

特種機械設備安全

SAFETY OF SPECIAL MACHINE AND EQUIPMENT

1991-5 創刊 2019-10 出刊

雙 月 刊 第 62 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
潔康企業有限公司
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
吾豐機電廠股份有限公司
原鈦峰工業有限公司
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

- ★邀請中國特種設備檢測研究院專業人士
鄭暉.孫雪梅及黃輝等 3 人來台參訪交流 …… 2

工安專欄

- ★漫談職場霸凌與暴力行為 …… 14

技術報導

- ★再生能源-太陽光電技術簡介 …… 3
★一種有機熱載體鍋爐能效測試的新方法 …… 21
★一例有機熱載體快速氧化變質的
分析及處置建議 …… 27

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

邀請中國特種設備檢測研究院專業人士 鄭暉、孫雪梅及黃輝等 3 人來台參訪交流



▲ 參訪協會

108.09.03



▲ 參訪安正鐵工廠股份有限公司



▲ 參訪台灣端板股份有限公司



◀ ▲ 參訪台灣端板股份有限公司



再生能源 - 太陽光電技術簡介

夏曉文

摘要

為能有效地解決全球能源與污染的問題，世界先進國家莫不致力於發展再生能源，並積極進行相關技術之研究工作，以期能達成節能減碳的目標，而其中太陽光電由於在輻射熱能轉換成電能的過程中無需燃料，故視為一項理想可行方案。近年來全球在太陽光電的裝置容量上，呈現出穩定且領先的成長，而國內在此一方面亦有大幅度的進展，故本文將就美國、日本與德國等先進國家對於太陽光電技術之發展以及太陽能光伏電池效率之分析加以介紹，並藉由實務案例提出應用上的討論，希望能以拋磚引玉的方式來瞭解與關注再生能源-太陽光電，進而有助於國內未來能源轉型的推動工作。

一、前言

由於現今全球氣候變遷所帶來的問題愈加險峻，故世界各國都在致力於推動節能減碳的工作，而其中對於再生能源的開發與應用亦相當關注，根據英國石油（British Petroleum, BP）的統計資料顯示全球 2017 年發電量燃料佔比中，再生能源為 8.4%，如表 1 所示。另國際能源署（International Energy Agency, IEA）在其 WEO（World Energy Outlook）2018 的研究報告中，更預估到 2040 年再生能源的發電量將持續成長三倍，故其重要性由此可見一斑。通常如果不考慮水力發電的佔比，則風能和太陽能是最主要的再生能源，而有關二者近年來（2012 年至 2018 年）全球總裝置容量（cumulative installed capacity）的成長狀況如表 2 所示，其中風能雖然總裝置容量較大，但其年平均成長為 14.2%，太陽能（光伏電池）年平均成長則為 32.8%，相較之下後者成長幅度大，應相當具有發展潛力。

表 1 全球 2017 年發電量燃料佔比分析表*

石油	天然氣	煤	核能	水力	再生能源	其它	總計
883**	5915.3	9723.4	2635.6	4059.9	2151.5	182.6	25551.3
3.5%	23.2%	38.1%	10.3%	15.9%	8.4%	0.7%	100%

*資料來源：BP Statistical Review of World Energy 2018

**發電量單位為兆瓦小時（Tera watt-hr）

表 2 風能與太陽能全球總裝置發電容量成長之分析*

年份	風能 (GW)	成長 (%)	太陽能 (GW)	成長 (%)
2012	282.5	18.7	100.5	42.6
2013	318.6	12.8	138.9	38.2
2014	369.6	16.0	178.4	28.4
2015	432.4	17.0	229.3	28.5
2016	487.7	12.8	306.5	33.7
2017	539.6	10.6	403.3	31.6
2018	600.0	11.2	512.0	27.0

*資料來源：https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics

https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_by_country#Annual_wind_power_generation

在國內方面，目前政府對於再生能源具體的作為是提出「風光雙箭並行、啟動能源轉型」，並透過執行「太陽光電 2 年推動計畫」以及「風力發電 4 年推動計畫」來完成階段性的目標。表 3 為 100~107 年度太陽光電總裝置容量之分析，而圖 1 則為其成長之趨勢，從數據中顯示，此期間的年平均成長幅度為 55%，這項成果在國內能源轉型的努力上深具意義。本文中將就先進國家太陽光電技術之發展以及太陽能光伏電池（photovoltaic cell, PV cell）效率之分析加以介紹，其次並藉由實務應用案例提出討論，期盼太陽光電的未來發展有助於達成國內再生能源佔比之需求。

表 3 太陽光電總裝置容量分析表（100~107 年度）*

年度	100	101	102	103	104	105	106	107
裝置容量, MW	129.9	231.3	409.9	636.0	884.3	1245.1	1767.7	2738.1

*資料來源：<https://pro.re.org.tw/use2.aspx>

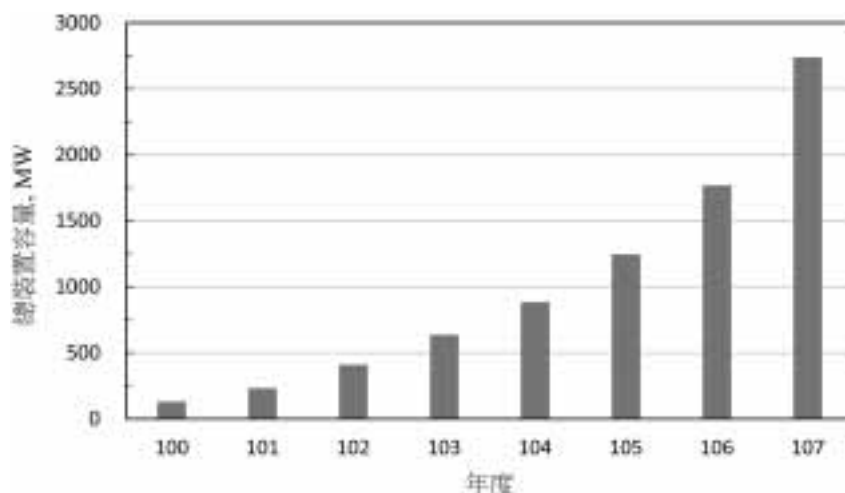


圖 1 太陽光電總裝置容量趨勢圖（100~107 年度）

二、先進國家太陽光電技術之發展

太陽光電技術是一種直接經由輻射熱能轉換成電能的應用，由於在轉換過程中無需燃料，因此世界各國都積極投入此一專業領域的研究與開發工作。以下分別介紹先進國家中美國、日本與德國的發展情況。

(一)美國（1954~1996 年居於世界發展領先地位）

美國在太陽能光伏電池的早期研發方面居於領先，至 1996 年其總容量高達 77 MW，比世界任何國家都要多。美國太陽能產業協會（Solar Energy Industries Association, SEIA）是一個非營利組織，位於華盛頓特區，創立於 1974 年，據該協會之統計報告，截至 2017 年底，美國太陽光電的總裝置容量已經超過 50 GW，有關美國 2007 年至 2017 年太陽光電的總裝置容量統計詳見圖 2，而圖 3 則為各年份太陽光電的裝置容量。此外，能源部（Department of Energy）的 SunShot 計畫更具體地提出相關的努力進程與目標值。至 2020 年，住家、商用以及公用事業每仟瓦小時的整體單位發電成本（Overall Levelized Cost of Energy, LCOE）分別為 10 美分、8 美分與 6 美分，如表 4 之分析，另發電成本降低之趨勢則詳見圖 4。

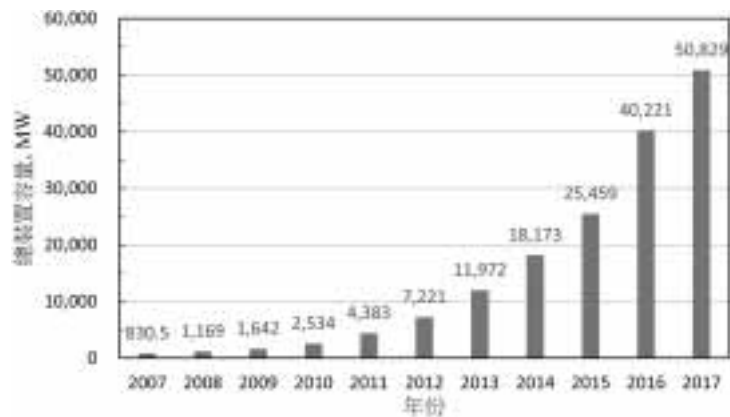


圖 2 美國 2008~2017 年太陽光電總裝置容量統計圖（資料來源：wiki & SEIA）

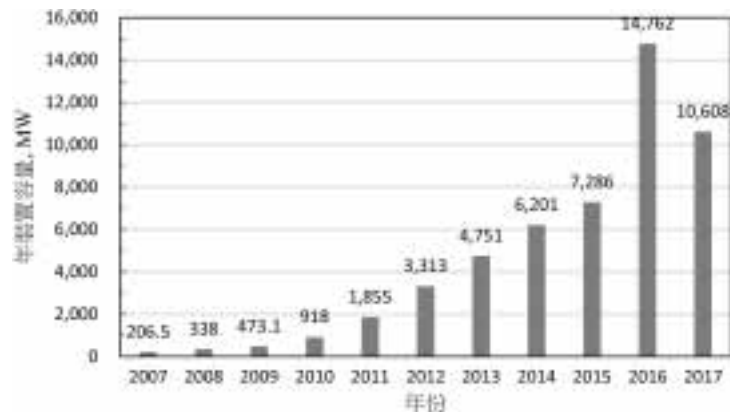


圖 3 美國 2007~2017 年太陽光電年裝置容量統計圖（資料來源：wiki & SEIA）

表 4 美國 SunShot 計畫進程與目標值 (2010~2030 年) *

年份 類型	2010	2017	2020	2030
住家	52	16	10	5
商用	40	11	8	4
公用事業	28	6	6	3

*目標值為 LCOE in cents/kWh (以 2017 年為基準)

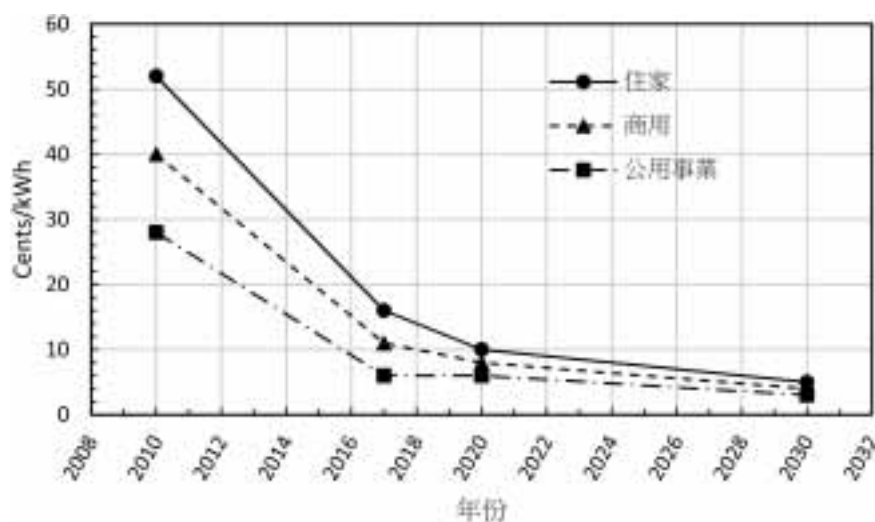


圖 4 美國 SunShot 計畫每仟瓦小時的整體單位發電成本趨勢圖 (2010~2030 年)

為支持太陽能技術之發展，美國能源部在 2018 年 10 月 23 日進一步宣佈提供 53 M 美元做為太陽能技術研究室 (Solar Energy Technologies Office, SETO) 2018 年 53 項計畫的經費，其中 31 項計畫 (總經費為 27.7 M 美元) 屬於光伏電池的研究發展，而此類計畫的目標為強化美國國內創新生態系統以及達成 2030 年成本目標的工作。關於技術層面的計畫是要發展可以降低太陽能光伏電池發電成本的新技術和解決方案，另創新途徑層面的計畫則是要找出新的方法來克服技術移轉上的挑戰。

(二) 日本 (1997~2004 年居於世界發展領先地位)

日本自 1974 年開始啟動陽光專案 (Sunshine Project) 後，即積極進行投入太陽能的研發工作，至 1993 年的新陽光計畫 (New Sunshine Program) 為止，期間歷經 20 年不同階段的技術發展，至今已有相當的成果。根據歐洲光伏產業協會 (European Photovoltaic Industry Association, EPIA) 以及國際能源署的報告指出日本在 2017 年太陽光電的總容量約為 50 GW，而日本 2009 年的施政計畫中，預期在 2030 年需達成的目標值為 53 GW，由此觀之，進度明顯地超前。有關日本 2007 年至 2017 年太陽光電的總裝置容量統計詳見圖 5，而各年份太陽光電的裝置容量統計則如圖 6 所示。

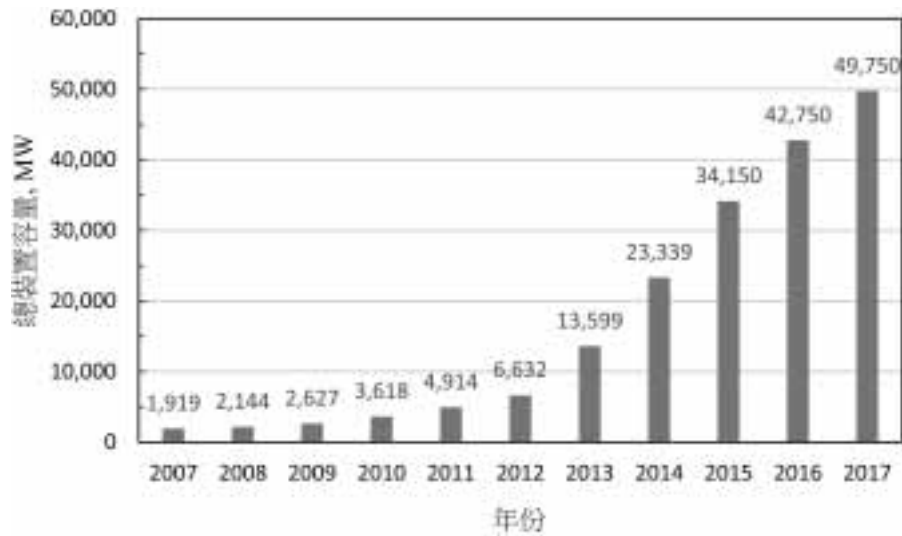


圖 5 日本 2007~2017 年太陽光電總裝置容量統計圖（資料來源：EPIA/IEA-PVPS）

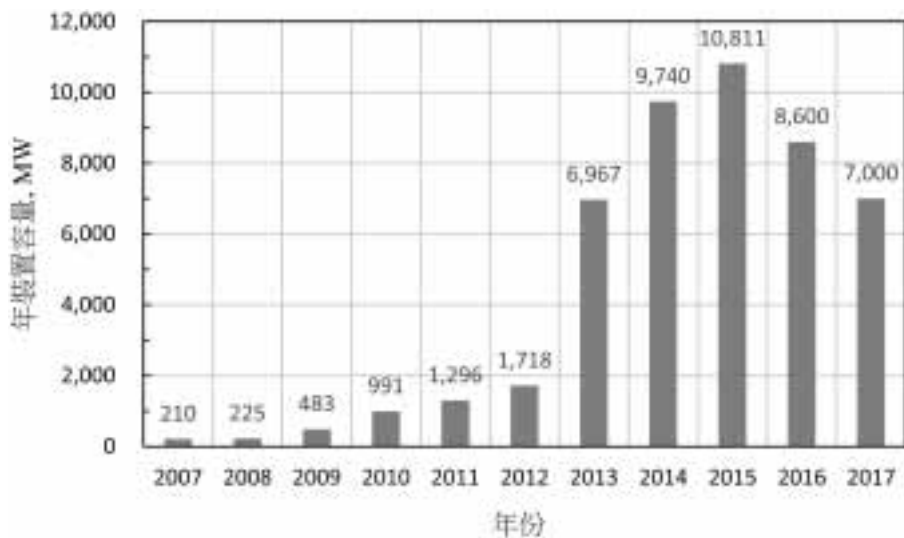


圖 6 日本 2007~2017 年太陽光電年裝置容量統計圖（資料來源：EPIA/IEA-PVPS）

有關日本太陽光電的應用實例方面，最具有代表性的是 2002 年由三洋電機（San-
yo Electric Co.）在本州中部岐阜縣安八町（Anpachi, Gifu Prefecture）設置的陽光方
舟（Solar Ark），整個建築寬 315 公尺×高 37 公尺，並由 5046 片太陽能板組成，
每片板的尺寸為 1320 mm×895 mm×35 mm，重量為 15 kg，總計年發電量為 530,000
千瓦小時。此外，最近在東京近郊千葉縣市原市（Ichihara, Chiba prefecture）山倉水
壩（Yamakura Dam）設置日本最大的浮島太陽能電廠（floating solar plant），面積為
180,000 平方公尺，計有 51,000 個太陽能板，預計 2018 年完成，每年發電量為 16,170
百萬瓦小時。

位於東京都新宿區四谷三榮町的環境能源政策研究所（Institute of Sustainable Energy Policies, ISEP）是提供日本政府對於再生能源與能源效率的政策建議，以及參與世界相關專業方面的學研活動。在該所 2019 年 4 月 5 日發行的最新一期報告中指出，2018 年再生能源發電量已佔總發電量的 17.4%，而太陽光電也成長至總發電量的 6.5%。此外，到 2030 年再生能源對總發電量的佔比目標值為 22~24%，太陽光電的總裝置容量則會達到 100 GW，由此可見日本在能源政策上的積極企圖心。

（三）德國（2005~2014 年居於世界發展領先地位）

相較於美國和日本，德國應用再生能源的目標值與成效更為顯著，根據聯邦經濟和能源部（Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi）在 2016 年對未來能源所做的報告，其中提出 2030 年再生能源的目標值要超過總耗電量（gross electricity consumption）的 50%，即一半以上。另該部的統計資料亦顯示，在 2017 年的總發電量（gross electricity generation）中，再生能源佔比為 33.3%，已經達到三分之一，詳如表 5 所示。關於能源使用分配的變遷，德國也著手進行各方的努力，例如為獎勵太陽光電的應用，已經多次修訂並通過可再生性能源法案（the Renewable Energy Sources Act），且視其為一項兼顧環境衝擊與經濟效益的長遠投資。

表 5 德國 2017 年再生能源發電量分析表*

風能	生質能	太陽光電	水力	城市廢棄物	合計
107**	46	40	20	6	219
16.3%	6.9%	6.1%	3.1%	0.9%	33.3%

資料來源：<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/renewable-energy.html>

**發電量單位為兆瓦小時（Tera watt-hr）

歐洲最大的太陽能研究機構為德國夫朗和斐-太陽能系統研究所（Fraunhofer-Institute for Solar Energy Systems, ISE），該所位於黑森林南部的弗萊堡，創立於 1981 年，而其任務中所執行的科學工作範圍含括材料研發與系統整合，據其在 2018 年 10 月 25 日提出的德國太陽光電現況報告中指出，至 2050 年時，德國所需之總裝置容量目標值為 200 GW，如果包括汰換老舊系統，則預估每年平均之裝置容量為 6~7 GW。此外，在太陽光電系統的成本方面，新裝置的百萬瓦級系統約為 4~5 分（歐元）/千瓦小時。另有關成本的統計數據顯示，德國從 1980 年至 2017 年為止，如總裝置容量加倍的話，則平均成本下降 24%。根據斯旺森定律（Swanson's law）的分析，太陽光電系統平均成本的下降為一線性趨勢，且總裝置容量加倍的話，則平均成本下降 20%，如果以目前的變化率進行預估，則每 10 年成本會減半。經比對之後，可知德國太陽光電系統的發展在成本方面，應為相當務實且具有競爭潛力。

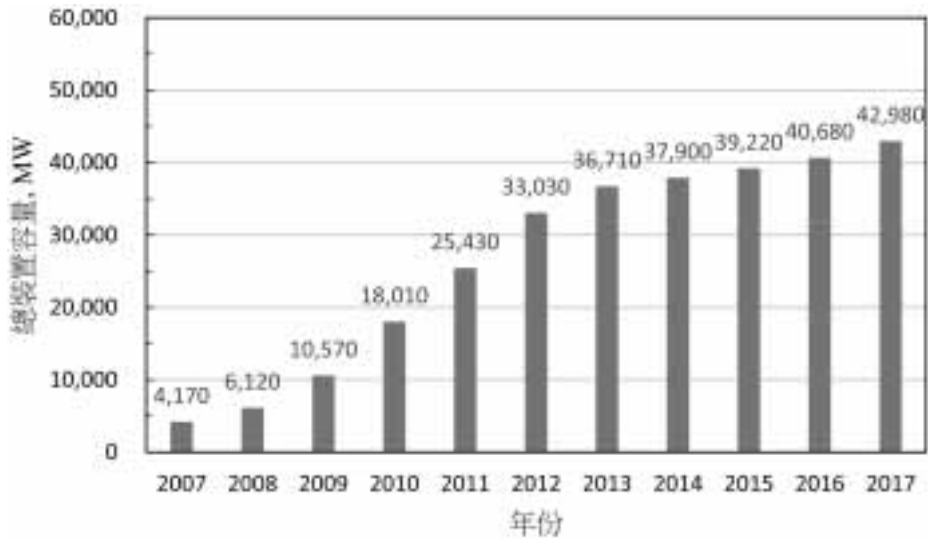


圖 7 德國 2007~2017 年太陽光電總裝置容量統計圖（資料來源：ISE）

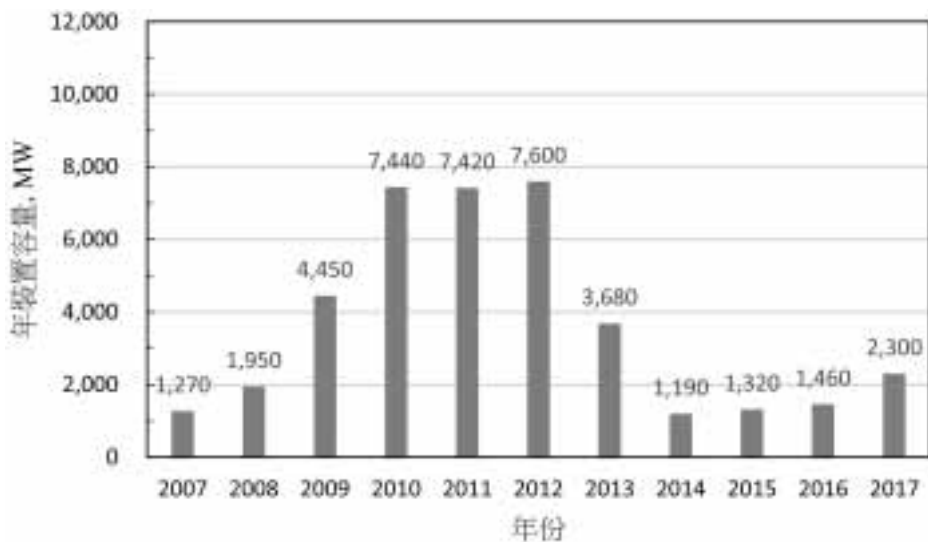


圖 8 德國 2007~2017 年太陽光電年裝置容量統計圖（資料來源：ISE）

三、光伏電池效率之分析

太陽能光伏電池的轉換效率 η_{cell} 可由等效電路（如圖 9 所示）加以分析，其中電流輸出密度為 J_s ，節點電流密度為 J_j ，負載電流密度為 J_L 。當電池為短路時，電壓為零，即 $V=0$ ，因此 $J_s=J_L$ 。若電路為開路，則電池輸出通過節點，此一電壓稱為開路電壓，即 V_{oc} ，不同開路電壓的電流密度 J_L/J_s 比值詳見圖 10。今考慮電池面積為 A ，則負載的功率輸出為 $\dot{W}=J_L VA$ ，不同開路電壓的功率輸出 $\dot{W}/\dot{W}_{max}$ 比值如圖 11 所示，其中 $\dot{W}_{max}$ 為電池的最大輸出功率。

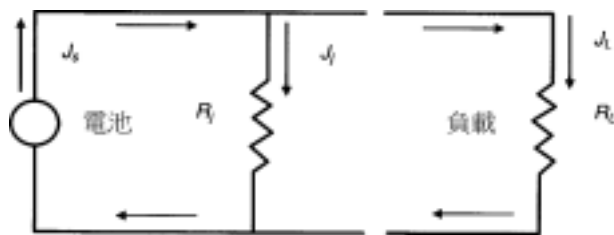


圖 9 太陽能光伏電池的等效電路 (Hodge, 2009)

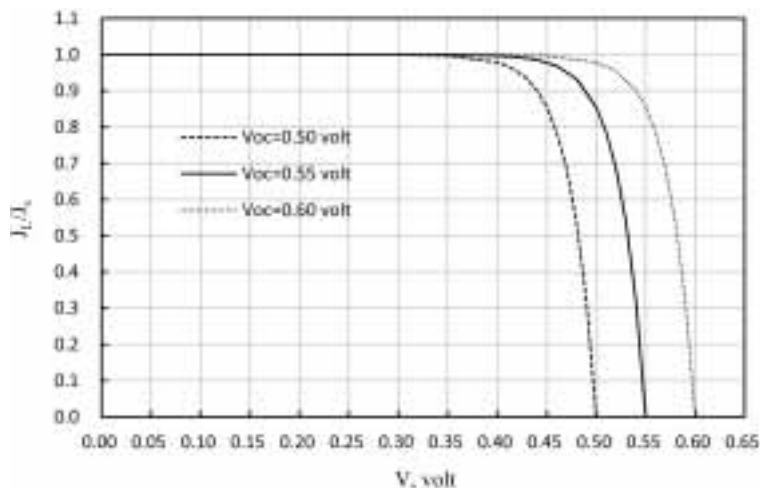


圖 10 不同開路電壓的電流密度 J_L / J_s 比值

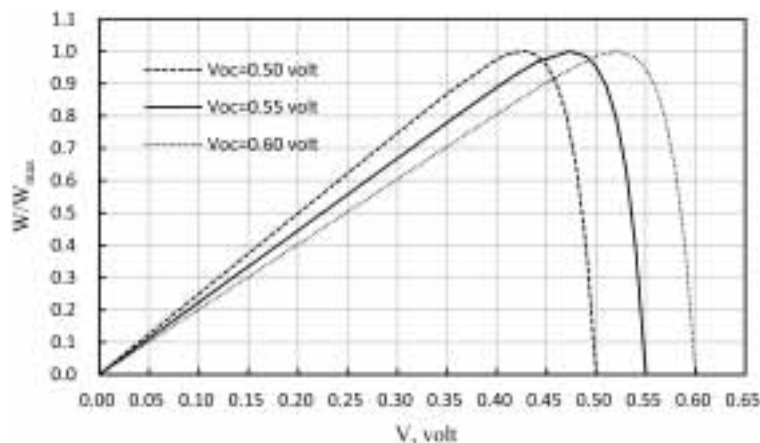


圖 11 不同開路電壓的功率輸出 $\dot{W} / \dot{W}_{max}$ 比值

從上述的分析中可知，若考慮太陽熱輻射（irradiation）為 G ，電池面積為 A ，則電池的轉換效率 η_{cell} 可進一步表示為

$$\eta_{cell} = \frac{\dot{W}}{AG} \dots\dots\dots (1)$$

由於太陽熱輻射 G 是受到不同地區日照的影響，所以電池的轉換效率 η_{cell} 會隨此一變化而改變。

此外，太陽能光伏電池為滿足不同電力負載的設計需求，將可藉由串聯與並聯的方式來達成，其配置後之性能分析如圖 12 所示。

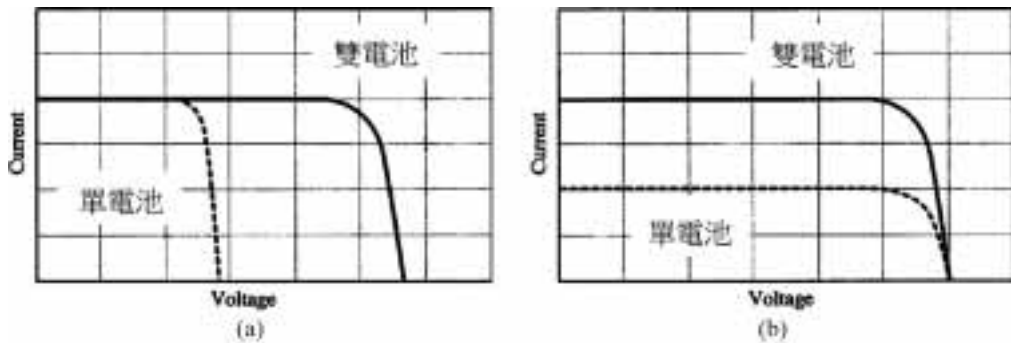


圖 12 兩個相同單電池 (a) 串聯 (b) 並聯 之性能分析圖 (Hodge, 2009)

四、實務應用與討論

在太陽能光伏電池的實務應用方面，本文將以電池效率與面積計算、電池系統佈置以及電池系統投資回收等三個案例分別加以討論如下。

例一：電池效率與面積計算

一太陽能電池的開路電壓 V_{oc} 為 0.62 V，電流輸出密度 J_s 為 100 W/m^2 ，工作溫度為 20°C 之性能曲線如下圖 13 所示，其中最大電壓 V_{max} 為 0.5414V，對應之每單位面積最大輸出功率 $\dot{W}_{max}/A$ 為 51.72 W/m^2 ，如果太陽熱輻射 G 為 770 W/m^2 ，試計算負載電壓為 0.5 V 時的電池轉換效率 η_{cell} 以及輸出功率為 500 W 時所需之電池面積 A 。

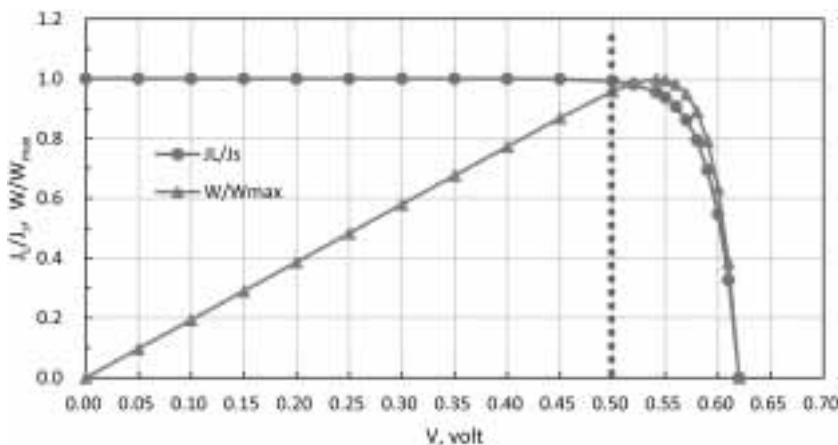


圖 13 電池性能曲線

分析：當負載電壓為 0.5 V 時，由上圖可得 $\dot{W}/\dot{W}_{max}$ 為 0.9583，故 $\dot{W}/A$ 為 49.56 W/m^2 ，從電池的轉換效率公式可求出 η_{cell} 為 6.44%。若輸出功率為 500 W 時，則所需電池面積 A 為 10.1 m^2 。

例二：電池系統佈置

如果某型光伏單電池最大電壓為 0.493 V，以及最大電流為 5.13 A，則該單電池最大輸出功率為 2.53 W，今若需藉其提供 12 V 與 120 W 的系統，試問應如何設計。

分析：從上述給定的條件中，可計算出滿足 120 W 所需單電池的數量為 $120/2.53=48$ 個

如採用串聯方式佈置，則滿足 12 V 所需單電池的數量為 $12/0.493=25$ 個

綜合以上的計算，該案例的設計應為二排，每排串聯 25 個單電池，其佈置如圖 14 所示。

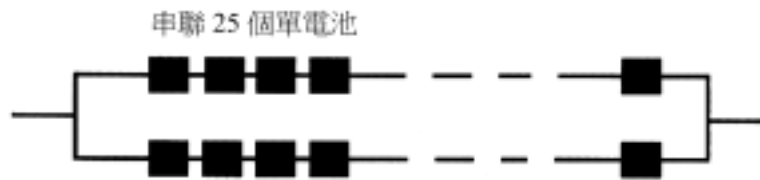


圖 14 電池佈置圖 (Hodge, 2009)

例三：電池系統投資回收

臺灣某地區設置一 5 瓩太陽能光伏電池系統，該項設置總費用（即現值） C 約為 355,000 元（平均設置費用約為 71,000 元/瓩），而每年總發電量為 6,250 度（平均發電量為 1,250 度/瓩），故年均獲益 E 為 40,434 元（再生能源躉購費率為 6.4695 元/度），試計算電池系統投資回收的平衡時間點。

分析：依據 Boer 靜態分析模式（不計通膨）得知年均獲益 E 與現值 C 之關係為

$$\frac{E}{C} = m + \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \dots\dots\dots (2)$$

其中 r 為利率（折現率）， n 為時間， m 為每年固定支出（佔現值 C 之比例）。若以上述公式(1)來討論電池系統的投資回收，且假設 $m = 0$ ，則不同折現率 r 的年均獲益 E 之計算結果如表 6。由該表中可得知，當折現率 $r = 0.01$ 時，年均獲益 E 為 41,443 元，第 9 年可達成投資回收，因為這項設置的年均獲益 E 為 40,434 元，即 E / C 比為 0.114，故經比對後的實際投資回收平衡時間點 n 是介於第 9 年和第 10 年之間（約 9.24 年）。當折現率增加至 $r = 0.03$ 時，對應之平衡時間點 n 約為 10.35 年。最後當折現率 $r = 0.05$ 時，該平衡時間點 n 將延長至 11.85 年。有關不同折現率 r 之 E / C 比隨平衡時間點 n 的變化詳如圖 15，該圖中顯示當折現率 r 增加時，平衡時間點 n 亦將延長。此外，如果考慮每年固定支出佔現值 C 之比值為 $m = 0.05$ 時，則在不同折現率 r 情況下的投資回收平衡時間點 n 經計算後，其結果詳如表 7。

表 6 不同折現率 r 之年均獲益 E 分析表
($m = 0$)

$n \backslash r$	0.01	0.03	0.05
2	180,167	185,527	190,921
3	120,708	125,503	130,359
4	90,980	95,505	100,114
5	73,144	77,516	81,996
6	61,255	65,532	69,941
7	52,763	56,980	61,351
8	46,395	50,572	54,926
9	41,443	45,594	49,945
10	37,482	41,617	45,974
11	-	38,367	42,738
12	-	-	40,053

表 7 不同 m 值與 r 值之
投資回收平衡時間點*

$m \backslash r$	0.01	0.03	0.05
0	9.24	10.35	11.85
0.03	12.76	14.97	18.58

*表中投資回收平衡時間點 n 以年計

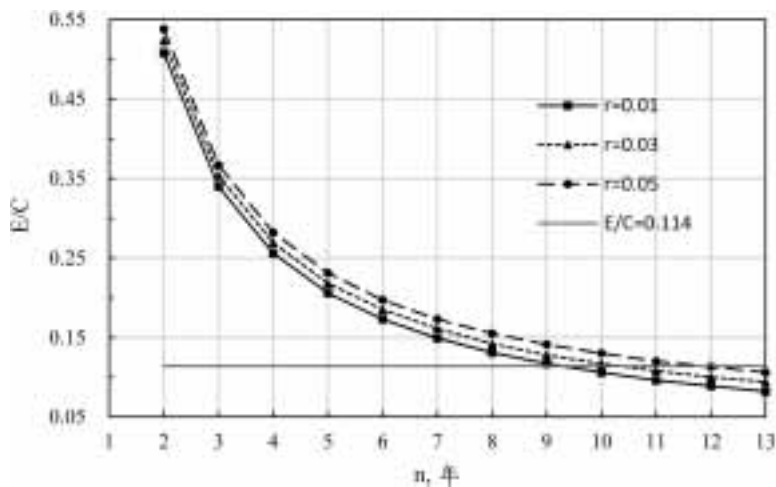


圖 15 不同折現率 r 之 E/C 比變化趨勢圖 ($m = 0$)

五、結語

從本文對再生能源-太陽光電技術的介紹內容中，除可瞭解美國、日本與德國等先進國家的發展情況外，另在光伏電池轉換效率方面亦提出相關之分析，其中並以電池效率與面積計算、電池系統佈置以及電池系統投資回收等三個案例作為實務應用之討論。由於再生能源咸信是全球能源開發努力的重點方向，故近年來在太陽光電總裝置容量上的成長具有領先之趨勢，現今國內在此一方面有大幅進展之際，如能充分地掌握先進國家相關技術之發展以及法令適切之配合，咸信必將有助於國家能源轉型的推動工作。

漫談職場霸凌與暴力行為

撰稿整理：盧春火

一、導論

近年來，勞工於職場上遭受主管或同事利用職務或地位上的優勢予以不當之對待，及遭受顧客、服務對象或其他相關人士之肢體攻擊、言語侮辱、恐嚇、威脅等霸凌或暴力事件，致發生精神或身體上的傷害，甚而危及性命等案件時有所聞。

此等不當行為，對於受害之人群不僅涉及安全健康威脅、人權問題，也涉及組織效率問題，進而影響國家整體經濟發展。此類受國際關注之職場暴力危害與威脅行為模式，被歸類為社會環境因子引起之心理危害（psycho social），一般被統稱為職場霸凌。

執行職務因他人行為遭受身體或精神不法侵害之範圍，指勞工因執行職務，於勞動場所遭受雇主、主管、同事、服務對象或其他第三方之不法侵害行為，造成身體或精神之傷害。此為職業安全衛生法第六條特定列出之條文，其旨意在於保障任何人於職場中不受前述之各種威脅迫害或阻礙干擾。

每個職場及行業可能遭遇的霸凌與暴力的風險和類型各有不同，事業單位可參考我國職業安全衛生相關法規及職業安全衛生管理系統等規範之要求，依各種不同類型產業特性，實際可能發生的風險機率概況等，建立預防職場霸凌或暴力等不法侵害的危害辨識及風險評估管理計畫，以有效落實執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制。

二、霸凌行為之探討

職場霸凌，是指在工作場所中發生的事件，藉由權力濫用與不公平的處罰對受害者造成持續性的冒犯、威脅、冷落、孤立或侮辱行為，使被霸凌者身心嚴重感到受挫、被威脅、羞辱、被孤立及受傷，進而折損其自信並衍生為沈重的身心壓力（Stress，MSF Union，1994），Field（1996）則定義職場霸凌為一種藉由控制與壓抑他人以表達霸凌者內心的攻擊與不適當行為的強迫性索求。

依歐盟、國際勞工組織、英、美等國之職場暴力預防相關指引，職場暴力大致分為肢體暴力、語言暴力、心理暴力與性騷擾等四類。根據勞動部勞動及職業安全衛生研究所於2010年進行的「工作環境安全衛生狀況認知調查」，我國各行業工作環境安全衛生狀況觀測結果顯示，男性暴露於暴力工作環境的比率依序為：肢體暴力（6.56%）、心理暴力（3.01%）、語言暴力（0.86%）、性騷擾（0.35%）。女性暴露於暴力工作環境的比率為：肢體暴力（7.64%）、心理暴力（3.76%）、性騷擾（1.86%）、語言暴力（0.58%）。

職場霸凌（Workplace bullying），則泛指在工作場所裡，個人或團體對於同事或是下屬進行不合理的強制行為。包含言語、非言語、身體、心理上的虐待或羞辱。職場霸凌通常是與組織中的既定潛規則和政策的運作有關：霸凌者可能是同僚，也可能是下屬，也可能來自上司或主管。霸凌不僅影響了被霸凌的個人心理或生理，也可能導致員工士氣的下降和組織文化的重大變革。

僱主也有可能是霸凌者，不良僱主利用霸凌來擺脫員工以避免法律責任，例如支付失業補償或員工的賠償要求。或是使用恐嚇或霸凌的方法趕走那些要求合法薪資和合法加班工時的員工。僱主的霸凌往往是職場霸凌的重要關鍵，但卻經常最容易被忽視。

員工會認為僱方有義務提供一個安全的工作環境，一旦發生暴行死傷問題，員工將會覺得被欺瞞以及缺乏安全感（Mattman,1994）。美國職業安全與健康部（OSHA）支持這種期待，表示僱用者有著協助員工預防職場暴行的義務。

受霸凌者不僅會因為霸凌者的攻擊與不當作為而受害，更會因為整體工作環境的默許與忽視氣氛而感到彷彿被所有人聯合傷害與背叛，進而造成強大的生理與心理受創結果。

美國職場暴力研究所（The workplace violence research institute）對職場暴行的定義為：任何攻擊職員的行動，使其工作環境充斥敵意，並對職員身體或心理上造成負面影響。相關的行為包括所有肢體、語言攻擊、威脅、強迫、恐嚇與各種形式的騷擾（楊士隆，2004）。

以此廣義的角度觀察，職場霸凌與暴力行為涵蓋的層面甚廣，無論在學理或實證上的研究，都有其困難性與複雜性。（內政（研）094-008 號 20,2005.06.20 職場暴行的原因與對策---施奕暉）

三、職場霸凌原因之探討

許多會產生霸凌或暴力行為者，其個人的原因可能包括：長期家庭暴力、各種物質濫用（如藥品、酗酒、神經興奮劑等）、偏頗的心理疾病、神經病理因素、工作挑戰、各種經濟金錢壓力或家庭異常警訊等。

（一）家庭暴力

可能的連結關係為家庭暴力漫延伸進入工作場所的情況。對婦女攻擊者高達 50% 為有關係者的高比例，較之男性受攻擊者 37 % 為有關係者的比例。

家庭暴力與職場霸凌或暴力行為的連結可能來自於行為人的幼年早期受虐經驗。幼兒期曾遭受虐待的成年人，他在工作上的忿怒行為，會不自覺的將箭頭指向類似早先虐待她或他的人，故爾，童年受虐史將有可能導引而造成在工作場所中的霸凌或暴力行為。

(二)物質濫用與精神疾病

雖然精神疾病可能是受僱者行為的風險因素。但精神疾病患者成為暴行被害的機會更大。研究發現，有暴力行為的受僱員工在其身上有著高頻率的情緒失常、焦慮失常、精神失常與人格違常等現象發生。

機構裡的高職位並無法排除心理疾病與物質濫用問題。有些研究顯示，男性有 23% 有較大的沮喪問題，而女性則有 36%；酗酒的男性行政人員有 16%，女性則有 9%（Bromet Parkinson & Curtis 1990）

另一個研究發現，酗酒、物質濫用、沮喪、情緒兩極化與精神分裂是造成員工流失或離職的重大原因（Speller, 1989）。

(三)神經生理學因素

各種研究顯示，少數比例的人口犯下相當高比例的暴力犯罪。神經生理因素在暴力行為中扮演了重要角色。Boyd 在 1995 年對加拿大地區病患的研究發現，在許多兇殺事件與職場暴行事件裡，神經生理失常可能導致暴力行為。Elliott（1992）注意到，暴力行為人主體的性格變化、精力瀰漫與原始化的本能行為，有可能來自於腦葉邊緣與中腦的認知缺陷或其他個體的障礙所肇致。

(四)暴力行為者的事前分析剖繪

剖繪技術，是對先前違犯職場暴行的個人，就其特性與特徵加以準確描述。De-becker（1997）建議雇主在僱用員工前加入更多開放式的問題來讓應徵者描述其本身，以利雇主可以充分判讀分析那些可能被雇用者可能擁有暴力行為的風險。

(五)行為警訊

相對於分析剖繪技術，另一種評估受雇者潛在暴力傾向的方式特別適用於內部來源性的暴行，並可針對較早的時期而非較早的調查結果來著手。

(六)綜合壓力

職場暴行的另一個罪魁禍首可能是綜合壓力（Stress）。由於每個受雇者本身背景不進相同，來自各種不同的社會環境與家庭環境，對於工作上的自我要求程度會有明顯差異，因之，對於工作上要求的寬鬆嚴謹程度感受不一，所產生的壓力也各有不同，有人會默默承受工作壓力，有些人則面對較大嚴謹的要求或挑戰時，無法承受自我產生之壓力，繼而放任或崩潰，甚至出現語言攻擊或暴力攻擊行為。

(七)組織因素

包括：放任的管理行為、資方的組織文化、員工僱用的篩選、職場人力結構的變遷、資方機構與組織的改變、工作相關的壓力等。許多事業單位主管在為了保住自己現有的權威地位或利益，對於工作要求極盡嚴苛，未曾替下屬著想，放任下屬

之間的爭鬥，與下屬爭功，甚或主導員工互相爭強鬥狠，導致弱勢員工被孤立，造成員工向心力遠離，單位內部的崩潰。

職場霸凌之判斷

職場的霸凌可以是在許多的情況和形式下發生的，部分學者運用以下這些行為來做為職場霸凌的判斷：重複（經常發生的），持續的時間（長時間），升級（攻擊程度增加），權力差距與歸因意向。

四、職場霸凌之基本方式

(一)專業地位的威脅：

貶低當事人的意見，公開進行專業上屈辱，指責當事人缺乏努力，恐嚇使用紀律或懲處程序，藉以維持高階主管的權威。

(二)個人地位的破壞：

破壞員工下屬的個人信用，破壞性的影射和諷刺謾罵，進行不適當且隱有所指的笑話目標，持續的戲弄、對罵、侮辱、恐嚇、威脅相關人員。

(三)造成孤立：

阻止下屬被外界訪問的機會，利用職權讓下屬與社會隔離，隱瞞必要的信息，保持目標的循環，故意對某些關鍵訊息加以忽略或排除。

(四)不穩定的指揮：

毫無意義的任務分配，對失敗的任務完全推諉卸責，反復不斷的對下屬或固定對象提醒其失誤事件，對於單位設定目標失敗時，移動團隊的目標卻瞞著當事人。

五、常見的霸凌形式

- (一)針對特定對象或某位群組持續性的吹毛求疵，在小事上挑剔，把微小的錯誤放大、扭曲。
- (二)總是批評並拒絕看見被霸凌者的貢獻或努力，也持續地否定被霸凌者的存在與價值。
- (三)總是試圖貶抑被霸凌者個人、職位、地位、價值與潛力。
- (四)在職場中被特別負面地另眼看待孤立被霸凌者，對其特別苛刻，用各種小動作欺負被霸凌者。
- (五)以各種方式鼓動同事孤立被霸凌者、不讓被霸凌者參與重要事務或社交活動，把被霸凌者邊緣化，忽視、打壓排擠及冷凍被霸凌者。
- (六)在他人面前輕視或貶抑被霸凌者。
- (七)私下或在他人面前對被霸凌者咆哮、羞辱或威脅。

- (八)給被霸凌者過重的工作，或要其大材小用去做無聊的瑣事，甚至完全不給被霸凌者任何事做，剽竊被霸凌者的工作成果或聲望。
- (九)讓被霸凌者的責任增加卻降低其權力或地位。
- (十)不准被霸凌者請假，不准同仁代理被霸凌者的業務。
- (十一)不准被霸凌者接受必要的教育訓練，導致其工作因學習不足而效率不佳。
- (十二)給予被霸凌者不實際的工作目標，或當其正努力朝向目標時，卻給被霸凌者其他任務以阻礙其前進，甚或隨時更改工作目標。
- (十三)突然縮短交件期限，或故意不通知被霸凌者工作時限，害其誤了時限而遭到處分。
- (十四)對於被霸凌者所說或做的任何說明或建議都加以扭曲與誤解。
- (十五)用不是理由的理由且沒有實際調查的情況下，對被霸凌者犯下的輕微錯誤給予沉重處罰。
- (十六)在沒有犯錯的情形下，要求被霸凌者離職或退休。
- (十七)任意調動被霸凌者的工作處所或場所。

六、預防措施

美國在職場組織層面所採用的職場暴行預防措施

(一)勞方協助計畫 (EAPs)：

一項提供勞方居家諮商或外部諮商機構轉介服務等計畫的補救措施。包括協助提供管理者各式資源，處理發生狀況行為問題、訓練失效與拒絕接受專業訓練的問題員工。

(二)環境安全硬體措施：

安全措施主要是針對外部來源的職場暴行，包括：良好的內外部照明、廠辦裡的警鈴系統、內外部監視系統、管制禁入區之設定、門禁管制與警衛 (CPCU,1995)。

(三)機構的預防暴行政策：

預防暴行政策開始於官方反暴力組織的設立，讓員工立即通報任何可疑情況。
(Scammell, 1995)

(四)管理訓練措施：

當機構脫離否認階段後，訓練可以幫助管理者支持與執行組織已建立的各類預防政策。包括：人際關係技巧訓練、衝突訓練等相關議題，雇用者分享資訊、經驗與訓練，可有效協助預防職場暴行；評估員工對家庭暴力、物質濫用、與職場暴力等議題感知的調查，教育受雇者認清居家與職場暴行的關係等等。

(五)機構預防職場暴行的措施 (楊士隆，2004，暴力犯罪原因類型與對策)

1. 僱用合適的員工。

- 2.擬定職場防暴計畫。
- 3.危機處理機制與程序之建立。
- 4.強化主管與員工之專業訓練。
- 5.強化風險管理措施。
- 6.強化職場人身安全與環境安全之管理措施。
- 7.強化溝通，建立無毒（Nontoxic）之工作環境。
- 8.落實零容忍與一致性之執法政策。
- 9.工會適時介入與協助。

(六)事業單位應有之預防措施

- 1.辨識及評估危害
- 2.適當配置作業場所
- 3.依工作適性適當調整人力
- 4.建構行為規範
- 5.辦理危害預防及溝通技巧訓練
- 6.建立事件處理程序
- 7.執行成效之評估及改善

七、結語

職場不法侵害事件幾乎發生在所有行業及各種職業從業人員身上。不法侵害事件可能導致組織士氣低落、形象不佳，難以招募人員及留住人才，甚而必須擔負勞工請假、補償金及法律之責任；可能導致勞工沮喪、傷病，失能或死亡。

勞工是企業之資產，事業單位必須能推動自主管理，落實職安法之規定，採取促進勞工身心健康之相關措施，為勞工打造尊嚴勞動及安全之職場環境，確保勞動者之權益。

八、參考資料

- 1.職業安全衛生法及其施行細則。
- 2.中部某區域教學醫院職場霸凌之研究 A Study on Workplace Bullying in A Regional Teaching Hospital in Central Taiwan，何清治（Chin-Chih Ho）；張睿欣（Jui-Hsin Chang）；洪錦墩（Chin-Tun Hung）
- 3.護理職場霸凌的因應方式（Coping Strategies: Bullying in the Nursing Workplace）蔡曉婷（Shian-Ting Tsai）；宋雅雯（Ya-Wen Sung）；鄧理萍（Li-Ping Tzou）；黃夢婷（Meng-Ting Huang）；黃敏瑤（Miin-Rong Hwang）；邱啓潤（Chii-Jun Chiou），護理雜誌；58 卷 4 期（2011 / 08 / 01），P87 - 92

4. 人際衝突對職場霸凌行為影響之探討 (The Effects of Interpersonal Conflicts on the Workplace Bullying)
5. 員工生涯韌性、倫理氣候、職場霸凌與職業幸福感相關性之研究, The Relationship of Career Resilience, Ethical Climate, Workplace Bullying and Occupational Well-being, 黃淑琚 Huang, Shu-Chun, 黃佳純 Huang, Jie-Tsuen, 國立高雄應用科技大學人力資源發展系碩士班
6. 職場霸凌、人格特質與員工績效之關聯-以金融業為例, 康雅雯 (Ya-Wen Kang), 國立中央大學財務金融學系在職專班。
7. 職場霸凌對員工幸福感之影響：社會資本與心理資本的調節作用, The Relationships between the Perception of Workplace Bullying and Employee Well-Being: Moderating Effects of Social Capital and Psychological Capital, 吳美連 (Melien Wu) ; 張振傑 (Chen-Chieh Chang) ; 王秀菁 (Shiou-Jing Wang), 人力資源管理學報; 17 卷 2 期 (2017 / 06 / 01), P1 - 25
8. 反擊！終結職場霸凌，好的文化出版社，作者：Lynne Curry，譯者：鄧詠婷。

別讓您的權利睡著了！
新購鍋爐時，別忘了
委託本會測試鍋爐燃燒效率



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。

聯絡人：林佳慶 0937-750800

一種有機熱載體鍋爐能效測試的新方法

張文賦、王傑、陳征宇／浙江省特種設備檢驗研究院

《摘自中國特種設備安全 2017/12》

摘要：目前有機熱載體鍋爐能效測試存在因行業使用特點限制無法達到定型能效測試所要求的額定工況、有機熱載體物性參數缺乏及高溫下流量測量準確性差等問題。為合理地解決這些問題，提出一種新型有機熱載體能效測試方法，設計並搭建了一個可拆裝的統一能效測試平臺，其自製換熱器具有不同高度的出水口，負荷可調，並採用測量換熱器冷卻水的進出口溫度和循環流量計算換熱量的方式，避開了目前有機熱載體鍋爐能效測試時達不到額定工況、有機熱載體物性參數和循環流量測量可靠性差的難題，能效測試準確度提高。

有機熱載體鍋爐因其“低壓高溫”的特性在印染、化工、輕紡等工業生產領域中應用廣泛。由於有機熱載體鍋爐排煙溫度較高，節能潛力巨大，是工業鍋爐節能的重要目標，有必要對有機熱載體鍋爐能效測試方法進行研究。

一、有機熱載體鍋爐能效測試現狀

(一)無法達到定型能效測試所要求的額定工況

按照《鍋爐節能技術監督管理規程》的要求，鍋爐製造單位應向使用單位提供鍋爐產品定型測試報告，定型測試不符合能效要求的，製造廠家不得繼續製造該型號的鍋爐產品。《有機熱載體鍋爐》（GB/T 17410 - 2008）也要求鍋爐批量生產前應進行型式試驗，型式試驗應包括熱效率測試，而熱效率測試的困難在於正平衡數據的準確性。上述規程中規定，鍋爐產品定型測試應在鍋爐額定工況條件（97%~105%負荷）下進行，但由於絕大多數有機熱載體鍋爐用在紡織印染行業，受企業工廠工藝、連續生產和實際熱負荷需要所限制，目前在用的有機熱載體鍋爐基本上沒有工作在額定工況，因此很難找出完全符合定型測試工況條件要求的有機熱載體鍋爐進行定型測試。故現在有機熱載體鍋爐的定型測試陷入了一個尷尬的狀況：對製造廠家而言，廠內測試成本太高，每個製造單位搭建測試平臺不現實；在使用單位測試，則測試工況受制於企業生產工況，測試條件得不到保障。故鍋爐節能技術監督管理規程頒布以來，有機熱載體鍋爐的測試一直未能很好地推進。

(二)有機熱載體流量測試可靠性差

有機熱載體鍋爐以有機熱載體為循環傳熱的介質，一般都是閉式循環運行。現場測試時，絕大多數情況下無法拆開管路安裝渦輪、渦街等接觸式流量計。有些鍋

爐系統本身配備了此類流量計，但很多往往沒有有效的校驗憑證，不能作為流量測試的依據。因此，有機熱載體流量的測量一般只能採用非接觸式的測量方式，目前可行的就是超聲波流量計。但超聲波流量計使用時需要輸入被測液體的物性參數，由於缺乏各牌號有機熱載體在不同工作溫度下的相關物性數據，往往只能以經驗值代替，由此造成有機熱載體流量測試數據不準，嚴重影響正平衡效率測試的準確性。

(三)有機熱載體物性數據缺乏

正平衡效率的測試及計算過程中需要準確知道有機熱載體的運動粘度、比熱（或焓值）、密度等物性數據。經實際調研，有機熱載體製造廠家往往不能提供相關油品在高溫下的物性數據，即使部分廠家提供相關數據，其準確性、可靠性存疑。特別對於同一種牌號有機熱載體，由於使用溫度、使用時間的不同，物性的變化情況又有所不同，這些因素造成不能獲得準確可靠的有機熱載體爐正平衡能效測試結果。

二、有機熱載體能效測試平臺的設計與搭建

為克服以上三個問題，設計並搭建了可移功有機熱載體鍋爐統一能效測試平臺，平臺利用自製換熱器代替用熱設備，採用測量換熱器冷卻水的進出口溫度和循環流量計算換熱量的方式，利用熱力學基礎知識，避開了目前導熱油物性參數和循環流量測量可靠性差的難題。此外，換熱器具有不同高度的出水口，實際測試中可通過調節水位高度、水流量等適應不同負荷的鍋爐。設計中可由不同鍋爐負荷計算出所需換熱面積，製作相應面積範圍的換熱器，因而可實現異地一系列負荷有機熱載體鍋爐的能效測試。依託有機熱載體鍋爐能效測試平臺的能效測試方法研究，在國內尚屬首創。

(一)能效測試平臺系統組成

有機熱載體鍋爐測試平臺包含儲液槽（低位槽）、循環泵、換熱器、閥門管道以及測試儀表等部件，各部件佈置緊湊，均固定於鋼架平臺之上，吊裝、移動方便，系統示意圖如圖 1 所示。本平臺採用注入式工作系統，有機熱載體經注油泵，從儲液槽注入系統，當儲液槽上方的膨脹回收接管有回油時，說明系統已充滿油。有機熱載體爐加熱後的高溫有機熱載體從換熱器進口（上）集箱進入，換熱後的低溫油由出口（下）集箱排出換熱器，再由循環泵打入有機熱載體爐繼續加熱，往復循環。換熱器內油側為蛇形換熱管束，換熱管束外的吸熱介質

為水，在進出水管上同時安裝有流量計和溫度計。換熱器頂部設置有排氣口，用於排放水側受熱後所蒸發的水蒸汽，保證了換熱器箱體常壓運行，確保測試系統能夠安全、穩定。卸油泵（注油泵）介面在系統最低點，當測試完畢後，可將系統內的有機熱載體完全卸放至儲液槽中，以便下次測試。

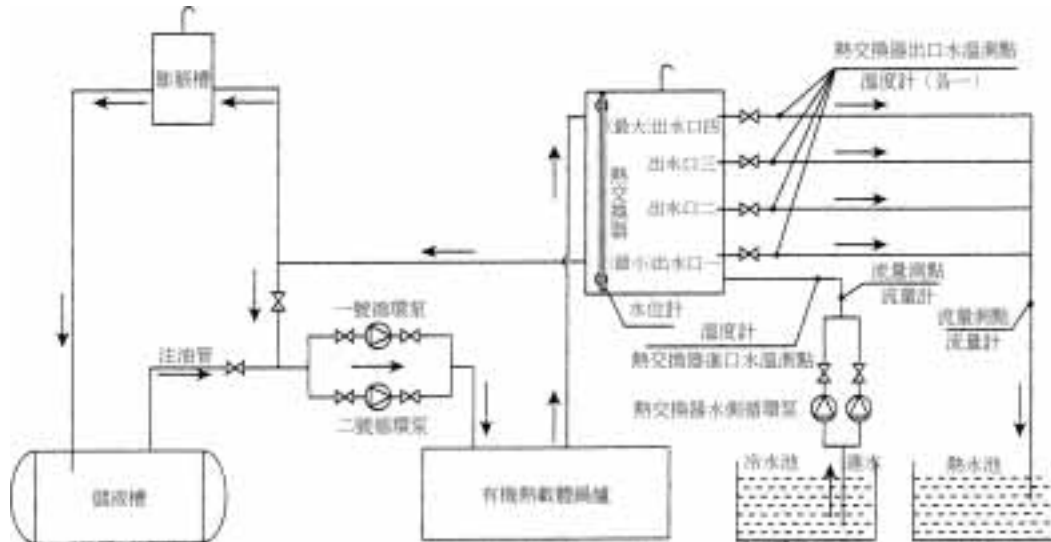


圖 1 系統示意圖

(二) 能效測試平臺測試方法

現場測試時，調節換熱器內水流量使有機熱載體爐達到穩定額定工作狀態。根據在線監測記錄的進出口水溫和流量計算出實際換熱量，與鍋爐額定負荷時的理論換熱量進行比較，從而得出有機熱載體鍋爐的換熱效率，並作為鍋爐正平衡測試效率。

1. 鍋爐正平衡測試效率計算

有機熱載體鍋爐正平衡測試效率計算公式為

$$\eta_1 = \frac{G (h_{cs} - h_{js})}{B Q_r} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：G —— 換熱器中循環水流量，kg/h；

h_{js} —— 換熱器進水焓，kJ/kg；

h_{cs} —— 換熱器出水焓，kJ/kg；

B —— 燃料消耗量，m³/h；

Q_r —— 換熱器輸入熱量，kJ/m³。

2. 鍋爐反平衡測試效率計算

有機熱載體鍋爐反平衡測試效率計算公式為

$$\eta_2 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： q_2 —— 排煙熱損失，%；

q_3 —— 氣體未完全燃燒熱損失，%；

q_4 —— 固體未完全燃燒熱損失，%；

q_5 —— 散熱損失，%；

q_6 —— 灰渣物理熱損失，%。

三、能效測試平臺試用案例（測試實例）

（一）燃氣鍋爐

1. 鍋爐基本情況

鍋爐型號為 YY(Q)W-3500Y(Q)，額定熱功率 3.5MW，最高允許工作壓力 1.0MPa，額定出口油溫 300℃，額定進口油溫 279℃，設計燃料為天然氣。爐膛輻射受熱面積 30.86m²，對流蒸發受熱面積 162.06m²，本體總受熱面積 192.92m²，空氣預熱器受熱面積 141.6m²。測試為 2 個額定負荷工況，每工況正式試驗時間 2h。

2. 燃料特性

根據表 1 所測的天然氣成分，由 GB/T 10180-2013《工業鍋爐熱工性能試驗規程》中的相關計算，可得到燃料收到基低位發熱量為 35057kJ/m³。

表 1 燃料收到基成分分析（%）

CH ₄	C ₂ ⁺	CO ₂	N ₂
97.998	0	1.509	0.493

3. 正平衡方法測試結果

由表 2 測試項目查表可得換熱器中水的進、出口焓值，由式(1)計算得到鍋爐的正平衡效率為 91.0%（工況 1）、91.3%（工況 2）。

表 2 鍋爐正平衡測試項目

測試項目	測試值（工況 1）	測試值（工況 2）
冷卻水流量／（kg·h ⁻¹ ）	51372.4	51275.8
冷卻水進水溫度／℃	22.6	22.9
冷卻水出水溫度／℃	81.4	81.9
冷卻水進水壓力／MPa	0.1	0.1
冷卻水出水壓力／MPa	0	0
燃料消耗量／（kg·h ⁻¹ ）	396.10	395.40

4. 反平衡方法測試結果

由表 3 測試數據，由 GB/T 10180-2013《工業鍋爐熱工性能試驗規程》中的相關計算可得到反平衡測試中的各項熱損失，見表 4。

表 3 鍋爐反平衡測試項目

測試項目	測試值（工況 1）	測試值（工況 2）
排煙處 RO ₂ ／%	10.99	11.05
排煙處 O ₂ ／%	1.6	1.5
排煙處 CO／%	0.0	0.0
入爐冷空氣溫度／℃	30.0	30.0
排煙溫度／℃	156.0	156.5

表 4 鍋爐反平衡效率計算 (%)

工況	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	反平衡效率
1	5.74	0	0	2.4	0	91.9
2	5.74	0	0	2.4	0	91.9

(二) 燃生物質鍋爐

1. 鍋爐基本情況

鍋爐型號為 YLW-1600S，額定熱功率 1.6MW，額定壓力 0.8MPa，額定出口油溫 280℃，額定進口油溫 260℃，設計燃料為生物質成型顆粒。爐膛輻射受熱面積 24m²，吋流蒸發受熱面積 43.9m²，空氣預熱器受熱面積 65m²，總受熱面積 132.9m²。測試為 2 個額定負荷工況，每工況正式試驗時間 2h。

2. 燃料特性

化驗得到燃料收到基成分（見表 5）及低位友熱量為 14600kJ/kg。

表 5 燃料收到基成分分析 (%)

C_{ar}	H_{ar}	O_{ar}	S_{ar}	N_{ar}	A_{ar}	M_{ar}	V_{daf}
45.3	13.6	30.1	0	0.4	0.6	10	85

3. 正平衡方法測試結果

由表 6 測試項目查表可得換熱器中水的進、出口焓值，由式(1)計算得到鍋爐的正平衡效率為 80.6%（工況 1）、81.2%（工況 2）。

表 6 鍋爐正平衡測試項目

測試項目	測試值（工況 1）	測試值（工況 2）
冷卻水流量 / (kg · h ⁻¹)	14473.8	14807.4
冷卻水進水溫度 / °C	26.4	27.0
冷卻水出水溫度 / °C	73.9	74.2
冷卻水進水壓力 / MPa	0.1	0.1
冷卻水出水壓力 / MPa	0	0
燃料消耗量 / (kg · h ⁻¹)	96.80	97.60

4. 反平衡方法測試結果

由表 7 測試數據，由 GB/T 10180-2013《工業鍋爐熱工性能試驗規程》中的相關計算可得到反平衡測試中的各項熱損失，見表 8。

表 7 鍋爐反平衡測試項目

測試項目	測試值 (工況 1)	測試值 (工況 2)
漏煤重量 / ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	0.5	0.6
漏煤可燃物含量 / %	40.5	40.0
漏煤溫度 / $^{\circ}\text{C}$	50	50
排煙處 RO_2 / %	11.34	11.32
排煙處 O_2 / %	8.10	8.13
排煙處 CO / %	0.0	0.0
入爐冷空氣溫度 / $^{\circ}\text{C}$	16.2	15.9
排煙溫度 / $^{\circ}\text{C}$	168.9	169.5

表 8 鍋爐反平衡效率計算 (%)

工況	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	反平衡效率
1	11.41	0.08	1.79	5.59	0.04	81.1
2	10.69	0.08	1.82	5.59	0.05	81.6

(三) 測試平臺可靠性分析

考慮換熱器熱效率經驗值 98%~99%，取其平均值 98.5%，由此計算得到鍋爐效率之差，見表 9、表 10。YY(Q)W-3500Y(Q) 與 YLW-1600S 的效率之差皆滿足 TSG G0003-2010《工業鍋爐能效測試與評價規則》第 3.2.2 條的規定，“每次測試的正平衡與反平衡的效率之差應當不大於 5%，正平衡或者反平衡各自兩次測試測得的效率之差均應當不大於 2%，燃油、燃氣和電加熱鍋爐各種平衡的效率之差應當不大於 1%”。因此，採用統一能效測試平臺，通過測量換熱器冷卻水的進出口溫度和循環流量計算換熱量的方法，所得測試數據有效。

表 9 YY(Q)W-3500Y(Q)效率之差

工況	正平衡效率	反平衡效率	效率差
1	92.3%	91.9%	0.4%
2	92.6%	91.9%	0.7%
效率差	0.3%	0	—

表 10 YLW-1600S 效率之差

工況	正平衡效率	反平衡效率	效率差
1	81.8%	81.1%	0.7%
2	82.4%	81.6%	0.8%
效率差	0.6%	0.5%	—

四、結論

- (一) 提出一種新型有機熱載體能效測試方法，設計並搭建了一個可拆裝的統一能效測試平臺。其自製換熱器可設計為不同換熱面積，從而實現異地，對一系列負荷的有機熱載體進行定型能效測試。
- (二) 自製換熱器水為冷卻介質，將物性參數缺乏、高溫流量測量困難的有機熱載體測量和計算，利用熱力學基礎知識，轉換為技術成熟的冷卻水進出口流量和溫度的測量與計算，測量方便。實際測試結果證明該方法符合標準要求，能效測試準確度提高。

一例有機熱載體快速氧化變質的分析及處置建議

何涇渭、王義壯、曹現福／廣東省特種設備檢測研究院東莞檢測院

《摘自中國特種設備安全 2017/11》

摘要：本文對一例開式傳熱系統有機熱載體酸值短期內超標的事故原因進行了分析，提出了系統循環泵的揚程與系統阻力特性不匹配和膨脹槽的高度不足導致膨脹槽內有機熱載體溫度偏高是主要原因，給出系統改進的措施和建議，並對本例事故反映的有機熱載體鍋爐普遍存在的問題進行了分析闡述。

有機熱載體鍋爐傳熱系統膨脹槽的主要作用是容納系統中有機熱載體從環境溫度升高到工作溫度時的膨脹量，在運行過程中排水脫氣，給循環系統補充有機熱載體，同時，膨脹槽與膨脹管內的有機熱載體液柱可以為循環系統提供適當的靜壓力，以平衡各部分間的壓力變化，《鍋爐安全技術監察規程》（TSGG0001-2012）中對膨脹槽的容積、承受壓力、閥門設置以及相關尺寸都有嚴格規定。從有機熱載體的使用壽命、節能、安全等方面考慮，現在一般建議有機熱載體傳熱系統採用閉式系統，但實際檢驗過程中，還是發現很多開式傳熱系統（企業或安裝公司為節省一次性投資和貪圖方便）。開式傳熱系統的優點是結構簡單、操作維護方便，缺點是膨脹槽與大氣相通，在高溫環境下，有機熱載體容易氧化變質，表現為酸值升高，大大縮短有機熱載體的使用壽命，影響鍋爐安全運行。本文是對一台開式傳熱系統的新裝鍋爐有機熱載體酸值短期升高較快的原因分析及對傳熱系統的改進建議。

一、情況說明

某食品公司新安裝了一台型號為 YY(Q)W-1400Y(Q) 的有機熱載體鍋爐，採用開式傳熱系統，使用產品代號為 L-QB300 的有機熱載體，圖 1 為系統示意圖。未使用有機熱載體有型式試驗報告，經驗證性檢驗判定為合格，但鍋爐首次運行三個月後，酸值就超過 1.5mgKOH/g（在用有機熱載體酸值大於 1.5mgKOH/g 應停止使用），使用單位自檢查明是鍋爐正常運行後，膨脹槽上的輔助排氣管道閥門未關閉引起；清洗系統後，重新更換相同牌號的有機熱載體，使用前驗證檢驗酸值為 0.031mgKOH/g（未使用有機熱載體合格標準為不大於 0.05mgKOH/g），使用 20 天后，酸值就達到 0.622mgKOH/g（安全警告值為 0.5mgKOH/g～1.5mgKOH/g）。在鍋爐及傳熱系統正常運轉情況下，有機熱載體不應該出現短期內氧化如此快的情況。酸值升高表明油品存在氧化變質，因氧化產物具有更低的熱穩定性，且粘度、酸值、閃點、自燃點、導熱系數等物性參數均不同於有機熱載體，容易導致傳熱惡化和引起安全事故。

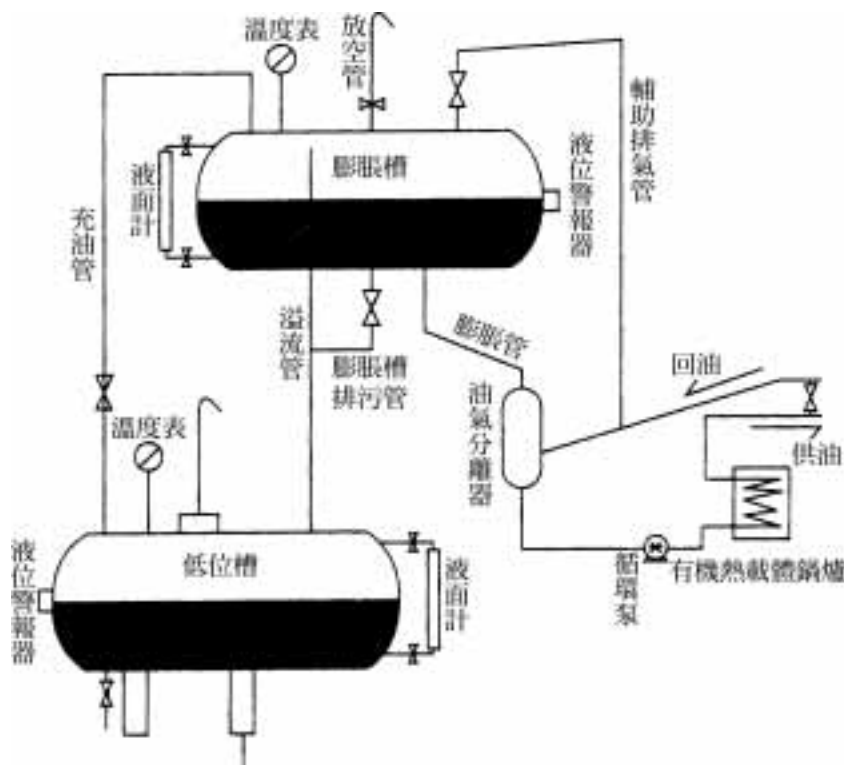


圖 1 有機熱載體爐示意圖

二、現場調查及原因分析

(一)對有機熱載體鍋爐及傳熱系統進行了現場勘查，發現兩點：一是新裝系統不到半年，膨脹槽下部 70%外現已經嚴重生鏽（見圖 2）；二是鍋爐在額定工況下運行，現場測得膨脹槽液面附近溫度為 118℃。因開式傳熱系統中，膨脹槽內的有機熱載體直接與大氣接觸，會發生氧化變質，而溫度升高會加快有機熱載體的氧化變質速率，同時，氧化產物的熱穩定性低，對氧化變質有催化加速作用，如能控制膨脹槽內液面溫度在 70℃以下，可以大大降低氧化速度。



圖 2 膨脹槽生鏽外現

(二)進一步勘查發現：鍋爐運行時，循環泵進口和鍋爐出口之間的壓差偏大，打開主供油管和主回油管之間的調節閥門，該壓差無明顯下降。推斷該系統所用循環泵的揚程過大，與循環管道的流動阻力特性不匹配，導致系統運行過程中，循環管道內有機熱載體壓力偏高，更易通過膨脹管進入膨脹槽，加劇循環管道內高溫有機熱載體與膨脹槽內低溫有機熱載體的交換，使膨脹槽內有機熱載體溫度升高，加快其氧化變質速率。

(三)同時發現膨脹槽的相對高度偏低，膨脹槽的底部與油氣分離器的垂直距離約為 1.7m，其中膨脹管豎直段約 0.5m，見圖 3 和圖 4。分析由於膨脹槽高度不足，不能提供足夠的靜壓力和有效減緩油氣分離器與膨脹槽內有機熱載體的對流，而循環泵揚程過大又進一步加劇了對流，從而導致膨脹槽內溫度偏高，引起膨脹槽內有機熱載體的快速氧化變質。圖 3 為現場膨脹槽管道照片，中間為膨脹管，左右為溢流管，圖 4 為膨脹槽位置示意圖。



圖 3 膨脹管照片

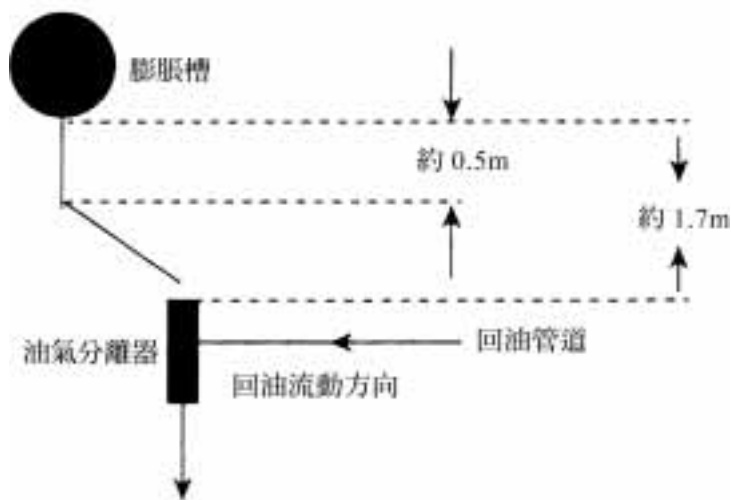


圖 4 膨脹管示意圖

上述第(二)和(三)也是該系統首次運行三個月內，有機熱載體酸值即達到停止使用標準的重要原因之一。

(四)此外，該系統投用時，安裝單位沒有加密循環泵入口過濾網，不能有效過濾並除掉管道、鍋爐及容器內的機械雜質。循環系統內的機械雜質會造成循環泵葉輪損傷，並且會在循環管道內沉積，影響有機熱載體的正常循環流動。

三、處置措施

本例中，要有效減緩有機熱載體氧化變質速率，關鍵是降低膨脹槽內有機熱載體溫度，故建議：一是針對循環泵的揚程與系統不匹配的情況，可調整循環泵運行參數或者選擇揚程合適的循環泵，以降低循環管道內流體壓力，防止高溫有機熱載體進入膨脹槽，造成膨脹槽高溫，加快有機熱載體氧化變質速率；二是增加膨脹管的有效高度，提高系統靜壓力，平衡循環系統的壓力變化，減緩膨脹槽內有機熱載體與傳熱系統內高溫有機熱載體的對流，降低膨脹槽內有機熱載體溫度。

此外，將開式傳熱系統改為閉式，即採用“氮封”或“油封”的方式，將膨脹槽內有機熱載體與空氣隔絕，也可防止有機熱載體繼續氧化變質。閉式傳熱系統需要有可靠的泄壓裝置，並要有措施確保“氮封”或“油封”的有效性，對傳熱系統管理水準和操作人員的技術要求較高。

〈有機熱載體爐膨脹系統的改進〉提出了一種將開式系統改成半開式系統的處理建議，具體做法為：徹底封閉膨脹槽，在低位槽中間上部加一豎直隔板，浸入低位槽內有機熱載體液面以下，底部保持互通，膨脹槽的溢流管與低位槽豎直隔板一側相連，在另一側設置放空管，與大氣相通。系統運行前，低位槽隔板左右兩側液位相平；系統運行後，由於循環系統內有機熱載體受熱膨脹進入膨脹槽，將膨脹槽上方的氣體擠壓至低位槽，低位槽溢流管側液面下降，放空管側液面上升；系統停止運行降溫後，各部分液位元又回到初始狀態。該方法需預先在低位槽設置隔板，並要保證低位槽的有機熱載體儲量足夠多，同時系統運行負荷立平穩，否則各液位難以復原。

四、總結

本案例是比較典型的由於循環泵與系統流動阻力系數不匹配而導致在用有機熱載體氧化變質加速的情況，並且由於高位槽的有效高度不足，進一步加劇了氧化速率，才得以在有機熱載體的首次定期檢驗中發現問題，避免了更大安全事故的發生。通過原因及處理建議的分析，提示大家在有機熱載體鍋爐的設計、安裝、使用及檢驗過程中應注意以下問題：

- (一)在有機熱載體傳熱系統設計和安裝時，應注意循環泵的選型與循環系統的流動阻力系數相匹配。選擇循環泵，不僅要考慮泵的流量、揚程、功率等參數與有機熱載體裝填量、熱力特性和鍋爐的匹配，同時還應該與循環系統的阻力特性相適應。在保證鍋爐受熱面有機熱載體安全流量的基礎上，循環泵揚程不能過高。
- (二)在有機熱載體傳熱系統設計和安裝時，高位槽的高度應與循環泵的揚程及整個循環系統的流動阻力系數相適應。《鍋爐安全技術監察規程》（TSGG0001-2012）雖然取消了對高位槽高度的具體要求，並不代表高位槽的高度可以隨意設置，按照設備和管道的佈局和設計應滿足“避免和防止系統中有機熱載體發生超溫和氧化”的原則，高位槽的高度應該與有機熱載體循環流動時的靜壓力相適應，以有效減緩膨脹管道內的對流傳熱，防止膨脹槽內溫度過高。
- (三)在有機熱載體傳熱系統安裝和使用過程中，應保證系統的各项參數與設計要求一致，需要改變系統運行參數、設備或管道的數量及佈局結構時，應從系統全域考慮更改的影響，同時更改系統各相關的設備和管道的參數，以滿足有機熱載體安全使用要求。
- (四)本例中，如〈有機熱載體爐膨脹系統的改進〉的方法，將開式系統改成半開式系統，一定要保證系統至少有一處與大氣相通，以免發生非承壓設備承壓運行的情況。