

# 水產養殖工程

## 沿岸養殖池場地的選擇

陳瑤湖

國立台灣海洋大學水產養殖學系教授

### 一、前言

從事任何產業，在投資以前都會對產業設置的地點各方面的條件作一評估，就猶如看「地理」或「風水」一般。例如選擇超級市場的地點須考慮到附近住家是否密集，婦女上班族的多少。又如工廠的設置須考慮到交通是否方便，以利原料成品的進出及勞工的上下班。同樣的，養殖也是一種產業，當然必須就養殖的特性來選擇養殖場的設置。

沿海養殖的經營是否能成功，往往與養殖池地點適當與否有相當程度的關連，場地的選擇不僅要考慮地點是否適當，同時也應依調查的資料來修正養殖池之設計、施工、管理與經營。幾乎沒有一地點具備完美的條件，因此要對各因素作許多評估。例如：這養殖場是否有利潤？什麼是最適合的管理方式？什麼形態的養殖系統較適合？如何配合此系統來施工？

要選擇適當的地點，最好要在一年中兩個不同的時間或不同的季節來進行調查。這點是很重要的，因為若僅調查一次，其時間可能是在一年中最好或最壞的狀況，常會導致錯誤的抉擇。在熱帶或亞熱帶地區，至少要在乾季及雨季來進行調查，所調查的資料可顯示出季節

性的變化有極端的或些微的變化。其他輔佐的資料像氣象，當地的社會經濟，從候選地點到最近的城鎮，工廠，製造區域都對於地點適合性的評估也佔有相當的重要性。本文僅侷限於與土木工程有關的因素來敘述場地選擇要注意的事項。

### 二、水質因素

穩定及好的水源是養蝦的先決條件，除可節省管理及操作的麻煩及成本外，還可降低生產過程的險。水質的評估包括水的物理、化學，及生物特徵，主要包括 PH，鹽度、溶度、基礎生產力、濁度、溫度，及污染物質。

#### 1. PH

PH 是水中化學物質綜合反應的總體指標。在預定養殖場附近，水質的 PH 應在 7.8 到 8.3 之間，雖然沿岸海水的 PH 通常在這範圍內，但鹽度、土壤狀況，及外來化學物質也會造成 PH 的變化。例如一些紅樹林沼澤區的酸性硫酸土就能顯著地降低水中的 PH，而石灰或錫礦區流出的水卻會增加 PH。若 PH 太高可能會阻礙蝦的蛻殼及成長，PH 太低則會對蝦造成壓力，使殼變軟，甚至降低蝦的存活率。

## 2. 鹽度

養殖場地點應選在可以得到隨心所欲的鹽度的地點。有些廣鹽性的蝦類，像草蝦，在半鹹水的成長較在純海水中要快，因此養殖戶往往讓養殖池水鹽度在千分之 15 到 20 間變動，促使蝦蛻殼及成長。純海水的鹽度通常在千分之 30 到 35 之間，養殖場若靠近河口，在雨季或大雨時，大量淡水流入海，會使海水鹽度下降甚多。養殖場若在半封閉的灣內，因灣內與灣外水的交換慢，在夏天或乾季時蒸發旺盛，鹽度會升高甚多。

在不同季節高潮時的正常鹽度的資料也要收集，尤其在河口，海水因密度較淡水高，會切入到表層淡水之下，因此必須知道在一般氣候不同潮期淡鹹水介面的深度，其他像淹大水的頻率，淹水時淡鹹水介面往外推的時間持續多久等也很重要。

## 3. 溫度

養殖場附近日間及年間各水深的溫度分布資料應該要知道，在某些乾燥及風大的海邊，溫度太大對蝦成長不利，自流井的水溫差較小，可以與表水適當地混合，獲得所期望的溫度。

## 4. 溶氧

一天中各水層的溶氧資料有助於決定抽水的深度，若抽入的水溶氧低，就必須增設曝氣設施而增加成本。在紅樹林下游的水，可能因生物需氧量高而易造成缺氧狀況，地下水往往呈還原狀態，除了溶氧低，二氧化碳，沼氣，硫化氫，及溶解性的重金屬都可能較高，尤其須要充分曝氣後再使用。

## 5. 混濁度及基礎生產力

水中混濁度高會降低生產力，水中懸浮物多對蝦的呼吸有負面的影響。若水中帶有太多的污泥，即使成本高也必須在進水系統中建造阻泥或過濾設施。因此，應該避免選擇水中混

濁度高的地點。然而，若水太清，缺乏營養鹽及浮游生物，也不適合養蝦，除非已有施肥的打算。水的生產力過高也不好，容易造成優養化及溶氧的起伏太大，而且若浮游生物大量死亡，也有緊急缺氧的危險。

## 6. 污染

在沿岸水域往往會遭遇到污染的問題，水的污染可能造成蝦的死亡，或因為污染物殘留於蝦體而不能吃。污染的間接影響是缺氧，水過肥，及因而造成的赤潮。若探勘的地點在河邊，應檢查是否在上游區使用或釋放有害的物質。污染可能來自農業的殺蟲草劑，畜牧廢水，工業及居住區的廢水，應及早設想及預測將來可能發生的污染狀況。更進一步應查證政府及工業對候選地點將來是否有任何開發的計劃，特殊的或不適合養蝦的建設。

## 三、水的供應

候選地點及其附近的雨量、蒸發量，河川流入量，潮汐的動態、地形及地貌都應完整地檢視過，因為這些因素都會影響到水的供應。在乾季及旱季明顯的地區，水供應量的估計更形重要。另外，是否有其他產業，像工業或農業會對同一水源產生競爭或改變水質也須考慮，以能在任何時候都能取得足夠的淡水及海水混合成所期望的鹽度的半鹹水為原則。

### 1. 雨量

在候選地點每日最大降雨量及一年內雨量的分布是很重要的因素，應仔細檢查排水或排洪的特性，例如此地區的坡度，植物覆蓋，及水流與候選地點的關係。往往一陣大雨，會使得投資及幾年經營的成果付諸流水。

### 2. 蒸發速率

蒸發速率受到溫度，光線強度，及風的影響。若蒸發快，要看看是否有足夠的淡水，像河水或地下水等，來稀釋池水，以保持適當的

鹽分。在長時期的旱季，蒸發會使鹽度變得很高，淡水源就成爲是否有滿意的養殖成果的關鍵。許多地方地下水含太多的鐵及硫，會使得這種水不適養蝦，此時就須有能充分曝氣的蓄水池來沈澱鐵及放散氣態硫。風大的地區蒸發也快，在規劃養殖場時可考慮保留一些樹木或種植防風林來減少蒸發，同時也可減少因風起浪對堤岸的侵蝕。

### 3. 潮水的特性

對於候選地點的潮水動態應徹底調查過，因爲這些資料有助於決也是否引潮水或用幫浦來灌水。池底的深度和堤防的高度是相當重要的，潮差在 2 至 3 公尺最適合以潮流來灌排水，若潮差超過 4 公尺，則不應選爲養蝦地點，因爲必須要建寬而堅固的池堤來防止高潮時可能造成的淹水，不但成本高而且風險大。另外，在低潮時由於池水與海平面水位差所造成的高水壓，使得池塘不易保水，而從細縫或螃蟹洞漏水。若潮差少於 1 公尺，也不適合以潮流來灌排水。因此若潮差少於 2 公尺或大於 3 公尺，都必須考慮用幫浦來控制水的進出。

### 4. 潮流

潮流的資料甚爲重要，它可用來計劃如何控制潮流對堤防及水門的沖蝕，以及泥沙沈積的地點及速率。流沙及泥可能會在水門或水道堆積，阻礙水流，而使得灌排水的管理不方便。潮流的方向也很重要，尤其要避免養殖場排放的廢水又隨著潮流帶到進水口。另外，潮流的速度及方向有的會隨時間及季節而改變，須加以注意。

綜合以上，來自地下，河川和海岸的淡水或海水，及來自河口，海灣或地下的半鹹水，其水質及水量的特性可大致歸納如表一。一般而言，地下水不論淡水、海水，或半鹹水，最大的優點是：(1)人爲的污染的顧慮較表水少，(2)沒有雜魚蝦的卵，(3)水中化學成份穩定，(4)

混沌度低，懸浮物質少及(5)沒有所附著生物阻塞抽水管的問題。其缺點有：(1)因來自地下缺氧還原的環境，溶解的重金屬含量高，尤以鐵及錳較地上水高。還原態的營養鹽像氨離子，亞硫離子，或還原態氣體如氨，硫化氫，甚至甲烷都較高。因此在進入養殖池前，地下水都應充分曝氣，將重金屬沈澱，還原性物質氧化。(2)地下水營養鹽之種類及形式較軟表水單純且量少，尤以有機營養物質少，因此一般來說，地下水較犀利。(3)地下水沒有雜魚蝦卵，同時也幾乎沒有浮游生物，再加上(2)的因素，而導致做水色較慢。因此在養殖池初灌水做水色時，除了要撒有機及無機肥外，也可考慮引進老水或自然水，以其中的浮游生物作種。另外，以地下水爲主要水源，其養殖池浮游生物種類少或常是少有的幾種優勢種主宰水色，一旦環境發生大變化，像暴雨，變溫時，容易造成浮游生物大量死亡及水色劇變或變清，因此水色較不穩定。(4)地下水水量固然較固定，然而水量總較表水少，再加上水較盈利的關係，一旦發生狀況，無法大量換水。抽取地下水不但需打井，啓始投資較高，且抽水耗費較高，(6)超抽地下水會造成地層下陷，破壞環境。

河川、海岸，海灣及河口的水的優缺點一般與地下水恰好相反。由於水中有懸浮物及雜魚蝦卵，因此水抽入引水道後，應有網或其他設備將之過濾掉。若直接抽取海水，會有附著生物附著水管內壁的可能，則應考慮快速更換前端水管的設計。

淡水、海水若來自分開的地方，須設置混合池，依意願調配理想鹽度的半鹹水。河口的半鹹水，因受河川流量，雨量，潮水，潮流的影響，容易起變化。海灣內的半鹹水之鹽度固然較穩定，然而因爲半封閉的關係，水沖換的能力較差，易導致優營養化及有機物質的累積，應避免將養殖廢水排放到灣內。



## 四、土質因素

在候選地點應廣泛的採取土樣，並分析其物理化學性質。物理性質料在建池時尤其重要，而化學性質也有助於水質的管理。

### 1. 土壤的種類

土壤必須有足夠的粘土才能確保池塘的保水力。一般土壤依據其成分可分為礫土（含礫塊在 60% 以上者），砂土（含砂粒 80% 以上者），粘土（粘土 80% 以上者），壤土（含砂粒、粘土各約 50%），腐植土（含腐植質在 20% 以上者）。最好的土壤是沙質粘土或沙質壤土，因為這類土壤適合於堤防的建造，而且作為池底也適合天然餌料像底棲生物成長的基底。若土壤中腐植質或沙含量過高，則保水力都不好。粘土成分太高也不好，因為在曬池時龜裂太大，在灌水時容易漏水。腐植質及有機質高的土壤不適用來築堤，因為有機質氧化分解後，堤防容易沉降。判斷粘土成分是否足夠，可將一些溼土捏揉成手掌大的土糰，若反覆捏揉之後不鬆散，則有足夠的粘土作為建堤之用。簡易土壤鑑別法可參照附加於本文後之簡易土壤鑑別法。

### 2. 酸性及潛在酸性的土壤

有些新建好的池塘其生產量不高，其原因往往歸諸於土質的肥力不夠，但實際上有些是因為土質的酸性過高。一些海岸的土在形成過程中會有硫鐵礦的累積，這些硫鐵礦只要留存在土的深層就幾乎沒有什麼改變，但當水排乾，土被挖開後，硫鐵礦被氧化會形成硫酸而使得土變成酸性。當這些酸從池底滲出或大雨時從堤防被沖下，會降低池水的 PH。

當硫鐵礦氧化時，不但使池水的 PH 降低，也因而使土中的礦物質像鐵及鋁釋出而與藻類所需的營養鹽像磷等結合，降低了自然生產力或施肥效果。在天然餌料較少的狀況下，蝦的成長當然減緩，另外酸水本身會浸蝕含有鈣

質及幾丁質的蝦殼，使蝦易發生軟殼及受病菌感染等現象。

	淡水		海水		半鹹水		
	地下	河川	地下	海岸	河口	海灣	地下
來源	地下	河川	地下	海岸	河口	海灣	地下
人為污染顧慮	少	多	少	多	多	多	少
懸浮物及混沌物	少	多	少	多	多	多	少
含氧量	少	多	少	多	多	多	少
水溶性重金屬及還原物質	多	少	多	少	少	少	多
浮游生物量	少	多	少	多	多	多	少
掠食生物量	少	多	少	多	多	多	少
附著生物量	無	少	無	有	有	有	無
水質自然程度	低	高	低	高	高	高	低
作水困難度	高	低	高	低	低	低	高
水量穩定性	高	低	高	高	高	高	高
水量	少	多	少	多	多	多	少
獲取成本	高	低	高	低	低	低	高
鹽度調配隨意程度	高				低		
水色穩定性	低				高		

表一、地下、河川、海岸的淡水或海水，及河口、海灣，或地下的半鹹水其水質與水量的特性

若堤防是酸性土堆成的，上面的植物成長慢而使堤防容易被侵蝕，這增加了堤防維護及從池底清除多餘底土的工作。另外從裸露的堤防沖下來的酸性土中的硫酸、鋁、及鐵到了水中會造成水質的問題。

酸性土不難以土的 PH 值的測定來檢查出來，這類土壤的 PH 通常在 4 或更低，而且有黃白色鑲點的礦物沈澱。水下的酸土在水排乾一段時間後會呈紅褐或鐵銹紅色。

潛在性的酸性土則不是那麼容易且不能很快檢定，因為它們要在充分氧化後才呈酸性。當然這些土暴露到空氣中會呈酸性，但呈酸的速率及過程受到某些化學微生物的影響，微生物的活力在乾的土壤中較低，因此最好讓土樣

保持潮濕。測試的方法係將土樣加水呈半潮濕狀，做成約一公分厚的餅，置入透氣的袋中，這樣會使得硫鐵礦氧化及微生物作用加速，若是潛在酸性土，土樣的 PH 在一個月內會降到 4 以下。

雖然添加大量的石灰或以海水儘量地沖洗可緩和酸性的問題，但這種管及操作費時且費錢。想想酸性土的種種問題如此麻煩，就應在開發半鹹水魚塢前作仔細的土壤調查。

### 3. 滲水率

瞭解土壤的滲水率可以知道從池底及堤防水流失的量，而決定魚塢的設計及以後的管理。將堤防打緊可避免滲水並減緩堤防的沉降。粘土成分高的土可用來作為堤防的中心。

### 4. 地形

一般來說大部分養殖戶都喜好平坦的地來建池，因為較易控制施工。然而在稍有起伏的地形，可節省一些堤防的施工。地形的調查有助於使整體供排水系統的設計更加有效率。設場地點標高若高於海平面太多，或深入內陸，則幫浦需耗更多的能量才能抽入一定量的海水。樹木多的地點在消除地表障礙時不但伐木耗本，挖清樹根更是耗工，耗時並耗本。

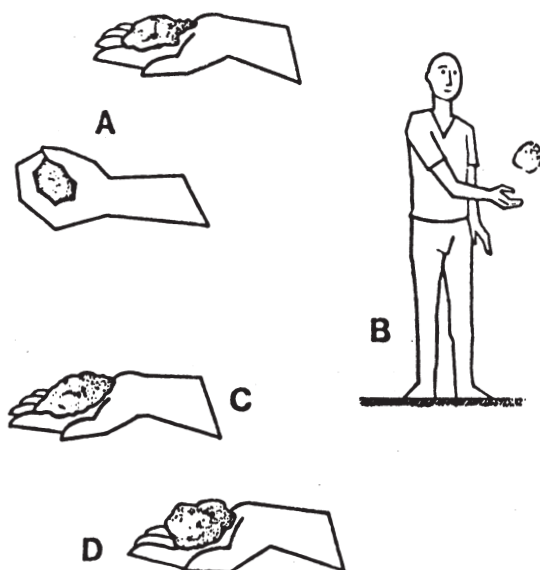
## 五、生物因子

一些地區若曾發生赤潮或有大量有毒浮游生物發生，應避免考慮為候選地點，因為一旦發生，就不會在短期內消逝，則養殖場將無可更換之水源，蝦子只有坐以待斃。另外附著生物像牡蠣及貽貝多的海域，應考慮若以水管直接抽取海水時，附著生物會附著水管內壁而減少抽水量並增加抽水成本，若海域有很多鑽孔生物，則不應以木材作為水門的建築材料，以避免日後鑽孔生物對水門損害到無法使用的地步。

## 土壤結構野外測試簡速法

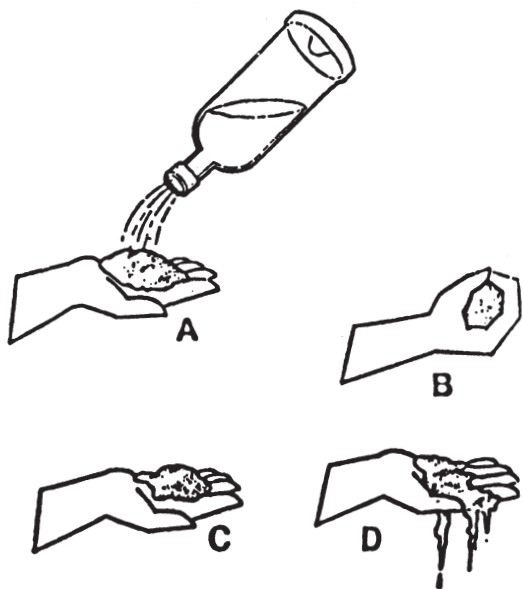
### 1. 擲球測試法

- (A) 抓一把潮濕的土，把玩成球；
- (B) 丟擲到空中約半公尺高，然後抓住；
- (C) 若球鬆散了；則表示含沙太多，不適築地；
- (D) 若球仍粘一起，則表示有足夠的粘土，尚可築池。



### 2. 捏球測試法

- (A) 抓一把土，充分澆濕，使土粘在一起但不粘手。
- (B) 將土糰緊捏，然後放開；
- (C) 若土糰而保持手掌抓過的形狀，則表示有足夠的粘土，可築池；
- (D) 若土糰無法保持手掌抓過的形狀，則表示含沙太多。



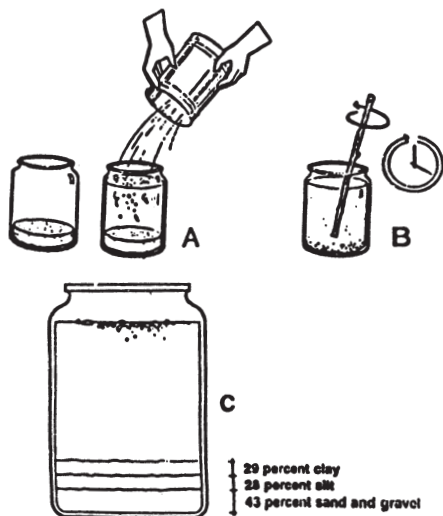
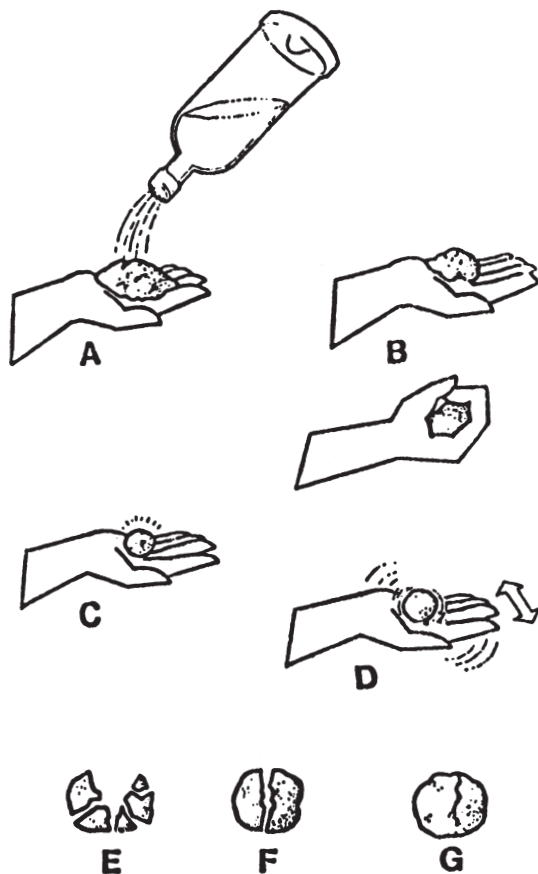
## 土壤結構分級，野外測試簡速法

### 1. 球滾動測試法

- (A) 抓一把土，將之澆濕；
- (B) 做成直徑 3 到 5 公分的球；
- (C) 將土球放在掌上，其表面會呈光亮；
- (D) 將土球左右滾動並觀察球的表面；
- (E) 若球表面很快變得粗糙，且很容易以手指捏裂，則此土質為沙或沙質土壤；
- (F) 若球表面逐漸變得粗糙，且當手指將之捏裂有若干阻力，則此土質為細沙或粘質土壤。
- (G) 若球面仍保持光亮，且當手指將之捏裂有不少阻力，則此土質為粘土或細沙質粘土。

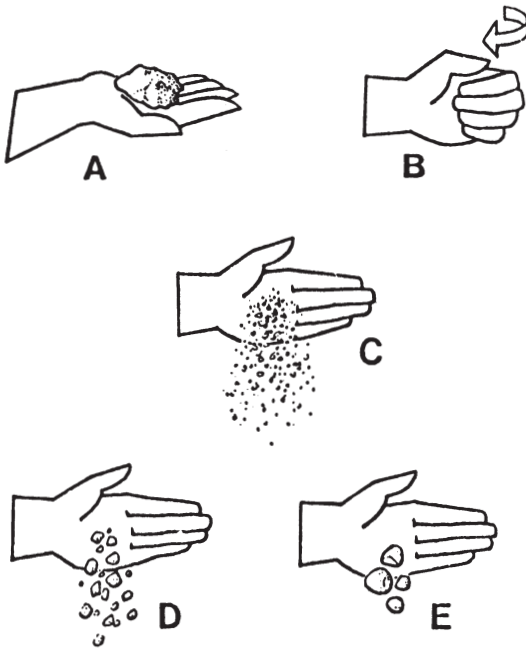
### 3. 廣口瓶測試法——決定沙，細沙，及粘土的概略比例。

- (A) 在一廣口瓶放 5 公分的土，然後注滿水；
- (B) 將水及土充分攪拌，將廣口瓶放下，靜置一小時後，較大的顆粒會沈澱；
- (C) 在最底層是小石或沙，中層為細沙，上層為粘土。若水仍未澄清，是因為極細的粘土仍與水混合，水表面為懸浮有機物質，量取沙，細沙，及粘土的厚度則可概略估出其比例。



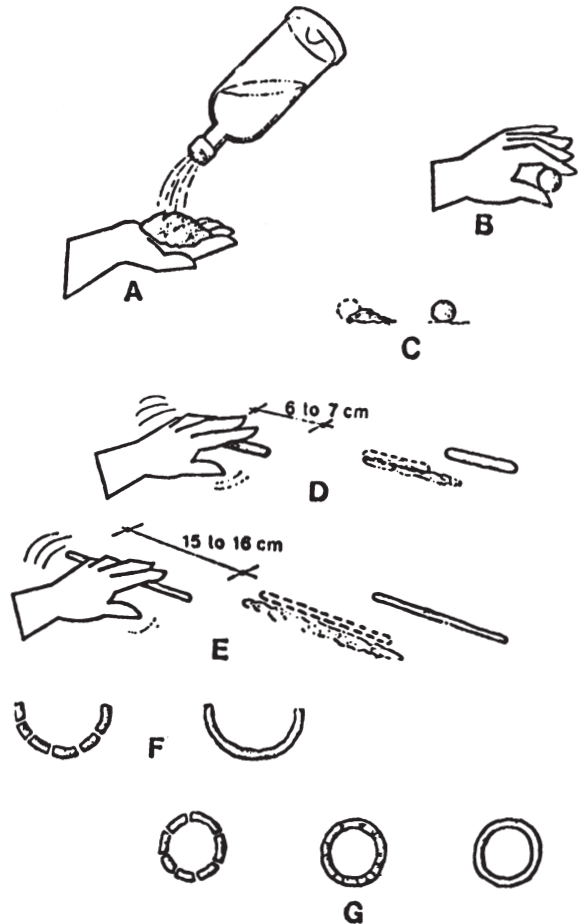
## 2. 乾壓測試法

- (A) 抓一些乾土在手中；
- (B) 將土在手中捏壓；
- (C) 在幾乎沒有阻力之下，土已散成粉，則此土質為砂，沙質壤土，或含極少量的粘土；
- (D) 若有中程度的阻力，則此土質為沙粘土或細沙質粘土；
- (E) 若有大程度的阻力，則此土質為粘土。



步驟；

- (E) 將香腸繼續捻成 15-16 公分長的條狀，若無法成形，則土質為沙質壤土，若能成形，再進行下一步驟；
- (F) 將泥條彎成半圓，若斷裂無法成形，則土質為壤土，若能成形，再進行下一步驟；
- (G) 將半圓泥條繼續捻成一圓，若斷裂無法成形，則土質為粘質壤土，若能成形，但有若干裂縫，則土質為弱粘土，若無裂縫，則土質為粘土。



## 3. 把玩測試法

- (A) 抓一把土，將之澆濕，使土粘在一起，但不粘手；
- (B) 將土滾成直徑 3 公分的土球；
- (C) 將土球放下，若球鬆掉，則土質為沙，若仍保持原狀，則進行下一步驟；
- (D) 將土捻成 6-7 公分長的香腸狀，若無法成形，則土質為壤土沙，若能成形，再進行下一