

第一篇

水力學，水泵和水力機械

第一章

基本概念

1-1 水力學的定義及蘇聯在這方面的成就

水力學是一種科學，是研究液體的平衡與運動的規律，並探討這些規律的實際應用的方法。

水力學的一部份叫做水靜力學，是研究液體和全部或部份沉入液體中的固體的平衡問題；另一部份叫做水動力學，是研究液體和全部或部份沉入液體中在外力作用下的固體的運動問題。

水力學的意義非常重大。水力學定律是適用在祖國國民經濟中各個部門，如水力學應用在給水工程，水利工程建設，船舶製造，機械製造和各種工業設備等方面。

俄羅斯在太古時期已經利用過水力：在俄羅斯文獻的很早的碑文裏會遇到像“Мельник”，磨坊主和“Мельница”，磨坊的專門術語，在十三、十四世紀的文件裏常提到水磨字樣。

在十八世紀時，由於彼得一世在舊伏爾加河原處開始建築運河以後就大大地發展了俄羅斯的水力財富的運用，所以他是許多水力設備建設的倡議者。現有的維斯涅沃洛茲水運系統和刺多儒斯基運河系統都是按照他的指示建立的。

К. Д. 弗羅洛夫是卓越的俄羅斯建築工作者之一，他在 1763—1765 年間在士米諾高爾斯基礦山（阿爾泰山）上建造了世界上第一座地下水

力機械裝置。

十八世紀時俄羅斯出現了水力學方面的許多著作，這些著作闡明了國內外的經驗。

俄國科學院院士伯努利在 1738 年發表了液體運動的基本定律，這個定律命名為伯努利方程式是水力學基本定律之一；俄國科學院院士遼奧納多尤拉* 在 1755 年導出液體的平衡與運動微分方程式，這個方程式是水動力學的基礎。隨後的年月裏卓越的學者 H. E. 儒可夫斯基，H. H. 巴甫洛夫斯基，B. Γ 蘇霍夫等大大地補充並完成了俄國的水力學的知識和其應用。

有系統的研究蘇聯水力資源祇是在 1917 年以後才開始。在蘇維埃政權的年代裏，水力資源的研究就已遠越過了資本主義國家的。

蘇聯水力資源在革命前勘測得 2,000 萬匹馬力(近 1,500 萬仟瓦)。

現在蘇聯約有 1500 個巨大河流的水力資源。在這些河流上能建造具有 3 億仟瓦功率的水電裝置，年產 27000 億仟瓦小時的電能。這些能量遠超過 1950 年度五年計劃所定的全蘇發電站的電能產量的 30 倍，它也超過戰前全世界發電站的電能產量的 5 倍。

按水力資源而言蘇聯是居世界上的第一位；蘇聯幾乎佔有全世界水力貯藏量的 15%，並在這方面大大地超過歐洲全部。

蘇聯僅在偉大的十月社會主義革命以後展開了充份利用巨大水力資源的工作，當時在蘇聯，人民創造力的強烈發展已備具了條件，因而使科學技術的力量能為廣大人民羣衆的生活謀改善。

由於蘇聯五年計劃光輝地完成了許多鉅大規模的水利建築，如白海—波羅的海的斯大林運河，莫斯科運河，大費爾干斯基的斯大林運河，伏爾加河—頓河的列寧運河，德涅泊水力發電站，查水力發電站，法爾哈特斯基水力發電站，明切秋爾水力發電站和其他許多成千個建築在遼闊的蘇聯國家裏的小型水力發電站。今天蘇聯人民在共產黨的領導下在世界上實現了史無前例的水利建設。

1-2 液體的物理性質

* Л. 尤拉在彼得堡科學院工作期間達 30 年。

流動性是液體和氣體的特殊性質。這就是說液體或氣體雖然本身質點間具有極小的內聚力，但縱使很小的外力也能引起它很大的形變。

液體的基本物理性質是密度，比重，壓縮性和粘性。

液體在單位容積內的質量叫做液體的密度 ρ

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-1)$$

式中 M 是質量

V 是液體的容積

若考慮到質量 M 等於液體重量 G (以公斤計) 與重力加速度 g (以公尺/秒²計) 之比即 $M = \frac{G}{g}$ ，則

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G}{gV} \text{ 公斤-秒}^2/\text{公尺}^4$$

液體單位容積內的重量叫做比重 γ

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 公斤/公尺}^3, \quad (1-2)$$

單位重量所佔容積叫做比容 v

$$v = \frac{V}{G} \text{ 公尺}^3/\text{公斤} \quad (1-3)$$

v 和 γ 之間的關係

$$v = \frac{V}{G} = \frac{V}{\gamma V} = \frac{1}{\gamma} \quad (1-4)$$

由於改變壓力或溫度因而改變液體密度的性質，叫做液體的壓縮性。

液體的壓縮性決定於體積壓縮係數。體積壓縮係數是當改變一個大氣壓力*時液體體積的縮小率。

液體的壓縮性很小，與氣體不同。例如 0°C 時的水當壓力增加 1 個大氣壓時，僅縮小原體積的 $\frac{1}{20000}$ 。

液體當運動時它的相對移動的質點間顯出摩擦力的液體性質叫做粘滯性。

粘滯性是以絕對粘滯係數或者動力粘滯係數 μ 來表徵的。

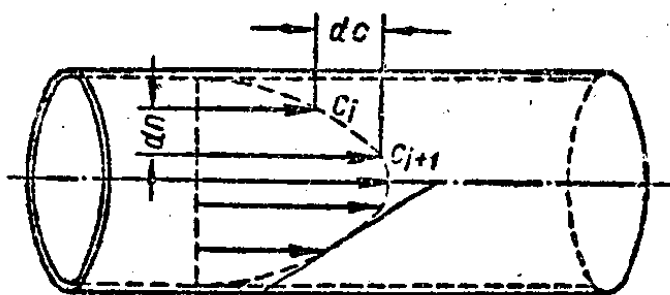


圖 1-1 管中液流速度的分佈情形

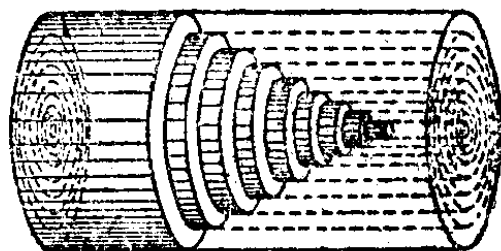


圖 1-2 像若干同心(圓柱形)層的液流

從研究管子中間液流的情形知道：因為液體粘附着管壁，所以和管壁相接觸的液體質點的速度等於零。質點的流速隨離管壁的距離而依次增加，在沿管軸線處達最大值。

速度的這樣的分佈便引起了內摩擦力的存在。沿着液流截面的質點的流速分佈如圖 1-1 所示。全部液流的運動能有條件地表示成無數液體圓柱形薄層的流動，這些薄層在管中具有不同的速度(圖 1-2)流動速度大的流動層好像沿速度小的流動層上滑過。在這些薄層的接觸面上產生層與層間的摩擦力。用 τ 來表示摩擦力 P 與液體相隣兩層接觸面 F 間的比值，即

$$\tau = \frac{P}{F} \quad \text{達因/公分}^2 \quad \text{或克/公分}^2 \quad (1-5)$$

兩層之間單位接觸面上的摩擦力的值 τ 叫做內摩擦力。

設某層的流速大於另一層的流速一個無限小值 dc (圖 1-1)，相隣兩層軸線間的距離 dn 。實驗與理論證明指出摩擦力的大小取決於相隣兩層的速度差 dc ，和兩層之間的距離 dn ，和所考慮的液體的動力粘滯係數 μ 。

按牛頓的假說

$$\tau = \mu \frac{dc}{dn} \quad \text{達因/公分}^2 \quad \text{或克/公分}^2 \quad (1-6)$$

這個關係叫做液體內摩擦定律。這個定律首先由 H. II. 彼得洛夫在 1883 年作出證明。

比值 $\frac{dc}{dn}$ ($\frac{\text{公分}}{\text{秒}} : \text{公分} = \frac{1}{\text{秒}}$) 是速度梯度，也就是液體相隣兩層的軸線間的每單位距離的速度增量(在垂直於移動的方向)。

動力粘滯係數的因次可由式 (1-6) 決定

$$|\mu| = \frac{|\tau|}{\left| \frac{dc}{dn} \right|} = ML^{-1}T^{-1}$$

在物理學制度中動力粘滯係數的度量單位採用

$$[\mu]_{\text{物}} = \frac{\text{達因-秒}}{\text{公分}^2} = \frac{\text{克}}{\text{公分-秒}}$$

若速度梯度 $\frac{dc}{dn} = 1$ ，則由 (1-6) 式得

$$\mu = \tau$$

即當速度梯度 $\frac{dc}{dn} = 1$ 時，動力粘滯係數 μ 在數值上等於液體內摩擦力。

在實用上通常不用動力粘滯係數而用所謂運動粘滯係數

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \frac{\text{克-公分}^3}{\text{公分-秒-克}} \text{ 或 } \text{公分}^2/\text{秒}, \text{ 或 } \text{公尺}^2/\text{秒}。 \quad (1-7)$$

液體的粘滯性與溫度有關，當溫度降低粘滯性就增加*。

運動粘滯係數的大小要用粘性儀來決定，第一架粘性儀是由 M. B. 羅蒙諾索夫在 1752 年所設計的，測植物油和石油的粘性儀各由 H. II. 彼得洛夫和 H. E. 儒可夫斯基所建議。

現代經常使用的粘性儀是用水槽 2 包圍的銅容器 1 (圖 1-3)，其中裝着一定的溫度的試驗液。在容器 1 中注入溫度 20° 的蒸餾水，升起小棍 3 以後打開小孔使水流經銅管 4 而入容器 5。同時開動計時器記

* 在附錄中 表 I 指出不同液體在 18° 時的比重和運動粘滯係數 ν 值，表 II 指出水在不同溫度下的運動粘滯係數。

下從容器 1 流出 200 立方公分的水的時間 t_B ，此後也就在那個容器 1 中注入 200 立方公分的試驗液，並在指定溫度下測定這液體流出的時間 t_{HK} 。在這溫度下 200 立方公分的試驗液流出的時間與等體積 20° 的蒸餾水流出時間的比值叫做恩格勒級數以符號 E 表示即

$$^\circ E = \frac{t_{HK}}{t_B}$$

恩格勒級數與運動粘滯係數間的關係可由經驗公式求出，

$$\nu = 0.0731 \cdot E - \frac{0.0631}{^\circ E} \text{ 公分}^2/\text{秒} \quad (1-7a)$$

具有上述物理性質的液體叫做真實液體，研究真實液體的運動定律將引起很多數學上的困難，因此爲了簡化起見引用“理想液體”的概念——就是沒有粘滯性，而且密度恆定與壓力和溫度的變更無關的液體。

這才能使真實液體運動定律的研究比較簡單：因就所有具有粘滯性的真實液體的計算而言，在理想液體運動方程式中引進附加項表示克服液體運動時由摩擦而生的能量損耗即可。

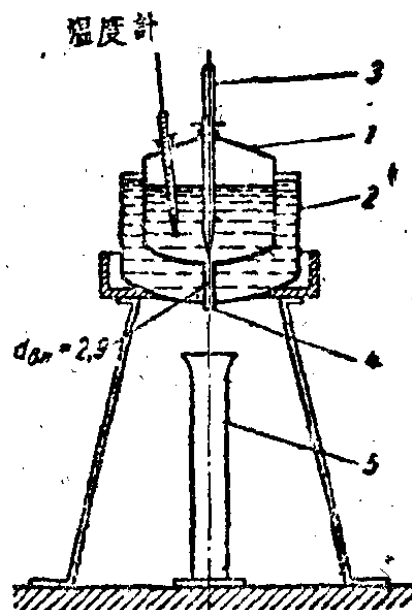


圖 1-3 粘性儀

第二章

水靜力學

2-1 靜水壓力

作用在單位面積上的力叫做壓力 p ；若作用在 F 公尺² 的面積上的力等於 P 公斤，則壓力

$$p = \frac{P}{F} \text{ 公斤/公尺}^2 \quad (2-1)$$

因為力用公斤或噸度量而面積(截面)用公分² 或公尺² 度量，則壓力可用 公斤/公分² 或用 公斤/公尺² 或用 噸/公尺² 度量。

在全部面積上的全壓力或總壓力等於

$$P = pF \quad \text{公斤 或 噸} \quad (2-1a)$$

作用在靜止液體內部所形成的單位面積上的力是叫做平均靜水壓力。

液體內部所形成面積的基本量度，在不同部份的平均靜水壓力原是不同的，因之更精確的量度壓力應指微小面積上而言。

$\frac{\Delta P}{\Delta F}$ 的比值叫做微小面積上的平均靜水壓力，這裏 ΔP 是在面積 ΔF 上的微小壓力

當 ΔF 趨近於零，比值 $\frac{\Delta P}{\Delta F}$ 的極限叫做液體內一點上的靜水壓力

即

$$p = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta P}{\Delta F} \right|$$

在靜止狀態的理想液體情況下，處在限界液體表面的質點上的作

用力是垂直於該表面的。

爲了證明以上情況起見，我們研究接近容器壁靜止液體質點的情形(圖 2-1)。假設液體中一點 B 上的壓力 P 作用在一個垂直於容器壁的垂直平面內；這個壓力能分成兩個分量 P_x 及 P_y ；壓力 P_x 由容器壁的反作用所平衡，第二分量 P_y 迫使液體質點沿器壁流動，但這是與液體的靜止狀態相抵觸的，所以，分量 P_y 應該等於零。

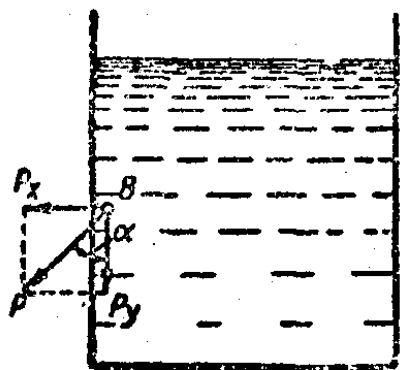


圖 2-1 容器壁上的液體水靜壓力

因此，在靜止液體的表面上壓力的方向永遠是與該表面成法線方向的。這個結論能符合液體壓力所作用的任何位置的平面。

2-2 水靜力學基本方程式

在液體的自由表面*下相當深度 h 處選取水平的面積 F (圖 2-2)。在液體內選取想像的高爲 h 的直平行六面體 1—2—3—4—5—6—7—8，因此面積 F 便是它的底。我們研究一下這個平行六面體的平衡情況：水平的力 P_1, P_2, P_3 和 P_4 作用在平行六面體的垂直面上，垂直的力 P_0 和 P 作用在平行六面體的水平面上。力 P_1 和 P_2 像 P_3 和 P_4 那樣作用在相等面積上，方向相反，大小相等，彼此相互平衡。因爲平行六面體是處在平衡狀態下的，那末作用在下面向上的力 P 必需平衡壓力 P_0 的外力和平行六面體本身的重力 G ，即

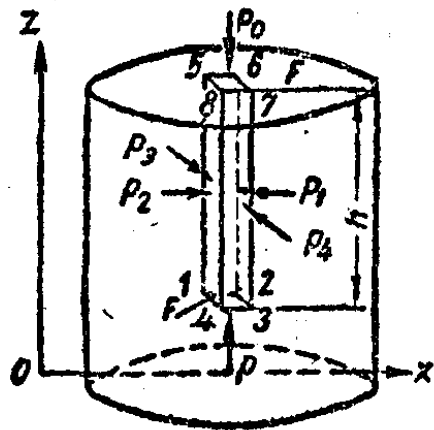


圖 2-2 液體中的水靜壓力

$$P = P_0 + G$$

若注意到

$$G = \gamma V = \gamma F h$$

那末

$$P = P_0 + \gamma F h$$

* 分開液體與周圍氣體介質的表面叫做液體的自由表面。

方程式兩邊各除以 F 以後，那末 $\frac{P}{F} = p$, $\frac{P_0}{F} = p_0$ ，於是在任一點上的靜水壓力的大小便爲

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2-2)$$

方程式(2-2)叫做水靜力學基本方程式

例 2-1 將水注入容器高度達 $h=30$ 公分(圖 2-3)，容器底的直徑 $D=30$ 公分，在容器的喉部是一個直徑 $d=10$ 公分的活塞，對此活塞加以力 $P_0=50$ 公斤。求容器底所受的全壓力 P 。

外部壓力 $p_0 = \frac{P_0}{f}$ (f ——活塞面積用公分²量度)，按公式(2-2)靜水壓力將等於

$$p = \frac{P_0}{f} + \gamma h = \frac{50 \times 4}{\pi \times 10^2} + 0.001 \times 30 = 0.67 \text{ 公斤/公分}^2$$

在容器底上的總壓力將是

$$P = pF = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = \frac{0.67 \times 30^2 \times 3.14}{4} = 473 \text{ 公斤。}$$

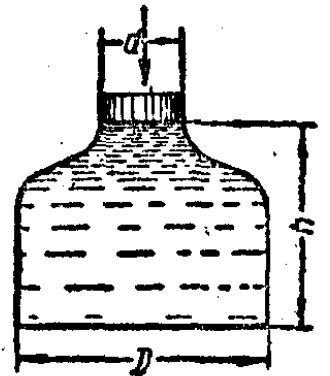


圖 2-3

2-3 巴斯加定律

從水靜力學基本方程式(2-2)得出結論，是在液體的自由表面上的外部壓力 P_0 將以相等的力傳播到液體中的各點，這個原理是著名的巴斯加定律。

水壓機就是巴斯加定律的實用範例。

2-4 絕對壓力和表壓力

壓力的單位通常採用工程大氣壓力。

一個工程大氣壓力等於作用在 1 公分² 上 1 公斤的力，它的符號是 am 。所以

$$1 am = 1 \text{ 公斤/公分}^2 = 10,000 \text{ 公斤/公尺}^2$$

除工程大氣壓力以外又採用物理大氣壓力它以 Am 表示，等於作用在 1 公分² 上 1.0332 公斤的力。

爲了測量大氣壓力起見採用氣壓計，爲了測量封閉空間的壓力起

見採用壓力計（當容器內壓力高於大氣壓力）或真空壓力計（當容器內壓力低於大氣壓力）。

壓力計和真空壓力計有彈簧式和液體式二種。我們來分析一下用液體式壓力計決定容器內壓力的方法。

情形1. 容器內壓力高於大氣壓力（圖2-4）。我們將注入任何液體的U形玻管接到封閉的容器上，因為容器中壓力高於大氣壓力，那末玻管左臂內的液面便下降而右臂——上昇。我們再研究一下在 ab 面上的作用力，從水靜力學基本方程式得出，作用在 ab 上的水靜壓力等於 $p_0 + \gamma h$ ，就在該面積下作用着的液體壓力 p 。因為 ab 面是處在平衡狀態下的，那末彼此之間的作用力大小應相等，即

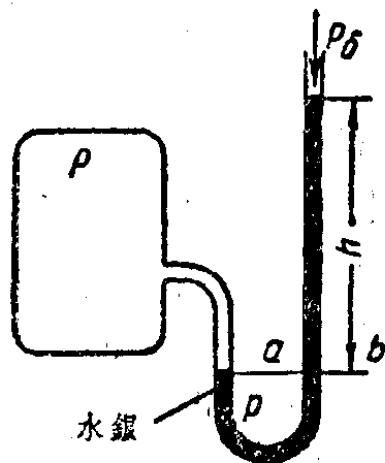


圖2-4 液體（水銀）壓力計

$$p = p_0 + \gamma h$$

在這種情況下， p_0 表示外部大氣壓力。這個壓力是用氣壓計測量的，於是叫做大氣壓，它用 p_0 表示。第二被加數是表徵容器中表壓力的壓力計讀數；所謂（表）壓力者即是液體的全壓力與大氣壓力之差用 $p_{\text{ман}}$ 表示。全壓力 p 叫做絕對壓力用 $p_{\text{абс}}$ 表示，因此，絕對壓力等於大氣壓與壓力計壓力之和，即

$$p_{\text{абс}} = p_0 + p_{\text{ман}} \quad (2-3)$$

根據以上敘述可以寫成

$$p_{\text{ман}} = \gamma h \quad \text{或} \quad h = \frac{p_{\text{ман}}}{\gamma} \quad (2-4)$$

就是管子中液柱的高度 h 取決於（表）壓力 $p_{\text{ман}}$ 對於液體比重 γ 之比。

爲了區別絕對壓力與（表）壓力，在壓力 am 的單位上前者加一個字母 a （ ama ），後者加一個字母 u （ amu ），例如8 ama （絕對大氣壓力），5 amu （表大氣壓力）。

管子連接到測量壓力的場所，其中的液體在（表）壓力作用下而上

升的高度 $h = \frac{p_{\text{max}}}{\gamma}$ 叫做測壓高度，而管子本身——測壓管。

1 物理大氣壓的(表)壓力作用下的水柱高度將是

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10,332}{1,000} = 10.332 \text{ 公尺水柱。}$$

若壓力等於 1 工程大氣壓力，那末水柱的高度將是

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10,000}{1,000} = 10 \text{ 公尺水柱。}$$

式中 $\gamma = 1,000$ 公斤/公尺³——水的比重。

在 1 個物理大氣壓的(表)壓力及溫度 0°C 時的水銀柱高度將是 [公式 2-4]

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10,332}{13,595} = 0.76 \text{ 公尺} = 760 \text{ 公厘水銀柱}$$

1 個工程大氣壓的壓力的水銀柱高度將是

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10,000}{13,595} = 0.7356 \text{ 公尺} = 735.6 \text{ 公厘水銀柱}$$

應用測壓管測量的壓力僅適宜於大約等於 1 絕對大氣壓的壓力，應用測壓管測量高於 1 絕對大氣壓的壓力的液柱時將感到不便，因為管子的高度必需很大。

情形 2. 容器內壓力低於大氣壓力(圖 2-5)。因為在封閉的容器內的壓力低於大氣壓力，所以在左臂中的液體液面較高，而在右臂——較低。

如前所述，由圖 2-5 可知

$$p_0 = p + \gamma h, \text{ 或 } p_0 = p_{\text{atm}} + \gamma h$$

因而

$$p_{\text{vac}} = p_0 - \gamma h \quad (2-5)$$

γh 的大小由真空壓力計上的讀數求得，同時是氣壓計的壓力與容器內的壓力之差，它叫做真空度用 p_{vac} 表示。

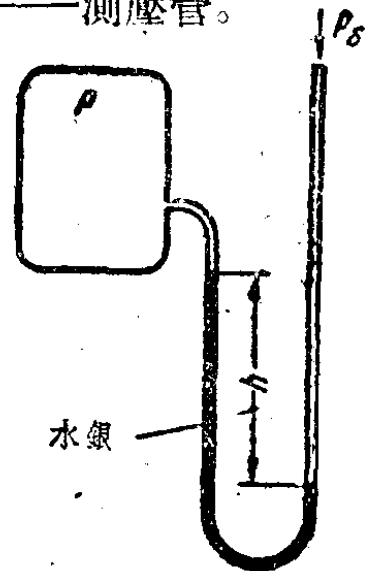


圖 2-5 液體(水銀)真空壓力計

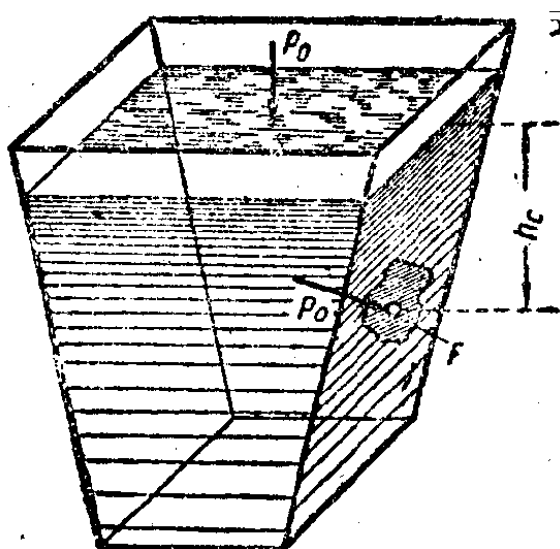
數減去真空壓力計的讀數，就是

$$\underline{p_{abs} = p_0 - p_{vac}} \quad (2-5a)$$

2-5 平面壁上的液體壓力

從水靜力學基本方程式能導出在平面壁上的壓力 P (圖 2-6)，根據下式求得

$$P = (p_0 + \gamma h_c) F \quad \text{公斤} \quad (2-6)$$



式中

F — 壁的面積，公尺²。

p_0 — 外壓力，公斤/公尺²。

γ — 液體的比重，公斤/公尺³。

h_c — 平壁面積的重心所淹沒的深度，公尺。

式中 $p_0 + \gamma h_c = p_c$ 表示在 F 面積的重心上的壓力。

圖 2-6 傾斜平壁上的液體壓力

因此在平面壁上的總壓力等於壁的濕面面積與該面積重心上壓力的乘積。若在其壁上所求液體壓力的容器是開口的話那就是說它與大氣相通，那末在運算上，公式(2-6)中的壓力 p_0 是不予考慮的，因為它與壁外同樣的壓力相平衡。在這種情況下公式(2-6)可寫成。

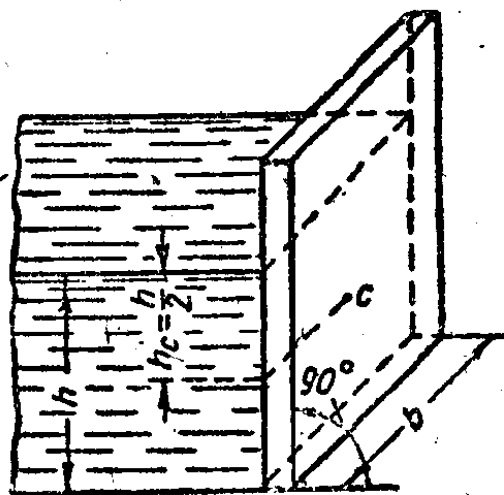
$$P = \gamma h_c F \quad (2-6a)$$

在壁上液體總壓力的作用點叫做壓力中心*。

例 2-2. 垂直壁(圖 2-7)的寬度 $b=3$ 公尺，在水中深度 $h=2.5$ 公尺時，求垂直壁上水的總壓力。

$$P = \gamma h_c F$$

式中 $F = bh$ ，就長方形言 $h_c = \frac{h}{2}$ 。



在這樣情況下

$$P = \frac{1}{2} \gamma b h^2 = \frac{1}{2} 1000 \times 2 \times 2.5^2 = 937.5 \text{ 公斤} = 0.9375 \text{ 噸。}$$

2-6 曲面壁上的液體壓力

除在平面上計算壓力以外實際上常遇到各種曲面多半是圓柱形表面一類的計算，圖 2-8 表示圓柱形容器的橫斷面，在這表面上的總壓力可分解為兩個分量：一個力 P_x 作用在水平方向上與另一個力 P_z 作用在垂直方向上。從水靜力學基本方程式可導出作用在全部面積 F 上總的壓力的水平分力將是

$$P_x = \gamma h_c F_x \quad (a)$$

式中 F_x —— 曲面在垂直面上的投影； h_c —— 面積 F 的重心淹沒的深度

總壓力的垂直分力

$$P_z = \gamma V \quad (6)$$

式中 V —— 所研究的曲面上的液體體積

所以，確定了位於曲面上的全部液體體積足以決定在曲面上總壓力的垂直分力。

總壓力 P 的大小可按下式計算

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (2-7)$$

若曲面是垂直接裝的圓柱形貯水池的側面，那末

$$P = \sqrt{P_x^2 + 0} = P_x$$

因為在這種情形下 $P_z = 0$

力 P 的大小按公式

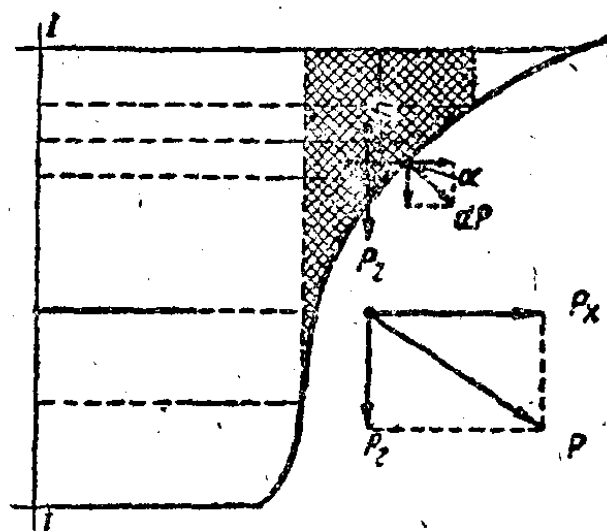


圖 2-8 曲面壁上的液體壓力

$$P = P_x = \gamma h_c F_x \quad (2-8)$$

求得。

這裏

$$F_x = DH; \text{ 而 } h_c = \frac{H}{2}$$

式中 D — 圓柱形貯水池的直徑, 公尺。

H — 注入貯水池液體的高度, 公尺。

例 2-3. 圓柱形貯水池的容量 $V = 4900$ 公尺³ 將水注入深度達 $H = 9.5$ 公尺, 求在側面壁上的靜水壓力

貯水池的容積 $V = \frac{\pi D^2}{4} H$ 公尺³

由此得到它的直徑

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}} = \sqrt{\frac{4 \times 4900}{3.14 \times 9.5}} = 25.6 \text{ 公尺}$$

按照公式 (2-8)

$$P = \gamma h_c F_x = \gamma \frac{H}{2} DH = 0.5 \gamma DH^2 = 0.5 \times 1000 \times 25.6 \times 9.5^2 = 1155 \text{ 噸}$$

2-7 物體的浮沉

由阿基米德所確定的定律說: 作用在沉入液體中的任何物體的浮力等於該物體所排開的同體積液體的重量。

從阿基米德定律得出物體浮游的條件是 $P = G$, 式中 G — 物體的重量, 而 P — 浮力, 浮力

$$P = \gamma V. \quad (2-9)$$

式中 V — 物體沉入部份的體積;

γ — 液體的比重。

若 $G < \gamma V$, 那末物體便浮起, 若 $G > \gamma V$, 物體便下沉, 這個由阿基米德定律得出的結論叫做物體浮沉定律, 且對於任何形狀的物體的關係上都是正確的。

習 題

2-1. 潛水設備允許工作在 366 公尺深的海中，問該深度的壓力是多少 ($\gamma_{\text{海水}} = 1.03$ 公斤/公升)

答數: $P = 37.5$ 大氣壓

2-2. 若容器底的直徑 $D = 30$ 公分，與容器充滿的高 $h = 20$ 公分，求在容器底上水的全壓力 P 的大小。

答數: $P = 14.13$ 公斤。

2-3. 石油水平面應在石油庫的壓力計連接處以上什麼高度 h ? 壓力計指出 0.455 (表) 大氣壓，而 $\gamma_H = 0.91$ 公斤/公升

答數: $h = 5$ 公尺

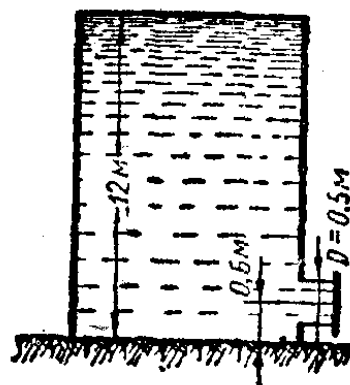
2-4. 高度 $h = 12$ 公尺 (圖 2-9) 的容器充滿着海水 ($\gamma_{\text{海水}} = 1.03$ 公斤/公升) 在它的側壁上有個直徑 $D = 0.5$ 公尺的蓋子：蓋子的中心到容器底的距離是 0.6 公尺。求蓋子上的總靜水壓力。

答數: $P = 2.3$ 噸

2-5. 若圓筒底的直徑 $D = 6$ 公尺，高度 $h = 4$ 公尺求在圓筒形貯水器側面壁上靜水壓力 P 。

答數: $P = 48$ 噸

圖 2-9



2-6. 求真空壓力管中水上昇的高度，該管與容器相聯，在容器中保持絕對壓力 $p_{\text{abs}} = 0.35$ 絕對大氣壓；當真空壓力管中注以水銀的情況計算同樣問題。

答數: $h_{\text{水}} = 6.5$ 公尺

$h_{\text{水銀}} = 478$ 公厘水銀柱

2-7. 由長度 $l = 10$ 公尺與直徑 $d = 25$ 公分的木料組成的木筏，它能載 12 個人，每人平均重量認為 75 公斤，木筏中木料數 n 為多少？湊成整數。

(註：解題時考慮到當木筏負載時便沉沒到木料的中部，同時 $\gamma_{\text{木料}} = 0.4$ 克/公分³.)

答數: $n = 17$.

第三章

水動力學

3-1 基本概念和幾個術語

水動力學是研究液體運動的規律，同樣也研究固體的運動，這固體是全部或部份沉入液體之中，它的運動是由於作用在它上面的力而引起的。爲了便於研究在運動着的真實液體所產生的現象，因而引用以理想（無黏性）液體而論的水動力學基本概念。在所獲得的就理想液體而言的方程式中，加進考慮到真實液體性質的修正數，並依照這些方程式進行實際的運算。

在運動着的液體質點上的壓力，叫做動水壓力。

動水壓力以字母 P 表示。液體質點的運動速度是以字母 C 表示的。

就大多數的動水力學計算而言，液體的穩定流動乃是最重要的。液體所佔空間的每一質點的流速始終不變的液體流動叫做穩定流動。在液體所佔空間（或這空間的一部份）的液體流速始終改變的液體流動叫不穩定流動。

爲的要簡化研究水動力學中的現象起見，便引用流綫及流束的概念。

在某瞬時間內與液體各質點的流速方向相切的綫叫做流綫。在穩定流動的情況下流綫是與跡綫相重合的。

若在液流中（圖 3-1）選取微小面積 ΔF ，並經過這面積外形的各點引導出流綫，那末經過面積 ΔF 的各點流綫的總和便是流束。這樣流束彷彿是流綫束。

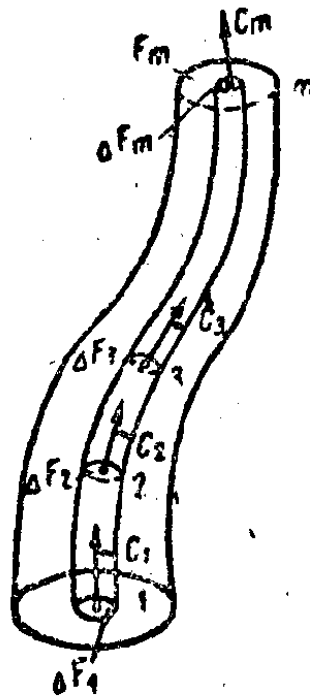


圖 3-1 液流中的流束

液流可當作流束的總和來考慮。

液流的有效斷面及流量也同樣屬於水動力學中的重要概念。

垂直於液體流動方向液流橫斷面叫做液流的有效斷面。

在單位時間內流過有效斷面的液體容積叫做液體流量。依所選用的時間單位（小時或秒）來決定可分成每小時液體流量和每秒液體流量。“流量”的概念密切地和“平均速度”的概念聯繫着的。

液流有效斷面中的平均速度是這樣的一種流動速度，在這個有效斷面中的各質點應以這種速度而流動，則按照這一速度計算出的流量是等於液流的實際流量，它就是等於按該斷面中的各質點的實際速度所計算出的流量。

液流的平均速度可由每秒液體流量的容積對於液流有效斷面 F 的比率來決定，即

$$C = \frac{Q}{F} \text{ 公尺/秒}$$

由此得

$$Q = FC \text{ 公尺}^3/\text{秒} \quad (3-1)$$

式中 Q — 液體流量，公尺³/秒。

F — 有效斷面積，公尺²。