

基本馆藏

83666

高等學校教學用書

鐵路運輸給水

中 册

C·X·阿則立耶爾著

311
160

人民鐵道出版社

目 錄

第八篇 抽 水 機

第一章 離 心 抽 水 機

§ 1.	構造圖式和工作原理.....	2
§ 2.	抽 吸.....	2
§ 3.	汽穴現象和它對吸程的影響.....	4
§ 4.	抽水機對液體的提升.....	5
§ 5.	離心抽水機的分類.....	5
§ 6.	動輪內液體運動的圖式和離心抽水機的基本方程式.....	8
§ 7.	輪葉的形狀及其數目.....	10
§ 8.	表示抽水機工作性能的各基本參數間的關係.....	11
§ 9.	抽水機的機箱，漩室，導環.....	12
§ 10.	軸向推力.....	13
§ 11.	抽水機的效率.....	15
§ 12.	抽水機的特性.....	15
§ 13.	離心抽水機的汽穴特性.....	21
§ 14.	抽水機的並聯工作.....	22
§ 15.	抽水機的順組工作.....	25
§ 16.	旋槳抽水機.....	26
§ 17.	立軸式抽水機的特點.....	27
§ 18.	離心抽水機的構造及其選擇.....	30
§ 19.	抽水機的安裝.....	35
§ 20.	抽水機的起動、照料和停動.....	35
§ 21.	抽水機的工作故障.....	36
§ 22.	離心抽水機的試驗.....	37
§ 23.	離心抽水機的優點和缺點.....	38

第二章 活 塞 抽 水 機

§24.	抽水機的構造圖式與作用原理	38
§25.	吸水作用	38
§26.	液體的提昇與壓水過程	42
§27.	活塞式抽水機的種類	44
§28.	活塞式抽水機和抽水機設備的效率	46
§29.	活塞式抽水機的供水量和一些基本參數	48
§30.	抽水機的特性	50
§31.	抽水機的並聯工作	51
§32.	空氣室	51
§33.	抽水機的示功圖	53
§34.	活塞抽水機的零件	54
§35.	動力傳動的活塞抽水機的構造	58
§36.	蒸汽直接作用的抽水機	59
§37.	柱形抽水機	63
§38.	翼翅式和隔膜抽水機	64
§39.	活塞抽水機的運用(管理)	65
§40.	活塞抽水機的試驗	66
§41.	活塞抽水機的優缺點和應用範圍	66

第三章 其他形式的揚水裝置

§42.	水力衝擊揚水機	67
§43.	射流抽水裝置	68
§44.	蒸汽壓水器	69
§45.	空氣揚水機	71

第九篇 抽 水 機 站

第一章 抽 水 機 站 概 述

§ 1.	抽水機站的類型與設備	75
§ 2.	所裝置的抽水機的數目和出水量的選擇	78

第二章 抽水機站的組成部分

§ 3.	抽水機站的房屋和基礎.....	79
§ 4.	抽水機的佈置。導水管及其定綫.....	81
§ 5.	抽水機與發動機的聯接.....	83
§ 6.	底閥、逆止閥、安全閥及其他附件.....	84
§ 7.	真空泵.....	87
§ 8.	測水設備.....	88
§ 9.	抽水機站的水位信號.....	94
§ 10.	起重設備.....	94

第三章 抽水機站的佈置

§ 11.	裝有蒸汽設備的抽水機站.....	95
§ 12.	裝有內燃機的抽水機站.....	100
§ 13.	裝有電動機的抽水機站.....	105
§ 14.	裝有混合式設備的抽水機站.....	114
§ 15.	風力抽水裝置.....	115

第四章 自動化抽水機站

§ 16.	概 述.....	118
§ 17.	自動化抽水機站的分類.....	119
§ 18.	控制抽水機站的操作過程原理.....	120
§ 19.	自動化抽水機站的水力設備和電氣儀器.....	122
§ 20.	抽水機站的技术保安措施.....	126

第八篇 抽水機

運送液體用的抽水機，還早在古俄羅斯時即已由俄羅斯的天才工匠製出。『排水機械』和許多它們的創建者——康斯坦吉諾夫，沙汝金，等等——在1631年的歷史文件中即已述及。『給水管』（抽水機）的工匠們，在創製各種升水設備中表現出極大的技巧。他們最初從鑽空了的樹幹（其中具有由人力和獸力的作用而發動的活塞），一直到由風力或借助於水輪的作用而發動的抽水機。

在偉大的俄羅斯科學家М. В. 羅蒙諾索夫的著作中，提供了各種抽水機的構造，也包括了足夠複雜的、適用於從深井中抽水的抽水機構造。

1784年製成了Д. 伯諾里所建議的抽水機。在這一時期，И. И. 波爾竹諾夫（1765）所發明的蒸汽機廣泛地應用在抽水機的發動上。

1832年，А. А. 沙波盧可夫首先發明了離心通風機，並且在1835年發明了離心抽水機。

1867年，П. А. 查汝賓推荐了利用壓縮空氣來工作的升水器。

1889年，В. А. 蒲雪奇尼可夫發明了裝設在莫斯科的梅奇辛司克導水管上的深的自流離心抽水機。

很有趣地指出，俄羅斯В. А. 蒲雪奇尼可夫所發明的、享有盛名的自流抽水機曾被宣傳是法國伐爾柯工廠的抽水機。其他一些俄羅斯發明而被記為外國公司的，這也是大家所熟知的。

在升水設備的領域內，許多發明是屬於В. Г. 蘇霍夫院士的。

蘇聯工廠製造了許多具有高效的、從很小的到極大的出水量和水頭的現代抽水機。在莫斯科運河上裝有出水量為25公尺³/秒的抽水機。為了偉大的共產主義建設，我們的工廠將製造出強大的、舉世無匹的抽水機。

對蒸汽鍋爐供水的抽水機的水頭可高達幾百公尺，而且超過1,000公尺的亦不少見。我們的抽水機製造工廠的成就是蘇聯工業光輝勝利的一方面。科學家和許多蘇聯的生產建設者和革新者以及機械製造工廠中的斯達哈諾夫運動者促進了抽水機製造的獨特的進步。

Г. Ф. 卜羅斯庫拉院士，И. И. 古柯列夫斯基，А. А. 布爾達可夫，А. Е. 加拉伐耶夫教授，А. Я. 波多利哥拉工程師等，在發展抽水機的理論及其構造上作出了巨大的貢獻。

第一章 離心抽水機

§1. 構造圖式和工作原理

下列的基本參數表示了抽水機的工作特徵：

Q ——抽水機水量，以公升/秒 或 公升/分，公尺³/秒等計算；

H ——抽水機所生水頭，公尺；

H_{ac} ——幾何吸程，公尺；

n ——每分鐘轉數；

η ——抽水機效率；

N ——抽水機軸功率，馬力。

離心抽水機（圖 297）由下列各基本部分組成：機箱 1，機軸 2 和裝有輪葉 4 並與機軸一同旋轉的動輪 3。

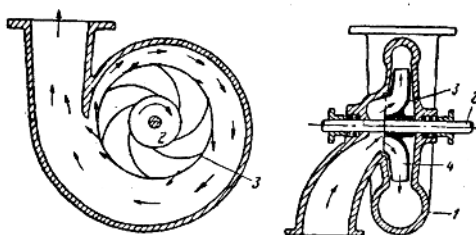


圖 297 離心抽水機圖式

抽水機的動輪和機箱在開動前必須充滿液體。由於動輪的旋轉，在液體質點上產生出離心力。在它的影響下，液體質點被擲向動輪的外緣，並以一定的速度和在一定的壓力下從抽水機機箱流出；新的液體質點在大氣壓力下（極少在其他壓力下）不斷地流入抽水機來代替擲出的質點。如是，由於在抽水機機軸上功率消耗的結果，使被迫作旋轉和前進運動的液體質點得到了即將轉變為壓力的動能。

§2. 抽 吸

抽水機工作時對液體的抽吸常在大氣壓力下（極少在其他壓力下）進行；同時，液體流進抽水機內所形成的真空。在個別情況下，抽水機開始工作時所必需的真空度，可藉特置的抽氣機或噴射器從機箱中抽出空氣來造成。

抽水機的吸程須能在最低液面（在井、落水池、水源）、最高液體溫度和最低

的表壓力下，保證抽水機正常工作。

最大幾何吸程 H_{ec} ，即是抽水機軸和最低液面（在蓄水池、水源）間的高程差，由下式決定：

$$H_{ec} = A - \frac{p_m}{\gamma} - h_{ec} - \frac{c_1^2}{2g},$$

式中 A ——大氣壓力，公尺水柱；

p_m ——液體蒸汽壓力（飽和），相應於它的溫度；

γ ——液體比重；

h_{ec} ——吸水管、底閥和抽水機內的部分阻抗損失；

c_1 ——進入抽水機動輪輪葉時液體質點的流速。

在實用上，吸程的決定須考慮到能使

$$A - \left(H_s + \frac{p_m}{\gamma} + h_{ec} + \frac{c_1^2}{2g} \right) > 0。$$

大氣壓力 A 與抽水機裝設地點在海平面上的標高有關；各種不同標高的 A 值載於表24內。

表24

大氣壓力和海平面以上標高的關係

海平面以上標高 (公尺)	A (公尺水柱)	海平面以上標高 (公尺)	A (公尺水柱)
0	10.33	400	9.83
100	10.21	500	9.7
160	10.12	1,000	9.2
200	10.08	2,000	8.1
300	9.94	3,000	7.29

以 $H_m = \frac{p_m}{\gamma}$ 公尺水柱來表示的水蒸汽壓力，它與溫度的關係載於表25內。

表25

水蒸汽壓力與其溫度的關係

溫度 (°C)	H_m (公尺)	溫度 (°C)	H_m (公尺)
5	0.09	50	1.25
10	0.12	60	2.0
15	0.17	70	3.17
20	0.236	80	4.8
30	0.429	90	7.1
40	0.75	100	10.33

● 如果抽吸是出自液體受壓的管或池中，則 A 表示該壓力的數值。

被抽取的液體溫度愈高，則形成蒸汽所需的真空值愈低；由於它本身的彈性，蒸汽的形成遂使可能的吸程減少。當液體溫度達 $70-80^{\circ}\text{C}$ 時，吸水過程在實際上成為不可能，而液體乃必須以某種壓力送向抽水機。例如，這可用置抽水機軸使之低於水櫃的液面來實現（灌水）。

對於比較短的、直徑够大的（流速在 1.5 公尺/秒左右）吸水管，當水的溫度不高時，吸程可達 5 到 6 公尺。

離心抽水機的某些構造僅能產生不大的吸程；特別是所謂低速度抽水機。對於螺旋和旋槳抽水機，則更是如此（參考表26）。

對於不同的液體，吸程 H_{sc} 亦異：液體的比重愈大，則 H_{sc} 愈小；反之亦同。

裝在吸水管上的噴射器式設備可使抽水機從超過 10 公尺的深處取水。

§3. 汽穴現象和它對吸程的影響

如果吸程大於它的允許值而抽水機中的真空值頗大，則在進入抽水機的流路內，凡具有超速和大量漩渦形成的處所，皆便於蒸汽的形成。當運動着的蒸汽接觸到壓力提高了的處所，便發生蒸汽的部分凝結、壓力的局部變化和錘擊。後者乃為蒸汽所據空間內液體質點急速運動的結果。在這些錘擊的作用下，抽水機動輪漸漸地遭受毀損（侵蝕）。

上述關於在流入抽水機流路裏的、個別蒸汽（氣態的）空間的形成並稱之為汽穴的現象，打亂了抽水機的正常工作的，因此，便不得不限制允許吸程

$$H_{sc} = A - \frac{p_m}{\gamma} - h_{sc} - \frac{c_1^2}{2g} - \Delta h,$$

或

$$H_{sc} = A - \frac{p_m}{\gamma} - h_{sc} - \sigma H,$$

式中 Δh ——水流進入動輪處的壓力降低值，這是由於水流在動輪進口處的輪葉裏外兩面的相對速度差、水流在動輪內的方向變化等等所引起的；

σ ——汽穴係數，與抽水機動輪的構造有關。對於每一種類的抽水機，此數值應由試驗來決定。

吸程可用 C. C. 魯得涅夫的實驗公式來確定：

$$H_{scx} = A - H_m - \frac{n}{742} \sqrt{\frac{3}{nQ^3}} \text{ 公尺},$$

式中 H_{scx} ——真空吸程（即幾何高程加吸水管內的水頭損失），公尺；

n ——每分鐘轉數；

Q ——抽水機抽水量，公尺³/秒（對於雙進口的抽水機，用 $\frac{Q}{2}$ ）。

考慮到在汽穴係數上某些可能的差異和汽穴極限的可能接近，上述公式所決定的吸程應減少 $1-2$ 公尺。在具有製造工廠的數據時，為避免抽水機工作中的故障，

H_{ac} 應按這些數據採用。

汽穴現象一般地伴隨着在抽水機內特有的雜聲和拍拍聲，且常在工作水頭驟減時更甚，因為在這種情形下，抽水機出水量的增加使液體在進入動輪處的流速增加而壓力降低。又當液體中溶解氣體的含量增加時，汽穴加甚。

欲免除汽穴現象，除在構造方面設法外，有賴於吸程的正確選定和正常吸水條件的創造，也就是有賴於吸水管內水頭損失的減少和漏隙的免除，有賴於吸水管的適當敷設。青銅和不銹鋼對於汽穴有較大的耐力；鑄鐵動輪損毀很快。

§4. 抽水機對液體的提升

抽水機所生之總流體動力水頭，

$$H = H_z + h_{gc} + h_{na, n} + \frac{p_n}{\gamma} - \frac{p_s}{\gamma},$$

式中 H_z ——幾何水頭，即高架水櫃（或水櫃中壓力立管的溢口）與吸水用貯水池間的水面高差；

p_n 和 p_s ——各水池的壓力；

h_{gc} 和 $h_{na, n}$ ——吸水管和壓水管中的水頭損失；

γ ——所抽液體的比重。

在一般情況下， p_n 和 p_s 都是大氣壓力，因此上式成爲

$$H = H_z + h_{gc} + h_{na, n}.$$

對於氣壓給水、蒸汽鍋爐的供水等等， p_n ——蓄水池、鍋爐的壓力。

當抽水機的吸拐直接連接在受壓的綫路時， p_s 爲在此綫路中離心抽水機所利用的壓力。

每一離心抽水機所生的水頭都有它一定的限度。

抽水機工作中的總水頭可用真空計和壓力計來確定，並且是

$$H = M + V + Z,$$

式中 M 和 V ——裝在壓力拐和吸拐處的壓力計和真空計的讀數，公尺；

Z ——兩計具間的垂直距離，公尺。

§5. 離心抽水機的分類

離心抽水機，按其用途、構造等等可分爲下列數種：

- 1) 臥式和立式；
- 2) 傳動的（圖298）和與發動機直接聯結在共同轉軸和共同基座上的（圖299）；
- 3) 低壓的（20—25公尺以下）、中壓的（50—60公尺以下）和高壓的（60公

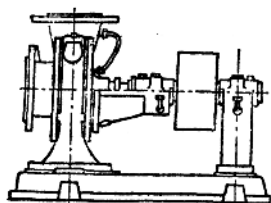


圖 298 傳動的離心抽水機

尺以上)；

4) 液體由單面和雙面流進動輪的 (圖 300)；

5) 單動輪的和多動輪的；

6) 兩重、三重等等的，這裏進入抽水機的液體平行流過兩個、三個等等動輪 (圖 301)；抽水機之間為並聯，每個抽水機產生全部的總水頭，供給總水量 Q 的一部分；

7) 兩級的、三級的、多級的；在此情形下，液體依次流過諸

動輪 (圖 302)。各抽水機之間為順組，其中每個抽水機在總的 Q 下產生總水頭的一部分。這樣的抽水機係為了增加水頭而製造的；

8) 分段的，它的機箱由許多段合成，並且在水平面上可以拆開；

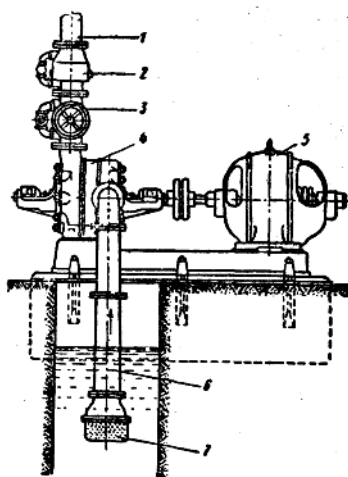


圖 299 與發動機直接聯結在共同軸上的抽水機：

- 1——壓水管； 2——逆止閥； 3——制水閥；
4——離心抽水機； 5——電動機； 6——吸水管；
7——底閥。

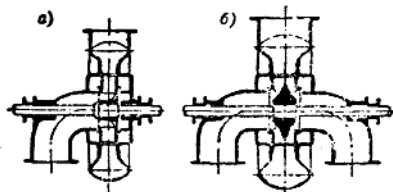


圖 300 具有單面 (a) 和雙面 (6) 液體通過的抽水機圖式

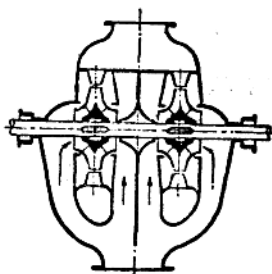


圖 301 兩重離心抽水機圖式

9) 無漩室的 (圖 303, a)、有漩室的 (圖 303, b) 和有導環的 (圖 303, c); 對於第一類抽水機, 液體自動輪直接流入抽水機的機箱, 在這一過程中, 斷面的驟變引起重大的水頭損失; 對於第二類情形, 由於具有由漩室所形成的漸漸擴大的断面並且相應地在速度上逐漸地減小, 水頭損失降低; 對於具有導環 (圖

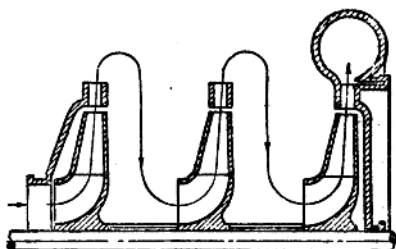


圖 302 多級抽水機的原理示意圖

304) 的抽水機, 擴展開的流路得以保證速度的逐漸減低以及使來自自動輪的液體比較無衝擊地出流, 這樣就更能減少損失; 後一類抽水機亦稱為水輪機式的;



圖 303 抽水機圖式
(a) 無漩室的; (b) 有漩室的; (c) 有導環的。

10) 低速的、中常的和高速的——就高速係數的大小來分類 (參閱表 26 和圖 305)。

高速係數, 或比轉數, 為某一 (模型輪的) 抽水機的迴轉數, 即是這個抽水機和已知的抽水機 (原機) 成幾何相似, 而且在最高的效率下, 當水頭為 1 公尺時所耗之功率為 1 馬力。

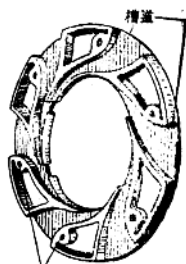


圖 304 離心抽水機的導環

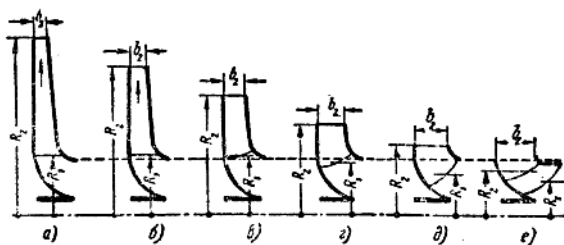


圖 305 具有不同的高速係數的抽水機葉輪的圖式

表26

高速係數和動輪類型的關係

n_s	動輪和抽水機的類型	$R_2 : R_1$	範圍 305
60—80	低速的……	3—2.5	a, b
80—150	中等的……	2.0	a, b
150—350	高速的……	1.6—1.2	a
350—600	半軸流類型的螺旋式的……	1.1	a
700—1200	螺旋式的（軸流的）……	1左右	——

註： R_1 ——液體進入動輪處的圓半徑； R_2 ——液體流出動輪處的圓半徑；
 b_2 ——動輪出口處的寬度。

抽水機的高速係數

$$n_s = 3.65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

式中 n ——每分鐘迴轉數；

Q ——出水量，公尺³/秒（對於雙進口的動輪用 $\frac{Q}{2}$ ）；

H ——水頭，公尺（對於多級抽水機，用每一級所生的水頭）。

§6. 動輪內液體運動的圖式和離心抽水機的基本方程式

抽水機內的液體在機箱內供液體流動部分的固定表面和運轉着的動輪表面間的範圍內運動。

圖 306 示一動輪以角速度 ω 在抽水機機箱內旋轉，且由此而引起液流的運動。

採用下列符號：

c_0 ——液體在動輪進口處的絕對速度（沿軸向）；

$u_1 = \omega R_1$ ——動輪內圓周的周邊速度；

c_1 ——動輪輪葉上液體進流的絕對速度（ $c_1 \approx c_0$ ）；

w_1 ——液體運動沿輪葉（在輪葉起始端）的相對速度，由進口處的速度平行四邊形來確定；

$u_2 = \omega R_2$ ——動輪外圓周的周邊速度；

w_2 ——液體運動沿輪葉（在輪葉末尾端）的相對速度；

c_2 ——液體運動在輪葉末尾端的絕對速度（等於出口處速度平行四邊形的對

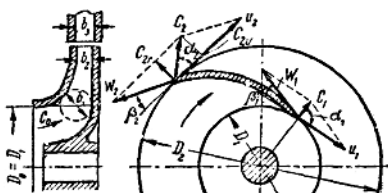


圖 306 動輪內液體運動的圖式

角綫)；

c_{2r} ——液體由動輪出流的徑向速度；

$c_{2u} = c_2 \cos \alpha_2$ ——絕對出流速度的切向分速；

α_1 和 α_2 ——速度 u_1 與 c_1 間和 u_2 與 c_2 間所構成的角度。

液體在動輪內的運動，與抽水機的迴轉數和輪葉的外形，即是和動輪的構造有關。角 β_1 和 β_2 表徵着輪葉起端和末端各要素的方向。

$\alpha_1 = 90^\circ$ 可作為液體無震盪地流進動輪的準則。

引用初級的計算理論並假想動輪由無窮多的極薄的輪葉組成，而流路則由微小流束（實際上，輪葉的配置彼此間有一定的距離，因此形成槽道）組成，那麼就可以決定液體在所生的離心力（旋轉着的動輪輪葉和流路間的相互作用）作用下，當它自進流圓周至出流圓周的移動過程中所得到的比能量。

質量為 m 的液體，在旋轉半徑為 r 時所生之離心力等於 $m\omega^2 r$ ；這一力在微小距離 dr 內的功等於 $m\omega^2 r dr$ 。

1 公斤液體（質量 = $\frac{1}{g}$ ）由動輪內周移動至外周的功，由下式決定

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{g} \omega^2 r dr = \frac{1}{g} \omega^2 \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

液體所獲得的能量，或離心力所作的功，用於實現吸水和壓水（其中包括克服吸水管和壓水管內的抗阻）的作用：

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} = H_{ec} + h_{ec} + \frac{c_1^2}{2g} + H_{ua2u} + h_{ua2u} - \frac{c_2^2}{2g} + \frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}$$

式中各個項目為：

$\frac{c_1^2}{2g}$ ——建立進流速度所必需的能消耗；

$-\frac{c_2^2}{2g}$ ——在動輪出流處（輪葉末端）液體能量的留存和利用；

$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}$ ——變更運動的相對速度的能消耗。

從進口處和出口處的速度平行四邊形可得：

$$u_1^2 = u_1'^2 + c_1^2 - 2u_1'c_1\cos\alpha_1;$$

$$u_2^2 = u_2'^2 + c_2^2 - 2u_2'c_2\cos\alpha_2.$$

代入 u_1 和 u_2 的值並經幾次變換之後，方程式呈下列形式：

$$H_{ec} + H_{ua2u} + h_{ec} + h_{ua2u} = H' = \frac{u_2'c_2\cos\alpha_2 - u_1'c_1\cos\alpha_1}{g},$$

由此，當 $\alpha_1 = 90^\circ$ ，得

$$H' = \frac{u_2'c_2\cos\alpha_2}{g}.$$

若考慮到抽水機內的水力損失和輪葉數有限的影響，則離心抽水機的工作方程式呈下式：

$$H = \eta'_z \kappa \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{2g},$$

式中 η'_z ——抽水機效率，它考慮了在動輪、導環和抽水機機箱內的水力損失；

κ ——環流係數，它考慮到輪葉數有限的影響，即是實際的運動與所採擬的流束式運動間之差異；

H ——抽水機所生的總水頭。

離心抽水機的基本方程式：

$$H = \eta_z \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g};$$

式中 η_z ——水力效率，考慮到抽水機內的全部水力損失，其中包括由於有限數輪葉所引起的影響在內。

η_z 的值與抽水機的尺寸、構造及製造有關，常在 0.7 至 0.92 的範圍內。

抽水機的基本方程式也可用其他方法得來。

(抽水機的)動輪的出水量，若不計算容積損失和有限數輪葉的影響，可由下式決定之：

$$Q = 2\pi R_2 b_2 c_{2r}.$$

§7. 輪葉的形狀及其數目

圖307示各種曲向的輪葉的主要圖形 (a, d, e ——後彎輪葉，z ——徑向輪葉，b 和 c ——前彎輪葉)。

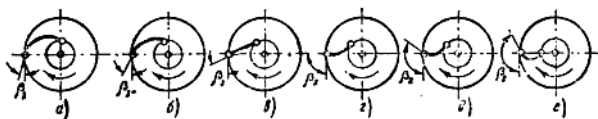


圖 307 具有各種曲向輪葉的葉輪的主要圖式

表徵着輪葉在出口處的斜率和其形式的 β_2 角具有重大的影響。隨 β_2 的減小， α_2 增大，由此按離心抽水機的基本方程式而水頭 H 減低。反之，隨 β_2 的增大， α_2 值減小，而 H 升高。但同時，自圖308上之點 A 和點 B 的速度平行四邊形可見，速度 c_2 亦遞增。其影響為引起水頭損失的增加，降低 η_z ，並為促進抽水機的不穩定工作情況和增加抽水機的起動困難創造了條件。

在抽水機的設計上，常採用 $\beta_1 = 14-25^\circ$ 和 $\beta_2 = 20-35^\circ$ (後彎輪葉)；這樣的抽水機生出的水頭較小，它們的工作情況較為穩定，而且 Q 與 H 間的關係在運營方面更為可取。

高水頭的抽水機，有着有相似輪葉的動輪；但高水頭的建立也可由增加轉數、動輪外徑和動輪個數而得來。

多級抽水機發出的總壓力等於 nH ，此處 H ——由抽水機基本方程式所確定的水頭，而 n ——級數。

所需之 H 愈高，則 $\frac{R_2}{R_1}$ 比值必須愈大。通常 $\frac{R_2}{R_1} \approx 2$ ；對於高壓抽水機， $\frac{R_2}{R_1}$ 約增加到 3，對於高速抽水機則降至 1.5—1.2。

輪葉形狀的構成須能保證液流在動輪槽道內以最小的水力損失而運動，並且使相對速度自 w_1 至 w_2 有逐漸而平緩的轉變（須保持在槽道中的相對速度不變，以使輪葉的曲度向出口處減小）。

輪葉數目

$$Z = 6.5 \frac{R_2 + R_1}{R_2 - R_1} \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

通常視動輪尺寸的大小，在 6—12 範圍內採用。

在大的動輪內還見有短的中間輪葉，它們大約從動輪的平均圓周起始。輪葉厚度採用 3—5 公厘（青銅）或稍大（鑄鐵）。輪葉的厚度一致或在末端稍薄。斷面縮束係數須不超過 1.1—1.15。

§8. 表示抽水機工作性能的各基本參數間的關係

隨着抽水機轉數的變更，動輪圓周速度與轉數成正比例地變更；此時，速度三角形保持相似，而其他速度（相對速度 w 和絕對速度 c ）亦與轉數成正比例地變更。

當轉數自 n 變至 n_1 時，抽水機之出水量自 Q 變至 Q_1 ，並且由於速度三角形的相似，而有

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}.$$

因離心抽水機基本方程式中之 c_2 可用 u_2 來表示，因此 H 與速度的平方（亦即與轉數的平方）成正比例地變更。所以，當抽水機轉數由 n 變至 n_1 時，在轉數為 n_1 時所得到的水頭 H_1 可用下式來確定

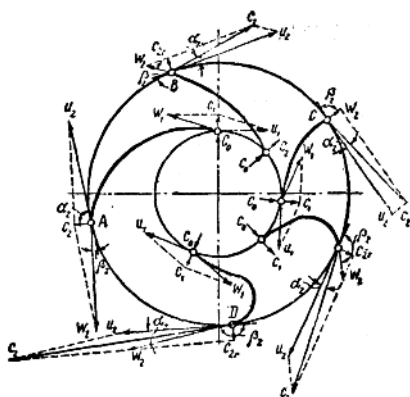


圖 308 各種曲向輪葉的主要圖式

$$\frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2}。$$

抽水機軸上的功率

$$N = \frac{\gamma Q H}{75 \eta_m} \text{ 馬力}$$

與乘積 QH 成正比例。

式中 γ ——液體的比重；

η_m ——抽水機的效率；

Q ——液體的流量，公升/秒；

H ——水頭高度，公尺。

因此，常轉數自 n 變更至 n_1 時，功率與轉數的三次方成正比例：

$$\frac{N}{N_1} = \frac{n^3}{n_1^3}。$$

發動機功率的選擇須考慮到傳動上的損失和超負荷的儲備量。超負荷的儲備量為10—20%（對於小的功率則更大）。

上述比例性的法則係假設抽水機效率為不變所得來；它們僅在一定的轉數範圍內有效，當出水量超出該抽水機的允許值以及當吸程頗大時，這些法則即遭破壞。

§9. 抽水機的機箱，漩室，導環

液體以15—25公尺/秒的高速自動輪裏流出來。由於速度的減小，在機箱的螺旋槽道和在作為螺旋槽道之繼續的漩室裏，或者在導環（具有導環時）和在抽水機的機箱裏，發生部分動能轉變為壓能的情況；對於單動輪的抽水機以及多動輪抽水機的最後一級，抽水機的機箱具有斷面面積逐漸增大的有利的螺旋形式。所以，機箱的功用是接受與排出從動輪裏流出的液體，轉變部分動能為壓能以及將抽水機所有各部結合成為一個結構。

導環（參閱圖304）不可移動地固着在抽水機的機箱內，其功用為使自動輪流入機箱的液體的無震盪運動條件得到改善；在導環內，液體動能的一部分變為壓能。導環寬度較動輪寬度多出1—2公厘。導環與動輪間留有不大的隙縫；導環數目約與動輪的輪葉數目相同。導環導葉的頭等要素在能使其在一定的角度下與出流的速度平行四邊形相適應（圖309）。在正規的情況下，這可以得出較好的抽水機效率。在與計算不符的情況下，導環可能成為液體由動輪出流時運動渦漩增強的原因，招致抽水機效率降低。

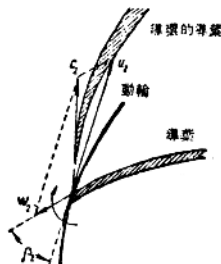


圖 309 液體由動輪出流時運動渦漩增強的原因，招致抽水機效率降低。

自動輸出流速度在7—8公尺/秒範圍內的低壓抽水機，普通沒有導環而裝有螺旋形機箱。高壓抽水機的現代構造具有流室——無導葉的導環。這些抽水機的效率低於具有普通導環的抽水機，但是在工作情況劇烈變化時，它們效率的降低較之具有普通導環的抽水機為小。

適當地加強嚴密性可阻止大量液體自壓力區至吸壓區的反流。雖然如此，部分液體 q （現代構造的抽水機小於1%）當其自動輪流向導環或機箱時，由於壓力差的關係，經過所具有的隙縫反流以達吸壓區。由是容積效率

$$\eta_{ob} = \frac{Q}{Q+q},$$

式中 Q ——抽水機的實際出水量。

現代構造的離心抽水機， η_{ob} 相當高——達0.99或更高。

引導液流流向動輪輪葉所經的槽道須能保證使流速從它在吸水管中的大小平緩地變化到它在動輪進口處的大小，並且使在動輪範圍內流速的均勻分佈成為可能。

§10. 軸向推力

離心抽水機的軸向推力係由於液體在動輪表面上的總壓力不相同而產生。

在單面進流的動輪內（圖10），經隙縫滲出並具有壓力 p_2 （此壓力可近似地視為在動輪出流處所建立的壓力）的液體，在動輪的右側和左側表面給出不同的總壓力。此外，在抽吸時，進流側作用的壓力 p_1 恒小於大氣壓力。在動輪上的合力可視為大約等於

$$(p_2 - p_1) \pi (R_1^2 - r_m^2).$$

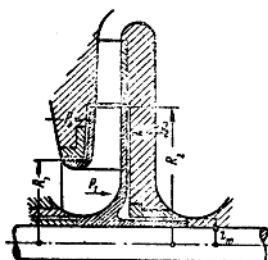


圖 10 動輪上壓力分佈的原理示意圖

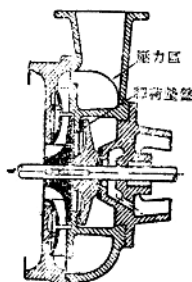


圖 11 釋有鎖盤

這個軸向推力指向抽吸的一面並引起軸位移。實際上，由於經隙縫滲出方面的液體壓力小於動輪出流處的壓力，所以軸向推力應較上值略小。