

液體燃料

顧毓珍 編著

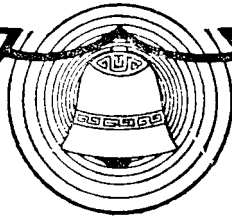
正中書局印行

液 體 燃 料

顧 毓 珍 編 著



正 中 書 局 印 行



版權所有
翻印必究

中華民國二十八年一月初版
中華民國三十七年六月滬一版

液體燃料

全一册 定價國幣五元八角
(外埠酌加運費)

編	著	者	顧	毓	珍
發	行	人	蔣	志	澄
印	刷	所	正	中	書
發	行	所	正	中	書

(1116)

前 言

中國液體燃料問題，在本國的石油礦尚未開發與固體燃料液化問題未得到解決以前，乃是一個尋求代用品的問題。我們要在長期抗戰中爭取最後的勝利，便不得不謀液體燃料的全部或局部的自給。上述問題的研究就是踏上自給的路。

液體燃料問題，是最近五年來全國各學術機關共同注意及研究的問題，研究所得的結果，每每可以互相參證，互相啓迪。關於若干基本問題，如固體燃料之液化問題，低溫蒸餾問題，與植物油提取輕油問題的探討，首推地質調查所。其他如南開大學，中央大學，亦皆有深入之研究與忠實之報告。中央工業試驗所研究汽油代用品問題是在民國二十一年實業部籌辦酒精廠的時候，從那時起，就不斷的將酒精代替汽油問題，引起社會的注意，並將多次試驗的結果，供政府制定實施法令的參考。直至抗戰的前夕政府纔通過酒精代替汽油的法令；今年又有液體燃料管理委員會的組織。關於植物油問題，是民國二十三年開始研究的。植物油提製輕油及潤滑油，以及替代柴油，都是整個植物油問題中的幾個重要的問題。過去幾年中我們很感謝研究這同樣問題的各機關，給予許多鼓勵並交換各種研究的結果，因為多人研究結果的累積與社會一般人對於這問題的注意，政府已經決定創辦植物油提煉輕油工廠，這是值得欣慰的一件事情。

本編是從中央工業試驗所數年來對於液體燃料問題研究的報告摘編而成。對於政府願以此書供制定及執行液體燃料法令的參考。對於國內學者願以此編拋磚引玉促成今後各方共同的研究。對於社會願以此書引起大家對於這問題的認識。以至於得到相當的解決。對於抗戰願以此編與「抗戰建國中工業問題叢書」中其他各編一起呈獻給忠勇的工作人員們。以助其爭取最後的勝利！

顧毓珍 二七,六,十,

目 次

第一編 概論	1
第一章 解決中國液體燃料問題之途徑	1
第二編 酒精代替汽油問題	40
第二章 酒精代替汽油之試驗一	40
第三章 酒精代替汽油之試驗二	50
第四章 非列濱酒精代替汽油辦法	64
第三編 植物油代用品問題	75
第五章 植物油製造液體燃料之試驗	75
第六章 菜子油製造汽油之試驗一	95
第七章 菜子油製造汽油之試驗二	108
第八章 棉籽油替代柴油研究報告	115
第九章 棉籽油替代柴油之動力試驗報告	127
第十章 植物油製造潤滑油代替品之研究	149
第四編 油頁岩之蒸餾	161
第十一章 中國油頁岩之蒸餾試驗	161
附 錄 德國之液體燃料問題	175

第一編 概論

第一章 *解決中國液體燃料問題之途徑

一 液體燃料之重要

燃料之種類繁多，以其形體之不同，可分為固體、液體、氣體三種。無煙煤、煙煤、焦炭、木炭、木材、薪柴等為固體燃料。石油精煉品：汽油、煤油、柴油、潤滑油、酒精及植物油等為液體燃料。天然煤氣、沼氣、水煤氣等為氣體燃料。茲將重要燃料之種類、發熱量，及其主要用途，列舉如表一。

氣體燃料可完全燃燒，效力最高，且易節制，可謂最經濟之燃料。惟天然產額有限。固體燃料之儲量雖多，因其中所含灰分，無燃燒之價值，反增運輸上之不便，處理上之不經濟。液體燃料中所含之熱量，無論以同樣重量或容量計算，均較高於固體燃料之含熱量。且其比重甚輕，以其為液體，可任意儲以方圓各形器，運輸殊為便利。加以其燃燒時之溫度易於控制，燃燒後可無廢餘灰分或渣滓，以是液體燃料，一躍而為現代工業中最重要且最經濟之燃料矣。

* 原文(1)「解決中國液體燃料問題之途徑」國學珍刊中國實業雜誌第一卷第八期

(2)「中國液體燃料問題」國學珍刊大公報科學週刊

表一 各種燃料之用途及其發熱量

燃料種類	主 要 用 途	發 熱 量
固體燃料		(每磅英熱量)
無 煙 煤	家用(蒸餾, 取暖)	14,850
煙 煤	工業用(製焦炭, 製煤氣)	15,730
泥 炭	工業用	9,100
木 材	家用(蒸餾, 取暖)	7,000
焦 炭	工業用(冶金)	14,000
木 炭	家用(蒸餾, 取暖)	14,000
液體燃料		
石油精煉品		
汽 油	內燃機燃料	18,850
煤 油	燈用	
柴 油	內燃機燃料	18,700
潤 滑 油	潤滑機器用	
酒 精	醫藥用, 工業溶劑	11,670
植 物 油	家用(蒸餾)	
氣體燃料		(每立方英尺英熱量)
天然煤氣	家用, 工業用	700—1,300
焦炭爐煤氣	家用, 工業用	500
煤氣爐煤氣	工業用	150

液體燃料中，計有石油精煉品，酒精，及植物油等。其中以石油精煉品為最重要，酒精次之。植物油在我國內地，尚有用以點燈者。惟漸受石油精煉品中煤油之淘汰。將來恐將失去其液體燃料之地位矣。石油精煉品計分汽油，煤油，柴油，及潤滑油（即滑油或稱機器油）等三種。潤滑油雖非燃料，然其應用，與其他液體燃料有同等重要，故將其統計，亦附述於此。

汽油爲汽車及飛機之必需燃料。煤油供點燈及家庭取暖之用。柴油乃打水機或重載汽車上提塞爾引擎之燃料，潤滑油則爲減少機器之磨擦及阻力所需要。石油精煉品在平日之取用既如是，在戰爭時則尤爲飛機、坦克車、軍艦、潛水艇及軍事運輸上所不可或缺之動力原料。以是世界各國莫不競求液體燃料之自給，蓋平時尚可仰給於國外，而戰時則非自給不可，不自給則國家有覆亡之虞。液體燃料之重要，於此可見一斑矣。

二 近十年來液體燃料輸入之統計

液體燃料中，以石油精煉品爲最重要，已如上述。惟目前我國，尙未發現豐富油田，更無石油工業可言。據調查(註一)，一九三二年，我國之石油產量僅一萬桶，合四十二萬加侖(每桶合四十二美加侖)故凡係石油之精煉品，非仰給於他國不可。茲根據歷年海關貿易冊，

表二 近十年來汽油之輸入

年 份	數量(美加侖)	價值(關平兩)
民國十三年	7,265,093	4,068,401
民國十四年	8,823,511	4,515,920
民國十五年	12,797,291	6,145,011
民國十六年	13,203,116	6,202,959
民國十七年	20,041,590	8,348,154
民國十八年	28,644,358	9,144,198
民國十九年	29,725,052	12,407,230
民國二十年	29,754,655	14,672,574
民國二十一年	24,144,506	11,891,368
民國二十二年	31,281,601	13,685,000

將汽油、煤油、柴油、潤滑油四種石油精煉品之進口數量及價值，錄載於表二至表五

表三 近十年來煤油之輸入

年 分	數量(美加侖)	價值(鎊平兩)
民國十三年	223,207,104	57,811,026
民國十四年	258,570,591	69,117,023
民國十五年	232,991,961	56,595,342
民國十六年	163,969,137	43,292,609
民國十七年	262,792,609	62,358,835
民國十八年	239,267,292	57,177,498
民國十九年	185,603,596	54,864,546
民國二十年	171,119,320	61,519,371
民國二十一年	115,918,794	60,449,692
民國二十二年	137,261,167	56,200,000

表四 近十年來柴油之輸入

年 分	數量(噸)	價值(鎊平兩)
民國十三年	104,927	2,399,438
民國十四年	95,823	2,258,069
民國十五年	133,428	3,323,525
民國十六年	176,319	4,361,259
民國十七年	221,968	5,423,298
民國十八年	183,909	4,623,315
民國十九年	171,793	3,877,252
民國二十年	227,336	9,215,235
民國二十一年	234,660	9,650,052
民國二十二年	336,094	12,158,009

表五 近十來潤滑油之輸入

年 分	數量(美加侖)	價值(關平兩)
民國十三年	9,129,302	3,581,385
民國十四年	6,997,091	2,386,093
民國十五年	9,025,798	3,231,122
民國十六年	7,099,514	3,125,044
民國十七年	12,384,563	4,592,915
民國十八年	13,767,104	5,578,381
民國十九年	13,929,535	6,300,702
民國二十年	10,394,293	5,992,451
民國二十一年	8,227,167	4,855,023
民國二十二年	11,156,051	5,837,833

觀上列四表，可明四種重要石油精煉品之輸入概況。汽油之輸入數量，十年來增加四倍有奇，而以近數年為尤甚，蓋以公路與航空日加發達之故。煤油為我國日用必需品，以內地各省為尤甚。在十年前，尚有用植物油如菜油豆油以點燈者，今則除沿海數省及通商大埠用電力者外，無不用煤油。十年來煤油之輸入，每年達二萬萬加侖之多，近年來反有減少之趨勢，蓋以人民多樂用電燈之故，惟始終為輸入中最重要之石油精煉品。柴油之輸入數量，十年來增加三倍以上，價值將六倍之，因此一方面柴油引擎應用之推廣，如打水機器及公共汽車、長途汽車，近年均用柴油為燃料；一方面則因土製煤油業之發達，蓋廣東及上海一帶商人，頗有專向外洋購買柴油（稱沙辣油）就近提煉煤油者。滑物油之輸入數量，十年來大致相仿。

近十年來，四種石油精煉品輸入之總價值，列於表六，可明每年

此四項之進口量，均在六千萬至九千餘萬加侖之間，合價值一萬萬元以上，其數實堪驚人，對於我國民的經濟，誠為極大損害。民國十七年此四種石油產品之進口總值為八七、八七七、八、三三三萬加侖，其中煤油一項為最多，高達一萬萬九千萬加侖之多，值五千六百萬加侖，佔總值百分之六十四。汽油與柴油相仿，汽油之進口數量為三千一百餘萬加侖，值一千三百餘萬加侖，佔總值百分之十五。六。柴油之進口量，為三千三百餘萬加侖，值一千二百餘萬加侖，佔總值百分之十三。六。煤油油最少，其進口數量，為一千一百餘萬加侖，值五百八十餘萬加侖，佔總值百分之六。六。參閱表七。於此可見十年來及最近我國最需要之能源進貨，均仰賴外貨。外貨與俄空之發達，汽油與柴油之需要，必將日增，而那時因煤油之缺乏，亦必因供給軍用之發達而增加。以是我國將來石油精煉品之需要，必將日益增加也。

表六 近十年來四種石油精煉品之輸入價值

年 份	價值(萬加侖)
民國十七年	87,877
民國十八年	74,111
民國十九年	67,216
民國二十年	82,311.55
民國二十一年	86,847.02
民國二十二年	77,119,776
民國二十三年	114,250.81
民國二十四年	86,847,135
民國二十五年	87,847,721

表七 民國廿二年石油精煉品輸入比較

品名	價值(關平兩)	價值百分率
汽油	13,685,000	15.58
煤油	56,200,000	63.95
柴油	12,155,000	13.82
潤滑油	5,837,833	6.65
總計	87,877,833	100.00

石油精煉品外，其次要之液體燃料，則為酒精；蓋酒精非特為化學上之重要溶劑，醫藥上之防腐消毒劑，抑且已公認為汽油之代替品也。蓋在歐洲各國，政府早已強迫商人將酒精與汽油混合施用於內燃機中矣。

近十年來，酒精之輸入量（表八），民國十三年為三百餘萬英加侖，十四年至十九年，每年進口量，恆在四百萬至五百萬英加侖之數，其間以十八年分為最多，達五百餘萬英加侖；惟價值則以十九年分為最鉅，達二百七十餘萬關平兩。民國二十年後，酒精之輸入量漸形減少，至廿二年之進口數，已降至一百餘萬英加侖，僅及十八年分之四分之一。此種現象，不得不謂中國官商各方自營酒精廠之成功。查廣東省官方及商方之酒精廠，已先後成立。廣西酒精廠成立於民國十六年，中間以政局變亂，不得已停工，迨至二十三年始行復工。今歲中國酒精廠於上海成立，每日可出酒精八千加侖。故將來我國酒精之輸入，行將更加減少，而漸可達到自給之目的矣。

表八 近十年來酒精之輸入

年 分	數量(公加侖)	價值(國幣兩)
民國十一年	3,117,911	1,412,651
民國十四年	4,536,233	2,124,051
民國十五年	4,619,832	2,281,506
民國十六年	4,133,461	2,216,618
民國十七年	3,824,563	2,211,357
民國十八年	5,689,037	2,701,187
民國十九年	4,353,973	2,711,679
民國二十年	3,110,299	1,731,179
民國二十一年	2,271,723	1,226,757
民國二十二年	1,237,914	627,629

三 解決之途徑

由上項統計數字，可明酒精一項，已經能自給。故今日我國之液體燃料問題，即在求酒精類品之如何自給。試思每年進口一萬萬元以上之石油精煉品（僅計汽油、煤油、柴油，與潤滑油等種）已足致我民族經濟於極危險之境地，況此等液體燃料，在戰爭時為軍艦、潛水艇、飛機、坦克車、軍用汽車及運輸上所不可或缺之動力原料。現值全面抗戰，於爭取最後勝利，關係非常重大，自不得不急求解決之方，縱不能全部自給，亦應圖局部自給；縱不能標本兼治，亦亟速圖治標。

茲就解決我國液體燃料問題之可能途徑，作簡略之討論如下。

關於如何解決此問題之辦法，國內各方面皆極注意研究。總括言之，可分成治標方法與治本方法兩種。治標與治本兩種方法中較

爲重要者，又可分成下列六項辦法：

(甲)治標辦法

- (1) 酒精代替汽油
- (2) 木炭(或他種固體燃料)代替汽油
- (3) 植物油代用品

(乙)治本辦法

- (1) 油頁岩之蒸餾
- (2) 煤之氫化及煤之低溫蒸餾
- (3) 一氧化碳與氫之合成

茲將上列六項辦法，分別簡述於下：

(甲) 治標辦法

(1) 酒精代替汽油

除石油精煉品外，酒精爲次要之液體燃料；蓋世界各國之新趨勢，已將酒精應用於內燃機中，作爲汽油之代替品矣。

我國近十年來酒精之輸入量，以民國十八年爲最多，達五百餘萬英加侖。近年廣西酒精廠復工，廣東官產酒精廠相繼成立，實業部與商人合辦之中國酒精廠亦於今歲開工(每年可出三百萬加侖)，於是酒精一項，按目前之需要，可以無須仰給於國外。惟此但就目前在工業上及醫藥上已有之銷路而言，尙未顧及其可爲汽油代替品之新用途。

醇類最普通者有甲醇(Methyl Alcohol)與乙醇(Ethyl Alcohol)兩種，普通市上所售者，均係乙醇(除特別註明外，本文所稱酒精二字，即指乙醇而言)。甲醇大都由木材蒸餾工業而得，最近則用合成

方法製之，故之有奇，能便日失明。乙醇係由植物質發酵而得，其重要原料，含有植物者甚高，如馬鈴薯、甘藷、玉米、燕麥及其他穀類，含有百分之四十五至百分之六十。此項原料，在我國至為豐富，我國對酒精工業，在原料方面，自無問題也。

欲知酒精之為一良好燃料，先須觀其各種性質，如下與汽油性質之穩定，茲先測定其發熱量，與其他高價燃料作比較如下：

表九 酒精與各種液體燃料發熱量之比較

燃料種類	比 重	每公升重量	每加侖重量
一 酒精(無水)	0.786	11.35	42.45
酒精(95%)	0.816	10.90	41.2
酒精(90%)	0.84	9.83	37.00
二 甲醇	0.796	11.50	42.75
三 汽油	0.720	11.25	41.90
四 柴油	0.820	11.25	41.90
五 煤	0.770	11.35	42.45

由上表，可知無論以同樣重量或容量計算，酒精之發熱量，雖不及汽油。若以同樣重量而言，雖亦酒精之發熱量，較汽油相差百分之三十六；百分之九十五者，則較汽油差百分之四十三。若以同樣容量而言，雖亦酒精之發熱量，較汽油相差百分之三十四；百分之九十五者，則較汽油差百分之三十八。後據實驗結果，設以酒精之發熱效率與汽油之每一內燃機中，於相同一開動情形下應用，每馬力單位之消耗，其比率如下。(據 Nash and Howes: Principles of Motor Fuel Preparation and Application):

汽油 100 酒精 100

酒精

161.4

就此而論，則酒精之價值應較汽油低 100/61.4 或 0.6 二倍，方為合算

至於酒精與汽油應用在汽車引擎中之壓縮比如何，效率如何，消費量如何，均根據英國列卡圖氏 (Ricardo) 之試驗結果，詳如表十 (註三)：

表十一 酒精與汽油應用於汽車引擎之比較

	最高壓縮比	熱效率(%)	最少消費量 (每馬力每小時英加侖數)
汽油	4.55/1—6.0/1	30.2—34.9	0.0503—0.0605
酒精(98%)	7.5/1	40.4	0.0666

可知自熱量之效率而言，汽油不如酒精。惟自實際消費量論，酒精遠遜於汽油。熱效率一項，汽油較酒精相差百分之十四至百分之二十五。其消費量，則酒精較汽油多出百分之十至百分之三十二。(又據德人 Donath & Gröger 之試驗結果，用同一汽車，每加侖汽油可行一六·四英里，每加侖酒精，則僅可行一五·二英里，計相差百分之七距離)

關於蒸氣壓 (Vapor Pressure) 及蒸發潛熱 (Latent Heat of Vaporization) 之比較。在普通溫度之下，酒精之蒸氣壓，較汽油低四分之一；而蒸發潛熱，則酒精較汽油多三·二倍。故全用酒精為內燃機燃料時，發動必見困難，在冬季更甚，已開動後，其加速亦必困難。

關於抗機噎 (Anti-knocking) 性之比較。酒精有極高之「屋格

登數」(Octane Number)酒精與空氣之混合氣體，可在極高壓力下燃着爆炸，不致發生「機噎」現象。其壓力較諸一般汽油與空氣之混合氣體所能受者可高二三倍。如是則高壓內燃機，應用酒精，非特可以增加抗機噎性，且可增高工作效率。

根據以上各點，可知若完全以酒精代替汽油作內燃機燃料，因其熱量較低，與蒸發潛熱較高，駕駛時自不免稍有困難，且亦不經濟。然其「屋格登數」甚高，可將內燃機構造稍加改造，俾氣缸中壓力增高，以增加工作之效率，同時若將進油管口，稍為放大，使與空氣混合之酒精成分增加，以償能力之不足，則酒精之應用差可與純粹汽油相比擬。然設欲以原用汽油之內燃機，完全應用酒精，則不合宜。故酒精僅可使代替一部分之汽油而已。

酒精之可以代替汽油，英德各國早有試驗，最早在一九〇九年，美國地質調查所，亦已用酒精試用於汽車引擎，然至今各國不能完全用酒精以代替汽油者，成本固為最大問題。而冬季開車之不易，與引擎之受酒精侵蝕作用，亦為重要原因。代替汽油之酒精，最好者當為絕對無水酒精，惟絕對無水酒精，製造殊多困難，且以酒精與水易於溶解之性質，即絕對無水酒精，於貯藏時或久置後，亦難免水分之滲入。若濃度為百分之九十九(以重量計)之酒精，每加侖市價，恐須在三元左右。凡所用酒精，其含水分愈少，則冬日開車之困難及汽車中之腐蝕問題亦愈少。按酒精之揮發性(Volatility)，遠遜於汽油，冬季開車之困難即在此。其補救方法，可於酒精中加入富有揮發性之有機物質，如苯(Benzene 即 Benzol) 乙醚(Ether) 乙酮(Acetone)等。其混合成分不一，有加入百分之十至百分之三十者。惟此項

有機物質之價格，均高於酒精，故此種混合燃料之價格，因之增加。至於酒精對於引擎之腐蝕性問題，亦有補救方法，可加氨少許，或有加入少許潤滑油者。凡此三種困難之點，如能一一圓滿解決，則酒精之完全代替汽油，可望有實行之一日；惟恐其最要之問題，尚在如何製造價格極廉之無水酒精也。

歐洲各國，有鑒於完全採用酒精代替汽油之困難，乃於近年來，由政府強迫油商，將一部分酒精，加入汽油後而出售。此蓋感於多用國內自製之酒精，即可多為農產品求出路，而同時可以抵制一部分外國輸入之汽油，且得一部分液體燃料之自給。茲將各國實施情形，簡列如下：

(子) 德國 自一九二三年起，德國即實行將酒精與汽油混合應用，由政府統理。一九三二年十月起，政府限定汽油商人必須購買酒精至汽油消费量百分之二十。出售之汽油，至少須含酒精百分之二十至百分之三十。

(丑) 法國 一九二三年起，法政府公佈條例，凡石油進口商，均須同時購買酒精至少含汽油進口量百分之十。一九三一年六月後，政府將規定之混用酒精成分，由百分之十增加至百分之二十五至三十五，而以百分之二十五為最低限度。並使純粹汽油之售價，較混合汽油之售價，每加侖高出一角二分，以資提倡。

(寅) 意大利 意大利政府則規定國產及進口之酒精，其百分之二十五，須用以加入汽油。販賣汽油商人，必須購進規定數量之酒精。汽油酒精之混合，為八與二之比。

(卯) 瑞典 歐戰時汽油原料斷絕，瑞典全恃酒精與木精為內燃

機之燃料，以代汽油。現今瑞典所用汽油，規定須加入百分之二十至二十五之酒精。

(長) 奧國及匈牙利（波蘭）所產酒精，由政府酒精管理局統制。所用汽油須含酒精百分之二十五。匈牙利於一九二九年，即強迫用戶於汽油中加入酒精百分之二十。

(己) 捷克與波哥斯拉夫（捷克）自一九三一年起，政府強迫油商，於汽油中加入酒精百分之二十至二十五。波哥斯拉夫於一九三二年，規定出售之汽油，必須含酒精百分之二十。

(辛) 其他各國（其他歐洲各國，如西班牙、希臘等國，以及南美洲之阿根廷及古巴，均有同樣或類似之辦法，無不以含酒精代替汽油為目標。

酒精汽油混合燃料，可以為內燃機中之適當燃料，已無疑問。惟其消費量及駕駛時之有無困難，均須視加入酒精成分之多寡而定。如用含有酒精百分之十之汽油（即百分之十為酒精，百分之九十為汽油），此項燃料之消費量，高出純粹汽油百分之四至五。若用含有酒精百分之五之汽油為燃料，其消費量則僅高出百分之一至二。此項公路上實際試驗，於一九三三年，美國標準局已確實證明。再根據美國公路上駕駛汽車之實地試驗，用含有酒精百分之十之汽油為燃料，駕駛時之發動（Starting）及發動後之加速（Acceleration），與普通用純粹汽油者，並無甚何影響。惟若易以含有百分之二十以上酒精成分之汽油，則駕駛時，不免稍感困難，如不易發動，動後而不易加速，以及氣塞（Vapor Lock）等病。

加入汽油之酒精，在實際上言，頗難得到純粹之無水酒精。自蒸

濟方面而論，亦不應使用極貴之無水酒精。故應用於混合燃料中之酒精，恆為百分之九十八左右之濃度者。惟百分之九十八濃度之酒精或再較低濃度之酒精，在夏日與汽油當能完全混和，在冬日則以其中含有水分之故，則發生分離狀態（酒精及水即與汽油分開成兩層，上層為汽油與極少部分之酒精，下層則為酒精及水與極少部分之汽油）。此種分離現象，非特為冬日駕駛汽車之極大障礙，抑且為大量貯藏時之重要問題。其解決方法，惟有加入一種混合劑（Blending Agent）。如芳香煙屬之苯等與高級醇類如丁醇（Butyl Alcohol）及戊醇（Amyl Alcohol）等。此項初步試驗報告，已見發表（註四），聞尚在繼續研究中。

以上所述，均限於汽車引擎中所用汽油之代替問題，其實飛機中所用之汽油，亦可採用酒精，以代替一部分。惟飛機中所用之酒精，水分以愈少愈佳，大約含酒精成分，總應在百分之九十九以上。據歐美各國試用之結果，其配合成分，有用百分之七十之飛機汽油，與百分之三十之酒精，再加入一種媒觸劑，如四乙鉛（Tetraethyl Lead）等；有用百分之五十以上之飛機汽油與百分之二十五左右之苯及百分之二十五左右之酒精者。於此可見飛機上之液體燃料，亦有應用酒精至四分之一之可能。

總計以上所述，關於酒精代替汽油問題之檢討，可得下列結論。

（一）酒精之可以完全代替汽油，歐美各國，早已試驗得有結果。惟由於酒精之發熱量，較汽油為低，故酒精用於汽車中之消費量，在同樣情形下較汽油為高。

（二）普通酒精之市價，較汽油高出一倍左右；欲使酒精代替汽

油之辦法實現，必先研究如何大量製造廉價之酒精

(三)無水酒精之效率，比含水酒精者大，但製造成本更高。

(四)用酒精完全代替汽油，以酒精之揮發性小，冬日開車，諸多困難。且酒精對於汽車引擎發生腐蝕性。

(五)由於酒精之成本過昂，以及機械上諸困難問題，酒精仍不應完全用以代汽油。

(六)不以酒精完全代替汽油，而可用以代替一部分之汽油。非特於汽車中可以實現，即將來在飛機上，亦有實現之可能。

(七)歐洲各國，早已應用酒精汽油為內燃機中之混合燃料，酒精成分平均約為百分之二十五，我國亦應從早試辦，俾可解決一部分之汽油問題。

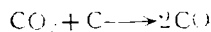
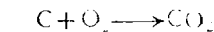
由上觀之，酒精代替汽油為混合燃料，在我國亦應試辦。若能由政府強迫實行，則即可得一部分及燃料質之自給，又可利用農業產品而發展酒精工業，更可增加國家之稅收。如以實行百分之二十五之酒精加入汽油辦法，則我國每年之汽油需要之酒精，將為七百五十萬加侖之多。加入我國同時需要之五百萬加侖之酒精，則我國每年之需要量，當增至一千二百餘萬加侖，而同時則可抵制七百五十萬加侖由外洋輸入之汽油。須知能少用一加侖外洋輸入之汽油，即可多利用一加侖國產之酒精矣。

(2)木炭 或他種固體燃料 代替汽油

以上所述，乃解決我國液體燃料問題之幾種可能途徑，除酒精一項為汽油之代替品外，其目的均為製造石油精煉品及其類似品。類似品者，即指與幾種石油精煉品有類似之性質而具同樣之功用。

代替品者，謂其僅可代替石油精煉品中一種或兩種之用。酒精可以完全代替汽油或代替一部分，已如上述。此外可代替汽油或柴油為內燃機之燃料者，尚不勝枚舉。在我國較易實施者，當推木炭或其他固體燃料，如木材、焦炭、及煤等之代替汽油。

利用固體燃料，以發生可燃性氣體，而用以代替汽油或柴油於內燃機者，其發明至早，迄今已逾百年。歐戰起後，法國先行大規模採用木炭汽車，比日蘇俄諸國繼之。在原理上言，凡以固體燃料，如木炭、木材（即煤亦可），在爐中燃燒時，其炭層若逐漸加厚，則下層燃燒而得之二氧化碳氣（ CO_2 ）與上層之紅炭相遇時，則化成一氧化碳氣（ CO ）若預先於空氣中混和水蒸汽，或直接徐徐加少量之水於爐中，水蒸汽或水分遇紅炭則發生化學作用，變成一氧化碳與氫氣。在木炭煤氣爐（或其他固體燃料）中發生之化學作用，可總括成下列三式：



表十一 木炭煤氣之平均成分

氣體種類	容量百分率
一氧化碳（ CO ）	23.9
氫（ H_2 ）	16.7
二氧化碳（ CO_2 ）	5.8
氧（ O_2 ）	0.6
氮（ N_2 ）	53.0

之木炭與空氣，含有可燃燒之氣體爲一氧化煤氣諸類。其時爲其可燃燒之氣體之性質及其燃燒空氣中之氧氣及氮氣，故日本與德國之煤氣發生爐其構造試驗之點，其不同之點如表十一所示：

由此可見木炭與煤氣，其與發生爐中之構造，其不同之點，一相仿，且此類亦與煤氣相，其完全應用發生爐之原理，故亦將木炭可用爲發生煤氣之燃料，即其他固體燃料，如白煤、木屑、鋸屑等，均用合適之燃料，以爲木炭汽車，可謂之爲固體燃料汽車之一也。

近年亦我國研究木炭汽車者，亦有時聞，最初有河南（開封）路局之湯仲明君，繼有湖南（衡陽）謝適君，均在試驗煤油。其全湘鐵路省公路主及側道主，均可見木炭代汽油之汽車。最近應用於汽油機、輪船、打水機器及代發動力方面。實業部中央工業試驗所，對於木炭汽車之試驗，亦不遺餘力。曾於民二十一年發行「木炭代替汽油試驗」專刊，以爲提督。最近報載山東（濟南）鞠宗麟君又繼起改造木炭汽車之構造，聞其重要改善之點，在於煤氣發生爐爐身之減輕（全套僅重二百磅）。重慶（江南）汽車公司，最近亦有完全改裝木炭發生煤氣爐，以代汽油或柴油者。蓋該公司之公共汽車，有用汽車引擎，採取汽油爲燃料者，有用提塞爾引擎，採取柴油爲燃料者。

至於木炭之消耗，須視木炭爐之構造，與木炭及汽油之市價而定，惟無論如何，終較廉於汽油。如以濟南而論，每担木炭市價四元五角，每桶（五加侖）汽油市價四元九角，木炭消耗之價值，約合汽油價值三分之一，在首都約六分之一，在湖南約十分之一。

歐洲各國，感於木炭之供給不多，乃有直接用木材或焦炭或白煤爲燃料者。此項煤氣發生爐之構造與原理，與用木炭者，大同小

真。按採用木材為煤氣發生之燃料者(註六)，始自芬蘭國(Finland)，繼起仿行者為德國、英國之道刺(Deutz)公司。專製此項煤氣發生爐，稱之曰Gasogene Engine。此外法國、意大利、瑞士、捷克等國亦相繼仿行，於是木材煤氣發生爐，在歐洲盛極一時。考此項應用之木材，並非上等或可供其他用途之木材，而係最下等之木質與木屑、棉花梗、甘蔗皮等。故實為廢物利用之良好方法。木材以外，白煤當然亦可用作發生煤氣之燃料，惟發烟過多，為憾事耳。

自固體燃料之發熱量而論，以煤為最佳，木炭次之，木材又次之(參閱表十二)。每磅木炭之發熱量，幾兩倍於木材，惟吾人須知木炭須由木材乾餾而得，木材蒸餾中所得之木炭，僅為木材原重量四分之一左右。故自發熱量而論，木材仍較木炭為經濟也。

表十二 固體燃料發熱量之比較

種類	發熱量 (每磅英熱量)	與每磅汽油發熱量之比率 (汽油發熱量18,880)
煤 (各種)	11,500 - 16,000	0.608 - 0.846
木料 (各種)	5,400 - 6,830	0.286 - 0.361
木炭	11,000	0.582
稻草	5,400	0.286
甘蔗皮	8,300	0.439

由上表中所列各種固體燃料與同等重量汽油發熱量之比率，可知煤之平均發熱量，合汽油十分之七，木材之發熱量，僅合汽油十分之三，木炭之發熱量，合汽油十分之六。若以一加侖汽油計算，則平均十磅煤或十三磅木炭，或二十二磅木材始等於一加侖汽油之發熱量。而一加侖汽油之重量約為七·四磅。故應用固體燃料為發生煤氣。

之汽車，假定汽車引擎無變更，除去煤氣發生爐及其附屬機件（如洗滌煤氣機等）之重量外，燃料一項之重量，將較用汽油者高過一倍半至三倍。惟此項固體燃料之價格，均遠遜於汽油。此乃其最大之優點也。

茲將用固體燃料以發生煤氣而代替汽油之優劣各點，列舉如下表

表十三 煤氣代油之優劣比較

優 點
<p>(一)所用燃料之價值低廉，供給容易，尤可利用農產廢物</p> <p>(二)採用固體固體燃料，以代替外洋輸入之石油類，冀國防方面言之，最為重要。</p> <p>(三)所用固體燃料如木炭木材運屑醃渣及植物乾草等，年年宜採，且各省各地均有之，不比礦物質燃料有開採窮竭之時</p> <p>(四)煤氣發生爐，構造簡單，易於製造，每具工料可減至二百元以下。</p> <p>(五)煤氣代油，在農村尤為適宜，如作排氣之用，所用燃料，更為易得。</p>
劣 點
<p>(一)生火費時，約須五分鐘至十分鐘，較諸用汽油或柴油之內燃機，能於數秒鐘間動引擎者，不可同日而語。</p> <p>(二)不適於時常間斷應用。故長途汽車，公共汽車上尚可應用，而於私人或家用汽車，則不宜。</p> <p>(三)原動機之馬力減少。</p> <p>(四)用於長途運輸，所攜燃料之重量，須較汽油高出一倍半至三倍，容量則更大矣。</p> <p>(五)煤氣代油汽車，遇山路或高坡時，頗感困難。</p>

上表所稱應用煤氣代油之缺點中，第一、第五兩項，如能兼用一小部分之汽油為原動力，即可完全解決。譬如汽車上常備一加侖

左右之汽油，在開車時用汽油，發動後可改用煤氣；再遇山路或高坡時，亦可暫時改用汽油。原動機馬力減少一層，則可設法增加引擎之壓縮比（Compression Ratio）以求改進。總之，關於木炭或其他種固體燃料之代油問題，若能作更進一步之研究與試驗，便能減少其缺點，則木炭（或其他固體燃料）汽車之通行於我國公路，實為可能事耳。

或謂我國無森林，木材木炭之來源，將均感缺乏。則似應將能產之木炭或下等之木材先行儘量利用，至少亦可代替數省或數市之汽油；於是再求諸煤及焦炭之應用。同時亦宜注意於大規模之木材乾餾工業，以木炭為主要產物，而再可收得其可貴之副產品，如木精及醋酸之類。至於舊法木炭之製造，不經濟殊甚。

（3）植物油代用品

在石油礦未開發以前，植物油本為重要液體燃料，供點燈及燃燒之用（特別是豆油與菜油）。迨石油工業發達以後，其精煉品大量輸入我國，植物油在燃料上之地位，被其侵略殆盡。考植物油之所以被石油淘汰者，其故如下：

（子）植物油之粘度高，着火點高，往往在攝氏三百度以上，且不易揮發，故難於燃燒。

（丑）石油之粘度低，着火點亦低，且揮發力強，故易於燃燒。

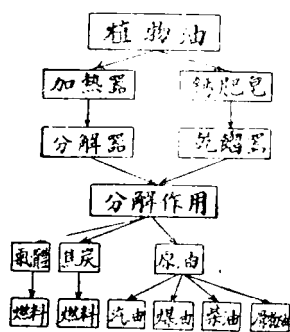
植物油之所以不如石油之易於燃燒者，乃因植物油之分子大而結構複雜，非如石油之分子小而結構較為簡單。且植物油之所含分子，大都相似，不能用普通蒸餾方法，分成輕重各級。石油中所含分子，至為不一，有極輕之甲烷（Methane）分子與極重之石蠟分子，可

用普通蒸餾方法，分成輕重各級，以合需用。故欲以植物油代替石油精煉品（如汽油、煤油）之原則，先在研究如何設法應用加熱分解法（Cracking），使植物油中大而複雜之分子，分裂成小而簡單之分子；於是應用分級蒸餾方法，分成輕重各部分。若如是而可，則利用植物油，以代替石油精煉品，自屬可能矣。

利用植物油製成石油精煉品代替物之方法，不外鈣肥皂法與加熱分解法兩種。後者又可分成液相分解法與氣相分解法。鈣肥皂在乾餾器受分解作用後，可得原油（分級蒸餾成汽油、煤油、柴油等）、焦炭、與可燃氣體。加熱分解法受直接加熱之分解作用後，亦可得同樣結果，有如下列簡單圖解。

圖 一

植物油製成石油精煉品



鈣肥皂法之原則，在於利用植物油與鹼類（如石灰）化合起皂化作用，先製成鈣肥皂及甘油，然後在蒸餾器內乾餾之，可得其螢光色彩之原油。此種原油經分級蒸餾後，即可分成汽油、煤油、柴油等相類部分。

加熱分解法之原則，在於利用有機物質受高熱後發生之分解現象——由高分子物質分解成低分子物質。液相分解法，即使植物油在液體狀態時，在高壓下，起分解作用。氣相分解法，在使植物油受熱後成蒸氣（Vapor）時，再行受熱分解。於分解時，因欲促進其分解速度，亦有應用媒觸劑者。

表十四 植物油製造石油精煉品代替物結果(原油容積百分率)

設備機噐標識	驗者原	料方	法粗	油						
				粗	汽	油粗	煤	油粗	柴	油
				200°C以下	200°C—	275°C	275°C—	330°C	330°C—	330°C以下
荷蘭機噐標識	詹	氏	大豆油鈣皂分解法 (註七)	72.38%	24.97%	34.74%	6.80%	4.34%		
				Gustav Fickhoff & J. C. Morrel (註八)	高壓液相 棉子油分 解法	71.1%	58.7%	←—10.6—→		
荷蘭機噐標識	張	德	流體子油鈣皂分解法 (註九)	100%	14.6%	27.7%	11.0%	7.6%		
				果 德生油 (用10% AlCl ₃)	96.1%	18.9%	←—11.0% (至250度)—→			
中央工業李 試驗所 (註十二)	南	康	讓生油鈣皂分解法 (註十二)	69.85%	22.50%	33.1%	8.39%	4.96%		
				上 德生油 (註十二)	52.5%	27.8%	←—24.7—→			
同	頓	德	珍 路生油 (註十三)	72.2%	34.6%	19.2%	5.40%	13.0%		
				煤油 分解法 (用5% KOH)						

首先研究由植物油製造石油代替品者，不得不歸功於大連工業試驗所化學家日人齋藤氏（M. Saito）氏於一九二八年，係以石油自有機油脂之分解後和石灰石化合而生成之學說，先以大豆油與石灰石化合製成鈣肥皂，然後乾餾之，以得石油代替品（註七）。

其後歐美化學家，繼續是項研究者，頗不乏人，非特採用各種植物油為原料，亦有用動物油者。邇來我國學術界，注意於此項研究者，亦頗有所聞。其較著者為實業部中央工業試驗所、地質調查所、天津南開大學應用化學研究所等。茲將各方所得結果，列表（註八）（註九）（註十）（註十一）（註十二）（註十三）彙編於表十四，以資比較。科學雜誌第十九卷第五期曹啟徐伯登氏曾用浙江所產動物質為煤質油，試驗煤油之加熱分解，以及其他動植物油多種，約可得精油百分之五十餘等。惟其詳細試驗結果，尚未發表，故未及載入表中。

觀表十四，可知植物油如大豆油、桐子油、花生油、菜子油等，均可作為製造石油精或油代替品之原料。其製法，因種不同，所得結果，亦頗有出入。幸以分解後之精油，以重量計，可得精油百分之七十左右。若以粗油而論，當推註九與註十兩氏以桐子油為原料，用高壓液體分解法為最佳，計可得百分之五十九之多，作者等採取菜子油為原料，用常法分解法次之。若以常料油而論，如煤油及柴油，則鈣肥皂分解法，仍為勝於其他方法。於此可見此類分解方法之決定，可因需要何種液體燃料以為第一。至於潤滑油，則最好採用植物油直接氧化法以製之（註十四）。

我國植物油之每年產量，現尚缺少精密統計。惟植物油為農產品，年有收穫，可年年利用，非若石油之受天然產量之限制，而易

於用幣。據民國二十年之調查(註十五)，我國產大豆油二、九四九、五五九担，價值在三千五百萬圓半兩以上；產花生油一、二五八、六一担，價值一八、四一八、二一七圓半兩。菜子油在我國除供作燈油及烹飪之用外，每年輸出日增，民國十五年之輸出數量爲一、七五四、三四九担(註十六)，其中十之九運往日本，作工業原料之用。至於棉子油一項，則我國每年產量至少在一千萬担以上。由此可見我國植物油之每年產量，可估計在二千萬担左右，假定每年以一千萬担爲製造石油精煉品代替物之用，(每担原油合十七加侖，再以百分之七十爲粗油計算)則約可得一萬二千萬加侖之粗油。如以百分之三十爲粗汽油計算，則可得五千一百萬加侖之多矣。

此項植物油之市價，每担須售十一元至十四元，平均約每担十二三元。若以每擔十七加侖計算，則植物油類每加侖之成本，已需七角五分左右。今欲以之製造液體燃料，則尚須加入燃料、設備、人工等等費用，故所得汽油或煤油之成本，每加侖至少在一元五角左右，較之目前汽油煤油八角至一元之市價，幾乎超出一倍。惟我國邊陲諸省，液體燃料如汽油煤油等等，不得不仍仰給於舶來，運輸昂貴，又費時日，以致每加侖汽油之市價，在三四元以上者，並不是爲奇。故應設法將此項利用植物油提煉汽油等之方法，施行於邊界諸省，則至少可以解決一部分之液體燃料問題，而同時亦可利用一部分之植物油原料。且此項方法而可以實現，則一方面可鼓勵農民多製植物油，一方面再可改良此項製造技術，使其效率益高，則成本自愈低矣。

(乙) 治本辦法

油頁岩之蒸餾

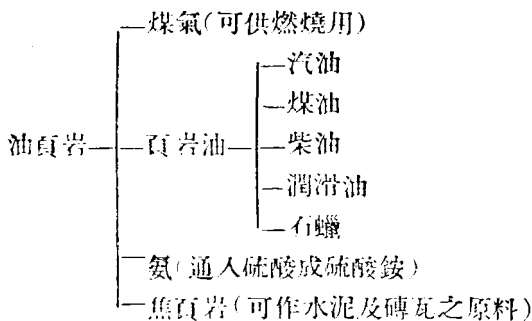
我國之油頁岩，向來尚未注意。故空、穆等之油頁岩，產量固多。然夫早已入目人之手。近年國內陸續發見者，頗有數處，大概可分為三區。在華北者，有陝西省橫山安定縣間之趙縣溝一帶，及山西省之渾源、清源等處。在華西者，計有四川省之屏山與犍為兩處。在華南者，計有廣東省之茂名、電白及欽州、雷州一帶。以上。按我國油頁岩之分布，據現今所知，恰成北、西、南三區。

陝西省油頁岩之儲量，據實業部調查，按現知之估計，約有上等者四萬二千餘萬噸，次等者四十四萬餘噸。廣東省油頁岩之估計，據兩廣地質調查所之估計，約有六萬萬噸以上。四川省之估計，則尚未估計在內。故即以陝西、廣東兩省已經估計之油頁岩之估計，其數已在五十六萬萬噸以上。總數不可謂不夥。至於四川省之油頁岩之儲量，以及我國其他各省之有無油頁岩及其儲量如何，均應作精確之調查，俾可確定我國油頁岩之總儲量。此係油頁岩者之重要條件，未可忽視也。

油頁岩，可稱之為含有巔素及有碳質之岩片。當蒸餾時，水分先行蒸發，於是其中有煤油者，英文各不同。因受熱而分解，故為煤氣、頁岩油、氮，及氫等各種產品。由此而得之頁岩油，經分餾蒸餾後，即可得煤油、汽油、柴油、高沸油等。譯第二句。其氮，供燃燒用，氮可製成硝酸。頁岩可作水泥及磚瓦之原料，故其產品無一不可利用。

油頁岩之有無與價值，不僅在其儲量之豐富與否，而亦視其所含頁岩油之多寡及成分而後定。其頁岩成分如何，係根據其

圖 二



驗以決定之 茲根據實業部中央工業試驗所(註十七)地質調查所(註十八)及廣東工業試驗所(註十九)關於油頁岩之蒸餾試驗結果,彙成表十五如下:

表十五 各地油頁岩蒸餾結果

產	地	山西	陝西	四川	廣東	廣東	廣東
		渾源	麟游	屏山	茂名	電白	欽州
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(3)
1 頁岩油(重量百分率)		16.29	7.33	11.12	9.60	8.35	7.05
頁岩油(每噸加侖數)		43.70	19.70	29.90	25.80	22.31	20.48
A 粗汽油	每噸加侖數	7.86	3.63	5.16	3.87	3.71	7.80
B 燃料油	每噸加侖數	12.24	4.55	6.79	3.87	7.27	
石油渣	每噸加侖數	23.60	11.52	17.95	18.06	11.33	
2 氣體(每噸立方尺數)		21.87	2.13	13.35	3.29	14.07	
3 焦頁岩(重量百分率)		67.47	—	82.38	—	74.87	
4 硫酸銨(每噸磅數)		38.60	16.30	18.40	24.7	39.80	0.561

(1)中央工業試驗所試驗結果 (2)地質調查所試驗結果 (3)廣東工業試驗所試驗結果

上表所列六種油頁岩之蒸餾結果，係擇其較有價值者，凡同一產地樣品之蒸餾結果，現係擇其最佳者列出。四川雖為之樣品結果，以其所含汽油成分過少，故略之。廣東茂名之樣品，係採用地質調查所之試驗結果。上表中所列之汽油成分，均為未曾除去不溶和物時計算，故名之曰粗汽油。燃料油中含有煤油及柴油兩部分。油渣中含有潤滑油及石蠟等，可以設法分提。

遼寧、顯撫之油頁岩，其平均每噸產油量為一、二、三一加侖，計合頁岩重量百分之五·五。上列表中六項樣品，均遠勝之；是以撫順之油頁岩工業而能發達，我國其他各地之油頁岩工業，若能提煉我國已知之油頁岩，即與世界馳名之蘇格蘭油頁岩樣品及美國所產之樣品相較，亦不為不佳。

表十六 國外油頁岩之產油量

產 地	每噸頁岩產油量(加侖)
1. Scottish (Dumfries)	2.27
2. Scottish (Fife)	3.10
3. Australian (Queensland)	16.0
4. Utah, U. S. A. (Cedar Breaks)	4.18
5. Nevada, U. S. A. (Hiko)	3.10
6. Elko, U. S. A.	38.4
7. Colorado, U. S. A. (Grand Valley)	63.5
8. California, U. S. A. (Loma)	51.8

上列表中，係蘇格蘭、俄國及美國各省所產油頁岩樣品之產油量。觀表可明我國油頁岩之樣品，與蘇格蘭所產者相仿，而山西渾源縣所產者反勝過之。吾人均知蘇格蘭之油頁岩工業，聞名於世。為英

國極重要之液體燃料來源。今我國既有極好之油頁岩礦，儲量之豐已如上述，則急應作更進一步之調查後，着手提倡此項油頁岩工業。

夫油頁岩工業，以頁岩礦運輸之不便，應就開採之地，施行提煉及蒸餾工程。就我國油頁岩產地之分布情形，應分華北、華西、華南三區，計劃開採與提煉。若假定五十六萬萬噸為陝西及廣東兩省已知之油頁岩儲藏量，而兩地油頁岩礦之含油成分，確有如表十五所列之多，如能加以開採，就地提煉，則我國之液體燃料問題，當可解決泰半矣。

(2) 煤之氫化(附低溫蒸餾)

液體燃料之重要來源，除由石油之精煉與油頁岩之蒸餾外，當推為煤。由煤可直接用加氫方法(Hydrogenation of Coal)，或先得煤焦油(Coal Tar)，再行加氫，以提取汽油煤油等液體燃料。又可採用低溫蒸餾方法，以得半焦炭及煤氣，而同時可得汽油等液體燃料為副產品。

查可以氫化之煤質，無烟煤、泥炭(Peat)及烟煤、煤焦油均可利用，而尤以泥炭為佳。至於低溫蒸餾之煤質，除無烟煤外，褐煤或泥炭亦可利用。我國煤之蘊藏，在世界各國中，除美國外，為最豐，佔有英德兩國兩倍，有日本三十餘倍之多。茲將中國各省煤之總儲量，分類列表於下(註十五)：

表十七 中國煤之儲量

類 別	儲量(百萬噸)	總儲量百分率
無 煙 煤	43,591	14.2
煙 煤	256,831	85.0
泥 炭	1,728	0.8
總 計	302,060	100.0

於此可見我國煤之儲量，甚為豐富，其中大部分係烟煤，佔總儲量百分之八十五，無烟煤次之，佔百分之一四·二，泥炭最少，佔百分之八。即以泥炭佔總儲量千分之八而論，已合一、七二八、〇〇〇、〇〇〇噸，若能以之提煉液體燃料，誠為一舉兩得之良策。

研究煤之加氫問題首告成功者，為德人白極司 (Dr. Bergius) 其法為利用褐煤 (Brown Coal 或 Lignite) 按即泥炭) 為主要原料，先行擊碎成煤屑，和以重油，變成煤糊後，加入氫氣，經高熱 (攝氏四〇〇—五〇〇度) 及高壓 (二百氣壓) 下之化學作用，使其液化以成羰化氫。於是經提煉及洗淨之手續，即可得「人造汽油」。後人尊白氏之發明，即名此法為白極司法 (Berginization)，乃指由煤氫化而得汽油也 (註二十)。

一九二六年，德國萬奇染料公司 (I. G. Farbenindustrie A. G.) 根據白極司法，設人造汽油廠於德國中部之洛那城 (Leuna)，取其近愛里司第二褐煤礦 (Elise II Lignite)，即用此褐煤為原料 (註二十)。該廠兩年前之產額，為每年出汽油十二萬噸，今年產額則可增至三十萬噸，合計一萬萬二千萬加侖之多。聞最近又有年產四十萬噸褐煤氫化廠之新計劃實現云。

不僅褐煤可以氫化，為提煉汽油之主要原料，即烟煤、石油中之重油及渣滓均可為氫化之原料。故於一九二七年德國之萬奇染料公司，英國之皇家化學工業公司 (Imperial Chemical Industries, Ltd.) 及美國之美孚油行 (Standard Oil Company of New Jersey) 關於研究煤及石油之氫化問題，曾訂立一互惠合作之合同，此項互惠合作辦法為德國專門研究褐煤及其他固體燃料之氫化問題，美國則專門

研究石油類之氫化問題，英國則專門研究烟煤之氫化問題。現今美國已有兩家石油氫化廠，一在 Bayway, New Jersey, 一在 Baton Rouge, Louisiana, 均屬於美孚油行。美國素稱天富石油之國，尚致力於此項氫化問題，液體燃料問題之嚴重性，於此可見一斑矣。

英國皇家化學工業公司，自一九二七年起，即着重於烟煤氫化之研究及半工業式之試驗。經過六載不斷之努力，卒於一九三三年宣告成功。英國政府方面，為提倡國內液體燃料之自給，對於國內自製之人造汽油，每加侖給予四便士（合國幣二角）之特惠，蓋所以鼓勵該公司之設廠製造。該公司已在別林漢姆城（Billingham-on-Tees）設廠製造，先擬每年用煤四十萬噸，提煉汽油十萬噸（合計三千萬英加侖）。該廠資本暫為四百萬鎊，以後汽油產量擬擴充至每年二十一萬噸之數。據該廠估計，是項人造汽油，每加侖之成本為七便士（合國幣三角五分）云。

由上而觀，可知英德兩國，以缺乏天然石油礦，已相繼採用褐煤及烟煤為主要原料，以提取汽油等液體燃料。現時成本，雖嫌稍高，惟一方面可由政府施行保護政策，一方面再行加意於技術之改進，則國內之人造汽油，當可抵制舶來品。且以我國煤礦蘊藏之富，尤宜設法利用烟煤或褐煤為原料，以自製此項液體燃料。即以汽油一項而論，據近十年來之進口數量，每年平均約為三千萬美加侖，尚不到十萬噸，故若能如英國之用烟煤為原料，每年消耗四十萬噸，專以之製造液體燃料，則已能抵制舶來品而有餘。以我國烟煤二五六、八三一萬噸之儲量，則每年四十萬噸之消費，微乎其微也。

除煤之氫化方法外，英德各國，久已研究煤之低溫蒸餾（Low

Temperature Carbonization of Coal) 方法，藉以得一部分之汽油。按煤之低溫蒸餾，不過煤之乾餾工業中之一種，高溫蒸餾乃其另一種而為應用較廣者。高溫蒸餾之目的，在於製造良好煤氣及冶金焦炭。低溫蒸餾之主要目的，在於製造家庭合用之半焦炭，故須求其無烟而易燃，而同時煤氣及煤焦油，僅為其副產品。煤焦油經分級蒸餾後，即可得汽油、燃料油及重油等液體燃料。以其可以提煉得一部分之石油精煉品，故凡缺乏石油之國家如英國德國，均極重視此低溫蒸餾工業。低溫兩字之界限，本領難定，自嚴格方面而論，乾餾溫度須在攝氏四五百——五五百度者，謂之低溫蒸餾。惟按普通而言，蒸餾器(Retort 或 Oven)溫度在攝氏七百度以下者，均可稱之為低溫蒸餾。蓋若超過此熱度，則煤中固有之碳化氫類，受此高熱後，又發生第二次之分解作用，煤焦油之產量，因之而減少(圖二十一)。茲將煤之高溫蒸餾與低溫蒸餾兩法所得之產物數量比較如下(圖二十二)：

表十八 煤之高溫蒸餾與低溫蒸餾之比較

	(高溫蒸餾)	(低溫蒸餾)
一 焦炭(%)	65—75	75—80
二 煤氣		
甲 每噸立方尺數	10,000—13,000	4,000—6,000
乙 每立方尺英熱量	530—600	700—900
三 煤焦油(每噸美加侖數)	10—17	20—40
四 硫酸銨(每噸磅數)	24—26	12—15

低溫蒸餾法所得煤焦油中之汽油部分，平均計算，每噸不過可得二加侖至三加侖之數，蓋焦炭實為其主要產品。故自液體燃料觀點而言，煤之低溫蒸餾，恐不能為解決方法中之良好途徑。我國烟煤

儲量，固極豐富，適合用於低溫蒸餾者，亦在在皆是，然而低溫蒸餾後所得之半焦炭，在社會上之需要如何，價值又如何，則殊不敢言有把握。蓋一噸煤中，百分之七十五以上，經低溫蒸餾後，均成爲半焦炭，而所得之汽油部分，不過二至三加侖。假定我國目前每年需用三千萬加侖之汽油，悉將求諸於煤之低溫蒸餾，則每年須消費煤一千萬噸之多（假定每噸煤可得汽油三加侖），蒸餾後則可得三千萬加侖之汽油與七百五十萬噸之半焦炭。故半焦炭之如何應用，實爲煤之低溫蒸餾法之能否實施之關鍵所在也。

(3) 一氧化碳及氫之合成

一氧化碳及氫之合成，爲Fischer Tropsch Process，簡稱費歇氏法。費歇氏法係利用一氧化碳與氫氣，在常壓與攝氏一百八十度下，用特種煤觸劑，發生氫化作用，而成碳化氫混合物，以成綜合汽油

此項混合物之成分如下：

汽 油	60%
煤 氣 油 (Gas oil)	26%
丙烷及丁烷 (Gasol)	8%
石 蠟	6%

以容量計，一分一氧化碳氣，與二分氫氣，始可合成汽油。此種氣體，均須用煤或焦炭爲原料。故一噸混合液體，需用七噸烟煤爲原料。混合液體中，尚有十分之三之煤氣油，再次經過熱裂設備，而成汽油（普通一 cm^3 之混合氣體，僅可得一〇〇公分之液體，而一 cm^3 之混合氣體，需要〇·八公斤之煤）。現在德國採用費歇氏法，以製人造汽油之廠，已有四家，總產量爲每年十四萬五千噸，今列表如下：

表十九 德國人造汽油廠址及產量

廠 址	應 用 原 料	汽油產量(每年噸數)
Kuhlbrand	褐 煤	50,000
Kauef	焦 炭	40,000
Holten	焦 炭	30,000
Hamborn	焦 炭	25,000
		總產量 145,000 噸

在德國費歇氏法正在建築中之工廠產量，尚有245,000噸。除了德國以外，法國在 Kuhlmann 地方，也要設立一個三萬噸之人造汽油綜合廠，日本亦在籌設一個三萬噸之人造汽油廠。據專家所稱，創辦用費歇氏法之人造汽油廠與煤之氫化廠，所需之資本，大致不相上下，因費歇氏法之缺點，在於綜合後之精煉問題，此項設備，價格頗貴云。

(丙) 其他代替品

木炭(或其他固體燃料)與酒精以外，其他代替品尚屬不少，惟其在我國之可能性不大。故擇其尤要者，簡述於下。

(1) 壓縮煤氣 英德法諸國，有一部分之長途汽車公共汽車或運貨汽車，採取壓縮煤氣為燃料，以代替汽油。蓋歐洲各國之煤氣或可燃氣體，產量甚多，有為煉焦爐之副產品者，有自低溫蒸餾法者，有自城市中煤氣廠者，有自煤之氫化廠或石油精煉廠者。普通煤氣，自其熱量方面言，須三百至三百十六立方呎之煤氣(每立方呎煤氣之含熱量，約為五百英熱量)，始等於一加侖(即一六立方尺)汽油之含熱量。若欲利用煤氣之熱量以代汽油，則須解決其佔偌大之容

量問題。惟根據氣體在同一溫度下，其壓力與容量之相乘積不變（ $PV = \text{常數}$ ）之定律，欲減少氣體之容量，祇須增加其壓力。如在常壓時有三百五十立方呎之煤氣，增加其壓力至二百氣壓，合每立方英尺二千九百四十磅之壓力，則其容積，將驟減至一·七五立方呎。如是則同樣熱量壓縮煤氣之容量，不過十倍於汽油之容量。壓縮煤氣之原理既如是，惟在高壓力下，其儲藏氣筒，必須堅固，又須質輕，故氣筒之質地及重量，為壓縮煤氣汽車之又一困難問題。所幸歐洲諸國，現已研究成功一種特製之合金，質地堅而重量輕，最初含有三百五十立方呎煤氣之壓縮筒，其重量為二百八十磅，今則減至一百零八磅，惟相等於十加侖汽油之煤氣重量，即須半噸之多矣。

普通汽車引擎之壓縮比率為五與一，若仍以此項壓縮比率而用煤氣為燃料，則汽車引擎馬力常減少百分之十五至百分之三十四。若增加壓縮比率達六至六·五，則馬力亦可增加。煤氣之消耗亦可減少，僅需二百六十立方呎之煤氣，即可等於一加侖汽油，此蓋由其熱效率之增加

總之，應用壓縮煤氣以代汽油之困難問題，已不在馬力之減低，而在氣筒之過重。然於運貨汽車或長途汽車，以其原車重量，本已不小，故多加氣筒之重量，尚屬可行。至於我國目前煤氣廠及煉焦廠，寥若晨星，以壓縮煤氣代替汽油之辦法，尚談不到耳。

（2）蒸汽 利用蒸汽為動力以行駛汽車，本為百年前事。近年歐洲各國，感於國內缺乏液體燃料，蒸汽汽車，始又有相當之復興。蓋蒸汽之燃料，為煤或柴油，而此項柴油，可得之於煤之低溫蒸餾餾中。蒸汽汽車之弊，在於蒸汽發生爐及水與燃料之過重。其優點，則

加速容易與上山坡無困難耳

(3) 煤屑(Coal Dust)引擎 首倡直接用煤屑為燃料於提塞爾引擎者，即為提塞爾引擎之發明者提塞爾(Dr. Diesel)氏。繼起研究而頗有成績者為保寇斯基(Pawbkowski)氏。若再加研究，煤屑之代替柴油以用之於提塞爾引擎中，供長途汽車或運貨汽車之用，實為可能事耳。

(4) 電力 應用電力馬達以為汽車上之發動力，自屬可能，電則取之於蓄電池中。此項電力汽車，僅適宜於短距離之運輸，尤宜於常停止常起動之用，故德國郵政局採用電力汽車者頗多。

此外可能之辦法，尚不勝枚舉，如汽油之綜合法(Fisher Gas Synthesis)與最近美國奇異電氣公司發明用太陽光以行汽車等。惟吾人對於解決我國液體燃料之可能途徑，應時時注意於實施之可能，並須憑我國目前之情形，而加以檢討。否則理論上固屬可能，表面上似覺可行，而揆之我國國情，則有難能實施之情形矣。

四 結 論

液體燃料及其代替品來源，由上所述，可綜合成為礦產類與植物類。礦產類中有石油、油頁岩、褐煤、及烟煤數種。由石油之精煉，油頁岩之乾餾，褐煤或烟煤之加氫，烟煤之低溫蒸餾，則可得石油精煉品或其類似品。植物類中，有木材、植物中之澱粉質或糖質類、以及植物油數種。木材可直接應用，或乾餾後成木炭及木精，澱粉質與糖類，經發酵作用後成為酒精，均可為汽油或柴油之代替品。植物油經加熱分解後，則可分成各種石油精煉品之類似品。

液體燃料之最好來源，當為礦物類中之石油一項，自不待言。茲姑置之勿論，則我國液體燃料之來源，不得不求諸其他礦物類或竟須求諸植物類。植物類來源與礦物類來源根本不同之點，在於前者較有永久性與普遍性。蓋礦物質燃料，有開採窮盡之時，未必到處皆有，而植物性燃料則年有生長，時有收穫，且遍地皆可種植。是以世界上礦物質燃料告罄之日，恐將為植物質燃料風行之時也。

解決我國液體燃料問題之可能途徑，除石油外，已如上述。賴礦物類為來源者，則有煤與油頁岩，賴植物類為來源者，則有植物油、酒精、及木炭（或其他種固體燃料）。鑒於目前我國液體燃料需要之迫切，其解決方法固多；然吾人採取之方針，似不應專事於任何一種途徑之推行，而宜於各項可能途徑同時之精密試驗，與實際試行。不觀夫英國解決其液體燃料之辦法乎，既從事於蘇格蘭區油頁岩之蒸餾工業，與各區之低溫蒸餾工業，又着力於烟煤氫化之試驗，與壓縮煤氣木炭汽車之推行。試再觀德國如何，一九三五年起，已可完全自給，不必仰給於他國。德國每年汽車中應用之輕油類如汽油、苯、酒精等，約為一百四十萬噸。一九三五年，由洛娜褐煤加氫廠中，可得汽油三十萬噸。新建褐煤加氫廠之產額為四十萬噸。煤氣及煉焦工業中所製苯之產量為三十五萬噸。德國國有之石油工業所產汽油十五萬噸，以及加入汽油用之酒精十二萬噸，合計國產可用於汽車中之液體燃料達一百三十二萬噸之多。褐煤之低溫蒸餾所產尚未計入。故德國之汽車燃料，已能自給矣。

觀夫英德兩國，解決其液體燃料問題之如何努力，則凡可以解決我國液體燃料問題之途徑，急應於最短時期內，憑政府之力量，由

各界之通力合作，從事於試驗與推行。如酒精既可代替四分之一左右之汽油，則我國於最近之將來，應將國產酒精，加入汽油，作為內燃機中之混合燃料。如木炭（或他種固體燃料）可以代替汽油於公共汽車或長途汽車中，則我國應指定數省公路，先行試驗。此僅及於代替方面而言，可謂之治標辦法。治本之法，除將國內石油業加以開採外，則應着力於國內油頁岩之開發與蒸餾，煤之氣化以製人造汽油等等，以及利用年有生長之植物油以製造石油精煉品之類似物。油頁岩之蒸餾工業發達以後，至少可以供給產油頁岩地附近數省之需要。植物油而能利用，則於我國遼瀋諸省，最低限度，可成為經濟合算之工業。煤之氣化，則可視之為絕對之國防工業。蓋我國煤礦儲量豐富，於國防迫切時，可賴之以製成大量之石油精煉類似品，藉供軍事上之應用。若速而行之，由各種可能途徑，同時試驗與相互並進，則最關我國經濟國防之液體燃料問題，自將不解決而解決之矣。管見所及，願與當代學者，一商榷之。

引用書報

- (註一) 馬謙珩：中國液體燃料工業之概況（中國實業第一卷第六期）
- (註二) 賴毓珍：酒精代替汽油問題之商榷（新中華第二卷第十期）
- (註三) G. W. Monier-Williams: Power Alcohol (Oxford)
- (註四) 賴毓珍、鄭學學、錢潤楨、李漢卿：酒精汽油混合燃料試驗報告（工業中心第三卷第三期）
- (註五) 余大猷：木炭代替汽油之研究及其趨勢（工業中心第一卷第三期）
- (註六) O. W. Wilcox: Wood Fuel Driven Automobiles (World Petroleum,

December 1934)

- (註七) 趙習恆：大豆的性質和用途（科學世界第三卷第一期，第二期，第三期，第五期）
- (註八) Gustav Egloff & J. C. Morrell: The Cracking of Cotton Seed Oil (Ind. & Eng. Chem., Vol. 24, p. 1426)
- (註九) 張克忠、張洪元：棉子油中提煉汽油（英文中國化學會會誌第二卷第三期）
- (註十) 賈果：用煤觸劑由花生油中提取輕油（英文中國化學會會誌第三卷第一期）
- (註十一) 李雨康、周行謙：石灰肥皂製造汽油試驗初步報告（中國實業第一卷第七期）
- (註十二) 顧毓珍、鄭粟銘：菜子油製造汽油試驗第一次報告（工業中心第四卷第一期）
- (註十三) 顧毓珍、鄭粟銘：未刊稿
- (註十四) 顧毓珍、鄭粟銘：植物油製造潤滑油試驗報告（工業中心第四卷第六期）
- (註十五) 中國經濟年鑑（民國二十三年）
- (註十六) 舜如：中國菜子業之調查（商業月報第十四卷第三期）
- (註十七) 顧毓珍、鄭粟銘：中國油頁岩之蒸餾試驗（中國實業第一卷第三期）
- (註十八) 賈果：中國油頁岩之化學研究（地質彙報第二十四號）
- (註十九) 胡淵博：中國燃料工業的現狀及其自給計劃（新中華第二卷第二期）
- (註二十) 顧毓珍：德國之人造汽油廠（工業中心第二卷第九期）
- (註二十一) H. C. Porter: Coal Carbonization
- (註二十二) Haslam, R. T. & Russell, R. P.: Fuels & Their Combustion (Mcgraw-Hill)

第二編 酒精代替汽油問題

第二章 酒精代替汽油之試驗一*

酒精代替汽油之理論及各國實施概況前已論及，政府為推行是項政策，曾由中央工業試驗所作詳細試驗，以其結果作實施之根據。試驗報告凡二，茲摘述如下：

一 汽油與酒精混合之研究

欲研究酒精代替汽油問題，不得不先注意汽油與酒精混合後之性質如何。在普通溫度下，純粹無水酒精，可與汽油任意混和。若酒精內含有少量之水分，則不易混和，即使能在普通室溫之下混和，道遇較低溫度，酒精及水即與汽油分離成為兩層。上層為汽油與極少量之酒精，下層則為酒精與水及極少量之汽油，此種分離現象，與水分之多寡有密切關係。水分愈多，分離愈易。同時又與溫度有關係，溫度愈低，分離亦愈易。故普通市上之酒精與汽油混合後，在夏日固可完全混和，及至冬日，以溫度之降低，酒精與汽油將發生分離作用，則不能用以作混合燃料矣。

設用純粹無水酒精，與汽油混合，則在任何溫度之下，用任何配合方法，均不致發生分離現象。惟純粹無水酒精之價格，異常昂貴。

* 酒精代替汽油之試驗一，顧德珍，中央工業中心第五卷第四期。

且酒精之吸水性甚強，於貯藏時，極易吸收空氣中之水分，致使酒精成分變淡。酒精與汽油之混合，因極少量之水分，可使分離，此乃實施上一重要而複雜之問題。其分離之程度如下表所列：

表二十一 汽油與酒精之分離程度(在 20 F 時)

汽油中之無水酒精成分	能使分離之含水成分
2%	0.014
5	0.050
10	0.085
20	0.23
30	0.40
40	0.70
50	1.00

汽油與酒精之混合，既若是困難，而混合後，又絕對不能使外界之水分滲入，故惟一可能方法，乃應用一種混合劑(Blending Agent)加入汽油與酒精中，使混合體之分離溫度降低。如是即有水分滲入，或在冬日嚴寒之時，可仍無分離之現象。此項混合劑之選擇，乃為研究酒精代替汽油問題之又一難題。

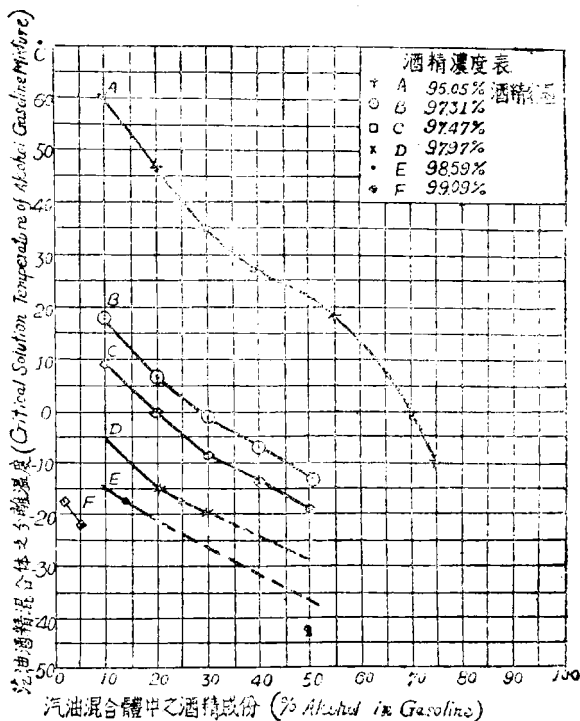
二 酒精代替汽油之試驗

中央工業試驗所研究酒精代替汽油問題，分三步進行。(甲)試驗酒精與汽油之溶解度與分離溫度，以決定汽油與酒精配合之情形，在如何溫度之下可完全混合，其水分之多寡，及溫度之高低，與酒精汽油混合體之分離有若何關係。(乙)試驗各種混合劑，觀其效

果如何。(丙)應用普通汽車之內燃機，以混合燃料作開車試驗，俾可決定何種配合方法與配合成分為最佳。茲將研究結果，分述如下：

(甲)酒精汽油溶解度與分離溫度之試驗 該所作此項試驗，以定量之酒精(其中水分，已預先測定)混合於定量之汽油內。若在室溫下，兩種液體不能完全混和，可先加熱，使其混和，於是徐徐冷卻，至一部分酒精與水分再不能溶解於汽油內為止，是時於液體中可發現第二相，作乳白色，乃記錄此時混合體之溫度，即作為該項混合體

圖 三



表二一 酒精汽油混合體之分離溫度

酒精成分 以容積計)	混合體中加入酒精之濃度					
	A (95.05%)	B (97.31%)	C (97.47%)	D (97.97%)	E (98.59%)	F (99.09%)
2%	—	—	—	—	—	-17.2 °C
5	—	—	—	—	—	-21.8
19	60.0 °C	18.0 °C	10.1 °C	-5.4 °C	-14.8 °C	—
15	—	—	—	—	-18.4	—
20	47.1	6.3	-0.5	-15.2	—	—
25	—	—	—	-17.6	—	—
30	35.0	-1.2	-8.4	-19.8	—	—
40	27.5	-6.2	-13.2	—	—	—
50	22.2	-12.0	-18.8	—	—	—
60	14.0	—	—	—	—	—
70	-0.8	—	—	—	—	—
75	-11.0	—	—	—	—	—

表 二 二

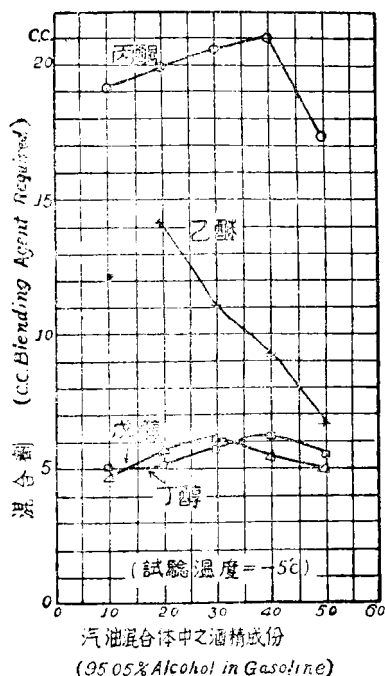
混合體中之酒精成分 (95.05%濃度)	混合體中之水分	混合體中之 純酒精成分	分離溫度
10%	0.495%	9.505%	60.0 °C
20	0.990	19.010	47.1
30	1.485	28.515	35.0
40	1.980	38.020	27.5
50	2.475	47.525	22.2
60	2.970	57.030	14.0
70	3.465	66.535	-0.8
75	3.712	71.288	-11.0

之分離溫度 (Critical Solution Temperature) 經多次試驗，得結果如圖三與表二一、表二二。

綜觀上述試驗結果，可知酒精與汽油之分離，對於水分之存在，大有關係。水分愈多，則分離之溫度愈高。若能增加酒精之成分，則分離溫度可以減低。酒精與水分之比率愈大，則分離溫度愈減低。故若用同量之汽油與酒精，則酒精之濃度愈高，二者之分離溫度愈低，若用固定濃度之酒精，混合於汽油之中，則混入酒精之成分愈多，其分離溫度亦愈低。以此推論，配合混合燃料，可以多用酒精，則分離之困難問題，即可解決。如用酒精百分之七十五（濃度百分之九五·〇五）汽油百分之二十五互相混合，則其分離溫度，可在里氏零度以下十一度，即在冬季嚴寒氣候，亦可以應用，不致發生困難。然多用酒精，燃料之消耗量將增加，不合經濟原則。且能力減低，應用不便。故在外國，對於混合燃料所規定應含之酒精成分，都在百分之二十五左右。

(乙)混合劑之試驗 在混合燃料中，多用酒精，既非所宜，而應用純粹無水酒精，又屬不合經濟，即使可得極廉之無水酒精，待其與汽油混合後，又不能於貯藏時，絕對不使外界之水分滲入。故解決之法，惟有加入第三種溶液，使水分滲入後，汽油與酒精混合體之分子溫度，仍降至極低度，並使汽油酒精不能混和之成分互相混合。此種第三種溶液，名曰「混合劑」。凡可以燃燒，而能溶解於酒精與汽油中之溶質類，均可應用。惟究用何種「混合劑」最為適宜，則有待於試驗。試驗之法乃在某溫度下，以一定容量之酒精（所含水分已預先測定）注入一定容量之汽油內，配成混合體。在此溫度之下，酒精與汽

圖 四



油本不能混合。於是取第三種溶液徐徐加入，使汽油與酒精完全混和至不呈乳白色爲止。試驗結果，比較最適用之混合劑，爲戊醇，丁醇，乙醚，及丙酮等四種，應用之數量及情形如圖四。

觀圖四可見四種混合劑中，以丁醇與戊醇爲最有效。該所試驗所用之酒精，其濃度爲百分之九十五左右。因其較爲普通，一般酒精工廠均能製造。若用百分之九十七以上之酒精，則所需混合劑，更可減少，其結果如表二三。

表二三 混合劑對於酒精與汽油溶解度之關係 (-1°C)

混合體中酒精成份(以容積計) (濃度97.31%)	混合體中汽油成份 (以容積計)	加入混合劑(公分數)		
		丙酮	丁醇	戊醇
10.0	90.0	7.05	1.75	1.71
20.0	80.0	3.75	1.08	1.06
30.0	70.0	1.00	—	—

由此可見施用混合劑後，即可利用普通的精價與汽油混合，且可阻止遇有水分滲入後之分離現象。此次試驗時，曾以汽油酒精與戊醇配合之混合液體，暴露空氣中，俾其吸收空氣中之水分，經長時間之久，雖含水量減少，而汽油與酒精之分離現象，則並未發現。

表二四 汽油內置機之馬力試驗結果

混 合 成 分	工 率		每 分 鐘 所 耗 油 量		備 註	
	馬 力	每 分 鐘 所 耗 油 量	公 升	磅 重		
100%汽油	15.1	1.0	0	332	100	0
90%汽油 + 10%無水酒精	15.1	98.8	+ 1.2	332	100	+ 3
80%汽油 + 20%無水酒精	17.2	94.6	+ 5.4	327	105	+ 5
70%汽油 + 30%無水酒精	11.1	77.7	+ 23.3	330	110	+ 10
60%汽油 + 40%無水酒精	13.5	74.0	+ 25.6	378	149	+ 19
90%汽油 + 10%酒精(98%)	15.9	98.0	+ 7.0	404	126	+ 26
80%汽油 + 20%酒精(98%)	13.9	87.1	+ 12.9	473	147	+ 17
70%汽油 + 30%酒精(98%)	11.1	64.2	+ 35.8	530	167	+ 67
90%汽油 + 10%酒精(95.15%) + 5%戊醇	15.9	87.7	+ 12.3	406	126	+ 26
80%汽油 + 20%酒精(95.15%) + 10%戊醇	16.7	90.5	+ 9.2	371	111	+ 18
70%汽油 + 30%酒精(95.15%) + 6.5%戊醇	11.1	87.6	+ 22.4	373	119	+ 19
60%汽油 + 40%酒精(95.15%) + 10%戊醇	15.1	88.6	+ 11.4	335	121	+ 21
90%汽油 + 10%酒精(95.15%) + 5.2%丁醇	15.1	87.3	+ 12.7	417	129	+ 29
80%汽油 + 20%酒精(95.15%) + 5.5%丁醇	15.2	87.2	+ 12.8	334	137	+ 33
70%汽油 + 30%酒精(95.15%) + 8%丁醇	11.1	81.7	+ 18.3	371	138	+ 33

(丙)汽油內燃機馬力試驗 此項試驗為比較用汽油及用各種汽油酒精混合體在普通汽油內燃機內應用時，其馬力之差異情形，藉以說何種配合成分最為適用。試驗範圍，包括(1)引擎馬力，(2)每馬力小時之燃料消耗量，(3)引擎發動及加速時之情形。試驗結果詳表二四。

以上所述各種混合體，作開車試驗時，其發動及加速，均極迅速。若實地使用，定可不生困難。惟於馬力及每馬力燃料消耗情形方面，頗有出入。大概混合體中所含酒精成分愈多，則馬力愈減，消耗愈增。故應用混合燃料時，若多用酒精，則非特馬力減低，且亦不經濟。試觀應用無水酒精加入汽油後之試驗結果。倘用無水酒精百分之十至二十，則馬力之減少，與燃料之消耗，較全用汽油時相差不大。若用無水酒精達百分之三十至百分之四十，則馬力銳減，消耗激增，能力不足。如用普通百分之九五·一五之酒精加入汽油，而用戊醇或丁醇為混合劑，則因戊醇或丁醇本身有極大能力，且有誘導之作用，故混合體中雖含有較多之水分，於開車時，馬力與消耗之變化情形，反較含有較少水分而無混合劑之混合體為優良。在各種不同配合成分之中，以汽油百分之七十，酒精(95.15%)百分之三十，及戊醇百分之六·五之混合體，所生之馬力工率為最高，幾可如全用汽油時。至於每馬力燃料之消耗，亦不過較全用汽油時多耗百分之十耳。

三 酒精代替汽油之開車試驗

此項試驗所用汽油內燃機，為六汽缸防濶克牌(Pontiac)汽車。

所用酒精係中國酒精廠出品，濃度為百分之九七·〇八（以容積計）。混合燃料之配合成分為汽油百分之七十與酒精百分之三十，再加戊醇百分之六左右。以前該所試驗各種混合燃料，所用酒精之濃度，為百分之九五·一五，此次應用百分之九七·〇八之酒精，本可少加戊醇，但為鄭重起見，仍用百分之六左右，俾無論氣候有何變化，亦不致發生分離現象。

第一次開車試驗於二十四年十一月二十九日舉行，由該所開往靈谷寺等處，計行二十英里半，共耗去混合燃料七·四加侖，是平均每加侖約可行九·五三英里。同時該車全用汽油作每距離之間行，每加侖純粹汽油可行九·九六英里。是則應用混合燃料，其消耗僅增百分之四·三二。開車後加其及起坡，並未發生困難，是可見混合用汽油或用混合燃料，所得之馬力相差無幾。此次試驗用配合燃料之成分，分配如下：

酒精(97.08%)	30.8%
汽油(飛馬牌)	68.8%
戊醇(工業用)	5.4%

第二次開車試驗，在二十四年十二月十八日，是日氣候嚴寒，行程係由江南汽車公司至湯山往返一次，共三十六英里半，情形正常，沿途越過大小斜坡凡五十餘次，並無困難。開車速率，平均每點鐘二十八英里。至於燃料之消耗，更較第一次試驗為省，平均每加侖可行一二·二英里，此蓋因長距離開行之故。此次所用混合燃料之分配情形如下：

酒精(97.08%)	29.6%
------------	-------

汽油(飛馬牌)	66.2%
戊醇(工業用)	5.8%

綜觀兩次開車試驗之結果，甚屬滿意，故可證明平常駛用之汽車中，實際上酒精確可與汽油混合應用。

四 酒精代替汽油在我國實施之可能

解決我國液體燃料問題，治本之計固多，如儘量開發油礦或應用煤爲原料使之氫化以成汽油等，惟着手均較困難。治標之計，如採用酒精與汽油爲混合燃料，則極易着手。歐美諸國，除英美兩國外，均已實行強迫以酒精與汽油混合使用，我國似亦應採同樣政策，由政府統制酒精與汽油之買賣，強迫以酒精代替一部分汽油。

我國汽油之由國外輸入者，年達三千萬加侖。若一旦能實行以酒精代替一部分汽油，即以百分之二十五計，則每年需用之酒精，將達七百萬加侖之多。目前我國最大之酒精廠，爲上海中國酒精廠，每年可出酒精三百萬加侖，可供給應需數量之半。是此項政策，對於中國自製酒精之銷路，必可推廣，亦發展酒精工業之唯一途徑也。

或謂混合劑由何而來，中國有無此項藥品。其實若貯藏時能特別加以注意，不使水分滲入，則混合劑僅須於冬季加入，其他春夏秋三季，均可不必。據此次試驗結果，各項混合劑中，以戊醇或丁醇爲最佳，於酒精汽油混合體中祇需加入百分之五已足。查酒精廠中所出之雜醇油(Fusel Oil)其中含有戊醇約合百分之五十，丁醇約百分之十，故直接應用雜醇油爲混合劑亦無不可。欲使人民便於應用起見，酒精製造廠中，一至冬季可將雜醇油加入酒精中(其比率可計算

而得一，然後直接售銷市，稱爲動力酒精 (Power Alcohol)。人民購之，即可直接加入汽油箱內應用。若酒精檢內所產雜醇油猶嫌不足，則更可設法自製正醇與皮醇，專供作混合劑之用。

總之，酒精汽油混合應用政策，確應在我國從早實施，所有技術上一切困難問題，均可一一設法解決。苟能多用一加侖國產酒精，即可少用一加侖舶來汽油。此關係國防及工業，均非淺鮮，國人幸勿注意焉。

附註：上項試驗係擇其特種燃料與汽油。

第三章 酒精代替汽油之試驗二*

一 各級濃度酒精與汽油之溶解性

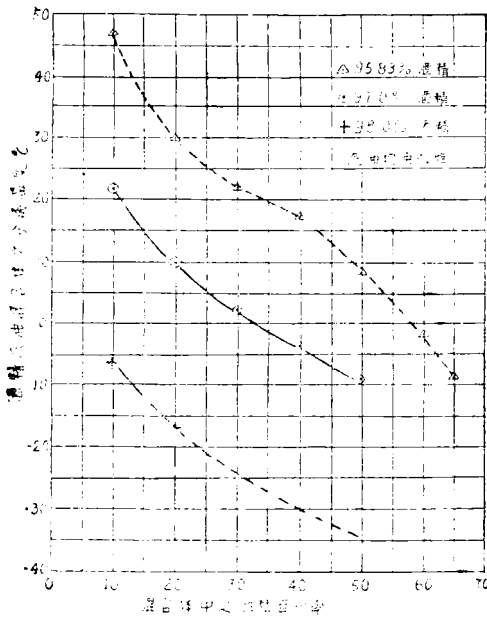
在本項試驗第一次報告中，關於酒精與汽油之溶解度，已將試驗結果，詳加報告。吾人知酒精與汽油之溶解度，與水分存在之多寡，最有關係。酒精與汽油混合時，因水分之過多，致失去相互溶解性，則發生分離現象。此種發生分離現象之溫度，謂之混合體之分離溫度。故混合體之分離溫度，實所以測定酒精與汽油之溶解性。酒精代替汽油辦法中之最要問題，即在於減低混合體之分離溫度，雖在冬日，此項混合燃料，仍可應用無阻。設用一定之酒精與汽油配合成分時，酒精之濃度愈高，則分離溫度愈低，此因水分減少之故。若用固定濃度之酒精與汽油混合時，加入酒精之數量愈多，則分離溫度亦愈低。然混合體中多用酒精，於代替汽油時，燃料之消耗量，將較

* 原文爲酒精代替汽油之試驗(二)，劉德珍，載工業中心第六卷第九期。

表二五 各級濃度酒精與殼牌汽油混合後之分離溫度

酒 精 (中國酒精廠)	汽 油 (殼牌)	混 合 體 之 分 離 溫 度		
		95.83%酒精	97.00%酒精	98.00%酒精
10%	90%	47.0 °C	22.0 °C	- 6.5 °C
20	80	30.0	9.8	-17.0
30	70	22.5	2.0	—
40	60	17.5	-3.8	—
50	50	8.4	-9.0	—
60	40	-1.2	—	—
65	35	-8.5	—	—

圖 五



純用汽油時，增加甚多，且汽車動力，亦因之減少。以是之故，世界各國之酒精汽油混合燃料，其酒精含量，大都在百分之二十五左右。酒精與汽油之配合成分，既如是受限制，則欲減低其分離溫度，除加混合劑外，惟有增加酒精之濃度。茲為求明瞭起見，

將亞細亞牌廠製成之汽油，配成各級濃度，與各種白酒混合，然後測其分離溫度。此種結果，詳表二五及二五，與前章中表者，甚相符合。且由圖可知佳特汽油之濃度在 40% 以上，亦常顯含酒精之應均可以容許計，即可在冬季不發生分離現象。而由圖中亦加入混合。

二 市售三種汽油與酒精之溶解性

我國市上通行之汽油有美孚牌、殼牌、亞細亞牌三種，其性質亦不一。此三種汽油之性質，由下列幾個試驗中，即可知其不同。故與同樣濃度酒精混合後之性狀，當然亦不能相同。其試驗結果之表，即在其間。同種濃度酒精混合時之分離溫度之差異。從圖中可見，將美孚牌、殼牌、亞細亞牌三種市售汽油與上海中國牌酒精分別混合後，作個別之分離溫度測定，此項測定結果錄入表二六。一檢此表，可知美孚牌或殼牌汽油與酒精混合後之分離

表二六 市售三種汽油與酒精混合時之分離溫度

酒精 (%)	汽油			
	美孚牌	殼牌	亞細亞牌	上海中國牌
10%	5.0	10.0	17.0	21.0
20	10	21.7	21.0	25.0
30	19	22.0	22.5	26.7
40	60	15.0	17.5	17.6
50	50	9.5	8.0	12.4
60	40	— 2.0	— 4.2	— 3.0
65	35	— 1.5	— 5.5	— 3.0

溫度，大致相仿，而德士古汽油與酒精混合後之分離溫度，則均較前兩種為高。分離溫度之高低，固不足以為汽油品質優劣之論斷，惟德士古汽油與酒精之溶解性，較其他兩種汽油為差，則為顯而易見之事實，幸其相差尚不多耳。

三 普通酒精代替汽油時加入混合劑之研究

在不用混合劑時，代替汽油之酒精濃度，須在98%以上，已詳前節。惟按市上酒精之濃度，最普通者為百分之九十五，鮮有能超過九十六者。故欲用普通酒精以代替汽油，而使其與汽油混合後之分離溫度降低，則惟有於混合燃料中，另行加入一種混合劑。混合劑之作用，在使酒精與汽油於不能混合之溫度而能混合，易言之，在使混合體之分離溫度降低。此與水分於混合體之作用，完全相反。蓋水分之存在，能使混合體之分離溫度加高，故水分可稱為分離劑。據作者試驗結果，乙醚、苯、丙酮、丁醇、戊醇等均為混合劑，而以戊醇為最有效。此項結論，與 Ormandy 及 Craven 兩氏(註一)所稱，不期而合。茲用戊醇為混合劑，取95.83%之酒精與美孚或殼牌汽油混合，將分離溫度固定在 -5°C ，而測混合劑之需用量。此項試驗結果，詳表

表二七 戊醇用作混合劑之試驗(分離溫度： -5°C)

酒 精(95.83%)	汽 油	戊 醇	
		用美孚飛馬牌 汽 油 時	用 殼 牌 汽 油 時
10c.c.	90c.c.	4.3c.c.	4.8c.c.
20	80	4.3	4.8
30	70	4.2	4.6
40	60	4.2	4.5
50	50	3.9	4.5

二七.

由表二七可知與百分之九五·八三濃度之酒精與汽油混合時，若用少許戊醇為混合劑，則混合體之分離溫度，可降低至 -5°C ，混合體中之酒精成分愈增加，混合劑之加入量愈可減少，惟所差並不顯著也。至於用不同汽油時，混合劑加入量亦略有出入，譬如用殼牌汽油時，混合劑之用量是較之用美孚飛馬牌汽油時，可多加半 c.c. 之譜。若用德士古汽油時，混合劑之加入量，經實際試驗，但可決定其較其他為多。

至於戊醇之來源，除向國外定購外，可利用國內酒精廠所出之雜醇油，其含量含酒精僅量千分之五，中國酒精廠之雜醇油中，百分之四十七為戊醇，百分之十一為丁醇，二者均可充作混合劑。茲將應用雜醇油充作混合劑之試驗結果錄下：

表二八 雜醇油充作混合劑試驗，分離溫度： -5°C 。

酒 精 (%)	戊 醇 (c.c.)	分 離 溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)
20cc.	0.5	1.00cc.
30	1.0	10.57

由上表可知若用酒精廠中之雜醇油為混合劑，則所需量將較應用戊醇時，增加二倍有奇。

四 酒精汽油混合燃料之蒸餾試驗

液體燃料用 A. S. T. M. 法蒸餾試驗，為確其性質之重要檢定方法。A. S. T. M. 法蒸餾之總之意義，已詳述前及 Alder 兩氏法已詳述。普通向售之汽油之蒸餾情形，根據美國材料標準試驗方

法，今得其蒸餾結果如表二九。三種汽油之開始蒸餾點為44—46°C，其終點為200—202.5°C，自蒸餾率百分之四十起，德士古汽油之蒸餾溫度，均較其他兩者為高，此點及其與酒精混合後分離溫度之增加，恰相符合。純粹酒精（95.83%）之蒸餾試驗結果詳表三十中，其開始蒸餾點為78°C，其終點為97°C（無水酒精蒸餾時常常在78°C），假牌汽油與純粹酒精之蒸餾試驗結果，若以圖六表明之，則可知其絕不相同。

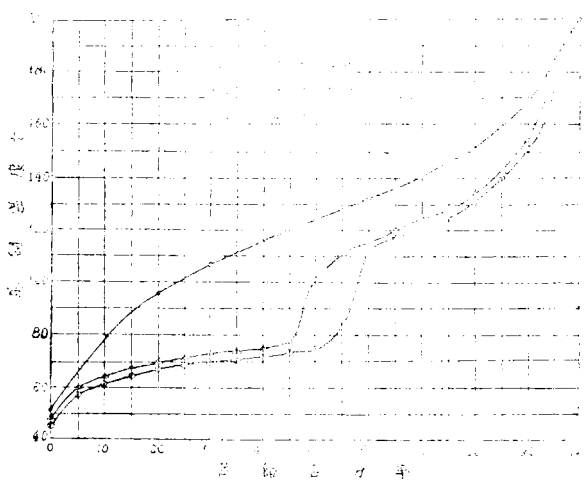
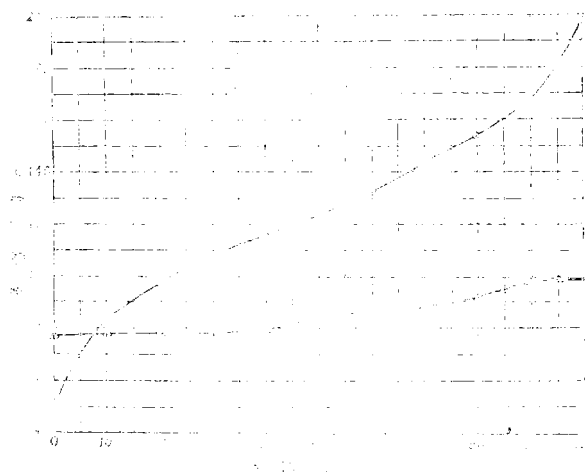
表二九 市售三種汽油之蒸餾試驗結果

蒸餾百分率	蒸 餾 溫 度		
	美孚汽油	殼牌汽油	德士古汽油
起 點	45°C	46°C	44°C
10	79	83	79
20	85	97	91
30	106	106.5	105
40	115	115	117
50	123	123	127
60	132	132	137
70	140	143	147.5
80	151	153	160
90	167	167	176
95	181	182	191
終 點	200	200	202.5

普通汽油與純粹酒精之蒸餾試驗結果，已如上述。酒精與汽油混合體之蒸餾試驗情形，究竟如何，為吾人所急欲知者，茲將兩種酒

種汽油混合體之蒸餾試驗結果，記載於表六中。第一種之酒精成分爲 18%，第二種之酒精成分爲 22.5%，其項油之密度甚高，以容計算含有酒精 58.05%，係由煤油及酒精之混合物供給，以備實地開車試驗之用。兩項結果，並繪入圖七中，同時將美孚汽油之蒸餾試驗結果，亦繪入圖中，以資比較。

圖 六



表三十 酒精及其混合體之蒸餾試驗

蒸餾百分率	蒸 餾 溫 度		
	酒精(95.83%)	18%酒精(98.65%) + 82%美孚汽油	22.5%酒精(98.65%) + 77.5%美孚汽油
起 點	78 °C	47 °C	46 °C
5	78	60	59
10	78	64	62
15	78	67	65
20	78	69	68
25	78	71	70
30	78	72	71
35	78	73	72
40	79	75	73
45	79.5	77	74
50	84	101	77
55	86	111.5	83
60	88	114.5	114
65	88	119.8	118
70	88	123	123
75	88.5	127	126
80	90.5	133.5	132
85	93	142	140
90	95	155	150
終 點	97	173	175.5

由表三十及圖七，可見酒精汽油混合體之蒸餾情形，與汽油或純粹酒精之蒸餾情形，迥然不同「酒精平線」(Alcohol Flat)之特

殊現象。第一，於混合形顯著。用普通汽油（達10%蒸餾百分）時，蒸餾溫度為77°C，用純酒精時，達此百分率時，其溫度為78°C，而酒精汽油混合體達此百分率時，其溫度反降至69—71°C，再觀在蒸餾百分率達40%時，汽油之沸點溫度為115°C，純酒精之蒸餾溫度為79°C，酒精汽油混合體之蒸餾溫度則為79—75°C，均較汽油及酒精為低，故原其故，蓋當酒精汽油混合蒸餾時，在蒸餾百分率增多以前，蒸餾物大部分為酒精與汽油中低級碳氯化物之混合體，此種混合體之氣壓，較汽油或酒精均高，故其沸點均較汽油或酒精為低。此種混合體沸點常數（Constant Boiling Point）之測定，已由前人發表（註）（參見表三一）。

表三一 酒精及低級碳氯化物之沸點
（純酒精之沸點：78°C）

低級碳氯化物	低級碳氯化物沸點	混合體沸點常數	混合體酒精百分率
甲 乙 烷	-80.75°C	61.0°C	10.0%
乙 乙 烷	-22.7	65.7	25.0%
丙 環 乙 烷	-1.5	69.7	35.0%
正 丙 醇	35.15	73.0	50.0%
甲 乙 醇	119.6	75.7	75.0%
乙 醇	78.2	78.3	100%

再觀表三十一，第一種之酒精汽油混合體，18%酒精，酒精量極之現象，在蒸餾百分率增多以前，至為顯著。在第二種之酒精汽油混合體，29.5%酒精，酒精量極現象，則增至蒸餾百分率50%以前。因此可見混合體中加入之酒精百分愈多，則酒精量極現象愈形顯著而愈

如延長。若是而言，則菲列濱應用酒精汽油混合體中酒精之成分(註三)，均在百分之六十以上，則此種現象，當更為顯著。為證明起見，作者曾將菲列濱應用之兩種酒精汽油混合體(Gasanol 及 Gastarla)加以蒸餾試驗，此項結果詳表三二，由此表中即可證明此點，蓋酒精平線之現象，均已延長至蒸餾百分率80%左右故也。倘若再增加混合體中之酒精成分，則酒精平線現象，當更加延長。故若加入之酒精成分為百分之八十，此種現象，經他人試驗後(註四)知可延長之蒸餾百分率至90%以上。

表三二 菲列濱酒精汽油混合體之蒸餾試驗結果

蒸餾百分率		蒸 餾	溫 度
		Gasanol (65% 酒精)	Gastarla (60% 酒精)
起 點		54.0	57.0
10		72	72.0
20		74.8	74.0
30		76.0	75.0
40		77.2	76.0
50		78.0	77.0
60		78.7	78.0
70		79.0	78.2
80		79.5	79.0
90		98.0	80.5
95		124.0	152.0
終 點		254.0	179.0

五、酒精汽油混合燃料之開車試驗

在本章中，已將兩次開車試驗結果報告。配合成分，為酒精百分之三十五，其濃度為97.08%。此次之開車試驗，係用高濃度之酒精，其容量計為98.05%配合成分，兩種汽油則均用美孚牌。第一種加入18%之酒精，第二種加入22.5%之酒精。此項高濃度之酒精，係由上海中國酒精廠供給，出廠以前，酒精內曾加入百分之十之汽油，作為可燃劑（Demarcant），故此項代替汽油之酒精，在本章中為便利起見，即名之曰動力酒精，其成分如下：

酒精（濃度98.05%） 10%（以容量計）
汽油（美孚） 10%（以容量計）

表三十三 酒精汽油混合燃料開車試驗之一

配合成分為每四加侖汽油加入一加侖動力酒精

日 期	每加侖酒精濃度%	行駛里程	百公里耗油數	備 註
27年12月14日	16	120.8	11.11	第一加侖
13	17.0	123.45	10.5	
14	17.0	123.33	10.5	
15	20.5	123.25	10.5	
16	17.5	123.48	10.5	
17	18.0	123.48	10.5	
18	18.0	122.72	10.5	
共 計 7日	19.0加侖	1293.64公里	平均8.5加侖	

此次開車試驗，係由該所會同南京江南汽車公司辦理，由該公司指定 Reo 牌 114 號公共汽車為試車之用。該車向係行駛於新街口至陵園間，專供載客之用。此項試驗，用第一種配合成分者（動力酒精 20%，美孚汽油 80%）計七日，用第二種配合成分者（動力酒精 25%，美孚汽油 75%）計九日，而純用美孚汽油俾供比較者計十一日，故此項開車試驗共計有一月之久。茲將此項試驗結果列入表三三至表三五，而於表三六中，列入總結果。

表三四 酒精汽油混合燃料開車試驗之二
（配合成分為每三加侖美孚汽油加入一加侖動力酒精）

日 期	混合燃料消費量	行駛里程	百公里用汽油率	附 註
25年12月29日	6.0	84.00	7.14	試 車
30	22.0	256.72	8.50	
31	13.0	159.48	8.10	
26年1月1日	18.0	178.48	10.08	建廠修車
2	17.0	184.76	9.22	
3	15.9	168.90	10.71	
4	7.0	62.24	11.24	
5	7.0	89.24	8.72	
6	16.0	176.48	9.14	
共 計 9日	124.0加侖	1373.00公里	平均9.03 加侖	

表三五 美孚汽油開車試驗結果

日 期	汽油消費量	行駛里程	百公里用油率
10年11月10	18.5	210.5	8.79
11	20.8	237.72	8.75
12	20.5	230.72	8.91
13	19.5	221.5	8.80
14	20	226.2	8.84
15	19.5	222.75	8.75
16	20.0	225.71	8.86
17	17.5	211.45	8.28
18	21.5	241.11	8.92
19	21.5	241.11	8.92
20	21	237.5	8.84
平均(10日)	19.57公升	195.75公里	平均8.84公升

表三六 酒精汽油混合燃料與純汽油的開車試驗之比較

燃 料 比 例	酒精消費量	汽油消費量	行駛里程	百公里酒精消費量	百公里汽油消費量
酒精(18.5%) 汽油(81.5%)	1.5公升	11.5公升	121.5公里	1.24%	9.47%
18.5%	1.5	108.09	1233.64	8.92	8.84
22.5%	1.75	121.06	1273.55	8.63	8.84

由表三五至表三六，可知酒精汽油混合燃料，若加入 18% 之酒精，則每百公里之燃料消費量，幾與用純粹汽油時無異，若加入酒精

22.5%，則燃料消費量與用汽油時比較，約須超出百分之九。由此可見混合燃料之配合成分，酒精不宜加入過多，應在百分之二十左右，庶幾能達到經濟方面代替之目的。至於酒精加入汽油後，在七日至九日時，往往發現引擎乏力，迨進廠拆看，則見引擎中凡而桿脚被煤灰所結，必須加以清理，始可再用，此係美中不足之處。是否係不完全燃燒所致，一時尚難斷定。然而此次開車試驗，係在冬季嚴寒之時，開動引擎，加速上坡，均未發生任何障礙，可與平常用汽油時無異。且此項混合燃料，雖在冬季，經一月之久，始終未曾發現分離現象，而亦並未採用任何混合器或機械設備，足徵應用高濃度酒精之可取。

六 結論

此次試驗先將各級濃度酒精與市售三種汽油之相互溶解度，作進一步之探討，並知市售汽油之種類（美孚、殼牌、德士古三種）與酒精混合燃料之分離溫度，稍有影響。普通濃度（96%左右）之酒精，如欲代替汽油，必須加入混合劑，而以戊醇為最有效，雜醇油亦可代之，惟加入量須增多。

酒精汽油混和燃料之蒸餾情形，曾根據 A. S. T. M. 法詳加試驗，證明酒精平線之特殊現象。凡加入酒精成分愈多，則此種現象愈形延長，菲列濱兩種普通之燃料，亦曾作同樣試驗。

酒精代替汽油之開車試驗，該所曾請江南汽車公司在前年冬季用載客公用汽車，加以試驗。第一種混合燃料，含有 18% 之酒精（濃度 98.65%），行使時期為七日。第二種混合燃料含有 22.5% 之酒精

(濃度98.65%)，行駛時間為九日。與同一汽車應用完全汽油時燃料消費量之比較，前者僅增加0.5%，後者增加8.7%。除引擎中凡而桿脚，行駛數日後積有煤灰，須加清理外，其他情形雖在冬季與平時全用汽油時無異，混合燃料亦無分離現象。於此可見在冬季之酒精代替汽油辦法，若酒精用高濃度之酒精至98.6%以上，同時混合燃料之所含水分，酒精加入量在20%以下，必可得完美之效果。酒精代替汽油辦法中最難之點，即在冬季進行，全年可短行無礙，則在夏季，自當更照同樣奏。

引用書報

- (註一) W. R. C. and A. H. C. Chemicals Ltd., "The Motor Fuel" (1934)
- (註二) Nash, A. L., "The Principles of Motor Fuel" (McGraw-Hill, London, Vol. I, 2e) (John Wiley)
- (註三) 劉地珍：調查車列酒精代替汽油之實際情形，工業中心第五卷第五期
- (註四) L. M. Christensen, R. M. Hixon, R. F. Johnson, "Alcohol as a Fuel", *Journal of Science*, VIII, 237 (1934)

第四章 非列賓酒精代替汽油辦法

解決我國之液體燃料問題，人人而知其為當今急務。治本之計固屬重要，而應急切之需要，則不得不先適當之代用品。所謂「一滴石油一滴血」，非特戰時如此，平時亦何獨不然。

*原文為調查非列賓酒精代替汽油辦法，劉地珍，載工業中心第五卷第五期。

液體燃料中石油精煉品以外，常推酒精。是以歐洲各國，鑒於石油來源之缺乏，早已採用酒精以代替一部分之汽油，而由政府強迫施行。迄今已經政府強迫施行之國家，計有德、法、意、奧、瑞典、捷克、匈牙利等國。其加入酒精之多寡，雖視各國之法令而異，惟平均約為百分之二十五左右，目的在求液體燃料一部分乃至全部分之自給。

中國之酒精工業，以前雖有少量之製造，但直自實業部與僑商合作籌辦中國酒精廠以後，各地酒精廠之設立，始有風起雲湧之勢。中國酒精廠之每年產量，在三百萬加侖以上。繼而北平、山西、陝西、青島、湖南、廣東、廣西等處，亦均有酒精廠之設立。實業部籌辦中國酒精廠之目的，一方面在建立一個新興工業之基礎，另一方面，欲解決一部分液體燃料之自給。故在過去兩年中由中央工業試驗所與中國酒精廠合作，着手研究此項混合燃料之使用，同時調查各國實施方法，以資借鏡。並以菲列濱對於酒精代替汽油，實施有年，故於今歲七月，派作者前赴菲島，調查該處酒精代替汽油之實施情狀，俾供我國之參考。

一 菲列濱液體燃料消費之概況

菲列濱之液體燃料，以汽油為主，酒精輔之。汽油向由美國供給，每年約在四千萬美加侖之數。茲將最近五年來之進口統計，列如表三七。

酒精之充作液體燃料，在菲島始自一九二三年，而盛於一九二八年以後。故菲島酒精代替汽油之推行，不過近十年內事。查菲島之

表三七一 暹羅五年來之汽油進口統計

年 分	英 加 倫 敦
1931	7,317,000
1932	31,850,000
1933	24,200,000
1934	27,110,000
1935	41,000,000

酒精工業，本極發達，其所用主要原料為棕樹(Nife Palm)之汁，迨酒精代替汽油在暹羅實施後，其酒精之酒精工業，益臻重要與發達。而以糖廠中蒸餾之酒澆(Alcohol)為原料，是精澆在酒精中，視之為廢物，既可利用以製酒精，則亦未自必耗費。一九三三年，暹羅之酒精製造廠，共有七十家，而以糖廠製造酒精者，有十四家之多。

暹羅每年之酒精產量，若以無水酒精計算，約在七百萬英加倫以上。其中百分之八十以上，係供作液體燃料之用，於此可見酒精代替汽油問題在暹羅成現之一斑。把五年來暹羅酒精之產量，及充

表三八 暹羅酒精產量及其用作液體燃料之消費

年 分	酒精總產量 (以公噸計)	用作液體燃料 (以公噸計)	百分比
1931	3,177,000	2,110,000	87.0
1932	4,455,000	3,075,000	69.0
1933	5,981,000	4,270,000	72.5
1934	8,000,000	6,155,000	77.1
1935	6,910,000	6,070,000	87.8

作液體燃料之銷數，詳表三八。

由表三七中汽油進口之統計，與表三八中酒精代替汽油之數字，若均以美加侖計（蓋原表中汽油以美加侖計，而酒精則以英加侖計），則可計算汽油與燃料酒精消費之比例，茲列入表三九中。

表三九 汽油與燃料酒精消費之比較

年 分	汽 油 消 費 量	燃料酒精消費量	比 率
1931	38,400,000美加侖	2,415,000美加侖	6.28%
1932	31,550,000	3,690,000	11.60
1933	24,200,000	5,125,000	21.20
1934	27,150,000	7,750,000	28.56
1935	41,900,000	7,290,000	17.40

由上表，可明酒精代替汽油之數量，自一九三一年起，逐年增進，至一九三四年，汽油與酒精充作液體燃料之銷數達三與一之比。易言之，菲列濱之汽油燃料，汽油佔四分之三，酒精佔四分之一。

二 酒精汽油混合燃料之實施情形

菲列濱之酒精燃料，應用於內燃機中以代替汽油者，可分為兩種。其一為酒精汽油混合燃料，即以酒精百分之六十以上，加入汽油，以充汽車之燃料；其二為完全酒精燃料。酒精汽油混合體，常應用於小汽車、公共汽車、及大客車中。完全酒精燃料，大都用於運貨車，及農村糖區各種內燃拖重機（Tractors）中。

在菲島通行之酒精汽油混合體，計有兩種，其俗名為 Gasanol 及

Gastarla 每種之成分、市價、製造公司名稱、及每年消費量，均詳表四十一。

表四十一 馬尼拉之酒精汽油混合燃料

	Gas		Gastarla
製 造 公 司	La Yndiana, Inc.		Central Almacena de Tarlac
成 分	酒精 (酒精)	65	酒精 (酒精)
	汽油	27	汽油
	乙醇	8	苯
	柴油	8	
市 價	每加侖高辛烷值		每加侖高辛烷值 (每加侖)
每年消費量	1,000,000 加侖		1,000,000 加侖
	(1,000,000 美加侖)		(1,000,000 美加侖)

表四十二 1931-1934 年消費量

年 分	消費量以美加侖計	年 分	消費量以美加侖計
1931	1,000,000	1933	1,100,000
1932	1,000,000	1934	1,100,000
1933	1,100,000		
1934	1,100,000		

第一種混合燃料 (Gastarla) 之製造公司，自行設立油站於馬尼刺 (Manila) 城，專售此種混合燃料及完全酒精燃料。此種油站，與普通銷售汽油者無異。該公司將各種酒精代替品按成分配製，然後用桶車 (Tank Wagon) 運往各油站，直接銷售，並由該公司設無站供給機關，專為五官能機之用。如是則應用此種混合燃料

料後之機械困難問題，均可一一消除，而可使顧客對於此種新燃料之信仰益堅。故自一九三一年後，Gasanol 之銷路，突飛猛進，於表四一中可以見之。

由表四一，可見自一九三二至一九三四年三年間 Gasanol 之平均消費量，每年在一百二十萬英加侖左右。聞當時銷售此項混合燃料之油站，在馬尼刺城，有十五處之多。考其所以能暢銷之故，燃料性質之優越，與汽油相頡頏，固為一因，而此項混合燃料售價之低廉，實為其重大原因。蓋當時汽油之市價，每英加侖在一元五角左右，而 Gasanol 之市價為八角，相差幾及一倍。至一九三五年前，以汽油商與酒精業之競爭，汽油價格屢跌。至今日每英加侖汽油僅售一元〇二分（以美加侖計僅售八角餘），而 Gasanol 之市價為每英加侖八角七分，故近年此項混合燃料之銷路，不免受汽油之跌價而減少也。

第二種混合燃料(Gastaria)，係專供黃色公共汽車公司 (Yellow Taxi Company) 中公共汽車之用。其批發價為每英加侖六角八分，而並無油站零售。因與黃色公共汽車有合同關係，故價格特廉，而銷路亦不致受汽油跌價之影響。

綜計兩種酒精汽油混合燃料，每年消費總量，為一百七十萬英加侖。其中百分之六十以上為酒精，故酒精用以代替汽油之量，每年當在一百萬英加侖以上也。

三 酒精汽油混合燃料使用上之技術問題

酒精代替汽油之成功，不僅繫於酒精價格之貴賤，而須視酒精

汽油混合體之燃料價值如何以爲斷。混合體之燃料價值，須視其採用時技術上有無困難問題而定。

汽油混合體之燃料使用上之技術問題，在菲列濱已有不少之研究與試驗。其最著者，當推菲列濱大學農業工程系博學教授拉拔（Dr. H. C. Raper）之研究。同時該校機械工程系伊登教授（Dr. F. L. S. Eden）關於腐蝕問題之研究，與La Londona酒精燒機工程師拉格（Mr. H. E. Raper）氏之開車試驗，均有相當價值。今摘要分述之。

（甲）動力：拉拔教授用酒精及汽油汽車之試驗，其估計酒精混合體所能得到之動力，與採用汽油時無異。若以當時所得之研究酒精及汽油時所得之馬力數，一部分之結果詳表如下。

表四二：酒精及分對最高動力之數值

酒精量 (%)	酒精量 (磅多)	動力(馬力)	百分率 (%)	制輪馬力 (馬力磅)	百分率 (%)
10	1	22	100	26.5	100
9	10	22.7	101.8	26.4	99.2
8	20	23	98.7	26.1	98.1
7	30	23	100.2	26	97.3
6	40	24.7	102.0	26	97
5	50	25	102.5	25.8	97
4	60	25.5	103.5	26	97
3	70	24.5	103.7	25.9	97
2	80	25.5	103.5	25.8	97
1	90	25	103.7	26	97

(乙)燃料消耗 燃料之消費量，與負荷 (Load) 及速度有密切之關係。在全負荷 (Full Load) 情形之下，不論速度之高低，酒精百分之二十時之混合燃料消費量，反較完全汽油為省。若增加混合體中之酒精成分，則燃料之消費量亦將增加。在酒精成分增加至百分之七十時，混合燃料之消費量須較用完全汽油時高出百分之二十以上均係全負荷時之情形，據梯屋獨拉教授之試驗，其結果詳表四三。至若負荷減輕，則消費量更應增高。

表四三 在全負荷時之燃料消費量

燃料成分		燃 料 消 費 量			
		2000 R. P. M.		1000 R. P. M.	
汽 油	酒 精 (%)	磅 制 驗 馬 力	百分比	磅 制 驗 馬 力	百分比
100	0	0.676	100.0	0.674	100.0
90	10	0.625	92.3	0.675	100.2
80	20	0.592	87.2	0.606	89.9
70	30	0.680	103.6	0.676	103.2
60	40	0.699	106.5	0.715	106.1
50	50	0.725	110.5	0.748	110.9
40	60	0.770	117.4	0.758	112.4
30	70	0.783	119.4	0.798	117.2
20	80	0.840	128.0	0.865	128.3
10	90	0.890	135.6	0.918	136.1

(丙)抗機噠性 酒精富有抗機噠性，故酒精汽油混合體之使用，即可免除汽車引擎之機噠。特別在低速度時，以汽油為燃料，機噠現

象甚爲顯著，惟若應用混合體後，即可絕對免除。（按星格登數可以測定揮發力之程度，普通汽油之星格登數約爲六十，加入百分之二十之酒精後，則可增至七十四以上。）

（二）發動與加速（酒精之氣壓，在普通溫度下，較汽油低四分之一，故在冬季時之發動與加速，常感困難。所幸菲列賓地處熱帶，氣溫終年約在華氏六十度以上，合攝氏十五度，故此種困難，不致發生。且菲列賓所用之混合體，無專用混合劑，而酒精與汽油，在實際溫度時，並不致有分離現象。以混合體中之酒精成分頗富，故於發動時，須將火花置於前進地位。）

（三）化氣器之調節（酒精汽油混合燃料，在菲列賓均直接應用於任何汽車中，化氣器（Carburetor）須稍加調節。在於應用酒精之混合體時，可將化氣器之進空氣門，關閉少許，即可調節至混合燃料發生最大馬力之情形。）

（四）蒸餾問題（打伊登及提之試驗，證明（五）十在凡汽車中經六年之久，其無現象，並不顯著。惟車後之汽油箱實係以厚鋼製者爲宜，因鐵製汽油箱易腐爛也。

四、完全酒精燃料之實施情形

酒精化學燃料運動中，在菲島之最大成功，一經完全應用酒精，以代替汽油。查自一九二三年起，完全酒精燃料，已首先應用於兩個糖園（Columbia Sugar Estate & Dampanga Sugar Estate）現今製糖區域，有平山糖廠製成之純粹酒精燃料，達四百二十萬基加侖之多。而政府對於飲料酒精，課稅極重，故酒精用作汽車燃料時，

必須變性，變性後始可免稅。糖區中所用之純粹酒精燃料，即以汽油爲變性劑，其成分如下：

酒精(96%，容量計)	98
汽油(作變性劑用)	2

此項變性後之酒精，俗稱“Alkohol”。其在製糖區之成本，因利用糖漿爲原料，故每英加侖之成本僅合四角二分。惟應用純粹酒精於汽車中，其每哩之燃料消耗量，須較汽油多出百分之二十五云。

在馬尼刺城之 La Tondena 公司，造出一種變性酒精，俗名“Motor Fuel A”。其中變性劑爲乙醚，其成分如下：

酒精(96%，容量計)	95
乙醚(作變性劑用)	5

此項變性酒精，由該製造公司自設之油站銷售。每英加侖之市價爲七角六分，每年約可銷五十萬英加侖左右。

總計上述兩項之變性酒精燃料，每年應用以代替汽油者，年達五百萬英加侖之多。此項變性酒精，非特可以代替汽油，在菲島且已用以代替煤炭，以供火車之用矣。

五 變性劑征稅及法令

菲政府准用於酒精之變性劑爲汽油或乙醚。凡酒精變性後，用作汽車燃料，即可免稅；惟經售是項燃料之公司，須付百分之十五之銷售稅(Sales Tax)而已。吾人須知汽油與乙醚，均爲有用之燃料，故名義上雖用爲變性劑，實則仍可得其燃料之價值。

菲政府雖鼓勵酒精代替汽油，惟迄今尙無正式法令公布，以強

制使用。數年前國會中曾有強制執行法令之建議，以美國汽油公司之反對，惜均未獲通過。惟現今菲島政治自主以後，政府極力鼓勵國產酒精之銷用，以避汽油與酒精劇烈之競爭，政府欲真正鼓勵酒精汽油混合燃料之推行，勢將頗有強制執行之法令。

六 結 論

酒精之可以代替一部分或全部分之汽油，在菲列濱實施已見成功。菲列濱每年之酒精產量為七百萬英加侖，其中百分之八十以上，係用作代替汽油之用。若供完全代替汽油用者，有五百萬英加侖，與汽油混合應用者，有一百萬英加侖。共計六百萬英加侖，與汽油之消費適成三與一之比。菲島應用之混合燃料，其中酒精成分，達百分之六十至六十五之多，酒精濃度為容量百分之九十六至百分之九十八。

菲政府鼓勵酒精代替汽油之實施，不遺餘力。凡經變性之酒精，用於內燃機中者，均可免稅。菲政府所用之變性劑，為汽油或乙醚，汽油與乙醚，吾人均知其為極有價值之燃料。強制執行之法令，雖曾經提出數次，尚未通過，而酒精代替汽油之成功，在菲列濱已成為無可諱言之事實矣。

第三編 植物油代用品問題

第五章 植物油製造液體燃料之試驗*

液體燃料為現在最經濟之燃料。不論在平日或戰時，均需要甚切，應用極廣。目前我國缺乏石油礦，液體燃料之如何供給，實為極嚴重之問題。液體燃料之來源，除石油外，有礦產類中之煤及油頁岩；植物類中之澱粉、植物油、與纖維。然此類物質，除植物油外，均係固體，不能直接用作液體燃料，植物油雖為液體，亦不能直接應用，必須經過相當處理，加以精煉，使其性質類似石油，方可應用。故今日研究我國液體燃料自給問題者，莫不注意於處理之方法，使如何能用某種原料，經過最經濟最簡單之手續，可得石油類似品，而以代替石油精煉品之用。

以植物油為製造液體燃料之原料，其來源比諸礦物類較有永久性與普遍性。蓋礦物有開採窮盡之日，且未必到處皆有。植物則不然，年有生長，季有收穫，且隨地皆可種植，決不受地質上及地理上之限制。故世界上礦物質燃料告罄之日，恐將為植物質燃料風行之時也。

* 原文為植物油製液體燃料報告，顧儉珍，鄭業銘，載中國實業雜誌第一卷第十一期。

著者等對於採用植物油以製造液體燃料之試驗，着手已久。其研究結果有一部分已經發表（註一註二）。茲再從集來經發表之試驗結果，作一簡略報告如下：

一 植物油製造汽油試驗

植物油製造汽油之方法，可分為兩種：（甲）氫化氫餾法，（乙）直接加熱分解法。直接加熱分解法，更可分為三種：（1）液相分解法（如在常壓而應用煤瀾劑者可稱為煤瀾劑分解蒸餾法），（2）氣相分解法，（3）加氣分解法。

（甲）植物油氣相分解試驗

據前次報告（註一），如菜子油或其他植物油，用氣相分解法製造汽油為可能事實。前者用華氏1050度之分解溫度，以每分鐘1.11公分之進油速率，得粗油52.2%。客體計一粗油中含有34%之汽油，與7%之粗柴油（即本篇中所稱煤瀾油）。茲將詳細結果，列入西表四、表四五、與圖八，以資比較。

表四四 柴油加入速率與粗油產量之關係

加入速率 (每分鐘公分數)	分解溫度	粗油產量	粗油比重	汽油產量 (柴油中%)	燃料油產量 (柴油中%)
1.75	1050°F	57.0%	0.806	29.20%	27.0%
2.15	1050	70.0	0.817	22.96	25.9
8.50	1050	78.0	0.817	18.87	21.8

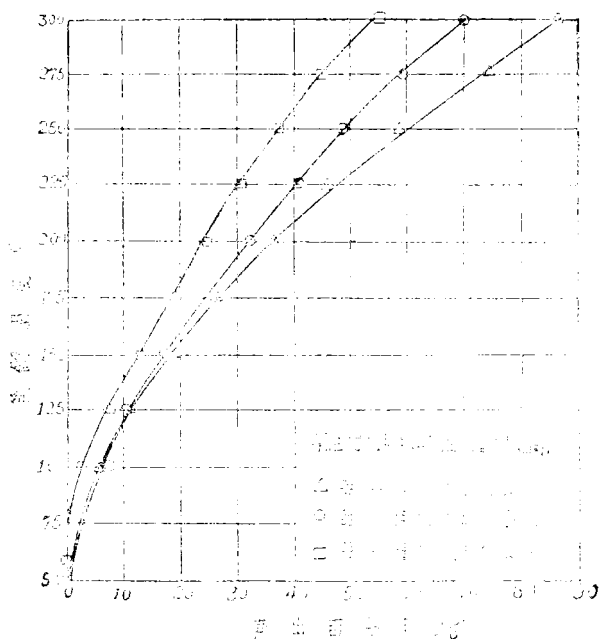
表四五 菜油加入速率與粗油分級蒸餾情形之關係

加入速率(每分鐘公分數)	1.75	2.15	8.30
開始蒸餾點	45 °C	45 °C	58 °C
75 °C 以上蒸出百分率	1.2%	1.5%	0.8%
100	5.4	7.0	2.5
125	11.0	10.5	7.5
150	19.0	17.2	13.0
175	26.5	24.8	19.8
200	36.3	32.8	24.8
225	45.8	40.3	30.4
250	58.8	48.3	37.3
275	74.3	59.3	44.6
300	86.5	69.8	54.8

觀圖八與表四五，可知在同一分解溫度之下，菜油加入速率愈慢，則所得粗油中之汽油成分愈多。再觀表四四中粗油產量百分率之比較，可知油液加入速率過快，粗油中雖可增加汽油成分，然分解過度，粗油產量反為減低，結果得不償失。

除菜油外，其他植物油，如豆油、棉籽油、桐油，均曾用以作氣相分解之試驗，結果大致相同，惟油液加入速率與所用溫度之關係，則因各種植物油之特性，須隨時試驗決定。如用棉籽油為原料，在華氏1000度，及每分鐘加油1.71公分之進油速率之下，可得粗油59.2%（容積百分率），其中含有汽油42%燃料油30%。又如以桐油為原料，

圖 六



前得也表明六三的效果

根據前次報告，與此次以汽油、棉籽油、菜油等質的試驗結果，可得下列結論：(一)在常壓以質的石油用氣相分解法製得汽油，其分解溫度與油液加入速率調度得宜，頗有工業化之可能。(二)增高溫度，足以促進分解速率，故於分解溫度增高時，油液加入速率亦須增加，庶不致過度分解，以免重大損失。(三)分解溫度與油液加入速率之關係，須經試驗後決定，庶不致過量分解，致產油量過少，或分

表四六 以桐油用常壓氣相分解法所得之結果

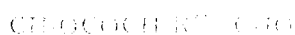
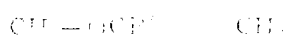
分解溫度		960 °F
油液加入速率(每分鐘公分數)		1.2公分
粗油產量(桐油容積百分率)		55.4%
顏色		褐紅
比重		0.836
酸價		13.1
開始蒸餾溫度		40 °C
汽油產量(→200 °C)	(粗油百分率)	35.8%
	(桐油百分率)	19.8%
顏色		淡黃
比重		0.779
酸價		15.2
不飽度		38.0%
燃料油(200 °→300 °C)	(粗油百分率)	55.5%
	(桐油百分率)	29.7%
顏色		綠黃
比重		0.851
酸價		2.0
不飽度		36.0%
燃點		192 °F
閃燃點		210 °F
油腳重量(300 °C以上)	(粗油百分率)	10.9%
	(桐油百分率)	6.0%
顏色		深褐
比重		0.962
酸價		31.90

解不足，煤油中萘含汽油成分太低。擬以此次試驗所用氣化分解儀器，在並區一千度進行柴油之分解，如油淨加入速率，每分鐘2.10公分，則得汽油最多（參閱表四四）。

乙、植物油煤質分解試驗

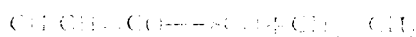
據研究之結果，植物油之前接受熱分解情形，第一步為高烯烴（olefins）、脂肪酸（fatty acids）、及烯烴（ketone）——自其時起烯烴之熱分解，成爲許多揮發物，如以下諸式所示。

(I)



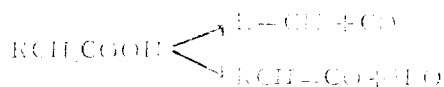
（油）（脂）（內烯烴） （烯）（烴）（烯）（烴）

(II)



（烯）（烴） 乙）（烴）

(III)



（脂）（酸）

自上述諸式，可知用直接加熱方法製成汽油時，如所用溫度不高，則分解情形悉依(I)式而行。所得結果多爲脂肪，雖其量甚高，不能爲代質汽油之用。所以提高溫度，將初次分解時所生脂肪，及烯烴等物再分解，而依(II)~(III)式進行，使成質氣汽油多量，則對各

汽油之目的已達。如在菜子油之氣相分解試驗中，先以菜子油在蒸餾器初步分解，蒸出脂酸氣體，經過灼燒鐵管，脂酸再行分解，以成汽油物質。然此種氣相分解方法，設備較繁，管理困難，故再行媒觸劑分解蒸餾之試驗。

媒觸劑分解蒸餾方法中，所用媒觸劑之種類甚多。前人曾採用試驗者，有鹼性者，有氯化物，如氯化鋅、氯化鈣、氯化鋁、氯化鎂、氯化鋇、氯化鉍、氯化錒等，有氧化物，如氧化鎂、氧化鋁、氧化鐵等，有金屬如銅、鎳、錳、鐵、合金等。究以何物最為合用，在未充分試驗前，未可斷言。惟依著者等過去之經驗，似以鹼性物，尤以苛性鹼為媒觸劑時所得之結果，為最滿意。因用鹼性媒觸劑時製成之粗油，酸價甚低，而顏色、比重及其他性質，均屬合宜也。

此次試驗所用蒸餾器係用生鐵鑄成，蒸餾器上加一銅製分凝管，俾高沸點物質還流蒸餾器，再行分解，祇低沸點物質，可以逸出。分凝管上端配一玻璃三路管，與一分離漏斗，故油液加入速率，可以校準。植物油分解時，生成低沸點物質，常成煙霧狀，不易凝結，故用一棉花濾油器，則可除去此弊。

試驗時以媒觸劑若干，置於蒸餾器內，以百公分植物油，由分離漏斗加入。加熱至適當溫度，則蒸餾現象開始。儲受器本刻有度數，蒸出油液數量藉此可知。蒸餾開始以後，徐徐由分離漏斗繼續注入植物油，以補原料之不足。如是繼續進行，每次可以蒸餾多量油液。茲將所得結果分列如表四七。

觀表四七，可見以菜油用石灰媒觸劑分解蒸餾法所得粗油之性質甚好，顏色淡黃，比重不大，熱量亦不為低，以酸價與皂化價相比，

當關係鹼性愈強，汽油產量愈佳。若仍用菜油為原料，而以苛性鈉為媒觸劑，再行試驗，其所得結果，仍附於表四七中。

於是更用苛性鈉與苛性鉀為媒觸劑，並使所用分解溫度，達華氏一千度以上，俾植物油可以完全分解，所得結果如表四八所載。

表四八 以菜油用苛性鹼媒觸劑分解法所得之結果

煤	觸	劑	苛	性	鉀
分	解	溫	1000 °F 以上	1000 °F 以上	
度					
粗油產量 (含原料容積百分率)			72.2%		72.5%
汽油(→200°C) (粗油百分率)			47.0		42.0
			(原料百分率)		30.4
燃料油 (粗油百分率)			34.0		30.4
			(原料百分率)		22.7

原料除菜油外，其他植物油如豆油、棉籽油、花生油、桐油等，均曾採用，結果大致相仿。如以熱分解之難易言，則以棉籽油為最難分解，如以汽油產量言，則以桐油之產量為最少。

綜觀植物油用媒觸劑分解法試驗之結果，可得下列結論：(一)用鹼性媒觸劑分解，所得結果甚佳，酸價鹼化價均減低，質地似與用植物油肥皂蒸餾法所得結果相仿。(二)鹼性媒觸劑之鹼度愈強，汽油之產量愈多。(三)以同重量鹼性物質為媒觸劑，則以用苛性鉀所得之汽油量為最多。

二 植物油製造燈油試驗

燈油亦稱煤油，係一種石油精煉品，為提煉汽油後，在羅氏 275 度或 300 度時蒸之蒸餾物。石油精煉品之輸入我國者，其中以燈油之量最鉅，每年約在八千萬元以上，誠屬鉅大漏卮。為謀我國液體燃料之自給，汽油問題，固為重要，而油之自給，尤應即時謀解決之道。

植物油本可供蠟燭及燃燈之用，迨石油工業發達以後，則受石油精煉品之淘汰。考其原因，乃以植物油性質不如燈油之佳。植物油燃燒困難，粘度甚高，吸引不易，不可用於普通煤油燈，更不可用於煤油爐，以生熱力。故欲使植物油代替燈油，除用機械方法改造一切燈爐，以適合植物油之應用外，祇有用化學方法，將植物油性質根本改造。

植物油粘度之所以高，燃燒之所以難，乃因其分子大而組織複雜，故欲改造其性質，祇有用化學處理方法，加熱使植物油分子分解，以成小而簡單之分子。其原理與由植物油製造汽油方法相似。因此用植物油分解方法，製成粗油後，既可提出汽油，並可在剩餘油液中，提煉燈油。按石油工業習慣，以羅氏 200 度至 275 度間蒸出之油，為上等燈油，自 200 度至 300 度間蒸出者，為次等煤油。故試驗植物油製造汽油時，蒸出汽油後，仍可繼續蒸餾，至 300 度時止。以此 200 度至 300 度間蒸出之油，名為燃料油。蓋此種油液，可以精煉，以製燈油，或稍加處理，以作柴油，供提摩爾引擎及其他生熱燃燒之用。然植物油與燈油性質，有根本不同之處。此種燃料油，是否可以煉成燈油，亦宜試驗，以觀究竟。茲將試驗結果，列入四九、五十兩表。

表四九 美國政府所規定標準燈油應具性質與自植物油製成燈油性質之比較

	美 國 標 準 油	植物油製成之燈油
燃 點	115 °F 或以上	118 °—190 °F
顏 色	21 Saybolt	黃 色
硫	0.06% 以下	無
蒸 餾 試 驗	600 °F (316 °C) 以前蒸出	345 °—360 °C 蒸出
反 應	中	中 和
點 燈 試 驗	點燃十八小時後無煙或結硬之弊	見表五十
始 凝 點 試 驗	在 9 °F 時不發渾	在 -2 °C (28.4 °F) 已發渾
外 表	不含水分清而不濁	不含水分清而不濁

表五十 燈油點燈比較

燈 油 來 源	燃 燒 時 間	燈 亮 情 形	共 耗 油 量	備 考
美 孚 老 牌 燈 油	一 點 五 十 分	光 明	39 公 分	
植 物 油 用 氣 相 分 解 法 製 成 之 燈 油	一 點 五 十 分	光 明	28 公 分	點 燈 稍 慢，熄 滅 後 白 煙 較 濃
植 物 油 用 鹼 性 媒 質 劑 分 解 法 製 成 之 燈 油	一 點 五 十 分	光 明	37 公 分	同 上

觀上列兩表，可見以植物油製成之燃料油，煉作燈油，為可能之事。且植物油製成之燈油，其中不含硫質，尤為特長之處。燃點與蒸餾試驗結果，似較美國所定標準稍差。至在始凝點試驗中，植物油製成之燈油，在華氏二十八度，即有固體物分出。此弊亦易解決。祇須

於精煉時，將此燈油冷卻至華氏零度以下，然後過濾，除去固體物質，則性質當可改良。試觀表五中以植物油製成之燈油與美孚燈油同時作點燈試驗，結果電力相若，消耗無差異。惟因植物油燈油蒸餾溫度較高，故點火不易點着。又因其中固體物未除去，故燃熄滅後，生出較濃白煙。若能將此數項劣點，設法改良，植物油之可以製成良好燈油，當無疑義也。

三 植物油代替柴油試驗

柴油亦稱沙拉油，係提煉汽油與燈油後剩餘石油中之液體，色褐黑，比重在一·八二五以上，質地較燈油為劣。柴油在石油中，所佔成分極大，價值甚廉。昔日視為廢物，每苦無適當方法，善為利用。迨提塞爾引擎發明，專用柴油為此種內燃機之燃料，於是柴油之用途日廣，消耗激增，迄今正與汽油或燈油處同等重要之地位。我國公路，日形發達，長途汽車用柴油引擎者甚多，故柴油在我國之需要，亦將與日俱進。

表五— 植物油類與柴油之一般性質比較

油	菜油	花生油	豆油	桐子油	菜油	燈油	煤油
比	0.91	0.91	0.92	0.94	0.84	0.84	0.84
燃	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
灼燃每英寸分	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
粘	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
度(20°C)	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5

附註：單位 (Metric System)

柴油代替品，除由煤與油頁岩蒸餾方法得來外，則為設法利用植物油。利用植物油問題，乃在如何利用現今市上之提塞爾引擎，以植物油代替柴油作燃料之一事為最緊要。

(甲) 植物油與柴油性質之比較

吾人首先欲知植物油與柴油性質之不同，究在何處。茲將各種油類一般性質，列入表五一，以作比較。

如表五一所載，植物油與柴油之性質，有顯著不同之點如下：

(1) 比重——各種植物油之比重，均在 $\odot.92$ 左右，而柴油之比重則為 $\odot.866$ 。普通石油之比重愈高，所含高級烴愈多，燒燒愈困難，不適合為內燃機燃料。植物油比重既若是之高，在未經適當處理前，可斷定其不如柴油效用之佳。

(2) 燃點——燃點低，燃燒容易，燃點高，燃燒困難，故燃點之檢定，即所以決定液體燃料燃燒之難易。試觀植物油之燃點均在華氏六百度左右，而柴油之燃點，祇在華氏二百度，可見植物油之難於燃着。查柴油所含成分不一，於檢定燃點時，輕質烴屬，受熱先行逸出，而至某種時期，此種先行逸出之輕質烴屬，立即燃着，以達燃點。易言之柴油之燃點，即為某種溫度，此時其中輕質烴屬，已受熱蒸出，可以燃着，生出引火之現象。植物油成分大都相似，不能如石油可以分成輕重各級，受熱時，亦不能如石油有一部輕質物先行逸出，須加熱至某種溫度，俾植物油分子分解後，方可生成輕重各級，而達植物油燃點。故實際上植物油之燃點，即植物油之分解溫度，在此溫度，植物油分子已起始分解，而生引火現象之物，並非原來植物油質，乃

以植物油分解物爲一則其之則第一如某種柴油，其燃點原爲華氏二百度，經常燃燒一次，其燃點仍爲華氏二百度左右，即有若干般值亦甚微，但燃燒期不同，如潤滑油燃點爲華氏五百二十度，通常燃燒一次，則其燃點爲華氏二百六十五度，相差極大，蓋指定之燃點爲華氏五百二十度，實爲潤滑油之開始分解溫度，第二次之燃點爲華氏二百六十五度，則爲潤滑油分解物之燃點。此種情形，在應用植物油代替柴油時，宜加注意。

(3) 灼燒餘量——植物油灼燒後之餘量，重量均在百分之二與三，至五種柴油灼燒後之餘量，則爲百分之二，至六。灼燒後餘量過多，用作內燃機燃料時，多生炭灰，與原副開竅。故植物油代替柴油作提塞爾引擎燃料時，此種剩餘炭質之處理，亦應注意研究。故若以棉籽油在提塞爾引擎作開車試驗時，即將發現此項困難。蓋若以棉籽油開車一日之後，將視該燒室，則將見有多餘炭質，積滿四周，較之全用柴油時，當加多倍以上。

(4) 粘度——以植物油代替柴油及樹膠之點，即爲粘度之相差。如在華氏二十度，柴油之 Engler No. 爲一·三七。植物油則平均在一〇以上。以此用於提塞爾引擎，使其穿過進油細管，實一難事。然植物油粘度之因熱減低程度，甚爲顯著，如表五二所載，因二十度之差，植物油粘度已減低一半，而柴油粘度在同一情形，相差甚少。設溫度更加增高，植物油粘度必益爲減低，如在華氏八十五度，棉籽油之粘度已變爲 1.79 Engler No. 根據此種情形，故有主張用機械方法，使植物油於未到達進油管前，經過加熱設備，增高進油溫度，如是則粘度可以減低，得過進油管而至燃燒室，則易點燃爆炸矣。

表五二 植物油類入常油之黏度與溫度之關係

溫度	花生油	豆油	棉籽油	菜油	柴油
15°C	11.7 E	11.1 E	12.5 E	16.6 E	1.11 F
20	10.9	10.1	10.0	13.5	1.37
25	8.9	8.7	7.9	10.6	1.20
30	7.4	7.2	6.5	8.6	1.25
40	5.2	5.0	4.8	6.0	1.17
55	—	—	1.8	—	—

(附註：E 即 Engler No.)

欲用化學方法，以改進植物油黏度，計有兩種方法：

- (一) 將植物油性質根本改變，用加熱分解方法，使其分裂成質輕而粘度較低之物質。
- (二) 另加粘度較低液體，解決植物油。

第一方法，即可同時製成汽油，就以植物油製成粗油，當提出汽油後，再於剩餘油中，除去質地較厚之油腳，即可製成柴油。第二方法，較為簡單，即在如何獲得一適當價廉而粘度低之混合可燃液體。

(5) 蒸餾試驗——油液之蒸餾試驗，對於該油性質如何，甚為有用。因藉此種試驗，可以知其成分如何，實用如何。茲將各種植物油與柴油分級蒸餾試驗情形，列入表五三，以資比較。

如表五三所載，植物油之過餾溫度，均超過柴油之過餾溫度。故以植物油用於提索爾引擎，其燃燒室之溫度與壓力，須行加高，方可得正常之爆炸。否則爆炸不全，或竟不起爆炸作用。設以各種植物油相互比較，與表五一所列之燃點觀之，則花生油為最易分解，似最適

表五三 植物油類及柴油之分級蒸餾溫度

油 類	花生油	豆 油	椰子油	菜 油	桐 油	柴 油
開始蒸餾溫度	215°C	250°C	275°C	285°C	295°C	187°C
10%	313	328	344	348	361	230
20	313	324.5	347	353	367	241.8
30	310	321	345	351	365	243.8
40	309	321	345	351	365	243.8
50	307	321	345	351	365	243.8
60	290	321	345	351	365	243.8
70	284	321	345	351	365	243.8
80	287	321	345	351	365	243.8
90	286	321	345	351	365	243.8

於代替柴油之用

(乙) 減低餾油精度試驗

用以減低餾油精度之物質，即酒精，其須符合下列條件：

- (1) 精度低；
- (2) 可以燃燒；
- (3) 可以與植物油完全混和；
- (4) 性質與植物油相近。

可以燃燒而精度低之液體甚多，普通一般酒精，其可以燃燒，而精度甚低，但須注意該項液體，是否與柴油完全混和，譬如酒精之精度甚低，極易燃燒，且為最廉價，故可大量混用。酒精與油在酒精中之溶解度甚小，如在國民日報，酒精與油之溶解度，比重(0.795)中之溶解度為三六公厘，而油之溶解度，則為一五

六公分 至於酒精在植物油中之溶解度，更為微小，平均在百分之〇·四左右 故酒精不能作減低植物油粘度之用 此項粘度低之液體，即可以與植物油完全混和，又須注意該物之性質，與植物油是否相近，苟兩者性質相差至遠，仍不能應用 如乙醚與植物油極易混和，然物理性質相差甚遠，仍不適用 茲將乙醚、松節油、與棉籽油之蒸餾情形，分別列入表五四。

表五四 棉籽油與乙醚(50%)及棉籽油與松節油(50%)

混合液分級蒸餾試驗

	棉子油與乙醚混合液	棉子油與松節油混合液
開始蒸餾點	34°C	156°C
10%	36.5	159
20	40	161
30	50	165
40	62	171
50	316*	238*
60	325	326
70	329	328
80	333	331
90	259	334

* 此處溫度突然增高，混合液呈劇烈沸騰狀，是見以前所蒸出者多為乙醚或松節油，間雜少許棉籽油，其後所蒸出者則多為棉籽油。

由上表，可明乙醚與棉籽油之蒸餾情形。乙醚先行逸出，迨乙醚蒸出後，則溫度驟然增高，棉籽油方在此時分解蒸出。松節油之沸點，

度之總和。其值約在 100 以下，故其以下，以桐油與混合桐油之值較低，亦即此等桐油與菜油之相仿。設以此等混合油用於是

表五六 桐油與菜油及桐油與桐油
混合液之粘度與溫度關係

混 合 液 份 數	測 量 溫 度 (°C)	粘 度
桐油與菜油 1:1	25	2.75 (Haber No.)
桐油與菜油 2:1	25	1.75
桐油與菜油 3:1	25	1.14
桐油與桐油 1:1	25	2.75 (Haber No.)
桐油與桐油 2:1	25	1.75

表五六 桐油與菜油及桐油與桐油混合液之粘度試驗

開始測溫溫度	桐油與桐油 1:1		桐油與菜油 1:1	
	100°C	90°C	100°C	90°C
10%	24.0	21.0	24.0	21.0
20	27.6	24.6	27.6	24.6
30	29.3	26.3	29.3	26.3
40	27.1	24.1	27.1	24.1
50	28.2	25.2	28.2	25.2
60	30.5	27.5	30.5	27.5
70	31.3	28.3	31.3	28.3
80	31.2	28.2	31.2	28.2
90	35.2	32.2	35.2	32.2

寧爾引擎，則乙醚或松節油將先燃燒，而棉籽油不能同時燃着，發生機噠現象

經多次之試驗，可知減低植物油粘度之方法，惟有二途：(一)以植物油熱裂後製成之粗油為解淡劑 (二)以植物油代替一部分柴油 茲將試驗結果，分列入表五五及表五六

(丙) 開車試驗

此次供開車試驗用之機器，為臥式半提塞爾引擎，柴油在攝氏二十度之粘度為1.37 Engler No.,設有混合液體其粘度在1.7 Engler No. 左右，已可代替應用 故如表五五所載，供開車試驗用之棉籽油與粗油配合成分，為一比一，棉籽油與柴油配合成分，為三比七。

棉籽油與柴油可以完全混和，且混合後其蒸餾試驗情形正常，故以棉籽油代替一部分柴油，作開車試驗。全以棉籽油代替柴油唯一方法，即用一半棉籽油，及一半棉籽油分解後之粗油，設於粗油中先除去汽油部分，則因粘度關係，未分解棉籽油用量將極少，不合經濟，故所用粗油未將汽油除去。試驗結果詳表五七，開車無困難，油

表五七 棉籽油代替柴油開車試驗

	每小時消耗數	每分鐘轉數	附 註
完 全 用 柴 油	78公分	546 R.P.M.	
棉籽油與粗油混合液(50/50)	62	453	廢氣濃厚，剩餘 碳多
棉籽油與柴油混合液(50/75)	80	540	正常，廢氣不濃 厚，剩餘碳不多

量消耗與全用柴油時相仿，至於馬力則因設備不全，未加測定。然在同一情形下，用柴油開動輪軸之轉數，與全用棉籽油開動輪軸之轉數，相差無幾，由此可知棉籽油與柴油馬力之相若，當不至過巨。

以棉籽油代替一部分柴油開車時，情形甚屬正常，廢氣不濃厚，燃燒室內結渣積灰不甚多，曾在中央工業試驗機工場六十四提率機引擎，作大規模之使用，開車竟日，未見有何困難。

全以棉籽油代替柴油開車時，須行改善者，即用棉籽油開車後，燃燒室中餘燬極多，而於開車時放出廢氣，特別濃厚，此是否因燃燒不完全，或因其他關係正在研究中。

四 結 論

在石油尚未開發以前，植物油本為重要液體燃料，乃因其粘度高，燃點高之特性，致石油工業發達後，其應用漸被淘汰。設能用化學方法，將其性質，加以改變，則或仍可與石油並行，植物油之最優點，在其不含硫質，較之石油中因含硫過多致損壞機械者，則又高一籌。故在我國，設植物油產量豐富，成本低廉，雖缺乏石油類，亦不足為慮。

以植物油製造汽油，在我國經濟落後，機械工業不發達之情況下，不能置備精密機器，作大規模之製造，則以用葉列脫分解蒸餾法製造，最為合宜。

以燈油為製成汽油時之副產物，經試製後，知燈油油質較佳，成績良好，故以用燈油製成汽油時，燈油亦可同時製造，以增收入。

以植物油代替一部分柴油用於提率機引擎，當無問題。然設完

全以植物油代替柴油，則有困難之處，即因植物油粘度太高，不能經過引擎進油管。除用加熱減低粘度方法外，則為澆加極稀油製成之粗油以減其粘度，方為上策。

按上述試驗結果，以植物油代替石油精煉品，當為可能。然目前植物油價昂，石油精煉品價賤，則此種植物油代替石油精煉品之實施，恐僅能在國防方面着眼也。

引用書報

- (註一) 李爾康，周行謙：石灰肥皂製造汽油試驗初步報告（中國實業評論第一卷第七期）
- (註二) 顧德珍，鄧樂階：菜子油製造汽油試驗第一次報告（工業中心第四卷第一期）

第六章 菜子油製造汽油試驗一*

植物油為高級油脂，及少量遊離脂酸混合而成。受熱後，即步步分解，成低分子量之碳氫化合物。經多數化學家之研究，得知此種分解物，可以代汽油之用。在外國早已有精詳之試驗，惟因石油儲量尚多，未曾發展至若何地步。在我國已行試驗而有確實報告者，據作者等所知，祇有天津南開大學之以棉籽油直接加熱蒸餾（可得百分之五十二之粗油，見南開大學應用化學研究所報告書第二冊），及以棉籽油鈣肥皂加熱蒸餾（可得約百分之七十之粗油，其中百分之一七。

* 原文為菜子油製造汽油試驗第一次報告，顧德珍，鄧樂階，工業中心第四卷第一期。

一為椰油，見中國化學會會報第二卷第三期英文稿，作者等第一步試驗以椰油與油相混合者，用氮相分解 (Nitrogen-Catalytic) 方法，行試驗，以椰油與油受熱分解後，所得之結果如何，然後進行第二步之試驗，第二步試驗將以較大規模之濃度，試行液相分解 (Liquid-Phase Catalytic) 方法，以求最佳之結果。此次報告所述各種不同茶油與煤油之經過，尚以容積計，可得百分之二十六之精製汽油，及百分之二十三之煤油。從目前經濟立場，由植物油提取汽油，成本未免過昂，但當此次試驗所得結果推測之，所得汽油之成本，尚須與市上所出者相類似。然苟我國農事日事改良，植物油之產量激增，而同時提取汽油之技術，亦日益進步，能於每百斤原料中得百分之六十以上之汽油，則可每天然石油充斥市場，以充當代油之地位。

一 茶油性質之檢驗

植物油性質，種類甚多，如表一，可知其異，由此推測，茶油與其他種種植物油之性質。本試驗以茶油為原料，於密閉氣相條件

表在大 茶 油 性 質 表

色	淡黃
味	清香
煙點 (°C)	270
凝固點 (°C)	18
酸價 (mg KOH/g)	1.0
皂價	1.4

前之預備測驗，悉以菜油爲主，此油卽自南京市上購來，每担十元，色黃褐，其物理及化學性質之化驗結果，詳表五八，菜油除含有丙炔基（ $\text{CH}_2\equiv$ ）外，所含脂酸基，據各專家之化驗報告，微有出入，此或因產地各異，及榨取油液方法不同，致所含成分稍異，然綜觀各結果（詳表五九），亦可知菜油之主要成分，乃爲廿二烯酸，十八烯酸，及十八二烯酸等之油酯也

表五九 菜油脂酸成分表

(根據 G. S. Jamieson: Vegetable Fats & Oils)

(化 驗 者)	Jamieson	Hilsh, Riley and Vidarvik	Tanfel and Banschinger
廿 四 酸(Lignoceric Acid)	0.1%	1.0%	—
廿 二 酸(Behenic Acid)	0.5	—	—
十 八 酸(Stearic Acid)	1.6	—	—
十 六 酸(Palmitic Acid)	—	1.9	—
十 四 酸(Myristic Acid)	1.5	—	—
廿二烯酸(Erucic Acid)	57.2	56.0	43.5%
十八烯酸(Oleic Acid)	20.2	32.0	5.42
十八二烯酸(Linoleic Acid)	1.5	17.0	10.6
十八三烯酸(Linolenic Acid)	2.1	1.0	3.5
其 他 飽 和 脂 酸	—	—	1.8
不 能 皂 化 之 物	—	—	1.0

設以菜油于燒瓶中灼熱之，待油液溫度升至攝氏二百九十度，則蒸餾現象開始，其一百公撮美國標準蒸餾試驗情形，詳表六十。蒸餾時，有可燃氣體逸出，刺激眼鼻，爲顯著之丙烯醛（Acrolein）。最初蒸出物，均爲液體，惟後半部蒸出者，至受器時，凝固如結晶物。

表六十一 菜油蒸餾試驗情形表

(A. S. T. M. 100 c.c. Distillation)

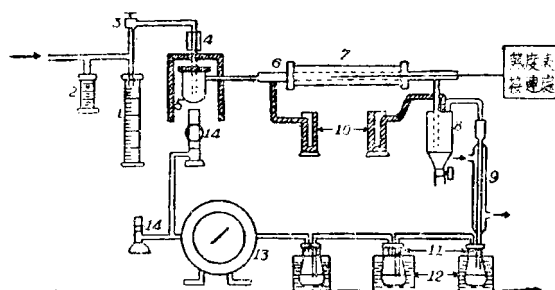
蒸餾百分率	蒸餾溫度
開始蒸餾點	280°C
10%	318
20	323
30	324
40	325
50	323
60	322
70	322
80	322
90	322

(室溫攝氏五十度)，與前半部蒸出者分為兩層。試以濾紙過濾之，則有容積約百分之四十之白色固體物，剩留濾紙之上，其過濾之油液，具特別氣味。初為黃色，置之日久，漸變為黑色，其剩於蒸餾燒瓶之物，色黑粘厚，如地漆膏狀。自以上結果，可知當菜油熱至攝氏二百九十度時，其中油脂已起分解作用，蒸出者，並非油脂乃其分解物。設更進一步研究，以其蒸出液體物，與固體物，加熱溫和之，而定其酸價，則益信此種見解之不謬。菜油酸價原為三·九，今其蒸出物之酸價則增至一〇·七。蓋其中脂酸基原與丙烷基化合物成中和之油脂，今因受熱，所謂油脂分解成遊離脂酸、丙烯醛、及其他物質。再觀表六十中所列蒸餾溫度之升降，不成直線情形，則知此時之初步分解物，已有繼續分解者，以成較低分子量之物質矣。

二 植物油氣相分解試驗

(甲)儀器之裝置及實驗方法——常壓氣相分解儀器之裝置見圖九 所用分解管，係一鋼管，長六公寸，外周對徑二公分半，中置

圖九 植物油氣相分裂裝置圖



- | | | |
|--------------|----------|-----------|
| 1. 原油儲藏筒 | 6. 分解鋼管 | 11. 儲受器 |
| 2. 水銀氣壓節止器 | 7. 電力加熱處 | 12. 水盆 |
| 3. 針凡爾 | 8. 原油儲受器 | 13. 氣體測量器 |
| 4. 油液進量速率指示器 | 9. 凝結器 | 14. 煤氣燈 |
| 5. 油液蒸發器 | 10. 氣體表 | |

惰性物，以增分解面積，在鋼管中心置一電熱偶 (Thermocouple) 以測溫度之升降 所用加熱器為 Hoskins 電熱爐，長三公分，中孔對徑三公分，加熱時因兩端溫度較低，兩端各除去五公分，則該電爐有熱面積約一百九十八平方公分，電爐溫度之增加，以一電阻力調節之，可在某時間內，保持在相差至多攝氏五度之溫度。油液之加入，乃用打氣筒，將空氣吹入油液蓄筒中，油液受壓，則由玻璃管溢出。空氣壓力，因水銀節制器之關係，可以保持常壓，使油液壓進，不致快慢

應先一油液加入速率，更以針凡而節制之，使其快慢程度，在定油速率指示器內，一視即可明瞭，故無論進油速率如何均可保持不變。油液蒸發器外，蓋以石棉層，保持攝氏兩百度至四百五十度間之溫度，分解管露出電爐外者，均以石棉包裹之，以防熱力之散失。氣體測量器，亦不知何者所備之簡單，係用油頁書盒標式應用之器具，添加小件幾個，故任何大量氣體，均可繼續測量。

試驗時，將電爐加熱，及灼熱油液蒸發器，俾均至適當溫度，然後注入空氣，使油液徐徐加入。當油液至蒸發器時，即變為氣體，而分解管時，因溫度增高即進行連續分解作用，其所生分解物，乃送出不凝結器，其可凝者，則凝為液體，不可凝者，則成氣體，可供灼熱蒸餾器用。利用分裝後所成之氣體一點，極端注意。分解試驗完畢，記明開始與結束相照之時間，及所耗油液容積，以算油液每分鐘進量速率，同時記錄在各個受器所積聚已分解油液之總容積，及核算氣體產量總數，以計出百分率。

(乙) 分解結果及其性質——菜油受熱分解結果，詳表六一。分解時，產生多量碳素，散佈于分解管四周，不易完全取出，故未載入表內。茲將所生粗油、水、氣等，分別說明如下：

(1) 粗油——粗油色深褐，視之具螢光色彩，與煤油相似，但有特別氣味。視之日久色度漸深，由此可以測定其中尚有不飽和之有機物質。粗油酸價不高，與菜油在常壓蒸出之物迥異，至于其他性質，如皂化價、鹽價，亦與原來菜油性質大異。此種在分解過程中性質變遷之情形，實足引起注意。茲為易於明瞭起見，再行列表，表六二，比較之。比較之後可得下列點說，以推測植物油受熱分解情形：

表六一 菜油氣相分解結果表

(1) 分 解 情 形	
分 解 溫 度(銅管中心之溫度)	1070°F(565.5°C)
進 油 速 率(每分鐘公分數)	1.11
分解管熱面積(平方公分)	137
(2) 產 品	
粗 油(菜油容積百分率)	52.5
顏 色	深 楊 色
比 重(15°C)	0.859
粘 度(100°F)	2.4 Engler No
酸 價	5.9
皂化價	15.5
碘 價	127
粗 汽 油(粗油容積百分率)	53.0
(菜油容積百分率)	27.8
顏 色	淡 黃 色
比 重	0.790
酸 度	稍 呈 酸 性 反 應
粗 柴 油(粗油容積百分率)	47.0
(菜油容積百分率)	24.7
顏 色	黃 褐
比 重	0.911
水 (菜油容積百分率)	2.0
氣 體(每100c.c. 菜油產生公升數)	25.3

表六二 柴油在分解進程中性質之變遷表

	原 柴 油	常 壓 蒸 出 油 液	高 溫 分 解 後 油 液
酸 價	3.9	107	5.9
皂 化 價	131	—	15.5
碘 價	101	—	127

(子) 植物熱至攝氏二百九十度左右時，其中油脂即行分解為丙烯醛、遊離脂肪酸，及其他物質（非）若溫度增高，則脂酸及其他諸物，進行第二步或數步分解作用，以成碳氫化合物，及低級之獨立或併合酸質（黃）植物油分解後，所生物質，其不飽和程度，較前增加

粗油極易燃燒，設以一百公撮美國標準蒸餾法蒸餾之，其情形如表六三所載。當蒸餾溫度升至攝氏二百度時，其蒸出物適為粗油容積百分之五十三，故依美國礦務局所定標準分類法，即有百分之五十三之粗汽油

表六三 粗油分級蒸餾情形表
(A. S. T. M. 200 c.c. Distillation)

蒸 餾 百 分 率	蒸 餾 溫 度
開 始 蒸 餾 點	40 °C
10%	103
20	113
30	135
40	161
50	190
60	221

(2) 水分——所得水分，自所用菜油容積計，約有百分之二，較菜油中原有水分，多約百之一。九，蓋油中物質，原含氧素，於分解時，氧素分離與氫化合成水。所得水分，呈酸性反應，此或因分解時，有水中可溶之酸質，溶解於水中所致。

(3) 氣體——氣體可以燃燒，多烟黯紅，發生量甚大，每百公撮得二五—三公升。然自分解石油結果而言，在常壓下之氣相分解，每致生大量氣體；若進油速率節制得宜，並在高壓下進行之，則氣體產量可以減少，而汽油產量增高。現菜油在常壓時，氣相分解之結果，可得百分之廿七以上之汽油。將來若應用高壓方法，使少生氣體，改良技術，使進油速率有適當之節制以免過量分解，及應用活性炭，或矽酸膠 (Silica Gel)，以吸收揮發油，則汽油產量，可以增加，有可達百分之六十以上之希望。

三 粗油之精煉及其成品之性質

使植物油受熱分解，固可得石油類似之粗油，然此項粗油能否代石油之用，能否提煉以製成與汽油性質完全相似之物質，均宜精密研究，試驗後方可斷定。決不能因其可以燃燒，即以爲汽油、燈油也。精煉上述粗油時，第一步最關重要之手續，卽爲漂洗工作，以除去不純物質，然後分設蒸餾，分成汽油、柴油等部分。第二步工作，卽以此種汽油、柴油等物，與市上出售之汽油、柴油等，互相比較，觀其性質，是否相似，是否可以代替。

菜油中幾無硫質，所生之粗油，硫質含量當亦甚微，精煉時，對於此硫質問題，自可不加顧慮。粗油中含有少量脂酸，及酯類含氧

物，故精製時，宜以氧化方法除去，以減少汽油振盪性 (Knocking Property)，因含氧物存在汽油中常引起振盪現象也。粗油中含不飽和碳化合物甚多，精製時宜加注意。試觀國外石油公司，每用加熱分解方法，以增汽油產量，所得汽油中不飽物質，含量特大，經多次試驗，已得精煉之途，足以借鏡。故此次試驗精煉菜油中提出粗油之方法，完全依據石油精煉方法，而稍加變更，以適需要。精煉後，結果甚佳，損失總量如以容積計，約為百分之八強。

此次試驗，注重于汽油之製造，故粗油漂洗後，即行分級蒸餾，分為汽油與燃料油兩部分。所謂燃料油，尚可作進一步之分級蒸餾，以分戊烷油、厚薄柴油等部分，或可再行分解，以增汽油產量。至于石蠟之提取，恐無希望，因粗油中含石蠟甚微也。茲將精煉成品分述如下：

(甲) 汽油——精製汽油，所具各種性質，詳表六四。無色如水，置之月餘，未見變色，氣味與汽油氣味相若。在同容積濃硫酸(比重一

表六四 菜油中提出之精製汽油性質表

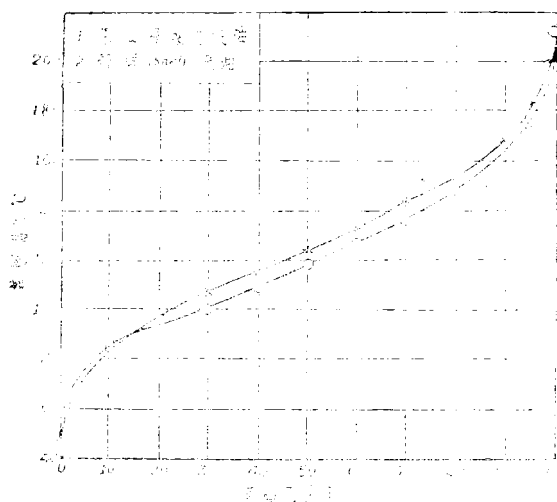
顏 色	無 色 如 水
氣 味	汽 油 氣 味
比 重	0.790
硫 含 量(每磅英重量)	—
熱 價	15,729
腐 蝕 性 試 驗(Corrosion Test)	無
鉛 氧 化 物 試 驗(Lead Solution Test)	良
濃 硫 酸(比重 1.8) 中 損 失 容 積(百分率)	好
	16.0

八四)中，其損失容積百分之十六，礦價為一三八，比重較普通汽油略大(亞細亞火油公司殼牌汽油之比重為〇.七五四)。由以上三點(濃酸損失容積，礦價，比重)觀來，可知此種汽油中所含物質，多為烯屬碳氫化合物，及環煙屬物質也。熱量較普通汽油為低(殼牌汽油之熱量為一六、六〇〇每磅英熱量)，此或因汽油中，尚含有氧化物質。凡此種種性質，均是證明菜油中提出之汽油，足能代替普通汽油之用也無疑。設以一百公撮美國標準蒸餾法蒸餾之，所得結果與蒸餾普通汽油結果甚近，茲列入表六五與圖十以表明之：

表六五 菜油中提出之精製汽油與殼牌汽油蒸餾情形之比較

蒸 餾 百 分 率	蒸 餾 溫 度	
	菜油提煉汽油	殼牌汽油
開始蒸餾點	42.10	16.50
10%	66	83
20	92	97
30	101	106.5
40	109	115
50	118	123
60	127	132
70	136	143
80	147	153
90	163	167
95	175	182
終 點	213	200

圖 1



總觀表六六與圖 1，可知由油中提出之汽油，與由油中提出之汽油極相似，其為內燃機用，絕無問題。

(乙) 燃料油：燃料油所具各種性質，詳載表六六。色黃，有極光色彩，氣味與水精煉之石油相似。每磅有一萬七千二百英熱量。在密閉器中燃燒，所餘殘渣，含原重量百分之二至三。高於蒸餾溫度。

表六六 菜油中提出燃料油性質表

顏	色	黃，有極光色彩
氣	味	與水精煉石油相似
比	重	0.81
結	度(100°F)	34.36° S. G.
灼	殘 渣 量	2.5%
燃	量(每磅英熱量)	17200

爲攝氏一百七十五度。由此數點觀來，設以此油再加分級蒸餾而漂洗之，必可製成極佳之內燃機油。燃料油質與瀝青質石油近似，含石蠟甚微。所產潤滑油，質地亦不甚佳。故此燃料油之最好應用方法，即在加高熱用第二次分解，以增汽油產量。如大規模製造時，可于分解器出口，另配一分級凝結器，使汽油部分逸出，而使非汽油部分凝結流下，另用幫浦加入原油中，作第二次加熱之分解。若是循環進行，所加入者，爲植物油，所生產者，爲氣體，汽油，與焦炭，茲將該油一百公撮美國標準蒸餾法試驗所得結果，載入表六七，以供參考。

表六七 牛油中提出燃料油蒸餾試驗情形

(A. S. T. M. 100 c.c. Distillation)

蒸餾百分率	蒸餾溫度
開始蒸餾點	177.30
10	21
20	27.5
30	29
40	28.6
50	31.1
60	32.7
70	34.7
80	35.5

四 結論

以植物油提取汽油，在實驗室中，已得良好結果。所採方法，如鈣肥皂法，液體分解法，及本章中所用之氣體分解法，均可應用。因

其基本原則皆為利用高熱分解作用，以油脂及脂酸變成烴屬物質，以製汽油。惟提煉時，最要關鍵，即在所得粗油，是否可以煉成與汽油類似之物質。試驗時最費研究時間，即為粗油中不飽程度，並存在與硫磺中幾乎完全溶解者，漂洗時，深設困難。現經多次試驗，已得相當方法矣。

我國石油儲量，迄今所知者甚少。即年豐、善，亦將有用盡之悲情。植物油價格雖貴，所提出之汽油，固不能與石油中之汽油相競爭。然石油儲有時而盡，一旦告罄，則汽油之來源斷絕。故以生產無窮之植物油，製成汽油，實為最有價值之代用品。願國人未雨綢繆，注意及之。

第七章 菜子油製造汽油試驗二*

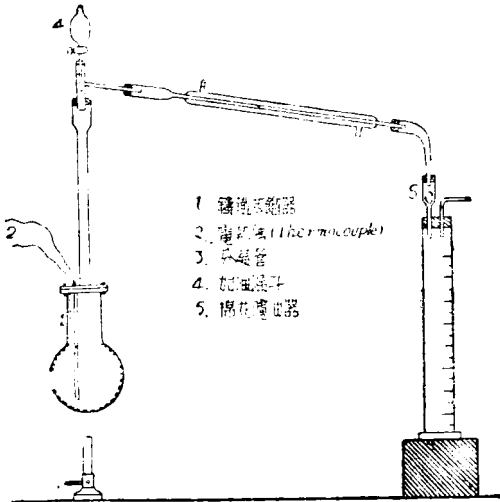
植物油製造汽油問題已引起各方之注意，此項研究結果時見於各種雜誌及刊物中。註一至註四，作者等亦深感本問題之重要。曾將菜籽油用常壓氣相分解法，及媒觸劑分解蒸餾法，試製汽油與其他液體燃料。一部分之試驗結果，業經陸續發表。註五至註六。

據以往之試驗，曾發見用鹼性媒觸劑，而在常壓情形下菜籽油之分解蒸餾結果為最佳。且鹼性媒觸劑之鹼度強，汽油之產量亦愈多。於是更作進一步之研究，覓媒觸劑分解蒸餾法中，所用之鹼性媒觸劑，非惟足以促進分解速率，且可與植物油先起化學作用以成

* 原文為菜籽油製造汽油之研究，張鏡珍，張聲等，曾在民國二十五年五月中國化學工程學會杭州年會宣讀，中國化學工程第三卷第四期。

肥皂，而由此肥皂再行分解。試以一試驗管，中儲植物油，另加少許石灰或氧化鎂等鹼性粉狀物質，直接加熱至攝氏二百八十至三百度時，混合體由渾而清，同時有大量不能燃燒之氣泡發生。當溫度升至三百度以上，至三百十度左右時，則植物油分解現象開始，而進行甚速。根據此種理論與試驗，覺常態媒觸劑分解蒸餾法中之加熱方法，可以改良。其改良之點，即在應用間隔加熱方法。法以植物油加熱至分解溫度，不即使蒸出，而在此溫度維持半小時，使其與媒觸劑起充分作用，然後蒸出。採用此項間隔加熱方法以來，所得結果頗佳。於是乃採用各種媒觸劑，進行試驗，以作一有系統之比較。本章所述，即為應用間隔加熱方法後所得之結果。

圖 十 一



一 試驗方法

此次試驗所用儀器之裝置，如同十一。蒸餾器係用生鐵鑄成，俾可耐用。蒸餾器上加一銅製分凝管，俾高沸點物質還流至蒸餾器中，再行分解，而祇許低沸點物質，可以逸出。分凝管上端配以玻璃三通管，與一分離漏斗，故油液加入速率，可以較準。

試驗時以煤觸劑十公分置於蒸餾器內，然後先以一百公分菜籽油，由分離漏斗加入。間隔加熱法 (Intermittent Heating) 者，為加熱至其分解溫度時，不即使蒸出，而使其滯留於蒸餾器內，約半小時，然後加足熱力，將粗油蒸出，待蒸餾完畢，再加入一百公分之菜籽油，間隔加熱後，而使粗油蒸出。如是繼續蒸餾，待蒸畢五百公分菜籽油為止。繼續蒸餾時，無需再加煤觸劑，故煤觸劑之加用量，為油量百分之二。

二 結果

應用間隔加熱法之最顯著進步為所得汽油之酸價較低，產量較多。譬如以菜籽油加用石灰十公分為煤觸劑，如用普通加熱法，分解蒸餾後所得粗油顏色較深，比重及酸價較大，而其中汽油成分亦少，不能如用間隔加熱法所得粗油顏色之淡，比重之輕，與酸價之小也。

此次所用煤觸劑，計有二。鹼性物質如石灰、氧化鎂、與氫氧化鈉三種。(二) 吸收性物質，如矽酸膠、活性炭及酸性白土三種。(註五、註六、註七)。(三) 油腳，如在不用煤觸劑分解時所得之油腳，及用石灰與氫氧化鈉為煤觸劑後所得之油腳等等。

茲將應用此種間隔加熱方法，及用不同煤油時所得之結果列入表六八

三 討論

甲、在常壓時進行煤油分解試驗，其加熱方法，與傳莫各間隔加熱法（因）植物油之受熱分解情形，許可分為兩部來說，自第一步生成之油開始，而達最後之高度時，其分解之速率，較前兩部熱時間之短暫，而得不同之結果（因）乙、據莫對於植物油之分解蒸餾除促進其速率外，可使植物油先，化學變化，由此而得之化合物之分解，乃得種種結果，而此種化學變化，當用上述加熱方法時，與充分時間後，方得完全

乙、在常壓進行煤油分解蒸餾所用材料，均用精製的質料，尤其以石灰或氧化鈣等價物為宜，當其速率，與用上述方法所得粗油、汽油、燃料油，與蒸餾始末所得者相仿，色淺而價極廉。

丙、鹼性白土對於植物油之加熱分解，原有促進作用。探里特、芳維、化學工業大全第八冊，謂「若將油於蒸餾時，加以鹼性白土，則液狀碳化合物之生成率更為增加」又據小松久重、化學工業大全第七冊，謂「添加鹼性白土於常壓蒸餾，實與加壓蒸餾，有同樣之結果，添加三氯化鋁百分之五至十於油類或重油中，可以使之分解，是為莫、愛氏之方法，此一點，白土與三氯化鋁有同一作用」據探里特等之試驗結果，鹼性白土或其他吸收性物質，如活性炭與矽酸膠，對於菜籽油之分解，似無顯著影響，此或因用吸收性物質太少所致，且因其不能如鹼性煤油劑，可與植物油之發生皂化之作用，故所得粗油

之酸價甚大，與不用媒觸劑時相仿，惟汽油及燃料油等產量略有增加，尤在應用活性炭為媒觸劑時，最為顯著。

(丁)植物油分解後所剩餘之油脚，對於植物油之加熱分解，亦有媒觸作用。此種作用，可有下項二項解說：(1)油脚本身即有媒觸作用。油脚中之高碳化合物，對於植物油之分解，似有促進之能力。故如不用媒觸劑時，將植物油加熱分解後，不即使蒸出，則其最先生成之油脚，對於以後加入之植物油，亦有促進分解之能力。試觀表六八中第二十一之試驗，不用媒觸劑，亦可得相當數量之汽油。即以此故。(2)因油脚中原含有若干之媒觸劑，此種關係在用石灰或氧化鎂為媒觸劑所得之油脚時，更為顯著。蓋石灰與氧化鎂，與植物油加熱時，發生皂化作用，於分解成油脚後，此種石灰與氧化鎂，仍行散布於油脚中(故此種油脚中灰分常在百分之五以上)，乃發生媒觸作用。至於氫氧化鈉，於加熱後，常附粘蒸餾器四週，不能散布及於油脚中(此種油脚中灰分在百分之一以下)，故此種油脚之媒觸作用，不甚顯著，幾與不用媒觸劑時所得之油脚相仿。

(戊)根據間隔加熱法之優越點，及利用價廉之石灰或氧化鎂為媒觸劑，或用石灰或氧化鎂為媒觸劑後所得之油脚，可以設計一連續式之製造汽油機器。

四 結論

在常壓情形下，進行媒觸分解蒸餾，加熱宜用間隔方法，使植物油經長期間之加熱，得以發生充分反應，然後蒸出之，成品質地並佳，不致有分解不完全之慮。

至於媒觸劑之效能，據本章之試驗結果，各種媒觸劑，除促進植物油之分解速率外，對於其分解方式，亦有影響。尤在應用鹼性物質為媒觸劑時，最為顯著。媒觸劑中之最經濟者，首推石灰，次為氧化鎂。蒸餾後剩餘之油脚，可為極好之媒觸劑，尤以應用石灰或氧化鎂為媒觸劑後所得之油即為佳。

引用書報

- (註一) 李華斯，周行謙，石灰肥皂製造汽油試驗初步報告，中國實業雜誌第一卷，第七期。
- (註二) 張克忠，張洪遠，張德惠，棉籽油製造汽油研究(一)(英文原著)中國化學會會誌第二卷，第三期；棉籽油製造汽油研究(二)(英文原著)化學工程第二卷，第一期。
- (註三) 賓果，用媒觸劑由花生油中提取輕油(英文原著)，中國化學會會誌第三卷，第一期及第三期；植物油提煉輕油試驗，工業中心第五卷，第二期。
- (註四) 羅宗賢，蔡鑑生，加熱溫度及時間對於棉籽油熱裂之影響(英文原著)，中國化學會會誌第四卷，第三期。
- (註五) 顧毓珍，解決中國液體燃料問題之商榷，中國實業雜誌第一卷，第八期。
- (註六) 顧毓珍，鄭業銘，菜籽油製造汽油試驗(一)，工業中心第四卷，第一期。
- (註七) 顧毓珍，鄭業銘，植物油製造液體燃料之試驗，中國實業第一卷，第十一期。
- (註八) 顧毓珍，鄭業銘，馬顯漢，植物油試製液體燃料報告，工業中心第四卷，第十二期。

- (註九) 矽酸膠係按最新化學工業大全第十四冊第三〇一頁所載方法備製。
- (註十) 活性炭係中央工業試驗所用椰子殼自製者。
- (註十一) 酸性白土係由杭州民生藥廠供給。

第八章 棉籽油替代柴油之研究*

全國經濟委員會公路處，為研究利用棉籽油替代柴油以作壓燃引擎燃料起見，曾會合蘇皖京滬五省市交通委員會，中央大學工學院，實業部中央工業試驗所及江南汽車公司等機關，合作辦理，以期集中人力財力，共赴事功。曾於二十四年三月間，開一談話會，決定研究目標，為研究棉籽油之性質及煉製方法，以供壓燃引擎汽車之利用。研究範圍，則暫分三部，於必要時再行擴充。

第一部 粘度試驗及壓燃性質試驗，由中央大學工學院主持辦理，其他機關協助之。

第二部 提油試驗，由實業部中央工業試驗所主持辦理，其他機關協助之。

第三部 駛車試驗，由江南汽車公司主持辦理，其他機關協助之。

並於同時成立棉籽油研究委員會，由上述合作機關，各派專門人員一人組織之，負責辦理一切規劃，及研究事宜。迄今將及一載，

* 原文為棉籽油替代柴油研究報告，顧毓珍，杜長明，陸貫一，載公路第一卷第四期。

研究已得相當結果，茲特彙集各部試驗成績，作一初次報告於後

一 我國棉籽及棉籽油之產量

我國棉籽之每年產量總額，素乏精密統計，無從明瞭。各省各區以及各關係機關，雖年有報告發表，然數值互有出入，未必均屬可靠。其較為有價值之報告，當為農業統計委員會之棉籽調查報告。據該報告所估計，棉花產量與棉籽產量之比數，大體為一與二之比。故我國棉籽產量雖未經調查，但可從此比率，由我國年來棉花之產量推算之。茲將我國近五年來主要產棉省區之棉籽產量列表六九：

表六九 我國近五年來主要產棉省區之棉籽產量

省 區	十九年	二十年	二十一年	二十二年	二十三年
河 北	1,678,000担	1,684,000担	2,052,000担	2,007,000担	2,672,000担
山 東	1,842,000	1,738,000	2,752,000	2,682,000	2,908,000
山 西	320,000	418,000	458,000	1,072,000	1,112,000
河 南	1,132,000	1,202,000	1,192,000	1,602,000	2,042,000
陝 西	270,000	692,000	310,000	1,000,000	2,908,000
江 蘇	2,170,000	1,222,000	2,770,000	2,000,000	3,320,000
浙 江	940,000	700,000	220,000	780,000	1,100,000
安 徽	192,000	200,000	370,000	200,000	1,100,000
江 西	156,000	18,000	220,000	110,000	600,000
湖 北	6,144,000	2,071,000	3,260,000	1,276,000	2,822,000
湖 南	592,000	90,000	100,000	200,000	2,070,000
共 計	17,642,000	12,442,000	16,210,000	14,548,000	22,492,000

我國所產棉籽，尚有輸出國外，是以國內棉籽之供給實數，應除去此數。茲將近三年來我國棉籽輸出國外數量列入表七十。

表七十 我國近三年來輸出國外之棉籽數量

輸 出 國 別	二 十 一 年	二 十 二 年	二 十 三 年
日 本	626,404 担	970,245 担	409,503 公担
荷 荷	22,480	27,731	—
美 國	—	1,109	—
其 他	63	4	665
共 計	648,947	999,089	410,168

我國所產棉籽，除輸出外，尚有其他用途。譬如留存種植用，現時我國棉田約四千萬畝，每畝約用棉籽十斤，是每年須四百萬担。又如供作飼畜肥料等用，雖為數不多，然每年消耗，約在一百萬担以上。故設我國年產棉籽為二千萬担，除去每年輸出，種植，飼畜，肥料等用，約六七百萬担外，實際可供榨油者，約在一千三百萬担左右。而此一千三百萬担中之銷用於大規模榨油廠者，年約六七百萬担，為內地小規模榨油及土法榨油所銷用者，亦在六七百萬担之數云。

我國自棉籽取油方法，悉屬壓榨一途，產油效率甚低，在大規模油廠用水壓機榨油者，每担棉籽產棉籽油約十斤，而在小規模油廠及土法榨油者，每担棉籽產棉籽油約七斤半。如前所計，大規模油廠與小規模油廠及土法榨油，每年各銷用約六七百萬担棉籽，是我國年產棉籽油約在一百萬担至一百二十萬担也。

二 棉籽油抽提之研究

我國棉籽油廠，多用壓榨法取油，產油效率不高，大概僅能取得原料含油總量之半數，其餘一半尚殘留於棉籽粕中，蹉跎甚多。間亦有用新式壓榨機者，然其產油率，仍未見甚高。據陸賈一君之上海棉籽油廠調查報告，上海市新式棉籽油廠，平均每百斤棉籽，可壓榨毛油十斤，經煉淨後，可得清油九斤。查棉籽含油量應在百分之二十左右，即每百斤棉籽，應可得毛油二十斤。今用壓榨方法，僅能取得其含油量之半，損失至鉅，殊屬可惜。

植物油之存在於棉籽硬殼之中，為纖維細胞所包裹，其組織頗為嚴密。今用壓榨法榨取其油，必先破其細胞組織，使油流出。但纖維細胞之吸着力極大，故用壓榨法難以完全榨出。是以現今各國由植物種實中取油，多改用溶劑抽提法。在美國、德國、日本以及其他各國，研究抽提方法，日新異，應用於工業上頗有成功。在我國自亦應急起直追，從事研究。

(甲) 壓榨法與抽提法之比較

以壓榨法比諸抽提法，因方法之不同，其產量與油質互有優劣，副產品之利用，亦各不同，以之兩相比較如下：

(1) 取油方法之比較。壓榨法須利用機械，加甚大壓力，使棉籽中油分擠出，壓力愈大，則擠出之油亦愈多，然不能將油分完全壓出，故棉籽餅中，往往仍含油百分之十左右。用溶劑抽提法，則須用適當之溶劑，將棉籽中之油分，逐漸溶解抽出，然後收回溶劑，取得油分，此法能取得餅含油量百分之九十（約當棉籽百分之十八）。故就

產量而言，用抽提法自遠勝於用壓榨法。

(2) 籽油品質及應用之比較 用壓榨法取得之棉籽油，經石灰提煉後，呈金黃色，無惡味，可作食料用。抽提法取得之棉籽油，每有深褐色，而其溶劑氣味。然設處置得當，經精煉後，顏色減淺，品質亦純，可以與用壓榨法取得之棉籽油，有同樣效用。

(3) 棉籽粕利用之比較 經用壓榨法取油後之棉籽粕(即俗稱之棉籽餅)，含蛋白質約百分之三十，含油分約百分之十，可為家畜之飼料，或植物之肥料。其用抽提法取油後之棉籽粕，則含蛋白質約百分之三十一，含油分約百分之一或二，因有時稍帶溶劑氣味，不宜為飼料，而宜作為肥料。就工業上言，若將棉籽粕用作蛋白質之提製，或用以製造其他含氮化合物，則須將籽粕中之油分完全提出，方可應用，若有少量油分存在，反增製造上之困難，是則用抽提法取油後之棉籽粕，較為合用。

(乙) 抽提試驗結果

棉籽油研究委員會所用試驗樣品，得自棉產改良委員會，其中棉籽仁佔全重量百分之五六，四六，而棉籽仁中含有之棉籽油，達百分之三四·七，故每百斤棉籽仁，應可提油三四·七斤，即每百斤該種棉籽應可提油十九斤以上。據實業部中央工業試驗所之試驗，用各種溶劑抽提棉籽油之結果，可以分別概述如下：

(1) 溶劑之選擇試驗 可以抽提棉籽油之溶劑甚多；如輕油、苯、醚、二硫化碳、四氯化碳、酒精等。據試驗結果，以苯為最佳，然價值昂貴，不合工業經濟原則。次以輕油與酒精二者為最適宜，其他或因抽出油液品質不佳，或因溶抽力低，或因價格過高，不適於工業上。

之應用

(2) 抽提之結果 每百斤棉籽可抽得棉籽油十八斤，是棉籽油之抽提率，已達百分之九十許，故棉籽油損失甚微。溶劑之收回，可達百分之九十六，故溶劑之損失，僅為百分之四。

(3) 抽提棉籽油之性質 抽提所得之棉籽油，顏色深褐，而帶有溶劑氣味，品質每不如由市上購來用壓榨所得者。經多次試驗，此項缺點，已行解決，法於抽提前，先用酒精將棉籽仁處理，繼而加熱將棉籽仁蒸熟，然後用輕油或苯為溶劑，將棉籽油完全抽出，再通入蒸汽，除去溶劑，則所得棉籽油品質，可與用壓榨方法得來者相等。

(4) 棉籽粕之利用 去油棉籽粕中，含有大量蛋白質，除可用作肥料外，可利用以作種種工業原料。關於此項工作，正在進行研究。不久當有結果，以得棉籽粕之最適當利用方法。

三 棉籽油之特性

棉籽油為植物油脂之一，最初榨出或抽出者，稱為毛油 (Crude

表七一 普通精煉棉籽油之特性

性 質	平 均 數
比 重(15°C)	0.912—0.925
冷 凝 點	無 定
溶 點	3—4°C
皂 化 價	163—185
碘 價	108—110
酸 價	無
燃 點	533°F
黏 度(Saybolt Universal)	183(100°F)

Oil) 內含色質約百分之一, 及其他雜質甚多, 經石灰提煉後, 即成清油 (Refined Oil)。普通精煉棉籽油之特性及成分分載於表七一、七二。

表七二 普通精煉棉籽油所含之成分

甘 油 類	百 分 率	熔 點
十 二 酸 (Myristic Acid) 的	2.5%	55.8 °C
十 六 酸 (Palmitic Acid) 的	29.0	62.6
十 八 酸 (Stearic Acid) 的	2.0	69.3
二 十 酸 (Arachidic Acid) 的	0.5	77.0
十 八 烯 酸 (Oleic Acid) 的	57.2	14
十 八 二 烯 酸 (Linoleic Acid) 的	11.7	-18

精煉棉籽油含至攝氏十二度以下時, 其高凝點之甘油酯類, 將漸漸分出, 其色淡黃稱為斯提令 (Stearine), 內含多量之十六酸酯 (Palmitin), 及少量之十八酸酯 (Stearin), 可作人造豬油及牛油之原料。在此種溫度, 惟十八烯酸酯 (Olein) 及十八二烯酸酯 (Linolin) 尚為液體, 可以濾出, 因其經冬不凝, 故又稱為冬油 (Winter Oil)。

精煉棉籽油中, 約含有不能皂化之物質百分之一, 其中所含物質與熔點如下:

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. Sitosterol | 熔點 139 F |
| 2. 固形物 | 熔點 81 — 82 F |
| 3. 不飽和物 | 熔點 172 F |

四 棉籽油與柴油之比較

用於高速壓燃引擎之燃料，應具各種特性，雖迄今尚未明瞭，但已有試擬之規範，茲將英、美兩國所擬者，與本京購得之棉籽油特性比較如下表

表七三 用於高速壓燃引擎燃料應具之特性與
我國棉籽油特性之比較

性 質	英 國 規 定 （British Standard）	美 國 規 定 （American Standard）	機 械 規 格 （Mechanical Specification）	棉 籽 油 樣 本 之 特 性
燃 點 (明 火) (Flash Point)	最低 華氏一百五十度	最低 華氏一百五十度	最低 華氏六百二十五度	——
燃 點 (閉 塞) (Saybolt Universal)	最高 九十秒	最高 九十秒	最高 一百八十二秒	——
灰 分	最高 千分之一	最高 千分之一	——	——
水 及 沉 渣	最高 千分之五	最高 千分之五	——	——
硫 分 (Sulfur)	最高 千分之五	——	——	——
殘 渣 (Carbon Residue)	在華氏負二十度時 須保持液體狀態	——	最高 千分之一	在華氏十二度後 已有沉渣物分出
硫 分	——	最高 千分之一	——	——

觀上表，可見棉籽油與柴油性質相差過遠之處，共有三端：（一）棉籽油粘度太高，設用於高速壓燃引擎時，使其穿過進油細管，實一難事；（二）凝點太高，未至寒冬，已將凝結分離，應用勢必困難；（三）燃點甚高，難於燃着，因此用於內燃引擎時，開動不易。故研究棉籽油替代柴油問題，須將上述各點為對象，設法改製，俾使棉籽油性質，合於高速壓燃引擎之用。

五 棉籽油之改製試驗

(甲) 可能途徑

如上所述，在比較柴油與棉籽油特性之下，可知欲以棉籽油替代柴油，作高速壓燃引擎燃料，須先將其粘度、凝點、及燃點三項，極力減低。粘度須自一百八十秒，減至百秒以內，凝點須自攝氏十度以上，減至零度以下，燃點最好在華氏二百度左右。進行此項改製工作，其可能途徑計有四端：

(1) 分離棉籽油中粘度高凝點高之成分 棉籽油為混合物，其高精度，高凝點，必由於某種成分之存在，若能識別是項癥結所在，而以經濟方法分離是項成分，則目標可達。分離方法，約有四種。

(子) 凝分法(Adsorption) 以具有選凝作用之物質，凝收此項不需要之成分

(丑) 化學藥品處理法 以酸、鹼等化學藥品，使與不需要成分起反應而除去之。

(寅) 冷分法 將溫度減低，使凝點高者凝結，而後濾去之。

※ (卯) 蒸分法 將棉籽油在負壓蒸溜，將沸點低之成分分出。

(2) 改變棉籽油成分 棉籽油之成分，可以熱裂法改變之，因受熱分裂，棉籽油性質可以根本改變，使其粘度、凝點、及燃點，合於條件。熱裂法約有四種：

(子) 氣相法 先將棉籽油氣化，嗣於一導管中，加以高溫，使其分子破裂，變為較輕之油

(正) 常相法：在高壓下，將油通過導管中，外加高溫，熱油再流至熱裂房 (Crack) (Crack) 一定度熱裂作用。

(負) 雜相法：將油置於一器內，外加高溫，油之壓力，漸由度而加高，如是則油自會變化。器內可加適當之接觸劑，以促進熱裂作用。

(理) 鈣皂法：加管是之石灰乳於油內，加溫加壓，使成均勻，然後將鈣皂乾餾，即得較輕之油。

(3) 提和飽和油質及製成好，可得適當而高質之油料，與其他解淡劑，加入(煤油)中，使其粘度、凝點、燃點，均為最低。

(4) 在熱裂相法：液體之粘度與溫度成反比，溫度愈高，粘度愈低。若在進氣引擎之前，將燃料油預熱至相當溫度，則粘度可以低，而凝點不復為弊。預熱之法，在發動引擎時，可用電力發熱後，可用引擎廢氣之熱熱。

乙：試驗結果

按上述可能途徑，按東京帝國工業院之試驗結果，優劣互見，現可繼續研究，以定一最佳之途徑。茲將其初步研究報告，簡述於下：

(1) 凝分法之試驗結果：法以固體凝收劑，磨成粉狀，混於油中，加以攪動，增加凝收劑與油之接觸機會(俟二、三小時，凝收作用完成，而後將凝收劑及其凝吸之物濾去，即得煉過一油。且將凝收劑，為數甚多，茲已用者，為沸騰土土(Infusoid Earth)一種，結果粘度相差甚微，無多大改進，日後常用活性炭、骨炭、及漂白土等，以為凝收劑，以驗其改進之程度。

(2) 化學藥品處理法之試驗結果 藥品處理目的，在除去油中之雜質，過去試驗，曾用硫酸與燒鹼兩藥品，結果棉籽油經處理後，特性無顯著進步，燃點、粘度與原油相似。

(3) 冷分法之試驗結果 取原油一公升，置冰箱內，初冷至攝氏十二度以下，除去凝結物，繼再冷至攝氏五度左右，濾去多量固體物質，如是乃得五百公分之淡黃油液。在華氏一五九·八度，其粘度為七七·五秒，在此溫度，原來棉籽油之粘度，為八〇·五秒。是粘度已稍為減小，而棉籽油經此處理後，冷凝溫度大為減低，尤屬特長之處。

(4) 負壓蒸分法之試驗結果 以棉籽油在負壓下蒸溜，使其中較輕物質，被熱蒸出。試驗結果，如在二英寸水銀柱絕對壓力下，加熱至攝氏一百五十度以上，自二千五百公分之棉籽油，共得液體油一百二十五公分。該油粘度在華氏一百度，為四十六秒（塞氏通用標準器）燃點為攝氏八十四度，是則性質已有改進，惜所得蒸出油量甚微。

(5) 熱裂法之試驗結果 熱裂法在利用棉籽油受高熱後發生之分解現象，由高分子物質，分解成低分子物質。棉籽油之所以不如柴油，乃因其分子大而組織複雜，非如石油之分子小而組織較為簡單，設應用熱裂方法，使棉籽油中大而複雜之分子，分裂成小而簡單之分子，則可望其與柴油相似。

棉籽油或其他植物油，經熱裂後，非惟可以製成柴油代替物品，同時亦可製成汽油及光油，以代一切石油精煉品。邇來我國學術機關，注意於此項植物油製造石油精煉品之研究者頗多。如實業部中

央工業試驗所，實業部地質調查所，天津南開大學應用化學研究所等，均已得有相當結果。

(6) 攪和法之試驗結果 於棉籽油中攪和其他油類或溶劑，以減低其粘度，據研究結果，可得下列結論：

(子) 酒精與棉籽油不易互相混合，如欲使其溶和，除加入百分之五十(酒精容量計)之乙醇外，其餘化學藥品與礦物油類，不發生效力。

(丑) 汽油、光油與柴油等，可以與棉籽油互相溶和，經溶化後，雖儲藏至百餘日之久，並無發生若何變化。即其冷凝點，亦大減低，至減低之程度，與攪和物之多寡，約成正比。

(7) 預熱法之試驗 關於此項試驗，尚未進行。

六 棉籽油代替柴油之開車試驗

用棉籽油代替柴油，作實地開車試驗，因屬燃燃料標準試驗引擎，尚未購到。故用實業部中央工業試驗所機工場六十四馬力柴油機，作初步開車試驗。初用自棉籽油經熱裂後之粗油百分之五十，及自市上購來未經處理之清油百分之五十，混合應用。開車容易，情形正常，開動後每分鐘輪轉數，及每小時消耗公升數，均與原來全用柴油時相仿。惟於開動時，廢氣濃厚，且試驗完畢後，燃燒室剩餘碳質頗多。繼以棉籽油百分之三十(重量計)及柴油百分之七十(重量計)混合後應用。按棉籽油與柴油，可以任意混和，而依此成分混合後，可冷卻至攝氏零點以下十二度餘，即在冬季，應用可無困難。且該混合液在攝氏二十七度，其粘度為一·七一安氏數(Engler No.)。

與柴油之粘度相似，故不必改造柴油機之進油管等部分，即可施用。試驗結果，以此棉籽油與柴油(30:70)之混合油液，在上述之六十四馬力柴油機，開車竟日，未見若何困難，廢氣不濃厚，燃燒室內剩餘碳質亦不多，結果甚為滿意。於是乃由江南汽車公司用大號柴油汽車，作進一步之試驗。時在二十四年十二月十八日，氣候嚴寒。經濟委員會公路處，江南汽車公司，中央大學工學院及實業部中央工業試驗所等各機關，均派遣代表，參加試驗。即用棉籽油三十斤與柴油七十斤之混合油，用大號柴油汽車，自江南汽車公司機械廠出發開行，經中山門至湯山，來回約計五十六公里。沿途越大小斜坡者，凡三十許。未有困難，情形正常。自中山門至湯山一段，計去時共耗四十七分鐘，回來時共耗一點零二分，成績滿意。

如上述以棉籽油替代一部分(百分之三十)之柴油，對於以棉籽油完全替代柴油之目的，固未達到，然須知替代一部分之柴油，挽回利權，已非淺鮮。蓋國外輸入我國之柴油，每年約三十萬噸左右，價值在千萬餘關平兩以上，設可代替其百分之三十，為數已屬可觀。祈關心此問題者注意及之。

第九章 棉籽代油替柴油之動力試驗報告*

一 提士引擎燃料之技術條件

提士引擎或壓燃式(Compression Ignition)引擎之應用日廣，所用燃料之技術條件極為重要。論提士引擎，或壓燃式引擎，普通的

* 本文原載於工業中心六卷九期至十二期。

了解是：在「吸入衝程」(Intake Stroke)時吸入空氣，在「壓縮衝程」(Compression stroke)時將吸入之空氣壓至二十五至五十五大氣壓(每平方英寸受壓五百至八百磅)，因而溫度增加至華氏五百度以上，致使射入氣缸之霧狀燃料燃着而生動力。此種了解固無錯誤；但非完全。論提士引擎之燃料，則謂在某種情形下有多種價廉之燃料或替代品。如植物油可資應用，且以實際使用及開動引擎為奇聞。此固能證實其可能；但決非科學的結論。一言引擎，除上述條件外，注射燃料之設備及其條件誠為重要。射入氣缸之燃料必須係霧狀，此為霧狀燃料，應與被壓縮之空氣完全混合，使燃料之每一分子與空氣中之氧氣密切接觸，俾能達迅速及完全之燃燒。欲達到此項目的，燃料之注射速度須在每小時三百英里之數。而燃料之分子應極小，每次注射之燃料佔一立方英寸之二百分之一之份量，分子數目須在五千萬左右。

至於燃料本身所應具之條件，則較引擎更為複雜。燃料應具之技術條件，可分為兩類：(1)物理的；(2)化學的。此兩種性質，或於燃料之儲藏有關，或與燃料之燃燒情形有關，皆應在選擇時之相次。

物理性質之條件重要者凡三：(1)閃燃點，(2)比重及凝滯點，(3)黏度。

「閃燃點」係一最低之溫度，在此溫度時，燃料發出之氣體，遇火即着。提士引擎燃料之燃燒乃採用噴燃方法，故閃燃點對於引擎氣缸內之工作，並不若何重要。但於燃料之貯藏安全甚有關係。照美國石油協會之規定，閃燃點最低，應為 150 F 開氏。

燃料之比重與每磅燃料所含之熱量成反比，而燃料之含熱力量

另有規定，故比重於提士引擎汽缸之工作，無直接關係。「凝滯點」(Set Point) 乃一定之溫度，低於此溫度時，油料即不能自由流動。此項性質於油料之貯藏及輸送(Pumping)極有關係。

黏度在油料物理性質中，恐與引擎動作爲最有關係之一項。黏度之高低關係唧油機之工作。普通唧油機常無襯墊，故對於油料之緊密與否，全視唧油機構造之密合。而油量之輸送，每視油料之黏度。如黏度較低，再加以唧油機活柱尺寸稍不準確，油料即將過於漏過，而引擎燃料消費量將特大。且油料之黏度影響於引擎之容量效率(Volumetric Efficiency)，更爲重要。於無空氣注射(Airless Injection)之提士引擎，油料之黏度更有關係。因油料之粘度大，注射之阻力亦大，而注射之速度減低，注射出之霧狀油點之大小，亦將變更。

關於燃料之化學性質重要者有下列四項：(1) 熱力量，(2) 蒸餾度(Distillation Range)，碳質遺渣(Carbon Residue)，硬質瀝青(Hard Asphalt)，(3) 化學成分，自燃點(Self-ignition Point) 碳氮化合物之成分，(4) 硫質。

熱力量之於燃料其重要不言而喻，普通提士引擎燃料每公斤須具一萬大卡(10,000 Calories Kg.) 以上。

在燃料之完全規定條件內，常有蒸餾度一項。此項條件與引擎內無直接關係，故可從略。

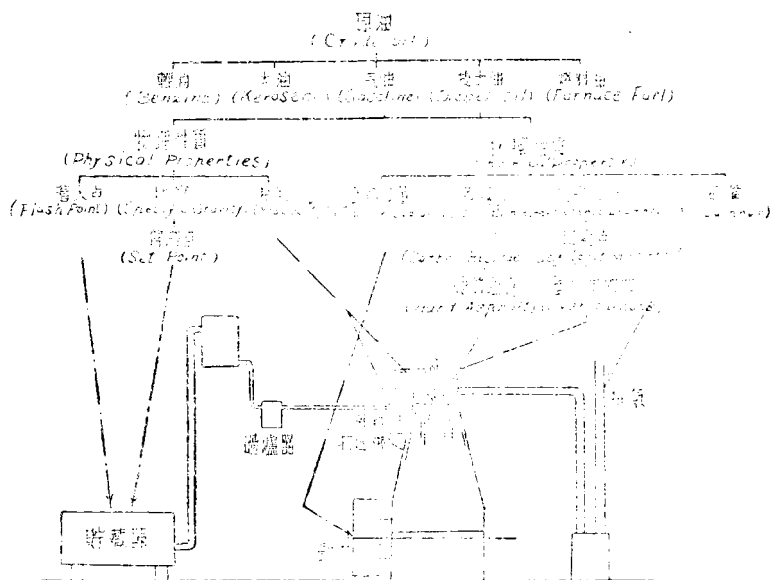
硬質遺渣，係燃料蒸至終了時遺留下之殘渣。碳渣檢定係在試驗室之情形下，與汽缸內燃燒實際情形不盡相同，故以此斷定某種燃料之適宜與否，亦鮮實際價值。

硬質雜質為燃料之技術條件中較為重要。此項雜質將排氣門及活塞環等阻塞，使生過分之磨擦，並使排氣門之過熱而損壞。此項物質之含量，須求與供於較大而速度較低之提土引擎，此項物質不得超過 2%，較小而速度較高之引擎，則不得超過 0.1%

硬質雜質所造成之微象，以前常歸罪於燃料中之硫質。其質硬質，在汽缸中變成二氧化硫，在汽缸之溫度並發生鈣作用，但此項質與硬質無直接關係，故不免同負其咎。現今對於硬質雜質之限制，較前更嚴，而硫質含量之限制亦較重。故百分之二至五並不可高。

燃料之化學成分極為重要。普通燃料之主要成分，見於表 11.4

圖 11.4 燃料之各種物理及化學性質與引擎之關係



至 13.2%，硫 1%，其餘氧及氮。根據化學成分可知燃料之完全燃燒需要之空氣量

「自燃點」是燃料液體着火之溫度，於選擇燃料之適宜與否較有關係。

燃料所含之碳氫化合物與燃料之「着火能力」(Ignition Quality)有關。所謂「着火能力」，係指自燃料注射入汽缸後至燃料燒着其間所隔之時間。換言之即注射及燒着間之耽遲時間(Delay Time)。此項耽遲時間，常以曲軸旋轉之角度表示之。在引擎汽缸中之工作耽遲時間愈長，則在燃料燒着時，燃料量愈大；而因燃燒之不合規定之條件，結果引擎內部易受損壞，所發生之震動壓力(Shock Pressure)極大，每減少引擎軸承之壽命。若此項耽遲時間小，則燒着較易。引擎在氣候較冷時，易於開動。此於汽車引擎尤為重要。

上述提士引擎燃料之物理及化學性質與引擎之關係，可由圖十二表示之。

美國石油協會規定提士引擎燃料之重要規格有如下列，可供參考。

1. 比重 在 60 F 時至少有 20° A. P. I.
2. 黏度 以「賽保」(Universal Saybolt)計。在 100°F 時至少應有 50 秒，最高 300 秒。
3. 閃燃點 最低 150 F 閉杯。
4. 硫質 最多不得過 2%。
5. 碳渣 不超過 3%
6. 灰分 應少於 0.1%

7. 水分 應少於1.0%。

8. 高熱力量 每磅應合 18,500 英熱量

對於提士引擎燃料應具之技術條件有上列之了解，始可言燃料之選擇或代替品之採用。

中國缺乏石油來源，為謀提士引擎燃料之自給，各方提倡以植物油作代替品。在過去，中央工業試驗所對於植物油之提製試驗及分析均有相當結果，陸續發表（見本編以前各章）。關於植物油實際用作燃料間動引擎之工作，亦經經濟委員會公路處與中央大學合作試驗及中國汽車公司張世綱先生之植物油汽車行駛記錄，但僅注重廢氣的分析，冷水和廢氣溫度的測量，以及汽車載重時加速情形等項。其他如馬力，旋力和燃料消耗等項，在柴油引擎改用棉籽油後有無影響，尚缺有系統的試驗。

此次中央工業試驗所舉行棉籽油替代柴油試驗，其目的在同一引擎，試驗柴油與棉籽油混合燃料之工作情形（Performance），而得一切實之比較，作為將來進一步之探討。

二 試驗用引擎及試驗動力設備之說明

此次用以試驗之引擎，為德國 M. A. N. 廠出品，乃高速度提士引擎，DO 524，號數為 80420 908 70。茲將其主要部分說明如下：

1. 種類 為四衝程全提士引擎，直接噴油式。
2. 汽缸 共計四只，鑄成一體，直徑 105 公厘，衝程 120 公厘，全容積 4.2 公升。
3. 活塞 平頂，活塞上有壓氣閥三，在油閥一。

4. 壓縮比率爲 15, 最高壓力可達 50—55 大氣壓 (Atmospheric Pressure)。
5. 燃料供給系 用唧油機將燃油從貯油器中吸出, 壓至波斯濾清器 (Bosch Filter FA—11 P 6), 在吸力衝程中被吸至波斯注射器 (Bosch Injection Pump PE 4 B), 經噴油嘴而至汽缸。油一經與缸內熱氣接觸, 即行燃燒, 並無預燃室及預熱等設計。

該試驗所用動力測定機係水方式, 藉水阻力作用來吸收引擎之動力。此機爲英國「福留地」(Froude)公司製造, 爲“D. P. N. 5”式, 號數爲 B 17507, 最大能力可試 700 馬力的引擎, 轉速最高每分 3500 轉。試驗時, 將變速器主動軸和「動力測定」機主軸外緣相連, 以牛皮作一軟性關節, 使旋轉稍有滑動餘地, 試驗時之裝置如圖十三。

三 試驗用燃料說明

該試驗所用之燃料, 係不同比例之柴油及棉²油之混合燃料。就上述燃料之各項技術條件中加以測定者, 有下列各項 (1) 比重, (2) 黏度 (安格耳數), (3) 閃燃點, (4) 燃點, (5) 凝滯點, (6) 水分, (7) 碳渣, (8) 每公斤含熱力量。硬質瀝青質及燃着之延遲時間, 以缺乏必要之設備, 暫無法測定。

各種不同比例之混合燃料之技術條件測定之結果如表七四, M. A. N. 公司所規定之規格亦附列以資比較。

在不同溫度下各種燃料粘度之不同, 可於圖十四中得其概要。

不同之燃料混合比例, 在不同之溫度下, 粘度, 閃燃點及燃點之

表 14 部分燃料在解凍期內之消耗量

燃料種類	1950年		1951年		1952年		總計	單位消耗量
	噸	千噸	噸	千噸	噸	千噸		
重油 (Fuel Oil)	117,630	117.63	102,000	102.00	100,000	100.00	319,630	0.9241
渣油 (Sludge Oil)	2,000	2.00	1,500	1.50	1,500	1.50	5,000	0.0142
煤油 (Kerosene)	1,000	1.00	1,000	1.00	1,000	1.00	3,000	0.0085
柴油 (Diesel Oil)	1,000	1.00	1,000	1.00	1,000	1.00	3,000	0.0085
汽油 (Gasoline)	1,000	1.00	1,000	1.00	1,000	1.00	3,000	0.0085
木柴 (Wood)	100,000	100.00	100,000	100.00	100,000	100.00	300,000	0.8617
煤炭 (Coal)	100,000	100.00	100,000	100.00	100,000	100.00	300,000	0.8617
焦炭 (Coke)	100,000	100.00	100,000	100.00	100,000	100.00	300,000	0.8617
電力 (Electricity)	100,000	100.00	100,000	100.00	100,000	100.00	300,000	0.8617
其他 (Others)	100,000	100.00	100,000	100.00	100,000	100.00	300,000	0.8617
總計 (Total)	220,630	220.63	196,000	196.00	193,500	193.50	610,130	1.7405

表 14 部分燃料在解凍期內之消耗量

圖 十 三

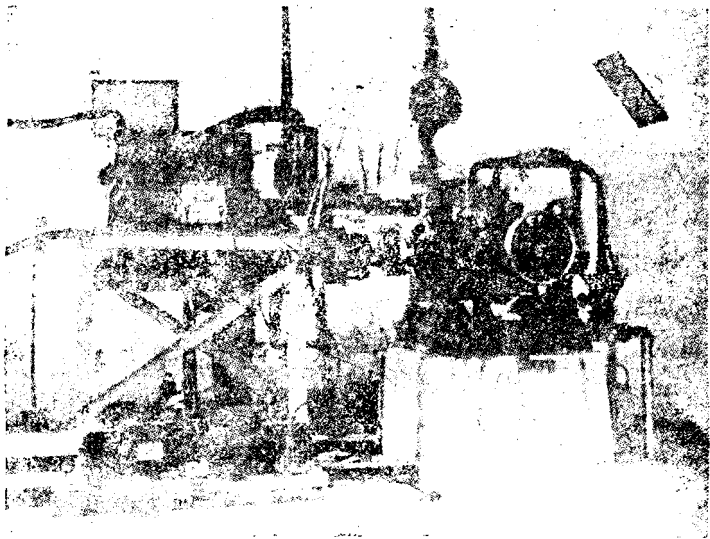


圖 十 四

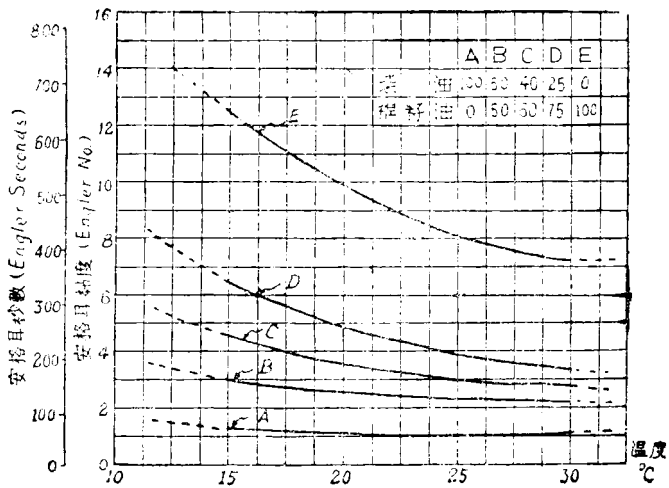
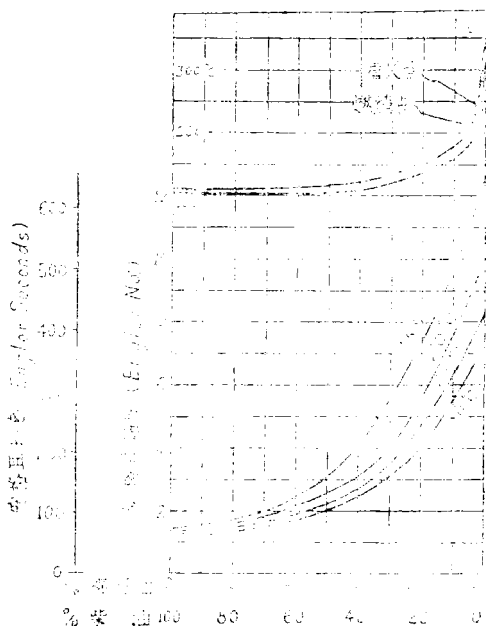


圖 十 五



不同，有如圖十五

四 開車試驗

孟阿思汽車引擎之開車設備，除 24 V, 4 匹馬力電動機外，並無預熱塞，亦無自潤喉（即 Locom）一類的燃燒室。即在開車時能使壓縮比率變更的燃燒室。普通柴油引擎開車極易，即在 10°C 的氣溫中，冷透開車亦非十分困難，在寒冬時，冷透仍難開動，不過稍費時間，及需要較有力之電動機而已。

若用柴油 50% 與棉籽油 50% 的混合燃料時，冷透開車就覺困

難。試驗時氣溫為 15°C ，須經過電動機分鐘的轉動，才能發動。若天氣更冷，困難將更大。用柴油40%，棉籽油60%的混合燃料，在 16°C 的氣溫裏，已不能冷送開車，須加熱水于水套內以增汽缸壁之溫度。又用棉籽油75%之混合燃料，則開車更覺困難。

至於用純棉籽油試驗時，氣溫為 15.5°C ，用 62°C 的熱水加進引擎水套內，引擎還不能發動，將水套內的水放出測量，溫度為 28°C ，後來將水完全放出，再加進 82°C 的熱水，然後擱緊電動機，引擎始能發動。斯時測得水套水的溫度為 38°C 。由此可知在 15.5°C 的天氣，若用純棉籽油開車，汽缸壁的溫度至少須在 30°C 以上。換言之，當氣溫在 30°C 以上時，水套內不加熱水，引擎能以開動。若天氣較 30°C 稍低，仍尚能開動；因在此時燃料的溫度，亦當在 25°C 以上，燃料之黏度降低，可使開車之困難減少。

從圖十四可以看各種油的黏度和溫度的關係。柴油在 15°C 和 30°C 之間，黏度的變動只有5.61安格耳秒，而柴油50%和棉籽油之混合燃料，在同上溫度之變更時，黏度之變動增加至51.51。純棉籽油增至266.73〔安格耳秒〕。由此可知，在各種燃料中棉籽油成分在60%，溫度在 20°C 乃一限度，超過此限度黏度增加的速率特甚。

就上述開車試驗在氣溫 15.5°C 汽缸溫度必須在 30°C 以上，氣溫若降至 15°C 以下，棉籽油之黏度特大，汽缸壁的溫度雖然有 30°C ，因為噴射進汽缸的油點，霧化程度（Atomization）極低，發動仍是困難。

五 引擎之轉動及動力試驗

各種燃料之引擎動力試驗紀錄分列爲表七五至表七九。

表七五 純柴油試驗紀錄

引擎速度時	轉	力	力	燃料消耗	燃料消耗	引擎合時	燃料	燃料
R.P.M. (分)	秒	馬力	馬力	(Gm.)	(Gm. per H.P. Hr.)	分	斤	斤
800	6 30	19.8	28	777	2.4	77	3	17
1000	5 30	26.6	30	757	2.7	77	3	17
1200	5 30	29.8	30	752	2.5	77	3	17
1400	4 44	20.4	30	776	2.7	78	3	17
1600	4 30	23.1	31	777	2.8	77	3	17.5
1800	3 16	19.4	22	672	2.9	76	3	17
2000	3 03	13.2	26	701	3.1	71	3	17
2260	2	14.9	30	501	3.12	50	3	17.5

表七六 50%柴油+50%棉籽油動力試驗紀錄

引擎速度時	轉	力	力	燃料消耗	燃料消耗	引擎合時	燃料	燃料
R.P.M. (分)	秒	馬力	馬力	(Gm.)	(Gm. per H.P. Hr.)	分	斤	斤
800	8	19.2	35	734	2.9	71	3	17
2000	8	19.9	40	865	2.9	71	3	17
1200	6 30	20.0	35	819	2.72	77	3	16.5
1400	6	20.1	35	950	2.70	71	3	17.5
1600	4	19.6	32	778	2.90	70	3	14.8
1800	3	19.0	30	648.5	3.3	73	3	16.5
2000	3	17.5	30	765.5	3.8	47	3	17.5
2100	1 35	16.6						16.0

表七七 40%柴油+60%棉籽油動力試驗紀錄

引擎速度時 R.P.M. (分)	間		動力測定機進 口水壓		燃料消費(公分 Gm.)		引擎冷卻用 水溫度(°C)			試驗室 內溫度 (°C)
	分	秒	推 力 (公斤)	力 (每方 吋磅)	總 消費量 (Gm.)	每馬力小時消費量 Gm. BHP-Hr.	進	口	出 口	
800	13	11	18.5	30	1215	202	51		55	18.5
1000	15		19.4	30	1701	281	48		53	18.0
1200	12	30	19.5	35	1671	271	51		56	17.0
1400	11	31	20.0	32	1581	280	52		61	15.5
1600	10	11	19.2	35	1905	293	56		69	16.0
1800	4		18.3	30	678	320	55		66	15.5
2000	2	25	13.2	30	615	356	58		61	17.0

表七八 25%柴油+75%棉籽油動力試驗紀錄

引擎速度時 R.P.M. (分)	間		動力測定機進 口水壓		燃料消費(公分 Gm.)		引擎冷卻用 水溫度(°C)			試驗室 內溫度 (°C)
	分	秒	推 力 (公斤)	力 (每方 吋磅)	總 消費量 (Gm.)	每馬力小時消費量 Gm. BHP-Hr.	進	口	出 口	
800	10		18.2	35	954	314	56		62	15
1000	15		18.8	30	1775	302	42		56	15
1200	13	30	19.9	30	1902	281	33		55	16.5
1400	9	23	20.1	30	1596	287	51		62	16.5
1600	8		18.9	30	1475	303	53		60	15.5
1800	6	8	18.0	40	1410	341	54		55	15.5
2000			16.1	30						

表七九 純酒精油動力試驗紀錄

引擎速度時 R.P.M.	時 分	動力測定機定機頭 指示率		燃料消費 公分 (Cm.)		引擎冷却用 水溫度 (°C)		試驗室 內溫度
		推 力 公斤	馬 力 磅	絕對消費 Cm.	每馬力小時消費 Cm. B.H.P.Hr.	進 口	出 口	
1000	15	17.7	29	1459	328	43	52	17.0
1060	15	30	48.6	1881	311	42	58	17.0
1200	15	19.1	31	2150	311	50	61	16.7
1300	11	32	52	1900	321	61	69	16.7
1600	12	23	38.5	2700	378	60	71	16.7
1800	3	18	29.0	1210	367	50	60	16.7
2000			14.9	50				28.0

由上列六表照下列計算方法可得馬力數字，列為表八十，並可得旋力數字列為表八一，以所得數字製成曲線如圖十六。

制 動 馬 力 計 算 法

W = 動力測定之推力——公斤 (kg)

N = 引擎轉動每分鐘速度——(R.P.M.)

K = 動力測定機之因數 = 800

$$\text{制動馬力 (B.H.P.)} = \frac{W \times N}{K}$$

$$\begin{aligned} \text{旋 力 (Torque)} &= \frac{\text{B.H.P.} \times 4500}{2\pi N} \\ &= \frac{W \times N}{800} \times \frac{4500}{2\pi N} \\ &= 0.896W \text{ 公斤—公尺} \end{aligned}$$

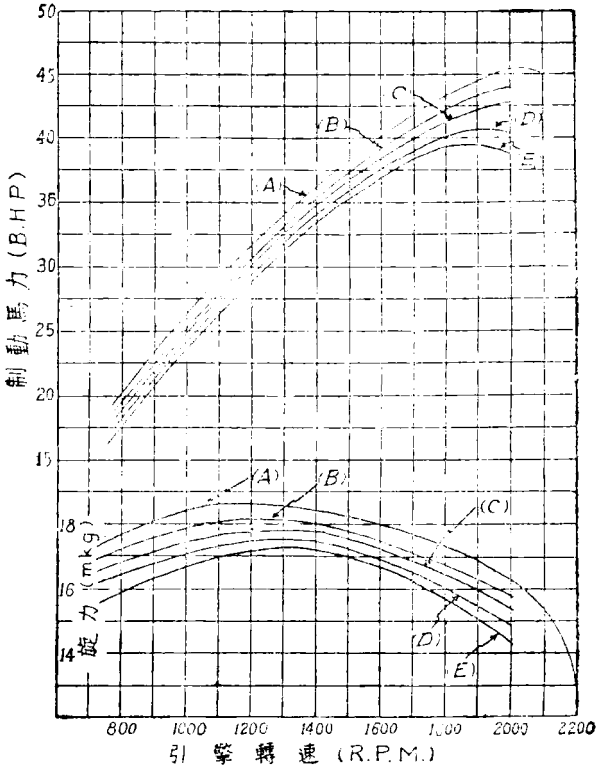
表八十 用各種燃料引擎之馬力比較

R.P.M.	油 純柴油	50%柴油 + 50%棉籽油			40%柴油 + 60%棉籽油		25%柴油 + 75%棉籽油		純棉籽油 純柴油馬力 減少(%)
		A	B	C	D	E	X		
800	19.8	19.2	18.5	18.2	17.7			10.60	
1000	25.8	24.9	24.2	23.5	23.2			10.10	
1200	31.2	30.0	29.7	29.8	28.6			8.34	
1400	35.7	35.2	35.0	35.2	33.6			5.89	
1600	40.2	39.2	38.4	37.8	37.0			7.86	
1800	43.7	42.8	41.2	40.5	39.5			12.00	
2000	47.5	41.0	43.0	40.2	37.2			18.23	
2100		43.6							
2200	28.5								

表八一 用各種燃料引擎旋力比較

R.P.M.	油 純柴油	50%柴油 + 50%棉籽油			40%柴油 + 60%棉籽油		25%柴油 + 75%棉籽油		純棉籽油 純柴油旋力 減少(%)
		A	B	C	D	E	X		
800	17.65	17.21	16.60	16.31	15.87			10.65	
1000	18.46	17.82	17.40	16.85	16.68			9.64	
1200	18.64	17.92	17.74	17.82	17.11			8.20	
1400	18.29	18.01	17.91	18.01	17.21			5.92	
1600	18.01	17.58	17.21	16.93	16.59			7.83	
1800	17.40	17.02	16.40	16.12	15.78			9.30	
2000	16.31	15.79	15.41	14.98	14.85			15.03	
2100		14.88							
2200	12.90								

圖十六 制動馬力及旋力比較



- (A) 純柴油
- (B) 50%柴油 + 50%棉籽油
- (C) 40%柴油 + 60%棉籽油
- (D) 25%柴油 + 75%棉籽油
- (E) 純棉籽油

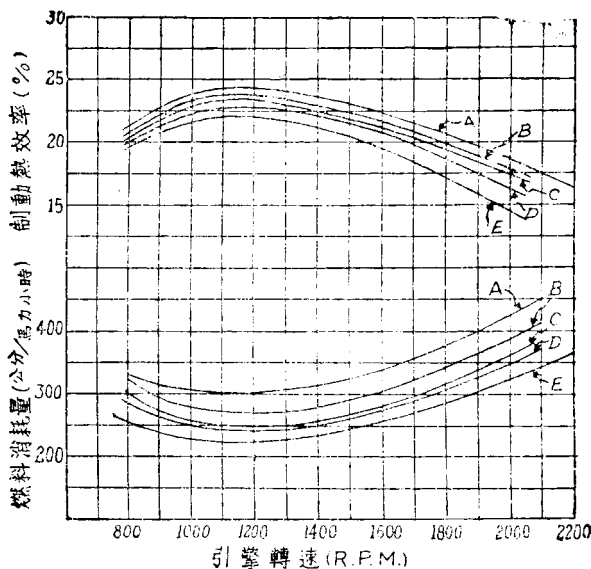
燃料之消費影響汽車交通經濟極大。普通行車費用，以每100里平均計算。本試驗之燃料消耗，以每馬力小時所耗燃料公分數或元

表八二 燃料消費及熱力效率

燃 油 轉 速	A	B	C	D	E	純棉籽油比 純柴油增加 (%)
	純柴油	40% 柴油 + 60% 棉籽油	40% 柴油 + 60% 棉籽油	25% 柴油 + 75% 棉籽油	純柴油	
速	每馬力小時耗油公分量 (Gm. BHP-Hr.)					
800	260	286	292	314	328	26.2
1000	225	260	281	302	314	39.5
1200	239	252	271	281	301	25.9
1400	254	270	280	287	321	26.4
1600	263	291	293	303	358	35.1
1800	289	303	320	341	365	36.2
2000	304	348	356	*	*	
2200	312	*	*	*	*	
制 動 熱 力 效 率 (Brake Th. Eff.)%						
800	22.4	21.6	20.8	20.5	20.3	9.30
1000	25.8	23.9	22.4	21.3	21.1	13.20
1200	24.4	24.7	23.3	22.9	22.2	9.20
1400	22.9	23.0	22.5	22.4	20.8	9.17
1600	22.2	21.4	21.5	22.0	18.6	16.20
1800	20.2	20.5	19.7	18.9	18.2	9.90
2000	19.2	17.8	17.7	*	*	
2200	18.7	*	*	*	*	

(註) *引擎轉速不穩定,不易試驗。

圖 十 七



數計算，雖與實際情形不盡相同，但作為不同燃料之比較，則極適當。

在各種速度下各種燃料之消耗費量，及熱效率見表八二與圖十七。在 1200 R. P. M. 的轉速時，費油量最低，熱效率亦最高。以後速度增加，消油亦漸次增加，熱效率則逐漸減低。

從圖十七 A. B 和 C 三曲線所示「最大馬力」在 2000 R. P. M. 但 D 線及 E 線所示，馬力在 2000 R. P. M. 比在 1800 R. P. M. 低，易言之「最大馬力」不在 2000 R. P. M. 而在 1800 R. P. M. 的附近速度。再參看表七五和表八十，知燃料熱力愈小，馬力愈降低。參看表八十

中第 X 行，棉籽油比柴油之馬力減低率，在 800 R. P. M. 爲 10.61%，在 1400 R. P. M. 爲 5.89%，在 2000 又增至 18.23%，可知採用棉籽油後引擎速度以在 1400 R. P. M. 所得之結果最爲良好。較快或較慢，將使馬力之減低率增加，此亦係棉籽油粘度太高所致。

普通用柴油行車時，在各種速度行車均極平穩。最高可達 2000 R. P. M. 但最高馬力並不在此速度。

根據本試驗之觀察，當使用柴油棉籽油混合燃料時，在 1400 R. P. M. 低速度內轉動，還極平穩，但至高速時，則漸顯不穩狀態。50% 比 50% 的混合燃料，在 2000 R. P. M. 可以維持到四分鐘，而無甚大之變動。但欲速度增至 2000 R. P. M. 就感覺困難。至於 25% 比 75% 的混合燃料和純棉籽油在速度 1800 R. P. M. 時，已是不穩現象。當調整熱至 2000 R. P. M. 時，速度立即降下，不能穩定，此固然因燃料之量太少，使能力不足而粘度太高，噴油時間，噴油壓力無適當之調整，噴進汽缸之油點，不能高度霧化，不易燃燒，亦爲重要原因。

上述之引擎不穩狀態。若引擎於汽車行駛時，甚難察覺。因引擎速度在 1800 R. P. M.，車行速度達每小時 40 公里（假定汽車後輪和推進軸的轉速比率爲 1:7，又以 M. A. N. 貨車所用之輪胎爲 7.00—20 計算）。在 2000 R. P. M. 時，車行每小時約 46 公里，因汽車之運動量極大，雖然引擎之轉速忽然發生變動，車行速度不致立刻變更。

關於霧化程度，亦曾作一試驗，依現在噴油器筒之油壓（約 150 kg cm²），噴出之柴油能完全霧化。若改用棉籽油噴出之點較大。有時在噴油嘴尖，尚附着滴狀之油液，此係高速度時之極大病障。

汽車之速度增加與引擎所能受之旋力有極大關係，旋力最易表

顯之處，即在上斜坡能力之大小，許多載重汽車，在普通行車速度內，引擎馬力雖隨速度而增加，但仍維持一定之旋力，並不減少，而上坡能力不生影響。

第八表之旋力，亦係根據表七五至表七九之結果算出，旋力曲線參閱圖十九，茲將各種油之「最大旋力」所在之速度分列如下：

旋力變動最小之速度範圍

- A 1000—1350 R. P. M.
- B 1100—1400 R. P. M.
- C 1150—1450 R. P. M.
- D 1150—1450 R. P. M.
- E 1200—1450 R. P. M.

由此可知，精度愈大，「最大旋力」發生愈遲，速度變遷之範圍 (Speed Range) 愈小，表八一中之第 X 行示棉籽油之旋力與柴油比較，在各速度內所減少的情形，以 1400 R. P. M. 時，旋力之減低率為最少，僅 5.2%

孟阿恩 DO 5240 式之汽車引擎，根據該公司試驗結果，在 2000 轉之速度上最大馬力有 60 匹，此次試驗所得最高馬力，既不能達到 60 匹，最高速度雖可至每分鐘 2200 轉，而馬力已減低，若該公司所宣稱之結果為可靠，則馬力之減少，或有下列原因：

(1) 該公司所宣稱之結果，乃以情形最好之引擎來代表，因此在其他引擎，馬力及旋力等，未必與宣稱者完全相符。

(2) 該公司對於引擎燃料之技術條件，雖有規定，而試驗時所用之燃料既非與規定完全相同，結果自難一致。

(3) 此次用作試驗之引擎(號數 80240 908 70),已走過 702 公里,並曾在中央大學,用作高速度之空車試驗,共計約有 50 小時。所用燃油有柴油和棉籽油混合體,有煤油和棉籽油混合體,有純棉籽油。且汽車引擎,是根據「不定速率」(Variable Speed)而設計,汽車行走時更賴空氣助冷卻作用,設計上與固定引擎自有不同。此引擎既用作恆定的高速度轉動,每天有六、七小時之久,故對於引擎發生之動力等,難免有所變動。經過一星期之試驗,乃將汽缸蓋拆下檢查,活塞頂及噴油嘴皆有許多碳渣附着,靠汽門處有黃色粉末,想係高速度太長,燃油粘度過高,燃燒不全所致。後重新裝上,但汽缸無重磨,活塞環亦未更換,恐亦係馬力損失主要原因之一。

(4) 噴油唧筒調整儀器,中央工業試驗所現未設置,故噴油嘴及噴油唧筒均未拆下試驗及調整。

(5) 此次試驗為使引擎與動力測定機兩體便於接連及分離起見,故離合器和變速器與引擎一起裝置,此亦可使「制動馬力」稍為減少。

此次柴油和棉籽油之試驗,乃為各種工作能力之比較,祇須在相同情形進行,與該公司所宣稱之結果,是否符合,無何重大關係。

六 結論

本試驗僅能就試驗所已有的設備作數項重要之試驗,於「硬質瀝青」及着火之「耽遲時間」兩項,暫無法測定實覺缺憾。本試驗於本年四月舉行,氣候在 15°C 左右,而於較低溫度之試驗未能舉行,亦覺美中不足。要之,此次試驗乃重在試驗各種不同比例之混合燃料,

在相同之情形下，轉動及發生動力之結果，以供實際使用之參考。根據試驗結果，至少有下列初步結論：

1. 未經特種處理之棉籽油，粘度較柴油為高，溫度愈低，就遲愈大。在攝氏 15 度時十倍於柴油，在攝氏 30 度時亦八倍於柴油。因粘度較大故在同樣注射壓力下燃料之霧化較難，油點之大小亦較大，而影響燃料之情形，最顯著者為溫度 25°C 以下開車極不易。

2. 未經特種處理之棉籽油，燃點將倍於柴油，而「就遲時間」可斷言必較長。因此在燃燒時，燃料量必大。結果燃燒情形或不能滿意。燃料消費量必較大，而以「震動壓力」之增加將影響於引擎之壽命。

3. 未經特種處理的棉籽油，燃燒後之碳渣較多，且從汽缸內部之情形，可見若干膠塞物質之留存，來源雖難斷之，而於引擎之保養修理費用將較增加。

4. 未經特種處理之棉籽油凝滯點較高，於冬季唧送燃料將感困難。

5. 棉籽油之熱力量較低，因而馬力及旋力均較低。即百分之五十之比例混合燃料，馬力及旋力亦較低。

6. 欲以棉籽油替代全部或大部分之柴油，以宜採下列辦法：(a) 將棉籽油加以處理，使其粘度減低，燃點減低，以期適合現在引擎之各種條件。(b) 將引擎之注射燃料器加以修改，以適合棉籽油之粘度。(c) 加適當之預熱器使燃料於未注射入汽缸以前增加其溫度，稍減其粘度，以期燃燒情形之改善。

7. 若棉籽油替代柴油比例不超過 50% 則燃燒情形尚不致十分不滿意，馬力旋力亦不致大減，勉能適用。若能加預熱器，則結果定

更滿意。

8. 棉籽油之價格能較低於柴油，則使用尚能合於經濟。

綜上各點，可以略知棉籽油替代柴油之可能性及指示今後找覓替代品之條件及限制。

第十章 植物油製造潤滑油代替品之研究^{*}

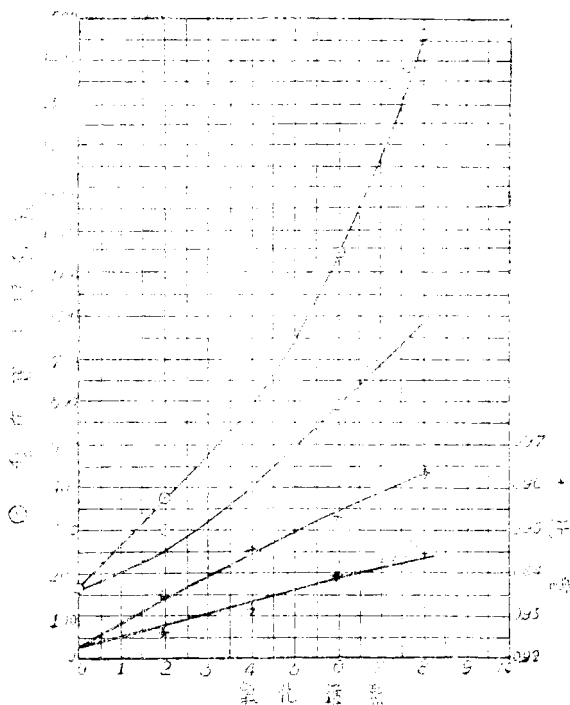
潤滑物料於工業上之重要，盡人皆知。蓋機器恃動力而轉動，但設無潤滑物料，轉動體間之摩擦，將消耗大部分之動力，故潤滑物料之於工業，實不亞於動力來源。普通液體潤滑物料，係石油產品，其化學成分、物理性質、使用動力，皆經各國專家之研究，訂定標準。在石油缺乏或油礦尚未開發之國家如中國，所需之潤滑物料，除仰給於國外輸入外，唯有設法覓求替代品。潤滑油替代品之最合理者，首推植物油之氧化品。關於植物油氧化之研究，柯爾特威爾 (Caldwell) 及撥拉司 (Price) 以及大依 (Dye) 三氏 (註一，註二)，曾作菜籽油氧化之試驗，南開大學張克忠張德惠 兩氏 (註三) 及作者與鄭粟銘 君曾分別作大豆油氧化之試驗。高露德 氏 (註四) 曾作花生油氧化之試驗。但以前各家之試驗，其氧化時之處理情形，均不相同。故所得結果，無從互相比較。此次試驗，取棉籽油，大豆油，菜籽油及菜籽油四種，將氧化時吹入之氣量，溫度及時間，皆加規定，使所得結果，可以互相比較，故於各項植物油經過氧化後之化學及物理性質，或能得較可靠之指數，或更能指示將來繼續作擴大試驗乃至工業化製造替代品

* 本文原載工業中心第六卷第七期

之途徑

關於潤滑油之特質，除化學及物理性質，應合其標準條件外，尚須測定油料之固定性質（Stability）及黏度（Viscosity）之實際情形。而此項試驗，需要特殊設備，頗與諸貴國一再強調於工業技術界

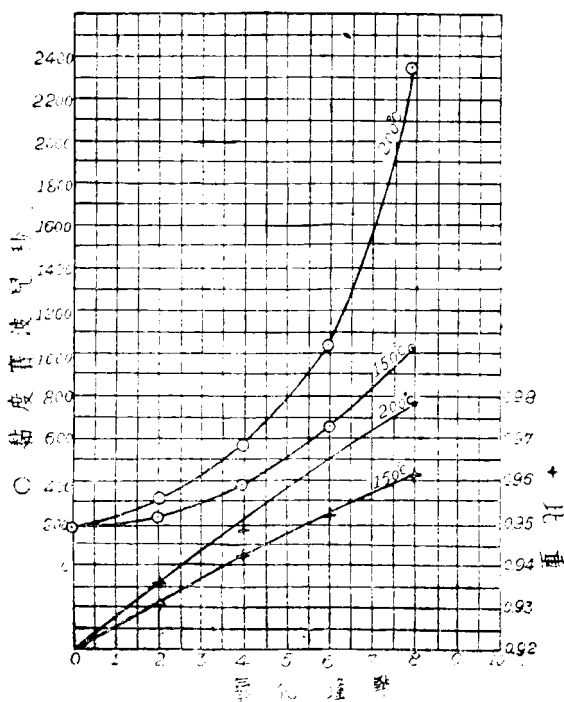
圖十八 黏度-溫度



一 試驗方法

盛五百公撮植物油於一公升容積之圓底燒瓶中，瓶口接一三孔塞，每孔各插玻璃管，以爲空氣之出入口。空氣入口管端先接於量氣計上，以測定吹入空氣速度，而便計算其數量。在出口管端，則裝一抽氣唧筒以抽氣。塞上復插一溫度計，以測定植物油氧化時之溫度。植物油加熱後，使達 150°C 或 200°C，空氣之流速則保持常態，所變

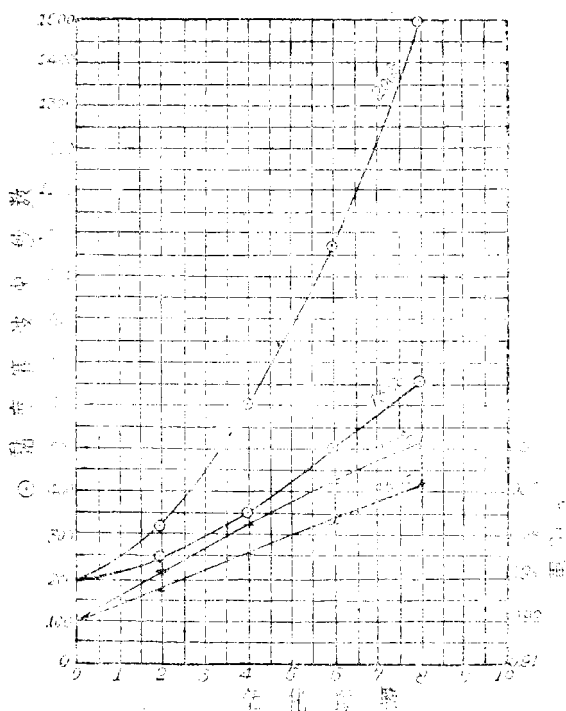
圖十九 大豆油



更者爲氧化時間之長短，計于二種溫度下，八種樣品經二小時，四小時，六小時，八小時等長短不同之氧化時間。故每種植物油，可得八種不同之樣品。此項氧化後所得樣品，即行下列各項性質之測定：

- | | |
|-------------------|------------------------|
| (甲) 油之色澤 | (戊) 燃點(°F) |
| (乙) 在 15.5°C 時之比重 | (己) 冷凝點(°F) |
| (丙) 在 100°F 時之黏度 | (庚) 酸度(Mg. KOH/g. oil) |
| (丁) 閃燃點(°F) | (辛) 腐蝕性 |

圖二十 茶籽油

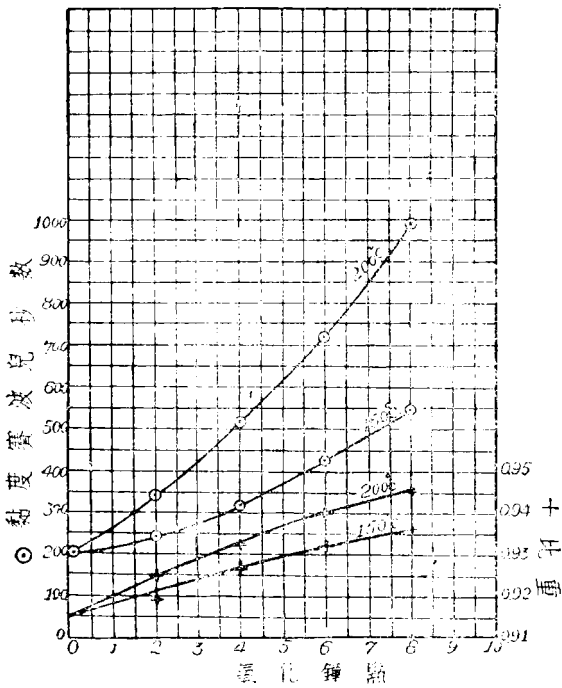


關於顏色之測定，係參照 Mullikan 教授之顏色板（註五）比較色彩而得 此外均根據美政府所訂定之潤滑油及液體燃料之標準方法（註六）。所測定黏度之記錄乃用恩格爾黏度測定器測定，但由此用 Thomsen 氏書中核算常數（註七）換算至霍波爾秒數。

二 試驗結果

四類氧化植物油之樣品，經試驗後之結果，紀錄如後四表中。氧

圖廿一 菜籽油



表八六 菜籽油氧化後之性狀

(空氣吹入速率 = 2 每分鐘公升數)

號 數	原油	A	B	C	D	E	F	G	H
時 間 (小時)	0	2	4	6	8	2	4	6	8
溫 度 (°C)		150	150	150	150	200	200	200	200
顏 色	紅橙	紅橙	紅橙	橙紅	紅橙	橙紅	橙紅	紅	紅
比 重 (15.5°C)	0.9147	0.9192	0.9261	0.9312	0.9352	0.9250	0.9320	0.9316	0.9345
黏 度 (100°F)									
恩 格 爾 數	5.79	7.01	9.05	12.26	17.72	9.77	15.0	20.86	28.8
麥 波 爾 秒 數	197	239	309	419	538	334	513	713	9.5
閃 燃 點 (°F)	575	575	575	575	575	575	575	575	575
燃 點 (°F)	665	665	665	665	665	665	665	665	665
含 硫 量 (°F)	8	4	4	5	5	6	6	8	6
酸 度 (MeKOH/g.oil)	0.45	0.40	0.42	0.43	0.47	0.32	0.37	0.32	0.32
腐 蝕 性	微	微	甚微	無	無	無	無	無	無

(乙) 比重 比重之增高與溫度及吹入空氣之數量成正比例，此點自為顯著。

(丙) 黏度 溫度愈高，或吹入空氣之數量愈多，則黏度之增高愈甚。棉籽油與茶籽油二者之黏度增加速率，幾相類似，但大豆油黏度之增加速率，遠較棉籽油及茶籽油為大。

(丁) 閃燃點及燃點 閃燃點及燃點兩項之變更，頗為微少。

(戊)冷凝點 此乃由各油之特性而相殊異，氧化後棉籽油之冷凝點，則反降低，大豆油則微有增加，而茶籽油氧化後之冷凝點，反倍於原油

(己)酸度 除茶籽油外，氧化後油之酸度，恆較原油為低

(庚)腐蝕性 如原油本無腐蝕性者，氧化後決不能變為有腐蝕性 低能有減無增，且可變為無腐蝕性 此點較之於一般植物油為優良多矣

三 討論

試觀以上試驗結果，其最顯著之變化為黏度及比重兩項，與溫度及吸入空氣數量適成正比例 此項性質實可作為潤滑油代替品之根據 美國政府所頒布潤滑油之標準如下表：

表八七 美國政府訂定潤滑油標準

A 項 標準性質(用于普通機器潤滑油)

A. 黏度(100°F)之界限	
(等級)	(容波爾分數)
最輕	1.37—1.67
輕	1.67—2.29
中	2.29—3.30
重	3.30—4.50
最重	4.50—5.50

B. 閃燃點及燃點之限度

(等級)	(閃燃點 °F)	(燃點 °F)
最輕	315	355
輕	325	365
中	335	380
重	345	390
最重	355	400

C. 冷凝點之限度

(等級)	(冷凝點 °F)
最輕	35
輕	35
中	40
重	45
最重	50

D. 反應——無酸性反應

F. 腐蝕性——在 212 °F 溫度下，一小時內浸一潔淨之銅片于內，不可有變色之象。

依此標準比較之，下列各油氧化後之結果，代之於中級，重級或最重級潤滑油，頗為相宜。

植 物 油 種 類	號 數
棉 籽 油	A, B, E.
大 豆 油	A, B, E.
茶 籽 油	A, B, C, E.
菜 籽 油	A, B, C, D, E, F.

至於酸度一項雖大豆油較高，惟均係有機酸類，無何大損，不致生腐蝕性。菜籽油及棉籽油二者，酸度頗低，堪稱代替潤滑油之良品。由此且可察知低速及低溫氧化所得者與 A 項標準更較適合。至於高黏度之氧化油，用於潤滑機鍊或齒輪實頗適用。

四 結論

據此次試驗棉籽油、大豆油、菜籽油，及茶籽油，經適當溫度與吹氣速度，在各不同吹氣時間使氧化後所得之結果，並測其氧化成品之色澤，比重，黏度，閃燃點，燃點，冷凝點，酸度及腐蝕性等性質，知其比重及黏度兩性之變更最為顯著，與溫度及吸氣之量互成正比。酸度恆較降低，腐蝕性有減無增。根據此項性質，吾人可知以氧化後之植物油，實有代替廉產潤滑機油之可能。

查現時潤滑油之價格，以海口封鎖來源斷絕之故，突飛猛進，昔日美孚 A 字機油，每加侖索價三元八角，現時已漲至五元左右。按植物油之價格，每担約在二十二元至二十四元左右，故每加侖植物油之代價，不過一元一角至一元二角之譜。植物油氧化處理之機械設備，至為簡單。故每加侖氧化油處理之成本，無論如何，不致超過三角之數，故植物油氧化油之成本，每加侖決可維持在一元五角左右。在此非常時期中，礦物之機油之來源已絕，而植物油——特別是棉籽油——之供給，仍可無慮，以之經過氧化處理後以代潤滑油，實為至經濟之解決辦法。

引用書報

- (註一) B. P. Gakwall and R. P. Price: Industrial Eng. Chemistry, Vol. 23, p 1463, 1931.

- (註二) B. P. Caldwell and G. H. Dye: *Ind. Eng. Chem.* Vol. 25, p. 338 (1933)
- (註三) 顧毓珍, 鄭粟銘: 工業中心 四卷六期 239 頁 (1934).
- (註四) 張克忠, 張德惠: 化學工程 二卷二期 926 頁 (1935).
- (註五) 高露德: 化學工程 二卷二期 112 頁 (1935).
- (註六) S. P. Mulikan: *Identification of Organic Compounds*, Vol. 1
- (註七) U. S. Government Master Specification for Lubricants and Liquid Fuels, Specification No. 3d. (1937).
- (註八) T. C. Thomsen: *Practice of Lubrication* (McGraw-Hill).

第四編 油頁岩之蒸餾

第十一章 中國油頁岩之蒸餾試驗*

我國之油頁岩鑛，國人向未注意，前所知者，僅在遼寧之撫順，惜夫已入日人之手。近年來在內地陸續發現者，頗有幾處，極堪給吾人以深切之注意。在華北者，計有陝西之麒麟溝一帶，山西之渾源清源等處。在華西者，計有四川之屏山與犍爲兩地。在華南者，計有廣東之茂名電白及欽廉一帶。我國其他各省之有無油頁岩鑛床，向無人注意，急宜設法詳細調查。陝西省之油頁岩，據實業部地質調查所之估計（註一，註二），可產上等油頁岩四萬二千餘萬噸，次等者四十四萬餘萬噸。廣東省之油頁岩，據兩廣地質調查所之估計（註三，註四），茂名一帶油頁岩之儲量爲六萬二千餘萬噸，電白一帶油頁岩之儲量爲二萬萬噸。故即以陝西廣東兩省已經估計之油頁岩儲量而論，其總數已在五十六萬萬噸以上，蘊藏不可謂不豐。惟油頁岩之有無開採價值，不僅在其儲量之豐富與否，而須視其含油成分如何而後定。欲知其含油之成分，則必用蒸餾試驗以決定之。實業部中央工業試驗所有鑒於斯，年來向各方徵集油頁岩樣品，施以暫行規定標準之蒸餾試驗，藉知各地所產油頁岩之性質，俾可確定其有無開採之價值。本章卽爲四川山西廣東三省所產五種油頁岩蒸餾試驗之報告。

* 原文爲中國油頁岩之蒸餾試驗，顧毓珍，鄭樂銘，載中國實業第一卷第三期

一 油頁岩之性質與成分

我國油頁岩多如泥片，亦有如煤狀者，其外形斷面多具特殊之條紋，條紋之多寡，每與油液產量成正比例。茲將我國油頁岩之性質與其實用分析，列表如下，以資參考。

表八八 我國油頁岩之性質與成分

序	地 區	層 位	岩 質	油 質	灰 分	硫 分	氮 分
1	遼寧省	油頁岩	泥片狀	多	1.5	0.1	0.1
2	山東省	油頁岩	煤狀	多	1.2	0.1	0.1
3	陝西省	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
4	四川省	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
5	雲南省	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
6	貴州省	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
7	廣西	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
8	湖南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
9	湖北	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
10	河南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
11	江蘇	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
12	浙江	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
13	安徽	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
14	江西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
15	福建	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
16	廣東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
17	廣西	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
18	雲南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
19	貴州	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
20	四川	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
21	陝西	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
22	山西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
23	內蒙	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
24	察哈爾	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
25	綏遠	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
26	熱河	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
27	遼寧	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
28	吉林	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
29	黑龍江	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
30	山東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
31	河南	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
32	湖北	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
33	湖南	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
34	江西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
35	浙江	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
36	安徽	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
37	福建	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
38	廣東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
39	廣西	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
40	雲南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
41	貴州	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
42	四川	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
43	陝西	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
44	山西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
45	內蒙	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
46	察哈爾	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
47	綏遠	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
48	熱河	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
49	遼寧	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
50	吉林	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
51	黑龍江	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
52	山東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
53	河南	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
54	湖北	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
55	湖南	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
56	江西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
57	浙江	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
58	安徽	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
59	福建	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
60	廣東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
61	廣西	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
62	雲南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
63	貴州	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
64	四川	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
65	陝西	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
66	山西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
67	內蒙	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
68	察哈爾	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
69	綏遠	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
70	熱河	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
71	遼寧	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
72	吉林	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
73	黑龍江	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
74	山東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
75	河南	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
76	湖北	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
77	湖南	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
78	江西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
79	浙江	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
80	安徽	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
81	福建	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
82	廣東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
83	廣西	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
84	雲南	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
85	貴州	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
86	四川	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
87	陝西	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
88	山西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
89	內蒙	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
90	察哈爾	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
91	綏遠	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
92	熱河	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
93	遼寧	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
94	吉林	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
95	黑龍江	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
96	山東	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
97	河南	油頁岩	泥片狀	多	1.2	0.1	0.1
98	湖北	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1
99	湖南	油頁岩	泥片狀	多	1.8	0.1	0.1
100	江西	油頁岩	煤狀	多	1.5	0.1	0.1

上表中成分之測定，係根據該所暫行煤樣標準分析法，進行化

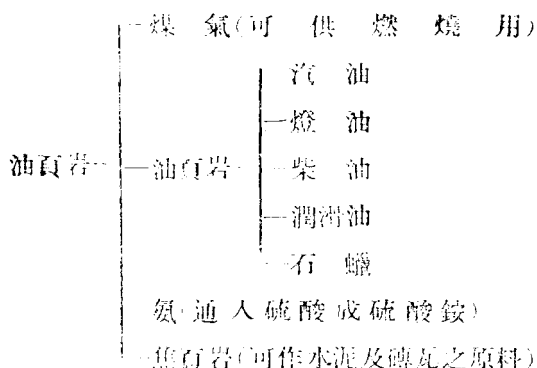
驗。硫之測定，係用 Eschka Mixture 法。氮之測定，係用 Kjeldahl-Gunning 法。綜觀分析結果，可見油頁岩所含灰分愈多，固定炭則愈少。此種特異之處，足以與普通煤區別。四川犍爲縣之樣品，所含成分，頗似煤類。惟據川省德國顧問薩弗爾氏 (Dr. Salfred) 等認爲該項樣品係油頁岩，並曾裝運樣品數噸，赴德試驗，故即由作者攜回，加以同樣試驗。後查澳大利亞 Hartley 所蒸餾用之油頁岩，其固定炭亦有高至百分之三十一有餘，而灰分低至百分之二二、五六者，因思此種樣品，亦有研究價值，特與其他油頁岩樣共同分類，列入表中以資比較。各國油頁岩之灰分顏色，多爲白色，是乃爲含矽酸與鈣氧甚多之表示，於大規模提煉時，或可利用以製造水泥磚瓦或類似物件之原料。

二 油頁岩之蒸餾

油頁岩爲含有炭素與有機物質之泥片。其生成原因，與煤相似；惟油頁岩所含之灰分極高，固定炭甚少，揮發物不一。當油頁岩蒸餾時，水分先行蒸發，然後有機物質（英文名 Kerogen）受熱後分解，成含有多種烴屬之頁岩油，與含氧化合物，以及煤氣焦頁岩。由此蒸餾所得之頁岩油（或稱原油），施以分級蒸餾，則可得汽油、燈油、潤滑油及石蠟。茲列成圖廿二以明之。

蒸餾試驗所用儀器裝置，詳圖廿三。此係根據史谷脫氏 (Scott) 之試驗法（註五）。乾餾前以樣品擊碎，使能通過每吋八孔之篩。於是取樣品約三百公分，裝入生鐵鑄成之蒸餾器，而圍以石棉熱匣。此器配有密合之蓋，可以螺絲旋緊，使不漏氣。蓋之上側，配一鐵質導管，

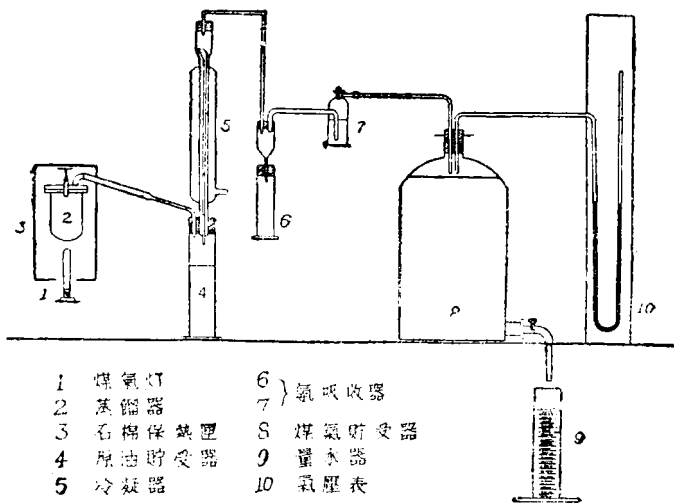
圖 廿 二



通過裝置於玻璃上之橡皮塞，此筒為儲受油頁岩之用，其容量為五百公分。橡皮塞共穿二孔，其一孔之上部，配一長形凝結器，以取可凝氣體。其不可凝氣體，即自凝結器頂逸出，至氨氣吸收器。此器為小玻璃瓶，中有玻璃珠及濃度百分之十五之硫酸溶液，其中置一玻璃導管，自外伸展至底。故當氣體由此管通入小玻璃瓶時，則生成許多小泡，與硫酸溶液密切接觸，俾所含之氮完全與硫酸化合，以成硫酸銨。氣體經酸液洗滌後，即通至氣體儲蓄器，以測其容積，並可測定其中成分與熱量。蒸餾時蒸餾器須徐徐灼燒，待油頁岩中所含水分全被蒸出後，即加強火力，將頁岩油蒸出，至再無油液蒸出時而止。

五種油頁岩用上項所述儀器之蒸餾結果，詳表八九。其中推出西渾源縣樣品之產油量為最佳，每噸可產頁岩油四三·七加侖，合油頁岩重量百分之一六·二九。四川屏山縣樣品次之，每噸可得頁岩油二九·九加侖，合油頁岩重量百分之一一·一二。廣東電白縣所產頁

圖廿三 油頁岩蒸餾試驗裝置圖



表八九 蒸餾試驗結果(每噸=2000磅)

產	地	山西	潭源	四川屏山	四川犍為	廣東	茂名	廣東	電白
蒸餾時間(鐘點)		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5			
最高溫度(華氏)		1300°	1100°	1100°	1000°	900°			
頁岩油(重量百分率)		16.29	11.12	7.50	3.33	3.35			
每噸產頁岩油加侖數		43.70	29.90	19.00	8.95	22.31			
每噸產氣體立方呎數		24.87	13.45	24.20	8.30	14.07			
焦頁岩(重量百分率)		67.47	82.38	93.33	85.70	74.87			

岩油量，與四川屏山所產相仿。

蒸餾速率，與油液產量之關係，已在拙著油頁岩工業一文中詳細討論(註六)。蒸餾試驗時，須加注意，宜使各種油頁岩於同一蒸餾速率時(即使在同一時間內)，蒸餾完畢。如表八九所載蒸餾時間，均為三小時有半，即爲此。俾所得油液產量，易於比較，而藉判優劣。蓋蒸氣過速，油液產量固增加，而油質則較劣。若用遲緩之乾餾，則油液產量減低，而油質較佳。惟各種油頁岩含油成分不一，故欲求蒸餾相同之速率，祇能以溫度之高低，以爲補救。決不能在固定溫度之下，得同樣蒸餾之速率。

蒸餾完畢，即行測定頁岩油及水分之含量，以分離漏斗分離之。分裝成瓶。每噸油液產量加命數，可以(1)式計算之。

$$\text{每噸產油加命數} = \frac{\text{頁岩油含分數}(\%) \times 2000}{\text{乾餾油頁岩重量}} \quad (1)$$

然後以所得頁岩油進行分級蒸餾試驗，定其汽油、燃料油等成分。以水分及氮吸收器中溶液併合，而定硫酸銨之總量。蒸餾時不凝之氣體，每噸產量不一，因含硫化氫，具特別臭味，惟可以燃燒，是供灼燒蒸餾器用。剩下焦頁岩，均爲黑色，質甚脆，可見油頁岩中含油之有機物，顏色本爲不一，當受熱時，則步步分解，以成油液體，而留下一部分黑色碳質，混合於甚脆之灰分中。

蒸餾試驗時，每不能適合於產生最多氮氣之條件。故所得硫酸銨產量，多少不一，頗難依此比較。如化驗山西渾源縣油頁岩時，據其含氮總量計算，每噸應產五九·四磅之硫酸銨。然由蒸出水分及氮吸收器溶液內實測之，祇有八·六磅之數。於化驗其他油頁岩時，所得結果，情形亦同。總之，油頁岩中之氮，不易完全使成氮氣，故在實

驗室中測定之硫酸銨產量，恐難認為真確。表九十中所載每噸應產硫酸銨磅數，係由含氮總量計算。每噸實際上可產硫酸銨磅數，據蘇格蘭油頁岩工業中之實際情形，約為應產硫酸銨量之百分之六十五，如(11)式。

$$\begin{aligned} & \text{每噸油頁岩實際上可產硫酸銨磅數} \\ & = \text{含氮總量百分率} \times 94.3 \times 0.65 \end{aligned} \quad (11)$$

表九十 油頁岩中硫酸銨產量表

產地	山西渾源	四川屏山	四川總昌	廣東茂名	廣東電白
每噸應產磅數	59.4	28.7	—	78.3	61.3
每噸實際上可產磅數	38.6	18.4	—	50.9	39.8

三 頁岩油分級蒸餾

頁岩油之分級蒸餾試驗，在化驗油頁岩程序中，甚關重要。因此可以測定頁岩油中汽油、燈油等物成分。我國油頁岩中所產頁岩油之分級蒸餾試驗結果，詳表九一。其試驗法，係以海波氏蒸餾玻璃瓶，根據石油標準分析方法進行。如油樣容積過少，則可用美國標準蒸餾試驗之蒸餾燒瓶蒸餾之。各部蒸出物比重之測定，須視油液之容積而定：若其容積在一百五十公撮以上，可用韋氏 (Westphal) 天秤測定之，如容積過少，則可用小型比重測定器 (Pycnometre)。其蒸出部分之不飽程度，可以同容積之油液與純粹濃硫酸 (比重一·八四)，加入精密刻度玻璃管中，加上橡皮塞，極力搖動，使酸完全混和。

若混和物溫度增高，則可在水內冷卻之。如是繼續振搖，約十分鐘後，即置於電力離心機內，使其旋轉，約三分鐘，俾油液與硫酸層得完全分離。油液之損失容積，即為溶於硫酸中之部分，是為不飽和化合物。其賸餘之油液，作為其飽和部分，藉此可以計算不飽和程度之百分率。此項試驗結果，並不能十分正確表示油液內所含不飽和化合物之成分，蓋因油液中之芳香族烴，亦可溶解於此濃度之硫酸內，而一部分不飽和之化合物，雖經此種處理，並不能完全溶解於硫酸中。惟是項試驗之價值，在於能比較各部油液不能飽和之程度若何耳。

如在攝氏三百七十五度至三百度間，用常壓蒸出部分之不飽和程度，較其他溫度時蒸出部分有顯著之增加，則可知在二百七十五度以上時，油液內已呈分解現象，於大規模提煉時，須在低壓下蒸餾之，以免過度分解。然亦可利用此種易於分解性質，在高壓高溫度下，分解蒸餾之，以增加汽油之產量。如二百度以下及二百度至二百七十五度間所蒸出部分，其不飽和程度亦高，精煉必感困難，應根據精煉分裂法製成汽油方法，作更進一步之漂洗與蒸餾。如粗油含硫甚多，其蒸出物具特別氣味，於精煉時，尤宜注意，務使含硫量減至最低程度，方得與石油成品相頡頏。表九一。

茲將上述各種重要試驗結果，綜合成表九二。表中並比較我國油頁岩中所含汽油燃料等成分。按美國鑛務局對於石油精煉品之分類，曾有下列之規定：

(甲)在二百度以前所蒸出，而其比重在 0.825 以下者為汽油

表九一 頁岩油分級蒸餾試驗結果

產地	山西渾源	四川屏山	四川綦江	廣東茂名	廣東電白
頁岩油比重 (15 °C)	0.893	0.892	0.947	0.893	0.898
開始蒸餾溫度 (°C)	70°	65°	165°	80°	90°
200 °C 以前蒸出物 (容積百分率)	18.0	17.3	3.0	19.0	16.8
比 重	0.787	—	—	0.784	0.819
不飽和程度(百分率)	33.9	34.0	—	42.9	44.4
200°—275 °C 間蒸出物 (容積百分率)	17.8	22.7	25.0	22.2	21.3
比 重	0.834	—	—	0.861	0.862
不飽和程度(容積百分率)	33.3	40.0	—	35.2	44.4
275°—300 °C 間蒸出物 (容積百分率)	2.2	—	10.0	9.3	11.3
比 重	0.871	—	—	0.889	0.893
不飽和程度(容積百分率)	41.0	—	—	53.6	53.2
300 °C 以上剩下物	54.0	60.0	62.0	49.5	50.8
比 重	0.937	—	—	0.927	0.943

(乙) 在二百度至二百七十五度及三百度間蒸出各部分，其比重在 0.825 以下者，為煤油，在 0.825 以上者，為柴油

(丙) 三百度以上部分即名之曰油渣。

查表九一中所列分級蒸餾試驗結果，在二百度以前蒸出者，其比重均較 0.825 之數為低，可稱為汽油部分。惟二百度至二百七十五度及三百度間各蒸出物之比重，皆超過 0.825，不能認為燈

油部分，甚為顯明。故表九二中所稱汽油、燃料油、油渣等部分，其分類方法如下：

- (甲) 汽油——二百度以前蒸出者。
- (乙) 燃料油——二百度至三百度間蒸出者。
- (丙) 油渣——三百度以上剩下物。

所稱油渣，並非無用之物，其中尚有潤滑油、石蠟等可以提取。所稱燃料油，再加應用加熱分解方法，製煉汽油。綜觀前述結果，頁岩油中汽油之不饱和程度頗大，故將來頁岩油之最善利用方法，應使在高壓與氮氣下舉行分解蒸餾，則質地既可改良，汽油之產量亦可增加矣。

表九二 油頁岩蒸餾結果表

產 品	地 點	山西	湖南	四川	河南	山東	廣東	廣西	自 由
I 頁 岩 油 (頁岩重量百分率)		15.21	14.12	21.10	21.38	21.35	21.35	21.35	21.35
頁 岩 油(每噸加侖數)		42.7	35.99	107.9	99.8	21.31	21.31	21.31	21.31
汽 油		7.55	5.16	9.57	1.71	2.11	2.11	2.11	2.11
燃 料 油		12.24	5.79	6.95	2.32	7.2	7.2	7.2	7.2
油 渣		23.69	17.95	11.78	4.43	11.33	11.33	11.33	11.33
II 氣體(每噸立方呎數)		21.87	13.35	21.21	8.31	11.97	11.97	11.97	11.97
III 焦 頁 岩 (頁岩重量百分率)		67.47	82.38	83.33	88.70	74.87	74.87	74.87	74.87
IV 硫 酸(每噸磅數)		38.61	18.39	---	20.99	39.80	39.80	39.80	39.80

表九二中所列汽油燃料油等之加侖數，均為未漂洗時之數。設

於精煉時以濃硫酸處理之，其容積之損失，將為表九一中所列不飽和程度之百分率。輒近關於汽油之界說，經多次之實驗，其範圍已不如前之狹小。烷屬烴固為內燃機燃料，炔屬烴，亦日為可用於內燃機矣。如蘇格蘭油頁岩中所得之汽油，含有炔屬烴百分之六十以上，而其應用之效力甚佳。又如美國市面，常有含不飽和化合物百分之二十五之汽油，其功效與普通者同。故表九二中所稱汽油燃料油成分之加侖數，概未除去所含不飽和之化合物計算。

四 關於結果之討論

本章所述蒸溜試驗樣品，共有五種。其他各地樣品，仍在繼續徵集中。據此次試驗結果，可知我國油頁岩品質甚佳，足與譽著世界之蘇格蘭所產者相媲美。而以山西渾源所產者為尤佳，四川屏山所產者次之，廣東電白者又次之。

本章所載四川屏山及廣東電白三處樣品之蒸餾試驗結果，前此似並未見諸刊物，故其結果頗難比較。山西渾源之樣品，與地質調查所之試驗結果相仿，惟本章所得之含有汽油成分，較為高耳。

廣東茂名之油頁岩，據實業部地質調查所化驗結果（註二），每噸可產廿餘加侖之頁岩油，惟據中央工業試驗所此次由兩廣地質調查所所送來樣品之蒸溜試驗結果，每噸祇有八加侖餘之油液，此因樣品之不同，肥瘠之不均，有以致之。蓋由中央工業試驗所所得樣品，與實業部地質調查所所得樣品之實用分析，所含揮發物成分絕異，即可預測其產油量之不能相同矣（表九三）。

表九三 廣東茂名油頁岩樣品之實用分析

樣品成分	水	揮發物	固定炭	灰	分	硫	質
中央工業試驗所	5.13	14.54	2.85	77.15			0.75
地質調查所(1)	1.27	23.13	3.73	71.87			1.03
地質調查所(2)	0.75	25.67	0.41	73.17			0.30

我國其他油頁岩之蒸餾，地質調查所曾試驗過陝西麒麟溝（位於橫山安定之間）之樣品（註一），每噸可得油頁岩一九·七二加侖；廣東工業試驗所曾試驗過廣東欽州之樣品（註二），每噸可得油頁岩二〇·八四加侖。茲將地質調查所及廣東工業試驗所關於陝西山西廣東三省油頁岩樣品之蒸餾結果摘要錄如表九四。

表九四 實業部地質調查所廣東工業試驗所油頁岩蒸餾結果

產 地	陝 西 麟 溝	山 西 河 源	廣 東		廣 東 欽 州
			茂 名 (1)	欽 州 (2)	
一 頁岩油					
1. 頁岩重量(%)	7.33	18.20	7.74	9.60	7.95
3. 每噸加侖數	19.70	47.20	20.30	25.80	20.80
二 汽 油(每噸加侖數)	5.89	3.62	2.73	3.87	3.80
三 硫酸銨(每噸磅數)	16.3	35.5	19.9	24.7	18.61

(汽油未曾除去不飽和化合物計算)

五 結論

綜觀我國之油頁岩礦，除遼寧之撫順，熱河之凌源不計外，現在已經發現者計有陝西之麒麟溝，山西之渾源，四川之屏山與粵為，廣東之茂名電白及欽廉一帶，面積不可為不廣。即以陝西及廣東兩省已經估計之油頁岩儲量論之，其數已足驚人（在五十六萬萬噸以上）。再據中央工業試驗所及各方關於油頁岩之蒸餾試驗結果，其產油量最多者為山西渾源所產，每噸可得頁岩油四十餘加侖，計每噸可製粗汽油約八加侖。陝西廣東四川諸省所產，每噸可得頁岩油約二十加侖，計每噸可製粗汽油約三·五加侖。凡此數種油頁岩，據其蒸餾試驗結果而論，均有開採之價值。若能於開採後就地提煉，供給公路方面及內燃機之應用，則尤為得策，蓋可免除運輸之麻煩也。

近十年來我國汽油之進口數，以民國廿二年為最高，蓋由於公路驟增之故，其數達三千一百餘萬加侖，煤油、柴油、潤滑油達二萬萬加侖。我國如能舉辦油頁岩工業，則非特可以抵制汽油一項之進口，並可自給煤油、柴油、潤滑油之需要（須知我國每年煤油之消耗，約六倍於汽油之數）。今姑單就汽油一項而論，我國陝西及廣東已知之油頁岩儲量為五十六萬萬噸，若以每噸平均產汽油二·五加侖計算，則可得一百四十一萬萬加侖之汽油，將四百五十倍於民國廿二年分進口之數。由此以觀，則知我國油頁岩中含油之豐富，故提倡油頁岩工業，誠為解決我國液體燃料問題之良好途徑也。

引用書報

（註一）王竹泉，潘鐘祥，陝北油田地質，地質彙報二十號，民國廿二年。

- (註一) 岩漿：中國地質學會在平壤的地質會議第廿二次，民國廿三年
- (註二) 南滿地質臨時報告第廿四號，民國廿一年
- (註三) 南滿地質調查年報，第四卷下冊，民國廿二年
- (註四) W. W. Scott's Standard Methods of Chemical Analysis, Vol. II, p.1350
- (註五) 顧毓珍，鄭著者：油頁岩工業，工業中心一卷下冊，民國廿三年
- (註六) 陳立典：論油頁岩工業，礦業及地質工程，全年刊，民國廿三年

附錄 德國之液體燃料問題^{*}

(此文原係德國德奇染料公司之庫爾專家 (Obering O. Kuhl) 於本年二月十三日在日本東京燃料研究會之演講稿，茲特加以摘要譯述，並略加說明)

一 液體燃料在德國之消費數量

德國液體燃料之消費數量，據1935年之統計，為五百萬噸。1936年之消費數量，約為五百五十萬噸。此五百萬噸液體燃料之消費種類，據1935年之統計數字，可分配如下表：

第一表 1935年德國液體燃料之消費

汽	油	1,357,000噸	33.4%	
柴	油	1,311,000噸	33.1	
原	油	613,000噸	19.0	
潤	滑	油	524,000噸	11.0
火	油	124,000噸	2.6	
總	計	4,548,000噸	100.0	

* 原文為德國之液體燃料問題，顧毓珍譯登工業中心第八卷第三期。

由上表，可見德國液體燃料之消費，以汽油與柴油為最多，兩者佔總消費量之三分之二。

二 德國之液體燃料政策

德國石油之產量，每年不過四十三萬噸（以原油計），與消費數量，相差甚遠。因為液體燃料，為平日及戰時之必需品，故德國政府自去戰以後，急欲求得液體燃料之自給及自足，此一嚴重問題，亦得受德國科學界及工程界之深切注意，並經政府認為有確定一個燃料政策（Germany's National Programme for Petroleum Production at Home）之必要。此項液體燃料政策，統以煤為主要原料。採用之方法，(a)有低溫蒸餾、煤之加氫及費費氏法（Fischer Process）等等，而規定自1938年起，德國每年可自己生產二百萬噸之人造汽油。這種國家支持可以求得汽油之自給，亦可應付商業與工業之需要，而自入及窮問題，當可不勞而解決。若即以煤業一項而論，欲求汽油之自給，煤之消費，每年必在一千萬噸以上云。

三 解決液體燃料自給之辦法

德國現在採用自給之辦法，可分列五項：

- (甲) 增加由煤無氧所得之油之產量；
- (乙) 酒精汽油之綜合應用；
- (丙) 煙煤或褐煤之低溫蒸餾；
- (丁) 煤之加氫；
- (戊) 一氧化碳與氫之合成（費費氏法）。

苯爲煉焦廠或煤氣廠中之副產物，係極有效之溶劑，在戰時用以製造炸藥，在平日可以直接代替汽油。欲增加苯之產量，則必須多設煉焦廠，惟焦炭之需要，須視鋼鐵業之如何發達而後定，故苯之產量，直接受焦礫之需要之限制，間接則受鋼鐵業之發達程度之影響。苯在德國 1935 年之產量，爲 380,000 噸。

酒精汽油之混合施用辦法在德國由法律規定爲百分之十，即此項酒精汽油混合燃料中，百分之十爲酒精，其餘百分之九十爲汽油。此項代替汽油之酒精，大部分爲乙醇，小部分爲甲醇，即木精。甲醇由綜合法製成，故價格極廉；乙醇由甘薯製成，或爲工業中副產物。德國在 1935 年，酒精代替汽油之數量爲 170,000 噸，其中 100,000 噸係乙醇，其餘 70,000 噸爲甲醇。混合成分若超過百分之十以上，恐對於燃料消耗量及引擎馬力有影響，故酒精代替汽油辦法，祇能解決一部分之液體燃料問題。至於其他三種辦法，今分述於下。

四 煙煤或褐煤之低溫蒸餾

煤經低溫蒸餾後，其主要產物爲半焦礫，而煤焦油爲其副產物。一千公斤煤，經低溫蒸餾後，可得七百公斤半焦礫與七十公斤之煤焦油。由煤焦油之蒸餾，熱裂崩解或加氫處理後，方可得汽油與柴油。而三種處理方法中，若以汽油爲主要目的，則以加氫法爲最佳，茲列表比較之如第二表。

低溫蒸餾法之缺點，在於如何能利用大量之半焦礫。惟若能與加氫法合作，則由低溫蒸餾法所得之半焦礫，可用以製造氫及發生動力之用。是以低溫蒸餾法，不能單獨成立，而必須與煤焦油之加氫

第二表 煤焦油之蒸餾熱裂或加氫法所得產物之比較

	蒸 餾 法	熱 裂 法	加 氫 法
汽 油	3%	2—15%	10%
柴 油	15—20	10—12	—
煤 氣 油	30—40	—	—
石 腦	30	—	—
瀝 青	—	10	—
氣體及渣滓	10	15	20

法，同時相輔而行。德國在 1925 年用高煤之低溫蒸餾法所得之煤焦油，經加氫後所得之汽油，達 400,000 噸之多。用煙煤為原料，將煤焦油加氫後所得之汽油為 100,000 噸，共計五十萬噸云。

五. 煤之加氫

德國之白極司教授(Orof. Bergius.)於 1912 年即開始煤之加氫試驗，以製人造汽油。經十餘年之研究，始告成功。1925 年萬奇染料公司(I. C. Farbenindustrie A. G.)根據白極司之方法，在洛那(Leuna)城着手建造每年產量十萬噸之人造汽油廠，迄至 1927 年，始告成功，用煤之加氫方法製造人造汽油，至是乃成工業化。迄今洛那廠之人造汽油出品，已在一百五十萬噸以上。其採用之方法，係將高煤先行擊碎為煤屑，和以重油，變成煤糊，於是加入氫氣，經 200—250 之氣壓及攝氏 400—500 度之高熱，再用適當的煤觸劑，使混合體液化

第三表 加氫法所得人造油之檢驗結果

	人造汽油		飛機用人造汽油
	(1)	(2)	(3)
比重	0.740—0.745	0.734—0.738	0.730
始沸點(I. B. P.)	55 °C	35 °C	35 °C
90% 蒸溜溫度	158	160	150
終沸點(F. B. P.)	170	170	165
殘餘物	1%	1%	1%
蒸餾損失	1	1	1
蒸餾百分數, 70 °C	20	19	21%
100	40	40	50
110	75	75	57
160 °F 時之氣壓 (Reid)	9 lb in ²	9 lb in ²	7 lb in ²
屋格登數 (C. F. R. Method)	71—73	80	—
(Aviation Method)	—	—	87
顏色	+ 25 Saybolt	Red	Blue
硫 (重量%)	0.50	0.01—0.02	0.01—0.02
Doctor Test	負	負	負
腐蝕試驗(A. S. T. M. 法)	負	負	負
含膠試驗 (Gamm Test), mg./100cc.	2.0	3.0	3.0

而成汽油。非特褐煤可為適當原料，煙煤，煤焦油，或頁岩油均可經氫化後以成汽油。除汽油以外，尚可製柴油與潤滑油，故各種石油精

煉品，均可由煤之氣化而製成。大概一噸汽油，需用四噸煤為原料。其中 1.7 噸，係用作氣化之原料，其餘 2.3 噸係作製造氫氣及發生原動力之用。

由煤之加氣法所得之汽油，品質甚佳，其屋格登數，可達 70 以上；若供飛機燃料之用，即欲使屋格登數增至 87，亦易辦到。茲將由煤之氣化法所得之人造汽油檢驗結果，列為第三表。

德國現有之煤之加氣廠，計有四廠，廠址，原料及每年產量，列表如下。

第四表 德國用加氣法之人造汽油廠

廠	地	會	用	等	等	汽油年產量(噸)指數					
蒂 那(Denis)		八	煤	二	煤	焦油	40,000				
柏 倫(Duisburg)		褐	煤	法	法	後	之	煤	出	100,000	
馬 格 德 堡(Magdeburg)		褐	煤	法	法	後	之	煤	焦	油	50,000
射 爾 文(Sensleben)		煙	煤				100,000				

(資料取自「煤」)

由第四表，可見德國用加氣法之人造汽油，每年總量在八十萬噸以上，此外正在建築中之煤之加氣廠，每年產量約為三十萬噸，故將來每年總產量可達一百十萬噸之數。

除德國以外，世界各國採用高登 (L. C. G.) 公司之加氣方法者甚多，如蘇俄於 1930 年，在別特漢胡城，設立一個每年可出十萬噸汽油之煙煤氣化廠，合每年三千萬英鎊之產量；美國在 Davy's Bay 及 De-

ton Reuge 兩地，用石油中之重油為原料，加以氫化，每年可得汽油 250,000 噸。意大利正在計劃一個年產三十萬噸汽油之加氫廠。

據專家所稱，最小之煤之加氫廠，每年產量應在四萬噸以上，若以每年產汽油十萬噸為單位（合三千萬英加侖，即三千六百萬美加侖），則此項工廠之資本，須在國幣六千萬元以上云。

六 一氧化氫與碳之合成(費歇氏法)

由一氧化碳與氫兩種氣體之合成，以得人造汽油及潤滑油，係 Franz Fischer 及 Hans Tropsch 兩氏自大戰後多年研究之發明，簡稱費歇氏法。費歇氏法，在去年始在德國變成工業化，而由盧爾化學公司(Wuhrechemie, A. G.)經營。

費歇氏法係利用一氧化碳與氫，在尋常壓力下，與攝氏一百八十度之溫度，用特種煤觸劑，發生氫化作用，而成碳氫混合物，以成綜合汽油，此項混合物之成分如下：

汽	油	60%
氣	精	26%
丙烷及丁烷	(Gasol)	8%
石	蠟	6%
		100%

以容量計，一分一氧化碳，與二分氫，始可合成汽油，此種氣體，均須用煤或焦炭為原料。故一噸混合液體，需用七噸煙煤為原料。混合液體中，尚有十分之三之 Gasol，再須經過熱裂設備，而成汽油(普通一立方公分之混合氣體，僅可得一〇〇公分之液體，而一立方公

分之混合氣體，需要 C. 八公厘之煤，現在德國採用費歇氏法，以製人造汽油廠，已有四家，總產量為每年十四萬五千噸。今列表如下：

第五表 德國用費歇氏法之人造汽油廠

廠	址	應	用	原	料	汽油產量(每年噸數)
盧蘭特(Kuhlbrand)		褐		煤		50,000
魯克撒(Rausel)		焦		炭		40,000
花爾敦(Hohen)		焦		炭		30,000
漢堡克(Hamburg)		焦		炭		25,000
總產量						145,000噸

在德國用費歇氏法正在建築中之工廠產量，尚有 245,000 噸。除德國以外，法國在 Kuhlmann 地方，亦將設立一個三萬噸之人造汽油綜合廠。日本亦在籌設一個三萬噸之人造汽油廠，據專家所稱，創辦用費歇氏法之人造汽油廠與煤之氯化廠，所需之資本，大致不相上下。因費歇氏法之缺點，在綜合後之精煉問題，此項設備，價格頗貴云。

七 德國人造汽油將來之展望

德國製造人造汽油，以求解決液體燃料問題，將來之趨勢，即在着力於煤之加氫與費歇氏兩種辦法。在1937年，德國人造汽油之產量，當可增至 1,300,000 噸，茲列表如下以明之。

第六表 1937年德國人造汽油產量

應用方法	原料	原料來源	汽油產量, 每年噸數
加氮法 (L.G.)	褐 礫		370,000
	煙 煤		150,000
	煤 焦 油	褐礫之低溫蒸餾	400,000
	煤 焦 油	煙煤之低溫蒸餾	100,000
費 德 氏 法	焦 炭		100,000
	褐 煤		150,000
其他合成廠			50,000
			總產量1,300,000噸

由第六表, 可明德國人造汽油總產量, 將至每年 1,300,000 噸。此外由煉焦廠所得之苯及酒精均可代替汽油, 前者之產量為每年 380,000 噸, 後者之代替數量 (注意並非產量) 為每年 170,000 噸, 故人造汽油加以代替品之總量, 每年將達 1,850,000 噸。查 1935 年 德國 汽油消費量為 1,587,000 噸, 假定每年增加百分之十, 則以 1,850,000 噸之總產量, 當可完全供給 德國 內之消耗。而 德國 政府之液體燃料政策, 希望能於 1938 年國產 2,000,000 噸之人造汽油及代用品, 是以吾人可知 德國 於今明兩年來, 必可獲得汽油之完全自給與自足也。

