

特種機械設備安全

SAFETY OF SPECIAL MACHINE AND EQUIPMENT

1991-5 創刊 2019-4 出刊

雙月刊 第59期

發行所 台灣省鍋爐協會
發行人 邱華瑞
總編輯 賴桂堂
發行地址 台中市 40857 南屯區南屯路二段 290 號 12 樓之 1
電話 (04) 2475-1232
傳真 (04) 2475-1208
E-mail tw.boiler@msa.hinet.net
網址 www.tbva.org.tw

台中職訓中心 台中市 40452 北區崇德路一段 629 號 4F-3
電話 (04) 2236-2977
傳真 (04) 2236-2997
E-mail boiler.tw@msa.hinet.net

彰化職訓中心 彰化市 50056 中央路 184 號 3 樓之 3

南投職訓中心 南投縣 54048 南投市文昌街 45 號 4 樓之 2

印刷廠 洪記印刷有限公司
電話 (04) 2314-0788
E-mail hg2527@ms32.hinet.net

行政院新聞局局版字第 11469 號
中華郵政台中雜字第 2056 號登記證
台中郵局許可證台中字第 1321 號登記為
雜誌交寄 發行數：3000 本

廣告索引

國方化工科技股份有限公司
大震企業股份有限公司
三浦鍋爐股份有限公司
台灣大吳股份有限公司
大井泵浦工業股份有限公司
岱洋股份有限公司
金瑛發機械工業股份有限公司
台灣紳藝實業有限公司
興志五金企業有限公司
天鴻興業有限公司
宏榮鋼瓶股份有限公司
潔康企業有限公司
志豪工業有限公司
威鼎企業有限公司
正熊機械股份有限公司
吾豐機電廠股份有限公司
原欽峰工業有限公司
辰鼎企業有限公司
增大股份有限公司
東立鐵工廠
申昌機械股份有限公司
鴻羽有限公司
霖興機械工業股份有限公司
能光興業股份有限公司

目錄

CONTENTS

會務訊息

★產業人才投資計畫在職進修課程訊息 2

技術報導

★“一般責任”之探討
~職業安全衛生法第五條~ 3
★燃煤火力發電廠鍋爐脫硝技術 18

政令宣導

★工業鍋爐污染改善補助資源宣導說明會 29

訓練訊息

★本會舉辦各項訓練日程表
台中職業訓練中心 31
彰化職業訓練中心 32
南投職業訓練中心 32

本刊內容已刊載於本會網頁，請進
台灣鍋爐協會網站 (www.tbva.org.tw) :
點進“刊物報導”進入覽閱

產業人才投資計畫在職進修課程 - 開班囉

架空式三公噸以上固定式起重機操作人員



訓練費政府補助
80% ~ 100%

名額有限，錯過可惜。（課程代號：起重機 122691）

本會為服務各界廠商，結合勞動部勞動力發展署產業人才投資方案，凡年滿 15 歲以上、具就業保險、勞工保險或農民保險身分之在職勞工，補助其修習課程之 80% 至 100% 訓練費用，3 年累積最高補助 7 萬元，歡迎有興趣的勞工踴躍報名參加。

- ◎ 報名日期：起重機 2019/05/21（二）12:00 起
- ◎ 上課日期：起重機（2019/06/21 ~ 2019/07/09）
- ◎ 每人費用：起重機 8,460 元 學員自費 -1,692 元 政府補助 -6,768 元
- ◎ 相關問題請洽本會附設職訓中心 賴昀敬 先生 電話：（04）2236-2977
- ◎ 學科上課地點：台中市北區崇德路一段 629 號 4 樓之 3（本會職訓中心）
術科上課地點：台中市大里區工業十六路 15 號（順正興工業股份公司）

◎ 報名流程：

進入台灣就業通網	加（登）入會員	填寫基本資料	填寫課程代碼	上線報名完成	資格審核
----------	---------	--------	--------	--------	------

1. 電話通知繳費及資料
2. 完成手續即報名成功

◎ 台灣就業通在職訓練網線上報名

***** 本次課程配合即測即評及發證技能檢定（原地考照）*****

“一般責任”之探討

～職業安全衛生法第五條～

前勞委會北區勞動檢查所副所長 許秀光

【職安法第五條為新規定條文，其宣導資料稱該條文為「一般責任」，為宣示性教育條文。勞動部勞動及職業安全衛生研究所於民國 104 年 4 月公布「職業安全衛生法雇主一般責任之研究」一文，但其內容以風險體制之文獻分析與探討為主，其列舉之探討國外風險案例如別墅管理員工受到客戶攻擊、警察訓練之傷害、百貨公司、捷運車站等之人潮疏散，已跨及公共安全領域，其研究已非局限於職安法保護工作者之對象。至於其他安全衛生宣導資料著墨於「一般責任」之篇幅不多。因此，本文擬從實務案例探討雇主如何善盡合理可行之工作場所安全衛生措施，提供淺見參考。】

一、概說

職業「安全衛生」基本上分為「安全」與「衛生」兩大領域（圖 1），通常「安全」屬於機械能或位能、動能等瞬間造成身體立即性傷害之意外事故，如碰撞、割傷、墜落等；而「衛生」屬於有害物經由呼吸、飲食、皮膚等途徑造成身體器官功能衰弱，如鉛中毒、苯中毒以及壓氣施工等作業，以及長期操作機具促發肌肉骨骼疾病屬於人因工程之職業病。兩者之適用法規不同，如機械設備器具安全標準與有機溶劑中毒預防規則；且其執行技術有異而區分為職業安全管理師與職業衛生管理師；執行單位亦有不同，如經濟部的礦場安全法、勞動部的礦場職業衛生設施標準，因此在執行上通常分屬不同階段管理。然有時一種作業包含安全、衛生兩種類別，例如：有機溶劑作業引起燃燒爆炸屬於安全問題，而有機溶劑蒸汽暴露引起器官功能衰竭之職業病則又屬於衛生問題，至於粉塵危害亦是如此。

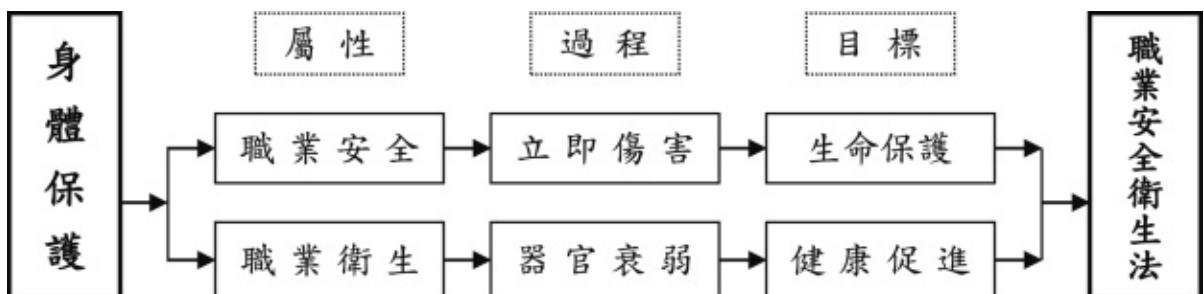


圖 1 身體保護屬性

職業安全衛生法立法目的為防止職業災害，保護工作者健康與安全，要求雇主遵守條文明列各種必要之安全衛生設施，然各業勞動場所作業性質不同，使用機具互異，雖有各業特性之安全衛生單行法規來強化與補充，但職安法適用所有行業，且機具設備功能隨科技進步而不斷改進創新，其安全衛生法規無法及時更新，致災害事故如影隨行實為不幸。機器設備之目的在於達成生產功能，然安全構件之防護仍有其盲點，如職業安全衛生設施規則（以下簡稱設施規則）第 58 條規定，雇主對於「帶鋸之鋸切所需鋸齒以外部分之鋸齒及帶輪。」其作業有危害勞工之虞者，應設置護罩安全門等設備。如圖 2 之肉類切割之帶鋸機雖有護罩，當作業員用手指送料時，因工作點曝露之鋸齒仍具有危險性，因此雇主應提供「合理可行」之措施來保護，如作業手工具或防護手套等。

職安法第一章增列第 5 條規定：「雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。」與消費者保護法第 7 條規定：「從事設計、生產、製造商品或提供服務之企業經營者，於提供商品流通進入市場，或提供服務時，應確保該商品或服務，符合當時科技或專業水準可合理期待之安全性。」之意義類似，其目的在於強調對使用人之安全保護觀念應與時俱進。然而工作場所之安全衛生領域涉及「一般責任」範圍廣泛，值得深入探討與充實。



圖 2 帶鋸機

二、「一般責任」之相關法律

法律為需要而產生（主動立法），如勞工保護範圍從早期僅限於工廠法之工人（第 1 條：凡用發動機器之工廠，平時僱用工人在三十人以上者，適用本法。），迄今職安法已擴及所有行業之工作者（第 1 條：為防止職業災害，保障工作者安全及健康，……）；另一需求原因是人類行為有違背社會合理認知情事，但當時尚未有法律約束，然為防止該行為繼續發生影響社會秩序及當事人權益，經由法律的訂定而產生遏止效果（被動立法），如台北市某動物園於 1975 年亞洲象馬蘭將管理員擠死，1977 年 2 隻黑熊咬斷管理員左大腿致死；新竹縣某動物園於 2004 年 6 月 4 日發生獅子咬死油漆工人，又於 2005 年 7 月 5 日發生動物管理員遭雄性棕熊攻擊災害事件，於是在民國 102 年 7 月 3 日修訂之職安法，在第 6 條新增：「防止動物、植物或微生物等引起之危

害。」乙款。

基本法（母法）之規定以原則性為主，必須經由附屬規章（子法）以具體補充個別細節方具有法律效果。因此，如何防止動物引起之危害？在設施規則第 26-1 條規定：雇主使勞工於獅、虎、豹、熊及其他具有攻擊性或危險性之動物飼養區從事餵食、誘捕、驅趕、外放，或獸舍打掃維修等作業時，應有適當之人獸隔離設備與措施，並應依下列規定辦理：……。

通常「責任」一詞，可以分為「法定責任」和「非法定責任」兩種，法定責任包括行政責任、刑事責任與民事責任，通稱法律責任；非法定責任泛指道義、倫理責任，係指當事人之外在行為並不違反法律規定事項，然或違背當時社會認知之行為，其認知行為可因社會環境或時代之差異，經由輿論探討而有不同的認定。法律責任是指當事人外在行為，違反法律規定應負有某種作為或不作為之義務時，應承受法律規定之懲罰。

惟當勞動場所發生意外事故時，有關單位或當事人可能涉及行政法、刑法與民法等相關法令，而受害人為確保其權益仍可依相關法律請求追訴責任，因此事先對法令之了解與防範重於事後之處理，茲摘錄相關法律以供參考。

（一）職業安全衛生法

職安法是主管機關為維持勞動場所秩序與監督勞動環境以確保勞動者權益之一部法律，平時雇主依據其條文查核工作場所是否符合規定，再者藉由勞動檢查制度確認雇主是否遵守法令規定，若有違反規定時，執行告知、改善、停止使用、罰鍰與舉發移送司法機關偵查等措施外，甚且尚若發現法令容有缺失或不合時宜時，可供作為嗣後修法之參考。

1. 職業安全衛生法第 1 條：為防止職業災害，保障工作者安全及健康，特制定本法；其他法律有特別規定者，從其規定。
2. 職業安全衛生法第 5 條：雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。

機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。

3. 職業安全衛生法施行細則第 8 條：本法第五條第一項所稱合理可行範圍，指依本法及有關安全衛生法令、指引、實務規範或一般社會通念，雇主明知或可得而知勞工所從事之工作，有致其生命、身體及健康受危害之虞，並可採取必要之預防設備或措施者。

本法第五條第二項所稱風險評估，指辨識、分析及評量風險之程序。

(二)刑法

刑法功能是藉由懲戒手段達到教化目的。刑法第 14 條（過失行為）：行為人雖非故意，但按其情節應注意，並能注意，而不注意者，為過失。行為人對於構成犯罪之事實，雖預見其能發生而確信其不發生者，以過失論。

2011 年 9 月 26 日某噪音防制公司承攬車站施工，張○○沿著高架軌道旁的通道行走，腳下地板卻突然破裂，直接從三層樓高摔落，下半身癱瘓。鑑定結果，現場 G R C 板擺放方式和施工圖並不相同，且還漏未施作一支支撐用的 H 型鋼架，支撐力不足才會釀成意外。經地院審理後認定另一承攬商之品管經理及工地主任有疏失責任，判兩人 5 月徒刑，得易科罰金。

(三)消費者保護法

消費者保護法第 7 條規定：「從事設計、生產、製造商品或提供服務之企業經營者，於提供商品流通進入市場，或提供服務時，應確保該商品或服務，符合當時科技或專業水準可合理期待之安全性。」如鐵捲門加裝「防壓裝置」具有防呆功能，可避免人員操作不慎被壓之傷害，是為合理期待之安全性。

(四)民法

雇主提供之工作場所除勞工身份外尚有不特定人員使用，如醫院之病患與其家屬、訪客、業務人員等，若因而發生意外傷害時，受害人將可依民法請求賠償。

民法功能是彌補當事人權益受害後之經濟或精神損失，如 2004 年 7 月 2 日台北市某飯店之客人於用餐後，因當時下雨使室內樓地板濕滑而跌倒，致左腳膝蓋骨和小腿骨骨折，經由訴訟程序，法院認定飯店沒有保持地面乾燥，應賠償醫療等費用共三十四萬九千多元，另依消保法規定，消費者因業者過失受傷，可請求懲罰性賠償金。

1. 第 184 條（侵權行為責任）：因故意或過失，不法侵害他人之權利者，負損害賠償責任。故意以背於善良風俗之方法，加損害於他人者亦同。

違反保護他人之法律，致生損害於他人者，負賠償責任。但能證明其行為無過失者，不在此限。

2. 第 185 條（共同侵權行為責任）：數人共同不法侵害他人之權利者，連帶負損害賠償責任；不能知其中孰為加害人者，亦同。

造意人及幫助人，視為共同行為人。

3. 第 188 條（僱用人責任）：受僱人因執行職務，不法侵害他人之權利者，由僱用人與行為人連帶負損害賠償責任。但選任受僱人及監督其職務之執行，已盡相當之注意或縱加以相當之注意而仍不免發生損害者，僱用人不負賠償責任。

如被害人依前項但書之規定，不能受損害賠償時，法院因其聲請，得斟酌僱用人與被害人之經濟狀況，令僱用人為全部或一部之損害賠償。

僱用人賠償損害時，對於為侵權行為之受僱人，有求償權。

4. 第 189 條（定作人之責任）：承攬人因執行承攬事項，不法侵害他人之權利者，定作人不負損害賠償責任。但定作人於定作或指示有過失者，不在此限。
5. 第 191-1 條（商品製造人責任）：商品製造人因其商品之通常使用或消費所致他人之損害，負賠償責任。但其對於商品之生產、製造或加工、設計並無欠缺或其損害非因該項欠缺所致或於防止損害之發生，已盡相當之注意者，不在此限。

前項所稱商品製造人，謂商品之生產、製造、加工業者。其在商品上附加標章或其他文字、符號，足以表彰係其自己所生產、製造、加工者，視為商品製造人。

商品之生產、製造或加工、設計，與其說明書或廣告內容不符者，視為有欠缺。

商品輸入業者，應與商品製造人負同一之責任。

6. 第 483-1 條（僱用人預防危害）：受僱人服勞務，其生命、身體、健康有受危害之虞者，僱用人應按其情形為必要之預防。
7. 第 487-1 條（僱用人賠償）：受僱人服勞務，因非可歸責於自己之事由，致受損害者，得向僱用人請求賠償。

前項損害之發生，如別有應負責任之人時，僱用人對於該應負責者，有求償權。

三、一般責任之解說

職安法第 5 條立法精神係指雇主除了應遵守職安法令規定外，其工作環境尚須同步於社會理念、需求與科技進步，提供零傷害之工作場所，以確保工作者之安全健康。

(一)合理可行必要措施——雇主責任（職安法第 5 條—1）

第 5 條第 1 項規定：「雇主使勞工從事工作，應在合理可行範圍內，採取必要之預防設備或措施，使勞工免於發生職業災害。」「合理可行範圍」在職安法施行細則第 8 條規定：係指依有關安全衛生法令、指引、實務規範或一般社會通念，雇主明知或可得而知勞工所從事之工作，有致其生命、身體及健康受危害之虞，並可採取必要之預防設備或措施者。

本條文之目的是促請雇主保護工作者不以職安法之規定為限，進而善盡改善作業環境以照顧責任，合理可行意謂雖無法令強制規定，但基於確保使用者安全健康，宜有進一步保護措施之必要。惟「合理可行」之認定可分為二階段，第一階段為「合理」是一種「認知」過程，係指工作者曾操作機具受傷，且傷害原因為機具缺乏失安全機件或管理疏失所導致，而社會觀念認為應予防範，以確保使用者安全，認知的過程將隨社會進步而不斷改變。第二階段為「可行」係指執行「合理」過程當時在工程技術上並無困難，是一種「執行」過程，因此「合理可行措施」意謂建立無傷害場所的作業環境。如圖 3 所示，電氣配電盤若加裝隔板可避免人員觸電或蛇類竄入造成線路故障，是為「合理可行」安全措施。

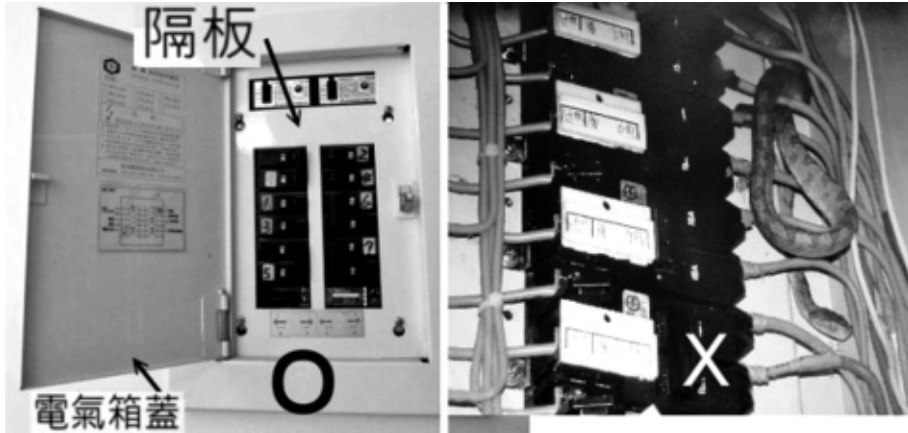


圖 3 配電盤隔板

1. 合理可行措施順序：

勞動場所為勞工作業活動之處所，雇主為建立良好安全衛生作業環境應採取必要預防危害之設備或措施。其作業安全措施優先程序可分為下述四階段：（圖 4）

(1) 避免風險：首先將作業環境改為自動化或機械運轉與人員隔離，可避免作業疏忽而引起工作傷害，如圖 5 之自動倉儲作業與機器人圍籬作業等。

(2) 控制風險：經由機械設計、製造之構件附設本質安全（Intrinsic Safety）之功能時，縱使作業人員僅經簡易訓練，亦可避免發生工作傷害。是為「本質安全」特性，茲以鍋爐為例（圖 6），簡述其安全防護構件應具有下列兩種功能：

① 防愚裝置（Fool Proof）——其功能意謂縱然僅接受簡易操作學習從事工作時，亦不會造成傷害，如蒸汽鍋爐自動化操作，當點火前自行先啟動燃燒機之送風動作，將燃燒室內之可燃氣體排盡，以避免點火時發生回火氣爆事故；另外，鍋爐水位控制器可以自行檢測水位高低，適時補水或停水，甚至鍋爐水位過低時立即遮斷電源，以防止失水爐膛爆炸之危險，此為合理可行之措施具有防呆功能。

② 故障安全（Fail Safe）——其功能意謂縱然機器故障或失效，亦不會造成人員傷害，如鍋爐之安全閥，當鍋爐蒸汽壓力達到設定壓力，而鍋爐繼續燃燒時，其蒸汽立即從安全閥排放，蒸汽壓力瞬間降下，不至於超壓造成鍋爐爆炸，安全閥為鍋爐之基本安全裝置。

(3) 殘留風險：機械器具原具有本質安全之構件，但若是人為將其失效或是疏於保養而劣化時，其本質安全功能消失時可能產生危險性，此為殘留風險，如鍋爐之燃燒機、水位控制器或安全閥等構件，若未定期保養與測試，當發生故障時可能導致鍋爐事故（如鍋爐爆炸、失水燒燬或爐膛爆炸等），於是安全構件仍需定期保養，才能避免發生傷害。

(4)曝露風險：由於機具等硬體設備技術限制無法有效保護人員安全時（顯現危險），僅能依據安全衛生管理制度以彌補安全衛生設備之不足，如作業時應著用安全帽、安全鞋、安全眼鏡或防護手套，以及遵守安全衛生作業規範等，如圖 7 為鏈鋸作業之防護具。

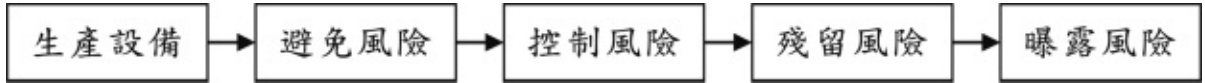


圖 4 作業安全優先順序

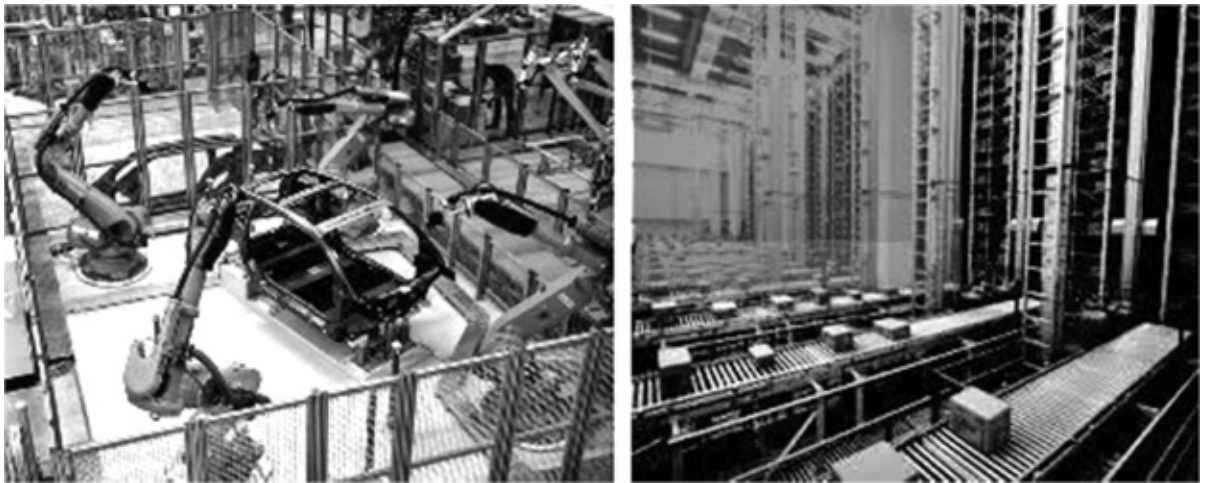


圖 5 自動化作業



圖 6 鍋爐外觀



圖 7 鏈鋸作業

2. 安全衛生設施

安全衛生設施是人體防護基本要件，經由法令規定才有強制力，但立法時有其時空背景之限制，若法令條文不足以達到保護目的時，雇主可經由合理可行設施之改進，適時增強安全衛生構件，更能確保工作安全。

(1) 法令規定概括性者

法令已規定明確時當具有強制性效力，雇主應確實履行其義務，惟法令仍有條文其限制，如設施規則第 21 條規定，雇主對於勞工工作場所之通道、地板、階梯，應保持不致使勞工跌倒、滑倒、踩傷等之安全狀態，或採取必要之預防措施。然何謂「必要之預防措施」在法令條文無法詳盡列舉，如該場所位於室內或室外、照明或辨識度、通道坡度、地板止滑度、階梯斜度等受到各種不同環境因素影響，雇主必須因地制宜提供合理可行安全措施以避免受到傷害。

(2) 法令規定不合時宜者

設施規則第 36 條規定，雇主架設之通道有墜落之虞之場所，應置備高度 75 公分以上之堅固扶手（註：應稱為「欄杆」，因扶手設置地點多在樓梯（Stair handrail），其目的為防止跌倒，欄杆設置地點多在樓板平面或工作平台，其目的為防止墜落，兩者功能不同）。其高度 75 公分顯然無法防止墜落，如設施規則第 76 條規定，「為防止勞工有自粉碎機及混合機之開口部分墜落之虞，雇主應有覆蓋、護圍，高度在 90 公分以上之圍柵等必要設備。……」（可防止墜落）。及營造安全衛生設施標準第 20 條規定，設置之護欄，具有高度 90 公分以上之上欄杆及高度在 35 公分以上，55 公分以下之中間欄杆。

人體墜落之翻轉點在腰部，其高度約在 90 公分，因此欄杆高度應在 90 公分以上是防止墜落之「合理可行」措施，亦即安全衛生法令規定不合時宜者，

應適時修改。如設施規則第 36 條宜修改為「雇主架設之通道，……四、有墜落之虞之場所，應置備高度 90 公分以上之堅固欄杆……」。(圖 8)

【註：依內政部 104 年 7 月頒布「市區道路及附屬工程設計規範」，11.4.4 人行天橋及人行地下道之其他規定：1.人行天橋及其階梯兩側之欄杆高度不得低於 1.1 公尺，欄杆不得設有可供攀爬之水平橫條。】



圖 8 欄杆高度

(3)法令規定未完備者

職安法施行細則第 12 條將「動力堆高機」列為管理對象。設施規則第 116 條規定，堆高機於駕駛者離開其位置時，應採將貨叉等放置於地面，並將原動機熄火、制動。機械設備器具安全標準第五章之動力堆高機第 71 條至第 84 條有其安全規定，但仍有不足之處，致堆高機在操作上仍發生事故。

①安全裝置名稱：A.堆高機鐵絲隔柵；B.座位熄火裝置。

②案例：趙○○駕駛 2.5 公噸堆高機由側門要將整捆之紙箱加工成品送至貨車上，但貨叉上之紙箱有傾斜現象，趙○○未事先將堆高機引擎熄火，即跨上堆高機桅杆與頂篷之間，雙腳踏在儀表板旁之車架處，以手扶正傾斜之紙箱後欲轉身回到駕駛座位時，腳不慎碰觸油壓控制桿，致桅桿向後壓之災害案。

(圖 9)



圖 9 堆高機安全

③說明：A.堆高機鐵絲隔柵——在堆高機駕駛座裝設鐵絲隔柵，以防止人員站立時碰觸方向盤、操作桿等液壓裝置而造成傷害事故。

B.座位熄火裝置——堆高機駕駛若離開座位或站立時，堆高機引擎立即熄火停止發動，縱使不慎碰觸方向盤或操作桿，其液壓裝置仍無作用，可避免發生傷害事故。

(4)法令未規定者

鏟土機（Shovel Loader）又稱鏟裝機（俗稱山貓），係屬營建機械之一，供近距離水平搬運如砂土、柏油料、木屑等鬆散小件物料之車輛。

①安全裝置名稱：鏟土機安全桿。

②案例：2017年3月25日一名65歲駕駛山貓在三疊溪旁的堤防整地作業時，不慎墜落10公尺溪床，致駕駛人被摔出車外並重壓在山貓底下，遭重壓不治。（圖10）

③法規：設施規則第119條雇主對使用於作業場所之車輛系營建機械者（車輛系營建機械係指推土機、平土機、鏟土機……），應依下列規定辦理：一、其駕駛棚須有良好視線……。二、應裝置前照燈具……。三、應設置堅固頂蓬……。

④說明：鏟土機構造並無方向盤可供穩定身體，鏟土機在行進過程中，為避免身體可能會向前滑動或溜滑，而加裝安全桿，增進操作安全性。



圖 10 鏟土機安全桿

3.安全衛生管理

安全衛生管理是彌補設備安全構件的不足，建立安全衛生管理制度並加強監督功能，為作業人員健康的最後一道防線。

(1)改變作業環境

機器設備在正常運轉過程中不必人員參與（如下水道、桶槽等通風不良場所），但在維修、保養或清除作業等特殊情況下必要由人員進行作業時，然其環境並不適合作業人員活動，必須改變作業環境，以利進行作業，如桶槽、管溝等空氣無法流通之局限空間，其氧氣濃度不足，或滯留有害氣體，必須利用通風設備導入新鮮空氣避免作業人員受害（圖 11）。當作業完成後，該環境就逐漸恢復原來不適合人員活動之場所，是以每次作業前必須改變適合人員作業活動之場所。

(2)防護具

作業環境或物料處理可能造成人體傷害或影響健康時，就必須依其作業特性之防護具來保護，如圖 12 為從事化學品處理作業時，穿著防護衣、防護口罩以避免噴濺身體。

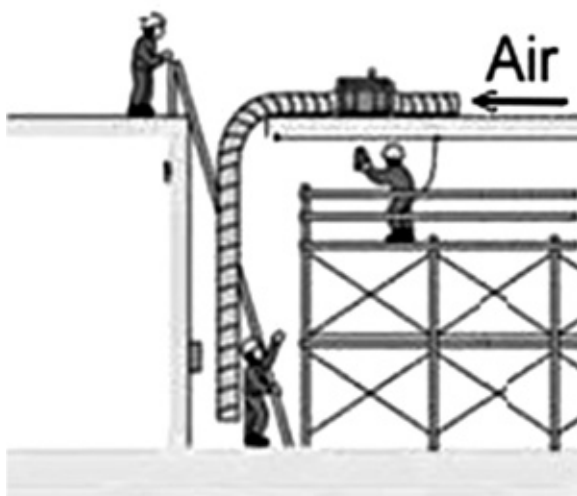


圖 11 局限空間通風



圖 12 防護具

(3)標示、警語

當機具設備在安全構件上已符合法令規定，但可能作業時因一時疏失造成傷害，若經由標示或警語可提高作業時警覺性。如某機場一名地勤員工於 2018 年 12 月 30 日凌晨在停機坪之客機後腹艙作業平台車上，協助執行行李裝載作業完畢，沿著梯架準備下工作車時不慎踩空，且因未握住扶手，從升降工作台上墜落地面，背部著地。所幸該員工著戴安全帽，僅脊椎骨折及頭部瘀血（圖 13）。

當從作業平台車之直梯往下時必須以後退方式下來，且由於受限於視線，僅能依鞋底之觸覺確認梯階位置，因此若於踏板處上加註「請注意梯架安全」等反光字體（因室外夜間照度不足），可提高注意力，是為合理可行之安全措施。

(4)遵守規定

當機器無法用安全構件保護作業人員時，最後僅能用行為規範約束以確保作業安全。如台北縣林口鄉○○光電科技公司於 2006 年 2 月 20 日凌晨一點卅分左右，一名員工於下班時清理電腦銑床機台上之散落鐵屑時，由於未關閉電源開關，不慎頭髮瞬間被高速運轉的機器捲入，導致頭皮被扯下之災害（圖 14）。其防範措施為作業時員工應戴工作帽，當從事機台清潔作業時，應先停機再使用工具清理之。



圖 13 標示、警語



圖 14 頭髮被捲災害

(二)風險評估——製造者責任（職安法第 5 條—2）

職安法第 5 條第 2 項規定：「機械、設備、器具、原料、材料等物件之設計、製造或輸入者及工程之設計或施工者，應於設計、製造、輸入或施工規劃階段實施風險評估，致力防止此等物件於使用或工程施工時，發生職業災害。」

應依各作業場所條件，建立工作危害或該作業場所之風險評估準則及執行。如桌椅是生活與工作上不可或缺物品，若四個銳利桌角也可能造成手部或頭部的刮傷，尤其機器設備若有安全缺失時，受到傷害更為顯著，因此，防止使用者傷害是製造者的社會責任，保護人身安全健康從機器源頭管制之規定已陸續立法，現舉例如下：

- (1)職安法第 7 條規定：「製造者、輸入者、供應者或雇主，對於中央主管機關指定之機械、設備或器具，其構造、性能及防護非符合安全標準者，不得產製運出廠場、輸入、租賃、供應或設置。」
- (2)消費者保護法第 7 條規定：「從事設計、生產、製造商品或提供服務之企業經

營者，於提供商品流通進入市場，或提供服務時，應確保該商品或服務，符合當時科技或專業水準可合理期待之安全性。

- (3) 歐盟為了保障其會員國內人民生命與財產安全，要求生產商對商品加上 C E 標誌，表明該產品遵從歐盟委員會的所有相關要求規定（例如對安全、健康、環保等方面的相關指令）。

1. 產品使用風險——製造者：

此為單一機具之製造者應提供安全措施，俾使用者避免受到傷害。

- (1) 安全裝置名稱：擋板。

- (2) 案例：罹災者於 2009 年 7 月 18 日 12 時許，操作迷你粉條切斷機從事粉條裁切作業，因迷你粉條於切斷機出口堆積過多、出料不順，當時罹災者並未停止操作迷你粉條切斷機或採用其他安全方式，而是直接伸右手於操作中之切斷機出口，以手撥動迷你粉條欲使出料順暢，而遭被夾後切斷中指、無名指及小拇指之部分。（圖 15）



圖 15 擋板功能

- (3) 法規：設施規則第 79 條規定，雇主對於滾輥橡膠、……或其他具有危害之滾輥機，應設置於災害發生時，受害者能自己易於操縱之緊急制動裝置。

- (4) 說明：雖然設施規則第 79 條規定，應設置於災害發生時，受害者能自己易於操縱之緊急制動裝置，但受害者受限於當時操作姿勢或反應時間，可能無法立即操縱緊急制動裝置而仍受傷害，因此安裝擋板是為合理可行安全措施（是一種防呆裝置），同時當擋板拆下時，滾輥機電源則自動轉換為「寸動開關」，可避免造成傷害。

2. 設備使用風險——設計者：

事業經營過程除了購置符合安全衛生規定之機械器具、原材料外，可選用風險較低之機具設備以及建造之廠房設施亦應考慮使用安全。

(1)化學物料倉庫應設溫度控制與排氣裝置——

1979年7月13日晚上11時25分台北市晡○實業公司貯存於倉庫之硬化劑（過氧化丁酮 MEKP）等化工原料，因溫度過高導致發生爆炸，造成33人死亡，20人受傷之慘劇，事後查出原因為倉庫設在地下室且並無溫度控制，當夏天累積之高熱無法排除降溫，致過氧化丁酮分解爆炸波及鄰居。

(2)熱媒鍋爐取代蒸汽鍋爐——

熱媒鍋爐係一種「高溫低壓」的加熱爐，其飽和溫度低，熱媒油在大氣壓力下其沸點可高達攝氏三百多度以上，作為加熱或熱交換使用，低壓時得到較高的溫度，可避免相同溫度之高壓蒸汽鍋爐爆炸風險（圖16）。

(3)地下室之鍋爐室應裝置氣體偵測器及連鎖式排氣裝置——

2006年1月31日台北市某健身中心地下室因通風不良，發生小型鍋爐發生缺氧燃燒，而產生一氧化碳滯留室內造成中毒事件，致一人死亡11人昏迷事件（鍋爐設置地下室風險較高，設在頂樓通風良好且風險較低）。

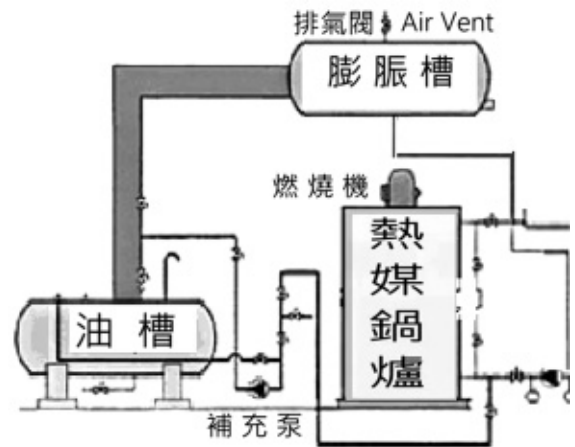


圖 16 熱媒鍋爐

3.作業過程風險——施工者：

職安法之「風險評估」通常用於一種動態性作業過程，如機器安裝、營繕工程、設備維修、動火作業、溝槽污泥清潔或局限空間作業等偶而為之作業，由於事業單位專精於本業技術，此類非例行性作業大多委外工程，多年來承攬作業之災害率居高不下，承攬作業安全為今後事業單位安全管理重點。

由於工廠火災造成生產停頓之經濟損失頗大，甚至人員傷亡，事業單位對於火災防範莫不重視，尤其動火施工作業較易引起火災事故。茲將動火作業之風險評估項目列舉如下，以供參考：

(1)動火性質：

①臨時維修作業；②搶修作業；③增建維修作業；④年度維修作業。

(2)動火作業種類：

①特殊動火——工作場所具有易燃、易爆物質、有害氣體或溶劑等生產裝置之輸送管路、儲槽、容器並在正常作業狀態下，實施動火作業。

②一級動火——工作場所具有可燃性氣體、有害氣體或溶劑之輸送管路、儲槽、容器等生產裝置，在非生產作業下，除特殊動火外之動火作業。

- ③二級動火——工作場所除特殊動火作業及一級動火作業以外的動火作業。
- (3)火花產生型態：
- ①電焊、氣焊（割）、氬弧焊、等各種焊接作業，及砂輪機、磨光機、離子切割機等各種金屬切割作業。
 - ②使用電爐、噴燈與燃氣爐等明火作業。
 - ③使用鐵器捶擊物體、噴砂或產生火花等之作業。
 - ④生產設備、灌裝區及公用系統等爆炸危險區域內之臨時用電與照明等電氣裝置可能會產生火花且引燃火災或爆炸之作業。
- (4)動火施工環境：
- ①地面作業；②高架作業；③低窪作業；④桶槽內作業。
- (5)動火施工防範措施：
- ①動火小組規劃作業；②動火作業前環境檢測；③動火工具與防火器材之準備；④動火過程之監督；⑤動火結束現場處理。
- (6)動火作業完成處理：動火作業完成檢討報告。

四、結語

當科技從工業 1.0 到工業 4.0 進程中，工作者在不同階段扮演其應有的角色，在工作過程亦有不同受害程度；初期使用的手工具作業造成工作傷害有限，及至後來為大量生產提高工作效率，與各種新型動力機具不斷改進以及高風險環境之作業，增添工作傷害頻率與嚴重性，遂引起社會與政府重視，建立勞動保護政策理念。

政府機關依其功能各司其職，當從發生工作傷害過程中，若有合理可行安全構件或措施被應用以後，政府就應首先列為國家安全標準規範，俾機械器具或物品製造者有所依據，俟後並納入法規並通令執行以保護工作者或使用者安全健康。如化學品分類及標示（CNS15030）、鍋爐製造規章（CNS2139 B1023）與壓力容器構造（CNS9788 B5084）等，以及職安法第 7 條規定，製造者、輸入者、供應者或雇主，對於中央主管機關指定之機械、設備或器具，其構造、性能及防護非符合安全標準者，不得產製運出廠場、輸入、租賃、供應或設置。

工作者安全健康保護法規有其時空限制，機械製造者應隨科技進步，依其專業與社會責任以合理可行的安全構件提供安全可靠之產品，為今後智慧製造新焦點，進而雇主應以員工安全健康為事業經營之本，善盡責任提供良好的安全衛生工作環境。

燃煤火力發電廠鍋爐脫硝技術

陳佳暉

一、NO_x 的危害及燃煤 NO_x 的生成

(一) 燃煤鍋爐 NO_x 的排放及危害

氮和氧結合的化合物有 N₂O（亞硝酸）、NO、NO₃、NO₂、N₂O₄（四氧化二氮）、N₂O₅（五氧化二氮）等，總括起來用氮氧化物（nitrogen oxide：NO_x）表示，其中造成大氣污染的 NO_x 只要是指一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂），而 NO₂ 的毒性是 NO 的 4~5 倍。大氣中天然排放的 NO_x，主要來自土壤和海洋中有機物分解，屬於自然界氮循環過程。人為活動排放的 NO_x 主要來自煤炭的燃燒過程，每燃燒 1t 煤炭則產生大約 8~9kg 的氮氧化物。汽車排氣和天然氣、石油燃燒的廢氣含有 NO_x，化肥的使用也會產生 NO_x。化石燃料燃燒生成的 NO_x 中有 90% 以上是 NO，其餘為 NO₂。隨著電力工業的發展和汽車數量的增多，NO_x 排放量將越來越大，對大氣環境的污染越來越嚴重。

在 NO_x 中，對人體健康危害最大的是 NO₂，可引起肺損害，甚至造成肺水腫，慢性中毒可導致氣管及肺部發生病變。

NO_x 還可危害植物，NO₂ 對植物的危害比 NO 嚴重得多。具體症狀是：在葉脈間或葉片邊緣出現不規則水漬狀傷害，使葉子逐漸壞死，出現白色、黃色或褐色斑點，造成農作物減產或死亡。

NO_x 對材料的腐蝕作用主要是由反應產物硝酸鹽和亞硝酸鹽引起的，同時使某些織物的染料褪色。光化學煙霧能加速橡膠製品老化，腐蝕建築物和衣物，縮短其使用壽命。

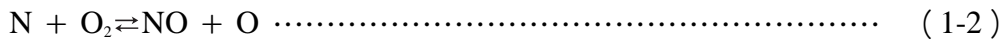
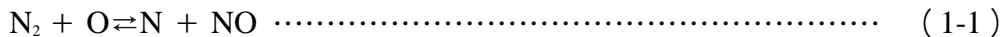
大氣中的 NO_x 也破壞著臭氧層，臭氧層被破壞將改變大氣結構。臭氧層是地球大氣不可分割的一部分，對大氣的循環以及大氣的溫度分佈起著重要的作用。臭氧在平流層中通過吸收太陽的紫外線輻射和地面的紅外線輻射而使大氣升溫，臭氧層被破壞會使平流層獲得的熱量減少，而到達對流層和地球表面的太陽輻射增加，導致了對流層變熱而平流層變冷，破壞了地表的輻射收支平衡、使全球氣候變化。臭氧的損耗導致到達地表的紫外線輻射增加，紫外線可以促進維生素的合成，對骨組織的生長、保護起有益的作用，但紫外線中 UV-B 段輻射增強會引起皮膚病、白內障及免疫系統的疾病等。

(二)煤燃燒 NO_x 的生成機制

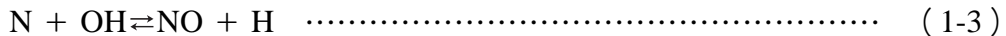
煤燃燒產生的 NO_x 主要有 NO、NO₂ 和微量的 N₂O。在煤的燃燒過程中，NO_x 的生成量和排放量不僅與反應系統中總的含氮量（分子氮和燃料氮）有關，還與燃燒方式（特別是燃燒溫度和過剩空氣係數等）密切相關，燃燒形成的 NO_x 主要有熱力型（thermal NO_x）、燃料型（fuel NO_x）和瞬發型（prompt NO_x，或稱快速型）三種。

1. 熱力型 NO_x (T-NO_x)

煤燃燒空氣中的 N₂ 與 O₂ 在高溫條件下反應生成的 NO_x，由於其對溫度的依賴性很強，通常稱為熱力型 NO_x。在貧燃料火焰中的反應為



在富燃料火焰中的反應為



溫度對熱力型 NO_x 的生成具有決定性影響，燃燒溫度越高，NO_x 的產生率越大，排放的 NO_x 越多。以粉煤鍋爐為例，在燃燒溫度為 1350℃時，幾乎 100% 生成燃料型 NO_x，但當溫度為 1600℃時，熱力型 NO_x 可占爐內 NO_x 總量的 25%~30%。除了反應溫度外，熱力型 NO_x 的生成還與 N₂ 濃度以及停留時間有關。也就是說，過剩空氣係數和煙氣在高溫區的停留時間對熱力型 NO_x 的生成有很大影響。

控制熱力型 NO_x 產生的措施有：①減少燃燒最高溫度區域範圍；②降低燃燒峰值溫度；③使燃燒在遠離理論空氣比的條件下進行；④縮短燃料在高溫區的停留時間；⑤降低局部氧氣濃度。

2. 燃料型 NO_x (F-NO_x)

煤含有氮，燃燒所排放的 NO_x 濃度會隨煤中氮含量增加而增加，因此煤中氮含量是 NO_x 排放的一個重要來源，煤中的氮一般以氮原子的形態與各種碳氫化合物結合，形成氮的環狀或鏈狀化合物。在進入燃燒區之前，空氣中的氧與氮原子反應生成 NO、NO 在大氣中被氧化成毒性更大的 NO₂。這種燃料中的氮化合物經熱分解和氧化反應而生成的 NO_x 稱為燃料型 NO_x。煤燃燒產生的 NO_x 中，75%~90% 是燃料型 NO_x。試驗表明，NO_x 的生成和轉化率與溫度之間的關係比熱力型對溫度的依賴要小，與氧化劑的比例關係較大。也就是說，過剩空氣係數越高，NO_x 的生成和轉化率也越高。

控制燃料型 NO_x 產生的措施有：①減少過剩空氣係數；②控制燃料與空氣的前期混合；③提高入爐燃料的局部燃燒濃度；④利用中間生成物反應降低 NO_x 產量。

3. 瞬發（或快速）型 NO_x (P- NO_x)

燃料中碳氫化合物在富燃料燃燒時，反應區附近快速生成 NO_x 稱為瞬發型 NO_x 。它是燃料燃燒時產生的烴（ CH 、 CH_2 、 CH_3 ）基團撞擊燃燒空氣中的 N_2 產生的 CN 和 HCN 等化合物， HCN 再與火焰產生的大量 O 、 OH 反應生成 NCO ， NCO 又被進一步氧化而生成的 NO 。此外，火焰中 HCN 濃度很高時存在大量的氮化合物（ NH_x ），這些氮化合物與氧原子等快速反應生成 NO 。

在燃煤鍋爐中，瞬發型 NO_x 生成量很小，一般占 NO_x 總量的 5% 以下。通常情況下，在燃用不含氮的碳氫燃料低溫燃燒時，才重點考慮瞬發型 NO_x 。

(三) NO_x 的還原

煤中的氮並不會都轉化成 NO_x ，還有相當一部分轉化成對環境無害的 N_2 ，因此煤燃燒過程中實際排放出的 NO_x 量遠小於根據煤中氮含量計算出的 NO_x 理論排放量。對燃燒器內部和煙道氣中 NO_x 濃度分佈的分析表明，燃燒器從底部向上， NO_x 濃度趨於減小，煙道中 NO_x 濃度更小，這是因為部分 NO_x 在煤的燃燒過程中被還原生成了 N_2 。與 NO_x 可以發生反應的物質還有焦炭、一氧化碳（ CO ）、氨氣（ NH_3 ）、氫氣（ H_2 ）、碳氧化合物等，其中 NO_x 與焦炭的反應最為重要，是 NO_x 還原的主要因素。

根據 NO_x 的產生機制，把 NO_x 的控制方法分為燃燒前、燃燒中和燃燒後三種。燃燒前脫硝主要是將燃料轉化為低氮燃料，這樣成本太高，至今尚未得到很好的開發，是今後深入研究的方向。燃燒中脫硝主要是指各種降低 NO_x 的燃燒技術，它是新建鍋爐普遍採用的有效降低 NO_x 排放的技術。但該技術已不能完全滿足當前及今後的環保要求。燃燒後脫硝主要指煙氣脫硝技術，其脫硝效率高，隨著環保要求的日益嚴格，高效率的煙氣脫硝技術將是主要的發展方向。

二、降低 NO_x 排放的燃燒技術

控制電廠 NO_x 生成與排放最常用的方法有兩種：一類是燃燒中脫硝技術，通過燃燒技術的改進（包括採用先進的低 NO_x 燃燒器），可有效減少鍋爐爐膛內煤燃燒生成的 NO_x 量；另一類是燃燒後脫硝技術，即在鍋爐尾部加裝煙氣脫硝裝置，減少 NO_x 向環境的排放量。說明如下：

(一) 煙氣脫硝技術

1. 煙氣脫硝技術分類

煙氣脫硝技術可以分為濕法和乾法兩大類。

- (1) 濕法（Wet Process），是指反應劑為液態的技術。通過氧化劑 O_2 、 ClO_2 、 KMnO_2 把 NO_x 氧化成 NO_2 ，然後用水或鹼性溶液吸收脫硝。包括臭氧氧化吸收法和 ClO_2 氣相氧化吸收法。

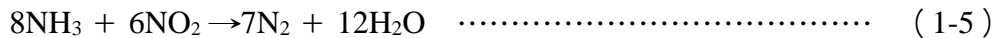
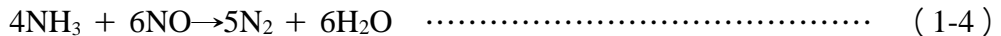
(2)乾法 (Dry Process) ，是指反應劑為氣態的技術。包括氨催化還原法和非催化還原法。

目前，世界上較多使用的濕法有氣相氧化液相吸收法和液相氧化吸收法，較多使用的乾法有選擇性催化還原法 (Selective Catalytic Reduction ; SCR) 、選擇性非催化還原法 (Selective Non-Catalytic Reduction ; SNCR) 等。

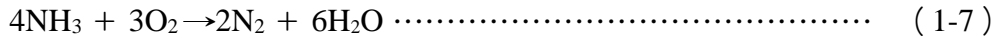
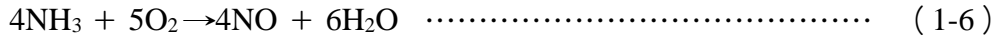
2. 選擇性非催化還原法 (SNCR)

根據 NO_x 還原作用與還原劑的關係可以分為選擇性非催化還原 (SNCR) 和選擇性催化還原 (SCR) 兩種。選擇性非催化還原法 (SNCR) 脫硝技術是在沒有催化劑 (catalyst) 存在的條件下，利用還原劑將煙氣中的 NO_x 還原為無毒無污染的 N₂ 和 H₂O 的一種脫硝技術。

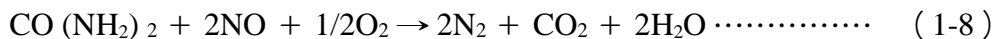
選擇性非催化還原過程中，用氨或尿素類化合物作為還原劑。反應通常發生在較高的溫度 (850~1100℃) 下，通過高溫達到反應所需的活化能，從而避免使用催化劑，也稱為 Thermal DeNO_x。該過程的反應式如下：



可能發生的競爭反應為：



基於尿素為還原劑的 SNCR 系統總反應式可以表示為：



典型的 SNCR 技術如圖 1 所示。

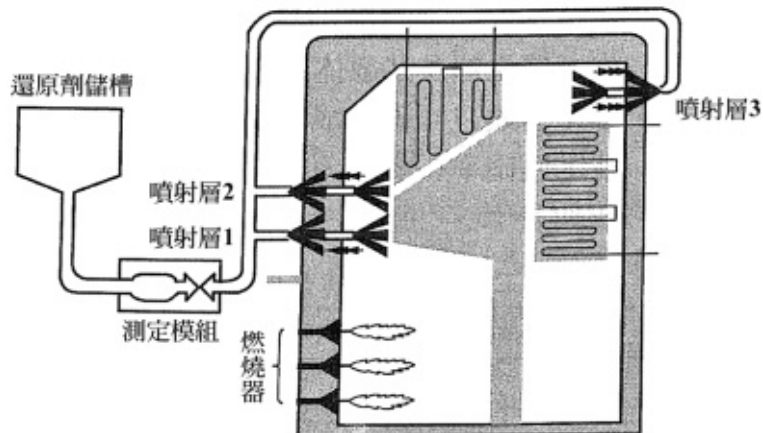


圖 1 典型的 SNCR 技術

影響 NO_x 還原率的因素主要有溫度、 NO_x 濃度、還原劑與煙氣的混合狀態、 $\text{NH}_3 / \text{NO}_x$ 莫爾比以及反應接觸時間。SNCR 法對溫度的要求比較嚴格，還原劑必須在最佳溫度區注入，以確保主反應式 (1-4) 和式 (1-5)；如果溫度超過 1100°C ，式 (1-6) 和式 (1-7) 將變得很重要，會浪費大量的氨；如果溫度低於所希望的區間， NH_3 與 NO_x 則不能發生還原反應或反應不完全，造成氨殘留量增加，引起大量的氨洩漏 (NH_3 slip)。

此外，還原劑注入後與煙氣的快速混合也是非常重要的。由於鍋爐的負荷不同，最適宜溫度的位置在鍋爐中也有變化。因此只有在許多部位注入且各部位的注入量不同時，才能獲得最佳結果。另外，由於煙氣在爐內的停留時間很短，不可能使物料與煙氣完全混合。因此，會出現分層現象，導致總還原率下降。工業運轉的數據表明，SNCR 技術脫硝率較低，通常為 30%~60%。

總之，SNCR 不需要使用催化劑，設備投資少，只需要還原劑儲存槽和噴射裝置，並且不會出現催化劑堵塞設備等問題。但存在一些不足，如反應中生成的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4HSO_4 會腐蝕和堵塞設備；煙氣中增加了 NH_3 的排放量， NH_3 的利用效率低，控制比較困難；反應過程中形成了 N_2O 排放到大氣中會導致二次污染； NO_x 的脫除效率較低等。因此，SNCR 未能得到廣泛的工業應用。

3. 選擇性催化還原法 (SCR)

為解決直接分解法催化劑表面吸附氧對催化劑活性抑制的問題，誕生了選擇性催化還原法 (SCR)，它是較易實現工業化去除 NO_x 的方法。選擇性催化還原煙氣脫硝技術是 20 世紀 70 年代由日本研究開發的，目前已廣泛用於日本、歐洲和美國等國家和地區的燃煤電廠煙氣淨化中。該技術既可單獨使用，也能與其他 NO_x 控制技術 (低 NO_x 燃燒技術、SNCR 技術) 聯合使用。

選擇性催化還原法是通過還原劑 (如 NH_3) 在適當溫度並有催化劑存在的條件下，將煙氣中的 NO_x 還原為無害的 N_2 和 H_2O 的一種脫硝方法。這種技術之所以稱作選擇性，是因為還原劑 NH_3 優先與煙氣中的 NO_x 反應，而不是被煙氣中的 O_2 氧化。煙氣中 O_2 的存在能促進反應，是反應系統中不可缺少的部分。

SCR 技術的核心裝置是脫硝反應器，圖 2 為典型的 SCR 脫硝反應器示意。

在推廣 SCR 法初期，雖然曾遇到催化劑被煙氣中的粉塵磨損、堵塞，受砷、鹼金屬等物質的毒害失活及形成的硫酸銨腐蝕設備等問題，但隨著運轉經驗的增加、操作條件的優化、催化劑及其載體的改進，SCR 技術日趨成熟並開始受到普遍的歡迎，現已成為電站鍋爐煙氣脫硝的主流技術。SCR 脫硝率一般為 70%~90%。SCR 技術與 SNCR 技術的比較如表 1 所示。

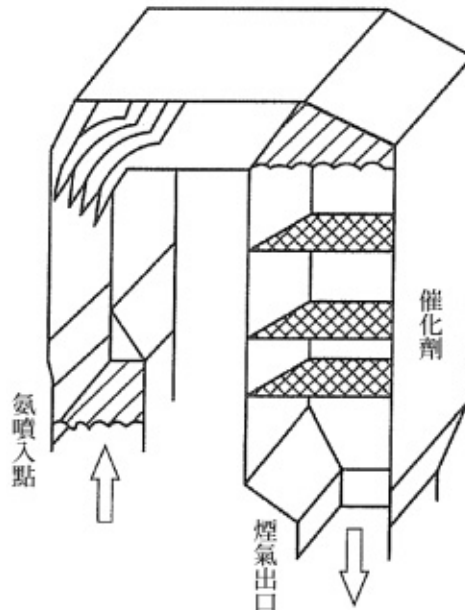


圖 2 典型的 SCR 脫硝反應器示意

表 1 SCR 技術與 SNCR 技術的比較

技術名稱	選擇性催化還原法 (SCR)	選擇性非催化還原法
NO _x 去除效率 (%)	70~90	30~60
操作溫度 (°C)	200~500	800~1000
NH ₃ / NO _x 莫爾比	0.4~1.0	0.8~2.5
氨洩漏 (10 ⁻⁶ 體積分數)	<5	5~20
總投資	高	低
操作成本	中等	中等

三、選擇性催化還原脫硝技術

(一) SCR 脫硝技術流程

選擇性催化劑還原技術 (SCR) 具有很高的脫硝率，雖然它的投資和運行費用很高，但仍是目前應用最廣泛的一種煙氣脫硝流程，是唯一能夠滿足歐洲、美國、日本等發達國家、地區排放要求的脫硝技術。自 20 世紀 80 年代以來，這一技術已經成功應用於電站鍋爐、工業鍋爐等燃用各種燃料的鍋爐煙氣治理。

選擇性催化劑還原系統安裝在鍋爐省煤器之後的煙道上。NH₃ 通過固定於注氨格柵 (Ammonia Injection Grid, AIG) 上的噴嘴噴入煙氣中，與煙氣混合均勻後一起進入填充有催化劑 (觸媒) 的脫硝反應器，反應器通常垂直放置 (也有個別水平放置)，反應器中的催化劑分上下多層，NO_x 與 NH₃ 在催化劑的作用下發生還原反應。經過最後一層催化劑後，煙氣中的 NO_x 被控制在排放限值以內。

省煤器旁路是用來調節溫度的，通過調節經過省煤器的煙氣與通過旁路煙氣的比例來控制反應器中煙氣的溫度。氨噴射器安裝在反應器的上游足夠遠外，以保證噴入的氨與煙氣充分混合。圖 3 為典型的煙氣 SCR 脫硝系統流程示意圖。

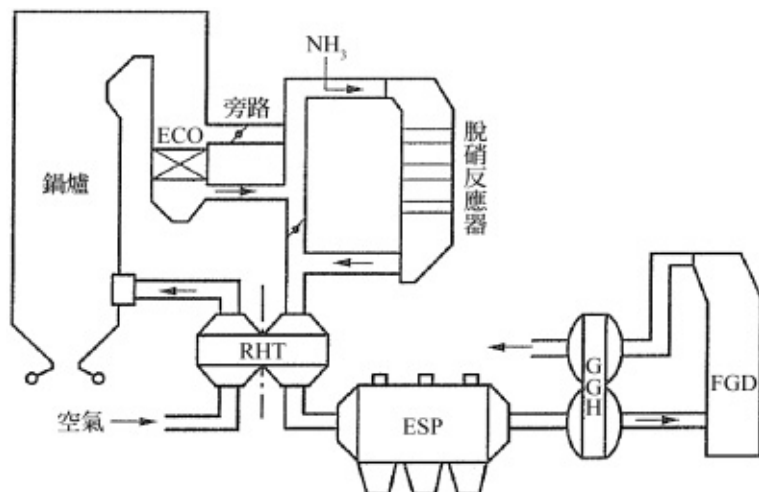


圖 3 SCR 脫硝技術流程

(二) 流程布置

SCR 脫硝反應系統置於鍋爐之後，其布置方式有高粉塵區 SCR (HD-SCR)、低粉塵區 SCR (LD-SCR) 及尾部 SCR (TE-SCR) 布置方式三種，圖 4 為高粉塵區 SCR 布置方式。

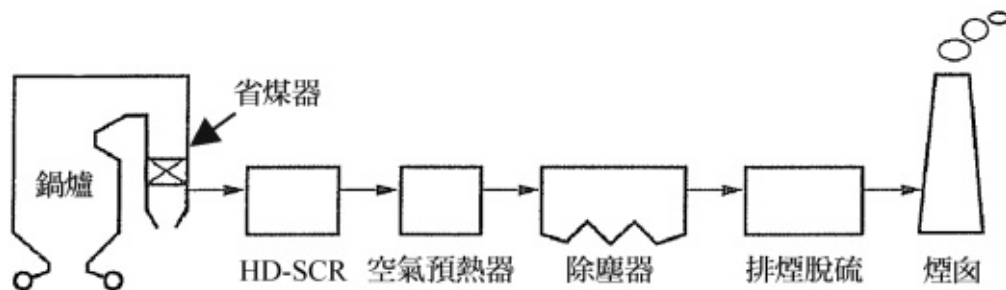


圖 4 HD-SCR 布置方式

高粉塵區 SCR 位於省煤器和空氣預熱器之間，該段的煙氣溫度一般在 300~400℃，煙氣無需再加熱，非常適合金屬氧化物類催化劑活性的操作反應溫度，運行經濟性較高。但存在著煙氣中高濃度的粉塵及其它有毒成分對催化劑活性的影響。一般認為，高粉塵區 SCR 流程是火電廠脫硝的最佳選擇，同時也是目前應用最廣泛和技術最成熟的。

1. 高粉塵區 SCR 技術

高粉塵區 SCR 系統設在省煤器與空氣預熱器之間，主要由氨氣供應系統、氨氣/空氣稀釋與混合系統、SCR 催化反應器等組成。氨儲槽輸出的液氨在汽化器內由 50℃ 的溫水加熱蒸發為氨氣後，被送到氨氣緩衝槽備用。緩衝槽的氨氣經調壓閥減壓後送入各機組的氨氣/空氣充分混合後由注氨格柵的噴嘴噴入煙氣中。煙氣與氨氣混合後進入 SCR 催化反應器，當煙氣流經催化劑層時，氨氣與 NO_x 在催化劑的作用下發生氧化還原反應，將 NO_x 還原為無害的 N₂ 和 H₂O。

由於省煤器與空氣預熱器之間的煙氣溫度一般為 280~400℃，在此溫度範圍內多數催化劑具有足夠的活性，因此，這種佈置方式的優點是煙氣不必加熱就能滿足反應溫度的要求。但煙氣尚未經過除塵，飛灰顆粒磨損反應器並使蜂窩狀催化劑堵塞；飛灰中的有害物質（K、Na、Ca、Si、As），特別是其中的砷（As）氧化物會使催化劑污染或中毒；催化劑處於高溫煙氣中，若溫度過高，會使催化劑燒結或失效。因為這些情況容易造成催化劑壽命縮短，所以這種佈置方式往往需要加大催化劑體積，以彌補以上各種因素對催化劑的不利影響。

另外，由於催化反應器的下游還有空氣預熱器和煙氣脫硫系統（FGD）等重要設備，部分未反應的 NO_3 和煙氣中的 SO_3 生成的硫酸銨、硫酸氫銨，可能對後面的設備產生損害，甚至會影響飛灰的品質，造成難以綜合利用。

高粉塵佈置方式對鍋爐的設計有比較大的影響，主要有以下幾個方面：

- ①由於空氣預熱器布置於爐後豎井底部，並拉出一定的距離，而採用催化反應器高粉塵布置方式時所需要的距離一般比無催化反應器時的距離要大。因此，鍋爐後部煙道布置必須變化，鍋爐鋼構柱距需做相應調整。
- ②由於增加了催化反應器，因此，在空氣預熱器鋼構架設計時要考慮催化反應器的載荷。
- ③脫硝反應過程中會產生少量 NH_4HSO_4 且沉積在空氣預熱器受熱面上，造成空氣預熱器堵塞、腐蝕，影響熱交換效果，因此，應適當增加吹灰器數量或吹灰次數。
- ③脫硝裝置的煙氣阻力一般為 400~600Pa，在鍋爐煙風阻力計算和引風機選型時，需予以考慮。

(三)液氨為還原劑的 SCR 脫硝技術主要系統

利用液氨作為還原劑的 SCR 脫硝系統由催化反應器、氨儲存及供應系統、氨噴射系統及相關的測試控制系統等組成，如圖 5 所示。

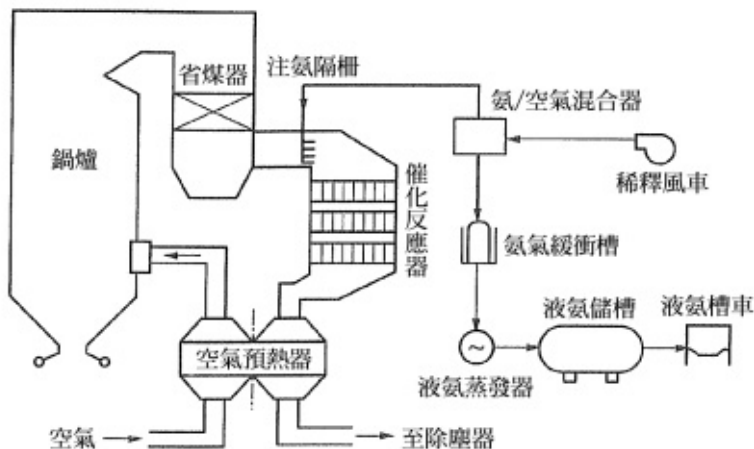


圖 5 液氨為還原劑的煙氣 SCR 脫硝流程

1. SCR 反應器

反應器為直立式焊接鋼結構容器，內部設有催化劑支撐件，能承受內部壓力、地震負荷、煙塵負荷、催化劑負荷和熱應力等。反應器外殼設有加固肋及保溫層。催化劑頂部裝有密封裝置，防止未處理的煙氣旁路。催化劑通過反應器外的催化劑填裝系統從側門放入反應器內。

反應器的水平段安裝有導流、優化分布裝置以及注氨格柵，在反應器的豎直段裝有催化劑床。催化劑底部安裝有氣密裝置，防止未處理煙氣洩漏。

反應器採用固定平行通道形式，一般催化劑床為 3~4 層，並預留一層位置，作為將來脫硝效率低於需要值時增裝催化劑用，以增強脫硝效率並延長催化劑壽命。

2. SCR 催化反應系統

注入煙道後的氨氣隨煙氣自上而下垂直進入 SCR 脫硝反應器，在 280~400℃ 的溫度條件下及催化劑的作用下，將煙氣中的 NO_x 催化解離為無害的 N₂ 和 H₂O。催化反應器是 SCR 系統的主要設備，其成分組成、結構、壽命及相關參數直接影響 SCR 系統脫硝效率及運行狀況。用於 SCR 的催化劑應滿足如下條件：①在較低的溫度和較寬的溫度範圍具有較高的活性；②較高的選擇性，即較低的 SO₂/SO₃ 轉換率（conversion）；③具有抗二氧化硫（SO₂）、鹵素氫化物（HCl、HF）、鹼金屬（Na₂O、K₂O）、重金屬（As）等特性；④在較大的溫度波動範圍內具有良好的熱穩定性；⑤機械穩定性好，耐沖刷磨損；⑥壓力損失小；⑦使用壽命長；⑧廢物易於回收利用；⑨成本較低。

運行過程中，催化劑會因中毒、老化，活性逐漸降低，催化 NO_x 還原效果變差，當反應器出口煙氣中氨的濃度升高到一定程度時，必須用催化劑的備品更換。按設計要求，燃油和燃煤電廠每年要更換 1/3 的催化劑。當催化劑活性降低時依次逐層更換催化劑。

3. 氨儲存和供氨系統

在 SCR 脫硝系統構成中，氨儲存及供應系統最複雜，主要包括液氨卸料壓縮機、液氨儲槽、液氨蒸發器、氨氣緩衝槽及氨氣稀釋槽等設備。另外，還必須備有噴淋設施、廢水泵、廢水池等附屬設施，同時要安裝計量和檢測儀表。

液氨的供應由液氨槽車運送，利用液氨卸料壓縮機將液氨由槽車輸入液氨儲槽內（每個廠最少配備兩個，每個儲槽只裝一半液氨；儲存容量按可供兩週的時間設計），罐車與系統由撓性軟管連接。用液氨泵將儲槽中的液氨輸送到液氨蒸發器內蒸發為氨氣，經氨氣緩衝槽來控制一定的壓力及其流量，然後與稀釋空氣在混合器中混合均勻，再送至脫硝系統。氨氣系統緊急排放的氨氣則排入氨氣稀釋槽中，經水吸收後排入廢水池，再經廢水泵送至廢水處理系統，如圖 6 所示。

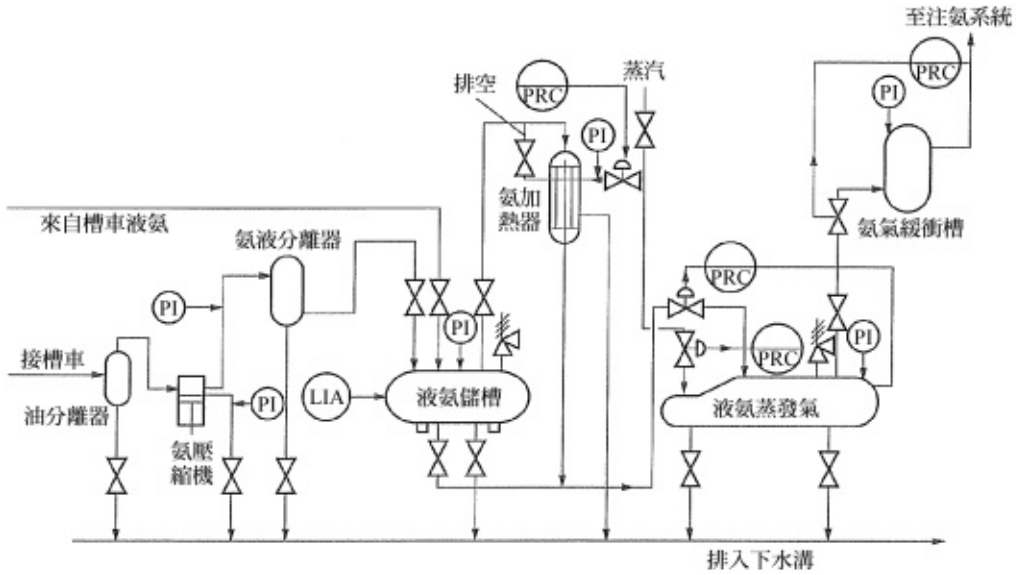


圖 6 氨氣儲存和供應系統的流程

加氨方式有兩類：一類是無水加氨，氨從液氨儲槽依次進入蒸發器和緩衝槽，經減壓與空氣混合後，再噴入煙道中，其系統流程如圖 7 所示；另一類是有水加氨，氨從液氨儲槽經霧化噴嘴進入高溫蒸發器，蒸發後的氨噴入煙道中，其系統流程如圖 8 所示。

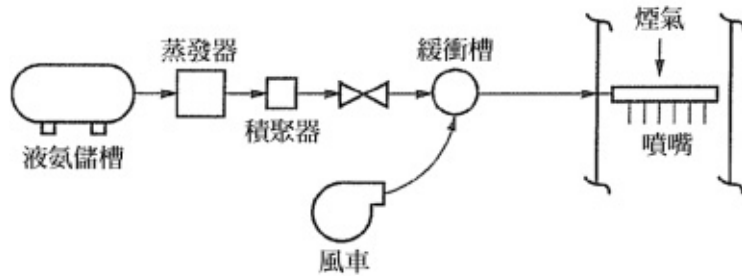


圖 7 無水加氨系統流程

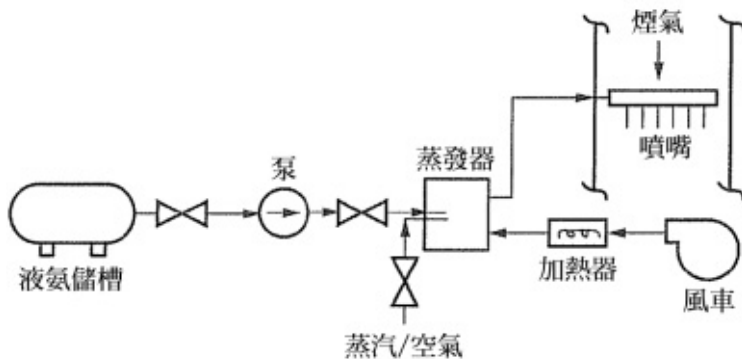


圖 8 有水加氨系統流程

4. 氨氣 / 空氣噴射系統

氨氣/空氣在混合器和管路內充分混合後進入氨氣分配總管。氨氣/空氣噴射系統包括供應箱、注氨格柵和噴嘴等。每個供應箱安裝一個節流閥及節流孔板，可使混合物在注氨格柵達到均勻分佈。手動節流閥的設定，是靠煙氣風管的取樣所獲得的 NH_3/NO_x 莫爾比來調整的。氨噴射管位於催化劑上游煙道內。氨氣/空氣混合物噴射配合 NO_x 濃度分佈，通過霧化噴嘴來調整。

(四) 氨水為還原劑的 SCR 脫硝技術主要系統

氨水是 20%~29% 的水溶液，其儲存和卸載系統與液氨系統類似。首先，氨水溶液由罐車運載到現場，用卸載泵送到儲槽，罐車與系統通過軟管連接。

氨水作為還原劑時，在安全方面較無水液氨有較大改善。氨水儲槽可設計成非耐壓型的錐頂槽，與無水液氨的耐壓儲槽相比，節省了大量費用。同時，由於氨水上方 NH_3 的蒸汽壓力較無水液氨低得多，因此裝運氨水的槽車危險性較低。

使用氨水的一個問題是供應商提供的氨水是用含鹽的自來水稀釋的，如果將這種氨水直接噴入熱煙道中，氨和水都會蒸發，無論是 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 催化劑（工作溫度約 350°C ），還是 Pt 型催化劑（工作溫度約 290°C ），都會因 NaCl 、 KCl 等鹽類而使催化還原效率迅速降低。因此，使用氨水作為脫硝催化還原劑時，需要一個氨氣提升塔，將氨蒸氣和水分類。圖 9 所示是用水蒸氣從氨水中抽提氨的流程示意。

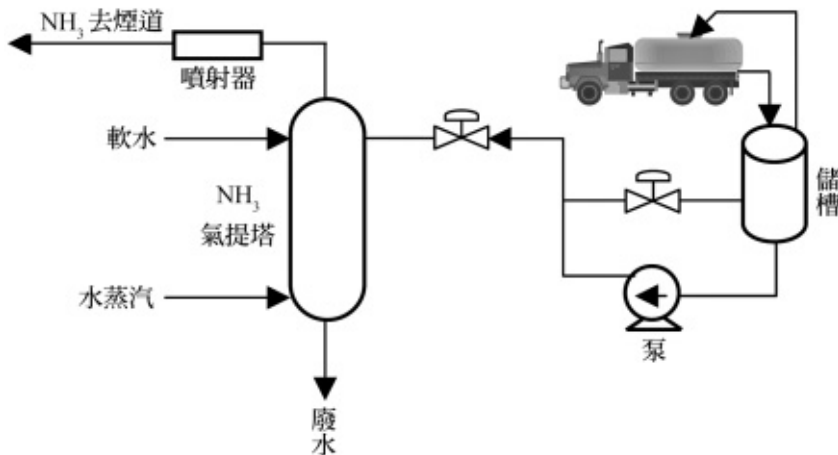


圖 9 用水蒸氣從氨水中抽提氨的流程

通過改變進入氣提塔的氨水流量，可以控制供給煙道中 NH_3 的量。氨氣提塔得到純淨的氨通過噴射器（如注射格柵）噴入煙道中，煙氣中的 NO_x 與 NH_3 在催化劑作用下發生反應，產物為 N_2 和 H_2O 。

氨水系統的主要設備有氨水儲槽、卸載泵和管道、氨水蒸發系統及氨/空氣稀釋系統等。

- (1) 氨水儲槽。氨水儲槽一般由厚度不小於 6mm 的不銹鋼製成，設計壓力不小於 2kg/cm²。根據工程設計要求配備一個或幾個儲槽。槽的底部高於地面 150mm 以上，從槽的頂部注入氨。
- (2) 卸載泵和管道。一般配備兩個卸載泵，通過軟管連接卸載泵和槽車，並在尾部設置開關。卸載管道裝有所必需的閥門，以便能通過每一個泵充滿兩個氨儲槽或排空兩個儲槽的氨返回到槽車內。
- (3) 氨蒸發系統。氨水溶液通過位於氨儲存區的計量給料泵輸送到蒸發器，給料泵的最小流量設計參照制訂的運轉條件，達到脫硝系統的最大期望容量。所有與氨水溶液接觸的部件及與氣態氨連接的部件，都可使用沃斯田體不銹鋼 AISI304L 製作。設計的熱交換器表面在滿負荷時應提供乾性和過熱的高溫水蒸氣來加熱氨水。
- (4) 氨氣/空氣稀釋系統。一般每一個反應器都配備一個空氣加熱/稀釋系統，用來加熱空氣並與氣態氨混合輸送到反應器。由於氨水中水分的存在，空氣及混合氣體溫度必須高於水的凝結溫度。

〔摘錄自鍋爐知識第 33 期〕

經濟部工業局 函

發文日期：中華民國 108 年 3 月 18 日

發文字號：工永字第 10800277182 號

- 主 旨：檢送本局 108 年度「工業鍋爐汙染改善補助資源宣導說明會」簡章，請轉知所屬會員廠商踴躍報名參加，請查照。
- 說 明：隨函檢送旨揭說明會簡章乙式，供參辦。倘若對說明會報名相關事項有所疑問，請逕洽「財團法人台灣產業服務基金會」，聯絡人：林先生或周先生，聯絡電話：(02) 2784-4188 分機 5166 或 5162。

局長 呂正華

工業鍋爐污染改善補助資源宣導說明會

主辦單位：經濟部工業局
執行單位：財團法人台灣產業服務基金會

一、場次日期、地點

◎北部場

時間：108 年 4 月 3 日（三）14：00～16：30

地點：勞動部桃竹苗分署綜合大樓國際會議廳

地址：桃園市楊梅區秀才路 851 號

◎中部場

時間：108 年 4 月 10 日（三）14：00～16：30

地點：彰化縣立圖書館 1 樓演講廳

地址：彰化縣彰化市中山路 2 段 500 號

◎南部場

時間：108 年 4 月 17 日（三）14：00～16：30

地點：臺南市勞工育樂中心第 1 會議室

地址：臺南市南區南門路 261 號

◎東部場

時間：108 年 4 月 24 日（三）14：00～16：30

地點：利澤工業區服務中心第 1 會議室

地址：宜蘭縣五結鄉利工二路 46 號

二、會議議程

時間	議程主題	主講人
14：00～14：30	報到	
14：30～14：40	長官致詞	經濟部工業局
14：40～15：00	工業鍋爐法規加嚴標準及多元改善樣態分析	(財)台灣產業服務基金會
15：00～15：20	休息	
15：20～16：00	工業鍋爐改善補助作業說明及輔導資源介紹	(財)台灣產業服務基金會
16：00～16：30	綜合討論	
16:30	散會	

三、報名方式及注意事項

◎網路報名：<https://www.ftis.org.tw/active/gn1080403245166.htm>

◎聯絡窗口：財團法人台灣產業服務基金會

(02) 2784-4188 分機 5166 林先生

(02) 2784-4188 分機 5162 周先生