

# 臺灣水資源早期發展之歷程

—荷據明鄭時期—

劉長齡

## 目 錄

- 一、前言
- 二、臺灣水利開發之歷史背景
- 三、荷蘭時期之開發利用
- 四、明鄭時代之開發利用

參考書目

## 一、前言

「空氣、日光、水」為生活之三要素，在天然狀態之下，空氣及日光多不匱乏，惟水則不然！設無人類之努力，即基本之生活用水亦成問題，遑論其他。惟一般人之觀念，水由降雨供給，並不珍惜。設作一次宇宙旅行，所見星辰密佈，但萬古常寂，惟見地球一片綠洲，欣欣向榮。據科學報導，若地球上無水，則幾無生物存在之可能。地球由誕生迄今約六十億年，其初降雨約一萬年，乃形成海洋，自海洋中產生單細胞生物，經不斷演變進化，乃有近世之人類及生物。殆可認識水之絕端重要。

水之成為有用資源，往往未為一般人觀念所接受，前為人所瞭解視為資源僅限地下資源（礦藏）及地面資源（作物）。但水力利用代替煤斤燃油，灌溉增加農產，工業給水增加產品，其為重要資源自不待言。水資源如未加妥善利用，任令流入於海，不可再得。水資源開發之建造費用雖鉅，惟其運營費用偏低，水資源計畫應同時視為政府之公共建設，亦為企業投資。水資源開發可視為照顧大眾之仁政措施，尚非僅以投資之利益予以衡量。水資源計畫之範圍應可包括：防洪，排水、水土保持、泥砂控制、引水、蓄水、地下水開發、海水淡化、水污染防治、公共給水、工業給水、灌溉、水力發電、內河湖航運、養魚、土地改良及遊憩。因牽涉如此基本而廣泛，故常納入政府之基本施政方針及經濟建設範圍以內，又因隨政治、經濟及社會之變遷，水資源開發計畫常須隨之調整或作重大修正，以適應其歷史之時代背景。

如上所述，水資源彌足珍貴，據估計地球上陸地面積約一三六百萬平方公里，年降雨量約一〇一、〇〇〇立方公里，合七五〇公厘／年；年蒸發量約七四、〇〇〇立方公里，合五四五公厘／年；年逕流量二七、〇〇〇立方里，合二〇五公厘／年，流入海洋。至於海洋上年降雨量約三二四、〇



○○立方公里，合八七〇公厘／年；年蒸發量約三五、一、〇〇〇立方公里，合九四〇公厘／年，接受年逕流量約二七、〇〇〇立方公里，合七〇公厘／年。地球上總水量約一、四〇〇百萬立方公里，且每年約以〇．一百萬立方公里之速率增加。水有三態，其呈水氣狀態存於大氣者不過為水總量之〇．〇〇二％。故水資源來源（降雨）須視水氣輸送、成雨條件及儲水能力而定。

人類所賴維生及利用絕多為水中之淡水，而自然界中，水之呈鹽水（即海水）達九七％，所餘三％為淡水，及冰雪（如冰山即水呈固體狀態，存在南北極），故可利用之淡水僅及二％。且此非常有限之淡水，在地區分配上亦至不均勻，其半集中於北美洲湖泊中，餘半始分配地球其他部份，示如圖一——。

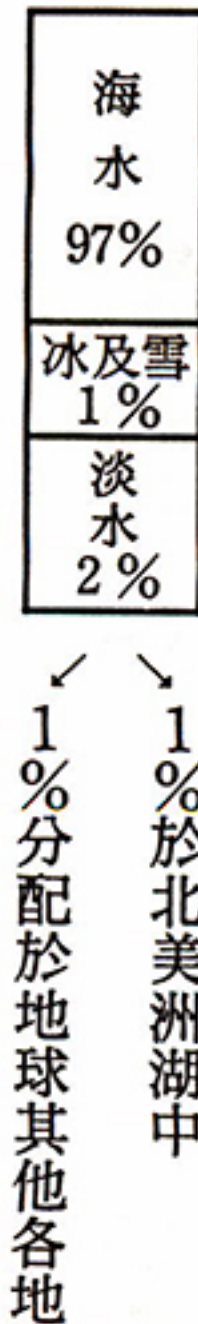


圖1-1 地球之海淡水資源

表一——地球上淡水資源諸元之分佈

地 區	面 積 $\times 10^6 \text{ km}^2$	年 降 雨 量		年 逕 流 量 總 量		地 下 伏 流 量		年 蒸 發 量	
		$\text{km}^3$	mm	$\text{km}^3$	mm	$\text{km}^3$	mm	$\text{km}^3$	mm
紐西蘭	〇．二六五	五四六	二、〇五九	三八七	一、四八一			五五九	一五九
澳洲	七．七	三、三九〇	四四〇	三六二	四七	一一、八八五	九〇	三、〇二八	三九三
俄獨立國協	二二．四	一〇、九六〇	五〇〇	四、三五〇	一九八	一、〇二〇	四六	六、六一〇	三〇〇
南美洲	一七．八	二九、三五五	一、六四八	一〇、三八〇	五八三	三、七四〇	二一〇	一八、九七五	一、〇六五
北美洲	二〇．七	一三、九一〇	六七〇	五、九六〇	二八七	一、七四〇	八四	七、九五〇	三八三
非洲	三〇．三	二〇、七八〇	六八六	四、二二五	一三九	一、四六五	四八	一六、五五五	五四七
亞洲	四五．〇	三二、六九〇	七二六	一三、一九〇	二九三	三、四一〇	七六	一九、五〇〇	五四七
歐洲	九．八	七、一六五	七三四	三、一一〇	三一九	一、〇六五	一〇九	四、〇五五	四一五

現將地球上主要地區之降雨、蒸發及逕流之年平均量列如表一——，由表中可見南美洲及紐西蘭為降水豐富地區；亞洲與北美則屬中等；俄獨立國協及澳大利亞則偏低。



表一—二 地球上地區人均資源潛能

地 區	人口 (1969) $\times 10^6$	年 逕 流 量 $\text{km}^3$		$\text{m}^3 / \text{人}$	穩 定 量 / 人
		總 量	穩 定 量		
歐 洲	六四二	三、一〇〇	一、三三五	四、八五〇	二、一〇〇
亞 洲	二、〇四〇	一三、一九〇	四、〇〇五	六、四六五	一、九六〇
非 洲	三四五	四、二二五	一、九〇五	一二、二五〇	五、五〇〇
北 美 洲	三三四	五、九六〇	二、三八〇	一七、八四四	七、一二五
南 美 洲	一八八	一〇、三八〇	三、九〇〇	五五、二二三	二〇、七四五
澳 洲	一、二四五	三六二		二、九〇八	
紐 西 蘭	三	三八七	一五〇	一二九、〇〇〇	五六、〇〇〇

現由表一—二可知上項人均之水資源數字，始能正確得知該地區之人均水資源蘊藏潛能。從表中看出，人均水資源潛能以歐洲為最低，亞洲為次最低。但以穩定量言之，則以

亞洲為最低，而歐洲則屬次最低。亞洲以其人口眾多及流量之不穩定，致天然之水資源條件相對落後。至於水以各種類型儲藏於全球，其分配別如表一—三。

表一—三 水的類型在全球之水資源分配

型 別	表 面 積 $\text{miles}^2$	水 體 積 $\text{miles}^3$	佔水體積百分比
地 表 水			
淡 水 湖	三三〇、〇〇〇	三〇、〇〇〇	〇・〇〇九
鹽 水 湖	一一七〇、〇〇〇	一一五、〇〇〇	〇・〇〇三
水 流 槽		三〇〇	〇・〇〇〇一



伏流水			
地下水(小於地下半哩深)	五〇、〇〇〇、〇〇〇	一、〇〇〇、〇〇〇	〇・三一
地下水(大於地下半哩深)	五〇、〇〇〇、〇〇〇	一、〇〇〇、〇〇〇	〇・三一
地下土壤含水	五〇、〇〇〇、〇〇〇	一六、〇〇〇	〇・〇〇五
冰帽及冰層	六、九〇〇、〇〇〇	七、〇〇〇、〇〇〇	二・一五
大氣層水氣	一九七、〇〇〇、〇〇〇	三、一〇〇	〇・〇〇一
海洋	一三九、五〇〇、〇〇〇	三二七、〇〇〇、〇〇〇	九七・二
概約總量		三二六、〇〇〇、〇〇〇	一〇〇

從上表中得知淡水之儲藏於地表地下及空中均非常有限，水資源之獲得係靠氣流攜帶水氣形成之降水，在空間（地區）及時間（季節）便呈強烈變化而難於掌握。水之需求量則隨地區性發達，人口增加及生活品質提高而不斷增加，臺灣地區從水源豐富到供水緊迫，此種歷史軌跡呈現至為明顯。

## 二、臺灣水利開發之歷史背景

臺灣生成的歷史，約在萬年以前，臺灣海峽猶係陸地，臺灣的地殼為大陸的延伸，直至現東海岸始是大陸之邊緣。臺灣東部山脈呈現大陸與海洋之中介特性。從已發現之化石如劍齒象、犀牛、劍虎、古鹿、野牛、野豬及鱷魚等，俱與大陸完全相同。其後臺灣海峽有時隆起有時下沉，約在五千年前，乃終分離為一海島。

臺灣地質構造，以縱貫中央山脈微偏東北，西南定向為

準。中間約寬二十公里，為始新世或漸新世頁岩、板岩及石英岩，間夾煤層。其東為黑色或綠色片岩，結晶石炭岩，並間雜千版岩、石英岩。蘭陽流域多屬中生代之混合岩、副片麻岩及岩板等。花蓮以南海濱為不含紅土階地堆積，間雜以新世或中新世之砂岩、頁岩等。西北山地多為砂岩、頁岩及煤炭石岩，俟至平原丘陵地區則為片麻岩及混合岩。南下新竹一帶則為紅土階地堆積。臺中附近山地則為上新世及中新世之砂岩、頁岩及煤灰石岩等。近西海岸則漸為更新世或現代之礫砂黏土，直至高屏溪流域下游。南部海岸為頁板岩及紅土階地堆積所摻雜，並間雜以少量之玄武岩及珊瑚礁。因臺灣中央山脈偏東，是以東部河川短峻，岩盤遭橫切，沖蝕劇烈。西部河川雖有平原緩衝，然地質構造脆弱，且山區雨量特大。復以地震颱風頻繁，遂使崩坍風化剝弱加劇，河川下游多呈淤積。尤以頁板岩、礫岩及混合岩區。平時似甚穩定，惟遇雨或風化，隨即崩解為泥砂，故山區道路易於中斷



，平地之河水含砂量高，沖淤無定，治理困難。

臺灣雨量雖屬充沛而在地面與季節分配不均，過去年平均雨量為二、五八二公釐。而東北部火燒寮年雨量曾高達八、四〇八公釐，平均亦達六、五六九公釐，為東亞最多雨量之地。中央高山地帶約三、〇〇〇公釐，西部海濱不過一、六〇〇—一、八〇〇公釐其空間分佈示如圖。冬令北部多雨，南部則旱，夏季則相反。

臺灣孤立於西太平洋中，並無屏障。每年颱風肆虐，攜來豪雨，氾濫成災。颱風多發源於北緯二度至十五度間之熱帶性低氣壓，因大氣環流之影響，形成以低氣壓為中心之強烈氣旋，於夏秋之際來襲。因短時間大量降雨，造成坡地沖刷，中下游河床淤積。洪水不及宣洩，遂氾濫成巨災，其損失可達臺灣省之年度總預算，生命財產損失可屬不輕，至於梅雨及西南氣流之雨災亦不可忽視。

我國歷代天災發生頻率，天災種類包括旱、水、地（震）、霜、雨、飢、風及蝗等災害，其中旱、水、霜及雨俱為水資源之直接災害，自宋以降，災害之頻率加重，又以水災為最頻。臺灣之開發大抵在宋末以後，移民多為避災而來，不無脈絡可循。

太陽上黑斑的變動，可能影響地球溫度的變化，我國包括臺灣在近五千年間溫度的變動，在近一七〇〇年間溫度變化，顯示在元明清三朝之溫度偏低，民國以來溫度回升。

### 三、荷據時期之開發利用

從元代（公元一二七—一三六八年）開始，福建廣東移民由漁撈轉為來臺墾殖。是否有水源以供灌溉？可耕之條

件如何？交通是否便捷。當為先民開發定居之主要考慮。於是「勢高而近溪澗淡水」。具備「天泉水堀」之「易開平原」，遂為移民優先選擇之處所。先民草創了簡單之灌溉設施，沿溪開圳引水或圍堤蓄水，從事農田灌溉，是為眾多之埤圳之始。公元一六二四年，荷蘭人入據臺灣，東印度公司受荷蘭政府委任統治，凡獎勵貿易、教化土蕃、墾殖土地、開發產業。莫不以商業圖利，增進國家財富為目的。由於原住民不擅長耕種，乃大量招募漢人，以安平海地城區而言，荷蘭移民僅六百人，守軍二千人，而漢人即多達二萬五千至三萬戶，故多沿用中國已有之耕作及灌溉方式，惟荷蘭人善於治水，其治水方法亦隨而引來。在土地經營，耕地大小以「甲」為計算標準，沿用迄今。採王田制度，即水利工程如陂、塘、隄、圳條之費，率皆由荷蘭人資給、耕牛、農具、籽種亦然，故名曰「王田」乃因襲歐洲十六世紀封建制度，及土地之支配屬於諸侯。

荷據時代之水利工程，可以荷蘭堰為代表，即在水流和緩地盤軟弱而缺少卵石之河川，設置竹椿、簕子（竹簾）再填以草土，與我國之梢土相似，謂之「草埤」。但由於洪水時來侵襲，「草埤」易於流失，故洪退後常需再築此攔河堰，當時在臺中鹿港及臺南一帶普遍存有此類「草埤」。此荷蘭堰之斷面，「陂」即俗稱為「埤」，不論圓池方沼，或利用溪流建堰蓄水，俱稱為埤，亦有稱之為潭。

荷據時代之水利工程可從各地方志予以查考。例如高拱乾修之「臺灣府志」卷二規制志，水利條：

「參若埤，在文賢里。自紅毛時，有王姓名參若者，築以儲水灌田，遂號為參若埤云。」參若埤又稱參差陂。文賢



里即今臺南縣仁德鄉，餘略不贅。

在荷據時代，因滿洲之愛新覺羅氏之崛起，國內動亂不已，南部沿海地區率爭移民臺灣。福建、廣州移民多聚居於臺南附近，在一九三六年，清兵南下，乃至閩粵移民戶數約三萬，人口十萬之譜。荷蘭人銳意經營臺灣之產殖業，似與荷蘭之養乳牛業發達有關。捕捉野牛加以馴服，或輸入牛種改良。至公元一六六五年，臺灣產米的農地已是甘蔗園之三倍，而砂糖的輸出量也達年七、八萬擔。水稻必需有充分之水源，有賴於灌溉，故修築堤防，埤圳，井泉及橋樑，以利本島之開發。

關於井之開鑿，已較普及。如嘉義之「紅毛井」臺南之「兵馬營井」；開鑿者都是「紅毛」或荷人，其他如在臺南之「荷蘭井」、「大井」、「烏鬼井」與「紅毛井」，為供往來海舶及商旅取用。在農田中也有許多具有灌溉功能之田野水井。由於水源對農作之重要性。因此在各水源地，各自形成灌溉集團，水源之管理及維護則由各投資業者。當時水源尚屬私有，灌溉水量可以自由買賣。又因農耕地逐水而耕，故無集體維管水利設施之實施。

荷人入據以後，自閩粵移民來臺日增，糧食及成問題，一方面自外輸入食米，另方面鼓勵種植稻米及甘蔗，農業定居形成社區，人口大量繁殖，灌溉排水於茲促成。

開鑿水井以利生活飲用及灌溉，古時並無自來水，故井水對居民異常重要。原住民初以竹管深入地下引水，無過濾設備，易生疾病。

按「諸羅縣志」卷十二雜記志，古蹟條載：

「紅毛井，在縣署之左，開自荷蘭，因以名，方廣六尺

，深二丈許；泉甘冽於他井。相傳居民汲飲是井，則不犯疫癘。鄭氏竊據時，有吳智武鎮守斯地，重修之。」

此乃因荷人掘井較深，並經井圈濾層過濾，故水質較佳，味既乾冽且不易生疾病。

按全島以紅毛為名之井尚多，不勝枚舉。蓋後出之書，往往對荷蘭人之傳說較多。如嘉慶時李元春所著「臺灣志略」勝蹟條有：

「荷蘭井，在鎮北坊赤崁樓東北隅，距樓可二十餘丈，紅毛所鑿，磚砌精緻。」繼有

「烏鬼井，在鎮北坊，水源極盛，雖旱不竭。烏鬼，番國名，紅毛奴也。」又有

「兵馬營井，在寧南坊，泉淡而甘，甲於諸井，紅毛時鑿以灌園者。偽鄭駐馬兵於此，故名。」

至於西班牙人在臺灣北部統治十八年，其所鑿之井，疑為「龍目井」見「諸羅縣志」與前同出處：「龍目井，在大雞籠山之麓，下臨大海，四周斥鹵；泉湧如珠，噴地而起，獨甘冽冠於全臺，不知用自何時，大約荷蘭所浚也。」

惟在「在大雞籠山之麓」係西班牙人勢力範圍，故疑非荷人而為西班牙人所浚。

荷蘭據有臺灣，其東印度公司主要考慮貿易利益。十七世紀為其黃金時代，水利科技已很進步，雖據有三十八年並無太多引進。然於前述之草碑，與荷蘭護堤設計有類似之處。

使用木椿及束蓆示如圖三一四，束蓆乃用於護堤斷面。

荷人之水利工程特點在於配合自然。建壩之邊坡平緩，材料就地因應，重視柔性材料如梢土沈床，盛行植草以固土



力。有時護岸材料剛柔並濟，以殺水勢。至今尤足吾人參考。

荷蘭位於萊茵河尾間除主流鹿特丹 (Rotterdam) 入海，復分歧成萊茵河三角洲，部份南向進入比利時境，經安特普敦 (Antwerpen) 入海，至向北分游至 (IJssel) 河至原須德海 (Zuiderzee)，另有馬斯 (Maas) 河流入，可謂溝渠縱橫。其現狀經由水利措施後示如圖三一五，其地勢卑下，部份土地低於海平面，沿海岸線特長，內陸水網密佈。故其水利工程特色有下列諸點：

一、海岸防護，沿海沙丘之間由海堤連接防護暴潮巨浪。或經由堤將海閉合，例由原須德海變為須德淡水湖及陸地，增加國土達十分之一，至萊茵河三角形工程規模更為宏大。荷蘭是局部領土名稱，原名應為尼德蘭 (Netherlands)。一度為西班牙統治，獨立後由於擅長航海，屬地遍佈全球，約為本國領土二百餘倍，十七世紀為荷蘭全盛時期，荷蘭臺灣為一六五〇—一六八〇時代適為荷蘭之黃金時期。故海岸防護、海埔開拓墾殖及海港航運為主要水利工程之一。

二、荷蘭陸地水系密佈，運河開闢以利航運。雖然年雨量約700mm/yr，季節分佈均勻，每於洪漲之時，以兩岸低下，水災亦極嚴重，故治河工事及海堤防護仍極重要，並維持萊茵河、馬斯河等航運之暢通，堰堤(壩)之築抬高水位亦屬常見。

三、荷蘭為一宜農宜牧國家，除灌溉、洗鹽外常見利用鑿井取地下水，供給生活用水等。同時為維持適當地下水位，排水亦為主要項目，因之風車為荷蘭之主要景觀。

荷蘭既據有臺灣，必攜來治水技術，如前所述之荷蘭井

、荷蘭埤，得與中國本土之水車抽水，治河保護堤岸引水灌溉同時出現。而港埤之開闢勢所必然。

荷蘭之治河工事與材料與我國大陸及臺灣有頗大相似之處。荷蘭既為平坦低地，缺乏石料。內陸河堤則以樹木及積土為主，樹木之捆綁是謂梢土，用於石料缺乏之用。

我國治理河川保護河岸之代表以黃河言之，示如圖三一六，係利用椿脚捆綁繩索，分別牽引梢土沈床，再以黏土填入空隙壓下，梢土多以高粱等莖幹捆紮而成。

而在荷蘭一直相信以植物保護河岸為高明之舉，以其盛產柳樹用以梢土或沈排俱為低成本而到高效率，至今如重要之萊茵河三角洲之建造物防止冲刷，仍用沈排以石鎮壓可見一斑。其一般護岸與黃河護岸頗為相似，不過繩索改為尼龍地工織物，成捆由上而下鋪設，其上覆以梢土(或拋石)。而臺灣習用之鐵絲蛇籠在荷幾無引用，因河床並無卵石可取。筆者初來臺灣(一九四七)參加八掌溪治理，採用竹絲蛇籠，以其價廉但壽命較短。荷蘭沈床梢土其尺度可達20×80cm<sup>2</sup>，包括二或三之過濾層，深度約為10cm，仍以椿脚分區成格，梢土可以用不同植物，其選用植物則以需要之孔隙度及被保護之砂粒粒徑而定。就原則言與我國臺灣方法殆無之致。我國所用梢土為時極早，故荷蘭所用柔性方法係自行引發或由我國傳進猶待查考。串磚護岸則為荷蘭臺灣所共有，以其磚塊在二地俱盛產也。

清代施世榜(長齡)擬引濁水溪水灌溉，但無法引入圳渠，幾功敗垂成，幸公告招攬能人志士，有林先生隱其名諱進言，以石籠等引水，乃告成功，此種方法可達遠溯於都江堰，示如圖三一七或如日本一般橋樑工，如圖三一八所示。



#### 四、明鄭時代之開發利用

明鄭時代（公元一六六一—一六八三年）開始，接收了荷蘭人之「王田」改稱「官田」，為軍需民食，實施了寓兵於農之「屯田政策」，其墾殖以臺南為中心，所闢之田稱為「營盤田」，農業以稻作為主，並積極鼓勵甘蔗之生產。

臺灣南部，冬季苦旱，缺少雨水，除在耕種上採取適應措施外，並特別注意水利。由於屯田關係，修築甚多陂圳。在安平一帶有：「承天潭」、「公爺陂」（在新豐里，今南縣關廟埤仔頭）、「弼衣潭」（一作「白衣潭」在新豐里香洋仔，今南縣新化鎮香洋仔）、「草潭」（在新豐里，今南縣歸仁鄉大潭）、「陂仔頭陂」（在文賢里，今南縣仁德鄉埤仔頭）、「三老爺陂」（在依仁里，今南縣歸仁鄉太爺）、「祥官陂」（在依仁里，今南縣歸仁鄉埤仔頭）。這些陂潭多為鄭氏宗黨、文武官員及士庶有力者所修築。此外，陂名以軍營為名者，是為當時屯兵所建，餘者有鄉人同資修建之陂。其水利設施，依地勢不同，而有下列各種不同名稱：相度地勢之下者，築堤潴水，或截溪流，均名曰「陂」如虎頭埤、尖山埤。至地勢本下，有泉不竭而不甚廣者曰「潭」，曰「湖」如蓮池潭、草潭、竹仔湖。有源而流長者曰「港」、曰「坑」如井水港、紅毛寮坑。

明鄭時代的嘉南平原，因全年雨量不均，冬春之際缺水，僅能簡易的建堤蓄水。水利設施之不足，由於缺少資金與勞力，加以粗放式之農業經營，時輒換地耕種，不能作具有規模而固定之水利工程。然就數量而言，已較荷據時代增加很多：有陂七十、潭二、池一、圳五、水源二十五，但灌溉

區域乃甚有限，僅官佃之田畝盡屬水田；而文武官之田地則屬陸地荒埔，仍為「看天田」。

各屯田區自成一個灌溉經營區，農業與灌溉之營運雖尚無正式名稱，但已形成分層管理之結構，類似於現行水利小組之雛型。水租之繳納以每甲約六石稻米或時幣十元。自此水源之經營開始有軍政界之介入。

在缺乏自流式之灌溉系統，必須利用水車引水入田。我國先民最早使用「戽斗」，傳說是公劉發明，離今約三千五百多年。戽斗符合現代力學之合力與分力之原理。它的用法：有一柳條編製或木製之斗，在兩側各連二條繩索，由兩人對立拉著繩索，同時同方向地揮動，就能將水從低處送往高處。在公元前一七〇〇年左右，出現了桔木杓，傳說是伊尹所發明。桔木杓是利用槓桿原理的取水工具。在井邊的大樹上或另立架子，橫臥一竿，竿的一端吊一長竿，可以勾住水桶下垂井中。橫竿之另一端縛一墜石以平衡重量。這種桔木杓在農村中普遍使用，示如圖四——。桔木杓之缺點是只宜汲引水淺水，如果從深井取水，就要用轆轤，轆轤難考何時發明。據王楙的「農書」載明，有一粗橫軸，軸上纏有掛水斗之井繩。軸之一端裝有曲柄，以人轉動曲柄，井繩便可帶動水斗上下汲水。轆轤亦為農村長期使用汲取井水之工具，可見於愛因斯坦對於轆轤之重視。

若從河流溝渠汲水引灌農田，則廣泛使用水車，是於公元二三〇至二四〇年間由馬鈞發明。水井亦稱龍骨或翻車，應由齒輪鍊與唧筒之原理予以汲水。車身是狹長的版槽，中間裝著像鍊子形狀直立之木板（龍骨版），連成一個圈套著大軸的齒輪。龍骨版之寬窄與槽身配合，只需將板槽之一端



入水，使輪軸轉動即能將板槽裏之水車上束。爲了使大軸容易轉動，通常在大軸兩端另裝四根拐木，放在岸上之木架下，人靠著架子踩動拐木，龍骨版便能週期不息的車水至農田。元朝時（公元一三〇〇年左右）水車經不斷加以改良，有牛轉翻車，水轉翻車。到了明朝末年又有風轉翻車。這些水車乃能利用人力之水車或翻車示如圖四—二，而水轉翻車示如圖四—三及筒車示如圖四—四。先民渡海來臺，將汲水方式引進，簡易者平桶給水器具，籠式給水器具，複雜者如二人組龍骨車，四人組龍骨車。

還有一種筒車又名水輪，可引至高遠之處，其構造原理與水車同惟筒車之大輪高出陸地，在水中上有一輪。不用龍骨版而用拴著竹筒或木筒之木圈繞著兩輪。不用人力而用水力，水力激動轉輪，木圈帶動竹筒四環兜水，可以日夜不息。王楨之（農書）卷十八中繪有如圖四—九，而臺灣之在來用水車，係一脈相承。這種筒車功力之大，絕非人力踏轉之水車可與比擬。窺諸史實，於公元一〇七五年（北宋熙寧八年）大旱，運河乾涸不能通船，地方官調用四十二個筒車，抽梁溪之水灌注運河，車水連續五晝夜，河水流通，船隻得以往來。臺灣乾旱時見，在來用水車功效必大。

但以上所述水車只能用於河邊，且傾斜放置，對離河較遠之旱地，便無用處。在明末，民間打了甚多水井，用井水灌溉。爲了適應垂直取水，又發展了龍骨水斗。用一連串之水斗套在大輪上，輪軸裝有直立齒輪，此直立齒輪與平臥齒輪相交錯銜接，用牛馬牲畜拖動平臥齒輪，帶動直立齒輪，水斗就不斷從河或井中提出。臺灣之龍骨車利用牛力運轉。

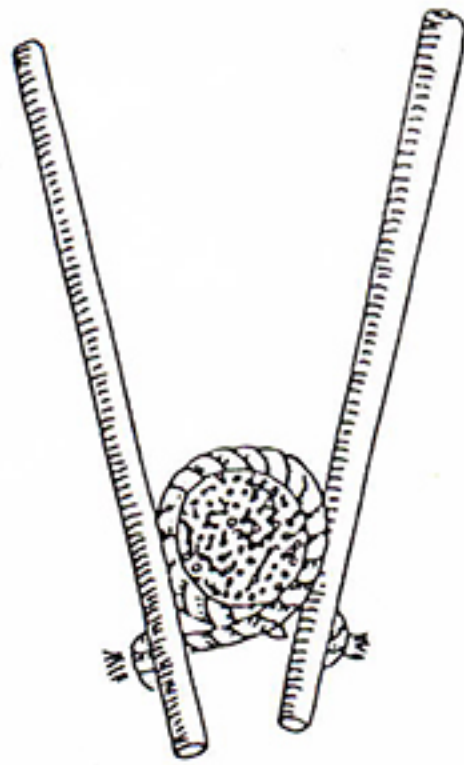
#### 參考書目：

- 尹章義：臺灣開發史研究  
山崎繁樹、野上矯介：一六〇〇—一九三〇臺灣史  
陳紹馨：臺灣的人口變遷與社會變遷  
曹永和：臺灣早期歷史研究  
方豪：臺灣早期史綱  
沈百先、章光彩：中華水利史  
錢偉長：中國歷史的科學發明  
嘉南農田水利會編：嘉南農田水利會七十年史  
戚啓勳：大氣科學  
鄭肇經：河工學  
陳紹馨：臺灣人口的變遷與社會變遷  
周明德：臺灣風雨歲月  
李逢春：曾文溪中下游河道變遷及其對地理環境影響之研究  
任立渝、陳文恭：認識颱風  
劉長齡：濁水溪河川整治之方法研究—水系型態及河相研究  
蔡志展：清代臺灣水利開發研究

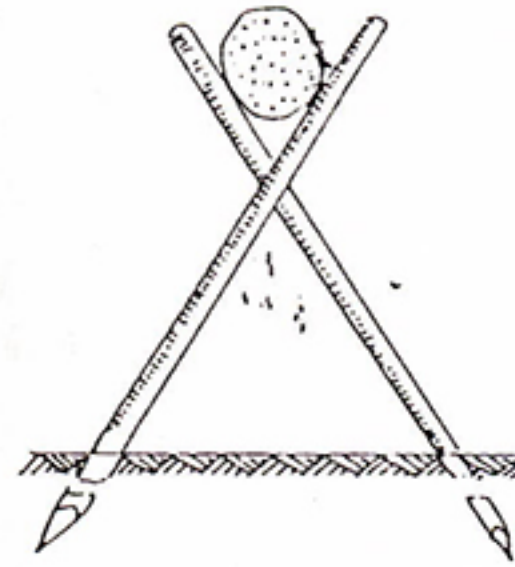
#### 作者簡介

姓名：劉長齡  
年齡：六十八歲  
籍貫：江蘇揚州  
學歷：荷蘭戴爾夫特工業大學碩士  
現職：國立成功大學水利及海洋工程學系教授  
經歷：解析水文學、工程水文學、應用水力學、學術論文一八〇篇以上。





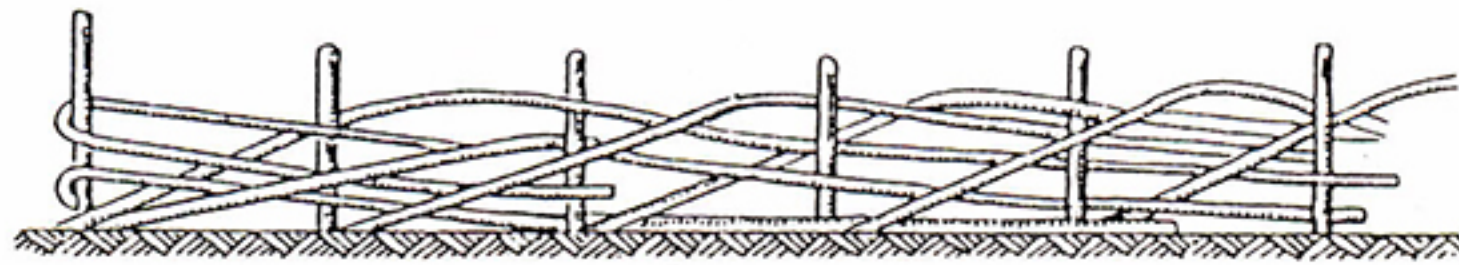
Instrument to pinch the fascine pole  
before fastening the bands



Scaffolding for constructing of wiepen  
(fascine poles)



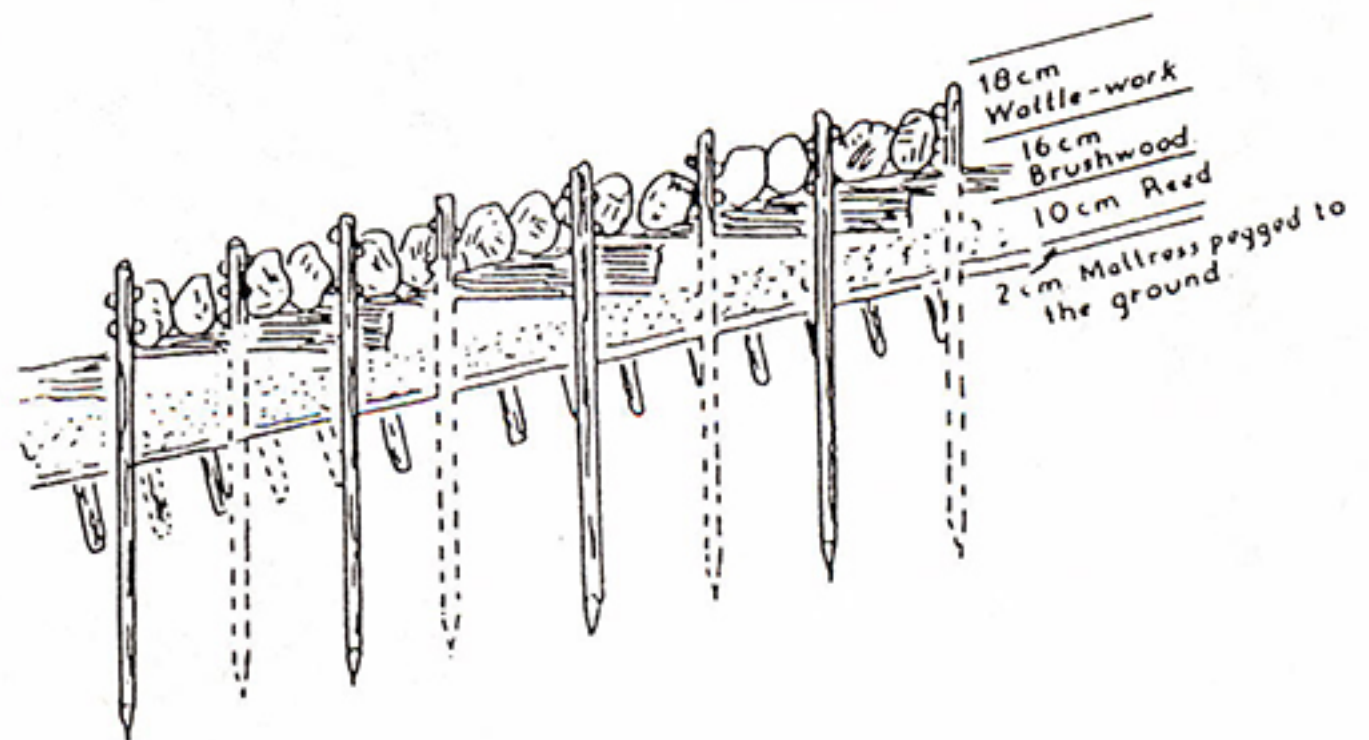
Wiep or fascine pole



Wattle-work



Mattress pegged to the ground



Brushwood covering with wattle-work

圖 3-4 木樁及束蓆



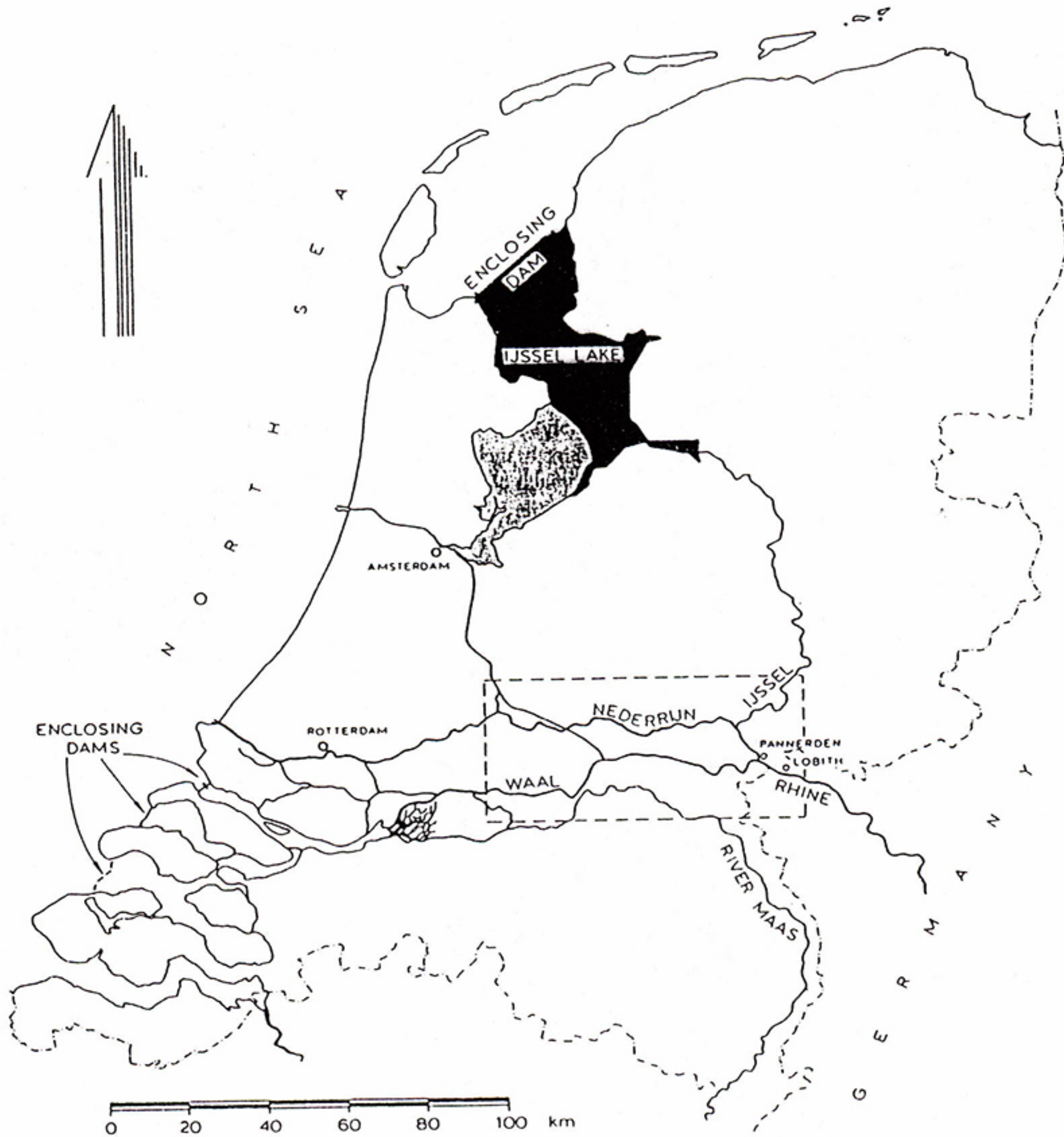


Fig. 5/6.62 The Rhine and its branches in the Netherlands

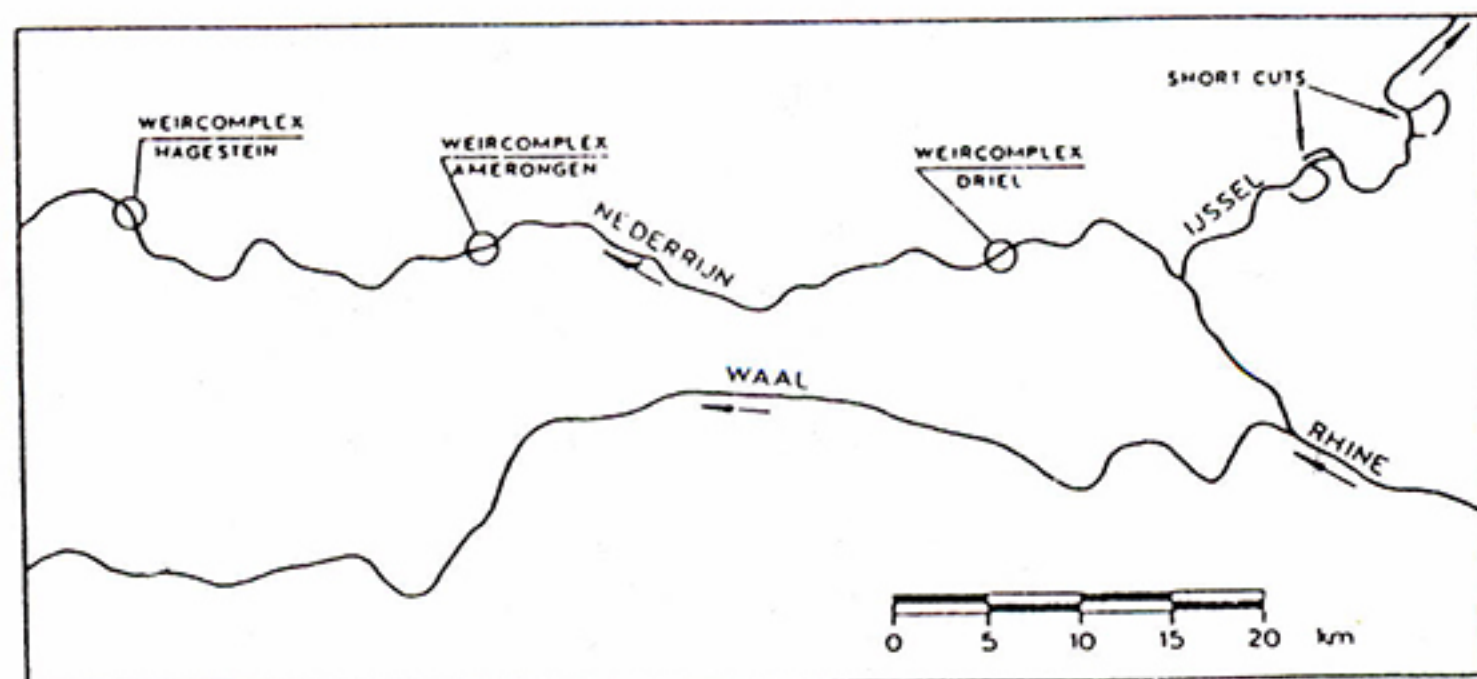
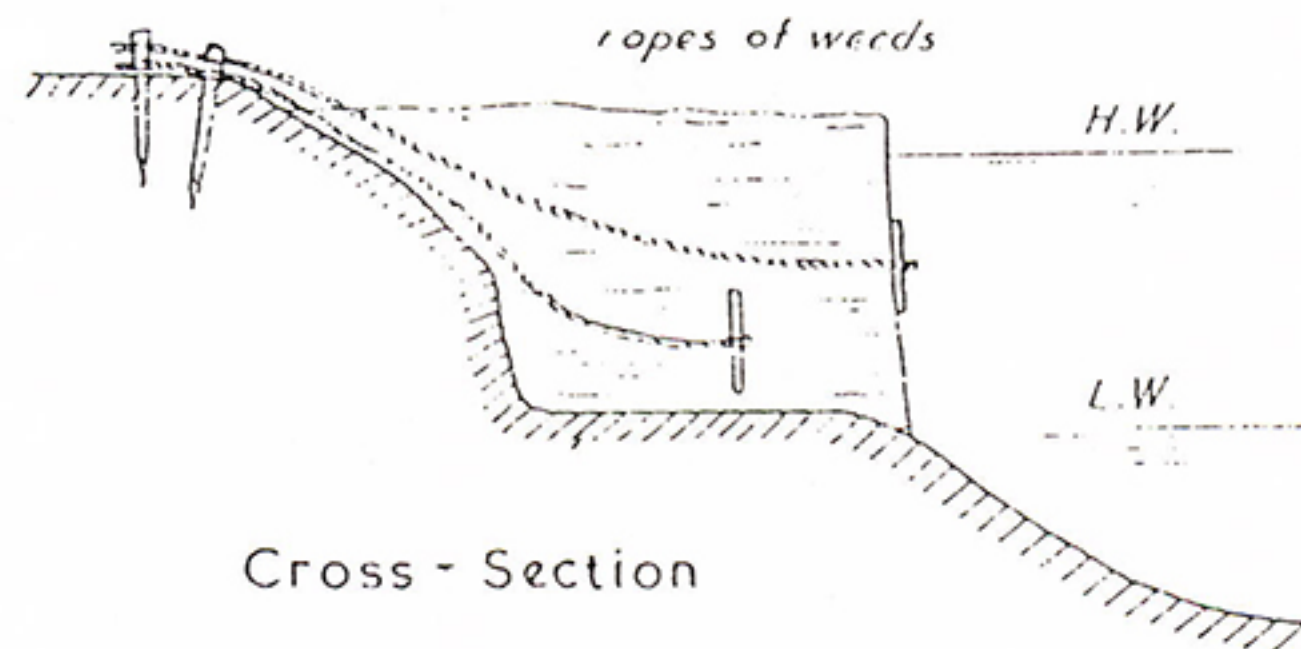
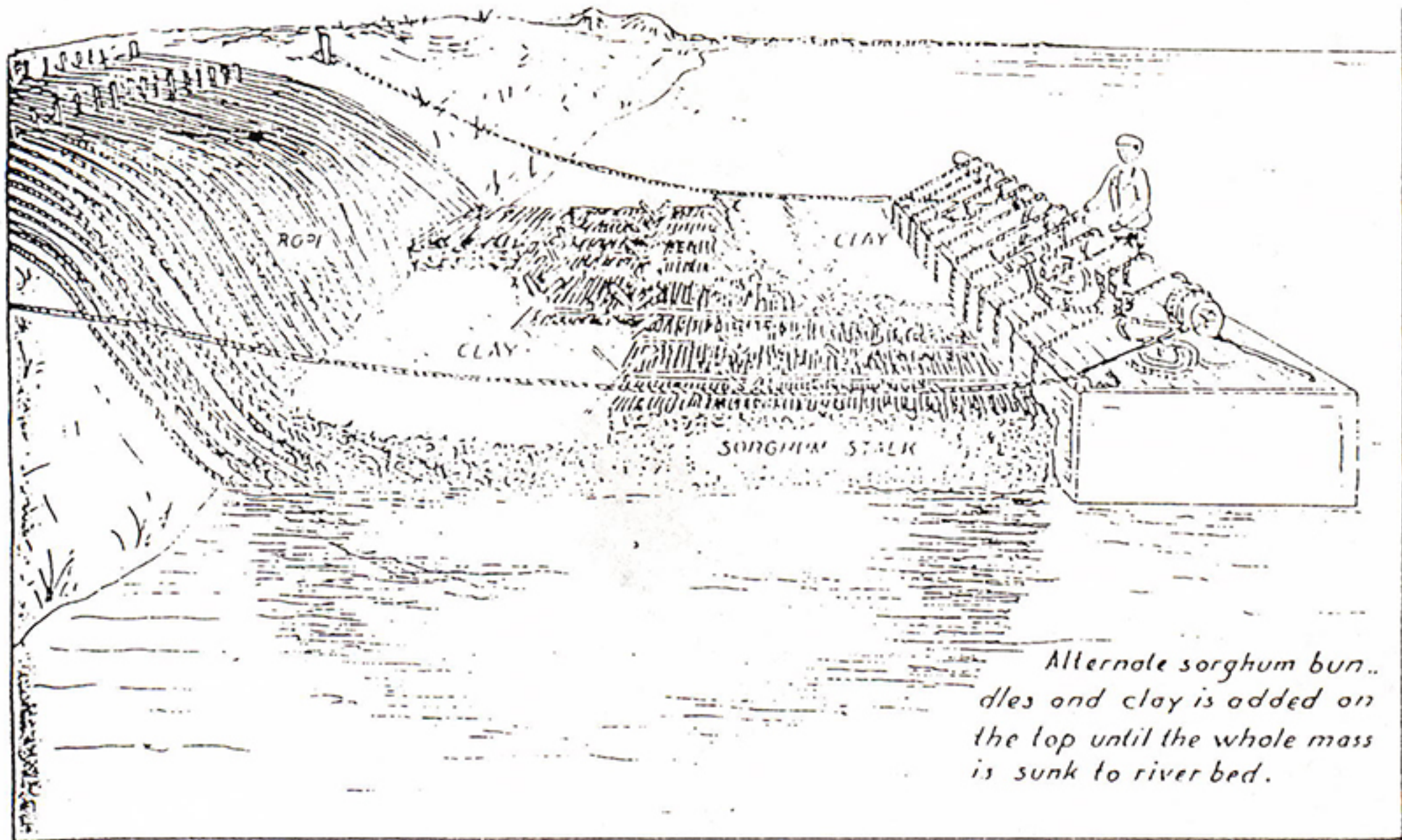
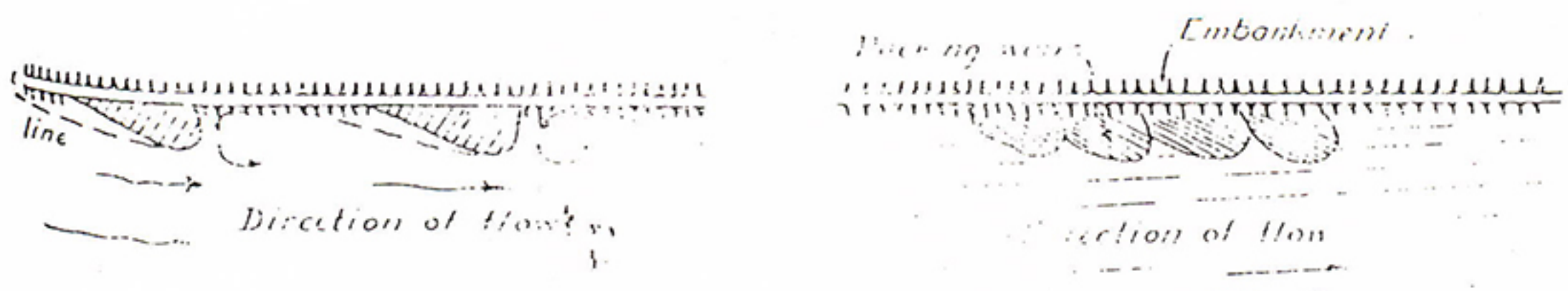


圖 3-5 荷蘭現今之水利措施





### SAO-REVTMENT PACKING WORKS



SAO-GRAYNES

SAO-FISH SCALE PACKING

圖 3-6 CONSTRUCTION OF SORGHUM REVETMENT  
IN YELLOW RIVER(CHINA)



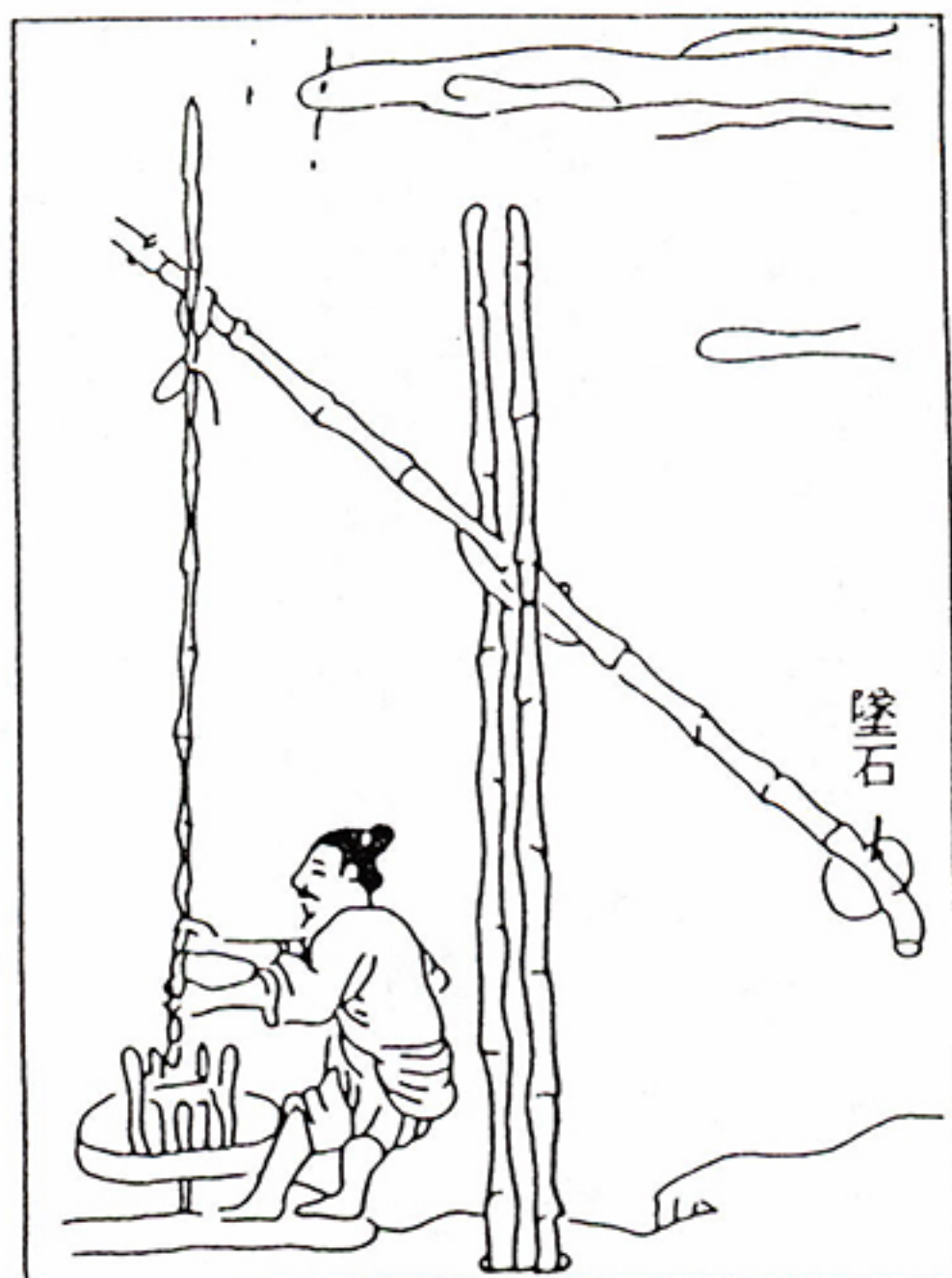


圖 4-1 桔槔（據「天工開物」）



圖 4-2 水車及翻車（據「農政全書」）



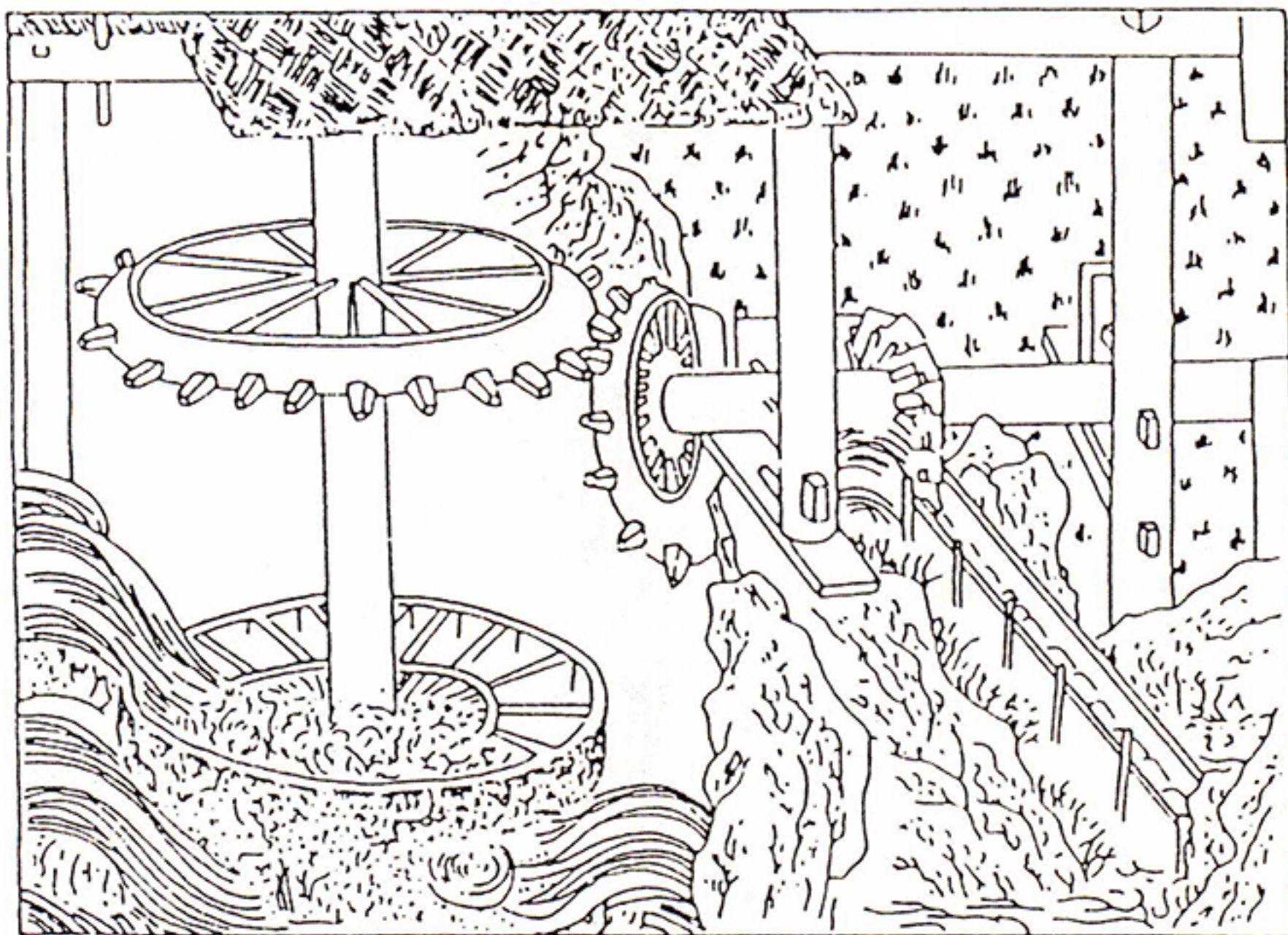


圖 4-3 水轉翻車（據「農政全書」）



圖 4-4 筒車（據「農書」）