

工業實用技術

實用油壓技術

篇 器 機

賴 耿 陽 譯著
復漢出版社印行

市川常雄 編

*Engineer's
Practical
Library*

工業實用技術

實用油壓技術

篇 器 機

賴 耿 陽 譯著
復漢出版社印行

市川常雄 編

*Engineer's
Practical
Library.*

中華民國七十四年五月出版

實用油壓技術機器篇

原著者：市川常雄

譯著者：賴耿陽

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號
郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

版權所有
翻印必究

平裝 一三一〇元
精裝 一六〇元

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

II

機器篇

實用油壓技術／目次

II、機器篇

第一章 油壓泵..... 1

1-1 概論.....	1
1.1.1 種類與性能.....	1
1.1.2 特性與效率.....	2
1.1.3 特性的無次元表示.....	5
1-2 齒輪泵.....	6
1.2.1 構造與種類.....	6
1.2.2 吐出量.....	9
1.2.3 閉入與其對策.....	10
1.2.4 軸承荷重與齒寬.....	12
1.2.5 壓力平衡.....	14
1.2.6 齒數.....	16
1.2.7 噪音.....	17
1-3 輪葉泵.....	19
1.3.1 概要.....	19
1.3.2 原理.....	19
1.3.3 分類與構造.....	19
1.3.4 基午公式.....	22
1.3.5 性能.....	26
1-4 活塞泵.....	28
1.4.1 分類與構造.....	28
1.4.2 活塞泵的機構特性.....	29
1.4.3 活塞泵的性能表示.....	
1.4.4 活塞泵的性能.....	34
1.4.5 部分性能.....	38
1-5 螺旋泵及其他.....	42
1.5.1 螺旋泵.....	42
1.5.2 其他泵.....	47

第二章 油壓引動器..... 49

2-1 一般.....	49
2.1.1 種類與性能.....	49
2.1.2 油壓馬達的特性與效率.....	49
2.1.3 油壓馬達特性的無次元表示.....	52
2.1.4 油壓馬達的動特性.....	53
2-2 齒輪馬達.....	56
2.2.1 構造與種類.....	56
2.2.2 轉矩.....	56
2.2.3 特性式.....	56
2.2.4 壓力平衡.....	59
2-3 輪葉馬達.....	63

2.3.1 概要.....	63	2.3.4 馬達基本式.....	64
2.3.2 原理.....	63	2.3.5 動特性.....	65
2.3.3 分類與構造.....	64	2.3.6 性能.....	66
2-4 活塞馬達.....	69		
2.4.1 分類與構造.....	69	示式.....	70
2.4.2 活塞馬達的機構特性.....	70	2.4.4 活塞馬達的性能...	72
2.4.3 活塞馬達的性能表		2.4.5 部分性能.....	74
2-5 搖動馬達.....	76		
2.5.1 種類.....	76	2.5.3 性能.....	84
2.5.2 構造及機能.....	77		
2-6 油壓圓缸.....	84		
2.6.1 種類.....	85	2.6.3 性能.....	98
2.6.2 構造及機能.....	85	2.6.4 保養.....	100

第三章 油壓傳動裝置..... 101

3-1 一般.....	101		
3-2 靜特性.....	102		
3.2.1 純油壓傳動裝置的基本式.....	102	分類與特性.....	103
3.2.2 純油壓傳動裝置的		3.2.3 油壓 - 機械式傳動裝置與特性.....	107
3-3 動特性.....	112		
3.3.1 振動特性.....	112	3.3.2 控制特性.....	113
3-4 實例.....	116		
3.4.1 基本回路.....	116	3.4.3 車輪行使動力的傳動裝置.....	120
3.4.2 對一般機械的應用	118		

第四章 油壓控制閥..... 123

4-1 一般.....	123		
4.1.1 油壓控制閥的用途與功能.....	123	4.1.2 油壓控制閥的種類	124
4-2 閥的力學.....	124		
4.2.1 閥的流量係數.....	124	4.2.4 閥的振動.....	134
4.2.2 短管閥的推力.....	127	4.2.5 液壓鎖.....	135
4.2.3 圓錐閥的推力.....	131		

4-3	壓力控制閥	136
4.3.1	種類與構造	136
4.3.2	放洩閥的特性	138
4-4	流量控制閥	141
4.4.1	種類與構造	141
4.4.2	性能	142
4-5	方向控制閥	146
4.5.1	種類與構造	146
4.5.2	性能	146
4-6	噴嘴擋葉與噴射管	149
4.6.1	噴嘴擋葉	149
4.6.2	雙噴嘴擋葉	150
4.6.3	噴射管	150
4-7	伺服閥	151
4.7.1	伺服閥的用途與性能	151
4.7.2	噴嘴擋葉的特性	152
4.7.3	反饋	154
4.7.4	伺服閥的處理	156
4-8	流體邏輯元件	157
4.8.1	純流體放大元件	157
4.8.2	純流體邏輯元件	159

第五章 積蓄器 161

5-1	概要	161
5.1.1	形式	161
5.1.2	各形式的特色	161
5-2	應用例	162
5-3	容量的求法	162
5.3.1	衝擊壓力的吸收	162
5.3.2	脈動的吸收	164
5.3.3	能量積蓄及其他	165

第六章 過濾器 167

6-1	概要	167
6-2	作動油的污物與其影響	168
6.2.1	污物的發生源	168
6.2.2	污物的影響	168
6-3	過濾器的性能	169
6.3.1	可過濾的污物的大 小(過濾能力)	169
6.3.2	濾材的強度(壓力 損失)	169
6.3.3	污物的吸收量	170
6.3.4	過濾效率	171
6.3.5	耐壓	171
6-4	過濾器規格表應具備的條件	172

第七章 管與管接頭	173
7-1 管的種類	173
7-2 接頭的種類	174
7.2.1 接頭的材料	174
7.2.2 接頭的安裝部	176
7.2.3 接頭的形狀及種類	177
7-3 配管的計算	182
7-4 配管設計，工事的注意事項	183
第八章 密封裝置	186
8-1 密合墊、襯墊的種類	186
8-2 密合墊的設計與問題點	186
8.2.1 密合墊的設計與問題	186
8.2.2 襯墊的設計與問題點	189
8-3 壽命、可靠性	196
第九章 油冷却器	197
9-1 概要	197
9-2 油箱的自然冷却	197
9.2.1 對流所致者	197
9.2.2 輻射所致者	199
9-3 相對於發生熱量的油冷却器容量決定法	200
第十章 油壓單元等	208
10-1 概要	208
10-2 油壓單元的構造	210
10-3 從需要輸出、熱計算決定油壓單元諸元的方法	211
10-4 設計製作時的注意事項	215
10-5 增壓器	216
第十一章 油壓機器的保養	217
11-1 油箱的保養	217
11-2 泵及吸入管側的保養	217
11-3 控制閥的保養	218
11-4 圓缸的保養	218
11-5 其他	218

第一章 油壓泵

1.1 概 論

1.1.1 種類與性能

油壓泵的種類、壓力、吐出量、最高旋轉數及全效率如表 1.1 所示；表 1.2 比較使用各種油壓泵時應注意的事項。

表 1.1 油壓種類與性能

種 類	壓 力 〔kg/cm ² 〕	吐 出 量 〔l/min〕	最高旋轉數 〔rpm〕	全 效 率 〔%〕
齒輪泵	20 ~ 175	2 ~ 1170	1800 ~ 7000	75 ~ 90
輪葉泵	20 ~ 175	2 ~ 950	2000 ~ 4000	75 ~ 90
軸向活塞泵	140 ~ 500	1 ~ 1350	600 ~ 6000	85 ~ 95
徑向活塞泵	100 ~ 320	20 ~ 700	700 ~ 1800	80 ~ 92
螺旋泵	5 ~ 175	3 ~ 9100	1000 ~ 3500	70 ~ 85

表 1.2 油壓泵的比較

	齒 輪 泵	輪 葉 泵	活 塞 泵
軸承壽命	軸承受到很大的負荷，所以壽命不長。	為壓力平衡式，軸承不受負荷，所以壽命長。	軸承受到很大的負荷，所以通常用數個軸承。
對塵污的敏感性	間隙很大，所以塵污的影響很小。	間隙小，所以對細小塵污也很敏感。	高壓、間隙小，對塵污最敏感。
零件與保養	零件數少，構造最簡單，零件的互換性不良。	零件數多，需要高精度加工，零件的互換性良好。	零件數多，構造複雜，加工精度最高，零件互換性不良。
油黏性的影響	不大敏感，適性範圍大，却影響效率。	較敏感，適性範圍小，不大影響效率。	敏感，適性粘度範圍小對效率的影響小。
吸入性能	容許真空度大，吸入性能良好。	不容許大真空度。	容許真空度小，常需要預壓。
價格	通常廉價	稍貴於齒輪泵。	價格最貴。

1.1.2 特性與效率

a. 吐出量與容積效率

設油壓泵每旋轉1次排開的容積為 V_p ，每秒旋轉數為 n ，則單位時間的理論吐出量為

$$Q_{th} = V_p n \quad (1.1)$$

但若考慮間隙的漏量 ΔQ ，則實際的吐出量以下式表示（圖1.1）

$$Q = Q_{th} - \Delta Q \quad (1.2)$$

因而容積效率用下式表示

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{th}} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{th}} \quad (1.3)$$

設油壓泵的出口與入口之壓力差為 P ，油的黏度為 μ ，則間隙的漏量可用下式表示

$$\Delta Q = C_s V_p \frac{P}{\mu} \quad (1.4)$$

上式的 C_s 為洩漏係數，乃取決於泵的構造，尺寸的常數，將式(1.1)、(1.4)代入式(1.3)，則成

$$\eta_v = 1 - C_s \frac{P}{\eta n} \quad (1.5)$$

η_v 為無次元量 $\mu n/P$ 的函數（圖1.2）

b. 轉矩與轉矩效率

不計摩擦所致的轉矩損失時，在泵軸的理論轉矩成為

$$T_{th} = \frac{P V_p}{2 \pi} \quad (1.6)$$

但若考慮摩擦所致的轉矩損失 ΔT ，則實際的轉矩成為（圖1.1）

$$T = T_{th} + \Delta T \quad (1.7)$$

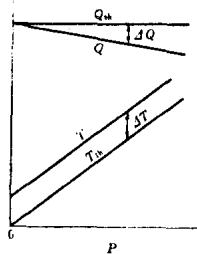


圖 1.1

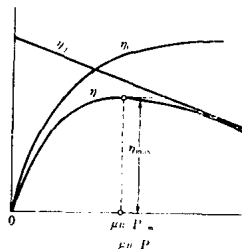


圖 1.2

因而轉矩效率成爲下式

$$\eta_T = \frac{T_{th}}{T} = 1 / \left(1 + \frac{\Delta T}{T_{th}} \right) \quad (1.8)$$

摩擦所致的轉矩損失 ΔT 通常以下式表示

$$\Delta T = \frac{V_p}{2\pi} (C_d \mu n + C_f P) \quad (1.9)$$

上式的 C_d, C_f 爲摩擦係數，乃取決於油壓泵的構造和尺寸的常數，將式 (1.6) (1.9) 代入式 (1.8)，則成

$$\eta_T = 1 / \left(1 + C_d \frac{\mu n}{P} + C_f \right) \quad (1.10)$$

因而如圖 1.2 所示，泵的轉矩效率也是無次元量 $\mu n/P$ 的函數。

c. 動力與全效率

完全不考慮損失時，油壓泵的理論動力

$$L_{th} = P Q_{th} = 2 \pi n T_{th} \quad (1.11)$$

但是實際的軸動力爲

$$L = 2 \pi n T \quad (1.12)$$

泵實際賦予油的動力爲

$$L_o = P Q \quad (1.13)$$

因而泵的全效率可表成下式

$$\eta = \frac{L_o}{L} = \frac{Q}{Q} = \frac{T_{th}}{T} = \eta_v \eta_T \quad (1.14)$$

將式 (1.5) (1.10) 代入上式，得

$$\eta = \frac{1 - C_s \frac{P}{\mu n}}{1 + C_d \frac{\mu n}{P} + C_f} \quad (1.15)$$

如圖 1.2 所示， η 也是 $\mu n/P$ 的函數。

使泵的全效率 η 成爲最大的 $\mu n/P$ 值可從式 (1.15) 求出

$$\left(\frac{\mu n}{P}\right)_m = C_s \left(1 + \sqrt{1 + \frac{1 + C_f}{C_s C_d}}\right) \quad (1.16)$$

而且 $C_s C_d \ll 1$ ，所以上式可近似化如下

$$\left(\frac{\mu n}{P}\right)_m \doteq \sqrt{\frac{C_s}{C_d}} (1 + C_f) \quad (1.17)$$

$\mu n/P$ 成爲 $(\mu n/P)_m$ 時的最大全效率 $\eta_{\max}$ 可表成下式

$$\begin{aligned} \eta_{\max} &= \frac{1}{1 + C_f + 2 C_d (\mu n/P)_m} \\ &\doteq \frac{1}{1 + C_f + 2 \sqrt{C_s C_d} (1 + C_f)} \end{aligned} \quad (1.18)$$

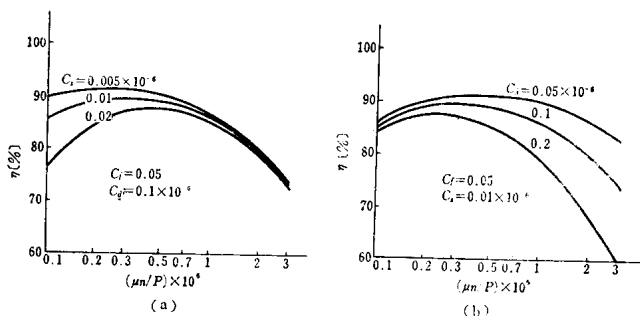


圖 1.3

圖 1.3 例示全效率因洩漏係數 C_s 及摩擦係數 C_d 而變化的情形，圖(a)是 C_d 一定而改變 C_s 時的影響，圖(b)是 C_s 一定而改變 C_d 時的影響，圖 1.4 例示 $\eta_{\max}$ 與 $C_s C_d$ 的關係，油壓泵的 C_s ， C_d ， C_f 之值大致爲表 1.3 的程度。

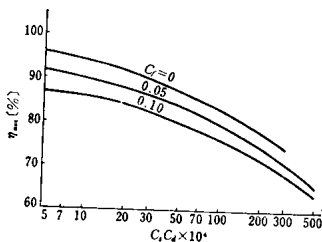


圖 1.4

表 1.3 C_s, C_d, C_f 之值

種 類	C_s	C_d	C_f
齒輪泵 輪葉泵	$(0.2 \sim 1) \times 10^{-7}$	$(2 \sim 7) \times 10^{-4}$	$0.04 \sim 0.1$
轉向活塞泵	$(0.008 \sim 0.15) \times 10^{-7}$	$(5 \times 18) \times 10^{-4}$	$0.01 \sim 0.04$

1.1.3 特性的無次元表示

在一個油壓泵中，壓力 P 、旋轉數 n 、油的黏度 μ 等運轉狀態改變時，最好能推定吐出量 Q 、軸轉矩 T 、軸動力 L 等如何變化；爲了推定各種運轉狀態的特性，需要特性的無次元表示；而且，整理不同 P, n, μ 的實驗結果時，特性的無次元表示也很管用。

對於吐出量，可從式 (1.2) (1.4) 得

$$Q = V_p n - C_s V_p \frac{P}{\mu}$$

$$\therefore \frac{Q}{V_p n} = 1 - C_s \frac{P}{\mu n} \quad (1.19)$$

因而無次元吐出量 $Q/V_p n$ 成爲無次元量 $P/\mu n$ 的 1 次函數。

對於軸轉矩，從式 (1.7) (1.9) 得

$$T = P \frac{V_p}{2\pi} + \frac{V_p}{2\pi} (C_d \mu n + C_f P)$$

$$\therefore \frac{T}{\mu n V_p / 2\pi} = (1 + C_f) \frac{P}{\mu n} + C_d \quad (1.20)$$

因而無次元轉矩 $T/\mu n V_p / 2\pi$ 也成爲 $P/\mu n$ 的 1 次函數。

軸動力成爲

$$L = 2\pi n T$$

$$\therefore \frac{L}{\mu n^2 V_p} = (1 + C_f) \frac{P}{\mu n} + C_d \quad (1.21)$$

與式 (1.20) 完全一致。

上示關係如圖 1.5 所示，以圖示的方法整理實驗值，則從圖可容易推定任意運轉狀態的特性。

在相似的油壓泵中，關於其大小（ V_p ）變動時的特性， C_s 、 C_d 、 C_f 的尺寸效果（ V_p 所致影響）尚未究明，所以上示諸式需要若干修正。

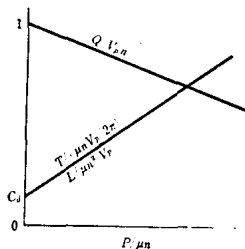


圖 1.5

1.2 齒輪泵

1.2.1 構造與種類

齒輪泵的原理如圖 1.6 所示，兩齒輪在齒輪箱內互相嚙合，隨著齒輪的旋轉，在吸入口、進入齒槽的油沿齒輪箱內面，送入吐出口而賦予壓力。

齒輪泵的構造通常如圖 1.7、圖 1.8 所示，各部名稱如表 1.4 所示，齒輪側面的側板有圖 1.7 所示的固定型與圖 1.8 所示的可動型，在圖 1.8 的可動型中，側板與滑動軸承作成一體，不過可動型側板常用滾針軸承，側板因作用於其背面的油壓力而常接觸齒輪側面。

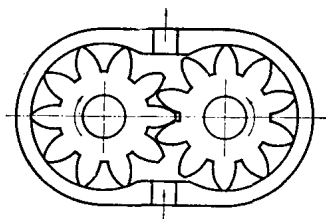


圖 1.6 齒輪泵

a. 齒形

齒形通常是用漸開線齒形，其他齒形也可用；漸開線齒輪容易加工，易高精度製作，容易測定，所以最廣用；嚙合率通常在 1 以上，嚙合部會發生閉入，故須設離隙溝；也有使兩齒輪恒在一點接觸的特殊連續曲線齒形（圖 1.9），例如正弦曲線、缺圓、缺橢圓齒輪等。

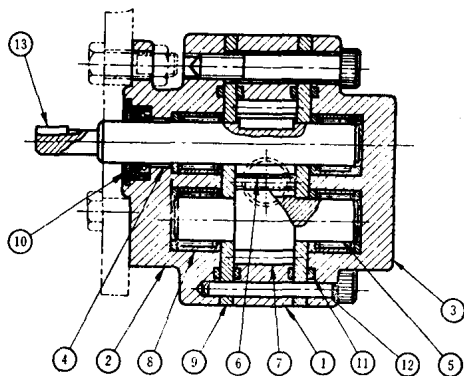


圖 1.7 側板固定型齒輪泵

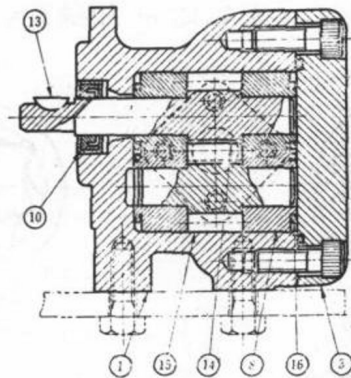


圖 1.8 側板可動型齒輪泵

表 1.4 齒輪泵零件名稱

番號	名稱	番號	名稱	番號	名稱
1	齒輪箱	7	從動齒輪	13	鍵
2	驅動部蓋	8	軸承	14	驅動齒輪
3	蓋	9	側板	15	從動齒輪
4	驅動軸	10	軸墊	16	調整墊
5	從動軸	11	襯墊	17	補助軸承
6	驅動齒輪	12	導銷		

b. 外接與內接

除了圖 1.6 ~ 1.8 所示外接啮合齒輪之外，也可用圖 1.10、1.11 所示的內接啮合的齒輪；內接時代為小型，兩齒輪在同一方向旋轉，所以齒輪的滑動速度小，噪音也少，吐出量及吐出壓力的脈動少，一航常用於 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下的壓力；圖 1.12 是要使各部份的壓力平衡，送出 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 高壓的內接齒輪泵。

c. 正齒輪與螺旋齒輪

除了齒條平行於軸的正齒輪之外，也可用齒條不平行於軸的螺旋齒輪，但螺旋齒輪會發生的方向的推力，故常用圖 1.9 所示的人字齒輪；人字齒輪連續啮合，所以啮合的聲音小。

從一塊胚料裝作人字齒輪時，齒寬中央部的精度不良，大都分別加工兩

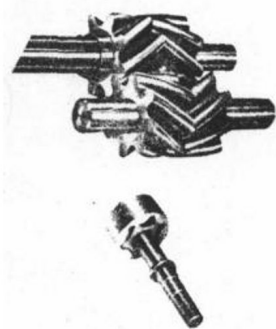
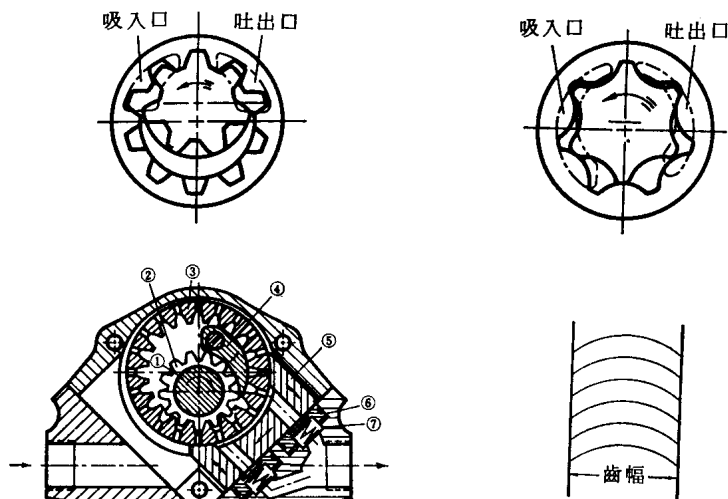


圖 1.9 特殊齒形齒輪泵

螺旋齒輪後結成人字齒輪；在圖 1.13 所示的圓弧齒條齒輪中，可連續以高精度加工一齒條。



①驅動軸，②小齒輪，③內齒輪，④半月形隔片
⑤內齒輪支持用調整活塞，⑥半徑方向壓力平衡
用活塞，⑦彈簧。

圖 1.12 高壓內接齒輪泵

圖 1.13 圓弧齒條齒輪

d. 齒輪的數目

齒輪泵的齒輪數目未必為 2 個，如圖 1.14 所示，也有的用 3 個以上的齒輪；也有的把兩個齒輪形式的普通齒輪泵兩組以上配置於同軸上，並列運轉，圖 1.15 為二連齒輪泵例。

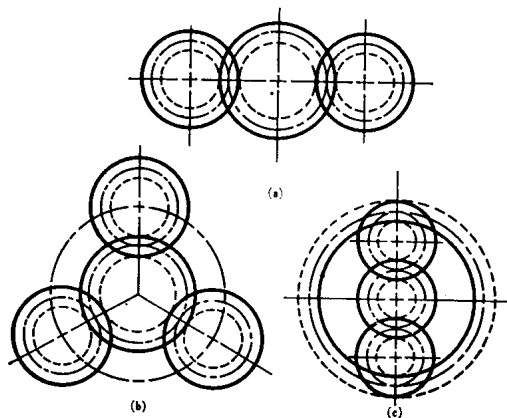


圖 1.14 3~4 齒輪的泵

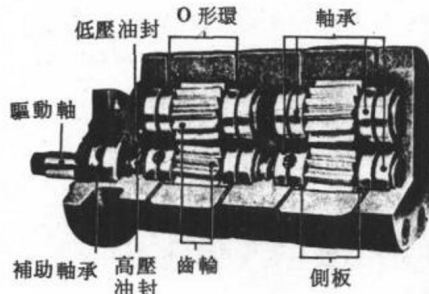


圖 1.15 二連齒輪泵

圖 1.16 是將內接的齒輪泵 3 個直列配置，可輸出 360 kg/cm^2 高壓的三段齒輪泵。

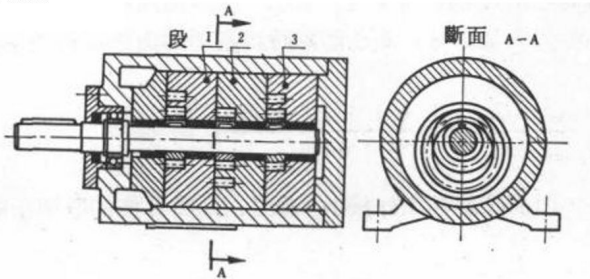


圖 1.16 三段齒輪泵

1.2.2 吐油量

漸開線齒形的泵每旋轉 1 次所排開的容積可用下式表示：

$$V_p = \frac{\pi b}{2} \left\{ \frac{D_2^2 + i D_2'^2}{2} - 2 \frac{i}{1+i} A^2 - \frac{1+i}{6} t_0^2 - \frac{1+i}{6} b^2 \tan^2 \beta_g \right\} \quad (1.23)$$

其中， D_2, D_2' 為驅動齒輪與從動齒輪的外徑， i 為兩齒輪之齒數比（ $= z/z'$ ）（內接時為負）， A 為齒輪中心距離， t_0 為軸直角斷面齒形的法線節距， β_g 為基礎圓筒上的螺旋角。

兩個齒輪彼此相等時，在式（1.22），設 $D_2 = D_2'$ ， $i = 1$ ，成為

$$V_p = \frac{\pi b}{2} \left(D_2^2 - A^2 - \frac{1}{3} t_0^2 - \frac{1}{3} b^2 \tan^2 \beta_g \right) \quad (1.23)$$

標準正齒輪時，若不計背隙的影響，設模數為 m ，工具壓力角為 α_n ，齒直角法線節距為 t_n ，則成