

第 六 篇

治 河 與 防 洪

目 錄 頁

第一章 治河概論

A	治河意義與目的	6-1
1.1	治河意義	6-1
1.2	治河之目的	6-2
B	治河與各部門之關係	6-3
1.3	交通	6-3
1.4	農林	6-3
1.5	經濟	6-3
1.6	土地	6-4
1.7	教育	6-4
1.8	地方政府	6-4
C	河性	6-5
1.9	雨量	6-5
1.10	水位	6-6
1.11	流量	6-6
1.12	比降	6-9
1.13	挾砂	6-10
1.14	流域與河段河床	6-19
1.15	冰凌	6-21

第二章 治河原理與規劃

A	通論	6-22
2.1	通論	6-22
B	治導原則	6-23
2.2	治理山流	6-23
2.3	治理上游	6-24

2.4	治理中下游	6-24
C	河道規劃	6-25
2.5	河線	6-26
2.6	斷面	6-26
2.7	縱斷面	6-29
2.8	河寬與水深	6-29
2.9	固定河槽	6-30
D	河道之蜿蜒與非蜿蜒型之治理	6-30
2.10	沖積平原	6-30
2.11	蜿蜒型河流之治理	6-31
2.12	非蜿蜒型河流之治理	6-33
E	應用推移力原理治理河道	6-33
2.13	決定河道之造床水位	6-33
2.14	決定年淤砂逕流量	6-34
2.15	河槽縮狹對於逕流之影響	6-35
2.16	由河流引取流量之影響	6-35
F	河槽之水力形態演變	6-36
2.17	河槽之水力形態演變	6-36
G	「法格」氏治河法則	6-37
2.18	法格治河法則	6-37
H	河制定理	6-39
2.19	河制定理	6-39

第三章 河工材料及構造物

A	河工材料	6-41
3.1	砂土	6-41
3.2	磚石	6-41
3.3	薪木	6-41
3.4	壩工	6-42
3.5	梢工	6-43
3.6	沉排	6-45
3.7	其他	6-47
B	河工構造物	6-48
3.8	丁壩	6-48

3.9	順壩	6-52
3.10	丁壩與順壩比較	6-53
3.11	透水壩	6-54
3.12	潛壩或稱潛檻	6-54
3.13	浮壩	6-55
3.14	導壩	6-56
C	治河之輔導工事	6-56
3.15	浚淤	6-56
3.16	轟炸	6-58

第四章 治導工程

A	荒溪與上游山流治導工程	6-60
4.1	荒溪之治導	6-60
4.2	上游山流之治導	6-64
B	中下游航運河道之治導工程	6-66
4.3	概論	6-66
4.4	治理航運河川之應具條件	6-67
4.5	治導工程	6-67
4.6	河道治導之功效限度與效益	6-73
4.7	治導之步驟	6-74
4.8	治導工程之方法	6-75
C	河口與三角洲之治導工程	6-79
4.9	河口三角洲之形成	6-79
4.10	弱潮之河口	6-79
4.11	強潮之河口	6-81

第五章 水庫調節河流之功效

A	調節流量	6-86
B	調節航深	6-86
C	蓄水灌溉	6-87
D	水力發電	6-88
E	多目標水庫	6-88

第六章 河工試驗模型與治河實例

A	河工模型	6—91
6.1	模型原理	6—91
6.2	河工模型	6—92
B	治河實例	6—94
6.3	中歐惹河下游之治理	6—94
6.4	上海黃浦江之治理	6—96
6.5	天津海河之裁灣工程	6—98

第七章 防洪概論

A	防洪之意義	6—100
B	洪水之成因	6—100
7.1	洪水之成因	6—100
7.2	防洪之方法	6—100
7.3	防洪工程之規劃資料	6—101

第八章 洪水水文

A	洪水流量之估計	6—103
8.1	概論	6—103
8.2	實測法	6—103
8.3	經驗公式	6—103
8.4	單位流量過程線法	6—104
8.5	無流量記錄單位過程線作法	6—104
8.6	洪水頻率	6—105
B	洪流前進之演算	6—106
8.7	概述	6—106
8.8	基本原理	6—106
8.9	演算方法	6—106
C	洪水預報	6—108
8.10	概論	6—108
8.11	資料	6—108
8.12	造報程序	6—109

第九章 堤防與護岸

A	河堤	6—115
---	----	-------

9.1	概述	6—115
9.2	堤防優點	6—115
9.3	堤防劣點	6—115
9.4	堤之種類	6—116
9.5	堤防設計	6—117
9.6	土堤施工	6—120
9.7	堤防之養護	6—122
9.8	堤防決口之堵塞	6—122
9.9	堤防破壞之因素	6—124
9.10	堤防之附屬構造物	6—125
B	海堤	6—126
9.11	概論	6—126
9.12	堤坡之設計	6—127
9.13	堤頂高度之規劃	6—127
9.14	堤前灘地設施	6—127
9.15	錢塘江塘工	6—128
C	護岸	6—129
9.16	概述	6—129
9.17	護岸工程設計	6—129
9.18	護岸工事	6—131

第十章 防洪工程

A	概述	6—136
10.1	概述	6—136
B	裁灣	6—136
10.2	裁灣	6—136
C	攔洪與蓄洪	6—137
10.3	攔洪	6—137
10.4	蓄洪	6—137
D	分洪與減洪	6—144
10.5	分洪	6—144
10.6	減洪	6—144
E	洪水平原利用與節制	6—146

10.7	洪水平原之利用	6-146
10.8	洪水平原節制	6-146
F	其他溝壑、砂防與水源控制等防洪工事	6-147
10.9	溝壑	6-147
10.10	砂防	6-148
10.11	水源控制	6-148

第十一章 防洪工程之經濟評價

A	洪災損失之估計	6-149
11.1	洪災直接損失	6-149
11.2	洪災間接損失之估計	6-149
B	洪災與防洪效益	6-149
11.3	防洪成本	6-150
11.4	防洪效益	6-150
C	防洪計劃評價	6-151

第十二章 中國大河流之防洪概況

A	黃河	6-153
12.1	流域概況	6-153
12.2	黃河改道及現狀	6-153
12.3	洪災	6-155
12.4	防洪計劃	6-156
B	長江	6-157
12.5	流域概況	6-157
12.6	洪水災害	6-158
12.7	防洪計劃	6-159
C	淮河	6-160
12.8	流域概況	6-160
12.9	洪災及防洪計劃	6-160

第六篇

治河與防洪

編撰人 姜子騷

審查人 沈百先

第一章 治河概論

A 治河意義與目的

1.1 治河意義

河流爲國家之重要資源，治河爲治理河川流域之簡稱。即以人爲之力量，來控制河水不爲人禍，同時開發之而爲人謀福利。

治河工程有廣義與狹義之別，在廣義方面應包括所有河道上建築工程如閘壩工程、河海港灣、防洪工程及渠化工程等，而在狹義之治河工程而言，僅爲治理河道工程，本篇自第一章至第六章所述以治理河道爲主，旁及水庫，至防洪另詳第七章至第十二章。

近五十年來治河工程之技術隨其他科學而進步。昔爲處理洪水，注意堤防與疏導，排之海洋，但求不泛濫成災爲已足，而今則講求如何儲蓄利用，化災禍爲福利，涓滴之水靡不有用，而予以開發。

晚近治河工程有二種趨勢：一曰多目標一元化，二曰流域開發整個性。由於此兩種趨勢之形成，水利資源遂獲得更經濟更有效之使用。

a. 多目標一元化 往昔治河工程，目標單純，在洪水泛濫之區，築堤以防洪災。農田亢旱，有可引之水，乃從事灌溉工程。工礦區域，有水力可用，乃從事水電工程。河道淺阻之處，浚深以利航，其後利用灌溉之水發電，於是灌溉水庫兼作發電之用，且蓄水足以減低洪水峯，故有利於防洪，且宜洩得時，可增加河道水深，有利於航運。故計劃之時，考慮各種可能性之利用，不難達「水盡其利，物盡其用」之目的。

b. 流域開發之整個性 河川水量，時盈時虛，盈溢則潰決泛濫，虛竭則缺水灌溉、航運淺阻、給水中斷。故過與不及，均足成災。推源其故，實在乎水

量分配之不平衡。故治河最高之原則，不外乎調節盈虛，以覓致最大之常年水流。易言之，即將全年流量，平均分配於三百六十五日，能如是，非惟洪漲無虞，且全部之水與所挾之能，均得利用。事實上是難達到。目前所能為者，在使洪水峯量減低，枯水流量儘量增加，力求水流之平均分配。顧此種取補不足之工作，應以全河道乃至整個流域為範圍，以流域之內，衆水來歸，自水源而至尾閘，自支流而達幹河，脈絡相通，聲氣相聯，利用分配，蓄洩時機，均應通盤籌劃以盡最大有效之利用。

自此一趨勢形成後，治河工程範圍，由線（河道）擴充為面（流域），由注意空間而必須同時注意時間。以前治河限於河道本身以疏導堤防為主，今則考慮全河流域，何處攔蓄何處應用，雖微弱支流，亦謀開發。流域內之水，不論幹流支流，上游下游，應經慎重研究，妥為配合利用。茲將上下游為例，上游蓄水庫之建築，對下游流量具調節之功，因是發電廠可增加枯水期發電量，灌溉可增加受益面積，航運更形便利，可謂無一不受其惠。其他因引水灌溉而減少下游水量、高壩之妨礙魚類繁殖等，相輔相成者有之，相剋相消者亦有之。故宜就上下幹支通盤籌劃，使佔據此空間之水，藉合理之分配，得發揮其最大之效用。至於時間之因素，如開發之先後，擴展之餘地，亦為流域開發之主要條件。際此水之利用益求充分之時，治水之建築，將以一連串之姿態出現，俾蓄而復蓄，用而復用，孰先孰後，應就緩急經濟與環境等條件而選定之。故勘測者應廣集資料，將各種可能性發現無遺。規劃者根據水文河性等資料，社會民生之需要，預測日後之發展，先作通盤之佈置，再行個別規劃，並宜寬留餘地。建築電廠者應預測市場之發展，以及上游蓄水之可能性，預留擴充發電設備之餘地，如建築壩壩有水頭可資利用者，應不忘預留興建電廠之餘地。他若航運灌溉，均應觀察運輸與農業之進展，而作未雨之綢繆。

1.2 治河之目的

治河之目的，其一在改善航道，維持較深之河槽，以利航運。蓋航運之發達與工業發展有相當關係。沿河築堤，約束水流於一深槽，使能挾砂注入於海之法，中國早已應用於黃河矣。其他為增加河道排洪之容量。若干防洪計劃，有在下游，應用裁灣取直法，縮短河道，可減低上游洪水位，並可縮短全河之洪水時間。

歐洲之恩格斯（H. Engels）與法蘭修士（O. Franzius）二氏以及美國密失士必之維克斯堡（Vicksburg）水道試驗室曾藉模型試驗，證明欲求河道之安定，須將河床設法降低。故治理河道，主要先將河流安定於計劃之河線與斷面以

內，而後方可達到下列各項之目的：

- a. 加速排洪與排洪之安全。
- b. 對於河流懸移質與推移質作有效之運送，不致淤積。
- c. 使河流冲刷岸灘減低至最少程度。
- d. 維持河槽深度與良好水道路線，以利航行。
- e. 調整水流方向，使其通過既定之河段。

B 治河與各部門之關係

中國政府組織之形成，許多歷史學者，認為建築在治水工作上。因此治河工程與其他部門如交通、農林、經濟、土地以及地方政府，保持橫的連繫，以收互助合作之效。

1.3 交通

水利事業中之航運與港灣，在交通方面佔重要地位，故水道交通網之構成，水陸空運輸之聯接，應由交通水利各機構共策其成。其次為改線問題，河谷中鐵路公路之選線，恆循河岸而行，迨興辦水利，蓄水倒漾，淹及道路，勢非改線不可，此種路線之衝突，每招致經濟上重大損失，予開發資源工作以重大之打擊，應在事前連繫，儘量避免之。

1.4 農林

水利與農林息息相關，灌溉排水洗碱等工程之目的，即在促進農林事業之繁榮。而保土保林等工作，亦有助於水利之成功。如墾殖工作，端賴水利家與農業家之合作，蓋墾殖恆在少雨地區，必須水量充裕後，農業家方可從選種、耕犁、施肥、農村規劃及農產加工等之研究，繼之以試驗、示範、推廣等工作。墾墾事業，首重堤防與排水，堤防外禦洩潮，排水可濾去內在鹽分，俾土中鹼量有減無增。復有農業家選擇抗鹼作物，規定種植次序，以期達到土地生產吸收鹽分及改善土性等三項目的。美國 T. V. A. 利用廉價電力，大量製造磷肥，不僅使田納溪流域土力衰退之農田，重獲繁榮，且可供應全球之需要。此亦水利事業貢獻農林之一端。

1.5 經濟

水力之利用由來已久，自水電興起為動力主源，遂有白煤之譽。工礦事業賴以開發者與日俱增。目前經濟之高壓輸電半徑可及五百公里，以我國水力蘊藏

之豐富，幾無處不在水力供應範圍之內，故在水電方面，可無慮市場之缺少；工業方面，可無慮動力之匱乏，只須就供需情形着為配合。至于航運可促進工商業之繁榮，更屬不言而喻。又治河工程所需器材，須賴工礦業供應，亦宜妥謀配合，俾能供求相應。

1.6 土 地

農田水利之目的，在促進土地之利用，提高土地之效能。然利益分配之是否合理，當視土地政策之能否切實施行以爲斷。美國西部墾區有每戶 160 英畝之規定，所有逾額田畝，應在灌溉分水之前，與政府簽訂合同，以十年爲期，分售小戶耕種，否則不予用水。故在此工程未實施以前，其因工程受益範圍內之土地整理，如清丈、地籍、地目分類等，應先舉辦，迅予議定，俾日後農林水利事業之利益，爲當地農民共有共享也。

1.7 教 育

治河工程隨科學之進步，日趨繁複，應用技術，因分門別類而形專門化。研究試驗，早已成爲必經之步驟。查學術之進步，得力於理論與實際之配合。故事業機關與學校，應隨時取得連繫，利用學校之設備與人才，解決事業過程中之困難，學校方面，可藉機關之補助，使設備更形充實，並獲得研究工作之實際對象。機關學校合作，集思廣益，事半功倍。

1.8 地方政府

治河工程爲民與利除害，故收益者實爲當地人民，理應因勢利導，發動民力，藉收聚斂易舉之效。如堤防之修守、渠道之養護，均須賴地方政府策動民衆擔任之。惟中央與地方每多隔閡，在資源開發工作上，難免發生摩擦、阻撓，甚至衝突等情事，故如何消弭隔閡，謀取合作，實爲值得研究之問題。當美國 T.V.A. 機構成立之初，國會授以龐大權力，開發田納河流域，其事業範圍及權力之大，實駕乎聯邦政府各中央事業機關之上，當時地方人士認爲中央政府侵犯地方主權，引以爲懼。嗣後推行分權辦法，在整個政策及工程計劃中，凡各級地方政府所能勝任之事，即全權委託之。不必由該機構直接監督，其利有三：

- a. 地方政府共同負起開發地方資源之責任。
- b. 地方政府有貢獻能力之機會。
- c. 中央政府一旦財力有所不濟，地方政府仍可憑已往經驗繼續推進。

T. V. A 於實行分權辦法之時，委託工作或以契約方式爲之，此種中央與地方之契約行爲，竟有利於互助合作之目的。蓋契約不僅規定雙方之權利與義務，

且係表示對於共同目標之意見一致。在同意訂約之前，對於若干異議之商討、爭辯，以至最後之協議，均足增進雙方目標之認識，便利以後契約之執行。迨履行契約之時，若干為條文所漏列者，或因業務發展必須增添者，亦可產生新的協議，增訂契約之條款。如此可隨業務之進展而使雙方有互助合作之精神，使中央主管行政及事業機構與地方政府以互諧互助之態度，共謀事業之推進。故 T.V.A. 主持人不拘泥於狹隘之「權力」觀念，不與地方爭權，認清其職務，在於領導鼓勵與啓迪，其目的在開發資源與增加財富，此種重視事業公忠體國之精神，足資我人借鑑。

以上六端，乃就關係較深者而言。他若航運及邊疆墾殖之與國防，水力發電之與軍需事業關係亦頗密切。又如給水、排污、水庫、防瘧等工作，須得衛生部門之合作。諸如此類，均應妥謀配合，密切連繫。在時間方面，應就緩急之分，酌定先後程序；在質量方面，應用統計方法，以謀求供應。並宜權衡輕重，以最經濟最有效之方式，開發資源，期以達成保障民生，改善民生之目的。

C 河 性

河性即水性，水性善變而有規律，其變律之因素，視其雨量水位歷程之變化、河段河床之地形與地質，及其承受雨量之流域形態，與其所感受氣象之變遷而形成各種不同之河川也。

1.9 雨 量

中國大陸雨量分佈現象：

a. 華南雨量比華北豐沛 乃由於所受海洋氣流影響之程度不同，華北距西南及東南氣流之來源為遠，當此氣流抵達華北之際，最初含蓄之水蒸氣已所存無幾。華南接受海洋氣流之時間較華北為長，因華北只在夏季數月中能接受。其他如華南之低氣壓風暴所降雨量，遠過於華北風暴。而夏秋之交，颱風又集中於華南，此皆華南沿海一帶雨量豐沛之原因也。

b. 沿河一帶雨量較內地為多 此原則在華北平原頗相符合。惟在華南，地形崎嶇，均多山岳，則僅局部符合。

c. 山岳地帶之雨較多於平原 在西南高原、閩浙一帶山地，及南嶺山脈一帶，當氣流經此等地區時，即受阻而上昇，隨即膨脹，空氣水份因膨脹時溫度降低，凝結為雨，故較平原為多雨也。

d. 在低氣壓風暴進行途徑附近之地，雨量多於他區 低氣壓最多區域之能辨認者：

1. 由廣東與越南交界起，向東越過臺灣海峽再向北延至上海。

2. 沿揚子江河流。

此兩區之多雨，在冬春各月均頗顯著。等雨量線長軸之方向多由西南迄東北。推求其故，約有兩端，一以揚子江低氣壓風暴之標準途徑乃由西南而東北，一以華南山脈多由西南向東北方向延長。

e. 颱風最多之區，雨量亦較多。

f. 等雨量線之傾向由西南而東北（800）公厘等雨量線將中國本部分為二。南半部較北半部多雨，（800）公厘等雨量線由江蘇、黃河口海岸，向西沿淮河及秦嶺東部，以至西藏邊境。

雨量紀錄，因空間之不同，而別為最大最小與平均雨量。又因時間之不同而有年月日各期雨量之區別。平均雨量，不若最大與最小雨量之重要。而於一日間之最大雨量，至關重要。或於每次短時間之暴雨，在若干分鐘間一次為若干，與其多少或先後更應加以注意。除雨水而外，夏季之霧、雹，冬季之雪融化成水，有時應與雨水等量齊觀也。

1.10 水位

觀測水位以記讀水標尺或自動水標尺之讀數或曲線圖為準，並須經常不間斷，歷時愈久，其數字愈有價值，對於治河工程至有關係。

a. 最高水位（H.H.W.） 自觀測以來所得最高之水位，對於堤防堰壩橋樑等工程設計至為重要。

b. 高水位（H.W.） 為常有之高水位，每年均有一度，對於渡槽剖面、堤堰高度、橋樑跨度、駁岸高度及固定或活動壩等設計均有關係。

c. 中水位（M.W.） 為若干年內每日水位之平均高度，對於航運之治導工程設計應予注意。

d. 低水位（L.W.L.） 為常有之低水位，每年均有一度，對於灌溉航運與水電等設計，須予注意。

e. 最低水位（L.L.W.L.） 自觀測以後，所得之最低水位，其重要與低水位相同。

1.11 流量

水位與流量之觀測記錄，均供開發水資源之資料。流量為水電因素，亦為灌溉源泉。

a. 流量與水位關係 在堅硬不易冲刷之河床，流量與水位關係可維持不變；如為沖積土河床，同一水位，漲水流量較退水流量為大；即相等流量，退水

時水位比漲水時水位為高，蓋漲水時水尺下游沖低，退水時重複淤高故也。如圖 1.1。

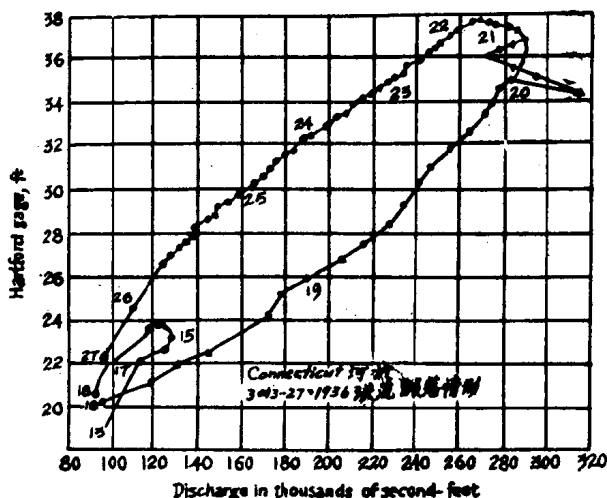


圖 1.1 漲落水與流量

b. 水流及流速 水流以流體質點流動情形而分為線流 (laminar flow) 與亂流 (turbulent flow)。線流質點作平行流動，而亂流質點交相混合。

1. 臨界流速 係根據雷諾數 (Reynolds's number) 以分別線流與亂流。

$$\text{雷諾數 } N_R = \frac{V_R}{\nu} \quad (1.1)$$

式中：

V = 平均速度

R = 水力半徑

ν = 流動動滯率

雷諾數在 500 以內者為線流，大於 500 者可稱亂流。上式如應用於暗管， R 易以直徑 D_1 ，則雷諾數 500 增為 2,000。

2. 貝蘭基氏臨界流速 (Berlanger critical velocities) 係在某渠道之一定流量，當水深與流速水頭相加為最小時之流速，以下列方程式表示之：

$$V = \sqrt{dg} \quad (1.2)$$

式中：

V = 流速

d = 水流之水深

g = 重力之加速度

$$\text{福祿數 (Froude number) } N_F = \frac{V}{\sqrt{dg}} \quad (1.3)$$

如 $N_F = 1$ 則 V 為臨界流速 (即貝蘭基氏臨界流速), d 為臨速水深。

$N_F > 1$ 則 V 為急流或超臨界流速 (Supercritical)。

$N_F < 1$ 則 V 為緩流或亞臨界流速 (Subcritical)。

3. 甘乃地氏臨界流速 (Kennedy critical velocity) 係在土渠內不使冲刷而又不生淤積之臨界流速。

c. 流速公式 設計渠道斷面無一定成法, 大都以判斷及經驗為轉移。通常採用奇塞 (Chezy) 公式, 係 Antoine de Chezy 在 1775 年所公佈:

$$V = C\sqrt{RS} \quad (1.4)$$

式中

V = 流速

S = 能力線坡度

R = 水力半徑

C = 係一經驗係數

柯特公式 (Kutter formula) 1869 年瑞士工程師岡貴立與柯特 (E. Ganguillet and W. R. Kutter) 推算奇塞公式中 C 值之公式如下:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S} \right) \frac{n}{R^{1/2}}} \quad (\text{公制})$$

$$C = \frac{41.65 + \frac{1.811}{n} + \frac{0.00281}{S}}{1 + \left(41.65 + \frac{0.00281}{S} \right) \frac{n}{R^{1/3}}} \quad (\text{英制}) \quad (1.5)$$

曼寧公式 (Manning formula) 因天然河 S 不容易求, 曼寧氏 (Robert Manning) 1891 年提供一公式計算 C 值, 將 S 略去, 惟式仍甚煩, 1958 年貝克來 (Buckley) 予以簡化如下式:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (\text{公制})$$

$$C = \frac{1.486}{n} R^{1/6} \quad (\text{英制}) \quad (1.6)$$

貝森公式 (Bazin formula) 1865 年貝森 (H. Bazin) 所提供, 於 1897 年經改良稱為貝森之次公式 (Bazin's second formula):

$$C = \frac{157.6}{1 + \frac{m}{R^{1/3}}} \text{ (公制) 或 } C = \frac{87}{0.552 + \frac{m}{R^{1/3}}} \text{ (英制) (1.7)}$$

傅希海默公式 (Forchheimer formula)

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{0.3} \text{ (公制) (1.8)}$$

$$C = \frac{1.428}{n} R^{0.3} \text{ (英制)}$$

以上各式以曼寧公式為最簡單，易於計算。惟於大河川坡降平緩不易精確，模型試驗應用此式最為適合。而柯特公式可應用於大小河川以及明暗渠管。

1.12 比降

河道之水面比降與流速有關，而流速以視河床之比降而有異。

在同一橫斷面內，比降與流速之平方成正比。故流急比降陡，緩則比降平坦。在平均水流情況下，水面與河底平行。低水時如河床整齊，水面比降與河床比降相同。洪水時水流恒不安定又不均勻，其水面比降常大於河床比降。低水時河槽曲折，路線較長。在洪水時期，槽道較直，路線隨而縮短，故洪水水面比降比諸低水時為大，因此比降增大，洪水流速隨而增快，流量亦大。迨洪水波傳至較遠，則比降亦逐漸減緩。圖 1.2 顯示 A—A 低水線曲折而線長，比降平，B—B 洪水位線直而短，故比降較陡。

水流之能量，與比降成正比。流水時其能量自其河床傾洩而降，如河床物質堅硬韌密者，不易沖蝕，則水流之損耗能量隨之減少；若物質輕鬆如細沙泥土，與河床分離而混雜於流水之中，使水流能量有一部份之損耗，比降遂緩。

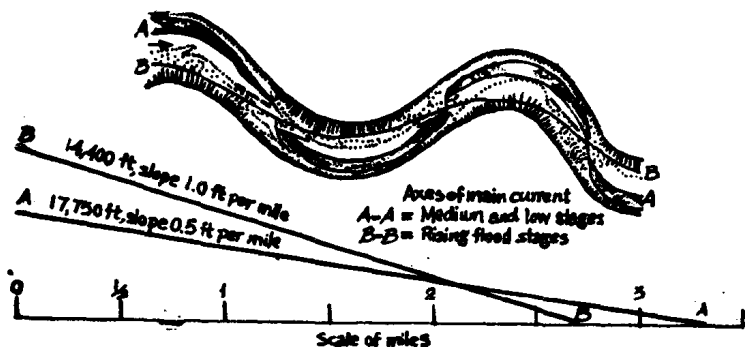


圖 1.2 主溜軸線高低水位之比降

河床及其水面之比降以上游爲最大，中游次之，下游最緩，爲自然現象。其縱切面爲拋物線形。但有時河身穿經狹谷河床，忽被約束，則狹谷上游之比降平緩，而下游比降則增大。又若支流會合處斷面狹小，則其比降或大於上游。裁灣取直之河段，亦可使局部比降忽增。

支流與幹流之含砂量相差頗大時，若支流濁而幹流清者，則支流攜帶之泥砂多淤積於會合點下游，使幹流河床減小，比降因而增大，而在會合點以上，比降減緩。如支流清而幹流濁者，當支流水漲，使幹流在會合點以上之流速受阻而減少，致泥沙沉澱使河床減小，故比降增加；而在會合點以下，因水量增加，河槽擴大，使比降減少，在支流水落後，幹流比降復回原狀。

低水位時水流平穩，僅於淺灘處或有激盪。當洪水位時，河床深淺不甚均勻，於河灣或淺灘之下游常有漩渦發生，以致影響於比降。河流彎曲處凹岸，沖蝕頗劇，若凸岸有堅角突出，則凹岸發生壓力漩渦（pressure eddy），在凸岸發生吸力漩渦（suction eddy），在較直之河段，若河岸有堅硬銳角突出，水流急變方向，亦可發生吸力漩渦。



圖 1.3 凸凹河岸水流

1.13 挟 砂

洪水時間，僅堅石之河床，可保持安定於一時，其他如泥土砂礫卵石等之河床，一經洪水沖擊，即在河中移動。流速愈大者，其移動力愈大。惟堅石亦有因氣候之侵蝕，及水流之剝擊，崩毀而成碎塊，經琢磨而成卵石或粉末，浮游於水中，俟水流靜止時而沉澱，即在中游之砂堆、下游之沖積層平原所由形成。