

現代國民基本知識叢書 第四輯

治水新論

宋希尚著

中華文化出版事業委員會出版

版權所有
不許翻印

現代國民基本知識叢書 第四輯

治新論

中華民國四十五年八月初版
中華民國四十五年九月再版

定價新臺幣十元
（外埠酌加運費匯費）

著者 宋希尚

出版者 中華文化出版事業委員會
發行者 中華文化出版事業委員會

印刷者 中國新聞出版公司印刷廠
地址：臺北市中正路一七三〇號
電話：二七二九

總經理處 中央文物供應社
地址：臺北縣中和鄉中和路二七四號
電話：中和二一六號

地址：臺北市仁愛路一號二號
電話：二二九三六

自序

縱觀我國水利工程，有數千年歷史，向爲歷代秉政者所重視，凡百措施，多憑經驗。環顧歐美各國，隨時代之進步，其科學之昌明，對治水學術，探討研究，日新月異。不但世無不治之河，且能以人力操縱水力以發電，調節水位以通航，斟酌水量以灌溉，改進上下水道以衛生，更進而利用地下水以補充地表水之不足，實行模擬試驗以鑑定水功之因果，故其成就之輝煌，收穫之豐碩，遠非古人所能望其項背。近二十年來，自美國T. V. A. 完成以後，各方面鑒其成績之卓著，尤競倡多目標水庫之興建，高呼「一個流域一個問題」之口號，將使水患永除，水利普及，今而後治水工作，誠爲劃代之新猷矣。

余隨政府來臺以還，任職甚大之餘，常瀏覽最近歐美工程刊物及聯合國遠東經濟委員會防洪局之各種報告，深佩各國專家尋水治水學術之科學精神。遂分別參攷編述，完成專題研究九篇，意欲以平易文字，報導治水之新觀念，並有助於我國民常識之增進，瞭解若干水利問題之新趨向，冀集成帙，名之曰「治水新論」，其中曾博採國內專家之言，如行健、叔堅、克誠、清之、松齡諸兄及陳孝堉君之譯文，併誌其感佩之忱。

中華民國四十五年六月六日工程師宋希尚謹識于臺灣大學

治水新論

目次

第一編	河川治導	一
第二編	護岸工程	七
第三編	多目標計劃	七〇
第四編	輪灌與噴灌	九二
第五編	論水土保持	一二五
第六編	論蓄水庫	一五五
第七編	論船閘	一八二
第八編	論地下水	一九二
第九編	論水功試驗	二二六

治水新論

第一編 河川治導

第一節 河流地質

每一河川，各有其流域，因地形、地質及長度之不同，大抵可分爲上下游，或上、中、下三大游。上游河流往往在高山峻嶺之中，中下游則每居於沖積平原之上。山區河流，其坡度陡，流速急，且險灘林立，急湍橫飛，故其治導方法，重在控制急流。中下游水行于沖積地層，其形態爲河流本身所造成者。由於河流所挾帶物質之不同，沖積層每爲細泥淤積而成，且具有廣大之面積，如我國黃河、長江中下游之廣大沖積平原，或由卵石與砂礫在海濱沖積，如臺灣與日本諸島是也。

沖積平原上之河流，其流型可分爲三類：（一）淤積型，（二）冲刷型，（三）蜿蜒型。有時竟可一河而兼備此三種型式。蓋其變化之由，每視水中所含淤砂數量多少，顆粒大小而異，且亦隨時間之變遷而發生淤積、冲刷與蜿蜒之型態。

一般而論，凡河流能挾帶水中淤砂隨波前進而少沉澱者，則其河床將爲蜿蜒型式，反之，若所携大量淤砂，由于平原坡度之銳減，或遇河中堤堰之阻礙，使水位抬高，減緩坡降，或由於河口三角洲之延伸，

及淤砂突自支流之加入，而使河流變更其坡度，因以形成河床之昇高淤積。此型河流每在一直而寬之河身中，產生淺灘，使水道分裂，甚者成爲瓣狀或成指爪形。至所謂冲刷型者，乃指河床降低之河段而言，常見於截河之上游或壩堰之下游，蓋當河身截河裁直之後，水道坡度陡增，水面自必隨之突告低陷，或由於上游水面受阻而增高，使下游淤砂遂突然減少。同一原理，當河道治理與河岸保護工作，能使河道不再有大量之冲刷力而減少淤砂負載量時，亦可使蜿蜒河道暫時形成冲刷型河川。

上述三種河流型態，（一）（二）兩類，每爲過渡性或暫時性，惟蜿蜒型乃爲河川發展之最後型態，但亦非永遠不變者，一遇水理上因天然或人力影響失去平衡時，其型式即可隨時發生變化。故每一河流自發源地以迄海口之長段、坡度、流速及含砂量多寡，均與河床河岸土質之性質等息息相關，且均逐年多少有所變動，但其間亦仍有一種界限存在，即爲控制河道之通常尺度。治河之旨乃在維持平衡，使其在此界限內得到有效之流量，因此河道治理所循之型式，亦即爲河道發展至最後階段之蜿蜒型式。

第二節 治導目的

治河目的甚多，防洪每居首要，採用築堤束水，以防泛濫之法，我國治黃用之最早，數千年來，我中華民族，其黃水奮鬥之歷史更經驗，至今尙爲世界所推崇。十八世紀以後，歐洲各國，重視防洪，亦有兼顧航運，改善航道，俾得較佳較深之水深。美國治水，防洪與航運二者並重，如俄亥俄河之航道改善，藉

以增進水深與洩洪量。又如密西西比河下游，曾用截灣取直法，縮短河道，既可減低上游洪水位，又可縮短全河之洪水期。近二十年來，自T. V. A. 計劃完成，績效顯著後，治水目的始改向多目標水庫發展矣。

任何治導目的，最要步驟為力求河床之穩定，據德國水利大師恩格斯(H. Engel)與法蘭修士(SO. Franzus)以及美國密西西比河之維克斯堡(Vicksburg)水功實驗場模型試驗結果，愈認為穩定河床，實有賴於河床之降低。密西西比河之治導新計劃，其中包括百分之四十四點五，為護岸工程，與我國黃河、永定河之治理，重視堤防，以穩定河流，用意吻合。換言之，治理河川，旨在穩定河床，在某種河線與斷面之下，力求達到下列一項以上之目的：

- (一) 排除洪水壘，力求迅速安全。
- (二) 有效地沖走懸浮泥質與沉澱物。
- (三) 穩定河床使河岸沖刷減至最少。
- (四) 供給足夠之水深與完善之水道，以利航行。
- (五) 使水流經過一定之路線。

第三節 水位與河型

(一) 水位分類：

河道水位有高中低之分，規劃治導，亦各不同，茲分別研究之：

(1) 低水位治導：

低水位治導目的，係在增加低水深度以供航行，亦可謂「深度治導」。通常建築一羣高度僅及於低水位之「低丁壩」，縮狹河身，以達此目的。此種丁壩，自成組合，亦可由治理中水位之丁壩延伸而利用之。若遇第二次旋迴 (secondary meandering) 型河身，發展在中水河床之內，則低水治理工程除有增加水深作用外，尚可兼作治理河床之用，尤其在河身「交段」(crossing) 之處。具有適當之低水丁壩後，中水以下之河槽斷面均為複合形。

(2) 高水位治導：

此項治導旨在供給有足夠之河流斷面，使最大洪流能迅速排洩無阻，故必須明瞭河線形狀與兩岸隄防高度以應付已知之洪水量。雖有時截灣與深深工程，亦有助於排洪，但總望河床穩定，水納正軌，故亦可稱為「洩洪治導」。此項工作之重點，在隄防與中水河道之距離，以及隄防之定線等問題。隄防與中水河道之距離，可以控制，并容納洪水量之面積，此距離之遠近，以及隄防之高度，究需多少，必須根據所考慮之洪水量大小而決定。隄防之定線，至為重要，對洪洩以及低水位治理，均極有關，照一般經驗，在隄防凸曲處之下游，常有漩渦發生，因而減少排洪之有效斷面，自宜力求避免，故隄防必須較中水河道有更平緩之彎度。

(3) 中水位治導：

中水位治導，爲治水中最重要之一環，蓋任何河牀形狀，河線或斷面之變更，必須經過一年或數年期中河床最大時河流水位而建立，此最大建床水位 (*maximum bed building stage*)，每在中水位左右，因此中水位治導爲高水位與低水位治導計劃之基礎，其目的在改進河床之形狀，與加強輸送淤沙之效率，以保留良好之河床斷面，故中水位治導，亦可稱爲「排砂治導」。

(11) 河型研究：

(甲) 蜿蜒型：

蜿蜒型之河道爲沖積河流中發展之最後表現，故河道治導，每以此型爲研究對象。法國工程師法求 (Fargue) 整治加隆河 (Garonne)，對此型河道有深切之認識，著名之「法求治河定律」即集其工作經驗所得，至今仍爲治河工程師所重視 (詳見第四節)。不論蜿蜒之成因如何，誠如費禮欽 (J. F. Friedman) 在維克斯堡水功實驗場所得之結論，謂由於移動中之押運質負荷過量及水流偏向一岸之發展所致，尚有一點爲工程師們所公認而同意者，即蜿蜒型之所以成立，自有其一定之形狀與尺度。此種形狀與尺度，尚係隨河川之流量、坡度及河床河岸之土質如何而定。雖至今對於數量上之關係，尙未覺得其數字，但此種事實，無論從天然河道之觀察或從模型試驗所得之結果均可證明。茲將河道蜿蜒試驗之結論綜合討論之：

(1) 沖積平原上河道之蜿蜒型態必爲一連串之反向曲線，而兩曲線之間必有一短直之河段聯接之，

名之曰「交段」。在彎曲之頂點或其相鄰處，河道水深最大，過此逐漸遞減，至交段處為最淺。如上下段土質相同，流量固定，則前後所發展之蜿蜒河槽，其曲率、長度、寬度與深度當為一致，在模型試驗中可重覆出現。英格列斯(Ingles)與麥里卡(Josillier)兩氏表示蜿蜒帶之寬度(一曲線之頂點與相鄰反向曲線頂的切線距)與蜿蜒之長度(一曲線與相鄰同向曲線之切線長)以及河道本身之寬度，約隨流量之平方根而變化。

(2) 蜿蜒型態每隨流量、坡度、河岸與河床土質之變更而改變。普通彎曲之大小、長寬度以及彎曲度(裕線及其直線距離之比)均隨流量或坡度之增加而增加；泥砂沉澱或河岸冲刷之增加，可使河流坡度與寬度增加，但使其深度減少。

(3) 蜿蜒之每一型態，往往受下列三種密切因素之共同影響：(a) 流量與河道之水力關係。(b) 河流中之含泥砂量。(c) 河床河岸之冲刷性。三者間之關係至為複雜，蓋無一能完全脫離其他二者之影響也。

(乙) 非蜿蜒型：

河道之治理，多應用於蜿蜒型河道，以期達到穩定河床與改善航行之目的，然而天然河川決非全部蜿蜒河道，每多良好之直線，但其中水道常被暗礁洲割據分成二支或若干支流，亦可謂造成蜿蜒階段之前奏。故在該處冲刷灘洲，使成爲蜿蜒型之單流，否則該段河道必無法在灘洲處維持最佳之深度，惟有遵循

蜿蜒定則，河道始能達到平衡之境地，此即治河之理想也。

非蜿蜒之河道，乃指河床淤積或冲刷者而言。任何建在河床冲刷型之治理工事，終必受河床冲刷之影響而毀壞，因河床冲刷爲此類河道之特性，故必採取其他適宜方法以改進河道之坡度，如築堰或加以「渠化」等始克奏效。渠化並不單獨限用於河床降低之河身，在必需之時亦可用之於航運，例如德國之萊茵河與美國之密西西比河，均僅加以整治，繼則實施渠化。

河床逐漸淤高之河道，可先由穩定河岸得到初步之改良，但除非此種河岸穩定或淤沙減少後，能使河道變爲能够應付此後加入之淤沙，則治導工程日後仍不免被淤沙所掩埋或被水冲毀，因此治理工事必與上游之水土保持工作，相輔而行，方可奏效。

第四節 治導原則

治水原爲一種複雜之技術問題，不僅對水文、氣象、地質等有密切關係，即對水中泥沙，有懸移質(suspended load)或押運質(bed load)之分，因之有曳引力(tractive force)與臨界曳引力(critical tractive force)之研究。自十八世紀以來，歐美水利專家悉心探討，從實地經驗與模型試驗，發明許多理論、公式與定論，因偏于學理，超出國民常識範圍，故暫從略。惟歐美治水名家所貢獻之治導原則與治河實得之經驗，至可寶貴，至今仍奉爲金科玉律，特分別蒐列于下：

(一) 法求定律：

在十九世紀末，法求由治理加隆河所得之經驗，提供其治水原則，至今水利工程界仍奉為南針，雖不具數量性公式性，但所提實之各項定律均合水理而適于實用。法求對河流自然特性，有下列之認識：

(1) 河道之深槽靠近凹岸；

(2) 凸岸附近，河水必淺；

(3) 河彎愈銳急，則河槽愈深，而凸岸沙灘突出愈甚；

(4) 最大水深在曲度半徑最小處，最小水深在曲度半徑最大處；河道最淺之處在轉角段；

(5) 設河軸之曲度漸漸變化，則河底截面亦成有規律之形態；

(6) 若曲度變化愈銳，河底高度參差亦甚。

法求深知治水必須順水之性，因勢利導，為最重要之定義，與我國潘季華之言：「水有性，拂之不可；河有防，弛之不可；地有定形，強之不可。」實相符合。法求就一般河流特性，訂有下列定律，凡應用時，必須審察實際情形隨機應付，尤須瞭解河床河岸之變遷，沙礫推動之情形，挾沙量之多寡，沙礫之大小以及其他有關水文之測驗。

(1) 欲使河槽穩固永久，兩岸須成蟬聯曲線，凸岸與凹岸相繼，中間以直線段連接之。

(2) 欲使河槽深度適合一致，其彎度不宜過大或過小。

(3) 欲使河槽整齊規律，河彎曲線應成漸替式，即自直線段（切線）兩端開始，曲度逐漸增加，以達河彎頂點，復漸次減弱，與次一直線段相切。

(4) 兩岸距離須隨其地位及曲度而變異，彎之急者，其距離宜增，彎之緩者，其距離宜減，在轉向段為最小，在河彎頂端為最大。

(5) 在過渡段，兩岸曲線之轉向點，不宜直對，由凹易凸岸之轉向點，應在其對岸轉向點之上游，兩點之間距，似與該段之河寬有關。

國際航運第十五次會議討論河川整治與渠化工程時，曾作下列數點結論，頗有助於法求定期之應用，茲擇要譯錄如下：

(1) 在求維持適宜深度，如遇物質上與水理上變化時，必須保持在水文狀態以及其他為公用水流之環境所限定範圍之內。

(2) 為使所得結果儘量接近於實際起見，對於計算坍塌與淤砂移動之應用公式，其有關係數，可自該研究之河道推定之。

(3) 整治施工之前，對河床上或懸浮水中物質之移動，及沙洲水深與水位變化之關係，加以詳細觀測，尤其對沙質河床之河流，在洪水時流速增大之情況下，最為重要；不論在工程進行期中或工程完成後，亦須以同一目的繼續觀察，不可間斷。同時，對河道縱橫斷面，亦須加以測量，在能表現特性之時期，

尤爲重要，如低水時，中水時，或洪水過後。

(4) 縮狹河道可使河床坡度減低，已爲公認之事實，亦可由已交治理之河道作普遍之證明。凡如此之坡度變化，可預先參考所有天然河道之資料，作最近似之推算。

(5) 如果瞭解河道之特性，並對於由觀測與實驗所得之結果加以研究，則法求定律之真實性乃可推定。

(二) 恩格斯原則：

德國恩格斯教授，名震全球，爲水功試驗之首倡者。從其模塑治水數十年經驗，提供下列治水原則：

(1) 河工建築物，應與該河之天然性質相符合；而建築物之地位，亦不可違背該項工程之原旨。

(2) 治理河道，不可僅觀察表面之損害狀態，如河岸之崩坍，河床之淤積等，務須探求其致害之因，然後謀補救之方。

(3) 河川之水流，在洪水期內，須力求避免災害，在低水期內，應力求利用。

(4) 沿導河流應保存其自然現象，不可強變原狀；但河流分歧之處則屬例外，蓋非壅塞不足以強幹。

(5) 加速推移物質之運動，並非合理之方策，僅可於必要時行之；低水期內顯露之沙灘，並非推移沙礫運動不能通暢之表示。

(6) 治導河流，專恃濬挖，非治本之方；隨挖隨淤，難見成效。

(7) 治理航運之主旨在增加水深，水深之增加，有時不可僅恃河工建築物之功效，須先施行人工之浚挖，有建築物之佈置適當，即可以保持浚挖深度，不致再有淤積。

(8) 水流速度如驟然減小，即易發生弊害，蓋流速驟減，其含著之一部份工作能力，無從消耗，勢必侵蝕河床，冲刷為患。是以改小流速之先，應設置相當之建築物，以預防冲刷。

(9) 河床如發現深槽，應精密查考，是否由於天然，抑由於河工建築物之不合而致冲刷成槽，先探其源，再謀補救。

(三) 寇萊同 (Girardon) 原則

繼法求之後，法人寇氏，從事治水工作，尤注意于航運在洪水退後，河床發生變動，仍欲以維持必需之水深，曾訂立下列三原則，實施于法國諸大河之治理，收效甚宏。

(1) 集中水流於中水河床：

荒廢之河床，水流散漫，河道分歧，故治理工事，首重塞支強幹，其法為築堵壩以塞歧流，俾水流集中。堵壩頂高約相當於中水位。計劃時河岸線及河軸線之改正工事（即丁壩順壩及腰岸等），亦應兼顧，蓋初為集中水流之用，將來可利用之作固定河床之建築物也。低水河床凹岸河彎頂點，即可以中水河床之堤岸範束之。關於建築物之佈置以及河線之規劃，皆應兼籌並顧，設計中水河床時應顧及將來低水河床之改善，庶可節省工費，收效較速。中水低水及洪水河床，皆不能受挾沙之影響，以免河床之變遷。

(2) 固定深槽及淺灘：

欲固定低水河床，先宜固定河變之深槽，河變之曲度應有適當之半徑，以河變曲線之頂端為起點，曲度半徑向上下游逐漸增加。深槽處之凹岸常須建順壩，壩頂略高於低水位，壩脚須堅固以防被掘崩坍。在凸岸則任其自然，凸岸形成沙咀，流速遲緩，有時建築丁壩以改正河線，使成規律之河槽。淺灘之固定係於深槽工事實施之效果，深槽固定，則淺灘亦漸趨穩定，其寬狹不一者，用丁壩範圍之。

(3) 改正淺段：

兩深槽間必有一過渡段，過渡段有優有劣。優良之過渡段，其高仰之河底與河軸略成垂直，水流經過，順流而下，形如一小堰。轉向點地位之決定，頗為重要。河軸之曲度半徑自轉向點向上下游漸漸減少；但其漸減之速度，向上游者較向下游者變化稍緩，此為法求所特別指示者，蓋非如此不足以使水流暢洩而下，以免二深塘重疊之虞。改正淺段之建築物，不外順壩丁壩及潛壩三種，欲得一優良之河道，須使軸槽截而成三角形河床，三角形之頂端近凹岸，在轉向段成為梯形河床，河軸位於中點。低水河床截而為計到中之一主要工作，須使淺灘加深而深槽加寬，其方法則為縮狹淺灘及防止深槽之冲刷。淺灘縮狹則上游水面增高，水漲之時深槽冲刷因以減少，而淺槽比降愈大，有冲刷之可能。欲淺灘河床之加深，輒以丁壩縮狹河面，丁壩之佈置須顧及淺灘段之水流方向，而丁壩之高度，則須在中低水位時足以引導水流。欲使深槽之深度減小，首宜加入凹岸之曲度半徑，修正銳彎，繼則改平凹岸岸坡，必要時在凹岸築順壩，並削平凸

岸及改正凸岸之河底。河底之坡度仍須使重力足以平衡橫流所生之押轉力，以免泥沙之遷移。直接用潛壩改正深槽之深度，頗爲有效，但不可操之過急。

(四) 德國維賽河治理原則：

(1) 新姆氏 (Sympher) 之意見：治理之準備工作先觀察河道現狀及其相關之情況。選擇整齊之河段數處定爲模範段，長期觀測，黏作中水或低水橫截面計劃之依據。計劃之時先確定比降，規定各段比降之最大限度。比降過大之河段，應設法降低之，比降適合者，僅須略加整理。比降既定乃進而規劃橫截面，應顧及水流之暢洩並航運之需要。航運所需要者爲充足之水深及水面寬度。橫截面約爲拋物線形，視挾沙量之情形而規劃之。在同一河段內流量不變，比降弱則截面大，比降強則截面小。在同一河段內應採用劃一之河底寬或水面寬，設河床之寬度不變，則比降強者兩岸應較峻削，水面寬度較小，比降弱者則兩岸坡度平坦，水面較寬，若水面寬度一律，則比降強者岸坡坦而河床狹，比降弱者岸坡峻而河床寬。爲求航運之便利起見，比降強之河段，河床應寬大，而兩岸宜峻削，如爲便利直洩則反是。是應分別輕重斟酌取捨者也。維賽河之標準截面，在平直及平緩彎曲之河段，如拋物線形，在急彎河段爲三角形，凹岸坡陡而凸岸坡坦，銳彎兩岸坡度之和與平直段兩岸坡之和相等。設平直段之岸坡爲一比七，則急彎段凸岸爲一比一，而凹岸爲一比三，是爲河流之天然現象。淺灘段之橫截面，應視比降之強弱，酌量減小。在比降大岸坡坦之河段，可將岸坡改陡，保留河底寬度而減小水面寬。在比降弱之河段，則改小河底寬，將岸坡