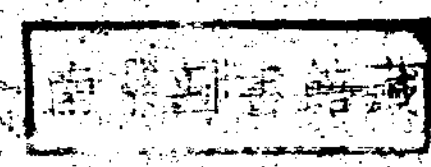
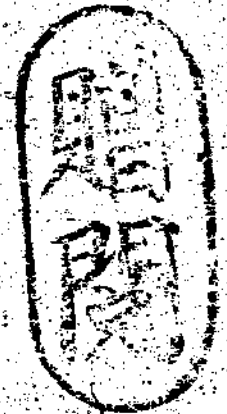
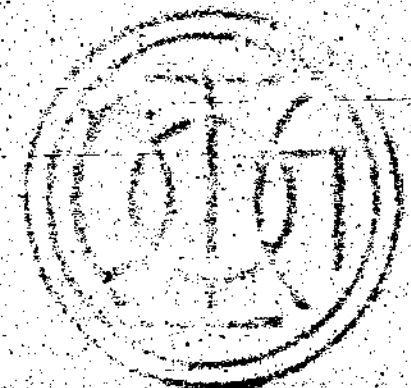


新華日報

1949年10月1日

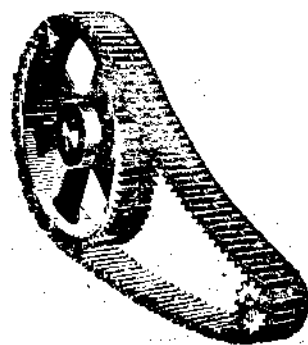
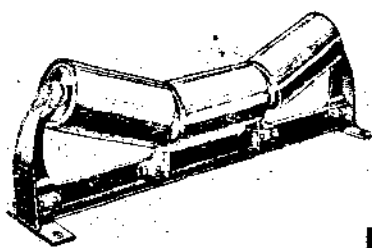


美國靈貝機器廠

LINK-BELT COMPANY



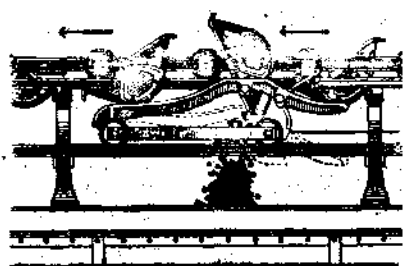
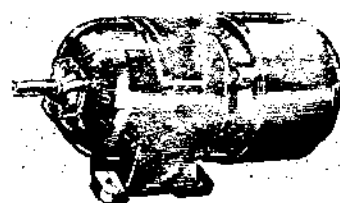
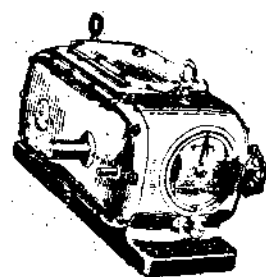
主要出品



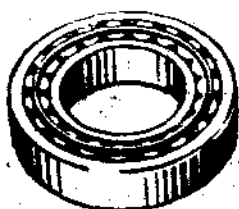
動力傳動機
皮帶輸送機
螺旋輸送機
鐵斗輸送機
污水處理機
熱水噴冷機
洗煤揀煤機

鍋爐燃煤機
貨物烘乾機
速度調節器
各種方鋼鏈
滾筒牙齒鏈
齒輪皮帶盤
彈子軸承等

及儲
一或
切運
工運
礦輸
貨設
物備



惠顧採用



歡迎各界

中國獨家經理(包括香港)

利亞實業股份有限公司

上海廣東路一二二號 電話一五〇〇

上海郵政信箱一五六一 電報掛號〇〇六八

Cooper Bessemer Diesels

柯柏索廠柴油機

Characteristics.....Reliable
 特點：Efficient
Endurable
 Range from 25 HP. till 1730 HP.
 大小： Cylinder from 1 to 8.
 Speed from 240—1000 P. P. M.
 Kinds Atmospheric
 種類： Supercharged
 Convertible Gas-Diesel

The Cooper Bessemer Corp.

Plants (1) Mt. Vernon, Ohio U. S. A.
 工廠所在地： (2) Grove City, Penna. U S. A

上海接洽處

上海(19)惠民路 273 號熱工試驗室 電話 52605

電力為推進生產之利器！

本

公司為浙江省規模最大之民營電氣事業。擁有關
口及良山門兩發電所。發電總容量壹萬柒千瓩。

戰

後全國各大都市電荒嚴重，用戶用電每受種種限
制。本公司在杭州營業區域內，不但始終維持充

足與安定之供給，且經常保有大量電力，堪以隨時供應新
用戶之需要。

杭

州交通便利，環境優美，經營大小工業無不相
宜。各地工商界如有意來杭開設工業者，本公司

願儘量供給所需之電力。俾共圖發展生產事業！

杭州電氣股份有限公司總廠

事 務 所 杭州中山中路十五號 電話一一五〇
 關口發電所 杭州關口水澄橋 電話二〇〇四
 良山門發電所 杭州良山門河下 電話一三五一

上 海

利 生 五 金 號

◀ 專 營 ▶

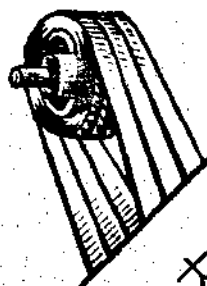
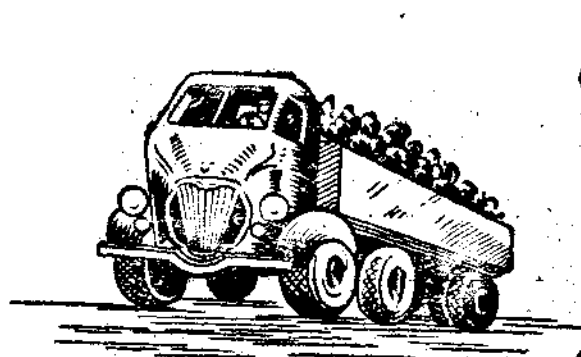
路 礦 材 料 工 廠 器 材

船 舶 用 品 大 小 五 金

地 址：上海百老匯路233號

電 話：44268

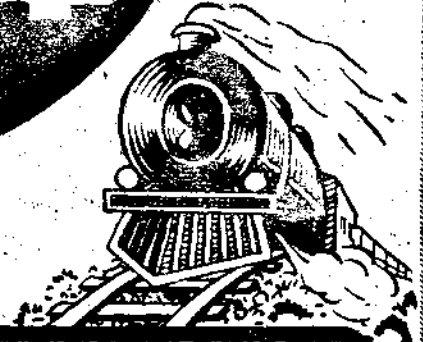
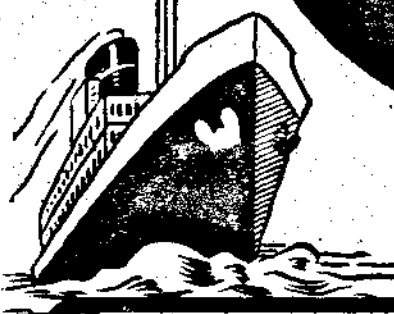
電報掛號：7540



油漆 雜貨
 油船 紡織 機器 五金
 漆油 雜貨 五金 材料
 標 國 牌 商



海上
第一新



五九六一五話電 號六三三路名大東
 六二三三五
 九三八五九五號掛報電

靈銷經總 · 漆油種各品出司公光永

工商部中央工業試驗所
電工儀器修造實驗示範工廠

最新出品	(a) 電氣攪拌器	(b) 電氣吹風器	(c) 學校用電表	(d) 工廠用電表	服務項目	(a) 精修各種電器	(b) 設計電機設備	(c) 研究增進生產	(d) 改良製造技術
-------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------	------------	------------	------------	------------

廠址：上海 (19) 惠民路二七三號
 電話：五二七八二 五二七八三

正 中 書 局

工 程 類 新 書 要 目

應用力學(部定大學用書)..... 呂 謹著... 3.00 電工原理及實用(上册) (大學用書)..... 王國松等譯... 1.29 電工原理及實用(下册) (大學用書)..... 王國松等譯... 1.65 A. Gray and G. A. Wallace Principles and Practice of Electrical Engineering 材料力學(上册)(大學用書)..... 石志清著... 2.00 材料力學(下册)(大學用書)..... 石志清著... 1.50 材料力學(部定大學用書)..... 王德榮譯... 2.40 高等結構學(大學用書)..... 王達時著... 1.50 工程熱力學(大學用書)..... 戈木捷著... 2.25 熱工學(一)..... 劉仙洲著... 2.55 工程材料試驗(部定大學用書)..... 吳柳生著... 2.25 光電池及其應用..... 楊一德著... 0.86 公路土壤學(大學用書)..... 陳學華著... 1.04	微工築路實施方法..... 周日輯著... 0.20 普通水力學(上册)(大學用書)..... 劉德潤著... 1.50 普通水力學(下册)(大學用書)..... 劉德潤著... 1.34 河工方略(大學用書)..... 余家洵著... 0.65 大眾滑翔學..... 羅錦春著... 0.75 化學工程名詞..... 國立編譯館... 1.28 電機工程名詞(電力部)..... 國立編譯館... 0.57 電機工程名詞(電化部)..... 國立編譯館... 0.14 電機工程名詞(電訊部)..... 國立編譯館... 0.66 機械工程名詞(普通部)..... 國立編譯館... 1.29 航空站設計(大學用書)..... 吳柳生著... 1.01 飛機發動機的原理..... 徐同鄧編譯... 0.15 平面測量學..... 張澤熙著... 1.17 平面測量學(大學用書)..... 呂 謹編著... 2.40 涵洞工程..... 趙建齋著... 1.52 工程概說..... 嚴承顯編輯... 0.99
--	--

以上各書定價按照金圓券發售

上海發行所：河南路一七〇號 分局：全國各大都市

福生鐵工廠

專門修造，各式鍋爐、煙囪、冷熱水箱等，並自設
工場，製造紡織廠用打風機及抽水幫浦，裝置水管等。

出品精良 定期不誤 如蒙賜顧 謁誠歡迎

地址：鴨綠江路三〇至三二號 電話：五二五一三

工場：庫倫路七十號

務本嚴記製版所

專排書版雜誌
兼代印刷裝訂

工作認真 出品精良

(本刊即由本所排印)

地址：上海武定路西摩路口五三七弄六十六號

熱工專刊

第四期

目錄 (Contents)

專論 Feature Articles	汽油機改用發生爐煤氣後之動力損失……顧毓琮 鍾皎光…(1)
	A General Discussion On Power Losses By Dr. Y. T. Ku Using Producer Gas in Gasoline Engine Dr. C. K. Chung
	燃氣柴油機之研究……汪錫麒…(8)
A Study of Gas-Diesel Engines S. C. Wang	
汞汽動力廠……陳學俊…(16)	
Mercury Vapor Power Plant Eugene H. T. Chen	
譯著 Translating Section	蒸汽動力廠機力通風風扇的選擇……曾桓崧…(25)
	The Selection of Mechanical Draft Fans for H. S. Tseng Steam Generating Station
	給水與放水計算法……黃德明 楊致中…(30)
	Feedwater & Blowoff Calculation T. M. Whang; C. G. Yang
工業報導 Industrial Reports & News	上海各大電力廠巡禮(二)……吳欽煒 陳光…(34)
	A Visit to the Power Stations in C. W. Wu; K. Chen Shanghai (II).
通俗講座 General Topics	冷面凝積器之螢色迅速檢漏法……編輯室…(7)
	Fluorescent Dye Detects Small Leaks Editors Quickly On Surface Condenser
	積蓄器承當最高負荷法……全上…(29)
Accumulator Helps to Carry Peak Load	
蘇聯之巨型汽輪機……全上…(15)	
Large Steam Turbine in U. S. S. R.	
長篇連載 Series Articles	鍋爐使用法規(四)……熱工試驗室…(37)
	Rules for Care of Power Boilers No.4 H. P. Lab.
	工業用水處理手冊(四)……全上…(43)
	Industrial Water Conditioning Handbook No.4
熱工問答 Questions & Answers	……編輯室…(47)

工商部中央工業試驗所

熱工試驗室

地址：上海（19）惠民路 273 號 電話：52605

（三）

專 題 研 究 技 術 合 作

1. 編印有關熱力工程資料與試驗法規介紹各種新興熱力工程問題
2. 國內外學校研究機關及國營民營工廠技術連繫

（二）

燃 燒 分 析 處 理

1. 工業用油煤等燃燒分析研究
2. 工業用水等分析處理

（一）

設 計 檢 驗 安 裝 試 驗

1. 家庭用各式爐灶 暖氣通風設備
2. 蒸汽機 鍋爐 各種添煤器 煤粉 燃燒設備
3. 汽油機 柴油機
4. 水泵 打風機 風扇 壓力錶 管子及附件等

已出版各刊物

歡迎直接訂閱

（1）定期刊物：

熱工專刊第一、二、三及四期

每冊售價金圓券肆角

（2）單行本：

蒸氣發生設備與燃料燃燒設備

每冊售價金圓券五角

燃氣柴油機之研究

一角五分

鍋爐法規 第一集：動力鍋爐使用規則草案

一元

木材之熱性質

一角五分

刊物代售處：

上海……北四川路 1313 號本所上海辦事處

福州路 379 弄 12 號上海書報社誌聯合發行所

南京……鐵觀巷 15 號本所

北平……工商部北平工業試驗所

蘭州……工商部蘭州工業試驗所

重慶……工商部重慶工業試驗所

汽油機改用發生爐煤氣後之動力損失

顧 毓 琮 鍾 皎 光

汽油機改用發生爐煤氣之研究，在戰時風起雲湧，盛極一時，勝利後以汽油大量由國外輸入，是項研究工作乃告停頓。惟我國為一不產油之國家，汽油替代品之應謀解決，固不因環境或時間之影響而失去其重要性也。本篇乃就汽油機改用發生爐煤氣後，所受各因素之影響及引擎動力之損失等，作理論上之研討及實際上之計算，蓋所以提供國人之參考也。

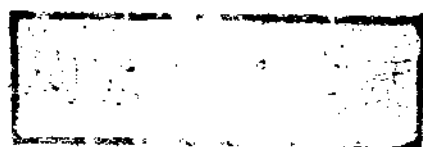
一 簡單之理論研究

四衝程循環之內燃機，假定其為沿依定積循環而作功者，則燃料與空氣之混合物，始而遵循等熱勢線而受壓，以迄於與缸隙體積而俱變之最後高壓，繼在定體積下發生爆炸，其燃燒之結果物，復沿等熱勢線而膨脹至最初之體積，終使其殘餘之熱，在定體積下，向外排洩，直至其內容之熱度與壓力，恢復其循環開始時之數值。其在一循環間所作之功，即為在壓力與體積關係圖中所示之面積，至其理想效率，則為其所作之功與所加之熱兩者之比也；假使依上述循環而作功者為空氣，並假定其比熱為一定，則此循環之效率為空氣標準效率，且可自下列公式以計算之：

空氣標準效率 $= 1 - \left(\frac{1}{r}\right)^{\gamma-1}$ 其中之 r 為壓縮比，而 γ 則為空氣定壓比熱與定積比熱兩者之比也。當 $\gamma = 1.4$ 時，空氣標準效率，隨同壓縮比 r 而俱變之數值，載於第一表中，而從該表所示之相對指示動力，足徵因提高壓縮比而改進之程度，竟隨壓縮比之增高而遞減焉。

第一表 壓縮比對於空氣標準效率之影響

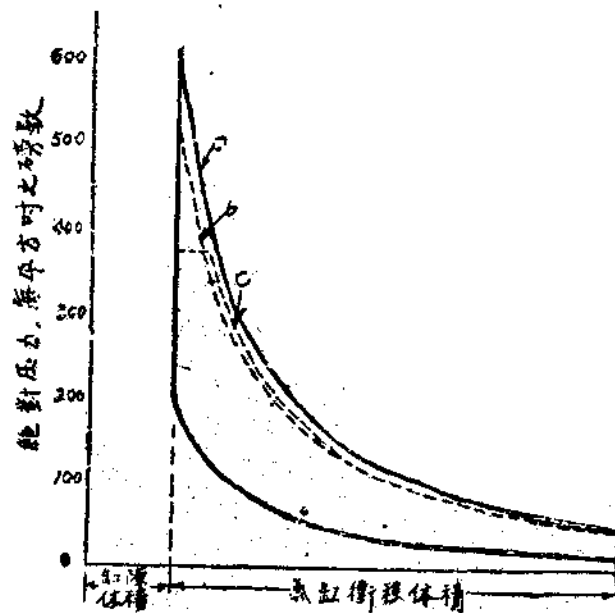
壓縮比	空氣標準效率 %	相對指示動力 (下列壓縮比時動力之百分率)		
		5.	6.	8.
5	47.5	100	—	—
6	51.2	108	100	—
7	54.1	114	106	—
8	56.5	119	110	100
9	58.5	123	114	104
10	60.2	127	118	107
11	61.7	130	121	109
12	63.0	133	123	111
13	64.2	135	125	113



14	65.2	137	127	115
15	66.1	139	129	117
16	67.0	141	131	119

使工作流體之比熱為定數，則空氣標準效率將不隨一循環間所放之熱量而俱變。反之，使其比熱隨同溫度之上升而增大，則其理想效率，將因所放熱量之增加而遞減。討論定積循環，更將假定其內容熱量之釋放，盡當活塞仍據最內一端位置之時，比於事實，固不盡然，蓋釋放熱量之進行，務必假以相當之時間，因之依據定積循環計算所得之最高溫度與壓力，實遠較引擎所能達者為大。其與實際情形接近之約值，可自假定熱之釋放，分當定積與定壓之時，以求取之。此種循環為組合循環，其理想效率之高低，與熱量釋放有關，縱使工作流體，在一切溫度下，有其定量之比熱，亦莫不皆然。

當壓縮比為 6.25，熱量釋放為每立方呎汽缸衝程體積 38.5 英熱單位時之各種循環，其壓力與體積之關係圖可參見第一圖。就中曲線 a 為定比熱時之空氣標準循環，曲線 b 為變比熱時之定積空氣循環，而曲線 c 則為變比熱時之空氣組合循環，其熱量半當定積時釋放者也。組合循環所能達到之最高壓力，約為實際引擎具有上述放熱率時，所可得者之半，當所用工作流體為空氣，且其壓縮比為 6.25 比 1 時，定積與組合兩種循環之理想效率，經就其放熱率之兩個不同數值，更分別其為定比熱或與溫度俱變之比熱，而加以計算，並列入第二表中。觀察所載數字足證(a)定積循環效率較高。當定壓時，釋放熱量之比率愈高，則其效率愈低(b)釋放熱量之增加，將使理想效率減低，惟定積循環，使其所用工作流體，具有定比熱時，則獨不然，(c) 其用變比熱流體所生之效率較定比熱流體所生者為低。



第一圖

第二表——理想效率，用空氣為工作流體其壓縮比為 6.25 比 1； $\gamma=1.4$

循 環	在定積時釋放 熱量之成數	每立方呎汽缸衝程體積間之釋放熱量，英熱單位。			
		38.5	77	38.5	77
		定 熱 比		變 熱 比	
定 積	全 部	52.0	52.0	44.4	42.8
組 合	三 分 之 二	51.2	51.1	44.3	42.4

組 合	一 半	50.1	49.6	43.8	41.8
組 合	四 分 之 一	46.9	44.9	41.5	38.7
定 壓	無	39.5	30.5	35.8	27.6

應用發生爐煤氣之引擎試驗，其所量取之最高壓力，若加以研究，足資證明熱之釋放，約半在定積，半在定壓時，然其所引起理想效率之減損，實屬太小，自無煩再依據組合循環，以計算其效率，是故一切之計算遵循定積循環而為之。

二 汽油引擎改燃發生爐煤氣時之各項計算示例

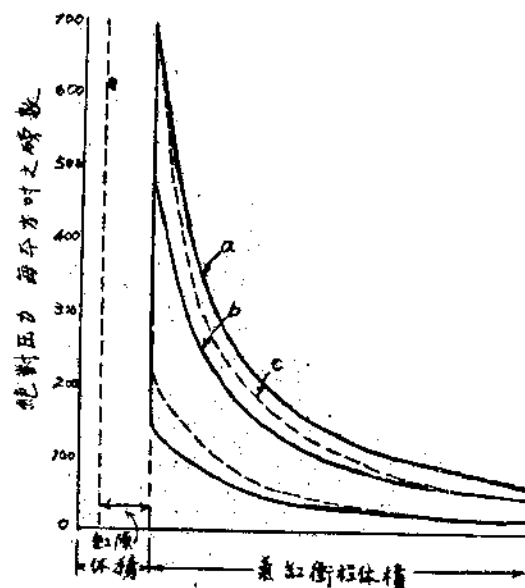
根據發生爐煤氣與空氣入誘導管時，溫度為華氏六十度，壓力為汞柱三十吋。引擎之容積效率業經假定用汽油時為百分之八十，而用煤氣時，則為百分之七十八，凡此數字，或稍失之過高，然於斯二種燃料之比較，初無影響，而發生器中壓力減損量之增大，影響及於容積效率，已特為之計算。燃燒假定為完全，且燃料與空氣，依照理論之比例，配合以供燃用。雖然用汽油之引擎，其最大之能力，在應用濃混合物時(Rich Mixture)，故在比較上，發生爐煤氣實勝一籌，此當加以注意者也。在理論上之定積循環中，汽缸內容氣體，當在排熱將終之際其狀態已經恢復壓縮衝程開始時，此蓋為一種假定，以便於計算。就事實言，因排洩衝程期間，排氣壓力，高出大氣壓力，而吸引衝程期間，新氣壓力，低於大氣壓力，致有幫浦效果之負值工作。而現所假定之排氣平均壓力，為超出大氣壓力每平方吋 1.8 磅，自仍應加以吸引衝程期間之平均負值壓力，以求取幫浦效果之平均有效壓力，更自總計指示平均有效壓力（此乃依據理論循環所得之工作以計算之）減除此數，即得純淨指示平均有效壓力。若復假定燃用發生爐煤氣之引擎，其摩擦平均有效壓力為每平方吋 25.5 磅，且自純淨指示平均有效壓力而減除之，則輪擊平均有效壓力，於焉獲得。

所有理想效率，與各項平均有效壓力，均經依據下列條件而計算之：(a) 燃用汽油之引擎，當壓縮比為 6.25:1 時，其釋放之熱量，在華氏六十度汞柱三十吋之條件下每立方吋為 93.4 英熱單位，蓋汽油之低熱值，假定為每磅 18870 英熱單位(b) 含 5% 二氧化碳，25% 一氧化碳，12% 氫，1% 沼氣，與 57% 氮之發生氣，當溫度為 60°F 壓力為 30" Hg 時，其低熱值為每立方呎 122 B. T. U. 而其釋放熱量，則為每立方呎之混合物 61.7 B. T. U. 該混合物在理論上之體積組成，為空氣與發生爐煤氣之比 0.977 也。關於燃用發生爐煤氣之引擎，當其壓縮比為 6.25, 8.5 與 13 時之一切，均經計算列於第三表中，其燃料與空氣之混合物，當進吸氣總管時之設想溫度，用汽油為 60°F，用發生爐煤氣則為 68°F。而當吸氣衝程發軔之際，其絕對壓力之假定，在用汽油時，為每平方吋 13.7 磅而在用發生爐煤氣時，則為 13.5 磅。第三表中，將上述之理想效率，以及各項平均有效壓力，備載無遺，並將燃用發生氣時所發生之輪制馬力，示以壓縮比為 6.25 且大小相若之汽油引擎所能發生者之百分率。第二圖之所示為壓力與體積之關係圖，曲線 a 為燃用汽油且其壓縮比為 6.25，曲線 b 與 c 則為燃用發生爐煤氣而其壓縮比分別為 6.25 與 8.5，圖中之內容面積，表明指

示馬力，其應特別注意之點則為燃用發生爐煤氣時，所得之相對指示馬力，實比其相對輪制馬力為大，此蓋由於摩擦馬力之永恆，從而使其機械效率之遞降耳。

第三表——燃用汽油與發生氣時之理想效率與平均有效壓力

燃 料	汽 油	發 生 氣		
壓 縮 比	6.25	6.25	8.5	13
理 想 效 率 %	35.1	35.6	39.5	44.1
(每平方吋之磅數) 總 計 I. M. E. P.	142.0	93.8	104.0	116.0
幫 浦 M. E. P.	2.8	3.0	3.0	3.0
純 淨 I. M. E. P.	139.2	90.8	101.0	113.0
摩 擦 M. E. P.	25.5	25.5	25.5	25.5
輪 制 M. E. P.	113.7	65.3	75.5	87.5
相 對 B. H. P. %	100.0	57.4	66.4	77.0



第 二 圖

三 汽油引擎燃用發生爐煤氣後動力損失之檢討

壓縮比為一定之汽油引擎，當其改用發生爐煤氣時所蒙之動力損失，實由於下列之諸端原因：(1) 引入汽缸之煤氣與空氣所成混合物，其熱值實低，查當 60°F 與 $30''\text{Hg}$ 之時，該混合物之熱量，僅約為每立方呎 62 B. T. U. 。而汽油與空氣之混合物者，則為 95 B. T. U. 。兩者數值懸殊，實緣混合物中燃料所佔體積有異，前者約為百分之五十，後者僅及百分之二。是故燃用煤氣時，若不假借增壓器之力，將使入缸空氣之量，蒙受限制，(2) 煤氣與空氣之混合物，其燃燒所生氣體之體積，低於其原有體積約百分之八。此蓋由於煤氣中之氫與一氧化碳，燃燒而成水蒸汽與二氧化碳，其體積均屬不變，而其資助燃燒之氧，則於以消失矣。沼氣燃燒之後，體積仍舊。

而高級碳氫化合物，例如汽油蒸汽，則將增加約百分之七。凡此體積之變化，均於大小一定之汽缸所生之動力，有直接之影響焉，(3)進缸混合物之容量，將隨溫度之增高，與壓力之減低，從而減少。至其壓力之減低，蓋由於該氣通過發生器與過濾器時，所蒙之損失耳。反之，燃用汽油之時，為因蒸發需熱，致生冷却效果，輒假排管之熱，引至吸管，以資協助，而圖補救。顧在燃用煤氣之引擎中，則獨不然，此種熱之傳遞，固應避免，而冷却器皿，轉宜設備，以使其溫度，儘量低降，以接近大氣溫度，至於壓力，因沿發生爐與濾清器而降低之量，其應設法務使減至最小，尤屬顯而易見。(4)茲屬顯著之對照，一反前此之利弊者，殆為同一之壓縮比例下，燃用煤氣時之理想效率，實稍高於燃用汽油時也，此種結果，實由於燃用煤氣時，其所造成缸中溫度較低，從而氣體比熱之變化較少耳。

發生爐煤氣熱值變化之影響——煤氣之熱值，可用水蒸汽，隨同空氣，一同噴射，以激增之，因在白熱下之炭，分解水蒸汽而放出氫也，由是煤氣所含之氫，可自百分之五之下，以增至百分之十五，從而所含氮之成份，同時減低。第四表中，列載關於焦煤或硬煤所產各質氣體分析之結果，觀察斯表，足徵純粹發生氣之熱值，當其增加約至二倍之時，其與空氣所成混合物，因而增加熱值，雖遠較為低，而亦可觀矣。平均有效壓力，以及相對動力，悉載表中，根據此等計算之結果，深知燃用熱值較高之氣體，應有相當之良效也。

第四表——發生氣熱值變化之影響

發生氣之分析成分：——				
CO ₂ %	6	5.5	5	3
CO ..	22	23	25	30
H ₂ ..	5	8	12	15
CH ₄ ..	0	0.5	1	1
N ₂ ..	67	63	57	51
純淨熱值, B. t. u. (在60°F與30"Hg時每立方呎之數)	84	100	122	146
空氣與發生氣之比	0.64	0.79	0.98	1.17
空氣與發生氣混合物所含熱 量 B. t. u. (每立方呎之數)	51.1	56.0	61.7	67.4
理想效率%(壓縮比=6.25)	36.5	36.0	35.6	34.7
總計 I. M. E. P. (每平方吋之磅數)	79.7	86.1	93.8	99.9
幫浦 M. E. P. ..	3.0	3.0	3.0	3.0
純淨 I. M. E. P. ..	76.7	83.1	90.8	96.9
擦摩 M. E. P. ..	25.5	25.5	25.5	25.5
輪制 M. E. P. ..	51.2	57.6	65.3	71.4
汽油為準則之相對動力, % (二者壓縮比同為6.25)	45.0	50.6	57.4	62.8
汽油為準則之相對動力, % (壓縮比數, 汽油為6.25發生氣為8.5)	52.6	58.8	66.4	72.3

入缸氣壓變化之影響——實驗之結果，足證發生爐與濾清器所予氣流之阻力，

實使煤氣引擎之容積效率，遠低於氣油引擎者。第五表中，所列之數字，既示壓縮衝程開始時，壓力降低之效果，復示增壓輸送混合物，所能期望之改進也。惟當利用增壓方法之時，應自引擎所生動力之內，減除增壓器所費之能力，該器之效率為百分之五十，而汽缸之壓縮比則為 6.25，表中所列關於相對動力之數字，明示氣體在發生爐與濾清器中所蒙之壓力低降，務必使為最小，乃屬極端重要之事。若將壓縮開端時之壓力，增至錶壓每平方吋五磅，可使熱值為每立方呎 122 英熱單位（在 60°F 與 30Hg 之時）之煤氣，當燃用在引擎時，發生一與改用汽油而不增壓時之相等動力，凡此數字，可與第五表中所列關於壓低入缸壓力之影響者，互相比較，並可證明在發生爐與濾清器中所降低之壓力，其所引起之動力損失，實遠超其因溫度之任何增高所能引起者之上。

第五表——進缸壓力之影響

壓縮開始時之絕對壓力 (每平方吋之磅數)	11.5	12.5	13.5	14.5	16.5	18.5	20.5
大氣為準則之相對壓力, "Hg.	-6.5	-4.5	-2.4	-0.4	+3.7	+7.7	+11.8
總計 I. M. E. P. (每平方吋之磅數)	75.2	84.5	93.8	103.1	121.9	141.8	159.3
幫浦 M. E. P. ,,	5.0	4.0	3.0	2.0	0	-2.0	-4.0
純淨 I. M. E. P. ,,	70.2	80.5	90.8	101.1	121.9	143.1	163.3
增壓送氣之 M. E. P. ,,	—	—	—	1.6	5.6	9.6	13.6
摩擦 M. E. P. ,,	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
輪制 M. E. P. ,,	44.7	55.0	65.3	74.0	90.8	108.0	124.2
汽油為準則之相對動力, %	39.3	46.4	57.4	65.0	79.8	95.0	109.2
體積效率, % (在 60°F 與 30Hg 時進缸)	63	71	78	—	—	—	—

氣油之攪混——燃用發生爐煤氣之引擎，其使動力增加之簡便方法，為當節氣門全開時，於其混合氣中，加以若干之汽油，第六表中列載之數字，即為攪混多寡不同之汽油量時所引起之動力增加數也，惟當注意者，在節氣門全開以攪混汽油時，煤氣量務將減少，蓋藉以容許充分之空氣，以備二種燃料之完全燃燒耳。

第六表——攪混汽油之影響

全能時汽油之成分	0	0.1	0.2	0.3	0.4	1
全能時發生氣之成分	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0
總計 I. M. E. P. (每平方吋之磅數)	93.8	98.1	103.0	107.8	112.6	142.0
幫浦 M. E. P. ,,	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8
純淨 I. M. E. P. ,,	90.8	95.1	100.0	104.8	109.6	139.2
摩擦 M. E. P. ,,	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
輪制 M. E. P. ,,	65.3	69.6	74.5	79.3	84.1	113.7

汽油為準則之相對動力, (壓縮比6.25)%	57.4	61.2	65.5	69.7	74.0	100.0
“(壓縮比 汽油0.25; 發生氣8.5)%	66.4	71.1	75.7	80.1	84.4	—

第七表——發生氣與空氣之溫度影響

發生氣與空氣混合物之溫度 (°C)	10	20	30	40	50
(°F)	50	68	86	104	122
總計 I. M. E. P. (每平方吋之磅數)	97.8	93.8	91.1	87.9	85.1
幫浦 M. E. P. ,,	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
純淨 I. M. E. P. ,,	94.8	90.8	88.1	84.9	82.1
摩擦 M. E. P. ,,	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
輪制 M. E. P. ,,	69.3	65.3	62.6	59.4	56.6
汽油為準則之相對動力 % (壓縮比: 汽油6.25, 發生氣8.5)	61.0	57.4	55.0	52.3	49.8

四 結 論

依據理論上之考量, 從知當一汽油引擎引用發生爐煤氣為燃料時, 使不改變其壓縮比, 或設置增壓器, 則將引起無可倖免之動力損失, 輒自百分四十以迄五十之多, 而此項損失, 可自下列諸法以減輕之——(1) 引用全新之引擎, 其容量約為原有氣油機之三倍者, 是將產生與之相埒之動力。(2) 增加其壓縮比, 惟若仍使引擎得於短暫期間, 燃用汽油, 則壓縮比不能超越 8.5 也, 而在此壓縮比時, 燃用煤氣所生之輪制馬力, 較之比為 6.25 與 5.60 時者, 約分別大百分之十五與二十四。(3) 就煤氣與空氣之混合物增加其入缸壓力, 亦可使其所生動力大至汽油所能產生者, (4) 攪混汽油之法, 可在簡短期間, 用謀動力損失之補救, 顯不可視為解決發生爐煤氣燃用問題之辦法也。

冷面凝結器之螢色迅速檢漏法

Fluorescent Dye Detects Small Leaks Quickly On Surface Condenser

迅速檢驗法可藉一種顏料 (Calco Uranine) 及輕便式十四瓦特一百十弗電壓之紫外光燈行之, 使微小之漏洩易於檢得, 其所使用之液體, 係以一斤之顏粉與兩萬加侖之水混合而成, 成績優異, 調和此種液體最簡便之法 係將顏料傾於正在流向凝結器之水中即成, 若此法有所不便, 則可依下列步驟行之:

1. 將凝結器之半注之以水
2. 傾顏料粉末於凝結器管之上部
3. 藉橡皮水管將粉末沖於水中
4. 凝結器繼續充水, 直至逾最上層鋼管達一吋時始止。 (下接第二十四面)

燃氣柴油機之研究

A Study of Gas-Diesel Engines

汪錫麒

(一) 概說

燃氣柴油機是一種既可使用柴油亦可使用燃氣的引擎 (Engine)。柴油價昂，尤以在我國為甚，因我國油源稀少，端賴國外之輸入，引用此種引擎，更可節省外匯，而此種引擎之本質亦殊為良好，下面論及其性能時當可見之。

此種燃氣柴油機與普通柴油機之差異是：其燃料以燃氣為主，以柴油為輔，供着火之用，又此種引擎與普通煤氣機之差異是：非藉電花而藉少量之柴油以着火，普通煤氣機之壓縮比在5:1至8:1之間，而此種燃氣柴油機之壓縮比則可與普通之柴油機一般在此種壓縮比之下，微量之柴油，已可自燃而產生火焰，但就燃氣而言則尚無自然或暴震之慮，因在此種壓縮比情形之下，其所能產生之熱量，尚不足以供燃燒也。唯此種引擎，對於燃燒室，則非常重要，而非所有柴油機之燃燒室，均可通用燃氣者矣。此當依據經驗而求取捨，例如具有空氣囊 (Air Cell) 之燃燒室則不合用。

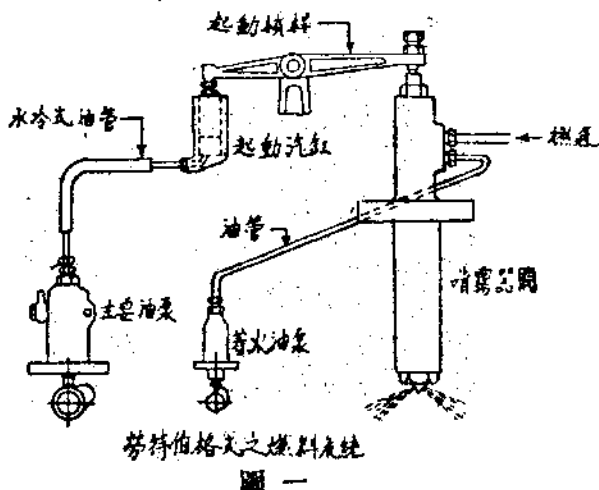
在此種引擎中所需要之柴油，固非常之少，其少之程度，可以說縱在減速情形之下，尚不足以供隨轉之所需。表示此種油量之方法，普通多以於引擎開動達滿荷後，每小時所耗柴油之熱量為準，而以此種熱量，在總熱量中所佔之百分比表示之。例如在一具 100 匹馬力之引擎中滿荷時燃氣之消耗量，為每小時 600,000 B.T.U. 而柴油之消耗量為 60,000 B.T.U. 則其總共所消耗之熱量為 660,000 B.T.U. 柴油熱量在全部中所佔之比例為 9.1%，此即為柴油之消耗量，此類數字，除特殊情形外，普通不因負荷而有若何差異。

(二) 引擎種類

燃氣柴油機大別有三類，第一類可稱之為低壓燃氣柴油機。其所使用之燃氣，僅有數氣壓之壓力。燃氣於進氣閥關閉後導入，繼續壓縮至一定壓縮比時再噴射柴油以供燃燒。第二類可稱之為高壓燃氣柴油機，燃氣之壓力約為 60 到 70 大氣壓力，在經過噴射霧化器 (Injection Atomizer) 之後與柴油同時進入汽缸。第三類可稱之為混合燃氣柴油機，是將空氣與燃氣先行混合，同時吸入汽缸中 (旋轉進入) 予以壓縮再噴射柴油供着火之用，在四衝程之引擎方面，除具有燃氣管外與普通之柴油機幾無多大差別。簡單有效而為現時一般製造工廠所採用。

第一類，可說是此種燃氣柴油機之早期發展情形，初由歐文 (Erven) 博士所發明，因名之謂歐文引擎 (Erven Engine) 原用於車輛上。而其所有之燃氣，亦以甜市煤氣為主。此種引擎在性能上講沒有其他兩類效率 (Efficiency) 之高，但其滿荷之載量則較強。第二類引擎有美國勞特伯格公司 (The Nordberg Co.) 在製造，係一

種二衝程循環引擎 使用天然氣 (Natural Gas) 者, 氣體之英制熱單位在 1000 左右, 引擎多屬大型, 其噴油系統有兩套如圖一所示。在由使用燃氣轉變到純使用柴油時必先停車, 是以在運用上稍有不便耳。第三類引擎以其可以不用壓縮機 (Compressors) 且其調節非常便利, 是以特別發展, 在英國方面此類引擎之製造於 1938 年首由國營煤氣及油料引擎製造公司 (National Gas & Oil Engine Co. Ltd) 取得專利權, 在美國方面, 此類引擎亦正被許多柴油機製造廠所採取, 即以作者所到之柯柏廠 (The Cooper Bessner Corporation) 而論亦於此方面有不



(三) 柯柏索廠之燃氣柴油機

柯柏索廠之製造燃氣柴油機, 始於 1927 年, 次年第一部燃氣柴油機完成, 其主要之呎吋為: 汽缸徑 (diameter) 12 吋, 衝程 (Stroke) 16 吋, 速率每分鐘 300 轉, 二衝程循環 (2 Stroke Cycle) 氣泵 (Airpump) 位於活塞與十字頭 (Crosshead) 之間, 為打進空氣清除廢氣之用。

其時該廠對於燃氣柴油機之製造, 尚偏重於燃氣之高壓噴射方面, 因為彼時候他們不以為燃氣可與空氣同時進入汽缸中, 且壓縮至很高之程度。那是他們認為不可能的事。即以壓力而論, 當時該廠所製造之普通燃氣機, 其壓縮量, 至多僅有每平方吋 125 磅, 以後逐漸研究, 理解燃氣與空氣之混合, 可被壓縮至與單純之油機壓縮此一般, 而無任何危險, 因為燃氣之燃燒, 還在此種壓縮比所能產生之溫度之上。自此以後, 該廠之燃氣柴油機, 便向第三類方面發展, 即空氣與燃氣先行混合再加以壓縮。

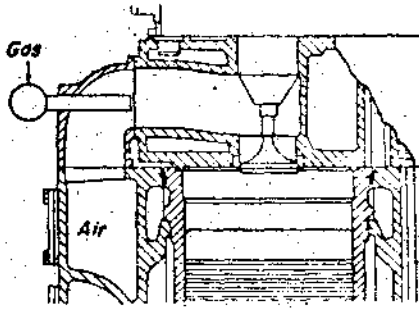
該廠所製造之柴油機, 又可細分為三種不同的型式, 每種形式亦各有其不同之問題與特質, 此三種形式為——

- (1) 四衝程常壓之燃氣柴油機 (4 Cycle Atmospheric Gas-Diesel Engines)
- (2) 四衝程增壓之燃氣柴油機 (4 Cycle Supercharged Gas-Diesel Engines)
- (3) 二衝程燃氣柴油機 (2 Cycle Gas-Diesel Engines)

(1) 四衝程常壓燃氣柴油機——

在構造上與普通之一具四衝程之柴油機一般。唯增加進氣管如圖(2)所示, 在理論上講, 此種裝置亦非盡善, 蓋於進氣閥關閉時, 燃氣必仍在繼續向空氣管中流動也, 但在實際上空氣與燃氣混合之情形相當良好, 而無燃氣重疊之感。是以此種裝置已為該廠四衝程之各式引擎所通用, 僅於尺吋上 (Size) 有大小之別耳。

(2) 四衝程增壓之燃氣柴油機:

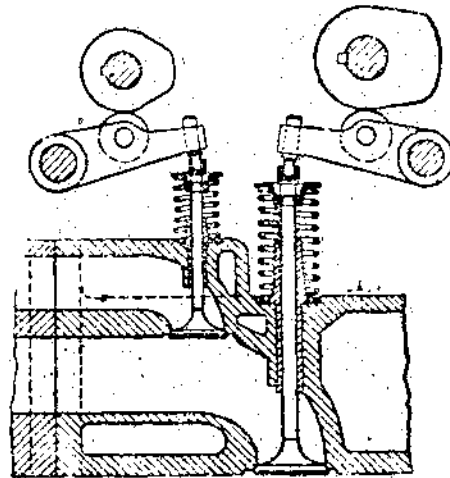


圖二 燃氣與空氣混合情形

要將燃氣柴油機之原理應用到增壓柴油機方面，其情形略為複雜，且不能以圖二之裝置，取來應用。因一具增壓柴油機在清除廢氣時期，進氣與出氣兩閥同時開放，空氣藉鼓風機或其他增壓器以進入，連同廢氣再由出氣閥逸出以清除汽缸中一切廢氣或其他剩餘氣體，若燃氣亦依圖二之方式進入，勢必有很多燃氣，更由出氣閥逸出導於廢氣系統中，燃料之消耗量為之增加，效率亦相對為之

降低矣，甚或其在經濟價值上，遠不若原有之增壓柴油機為廉矣。

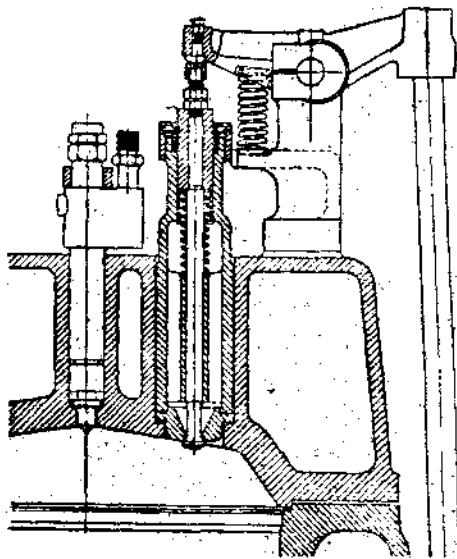
因此之故燃氣進入汽缸之時間，必需準確控制，使其適在廢氣閥關閉之後，如此則所有進入汽缸中之燃氣可全部存留而發揮其功效矣。是以該廠於其所製引擎之汽缸頂上，裝有燃氣之準時閥(Timing Valve)如圖三所示。此閥亦由進氣或出氣之偏心輪所帶動，而燃氣亦並不直接導於汽缸中，而先導於進氣之通道中，使煤氣與空氣得在汽缸外先行混合，圖三之裝置為該廠之所專利者。



圖三 引用燃氣之準時閥

(3) 二衝程燃氣柴油機：——

在二衝程之燃氣柴油機中所遭遇到情形，



圖四 二衝程引擎之煤氣準時閥

亦如增壓之燃氣柴油機一般，即燃氣不能先與空氣混合，而需要在適當的時間導入，亦即所謂準時混合問題。以往該廠亦曾製造燃氣機，燃氣於出氣閥行將關閉時導入，但在二衝程之燃氣柴油機方面，欲使空氣與燃氣於汽缸外混合勢不可能，因在清除作用之後，空氣已進入汽缸中也。是以必需將燃氣直接導入汽缸中矣，而其效率則有待乎燃氣進入之速度，與汽缸中空氣之運動情形而定，因之，在二衝程之燃氣柴油機方面與四衝程所不同者，是燃氣必須另有進口方克有濟，此種進口如圖四所示。

總之各種不同形式之引擎，有各種不同之裝置，以適應個別之需要。雖有此等裝置，而是否能獲得良好之結果。尙有待乎控制系統是否良好。

(四) 控制系統

燃氣柴油機之控制系統在乎改變進入汽缸中之燃氣量，而空氣之供應量，則不

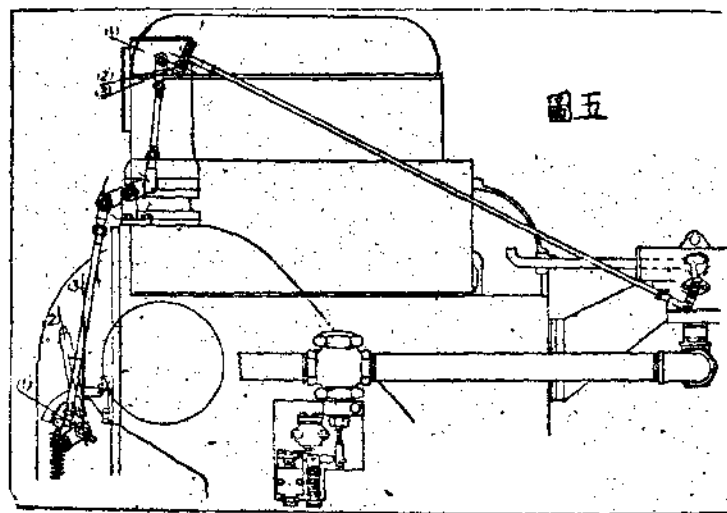
得有所變更，因汽缸中須維持有一定之壓力，以燃燒其中少量之柴油，唯其控制之方法，則三類引擎各不相同。在第一類之歐文引擎 (Erren Engine) 則以噴射閥 (Injection valve) 控制之，或管制汽閥 (Throttle) 或調節減壓閥彈簧 (Control spring of the reducing Valve) 均可，第二類之勞特伯格引擎，則有其噴射裝置 (Injection Gear) 以控制之，其詳如圖一所示，其燃氣之進入，亦可由汽閥 (throttle) 予以控制之。第三類引擎之控制系統在國營燃氣柴油引擎製造公司方面，其所具之燃氣控制裝置 (gas governor gear) 與普通之燃氣機相同唯其中之空氣控制閥 (throttle) 則已移去不用，而僅藉燃氣閥 (gas throttling) 以控制燃氣之量。

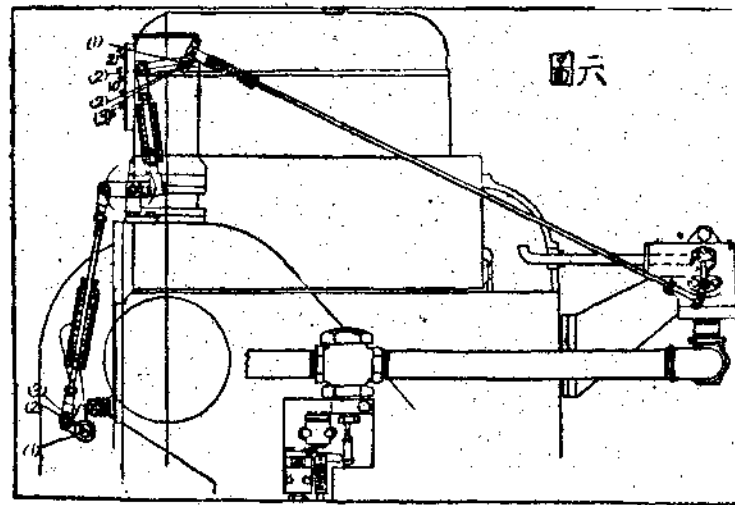
在柯柏索廠方面，雖在原理上初無兩樣，亦藉控制燃氣之分量，以應付其負荷，但其控制上之演進頗為完善，是值得一提。

圖五即為該廠之燃氣柴油機之控制系統，為說明此種系統之功用起見，假設此引擎初用柴油，此時之控制器，一方面連到油系統上，另一方面，又連到燃氣之供應閥上，若此時管理的人，將燃氣閥打開，則控制器移到中間位置，而引擎則以柴油與燃氣二者為燃料，同時使用，再將燃料控制器向一邊最小油量之處移動，則引擎以燃氣為主體而開動矣。

要想再回到用油的情形，僅反其道而行之即可，即初將燃料控制器放到中間之位置使引擎回復到使用混合燃料的情形，再關上燃氣閥則引擎又回到純用柴油之情形矣 在此種情形下，所增加的祇是一煤氣閥與其帶動桿，至於油系統方面，則與一般之柴油機情形無殊。

此種控制系統差不多在各種引擎上均可通用，但在有些情形下，燃氣之供應量發生問題，可能斷絕或局部斷絕，人工調節，頗為不便，且不能迅速應變，是以最好是控制系統能夠自動的調節，以充分利用所可能利用的燃氣，而不必需人隨時隨地的去注視與調整。本此方針該廠將圖五略加修正改進。如圖六之情形，在此圖中控制器之前一半行程在乎燃氣，後一半之行程在乎柴油，祇要有燃氣可資利用，控制器之動作，總是在前一半行程範圍之內，一旦煤氣之供應發生問題，則此控制器之動作，





自動向後一半行程上移動，因此使用柴油矣。由於此種控制，引擎之動作不致中斷，此種特質有時至屬必需。此種控制之特點有三：(1)簡單，(2)不用人工調節，(3)設備費用低廉。

在圖五或圖六亦可看出一點，即燃氣閥在控制器閥之前，此亦係一種安全之特點。此種燃氣閥受兩重之控制(1)是過速控制，(2)是柴油之壓力控制，因此之故在用以着火之柴油噴射系統有障礙時，燃氣亦可隨之停止供應。

(五) 燃料之消耗與引擎之性能

前面亦曾提及在燃氣柴油機中所需之柴油量非常之少，通常以柴油熱量所佔之百分比表示之。大概的說，在此類引擎中所用之柴油量以8%至12%為合度，自然在負荷之情形未變而燃氣之供應減少時，自可增加柴油之用量，以維持一定之負荷，從另一方面說，若柴油之供應量十分缺乏，則油量亦可再度減少至3%甚至3.5%惟在實際上柴油之用量少於10%或多於50%均不經濟。

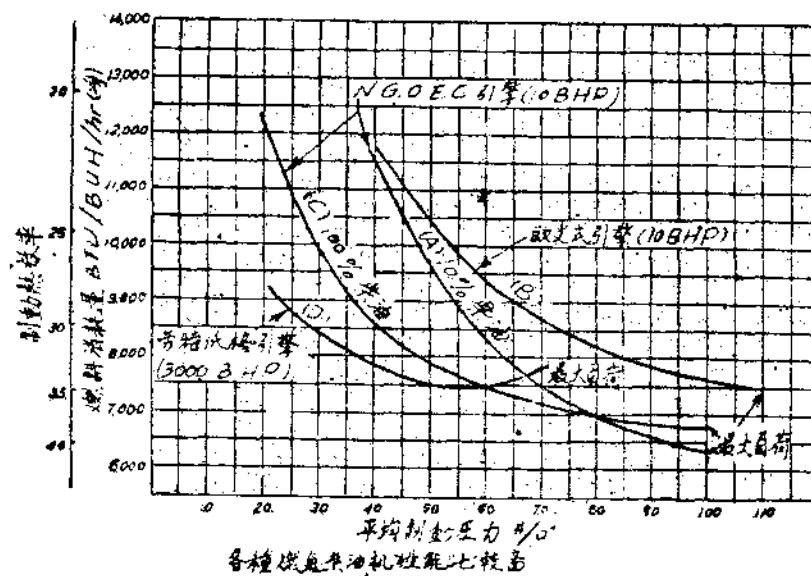


圖 七

圖七為上述三大類引擎之燃料消耗，及熱效率圖，由此圖上可明顯的看出各類引擎在性能上之優劣，惟應注意者是在此圖中勞特柏格引擎係巨型 3000Hp. 而其餘兩者只僅有 10 Hp 此種引擎在輕荷時其性能顯示得非常好，惟其最大負荷能力似不及歐文式引擎為佳耳。前者所用之燃氣以天然氣(Natural Gas) 為主，而後者所用者以都市中之煤氣為主。在圖七中國營燃氣柴油引擎製造廠(N.G.O.E.C)之性能曲線有二，以表示純油機與燃氣柴油機之差異。圖八、圖九更顯示勞特柏格廠之引擎詳細情形，及其用油之百分比情形。圖十為柯柏索廠之三種燃氣柴油機之熱量消耗情形在此圖中看來，自以四行程之增壓燃氣柴油機為最佳。圖十一為各式引擎之着火壓力情形。此在各種制動壓力情形之下均以二行程者為高。此兩圖可協助吾人理解該廠所造之燃氣柴油機許多情形。例如在圖十上，常壓燃氣柴油機之平均有效制動壓力可達每平方吋80磅強，增壓者更大。由此可知燃氣柴油機，對於過量

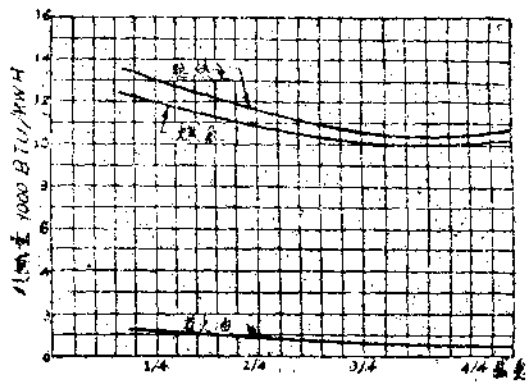


圖 八

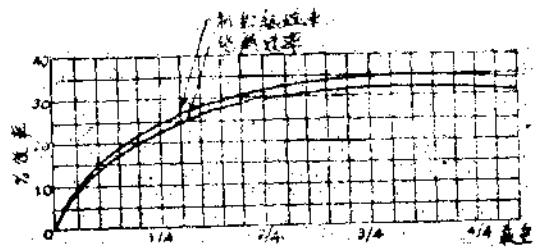


圖 九

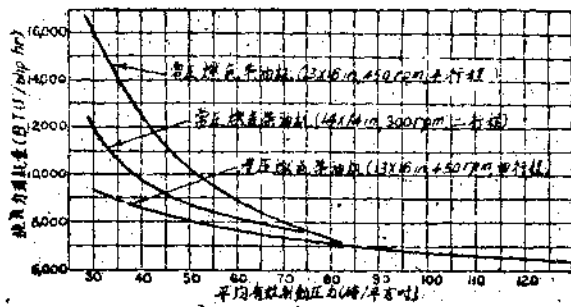


圖 十

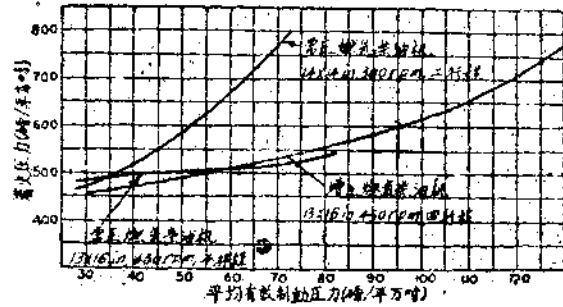


圖 十一

之負荷能力，遠較普通之柴油機為大。圖十二包括有普通電力着火之煤氣機，普通增壓之柴油機常壓及增壓之燃氣柴油機，雖然現時之增壓燃氣柴油機之性能，是否較增壓柴油機為強尚屬疑問，但至少可說前者並不較後者為差，而前者在應用上之許多優點實為後者所不及。

在圖十上亦可看出增壓之燃氣柴油機。其燃料之消耗情形，與常壓之燃氣柴油機，略有不同，增壓之消耗量，少於常壓者，非僅在滿荷之情形下，即係在減荷之情形下亦復如是。

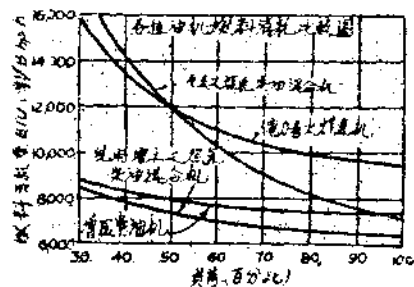


圖 十二

圖10及11中亦可看出二衝程燃氣柴油機之燃料消耗情形在正常壓率 (rating) 之下, 平均之制動壓力, 為每平方吋62磅, 以現時之發展情形而論, 已達每平方吋 74 磅左右, 於此逾荷情形下, 尚無跳動 (detonation) 發生。但在此二衝程之引擎中有兩點, 必需注意者為: ——(1) 必需要有多量之空氣行使汽缸中之清除作用(2) 須要多之柴油執行點火作用, 如此方可完成逾荷之使命。假使清除廢氣之空氣壓力太低, 或者執行點火作用之柴油太少, 則其火焰進行之情況每限於局部有油及空氣之處, 燃燒難得完善更無法冀其有逾荷之能力, 此外在增加空氣之波動方面自亦有助於燃燒。

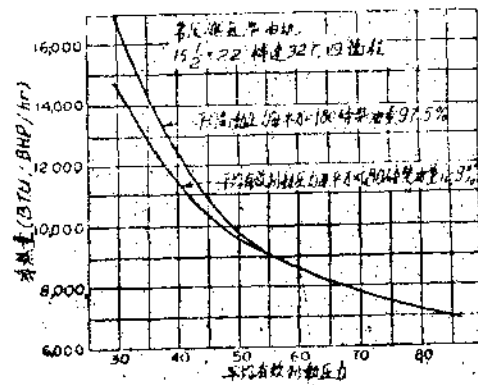
關於所需柴油量之多寡問題, 曾引起不少之辯論。嚴格的說, 用1%的柴油執行點火作用已足, 但在實際上此種分量, 尤其在一般常用之噴油系統中, 殊有未足。因柴油之百分比對於引擎性能之影響, 在滿荷時尚屬輕微, 蓋由滿荷到75%負荷之間燃氣柴油機對於油之百分比變化, 反應甚微也。但在輕荷之時, 則其反應頗為顯著, 如圖十三所示即其明證也。

在輕荷情形之下燃氣與空氣之比例, 自較滿荷時為稀薄, 終至可薄到一種程度, 使火焰無法傳波, 而惟有實際上與柴油之火焰相接觸之煤氣始能着火。因此之故雖則其在正常逾荷之下, 此種引擎具有高效率, 而在輕荷情形之下, 不若柴油效率之高, 甚至不若煤氣機效力強。

正係如此是以在輕荷情形之下, 對於柴油之百分比非常重要。圖十三為該廠所製之常壓燃氣柴油機徑 (Bore) $15\frac{1}{2}$ 吋衝程 (Stroke) 22 吋, 由圖可以看出, 平均有效制動壓力在每平方吋55磅以下時, 則柴油之百分比顯得非常重要矣。

再從經濟觀點上講, 一部引擎通常使用之範圍, 在滿荷或近乎滿荷時自以較低之柴油量為宜, 但究竟低到什麼程度, 亦因個別的柴油系統而有異。普通一具柴油機, 在無論任何負荷時隨轉尚需15%之柴油, 自難期望以5%以下之柴油完成着火之使命。因此在實際之操作上, 及顧慮噴油系統之差誤時, 總以在8—12%之油量為合宜。在柴油之供應十分缺乏之時其百分比仍可減少到5%或3.5%。從另一方面說, 在煤氣短少的時候, 亦可提高柴油之百分比, 而使此種引擎成爲一種混合燃料之引擎, 直至燃氣減少至零時, 則純為柴油機矣。

另外的一個問題是: ——若是使用柴油之分量少於10%, 則普通之噴油嘴, 油泵等均有再行研究之必要, 最好是用特製之補助噴油系統為佳, (Auxiliary Injection System)。但在此情形下, 將原有之噴油系統擱置不用固屬不智, 且日久或有失靈之慮。是以柯柏索廠之設計, 自較勞特柏格廠之設計為佳。前者仍採用原有之噴油系統而以10%之柴油為最低限度之着火用油。又由試驗中得到一項結論, 即假使柴油之使用量超過50%則反不若純用柴油為經濟是以, 如上所說, 此類引擎使用着火油之範圍, 當以10至50%為最理想。



圖十三

(六) 結 論

以上所說，在柴油機而言，是一種新的發展方面，雖則以現時之情形而論，需要研究或改進的地方還很多，但其發展之前途至屬寬大：第一牠所用之燃氣範圍甚廣，竹頭木屑均可用以產生燃氣，不似柴油之規格甚嚴。第二燃氣之價格較之柴油為廉，是以採用此種引擎，無論用途為何成本當為之減低。第三此種引擎之性能，燃料消耗情形等等，並不比一般之柴油機為低。第四普通柴油機所具之優點，燃氣柴油機亦均俱備，有此數種特點，實為保證其發展前途之最大理由。此種引擎對於許多缺油之區特別有利。我國現時尚無一具此類引擎存在，此後倘能大量採用，節省外匯，推動建設，實非淺鮮。

蘇 聯 之 巨 型 汽 輪 機

在列寧格勒 (Leningurd) 有一座 100,000 kw, 3000 r. P. M. 之汽輪機剛完成其試驗 (test) 工作。此汽輪機所用之蒸汽壓力達 1275 #/12" 溫度達 864~900° F 此在蘇聯為獨一無二者。

此種汽輪機在設計上之特點為在最後低壓部份之輪翼 (Blading)，其巨大情形為前此設計上所未有壓未節其直徑平均 79 吋，翼長 30 吋，重 11¹/₂ 磅。在正常轉動時，其所產生之離心力達 4.2 噸，其最大之應力達每平方吋 31,700 磅之巨。

此外尚有下列數種特點：(1) 採用銲接，(2) 具有速率與加速之兩種控制，(3) 過速之緊急控制，(4) 可調節之逾荷限制器，此種限制器兼有低速時自動停止作用，此種汽輪機其最大速率之提高僅及正常速率之 4¹/₂%，在過速時或潤油之壓力不足時，有二迅速動作之止汽閥，可籍以停車。

此項汽輪機在高壓方面為寇的斯式輪 (Curtis Wheel)，亦即以可調節之部份，接着有十一節高壓層 (Stages) 在低壓方面共有五層，流速較低其凝結系中之壓力為每平方吋 0.5 磅。

至於調節器用之油，其壓力為 170 (磅/平方吋)，而非一般所同之 110 (磅/平方吋)，調節用油與軸承用油均由齒輪系 (Gear Train) 所帶動之油泵以供給之。另有蒸汽帶動之油泵則僅於其動時使用之。

發生此種強大動力之單一汽輪機，在製造上，時間與人工上，以及在所佔地位上均有節省 據估計每單位可節省 15~17% 之價格。

再此種汽輪機之設計，採用局部單位 (Sub-unit) 原理，是以此種汽輪機中之各部，亦可用於其他之汽輪機中，例如在一個 50,000kw 之汽輪機中，可採用此項汽輪機部份之 7% 而在一 2500 kw. 的汽輪機中，可採用 50%。

此項汽輪機之淨重量 263 噸，其中高壓之轉軸重 8.5 噸，低壓轉軸為 18.8 噸。

汞汽動力廠

Mercury Vapor Power Plant

陳學俊

一通說

任何一種熱機，在最高溫度 T_1 及最低溫度 T_2 之工作情況下，可能得到之最大工作效率，可以卡諾氏 (Carnot) 之效率關係式表明於下：

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

實際上，各動力廠效率均遠較此理想效率為低。在應用上之各種循環與卡諾，埃利克松 (Ericsson) 及斯透林 (Stirling) 循環等均顯然不合，此諸理想循環，僅可視為研究之最高目標而已。由各理想循環之分析，可知從外界加於工作媒介物 (Working Substance) 之全部熱能均在最高溫時加入，放出之熱能亦在低溫狀況放出。在實際蒸汽動力廠之工作情況，雖非如此，但卡諾氏之效率關係式對各種循環性能研究，仍可作一便利及有價值之標準。

蒸汽動力循環中，在尋求各種方法，使溫度差加大，以增加卡諾效率之前，宜先注意研究如何可使循環中之低溫儘量降低，此低溫最低極限由所用冷却水溫度以決定之。惟通常冷却水溫度均在 $50^\circ - 100^\circ \text{F}$ ，此時蒸汽之絕對壓力為 1' 汞柱高。維持此項壓力，在以往極感困難，曾引用二汽循環 (Binary vapor cycle)，即加用一種在低溫範圍內具有較高汽體壓力 (vapor pressure) 之物質。雖然如此，惟近代之冷凝設備，已能適用通常之冷水溫度而維持其所需要之低壓矣。

循環中之最高蒸汽溫度，可由增大鍋爐壓力或添用過熱器以增加之。近來各蒸汽動力廠，均有儘量提高壓力及增加溫度之趨勢。惟因過熱器管，各附屬配件，管子及汽輪機件構成之材料所能承受之溫度不能太高，蒸汽最後之溫度乃不能過分提高。就熱力學的觀點而言，加於工作媒介物之絕大部份熱能，均在較最後蒸汽溫度為低甚多之溫度時加入，故用過熱方法，自有其缺點，若飽和溫度提高僅少許，然壓力則需增加甚大。例如壓力在 2200 #/sq" 時如再增加 1000 #/sq" 壓力，飽和溫度之增加僅 56°F 。又壓力增高，各種應用設備，必須更加堅固，費用亦增多；且因飽和壓力已增高，過熱度及再熱度 (Reheating) 亦勢應隨之增高，否則難免不無水份 (Moisture) 進入汽輪之低壓級 (Low pressure turbine stages) 中。益有進者，因飽和壓力已加大，全熱能乃有一小部份熱能在此飽和溫度下加熱於蒸汽，但溫度若超越臨界溫度 (critical temp.) 705.4°F 以上時，所加熱能乃不能在等溫等壓之下進行矣。

用水為工作物質，雖有上述諸缺點，惟在全部溫度工作範圍內，尚無有較水更滿意之流體，但可能用兩種流體，並使其分別使用於適當之溫度範圍。

應用二汽動力循環之目的，即在增加加熱於工作媒介物時之溫度，而無過高之壓力發生。

在二汽循環中，燃料之熱能，係直接加於高溫流體或“高級”流體 (High-temperature or “top” fluid) 中，此流體能存在於設備構成材料所能容受之溫度範圍內，保持普通之壓力。高級流體之汽入輪機膨脹應用後，再進入凝結器式鍋爐 (Condenser-Boiler) 中，放出潛熱將低溫流體或“低級”流體 (Low-temperature or “bottom” fluid) 汽化，此汽 (低級) 流經輪機後排出，其排出壓力，由所用冷却水 (Cooling water) 之溫度決定之。

因水之量多價廉，在一般壓力時，潛熱 (Latent heat) 亦大，且可作有效之膨脹，其排出壓力，與在冷却水溫度時之壓力相當，故以之作為低級流體，無可非議。

有數種流體均可用作高級流體，但均有相當嚴重之缺點，最合理想之高級流體，應具有下列數種性能。

(1) 在設備構成材料所能容受最大工作溫度時，其所具之飽和壓力應不太高。

(2) 在適於一般壓力發生蒸汽之溫度下，所具有之飽和壓力，應約與大氣壓力相等，或者，至少不能太低以致須另耗動力以維持所應須之真空度。

(3) 潛熱值與其液體之比熱值之比 $\left(\frac{\text{潛熱值}}{\text{液體比熱值}}\right)$ 以高為宜，因此，在等溫狀態下，可加以大量之熱能。

(4) 臨界溫度應較所需之工作溫度高出甚多，以免發生與用水作工作物質之同樣困難。

(5) 在全部工作溫度範圍內，流體必須十分穩定 (Stable)。

(6) 對鍋爐，輪機等之構成材料，應無損壞作用，亦不與常易浸入工作體系中之氧氣或水蒸汽發生作用。

(7) 此流體的冰點，應較常溫低。

(8) 此流體應無毒性，

(9) 價廉並量多，容易取得。

事實上，完全合於上列條件之理想流體，根本沒有。有數種流體如汞、聯苯 (Diphenyl)，氧化二苯基 (Diphenyl-oxide) 溴化鋁 (Aluminum Bromide)，氯化銨鋅 (Zinc Ammonium Chloride) 等，雖均建議為二汽動力廠之用，實際上，僅汞一物應用於二汽動力廠中，可作高級流體之用。

二 汞之性質

汞在高溫時，其飽和壓力甚低如圖一所示。此低汽壓力 (Vapor pressure) 限制其凝結溫度至最小約為 400°F 。利用此溫度在常壓下發生蒸汽，極為適宜。汞之潛熱值，與其液態比熱值之比亦大，其液體比熱值約為 $0.032 \text{ B.t. u./}\#$ 。在溫熵圖中之液體飽和線非常懸直，與卡諾循環中之絕熱壓縮 (Adiabatic Compression) 線

相近，冰點為 -38°F ，臨界溫度大於 2200°F ，密度很大，為其可貴之優點。將汞凝結器裝置於鍋爐的上方，液體汞乃可由其本身之重量流回鍋爐中，不必另用送給泵 (Feed Pump)，又因汞蒸氣之密度亦大，故其流速可較低。裝用於鍋爐輪機及凝結器中之流通管等亦可較小。

汞用於動力廠循環之最大缺點，為其潛熱不高，每發生一磅蒸氣需汞 6 磅至 10 磅之多。他如毒性大，售價高，瀰散性 (Pervasiveness) 強等均為其嚴重之缺點。因為瀰散性強，故與空氣及蒸汽隔絕處之接頭管等均有漏洩之虞，另一問題，為與汞同用於鍋爐設備後之給水 (Feed water) 困難問題。以前從未注意及此，但經廿年之試用經驗及經營商家所得之經驗，乃知此問題確實存在，不過現在已有法加以處理，此缺點已可無須計及，致汞使鋼面浸濕而與之着附相接 (使熱效率減低) 之缺點現在亦已有法完全克制。

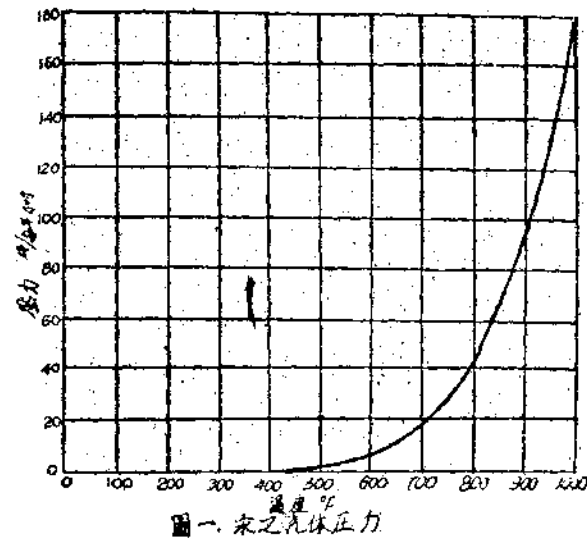
過去卅年中，汞之價格，已從每磅 0.40 美元漲到 0.66 美元。產汞最多之國家，有西班牙、意大利、美國、墨西哥等，其中西班牙和意大利佔世界全產量 60%，關於汞價與其礦質及採鍊技術之影響，在此有一極饒興趣之比較。美國加利福尼亞用 $1\frac{1}{2}\%$ 原礦鍊得之汞，其售價可與西班牙阿美登 (Almaden) 用含量 5-7% 原礦所鍊得者相競爭。

二汽動力廠，在美國已有三所，其中一廠僅為每可托 (由 Cotal 譯音而來，其意為用汞汽及水蒸汽發生者之意) 耗用汞 2 磅而已。此廠雖較其他任何廠之用汞量為少，但若汞價為每磅美金一元，則每耗容量 (Capacity) 之工作流體，亦需美金兩元，成本亦相當可觀。

汞蒸汽毒性頗劇，每立方呎之空氣內，若含汞氣 0.02 毫克 (milligram) 或 1,800,000 之單位重量中含有一單位，即有輕微毒性，不過此輕微毒性僅以大氣 (Atmosphere) 之自然調節，即可免除，但汞氣含量超過上述限度時，即可致人於死命。因此所有全部汞氣系統，均必須裝有防護周密之預防設備，凡裝用於大氣中之汞氣管件，均應嚴密裝置并隨時檢查之，因管件裝置及防護設備兩方面之日益進步，近數年來，任何汞汽實驗及動力廠中使用汞汽鍋爐，均無中毒事件發生。

三 汞汽及蒸汽之熱力循環

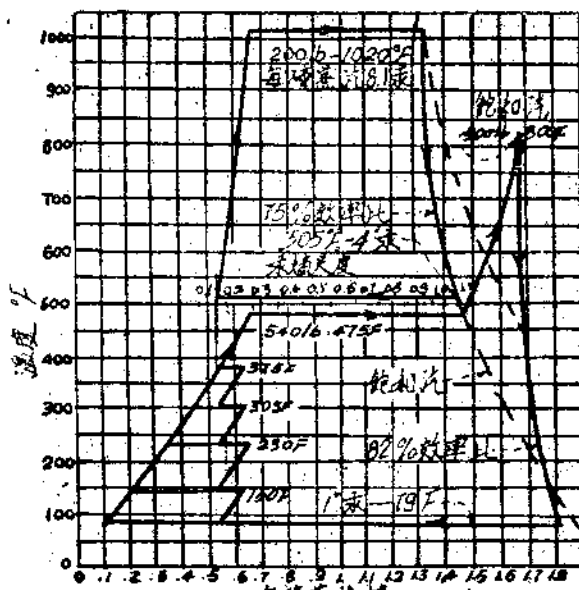
在汞與水汽之二汽循環中，與每一磅水同時循環之汞量須有數磅之多。因此以一磅蒸汽及每磅蒸汽所需之汞量為標準，以繪製該循環之溫熵圖 (Temperature-Entropy diagram) 甚為便利。通常產生一磅蒸氣所需之汞量約為 6-10 磅，係視



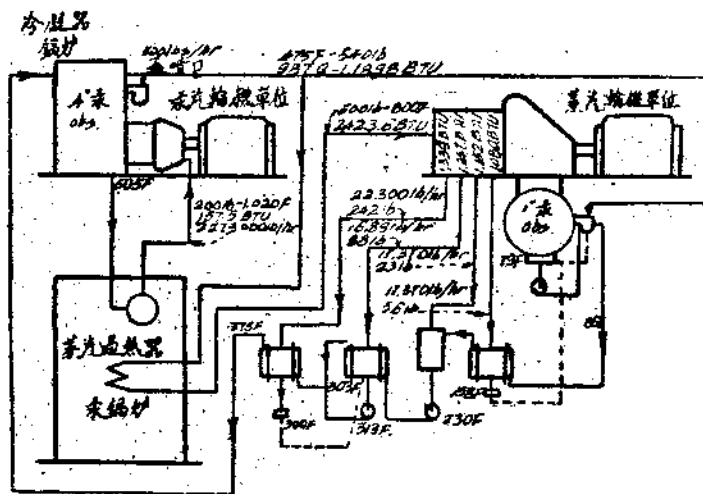
圖一. 汞之汽體壓力

汞之凝結溫度及蒸汽壓力而定。由此溫熵圖，可知汞汽蒸汽二汽循環及卡諾循環非常相似，蒸汽循環中之回熱給水加熱 (Regenerative Feedwater Heating) 以增進效率，在此二汽循環中應用亦非常經濟合理。

汞汽—蒸汽二汽循環效率與蒸汽循環效率之比較，已有許多著作者加以探討，如美國之格非爾提 (G. A. Gaffert) 對汞汽—蒸汽二汽循環曾作極廣泛之研究，並對汞汽排出壓力，(及相當蒸汽壓力) 及回熱位置，次數等之影響，均有詳細之記載。第二圖所示即為二汽循環之溫熵圖。在所假定之汞汽進入情況 汞汽最佳之排出壓力 (Mercury exhaust pressure) 之大小及給水最適宜之回熱裝置數目之多少，由上述循環計算所得之加熱率 (Heat rates)，即如第三圖之流量圖 (Flow Diagram) 所示。



圖二 汞汽 蒸汽循環圖



圖三 汞汽蒸汽循環之流動路線圖

蒸汽輪機載荷	30,000 瓩	汞鍋爐，蒸汽過熱器及空氣預熱器之總效率	85%
汞汽輪機載荷	23,470 瓩	附屬動力	2.87%
總載荷	53,470 瓩	每瓩小時之放熱	8760 BTU..
每瓩小時輪機受熱量	7,250 BTU.		

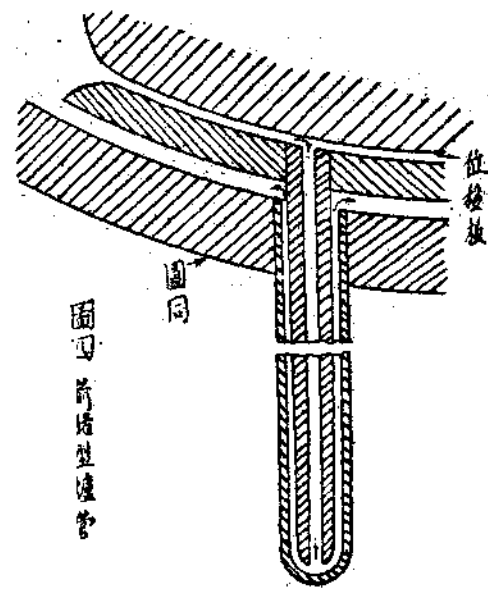
從汞汽輪機 (Mercury turbine) 接出汞汽以回熱於液體 (Liquid) 並無何利益, 以液體之飽和線斜度太大, 循環效率增加有限, 欲利用汞氣回熱, 設備費用增大, 因之從經濟觀點而言, 並非值得也。

使液體加熱, 可在汞汽鍋爐中裝一汞汽省煤器 (Economizer) 最好, 因汞汽鍋爐中發生汞汽時之溫度較蒸汽鍋爐中發生蒸汽時之溫度高出 300 - 500°F。因之, 離開汞汽鍋爐之燃氣溫度較高於離開蒸汽鍋爐之燃氣 (Gases) 溫度, 故此法頗值注意。從汞汽輪機用管接出汞汽, 以使蒸汽過熱, 其結果, 固可使循環效率增加, 同樣, 增加之接出設備費用, 亦相當可觀, 以抵消效率之所得也。

四 汞汽工作程序之發展過程

1912年美國奇異電氣公司 (General Electric Co.) 在依莫提 (W. L. Emmet) 博士指導下, 於該公司之實驗室內裝置有史以來之第一座汞汽鍋爐, 當時, 該鍋爐所用者為一鑽心單管。1913年依氏又在美國電工學會發表一文, 專門介紹汞汽程序。由此一實驗及以後類似之諸實驗中, 得到許多寶貴試驗結果, 其有一實驗所用管子係用玻璃製成者, 由實驗之結果, 知汞汽鍋爐之循環率 (circulation rate) 須在相當高速下進行, 如此則汞不能使加熱面 (Heating Surface) 浸濕與之密接, 而在液體與加熱面間, 有汽膜 (Vapor Film) 發生, 此汽膜將減低熱能傳入液體效能, 高度之循環率則可阻止汽膜之生存。

美國勝來脫弟 (Schenectady) 城, 繼續此次鍋爐試驗工作, 於1917年時, 建立一汞汽實驗動力廠, 其發電能力為 1000KW。經過十年實驗工作以後, 漢福特電力公司 (Hartford Electric Light Co.) 在道特旁電力站 (Dutch Point Station) 建立第一座商業性之汞汽動力廠, 所用之汞汽輪機為單級式 (Single-Stage), 發電能力為 1800 瓩, 節流閥處壓力 (Throttle pressure) 為 35 #/sq" 表壓力, 輪機葉輪 (Turbine Wheel) 一直伸入冷凝器—鍋爐 (Condenser-Boiler) 內部。此冷凝器鍋爐, 每小時發生蒸汽 400,000 磅, 壓力為 200 #/sq" 表壓力, 此汞鍋爐因預留之膨脹伸張隙度不够, 及管子不易接近清理, 而有漏洩現象發生, 因此在間斷工作一年後, 不得不停工修理, 換裝一“箭猪式”管 (Porcupine tube) 新鍋爐。箭猪式管如圖四所示, 能減少每單位受熱面積之汞分佈體積量, 圓筒 (Drum) 內鑄鐵磚 (Displacement block) 亦可減少汞之需要量, 此爐在 1925 年七月生火開工, 但立即發現管子附件設計不宜, 乃又停工重修管子組 (Tube Bank)。在 1927 年的前六個月當中, 此鍋爐一直圓滿連續開工, 鍋爐壓力為 70 #/sq" 表壓力, 此時所用之新輪機為三級者, (3 Stage turbine) 以代替原有之單級者。在 1927 年九月此新鍋爐, 在生火後,



因受突然之漏洩而遭嚴重破壞，因適於此時另有一較大之汞汽動力廠在計劃設立中，此廠乃放棄，未加修復矣。

漢福特公司所建立的掃斯莫多 (South Meadow) 汞氣動力廠，從 1928 年完成開工發電起，至今仍在繼續工作中。該廠產生汞氣時，壓力為 85 # /" 表壓力，其鍋爐有七個圓筒，每圓筒中均裝有箭豬管子 440 根，汞輪機為五級式，轉速為 720 r. p. m. 發電能力為 10,000 瓩，輪機排出廢汞氣入於兩座冷凝器鍋爐中，此冷凝器鍋爐每小時產生蒸汽 129,000 磅，其壓力為 80 # /" 表壓力，該汞氣輪機伸入發電機內部，因如此則可不再需用高壓軸封 (High pressure Shaft Seal)。

該廠經過一年多之間斷工作，及換新箭豬管 3080 根後，便一直繼續使用一年，未因障故而被停。1931 年二月因一管子損壞而舉行檢查，結果發現有管子金屬屑粒混入於汞液中，當時均以為此乃銹蝕所致，兩年以後，再經精確診斷，證實不誤，鍋爐再經重新換置新管後，該廠又於 1932 年開工發電，根據記載結果，從 1932 年到 1940 年，每年平均熱率 (Annual average Heatrates) 僅為 10,000 B.t.u./KWH.

1932 年及 1933 年在美國建立二座規模較大之汞氣動力廠，一廠在勝來脫弟城，係奇異公司所經辦。另一廠則設在奇爾雷 (Kearny) 城，係紐裘賽州之公共電氣煤氣公司 (The Public Service Electric and Gas Co. of New Jersey) 所經辦，該兩廠內所裝置之汞汽設備相同，不過在勝城之一廠，因其汞汽輪機及鍋爐凝結器 (Boiler-Condenser) 并非裝置於汞鍋爐上端，故需多用一餉給泵 (Feed pump)。

兩廠之汞汽輪機發電能力，各為 20,000 瓩，壓力為 140 # /" 表壓力，溫度為 975°F。勝城廠中從兩隻冷凝器鍋爐發出之蒸汽，經 6000 瓩汽輪機使用後，其壓力尚有 225 # /" 之大，故以之排入於奇異電業公司所屬之另一蒸汽系統中去，以作其他一般製造需用蒸汽 (Process Steam) 之用，奇城廠中從兩隻冷凝器鍋爐發出之蒸汽，再過熱 (Superheated) 至溫度 750°F 壓力 350 # /"，然後引入站中之總汽管內備用。

在勝城及奇城兩地最初裝用之鍋爐，其圓筒及箭豬管排列法均與掃斯莫多電力站所裝用者相似，略有不同者，即前兩廠在爐膛上方加裝汞管，并在爐膛底部加裝水牆 (Waterwall)。

奇異電氣公司，又在勝城裝建了一座壓力循環 (Forced-Circulation) 小鍋爐，費資頗鉅，且難於清潔箭豬管。但藉此小鍋爐之試用經驗，該公司又在麻省林城 (Lynn, Massachusetts) 裝建了一座 1900 瓩之動力實驗廠，其發生汞汽壓力為 165 # /" 表壓力，溫度為 1000°F。所備之 1000 瓩每分轉速 3600 轉之汞汽輪機，其廢汽排入於雙圓筒式之冷凝器鍋爐中，此鍋爐每小時產生蒸汽 12,650 磅，過熱至溫度為 645°F，壓力為 360 # /" 表壓力，而全部蒸汽均供高速汽輪機之用。此高速汽輪機再經一減速齒輪箱，而拖動汞循環泵，此汽輪機排出之廢蒸汽壓力為 180 # /" 表壓力，及 150°F 過熱度，應用此種 3600 r. p. m. 之高速汞汽輪機及壓力循環鍋爐，廠房面積可節省甚多。此動力實驗廠俟得到足夠工作經驗後，遂於 1939 年八月停止工作。

在美國之麻省匹茲菲特 (Pittsfield; Massachusetts) 地方，也裝建了一座不用箭豬管之自然循環鍋爐，該廠其他各種設備如汞汽輪機、發電機、冷凝器鍋爐及各閥門等，均係照道特勞廠設備仿造式收進而成。從匹茲菲特廠所得到之設計管理及工作經驗，乃被用作裝建奇爾雷廠新鍋爐之根據，後者已於 1940 年五月完成開工。其汞鍋爐除產生汞蒸汽以供 20,000 瓩汞汽輪機之用外，並將冷凝器鍋爐每小時所產生之 300,000 磅蒸汽過熱到 750°F，爐膛內部全壁都鋪設水管，對流部份在單圓筒 (Single Drum) 之上方，當鍋爐工作時，汞液及汞蒸汽之混合物乃從一組牆管 (Water tube) 放出，而入於對流管之上端，由於重力及該汞液從牆管吸熱而發生之壓力差作用，該汞液汽混合物乃下行而入於單圓筒中，由於汞受處理後，(後文中有專節討論) 汞液在對流部份塗有一層薄膜，此膜留於其上，雖受蒸發有損失，但可由汞液 (Entrained Liquid Mercury) 之作用以補足之。全部汞受熱面積，有 71% 均在液面 (Liquid level) 以上，因此當鍋爐冷時，液面以上部份均空，因為汞的價錢很貴，故就商業之用而言，減少汞之需要量，乃為一十分重要之發展目標。

從奇爾雷汞汽動力廠最近所發表之記錄，可知在新鍋爐裝好後一年半中，其 83.6% 之使用期中，每小時平均負荷為 19,700 瓩所具有之熱力率為 9200 B.t.u./hr

在孫氏煉油公司 (Sun Oil Co.) 之煉油廠 (Refining plants) 中，亦有用汞鍋爐以作加熱油料之用者，惟溫度控制必須十分準確，控制飽和汞蒸汽之壓力，即可控制所欲要求之任何高溫度，此種汞鍋爐所需之設備，較動力廠所需要者為簡。由此種汞鍋爐之設計管理及工作方面，所得之珍貴經驗，均已應用到以上二種不同之用途矣。

五 汞之處理方法

在 1930 年以前，通常均以爲汞應用於鍋爐，不必先加處理，乃一可貴之優點。但到以後發現在高溫時，鐵確能溶解於汞，於是對從前觀點，不能不有所懷疑，根據奇異電氣公司研究結果，知道有幾種已經用作汞鍋爐管之合金，其溶解於汞之成分較低碳鋼者之可溶分量爲小，Sieromo 58，含碳 0.12%，鉬 0.50%，鉻 5.0% 及矽 1.5%，可溶於汞之成分僅及普通低碳鋼者廿分之一，在高溫時的抗斷強度 (Rupture strength) 也較高。

應用上述合金，僅能減低汞之金屬溶解性，尙不能算是十分圓滿。奇異電氣公司，試驗室中研究，不久又發明一種方法，可以完全制止汞之溶解性，其法係以微量鈉 (Sodium) 及鈦 (Titanium) 加於汞中，如此不但可使溶解作用完全消失，更可造成一層薄而緊黏之膜，濕附於鋼件面上，而使傳熱效率增大。鈦之作用，在形成一層鐵與鈦之化合物以使管子金屬不爲汞所溶解，鈉之作用在於從金屬面中及汞液中，除去其氧化物 (oxides)，並亦有兼作濕劑 (Wetting agent) 作用。

加鈉處理法，係奇爾雷廠在 1934 年所倡用，在未用加鈉法以前，負荷超過 20% 時，鍋爐管子即有嚴重過熱 (overheating) 現象發生；但自在加鈉以後，鍋爐就可連續負擔全部負荷，而無過熱現象發生。

加鈉處理應用不久發現有二種不良影響：加鈉以後，鈦不溶解於汞，並於加鈉後有堅硬之鈉鐵 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，如小球形狀生成物而有障阻 (Stoppages) 發生。

將此系統中之氧氣抽出，可避免此化合物之發生，全系統中均受詳細檢驗，查其有無空氣漏隙存在，并裝用新式阻氣軸封，凡各電焊接合處 (welding joint) 均須嚴格檢查，各閥門及凸緣 (Flanges fitting) 裝置處均須裝有閉氣物 (Airtight enclosures)，滲入之空氣量，從每小時 500 立方呎，立即減少到每小時 1 立方呎，最後每小時僅 0.2 立方呎。

更進一步之研究，發現鎂可以用來以代替鈉，鎂具有如鈉所有之同樣效用，且使鈦可溶於汞，並與鐵或氧化鐵化合後不生堅硬球狀體，所生成物為粉狀，甚易從汞中除去。

加鎂及鈦處理法，曾用於勝勒特弟廠及孫氏油公司，自此法應用後之新裝鍋爐亦均應用之。在勝城及奇城二廠中，鎂之消耗量約為每 100 小時用鎂一磅，而鈦之消耗量變化範圍較大，約為每日二磅至每週二磅不等。

因為汞具有毒性，故各縫隙處均必需仔細查驗并周密防護之，汞鍋爐之安全閥門 (Safety valve) 係用管子接入於冷凝器鍋爐中，如因汞汽輪機負荷驟然降低而致壓力過大 (Excess Pressure)，則汞汽乃從輪機旁邊支管 (By-passes) 中流過，仍可使冷凝器—鍋爐及蒸汽循環繼續正常工作，軸封及其他可能發生漏洩各處，均接入於密閉導管以輸入煙道 (Stack) 中煙道氣樣品係繼續流經汞氣檢驗器 (Mercury Detectors)。

第一只汞汽檢驗器，係利用硫化銻紙遇汞汽發生變黑現象而製成，其靈敏度可達百萬分之一，即空氣中如有百萬分之一的汞汽，即可由該器查覺其存在，新式之汞汽檢驗器係利用汞汽不能為一定波長之紫外光線所通過而製成。煙道氣係導流於一電光放大照明管及紫外光線之間以檢驗之，此器靈敏度為三億分之一，各種工業之用汞或汞汽者多採用之。

因此在應用鎂鈦處理法以後，因空氣滲入所招致的惡劣後果，遠不如過去之嚴重，但空氣之存在對汞汽清除次數加多，並增加不凝結 (Non-Condensable) 汞汽泵之負荷。停車時，為避免熱汞與鋼件發生氧化作用，應打入氮氣或發光煤氣 (Illuminating Gas) 直到全部冷下為止。開車時，必需先用蒸汽噴射器 (Steam-jet ejectors) 將鍋爐系統中之壓力降低，直到正常之汞凝結器壓力為止。

六 汞汽蒸汽循環之展望

汞汽—蒸汽二汽循環之循環效率，確較單用蒸汽循環效率為高，乃無庸異議之事實。由各廠家所得之應用經驗，可知汞汽動力廠中，雖汞汽輪機效率較蒸汽輪機效率為低，其熱力率 (Heat rates) 則較近代蒸汽動力廠所有者為高，當工作溫度 (Working temperature) 增高時，汞汽循環更有其特殊之優點，因其在高溫時，具有能多量吸收輸入之總熱量 (Total Heat input) 之能力。

僅有較高熱力效率 (Thermal Efficiency) 之熱力循環，尚不能判定其在商業

上一定成功，燃料之消耗費用可佔全部發電費用四分之一，因此欲將汞汽蒸汽循環動力廠與蒸汽循環動力廠作一比較，必須將所需之建廠資本及經常管理費用全部計算在內。

汞價甚昂，為首需克服之缺點，減少汞汽廠所需之基本資本，有幾種重要因素，已加研究，由於汞汽動力廠之最高壓力 (Maximum Pressure) 減低，使開辦資本節省極多。因壓力低，應用各種設備，如鍋爐、管子、接頭 (Fittings) 及輪機等均可用比較輕型者以代替；又因汞汽之密度甚大，輪機及管子所需之容量亦較小，費用亦減；更因利用重力補給 (Gravity Feed) 不用補給泵，不用回熱加熱器 (Regenerative Heaters) 設備，製造費用減低，同樣使以上各種設備之裝置費用及其他工作費用等亦可減少矣。

所用之蒸汽鍋爐，因其正常工作時之最高溫度，僅較其飽和溫度高出 20°F 或 30°F ，故其管理費用不高。最新式的汞汽動力廠，在許多方面亦與蒸汽動力廠相似，故其管理費用亦不會較蒸汽廠為高，汞之處理較鍋爐給水處理簡單得多，從汞汽一蒸汽動力廠之工作經驗可知在長時期使用後，汞汽輪機噴嘴 (Nozzle) 及葉片之銹蝕作用，并不比蒸汽輪機所遭受者為嚴重。

汞汽一蒸汽二汽動力廠雖有上述各優點，但因此種動力廠尚為一正在發展中之新興事業，不論在設計方面或管理工作方面均缺乏廣泛之經驗，他如汞之價格太高，所需設備亦因製造廠家少出產量小，其售價亦昂，均為其不可忽視之缺點也。

汞汽一蒸汽二汽動力廠因其固定之設備費高 (Fixed Charge)，惟一優點，在可節省燃料，僅適於作極小型動力廠之用，如燃料價格增高或在燃料十分缺乏之地方，則二汽循環之應用自有其特殊之價值。

如前面所述高溫金屬之改良發展，可促進汞汽循環優點，因此從汞汽循環體系所得之高溫，乃可同時並用於蒸汽動力廠，則收效更大矣！

(上接第七面)

冷面凝結器之螢色迅速檢漏法

於此，較大之漏洩，可由其所流出之水而易於測知。在此等壞管修補或阻塞之後，則細微之漏洩處所，亦得以尋獲，其法即以紫外線射於管板或管壁上，因有着色液體之存在，於此種紫外線之下，呈一種鮮黃色之螢光。極易識別。

當在同一位置有數管均有漏洩情形時，其着色之水，均流於管板上。在此情形下，可以橡皮氣管將此種着色之水吹去而各管漏洩之處，亦將因之迅為察出矣，利用橡皮氣管與紫外線燈兩者之配合，當可增加檢驗工作，使兩三方呎面積之內一次查清。

但使用紫外光燈之人，慎勿對於此種光線，逼視過久，以免有礙視神經。

又此種着色之液體，對於光學玻璃及其器具無傷，毋用多慮，且祇需適量之水，立刻可將此種液體洗去，因此，可於極短期內連續使用，無所妨礙。 (完)

蒸汽動力廠機力通風風扇的選擇

曾 桓 崧

(一) 抽氣通風風扇(Induced-draft fans)

於燃煤單位及各種蒸氣負荷中，在不同溫度，不同系統壓力燃燒的狀態下，均能影響飛灰質量性能變化，故抽氣通風風扇之選擇，須特別慎重注意。但風扇製造者不能負所指定功率之全責，如氣體重量，密度，溫度及壓力差落 (pressure drop) 等所需之條件，必須由蒸氣發生設備及補助器之供給者共同研究而得來；致以燃燒狀態及可能使用的除灰設備與有關風扇的裝備，均須有詳細的敘述。

現在所用的普通蒸汽發生設備，其溫度很少超過500°F，所以選擇風扇時，用不着考慮煙道氣高溫問題。若超過了這溫度，風扇的選擇則將受影響。所有風扇輪盤因有不相同的輪葉翼展，輪葉構造或漿葉端速度 (Tip speed) 以及所用的材料等因素，對於風扇的選擇都有影響。在較低壓力差落中，具有較大體積的流量，須用寬闊的風扇輪盤，不過高溫時所生的漿葉端速度可與由壓力差落所引起的低漿葉端速度相抵消。因此，於高溫度中，漿葉端速度，輪葉以及風扇設計，採用普通鋼材料者抑係用合金等問題均須考慮也。

由煙道氣中抽出所有可能的熱量，可減低風扇上的氣體溫度；但這種影響須有深切了解。風扇在將達或在露點溫度中工作，能使灰塵附着於輪盤上，並能影響風扇之工作，使轉動齒輪不平衡，不僅會損壞風扇本身，且亦將損及其推動補助機件。因此，漿葉端速度(不可與每分鐘的轉數意義相混)於選擇風扇時須加注意之。

各種溫度變化下，在等速單位中，常易疏忽所得之真實工況，並且有關之各種變速單位工況無明顯的表現或了解。在低溫及低蒸汽負荷中，決定其真正工況時，這些矛盾情形更加顯著；僅根據最高溫度描繪工況線圖是一件很容易的事，然而根據正確溫度變化情形，所得者乃一複合圖形，致在低蒸汽負荷中，消耗更多馬力。在低蒸汽載荷範圍內，長時間工作且以實際計算動力消耗為一因素時，上面所述更屬重要；關於此點下面另行申述之。

關於影響選擇風扇之各系統壓力一點，必須有鑑別能力及確實決定各壓力差落之處，亦即於選擇風扇時，宜考慮性能曲線中的工作點，因系統所用之補助器，如過熱器與風擋等之故，壓力之變化並不遵循風扇定律，所以各系統壓力必須留心注意分析，以便於最高之靜效率及(或)靜壓力性能中，選擇具有最大能率之風扇。研究此問題時，壓力差落的正確，蒸汽負荷大小，以及普通經驗均須加以考慮。數座同一式或不同形式的風扇，均可選擇應用於最高或試驗能率；但是，如在各低壓差落的地方，不能得到所需要的能率，且有不同的組合壓力及馬力的工況時，則每一座風扇需有其不同的工況性能圖。

1. 控制因素

試驗室所得壓力差落，乃第一控制因素。根據經驗，此壓力之差落給與一保守的規定，而在實際應用時，其情形並非如此，則在較低壓力差落之處差異殊甚，以致形成組合系統曲線而影響風扇之整個工作性能；根據同樣相同的理由反之亦然。

燃燒方法與抽氣風扇的選擇息息相關，因各種不同燃燒方法，不僅燃煤一種且有燃用煤氣或燃油的單位，對煙道氣的性質，有很大的差別，須由不同的方向去分析考慮之。在燃煤單位中，最重要的就是煙道氣的灰份，是否用飛灰收集器，若用有，是安裝於風扇之前方抑後方；若未用有收集器，是否有空位為未來裝配之用，為長久計，飛灰收集器的工況，亦須加以注意。現在的系統壓力是高於二十年前多多，故風扇的槳葉端速度須有二倍從前所用者。這亦是關於設計本身的一因素，尤其是有飛灰的地方須特別注意。

飛灰的堆積及侵蝕性是一件使人關心且感興趣的問題，堆積常常影響整個系統其影響程度，煤粉燃燒設備較鍊籠式或播散式添煤器更加嚴重；以工作而論在各種變化系統情形中，風扇須加以考慮；再者，在風扇性能曲線中的工作點，所指定的能率可靠性，以及影響此系統的飛灰，均為選擇風扇必須考慮的事項。

侵蝕影響有二特殊問題，風扇壽命及鍋爐停工損失(Boiler outage)。因為工作溫度關係，使用者仍無法確悉材料可能抵抗飛灰侵蝕的程度，及使用時間；在某一種風扇所用的材料持久性，可能由研究檢驗而得，但不可能完全適用於各種形式的風扇。

比較風扇形式，無固定方法。就同一式樣大小的二具蒸汽發生設備，如裝設不同形式的抽氣通風風扇，則傳遞於風扇中的飛灰性質及其數量均不相同，比較不同形式及不同大小的蒸汽發生設備及各種有關抽氣風扇，乃係笨拙之舉，因風扇形狀的變化，將使蒸汽發生設備得到複雜的結果。一種形式的風扇連續使用三個月，若更換不同形式的，其平均工作之期約為九個月；在另一裝置上，使用相同的風扇，則可能得到相反的結果。這些問題皆起因於燃燒方法，蒸汽負荷及煤之種類等三種因素。任何一種，其情形不相同時，則所得的比較，完全不可置信也。

2. 抵抗磨損

在任何風扇中，有各種不同方法，可加強或保護過量磨損的部份，如此，自然會增加費用，但可增加時間的持久性及減少維持費以及因減少可能影響任何工況而增加動力的消耗量等。普通風扇之設計，常受侵蝕的影響。易於接近磨損部份及簡易修理或更換亦是一主要因素，值得仔細實際研究也。

避免或減少侵蝕，僅有一補救辦法，於風扇之前裝設灰塵收集器，然收集器將使成本費用增高，且因增加壓力差落而加多工作費用，但據過去許多事實告訴我們，如此可避免鍋爐停工的損失，此損失係因風扇侵蝕而發生者。根據這點事實，雖使用了除灰器，然對風扇的選擇及設計，仍須考慮其侵蝕作用。但所有收集器工作情形並不完全一樣。

3. 蒸汽載荷 (Steam loading)

蒸汽發生設備之蒸汽載荷，是影響選擇風扇次要的問題。預知使用一年或八千

小時的損失，這是不可能的事；但這種情形，盡可能須有正確的敘述及說明。如前面所述一式的數個風扇或不同形式的風扇應考慮其能率及其工作範圍。使用發生蒸汽容量最高為 75% 以上時，工作時間僅有數百小時，使用發生蒸汽容量 50% 時，工作時間可為全數時間二分之一；或在備用之蒸汽單位中，蒸汽載荷分佈可能為全容量的百分之十，則使用時間可達全數時間 90%。

考慮蒸汽載荷及其對風扇的影響時，體積控制之方式亦為因素之一。若於備用單位中，用有葉板控制 (vane control) 可能選擇一具適合其靜力效率的風扇。但於 10% 的蒸汽發生容量中，較選用於最高靜效率的風扇所消耗之動力為小。

根據這點理由，蒸汽載荷分佈乃一重要因素；第一可作決定體積控制的式樣之根據；第二在一定之載荷下根據馬力性能所定的風扇大小，與風扇的設計可相吻合。

若考慮非備用動力廠時，風扇的選擇須根據最高靜效率或接近最高靜效率而定。蒸汽發生設備有各種變化載荷，由 50% 至 85% 間工作，不僅對風扇的選擇有影響，對容積控制方式亦然。在這種鍋爐中，尤其是燃煤單位，抽氣風扇須選用變速者，不僅可保存節省動力，且可避免腐蝕。

4. 大型鍋爐須用風扇的數量。

一由於鍋爐容量之加大，發生一問題，即選用抽氣風扇時用一具大型者抑係二具小型者。如用二具風扇，須在僅使用一具風扇時，求得其工況，便能確實了解。工作於 60—80% 鍋爐容量下，考慮各種風扇的形式，須依據風扇的設計，及二風扇最高能率性能線圖上工作點之二分之一位置而定。滿足馬力最好的條件，在二風扇系統中，每具應有 80% 以上之效率。

在一座鍋爐中，使用二具風扇，過去曾引起爭執；風扇何種形式方適合此種能率。但在今日已有各式風扇繼續使用，關於形式的選擇似無可擔憂了。在二風扇系統中，每一風扇的勢能工況，曾使人發生興趣。二具風扇裝用不同的推動裝置及控制，並非由於風扇的大小；其他系統中的情形或輔助機件亦會影響這種設計，所以於選擇風扇之前，宜適當地研究系統設計。鍋爐載荷常有變化或突然變更時，在控制方面來說，抽氣通風風扇的能率較定載荷時為嚴重，若容積控制是變更者，則轉動部份之重量，風扇及拖動機構，以及控制的靈敏度均須加以考慮。

若蒸汽載荷容量在 50% 範圍左右而常變者，則等速風扇單位具有葉板控制容量者並不合用。常因污穢與清潔系統間的壓力差落界限不太明顯，且實際上所定的試驗室能率壓力過高，結果控制工作相當於試驗室能率四分之一。而變速風扇，能經濟適用，且可減少全套風扇的磨損。尤於燃煤的鍋爐中，不管其中有無清除灰塵設備，變速風扇均甚有效。

(二) 壓力通風風扇 (Forced-draft fan)

現在所有的壓力通風風扇，已成為一個複雜的問題了，但無論如何，較抽氣通風風扇為簡單，因其係使用於一般室溫的清潔空氣中。不過今日能影響選擇壓力通風

的各種可能因素，仍與從前需要者相同，即一種簡單背向斜輪葉風扇(backwardly inclined blade fan)。在一定速率中，這種設計較其他各式具有較高的轉動速度，且有自由入口通道。轉動速度愈高，則可用較經濟之各式原動機拖動風扇。

如使用情況改變，對於選擇風扇，將加多困難。爲了減低裝有蒸汽發生器的房屋溫度，且同時利用該處高溫空氣爲燃燒用時，風扇入口裝置能適應之。在兩邊入口風扇中，加裝一個或數個入口通道箱，則需增加軸承翼展(bearing-span)，同時空氣溫度愈高，可增加葉端速度，這些因素都能使設計和構造上受影響，均值得考慮。因此在選擇時，更加困難。軸承翼展增加時而超過一定比例，可能在輪盤入口處形成一軸的形態(shaft condition)因之，影響工況；如此種情形在低轉動速度中，可用狹而大直徑的風扇，但這也將影響拖動風扇的原動機。

用空氣預熱器時，此種使用熱空氣的風扇須加緊閉。如欲使風扇能於露點或近露點溫度工作，以得最大的熱傳導且無困難發生，則熱空氣可由一分路由空氣預熱器出口回到風扇入口。但所到回的空氣不純潔且附有多量的灰塵，所以設計和選擇高葉端速度的風扇，於此情形中工作，須有仔細的研究。

爐膛中壓力通風，當系統壓力甚高時，背斜輪葉風扇乃爲普通所採用之形式。高壓力需要高葉端速度，在高空氣速度中能發生噪音。因此，這些問題，在選擇壓力通風風扇時必須考慮。尤其用煤粉或煤氣和油作燃料的爐膛中更宜注意。在添煤器燃燒單位中，不過載式的風扇，必須預先有妥善的考慮與選用。但所選擇者必須根據風扇性能曲線上之一定點而工作，否則將使原動機過分載荷，有如其他離心式風扇一樣的情形。

(三)其他因素

1. 單軸連結(Single-shaft combination)

爲了減低成本和節省空間，以前曾考慮將壓力通風風扇與抽氣通風風扇連合於一軸使用，以後又有使二具風扇用聯軸節(Coupling)連結者。單軸使用對於選擇每一具風扇都很困難。大多數的風扇單位均用交流馬達拖動，此種固定之有效速度是構成選擇風扇的一種因素。較大的動力消耗單位，須先決定和選擇於最有效點(most efficient point)工作。但如上所述，二系統的曲線並非一致，所以像這樣的連結，最先值得注意的就是容積控制的式樣。在等速單位中，用機械容積控制裝置，其問題不如變速單位的困難，即或如此，在單軸連結中，對二種風扇選任一種時，常常犧牲效率。

若選用變速單位，宜先行考慮。壓力通風風扇在減低蒸汽載荷中，二風扇速度之變化並不一致。抽氣通風風扇之變速率較大，在單軸中宜注意這種不同情形。改正壓力通風風扇的所需容積，可由改變速度而得。此法亦可部份改正抽氣風扇，再進一步，可用調節孔(Orifice)之大小，改正抽氣風扇容積。

此種方法有其一定限度。因此若於經濟情形或使用範圍內，用單軸裝置，宜留心研討二種風扇的功率及其正確性。如有錯誤時，真正需要條件不易改正，且不經

濟。二分離單位風扇較單軸裝置，不論由設計，選擇，使用，變化或改正之觀點而言，均較適用且富有彈性。

2. 傳動之方式 (Type of drive)

傳動之方式常影響二種風扇的設計和選擇；在大型單位中，宜用直接傳動。交流馬達無最高的速度，可能選用直流馬達。在二種馬達拖動單位中，風扇的選擇及工作範圍則趨於複雜。風扇的設計不特要承受始動的震動，且須承受由一具馬達至他具馬達的換路 (Switch-over)。若鍋爐載荷在此速度變化附近處發生升降，轉動齒輪必須能適應此變化，且須敏捷而有效地防止其轉速過度。用輪機拖動單位可能利用的最大工作速度 (top operating speed) 並無限制。但設計風扇時，須備有可能超過 15% 風扇試驗能率的速度。選擇一具為輪機拖動之風扇，須對風扇最大能率時的馬達速度深加考慮。因蒸汽需要量可能超過供給量，在此種情形中，馬達可代替輪機以拖動風扇。

在小型鍋爐中，風扇的有效工作是一個因素。在設計上而言，須先考慮小型抽氣風扇的持久性。在此種系統中，吸熱補助器及有效的除灰器未必一定經濟或不可能有。直接拖動這類的風扇並不如大型單位的重要。堅固及工作簡單而持久，乃係選擇風扇最優良的條件。

積蓄器承當最高負荷法

Accumulator Helps To Carry Peak Load

為迅速有效應付蒸汽動力廠之最高負荷計，置以適當大小之積蓄器 (Accumulator) 以便調節，當可獲益多多。

使用積蓄器之步驟如下：先將積蓄器儲之以水，約達其容積之半時為止，再將積蓄器上之蒸汽閥開放使鍋爐中之蒸汽經噴嘴 (injection Nozzle) 而與積蓄器中之水相混合，藉以提高其溫度並進而使其汽化，在引進蒸汽時，積蓄器上之通風閥 (Vent Valve) 一直保持開放直至發現其流出蒸汽而止，在此時期積蓄器中之壓力當已逐漸升高，在表壓力 (Gage Pressure) 達到適當之高度時 (通常在 10 Psig 左右) 積蓄器上之另一進汽閥，亦同時開放使蒸汽直接進入積蓄器之上端，使其壓力再度提高，使積蓄器中之壓力相當於鍋爐中蒸汽壓力之百分之九十強。

連接於兩進汽閥之處有兩防逆閥 (Check Valve) 至關重要，當鍋爐中之壓力低於積蓄器中之壓力時積蓄器上之向外防逆閥 (Outlet-line Check Valve) 開放，蒸汽向鍋爐中流，積蓄器中之壓力降低而其中高溫之水亦因之繼續汽化續向外流。當鍋爐之壓力高於積蓄器中之壓力時，向外防逆閥關閉，而向內防逆閥 (Inlet Check Valve) 開放，鍋爐中之蒸汽向積蓄器中流，放出熱量，以提高積蓄器中之溫度與壓力。 (下接第三十六頁)

給水與放水計算法

(Feedwater and Blowoff Calculation)

黃 德 明
楊 致 中 譯

控制鍋爐容許之最大放水量 (Blowoff) 有許多因素, 此類因素包括:

- (a) 補足水 (Make-upwater) 中之總溶解固體量 (Total dissolved Solids) 與在鍋爐水中認可總溶解固體量之多寡如何 (根據美國鍋爐製造廠商協會標準。)
- (b) 超過 250 Psi (磅/平方英寸) 之高壓鍋爐, 特別是使用汽輪機時, 補足水中含矽量與鍋爐水中認可最高含矽量之多寡如何, 以求能避免矽份沉積在汽輪低壓葉片邊上。
- (c) 動力廠由放水中所能利用之最高熱能。

美國鍋爐製造廠商協會對於各種壓力之汽鍋水中認可之總溶解固體量最高標準為:

鍋爐壓力 Psi	總溶解固體量 Ppm
0 - 300	3500
301 - 450	3000
451 - 600	2500
601 - 750	2000
751 - 900	1500
901 - 1000	1250
1001 - 1500	1000

高壓鍋爐中發現氧化矽能隨蒸汽而揮發, 然後附着於汽輪之低壓輪葉上。為避免發生此種現象最重要的是減低補足水中 SiO_2 含量, 用定時放水以便控制汽鍋爐水鹽類物中 SiO_2 之濃度。

高壓鍋爐, 尤其應用汽輪機與冷凝器聯合使用以得低壓蒸汽時, 鍋爐水中矽份濃度認可之最高量, 通常由動力工程師定一數值, 如此則無矽份沉積於汽輪機葉片之危險。各種附有冷凝器之汽輪機鍋爐水中矽份濃度之限制經專家如 Sheppard T. Powell (顧問工程師) 及 Straub 教授 (Illinois 大學) 之建議如下:

汽鍋爐與汽輪機之工作壓力	最高含矽量, 如氧化矽
250 - 600 Psi	40 - 50 Ppm
601 - 900 Psi	20 - 30
901 - 1200	10 - 20
> 1200	< 10

此類數值並非固定不變者, 可根據實際之工作經驗與新的試驗結果而加以改

變。

於熱力循環系統中利用放水中有效熱能，可有許多方法。任一動力廠能有效利用之熱量，無論如何，有其一定最高限度。在此限度外，過量放水，能致使熱能相當損失。通常放出時之水溫，高於進水溫度約 20°F，所能利用之放水熱能最大，則放水至溝渠中其損失為每磅 20 B. T. U.。因之在確定處理方法與進水之固體與矽份濃度之前，決定鍋爐之放水最高量至為重要。通常放水量少於最高蒸汽總蒸發量百分之五。

一 鍋爐放水算計

確定鍋爐給水之處理方法，必需先測知蒸汽總蒸發量，及佔總蒸發量若干百分數之冷凝收回之水量。由此數值可以計算蒸發之補足水量、放水量，與最後所需總補足水量。

放水公式參考下列概念逐步推算：

- (1) 給水 = 總蒸發量 + 放水。
- (2) 給水 = 總補足水 + 冷凝收回。
- (3) 總補足水 = 未冷凝之蒸汽 + 放水。
- (4) 未冷凝之蒸汽 = 補充蒸發損失之補足水。
- (5) 總補足水 = 補充蒸發損失之補足水 + 放水。

通常冷凝收回量中含很少或可忽略之固體量。同時總蒸發量一定時，其冷凝收回亦為一定量。從物質平衡 (Material balance) 可得下列公式：

$$(6) (\text{補足水中固體量}) \times (\text{總補足水}) = (\text{放水中固體}) (\text{放水})$$

此處 (放水中固體) = 依照 ABMA (美國鍋爐製造廠商協會) 汽鍋壓力下認可之最高總固體含量。

(7) 但，總補足水 = 補充蒸發損失之補足水 + 放水，而補充蒸發之補足水 = 未冷凝蒸汽，則可代替 (7) 於 (6) 中。

$$(8) (\text{補足水中固體}) (\text{補充蒸發之補足水} + \text{放水}) = (\text{放水中固體}) (\text{放水})$$

或

$$(\text{補足水中固體}) (\text{補充蒸發損失之補足水}) + (\text{補足水固體}) (\text{放水}) = (\text{放水中固體}) (\text{放水})$$

$$(9) (\text{補足水中固體}) (\text{補充蒸發損失之補足水}) = (\text{放水固體} - \text{補足水中固體}) (\text{放水})$$

$$(10) \text{放水} = \frac{\text{補足水中固體}}{(\text{放水固體} - \text{補足水中固體})} \times (\text{補充蒸發損失之補足水})$$

或以之鍋爐水中可溶最高固體量代替放水中固體。

$$(10a) \text{放水} = \frac{\text{補足水固體}}{(\text{鍋爐水中可溶最高固體量} - \text{補足水中固體})} \times (\text{補充蒸發損失之補足水})$$

同樣從 (6) 式

$$(11) \text{放水} = \frac{\text{補足水中固體}}{\text{放水中固體}} \times \text{總補足水}$$

$$(11a) \text{或, 放水} = \frac{\text{補足水中固體}}{\text{鍋爐水可溶之固體最高量}} \times \text{總補足水}$$

公式(10)或(10a)用於汽鍋放水計算

例 1

汽鍋壓力 = 475 Psi

總蒸發量 = 100,000 磅/每小時

補足水中固體 = 250 ppm

放水中固體 = 可溶之最高固體量 = 2500 ppm

冷凝收回 = 總蒸發量之百分五十

= 50,000 磅/每小時

補充蒸發損失之補足水 = 50,000 磅/每小時

由公式(10)

$$\text{放水} = \frac{250}{2500 - 250} \times 50,000 = 5,550 \text{ 磅/每小時} =$$

總補足水 = 補充蒸發損失之補足水 + 放水

= 50,000 + 5,550

= 55,550 磅/每小時

給水 = 冷凝收回 + 總補足水

= 50,000 磅/每小時 + 55,550 磅/每小時

= 105,550 磅/每小時

當進水中矽份濃度為已知而欲維持鍋爐水中一定最高矽份濃度時則放水量公式(10)可重寫作

$$(12) \text{放水} = \frac{\text{補足水中含矽量}}{(\text{放水中含矽量} - \text{補足水中含矽量})} \times (\text{補充蒸發之補足水})$$

或使鍋爐水鹽類物中認可之最高含矽量代替放水中含矽量則

$$(12a) \text{放水} = \frac{\text{補足水中氧化矽}}{(\text{鍋爐水最高含矽量} - \text{補足水中含矽量})} \times (\text{補充蒸發之補足水})$$

例 2

汽鍋壓力 = 475 Psi

總蒸發量 = 100,000 磅/每小時

補足水中含矽量 = 2ppm(用熱法處理)

放水中矽量 = 鍋爐水鹽類物中可溶之最高矽份濃度

= 40 ppm

冷凝收回 = 50,000 磅/每小時

補充蒸發損失補足水 = 50,000 磅/每小時

則從公式(12a)

$$\text{放水} = \frac{2}{40 - 2} \times 50,000 = 2700 \text{ 磅/每小時}$$

二 最高放水限度之影響

如前所述，在許多動力廠中確定放水最高量乃在熱力循環中能有效利用放水中所含之熱量。在下列表中有二鍋爐工廠，其不同之放水限度示出影響於已處理之補足水含矽之最高含矽量。此表採自“改良離子交換除矽法。”此表假定引用之處理製成水中之總溶解固體量甚低放水不受其影響而僅受矽份含量之控制。

表 1

工 廠	A	B
1. 總蒸發量,磅/每小時	100,000	100,000
2. 冷凝收回,磅/每小時	30,000	30,000
3. 冷凝收回,%(a)	30	30
4. 補充蒸發損失之補足水,磅/每小時	70,000	70,000
5. 補充蒸發損失之補足水,%(b)	70	70
6. 放水,磅/每小時	4,000	10,000
7. 放水,%(c)	5.7	14.2
8. 總補足水(包括放水)磅/每小時	74,000	80,000
9. 補足水中最高可溶 SiO ₂ 磅/每分鐘	0.6	1.4
10. 補足水濃度之倍數(d)	17	7

$$(a) \text{ 冷凝 \%} = \frac{\text{冷凝 磅/每小時}}{\text{總蒸發 磅/每小時}} \times 100$$

$$(b) \text{ 補充蒸發損失之補足水 \%} = \frac{\text{補充蒸發損失之補足水磅/每小時} \times 100}{\text{總蒸發量 磅/每小時}}$$

$$(c) \text{ 放水 \%} = \frac{\text{放水 磅/每小時}}{\text{補充蒸發損失之補足水 磅/每小時}} \times 100$$

$$(d) \text{ 濃度倍數} = \frac{\text{汽鍋水中 SiO}_2 \text{ ppm}}{\text{補足水中 SiO}_2 \text{ ppm}}$$

由此表可知放水量愈高，補足水中含矽濃度亦愈高，而此放水量之熱能係能利用於熱循環者。

三 總 論

任一鍋爐動力廠其補足水已經處理後如已知總蒸發量，冷凝收回與補充蒸發之補足水，根據最高總溶解固體量或鍋爐水中鹽類物最高含矽量可計算出放水量，用計算公式(10)或(10a)此公式乃根據維持鍋爐水鹽類物中總溶解固體含量一定與補足水中有一定總溶解固體量一定而得者如下：

$$(10a) \text{ 放水} = \frac{\text{補足水中固體量}}{(\text{鍋爐可溶最高固體量} - \text{補足水中固體量})} \times (\text{補充蒸發損失之補足水})$$

根據維持鍋爐水中鹽類物含矽量一定與補足水有一定矽份濃度之放水量計算，可用(12)或(12a)公式

$$(12a) \text{ 放水} = \frac{\text{補足水中含矽量}}{\text{鍋爐水可含最高矽量} - \text{補足水含矽量}} \times (\text{補充蒸發損失之補足水})$$

上海各大電廠巡禮 (二)

交通大學電機系

吳欽煒 陳光

閘北水電公司

上海國人自辦的三個發電廠中，當以閘北電廠發展最快，規模最大，創辦比華商電氣公司稍後，最初是官商合辦，那時在前清宣統三年正式成立，設廠在閘北，卻適逢革命，清室瓦解，民國元年時，全廠機器房屋因籌借款而抵押給日商，竟至無法償還。民國三年始由地方人士呼籲，請求政府代償借款，而接收省辦。一時廠務擴充甚多，終以政局動盪不定，政府財力不充，於民國十三年復改歸商辦，自後重行購地設廠，營業日漸擴展，不幸廿六年滬戰爆發，卒為日人佔據，一切發展計劃，復又停頓，陷敵期間，機件雖未被變拆，但損壞甚多，勝利之後，正積極修理，并向國外洽購新機 補添設備。

現在廠址位於閘北軍工路，北鄰吳淞，南近虬江碼頭，西毗機場，東瀕黃浦江，全廠佔地約225畝，供電區域除閘北全區外，尚有吳淞，南翔，嘉定等區，面積之廣，冠於全滬各廠。且多屬計劃中之新市區所在，日後展望，誠不可限量也，參觀之日，適值雨後初春，天氣晴朗，車行多屬郊野，時見有斷垣頹壁，孤立田野，迨近廠地 斷毀桿木，仍有棄置路側，勝利迄今，戰爭破壞之蹟猶在，足證復興建設之匪易矣。抗戰之前，全廠發電總量，可達三萬六千瓩，且有一萬四千瓩新機正擬購裝，勝利後，機件均待修理唯向上海電力公司購電轉供用電，經年來積極修配，現在發電量已可至一萬二千瓩，年內如新機運到，當可恢復舊觀，茲將原有設備列述於後：

(一)蒸氣發生設備及其附件：

(甲)鍋爐：——全廠共有鍋爐七座，編為第一、二、三、四、五、六、八號，除第五號爐係美國燃燒公司製造外 (Combustion Engineering Co) 餘均係捷克斯可達 (Skodaworks) 公司製造。第一至四號鍋爐均屬同一型式之五圓筒彎管式 (5-drum Bent tube type)。第五號鍋爐為四圓筒彎管式，此爐容量最大每小時蒸發量六十噸，備有水牆及吹灰設備，第六、八號爐均屬三圓筒彎管式 (3-drum, Bent tube, Stirling type)。於淪陷期間損壞最甚，正全部拆裝中。

(乙)燃燒設備：——所有各爐，原來之裝置均為移動鍊篋式 (Traveling Chain grate Stoker) 添煤器。前四爐均備以齒輪變速箱，調節爐柵移動時之速率，餘者則均備以變速電動機，調節之，唯目今鑒於燃料供給情形及擬求增高燃燒效率。第八號爐正拆裝為燃油者。而第六號爐改為播散式添煤器 (Spreader Stoker)。於其完成後第一、二、三、四號各爐亦均擬分時改裝，庶得增加蒸發量及燃燒效率。

(丙)過熱器,省煤器及空氣預熱器:——過熱器多屬對流管式(Convection, Bent tube type)。唯第五號爐有二道,蒸氣由第一道對流式過熱器後再經一調溫器(即Desuperheater)而至第二道至輻射式過熱器(Radiation type)。各過熱器之蒸氣出口溫度均為425°C。壓力為36公斤每方釐米(約40大氣壓力)。省煤器之裝置第一、二、三號係以二圓筒及其間之爐管充用者,致爐水循環常常失效,造成死循環(dead circulation)。第四號爐則拆去二圓筒及其間之爐管,另裝置波形葉片管式(Corrugated, Fin tubes)省煤器,容量及受熱面積都大,故加熱後之給水,亦常供給前三爐之須用,其餘各爐之省煤器亦均係葉片管式(Fin tube type)。第五、六、八爐之空氣預熱器,均為管式(Tubular type)。

(二)發電設備及其附件:

(甲)汽輪發電機:——原有之發電機共四座,為第一、二、三號及廠用機。第一、二號機係捷克斯可達廠製造。容量各為一萬瓩,為雙汽缸衝擊抽汽式(2-cylinder, Impulse Extraction or Bleeding type)唯因損壞甚烈,已運往捷克修理,目前運用者,僅第三號機及廠用機,二座,三號機係瑞士 B. B. C. (Brown Boveri Co.)廠製造。容量為一萬二千瓩,為雙汽缸衝擊及推動二段抽汽式(High Pressure and Low Pressure, 2-Cylinders, Impulse and Reaction type)。但因此座汽輪機之低壓葉片(Low Pressure blades)因損壞而割去,故平時發電量僅一萬瓩,唯其質料及設計均甚佳,運用時尚能滿意。未生故障,廠用之汽輪發電機,係斯可達廠製造,為單汽缸,衝擊二段抽汽式(1-Cylinder, Impulse type)容量為二千瓩,平時發電量約一千五百瓩。故全廠之平均發電總量約在18,000—12000瓩之間,各機之調速器(Governor)均為離心式,由油調節,備有油嘴閥(Nozzle Valve)五具但均取節氣瓣控制(Throttling Governing)。亦有以電動機作遙遠控制者。

(乙)冷凝器:——各機備有者,全屬表面式(Surface type)。其循環水均由電動機拖動之唧筒供給之。

(三)開關閘:——電氣控制設備

各發電機發出電壓均為6600伏特,除廠用之電須降壓供給外,均由變壓器昇壓至33,000由地下電纜送出,至各配電站。(因限於時間急促,此部設備未能詳得)

(四)燃料及其運輸:

(甲)煤:——復員以來,所有燃煤之供應,均由經濟部燃料管理委員會配給,以開灤煤及基隆煤較多,依分析情形,開灤煤能較基隆煤質佳,含碳量較多,熱值亦較高,而雜石之多,實為最大之耗煤原因。戰前,所須燃煤多由中興煤礦供給,煤質甚為優良。關於煤之儲存和運送廠方正力謀改進中,煤自浦江用鐵駁運至碼頭後全由工人挑運至煤場,煤場之容量甚少,僅五、六千噸之譜,而由煤場至鍋爐煤斗,亦全由工人挑運,而無任何運煤設備,現在每日平均用煤約三百五十噸,雇工約百餘人,領導參觀之陳工程師嘗慨言,一個發電量有三萬餘瓩的電廠,而仍以人工運煤,在外國當引為罕事奇談,即在本國亦屬少見,廠方原擬添裝皮帶運送器,惟以目前修復期間,裝置費用甚大,此事僅能緩圖之。

(乙)出灰:——亦無出灰設備,全由工人運出,灰自灰斗鏟入灰車後,即循鐵路推送至江邊,由拖船載至江心傾倒,灰中所含未燃碳份甚大,由分析約為12—15%。最多時竟達25—30%。此項損失,雖由設備舊損而致,但煤質欠佳,夾石過多,亦不無關係也。

(五)其他設備:

(甲)唧筒間:——共有兩所,俯伸江岸,一所係供給所須循環水,一所係供給水廠所需,每所容量約為120匹馬力:

(乙)給水處理:——水之潔淨 (Clarification)。由水廠處理之,水之軟化則採用內部處理法 (Internal treatment) 以加苛性鹼 (Caustic Soda),及 SO_3^{2-} ,和改進 SO_4 與 CO_2 含量比例等法為主,使除去鍋爐水銹及溶解吸收的氧氣;鍋爐用水除由凝結水供給外,補給水,係取之於水廠,儲存之含氣量較少之水,經過蒸發器 (Evaporator)及脫氣器 (Deaerator),除去游渣及妨礙物。給水上最感困難者,為含氯 (Cl^-) 量之過多,因近海口,潮漲時,海水倒灌入江,致使水中鹽質增加 Cl^- 量曾高至1000P.P.M者。多量鹽質之水,一經混入爐水,常致引生甚多麻煩,此由地址上之缺憾,甚難有以補救。

(丙)化驗室:——化驗室設備尚稱完善,對於燃煤分析,給水分析,煙道氣分析,等均作詳盡之研究,提供改善,煙道氣中二氧化碳含量約為8—9%。燃燒情形尚佳,煤水之分析結果,因難得標準之樣品,故分析各異,未便記述。

(六)運用略情:

目前運用之爐機,僅屬整修後之一小部份,如第一、二兩號汽輪發電機能從速修畢運回,正常發電量即可恢復,且公司當局已擬添購25000瓩新機一座,則可解決本區目前嚴重之電荒矣,現今最高負荷可達15000瓩,平均負荷12000瓩,負荷因數約80%左右,全日發電約為286,820度(瓩小時)。平均每度電耗煤量為1.08公斤鍋爐之效率在75%但全總效率僅17%。運用時之最大困難,在全藉經驗控制管理,往往招致甚多麻煩,鍋爐汽管因損傷甚多,更多漏氣情形,及鍋爐各部之銹蝕,所以使爐水常呈棕色等。廠方唯求逐步整修,一時難能改善,復員兩年來,得有目逞成績。已屬全廠一致艱苦努力之最大效果也。 (待續)

(上接第二十九頁) 積蓄器承當最高負荷法

此法在美國曾於戰時採用,在紐約州之某一城市中,曾以舊鍋爐改裝成一適當大小之積蓄器,運用之後,頗著成效,該處之蒸汽表壓力 (Gage P.) 為每平方吋95磅,在沒有此種積蓄器時,鍋爐之蒸汽壓力,於最高負荷時,常降至表壓力每平方吋55磅左右,使用積蓄器後,其表壓力則僅降至每平方吋75磅左右,雖則降低情形,仍不能免,但已較無積蓄器時之情形改善多多。在採用積蓄器後,尚可有其他次要之優點,詳情可參閱本年七月份之美國動力雜誌。

此種承當最高負荷之方法,固簡單易行,若能採擇,對於我國目前各地之電荒情形,不無補益也。

動力鍋爐使用規則(四)

熱工試驗室編譯

(二) 結構之損毀 (Weakening of structure)

172. 過熱 (Overheating) 過量燃燒 (excessive combustion) 須注意不要因火焰之爆炸 (fire cracks) 及各部份之不正常變形 (abnormal deterioration of parts) 或因增加工作使用速率, 增加添煤器之容量, 或變更燃料等而生強烈之燃燒, 致使鍋爐結構發生嚴重之損毀。

173. 須注意防止爐膛高溫, 使其中之襯墊物 (lining) 溶化, 致使保護鍋爐各部及支持物之絕緣性能失去真正效用。

174. 火焰之侵襲, 燃料床之接觸及其他原因, 可能損毀牆壁, 塌牆 (bridge wall) 及拱, 盡可能設法防護之, 以便保持結構之安全, 盡量避免爐膛內之氣體壓力, 蓋因爐膛內之壓力, 迫熱氣由基座裂縫而出時, 可能損毀基座也。

175. 二級燃燒及火焰之經過 (Secondary combustion and Flaming through): 二次燃燒須設法避免, 當氣體燃燒時, 於燒燃床 (fire bed) 或燒燃器至基座出口 (exit of setting) 之半前, 宜時時供給足量之空氣, 以使燃料易於燃燒。隨時須注意, 以防空氣漏入以後之通道 (latter passes) 中, 使氣體不能在此通道中保持燃燒。

176. 當火被熄及爐膛溫度下降後, 須有足量之空氣, 引入爐膛及鍋爐中, 以防基座內儲存過量之可燃氣體。

177. 若停止使用鍋爐時, 須先停止燃料供給, 將爐膛中剩餘燃料燒完; 調整風擋, 使鍋爐及基座徐徐冷卻, 一若始動使用鍋爐工作時之情形。

鍋爐停止需用給水及蒸汽出口上之回逆阻瓣關閉後, 須將給水瓣及主蒸汽停止瓣關閉之。若使用一手轉動停止瓣及一個停止迴逆連合瓣時, 將停止回逆連合瓣桿旋下, 使瓣盤 (valve disk) 附於座上。若使用二個停止瓣, 將停止瓣間之洩水器啓開, 檢查其是否清潔。爐火熄滅前, 如屬可能, 將管子上之灰塵清除之。

178. 局部加熱及加熱不勻 (Localized and uneven heating): 宜有充分之時將蒸汽壓力升起, 始能防止基座及鍋爐之不均勻加熱。基座加熱不勻, 能使墊物發生裂痕, 尤於新用火磚更爲顯著, 則有失絕緣及支持之價值矣。鍋爐加熱不勻, 則膨脹不一, 能使管子歪扭, 接縫裂開, 尤於內燃式火管鍋爐中, 能使水之循環遲滯間。

179. 若鍋爐蒸汽空間 (Steam space) 表面, 無直接抵抗燃燒室之加熱或過量熱

氣作用之設計；而裝置耐火材料，以作防護之用，則此等耐火材料須保持良好情形。

180. 磚未冷卻前，不宜將鍋爐中之水放空，否則發生收縮不勻。

181. 風擋調整器 (Damper regulation)，若用有通風控制系統 (draft-control system)，並非可以減輕工作者之責任，管理人員仍須時時留意測探能影響構造安全所有意外之情形。此種控制系統，當鍋爐使用時期及內部與外檢查時期，常須定期加以檢查，宜保持良好情形，如操縱失靈時，能使風擋，關閉而生背焰。

182. 不宜使用易生過量煙及可能背焰之易燃物為燃煤引火之用，當用煤粉，煤氣及油為燃料時，於加入燃料及引火前，務使風擋啓開而生微風。

183. 當熱氣不經過省煤器時，至省煤器通路之入口風擋宜緊閉之。

184. 絕緣物 (Insulation) 若用有絕緣物，宜分期檢查，當內部檢查時，亦宜檢查之。盡量保持其絕緣性之價值及避免不合理之龜裂，盡可能使膨脹與收縮保持伸縮自如。

185. 給水供給量 (Feedwater supply) · 水量之調節 (Control of water supply) 給水泵 (feed pump) 及噴射器 (injector) 須保持良好情形，若使用給水泵壓力調節器，須保持良好情形，且在節流放水口 (throttle discharge) 常常檢驗之。

186. 在給水槽中 應保持充分之水頭及水量，以防失卻給水泵吸入之作用。若有熱水引入或噴射入於槽中，宜保持充分之水頭及水量，以防蒸氣混入，且防止於泵吸入口發生可能之汽化作用。

187. 使水槽中不含油質，並常常保持清潔，以防沉澱物及其他由外界而來之雜物，積聚於其間。

188. 所有給水管 (Feedwater line) 宜避免受不合理之震動。

189. 給水管如有漏水，宜即行設法使之停止。

190. 宜分期檢查給水管上之水銹及損壞之回阻瓣，如檢查給水管之沉澱物或其他阻塞情形，可將一壓力表安裝於鍋爐給水唧筒之放水室 (discharge chamber of boiler water pump) 上，或安裝於給水後之放水管 (discharge pipe) 上。若發現有不合理之高給水壓力時，須檢查給水管是否因水銹或其他原因而阻塞。

191. 水位之控制 (control of water level)，宜特別注意保持鍋爐中之適當水位，寧可用連續給水加入於鍋爐中，而不適宜於間歇供給。自動警鐘及給水調節器，無論設計如何有效，乃不可完全信賴也。

192. 當管理員放鍋爐水，看不見水玻璃管時，另一管理員宜站立於適當地位而察看水玻璃管，用手勢以示放水者，一位管理員在一時間內只能放一個鍋爐之水。當放水時，切勿兼作別事，宜全力注意其職務。

193. 若使用給水調整器，宜保持其良好工作情形，然不可完全信賴此器，以保持鍋中之適當水位。

194. 宜保持鍋爐與水柱間之通路及瓣，以及水玻璃管之工作自如及清潔，檢查由水柱及水玻璃管所放出之水，宜注意水回復至水柱及玻璃管面之靈敏度，且須檢驗

試水龍頭，直至確定水位為止。

195. 每次值班之始，或遞班完成任務之前，所有水柱及水玻璃管，宜由管理員或直接負責看管鍋爐水位者檢驗之。

值班之意乃係一人或一部份人於分配時間內替代一人或一部份人看守或工作於蒸汽動力廠之謂也，看守，守夜及巡視均屬同一意義也。

196. 換水玻璃管後，宜檢查之。鍋爐上所有之水玻璃管，於工作時，若發現有鍋爐混合物，汽沫或其他原因，而發生阻塞連通器之麻煩事件時，宜將其檢查之。

197. 水玻璃管及連通器宜防止漏水，於水柱或水玻璃管與鍋爐間，不容水流或汽流由管進入連通器內，蓋水漏，汽漏，水流或汽流均能使鍋爐之水位，發生錯誤之指示。

198. 水玻璃管宜使其完全光亮，且保持清潔，若須用清潔之玻璃管時，可置換清潔者，如欲於原位置擦亮水玻璃時，可能使玻璃破裂，或為碎布廢紗所阻塞。

199. 若保持鍋爐適當水位發生困難時，必須校正燃燒，且將風擋與灰坑門關閉之，直至發現及矯正其原因為止。

若水玻璃看不見水位時，宜檢驗水龍頭，以決定水位，是否在水玻璃之上方或下方。若水平面在水玻璃管之下，宜停止空氣及燃料之供給，且關閉風擋及灰坑門，直至確悉鍋爐給水情況，且確知鍋爐繼續發生蒸汽較之減低蒸汽率為安全可靠時為止。

200. 若決定不停止鍋爐之蒸汽蒸發率時，宜立即尋求低水原因，且設法修正之。若決定停止燃料及空氣之供給，不宜變更水量，啓開安全瓣，變換蒸汽出口瓣或其他任何調整，致使鍋爐受有驟然之應力變化。在人工燃燒鍋爐中，不可攪拌火床，只宜用濕煤 (Green coal)，或濕灰敷於其上。若使用添煤器，停止燃料及空氣之供給時，須將火門啓開，當火熄滅或燼後，將給水瓣關閉之，當鍋爐冷卻後，將火門關閉，且將鍋爐與工作總汽管連接關閉之。鍋爐再行加入工作前，宜先決定低水原因，並修理之，且檢查鍋爐可能發生過熱之影響。

201. 放水裝置 (Blowoff equipment)，宜保持放水瓣或龍頭於良好工作情形，放水瓣漏水時，宜即行修理之。當鍋爐洗滌完畢後，內部檢查時，鍋爐再行加入工作及定期作內部檢查前，宜檢查其工作是否良好。放水瓣及鍋爐間之水管，及附件，零件及其所墊之絕緣物，宜保持良好，並定期檢查，尤其於鍋爐洗滌後，若能看見出水管之流出一端，宜留心窺探放水瓣漏水之原因。

202. 放水調節器 (blowdown regulation) 使用放水瓣及龍頭時，宜留心並徐徐開啓及關閉，關閉瓣或龍頭時，宜使其緊牢。

203. 放出鍋爐中之水量及次數，須視鍋爐中水之成份，及所發生之蒸汽量而定，可由分析所得之結果，於每隔一定時期施行放水，否則，於每 24 小時最少放水一次。

204. 給水中如含有多量之固體物，於重負荷或易波動之負荷及濕蒸汽發生時，須調整放水，以使沉澱物及溶解之固體量減低至不發生泡沫，蒸汽溢出或濕蒸汽之現象。

若常放水不能免除濕蒸汽，則含有多量固體物之鍋爐，宜使其停止工作，冷卻，放空，以重行盛滿新鮮之水。若此法不能矯正此種情形，同時有一個以上之鍋爐在使用，則可依同一之方法，在一定時間依次逐一放水或停用。

205. 一發生蒸汽之鍋爐，所含有沉澱物量之多寡，而不致影響於蒸汽之質與量，係與所使用之鍋爐式樣，沉澱物形成之性質，有機物性質，蒸汽負荷之性質及自然浮沉物與溶解鹽之性質及數量有關。放出及更換之水，須於使用時，根據固體物濃度之多寡而調整之。

206. 鍋爐之水，含有微量之苛性蘇打 (Soda alkalities) 以致常發生泡沫及汽泡時，最好用機械方法，將用以加熱給水之含有油量之廢汽將油質除去。不宜用增加放水方法而控制其泡沫及汽泡發生。

207. 若所含油量，不能用機械方法完全除去，而鍋爐仍繼續發生濕蒸汽時，則將所用之汽缸潤滑油成份加以分析，如脂肪成份過濃，則可用純礦油 (Straight mineral oils) 替代之。

208. 若濕蒸汽仍不能避免，可請對鍋爐有經驗者檢視，並接受其有關指示，若非放多量之水及更換鍋爐中之水二法，不能生乾蒸汽時，或無法改變鍋爐，以減輕此困難時，宜用機械方法，從蒸汽中分離水及固體物。

209. 鍋爐放水須於預定之時間行之。

210. 給水處理 (Feedwater treatment) 通說 (General) 鍋爐給水係化學工程之一部門，普通之工程師，不能負擔此任務，因此如理需要給水處時，鍋爐動力廠管理人員，對此問題須根據對此方面有經驗之專家指示，以解決之。

本書之附錄中，有許多給水性質之鑑別及處理方法。處理原理之應用，非有專家之指示不可。

211. 所有鍋爐使用之給水，含有硫酸鈣 (calcium sulphate) 氯化鈉及硫酸鎂之混合物 (Combination of sodium chloride and magnesium sulphate)，氯化鎂 (magnesium chloride) 或硝酸鎂 (magnesium nitrates) 有機酸 (organic acids) 或礦物酸 (mineral acids) 者，須檢查其水銹或腐蝕，或二者兼而有之，鍋爐管理人員，宜注意原水之供給中，有無腐蝕性之物與水相混合。

212. 在酸化期中，為了保護主給水管 (main supply pipe) 及泵起見，可將含有高成份之氧化鈣或蘇打之商用石灰連續加於水源之吸入管，使水中微含鹼性。

雨水有腐蝕作用，尤於接近製造處所之各建築屋頂上流下者更甚。其中除二氧化碳，氧及其他腐蝕劑 (agent) 外，多少含有二氧化硫 (sulphur dioxide)，除非有適當之中和，否則，用時易生危險。

213. 蒸餾水中含有氧及二氧化碳，可能有腐蝕之作用，若發現此種氣體超過定量時，宜特別留意，使此氣體消除淨盡。

214. 給水中若為海水所沾污，能生腐蝕及水銹，若含海水過量時，宜用適當之法，以清除之。

215. 鍋爐混合物 (boiler compounds) 在未確實明瞭其成份及給水中有害物之

性質以前，不可任意使用化學藥品以防止水鏽，腐蝕及濕蒸汽之生成，否則所生成之結果及不需要之物質，將可能發生不圓滿之工作情形。

216. 塗石墨於鍋爐外殼，內部及其他內表面時，宜慎重從事，以防阻塞通風調整器之連通器及汽表之通路也。

217. 火油(Kerosene)不可用於鍋爐中作任何用途，因其易與鍋爐中遺留可燃性氣體相遇，發生意外事件。過去曾因有星火引入於其中，發生危險之爆炸。當用火油清洗蒸汽輪機之輪葉時，宜有防止火油進入給水中之設備。

218. 加熱器之裝置(heater equipment)加熱之目的在使不潔物沉澱，因此，視動力廠內之情形，可將給水溫度儘可能提高。

219. 氣體腐蝕(gas corrosion)確實生成時，如保持給水於200°F之最小溫度進入鍋爐，甚屬困難，且其他所有之方法均無效時，在節熱器(thermostate)控制下，宜連接用新鮮蒸汽升壓器(live-steam booster connection)，在此情形中，宜裝設及使用溫度記錄器，且裝設一補助瓣(relief valve)以防發生過量之出口壓力。

220. 用開式加熱器(open heater)時，必須使所有腐蝕氣體通暢排出於大氣中，排出蒸汽用於加熱給水時，可用一分離器之設備，以清除存於其中任何之含油量。用一流溢(overflow)管使不純潔之凝結物，可從水之上面流去，須備有適當大小之放出連通器，以放出水中之凝聚沉下之固體物。

221. 調整之處理(Treatment Regulation)，當鍋爐水呈現過量之水鏽或發生過量之腐蝕，宜採取適當方法，以防止此種情形，此種試驗及處理須依有經驗者之指示，始能完成之。

222. 用正確化學方法，作內處理(Internal treatment)給水，如發生沉澱物而影響於清潔蒸汽之輸送量時，可在鍋爐外用外處理方法以處理給水，或遵循有經驗之化學工程師之指示而處理之。

223. 在鍋爐外部若用化學清理設備，以處理給水，須有適當之大小，可容納給水中最大量之沉澱物，及分離天然不潔物，浮游物，水鏽，及腐蝕等。

224. 使用水之軟化器，須有適當之管理。

225. 給水處理如屬需要，最佳及最安全可靠之法，乃是每日搜集及檢驗給水與放出之水，及檢驗動力廠中由蒸汽總管及凝冷器所凝結之水。

此檢驗於每隔相當時間，須由對水有經驗之化學工程師及蒸汽工程師經常檢驗之，必要時，用放水及改變處理方法等。

226. 由於蒸汽汽泡及泡沫致生過量之濕蒸汽，最好請教清潔水有經驗之工程師以設法補救之。

227. 加熱表面應注意事項(Care of heating surface)由給水處理將鍋爐中之水鏽移去時，宜在適當管理方法之下為之，不致使水鏽過於迅速流於薄片上及管子上而積聚於其中，使各部發生膨脹(bagging)或破裂(blistering)。處理時，須徐徐增加化學藥品，過量之藥品，可於檢驗放水時觀察其結果。

如有以上之情形，可將鍋爐停止工作。清理水管或鍋爐曝露火中之各行管子及

火管式鍋爐外殼。

228. 宜特別注意防止油進於鍋爐中，尤其含有動物或植物脂肪，此物易於結集於加熱表面上，有使其膨脹或破裂之虞。

229. 使用凝結蒸汽，可能有油進入於給水中，宜用可靠之過濾或化學處理方法，將其清除之。另對經過排氣管上之分離器，排水管及滴水管時，宜特別注意清除之。

230. 由油料加熱器或加熱圈中放出之水，宜使其排洩不用，或作其他用途，除非有確實之方法，防止油料進入鍋爐中。

231. 鍋爐停止工作，清理及洗滌工作時，當基座磚未完全冷卻前，不宜將其中之水放出，或將鍋爐啓開，否則固體沉澱物有被烘乾於加熱表面上，而使沉澱物難於清除。

232. 給水在處理時，於一定時間內，宜將鍋爐停止工作，放空啓開，且將所有管子及加熱表面上之泥，黏土，與浮游之沉澱物完全洗滌清潔。

233. 鍋爐管子內部，可用一種轉動清潔器以清除水銹，如用適當之處理，則此種清潔器可不須要或減少其次數，及用此種轉動清潔器時，宜留心工作，不要磨耗管子上金屬，尤其於彎曲管子內，使用內部清潔器及錘 (hammer) 以振動而清除火管外部之水銹時，宜小心從事，以免損傷薄管。

234. 宜常將加熱表面之煙灰除去，若使用機械除灰器，則清理幾種水管鍋爐之水管前部時，可用人工管制之蒸汽或空氣噴射，在火焰上部吹除之。宜盡量避免使用手叉除灰，致使管子或管板鬆動。

235. 須有熟練而能負責之人，於一定時間內，將鍋爐內部表面及外部表面完全檢查，所得檢驗結果，宜詳細記錄之，以作時時比較之準繩，預防鍋爐腐蝕，可依CA-3節中鍋爐放水試樣以檢驗之。

236. 內部腐蝕 (Internal corrosion)

給水中之氣體 (Gases in feedwater) 溶解或混合於水中之氧氣，或氧氣與二氧化碳，同時存在均為腐蝕劑，若具有此種氣體，超過一定量時，宜用通暢開口式加熱器，或除氧器或化學處理等方法，以清除之。

237. 其他原因 (other causes) 若噴水池 (spray pond) 或水塔或冷面凝汽器 (surface condenser) 相連接，則循環水常常含有不潔物，用於鍋爐中之水，盡可能不用噴水池或冷卻水塔中之水。

238. 若用凝結劑 (Coagulant) 如硫酸鋁 (Alumimum Sulphate) 時，必須注意，切勿使用過量，至少須保持每加侖一粒 (grain per gal.) 之苛性，以防腐蝕。

239. 在動力廠中，可能發生空電電流 (Stray electric current) 鍋爐上起電解反應，此反應能引起腐蝕鍋爐上之金屬。

— 240. 若鍋爐各部份間，有嚴重電流作用，或電解作用，宜留心防止使用不必要之相異金屬。

241. 浮泛之碎水銹 (Loose mill scale) 宜從鍋爐中清除之。蓋因此能促進電解及腐蝕之作用，其含有鹽份時，尤為顯著。 (未完)

工業用水處理手冊 (四)

(熱工試驗室編譯)

第四章 凝聚法 (Coagulation)

定義:

用化學方法使渾濁之細微粒子與懸浮物結合成大粒子迅速沉澱，此手續謂之凝聚法 (Coagulation) 或沉澱法 (Flocculation)。

用途或目的:

普通沉澱法常不能製成低渾濁度水，適宜於都市用水與製造用水 (process-water) 之需要。即使沉澱時間加長，由於懸浮物極端細微，故在許多情形下仍無顯著效果。因細微粒子能透過過濾器之媒質，於短時期內阻塞過濾床 (Filter-bed)，以致過濾器需時常施行反洗滌 (back washing)，故過濾法仍不能解決此問題。因此沉澱之後需行凝聚法以減輕過濾器之負荷以得澄清之過濾水。

化學上原理:

用凝聚法澄清液體之手續，為使化學藥品溶解，水解作用 (hydrolysis) 形成不溶解之金屬氫氧化物，名之為“凝聚團” (floc)。凝聚作用所涉及之化學原理，在目前尚未澈底明瞭。為簡單起見所有化學反應示出為凝聚團形成作用，稱為水合氧化物 (hydrated oxide)，凝聚作用可視作複雜之電化學現象 (electrochemical phenomenon)。

凝聚作用除去雜物是在膠體狀態。由其粒子吸收負電離子，形成負電荷粒子，由於同電相斥作用致成膠體狀態。為使此膠體狀之雜物沉澱，則必需加入凝聚劑以減低負電荷至臨界值 (Critical value)，而此凝聚劑之離子載有正電荷形成一正電荷之膠體粒子。與載相反電荷之膠體粒子懸浮物因異電相斥作用則發生互相沉澱作用。無用之雜物大粒子因此沉澱。此類雜物粒子為少量膠質物或聚結物 (flocculent)。

除去真正凝聚劑外尚有細微物質能用於促進凝集團之形成。此類物質可視作核心 (Seedler) 促進結成較大粒子，較之其他方法更有效。此類物質如像活性氧化矽，黏土等。

應用凝聚作用之前，需對水先施行各種試驗，參考已往有效之經驗，考慮實際情形，選擇適宜之凝聚劑。

沉澱試驗應在試驗室中施行。選用各種凝聚劑試驗。由化學藥品價值，凝集團形成與其工作能力觀點以決定最有效之凝聚劑用量。有許多事實應給與考慮，例如凝集團適宜使用於某州某部時，證明其在同樣情形下使用並不適宜於另一部份。除實驗室試驗外，凝聚劑之選擇通常參照下列情形：

鹼度或酸度與水之 pH。

礦物質含量。

味與嗅味大概情形。

渾濁與色之問題。

工業上廢物之除去。

上表之第一點在選擇凝聚劑時最為重要。處理時應使有效的適合於水之自然特性。適當之 pH 值至為重要，否則不少之凝聚劑將仍保留於溶液中而不形成所欲得之凝聚團。

再次水中礦物質之含量與硬度對於凝聚劑之選擇亦有影響，甚多之天然水含有豐富之凝聚離子，如條件調整至適宜於起作用時。有時足可使水起凝聚作用。此種實例如水中存有相當量之鐵。

用於飲料水之凝集劑選擇時，每需考慮其味覺之影響而在鍋爐水則無需考慮此點。

色澤與混濁度同樣將影響選擇。渾濁膠體與帶色體通常既然帶有負電荷，則選用凝聚劑時最佳方法，即是凝聚劑能形成載相反電荷之粒子。在凝聚作用界限內它能幫助沉澱吸收色澤。為使除去色澤有時需維持 pH 甚低，因此選用之凝集劑應適宜於低 pH 條件。在此情形凝集劑應使凝聚離子在比例上含有最強酸性，其中大量無作用物質將不影響低 pH。在這方面硫酸鐵比較鋁酸鈉成功，以後將有更詳細的討論。

清除工業廢水往往至為麻煩。去除染料最佳控制方法即需一定 pH 範圍，而有機物則需重量之氯氣氧化之，因此適宜用於氯氣之凝聚劑，在去氯與有機物證明甚有利益。

倘若粗水性質時常變更，管理上極微之疏忽每使色澤與渾濁超越可容忍之限度，結果在製造用水與飲用水上造成困難。

凝聚作用減低渾濁度平均約 90%。

應用設備：

不論用何種凝聚劑，最重要之基本原則是化學藥品與粗水需澈底混合。且在導入沉澱槽之前需給以足夠反應時間。

在若干年前，施行凝聚作用時每無一定手續。化學藥品傾入粗水中，而水流入阻滯槽 (detention basin) 隨工作者之意見施行凝聚作用與沉澱。其結果每形成各種大小不同之團粒子而有不同之沉澱速度，以致團粒子被帶入過濾器中，阻塞過濾器，因此過濾器需要時常施行反洗滌。

最新式凝聚法設備，凝聚劑用量由實驗室試驗決定，凝聚劑由用機械方法之小混合槽與導入粗水迅速密切混合。此處理之水然後導入沉澱槽中。由於凝聚劑混合澈底。此手續部份名之為快速混合 (flash mixing)。參看下頁圖一。

快速混合後處理之水導入沉澱槽，在槽中用機械方法促進形成凝聚團。槽中裝備有許多用軸承推動槳板之促凝器。促凝器普通為水平。平行或橫行安裝於凝聚

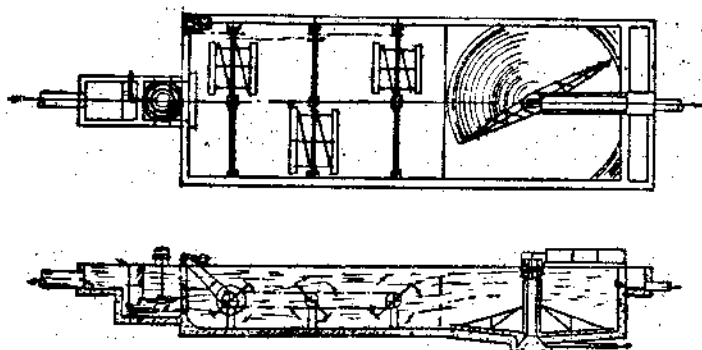


圖 一

團作用地帶中。其旋轉速度視凝聚劑與粗水性質而定。一般適宜轉動速度能使凝聚團與欲除去物質密切混合，以便得一致密集凝聚團，在一致速度下迅速沉澱。如若沉澱作用足夠，則沉澱將有效成功，過濾時液體流出將無困難發生。

緩慢混合欲得最佳結果，所需之時間大部根據其凝聚劑用量與溫度。而與混濁度無大關係。機械促凝器施行於新式大規模設備中，其開辦費用無論如何高於同樣能勝任之小型設備。沉凝槽中裝設阻隔之目的，在使經過它時得澈底混合，且當沉凝作用未見功效時由此得一滿意之結果。

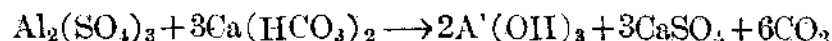
機械沉凝作用之優點在其凝聚團有效循環，結果節省化學藥品。另一優點改良水之品質，減輕過濾器之負荷，結果減省時常施行反洗滌。

混合與形成凝聚團之後，處理之水導入所謂沉澱槽。在其中流速需十分緩慢（止乎每分鐘 0.5 英尺）以便凝聚團迅速沉澱。停留槽中時間 2 至 6 小時通常已有效用。大規模設備通常使用連續去污泥之設備，所以將無積聚之污泥影響水之品質與味覺。

應用與其限度：

硫酸鋁 ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)

大概最廣泛用作沉凝劑者為硫酸鋁，此物用於處理水時 pH 通常在 5.7 至 7.5 之間，與水之天然鹼性作用發生水解作用，形成凝聚團，簡單化可表示為鋁之水氧化物 $Al(OH)_3$ ，如下列方程式：



水綠礬 ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)

大部份水中之天然鹼性不足以與水綠礬作用形成氫氧化鋁之凝聚團。必須加入石灰或其他鹼性物以得此結果。且可與氯氣同時使用將在後面討論。與石灰第一次作用為產生氫氧化低鐵，然後經水中含氧，氧化作用形成氫氧化鐵。其氧化作用一般在 pH 9.0 至 11.0 時發生，需另外加石灰以供給鹼性。

氯化水綠礬 (Chlorinated Copperas)

水綠礬不受天然水 pH 值限度影響，經氯氣氧化形成氯化高鐵與硫酸高鐵，此兩者均為凝聚劑。其有效用範圍如同氯化高鐵或硫酸高鐵，單獨使用時，而例外的是水綠礬較之高鐵凝聚劑更易於處理。氯化水綠礬特別用在先經氯處理之給水工程。此種處理手續僅需加入足量之氯氣達到反應完成。

氯化水綠礬，氯化高鐵與硫酸高鐵特別採用於鐵與錳之沉凝作用。因氫氧化高鐵凝聚團之產生，其鹼性範圍 9.0 至 9.6 pH；需用來氧化複雜之有機物，鐵與錳之化合物。

鐵鹽證明為有效之沉凝劑，其 pH 限度超越明礬。為達去色澤目的，凝聚團必需在酸性中形成，而明礬不足以達成此任務，在另一方面氫氧化高鐵能在 pH9.0 至 10.0 形成去除渾濁度與錳之凝聚團。

氯化高鐵對於污水與工業廢水為有效之沉凝劑。

鋁酸鈉 ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$)

鋁酸鈉實為氧化鋁經加苛性鹼安定化 (Stabilized) 所得者。商業上良好品質應大約含氧化鋁 55% 混合鹼 (指氫氧化鈉與碳酸鈉) 35% 與 6% 之過量氫氧化鈉。此物可用以代替施行明礬處理時需要高 pH 值加入之鹼。在此情形較少量之明礬加入適量之鋁酸鈉其沉澱作用較之用大量明礬加入蘇打或石灰更為優良。

鋁酸鈉同樣可用以除去存在於軟化深色水中之剩餘鋁，因明礬在低 pH 值起沉凝作用時產生“偽凝聚團”。因明礬單獨或與酸連合使用可以在 pH 值近乎 4.8 時起偽沉凝作用。在起始槽中繼續有沉凝作用，應加入鋁酸鈉直到 pH 值 6.6 時，有時需要同時加入石灰，在此時溶解之鋁變成不溶解之氫氧化鋁，鋁酸鈉起沉凝作用在第二次槽中過濾前沉澱。

石灰蘇打軟化鋁酸鈉同樣可用作沉凝劑。鋁酸鈉或其他含鋁沉凝劑之缺點在可能有剩餘之鋁於溶液中。此離子存在處理水之結果在高壓汽鍋中形成複雜之鈉鋁鍋 (Scale)。垢因此最好保持含鋁最少量。

氧化鎂

強活性氧化鎂可以有效除去水中溶解性氧化矽是最近新的發展。氧化鎂最活性化之形式在 pH9.5 至 10.5 之間，其沉澱性質甚為有效。熱法或冷法石灰蘇打軟化法連合使用，氧化鎂為最有效之沉凝劑，結果在沉澱槽中迅速沉澱減少過濾器之負荷。除其沉澱性質外其獨一無二之優點為使用它時，水中無固體含量增加。除開氧化矽優點之外，氧化鎂沉凝劑不似鋁沉凝劑能導入離子至水中，以致形成複雜之鍋垢。

總之，關於沉凝手續，最要者為在選擇所用之沉凝劑之前需作實驗室試驗全盤研究用水之性質。需知硬性與堅定不移之規則不能適用於每一種情形，因已知適宜之沉凝劑證明並不適用於同情形之另一種設備。對每種沉凝劑確定其用量與適宜之 pH 值，不能簡單地僅從化學分析給水上決定，試驗固屬必需也。

熱 工 問 答

編 輯 室

內 燃 機 方 面

1. 曾在某具柴油機之曲柄函(Crank Box)上,發現其所具之巴氏合金(Babbitt metal)已有裂痕(Cracked),其時既無多餘之配件可換,又無充分時間可以重行融鑄,因此仍冒險將原合金放上使用,不知是否因此會引起任何困難?

【答】據所稱情形,除非合金之本身裂成碎片,而且非常鬆動,否則大概不致發生何項困難。因以上所說之裂痕情形,過去甚為普通,係由於製造上,材料上之問題,現時已逐項有所改進,同樣在主軸承上,亦有類似之現象發生,可以任其運轉,無所礙也。但若於曲柄函需要調節之次數頻繁時,則不得延遲,而必需更換矣。

2. 如何知道一部柴油機之壓縮情形,是否正常?

【答】一部引擎之壓縮情形,可藉引擎指示器(Indicator)測知,若無指示器或有而不知如何用法,可函該引擎之原製造廠,詢明該引擎由活塞頂到汽缸頂之間隙(Clearance)數值,知道此項數值後,移去汽閥,置一鉛物於汽缸之中。再將活塞向頂點推動,鉛物當被壓縮。由於鉛物之厚度,當可測知間隙之大小,若所測得之間隙與工廠中之規定無誤;而其他如汽閥等亦無漏洩之情形,活塞環亦有相當之緊度,則此引擎之壓縮情形當屬正常。

鍋 爐 常 識 方 面

1. 阻隔板如果壞掉了,對鍋爐有什麼影響?

【答】阻隔板壞了以後,燃燒熱氣乃不受阻隔板的束縛,逕向前流,因之乃發生短路(Short-circuit)作用,焰道氣溫度升高,鍋爐的效率(Efficiency)及能量(Capacity)都要降低。如果該鍋爐是按照低溫燃燒氣設計的,並可能有破損(Damage)現象發生。

2. 每一燃燒氣通道(Gas pass)的容積都是一樣的嗎?

【答】不是一樣的,每一燃燒通道都是愈走愈小的。因為燃燒氣漸冷而體積漸漸縮小,如果燃燒氣通道容積仍不減小,則其流行速度必定降低,但為能吹掃滯停於管壁的呆氣(Stagnant gas)以增進傳熱效率,則應有高速的燃氣流才行。因此,燃燒氣通道的橫斷面積,必須按照燃氣溫度的降低情形而逐漸減小。

3. 鍋爐座基應具備的條件為何?

【答】(一)為各器件所留的膨脹餘隙必須足夠,(二)支持座在所載的重量下,應有足夠的安全係數,並應使任何器件都無變形應力(Stress)發生。

冷氣工程方面

1. 在安裝一具氨液冷動機時，如何檢驗其是否漏氣？

【答】此種檢驗進行之前，應無氨液存在冷動機整個系統之內。第一步手續為將壓氣機之吸氣管折開，其不與壓氣機相連之管口用螺絲帽關緊，或將管端之吸氣活瓣旋緊。第二步將排氣活瓣，膨脹活瓣及其他足以妨礙氣流之活瓣打開，俾空氣得以自由流通。於此應注意者，吸氣壓力表應完成關緊，否則在試驗進行時，此表有被損壞之虞。第三步慢慢開動壓氣機，使其轉速甚低，此時空氣經由壓氣機之吸氣活瓣，流入汽缸，壓縮後，流向整個系統之各部，當高壓表上之讀數為二百至二百五十磅時，便將壓氣機停止，並將排氣活瓣關緊，最初數分鐘內，因空氣溫度降低，表上讀數必行降低。空氣達到最低溫度時，表上之讀數，應不再變動，此即表示整個系統完好而無漏氣之弊。若表上之讀數不斷降低，即為有漏氣之表示。至於漏氣究在何處，可用寬平之刷子，將濃肥皂水塗於氣管外表以觀察之。凡有許多肥皂氣泡形成之處，即漏氣發生之所在也。淹沒之部份，若有漏氣，則其逸出之空氣必形成許多氣泡柱，由管子外表而達於液體之表面，凡冷凝器或鹹水箱等之漏氣，可用此法以觀察之。

用上述壓縮空氣試驗之後，亦有再用真空試驗，以檢查一新裝就之設備者。吸氣管重行裝上，而將排氣管折開，然後將吸氣壓力表上之龍頭打開，而將不與壓氣機相連之排氣管口及高壓表關緊，壓氣機仍照樣以低速旋轉。斯時此整個系統內之空氣被吸入氣缸而由排氣活瓣外逸，吸氣壓力表之讀數必漸降低，表示有真空存在。總管之吸氣活瓣，斯時可完全關閉。若吸氣壓力表之讀數不變，即表示此整個系統並無漏氣之弊。

2. 普通常用之冷卻劑，其性質如何？

【答】常用之冷卻劑有數種，性質亦略有差異，茲列表於後：

性 質 \ 種 類	F-2	氨	二氧化碳	一氣甲烷	二氣化硫	二氣甲烷
色，味	無色，微香	無色，臭味	無色，臭味	無色，甜香	無色，無臭	—
沸點(°F) (在大氣壓力下)	-21.5	28.0	14.0	-10.7	-108.4	10.5
對空氣比重	4.16	0.596	2.234	1.784	1.529	3.00
定壓比熱(C _p)	0.165	0.52	0.154	0.24	0.21	0.154
定容比熱(C _v)	0.147	0.40	0.123	0.20	0.16	0.128
每磅潛熱(5°F)	60.5	58.5	170.7	178.5	115.3	162.0
每磅容積(5°F)	1.485	8.15	6.68	4.53	0.267	49.9
5°F 時壓力	11.9磅	19.6磅	5.9磅	6.2磅	319.7磅	27.6吋
35°F 時壓力	32.6磅	51.6磅	9.6磅	24.3磅	511.7磅	9.5吋
60°F 時壓力	57.7磅	92.9磅	26.2磅	46.9磅	729.5磅	—
其 他	易蒸發	易溶於水	易溶於水	易爆炸	—	—

大利鐵號

專營

各種鋼鐵原料

兼辦

大小路礦五金

上海

北蘇州路 A780 號

鄧裕興鐵工廠

榮譽出品



螺栓 鉚釘 道釘

出品範圍

鐵道 公路 礦務

造船 建築 橋樑

給水等……應用材料

營業處：塘沽路 47 號

電話：42663

製造廠：北西藏路 246 弄 11 號

揚子木材廠

規模宏大 設備完善

製造：柳安，本松，白楊等各種防蛀防濕永不脫膠夾板，各式門窗箱板，企口板等

經售：中外各式木材

公司：上海北京東路二八〇號三樓二五室

電話 一六六〇三

廠址：上海閘北光復路一一八九號

電話 (〇二)六一四七九

飛馬牌

棉毛衫

衛生衫



景福衫襪織造廠出品

Heat Power Engineering Journal

Vol 1 No. 4
Oct. 1, 1948

Published by: Heat Power Laboratory, National
Bureau of Industrial Research, 273
Hwei-Ming Road, Shanghai 19, China

Director of the Bureau Dr. Y. T. Ku

Head of the Lab. & Editor-in-Chief ... Eugene H. T. Chen

Editors S. C. Wang

S. H. Tiao

H. S. Tseng

Published on the first of January, April, July & October.

版權所有 請勿轉載

熱工專刊 第四期

發行人

顧毓琮

琮

主編

陳學俊

俊

編輯

汪錫麒
曾桓
刁紹純

出版者

中央工業試驗所

發行者

中央工業試驗所
熱工試驗室

印刷者

務本製版所
地址 武定路五三七弄六六號

