

特種機械設備安全

SAFETY OF SPECIAL MACHINE AND EQUIPMENT

1991-5 創刊 2019-8 出刊

雙月刊 第61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
奧林集團有限公司
岱洋股份有限公司
台灣紳藝實業有限公司
大井泵浦工業股份有限公司
台灣大吳股份有限公司
金瑛發機械工業股份有限公司
天鴻興業股份有限公司
興志五金企業有限公司
志豪工業有限公司
宏榮鋼瓶股份有限公司
威鼎企業有限公司
潔康企業有限公司
吾豐機電廠股份有限公司
原鈺峰工業有限公司
辰鼎企業有限公司
增大股份有限公司
東立鐵工廠有限公司
申昌機械股份有限公司
正熊機械股份有限公司
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

- ★臺中市政府勞工局 108 年度
「職業安全衛生教育訓練在職專班」…………… 2

技術報導

- ★鍋爐污染排放法規及信用參數案例介紹…………… 3
- ★大型發電鍋爐一次風扇容量不足改善案例… 17
- ★安全閥排放管的設置要求探討…………… 26

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

臺中市政府勞工局 108 年度 「職業安全衛生教育訓練委託辦理」

訓練免費

- 丙種職業安全衛生業務主管教育訓練 108 年 11 月 06 日 -108 年 11 月 13 日（夜間班）
- 乙種職業安全衛生業務主管教育訓練 108 年 09 月 16 日 -108 年 09 月 27 日（夜間班）
- 營造業丙種職業安全衛生業務主管訓練 108 年 08 月 12 日 -108 年 08 月 23 日（夜間班）
- 營造業乙種職業安全衛生業務主管訓練 108 年 10 月 07 日 -108 年 10 月 22 日（夜間班）
- 有機溶劑作業主管教育訓練 108 年 10 月 02 日 -108 年 10 月 04 日（日間班）
- 特定化學物質作業主管教育訓練 108 年 09 月 09 日 -108 年 09 月 11 日（日間班）
- 缺氧作業主管教育訓練 108 年 09 月 26 日 -108 年 09 月 30 日（日間班）
- 急救人員教育訓練 108 年 08 月 22 日 -108 年 08 月 26 日（日間班）

任職台中市符合下列條件之一，訓練費免費：

1. 107 年或 108 年曾因勞動檢查，發現未接受上述職業安全衛生教育訓練缺失之事業單位勞工，持勞動檢查結果通知書及在職證明。
2. 中小企業勞工人數在 30 人以下之勞工，持在職證明文件及事業單位近 2 個月投保人數證明優先參加。
3. 職業工會會員或自營作業者，持投保證明或工會證明，但以職業工會之屬性相關者為限。
4. 107 年或 108 年曾有勞工擔任上述種類工作發生職災之事業單位，其單位內仍未接受上述種類教育訓練之勞工，持事業單位發生職災事故之證明文件。

108 年度臺中市高風險事業工作者 職業安全衛生教育之一般安全衛生訓練課程

課程簡介：為積極防止職業災害，藉由舉辦勞工一般安全衛生教育訓練，使勞工接受從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育訓練。凡於臺中市轄內工作之勞工皆可免費參與本課程，本課程採上午辦理 3 小時『一般安全衛生教育訓練』及下午辦理 3 小時六大類主題性課程。訓練期滿無缺課者發給工安卡。

六大類主題性課程：結構 / 裝修工程、生產性機械設備、基礎工程、有害作業及處置、機電工程、使用危害性化學品

上課地點：崇德教室：台中市北區崇德路一段 629 號 4 樓之 3

精科教室：台中市南屯區精科路 26 號 4 樓

原住民專班：台中市大雅區忠義里仁愛路 69 號（原住民綜合服務中心）

上課時間：09:00 ~ 16:00（6 小時）

開課日期請參考本會網站 <http://www.tbva.org.tw/>



鍋爐污染排放法規及信用參數案例介紹

楊福正／軍備局生產製造中心

摘要

行政院環境保護署依空氣污染防治法第二十條第二項規定，於民國 107 年 9 月 19 日訂定公布鍋爐空氣污染物排放標準（環署空字第 1070074601 號令），本次發布之條文全部或部分尚未施行（實施），預訂民國 109 年 7 月 1 日施行。然美國環境保護局（EPA）早已公布兩項鍋爐排放新規定，以致力於降低污染源排放，這兩項規定為主要排放污染源規定（如所知的鍋爐最大可達成控制技術或最大可達成技術鍋爐）及地區性空氣污染源法規，相關承諾所必須之資訊、表格及工具均含蓋於本文中介紹之。另提供二項鍋爐排放信用額度案例，其一為主要實驗設備生產主要新產品，操作一重大液態燃燒率每小時 300 MMBtu 及 85% 效率（1 號鍋爐）；另一為燃燒其它氣體每小時 60 MMBtu、產生每小時 50,000 lb 蒸氣以及 75% 效率的中型鍋爐，經本文主描述，中、美均已致力於鍋爐污染排放法規制訂。

一、前言

經行政院環境保護署統計，我國鍋爐排放之空氣污染物於全國燃燒固定污染源排放量之比率，其中粒狀污染物約占 21%、硫氧化物約占 14% 及氮氧化物約占 12%，已為我國固定污染源排放量主要來源之一，惟現行對鍋爐排放空氣污染物之管制，除特定行業別適用該行業別之標準外（如鍋爐用於發電者，依電力設施空氣污染物排放標準管制），其他鍋爐僅依固定污染源空氣污染物排放標準管制，且鍋爐除於工業製程使用外，亦使用於醫院、學校及旅宿業等都市人口密集處，其排放之空氣污染物易造成區域空氣品質不良及民衆觀感不佳，實有訂定設施標準之必要。

鑒於國外及部分直轄市、縣（市）政府，均針對鍋爐排放標準管制日趨嚴格及訂定自治條例，且國內空氣污染物管制處理技術日漸成熟，行政院環境保護署為強化管制力道、改善空氣品質，參考國際間鍋爐之管制標準、審酌國內排放現況、可行控制技術及成本效益分析結果，爰擬「鍋爐空氣污染物排放標準」草案，期為全球污染防治貢獻心力。

二、法規概述

(一) 中華民國行政院環境保護署鍋爐空氣污染物排放標準如下：

第 1 條 本標準依空氣污染防治法第二十條第二項規定訂定之。

第 2 條 本標準用詞及符號，定義如下：

1. 鍋爐：指以氣體、液體或固體物質作為燃料，加熱於水、熱媒，致產生熱水、超過大氣壓之壓力蒸汽或熱能之設備。
2. 新設鍋爐：指自本標準發布日起設立之鍋爐。
3. 既存鍋爐：指自本標準發布日前已完成建造、建造中、完成工程招標程序或未經招標程序已訂立工程施作契約之鍋爐。但既存鍋爐符合固定污染源設置與操作許可證管理辦法第三條規定之變更條件者，以新設鍋爐論。
4. Q：排氣量，單位為立方公尺／分（Nm³/min）。
5. Q_s：依中央主管機關公告之檢測方法測得之排氣量，單位為立方公尺／分（Nm³/min）。
6. C：污染物排放濃度，單位為 ppm 或 mg / Nm³。
7. C_s：依中央主管機關公告之檢測方法測得之污染物排放濃度，單位為 ppm 或 mg / Nm³。
8. O_n：排氣中含氧百分率之參考基準值，單位為 %。
9. O_s：排氣中含氧百分率之實測值，單位為 %。
10. ppm：百萬分之一。
11. mg：毫克，相當於零點零零一公克。
12. Nm³：凱氏溫度 273 度及 1 大氣壓下每立方公尺體積。

第 3 條 電力設施空氣污染物排放標準另有管制之鍋爐，或區域另訂有較嚴標準者優先適用該標準。

第 4 條 鍋爐空氣污染物排放標準規定值如下表：

空氣污染物	排放管道標準	施行日期	
		新設鍋爐	既存鍋爐
粒狀污染物	30 mg / Nm ³	發布日	中華民國 109 年 7 月 1 日
硫氧化物	50 ppm		
氮氧化物	100 ppm		

第 5 條 本標準各種污染物之濃度計算，均以凱氏溫度 273 度及 1 大氣壓下未經稀釋之乾燥排氣體積為計算基準，燃燒過程排氣中之氧氣百分率以百分之六氧氣為參考基準，污染物濃度及排氣量依下列公式計算校正之：

$$C = (21 - O_n) / (21 - O_s) \cdot C_s$$

$$Q = (21 - O_s) / (21 - O_n) \cdot Q_s$$

第 6 條 既存鍋爐未能符合本標準者，應於中華民國一百零九年四月一日前，檢具其燃料系統種類、空氣污染物防制設施種類、構造、效能、流程、設計圖

說、設置經費及進度之空氣污染防治計畫，向直轄市、縣（市）主管機關申請核定改善期限，並應於期限屆滿前完成改善，符合本標準之規定。前項改善期限不得逾中華民國 111 年 7 月 1 日。

第 7 條 本標準除另定施行日期者外，自發布日施行。

(二)美國環境保護局（EPA）鍋爐空氣污染物排放標準介紹：

本文參考美國環境保護局（EPA）相關文獻，說明美國在此領域的執行狀況如次：

1. 定義：

美國環境保護局（EPA）於 2011 年 3 月 21 日公佈三項空氣排放標準於聯邦公報，其中二項規定與鍋爐相關，且特別設計以降低空氣污染排放量。（一）主要排放污染源（鍋爐最大達成控制技術）規定：規範降低鍋爐及過程加熱器毒物氣體大型來源排放；（二）地區性空氣污染源規定：規範降低鍋爐毒物氣體小型來源排放。環境保護局正重新考慮主要排放污染源及地區性空氣污染源兩部份的法規。當其正執行正式重新考慮過程，環境保護局於 2011 年 5 月公佈它會延後主要排放污染源的執行直到進一步申報。

2. 承諾申報時間及排放限制：

地區性空氣污染源規定的承諾申報需求，包含美國主要鍋爐，影響環境保護局重新考慮這項規定，並影響鍋爐擁有者必須立即行動開始申報。首先美國環境保護局（EPA）正寄出最初申報通知。雖然這些法規尚未影響主要排放污染源設施，工業燃燒（INDUSTRIAL COMBUSTION）建議寄出主要排放污染源設施申報，如主要排放污染源的狀態。這兩項新法規中需求型態案例包括：鍋爐調整、排放限制需求、以往能量評估及每月燃料監視等。

明確鍋爐被要求的紀錄及報告，查閱決定樹如圖 1，允諾申報日期摘錄如表 1 至表 4，鍋爐特別排放限制摘錄如表 5 至表 8。

明確法規應用能力及要求允諾申報行動，完成以下三步驟：

步驟一：明確設備是地區性空氣污染源或主要排放污染源。

步驟二：明確鍋爐類型為①燃料燃燒型；②新的或既有的來源；③鍋爐尺寸大小。

步驟三：確認應用能力的最初通知及明確允諾申報需求。

不得延誤完成上述三個步驟，新規定中有些報告需要證明允諾申報，第一份報告要在最初應用能力申報前確定，若 2011 年 5 月 20 日前啓用的期限為 2011 年 9 月 17 日。若 2011 年 5 月 20 日以後啓用，期限則為 2011 年 9 月 17 日或地區性空氣污染源設施啓用後 120 日內，或主要排放污染源設施使用後 15 日。若錯過申報期限，盡可能盡早寄年設施相關的表單，當允諾申報需求表單上載，主管機關將連續更新資訊，如果在公告更新後願意接收申報，須註冊電子信箱。

步驟一：確認設備是地區性空氣污染源或主要排放污染源

有兩項法規，主要排放污染源規定（鍋爐最大達成控制技術）及地區性空氣污染源規定，第一步是確認設備是否屬於主要排放污染源規定（屬於空氣毒物大來源鍋爐及過程加熱器）或地區性空氣污染源法規設備散發任何單一毒氣每年 10 噸，或任何混合毒氣每年 25 噸以上，美國環境保護局（EPA）網站 <http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html> 可找到一般毒氣表列。多數的主要排放污染源鍋爐及過程加熱器通常位於非常大工業設備如煉油廠、化學及大型生產工廠，大型公共機構設施如大學等。

任何設施不是主要排放污染源被歸類為地區性空氣污染源，大多受地區性空氣污染源規範的是商用及公共機構設施用鍋爐，在工業部門則具較少數量。

商用鍋爐可在包括商店/購物中心、洗衣店、百貨公司、餐廳、旅館或汽車旅館等地方找到。公共機構鍋爐可在藥物中心（醫院、診所、護理之家）找到，教育及宗教設施（學校、教堂），遊樂園及公共大樓（法院大樓、監獄），很多生產設施也都是地區性空氣污染源。

計算如何估測來源的排放，以明確是否為主要排放污染源或地區性空氣污染源設施，可查閱美國環境保護局（EPA）網頁 <http://www.epa.gov/ttn/chiep/eiip/techreport/volume02/ii02.pdf> 排放列（集）改善專案文件「為估算鍋爐空氣排放選擇與選擇方法」第 4 及第 5 節顯示排放計算方法，明確法規適用在業者的設施，如為主要排放污染源就跳到步驟三：確認最初應用申報及明確允諾申報需求。若為地區性空氣污染源則繼續步驟二：明確鍋爐的類型。

步驟二：明確鍋爐的類型①燃料燃燒型、②新的或既有的來源、③鍋爐尺寸大小。

本步驟應用於地區性空氣污染源設施，主要排放污染源設施應跳到步驟三。

(1)對於地區性空氣污染源，業者必須回答下列問題，以明確每一鍋爐的種類：

- ①所使用的鍋爐或燃燒器燃燒什麼燃料？
- ②所使用的鍋爐是新來源或既有來源？
- ③鍋爐的尺寸？

(2)明確燃料種類：所有地區性空氣污染源可被分類為以下任一項燃料類別：

- ①生物質類：包括任何每年至少燃燒 15% 生物質油。
- ②煤炭類：包括任何燃燒固態石化燃料及每年熱輸入非超出 15% 生質能。
- ③油類：包括任何燃燒液態燃料鍋爐，而非生質能或煤炭類。
- ④氣態燃燒類：包括任何燃燒氣態燃料鍋爐，包含天然氣、加工氣體、掩埋氣體、鍊油廠氣體、氫氣或沼氣，不結合任何固態燃料。如果工廠燃燒液態燃料（亦即油）僅於氣體壓縮、氣體緊急供應或週期測試期間，仍可考慮使用氣態燃燒鍋爐，週期燃燒液態燃料不應超出結合一年總共 48 小時以維持氣

體燃燒鍋爐狀態。如果使用液體備用燃料鍋爐應個別量測燃料量及運作時間，以證明氣態燃燒類的應用能力。若業者無法確定使用的鍋爐申請何類別，年熱輸入燃料計算可運用美國環境保護局（EPA）網頁 http://www.epa.gov/ttn/atw/boiler/imptools/area_sm_biz_compli_guide_appx.pdf 的燃料計算工具協助完成。

- ⑤明確使用鍋爐是新的或既有的來源：對於地區性空氣污染源鍋爐，業者必須明確的是新的或既有的來源，在考慮一個既有來源是否為商業建構或重新建構或於 2010 年 7 月 4 日前建構，具有商用建構或重新建構是否有契約義務及完成建構或已經開始鍋爐建構動作。在考慮一個新來源是否為商業建構或重新建構或於 2010 年 7 月 4 日後建構，同時符合商業建構的運用準則，或於 2010 年 7 月 4 日後切換燃燒天然氣燃料至固態石化燃料、生質燃料或液態燃料。
 - ⑥明確鍋爐的尺寸：鍋爐的尺寸表示運作期間設計熱輸入能力，而百萬英制熱單元每小時的量測，或 MMBtu/hr。當已經明確鍋爐燃料類型，認證是既有或新的來源及鍋爐尺寸後，接續到步驟三：確認最初應用申報及明確允諾申報需求。
- (3)地區性空氣污染源法規排除項目：有些型式鍋爐被地區性空氣污染源排除，包括廢棄熱鍋爐及研究用鍋爐。地區性空氣污染源法規排除項目如下：
- ①氣態燃燒鍋爐，燃燒氣態燃料鍋爐，包含天然氣、加工氣體、掩埋氣體、煤轉換氣體、鍊油廠氣體、氫氣或沼氣，不結合任何固態燃料。如果工廠燃燒液態燃料（亦即油）僅於氣體壓縮、氣體緊急供應或週期測試期間，仍可考慮使用氣態燃燒鍋爐，週期燃燒液態燃料不應超出結合一年總共 48 小時為了維持如氣體燃燒鍋爐狀態。如果使用液體備用燃料鍋爐應個別量測燃料量及運作時間，以證明氣態燃燒類的應用能力。
 - ②熱水加熱器具有未超出 120 美制加侖能量及壓力未超出每平方寸 160 磅（psig），且所有控制需要未超出 210°F（99°C）。
 - ③廢熱鍋爐，也是熟知的熱再生蒸汽產生器。
 - ④鍋爐控制設備使用其他國家空氣危害污染物（NESHAP）標準，至少 50% 熱輸入到鍋爐來自於國家空氣危害污染物（NESHAP）所規範的氣體蒸氣。
 - ⑤研究發展用鍋爐，這些鍋爐必須使用於研究目的，排除非應於研究發展的設施仍然屬於地區性空氣污染源規範。
 - ⑥鍋爐隸屬於其他國家空氣危害污染物（NESHAP）標準或清潔空氣法第 129 條。
 - ⑦有危險的廢鍋爐。

步驟三：確認最初應用申報及明確允諾申報申報需求

最初申報皆應用於主要排放污染源及地區性空氣污染源，美國環境保護局（EPA）法規最先要求是確認應用能力的最初申報，對既有鍋爐，這項資訊的期限是 2011 年 9 月 17 日，而對新的鍋爐而言，這表單期限是 2011 年 9 月 17 日或啓用地區性空氣性空氣污染源設施後 120 天內，或主要排放污染源設施啓用後 15 天內。如果業者錯過申報期限，應儘快寄送表單。主要排放污染源及地區性空氣污染源最初申報表單說明可參考工業燃燒（INDUSTRIAL COMBUTION），第 14 頁及第 21 頁。

對地區性空氣污染源設施之額外活動需求：

如果業者的設施主要針對地區性空氣污染源法規有必要活動為限制規範調整至排放監視。設施也必須維持紀錄及歸檔週期性報告以展示承諾。活動的限制及報賠的數量歸檔差異取決於：鍋爐燃燒燃料種類，無論鍋爐是新的或既有的及鍋爐的尺寸。

明確鍋爐被要求的紀錄及報告，查閱決定樹如圖 1，允諾申報日期摘錄如表 1 至表 4，鍋爐特別排放限制摘錄如表 5 至表 8。

地區性空氣污染源鍋爐允諾申報指引可查詢美國環境保護局（EPA）網頁 http://www.epa.gov/ttn/atw/boiler/imptools/area_sm_biz_compli_guide_appx.pdf。工業燃燒（INDUSTRIAL COMBUTION）會繼續增加地區性空氣污染源法規相關表單及說明指南，包括：

- | | |
|----------------------|-------------------|
| (1)調整允諾申報表單。 | (11)地點特性排放測試計畫表單。 |
| (2)紀錄保存表單。 | (12)地點特性排放監視計畫表單。 |
| (3)停工及啓用狀態允諾申報簽署表單。 | (13)排放允諾申報證明報告。 |
| (4)啓用允諾申報表單。 | (14)超出排放限制申報書。 |
| (5)油類鍋爐啓用/停工最小化期程表單。 | (15)排放故障肇因分析表單。 |
| (6)能量評鑑允諾申報文件。 | (16)故障報告表單。 |
| (7)每月燃料分析表單。 | (17)故障修正作為表單。 |
| (8)每月燃料使用表單。 | |
| (9)燃料切換 100%天然氣表單。 | |
| (10)性能煙囪測試允諾申報表單。 | |

過渡時期，表單是否需要，可參考美國環境保護局（EPA）地區性空氣污染源鍋爐小型實質允諾申報指引：http://www.epa.gov/ttn/atw/boiler/imptools/area_sm_biz_compli_guide_appx.pdf。

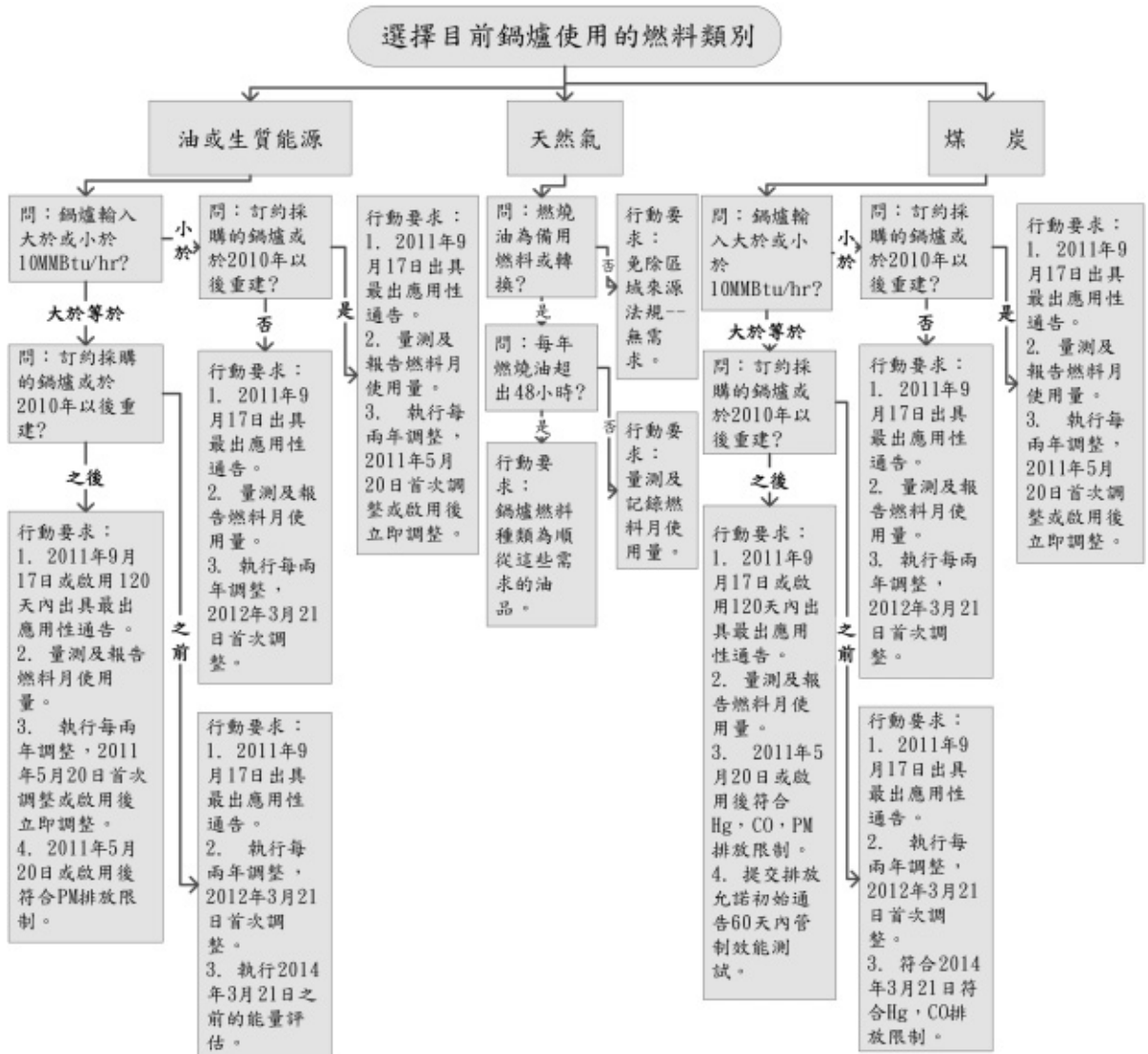


圖 1 鍋爐要求紀錄及報告決定樹圖

表 1 允諾申報日期彙總表 (油類)

油類—包括任何燃燒液態燃料鍋爐，而非生質能或煤炭類							
種類	提出最初應用性申報	提出最初應用性申報	量測及報告燃料用量	完成最初調節	完成能量評估	展示允諾申報／排放限制	準備允諾申報證明報告
小型既有鍋爐 (<10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2012 年 7 月 19 日	每月	2012 年 3 月 21 日	-	-	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每二年 3 月 1 日。

小型新鍋爐 (<10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	每月	2011 年 5 月 20 日或無論遲早使啟用後立即	-	-	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每二年 3 月 1 日。
大型既有鍋爐 (≥10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2011 年 7 月 19 日調節、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	2012 年 3 月 21 日	2014 年 3 月 21 日	-	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每年 3 月 1 日。
大型新鍋爐 (≥10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	管制 PM 性能測試 60 天內，或不晚於 2014 年 7 月 19 日、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	2011 年 5 月 20 日或無論遲早使啟用後立即	-	2011 年 5 月 20 日或啟用後立即	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每年 3 月 1 日。
備註：	鍋爐尺寸：鍋爐尺寸表達該項熱輸入能力的比率，且被量測以每百萬英制熱單元每小時，MMBtu/hr。小型鍋爐認定為輸入小於 10 MMBtu/hr 之鍋爐。新式或既有：新鍋爐與否以環保標準是否訂購或重建於 2010 年 7 月 4 日以後認定。						

表 2 允諾申報日期彙總表 (生質能類)

生質能類—包括任何燃燒基於每年熱輸入至少 15% 生質能							
種類	提出最初應用性申報	提出最初應用性申報	量測及報告燃料使用量	完成最初調節	完成能量評估	展示允諾申報／排放限制	準備允諾申報證明報告
小型既有鍋爐 (<10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2012 年 7 月 19 日	每月	2012 年 3 月 21 日	-	-	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每二年 3 月 1 日。
小型新鍋爐 (<10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	每月	2011 年 5 月 20 日或無論遲早使啟用後立即	-	-	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每二年 3 月 1 日。
大型既有鍋爐 (≥10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2011 年 7 月 19 日調節、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	2012 年 3 月 21 日	2014 年 3 月 21 日	-	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每年 3 月 1 日。

大型新鍋爐 (≥ 10 MMBtu/hr)	2011年9月17日或啟用120天內	管制 PM 性能測試 60 天內，或不晚於 2014 年 7 月 19 日、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	2011 年 5 月 20 日或無論遲早使啟用後立即	-	2011 年 5 月 20 日或啟用後立即	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每年 3 月 1 日。
備註：	鍋爐尺寸：鍋爐尺寸表達該項熱輸入能力的比率，且被量測以每百萬英制熱單元每小時，MMBtu/hr。小型鍋爐認定為輸入小於 10 MMBtu/hr 之鍋爐。新式或既有：新鍋爐與否以環保標準是否訂購或重建於 2010 年 7 月 4 日以後認定。						

表 3 允諾申報日期彙總表 (煤炭類)

煤炭類—包括任何燃燒固態石化燃料及每年熱輸入非超出 15% 生質能							
種類	提出最初應用性申報	提出最初應用性申報	量測及報告燃料使用量	完成最初調節	完成能量評估	展示允諾申報／排放限制	準備允諾申報證明報告
小型既有鍋爐 (< 10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2012 年 7 月 19 日	每月	2012 年 3 月 21 日	-	-	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每二年 3 月 1 日。
小型新鍋爐 (< 10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	每月	2011 年 5 月 20 日或無論遲早使啟用後立即	-	-	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每二年 3 月 1 日。
大型既有鍋爐 (≥ 10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日	2011 年 7 月 19 日調節、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	-	2014 年 3 月 21 日	2014 年 3 月 21 日	2015 年 3 月 1 日應備妥首次報告，之後每年 3 月 1 日。
大型新鍋爐 (≥ 10 MMBtu/hr)	2011 年 9 月 17 日或啟用 120 天內	管制 PM 性能測試 60 天內，或不晚於 2014 年 7 月 19 日、2014 年 7 月 19 日重提能量評估	每月	-	-	2011 年 5 月 20 日或啟用後立即	2012 年 3 月 1 日或鍋爐啟用後每年 3 月 1 日。
備註：	鍋爐尺寸：鍋爐尺寸表達該項熱輸入能力的比率，且被量測以每百萬英制熱單元每小時，MMBtu/hr。小型鍋爐認定為輸入小於 10 MMBtu/hr 之鍋爐。新式或既有：新鍋爐與否以環保標準是否訂購或重建於 2010 年 7 月 4 日以後認定。						

表 4 允諾申報日期彙總表（天然氣類）

種類	提出最初 應用性申報	提出最初 應用性申報	量測及報 告燃料使 用量	完成最初 調節	完成能量 評估	展示允諾 申報/ 排放限制	準備允諾 申報證明 報告
鍋爐不燃 燒備用及 轉換油	免除地區性空氣污染源法規一無需求。						
鍋爐燃燒 油 ≤ 每 年 48 小時	每月量測及記錄燃料使用狀況。						
鍋爐燃燒 油 > 每年 48 小時	鍋爐燃油種類是油—遵守這些需求。						

表 5 區域鍋爐排放限制及運作實行要求表（油類）

油類—包括任何燃燒液態燃料鍋爐，而非生質能或煤炭類					
種類	Hg, lb/TBTU	CO, ppm@7% O ₂	PM lb/MMBTU	執行每 兩年調節	執行過去 能量評估
小型既有鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
小型新鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
大型既有鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	-	是	是
大型新鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	0.03	是	是

表 6 區域鍋爐排放限制及運作實行要求表（生質能類）

油類—包括任何燃燒液態燃料鍋爐，而非生質能或煤炭類					
種類	Hg, lb/TBTU	CO, ppm@7% O ₂	PM lb/MMBTU	執行每 兩年調節	執行過去 能量評估
小型既有鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
小型新鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
大型既有鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	-	是	是
大型新鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	0.03(≥30MMBTU/hr) 0.42(>10 至 <30 MMBTU/hr)	是	是

表 7 區域鍋爐排放限制及運作實行要求表（煤炭類）

煤炭類—包括任何燃燒固態石化燃料及每年熱輸入非超出 15% 生質能					
種類	Hg, lb/TBTU	CO, ppm@7% O ₂	PM lb/MMBTU	執行每 兩年調節	執行過去 能量評估
小型既有鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
小型新鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	是	否
大型既有鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	4.8	400	-	否	是
大型新鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	4.8	400	0.03(≥30MMBTU/hr) 0.42(>10 至 <30 MMBTU/hr)	否	否

表 8 區域鍋爐排放限制及運作實行要求表（天然氣類）

天然氣類—包括任何燃燒氣態燃料鍋爐，包含天然氣、加工氣體、掩埋氣體、鍊油廠氣體、氫氣或沼氣，不結合任何固態燃料。					
種類	Hg, lb/TBTU	CO, ppm@7% O ₂	PM lb/MMBTU	執行每 兩年調節	執行過去 能量評估
小型既有鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	否	否
小型新鍋爐 (<10MMBtu/hr)	-	-	-	否	否
大型既有鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	-	否	否
大型新鍋爐 (≥10MMBtu/hr)	-	-	-	否	否

三、常見問題與解答

羅列部份美國環境保護局（EPA）在制訂鍋爐污染防制法規過程中常遇的問題及解答如次：

(一)最大達成控制科技（MACT/BMACT）鍋爐之地區性空氣污染源及主要排放污染源規範的差異為何？

答：美國環境保護局（EPA）有兩項鍋爐應用新規範，就是地區性污染源及主要排放污染源規範，主要排放污染源規範有時是指最大達成控制科技（MACT/BMACT）鍋爐，但它並非一項分別的新法規，這兩項法規進一步資訊可參照美國環境保護局（EPA）網頁參考中心（Reference Center）鍋爐排放法規。

(二)要如何知道是否適用美國環境保護局（EPA）法規？

答：是否業者操作鍋爐適用這些法規，其差異基於鍋爐的尺寸、年齡、料型式及排放

量，明確應用能力的特殊資訊，可參照步驟一。

(三) 如果不遵守美國環境保護局 (EPA) 法規會發生何事？

答：特定罰則或未允諾申報非法行為已經草擬，工業燃燒 (INDUSTRIAL COMBUSTION) 強烈建議根據允諾申報日期恪遵規定。

(四) 有些州已經有在地環境法規，新的聯邦負擔美國環境保護局 (EPA) 法規如何影響州定的環境法規？

答：地區性污染源及主要排放污染源鍋爐主題為聯邦法規，必須遵守所有可應用的法規，所以假如州有州的鍋爐規範可應用於聯邦鍋爐法規污染源，然後設施必須同時遵守兩項法規。如果二項不同排放限制影響相同的排放點時，設施應遵守較嚴厲的限制。

(五) 若設施沒有很大，可自行假設為地區性空氣污染源嗎？

答：大部份的設施被歸類為地區性空氣污染源，有些主要排放污染源範例如：煉油廠、化學生產工廠、紙廠及大學。唯一能確定是否設施為地區性空氣污染源或主要排放污染源的方法，應查閱美國環境保護局 (EPA) 網頁 [http://www.epa.gov/ttn/](http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume02/ii02.pdf) chief/eiip/techreport/volume02/ii02.pdf 排放列 (集) 改善專案文件「為估算鍋爐空氣排放選擇與選擇方法」第 4 及第 5 節顯示排放計算方法。

(六) 遵守這些法規要花費多少？

答：遵守法規總成本取決於目前使用的鍋爐系統，美國環境保護局 (EPA) 估算從簡易鍋爐需花費 200 美元到燃煤鍋爐超過 2 百萬美元都有。

(七) 何時必須遵守？

答：允諾申報日期取決於鍋爐尺寸、年齡、燃料種類及污染排放量，對地區性空氣污染源而言，允諾申報日期表列如表 1 至表 4。對主要排放污染源而言，因場地限制具有目前無效的允諾申報日期，然而，地區性空氣污染源及主要排放污染源兩類設施均要於 2011 年 9 月 17 日完成最初應用能力申報。如果錯過申報期限，應盡快寄出申報表單，表單範例可參照工業燃燒 (Industrial Combustion) 第 21 頁。

(八) 業者認為這些法規已經延後，為何應該採取行動？

答：地區性空氣污染源法於 2011 年 3 月 21 日生效，主要排放污染源已因故延後，然而，主要排放污染源及地區性空氣污染源設施需要於 2011 年 9 月 17 日前完成應用能力最初申報，主要排放污染源設施最初申報表單可參照工業燃燒 (Industrial Combustion) 第 14 頁，地區性空氣污染源設施最初申報表單則可參照第 21 頁。

(九) 工業燃燒 (Industrial Combustion) 可以保證允諾申報？

答：工業燃燒 (Industrial Combustion) 專門生產及解決商用及工業鍋爐燃燒器。多數

的解決方案以符合法規，包含主要排放污染源及地區性空氣污染源法規，他同時提供地區經銷商網頁 <http://www.ind-comb/unitedStates.htm>，可提供接洽要求允諾申報調整必要燃燒器。當努力於協助通過允諾申報，僅可保證設施符合所有相關法規及規章。

(+)這些法規規範氮氧化物 (NO_x) 排放量？

答：地區性空氣污染源法規或主要排放污染源法規並未規範氮氧化物 (NO_x) 排放量，完整條例規範排放量的美國環境保護局 (EPA) 網站為：<http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>。

(+)若只運作使用天然氣可以排除嗎？

答：氣體燃燒鍋爐是被排除在地區性空氣污染源法規之外的，然而，若燃燒非氣體備用燃料則可能被要求。使用地區性空氣污染源選擇樹 (如圖 1) 以確定適用哪一法規，氣體燃料鍋爐並非排除於主要排放污染源法規；然而，這項法規目前未生效，所以無未來最初申報之需要。

四、鍋爐排放信用參數案例

假設設備生產製造主要新產品，操作一具每小時 300 MMBtu 及 85% 效率等級的大型重液態燃燒油鍋爐 (1 號鍋爐)；另一具每小時 60 MMBtu 燃燒其它氣體，產生每小時 50,000 lb 蒸汽及 75% 效率的中型鍋爐 (2 號鍋爐)。鍋爐使用於生產過程供應蒸汽及熱水給。主要有害空氣污染來源，工廠每天運作 24 小時，一年 365 天共 8,760 小時。

(一) 1 號鍋爐基礎基礎能量輸入 (EI) = (300 MMBtu/hr) (8,760 hr/yr) (0.85) = 2.23 E+6 MMBtu / yr。(基於每年操作 8,760 小時及於 85% 等級設計能量)

(二) 2 號鍋爐基礎能量輸入 (EI) = (60 MMBtu/hr) (8,760 hr/yr) (0.75) = 3.94 E+5 MMBtu / yr。(基於每年操作 8,760 小時及於 75% 等級設計能量)

假設定義評估數個成本效益能量節約量測，及執行以下設施節省能量量測：

(一) 增加 1 號鍋爐蒸汽系統管路絕緣，火爐在火焰維持時更換燃燒器 (估計節省 15%)。

(二) 降低 2 號鍋爐污染排放。

每項量測執行能量輸入節約：

(一) 絕緣 EIS = (0.02 klb/hr) (100 ft/20 ft) (8,760 hr/yr) (1003.342 Btu/klb) = 879 MMBtu/yr (基於更換 100ft, 3 inch 管，負載 105 psi 蒸汽，具有目玻璃纖維 1.5 inch 絕緣厚度)

(二) 火爐 EIS = (EI) (0.15) = 335,070 MMBtu/yr (基於 15% 節省實際能量採購火焰維持火爐)。

(三) 排放污染 EIS = 3,931 MMBtu/yr (基於假設連續操作於 150 psig, 60 度 F 水溫及

- 8%鍋爐效率，排放污染降低 6~8%)。
- (四) 初始回饋水：50,000 lb/hr / (1-0.08) = 54,348 lb/hr。
- (五) 最終回饋水：50,000 lb/hr / (1-0.06) = 53,191 lb/hr。
- (六) 組成水節約：54,348-53,191=1,156 lb/hr。
- (七) 150 psi 時鍋爐水的熱含量 (焓) = 338.5 Btu/lb。
- (八) 60 度 F 時組成水的熱含量 (焓) = 28 Btu/lb (熱含量轉換係數 kj/kg=0.4299 Btu/lb)。
- (九) 熱能節約 = 338.5-28=310.5 Btu/lb。
- (十) 每年能量節約 = (1,156 lb/hr x 8,760 hr/yr x 310.5 Btu/yr) / (0.80 x 10⁶ Btu/MMBtu) = 3,931 MMBtu/yr。
- (十一) 1 號鍋爐信用參數 = [(#1 EIS) + (#2 EIS)] / (#1 EI) = [(879 MMBtu/yr) + (335,070 MMBtu/yr)] / 2.23 E+6 MMBtu/yr = 0.15。
- (十二) 2 號鍋爐信用參數 = 3,931 MMBtu/yr / 3.94 E+5 MMBtu/yr = 0.01
- (十三) 調節過排放層級 = (大量測試量測) × (1-信用參數)，承諾符合是否調節排放 (lb/MMBtu 蒸汽輸出) 小於下表 1 最終規定排放限制。

五、結語

綜上，美國環境保護局 (EPA) 所制定之鍋爐空氣污染物排放標準法規，考慮較為慎密，其預劃期也較長，另為讓使用者更能了解如何申報，並設計決定樹供鍋爐業者參考運用，再者，明定允諾申報期限及特別排放限制，公布於該局網頁供下載使用，且經問題蒐集研修等程序，而反觀本國所制定之法規，確仍存有參考美國法規強化相關施行細則之空間。

六、參考文獻

- (一) 行政院公報資訊網 (網址：https://gazette.nat.gov.tw/egFront/)。
- (二) 民國 107 年 9 月 19 日訂定公布鍋爐空氣污染物排放標準 (環署空字第 1070074601 號令)。
- (三) 地區性空氣污染源鍋爐允諾申報指引可查詢美國環境保護局 (EPA) 網頁 http://www.epa.gov/ttn/atw/boiler/imptools/area_sm_biz_compli_guide_appx.pdf。
- (四) 美國環境保護局 (EPA) 網頁 <http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume02/ii02.pdf>，排放列 (集) 改善專案文件「為估算鍋爐空氣排放選擇與選擇方法」。
- (五) 工業燃燒 (Industrial Combustion) 提供地區經銷商網頁 <http://www.ind-comb/unit-edStates.htm>。
- (六) 美國環境保護局 (EPA) 網站為：<http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>。

大型發電鍋爐一次風扇容量不足改善案例

李枝榮、賴瑩徽、楊維盛

一、背景

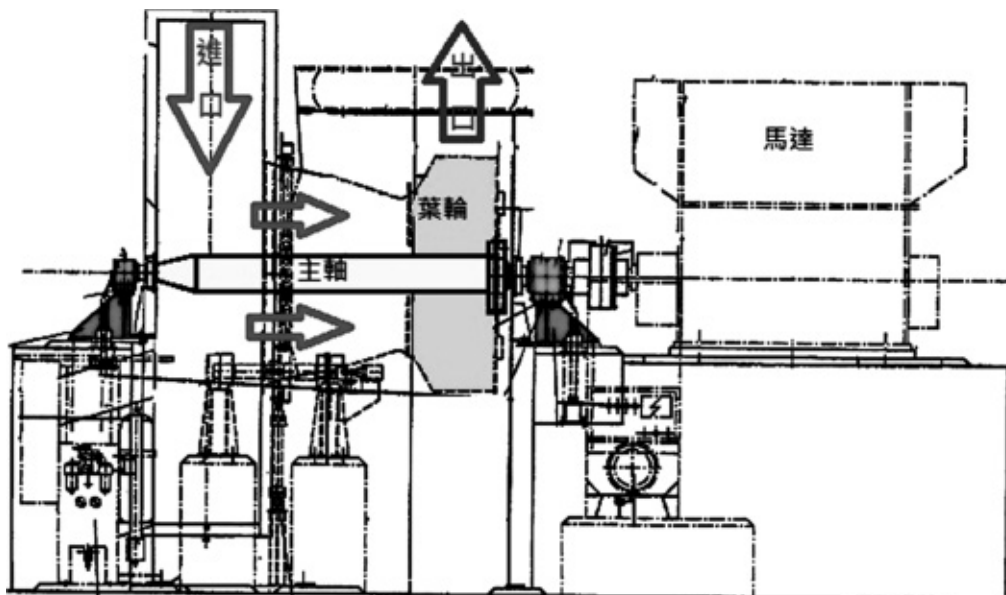
本案例為額定出力 550MW 全燃煤發電鍋爐一次風扇（Primary Air Fan）容量不足成功改善案例，該鍋爐設有兩台一次風扇負責將所謂的一次風送入粉煤機，將粉煤機內粉煤乾燥並吹送至鍋爐燃燒器，再送入爐膛燃燒。

本案例一次風扇容量因設計餘裕不足，若遇夏季氣溫高或燃用煤源熱值低或空氣預熱器堵塞等情況時，即捉襟見肘，極易發生進口風門全開致一次風量不足，機組被迫減載運轉情事。又此一次風扇係單進口離心式，此類型風扇運轉期間常發生軸承高振動潛在問題，對機組穩定影響至鉅。

本案例係利用極短之 38 天大修工期期間，改善工程朝簡單化及小成本規劃前提下，進行加大風扇葉輪、原滾珠軸承更換為淋油式巴氏合金軸承及加大風扇外殼，機組重新啟動後容量增加約 5% 可滿足機組運轉需求，而軸承振動大問題亦迎刃而解。特撰此報告供若有風扇餘預不足或軸成震動高問題待改善業界參考，尚祈業界先進不吝指教。

二、一次風扇的結構

本案例一次風扇採單進口離心式，原設計風量為 $78.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，由 1600HP 的馬達帶動，轉速 1800RPM，馬達額定電流 124A，空氣來源為二次風扇出口。下圖係一次風扇結構與空氣流動路徑。



比較本案例廠內其他機組之一次風扇型式如下。

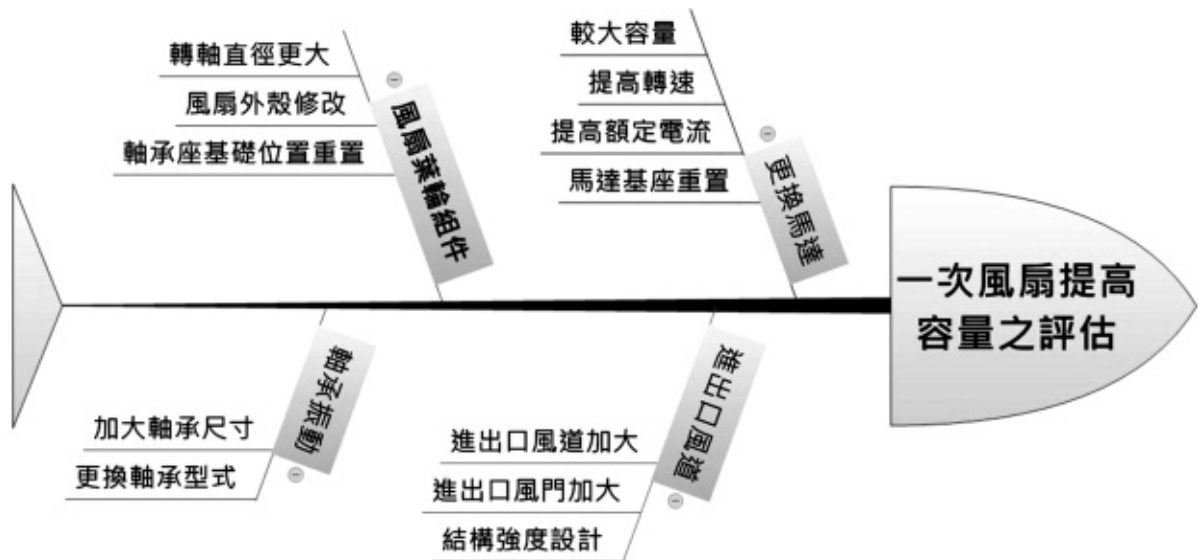
一次風扇	項目	A 型	B 型	本案例
	容量	82.86 m ³ /sec	98.9 m ³ /sec	78.2 m ³ /sec
	型式	雙進口離心式	雙進口離心式	單進口離心式
	馬達	2000 HP	2000 HP	1600 HP
	額定電流/電壓	156 A/6.6 KV	151.4 A/6.6 KV	124 A/6.6 KV
	轉速	1786 RPM	1787 RPM	1800 RPM

依上表，本案例機組一次風扇型式、容量與馬達特性與其他機組之一次風扇相較，明顯本案例一次風扇餘裕偏低，可謂是先天不足再加上燃用煤熱值低於設計值，故於夏季氣溫高或空氣預熱器堵塞時一次風扇出力即受限，機組被迫減載運轉。

為確保機組可滿載運轉，我們著手進行提升一次風扇容量餘裕之改善工程。

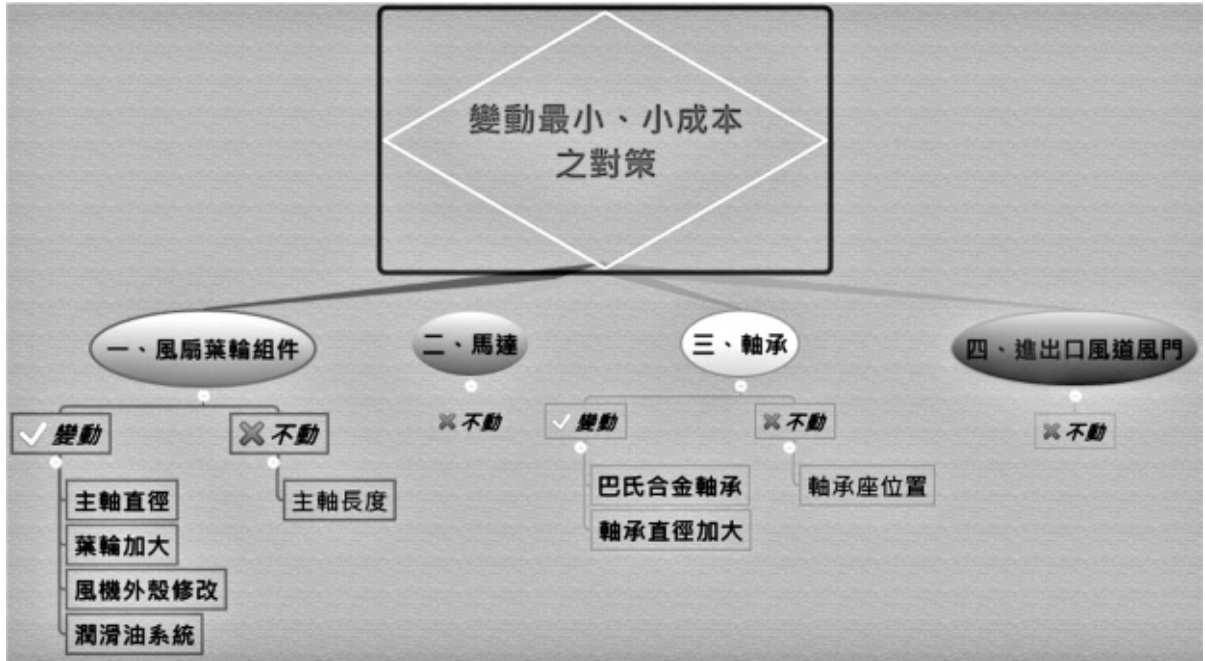
三、一次風扇提高風量的評估：

若要提高風量並解決振動問題，可行性評估以魚骨圖表示如下：



更換較大容量之馬達以提高轉速、提高額定電流上限、馬達基座可能重置；進出口風道風門容量加大及結構強度需要重新設計；風扇葉輪及轉軸直徑更大、更長，會牽涉到風扇外殼修改及軸承座基礎位置是否必須重新修改。另外，同時來解決軸承高振動問題，但此篇在論述風量不足要如何提高風量，故振動問題暫先不詳述。上述分析與我們希望以變動最小、小成本之規劃前提不符且工期與難度提高不少。

依變動最小與較小成本之規劃，請原廠家評估一台一次風扇依目前單進口離心式設計來增加出口風量約 5%，並解決軸承高振動問題。我們採以下對策並論述其評估方法：



(一)風扇葉輪組件

1. 主軸直徑：原自由端軸徑 70mm 及固定端軸徑 120mm，皆加大為 125mm，以增加軸承穩定度。
2. 葉輪加大：原外徑由 1658mm 增加到 1712mm，原內徑由 1154mm 增加至 1192mm，以增加總風量。

依相似定律計算，
$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

Q 表示風量，N 表示轉速，D 表示機械代表尺寸。轉速不變時，葉輪直徑尺寸加大，原直徑為 1658mm，修改後直徑為 1712mm，代入公式可以得風量之變化。 $Q_2=Q_1 \times (1712/1658)^3 = 78.2 \times 1.1 = 86.02 \text{ m}^3/\text{s}$ ，可知依相似定律，風量可提升 10%，雖然這僅是理想值，但可以提供我們往加大葉輪組件的方向前進。我們還需以風扇的特性曲線並搭配其實際的運轉點來知道風量提升情形。

3. 葉輪風道外殼修改：葉輪外徑加大，勢必葉輪外殼要修改，但必須保持適當間隙，以免送風效率下降
4. 軸承及潤滑油系統：潤滑油系統則配合流量加大與進回油管路更新。

(二)馬達

而一次風扇容量提昇，除了機械上設計問題外，馬達特性也必須評估。馬達性能分成馬達額定電流與馬達扭力做評估。

1. 馬達額定電流：依本案例一次風扇實際運轉狀況，如下表。馬達（1600HP）額定電流值為 124.1A，與目前運轉電流約有 10A 餘裕，評估認為不更換原馬達應可達成加大風扇葉輪提升風量之設計。

機組	馬達電流 (A)	風門開度 (%)	出口壓力 (mmWG)
第一台 一次風扇	111	93	1160 (11.37 kPa)
第二台 一次風扇	111	90	1160 (11.37 kPa)

2. 馬達扭力：依原廠家提供馬達特性曲線，在風門全開時，當風扇進口溫度 50℃，馬達扭力值為 6200N·m；當風扇進口溫度 0℃，馬達扭力值為 7255N·m，而依廠內資料統計本案例一次風扇的進口溫度約在 28℃~50℃之間。而馬達額定扭矩為 6422N·m，啟動扭矩為額定扭矩的 2.11 倍，啟動扭矩為 13550N·m，原廠家認為足夠啟動加大葉輪所須之啟動扭矩。而原廠資料中也提到為了避免馬達啟動時過載，在低溫狀態必須在進口風門全關啟動。運轉人員實際啟動操作亦遵循此原則。故若容量增加約 5% 條件下，既有馬達可符合需求，不需更換較大容量之馬達，以減降改善工程複雜性。

(三) 軸承

因軸承必須承受整個葉輪組件的重量，將原有外徑較小的滾珠軸承，更改為淋油式巴氏合金軸承，以增加軸承穩定度。

而不變的是主軸之兩軸承座中心跨距長維持原距離 2850mm，故不需修改軸承座基礎位置，也可減少工程複雜性度。

(四) 進出口風道風門

一次風道進口風道面積為 720×3550 mm，經葉輪增壓後出口風道尺寸 1334×1334 mm，原進口風道無導流翼，易影響氣流導致振動，在評估此容量不足議題前，已有安裝導翼，但效果不彰。因此進出口風道設計對軸承振動影響較小，以更改軸承型式為主要解決振動之對策。在變動小、小成本前提以及有限工期下，提昇一次風容量並考慮現有馬達性能，進出口風道風門更改的對策對我們達成提升一次風容量的目標已非絕對項目。因此，進出口風道風門不修改。

四、一次風扇的施工與量測

(一) 一次風扇的施工

潤滑油系統則配合流量加大與油管路更新，回裝外蓋與保溫後，待機組大修結束後做風車取載，若軸承振動高，以動平衡方式來校正振動至 2.0mm/s 以下。以上簡述一次風扇施工過程。



1. 拆一次風扇保溫外蓋，將舊有一次風扇葉輪組件拆出。



2. 因加大葉輪，作葉輪外殼修改，以符合風扇效率與運轉安全。



3. 軸承座水平與垂直校正後，以原固定螺栓搭配耐高壓快乾水泥來固定軸承基座。



4. 將加大葉輪組件置於風扇外殼內。



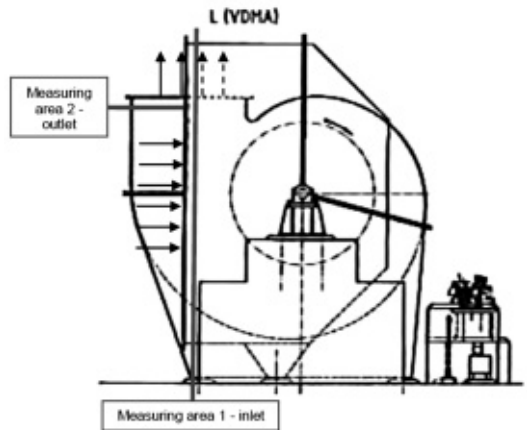
5. 巴氏合金軸承安裝於主軸上。



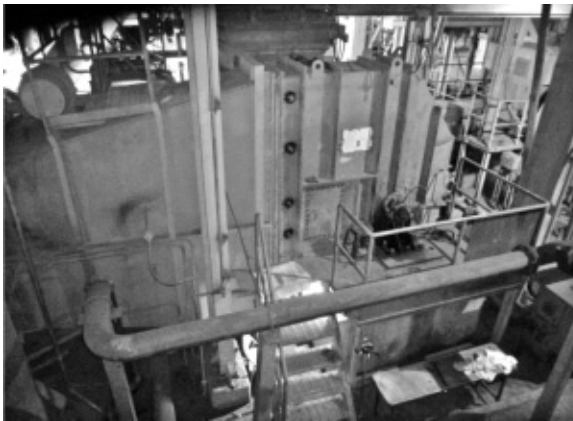
6. 分別將兩端軸承室與主軸軸承作調整間隙後，可手動轉動順暢並無異音。

(二)量測

本案例先於 105 年機組大修時作第一台一次風扇容量改善工程並作量測，取據是依 VDI2044, Acceptance and performance tests on fans, issued November 2002 標準測量。量測流量依 Log-Tchebycheff method，在一次風扇進口風道的垂直側做六個量測點，高度以上方往下記錄距離，每個取樣點以偵測管水平伸進五個不同深度，量測動壓 (dynamic pressure) 共 30 點。如右圖 Measurement area 1-inlet。



下圖左為進口風道量測點，下圖右為出口風道量測點



在改善前與後作量測，得到下表之數據：

本案例 一次風扇		改善前	改善後
轉速	RPM	1800	1800
進口開度	%	98	70
大氣壓力	mbar	1010.5	1015.5
$P_{st,1}$	mbar	21.1	19.73
$P_{d,1}$	mbar	6.83	7.13
$P_{st,2}$	mbar	133.84	125.05
$\Delta P_{st,1-2}$	mbar	112.83	105.53
T_1	°C	40.7	39.5
T_2	°C	52.7	50.7
ρ_1	kg/m ³	1.145	1.154
ρ_2	kg/m ³	1.223	1.227
V_1	m ³ /s	88.275	89.862
$Y_{ad} (Meas.)$	Nm/kg	9964	9325

五、運轉點分析：

一次風扇改善前後之運轉點比較如下，

改善前	改善後								
藍線為依設計值之系統阻力，橘色線為實際量測時之系統阻力，紅色小圈為實際量測之運轉點，進口風門約 98%。	藍線為依設計值之系統阻力，橘色線為實際量測時之系統阻力，紅色小圈為實際量測之運轉點，進口風門約 70%。								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>V [m³/s]</th> <th>Y [Nm/kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>88</td> <td>9964</td> </tr> </tbody> </table>	V [m³/s]	Y [Nm/kg]	88	9964	<table border="1"> <thead> <tr> <th>V [m³/s]</th> <th>Y [Nm/kg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90</td> <td>9325</td> </tr> </tbody> </table>	V [m³/s]	Y [Nm/kg]	90	9325
V [m³/s]	Y [Nm/kg]								
88	9964								
V [m³/s]	Y [Nm/kg]								
90	9325								

而本案例作第一台量測時，機組的兩台一次風扇，第一台為改善後之一次風扇，而為保持機組穩定，先視第一台改善結果，故第二台一次風扇暫未更改。機組商轉後，為求兩台一次風扇出口壓力之匹配，第一台已加大葉輪的一次風扇進口風門開度必須關小使得此台的出口壓力可匹配第二台的一次風扇出口壓力。故第一台的進口風門僅為 70%。

為了與改善前的資料在同一個進口風門開度做比對，第一台的運轉點必須調整至進口風門至 98%，因此我們找出實際系統阻力線與進口風門開度 98% 的交叉點，預期得到當在 98% 時，得到運轉容量約 95 m³/s。

改善前	改善後 (模擬開度 98%)
藍線為依設計值之系統阻力，橘色線為實際量測時之系統阻力，紅色小圈為實際量測之運轉點，進口風門約 98%。	橘色線為實際量測時之系統阻力，依橘色線往上找與進口風門約 98% 之交叉點為運轉點，往下對應容量，約 95 m³/s。

改善後運轉容量 92~93 m³/s，與改善前運轉容量約 88m³/s，得到約 4.5~5.6%的容量提升，兩台容量增加約 8~10 m³/s。且觀察馬達電流、風門開度仍留有餘裕，容量還有向上的空間，但仍須依煤質與實際風量需求來操作。而軸承振動數據，第二台改善前與後的振動如下：

一次風扇（107.02 完成改善）	固定端（mm/s）	自由端（mm/s）
改善前（滾珠軸承）	3.29	1.82
改善後（巴氏合金軸承）	1.56	0.71

兩台一次風扇運轉至今，軸承穩定無高振動，也解決長久困擾的振動問題。

六、結論

本案例一次風扇風量設計餘裕不足，若遇夏季氣溫高或有滿載需求但選用低熱值煤時，常發生一次風扇進口風門全開勉強運轉的情形，本案例以變動最小、較小成本之規劃，增加一次風量使用之餘裕，以符合夏季與環保議題的需求，因此先以魚骨圖作可行性評估，風扇葉輪組件、馬達、軸承及進出口風道風門等項目與相關部門進行討論，最終訂定變動最小、較小成本之對策。變動的是葉輪主軸直徑、葉輪風道外殼、軸承型式及潤滑油系統，不變的是馬達、軸承座位置、主軸長度及進出口風道風門，以減少施工複雜度並在機組原訂定之工期內完成。一次風扇改善後，量測取據並比對改善前後之風量，報告中顯示一次風扇容量已有提升。本案例第一台一次風扇已於 105 年 2 月改善完成，而第二台也於 107 年 2 月改善完成。

在機組運轉期間（107 年 3 月至 108 年 3 月），將滿載及煤量大於每小時 205 噸的一次風扇相關數據取出，顯示風門開度與馬達電流仍有餘裕，而一次風扇之軸承振動也比相對穩定許多。此改善案已有提升一次風扇容量與可靠度之成果。

七、參考文獻

- [1] 台中發電廠中十機鍋爐輔機第五次大修報告
- [2] 台中發電廠中十機鍋爐輔機第六次大修報告
- [3] 「107 年度中十機 PA-Fan、ID-Fan、FD-Fan 大修後振動測試報告」台電電力修護處中部分處，2018。
- [4] 「中一~中十號機設備規範比較」台中發電廠，2005。
- [5] Aerodynamic measurements report, Taichung Power Plant (ROC) Unit10 Primary Air Fan 10.2, 2016

安全閥排放管的設置要求探討

薛紅偉／西安特種設備檢驗檢測院

摘要：本文對安全閥排放管常見的流通截面積變小、隨意變更排放管材料、排放管焊縫強度不足、安裝超差、無固定支架等設置不合理現象進行了分析和討論，並對排放管不合理設置危險點處的應力給出了標準中的理論計算公式和一起事故的應力計算結果。提出了安全閥排放管在設計、安裝、檢驗時應注意的內容和要求，並進一步建議相關安全技術規範和標準在修訂時增加相應內容。

鍋爐、壓力容器和壓力管道等承壓類特種設備的安全閥是一種對人身安全和設備運行重要超壓保護作用的自動泄放閥。它是承壓類特種設備的最後一道安全保障，具有至關重要的作用和地位。

安全閥排放管是安全閥啓跳後用於排放和導引泄放介質流向安全地點的通道，是安全閥裝置中一個關鍵的結構，由於其處於安全閥末端位置，不承壓，往往被大家所忽視。認為反正是一個敞口的，內部不承壓、沒必要有太高要求，只要把泄放介質排到安全地點就可以了；相關的安全技術規範，如 TSG G0001-2012《鍋爐安全技術監察規程》、TSG 21-2016《固定式壓力容器安全技術監察規程》、TSG D0001-2009《壓力管道安全技術監察規程－工業管道》以及 TSGZF001-2006《安全閥安全技術監察規程》等對安全閥的排放管要求不一，有的甚至沒有規定。即使有規定的也比較原則，如 TSG G0001-2012《鍋爐安全技術監察規程》規定“蒸汽鍋爐安全閥的排汽管應當直通安全地點，並且有足夠的流通截面積”等。

但由於安全閥排放管的材料、結構、質量、安裝偏差、固定方式等原因引起的事務屢見報道，有幾起事故安全閥的排放管問題甚至是事故的主要原因。這引起業界對排放管的注意和關注，有必要對其進行探討和要求。

一、排放管設置不合理現象及分析

(一) 排放管規格小於安全閥的出口直徑。

針對這個要求相關特種設備的安全技術規範的規定種類也較多，易引起大家的多重理解，也是爭議較大的地方，有與安全閥進口相比較的，也有與安全閥出口直徑相比較的。但從安全角度出發，應當規定“排放管的內徑不小於安全閥的出口內徑”。

安全閥出口尺寸規格因安全閥的種類和排放的介質而異，針對一般排放液態介質的微啓式安全閥，安全閥出口與進口等徑；而對排放壓縮比比較大的氣態介質的

全啓式安全閥，在安全閥啓跳時，氣體的體積會增大到幾倍至幾百倍，出口一般要比進口大一個規格等級。因此，在設置時，不按安全閥的出口接管規格，認為只要排放管規格不小於安全閥與承壓設備相連接的進口連接尺寸，將排放管的流通面積隨意縮小的做法是錯誤的，如圖 1、圖 2 所示。

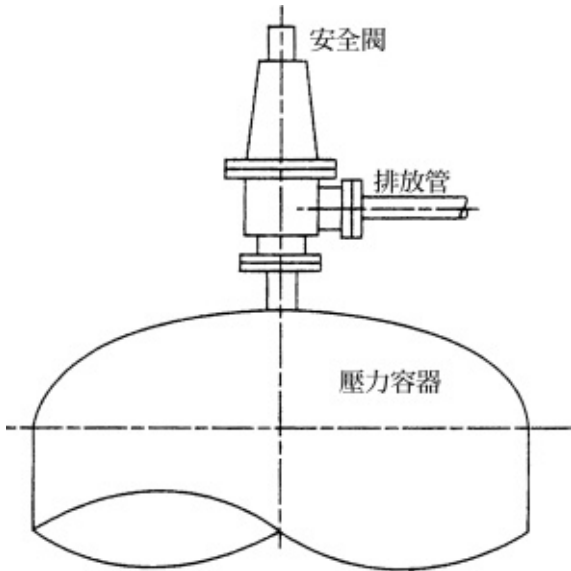


圖 1 排放管在安全閥出口處變徑

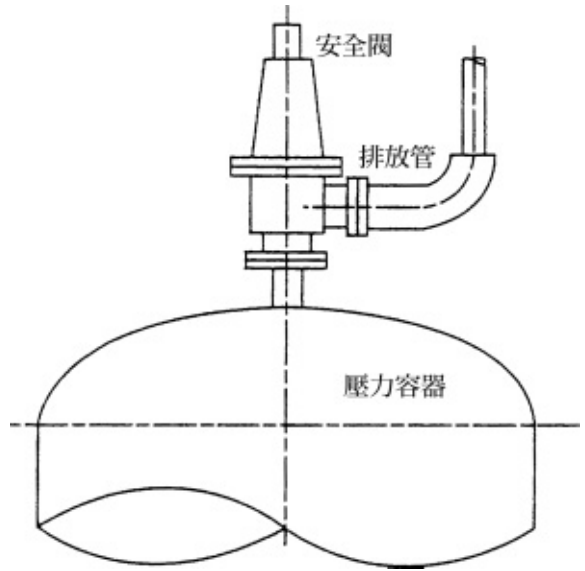


圖 2 排放管在垂直段變徑

TSG ZF001-2006《安全閥安全技術監察規程》對安全閥的排放管要求為“安全閥的出口管道直徑不小於安全閥的出口直徑”。直徑（一般指外徑）雖然相同，但會因管道壁厚的差異而造成實際的排放管道的截面積小於安全閥出口截面積。因此，規定“排放管的內徑不小於安全閥的出口內徑”是合理的，且不易引起誤解或多重理解。

(二) 排放管的焊縫質量無要求。

根據多起事故安全閥排放管的破壞結果統計，排放管的失效大多是從排放管道的對接環焊縫處或焊縫中的未焊透處、氣孔夾渣處開裂的。

安全閥開啓時，排放介質會在安全閥連接處、出口處及排放管內等處產生很大的反作用力，在排放管的彎頭、變徑等處產生剪應力及彎曲應力，在管道的薄弱處如焊縫處產生開裂甚至斷裂破壞，如圖 3 中的 A、B 部位。根據 HG/T 20570.2-1995《工藝系統工程設計技術規定－安全閥的設置和選用》標準，安全閥在開啓時介質產生的反作用力按式(1)進行計算：

$$F_R = 1.02 \times 10^{-6} \times W \times \sqrt{\frac{kT}{(k+1)M}} + 10 \times A_0 \times P_2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F_R — 安全閥的排放反作用力， N ；

W — 安全閥排放量， kg/h ；

k — 氣體的絕熱系數；

T — 排放氣體的溫度， K ；

M — 排放氣體的分子量；

A_0 — 安全閥排放管截面積， mm^2 ；

P_2 — 排放管出口靜壓力， MPa 。

根據該標準和式(1)對 1992 年 06 月發生的一起因排放管引起的事故安全閥參數（安全閥喉徑 15mm，整定壓力 16MPa）進行計算，在圖 3 中 A 處焊縫部位的應力達 444MPa，這個應力一般碳素鋼管或劣質鋼管是無法滿足的。

因此，應要求排放管焊縫的質量無影響強度的缺陷，接頭力學性能不低於兩側相連接母材的性能。

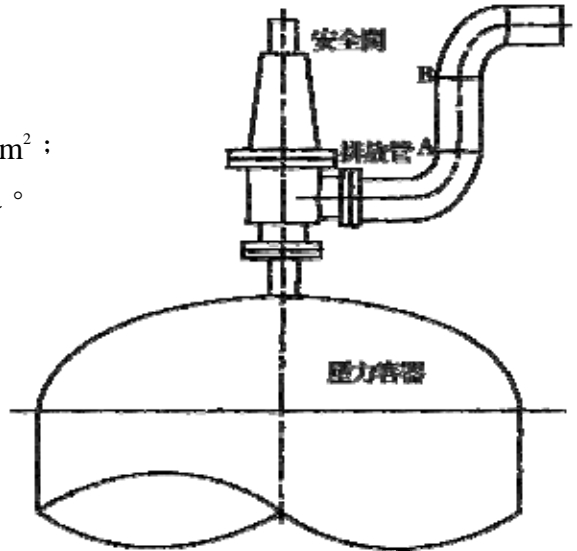


圖 3 膨脹槽生鏽外現

(三) 排放管使用非標準材料。

排放管在安全閥開啓後要承受較大的反作用力，如果強度不足，必然會引起排放管變形甚至斷裂。在排放管設計時，一定要按設計標準對其進行強度校核；在安裝時，一定要按設計要求選用符合管材標準的材料和規格，切不可為節省成本用非標準材料或低強度材料替代。

(四) 排放管與安全閥出口法蘭不同軸。

因安裝誤差、材料規格、材料尺寸偏差等原因導致的排放管與安全閥出口法蘭（或繼接口）不同軸，或同軸度偏差較大，在介質排放時的反作用力作用下，同樣會在安全閥連接處、安全閥出口處及排放管上出現彎曲應力引發事故。

(五) 疏水閥關閉或疏水管堵塞。

TSG G0001-2012《鍋爐安全技術監察規程》第 6.1.13 條規定，“安全閥排汽管底部應當裝有接到安全地點的疏水管，在疏水管上不應當裝設閥門。”

對有冷凝水（液）產生的場合，在排放管上應當安裝有疏水管，疏水管上不應裝設閥門。但實際情況是好多疏水管上都裝設了疏水閥，這樣疏水閥誤關閉和疏水管堵塞等會造成冷凝水（液）對安全閥、排放管等的腐蝕，引起安全閥的失效和排放管的腐蝕破壞，也導致了多起事故的發生。

(六) 排放管不固定。

安全閥排放管無支架、管卡或吊架固定，這也是在特種設備檢驗時經常發現的一種普遍現象。

排放管不固定，一方面會在安全閥啓跳時介質高速度流出引起排放管的顫動或擺動；另一方面會由於泄放介質引起的反力作用到安全閥、管口及排放管上，導致事故發生。如圖 4 所示。

如果在安全閥裝置設計和安裝過程中，設置如圖 5 所示的管架和固定裝置，泄放介質的反力作用到管架上，從而改善了安全閥裝置的受力狀況，避免在關鍵部位承受較大的力和力矩，防止事故的發生。

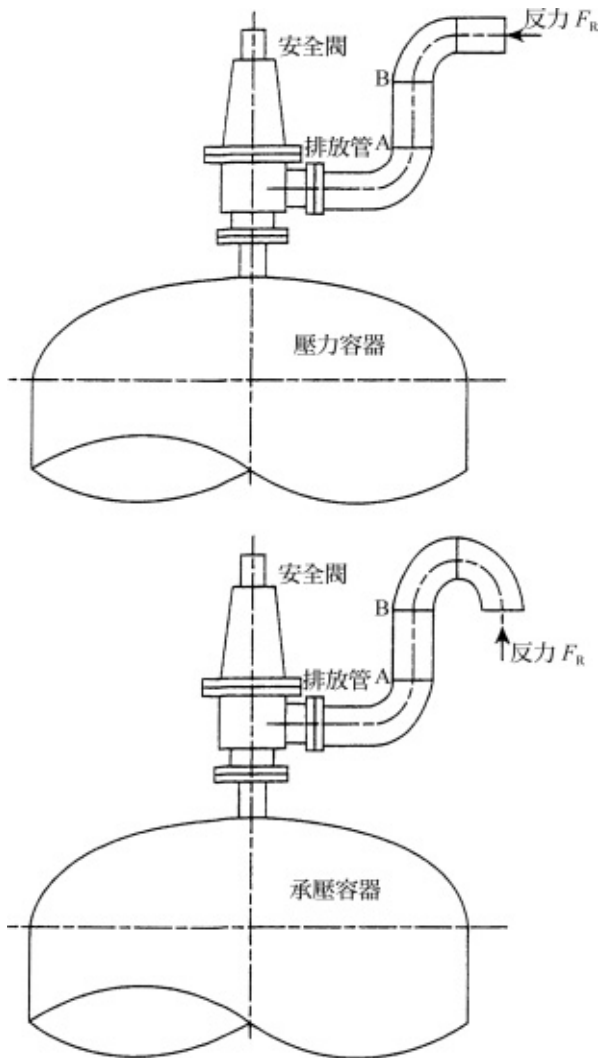


圖 4 兩種設置不合理安全閥排放管示意圖

(七) 排放管結構要盡量避免曲折和急轉彎。

排放管結構複雜、曲折多、有急轉彎等現象時，會引起介質泄放時阻力的增加。一方面形成較大的背壓力，影響安全閥的正常啓跳；另一方面，同樣會形成反力作用在各連接部位。

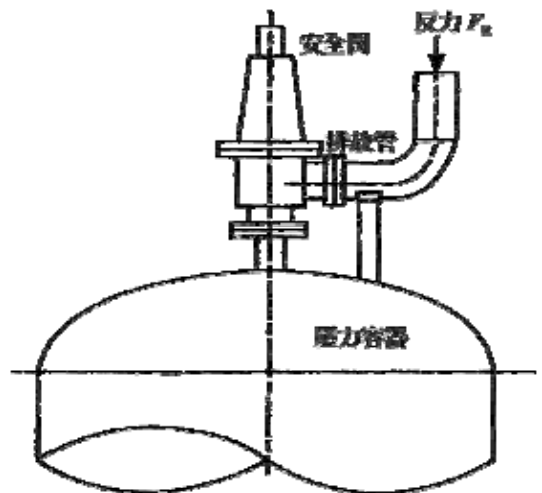


圖 5 安全閥排放管支架固定示意圖

二、結束語

安全閥是承壓類特種設備安全的最後一道防線，看似簡單，但關係到特種設備的安全運行，一定要保證安全閥裝置的正確設置。排放管處於安全閥裝置的末端，加之相關的安全技術規範和產品標準對排放管的規定很少，或沒有或語焉不詳，因此易被大家忽視。但因安全閥開啓時，介質泄放引起的反作用力對排放管的材料性能、結構、焊縫質量、安裝偏差等提出了較高的要求。在承壓設備安全閥裝置設計、安裝、檢驗時，注意以下幾方面內容：

1. 排放管的內徑不應小於安全閥的出口內徑；
2. 排放管的焊接和焊縫質量應按相連接的特種設備作相同要求；
3. 排放管的材料滿足強度要求，禁止使用非標準材料代替；
4. 排放管安裝時，要保證其與安全閥出口同軸度；
5. 排放管上安裝的疏水管保證暢通，一般不應安裝疏水閥；
6. 排放管要用相應的管架、管卡等進行固定；
7. 排放管應盡可能短，結構上要盡量避免曲折和急轉彎。

建議在特種設備安全技術規範和相關標準中增加相應的內容，以引起大家足夠的重視，以保證特種設備的安全運行。（本文摘錄自“中國特種設備安全”2018年1月）

別讓您的權利睡著了！
新購鍋爐時，別忘了
委託本會測試

本會技術服務項目

- 外銷鍋爐、壓力容器、熔接、構造檢查。
- 小型鍋爐、小型壓力容器構造檢查及定期自動檢查。
- 第二種壓力容器構造檢查及定期自動檢查。
- 鍋爐燃燒效率檢測。
- 中國特種設備－鍋爐、壓力容器等相關法規、標準諮詢。
- 既有危險性機械（固定式起重機）申請檢查輔導。
- 既有危險性設備（鍋爐、壓力容器）申請檢查輔導。

鍋爐燃燒效率 聯絡人：林佳慶 0937-750800

