

氫氧氣體應用於鍋爐設備節能減碳之研究

林文章* 黃營芳*

*國立高雄應用科技大學

摘要

目前產業間鍋爐運作，大都在能源效率力求改善，以降低能源耗用，減少溫室氣體之排放。如何改善鍋爐效率因應製程需量變化，以達能源使用效益的最佳化為一重要課題。績效量化為潛能評估的重要結果，也是改善成效優劣的指標。本研究以不同燃料(重油、柴油)，並設計特殊規格燃燒機以氫油混合霧化噴射進行燃燒，提供鍋爐熱能，加以測試節能效率。經由鍋爐燃料燃燒所排放的廢氣中，嚴重破壞空氣品質之污染物，主要有 HC、CO、CO₂、NO_x、Sox 等等，本研究並檢測鍋爐使用重油及柴油導入不同氫氧氣體量，所產生燃燒廢氣組成排放之變化。結果顯示 1.5 噸蒸汽鍋爐使用重油或柴油燃料，導入 7200L/hr 氫氧燃料時，1.5 噸蒸汽鍋爐燃料成本平均節省介於 17.6%~19.1% 之間，而廢氣排放之降低在使用重油時較為明顯，由於幫助油料完全燃燒的關係，分別使排放廢氣之一氧化碳下降 74%、碳氫化合物下降 94%、粒狀污染物下降 94%，呈現大幅降低的結果，相對有效抑制黑煙污染排放。

關鍵詞：節能、減碳、鍋爐、雙燃料、氫燃料

The Study of Energy Saving and Reducing CO₂ Emission by Applying Hydrogen-Oxygen in Boiler

Wen-chang Lin, Ying-fang Huang

Abstract

Currently boiler operation is focused on improving energy efficiency, reducing energy consumption and reducing greenhouse gas emission. Improvement of boiler efficiency to cope with the required gas volume in the process becomes an important issue to achieve the optimization of energy consumption. Performance quantification is the important result of potential evaluation and an index to improve the performance. This research uses different fuel (heavy oil, diesel), designs special specification combustion by using hydrogen mixed atomizing injection for combustion to provide



boiler with thermal energy and test the energy saving efficiency. The waste gas emitted by boiler seriously damages air quality, including HC, CO, CO₂, NO_x, Sox, etc. This research inspects the emission changes of ignited waste gases produced by heavy oil, diesel and different hydrogen oxygen. The result indicates that 1.5 ton steam boiler uses heavy oil or diesel and introduces 7200L/hr of hydrogen oxygen, fuel cost of 1.5 ton steam boiler saves from 17.6% to 19.1%. Reduction of waste gas emission is significant by using heavy oil. Since hydrogen oxygen assists the complete combustion of fuel, hydrogen oxygen tremendously decreases the emissions of CO, hydrocarbon and particle pollutant at 74%, 94% and 94% respectively. Thus introduction of hydrogen oxygen can effectively inhibit the emission of soot.

Key words: energy saving, reducing CO₂ emission, boiler, bi-fuel, hydrogen fuel

一、前言

氫氧焰能源設備係利用電來電解水以產生氫氣及氧氣作為燃料應用，為具有高溫、高能源效率的綠色能源設備。雙燃料節能鍋爐係最新開發之大型氫氧焰能源設備應用產品，利用氫能源特性，首創成功研發出雙燃料節能鍋爐系統。主要為應用氫氧燃料系統結合各型鍋爐作為輔助燃料，搭配特殊設計之燃燒機加以應用，能夠提升鍋爐燃油或燃氣之燃燒效率，並能提供氫氣本身之熱值供給燃燒，且能大幅降低廢氣排放，達到節能減碳之效益。鍋爐在各種產業中使用極為頻繁，因用途廣、種類多，為一重要的能源設備，請參照下頁圖 1-1 鍋爐主要分類。藉由燃料之燃燒產生能量，加熱鍋爐原水、熱媒或其他物質，使加熱物吸收熱量，進而提供產品製造製程直接或間接使用，或是推動蒸汽渦輪機，連動發電機而發電，設計為汽電共生。傳統鍋爐燃料以燃油與天然氣為主。而鍋爐之年平均燃油消耗佔全國燃油最終消費之大宗，並也成為空氣之大污染源。為符合政府環保政策之施行，氫氧能源應用於鍋爐有效節能減碳之功能，市場需求將非常龐大，雙燃料節能鍋爐與傳統鍋爐之特性比較可參照表 1-1。

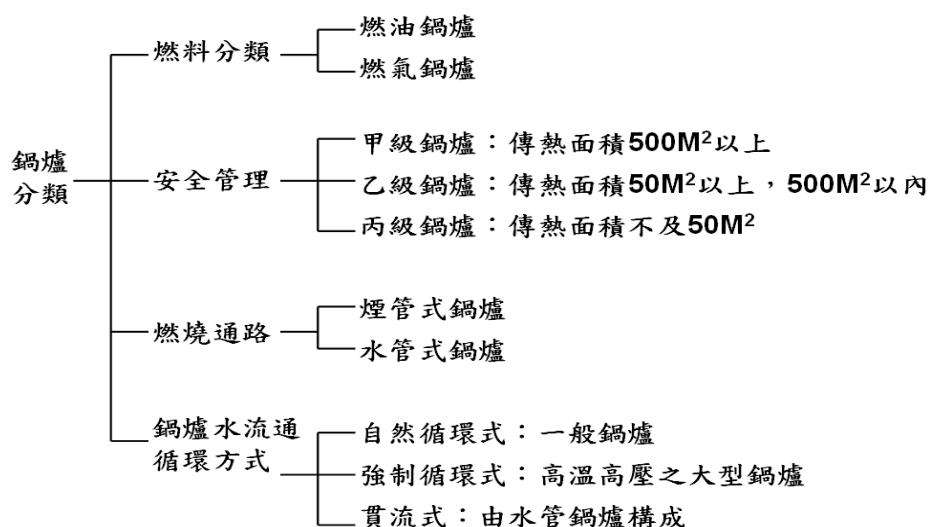


圖 1 鍋爐主要分類



表 1 雙燃料節能鍋爐設備與傳統鍋爐之特性比較表

項目	雙燃料節能鍋爐設備	傳統鍋爐
環保	傳統燃料重油、柴油導入無污染、無毒性、無公害之氫氧可燃氣體，能夠降低燃燒時黑煙廢氣之產生。	柴、重油燃燒之大量碳排放，可能會造成二次污染。
節能	氫氧氣體能夠幫助傳統燃料完全燃燒，提高燃燒效率，以達節能效益。	燃油霧化不佳，將會產生不完全燃燒之情形，並增加油耗。

二、研究方法

(一). 研究概念

氫氧能源產生機 (Oxy-Hydrogen Generator)，其特色是完全靠水就能產生非常廉價且大量的熱能。水 (H₂O) 分解可以成為氫氣和氧氣，氫氧機的原理就是純水電解，在二、三十秒內立刻就能產生純氧和純氫的混合氣體，產生的熱能相當強大，並能提升傳統燃油之燃燒效率。本研究把氫氧燃燒特性導入鍋爐使用，以高溫、高熱、無污染的氫氧燃料特性，輔助強化鍋爐燃料之燃燒，使鍋爐達到更佳之經濟及環境效益。

(二). 研究步驟

雙燃料節能鍋爐試量產研發執行之步驟，係以氫氧能源設備產生之氫氧能源特性為基礎，改良鍋爐燃燒技術，讓氫氧氣與傳統燃油混合燃燒，達到鍋爐節能減碳之目的。據此研發結果再進行設備之量產製造、組裝及試運轉，如圖 2-1 所示：



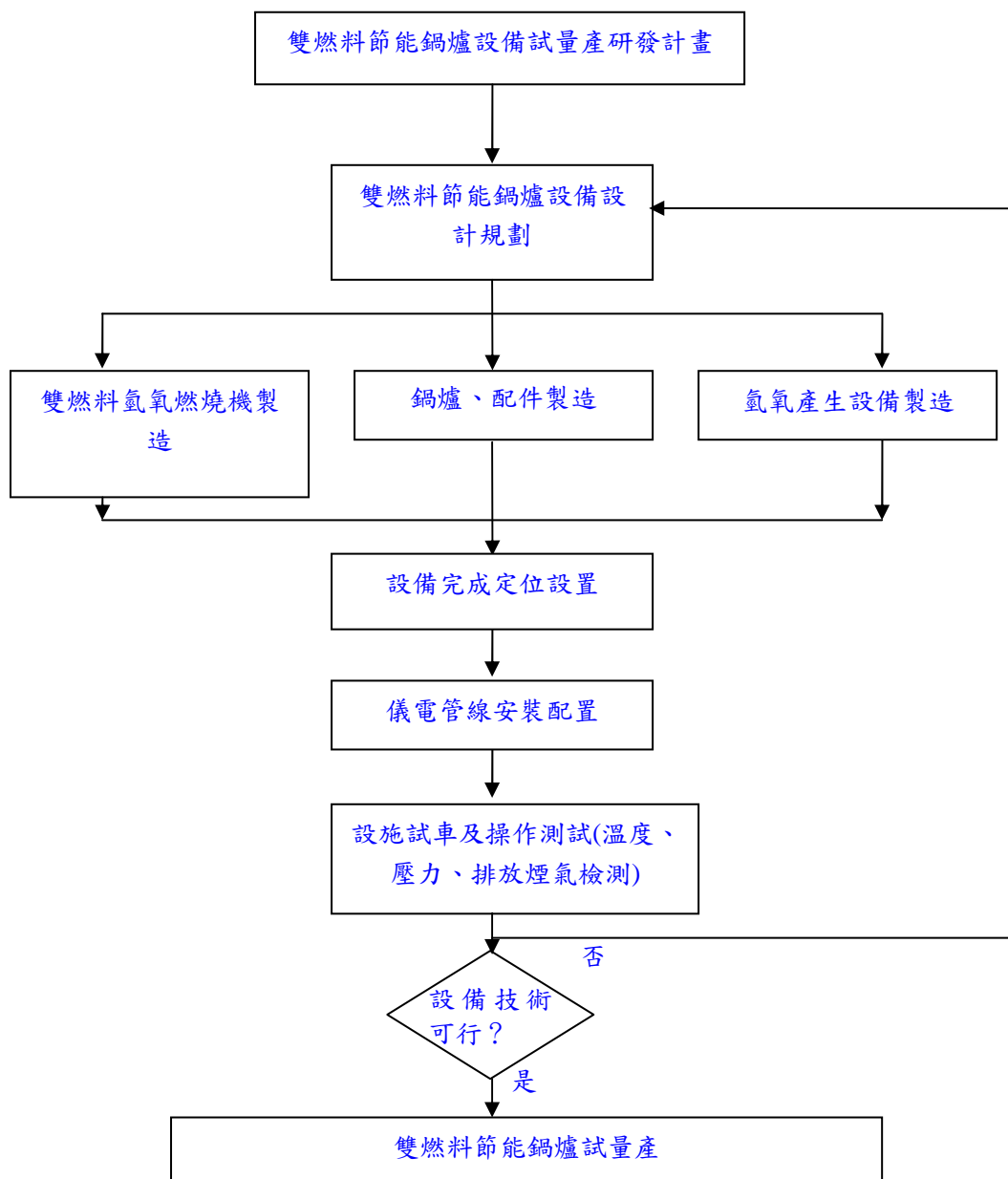


圖 2 研究執行流程圖

研究方法依下列方式進行：

1. 研討氫氧能源產生設備與雙燃料燃燒機、鍋爐設備組合條件與電壓、電流、功率、頻率等之電力及應用不同燃料、氫氧產氣參數。
2. 氫氧燃燒機與鍋爐設備的整合技術，設定鍋爐規模、氫氧設備規模、氫氧雙燃料燃燒機的設置、氫氧雙燃料燃燒機噴嘴設計，氫氧配比控制及溫度、壓力、流量等之儀電控制及模組設定。
3. 製作氫氧設備、鍋爐、雙燃料燃燒機。
4. 試運轉階段，測試雙燃料節能鍋爐設備的性能，實測雙燃料節能鍋爐設備



在不同燃料及不同量氫氧氣輔助搭配下，操作運轉方面的參數，譬如產氣量、溫度、管壓、爐壓值等。

5. 蒐集分析實驗數據，求出節省燃油效率之最佳參數設定。
6. 將市場概念及商品化技術，導入試量產製程。進行相關數據、產品認證。

(三). 技術優勢及來源

本研發案的技術優勢主要在於氫氧焰為乾淨之綠色能源，應用於民生或工業燃料用途，可降低傳統燃料燃燒所排放之污染問題，可以有效提升環保效益，達到節能減碳的目的。氫氧焰氣體即產即用，可避免業者使用氫氧鋼瓶所遭遇之運輸、儲存等相關工業安全之顧慮。本產品研發團隊擁有台灣、美國、英國、法國、德國、加拿大、澳洲、日本、香港、馬來西亞、中國大陸、韓國、新加坡及巴布亞新幾內亞等數十國專利。主要技術來源整理如表 2。

表 2 各項技術來源

項次	技術項目	技術來源	進行方式
1	氫氧產生設備	本公司	自行研發
2	氫氧燃燒機	本公司與 A 公司	合作研究
3	鍋爐設施設計規劃	本公司與 B 公司	合作研究
4	處理設施組裝及施工建	本公司與 B 公司	合作研究
5	處理設施試車及操作測	本公司	自行研發、合作研

(四). 技術說明

1. 氫氧能源核心技術

氫氧產生機的研發技術為一項成熟的技術，技術原理圖說明如圖 3。圖 3 中顯示，使用電源由(D)輸入可調變壓控制器至變壓器中(C)，將原來之交流電源輸入整流器中(B)，轉變為直流電源、輸入發生器(A)中將水電解成高純度的氫氣、氧氣至混合氣(E)使之混合再經過濾器(F)。其裝有防逆止器之燃燒器(G)點火燃燒。氫氧機應用設計為使用成本低廉、安全可靠之一種氫氧焰設備。



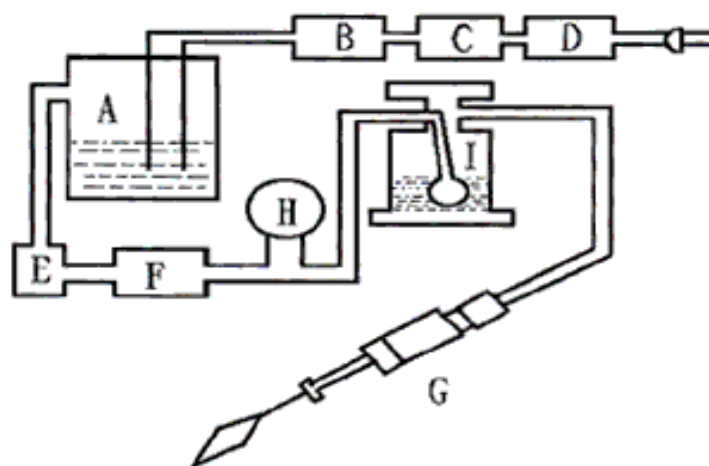


圖 3 技術原理圖

雙燃料節能鍋爐設備，其核心部位為氫氧能源設備—主要由四大結構系統所組成：1.電解槽 2.電器系統 3.冷卻系統 4.降溫系統。本設備是水與電共生混合燃料氣體，具良好熱導性及完全燃燒性。研究發展之關鍵技術如下：

- (1).電解槽：以水為原料，輸入直流電於電解極板，使正極產生氫氣，負極產生氧氣。並取得『氫、氧氣燃料產生之改良裝置』專利權。
- (2).組裝技術：已建立一套組裝標準作業程序，且技術已非常純熟。
- (3).電力品質控制：以 SCR（即相位控制器）作電力品質控制。
- (4).溫度調整範圍廣：近年分別取得『氫氧燃料產生機之火焰溫度調節器』及『氫氧燃料產生機之火焰溫度調節器（一）』之專利，可搭配其他燃料使用。

2. 雙燃料節能鍋爐系統規劃

本研究設定鍋爐為 1.5 噸蒸汽鍋爐，搭配特殊設計 120 萬 cal 雙燃料燃燒機，及氫氧產生設備(型號 EP-1000)，進行設計聯結，系統架構規劃設計如圖 4 所示:

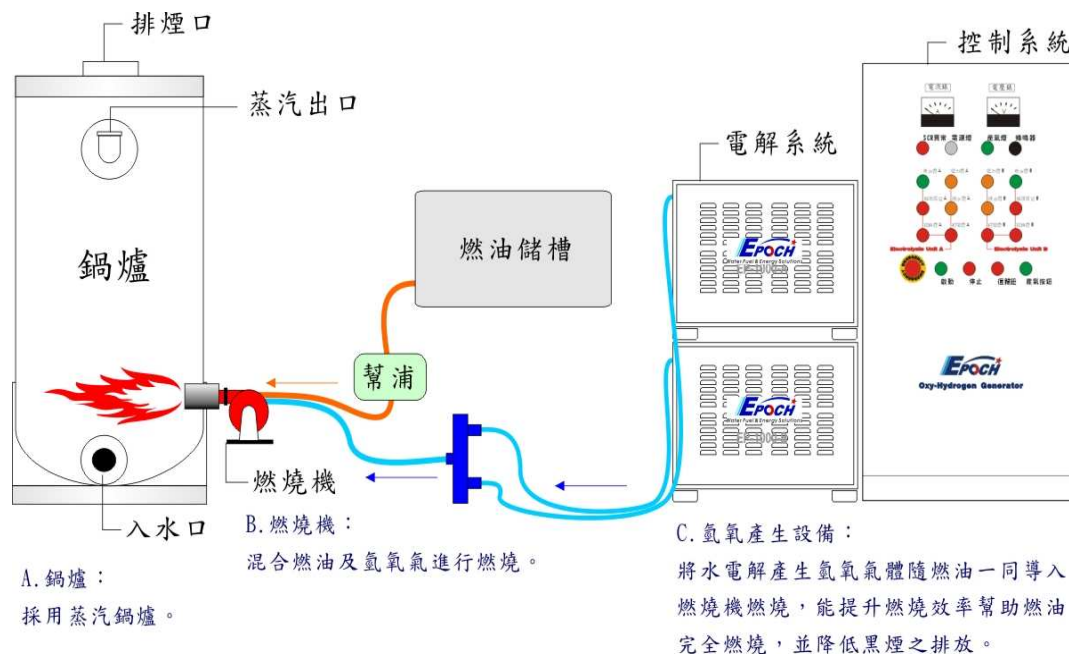


圖 4 雙燃料節能鍋爐設備主系統架構

三、結果與討論

1. 3D 模擬雙燃料節鍋爐設備系統聯結，參照圖 5，各部說明如下：

- (A)氫氧能源設備將水電解產生大量氫氧氣體。
- (B)冷卻水塔功能為幫氫氧能源設備降溫，維持較佳產氣效率。
- (C)RO 過濾器，將供給氫氧能源設備之自來水進行過濾。
- (D)氫氧氣體經過水封氣水分離器導入蒸汽鍋爐燃燒機，水封並具有防止逆火之功能。
- (E)燃油桶供應鍋爐燃油(重油、柴油)。
- (F)蒸汽鍋爐能同時使用燃油及氫氧氣體混合燃燒加熱，產出水蒸汽。



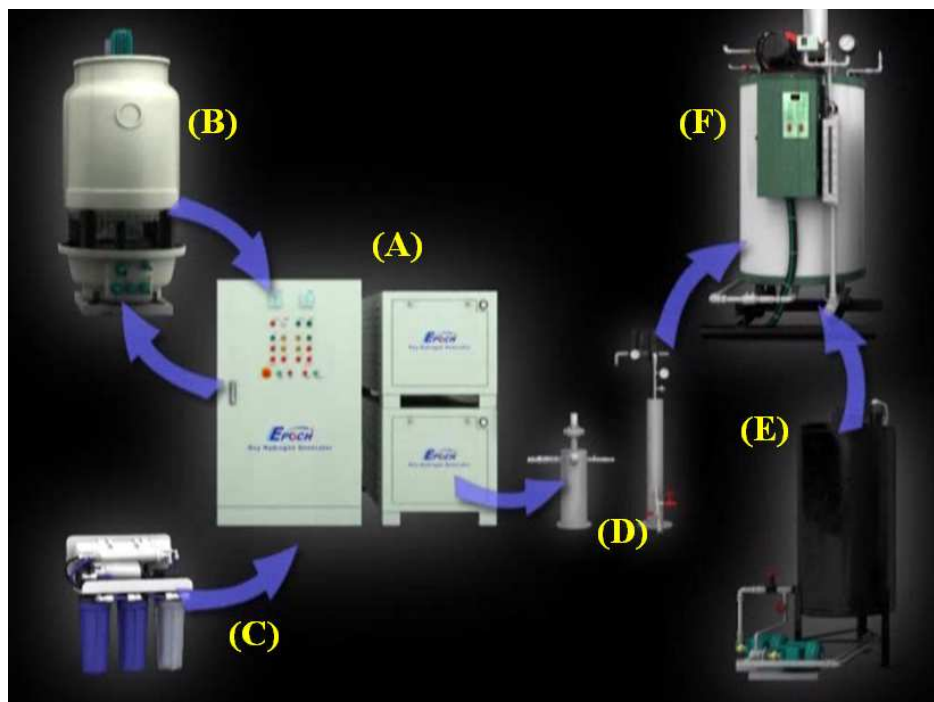


圖 5 雙燃料節能鍋爐系統 3D 模擬圖

2. 測試重油燃燒機嵌入氫氧燃氣後之火焰燃燒狀態

(1) 純重油燃燒

(2) 重油 + 氫氧氣燃燒



圖 6 比較純重油燃燒與加入氫氧氣之火焰變化

在重油流量跟風量固定狀況下，當加入氫氧氣，燃燒不完全之情況及火焰溫度都改善了，目測黑煙明顯減少近 80%，火焰亮度高度提升，溫度從 1200 度上升到 1380 度。



3.研究設備完成裝置測試

<p>(1) EP-560A 氫氧能源設備設置</p> 	<p>(2) 搭配 EP-560A 氫氧能源設備之冷卻機</p> 
<p>(3) EP-560A 氫氧能源設備及冷卻器連結</p> 	<p>(4) EP-1000 氫氧能源設備設置</p> 
<p>(5) 搭配 EP-1000 氫氧能源設備之冷卻機</p> 	<p>(6) 水封/氣水分離器</p> 



(7) EP-1000 氫氧設備及水封、冷卻器連結



(8) 氣體切換器-空氣/氫氧氣及流量計



(9) 燃燒機火嘴更換



(10) 裝置鍋爐燃燒機



(11) 操作面板、蒸汽壓力、溫度、壓力開關



(12) 鍋爐溫度表及壓力開關





4.鍋爐節能實驗結果

實驗檢測雙燃料節能鍋爐搭配不同氫氧產氣量下，產生之能源節省成本效益及燃燒廢氣組成之降低情況。分別檢測重油及柴油消耗量、氫氧設備耗電量、耗水量、蒸汽溫度、蒸氣量進行估算能源成本。

(1)重油搭配氫氧燃氣節能實驗數據

(1.使用重油測試

時間 (min)	重油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	29	0	0	132	0%	5.5	369	536.5	1454	0.0%
21~40分	28	0	0	130	0%	5.4	363	518.0	1427	0.0%
41~60分	28	0	0	131	0%	5.5	367	518.0	1411	0.0%
平均	28.3	0.0	0.0	131.0	0%	5.5	366.3	524.2	1431	0.0%

鍋爐重油：18.5元/公升 (中油)計算。



(2.重油及使用 EP-560A 氫氧設備，設定產氣量：1800 L/hr

時間 (min)	重油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	2.8	0.5	139	6.1%	5.5	386	526.4	1364	5.0%
21~40分	28	2.7	0.5	140	6.9%	5.5	384	526.1	1370	4.6%
41~60分	28	2.8	0.5	140	6.9%	5.5	389	526.4	1353	5.8%
平均	28.0	2.8	0.5	139.7	6.6%	5.5	386.3	526.3	1362	5.1%

備註：1.鍋爐重油：18.5元/公升(中油)，水費1度11.5元(自來水公司)，電費以平均每度3元(台電)計算。

2.節省能源成本(%)計算主要條件為：加入氫氧氣後之蒸汽產生量增加%及蒸汽溫度提升%，能量之增加形成能源成本之減少。

(3.重油及使用 EP-560A 氫氧設備，設定產氣量：3600 L/hr

時間 (min)	重油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	5.3	1	142	8.4%	5.5	408	533.9	1309	9.3%
21~40分	28	5.2	1	143	9.2%	5.6	410	533.6	1301	9.9%
41~60分	27	5.2	1	142	8.4%	5.5	405	515.1	1272	12.1%
平均	27.7	5.2	1.0	142.3	8.7%	5.5	407.7	527.5	1294	10.4%

(4.重油及使用 EP-1000 氫氧設備，設定產氣量：5400 L/hr

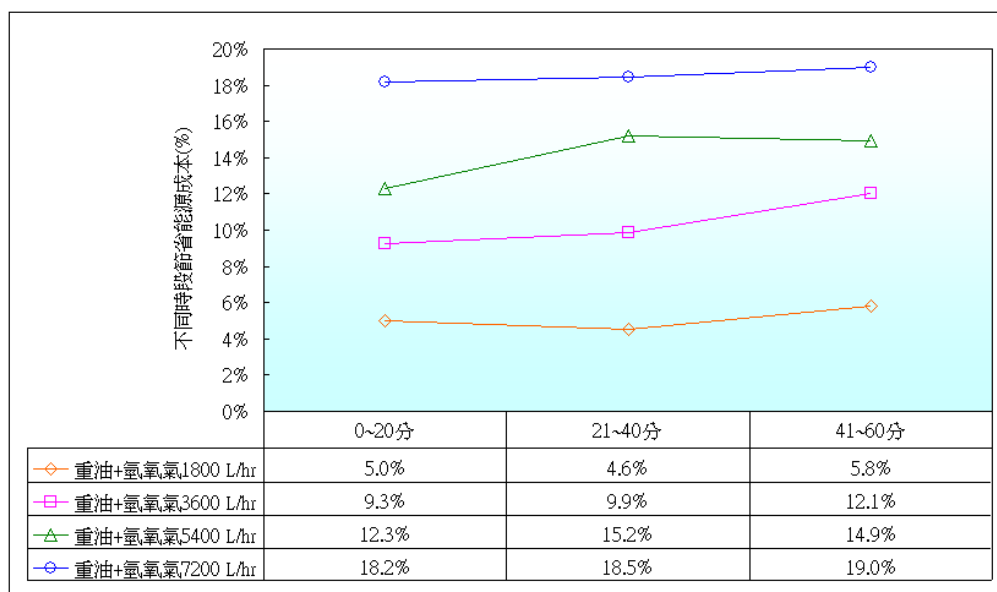
時間 (min)	重油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	7.4	1.5	144	9.9%	5.6	425	540.2	1271	12.3%
21~40分	27	7.2	1.5	143	9.2%	5.6	423	521.1	1232	15.2%
41~60分	27	7.3	1.5	143	9.2%	5.5	422	521.4	1236	14.9%
平均	27.3	7.3	1.5	143.3	9.4%	5.6	423.3	527.6	1246	14.1%

(5.重油及使用 EP-1000 氫氧設備，設定產氣量：7200 L/hr

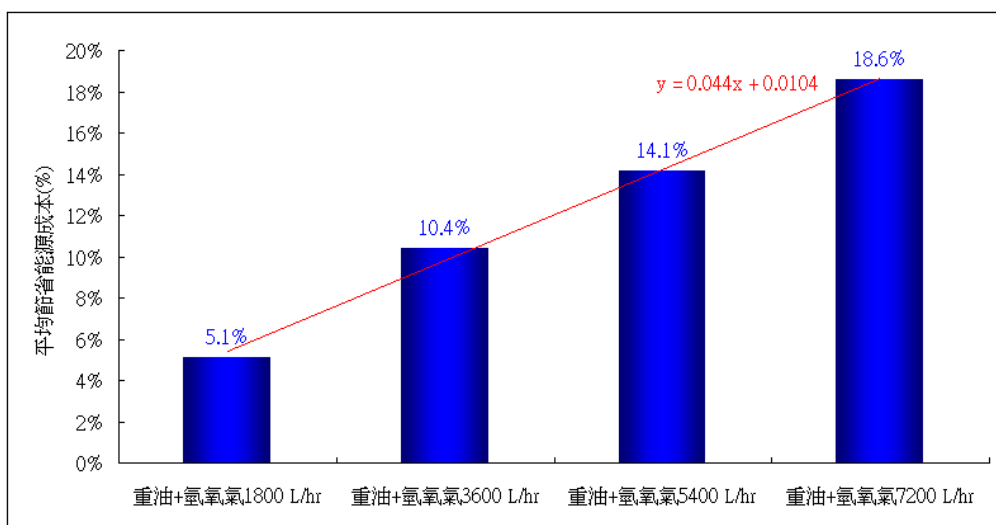
時間 (min)	重油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	27	9.2	2	143	9.2%	5.6	442	527.1	1193	18.2%
21~40分	27	9.3	2	144	9.9%	5.6	443	527.4	1191	18.5%
41~60分	27	9.3	2	145	10.7%	5.7	445	527.4	1185	19.0%
平均	27.0	9.3	2.0	144.0	9.9%	5.6	443.3	527.3	1189	18.6%



(6.導入不同氫氧氣量之鍋爐節省能源成本示意圖



(7.導入不同氫氧氣量之鍋爐節省能源趨勢圖



*分析：依重油加熱高壓霧化，導入氫氧能源一同燃燒，當使用 EP-1000 氫氧能源設備於氫氧產氣量 7200 L/hr 時，計算節省能源成本為 18.6%。



(2)柴油搭配氫氧燃氣節能實驗數據

時間 (min)	柴油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	0	0	130	0%	5.5	368	747.6	2032	0.0%
21~40分	29	0	0	136	0%	5.5	371	774.3	2087	0.0%
41~60分	28	0	0	133	0%	5.5	373	747.6	2004	0.0%
平均	28.3	0.0	0.0	133.0	0%	5.5	370.7	756.5	2041	0.0%

柴油：26.7元/公升(中油)計算。

(1.使用柴油測試

(2.柴油及使用 EP-560A 氫氧設備，設定產氣量：1800 L/hr

時間 (min)	柴油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	2.7	0.5	140	5.3%	5.5	388	755.7	1948	4.8%
21~40分	28	2.8	0.5	141	6.0%	5.5	389	756.0	1943	5.1%
41~60分	28	2.8	0.5	143	7.5%	5.5	391	756.0	1994	5.7%
平均	28.0	2.8	0.5	141.3	6.3%	5.5	389.3	755.9	1942	5.2%

備註：1.柴油：26.7元/公升(中油)，水費1度11.5元(自來水公司)，電費以平均每度3元(台電)計算。

2.節省能源成本(%)計算主要條件為：加入氫氧氣後之蒸汽產生量增加%及蒸汽溫度提升%，能量之增加形成能源成本之減少。

(3.柴油及使用 EP-560A 氫氧設備，設定產氣量：3600 L/hr

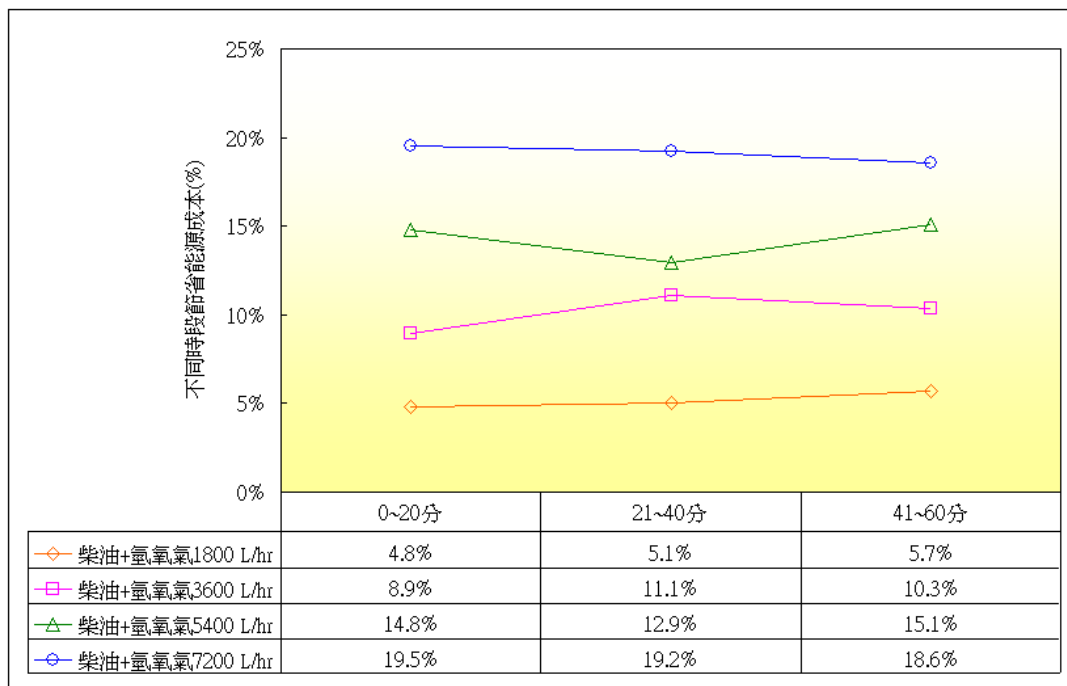
時間 (min)	柴油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	28	5.3	1	143	7.5%	5.5	408	763.5	1871	8.9%
時間 (min)	柴油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	27	7.3	1.5	145	9.0%	5.5	421	742.8	1764	14.8%
21~40分	28	7.3	1.5	147	10.5%	5.6	427	769.5	1802	12.9%
41~60分	27	7.3	1.5	146	9.8%	5.6	422	742.8	1760	15.1%
平均	27.3	7.3	1.5	146.0	9.8%	5.6	423.3	751.7	1776	14.3%

(4.柴油及使用 EP-1000 氫氧設備，設定產氣量：5400 L/hr

(5.柴油及使用 EP-1000 氫氧設備，設定產氣量：7200 L/hr

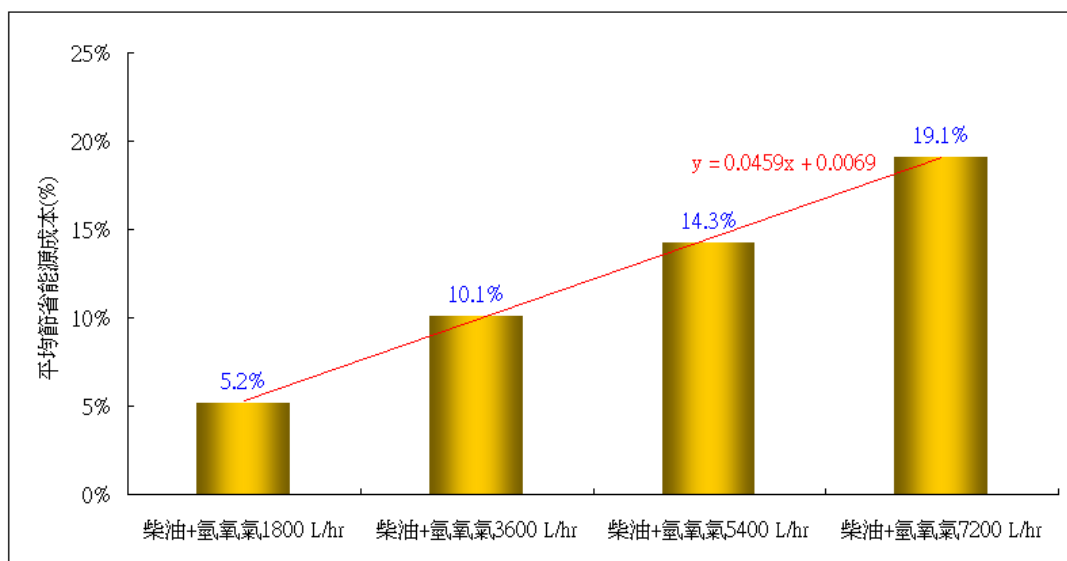
時間 (min)	柴油消耗量 (L)	氫氧設備耗電 (kw)	氫氧設備耗水量(L)	蒸汽溫度 (°C)	蒸汽溫度提升(%)	蒸汽壓力 (kg/cm ²)	蒸汽產生量 (L)	總能源成本 (元)	產生每立方米蒸汽成本(元)	節省能源成本 (%)
0~20分	27	9.3	2	148	11.3%	5.8	445	748.8	1683	19.5%
21~40分	27	9.3	2	147	10.5%	5.7	444	748.8	1687	19.2%
41~60分	27	9.2	2	145	9.0%	5.7	442	748.5	1693	18.6%
平均	27.0	9.3	2.0	146.7	10.3%	5.7	443.7	748.7	1688	19.1%





(6.柴油搭配不同氫氧氣量之鍋爐節省能源成本示意圖

(7.柴油搭配不同氫氧氣量之鍋爐節省能源趨勢圖



*分析：依柴油霧化，導入氫氧能源一同燃燒，當使用 EP-1000 氫氧能源設備於氫氧產氣量 7200 L/hr 時，計算節省能源成本為 19.1%，節能數據與重油搭配氫氧燃料 18.6%相當接近。

4.鍋爐廢氣排放組成變化實驗結果

分別檢測鍋爐燃燒廢氣組成，包含氧氣 O₂、一氧化碳 CO、二氧化碳 CO₂、



一氧化氮 NO、二氧化氮 NO₂、氮氧化物 NO_x、硫氧化物 SO₂、碳氫化合物 HC、粒狀污染物等進行估算廢氣降低比率。

(1) 重油搭配氫氧燃氣廢氣排放實驗數據

雙燃料節能鍋爐設備廢氣排放組成記錄表
重油系統測試

重油

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (oC)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	3.74	128.8	14.11	152.4	8.3	160.7	183.0	15.3	346	372.8
40	3.61	91.0	14.2	153.6	8	161.6	189.0	7.6	350	354.4
60	3.64	76.6	14.19	155.1	8.2	163.3	188.8	8.6	352	379.0
平均	3.66	98.80	14.17	153.70	8.17	161.87	186.93	10.50	349.33	368.73

重油 + EP-560A 氫氣設備 設定產氣量：1800 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (oC)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.56	53.3	12.62	148.0	8.9	156.9	184.1	1.7	334	168.0
40	5.59	44.8	12.56	152.9	5.1	158	186.1	3.3	335	171.5
60	5.6	45.2	12.54	152.7	3.8	156.5	185.3	4.0	335	172.9
平均	5.58	47.77	12.57	151.20	5.93	157.13	185.17	2.98	334.67	170.80

重油 + EP-560A 氫氣設備 設定產氣量：3600 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (oC)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.97	25.4	12.2	145.5	7.6	153.1	183.2	1.3	340	153.1
40	5.7	26.9	12.31	148.8	9	157.8	177.6	1.3	336	157.5
60	5.8	32.2	12.08	149.9	8	157.9	179.5	1.7	342	158.2
平均	5.82	28.17	12.20	148.07	8.20	156.27	180.10	1.44	339.33	156.27

重油 + EP-1000 氫氣設備 設定產氣量：5400 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (oC)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.85	29.1	12.15	146.8	5.1	151.9	160.2	1.7	335	178.4
40	5.64	30.5	12.23	148.3	7.1	155.4	179.5	0.7	337	183.4
60	5.57	23.8	12.14	146.7	9.1	155.8	181	1.7	339	179.7
平均	5.69	27.80	12.17	147.27	7.10	154.37	173.57	1.34	337.00	180.50

重油 + EP-1000 氫氣設備 設定產氣量：7200 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (oC)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	6.08	24.9	11.93	146.1	5.6	151.7	155.3	0.7	337	21.2
40	5.95	25.9	12.00	146.4	5.4	151.8	157.4	0.7	336	22.1
60	5.96	25.1	11.94	145.6	5.5	151.1	160	0.7	341	21.6
平均	6.00	25.30	11.96	146.03	5.50	151.53	157.57	0.67	338.00	21.63

比較純使用重油及加入不同氫氧氣量之廢氣平均降低比率

項目	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NO _x (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
重油	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
重油+氫氣 1800L/hr	52%	-52%	-11%	-2%	-27%	-3%	-1%	-72%	-4%	-54%
重油+氫氣 3600L/hr	59%	-71%	-14%	-4%	0%	-3%	-4%	-86%	-3%	-58%
重油+氫氣 5400L/hr	55%	-72%	-14%	-4%	-13%	-5%	-7%	-87%	-4%	-51%
重油+氫氣 7200L/hr	64%	-74%	-16%	-5%	-33%	-6%	-16%	-94%	-3%	-94%

*分析：測試重油加入不同氫氧氣量之廢氣排放量趨勢，排放氣體除了氧氣增



此外，其餘廢氣

皆為下降趨勢，由於燃料富含氫氧氣使得燃油完全燃燒，下降幅度最大之三者為一氧化碳、碳氫化合物、粒狀污染物，在導入氫氧氣量 7200 L/hr 的條件下，三者分別下降 74%、94%、94%，呈現大幅降低的結果，相對排放黑煙亦明顯降低。

(2)柴油搭配氫氧燃氣廢氣排放實驗數據

雙燃料節能鍋爐設備廢氣排放組成記錄表
柴油系統測試

柴油

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	2.34	191.0	14.57	79.5	5.6	85.1	3.0	2.0	340	33.1
40	2.38	167.6	14.52	79.5	6.0	85.5	3.4	2.0	353	29.6
60	2.42	156.5	14.48	79.7	6.4	86.1	3.2	2.3	346	32.2
平均	2.38	171.70	14.52	79.57	6.00	85.57	3.20	2.09	346.33	31.63

柴油 + EP-560A 氫氣設備 設定產氣量：1800 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.72	52.3	11.83	67.3	4.6	71.9	0.5	1.3	345	14.4
40	5.79	45.7	11.78	66.4	6.2	72.6	0.6	1.0	350	13.5
60	5.76	47.2	11.81	66.8	5.3	72.1	0.7	1.3	343	13.7
平均	5.76	48.40	11.81	66.83	5.37	72.20	0.60	1.21	346.00	13.87

柴油 + EP-560A 氫氣設備 設定產氣量：3600 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.8	39.4	11.77	66.9	3.6	70.5	1.0	1.0	352	16.6
40	5.65	42.7	11.88	67.6	3.8	71.4	1.4	1.0	345	18.4
60	5.67	36.1	11.86	67.6	3.7	71.3	1.2	0.7	355	17.6
平均	5.71	39.40	11.84	67.37	3.70	71.07	1.20	0.89	350.67	17.53

柴油 + EP-1000 氫氣設備 設定產氣量：5400 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	6.00	30.4	11.85	66.7	4.2	70.9	0.8	0.7	345	24.1
40	5.75	39.2	11.90	67.9	3.9	71.8	1.1	0.7	343	23.4
60	5.76	37.6	11.80	67.8	3.7	71.5	1.1	0.7	343	22.4
平均	5.84	35.73	11.85	67.47	3.93	71.40	1.00	0.66	343.67	23.30

柴油 + EP-1000 氫氣設備 設定產氣量：7200 L/hr

時間 (min)	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
20	5.72	31.0	11.63	64.8	5.6	70.4	0.2	0.7	352	26.0
40	5.66	35.6	11.82	66.8	2.7	69.5	0.5	0.7	342	26.2
60	5.78	33.8	11.81	66.4	3.2	69.6	0.5	0.7	351	26.8
平均	5.72	33.47	11.75	66.00	3.83	69.83	0.40	0.66	348.33	26.33

比較純使用柴油及加入不同氫氣量之廢氣平均降低比率

項目	氧 O ₂ (%)	一氧化碳 CO (ppm)	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化氮 NO (ppm)	二氧化氮 NO ₂ (ppm)	氮氧化物 NOx (ppm)	硫氧化物 SO ₂ (ppm)	碳氫化合物 HC(ppm)	廢氣溫度 Temp (°C)	粒狀污染物 (mg/Nm ³)
柴油	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
柴油+氫氣 1800L/hr	142%	-72%	-19%	-16%	-11%	-16%	-81%	-42%	0%	-56%
柴油+氫氣 3600L/hr	140%	-77%	-18%	-15%	-38%	-17%	-63%	-57%	1%	-45%
柴油+氫氣 5400L/hr	145%	-79%	-18%	-15%	-34%	-17%	-69%	-68%	-1%	-26%
柴油+氫氣 7200L/hr	140%	-81%	-19%	-17%	-36%	-18%	-88%	-68%	1%	-17%

*分析：測試重油加入不同氫氣量之廢氣排放量趨勢，排放氣體除了氧氣增



加外，其餘廢氣皆為下降趨勢，由於燃料富含氫氧氣使得燃油完全燃燒，下降幅度最大之三者為一氧化碳、硫氧化物、碳氫化合物，在導入氫氧氣量 7200 L/hr 的條件下，三者分別下降 81%、88%、68%，呈現大量降低的結果，相對排放黑煙亦明顯降低。而柴油燃燒產生之粒狀污染物原來即遠低於重油燃燒之產生量，因此降低幅度變小。

四、結論與建議

- 1.經由雙燃料鍋爐節能測試，實驗計算重油搭配 7200 L/hr 較大量氫氧氣體共同燃燒之節能效果，實驗節省能源成本達 18.6%。實驗計算柴油搭配 7200 L/hr 較大量氫氧氣體共同燃燒之節能效果，節省能源成本 19.1%。研究結果顯示傳統燃油搭配氫氧燃氣，具有相當不錯之經濟效益。
- 2.雙燃料鍋爐廢氣排放之檢測，測試重油加入不同氫氧氣量之廢氣排放量趨勢，排放氣體除了氧氣增加外，其餘廢氣皆為下降趨勢，由於燃料富含氫氧氣使得燃油完全燃燒，下降幅度最大之三者為一氧化碳、碳氫化合物、粒狀污染物(三種主要形成黑煙之氣體)，在導入較大氫氧氣量 7200 L/hr 的條件下，三者分別下降 74%、94%、94%，呈現大幅降低的結果。測試柴油加入不同氫氧氣量之廢氣排放量趨勢，排放氣體除了氧氣增加外，其餘廢氣皆為下降趨勢，由於燃料富含氫氧氣使得燃油完全燃燒，下降幅度最大之三者為一氧化碳、硫氧化物、碳氫化合物，在導入較大氫氧氣量 7200 L/hr 的條件下，三者分別下降 81%、88%、68%，呈現大量降低的結果。而柴油燃燒產生之粒狀污染物原來即遠低於重油燃燒之產生量，因此降低幅度較小。研究結果顯示傳統燃油搭配氫氧燃氣，具有相當不錯之減排效果。
- 3.全世界政府最熱門也最頭痛的問題為化石燃料引起的溫室效應，而鍋爐為主要使用化石燃料之大宗。採用氫氧燃料導入鍋爐，相當於創生能源、節約能源、提高設備使用效率及提升單位能源製程產量，並大量降低廢氣排放污染；可由本研究實驗測試證實，優異的展現在節能及減排之測試結果上，因此本研究具有相當高的價值，是產業界及能源用戶最急於謀求能源再生之相關應用技術的突破與改進。



五、參考文獻

- 1.沈運生、沈夏、蘇詠舜、魏健能、林宏謀、謝運華、陳信吉、徐文明，鍋爐檢測分析資料查詢系統程式之開發與建置，臺電工程月刊，728，PP.1-8，2009.04
- 2.張義源、林杏秋、李政道，鍋爐效率提昇，絲織園地，66，PP.52-57，2008.10
- 3.張家騏，鍋爐引風機節能改善 技術與訓練，216，PP.16-26，2002.10
- 4.陳建華、鄭景亮，蓄熱式鍋爐經濟效益分析 能源季刊，32，PP.84-90，2002.04
- 5.司洪濤、劉文清，蒸汽鍋爐能源節約及污染減量技術介紹 化工技術，98，PP.246-260，2010.05
6. Shudo, T., Mizuide, T., “NOX Emission Characteristics in Rich-Lean Combustion of Hydrogen” , JSAE Review, Vol. 23, PP.9-14, 2002.
- 7.Choudhuri, A.R., Gollahalli, S.R., “Characteristics of Hydrogen-Hydrocarbon Composite Fuel Turbulent Jet Flames” , Int. j. hydrogen energy, Vol. 28, 445-454,2003.
- 8.Ilbaz, M., “The effect of thermal radiation and radiation models on hydrogen - hydrocarbon combustion modeling” , Int. j. hydrogen energy, Vol. 30,1113 - 1126, 2005.

