

特種設備安全

SAFETY OF SPECIAL EQUIPMENT

1991-5 創刊 2024-6 出刊

雙月刊 第90期

發行所 台灣省鍋爐協會
發行人 陳清松
總編輯 賴桂堂
發行地址 台中市 40452 北區崇德路
一段 631 號 10F-2
電話 (04) 2235-1628
傳真 (04) 2238-0960
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

三浦鍋爐股份有限公司
大震企業股份有限公司
威鼎企業有限公司
岱洋股份有限公司
大華高科技股份有限公司
台灣紳藝實業有限公司
天鴻興業股份有限公司
興志五金企業有限公司
申昌機械股份有限公司
原鈺峰工業有限公司
吾豐機電廠股份有限公司
綠水精密科技股份有限公司
泓大企業有限公司
增大股份有限公司
宏榮鋼瓶股份有限公司
東立鐵工廠有限公司
辰鼎企業有限公司
利峰機械有限公司
東庚實業股份有限公司
鴻羽有限公司
正熊機械股份有限公司
志豪工業有限公司
潔康企業有限公司
霖興機械工業股份有限公司

目錄

CONTENTS

會務訊息

- ★高空工作車操作人員
特殊安全衛生教育訓練班 32

技術報導

- ★漫談「氫能及其利用」 2
- ★藉由可拆式保溫罩有效利用蒸氣 13
- ★剩餘蒸汽再利用的熱壓縮機 20
- ★「CNS2139 (2019) 陸用鋼製鍋爐-構造」
標準現況建議 26

訓練訊息

- ★本會舉辦各項訓練日程表
台中職業訓練中心 30
彰化職業訓練中心 31
南投職業訓練中心 31

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

漫談「氫能及其利用」

陳建志

一、前言

由於氣候變遷，導致人類及生物生存的危機，因此，引起世界各國對環境的重視，至今已有 193 個國家共同簽署 2050 年的碳中和合約宣言，以達成淨零排放的目標，為了達成目標及減少二氧化碳的排放，世界各國無不積極轉向新能源。

所謂新能源是指傳統之外的各種能源形式。它的各種形式都是直接或間接地來自於太陽或地球內部所產生的熱能：包括太陽能、風能、生物質能、地熱能、水能和海洋能，以即可由再生能源衍生出來的生物燃料和氫所產生的能量，簡單地說，新能源包括各種可再生能源和核能。相對於傳統能源，新能源普遍具有污染少儲量大的特點，對於解決當今世界嚴重污染環境問題和能源枯竭問題（尤其是石油類的化石燃料）具有重要的意義。

這其中各種新能源的取得各有難易，也多少對環境污染造成影響，撇開取得難易，對環境影響最少的是氫能；由於氫與氧混合燃燒變成水，幾乎完全沒有二氧化碳產生，因此，未來在零碳或低碳的能源願景中將扮演重要角色，各國無不卯足全力發展氫能期求早日達到碳中和的目標。

二、氫氣簡介

氫氣是一種重要的工業氣體。無色、無味、無臭、易燃。常壓下沸點 -252.8°C ，臨界壓力 1.32Mpa (12.94 kg/cm^2)，臨界密度 30.1g/l (0.0301 kg/m^3)，在空氣中體積含量為 $4\%\sim 75\%$ 時，即形成爆炸的混合氣體。氫在各種液體中溶解甚微，難溶於液化。

液態氫是無色透明液體，有超導性質，氫也是最輕的物質與氧、碳、氮結合成水，碳氫化合物，氨等物質。

氫為最輕元素，以三種同位素的形態存在於大自然中。

在自然界眾多元素中，只有氫 (hydrogen) 的同位素有不同的名稱：

氕 (piē, 氕) (1H , P, 即氕 protium)，質量數 1.0078，佔比 99.985%。

其原子核由一個質子和一個電子所構成。

氘 (dǎo, 氘) (2H , D, 重氫 deuterium)，質量數 2.0141，佔比 0.015%，其原子核由一個質子和一個中子所構成。

氚 (chuan, 氚) (3H , T, 超重氫)，質量數 3.0161，在自然界中存在量極微僅 0.004%。其原子核由一個質子和二個中子所構成。

三、氫氣的分佈

氫在地球上和地球大氣中雖存在極少的游離狀態氫，然在地殼裡，如果按重量計算，氫只佔總重量的 1%；而如果按原子百分數計算，則佔 17%，氫在自然界中分佈很廣，水是氫的「倉庫」，若以重量百分比計算，水中含 11%，泥土中約有 1.5%，石油、天然氣、動植物也含氫。在空氣中，氫氣含量不多，約佔總體積的兩百萬分之一（ $1/2,000,000$ ），然在整個宇宙中，按原子百分數來說，氫卻是最多的元素，約佔所有物質質量的 75%；據研究，在太陽的大氣中，按原子百分數計算，氫卻佔 93%，而在宇宙空間中，氫原子的數目比其他所有元素原子的總合約大 100 倍。由於分佈量多才適合發展為新能源。

四、氫的物理性質

氫氣是無色並且密度比空氣小的氣體。在各種氣體中其密度最小，標準狀況下，1 公升氫氣的質量是 0.0899 克，而空氣是 1.293 克，是空氣 14.4 分之一（ $1/14.4$ ），所以較空氣輕很多。

另外，在 101Kpa 壓力下（ 1 kg/cm^2 ），沸點溫度 -252.87°C ，氫氣可轉變成無色液體；融點 -259.1°C 時，變成雪狀固體。

常溫下，氫氣的性質很穩定，不容易與其他物質產生化學反應，除非在點燃加熱，使用催化劑的情況下。

總結為：

分子式： H_2

沸點： -252.87°C （20.38K）

密度： 0.09 kg/m^3

（空氣是 1.293 kg/m^3 ，為空氣的 $1/14.4$ ）

相對分子質量：2.016

原子量：1.008

引燃溫度（閃火點）： 400°C

自然發火溫度： 580°C

希臘語 hydro（水）+genesis（造成），意即產生水的物質。

中文原稱「氫氣」為「輕氣」，「氫」是形聲字新造而成。

日語及韓語循希臘語原意，稱為「水素」。

五、氫的來源：製造技術大略如下

（一）蒸氣改質法（Steam Reforming）

利用高溫水蒸氣把氫自甲烷中分離出來，這是目前使用最廣泛且成本最低成本的製造方法，但此法所獲得的氫純度較低，故多用於製造肥料或化學製品上。

（二）水電解法（Water Electrolysis）

利用氯鹼工業電解食鹽溶液製成氯氣或燒鹼工業都能得到其副產品——氫氣。因是副產品，不計較高耗電量，用水電解可同時獲得高純度的氫與氧，此法也可使

用於風能、太陽能或水力發電等再生能源上，缺點是耗電量大成本較高，故僅能利用於離峰電力的時間製造。

(三)光電解法 (Photo Electrolysis)

由於半導體技術發達，運用結合光電池與電解極為一單元的方式，以直接利用太陽能來製造氫與氧。

(四)熱化學法 (Thermo-Chemical)

利用較高溫的汽化或較低溫的熱分解 (Pyrolysis)，亦可從植物或其他動物的排泄物中分離出氫氣。

(五)光生物法 (Photobiological Method)

有些細菌或綠藻可以藉由光合作用來製造氫，但其缺點是效率太低，因此目前的研究方向著重於如何提高效率，同時也要一併克服厭氧的問題。

(六)煉製煤氣

石油煉製廠生產過程中產生的各種含氫氣體，如再經催化、裂化、催化、重整、石油焦化等過程產生的含氫氣體，以及煉焦爐煤氣（含氫 45~60%）經過深冷分離，即可得純度較高的工業用氫氣。

六、氫氣的純化

隨著半導體工業、精細化工和光電纖維工業的發展，產生了對高純氫的需求。例如：半導體生產過程需要使用 99.999%以上的高純氫。但是目前工業上各種製氫方法所得到的氫氣純度不高。為滿足工業上對各種高純度的需求，必須對氫做進一步的純化，氫氣的純化方法大致可分為物理法和化學法兩種，共有六種方法：

方法	基本原理	適用原料氣	製得純度 %	適用規格
高壓催化法	氫與氧發生催化反應而去除氧	含氧的氫氣主要是電解法製得的氫	99.999	小
金屬氫化物分離法	先使氫與金屬形成金屬氫化物，再加熱或減壓使其分解	氫含量較低的氣體	> 99.9999	中小
高壓吸附法	吸附劑選擇吸附雜質	任何含氫氣體	99.999	大
低溫分離法	低溫不使氣體冷凝	任何含氫氣體	90 ~ 98	大
鈀合金薄膜擴散法	鈀合金薄膜對氫有滲透性，而其他氣體不能透過	含氫量較低的氣體	> 99.9999	中小
聚合物薄膜擴散法	氣體通過薄膜的擴散速率不同	煉油廠廢氣	92 ~ 98	小

七、氫的貯存和運送

高壓儲氫鋼瓶、液化儲槽、微管碳纖維儲氫、金屬儲氫罐、中空微玻璃球貯存法等方式來進行氫氣的儲存。

至於貯運有四種方式可供選擇：氣態貯運、液態貯運、金屬氫化物貯運和微球貯運。但實際運用只有前三種；微球貯運尚在研究測試情況。

八、氫氣的危險性及安全性

氫氣是一種無色、無臭、無毒、易燃、易爆的氣體，和氟、氯、氧、一氧化碳以及空氣混合均有爆炸的危險；其中，氫與氟的混合物在低溫 and 黑暗環境就能發生自發性爆炸；與氯的混合比為 1：1 時在光照下也可爆炸。氫由於無色無味，燃燒時火焰是透明的，因此，其存在不易被感官發現，在許多情況下就要加入乙硫醇臭劑，以便感官察覺，並可同時付以火焰顏色。

氫雖為無毒，在生理上對人體是惰性的，在空氣中氫含量增高，將引起缺氧性窒息。與所有低溫液體一樣，直接接觸液氫將引起凍傷；液氫外溢並突然大面積蒸發將會造成環境缺氧，並有可能和空氣混合，在爆炸範圍內形成混合物引發燃燒爆炸事故。

氫因為是輕的元素，在室外若外洩，很快的將會往上擴散被大量的空氣所稀釋，因此，不會累積濃度；相較液化石油氣（L.P.G.）外洩時，因為比空氣重會很快地在地面累積濃度造成窒息性中毒或爆炸的危險。

氫氣會爆炸是在製造、儲存、運輸及運用的基本安全考量下，要考量其閃火點，燃燒即爆炸潛力，以及相關的爆炸壓力與爆炸能力，其意外爆炸是因其濃度在爆炸的上下限範圍內（在空氣中、氫混有 4~75%，液化石油氣 2~18%）且遇閃火點之火苗所引起，通常發生於管線或儲槽容器因脆化、撞擊、壓力過高、缺乏適當的散播等所造成的大量外洩。

氫的爆炸範圍雖較液化石油氣更廣，但洩漏時因在室外會往上擴散被空氣稀釋，不易發生爆炸，但在室內若通風不佳的情況下則易累積，故要慎重考量或裝洩漏監視及警報器。

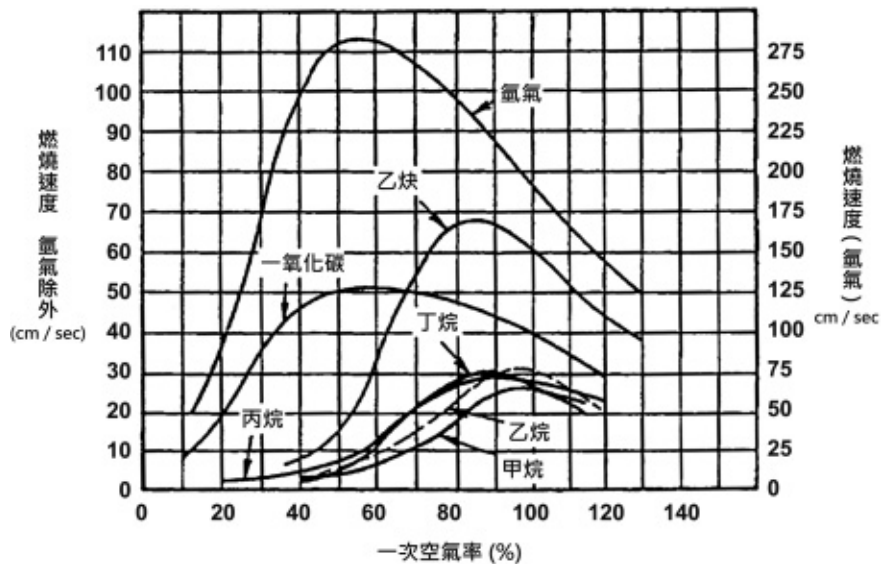
二倍的氫與一倍體積的氧燃燒時產生兩倍的水蒸氣（ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ），因此，氫氣爆炸時火焰往內縮並往上並且產生比熱很高的水，帶走熱量避免延燒，故殺傷力不大。

液化石油氣外洩，因其比重比空氣重，很快在地面累積濃度造成窒息。其爆炸時，火焰往外擴張並向下延燒，而且延燒範圍很廣，又因爆炸燃燒時有部分無完全燃燒產生一氧化碳（ $\text{C}_3\text{H}_8 + 4\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{CO}$ ），易引起周圍人員中毒，故其產生殺傷力較氫有過之而無不及。

由於氫產量少，人們較少接觸，更少用於燃燒，故對氫之利用諱莫加深，而氫之燃燒速度在不同環境下較甲烷氣快在 10~30 倍（如下圖所示），因此，其爆炸聲響很

大，加深人們的畏懼，其實氫的安全性較液化石油氣更高。

容器的氫脆化：又由於氫很活潑，在高溫又高壓下其分子易滲入碳鋼材料的晶粒間與炭分子反應而產生甲烷氣（ $C+2H_2 \rightarrow CH_4$ ），存在其晶粒間不易擴散於缺陷處形成金屬之應變而脆化，甚至產生裂痕故管線或容器要常定期檢查。為防止此情形鋼板提煉時要加入 Cr、Mn、W、V、Ti、Nb 等金屬元素。



所謂一次空氣率是指相對於燃燒所需的理論空氣量%
各種可燃性氣體之燃燒速度比較表

九、氫能的用途

氫氣的最初用途是製氫氣球、氫氣飛艇。目前，全世界生產的氫氣有 2/3 用於製造合成氨，其次，用於石油煉製和石油化工的各種製程，如加氫裂化、加氫催化、加氫精製、加氫脫硫、苯加氫製造環己烷，苯加氫製造十氫萘等。

許多化學品的生產都要消耗氫，例如氫氣與氯氣合成氯化氫（其水溶液為鹽酸），氫與某些有機物作用生成醇、醛、醋酸、胺等。

氫有很強的還原性，在一般情況下氫極易與氧結合。這種特性使其成為天然的還原劑，使用於防止出現氧化的生產中。例如在熱處理和金屬氫化物生產中可以利用氫氣提供還原氣氛。在冶金中也能將錫和鉬的氧化物還原成金屬錫和鉬。

氫與氧燃燒時產生 2600℃ 的高溫，用於熔融和切割金屬，是金屬工業不可或缺的原料。

在原子物理研究中，液氫的氣泡室可供拍攝核微粒軌跡和鑑定微粒物質之用，氫的同位素由於熱核反應故可製造氫彈等，所以，氫是主要的工業原料，也是最重要的工業氣體和特種氣體。

氫的淬取雖必須先由一種初級能源如太陽能、風能、煤炭或其他物質製取，但無污染故是一種理想的二次能源。在玻璃製造的高溫加工過程，及電子微晶元的製造中，在氮氣保護氣氛中加入氫以去除殘餘的氧。

在石化工業中，需加氫通過去硫和氫化裂解來提煉原油。

氫的另一重要用途是對人造黃油、食用油、洗髮精、潤化劑、家庭清潔劑及其他產品中的脂肪氫化。此外：氫氣亦運用於動植物油脂：如製造人造奶油、脆化奶油、潤滑油脂等的硬化。

氫與氧燃燒放出熱量，唯一生成物是水，所以氫是最理想的無污染燃料。可以利用氫燃料電池產生電力。是未來汽車做為燃料電池的動力源。如果氫燃料的取得變成容易且廉價是替代化石或電動車的最佳能源。

所以，在石油提煉、電子工業、冶金工業、食品加工、浮張玻璃、精細有機合成、化工生產、航空航天、汽車交通等方面都能有著廣泛應用。

十、氫的顏色分類

氫氣本身雖為無色氣體，但取得的來源不同，為分別其來源故常以顏色標稱來區分。分為「綠氫」、「藍氫」、「灰氫」、「褐氫」等四種。

1. 綠氫：利用再生能源或核能進行電解水製得的氫氣，排碳最低，例如：核電、太陽能、風電、水力或地熱發電等。
2. 藍氫：將汽化或蒸氣重組過程中之碳排放，經由碳捕集及封存避免排放到大氣，利用這種方式產生的氫氣。
3. 灰氫：以化石燃料如天然氣免重組產生的氫氣，其排放副產物含有二氧化碳。
4. 褐氫：透過煤炭經氣化等方法獲得的氫氣。

以上，不論以何種方式產生的氫氣或如何運用，簡單的說，雖氫氣本身不含碳，但非初級能源，要獲得氫氣的原料或轉換製程仍會衍生碳排放，其來源將影響減碳效益。

十一、目前氫的運用與未來展現

1998 年開始由加拿大的 Ballard 公司所設計 PEMFE 燃料電池車，使用純氫為燃料，至 2000 年已進行 5000 小時，行駛三萬英哩，並無任何安全上的問題。

在各汽車大廠積極發展油電混合車之際，唯獨日本豐田汽車多年前就致力研究開發氫電汽車，2023 年全台電動車產業最大盛事「台灣國際智慧移動展」於 4 月 12~15 日盛大開展，各大汽車業者推出最新型的各式電動車輛；而其中，又以未來感十足由豐田製造的和泰氫能電動車「未來」（MIRAI）最為吸睛，不只搭載 3 個儲氫瓶和燃料電池，還透過氫與氧的化學反應，產生電能與水，被外界喻為終極環保車。

此次展出的（MIRAI）有長達 750 公里的續航里程，能源補充速度與現行的燃油車相同，可於 3~5 分鐘內加滿氫氣，無須長時間等待，而且氫能電動車具有行駛過程領零

碳排的優點外，也不會產生因純電車大電池生產及報廢回收造成的碳排放及其他汙染。

但在氫能車運行之前，還須許多相關配套措施，如加氫站的建置。因此豐田汽車與聯華林德公司合作，預計於 2023 年底在台南樹谷園區建置加氫站外，中油也在年底建置第一座加氫站，是結合碳捕捉及封存（Carbon Capture, Utiligation and Storage, 簡稱 CCUS）技術開發氫氣來源。供應低碳排放之「藍氫」燃料，建立氫能供應及市場。

另外，利用 CCUS 技術回收二氧化碳，做成電子級二氧化碳氣體，供工業使用的還有「液空集團」，在 2021 年該集團就已在台南設立第一座超純綠能製氫設備。

德國最早發展氫能，在二十世紀初第一次世界大戰即發展氫艇當空中攻擊武器，戰後又發展為交通工具，多次橫越英吉利海峽及歐洲大陸諸國；然在 1937 年 5 月的「興登堡號」飛船爆炸空難事件，是由德國法蘭克福飛往美國紐澤西州於著陸時爆炸；其爆炸原因眾說紛紜，但較可靠的說法：是該氫艇要著陸時，所拋下的固定鋼繩斷裂導致氫氣外洩且巧遇雷擊，被閃電擊中致氫氣槽瞬間爆燃，但無論如何也使氫能的利用由是終止。興登堡號體積龐大是現今空中巨無霸 747 的 3.5 倍長及 6.5 倍高，其內部所填的氫氣量可填滿 80 座奧運游泳池。



▲ 興登堡號飛船全長 240 公尺、高 41 公尺、重 220 頓，只比鐵達尼號短 24 公尺，是當時世界上最大的飛行器。（圖 / 取自《維基百科》）

由於俄烏戰爭導致天然氣價格飆漲，在營運需求下，德國於 2022 年 8 月全球第一輛氫能火車上路，除氫能火車外，還有氫能巴士、氫能卡車與公車，也有使用氫氣供暖，氫能熱水器等也相繼出現在家庭中。

德國是歐洲氫能發展的領導者，也是全球氫能最大消費國之一，早在 1999 年便設立歐洲首座商用氫能卡車及汽車加氫站。截至 2021 年底，歐洲的 228 個加氫站中就有 101 個位於德國。且在 2020 年推動「國家氫能戰略」。目的在 2030 年建立 500 萬千瓦的「綠氫」產能，因此德國積極與非洲國家或中東太陽能豐富地區利用太陽能來製造「綠氫」，並且加速生產、儲存、物流基礎設施，及終端使用等。此外也積極尋求生質能製造「藍氫」，再透過 CCUS 技術減少對環境的影響。

日本於 2017 年率先提出全球第一個「氫能基本戰略」的國家，早期仰賴以化石燃料為主的「灰氫」，不斷做修正朝向「綠氫」方向起步；為了實現減碳，日本大型鋼廠製造商，以揭示至 2030 年為止的技術研發具體進程，將進行氫能製鐵以及電爐製造高級鋼板與碳循環高爐的驗證。

由於氫在零碳或低碳之能源願景中，將扮演重要角色，各國都積極發展，台灣也制定「2050 年淨零排放路徑圖」與「關鍵戰略」中，已將氫能視為獨立的戰略，設定執行目標，從中看出政府逐漸將氫能視為一項重要的選項，要將氫能作為落實「淨零」

的關鍵並都要到位。

在政府規劃再生能源發電佔比，到 2050 年預定達台灣電力需求的 60~70%；然依據目前政府的再生能源目標，只有在夏季日照充足或冬季風力發電很高時，才能把多餘的發電量用來電解產氫作為調節。加上要達成非核家園，核一、二、三都陸續關閉，核四又不啓用，要達成淨零排放，台灣未來若要以氫能做低碳電力的來源，在尚未能自主生產足夠的綠氫或藍氫時，只能自海外購入，成本較高的「綠氫」。所以，未來電價只會在高價徘徊。（日本海嘯後也懼怕核災的威脅，關閉核電廠，只用天然氣，結果未能減碳，電價也高漲，後再陸續啓用核電廠，電價也隨之下降）。

台灣的再生能源發電量佔比也不高，要得到充足乾淨的「氫能」尚有難度。雖然將電力轉為氫能儲存與應用是成熟的技術，但由於目前用來製造氫能的電力來源不同，只有以再生能源製造的「綠氫」，以及火力發電搭配碳捕捉的「藍氫」，才有助減少二氧化碳的排放。

未來「氫」經濟發展，正如為大家廣泛所憧憬，以氫為燃料，結合自然界空氣中的氧氣經燃料電池反應產生電力及水外，沒有其他排放物。可達到零污染排放，但所期望的氫經濟條件之一是要有多餘再生能源產生電力及產生電力的成本大幅下降，可以被廣泛接受使用之時，主要原因是氫不像石油、煤、初級能源等自然存在可直接使用，而是必須被包裝在一個小空間內來加以消費。也不像太陽能或風能電力，可在任何需要的地方與時間可以直接使用，如汽車與卡車可以利用燃料電池裝置，將再生能源電力分離出來的氫氣，作為燃料來產出電力帶動引擎。這種可以分離出氫氣並加以儲存使用，將成為一個可信賴且可靠的電力系統堡壘，成熟的技術也將成為一個用開關啓用的電力能源。

未來氫經濟的來臨，將是再生能源及以氫為燃料能源發電系統可以取代化石燃料的能源選項之一。

在 2023 年 12 月 10 日，在杜拜開議的聯合國氣候變化綱要公約第 28 次締約方會議（COP28）上，在產油國的反對下，雖沒有加入強制性的逐年減少化石燃料的規定，但折衷後終於出現「要減少化石燃料使用」的字眼，可預見化石燃料將逐量的減少。目前所使用的氫氣若是屬於「藍氫」——會逐漸減少使用，甚至最終將被其他新能源自然的取代或淘汰。

因此：未雨綢繆很認真的佈局轉型對再生能源投資，在杜拜郊區建立太陽能園區利用太陽能燈塔儲能做永續自足的準備並立下於 2050 年達到碳中和的目標。

在 112 年 12 月 11 日的聯合報 A5 生活版有一則消息報導瑞士的一個飛行家（潔淨科技的倡議者）自信的發出豪語：「氫能飛機環球，不中途停留，不更換燃料」的技術。希望飛過台灣上空，甚至歡迎氫能或電子方面的台灣企業合作。如果成功，將會改變航空燃料的使用，為環境保護跨上一大步。

十二、氫在鍋爐的燃料運用

由於氫尚未能大量生產，大都是生產過程產生的副產品，因此數量有限，要製成氫電池儲存可能無法達成經濟規模。故尚少運用於鍋爐，尤其是較大型鍋爐

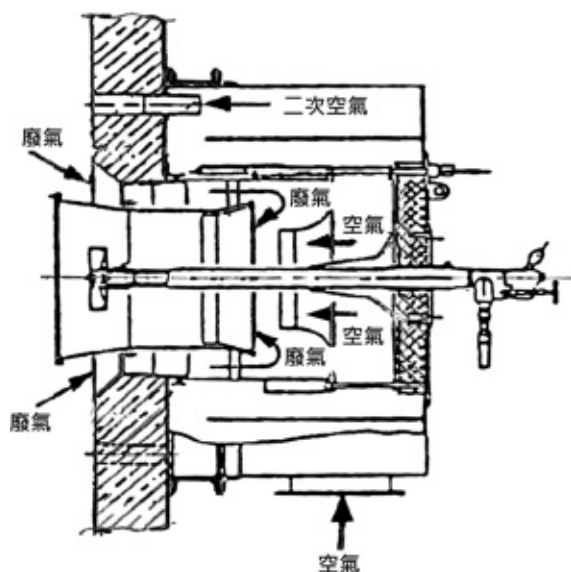
雖然氫氣燃燒後僅生成水是零排放的潔淨能源，但運用於鍋爐仍有尚待克服之處：

(一)安全性

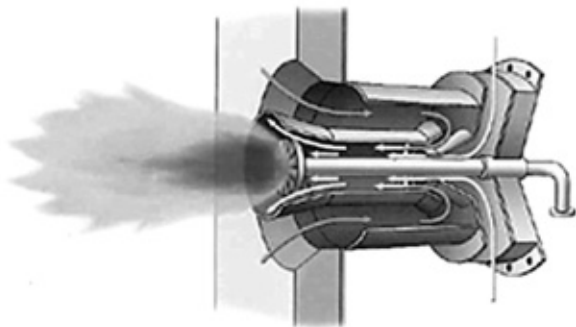
1. 要加乙硫醇臭劑：由於氫的分子很小，容易外洩，且燃燒範圍很廣，所以要加乙硫醇臭劑即洩漏時能讓人的嗅覺可以立刻感知
2. 要裝洩漏偵測器：當氫氣洩漏時能由儀器立刻感知發出警報。
3. 要用紫外線監視器（violet scanner）：由於在見光下其火焰也不發光，故燃燒時的火焰監視器要用紫外線監視器。
4. 要裝逆火防止裝置（flame arrester）：氫之燃燒速度很快且火焰很長，故易引起逆火。所以要裝逆火防止裝置、而且鍋爐之爐膛必須較長。
5. 配管盡量要用焊接：工程上氫氣配管盡量要用焊接，減少法蘭及墊片（Flange. Gasket）洩漏之機會。
6. 要用氫氣防爆品：所有電器相關的用品如控制器、信號開關、傳送器等要用氫氣防爆品。

(二)環保問題

由於氫燃燒後其火焰溫較一般氣體燃料（如甲烷、丙烷）為高，會產生較多的熱氧化氮（Thermal NO_x），對環保不利，故燃燒器要用自身迴流式，將燃燒後的廢氣迴流與空氣混合，避免急速燃燒所產生的高溫。如下圖所示：



內部自行循環燃燒機煙道氣示意圖



內部自行循環燃燒機

(三)經濟性

目前尚無大量產生氫氣的方法，一般工廠在製程上產生的氫，由於量少且是副產品不計較其成本，然而要製造清潔的氫包含從化石燃料中提取製造的「藍氫」，或利用再生能源發電，利用離峰電力所電解產生的「綠氫」，所製成的燃料都較昂貴，要大量利用是得不償失。

目前併入鍋爐燃燒的氫氣，大都是工廠製品的副產品，數量不多，故單獨燃燒較少，幾乎都是與使用的氣體燃料或液體燃料混燒。現分別說明如下：如圖 1 所示，係單獨燃燒的流程圖。

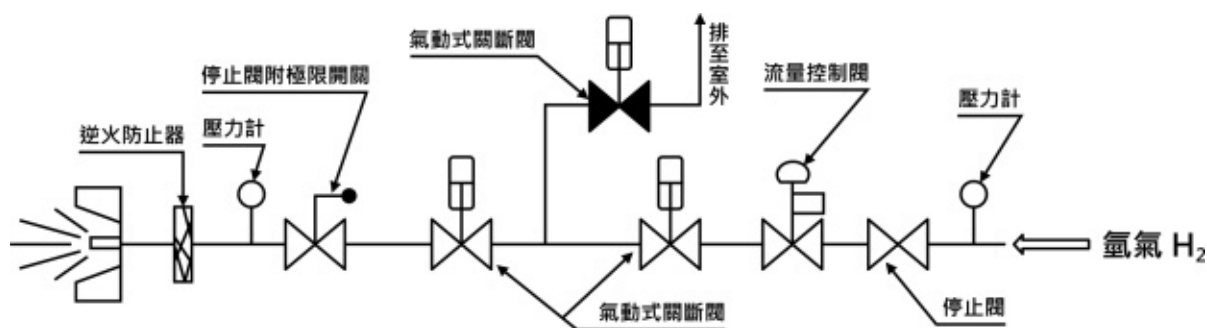


圖 1 氫氣單獨燃燒的流程圖

如圖 2 所示，係氫氣用手動與氣體燃料混燒的流程圖：此種情況大都是氫氣容量在 LNG 最大燃燒量的 30%以下時採用較適宜。

氫氣以手操作方式俟天然氣 LNG 燃燒穩定之後，以手動打開氫氣入口停止閥（附極限開關），再讓氫氣加入燃燒，反之：要停止燃燒時則要先關閉氫氣再熄火。

若是氫氣的燃燒也要以自動方式加入，則要如圖 3 所示，係氫氣自動加入與氣體燃料混燒的流程圖：此種情況要在燃燒電氣結線的邏輯圖：設定在天然氣 LNG 燃燒穩定之後氫氣的氣動關斷閥才打開，反之：若鍋爐要停止燃燒，則必須天然氣於關斷時氫氣亦隨之關斷。

十三、結論

在環保及防止氣候變遷的要求下，使用再生能源已是時勢所趨，尤其是如氫氣等新型能源，對未來經濟的發展可說甚具潛力與希望，只是有可能仍需一段長時間才能到來，但為了救地球及為後代子孫的幸福，應當都樂觀其成，因為它是環保問題唯一永久的解決之道。

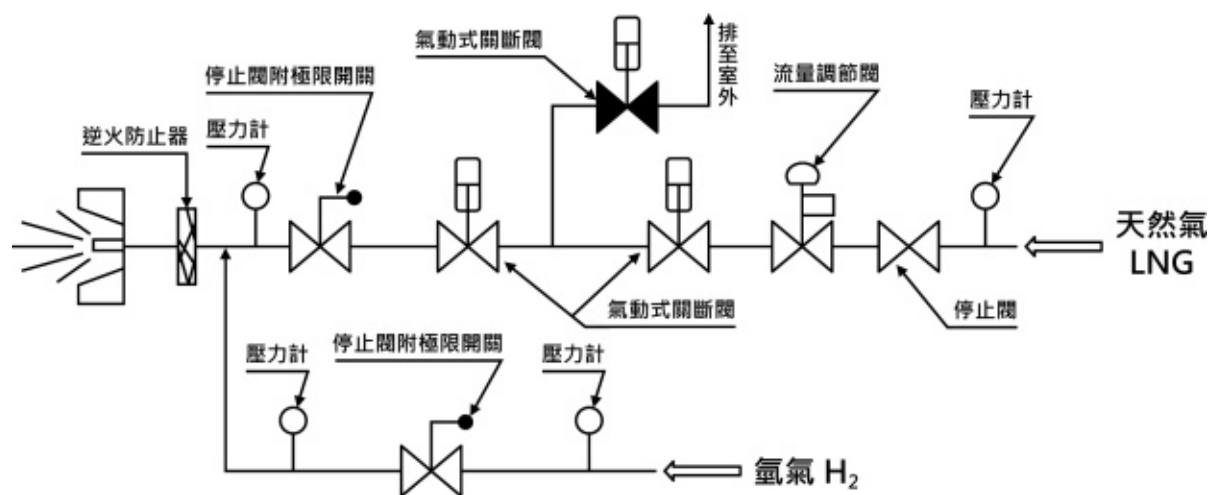


圖 2 係氫氣用手動與氣體燃料混燒的流程圖

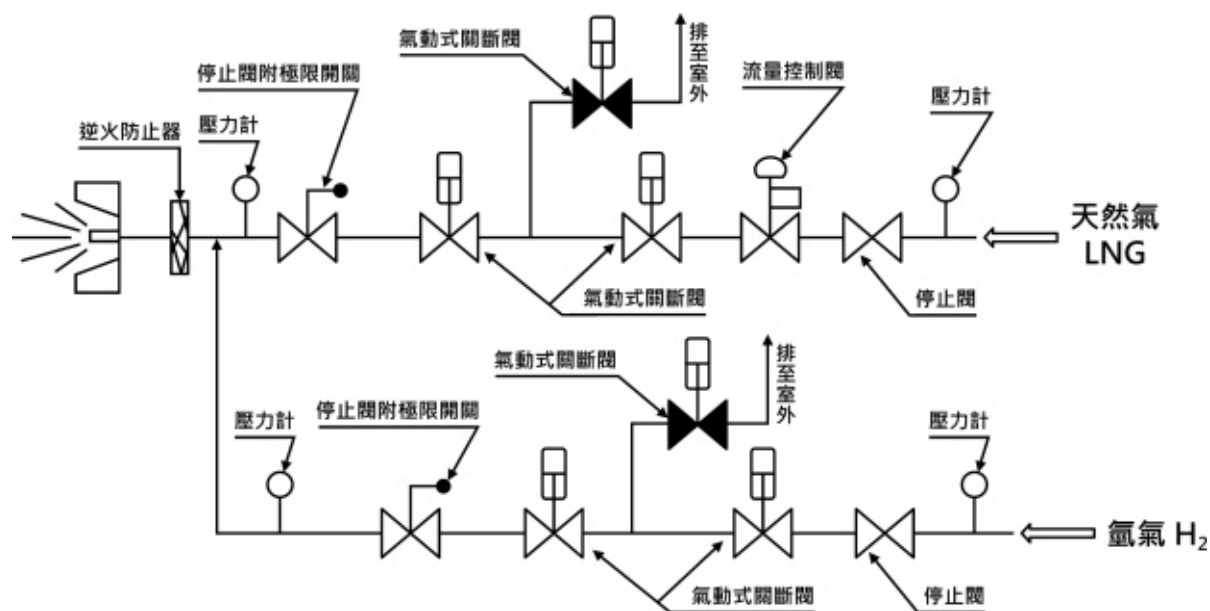


圖 3 係氫氣自動加入與氣體燃料混燒的流程圖

藉由可拆式保溫罩有效利用蒸氣

中村雅也

摘錄自日本ボイラ研究 NO.438 / 台灣三浦工業股份有限公司 譯

一、前言

筆者認為，目前設備保溫業界有不少企業皆面臨到亟需解決普及施工和銷售可拆式保溫罩的課題。

以背景現況來說，在熱絕緣技能工作上，也明顯出現日本整體社會所面臨的少子高齡化問題，因進入此行業的人日益減少，在人事成本上揚趨勢當中，「如何降低以人事成本為首的各種成本、如何維持保溫效果」儼然已成為一大課題。在這種情況下，閥類等設備保溫領域上，傳統保溫板金工程依舊是建設業界的主流，但在這種老式的保溫工程中也已浮現出因衍生保溫剩餘材料和板金剩餘材料，而伴隨產生材料損失成本，（相對性的）施工繁雜性，則伴隨更進一步擴大人事成本的問題，因此不得不說這已經是無法解決當今業界課題、和跟不上時代潮流無效率的方法。

引進事先立體成形為符合蒸氣配管閥類等的形狀，所作成可輕鬆裝卸的可拆式保溫罩，也是擺脫這種惡性循環的解決對策，因而希望透過本文提出的優點介紹，為廣泛普及貢獻一臂之力。

二、老式保溫作業的現狀

以蒸氣閥為例，在公共建築工程標準規格書（平成 28 年版(2016)）中有記載「原則上，不進行保溫」。即便存在因散熱而導致能源大幅耗損的高溫部位，也以不進行保溫為原則，若要進行保溫時，則取決於各現場的特記規格。為什麼這種不合理的狀態，竟然原則上能通行無阻呢。其中之一的原因就在於，頻繁進行維修保養這一點。平常若做了保溫板金工程，如有維修保養之需，就必須將該部分的施工完全拆解後進行維修保養，再著手進行保溫板金工程。保溫板金工程原本是為了承受長期使用，然而因使用蒸氣閥需要頻繁的維修保養期，因而在投資回收期之前就必須拆解後再進行重新施工，如此一來會讓材料成本、勞力與時間的極大浪費的負面問題，遠超過保溫所帶來的節能效果。

以下將介紹表 1 所述之蒸氣閥未進行保溫施工（裸露）時、和透過可拆式保溫罩（次項稱「熱罩(heat cap)」）進行保溫施工時的散熱量比較例（依照保溫 JIS 解說(2014 年版)作計算。施工對象僅限閥類，而不包括配管）。

三、可拆式立體成形隔熱罩

本文是以本公司可拆式保溫罩商品魔鬼氈立體成形加工「熱罩」為例進行說明。

(一)產品概要

是以經由事先測量尺寸後，以適用於蒸氣配管閥類和法蘭等複雜形狀的立體成形「訂製」保溫材，作成可輕鬆裝卸的保溫罩。

1. 構成材料

熱罩是由(1)外裝材料，(2)內裝材料，(3)縫線，(4)隔熱材料，(5)固定器件共 5 種零組件所構成（圖 1,2）。藉此構成，對所有物體發揮高氣密性與隔熱性能。

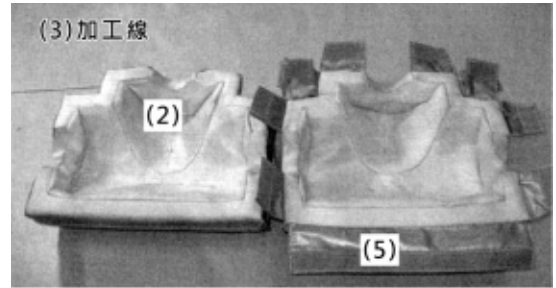


圖 1 熱罩的組成①

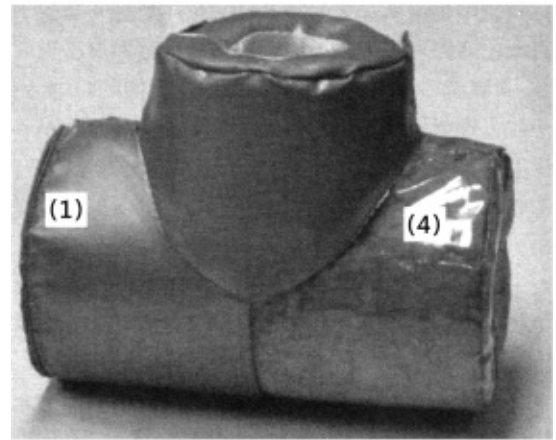


圖 2 熱罩的組成②

表 1 蒸氣閥未進行保溫施工時和透過「熱罩」進行保溫施工時的散熱量比較

		例 1		例 2	
試算條件	管內溫度	180℃		130℃	
	周圍溫度	35℃		30℃	
	設備運作時	8,760h / 年		3,600h / 年	
施工對象	規格	蒸氣閥（截止閥 / 1 MPa）		蒸氣閥（開閥 / 1 MPa）	
	200A			3 個	
	150A			28 個	
	125A			15 個	
	100A	1 個		42 個	
	80A	1 個		17 個	
	65A	2 個		87 個	
	50A	4 個		23 個	
	合計	8 個		215 個	
散熱量		裸露時	裝配熱罩時	裸露時	裝配熱罩時
		179,132 MJ	21,441 MJ	1,925,072 MJ	215,577 MJ
節能效果		157,691 MJ		1,709,495 MJ	

表 2 關於熱罩的組成材料

	名稱	耐熱 ($^{\circ}\text{C}$)	厚度 (mm)	用途	樣本圖片
< (1) 外裝材料 >	鋁玻璃布	180	0.65	一般	
	鐵氟龍塗層玻璃布	280	0.43	醫藥·戶外	
	矽塗層玻璃布	200	0.3	一般·戶外	
< (2) 內裝材料 >	玻璃布	550	0.65	一般	
< (3) 縫線 >	鐵氟龍塗層玻璃絲	300	0.31	一般·戶外·醫藥	
	不鏽鋼絲 (SUS304)	600	33	高溫用	
< (4) 隔熱材料 >	石棉			用於立體形狀	
	針刺縫合片狀玻璃纖維			用於平面形狀	
< (5) 固定器件 >	魔鬼氈				

表 1 可得知，以例 1 而言，全年約有 157,600MJ，例 2 則有 1,710,000MJ 的節能效果（各自的已扣除值），散熱量約為 1/9~1/8。頻繁進行維修保養，並不意味著（根據「原則」）可以無須做保溫，基本上高溫部位應做保溫，而且應以容易維修保養的型態進行保溫。

2. 用途

熱罩被廣泛用於，廠房生產設備及建構物的空調設備、衛生設備的配管、閥類、機器類等用途（圖 3,4,5）。

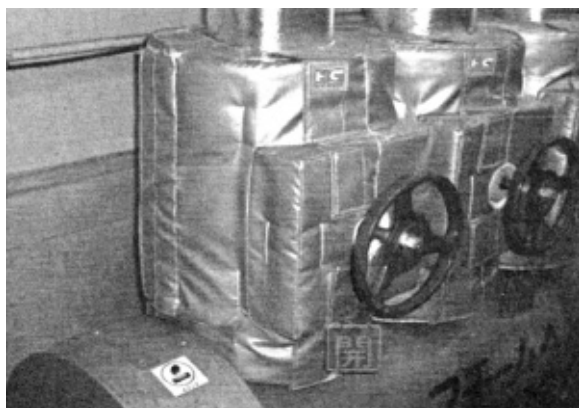


圖 3 閥類施工例

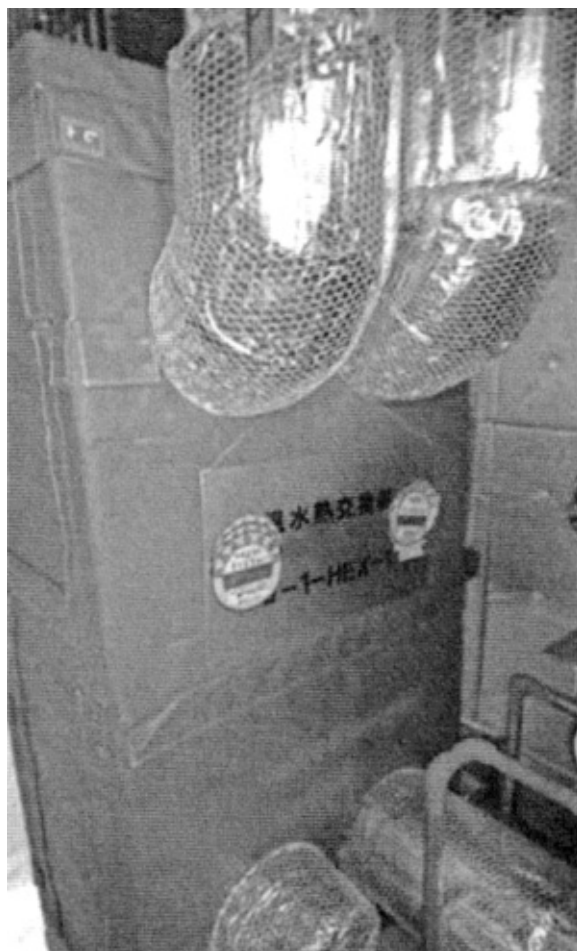


圖 4 熱交換器施工例

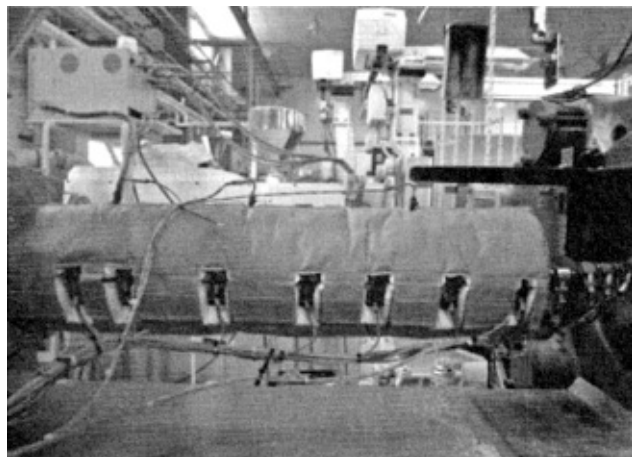


圖 5 射出成型機施工例

(二)主要效果

1. 節能效果

透過防止散熱來降低熱損失的結果，提高了熱源機器（鍋爐）的運作效率，而減少使用燃料，進而減少排放 CO₂。

2. 節電效果

熱源機器設置於室內，若為室內進行空氣調和時，當降低熱源機器的散熱，就會抑制室內溫度的上升，而帶動降低空調（冷房）負荷。

3. 環境改善

存在 100℃ 散熱體的室內，雖然會依通風情況而異，但是會讓室內溫度達 40℃ 左右的情況並不少見。對於工作人員而言，高溫環境堪稱為極為嚴苛的工作環境，更是引發中暑等職災的主因，因此會要求盡早改善。

4. 安全對策

防止接觸時燙傷，也是有效的對策。關於以開啓／關閉蒸氣閥等為首的高操作頻度設備，若未如先述原則做好保溫時，當表面溫度超過 100℃ 時，就會面臨到因接觸而燙傷的高危險性。另一方面，熱罩是在隔熱材料上採用石棉，若假設對 100A 蒸氣閥進行保溫施工，內部溫度為 120℃，週邊溫度為 20℃ 時，便可將施工後的表面溫度約莫維持在 30℃ 的安全溫度。

5. 維修保養性

(1) 維修保養容易

大樓或工廠等配管設備屬於需要定期檢查的部位，以傳統纖維類保溫規格來說，維修保養時必須拆除保溫材料再做修復工程。無論是拆除或修復工程，都需要專業技術和耗用時間與成本。熱罩採用任何人皆可輕鬆裝卸的結構設計，因此也可在短時間內輕鬆完成維修保養。

(2)可重複使用相同器件

若採用熱罩，當實施地面作業時，平均 1 個 150A 閘閥的所需安裝時間約莫為 2 分鐘。無須向業者下單請購，便可由設施管理人自行裝卸，因此必須頻繁維修保養的蒸氣閥、Y 型粗濾器，板式熱交換器等設備器件，都可說是大幅受惠於熱罩維修保養性的部分。可直接重複沿用相當器件，無須仰賴業者，也不產生處分保溫材料的垃圾。

6. 對於零排放的貢獻

以往的保溫施工必須清除維修保養時的廢料。這種廢料屬於工業廢棄物。若使用熱罩可為零工業廢棄物做出貢獻。

四、有效利用鍋爐蒸氣

(一)鍋爐周圍的保溫工程

為裝配於鍋爐周圍蒸氣配管的法蘭、閥類、配管或者鍋爐本體進行保溫施工，可透過減少散熱，而在毫無浪費之下傳送蒸氣。

(二)鍋爐周圍的節能提案

1. 對鍋爐周圍應用熱罩

鍋爐周圍設有蒸氣配管、相關法蘭、閥類、溫水管、供水管，可分別藉由熱罩發揮節能效果、和保護外觀以方便維修保養的效果（圖 6,7）。其作業流程是，接獲詢價時會先詢問全年的運作時間、週邊溫度，室外氣溫所用的燃料種類等情況，再針對各安裝部位提出節能金額（全年省下的燃料費）、投資回收期間（年）和全年的 CO₂ 減排量（t）的提案。

此外，在曾接獲對於爐煙管式鍋爐等鍋爐本體安裝熱罩（圖 8）的需求詢問案中，也同樣可藉由節能效果，發揮有效應用蒸氣的作用。

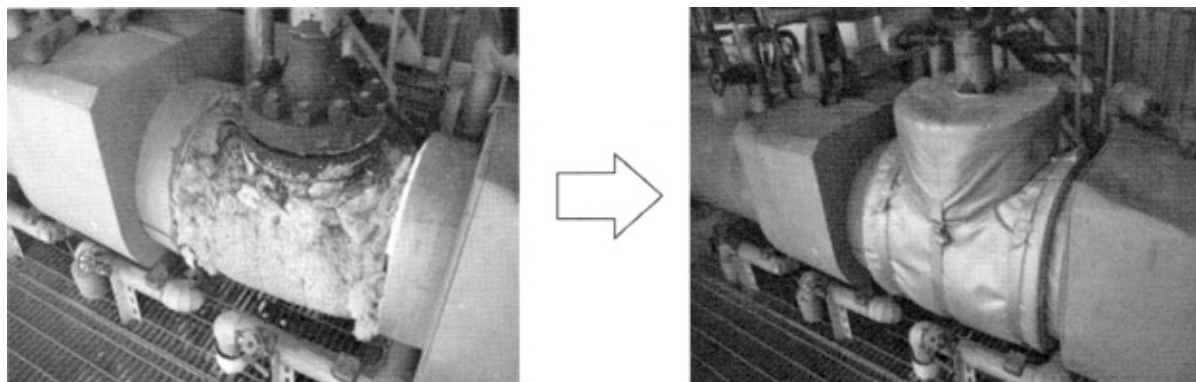


圖 6 蒸氣閥的安裝例

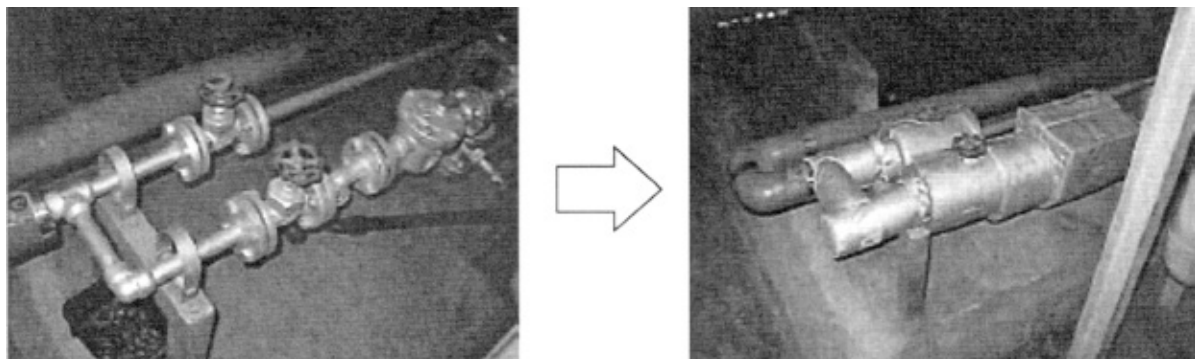


圖 7 蒸氣配管周圍的安裝例

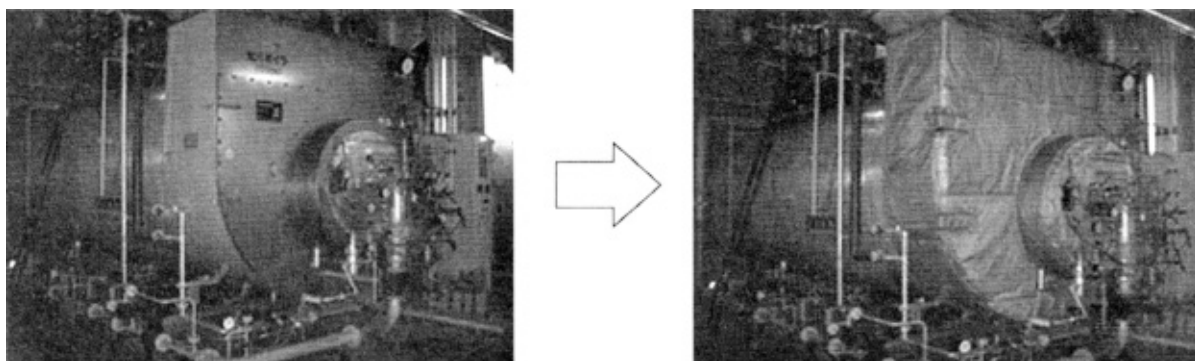
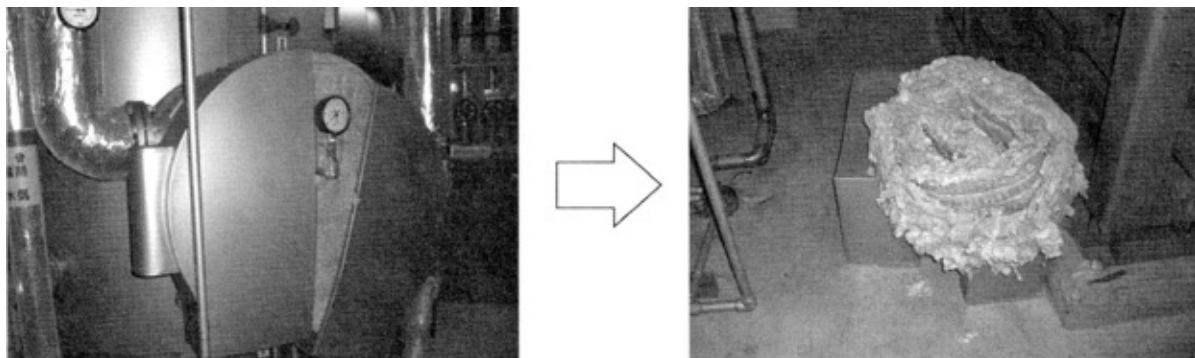


圖 8 爐煙管鍋爐本體的安裝例



需仰賴專業人員技術，設施管理人難以在拆解後修復

無法修復而棄置之下，變成保溫材料垃圾

圖 9 鍋爐保溫板金工程例（關於維修保養的難易度）

五、相較於傳統工法的優點

(一)與常規的保溫板金工程做比較

1. 對頻繁的維修保養發揮效果

關於維修保養蒸氣閥時，實際上會出現何種程度的工時差異問題，表 3 表示平常的保溫板金工程與熱罩的工時比較；表 4 表示優點的比較。藉此可一目瞭然

看出與傳統工法的工時差異。越是頻繁進行維修保養，無謂的保溫板金工程就越多，若採用熱罩就沒有這項工時。然而，為了節省保溫板金工程的工時而選擇『安裝熱罩』，幾乎與選擇「不保溫」無異。

表 3 與傳統工法之間的工時比較

	保溫板金工程	熱罩
1	仰賴業者	自行拆解（約 2 分鐘）
2	調整日程表	維修保養
3	前來拆解（數小時）產生保溫材料垃圾	自行安裝（約 2 分鐘）
4	維修保養	
5	前來施工（數小時）	
6	安排垃圾處分業者	
7	完成垃圾處分	

表 4 與傳統工法之間的優點比較

	A 傳統 保溫工法	B 熱罩 （保溫罩）	備註
耐熱性能	◎	◎	A・B 同等
耐久性	◎	○	B 比 A 略差
防水性	○	○	A 為板金＋矽片、B 為防水布
維修難易度	×	◎	A 需仰賴專業人員、B 為任何人皆可
作業所需時間	△	◎	A 為現場作業、B 為預製工法，因此時間短
作業環境	×	◎	A 為現場作業、B 為預製工法，因此友善環境
粉塵發生量	×	○	A 為現場作業、B 為預製工法，因此幾乎不產生粉塵
產業廢棄物發生量	×	◎	A 為每次都有產業廢棄物、B 為可再利用
初期引進成本	◎	○	相對於 A，B 為工廠製作，因此成本略高
總成本	△	◎	根據上述理由，B 的總成本低於 A

2. 熱罩的投資效益

若採用可拆式保溫罩・熱罩，因得以重複使用，而不產生垃圾，只需專責人員當場卸下再當場安裝即可，不費事，無須請業者前來處理。雖有引進時的成本較高的缺點，但是可重複使用，只要引進一次就無須再花費保溫所需材料、人事成本等費用。若採用熱罩時，儘管引進時的投資成本高於常規的保溫板金工程，但是平均 1～2 次的維修保養，便可回收相當於常規的保溫工程費用。

承如前述，不僅可以藉由引進可拆式保溫罩，以避免產生各種浪費，還可消除無謂的心理壓力。

剩餘蒸汽再利用的熱壓縮機

SPIRAX SARCO 會社／井上剛

摘錄自日本ボイラ研究 NO.443／鴻羽有限公司 黃馨儀 譯

一、前言

儘管近年來各行各業都致力於節能，但仍找不到用途的低壓剩餘蒸汽作為「蒸汽」被丟棄的案例屢見不鮮。本文介紹之熱壓縮機能將此「蒸汽」轉化成工廠中「可被利用的中壓蒸汽」。另外，本文以驅動蒸汽（高壓蒸汽）、吸入蒸汽（低壓蒸汽）、吐出蒸汽（中壓蒸汽）為例進行說明。熱壓縮機的外型如圖 1 所示。

二、熱壓縮機的操作原理

熱壓縮機如圖 2 所示，為能吸收吸入蒸汽而使用驅動蒸汽的噴射器，透過將低壓蒸汽提高至較高壓力，是可有效利用無法使用的低壓剩餘蒸汽和閃蒸的節能裝置。

由於蒸汽會由高壓處往低壓處流動，因此低壓蒸汽流入高壓蒸汽的現象幾乎不可能發生，但熱壓縮機利用「文丘里效應」將不可能變得可能。「文丘里效應」是指隨著流動速度上升，壓力會下降，此為白努利定理中推論出的流體力學效應，即流動能量與壓力能量的總和是恆定的。

驅動蒸汽高速通過噴嘴時，由於文丘里效應發生壓力下降，因此吸入蒸汽可流入內部。在混合室內，驅動蒸汽和吸入蒸汽之間進行動能交換，藉由吸入蒸汽的加速會引發夾帶。之後變得均勻的混合蒸汽最終從動能重新轉化為壓力能，從擴散器釋放部分釋放吐出蒸汽。壓力的推移狀況如圖 3 所示。

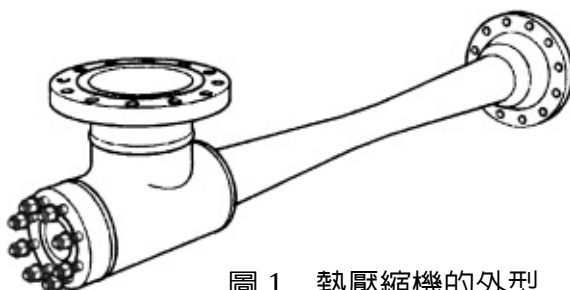


圖 1 熱壓縮機的外型

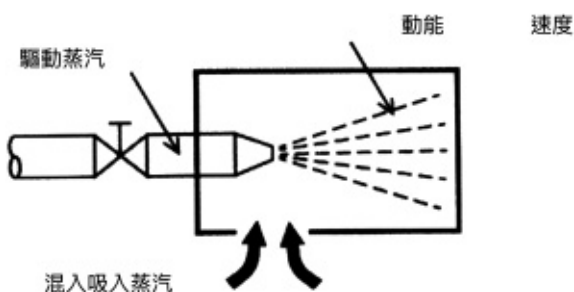


圖 2 熱壓縮機的操作原理

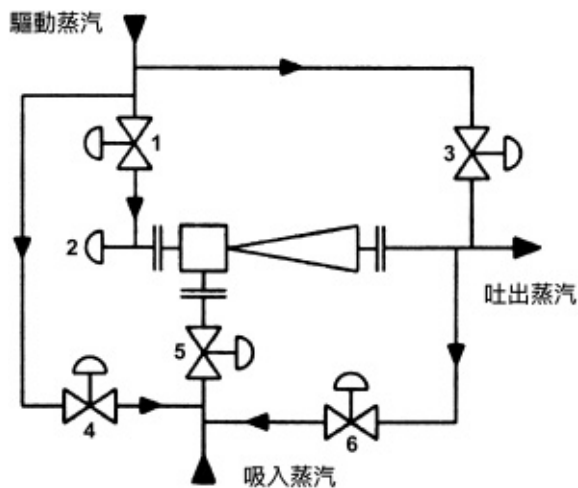


圖 3 熱壓縮機中壓力的推移

三、熱壓縮機的適用條件

熱壓縮機可使用驅動蒸汽壓力為 10MPaG、吸入蒸汽壓力為 0MPaG、溫度為 425℃，因此於廣泛條件下皆適用。由於配管口徑也能對應至 350A，因此能進行 10t/h 以上的吸入蒸汽再利用。為能有效利用熱壓縮機進行節能，最重要的是能 100% 地使用吐出蒸汽。特地製造的吐出蒸汽如果沒使用完全就排放的話就失去其意義；因此，設計熱壓縮機時必須根據吐出蒸汽的最低負荷量進行設計。

對於負荷變動，可針對其需求藉由備份控制進行應對。熱壓縮機的控制選項如圖 4 所示。例如，在吐出蒸汽需求增加時可以備份供應驅動蒸汽的系統（圖 4 的 3），在吸入蒸汽供給減少時可以備份吐出蒸汽的系統（圖 4 的 6），藉由此系統的建構可保持與設計條件相同的平衡，穩定地供應吐出蒸汽。

另，「低壓利用率」亦為評估熱壓縮機效果的重要數值。低壓利用率是指低壓蒸汽在中壓蒸汽中所佔的比例，可用下式求得。

$$\text{低壓利用率} = \text{吸入蒸汽量 (kg/h)} / \text{吐出蒸汽量 (kg/h)}$$

吐出蒸汽的量為驅動蒸汽與吸入蒸汽的總和，因此低壓利用率高的一方不需使用昂貴的驅動蒸汽即可製造吐出蒸汽。例如，參考使用 500~700kg/h 的 0.2MPaG 工序以熱壓縮機製作的吐出蒸汽的情況，利用的吸入蒸汽為近似於「蒸汽」的 0.05MPaG。

1. 驅動蒸汽為 1.0MPaG 時：吐出蒸汽量為 496kg/h（吸入利用率 34%）

· 組成：高壓 325kg/h + 低壓 171kg/h

2. 驅動蒸汽為 2.0MPaG 時：吐出蒸汽量 495kg/h（吸入利用率 41%）

· 組成：高壓 290kg/h + 低壓 205kg/h

如此一來，即使產生等量的吐出蒸汽，根據驅動蒸汽的壓力，可利用吸入蒸汽的比例亦會有所變化。若想再利用更多吸入蒸汽時，盡可能使用極高壓（越高越好）的驅動蒸汽，「驅動蒸汽需要多少壓力」為經常被提問的問題，答案為最低 0.4MPaG 以上即可使用。表 1 即驅動蒸汽為 0.4MPaG 時可用的壓力條件和低壓利用率。

然而，驅動蒸汽越高，越可能產生更高壓的排放蒸汽。表 2 為驅動蒸汽為 0.7MPaG 時的資料。由表 2 可知，即使利用相同的吸入蒸汽製造相同的吐出蒸汽時，驅動壓力越高，低壓利用率亦隨之上升。因此，推薦盡量以高壓蒸汽用作驅動蒸汽使用。

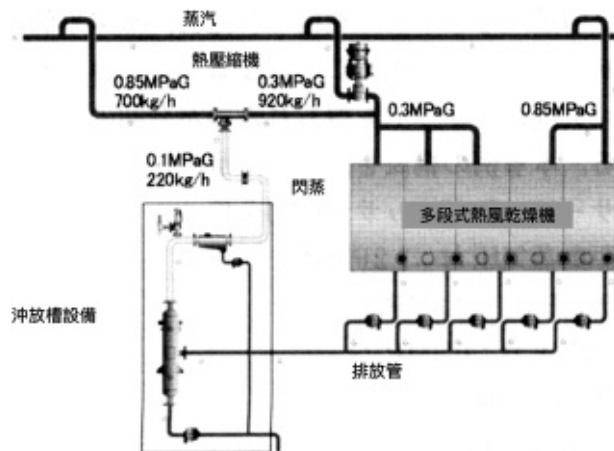


圖 4 熱壓縮機的控制選項

表 1 使用 0.4MPaG 高壓蒸氣時的低壓利用率

低壓 MPaG	中壓 MPaG						
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	0		25.30%				
	0.05		46.50%	11.40%			
	0.1			21.50%			
	0.2						

表 2 使用 0.7MPaG 高壓蒸氣時的低壓利用率

低壓 MPaG	中壓 MPaG						
		0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
	0.00		35.7%	13.2%			
	0.05		57.1%	27.0%	7.7%	2.9%	
	0.10			40.0%	18.7%	4.7%	
	0.20				39.2%	15.3%	5.3%
	0.30					35.7%	9.0%
	0.40						25.0%

四、熱壓縮機的導入案例

本節介紹四個導入案例

【案例①】同一工序中的再利用

閃蒸回收系統中最困難的部分為如何將「產生閃蒸的時間帶」與「利用產生閃蒸的時間帶」進行調整配合。針對此狀況，若能使用熱壓縮機，即可於同一工序中重複使用一套程式或一個裝置所產生的閃蒸；因此可最大限度地抑制機會損失與初始成本的同時進行系統建構。本案例的組成如圖 5 所示。

※案例說明

從供給給多段式熱風烘乾機的蒸汽（驅動蒸汽壓 0.85 MPaG，吐出蒸汽壓 0.3 MPaG）的排放口取用 0.1 MPaG 的閃蒸，利用熱壓縮機將其升壓到 0.3 MPaG 後，再供給至吐出蒸汽管線，進行主蒸汽使用量的削減策略。

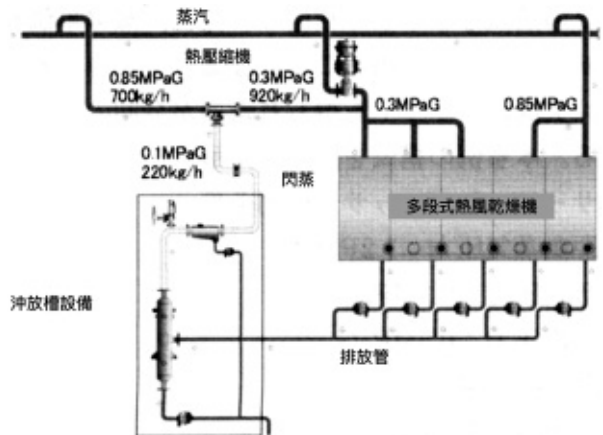


圖 5 同一工序中的再利用

※熱壓縮機設計條件

- 驅動蒸汽：700 kg / h、at 0.85 MPaG
- 吸入蒸汽：220 kg / h、at 0.10 MPaG

※節能優點

- 蒸汽單價：3.7 日元 / kg
- 設備運轉時間：4,500 小時 / 年
- 回收蒸汽量：180kg / h (吸入蒸汽總量)
- 節約換算金額：2,997,000 日元 / 年
 $3.7 \text{ 日元 / kg} \times 4,500 \text{ h / 年} \times 180 \text{ kg / h}$
 $= 2,997,000 \text{ 日元 / 年}$

- 吐出蒸汽：920 kg / h、at 0.30 MPaG
- 低壓利用率：23.9%

- 投資回收時間：約 4 年

★ 一般的閃蒸回收系統是無法再利用 0.3 MPaG 低壓的冷凝水所產生的閃蒸，然而藉由熱壓縮機的組合可提高壓力，即能達到全量再利用。

【案例②】其他工序的再利用

一般的閃蒸回收系統中，產生的閃蒸量很少，因此節能效果低下。另外，由於裝置所產生的背壓，造成工序中的排放不佳，有熱效率變差等問題。然而，藉由使用熱壓縮機，可從低壓～高壓得多個工序中回收，在將背壓風險降到最低的狀態下進行閃蒸回收。本案例的組成如圖 6 所示。

※熱壓縮機設計條件

- 驅動蒸汽：895 kg / h、at 1.00 MPaG
- 吸入蒸汽：135 kg / h、at 0.03 MPaG

※節能優點

- 蒸汽單價：10 日元 / kg
- 回收蒸汽量：135 kg / h (吸入蒸汽總量)
- 年間運轉時間：7,200 小時
- 節約換算金額：9,720,000 日元 / 年
 $10 \text{ 日元 / kg} \times 7,200 \text{ h / 年} \times 135 \text{ kg / h}$
 $= 9,720,000 \text{ 日元 / 年}$

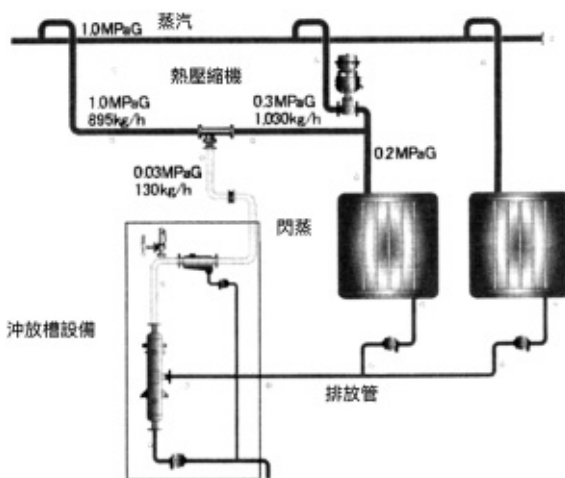


圖 6 其他工序的再利用

- 吐出蒸汽：1,030kg/h、at 0.30MPaG

★ 低壓利用率：13.1%

- 投資回收時間：約 2 年

★ 一般閃蒸回收系統，其低壓過程排放所產生的閃蒸無法再利用，然而藉由熱壓縮機的組合可提高壓力，即能達到全量再利用。

【案例 3】主管的再利用

難以利用的低壓剩餘蒸汽與高壓蒸汽混合，與可使用的吐出蒸汽主管連結進行再利用。由於主管有各式用途，因此能盡可能地減少機會損失，是可將優勢放大的應用方式。本案例的組成如圖 7 所示。

※案例說明

將發電裝置產生的剩餘蒸汽 0.15 MPaG 透過使用熱壓縮機與高壓蒸汽 1.2 MPaG 混合、升壓後，與吐出蒸汽 0.4 MPaG 管線合併，此為廢棄蒸汽在主管中再利用的案例。

※熱壓縮機設計條件

- 驅動蒸汽：1,400 kg / h、at 1.20 MPaG
- 吸入蒸汽：500 kg / h、at 0.15 MPaG
- 吐出蒸汽：1,900 kg / h、at 0.40 MPaG
- ★ 低壓利用率：26.3%

※節能優點

- 蒸汽單價：3.0 日元 / kg
- 削減標的蒸汽量：500kg / h
(吸入蒸汽總量)
- 年間運轉時間：8,000 小時

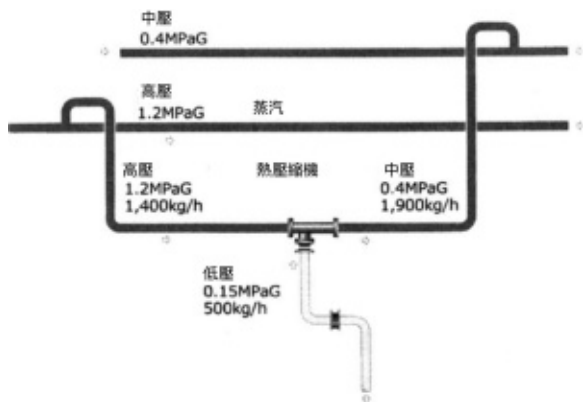


圖 7 主管的再利用

- 節約換算金額：12,000,000 日元 / 年
 $3.0 \text{ 日元 / kg} \times 8,000 \text{ h / 年} \times 500 \text{ kg / h}$
 $= 12,000,000 \text{ 日元 / 年}$
- 投資回收時間：約 2 年

【案例 4】優先使用便宜蒸汽

在廠區內進行發電的工廠中，共有普通鍋爐產生的蒸汽和廢熱鍋爐產生的二種蒸汽。一般而言，在普通鍋爐和廢熱鍋爐中，用普通鍋爐產生的蒸汽單價更高，越高壓則越高價。因此，若能多利用廢熱鍋爐的蒸汽，則有降低蒸汽單價等優勢。本案例即針對此項目進行操作，獲得實際受益，本例的組成如圖 8 所示。

※熱壓縮機壓力條件

- 驅動蒸汽壓：1.2 MPaG
- 吸入蒸汽壓：0.3 MPaG
- 吐出蒸汽壓：0.5 MPaG

※蒸汽使用量

- 吐出側：5,500 kg / h
- 改善前：1.2 MPaG 的蒸汽經降壓後，產生 0.5 MPaG 蒸汽
- 改善後：使用熱壓縮機，吸入 0.3 MPaG 的蒸汽 1,500 kg / h。因此無需使用 1.2 MPaG 減壓產生之蒸汽，削減量為 1,500 kg / h。

- ★ 低壓利用率：27%

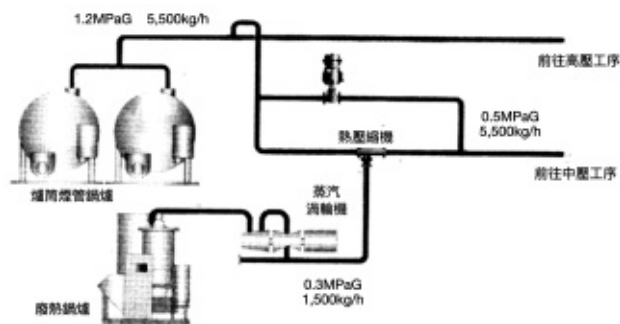


圖 8 優先使用便宜蒸汽

※節能優點

- 削減標的蒸汽量：1,500 kg / h
- 1.2 MPaG 與 0.3 MPaG 的蒸汽單價差：
1 日元 / kg
- 年間運轉時間：5,400 小時
- 節約換算金額：8,100,000 日元 / 年
- 1.0 日元 / kg $\times$ 5,400 h / 年 $\times$ 1,500 kg / h
= 8,100,000 日元 / 年
- 投資回收時間：約 3 年

五、結語

熱壓縮機為不需要動力可將「無使用途徑的低壓剩餘蒸汽」變成「可利用的吐出蒸汽」的劃時代機器。然而，若規劃的流量過大，或設計壓力與實際使用壓力有顯著差異的話，則無法吸入低壓剩餘蒸汽，即使特意引進機器，亦可能無法獲得預期成效。因此，在規劃時 SPIRAX SARCO 會社有以下建議。

- ① 確認吐出蒸汽的最低使用流量，根據可使用的最低使用流量進行規劃。
- ② 為能發揮極限系統效率，周邊機器（控制系統、排放策略等）需一併進行規劃。

SPIRAX SARCO 會社利用本文，針對近年來能源價格高漲、推進節能、即減少二氧化碳排放量等提出建議，期能改善蒸汽及冷凝水排放等節能效益。

彰化縣政府
113 年度

職業安全文化向下扎根活動

113年
5月9日



▲ 職安金頭腦邀請函



「CNS2139（2019）陸用鋼製鍋爐-構造」 標準現況建議

社團法人中華產業機械設備協會代行檢查組／賴俊發 撰

一、前言

有關危險性設備類檢查標準 CNS2139：2019 B1023 陸用鋼製鍋爐-構造（以下簡稱為 CNS2139 陸用鋼製鍋爐），由經濟部標準檢驗局（以下簡稱標檢局）所訂定的鍋爐相關標準，以往都是中央主管機關勞動部、製造廠及事業單位所依據遵循的建構規章，標檢局所訂定之國家標準不具強制性引用，若經勞動部公布引用該標準內容作為檢查法規依據時，則在國內型式合格製造廠製造熔接及構造檢查或事業單位設置鍋爐竣工及使用中的定期檢查，都需遵循該標準的各項內容要求。

民國 108 年 12 月 16 日標檢局已修訂 CNS2139 陸用鋼製鍋爐，經由勞動部所指定委託的代行檢查機構就該標準引用相關檢查執行一段期間，且本人在四年前已有撰寫「新版「CNS2139：2019 B1023 陸用鋼製鍋爐－構造」標準之解析」說明有關新舊版間差異性及整理新舊標準文字用語改變與新舊標準版本間相異處資料，投稿於「工業安全衛生月刊」中；此次受台灣省鍋爐協會賴桂堂總編邀稿並期盼能在執行使用該標準間遇見相關疑義之處，將列舉說明在本文中告知重點，以利於能夠讓鍋爐業者熟識要點及得到正確觀念為目的，在此本人僅列出認為重要觀點內容並加以說明，如對撰寫內容有任何不妥之處，尚請各界不吝指教。

二、鍋爐製造規章沿革

鍋爐製造規章（現為陸用鋼製鍋爐-構造）公布於民國 52 年 11 月 23 日，歷經五次的修訂，第一次修訂於民國 72 年 7 月 11 日；第二次修訂於民國 78 年 4 月 13 日；第三次修訂於民國 82 年 7 月 15 日；第四次修訂於民國 93 年 4 月 20 日；經濟部標準檢驗局於民國 108 年 12 月 16 日再修訂「陸用鋼製鍋爐-構造 CNS2139：2019」內容。行政院勞工委員會（現為勞動部）於民國 91 年 12 月 31 日公告引用之國家標準：「勞工安全衛生法第 8 條（現為職業安全衛生法第 16 條）規定之危險性設備之檢查，應依下列國家標準規定辦理……」。此公告中，將 CNS2139 鍋爐製造規章（民國 82 年 7 月 15 日）明訂為具有危險性設備之鍋爐檢查標準；其後經濟部標準檢驗局於民國 93 年 4 月 20 日再修訂「陸用鋼製鍋爐 CNS2139 B1023」（以下簡稱舊版 CNS2139），至此勞動部所指定委託的代檢機構，都使用該標準執行有關型式合格製造廠的鍋爐熔接及構

造檢查，及設置鍋爐之事業單位的竣工及定期檢查，為國內製造鍋爐依據標準之一。

三、鍋爐標準疑義

前已說明「工業安全衛生月刊」中已說明 CNS2139 新舊版間相互差異處（共計 47 項），本文在此將例舉有關代行檢查機構執行 CNS2139 陸用鋼製鍋爐內容相遇疑義，並且將需解釋部分加以說明，如下所示：

(一)材料使用限制

1. 在用於鍋爐製造材料應依標準附錄 A 所指定規定材料使用，可由於考量鍋爐製造品質，認選用具有與附錄 A 材料同等以上材料使用，得依買賣雙方之協定使用此種材料，但如何考量材質容許抗拉應力值的溫度範圍就應考量。遇此疑問都是特別經認可之材料，若引用美國機械工程師協會（ASME）第 1 冊動力鍋爐建構規範所指定材質（PG-6~9），應在 CNS2139 陸用鋼製鍋爐附表 A 中無指定規定材料者，在此會考量材料含碳量應在 0.35% 以下，且為適於熔接者，就材料容許抗位應力應取與標準 4.3 節（a）及（b）相關條件核算出材料使用溫度下的容許抗拉應力值。
2. 限制沃斯田鐵系不銹鋼材使用條件，不得用於鍋爐本體直接與火焰接觸之部分。僅能用於過熱器（Superheater）及再熱器（Reheat）與蒸汽接觸部分。若用於與水接觸部分時，則應對發生腐蝕、裂痕等之環境條件，選擇適當之材料。上述若遇沃斯田鐵系不銹鋼材設置部分直接與火焰接觸部分者，即需使用耐火物將接觸火焰部分將以覆蓋方式處理。
3. 應注意材料選用，在 CNS2139 標準上已例舉 CNS4626（STPG 系列）、CNS5804（STPT 系列）、CNS5806（STPA 系列）、CNS6331（配管用不銹鋼管 304TP）及 CNS6335（STS 系列）之鋼材，不得用於鍋爐之傳熱管。另外 CNS3828（SxxC 系列）鋼材，不得用於鍋爐胴體與端板。此處材料選用限制要求在舊版 CNS2139 中是無此規定的，對於型式合格製造廠主任設計應注意選用材料之限制條件。

(二)特殊形狀部分之設計

在 CNS2139 陸用鋼製鍋爐，對於因形狀特殊或孔之位置等，難以計算該部容許之最高使用壓力時，以明確引用 CNS9801（壓力容器之耐壓試驗及洩漏試驗 3.節）檢定水壓試驗方法求之。舊版 CNS2139 可用四種方法求得，如應變測定試驗方法、變形測定試驗方法、破壞試驗方法及對承受外部分方法，現已刪除變形測試驗方法。實務設計上遇特殊形狀部分，請型式合格製造廠預先利用有線元素分析（FEA）求出該部件之最小厚度可承受達到之最高使用壓力後，才可利用上述試驗測定方法進行試驗。

(三) 螺栓用之凸緣

採用螺栓凸緣可分成兩種，一種是非標準規格式凸緣，另一種是標準規格式凸緣：針對非標準規格式凸緣在標準上已註明依據 CNS9791（壓力容器螺栓之固定凸緣）所規定之應力計算，只是標準在編排文字說明上限制附錄 1~附錄 3 中所規定應力計算方法，這些要求應該是贅字，現況採用非標準規格式凸緣使用 CNS9791 核算即可。另外標準規格式凸緣上標準限制需依據 CNS793、CNS794 及 ISO7005-2 之規定，但上述標準皆與現今使用的標準凸緣不合適宜，比較合適採用國際凸緣標準，例如採用 ASME B16.5（Flange and Flanged Fittings Specification）用材質及最高使用溫度值查詢出相對等級類別（Classes）之額定壓力，所選取等級類別額定壓力值高過設備最高使用壓力即可符合裝設標準凸緣要求。

(四) 熔接部分的強度

型式合格製造廠在選用管座、補強材料及其他類似物裝設於胴體或端板上時之熔接，須考慮選用符合 CNS2139 陸用鋼製鍋爐圖 40 管座、補強材料等之熔接方式，如不在圖 40 內的管座、補強材料等之熔接是不接受的採用的。該標準圖 40 可分成管座之壁以插入胴體者（insert）及管座之壁以對接熔接裝設於胴體者（abutting），其計算開孔補強核算方式各有不同，此處設計者應注意；另外對於管座、補強材料之熔接部分的強度都需要核算，除非設計者選用圖 40 中的（a）~（c）、（g）、（h）、（o-1）、（o-4）、（s-1）、（t-1）及（u-1）者，則不在要求內，此處都指完全熔入之管座與補強材料的熔接部分的強度，不需核算，反之，則需要核算熔接部分的強度。

(五) 管類之周接頭熔接無需放射線透過試驗

煙管、水管、過熱管、其他類似之管及管狀集管器之周接頭者，如有符合 CNS2139 8.2.7（b）者，無需放射線透過試驗，此處使用上應注意管件之周接頭是否會接觸燃燒氣體，其燃燒氣體之溫度條件、管類件尺寸、管類件厚度及管類件內部是蒸汽或水（熱）者，均為判定條件，如有符合者即可免除放射線透過試驗。

(六) 免除熔接後熱處理

用熔接使胴體、端板、管座、集管器、過熱器及節煤器成形的鍋爐基本上是需要熔接後熱處理的，考量熔接部對應的母材厚度及熔接部厚度，施以要求熔接後熱處理條件，應使用 CNS2139 陸用鋼製鍋爐「表 26 熔接後無須熱處理之熔接部」判定無需實施熱處理，在此前施工負責人須事先瞭解相關內容：

1. 母材之厚度即為材質證明上標稱厚度；
2. 熔接部之厚度係指（a）對接熔接，且材料之厚度相同者，以材料厚度為準；（b）對接熔接，但材料之厚度不同者，以較薄材料之厚度為準；（c）開槽熔接時，以

開槽之深度尺寸為準；(d) 填角熔接時，以喉厚尺寸為準；(e) 有合併用開槽熔接與填角熔接時，以開槽深度尺寸與填角喉厚尺寸較大者為準。

3. 母材之含碳量%為材質證明上碳含量，及碳當量 (CE) 由計算得出此值。

4. 預熱溫度，即以 CNS9803 確認過之方法施工，並作成其熔接施工的標準作業程序，所要求預熱溫度。

經由上述要求與表 26 中母材區分、熔接部之區分判定內容，在鍋爐各部件涉及熔接部分者皆須逐一組件部分判定，如全數組件符合者即無須實施熔接部之熱處理。以 P-1 母材之區分為例，對接熔接接頭、開槽熔接接頭或併用開槽熔接與填角熔接之接頭的熔接部者，熔接部之厚度在 19mm 以下者，不需要熱處理，但是熔接部之厚度超過 19 至 38mm 以下者，需選用母材之含碳量 (CE) 在 0.45 以下，而且需有預熱溫度在 120℃ 以上者，即不需要熱處理。在此 P-1 母材超過 38mm 之母材厚度者，在表 26 無列舉不必作熔接後熱處理者，即須實施熱處理。在此也建議型式合格廠商，善加利用預熱方式可避免實施熔接後熱處理，但該要求條件應於「熔接程序規範」內容註明預熱最低溫度達 100℃ 條件，才能免除熔接後熱處理要件。

(七) 熔接接頭之機械試驗

在 CNS2139 陸用鋼製鍋爐第 9 節試驗、檢查，已將機械性試驗用之相關試驗板之如何取試驗片方法已刪除，對於熔接接頭之機械試驗方法也無說明，雖說明除了依 CNS9788 之 11.2 外，但在此章節中也是述明機械試驗的結果，因此在鍋爐的熔接接頭機械試驗方法則依據 CNS9800 (壓力容器熔接接頭之機械試驗) 要求辦理相關熔接接頭之機械試驗方式。

四、心得分享

從經濟部標準檢驗局修訂公布後多來，主管機關指定代檢機構採用 CNS2139 陸用鋼製鍋爐-構造內容執行具有危險性設備鍋爐檢查，其間歷經代檢機構相互間討論、瞭解此標準內容、標準內容上文字用語改變及內容與相異處種種評估，期盼代檢機構執行者與型式合格製造製造廠能有盡快依循並執行 CNS2139 修訂後的建造要求，也能讓國內事業單位於操作使用鍋爐時，達到設備製造完善及使用安全條件。

本國採用 CNS2139 鍋爐建造規章與國際認可良好工程鍋爐實務規範 (例如 ASME 第 1 冊) 內容間，雖表示內容有不盡相同之處，如板料或管件所限制材料、螺栓凸緣、管台不完全滲透熔接強度核算、熔接接頭之機械試驗等種種，若相關依據章節參考設計，於國內鍋爐建造規章遇有疑義，應可參閱國際認可工程的規範，當遇到個案因素認為有必要時，可向代檢機構討論研議形成國內統一標準要求，以達到設備合格製造及事業單位安心使用雙贏局面。