體不相容等。

雷射加工機械上述危害所產生的災害型態包括輻射外洩、火災、爆炸、有毒/有害性物質外洩、缺氧等，應針對危害因子及其引發之災害類型以設計方式消除危害，或以安全防護裝置加以防護。

## 2. 安全裝置之構造、作動、功用等原理

雷射加工機械的輻射危害，應以護圍，固定式遮蔽物，和安全互鎖裝置加以防護。機械使用的材料和物質所引起的危害，如燻煙、蒸氣、粉塵等，應以機械式通風裝置及集塵裝置等方式排除。依據雷射加工機械的使用型態及物質，人員應穿戴適當的個人防護具。

## 3. 相關作業環境之危害

雷射加工機械使用時，應避免二次雷射輻射的危害，如雷射光束的反射、折射、和繞射。機械使用的環境應避免振動，和外在因素的影響(如外力衝撞、電磁干擾等)，以避免雷射光束的誤動作。由於雷射加工機械使用高能量產生雷射光束，且雷射光束本身具有高能量，因此在易燃易爆環境下使用時，應注意機械防爆的設計。機械所使用的材料和物質，加工後可能產生有毒性和有害性物質和副產品及廢棄物，應注意此類物質的處理，以避免產生環境污染。



圖1 雷射加工機械

#### 安全需求

1. 雷射加工機械的製造商必須：
  - (1) 執行機械整體(包括所有機械零組件及附屬設備)的危害因子鑑別與分析；
  - (2) 針對危害因子進行安全防護措施；
  - (3) 對所有安全防護措施進行認證和驗證；
  - (4) 提供使用者足夠的使用資訊並以上述程序確保雷射加工機械的安全性。
2. 製造商應依據上述危害分析的結果，在雷射加工機械的設計和製造過程中，提供適當的安全防護對策。安全防護對策應至少足以防護前述"潛在危害"中所有的可能危害因子。
3. 雷射加工機械的危害評估分析應包括雷射加工機械生命週期內所有的層面(如設計、搬運、安裝、使用、維修、保養、測試、修理、報廢等)。
4. 在雷射加工機械進行任何變更之後並於使用前，應進行危害評估分析。
5. 雷射加工機械的危害評估分析應至少包括前述"潛在危害"中各項危害因子，外在因素的干擾，及機械的危險區域，尤其是與雷射系統，雷射光束路徑，雷射光束供應系統，和製程區域等相關的區域。危害評

估分析的結果應詳實的以書面文件記錄。

#### 雷射輻射危害的防護

6. 當雷射加工機械可能造成人員雷射曝露劑量超過1級的允許曝露劑量(AEL)時，應在機械的設計和製造階段加以消除。維修人員曝露在雷射劑量超過3A級的允許曝露劑量的危害也應消除。
7. 為達到上述安全防護，應使得：
  - (1) 以工程手段限制非經授權人員進入危險區域內(可參照ISO12100)；
  - (2) 當機械正在運轉中無法避免人員進入危險區域內(如調機、保養時)，雷射加工機械必須配置可以直接控制機械動作、雷射光束方向、和停止供應雷射光束的裝置；
  - (3) 雷射加工機械的安全防護裝置如遮蔽、護圍、停機裝置、光束消散裝置、跳脫裝置、緊急停機裝置等的設計及製造，應符合相關的安全規範(如ISO12100)；
  - (4) 雷射加工機械的護圍可以是被動式或主動式的護圍，被動式護圍的設計和製造所使用的材料應使得人員在最差的狀況下，雷射曝露劑量超過1級的允許曝露劑量時，人員有足夠的時間啟動緊急停機的控制；主動式護圍包括偵測裝置與護圍兩部份，當偵測裝置偵測到雷射光束射到護圍，或是其他相關現象使得雷射光束可能射到護圍時，應立即停止雷射光束的發射。
  - (5) 如果主動式護圍曝露在高雷射能量的環境下，且雷射可能破壞護圍時，系統應在雷射破壞護圍之前停止雷射的供應及發射，同時應在雷射劑量超過1級的允許曝露劑量之前停止機械運轉。

#### 操作時的防護

8. 雷射加工機械主要的危險區域通常為製程區域，在製程區域內應具有護圍以防止機械正常運轉時，人員接近雷射劑量超過1級的允許曝露劑量的區域。
9. 雷射加工機械的危害評估分析中應詳述護圍的種類及其防護的型式，如區域性防護或機械週邊防護等。
10. 區域性防護是指利用護圍等方式，降低局部區域內的雷射輻射和相關的光學輻射劑量到安全的劑量範圍內，而不是針對大區域範圍內的安全防護。例如在加工件雷射光束加工或聚焦的位置，使用極小的發射頭和配置小型的護圍，而不是將整個加工件，加工件的夾持機構，或

機械的動作系統整體防護。

11. 週邊性防護是利用一個或多個較大型的護圍，將較大範圍加以密閉(如密閉式護蓋)，通常此範圍包括加工件整體、加工件的夾持機構、和機械的動作系統，以降低此範圍內的雷射輻射和相關的光學輻射劑量到安全的劑量範圍內。此類型的防護至少應考量下列因素：
  - (1) 雷射光束相對於加工件的行進方向(不論為固定式或可調式)；
  - (2) 雷射加工的型態(如切割或熔接)；
  - (3) 加工件及其夾持機構的尺寸、形狀和材質；
  - (4) 加工區域的可視性。

維修和調整時的防護

12. 當機械進行維修或調整時，人員有時無法避免必須進入雷射輻射劑量超過1級的允許曝露劑量的區域內執行作業，因此機械設計和製造時應考量下列狀況並提供安全防護措施：
  - (1) 維修或調整在危險區域以外進行作業；
  - (2) 維修或調整在危險區域以內進行作業，但是此區域具備與"操作時的防護"同等級的安全防護措施(如互鎖式護罩等)；
  - (3) 維修或調整在危險區域以內進行作業，且此區域不具備與"操作時的防護"同等級的安全防護措施，但是其雷射輻射劑量不超過1級的允許曝露劑量；
  - (4) 維修或調整在危險區域以內進行作業，且此區域不具備與"操作時的防護"同等級的安全防護措施，但是其雷射輻射劑量超過1級的允許曝露劑量。
  - (5) 製造商應明確的指示維修或調整作業是屬於何種狀態的作業，並對各項作業狀態提供安全作業程序及警告不遵守此作業程序可能引起的危害。

教導、程式化、及程式驗證時的防護

13. 當機械在教導、加工路徑程式化、和程式驗證的過程時，應防止人員進入雷射輻射劑量超過3A級的允許曝露劑量的區域內執行作業；如果實際上無法滿足此要求時，則應符合上述"維修和調整時的防護"中的安全要求。

控制系統及其迴路的安全需求

14. 雷射加工機械的控制系統及控制迴路應符合相關標準的規定(如

EN60204、EN954-1、IEC204-1等)。

啓動和停止控制器

15. 雷射加工機械的控制系統應與雷射系統的控制系統分離；機械的停止控制應停止機械運轉，並將雷射光束隔離或停止產生雷射光束；雷射停止控制器則應停止產生雷射光束。

緊急停機控制器

16. 雷射加工機械的緊急停機控制器應
  - (1) 停止產生雷射光束，並自動停止雷射光束發射；
  - (2) 停止機械運轉；
  - (3) 將雷射供應電源關閉，並釋放所有儲存的能量。
17. 如果雷射系統同時提供數個各自獨立運轉的機械使用，則任何一個機械上的緊急停機控制器作動時，除了上述(第16條)的要求之外，還應自動停止相關的機械，並將通向相關機械的雷射光束路徑予以隔離。

安全互鎖與護圍控制器

18. 當機械的護圍開啓、或護圍拆卸、或安全互鎖裝置被破壞時，雷射加工機械將無法自動或手動運轉或啓動。
19. 如果機械的設計必須使得在機械持續供應電源的狀態下，經常開啓一個或數個護圍，以便進行加工作業時，則機械的設計應具備操作模式選擇控制，以便跳脫護圍，順利進行加工作業。此操作模式選擇控制可以使用鑰匙開關，並可將所選擇的操作模式固定且鎖住。
20. 上述(第19條)之操作模式選擇控制器必須為可鎖式模式選擇器，且需自動隔離雷射光束，同時不得自動啓動雷射加工機械。
21. 操作模式選擇控制器的各種操作模式需可保持獨立的位置，且需清楚的標示。即使選擇任何一種操作模式，在維修或調整機械作業時，應能夠將雷射光束隔離。
22. 雷射加工機械的互鎖裝置應符合相關的規定(請參照機械安全資料表"與護圍相關的互鎖裝置設計與選用原則"和EN1088)。

隔離雷射光束

23. 隔離雷射光束時應將雷射光束阻擋和轉向，以禁止雷射光束進入雷射供應系統內。
24. 雷射光束隔離裝置應為失效安全型的雷射光束遮斷器，其安裝位置應在雷射系統內或緊鄰雷射系統的外部。當雷射光束遮斷器處於關閉位置時，應有位置指示裝置，顯示遮斷器的狀態，以避免雷射光束誤操

作而發射。

25. 雷射光束遮斷器應能夠很容易的在關閉位置鎖住，常見的方式為使用鑰匙開關控制。
26. 在雷射光束路徑上須進行區域內維修或清潔時，或是一個雷射光束供應源供應數個雷射光束路徑，當人員必須進入其中一個路徑而其他路徑仍須供應雷射光束時，機械製造商必須提供附加的雷射光束遮斷器。

人員在危險區域內的安全防護

27. 當人員必須進入危險區域內作業時，機械必須配置人員可以在危險區域內操作及控制機械動作和雷射光束發射的裝置。
28. 上述(第27條)裝置必須具備壓按控制器，當放開按鈕時，人員不會暴露在雷射輻射劑量超過3A級的允許曝露劑量的環境下(人員無法進入該區域或該區域的雷射輻射劑量不超過允許值)，同時此裝置應具有所有控制裝置的最高優先權。當人員在危險區域內，此裝置無法發射雷射光束。

機械使用材料及物質所引起危害的防護

29. 製造商需將雷射加工機械所使用的材料及物質的詳細資料提供給使用者。
30. 製造商對於機械使用的材料及物質可能產生的煙塵、蒸氣、粉塵等，應提供適當的補捉裝置，以防止其逸散。
31. 製造商應提供機械使用材料的限制，及加工此材料時可能產生的煙塵和粉塵量的相關資訊給使用者。
32. 製造商應提供機械加工時所使用的觸媒氣體及其煙塵可能產生的危害(包括火災、爆炸、毒性物質外洩、過氧、缺氧等)。如陶瓷加工時可能產生氧化鋁、鎂離子、鈣離子、矽氧化物等皆為毒性物質；金屬加工時，可能產生鉻離子、錳、鈷(毒性)，鋅、銅(過敏性)，鈹(肺纖維症)，氧化鎳(致癌性)；塑膠加工時，可能產生苯族、脂族碳水化合物、芳香族碳水化合物、多鹵化物多核性碳水化合物、氰化物、氟化氫等物質(毒性、過敏性、致癌性)等。

安全需求與安全對策的驗證

33. 雷射加工機械的輻射劑量等級應依據IEC825-1的驗證程序加以量測驗證。
34. 雷射加工機械控制器的功能應依據製造商所提供的功能測試程序進行



驗證。

35. 雷射加工機械的安全防護措施，尤其是護圍和控制器的位置與作動，應以目測進行驗證。

#### 安全資訊

36. 製造商應提供足夠的安全相關文件與數據給使用者，包括維修和調整的操作程序。
37. 製造商應提供使用者足夠的安全相關的教育訓練。
38. 製造商應提供安全說明書及操作說明書給使用者，操作說明書中應說明各種操作型態及加工材料可能產生的危害，人員所需要的最低個人防護具，避免危害應有的最低安全防護措施(包括電氣性危害如高電容放電、感電等)。

#### 標示

39. 雷射加工機械須具備銘牌，內容包含製造商的名稱及住址，機械的製造日期，機械的類型、型號、和製造序號。
40. 雷射家具機械的標示必須符合機械使用地區的法令，其顏色、尺寸、字型、圖案皆須符合法令規定及IEC825-1的規定。
41. 雷射加工機械應依據其使用狀態，增加適當的警告或注意標示(如"機械可能產生毒性煙塵及粉塵"，"高壓危險"等標示)，此標示應符合使用地區的法令及ISO3864的規定。
42. 雷射加工機械標示的內容應清楚易懂，並標示於機械危險區域以外明顯的位置，不會使得人員曝露於超過允許雷射輻射劑量值的環境下。

#### 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、設備等引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
2. 勞工安全衛生法第五條第一項第三款  
雇主應有防止電、熱及其他之能所引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
3. 勞工安全衛生法第五條第一項第八款  
雇主應有防止輻射線、高溫、低溫、超音波、噪音、振動、異常氣壓等所引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
4. 勞工安全衛生法設施規則第四十三條

雇主對於機械之原動機、轉軸、齒輪、帶輪、飛輪、傳動輪、傳動帶等有危害勞工之虞之部分，應有護罩、護圍、套洞、跨橋等設備。

5. 勞工安全衛生法設施規則第五十六條

雇主對於鑽孔機、截角機等旋轉刀具作業，勞工有觸及之虞者，應明確告知並標示勞工不得使用手套。

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. ISO3864:1984 "Safety color and safety signs"
5. ISO11252:1983 "Lasers and laser-related equipment - Laser device - Minimum requirements for documentation"
6. ISO12100-1:1992 "Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology"
7. ISO12100-2:1992 "Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 2: Technical principles and specifications"
8. IEC204-1:1992 "Electrical equipment of industrial machines - Part 1: General requirements"
9. IEC825-1:1993 "Safety of laser products - Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide"
10. EN418:1992 "Safety of machinery - Emergency stop equipment, functional aspects - Principles for design"
11. EN954-1:1992 "Safety of machinery - Safety related parts of control systems - Part 1: General principles for design"
12. EN1037:1993 "Safety of machinery - Isolation and energy dissipation - Prevention of unexpected start-up"
13. EN1088:1993 "Safety of machinery - Interlocking devices with and without guard locking - General principles and provisions for design"
14. EN165:1986 "Personal eye-protection - Vocabulary"
15. EN166:1995 "Personal eye-protection - Specifications"

16. EN167:1995 "Personal eye-protection - Optical test methods"
17. EN168:1995 "Personal eye-protection - Non-optical test methods"
18. EN1050 "Safety of machinery - Risk assessment"
19. ISO2631-1:1985 "Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements"
20. IEC601-2-22:1992 "Medical electrical equipment - Part 2: Particular requirements for the safety of diagnostic and therapeutic laser equipment"