

# 排水抽水機之選擇

## Selection of Drainage Pump

方根壽著\*

王如意譯\*\*

### 前言

本文為應美國農業工程學會抽水機排水委員會於1963年2月之函邀而作。文內提供有關水力學方面之基本知識，期使從事排水工作之人員、工程師以及非工程人員等，易於適當選用抽水機。為達此目的，乃提示若干新概念之圖表與數據，以供查用。然為立此項抽水機選擇之概念與制度，敬希專家、學者多賜批評與建議，亦係筆者於年會提出本文之至意。

### 一、控制離心式 (Centrifugal)、螺旋式 (Propeller) 及混合流式 (Mixed Flow) 抽水機之基本原理

1. 速率 (Speed) 變化影響工作性能之改變：  
對一固定抽水機當其滾動速率 (Running speed) (N) 加倍時，其容量 (Q) 亦將加倍，水頭 (H) 將增大4倍，功率 (P) 將增大8倍，此為 Affinity 定律。

$$Q \propto N \dots\dots\dots (1)$$

$$H \propto N^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$P \propto N^3 \dots\dots\dots (3)$$

速率影響抽水機之工作性能甚大，因之，使用者應了解 Affinity 氏定律之重要性。以下為常見之兩種應用類型。

(a) 當轉動輪速率增大或減小時，估計其工作性能。

(b) 當抽水情況改變時，估計產生此工作性能所需之新速率。

2. 幾何相似抽水機間之工作性能關係：

當推輪 (Impeller) 直徑 (D) 加倍時，容量將增大8倍，水頭將增大4倍，功率將增大32倍，此為 Model 定律。

$$Q \propto D^3 \dots\dots\dots (4)$$

$$H \propto D^3 \dots\dots\dots (5)$$

$$P \propto D^5 \dots\dots\dots (6)$$

3. 由於推輪修改而影響工作性能之改變：

推輪直徑因為減少水頭與容量之需要而須加以修改。估計此一修改推輪之工作性能並無精確科學上之定則可資遵循。但微量之修改，(即小於10%者)，其影響結果認為與速率改變之影響相同。

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \dots\dots\dots (8)$$

4. 串連操作或平行操作 (Operated in series or in parallel)：

當兩個或多個抽水機串連操作時，其容量保持與單一者相同，而總水頭則為所有單一抽水機之和。當平行時，水頭不變，而容量則為所有單一抽水機之總和。故於排水抽水機，通常須要高容積與低水頭。故須有數個單一抽水機平行操作以處置較大之排水量。

依據上述之原理，任何水頭與任何容量則可任由組合以應吾人之需要。

### 二、抽水機之種類及其性能

用於農田排水之抽水機，通常需用低水頭後大流量。因此，螺旋式及混合流抽水機應為最常選用者。僅在某些特殊情況下，如水頭大於50呎，容積低於1,000 每分加侖 (GPM)，則選用渦輪式抽水機或離心式抽水機，較為有利。

圖1為一分配圖表，指示每一抽水機所佔據之一般區域，以寬帶代替尖線劃分，蓋因抽水機間有值得考慮之重疊。

圖2表示抽水機三種主要之推輪型式，於水理上，彼等均屬於同類，彼此間係以比速 (Specific Speed) 予以區別。

\*美國俄亥俄州沙蘭市 (Salem) 克蘭公司 (Crane Co.) 黛明分公司 (Deming Devision) 渦輪抽水機主任工程師。  
1965年美國農業工程學會年會論文。

\*\*臺灣大學農工系助教。

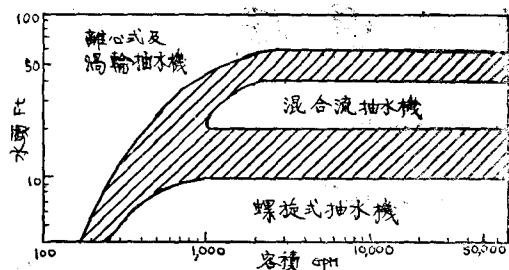


圖 1：分配圖表指示每一類型抽水機所佔據之一般區域。以寬帶分割表示抽水機間值得考慮之重疊。

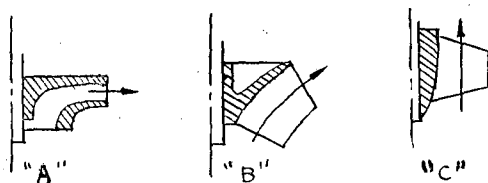


圖 2：比速為此三類推輪式排水抽水機之主要異差。

$$N_s = \frac{RPM \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (9)$$

上式中  $Q$  為容量（每分加侖）， $H$  為水頭（呎）。 $Q$  與  $H$  兩者皆取決於最佳效率點（Best Efficiency Point 簡稱 B. E. P.）。比速為一型數（Type Number）。對於相同之抽水機， $N_s$  勿論其運轉速率若何而均相同。自  $N_s$  為 500 至 15,000 間數字之改變關係抽水機性能之改變。為便利計，茲分離心式抽水機為三組如下：

- (a) 輻流式 (Radial Flow) 或離心式抽水機
- (b) 混合流式抽水機
- (c) 軸流式 (Axial Flow) 或螺旋式抽水機

圖 3 與 4 圖表示不同組抽水機以百分率為基準之  $H-Q$  曲線與制動馬力 (BHP) 之曲線形狀。由此可見螺旋式抽水機向着緊閉點 (Shut-off Point) 或曲線交點有一較為高陡之  $H-Q$  與 BHP 曲線，離心式抽水機者曲線較平坦，而混合流抽水機則界於其間。基此理由，螺旋式抽水機及某些混合流式抽水機不適於低容量之運轉，亦不適在門閥 (Discharge Valve) 關閉時啟用。在選擇運轉器之尺寸時，高陡之 BP 性能宜加以考慮。同理，對於螺旋式抽水機之應用，為減少較高馬力之影響問題而在其彎管 (Elbow) 處安裝一旁門閥 (By-pass Valve)，則甚為必要。同樣有許多以喉頭控制直接連接至一水平設備而用甚多內燃機操作之排水站有與水位相連之自動操作設備，

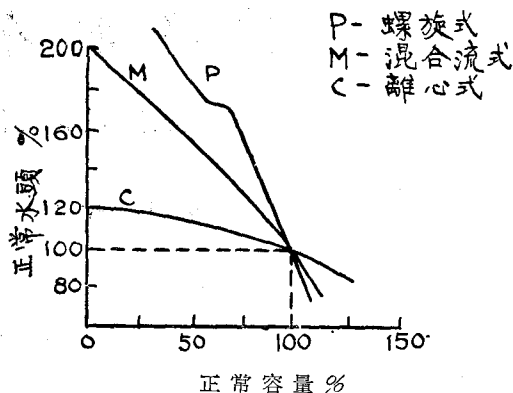


圖 3：不同比速之  $H-Q$  曲線形狀

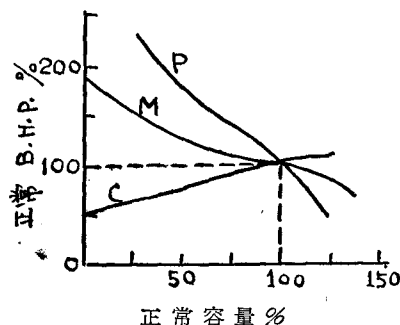


圖 4：不同比速之 BHP 曲線形狀

即排水位降低，引擎運轉即自動緩慢，馬力亦減，需排之水位增高，運轉加速，馬力加大，排水量亦增。

甚多之離心式抽水機與深井渦輪式抽水機有一非超載荷 (Non-overloading) 之特色，最大 HP 發生於最佳效率之範圍內。運轉器可大至使條件點 (Condition Point) 在全部曲線之最高點。 $N_s$  較低之抽水機，即在 1,000 以下者，對排水之任務難以達成，故須增加馬力以提高其容量。

圖 5 (a) 及 (b) 分別表示效率，容量與水頭變化之關係，對於容量變化，離心式抽水機則包含一較廣之跨度；至於水頭之變化，參閱圖 5 下圖可見螺旋式抽水機有一較寬之跨度。

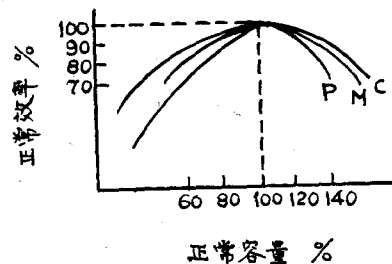


圖 5：不同比速之效率跨度上由於容量變化

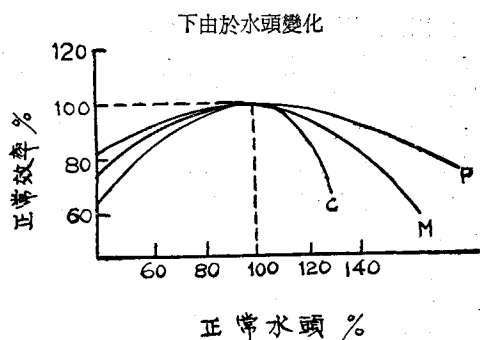


圖 6 表示設計者可以預期其抽水機之可能效率。此效率與比速及抽水機尺度有關，吾人宜注意者， $N_s$  較高時，其效率乃低。 $N_s$  超過 15,000 其效率可

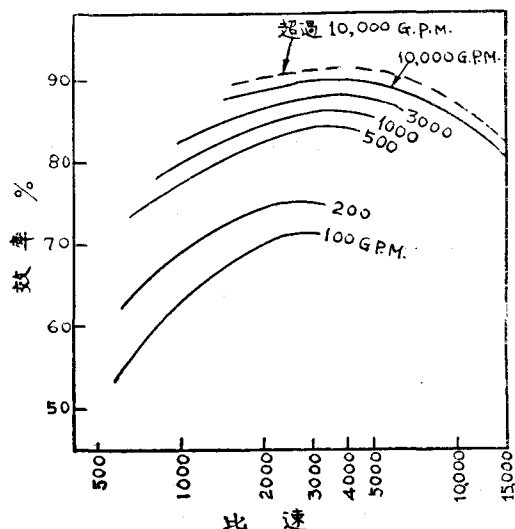


圖 6：抽水機可獲得效率與比速之對比

能降低。在此情況下兩個或多個單一抽水機平行操作，將較一個較大之抽水機單獨操作者為佳。

### 三、如何選擇一抽水機

#### 1. 工地環境條件決定選用抽水機之種類

如前論述，屬於各種不同種類抽水機之  $H-Q$ ， $BHP$  及效率曲線有其固有之形狀，設計者無能使之更改，亦不能為使用者做為選擇抽水機之規範，而須取決於工地環境之條件。通常一定種類之抽水機以水頭與容量表示之較佳，對於選擇亦較簡易。此以下例示之：

對一 16 呎水頭，10,000 每分加侖容量之排水，選用  $N_s$  10,000 之螺旋式抽水機，其速率為每分 800 轉 (RPM)，選用  $N_s$  6,000 之混合流式抽水機，其

速率每分 480 轉，選用  $N_s$  2,000 之離心式抽水機，速率僅有每分 160 轉。每分 480 轉與每分 160 轉兩種對馬達或引擎皆為非實用之速率。低速率時之抽水機與運轉器較大，其費用必大為增加。依此例，一螺旋式抽水機為最佳之選擇乃顯而易見，至較高之  $HP$  與在低容量時稍有操作不穩之現象，然無大礙。

對於相同容量，如水頭需要較大，則選用混合流式或離心式抽水機較佳。

一排水站之設立，除上述之水頭容量關係外，尚須依據抽水效率之變化，每畝每分加侖水量之變化等，影響之因子殊多，並包括不可預測之氣候因子在內，故須多方考慮之。

為促使其在需要上之機動性 (Flexibility)，不同速率之運轉器與複合抽水機裝置或須加以考慮。譬如兩個抽水機，一者為另者容量之半，能够一起操作或各別操作而獲得一良好範圍之流入量。對一大裝置，可適宜採用有不同間距 (Pitch) 價格昂貴之螺旋式抽水機。如是抽水機，由於改變推進器葉輪 (Blade) 之間距而有較寬範圍之容量，故將給予良好效率。對於一引擎運轉單元，抽水機工作性能由於變換速率而變異較易。水面高低自動控制法 (Methods of Flow Level Control) 有助於水位變化較顯著之處。

#### 2. 速頭與經濟條件 (Velocity Head and Economy):

圖 7 表示不同管路大小與容量對速頭之關係。對一低揚抽水機 (Low Lift Pump)，速頭在決定管路之尺寸為一重要因素，由於流量大小與抽水機尺寸

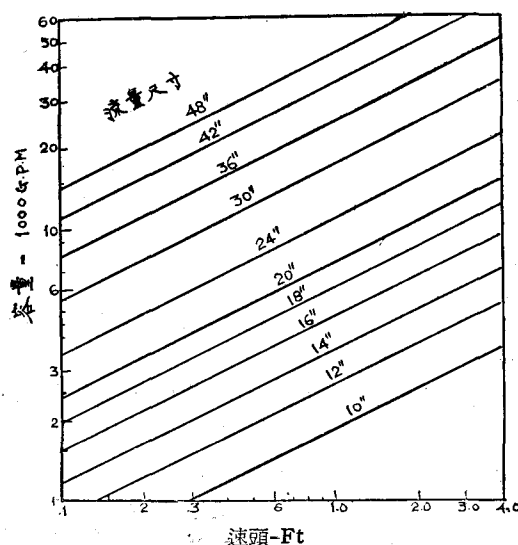


圖 7：速 頭

對於螺旋式抽水機大致相當。故速頭之考慮，實質上在選擇抽水機尺寸時仍為關鍵所及。舉例如下：

|                                              |            |            |             |            |
|----------------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|
| 需要容量                                         | 10,000 GPM |            |             |            |
| 靜水頭                                          | 15 Ft      |            |             |            |
| 摩擦損失不計                                       |            |            |             |            |
| 吾人可得不同流量管路之不同總動力水頭 (Total Dynamic Head) ，如下： |            |            |             |            |
| 流量大小(或抽水機尺寸)                                 | 16''       | 18''       | 20''        | 24''       |
| 總抽水水頭                                        | 16         | 16         | 16          | 16         |
| 速頭                                           | <u>4.3</u> | <u>2.6</u> | <u>1.75</u> | <u>.83</u> |
| 總動力水頭(TDH)                                   | 20.3       | 19.6       | 17.75       | 16.83      |
| TDH 比值                                       | 1.20       | 1.10       | 1.05        | 1.00       |

表 1：螺旋式選擇圖表之一樣式  
(14-1160表示轉速1160RPM之14吋螺旋式抽水機)  
容 量-GPM

| TDH | 1000              | 2000               | 3000                        | 5000                         | 7000                        | 10,000            | 20,000           | 30,000           |
|-----|-------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 5   | 8-1750            | 10-1750<br>12-1160 | 12-1160<br>14-870<br>16-700 | 14-1160<br>16-700<br>18-580  | 18-870<br>20-700<br>20-580  | 20-870<br>24-700  | 30-580<br>30-500 | 30-500<br>36-435 |
| 10  | 8-1750<br>10-1160 | 10-1750<br>12-1160 | 12-1750<br>14-870           | 12-1750<br>14-1160<br>16-870 | 16-1160<br>18-870<br>20-700 | 20-870<br>24-700  | 30-580<br>36-435 | 36-500<br>36-436 |
| 15  |                   | 10-1750            | 12-1750<br>14-1160          | 14-1750<br>16-1160           | 16-1160<br>18-1160          | 20-1160<br>24-700 | 30-700           | 36-580<br>36-500 |
| 20  |                   |                    | 12-1750                     | 14-1750<br>16-1160           | 18-1160                     | 20-1160           | 30-700           | 36-580<br>42-390 |
| 25  |                   |                    |                             |                              | 18-1160                     | 20-1160           |                  | 42-580           |

之螺旋式抽水機選擇圖表之例樣。對於需要之水頭與容量，由此圖表將可定出抽水機之尺寸與速率。其他型式之選擇圖表，自亦有效。

對於同樣型式之抽水機，一家製造商製造之尺寸與其他廠商製造者相似，並非完全相等，則可謂其相同。而不同型式但尺寸相等之抽水機，則有完全不同之意義。一螺旋式抽水機之尺寸通常指定流量管路之大小。即一 12 吋抽水機將運用12吋流量之管路。一深井渦輪抽水機將指定其井口之大小，所以，一 12 吋渦輪將放入一12吋井口，而其流量管路必須有一種或二種較小尺寸者。對於離心式抽水機，其尺寸指定流量管口接頭 (flange) 之大小，其推輪之直徑可能較此尺寸大出甚多。故一12吋之離心式抽水機較12吋深井渦輪抽水機大出甚多。

#### 四、排水抽水站之大小 (Sizes of Drainage Pumping Plants)

抽水站之大小可以分為三組：

|     |                    |
|-----|--------------------|
| 小 站 | 低於 4,000 GPM       |
| 大 站 | 4,000 至 30,000 GPM |
| 特大站 | 高於 30,000 GPM      |

現假定全部四支管路，16吋、18吋、20吋及24吋，在其相應之條件點上有相同之效率，而後其功能消耗與上示 TDH 比值將是相同。對一 16 吋抽水機而言較一 24 吋者需要 20 %更多之能量。從能量損耗與設備費用，有關人士即可決定在此特例中何者最為經濟。在實用上，四種抽水機通常在效率上如上述有某些差異。另宜考慮管壁及彎管之摩擦損失，不可將之忽略不計。因之，對於抽水機尺寸之選擇，宜包括上例及摩擦損失之計算，綜合研究計算，以作最後之最佳選擇。

#### 3. 諮詢抽水機製造商及其文獻

抽水機製造商，通常均有抽水機之水頭與容量之組合性質曲線，殆無疑問。表 1 表示由某些公司繪出

由於一排水抽水機之水頭變異範圍不大，故上述理論以容量區分，將給吾人對選站之大小有一良好指示。正確之分界並非重要，故上述之分類能使吾人對不同大小之抽水機具一概念。所謂「小站」，大致相當於抽水機製造商所付予之包裝單位，其選擇相當簡易。農民所使用之排水抽水機為應須要乃由當地小機械工場所製造。為求較低價格，對於效率與品質退永其次。

特大之抽水站，因為抽水機過大，必須特別設計。通常以模型試驗決定其工作性能。至於廠地試驗及工地試驗甚為困難且耗費甚巨。一般農業工程師多不可能做此種特大尺寸抽水機之設計及抉擇。

界於小站與特大站者，即為大站，是為吾農業工程師常遇之問題，亦即為吾人應當注意研究之問題。

#### 五、誌 謝

本文之作成，承蒙低揚抽水機製造人 John L. Dicmas 先生 (Cascade Pump Company 主任工程師) 詳校原稿並提供有價值之建議，特此致謝。