

# 污 泥 泵 的 選 用

顏 子 鎮 \*

## 摘 要

在許多包含污泥輸送在內的污染控制計劃中，對於處理流程內的污泥加以處理以利輸送，變得愈來愈普遍。一般工程人員，可能不常遇到污泥泵的選用設計，但是如果對於污泥泵不當的選用，不但增加處理費用，且可能導致不良後果。本文旨在說明使用污泥泵的適當時機，設計上較重要的特色，以及選用應考慮的其他條件。並進而討論使用過程中的各種問題，以作為諸位在選用污泥泵時之參考。

### 一、污泥泵的適當使用時機

在決定採用何種型式的污泥泵之前，吾人對於「污泥」一辭，應加以確切的定義。污泥係由固體和液體以各種不同混合比例所組成。現暫且不論學術上對污泥所下的定義。我們希望提供一廣義而具功能性的定義：「任何型式的固體、液體混合液，如因負荷過大或衝擊過重，以致造成機械之磨損、阻塞、甚或故障，該混合液吾人稱之為污泥」。

某些情況下，考慮選用污泥的「時機」，往往是多餘的。通常，吾人使用污泥泵移除必然的污泥——諸如礦渣或化學濃縮物質時，必須特別審慎地設計與製造污泥泵，以提供足夠的強度抵抗磨損及固體殘渣之排除能力。

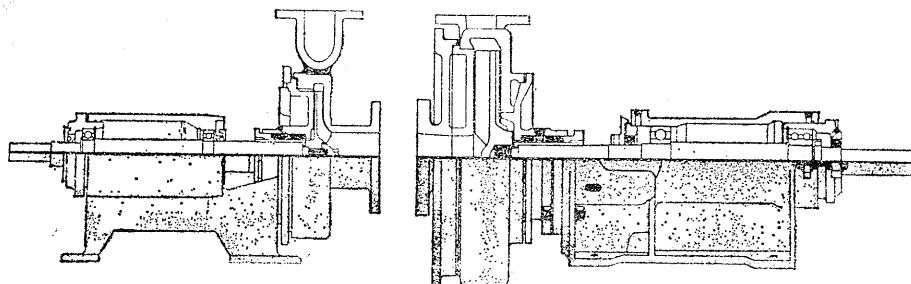
如欲從含砂量高的河川抽汲大量的水以供冷卻水之用時，究竟應採用何種型式的泵以配合之？遇此情況，吾人可視為「偶發性」泥漿，水的運送才是泵運轉之主要目的。雖然固體物質之出現非經常性，甚且有時根本不預期會出現。但是，如果型式選擇錯誤，可能造成額外的修護費用、零件補充和時間損失的成本。

選擇污泥泵的適當「時機」。淺言之：即若抽送水質超過一般自來水的固體質含量時，便是需考慮是否應採用污泥泵的時機。

### 二、標準污泥泵的特色

圖一說明，如何區分污泥泵和標準離心式泵的構造剖面。如就外型而言，除了污泥尺寸較大外，但就內部構造言，污泥泵實具有許多離心式泵所沒有的特色。

\* 治麟企業有限公司總經理（美國 MORRIS PUMP 臺灣總經銷）



標準離心式泵 汚泥泵

圖一 污泥泵與標準離心式泵構造圖

接液部零件的壁厚（如外殼、葉輪等）較傳統式離心泵為大。外殼上的分水角或渦形樺舌（外殼上洩咀之點）較不明顯，如此可減少磨損。於泵殼與葉輪之流量通路均需足夠大，方不致於使通過之固體物造成阻塞。為處理各種不同固體物，許多污泥泵均能有效提供合適的材質構造，足以克服磨損、侵蝕與衝擊之性能，並能推廣應用在各種近似的固體物質。

重要磨損區域，吾人可採用可替換之襯墊（Liners），以減少零件更換。中、小型污泥泵，其襯墊只裝於吸入側，至於磨損較大之泵，可在泵殼之輪殼部份增加額外之襯墊。在許多特殊用途上，常使用橡皮、陶瓷或其他之合成材料襯墊。

由於磨損會增大葉輪表面與吸入口襯墊的間隙，所以污泥泵的旋轉組合，應具有調整輪軸之功能，以維持設計所要求的空隙度。如果吾人要持續保持設計揚程；處理量和效率的話，此點是很重要的。其他特殊之性能，諸如超大之填料函，可更換之軸套筒與葉輪背翼，均需能運轉順暢，使固體物不致塞入污泥泵之填料函內。

無論徑向軸承或軸向推力軸承，污泥泵之軸承均採用比標準離心泵能負更重荷型之軸承，此乃為適應污泥所引起之強大離心力。雖然葉輪背翼是用來減低填料函之壓力，實際上也會減低輪軸之推力。在磨損力較大的作業中，這些背翼均可承擔相當大之磨損，因此軸承必須有能力承受其本身之推力。一般我們並不應用通過葉輪之平衡孔來減低輪軸之推力，因其會導致阻塞或加速葉輪之磨損。

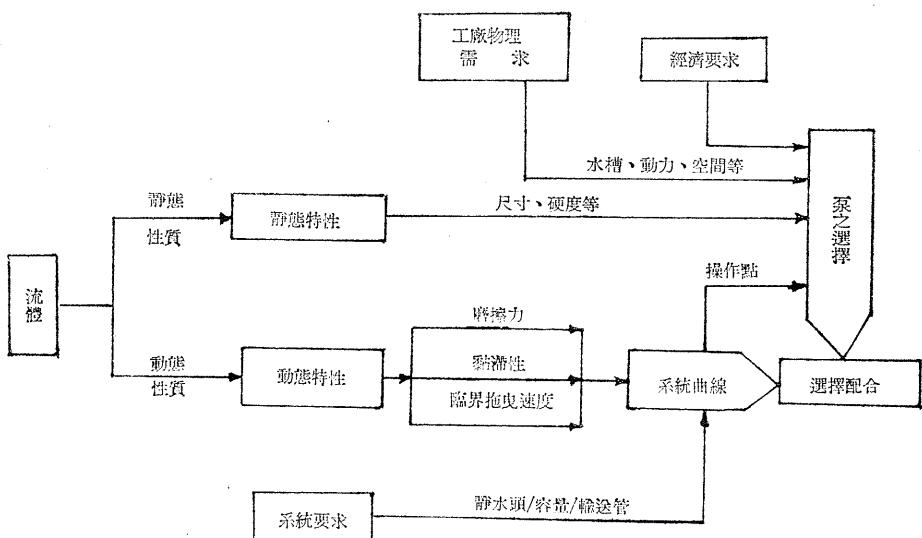
幾乎所有污泥泵之葉輪均較一般清水泵者為大，如此可減低旋轉速度。事實上，低速運轉是污泥泵減低磨損力的重要特性之一，經驗告訴我們，由於轉速（R.P.M.）的增加，將導致污泥磨損力的增加。

### 三、如何選用污泥泵

一旦決定需要使用污泥泵後，下一步驟即為選擇及如何正確地應用。雖其選用過程相當複雜，但可將其作業簡化如下：

- 1.由市場上所售許多不同種類的泵中，選出一組可能適用之泵。
- 2.從可能的容量和水頭關係，先行繪製系統曲線圖，可概略窺知所需泵之特性。
- 3.將泵操作曲線與系統曲線組合起來，以便作最後之選擇。

○ 污泥泵選用之邏輯圖（如圖二），描述了許多需要分析的資料來源，如此才能建立一組可供選用之泵，畫出系統曲線圖，並作成最後之組合。如果僅考慮一般用水之清水離心泵，則基本上所需考慮之要求為泵之揚程與容量而已。反之，選用污泥泵或處理固體物泵時，最先要考慮的是所抽送物質之特性，這包括從靜態與動態兩方面來考慮。



○ 圖二 污泥泵之選擇邏輯圖（顯示必須考慮的許多項目）

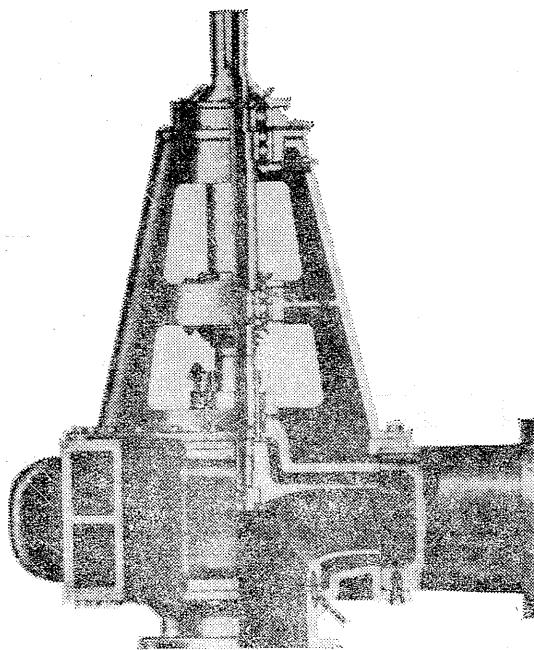
### 1. 污泥之靜態組成特性

從污泥靜態組成進行分析，能幫助吾人決定固體物之流通能力、磨損抗力、與泵所需之機械強度。靜態特性中最重要之因素，可歸納為下列四項：

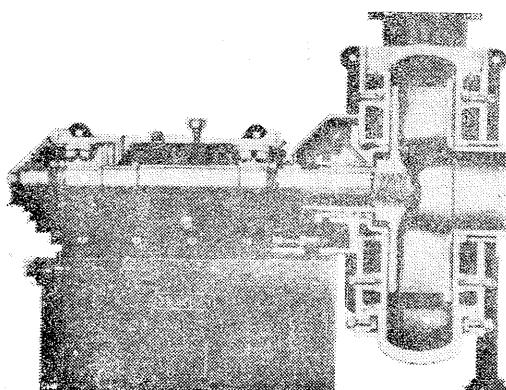
- (1) 固體物之大小——泵必須處理多大之固體顆粒？這些固體物之大小彼此相近，抑或差別很大？
- (2) 固體物之性質——它們是軟或硬，是稀或是濃，是圓或不規則，是具有磨損性還是具侵蝕性？
- (3) 液體之性質——該液體之腐蝕性如何？該液體會潤滑固體物而減低固體物之磨損性嗎？
- (4) 固體物之濃度——以固體物對液體之比例，來決定污泥受固體物影響之程度。

以上四項靜態特性，實為設計泵型式與選擇泵構造材料之主要考慮因素。茲舉例說明，圖三說明處理廢水，稀薄污泥及不規則大顆粒固體物之污泥泵之設計。與圖一污泥泵比較，圖三之污泥泵並無耐磨襯墊，旨在儘量加大泵殼與葉輪間之孔道。此類污泥泵通常被用來輸送一般家庭污水與較無磨損性之工業廢水，而特殊之耐磨設計也能增加水力效率。

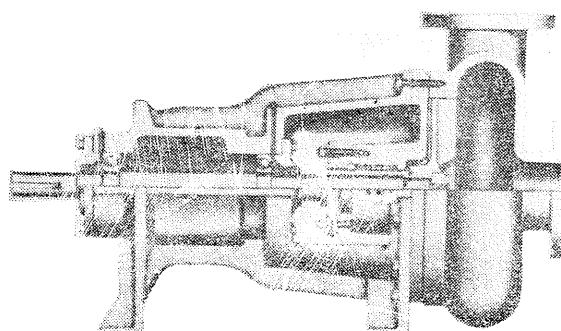
另外的污泥泵的應用情況諸如：抽送大固體物、磨損力強且衝擊力大的污泥，如圖四所示。係說明利用可更換的襯墊，作為附加之防護物。這種型式之污泥泵，乃用來抽送爐渣、高濃度之飛灰污泥與腐蝕性極強之化學廢料。而當我們設計上述功能之污泥泵時，則如圖五之渦流污泥泵（Vortex Pump）為最適當之型式。因為渦流污泥泵的葉輪是完全隱藏式（Recessed），安置在泵殼之後半部，所以較小尺寸之泵亦可用來輸送含較大顆粒固體物之液體。



圖三 稀薄污泥和不規則大顆粒污泥之泵（無襯墊）構造圖



圖四 附有襯墊之泵，可處理高腐蝕性之污泥

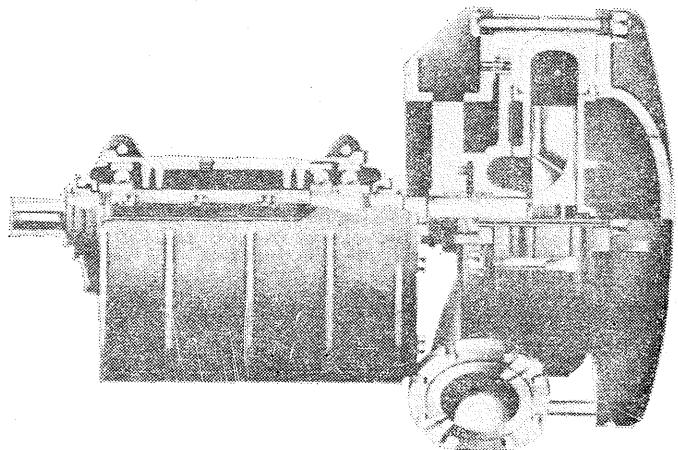


圖五 涡流污泥泵用以輸大顆粒固體物污泥（隱藏式葉輪）

然而尚有其他不同型態的污泥存在，所以泵的設計仍然存有其他問題。譬如：應如何抽送含高濃度固體物之污泥，通常這類污泥會伴隨產生高度的磨損性。圖六所示之泵，乃為特重型之污泥泵，專適用於石灰污泥、礦渣、陶土或水泥砂漿等之輸送。

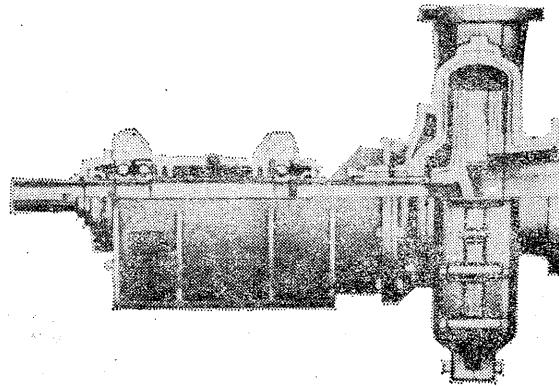
## 2. 泵構造之材質

除了污泥泵本身之設計外，污泥之特性影響泵材質之選擇。鑄鐵（Cast Iron）具有低成本，且稍具抗磨損性，故乃被利用為污泥泵之基本材質。如果遇到稍具侵蝕性之污泥時，可採用含 3 % 鎳（Ni）成分之鑄鐵當材質。如因大顆粒或較硬之固體物所造成高壓或高衝擊力之情況時，



圖六 超重型污泥泵，適於含高濃度及高磨損之污泥

則採用延展性鑄鐵與鑄鋼當材質。當磨損增加時，就選擇材料像硬鎳鋼 (Ni-Hard) 或經過熱處理之高鉻鋼（這些材料的硬度為柏林納 (Brinnel) 硬度等級 550 到 600 之間），就可以延長零件之壽命，而在有磨損性及輕微侵蝕性之情況下，則使用高鉻鋼為材質最適當。橡膠襯墊之污泥泵，通常用來輸送具有高度磨損性與腐蝕性之污泥（圖七）。



圖七 橡膠襯墊之污泥泵，乃適用於具有高磨損和腐蝕性之污泥

最後，在高度腐蝕性情況下，不銹鋼與鎳之合金鋼均可供選擇，另外成本較低的陶瓷與塑膠化合物也常被採用。

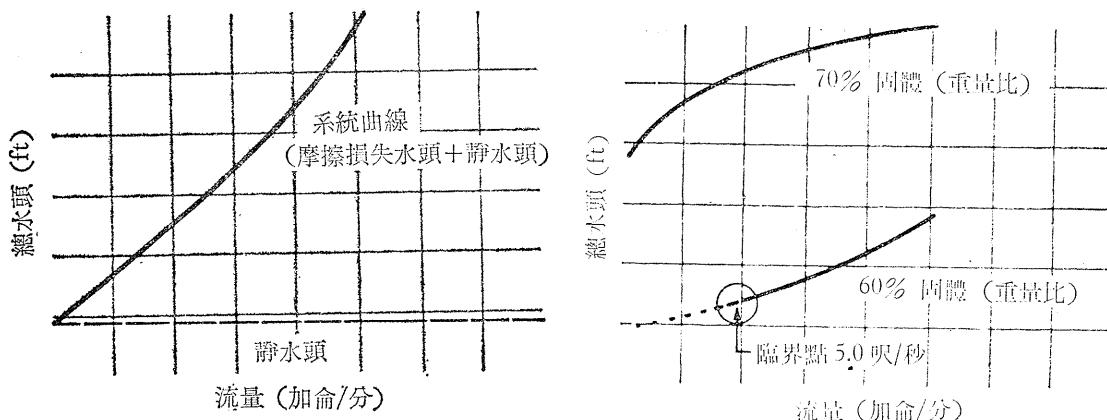
回溯前述之污泥泵選擇邏輯圖（圖二），吾人可看出污泥泵之靜態特性、物理特性與經濟要求，使設計者能就許多不同的方案中作一選擇，然而上述所提之資料，係大體上之資料，一位設計工程師仍然需要更多、更詳盡之資料來作一完美之選擇判斷。

### 3. 動態組成特性與系統曲線

接下來要討論的是被輸送污泥之系統需求和動態特性。這兩項資料是建立污泥系統曲線及如何選用污泥泵的基礎。以下係針對系統曲線及常見誤用情形之簡短討論：

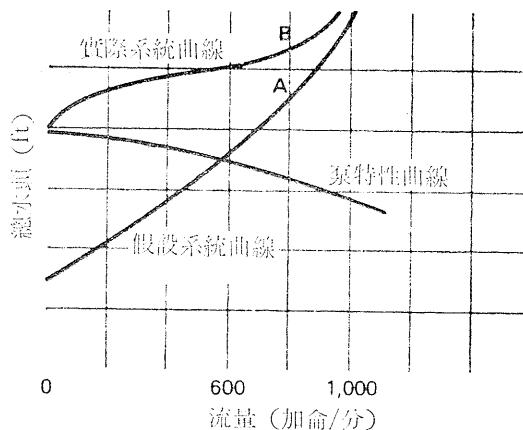
系統曲線為一水頭落差圖，乃是污泥泵在任何容量下所應達到之水頭標準。這絕非僅由泵本身之功能所能決定，而且還需要決定於管身的輸送功能。在圖八中縱座標表示水頭高度是為兩項因素之和即(1)靜水頭或實際上泵必須克服之液體水面高差和(2)摩擦損失水頭，為克服輸送管系統摩擦力所需之能量。輸送管摩擦力之大小為流量之函數，隨著流量之增加而增大。由圖表知，污泥實驗室試驗或工地試驗可測出導管與其他配件之摩擦值。一旦獲得污泥性質，導管之口徑及長度後，該試驗即可測出摩擦值。圖八描述牛頓污泥 (Newtonian Slurry) 之作用情形。由圖可知，管路摩擦值與流量成比例增加，形成一拋物線。

並非所有污泥均成如圖八之曲線。圖九之曲線乃說明兩種不同濃度固體物之含砂污泥。若濃度在60%，則含砂泥漿會造成牛頓曲線，而形成一可預測之拋物線。但濃度增至70%時，則會形成一完全相異之曲線，而非牛頓曲線（在本例中之固體物為塑膠粒料），因此曲線無法應用一般的摩擦表，相反的，必須利用工地或實驗室試驗測定之。



圖八 牛頓型污泥 水頭／流量 曲線 圖九 含砂污泥系統曲線(含牛頓、非牛頓曲線)

圖十說明，當含70%之污泥所產生之非牛頓性質不被認同時會發生的情況。當污泥為牛頓曲線時，可以曲線A表示，而污泥泵之操作曲線會相交於預定之 600 gpm 上，然而可看出實際曲線B，永遠不會與操作曲線有交點。如果應用情形是這樣的話，泵也就不能稱之為泵了。

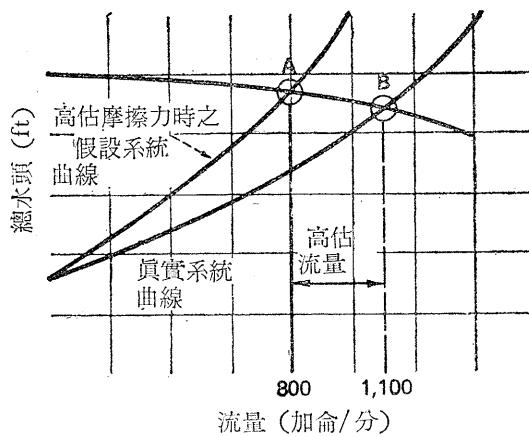


圖十 污泥屬非牛頓型而假設為牛頓污泥，可能遭遇之系統曲線圖之不合理現象

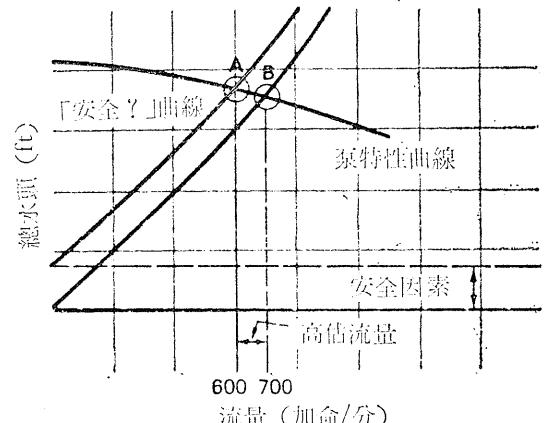
圖九同時也說明另一個重要的因素——即臨界拖曳速度 (Critical Carrying Velocity) 之觀念。臨界拖曳速度即液體中懸浮之物質能被流體拖曳前進，而不致沉澱下來之最小流速。一般必須選擇污水泵之操作點，以使管內流速超過臨界拖曳速度。若如此而導致流量增大，則必須採用較小之管徑。只有藉實地試驗，才能測出臨界拖曳速度的正確值，而由單一尺寸管徑所測出之值，亦可推演到其他尺寸管路之臨界拖曳速度。

在發展與應用系統曲線時，一般人仍可能走入不正確的設計選擇。其中一項即為高估管路摩擦力。由圖十一之兩條系統曲線中，較陡峭之曲線在A點（即 800 gpm 之容量）與泵操作曲線相交，然而如高估了管路摩擦力，則系統曲線會在B點（即 1,100 gpm 之容量）與泵操作曲線相交。這種高估容量之錯誤會導致整個系統的超速。該項錯誤會增加泵之防磨力與動力能源之浪費。而泵操作時產生之不良影響亦甚大，甚且會有孔蝕作用，以至整個機械之故障。

「安全」(Safety) 這個字是另一個常容易犯的錯誤。由圖十二中知，對污水之磨擦力作一正確的評估，污水顯為牛頓型 (Newtonian)。此時我們所關切乃在於泵之實際作業能力，故在靜態揚程上增加若干呎「只為了更確實些」。結果斜率是正確了，但原來計劃在A點相交者却移至B點，所有包括高估容量所產生的問題，均全部顯示於圖上。



圖十一 高估導管磨擦力會導致高估流量

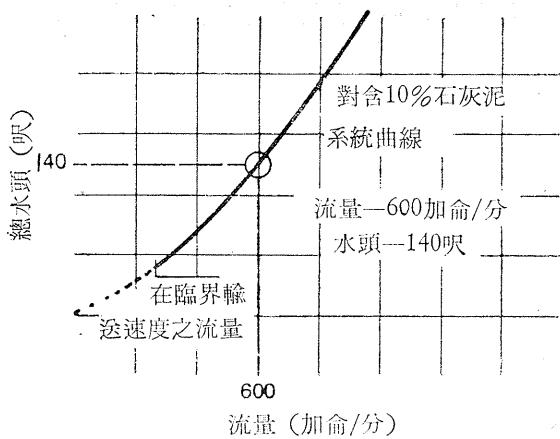


圖十二 加上「安全因素」會使設計者採用高估流量之泵

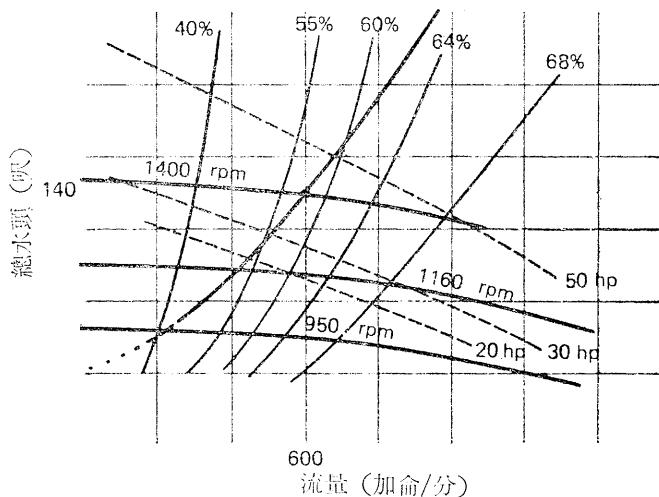
#### 4. 系統與泵之配合

圖十三與圖十四說明工程師如何利用正確的應用系統曲線來幫助選用正確的污水泵。圖例中乃抽送含10%之石灰泥漿，其流量為 600 gpm 時，實際操作點之流速應高於臨界拖曳速度方屬合理。圖中系統曲線顯示在 600 gpm 時所需之總揚程為 140呎。

就測試污水之靜態性質所收集之資料與工廠之經濟，物理上的需要而言，尚需比較不同製造者之特性。吾人發現所要求之設計與構造材質，均有特殊之泵可供選擇。當泵之操作曲線與系統曲線配合時，泵之轉速即低到足以減低磨擦力至最低點。圖十四所繪之曲線為一 4 吋之橫軸污水泵裝置—14吋之葉輪，與系統曲線相交於特定點之曲線容量為 1400 rpm 之泵操作曲線。在本例中 1400 rpm 之容量可以減少磨擦損耗至最低，選擇性的操作點，馬力降低在 30~50 之間，效率超過 55%，就較小的污水泵而言，這已是可接受之效率。



圖十三 選用泵用以抽送含10%石灰污泥之系統曲線圖



圖十四 操作曲線與系統曲線配合比較圖

#### 四、汙泥泵之驅動

如前所述，低速運轉是減少摩擦損耗最重要的因素。所以在具有高度摩擦力的情況下，操作點不應受葉輪直徑大小而影響。相反的，泵的轉速應更改，並採用大尺寸之葉輪。除了可減低零件之磨損，泵效率的些微提高，亦會節省費用。另一使用大尺寸葉輪的優點為泵之使用者，無需儲存太多之葉輪以備更換，這乃是因為硬鎳或高鉻鋼製葉輪在任何廠商，均可供應各類大尺寸者。

汙泥泵之傳動，最常採用之方法為配以V型皮帶之電動馬達。然而在超過300匹馬力的情況下，齒輪減速機則更為實用。無論使用V型皮帶或齒輪減速機，均可使用高速馬達，如此可減低鉅額成本。

由於特殊汙泥測定摩擦值會產生困難——甚至包括測定整個泵揚程——測定資料也非輕易可獲得。所以建議使用可調整齒距之V型皮帶輪。如此不僅未增加最初之購買成本，在啓用泵時並可平衡整個系統，且容許泵可用調整齒距以應付未來不同之操作狀況。