

大學用書

河工方略

余家洵編著

.6

正中書局印行

大學用書

河工方略

余家洵編著



正中書局印行



3 0527 5264 3

弁 言

河工學，非新興之科學也。自禹之後，治水之人多矣。其以治黃河名世者，如西漢賈讓、東漢王景、元賈魯、明潘季馴、清靳輔，皆能洞察水性。其所主張，往往與近代科學理論相吻合。惜多不詳所治之法。至元賈魯治河，歐陽玄就魯問方略，作至正河防記，其疏濬埽岸堤工之法路備。及明萬曆潘季馴著河防一覽，對於治河之方略更備。夫治水非徒法也，因乎地形，察乎水勢，而加以精思神用焉。然規矩備，有所依據，不更佳乎？此河工方略編著之動機也。

中國之治黃河也。其歷史有數千年之久，而河卒未長治者，蓋以治河者但囿於局部之整理。如北宋治河，欲以限制契丹，明代治黃，意在疏通漕運，俱未能根絕病源，求一勞永逸之計。且多但知防，未可以言治也。昔裘修常奏：「治水當先審其受病之由，再論治病之法。就一縣一府而言，病有其處，合一省而言，則不然。就一省而言，病有其處，合數省而言，又不然。若僅於一處受病處治之。而下流之去路，未清，則為患滋甚。」旨哉言乎！且治河云者，不止祛害已也，必兼及興利；如發動機械也，潤澤禾稼也，便利航運也，均為福國利民之要圖，又豈止防止氾濫已哉？

余嘗瀏覽我國治河紀載，歐洲河工專集，摭拾其精華，納之一帙。俾讀者得相互參照，庶既能兼古人之長，又能補古人之所未備。特河性善變，宜於今者，或不必膠於古，適於此者，未必合乎彼，是在從事河工者之因勢利導，因地制宜也。

中華民國三十一年秋江右余家洵識

(1)

目 次

第一章 緒論	1
第二章 治理河源之要義	10
第一節 森林農田對於流量之影響	10
第二節 天然或人爲之蓄水庫	11
第三節 荒溪之治理	14
第三章 不通航河流之治理	17
例題	23
附錄一 挾沙山溪之治理	36
第四章 通航河流之治理	46
第五章 治河方略	50
第一節 裁彎取直	51
第二節 河汊之處置	52
第三節 支流河口之治理	55
第四節 湍流	55
第六章 河工材料及建築物	56
第一節 河工材料	56
第二節 梢工	58
第三節 沉排	59
第四節 沉樹	61
第五節 浮壩	61
第六節 潛梢	62
第七節 編籬	62
第八節 梢籠	62

第九節	鐵絲籠石籠竹籠	63
第十節	插枝種草	64
第七章	河工建築物之種類及構造	64
第一節	概要	64
第二節	丁壩	65
第三節	順壩	71
第四節	活動之束馭建築物	73
第五節	護岸及護底工程	80
第六節	丁壩與順壩之比較暨各種建築物述評	82
第七節	河工建築物之輔助工事	82
第八節	治河工事與河性	84
附錄二	治河工事與河流利益	87
第八章	河口及其治理法	90
第一節	概要	90
第二節	潮汐弱之河口	93
第三節	潮汐強之河口	99
第九章	堤防工程	111
第一節	堤之功用及種類	111
第二節	海堤之位置橫斷面及高度	114
第三節	河堤之位置橫斷面及高度	115
第四節	築堤之材料及築堤法	117
第五節	堤之養護及防守	119
第六節	堤之附屬建築物	122
附錄三	縷堤考	123
德華專門名詞對照		127
參考書籍		131

第一章 緒 論

治河有兩種絕不相同之問題：一在求水流之通暢，對於沙石之宣洩，祇研究其對於水量宣洩之影響。凡以農田利益，水力運用及市政水利為主，非為求充分之航水深者，類如是。

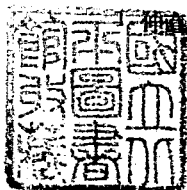
另一問題，則在力求河槽之深度大而均勻，即須使沙石之移動合規，尤以在中水及低水時為然。故河流之冲刷力甚形重要，對於水量之流動，祇研究其所致之冲刷力如何而已。於此不在求水量之流動一致，而在求沙石之移動一致。因河槽之各橫斷面非一致者，欲達此目的，惟有使水量之流動不一致，故須變動河流各段之比降（Gefälle）以適應之。凡河流之深度充裕而能通航者，類多須使沙石之移動一致也。

析言之，此兩問題所包括者，計有下列八項：

1. 防洪。
2. 冲淤，即增加河深，間或降低地下水位。
3. 促成淤填，即提高河底。
4. 改良航水深，或增加航水深。
5. 求流量分配之合當。
6. 利用水力。
7. 減少冰凍損失。
8. 便利灌溉及排水工程。

以上八項，亦即河流工程之目的也。至於改善河道之工作，多可分為下列三種：

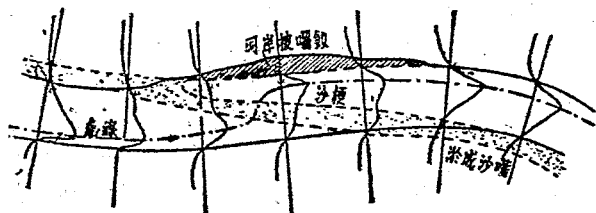
修直河道，結果比降加大，河床刷深。



2. 固定中水河床。

3. 導水流於固定之河槽內，使水深充裕而均等，以利航行。

天然河流，恆為蜿蜒彎曲者，河灣凹岸被水流啣蝕，該處沙石之沖動過劇。凸岸方面，沖刷力薄弱，積成沙嘴。兩灣過渡處沖刷力中



第 1 圖

等，則淤成水下沙梗(第 1 圖)。就航行之目的言，該處之沖刷力常嫌太小也。欲期沙石之移動均勻，則必須犧牲河流深處之深度，以使淺灘處加深；換言之，即使深度均勻是也。世人恆以均勻比降，為解決此問題最佳之法，實屬謬誤，而應平衡水流之沖刷力。平衡水流之沖刷力，必求水之流動均勻，即求彎曲處之流速均勻是也。水深處之流速必須減小，在河床其他部分則須增加。河流之挾沙力(Schleppkraft)，可以公式

$$S = \alpha \cdot t \cdot J \quad \text{[公噸/公尺}^2\text{]} \quad (1)$$

表示之，或書作 $S = 1000 \alpha \cdot t \cdot J$ [公斤/公尺²]。式內 t 為水深， J 為水面比降， α 為一係數，據恩格思(Engels)試驗， α 小於 1，但極近於 1。水流愈順， α 愈大，水內漩渦愈多， α 愈小。沖刷力(Räumungskraft)之值，與此相仿。河灣凹岸深度雖較大，然造物對之已有調整，使該處之比降，小於過渡處者，俾 S 之值不至過大。然因凹岸深度之大，故沖刷力仍大於過渡處。若能藉機械之力，隨時浚深兩灣過渡處，固

可增加冲刷力；但每次洪水之後，復又淤高，故改良航道，實非疏濬所能濟事者也。即使疏濬設備齊全，仍應迫令河流自力冲刷淺灘（Furt），此可增加淺灘上之比降，以達到之。河灣中深水段（Kolk）甚長，苟將其比降略微減小，已足使兩灣過渡處之比降增加不少。蓋淺灘上之陡比降，在淺灘以上數公尺處方開始，其情形與壩正相似。其回水（Stau）遠達灣內。其下游比降雖陡，然不久即與次一灣之平緩水面吻合。是故比降平緩之段甚長，淺灘處比降陡急之段則較短。凡河床過寬之大河流，咸應縮狹其兩灣過渡處之寬度。

沙石之推移，隨水之動能 $\frac{mv^2}{2}$ 之大小而變更，航行之阻力，亦繫於此。在河流中，若有數點之流速增加，自能發生不良之影響，但甚微，且其範圍亦不廣。苟枯水時之航水深增加，自為航行者所樂受。經過淺灘時，並不必增加拖輪之機力，僅須行駛較緩即可。但在灣內則能速駛，蓋該處之流速減小也。因水流速度之不均，拖輪所耗能量略增，但因船隻載重之增加，河流之航運價值則必大增。

治河者務須明瞭治河之基本原則，庶可免工程上之重大錯誤。局部之錯誤固所難免，但可無礙於治河之全局。關於增加比降之方法，後當論及，此處所擬指出者，即其恆須改造河床是也。

水流之情形，影響河工方略至鉅。在規劃治河之先，必須明瞭河性。水之流動非為有順序各層平行前流者，恆迴旋滾動，因之流速時變。因流速之不同，故水面形狀亦異。設有近於直線之河身一段，其橫斷面為盆狀（muldenförmig），則中部水流最速，靠兩岸最慢。近兩岸之水，因水與水間之摩擦，被帶至河之中心，由緩慢之邊流（Randbewegung），逐漸變為迅速之中流（Mittenbewegung）。因水量趨向河中心，故水面由兩旁向中心漸降，而成橫比降（Quergefälle），所謂橫溜（Querbewegung）。

此種現象，不僅發生於水位固定之時，水位降落時亦然。惟水位

上漲時，則適相反，觀乎舟楫在漲水時漂向兩岸，是其明證。

因橫溜而生漩渦，遂使兩岸逐漸被侵蝕，如第 2 圖所示。河床土



第 2 圖

第 3 圖

第 4 圖

質，尠有均勻一律者，故整齊之橫斷面遂逐漸變為不整齊者，而為彎曲之肇始。因彎曲而橫溜增劇，益以離心力之關係，大溜趨河灣凹岸，該處水流較速，凸岸水流較緩。因水量趨向凹岸者較多，故凹岸之水面乃高於凸岸者，形成所謂單面橫比降 (einseitiges Quergefälle)。水面既非平衡，則水內壓力之分配，自不均勻。凹岸之水，受壓先由水面垂直下降，循河床流向凸岸，復由水面流向凹岸，成為橫溜 (見第 4 圖)。凹岸河床被其冲刷，在洪水時尤甚。如為黏性土壤，則岸腳被沖洗，洪水期內，岸土受水之反壓力支持，尙不至遽爾崩坍，水退後，遂隨之崩潰。如為沙土，其情形亦類似。洪水時沙土飽含水量，迨水位降落後，岸內所含之水源源流出，細沙隨之，以至坍塌。日積月累，因河灣凹岸之崩坍，原有之彎曲，繼續增劇。被沖去之沙土，

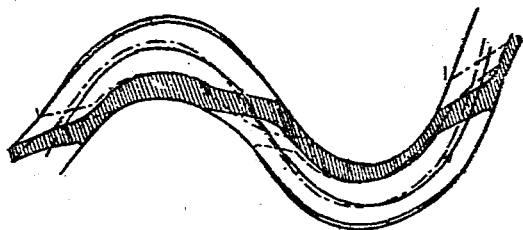


第 5 圖

復聚積於緊接河灣凹岸之下游，形成沙嘴，益足以促成河道之蜿蜒曲折也

(第 5 圖)。

沙石僅在洪水時移動不斷，是時沙石為水流挾趨最短途徑，經恩格思之試驗，證明沙石由凸岸向凹岸移動，於兩灣過渡處斜越河身，由此岸趨向彼岸(第6圖)。洪水時，凹岸水深處與兩灣過渡處之

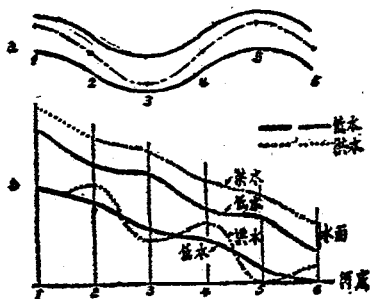


第 6 圖



第 7 圖

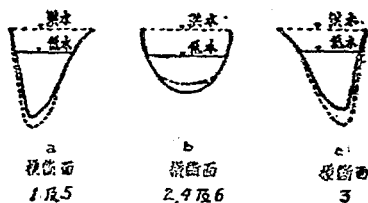
比降幾相等，迨至低水，水流在河灣凹岸水深處所遇之阻力最微，故其流向與沙石所就之道適異，由凹岸流向凹岸，在兩灣過渡處與沙石交叉，而為之所阻，水量積聚，結果將沙石沖去(第7圖)。在低水時期，沙石大部停止移動。



第 8 圖

吾人僉得河床在洪水時變遷之程序如下(第8圖 a 及 b): 在洪水之時，凹灣刷深，無利航行，蓋過深也。而兩灣間之淺灘填高，成

爲沙梗，在洪水時期無礙航行，至低水時其弊方顯。是洪水期內，航行乃較便利。是時雖河床坡度顯有變動；而水深差別，比較微小，水面比降頗均等，沙石移動亦通暢。洪水愈降，水面比降之區別亦愈甚，凹岸水深處，比降平微，淺灘之上，水流壅滯，比降較大。沖刷力大都全部減小，惟凹灣之內，較淺灘之上爲甚。低水期內，凹灣內淤填，兩灣間之淺灘，則被沖刷，河床坡度之差別，因之亦減。第8圖示洪水時期及低水時期水面與河床變遷，第9圖示河床之橫斷面。



第9圖

河流所挾沙礫，關係治河計劃極爲重要，河流泰半源出山中，山中巖石時有崩墜，上游水流湍急，沙石隨流而下，故每值暴雨之時，恆能聞溪流內激石之聲。愈至下游，石塊亦愈碎小，其笨重

者，須俟大水方能沖動，細小者，則隨流而下。沙石之推移，繫於水之挾沙力，如水之挾沙力逐漸減小，則沙礫中顆粒較大者，最先淤積，細者繼之，最後則爲細沙，故河床內淤積層次，恆至有規律。

下游河內之沙石，非盡來自上游山中，而泰半由於河岸之沖刷坍塌而來。至於由山中沖來之沙石，則逐漸淤於中游，觀乎洪水後河灘之爲沙粒所掩覆，卽足證明之。另一部則於磨成細沙後，隨流入海矣。

吾人對於河道變遷，所作重要之觀察甚多，譬如沙帶 (Geschiebebank) 之常變更其位置者，多發現於平緩之河灣內或直段內。因沙帶之位置時變，故河流之谿線 (Talweg) 亦變。直段內每經一次洪水之後，沙嘴卽向下移動一次，但仍附着於同一河岸。移動之距離，則視洪水之高度與久暫而異。

河流之發展愈良好，則沙帶之位置愈固定，但當水位高，流速大，挾沙力增加之時，凡屬能移動之沉澱物，均被沖動。據德國奧德爾(Oder)河之船夫云：洪水時撐篙，必須先穿過一厚約30公分之游動沙層，方能插着實地。迨水位降低，水力不足以移動較大之沙礫，此種物質，乃先行下沉，繼之以較細者，再次為更細者，已如上述，故智慧之淘沙者，常可隨心所欲，淘取粗沙或細沙。因細沙沉澱於最上層，對於兩灣過渡處，實頗有利，蓋流速稍增，即易沖動。但因較粗之沙礫淤積於下，故沖刷至某一深度時，即不復刷深，至此深度，兩灣過渡處為所謂鐵板沙所保護，若加淺濶，則向者固定之沙帶，反有移動之慮矣。

凡挾沙河流，幾無一不有沙帶，尤以在支流匯入處之下游為甚。該處水面比降突變，成一比降屈折之點(Gefällsbruch)，已足使幹河為其所擾，加之復有大量沙石輸入，視水量之增加為甚。新增之沙石，必更向前移動，而淤於適當之處。即施以治理，使沙帶及航道之位置相當固定(於每次洪水後恢復原有航道)，仍不能阻沙石之移動。是以除極少數之例外，不可以此為治理之目的。蓋固定航道，正須使來自上游之沙石，繼續向下移動也。固定沙帶之可能性，則與挾沙量及其性質、水面比降、河內流量及河流之大小，均有關係。

在洪水時，觀察沙石之移動，殆不可能。對於沙石移動之實況，今日所知者仍不多，而亟須更肯切之剖明。在德國拜雍(Bayern)邦及奧國，因地勢多山，河流挾沙問題，較諸德國北部平原河流為重要，故對之曾作較深之研究，然仍不足以語詳盡也。據其所得經驗，知最高洪水位(H.H.W.)，非為判斷沙石移動之主要因素。最高洪水位為時甚暫，故其影響較其他水位為微，在其他水位時，沙石亦移動，祇較緩耳。不顧及水位之觀察，實為完全謬誤者。

欲明瞭沙石移動情形，須先明下列數者：

1. 沙石開始移動時之水位，如此項水位未經觀察得之，則可按奧國水工研究者，蘇克力許(Schoklitsch)與沙芬納克(Schaffernack)之試驗結果估計之。

2. 數種水位時之挾沙量，若估計不可靠，則有三、四理論之數字亦可，但其中一、二數字，必須經實測證明。

3. 流量頻率曲線(Die Häufigkeitslinie der Wassermengen)，俾能於其上加繪挾沙量頻率曲線(Die Häufigkeitslinie der Geschiebefracht)。

於是可於挾沙量頻率曲線之尖點，讀得造床水位(bettbildender Wasserstand)。所謂造床水位者，即一年內挾沙量最鉅之水位。而某兩時間內之面積，即示該兩時間內之挾沙量(見後)。經過工程之改造後，造床水位能因之稍變，但河床不變時，或未施浚濬工事者，總挾沙量必不變也。

經過治導後，即淤積之沙帶，極有規則，每次洪水後，舊航道之位置不變，然因新沙石自上游流來，究不能免沙石之移動也。

就大體而言，河流之水面比降，常與沙石之種類相稱。在上游沙石大，比降亦大，致水流能以移動巨石。比降減小，沙石之大小亦減，比降與挾沙之間，宛如互相默契。若有橫斷河床之暗礁，致比降屈折者，則比降驟變，不復循此定理，此種地點，亟待加以治理。

治河之目的及方法，視河流之種類，或各段情形之不同而異。如為不通航之山流，則着重於防止氾濫，並防地下水之過低，不僅在保護濱河地帶，更須防止挾沙量之增加。如為通航河流，則應使其有整齊之橫斷面，及均勻之水深。但若河流不通航，則河床之勻整，較非重要，祇求兩岸因此而受之災患不鉅，及不至因一段河床之參差，而影響次一段過甚。總之，治河不可操之過急，以免發生意外之禍患。治河無須有致學上之精確度，昔人所謂治河乃一種藝術，誠非虛言。

今日較之往昔之進步，在有不少學理之發明，若干定義與原則之產生，足資遵循。德人恩格思曾立治河原則數條，可稱近代治河經驗之精髓，爰譯之於下：

(1) 在施工前，詳察該河流之性質，所施之工程，必須適合於該河道。

(2) 河流之病，如冲刷河岸，刷深河底等，不應祇治其標，而應研討其病源，惟有根絕病源，方能收永久之效。

(3) 力求水流在洪水時為患最小，在枯水時為利最大。

(4) 力避勉強改變現狀，而須在可能範圍內適合現狀。河流之分歧者，則屬例外，如事實許可，應堵塞支流。

(5) 除特別之情形外，河流之冲刷力，不宜令其加強。枯水時露出之沙帶，非為河流挾沙力不足之表現。

(6) 單恃疏濬非治河良法，因其乃治標非治本也。

(7) 通航河流，欲藉治河工事改善之者，如增加航水深度，不可專恃建築物之功效，宜輔以浚深。苟治河工事設計得當，則浚深深度得以維持。

(8) 驟降水流速度，乃有害者，因足使其剩餘動能，冲刷河底，故河流橫斷面突變之處，應有防止冲刷之措置。

(9) 若發現冲刷過甚之處，不論其由於天然或人工，必須填補冲刷之處，並固築河底。

綜觀上述，治河之目的，在暢水流，調劑流量，減少沙礫，求沙礫移動無阻，在通航之河道內，求有充分之航水深，其他等等，已於章首言之矣。

治河之法，不外規定河槽橫斷面，調整河流比降，護岸及護底等工作。其最大之困難，厥為低水量及洪水量之懸殊，大凡河流之病均在此，而並非由於橫斷面及比降之不合，亦非由於彎曲過銳及挾沙

量之未事調整也。

第二章 治理河源之要義

第一節 森林農田對於流量之影響

河流水量，基於流域內之雨量。河流源出山中，該處雨量最大，所生影響亦至鉅。故明瞭發源地情形，為治河先務。欲言治河，應作通盤之計畫，而不可囿於局部之改革。並應研究森林、農田所生之影響，以及建築水庫，或利用天然湖泊蓄水等對於調劑水量之功效。

深山之中，冰雪始熔於春末夏初之時，對於水量已具有相當調節之作用。冰山(Gletscher)之功效，與水庫相仿。在河流上游，能否建築水庫，及其是否合乎經濟，胥視地形及地質如何而定。在渭河上游，曾有人擬議於寶雞峽建築水庫，惟渭河含泥沙甚鉅，水庫之淤積，頗為難解決之問題也。

天然湖泊，如岷江上游之疊溪，計分上、中、下三海。疊溪乃由山崩而成，堵塞水流，形成天然之蓄水庫。都江堰流域以往賴以無水旱之患。迨民國二十四年，疊溪之一部因不勝水之壓力而崩潰，曾蕩沒田舍無數，而都江堰流域自是不免旱潦之災矣。

洞庭、鄱陽二湖之於長江亦然，因湖濱開墾，近年兩湖淤塞，長江流域因之時有水患。

因人民生殖日繁，所有耕種之地漸不足用，或因水旱盜賊之煎迫，棄故土而墾荒山中。刊樹木，平坡澗，以為耕地。易林為農，夷山為田，山坡或溝澗間荒地既成為農田；若遇驟雨或久雨之後，洪水暴發，急湍下流，坡澗土壤被沖入河，河流之挾沙量愈增，山坡之土壤漸薄，乃氾濫之成因，亦治河之障礙。夫山坡宜植林，平原宜耕種，殆屬定論。政府對於墾山，宜專取締。德國規定耕地坡度至十五度為

止，牧草地至十八度爲止，過此統屬於森林地，可資參考。蓋地面斜度常能影響農作物之產量，地勢愈高峻，生產力亦愈減也。

美國密西西比(Mississippi)河河工局長頗特(Potter)氏所作治理該河之建議有云：「與其植林山嶺，不如墾殖其地，卽不然，任其滋蔓可也」。以爲熟地與草地阻止雨水下流之功效，皆較森林爲大，其言殊發前人所未發。福利門(Freenan)氏之意，以爲此當視地面之斜度及土壤之性質而判，不能概括言之。

美國北加羅利那(North Carolina)州在過去之三十年中，從事開墾，成績甚著，其法係將山地墾成階級，每級之寬自 20 至 100 呎(約 6.10 至 31.00 公尺)不等。此項墾殖法之原理，乃在沿層次線(亦稱等高線)之地位，施以墾殖，庶使雨水因階級之故，不能直接下流，而有充分滲入土中之機會。故名「層次墾殖法」(contour plowing)，卽所謂梯田是也。

森林對於洪流，多具調劑之功效，使暴雨不至一瀉直下，又阻冰雪之熔解過速，是故森林砍伐後，必須重事種植。

在深山中，森林之作用是否恆有利，頗滋疑義。就大體言，森林爲有益者，則不容否認。若干河流因其上游富於森林，林中冰雪延緩至與深山中之冰雪同時熔解，致使洪水增高。設上游無森林，則該處之冰雪早已熔解，而不至與發源地之解凍相重矣，是森林之作用爲不利也。但在夏季，則其作用仍爲有利者，蓋其阻滯雨水之逕流，對於夏季洪水仍具緩和之功用。

第二節 天然或人爲之蓄水庫

- 蓄水所以調節流量也。蓋河內流量之分配，非能盡如人意，旱潦之患，自古卽爲人類所苦，是亦造物之缺憾，而應人力挽救者也。建築蓄水庫，或利用天然之蓄水庫，儲多餘之水，以備乾旱時之宣洩，

作合理之調劑，使無過或不足，實為最理想之方法。惟蓄水工程，現尚在初創時代，尠有僅為河流利益而建築之者。多數均為利用水力所設，但欲收調節流量之全效，則利用水力，應為附帶者。惜蓄水庫之建築費過鉅，在最近將來之數十年內，難期專為河道利益而建築之。水庫不獨具調節水量，減小水位差別之功效，且能澄清水流，庫內涵淤積大量之沙石，致減少蓄水容積及功用。故在挾沙量大之河流上游，尠有建築水庫者。蓄水工程具有兩大功效，即容納洪水量以免氾濫，而於枯水時放洩之，以提高下游水位。惜此兩大功效未為一般人所認識，否則建築專為河流利益而設之蓄水庫，亦未始不可能。今日必須能供給廉價之電流，方能引起一班人之興趣也。蓄水庫在枯水時提高水位之功效，在上游最顯，在下游漸減，其故至為明顯。蓋下游河身漸寬，由庫內放洩水量，在二十公尺寬之河床內，與在二百公尺寬之河床內，所生影響之大小，自不待言矣。所幸者，下游之水流較緩，惟其功效究視上游為低。故專恃水庫而不相當改造河床，仍難收治河之功也。

功效最大者，為廣大之天然水庫，如鄱陽湖、洞庭湖之於長江，波丁湖 (Bodensee) 之於萊因 (Rhein) 河，根菲爾湖 (Genfersee) 之於羅尼 (Rhône) 河，加拿大五大湖之於尼亞加拉 (Niagara) 河是。

在我國、印度、埃及均有專為水利而建之蓄水堤堰，古人之偉績，堪資景式。此種工程，有之則水利興，無之則水患作，國家民族之貧富，胥繫於此。

湖泊間可以人工為之，特其蓄水功用僅為暫時者。其洩流量須方調節，使之均勻。並須審慎研究建築是項湖泊是否將收得相反之效果。設若某河流之兩支流，汛期不等，則不得因湖泊之阻滯，而使兩支流之洪水同時入注幹河內，

沼澤、冰山，各有調節流量之功效。發源於深山峻嶺之河流，其

夏季洪水由於冰雪之熔解，沼澤在久旱之後，能吸收大量之水，乾亢之時，亦吐出所含之水。但飽含水量之沼澤，不復能再吸收水量，是時如遇洪水，則逕於其上流去，其情形正與人工水庫相仿，必為空水庫，方能容納水量也。

近世人口密度過大之國家，不得不從事於沼澤低地之排水，或填塞池沼，以增加殖民之地。乘之交通日繁，公路、鐵路網日密，凡交通途徑之兩旁，大率掘有水溝，以容雨水之匯集，藉以迅速導入河內，此均不利於河內流量之分配者也。向者同一之雨量，一部沉滲而與地下水匯合，今則均歸逕流(Abfluss)矣。

沼澤、湖泊之排水，一方增加耕地，一方又有裨益於人民之健康，然究應視為局部之利益也。惟沼澤卑溼地之存在，就國民經濟之立場上言，非盡屬有利者，且多因國民健康上之關係，而不能不廢棄之。例如意大利 Neapol Ostia Spagna 平原，Pola-Ferrara 等地沼澤之排水面積達 900,000 公頃，改善二百萬人民之健康問題。又如法國 加斯可納(Gascogne)區之排水面積為 800,000 公頃，使每 1 公頃地之租價由 65 佛郎增至 270 佛郎，即每年增加收入 164,000,000 佛郎。荷蘭 須德(Zuider)湖之排水工程，預計需時 33 年，可得肥沃之地 194,410 公頃，增加 250,000 人民之食糧。利用沼澤地蓄水，其功效對於匯集區較廣之河流甚微，對於小河流較著。

惟天然水庫之蓄水功能，究屬有限，證諸密西西比、密蘇里(Missouri)及俄亥俄(Ohio)等河，其流域內，富於森林、沼澤，且未施排水工事，每年均有洪水為災，尤以 1913 年夏季為甚。故流域內之天然水庫，每亦不足容納非常雨量。然人工水庫之蓄水量，亦有一定之限度(限於工費)，超過此限度，則必洩水於下游，無異於水庫之不存在。故欲於大河流之流域內建築有效之蓄水庫，久已視為不可能，其應用範圍僅限於山溪，及發源於中等高度山脈內之河流焉。

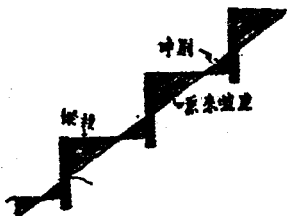
第三節 荒溪之治理(Wildbachverbauung)

水庫之爲効既如上述，但專恃水庫，尙不足以言治理荒溪也，前已述及之矣。

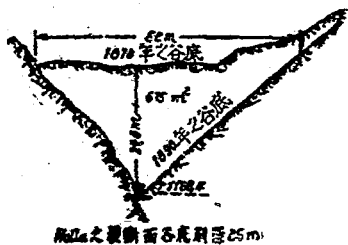
荒溪爲匯集泉流而成，全流約可分爲三區：上部爲匯集區(Sammeltrichter oder Zirkus)，在此區內，常有巖石崩墜，中部爲流槽(Derschluchartige Abflusskanal oder der Tobel)，下部爲沖積扇(Der Schuttkegel)，爲上游沖來沙石淤積而成，位於荒溪入注廣平山谷之處，因水力頓微，故沙石淤積而成一平坦廣袤之圓錐，恆寬數百公尺。所成圓錐，石礫與沙泥混雜，極爲肥沃，故多人烟村落。

成都平原乃一廣大盆地，西北隅高而東南低，土質肥厚，農業稱盛，自昔號稱天府之國。據地質學家之斷定，西川平原原係湖泊，岷江之水自灌縣流入此湖，當江源行經山中，水流湍急，迨過灌縣，水入平原，其流速銳減，所挾石礫泥沙隨地停積，年復一年，造成所謂沙積錐，即地質學家所稱之沖積扇。其扇愈積愈寬，結果互相連接，而成沖積平原，是謂成都平原。成都平原形成三角，以灌縣爲頂點，而以金堂、成都、新津爲底，面積3,500餘方里，共包括十四縣之廣。

因沖積扇上不乏村落，當不能容沙石之復又移動，及新沙石之



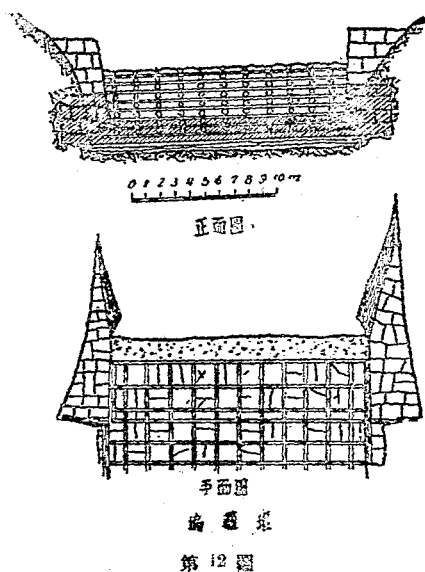
第 10 圖



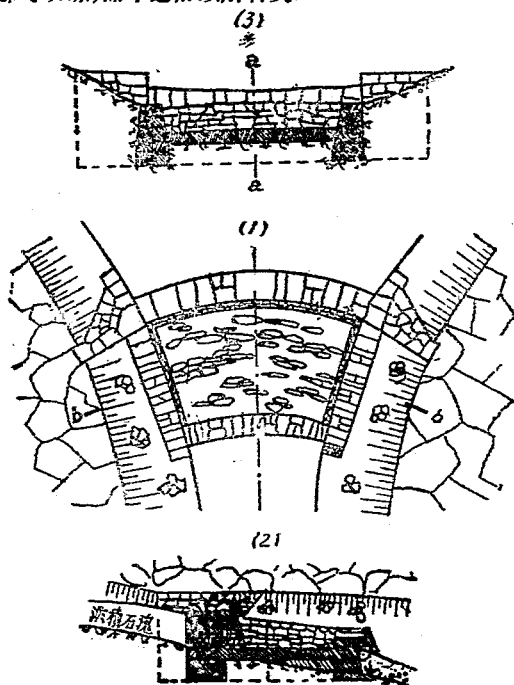
第 11 圖

淤積其上，故治理荒溪之目標，在防巖石之剝圯過甚，或兜攔沙石而令其淤積於一無礙之處。樹木或植物生長之處，石質不露，受風雨之侵蝕不甚，故其傾圯多不甚烈，則僅須擇最陡之處加以保護，如石質暴露，則必須築固之，將斜坡改成階級，編竹或樹枝為籬，填以石塊（見後），使成小瀑（Kaskaden），而殺水勢（第 10 圖）。

荒溪之底，亦常被冲刷（第 11 圖），防止之法與上述者同。於溪內每隔相當距離築堰，使溪底變成階級，堰之材料，在產木之區可用木材，否則用天然石。視具備之材料，居民之職業，運輸道途之遠近，以考慮採用之建築方式，何者為最經濟最持久。木材建築固較省，但養



護費用大，故仍以石建爲佳。僅在搶險之時，可不顧此項材料及經濟上之問題，而擇其爲效最速者。第 12 圖及第 13 圖示木建與石建之堤，觀圖即可明瞭，而不必加以解釋矣。



第 13 圖 石堤 (1) 平面圖 (2) 斷面 a-a (3) 斷面 b-b

築堤攔石，並不絕對可靠，每值大雨之後，凌汛之時，溪內石塊涵湧，勢不可遏，關徑下注，甚或壅塞山溪，致令上游蒙受水患。

此種石崩(Muren)之成因，有下數端：

1. 土壤鬆動，原為堆石、沖積之沙石及易風化之巖石。
2. 山坡過陡。
3. 洪流之衝擊。

防止石崩之法，可將溪床分築成若干跌水及平坦段落，水流在跌水處消失其一部分能量，而平坦之段，遂成為人工之沖積扇。

森林對於荒溪之影響亦甚大，惟雨量過大，則森林阻滯水量之能力亦有其限度。

水庫，湖泊，治理荒溪，保護山境，所能收之功效，亦僅限於普通之洪水，在特殊情況下，其功能亦有限。

沼澤，草地，有似海綿，乾涸時方能吸收水量，故須將其原含之水排去。

荒溪中游之治理，與上游無異，惟因沙石量增加，故所築之堰亦較大，造成水瀑，以殺水勢，亦如上述。中游之比降較微，故槽之距離可較大。

在沖積扇之上，溪流多分成數股，應歸納之於一統一之槽內，防其漫溢，及防溪床之滲漏。蓋滲漏之水，浸軟下部之沙石，苟受石崩時傳來之壓力，足以發生劇烈之震動，故山溪之槽，恆用混凝土及石塊築成（第 14 圖及第 15 圖）。



第 14 圖



第 15 圖

第三章 不通航河流之治理

不通航之河流，多為山流。一因低水位及中水位時期水量之不

足，及水位之懸殊，又因坡度之過大，以致水流過速，不能行舟。

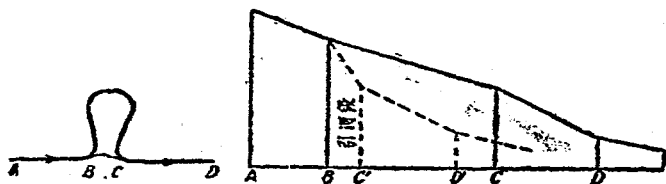
近代船隻尺寸日大，故一班小河流亦躋於不通航之列。此項河流之治理，因無顧慮舟楫航行之必要，乃較簡單。而治理之目標，可轉移於漁佃農產及工業之推進，市政水利之發展，以及水力之運用。當利用水力之時，應考慮其推廣及於全河後，是否能藉以渠化河流，而兼顧航運利益。故利用水力應與渠化河流並論。山溪洪水位及低水位之更迭每甚速，而中水位為時又甚暫，故河床之橫斷面無適合三種水位之必要。不通航之小河流，即非山溪，其水量之微，亦不足以言築置三不同水位之各別橫斷面，僅須具洪水及中水橫斷面可矣。中水橫斷面之內，即可容納低水，而不必特具低水橫斷面也（第 16 圖）。惟亦有例外，非概括而言（見後）。



第 16 圖

治理不通航河流之目的有二：(1) 在防止氾濫，故須調節流量。
(2) 在使沙石之移動暢順，使既不淤積又不冲刷。

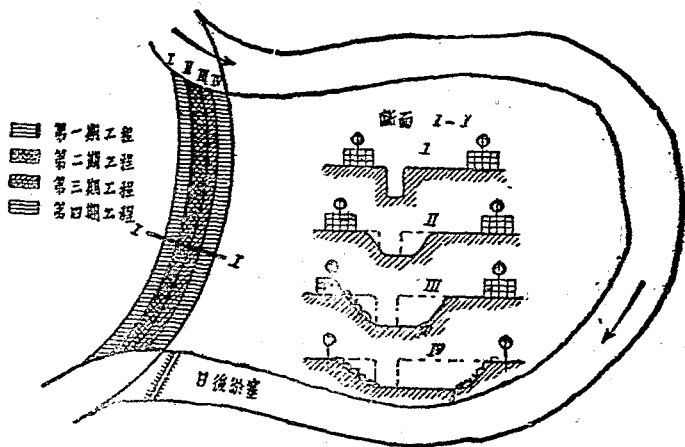
苟沙石移動不暢，則漸淤積成灘，河槽既淤塞，河水必外溢，不及早治理，將成水患，使濱河之地，成為沼澤。如為不通航之河流，多可裁彎取直（Durchstich），以增加水流之冲刷力。此種裁彎取直工程，在通航之河流內易遇困難，冲刷力增加固可避免氾濫，但應注意河床如有變更，即限於一點，亦足以影響於上下游。苟一段之比降增加，則必影響上游，間亦影響下游，上游之比降必增加。第 17 圖示裁彎取直後河床比降之變遷。新開引河之比降，常較其上下游者為大，故沙石在新開河道內流動過速，而復聚積於其下游。若開引河後，其下游啣接段內之比降亦因之增加，則沙石之停積不過稍向下移。是



第 17 圖

裁彎取直結果使引河及其上下游之水面降低，對於排洩水量固較有利，但若水位降低為有害者，則應設法提高之。

在不通航之河流內，若水流具有相當之冲刷力，則裁彎取直工程之進行，約如下述：先開引河一窄條至其將來應具之深度，引河工竣後，將其上游之橫堤整通，河內一部分水量流入引河內，因引河之比降較舊河灣之比降為大，故流經引河之水量亦較多，其冲刷作用



第 18 圖

甚大，不久即將新河床沖成。同時舊河灣內流速小，流量漸減，故漸淤塞。引河之岸坡可拋石保護之，即就預定之將來河岸線堆置石塊，迨引河沖寬至石堆之腳時，石塊即滑墜而壓於將來之岸坡上（第 18 圖）。亦可用人工挖掘岸坡，鋪之以石。引河最好略具彎折，偏於凸岸，蓋凹岸一方沖刷較速也。

如不通航河流之比降及流速均太小，則裁彎取直之工程，須人工開闢引河至其應具之寬度。但山溪比降例皆甚大，藉水力以沖開引河，多為可能者。

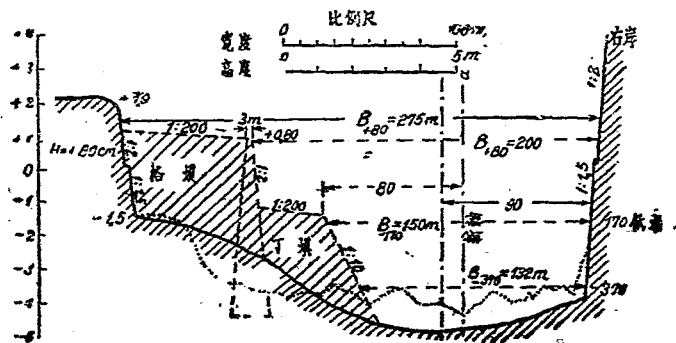
德國拜雍邦於 1888 年根據治河經驗，頒布治河條列數則，至今尚發生效力，爰譯之如次：

1. 凡具有高岸之河流，應依就其凹岸。
2. 在直段內亦應依就河岸之一邊。
3. 欲求河流線之有規律，其凸出之河岸，可任水流沖刷之，同時力求偏於凹岸。
4. 已有之建築物及曾經保護之岸線，均須特別顧及之。
5. 如河道過於荒廢，須捨棄其岸線，則新河線應就沙洲、沙灘及水淺處，以省工程。
6. 治理比降過大之山溪，如目的在排除濱河廣大區域內之積水，方可將其完全伸直，或略為伸直。
7. 在顧及農田之利益與河岸之安全及其養護下，應避免河內水面降低過甚。
8. 原來之比降如已過大，不得再事增加。
9. 河道最好為平緩之曲線。
10. 若河道沿山坡而流，坡內有泉水透出，或山坡上有水下注，則新河線不宜再依就此山坡。因河岸不能抵抗水流之侵襲，時有坍塌之虞。

若洪水侵及河灘，則不得再縮小洪水床，使冲刷增劇。合多數分歧之河股為一股，固屬有利，但在不通航之河流內，並非必要。長期減少河內流量，足以影響沙石之流動。水量之減小，或為天然者，或為人為者，天然者為汎滲，人為者如開渠引水以發動機械，潤澤禾稼，補充運河水量等，所耗水量每甚大。在引水渠入口之下游，即在所謂取水段(Entnahmestrecke)內，因水量突減，水自降落，挾沙力減小，若不設法救止，則沙石停積，弊端百出。此段河槽之橫斷面有縮小之必要，須符合下列之條件：

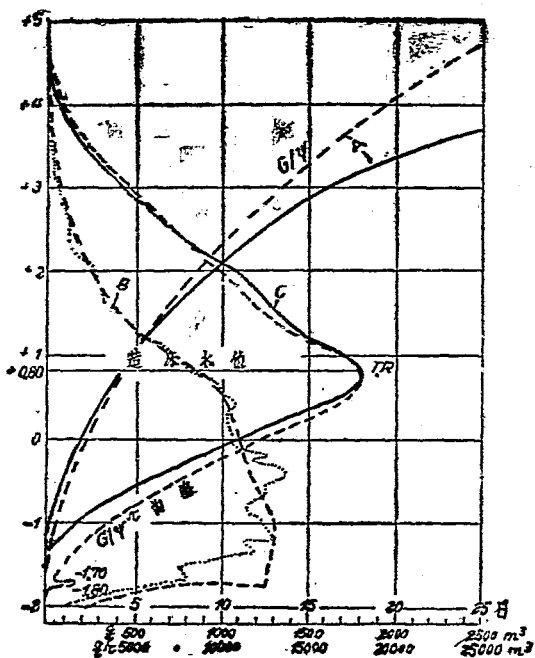
1. 新橫斷面須能宣洩尚有之流量。
2. 沙石之移動須有規則，即期望橫斷面不變。
3. 如通航運，在低水時須有相當之航水深。
4. 各種水位時之水面比降不得差別過大。
5. 流速不得過大於其上下方河段內者。

如為引水發動機械，則在取水段下游，因尾水之復又洩入，恆能恢復原有狀況。



第 10 圖

欲求一橫斷面在所有水位時均符合此五種條件，殆不可能。所以在爲一具有特性之水位設計新橫斷面。若設計時着重於求沙石之宣洩合規，則此水位將等於一年內宣洩沙石量最鉅之水位，此水位爲何，即所謂造床水位是也。計算時即根據杜博愛(Du Boy)之挾沙力定理，應用克勞依特(Kreuter)公式。第19及20圖示一例：某水力



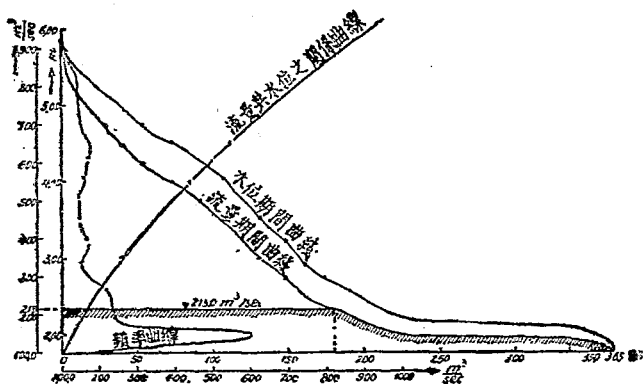
第2)圖 A. 挾沙量(公尺³/日)與水位之關係。
 B. 水位漲率曲線。
 C. 若加以研究之時期內之挾沙量(公尺³)漲率曲線。

發電廠，每秒鐘由一河流內取水 400 立方公尺，故須改造取水段內之橫斷面，第 19 圖示改造以前（河底用點線繪）及以後之橫斷面， $a-a$ 線示新軸，第 20 圖內，舊河床之水位頻率曲線用點線繪成，新河床者用虛線繪成。 $\frac{G}{\psi}$ 曲線示水位在 -2.0 m a.p. 至 $+4.7$ m a.p. 間流經該橫斷面之比較沙石量 (relative Geschiebefracht)，計 0 至 2,500 立方公尺。 G 為每秒鐘內流經該橫斷面之實際沙石量。 ψ 為一與沙石種類有關之沙石宣洩係數 (Geschiebeabfuhrziffer)。因關於此係數所知者尙渺，且其極小，故作比較之計算時，以 $\frac{G}{\psi}$ 值代入，但能得一正確之比較，蓋 ψ 並不因河床之改造而變動也，所以 $\frac{G}{\psi}$ 曲線之橫坐標乃為理想者。 $\frac{G}{\psi}$ 值可用杜博愛·克勞依特 (Dubois-Kreuter) 之挾沙量公式計算之，其原理如何，可略而不詳，此處祇在應用其法。若以所屬之理想沙石量乘水位頻率曲線，則得挾沙量頻率曲線 $\left(\frac{G}{\psi} \cdot \tau\right)$ ， τ 表示一時期。

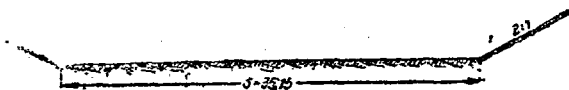
因當水位為 -1 m a.p. 時，幾無沙石移動，故 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 曲線尙直接靠左邊緣。當水位為 $+0.80$ m a.p. 時，該曲線之橫坐標最大，而達頂峯。以後移動之沙石量雖增加，但因水位之頻率減，而復返降至左邊緣。舊曲線之頂點 (T) 與新曲線之頂點 (R) 幾相合於高度 $+0.80$ m a.p. 處，是即造床水位之高度。新河床即按此高度 $+0.80$ 設計者（中水導堤之頂高）。此理想之曲線與實際之挾沙量頻率曲線完全相仿。可藉以求得造床水位，但不能求得宣洩之沙石量。

【例題】茲擬利用某挾沙河流之比降以發電，該河流曾經治理，河床固定。將來建壩處之水文紀載俱全，製有水位頻率曲線，水位與

流量間之關係曲線 (Schlüsselkurve), 水位期間線 (Wasserstands-dauerlinie) (第 21 圖). 建壩處之河床橫断面見第 22 圖. 各種水位時之水面比降均可假定為 1‰ (千分之一). 糙率可按巴慶 (Bazin) 假定為 $\gamma = 1.70$. 挾沙力之臨界值測得為 $S_0 = 3.8$ 公斤/公尺². 沙石下之河底本身對於水流之變態, 具有較大之抵抗力.



第 21 圖



第 22 圖

設利用以發電之水量, 為每年內 180 日所常有者, 即每秒鐘用 215 立方公尺 (參閱第 21 圖). 所建活動壩與尾水渠出口間 (即取水段) 之河床橫断面, 若按造床水位設計之, 應如何改造舊河床, 庶可保障沙石之宣洩合規?

取水段內之水面比降，在每秒鐘取用水量 215 立方公尺後，仍應至少為 1‰。

【解】每秒鐘由河內取水 215 立方公尺，對於水流本身之影響甚大，蓋使其消失一部分能量，其固定不變之狀態 Beharrungszustand 遂不能不遭受窒礙。其對於取水段之作用如何，首繫於壩之種類，後者為堵水以便引入渠內之所必需。

若為固定壩 (festes Wehr)，則由上游流來之沙石被阻而淤於壩之上方，積久而將壩後填滿。在此期間內，取水段內無沙石流動，水內所含之動能剩餘，雖水量被取用而減小，河流之能量亦隨之而減，然所餘之動能，究足以冲刷河床而有餘裕。

茲所擬建者乃活動壩，則當水量相當大時，壩孔一部或全部開啓，沙石流動無阻，在取水段內因水量減，能量亦減，是否尚能衝動此沙石，乃屬疑問。應如何改造此段河床之橫斷面，使其：

1. 恰能容納所剩之水量。

2. 保證沙石之移動完全合規，亦即期望壩下游新河槽內水流所具之能量能使新橫斷面內產生固定不變之狀態。

新橫斷面能輸洩之水量為

$$Q = V \cdot F = C \cdot \sqrt{R \cdot J} \cdot F \quad (2)$$

命 $S = 1000 \cdot t \cdot J$ 為水深 t 比降 J 時河底單位面積上所受之挾沙力， $S_0 = 1000 \cdot t_0 \cdot J_0$ 為水深 t_0 比降 J_0 時挾沙力之臨界值，則每秒鐘流經河槽單位寬度內之沙石量按杜博愛或按克勞依特求得為

$$G = \psi \cdot S \cdot (S - S_0) = \psi \cdot 1000 \cdot t \cdot J (t \cdot J - t_0 \cdot J_0) \quad (3)$$

ψ 為杜博愛氏常數，即所謂沙石宣洩係數，隨沙石之大小而定。

本例假定 J 固定不變，所以 $J = J_0$ ，上式又可書為

$$G = \psi \cdot (1000 \cdot J) \cdot t(t-t_0). \quad (4)$$

若將全部河寬內凡 $t > t_0$ 處即沙石流動之範圍內流動之沙石量相加，則得

$$G = \psi \cdot (1000 \cdot J)^2 \int_0^b (t-t_0)t \, dx. \quad (5)$$

因可靠之 ψ 值迄今尚無法定之，故將其摒於計算之外，而以比較值

$$G' = \frac{G}{\psi} \quad (6)$$

代實際每秒鐘之沙石量，此外復令公式(5)內之

$$\int_0^b (t-t_0)t \, dx = M. \quad (7)$$

M 名爲沙石移動度 (Mass der Geschiebebewegung)，與橫斷面之尺寸有關，即 $M = f(b, t)$ ，所以公式(5)可書爲

$$G' = \frac{G}{\psi} = (1000 \cdot J)^2 \cdot M. \quad (8)$$

G' 之求法見後，可假定爲已知者， Q 及 J 假定已求得，所以在公式(2)及(7)內祇 b 及 t 爲未知數，可以由該兩公式求得之矣。

嚴格言之，用公式(2)及(7)求得之橫斷面，祇能保證在一種水位下水量與沙石之宣洩順利，該水位即用以作計算該橫斷面之根據者也。在其他水位時，該新求得之斷面不復充分符合(2)及(7)項下所舉之條件，蓋本例水位變，比降雖不變，但沙石移動度與水量均變也。欲求設計一橫斷面，使其在各種水位時均能符合上舉宣洩水量與沙石之條件，則須令該橫斷面有伸縮性，此實際不可能者也。

是以須為一具有特性之水位設計新橫斷面，吾人之目標着重於求沙石宣洩之合規，則該具有特性之水位，應與一年內宣洩沙石量最鉅之水位相合，此水位即所謂造床水位是也。

若欲保障在未來之取水段內水量與沙石宣洩之情形，與原河槽內未建壩引水前相同，則新橫斷面內之造床水位，應與原橫斷面內者等高，同時須能宣洩減去發電水量後剩餘之水量，及原有之沙石量。

所以須先按以往水流情形，求原來橫斷面內之造床水位，然後以所得之值，作為解公式(2)及(8)之根據。

凡與原來情形有關之數值，附以指數 a ，新斷面之數值，則附以指數 b 。得

$$G'_a = (1000 \cdot J_a)^2 \cdot M_a, \quad (8a)$$

$$G'_b = (1000 \cdot J_b)^2 \cdot M_b. \quad (8b)$$

若欲新橫斷面內沙石之宣洩不受阻礙，與原來橫斷面內同，則應

$$G'_a = G'_b, \quad (9)$$

亦即
$$(1000 \cdot J_a)^2 \cdot M_a = (1000 \cdot J_b)^2 \cdot M_b; \quad (10)$$

由此得
$$M_b = \left(\frac{J_a}{J_b}\right)^2 \cdot M_a. \quad (11)$$

設復求未來取水段內之比降與原來者無異，即

$$J_a = J_b, \quad (12)$$

則亦應

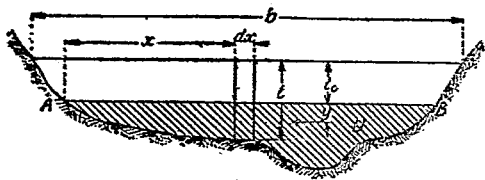
$$M_a = M_b.$$

所以祇須由原來橫斷面求相當於造床水位之 M_a 值，再按 $M_a = M_b = f(b, t)$ 之關係，並兼顧公式 (2) 之關係，以定新橫斷面之尺寸。

據克勞依特云：

$$M = U \cdot (t_0 + 2y), \quad (13)$$

式內 $U =$ 繪斜綫之面積(第 23 圖), $y =$ 面積 U 之重心與水平綫 AB 之距離, 所以



第 23 圖

$$G' = \frac{G}{\psi} = (100 \cdot J) \cdot U \cdot (t_0 + 2y), \quad (14)$$

而 t_0 可求得為

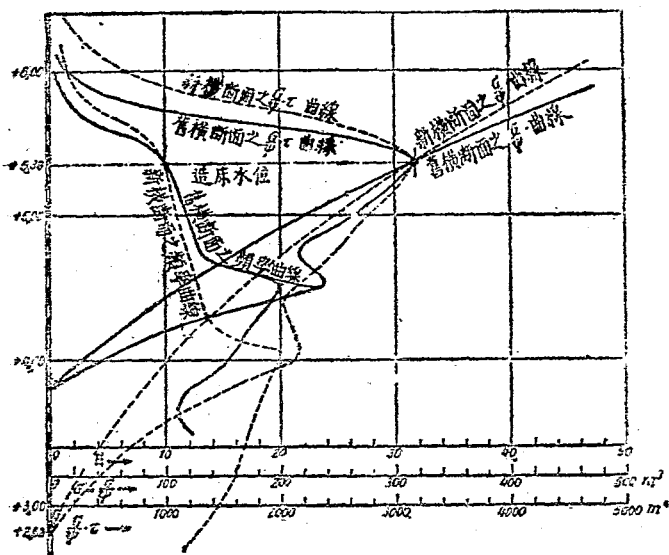
$$t_0 = \frac{G'}{100 \cdot J} \quad (15)$$

S_0 已求得, J 亦然, 於是臨界深度 t_0 亦定, 即

$$t_0 = \frac{3.8}{1000 \times 0.001} = 3.8 \text{ m.}$$

吾人能為每一水位即每一水深求 U 及 M , 所以每一水位之 $G' = \frac{G}{\psi}$ 均可求得而繪成一曲線。茲將該項計算列第 1 表內, 並將所得結果

繪成曲線如第 24 圖。



第 24 圖

關於第 1 表所列之計算值，尚須加以說明者如下：

按根據河流內建壩處附近水位之觀測，可求得每種水位之期間 τ ，而於第 21 圖內用頻率曲線表示之，其與沙石宣洩有關之部分，並在第 24 圖內放大。該圖內又繪有原來橫断面之 $G' = \frac{G}{\psi}$ 曲線，已如上述。於是可為每種水位求 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 之積，亦以一曲線表示之。計算時，選定水位十種，為此十種水位求得第 24 圖內之 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 曲線。圖內一方

第 1 表

t [m]	$J\%$ =1000· J	t_0 [m]	$v_2(1)$ [m]	$U_a(1)$ [m ²]	$M_a = U_a$ ($t_0 + 2t$) [m ³]	$(J\%)^2$	$G' = \frac{G}{\psi}$	τ	$\frac{G}{\psi} \cdot \tau$
5.74	1	3.8	0.910	7.8	430	1	430	2	860
5.57	1	3.8	0.857	8.6	378	1	378	6	2268
5.36	1	3.8	0.758	9.8	318	1	318	10	3180
5.17 ₅	1	3.8	0.670	12.2	268	1	268	11	2943
4.97 ₅	1	3.8	0.576	14.0	218	1	218	12	2616
4.75	1	3.8	0.467	15.2	167	1	167	13	2171
4.52 ₅	1	3.8	0.355	16.6	120	1	120	20	2400
4.29	1	3.8	0.242	17.7	76	1	76	18	1368
4.0	1	3.8	0.125	18.9	36	1	36	16	576
3.8	1	3.8	0	0	0	1	0	12	0

由經 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau = 0$ 點之垂直線，另一方面由 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 曲線本範圍之面積，即在顧及所採用之尺度單位下，示每年平均沙石量比較之數值 $\frac{G}{\psi}$ ，在此一年內宜洩沙石量最鉅之水位，即在 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 曲線具有最大橫坐標者，此水位非他，即所謂造床水位是也。在本例求得為 5.36 m (第 24 圖)。

為 $t = 5.36$ m 求得 $M_a = 318$ m³ (參閱第 1 表)，相當於此之水

註(1)原來橫斷面為梯形，所以

$$M_a = \frac{t-t_0}{6} \cdot \frac{3s+4(t-t_0)}{s+2(t-t_0)}$$

$$U_a = s(t-t_0) + 2(t-t_0)^2$$

式內 s 為底寬 = 35.15 m，岸坡 2 : 1 (參閱第 22 圖)，餘詳第 23 圖。

量 $Q_a = 750 \text{ m}^3/\text{sec}$ 可由水位與流量之關係曲線或由流量期間曲線讀得 (第 21 圖)。

取水段內新橫斷面應如何設計之，俾當流量

$$Q_b = Q_a - Q_w = 750 - 215 = 535 \text{ m}^3/\text{sec}$$

時造床水位之高度，與在原來河槽內當流量為 $Q_a = 750 \text{ m}^3/\text{sec}$ 時者同。

新舊河床橫斷面內之沙石宣洩度應相等，即

$$M_a = M_b,$$

所以

$$M_a = M_b = U \cdot (t_0 + 2y).$$

若新橫斷面亦為具 2:1 岸坡之梯形與原來橫斷面同，則按照以前：

$$U = s(t - t_0) + 2(t - t_0)^2,$$

$$y = \frac{t - t_0}{6} \cdot \frac{3s + 4(t - t_0)}{s + 2(t - t_0)},$$

所以

$$M_b = [s(t - t_0) + 2(t - t_0)^2] \left[t_0 + \frac{t - t_0}{3} \cdot \frac{3s + 4(t - t_0)}{s + 2(t - t_0)} \right]. \quad (16)$$

再因

$$Q = C \sqrt{R \cdot J} \cdot F;$$

若

$$F = s \cdot l + m \cdot t^2,$$

及

$$p = s + 2t \sqrt{1 + m},$$

得

$$R = \frac{s \cdot t + m \cdot t^3}{s + 2t \sqrt{1 + m}}.$$

所以

$$Q = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{s+2t\sqrt{1+m^2}}}} \cdot \frac{\sqrt{s \cdot t + m \cdot t^2}}{s + 2t\sqrt{1+m^2}} \cdot J \cdot (s \cdot t + m \cdot t^2). \quad (17)$$

公式(16)與(17)內已知或已規定之各量爲

$$M_b = 318 \text{ m}; \quad t_0 = 3.80 \text{ m}; \quad Q = Q_0 = 535 \text{ m}^3/\text{sec};$$

$$\gamma = 1.70; \quad m_b = 2; \quad J_0 = 1\text{‰}.$$

故得

$$318 = f(b, t) = [s(t - 3.80) + 2(t - 3.80)^2] \times \left[3.80 + \frac{t - 3.80}{3} \cdot \frac{3s + 4(t - 3.80)}{s + 2(t - 3.80)} \right], \quad (16_a)$$

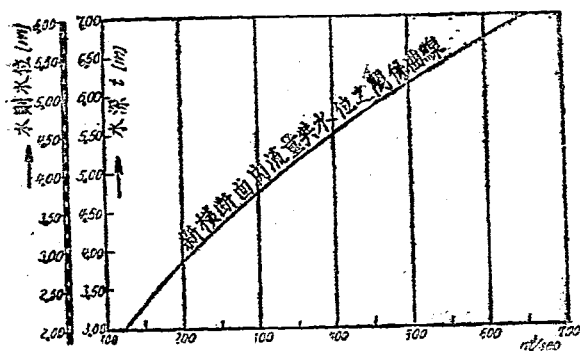
及

$$535 = f(b, t) = \frac{2.75}{\sqrt{\frac{s \cdot t + 2t^2}{s + 4.47t}} + 1.70} \cdot \frac{(s \cdot t + 2t^2)^2}{s + 4.47t}. \quad (17_a)$$

若選定 t 後，由公式(16_a)及(17_a)均能求得 s ，二數間之關係可用一曲線表示之(見第 25 圖及第 2 表)。公式(17_a)之 s 與 t 值均相當於流量 $Q = 535 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，公式(16_a)之 s 與 t 值均相當於沙石宣洩度 318 m^3 。吾人今欲求得者爲相當於流量 $Q = 535 \text{ m}^3/\text{sec}$ 並相當於沙石宣洩度 $M_b = 318 \text{ m}^3$ 之 s 與 t ，此可由該兩 s, t 曲線之切點求得之(第 25 圖)。屬於該切點之 $t = 6.34 \text{ m}$, $s = 15.30 \text{ m}$ 。

因新舊兩橫斷面內之造床水位均應位於 $+5.36 \text{ m}$ 之高度，所以新橫斷面之底應位於

$$+5.36 - 6.34 = -0.98 \text{ m.}$$



第 25 圖

第 2 表

$M=3.8 \text{ m}^3 \cdot$		$Q=535 \text{ m}^3/\text{sec}$	
t [m]	s [m]	t [m]	s [m]
5.00	50.60	5.00	27.80
5.40	24.00	5.40	23.50
5.80	23.80	5.80	19.50
6.20	17.20	6.20	16.35
6.80	10.50	6.80	12.35
7.40	5.90	7.40	8.75
6.34	15.30	6.34	15.30

第 26 圖示舊新二橫斷面及造床水位，是相當於造床水位之新橫斷面已求得矣。



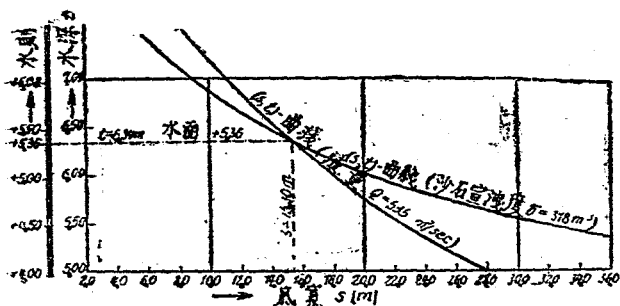
第 26 圖。

惟沙石之移動不獨在造床水位時為然，當其他水位時沙石亦被沖動。若新橫斷面應如舊橫斷面每年宣洩同一之沙石量，則尚須加以研討如下：

第 1 表內所列水位及其相當之流量 Q_a 可由第 21 圖內之曲線求得。造水工程完成，開始用水後，此流量減少 $Q_w = 215 \text{ m}^3/\text{sec}$ 而成為 Q_b ，但其頻率與 Q_a 同。另一方面，可利用公式 (17) 為新橫斷面內之各種水位，求得其所屬之流量，而用一曲線表示其間之關係 (第 27 圖)，由此可為 Q_b 求得其屬之水位高，並得其頻率與流量 Q_b 同。復知相當於流量 Q_b 之昔日流量 Q_a ，及屬於此之水位，亦具同一頻率。

繪相當於流量 Q_b 之水位頻率曲線，求其所屬之 M ， $\frac{G}{\psi}$ 及 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 值，並將後二值亦繪成曲線 (第 24 圖)，則新橫斷面每年宣洩之沙石量，適等於由經過 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau = 0$ 點之垂直線及新橫斷面之 $\frac{G}{\psi} \cdot \tau$ 曲線所圍之面積。計算得之值用以繪上述曲線者，列第 3 表內。

由第 24 圖可知新橫斷面內每年可能宣洩之沙石量，大於舊橫斷面實際能宣洩者，故可無虞由上游流來之沙石，將有一部分淤於取水段內。苟河床本身不致有被刷深之處，則求得之新橫斷面毋須再加改正，本例所舉，與此情形相符。不然者，須試求一橫斷面，除



第 27 圖

當水位為 +5.26 時其能宣洩之流量為 $535 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，沙石宣洩度為 318 m^3 外，每年宣洩之沙石量應與舊橫斷面等。

第 3 表

新橫斷 面之水 位高	頻率	取水前 之流量 Q_a	取水後之流量 $Q_b = Q_a - Q_m$	新橫斷 面內相 當於 Q_b 之 水位高	U	v	$t_0 + 2y$	M	$G' - \frac{G}{\psi}$	$\frac{G}{\psi} \cdot \tau$
5.74	2	850	635	+5.92	65.67	1.40	6.60	440	440	880
5.57	6	800	585	+5.66	59.58	1.29	6.38	380	380	2280
5.36	10	750	535	+5.36	51.70	1.17	6.13	318	318	3181
5.17 ₅	11	700	485	+5.07	44.53	1.04	5.88	262	232	2860
4.97 ₅	12	650	435	+4.76	37.23	0.91	5.61	209	209	2510
4.75	3	600	385	+4.42	29.59	0.76	5.31	157	157	2040
4.52 ₅	20	550	335	+4.05	21.83	0.59	4.97	109	109	2160
4.29	18	500	285	+3.65	14.06	0.40	4.60	65	65	1170
4.05	16	450	235	+3.22	6.45	0.20	4.19	27	27	431
3.83	12	400	185	+2.82	0	0	3.80	0	0	0

附錄一 挾沙山溪之治理

清靳輔有言：「至柔莫爲水，然苟不得其平，則雖天下之至剛者不能禦」。是以欲言治河，必須明河性。夫水爲液體，有其體重，受地心之引力而下墜，此其所以就下也。凡物體之降落，具有位能及動能，故能挾沙，亦能嚼蝕堤岸。治河之目的，在避免有害之淤積，達到有效之冲刷，使流量通暢。

設施之始，必審其全勢，因乎地形，察乎水勢，而加以精思神用焉。大凡河流之荒蕪，恆由於河道之變遷無常，而其病源莫不由於淤，蓋淤而後決，決而後徙也。換言之，河流內之挾沙，實爲其致病之由，根經病源，當從河源着手。正本清源，爲治河之原則，然治本工程藉以減少挾沙量者，非短時間所能收效，每以中下游之急待整理，而迫不及待。沙石之來繁既未減，必籌其去路之通暢，俾不至影響水流之宣洩，此朱子之所以云，治水先從低處下手。蓋以下游爲全河之尾閘，下游深廣，自然全局安流。使淤非其處，則如人之患噎，小噎則傷氣，大噎則傷食也。導洪刷沙，昔多取伸直河道之法，並於兩岸建築堅固之導水堤，以防潰決，今不復然。斯法固能收局部之效甚速，但足貽害下游。因此乃局部之改革，不過將本段弊病，移至他段。下游受其影響，其弊益深，沖去之沙石，聚於該段下游，蓋是處之水不復爲導水堤所束，水勢散漫，沙石停滯，不能隨流而下，因之河水四溢，水流荒蕪，莫此爲甚，其有不潰決者幾希。故捨同法治理下游外，不足以弭此害。非謂此患即可弭，特將其逐漸移往下游而已。以迄入注幹河，冀藉較大水量沖去流來沙石，而沙石之多，恆有非幹河水量所能沖去者。

上述諸弊，姑可認爲暫時者，在全河治理以後，亦隨之消滅。但河道伸直後，河床比降隨之而增，水流因急，若水流爲導水堤所束，

而河面設計較狹，則挾沙力劇增，河流除輸送擁下之沙石外，復侵及河底，而刷之日深。其初尙慶幸河床之刷深，有符治河目的，繼漸感乖望。蓋河底日益深陷，有繼續保護兩岸坦坡之必要。普通之梯形橫斷面，因河底日深，水面日落，兩岸距離亦日狹，而挾沙力增無已。河內水面既低，地下水常隨之降落，發生不良影響：如農作物缺水，房屋沉陷，井內水涸等。於是不得不謀補救之方，例如築潛壩(Grundschwelle)以鞏固河底。惟此項工程，其建築及養護，每需費甚鉅也。

且伸直河道所能利用之原來河床甚少。挑濬新河，若以人力或機械之力爲之，其工事必鉅。若藉水力冲刷，則欲土壤之冲動，流量必須在中水量以上，是一年之時間，僅有比較短暫之時間，可收冲刷之效，而河工之曠時必久，無以符濱河居民之期望。至於工程完竣後河床必然之深陷，更須籌防止之策，如護岸固底等工程，其所費亦鉅，況鞏固河底，究以何法爲最佳，有待經驗之教訓，故此項工程尙具一種試驗性質，其養護費因之亦至高也。

有此諸端，足證此項治河方法之不能存在，而非經濟不裕之國家所能擔負者。

按美國福利門氏對於治理黃河，亦主張伸直河道，使流於一狹直之河槽中。德國恩格思教授已辨其違反天然，恐難以爲功矣。蓋其抑制河流本性太甚，故伸直河道之觀點，實屬謬誤，而應根本避免者也。卽河身彎曲過平，亦非所宜，故治河應儘量適合河道原來之位置，須用王道，不可強行霸道也。

河身時有變遷，治理計劃宜於興工前不久確定之，關於河灣半徑之選擇，甚爲重要，治河目的之是否能達到，及養護費用之高低，皆繫於此。設計彎曲半徑，並無成例可循，惟有觀察河流形勢而定之，可得而言者，無論河流如何荒蕪，必有情形良好之段落，絕不或

僅在特殊情況下變更其位置，若此段河床比降與施工段之設計比降相仿，則足資吾人於選擇河灣半徑時之借鏡，證諸經驗，深為不謬。試一考察此天然形勢優美之河流段落，則其河灣曲線，咸非圓弧，亦足供吾人之仿效。河灣不可過長，何者為適當之長度，則或由觀察得之，或按經驗以定之。然亦不可過短，蓋河灣內之谿線(Talweg oder Stromstich)依就凹岸，過短則水流不及由此岸趨就彼岸。第28圖示治理得法河段內之谿線，祇須於其一旁建導水堤，令導水堤在灣之上方略延長，以防水流之萬一脫軌也。

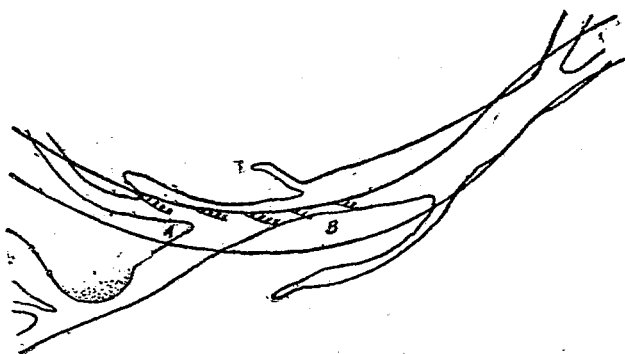


第 28 圖

若河面寬而河灣短，則溜頭亦沖及河灣凸岸，故該處亦有加以鞏固之必要。彎曲半徑首繫於河床比降，次與河面之寬狹，流量之多寡，沙石量之大小有關。河床比降愈大，半徑選擇不當之為害亦愈顯。比降如大，河灣半徑宜小，但過小則洪水又有旁出之虞，刷堤後成穴，結果河堤必內陷，故最小半徑，當以洪水時水流不至越岸為度。

治河應力求適合原來河道，已如上述，不獨節省工費已也。而採用曲灣視伸直河道為較易達此目的，除少數舊河灣可以直接採用外，多數亦僅須略事修改，其有較長段落，須大專修改者，亦可度其形勢，利用水流本身力量，納河身於適當位置，曠時雖較久，需費則較省也。法藉暫時建築物如浮壩(Gehänge)之類(詳後第七章)，以利用河流本身力量，納河道於應有之位置，行之於河面寬廣，水流荒蕪之處，頗為有效。在正式興工之前一年或二年，即須着手，苟築置得當，能

藉洪水沖去劃定河道內之沙石，而填塞河汊。工程進行之緩速，繫於所發之洪水，山溪在夏季雖常有洪水多次，然應視其水量之大小，為時之久暫，而後判斷其改造能力之強弱。如值洪水不大之年，則僅能收一部之效。第 29 圖示於河內築置浮壩後，不獨沙嘴 A 逐漸被沖刷，即 B 處範圍較大之沙灘亦能被沖出於所劃「河道」外。



第 29 圖

浮壩之築，不得一次完成，應視沙灘沖刷之情形，次第為之。河身既為其束狹，壩前流速增加，河床刷深，壩後則流速減小，沙石淤積，洪水之後，河道每漸就其應有位置。

茲進而討論河床縱斷面，縮短河身過甚之弊，已如上述，蓋河床比降增，挾沙力亦隨之而增。又以挑濬新河，土方鉅而工費，設非河身蜿蜒過甚，當不宜裁彎取直，應力求保持原有河長，冀造成全河均勻之河底比降。河底比降曲折，如突平突陡，恆為有害者。或使沙石停滯，或使河底刷深，均能逐漸波及上游。但未經治理之河流，其河底比降常增降無常，故治河目的在使河底比降均勻，惟均勻之比降，

在工成之始，尙未能達到，故堤頂高度不能以未來之河底高度爲依據，在河底高起處亦應稍隆堤頂，以免小潦卽溢，溢則水勢削而沙石停，洪水時必氾濫而不循軌。加高堤頂乃暫時之工事，旨在使河槽內能容納之流量各段相等，可用石塊或梢料（詳見後第六章）等材料爲之。

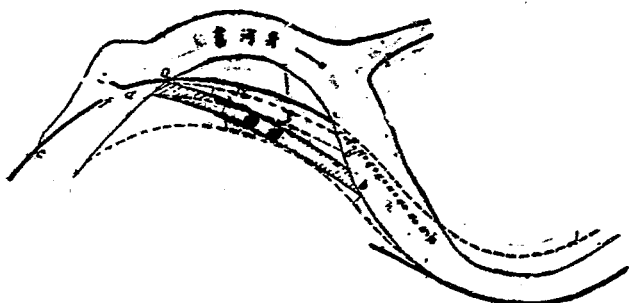
堤頂應具之高度，大都祇限其能容納中水，而不求其能防洪水之漫溢，卽所謂固定中水河床是也。更視需要於兩岸築洪水堤以防河水之盈漲。洪水堤距及頂高，自以能容納最大洪水，不至傷堤爲標準。此卽歐洲河工所稱複式橫斷面（Doppelquerschnitt）是也（見第16圖）。明潘季馴治黃，所著河防一覽有曰：「堤外爲岸，岸下爲河，平時水不及岸，堤若贅疣，伏秋異常之水，始出岸而及堤」，與此正不謀而合。其所謂岸，必具有護岸工事，方能束水以導河，謂爲導水堤，亦無不可。是治河理論，原無中外古今之分，惟治河之方略則不可拘泥既往耳。洪水堤卽所謂遙堤也，離河頗遠，伏秋暴漲之時，出岸之水較淺，既遠且淺，其勢必緩，淤留岸高，積之數年，水雖漲不能出岸矣。故計畫時卽應注意及之，蓋流於河灘上之水量，經年逐減，以至於完全阻塞也。

堤頂之高度，應高出預計之洪水面，以策安全，普通高出 50 至 80 公分已足，惟遇特殊情形，亦有超過此尺度之必要。如在河身彎曲過甚之處，兩岸水面高差常有至 50 公分，或過之者。又如河灘之比降，較河底比降爲弱時，灘上水流較慢，故其水面較河槽內水面爲高，其差別亦常超過 50 公分，均有特別增高提防之必要。

暫時加高提防，在使該處河槽刷深，冀河底全部比降均勻，迨此目的達到後，仍須將添高處拆除。如所用爲石料，可用以鎮壓岸坡，如爲梢料（如梢輓），則不能重用。前者之價較昂，而後者因不能重用而不經濟。惟在產梢之區，而又須趕築時（譬如汛前），仍以採用梢輓

(Faschin&walzen)爲最適宜最經濟也。

若利用水力不能迅速爲功，或迫不及待，爲促速工作之進展，亦可用機浚濬。如爲裁彎取直工程，浚濬工作應自下端開始，其深度約與將來之河底齊，至少須能容納低水。第 30 圖示一裁彎取直工程之



第 30 圖

梗概，其進行步驟約如下：當開闢引河 $a-b$ 時 ($a-b'$ 爲不利，蓋趨向凹灣之水沖寬在 $a-b$ 方向所開之引河較速，同時沖刷之沙石即淤積於 g 點之下方。而前者之沙石有淤於引河右方之虞，或隨流下沖，妨害下游河道)，可同時修築導水壩 $a-g$ 。引河鑿通後，即將導水壩 $g-a$ 延長至 d ，此段爲梢工 (Faschinenbau)，以遏水流而納諸引河之內。俟展築至 d 後，再築導水壩 $d-c$ 及 $e-f$ ，同時着手自 g 點建築浮壩， $d-c$ 及 $e-f$ 之工程愈進展，則歸納於引河之流量亦愈增。此時 $e-f$ ， $d-a$ 及 $d-c$ 壩身均當溜衝，尤以 $d-c$ 段爲最甚，蓋流來之水，豈直衝壩上，又驟被阻遏，水面高起，故須將 $d-c$ 段特別築固，且須較其他部分至少高半公尺，即與其相連之導水壩，亦宜略事增高，俾水位高時，得儘量納水流於引河之內，促其早日刷寬。其自 g 點起始之浮壩工程之進展，則繫於經缺口 $f-c$ 流入舊河身之水量，

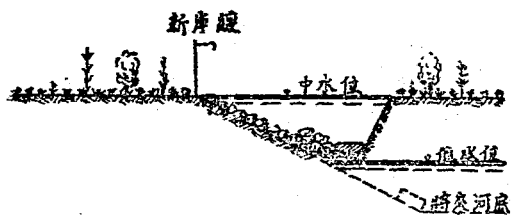
俟 $f-c$ 後河面淤填至中水位高度時，始得將 $g-h$ 全段築成，並隨之自上端以堅固之導水壩代之。新開引河愈由 b 向 b' 發展，則水流亦愈不利於浮壩，淤填之功效亦漸減。但其初由逐漸沖寬之新河道沖來之沙石每甚鉅，使 g 點下鑄之助工程幾能於乾涸中爲之，因之工費得以稍減。

水位高時工作之效率降低，是以新開河道，應於掘成後於洪水前鑿通之。工作之分配，在使挖掘引河，築置導水壩 $a-g$ 諸工程，在低水時期施行，而 $a-d$ ， $d-c$ ， $e-f$ 及 $g-h$ 諸工程，可於規定期間內，晝夜加工趕築，使於最短期內得以完成。

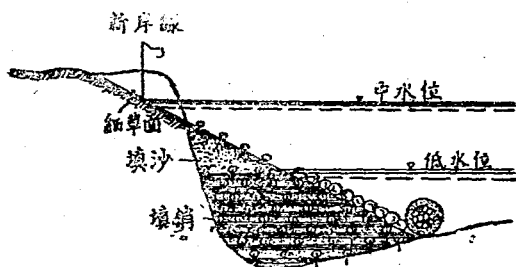
河槽橫斷面工程，因工程地情形不同而異。新河槽所經之地，或爲沃野（河邊草地），或爲沙洲，或爲破裂岸線，或在深水之中。設爲沃野，則工程較爲簡單，挖底高於低水位之槽，其內岸坦坡即令具將來應具之坡度，每隔 0.2 公尺置方形混凝土塊一，其大小視河身之大小而定，約高 0.4 公尺，邊長 0.6 至 1.0 公尺，以作日後岸坡鋪石之基礎，阻石塊滾入河內而爲洪水沖去。用以護岸之石塊，或爲天然石，或爲混凝土塊，其數量視河身將達到之深度及岸坡與河槽之工程而定。天然石之具有大比重者，自較混凝土塊爲佳，姑不論其硬度普通均較高，抵抗水內沙石之磨削力亦較強，即就其比重言（花崗石 2.8，混凝土 2.4⁽¹⁾），因較不易爲洪水沖去，已顯優越。因石在水中受浮力作用，比重減小 1.0，故花崗石與混凝土塊重量之比爲 1.8 : 1.4，或 9 : 7，若置硬度不提，則花崗石或他種等重等硬之天然石，縱使較混凝土塊貴 30%，不至因其值較昂而不經濟。岸坡不得過陡，凹灣之岸坡若平，能阻水流逼近河岸，第 31 圖示一經沃野上之工程。

破裂岸線處之工程，當力求依就岸線，但因破岸恆爲極不規則者，常不可能，而有在水中建築之必要，可如第 32 圖所示，取其易於

註(1)普通混凝土之比重爲 2.3。



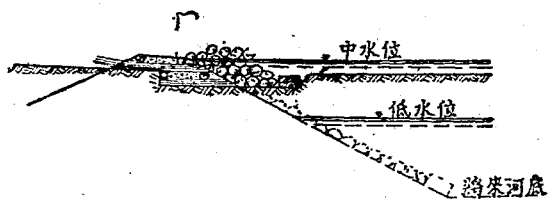
第 31 圖



第 32 圖

築置，採用鐵絲輓(Drahtwalze)或梢輓，以作岸坡鋪石之基，自亦可採用混凝土塊，築置之法，或令滾入水中，或用起重機吊入。

第 33 圖示沙洲上工程之大概，於沙洲上填鋪梢料，至堤頂應具



之高度爲止(每層填梢平均約厚 30 公分),但不得少於兩層,寧可將下層埋入土中,工程之大概,與沃野上之工程相似,以石塊或混凝土塊鎮壓其上,給與填梢以較大之重量,並防護最上層被水冲刷,或被沙石磨削,必要時可以此石塊鎮壓岸坡。儲備之石料須充裕,備河身就其應就之位置時,以之鎮壓岸坡,而不感缺乏。

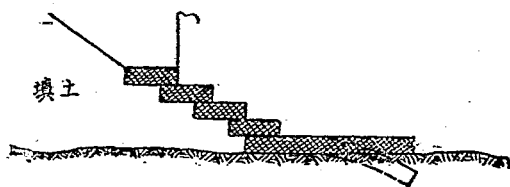
經過深水中之工程,因工費鉅,當力求避免之。工程之原則與沙洲上者同,沉梢於水中,其底寬視水深而定,拋石壓梢,使沉着河底,斜坡上之石塊並不急於拋置,不過二年後至遲三年,亦當拋上,並須用石鎮壓梢工之頂,而以混凝土塊或沉梢沉於坡腳,以支持坦坡上之石塊(第 34 圖)。



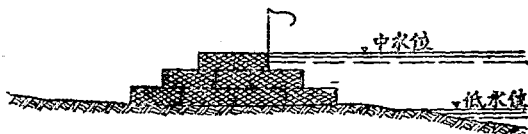
第 34 圖

如梢不易得,或其價昂貴,則沙洲上及深水中建築之材料,可採用鐵絲籠。若築置得法,鐵絲鍍鋅完善,其成績甚佳,有經二十餘年而完整無損者。又有採用鐵絲籠者,內貯石塊,籠框須相當堅固。此項鐵絲籠於築成後,以鐵絲互相牢結之,成一鞏固之結合體,同時不失其活動性,能隨合河底之變遷,不致因局部之變動而波及全體。第 35 圖及 36 圖爲其例。鐵絲籠之築置,自最宜於乾涸中之工程。蓋以鐵絲連結諸籠,不易於水中爲之也。

河槽橫斷面之工事,宜避免其僵硬,故將石塊拋置岸坡之上,而不鋪砌之。昔有以混凝土鋪築堤頂及岸坡者,今不復然。蓋混凝土下



第 35 圖



第 3 圖

之變動，不能察覺，迨至其罅裂，而為害已甚大，甚且潰決不可收拾。然亦有特殊情形，而必須鋪砌石塊者，譬如河流在冬季結冰或封凍，或浮冰沖擊岸坡，或冰塊附結岸坡之上，受水流之沖擊。在上述諸情形之下，堆置岸坡上之石塊，凍結於冰塊之內，至凍解遂隨流飄去，不獨石塊損失，岸坡亦受其損害，故有鋪砌石塊之必要，但不宜灌灰漿，鋪之太固，俾其差能隨合築物之變動。

此項僅建築一旁之工程，其施工條件，為水內挾沙不過寡，河槽能容納中水，而洪水則流於洪水堤內。若欲納洪水於槽內，則曲較弱處之凸岸，普通亦應加以保護，河床坡度宜在 6.6 至 4% 之間。

固定河床最費斟酌者，即固定兩岸之寬度，過狹則壅遏水流，過寬則低水時期河水沖溢於兩岸之間，積久亦足以崩岸。若採用曲線僅有一旁之護岸工程，換言之，即先固定其一方，然後徐察對岸之演變，以決定後來之固定計畫。且如是有着手局部治理之可能，不至妨一上下游，惟選擇治理之起迄點，則須審慎，務求啣接首尾端之曲

線恰當，不經受若何之變動，然後上下游之河床，不至受其影響。夫河之最長者，恆在數千里以上，安能同時加以固定，必須別其緩急，以定舉辦之後先，是則局部治理之重要性，更不容忽視，而唯有力求吻合河流天然形勢，採取曲線，而後局部之治理為可能焉。

第四章 通航河流之治理

治理通航河流，視治理不通航者多一條件，即水深有一最低限度也。此惟有使沙石之流動合軌而後可能。至於流量，自亦須導之使不為害。欲維持相當之水深，實為一艱難之問題。而謀此問題之有效解決，應注意之要點，在不過抑河性。河流之比降，不得強事更改，河身彎曲蜿蜒，兩灣之間較直，為沙梗之所在。灣內則槽甚深。河灣內水面比降較弱，而兩灣間沙梗阻抑水流，抬高水面，比降增加。河灣之內，水面比降弱，而反較深者，其故因縱比降之外，有強大之橫比降存在，發生橫溜，冲刷凹岸，使之日深。兩灣之間，無此項冲刷力，所以能保持相當深度者，賴有較強之比降也。

由此愈知，對於處置河流比降，苟增加河灣內之比降，足使河灣更深。降低兩灣間之比降，足使沙梗更高，是以不能違反水流之天然原則，僅可糾正水流之有過或不足也。

苟水面比降均勻，反有害處，欲使河床各段之冲刷力均等，反有使比降差別局部增加之必要。

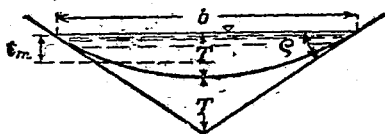
若兩灣間之沙梗冲刷過甚，水面降落，足以使上游水面連帶降低，致使沙灘上或他處兩灣間之水過淺，而影響航行，故亟應於沙梗之上築潛檻，以鞏固之。或預於沙梗之上下游築潛檻，以確定沙梗之深度。

是以治理通航河流之第一條件，為研究河灣內及兩灣間之比降，彎曲不同，比降亦異，吾人應研 比降變更之原理。

於是再進而研討河床橫斷面之設計，應否更動河流之位置。河流之位置，乃常變者。河流位置之變動，為河床變動之結果。若河床之形狀不變，則河身亦無愈形彎曲之趨勢，及天然裁決等現象。故欲固定河床位置，應先固定河床形狀。適合於同一河流，同一段落之河床橫斷面不一，何者為絕對良好，不能一概而論。設計時應勘察情形良好段落之橫斷面，若該段比降與吾人從事治理段內者相仿，可模仿之。

故在着手治理某一段河流之前，最好先築一小段，以事實驗，根據比較得之式樣或經驗，以築置之。如有缺點，則改正之。經過試驗，必可得一橫斷面之略能符合吾人之條件者，可免築而不合，虛糜工費。若專恃理論，鮮能得滿意之結果。蓋理論上之公式，缺乏實際之觀察，且為便於計算起見，所作假定恆甚多，故頗不符合實際情形。計算得之結果，不若觀察得者之可靠。

德國托柏(Teubert)氏常用下法以計算橫斷面：假設橫斷面為拋物線形，其岸坡之自然坡角為 ρ (第 37 圖)。令



第 37 圖

$$\cotg \rho = m = \frac{b/2}{2T},$$

$$t_m = \frac{2}{3}T,$$

則

$$\cotg \rho = \frac{2b}{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot t_m} = \frac{b}{6t_m} = m.$$

所以

$$b = 6m \cdot t_m. \quad (18)$$

已知者爲比降 J ，流量 Q 及 m ，求橫斷面積 F ，水面寬 b 及平均水深 t_m 。按捷齊 (Chezy) 之速度公式 $V = C \sqrt{i_m \cdot J}$ ，

$$\text{於是得} \quad F = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{C \sqrt{i_m \cdot J}} = b t_m = 6 m \cdot t_m^2, \quad (19)$$

$$\text{及} \quad t_m = \sqrt[5]{\left(\frac{Q}{m \cdot C}\right)^2 \frac{1}{36J}}. \quad (20)$$

式內之 C 與 t 有關，故須先用假定之 C 值試算一次，俾能求得一近似之 t ，由此以求得一較正確之 C 值，再用以求 t 。如是試算至充分符合爲止。因 C 值之變動甚微，故普通試算兩次即可。惟 C 值在未能判別橫斷面之性質以前，不能確定之，若已求得 C 值，則嚴格言之，應已求得適當之橫斷面，並已認其合當矣。但用托柏之方法，正欲減輕求 C 之工作也。惟最初須應用巴慶 (Bazin) 或赫曼克 (Hermanek) 流速公式之係數，然後根據此係數，求理論上恰當之橫斷面，以與天然之橫斷面相較，由與計算得之橫斷面相仿之天然橫斷面，察其變遷，而將 C 值改正。若平均水深 t_m 大於 1.5 公尺小於 6 公尺，則按赫曼克公式，令 $C = 34 \sqrt{i_m}$ ，得 $t_m = \left(\frac{Q}{204 m \sqrt{J}}\right)^{\frac{4}{11}}$ ，餘類推。

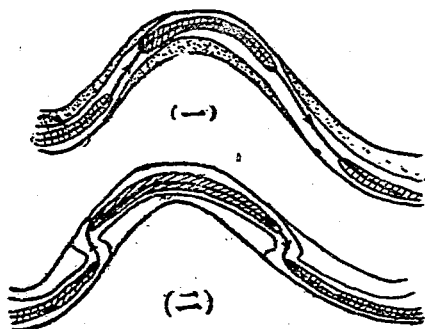
由此公式求得之 t_m ，更可約知河流內可達到之航水深。

因洪水時期水深每甚充裕，而水面比降在此時期亦最均勻，故欲作精確之治理計畫，應自低水河床着手。反之，工程之實施，則須自洪水河床開始，低水時亦最易求得最良好最固定之橫斷面。橫斷面之優劣，可觀察河內水流方向以判斷之，若一橫斷面內各種水位時之流向差異甚微，則該橫斷面必多固定。大河流之低水床多蜿蜒於中水床內，故祇求洪水及中水時之流向相同，洪水與中水既同槽下注，則冲刷方向亦同。若洪水床設計不善，則流向必差別甚大。太寬

之洪水床雖利於洪水之宣洩，但對於中水床與低水床則甚危險，故須築堤以束狹洪水床，制馭洪水，使與中水同向而流，惟不得危及上游堤防，故洪水岸之設計至關重要。

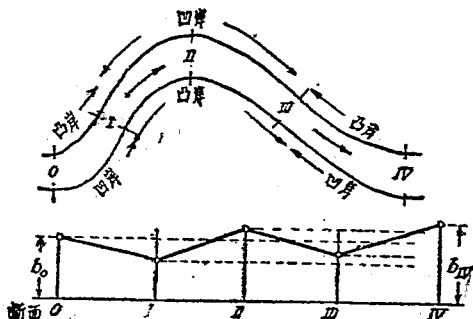
若欲河槽橫斷面固定不變，必須鞏固河岸，欲河灣內之岸固定，必須減輕沖刷。凹灣之岸多甚陡，沖刷愈深，傾陡亦愈甚。河灣之岸愈平，則漩渦亦愈少，對於船隻之航行亦愈無危險，故灣內之岸坡應求平坦。若欲岸坡平坦，必須減輕沖刷，此種措置，迫令凸岸增深，而使該處之淤沙沖動。凸岸在中水位下多甚平坦，緊接坡腳或即為一沙灘，或沙灘與岸腳之間尚有一槽（情形惡劣之橫斷面類多如此）。故改造河床須使凹岸岸坡平坦，減輕沖刷，挖掘凸岸沙灘，使岸坡不過平。填平沖刷而成之深溝，可築潛檻，以沙土填塞兩檻間空地，此項工程之結果，多令沙灘被沖刷。河灣內之寬度，普通應避免其改狹，但或需要將其放寬，惟兩灣間多應縮狹，兩灣間長度與灣長較頗小，且有一灣直接轉入另一灣，而無過渡段（Übergangsstrecke）者，此處需要人工為之造成一過渡段。

上述之考察，最好以圖表明之。河面寬狹之得當與否，及其對於沙灘位置之影響，如第 38 圖（一）及（二）所示。第 38 圖（一）示兩灣間河面狹窄，灣內寬大。第 38 圖（二）示其相反者。前者優，後者劣。在第 38 圖（一）可見航水道之由一灣逐漸轉向



第 38 圖

另一灣，沙灘之位置亦頗規則，航行便利。第 38 圖(二)則不然。第 39 圖示河面寬度設計之模範，每一灣內橫斷面，較上一灣內之橫斷面大，而較下一灣內之橫斷面小，每一兩灣過渡處之橫斷面，亦較其



第 39 圖

上一兩灣間之橫斷面大，而較下一兩灣間之橫斷面小，且並較其上下灣內之橫斷面小，因之其比降亦不同，灣內小而兩灣間大。此圖合乎低水位或中水位時河內流量因地下水之流入向下游漸增者。此種設計，在洪水時意義甚微，洪水時則須視局部情形而定。

第五章 治河方略

未經制馭之河流，常有啣蝕河岸，流槽分歧，水流氾濫等現象，危害沿河居民生命財產，莫此為甚。過去但知作無計畫之防禦，惟築堤是事，而不能阻河流之荒蕪也。洪水堤因漫溢而潰決，沿河有淪為沼澤之虞。因鑒於護岸之不能為功，遂不能不從事於河床本身內消滅水勢，使其不足為害，其方略乃本章所擬加以論列者。

第一節 裁彎取直(Durchstiche)

天然河流之未經治理者，恆彎曲過甚，不獨有裁決之虞，且為航行之阻礙，故有裁彎取直之必要。伸直河道不當之為害，前已略為論及，此在不通航之河流，尚無大礙，在通航之河流內，影響行舟極鉅。若假定裁彎取直後下游比降不變（實際上亦常如此），則因引河內比降過大，影響上游比降，使之增加，其範圍可由水面降低曲線（Senkungskurve）求得之。然後將引河上游之河床橫斷面縮小，以適合新比降，該段內淤積之沙石被沖而淤於下游，下游受其影響，經年不減。勢必須加以疏濬，其費工甚鉅。故應考慮苟於河身過彎之處建船閘，是否較為得當，而不廢除河灣。

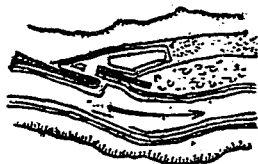
如隻過閘所需時間，可與不繞行河灣所省時間相抵。如河灣甚長，則且有利用水力之可能。譬如河流比降為 1 : 2000，若被裁去之河灣長 8 公里，則可得 4 公尺水頭（Fallhöhe），視設計之方式，約可利用水頭 3.5 至 3.8 公尺。

不通航河流內，尤以山溪內之裁彎取直工程，可開引河一窄道，而藉水力沖寬之。在通航之河流內，則多不可能。蓋一因流速不足，普通均不能於短時期內將新河沖成，復因河道分歧之後，舊河灣內流量減少，致使在工程進行期間，有停航之必要。故此種開闢引河，然後藉水流本身力量將其沖寬之法（Grabenverfahren），即使水勢相當充裕，然為顧及航運計，亦不應採用之。

是故在通航之河流內，須用人工將全部新河挖成，俟工竣後，再行通水。地下水位以上之工程，可於乾涸中施行，或降低地下水位，俾全部工程得以在乾涸中為之。間亦可於中部挖掘一溝，溝深於引河之底，而使地下水位相當降低。溝之築置，則為降低地下水，或於水中用挖泥機進行浚淤（Nassbaggerung）。溝之比降，可小於引河

者，此法至少可將引河上半部之水位降低，而將其引入下游河中。蓋其出口處河中之水位，至少相當低於引河上部也。因地下水量多不巨，故可令溝之比降稍弱。若引河短，則不能用溝降低地下水位，引河之兩端均不得鑿開，須用抽水機排水。

苟在達到地下水面以後，欲於水中繼續工作，則可將引河下游鑿通，俾挖泥船能以駛入工作。土工完成後，除護岸外，必要時用基樁鞏固河底，然後於洪水時鑿通上端橫堤，此時沖刷之力最大，同時舟楫尚未復航，橫堤之土沖至下游，雖不免有所妨礙，然必較於低水時將其鑿通，而任漸漲之水沖去者為小。苟於廢河灣內築類似丁壩(Buhnen)之導水壩(buhnen-artiges Leitwerk)，更可增加流入引河之水量(第40圖)。



第 40 圖

第二節 河汊之處置(Flussspaltungen)

河汊不足為害大河流之航運，影響小河流之航運則殊甚，故河汊之處置，與河流之大小及航行船隻之大小有關。

茲先作下列之計算，研究河流分汊後與未分汊前之情形，以作比較。為簡便計，假定寬度與平均深度之比不變，即 $\frac{b}{t} = n$ 。並設支股與幹股比降之差別甚微，支股之流量為 Q_1 ，流速為 $V_1 = C\sqrt{t_1 \cdot J}$ ，則流量 $Q_1 = F_1 \cdot V_1 = b_1 \cdot t_1 \cdot C\sqrt{t_1 \cdot J}$ 。

式內係數 C 與 t 有關，揆諸普通情形，深度 t 多在 1.5 至 6 公尺之間，應用赫曼克之流速公式 $V = 34 \sqrt{t \cdot \sqrt{t \cdot J}}$ ，則

$$Q_1 = 34 \sqrt{t_1} \cdot b_1 \cdot t_1 \cdot \sqrt{t_1 \cdot J} = 34 \sqrt{t_1} \cdot n \cdot t_1 \cdot t_1 \cdot \sqrt{t_1 \cdot J}$$

$$= 34n \cdot \sqrt[3]{t_1^3} \cdot \sqrt{J},$$

所以

$$t_1 = Q_1^{0.364} \cdot \frac{1}{(34n \cdot \sqrt{J})^{0.364}} \quad (21)$$

用他種流速公式求得者與此相仿。

實際支股之比降，常較幹股者為小，但分歧點以上，匯合點以下，及分歧段內之比降，可加以治理，使無差別。作上述之研究時，可假定各段之比降均等，故得兩變動數值間之關係，蓋其餘數值均為不變者。上式又可書為

$$t_1 = c \cdot Q_1^{0.364},$$

式內之 $c = \left(\frac{1}{34n \cdot \sqrt{J}} \right)^{0.364}$ 。此公式適用於任何一段河流其比降為 J 者，而與 Q 之大小無關，故可求出統一河槽內之深度 t ，然後求分歧段內之 t_1 值，其流量約為統一河槽內者之一半，若 $Q_1 = \frac{1}{2}Q$ ， t 為統一河槽內之平均深度，則得

$$t_1 = c(0.5Q)^{0.364} = 0.5^{0.364}c \cdot Q^{0.364} = 0.5^{0.364}t.$$

$$t_1 = 0.777t \sim 0.8t.$$

故河汶之大弊，為其深僅及統一河槽內者之 0.777，約為 0.8。

低水時水深殆均不足，為便利航行起見，應塞支強幹。且塞支強幹後，復有一優點，即僅須養護一河槽也。惟須將保留之一股放寬，其應具寬度求得如下：

$$\frac{b}{t} = n = \frac{b_1}{t_1},$$

所以

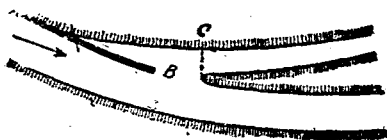
$$b = b_1 \cdot \frac{t}{t_1} = \frac{1}{0.777} b_1 = 1.35 b_1$$

故須將寬 $0.35b_1$ 之河岸一帶計入，但支股不知何時方能完全填塞以供耕種之用，掘出之土，祇能填塞其一部分，如兩股之大小不等，則以改造大股為愈。支股填塞後，所得新地為 $2b_1 - 1.35b_1 = 0.7b_1$ 。若河流大，則無塞支之必要，可建築其一股，使其於中水及低水時能通航，而另一股則利用之宣洩洪水。

若不能廢除河汊，則多於河汊之上下游建分水堤 (Trennungswerk)。上游者之功用在水分，下游者在導兩股水流，使流於同一方向，避免兩股水流斜觸，而生漩渦，及沙石淤積。在兩股寬度與整個河寬相等處，即在理論上之分汊點，分水堤須終止。分水工程之尖端須平坦，漸降至河底，其根端則逐漸放寬。

若欲填塞支股，則應在支股之下端建築鎖壩 (Sperrdamm)，促速淤填，同時加高分水堤，使中水之小部流入支股，而大部則流經幹股，視支股淤塞之程度，再將分水堤逐漸加高。鎖壩之工程，若分期加高，則洪水漫溢甚劇，壩腳須用沉排保護，兩端與岸連接處須固密，以防搜串。分期建築較一次築成為佳，因河股淤填，可省壩腳寬度，且其上方亦不斷淤沙，而獲得天然之加強。若掘得之土方甚多，足以填塞支股，則可一次將壩築成。

堵塞支股，自有利於航行，惟在施工時，河內現象可能暫時轉劣，蓋保留股內之沙石，在昔本為固定者，被沖移動，故須隨時準備加以浚深，以維航道之深度及寬度。新洪水床可預為築置，因其對於航行無甚影響也。廢股之上端，可建分水壩，以封閉其一部分，其高度在能納低水及中水於保留股內，以利航行 (第 41 圖)。



第 一 圖

第三節 支流河口之治理

河口(Strommündung)當另章詳論之，蓋其受海之影響頗大，本節所述者，限於支流入注幹河之河口。

支流入注於幹河之處，避免河面過度展寬，故同注於一幹河之兩支流之河口如過近，有將其一遷移之必要。支流之比降例較幹流者為大，將其河口移至上游，多為可能。如支流與幹流在匯合處交切，則河槽放寬之段落甚長，幹河與支流應成一 20° 至 25° 之銳角，支河入注處之下游，常淤成沙灘，其故因兩河匯合處之河面過寬，在寬大之河流內，此項沙灘尚無妨礙，洪水時能沖去其一部分，河流才，則須人工疏濬，其費工也，自不待言，且不能一勞永逸，蓋濬後仍將復淤也。

第四節 湍流 (Stromschnellen)

河床之土質不一，如某處土質較堅，則其冲刷自較緩，結果該處突然隆起，阻抑水流，增加水面比降，水流因急，形成所謂湍流。此項堅實隆起之處，多為巖石，常為航行之阻礙，該段河床比降，視情形良好段內者，差別恆甚大。苟將隆起之礁石炸去，勢必影響上游，使上游水位降落甚劇，致礁石逐漸露出水面，在未炸平前，並不影響航行者，今反成障礙矣。如河流大，可於礁石內鑿一航槽，其兩旁水面仍舊甚高，船隻之馬力大者，尚可通過，較佳之法，為於其旁開渠，並

建船閘，以利航行，可不至於影響水流。或建壩並於其旁附船閘，且可利用水力。

第六章 河工材料及建築物

第一節 河工材料

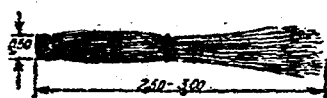
1. 石土料 治河工程所用之石料，爲砂礫或較大之石塊。砂不宜過細，流沙(Triebsand)更不可用。砂之外，亦可用黏土(Ton)及膠泥(Klei)，惟須防其溶解於水內，蓋黏土遇水，能於數小時內溶解成泥漿也。至於石之形狀，方者較優於圓者。河流之上游及中游，多在山內，石頗易得。各種天然石如砂石、石英石及石灰石等，在沒於水中時，並無何優劣之別。比重大之石，自較輕者爲佳。石塊之最小尺度可驗定之，平均可選直徑在5至8公分之間。

河流下游及河口，石塊之運輸途程較遠，故較昂貴，石塊多僅用以鎮壓梢工。

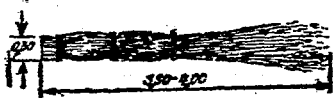
2. 薪木類 河工用薪，其原甚古，遠溯於成周之際。歐美河工用薪，由來亦久。

所謂梢工(Faschinenbau)，乃用梢組(Faschinenbündel)建築而成。束細嫩樹枝成組，是謂梢組，組之根端粗約30公分，梢長不得短於2公尺，長2.5公尺者較佳，有長至4公尺或過之者。所用之樹枝，根端不宜粗於5公分，俾紮成之梢組，尚有相當之彎曲性。各種樹枝或灌木之枝均可用，最適用者爲柳樹、榛樹或赤楊等類。有刺之灌木不可用，以其易傷工人之手也。楊柳在生長之時砍伐，而即用之於梢工者，能生根滋長。其他木類則須俟枯時砍伐之，此時樹汁最少。欲判別闊葉樹砍伐時期之是否得當，可觀其有葉或無葉，及其有無葉苞。針狀葉樹可連葉用之。製梢組之樹枝，以採下即用爲佳，久則乾脆易折，若

以根端浸於水中，亦可保存其嫩性。梢組相互以短尖之徑編結，短梢上端粗約 8 公分，可用樹枝或細樹抄爲之，亦可埭木爲之。前者有滋長之可能，後者釘着較牢，梢頂則穿硬木釘。用於各梢層間之繩纜，或爲細枝擰成，粗 12 至 18 公分，今多代以兩股擰成熾熱鍍鋅之鐵絲，粗 1.2 公厘，第 42 圖示一梢組，較長者繫縛三處（第 43 圖）。



第 42 圖



第 43 圖

吾國埭工，素來用梢，迨後森林缺乏，梢料取給不易，而黃河埭工及河北省諸河爲壩，乃以高粱桿代之。用之者或帶根或不帶根，然黍半爲不帶根者。亦有用蘆荻者，名曰葦料。

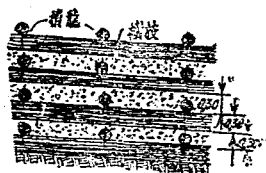
高粱桿及葦，其質輕弱，易於蟄墊，故以是等物料所爲之埭，每年必須培修，耗費甚多也。細軟之草亦有用於梢工者，但以之填心，而非單獨應用。

3. 紮料 紮縛梢組或梢龍 (Wippen, Faschinenwürst)，昔在歐洲多用柳條，分大小二種，小者長 50 至 60 公分，粗 0.5 公分，以紮梢龍。大者長 1.0 至 1.25 公尺，粗 1.0 公分，以紮梢組。近則多用熾熱之鐵絲代之，粗 1.2 至 2.0 公厘，細者以紮梢龍及梢組，粗者以紮梢組。鐵絲均鍍鋅（俗稱鉛絲），以免銹蝕，亦有用石炭油浸透之麻索者。吾國埭工所用紮料，舊爲藤索，更有用葦草索者，近者鉛絲爲用亦廣，大抵用以紮縛木概。

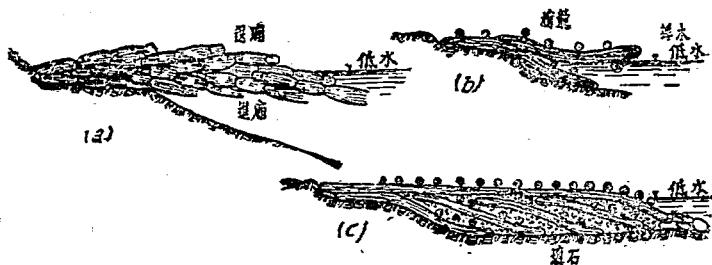
4. 概 釘梢龍於梢工上用梢概，長 1.25 公尺，粗 4 至 6 公分。沉排所用之概，粗 4 至 6 公分，長視排之厚度而定。概料宜用圓直之松木，鋪梢工則用嫩柳木概亦宜。

第二節 梢 工

凡用薪梢構成之工程，謂之梢工。或就工地將其鋪填，所謂填梢 (Packwerk) (第 44 圖)，或潛梢 (Sinklagen) (第 45 圖)。或於岸上以之製成沉輓 (Senkwalzen)、沉梢 (Senkfaschinen) 或沉排 (Senkstücke)，然後於工地沉之水中。



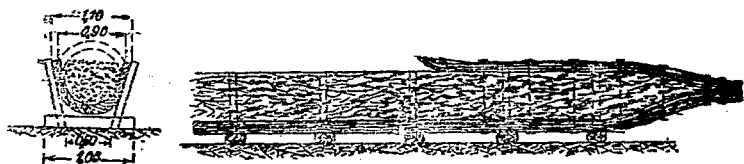
第 44 圖



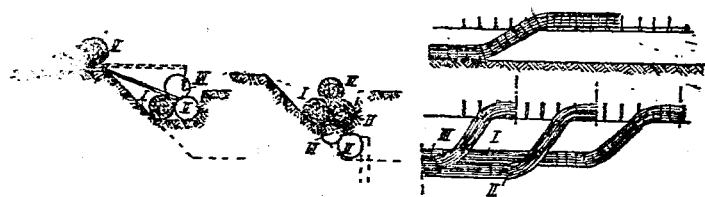
第 45 圖

護岸工程 (Uferdeckung) 有用橫鋪梢工 (Rauhwehre) 及縱鋪梢工 (Spreutlagen) 者，二者均為厚 10 至 15 公分之梢層組合而成，而用梢龍或鉛絲縛於打入之樑上。樑距 0.6 至 0.8 公尺，長 0.6 至 0.8 公尺。縱鋪梢工最好用新鮮柳條製成，因其能滋長生芽。其築置方向與流向正交，橫鋪梢工則順流向。

沉梢製於梢架 (Faschinenbank) 內 (第 46 圖)，將梢枝鋪於架內，兩邊升高，使成凹形，以沙礫及小石塊實其內，然後再覆以梢枝，用



第 46 圖

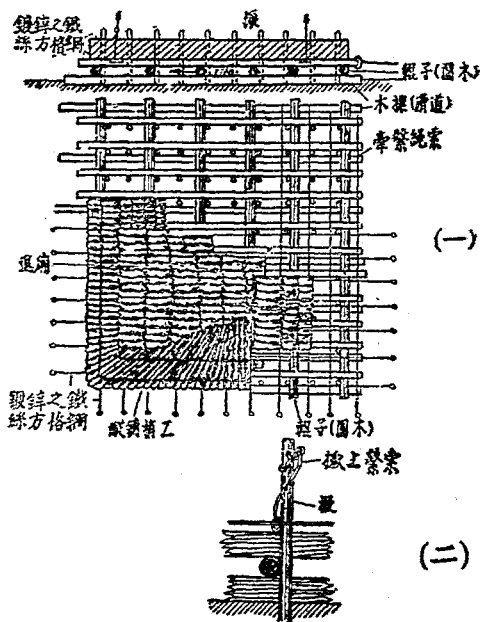


第 47 圖

鉛絲紮縛，形同雪茄烟，兩端因不裹石，須將梢枝歸納紮緊。沉梢粗 0.6 至 1.0 公尺，長 4 至 6 公尺。沉輓之製法與沉梢同，惟甚長，製於岸上，已成之一端可沉入水中，而另一端仍繼續延長。設河底土質鬆軟，則沉輓着底不平，有折裂之虞。若須沉入數輓，則第二、三沉輓下沉時，須鋪板令其滑入適當之位置(第 47 圖)。

第三節 沉排

沉排(第 48 圖一、二)為方形，製於用沉排處之上游岸上。製沉排之平場，須具 1:10 之坡度。製排時先搭排座，鋪長方形木樑於地，方向正交河流，是即滑道，其長如沉排之寬，相距各 1.5 至 2.0 公尺。次以圓木名曰輓子，加於滑道之上，順河流方向，相距各 2 公尺，輓子兩端，各打木橛一根，以防其滾動。輓子之上，又安放 5 公分



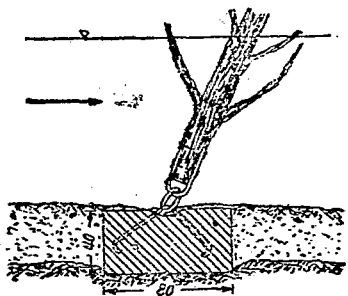
第 48 圖

厚之板條，正交樁子，相距各 1 公尺，樁子及板條均以長繩繫於岸上，俾排成下水時，不至遺失。排座既成，乃開始造排，先以梢龍，或粗 2 公厘之鉛絲鋪於每一板條上，其長須如排之全長。再以梢龍或鉛絲橫加其上，長如排之寬，相距亦 1 公尺，構成正方格網。於梢龍或鉛絲之交叉點打槓一根，槓頂繫藤繩，其粗如指(第 48 圖二)，一端繫縛於鉛絲交叉點上。於是開始鋪設梢組，先橫向，次縱向，根端向外，約厚

0.6 至 1.5 公尺，若梢已鋪足，再以梢籠或鉛絲構成方格網於其上，使其十字交點，與排底方格網之十字交叉點，上下相當。於是拔去排概，將繫於概上之繩，繫於上層方格網之交點上，將沉排繫成一體，繫緊時，工人須同時用足踐踏。排之周圍，編籬一匝，俾拋石使之下沉時，不至因排之傾側，石塊墜入水中。沉排既成，將其拖入水中，浮至工地，四週鈎着於船上，拋石壓之下沉，其下沉也，須四方均勻，不得偏側。欲排之位置合乎規定，繫排之船須拋錨。拋石之法，先同時拋入周圍編籬內，迨沉至水面時，乃漸向排心拋石，同時鬆解吊纜，待沉着河底，速再拋石，以免沉排位置為水流所沖動。沉排有寬長至 100 公尺者，過於寬大之沉排，須於水面浮筏 (Floss) 上製造。

第四節 沉 樹

沉樹 (Sinkbäume) 為暫時建築物，功能促成淤積。又有俄福 (Wolf) 氏浮壩 (Wolfsche Gehänge) 者，其效亦若 (見後)。沉樹不去葉，其根端連於混凝土塊上，以之沉於河底 (第 49 圖)，樹身浮蕩水中，使附近水流速度銳減，挾沙力降落，砂礫下沉。



第 49 圖

第五節 浮壩

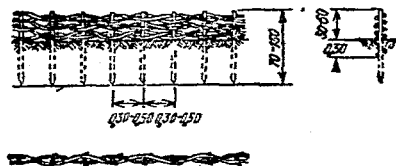
俄福氏浮壩之原理，與沉樹同。於河內打樁，樁距 2 至 3 公尺不等，於低水面高度張以橫木，而於其下懸梢組，必要時建雙浮壩 (Doppelgehänge)，則其外行木樁，可支於內行木樁之上，俾能禦洪水之衝擊，水深或洪水大，建雙浮壩，尤為必要。

第六節 潛 梢

潛梢為深水中丁壩組織之一部分，丁壩之建築方式，當詳下章。潛梢與沉排相類，惟非製成後浮至工地，乃就工地裝置，用沙石加重，使沉着河底。一端連岸，於岸內掘坑，埋設梢根，每層梢組厚約0.6至1.0公尺，而由一前進廂梢(Vorlage)及一後退廂梢(Rücklage)組合而成，用梢龍盤鑲。在鋪設廂梢之時，載以浮木(Schwimmbaum)，潛梢日後陷落之尺度，約合其高度之十二分之一。

第七節 編籬(Flechtzäune)

編籬之用於河工者甚廣，以長0.7至1.5公尺，粗6至15公分之木樑，打入土中，相距0.3至0.5公尺，以柔韌樹枝編籬其上，高0.5至0.6公尺，深入土中至少0.25公尺。樑與樹枝均應用生嫩尚能滋長之木(例如柳樹)(第50圖)。

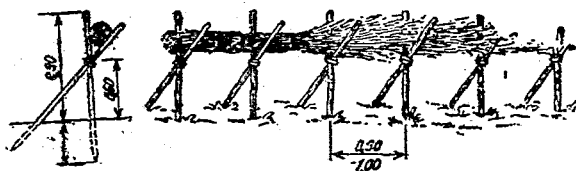


第 50 圖

第八節 梢 龍

梢龍之長度無限制，粗0.1至0.2公尺，用柳樹枝紮成，每隔0.25或0.33公尺，用粗1公厘之熾熱鉛絲繫緊。枝之根端均藏於內，製於梢龍架內(第51圖)。每隔0.9至1.0公尺樹二梢，一斜一垂直，交叉之處，繫以鉛絲。梢龍須趁尚能滋長之時用之，穿以粗0.06

至 0.10 公尺，長 0.6 至 1.5 公尺之樁籤，使釘着於梢工上。



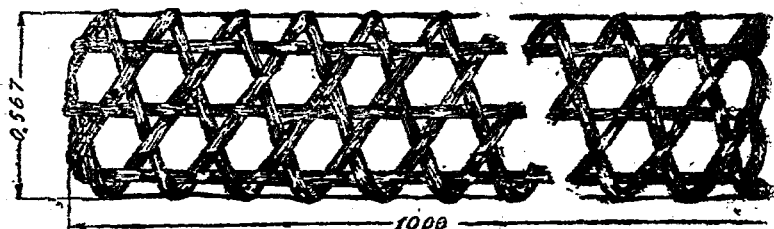
第 51 圖

第九節 鐵絲籠，石籠，竹籠

鐵絲籠乃用粗 2 至 4 公厘之鍍鋅鐵絲編成，孔寬在 15 公分以內，籠之大小，視建築物之大小而定。石籠則以粗枝為骨子，用梢料編成籠形，用於水流荒蕪之河道內（如山溪、荒溪）。吾國河工有用竹籠或柳條裝石者，制殊而用相仿。

四川都江堰所用之竹籠工，所用之竹料為質最柔而堅韌之白甲竹，捶破為篾，編製成籠，長 10 公尺，直徑 0.567 公尺，環篾寬 0.06 公尺，順篾寬 0.05 公尺，孔徑 0.22 公尺，每籠約用竹料 130 斤，捶花削節，均有損耗，籠成約重 85 斤。將空籠安置施工處，納卵石其中，使滿。此古法築堰工程之一，以其取材甚易，且有彈性，受水壓力不大，可由孔隙穿漏。以若干籠連接堆置，即可作成任何形狀之攔水壩、滾水壩、堰壩等工程。

考竹籠工在二千年前即已發明，漢建始五年，河決東郡，汎濫堯、豫四郡三十二縣，沒官民屋舍四萬所，延世以竹落長四丈，大九圍（手圍），夾小船載小石治之，三十六日堤成，帝嘉之，改年曰河平，封延世關內侯，拜光祿大夫。第 52 圖示竹籠形狀。



第 52 圖

第十節 插枝種草

於春季剪柳枝，粗 1 至 2 公分，長 0.4 至 1.0 公尺，插土內，距離 0.15 公尺，能生根滋長，數年後即能發揮防止冲刷之功效。或插之成行，斜當流向，或插之成圈，圈之直徑約 0.6 至 1 公尺，或散亂插之均可。

以草皮鋪岸坡上，在未生根前，應防為水所冲，草皮鋪後二年，方能抵抗水流之冲襲。

第七章 河工建築物之種類及構造

第一節 概 要

河工建築物可分為三大部分：

1. 固定之束馭建築物，如丁壩及順壩(Parallelwerke)等是。
2. 活動之束馭建築物，如浮壩、浮樹等是。
3. 掩護之建築物，如護岸及護底工程是。

第一類固定之束馭建築物，如丁壩、順壩、潛壩及鎖壩之建築地，或原為變動者，或正欲藉此種建築物以使之變動，多在水中，故宜用

能堆積或能沉入水中之材料(石或梢)爲之。缺石之處用梢，惟應於可能範圍內用石。梢類宜用於活動之束馭建築物，但河口之工程，常爲例外。

石堆者能持久，梢建者則否，尤以在挾沙量甚富之河流內，梢工易爲沙石所嚼蝕。

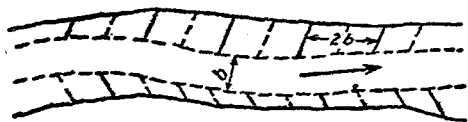
第二類活動之束馭建築物，爲浮樹及浮壩，乃暫時之建築物，達到目的後，常可將其除去。

第三類掩護之建築物，在保護河岸及河底，使不爲水流所侵襲，又可視爲束馭建築物之善後工程。因束馭而獲得新淤之地，更須加以保護，蓋其抵禦水流沖刷之力，較舊岸爲弱也。

第二節 丁壩

1. 概要 丁壩爲用石堆或梢建之堤，一端連岸，橫梗水流之中，藉以束狹河槽，其功效見於壩田(Buhnenfeld)淤填之後，是時岸線已前移至壩之首端。新築而未淤填之丁壩，阻抑水流，有如橋樑。壩首之間，水流增速，流過壩首間後，向兩旁展流入壩田內。在水流甚急之山溪內，建築丁壩，不能收效，河心且有淤成沙脊者。故建壩之目的，必俟壩田淤滿新岸線成立，方可謂爲達到。壩之長者愈於短者，蓋後者對於淤土無充分之保障也。故丁壩多建於能容長壩之處，而與新岸線之位置有關，均在凸出之一方。丁壩之距離，或選爲新河寬之兩倍，俟淤至相當程度後，再於其間添築一壩。或即令壩距與新河寬等，當視河流情形以定之。若預計淤填必速，可選前法。添築於兩壩間之新壩工程，因不深，亦較省工，此添築之新壩，足以加強淤積並鞏固之(第53圖)。

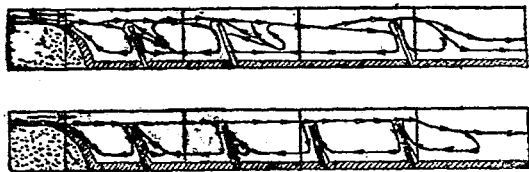
丁壩之位置，可向上游，正交河流，或向下游，即所謂上挑丁壩(Aufwärtsbuhnen)，正挑丁壩(Normalbuhnen)及下挑丁壩(Abwärts-



第 53 圖

buhnen)是也。普通以上挑丁壩爲最佳。其於河底之作用較溫和，溢流之水，趨向河心而不沖岸，故河岸所受侵襲較下挑者爲小。但壩端之沖刷較深，惟工程之目的，乃在使其有巨大之功效，建築物本身之利害，乃其次要者。特須時加防護，使壩身不至損壞耳。上挑丁壩雖爲普通所採用者，惟亦有例外，而須採用下挑丁壩者，設河岸堅固，足禦水流之沖襲，而河底過硬，必須藉較大之水勢以沖刷之，則拘泥成規，實爲謬誤。

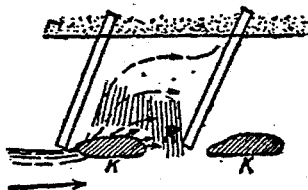
由上一壩首至下一壩首間，水流之面積，並非在壩首間縮小，至壩田中部展寬，在下一壩首間復又縮小。水流乃在壩首下方向旁展流，流過壩田後，觸及下一壩，折而向岸，在壩田內成爲迴流 (Rundströmung) (第 54 圖)，此種迴流乃淤積之原因，無此則淤積絕不可能，迴流同時又足以消滅水勢，非僅丁壩之束狹水流，壩田內發生漩渦，造成較大之糙率，具治河之功效也。



第 54 圖

深渦之後，淤成沙脊，與下一壩連接(第 55 圖)。沙土流經深渦，

沿沙脊移動，而淤於壩田內。據德國恩格思氏試驗，深溝沙脊，對於促進壩田內之淤積，均有極大之影響，惟壩首端之深溝，若互相連接，則殊危險，蓋壩首前成一深溝，溝內流速較大，對於船隻，發生一種吸引作用，船隻有觸壩之虞，可築固河底以防止之。恩格思所作丁壩試驗之結果，可歸納如下：



第 55 圖

枯水之時，越壩之水不多，壩田內淤積之處，偏於河心及下方，洪水時淤積之處，則偏於河岸及上方。因洪水時期淤積之沙，其移動於河底上者，乃由上一壩首流入，故不致為低水時沖出而在中水時加高之沙脊 *R* 所阻。至中水時沿壩下方沖成之溝，則又造成下次洪水時之淤積。沖成之溝，對於壩首安全固有害，對於淤沙則有利云。

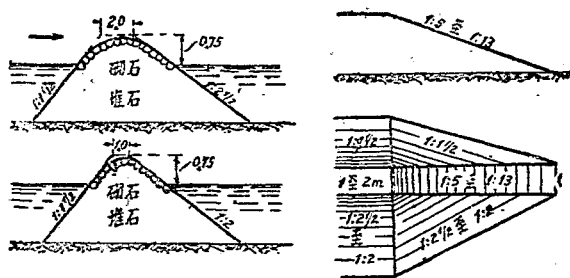
上挑丁壩在護岸及淤沙方面，均優於正挑及下挑者，後者越壩之水，趨向河岸，危害河岸最甚，同時淤沙功用甚微，獨壩首沖成之溝較淺，然究屬弊多利少也。

在直河身內，丁壩之距離，不宜大於治理時規定之低水面寬。

壩首之深溝，有利於洪水時期之淤積。若固築壩首河底，杜成深溝，則壩首以平坦者為有利於洪水時之淤積。苟壩首能沖成深溝，則壩首之形狀，對於洪水時之淤積，並無關係。

多數治河計畫，今均以低水位為標準，蓋是時航行受阻最甚，丁壩工程可自舊岸伸至低水抹線 (Streichlinie bei N. W.)，壩首高與低水位齊，然後漸降至河底，愈平坦對於航行愈有利。

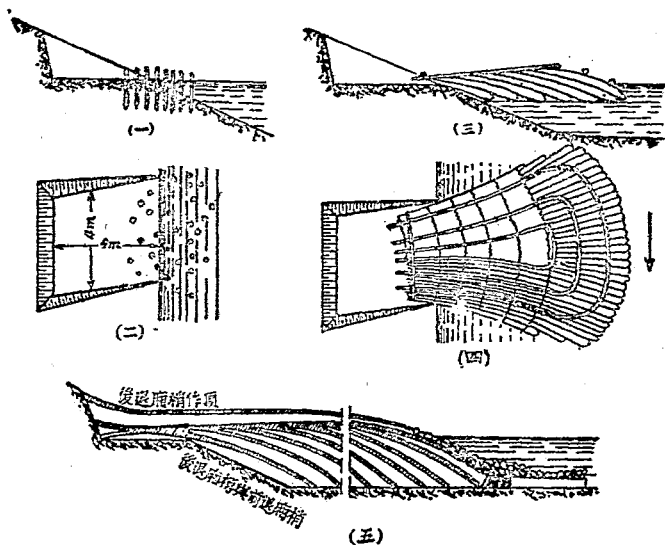
2. 丁壩之種類 丁壩之根端，須深埋入岸內，俾雖在洪水時，亦不至為水流所搜串。埋於岸內者為壩根。大河流內之丁壩，其壩根有長至 40 公尺者，普通長 3 至 5 公尺即可，第 56 圖示石建丁壩。由



第 56 圖

此圖可見丁壩從下游之一方，均築置較強固，蓋其在水流漫溢時，易受損傷也。壩首之坡度，皆繫於河流之比降，比降弱，可取 1.5，比降強而河槽橫斷面不一致，可降至 1:15。砌石較堆石為能持久，尤以在結冰時，砌石較為安全，石塊不至凍結水內，而隨流漂去。砌石層當力求其深入水中，下水方壩首附近，常須用沉棍保護，並拋石護底，或於壩前置沉排，以防沖成深澗，間亦可以砂礫代石塊，用砂填築壩心，但須用砂礫或石塊鎮壓之也。

稍建丁壩，其施工普通較為艱難，先於岸內掘壩廂(Buhnenkammer) (第 57 圖一、二)。由廂內鋪出第一層前進廂梢，厚 30 公分 (第 57 圖三、四)，是為第一層浮梢。前進廂梢之上方，祇見梢之根端。第 57 圖(四)、(五)僅示浮梢層之下半部。由前進廂梢前端向岸鋪後退廂梢，其上方僅見梢之杪端。第一層浮梢用梢龍盤鑲繫於樁上，然後以砂礫壓之下沉，再於其上鋪置第二層，於是得第 57 圖(三)所示之形狀，是時丁壩尚未完成，一部梢層已沉着河底，一部尚漂浮水中。第 57 圖(五)示丁壩已完成，壩腳用沉排或潛梢特別保護。築時須用手搗實，俾其充分實密，惟不得穿壩打樁，免失其活動性。



第 57 圖

一施工前須詳測場基，以便確定潛梢各層之尺度。有於丁壩上栽種者，因根株之盤結，使壩頂特別強勁。苟植物修剪整齊，則栽種亦有利。但持異議者，則謂其足致使淤積之不規則云。

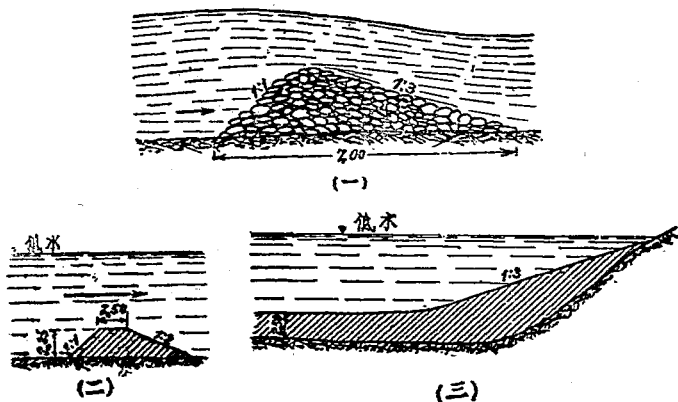
河流含有大量泥沙，而河床易於變動者，宜用透水丁壩，以納泥沙。且因透水之故，雖當急流，而所受水壓不若不透水者之大。

在河流下游，情形雖異，而用丁壩收效亦宏。例如阿特馬斯 (Atmath) 河，在 1890 年尚淤泥 95,000 立方公尺，藉同年興工之丁壩工程，束水刷沙，自 1896 年以後淤澱工作，幾完全廢除。德國水工專家方修斯 (O. Franzius) 氏根據治理維塞爾 (Weser) 河之經驗，亦以丁

壩之應用範圍，不僅繫於比降，而與泥沙量有關。雖方修斯氏之意，以為在潮區(Flutgebiet)內，丁壩乃絕對有害者(見後第八章)，其說亦曾驗於通至鹿特丹(Rotterdam)之新水道工程，然究不可一概論。苟暫時用之得當，亦能收淤高壩田，沖深河槽之效，而減輕日後於深水內建築導堤(Leitdamm)之工作。方修斯氏之論斷，有加以如下補充之必要：河川之大者，因橫斷面縮小，水勢耗蝕，對於潮浪(Flutwelle)沖刷力之影響甚微，反之，若河流之流速及流量均小，則因潮浪水勢之削弱，能使其沖刷作用降低。

3. 潛壩之種類 潛壩多用石塊或梢建築，其下水方坦坡(1:3，常較上水方坦坡(1:1)為平。潛壩之功用，在填塞深潭，故橫梗河中，由此岸以達彼岸河底復高之處，潛壩之距離不宜過大，普通為河寬之一分數，平均約在15至20公尺之間。

若用梢建潛壩，則先用短小沉排填最深處，用沉梢覆其坦坡上，



第 58 圖

並逐漸將沉排放大。專恃潛壩而不用泥沙填兩潛壩間時，其效不宏。潛壩之上水面抬高，設兩壩間河底未完全淤高，則其間水面又降低，故應視潛壩為新淤河底之一種鞏固工事，欲水面抬高，惟藉填土。德國維塞爾河內所建潛壩之距離，為河寬之 $\frac{1}{5}$ 。潛壩之頂，須低於預定河底 30 至 50 公分，俾所拋之石，如有豎立者不至突出河底。維塞爾河內所建之潛壩，由岸向河心具有 1:4J 之坡度。

潛壩功能淤滿深潭，其築置法有二：或分層築置，隨河底之增高，逐漸將壩加高，或一次築成，再事後填高。前法較為經濟，第 58 圖示潛壩之正面及橫斷面。

第三節 順壩

1. 概要 若丁壩之間已淤滿，新岸線已成立，則有加以保護之必要，可沿新抹線築與河流平行之建築物，此項平行於流向之建築物，亦可無丁壩而單獨建築之，是為順壩。若急於收治導之功，則不能待壩田之淤積，須令河心流動之水，與壩及岸間不流動者隔離。如順壩工程着重於低水時期之治導，則其頂須高出尋常中水面 20 至 30 公分。壩根須妥埋岸內，以防搜串。在無水漫溢之時，壩上端水面，約與壩下端河內之水面等高。設河流比降為 1:2000，順壩長 500 公尺，則在上端壩內方水面，約較壩外方者低 0.25 公尺，此種水面高差，可於順壩與舊岸間建築格壩 (Querbauten) 以減小之，蓋順壩

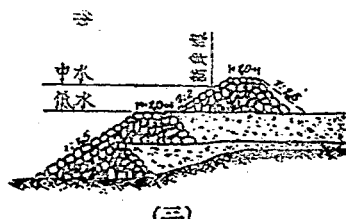
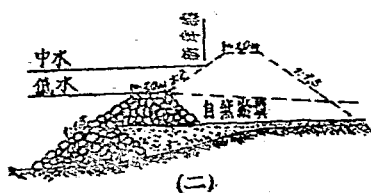
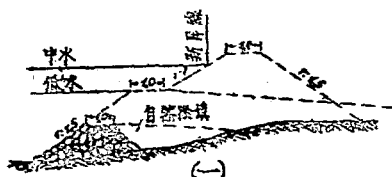


第 59 圖

恆具有相當之透水性也。格壩又能阻水位較高時，壩後沖成深溝(第59圖)。順壩後淤沙極緩，蓋流動於河底上之笨大石礫，不能越壩流入壩後，但以他處挖得之沙土填壩後，則甚合宜，因其不至被沖去也。

順壩後之淤積可設法促進之。法於順壩內緊接格壩之下方，留缺口，俾水能流入，其效甚著。

2. 順壩之種類 順壩以堆石築成者，為最佳並最能持久。築壩之碎石塊可由船上或架上傾入水中，內部用細石料，外殼用粗者。在通航之河流內，宜用石砌，惟必須俟壩身陷實後，方可鋪砌。壩頂



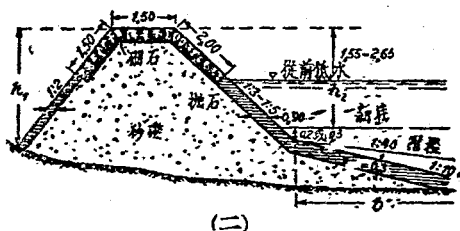
第 60 圖

寬度，多為 1 至 1.5 公尺，靠河坦坡 1 : 1.5 至 1 : 3。若工程分年進行，可減工費，第 60 圖示工程分三期進行，一部分工程，聽其自然淤高。

第 61 圖示順壩之橫斷面，壩心為細石料，外殼為大石塊。

梢上順壩多用沉梢，惟須注意築壩後，低水位是否將降低，若然則梢枝之腐敗甚速也。苟新岸已成立，並經保護，則梢枝腐蝕不足為害，特其陷落較劇耳。

順壩與舊岸間之格壩，恆於順壩落成後築置之，其靠順壩處之頂高，或與順壩等高，或較其高 20 至 25 公



第 61 圖

分，由河心向舊岸漸高，約具 1 : 100 至 1 : 30 之坡度。格壩須深入岸內，但不得高出河灘，設水不深，則無用沉梢之必要。水深在 0.8 公尺以內時，可令工人着不透水之橡皮衣，入水工作，用填梢建築，其工作之進行，與在乾洞中無異。

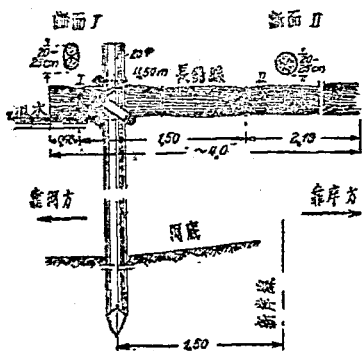
第四節 活動之束馭建築物

1. 浮壩 上節所述治河工事，多少含有強迫性質。活動束馭建築物之創作者，德人俄福氏有見於此，曾作以下之評語曰：「由固定束馭建築物與流水隔絕之死水，祇能局部淤積，且其淤積甚緩，大部分沙石或沉澱物，仍沿丁壩首或沿順壩流動於河槽內，致令河床局部淤高，或沖深，結果比降或減或增，並使水流蜿蜒於兩岸之間，淘刷束馭建築物，甚或淤塞河槽，以至旁決」。固定之束馭建築物，見效既緩，需費亦鉅，活動之束馭建築物則輕便省費，為效甚速，實為吾

人所迫切期待者也。

活動之束駛建築物，不着河底，無礙水流與沙石之宣洩，河工上用之。歷史甚久。昔賈魯治河，用沉舟之法，人皆稱之。用以代壩而逼水，彼時故河業已通流，但決河勢大，水流多於故河十之八，又適當秋漲，洄流湍急，因沉舟爲壩以逼之。沉舟逼水之法，亦曾見用於德國之薩爾(Saar)河，公元1774年薛*爾(Schemerls)氏用沉樹堵塞多瑙(Donau)河之廢股⁽¹⁾，1878年格*帕特(Geppert)氏用厚板擋水，以冲去沙脊⁽²⁾，迨後俄*福氏創製浮壩，活動之束駛建築物，始具體化。

製浮壩所用梢組，粗約30公分，在根端束成兩股，杪端則爲一股，以粗約8至12公分之木兩根，貫穿各梢組，使連成一簾(第62圖

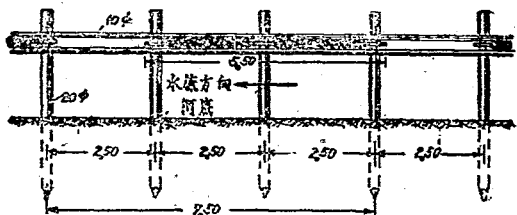


第 62 圖

至第64圖)寬約2.3公尺，梢組長約4公尺。繫梢簾之樁平行於抹線，樁距2.5公尺，離岸3至4公尺，樁粗約0.2至0.25公尺。微露於中水面以上，以免洪水時被冲而損壞。用鉛絲將梢組簾縛於樁上，高與低水面齊，杪端從岸(第65圖)，每隔二孔空出一孔。浮壩所以能收淤沙之效者，其故因水流橫斷面積束狹之處，水面必壅

註(1) Kreuter: Der Flussbau, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Teil, 6 Band, S. 140.

註(2) Kreuter: 同上, S. 133.



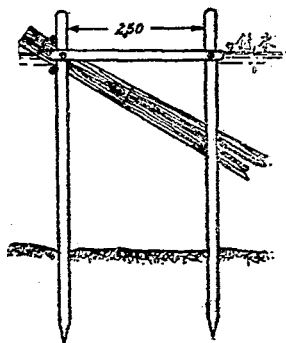
第 63 圖

高，此種現象，在打入木樁時，即已見之。懸於樁上之梢組，漂浮水內，其位置最初為水平者，逐漸因沙石之加重，杪端低沉，為流水所擗而微震，因水流橫斷面積繼續減小，塌後水流亦減，而塌前之水面被堵抬高，浮塌前後水面既高低懸殊，故塌前後河底刷深，被壓流入塌下之水，因

- (一) 動能耗蝕，
- (二) 須克服與梢組間之摩擦，
- (三) 觸於塌後較靜之水流上，
- (四) 流向改變，
- (五) 溜勞削弱

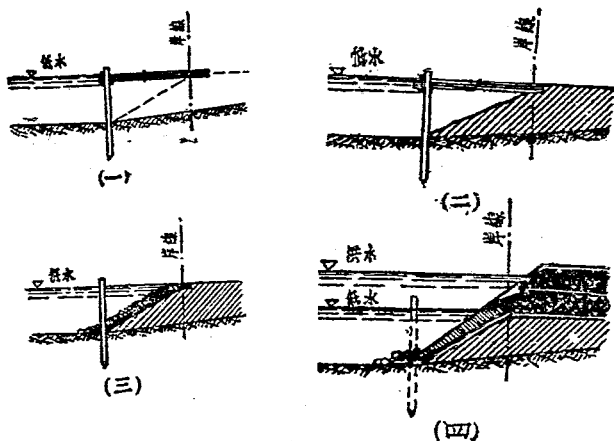
等種種原因，流速銳減，所挾沙石遂沉澱於塌後。因每隔二孔空出一孔，故沙石多由此孔流入，而停於塌後，於短時間內將其淤滿。設水流過急，則須靠岸再打樁一行，以支持前行，兩行樁之距離為 2.5 公尺（見第 64 圖）。

淤成之新岸線，不必急於加以鞏固，宜待其成立固定不變之狀



第 64 圖

能。繫梢組之樁，如位置得當，則淤沙之地位，不完全靠近新岸線，尚有餘空，足以砌石護坡。第 65 圖示新岸成立之各階段。圖(三)內新淤之岸，已用填梢或橫鋪梢工保護。圖(四)內新岸已成，因新橫斷面縮小，故新岸前河底刷深。



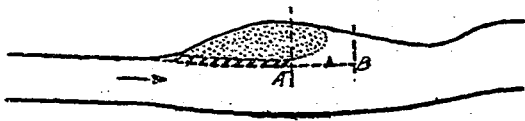
第 65 圖

浮壩之功用甚多，不獨能淤沙，且能導流。建築固密之浮壩，尤以與導水堤或河岸連接時，能影響一相當段落內水流之方向，可以之暫代導水壩，予水流以相當之引導，迫其捨棄原來流向，並沖去附近沙灘，是為「導水浮壩」(Führungsgehänge)。

河岸之漸就頹毀，而僅須權加保護，以杜其繼續坍塌者(譬如該段之治理工程，興工在即，或乏款一時無修築之望)，則築「禦浪浮壩」(Abweisgehänge)，類能收效。可自岸起斜向打樁一排，以橫木密張之，下懸梢組，阻水流使不能近裂岸，此項禦浪浮壩，不可築置過長，如破壞岸線甚長，可分築短壩，如屏幕狀。禦浪浮壩多築於河之凹

岸，藉以緩水勢，常無淤沙功用。因當溜衝，故不可過長，否則侵入壩後之水過多，而失去其防禦作用。

浮壩淤沙功效最著之處，在河身由直入曲，或由較良好段落入於荒野段落處。水流掠浮壩而過，流向與之交成銳角（在上端僅有數度），愈向下游，角度愈增，淤沙之效能亦愈減，至 30 度左右，其效全失。浮壩之長短，關係甚大，應長若干，甚不易作數學上之規定，蓋河道之情形及大小不同，築置浮壩之目的不一，築壩處局部情形各異也。過長之壩，例應避免，在河岸與浮壩復又靠近處，必須停止築置，否則流入浮壩後之水，因壩後流槽縮狹，被束奪縫流出，自不免刷深壩後河床矣。第 66 圖示一浮壩及預測之壩後淤沙程序，先築至 A 點，俟淤至 A 點後，再展築至 B 點。

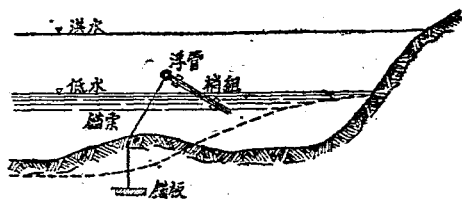


第 66 圖

浮壩之活動性雖大，淤沙雖迅速可靠，然欲用之得當，亦非易事。凡溜勢湍急，水深過大之處，及河灣凹岸，新開引河下游，均不宜用之。他若在洪水來勢過驟，石礫粗大之山溪內，泥沙少而細之平原河流（Flachlandfluss）內，冬季結冰及水運頻繁之河流內，浮壩皆不合用。

俄福氏浮壩之缺點，在所懸梢組之高度及位置，不能加以調節，而河流內所挾沙石之性質，亦足影響其功效。設河流內所挾沙石量不甚大，則壩後沙石之淤積必緩，設水內所含泥沙復甚衆，則泥沙滲入梢組內，將有過速之虞，在是種情形下浮壩之設計，須經久而不改變其作用。設流量之變動甚劇，洪水時期甚久（發源於深山之河流，非洪水由於冰雪之熔解者類如此），則浮壩之設計，須能適合流量

之變遷，換言之，即須維持壩前水位於某一範圍內，於是有第 67 圖所示之設計。



第 67 圖

壩前抬高水位，繫於壩之方向，即壩與流向所成之角度，流量及水流橫斷面積，因建壩而縮小之程度。欲維持壩前抬高水位於某一範圍內，須令浮壩之構造，為完全活動者。俄福氏浮壩之樁，及梢組懸掛之高度，均為固定者，未能符合此種條件。

第 67 圖所示之浮壩，具有完全之活動性，其設計復着重於減少冰澌危害及航行阻礙。俄福氏浮壩之建築時期，受氣候之限制，必須俟凍解後，始能着手進行，並希冀能趁冬季復臨前，收得充分淤沙之功效。

第 67 圖內所示之浮管，亦可用透石炭脂之木塊代之。浮體之升降，可收放錨索以操縱之。必要時可使降貼河底，惟木塊損壞，能影響其上浮性，又錨索之長度，亦有一限度，其能適合水位變遷之範圍，因之亦定，過長之錨索，升降範圍太大，足以影響浮壩之功用。

避免冰澌危險之途徑有三：

- (一) 令結構相當堅固，使在低水面下仍不失其功效。
- (二) 令結構相當堅固，使降着河底，能禦冰澌之侵襲。
- (三) 在冬季結冰前，將受危害最甚之部分(尤以梢組)除去。

上述之第一法，決不能抵禦過強之冰漸，第二法不能抵禦河底冰(Grundeis)(挾沙量多時更易結河底冰)。第三法於結冰前除去受危害最甚之部分，而於凍解後復裝置之，使工程費用增加，並在冬季不能收淤沙之效。

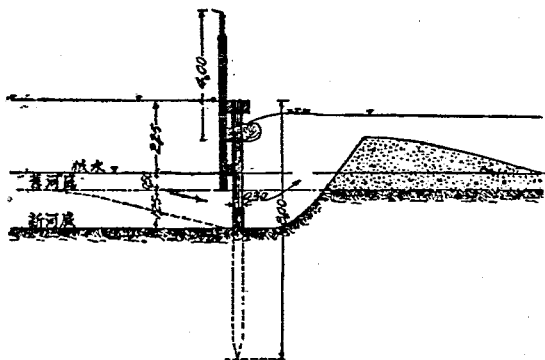
綜觀上述，愈知浮壩不能完全避免冰漸之災患，是否有方法避免之，尚屬問題。故在結冰之河流內，似以用固定之束馭建築物為最可靠。

2. 浮壩 浮壩(schwebende Schützentafel)之功用與其他活動之束馭建築物同，可以升降以適合水流之漲落。俄福氏曾於德國之易薩(Isar)河內，採用梢製之壩，惟梢製之壩，在水中愈久，升降愈不易，總之在水位漲落頻繁之河流內，不宜用之，而於門內存泥沙後，其作用近乎固定之束馭建築物，故不若用升降較靈活之木壩。木壩用鐵索懸於樁上，並加重使沒於水中，此種垂直之壩，功能隨合水流，以改變其作用。

活動擋水壩主要之優點，為能適合變遷之流量與沙石量，不至存沙，故壽命較長。因位置能加調節，故能完全適合河流情形，不至危害航行，不繫於河底性質，是以適用於沙石甚細之段落內。惟水流由壩頂漫過時，能沖成深窩，所需樁架，甚為笨大，因之其應用範圍，乃受限制，且在結冰之河流內，壩雖能除去，而樁所受之危害甚大，勢不得不加強樁架之結構，故在結冰之河流內，不宜用之。在洪水來勢甚驟之河流內，用之亦不無危險，蓋水位過高時，不易操縱壩之升降，而全部工程遂不免被毀於洪流也。大凡此種能以升降之建築物，恆須加以嚴密之守望，擔任此項工作之人員，須經過訓練，並謹慎可靠。

公元1906年，法國工程師奧杜安(Audouin)曾於羅瓦(Loire)河中邁因(Maine)河口之上游5公里處，試用浮壩，因該處河床中心淤沙過甚，兩旁水深過大，因之在低水時，兩溝過渡處水深祇達0.50

公尺，航行不得不中斷。奧杜安建平行於岸線之牘，計長 54 公尺（第 68 圖），工成三月後，經過一次春汛，河底沖深達 1 至 1.5 公尺，其範圍約寬 60 公尺，沿牘成立之航槽（Fahrrinne），水深最低約在 150 公尺以上，惟當水大風急之時，舟楫或不免觸及牘身也。



第 68 圖

沉樹之爲功，已如前述，其作用在使水流平靜，俾沙石沉澱淤積。用鐵鏈繫小闊葉樹於混凝土塊上，使其能轉動自如，沉之水中，樹與混凝土塊之連接如不僵，沉樹即能在水中依就其適當之位置。利用沉樹治理寬廣散漫之河流，或填塞深溝，其費用均甚省，此項沉樹日後多深埋於新河底之內，不復能起出。新淤河底，須拋石塊加以保護。

第五節 護岸及護底工程

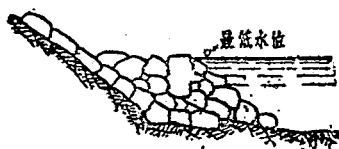
護岸工程或將其立即全部築成，或任河流本身擔負一部分工作，前者將石塊拋於岸坡之上，以保護之，或於岸前築低堤，以持

護岸工事。第 69 圖至 71 圖示護岸工事。

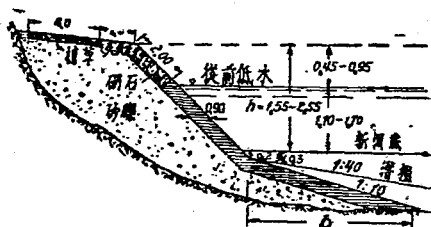
護岸梢工有縱鋪、橫鋪二種，已詳前述，但泰半尚須拋石保護之。德國維塞爾河之護岸工事，今已不用梢建，而用石塊。龐大之護岸工程，與順壩無異。

若欲藉河流本身力量之助，可於沿岸堆石，迨冲刷至石堆腳下時，石塊滾落覆於岸坡之上，再用人工加以築固。

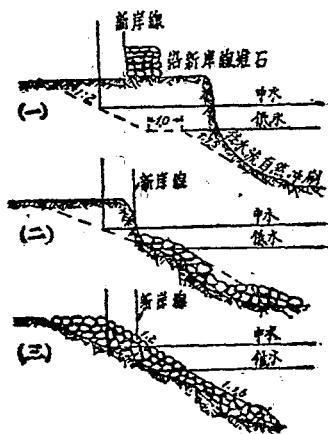
護底工程，或用沉排沉棍，或用石塊沙礫。若河流內所挾石塊不巨，沉排常沒水中，並用石塊妥為鎮壓，幾可視為永不能損壞者，但拋石護底，其法較易，且較能隨合河底之變遷。



第 69 圖



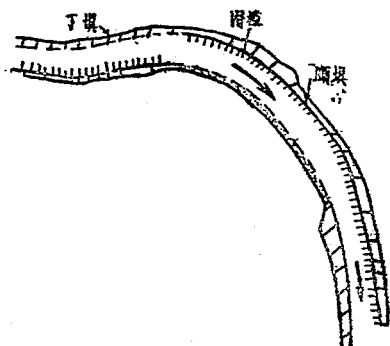
第 70 圖



第 71 圖

第六節 丁壩與順壩之比較暨各種建築物述評、

丁壩與順壩，何者為佳，其說不一，但各有利弊，殆無疑義。若新抹線遠離河岸，則以丁壩為宜，如逼近河岸，則以順壩為宜。故在凸岸，當築丁壩，而在凹岸則築順壩，有如第72圖所示。結果凸岸丁壩首端，河床沖深，河床橫斷面不似前此之不規則矣。



第 72 圖

就交通方面言，順壩絕對優於丁壩，沿順壩之水流較為平順；不似丁壩端之發生漩渦，且築壩後，即可收治導之功效。

就設計方面言，則丁壩能延長，能縮短，設計時之錯誤，能加糾正，實優於順壩。後者之位置如不得當，過寬或過狹，均須重建，若須將其後移，且須完全拆除之。

就工程費用方面言，以丁壩為較省，不獨建築費較廉，因其淤沙速，故養護費亦微，但終以兩者並用，為利最大。

活動之束馭建築物，極為經濟，且因活動，故有彈性，設計上即偶有錯誤，亦不至若何顯著。浮壩與沉樹功效之宏，實不容置疑，苟河流挾沙量大，堪與其他建築物抗衡也。

第七節 河工建築物之輔助工事

1. 浚濬 河底之沙石，有因表層浚去後，而陷於移動狀態者，

因之水內泥沙量增加，此於施行浚濬前，不可不審慎者也。且在富於沙石而善變之河床內，專恃浚濬，不能收改善航道之功，而須藉河工建築物，以使沙石之移動合規。河流挾沙，對於航行之影響，不在其量之多寡，而繫於枯水時淤積之是否合乎期望，俾航道之通暢，得以維持不墮。是沙石為患之癥結，不在沙石之量，而在沙石淤積之形狀也。支流河口附近，暨河灣下游，恆淤成沙脊，為河流潰決之主要原因。河槽兩旁較深，沙脊位於中央，妨礙航行，自不待言。若藉束馭建築物以使其被沖移動，則下游所受之弊，或將高出所獲之利益，在此種情形之下，宜施浚濬，苟能利用所浚之土，填塞河床他處（例如壩田內），則更佳。

在潮區之內，若水力不能沖動淤積泥沙，或因漲潮落潮之故，風之影響，海濱水流(Küstenströmung)之影響，海水之密度⁽¹⁾(Dichte des Seewassers)，致使航道淤塞，欲航行不中斷，恆有賴浚濬。但在沉澱物稀少之河流內，即在河口區，專恃浚濬，亦不能收治河之功也。他若善變之沙土河床，或河床土質鬆軟，所能抵抗之挾沙力甚微，或河流分歧，沖刷力薄弱，其每年夏季浚深之槽，至冬季、春季復又大部淤塞，若不兼施治導工事，摒除河汊，則浚濬之功，不經年而復滅，是以浚濬僅可視為輔佐工事，苟不與治河工事同時並舉，必徒勞無功也。

2. 鬆動 河床上停滯之巨大石塊，若經人工之鬆動，則細小者失其支持，而易為水所沖動。鬆動沙石之工具，可用錨、耙、犁、圓耙、刮具，亦有用噴水浚濬機(Spülbagger)沖動之者。鬆動之作用甚暫，亦有使沙石移動增劇之虞。

註(1)河水淡而海水鹹，當其在口外相遇之際，鹽水因自身之沉澱作用，壓迫其已流入之沙土，轉而復入於淡水之內，此乃造成河口沙灘之重要原因。惟其混合之情形，即沙土何以因此沉澱，至今尚未能確切剖明，即普通河工書籍，亦鮮有注意及之者。

3. 轟炸 河底礁石，恆為航行阻礙，非水力所能沖動，亦非人力所能鬆動，苟不能改移航道以避之，又不能束水以抬高水面，則惟有炸去之。炸灘之結果，與裁彎取直工程相似，因河床之加深或展寬，致使其上游之水面降低，發現向未覺察之新障礙，不可不加以注意（參閱第 55 頁）。若改善之目的在暢流，則清除障礙，加深河底，除轟炸外，尠有他法。若其目的偏重於便利航行，則應研究炸灘後，有無束水（建束馭工程）、堵水（築壩）、歧流（開鑿旁繞渠 Umleitungskanal）之必要，而須權衡其是否合乎經濟矣。

轟炸之功效，乃為永久不磨滅者，雖其費用較巨，然僅為一次者。

第八節 治河工事與河性

河性不同，治理之方略亦異。蓋河流各有其流量、挾沙量及縱橫斷面，其流域內氣候不一（冬季結冰或不結冰），水上交通繁簡各殊，是以適於此之方略，未必合乎彼。猶若醫療疾病，病者體質各有強弱，病象各有輕重，必須慎為診斷，然後投以合宜之藥石。今之言治河者，咸主先作模型試驗，其故即在於斯，亦以治河工程重大，免設施不當，虛糜工費也。茲綜述河流之天然要素，與河工建築方式間之關係於后，以作設計時之參照。

1. 水位與流量 裁彎取直工程，常繫於河內流量，在流量枯乏之河流內，裁彎取直工程之費用每甚大，蓋不能利用水流冲刷之力也。至於利用水力，沖開引河，亦有其弊，即沖動之沙土，常淤非其處，且若比降甚陡，引河有過度沖深之虞。

固定之建築物與流量間之關係，繫於其在河床內之位置及高度，暨建築之方式。水淺流緩，利於固定建築物之施工，低水與洪水之差別愈大，水位之變動愈頻，則其收效愈速。建築物之收效，不可冀其過驟，唯逐漸見效者為可靠，此於丁壩為尤然，蓋丁壩橫亘於水流

之內，其作用至強有力。高於洪水之丁壩，保護河岸之作用最佳，壩田之淤積亦有規則，惟洪水受束過甚，挾沙力激增，壩首有被淘刷之虞。低於洪水之丁壩，則無此弊，惟因洪水漫溢，壩田之淤積較緩，而不規則耳。

若丁壩束水攻沙之力不足，則水面有抬高之可能，潛壩則反壅高水面，且其上游淤高，而下游則被沖深。

順壩對於水流之阻力最微，但其淤沙之功用甚緩，壩頂愈低，淤沙之功效愈顯。若於順壩之後建築格壩，並留缺口納淤，雖能促進淤積，然僅限於中水之時，洪水時水流漫過格壩，更刷之使深。順壩之頂，亦有與低水位等高或更較低者，其在低水時之功效雖佳，但水位較高時，則效用全失，且因水流漫溢頻仍，其建築必須堅固。

活動之建築物功效雖宏，但至脆弱，故祇宜用作中水及低水時之治導工事，其繫梢組之樁架，在洪水時受水流之侵襲甚劇，是種建築物，不宜用於水位不常變，而其變動甚驟之河流內。若水位常變，而其變動甚緩，則收效較速。

設水流之沖刷力，不能維持需要之航水深，則有賴疏浚，或人工鬆動沙石，以補水力之不足，或施轟炸。

2. 冰凍 當裁彎取直工程尙未完成之時，如遇嚴寒侵襲，則工程之成敗間不容髮。蓋冰塊能壅塞引河口，逼水流入舊河槽內。惟若引河之口自始即開闢至應具寬度，冰塊得以暢通，則無此患。

丁壩首端常生漩渦，足阻冰層之結成。壩首壩頂受冰塊之衝擊，須砌石保護之。溢過潛壩之冰塊，常侵及河底，須妥為掩護。順壩導洩冰塊，較為平順，故遇冰漸，其情況較丁壩為良好。

活動之建築物，如浮壩等，最不能經受冰凍，雖在結冰時可將梢組及隔板除去，然遺留河內之樁架，受冰塊之撞擊，甚且沖出，隨流漂去，危害下游殊甚。

至於浚淤、轟炸，均能清除河床之障礙物，有利於水流之宣洩者，自亦有利於冰澌。

3. 比降 水流之冲刷力，繫於比降，比降如大，則有利於裁彎取直工程之施行，蓋能藉水力冲寬引河，以節工費。惟河道縮短，比降增加，易致河床過度冲深，結果危害河岸，降落地下水位。又比降小時，例多宜裁彎取直，因洪水之宣洩，頗以較暢也。

丁壩工程，初多用於比降弱之河流內，近曾試用於比降強之河流內，亦能收效，惟壩首須平坦。水流過急，挾沙過於戶大之處不宜建之。至於順壩，似不甚受比降之影響，僅在山溪內，須於壩後建堅固之格壩，以與岸相連。

活動之建築物，對於水流之阻力較固定者為微，故能當激流，且在比降微小之河流內，其功效降低，蓋沙石之流動，僅限於水位較高之時，而其為時，則甚暫也。

在比降強大之河流內，設河底非水力所能冲深，始報浚淤。在比降微小之河流內，疏浚之為用較薄，在比降過弱之河流內，人工鬆動沙石，不能奏效，沙石雖經鬆動，水流仍無力冲去之也。

4. 挾沙 彎裁取直工程進展之緩速，繫於河床之土質，土鬆則工易而費廉，設流清沙少，則藉裁彎取直工程以暢水流，實較束水或疏濬為佳，反之在富於沙石之河流內，裁彎取直反足以加劇沙石之移動，非所宜也。

河床土質如弛鬆，則建丁壩導流，不可操之過急，換言之，即丁壩改變水流方向，不可過驟，挾沙之顆粒如細微，對於壩身較為安全。

順壩導水，較為平靜，故沙石之性質如何，關係尚不重大，在富於沙石之河流內，宜採用之。

浮壩最宜用於挾沙量豐富之河流內，以其收效迅速也。惟沙石粗大，則不宜建浮壩，而當建浮橋。在挾沙量小之河流內，浮壩收效

甚緩，故曠時久，若歷冬夏，則有被毀於冰澌、洪流之危險。過細之泥沙，滲入梢組內，加重梢組，並掠奪其活動性。

浚濬機之種類，視沙石之性質而異，沙石多，比重微，顆粒圓，則浚濬之功效消失最速。沙石少，則藉疏浚補助河工，或能收一勞永逸之效。

5. 航運 通航河流內之裁彎取直工程，全部引河，須賴人工開掘，而不能待水力冲成之。伸直河道後，流速常激增，致不利航行，同時引河上游之航水深亦減。

丁壩潛壩，均有礙航行，舟楫常有觸及丁壩之虞。下挑丁壩，對於淤沙及護岸均遜於上挑者，然於航行，則較有利。拖船之鐵鏈，有損傷丁壩首及潛壩之可能。河流內建築順壩後，造成之河底，較為均勻，因之水面比降亦然，故就航運方面言，順壩實佔絕對優勢。

浮壩之樁架，妨礙航行，易為舟楫所損傷，浮牀亦然，其樁架則較強大，舟筏乘風逐流，其勢甚險，能損毀提高之牀門。

浚濬工作每甚短暫，苟浚濬機不阻塞航道，不至妨礙航行，至於炸灘之時，則須停航。

附錄二 治河工事與河流利益

1. 漁業、河流之利益，因治河工事而妨礙其發展者，莫過於漁業。欲防止河床之被水流侵蝕，不得不保護並固築之。缺岸深潭，廢股支槽，咸在填塞與廢除之列。因之魚類產卵之所，或被摧毀，或與流水隔絕，益以汽輪揚波，阻礙卵孳之繁育，危害漁業，實有不容忽視者。昔者認水流內植物芑茂，為有利於魚類之繁殖，實則河岸與樹木之陰影，阻礙光線及溫度，乃屬有害者。故護岸工事與漁業利益，

並不相悖。

湖泊水庫，功能調節流量，防止氾濫，其利甚溥。但湖內水面常變或陡變，均於漁業為有害。又若水流內建築堰壩之處，游魚被阻，不能往返自如，故須附設魚磴(Fischpass)或漁閘(Fischschleuse)。大川巨流，常有魚類往返江河海洋之間，大者如鮭，小者如鱒、鱖、鰻、鱧之類。河流之小者，雖無魚類往還鹽水淡水之間，然亦不能阻遏其泳行之樂。鮭魚浮於海，而產卵於江河之上游，鱧魚游於江河，而產卵於海。鱧魚初孵出之時，溯江而上，以達於小支流內，長大又隨流而下，建壩之處，若附有水渦輪設備，而無魚梯(Fischtreppe)，鱧魚輒隨流入於水渦輪內，為旋轉之輪葉所寸斷，匪特影響漁業經濟，抑且有悖蒼天好生之德也。

2. 農業 治河之目的，首在祛患，防止氾濫，舉凡護岸、護底、築堤、修防、築置洪水橫斷面等工事，咸屬之。治河之要着，在暢水流，從事防洪工事前，當先固定尋常水位之河床。

洪水固富於沃性者也，能助長植物之滋長，亦能毀滅之，故築堤防溢，有利亦有弊。如遇沙土地基，且具有一種澄澱作用，使侵入堤後之水，貧於養料，不利於植物之吸收。

他如裁彎取直工程，增加比降，有利於洪水之宣洩，但河底沖深，低水位降低，地下水位亦隨之，致不能為作物所吸取，則於農事亦為有害。

3. 航業 保護河岸，固定尋常水位之河床，使河槽依就洪水流向，對於農業固有利，而於航業之需要，則殊未能切合。最初治理荒蕪之河流，但知約束散漫之水流，使其足以攻沙為度，而對於水位之變遷，並無任何科學上之根據(缺乏水文記載)，此種措施，固能收沖深河床之效，增加航水深，惟在潮區內，極斷面束狹，及其形狀大小之驟變，均有礙於泥沙之發展。

通航船隻之大小，繫於河道之彎曲半徑。過去認河道彎曲蜿蜒，爲河床不規則（或沖成深潭，或淤成淺灘）之成因，故咸主伸直河道。薛麥爾氏於其所著河工經驗一書⁽¹⁾有云：「彎曲蜿蜒，爲河流百病之源」。德國佛利德力大帝（Friedrich d. Gr.）曾於 1767 年頒布法令，亦以爲欲便利航行，減少護岸工事，杜止淤沙，避免冰塊壅塞水流，擴展牧地耕地，莫若化彎爲直之爲愈也。

是以以往對於整理通航河道之主要目標，胥集中於伸直河道，鞏固河岸，迨後始注重於河床之改造，求其寬度深度及形狀之有規則。路線不固定之弊，咎在河床形狀與河流方向之不當，而河岸坡度之過陡，亦與有過失。但河岸坦坡之斜度，繫於行船之法，上行如拉繆，則航道之位置與河岸有關，坦坡不得過平。如用汽船拖駛，則不受上述之限制。

伸直河道之結果，能使經過治理段落之上部河底沖深，水面降低，流速增加，下部河底淤高，水面上升，而沙脊之位置復不固定。河道伸直愈甚，路線之變動亦愈劇，此種現象乃在天然彎曲河道內所不經見者。沙脊之移動，非沙石量增加之故，乃治理不得法所致也。

故在治理河流，使能通航時，須儘量遵循天然路線，並須兼顧航行上之需要（例如在船隻停泊之處，當使航道逼近岸線），定線工作相當繁雜。

河流之航運價值，繫於航行船隻之噸數，今日交通上之需要，遠過於河流通航工業發展之程度，而吾人對於估計河流之航運價值，已不過受河流天然條件之限制，河流之比降、挾沙量、流量，均能人工加以調整（水庫、治河工事）。航水深度，則可築壩以改善之（渠化工程）；至於航行者（船主、引水、駕駛）之技術，亦甚關重要，而於判斷某段河流能否通航時，尤宜注意及之。

註(1) "Erfahrungen im Wasserbau", Wien und Triest, 1839, S. 193.

4. 工業 工業上用水之處有三：即水力之利用，飲水之供給，污水之化稀是也。而以水力之利用為最重要，蓋地球之煤藏有限，而水力之運用無窮也。水力之二要素：水量與水頭，均可藉治河工事改變之。

水流挾沙，對於水力工程之影響，最為不利。能淤塞河道，磨蝕水渦輪葉。雖在引水工程之入口，有攔沙、淤沙之設備，或在河源作根絕沙石之措置，然終不能完全澄清水流也。若河流挾沙，祇限於洪水時期，可啓閘刷沙，以免壩後之淤積。若中水及低水亦挾沙，或因水量之經常被引用，沙石宜洩不暢，則河流有淤塞之虞。至於浚濬之功用不永，其費用則甚高也。

飲水之取給於河流者，近雖逐漸減少，但若地下水、泉水或湖水之水質不佳，水量不足，則不得不取給於河水。河流之下游多泥沙，上游則含石礫，上游清而下游濁，污穢之水，豈宜直接取用。河流之曾經治理者，其泥沙量必微，對於給水工程，恆有大助。

在荒蕪之河流內，水量與沙石量之變動甚劇，故其消化污水之能力，不若曾經治理者之強。污水之化稀，在於河水與污水之澈底混和，而其條件，則首在河流縱橫斷面內流速分配之均勻。人類逐水而居，生殖既日繁，則化除污水及保持河流之清潔，實為維護人民健康之要圖也。

第八章 河口及其治理法

第一節 概 要

1. 治理河口之目的 河口(Flussmündung)在交通上為由海入內陸之門戶，治理之目的，在使海船能入口，及洪水能宣洩無阻。

苟貨物由海船直接載入內陸愈深，則其運費愈廉，故治理河口

爲一具有極大國民經濟意義之問題。河口之設計，在使吃水深之海船，能深入內陸之商港，土木工程師之職責，在研究河口之疏濬，能達到何種程度，及如何使工程費用最低。

此種治理工程之費用，常超過千百萬，但其利益亦遠高於其利率。治理成功後，能使內地成立大商埠，工商業因之發展，如我國之上海、天津，英國之格拉斯哥(Glasgow)，德國之不來梅(Bremen)。因原料輸入與出產品輸出均便，故能與外國工業抗衡，利權不至外溢。即銷行於本國市場者，其運費亦省。總之其間接利益甚大，不論工業發達與否之國家，咸有治理其河口之必要，蓋治理河口亦爲成立新工業之要圖也。

英國之富庶，未始非其全部大河口早日獲得治理之故。而德國在第一次世界大戰前，商業之突飛猛晉，設非萊茵、維塞爾及易北(Elbe)諸河口之治理，實不可能也。

同時農業所蒙之利益亦極大，昔日洪水宣洩不暢，壅滯上游，今則暢流入海，上游氾濫之災患減少。

2. 河口之性質及分類 河口區域與上游不同之處甚多，故治理河口之觀念，亦不同。

河口在海內，並無一定之界限，在水工上，可以下舉二點，作河口在海內之界限：

(一) 陸地岸線及水中沙梗終止之處。

(二) 河流與海流相較，可以漠視之處。

此二點頗相近，但不完全相合。第二點亦乏意義，因其非固定之點，而與河內流量及海內水位有關，二者均變遷靡常，故此點在同一河流內，恆因流量之大小不同，差別至10公里左右之鉅。

河口在上游靠陸方之界限，亦如下游靠海方界限之無定。河流之具有三角洲(Landdelta)者，在河流分歧點以下，即可目爲河口。

如河口因潮流沖刷，形成漏斗狀 (Fluttrichter) 者，則潮汐現象停止之處，不應即認為河口之界限，因其常深入陸地百餘公里，而在此段內，河流之性質，大部無特殊之變更，外表多保持內河性質也。是以應以河面突寬，而其性質有類海灣之處，為河口之上方界限。

重要者，在潮汐強大之河流內，其全部潮區 (Flutgebiet) 應與河口受同一之處理，雖其外表與上游無異，但其治理則須依照完全不同之原則也。

河口須按下列二觀點區分之：第一、按河流之大小與種類，及其挾沙量之多寡與性質，第二、按該河流注入之海洋之種類，潮汐之強弱。關於第一點，尙有待下列之補充。

如河流挾帶之沙石甚巨，潮水及海濱水流均不能將其沖出河口之外，而河口外之海底，又為平坦之坡，深度不大，則沙石淤於河口，使其愈淺，並淤成新地。河流分由數口入海，如同光芒之分射，每一歧出之河口，復各淤成新地，或更分歧，此種扇形之河口，及其間淤成之新地，名曰三角洲。

如新淤之地，不露出於水面之外，則稱之為水下三角洲 (unterseeisches Delta)。如淤沙不至使河流在水面下分成數股，則稱之為攔門沙 (Barren)。攔門沙為水面下之沙脊，位置多固定，橫梗河中，與上游淺灘相似，減少進口處之航水深。設河流先流經一與外海隔絕之海灣，然後入海，則在流入海灣處，淤成三角洲，由海灣流出處，或有一河口，或有數河口，並無三角洲，此項河口稱之為間接河口 (indirekte Mündung)。不流經內海灣之河口，稱之為直接河口 (direkte Mündung)。

若河流內之挾沙量極微，或能為潮水及海濱水流所沖去，或即有淤積者，亦不過成為攔門沙。河口為潮流沖刷，靠海漸寬漸深，此種統一之河口，多見於有潮汐之海洋，名為漏斗 (Fluttrichter, Ästu-

arium)。

介乎上述二種形狀之間者有之，混合上述二種形狀者亦有之，嚴格言之，潮汐弱或潮汐強，並不足以肯切標識河口之種類，尚有關於河流之大小，挾沙量之多寡，與乎潮水之高度(Tidenhub)，尤以海邊坦平時為然。

絕大之潮汐，不足以阻止大河流河口三角洲之成立，而微弱之潮汐，反能使小河流河口不淤成三角洲。河流愈大，三角洲之成立愈易，潮汐愈大，則漏斗之成立愈易，三角洲與漏斗之成因，並不相軋觸。大河流之河口淤成三角洲，而潮汐則將洲上各股沖成漏斗，如在萊茵，奧利諾可(Orinoko)及剛格(Ganges)等河口，可以觀察得者。

無潮汐之三角洲則不然，如尼爾(Nil)河及多瑙河者，河口淺，沙梗高，而無漏斗。

因潮汐冲刷力之強弱，足以影響治河方法，故不應分河口有無三角洲，而應區別之為：

- (一) 潮汐弱之河口，
- (二) 潮汐強之河口。

第二節 潮汐弱之河口

1. 水流情形 潮汐弱之河口有兩種，或直接流入海內，是為直接河口，或流經內海灣，而後入海，是為間接河口。兩種河口之三角洲區相仿，不同者，直接河口之外，如有一方之海流，則三角洲被沖而稍偏耳。

凡河口均有因海水之突漲而逆流之可能，更以在內海灣之外出口(Aussenmündungen der Haffe)為經見。海水上升如極速，流注灣內之河水，不能使灣內水面與之同等上升，則海水經外出口流入灣內，至內外水位等高為止。及海水降落，則不獨壅積之河水須外流，

而流入之海水亦須復行洩出，因之水流甚急，結果灣口沖寬刷深。此項水流情形，繫於河內水位及水量，海水面之高低，風向及風力之強弱，海灣之大小及容量，此種條件，在各河流均不同，故海灣外口水流情形，繫於局部之狀況，而無普遍之例規。

上述逆流情形，發生於直接河口者較少，僅限於高潮之時，甚為短暫。海水上漲如甚慢（如地中海），則河水被堵，逐漸升高，其流向即在下方，亦不至回轉。

海內及河內之水位，若按低水、中水及高水三種計，則能得九種不同之情形：

海	高水，高水，高水，	中水，中水，中水，	低水，低水，低水。
河	高水，中水，低水，	高水，中水，低水，	高水，中水，低水。

在每種情形之下，水流之情形各不同。在河水高而海水低之時，入海水流最盛，最強之逆流，則發生於海水位高而河水位低之時。逆流能發生於海水高而河水為中水與低水，及海水為中水而河水為低水之時，即在九種不同之情形中，有三種情形如此者。

河流之出口，殆均有攔門沙。河水之挾沙量及海水之含鹽量愈鉅，則攔門沙之範圍亦愈廣。含鹽多之水，使漂浮物體沉澱較速，故地中海各河流河口之攔門沙，多較歐洲東海各河口者為雄厚，以其含鹽多也。內海灣之外口，因水流方向之變易，其內外方常均有攔門沙，河水流入海內，觸於海流，其所挾之沙乃沉澱於口外，而成攔門沙。如海水流入灣內，海濱水流所含之沙為其挾入，因灣內水流幾靜止，遂即沉澱於口之內方，此種攔門沙之長度及形狀時變。

潮汐弱或無潮汐之河口，其進口深度，隨攔門沙之深度而定。故欲增加航水深，俾海船能以駛入，非將攔門沙掃除不可。所以治理無潮汐河口之目的，首在浚深攔門沙，如可能，最好使之與河口其他部分等深，然後再全盤浚深河口各部。

此種治理工程，不能專恃治河建築物，常須輔以浚濬工事。若攔門沙遠在河口之外，使治河工程無法施行，則唯賴浚濬。

破浪堤、順壩等建築物，能增強水流之沖刷力，吾人必須熟稔水流速度。但河口水流現象，已如所述，流速如何，不似在潮區以上之易於求得也。水位上漲，不能即斷定入海流速亦增，甚或為水流靜止，或海水倒灌之現象。因海水之上漲甚速，故欲同時觀測河口區各處之水位，殆不可能。須採用自動之水則（*selbstzeichnender Pegel*），然後根據之以計算水位之上漲，由於海水及由於河水之成份各為若干，及是否河水上漲時，海水甚且降落。由水則所繪之圖，並可得知聚積於河槽內或內海灣內之水量，此項水量，關係所生之沖刷力甚鉅。

2. 直接河口之治理 治理河口區以上之河身，祇在研究如何治理之法，治理河口，則因河身分歧，擇何股而治之，必須預為之計也。

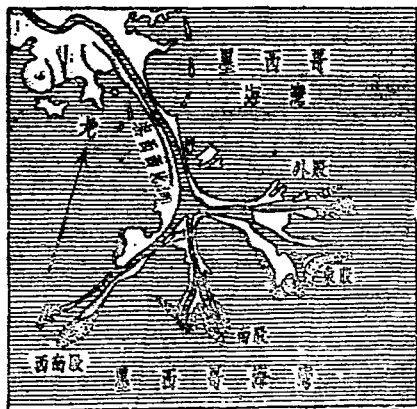
若治理河口之目的，首在排洩洪水，以利農事，則主要者在設計足以排洩洪水之洪水床。如攔門沙有礙洪水之宣洩，方濬濬之。在較大之河流內，多以推進航運為前提，則須設計中水及低水河床，並挖掘攔門沙。第73圖示河口區上部河床橫斷面之形狀。



第73圖

河口區下部之沙脊（*Sandbank*），猶若上游之河灘（*Vorland*），而岸堤之足以束馭洪水者全無。第74圖示美洲密西西比河，河口分為四幹股，幹股復又分為支股。其高潮（*Spring-Tide*）為0.4公尺，低潮

(Nipp-Tide)爲0.2公尺。該河流入墨西哥海灣(Golf Von Mexiko)，海內之潮汐弱，其性質與地中海相似。



第 74 圖

治理時分河床橫斷面爲洪水床、中水床及低水床。洪水床不獨須能宣洩洪水，兼須容納倒灌之海水，使不至危及堤防。中水床內之水位最常亦最久，其水深視船之大小須在中水面下8至12公尺，其兩岸不宜僅在中水高度，須築高於洪水之港堤(Mo-len)，以籠圍之，藉以歸納水流，並維持航行安全。歸聚之洪水，對於攔門沙具有極強之沖刷作用，使浚溝工作減輕，低水床須通至攔門沙內，俾在低水時期過久之時，攔門沙不至淤高過甚，工程之施行，宜如下述：

用上挑丁壩或順壩束馭中水，在河口區域之上部，如所建丁壩過短，則建順壩。在河口區域之下部，兩旁僅有沙脊束馭水流，而無河岸之處，則中水床須完全用平行於水流之堤範圍之，可用沉排並拋石建築之。

低水床之構造法，與此相同，惟其堤甚低，須用格壩連於中水堤上，否則水流將沿堤後而流。最好以挖得之土壤築低水堤後，在導水堤凹入處，河床祇須有一旁之限制，河口最下方波濤甚大，輕微之堤，極難法築置，須建高於洪水之禦浪堤，深入海中，否則海濱水流所挾

之沙，不久即將其淤填。建築禦浪堤後，淤積甚緩，俟其淤積，再延長堤身。

禦浪堤不得阻抑洪水，其間再用石堆小堤，作低水床之界限。

至於應擇何股而治之，則有下列經驗數則，可作參考：

(一) 三角洲河口(Deltamündung)之治理，治理目的在通航運。

(1) 如為大川巨流，則擇其最小之通航股而治之，其故為小股內流量最小，所以挾沙量亦最微，該股河口三角洲及攔門沙之擴展必最緩。因水量小，其水流在海內消滅亦速，所挾之沙沉澱亦早，淤成之攔門沙離岸較近，而通至攔門沙之導水堤，亦較短而省工。通航之股愈小，工事愈簡，工費愈廉，而愈經濟，交通愈益發達。

(2) 經過治理之河股，其流量不得因他股堵塞而增加。施工股之流量雖增，但挾沙量亦增，各股之挾沙量，乃為流量之函數。若欲攔門沙範圍縮小，則水量之增長，必須遠速於挾沙量之增長。因他股之堵塞，水量與挾沙量同增，則未堵塞股口之攔門沙必淤高，同時位置亦外移，所以常須延長禦浪堤。各股未堵則否。

(3) 如有數小股，其口外海濱水流強弱不一，則治理口外海濱水流較強之一股。

(4) 如有兩股河流，一大一小，其較大者口外海底陡而深，小者口外海底平而淺，則治理較大之一股。

(5) 如無海濱水流，且風向常對海岸，則以另闢河口為宜，新河口須偏離三角洲及攔門沙，並須於河內建閘，以阻沙石。

(二) 治理目的在利農事。

主要目的在排洩洪水及浮冰，上舉各則，可揣度局部情形，加以採用。普通多擇口外海底深之一股，亦可另闢新口。較小河股，常須堵塞之。間可抬高低水位，以抬高地下水位，但不得形成洪水之氾濫。

3. 間接河口之治理 間接河口為流入與外海隔絕之海灣內之

河口。其治理法與上節所述者同。其口外無海濱水流乃其特徵。苟特別注意河口之航行，則宜闢新河口，並建船閘。新河口如能於灣旁出海，實為最佳之法。然後可渠化(Kanalisieren)通入灣內之一股。今日疏浚工事甚為進步，不必藉河水增加河口水流沖刷之力也。

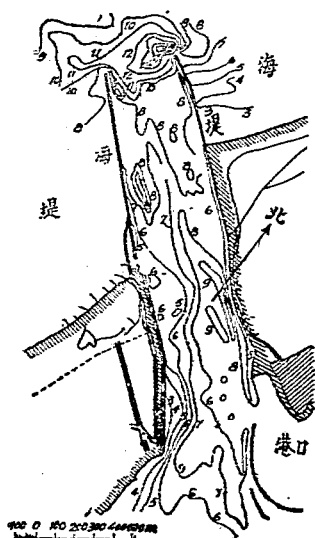
世界上多數好海港，均位於與外海隔絕之海灣內，故須特別着重灣口之淺深。

欲維持灣口之深度，必須掃除攔門沙，冀得一有規則之河槽，按航行之需要，以定其寬度，勿束之過甚，免所生之水流，妨礙航行。

因流向之變動，攔門沙位於灣口之內外兩方。沙之來源由於海濱水流，而非由於河流。蓋灣之作用，有若澄清池，河內挾沙均沉澱

也。水流之沖刷力，恆不足以維持需要之水深，曠是於內方建低導水堤，其距離在出口處較窄，在灣內較寬。此堤導水流入灣內，使其流勢逐漸消滅，沙石不至淤於一處，所以攔門沙展長而較深，所築之堤有隨時延長之必要，並須輔以淺深。在灣之內方，亦多不建高大之禦浪堤。

在灣之外方，為顧及航行安全計，不得築低於水面之堤，須建高禦浪堤。在海濱水流方向變動之處，常須於口外兩方建築之（第75圖）。其方向以垂直於海岸為最簡單，實際因顧及海流及水深，恆斜置之。禦浪堤為海濱水流之阻礙，



第 75 圖

擠之向外，故禦浪堤逐漸淤積，所以須將堤延長，使伸入深水內 8 至 12 公尺，如入口水深繼續淤淺，則有將堤延長之必要。

第三節 潮汐強之河口

1. 潮浪在河內之情形 如渠內有兩流速不同之水流相遇，則在相遇之處，成一頂托 (Aufstau)，即水面壅高。但因造成此浪峯 (Wellenberg) 之水流所具之動力 (lebendige Kraft) 不等，故此浪峯播動之方向，與動力較大之水流同，使流向相反之水流與之混合，所具之流速，適等於該兩水流所具動力之差。此種現象，發生於潮汐強之河口，當潮浪流入河口之時。

漲潮之時，水流由海入陸，灣口愈狹，流勢愈激。潮流速度初小於河流速度，後則較大，所以最初河流方向不變，但後潮流較強，必保持其流向，但其流速則減小。在河口發生一頂托，形成一浪峯，當潮流上漲甚速之時，浪之頂點在海內而不前移，僅河內水逆流，迨後潮流上漲稍慢，則浪之頂點，向上播動。

在漲潮之時，此頂點與海之間，水量均向上流，若一上坡之彈丸，在其動力耗盡之時必靜止。其動力不僅耗蝕於克服坡度及摩擦，與其流向相反之河流，亦具有一種阻止之作用。潮浪不斷與流向相反之河水混合⁽¹⁾，因之其流速亦不斷降低。

迨海內潮退，河內始成立一真正之浪峯，是時該由兩流向相反之水量相觸而成之潮峯，已在河內繼續上播，水面由海向上逐漸升高。退潮之初，水量必須由河內復流入海內，但最初僅河口附近如此，蓋在上方逆流之水，阻水之退也。退潮時間如持久，則潮峯後之水面，向海降低，近峯之處，水之流向仍向上，靠海則轉而向下，水量不斷由潮峯流入海內，不獨河內阻力使其動力消失，因水量流入海內，

註(1)在混合前甜水在上，鹽水在下。

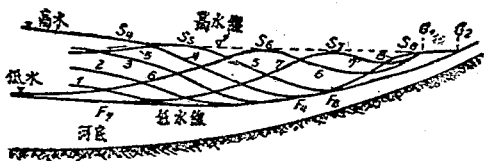
水量減少，其作用愈削弱。

洩流之水量如多於由上方流來之水量，則該頂點雖仍能上播，其高度則銳減，以至等於零，即與河內普通水位相合，該處為河內潮界(Flutgrenze)。潮界下方浪峯最末部分之水，為壅滯之河水，其大部均有就下之勢，惟愈近頂點，則其下趨之勢愈減。在頂點上游，必有潮流與河流速度相等之點，即潮流消滅之點，該點為潮流之界(Grenze der Flutströmung)。

漲潮之時，海水流入河內，落潮之時，流入之海水及被壅積之河水，同時流出。故海水入河愈多，被壅積之河水亦愈多，則在落潮之時，流入海中之水量亦愈大，沖刷之力亦愈強。故潮汐強之河口，不宜將其束狹，為求增加流入之潮水量起見，應合法的將其放寬。

潮浪(Flutwelle)之形狀扁平，其週期等於海內潮期(1)(Flutperiode)。

第76圖示一逆流而上之潮浪，連接各浪峯(Wellenscheitel) $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, \dots$ 之線名曰高水線(Linie des Hochwassers)，連接各



第 76 圖

註(1)海濱之水，每二十四小時內有兩次之升降，循環不息。水面上升謂之漲潮(Flut)，水面下降謂之落潮(Ebbe)。漲潮時間最高之水位，名曰高水位。落潮時間最低之水位，名曰低水位。二者相差之高度，名曰潮高(Flutgröße oder Flutwechsel)。前後兩高水位或前後兩低水位相照之時期，名曰潮期(Flutperiode oder Tide)。一月之間每十四日有高潮(Springflut)一次，高潮前後之八日，均為低潮(Nippflut)。

浪腳 Wellenfuss)之線名曰低水線(Linie des Niedrigwassers)。前一浪腳與後一浪腳，必須在同一軌道上移動。若潮峯由河口流至潮流界所需之時間，大於潮期，則有數潮浪相繼進入河內，尤以河內水深比降小，海內之潮高(Tidehub)大時爲然，例如黃河卽如是。

浪之形狀，繫於河床形狀，如後者之橫斷面及比降之變動均勻，則浪之形狀亦爲有規則者。如河床有突寬之處，則浪在該處降低，如有突狹之處，則浪升高。二者均致令動力及水量連帶受損失。水內有沙脊及稍建工事時，其結果亦同此。

潮流在河內與潮峯播動之方向雖同，但其速度則各異。此種情形，在落潮時尤爲顯著，落潮時水下趨，而潮浪則上溯，其方向且相反也。凡浪均在斜面上播動，浪腳受河槽之阻力而遲滯，因之其勢愈陡，潮浪在河內亦如此，故潮浪之前坡(der vordere Fluthang)較後坡爲陡，是以漲潮之時間亦較短，而落潮之時間則較長，第 77 圖及 78 圖示潮曲線(Flutkurve)及潮浪線間之關係，潮曲線之後部愈陡，則潮浪之前坡愈陡，浪之抑高，泰半由於洩流之水觸及浪腳所致。



第 77 圖



第 78 圖

若河流之深度與潮高較甚爲微小，或其水流特激，阻滯潮流，形成陡削之壁，溯河而上，此種有類削壁之浪，或稱爲湧潮(Bore oder Mascaret)，其高度有達 5 公尺者。每小時流速竟至 50 公里。

河內潮浪每點播動之速度約可按公式

$$V = +\sqrt{2g \cdot h} + u \quad (22)$$

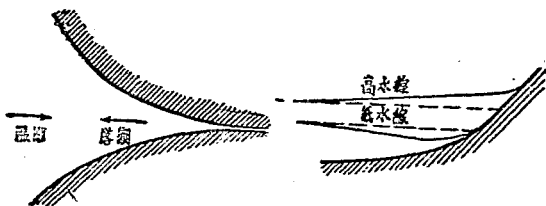
求得之，式內 $g=9.81 \text{ m/sec}^2$ ， h = 橫斷面之重心與水面之距離， u = 河流之流速。設河寬岸陡，高水時水深為 H ，則公式(22)可書為

$$V = \pm \sqrt{g \cdot H} + u. \quad (23)$$

應用上公式之唯一條件，為浪高須小於低水時之河水深，因其所求得之值恆過大，故在不規則之河流內，若欲作精確之計算，此公式頗不適用，但可應用之於運河。浪峯之速度，常大於浪腳者，與公式正相吻合。所以潮浪之峯上溯較遠，故漲潮之時間縮短，而落潮之時間則延長。

2. 高水線及低水線 高水線與低水線為河流狀況之象徵，有下列不同之點：

(一) 河口為喇叭狀之港灣，如布里斯托運河(Bristol kanal)，則低水線向喇叭之尖端漸降，高水線則向喇叭尖端漸升。此項平緩曲線之升高或降落，能長過 10 公尺，合共長過 20 公尺。如河口橫斷面向陸方愈縮狹，則高水線及低水線之升高與降落愈甚(第 79 圖)。



第 79 圖

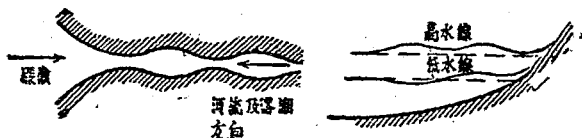
(二) 深河流之具有有規則之河岸及河床形狀者，其高水線初略升，在大部分潮區內幾水平，最後突升至潮界與低水線相合。低水

線初由海向河降落，然後漸升。河床形狀愈有規則，兩線比降之變更亦愈有規則(第 80 圖)。



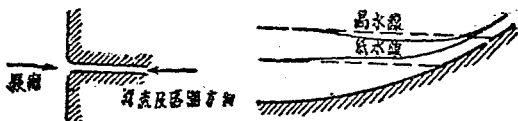
第 80 圖

(三) 河流之寬度及深度如變更甚劇，或河心有洲島，河流分歧，則高水線升降多次。河面突寬則降落，突狹則升高，但必須有大量海水能流入河內。其高水線較低，而低水線較高，故二線高度之差別較在有規則之河床內為小(第 81 圖)。



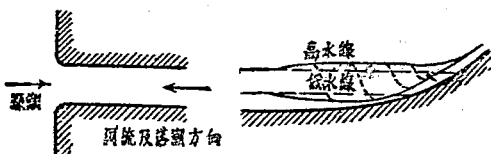
第 81 圖

(四) 無喇叭形河口之河流，且河口狹窄，則流入河內之潮水量甚微，潮浪消滅甚速，整個高水線幾均由海向河降落，小河流類多如此(第 82 圖)。



第 82 圖

(五) 寬而淺之河流，或河內水深而流急，則生湧潮(第 83 圖)。



第 83 圖

上述(二)種情形為治河時之目標，治理時力求低水線之降低，則河流高水線與低水線之高差最大，潮界較(三)種至(五)種情形上移，所以河流在高水時具有最大水深之段落最長，同時潮期亦最久。

3. 河與海內水位變動之作用 以上之觀察，乃假定河之流量及潮流量不變，但實際上，絕非不變。最常見者，河內流量固定，而潮高常變，或為高潮，或為低潮，但間或河內流量有在數日內陡漲，而海內潮高之差別則甚微者(例如高潮之前後或低潮時間)。此種情形乃吾人所應加以考究者也。

(一) 海內高水高度約略不變，河內流量增加。如河內流量上漲，則潮浪在河內所遇之阻力亦增，其水勢消滅亦速，流入河內亦不若以前之遠，潮界與潮流界均較河內為低水時下移，潮浪之頂及腳(浪峯、浪谷)均升高，但浪腳之升高，較浪峯為甚，所以河水漲，潮高之差別亦微，但航水深則仍增。潮流線(Flutlinie)之變動，在潮區之上部最甚，靠海漸減，其影響遠在河口以上，在流入之海水超過河內流量數倍之處，即已消滅，不復能察覺有何變化。

(二) 海內潮期變動，而河內流量不變。驟漲之海內高水(海嘯)，使潮界上移甚劇，並抬高河內之高水線與低水線。但高水線之抬高較低水線為甚，而河內潮高增長，高潮之前，海水上漲極有規則，流入河內之潮水，一期較一期為高，每次均壅滯大量河水於河之上

游，因之高水線全部升高。海內高水升高，但低水則降低，所以河內之低水線，在最低之落潮，亦須較一班潮期為低。在上游因河水之壅積，致低水上升，所以高潮時河內低水線之比降增加，而與低潮時之低水線，在河口以上之一點相切。

故高潮時各處之高水線均較高，低水線在上部較低潮時之低水線為高，在下部則較低。

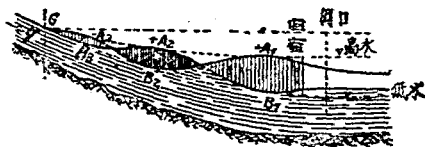
(三) 潮期變動，河內流量亦變。潮界之移動，以及高水線與低水線之位置變動甚劇，不能作普遍之規定。

海嘯之等高者，在河內所引起之情形亦迥不相同，視其前為高潮抑為低潮而定，惟河流上游之高水，在治理後恆降低，蓋流量之宣洩，較前為暢也。

4. 流量之測定 潮汐強之河口之特點，為河口之流量，能用人工加以改變，而治河之目的，即在增加流量，藉以收改良河口之利益，確定此項增加流入之潮水量，乃治理工作第一要着。

欲確定可能增加之流入潮量，及適合於此之河床形狀，必須知悉治理前流動於各重要橫斷面內之流量，此種知識，為設計之樞紐。

流經一橫斷面之水量，僅能為一短暫時間求得之，其求法如下：欲求某時間內之流量，可用自動水則，測定該橫斷面以上，潮界以下，各點之水位。於此時間之開始及終了，各測一次。由測得之水位繪潮浪線(Wellenlinie der Flut, Flutwellenlinie)(第84圖)。該圖內



第 84 圖

乃假定該橫斷面之下游有二浪，該二浪在觀察時間內，已由 A_1 進至 A_2 ，由 A_3 進至 G 。在觀察之始，河內之水量為 $A_1 B_1 A_3$ 線下者，觀察終了時，河內水量尚有 $B_1 A_1 B_3$ 線下者，是較前為少，二者之差，必於觀測時間內，經過該橫斷面洩去。觀測終了時，較開始多出 B_2 上之面積，但少去 A_1 及 A_3 下之面積，此外尚有上游流來之水量 q 。

命 A_1 及 A_3 以下之降落為 s'_1, s''_1, s'''_1 ，及 s'_3, s''_3, s'''_3 ，如是類推； B_2 以上之升高為 h'_2, h''_2 ，餘類推；屬於各高度之平均水面為 $O'_1, O''_1, O'''_1, O'_2, O''_2$ ，餘類推；此外，在此時間內由上游流來之水量 q 不變，則經此橫斷面流洩之流量

$$Q = -\Sigma s_1 \cdot O_1 + \Sigma h_2 \cdot O_2 - \Sigma s_3 \cdot O_3 + q,$$

或簡作

$$Q = +\Sigma h \cdot O - \Sigma s \cdot O + q.$$

該平均之水平水面 O_1 等，可以視作該觀察期間開始及終了時測得面積之平均值。各個和數乃為上下均由潮水面 (Flutfläche) 範圍之體積。欲求某一橫斷面之流量，有測定此橫斷面以上全潮區水位之必要。設已測得一橫斷面之流量為 Q_{n-1} ，則其下一橫斷面之流量 Q_n 可由 Q_{n-1} 求得，視各面積之位置如何，酌將 $\Sigma h \cdot O$ 或 $\Sigma s \cdot O$ 加於 Q_{n-1} ，或由其減去即得。

Q 或為正，或為負，或等於零，相當於落潮，漲潮，或水不流動，視橫斷面之位置如何而定。

欲測量之準確，自須多設水位站，求流量不獨須遍及多數之橫斷面，同時須遍及高水與低水期間之各時間，且須選常有之潮流，蓋其作用對於河口之改造，決定性最大。過高或過低之潮流，最好將其除外，因不能確保其必發生也。由多數之潮流曲線求其平均曲線，以作繪潮浪線之根據。潮流線者，連接潮區內某地在不同之時間內測

得之潮水位而成之曲線也。由潮流線繪潮浪線，即連接潮區各點在同一時間之潮高也。

此項初步工作完成後，可從事於計畫治理工程。治理後預計能流入河中之潮水量，乃為一未知數，而繫於橫斷面之形狀、大小、高度以及比降之強弱等，此數者均須加以選定也。設計之技術，在上數者之選擇得當，俾水流得符預期，而假定之水量得流入河內。橫斷面之選定與計算甚易，但河內之阻力能甚大，潮水流入河內，未能如假定之深，則新橫斷面築成後，並不完全為水所充滿，是選擇不得當也。所以須於選定橫斷面等等後，先約略計算其新流量，凡治理以前所有之障礙，須掃除之，然後可按所設想較大之底深及改良之橫斷面，繪改良之潮浪線。

漲潮時潮水之速度，可用流速公式 $V = \pm \mu \sqrt{2g \cdot h} + u$ 約略求得之。由此以求潮浪曲線及落潮曲線 (Ebbekurve)，並以治理前之曲線作參考。由求得之流速及所繪之曲線再計算流量，然後可知所規定之橫斷面，過大抑過小。

此種計算須重覆多次，至各點均切合為止。

至於判斷所選之橫斷面，過大抑過小，仍照河工學之常例。水流速度不得過小，亦不得過大，過小則河床淤塞，過大則潮流之力，因阻力之增加，耗蝕過速。動能 $\frac{1}{2}mV^2$ 之損失，不僅可於橫斷面內察覺之，且為潮區上部之損失，蓋流入之潮水減少也。

5. 下游之河床及其治理法 治理之目的與上游者同，在求水深充足均勻，惟所用之法，則完全不同。在上游無論何時何地，應按同一之流量計，在潮區不獨須使潮流量之進入河內者增加，且須使其流入河內較深；在上游須使寬淺之橫斷面縮狹，俾其沖深，在潮區之下游，則多須放大橫斷面。

德人佛蘭修 (L. Franzius) 曾云：「潮浪在各點所遇之阻力愈微，

則漲潮流入之水量愈多，使漲潮及退潮時之水力增加，刷深河床，並保持之。此語不啻爲解決此問題之定義也。

潮水冲刷之真正價值，不在其逆流入河之時，而在潮落回流之時。當其逆流入河之時，且將沙石帶入，徒耗工作能力，故須使潮流入河時不損失其工作能力，並力求落潮時冲刷力之增加。欲達到此目的，必須掃除下述足以阻礙潮浪及足以削弱潮勢之障礙物。

至於定線，不似上游之須採取曲線，彎曲在下游反有害，即曲灣不大，亦因其增加河身長度，自爲不利者。惟實際因工費過大，不能掃除微小之曲灣。設低水河床已經確定，不容其淤積，則需要直槽，欲保持其不淤積，則其岸線應完全爲直者，並逐漸向下展寬，河床突寬，恆致令淤積之不規則，至於最理想之下游河身，自爲直線。

河灣過銳，迫使水流突變其方向，並消耗潮流之動能，刷深凹岸，淤高凸岸，因之橫斷面不規則，一部分水流速，一部分水流慢，二者均爲消耗水力之緣由。過銳之河灣，須裁去之，或將其伸直。海港之位置愈近潮界，則水深愈微，若港內之潮高不大，且有裁去大河灣之必要，以縮短通海途徑，藉以增加潮高。

短灣可填凹岸而挖凸岸，以改良之，填凹岸自不得用丁壩，而須建導水堤，並以土填堤後。彎曲半徑如大，則惟有裁彎取直之一法。如河口作大喇叭形，則因寬度大，土方過巨，工費過大，故裁彎取直工程，僅限行於潮區之上游。所應考慮者，即是否將裁去之河灣完全填塞，抑祇封閉其上端，俾漲潮時潮水能流入廢灣內，而增加落潮時之潮水量，以遂冲刷下游之功。填塞廢灣時，開掘引河之土有所安置，使工程費用降低，不填塞，則治理功效增加。

河汊 河汊之成立，由於河內有洲島或沙灘之故，是項河汊，增加水流阻力，而消滅水流動能，較諸河灣爲甚。若分歧之河股不等長，則潮流通過短股較速，而由彎曲較大之長股之上端流入，消滅該

股內一部分潮勢。較大之河汊，均須堵塞，極小之河股，影響不大，可任其存在。

堵塞河汊時，應將擋水堤(Sperrdamm)築於擬廢除河股之上端(第85圖)，雖其工費較建於下端為巨，然廢股在漲潮時能容納一部潮水，藉增下游之潮水量並冲刷之功效。若將該股堵塞，則其上端應高出洪水位，以防潮水過高時之漫溢。設兩股等寬，則裁長股，設寬股略長於狹股，則裁狹股，須視情形以決定之。



第 8 圖

擋水堤腳切須防其被冲刷，如地基鬆軟，宜用沉排，並應加速築成，以防工未成而洪水已至，致有潰決之虞。因保留之河股終須將其放寬，故即可以掘出之泥土培堤之兩方以鞏固之。

河床忽寬忽狹，致洪水線突然升高，俄又降低。此種不規則之河床，足使流速不能充分發展，流速減小，動能亦受損失，應使河床寬度均勻，逐漸向上縮小。

攔門沙 攔門沙為橫梗河內之沙灘，位置固定，除河口外，亦常發現於潮流之上方邊界。因該處水流常被堵而抬高，但無增強之冲刷作用繼之，僅有尋常河內水流，故須賴浚濬之補助。至於掃除口外攔門沙，最可靠之辦法，則除增加潮水量外，尚須輔以浚濬。

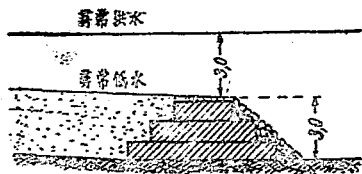
潮水高度充分大時，攔門沙並不足以妨礙航行，惟吃水較深之船，須候水位較高時，方能駛過。苟船隻恰於潮水方退之時到達，則常被迫停候至下次潮至，降低港之價值，使不能與他港競爭，口外攔

門沙(Aussenbarren),遠在水中,多無法施行工事,則惟賴淤漲。

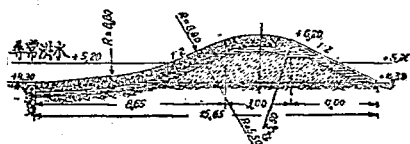
治河之建築物,如掩護工事,導水堤防等亦可應用於治理河口,惟其應用之處則不同。

範圍低水與中水河床之工事,不得高於兩旁之洪水床,蓋在落潮之時,兩旁潮水須能流入低水槽內無阻也。當漲潮之時,水由中心

流向兩旁,落潮之時,則反之。低於低水之導堤,較高於低水者之建築費與養護費均微,第 86 圖示一低水河床之導堤,洪水之導堤則遠較此為堅固(第 87 圖)。堤心為填沙,上覆膠泥,靠水堤面砌石,背面種草。導堤之後,最好以掘得之土填滿之,此項導堤在潮區上游,逐漸變為較高之順壩,壩與岸之間,則常連以格壩。



第 86 圖



第 87 圖

洪水床不需過細之工事,惟頂寬大,但不得有過分不規則之處。如有不規則之處,則在合乎經濟之範圍內,或填或掘,以使其均勻。亦不必過事求其均勻,蓋寬床兩邊之水流甚微也。低窪之地,常望其淤高,既能得肥沃土地,又可使洪水床均勻。

河床糙率,務求其微,河床之粗糙,或天然形成,例如突出之巖石,河床之暗礁等,或人工誤為之,如丁壩等類工程。如水流被束,流速驟增,則其消力之作用最大,在潮區內建多數丁壩,其害尤大,能消滅潮勢,所得結果,適與所企圖者(刷深)相反。少數丁壩對於潮量

多不發生何種影響，而頗能收局部功效。

在潮區之內，當施工之時及工竣之後，需要浚深之機會較上游為多。例如：

(一) 在施工期間 如治導工事施行後，水力不能沖動土壤，欲促速治理功效之實現，則須浚深。例如有強大之沙灘阻塞潮流，若將沙灘挖去，則在治理之時，潮流能深入河內，以刷沙入海。

(二) 在工竣之後 在潮區之邊界及中部，咸需要浚深。潮區之界易淤沙，如欲保持深水槽，須不斷加以浚深，該處水流力量不能將淤積之沙沖去。在潮區中部，常因河內流量特大，或潮水特高，而致淤積，但在情況復原後，所淤之沙，亦自行沖去；惟需時甚久，有礙航行，故須人工疏浚之。計畫時即須購置大量挖土機、平底船及沖刷器 (Spülnern)，宜用蒸汽平底船，可減運土費用。

關於交通方面應注意者，即高水時入口之船，乘潮浪而入，如水深充裕，則其行駛速度約等於浪峯之速度。出口之船則與潮浪逆向而駛，治理時，應使出口之船於落潮之時或在漲潮之前駛出，獲得所需之航水深。

第九章 堤防工程

第一節 堤之功用及種類

堤 (Daiche) 乃堆土而成，靠海用以防高潮，傍河用以防洪水，蓋均藉以保護低窪之地者也。

堤可大別之為海堤 (Seedeiche) 及河堤 (Flussdeiche)，二者之間並無顯明之界限。蓋河口之海堤，固綿延至河內，海之作用可以達到之處，在危害堤身者非海內高水而為河內高水之點，即可目為河堤，其過渡處毫無區別也。

河堤之功用，不獨在保衛低地，且須能改善河流。河堤範圍洪流，使沙石之移動暢順，阻沙石淤積過早。同一河流之內，其最大洪水量（以每秒鐘若干立方公尺表之）常有劇烈變動，忽減忽增者，主要原因，厥在河堤之距離不一，狹處束水使流速，寬處水勢散漫而流緩。河堤所受之侵襲，由於水流及冰漸之成分多，由於波濤之成分少。河堤祇須高於最高洪水位 0.5 至 0.5 公尺。

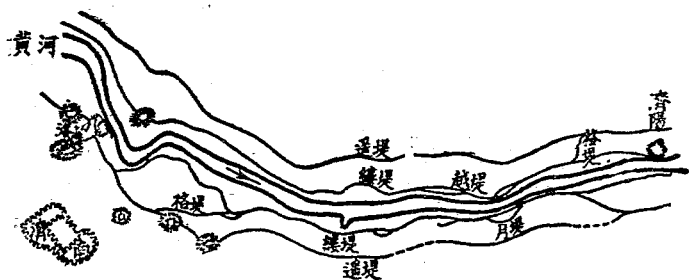
海堤之功用，不在約束水流。海堤多受浪之威脅，水流之侵襲不足道，以視海嘯時之波濤，固微乎其微也。故海堤須高出可能發生之大浪，海堤之潰決，非由於波濤之衝擊，即由於洪水之漫溢。堤身浸透，亦為潰決原因之一。潮高之高水，若遇竟日之颶風，雖落潮而不退，在此期間內，堤之大部沒於水內，而為水所浸軟，同時復受浪之衝擊。惟此種浸潤之危險，不若在河內之大，蓋海內高水為期不過數日，河內高水則能綿亙週餘也。

是故浸潤之於堤工，甚關重要，浸潤線（Durchweichungslinie）足以左右堤身橫斷面之設計，當於第二節論及之。

堤分正堤（Hauptdeiche）副堤（Nebendeiche）二種，在德國又名正堤為冬堤（Winterdeiche，有類我國之遙堤，副堤為夏堤（Sommerdeiche），有類我國之縷堤。蓋在德國北部，農作物發育時期為夏季，夏堤與冬堤間之灘地，實賴夏堤以保護農作物，其功用祇在利農，而非以治河也。在德國最大洪水期為春季三月及四月，故夏堤甚便，而在我國則與之相反，最大洪水期為七月及八月，與農作物發育期同時，不能與德國強同也。

我國河工向分堤為五類：曰縷堤，臨河曰縷，所以通水以速其流者也。曰遙堤，遠河曰遙，所以備大漲者也。曰月堤，地當險要，慮外堤有失，再築一堤於內以防未然者也，以其形似半月故名，或稱夾堤，越堤（內繞曰月，外繞曰越）。曰裕堤，縷堤與遙堤，或縷堤與月堤平

行之段如甚長，築小堤橫格其中，以防縷堤被沖，水流長驅於兩堤之間，而不可遏者也。曰戢堤，戢之爲言護也，所以護正堤者也，蓋水壓力與深度俱增，故戢其堤腳，使加厚焉(第 88 圖)。



第 88 圖

堤之外灘地甚狹，無高灘緩水勢，首當溜衝者，曰險堤 (Schardeiche oder Gefahrdeiche)，須將堤後移，或於其後加堤一道，以防出險。舊堤之失其用者曰廢堤 (Schlafdeiche)，險堤之後如有廢堤，在則足資屏障，亦至可貴也。第 89 圖示各種河堤，第 90 圖示各種海堤，圖內堤身均特別放大，未按照比例繪製。

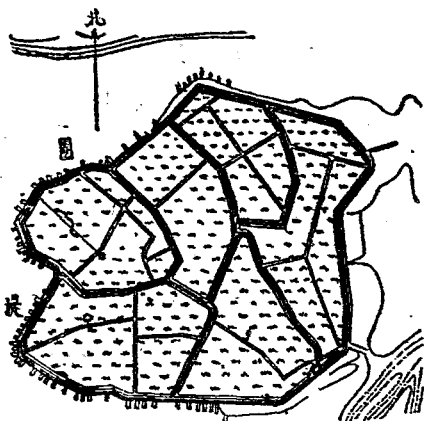


第 89 圖



第 90 圖

以上均主堤也。主堤以外有翼堤(Flügeldeiche)，一端與主堤相



第 91 圖

道，以防低地之浸水(第 92, 93 及 94 圖)。靠海之處，有於主堤之後

接，一端斜向伸入河中。功在防禦特別險要之堤身，使不當水流與冰漸之衝，嚴格言之，不宜名之爲堤，實乃禦浪堤(Wellenbrecher)、導水堤之類，多須用石砌築其坦坡。

圈堤(Ringdeiche)所以圈護田廬者也，又曰圩(第 91 圖)，在滲入堤後之水過多之處，須於其內方再築堤一



第 92 圖



第 93 圖

築堤以捍高潮者，其功用相仿。

第二節 海堤之位置，橫斷面及高度

海堤之橫斷面及其高出最高水位之尺度，繫於海岸之形狀及風向，堤身垂直於風向者最不利。



第 94 圖

故築堤時所定堤線，關係至鉅，堤身正當風向之處，應將其作圓，極忌尖銳之轉角。

堤前如無淤積之寬沙帶 (Watt)，應於其前留充分寬之灘地一條，此種灘地能緩浪勢，培修時又有取土之所。灘地至少須寬 120 公尺，波濤過險之處，須寬至 350 公尺，視局部情形而定。自低水岸線至堤腳之一帶，均稱之為灘地。灘地之保護與堤之保護並重，若不注重護岸，則灘地沖去後，堤將成為險堤，其養護及防守，將遠繁於護岸護堤兼施之時也。

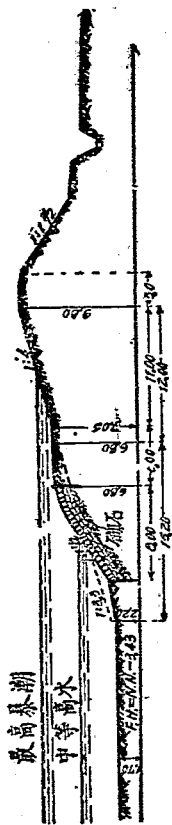
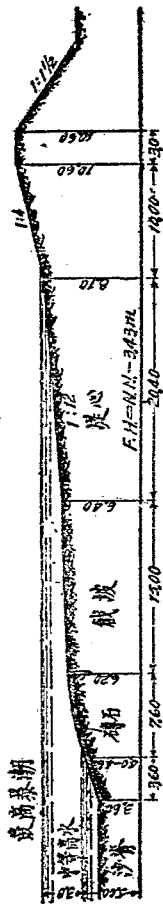
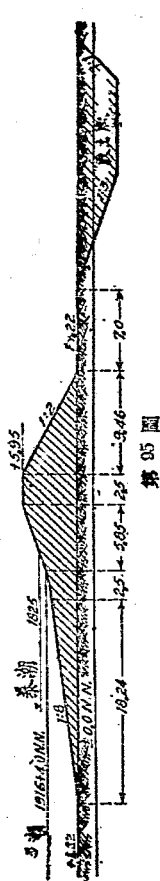
堤頂須高於暴潮之浪峯，以該處曾發生之最大暴潮作標準。堤身愈垂直於浪之方向，堤之外坡愈陡，堤外灘地愈窄，則浪高愈增。長堤之頂呈波浪形，其浪峯位於最危險之處。堤頂超出最高水位之尺度，雖可寬裕計之，然不能必保其不出險，蓋暴潮有無高出歷來所發生者之一日，固無人能預料之也。

浪愈激，堤之外坡應愈平，直接靠海波濤最險之處，用 1 : 12 之坡度，在河口內最安全之處，至陡不得超過 2 : 5。

堤之外坡宜為隆起者或凹入者 (第 95, 96 及 97 圖)。最要者為外方戩坡 (Aussenberme)，蓋此能消滅浪勢。舊堤之無戩坡者，應補築之，內方坡度在 1 : 1½ 至 1 : 2 之間。堤之形狀關係於堤身安全固大，主要者仍為外坡之掩護，堤頂及內坡之種草，堤之外坡內不得打樁，蓋其將為波濤所撼動，而為全堤毀壞之肇始。上述之浸潤線，對於橫斷面之設計，影響甚大，浸潤線自最高水位與水方斜坡之切點開始，其坡度繫於堤身土質，平均在 1 : 6 至 1 : 8 之間。外方堤坡應力求其平，免浸潤線在堤之半腰透出。

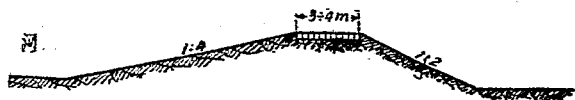
第三節 河堤之位置，橫斷面及高度

河堤之築置，不獨須選擇適當之地勢，同時洪水床不得束狹過

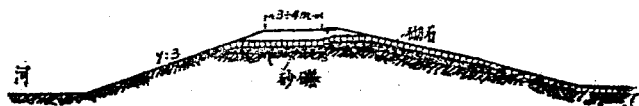


甚。束狹洪水床之弊，不獨見於本段，且將侵及其上游。故須慎選河床之適當寬度，使洪水面之抬高，不至超過規定之尺度。求得最高洪水面之抬高曲線(Staukurve)後，即可知水面抬高之尺度及範圍。

設計河堤橫斷面之觀念，與海堤同，主堤外方斜坡須平，約為 $1:3$ 至 $1:5$ ，繫於所用土料之性質。內方斜坡約為 $1:1.5$ 至 $1:2$ 。橫斷面之形狀，亦繫於浸潤線之位置，有因滲透之水量過多，而於內方堤腳築溝排水者，實甚危險，宜堆石保護堤腳。第 98 圖示一小河流之堤，第 99 圖示德國河工之夏堤，該圖乃溢水段之橫斷面也。堤頂及內方斜坡砌石，以備冬季洪水之溢流。堤頂寬度以能通車為度，約寬 3 至 4 公尺。



第 98 圖



第 99 圖

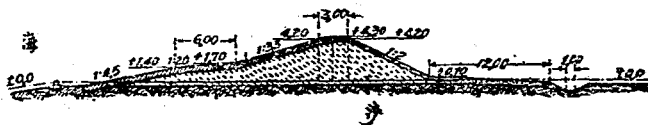
第四節 築堤之材料及築堤法

堤基須可靠，但遷就可靠之堤基，亦不宜過事紆繞。堤基須為堅固土壤，應顧及堤身之陷落，而於建築時預留陷落尺度(Sackmass)。

築堤前須清除堤基，以增堤基與堤身間之連繫。枯草腐根必剷除清淨，如能犁成細畦更佳。堤基如為沙土，宜建黏土核心，深入不透水層內。

築堤材料以膠泥及黏性沙土 (Lehm) 爲最佳，堤土內不得含有植物之根株、木塊等，以免將來腐朽後，堤內留存空隙。

在無膠泥之處，可混合黏土與沙土，或即用天然之黏性沙土。純粹之沙土必須含黏土核心，或具不透水之外殼，後者最好用膠泥爲之。第 100 圖示其一例，厚度如下：外方堤腳戢坡上厚 0.5 公尺，上方斜坡上厚 0.4 公尺，堤頂上厚 0.2 公尺，內方斜坡上厚 0.2 公尺。



第 100 圖

堤土須分層築置，每層厚 30 至 40 公分，鋪築時使略具坡度，俾向水方，俾雨水能排洩。昔日驅馬馳騁其上，以踐實之，今多用輓轆實。手搗之法不可靠，爲顧及鬆土之壓縮，須加料 20% 至 25%，爲顧及日後之陷落，須加高 8% 至 10%，如遇軟地基，例加高 25%，俾陷落後提高恰如規定。

海堤多毀於外方斜坡之冲刷成穴，及浪之翻越堤頂，故保護內方斜坡，殊爲必要。

堤面須鋪茅草，以禦尋常潮浪，草厚 2 至 3 公分，最好用麥草，並用草索結於土內，此法祇可行之於膠泥土壤。此外尚有於茅草上置灌木者，以柳枝編蓆覆堤面上者，用海草或用帆布者，均用木橛釘於堤面上，各該種護堤材料，均須於每年秋季易以新者，結果其費用視永久之堤面並不見省，且不及後者之安全。

堤前如有高於尋常潮水之灘地，則多鋪草皮或種草保護之。草皮須用新鮮者，否則不易生長，草皮鋪就後，撒以沃土，種草須慎擇草種，而須就散於爛於園藝者。

最佳而持久之堤面，乃為鋪石，或用天然石，如花崗石，玄武石，硬沙石，或用混凝土塊，每塊重約 100 至 500 公斤，下墊碎石子，如為沙堤，則須墊膠泥土，亦有用磚鋪堤面者，其效亦佳。

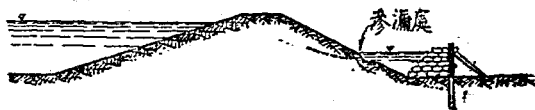
險堤或翼堤及一切當水衝之堤，須於鋪石之下，墊沙礫或石子一層，以防由石縫侵入之水，沖洗堤土。鋪石須厚 30 至 40 公分，沙礫層厚約 5 至 30 公分。

河堤之保護層，不必如海堤之厚，但亦不宜過省，多數河堤均種草，亦有鋪石者，特渺見耳。

第五節 堤之養護及防守

堤之養護及防守，須嚴其法紀，密其組織，由濱河居民擔負之。發現毀壞之處，如鼠穴、獾穴，須立即填塞之。洪水時沖成之穴，亦須搶堵，蓋其為潰決之起因也。堤坡上不能任樹木生長，堤頂如受車轍損傷，則修繕之，堤身如陷落過甚，則加高之。

堤前灘地之保護，甚形重要，灘地之存亡，堤身安危繫之。如灘地被沖，則須甃丁壩或掩護工事以防止之。近河居民咸有貢獻物力人力及司防守之責，如洪水高過堤身之半時，即須日夜看守，並運集材料以備搶修，儲備沙袋以資堵塞孔穴。水流侵入之處，常不易發現，可於堤內方冒出之處，堆沙袋或築圍堰 (Fangdamm) 圍繞之 (第 101 及 102 圖)，堤內罅隙即能逐漸淤塞，靠海之處，如遇暴潮翻越堤頂，內方斜坡所受危害甚劇，應速防止之。如堤後斜坡滑陷，須於前方築



第 101 圖



第 102 圖

圍堰(第 103 圖)。河堤如遇漫溢,可加高之。水上漲之勢每甚驟,可堆沙袋數行,亦可建小圍堰(第 104 圖),或僅打樁一行,而於其前堆沙袋數層。



第 103 圖



第 104 圖

如察知堤之潰決不能避免,則須迅速傳令居民遷避,可鳴汽笛警告,將來或可利用無線電廣播。

堤決之災患,視決口之大小而定,決口之處,恆冲成深渦,欲在原址重建新堤,甚為困難。在冲成深渦之處,新堤須繞避之,或外繞(參閱第 92 圖),或內繞(參閱第 94 圖)。外繞束狹河床,亦當流衝,靠海之處,更為危險。且其靠陸方斜坡逼近深渦,而有滑陷之虞。故多先採內繞法,俟深渦淤積,再於原址建堤代之。堤後深渦永無淤填之機會,遺留堤後,有如池沼。

堵塞深廣之決口，不能等待水位之降低，且靠海每日有兩次潮水之侵入，亦非所容許。堵口之法，可由兩方築置沉排，填土其間，或於外方暫築攔水堤（Kajedeich），以保護新堤工程，或用船載石沉之決口處，以減流入水量，而利建堤工作。公元1907年，比國之歇爾德（Schelde）河堵口，曾用是法。考沉舟之法，元賈魯亦嘗用之，明萬曆間僉事俞汝爲奏議以爲塞決簡便之用，無如此者。清靳輔辨其用爲代壩而逼水，非以塞決合龍也，其論甚當，爰錄之於后：「夫河底淺深坦陷不一，惟草柳性柔，一經壓擠，則周遭充滿，故塞決必用埽。今以至平之舟底，而沉之深淺坦陷不一之湍流，則埽根透溜之患，必有不俟終日而見者。若沉舟之後仍用埽口繼之，則所費不貲，何如專用埽之便而省。……魯之沉舟，蓋以代壩而逼水，非以塞決而合龍也。蓋彼時故河業已通流，但決河勢大，水流多於故河十之八，又適當秋漲，洄漩湍急，埽不能下，……因急沉舟爲壩以逼之，所謂搶救也」。

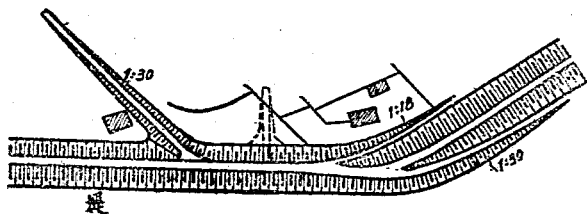
靳輔於論防守險工，亦至精闢，亦錄之於后：

「防河之要，惟有守險工而已。黃河之易決，莫如中州，其地土鬆而沙多，每一崩陷，輒至數百丈。然其地寬曠，不與水爭地，其築堤甚遠，至近者亦三五里，此堤不守，復築一堤以守之，河流去堤身既遠，則游波寬緩，亦不能深入，勢必復引而他去，而淤灘仍爲平陸，故雖險而易守也。江南自徐、邳而下，大抵皆城郭室廬，村鎮繁庶，不得不盡地戒嚴，亦其勢然矣。守險之方有三：一曰埽，二曰逼水壩，三曰引河。三者之用，各有其宜。當風抵溜，其埽必柳七而草三，何也，柳多則重而入底，然無草則又疎而漏，故必骨以柳而肉以草也。禦冰凌之埽，必丁頭而無橫，何也，冰堅鋒利，橫下埽則小擦而靡，大碰必折也。然掃灣之處，則丁頭埽又兜溜而易沖，必用順埽，魚鱗鱗比而下之，然後可以攔溜而固堤。至十分危急，搜根刷底，上提而下坐，埽不能禦，則急於上流築逼水壩，回其溜而注之對岸，或一二三道，恐河底捍

烈，壩一摧而堤即不可救也。若開引河，則其費甚鉅，又必酌地形而爲之。若正河之身迤而曲，如弓之背，引河之身徑而直，如弓之弦，則河流自必舍弓背而趨弓弦，險可立平。若曲折遠近不甚相懸，河雖開無益也。諸如此者，殆如禦敵然，堵之用，是固其城垣者也。壩之用，捍之於郊外者也。引河之用，援師至近，開營而延敵者也。夫吾既修其內備，而外又或捍之或延之，敵雖強未有不遷怒而改圖者，保險之法盡矣。

第六節 堤之附屬建築物

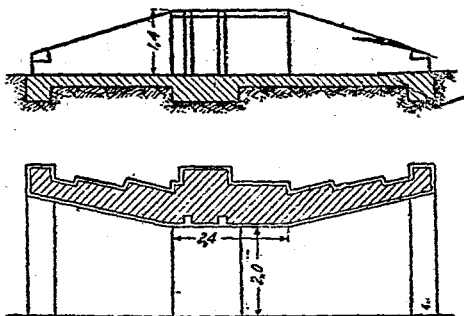
堤爲人類交通及內地水流(Binnenwasser)排洩之障礙，故須建通道(Durchfahrten)及水門(Siele)以溝通之，因通道之工費鉅，與堤交叉之途徑甚多，故多用斜坡路(Rampen)代之。後者不得削弱堤身，第105圖示一河堤之斜坡路，靠水方者從向下游，其坡度繫於堤高及交通之種類，如爲重要之渡口，坡度不得較 $1:30$ 爲陡，普通鄉村交通，可選 $1:10$ 至 $1:15$ 。



第 105 圖

第106圖示一通道，水位高漲時，用壘樑二道堵塞之，中填黏土搗實，若交通繁盛，宜用八字門(Stemmtoren)。水漲自動關閉，則交通之阻隔不至過久。兩旁之牆，須令其一部分突入堤內2公尺，路底

可置於堤高之半腰，則不致有潰決之危險。



第 106 圖

堤防切斷內地水流宣洩途徑，水門之大小，繫於水量之多寡，須用門司其啓閉。外方水漲，則閉門以杜其流入。海堤之水門常有門兩重，河堤則祇需一門。在潮來甚驟之處，門之啓閉宜爲自動者。外方水位高於內方者時則自動關閉，反之則開啓。

附錄三 縷堤考

曩者我國之關心治黃者，嘗致書德國水工專家恩格思氏，檢討明潘季馴治河學說，對於治河工事——縷堤，討論尤詳，獨未及縷堤之由來，殊有加以補充之必要。爰就管見所及，筆之於紙，冀以彰治河學說之無中外古今之分，並以就正於海內專家，亦拋磚引玉之意云爾。

縷堤者，位於外堤間之內堤也。外堤亦稱遙堤，藉以防範最高之洪水。潘氏所著河防一覽有云：「縷堤即近河濱，束水太急，怒濤湍

流，必至傷堤。遙堤離河頗遠，或一里或二三里，伏秋暴漲之時，難保水不至堤，然出岸之水必淺，既遠且淺，其勢必緩，緩則堤自易保也」。恩格思氏亦承認潘氏之見解，謂藉遙堤以防潰，藉縷堤以導流為合理，特指出潘氏在尋常水位時用以約束河道之縷堤，不能以堤論，而係固定中水河槽，護岸工程之一種。並臆度縷堤之築法，為先築成堤形，再於堤後用土填實，指其為一種頂高不出河灘之導水堤。復強調堤乃高出洪水位之防潰工程，而導水堤則為高僅及於河灘之護岸工程，二者絕對不容混淆。余以為此不過建築物名稱之一種定義，實無牽強之必要，重要者乃在研討其功用。河防一覽有云：「順水之性，堤以防溢，則謂之防。防之者，乃所以導之也」。縷堤實兼具防溢導流之功，其所防者，乃尋常之水。至於縷堤之築法，必堅固能當溜衝，雖漫溢而不至潰決，殆無疑義。余意恩格思氏與其辨縷堤為不高出灘地之堤，毋寧謂專為固定河槽而設之堤，不應高出灘地。縷堤實非專為此而設，亦非潘氏設以治河者。此可於潘氏答客問語中知之，其言有曰：「縷誠不能為有無也，宿遷而下，原無縷堤，未嘗為遙病也。假令盡削縷堤，伏秋黃水出岸，淤留岸高，積之數年，水雖漲不能出岸矣。第已成之業，不忍言棄，而如雙溝、辛安等處，縷堤之內，頗有民居，安土重遷，姑行司道官諭民五月移住遙堤，九月仍歸故址，從否固難強之，然至危急之時，彼亦不得不以遙堤為家也」。至於兩堤相夾，中間積淹之水，或溢入之洪流，或縷堤決入黃流，何處宣泄，潘氏亦言之至詳：「決可入水，亦可出水，水落之後，放水歸槽無難也。縱有積滯，秋冬之間，特開一缺放之，旋即填補，亦易易耳。若無格堤處，所積水順堤直下，仍歸大河，尤不足慮矣」。是可見縷堤之築，實非潘氏之初衷，縷堤之性質，亦正如德國北部所用之夏堤，特其功用除如夏堤之防護堤內居民外，更多一層治河之作用也。

潘氏治河之原則，與歐、美河工專家之意見，初無二致。固欲謹

岸納流於固定之河槽內，並採用複式橫斷面，以灘地容洪流，冀灘地淤高，河槽刷深，河床橫斷面由複式而變為單式焉。其答客問給予吾人以下之啓示：「…若謂堤之外即水耶，堤外為岸，岸下為河，平時水不及岸，堤若贅疣，伏秋異常之水，始出岸而及堤。……」

余嘗謂治河之法，半經驗，半學理，不應有時間畛域之界限，於此而益信。

參 考 書 籍

1. 歐陽玄：至正河防記
2. 潘季馴：河防一覽
3. 靳 輔：治河方略
4. 李儀祉：水功學
5. 鄭肇經：河工學
6. 余家河：山溪之治理（水利月刊第十卷第六期）
7. 余家洵：泛論治河（工程學報第一卷第一期）
8. 全國經濟委員會水利處：恩格思治導黃河試驗報告彙編（水利專刊第五種）
9. E. Marquardt：Die Methoden des Flussbaues
10. A. Schoklitsch：Der Wasserbau
11. O. Franzius：Der Verkehrs was erb
12. H. Engels：Handbuch des Wasserbaues

德華專門名詞對照

A

- Abfluss 逕流, 13
 Abwärtsbunnen 下挑丁壩, 65
 Abweishänge 梨浪浮壩, 76
 Astnarium 漏斗, 92
 Aufstau 頂托, 99
 Aufwärtsbunnen 上挑丁壩, 65
 Aussenbarren 口外擺門沙, 110
 Aussenberme 外方餘坡, 115
 Aussenmündungen der Haffe 內海灣之外出口, 93

B

- Barren 擺門沙, 92
 Beharrungszustand 固定不變之狀態, 25
 bettbildender Wasserstand 造床水位, 8
 Binnenwasser 內地水流, 122
 Bore 湧潮, 101
 Bunnen 丁壩, 52
 bunnenartiges Leitwerk 類似丁壩之導水壩, 52
 Bunnenfeld 壩田, 65
 Bunnenkammer 壩箱, 68

D

- Deiche 堤, 111

- Deltamündung 三角流河口, 97
 Dichte des Seewassers 海水之密度, 83
 direkte Mündung 直接河口, 92
 Doppelgehänge 雙浮壩, 1
 Doppelquerschnitt 複式橫断面, 40
 Drahtwalze 鐵絲繩, 43
 Durchfahrten 通道, 122
 Durchstich 裁彎取直, 18, 51
 Durchweichungslinie 浸潤線, 112

E

- Ebbe 落潮, 100
 Ebbekurve 落潮曲線, 107
 einseitiges Quergefälle 單面積比降, 4
 Entnahmestrecke 取水段, 21

F

- Fahrinne 航槽, 83
 Fallhöhe 水頭, 51
 Fangdamm 閘堰, 119
 Faschinenbank 樁架, 58
 Faschinenbau 樁工, 41, 56
 Faschinenbündel 樁組, 56
 Faschinenwalen 梢棍, 41
 Faschinenwürst 梢龍, 56
 festes Wehr 固定壩, 25

Fischpass 魚磴, 88
 Fischschleuse 魚閘, 88
 Fischtrappe 魚梯, 88
 Flachlandfluss 平原河流, 77
 Flechtzäune 籬籬, 62
 Floss 筏, 簾, 61
 Flügeldeiche 翼堤, 113
 Flussdeiche 河堤, 111
 Flussmündung 河口, 90
 Flussspaltung 河汊, 52
 Flut 漲潮, 100
 Flutfäche 潮水面, 106
 Flutgebiet 潮區, 70, 92
 Flutgrenze 潮界, 100
 Flutgröße 潮高, 100
 Fluthang 潮浪之坡, 101
 Flutkurve 潮曲線, 101
 Flutlinie 潮流線, 104
 Flutperiode 潮期, 100
 Flutrichter 河口漏斗, 92
 Flutwechsel 潮高, 100
 Flutwelle 潮浪, 70, 100
 Flutwellenlinie 潮浪線, 105
 Führungshänge 導水浮壩, 76
 Furt 淺灘, 沙梗, 3

G

Gefährdeiche 險堤, 113
 Gefälle 比降, 1
 Gefällsbruch 比降風折之點, 7

Gebänge, Gehängebauten 浮壩, 38
 Geschiebeabfuhrziffer 沙石宣洩係數, 23
 Geschiebebank 沙帶, 6
 Gletscher 冰山, 10
 Grabenverfahren 開闢一溝藉水力沖寬之法, 51
 Grenze der Flutströmung 潮流之界, 100
 Grundeis 河底冰, 79
 Grundschwelle 潛壩, 37

H

Häufigkeitslinie der Geschiebefracht 挟沙量頻率曲線, 8
 Häufigkeitslinie der Wassermengen 流量頻率曲線, 8
 Hauptdeiche 正堤, 112

I

indirekte Mündung 間接河口, 92

K

Kajedeich 攔水堤, 121
 Kanalisieren 渠化, 98
 Kaskaden 小瀑, 15
 Klei 膠泥, 56
 Kolk 深水段, 深湯, 深潭, 3
 Küstenströmung 海濱水流, 83

L

Landdelta 三角洲, 91

lebendige Kraft 動力, 99
 Lehm 黏性沙土, 118
 Leitdamm 導堤, 70
 Linie des Hochwassers 高水線, 100
 Linie des Niedrigwassers 低水線, 101

M

Mascaret 湧潮, 101
 Mass der Geschiebebewegung 沙石移動度, 25
 Mittenbewegung 中流, 3
 Molen 港堤, 繫浜堤, 93
 muldenförmig 盆狀, 3
 Muren 石崩, 16

N

Nassbaggerung 水中浚深, 51
 Nebendeiche 副堤, 112
 Nippflut 低潮, 100
 Normalbuhnen 正挑丁壩, 65

P

Packwerk 填梢, 58
 Parallelwerk 順壩, 64

Q

Querbauten 格壩, 71
 Querbewegung 橫溜, 3
 Querdamm 格壩, 71
 Quergefälle 橫比降, 3

R

Rampen 斜坡路, 122
 Randbewegung 邊流, 3
 Rauhwehre 橫鋪梢工, 58
 Räumungskraft 冲刷力, 2
 relative Geschiebefracht 比較沙石量, 21
 Ringdeiche 圈堤, 113
 Rücklage 後退梢梢, 62
 Rundströmung 迴流, 63

S

Sackmass 陷落尺度, 117
 Sammeltrichter 匯集區, 14
 Sandbank 沙脊, 95
 Schardeiche 險堤, 113
 Schlafdeiche 廢堤, 113
 Schleppkraft 挾沙力, 2
 schluchartige Abflusskanal 流槽, 14
 Schlüsselkurve 水位與流區間之關係曲線, 24
 Schuttkegel 沖積扇, 14
 schwebende Schützentafel 浮橋, 79
 Schwimmbaum 浮木, 浮樹, 62
 Seedeiche 海堤, 111
 selbstzeichnender Pegel 自動之水則, 95
 Senkfaschinen 沉梢, 58
 Senkstück 沉排, 58
 Senkkurve 水面降低曲線, 51
 Senkwalzen 沉龍, 58

Siele 水門, 122
 Sinkbäume 沉樹, 61
 Sinklagen 沉箱, 18
 Sommerdeiche 夏堤, 112
 Sperrdamm 擋水堤, 鐵壩,
 Spreitlagen 鐵鋪桁工, 18
 Springflut 高潮, 100
 Spülbagger 噴水浚深機, 83
 Spülern 沖刷器, 111
 Stau 回水, 水位之抬高, 3
 Staukurve 抬高水位曲線, 117
 Stemmtoren 八字門, 122
 Streichlinie bei N. W. 低水抹線, 67
 Strommündung 河口, 55
 Stromschnellen 湍流, 55
 Stromstich 豁線, 38

T

Talweg 豁線, 6, 38
 Tidenhub 潮水之高度, 98, 101
 Tobel 流槽, 14
 Ton 黏土, 16
 Trennungswerk 分水堤, 54
 Triebssand 流沙, 56

U

Übergangstreck 過渡段, 49
 Uferdeckung 護岸工程, 8
 Umleitungskanal 旁繞渠, 81
 unterseeisches Delta 水下三角洲, 92

V

Vorlage 前進盾樁, 62
 Vorland 河灘, 93

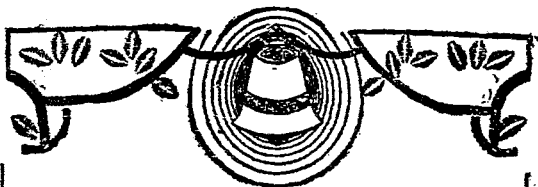
W

Watt 沙帶, 116
 Wasserstandsdauerlinie 水位期間線, 241
 Wellenberg 浪峯, 99
 Wellenbrecher 禦浪堤, 114
 Wellenfuss 浪谷, 浪脚, 101
 Wellenlinie der Flut 潮浪線, 105
 Wellenscheitel 浪峯, 浪頂, 100
 Wildbachverbauung 荒溪之治理, 14
 Winterdeiche 冬堤, 112
 Wippen 梢龍, 57
 Wolfsche Gehänge 俄羅氏浮壩, 61

Z

Zirkus 匯集區, 14





版權所有
翻印必究

中華民國三十四年十二月渝初版

中華民國三十五年九月滬一版

河工方略

全一冊 定價國幣三元

(外埠酌加運費滙費)

編 著 者 余 家 洵

發 行 人 吳 秉 常

印 刷 所 正 中 書 局

發 行 所 正 中 書 局

(2009)

校
：
向
壽

和(本)(和)

1/1 = 0.15

