

流體力學常識

大明 著

中國青年出版社

書號 514 數理化 54

流體力學常識

著 者 大

明

青年·開明聯合組編

出 版 者

中 國 青 年 出 版 社

北京東四12條老君堂11號

總 經 售

新 華 書 店

印 刷 者

北京中國青年出版社印刷廠

開本 787×1092 1/32

一九五四年八月北京第一版

印張 2 11/16

一九五四年八月北京第一次印刷

字數 51,000

印數 1—10,000

北京市書刊出版業營業許可證出字第036號

定價2,700元

內 容 提 要

這是給青年技工寫的一本講簡單的流體力學的小冊子。流體包括液體和氣體，在日常生活上和工業上很多地方要跟它們打交道。本書把流體力學方面的一些基本原理，包括流體的壓力、壓強、浮力、流速和壓強的關係、流動時候的壓強損失等問題，作了深入淺出的介紹。每講一個道理都先從日常生活的實例說起，講清原理後，再舉出工業上的例子來說明這些原理的應用。

寫在前面

這本小書是給青年技工寫的。

編寫的時候假定讀者已經有了高小的文化水平，在算術方面知道四則、乘方、開方、比例。不過一個青年技工年齡一般比中學生大些，生活經驗多些，理解力也強些，所以本書的內容不限於中學物理學的範圍。像本書後面幾節，從二一到二六各節，那些材料在中學物理學裏也許要到高中才略提一下，我們這裏却講得比較詳細。把這些材料編排在書裏，另一方面也是從實用的看法上覺得有必要。

每講一個道理都先從日常生活的實例說起，這一方面是因為日常生活的實例誰都見過，另一方面也取它簡單，避免牽涉到別的問題。講清原理之後，舉應用例子的時候就儘量取工業上的例子，來適合工人同志的需要。

流體力學是力學裏的一支。通常在讀流體力學之前應該多少讀過一些剛體力學，讀者讀這本書的時候需要先知道反作用力、質量等基本的概念。已經知道的，很好；不知道的，也不一定先要唸懂了那些再看這本書，可以等看到不懂的地方再去翻查別的書，或是問別的同志。

書寫成以後，自己心裏很沒有底，不知道這樣寫法合適不合適。取材方面和字句方面都希望讀者多多提意見，以便修改。

大 明 一九五四年一月，北京

目 次

前言.....	1
一 壓力.....	2
二 什麼是壓強?	4
三 壓強的意義.....	6
四 壓強的作用方向.....	8
五 壓強的算法.....	12
六 水閘上的側壓力.....	14
七 壓強可以傳遞.....	17
八 傾斜水柱裏壓強的算法.....	21
九 桶底上的總壓力不一定等於水的總重量.....	22
一〇 連通器裏的液面一定在同一水平上.....	25
一一 簡單的測壓計——U形測壓管	27
一二 水壓機原理.....	28
一三 油壓舉重機和油壓千斤.....	30
一四 自動裝貨機.....	32
一五 大氣也有壓力.....	38
一六 大氣的壓力可以利用.....	41
一七 浮力是怎麼回事?	47

一八	浮還是沉？	50
一九	怎樣確定物體的比重？	54
二〇	水流動的時候	58
二一	壓強變速度，速度變壓強	61
二二	動壓強和靜壓強——伯努利定理	66
二三	汽車化油器（汽化器）的基本工作原理	69
二四	噴霧器是怎樣工作的？	71
二五	流動是有阻力的	74
二六	流綫型	78
結語		80

前 言

‘流體’這個名字聽來有點文謏謏的，不過要換一個更通俗的字眼却也難找。因為在科學上這個名詞恰到好處，把液體和氣體都包括在內了。世界上的東西，就它們的形態來說，不外乎固體、液體、氣體三種。銅和鐵平常是固體，水和油是液體，空氣是氣體。水和空氣到處都是，不單人活一天，一天離不了這些東西，而且現代的生活裏和現代的工業裏更有許多地方，在想法利用這些東西，來替人類謀福利。拿一個普通工人家庭來說，自來水大多是有的，打滴滴涕的噴筒也已經成了日常用具；在現代工業上，水壓機、油壓千斤等等利用流體工作的地方就更多了，留意找一下，幾乎隨處都是。在產業部門工作的同志對於流體的性子有個認識，是使用各種利用流體的工具或機器的時候不可缺少的基礎；就是一個普通青年，對這方面有些常識，也是很有用的，並且是很有興趣的。本書就是想對流體的各種性子作一個入門介紹。說各種性子，說得稍微馬虎了些，事實上單拿水和空氣兩種東西來說吧，那它還有許多化學方面的性子，還有許多生物方面的事兒呢。我們這本書要講的只限於流體在機械方面的性子，也就是只講它們在力和流動方面的性子。

一 壓力



圖 1. 怪呀，喘氣
不容易了

流體的一個最重要的脾性(特點)是它的壓力。夏天你去游泳，第一遭必有這樣一個經驗：站在水裏，等水沒到胸部以上的時候，呼吸就有一種異樣的感覺(圖 1)。這異樣的感覺究竟是什麼？是不是完全因為‘水涼’？水涼當然也有關係，不過，主要的還是因為胸部沒在水裏，水對你的胸部使了壓力，壓力使你的呼吸略感困難。這是你平常在岸上從來沒有受過的。

水從高處向低處流，這是極自然的事，可是我們也看到許多樓房裏有自來水，而且水管子明明是從地下向上接上去的。這是什麼道理？原來，水在地下送水來的管子裏是有壓力的，就靠這個壓力把水壓上了二樓三樓，或更高些的地方去。

這裏只是隨便提兩件事實，說明壓力確實存在，其實凡是有流體存在的地方，都有壓力。我們來看一看壓力是怎樣產生的，它有哪些脾性，該怎樣計算它。

拿一個直圓桶盛水(圖 2 左)。水是有重量的東西，這一桶水的重量都壓在桶底上。我們說桶底上受了壓力，這個壓力恰好等於這些

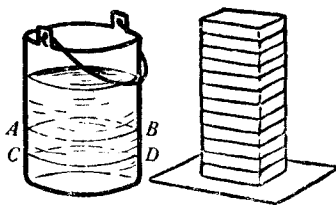


圖 2. 一桶水的壓力
和一疊磚的壓力

水的重量。這是誰也不會發生疑問的吧。再進一步來看。假想在這桶水的中間 AB 那裏，隔上一層玻璃紙，把水分成上下兩半。上半桶的水自然還是有重量的，那麼這半桶水的重量壓在什麼東西上了？壓在 AB 那層薄紙上。這個壓力比壓在桶底上的壓力大還是小？當然小。如果 AB 恰在一半的地方，那紙上頭的壓力也恰是剛才的一半。還可以推想下去：在 AB 和桶底的中間再有一個截面 CD ，那麼壓在 CD 面上的壓力一定比壓在 AB 面上的壓力大，因為在 AB 以下又多了一段水，總重量當然又加大了一些。這樣一層一層下去，最後到了桶底上，那裏壓力最大；越靠上壓力越小。這正像我們用許多磚疊起來一樣（圖 2 右）。最頂上的那塊磚最輕鬆，沒有東西壓它，第二塊磚便受到第一塊的壓，第三塊磚又受到第一、二兩塊的壓。最底下的受壓最大。可見水的壓力並不是非要到桶底上才有，它是隨處都有的，越深的地方，壓力越大。

我們提到桶底上的壓力，那是比較容易說明白的，因為那裏有個桶底在，好像說的是水和桶底的關係。至於中間別的假想截面上，那似乎就有點落空了，究竟誰壓誰呢？其實在水說來，它並不管下面是什麼東西，總之上面有那許多分量，它對下面就有那許多壓力；下面是桶底，這個壓力便壓在桶底上，下面仍是水，那它就壓在水上。上面說過，爲了容易想像起見，可以設想 AB 那裏有一層薄紙，把水分隔成上下兩半，上部分水就壓在這層薄紙上。如果下面沒有另半桶水在那裏，單靠這層薄紙能托住上半桶水嗎？當然不能。假定我們真橫放一層玻璃紙在水裏的話，紙是完好的，這就是因為紙下還有

半桶水托在那裏的緣故。這情形正像你用一張薄紙托一升小米一樣，用手把紙綑緊，小米倒上去，紙非破不可；可是如果把紙鋪在桌面上，那你倒上一担小米也壓不壞紙。這就是因為桌面把小米的重量轉負擔去了。對這張紙說來，有桌面墊在下頭和沒有桌面墊在下頭，分別在於：沒有桌面的時候，只有小米從上面壓下來，底下沒有誰托着，於是壓得稍微重一點，紙便破了；紙下面有桌面的時候，上面有小米壓下去，底下也有桌面的反作用力抵上來（壓上來），這個反作用力的大小不是自己定的，它隨作用力（現在的作用力便是小米的壓力）而定，作用力有多大，反作用力也有多大[⊙]。

可見，水裏的薄紙上面有向下的壓力在壓它，下面也有同樣大小的向上的壓力在壓它，向上的壓力和向下的壓力一樣大小，就是指向相反。其實，有沒有紙是一樣，在水面下任何地方都有向下的壓力在作用，同時也必有向上的壓力在作用。向上的壓力和向下的壓力一樣，越到深的地方越大。

二 什麼是壓強？

上面我們說的是壓力，不過，在科學上還有‘壓強’這麼一個名詞。並不是人們故意要自找麻煩，巧立名目，的確壓強和壓力是大有分別的兩個東西，而且在許多地方，決定事物性質

⊙ 反作用力是受力的物體對於施力的物體作用的力，就像你的手用力拍桌子，桌子實在也用同樣的力作用在你的手上。前者是作用力，後者就是反作用力。作用力和反作用力大小相等，指向相反。

的，不是壓力，而是壓強。現在先把壓強說清楚，下一節再舉幾個例子說明壓強的意義。

壓強是一個單位面積（譬如一平方厘米或一平方米[⊖]）上受到的壓力；壓力却說的是某一整塊受壓面積上總共受的力。

拿圖 2 的那桶水來說。假定桶裏盛水 150 千克[⊖]，桶底的受壓面積（就是和水接觸的桶底面積）是 3 平方米，那麼桶底上每一平方米分攤到 $150 \text{ 千克} \div 3 = 50 \text{ 千克}$ 的壓力。這就是桶底上受到的壓強了。所以桶底上受到的壓力是 150 千克，壓強是每平方米 50 千克。

在這一個情形，你可以看出，壓強其實就是單位截面積（現在是一平方米）上的直立水柱的重量（圖 3）。

壓強是作用在單位面積上的力，這個力可以用千克、噸[⊖]或克等不同的單位，面積也可以用平方厘米或平方米等單位。

壓強的單位便隨力和面積所用的單位，而有 千克/平方米 或 千克/平方厘米 或 噸/平方米 等等不同的單位名稱。壓強這個單位是個複合單位，它的名稱得寫成分數的樣子，力的單位放在上頭，面積的單位放在下頭，就像上面寫的那樣。

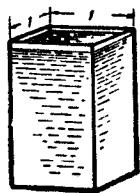


圖 3. 壓強就是單位截面積上的直立水柱的重量

如果那個桶底只有 0.8 平方米，盛水 50 千克，我們來看一看這時候桶底上的壓強是多大。

⊖ 米也叫公尺，平方米也叫平方公尺。1 米等於 100 厘米，1 平方米等於 10,000 平方厘米。

⊖ 千克也叫公斤。1 千克等於 1000 克，克也叫公分。

⊖ 1 噸等於 1000 千克，也叫公噸。

現在桶底面積雖不到 1 平方米，但壓強仍是指單位面積上受到的力。那我們便要推算，折合下來一平方米該受多少力。0.8 平方米受 50 千克，所以一平方米應該受 $50 \text{ 千克} \div 0.8 = 62.5 \text{ 千克}$ 。這就是現在的壓強。

這個例子說明，壓強是指合算下來每一單位面積上應該攤到多少壓力，它是說明壓力的強度的，倒不一定真要有比一平方米大的受壓面積在那裏。受壓的實在面積比一平方米大也好（像本節開始的例子），比一平方米小也好（像現在這個例子），反正壓強是指合算下來每平方米上受到的壓力。

至於壓力，那便是指真正作用在某塊面積上的總力了。既然壓強是單位面積上的壓力，那麼某塊面積（如果整塊面積上的壓強都一樣的話）上的總力當然就等於壓強乘面積了：

$$\text{壓力} = \text{壓強} \times \text{面積}$$

例如壓強是 63.6 千克/平方米 ，受壓面積是 0.25 平方米 ，那麼總壓力便是 $63.6 \text{ 千克/平方米} \times 0.25 \text{ 平方米} = 15.9 \text{ 千克}$ 。

三 壓強的意義

前面說過，許多地方決定事物情況的是壓強，而不是壓力。現在我們舉幾個日常生活裏的例子說一下。等你讀到後面各節，對壓強自然會有更多的認識。

人走在鬆軟泥地上，腳會陷入泥裏去（圖 4 左）。可是找一塊合適的木板來鋪在泥上，再走，就過去了，腳不再陷下去了（圖 4 右）。同是這個人，為什麼先要下陷，後來不陷了？關

鍵在哪裏？在壓強。假定這個人的體重是 60 千克，他的鞋底面積是 0.05 平方米，那麼他直接踏在泥地上的時候，泥地受到的壓強是 $60 \text{ 千克} \div 0.05 \text{ 平方米} = 1200 \text{ 千克/平方米}$ 。譬如說泥地實在受得住的壓強

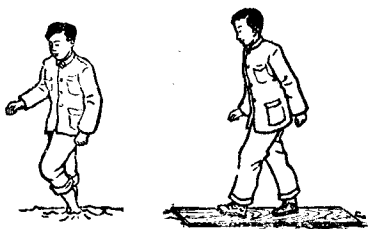


圖 4. 左，人走在鬆軟泥地上，腳會陷入泥裏去；右，用木板鋪在泥上，再走就過去了

是 50 千克/平方米。這時候自然非陷進去不可，1200 千克/平方米比 50 千克/平方米大得太多了。後來用了一塊木板，這塊木板大概有 2 平方米的面積就行了。連人帶板總重不會超過 70 千克，壓強便不會超過 $70 \text{ 千克} \div 2 \text{ 平方米} = 35 \text{ 千克/平方米}$ 。這麼大的壓強泥地就受得住了。

人為什麼睡在彈簧牀上比睡在硬板牀上舒服呢？其實並不是人的肉體直接覺得出軟和硬，主要的還是壓強不同。人體並不是平的，放在平板上，接觸的地方只限於人體上比較外突的部分，像肩頭、臀部和腳跟。而躺在彈簧牀上，因為牀面會隨人體的外形而凹凸，接觸面便大大增加了。假定接觸面增加兩倍，那麼躺在軟牀上的時候，人體受到的平均壓強只有硬牀上的三分之一。這就是軟牀舒服的真實理由。不信你可以試一下，用石膏做一張恰合你體形的石膏牀，躺在這張石膏牀上，你的舒服感覺一定和彈簧牀一樣。差別是有的，石膏牀一翻身便不再吻合，而彈簧牀却隨時都會有最大的接觸面，也就是最小的壓強。

又如用手氣筒打汽車胎。假定汽車胎要求打到4個大氣壓 $\ominus$ ，合41,320 千克/平方米。一個人的平均體重才六七十千克，那麼究竟能不能夠用手把氣打足呢？這就要看氣筒的活塞面積了。人把全部體重壓到氣筒把手上去，能夠產生的最大壓強等於他的體重被活塞面積除。譬如活塞的直徑是3厘米，面積便是0.000706 平方米 $\ominus$ ，60 千克體重能夠產生的最大壓強差不多可以到 $60 \text{ 千克} \div 0.000706 \text{ 平方米} = 85,000 \text{ 千克/平方米}$ 。這個壓強比需要的壓強41,320 千克/平方米大一倍還多，當然是能夠打足氣的。如果把氣筒直徑放大一倍，變成6厘米，那麼面積就變成0.00283 平方米 $\ominus$ ，等於剛才的四倍，同樣的體重能夠產生的最大壓強就只有剛才的四分之一了： $60 \text{ 千克} \div 0.00283 \text{ 平方米} = 21,200 \text{ 千克/平方米}$ 。用這樣粗的氣筒便沒法打足氣了。

四 壓強的作用方向

在第一節裏講壓力的時候，我們講過水面下任何地方都有向下的壓力和向上的壓力在作用，這兩個力大小相等，指向相反。現在我們講過壓強了，這句話要改一下，說成這樣：水

$\ominus$ 大氣壓參看第一五節，每大氣壓是10,330 千克/平方米。

$\ominus$ 圓面積 = $\frac{\pi}{4}(\text{直徑})^2 = \frac{3.14}{4} \times (3 \text{ 厘米})^2 = 7.06 \text{ 平方厘米} = 0.000706 \text{ 平方米}$ 。

$\ominus$ 圓面積 = $\frac{\pi}{4}(\text{直徑})^2 = \frac{3.14}{4} \times (6 \text{ 厘米})^2 = 28.3 \text{ 平方厘米} = 0.00283 \text{ 平方米}$ 。

面下某一點上，同時有向下作用和向上作用的壓强，它們大小相等，指向相反。改的就是把壓力說成壓强。這當然是可以的，因為壓强等於壓力被面積除，向上和向下的壓力既然作用在同一塊面積上，壓力相等當然壓强也是相等的。至於為什麼要把這句話改一下呢？原來單說上下方向的時候，那說壓力和壓强也沒有什麼差別，可是說到別的方向的時候，用壓强來說就清楚得多。這一點你讀下去就明白了。

水面下某一點上，其實不單有上下兩個指向的壓强，而且左右前後，四面八方，都有壓强在作用（圖5）。前面說過，向上作用的壓强是由向下作用的壓强引出來的；現在我們不妨竟把這四面八方都有的壓强看成是向下和向上兩種壓强引出來的。打個比喻。用許多極小的極光滑的滾珠疊成一個滾珠堆，假定底下用個箍圍起來，像圖6那樣，然後上面用力下壓。

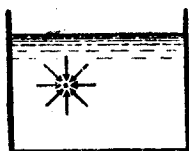


圖5. 四面八方都有壓强在作用

上邊壓下來，下面桌面有反作用壓强，向上作用，結果中間那些滾珠只好向四周散開去。要它不散，只有把中間那些滾珠也都用箍圍起來，如果有一個地方沒有圍到，那裏的滾珠就要散開去。這說明上下一擠，光滑的滾珠一定要往橫裏走，就是它有橫向的壓强，除非橫裏有箍承受它這份橫向的壓强。往下壓得越利害，圍箍上受的橫向壓强也越大。水是會流

上邊壓下來，下面桌面有反作用壓强，向上作用，結果中間那些滾珠只好向四周散開去。要它不散，只有把中間那些滾珠也都用箍圍起來，如果有一個地方沒有圍到，那裏的滾珠就要散開去。這說明上下一擠，光滑的滾珠一定要往橫裏走，就是它有橫向的壓强，除非橫裏有箍承受它這份橫向的壓强。往下壓得越利害，圍箍上受的橫向壓强也越大。水是會流

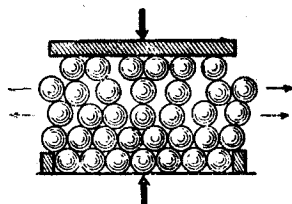


圖6. 上下一擠，中間的滾珠只好向四周散開去

動的東西，上下一擠，也一定要像滾珠一樣往四周散去。要它不散，就得用水桶的桶壁把它圍起來。桶壁經得起水的這些側壓強的話，桶不會壞，水不會向四周散去。這時候桶壁就承受着水的側壓強。

這側壓強也和上下壓強一樣，並不要到水和桶壁相接觸的地方才有。在水面下無論哪裏，凡是有上下壓強的地方，就有側壓強。拿圖7水面下的A點來說。A點並不和桶壁接觸，我們不妨經過A點用玻璃紙圍成一個小桶（圖上的虛綫），小

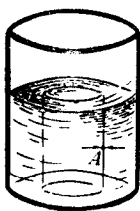


圖7. 水面下有上下壓強的地方就有側壓強

桶裏的水並不管它是紙壁還是木桶壁，一樣在A點有個向外作用的側壓。如果薄紙外面沒有那一圈水的話，大概紙也受不住這些側壓，現在紙外面有水，是外圈的水承受了這些側壓。外圈的水對裏面的水說來，竟和桶壁是一樣的。桶壁受到一定的壓強之後，就生同樣大小的反作用壓強。現在外圈的水也對裏面的水有反作用壓強，A點上有多大向外作用的壓強，就一定也有多大向裏作用的壓強。

這些四面八方都存在的側壓強，我們已經說過可以看成是上下壓強引出來的，所以上下壓強越大，這些側壓強也越

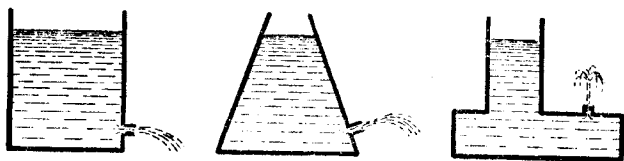


圖8. 在水桶壁上開小孔，側壓強立刻表現它的作用