

書叢小學工

油 石

著 榮 家 謝

行發館書印務商

工學小叢書

油

石

謝家榮著

商務印書館發行

# 石油

## 目錄

第一章	緒論	一
第一節	石油礦業之發達史	一
第二節	石油之應用	二
第二章	石油之性質	五
第一節	石油之化學成分	五
第二節	石油之物理性質	九
第三章	石油之成因	一三
第一節	石油爲何物所成	一三

目錄



3 0515 0656 0

2

第二節	沉積時之地位	三〇
第三節	變化之程序	三四
第四章	石油之積聚	二七
第一節	石油礦床之特性	三七
第二節	背斜層爲聚油之處說	三八
第三節	石油之移棲說	三九
第四節	蓄油層	四二
第五節	蓄油層之飽和度	四四
第六節	蓋層及底層	四五
第五章	油田之構造	四六
第一節	總論	四六
第二節	背斜層或穹窿之構造	四八

第三節	單斜層·····	五〇
第六章	油田之測驗·····	五六
第七章	油田之分布·····	六六
第一節	石油在地質史上之分布·····	六六
第二節	石油在地理上之分布·····	六七
第三節	世界石油分布表·····	六八
第八章	石油礦業·····	七〇
第一節	石油之開採·····	七〇
第二節	石油之運輸·····	七九
第三節	石油之製煉·····	八三
第四節	貯藏·····	八八
第九章	世界石油礦業概況·····	九〇

第一節	儲量	九〇
第二節	產額	九三
第三節	輸出與輸入	九六
第四節	原油市價	九七
第五節	三大產油國油田概論	九八
第六節	其他產油國油田概論	一〇三
第十章	中國之石油及求供狀況	一〇四
第一節	總論	一〇四
第二節	陝西產油區	一〇五
第三節	甘肅產油區	一一〇
第四節	四川產油區	一一〇
第五節	撫順產油區	一一二

第六節	熱河產油區·····	一一四
第七節	中國所產石油之成分·····	一一六
第八節	輸入中國石油之統計·····	一一七
第九節	在中國銷售之石油市價·····	一二〇
第十一章	石油之擲節·····	一二二
第一節	總論·····	一二二
第二節	增加出產·····	一二三
第三節	減少消費·····	一二五
第四節	石油之代用品·····	一二六
附錄	重要參考書目·····	一二〇

# 石油

## 第一章 緒論

### 第一節 石油礦業之發達史

石油礦業，爲新礦業之一，但石油之物，則知之久矣。史乘彰彰可考。俄國巴庫油田之火井，自昔爲宗教家所崇拜。美洲土人，早知油能療疾，嘗就浮露處採而用之。希臘羅馬爲上古文化中心，緬甸乃東方古國，皆有關於石油之記載。在我國，石油之發明，遠在漢唐以前。而四川鑿井技術，尤能開世界之先路。卽在今日，其技藝之巧，方之歐美，亦無多讓，誠我國歷史上之光榮也。

世界石油礦業之發達，當推羅馬尼亞爲最早，一八五七年卽產油二千桶，是爲石油統計之嚆





矣。然新式礦業之發軔，實始於一八五九年美國德類克（E. I. Drake）氏在賓夕法尼亞省泰塔斯維爾（Titusville）油田鑿井告成之日。蓋羅馬尼亞油礦，萬分簡陋，未足稱爲新礦業之萌芽，自德氏創用汽機鑿井取油後，於是石油礦業，始循正軌以進，屢經改良，遂有今日之盛。故一八五九年八月二十三日，卽德氏試驗告成之日，不特在美國至可紀念，亦卽世界石油礦業誕生之時也。

## 第二節 石油之應用

石油之爲用大矣。未煉之油，堪供鍋爐燃燒之用，然世界產油之大部分，皆先經製煉，而後應用。其主要產物有四：卽汽油，火油（亦稱燈油或名煤油），燃料油，及機器油是也。汽油爲內燃發動機（internal combustion engine）之重要燃料，而汽車，飛機，潛水艇等一切交通利器，皆利賴之。火油爲點燈之用，雖自電燈發明，此用稍衰，而恃以取光者，仍非少數，如我國輸入火油，價值達六千萬元，卽可概見。燃料油之熱量，遠勝煤炭，且裝運便利，燃時清潔少煙，故鐵路輪船用者日衆。機器油則潤滑機輪，爲各項工業不可一日缺之用品。至於白臘，油焦等副產物，應用亦廣。凡製造蠟燭，肥皂，

紙張、膏藥、凡士林等，無不需白蠟；而油焦則可供冶金之燃料，及製造乾電池或弧光燈之炭精。又有瀝青則堪供造路之用。汽油之不純者，可以去油垢，造油漆，及用於染色、印刷各業。此外零星用途，若藥品、食料、化妝品、防腐劑、炸藥等項，幾無不有需於石油之產物，以供製造。故英國之有名著作家魯克斯（Sydney Brooks）氏嘗謂：『石油及其產品之堪供我人日常生活之用者，共計不下二百五十餘種。而各項實業之有待於石油以發生熱力者，至少當在百項以上。』美國前內務部長雷因（F. K. Lane）氏亦謂：『石油爲無價之寶，非他物可得而代之。全世界之鐵路機車，設無機器油以潤滑之，將盡失其轉運之能力。熱力與燈光，固可以水力得之，然使機器爲之運動者油也。至若汽車及飛機之有賴於汽油，與我人之資空氣以生者相等。故凡實業之發展，人類之幸福，莫不惟石油是賴也。』其言良信。

歐戰發生，全球震動，而石油遂爲重要軍用品之一。飛機、潛水艇、軍用汽車及鐵甲車之運行，皆非汽油不辦，而兵工廠及軍艦之需油，爲量尤多。故戰事開始，協約國及同盟國兩方，卽以石油供給之充足與否，爲重大問題。德奧以全力佔據加里西亞及羅馬尼亞之油田，卽因此故。而土耳其之侵

俄，亦無非着眼於巴庫油田。其後美國加入戰團，組織石油輸給部，盡力於石油之供給。協約國得此，遂得專心應戰，無後顧之憂。故論者嘗謂此次協約國之得占勝利，石油實與有功焉。

## 第二章 石油之性質

### 第一節 石油之化學成分

石油、煤氣及土瀝青，皆以碳、氫二質爲主要成分。石油含碳，自七九·五%至八八·七%；含氫自九·六%至一四·八%。二者化合之方式，極爲複雜，實爲多數碳氫化合物之混合體，此外又含氮、硫等質。石油平均約含硫〇·五五%，最多時能至三%，俱成有機物之組合。氮之含量更少，約自〇·〇〇八%至〇·八八%，或爲阿莫尼亞，或爲碳酸阿莫尼亞，成分複雜，難以詳述。石油中含氮甚多，能達六·九%，其中至少有一部分係自空氣中吸收而得。又於蒸發石油之餘渣中，常有鈣、鐵、鋁、銅等質，但爲量極微。據化學家研究，石油中之碳氫化合物，種類繁多，且各地所產，殊不一律，據今所知，有下列八屬：

普通公式	屬	名 油 田 舉 例
$C_nH_{2n+2}$	燻質或稱石蠟 (paraffin)	美國賓夕法尼亞省油田
$C_nH_{2n}$	羸質烯屬 (olefines)	俄國巴庫及美國加利福尼亞省油田
$C_nH_{2n-2}$	亞羸質炔屬 (如乙炔 acetylene)	美國得克薩斯路易西安那及印第安納諸省之油田
$C_nH_{2n-4}$	(少見)	美國利馬印第安納及加利福尼亞諸省之油田
$C_nH_{2n-6}$	輪質 (benzene)	世界各油田皆含少量
$C_nH_{2n-8}$	(少見)	美國加利福尼亞省油田
$C_nH_{2n-10}$	(少見)	
$C_nH_{2n-12}$	焦油腦 (naphthalene)	美國加利福尼亞省及南美古巴國油田

以上公式表示各屬一般之成分。試詳分之，則一屬之中，隨其碳氫分子之增加，又能分為無窮

數之有機體。譬如第一屬之矯質，至少包括有機體二十九種，自甲烷（即沼氣）(methane,  $CH_4$ )起至三十五烷(pentatriacontane,  $C_{35}H_{72}$ )止。本屬中首列四種爲氣體，其次之十三種爲液體，餘則爲固體。此外羸質，亞羸質及焦油腦各屬，俱爲石油中重要分子，而各屬又能分爲若干不同性之有機體。爲精密研究石油之成分計，必須一一詳分，其方法原理，極爲繁複，俱屬有機化學範圍，茲不贅。

若以石油曝露於空中，則逐漸蒸發，而成黏液，最後僅餘固體。依其種類，石油得大別爲三類，即（一）石蠟油(paraffin base)。殘餘之固體中，以石蠟爲主。此油性輕，含汽油甚富，價值最高。美國賓夕法尼亞省油田即屬此類。（二）瀝青油(asphalt base)。蒸發所餘爲深黑色之瀝青質。此油性重，含汽油最少，故價值較廉。南美特立尼達油田之石油屬之。（三）混合油(mixed bases)。石蠟瀝青，兼而有之。美國加利福尼亞省油田及墨西哥國油田，皆屬此類。

自然煤氣(natural gas)之成分，幾盡屬矯質屬之沼氣一類，約含自五〇至九〇%左右；乙烷(ethane)、丙烷(propane)羸質屬等有機體，亦含少量；二氯化碳甚普通，最多時可達一〇%以上；

氫、氮、氧等及一氯化碳氣，則爲量甚微。凡含乙烷或較乙烷更重之碳氫化合物之煤氣，稱爲濕煤氣 (wet gas)。否則如純含沼氣，則爲乾煤氣 (dry gas)。石油中往往溶蓄煤氣。凡煤氣愈多，則鑿井取油時，得藉其膨漲之力，使石油湧出井外，不需抽汲而產油甚豐，故煤氣壓力之強弱，關係於油井之產額甚巨。自然煤氣爲價廉質美之燃料，美國東部及中部各省，無論工廠及人家，俱應用甚廣。我國四川亦有火井煮鹽之法，即利用自然煤氣爲熱力者也。最近美國又於煤氣中提取汽油，自此法發明，而煤氣之應用更廣。煤氣工業之情形，後當詳論。至於固體碳氫化合物 (solid hydrocarbon)，天產者種類繁多，成分亦異，非在本書範圍，今不贅。

分析石油之法有三，即：(一)原質分析；(二)蒸餾試驗；(三)大規模之試驗是也。原質分析，係剖分各原質如碳、氫、氮、硫、氧之百分數。雖於油之物質，盡量表示，而於其品性之高下，價值之貴賤，尙未能明示，故必須行蒸餾試驗以定之。法以原油置玻璃甌中，自外熱之，逐漸增高其溫度。斯時油中各質，隨溫度之漸增，而依次揮發，得以冷凝管收取之，以定其含量之多少。最先揮發者爲焦油腦一屬，即汽油，約在攝氏表一五〇度以下。其次爲燈油及燃料油。最終留於甌中者，則爲機器油及石蠟。斯

時溫度在三百度以上。蒸餾用之器械及方法，頗爲不一，最精密者名曰恩格勒氏分析法(Engler's method)，在第三次萬國石油會議時，一致認爲現代之標準方法。至於大規模試驗，亦不外依蒸餾之原理，而定其產物之分量。但不在試驗室而在煉廠中之行，使其結果更爲確實可靠耳。

## 第二節 石油之物理性質

**色澤** 石油之色澤不一，自深黑至淡黃，視產地而異，亦有呈白色者，如俄國之巴庫油田是也。多種原油，俱不透明，但極薄之膜則反是。若就反射光下檢視之，則多種石油俱呈綠色。

**嗅味** 石油之嗅味，種種不一，而同一產地之油，則嗅味似頗一定。如美國賓夕法尼亞省之油，嗅味有如汽油，加利福尼亞省產者，則如柏油，而印第安納、俄亥俄、得克薩斯諸省之油，俱含硫甚重，故氣味殊惡劣。然多種石油，其氣味並不如是之可厭。

**比重** 通常以水之比重爲一。油質較水爲輕，其比重約在 $0.65$ 至 $0.93$ 之間。然間亦有較重於水者，如墨西哥之石油，其比重有時可達 $1.06$ 。石油之比重，亦可以波美度數(Baume)



scale) 表示之。其法爲法國化學家波美 (Antoine Baumé) 氏所發明，專定液體之比重。在石油業上，甚爲通行。此法假定水之重量爲十度，凡物質愈重，則度數愈小。故石油之波美度至少爲十度。通常則在三十度至六十度之間。測驗方法，係用液體比重計 (hydrometer) 浮立油中，視其油面與計上所切之度數，卽爲其比重之度數，而測驗時之溫度，亦須計及。普通以華氏表六十度爲標準，過與不及，皆須加以校正。波美度數與比重之關係，如左列公式，得依此互相推算：

$$(1) \quad \text{波美度} = \frac{140}{\text{比重}} - 130$$

$$(2) \quad \text{比 重} = \frac{140}{130 + \text{波美度}}$$

試舉一例以明之。今如測得石油之波美度爲三十度，求其比重。可依上列第二公式求之，而得  $140 \div (130 + 30) = 0.875$ 。

茲將波美度與比重列爲比較表，另附每加倫，每桶，或每立方呎之重量，藉省計算而便實用：

石油重量及比重與波美度比較表

波美度	比	重	重量 (以磅計)		
			每加倫	每桶	每立方英尺
一〇	一・〇〇〇〇	八・三二八	三四九・七九	六二・三〇一	
一一	〇・九九二九	八・二六九	三四七・三一	六一・八五九	
一二	〇・九八五九	八・二一一	三四四・八六	六一・四二二	
一三	〇・九七九〇	八・一五三	三四二・四五	六〇・九九三	
一四	〇・九七二二	八・〇九七	三四〇・〇七	六〇・五六九	
一五	〇・九六五五	八・〇四一	三三七・七二	六〇・一五二	
一六	〇・九五八九	七・九八六	三三五・四二	五九・七四〇	

波美度	比	重	重 量 ( 以 磅 計 )		
			每 加 倫 每	桶 每	立 方 呎
一七	〇・九五二四		七・九三二	三三三・一四	五九・三三五
一八	〇・九四五九		七・八七八	三三〇・八七	五八・九三一
一九	〇・九三九六		七・八二五	三二八・六七	五八・五三八
二〇	〇・九三三三		七・七七三	三二六・四六	五八・一四五
二一	〇・九二七二		七・七二二	三二四・三三	五七・七六五
二二	〇・九二一一		七・六七一	三二二・一九	五七・三八五
二三	〇・九一五〇		七・六二〇	三二〇・〇六	五七・〇〇五
二四	〇・九〇九一		七・五七一	三一七・九九	五六・六三七
二五	〇・九〇三二		七・五二二	三一五・九三	五六・二七〇

二六	○・八九七四	七・四七四	三一三・九〇	五五・九〇九
二七	○・八九一七	七・四二六	三一一・九一	五五・五五四
二八	○・八八六一	七・三七九	三〇九・九五	五五・二〇五
二九	○・八八〇六	七・三三九	三〇七・九九	五四・八〇六
三〇	○・八七五〇	七・二八七	三〇六・〇七	五四・五一三
三一	○・八六九六	七・二四二	三〇四・一八	五四・一七七
三二	○・八六四二	七・一九七	三〇二・二九	五三・八四〇
三三	○・八五八九	七・一五三	三〇〇・四四	五三・五一〇
三四	○・八五三七	七・一一〇	二九八・六二	五三・一八六
三五	○・八四八五	七・〇六六	二九六・八〇	五二・八六二
三六	○・八四三四	七・〇二四	二九五・〇二	五二・五四五

波美度	比 重	重 量 ( 以 磅 計 )		
		每 加 倫 每	桶 每	立 方 呎
三七	〇・八三八三	六・九八二	二九三・二三	五二・二二七
三八	〇・八三三三	六・九四〇	二九一・四八	五一・九一五
三九	〇・八二八四	六・八九九	二八九・七七	五一・六一〇
四〇	〇・八二三五	六・八五八	二八八・〇五	五一・三〇五
四一	〇・八一八七	六・八一八	二八六・三八	五一・〇〇五
四二	〇・八一四〇	六・七七九	二八四・七三	五〇・七二三
四三	〇・八〇九二	六・七三九	二八三・〇五	五〇・四一四
四四	〇・八〇四六	六・七〇一	二八一・四四	五〇・一二七
四五	〇・八〇〇〇	六・六六三	二七九・八三	四九・八四一

四六	○・七九五五	六・六二三	二七八・二六	四九・五六〇
四七	○・七九一〇	六・五八八	二七六・六八	四九・二八〇
四八	○・七八六五	六・五五〇	二七五・一一	四八・九九九
四九	○・七八二一	六・五一四	二七三・五七	四八・七二六
五〇	○・七七八〇	六・四七八	二七二・〇七	四八・四五八
五一	○・七七三五	六・四四二	二七〇・五六	四八・一八九
五二	○・七六九二	六・四〇六	二六九・〇六	四七・九二二
五三	○・七六五〇	六・三七一	二六七・五九	四七・六六〇
五四	○・七六〇九	六・三三七	二六六・一六	四七・四〇五
五五	○・七五六八	六・三〇三	二六四・七二	四七・一四九
五六	○・七五二七	六・二六九	二六三・二九	四六・八九四

波美度	比 重	重 量 (以 磅 計)	
		每 加 倫 每	桶 每 立 方 呎
五 七	〇・七四八七	六・二三五	二六一・八九
五 八	〇・七四四七	六・二〇二	二六〇・四九
五 九	〇・七四〇七	六・一六九	二五九・〇九
六 〇	〇・七三六八	六・一三六	二五七・七三
六 一	〇・七三三〇	六・一〇五	二五六・四〇
			四五・六六七

比重之大小，即重油輕油之所由分，亦即油質良窳之所由判，為斷定石油價值最重要之性質。輕油之中，含汽油及燈油之量較多，故價值高。重油所含，以燃料油及機器油為主，故價值較低。但重油之中，如含多量白蠟或機器油，則因此項物質應用較廣之故，價值反能增高。現代所知最名貴之石油，乃一種天產之機器油，亦即重油之一也。

**黏度** 黏度即液體內部之磨阻力，或其流行之阻力。大抵油質愈輕，則黏度愈低，而其流行之率亦愈速。重性之油則反是。比較之法，於同溫度下，以定量之油，與等量之水，經過同一口徑之鐵管，而比較其流行之遲速，以秒數計之。油質流行最遲者，不及水流千分之一，故其黏度，能自一而變遷至於一〇〇〇。然測驗時之溫度，亦須注意。溫度愈低，則油性膠凝，流行愈遲。溫度高則反是。黏度之大小，直接影響於轉運之難易，（油運於鐵管中，黏性高則運行不易，）即間接影響於油田之價值，故考驗時不可不注意及之。

**引火點及燃燒點** 將石油熱至一定溫度時，則其中成分揮發而出，與空氣混合，遇火即炸，發生淡綠色之火焰，此溫度爲其引火點（*Flashing point*）。通用測定法，有啓蓋法（*open test*）及密蓋法（*close test*）二種。前法與空氣接觸，後法則於密閉之器中定之。引火點用啓蓋法測定者較用密蓋法者爲低，此當然之理。石油之引火點，又依其所在地氣壓之高下，而有加減。通常水銀柱上下一吋，其引火點之增減約爲一度半。石油之引火點與轉運及貯藏之安全，俱有關係，故必須詳爲測定。歐美各國，對於使用火油之引火點，政府俱有一定之限制，如美國爲華氏表九十九度半，英國



爲七十三度等，所以避免火災危險，法至善也。

石油之燃燒點 (burning point) 乃指石油熱至此溫度，設與火遇，卽能全體燃燒，繼續不滅而言。故與引火點絕然不同。通常燃燒點較引火點約高華氏表二十五度至三十度。

**漲性** 凡物加熱則漲，石油亦然，是爲漲性。漲性用膨漲係數 (coefficient of expansion) 表示之，是爲溫度每升高一度容積膨漲之百分率，可用膨漲計 (dilatometer) 測定之。計算公式如下：

$$a = \frac{V_1 - V}{(t_1 - t) V} + c$$

在上列公式中， $a$  爲膨漲係數， $v$  爲石油在  $t$  溫度時之容積， $v_1$  爲溫度增高至  $t_1$  時之容積， $c$  爲測驗器玻璃管之膨漲係數，假定爲  $0.000025$ 。石油之膨漲係數，約自  $0.00046$  至  $0.00096$ ，視油質而異，頗不一律。大致言之，膨漲係數與溫度之增減成正比，而與比重成反比例。若將石油之溫度，逐漸增高，依次定其比重，亦能測算其膨漲之速度。反之，若已知膨漲係數，則可測算石油在不同溫度下比重之變遷。膨漲係數之測定，於預算儲油容積，及買賣石油，俱至

有關係。油類市價，皆以容量計算，今容量既隨溫度而變遷，勢不能不有相當之規定，以資遵守。通常以華氏六十度為標準，過與不及，皆須校正。美國通例，輕性汽油在六十度以上者，則每增十五度，須就其全體容積內，減去百分之一，為漲性之校正；而在六十度以下者，則每低十五度，須增加百分之一之容積。至於他類油質，如燈油，燃料油，機器油等，俱酌量校正，約每二十度或每二十五度增減全體容積百分之一。

發熱量 石油之發熱量，以卡路里 (calorie) 或英熱單位 (British thermal unit 簡稱 B.

T. U.) 表示之。凡一公分之水，自攝氏十五度增至十六度，其所需之熱量，謂之小卡路里，或以公斤為單位，則曰大卡路里。至於英熱單位，則以英磅為衡，以華氏表記溫度。三者之關係，得以下式示之：

$$\text{小卡路里} = \frac{1}{252} \text{ B. T. U.} = 0.00396 \times \text{B. T. U.}$$

$$\text{大卡路里} = 3.968 \times \text{B. T. U.}$$

$$\text{B. T. U.} = 0.252 \times \text{大卡路里}$$

$$\text{B. T. U.} = 252 \times \text{小卡路里}$$

石油之發熱量，以測熱計定之。其法甚繁，茲不多述。大致油性愈輕，則發熱量愈高，否則反是。最高之熱量，達一萬二千小卡路里以上，或二萬 B. T. U. 左右。茲將原油、煉油及各項煤質之發熱量，列表比較如下：

物	質	發熱	量 (小·卡 路 里)
汽	油		一一、一六〇至一一、二二五
燈	油		一一、〇〇〇至一一、一〇〇
燃	料	油	一〇、〇三八
原	油		約一〇、〇〇〇
無	煙	煤	約八、〇〇〇
煙	煤		六、〇〇〇至八、〇〇〇
褐	煤		五、〇〇〇至六、〇〇〇

泥	煤	三、五〇〇至四、〇〇〇
木	材	一、八〇〇以下

據上表，石油之發熱量，較煤約大十分之三四。通常用煤一萬噸時，若代以石油，祇須七八千噸，即可得同等之熱量。其他利益，尤不勝計。故石油遂為二十世紀最寶貴之燃料。石油之發熱量，亦可自其化學成分計算而得。蓋發熱量者，乃油中各分子燃燒時所發熱量之總和。各原質燃燒時所發之熱量，既經精密測定，故由原質分析，即可推算其熱量。通用公式有三，如下所列：

$$W = 300H + 81C + 26(S - O) \dots\dots\dots \text{門德雷葉夫 (Mendelyev) 氏公式}$$

$$W = 80.8C + 345(H - \frac{1}{8}O) + 22.2S \dots\dots\dots \text{度隆 (Dulong) 氏公式}$$

$$W = 80.8(C - \frac{3}{8}O) + 345H + 22.2S \dots\dots\dots \text{倭克爾 (Walker) 氏公式}$$

式中W為發熱量，以小卡路里表示之；C, H, O, S為各原質。用測熱計或公式計算所得之發

熱量，皆爲石油之理想熱量。至於實際使用時，所得必略少，因燃燒未充分或灰渣吸熱等故也。通常，實際熱量，相當於理論熱量之七〇至八〇%上下。若煤則損失更大，至多不過六〇%。此又石油較優於煤之一理由也。

## 第三章 石油之成因

論石油成因，至少當包括三項問題：（一）石油爲何物所成；（二）沉積時之地位；（三）變化之程序。分節述之如下。

### 第一節 石油爲何物所成

攷究石油爲何物所成，地質學家，化學家，各就觀察所及，創爲學說。所根據之事實，既未必同，推論之結果，遂多歧異。綜而論之，可分爲下列三派。

**天體分泌說** 隕石中曾發現微量之碳氫化合物，遂有天體分泌說（cosmic origin），謂地球凝結之初，其中本有石油。今日之油田，乃其遺跡。但證以現代油井產額之豐，油田分布之廣，當可恍然悟此說之無稽矣。

無機成因說 所謂無機成因說 (inorganic theory) 乃謂石油純係無機物質，經化學作用化合而成。化學家主持此說最力，且嘗設實驗以證明之。而大多數地質學家，皆極端反對。此說又可分為二派如左：

(一) 碳化物成因說 (carbide theory) 據化學實驗，碳化鈣，碳化鐵，或其他金屬之碳化物，若與水合，或在高溫度之中，與碳酸氣起作用，則俱能發生乙炔 (acetylene,  $C_2H_2$ ) 為一種可燃氣體，我人常用之電石燈，即依此反應而製造者。地殼內部倘假定有巨量之碳化物（如碳化鐵，）地面流水，循裂隙侵入，與之相遇，即起化學作用，而生乙炔。此物本為石油主要成分之一，再經熱或壓力之作用，遂得逐漸變成為石油，沿裂隙上昇，積聚於水成岩中，而為油田。著名地質學家洪保德 (Humboldt) 氏，於一八〇四年，首創是說；柏德樓 (Berthelot) 氏申論之；俄國著名化學家門德雷葉夫 (Mendelyev) 氏及穆生 (Moissan) 氏，創為實驗，探論尤詳。其化學反應，可以下式示之：

$$2 FeC + 4MgCl_2 + 2 H_2O = 2 FeCl_2 + 2 MgO \cdot MgCl_2 + C_2H_4$$

或

$$2 FeC + MgCl_2 + 2 H_2O + 2 CO_2 = FeCl_2 + FeCO_3 + MgCO_3 + C_2H_4$$

一九〇九年，美國柏刻（Becken）氏發現油田之分布，似與一地之磁折範圍，有多少之關係；遂謂爲地下確有碳化鐵之證，蓋鐵具磁性，足以影響磁針之方向故也。惟據地質學家之觀察，則疑問綦多。第一，設上說爲確實，是產油最富之處，當在極古地層中，以此岩當時生成之地位，去地內熾熱之部較近也。然實在情形，並不如是。產油之層，雖自元古界以至近代俱有，而重要油田，則以石炭紀及第三紀爲最多。不僅是也，地殼內部是否有巨量碳化鐵，尙無確切證明。柏刻氏之磁曲問題，據最近研究，乃與油田並無密切關係。於是知宇宙之間，因果繁雜，非渺小之化學試驗室，所得以概況之。地內碳化物固能發生少量之石油，然謂其與現代產額巨大之油田，有成因上之關係，則大多數學者，俱以爲未可也。

(二) 火山成因說 (volcanic theory) 現代火山所噴出之氣體中，有時含碳氫化合物少許。此項氣體，顯係在深造之部，由化學作用而成。學者據此事實，遂謂石油成因，與火山有重要關係，且世界油田之分布，似與火山區域約略平行，而非洲及墨西哥等處火山岩，或侵入岩中，又常有微量油迹。凡此諸點，俱足爲本說之證。但考之實際，火山之說，與前述諸論，同一無稽。蓋現代重要油田，幾



盡產於水成岩中，其與火成岩共生者，大多數係自附近水成岩遷徙而來，或水成岩中之碳氫化物，經熱之作用，蒸餾而成，與火山作用，固風馬牛不相及也。至於油田分布與火山區域之關係，一語道破，即極明顯；蓋油層沉積之地位，以瀕海之部，最爲適宜（詳後），而此部受地動之影響，滄海桑田，變化最烈，地內熔岩，遂得乘其弱點，時常湧出，此火山區域所以與石油分布有不謀而合之關係也。

有機成因說 無機成因說，既多穿鑿附會，難以取信，於是地質學家遂就其觀察之所得，創爲有機成因說（organic theory），其大意謂石油乃古代生物之遺蛻，經地內之熱與壓力，蒸餾而成。首創此說者，爲美國之紐柏立（Newberry）及奧吞（Orton）二氏，於一八七三至一八八八年間，陸續發表論文，詳爲研究。同時又有窩梭（Warren），施特勒（Storer），恩格勒（Engler）及對（Day）諸家，以植物油脂肪或魚與松木之混合物，各施蒸餾，俱能發生與石油成分相似之碳氫化合物。自石油工業勃興以來，調查油田地質，遂爲一部分地質學家之專職，於是觀察日精，而所得事實，亦無不與有機之說相合。蓋重要油田，皆產於水成岩中，而造油地層，又每能證爲富於生物之沉積。最爲顯著者，爲美國加利福尼亞皆油田，其處含油砂層常與一種富於藻類，或多孔蟲化石之頁

岩相密接，有時相距較遠，則必有斷層或裂縫等爲之貫通，一若示其淵源之有自，而藻類及多孔蟲實爲造成石油之原料者。迨油質既成，則因毛細管吸引之力，或其他原因（詳第四章）遂遷積於鬆疏之砂層中，以供今日之開採。此外尙有一事，足以確證石油爲有機物所成者，卽石油具旋轉偏光面之特性，置顯微鏡下觀察，極爲明瞭，而由動植物脂肪質中所分泌而出之 *cholesterol*, *phy-sterol* 等類，亦無不具同樣之光性，但由無機物造成之石油則否。以是知石油之具此特性，係受有機物質之影響，而無機成因說，乃不攻自破矣。

綜上所論，石油係自有機物質逐漸蒸餾而成，似已爲現代大多數學者所公認。但所謂有機物者，究爲何物乎？從各方研究之結果，又復意見紛歧，莫衷一是，可分爲左列各說：

(一)動物成因說 (*animal theory*) 此派主張謂石油係自魚類、蠔、海蚌、蚌蛤、珊瑚等海生動物之肉體，經地內高熱及壓力，蒸餾變化而成。窩棧、恩格勒諸氏且有實驗以證明之，已詳論於前。又有學者謂造成石油之動物，以多孔蟲爲主，此物形體雖小，而分布甚廣，骨骼堆積，往往造成巨厚岩層，而石油卽其遺體之一部，經蒸餾而成者也。但反對此說者，頗不乏人，英國克累格 (*E. H.*

Cunningham Craig) 持之尤力。氏之言曰：『動物成因說之不可通，似已無討論之餘地。雖化學家之蒸餾試驗，頗若確實可證，但一考其化學上之反應，則頗難索解。最爲明顯者，動物含氫質燐質俱甚多，變化成油之後，當有多少遺留，今考石油成分，所含此二質至微，此其不可通者一。產油地層之內，常含有動物化石甚多，主動物成因說者，援爲鐵證。殊不知化石之存在，謂爲骨骼之保存則可，謂爲肉體亦同時存留，則未見其可也。蓋海洋之中，生物殷繁，弱肉強食，乃天演之公理，故動物死後，其肉體鮮有得埋沒於砂土之中，以供他日製造石油之原料者。原料既不豐富，則巨量石油，更安得而成哉？』此項辨難之理由，固極充足，但動物成因說，尙有未可厚非者在，姑存爲疑問可也。

(二) 植物成因說 (vegetable theory) 以植物爲造成石油之原料之學說，主者甚衆，但各人見解，又大不相同，分論如左：

(甲) 海草 海洋之中，海草滋生極繁，尤推太平洋及薩加索海之沿岸，分布最廣，往往積成厚層，可利用之以提取鉀質。倘假定昔時沿海之處，海草叢生，其後被掩於岩層之下，經熱及壓力之作用，逐漸蒸餾，即可造成重要油田。此派學說，雖若言之成理，但既少實驗上之證明，更就化學成分言，

海草富於溴化鉀及碘化鉀諸鹽類，而石油中則絕無僅有，其無成因上之關係，亦彰明矣。

(乙)陸生植物 煤礦之成，係由沼澤或沿海大陸上之植物，逐漸腐變而成。石油成分，雖與煤異，然謂其自植物變化而來，亦無不可。於是學者遂倡異物同源之論，而英國之克累格氏主之尤力。至其結果所以相異之故，則因經過之地質歷史，既極不一律，溫度壓力諸環境，亦隨而懸殊，故在甲地造成煤層，而在乙地則易爲石油。二者遞變之迹，野地考察，尙得而見之。又據化學家之實驗，倘將褐煤或煙煤置器中蒸餾之，則能得與石油相似之碳氫化合物。故又有人主張已成之煤層，在適當溫度壓力之下，亦能再度變化，而成石油。據實地觀察，產油之層，有時兼含煤質，中國陝西油田，卽爲一例，而重要煤田之附近，亦常有微量之石油流出。二者關係既密，則異物同源之論，不能謂爲絕無根據也。

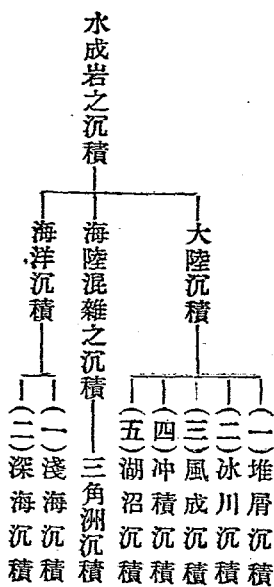
(丙)矽藻 矽藻爲一種微小植物，現代海洋，繁殖甚盛，而在地質史中，發育尤廣，其遺體堆積，常能造成巨厚之岩層。據地質家研究，美國加利福尼亞省油田，大部分係自此物變化而成。

以上動植物成因之說，各有依據，言皆成理，地質學家至今尙無一定之論斷。有時則同一油層，

而動植物之遺跡，俱極顯著，斯時再欲強為劃分，勢所未能，故又有主張兩可之說，以為動植物俱有變化為油之可能。實則自然現象，繁複異常，溫度壓力，隨地而異，故各處石油之成因，亦當隨其地質歷史，而互有出入，正未能執一說以例其餘，此則談石油成因者所不可不知也。

## 第二節 沉積時之地位

地質學家就水成岩沉積時地位之不同，而分為下列各類：



研究海陸二界沉積之種類，及其鑒別之方，歸地層學 (stratigraphy) 之範圍，茲所述者，乃討論何種沉積，於石油之產生，最爲適宜；何種沉積，則絕對不能產油。明乎此，於探勘石油，可得絕大之助。茲逐層論述如下。

**堆層沉積** 此項沉積，位於山坡之上，係由山頂岩石，經風化作用，崩解堆積而成。顆粒甚粗，不適於植物之生長，且空氣易於透入，氯化極速，卽有植物遺跡，亦早已腐化殆盡，故於此中求石油，不啻緣木以求魚矣。

**冰川沉積** 冰川沉積，可分爲三類，(甲)係直接在冰川中造成，(乙)冰塊融化之後，在水中沉積者。第一類溫度既低，一切生物，皆難生長，故絕對無產油之望。迨冰塊既融，水流暢達，各類植物，隨之繁茂，在適當環境之下，亦能變化成油，如美國伊里諾斯及威斯康星諸省，冰川沉積之內，亦稍有煤氣及石油之痕跡，卽其例也。但造成重要油田之沉積，固在彼而不在此。

**風成沉積** 在此沉積之中，植物生長既不適宜，而氯化劇烈，凡有生物，皆腐化殆盡，故決無產油之可能。

**沖積沉積** 河流之兩旁，每當河水氾濫，泥砂聚積，日久造成巨層，是名沖積沉積。我國長江黃河一帶之平原，皆此類也。在沖積平原之上，植物之繁茂與否，當視其地氣候爲轉移，如氣候溫熱，雨量充足，則植物滋生甚繁，一經掩覆，或足爲造成石油之原料。但大陸之上，氯化劇烈，卽有植物，往往因腐爛過速，難以保存，於石油之產生，不無障礙。據學者觀察，本類沉積之內，似尙未有重要油田之發現，或卽氯化太速之故耳。

**湖沼沉積** 在內地湖沼之內，所成之岩石，名曰湖沼沉積，其中生物豐富，尤以沼澤中之植物爲最繁茂。此項沉積，被覆於水面之下，無充分之空氣，故生物得以逐漸腐化，煤層之生，卽基於此。至於石油是否亦在此同等環境之下，沉積而成，學者意見，尙不一致。現代油田，雖與產煤之層，距離甚近，或同屬一層，尤以在歐亞二洲之油田，二者之關係，最爲密切。但就大體論之，世界主要產煤之時代，與主要產油之時代，並不相合。卽有少量石油，沉積於湖沼之中，與煤層之成因相類似，但此係局部的或偶然的現象，重要油源，固別有積聚之所也。

**淺海沉積** 據多數學者之研究，重要油田之沉積，當在淺海之中。其岩石以頁岩、黏土、或泥灰

岩爲最普通，層次整齊，分布廣遠；珊瑚、腕足、棘皮等類之化石，所含至豐；且往往有少量鹽水，與油質相混雜，一若爲昔時殘留之海水者。凡此種種，俱足爲海相沉積之證。此中生物殷繁，尤以形體細微之動植物，如多孔蟲、矽藻之類最爲普通。主張動物成因說者，卽謂爲造成石油之主要原料。淺海距海岸甚近，地勢稍有昇降，卽沉積變更，海陸易相，故所成岩石，往往砂岩、礫岩，或其他鬆質之岩，與頁岩相間爲層，而已成之石油，遂得因比重壓力等關係，自頁岩遷入其中，以成蓄油之層，卽今日所開採者也。

**深海沉積** 據海洋學家之調查，深海之部，溫度過低，日光與空氣，皆難透入，故生物極少，石油卽無從產生。且其所成之岩石，以頁岩、石灰岩，或其他緻密岩石爲多，砂岩或礫岩之夾層，不可得見，卽有石油，亦無含蓄之所。故決不能成爲重要之含油層也。

**三角洲沉積** 三角洲半屬海相，半屬陸相。其海相之部，卽爲淺海或瀕海沉積，最適於石油之產生。而近陸之部，則植物繁茂，在適當環境之下，亦能造成石油。且地盤稍有昇降，海岸線卽隨之而伸縮，故在此區域之內，海陸二相之地層，往往相間而生，於石油之積聚，最爲適宜。



綜上所述，產油地層，當以淺海或三角洲沉積最為適合，其他各類，皆少希望。然產油之層，與蓄油之層，有時並不相合，其理已述於前。故現時產油之處，往往反在大陸沉積之中，則以油質自別處遷流而來之故。非謂大陸沉積，自能發生油質也。

## 第二節 變化之程序

據多數地質學家之研究，生物變化成油，可分為菌解及變質二時期，茲分論之。

**菌解** 生物化解之初，以細菌之力為最重要，故曰菌解 (biochemical process)。經此作用，碳氫化物逐漸揮發，所存者僅為石蠟、脂肪等質，終則變成石油及煤氣。石油之點滴，與泥土細粒相黏結，沉積於海底之上。

**變質** 生物遺骸，堆積漸厚，使被覆於另一沉積之下，則空氣被阻，細菌之能力減，而變質作用 (geochemical process 或 dynamochemical process) 起。二者交替之間，常不易分。所謂變質作用者，乃因含油地層，受摺縮之影響，或受上部地層之壓迫，以致溫度與壓力俱增，地層中未變之生

物遺蛻，至是悉逐漸變化，而成石油與煤氣。其作用與我人實驗製油，大同小異，不過進行有遲速，力量有強弱耳。至於因菌解作用而成之石油，爲量固少，分解亦多未備。再經一度之蒸餾，則能發生較輕之油質，與善於揮發之煤氣，而與新生之油，互相混合，以積聚於油砂之中。由是言之，變質之結果，足以增加油量，改良油質。但變動太烈，變質過深，則亦能毀滅油田。所以構造複雜之區，與變質岩發達之地，皆無油田希望，卽此故也。大致言之，含油層之時代愈古，或距地面愈深，則油質較輕，煤氣與石油之比例亦較多。美國懷特 (D. White) 氏依據此理，幷利用油田常與煤層密邇之事實，卽以煤質中固定碳成分（將水分雜質等除去之純碳比例）之高下，測地層所經過變質作用之深淺，因而推斷其是否有含油之望。據懷特氏及其他專家在美國東部油田之考察，凡固定碳在五〇至五五%之間之區域，石油最爲豐富，重要油田，皆薈聚於是。其在五五至六〇%之間者，則稍有石油，惟煤氣較多。至於六〇%以上之區域，變質過深，卽煤氣亦已揮發殆盡，無復有儲油之望矣。

造成石油之原料，姑勿論其爲動物或植物，而由此變化成油，必須經一番天然之蒸餾作用，則毋容或疑。蒸餾之必要條件，爲高溫與高壓。據物理化學家之實驗，及地質學家之推測，皆謂壓力一

端，尤爲重要。克累格氏嘗就特立尼達油田地層之厚度，而約計其成油時代之壓力，結果爲一八九氣壓，卽每方吋約有一噸又四分之一之壓力也。至於溫度，則不必甚高，但須有少量之水分，以助蒸餾之進行；且油層之上，必須有緻密岩石以封閉之，宛如試驗室中蒸餾器之蓋，否則煤氣洩出過多，其結果將爲煤礦而非石油矣。故高壓低溫（比較的）及封閉諸環境，皆爲造成石油必需之條件也。

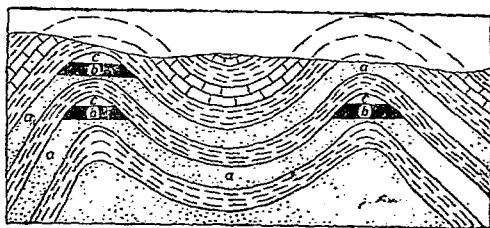
## 第四章 石油之積聚

石油成因，已述於前。但水成岩中，油質散布，含量極微，必須經聚礦作用，化散爲整，始足供開採。此不獨石油礦爲然，其他金屬礦床，莫不如是。但油性流動，又最易揮發，故積聚之原理，與尋常礦床，頗有不同。茲於討論之前，先述石油礦床之特性，然後再依此事實，說明其積聚之理由。

### 第一節 石油礦床之特性

石油礦床之特性，有三項當注意：

- (一) 堪供開採之石油及煤氣礦床，常產於背斜層或圓頂丘之頂部，或單斜層之拗折處。
- (二) 水與石油及煤氣常共產於一層之中。但水之位置最下，煤氣居於頂部，而石油則位於二者之間（第一圖）。



(a) 蓄水層 (b) 石油 (c) 石油煤氣

第一圖 石油氣體在背斜層中之分布

(三)重要油層，據今所知，皆產於疎鬆岩石，如砂層（或砂岩），礫岩，或富於裂縫之石灰岩中，而含油層之上下，又俱有不透水層，如緻密之頁岩，砂岩等。

就上三點觀之，可知石油之所以能積聚成礦，必有其必要之條件，與積聚之原因。學者依觀察之事實，而推究之，不特闡發學理，抑且於探勘石油礦床，深得助益。故下節述其積聚之原因。

## 第二節 背斜層爲聚油之處說

背斜層爲聚油之處說 (anticlinal theory) 係根據上節第一條之事實而來。所謂背斜層者，實包括其他構造而言，並非專指一種，後當詳論。當一八六〇年左右，美國地質學家研究東部阿帕拉契安 (Appalachian) 油田，即首先發現背斜層與石油積聚之關係。安德魯茲 (E. B. Andrews)，韓德 (T. S. Hunt) 文

拆爾 (A. Winchell) 紐柏立 (J. S. Newberry) 諸家，先後著論說明。但同時又有人反對之，蓋阿帕拉契安之油層中，含水殊少，石油得任意流動，因此其位置有時不盡在背斜層之頂，而往往位於其兩翼之中部，故一部分學者，深致懷疑。及一八八五年，懷特 (I. C. White) 氏經多年之研究，重創此論，并加以透切之說明，於是背斜層爲石油聚積最要條件之學說，遂爲石油地質學家所公認。日下探勘石油，幾以此爲惟一之南針。夫石油煤氣、水三者，比重不同，性質各異，雖同處一層，而仍能涇渭判然，此事理之常，本無足異。至若油層高處於背斜層之頂，則因地層摺縐，全體受壓，所有流質，皆被擠而聚於頂部，此亦合乎常識，無足深怪。倘無摺縐，地層仍保存其水平之狀態，則石油煤氣等雖仍能分層而處，但散而不聚，爲量甚微，不能供實地之開採。向斜層之底，依上述擠壓原理，本亦能積聚油質，但以構造若盆，往往爲衆水之所歸，水量既多，卽有石油，亦將冲刷無餘矣。

### 第二節 石油之移棲說

石油之移棲說 (migration of petroleum)，概略如下所述。石油係由淺海或三角洲沉積中

之生物磨化而成，已如前章所論。故油質當生於細粒頁岩，或其他富於生物之岩石中。但現在產油之層，皆係砂岩、礫岩，或其他鬆質之岩石，其中生物甚少，決不能造成油質。然則其必自上下或其附近岩層中移棲而來，可無疑矣。夫油質流動，煤氣更易揮發，移棲之說，當在我人意料之中。但或有以石質堅密，巨厚之層，更難穿透為辭，頗加疑問。殊不知雖堅強如花崗岩，亦未嘗無罅隙，普通砂岩，其中空隙之體積，約佔全體之三〇%。況地質現象，極為複雜，在長時間及高壓力之下，更不難生重大之效果乎？然石油果因何而能移棲？據多數學者之研究，約有左列各項原因：

(一) 比重 石油煤氣，質性較輕，往往有上昇或旁趨之勢。若為水所乘，其力愈大，結果則能自甲層而移棲於乙層。移棲原因，當以此為重要。

(二) 水壓力 地下潛水，過流不息，源頭愈高，則流行愈速，每能隨蓄水層之位置，而上下衝動。自流井 (artesian well) 中之水之能噴出地面，即本乎此理。今石油浮於水面，水動則石油亦隨之而流。如遇罅隙或鬆質岩層，則藉水之壓力，即可徙入其中，而成蓄油層。至於流行方向，或上或下，皆視其地之構造及岩石性質而定，固與遷移之原理無關也。

(三) 摺縐時發生之壓力 前論背斜層學說時，曾詳述石油因壓力之擠逼，則聚於背斜層之頂部。若本層岩質緻密，無處容油，則油質即可乘擠壓之力，沿裂縫而徙移於其上下之鬆質岩中。是摺縐亦能影響於石油之移徙矣。

(四) 毛細管之吸引力 據最近研究，石油之移徙，與毛細管之吸引力 (capillary attraction) 有密切關係，而毛細管吸力，又與液體之表面漲力成正比例。大抵漲力愈高，則毛細管吸力之力愈強。水之表面漲力，較石油大約一倍，故水之被毛細管所吸引，亦較石油易，約一倍。今石油與水，同處於岩層之中，而岩層之結構，又粗密不等；設有衝動，則因表面漲力相異之故，潛水即有自鬆質岩流入緻密岩如頁岩等之趨勢，蓋頁岩具有毛細管之吸引力故也。同時石油因漲力較小，吸引不易，將自緻密岩而流入於鬆質岩如砂岩之中。經此徙移之結果，遂使砂岩、礫岩，或其他富於空隙之岩石，蓄油日富，而頁岩或其他緻密岩本為產油之層者，至是盡為潛水所飽浸，而含油無幾矣。此說創自美國之窩士本 (C. W. Washburn) 氏，於石油積聚之理，頗能深切解說。窩氏并謂美國東部阿帕拉契安油田及中部油田之所以含水絕少者，其初非無水，但經過長時間之吸引作用，遂致水油分



離，而各移於其所適合環境之下，此乾燥油層之所以成也。最近馬科 (A. W. McCoy) 氏作實驗，以含油泥土與含水砂土相間爲層，同置於一玻璃匣中，另用膠質一片，從中穿插，使兩端層次，不連續，以代表斷層。繼復抽去膠片，使層中生有裂痕，歷一小時後，即見油質逐漸移徙於粗砂層中，尤以鄰接斷層之處，含油最多，而泥土中，則飽浸水分矣。此項實驗，確能證明石油移徙之性，而重要原因，則毛細管吸引之力也。

#### 第四節 蓄油層

石油發源於緻密之岩，而含蓄於疏鬆之層，後者名曰蓄油層 (oil reservoir)。其存在與否，關係於油田之價值甚巨，苟無蓄油層，則油源雖充足，構造雖適宜，將因無儲蓄之所，終致散失。考蓄油層之條件，以質性疏鬆，富於孔隙者爲合宜。故粗砂岩，礫岩，或富於裂縫之白雲質石灰岩，俱能蓄巨量之石油。至於細質砂岩，頁岩等，因膠黏物之發育，或結構之細密，普通俱難蓄油；卽有之，亦爲量甚微；除因斷裂而生巨大之裂隙外，皆不能成爲重要之蓄油層。

岩石中孔隙之大小多寡，不特隨其種類而異，且亦到處不一，變遷太多，未可一概而論。表示各岩之孔隙程度，莫善於比例之法。即以岩石全體之容積，與孔隙之容積相比，而以百分數表示之，是為岩石之孔隙度 (rock porosity)。據學者研究各岩之孔隙度，約如下表所示：

岩 石 種 類	孔 隙 度 (%)
砂 層	一五至三五
砂 岩	五至一五
礫 岩	至多可達三〇
頁 岩	二至一〇
白 雲 質 石 灰 岩	至多達三五

蓄油之層，固推砂層，粗砂岩，及礫岩等為最佳，而富於裂縫之石灰岩亦甚重要，如美國東部之油田是也。至於火山岩，變質岩，甚至花崗岩，亦不無其例。但此項油層，僅供科學上之研究，而無裨實

用。惟美國得克薩斯省之脫拉爾油田 (Thrall field)，有噴油井，自一種綠色硬質而近於凝灰岩之岩石中流出，殊爲例外耳。

### 第五節 蓄油層之飽和度

石油之存於岩層中也，係充填於孔隙之中，故孔隙度愈大，則油量愈富。設有砂岩，其孔隙度爲二〇%，其中飽浸油質，則此岩之石油飽和度，亦卽爲二〇%。但飽和度又與溫度壓力有關，僅知岩石孔隙度，而孔隙之中，未必盡爲油質所浸，故飽和度當較孔隙度爲略少。既知一含油層之厚度及面積，而又知其中石油之飽和度，則油量卽可計算而得。美國地質調查所約計全國石油儲量時，曾假定一〇%爲各油層之平均飽和度。其他計算，亦有假定以每立方呎之油砂含石油一加倫者，換言之，卽一三·三%左右。然石油之飽和度，與實際之產油率，又自不同。依飽和度計算所得之含油量，每不能盡量採獲，通常爲其全體之一〇至七五%。其所以多寡相差如是之甚者，則以砂層之孔隙度，及煤氣壓力，處處不同故也。

## 第六節 蓋層及底層

石油之積聚，係於構造之適宜，及蓄油層之孔隙度固矣。但孔隙度及構造，雖俱恰當，倘油層之上下，無一種緻密岩石爲之蓋覆，則仍不能成爲重要之油田。此項岩層，謂之蓋層 (cap) 及底層 (floor)。其種類厚薄，調查時當深加注意。如蓋層爲硬頁岩、硬砂岩、或緻密石灰岩，則俱能阻止石油之散失，或地面流水之侵入，於石油之積聚，頗爲有利。至於底層之影響，雖不若蓋層爲甚，但石油亦能向下移徙，以致散失。若底層飽蓄水分時，則以水之阻力，足以止油質之下流，底層岩質雖鬆，於石油之積聚，尙無關係。但萬一水分他移，岩質乾燥，則石油仍可逐漸流散也。

## 第五章 油田之構造

### 第一節 總論

據地質學家多年之研究，聚油之處，以背斜層爲最適宜，其理由已詳述於前。但經詳細調查之後，乃知重要油田，不盡限於背斜層一種；其他如單斜段丘等構造，亦不無其例。故油田構造，種類甚多。茲據美國常用之分類，表列如左：

(一) 背斜或穹窿式構造。

(甲) 背斜層 (anticline)。

(乙) 圓頂丘 (dome) 亦名饅頭層。

(子) 含鹽圓頂丘。

(丑) 圓頂丘與侵入岩有關。

(二) 單斜層構造 (monocline) 含油層，因下列關係，油流被阻，因而聚積成礦。

(甲) 四週爲不透水之頁岩所包圍。

(乙) 斷層 (faulting)。

(丙) 局部結構之變密 (local cementation of reservoir rock)。

(丁) 瀝青沉積。

(戊) 不整合層 (unconformity)。

(己) 火成岩之侵入 (igneous intrusion)。

(三) 摺曲甚微近於水平之構造 (flat lying bed)。

(甲) 平斜層構造 (acoline)。

(乙) 晶片層 (lens)。

(丙) 階級層 (terrace)。

(四)向斜層或盆層式之構造 往往因蓄水過多，不能成爲重要油田。如水量極少，則亦有產油之望。

(甲)向斜層(syncline)。

(乙)盆層(basin)。

(五)石油積聚於岩層裂隙(Dissemination)之中者。

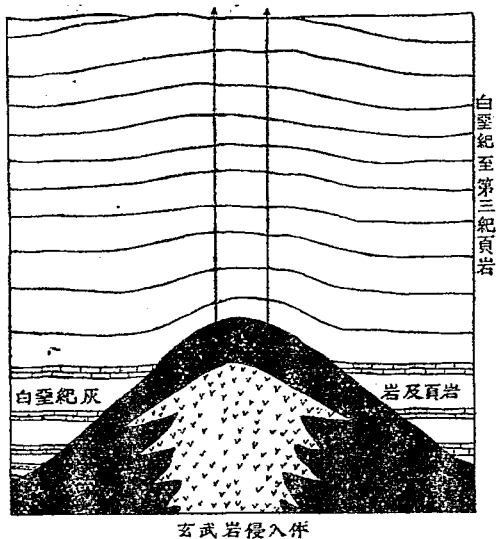
(甲)頁岩。

(乙)片岩。

(丙)火成岩。

## 第二節 背斜層或穹窿之構造

背斜層或圓頂丘爲油田構造中之最適宜者，重大油田，俱呈此狀，其例不勝枚舉。就其摺曲程度之強弱而論，又可分爲對稱式及不對稱式。又如平行摺綫，倒偃摺綫等，偶然亦能儲油，但實例甚



第二圖 墨西哥東北部油田剖面圖

少。大致傾斜甚急，或摺曲甚烈之構造，俱不甚適宜。反之傾角過緩者，油質亦難積聚。但美國中東部油田，傾角往往不及一度（每英里之高距，僅約三十英尺，）故調查時非用精密儀器測量不可。背

斜層或圓頂丘之發生，大半由於地殼之變動，因壓力推擠所致；但亦有因火成岩侵入，遂使附近地層，起摺曲之影響。最著之實例，為墨西哥東北部之油田，其關係如第二圖所示。中部為玄武岩之侵入體，四週岩質疏鬆，且因摺曲影響，故石油皆聚積於斯。此類摺曲，僅接近火成岩之處，背斜構造，較為明顯，至於地面之部，摺曲已微，甚難覺察。又如美國東南



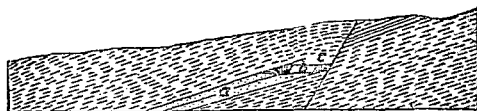
部得克薩斯及路易斯安那二省，有所謂鹽丘者。中部爲岩鹽、石膏，及硫黃；稍上則有石灰岩薄層，厚約二十英尺；再上則爲砂礫黏土等層。時代屬第三紀。全層呈圓頂丘式之構造。石油煤氣卽產於石灰岩薄層中，而砂礫層中亦偶有蹤跡。鹽丘構造之成因，學說甚多，尙無定論。有謂含鹽溶液，由裂縫上昇，凝結於空隙之部，因結晶時所發生之壓力甚大，遂使附近岩層，發生褶曲，此一說也。又有謂岩鹽、石膏，及石灰岩等，皆係沿裂縫上昇之泉水沉澱，其後復被覆於泥砂等沉積之下，當凝固之時，四週岩層，有向外傾斜之勢，遂成此圓頂式之構造。最近學者，又有主張岩鹽及石灰岩俱爲原生沉積，因褶曲作用，成爲緊密之背斜層，遂使岩鹽石膏，聚積極厚，一若爲圓頂丘之中心也者。以上三說，各具理由，究以何者爲是，尙難解決也。

### 第三節 單斜層

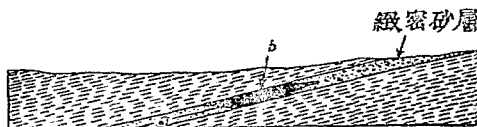
含油層之呈單斜層構造者，如因特種關係，使含油之一部與外界隔絕，則亦能積聚而成爲重要油田。世界實例甚多，不勝枚舉，尙就其隔絕之原因論之，又可分爲六類：



(a) 水 (b) 石油 (c) 石油 煤氣  
第三圖 因四周為不透水之頁岩所包圍而成油田



(a) 水 (b) 石油 (c) 石油 煤氣  
第四圖 因斷層之影響而成油田



(a) 水 (b) 石油 (c) 石油 煤氣  
第五圖 因局部構造之變遷而成油田

(一) 含油層成晶片形，上下四週，俱為不透水之頁岩所包圍，則石油即聚而不散。(第三圖)  
(二) 因斷層之影響，致含油之層，與不透水層相緊接，則石油即聚而不散。(第四圖)

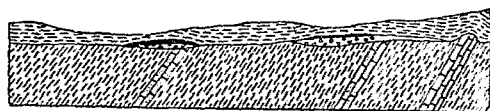
(三) 同一油層之內，因局部結構之變遷，亦能聚積石油。  
(第五圖)

(四) 含油層露置於空中，或接近地面，則逐漸風化，而成瀝青沉積。此物緻密，能阻塞油流，使下部石油逐漸聚積。美國西部加利福尼亞省之科林加 (Coalinga) 及松塞特密德威 (Sunset Midway) 二油田，即



(a) 水 (b) 石油 (c) 石油煤氣

第六圖 石油爲上層頁岩所阻，故積聚於不整合面之下



第七圖 石油移積於不整合面之上

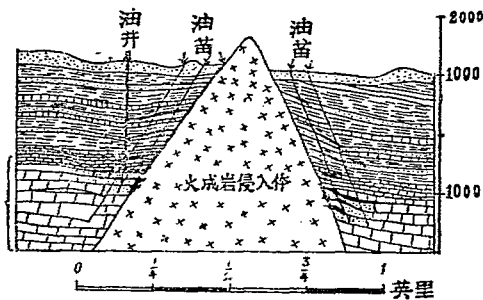
爲本類最顯著之實例。

(六) 侵入岩脈或其他火成岩體穿過含油層時，則附近地層，不免略受摺曲之影響，且火成岩每多緻密不透水，故石油常易聚積於二者接觸之帶。(第八圖。) 墨西哥油田呈此構造者極多。

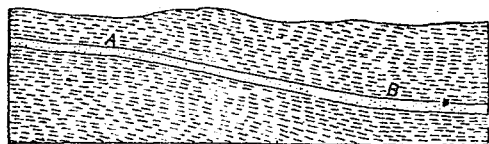
埔油田 (Maikop fields) 卽爲本類最著之一例。

(五) 當一較古之含油地層，摺縮剝蝕之後，爲另一地層所被覆，則在不整合面之上下，常有石油聚積。因如後成之層，質地緻密，足以阻塞油流，則油田卽產於不整合面之下。(第六圖。) 倘上層中富於砂礫等岩石，則石油將逐漸上遷，而油田卽產於不整合面之上。(第七圖。) 更有石油本發源於新生之層，而聚積於其中上部之砂層中，但因不整合之關係，有數處與下部地層相密接，是油田又位於不整合面之上矣。俄國高加索山北坡賣科

爲階梯層者，則頗易蓄油。（第九圖之A.B.）  
 doro Rivadavia 油田，及新西蘭之 New Plymouth, Paritutu 油田是也。水平層之略有褶曲，成



第八圖 石油積聚於火成岩與圍岩接觸之部

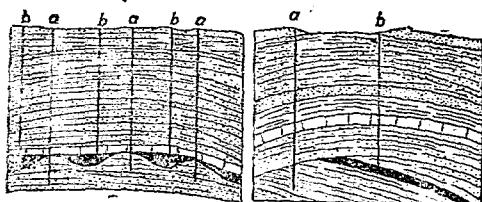


第九圖 AB爲地層傾角改變之處，頗易蓄油

前列六項構造，俱有實例，就探勘方面言，（一）（三）（五）三者，因俱位於地面之下，無表面徵象，故調查時頗難辨察，非實地鑽探不可也。

#### 第四節 褶曲甚微近於水平之構造

褶曲甚微近於水平之地層，大致俱不適於石油之積聚。但偶然亦有一二實例可舉，如南美阿根廷之 Cono-



第十圖 因油層厚薄不定，或構造變化之關係，以致所開之井，有產油者（如b），有不產油者（a）

## 第七節

### 結論

## 第五節 向斜層或盆層式之構造

向斜層之底部，為潛水蓄積之處，水量既多，即有石油，亦被冲散無餘，故普通皆少產油之望。但美國阿帕拉契安油田即具此項構造，頗稱重要，蓋以地層蓄水至微，不能為害故耳。

## 第六節 裂隙

頁岩，片岩，或火成岩，本為緻密之岩石，無儲油之望。但若富於裂隙時，則有時亦能蓄油甚多。如美國西部科羅拉多省及歪俄明省之油田是也。

以上數節所述，於油田之構造，已得其大概。然地質現象，異常繁複，蓄油層之厚薄深淺，尤變遷極著，處處不一。故僅憑地面之觀察，以探測油田之構造，仍難必產油之有望也。第十圖即示在同一構造區域之內，因蓄油層之厚薄不一，以致相距數尺或數十尺之地，有產油極旺者，亦有絕對無油者，非經多數油井試探之後，任何地質學家皆難有先見之明。此開發石油礦床最爲困難之點，而不能盡歸咎於地質學家者也。

## 第六章 油田之測驗

尋常礦床，如煤、鐵、金、銀，各有其產生之層位或露頭之表示；依此而求，憑常識之眼光，容或有線索可尋。惟石油則質屬液體，深埋於岩層之內，輕易不得出露，探勘之道，幾全恃地質學上之原理，及石油之特性，以為推斷。故開發石油礦業，地質學家之工作，最關重要。所謂石油地質學家者，近年來已成爲一種專門職業，其需要之亟，責任之重，將與採礦工程師等齊矣。至於測驗油田之方法，與普通地質調查，無大分別，其詳非茲篇所能盡，茲述其最重要之數點如下：

(一) 石油既爲生物所變化，而常產於海相沉積或三角洲沉積中，故調查時當注意於所見地層之屬於何相。倘全部屬大陸沉積，或岩石盡屬火成岩或變質岩時，則絕對無產油之望。

(二) 如大陸沉積與海相沉積相間而生，或火成岩侵入於海相沉積之內，則因石油有遷移之性，即在大陸沉積或火成岩中，亦不無產油之望。但此時當注意於海相沉積內有何特別富於生物

之岩層，蓋必先有原料，而後始有石油發生也。

(三) 沉積既屬海相或三角洲矣，而造成石油之原料，又極豐富矣，但必須有疏鬆之岩石，如砂岩、礫岩、或富於裂縫之石灰岩，以為蘊蓄之所，始能成爲重要之油田。故調查時，對於各處露頭，應作詳細剖面，以定其中是否有蓄油之層。同時并須詳考蓄油層之上下，有何緻密岩石，以阻止油質之散失。

(四) 其次當研究其地構造之是否適宜，有何饅頭層、背斜層等。地質構造與石油關係之密切，已詳論於前，茲不復贅。調查時當以最精密之方法，測定其位置範圍及地層傾角軸線傾向等。如地層傾角甚小，在十度或五度以內，則用尋常測角器 (clinometer)，有時不易覺察。當用精密儀器，就同一層面內各處露頭之高度，詳細測量，而定其每英里高距相差至若干英尺之比例，或以百分率表示之。如美國中東部之油田，傾角俱極小，僅憑目力或測高器之觀察，於重要構造，常難察出，故必須以測高法代之。

(五) 此外當注意於石油之露頭，如油泉噴氣及瀝青沉積等。產油之處，固不必盡有露頭，但有



時油田之發現，亦恃露頭之功爲多，故調查者不可不注意及之也。石油露頭，可分爲下列各項：

(甲) 石油泉 含油地層顯露地面，則其中油質，常能逐漸滲出，與水相混，成爲石油泉 (oil seepage)。凡水多油少之泉，則油質成珠虹色薄膜，浮於水面，與氫氯化鐵膜頗相似，有時不易分別。但油膜略有火油氣，且攪拌之不易散亂；氫氯化鐵膜則不然。斯爲異耳。油泉之濃厚者，幾純爲石油，呈棕綠或黑色，往往有氣泡，氣味亦烈。油泉曝露久者，因揮發作用，常能使輕油變爲中性油，或中性油變爲重油；故在油泉內所得之試料，絕不能代表其全體之油質也。中國油泉，唐宋以來，屢有記載。近代調查，發現尤多。在陝西所見，共有三十五處，此外甘、新、熱河等區，亦俱有之。油泉之發現，固足爲其地含油之確證，但調查者須另從地質上之觀察，互相引證，蓋往往有人故爲疑陣，以原油或火油滲入水中，希圖欺瞞於一時，而遂其招搖之野心也。此在歐美石油礦業發達之邦，已屢見不鮮，乃地質學家所當格外注意者。

(乙) 瀝青沉積 石油顯露地面，因天然蒸發之結果，輕油飛去，重油殘留，終則成爲固體，是爲瀝青沉積 (asphalt deposit)，重性之油，沉積尤厚。其成分以碳氫化合物爲主，但變遷不一，名目繁

多。世界著名之瀝青沉積，在特立尼達(Trinidad)之瀝青湖(Pitch Lake)面積約一三七英畝，中含瀝青三百萬噸，爲重要之築路材料。

(丙)瀝青脈 石油沿裂縫上昇時，如揮發過速，則中途凝結，而成固體，是爲瀝青脈。大致可分爲二類：一爲 *manjak veins*，乃重油所成；一爲 *ozokerite veins*，則白蠟油所凝結者也。瀝青脈之大者，厚達三十三英尺，惟 *ozokerite* 一類之瀝青脈，因凝結不如重油之易而且速，故脈形多細小複雜。

(丁)自然煤氣 油泉流出之處，當有煤氣噴發，然有煤氣而無油者，亦非罕見。煤氣有乾溼二種。溼煤氣臭味較重，略如火油，而乾煤氣則幾無臭味。大抵煤氣愈重而愈近於溼煤氣一類，則附近石油之存在，愈爲有望，蓋煤氣與石油相近，當然有多少液體分子，與之相雜，此溼性之所由來也。煤氣中除一氯化碳氣及二氯化碳氣外，有時兼含硫及硫化氫氣體。然硫尋常皆產於火山及溫泉附近，與石油及煤氣之關係，究屬局部的現象，殊不能認爲油田之徵也。

(戊)泥火山 煤氣沿裂縫噴出地面時，常挾有泥砂等質俱出，逐漸堆積，則成一圓錐形之土

堆。倘土質膠黏，將噴口塞滿，內部氣體，悶不得發。一旦壓力充盈，爆裂而出，則泥沙噴散空中，猶如火山之爆發，故名泥火山。世界油田，具此者甚多，俄國、巴庫、油田、泥火山、高距地、平約一百英尺、歐洲、中部、南美、及蘇門答臘等地之油田，泥火山俱爲普通現象，常位於背斜層之頂部，惟在美國，則實例尙少。大抵氣候乾燥之地，則泥火山之堆積愈高，因既無雨水之冲刷，而地面又易乾裂，以致氣體得挾泥沙以俱出也。泥沙噴出時，其充填於岩層裂縫之中者，則成泥岩脈 (mud dike)，亦油田徵象之一也。

(己) 油母頁岩 飽浸油質之頁岩，名曰油母頁岩 (oil shale)。其性質及應用，後當詳論。地層含此，足爲油田有望之表示。俱僅有油母頁岩而無重大之蓄油層者，其例甚多，如英之蘇格蘭及我國之撫順是也。含油頁岩經氯化或自然燃燒之結果，能使岩石燒成磚紅色。野地觀察，極爲顯著。重要油田之內，已數見不鮮，亦一有用之指示也。

(庚) 鹽泉 與石油共生之水，幾盡屬鹽水，僅美國西部、落磯山有數油田，因爲地面水所沖淡，故成淡水。鹽水沿裂縫流至地面，則成鹽泉 (salt spring)，足爲石油存在之一證。但富於岩鹽或鹽

水之地層，與石油毫無關係者亦甚多，讀者幸勿拘泥之可也。

(辛) 石層中考驗微量石油法 倘無油泉或煤氣等之滲出現象，則詳察岩石露頭，亦可略知儲油之概況。倘石油屬重性一類，經過天然風化作用之後，殘餘之瀝青質，必有存者，就其顏色嗅味，皆可辨察而得。或因露出過久，石油遺跡，散失殆盡，此時考察之法，當視其風化之形狀，及有無微量之硫質以爲定；蓋石油中每含硫質，油去硫存，遂足爲鑒別之資也。輕性石油，因性善揮發，風化之後，所存無幾，故上項現象，頗難覺察，此時當擇其質堅緻密之層，詳細考察，或能得之，蓋石質愈堅密，則揮發不易，少量石油，尚可保存也。考驗石層中微量石油，有一簡單方法，其程序如下述：

(子) 選擇能代表平均成分之適當試料數份，每份重量以一磅至五磅爲度。

(丑) 搗碎成小塊，曝日光中使乾。但不可置火上，蓋如是油質將被驅散也。

(寅) 研成細粉。如係鬆散之碎砂，則不必研。

(卯) 取約一匙之試料，置於玻璃瓶中。加入適量之迷蒙精（卽哥羅芳）或四氫化碳（ $CCl_4$ ），使試料飽浸液中。加瓶塞，不時搖撼之，凡歷時十五至二十分鐘。

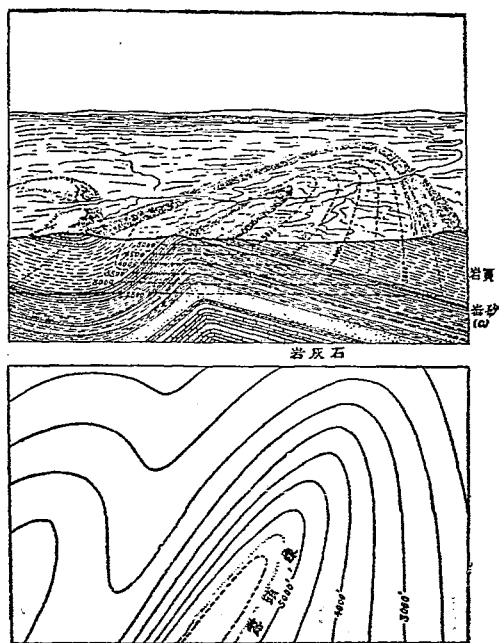
(辰) 將瓶中試料及液體，用一白色之濾紙濾過，而盛於白色之瓷碟上。再將瓷碟置於通風之處，使逐漸蒸發。

(巳) 倘岩石中含有在微量以上之油質，則濾紙上將發現一棕色或黑色之圓圈。

(午) 瓷碟內蒸發所餘之物質即為石油，常現棕黑或黃色，可細察之。如石中本無油，則碟上亦無渣滓可見。

(六) 測驗油田之優劣，當首定其構造之適宜與否。而表示構造之派別，莫善於用構造等高線 (structure contour)。其意義及測法，談石油工業者不可不知也。所謂構造等高線者，即依一定地層之層面，所作之等高線是也。其意義與地形等高線同，但地形所表示者，為一地面，而此則為一層面。地形高下曲折，處處不同。層面受摺縐斷裂之影響，亦高下曲折，變化萬端。就其高度相等之點，而以線連之，即為構造等高線。茲作第十一圖以明之。上圖為一立體剖面，其中岩層，成背斜層及向斜層之構造。依此圖中砂岩 (a) 之層面，而繪成之構造等高線，則如下圖。背斜層之頂，在圖之右側，向斜層在左側，所列之高度，皆自海平面計算。凡構造等高線與地形等高線相當二線之交點，即為所

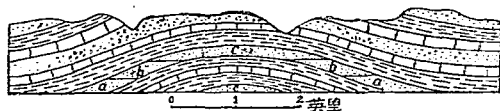
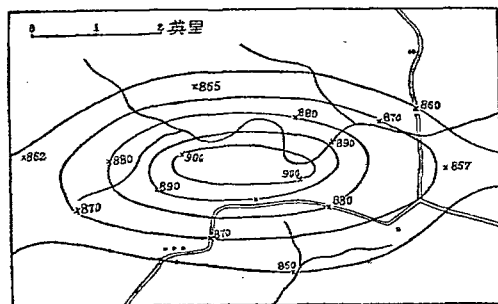
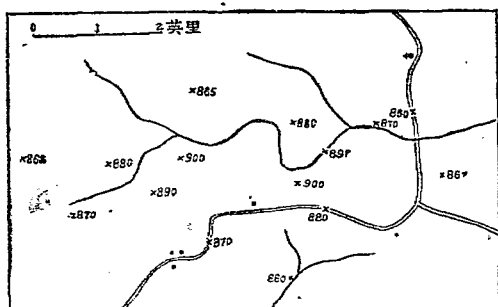
一百尺之構造線相交，則此層之深度，即為四百尺。如相交之處，地形高度，低於構造之高，則知此處地層，業已侵蝕以去，無復遺留，故其構造線當以虛線表之，如圖中所示背斜層之頂部是也。



第十一圖 上圖為一剖面，其中岩層，成背斜層及向斜層之構造。下圖為依上圖中砂岩 (a) 之層面而繪成之構造等高線。

表地層之露頭，如第十一圖之露頭線是也。如二線相交處，地面高度，過於層面，則知此層必居於地面之下，而其深度，等於此二種高度之差；例如高距海面五百尺之地形線，與

測製構造等高線之方法，與普通地質調查，大致相仿。即以平板儀或其他測量儀器，測定各處露頭之地位、高度、走向、傾角等。又於地層系統中，擇一分布較廣，易於辨別，且地位較淺，侵蝕較微之



(a) 水 (b) 石油 (c) 石油煤氣  
第十二圖 構造等高線之繪法及剖面圖

地層，作為標準層 (key bed)，精測露頭之分布。繼又詳定其與上下層層次及厚薄之關係。同時并須考察油井水或礦洞之剖面，俾於露頭不甚完備

之處，其標準層之位置，亦可推算而得。於是將所定各點，繪入地形圖中，并計算其高度，自海平面計至該層之頂面或底面均可。均就其等高之各點，以線連之，而構造等高線成矣。（第十二圖。）

在石油工業上所習用之構造等高線，常須自蓄油層之頂面或底面算起，尤便實用。但油層露頭，往往不多，且距地面較深，採作標準層，殊不適宜，故常擇油層以上之任何一層，作為標準。但油層無標準層間之距離，因沉積不平均之故，常不能處處一律，此厚彼薄，或此薄彼厚，故欲自第一標準層，改算至蓄油層作標準之構造等高線，非僅單簡之加減法，即能改正，應另於透明紙上記其距離變遷之程度，繪成所謂契合圖（convergence sheet）者，然後合於原來之構造圖上，以改算蓄油層之深度，如是始得一改正之構造圖也。

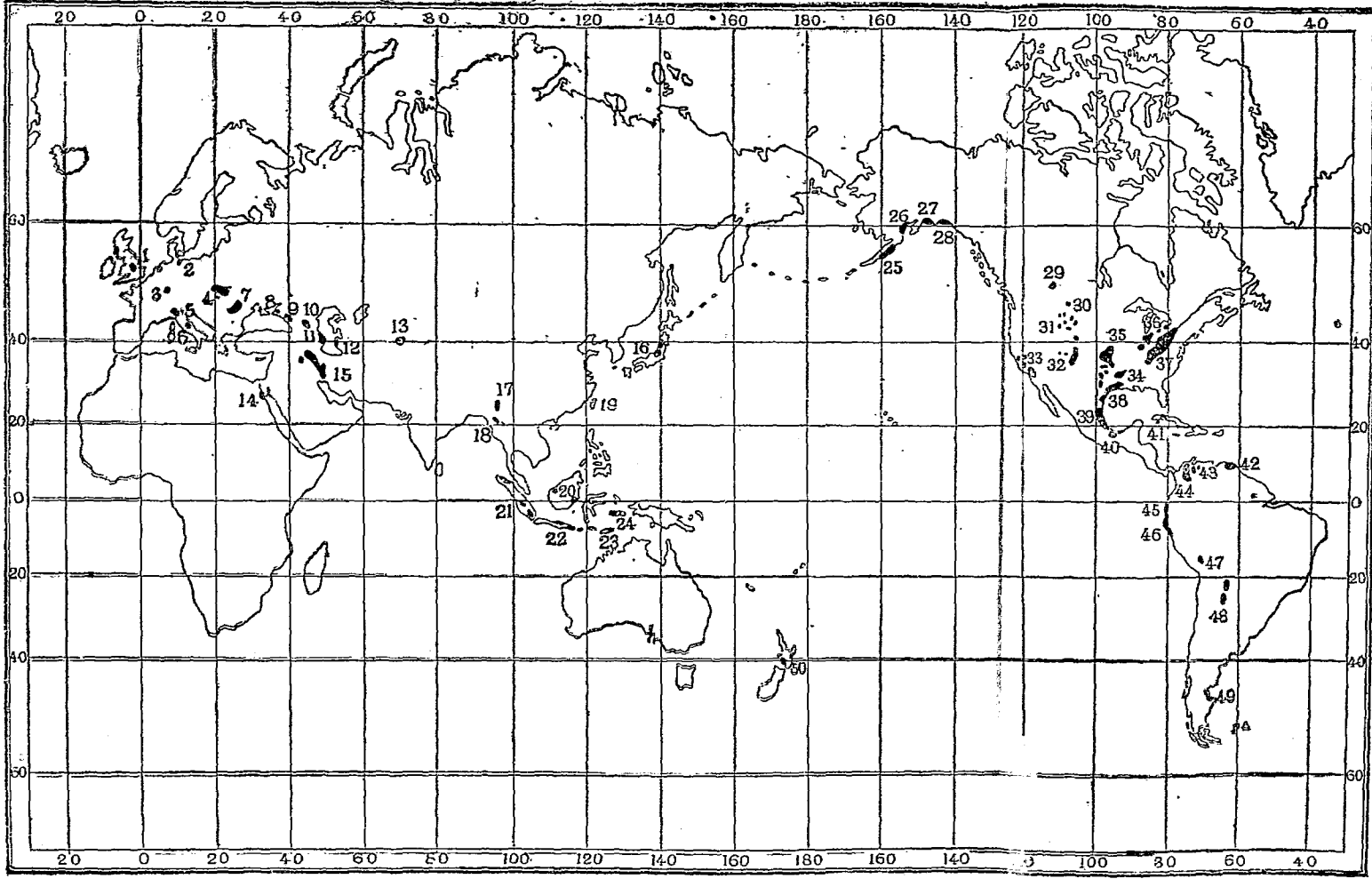


## 第七章 油田之分布

### 第一節 石油在地質史上之分布

自寒武紀以迄近代之各地層中，幾無不有石油及煤氣之蹤跡。惟重要油田，似俱產於古生代與陶紀以後，中生代侏羅白堊二紀，及新生代之第三紀，此數期者，謂爲石油時代，亦無不可。歐洲及亞洲之油田，大部分屬第三紀。惟英國之一小部屬古生代。加里西亞，亞爾薩斯，及漢諾威諸油田，則屬中生代。南美，中美之油田，以白堊紀及第三紀者爲最重要。北美素以石油豐富著稱於世，其地質時代，至不一律。大致言之，則東美及中東部之油田，俱屬古生代，自奧陶紀至二疊紀，無不具備。惟紐約省有少量煤氣，產自寒武紀中。東南部及西中部之油田，以白堊紀爲最重要。而太平洋沿岸各油田，則俱屬第三紀。我國含油之層，據今所知，似屬侏羅紀或白堊紀。此石油在地質史上分布之大概

- 1 德波州 英格蘭
- 2 漢諾威 德意志
- 3 亞爾薩斯 法蘭西
- 4 加里西亞 波蘭
- 5 伊彌利亞 意大利
- 6 威亞提 意大利
- 7 羅馬尼亞 意大利
- 8 坦南 意大利
- 9 賓科埔 俄羅斯
- 10 格羅斯尼 俄羅斯
- 11 巴庫 俄羅斯
- 12 奇里畢 俄羅斯
- 13 佛爾哈那 俄羅斯
- 14 埃及 蘇丹
- 15 波斯 蘇丹
- 16 日本 蘇丹
- 17 葉南雅 蘇丹
- 18 葉南央 蘇丹
- 19 台灣 蘇丹
- 20 婆羅洲 蘇丹
- 21 蘇門答臘 蘇丹
- 22 爪哇 蘇丹
- 23 的摩爾 蘇丹
- 24 摩鹿加 蘇丹



- 25 科爾德灣 阿拉斯加
- 26 印尼新京 阿拉斯加
- 27 卡塔拉 阿拉斯加
- 28 雅卡塔加 阿拉斯加
- 29 亞柏達 阿拉斯加
- 30 蒙大拿 阿拉斯加
- 31 歪俄明 阿拉斯加
- 32 科羅拉多 阿拉斯加
- 33 加利福尼亞 北美合眾國
- 34 中部美洲 北美合眾國
- 35 伊里諾斯 北美合眾國
- 36 利馬 北美合眾國
- 37 阿帕拉契安 北美合眾國
- 38 沿海區 北美合眾國
- 39 坦比哥 墨西哥
- 40 土克司班 墨西哥
- 41 古巴 墨西哥
- 42 特立尼達 墨西哥
- 43 委內瑞辣 墨西哥
- 44 可倫比亞 墨西哥
- 45 厄瓜多爾 墨西哥
- 46 秘魯 墨西哥
- 47 提提卡卡 墨西哥
- 48 索爾泰和蒂 阿根廷
- 49 哥摩多羅利瓦達維亞 阿根廷
- 50 巴黎士士 新西蘭

第 十 三 圖 世 界 油 田 分 布 圖

情形也。

## 第二節 石油在地理上之分布

就地理上之分布言之，世界重要油田，可分爲五大區域：

(一)歐亞區 面積最廣，跨歐亞二洲之地，西自亞爾薩斯，東達婆羅洲，日本，更折而至新西蘭。油田分布，若斷若續，然遙相呼應，同屬一區。其時代大部爲第三紀之中新統及漸新統，岩石多鬆碎未結，油質雖不無輕性之類，而大部分俱爲瀝青質之重油。

(二)北美太平洋油區及東南油區 美國西部阿拉斯加，加利福尼亞及東南沿海得克薩斯，路易西安那諸省之油田屬之。其時代以第三紀爲主，岩石多鬆質，油性極劣，一切性質，皆與歐亞區相類似。

(三)北美大西洋油區 包括阿帕拉契安，利馬，印第安納油田及中東部油田，地層屬古生代，岩質多黏結，然未受劇烈之摺縐。油質甚佳，多屬白蠟油或混合油一類。坎拿大，安別釐，阿省及英國

德被州油田時代及油質，俱與之相類似，當同屬一區。

(四)美國中部區 路易斯安那省之北部，及得克薩斯省之東部，以及美國中部沿落機山一帶如歪俄明、科羅拉多諸省之油田俱屬之。其時代以白堊紀為主，油質屬中等。

(五)中美南美區 西印度、特立尼達、墨西哥及南美一帶之油田屬之，時代屬白堊紀及第三紀，油質優劣不等。

### 第二節 世界石油分布表

茲將世界重要石油產區之地質時代，列為簡表如下：

地質時代	占總產額之量	地產
第三紀	四九·四%	美國加利福尼亞，東南沿海區；俄國；羅馬尼亞；波斯；荷領東印度；祕魯；阿根廷；委內瑞拉英國屬地之大部
白堊紀	一·〇%	美國得克薩斯，歪俄明，科羅拉多；波蘭加里西亞

侏羅紀			中國陝西，四川
三疊紀			不重要
二疊紀			不重要
上部石炭紀	四一・五%	美國得克薩斯，俄克拉何馬，堪薩斯，賓夕法尼亞	
下部石炭紀	四一・五%	美國伊里諾斯，阿帕拉契安油區之一部	
上部泥盆紀	四一・五%	美國阿帕拉契安油區之一部	
泥盆紀	四一・五%	坎拿大	
志留紀			不重要
奧陶紀	八・一%	美國利馬，印第安納	
寒武紀			不重要

## 第八章 石油礦業

### 第一節 石油礦之開採

開採石油之法無他，鑿井而已。最簡單者，爲日本昔日通用之手掘法，以鋤具鐵鑽等物，掘地成孔。歐美舊時取油之法，與此大同小異，至近代均以器械鑿之，不尙手掘。

用器械掘深井之法，近數十年來，多所改良，始達今日完全之域。昔日每掘一井，需時常數月，今則速者十餘日，稍遲亦不過月餘。器械掘井，其法雖多，大別之可分爲下列二類：

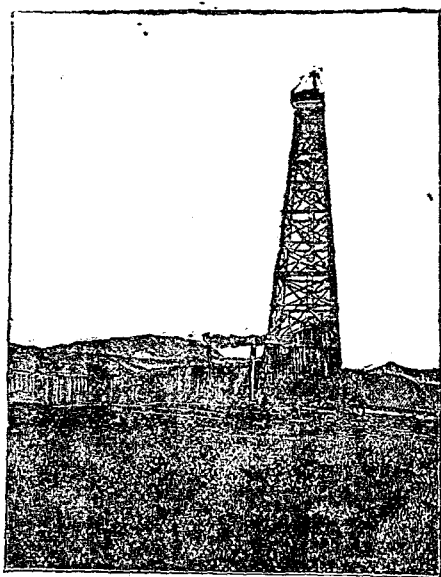
(1) 衝擊鑿井法 (percussive drilling)。

(2) 旋轉鑿井法 (rotary drilling)。

衝擊鑿井法者，卽於鑽頭以上，加以重量，再與竹桿木桿鐵管或繩索相接，使其上下運動，以衝

擊岩石。用竹桿者，創自日本，名曰上總掘法。以圓竹灣成弓狀，擊之以繩，再與鑽桿相接，利用竹弓之彈性，俾得上下衝擊。我國北方，近來盛行此法，以掘深井，在北平常能見之。又有用木桿者，北美坎拿大最通行，故名坎拿大式。此法與上總掘法大同小異，惟以木代竹，并以蒸汽力代人力耳。我國四川自流井一帶，於戰國之末，即已發明開鑿鹽井火井之法，實為世界各國鑿井事業之先導。就原理言，亦屬衝擊鑿井法之一。但所用器械，有竹桿木桿等種種，掘深可達三千英尺以上，對於各種岩石之硬度，皆能應付裕如，且在井內能鉤取遺失之斷繩破篋，而竹管漏氣之處，皆能立時修復。較之歐美新技術，未有多讓，洵屬土法中之可貴者矣。

以上所述，皆屬衝擊法中之已成過去者。現代通用之法，為美國式鑿井法（American cable system），亦名標準法（standard system）。先於井口搭檯台一座，鋼製或木製均可，高達八十英尺。上置滑車，環以鐵索。索之一端，繫鋼桿、鋼錘、鋼鑽等物。其他一端，接於繞索之盤。鑽頭之衝動，以動梁（walking beam）為樞紐（第十五圖）。此梁受汽輪牽引，上下擺動，舉鐵錘鑽向上，復向下擲之。岩石經此衝擊，遂破裂成碎塊，由抽砂筒抽出。辨此碎塊，即可定所穿越地層之種類。有時碎塊甚



第十四圖 美國亞俄明省羅斯特索爾澤 (Lost Soldier) 油田之油井，示槽台及動梁之形狀。

質較堅，則自井口至井底可用一式之口徑。否則因深部壓力較大，須另用口徑較小之鐵筒，依套管式排列，始能通過。此法所用機械，較為單簡，故開辦費所需不多。機匠三四人，已能應付。又用水不多，遷徙極便，皆其長處。又有輕便鑿井機 (portable drilling rig)，係架於車輪之上，不需高大之槽

細，須用顯微鏡考察。故規模較大之石油公司，常須聘請岩石專家，代為鑒定。衝擊鑿井，勢極猛烈，質性堅韌之岩層，用之最宜。如遇鬆層，則開鑿時井壁有傾陷之虞，或為預防流水侵入，皆須另入鐵筒 (casing)，以堅壁障。鐵筒之口徑，自八英寸又四分之一至十英寸不等。如岩



台，往來自如，在交通多阻之處，最爲便利。但衝擊法之缺點亦甚多，最著者，卽爲需時較久。尋常鑿二千英尺之油井，至少須三十日。而用旋轉法時，則十五日甚至二十日卽能完工。至於套管裝置之困難，油井之難於整齊垂直，猶其小焉者也。

旋轉鑿井法，盛行於美國加利福尼亞及東南各省。所需機械，較前繁複，故開辦時需費較多。重要部分，爲一鐵管，冠以魚尾形之鑽頭。鐵管附着於盤輪，用蒸汽、煤氣或電之發動機以運動之。鑽頭遂得旋轉而下。其理與尋常探礦用鑽眼之法，大致相仿。管內導入水流，更迭抽唧，以沖刷破碎之石塊。因有水壓及鐵管之阻力，故四壁不易崩陷，油井整齊而垂直。鐵筒可不常用，在鬆質地層，最爲適宜。而最大長處，厥爲成功之速。最速者，能於十二小時之內，鑽深二百英尺，故近日用者已漸多。

上述二法，互有優劣，採擇之道，不特須辨地層之強弱，經費之盈絀，而對於本地情形，如礦工經驗，材料供給，以及水量交通等項，皆須一一顧及，方免隕越之虞。切不可固執己見，以個人之習慣定去取。此則辦理石油礦業者，所應明瞭者也。

美國加省及墨西哥等處油田，因自上而下，岩質強弱，大相懸殊，故有二法兼用者。如在浮面岩

質疏鬆之部，用旋轉法；漸及深處，岩質較強，則改用標準式；庶時間效能，俱無所損，誠善法也。

我國陝西延長石油官廠，係用衝擊法鑿井，所用各種機械，皆購自日本。

油井深淺，自數百英尺以至數千英尺。美國賓夕法尼亞德賴克氏所鑿之世界第一油井，深不過六十英尺。我國新疆產油之井，距地面俱不過二三十英尺。世界最深油井在東美之西維基尼阿省，深達七三六三英尺。開鑿油井之工價，各處不一，且與深淺及所用方法，有相當之比例。平均每英尺約需工料等費自銀四元至六元，有時則貴至三十元至五十元。在新闢之油田，種種設備，俱不方便，凡鑿一井，深在三千英尺左右者，則至少當費銀十萬元以上。

開鑿之井，如地位適宜，或其中蘊蓄多量之煤氣，則一旦開通，煤氣迸發，油亦隨之噴湧而出，是為自流井 (Flowing well)，或名噴油井 (gusher)。其力之偉大者，甚至將井內鐵管機件，轟至半空，有如火山之爆發，而流出之油，為量極巨，一時無從蓄積，以致流失或釀成巨變者，往往有之。故開鑿之初，必須先籌預防之法。茲略述世界有名噴油井之狀況如下，以見一斑。

世界最大之噴油井，在墨西哥坦比哥 (Tampico) 附近，其油井名曰 Cerro Azul No. 4，於

一九一六年二月十日，開達油層，突然噴湧，於二十四小時之內，產石油二十六萬桶。其後產量稍衰，然噴湧仍不已。二年之內，共產石油六千萬桶。約當於墨國總產額之半。坦比哥城之北約七十里，聖蓋路尼磨 (San Geronimo) 油田，於一九〇八年七月四日，有一油井，驟然噴湧，時鍋爐火焰未熄，石油澎湃而至，遇火即燃，頃刻燎原。火焰之高，自八百英尺至一千四百英尺，廣自四十英尺至七十英尺。光輝燭天，在一百英里外之海船，俱能望見之。周十七英里之內，每晚照耀如晝，不假燈火，能閱報紙。延燒二月之久，每日所焚油量，約在六萬至七萬五千桶之間，損失達三百萬元。俄國噴油井之最著者，爲薩逢契洛曼尼 (Saibontchly-Romany) 油田，每日曾產油七萬五千至十二萬桶，年產達七百五十萬桶。美國產油雖多，而噴油之井，殊不多觀。最著之噴油井當推路易斯安那省之真寧斯 (Jennings) 油井，於四個月之內，曾產油一百二十七萬五千桶。此外油井最初產額，至多每日不過一二萬桶。

觀上所述，噴油之井，固爲我所希冀，但必須先籌蓄積之所。控制之方，否則一朝爆發，其害不可勝言。通常鑿井之初，須於油井鐵管之頂，預設緊密之活塞，以控制油流，而地面之上，亦須先設儲

油之池，以備萬一。活塞之種類式樣甚多，茲不詳述。然尋常油井噴湧之力，俱不甚大，其煤氣壓力不足者，尚須恃唧筒之力，唧之上升，是名唧油井（pumper），亦猶開鑿水井有噴與不噴之別也。大致當開鑿之初，以久蓄驟發，故壓力甚強，產量較多，其後漸減，以至於無。察其遞減之速率，而以曲線表示之，可約測其壽命之長短。美國賓夕法尼亞省之油井，平均壽命祇七年，而短者祇數月，最長者亦不過二十年。故開採石油，對於已鑿之井，固宜注以全力，然同時尤當注意於新井之開鑿，或新油田之調查；蓋一旦舊井垂廢，如無後繼之井，則其業將大衰矣。大規模之石油公司，所以廣聘地質學家，以從事於探勘及指導者，職是故耳。

油井產量之最低限度，視交通狀況，石油品性等而異，未可一概而論。譬如在墨西哥之油井，如日產在五十桶至一百桶之間者，即已不值開採，蓋其地交通不甚便利，油質較劣，且噴油之井甚多，難於競爭而獲利也。美國東部賓夕法尼亞、西維基尼亞等省之油井則不然，雖日產僅及四分之一桶，尚能進行不疲，此無他，油性較優，交通便利故耳。

已廢之井，其中往往殘留石油尚多，以過於散漫，壓力不足，無法取出。美國近創用壓縮空氣提

取餘油之法，即於數廢井內，用高壓力送入壓縮空氣，使其週流於岩層裂隙之間，利用其膨脹之力，逼逐遺留之石油，以流灌於他井，再以唧筒吸取之。此法施行以來，頗著功效。又如油層堅密，以致產量不多，則可使用炸解之法，即以硝質炸藥（nitroglycerine），裝入罐內，沉於井底，再投一重錘，使炸藥爆裂，因震動之影響，而使四圍含油地層，皆生龜裂，石油遂得自由流通，以積聚於油井之底。

開採石油之第一難題，即水患是也。按水之侵入油井，為害極烈，小之足以減少產額，大之則全井被淹。尤有甚者，因水之流動，以致油層變易位置，而使全部油田，盡歸無用。故水患者，實石油工業之勁敵也。考水之來源，可分為二：（一）與石油同產於一層，油居上而水居下，苟抽吸得法，不致擾及水面，則石油吸盡，而水不外流，可無水患。但有時則因石油不僅限於一層，既有上下之分，稍一不慎，水即可自下層湧至上層，以致水油混雜，全井皆廢。（二）水與石油，不屬一層。當工程進行之際，四週圍以鐵管，即遇蓄水之層，而保障周密，可無侵入之虞。及歷時稍久，鐵管受地下水之剝蝕，或流砂之摩擦，遂生裂隙，或因井內空虛，上部壓力甚大，使四壁地層發生傾陷。凡此種種，皆能使蓄水之層，一朝潰裂，乘虛而入，以致全井被淹。水患之烈者，以此為最。處治之法，當先定水之來源，出自油層之中，

抑係來自他層。如屬後者，則當勘定鐵管破損之處，然後設法彌補，至於油層中之水，亦應先定其位置，然後設法堵塞。美國加利福尼亞省盛行水泥修補之法（cementation method），即以水泥用機器送入，堵塞於漏水之處，其患即免。其他處治之器械方法尚多，皆極繁複，茲篇非工程專著，概從略焉。

美國東部阿帕拉契安油田，因地層蓄水甚少，當地鑿井者，可絕不慮及水患。而西部各油田則反是，治水之得法與否，實爲成敗之關鍵焉。俄國巴庫油田流出之水多熱水，故採油者驗井內溫度之變遷，即足以定有無水患云。

鑿井時設穿越一含煤氣甚多之砂層，因氣體迸發過劇，不利工作。若欲停工以待，不特浪費有用之產物，亦且影響及於產油之盛衰，蓋油之得自由流出，或易於抽取者，皆煤氣助之之力也。近有所謂泥漿法（mud-laden fluid）者，即以極細泥漿，導入油井，加高壓力，使之擠入煤氣之層，充塞於砂粒之間，以阻止氣體之外洩，於是物不浪費，而鑿井工程，仍得進行無阻，誠兩全之法也。

## 第二節 石油之運輸

油井地點，多僻處山間，或四散分布，而爲製煉之便利，及銷售之簡捷計，製油之所，常須設於通都大邑，商賈雲集之處。至於製煉之後，其銷售之範圍尤廣，設無適當方法，以利轉運，則成本既昂，而又有供應不及之患，故運輸一端，遂成爲石油工業上之重要問題矣。

昔時科學未昌，機械未備，運輸俱恃人力，或恃水運。日本昔用木桶運油，雇人負荷，或用小車推送。俄國當一八七五年之時，尙惟恃雙輪小車，爲運油之用。緬甸油田，本用土法運油，後於一八七四年，有人創設竹管，置油其中，隨地勢之高下，自然流運，終以漏失過多，未幾卽廢。然我國四川鹽井，則已於二千年前，發明竹管輸運鹽水之法，順地面之傾斜，因勢利導，或於中間設機抽送，佈置周密，至今沿用勿衰，蓋已與現代運輸原理相合矣。

自美國發明鐵管運油之法後，石油工業，頓開一新紀元。首創此法者爲哈欽孫 (T. Hutchins-son) 氏，於一八六二年，造一口徑約二英寸之鐵管，計長二英里有半，順地面之傾斜，以運石油。因遭

當時運油車戶之反對，故管凡三設而三毀，迄哈氏之世，未能施諸實用。一八六五年，哈登（Henry Hargry）氏復築一管，在省政府武力保護之下，幸告成功，於是世人皆知鐵管運油之便利，而設管者踵相接。其後資本家紛紛設立運油公司，凡油井所在地，無不有鐵管之敷設，其事業之發達，幾與鐵路相頡頏。據一九二三年統計，美國油運鐵管之分布，遍及二十三省，總長八二、八三二英里，可容石油一千四百五十餘萬桶云。鐵管創設之時，需費甚巨，然一經設立，即受用無窮，其利益之最著者有四：（一）無晝無夜，繼續通行，運輸之便利，鐵路輪船，皆不及之。（二）鐵管埋藏地內，不受地面上氣候人事或其他之影響。（三）運費極廉，於石油成本，減輕不少。（四）油管縱橫散佈，無遠勿屆，故得就適當地點，設立大規模之製煉所，以吸收各處所產之石油，苟無油管，則製煉事業，將散而不聚，於石油工業之發展，頗多困難。

鐵管之口徑，自二英寸至十二英寸不等。在油井附近之油管，口徑常自二英寸至八英寸。主要幹線，則自六英寸至十二英寸。各段接頭之處，用螺旋釘緊，絕不漏氣，鐵管皆埋藏地下，能隨坡上下成一直線，無盤繞之繁。沿途設立汲油站，相距自十五英里至三十英里不等，視油質之黏度而異。各



站裝設抽汲機，以抽送石油，而免停滯。性黏質重之石油，則僅恃機力抽送，流行尙難爽利，更須加熱，以減少黏度，如美國加利福尼亞省之石油，比重在波美氏十八度下者，竟須熱至一二五至一七〇度云。又有來復管 (Griffe pipe line) 者，係一九〇七年愛撒克 (J. D. Isaacs) 斯皮德 (B. Speed) 二氏所發明，管之內部，刻成來復線，石油經過時，因旋轉之力，亦能增加流速，減少黏度，凡輸送黏度較高之石油，往往用之。通常八英寸口徑之油管，每尺約重二十八磅，能容石油約三二八磅。據一九一四年市價，每英里建築費在二萬元以上云。

鐵管運油之法，首創於美，而在美之推行亦最廣。現全國有幹線十餘，最長者達四萬三千英里。各線合計共長八萬英里。其中大半爲美孚公司所設。該公司自一八八三年以來，銳意經營，始達今日星羅棋布之盛況，故說者謂一八八三年實開油管事業之新紀元云。墨西哥最長之油管在東部，俄國於一八七九年，始建自巴庫油田至黑城 (Black Town) 製煉所之第一油管，近來年有增加，然內地油田，仍以無充量之鐵管，致難發展。又美國油管，多在地下，俄國則多設於地表，何者爲便，未能定也。

運輸石油，除鐵管外，又有油車及油船二種。油車 (tank car) 即接於鐵路機車而運行者，作圓筒形，與鍋爐相似，全身用鋼板釘成，車頂有圓孔，爲裝油之處，底部則有卸油之孔。美國油車最大者長三十二英尺，直徑六英尺，容油量能至二十四噸以上。據一九一九年統計，美國全國共有油車七五、三一三輛，其中九、八一三輛係屬鐵路公司；六五、五〇〇輛係屬石油公司。日本因鐵路軌道較狹，故油車不能過大，最多者僅能容油十噸。

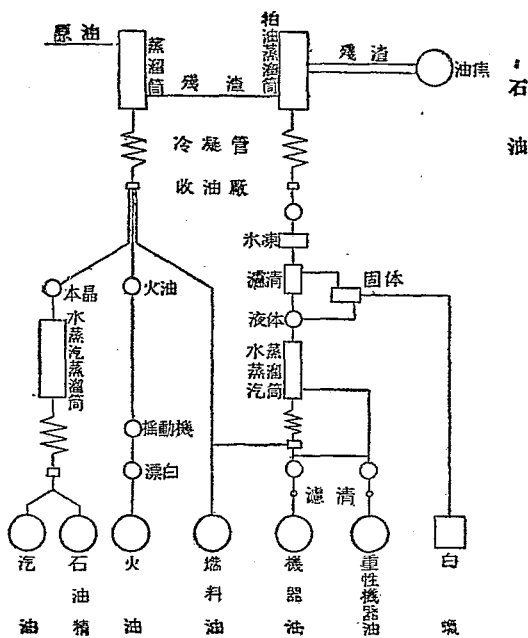
油船之制，亦爲美國所創。一八六一年，有著名船商彼得公司 (Peter Wright & Sons) 遣一小帆船，盡載石油，運至倫敦，是爲用船運石油之始。一八六三年，又有人主張於帆船之內，設置儲油之池，將石油直接裝入其中，則既不需桶罐之繁，而裝卸又大爲便利。一八六九年，有比國帆船却爾斯號，往來於紐約及歐洲各埠，專運石油，該船設鐵製之儲油池，容量達七千桶，并置抽汲機，爲裝卸石油之用。一切設備，與現代油船，已相彷彿。但爲防免危險計，不敢裝於汽船之上，以致運行極遲，而容量不能甚巨，仍非盡善之道。自後造船專家，各出心裁，力謀改良，遂成今日巨舶運油之盛況。向之却爾斯號，長不過數十英尺，容量僅三十萬加倫，而今日之油船，則長達五百餘英尺，能載油四百萬

五千餘桶，其大小之懸殊，相去遠矣。每一油船，通常設油槽六個，各槽之間，有堅厚夾壁，導冷水周流其間，以減少石油之溫度，并於船上設壓風機，導風通過各槽，驅散由石油蒸發而生之氣體。自有此項精密設備之後，石油燃燒或氣體爆裂之危險，遂不常聞；蓋以滿船引火之物，驅之波濤洶湧之中，災變既易於發生，防止之方，遂不得不周密也。油之起卸，有抽吸機，通常於八小時至十二小時之內，即能將全船石油，完全運至岸上，其起貨之迅速，為其他運船所不及。故說者嘗謂油管為陸運之利器，而油船乃海外貿易之先鋒，二者關係於石油工業之發展，誠重且大也。

### 第二節 石油之製煉

石油為各種碳氫化合物之混合物，已述於前。以此應用，雖亦能發熱發光，然以其中分子複雜，常有爆發之危險，且煙氣過多，用者病之。故必須加以製煉，分別種類，各就其性質而應用之。美國所出石油中，直接用作燃料者，僅全額五分之一，其餘俱供製煉，由此可見製煉業之重要矣。製煉之法，程序如第十五圖所示，手續甚多，機械繁複，非專家不能道其詳。然原理殊單簡，蓋不外利用各分子

而入接受器，則已成液體矣。最先分出者為汽油，所需溫度約在華氏計八〇度至四五〇度。其次為火油，溫度在華氏計五七二度以內。再次為燃料油。終則為機器油。製煉者祇須俟於接受器之旁，觀



第十五圖 製煉石油程序圖

蒸發點之不同，使之逐漸蒸發，分別引出，俟其冷凝，即得石油產物雖多，大別之可分為四類，即汽油，火油，燃料油，與機器油是。蒸餾之器，英名曰「Still」，係鋼製長圓筒，略如鍋架於爐火之上，熱至一定溫度，則石油中各分子，逐次蒸發，由導油管引出，經冷凝管

察其色澤，或勺取試料，考驗其比重，即足以知油之屬於何種。汽油之比重在波美度五十六度至六十一度，而火油則在三十二度至五十四度之間。一油既盡，他油隨之而出，乃將油管連於另一接受之器，如是則所產各油，皆得分別貯存，不相混淆矣。現在規模較大之製煉廠，常有蒸餾筒百座左右，分別系統，排列成行；而接受器則設於廠之中央，俾四方之油，俱得凝集於是。汽油分出之後，須仍用蒸餾法，再加精煉，分爲上中下三等。此時可不用爐火，僅通蒸汽，即能使輕油揮發，蓋所需溫度，固不甚高也。二次蒸餾所得之汽油，如因原油質本不純，或含硫過多，則應另加硫酸及苛性鈉等藥劑以澄清之。終使油通過一種結構甚鬆之黏土，名曰 Fuller's earth 者，以漂白其顏色。如是所得之上中下三等汽油，用途各異。上等油性最輕，用於飛機。中等油用於汽車。下等油性最重，則供油漆去垢等用。火油亦須精煉：先以蒸餾之法，去其殘餘之輕質油分，俾免爆發之患；繼用化學澄清之法，使之色白質純，燃時無惡劣氣味，與過重之煙灰，以便家常之用。至於燃料油則專供燃料或製造煤氣之用，通常不需精煉，即能銷售。機器油中所含有用物質至多，須一一加以製煉：其法先將油冷至冰點以下，則白蠟即冷凝而出，其狀如霜，乃以布濾過，使白蠟與機器油分爲二部，繼以化學方法，分別澄

清。白蠟用途極廣，洋蠟、肥皂、造紙等工業皆需用之；而機器油又為各種機器不可少之要品，故雖為蒸餾時最後之產品，而其在工業上之用途，却甚重大焉。

以上所述，為美國最普通之製煉方法。精於其事者，就原油之性質，或需要之情形，各依心得，隨時改良，故詳細步驟，不能盡同。如墨西哥所產之油，純係瀝青一類，含石蠟甚少，故僅能提取汽油、火油及燃料油，而不能得機器油及白蠟。美國加利福尼亞所產之油亦然，故製煉手續較簡，然同時能得多量之地瀝青，以供築路之用。

最近又發明所謂碎裂法（*cracking method*）者，係為增加汽油之產額而設。蓋原油中汽油之量，本有一定，前述蒸餾之法，不過利用各分子沸點之不同，分別提取，故充其量僅能將此一定數之汽油，悉數獲得而已。碎裂法則不然，利用高溫及高壓之力，能將重性油（即火油、燃料油等）之分子碎裂，使變成輕性之組合。易言之，應用此法，則能於同性同量之原油中，提取較多量之汽油是也。據一九二五年統計，美國用碎裂法煉得之汽油，竟達七十兆桶之多，約當於汽油總產額三〇%左右。茲將一九二三年美產各項煉油，列為下表：

煉油種類	產額
汽油	一七九、九〇三、〇〇〇桶
火油	五五、九二七、〇〇〇桶
燃料油或汽油	二八七、四八一、〇〇〇桶
機器油	二六、一二八、〇〇〇桶
白蠟	四六六、六四七、〇〇〇磅
油焦	一、三四五、〇五二、〇〇〇磅
地瀝青	四、六五四、二二二、〇〇〇磅

據一九一九年統計，美國全國共有製煉廠五九〇所，分布於三十二省。其中以俄克拉何馬省為最多，共有一三一所。而規模最大者，每日能煉原油七八萬桶。墨西哥之重要製煉廠，約有十一所。坎拿大共有十四所。

當製煉事業發達之初，以提取火油，爲主要目的。斯時亦製煉他項物質，尤以機器油爲夥。至於汽油，以應用不廣，置之無足重輕之列。至十九世紀之末，煤氣及電力相繼發明，光耀鮮明，便利潔淨，遠勝火油，於是石油事業，幾因之停頓。幸有內燃發動機之發明，以汽油爲惟一之燃料。應用此機之汽車、飛機、潛水艇等利器，層出不窮。製造日多，需油益廣。石油事業，至是頓呈異彩，而製煉業之重心，不在火油而移於汽油矣。

#### 第四節 貯藏

貯藏亦石油工業中重要問題也。蓋油井產油，夜以繼日，無稍間斷，自流之井，噴發尤多，若不預設貯藏之池，以資節制，則危險特甚，此礦地之貯藏也。煉廠製煉之後，種類甚多，亦須廣設油池，分別儲藏，以待銷售，此煉廠之貯藏也。至於市場之上，零售躉批，無日無之，必須存貨充足，而後始無匱乏之虞，此市場之貯藏也。石油既易揮發，又易引火，故貯藏之道，一方當使絕對無燃燒或爆裂之危險；而一方又當阻止揮發，以免損失。試驗石油時，關於引火揮發諸點，所以深加注意者，卽以此故。通常



油池之構造，可分爲下列五類：

(一) 鋼製油池。

(二) 鋼骨三和土油池。

(三) 密蓋水泥油池。

(四) 有蓋之土牆油池。

(五) 露天油池。

鋼製油池之貯量，以五萬五千桶爲最普通，全體以鋼板釘成，呈圓筒形，每築於沿管線之各油站。鋼骨三和土油池，工程最爲浩大，專爲貯藏巨量之石油而設。最大者能容百萬桶。有時爲經濟計，築有蓋之土牆油池，亦甚適用，但不免有滲入地內而致損失之虞。以上各池，皆有嚴密之蓋，故可爲永久貯藏之用。至於露天油池，係爲噴發井臨時救急而設者，或僅於澄清泥沙時用之。掘地爲池，不加蓋覆，故漏洩及蒸發之損失甚大，非長久之計也。

## 第九章 世界石油礦業概況

## 第一節 儲量

石油之產狀，不若煤鐵之整齊，且油量之多少，純恃岩石孔度之疏密爲定，故計算儲量，極爲困難。地質學家嘗就油田面積，油層厚度，並假定平均飽和之率，約略計算世界主要產油各國之儲油量如下表：

國 名 或 地 名	石 油 儲 量 (以一百萬桶爲單位)	較 比 (以美國之儲量爲一〇〇)
美國 (阿拉斯加在內)	七、〇〇〇	一〇〇
坎拿大	九九五	一四
墨西哥	四、五二五	六五

南美之北部（祕魯在內）	五、七三〇	八二
南美之南部（玻利非亞在內）	三、五五〇	五一
阿爾及利亞，埃及	九二五	一三
波斯，美索不達米	五、八二〇	八三
俄國南部，西比利亞之西南部，高加索	五、八三〇	八三
羅馬尼亞，加里西亞，歐洲西部	一、一三五	一六
俄國北部，樺太	九二五	一三
日本（臺灣在內）	一、二三五	一八
中國	一、三七五	二〇
印度	九九五	一四
東印度	三、〇一五	四三

共	計	四三、〇五五	六一五
東半球儲油總量		二一、二五五	三〇三
西半球儲油總量		二一、八〇〇	三一一
北半球儲油總量		三六、四〇〇	五二〇
南半球儲油總量		六、六五五	九五

觀上表知世界儲油最多之國為美國。據一九一九年美國地質調查所之計算為六、七四〇、〇〇〇、〇〇〇桶，取其整數即為七〇〇〇兆桶，上表內所列之比較率，即以此為標準，而與其他各國之油量相比較者也。依儲量之多寡為序，則美居第一，俄國，墨西哥，波斯，南美等國次之。中國油田，至今尚未開發，上表所列之儲量，大部出之臆測，不可認為確數也。美國儲油雖多，然其產額之巨，銷費之廣，世界各國，無與倫比，倘依現在之銷費額而論，則七千兆桶之儲量，亦僅足供十七年之用耳。美國如是，其他各國，產額不多，而儲量較微，更難持久。故未來之石油供給，將成爲一文化關鍵之

重大問題矣。至於樽節之法，代替之物，後當詳論。

## 第二節 產額

世界石油產額，逐年增加；而自一九一八年以來，增加尤速。一九二三年所產爲一〇一八兆桶，較之一九一八年約爲一倍。一九二四年雖略減少，但尙在一千兆桶以上。世界產油最多之國爲美國，年產七百兆桶左右。其次爲墨西哥及俄國。此三國之所產，共約佔總額之九〇%。此外波斯、荷領東印度、羅馬尼亞、委內瑞辣、印度、祕魯、加里西亞等俱爲次要產油之國，其產額在五百萬桶以上，四千萬桶以下。阿根廷、婆羅洲、特立尼達、日本、埃及等產額俱存一百萬桶以上。至若德、法、坎拿大、意大利等國，則所產不過數十萬桶。茲將自一八五九年至一九二四年之世界石油產額，繪爲統計圖示之。（第十六圖。）其產額特多之美、墨、俄三國，則各用記號表明之。歐戰以前，俄產極爲重要，年達六七十兆桶，其時墨西哥油田，尙未開發，故石油巨擘，當推美、俄二國。歐戰以後，俄國內亂頻仍，產油日少，而墨西哥油田異軍突起，產額驟增，尤以一九二〇年之增加爲尤速。故在今日，俄產反退居於第

三位，較之墨西哥，相差約有四五倍矣。凡此諸點，皆可於圖表中考得之。茲將自一九一三至一九二四年，世界各國產油詳數，每間一年，列表如左，表中次序，以一九二四年產額之多少為準：

一九一三年至一九二四年世界各國石油產額表

產額以一千桶（每桶四二加倫）爲單位

國 別	一九一三	一九一五	一九一七	一九一九	一九二一	一九二三	一九二四
美 國	二四、四六	二八、一〇四	三五、三六	三七、八、三六七	四七、一八三	七三、四〇七	七三、九四〇
墨 西 哥	二五、九〇三	三三、九二	五五、二九三	八七、〇七三	一九三、三九八	一四九、五八五	一三九、四九七
俄 羅 斯	六、八三四	六八、五八	六三、〇七二	三、七五三	二六、九六八	三九、一五六	四五、三二
波 斯	一、八五七	三、六六六	七、一四七	一〇、一三九	一六、六七三	二六、七九三	三三、三七三
荷領東印度	一一、一七二	一一、九〇〇	一三、一八〇	一五、五〇八	一六、九五八	一九、八六八	二〇、四七三

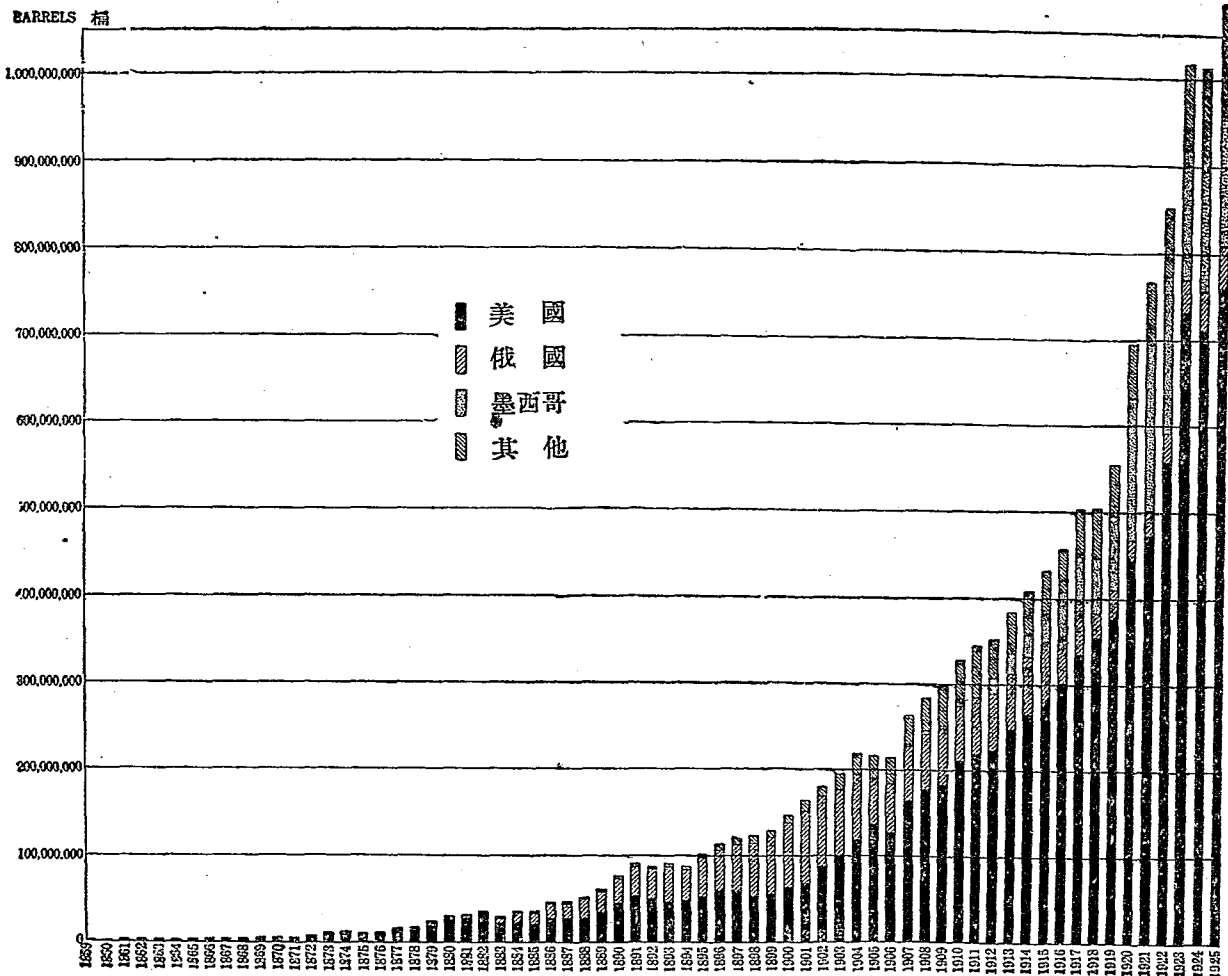
羅馬尼亞	一三、五五五	一一、〇三〇	三、七三三	六、五二八	八、三六八	一〇、八六七	一三、三〇三
委內瑞辣			一一〇	四三五	一、四三三	四、〇五九	八、七五四
印度	七、九三〇	八、二〇二	八、〇七九	八、七三六	八、七三四	八、三二〇	八、一五〇
祕魯	二、一三三	二、四八七	二、五三三	二、五六一	三、六九九	五、六九九	七、八二二
加皇西亞	七、八一八	五、三五二	六、三三八	六、〇九六	五、一六七	五、三七三	五、六五七
阿根廷	一三三	五三三	一、二二八	一、三三二	二、〇三六	三、四〇〇	四、六六九
婆羅洲	一四二	三九二	五四三	五九六	一、四二一	三、九四〇	四、一六三
特立尼達	五〇四	七五〇	一、六〇一	一、八四一	一、三五四	三、〇五一	四、〇五七
日本	一、九四二	三、二一九	二、八八二	二、二七七	二、二三三	一、七八九	一、九五九
埃及	九五	二六三	一、〇〇九	一、六六二	一、二五五	一、〇五四	一、一三三
世界總產額	三八五、三四五	四三三、〇三三	五〇二、八二四	五五五、七九五	七六五、九〇三	一、〇二八、九〇〇	一、〇二二、九七

## 第三節 輸出與輸入

歐洲諸國如英、法、德、意、奧、比、瑞典、丹麥等國，皆產油甚少，故其所需，大半恃美、俄、墨西哥三國之供給，一小部則自羅馬尼亞、波斯、印度等地輸入。美國不但爲輸出石油最多之國，而其輸入之量，亦甚可觀，一九二五年輸入總額達七七兆桶，而輸出則有一一〇兆桶，出入相較爲輸出多三三兆桶。美國輸入之石油，約九〇%以上，來自墨西哥，此外祕魯及荷領東印度，亦輸入少量。近墨西哥產額日減，故自一九二三年以來，輸入亦隨之而減。輸出之油，以坎拿大及墨西哥爲大宗。各約佔總額之四七及二八%，而南美如阿根廷、古巴、祕魯，歐洲如英、德等國，莫不自美國輸入焉。大致輸入美國之油，以原油及燃料油爲最多，輸出者則俱屬已經製煉之品，如汽油、燈油、機器油、白蠟等物。惟美國輸出至坎拿大之石油，亦有一小部爲原油，供彼國製煉之用。美國每年石油之消費額（以產額加輸入額復減去輸出額與積存額），現已達七五〇兆桶左右，約佔世界總產額之七三%也。

美國每人每年消費石油之量，據一九二五年統計，約爲六桶。其他各國，多少不等，然俱遠不逮





第十六圖 世界石油歷年產額統計圖

美國之多，若平均計之，則僅爲五分之一桶耳。觀此可知美國石油工業之發達矣。

#### 第四節 原油市價

原油市價，漲落無定，純依產額與消費二者之消長而變遷。苟供過於求，則銷路呆滯，存積日多，市價隨之而落，否則市價日漲，此自然之理也。世界各國之油價統計，不易搜集。茲僅列美國自一九一三年至一九二四年之油價，以示一斑。表中分油爲二種：一爲賓夕法尼亞省所產，即輕性油；一爲俄克拉何馬省及堪薩斯省所產，即重性油；二者價值，相差在一倍左右也。

美國歷年原油市價表（以每桶若干金圓計）

油	別	一九三	一九四	一九五	一九六	一九七	一九八	一九九	一九〇	一九二	一九三	一九四
賓夕法尼亞	亞	二·四六	一·八九	一·五六	二·五二	三·二五	三·九七	四·一三	五·九六	七·三三	一七·三	一〇三·三〇
俄克拉何馬、堪薩斯		〇·九四	〇·七六	〇·六〇	一·二六	一·八一	二·二〇	二·八三	四·二一	六·五	一·六七	四·五

### 第五節 三大產油國油田概論

世界產油最多之國有三，即美、墨、俄是也。此三國者，儲量豐富，礦業發達，不特為現代之巨擘，即二三十年後，亦仍有左右世界之能力。故其油田之分布，地質，諸情形，研究石油問題者，不可不知，爰略述如次。

美國 美國油田，分布幾遍全國，產油面積，共有一、五〇〇平方英里，此外知有油而尚未開發者，面積更大，約十倍於此。就地理上之分布，美國油田，可分為八大區如下：

- (一) 阿帕拉契安油區。
- (二) 利馬印第安納油區。
- (三) 伊里諾斯油區。
- (四) 中美油區。
- (五) 東南沿海油區。

(六) 落機山油區。

(七) 加利福尼亞油區。

(八) 其他油區。

以上八區，亦可簡分為四大部，即：(一) 東部油田，阿帕拉契安、利馬、伊里諾斯諸油田屬之。(二) 中南部，包括中美及東南沿海各油田。(三) 落機山部。(四) 西部，即加利福尼亞油田。此八區中，產額最多者，當推中美油區，而尤以俄克拉何馬及堪薩斯二省所產最多。其次為加利福尼亞油區。而產額最少者，則為利馬區。至論各油區開發之先後，則當推阿帕拉契安為最早。當一八五九年時，即有人在賓夕法尼亞省鑿井取油，是為石油工業之嚆矢。其後油業中心，逐漸西移。至今則東部油田，反大不如中部及西部之發達焉。茲將一九二四年美國重要各省之石油產額，依其多少為序，列表如下：

省	別	一九二四年產額(千桶)	佔總產額之量(%)
加利福尼亞省		二二八、九三三	三二一

俄克拉何馬省	一七三、五三八	二四
得克薩斯省	一三四、五二二	一八
阿肯色省	四六、〇二八	六
歪俄明省	三九、四九八	五
堪薩斯省	二八、八三六	四
路易斯安那省	二一、一二四	三
伊里諾斯省	八、〇八一	一
賓夕法尼亞省	七、四八六	一

加利福尼亞省盛行旋轉鑿井法，鑿深四千尺之油井，一月即可完工。且採油技術，日新月異，井能開鑿於海面之上，距海岸甚遠，藉套管之壓力，海水難以侵入，因是產額日增，一躍而居全國之冠矣。

## 墨西哥 墨西哥油田可分爲三大區域：

(一) 東部沿墨西哥海灣一帶。

(二) 中部。

(三) 太平洋沿岸，與美國之加利福尼亞油區遙相連屬。

此三區之地質，約略相仿，俱有白堊紀第三紀及第四紀之地層，另有巨大噴出岩，亦屬第三紀。現在重要油田，俱集中於東部，尤以委拉克路斯 (Veracruz) 一省，產油最多。中部及西部各油田，俱未大探，地質構造，以背斜層及丘頂層最爲適宜，而沿水成岩與火成岩接觸之處，油質尤易聚積，故此處探勘油田，對於火成岩當加注意也。大致言之，南部油質較重，北部則較輕。就成分言，瀝青、石蠟兼而有之，但瀝青常較多。墨西哥之石油工業，發達極速，一九〇四年產油僅二十餘萬桶，今則年產一百五十兆桶左右，一躍而居世界第二位矣。惟自一九二三年以來，產額略見減少，故探勘工程，竭力進行，以冀新油田之發現。

近十餘年來，閩動一時之噴油井，皆發生於墨西哥，故墨國油田遂爲英、美資本家所盤踞。自一

九一七年，墨政府下令，一切產業皆禁止外人染指後，此風稍殺。但經濟方面之操縱，仍不能免耳。

俄羅斯 俄國油田可分爲二大區域：

(一) 高加索山一帶。

(二) 裏海與烏拉山脈之間。

蓄油層爲砂岩及頁狀泥灰岩，時代屬第三紀之中新統及下新統，高加索區域內之重要油田有二：(一) 巴庫 (Baku) 油田，位於亞畢什倫半島 (Apsheiron Peninsula) 之上，其位置與高加索山脈約略相合。蓄油層爲黏土、砂土及砂岩之互層，產油之部，往往此厚彼薄，呈晶片形。地質構造，以背斜層及圓頂丘爲最要，斷層亦有重大之影響，油量極充足，多噴油井，但流砂甚旺，與石油混雜，分析甚難。巴庫爲俄國最重要之油田，一九二三年共產二十七兆桶，約佔總額之六八%。(二) 格洛斯耐 (Grozny) 油田，位於高加索山之北坡，巴庫油田之西北，石油含於中新統砂層中，成一緊密式之背斜層構造。一九二三年產油十兆桶，佔總額二五%。裏海與烏拉山間之油田，頗不重要，現在略有出產者，爲杜蘇 (Dagori) 油田，約佔總額一二%。此外俄國北部及東部中央亞細亞一帶，亦略有

所產。

## 第六節 其他產油國油田概論

除上述三大產油國之外，波斯、荷領東印度、委內瑞辣、祕魯、阿根廷、特立尼達等國，皆極重要。波斯油田，自一九一三年開始採取，至今產額已增加至三十餘倍之多，居世界第四位。南美各國，油量皆極豐富，此後若美產減少，則足以補救其缺者，惟墨西哥與南美耳。羅馬尼亞、格里西亞之油田，開採已久，產額最高之時代，似已過去，故將來恐無多大之發展矣。日本雖略產油，而儲量不多。中國油田，至今尚未開發，恐爲量不豐，前途無多大之希望也。



## 第十章 中國之石油及求供狀況

### 第一節 總論

我國油田之分布，據今所知，大抵自新疆北部，沿南山北麓，而至玉門敦煌，復自甘肅東部，延入陝西北部，越秦嶺山脈，而至四川盆地，適繞西藏高原之半。在此區域之內，油苗之發現者，已有數十處，除延長官油廠用機器採油外，餘皆僅由土人掘淺坑汲取，不能稱爲礦業也。陝、甘、新僅產石油，而無他物。四川則盛產石鹽煤氣，以汲水煮鹽爲正業。石油爲量極微。採鹽者俱棄而不顧。熱河、奉天有油母頁岩，而直、晉、魯、豫諸省，就地質上推想，或亦有此項頁岩，雖其價值如何，尙待考驗，而在中國缺油之地，將來必能成爲重要之富源，則可斷言也。

## 第二節 陝西產油區

陝西石油，唐代已發現，近代更爲著名。在中國各省中，油苗分布之廣，當推第一。石油儲於陝西系之灰色砂岩內。據民國三四年間美孚公司派員調查，謂該系地層總厚六千三百尺，時代屬石炭紀。而據農商部地質調查所最近之研究，則該層中產植物化石甚多，皆屬下侏羅紀，而厚亦不過五百公尺，且本系之上百餘公尺處，有頁狀灰岩一薄層，中產上侏羅紀之魚化石甚多（第十七圖），故美技師之謂爲石炭紀，顯屬錯誤。陝西系地層出露之處，俱在渭河以北，東自延川、延長、宜川等縣，西至安塞、膚施、甘泉、鄜、中部、宜君、同官等縣，幾佔陝省之大半。已知之油苗共有二十五處，分布達於八縣。以上地層俱傾斜向西，故含油層亦東淺西深，但傾角極緩，不過四五度。民國三年至五年，中美合辦採油，曾在延吉、膚施、中部等縣，共打七鑽，每鑽深自二千至三千六百英尺，費款二百萬圓，雖皆見油，然俱不符所望。惟延長官井產油已十餘年，而未會鑽探之處尙多，倘能依據地質學原理，更作精密之探查，未必無獲得佳油之希望，故一隅之失敗，殊不能定全局之命運耳。

延長石油廠創辦於光緒三十二年，先是有陝人于彥彪者，勾串德人漢納根(Hannoken)，私訂合同，強欲開採，經部省嚴拒始罷。乃於是年奏請官辦，由本省藩庫撥銀十二萬七千兩，以作開辦之費。聘日人佐藤彌市郎為技師，並由日本新瀉鐵工廠購辦鑿井煉油等一切設備。於三十三年四月，開始鑿井，八月成第一井。宣統三年復成第二井。經營兩載，所費達銀四萬餘兩，嗣後又設分廠，故現共有東西二廠。西廠在西門外半里許，東廠則在東門外延水南岸。最近又鑿第五井。茲將各油井狀況列表如下：

井	名地	點	總	深	見油深度	油	量
官礦第一井	延長西門外		二四〇英尺	二一〇英尺		民國四年月產油三萬斤五年冬增加至十二萬斤現尙產油	
官礦第二井	延長西門外		三八〇英尺	三七〇英尺		民國三年日出三百斤今停	
官礦第三井	延長西門外		六〇〇英尺	一六〇英尺		略有徵迹	
官礦第四井	延長東門		四〇〇英尺	無		無	

官礦第五井不詳

三〇六英尺 不詳

現正產油

延長石油官廠，現有臥式鍋爐一座，十五馬力汽機一座，以抽吸石油。又用立式鍋爐及汽機，開鑿新井。鑿井方法，係仿照美國式之衝擊鑿井法。現有工人四十六名。每月產額第一第五兩井合計約一萬四千餘斤，較之民國五六年時，減少約四五倍。茲將自光緒三十三年至民國十三年延長官廠之歷年原油產額，列表如下：

年	別	原	油	產	額	(斤)
光緒三十三年					四〇、七一〇	
光緒三十四年					七八、八五三	
宣統元年					一九六、一一三	
宣統二年					二〇三、八五〇	

宣統三年	一四八、四五二
民國元年	六五、〇〇〇
民國二年	二八五、〇〇〇
民國三年	二三五、〇〇〇
民國四年	四〇五、〇〇〇
民國五年	六三五、〇〇〇
民國六年	三二〇、〇〇〇
民國七年	三一〇、〇〇〇
民國八年	二八〇、〇〇〇
民國九年	二四〇、〇〇〇
民國十年	二二〇、〇〇〇

民國十一年	二一六、〇〇〇
民國十二年	一六二、〇〇〇
民國十三年	一六〇、〇〇〇

觀上表可知延長石油廠之產額，最多時不過二千餘桶，少時則僅百餘桶耳。原油汲出後，經鐵管流入儲油池暫存。製煉時以油置蒸餾釜中蒸餾之，歷七八小時，則油質逐漸蒸發，經冷凝管，導入儲油桶。最初油呈白色（即揮發油），後變為藍黃色，至呈綠色時即停止蒸餾，先以濃硫酸洗去其雜質，次以鹼液消其酸性，是為燈油；釜中所存者則為重油，即機器油。此二種為延長官廠主要產物。此外揮發油白蠟，亦間或分別製煉，惟產額不詳。當民國六年調查時，廠中有蒸餾釜一具，能容原油七千二百餘斤，每次出燈油約二千七八百斤，重油四千七百餘斤。該礦自設鐵箱製造廠，將燈油盛入桶內，再裝木箱，運銷於西安（距礦八五〇里），洛川（距礦三九〇里），及山西平陽（距礦六四〇里）一帶，重油則盡銷於延長縣附近。以上各處，交通均極不便，故運價甚昂，自礦至省，專用騾

馱，每騾一頭，馱油二百斤，需時約十日。燈油售價，每桶二元五角。

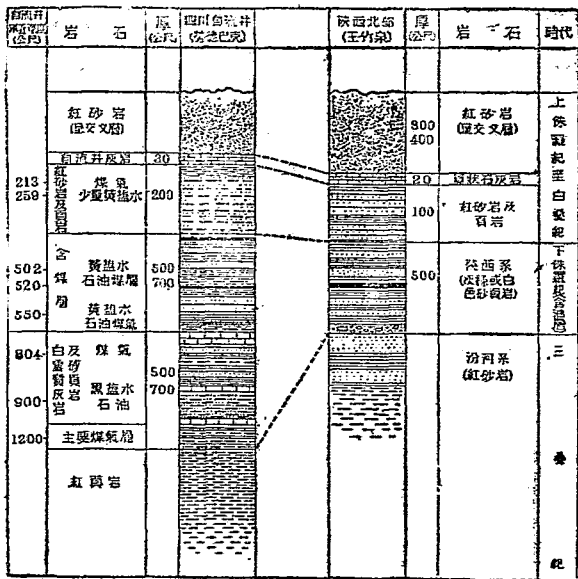
### 第二節 甘肅產油區

甘肅油苗見於玉門縣東南一百二十里赤金堡，祁連山之北坡，現有本地人就油泉流出處，掘圓形淺坑採取之，年產約二萬斤，新疆石油，分布極廣，今所知者，庫車、烏蘇、綏來、迪化、塔城諸縣，皆產石油，其地點俱在塔里木河以北。油泉噴發或流出者，共有四五十處之多，油沫浮積，厚達二三分，深二三尺至四五尺，即有水湧出，油亦徐徐浮露。各處皆有本地人開淺井汲取，最旺時每日每井可得油二百斤。

### 第四節 四川產油區

四川盆地產油之處，可分為三區：

(一)富順縣自流井一帶，為我國內地最著名之產鹽區域，其地地質，為中生界之紅砂岩及含



第十七圖 川陝二省含油地層比較圖

煤系，成一平緩之背斜層，鹽井約千數百口，深自一千至四千尺，皆集中於背斜層之軸部。鹽水煤氣，極爲豐富，有黃水黑水之分（第十七圖）。但產油之井甚少，產者亦不過每月百斤。

(一) 嘉定區域，包括樂山、犍爲、榮等縣。

(二) 嘉陵區域，包括安岳、遂寧、射洪、綿陽、鹽亭、蓬溪、南充等縣。以上二區，俱於鹽水之外，稍有石油，產額更不如自流井之多。



至地質情形，三區大致相仿。

四川省蓄油層之地質時代，曾經美人調查。因未獲充量之化石，故未能確定。但就其地層之次序（第十七圖）而觀，則似與陝西所見相當，而同屬下侏羅紀也。

## 第五節 撫順產油區

撫順縣屬遼寧省，最著名之撫順煤礦在焉。油母頁岩礦發現於清宣統元年。礦地在縣境之古城子與楊柏堡間。油母頁岩位於主要煤層之上，綠色泥灰質頁岩層之下，時代屬第三紀，走向東西，傾角二三十度向北，東西延長十五公里，南北約二公里，層厚自一二〇尺至一七〇尺，大抵中部最厚，而東部最薄。計至地面以下四千五百尺之處，可得頁岩總儲量五千五百兆噸。頁岩呈黑褐色，風化後呈葉狀剝離，比重平均二·〇。南滿鐵道株式會社之中央試驗所，取此種油母頁岩，分析及蒸餾之結果如下：

### （一）化驗成績

水（熱至一百度）	四至五%
固定碳	七%
揮發質（熱至五五〇度）	一五至一六%
灰分	七三%

（二）乾餾成績

粗油	七至八%
水	八%
煤氣	四至五%

南滿鐵道會社曾用各種通用之蒸餾方法，以定撫順頁岩收油率之多少。據試驗結果，以蘇格蘭乾餾法成績為最佳，平均每噸頁岩可獲原油一二·二一加倫，另能製煉硫酸銨約五〇磅。假定

以五·五%爲頁岩之平均含油量，則五千五百兆噸頁岩，應含原油三百兆噸，即一九〇〇兆桶，約當於美國石油總儲量五分之一，誠可謂東亞稀有之富源矣。現南滿鐵道會社及日本政府擬合籌資本五千萬日金圓，定五年期之計劃，以經營此偉大事業，先用露天法採浮面之頁岩，再漸次及於內部。如果計劃告成，則每年能產頁岩四十兆噸，即原油二百萬噸，依此率開採，可供一百年而不竭云。日本產油不多，年來實業發達，消費激增，故漸有求過於供之憾，今於撫順得此意外之寶藏，則有裨於彼國經濟之發展者，爲何如哉！獨惜我國擁有富源，不知利用，反爲外人所攘奪，誠可哀也！

## 第六節 熱河產油區

熱河油田在凌源縣境內之車燒口、山嘴子、真五窰等處。地質皆爲晶片狀黑色頁岩，寬約四尺，最厚者一至三尺，其中飽浸石油，本地用作燃料，惟分布至狹，而礦層又復斷續不連，儲量既微，恐無多大希望。茲據鮑樸君之報告，將蒸餾試驗之結果，表列如下：

原油	九·〇%	(等於每噸頁岩含油二〇·二加倫)
水	一·〇%	
渣滓	八三·〇%	
損失(氣體等)	七·〇%	

上列之渣滓，呈黑色而疏鬆，含碳約二二·一%，發熱量三、三二〇英熱單位。若將原油重行蒸餾，則得左列各油：

溫	度	油	別	百	分	率	每噸含油加倫數
〇至一二〇度		汽油			一·四		〇·二八二八
一二〇至二三〇度		燈油			二〇·九		四·二二一
二三〇至三二〇度		中性油			二八·〇		五·六五六

三二〇度以上	機器油	一九・〇	三・八三八
三二〇度以上	白蠟	一二・五	二・五二五
三二〇度以上	渣滓	一八・二	三・六七六

## 第七節 中國所產石油之成分

茲將中國各處所產石油之成分列表如左，以資比較：

產 地	水 分	揮發油%	燈油%	重油%	殘渣%	比 重	波 美 度
新疆博洛通古	—	一・三〇	四三・二	五五・五	微量	〇・八四五	二六
甘肅玉門	—	六・四三	三九・九四	一六・三五	七・七六	〇・八九六	二六
陝西延長	—	一六・五〇	五四・〇〇	三・七五	一〇・〇〇	〇・八七五	三〇

陝西延長	微量	10.00	44.00	35.20	10.80	0.64	22
陝西延長第五井原油	微量	5.20	5.80	3.00	12.00	0.950	18
延長人力井第一屋原油	33.00	12.00	36.00	10.00	10.00	0.937	19

觀上表，可知我國所產石油，性重，含揮發油較少，不能稱爲上等之油也。但甘肅新疆所採之標本，俱就油泉滲出處勻取少量，或以揮發過多，故性質更劣，恐不能代表其真實之成分耳。

## 第八節 輸入中國石油之統計

自海運開通，外商雲集，石油遂爲我國重要輸入品之一。一八九〇年共輸入燈油三〇、七五六、七六四加倫，值銀四、〇九二、八八一兩。自是而後，逐年增加。今則輸入總量已年達二百兆加倫，值銀六千萬兩左右，斯誠我國一絕大漏卮也。近自汽車盛行，汽油之消費，又日見增加。據海關統計，汽油、燐油、石油精等之輸入，始於一九〇六年，是年輸入之量，僅爲一三〇、七四三加倫，值銀

四二、八三六兩，今則年達七百萬加倫，值銀四百萬兩矣。此外機器油及白蠟之輸入，亦年達銀二百三十萬兩。總計關於石油一類產品之消耗，年約銀七千六百餘萬兩。我人覽之，宜有若何之感想耶？茲將民國十年至十四年間，我國輸入火油、汽油等之數量、價值，表列如下：

年 別	火 油		汽 油		機 器 油	
	數量(加倫)	價值(銀兩)	數量(加倫)	價值(銀兩)	數量(加倫)	價值(銀兩)
民國十年	一七五、一〇、二五	五、〇七、四三八	四、六六、四五五	二、七六、四〇七	四、三九、五八八	二、九六、八一五
民國十一年	二〇九、一九二、一〇三	六、三、四二、九〇二	四、八八、三七二	三、二二、六七四	六、三〇六、七九〇	二、八〇六、三一一
民國十二年	三三、四、八三五、六六九	五、八、二九一、七六六	六、三〇七、八五五	三、八四八、五三二	七、四九九、八八〇	三、二七九、三七二
民國十三年	三三、一〇七、一〇四	五、八、一一、〇六二	七、一三五、〇九三	四、〇六八、四〇二	九、二五、三〇二	三、五八一、三八五
民國十四年	三五八、五九一	六、六、二七、〇三三	八、八三三、五一	四、五五、九〇〇	七、〇九七、六七四	二、五六七、四五五

白 蠟	
價值(銀兩)	數
二,七〇,六三八	三三,六九二
二,九七七,二六三	三六四,七九一
四,〇四八,〇九六	五〇,二六六
五,九〇一,九九七	五七六,九三四
三,七四三,七七五	三六六,五九一

我國輸入之燈油，以來自美國為最多。據一九二四年統計，約佔總額七〇%。其次為南洋羣島、日本、俄國及印度，每年輸入之量，自數十萬至數百萬加倫不等。南洋各地，產油甚豐，歐戰以後，因英國海軍需用浩繁，乃大部運往歐洲，輸入我國之量遂大為減少，一時尙難恢復原狀。俄國本有供給我國石油之能力，乃初因戰事之影響，運輸困難，繼又因內亂之頻仍，產額大減，故輸入我國之量，日益減少，最少時僅數萬加倫；一九二四年統計，亦不過六十餘萬加倫。日本產油，本不甚多，彼之能源輸入我國者（最多時達九百餘萬加倫），實恃美國之供給，一轉手間，略博販賣之利而已。近因擴張海軍，需用大增；故此後將自顧不周，然則日本之油，又未足恃也。總之若常恃國外之輸入，則永無充裕之望，必至油價暴增，來源竭乏，國計民生，俱受其困，今之秉國政者，宜若何開發本國之富源，以圖根本救濟之策乎？



## 第九節 在中國銷售之石油市價

現在上海銷售之火油汽油等，牌號甚多，共計有十餘種，分屬於美孚、亞細亞及德士古三公司。茲列民國十四年中重要各牌之平均市價如左（據上海貨價季刊）

牌	號	市	價	（規	元）
美孚老牌		每	箱	三·三九九兩	
美孚虎牌		每	箱	三·三〇三兩	
美孚鷹牌		每	箱	三·〇六五兩	
亞細亞魚牌		每	箱	三·二九八兩	
亞細亞僧帽牌		每	箱	三·〇三八兩	
德士古紅星牌		每	箱	三·三九三兩	

德士古幸福牌	每箱	三·一三九兩
美孚汽油	每箱	五·八一九兩
亞細亞汽油	每五加倫	三·〇〇〇兩
美孚紅車油	每四〇加倫	一七·三〇九兩
日本黑車油	每四〇加倫	一五·七八七兩
美孚調水油	每四〇加倫	二七·九七九兩
美孚汽缸油	每四〇加倫	二四·七二二兩
美國白蠟	每擔	一二·六八三兩

## 第十一章 石油之擷節

### 第一節 總論

石油者，二十世紀燃料界之霸王，而近世文明所資以發揚者也。其應用之廣，需要之亟，已詳述於前，茲不復贅。然石油之蘊量，並不甚豐，而用途之增加，則日甚一日，此由專家研究，與歷年經驗，所得而斷者。美國爲世界含油最多之國，然其儲量亦不過七千兆桶，以現時之產額計之，僅足供十餘年之應用。美國如是，其他各國，更無論矣。一旦全世界之石油，俱告竭乏，則其影響於工商業之發達，與文化之進步者，爲何如耶？故有識之士，惴然憂之，於未採之石油，思所以補救之術，而於油量已竭之時，又籌如何替代之法，此非學者好高務遠，故作驚人之論，實乃未雨綢繆之計也。補救之法，維何，則亦惟有於產銷雙方，力謀擷節之道耳，分論如下：

## 第二節 增加出產

新油田之發現 石油之消耗，與日俱增，欲供不應求，非發現新油田不可，此根本之策也。美國石油礦業，幾已達登峯造極之時代，國內油田，除西部外，幾已盡量開發，故重要新油田之發現，希望似不甚多。墨西哥、南美、俄國、中央亞細亞、波斯及非洲等地，或以開發尚新，或則完全未採，故未來油業之中心，恐將於此數地中卜之也。

採礦術之改良 改良採礦之術，以謀採取之淨盡，損失之減少，亦延長油田生命之重要方法也。近二十年來，採油技術之進步，至足驚人，而發明之功，則當推美國為最多。舉其最新穎者：如用水泥，以堵塞井中漏水處；灌入泥漿，以阻止煤氣之流失；利用高壓空氣，以增加產額；或乞靈於炸藥之力，以轟碎油層。改用旋轉鑿井之法，則油井愈深，而井壁無傾塌之患；發明輕便鑿井之工具，則雖偏僻遠方，俱能運用自如。凡此種種，已詳述於前，乃對於增加油產，俱有重大之補益者也。

營業競爭之限制 我人試一履美國著名之石油礦場，則見檣臺林立，煙突雜陳，幾無一片隙

地，而此多數之油井，又每爲無數小公司所分有，其礦區之界限，鱗次櫛比，有如街市之屋脊。夫油性流動，非若煤鐵礦牀之固定不移也，故在同一油田之內，地面礦區之界線，絕對不能限制地下石油之流動，甲區之油，流入乙區，或乙區之油，流入甲區，爲不可避免之事。各公司爲營業計，惟有竭力工作，儘量產油，不顧工程之損失，或煤氣之浪費，惟以早及油層，儘先產油，爲惟一之目的。蓋不如是，則本礦區內之石油，將爲他井所吸收，而無所獲矣。此項營業競爭之結果，於石油之掙節，至有妨害。蓋鑿井既求其速，則工程草率，水患傾塌等禍，皆所難免，不特損及己井，亦將爲害全局，此其一。產油既貴其速而且多，於是不問市場之需要，油質之種類，但求出售，以獲暫時之利，如遇供過於求之時，則市價大跌，浪廢日多，或以質佳之油，不加冶煉，降而爲鍋爐燃料之用，此其暴殄天物，爲何如耶！殊不知礦產者，乃用之不復生，取之最易竭之天然富源也，今日浪費一分，即他日少一分之享用，國計民生，影響至巨。故美政府對於此種營業上之競爭，日謀避免之法，大致於同一油田之內，公司務求其少，庶權利集中，從容佈置，而無謂之損失，得因是而減少矣。我國於石油礦業，尙未發達，苟一旦探礦成功，則風起雲湧，競爭之劇烈，恐不亞於美國，此則我政府當局所應預定詳規，以謀萬全者也。

### 第二節 減少消費

用途之分配 石油既爲極可寶貴之物，則應用時自當慎重考慮，務使優美之物，不致虛耗，消費之時，得盡其實利而已。消耗之最不經濟者，莫若以之代煤，而作鍋爐或機車之燃料，蓋油中含貴重分子（如汽油）尙多，可以適當方法分出之，若不問貴賤，一律以燃料視之，豈不可惜。但在缺煤之地，如美國西部加利福尼亞等省，以產油豐富，遂不得不不出此暴殄天物之下策。補救之道，一方面限制以油代煤之習慣，而在油多煤少之地，則可利用水力，或改用第塞爾式內燃發動機（Diesel engine）。此機可以重油作燃料，而功效甚大，由下列比較表可以見之。

機 器 種 類	效 率 之 比
第塞爾式內燃發動機	四〇
燃石油之汽機	一・六

## 燃煤之汽機

一〇〇

提煉副產物 蒸餾石油，除汽油、燈油、燃料油、機器油之外，於殘渣中，尙可提煉副產物數百種，堪供各項實業製造之原料。我人爲撙節石油計，必須提倡此業，以期盡石油之實利。德國之所以能佔世界工業上重要位置者，卽因其國於煤礦之副產工業，極爲發達，英美諸邦，皆望塵勿及故也。煤礦如是，石油亦何獨不然。故未來油業之趨勢，必將以提煉副產品爲重要事業之一，可無疑也。

製煉法之改良 石油製煉之法，近年以來，日新月異，進步甚速。最著者爲碎裂法，能使重油分子，裂成輕油。易言之，卽能使賤價之物，變爲貴重之品也。其次爲自煤氣中提取汽油，此項產額，近來增加甚速，已佔汽油總額中之重要部分。凡此諸端，俱能減少油產之浪費，而謀石油生命之延長者也。

## 第四節 石油之代用品

代替石油之物，據學者研究，可分二類論之如下：

油母頁岩 油母頁岩可分爲二種：

(一)頁岩之飽浸石油者。

(二)頁岩中並不含油，然蒸餾之後，則其中有機物質，互相化合，而成石油。

英法等國，含油不多，故於六七十年前，即已發明自油母頁岩中提取石油之法，尤以英國蘇格蘭之規模，最爲完備。近來有識之士，鑒於油礦之易竭，遂羣思替代之物，而最爲適當者，莫如油母頁岩，蓋以其分布遼闊，油量豐富，善爲開發，必能致用無窮，而爲油礦之續命湯也。據美國地質調查所考察，西部科羅拉多、猶他等省，有極大之油母頁岩，總厚五六十尺，面積數千方英里，而太平洋沿岸及西南西北東部諸省，亦俱有同樣之礦床，總計之，其產油之量，較之現採石油，大約十餘倍，足能供給至百餘年而不竭。我國撫順煤田，亦有巨大之油母頁岩，前已詳述。然則患石油之易盡者，寧非杞人憂天之論耶？雖然，油母頁岩之工業，今尙在草創時代，故非至大規模試驗成功之後，尙難樂觀耳。

燧及酒精 改良產銷，採煉頁岩，固足以延長石油之壽命，但亦須覓一適當替代之物，以輕其



負擔。據學者研究，燐及酒精，皆可以代汽油之用。歐洲於大戰期內，即經試用，成績卓著，故此後之發達，可以預卜。

(一) 燐 (Benzol) 爲一種輕性液體，性質略如汽油，爲煉焦爐中副產品之一。每噸煤中，約可製油二加倫。就美國現在煙煤之產額而論，每年能產燐油一千兆加倫。約當於汽油消費額之半，其數不可謂不巨矣。但美國之副產物工業，向來不甚發達，故現在產出甚少。就效率而論，燐油且勝於汽油，惟氣候寒冷之時，用之不甚便利。用於尋常汽車上，可與以稍多量之空氣，或與汽油混合用之，最爲適宜。

(二) 酒精 酒精爲我人習見之燃料，且製造簡單，原料易得，與礦產物之蘊量有限，時患竭乏者不同。如澱粉、糖、廢棄之木料、泥炭、玉蜀黍幹及製紙時所得之硫化物液體等，俱堪供製造酒精之原料。與汽油較，各有短長。汽油之長處，在燃着易，功力強，而酒精則安全清潔，嗅味不觸鼻，優劣亦足相抵也。數年前之價值，在德每加倫祇值美金二角五分，英國則三角三分，此與美國近時汽油之價值，不相上下，故說者謂如汽油之價，貴逾三角五分者，則酒精或將起而代之矣。又據美國近數年之

統計，酒精與汽油之消費額，約略相等，設前者之需要日亟，則增加數千兆加倫之產額，或非難事，由是可知以酒精代汽油之擬議，誠有實行之可能也。

此外可代汽油之物，當爲蒸餾煤礦所得之人造煤氣。凡固定之內燃機，皆可用之。如能將煤氣壓縮成極小之容積，或冷凝之使成液體，則裝載既便，行動自如，應用尤廣。歐戰時因汽油供給之缺乏，倫敦市中之自動車竟有挾帆布囊，滿載煤氣以作燃料者，是卽以煤氣代油之發軔也。

## 附錄 重要參考書目

- Sir Boverton Redwood: *A Treatise on Petroleum*, Vol. I, II, III, 1913.
- Bacon and Hamor: *The American Petroleum Industry*, Vol. I, II, 1916.
- R. H. Johnson and L. G. Huntley: *Principles of Oil and Gas Production*, 1916
- W. H. Emmons: *Geology of Petroleum*, 1921.
- E. H. Cunningham Craig: *Oil Finding*, 1921.
- Dorsey Hager: *Practical Oil Geology*, 1919.
- Roy Cross: *A Handbook of Petroleum, Asphalt and Natural Gas*, Bull. No. 15, Kansas City Testing Laboratory, 1919.
- Victor Ross: *The Evolution of the Oil Industry*, 1920.

C. G. Gilbert and J. E. Pogue: *The Energy Resources of the United States*  
*A Field for Reconstructions*, Bull 102, Vol. 1, p. 29-102, U. S. National  
Museum, Smithsonian Institution, 1919.

H. B. Orinshaw: *Petroleum Monograph on Mineral Resources*, Imperial  
Institute, Great Britain, 1921.

*Political Geology*, edited by Spurr, 1919.

*Mineral Resources of the U. S.*, issued by U. S. Geological Survey.

H. F. Bain: *Ores and Industry in the Far East*.

*The Mineral Industry*, edited by G. A. Roush.

章鴻釗 石雅。

翁文灝 中國礦產誌略，第二二七頁至第二五〇頁。

駒田亥久雄 石油地質學，大正十年出版。

近藤會次郎 石油論，籌辦全國煤油礦事宜處譯，民國四年出版。

劉季辰 石油淺說，農商公報第五十七號至第五十九號，民國八年。

坂本峻雄 撫順油母頁岩之成因，支那礦業時報第六十五號。

*Huge Shale Oil Distillation Plants for Fushun, Far Eastern Review* Vol. 20,  
p. 477, Oct., 1924.

*The Fushun Oil Shale Deposits, Far Eastern Review, Vol. 20, No. 4, p. 188,*  
April, 1924.

*The Possibility of Establishing an Oil Shale Industry in China, Bull. China*  
*Inst. and Meta, No. 1, March, 1922.*

F. G. Clapp: *Oil Possibilities in China*, 7th Meeting Am. Assoc. Petro.  
Geol., March, 1922.

E. Blackwelder: *Petroleum Resources of China and Siberia*  
Inst. Min. Eng., 1922.



E. Blackwelder: *Petroleum Resources of China and Siberia*  
Inst. Min. Eng., 1922.



中華民國二十三年二月國難後第一版

(八九六)

工學  
小叢書  
石 油 一 冊

每冊定價大洋叁角

外埠酌加運費匯費

著 者 謝 家 榮

印 發 行 者 兼 商 務 印 書 館  
上 海 河 南 路

發 行 所 商 務 印 書 館  
上 海 及 各 埠

\*\*\*\*\*  
\* 版 權 所 有 \*  
\* 翻 印 必 究 \*  
\*\*\*\*\*

