

小型船闸设计

安徽省阜陽專員公署水利電力局編

水利電力出版社

前 言

在党的正确领导和广大群众的积极努力下，各地的河网化正以飞快的速度进展着。随着河网化的实现，各地将普遍兴建节制閘和船閘等各种建筑物，使河道既能蓄水又能航运，使其充分为工农业生产大跃进服务。为了便于县、乡和人民公社在兴建小型船閘时有所参考，因此，我们编写了这本小册子。

毛主席曾教导我们：“甚么工作都要搞群众运动，没有群众运动是不行的。”水利事业之所以能取得辉煌成就，正因为全国各地坚决贯彻了党中央的“三主”方针和大搞群众运动。土方工程如此，建筑工程也应如此。因而，一个好的建筑物设计，应该是便于群众自筹自办；便于发动群众集资兑料，就地取材；便于施工管理和便于应用推广的。

为了达到上述的目标，在编写这本小册子时，力求照顾到结构简单，便于就地取材和计算简便。如閘首仅介绍便于使用砖石材料的重力式閘墙，閘室也仅分述“斜坡式”与“重力式”两种，閘門方面除介绍“人字形”外，也介绍了“一字形”和“插板式”等型式。由于采用上述的结构型式，所用的建筑材料就可免用或少用钢筋和高标号水泥等统配物资。因而，可能为就地取材，便于发动集资兑料创造了条件。在计算上为了使一般从事水利工作的人员在很短时间内能定出必要的轮廓尺度，所以也介绍了一些参考的数据和水力计算公式。

但由于时间的短促、资料的缺乏和水平的限制，这本小册子中错误、欠妥和考虑不周的地方必定很多，希望批评指正。

編者

1958年12月

目 录

第一章 船閘的一般规划和布置	3
§1. 船閘的組成和一般尺度的拟定	3
§2. 船只过閘的操作程序	10
§3. 船閘位置的選擇	11
第二章 閘首的构造	12
§4. 閘首的型式与作用	12
§5. 輸水系統的型式	14
§6. 閘首的結構計算	15
§7. 人字形閘門外力的計算	16
§8. 閘首的防冲措施	17
§9. 淤积計算	18
§10. 出逸坡降的校核	20
第三章 閘室的构造	21
§11. 閘室牆的型式	21
§12. 閘室底的型式	23
第四章 水力計算	23
§13. 船閘水力計算的目的	23
§14. 船閘水力計算的公式	24
第五章 船閘閘門設計	27
§15. 小型船閘閘門的种类	27
§16. 插板式閘門	28
§17. 人字形迭梁式閘門	30
§18. 一字形迭梁式閘門	43
第六章 閘門启閉阻力的計算及启閉設備	45
§19. 閘門启閉阻力的計算	45
§20. 閘門启閉設備	46
主要参考文献	47
附 录	48
I. 淮北地区木船尺寸	48
II. 磚石結構設計參考資料	48
III. 混凝土結構設計參考資料	56
IV. 木材容許应力	56
V. 鋼材、鑄鉄及其他材料的容許应力	57

第一章 船閘的一般規劃和布置

§1. 船閘的組成和一般尺度的擬定

在水利工程上为了綜合利用，往往在河道上分級控制，因而形成了水位差。为了克服这水位差，使船只能安全順利地通行，就需要兴建船閘。

船閘主要由閘首、閘室和引航道三个部分組成。一般布置如图 1 所示。

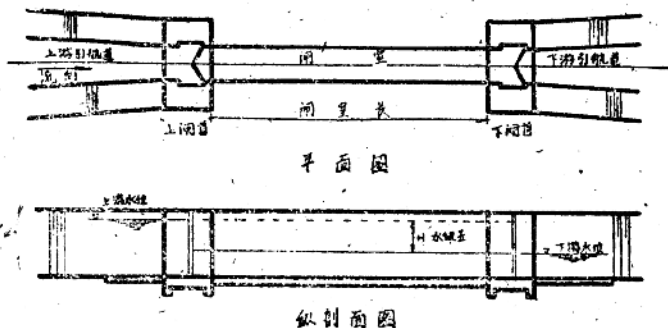


图 1

1. 閘首

閘首是将閘室和上下游分隔的擋水建筑物，其中設有閘門、輸水設備和启閉机械等。位在上游引航道和閘室之間的称上閘首；位在閘室与下游引航道之間的称下閘首。

閘首的尺寸須根据船閘的主要輪廓尺寸，如寬度、水深、水头和采用的閘門及輸水設備的类型来拟定。

对于具有人字閘門，并在閘門下部設置輸水閥門与重力式

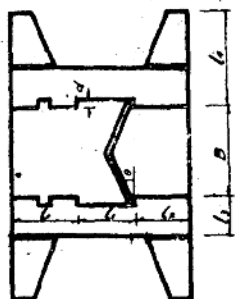


图 2

閘墙的閘首，在初步拟定閘首輪廓尺寸时，可考虑采用下列数据进行驗算（图 2）：

进口部分的长度：

$$l_0 = (1.0 \sim 1.5)H$$

式中 H 为船閘的水級差（即航道上、下游水位之差）。

門龕部分的长度：

$$l_1 = (1.1 \sim 1.2) \frac{B+d}{\alpha \cos \theta}$$

式中 B ——閘首寬度 = 最大船寬 + 橫閘兩邊的富裕寬度（其值可定为 0.4~0.6 公尺），小型船閘的閘首寬度可采用 4、5、6 公尺三種，約可通行 30~80 噸的木船。

d ——門龕部分的深度，其值約为 0.1 B ，一般約为 0.3~0.5 公尺。

θ ——閘門和閘軸上的垂直綫所成的角度， $\theta = 26.5^\circ \sim 18.5^\circ$ ，一般常用 22.5° 。

門后部分底板长度： $l_2 = (1.2 \sim 1.5)l_0$

在閘高 7 公尺，水級差 2~3 公尺，閘首寬 4~6 公尺的情況下，閘首縱向总长度約在 8~14 公尺範圍內。

重力式磚石閘牆底板寬度： $l_3 = (0.7 \sim 0.8)H_1$

式中 H_1 ——閘牆高度。

兩側乙牆长度 $l_4 = mH_1 + 0.5$ 公尺。

式中 m ——斜坡的坡度（橫比豎）。

閘首頂的高程为上游最高水位和浪高及超高之和。

浪高在內河上可假定为 0.3~0.5 公尺，超高 0.2~0.4 公

尺，下閘首可不考慮浪高。

閘底高程應根據通航最枯水位、船隻滿載吃水深度及富裕水深而定，即：

閘底高程 = 高低通航水位 - 滿載吃水深 - 富裕水深。

小型船閘中的富裕水深可採用 0.3~0.5 公尺。

對水級差不超過 3 公尺，閘門高在 7 公尺以下，閘首寬不超過 6 公尺的小型船閘，為使構造簡單，可免做惟牆（見後圖 7）即上下閘首與閘室在同一高程。

下閘首的布置與上閘首相仿。

因下游水位較低，故船閘上的橋梁一般都布置在下閘首的閘門下游面，並可將橋面直接安置在閘牆上。橋梁一般均採用活動型式。若建固定橋梁，應考慮橋梁下弦有足夠的淨空，一般需要 2~3 公尺。

2. 閘室

閘室由閘室牆和閘室底構成，或用加固的土坡作為室牆。

閘室應有合適的尺度，使在船閘建成後，或在一定的發展時期內能適合於河道上通過該閘的船隻數目與尺寸。

閘室的有效長度應從下閘首門龕部分的上方邊緣算起，至上首閘門龕下方邊緣為止（見圖 1）。在某些情況下，在上閘首下方還保留一段所謂“鎮靜段”，在閘室灌水的時候，船隻不得停泊在鎮靜段的範圍內，以免受水流沖擊。因此：

閘室有效長度 = 船隻總長度 + 船頭與船尾間的空隙 + 縱向兩端的富裕空隙。

船頭與船尾間的空隙，一般可取 1.0~2.0 公尺（空隙應隨船隻長度的增減而增減）。縱向兩頭富裕空隙約 2~3 公尺。

閘室的有效寬度 = 船隻總寬度 + 兩行船隻間的空隙 + 橫向兩邊的富裕寬度

兩行船隻間的空隙，一般可用 $0.3 \sim 0.5$ 公尺。橫向兩邊的總富裕寬度約 $0.6 \sim 1.0$ 公尺。

如在閘室按并排 $2 \sim 3$ 行船隻布置，在同樣長度的閘室牆中可以使閘室容量增大，而工程數量增加很少。所以以行駛木船為主的小型船閘，採用寬而短的閘室是較為適宜與經濟的。

小型船閘閘室的底寬，建議採用 $6 \sim 10$ 公尺。

閘室頂的高程 = 上游最高水位 + 船弦木高度 + 超高

船弦木高度可採用滿載吃水深度的 $1/3$ ，初步可選用 $0.3 \sim 0.5$ 公尺。

一般閘室頂高程可與上閘首相同。

當閘室灌水時，室內水面勢必波動，迫使船隻時而向下閘首，時而向上閘首方面移動，也會隨著室內的波浪時升時降（泄水時也有這種現象，但程度較輕）。同時也會使船隻向橫向兩邊移動。當集中在一個地方進行灌水或泄水時（如採用閘門上設置輸水閘門或用插板、門頂溢水等灌泄系統），上述現象表現得更為強烈。所以當閘室灌泄水時，必須將船隻用纜繩系住，系船繩索的容許拉力可採用船隻排水量的 $1/500 \sim 1/200$ 。

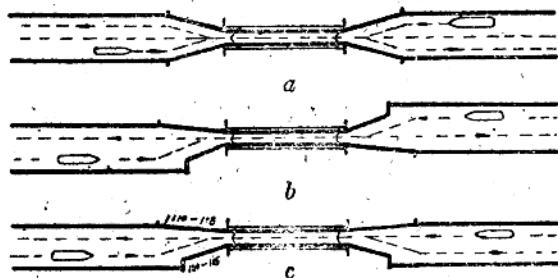
若閘室系重力式閘牆，可於閘牆上設置系船環，環可用直徑約 20 公厘的圓鋼繞成直徑 $10 \sim 20$ 公分的圓環，埋入牆身。每一行設環 $3 \sim 5$ 只，行與行間距約 $3 \sim 4$ 公尺。斜坡式閘室可用木桩系船。木桩入土深度約需 $2 \sim 3$ 公尺。為了避免灌、泄水時船隻在斜坡上碰撞，可在水面上設置竹筏，分列閘室兩邊，使竹筏之間保持一定間距，並使其隨水位面升降。

3. 引航道

引航道的形式可分為對稱的和不對稱二種，如圖3所示。

這兩種型式的引航道，當船隻進出船閘時，如不遇到另一船隻，都同樣沿着引航道軸綫航行。但在對稱的引航道內，當

进閘和出閘的船只相遇时，須互相避讓，都走曲綫的路徑，如图3a。而在不对称的引航道內，当船只相遇而避讓时，其中一只船可以直綫地航行。



a. 对称的；b. 不对称的(示进閘曲綫出閘直綫的走法)；c. 不对称的。

图 3

在上下游引航道向不同的两侧加寬时(图3b)，二个方向的船只进閘时都直綫地航行，而在出閘时則繞过閘的船只沿曲綫路徑航行。或者相反，进閘时沿着曲綫的路徑，而出閘时則沿着直綫的路徑。

有时把不对称的引航道布置在上、下游的同一边(如图3c)，因为船只有时从右边繞过相遇的船只，有时又从左边繞过，这样对航行很不方便。在这种情形下，一个方向的船只在进出时都是直綫行駛；而另一方向的船只，当須避讓对面的船只时，是沿着曲綫的途徑进出船閘的。

以行駛木船为主而航行又并不十分頻繁的小型船閘的引航道，为簡便起見，可采用对称式航道。

为了保证船只进出船閘及等待过閘的船只在引航道內停泊的安全和方便，船閘及其引航道的直綫段总长度应不少于閘室长的3.5~4倍。

引航道在最大計算船只滿載吃水深度时的最小寬度 B_0 ，

应根据船只在引航道直线内互相避让的方便和安全的条件来决定:

$$B_0 = 2b_c + a_c + 2a_b$$

式中 b_c ——船只的最大宽度, 如图4;

a_c ——相错船只之间的空隙;

a_b ——船只和引航道边坡间的空隙。

一般可采取: $a_c \approx a_b \approx 0.2b_c$,

即 $B_0 \approx 2.6b_c$

引航道的底宽为:

$$B_n = B_0 - 2m(S_x - S_c)$$

式中 m ——引航道的边坡斜度;

S_x ——当最低通航水位时, 引航道内和船闸门槛上的水深;

S_c ——最大计算船只在满载时的吃水深度。

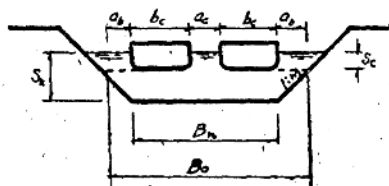


图4

根据引航道的底宽、采取的边坡、引航道内最小水深、和航期内水位变动情况、即可验算航道的断面。

引航道的有效断面面积 ω 应满足下列条件:

$$\frac{\omega}{x} \geq 4$$

式中 x 为最大计算船只浸没在水中的部分的断面面积。当为内河船只而有较完整的轮廓时, 其值可近似地取 $x = b_c \cdot s_c$ 。

引航道的有效断面面积 ω , 可以按引航道的静水位计算。因为 $\frac{\omega}{x}$ 的比值减小时, 抵抗船只运动的水的阻力就会很快地增

大。

当不能滿足 $\frac{\omega}{x} \geq 4$ 的条件时，最好是增加它的寬度和深度。若閘底高程已确定不变，則仅能增加其寬度。

例1. 引航道水深 $s_k = 2.0$ 公尺，船只的寬度 $b_c = 4.4$ 公尺，吃水深 $s_c = 1.50$ 公尺。則引航道在該船滿載吃水深度的平面上最小寬度：

$$B_0 = 2b_c + a_c + 2a_b \approx 2.6b_c = 2.6 \times 4.4 = 11.44 \text{ 公尺}$$

設引航道边坡： $m = 2.0$

則引航道底寬：

$$B_n = B_0 - 2m(s_k - s_c) = 11.44 - 2 \times 2.0 (2.0 - 1.5) = 9.44 \text{ 公尺}$$

取用整数 10.0 公尺

此时引航道的有效橫断面积： $\omega = (10.0 + 2 \times 2.0) \times 2 = 28.0$ 平方公尺

$$x = b_c \cdot s_c = 4.40 \times 1.5 = 6.6 \text{ 平方公尺}$$

$$\frac{\omega}{x} = \frac{28.0}{6.6} = 4.24 > 4, \text{ 已滿足上述要求。}$$

航道的曲綫半徑；根据航只的行駛条件，应不小于最大船长的 6 倍。圓弧段引航道的寬度，应比上述算得的直綫段內的正常寬度 B_0 适当加大，以求行駛安全。

引航道內的导航建筑物即所謂导航架，其作用是保护船只不致在閘首的角隅上碰撞及引导船只順利地进出船閘，在一般小型船閘上可以省略，而以漸变段和閘首相連。漸变段的形式及其斜度可參看图 3。

若船閘系建于集鎮附近，为便于上下旅客和装卸貨物，应于上下游航道內修筑碼頭。碼頭可用磚石砌筑，或用木料建造。

在樞紐工程中，船閘的下游引航道的入口，須布置在离水利樞紐的泄水建筑物相当远的河段上，使下游入口处河流橫断面上的水流速度相当平稳，以保証船只便于从下游方向駛近船閘。

在下游引航道出口处，航道軸綫与河道水流方向的交角不要大于 20° ，以便利船只行駛。

当河床是由易于冲刷的砂性土壤构成时，引航道进入河流的出口，应力求位于不易淤积的区域。

最简单的情况是将船閘布置在新开河道的直綫段上，而没有其他的水工建筑物相邻(如水电站节制閘等)，則只要使引航道和河道适当地以渐变段銜接即可。

§2. 船只过閘的操作程序

当船只从上游到下游单向通过船閘，并在船閘內已早先泄水和已打开下游閘門(船只不过閘时，下游閘門一般是常开的)，則要順序完成以下的操作：

1. 关闭下游閘門；
2. 提升上游輸水閘門使上下游水位齐平(这过程叫閘室灌水)；
3. 打开上游閘門；
4. 船只进入船閘；
5. 关闭上游閘門与輸水閘門；
6. 提升下游輸水閘門泄水，使閘室水位与下游齐平(这过程叫閘室泄水)；
7. 打开下游閘門；
8. 船只离开船閘下行。

当船只单向由下游向上游时，要完成以下的操作：

1. 船只从下游进入船閘；
2. 关闭下游閘門及輸水閘門；
3. 开启上游輸水閘門灌水，使上下游水位齐平；
4. 打开上游閘門；

5. 船只离开船閘上行;
6. 关闭上游閘門与輸水閘門;
7. 提升下游閘門泄水, 使閘室水位与下游齐平;
8. 打开下游閘門。

当船只双向运行时, 在完成上述的前五項操作后, 接着完成下列操作:

6. 等待过閘的船只由上游进入船閘;
7. 关闭上游閘門与輸水閘門;
8. 提升下游閘門泄水, 使閘室水位与下游齐平;
9. 打开下游閘門;
10. 船只离开船閘下行;
11. 等待过閘的船只由下游进入船閘。

船只双向过閘的一个循环在此結束。

§3. 船閘位置的选择

在原有河道上兴建船閘, 为便于施工, 往往把船閘位置选择在河道弯曲段的突岸, 如图 5。

在新开挖的大河道上, 原计划需兴建永久性的大中型船閘, 但因其他原因, 不能或不需立即兴建大中型船閘而需建小型船閘以应目前急需的, 也可考虑选择在河道的一

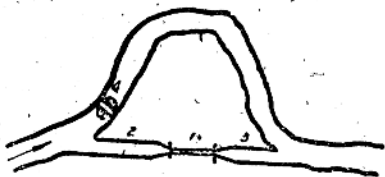


图 5

側, 如图 6, 以便日后大中型船閘可建于直綫段上。

在新开挖的河道上, 船閘位置应尽量选择在海道的直綫段上, 以免日后航道淤积和冲刷。为結合陆路交通, 减少桥梁工

程投資和便于貨物裝卸，船閘位置以靠近集鎮附近較為適宜。

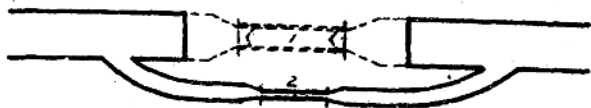


图 6

在确定小型船閘閘址前，应对地基进行简单的手工鑽探或开挖試坑，以判明土質。对未加处理的淤土和軟泥土，一般不宜作船閘地基。閘墙与閘底分隔的閘首，在地基要求上，比閘墙、閘底建成整体的閘首更高。因前者更可能由于地基不良而产生閘墙变位以致使人字閘門不能正常启閉或产生漏水等现象。

第二章 閘首的构造

§4. 閘首的型式与作用

閘首的作用和普通的单孔节制閘相似，是一壅水建筑物，它由閘底与閘墙組成。其中安有閘門、启閉机械及輸水设备等。

按縱断面的标高，閘首可分为有帷墙和无帷墙二种，如图 7。

上閘首通常建有帷墙，以减少上游閘門和建筑物的高度和工程量。但小型船閘以采用无帷墙的較為簡便。这样，从构造上来说，上下閘首也就相同了。

閘首按底板的結構形式可分为二类：

1. 閘墙和閘底連接的形式，即閘墙与閘底連成一体，如

图8a。这种形式因刚度往往较大，閘底防渗也較容易，所以采用最多。但連接式的閘首，閘底要求很厚，往往需要大量的鋼筋混凝土。

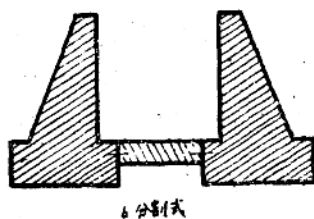
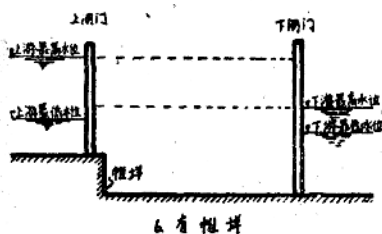
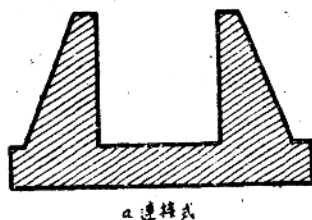
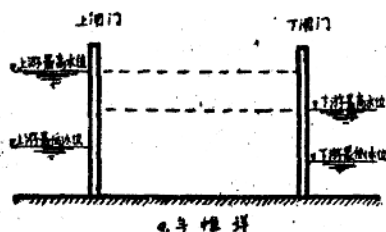


图 7

图 8

2. 閘牆和閘底分隔的形式，即閘牆基础与閘底分开，如图8b。如地基土質良好，防渗措施有保証，采用此种型式最为經濟。閘底的厚度仅需能克服上托力即可，因而閘底可大大減薄。若土質不好，閘牆容易因沉陷不均而产生傾斜，致使人字閘門不易密閉而漏水。然而小型船閘本着因陋就簡，要求不高的精神，在地基承载力許可的情况下分割式閘首是可以采用的。

§5. 輸水系統的类型

閘首的輸水系統，可分为下列四种：

1. 在插板頂溢水，图9a。
2. 在閘門下部設置輸水閘門，图9b。
3. 在閘首閘牆內設置短涵洞图9c。
4. 通过閘首閘牆和閘室牆設置长涵洞，图9d。

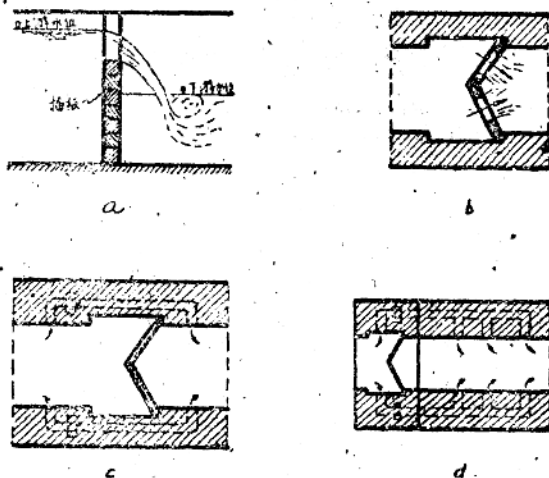


图9

短涵洞与长涵洞的二种型式虽然在消能效果上較好，使閘室內水面的波动在某程度上有所減輕，但构造复杂，工程造价高，所以仅在大中型船閘中被采用。

插板頂溢水的形式，虽然由于水流自由跌落而产生較大的冲击力，但在水級差不超过3公尺，閘首淨寬在6公尺以內，并有适当的鎮靜段的情況下，或船閘兼作泄水閘时，仍可采

用。

在閘門下部設置閘門的型式，虽然有射流較急的缺点，但具有可免做涵洞、結構簡單、造价不高、使用方便等优点，所以在小型船閘中，如今仍被广泛运用。

§6. 閘首的結構計算

閘首的結構計算和一般的单孔节制閘相似，即按已初步拟定的布置图，核算其各部位和整体的滑动稳定及地基反力等，并按无水时期和閘門关闭水級差最大时的两种情况进行計算即可。

为节省鋼材水泥与便于就地取材和施工簡便，可采用重力式閘牆，即用浆砌块石或浆砌青磚砌成。

分割式的閘底板，因仅須克服閘底下的上托力而不承受地基反力，所以一般厚度很小，計算簡易，即用浆砌块石或浆砌青磚砌成均可。但为防止閘室灌水时的水流冲击，閘底厚度也不得小于0.5公尺。

連接式的閘底板需要厚度較大，一般均用鋼筋混凝土澆成，但也可用浆砌条石或素混凝土。計算方法照理按“彈性地基梁”較為合理，如計算有困难，小型船閘也可按照其他近似法进行估算。

作用在閘牆上的主要荷載，有：水压力、土压力，閘牆本身及其上面設備(如启閉机等)的重量和由閘門上傳来的推力及拉力等。計算方法与擋土牆相同，但平行水流与垂直水流两个方向均应核算。要求是除了滿足閘牆的稳定条件外，砌体不产生拉力，或虽有拉力但拉力在圬工的允許范围之內。分割式閘首各部分的地基反力，悬殊不宜过大，以免閘牆因沉陷不均而傾斜变位。

§7. 人字形閘門外力的計算

人字形閘門按其靜力工作情況可分為橫梁式、迭梁式和立柱式三種。如閘門形狀是矮而闊，則採用立柱式閘門較為適。但一般閘門形狀以高而狹者居多，所以一般船閘採用橫梁式或迭梁式閘門（詳見第五章）。下述的外力計算方法系指橫梁式或迭梁式閘門而論。

1. 閘門關閉有水壓時的外力計算

設作用於單扇門上的水壓力為 P ，閘門對垂直水流方向的傾斜角度為 θ ，平行於閘牆的推力為 T ，垂直於閘牆的推力為 N （圖10）。

若將 P 分解為 R 與 S 兩個力， R 力由門軸柱傳到閘牆上，另一力 S 由斜接柱傳到對面的閘門上，則得

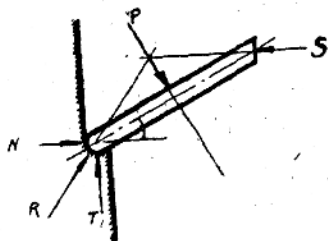


圖 10

$$R = S = \frac{P}{2 \sin \theta}$$

$$N = R \cos 2\theta = \frac{P}{2 \sin \theta} \cos 2\theta$$

$$T = R \sin 2\theta = \frac{P}{2 \sin \theta} \sin 2\theta$$

由上式可知，若取 $\theta = 22.5^\circ$ ，則

$$N = T = R \sin 45^\circ = 0.707 R$$

閘牆上的推力 N 的分布範圍，目前還很難正確決定。但在小型船閘上，因閘首長度有限，重力式閘牆較厚，可假定均勻分布于閘牆的全長上。