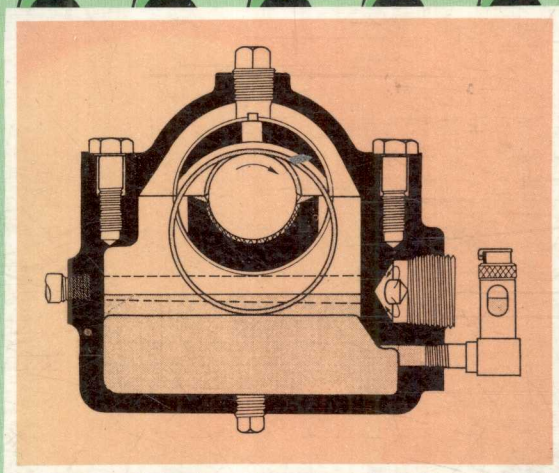


最新部訂專科課程標準

潤滑學

林榮盛 編著

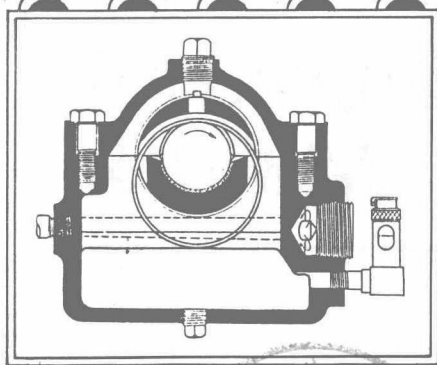


全華科技圖書股份有限公司 印行

最新部訂專科課程標準

潤滑學

林榮盛 編著



院图书馆
章



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

潤滑學

林榮盛 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5 8 1 1 3 0 0 (總機)

郵撥帳號 / 0 1 0 0 8 3 6 - 1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3 6 1 2 5 3 2 • 3 6 1 2 5 3 4

基 價 6.4 元

初版 / 76年 6 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0111306

我們的宗旨：

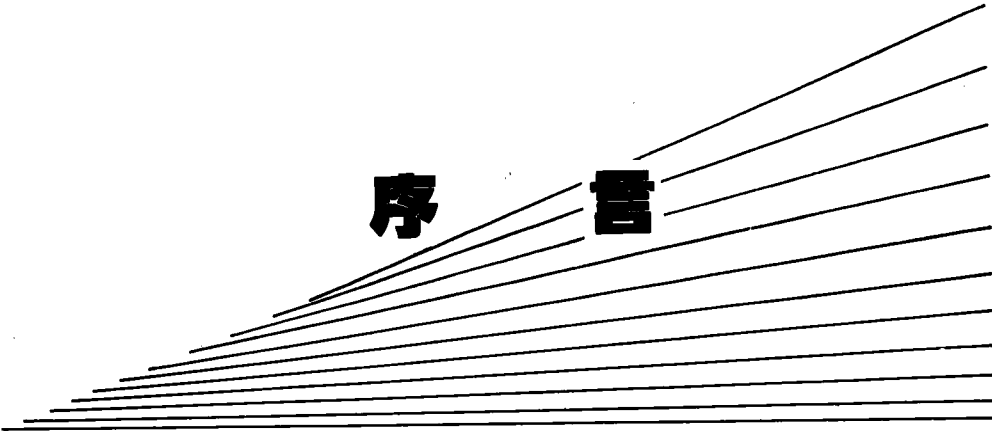
**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙！！



序

自從畢業退伍以來一直在中油公司擔任潤滑油脂研究工作，由於工作業務上需要，經常與公司裏產品推廣工程師到國內大小工廠從事潤滑技術服務、油脂推廣及各類潤滑問題處理，尤其最近五年來這方面工作做得更多，這使個人對國內工業界潤滑狀況有相當的認識。其間也因工作需要二度赴美國研習潤滑技術，因而對美國及先進國家的潤滑技術水準及未來發展有一深刻瞭解。國內外情形兩相比較，因而促成興起想寫一本適合國內需要的潤滑書本之念頭，這本書以符合工廠工程師和維護保養人員，以及準備要進入工廠就業的大專學生需要為目的。

國內十年以前除了少數工廠外，工業界很少有人去重視潤滑維護，大都視其為加加油脂而已，對工廠重要性非常有限。由於科技的進步及國內產業界逐漸改變，工業升級乃是人人努力之目標，這中間潤滑扮演一非常重要之角色。配合其他因素，今日國內工業界之潤滑和十年前有著明顯的不同，大部份工廠已瞭解到潤滑技術和生產、機械維護保養及成本等有很大的關連，因此均甚重視此問題。只是已擁有充份潤滑專業知識並建立良好潤滑管理者仍不普遍，這或不知如何去做，或以為需相當大的投資而猶豫不前的佔大部份，所以適合國內需要之書本及具有充份潤滑技術知識的工程師和維護保養人員是目前國內工業界所需要的。

國內有關潤滑和磨潤的書籍雖然不是很多，但也有一些，或直接引用原文、或翻譯、或編著，其中以理論為主，實務的比較少，而且絕大部份引用自國外情況，和國內情況有些出入。個人以為這方面的書籍應可以分為三類，第一是以理論為主，適合研究或做機械設計的人，第二是以實務為主，適合維護保養的工程師，第三是手冊資料，提供各種資料查詢為目標。本書即以第二類為目的，並且希望以能符合國內工業界狀況及需要。

本書的資料大部份仍引自國外資料（主要參考資料列於附錄中），依據個人之經驗加以選擇及作整理，少部份則是個人經驗及研究心得。為了避免本書因資料太多和使用篇幅過多，而成為一類似之手冊，在資料選擇上以常用為主，當然這種選擇標準見仁見智沒有絕對之標準。第一章是介紹潤滑及其重要性，第二及第三章說明和潤滑應用有關之基本理論，其次三章對常用潤滑劑性能加以說明，再來四章是機械的潤滑應用，最後二章則為潤滑管理有關之資料，至於附錄以有關的資料及表格為主。

由於個人學識不足、經驗有限，對於希望寫一本如此目標的書，是很大之挑戰，加上這是個人有生第一次撰寫書，疏漏及不足之處自然有不少，祈望先進及讀者不吝給予指教及指正。

本書能順利寫成，除了感謝全華書局給予機會外，要感謝中油公司長官十年來的栽培，產品推廣同仁和研究同仁提供經驗及資料，這是個人今日敢試著寫這本書的依據，因此願借本書之出版，對長官表示謝意，對同仁表示敬意及共勉，期望大家共同努力來提升國內之潤滑技術水準，使大家明天會更好。最後要感謝的是內人的支持及其在教學之餘幫忙整理本書的稿件。

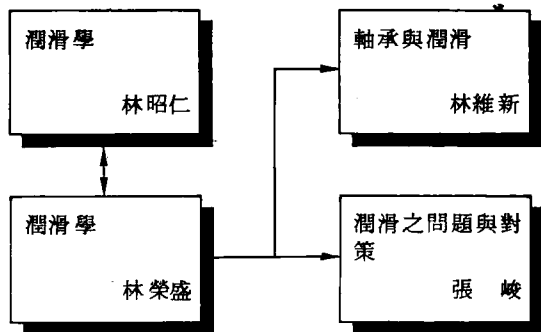
編者 林榮盛 謹識

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書乃作者在中油公司擔任多年的潤滑油脂研究工作之心得寫作，並配合工專機械科潤滑學之教學大綱所整理而成。主要的在使學生確實了解潤滑之原理及各類潤滑問題之處理，全書理論與實際配合，學生易於理解及應用，內容計有潤滑和磨損、潤滑原理、潤滑油性質、機件及車輛潤滑等，詳實精闢，且例證特多，實用性頗高，是為工專機械科潤滑學之最佳教本。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習潤滑學方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



目 錄

1	緒 論	1
1.1	潤 滑	1
1.2	潤滑的發展	3
1.3	潤滑的功用	4
1.4	潤滑之效益和重要性	6
1.5	潤滑的應用及展望	8
2	潤滑和磨損	11
2.1	前 言	11
2.2	金屬表面組成	11
2.3	表面粗度	13
2.3-1	平均值法	14
2.3-2	統計值法	16
2.4	摩擦定律	18
2.5	摩擦的理論解說	21
2.5-1	互鎖理論	21
2.5-2	黏附理論	21
2.5-3	能量散失	24
2.6	影響摩擦的因素	24

2.6-1	速 度	24
2.6-2	溫 度	25
2.6-3	起動速率	26
2.6-4	負荷或接觸壓力	26
2.6-5	表面粗度	26
2.6-6	磨損速率	26
2.7	磨 損	27
2.7-1	黏附磨損	27
2.7-2	砂蝕磨損	31
2.7-3	疲勞磨損	32
2.7-4	沖蝕磨損	33
2.7-5	擺蝕磨損	35
2.7-6	化學磨損	36
2.8	磨損係數	36

3

潤滑原理

39

3.1	前 言	39
3.2	液動潤滑	41
3.2-1	油楔壓力的形成	41
3.2-2	液動潤滑的基本理論——雷諾方程式	42
3.2-3	液動潤滑的應用例子	47
3.3	彈液動潤滑	53
3.4	混合潤滑	59
3.5	邊界潤滑	60
3.6	液靜潤滑	66

4

潤滑油性質

69

4.1	前 言	69
4.2	黏 度	70
4.2-1	黏度的定義	70

4.2-2	黏度的測定	72
4.2-3	黏度和溫度的關係	75
4.2-4	黏度和壓力及剪切率的關係	77
4.3	黏度指數	79
4.4	密度和容積彈性模數	81
4.5	氣體溶解度、起泡性和氣體釋放性	84
4.6	折光率	86
4.7	熱力性質	86
4.7-1	比 熱	86
4.7-2	熱傳導係數	87
4.7-3	潛 熱	88
4.7-4	導電度	88
4.7-5	表面張力及介面張力	89
4.8	顏色及流動點	89
4.9	閃火點和著火點	90
4.10	灰份、硫酸鹽灰份和殘碳量	91
4.11	不溶物和沈澱價	92
4.12	中和值	93
4.13	苯胺點	94
4.14	水份及解乳化性	94
4.15	硫含量及其他元素分析	94
4.16	防銹性及抗腐蝕性	95
4.17	熱及氧化穩定性	96
4.18	負荷能力、抗磨損性和極壓性（簡稱EP）	98

5 潤滑油的組成和製造 101

5.1	前 言	101
5.2	石油及其產品煉製	102
5.3	礦物油的煉製	105
5.4	礦物油組成及其性質	109

5.5	添加劑	112
5.5-1	流動點下降劑	113
5.5-2	黏度指數增上劑	114
5.5-3	消泡劑	115
5.5-4	抗氧化劑或稱為氧化抑制劑	115
5.5-5	抗腐蝕劑或稱為腐蝕抑制劑	116
5.5-6	防銹劑或稱為銹蝕抑制劑	116
5.5-7	清淨劑和分散劑	117
5.5-8	抗磨損劑	118
5.5-9	極壓劑	118
5.5-10	其他的添加劑	119
5.6	合成潤滑油	119
5.6-1	合成碳氫化合物	121
5.6-2	有機酯類	123
5.6-3	聚多元醇類	124
5.6-4	磷酸酯類	124
5.6-5	其他類	124
5.7	潤滑油的摻配	125

6

潤滑脂和固體潤滑劑 129

6.1	潤滑脂概說	129
6.2	潤滑脂的組成	130
6.2-1	基礎油	130
6.2-2	增稠劑	131
6.2-3	添加劑	132
6.3	潤滑脂的製造	133
6.4	潤滑脂的特性	134
6.4-1	稠度或針入度	134
6.4-2	滴 點	136
6.4-3	流動性	136

6.4-4	組織與結構	137
6.4-5	滲油性	138
6.4-6	負荷能力、氧化穩定性及防銹性	138
6.5	潤滑脂的種類	138
6.6	固體潤滑劑	140
6.6-1	固體潤滑劑材料種類	140
6.6-2	固體潤滑應用方式	141
6.7	石墨、二硫化鉬及 PTFE	141
6.7-1	石 墨	141
6.7-2	二硫化鉬	142
6.7-3	PTFE	143
6.8	各種潤滑劑性能比較	143

7 基本機件的潤滑 145

7.1	前 言	145
7.2	平軸承的潤滑	145
7.3	滾動軸承的潤滑	152
7.4	齒輪潤滑	159
7.4-1	齒輪潤滑劑	161
7.4-2	封閉型齒輪潤滑	163
7.4-3	暴露型齒輪潤滑	168
7.5	滑道潤滑	170
7.6	聯軸節潤滑	172
7.7	鏈條潤滑	174
7.8	鋼纜潤滑	177

8 車輛潤滑 183

8.1	前 言	183
8.2	引擎及其潤滑系統	184
8.2-1	四行程及二行程引擎	184

8.2-2	潤滑系統	187
8.2-3	曲軸箱通風系統及增壓器	188
8.2-4	燃料：柴油或汽油	189
8.3	車用機油的黏度等級	192
8.4	車用機油的特性	196
8.4-1	車用機油的分類	197
8.4-2	車用機油的特性規範	199
8.4-3	如何選用車用機油	202
8.5	汽車省油	203
8.6	機油和汽車排氣	207
8.7	二行程機車引擎潤滑	209
8.8	車用齒輪油	212
8.8-1	車用齒輪油的黏度等級	212
8.8-2	車用齒輪油的品級區分	213
8.9	自動變速器油	215
8.10	車用潤滑脂	217



工業機械潤滑

221

9.1	前 言	221
9.2	液壓系統潤滑	222
9.2-1	液壓系統的基本構造	222
9.2-2	液壓油的主要性能	224
9.2-3	液壓油種類	226
9.2-4	液壓油選用和使用中注意事項	229
9.3	透平機潤滑	231
9.3-1	透平機	231
9.3-2	透平機之潤滑部位	232
9.3-3	潤滑和潤滑油	236
9.3-4	潤滑系統之沖洗及維護	238
9.4	壓縮機潤滑	239

9.4-1	往復式壓縮機潤滑	241
9.4-2	迴轉式壓縮機潤滑	248
9.4-3	動力式壓縮機潤滑	252
9.4-4	真空泵潤滑	253
9.4-5	壓縮機潤滑與爆炸	254
9.4-6	不同壓縮氣體之潤滑	255

10 金屬加工用潤滑油 257

10.1	前 言	257
10.2	切削作用	257
10.3	切削油作用及種類	259
10.4	切削油之選用	263
10.5	切削油之給油	268
10.6	金屬成形加工	270
10.7	金屬成形加工的潤滑劑選用	271

11 潤滑系統的給油法與舊油化驗 275

11.1	前 言	275
11.2	給油方法	276
11.3	一次給油法	277
11.4	潤滑油檢驗	289
11.5	潤滑油的劣化及污染	290
11.6	取樣及送檢要點	293
11.7	檢驗方法	294
11.8	鐵相圖分析	298
11.9	油品檢驗數值的解釋及應用	301

12 潤滑管理、儲存及舊油淨化 309

12.1	前 言	309
12.2	潤滑管理基本要點	310

12.3	潤滑管理的系統	312
12.4	潤滑油脂之運輸及交貨	315
12.5	潤滑油脂之儲存	316
12.6	潤滑油脂的分送	320
12.7	潤滑油的淨化及回收	321
12.8	潤滑油淨化之程序	324
12.9	淨化之方法及設備	326
12.10	廢潤滑油的收集及最後處理	330
附錄一	參考資料	333
附錄二	各種黏度單位對照表	336
附錄三	黏度指數 (VI) 計算時所需 L 和 H 值之數值表	340
附錄四	API 比重和比重之對照表	343
附錄五	油品黏度摻配表	347
附錄六	常用潤滑油脂的特性數據表	349
	索引及英中名詞對照	356

1

緒論

1.1 潤滑

二個表面作相對運動時，常存在著相當的阻力和磨耗，這種阻力就是摩擦力（friction force，俗稱之為摩擦），而表面材料磨耗之發生稱為磨損（wear）。如果摩擦小而且平穩，二個面間的運動就容易而穩定，消耗的能量就會少，反之則運動會比較困難，經常有較多之磨損，耗用能源也較多，在這種情況下加入某一些物質於二運動面之間，以減少摩擦和磨損，使運動容易，這種現象和作用就叫做潤滑（lubrication），所加入之物質就是潤滑劑（lubricant）。由此可以瞭解到潤滑系統基本上包括了：二個作相對之表面和潤滑劑，如圖1.1所顯示。二個面之運動通常是在有相當負荷之情形下，它可以是滑動（sliding）、滾動（rolling），或二者混合的動作；潤滑劑常是液體的，有時也用氣體或固體，甚至沒有潤滑劑（這稱之為乾摩擦——dry friction），潤滑劑在二運動面中間存在的厚度，一般稱之為油膜厚度（film

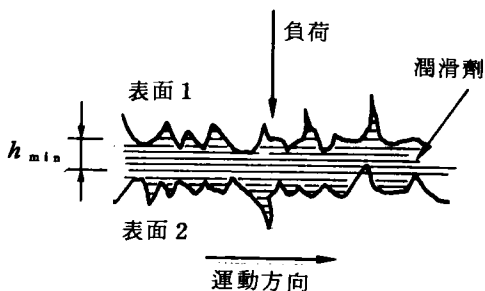


圖 1.1 潤滑系統

thickness)，常以 h 來代表，而在運動面之間 h 並不是一個常數，它最小的值叫最小油膜厚度，一般以 $h_{\min}$ 來代表，這和二運動面之曲度 (curve) 和表面粗度 (surface roughness) 等有關，這些性質和潤滑理論及應用有很大之關係，往後之章節會再詳細解釋及用到。

在現代工商社會及生活中，潤滑所扮演的角色是無處不有而且非常重要的，據估計人類所耗用的能量至少有百分之三十以上是因摩擦而耗掉，機件或材料因為磨損而損壞之數字實在大到不易估計之程度。以美國 1970 年能量使用情形 (如表 1.1 所示) 來說明這種情形，沒有效用能量 (energy discarded

表 1.1 美國 1970 年全部消耗能量和沒有效用能量之比較

項目 範圍	全部消耗能量		沒有效用能量		
	10^{15} BTU	佔全部之百分比	10^{15} BTU	佔該項範圍之百分比	佔全部之百分比
交通	16.3	24	12.2	75	17.9
公用事業	15.1	22	9.8	65	14.4
工業	21.0	31	5.2	25	7.6
商業/住家	15.9	23	4.0	25	5.9
總 合	68.3	100	31.2	—	45.8

$\lambda = \text{阻力} / \text{重量}$

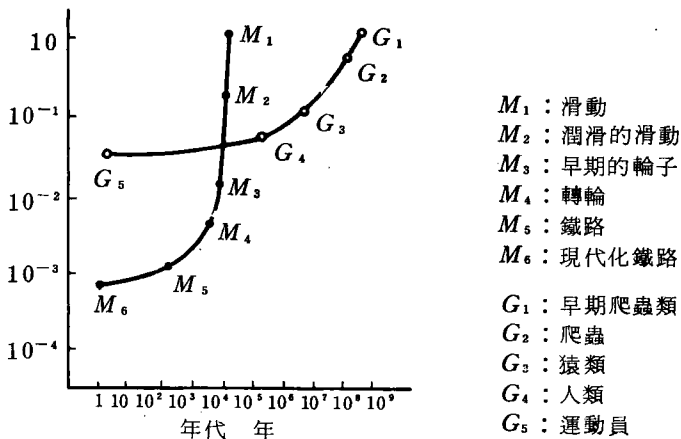


圖 1.2 摩擦在歷史之演進