

水 泉

陳 丹 之 譯

陸 振 國 校

267

龍 門 聯 合 書 局 出 版

水 泵

DIE PUMPEN

Matthieß-Fuchslocher 著

陳 丹 之 譯
陸 振 國 校



龍門聯合書局出版



水 泵

Matthießen-Fuchslocher 原著

陳 丹 之 譯
陸 振 國 校

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總

新光明記印刷所

上海康定路162號

1951年4月初版

1954年4月六版

印

定價 辛 16

上海市書刊出版業營業許可

上

序 言

水泵是在工作機中佔很重要地位之一。不論動力機械或工作機械都需要水來作潤滑機件的配件。除此之外，各種工業方面應用尤廣。例如煤礦，鐵礦，假如沒有水泵把礦中泉水排除，那末根本無法採礦。都市之中，在傾盆大雨之後，街道上積水很多，如果不用水泵把積水及時排除，勢必盡成澤國。已往上海每當多雨之季，就有這種現象。農村方面的廣大稻田，從來利用雨水。如若雨量不足，通常用最原始化的水車，依靠獸力來把河水戽入田中。也有很多地方，更有用人力的腳踏車，夜以繼日的輪番踏水，人既疲敝，效率又差。這實在不符現代工業化國家的要求。所以我國工業比較發達的城市中，年來都有各種水泵製造廠應時而生。攷諸事實，自己設計而製造的並不很多；倒是仿倣外國式樣的居其大半。推原其故，該種理論和實際配合的中文書籍，到目前為止，尚未應世，所以不諳外語的人士，即使有志於設計，也就有無書可資攷參的苦惱。我的學生陳君丹之新近獲得德文本一九四八年版的水泵一冊。四月前他曾來問我：「如果該書譯成中文是否對我國工業界有所裨益？」當時就告訴他：「此書為最近第八版的新書，內容雖然比較簡括，但是材料極為豐富，包括近代所應用的各類水泵，不論在本質上，裝置和構造式樣上，以及管理方面，尤其對於往復式和旋轉離心式水泵，闡述更為詳細。頗合專門學校，有關工廠和使用水泵的機關作為參攷之需。」陳君費了三月時間譯為中文，而我以四星期餘晷將這篇譯文仔細地修改了一下。重大的錯誤，大概不致再有，因為校正之後我又化了二天功夫閱讀過一遍。值得提及的，陳君譯文之流利，讀者一看便知，毋庸我來介紹。不過我希望陳君或其他關心人士，對於有利於我國工業建設的德文書籍，儘可能地介紹與不諳德語或只會其他外文的讀者。

陸振國 一九五一年一月。

目 錄

一. 往復水泵	1
1) 各類型的裝置及其作用原理	1
1. 單作用式水泵	1
2. 雙作用式水泵	6
3. 差動水泵	8
2) 往復水泵的計算	9
1. 吸水作用	9
(1) 概論	9
(2) 一隻無空氣室的單作用式柱塞水泵的吸水作用	12
(3) 一隻有空氣室的單作用式柱塞水泵的吸水作用	16
(4) 最大吸水高	17
2. 壓水作用	20
(1) 一隻無空氣室的單作用式柱塞水泵的壓水作用	20
(2) 一隻有空氣室的單作用式柱塞水泵的壓水作用	21
(3) 空氣的作用原理和計算	22
(4) 閥的工作方法和計算	26
(5) 水泵的工作和效率	36
(6) 主要尺寸的決定	39
3) 結構及零件	42
1. 泵體或泵筒	42
2. 閥箱或閥室	50
3. 活塞	51
4. 填函	56
5. 空氣室	58
6. 吸濾管和底閥	62

7. 閥.....	63
8. 翼門閥.....	71
4) 實例.....	72
1. 一般的實例.....	72
2. 重壓水泵.....	75
3. 快速水泵.....	77
4. 石油泵.....	80
5. 無飛輪泵(蒸氣泵).....	81
6. 旋轉擠子水泵.....	88
5) 水泵的開動與調節.....	91
二. 離心水泵.....	93
1) 作用原理及型式.....	93
2) 離心水泵的計算.....	96
1. 概論.....	96
2. 最大吸水高.....	97
3. 水在動輪內的運動關係及速度關係.....	98
4. 主要方程式.....	99
5. 動輪葉.....	104
6. 導輪葉.....	103
7. 主要尺寸的決定.....	106
8. 輸水量, 壓水高及轉數間的相互關係。各種性能曲 線.....	111
9. 比轉數.....	118
3) 構造與零件.....	119
1. 單級離心水泵.....	119
2. 多級高壓離心水泵.....	124
3. 動輪.....	126
4. 泵箱.....	126

5. 軸·····	129
6. 軸向壓力·····	129
4) 離心水泵的用途及傳動·····	132
5) 離心水泵的開動與調節·····	133
6) 實例·····	134
1. 自吸式離心水泵 (消防水泵, 艙用水泵及燃油泵)··	134
2. 礦井水泵與鑽井水泵·····	141
3. 給水廠用水泵·····	149
4. 礦業排水水泵·····	150
5. 船塢排水水泵·····	151
6. 下水道水泵·····	151
7. 污水及濃液用的管道輪離心水泵, 與高壓污水泵··	152
8. 低地排水水泵和灌溉水泵·····	156
9. 蓄力水泵·····	159
10. 鍋爐給水泵及凝結器輔用水泵·····	161
11. 熱水循流水泵·····	170
12. 耐酸離心水泵·····	173
三. 空氣壓力和蒸汽壓力水泵·····	179
1) 空氣壓力水泵·····	179
2) 蒸汽壓力水泵 (汽壓揚水器, 擺動搖水機)·····	180
四. 水射水泵及蒸汽射水泵·····	183
1) 水射水泵 (排水器)·····	183
1. 均射式排水器·····	183
2. 衝擊起水機 (水力撞槌, 水力揚水器)·····	184
2) 蒸汽射水泵 (注水器, 餵水器)·····	185

水 泵

一. 往 復 水 泵 (Kolbenpumpe)

1. 各類型的裝置及其作用原理

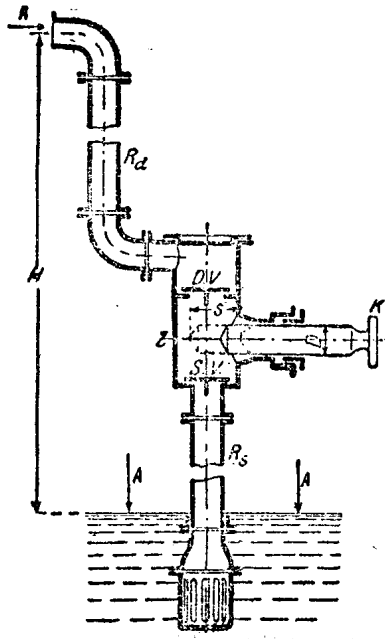
依照作用原理的不同吾人分水泵為：

1. 單作用式水泵 (Einfach wirkende Pumpe)
2. 雙作用式水泵 (Doppelt wirkende Pumpe)
3. 差動水泵 (Differential Pumpe)

1. 單作用式水泵

吾人可分單作用式水泵為壓力水泵 (Druckpumpe) 和提升水泵 (Hubpumpe) 前者利用活塞(Kolben)的壓力把水擠出泵筒(Zylinder), 後者利用活塞的提升把水汲出泵筒外。

單作用式壓力水泵常製有柱形活塞 (Tauchkolben); 柱形活塞可安置成橫臥式和直立式。第 1 圖表示一橫臥式水泵。用一填函 (Stopfbüchse) 密封的柱形活塞 K 即在泵筒內作往復運動, 泵筒的上面有壓水閥 $D.V.$ (Druckventil), 而下面則有吸水閥 $S.V.$ (Saugventil)。水從井內經過吸水管 (Saugrohr) R_s 導入泵筒, 再從泵筒經壓水管 R_d (Druckrohr)而至上面的出口 (Ausguß)。在吸水管的最末端裝有一



第 1 圖 單作用式壓力水泵

吸濾筐(俗稱蓮蓬頭)(Saugkorb),以阻止不潔淨的東西進入水泵,吸濾筐也常常裝有一特別的閥,底閥。(Fußventil)

吾人令 $F = \frac{\pi D^2}{4}$ 爲活塞的截面積,以平方公尺爲單位, s 爲活塞衝程(Kolbenhub)以公尺爲單位,並且假定水泵已經爲水所充滿,那末當活塞作去程(Hingang)時,這就是說,活塞向曲拐軸(Kurbelwelle)那邊運動時,泵筒中即有活塞的空間 Fs 立方公尺讓出,同時筒內的壓力也已經降低至一定的程度,並且產生一真空,作用於井內水平面上的大氣壓力 A 把吸水閥打開,同時位於吸水管內的水柱開始進入運動。泵筒內所讓出的容積 Fs 因此爲水所充滿。當活塞抵達他的右邊死點位置(Totlage)時,吸水閥在自身重量以及彈簧壓力的作用下自動關閉。這一個在大氣壓力作用下的變化過程,吾人稱爲水泵的吸水(Saugen)。

活塞回程(Rückgang)時,壓水閥自動開放,水量 Fs 由活塞壓入壓水管(Druckrohr)內,所以在壓水管內的水量被帶入運動。水量 Fs 在出口處流出。活塞衝程終了時,那末壓水閥也自動關閉。這一變化過程吾人稱爲水泵的壓水(Drücken)。

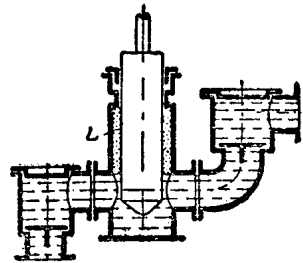
水泵在曲拐一轉中或一來回衝程中,能輸送水 Fs 立方公尺,所以當曲拐每分鐘轉動 n 次時,平均每秒供水量(Mittlere sekundliche Wassermenge)爲: $Q = \frac{Fsn}{60}$ 吾人令 $D \left(= \sqrt{\frac{4}{\pi} F} \right)$ 及 s 以公寸爲單位,故得每秒供水量以呎爲單位。所以 Q 爲呎/秒。

因爲吸水時與壓水時需要馬力(Kraftbedarf)之比,等於他們相應的高度之比,所以爲了使馬力需要分配得平均起見,吾人通常把2個或者3個水泵,裝置得互相平行,此中假定爲2個曲拐,則彼此轉移 180° ,3曲拐,彼此相隔 120° (雙重水泵,三重水泵)(Zwillings-Drillings Pumpe)。這種的裝置特別在重壓水泵(Greßpumpe)中最容易發現。若不顧慮馬力需要的不平均現象,則水泵也有應用單曲拐的簡單裝置的。這種水泵也同樣可應用於各種不同的輸水高度及不同的水量。

設吾人在出口處測得一水泵的實際(有效)供水量(Tatsächliche

Wasserlieferung) 爲 Q_0 ，以立方公尺/秒爲單位，那末吾人不難發覺，這種實際的供水量是常常比從水泵尺寸中計算出來的供水量 Q 爲小，因爲這裏面發生有供應損耗(Lieferungsverlust)。吾人稱 $\frac{Q_0}{Q}$ 之比爲供應率(Lieferungsgrad) η_l ，因此有： $\eta_l = \frac{Q_0}{Q}$ 。

供應損耗可能由於不緊密所引起，造成不緊密的爲：活塞的填函，閥以及導管等。如果吸水導管(Saugleitung)不緊密，空氣就要跑進去，所以跑進去的不純粹是水，而是一種水和空氣的混合物。這種的混合物也可能由於水中存在有天然的空氣成份所引起。當吸水時，一部份的空氣自動游離出去，並且聚集在泵筒的最高部分。假如泵筒製造得很適當，那末當排水衝程(Druckhub)時，空氣完全逸入壓水管內。但是空氣也可能在泵筒中聚集在一空間內，所謂聚集在空氣囊 L(Luftsack) 內，他在排水衝程中並不會逸出去(第 2 圖)，那末這空氣量在吸水時就自動膨脹，在壓水時就彼此收縮，以致使閥門開放得太遲。吸水高(Saughöhe)和壓水高(Druckhöhe)愈高，由此所發生的損耗也就愈大。如吾人此後所要指出的，閥的開放和關閉對於衝程變換(Hubwechsel)而言，都要發生遲滯(Verspätung)，因此吸進來的和壓出去的水量都比 F_b 來得小。吾人可令 $\eta_l = 0.90$ 到 0.98 ；以給水廠和蓄水設備中所應用的情形而言，小的值適用於小水泵，大的值適用於大水泵。

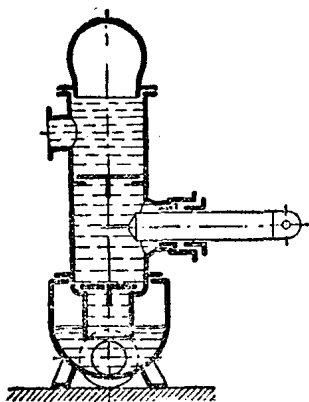


第 2 圖 錯誤的裝置，有空氣囊 L

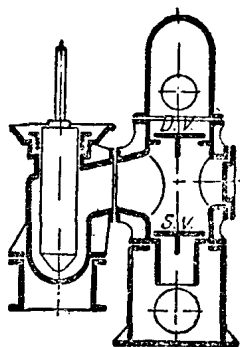
而言，都要發生遲滯(Verspätung)，因此吸進來的和壓出去的水量都比 F_b 來得小。吾人可令 $\eta_l = 0.90$ 到 0.98 ；以給水廠和蓄水設備中所應用的情形而言，小的值適用於小水泵，大的值適用於大水泵。

如此後所要指示的，在往復水泵中，特別在用曲拐傳動的往復水泵中，爲了要達到平靜的工作起見，通常安置有空氣室(Windkessel)。在噴射時，爲了要保持均勻的出水量，空氣室是非常必需的。第 3 圖即表示有一空氣室的單作用式水泵。第 4 及第 5 圖都是直立式水泵的例子。

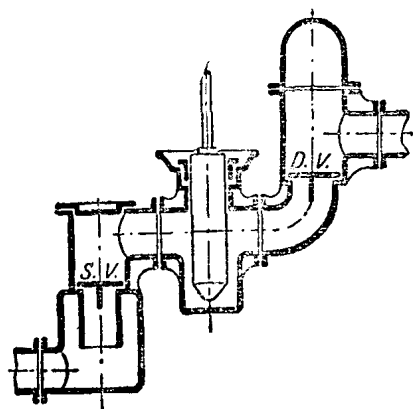
提升水泵(第 6 圖)製成有貫穿的盤形活塞(Scheibenkolben)。盤形



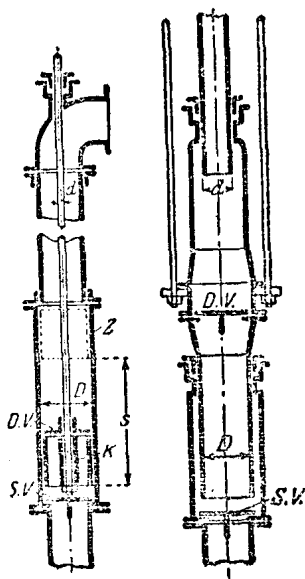
第3圖 有空氣室的單作用式
排壓水泵



第4圖 直立單作用式排壓水
泵，壓縮的裝置



第5圖 直立單作用式壓力水泵，
閥的裝卸極為簡易

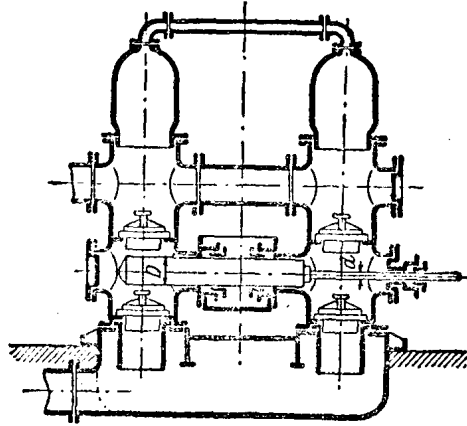


第6圖 第7圖 具有管形活
塞的提升水
泵（力丁格
水泵）

活塞上備有一壓水閥 $D.V.$ ，他可在一鑽穿的垂直泵筒內上下運動。活
塞向上運動時，吸水閥 $S.V.$ 自動開放，吸進水量 Fs 立方公尺。同時在
泵筒內位於活塞以上的水量 $(F-f)s$ 被提升至壓水管內，此處 $f = \frac{\pi d^2}{4}$ ，

爲活塞桿(Kolbenstange)的截面積。

當向下運動時，泵筒內位於活塞以下的水量 Fs 經過開放着的壓水閥而跑到裏面來。同時在活塞的上部有空間 $(F-f)s$ 讓出，所以有



第8圖 具有一柱形活塞的橫臥雙作用式水泵

水量 $Fs - (F-f)s = fs$ 被擠至壓水管內。

水泵在一次轉動中所輸送的水量爲 $(F-f)s + fs = Fs$ 。所以有

$$Q = \frac{Fsn}{60}$$

因爲 f 與 F 比起來顯得很小，而輸水工作的絕大部份是用來作爲
 • 提水之用，所以可將 f 略去不計，提升水泵可以當作單作用式水泵看待。
 爲了要使輸水工作 (Förderarbeit) 能够分配得比較均勻，吾人使用各種的補助方法(平衡重量(Gegengewicht, 對等活塞 Ausgleichkolben))
 提升水泵應用於很深位置的井水平面，像在井用水泵(Brunnenpumpe)和鑽井水泵(Bohrlochpumpe)的情形中那樣。除此之外，他也可用於蒸汽機的凝結器設備中。

在壓水高超過 40 公尺時，盤形活塞的緊密就非常困難，而活塞上填塞面 (Dichtungsfläche) 的保護也不可能。緊密程度的良好與否首先可從供水量的顯明減少中來確定。所以在很大的壓水高時，吾人採用具有管形活塞 (Rohrkolben) 的提升水泵，單作用式力丁格水泵

(Rittingerpumpe) (第7圖)。在這水泵中，用兩個可從外面重新拉緊的填函可使水泵不漏水。工作方法是同簡單的提升水泵一樣。

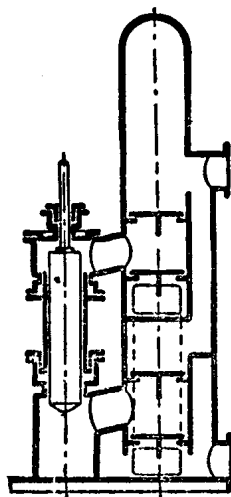
2. 雙作用式水泵

這種水泵可製造成橫臥式或者直立式；在壓水高很小時，吾人使用盤形活塞，否則選用柱形活塞，吾人又可分柱形活塞的水泵為單活塞和雙活塞兩種式樣。在後一情形中必須要有一根連繫導桿(Umführungsgestange)。

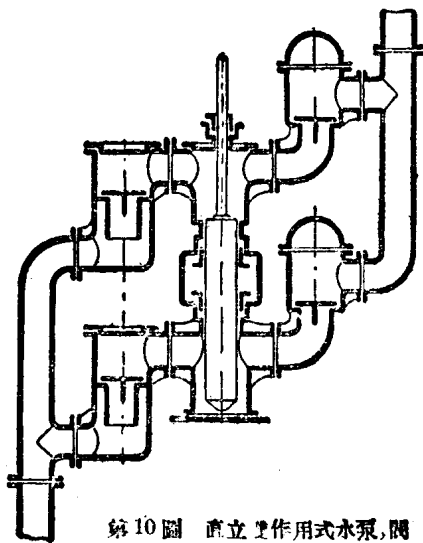
第8圖表示一具有共同柱形活塞的橫臥式水泵。當去程時，左邊的活塞面積吸進水 Fs ，同時右邊的活塞面積把水從右邊的泵筒中排出去。回程時，左邊的活塞面積把水 Fs 從左邊的泵筒中排出去，同時右邊的活塞面積把水 $(F-f)s$ 吸進來。水泵在轉動一次中輸送水量 $(F-f)s + Fs = (2F-f)s$ 立方公尺，所以有

$$Q = \frac{(2F-f)sn}{60}$$

這種水泵在給水廠或蓄水設備中是用於中等的輸水高度。為了減小柱形活塞的摩擦和水泵的結構長度起見，通常製成單一的填函(Una-



第9圖 直立作用式水泵緊縮的式樣

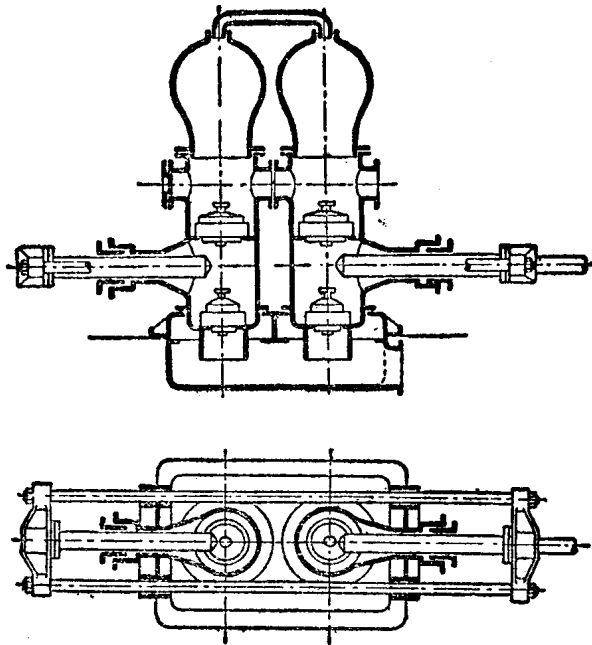


第10圖 直立雙作用式水泵，閥的裝卸很是簡便

stopfbüchse)(第 74 圖)來代替橫臥在正中的兩個填函。第 9 圖和第 10 圖都表示直立式柱塞水泵 (Tauchkolbenpumpe), 可當作水廠用水泵 (Fabrikpumpe) 和礦井水泵 (Schachtpumpe) 使用。

供水量和工作需要 (Arbeitsbedarf) 在回程時都比去程時來得大, 壓水高愈大, 兩者的差別也愈大。因為由於活塞壓力的增加, 活塞桿 (Kolbenstange) 的長度也比較要大得多。

所以在壓水高很大時, 吾人採用有連繫導桿的臥式雙活塞水泵 (第 11 圖)。這一水泵在去程或回程中的供應水量都相等。水泵在每轉一



第 11 圖 用於很大的壓水高的臥式雙活塞水泵

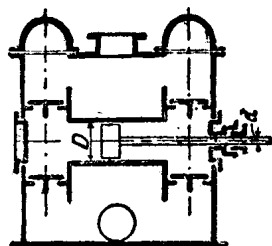
次中能輸送水量 $F_s + F_s = 2F_s$, 因此得:

$$Q = \frac{2F_s n}{60}$$

這種水泵應用於排水設備中, 或是當作重壓水泵使用。

在輸水高度很小時和並不太大的水量下, 吾人也使用具有盤形滑

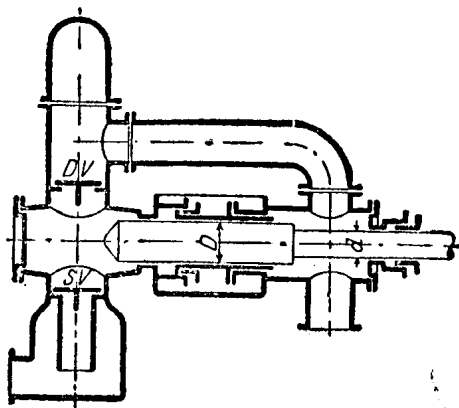
塞的水泵。第12圖即表示一臥式裝置。這種水泵的作用原理，和在第8圖裝置中一樣。如前面已經提到過的，在這個圖中，簡單盤形活塞的不夠緊密差不多已被指示出來。因為這種水泵的結構長度很小，故可當作廠用水泵使用。



第12圖 具有盤形活塞的廠用水泵

3. 差動水泵

具有柱形活塞的差動水泵常製成直立式和橫臥式。第13圖表示一橫臥式的裝置。當去程時，水量 F_s 被吸引到左邊泵筒內，同時右邊泵筒的水量 $(F-f)s$ 被擠出去。活塞回程時，左邊泵筒內的水量 F_s 經過壓水閥而被提出去，同時在右邊泵筒內有容積 $(F-f)s$ 空出，所以



第13圖 橫臥式差動水泵

只有水量 $F_s - (F-f)s = fs$ 被擠至壓水管內。因此水泵在每轉一次中所排出的水量為：

$$(F-f)s + fs = F_s, \text{ 故有:}$$

$$Q = \frac{F_s n}{60}$$

凸字形活塞(Stufenkolben)在去程時同時吸水和壓水，而當回程時只有壓水。

設若 $f = \frac{F}{2}$ ，則活塞的排水量(Wasserverdrängung)在去程與回程中有同等大小。選截面積 f 時，必須使需要馬力在去程或回程中有一樣大小。因此式樣簡單的差動水泵也能保證作均勻的輸送，從而獲得均勻的需要馬力。

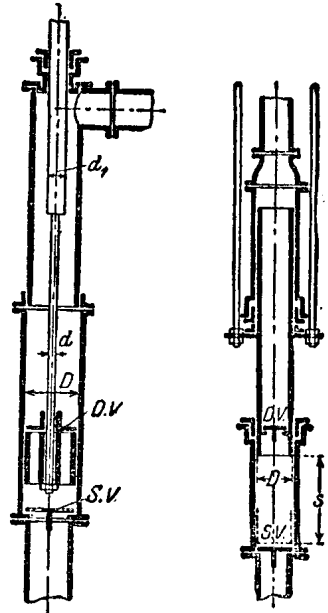
在差動提升水泵(Differentialhubpumpe)中(第 14 圖)，經過裝置一對等活塞(d_1)後，可以除去簡單提升水泵中馬力需要的不平均現象。當活塞向上運動時，水量 F_s 被吸進來，同時泵筒中位於活塞以上的水量 $(F-f_1)s$ 就被提升至壓水管內。活塞向下運動時，水量 F_s 經過開放的壓水閥而流至上面，同時在活塞以上有空間 $(F-f_1)s$ 讓出，所以水量 $F_s - (F-f_1)s = f_1s$ 被擠入壓水管內。

因此水泵在轉動一次中輸送水量 $(F-f_1)s + f_1s = F_s$ ，故得 $Q = \frac{Fsn}{60}$ 。

若令 $f_1 = \frac{F}{2}$ ，則當活塞作上下行程時，排水量有同一大小。

壓水高很大時，吾人採用具有管形活塞的差動水泵——力丁格水泵——(第 15 圖)。排水量在向上運動時為 f_s ，在向下運動時為 $(F-f)s$ ，所以有

$$Q = \frac{Fsn}{60}$$



第 14 圖 差動提升水泵

第 15 圖 差動力丁格水泵

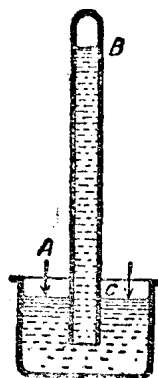
2. 往復水泵的計算

1. 吸水作用 (Saugwirkung)

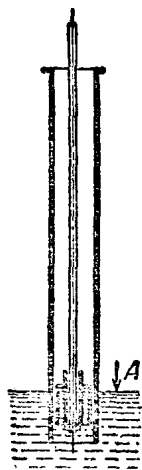
(1) 概 論

取一長約 11 公尺一端封閉的長管，用 4°C 的水充滿，再用一圓盤，

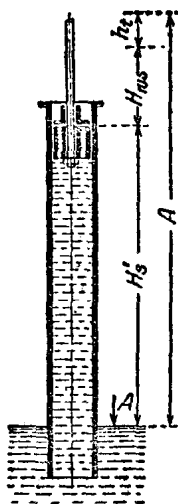
把管的一端蓋緊，然後把管子倒置放入水中，並在水中把圓盤取去（第16圖），則管中的水將要降落少許，但是降低到一定點 B 時就停止不動。在 B 的上面現在就有一真空。這就是說，在 B 處地方的水面上作用的壓力等於零。這一現象亦即說明外界所作用於水面上大氣壓力等於水柱 BC 的壓力。在一般的情況下，水柱的高度為 $BC=10.33$ 公尺。這一高度也就是表示以水柱高度的公尺為單位來說出大氣壓力的 大小。通常平均為： $A=10.33$ 公尺水柱(4°C)



第16圖



第17圖



第18圖

或者略去小數點後面的幾位，得米制大氣壓力或工程制大氣壓力為：

$$1 \text{ at} = 1 \text{ 大氣壓力} = 10 \text{ 公尺水柱}(4^{\circ}\text{C})$$

令 F 為管內徑的截面積，以平方公尺為單位， p 為管截面積的表面壓力，以公斤/平方公尺為單位， h 為該截面積上液柱的垂直高度，以公尺為單位。 γ 為液體的比重，以公斤/立方公尺為單位，則得

$$Fp = Fh\gamma \quad \text{或} \quad p = h\gamma, \quad h = \frac{p}{\gamma}$$

所以有

$$A = 10.33 \times 1000 = 10330 \text{ 公斤/平方公尺}$$

$$1 \text{ at} = 10 \times 1000 = 10000 \text{ 公斤/平方公尺}$$