

24 熱加工

24.1 序

24.1.1 進行風險評估後，應因應評估結果採取適當的監控措施，以保障可能受影響的人。本章指出進行熱加工時或須注意的若干事項。

24.2 概論

24.2.1 在工場以外地方進行燒焊與火鋸切割工作時，應依循工作許可證制度行事(見第 14 章—工作許可證制度)。

24.2.2 操作員應曾接受有關程序的適當培訓，熟悉所用設備，並獲告知應採取的特別預防措施。

24.2.3 如須使用手提燈照明，切勿用手握持燈具，而應夾穩或以其他方法繫穩，引線亦應遠離工作區域。

24.2.4 在鍍鋅油漆及其他保護物料上進行有關操作時，可能會產生有害煙霧。使用氣體切割設備時，空氣中的含氧量可能會降低，燒焊或切割時更可能產生有毒氣體。因此，在密閉場所內進行燒焊或火鋸切割時，應特別注意保持空氣充分流通，並應每隔一段時間測試空氣的流通程度。如有需要，應考慮使用排氣通風設備。在危險場所內或須戴上呼吸器。

24.2.5 建議的點燃與關閉程序見附件 24.1。

24.3 個人保護裝備

24.3.1 為免受熾熱金屬粒或熔渣灼傷，以及避免眼睛和皮膚被紫外線或熱輻射所傷，操作員必須穿戴符合相關英國標準規格或同等標準的個人保護裝備；如有需要，協助工作者亦要穿戴。

英國標準(BS) 歐洲規範(EN) 國際標準化組織(ISO) 11611:2007

24.3.2 操作員一般應穿戴下述裝備：

BS EN 169:2002

- 燒焊用頭盔或燒焊用護目鏡；頭盔和護目鏡上的濾鏡，遮光度應符合 EN 169(護目鏡只建議在氣焊和火鋸切割時使用)；
- 皮質工作手套；
- 皮質圍裙(如情況適用)；以及
- 長袖的天然纖維鍋爐服，或其他獲認可的保護衣物。

24.3.3 衣物上不應沾有油污或其他可燃物質。

24.4 使用設備前的檢查

24.4.1 使用燒焊及火鋸切割設備前，應請合資格人士檢查有關設備，確保適宜使用。

24.4.2 天氣寒冷時，困在設備中的濕氣可能會結冰，令閥門等零件失靈。建議以布包裹設備再放進熱水使冰融化，切勿以明火解凍。

24.5 預防火警與爆炸

24.5.1 在進行燒焊、火焰切割或其他熱加工工作前，應作仔細檢查，確保工作區域內、下面或周圍並無任何可燃固體、液體或氣體會因工作產生的熱力或火花而被燃點。切勿在表面有油脂、油污或其他易燃或可燃物料的物體上進行燒焊或熱加工。如有需要，應於開始工作前將可燃物料及墊料移往安全地方。工作場地亦不應存在可能會(例如在被干擾的情況下)釋放易燃物質的物料。

24.5.2 在開敞艙口蓋附近燒焊時，應設置適當的屏障，以防火花掉進艙口或船艙通風器。

24.5.3 舷窗或其他可讓火花掉進的開口應在可能範圍內盡量關上。

24.5.4 在艙壁、甲板、天花板或上述地方附近作熱加工時，應檢查隔板的另一邊，以防有物料和物質會受熱燃燒，又或有電線、管道或其他設施受熱力影響。

24.5.5 液貨艙、燃料艙、貨艙、管道、泵等空間如曾裝載易燃物質，應證實再無易燃氣體才可以開始進行維修工作。測試範圍應包括附近的場地、雙層底和空隔艙(視何者適用而定)。測試應定期進行，在停工後重新開始熱加工前亦一樣。在油輪或同類船舶進行熱加工時，所有液艙、貨物泵及管道應徹底清理；不能以船用泵直接沖洗的管道更要特別小心處理，應讓液體自行流乾，再清理乾淨。

24.5.6 進行燒焊及火鋸切割工作時應有適當的監督，亦應定期巡視。工作進行期間，旁邊應放置適用的滅火器，以備隨時使用。在燒焊員視線範圍外但有可能受影響的地方，也應派人配備適當的滅火器站崗，以備不時之需。

24.5.7 為避免因使用燒焊工具或燃燒器具而發生遲發性火災，工作結束後最少兩個小時內仍應不斷巡視。

24.6 電焊設備

24.6.1 為減低燒焊人員觸電的危險，船上電焊用的電源應為最少紋波的直流電，電壓輸出不超過 70 伏特。有關直流電源的詳情見第 24.6.11 節。

24.6.2 如船上沒有直流電設備，亦可使用交流電源，但須內置限壓裝置，確保閒置電壓(即在電焊條與工件出現電弧之前，電焊條與工件之間的電壓)不會超過 25 伏特均方根。灰塵和濕氣均會影響設備，故每次使用燒焊設備前，應檢查設備的效能。有些限壓裝置會受垂直傾角影響，因此須在製造商指定的位置安裝和使用。如海上情況惡劣，這項規定可能會受到影響。

24.6.3 燒焊設備應利用兩條電線形成一個“去程－回路”系統；回路電線應穩固地夾在工件上。

24.6.4 將工件接地，可以在燒焊變壓器的內在絕緣功能失靈時提供安全保障，在保護裝置(例如保險絲)發揮作用並截斷主電源前，保持工件處於或接近對地電勢。如燒焊電路未能完全與接地的總接地絕緣(即並非按附件 24.2 所列標準建立)，工件便應接地。燒焊設備的“回路”電線及每件工件應個別接駁到船身作接地。盡量不要單用一條電線接上船身作為“回路”。工件的接地導體應足夠堅固，須能承受機械損毀，並以螺栓與線耳或穩固的螺絲夾與工件及合適的接地端子連接。

註：有些製造商或會建議以接地作為降低電干擾的其中一項措施。這不是與安全有關的措施，但應遵從製造商的建議。

24.6.5 如使用另一種在燒焊變壓器絕緣失效時提供保護的方法，不將工件或燒焊輸出電路接地，也可減少雜散焊接電流所致的危險。使用獨立機動燒焊設備，以及符合附件 24.2 所列標準的燒焊電源，工件便無須接地。不過，為安全起見，其他連接工件的設備(例如並非按附件 24.2 所列標準構建的燒焊設備，或電預熱系統)或須接地，以策安全。

24.6.6 為免電壓在傳輸過程中降低，焊線和回路電線的長度應因應工作所需盡量縮短，半徑亦要適中。

24.6.7 使用前應檢查電線，不要使用絕緣體受損和傳導性能欠佳者。

24.6.8 電線接頭在連接後應全面絕緣，並應經適當設計和裝配，以便在接頭分離後，其帶電部分仍有足夠的絕緣保護。

EN 60529:1992 + 修正案 2:2013

24.6.9 電焊鉗應完全絕緣，帶電部分不可外露，以防被觸碰。此外，應盡可能為電焊鉗配上護罩，以防有人意外接觸帶電的焊條，亦可免焊屑或火花濺射。

24.6.10 工作空間應設有現場開關或其他適當配備，以便在操作員遇事時立刻截斷電流，並在更換焊條時將電流斷路。

24.6.11 由電源輸出的直流電不應超過 70 伏特，由電源輸出的電壓紋波不應超過下表的數值。紋波大小是以直流電的百分比顯示，而紋波的峯值則與直流電的極性相同。

紋波頻率(赫)	50/60	300	1200	2400
最高均方根開路電壓紋波 (%)	5	6	8	10
最高峯開路電壓紋波 (%)	10	12	16	20

24.6.12 附有整流器的直流發電機及附有三相橋式整流器於三相 50/60 赫電源操作的整流器電源，一般都符合第 24.6.11 節所載列表的條件。不應使用電源低於 50 赫的整流器。

24.6.13 如須使用紋波大於上表所列數值的直流電輸出電源(例如單相整流器電源)，應在電源中加入限壓裝置，確保惰性電壓不會超過 42 伏特。

24.7 進行電弧焊時應採取的預防措施

24.7.1 燒焊員除了應穿戴第 24.3.2 節指明的保護衣物外，還應穿上符合 BS 7193:1989 的非導電安全鞋履。衣物應盡量保持乾爽，以免觸電。濕的皮革是良好的導體，因此保持手套乾爽尤為重要。

24.7.2 進行燒焊工作時，應有一名助手在旁戒備。他要提高警覺，在操作員意外觸電時，立即截斷電源，發出警號，同時施以人工呼吸。如工作是在困難的環境中進行，最好能多加派一名助手。

24.7.3 如果除操作員外還有其他人員可能會被電弧焊的有害輻射或火花所傷，便應設置屏障或以其他有效方法保護有關人員。

24.7.4 如操作員在狹窄空間內工作時，可能會觸碰到船體或在正常移動時會接觸到船身，便應使用乾絕緣墊或板保護自己。

24.7.5 操作員在潮濕及高溫下燒焊會更易觸電。體汗及濕衣服會將人體電阻大為降低。在該等情況下，應暫延工作，待情況回復至安全水平才再施工。

24.7.6 操作員站在水中或身體任何部分浸在水裏時，不得進行燒焊。

24.7.7 取出用過的焊條或換上新的焊條時，應先將電焊鉗的電源截斷。此項預防措施是必須的，因為有些焊條外層電阻極低。即使可在正常情況下絕緣的焊劑外層，在流汗的手中也會變得潮濕而具潛在危險。

24.7.8 完成燒焊工作或暫停有關工作時，應從電焊鉗中取出焊條。

24.7.9 熾熱的焊條頭應放進適當的容器內，不應徒手處理。

24.7.10 備用焊條應放置在其容器內，並保持乾爽，需要時才取出。

24.8 壓縮氣瓶

24.8.1 壓縮氣瓶不論空或滿，均應小心處理。應適當將之繫穩，並根據擬作用途及所涉風險(氣體或會不慎釋出)存放於合適地方。繫穩氣瓶的設備應可輕易地快速拆除，以便在火警等事故發生時容易取走。如須搬運氣瓶，應盡可能使用氣瓶手推車。

24.8.2 如果氣瓶的設計容許在閥門上加保護蓋，在不使用或在搬運氣瓶時，應將瓶頂閥門保護蓋旋緊。如果氣瓶設計不容許在閥門上加保護蓋，應採取措施保護閥門系統，以免因大意而對閥門系統造成損害(例如因碰撞)。如氣瓶已空，則應把閥門關上。

24.8.3 應小心貯存用於熱加工的易燃氣體。貯存器／地方：

- 應按氣體種類予以分開，空的氣瓶應與裝滿氣體的氣瓶分開存放；
- 應通風良好；
- 不應受極高或極低的溫度影響；

- 不應有任何燃點源(包括電力裝置)；以及
- 應顯眼地標明“不准吸煙”，並附有符合第 9 章 — 安全標誌及其用途附件 9.1 所載標準的安全標誌。

24.8.4 處理壓縮氣瓶時，應採取以下的預防措施：

- 氣瓶閥門、調壓裝置及相關配件不應沾上油、油脂或油漆。如雙手沾有油污，不應操作調壓裝置。
- 氣瓶應先在輸出閥裝上正確的調壓器才輸出氣體。
- 如氣瓶漏氣，而且即使關上輸出閥後仍繼續漏氣，便應把氣瓶移至露天甲板，遠離任何熱源或燃點源，待氣體慢慢排放到大氣中。

24.8.5 氣瓶的識別標記見第 9.7 節。

24.9 氣焊與氣割

24.9.1 本節雖然以氧氣和乙炔為主，但在使用其他燃氣時，也應採取類似的預防措施。

24.9.2 燒焊用氧氣的氣壓必須大於乙炔，以防乙炔倒流進入氧氣管。

24.9.3 燒焊時，乙炔的壓力不應高於 1 個大氣壓力（錶壓），因為如壓力過大，即使沒有混入其他空氣，也會發生爆炸。

24.9.4 噴燈上的氧氣及乙炔供氣閥，應為止回裝置。

24.9.5 在氧氣及乙炔供管中，應裝置防燄罩。防燄罩通常安裝在調壓器低壓力的一邊，但在噴燈上也可能會重複裝上。

24.9.6 如發生回火(即火焰轉入吹管，繼續在管頸或混氣室中燃燒)，應先關閉吹管的氧氣閥，以防火在管內燃燒，繼而應立即關閉燃氣閥，其後可執行附件 24.1 所載關閉程序的第 3 至 6 項。找出回火原因後，應先糾正毛病，待吹管冷卻後可再點燃吹管。

24.9.7 如回火蔓延至軟喉及供氣設備，或軟喉起火或爆炸，或於調壓器接頭或供氣口起火，應先把氣瓶閥門或供氣口與氧氣及燃氣供應源分離 — 但此步驟只限在安全情況下才可進行。其後應依照船舶火警演習規定採取行動。

24.9.8 應留心乙炔氣瓶的情況，確保瓶身並無變熱。瓶身變熱可能是乙炔分解的徵兆，爆炸風險會隨即增加。遇此應立即關閉氣瓶的停氣閥；這樣也許可以局限或減慢乙炔的分解，但不大可能令乙炔分解停止。因此，仍應採取緊急措施，例如撤離該範圍、將氣瓶浸於水中或以大量的水長時間冷卻。雖然搬動氣瓶會加速分解，但仍應考慮把氣瓶拋出船外，而搬動氣瓶時應繼續冷卻瓶身。任何懷疑過熱的乙炔氣瓶均應小心處理，因為撞擊可能會引發內燃，或會導致爆炸。

24.9.9 併用乙炔氣瓶時，各氣瓶的氣壓必須相若。

24.9.10 固定裝置上的歧管應清楚標明管內氣體。

24.9.11 歧管與軟喉之間的入口及出口的連接，應確保其軟喉的類型，不能與燃氣及氧氣的歧管交換使用。

24.9.12 連接氧炔吹管與氣源之間的軟喉，必須是專供燒焊及切割工作使用的軟喉。

24.9.13 曾發生回火的軟喉必須棄掉。

24.9.14 軟喉與吹管之間的接頭，以及軟喉與軟喉之間的接頭，應以符合英國標準 EN 1256 的配件裝妥。(有關軟喉接頭及裝置的詳細指引見附件 24.3。)

EN 1256:2006

24.9.15 軟喉的擺放方式應盡量避免扭結、糾纏、使人絆倒、被人切斷，或被其他移動物體或跌落的金屬熔渣或火花所損。突然拉動軟喉會導致吹管自操作員手中拉脫，或使氣瓶倒地或軟喉接頭脫落。置於通道上的軟喉應加以覆蓋，以免構成絆倒他人的危險。

24.9.16 只應以肥皂水測試軟喉有沒有漏氣。如有漏氣而情況又不易制止，便應截斷供氣，並更換或修理漏氣的部件。如出現漏氣的地方是氣瓶閥或調壓器(“外圓角”)接頭，應將氣瓶移至露天的安全地方。如泄漏氣體的是燃氣瓶，應將之移至遠離任何火源的地方。

24.9.17 在試圖制止泄漏時，切勿在瓶閥桿或調壓器接頭的六角螺帽施加過猛力度。在特為氣密而設計的金屬相接面有漏氣情況時，不應使用封帶或其他接合物料。如在氧氣瓶上這樣做，或會令金屬氧起火。

24.9.18 應以專門的打火器、固定的導火或其他安全方法點燃吹管。

24.9.19 如吹管的火嘴堵塞，只可以專用工具清潔。

24.9.20 更換吹管前，應先關閉在減壓調節器處的氣源。

24.9.21 在暫停工作期間或完成工作後，應妥善關閉氣瓶及氣源的供應閥，並把吹管、軟管及活動喉管放進開口通向露天甲板的貯物櫃內，以免氣體或煙霧濃度增至危險水平。

24.9.22 切勿以氧氣作通風、冷卻或吹走衣物上的塵埃之用。

24.10 其他資料

24.10.1 選用熱加工設備的詳盡須知及標準，載於健康及安全局 (Health and Safety Executive, HSE) 的指引“健康安全指引(HSG)139：在燒焊、火鋸切割及相關工序中安全使用高壓氣體”。該指引見於 HSE 網站。

附件24.1 熱加工：點燃與關閉程序

以下程序適用於氧炔燃氣設備，略作修改後，也適用於抽氣吹管。

點燃前工作

1. 完成風險評估，包括檢查所有毗鄰場所，以及就熱加工取得工作許可證。
2. 所有毗鄰艙室均須派駐消防警衛。

點燃程序

1. 確保設備在使用前已作檢查。
2. 檢查調壓器的可調出口是否已關閉，即調壓器的調壓螺絲是否已經朝逆時針方向完全扭開。
3. 檢查吹管閥門是否已經關上。
4. 緩慢地打開氣瓶閥門(或供氣點止截閥)，以免設備氣壓突然增加。
5. 調校調壓器至正確輸出壓力，或檢查配氣管道的氣壓是否與設備配合，並適宜進行熱加工。
6. 打開吹管的氧氣閥，讓氧氣氣流驅走*氧氣軟喉和設備內的空氣。如有需要，應重新調校調壓器，確保在正確的氧氣壓力下施工。
7. 關閉吹管的氧氣閥。
8. 打開吹管的燃氣閥，讓燃氣氣流驅走*燃氣軟喉和設備內的空氣或氧氣。如有需要，應重新調校調壓器，確保在正確的燃氣壓力下施工。
9. 立即點燃燃氣，最好使用火花點火器。
10. 打開吹管的氧氣閥並調校氧氣閥和燃氣閥，直至取得所需的火燄。

* 驅氣是很重要的步驟，這可將軟喉和設備內的易燃混合氣體清除，否則點燃吹管可引致爆炸及火警。驅氣應在空氣流通的地方進行，而視乎軟喉的長度和氣體的流動速度，過程需時數秒至一分鐘或更久。

關閉程序

1. 關閉吹管的燃氣閥。
2. 立即關閉吹管的氧氣閥。
3. 關閉氧氣瓶和燃氣瓶的氣瓶閥或供氣點的止截閥。**
4. 把吹管上兩個閥門打開，以減輕設備的壓力。
5. 扭動調壓螺絲，關閉調壓器的可調出口。
6. 關閉吹管閥門。

** 如即將再度使用該設備，可略過第 3 步不做。

完成熱加工工作並採取關閉程序後，應巡視所有毗鄰艙室，確保一切妥當。

附件24.2 將弧焊系統變壓器外殼接地

已接地	第一級設備
不接地	第二級設備

變壓器次級線圈

接地

這種設備已過時，不應再使用。由於燒焊回路接口失靈時或會不被察覺，可能會導致其他接地金屬線路受損。

隔離

沒有燒焊回路導體便不能進行燒焊。然而，燒焊裝置內的隔離失效，可能會令操作部件帶電。因此，應將工件接地。

以雙重絕緣或增強絕緣隔離

BS EN 60974-1:2012

這是此類設備的最新製造標準。由於已加強絕緣，故工件無須接地。此外，為免供電系統的接地導體帶有雜散焊接回路電流，最好不要將工件接地。設備上如附有額外的標識，指明乃根據 BS EN 60974-1:2012 的相關部分製造，同時符合 1991 年英國標準守則第 7418 號，或有標準編號 EN 50.060、EN 60.974 或國際電工技術委員會(IEC) 974，便是採用這種電源。

附件24.3 熱加工：軟喉與接頭／裝置

軟喉

氣焊及氣割通常在不理想的工作環境下進行，故較宜使用符合英國標準 **BS EN ISO 3821:2010** 的橡膠軟喉。符合該等標準的軟喉管外已加上一層保護層加固，能抵禦熾熱的表面、熔渣或火花，並有一層襯裏，可耐碳氫化合物(如用作石油氣軟喉)、丙酮和二甲基甲酰胺(如用作乙炔軟喉)所產生的作用，以及可抵禦氧氣在空氣中點燃(適用於所有用途)。橡膠軟喉的爆破壓為 60 巴／克，最大工作壓力為 20 巴／克。

BS EN ISO 3821:2010

以熱塑材料製造的軟喉一般不適用於燒焊或切割，因為這類軟喉並非如強化橡膠軟喉般可抵禦熾熱表面和熾熱碎屑。

BS 3212:1991

接頭

軟喉接頭(由軟喉喉嘴和“外圓角”組成的軟喉接頭)應符合 **EN 1256**、**ISO/TR 28821:2012** 或同等標準。該等標準列明的螺紋尺寸是以惠氏螺紋(Whitworth dimensions)為準，有關標準已為不少國家普遍採用。右轉螺紋用於氧氣及不可燃氣體；左轉螺紋則用於燃氣。六角螺帽上有刻痕，方便識別。

EN 1256:2006

軟喉也可以用下述的簡單配對方式接頭：軟喉一端接上凸插頭，另外在設備或氣源出口的固定處裝上附自動封合閥的凹接頭。將凸插頭塞進凹接頭楔合，裏面的閥即自動打開。這種接頭的操作十分簡便，無須再用扳手上緊螺帽。

然而，凸插頭損耗(例如因在地上拖行或使用過多)可能產生問題，導致配對漏氣；另外軟喉亦有可能錯配到另一個出氣口。如配對符合英國標準 **EN 561** 或 **ISO 7289:2010**，應可避免上述問題。該等標準規定凸插頭須用堅硬物料製造，而所設計的尺寸可免凸插頭因被錯誤互換而接上氧氣接口和燃氣接口。

BS EN 561:2002

軟喉裝置

在英國購得的軟喉通常已預作裝合，以整套出售，接頭配件已捲進軟喉末端。供應商已將軟喉及軟喉螺紋接頭的尺寸配對，確保吻合。軟喉裝置的

建議標準是 EN 1256，該標準明確規定防泄漏的緊密度和軸向的負載力。蝸桿裝置或類似的夾子均不宜用於上緊軟喉。

BS EN 1256:2006