

科學圖書大庫

五 專 用 書

潤

滑

編著者 張允昭

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

五 專 用 書

潤

滑

編著者 張允昭

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 呂幻非

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國七十三年八月八日五版

潤

滑

基本定價 2.20

編著者 張允昭 台灣省立工學院機械系畢業

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版台業字第3033號

出版者 財團法人 徐氏基金會出版部 臺北市郵政信箱13-306號

發行者 財團法人 徐氏基金會出版部 郵政劃撥帳戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763號
9271575號
9271576號
9286842號

電話 9719739號

編輯大意

“潤滑”是一切活動性之機械所必需有而最重要條件之一；若任何會“動”的機器缺少了潤滑，那就會立刻損壞機件，甚至會使機器不能使用；又若使用不當之潤滑，機器之壽命也就會減少很多，因而加速磨耗，甚至立即會燒損部份機件，甚至使全部機器停頓，進而影響生產工作，甚至會發生生命之危險，故不可不特別小心及注意！但若潤滑劑使用得當，則不特效率增加，機器壽命亦會延長甚多，而使生產更能連續加長、成本降低，並可使動力及保養工作之消耗損失均可減低。

本書係遵照教育部最新公布之“五年制工業專科學校機械工程科暫行課程標準暨設備標準”編輯而成，目的在使學生了解潤滑劑之種類、選擇、使用、保養、以及對各種機械之潤滑實用智識。本書為配合五年制專科機械工程科在第四學年上學期每週授課兩小時規定之時間內授完全部課程，故內容必須甚為精簡，無法詳予說明；又由於課程內容已經規定，致部份未訂有及新資料等，均無法一一編入，實感遺憾！故須待日後若課程標準及授課時數有所修訂後，再據以重新修訂。本書除可供五專機械科學生使用外，亦尚能適合於其他工程科或高級工業學校學生使用，並亦可為一般工廠中工程從業人員對潤滑知識之初步了解之參考用。

本書中之名詞，大部份係依據教育部公佈之機械工程名詞。編輯及校對，均在公餘時間進行，故錯誤之處在所難免，尚祈各先進專家多加指正，俾供日後修正之參考，是為所禱。

張允昭

目 錄

編輯大意

第一章 石 油

1.1 原油之組成	1
1.2 原油之分類	1
1.3 原油之蒸餾	2
1.4 潤滑油製煉程序	2
1.5 真空蒸餾	5
1.6 潤滑油之精煉	5
1.7 溶劑分餾法	5
1.8 脫蠟與白土過濾	6
1.9 潤滑油之名稱與分類	6
問題一	7

第二章 脂肪油

2.1 物理性質	9
2.2 化學性質	9
2.3 脂肪油之用途	11
問題二	11

第三章 固體潤滑劑

3.1 天然石墨	12
3.2 人造石墨	12
3.3 雲母	12
3.4 滑石	12

3.5 氧化鋅	13
3.6 硫酸銀、碘化鉛	13
3.7 二硫化錫、二硫化鉛	13
3.8 Ptfе	13
問題三	13

第四章 潤滑油之添加劑

4.1 中度極壓添加劑	14
4.2 完全極壓添加劑	14
4.3 阻氧劑	14
4.4 清淨劑	15
4.5 防蝕劑	15
4.6 乳化劑	15
4.7 消泡劑	15
4.8 粘度指數上昇劑	16
4.9 流動點抑制劑	16
4.10 乳液消除劑	16
4.11 添加油之和合性	16
4.12 添加劑摘要	17
問題四	17

第五章 潤滑油之性質試驗與實用試驗

5.1 粘度與粘度指數	28
5.2 閃火點與引火點	29
5.3 中和價、皂化價	29

IV

5.4	硫黃含量	29
5.5	銅片試驗	30
5.6	凝結點、流動點與濁點	30
5.7	顏色、絕緣耐力	31
5.8	殘餘炭份、灰份	31
5.9	碘價、沉澱價	31
5.10	溶劑油不溶物與苯不溶物	34
5.11	蒸汽乳化價、面際張力	35
5.12	銹蝕試驗與氧化試驗	36
5.13	芬克氧化試驗法、印第安那氧化試驗法	36
5.14	斯拉氏氧化試驗法	38
5.15	ASTM 透平油氧化試驗	38
5.16	油膜負荷能力試驗	39
問題五		40

第六章 潤滑脂

6.1	潤滑脂之分類	41
6.2	皂基、鈣基、鈉基、鋁基、鋇基、鉛基、鋅基等潤滑脂	41
6.3	極壓和軋頸潤滑脂	42
6.4	潤滑脂的商業名稱	43
6.5	稠度與針入度	43
6.6	融點或滴點	45
6.7	氧化試驗	45
問題六		46

第七章 合成潤滑劑與潤滑劑之規範

7.1	矽樹脂	47
-----	-----	----

7.2	矽酸酯類	47
7.3	二元酸酯類	47
7.4	磷酸酯類	48
7.5	二元醇	48
7.6	油康	48
7.7	聚二醇醚類	48
7.8	合成烴	48
7.9	SAE 規範	49
7.10	API 和 ICEI 車用機油分類	50
7.11	AGMA 齒輪油規範	52
7.12	API 齒輪油分類	52
7.13	透平油規範	52
7.14	NLGI 潤滑脂規範	53
問題七		53

第八章 軸承潤滑與油膜之生成

8.1	各種軸承之潤滑與摩擦係數	54
8.2	油膜與油膜壓力之生成	55
8.3	邊界潤滑	56
8.4	軸承因素與摩擦係數之關係	57
8.5	完全潤滑之條件	58
8.6	完全潤滑與機械加工	58
8.7	止推軸承	58
8.8	軸承溫度與發熱軸承之冷却	61
8.9	軸承故障	62
問題八		62

第九章 抗磨軸承之潤滑

9.1	潤滑劑之作用	63
9.2	潤滑劑應具之特性	63
9.3	潤滑油與潤滑脂比較	65
9.4	潤滑油與潤滑脂之選用	66
9.5	潤滑劑加給法	67
9.6	預油滑軸承	67
9.7	過度潤滑	68
9.8	潤滑脂之更新週期	68
9.9	潤滑脂之更新法	68
9.10	軸承故障	69
問題九		70

第十章 潤滑劑加給方法

10.1	潤滑油加給法	71
10.2	潤滑脂加給法	82
問題十		86

第十一章 潤滑系統之清理與油之淨化

11.1	潤滑系統之清理	87
11.2	油之淨化	88
問題十一		97

第十二章 機械轉運與保存

12.1	防銹保護劑之種類	98
12.2	金屬表面之清理	98
12.3	防銹保護劑之用法	99
12.4	機械防銹之保護程序	100
12.5	抗磨軸承之防銹保護	100
12.6	防銹保護劑之除去	100
12.7	震動磨耗	101
12.8	污物	101
問題十二		101

第十三章 機械潤滑

13.1	電動機與發電機	102
13.2	蒸汽機	107
13.3	汽輪機	114
13.4	液壓系統與液體連接器	124
13.5	空壓機	129
13.6	氣動工具	136
13.7	冷凍機	140
13.8	減速齒輪	143
13.9	內燃機	155
13.10	鏈條、繩索與聯結器	164
問題十三		171

第十四章 切削液體

14.1	刀具損壞之改進方法	173
14.2	水溶液切削液	173
14.3	溶水油、豬油及礦物油	174
14.4	硫化油及氯化油	174
14.5	炭化刀具	174
14.6	切削液之加給法	175
14.7	研磨用之切削液	175
14.8	切削液之選用與材料之分類	175
14.9	切削率	176
14.10	切削液之介紹	178
14.11	雙效油與切削液、三效油	179
14.12	舊切削油之處理	182
14.13	切削液循環系統	182
14.14	皮膚炎	182
問題十四		183

參考書籍	185
------	-----

索引(中英文名詞對照)	186
-------------	-----

第一章 石 油

1.1 原油之組成

吾人在地面上用鑿井工具鑽鑿至地下油層而採取得到之礦物性油料稱之為石油（ Petroleum ）亦稱為原油（ Crude Oil ）。其主要成份為各種烴（ Hydrocarbon ）之混合物，再混雜有其他如硫、氮等雜質在內，各地所產者均不相同。其種類甚多，大略可分有四種：

- (1) 環烷烴（ Naphthenic or Ring Group ）——是為飽和烴之重要一族，其分子式為 C_nH_{2n} 。
- (2) 石蠟烴（ Paraffinic or Choin Group ）——是為石油化學工業中之主要成份，其分子式為 $C_nH_{2(n+1)}$ 。
- (3) 芳香烴（ Aromatic Group ）——為未飽和烴，其分子式為 C_6H_6 。
- (4) 未飽和鏈烴（ Unstaturated Group ）——可分為炔烴（ Acetylene ）及烯烴（ Olefine ）兩種，大部份輕潤滑油中均含有炔烴。

1.2 原油之分類

通常一般原油係以其底基（ Base ）之不同而分類，就以其底基不同約可分為三大類，其組成為由半固體部份和易揮發部份所成者：

- (1) 石蠟基原油（ Paraffin-Base Crude Oil ）
- (2) 環烷基原油（ Naphthene-Base Crude Oil ）
- (3) 混合基原油（ Mixed-Base Crude Oil ）

此等原油之成份如下表所示。

各種底基原油之成份

油 類 \ 成份	石 蠟 烴	環 烷 烴	芳 香 烴	其 他 烴
石 蠟 基 原 油	40 %	48 %	10 %	2 %
環 烷 基 原 油	12 %	75 %	10 %	3 %
混 合 基 原 油	33 %	41 %	17 %	9 %

1.3 原油之蒸餾

原油是由各種不同之烴混合而成，而這些烴之沸點均不相同，因此利用這種不同沸點之處，使用分餾塔（Fractional Tower）加以蒸餾而提煉，使原分餾而成各種不同油料。分餾塔之簡單構造如圖 1-1 所示，係由許多層隔板所構成，蒸餾時原油在加壓下熱至高溫進入分餾塔內，同時加入過熱蒸汽，入塔後壓力驟減，部份油料氣化向上升，未氣化者則由塔底排出；由於沸點之不同，在經過蒸餾帽（Bubble Caps）時，分別在各層凝結成各種油料而排出，此種排出之凝結液一般通稱為餾份（Cuts or Fraction），汽油則由塔頂排出。

原油提煉方法有很多，常以其目的來分共有兩種：

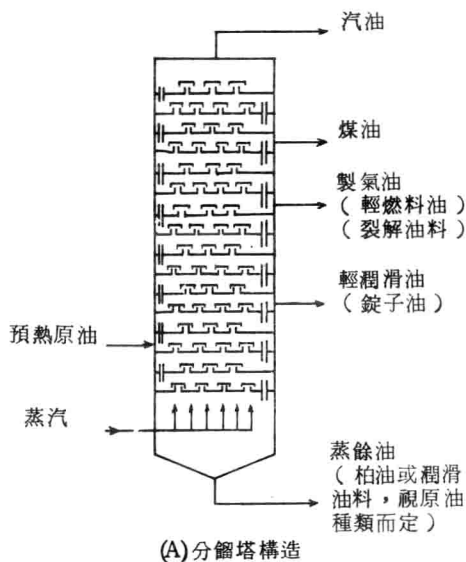
- (1) 以煉製燃料油為目的。
- (2) 以煉製潤滑油為目的。

其煉製均係先蒸餾之初餾（Topping）為燃料油，再將餘下之蒸餘燃料油或原油（Topped Crude）分別送入另一分餾塔內再蒸餾，其所得之餾份即可精製成各種潤滑油。

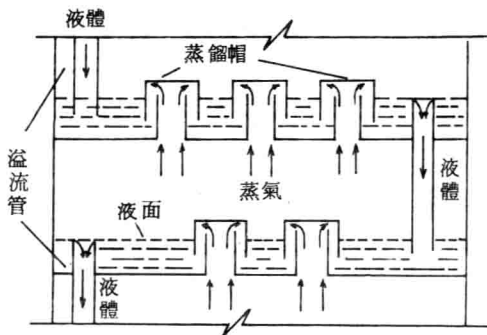
圖 1-2 所示為原油經提煉後可得到之各種不同類產品其有關之關係。

1.4 潤滑油製煉程序

礦物性潤滑油均係由石油所提煉精製而成者。亦即原油



(A) 分餾塔構造



(B) 蒸餾帽部份

圖 1-1

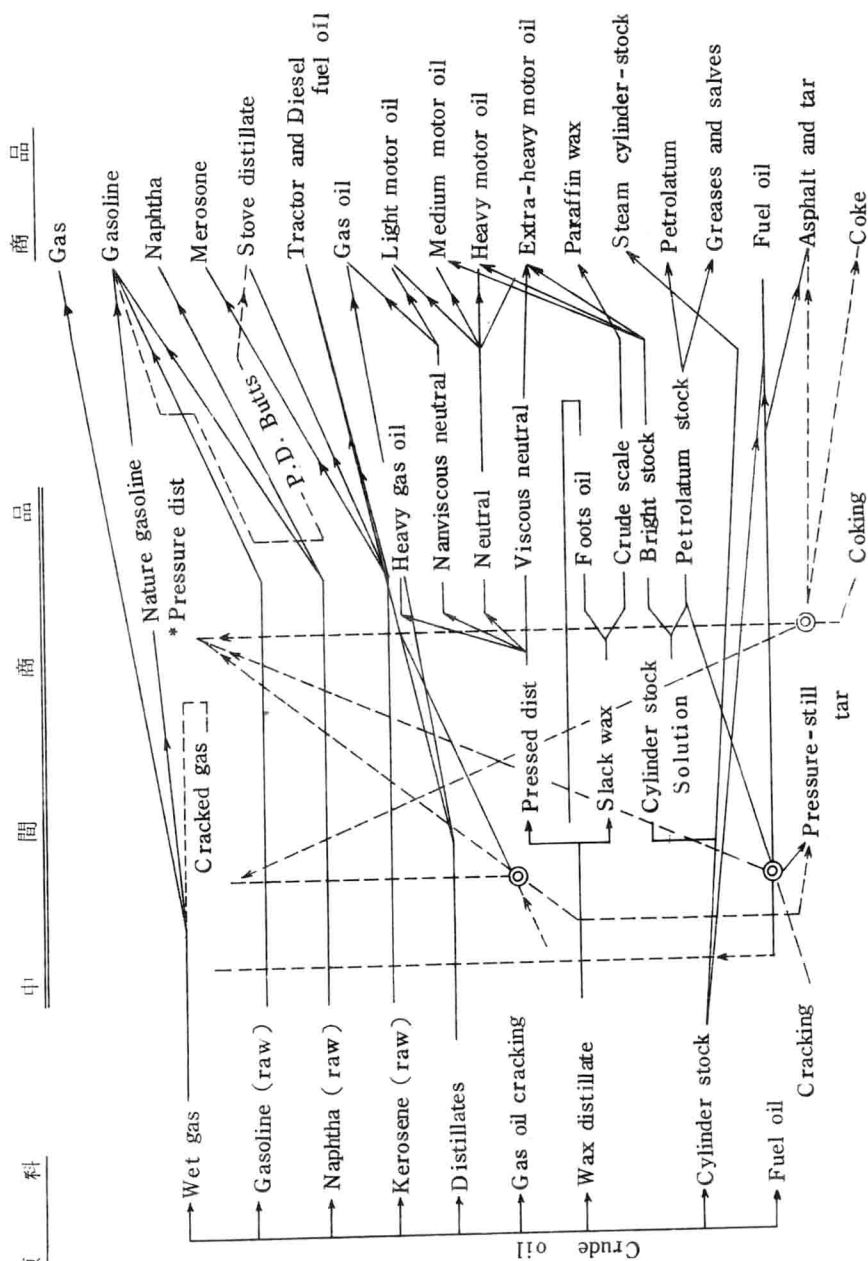


圖 1-2 原油提煉產品與原油之關係

* 裂化產品

4. 潤 滑

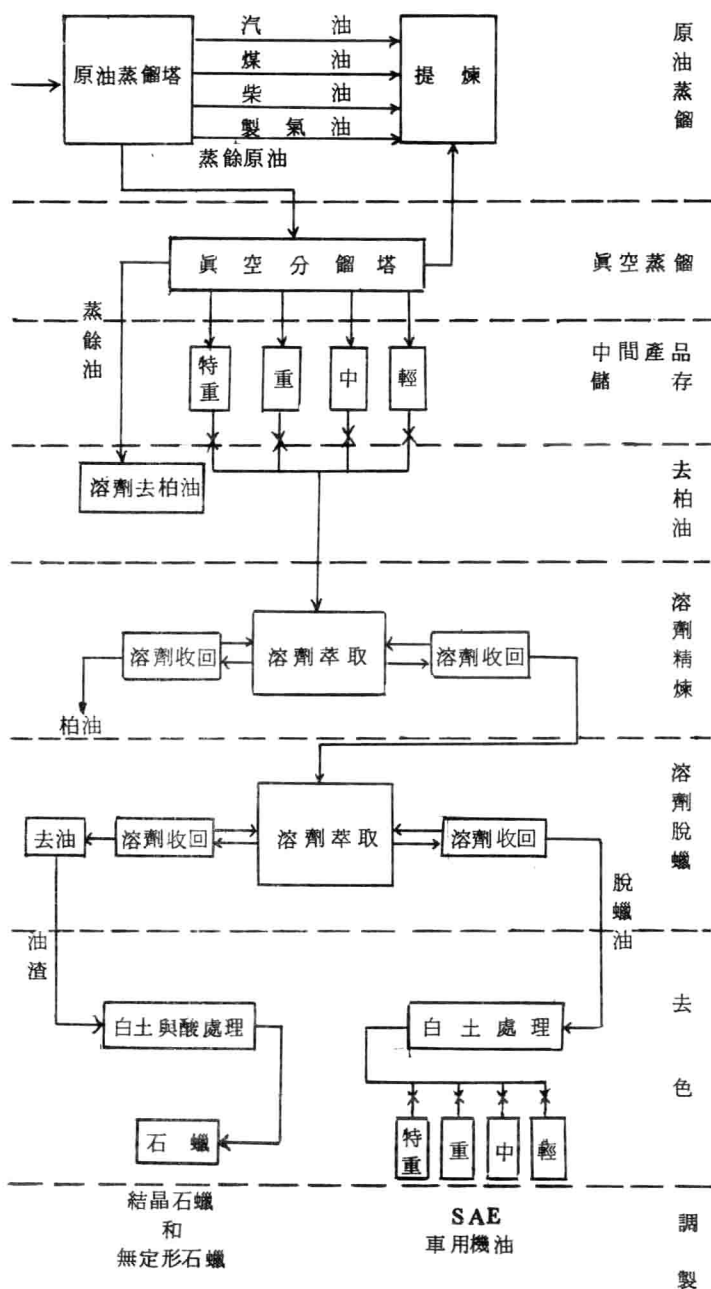


圖 1-3 潤滑油製煉處理一般程序

經初餾後所得到之蒸餘原油就是用以作為製煉潤滑油之原料。先用真空分餾法取得各種不同粘度之餾份後，再分別精煉而得各種不同之潤滑油料。其煉製處理之一般程序約略如圖 1-3 所示，即須經(1)真空蒸餾、(2)脫蠟、(3)脫柏油（即脫瀝青）、(4)溶劑精煉、(5)白土過濾等步驟。

1.5 真空蒸餾

原油經初餾後分出汽油、煤油及柴油等後，其所剩餘之黑色殘渣為蒸餘原油（Residum Crude or Topped Crude）。將這種蒸餘原油放置於真空中再行蒸餾時，則可按其不同之沸點蒸餾出各種餾份（Distillates）。這種自蒸餘原油蒸餾潤滑油與自原油蒸餾汽油及煤油等之情形相似，其唯一之差別為前者為在減壓下蒸餾，而後者在大氣壓下蒸餾。在真空蒸餾之沸點低之餾份一般為柴油，其次為供煉製潤滑油之蠟油，無法蒸出者則稱之為真空蒸餘油。使用真空蒸餾之目的為降低蒸餾溫度來防止潤滑油變質損壞。用真空蒸餾所得之餾份，其沸點較為均一，故在高溫下較易揮發而不易碳化；因此所製成之潤滑油，又可稱為“純蒸餾製品”（All Distillate Products）。

1.6 潤滑油之精煉

潤滑油之精煉目的是為除去油中所含不必要之雜質，如未飽和烴、硫化物、柏油、石蠟及環烷基酸等。其精煉方法有下列三種：

- (1) 硫酸精煉法——過去多使用此法，但自溶劑萃取法發明後，已被取代之。
- (2) 溶劑精煉法——常用者有下列四種：
 - (a) 二氧化硫精煉法——又稱為 Edeleanm 法，以二氧化硫為溶劑。
 - (b) 糠醛精煉法（Furfural Process）——利用糠醛（可自甘蔗渣及玉蜀黍穗等蒸解而得）為溶劑來化解油中有碍雜質。
 - (c) 杜索精煉法（Duosol Refining Process）——又稱雙溶劑法，以丙烷及甲酚（Cresylic Acid）二者之混合液為溶劑。
 - (d) 酚溶劑法（Phenol Process）——本質上與糠醛法相同。

1.7 溶劑分餾法

溶劑分餾法（Solvent Fractionation）係利用溶劑與潤滑油混合，而在不同之溫度下，可分別析出不同粘度之油份的原理，而將其分成各種餾份；故重質之潤滑油料可用本法來使之分成各種輕重不同之潤滑油。

1.8 脫蠟與白土過濾

石油中均含有石蠟，其成份多者可達 30 %，少者亦有在 1 % 以下；用以初製潤滑油之蒸餘原油，一般均含有石蠟，在較冷之天氣下無法使用，必須予以脫蠟處理（Dewaxing）。舊式脫蠟法為在油中加入數倍之石蠟油，使蠟份析出；新式脫蠟法則係採用溶劑，以丙烷或丁酮、三氯化甲烷及二氯乙烯等為溶劑混入油中，冷卻凝結，再用離心機除蠟。

潤滑油料經過各種處理後，必須再以活性白土或酸性白土作白土過濾（Clay Filtration）來吸收油中極輕微量之雜質，使油與水易於分離，並作脫色較淺。過濾法有二：

- (1) 滲透過濾法（Percolation Filtration Process）——採用粒狀白土，將加熱之油料通入而滲透過濾。
- (2) 接觸過濾法（Contact Filtration Process）——採用粉狀白土與潤滑油相混合加熱然後冷卻，再用壓力過濾之。

1.9 潤滑油之名稱與分類

潤滑油之分類並無一定之標準，本書以其特殊性質來區分為下列三大類：

(1) 以原油之底基分類：

(a) 石蠟基油，(b) 環烷基油，(c) 混合基油。

(2) 以煉製方法分類：

(a) 蒸餾油（Distillate Oil）

(b) 蒸餘油（Residual Oil）

(c) 中性油（Neutral Oil）

(d) 汽缸油料（Cylinder Stock）

(e) 亮滑油料（Bright Stock）

(f) 溶劑精煉油（Solvent Refined Oil）

(g) 潤滑原料油（Base Oil or Base Stock）

(h) 壓濾蒸餾油（Pressed Distillate）又稱帶蠟蒸餾油

(i) 過濾油（Filtered Oil）

(j) 紅油（Red Oil）

(k) 淺色油（Pale Oil）又稱灰油

(l) 深色油（Dark Oil）

- (m)非粘性中性油 (Non-viscous Neutral Oil)
 - (n)粘性中性油 (Viscous Neutral Oil)
 - (o)複合油 (Compounded Oil)
 - (p)混合油 (Blended Oil)
 - (q)純礦油 (Straight Mineral Oil)
 - (r)礦物油 (Mineral Oil)
- (3)以商業用途分類：
- (a)車用機油 (Motor Oil) 又稱曲軸箱油 (Crankcase Oil) 或引擎機油 (Engine Oil)
 - (b)航空機油 (Aviation Oil)
 - (c)船舶機油 (Marine Engine Oil)
 - (d)汽缸油 (Cylinder Oil)
 - (e)透平油 (Turbine Oil)
 - (f)循環機油 (Circulation Oil)
 - (g)機器油 (Machine Oil)
 - (h)齒輪油 (Gear Oil)
 - (i)錠子油 (Spindle Oil)
 - (j)家庭用機油 (Household Oil)
 - (k)冷凍機油 (Refrigerator Oil or Ice Machine Oil)
 - (l)液壓油 (Hydraulic Oil)
 - (m)車軸油 (Axle Oil)
 - (n)壓縮機油 (Compressor Oil)
 - (o)切削油 (Cutting Oil)
 - (p)織機油 (Loom Oil)
 - (q)無漬油 (Stainless Oil)
 - (r)滲透油 (Penetrating Oil)
 - (s)電機油 (Dynamo Oil)
 - (t)柴油機油 (Diesel Engine Oil)
 - (u)車用齒輪油 (Automotive Gear Lubricant)
 - (v)汽油機油 (Mobil Oil)

問題一

- (1)何謂石油？試略述其分類。

8 潤 滑

- (2)試列舉原油之提煉方法有幾？
- (3)試繪出潤滑油煉製之一般處理程序。
- (4)潤滑油之精煉方法有幾？試略述之。
- (5)試略述溶劑分餾法。
- (6)試述脫蠟法。
- (7)白土過濾法有幾？試列舉之。
- (8)潤滑油共分有幾大類？

第二章 脂肪油

由動物或植物之種子中所提煉得之油及脂肪均稱之爲脂肪油 (Fatty Oil)。這種油與礦物油之不同點，是爲在油之性質在受高熱即分解，但不蒸發與揮發，故不能用蒸餾法來精製，一般多稱爲固定油 (Fixed Oil)。脂肪油可分爲油及脂肪兩大類；在 68°F 以下爲液體者稱爲油，在 68°F 以上爲固體者稱爲脂肪，脂肪之最高融點爲 125°F 。

2.1 物理性質

所有脂肪油完全不溶于水，在常溫時（除蓖麻油外）全不溶于酒精，所有脂肪油（除蓖麻油外）完全溶解于醚、二硫化碳、柯羅芳、四氯化碳及苯等。脂肪油之粘度則對受壓力及溫度之影響較礦物油爲小，對金屬表面附着力強、油性 (Oiliness) 較礦物油爲佳，與橡膠不易起分解作用，對軸承之磨耗亦較小，產熱量也低。

2.2 化學性質

脂肪油是由醇根與脂肪酸根所組成，最常見而重要者有下列三種：

- (1) 硬脂酸 (Stearic Acid, $\text{HC}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$)
- (2) 棕櫚酸 (Palmitic Acid, $\text{HC}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2$)
- (3) 油酸 (Oleic Acid, $\text{HC}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2$)

在脂肪油中有游離酸存在，一般多與甘油造成油酯 (Glyceride)；硬脂酯與棕櫚酯大多存於固體脂肪中，而油酯則大多存在液體中。

把脂肪分解成爲甘油及肥皂之作用，稱之爲皂化作用 (Saponification)。所有脂肪油均可皂化，而礦物油則不能皂化。脂肪油尚具有立即吸收氧或碘之特性，而礦物油則無。

脂肪油均爲脂肪酸之甘油脂，因經常有游雜質之脂肪酸共存，在分子結構上謂之極性化合物。在高溫下游離脂肪酸，其腐蝕金屬甚強，化學安定性不佳，久用後不但粘度增加，而且部份會變成堅韌之橡皮性膠質，有碍潤滑