

油壓技術要點

廖勵明編



油壓技術要點

序 文

油壓機器產業，隨著機械工業技術革新採用於各種機械裝置的驅動及控制機構，於 1980 年既成長為日幣 2,000 億圓的產業。相信今後仍會繼續對節省資源，節省能源，安全對策以及作業環境的改善等各方面做出更大的貢獻。

油壓機器的利用又隨著社會環境，需求的轉變，其範圍及方法又日趨多樣化，操作使用涉及多岐。本書為供給從事於有關油壓機器的業務及技術者活用收錄了實用必要的項目，於編集時特設立本會需要對策委員會工作小組，執行項目的選定，將項目分為油壓機器的功能，種類與特性，選定方法，回路構成，作動油的特性，保養管理，毛病對策等 100 項目，而且得技術委員會主力構成員的協力，使本書與一般學術書不同，其解說力求實用並考慮人人易懂。

尚望本書能得到從事於機械工業諸位先生的利用，發揮油壓機器更大的功能。關於本書內容的意見祈望不吝指出，則更感是幸。

目 錄

第一章 基礎編.....	1
§ 1 油壓技術的誕生.....	1
§ 2 使用油壓的現況.....	2
§ 3 爲什麼要使用油壓.....	4
§ 4 油壓與空壓、電氣的關係.....	5
§ 5 構成油壓裝置的機器所扮演的角色.....	8
(1) 主回路的構成.....	8
(2) 補助回路、及其他的構成.....	9
§ 6 油壓技術今後的發展.....	10
§ 7 壓力與力的關係.....	11
(1) 表面力.....	11
(2) 體積力.....	11
(3) 離心力.....	12
§ 8 壓力之外，爲什麼還需要流量.....	13
§ 9 流量、流速與壓力下降的關係.....	15
(1) 實驗式.....	15
(2) 壓力損失的理論計算.....	16
§ 10 流量與作動器 (Actuator) 的速度關係.....	18
(1) 容積效率.....	18
(2) 供給油量.....	19
§ 11 流量、流速與作動油粘度的關係.....	19
(1) 粘 性.....	19
(2) 動粘度.....	20
(3) 粘 度.....	20
(4) 流速、流量的關係.....	20
§ 12 壓力、流量與功的關係.....	22

§ 13	必要壓力、流量的決定方法	24
(1)	作動器的壓力與流量	24
(2)	油壓源的壓力與流量	25
(3)	結 論	25
§ 14	油壓記號的解讀法	26
第二章	機器編	28
§ 15	泵的種類與其特性	28
(1)	效 率	28
(2)	自吸能力	29
(3)	噪 音	29
(4)	壓力水準	29
(5)	定格壓力、定格回轉數的定義	29
§ 16	定容量形與可變容量形泵的比較與其控制方式的種類	30
(1)	定容量形泵與可變容量形泵的比較	30
(2)	控制方式的種類	30
§ 17	選定泵時應考慮的事項	31
(1)	設計規格	32
(2)	最高使用壓力	32
(3)	吐出量與回轉數	32
(4)	性能與壽命	32
(5)	現場的保養	32
(6)	與作動油的適合性	33
(7)	噪 音	33
(8)	電動機的選定	33
§ 18	泵使用上的注意事項	33
(1)	泵的裝設	33
(2)	吸入條件	34
(3)	油溫控制	34
(4)	配 管	34
(5)	污染管理	34
(6)	影響泵壽命的要因	35

§ 19	壓力控制閥的種類與機能	35
(1)	洩壓閥(安全閥)	35
(2)	減壓閥	36
(3)	順序閥、配衡閥、卸負荷閥	36
(4)	其他的閥	37
§ 20	壓力控制閥的特性	38
(1)	壓力——流量特性	38
(2)	遲滯性	38
(3)	應答性	39
(4)	噪 音	39
§ 21	壓力控制閥的使用法與注意事項	39
(1)	洩壓閥	39
(2)	減壓閥	39
(3)	順序閥、配衡閥、卸負荷閥	40
(4)	其他的閥	40
§ 22	流量控制閥的種類與機能	40
(1)	節流閥	40
(2)	流量調整閥、溫度補償式流量調整閥	41
(3)	停止閥式流量調整閥	41
(4)	分流閥	42
§ 23	流量控制閥的特性	42
(1)	刻度——流量特性	42
(2)	壓力差——流量特性(圖 2—15)	42
(3)	溫度——流量特性(圖 2—16)	42
(4)	內部抵抗(止回閥的自由流)	43
(5)	跳動(Jumping)現象	43
§ 24	流量控制閥的用法與注意事項	43
(1)	節流閥	43
(2)	流量調整閥, 溫度補償式流量調整閥	44
(3)	停止閥式流量調整閥	44
(4)	分流閥	44

§ 25	方向控制閥的種類與機能	45
(1)	變換閥	45
(2)	止回閥	45
(3)	減速閥	47
§ 26	方向控制閥的特性	47
(1)	變換閥	47
(2)	止回閥	48
(3)	減速閥	48
§ 27	方向控制閥的用法與注意事項	48
(1)	變換閥	48
§ 28	積層閥的種類、機能與使用上的注意事項	50
(1)	積層閥的種類與機能	51
(2)	積層閥的適用範圍與使用上的注意	52
§ 29	伺服閥 (Servo Valve) 的種類與機能	52
§ 30	由伺服閥構造上的不同而來的特性	57
(1)	入力電流——出力流量特性 (無負荷流量特性)	57
(2)	負荷壓力——出力流量特性	59
(3)	中立點壓力增得	59
(4)	中立點變動	60
(5)	遮斷內部流量	60
(6)	頻率應答	61
§ 31	伺服閥的用法與使用上的注意事項	61
(1)	伺服閥的選定	61
(2)	伺服系統的注意事項	61
(3)	裝配上的注意事項	62
§ 32	比例電磁閥的種類與機能	62
(1)	比例電磁壓力的控制閥	62
(2)	比例電磁流量控制閥	63
(3)	比例電磁流量方向閥	64
§ 33	比例電磁閥的特性	64
(1)	遲滯	64

(2) 頻率應答.....	64
§ 34 比例電磁閥使用上的注意事項.....	66
(1) 可以遙控.....	66
(2) 可以做多段壓力，流量的連續控制.....	66
§ 35 油壓馬達的種類與機能.....	67
(1) 齒輪馬達.....	68
(2) 輪葉馬達.....	68
(3) 活塞馬達.....	68
§ 36 油壓馬達的選定方法.....	70
§ 37 油壓馬達使用上的注意事項.....	71
§ 38 依據油壓缸的構造與支持部形式的分類.....	72
(1) 由構造的分類.....	72
(2) 由支持部形式的分類.....	72
§ 39 選定油壓缸的方法.....	72
§ 40 油壓缸使用上的注意事項.....	77
§ 41 油壓裝置付屬機器的種類與機能.....	78
(1) 付屬品的種類與機能.....	78
(2) 貯壓器.....	79
(3) 油冷却器.....	80
(4) 過濾器 (Filter).....	81
§ 42 貯壓器的選定及使用上的注意事項.....	82
(1) 貯壓器的用途.....	82
(2) 貯壓器的設置.....	82
(3) 瓦斯的封入壓力.....	83
(4) 空氣袋壓縮比.....	83
(5) 貯壓器容量的計算.....	83
(6) 長期間不使用時的保養要領.....	84
(7) 適用的法規 (參照表 2-10).....	84
§ 43 選定冷却器的方法.....	84
§ 44 過濾器的選定方法.....	87
第三章 回路編.....	90

§ 45	油壓回路的種類與構成	90
§ 46	壓力控制回路的種類與構成	91
(1)	卸負荷回路 (Unloading 回路)	91
(2)	壓力控制回路	91
(3)	增壓回路	91
(4)	貯壓器回路	92
(5)	減壓 (Decompression) 回路	92
(6)	順序回路	92
§ 47	壓力控制回路的特性	92
(1)	卸負荷回路 (Unload)	92
(2)	壓力控制回路	93
(3)	增壓回路	93
(4)	貯壓器回路	93
(5)	順序 (Sequence) 回路	93
§ 48	壓力控制回路的用法與其實例	94
(1)	卸負荷回路	94
(2)	壓力控制回路	94
(3)	增壓回路	94
(4)	貯壓器回路	94
(5)	減壓 (Decompression) 回路 (圖3—7)	94
(6)	順序回路	94
§ 49	速度控制回路的種類與構成	96
(1)	速度控制回路	96
(2)	同步回路	97
§ 50	速度控制回路的特性	97
(1)	速度控制回路	97
(2)	同步回路	98
§ 51	速度控制回路的用法與其實例	98
(1)	速度控制回路	98
(2)	同步回路	100
§ 52	方向控制回路的種類與構成	100

(1) 鎖緊 (Locking) 回路	100
(2) 操作多數作動器的回路	101
(3) 閉回路	101
§ 53 方向控制回路的特性	102
(1) 鎖緊回路	102
(2) 操作多數作動器的回路	103
§ 54 方向控制回路的用法與實例	103
(1) 鎖緊回路	103
(2) 操作多數作動器的回路	103
(3) 閉回路 (圖 3 — 31)	104
§ 55 電氣——油壓結合回路的種類與構成	105
(1) 電氣——油壓順序控制	105
(2) 比例控制	106
(3) 電氣——油壓伺服系統	106
§ 56 電氣——油壓結合回路的特性	107
(1) 電氣——油壓順序控制	107
(2) 比例控制	107
(3) 電氣——油壓伺服系統	108
§ 57 電氣——油壓結合回路的用法與實例	108
(1) 壓力、流量的遙控設定	109
(2) 壓力、流量的多段設定	109
(3) 壓力、流量的連續可變	109
(4) 電氣——油壓伺服的適用例	110
§ 58 油壓馬達回路的種類與構成	110
(1) 油壓回路的基本	110
(2) 油壓馬達驅動回路	111
(3) 油壓馬達控制回路	111
§ 59 油壓馬達回路的特性	112
(1) 開 (Open) 回路的特性	112
(2) 閉 (Closed) 回路的特性	112
(3) 串聯回路的特性	113

(4) 並聯回路的特性	113
(5) 閥控制方式與泵、馬達控制方式的特性	113
(8) 油壓馬達出力特性	113
§ 60 油壓馬達回路的用法與實例	114
(1) 抵抗負荷的制動 (Break) 回路	114
(2) 對拉張負荷的制動回路	115
(3) 冷卻回路	115
(4) 油壓回路的實例	115
§ 61 何謂伺服	115
(1) 伺服機構的種類	116
(2) 油壓伺服的種類	117
(3) 伺服回路的構成	117
§ 62 伺服回路的特性	118
(1) 安定度	118
(2) 速應性	119
(3) 定常特性	120
§ 63 伺服回路的用法與實例	120
(1) 伺服回路實例說明	121
(2) 關於作動油污染管理的注意事項	121
(3) 緊急時或停電時設置的背托 (Back-up) 回路	121
(4) 配置、配管上的注意事項	123
(5) 電氣裝置	123
§ 64 比例電磁閥回路的種類與構成	123
(1) 壓力多段控制回路	123
(2) 壓力連續可變控制回路	123
(3) 流量多段控制回路	124
(4) 流量連續可變控制回路	125
(5) 流量方向控制回路	125
§ 65 比例電磁閥回路的特性	125
(1) 與過去形汎用閥回路特性之比較	125
(2) 與伺服回路特性的比較	126

§ 66	比例電磁閥回路的用法與實例	127
(1)	雙艙面起動機（船用）的同步控制裝置	127
(2)	薄鋼板的張力控制裝置	128
(3)	使用上的注意事項	128
§ 67	油壓回路設計上的注意事項	129
(1)	作動油的溫度管理	129
(2)	油箱內的油量管理	129
(3)	作動油的清淨度管理	130
§ 68	油壓裝置使用上的注意點	131
(1)	油壓裝置與消防法	131
(2)	裝設於油壓裝置的貯壓器	133
第四章	作動油編	134
§ 69	作動油的功能與種類	134
§ 70	作動油粘度的表示法	135
§ 71	所謂作動油廠商指示的一般性狀	137
§ 72	表示作動油粘度的 ISO 粘度分類與補助粘度分類	138
§ 73	如何規定耐摩耗性作動油	140
§ 74	作動油的全酸價與使用限界的關係	142
§ 75	R & O 形作動油的特性	143
§ 76	各種作動油與橡皮的適合性	144
§ 77	作動油的起泡與其防止法	146
§ 78	認識作動油燃燒性的方法	147
§ 79	O / W 乳化油與 W / O 乳化油的不同處	149
(1)	O / W 乳化油	150
(2)	W / O 乳化油	150
§ 80	何謂高粘度指數作動油	150
§ 81	HWBF 作動油的特性與使用上的注意事項	152
§ 82	漩渦真空（Caritation）現象發生的原因	153
§ 83	作動油的污染度及其測定方法	155
(1)	測定粒子大小的方法	155
(2)	測定粒子重量的方法	155

(3) 測定污染指數的方法.....	155
§ 84 消防法上認為危險物的作動油於使用上的注意事項.....	156
§ 85 石油系作動油混入水分的測定方法.....	158
(1) 靜置試驗.....	158
(2) 噼啪音試驗.....	158
(3) 加熱鐵棒試驗.....	159
(4) 用簡易測定器的方法.....	159
(5) 蒸餾法.....	159
(6) Carl Fisher 法.....	159
§ 86 作動油使用水—乙二醇 (Glaycol) 系代替石油系時的注意 事項.....	159
(1) 泵.....	160
(2) 泵回轉數.....	160
(3) 泵的吸入抵抗.....	160
(4) 油溫的控制.....	160
(5) 過濾器 (Strainer) 的容量.....	160
(6) 貯油器的塗裝.....	161
(7) 對金屬的影響.....	161
(8) 襯墊、封閉材.....	161
§ 87 貯存作動油油箱大小的決定.....	161
(1) 放熱機能.....	161
(2) 消泡機能.....	162
(3) 沈澱塵埃機能.....	162
(4) 吸入、流回的分離機能.....	162
(5) 收集機能.....	162
(6) 調整液面機能.....	162
第五章 保養管理.....	163
§ 88 保養管理的必要性.....	163
(1) 保養管理的必要性.....	163
(2) 毛病 (trouble) 的內容.....	163
(3) 安全面與人身事故的關聯.....	163

§ 89	日常點檢項目與定期點檢項目	164
(1)	日常點檢項目	164
(2)	定期點檢的項目與點檢周期(標準)	164
§ 90	作動油外部漏洩的原因及其對策	165
§ 91	裝上或取出封閉時的注意事項	167
§ 92	放油裝油作業時的注意事項	168
(1)	放油	168
(2)	裝油	169
§ 93	空氣侵入油壓回路內的經路與放空氣作業時的注意事項	169
(1)	侵入經路	169
(2)	放空氣作業時的注意事項	170
(3)	一般不需要放空氣的回路	170
§ 94	過濾器保養、管理上的注意點	170
§ 95	油壓裝置發生振動的原因及其對策	171
§ 96	於夏季或冬季常見的毛病及其對策	173
(1)	夏季毛病的內容	173
(2)	夏季毛病的對策	174
(3)	冬季毛病的內容	174
(4)	冬季毛病的對策	174
§ 97	休假日後再開時常發生的毛病及其對策	175
§ 98	油壓裝置的大翻修(Overhaul)與沖洗回路(Flushing) 應注意事項	176
§ 99	作動油使用限界的判斷	177
§ 100	混入作動油中的異物及其對策	179

第一章 基礎編

§ 1 油壓技術的誕生

油壓的歷史可以說是利用水的技術之歷史，紀元前 3000 年，沿尼羅河，底革里斯河，幼發拉底河建立了古代文明，古代的農民排水濕地，開拓灌木，葦草茂盛的土地，為治理洪水實施種種形態的灌溉，因此發明了原始的輪葉吊桶及水車，此種水車於公元 25 ~ 100 年傳到中國，於公元 610 年時代經高麗傳到日本。而此種水車至中世紀仍是主要動力源之一，被利用於各方面。

紀元前 250 年亞基米發明製造，旋轉緊配於筒內螺旋的泵取水，一般稱為亞基米的螺旋泵。

關於泵的基本構造，機能的構想，有拉梅里的「種種巧妙的機械」，斯托拉達的「以水風，動物或手驅動的種種機械及美妙而實用的泵」（1616 年）等書籍的出版，於拉梅里的書本上，記載有 100 例的泵，24 種粉碎機及多種推高機，起重機等。其中拉米里的輪旋泵（1588 年），雪爾皮的齒輪泵，翼式泵（1593 年）等則較有名（參照圖 1.1）。

1600 年代開始探究有關水車的動力源，烏斯多（1663 年）考案被稱為最初的蒸汽機關的動力源，沙墨里（1698 年）應用此蒸汽機關

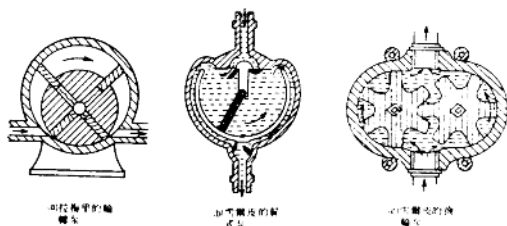


圖 1.1

成功取出每小時 15 噸的水，而至瓦特（1756 年）完成了正式動力源的蒸汽機關進入產業革命的時代，確保了可以連續供給的動力源，1800 年布拉馬製造水壓沖床，巴斯卡（1650 年）的靜水壓原理於此被應用，1845 年亞姆斯頓製造水壓吊車，蓄壓機及多種水壓機械是為水壓的全盛時代，但是 1887 年，底拉斯，布拉托里等取得交流感應電動機的專利，於是電動機成為嶄新的動力源，使水壓機械逐漸消聲。

1900 年代石油精製方法發達，產製良質的潤滑油，於是製造以油代替水的油壓機器，此時代托瑪製造的軸形活塞泵與活塞馬達組合的油壓傳動裝置，魏珣亞的油壓傳動裝置、嚇爾、蕭的半徑形活塞泵，活塞馬達等，到現今都還廣泛被使用。1925 年嚇珣、皮加斯製造了平衡形的輪葉泵。（參照圖 1.2）

由於各種泵、馬達相繼出世，油壓的技術逐步進展，經過第一次、第二次世界大戰盛行使用於兵器產業，例如使用於軍艦砲架驅動裝置、航空機腳架的驅動、船的操舵裝置、卷揚機、戰車等，油壓技術的精緻進步，奠定了現今廣泛使用於一般產業的基盤，戰後這些技術使用於工

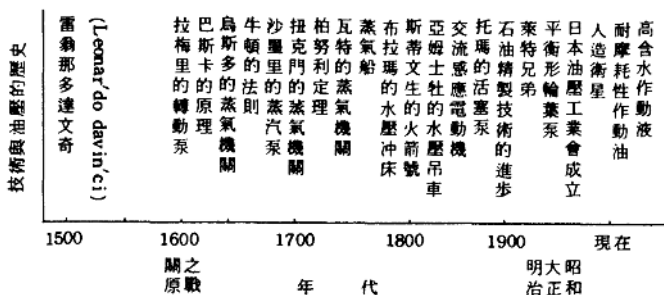


圖 1-2 技術與油壓的歷史

作母機，土木建設車輛，運搬機械，塑膠加工機，產業用機器人，等各方面。

§ 2 使用油壓的現況

油壓與我們的日常生活有很密切的關係，走出戶外，滿街汽車不管是小汽車、貨車或巴士其動力轉向 (power steering)，緩衝器 (shock absorber) 是使用油壓，高樓建築現場的動力鏟 (power shovel)，水泥混合車，運石車也是使用油壓，又造路用的柏油車，道路輾筒車等都使用油壓，以上這些例子是，用引擎回轉泵將吐出的作動油輸送到油壓缸或油壓馬達做功者。其他例如海上的郵輪，貨輪的絞車 (winch)，艙面起重機 (Deck Crane)，操舵機等也都使用油壓。

進入工廠各種工作母機，車床，搪床，銑床，研磨機。還有各種沖床，壓鑄機 (Diecast Machine)，以及製造塑膠品的射出成形機，押出成形機，中空成形機，鍊鋼廠的軋鋼機，鍛造機，化學工廠的壓榨機，過濾機，緊急遮斷閥，甚至行走於工廠間的推高機 (Fore lift) 都是使用油壓者，可以說所有工廠的每一角落都有油壓的活動。

其他如航空機的升降舵，補助翼的控制，腳架上下的着陸裝置，水壩水門的開關，遊樂園裡的玩具，道路清掃車，理髮店的椅子等也使用各種各樣的油壓。

以上的例子依市場區分之如下：

(a) 土木建築，運搬機械；貨車起重機，動力鏟，鏟平車 (bulldozer)，可傾斜貨車 (dump truck)，柏油路輾平車 (asphalt Finisher)，水泥混合機，產業用機器人，推高機。

(b) 農業用機械：耕耘機，複合機 (Combine)，田植機。

(c) 塑膠加工機：壓縮成形機，射出成形機，押出成形機，中空成形機。

(d) 金屬工作母機 (含 NC 工作母機)：車床，搪床，銑床，平削床，磨床，專用機，機械切削中心 (Machining center)。

(e) 金屬一次製品製造機械：軋輾機械，製管機械。

(f) 金屬二次金屬加工機械，鍛造機械；彎管機械，油壓沖床，鍛造機械，壓鑄機，鑄模機械。

(g) 汽車：小型汽車，巴士，貨車，特裝車 (消防車，清掃車等)。

(h) 船舶

① 甲板機械 (繫船機，吊繩裝置)

② 荷役機械 (籠形絞車，艙面起重機等)

- ③ 操舵機
- ④ 漁撈機械（海底網紋車 [trawl winch]，揚網絞車）
- ⑤ 載油裝置
- ⑥ 推進裝置（可變節距螺旋槳）
- ⑦ 開關裝置（孔蓋，斜門）
- (i) 其他：醫療機器，遊樂用機器等

§ 3 為什麼要使用油壓

現今被廣泛使用的動力源有，電動機，內燃機關（汽油引擎，柴油引擎等），蒸汽機關（蒸汽輪葉）等，其中電氣可以利用於任何地方，祇有不能使用電氣的深山或各種車輛才使用引擎，在地上稼動的機械幾乎全部都使用電氣。

但是有些地方不用電動機，以引擎直接控制動力源，回轉泵將機械能變為流體能，由控制閥控制輸送到動作器（Actuator）（例如油壓缸，油壓馬達），由此做符合於所求目的的功能，效率較好，且容易使用。這一系列的裝置就叫做油壓，以下事例說明。油壓的特質及為什麼要增設許多傳達能量的經路。

- (a) 可以發生非常大的力量，且容易控制

由泵（pump）容易得到高壓力（ $200 \sim 300 \text{ kgf/cm}^2$ ），將此壓力送到油壓缸（Hydraulic Cylinder）可以發生很大力量，例如油壓缸的活塞徑 30 cm ，壓力為 200 kgf/cm^2 則油壓發生的力量大約為 140 噸，油壓沖床，壓鑄機，射出成形機使用油壓，原因就是可以簡單得到如此的大力量。

- (b) 可以廣範圍得到回轉或直線運動的無段變速

油壓馬達或油壓缸的速度，可以由控制閥無階段調節其供給的流量，自由控制。

- (c) 容易防止超負荷（Over load）安全性大

發揮強大力量的機械，如負荷超過許容限度以上則很危險，於油壓可以使用洩壓閥（Relief Valve）容易防止超負荷的發生。例如於發生不予料負荷變動可能性大的建築機械等仍可確保其安全性。