

910/10

6613

高等学校教学用书

搅拌机計算原理

坎托罗維奇著



机械工业出版社

高等学校教学用书



攪拌器計算原理

(「化工机械及器械計算原理」第七篇)

坎托羅維奇著

熊大遠譯

苏联人民委员会全苏高等教育
委员会批准为高等学校教材



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書系根据 1946 年苏联國立机器制造書籍出版社 (МАШИ-ГИЗ) 出版的坎托羅維奇教授 (З.Б.Канторович) 著 [化工机械及器械計算原理] (Основы расчета химических машин и аппаратов) 第一版中的第七篇——攪拌器——譯出的。原書是著者根据他給莫斯科化工机械学院机械制造專業第四、五学年的学生授課的講義編寫而成，經苏联人民委员会全苏高等教育委员会批准为高等学校教材。

原書第二版於 1952 年發行，本社已於 1954 年 12 月出版中文譯本。但在該書第二版中只有前面六篇（这六篇都作了大量的补充和修訂）而省去了第七篇。

攪拌器是化学工業中应用最廣的机器之一，但是有关的設計資料很是缺乏，所以我們把这篇書抽譯出來，出版这个單行本。

本書除供作高等学校教材之外，又可供从事机械制造与設計的工程师、技術員及科学工作者参考。

NO. 1123

1956 年 7 月第一版 1956 年 7 月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 85 千字 印張 3 $\frac{7}{16}$ 0,001— 6,500 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.60 元

高等学校教学用书



攪拌器計算原理

(「化工机械及器械計算原理」第七篇)

坎托羅維奇著

熊大遠譯

苏联人民委员会全苏高等教育
委员会批准为高等学校教材



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書系根据 1946 年苏联國立机器制造書籍出版社 (МАШИ-ГИЗ) 出版的坎托羅維奇教授 (З.Б.Канторович) 著 [化工机械及器械計算原理] (Основы расчета химических машин и аппаратов) 第一版中的第七篇——攪拌器——譯出的。原書是著者根据他給莫斯科化工机械学院机械制造專業第四、五学年的学生授課的講義編寫而成，經苏联人民委员会全苏高等教育委员会批准为高等学校教材。

原書第二版於 1952 年發行，本社已於 1954 年 12 月出版中文譯本。但在該書第二版中只有前面六篇（这六篇都作了大量的补充和修訂）而省去了第七篇。

攪拌器是化学工業中应用最廣的机器之一，但是有关的設計資料很是缺乏，所以我們把这篇書抽譯出來，出版这个單行本。

本書除供作高等学校教材之外，又可供从事机械制造与設計的工程师、技術員及科学工作者参考。

NO. 1123

1956 年 7 月第一版 1956 年 7 月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 85 千字 印張 3 $\frac{7}{16}$ 0,001— 6,500 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.60 元

目 次

第一章 总論	5
1 引論	5
2 攪拌器的型式、構造材料	6
3 攪拌器的傳动機構	19
4 關於攪拌器的效率	23
第二章 槳式攪拌器、框式攪拌器及其类似攪拌器的計算	56
1 基本原理	56
2 槳式攪拌器及框式攪拌器的計算	61
3 圓形錨式攪拌器的計算	71
4 橢圓形錨式攪拌器的計算	75
第三章 行星攪拌器	78
第四章 螺旋槳攪拌器	81
1 引論	81
2 螺旋表面的几何要素	84
3 螺旋推進器的設計、構造	96
4 槳叶強度的計算	102
5 槳叶的轉动慣量的決定	106
中俄文人名、術語对照表	110



第一章 总論

I 引論

攪拌器在工業上应用很廣。在化学工業中，攪拌器的应用更加廣泛。尤其是在某些化学工業部門里，譬如在制造苯胺染料、油漆顏料等的部門里，都裝備有大量的各种型式及構造的攪拌器。

应用攪拌器的場合極多，各式各样都有。其主要的应用如下：

- 1) 混合几种容易混合的液体，以求獲得一种均匀的混合液；
- 2) 混合几种不容易混合的液体，以求獲得一种乳濁液；
- 3) 攪拌几种液体，借增加接触面積的办法，达到加速化学反应的目的；
- 4) 攪动受加热处理或冷却处理的液体，使之發生对流及渦流，达到加强傳热的目的；
- 5) 攪拌液体-固体系統，以求加速化学反应；
- 6) 攪拌液体-固体系統，以求加速溶解过程；
- 7) 攪拌液体-粉末狀固体系統，以求獲得一种懸浮液等。

麥克李安及盧昂斯根据研究的結果，得出各种用途的攪拌器的相对百分率(%)如下：

化学反应	33 %
混合	24 %
溶解，洗滌	23 %
改变物理性質	7 %
分散作用	6 %
吸附作用	5 %
傳熱	2 %

合計	100 %
----	-------

攪拌器的型式及構造極不相同。這主要是由於：攪拌器的應用雖然很廣，但是從工藝的觀點（選擇攪拌器的型式）以及力學的觀點來說，迄今都還是研究得很不夠的。由於設計人員及工藝人員對於現存的各種型式的攪拌器的優缺點認識不足，致使他們在創制新的攪拌器時，成績常常比不上舊的攪拌器好、有時還比舊的攪拌器更壞（而舊的攪拌器在製造及操作上多半是比較簡單的）。

現在，攪拌器分類的工作還沒有妥善地做好。因此，我們只根據構造方式及力學計算的異同而把它們劃分為幾種型式。但是我們在下面也要談談攪拌器的工藝特點，因為這是攪拌器問題的現實情況所允許的。

2 攪拌器的型式、構造材料

槳式攪拌器是最簡單的型式，由簡單的平直槳葉組成，諸槳葉垂直地或成某一傾斜角 α 而固定在迴轉於被攪拌的液體中的機軸上（圖 1）。

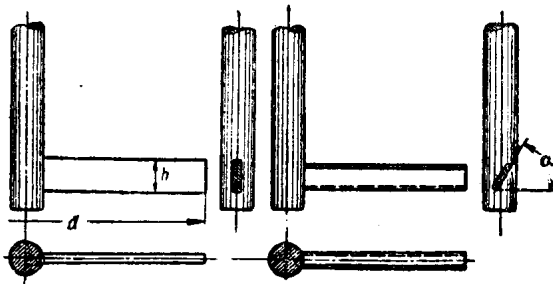


圖 1

槳式攪拌器的構造雖然很簡單，但在許多場合里這種攪拌器是十分有效的。根據柏德格及菲特馬爾的研究得知：當混合幾種容易被混合的液體時，傾斜槳式攪拌器（ $\alpha = 45^\circ$ ）的成效卓著。在這些研究中，攪拌器工作不到一分鐘，便能將總容積超過 2200 公斤的兩種容易被混合的液體充分混合。槳葉尺寸的平均規格

如下:

$$\sqrt{\text{長度}(d) = (0.33 \sim 0.66) D \quad (D \text{——容器的直徑})}$$

$$\text{高度}(h) = (0.062 \sim 0.083) D$$

槳葉下方邊緣到容器底面的距離約等於 h 。

应当指出，採用太長的槳葉是不允許的，因為攪拌器消耗的功率的增加為槳葉長度的五次方。因此，當容器很大的時候，可採用兩個或更多個的攪拌器（圖 2）。固定在同一機軸上、同一水平面中的槳葉的數目通常為 2 至 4 片。如果液體的深度很大，諸槳葉便沿機軸的高度而分佈成幾排（圖 3）。

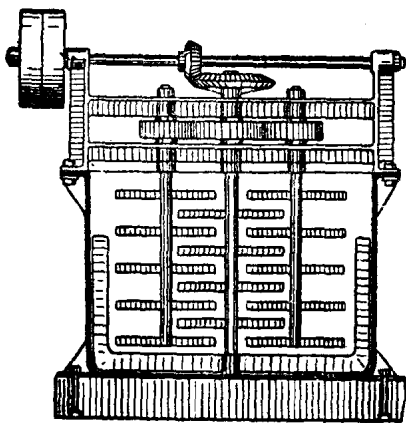


圖 2

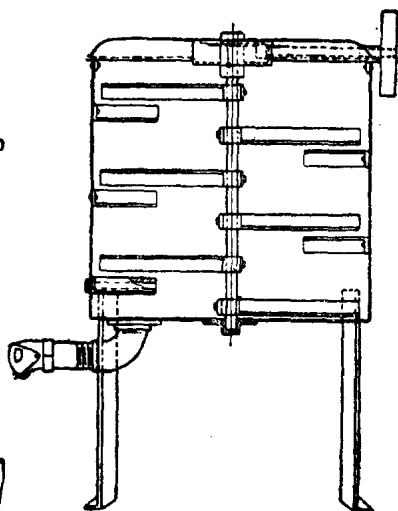


圖 3

除上述簡單槳式攪拌器之外，我們還應該談到複合槳式攪拌器。複合槳式攪拌器由水平的及垂直的平直槳葉組合而成，示如圖 4。這種攪拌器應用於液體相當粘稠或液體的容積比槳葉的表面面積大得很多的場合，實質上是代替了幾排水平的槳葉。

我們再提一下框式攪拌器，這種攪拌器之一示如圖 5，應用於攪拌容積很大的粘性物料的場合。

錨式攪拌器 當通過容器壁而加熱的液體攪拌時，攪拌器要

能够迅速把器壁附近的一層加热好了的液体运走，讓新的、比較冷的部分來接替，这是極其重要的。有时必需使液体在器壁附近劇烈地运动，以防在器壁上形成各种殘留物等。在所有这样的場合里，採用錨式攪拌器（圖 6），其外形應該与容器外殼及底面的輪廓完全相似。

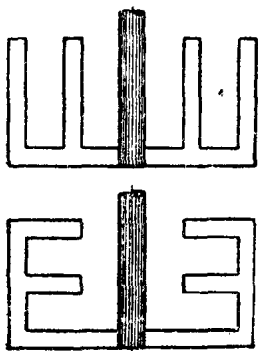


圖 4

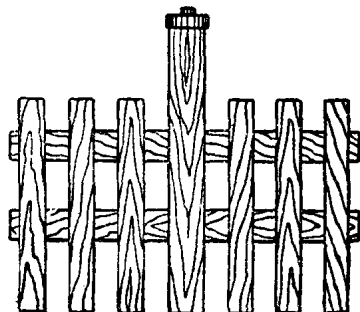


圖 5

攪拌器邊緣至容器壁的距离通常約为 30~50 公厘。但在必需防止形成殘留物时，这距离可以更小，小到 5 公厘以下。按照容器底面輪廓的特点，錨式攪拌器分为圓形的、橢圓形的、錐形的等等（圖 7）。这类攪拌器在攪拌粘稠液体时也能得到良好的結果。就構造材料、机軸的安裝以及傳动方面而論，錨式攪拌器与槳式攪拌器毫無区别。錨式攪拌器的轉速范围为 15~35 至 50~70 轉/分。

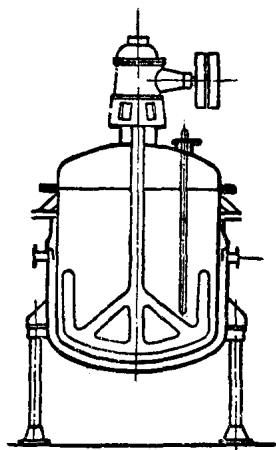


圖 6

行星攪拌器应用於所有需要激起強烈渦流的場合，也应用於攪拌極粘稠的以及濃厚的液体。

行星攪拌器包括机軸 1（圖 8）。机軸 1 从不動的齒輪 2 当中穿过。橫桿 3 固定於机軸 1 上。机軸 4 寬松地裝置於橫桿 3 的

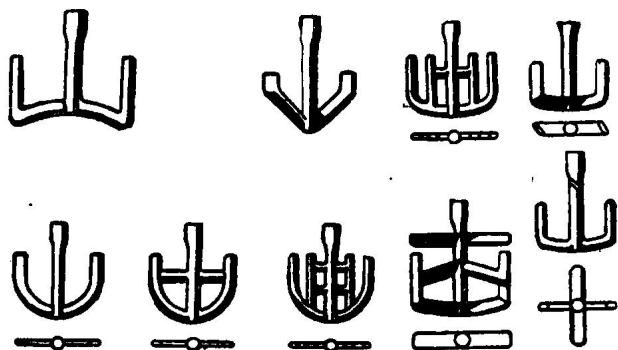


圖 7

他端。机軸 4 上裝有小齒輪 5，与不动的齒輪 2 配合。攪拌器的槳叶安裝在机軸 4 上。由普通槳叶組成的框式双行星攪拌器的構造示如圖 9；錨式行星攪拌器（用以攪拌肥皂、牙膏等）——示如圖 10。圖 11 表示一种具有使攪拌器的機構与有害气体等物隔絕的封閉罩的結構型式。圖 12 表示一种由槳叶、錨式及行星攪拌器組合而成的結構型式。当机軸 1（圖 8）迴轉时，橫桿 3 便帶动机軸 4 及小齒輪 5。小齒輪 5 沿齒輪 2 滚动，於是迫使机軸 4 以及安裝於其上的一些槳叶繞机軸 4 本身的軸線迴轉，而這些槳叶便作行星运动：繞軸線 4 並和机軸 4 一同繞軸線 1 迴轉。这时，槳叶 1~1 上的每一点（圖 13）都描繪一外擺線，外擺線的

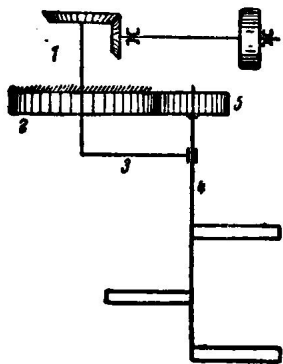


圖 8

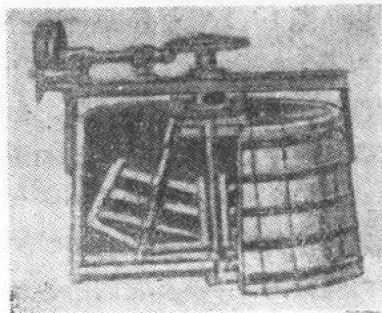


圖 9

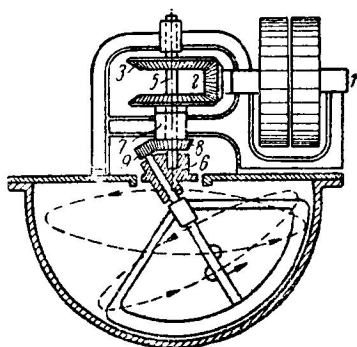


圖 10

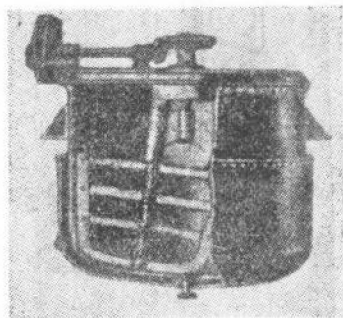


圖 11

形狀與該點在槳葉上的位置有關。例如，最外緣的點 1 依次經過位置 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7..., 而描繪一有螺旋的外擺線。槳葉與行星齒輪（行星）的交點描繪一外擺線，而軸線上的固定點則描繪一圓等等。因為這些點的速度的方向永遠是取

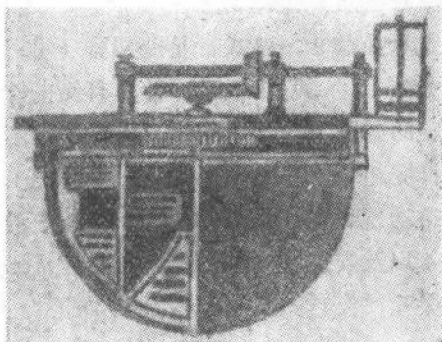


圖 12

軌跡的切線的方向，所以槳葉上各點的速度的方向不斷地變化。這可以从圖 14 清楚地看到。圖上槳葉是处在任意的行星位置上。槳葉與不動齒輪的交點 P ，就是瞬時迴轉中心，因而槳葉上的點 A 的速度的方向垂直於半徑 AP 。由圖可知：在一定時刻，槳葉上所有各點的速度的方向是各不相同的，對槳葉傾斜成一角度 β 。我們將在後面述明：槳葉上的所有各點，不僅是速度的方向有所變化，而且其速度的大小也不斷地變化。由於任意一點的速度的方向及大小是不斷變化的而各點的速度又相互交叉，所以行星攪拌器能使液體發生急烈的湍流運動。還應該指出：槳葉在運動中

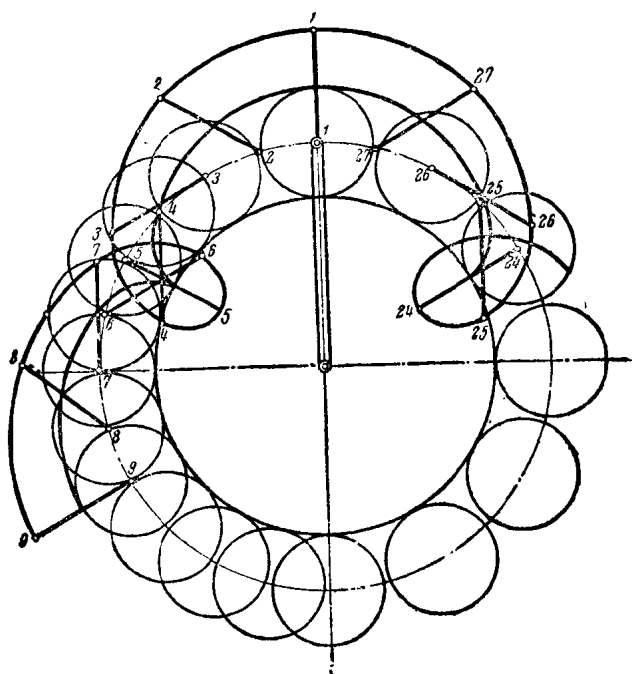


圖 13

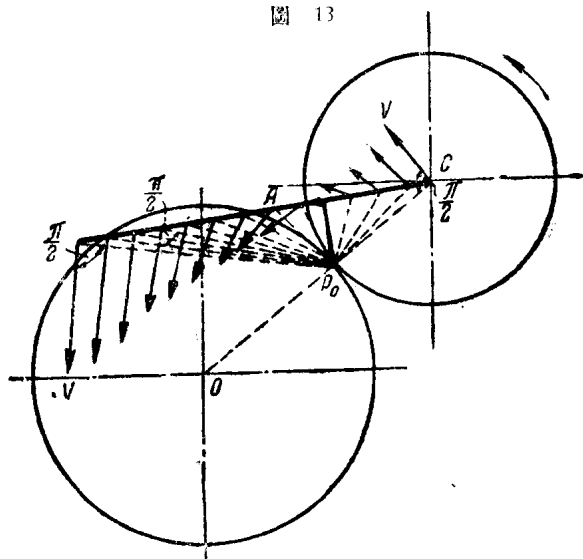


圖 14

所經過的面積，與槳葉本身的尺寸相比，是相當大的。

螺旋槳、渦輪及其類似的攪拌器 這類攪拌器最初出現於十九世紀九十年代。它們廣泛地應用於必須保證產生非常劇烈的湍流運動的場合里。例如，攪拌及混合大量粘稠的（達3500厘泊）液體，以求形成乳濁液，保持沉重顆粒的懸浮狀態等。圖15表示螺旋槳攪拌器的作用。迴轉着的螺旋槳用力推動液體前進。新的液體取代被推出的液體的位置，結果產生帶有強烈的渦流運動的劇烈循環。產生這樣的運動時，就不會形成液體的凹坑。這樣也就能避免整個液體打轉，因而用不着安裝耗費更多功率的擋板之類的元件。槳葉的數目為2或3，罕見更多的。螺旋的直徑約為容器直徑的 $1/3 \sim 1/4$ 。在某些結構型式里，螺旋槳安置在有鐘口的扁圓筒中，這鐘口是用來引導循環液流的方向的。

渦輪攪拌器依其用途而有很多種的構造，它們的基本特點可以認為都是具有一個裝備着葉片及導溝等的高速迴轉的圓盤或圓筒。

幾種「德萊卡」式渦輪攪拌器的構造示如圖16，用不着特別的說明。這類攪拌器的安裝方法示如圖17。採用這類攪拌器

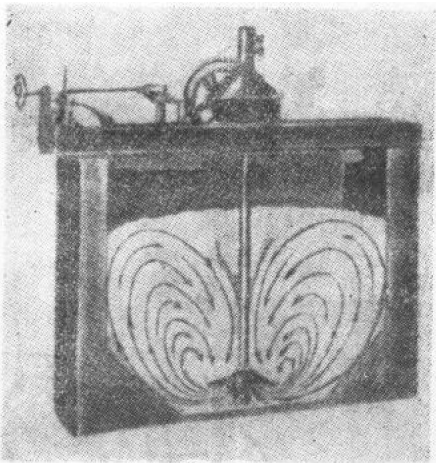


圖 15

來混合幾種比重不同的粘稠液體以及形成乳濁液，是極為有利的。液體被吸入攪拌器扁盤間的曲線導溝中，分成許多股細小的液流。到了從攪拌器中排出的時候，這些細小的液流便互相交叉分割。這類攪拌器的轉速為200至1000轉/分。

也有利用离心泵的圓盤作為攪拌器的。馬恩公司所出的這類攪拌器示如圖18。离心泵安置在管子里，將液體吸入管子的下

口，再送經安置在这管子上部的两个支管而排出。两个排出口的位置高於自由液面，从两个排出口射出的兩股液流有力地攪动液体。关于这类攪拌器的一些数据，列举於表 1。

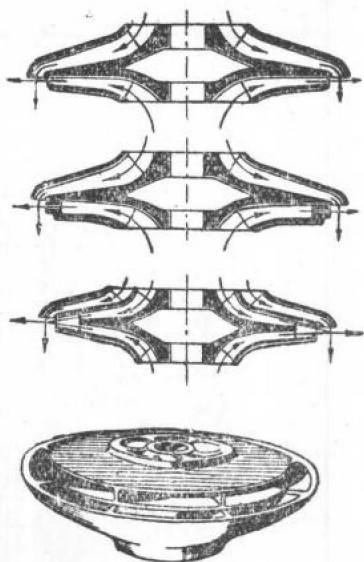


圖 16

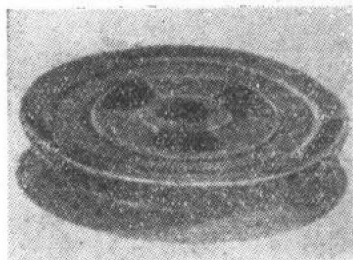


圖 16a

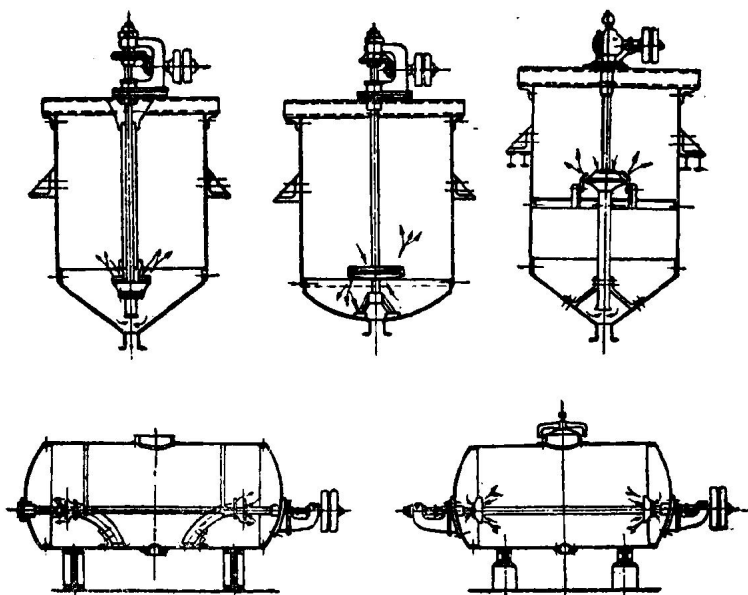


圖 17

表1 馬恩攪拌器

攪拌器號碼	3	4	5	6	7	8	9	10
轉/分	1000	1000	750	600	600	500	500	400
被攪動液體的量(公升/秒)	250	500	750	1000	1350	1700	2100	2500
功率(馬力)	7	11	15	20	27	33	41	49
容器的容積(公尺 ³)	15	25	35	50	65	80	100	120

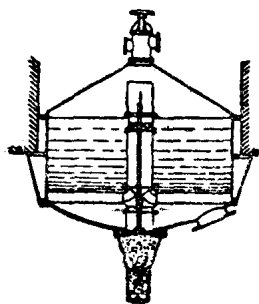


圖 18

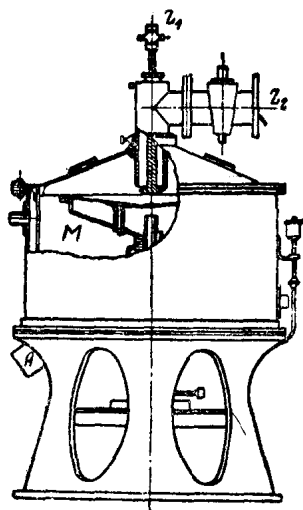


圖 19

圓盤攪拌器或噴霧攪拌器是很有價值的。這類攪拌器的裝置原理如下。被混合的液體源源進入高速迴轉圓盤（或圓錐碟）的中心。當液體一旦落到圓盤上，立即互相混合。液體沿圓盤分佈成薄的液層，然後受離心力的作用而向四方飛濺。在飛濺的時候，落下的液沫產生最後的混合。

圖 19 表示布節茨單圓盤攪拌器，用以連續混合兩種液體——硫酸及原油（石油工業中）。

硫酸經由 z_1 、原油經由 z_2 而進入圓盤 M 。兩種液體源源加入這機器之中，原油 2700 公斤/小時而硫酸 140 公斤/小時。在攪拌過程中，用密閉蒸汽加熱，使它們的溫度從 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ 上升到 70°C ，