

水產養殖工程

沿岸養殖場的設置

陳瑤湖

國立台灣海洋大學水產養殖學系教授

1. 經營形式的考量

要建設一養蝦場首要考慮的是將要以何種方式來經營，因為養蝦場的設施必須要與經營方式配合得當，養殖過程才會順利。這就如同建造房屋給人住或辦公二者是不同的。而且住家改作辦公用或相反之都必須煞費周章，且不見得完善。因此必須從長計議什麼是最適合自己的經營方式而後再籌劃養蝦場的建設。

基本上養殖場依集約、半集約或粗放的養殖方式而有所不同。集約養殖方式的養殖場具有以下特性：(1)池塘較小，方便管理及操作(2)配水系統較精密，以便控制換水。(3)池較深，以容納較多水量，減少水質的劇變，如溫度。(4)要能配設打氣系統，如按電鑽，發電設備來改善水質。粗放養殖場的特性大致與集約養殖場相反，而半集約養殖場則介於二者之間。至於採取何種養殖方式，大致上應從經濟與技術層面來考量。集約養殖場所需的啓始投資成本及運轉成本高，建場期間長，同時所需的技術也高，因此是否有足夠適當的人力資源要考慮到。另外集約養殖場對周圍的環境，像是生態、產業、社會的需求及衝擊也較大，都須一併權衡，這方面的考量可參考第一部分可行性調

查所獲的資料。

2. 正確位置的考量

養殖場不要擴展延伸太靠近海邊或河川的邊緣，最好在養殖場與水域間留一緩衝區以防止水的沖蝕及浸蝕。因為海邊潮水及河流下游水的起落都容易造成土的崩塌。若緩衝區有紅樹林，不應砍掉，因為紅樹林本身有水土保持的作用，是對抗沖蝕的最佳緩衝，若緩衝區沒有植物，在建場時應計劃種植。

除非能另外建設一排水及排洪道，否則在河川或小溪不可因引水方便而將之完成阻絕。因為若無排洪道，雨季或大雨所造成的洪水會使池塘淹水，造成魚蝦流失及魚池的損害。若在池邊的河川、小溪，或排水道的水無法排掉而積水，往往會輾轉滲入魚池，造成池底無法順利曬池。

養殖場的進水設在潮流及河的上游，排水則反之，否則養殖場使用過的廢水轉流到進水處而導致養殖場無法獲得乾淨的水。以圖 1(a) 為例，若沿岸潮流由西東向，排水道在養殖場的西側，廢水會被潮流帶回養殖場東側的進水處而帶回養殖場，圖 1(b) 係正確的進排水方式

。以圖 2(a)為例，若養殖場設在海灣的頂端，養殖場的廢水會隨漲潮而帶回進水處，而且海灣內的水的交換能力本來就不理想，此時若將養殖場設在海灣的左或右側（圖 2(b)），自海灣進水，將廢水排到海岸而沖散，就比較不需有因漲潮而抽進廢水的顧慮。以圖 3(a)為例，排水口在河口附近，廢水不但隨沿岸潮流，且隨漲潮而進入進水口，養殖場就可能無法獲得

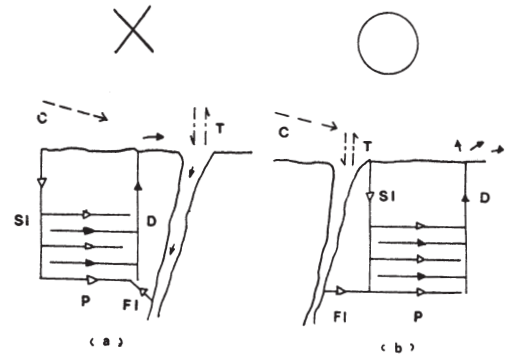


圖3. 養殖場潮流，SI：海水進水道，P：養殖場，FI：淡水進水道，D：排水道，T：潮水，空心三角：新水，實三角：養殖場廢水。

若水源的細沙或泥的含量高，則必須要有寬的引水道，讓流速減緩，使泥有機會沈澱下來後再引水入池。更保險的作法可撥出一池塘專作沈澱用，使泥有充分的時間沈澱下來。在泥灘及潮間帶直接取水。這類的設施尤其重要。

池的大小與形狀

池的大小，形狀，與深度往往因養殖種類，某一種類各期，以及管理操作而不同，一般而言，小池的管理較方便，例如：(1)可從堤防上撒飼料而不須用船或浮筏，因此一天多次投餵也方便，有時更可使用自動投餌器，(2)水體小，排放水快，水質控制時效好，(3)容易施肥作水色，即培養餌料生物。(4)疾病防治較方便。(5)小池提供蝦較多喜愛棲息的場所。尤其蝦苗及小蝦性好依堤防而棲息，小池堤防對池面積比例較大，舉例來說，同樣正方形的池塘，面積 1000 平方公尺（32×32）的小池子，堤防邊長（128=32×4）與池面積之比為 0.128，而 10000 平方公尺（100×100）的大池子堤防邊長（400=100×4）與池面積之比為 0.04。基於以上幾點原因，以及蝦苗及小蝦須較密集的照顧，育苗池及育幼池大都為小池。

池越小，單位水面積的建造費就越高，因

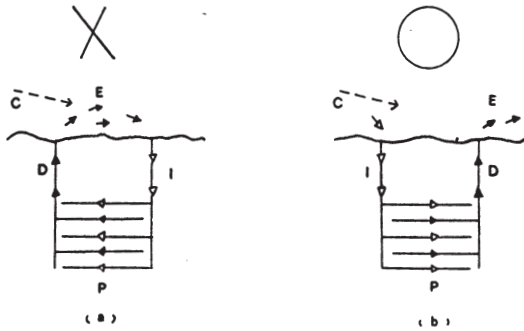


圖1. 養殖場在沿岸(a)錯誤及(b)正確的設置地點。

C：沿岸潮流，D：排水道，I：進水道，P：養殖場，空心三角：新水，實三角：養殖場廢水。

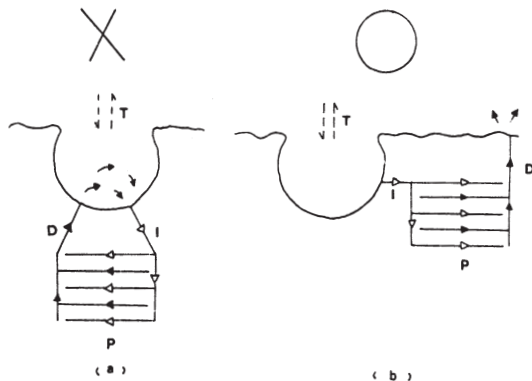


圖2. 養殖場在海灣附近(a)錯誤及(b)正確的設置地點。

T：潮水，D：排水道，I：進水道，P：養殖場，空心三角：新水，實三角：養殖場廢水。

新水，圖 3(b)係正確的安排進出水口的方式。另外進水門不應直接面向大海或設置在河道的彎道，因為這些區域的浪或流速強的水流最容易對水門造成損害，而須耗費相當大來維護及修補。

為單位水面積的堤防成本越高。引用上段 1000 平方公尺與 10000 平方公尺的池為例，若水深相同，材料相同，前者單位水面積堤防成本就是後者的 3 倍多（ $3.2 = 0.128 \div 0.04$ ）。然而小池池底平整較大池容易，一般要自然排水池底的坡度是百分之一，也就是 100 公尺長要有 1 公尺的落差，高處的水才容易排到最低處，若池子大，池底坡度整得不均勻就容易造成局部積水，為避免這種情況的發生，大池池底須有分支排水溝以利排水。另外由於大池落差大，池塘排水面及最終排水點水較深，此區域的堤防受力大，因此堤防須較寬，基礎也越要穩固，大池波浪大對堤防沖蝕力強，因此也須視情況在池中間築次級堤防來減低波浪的累積或在主堤防附近築水下次級堤防來降低波浪對主堤防的沖蝕。

當建池時往往會有一問題，就是應建一大池或數個小池。現將一大池，數個大池，及所謂的「弓」形池（圖 4(c)）的優缺點作一比較如下並作說明即可瞭解。所謂的弓形池係指在一大池內間隔交錯地建次級堤防，迫使水流方向成弓形。

(1) 一大池（圖 4(a)）：

單位水面積建造費最低，因為①單位面積的堤防最短，②僅一進出水門，然而其缺點是①水的交換差，尤其在進排水口的對角的水流

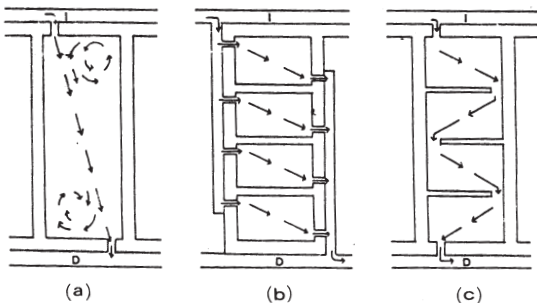


圖 4. (a) 一大池，(b) 數小池，(c) 弓形之比較，I：主進水道，D：主出水道。箭頭為水流方向。

成一漩渦形態而如止水。②池中央大部分的區域利用不充分。因為蝦喜愛棲居的在池邊，且在堤防上投或噴飼料無法達到池中央。若用船來撒飼料所耗時工較多。因此一大池往往應用在粗放養殖，不期望密集餵飼料或換水，或要求高的水質。雖然一般來說因為水體大，生態平衡較穩定，水質變化也較小，但當氣候劇變，如大雨水質改變時，難以人為方式控制掌握水質。

(2) 數個小池（圖 4(b)）：

單位水面積建造費最高。因為①單位面積的堤防最長，而且非池間的堤防，而係鄰近排水道的堤防建造要求水準較高，以抗拒池水向進排水道的壓力。②多出一進排水道，③多出數個進排水門。其優點是①水的交換好。因為係小池，換水較完整，而且可選擇其中幾個水質差的池子換水，可節省水源及換水的費用。②方便安置水車，並提昇水質。③水質較易掌握。④提供較多蝦的棲息場所，空間能充分利用。⑤投餵飼料最方便。因此這種池塘適合用在集約養殖的方式。

(3) 弓形池（圖 4(c)）：

這種池子的性質，介於上述兩種池子之間，然而大致上具有其優點：①次級堤防主要在控制水流方向，因此建造要求的水準比數個小池間的堤防要低，而仍可利用來投餵飼料。②水道與池塘融合為一體，③建造費比一大池僅多出次級池塘的建造費。④換水效率比一大池好，但比數個小池稍差，且無法局部換水。⑤安置電纜及水車，仍如數小池一樣方便。弓形池往往是原來的大池經粗放養殖後想增加放養密度，走向密集化而對池子的修正。

池形影響堤防的長度，也因此影響其造價，同樣 314 平方公尺的池子，若為圓池（圖 5

(a))，周長為 62.8 公尺，方形 (圖 5(b)) 為 70.8 公尺，長方形甲 (圖 5(d)) (15.7×20) 為 71.4 公尺，長方形乙 (圖 5(e)) (34×10) 為 88 公尺。長形池長與寬比例越大堤防越長，圓池堤防最短，然而數個圓形池無法比鄰相靠，無法有共同的堤防，而且池與池間的空地無法利用，反而造成浪費。圓形池中水的循環交換最好，最均勻，長形池隨著長與寬比例越大而循環越差。方形池與長形池四個角落水流動最不好，水質也差。綜合以上取長截短最好的池形是截角的方池，或謂不等邊的八角池 (圖 5(c))。四個截角方池中間共同的區域可作為進水井或排水井，也不致浪費空間。儘管以建造成本或水的循環交換來看截角方形最適合，然而建池時往往受限於地形地貌及進排水方向等而不能隨心所欲，而須採其他形狀的池子，但仍應避免池形的角其角度小於 90 度，如三角形，梯形，菱形等，因池角的水不易交換。在一養殖場邊緣這類的池子可作為貯水池或粗放的養殖池。大的長形池的長邊應與風向垂直，即短邊與風向平行，一則池水可均勻的接觸到風，增加溶氧，二則波浪累積較小對堤防沖蝕較小。

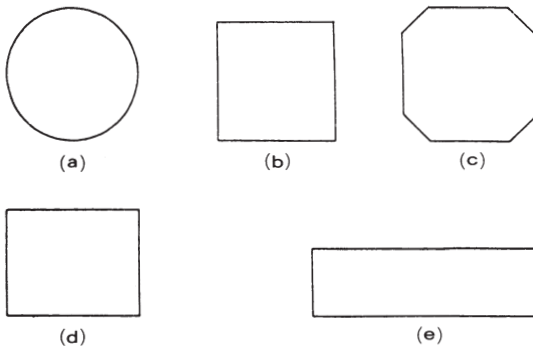


圖5. 同面積之(a)圓池，(b)方池，(d)長方形池甲，(e)長方形池乙。(c)為不等邊之八角池。

以過去十年的發展來看，養蝦有一趨勢，即從混養走向單養。主要的原因是蝦有需求龐大的國際市場，養殖戶願意將養殖池單純地投注在養蝦，另外單養系統的經營與管理，不論從放養，飼料的投餵，養殖環境的掌握，到收穫過程都較混養易於處理。

蝦的單養有兩種方式：一為單相系統，另一為多相系統，即所謂的分段養殖系統或漸進擴張系統。由於養殖方式不同，養殖池的大小、布局、建築都有所不同，茲將這兩種系統介紹如下：

1. 單相系統：

即將蝦苗放養後到收穫都使用同一養殖池。這系統往往在小的養殖場被引用。一則養殖池數目少，沒有足夠的養殖池供搬放蝦，二則搬放蝦須人力，三則搬放過程人為操作總會造成蝦的死亡的損失。

2. 多相系統：

這系統的衍發是增加蝦對棲息空間最大的利用度。因為養殖池無法隨著蝦的成長而連續性的擴大，蝦必須漸進的從小池搬放到大池或由一池搬放到數個池子。藉由密度的降低及空間的加大，已有研究指出蝦的成長加快且產量增加。另外蝦在不同時期也須要不同的養殖管理及設施，舉例來說蝦苗及幼蝦比大蝦需要較密集的照顧如前面所述，投餵飼料，生餌以小池較適合，且蝦苗及小蝦接觸到飼料的機會也增大。養到成蝦，大的池子比較適合，因為水體大，生態環境較穩定，除了上述優點外，多相系統的優點有：(1)因為每個池子連續使用的時間縮短，且可藉搬放的空檔整理池底，所以池底老化及惡化的程度可降低，(2)小池及大池都能充分利用；小池用來作蝦苗或幼蝦池，大池用來養到收穫。(3)敵害生物，寄生生物較易

養殖池的布局

控制，因為每池使用時間縮短，這些生物可能無法完成其生活史而繁殖，以及(4)在搬放時水質的適度改變，像鹽度、溫度、營養鹽等，可刺激蝦脫殼加速蝦的成長。

因為將蝦從一池捕撈後再搬放到另一池總會造成池的死亡，且需要投注人力，因此才有所謂漸進式分段養殖系統的發展。這觀念係將育幼池、過渡池、養成池一序列地安排在一起，當蝦在預期的時間內養到一定的大小，利用池間的位差，順著水流將蝦從一池換到另一池，然而這種三段式漸進的養殖系統仍有一些問題。從工程方面來看（圖 6(a)），問題是：(1) 整個序列各池子的水平調整須花較多的努力。首先三個池子至少須三個位差，利用位差水流，尤其在最後排放時須滿足兩個條件：①池底的坡度最小必須大於百分之一（自然排水坡度）；有效排水坡度甚至要百分之三，②池與池間，也就是排水池的最底點與受水池的最高點，其位差最好有 0.3 公尺，這樣蝦子才能完全被水沖下，因此池塘越大，不管是過渡池或養成池，一池的最高點與下一池的最低點間的落差就越大（圖 6(a)）。(2) 水的交換（平常控制水質的進水與排水，非搬放蝦的排水）的水道不易順當地安排，除非三種池子並排列成一行（圖 6(b)），但此時又遭遇到(1)中所述落差太大的問題。(3) 工程上必須多花費在防止一灌了水的池的水自池底滲透到另一正在曬池的池子。若育幼池及養成池都正在使用，而中間的過渡池正休作曬池整理池底，滲水往往使得過渡池的池底整理不易進行。從管理方面來看，問題是：(1) 分三段養殖時配合三池的生產進度必須緊密的配合。整個養殖場的池數越少，就越難照預定的進度將蝦從一池轉放到下一池。例如過渡池中的蝦也達到預定要轉放到養成池的大小而養成池的蝦卻未達收穫大小，或過渡池空著而蝦苗池的蝦未達到過渡池的大小，而導

致過渡池空著未能利用，(2) 各池的養殖結果，如蝦的成長與活存不如預期而與無法改變的池的大小不能配合。舉例來說原來蝦自蝦苗池轉移到過渡池的預期活存率是 80%，而實際活存率是 90%，則轉放到過渡池時其密度會超過過渡池原來預定的密度。

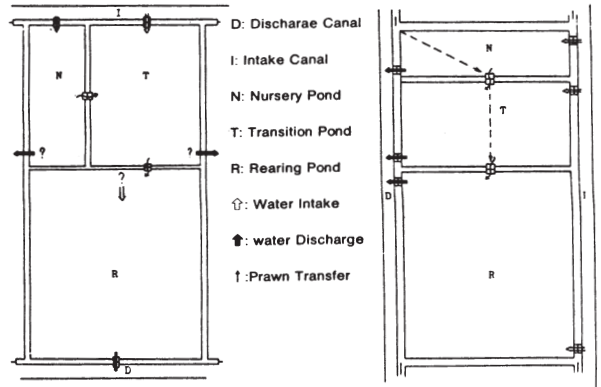


圖6. 三段式養殖池的問題。(a) 近排水安排不順，(b) 池底落差過大。D：排水道，I：進水道，N：育苗池，T：過渡池，R：養成池，A：進水，B：排水，C：蝦流放。

為了減少三段養殖系統在工程上及管理上的困擾，茲介紹二段養殖系統（圖 7）如下：這系統由一序列的池組所構成，每池組包括一過渡池，左右各配一養成池。由於三池排成一行，進水過一邊，排水從池的對邊，就沒有換水的問題。過渡池為 0.12 公頃（ $17 \times 70 \text{m}^2$ ），每一養成池為 0.50 公頃（ $71 \times 70 \text{m}^2$ ），由於都屬小池，池底整坡度就不成問題。過渡池呈長方形易於集約式的管理，如投餵飼料，而且小蝦有較多的棲息（周長較長）。因池小水車所形成較強的漩渦流能將污泥集中而由中央排污系統排出。原來將蝦苗養到小蝦的階段可由繁殖場來進行。這系統其他的優點是：(1) 一過渡池左右搭配養成池，池與池間池底落差比三段要小。(2) 由於是池組，可以池組為單位向橫向或縱向繼續開發，(3) 養殖場的工人可針對

過渡池或養成池擇一精煉管理技術，使成專責區。(4)因為係多組池組，照次序放養及連續收穫，可減少一次收穫「出貨」量過大的困擾。

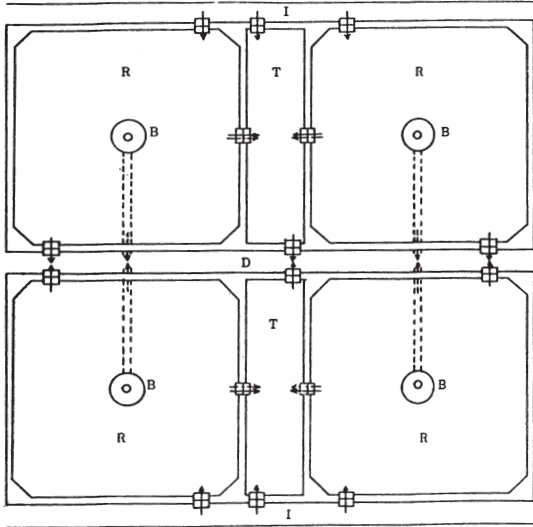


圖7.二段式養殖池。B：中央排水，D：排水道，I：進水道，T：過渡池，R：養成池，U：排污暗管，A：表水流，B：排污暗管水流，C：蝦流板。

進排水系統

1. 一般原則：

可能的話，蝦池的進排水口及進排水道應分開。進水口與排水口應安排在距離最長的對角，如此不但可增加水流，也可充分換水。

自單一水道進排水有以下的缺點：

(1)從池塘排入水道的廢水往往不會完全自水道中排出，有些廢水會在下次進水時再度進入池中，而將硫化物、氨等有害物質帶入。

(2)也因為如此，病原容易從一池進入另一池。

(3)容易造成養殖戶間用水的衝突。例如一虱目魚養殖戶希望水道的水位高，以便收穫魚，而另一蝦養殖戶可能希望水道水位低，以便

收蝦。

(4)進排水若用同一水門，則池中水的交換情況不好。例如離水門遠的水在排水時才正接近水門時可能又要進水，不但新水無法進入池中，又將廢水推回池中。

2. 水道

水道若用來收穫蝦，水道底應至少低於池底30公分。

水道的寬度視所須攜帶的水量而定。以下的因素可作參考：

(1)池塘在養殖時可能的最高容量。

(2)注滿及排乾池塘所需要的時間。若所建的是潮水池，即利用高潮進水低潮排水的池塘，須考慮這點。尤其是利用水道收穫蝦，若無法把擴握住低潮期排盡池水，則池中的蝦在淺水高日照下，往往易死亡而造成損失。

(3)大雨時排雨水的時間。大雨時為避免池水鹽度劇降往往須在下雨的當時，以表排方式將池中表層較淡的水（鹽度低的水較輕浮於池水表層）排入水道。若水道不夠寬且不夠高，當水道中的水與池水的水平一樣高時則無法再排出表層淡水。

(4)水道低水平與潮高的關係。例如在高潮時，潮水池無法排水，但若池塘低的水平，與排水道低的水平都較高潮線為高的話，則在任何潮水期都可排水，然而在這種狀況下進水就得依賴馬達了。

3. 水道與水管之比較

配水可用水道或水管。一般而言用水道配水有以下幾點優點：(1)能供應大量的水，(2)由於水道是開放的，水進入池塘時可曝氣。為了增加曝氣，有的在水道中放置若干阻水磚，造成水的混流及水花，水道也有若干缺點：(1)有時在水道間須設水閘及馬達，才能提高水位，

配水到較高的池塘。(2)建水道比安置水管工程費高且耗時，尤其是混凝土水道。水管的優缺點正與水道相反。往往在池塘水平不一，或須超越池塘配水時，水管最方便。自海邊抽水到養殖場，若採大型水管須注意每隔一段水管要建固定水管的基礎，尤其是 PVC 管。由於大水管流量大，若不固定，即使硬水管也會如同軟橡皮管一般作蛇行移動，久而久之水管間的連結處易分離而漏水。

在粗放的養殖系統尤其是潮水池，大都採寬的土造水道，因為高低潮時間短，必須在短時間內進排大量的水。大面積的池塘在收穫時若無法將水及蝦排出，留在池中的蝦往往因水淺溫度上升快，而晒死。有時自水道到池塘只有同一進排水，池塘內水的交換往往不好；在排水時，池中遠端的水向水閘流動，但在進水時又流回原地方。

在半集約或集約養殖系統，通常採 15~30 公分寬的水泥水道或直徑 10~12 公分的水管，因小池換水方式與大池不相同，小池換水通常採小流量，連續而長時間，以避免水質改變太大而刺激到蝦，因此配水採小水道或水管。

4. 水閘

圖 8 為一水閘的結構例子

水閘的種類，大小，建築材料有各式各樣。然而有些基本的要求卻是共同的。

- (1)水閘應有足夠的能力在一定的時間進或排所須的水量。
- (2)水閘應能自表或底進或排水。例如在大雨時須能自池塘排表層低鹽度的水，浮於表面的有機泡沫也可從水閘上端流走，底層排水的目的在於排出低溶氧，高有機質的污水。自底層進水可進鹽度較高的水（圖 9）。
- (3)水閘應比排水道高，以便排盡所有的水。

(4)水密性要好，避免水自池塘漏出或自進水道漏入。否則當進水道下游的池塘在進水，水道充滿水，進水道上游的池塘在晒池，若上游池塘之進水閘，水密性不好，則進水道的水自水閘漏入，就無法晒池了。

(5)水閘應能裝設濾網，防止下雜魚進入池塘或蝦流出池塘，有時為了要增加過濾面積，避免雜物阻塞，也有將濾網延伸到池中成反 V 型或口型的過濾門。

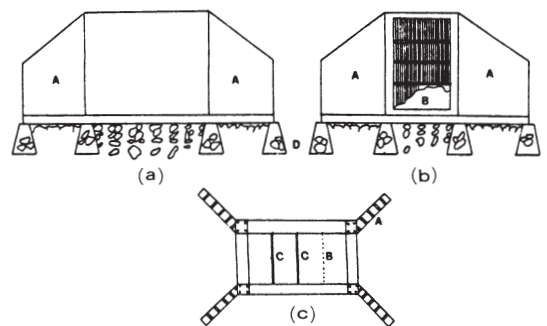


圖8. 水閘的(a)側視, (b)正視, (c)投視圖及其構造。A : 側翼, B: 過濾網, C: 閘板, D: 基礎。

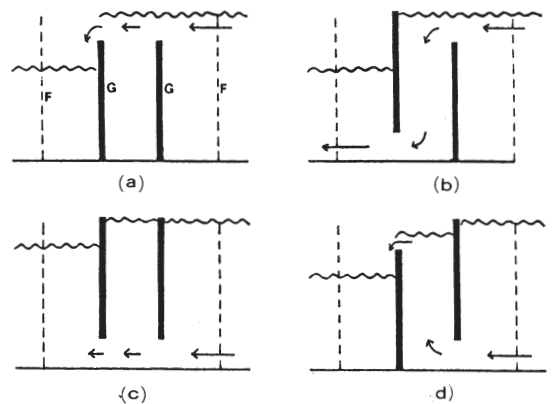


圖9. 四種進排表底水方式(a)自表層進排表層水, (b)自表層進排底層水, (c)自底層進排底層水, (d)自底層進排表層水。F: 濾網, G: 水閘。

- (6)應夠堅固。進水或排水時水閘的壓力最大。
- (7)應能裝設收穫網，以便藉排水時收穫蝦。
- (8)水閘操作應簡單。水閘若用隔板，所有隔板

應能互換，以調整排水之水平。

(9)水閘建築材料應儘量採用當地產品，以方便購置，維護及修補。

(10)防止水閘隔板間漏水，可在受力面隔板邊緣釘一層跨越兩隔板之膠布或輪胎內胎皮。

(11)若進出水量大，與其建一寬度之單水道水閘不如將之分裂成雙水道之水閘。前者隔板受力過大易導致隔板中央凹曲，後者無此問題，且調節進出水量更有伸縮性；當進出水少時，可只開啓一道水閘，但若建雙水道之水閘，閘口寬度最好完全相同，這樣兩水閘的隔板各互換。

(12)進出水閘的水量越大，對水閘及其附近的堤防壓力就越大，因此水閘與堤防銜接的側翼就須隨之增強增長，以避免水閘旁的堤防被沖垮或漏水。除了水閘在池塘內要建側翼，池塘外也須建側翼，防止水流出後的迴流沖刷堤防。

建築水閘時，應仔細監造，尤其是混泥土水閘，做工不好的話，修補或更改不但耗費大，而且須停止養殖，造成更大的損失，另外，還不見得保證安全。例如水閘內緣不夠垂直而有若干坡度，則須有不同長度的隔板。雙水道的水閘若閘口寬度不同，隔板就無法互換等等，以下是一些基本該注意的事項。

(1)基礎要紮實：水閘任何部分移動或變形都會造成不便或漏水。

(2)水閘結構要加強以抗拒來自側面堤防土的壓力及正面及側面的水壓。

(3)混泥土要充分拌勻及有足夠的時間硬化；否則最易造成裂縫或洞而致漏水或崩潰。

(4)要有防止自水閘底部及側面的滲漏的措施，否則滲漏的水會逐漸將混泥土造的水閘與土造的堤防分離。

池堤

圖 10 為土堤構造的例子

1. 以下是建堤防應注意的事項：

(1)在建堤防前，所有的低窪地點應先填平，填緊。以免堤防建在鬆軟的地層上而不穩定。

(2)堤防的預定中線應先挖一道坑道，更換與堤防所用不同性質的土壤，並將之壓緊。這步驟不但可使堤防的基部不滲水，且可防止堤防在池水水位高時因強大的水壓而造成移位，此坑道應有 0.5 到 1 公尺深，0.5 到 1 公尺的寬。其寬度有時得視堤防的大小而增寬。

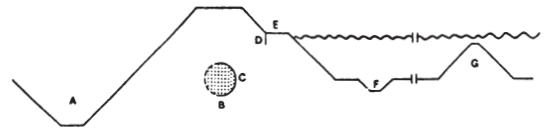


圖10.土堤的構造，A：排水道，B：堤核心客土，C：半面包堤心之防漏膠布，D：防漏之石灰層，E：池塘內排水或集蝦溝，G：防波浪水下堤防。

(3)若堤防是黏土堆成的，其坡度應如下：

(i)若會受到波浪的衝擊，且堤高超過 4.3 公尺，坡度為 2:1（2 倍寬比 1 倍高）。

(ii)若潮差超過 1 公尺，堤高少於 4.3 公尺，坡度為 1:1。

(iii)若潮差少於 1 公尺，堤高少於 1 公尺，坡度為 1:2。

(4)堤防面寬度應不少於 0.5 公尺，實際寬度依養殖時操作活動而調整。例如若在堤防上只用手推車運飼料其寬度就不像在堤防上行走小卡車那麼寬。

(5)養殖場周圍的主堤防的高度應比最高潮或曾淹水的最高水線要高出 0.5 公尺，以免養殖場萬一被淹水。

(6)在建築堤防時，其堆高應比擬定高度要高出百分之十到十五，預留日後土壤沉降而萎縮。

(7)建堤防應分三段進行，首先在整個池周圍堆土到預定高度的三分之一，完成後整個周邊再

堆三分之一，最後堆到完整高度。這樣進行可容許堤防基礎壓緊壓實，以支持覆加上的部分的重量，而不致崩塌。

(8)在堤防內比預計水線稍高處建崖徑，可減少池塘的波浪對堤防的沖蝕。另外在風大的海邊所建的池塘其堤防較高，在堤防上撒飼料往往不易掌握能擲入水中，可利用在崖徑上撒飼料，一則池塘可擋風，二則較接近水面，還有若堤防上因螃蟹洞造成損壞時，可用崖徑的土來修補。

(9)計算建堤防所須用的土的體積，可先求出堤防橫切面的面積再乘以池塘周邊長度而獲得。橫切面面積計算如下：

$$(\text{堤防基底寬度} + \text{堤防頂寬度}) \div 2 \times \text{高度}$$

(10)築堤防所用的土中的樹枝，樹根，草堆都應除去，以避免一段時間後腐爛造成空隙而漏水。

2. 沖蝕及漏水的控制

(1)預防沖蝕的方法甚多，有①種植耐鹽性的草，像非洲星草，種植期應選在雨季將來臨時，將堤防略加犁鬆約 5 公分深，種植間隔約 30 公分②整地時砍伐的樹枝樹幹可鋸成段，打樁在堤防與預定水面交界處或崖徑邊可防水波沖蝕③鋪黑色蘭花網，蘭花網的好處是其間隙可容許草滋長並防止下雨時大顆粒之土壤流失，缺點是較細的顆粒仍會沖失④鋪不織布，不織布因係多層纖維不規則密集重疊，因此對防止土壤顆粒流失最為有效。不織布在水利工程及園藝早已廣泛應用⑤鋪厚膠布。堤防包裹在膠布下固然所有土壤顆粒都不會流失，但在鋪設前應注意將堤防均勻壓緊，否則經過一段時間後堤防易變形，使某些地方膠布與堤防間有空隙，膠布固然耐久，但啓始成本不低。

(2)若池塘大，風大時易形成大波浪而沖蝕堤防，因此可考慮在池中離堤防 10-15 公尺處堆

起水下堤防，降低浪對主堤防的沖擊。

(3)鑽土海生物往往可穿透堤防造成漏水，可在堤防的坑道的核心鋪一層膠布。

(4)在崖徑與堤防間可縱切一道隙縫，置入生石灰，在接觸水後自然硬成一片薄牆，可防止漏水，一般堤防有裂縫或穿孔洞，也可塞入生石灰來防漏。

堤防的種類有多種，常因養殖方式及土壤性質不同。目前在台灣的堤防可概略分為三大類：

(1)集約養殖池的堤防：

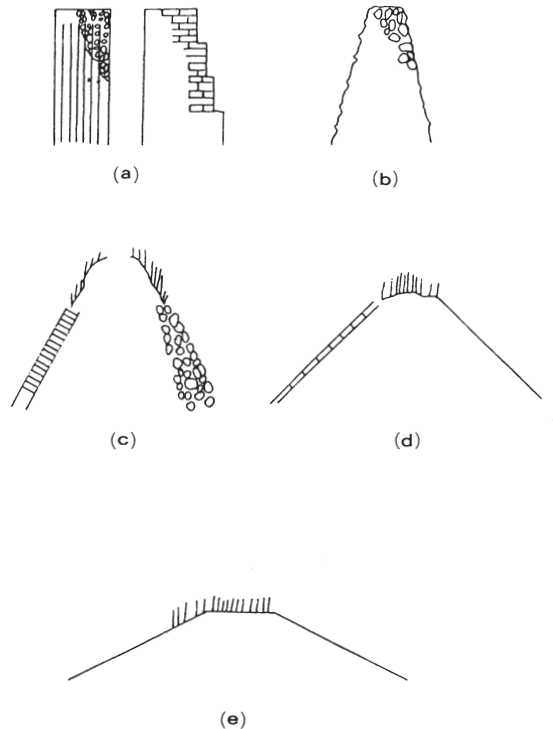


圖11.堤防的種類：(a)鋼筋水泥或全磚堤防，(b)砌石混凝土堤防，(c)表面半磚或砌石混凝土堤防，(d)表面鋪四分之一磚堤防，(e)全土堤防。

在土地昂貴的地區，為了減少堤防佔去可供養殖的水面積，堤防往往較窄。也因為堤防

窄，必須要使用抗水壓力強且能防漏的建築材料，這類的堤防的坡度都是垂直或近乎垂直的，使用的材料或是鋼筋混凝土（圖 11(a)(b)），或是全磚（註：磚之大小為 $8 \times 4 \times 2$ 立方寸，所謂全磚，半磚，四分之一磚係指受力方向磚之厚度分別為 8，4 及 2 寸）而堤防間隔著 4：1 坡度的磚造支柱避免整面堤防傾倒，同時也可作為步下堤防的階梯。這類堤防由於建築材料的堅固，不易受水波的沖蝕，維護的工作也最少。這類的池塘的堤防由於不以土為材料，池塘都建在平地上，不像以下兩類挖土為池的池塘，另外，排水也較方便。缺點是由於堤防窄不易在堤防上行駛機械，或將機械送下池塘底底泥的處理的操作像翻土，推土，搬運土等。

(2)半集約到集約養殖池的堤防：

這類堤防大致上又可分為兩種，第一種如圖 11(c)。這種堤防的土質為沙質壤土或壤土。在堤防內面，自堤防基礎到堤防頂有三分之二覆蓋砌石或半磚，一則加強堤防的堅固，二則防止水波的沖蝕，另外三分之一種植草，減少堤防的土流失到池中，堤防頂寬度約 1-1.5 公尺，堤防坡度為 2：1，第二種如圖 11(d)，這種堤防的土質為壤土或黏土質壤土。在堤防內面覆蓋四分之一磚，蘭花網，不織布，或一層水泥來防止水波的沖蝕，也有覆蓋到堤防頂面，堤防頂寬度約 1-1.5，堤防坡度為 1：1，較第一種堤防坡度緩和。

(3)粗放到半集約養殖池堤防（圖 11(e)）：

這類堤防的土質為黏土；有的堤防表面種草，有的沒有任何防止水波沖蝕的設施，堤防坡度為 1：2，最為緩和。