

第七章 唧筒機械 (Pumping machinery)

唧筒は使用の目的、運轉の方法、構造の相違、或は動力の種類等に依り種々分類の方法あるも普通は次の四種類に大別せられる。

1. 往復唧筒 (Reciprocating pump)
2. 廻轉唧筒 (Rotary pump)
3. 渦巻唧筒 (Centrifugal pump)
4. 特殊唧筒 (Special pump)

往復唧筒なるものは圓筒内に一定距離の衝程をなす唧子に依り液體を吸込み之れを或高さに押揚ぐるものであつて、單働と複働との二種類ある、單働は唧子の一方の衝程の時のみ押揚げの作用をなし、複働は往復衝程共に押揚げの作用をなすものである、廻轉唧筒は特殊形状の廻轉子一個又は二個が圓筒状の外筐中に廻轉或は振動して液體を繰出すものであり、主として粘性液體の吸揚に用ひられる、渦巻唧筒は多數の彎曲したる羽根を有する圓盤が外筐内に廻轉し廻轉軸に沿ひ片側又は兩側より供給せられたる液體を圓盤の廻轉に連れ羽根に沿ひ中心より周縁を出て外周に於ける渦状の室に導かるゝ際液體流通の速度は次第に壓力に變り以て或高さに押揚げらるゝものである、最後の特殊唧筒なるものは上記各種唧筒の如く他より機械力を受けて動さるゝものではなく、液體自身の運動又は壓力に依り作用する唧筒であつて、即ち達摩唧筒、水鏈唧筒、空氣揚水装置及注水器等を總稱するものである。

此の如く唧筒の種類は多様なるも、今日最廣く用ひらるゝは第三種の渦巻唧筒であつて、其進歩發達するに従ひ他の唧筒は次第に使用範圍を縮少せらるゝ傾向がある、然し又渦巻唧筒にては所要の目的を達し難きものもあり、此の如き場合には之に適せる他の唧筒を使用せねばならぬ、又土木工用唧筒は排水、灌漑及

深井よりの汲水が主なる目的であるも、工用機械の原動機に蒸汽機關を用ふる場合には汽罐の給水用唧筒の構造の大略を知る事も必要であらう。

第一節 往復唧筒 (Reciprocating pump)

往復唧筒は其作用の動力に依り手動と機動とに別たれ、機動は更に他より動力を傳へられ間接に運轉するものと、原動機直結のものに別つ事が出来る、人力に依り作用する唧筒の最簡單なるものは家庭用の井戸唧筒、溝渠の溜水排除用の手動隔膜唧筒等である、今動力の如何を論せず作用或は目的に依り往復唧筒を分類する時は次の如くなる。

1. 手動唧筒 (Hand pump)
2. 深井唧筒 (Deep well pump)
3. 隔膜唧筒 (Diaphragm pump)
4. 二聯及三聯成唧筒 (Two-throw & Three-throw pump)
5. 蒸汽直働唧筒 (Steam-direct-acting pump)

上記各種の唧筒中(2)(3)(4)は水量多く又は揚程の高き時は動力を以て運動せられる、又(5)は蒸汽機關唧子の運動が連続俾、曲柄等を経て唧筒に傳へらるゝものではなく、共通唧子俾の一端は蒸汽管に他端は水壓管に連り蒸汽壓力が直ちに水管の唧子に傳はるものであつて、此種の唧筒は双組唧筒 (Duplex pump) と單組唧筒 (Simplex pump) とに別たれる。

第一項 往復唧筒の動作

第174圖は往復唧筒作用の一般を示すものである、圖に於て(C)は水管(Water barrel), (V_s)は其底に設けられたる吸込瓣 (Suction valve), (V_d)は出口に設けられたる排出瓣 (Delivery valve), (P_s)は吸込管 (Suction pipe), (V_f)は其底の底瓣 (Foot valve), (S)は除塵器 (Strainer), (P_d)は排出管 (Delivery pipe) である、今水管の直徑を D , 唧子の衝程を e とせば上方衝程の際には瓣 (V_s)は自ら開

かれ $Q = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times l$ の容積の水を水筒に吸揚
 げ下方衝程の際には瓣 (V_d) は自ら開かれ此容積の
 水は排出管より繰出さるゝ理である、但之は圖に示
 す如き単働唧筒の場合であり、復働の唧筒には吸込
 瓣排出瓣各二個宛を有し上下の衝程共水を繰出すか
 ら一定時間に於ける排水量 (Displacement) は上記の
 二倍である、然し實際に於ては衝程の端末に於て唧
 子運動の方向の變る際瓣は直に開閉せず、又瓣と瓣
 坐との密着不完全、唧子周囲の水密不完全並びに水
 中に幾分空気を含む等の原因に依り實際に排出せら
 るゝ水量は理論上の容積よりも幾分少くなる。

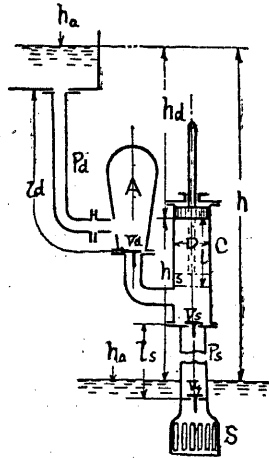
q = 實際の排水量

Q = 理論上の排水量

とせば $\eta_1 = \frac{q}{Q} =$ 唧筒の容積効率 (Volumetric efficiency)

と稱せられる、 η_1 の價は唧筒構造の良否、其大型なると小型なるとに依り異り
 殊に唧子衝程速度の緩急に關係を有し、速度の早き時は衝程の端末に於て瓣は完
 全に開閉せられず容積効率が悪くなるのである、依つて唧筒の種類に應じ普通用
 ふ可き唧子の速度が定められる、而して實際に於ける往復唧筒の容積効率は 99
 %以下 80 % である。

次に唧子運動の際完全なる真空を水筒内に作り得可しとせば吸揚の際水を以て
 滿され得可き水面上の高さ即ち吸上高さ (Suction head) h_s は理論上 10 米 (33.9
 呎) なる可き筈である、然るに實際に於ては水と管壁並に瓣及其他の抵抗のため
 6 米及至 7 米 (20 呎乃至 23 呎) 以上の吸揚は困難である、従つて水面の深さが
 此以上とならば水筒を吊下げ地上より長き唧子鏝を下し下方に於て衝程を行はね
 ばならぬのである、又單働と復働とを間にせず水を排出瓣以上に繰出したるのみに



第 174 圖

ては水は唧子の衝程毎に斷續して繰出される、此の如き唧筒を吸揚唧筒 (Lift pu-
 mp) と謂ふ、然るに排出管に向ふ途中に空氣室 (Air chamber) (A) なるものを
 設くる時は此室内の空氣の壓力は常に水面を壓するを以て水は連續して繰出され
 且或高さ h_d 迄之を押し揚ぐる事が出来る、此の如き唧筒は押し揚唧筒 (Force pu-
 mp) と謂はれ、 h_d なる高さを押し揚高さ (Delivery head), $h = h_s + h_d$ を唧筒の揚
 程 (Lift) と謂れる、依つて若し運轉唧筒の際他に少しもエネルギーの損失なしと
 せば一定重量の液體を h なる揚程に揚ぐる丈の仕事となすものである。

然るに實際に於ては種々の抵抗のため h よりも大なる H の高さに押し揚ぐる丈の仕
 事を要するものである。

今 $h =$ 理論上の全揚程 $= h_s + h_d$

$h_1 =$ 抵抗に仍る損失揚程

$H =$ 凡ての抵抗を加へたる全揚程 $= h + h_1$

とせば此抵抗 h_1 は次の各部分より成る。

1. 液體が管内を流通する速度に依る抵抗。
2. 液體と管壁との摩擦に依る抵抗。
3. 液體流通面積の急變に依る抵抗。
4. 液體が管の屈曲部を通過するための抵抗。
5. 液體が瓣を通過する際其重量又は瓣に働く彈機の壓力に依る抵抗。

上記各種の抵抗中 (1) に就ては液住が毎秒 v 米の速度にて流通せば $v^3/2g$ 米の揚程
 を此抵抗のために損失し (2) の摩擦抵抗は水速の二乗及管壁表面の精粗と長さとの正
 比例し管徑に反比例する、(3) は斷面積急變のため速度變じ管中に渦流 (Eddy) を生ず
 るための揚程の損失であり、速度の差の二乗に正比例する、(4) に就ては彎曲半徑の小
 なる程抵抗大であり、普通管徑の若干倍の長さが増加したるものと看做すのである、最
 後に (5) の抵抗に就ては瓣の構造、重量並に瓣に働く彈機の壓力に依り異り、一定の公
 式を以て示す事は困難である。

今 $k =$ 水と管壁との摩擦に依る損失揚程

$k' =$ 流通斷面積の急變に依る損失揚程

$k'' =$ 曲管の抵抗に依る損失揚程

$k''' =$ 瓣を流通する抵抗に依る損失揚程

とせば $h_1 = \frac{v^3}{2g} + k' + k'' + k''' + k''''$

上記諸種の損失揚程中普通に存在し且つ影響の最大なるは液體と管壁との間の摩擦に依る損失揚程 h' である、依つて此價のみを計算し其上に幾分の餘裕を加へ其他の損失揚程を合計したものと眞倣さるゝ事がある。

$$\eta_h = \frac{h}{H} = \text{動水効率 (Hydraulic efficiency)}$$

従つて η_h の價は管の長さ、流水の速度、屈曲部の個所數等に依り一定せざるも水速早き程大であつて、流速毎分百米以下の時は約 0.77, 百米以上の時は 0.63 乃至 0.77 である。

$$q = \eta_1 \times Q \quad h = \eta_h \times H$$

$$\text{指示効率 (Indicated efficiency)} = \frac{q \times h}{Q \times H} = \eta_1 \times \eta_h$$

此 $q \times h$ を馬力にて表したるものを正味馬力 $H.P.$ と謂はれ、 $Q \times H$ を馬力にて表したるものを水馬力 $W.H.P.$ と謂はれる、又此水馬力 $W.H.P.$ の仕事をなさんため原動機に要する馬力を $B.H.P.$ とせば其幾分は傳動装置並に軸承の摩擦等に費さるゝを以て

$$\eta_m = \text{機械効率} = \frac{W.H.P.}{B.H.P.}$$

依つて η を唧筒の全効率とせば

$$\eta = \eta_1 \times \eta_h \times \eta_m$$

大氣の壓力は海面上高さ 10.33 米の水柱 (或は高さ 760 托の水銀柱) に相當するを以て何等の抵抗なしとせば水を吸揚げ得可き高さ h_s の最大價は即ち此高さである、而して大氣の壓力にて水以外の液體を吸揚げ得可き高さは液體の比重に反比例する、今其高さを h'_s とし液體の比重を S とせば

$$h'_s = \frac{10.33}{S} \text{ 米}$$

なる式を以て求め得可く、従つて油類の如く水よりも輕き液體は水よりも高く吸揚げ得可く、鹽水又は酸類の如く水よりも重き液體は水よりも吸揚高さ小となる。

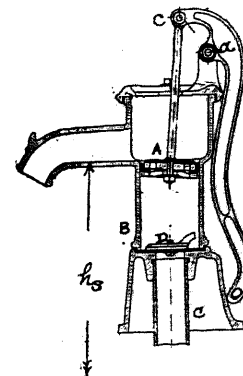
又海面に於ける大氣の壓力に對する水柱の高さ 10.33 米は溫度が $4^\circ C$ の時であり、水の溫度之れ以上とならば唧子の運動に依り生ずる眞空のため水の一部分は蒸發し完全なる眞空を作る事は出來ぬ、従つて最大吸揚高さは水の溫度の昇るに従ひ減少す可き管である、地表以下の温泉を唧筒に依り吸揚ぐるに困難なるは

此理由である。

第二項 手働唧筒 (Hand pump)

家庭用の井戸唧筒の如く揚水量少く且つ使用の回数多からざる時は、人力にて運轉する構造簡單なる唧筒を使用する、之に柄を上下に動す可きもの、柄を左右に動す可きもの、曲柄を廻轉す可きものとの三種の方法がある、一般に一人が柄の端末に連続して加へ得可き廻轉力、又は振動力は約 14 托とせられ長さ 50 種の柄の端末に此力を加へ毎分 45 回の上下運動を 10 分續け得可く、柄を左右に動す場合には 75 度の範圍にて毎分 50 往復をなし得可く、(例令ば翼瓣唧筒取扱の場合の如し)柄を廻轉する場合には半径 30 種の柄を毎分 25 廻轉なし得可きものとせられる。

第 175 圖は淺き井戸に用ひらるゝ最簡單なる手押唧筒を示す、吸鑄 (A) の周縁に革を嵌めて水密を保めしめ、其上面には革板を蔽ひて排出瓣の作用をなましめる、水筒 (B) の底に取付けられたる吸込瓣 (D) は革板に孔を穿ち一端のみを残したる蝶番瓣 (Flap valve) であつて、補強のため表裏に鐵板を當て且つ上面より突起を出して揚程を制御する止金の用とする、吸鑄 (A) が水筒内を上下す可き衝程距離は柄の長さ (a) (b) 間と (a) (c) 間との挺率に依り定る、囊に述べたる如く水面上吸込瓣迄の最大高さ h_s は理論上は 10.33 米なるも實際に於ては諸種の抵抗のため 6 米乃至 7 米である、従つて井戸の深さが 7 米以上とならば水筒を井戸に吊下げ排出瓣より繰出されたる水は排出管に沿ひ持揚げられ井戸よりも上部に押揚ぐ可くせられねばならぬ、但此の如き構造とせば長き唧子鐮を要し人力にて上下する事困難となるから深さ約 18 米位を限度とする。



第 175 圖

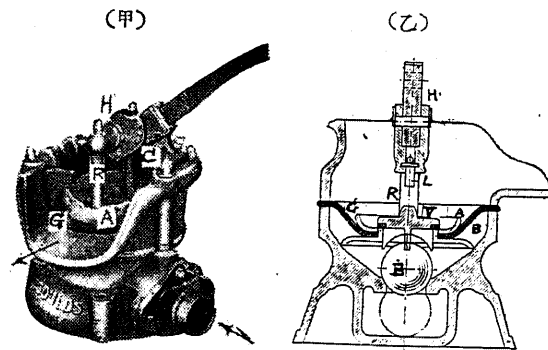
第三項 深井唧筒 (Deep well pump)

水面が地表より十數米以下にある時は往復唧筒の水筒を水面迄吊下げたる長き管を以て作り、此管の上部の上昇管を地表迄延長する、而して水筒の底に掃塵器を取付け唧子鐮は地上より長く水筒迄延長し其端末には排出瓣の作用をなす球瓣を

取付け水筒の底には吸球瓣を取付ける、此兩瓣は共に支持籠の内に保たれて運轉中脱出するを防ぐ、此の如き構造の唧筒を深井唧筒と謂ふ、而して唧子鐸を引揚ぐる時は之に結合せられたる支持籠中の排出球瓣は閉ぢ、水筒の底の吸込球瓣は開きて水は筒内に吸込まれ、次に唧子鐸を降す時は吸込球瓣は閉され排出球瓣は開き水は排出球瓣を出て、上昇管に入る、而して再び鐸を引揚ぐる時は此水は唧子鐸と共に押揚げられ此作用を繰返すものである、従つて唧子鐸を引揚ぐる時は排出瓣上の上昇管中の水全部を引揚ぐるを要し抵抗力頗大となるを以て元より動力に依るを要するのみならず、唧子鐸上下の際上下の球瓣に激動を及ぼす處がある、然るに今日は後記の深井渦巻唧筒 (Bore hole pump) なるものが發達せるに依り此の如き深井用の往復唧筒は次第に使用せられざる傾向となりつゝある。

第四項 隔膜唧筒 (Diaphragm pump)

此唧筒はゴム製又は革製の圓盤を上下に振動せしむる事に依り真空を作り餘り深からざる溜水を吸揚ぐるに用ひらるゝものであつて、作用は單働の往復唧筒と同一である、構造簡單であり凡ての動作部分を目撃し得可く、且つ運搬容易なるを以て一般の土工用として廣く用ひられる、手動のものゝ動力に依り動さるゝものとある、然し土砂を含む水を吸揚ぐる時は隔膜が容易に破損し屢其取替を要する缺點がある。



第 176 圖

第 176 圖 (甲) (乙) は此唧筒の外見及断面を示すものである、(G) はゴム製又は革製の圓盤であつて其外周は上下の鑄鐵製外壁の間に固定せられ中央部は表裏より板金 (A) と (B) とを以て締附けられる、而して柄の端末部 (H) はピンを以て板金 (A) と一

體なる直鐸 (R) の又狀部に取付けられる、(V) は排出瓣であつて、其裏面周囲のゴム輪に依り瓣坐に密着し下方の脚に依りて上下の運動を案内せられる、又 (J) は瓣 (V) の揚程を制限するための止金である、今柄を外壁に設けられたる支持點 (C) を軸として上下せば隔板 (G) は金物 (R) と共に上下に振動し従つて水は下方より鐵製又は眞鍮製の球瓣 (E) を押上げて吸込まれ更に瓣 (V) を開き上方に排出せらるのである。

第五項 蒸汽直働唧筒 (Steam direct-acting pump)

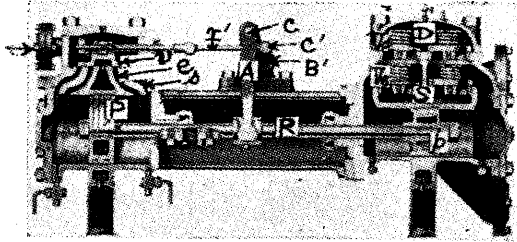
蒸汽直働唧筒なるものは蒸汽力にて働く唧筒の一種であつて、蒸汽筒と水筒とは共通の唧子鐸を以て作用せられ連続鐸曲柄の如き何等途中の接續部分がないのである。而して蒸汽は汽筒に於ける唧子の全衝程を通じて供給せられ、所謂絶汽 (Cut-off) たきため唧筒は殆んど均一なる速度にて往復し、従つて流水の状態常に一樣である、故に此種の唧筒は小型の割合には能力大である。又連續鐸及曲柄なきため唧子衝程の長さを制限す可きもなく唧子は衝程の端末に於て汽筒蓋に衝突する處があり、之を防がんがため衝程の端末に於て蒸汽の一部を汽筒に残す様になつて居る。

直働唧筒には單組唧筒 (Simplex pump) と双組唧筒 (Duplex pump) とある、單組唧筒は一個の汽筒と一個の水筒とを共通の唧子鐸にて結合し自己の唧子鐸より運動を導き蒸汽瓣を動すものであり、特殊の複雑なる動瓣装置を必要とする、又衝程の端末に於て容易に運動の方向を反轉し得可き装置なく、唧子は暫時運動を停止し排水の流通不同になり易い、双組唧筒は一名ワシントン型唧筒 (Warthington pump) と謂はれ汽筒と水筒と一組となれるもの二個を併置し、其一方の唧子鐸に依り他方の蒸汽瓣を動すものである、而して双組の唧子は位置を異にして取付けられ一方の水筒に於けるプランヂャー (Plunger) が衝程の他端にある際他方水筒のプランヂャーは衝程の中央にあり、従つて容易に運動の方向を變じ連続流水を行ふ事が出来る、依つて今日汽罐の給水用としては此ワシントン型唧筒が最廣く用ひらるゝのである。

第 177 圖は双組唧筒の内一組の縦断面圖を示すものである、唧子鐸 (R) の左端には

汽笛の唧子 (P) 右端には水笛のプランジャー (p) が取付けられる、唧筒には下方の吸込弁 (V_s) と上方の排出弁 (V_d) とが二個宛設けられる、蒸気が唧子 (P) の左側に働く時は (p) は右方の衝程をなし左方の (V_s) が上に開き水の吸込室 (S) より水

笛を左方に吸ひ込むと共に其右方にありし水は右方の (V_d) を押揚げ室 (D) より繰出される、又蒸気が唧子 (P) の右方に働く時はプランジャー (p) は左方の衝程をなし右方の (V_s) が上



第 177 圖

に開き水を水笛の右方に吸込むと共に其左方にありし水は左方の (V_d) を押揚げて (D) 室に繰出される、即往復衝程共に排出を行ふ復動である、此種の唧筒に於ける汽笛には一般の蒸汽機關の汽笛と異り (s) (e) なる二個の通路が左右に設けられる、此内 (s) は汽笛に對する蒸汽の吸込路、(e) は室 (D) に向ふ其排出路である、之は笛子衝程の端末に於て少許の蒸気を汽笛中に残し其の弾力のため往復部分の運動を停止せんがためであつて、例令に圖に於て (P) が右方に動き右方の (e) を被ふ時は此際構造上弁 (v) は右方の通路 (s) を被ふ事となるに依り (P) の右方にある少許の蒸気は残留し唧子が汽笛蓋に接觸するを防ぐ、唧子 (P) が左方の衝程をなす場合も同様である。

此筒に於ては一組の汽笛に於ける蒸汽弁の運動は他組の唧子より導かる、ものである、即一方の唧子 (R) 中間の金物に適合しに動揺す可き腕 (A) 上方の軸 (C) の向側には (A) と共に動く挺があつて其運動は向側一組の汽笛の瓣に傳はり、又向側一組の唧子中央の金物に適合して動揺す可き腕上方の軸 (C) の手前には其腕と共に動く挺 (B) が取付けられ其運動は此側の瓣 (v) に傳はる、而して彼此二組の唧子には半衝程の位相差を以て取付けらるにより一方の唧子が衝程の中央にある時は他方の唧子は衝程の端末にある、従つて双組唧筒に於ては二個の唧筒より繰出さるゝ合計の排水量は常に一定であり殆んど空氣室を取附くる必要なく、之を取附くるも小なるものにて差支ないものである。

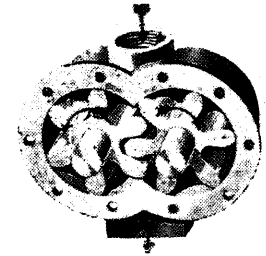
第二節 廻轉唧筒 (Rotary pump)

廻轉唧筒なるものは一個又は二個の唧子が外筐内に廻轉運動をなし外筐の一方

より吸込みたる液體を廻轉に連れ他方に繰出す可きものであつて、其特徴とする所は液體送出の作用が連続的であり従つて空氣室を必要としない事である、但此種唧筒の缺點は外筐との接觸面が次第に磨耗せば液體の密封悪しくなり効率の減する事である、廻轉唧筒には齒輪唧筒、ルーツ唧筒、偏心輪唧筒等の種類があり猶之に類するものに翼唧筒なるものがある。

第一項 齒輪唧筒 (Geared pump)

此唧筒は第 178 圖に示す如く廻轉する唧子即ち廻轉子は同一寸法の二個の齒輪であつて、外筐の外側より二軸を反對に廻轉せば圖に於て上方より供給せられたる液體は齒輪と外筐との間に封じ込まれつゝ下方より排出する、齒輪の喰合良好ならば廻轉を速かにせば相當の揚程迄液體を押揚げ得可きも、運轉を續くるに従ひ磨耗する、但粘性の液體ならば漏洩の患少きを以て此唧筒は一般の油類及瀝青液等の吸揚用に普通供せられる、但瀝青液は其温度の降る時は齒と



第 178 圖

外筐との間に膠着し唧筒の運轉を妨ぐるを以て、外筐を二重に作り其間に蒸汽若くは熱氣を送り外部より温むる必要がある、其他此唧筒は高速廻轉をなす機關例令ば自動車機關の軸承に對して減摩油の循環唧筒として用ひられる。

第二項 ルーツ唧筒 (Root's pump)

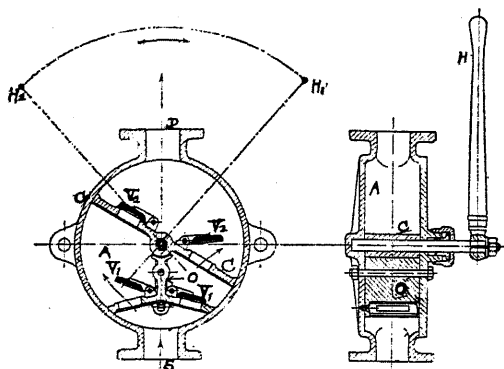
ルーツ唧筒なるものは外筐の内部に断面蘭形の廻轉子 (Rotor) が二個接觸しつゝ反對方向に廻轉するものであつて、軸が 90° 廻轉する毎に二個の廻轉子断面の方向が反對となる、此の如くして外筐の一方より吸込みたる液體を廻轉に連れ廻轉子と外筐との間に封じ込みつゝ他方に繰出す作用は前記の齒輪唧筒と同様である、而して假に各部分に少しも漏洩の無きものとせば軸の一廻轉に就き廻轉子と外筐との間に圍む容積の四倍の液體を繰出す可き筈である、然し實際には此間に多少の間隙あるを以て繰出量は幾分減少するものである。

第三項 偏心輪唧筒 (Eccentric pump)

偏心輪唧筒なるものは一個の圓盤が外筐の内部に於る其中心に對し偏心的に廻轉し、同時に偏心圓盤の直徑を横切りて出入する一枚の平板が彈機に依り外筐内壁に壓着せられ、此平板に依り圓盤と外筐との一方の間に進入し來る液體を他方に繰出すものである、此唧筒は主として小容量の水又は酸類等を連続壓送するに用ひられる。

第四項 翼唧筒 (Wing pump)

翼唧筒は廻轉唧筒の變形であつて、前三種の唧筒に於ては廻轉子は常に連続的の廻轉をなすも此唧筒は外部より手柄を取扱ひ、左右に一個宛の排出瓣を有する長方形の隔板を其中央を軸とし圓筒形の外筐内に約 75° の範圍に於て往復の運動をなさしむるものである。



第 179 圖

第 179 圖に於て (C) は振動す可き隔板、(V₂) (V₂) は其左右に取付けられたる排出瓣 (O) は外筐の中央下部に固定せられたる隔板であり左右に一個宛の吸込瓣 (V₁) (V₁) が取付けられる、今柄 (H) を圖の如く左方より右方に動せば液體は下方の入口 (S) より左方の (V₁) を經て其上部の室に入り、同時に右方の室にありし液は右方の (V₂) を開きて其上に出る、又柄を右方より左方に動す時は此反對である、翼唧筒は他の三種の唧筒と異り液體は常に間歇的に繰出される、従つて之を連続的ならしめんには上室に空氣室を設ければならぬ。

第三節 渦卷唧筒 (Centrifugal pump)

渦卷唧筒は渦狀胴 (Spiral casing) と名くる蝸牛殻狀の室と、其の内部に廻轉する數個の彎曲したる羽根 (Vane) を有する羽根車一名廻轉子 (Impeller or Runner)

とより成るものであつて、廻轉軸に沿ひ片側又は兩側より進入する水は羽根に沿ひ中心より外方に誘出され、遠心力のため次第に其速度と壓力とを増加し羽根車の外周に於ける渦室 (Vortex chamber) なる環狀の室を通過する間に次第に速度を減じ反對に壓力は増加し、次に渦室の外部なる渦狀胴に送出され以て或高さに水を押し揚ぐるものである、而して水が羽根に沿ひ中央より外周に進むに従ひ其後に眞空を生ずるから水は常に連続して吸込まれつゝ排出せられる、即ち渦卷唧筒は羽根車の廻轉に依る水の遠心力運動が其壓力を得る原因となるを以て、一名離心唧筒とも謂はれるのである。

今渦卷唧筒を往復唧筒に比較するに、前者は構造簡單で羽根車以外には運動する部分なく据附も容易であり、同一の仕事をなす往復唧筒に比較し $\frac{1}{3}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ の費用にて足るのである、又渦卷唧筒は概して高速廻轉なるを以て電動機或は揮發油機關の如き高速廻轉をなす原動機に直結廻轉を行ふ事が出来る、之に反し往復唧筒にありては電動機の廻轉を唧子の衝程に變ずるには種々の中間機構を要し、摩擦のため効率が低くなるのである、又往復唧筒に於ける吸込瓣、排出瓣は使用するに従ひ破損するも渦卷唧筒には何等此の如き部分がない、最後に渦卷唧筒は送水の必要な時は廻轉を其儘とし、阻水瓣のみを閉づれば可なるも、往復唧筒に於ては先づ原動機の廻轉を止め、然る後阻水瓣を閉ぢざる時は各部に損傷を來す虞がある。

以上は渦卷唧筒が往復唧筒に勝る點である、然し往復唧筒は揚程を其儘とし廻轉速度の加減のみにて排水量の調整を行ふ事が出来るも、渦卷唧筒は揚程と排水量との間に一定の關係があつて、水量と共に揚程も變ずるのである、故に少量の水を高揚程に揚げ、若くは一定の揚程に押し揚ぐ可き水量を變ずる必要のある場合には往復唧筒を使用する方が便利である。

更に往復唧筒及前節の廻轉唧筒に於ては廻轉を始めれば水は直ちに水筒内に昇り來るも、渦卷唧筒に於ては始動の前吸込管全部と唧筒の内部全體に迎水を滿さ

ねばならぬ、従つて吸込管の底には必ず底瓣を設けねばならぬのである。渦巻唧筒の大きさは普通其排出口の内徑を以て示さるゝものであつて、内徑を d 吋一分間の排水量を Q 立方呎毎秒の水速を V 呎とせば此三者の内には次の如き關係がある。而して V は普通 8 呎内外とするのである。

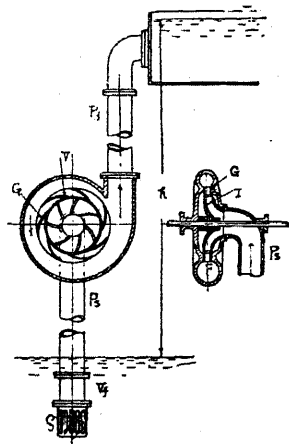
$$d = 1.75 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

今第 180 圖に於て (P_s) は吸込管 (V_f) は底瓣 (S) は除塵器、(F) は渦狀洞であつて、數個の彎曲したる羽根を有する羽根車 (1) が此内に廻轉する、(V)

は羽根車の外周と渦狀洞との間なる渦室と稱する環狀の室であつて(但此室を有せざる唧筒もある)

此室には固定の案内羽根 (G) を取附ける、今最初に於て唧筒の内部並びに吸込管全部が水を以て充たされたりとする、此際動力を加へ羽根車を矢の方向に廻轉せば中央部にありし水は遠心力のため外方に向ひ之がため次第に其速度と壓力とが増加せられて渦室 (V) に入り此水は廻轉の方向に沿ひ長き螺旋狀の曲線を畫き渦室を通過する間に速度は次第に減じ反對に壓力は次第に増加し其外部の渦狀洞 (F) に入るのである、然るに水が此 (F) なる部分を通過する時の速度は一様であり、其量は廻轉の方向に従ひ次第に増加するを以て渦狀洞の斷面は次第に大となる、此の如くして水は排出管 (P_d) より水面上 (h) なる揚程の水槽に押揚げらるゝのである。

渦室 (V) なる部分は羽根車より出でたる高速の水を次第に減速し壓力を増加せんがために設けたるものであつて、固定羽根 (G) は水の運動を導くためのものである、但揚程の低き唧筒には此室を設けず羽根より出でたる水は直に渦狀洞に送出さるゝものである。



第 180 圖

渦巻唧筒にはタービン唧筒 (Turbine pump) と螺形唧筒 (Volute pump) との二種があり、タービン唧筒は前圖に示す如く渦室と案内羽根とを有する唧筒であり、螺形唧筒は之を有せざる唧筒である、渦巻唧筒には構造上水の入口が片側のみに設けらるゝものと兩側に設けらるゝものとあり、前者を片側吸込式 (Single suction type) 後者を兩側吸込式 (Double suction type) と謂ふ、片側吸込式のものでは羽根車の兩側に働く水壓力に高低の差あるを以て羽根車は一方に押さるゝ傾あり従つて此不同の壓力を平衡する装置が必要である。

渦巻唧筒は又作用上低揚程、中揚程、高揚程、の三種に區別せられる、低揚程とは揚程が 3 米乃至 4 米以下の場合であつて、之には片側又は兩側吸込の螺形唧筒が使用せられる、中揚程とは其以上 30 米位より以下の場合であつて、一段のタービン唧筒が使用せられる、高揚程とは此以上 300 米にも及ぶものであつて、一軸上に同一形狀の羽根車を多く併て一の羽根車を出でたる水は順次隣の羽根車に入りて之を廻し、此の如くして次第に水壓を高くせる構造のものが使用せられる、此の如く數個の羽根車を一軸上に取附けたるものを多段唧筒 (Multi-stage pump) と謂はれ之に對し羽根車一個を有するものは一段唧筒 (Single-stage pump) と謂はれる、而して普通の渦巻唧筒の羽根車は水平の廻轉軸上に取附けらるゝも、深井戸の吸揚に用ひらるゝボアホール唧筒 (Bore-hole pump) の如く地下に吊下げたる垂直軸上に數段の羽根車を取附け地上据附の電動機を以て之を運轉するものもある。

今 H = 損失を合算した理論上の揚程即全揚程 (米)

h = 實際の揚程 (米)

h_f = 摩擦及抵抗に依る損失揚程 (米)

とせば

$$h = H - h_f$$

$$\eta_h = \text{水力効率 (Hydraulic efficiency)} = \frac{h}{H}$$

而して渦巻唧筒に於て此 h_f なるものは次の各種の原因による揚程の損失である。

1. 吸込管、排出管流通の際管壁と水との摩擦に依る損失。
2. 羽根車及渦室通過の際の摩擦に依る損失。
3. 羽根車及渦室の出入口に於て水流の衝撃に依る損失。
4. 羽根車の盤面が渦狀胴内に廻轉するがための損失。
5. 羽根車と渦狀胴との間隙より壓力水が漏出して吸込口に戻るための損失。

而して η_h の最大價は唧筒の型式に依り凡そ次の如くである。

導羽根を有せざる唧筒	$\eta_h = 0.5-0.65$
一段タービン唧筒	$\eta_h = 0.6-0.75$
多段タービン唧筒	$\eta_h = 0.7-0.85$

又實際の揚程 h は次の簡單なる式を以て示さるゝ事がある。

$$h = c \times \frac{u^2}{2g}$$

但 u = 羽根車外周の速度 (米毎秒)

g = 重力の加速度 = 9.81 (米毎秒²)

c = 唧筒の種類に依る定數であつて渦室を有せざる唧筒に對しては 0.83—1.0

渦室を有する唧筒に對しては 0.95—1.2 である。

而して D を以て羽根車の直径 (米) と N を以て毎分の廻轉數とすれば

$$N = \frac{60 \times u}{\pi \times D}$$

今三相交流の電動機に直結して渦卷唧筒を廻轉するものとせば此廻轉數 N は電動機の廻轉數と同一であらねばならぬ、而して電動機毎分の廻轉數は其周波數と磁極の數とに依り普通次の如くである。

極數	二極	四極	六極	八極	十極	十二極
50 サイクル	3000	1500	1000	750	600	500
60 サイクル	3600	1800	1200	900	720	600

従つて羽根車は其廻轉數が此等電動機の廻轉數に一致す可く其圓周速度又は直径の價を定められてある。

Q = 吸揚ぐ可き水量 (立方米 / 毎秒)

とせば水馬力 (W.H.P.) (Water horse power) を米突馬力を以て示す時は

$$W.H.P. = \frac{1000 \times Q \times h}{75}$$

η_h を水力効率とせば唧筒軸のなす仕事の割合即ち軸馬力 (S.H.P.) (Shaft horse power) は次の如くである。

$$S.H.P. = \frac{1000 \times Q \times h}{75} \times \frac{1}{\eta_h}$$

然るに外部より加へらるゝ仕事が羽根車の廻轉となる迄には、軸承の摩擦及填料面に於ける摩擦のため仕事の一部を失ふから η_m を以て機械効率 (Mechanical efficiency) とせば外部より加ふ可き必要なる馬力即ち制動馬力 B.H.P. (Brake horse power) は次の通りである。

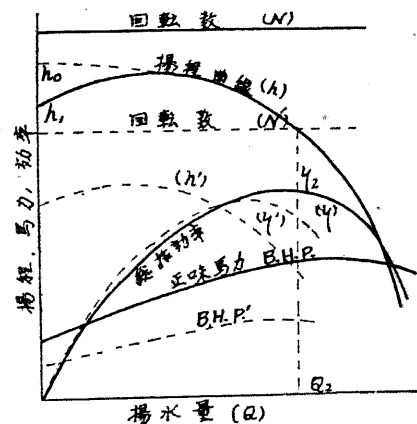
$$B.H.P. = \frac{S.H.P.}{\eta_m} = \frac{1000 \times Q \times h}{75} \times \frac{1}{\eta_h} \times \frac{1}{\eta_m}$$

$$\therefore \eta = \eta_m \times \eta_h = \frac{W.H.P.}{B.H.P.}$$

但實際に於て η_m の價は 0.9 乃至 0.95 である。

渦卷唧筒の運轉に於て所要の揚水量と揚程と羽根車廻轉數との關係を表す曲線を唧筒の特性曲線 (Characteristic curve) と謂ふ、蓋し渦卷唧筒は其廻轉數、揚水量、揚程、運轉馬力及効率の間に一定の關係があつて、其内一の値が變らば他の値も變るものである、特性曲線には廻轉の一樣なる時揚水量に對する揚程、馬力、及効率變化の模様を示すものと、揚程の一定せる時廻轉數に對する揚水量變化の模様を示すものと、揚水量を一定とせる時廻轉數に對する揚程變化の状態を示すものとある、是等の内最必要なるは一定の廻轉數に對する揚程と揚水量との關係及馬力と効率變化の模様を示すものである、何となれば現今多數の渦卷唧筒は電動機に依り運轉せられ、普通其廻轉數は一定なるを以て此場合に於ける唧筒の性能を知るが最實際的なる故である。

第 181 圖は廻轉數一樣なる場合に於ける特性曲線の一般形狀を示すものであつて、揚水量 (Q) を横軸に取り、揚程馬力及効率を縦軸に取り實驗の結果を曲線を以て連ねたるものである、今此圖に於て Q と h との關係を見るに、水量零即ち全く瓣を閉ぢたる時の揚程は h_0 であり水を少許宛排出するに従ひ揚程は昇る、此



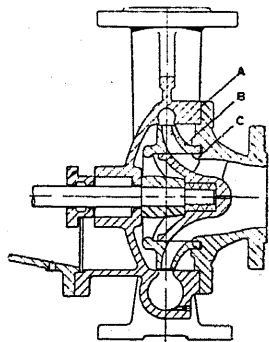
第 181 圖

れは阻水瓣を多く開く方が却つて水流の摩擦を減ずるからである、但或程度に達せば揚水量の増加と共に揚程は降下し初める、次に効率曲線は揚水量の増加するに従ひ次第に上昇して最大となり其以後は降下する、従つて此最高効率附近の揚程と揚水量とが此唧筒運轉状態の最良好なる可き場合であつて、普通唧筒は此點附近に於て使用す可く設計せらるゝものである、従つて他の揚程及揚水量の場合に此唧筒を使用せば其時の効率は最大効率よりも劣る事となる、然るに實際に於ては常に必しも一定の揚程及揚水量にて使用し能はざるに依り、唧筒は其効率曲線の最高部分が尖らずして平坦に近きもの程作用良好なるものである、又馬力曲線は最初は零であり、揚水量の増すに従ひ次第に増加し或點以後は減少する、而して其最高値は電動機に過荷重を及ぼさざる範圍であり曲線上昇の傾斜小であり、最高點の平坦なるを良好とするのである。

第一項 低揚程渦卷唧筒 (Low head centrifugal pump)

低揚程の渦卷唧筒とは前項に述べたる如く揚程の數米以下の場合に用ひらるゝ唧筒であつて、此場合に適當したるものは案内羽根を有せざるもの、即ち螺形唧筒であり水量の少き時は片吸込のもの、多き時は兩吸込のものが使用せられる。

第182圖は花原製作所製井口式標準 SJ 型の唧筒を示す、右方蓋板(C)の中心に軸承筒、周圍に案内薄(B)を一體に鑄造して固定せしめ、羽根車(4)は軸に固定せられ(B)の外部を運轉す可き構造である、従つて羽根車の表裏兩面は常に完全に平衡せられる。



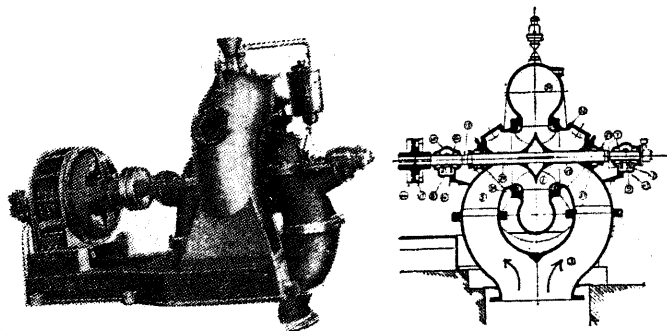
第 182 圖

耕地の灌溉又は低地の排水作業等は揚程を低くして排水量は甚多きが普通である、揚程低きを以て羽根車の外徑が小で然も其廻轉數が小であらねばならぬ、然るに唧筒運轉の原動機たる電動機又は内燃機關は該して高速廻轉には適し、低速廻轉には不適當であつて、前圖に示す如き放射狀の羽根にては水が羽根車に入り

て出る迄の通路短く水に充分のエネルギーを與ふる事が困難である、故に吸込口の口徑を大にし羽根の入口を傾斜し、水が軸方向に流入しつゝ半徑方向に車周より流出し此間に車盤廻轉のエネルギーを次第に吸収し、其壓力を高め得可き構造とする、此の如き形状の羽根車を混流車 (Mixed flow impeller) と謂ふ、而して片吸込のものにては推力を平衡せんがためには車盤に孔を穿ち水を其表裏に流通せしむるのである。

揚程低くして揚水量の頗る多き時は兩側吸込の混流車を使用する、第183圖は日立製作所製 D

V型と稱する此種の唧筒である、兩側吸込の羽根車は推軸力が自ら平衡せらるゝ

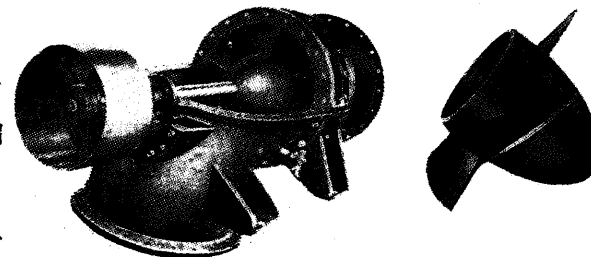


第 183 圖

特長はあるも、水路が二方に分れて渦狀胴を挟み構造が複雑となり且つ全體の長くなる不便がある、圖の如く羽根車の外徑は殆んど吸込口の内徑に等しき構造となる。

又近來低揚程にて排水量の多なる唧筒には、片口吸込の羽根車にて圓盤に羽根のみを鑄出したる第184圖(甲)(乙)に示す如きものが用ひらるゝ事がある、此種の唧筒を軸流唧筒 (Axial flow pump) 或

は推進機型唧筒 (Propeller pump) と謂ふ、低揚程の場合に推進機型唧筒を用ふる利益は廻轉數の高



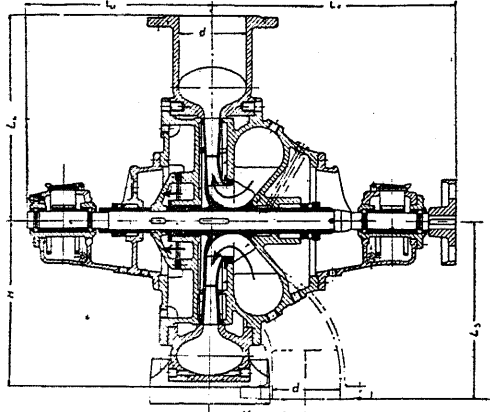
第 184 圖

き原動機に直結し得可き事である、即ち従来の低揚程の渦巻唧筒は高揚程のものに比し廻轉の遲きを必要とし、之れが此種唧筒構造上の困難である、然るに推進機型の唧筒は従来の低揚程のものに比し約二倍の速さに廻轉し得可く、従つて原動力の選擇に便であり極數少き安價なる電動機を用ふる事が出来、又推進機型の唧筒は普通渦巻唧筒に比し、羽根の間隔廣きを以て水中の異物の挟まる虞の少き特長がある。

第二項 中揚程渦巻唧筒 (Medium head centrifugal pump)

揚程が數米以上 100 米位迄なる時は一段のタービン唧筒を使用する、即ち羽根

車の外周に對し環形の渦室を設け此内に案内羽根を固定し、之に依り流水の有する運動のエネルギーの一部を壓力に變じ以て唧筒の全効率を増すものである、而して構造は排水量の少きものは片側吸込多きものは兩側吸込である。

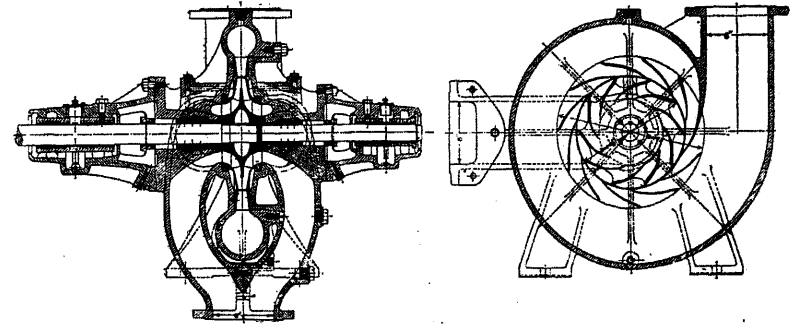


第 185 圖

第 185 圖は日立製作所製 S

T 型片側吸込の一段タービン唧筒を示す、蓋板は中央に向ひ深く進入し渦室の導板を支持する、軸が吸込口の方に推されんとするを支持するため、軸の左方に平衡板(Balance disc)を取付け羽根の端末を出でたる壓力水の一部を此平衡板の裏面に導き、板に働く壓力に依り此推軸力を平衡せしむる、軸が水に接觸する部分は凡て砲金製の筒を以て被ひ其腐蝕を防ぐ。

第 186 圖は荏原製作所製井口式標準 K B M 型一段タービン唧筒を示すものである、吸込口は水平線上又は下方にありて渦狀胴を挟み之が左右に分れて羽根車に入り案内羽根を経て出口に向ふものである、羽根車の左右兩側には填料函を設け壓力水を之に送りて空氣の侵入を防ぎ其外方に軸承を取附ける、兩側吸込式なるを以て推軸力は左右完全に平衡せられる。



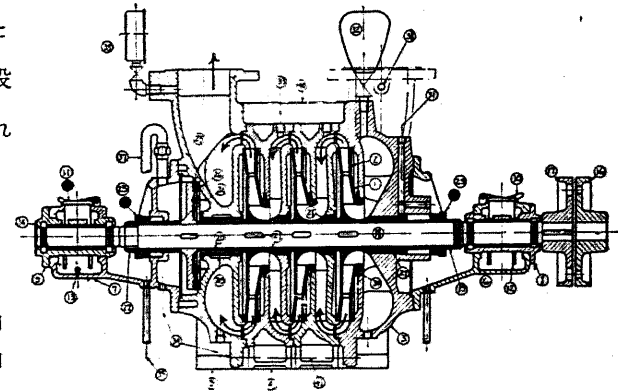
第 186 圖

第三項 高揚程渦巻唧筒 (High head centrifugal pump)

揚程が 30 米以上とならば多段式のタービン唧筒を使用する、而して 10 段乃至 12 段位迄のものにて 600 米乃至 700 米の高さに水を押し上げ得可きものがある、然るに之れ以上の段數とならば唧筒軸徒らに延長し其の振動に依り彎曲する虞あるを以て、二個の多段唧筒に分つのである、多段唧筒には羽根車の全數を一個の胴室に收めたるものと、羽根車一個宛に對して一個の輪盤を備へボルトを以て輪盤を結合したるものとある、前者は胴室 (Cylinder casing) 型、後者は輪切 (Ring casing) 型と謂はれる、兩者の間には得失あるも輪切型の方が製作及組立簡單なる

を以て現今は主として此型式の多段唧筒が使用せられる。

第 187 圖は日立製作所製 G. M. 型三段輪切型のタービン唧筒を示す、軸の排出口側の端末



第 187 圖

に平衡板(24)を
取付けて推軸力を
平衡せしめ右方の
吸込口の方の填料



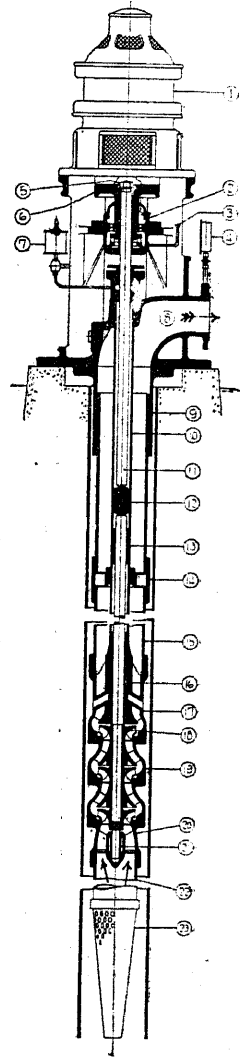
第 188 圖

函には壓力水を送り大氣の侵入を防ぐ、第 188 圖は 9 個の
羽根車を一軸上に固定せられたる状態を示すものである。

第四項 ポアール唧筒 (Bore hole pump)

従来深井或は坑孔より水を高く押揚ぐる方法は往復唧筒を吊下げ、地上より長き唧子鐮を作用せしむるものなりしも、大なる重重が往復するを以て振動音響甚だしく作用間歇的なるのみならず、水中に減摩油を混じ且つ地下の構造形態大となり狭小なる井戸より多量の水を汲揚ぐるに不適當の場合が多いのである、然るに今日は一段乃至數段の堅型渦巻唧筒を井底以上數米の位置に固定し、地上据附の電動機より長軸を下して運轉するものが盛に使用せられる、之れをポアール唧筒と謂ふ、此構造のものは往復型のものに比し形態小据附場所少くて井戸の直徑は最小 6 吋最大 18 吋位迄にて足り、段數の増加に依り押揚高を如何様にも増加し得可く、電動機に直結し平滑靜穩なる運轉を行ふ事が出来る、従つて今日は此種唧筒は飲用水又は工場用水の自家汲揚として盛に使用せられる。

第 189 圖は荏原製作所製ポアール唧筒を示す、此唧筒の主要部は一個乃至數個の羽根車(18)と其外壁とより成る、羽根車の取付けられる軸(11)の下端は底環(20)中央部の軸承(21)に依り支持せられ、軸の上端は地面上の電動機頂上の球入軸承に依り支持せられる、唧筒の廻轉部より以上には揚



第 189 圖

水管(15)と軸保護管(10)との二重の管があつて、(10)の内部には接手(12)に依り結合せられたる軸(11)を支持する、又揚水管は接手(14)を以て上下結合せられ其中中央部に於て中心管(10)を保護する、是等の管及軸は地上の電動機(1)の下部より堅固に懸垂せられて全重量を支持する、而して直立軸を廻轉せば水は除塵器(23)より入り吸込管(22)を昇り各段の羽根車の間を通り排水管(8)より繰出さるゝのである。

第四節 特殊唧筒 (Special pumps)

特殊唧筒は上來記述せる往復、廻轉、渦巻三種の唧筒の如く他より機械的方法を以て運轉せらるゝものではなく、瓦斯或は液體の壓力若くは運動に依り自ら作用する唧筒である。

第一項 達磨唧筒 (Pulsometer pump)

達磨唧筒なるものは密閉せる二個の室に交互に蒸氣を送り、其壓力にて一方の室内の水を排除すると同時に他方の室に水を吸込み、常に此作用を反覆するものである、然るに送られたる蒸氣は水を押出すと共に凝縮するを以て其消費量著しく、同一の仕事なす蒸氣直働唧筒に比し二倍以上の蒸氣を必要とする、然しながら全装置が簡單であり任意の位置に懸垂し蒸氣を送るのみにて連續作用を行ひ、又給油を要する部分なく殆んど取扱上の手数を要しない、故に昔時に於て他に蒸氣を使用する時一時の揚水用に供せられたるも、今日は殆んど用ひられないのである、吸込揚程は 3 米乃至 5 米、押揚げ得可き高さは 50 米以下、蒸氣の壓力は水の揚程に對する壓力の約 50% 増を標準とする、又此唧筒に於ては蒸氣が直接水に觸るゝがため幾分其温度が高まる、而して其温度が攝氏 50° 以上とならば唧筒の作用困難となるのである。

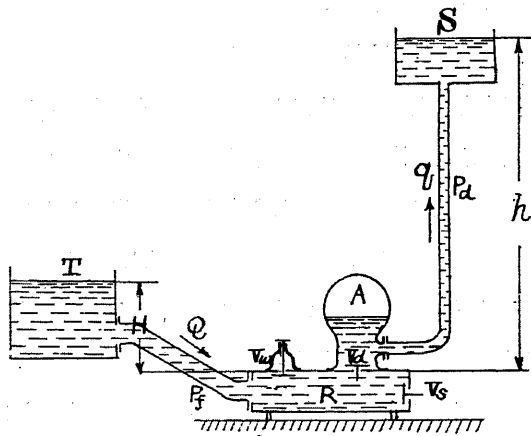
第二項 水鍵唧筒 (Hydraulic ram)

水鍵唧筒なるものは或落差を有する水の流通を突然停止するがために生ずる衝撃作用に依り、一層高き位置に自ら之を押揚ぐる作用に用ひらるゝものである、小川の流水の引入れ或は水田の小規模の灌漑等にも應用せらるゝも躰上下の際の音

響高く従つて各部に振動を及ぼすが此器の缺點である。

第190圖は此唧筒取附の全装置を示すものである、(R)は唧筒主體、(V_w)は下向のみに開く逃水瓣(Waste valve)、(V_d)は上向のみに開く排水瓣、(A)は空氣室、(V_s)は空氣吸込瓣(Snifting valve)、(T)は高さHにある多量の水源であつて之をHよりも高位のSに押揚ぐるが目的である、今先づ手を以て瓣(V_w)を押開きたりとする、然る時は室(R)内の水の一部は此瓣より流出し之を補はんがため(T)の水は給水管(P_f)より室(R)に流入し其運動のエネルギーに依り瓣(V_w)を押揚けて之を閉づる、之れがため(R)内の水壓は急に高まり水の

一部は瓣(V_d)を押開き空氣室(A)に入る、又(R)内の水壓が瞬時的に上昇せば、水壓の波は管(P_f)を経て(T)に及ぼされ(R)内の水壓が急に降下する、此室の水壓降らば瓣(V_w)は其重量と大氣の壓力とに依り押下げられ水の一部は逃出す



第 190 圖

る、然る時は(T)の水は降り其エネルギーに依り瓣(V_w)を閉ぢ瓣(V_d)を押開き少許の水を空氣室(A)に押入れるのである、此の如く此装置に於ては瓣(V_w)は少許の時間を置きの間歇的に開閉し、其度毎に少許宛の水を(A)より管(P_d)を経てSに押揚ぐるものである、又空氣吸込瓣(V_s)は(R)室内の水壓の降りたる時のみ自ら内方に開きて空氣を吸込むもので、此空氣は次に(R)内の水壓上昇する時に壓縮せられて空氣室(A)に入る、此の如くして(A)内の壓縮空氣が水に溶解して減少するを補充するものである。

水鏈唧筒の運轉に必要な落差Hは二三米以下であり揚程hは最高60米に達する、而して與へられたる落差Hの水を使ふに揚程hの低過ぐる時は逃水瓣(V_w)の閉ぢたる時排水瓣(V_d)を押下ぐる水壓低きため(V_d)が容易に浮び揚り(R)内に水壓を生ぜず結局低き揚程には水を押揚げ難き事となる、此故にhは最低Hの四倍なるを要し最高は二十倍にも達する、但hがHの二十五倍に達しても運轉には差支なきも効率著しく低下し落差Hの水を多量に費し、其内一小部分の水を揚程hに押揚げ得可きのみとなる。

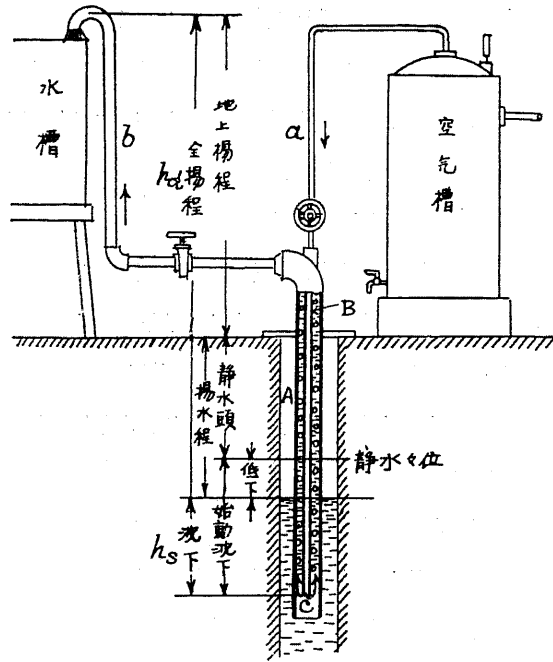
水鏈唧筒には又汚水を原動水として使用し低き落差Hにある清淨水を之よりも高き位置hに押揚ぐ可きものがある、之を汚水用水鏈唧筒(Darty water ram)と謂はれる。

第三項 空氣揚水唧筒 (Air lift pump)

空氣揚水唧筒なるものは深井に吊下けたる細管の底より壓力ある空氣を吹出さしめ、此空氣の細胞と水との混合體の比重と、外側にある水のみとの比重との差に依り、水を氣泡と共に地上或高さに押揚ぐる装置である。

第191圖は本唧筒の全装置を示すものであつて、底のなき排出管(Eduction pipe)(A)を地表より井戸に吊下し更に送氣管(B)を(A)管の内部に吊下け地上据附の空氣壓縮機より壓力ある空氣を輸送する、最初未だ空氣を通ぜざる時は井戸の水は圖の靜水々位なる高さに在り、此際靜水々位より(B)管の下端(之を足片(Foot piece)と謂ふ)に至る深さを始動沈下(Starting submergence)、地表以下靜水々位迄の深さを靜水頭(Static head)と謂ふ、然るに空氣を送り始むる時は(A)管内には空氣の混入したる水柱を生じ、同時に靜水頭は或低下(Drop)をなして揚水々位の面迄降り、(A)管内の混合水は周圍の水のみの水位に依る壓力と平均す可き高さ迄上昇する、而して猶空氣の供給を續くる時は水は氣泡と共に連續して上昇する、此際揚水々位以下足片に至る深さhを沈下(Submergence)、揚水々位以上地表に至る高さを揚水程(Lift)又は唧筒揚程(Pumping head)、地表上

水の繰出さるゝ迄の高さを地上揚程 (Elevation)、揚水々位以上繰出點に至る高さ h_a を全揚程 (Total head) と謂はれる、即ち空氣揚水唧筒の作用は排出管(A)の底に於ける沈下 h_s に對する管外の水みの壓力と $h_a + h_s$ なる高さの管内混合水の壓力との差に依り行はるるものであつて、此壓力の差は水と管壁との摩擦に打勝ち混合水を連続し



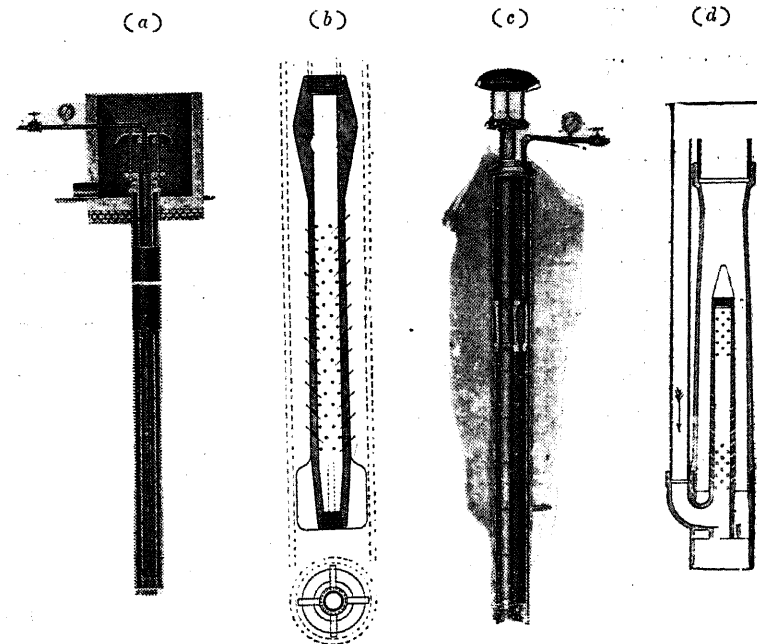
第 191 圖

て押揚ぐる作用をする、従つて足片 (c) に送らるゝ空氣の壓力は此點に於て管外の水壓以上であらねばならぬ。

此装置は壓縮空氣機以外には何等運動する部分を要せず、一旦設備したる後は何等の手數又は修理を要せず、井戸と空氣壓縮機とは隔るゝも作用に差支なきを以て鑿井に依る地下水の汲揚、又は温泉の汲揚等 (温泉は常に蒸汽のため真空の生ずるを妨げらるゝを以て普通の唧筒を用ひて汲揚ぐるは困難である) に適し、近來は又街路用の撒水、郊外居住者の飲用水汲揚等にも廣く使用せられる、然るに一方此装置の不利益なるは壓縮空氣を作る仕事に對し水を汲揚ぐる仕事の小なる事であつて、即ち唧筒の効率は僅に 20% 乃至 30% に過ぎざる事である、又全揚程 h_a の大ならんがためには沈下 h_s の深き事が必要であり、實驗の結果に依るに h_s が h_a よりも小なる時は空氣の消費量著しく従つて効率が低くなる、依つて

h_s は h_a の一倍半乃至二倍であらねばならぬ、之れがため此唧筒は淺き井戸には用ふるに困難である。

此唧筒に於て送氣管と排出管との配置には種々の方法があり、前記第 191 圖に示せるものは排出管の中心を貫きて送氣管を設け、其下端の足片より空氣を吹出さしむるものである、又第 192 圖の (a) (b) (c) (d) は他種の装置四種を示すものである、此内 (a) と (b) とは排出管の中心を貫きて送氣管を設くるも、其管壁周圍に適當なる間隔を置き細孔を穿ち空氣を微泡狀に吹出さしむるものである、又 (c) と (d) とは別に送氣管を設くるものであり、其 (c) に於ては送氣管は下方に於て太くなり排出管の周圍に穿たれたる細孔より空氣を該管に吹入らしむるもの、又 (d) は排出管の下方に咽喉部を設け之に上向の嘴管を取付け、別の送氣管より送られたる空氣吹出の速度を早め、以て空氣放射の作用をなさしむるも



第 192 圖

のである、而して何れも水が排出管の上端より水槽に向ひ排出する位置には、(a) (c) の兩圖に示す如き傘狀の被覆を設け水を下向に流出せしむるのである。

本装置に於ては地表上高く水を押し揚げんとするに従ひ、即ち全揚水程 h_d の大なるに従ひ沈下 h_s の深さを必要とする、然るに井戸の深さには自ら制限の存するに依り勢全揚水程も制限せらるゝのである、此 h_d と h_s との割合は實際に於て標準が存し、全揚水程の増加するに従ひ沈下の割合は次の如く小となるのである。

h_s	$h_s / h_s + h_d$
50 呎迄	70 % ~ 66 %
50 呎 ~ 100 呎	66 % ~ 55 %
100 呎 ~ 200 呎	55 % ~ 50 %
200 呎 ~ 300 呎	50 % ~ 43 %
300 呎 ~ 400 呎	43 % ~ 40 %
400 呎 ~ 500 呎	40 % ~ 33 %

今一の井戸の水を空氣揚水装置に依り汲揚げんとするに際し、既知の事項は毎分の汲揚水量、地上所要の揚水程、及地表以下水面迄の高さである、而して最初に必要なるは所要の水を汲揚げんには毎分幾何立方呎の空氣量を要す可きかである、此量は h_d の高さに正比例して増加す可く、従つて沈下 h_s の深さにも正比例して増加す可きものである、下式は所要の h_d に對し汲揚水量毎分一米呎に對する大氣壓に換算せる毎分の空氣所要量 V_a 立方呎を表するものであつて、式中 C なる値は h_s の割合に依り異なる係數である。

$h_s / h_s + h_d$	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
C	366	358	348	335	318	296	272	246	216

$$V_a = \frac{h_d}{C \times \log \frac{h_s + 34}{34}}$$

所要の空氣量を知らば此空氣を送出するに充分の能力ある壓縮空氣機の大さと送

氣管の大さを定む可きである、送氣管の大さは空氣流通の速度に依り定まる可きもので速度は毎分 30 呎乃至 40 呎である、次に所要の汲揚水量と空氣量とより氣泡を含む水の昇す可き管の直徑を定む可きである、然るに氣泡が水中を昇る際水との間に滑り (Slip) が起り夫れ丈汲揚の効率悪くなる、然して混合水流通の速度の大なる程滑りは減するも同時に速度大となるに従ひ管壁との摩擦が増加する故に此兩種損失の和が最小なる可き速度であらねばならぬ、然るに空氣は水中に入り上昇するに従ひ膨脹するを以て、管の上行程流通速度が増加す可き理である、普通混合體上昇の速度は管の下端に於ては毎秒 7 呎乃至 12 呎、出口に於ては 12 呎乃至 25 呎とする、時としては排出管の直徑を上方に於て幾分擴大する事もある。 —(完)—