

44
河渠工程第三篇講義

廣西大學

廣西大學



(八)「船舶來程去程裝貨愈能滿足，則運輸成本愈低，故如社會生產發達，運輸繁盛，則運輸成本可以益輕。……」

此外並應由中央水利機關制定運河管理條例；派定管理員警，切實執行，廣運河航運事業，可以依期發展矣。



第二節 貨物運輸

我國農村經濟破產，其主要原因，固由於生產衰落所致，而農產運銷各術，亦有莫大之關係，按汪胡楨先生調查所得之結果，各種交通方法之運費，以水運為最輕。（參看下表）

交通方法	每公噸公里之運費
肩挑	34.0分
公路汽車	30.0分
獨輪車	19.2分
騾車	18.0分
輕便鐵路	2.4分
鐵路	2.0分
內河民船	1.2分
運河整理後之民船	0.8分

欲求運河運輸減低 汪胡楨先生曾云：

(一) 「船舶載重愈大，則運輸成本愈低……」

接近今各國運河船舶之載重多在300噸左右，將來增大至600^T至1000噸。

(二)「一年中通航日期愈長則運輸成本愈低……」

(三)「船舶待貨裝貨卸貨之時間愈短，則運輸成本愈小。欲期船舶不致因待貨而停泊多時，則必須航運事業造成完善之組織，貨運起點，必須有貨倉以儲貨，有機關以招採貨物及分配裝運焉。欲使裝貨卸貨迅速，則必須建設碼頭裝置機械，使船到即卸，卸竟即裝，毫無之留滯」

(四)「船舶行走愈速，則運輸成本愈低，欲期船舶行走迅速，則於河岸必須建設護岸工程，運河橫剖面積，與船身浸水橫剖面積之比率必須加大，此關於運河河身方面之事也，船向啟閉必須迅速，此關於船閘方面之事也，船頭構造必須尖銳，船身必須光滑，此關於造船方面之事也。」

(五)「行船全年開銷愈低，則運輸成本亦愈低，欲期減低開銷，則必須利用效率較大之行船方法。以通例言，槳櫓不如撐篙及拉縴，人力風帆不如螺旋推進機，螺船推進機，則不如岸上拉縴機……」

(六)「捐稅愈輕，則運輸成本愈低……」

(七)「運距愈長則運輸成本愈輕……」

持。當惟破碎冰塊工作最難，惟冰塊隨流下酒，對於船舶與堤岸均有妨礙，因此吾人常於結冰之前或消凍之先，視溫度將近零度時，即利用碎冰船將之粉碎以維航路。

D. 維護土工——渠岸上工之維護工事，可分為修理與加強兩種而言，如渠岸經發現變動之情況，則傾塌之來臨，時時堪虞，修整之工，或可或緩。苟渠槽係挖掘而成之深溝，如溝岸一有崩裂，則潰塌之危險，將無法俾免，故防止是項渠岸之變動與脫落，實為最重要且應細心從事之工作。

在兩岸高聳之渠堤，無論其為挖掘或填築者，均宜使兩側斜坡盡量改緩，或更間以步道，將全堤分作數級；且使堤面及堤內之水分易於宣洩，以免促使堤岸之崩潰。苟堤土不良，則填築時更宜慎重而加以護岸工事。

E. 運河特種工程之維護——運河上之各項工事，因其接近水流之關係，損壞之程度，較之陸地上之建築工程為速；是以建造之時，即須多用材料，且須選用上等材料，至於視察其維護工事，亦甚重要，普通宜因時利用避水衣，下至水底視察，如發現有灰漿脫落，或局部崩裂等情弊，應立時設法加以修復，庶不致因小失大，而致釀成災害。

此外閘門及水門等設備，若為鐵料製成，應以時加以油漆，若為木製，或用油漆或用巴麻油塗之均可，

若閘門損壞時更換工作較為困難，尤以細心為之。

第六章 運河之維護與利用

第一節 運河之維護

運河之開鑿與改造，固多用堆，即維護工程，亦非易事，且應如何管理始能達到充分之利用？亦為一重要之問題，茲分別討論之。

A. 淤澱——水量注入運渠之後，流速銳減，水中攜帶之淤泥細沙，將分別沉澱於渠槽之內，此種淤積，距入水口近者沉澱較多，視其含泥沙量之多寡，漸及於入水口較遠之處。

另有一種淤積之原因，其來源由於渠岸之崩塌，堤頂泥土滑脫而及於渠底，此項泥土，將使梯形之渠槽，一變而為拋物線形，因此船舶之航寬減少，兩船交叉之時，常感渠槽不敷應用。

補救之法或掃除泥土，或挖取沉澱，或挑掘渠槽，使運渠恢復其原來應有之断面，以供航運。

a. 掃除泥土——掃除泥土可採用自製之驅沙船為之。船之一端裝置閘板，狀如梯形，與渠槽之断面相若，其底邊則裝置鈎齒以取泥土。閘板既與渠槽之形狀相同，斷流截水將使上下游具有相當之高差，利用水位高差所產生之力量，以推動驅沙船，驅沙船前進，渠底之泥土遂被掃除。

b. 挖取沉澱——近日於水中挖取泥土，通用之利器為挖泥器，如用手提挖泥器，可將局部之積沙（如入水口處）取出；惟其效率較差，工費頗高，故挖取泥土之有效方法，當以利用機械挖泥機為上策，此種機械以較便敏捷為佳，既

不宜高，且不宜寬，庶經過橋底或船閘，不致感受困難。

C. 挑掘渠槽——用挖泥機採取坭沙，雖亦有相當效果，惟渠槽断面未能做成一律，且蔦塌之渠堤亦無法修復；今如將渠水放乾，一面挑掘渠槽一面整理渠堤，則功效最著，惟渠水放乾斷絕航運，不若利用挖沙機，得以在水中施工，以收兩全之效。

d. 推除坭沙之弊——無論應用何種方法以推除渠槽內之淤墊，其同一之弊端，即在將阻水之土層撤去，使其恢復漏水之情況，故施工之時，應行特別加以留意，即使渠槽之尺度以能勉強敷用為止，萬勿過事苛求，致使阻水滲漏之坭土完全脫去。

B. 刈除水草——運渠內第二種障礙物，即水草之叢生，其結果既阻止渠水之運行，且妨礙船舶之來往，尤以對於用排水螺旋行駛之船舶最為不利，故剷除水草亦為維護運渠時不可少之工作，視當地水草生長之緩速，每年刈除兩次或數次。

C. 碎冰機——運渠之水冰結時期，在河流之前消凍時期，在河流之後，對於船舶來往，殊多妨礙，吾人若使給水量激增，固可稍令冰結較緩，開凍較早。但如寒天延長，水面冰層逾二公尺或三公寸時，設欲維持航運非設法將之擊碎不可。例如入夜溫度降落，如河中冰塊無法流去，將漸次凝結以致全渠封凍，航運之維

第一〇八圖

車傾覆，乃其缺點。

此外起船之方法，尚有迴轉或共轭桿式，昇降機及浮槽水閘等可以利用，茲不贅述。

D. 各種起船方法之比較——機械起船之方法，用之於運渠上下段落差高大之處，似甚合宜。其應用能否推廣，有否代替船閘之可能？尚有討論之必要，今為述明如下：

如於短距離之渠槽，遇有高大之落差，建築機械起船設備，以免重閘之設置。對於轉船力量之應用，勿須時常停站，時間

消耗較少，乃其優點；但其建築費用既甚昂貴，維持費用亦為不貲，且各部所需機件繁多，又極精巧，倘有損壞，則全部將告停頓。試看普通船閘之應用，雖船舶迭次過渡稍覺遲緩，惟切實可恃，且較經濟；至論其消耗水量，如於閘室之旁，建造調節水池，則水消耗亦屬有限。

普通船閘與機械起船設備既各有其優點與缺點，何者適於應用？何者適於何地？選用之時，殊多困難，設計者應按當地情形，詳加比較，始可決定，萬勿冒然用之，致遺後悔。

但尋常如落差在12或15^m00以內時，當以普通船閘較為可恃，且較為省費。如落差超過15^m00時，常以選用機械起船為合宜。

此種過渡船舶之法，由來已久，惟昔時所建築者，僅應用極簡便之材料，且僅恃人力或畜力，故起落之船舶皆為極小之內河艇而矣。

船舶過斜坡時，或將之直接放置於鐵軌之上，托之上升或引之向下，或使之裝於盛水不漏之筒箱內，隨箱上下，如在京河駛船相同，第一種方法設備簡單，托船之力僅為船之自身重量為其優點；第二種方法之優點在於船舶上下之時，除駛入與駛出兩箱稍須留意外，至於船在兩箱之中，一如在河中然，可免撞傍之虞。

B. 船舶自身過渡斜坡——十四世紀時代，此式過船坡，業經發明應用；迨1835年美國於Morris運河曾建築雙槽過船坡二十三度，其落差自 10^m70 至 30^m50 不等，傾斜度約為 $\frac{1}{10}$ 至 $\frac{1}{12}$ ，身長 24^m00 寬 3^m00 ，載重70噸之船舶，可以自由通過。

過船坡之建築，中間最高漸向上下游傾斜，有若驢背之狀，坡頂高出上游水位 0^m30 至 0^m50 ，俾上游之水，不能由此通過，以節省水量。船舶過渡時可先駛之於鐵車平台上，載船車沿車軌轉動，可由此段以達於彼段，俾接送船舶，令其仍放入河中漂流，車之上下常借車盤之力，普通皆設雙槽或另有持重設備，一上一下，相互為用，以減少托盤之力量。

C. 船舶漂浮過渡斜坡——此式過船坡，船舶不能直接放置於鐵車之上，鐵車上尚須設一兩箱，過渡時先將船舶駛入箱內，兩箱之運行，或順直上下，或橫放上下，其於上下游溝之設備與在起船机者相若，於箱之兩端安有昇降水門，俾

船舶進出自如。

兩箱之上下，亦須借車盤之功用，為節省托船力量起見，可同時設置雙槽或持重鑊以平衡之。

a. 縱過船坡——其構造約第一〇七圖

第一〇七圖

b. 橫過船坡——此種設備，兩箱以及船舶並非沿斜坡之方向放置，乃橫行排列。斜坡之寬度，雖因船舶橫置而加長，惟坡度改陡，長度減小，運用較為節省時間，且減少托船力量。

橫斜路上之車輛暨載兩箱，較之縱斜路為易；蓋船舶之橫寬遠較直長小，上下之時，平衡狀態易於成文，且兩箱仰俯有限，船舶亦較易穩定。

但遇絞纜毀壞時，則船舶衝擊兩箱之一旁，將使全

此種升降機，最精巧之部分，在於受壓力唧筒之構造，因唧筒身長直徑大且受有極大之壓力，保持非易，其中尤以唧筒子向之接縫滲漏問題為堪慮，應用時欲求合宜，應去使唧筒絕對垂直，唧筒摩擦面切實光滑。

水力升降機	落差	唧筒直徑	壓機內每0.1承受之壓力	
Anderton (英國1874年建造)	15 ^m 35	0 ^m 91	37 kg ^{cm}	80 T
Fontaine (法國1888年建造)	15 ^m 13	2 ^m 00	27 kg ^{cm}	300 T
La Louvière (比國1888年建造)	15 ^m 40	2 ^m 00	35 kg ^{cm}	400 T
Peterborough (美國1904年建造)	19 ^m 81	2 ^m 285	42 kg ^{cm}	1000 T
Kirkfield (美國1907年建造)	15 ^m 24	2 ^m 285	42 kg ^{cm}	1000 T
Centre de Bely (比國1908年建造)	15 ^m 17	2 ^m 00	35 kg ^{cm}	400 T

C. 浮力升降機——此種升降機之平衡，由於撐持閉箱之浮筒維持之，浮筒沉入水中，其排水力量，與其起重力量相等。(參看第一〇六圖)

第二節 過船坡

A. 概論——應用斜坡，亦可使船舶過渡高大之落差，斜坡之傾斜度緩陡均可，上鋪鐵軌，安裝載船車以司上下。

新刊
本草綱目
卷之三

第一〇六圖

本草綱目
卷之三

第五章 起船機與過船坡

第四章中曾談及起船機與過船坡。對於運河之功用，本章再將其構造與運用，分別加以討論之。

開鑿運河，原為一艱鉅而精細之工程，縱使地形優越，地質良好；但經過陡直之山坡，即於短距離內超越較大之高差，則工程上之困難立見，若於此種地形連續建築船閘，或階閘或深坑閘，固可使船舶通過，惟建築費甚為昂貴，且閘閘間需水極多，船舶上下虛耗時間，實際上之缺點極大。

後經工程師悉心研究，改用起船機或過船坡以補救之，今分述其構造與運用。

第一節 起船機

4. 概論——起船機與普通應用之昇降機相若，可以垂直上下以輸送船舶，船舶上下時先駛入於一閘箱內，箱框嚴密組合，無使漏水，船於其中與在河內相同；至其起落之作用，或同時運用兩箱兩度，一上一下，以均衡其力，且可於兩閘箱之下，裝置唧子而連繫以水壓力管操縱之，或利用兩箱一度，而於其下裝置浮箱以司升降。又或應用氣壓之作用以保持兩閘箱間均衡之勢。

曾經應用之起船機，計有水力昇降機、浮力昇降機、

捲揚式升降機，及氣壓升降機各種，其中以前兩種為最普通，茲分述之。

B. 水力升降機——採用尺寸相同之兩箱兩度，並肩排列，各箱均放置於大唧子上端，唧子外之圓筒深入地。兩圓筒之間用受壓力之水管溝通之，在機內之水量不變，一唧子上升之高度，與另一唧子下降之度數相等，因此船舶得以賴之上下，是為水力升降機。

第一〇五圖

縱使防止滲漏工事，設備完好，亦無法抵銷其多消耗之水量。

渠槽需水量估算清楚後，並應計及新船閘多用之水量，此外今後船舶來往數量加多，閘門閘閘頻繁，需水量亦必激增也，設計時應一一慮及之。

運渠全部需水量業經規定，水源亦已找到，則補充水量之數值以及其各種設備之推算均無困難，運河項水量問題，已於第四章第一節中詳論之矣，此處無再加申述之必要。今欲喚起吾人注意者，仍在計算時宜將數字於寬，以儲備用而免將來缺水敗事。

C. 增加給水量及防止滲漏——若運渠應行補充之水量，業經決定，採取水源之方法，計有數種：曰引取天然河水，曰築池蓄水，曰裝機起水，苟水源不易得，則向源共節流同時並舉，即一面尋覓水源，一面防止渠槽滲漏，以節其消耗量。

今如遇一運渠，其已被供給之水量不敷應用，補足之法，首宜於上游尋覓河流截取水源，因河流之水直接挖極水溝引注入渠，工費既省，且水量亦甚可靠，但此種水源除在英川式運河外，甚少堪供利用者，因山嶺頂端河流既少，且長途運送，設備費與水量中途之消耗量均大。

若天然水源不易獲得，不得已而思其次，即設法擴大舊池或築新池以蓄水，其中擴大舊池水費較輕，但此法對分水或運渠項區，亦常難合於實際之需求，因該處已有之常流已被蓄積，另闢新地，每以地質滲漏，不克如願。

苟天然水源及設池蓄水均不可利用，遂不得不裝置機器汲水（水力機，汽機或電機）上列三種汲水方法，如河流水量充足，當以水力汲水為省費，否則利用汽力汲水為合宜，若欲分段引用，則當讓電力汲水獨擅威場。

在實際運用時，過數百噸之持重鑿及 9^m00 長肘桿，確有莫大之困難，故此法甚難普及利用。

C. 起船機與過船坡 —— 應用起船機或過船坡將船舶由此段輸至彼段亦可節省水量之消耗，因過船時雖亦須水之供給，惟用水量與落差之大小無關，僅載身之水而已。至其各部之構造與運用，將於第五章討論之。

第四節 改良運河給水工事

A 概論——運河既因事實需要之關係，而加挖深或拓寬，各部消耗水量，亦隨之加大，同時近令以山嶺材木伐取過度，農工用水日見增加之關係，以致低水位時流量減小，因此給水工事，亦不得不應環境之需求而加以改良。

B. 估算應行補給之水量——改良運河給水工事之前，初步工作即須估算將來應行補給之水量。運河現需水量以及其所差水量不難估算；但設計之時，不應以此值作標準，其他各種環境均宜計及，視察航運現狀，推算若干年後之情況，務須預留餘步，以供來日之發展；否則祇徒省費，僅顧目前，遺患實無窮也。

設計改良運渠給水工事時，估算於若干年後該所需之水量，較之新築運渠，較有把握；蓋各渠段之概況已悉，各種消耗水量之數值，亦可分別測驗規定之。最易實行之測驗方法，即於酷暑之期，詳查渠水減少之深度（蒸發、滲漏包括在內）乘渠面面積，即可計出每日所消耗之最大數值矣。但仍有一事，設計者萬勿忽視，即該運渠如改良渠槽與改良給水同時並舉，則該渠將來之需水量必遠較舊渠為大；蓋渠槽一經挖深或拓寬，

第一〇三節

第一〇四節

成立均衡之勢。當漂浮器沈底時，持重錘與吊桿成一真線不能發生任何影響；若漂浮器上升，持重錘之肘加長，而漸發生作用，因此均衡之勢，隨時隨地皆得成立，今更以簡單算式證明之：

設 S 為筒底之面積， s 為漂浮器之面積， H 為漂浮器上升在筒底水位下降之高度，則：

$$SH = sh, \quad H = \frac{sh}{S}.$$

當兩隻下降 H ，漂浮器上升 $(H+h)$ 時可產生一向下之力量 $p=1000(H+h) \delta$ 。此時持重錘應與之成立均勢之勢。其式為：

$$p \times OI = p \times l \cos \frac{\alpha}{2} = p \times L \times \sin \alpha$$

$$h = MM' = 2l \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$H+h = \frac{sh}{S} + h = \left(\frac{S+\delta}{S}\right) 2l \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$p = \frac{p \cdot l \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{L \sin \alpha} = \frac{1000(H+h) \delta \cdot l \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{L \sin \alpha}$$

$$= \frac{1000 \left(\frac{S+\delta}{S}\right) \delta \cdot l^2 \cdot 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}}{L \sin \alpha}$$

$$= \frac{1000(S+\delta) \delta \cdot l^2}{S \cdot L}$$

查上式可知 P 值與 α 之變化無關，故應為一常數，隨時隨地可與漂浮器成立均勢之勢。但實際應用之時，則發生重大之困難，例如令 $H=3^m.00$ $S=\delta=230^m^3$ ， $l=3^m.00$ $L=3 \times l=9^m.00$ 則：

$$1^{\circ} \quad h = \frac{230 \times 3}{230} = 3^m.00$$

即漂浮器上升之尺度為 $3^m.00$

$$2^{\circ} \quad P = \frac{1000(230+230)230 \times 3^m^2}{230 \times 9} = 460^{\circ}$$

間落差 $\frac{3}{4}$ 高度；各池底基略向向空方面傾斜 $0^{\circ}30'$ ，其面積與向空相等。惟池牆具有側坡，池頂部分容水之面積稍大。

調節池之設備，略如上述，今再論其運用。設向空水滿，可首先將其面上深 $0^{\circ}95$ 水層，注之於上調節池內，池水此時之深度，僅為 0.895 ，因池之上部面積較大故耳，因此水流停止之時尚受水頭壓力：

$$2^{\circ}05' - (0.95 + 0.895) = 0^{\circ}205'$$

其次將向空水深 $0^{\circ}825$ 注之於下調節池，池內得水深 0.782 ，停止後水頭壓力為：

$$3^{\circ}05' - (0.95 + 0.825 + 0.782) = 0^{\circ}518'$$

第一〇一圖

第一〇二圖

灌塘時則將池水分別放於兩室，各池應有之水頭壓力為 $0^{\circ}20$ 及 $0^{\circ}275$ ，其總片給予兩室內之水深為 $0^{\circ}95 + 0^{\circ}825 = 1^{\circ}775$ ，約等於間落差百分之四十三強，即兩室容量 980^{m^3} 可節為 425^{m^3} 。

閘室與各調節池之輸向題，由圓筒水門操縱之。船舶過閘所需之時間與各調節池之比較如下：

下行船	無調節池設備者	14'25"
	有調節池設備者	16'12"
上行船	無調節池設備者	15'25"
	有調節池設備者	17'20"

查上列數字，可知調節池設置得宜，水壘來往運送所需之時間有限，對於船舶上下亦無妨碍。

此外尚有一點，應行加以注意，即水之運送方向，因時而異，故閘閘機件，應用低圓筒水門且可兩向共用者為合宜。

b. 漂浮器——柏靈古 (Bethancourt) 氏發明一種漂浮器，附設於船閘之旁，以節省船閘之用水量，其法既甚合理且極精巧，惟實際之應用時不無困難。茲略述之如下：

今如於船閘之旁，設置漂浮器，其上端則釘固一持重錘，設漂浮器盡量下降，可使閘室之水位升至與上游水位同高；反之，使漂浮器盡量提高，可使閘室水位，降至與下游水位同高。若有船舶下行，可先將漂浮器沉下，逼閘室水位，升至與上水相等，以便船舶駛入；迨船舶進閘後，再將漂浮器提起，使閘室水位下降，船舶即可出閘駛入下段。上行船舶之運用方法相同，惟漂浮器沈浮之先後則相反。

漂浮器之上裝置肘桿一組，其配合之形狀約如第一零四圖。無論漂浮器上升或下降時，所處之任何位置，全部結構均

如欲節省较多水量，可得調節池分層建築。例如用調節池兩個，可節省 $\frac{1}{4}$ 水量，用調節池三個，可節省 $\frac{1}{5}$ 水量，用調節池四個，可節省 $\frac{1}{6}$ 水量，以此類推；用 n 調節池，可節省 $\frac{2}{n+2}$ ，而所需之水量則僅為 $\frac{2n}{n+2}$ 。

第九圖

調節池之應用。於理論上言之，確為最良善之方法，如遇水源稀少之處，或應用機器汲水者則此法似可充分利用之。但實際之應用，亦有其缺點；即平衡閘室與調節池間之水位，（每次水流將盡時，水頭壓力等於零）以致船舶過閘之時間加長，實非相宜，然則此法遇落差高大之船閘亦可放棄乎？曰否，吾人常設法安裝通水孔洞，使之於水流尚受有水頭壓力時，亦可停止其活動，俾水之運行迅速，以免過於消費時間。此外尚可將輸水之路徑盡量縮短，且使閘室與調節池之間，直接溝通，今為舉一例以明其說：

在比京 (Bruxelles) 通沙洛瓦 (Charleroi) 城之運河上

建築調節池之方法如下：

沿閘室之旁建造調節池兩個，分上下排列，池之平頂狀若扇面，中設一厚 1^m20 之間牆分斷之。上調節池之底基合於船

第一〇〇圖

第九大節

第九七節

多，空氣愈稀薄，虹吸大量淺水即因之產生。迨上游水面下降至適當水位時，及管之口露出，空氣來札襲入，水流始停止通過。

以 區分渠段 —— 渠槽放乾後重新給之時所需用之水量極大，令致減少斯項消耗，應將各渠槽斟酌情形，分為若干小段，如某段有須修理，則僅將該段放乾即可，如此則渠水之消耗可以減少甚多。劃分渠段之設備，可選擇渠槽窄狹之處，建築凹槽以便安裝閘板之用，或裝置各式水門，（如閘閘式水門，升降式水門，旋轉式水門）俾得分別使各段單獨放水或給水，惟每段均應備其引承溝，否則運渠亦將因蒸發與滲漏而消耗其水量矣。

C. 減少船閘消耗水量 —— 船舶由一水段至另一水段，消

耗之水量等於船閘之容量，即船閘之面積乘上下游之落差是也。若運渠交通頻繁且船閘之落差甚大時，則每日消耗之水量極大，蓋云船閘流出之水可供下段及下游船閘之下，但至最後之一閘以及落差特殊之閘仍須消耗一部分水量於無用之地，此項所需之總值亦不為少。故遇落差較大之船閘，必應設法減少其消耗之數量。

α 調節池——欲減少船閘水量之消耗，最可靠且最通行之方法，即沿閘室之旁，於閘牆之內建築調節池，倒塘時將閘內之水引水，灌塘時將之放出；閘室與調節池之間，建築通水孔洞，以溝通內外水流，如啟閉以時，則可節省大部分水量。

設調節池之面積等於閘室之面積，池底高於下游渠底 $\frac{1}{3}$ 。（ h 為船閘上下游水位落差）若於閘室滿水時，放開通水洞之水門，則閘室水位下降 $\frac{1}{3}$ ，調節池水位上升 $\frac{1}{3}$ ，此時可將通水洞口關閉，以蓄積一部分水量於池內，迨灌塘時，將池內之水復還諸閘室，如此可節省閘室全部水量 $\frac{1}{3}$ 。

時放淺之。如此，則上段多餘水量不致廢耗，下段不敷水量多一層補救矣。

C. 自動給水——魯友氏 (Gulliat) 方法——補償水溝之功用，可以魯友氏所發明之自動給水機器代替之。今將其構造與作用，畧述如下：

第九四節

第九五節

圓筒水門計包括：用一圓柱體物釘固於閘牆之上，前端閉封兩側開設大窗兩個；圓柱之外附設一柱套，可以依圓柱擺動，用以關閉或開放窗眼。

水工學

柱套用鐵桿吊於閘橋之頂端，中間加裝一支点釘固於閘橋上，必要時鐵桿即繞此支点搖動。其頂端另設一橫桿，與吊柱套之暨桿相連結，橫桿之他端，間接連繫一浮標器，其全部動作如下：

設下段水面降至應行保持之水位以下時，則浮標因以下降，同時牽動圓筒水內外之柱套，而露出兩窗眼，上游之水即由此窗眼進入，經過孔洞而注諸下游，直至下游水位逐漸高抬；逆恢復其原來高度時，則浮標重複上升，柱套仍將圓筒上之窗眼閉閉。

此種給水方法，不須人工操縱，運用時既甚便易且甚有把握。

2. 虹吸給水法——此種給水方法為一意大利工程師莫夫 (Mottara) 氏所發明，用鋼筋三合土製成，分為大小量用若小水量用者兩種；應用之結果，成績甚佳。

第九六番表示第一種應用之虹吸断面形狀，設上游水位漲高，水即注入於B庫內，經過FF管因其注射之關係，虹吸頂端蓄積之空氣，逐漸排出虹吸及完成其射水之作用。

迨上游水面下降至適當水位時，B庫及FF管之水通過，虹吸頂端復被空氣佔據，水即無法通過矣。

第九七番表示第二種應用之虹吸断面，設上游水位漲高，水即由D薄壁處拋下，E因之激升，同時攜帶一小部分空氣逸出，而虹吸頂端空氣變為稀薄，D薄壁上拋下之水量將益形加厚，速過於壁頂及上游水位之高差，D處拋下之水量愈

二六
水工學

採用木管，鋼管，三合土管，均為不可。水管可以預期製成，順天然形勢排列安放，甚為便易。

引水溝為全運之咽喉，苟運用不靈，則全部受其影響。故無論溝路之選擇，施工與防漏，均宜慎審為之，即完工之後，維護問題，亦應以時加以注意。

第三節 減少運渠消耗水量之方法

A. 概論——運渠之於水，猶鐵路之於軌道，渠槽之中水量勿使或缺，而後船舶始能通行無礙。至云水量之消耗，前節已分段加以討論，其日常所需之量，計有龐大之數字。此大量之水或分自原河，或沿途截流，或設庫蓄水，或以机力供給，而挖溝引流與設置特別工事，設備費用既甚浩大，維持費亦屬不貲，今欲使運河之成本減低，則渠內水量之消耗，應力求其暗減；縮減運渠消耗之法，可分為兩大類並若干小類，茲分別論列如下：

1. 減少各渠段中水量消耗之設備，如渠槽防止滲漏共閘鑿補償水溝等是也。

2. 減少船閘用水設備，如建築調節水池，漂浮器等或竟不用船閘而代以起船机，過船坡等。

B. 減少渠水消耗方法——a) 防止滲漏設備——渠身滲漏之水量，遠較船閘消耗者為多，故在防止滲漏工程中，應盡力設法使逸出之數值減少以節省消耗量。其各種詳細設施，已於第二章第九節中討論之矣，今從略。

b. 補償水溝——設運渠上段，因水量之增加而水位高抬，此高出渠中尋常水位以上之水量，將由船閘鄰近之漫水堰洩去，苟該運渠水之來源稀少可貴，則一時多餘之水量，亦應設法蓄積之，以備不時之需。其法可於堰之上側閘一水溝，水溝繞船閘之旁，而達於渠之下段，上游多餘之水，借此水溝而暫時儲蓄之，俟下段需水

但有時受環境限制，先決定水溝之比降，例如水溝經過之重要地點業經指定，比降非至法不加更正，因此水力半徑 R 乃成為一不定之數字。

$$R = \frac{W}{Z} = \frac{\text{濕水面積}}{\text{濕週}}$$

設平均流速恰合於橫断面，固屬妥善；否則應用砌石或三合土作護岸工事，以保護溝岸之安全。

引水溝之比降，可有每公里 0.10 至 0.90 不等，最合用者以 0.50 為妥。如地形許可，全溝自首至尾採用同一之比降，固為不可；但水流經重要工程或隧洞之時，亦可改用陡急之比降，以減小橫断面而節省建築費用，惟橫断面改狹與原溝断面連結之處，不無弊端。若以兩者相較，則前者亦殊有限；而因縮小断面，以擾及安流，其弊正多也。

最後吾人既知引水溝之流量，平均流速，比降，橫断面，溝槽土質五者之間，交互之關係極為密切，且甚為複雜，設計之時，務須於每種情形之下，慎重加以研究而後決定之。

D. 引水溝過特別區域之設備——引水溝之首尾各有其規定水準高，其比降均向指定之方向傾斜，且畧約相同。挖掘水溝之時，常為地域所限，例如過陡直之山嶺，窄狹之山谷，開裂之岩石，滲漏之土質等，遂不得不作特別設備以補救之。

普通在陡直之山麓，常須用長方形橫断面以節省用費，溝底則用護槽加以保護，又如開於堅硬岩石之上，亦應採用

水利學

第七一 水利學

水利學 第三卷

長方形橫断面。

設水源係汲自溪河，或來自蓄水庫，則水之成本已高，萬勿使其在水溝中任意流失，此防漏問題之所以應深刻加以研究也。

若引水溝經行於填築之土壤上，或挖掘於滲漏之地層時，欲減少其途中之滲漏，各項設施一如運渠防止滲漏工程中所述者；惟引水溝中雜草最易繁殖，其原因以引水溝中水深，普通水深僅等於運渠水深之二分之一，且運渠船舶經行，撐篙執舵等，在在皆可使水流震動，以減少雜草之生長機會，故防止滲漏之三合土面，常不須另行填築泥土，藉以維持該項設備之安全，同時可防止水草之生長，便利水量之流行，並減省建築費用。

第九三節

水利學 第三卷

引水溝經過低窪之地，或共道路交叉之處，亦與運渠相若可建築渡槽，涵洞，上行橋下行橋等工程；引水溝專為輸水而設，其灌溉渠之功用完全相同，遇低窪之地區可用虹吸以輸送水量，虹吸建費較輕，維持費亦少，其應用之材料，亦可就地取材。

在水深供給有裕餘時，自宜大為佳。普通溝槽時能通過之水量，常二倍或三倍於平均需水量。蓋引溝之建築費，絕非因流量之增加而多所加多也。

C. 引水溝之橫斷斷與比降——引水溝之流量決定後其橫斷面之規定，常隨比降或流速之大小而增減。在普通土質之土掘溝水溝，其流速常勿使小於 0.50 秒公尺，以防水草之叢生；亦不應使大於 0.80 或 0.90 秒公尺，以免溝槽被水侵蝕。該溝槽用砌石或三合土保護者，則流速可達 1.00 或 1.10 秒公尺，但無論如何不宜令其超過此最大數值。

定論溝之橫斷面，如兩側應有相當之斜坡時，則下列之形之 n 為最經濟之斷面

$$\frac{h}{2} = \frac{m}{2(\sqrt{1+m^2}-1)} = \frac{1+\sqrt{1+m^2}}{2m}$$

式中： $m = \text{tang } \theta$ 。（隨溝槽土質之不同而有變化） m 既知，橫斷面即可規定矣。其值為

$$W = \left(1 + \frac{h}{m}\right) h = \frac{Q}{U} = \frac{\text{流量}}{\text{平均流速}}$$

第 91 節

θ 及 n 之值亦可由此決定矣。惟一時一地所處之環境與要求不同，上式計得之數，未必能適合實際之應用；例如為防淤濘問題，溝底不能深挖，或為兩

岸地形限制，溝槽不能拓寬，以致計算之數字不得不加以伸縮，但用上式以求得大概之橫斷面或伸縮時，加以比較，為用不少也。

實際應用之橫斷面，除在特殊境地之外，均採梯形，其高度約為一公尺，溝之側坡因土質之不同，可有 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{4}$ 不等，溝中距堤頂之距離約為 0.40 至 0.60 ，此值以 0.50 為佳，因於堤上不受水力冲刷之處，常因意外大雨，溝水越堤而過，堤岸將崩潰之危險，堤頂之寬度不應使其小於 1.00 ，有時更使兩堤之一寬 3.00 ，俾車輛來往較易，便於避護，第九二番為引水溝橫斷面式樣，可作設計時之參考。

第九二圖

設橫斷面及平均流速業經決定，則比降可直接應用下式求得之。

$$U = C \sqrt{RI}$$

比降於此後可即於水準圖上測定之。

除上多有受當地環境限制，無法建造水力廠者；因水力廠須要之條件，常須有大量之流量而四時變化愈多，且距運渠頂區甚近輸送之困難者為合宜，否則建築費必極昂貴，故當利用水力給水發生困難時，常思借用蒸汽機，或油渣機之力以給水。

汽力給水之人工維持費及燃料費，均較水力汲水為高，惟建築費因須掘水壩之設備則較低，若以兩者相抵則相差無幾，安裝蒸汽機之地位易於選擇，故與兩者所費略同，亦多採用汽力給水方法，但於何地應採用何種？設計時亦詳加比較，未可一概而論也。

C. 電力汲水——電力汲水道今已多用之於運渠給水；其法可於運渠中心地點，設置電力廠，然後將電力分別輸送至各船閘處，以備各段起水之應用。若在該區域內已有電力廠之設置，可利用其多餘之電力，以供起水，如此則建築費亦可省去，且電力除可供起水外，並可備障船或開闔船閘之用，其功用甚大。

此種汲水方法可以分段供給，其需抬高之水位，僅為溪河與各該段運渠之高差，各段所需水量之多寡，因電力支配易易，不受任何限制，非若他種汲水方法須將所須用之水量完全起至運渠之頂區，多費許多力量也。

此種汲水方法亦有其缺點，因机力與電力重複轉變（先由机力發生電力，再由電力改為机力）之故，工

作能力之減少極為顯著，普通水力之功能約為70%，此處僅可獲50%而已；但其應用便易，故渠工多樂用之。

(丙) 引水溝

A. 概論——黃川運河給水問題，或分自原河，或截堵中途所遇到之支流；至於分水式運河之給水有時，且須仰賴蓄水以及機器汲水之功用。無論採用何種給水方法，均須賴有引水溝之設備。引水溝工程有長短之分，有難易之別，可有挖掘之明溝，以至各項特工事，自數十公尺以至數十公里，所須之費用常佔全運工程費重要部分之一。設計運渠者，並應悉心研究之。

在黃川運河中，運河常沿山谷之一岸徑行，即偶一離開，距山谷亦非過遠，若開溝引水，則溝沿山坡開鑿，工程既少困難，且溝之長度有限，所需更屬無多。

但在分水式運河中，運渠常距天然河流極遠，且須經過山嶺頂區，故引水溝工程常開鑿甚長且多困難，例如隧洞，虹吸，渡槽等工程，因地勢關係恆不能免。

B. 引水溝流量——引水溝流量之規定，當以運渠需水量為設計之準繩；惟水量在引水溝內亦有相當之消耗，令擬於入運渠之溝尾獲得所需要之水量，則溝之前首來注之水量，必應較实际需要者為多，且運渠放乾水後重新給水之時，所需之水量甚大，故溝之橫斷面

將有一部分廢耗之水量；此外蓄水庫常因淤積之關係而減少其容量，設計時亦應注意及之。

蓄水庫不可隨地建造，如選造之地位有漏水之情形，則匯集之水，將逐漸滲入地下，或使蓄水之能力銳減，或竟未至運渠用水之時而庫水已乾，規劃之前可不慎歟？蓄水庫之地位，自以絕對不漏水處為上，否則目前雖微有滲漏，久後可因泥沙沉澱之作用而變為不滲漏者亦可應用。至於原不滲漏之地，因水頭壓力之關係而漸變為滲性地者，則不宜建築水庫。故建築水庫之先，不為應作地形之研究，且宜作地質之切實檢討，庶不致遺誤也。

6. 給水—— a) 天然給水——運渠所需之水量或仰給於上游之溪河或取之於蓄水庫，如輸送之方法，每須借用外力，僅賴水性就下之作用，而注入運渠者是謂給水。

b. 混合給水——天然給水實為最經濟之方法，各部工程完成之後，所須維持費極輕，只須養護堤壩及引水溝即可。惜實際上各地之環境不同，雨量供應之多寡有別，天然溪河豐富之水量可以利用者既不多見，而蓄水之功用亦有時而窮，故多雨季節運渠水量不慮或缺，而乾旱季節則時見涸竭。補救之法，或由低處河流取水，或在低地蓄水供給，而應用機械之力，上汲入渠以補天然給水方法之不足，是謂混合給水。

六
西大理工學院

水利學
第六卷
第六期

C. 機器給水——若運渠須賴機器汲水以供

航運時，可用下三種設法行之：

1. 水力汲水：

2. 汽力汲水：

3. 電力汲水：

a. 水力汲水——設運渠天然給水之方法窮盡時，則其所欠缺之水量，設計者應先設法借用水力汲水以補足之。水力汲水方法，即利用河流之水力，起水上升而注入運渠。如當地環境許可，用此法汲水除天然給水方法外，尤稱為最經濟之辦法。

水力廠之應用於運渠者較應用於工業上者為少，因運渠需水供給，只限於乾旱季節，多雨之時即不須應用也。但無論水力廠應用於何處？其建造之方法，則大致相同，即於河流或支流之上建造攔水壩，使壩之上下形成高大之落差，借用跌水沖激之力，推動抽水機旋轉輪，逼水上升，河水上升之後，先使之注入一空水庫內，而分別輸入運渠以供航運。

設計水力廠時尚有一事不可忽視，即該河低水位流量銳減，所能產生之水力亦弱，而農工事業日漸發達，用水之處日益增加，苟不早為計及，如將來河水被其截用，當漸感不敷供應矣。

b. 汽力汲水——水力汲水之方法固甚經濟，惟因

兩可利用之河流為止，故其需水量甚巨。

最後船舶由北岸達到彼岸，需水量為兩區兩端船舶消耗量，遠較並川運河船舶一度需水為多。

在分水式運河中所需之水量既多，而引取之方法，復常遇困難，今欲使運河之水數量勿便或缺，則引取方法，應充分加以研究，茲分論之：

B. 常流水源——運渠給水最理想方法，莫若於山嶺頂區尋覓永久水源，開鑿水溝使之順水性就下之理，而輸之於運渠之中；惜實際大山嶺頂區永久水源既不易得，即有之，其流域區極為有限，且水量於冬春涸水時減至最少，但吾人以為此項水源較為經濟，故雖其流量有限，亦必儘量首先利用之。

開鑿運渠之前，應先於山嶺頂區探尋水源，如見有常流水源，應有即日起分別測量，其最大最小以及尋常流量，測量流量不厭重複，務以確實為大，常月水源之流量決定後，即可設計運渠需水量四時之供給方法矣。

C. 蓄水——常月水源流量之應用，僅可以最低水位之流量為設計之標準，蓋必如是運渠之出水問題，始可四時供應安窮，但雨季大量之流量若能建築蓄水庫，勿使其任意流出，蓄積於一處，以備缺水時之需，則乾旱之季節亦不慮缺水矣。

但如何始能決定水源之數量，以規劃蓄水庫之容量？實為一重要而應首先解決之問題，普通應該法於水源處切實作流量測量，每年作多次測量，積若干年測量之結果，即可決

定於乾旱之季，該處蓄水之量，是否可供運渠之應用？如所蓄水量足供運渠旱季之應用，則除建造蓄水壩及引水設備外，他無若何困難；如水量足供運渠尋常季節之應用，對於乾旱季節，稍感不敷時，則應另行設法存儲以補足之。各種蓄儲之水量，宜使之足供各種消耗量而有餘，消耗之量，除運渠本身需用外，至蓄水庫與引水溝消耗之水量，亦宜一併討及之。惟各處水量之消耗，吾人僅能計及其大概之數字，為安全起見，可假定最大消耗之數字，作設計之標準，庶不致因小失大，使運渠於乾旱季節感覺水量缺乏之困難。

流量之決定，如應用實測之法，則非積年累月作攸久之測記，不為功；今如欲從速獲大概之數字，則可利用當地降雨量之記載，以推算流量之多寡。吾人已知雨水降落地上，即有一部分化氣騰空，一部分滲入地內，其餘逕流地面者，如能收集之使之滲入於蓄水庫之內，滲入蓄水庫之水量與全部雨量之比例，常因地質，地形之不同，植物生長之多寡，氣候寒暑乾濕之情況而發生劇烈之變化；此外引水溝之長短，渠槽構造之材料，亦可影響其數字，事實上甚難加以規定。今如概括言之，可規定蓄水庫完全由雨水供給者，其滲集之數量常介 $\frac{2}{3}$ 與 $\frac{1}{3}$ 之間，苟設計時採 $\frac{2}{3}$ 可無大差。

滲集於蓄水庫之水，亦未能全部供運渠之應用；因蓄水庫本身尚有多項消耗，如蒸發，滲漏等是也。其次水由蓄水庫注入於運渠之內，因引水溝之乾燥與滲漏以及隴地蒸發，亦

每段均有其取水口為最合應用；苟為地勢所限，未能盡為吾人之要求，亦宜設法分段，盡量利用，以期合於實際上之應用。高模氏 (M. Comoy) 謂：「水量入渠口距突地應用之處，愈近愈佳，其言良是。設計之時，決定中途取水口間之距離，亦非易事，普通渠槽經過之地滲漏甚多，或航運未見發達又或取水設備費極昂時，則取水口間之距離，不妨使之稍大；但無論如何，渠槽之流量，不可使之超過每秒 1m^3 (標準運渠) 如超過此值，則流速太大，上駛之船即感困難矣。

B. 原河分水——運渠所需水量如能沿途取給，固甚妥善，惟原河水量充足，取之不盡用之不竭，實為一最良好之水源，其給水之數量，普通可計矣，運渠中途遇有大量之水源時為限。

由原河分水固可獲得充足之水量，設計時尚有一事應行加以注意，原河不能與運渠直接溝通，兩相交匯之處，每應加築進口船閘一度，船閘之落差約為 0.50 至 0.60 ；而水量之取給則於河堰之上游另建一取水口以備引水應用，取水口另行建築之新其構造：

1. 運渠水深易於保持，不致因河水之漲落而發生劇烈之變化。

2. 運渠航行便易，不致因由渠頭大量給水而發生困難。

3. 河中泥沙混入運渠之量較少，即有之淤滯時亦不礙航運。

進口處船閘之建築與尋常船閘略有不同，落差較少，且渠

附建保衛門及防水堤，俾原河於洪水之時，不致擾渠水之安流；至於另設之水口，應裝置合宜之水門，使引進之水量，恰合實際之需求，如水量過多，則輸入之泥沙亦多，淤澱之工事較繁，且無用之水注水，徒增加渠水之流勢，對於上行之船舶及渠堤之維護，極為不利。此外取水口水門之構造，應設法使河水由門頂漫過，勿使其門底注入，以增加混入泥沙之數量。

C. 沿途取水——設於運渠之兩旁遇有適當之水源，可挖掘引水溝，輸至規定之地點，使之注入運渠，以供應用。引水溝之位置，應力求避免挖掘於滲漏地帶及洪水範圍內。引水溝路線不宜過長，長則輒須分割良田，穿過村鎮，損失殊大；故較為合用之方法，可於所過之河流中建一水壩，使水位抬高，然後用較大之比降選較近之距離開溝引水。

(乙) 分水式運河

A. 概論——並川運河之給水方法，無論由原河分水或中途截流，皆可設法抬高水位以供給之；分水運河之給水問題，非若並川運河之便易，尤以運渠頂區之給水為感困難，今試言其故：

第一運渠頂區渠路之位置，常受環境之限制，不能任意選擇，如遇滲漏地帶其需水量必大；且頂區應保存一部分水量以備不時之需，水量所需既多，各部工程亦大。

其次頂區應分向兩岸給水，直至各渠中途遇有流量充足

52 裝工用水量：

F^{m^3} (F每日裝工用水量)

$$\text{運渠每日總需水量} = A \cdot n (k' + k'') + (D + F) + (B + C + D) \times L$$

第二節 運河水量之供給

(甲) 英川運河

1. 概論——運河各段需水量計得之後，即可設法解決其給水問題，並川運河給水方法，較為簡易，蓋於原河建設時原有水位抬高，即可大量引水入渠，或運渠中途遇有支流，引水應用，亦易為功。

取水方法甚多，乍視之似以於運渠首段由原河分出水量為上策，因原河水量豐富，引取亦易，可減少中途引水各項工程設備，但運渠水量完全由原河供給，困難之處甚多，茲分述如下：

10 設運渠具有相當長度，全部需水量極大，如完全由原河引法，則渠水大量下瀉，對於上駛之船舶極有妨礙。

20 船閘附近因由上段瀉下水量甚大，致使該河段內水流蕩漾不安，渠槽窄處，急流產生，均於航行有礙。

30 設於運渠放乾後，重新給水之時，苟給水之來源完全仰給原河，則須之時間太多，且水大量來注，亦將危害渠堤之安全。（例如在法國之標準運河中，渠長一公里，所需之水量為 29000m^3 ，此值為最少之限度，尚未計及額外之消耗，今如以平均流速 0.1% 給水，此值對於渠堤之維護已覺過大，但每秒鐘給水量僅為 3m^3 ，即一小時內給水 $10,000\text{m}^3$ ，假定渠長五十公里，則給水所需之時間，已感太多虛擲矣。）

據此以觀，則多方取水，實甚需要，最理想之方法，以運渠

漕澗水門之選擇自必力求其組織嚴密，並似於水門四周加裝橡皮帶以使其漏水極微，故此項損失，暫時可不計及。

故船閘漏水祇有閘門一項，其漏水面積為 0.039 m^2 。在隨漕船閘流速為 $6.25 \text{ m}^3/\text{sec}$ 流量為 $0.243 \text{ m}^3/\text{sec}$ 在范家坡船閘流速為 $2.38 \text{ m}^3/\text{sec}$ 流量為 $0.093 \text{ m}^3/\text{sec}$ 兩共流量 $0.336 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，約合每日 $29,000 \text{ m}^3$]

法國 運河断面較法蘭西 先生對於貫通南北大運河所規定者為小，設計時常不使閘門漏水小於每秒 10 公升，即每日約 900 m^3 。

8. 船閘操縱失時及其他意外損失。——渠槽水量意外之消耗，常因局部之損壞而產生；如渠堤發生通洞，閘內水門發生阻礙等。至於船閘操縱未妥之損失，則常因管理人員未能盡職所致；例如放水之機關開火，或放水之時間加長，則多餘之水，將棄為而宣洩於下游；又如閘閘操之太急，則水波高騰，亦將有一部分水量由漫水塘流失，故每一船閘之管理人員，應負責維持該閘下段之水位，設水量過閘太多，則將溢出於外，設過閘之水太少，則下段水量不敷，舟楫行將擱淺，補救之法，應用自動給水器節制之。自動器給之構造，將於另節討論之。

此項水量消耗之數字，殊難獲得確值，只可由實地測試或取相似之運渠比擬規定之。

9. 運渠放乾後重新給水。——放乾渠槽養期後，重新給水之工作，應力求其迅速，庶不致滯礙航運，欲到達此種要求，則預儲之水量宜豐富，運送宜便易，渠槽所需之實在數量，遠

較渠槽之容量為大；蓋因渠堤土質須用水潤濕之。地下水係由放乾渠水時降低者，重新升起時，亦須用相當水量，此外渠槽乾時漏水量較大，亦不能不以水補充之。各項所需之水既多，如欲運送便易，則引水溝宜短，断面宜大，比降宜陡，誠如斯庶可於短時間內給大量之水而減中途之損失。

9. 農工用水——設沿運渠兩岸之農田，有項仰賴運渠之水量灌溉者，則應注意當地作物之種類，土壤之性質，引水之方法以決定其需水之數量。此值估定後，可加入於運渠需水量內，庶將來供給無慮或缺，或利此害彼。

如沿運渠設有工廠，其需水量亦大，應一併計及之。

10. 運渠總需水量——設 L 為運渠之長度， h' 及 h'' 為兩岸之落差，如不計放乾渠槽，重新給水量每日所需水量應為：

1. 船閘用水量：

$$A m^3 \times n \times (h' + h''). \quad (A \text{ 閘室之平均面積})$$

2. 蒸發與滲漏量：

$$(B + C) \times L \quad (B \text{ 每日每公里蒸發量, } C \text{ 每日每公里滲漏量})$$

3. 閘門漏水量：

$$D m^3 \quad (D \text{ 每日閘門漏水量})$$

4. 船閘操縱火時及意外損失量：

$$E \times L$$

黃河濟寧間 20 m/m
 濟寧韓莊間 40 m/m
 韓莊台莊間 75 m/m

此項數字較之法國所規定者亦無大差。

今如加寬渠槽或增加水深則滲漏數量，將因放乾渠水或增加壓力之故而加大；故運渠經過改造之後，其滲漏水量亦必因之加大。

渠身滲漏應作各種試驗始可決定其數字，以備作防止滲漏工程之用，試驗時於24小時內停止給水，視察水位之下降情形，若水量之消耗甚大，可將渠槽重新注水使滿，再次試驗，試驗時每小時均須詳加視察記載直至渠水降至渠底為止，試驗結果如最初數小時內，水位降落甚快，可知水量之逸洩多由渠堤之上產生；如水位降落之速率始終如一，可知水量之逸出，多由渠底產生，滲漏處視察清楚後，即可設應付之策。

有時因一段渠槽之滲漏量甚大，可於渠堤之外另置一水溝收集逸出之水引注於下段應用。

d. 船閘漏水——船閘漏水問題，汪胡楨先生於整理運河工程計劃中，曾加以詳明，茲介紹於後。

「船閘漏水之處，不止一端，閘身閘門水門等俱有漏水之可能，凡木石鐵工之技巧不良或水不潔俱有效之，惟閘身漏水，影響全閘之安全，須事先設法於建築時避免之，茲所討及者，惟閘門水門二

黃河濟寧間

三

項，而其漏水之量，則分為漏水速率與水面積二因子，分論於下

漏水速率與水頭高成成正比，其式為 $V=C\sqrt{2gh}$ ， C 為係數，視各種情形而定，李伯來 (J. Ripley) 在 魏志船閘 (Witzel Lock of St. Marys falls canal) 之試驗，認此係數以採用 0.49 為適宜，代為上式，結果約為 $V=4\sqrt{h}$ 。水頭 h 為水面距漏縫之高度，其數視水位而異，閘室因放水之關係，水位總於時刻不同，為安全計，仍以採用該船閘之最大水級為妥，於是津臨閘各船及臨清船閘之漏水速率俱為 $V=4\sqrt{7 \times 3.28} = 4 \times 4.79 = 19 \frac{ft.}{sec} = 6.28 \frac{m.}{sec}$ 。范家坡船閘以南洩水消耗，水級為 1.0 公尺，故其漏水速率為 $V=4\sqrt{3.28} = 4 \times 1.81 = 7.24 \frac{ft.}{sec} = 2.38 \frac{m.}{sec}$ 。

漏水面積分為閘門與水門兩項，閘門閘閘不密，即發生罅隙以漏水，普通對閘閘門略長或略短，俱足使閘閘不密，略長者每有閘門之一扇與門樞間留出一漏縫，成三角形，門端最寬，略短者則門端與門端之間留一罅隙，亦致漏水，惟通常俱以略長者為多。三角形漏縫之底邊，為一扇閘門之寬度，三角形之高，則隨時隨地不同，據烏達特君 (Silas H. Woodward) 之經驗，通行內河船隻之船閘，可假定為半英寸，通行海船者倍之，本段所用俱為內河船閘，乃採用半英寸為門端最寬之漏縫，又一扇閘門之長為 6.1 公尺，故閘門漏水面積為 $0.0127 \times 6.1 \times 0.5 = 0.039 \text{ m}^2$ 。

水門漏水面積之大小，與水閘種類至有關係，李伯來君試驗時所用之鑲形水門，其閘閘時之四週漏縫寬達 $\frac{1}{8}$ 之鉅，若之則若于結構較密之涵洞，水門幾無漏水之可能，某段水際鑲形，對於

運渠於途中如遇有特別跌水，流出之水不能備下段充分利用者，則(2)式中計得之需水量，尚不敷應用，但一閘之中，同時可容納上行及下行之船舶，如此則需水量可以減少；如身構不難遷移，上游溢流之水，即可供下閘之用，此種節餘之水量，可作抵銷船閘返用失時及其他意外損失之用，設計時無須計入。

若一船由其入口處循序而上至頂區，不過彼岸而復歸於其原口之船閘，則所需水量為 500×2 呎³ 或 500×2 呎³。

船閘閘合每次需水量，平視之應為 $V = 500$ 呎³ 減去舟楫佔據之體積 V ，但上行之船，離船閘後，上游之水，即來補充其佔據之地位，流過之水量，實即 V 也，下行之船，雖上游之水流入閘口者僅 $V - v$ ，惟船出閘之後，其地位仍須由上游補充也，故所需水量，仍為 V 。

航運常因季節關係，有時上行者較多，有時下行較多，有時舟楫往來特盛，設計給水時應加以留意。

6. 蒸發損失——蒸發量與空氣間溫度成正比，與濕度成反比，而與風力之強弱，雨量之多寡，亦有相當之關係。測記渠水蒸發量時，不可以常年之平均數字計，蓋雨量減蒸發量常年平均值，或溢為零或竟為負，絕不合作設計運渠給水之應用，欲求運渠給水妥當，蒸發量應於最暑熱之天氣以日計之，最低限度亦須以月計。

最大水面蒸發量減去最小降雨量為可發生之最大淨蒸發量，以全渠之平均淨蒸發量乘運河水面面積，即得蒸發損失

之總量。

法國於最暑熱時或大風時，每日最大淨蒸發量約為10公度，合於水面17^m00寬之面渠，每公里於二十四小時損失水量170^m3

C. 渠身滲漏——渠身滲漏量之多寡與設計給水量最有密切之關係，實際上滲漏量之值極難確定，即大約之數字亦不易得，主要原因則以其隨各地土質之不同與渠工之精粗而有變化；例如於用三合保護之渠槽，一公尺長渠槽於二十四小時內，其值約可有400至500公升，滲性地渠槽其值可達5或6^m3。此外於開裂之岩石地帶，其值難以數字計，於防止滲漏設備完善處其值可減至最低。

在一段渠槽之內，滲漏之量亦未必恒能相等，蓋經過渠水放乾之後，土質乾燥，或經過滾灘之後，阻止滲漏之泥礫物質擦去，滲漏之程度，均將因之增加；反之，渠槽通水漸久，渠身之空隙，逐漸被沉礫之泥質所充塞，使滲漏程度減低。

無論各渠段之滲漏情形如何？法國於水面寬17^m00之運渠中，雖渠堤土質良好，滲漏數字亦勿使小於每日每公里500^m3；苟土質較差，則取數字應使之等於750至1000^m3。我爾前督辦運河工程局規定運河各段每日垂直滲漏數量，如下列數字：

臨濟黃河間 30 ^m/m

北河渠下渠第六篇
下河渠下渠第六篇

54 船前滴水；

55 船閘操縱久可以其他意外損失；

56 運渠成乾後，重新給水；

57 農工用水。

第一種及第六種所需水量，為運渠本身自用水量第七種則為農田灌溉應用，其餘各種，所需水量極大，且均為無目的之消耗，故應力求其減少。

44. 船閘用水——運渠所需之水量用之船閘閘閘所消耗者，共舟楫之容量及渠槽之總落差，有密切之關係。每楫容量隨其通過之數量而變化，總落差隨每閘每次閉閘需水量之多寡而增減。

估計每楫通過之數目與次數，為設計船閘需水量之先決問題，但此項數字，因未知數過多，估計之時，應注意於沿渠上商業之現狀，與將來發展之程度，裝產品出產之數量與運銷之途徑；且實與已成運渠與該處情形相若者加以比較，俾估計之值可以近似而無大誤。

此外估計時並應參考已成之運渠，設法尋覓一舟楫平均載重，及空船與重船之比例，設各船之平均載重為200公噸，空船與重船之比為三分之一。

假定 W 為全年輸送貨物之總噸數，所需舟楫之數量為：

$$N = \frac{T}{200} \times \frac{4}{3};$$

若全年以300日運貨計，每日通過之舟楫數量為：

$$n = \frac{4T}{600 \times 300} = \frac{T}{45000}.$$

但運渠給水，不能依舟楫通過數目之平均數字而論，應以運輸量最多時作設計之標準，運輸最多時，每在秋收之後乾旱之期，欲求水量之足用，應於上式之外另加四分之一。

$$n_{max} = \frac{T}{45000} \times \frac{5}{4} = \frac{T}{36000} \dots \dots \dots (1)$$

船閘每次啟閉所用水量，等於該閘上下游水位高差乘以平均閘室面積，設閘室長50^m00，寬10^m00則每公尺落差之容量為：

$$50 \times 10 = 500 \text{ m}^3$$

設船閘上游之落差為 h ，則每次閘門啟閉所用去之水量為：

$$500 \times h$$

若一分水式運河其兩側之落差為 h' 及 h'' ；通過舟楫數目為 n ，則每日需水量為：

$$L = 500 \times n \times (h' + h'')$$

遇運輸最多之時，每日需水量應為：

$$L_{max} = 500 (h' + h'') \frac{T}{36000} \dots \dots \dots (2)$$

六、水閘設計

工程師之所以引為難題也。且各項改造工程，皆具有其特殊之環境與現狀，合於此者未必盡適於彼，設計者應加之意焉。

建築工程學

第一卷

第四章 運河需水量之供給

第一節 運河需水量

A. 概論——舟楫之於水，猶火車之於鐵軌，經運渠之水，無量供給，無論何時何地，勿使或缺，而後舟楫始可四時暢行，四出。

運渠內需要之水量，應於上游尋覓適當之水源以供給之。此種水源若水源豐富，且能永久維持，固甚妥善，但實際上因各地環境之不同，常未能盡如吾人所期許者，例如分水式運河，常不能供給大量之水，以備運渠應用，不得已乃用人工加以補救，或開池蓄水節流，或裝機械水補充。

在尋覓適當水源之前，尚有一種重要問題，一運渠需水量一首先加以研究，知所需水量之多寡矣，而後始可探尋水源，作各項引水工程之準備。普通並川式運河水源之供給，常較分水式運河為易，蓋築堤側流，原河之水，即可利用，且水量亦常豐富。

B. 運渠水量消耗之原因——運渠水量消耗之原因，可分為七種，即：

1° 船閘用水；

2° 蒸發損失；

3° 渠身滲漏

舊周拆回費用之材料甚多，而新開之地以易見時，當以易地另建為上策。果能如此不惟對現時之航運毫無妨礙，即工程之設施亦較易為功也。

改造船閘時，更應注意於向室給水與排水設備之改革。

B. 運河橋之改造——運河橋改造時應注意其安全、壽命，及其觀各項，若渠水深度有須增加，因橋拱或橋台無法降低，只有抬高水位之一途。惟渠槽內水深增加，則橋之載重亦必因之增加。若舊橋為圯工橋，其抵抗力尚強，將渠槽之兩旁加高即可，為美觀計可添加若干線索。若舊橋為鐵橋，則其撐持力量，不能加大，如增加水深，亦須加強其各部之構造。

運河橋之改造，常受環境限制，所需之工費與時間均多，如能尋覓新址則以另建新橋為宜。另建新橋，雖工費稍高，但無礙航運，且施工亦較易也。

C. 下行橋之改造——橋樑建築於溪流或道路之

上。改造之時，若不須增加其寬度，則各項工作，似若若何用難。今如欲增加渠槽之水深，或抬高水位，或降渠底，均無不可。有時為節省工費計，使橋上渠槽內之水深，等於普通航渠深度，例如普通航渠深度為 2.50 ，令橋上渠槽水深為 2.00 亦無大礙。尋常欲增加水深，可將拱頂與渠底之距離，減至最低，而改用三合土製成，亦可設法將拱形改扁，例如半圓拱代以橢圓拱是也。

D. 上行橋之改造——為陸路交通關係，於渠之兩旁填填土，架橋於運渠上，以貫通兩岸，苟以渠水位有須增加，則橋之空限，即不敷應用，改造之法，常須將舊橋撤除重建，或僅抬高拱與牙台之高度，俾橋下有相當之淨空，庶不致阻礙舟楫之通行。

E. 其他各項工事之改建——若隧洞須增加其斷面，非抬高洞頂，即須挖深洞底；若渠槽加深或拓寬，則護橋與護岸工程均須加以改造，有時僅須增加其高度，有時且須撤除重建；防止滲漏之各項設備，亦將因渠槽之變更，而須增以改造，若拓寬渠槽因有一岸須拆毀重建，即增加水深，以致水之壓力加大，防止滲漏工事亦須加以改良也。

陸運渠工程，遠較新開運河為難，施工之時，且須顧及水陸交通問題；工事既繁，復受時間限制，此各

積頭之以作運輸建築材料，對於阻止滲漏各項工事，亦可保持。

若運渠渠槽有拓寬之必要時，則拓寬工事應依一岸為之，擇兩岸中護岸工程及防止滲漏較妥者加以保存，而將渠之中軸，稍加挪移，以減少工費。

第二節 運河特別建築工程之改造

A. 船閘之加深與增長——昔日建造之船閘，多為當時局部之需求而設，船閘之大小，極不相同，一渠之內，亦不統一，自航運推廣後，始感其深長不敷應用，乃不得不加以改造。

舊時建造之船閘，長約 30^m00 寬約 5.20 較之迄今所需要者，相差甚遠即以我國整理運河討論會所規定之船閘尺度而論，最低限度閘寬須 6^m50 ，如為次期航運發展計或預備通過較大之挖泥機船，應定為 10^m00 ，閘長分為兩種小者定為 50^m00 大者定為 70^m00 。（指閘門閘閘時不受阻礙部分而言）閘內水深定為 3^m00 ，閘上最小水深定為 2^m50 ，故舊閘之加深與增長，當屬切要之工作。

船閘增長工程，由上游或下游着手均可，但由上游施工，普通較之下游可以節省工料，減少挖掘基坑工程與汲水工作。

船閘加深工程，施工之前，可先將水閘閘汲乾然後將舊基鑿去，挖掘新坑，重做新基。（如第九十番）施工時宜設法先將閘牆彼此間撐持堅固，始可分段工作。

船閘加深後，原有之閘門，高度亦不敷用，應設法加長。改造時或由上端加長或由下端加長均可，但該運河內，如有同樣深度之船閘移至他處應用，較為經濟。

若船閘必須加寬，應由一岸施工，保存他岸已有之閘牆以節省工費。

設船閘改造之工費過昂，則以拆除之另建新閘為合宜，又如

非也。中國水利工程學會遂有整理南北全部運河使成為近代航渠之計畫，於二十二年組織整理運河討論會開始研究整理方案，此外貫通湘桂之靈渠，現已漸為國人所注意，經部特設湘桂水道工程處，從事測勘，如能加以切實整理其獲利亦非淺鮮也。

B. 改直渠線——昔日開鑿之運河，多因地置槽甚少有注意及統整之計劃，以致渠槽曲折過甚，舟楫左右轉向，諸多未便，近今航運事業日見發達，駛船之力，漸由人力與畜力而改恃機械之作用，船行速度加大，曲折過度之渠槽，遂不得不加以改變，以期其適合於實際上之需求。

設舟楫之長度為 30m （即整理運河討論會所規定之運河中通行舟楫長度）則彎曲半徑不應使之小於 200m 。

C. 加大渠槽——加大渠槽可分為兩項而論，一為增加航深，一為拓寬渠槽；第八七首為一運槽，現有水深為 $1\text{m}60$ ，應行加深 $0\text{m}60$ 使之成為 $2\text{m}20$ 深之渠槽。

欲使水源增加，計有兩種方法，或挖深渠槽（如第八七首）或抬高水位，填高渠堤，（如第八八首）。或挖深渠槽與填高渠堤，同時並舉。（如第八九首）。

上列三種增加水深之方法，何者合於經濟條件，何者適於何地？實難決定，例如欲挖深渠槽，則以成之船閘，橋涵等均須加以改造，而防止滲漏所施之各項工程，亦將因之而較壞。苟抬高水位，則兩岸之被害在所難免，且局

第八七首

第八八首

第八九首

部水位高抬，對於與該段運渠水位同高之河道或運渠，將失連貫之效，此外水徑一經高抬，已有橋下之淨空將感不敷應用，已有之引水道亦將不收集外來之水暢流入渠矣。

在增加渠水深度工程中，填高堤岸較之挖深渠槽，顯而易見之優點，在於施工之時，不致阻礙航運交通，且可

第八六番

費亦多，故設計之初，務宜多方研究，詳加比較，且作實地之試驗而後決定之。苟漏洩水量之值非鉅，消耗過多，又或水量不足，尚易借用抽水之力補救時，則防止滲漏之工事，亦可不須舉辦，此皆在工程師之善於運用其智力，與經驗以確定之耳。

第三章 運河之整理與改造

第一節 運河渠槽之改造

4. 概論——原始建築之運河，僅為溝通兩區域或兩河流間之短距離運輸而設，其功用尚未推廣，以致運河之尺度極不一致。迨航運發達之後，舟楫之往返，由近而及遠，由少數之貨物而至於大量之貨物，乃漸感渠槽不統一之弊，而思改良之策，即運整理工程也。

運渠改造工程計包括：改良渠線，加大渠槽，增長及加深船閘，改建各種附屬工程等。

運渠改造工程較之新築之運河工程，困難之點特多，不惟對於已有之建築物，應盡量保留，即兩岸居民之利益，亦不宜多加損害也。此外在通航之運渠內，改造之時，妨礙航運，工作期間且宜限至極短。

我國運河，北起北平，南迄杭州，長一千七百公里，縱貫冀魯蘇浙四省，昔時浙汴糧運，可以達北平為世界極長之航道，惜以年久失修，渠槽淤淺，以致航業衰敗，導淮委員會於邵伯淮陰劉澗三處興建新式船閘，洪澤湖建築活動壩，以上數項工程完成後，自微山湖至長江間運河，即可終年通航，且通行之船舶可以增鉅至排水量九百公噸，較之原有運河之效用，將有顯著之改變，對於農村經濟裨益

項工程位於水中修理不易，故保護工事殊不宜忽視。普通皆於三合土上加置泥土，取材既易，成效亦佳，茲敘述之。

用泥土厚0.30鋪渠底及其側坡上，如能保持其厚度，則可抵禦外界破壞力而有餘。惟抹水線一帶所鋪之泥土，常用水流振蕩之作用，及乾濕寒暑之變化，而逐漸滑脫，終至該處泥土脫盡，復將三合土暴露於外，崩裂之情弊，即由此產生。漏水由此漫過，有若不規則之滲水堰，實為可慮。

第八三番

欲銷除此種缺點，通用之方法，亦有多種，茲分別論列如下：

在渠槽之側坡上用三合土作防漏時，可將其側坡盡量改緩，添鋪之泥土如第八三番，上厚下薄，且於抹水線處，加做平台，如此道水面側坡上泥土崩塌之情弊，可以減低。

若當地石料，易於採用，或掘掘渠槽時獲得大量石料，可將渠之側坡全部或抹水線一帶用砌石工保護之。

九. 排橋防漏。——上列所敘述之防止滲漏方法，無論採

用何種材料，其所需之共同條件，均應放乾渠水，挖深渠槽，築成防滲工事，其中所費之時間頗久，舟楫停滯，對於航運方面阻礙殊甚。

第八四首

第八五首

迄今為免除斷絕交通，乃應用排樁防止滲漏方法。其法於渠堤之上，先挖一壕溝，其水面齊平為止，在壕溝內打下木料排樁一列，深達渠槽之底；（如第八六首）然後將木樁一一拔出，而於其餘隙內，傾注三合土，用以阻止渠水滲過。

ii. 防止滲漏工事述評——防止滲漏工程，除其本身須有少量之建築材料外，挖深與拓寬渠槽以及填回其原狀所需之工

第八〇首

第八一首

土之中，加製鋼筋，則抵抗拉引之力大增，雖地土稍有陷落，亦足承受，故此種設備，乍視之似覺昂貴，如以防止滲漏之功用而論，及施工日期之不受限制，則遠非三合土所能及。

若在受地下水反壓力處，（如渠建造於沿河之低水位河床範圍內，）施行防止滲漏工程，雖可於渠底裝置陰溝洩水，以均衡水之壓力，然如河水漲落凶猛，水位遠在渠水位之上時，則陰溝將不能勝調和之任，以致地下反壓力加大，行將破壞防滲工程之安全，欲使其增加抵抗力量，可於三合土內，配置鋼筋撐持之。

鋼筋三合土應用於防止滲漏，其構造如第八二首，平板之

厚度約為 0.12 ，其中 0.10 為三合土， 0.02 為腊青，木板之縱橫方向，酌量設置直梁或橫梁，以增加持重力量。

第八二章

關於防止滲漏工程，所應用之三合土及灰漿，其配合之成分，最有關係，灰漿內洋灰成分，以能充滿沙粒間之空隙為度，三合土中之灰沙石三者之間亦應有規定之比例，灰沙合成之灰漿，其數量以恰好填滿石粒間之餘隙為限，不可過多，亦不可過少，故在各處施工之前，均應分別採取當地之材料，直接加以試驗，而後應用之。

f. 塗腊青——據經驗所知，於三合土上加鋪灰漿之後，再塗以熱腊青，可倍增其防止滲漏之作用。

施工之前，先將腊青煮熟，俟其形成膠着狀態，然後塗之於刷淨之灰漿面上，原有三合土或灰漿面上，因凝結所產生之微痕與細孔，全部被其阻塞，而形成一完全不透水之屏障。

g. 保護防止滲漏工程——防止滲漏工程若為三合土類材料所構成，則船舶上應用之橋樑，苟有不慎即可破壞其安全，此

最後一次拍妥，待一晝夜後，可將三合土面掃淨，灑以清水，用抓鉤爬搔之，使之形成糙面，俾表層另加之灰漿，易於附着。灰漿加上仍應稍待，俟其凝聚時，表面或發現微裂，此時可再用輕拍，留心徐徐拍打，使之重新黏結。最後再用普通皮拍，拍打一次，使灰漿與三合土之間，亦能切實結合，而成為絕對不透水之保障。

各項工作完竣後，可立即加鋪細土一層加以保護。

此項工作較困難者，乃在接口之處，務宜細心為之，設法減少接口之長度，並使三合土本身與灰漿之接口相交錯，以減少將來漏水之可能性。

d. 受地下反壓力渠槽之防漏方法——如渠槽受有地下水之反壓力時，則三合土之佈置，殊感困難，蓋在渠水放乾時，三合土層每致受地下水壓力之衝，以致局部聳起而開裂，終使其全部失却阻止滲漏之功用，故在此種情形之下，施工之時，應特別加以注意，並須有相當之設備以補救之，切不可冒然興工，以釀成意外之損失。

如在受地下反壓力處施行阻止滲漏工程，應先於渠槽之底，裝置順直陰溝二度或三度，陰溝斷面或為方形或為圓形。若為方形，則常用砌石為之，或於頂端鋪以板木，其斷面約為 $0.20/0.20$ 。若為圓形，則常用三合土為之，其直徑約為 0.20 。順直陰溝每隔 20.00 後裝置橫陰溝，以收集直溝來流之水，而由於一波動之開闔擊放之於渠槽之

水利學

內，職此之故，如渠中水位較渠外之水位為高，則波動擊自動關閉，渠水不滲外壤；反之，如渠外水位高於渠水位時，則波動擊啟開，水即由此而注入於渠，故防止漏水所用之三合土層，不受任何

第七八首

地下壓力而易於保持其安全狀態也。

第八一首表示一鐵製之波動閉閘擊，接縫處用橡皮鑲飾之，曲管用鐵為之，其餘部分，則以三合土製成。

2. 鋼筋三合土——用三合土作防止滲漏，其常用之厚度約為 0.15，抵抗拉力之作用，甚為薄弱，苟當地之泥土，稍覺鬆浮，一遇變動，即呈裂痕，危險殊甚。故於填築成功之渠槽，即不堪應用，蓋泥土落實需時，工期去法久延。今若於三

第七九首

水利學

已獲得多量石料，亦可砌石護渠以防止滲漏，否則用磚護渠，亦無不可。用普通材料砌結者，其厚度約為 0^m30 ，初成之時，尚有小量之水滴過，放水以後，其孔隙則逐漸阻塞，滴水不使通過，如於磚石之上加鋪灰漿，則渠水絕難滲出。近今以三合土用作防漏，成效最著，應用日見推廣，茲將施工之要點方法，敘述如下：

在鋪三合土之前，先將渠底挖深 0^m15 ，渠之兩岸側坡挖下 0^m70 或 0^m85 ，其次將渠底及其側坡面，切實加以整理，並排除一切障礙物，各項準備工夫做完後，即於其上傾注三合土一層，在側坡處應高出渠中水面 0^m20 ，渠底處三合土之厚度一律為 0^m15 ，渠之側坡面，下部之厚度與渠底同，漸向上端縮減，至水面處則僅為 0^m10 。側坡底腳與渠底交匯之處，作為圓形其半徑約為 1^m80 ，三合土之上並加鋪灰漿一層，厚約 0^m02 。此項避免滲漏工程做完後，固可阻止渠水之滲漏，惟質脆弱，不勝各項衝擊之力，普通可於其上，加做泥土一層，渠底泥土之厚度約為 0^m28 ，在側坡上者，則不宜使其小於 0^m40 。

渠底上所需之三合土放置之時，應切實加以衝擊，使之連結為一體，然後始可於其上傾注灰漿。

渠之側坡上所需之三合土，做要高出 0^m20 ，即用耨鏟由上擊下，使之堅實，復用耨鏟，照與側坡成直角之方向下揮，使之與渠堤泥土密實結合。

118
Faint vertical text on the left margin.

第七六首

三合土傾注完竣後，即用重量較輕之皮拍，狀如第七七首，重約四公斤，將三合土面拍打一遍，迨數小時後，三合土漸具抵抗力時，再用較重之皮拍，(拍重十公斤)重復拍打，直至三合土內之石粒，一一不得外現，灰漿得以全部將之覆蓋為止。若因乾燥而微見龜裂，應用皮拍再次拍打，務使裂痕不復外現為妥。

119
Faint vertical text on the left margin.

第七七首

此外於大汛時，水中含有泥沙，即可引用之作阻塞渠堤漏隙應用。

6. 黏結沙土——於渠槽之漏水部分，鋪質料適合之泥土一層，若能慎審施工，且使其具有相當之厚度，則滲漏之情形，可因以消除。惟應材料之選擇，最宜加以注意，萬勿誤作黏土為上料；蓋黏土雖善於密合，但侵入水中，易於走脫，暴曬之日，易於開裂，常見黏土阻止滲漏之渠堤，經一次放水修渠之後，即見開裂，而復成為漏水渠槽矣。

土料以黏土和沙混合為合宜，其比例約為二分黏土三或四分沙；因二分黏土已可填滿沙粒間之空隙矣。

阻止渠槽滲漏所用之材料甚多，若能擇天然混成之土料，自為合宜，否則宜用人工拌和，使其洽合吾人所規定之比例。有時且於土沙之中，酌加石灰二百分一或百分一，以增加其功用，若土沙潤濕，則石灰可搾成粉麵加入，若土沙乾燥，且石灰宜調成乳漿加入。

止水之黏結沙土放妥後，應用特製之轆壓機壓至堅實為止。轆壓機之輻輪宜窄，俾在斜坡之上，易於工作，若轆壓不能到達之處，則用槌鑿擊之。

用黏結之沙土作止水應用，工作既易，成效亦佳，但裂縫太大之處，或漏水處受有高大壓力者，因其抵抗力量薄弱，不堪勝任。且此項材料用之止水，非具有 0.750 至 0.800 ，不較必其具有成效，似此則用料甚多，如當地無天然混成適合比例之

第七五節

沙土，則專恃人工調合，亦不經濟。

用黏結沙土作阻止漏水之渠槽形狀，約如第七五節。

C. 砌石或三合土——設渠槽挖掘於良好之地質上，大部堅實，遇奇寒亦不至開裂者，其間僅具有極少數之裂痕，應用調和均勻之洋灰沙漿，注入各裂縫內，則滲漏即可免除矣；惟施工時應特別注意，務須將裂縫周圍破碎之石屑，撥除淨盡，切實加以沖洗使之清潔，然後傾注灰漿，收斂始有把握。反之，如渠槽所遇之地質，並非切實堅固，遇冷易於開裂者，且裂痕甚多，則應作全部防漏工事。

材料之選用，以能就地取材為上，若當地洋灰之價不高，則可以三合土作防漏之用，又如當地石料易得，或挖渠時

第七三番

b. 大量暗流——若挖掘之渠槽或填築堤岸所用之泥土，滲漏性極大，則渠水下降異常，消耗之水量甚多，有時且漏出大量之水，於順渠另成一水流。

滲漏渠槽地層之構造，或為粗砂卵石，或為開裂之岩石；在填築之堤岸，滲漏之發生，或以建築材料不能阻止水流通過，或以施工不慎未經擊實，遂使渠水大量流出。

於研究阻止渠水滲漏之前，應先分別實際上兩種不同之漏水情形：1. 滲漏之發生由渠內滲過堤外，2. 平時渠水由渠內滲過堤外，大汛時河水由渠外滲入渠內。（如第七四番）

平時與大汛時水量滲漏過堤之方向既有不同，阻止滲漏之方法，亦較為複雜，將於另段討論之。

漏水之情形，既經分辨清楚，今可從事研究各種防範滲漏方法矣。

B. 阻止滲漏方法——a. 混流——於渠水中，傾注泥沙，礫石，錐屑等物，隨水混流，受水壓之故，乃逐漸沉澱而分

第七四四

別射入於渠堤之空隙中。

阻止滲漏之沙質，應特加以選擇，如選用之沙過瘦，所含泥質有限，則阻塞滲漏空隙之作用甚微，所含泥質過多，則隨處膠着，不能隨水流動，分配極不平均，成效亦少。

普通以細沙畧含泥質者，為最合用，或先用粗沙，然後再灌以細沙。

但阻止滲漏應用材料之選擇，與堤岸滲漏之情況最有密切之關係，何處應選用何種材料，實難加以規定，專在施工者據其經驗慎重鑑定之。若渠槽為卵石，或礫石，或開裂之岩石所構成，則應先用粗沙，作第一度阻水，然後再利用含有泥質之細沙，以完成其阻水作用。若渠槽為沙質土地，則可直接應用含有泥質之細沙以阻水。苟利用不得其宜，細沙用於大量漏水之處，沙粒將隨水流穿堤而過，毫無功效，微漏之處，應用粗沙亦徒增渠槽之障礙。

有時應用黏結不透水之坭沙混合物，擺佈於渠槽之上，其中加以卵石或小石礫，然後擊實狀如三合土，用以阻水。

全洞之空隙關閉矣。

但遇漏水量甚大之洞口，(如腐敗樹根形成之洞口)則應用上列簡易方法，恐難見效；蓋水流下注之力極強，碎石與粗砂將隨水之勢，穿過渠堤而射於外也。補救之法，可先用陶板、草束等阻止巨流，再徐徐施行塞洞之法，方易為功。或在漏水洞之上口，設置閘水工事，次將漏水部分之口挖至相當深度，然後用砂與黏土混合組成之不透水物質填滿之。

如遇漏水洞之出水口不易尋覓，則渠堤挖掘之段落應盡量加長，以期妥為阻塞。

漏水洞亦有作成虹吸狀者，或甚彎曲者，以致挖掘之壕溝，竟致不克相遇。在此種情形之下，施工時應由下水着手，循漏水洞之路段，作窄狹之壕溝以至於易於施行阻塞工程之位置為止。

若遇某一段渠堤上，漏水之處甚多，可於堤之正中或稍偏內邊，挖掘一長壕，寬約 0.70 至 0.80 ，深度至不透水處，其中則填黏土砂混合物，或三合土。(如第七一節)尚有一法，亦可獲得效果，即於接近渠邊之堤上，鑿若干洞穴，深及底土，洞穴之中，則實以不透水之泥砂，而用錐形樁衝突之。初次鑿成之洞穴，其間隔約為 1.00 ，迨此一系列洞填復後，再於通鄰鑿掘新穴，一一裝土衝突，終至全部成為不透水之渠堤。

在新築成之運渠堤內，產生漏水之位置，常為新填泥土與原地面接合之處。考其原因，或以新舊土層，未能切實結合，或舊土之上，草樹根未能徹底清除，有以致之。施工時遇有此種

第七一節

情形，如欲免漏水之為害，除應將原地面上之樹根，青草，悉數清除外，並應將原地面做成凸凹形狀，俾新填之泥土，易於咬合，以減水量之走失。

造有利之形狀做妥後，可視當地情形，用不透水之泥土，於渠堤內側坡之底腳，築一隔水層，如第七三節，或於堤之中部築一隔水層，如第七一節。

第七二節

其根遂稍與堤大分離，渠水即可循此隙逸出，亦應加以注意，故在新填築之堤岸，為策萬全計，樹木應植於堤岸之外。

六、造林

四、造林

第九節 渠身滲漏之防止

A. 概論——阻止渠身滲漏之重要目的，在減少水之去為消耗，其研究本可於「減少運渠中水量消耗之方法」章內敘述之，惟渠槽渠堤為防止漏水問題，應於運渠開鑿或改造時施以相當工程，故併入本章加以討論。

渠水之滲漏，約可分為兩種；其一則由於局部滲漏，顯而易見，其二則由於地下流去，無從辨識。

a. 局部明漏——顯露之滲漏，渠水由水路，縫裂，鼠穴，樹根腐爛之孔洞逸出，可於堤外緣之浸濕或滴流察覺之，其阻止之方法如下：

設漏水之渠段，可以排乾積水，整理之法，應先將渠槽挖至新土，詳察漏水空洞之存在，然後斟酌情形，分別應用砌石，或三合土，或黏土與沙混合組成之不透水物質阻塞之。阻塞空洞之時，不可僅限於洞口部分，宜將整理之範圍加大，使渠水不致於其周圍再產生漏水之情弊。此外施工時應行注意者，塞堵洞口應在上水為之，下水處設置堅固工事，亦未能抵禦水之壓力，以阻止水流之通過也。

設漏水之渠段，渠水不便洩乾，則整理工作較為繁雜，如漏水孔洞之位置，業經查明，則整理之經濟方法，可先拋擲碎石或粗砂，使之隨流下注而入於堤岸之隙縫內，洞口因以減小，其次則拋擲細砂及細土，以阻塞餘隙，最後用泥漿混流入法，則

第六八首

如渠堤係新填之泥土，則臨落之時，三合土每有開裂之虞，苟能於三合土內加裝鐵枝，抵抗力可以加大，且岸坡亦可改陡惟工費則較為昂貴。

G. 護牆——若運渠經市鎮或在特殊地帶寬度不足時，又或

第六九首

接連橋樑，隧洞等應行縮窄断面時，則渠堤內側坡可以盡量改陡或竟作直立狀，直立狀渠堤最易被水流冲刷而崩潰，欲保持其安全，應建造護土護牆撐持之。

護牆断面應如何選用？坊工學中已詳為述明，姑從略。

若運渠沿原河之一段平行開鑿，則河水漲溢之時，每將擾及運渠之安流，故天然河流與人工河流之間，應建築堅強之

堤岸以防範之。(參看第七十卷)

第七十卷

11. 堤岸種植——堤岸種植亦可作護岸之用，在渠之林水線種植可以減少堤岸之崩潰程度，高大之樹木，其根基深入土中，可使堤土團結，其葉高展空際，可以蔽風日利青禾，並可減少渠水之消耗，沿岸種樹夾渠成蔭，上下影照，極為美觀，且植新伐舊，種作他用，收穫亦佳。

樹木應如何種植？當然照造林之方法施行；惟樹木之高度，應有相當之限制，堤岸上用以蔽風日者，樹高以數公尺為合宜，據經驗所得，堤岸所植之樹以白楊樹為佳。

堤岸植樹雖有各種利益，然對於堤岸之保護，亦不無非議之處，若樹木老朽，根基最易腐爛，於是獾鼠地羊等類動物利用之作穴而居，填築之堤岸或竟以此而釀成災禍，不可不慎，再者疾風所到之處，樹木搖動過甚，

E. 砌石護岸——砌石護岸，堅固耐用，工程之範圍，或僅限抹水線一帶或將全部堤岸加以保護，石料之砌結或用乾砌或加灰漿砌結。

抹水線一帶之渠堤，最易受侵蝕而崩潰，故於交通頻繁之渠堤為節省工費計，多採用抹水線一帶加以保護，石岸之底腳放置於坡度較緩之台基上，台基之旁加打木樁，兩樁間之距離約為 1.00 ，樁頂則用橫木連繫之。（參看第六五圖）護石之底腳應低於水面 0.40 至 0.50 ，俾空載之船，不致因搖動而傷及渠堤。護石之頂端，高出水面之限度，以汽船經過時，浪花無傷堤岸為度。

如將岸坡改緩，樁木亦可不用。（參看第六六圖）

第六五圖

第六六圖

用石塊乾砌作護岸工程，如採用上等石料，而慎審施工，則不但美觀且合適用。工程完竣之後，數年之內無須修理，嗣後修理工事，亦僅限於人工而已，所費無多。青草由其隙縫生出，並有連結各石塊之功用。

用灰漿結砌之石護岸工程，成績甚好，其建造費亦非較昂。林
乾砌石護岸；蓋以石料選擇與施工較為便宜，足可抵灰漿之消
耗。此種石護岸外觀極美，維持費極費。

在木材石料不易尋覓之處，用磚代石亦可。其構造約如第六五
章所示者。惟各部之厚度，則可酌量減少。

各種林水線渠堤之保護工事，均應稍低於渠水面。在新開闢
之運河，可於放水前行之。在現應用之運河，或將渠水放乾或
護法降低水位以便施工。如放乾或減水之工作遇有阻礙，亦可就
施工之部分，用局部閉水方法，分段施工。

如遇土質特別鬆軟之處，或在運渠上下游鄰近之一段，可將
渠堤之全身加以護岸工程。（如第六七章）

此種工程，應將渠水閉乾，始可興工，用料既多，工費均較為
昂貴，故非在特地域，慎勿應用。

F. 三合土護岸——三合土用作護岸者，迄今已漸見
普及，三合土每幅長 1^m50 至 2^m00 ，寬 0^m60 至 1^m00 ，施工前
先將岸坡整妥，然後傾注三合土。（如第六八章）

第八節 護岸工程

A. 概論——渠堤受水流之振盪，船闸啟閉之影響，舟楫經過激起之波浪，以及空船擺動之摩擦，一一均可損壞其安定狀態。此外渠堤時而乾燥時而潤濕；時而結冰，時而消凍。這水面之渠堤，遇此種損蝕之作用，乃逐漸開裂崩潰，卸下之泥土堆積渠底，使渠堤之安定不可保，而運渠之水深，亦將因淤積而阻礙船行也。

侵蝕渠堤近水面部分之原因，既甚複雜，欲一一絕其災害，實不可得；必也，在此受威脅地帶，施以相當之護岸工程，始可保渠堤之安定，以維護運渠規定之橫断面，而便舟楫之通行。

第一章吾人曾略述渠堤近水面部分被侵蝕之原因，及如何在此段加做平台，酌量種植青草與矮木等加以保護；但此種設施，僅可於土質良好，運輸較少處為之，若遇土質易於變動，交通頻繁，且須用機械之作用行船時，又或渠內水位變化劇烈，冬春缺水，夏秋盈滿，則護岸工程，自應特別注意而施以堅強之工事，此項工事因地域不同，或用木材或用圬工，茲分述之。

B. 植物護岸——各種護岸工程，因各處環境之不同取舍甚難規定，但實際經驗，則較易分辨，苟為當地之環境所許可，則酌種植物用以護岸，既甚經濟且易於實行，但此種植物，應選擇用之，以能在水內生長，而少阻礙舟楫其碍道者為上。

河渠工程第三篇

四五 土木建築工程

(參看第三卷)

C. 碎石護岸——過去常有卵石或碎石砌結於通水部分之渠堤，用以抵抗侵蝕之力而獲得良好之結果者，碎石之尺寸約為 0^m06 至 0^m08 選較小者放置於渠文上，較大者放置表面，如此則渠水浪波過之即可消滅。

第六二卷

D. 木材護岸——沿渠堤通水部分，每隔 0^m80 下一樁木，樁木之間，則用木板或方木連繫之，樁頂做成一平台，或種植青草與矮木，或砌結碎石，既可抵禦侵蝕，且可撐持渠堤上部岸坡。

第六三卷

第六四卷

此種護岸工程，甚為經濟，惟木材較易損壞，乃其缺點。

第五八首

渠底澗水道與除水洞——運渠修理之時，(如撥除積沙，挖深渠，施行特別工事，及更換閘門等)常須將一渠水洩除淨盡，以便施工。故渠底澗水道與除水洞之設置，亦為運渠上不可缺少之建築物。

第五九首

渠底澗水道之洞口與渠底同高，洞口之大小，以能排出渠水為度。此洞口平時用木樑或閘口加以關閉，故用由岸上用蓋樺蓋輪操縱之。

除水洞係於渠底內作

第六十首

一圻工圓井，井之下端，應接近山麓低地，如不用圻工圓井，改用圓管作成陰水洞亦可。洞孔用木製之錐形塞或鐵製之圓球加以關閉，放水時由岸上運用鐵鏈啟開之。

第六一首

第七節 餘水道與除水設備

A. 餘水道——運渠水位之高度，常受相當之限制，過高則墮滾損害兩岸田園利益，增加渠堤壓力，減少運河橋下空限均不合宜；過低則水深不敷，航運阻碍亦有不合，故渠水多則宜淺之，少則補充之，實為最需要之工作；水位高時可用餘水道節制之，至於水位落淺時，則可設法給水以均衡之。

餘水道之形狀，至不一定，可自護草皮之淺水坡以至用圻工或三合土或鋼鐵建造之特別工程。

護草皮之淺水坡，構造簡陋，時有被漲水冲毀之危險，故迄今已少有用之者，第五六者為一常用之餘水道，渠堤各部，用砌石或三合土鑲護之，厚約0.50，淺水之下坦，則護以堆石。

第五六者

第五七者為另一餘水道，渠堤全部改用砌石或三合土建造而成，餘水道上，為緯道連續不斷之關係，使橋之設置絕不可少。

第五七章

設餘水道具有相當之寬度，則便橋之建造，乃實屬不資，且峰道驟加改變，亦非所宜，普通多採用第五八章所示之式樣，俾免上項所發現之缺點。

此種設備，水漲時由渠堤上既洩下，經涵洞而流出於外，若需要宣洩之水量甚大，可並設涵洞數座以供給之。故此種工程，其洩水面積，可以增至極寬，但涵洞位於渠堤之下，便橋必須建造，橋座橋墩及橋欄各種設備均可免置，由外表視之，與未建餘水前之渠堤形狀毫無變更，峰道通行無礙，應用上尤稱便利。

餘水道之位置，宜選在山澗之附近；蓋必如是，始可免另開引水溝渠之費用。若渠堤為新填築之泥土，則渠水流出之後，時有較堤渠堤之危險，故力宜避免於此建造餘水道。

餘水道且可借虹吸作用，以促其洩水之速度，其構造之形狀約如第五九章。設僅渠水僅漲至最高之限度，則渠水即大量由虹吸向下傾洩，直至渠水位降至相當程度，外間之空氣襲入虹吸之細頸後，虹吸被阻，洩水之工作用乃告停止。

第五二章

第五三章

C. 並航隧洞——隧洞若為單航，船舶之通過應依規定之時間行之，對於運輸繁盛之區，殊有未合；故近今新開之隧洞，多應用較為寬大者，俾船舶上下交錯自如，而不至有費時失事之虞。此種隧洞，縱然單行隧洞之建築費稍高，但運用利便，遠非單航

第五四章

隧洞所可及，其尺寸以能通过两船为度。

D. 引水隧洞——隧洞之建築除備通行舟楫之外，並可借以引收客水作運渠給水之用，此種隧洞，其尺寸之大小，原無限制，可視來注水量之多寡而規定之。

隧洞之形狀，可作圓形，但以橄欖形為最普通，拱頂曲度一大，抵抗之作用必強。

第五五番

與用之於其他各種建築工程相若，成績極佳，第四九卷為一用鋼筋三合土建造之運河橋，除兩端之橋座外，全體均用鋼筋三合土為之，伸縮縫設置於橋座之上，內中嵌入經過瀝青之麻麵物，伸縮自如，絕無漏水積弊。

左運河橋造法——運河橋以梁槽為合宜，如非萬不得已，純白建築單槽，鋼鐵橋較巧工橋為合用，漏水既可避免，橋下之空後亦易維持，且建築費亦較省，惟鐵梁水和接觸損較易，乃其缺點。補救之法，可使梁槽活放於樑上，如是則更換梁槽時，不致影響橋樑，至於鋼筋三合土橋，則為最有利之建築，無可非議之處。

此外運河橋同時常接水，所受之破壞力量較多，溫度之變化，結冰與消凍，各種澎漲之作用，在在皆可破壞其安全，故養護工事，應特別加以注意，萬不可存一勞永逸之心，棄責不問，因小而失大。

第六節 隧洞

A. 概論——運河經過山嶺，常為地勢所限，必須鑿山為洞，使運渠由其內通過。隧道開鑿之後，船舶由此岸達於彼岸，所須之升降高度減低，船閘設備既少，運用之時間亦省；而運渠地位降低，山嶺來注之水，當必易於收集。有時且有以山表層壟滲漏過鉅，不宜作運渠應用，更不得設法作洞，以尋至堅實之地層，以備運渠通過而免滲漏。

B. 單航隧洞——隧洞之開鑿，工費均鉅，故各處多採用單航隧洞。鑿道建於一岸，坡度減至最低；惟單行航道，對於來往船隻既須等候，且水道忽寬忽狹，水流增急，牽引之力，必須加大，船舶始能通過，殊多妨礙，故標準隧洞，仍以能容兩船上下為合宜。

隧洞之附壁，或作直文狀或作曲狀，洞底之形狀亦有平直與弯曲之分。鑿道有用圻工建造者，有用木架作成者，約如第五十第五一第五二第五三各卷所示。

條，如兩條正標相距甚遠，復可設置直標以維繫之，各標之上，則用鐵板釘成一水槽，作為運染以通舟楫。上述鐵板橋之構造，多屬簡易，而消滅滲漏之功用則極有把握；惟有一點為吾人所應注意者，即鐵板之膨脹與收縮問題，故伸縮縫之設置，實不可缺少。但伸縮縫設置之後，如不妥為維護，則漏水之弊，將由此而生，不可不慮也。

鐵板橋上伸縮縫之設置，昔時皆用壓質之毛氈為之，因毛氈具有伸縮之作用，故漏水可保無虞；惟易於損壞乃其缺點，嗣後乃遂用橡皮以代之。橡皮製成之伸縮縫，亦甚簡易，取橡皮一幅，寬約 0.31 ，厚約 0.012 ，放置於橋板與兩個U字形鐵之中，而用大頭螺絲釘釘固之，至迎水一面則用倒置之箱加以掩護，箱釘固於橋座之一端，不可使之妨礙正槽之行動。（參看第四七頁）

第 48 号

第 49 号

鐵板橋之兩邊，亦多建築凹出之部分，作為綠道或行人
來往之用。(如第四八号)

D: 鋼筋三合土運河橋——鋼三合土之用之於運河橋者，

塗之，其上覆用膠布一層，至於渠槽之側面，亦可應用同樣做法，惟為節省用費，膠布或不設，此種設備，可保無漏水之虞，惜用費過昂，尚難普及。

第十四章

橋梁與土渠之連接關係——橋座與土渠連接之處，亦為運河橋工上最應注意之點，如設計或施工之時未能妥為處理，將因漏水之逸出，於極短時間之內，使渠堤崩潰而釀成大禍，故此處之工程，不惟於施工之時，應選適當之泥土，而分層衝實，且應加大橋座，使其得以撐持裕如。

第四六頁所示者，為一巧工運河橋之平面圖，在橋座之外，並接一不透水之閉堵M，如此則橋頭水之逸出，亦可避免；有時且在橋座附近兩段，各做成絕不滲漏之渠身，或以黏土和沙製成之不透水層，或竟用三合土工程加以掩護。

運渠上各處易於出險工程，除建築時應行特別注意外，養護工事，尤為重要，切不可作一勞永逸之念，棄之不理，因小失大，終致釀成巨大之禍矣。

第 46 頁

C. 鋼鐵運河橋——坊工運河橋之缺點不一而足，外觀笨重，用料甚多，鬆軟之地，不易擊載，此外修補問題之苦難解決，乃其缺點之最著者也，故運河橋上之渠槽，理應改用鋼鐵為之，作成絕不漏水之渠槽。

若以橋之外觀論之，則鐵橋應加修飾之點，與坊工橋相若，單調之平壁，應力避免；普通可做堅固之拱形部分，因其線索關係陰影外現，形成一美觀之橋樑。

生鐵之應用——在鋼鐵冶製之術未發達之前，工程界同人發現坊工之缺點後，遂漸試用生鐵以代坊工，運河橋之用鐵建造者，與道路橋之取用生鐵，同時出世。此項工程，層出不鮮，惜其缺點叢生，成效尚少，故冶金發達後，其應用乃漸見絕跡，今為節省篇幅計，姑不敘述其各之構造。

鐵板運河橋——此種橋樑，其重要部分，與道路橋相若。普通皆應用正樑兩度撐持全橋之重量，於正樑中間酌量設置橫

以外圻工之開裂，雨水乘隙滲過，日日侵蝕建築物，終可致全部工程粉碎，不可不慎也。

地基堅固與否？固可影響全部工程之安全，然如選用優等材料，妥為施工，尚易保無他虞，惟渠水滲漏，最易招禍；蓋滲漏之起因，甚為複雜，溫度之變化，風乾雨濕之關係，結冰消凍之影響，一一皆可使圻工開裂漏水，而擾及全部工程之安全。

時值乾燥酷熱季節，以圻做成之拱因之膨脹，拱之周圍逐漸增長而上昇，終則使拱之腹部受壓；迨至秋冬天氣轉寒，前此受熱膨脹之處，乃收縮而下而降，此時拱腹逆橋墩之部分，即無法保持其完整而漸見開裂。水量由此裂縫通過，侵蝕灰漿使裂痕日益擴大，及至再次寒暑，將繼續表演其破壞之作用，終則使全部工程難以維持。（冬季之裂痕，極易破冰之沉澱物充塞，及至次年夏季，將發生新裂痕，新裂之位置，不能與舊位置相符，勢必日漸擴大範圍，以促成全部工程崩潰）

圻工運河橋之開裂，滲漏問題既如是嚴重，如不建築此種橋樑則已，否則防止開裂或減少其作用，實為刻不容緩之急務。

欲減少開裂之作用，首宜使拱之昇降減低，是以拱形以半圓為合宜，使近似半圓形，其跨度則應儘量減窄。

因氣候寒熱之關係，工程變化極劇，且發現於外為吾人目力所可及，常見某一工程，最早尚屬完整，經一日之時間，即可見其開裂。

冬寒冰凍之關係更為可慮，天氣漸次寒冷，其破壞之能力

尚小，若天氣驟入大寒，吾人未及放乾渠水，則水結為冰，因其膨脹之關係，將使渠底開裂，危險殊甚。

開裂之起因，既非一端，防範之法，除施工宜謹慎從事外，具有伸縮性材料之選用，更宜特別加以注意。

防止滲漏之設備，應置具有伸縮性之物質於建築物之內部，其效較微，若僅塗飾於表層之上，則因受溫度變化之關係，伸縮均較圻工為速，乃漸見脫落，使圻工建築物開裂漏水。

設持具有伸縮性之物質，如瀝青類嵌於圻工工程之內，(參看第四三番)收效甚大，其法可將全部工程，分作數次建造，第一部分砌妥後，將瀝青嵌入於兩層三合土中，瀝青居於三合土內中，既不受空氣溫度之變化而伸縮，故不致被外界之衝擊而損壞，用之維持全部工程，其效至密。

第 43 番

避免滲漏之最有效辦法，可於三合土中間嵌以鉛片，厚約三公厘，鉛片之下用洋灰漿保護之，上面則用瀝青及琉璃

國昔時用之於甚多，其跨度常達數百公尺，酌量情形則分數孔，或數十孔，嗣後鋼筋三合土工程進步，乃逐漸改用鋼筋三合建造之。第三九者所示者，渠底用工字直樑並連繫以橫桿，而埋置於三合土之內，其墩座則用三合土築成。

圻工運河橋之外觀——圻工橋之外觀，以拱腹體過大之故，常現出笨重之形態，其建於公路上者，常為吾人目力所可及，尤感覺其比例不合，現瞻不雅。茲飭之法，或將拱腹平面酌加凸出線索以調劑之，或將拱頂上端之腹面鑿孔，分為去數小拱，以改變形態，如第四十者。

第四十者所示之圻工橋，則將拱腹劃分為多數橫線，有若水紋，復伸長橋墩，分全橋為若干度。

第四二者所示之圻工橋，使橋頂邊石凸出約 0.35 至 0.75 以壯觀瞻。

第 41 者

第 42 章

上者亦構成凸凹部分，不惟工作繁多，且非特別堅固之石料，不堪應用，故所費頗為不貲。經濟之法，可就原有必需者加以裝劃，如橋拱及墩座等，至於拱腹部分，則砌結小石塊，形成各種花紋，甚或尚以顏色以求美觀。有時亦可於橋頂面建造

強有力之凸出部分，使外觀者一視即可測其作障道應用，亦甚美觀也。

圻工運河橋之滲漏問題——圻工運河橋之建築，與普通橋樑相若，無須贅述；惟此式橋樑應行承受之壓力極大，約為 2000 至 2500 公斤施於一平方公尺上，故橋基之建築，務宜特別加以注意。如當地缺乏良好之基礎，則應用橋木支持

第五節 運河橋

A. 概論——設運渠中途遇有流量宏大之河道，應將河道附近之運渠高抬，俾架橋時橋下尚有充分之地位，以備急淺洪流或大水時期作通行舟楫之用；故運河橋建築工程，普通皆甚宏大，全部分為若干孔，兩端接連填築而成之渠堤。

在冶金術尚未發達以前，此種建築工程，多以石料為惟一建築材料，當時雖曾有人試用生鐵作橋，惟未著成效。迨鋼鐵冶製之術日精，乃相率改用鋼鐵材料；鋼鐵三合土建造工程問世後，運河橋之建築，益見進步。

橫斷面——運河橋之建築費用極昂，其橫斷面之規定，當以小為宜，惟斷面是否宜儘量減小？實為重要問題。茲將

其利弊說明如下以供工程家作取舍之參考：

運渠之寬度，原以供兩船之行駛，為設計之標準，卒如為節省運河橋之建築費起見，將原有之寬度縮減，改用單向航道，對於建築費一項似較低廉，惟船舶過渡需時，且工費亦較用難，得不償失，故自治金術進步之後，單槽運河橋遂漸絕跡，非無因也。

運橋上之渡水槽斷面應為長方形，此種斷面建造既易，且合適用，渡槽兩旁之護道，約高出槽內水面 0^m50 ，其寬度則介於 1^m00 與 2^m00 之間。普通為美觀計，常將護道撐於兩橋墩之外，俾於正面視之，不致過於單調或笨重。

B. 圪工運河橋——以圪工建造之運河橋，在德法比等

若水之壓頭並非過高，則用磚石結構，或三合土建造而成之涵洞，即可勝任，苟壓頭甚大，則多用鐵管或鋼筋三合土以代之，以鋼筋三合土作虹吸，其優點甚多，不惟抵抗力強大，通流易易，即運渠渠底之滲漏，亦可免除。

虹吸之內徑，甚少有使其超過100者，如客水之流量較大，涵洞不敷宣洩時，則可建造數洞鄰接排列以救濟之，虹吸前端之靜水池，池底應稍低於虹吸洞底，使客水攪拌之泥沙，受此即起沉澱作用，撥除較易。

倒虹吸之建築費及修養費均較為昂貴，故非不得已時，請勿輕用，亦有將虹吸兩端之靜地取消而用兩相反之斜向涵洞，以接連渠底下之涵洞。此種建造方式，對於容水之宜淺極易，坭沙亦可攪流於外，且人工之視察清除沙，亦較為便易。

虹吸涵洞之拱，承受兩種不同之壓力，設運渠水滿而洞中無水時，則壓力之方向，由上而下；若洞內水滿而運渠無水時，則壓力之方向，由下而上，故拱之本身重量及是時之載重，應使其足以抵抗拱下所施之反壓力為妥，設計之時應加之意焉。

接連建造若干座，務以流量至增裕如為度。

第 34 卷

第 35 卷

為宣洩同量之水，建造並列涵洞數座，建造費與壘護費，均較為昂貴，且洞口之断面亦須增加始能宣洩自如。

如為地位所限，高差太小，可應用為拱狀涵洞，(如第三五卷)有時且應用工字鐵撐持，以節省高度。(如第三六卷)

第 36 卷

水利學

卷之三

倒虹吸之建築費及修養費均較為昂貴，故非遇不得已時，請勿輕用，亦有將虹吸兩端之靜池取消而用兩相反之斜向涵洞，以接連渠底下之涵洞。此種建造方式，對於容水之宜淺極易，坭沙亦可攪流於外，且人工之視察與除沙，亦較為便易。

虹吸涵洞之拱，承受兩種不同之壓力，設運渠水滿而洞中無水時，則壓力之方向，由上而下，若洞內水滿而運渠無水時，則壓力之方向，由下而上，故拱之本身重量及是時之載重，應使其足以抵抗拱下所施之反壓力為妥，設計之時應加之意焉。

接連建造若干座，務以流量至淺裕如為度。

第 34 首

第 35 首

為宣洩同量之水，建造並列涵洞數座，建造費共雖較昂，均較為昂貴，且洞口之斷面亦須增加始能宣洩自如。

如為地位所限，高差太小，可應用為拱狀涵洞，(如第三五首)有時且應用工字鐵撐持，以節省高度。(如第三六首)

第 36 首

近今鋼筋三合土工程，日見發達，用之於建造此類涵洞，以極小之厚度，其撐持之力量已敷應用，且漏水之情形，亦可減至極低，誠建築材料中之最適用者也。

第 37 章

2. 虹吸——設為地勢所限，渠底以下之高度，絕不敷設溝引水時，則惟有建築倒虹吸涵洞以補救之。虹吸之兩端各建一沉澱池，渠底之下，則建築拱形涵洞，普通常用之形狀為橢圓形，其次則於渠底以下，建造一度或數度扁拱形涵洞，水流於上下兩端具有相當之高差，受有壓力故於倒虹吸內，仍能運行自如。

量之多寡規定之可也。

設運渠之下，因高差不敷，無法建造普通橋涵時，則洞口之形狀，採用極扁之形狀亦可，或應用倒虹吸法洞。此種只求其能合實地之應用，其外觀形狀，因在吾人目力所不及處，美觀與否無大關係。

在開始研究運渠下橋涵建造方法之前，先將運渠收集細流之設備畧述之。

設運渠於途中遇有地下湧出之涓涓細流，或山溪來往之悠悠弱水，為節省橋涵工費計，引之入渠，亦無大礙，此外去地勢無法開溝集水設法聚多總淺之處，模慮橋涵費昂，又或運渠水量原不敷用時，應改編來往之水，則引水入渠之設備，更不可免。

第32章

欲收集客水注入運渠，可視水量之大小，酌量於渠堤之下，建築小型涵洞，或較大之引水溝，第三二者所示者為小涵洞之引水式樣。如流量較大，則可加大涵洞之直徑，或製造較大之水溝，此類工程，甚為簡單，茲不贅述；惟設計時應行注意

者，為客水灌入運河之前，須使其先經過一沉澱池，俾挾帶之泥沙，不致混入運渠而產生淤墊之災害。

設沿途來往之客水，運渠不宜收集時，則應建築穿越運渠之橋涵，使之順天然地勢而宣洩於豁谷之中，苟渠底與客水水面之高差下敷時，則一如道路下之橋涵，可以採取任何形狀，惟其長度，則較路下之橋涵為長。普通常於運渠之下建造一撇攬

第 3 3 節

形涵洞，作輸少量之水應用，其中間之高度，可使工人入內視察，維護容易。

涵洞之兩端有用翼牆者，有用回轉牆者，以功用上較之，則後者抵抗滲水之作用大，附建於運渠下之涵洞用之較為合宜。

如運渠下之地位不敷時，則可應用鋼鐵或三合土或鋼筋三合土作成涵洞以洩水，苟一洞口不足洩出來往之客水時，復可

橋下應留之空隙，以能容車輛通行自如為度。普通皆在渠底以下建築一半圓形拱，或扁圓拱，而在渠堤及緯道之下，則建造圓錐形拱，兩端之洞口上仰而漸向內收縮，至渠底部，則使之吻合原定之拱狀。此種外張內縮之洞口，其用意

第 29 首

在使空氣易於流通，光線易於輸入，為用至大。

第 30 首

第二九及三〇首所示者，為下行橋建築於運渠之下，作圓道或脊道未往應用。其中部之長度為 10^m70 ，寬為 7^m00 ，應用一橢圓形拱，拱頂高 1^m75 ，橋座由路面至拱底

高 3.075 ，其兩旁之各部分，亦用一橢圓形拱。惟在礦業橋為一體形，外張內縮，洞口之寬度為 8.00 ，拱頂高為 2.25 。橋座由路面至拱底之高度為 4.825 。

第三首為另一下行橋架設於縣道或鄉道之上，其寬度為 4.00 ，拱採用半圓形，而分向兩端張大。

第31首

G. 溪河上架設之橋——橋涵——運渠之下為流過溪河之水，亦須建造下行橋，惟其尺度之大小，常因水量之多寡而增減，未能如陸上之橋，跨度與高度，皆有規定也。

溪河穿越運渠之建築物，其尺度變化甚大，流量之小者用一涵洞輸水即可，稍大者則建一小橋，若遇大量之水，則非建築一大橋不為功。總之運渠之輸水孔口，不受任何限制。以

船駛至兩橋墩之間，迨橋板放妥之後，應即時釘固，然後將船駛出，陸上交通即可恢復矣。

第28章

此種設備，實甚簡單，除臨時渠上交通感用之外，即永久性無多之處應用之亦為經濟。

11. 活動橋要點——活動橋

之運用宜灵敏，蓋必如是，始可

減少水陸交通中斷之時間，而合於吾人之需求。

活動運用機件，宜易於視察，養護與修理，漂浮之物不可使之衝擊，泥沙塵土，不可使之侵入，而滑油之供給，則應便易從事，各機件之位置以易於人工接近為要。

丁
大
學
工
程
學
院

三
一
西
大
工
學
院

第四節 下行橋

1. 通論——道路之建築，無論路線之取舍，路基之高下，因其所需要之坡度，限制尚非過嚴，時有活動之餘地；故陸路交通道，如逢運渠，則各設法酌量抬高路基，使運渠由其下通過，或平行交叉，甚少有使陸路位於運渠之下者，故下橋之應用尚少。

但實際上所遇到之地形既有不同，而各時各地之要求，亦未能盡如吾人所期許者，如道路經過繁榮之市鎮，則路面之高度，即不便儘量高抬；或支流之水審度情勢，應使之下注入谷，或運渠應由重要河流上通過，又由運渠過渡低窪之地，填土過高，其下應留陸路或水道時，遇上述之各種情形，下行橋之建築，亦所難免，因其所遭遇之環境不同，其建造方法約可分為下列三種：

1. 運橋架於公路或鐵道之上，

2. 運橋架於支流之上

3. 運河橋。

運河橋之建築，甚為重要，將另節詳加討論之，今先將前兩種渡水橋之結構，分述如下：

B 陸路上架設之橋——下行橋架設於公路或鐵道之上者，實不多見，蓋以建築費用既甚昂貴，而運渠堤岸高抬，亦非所宜也。（遇特殊情形或偶一為之）。

減較；如轉橋開放，則正樑應有之情形似一直樑將一端插入於固定物體之內，一端空懸於外；制動機件之目的，在使固定橋台，勿使左右擺動。

制動掣僅於橋台之一端安裝之，其他一端則任其自由放置於橋座上；惟旋轉之初，為免除磨擦計，可使安裝制動掣之一端，稍向下壓，他端微向上仰，則運用即可自如矣。

制動掣設置之方法甚多，各處皆有變化，今試舉一例（如第二十六節）以明其結構之狀況；

第二十六節所示者，為一制動掣之裝置，於每條正樑之一端，釘固一門，其狀如楔，頭大身小，此門繫於一鐵桿上，由於一槓柄操縱之需要時可使其插入橋座上預裝之穿孔內，或附于橋台一旁以便旋轉。

此外尚有他種方法，可以制止橋台因閉時之振動，設計之時，應斟酌安裝，茲不復贅。

F. 回轉橋——回轉橋沿橋座上之凹槽進退，其行動之方向，與河流成直角交叉，欲使全橋在進退之過程中，永保持其安定之狀態，則全橋須承受外力之合力，應施之於橋座之上。

回轉橋較轉橋笨重，橋之本身既須特別堅固，其接合之零件較多，故橋座之基脚工程亦較大；職此之故，此種活動橋，除在海口之處甚少用之者。

第 27 章

橋台面應與兩端之路面同高，故橋座上凹槽之深度，應使恰好等於橋台高度。

運用之時，可使靠橋座一端之橋台，稍向上仰，即可與預製之凹槽相接而進退自如矣。

G. 漂浮橋——漂浮橋常用作臨時橋，正視之活動橋，甚少有用之者。普通皆用橋木作橋座，分架橋台，其中間開放之部分以能容納舟楫一隻通過為度。閉閘之時，可將活動橋板一幅載之船上，橋板之長度，稍寬於中間孔口之寬度，放置時將該

雜體物，則切實釘固於橋端預製之基座上，全部機件，覆以帽蓋，帽蓋於橋台放妥時，用螺絲大釘管轄之。

在圓雜體與帽蓋之間，並嵌入凸凹鋼製之球形物各一，以撐持全橋之載重，而用以作旋轉之樞紐，凹形球之半徑較之凸球形之半徑稍大，俾旋轉之時，兩球接觸之處聚於一點，以減少磨擦之作用，及便於裝卸剎動等時輕微之擺動。款免除磨擦作用損傷機件，則滑油之注入，不可或缺，普通滑油皆緣帽蓋上及凸球上之細孔滑入。

此外橋台之兩端，並安裝小滑輪四只，順直與橫向各用兩只，轆輪槽以生鐵製成，鑲固於橋墩上。滑輪之作用，在於橋台全部旋轉之時，保持安定之狀態。

第二十四圖所示者為另一種旋轉方式，並為說明其構造與運用如下：

橋台之全部重量，由多數青銅製成之圓球擎載之，運用之時，橋台即緣圓球旋轉，圓球介於上下兩圓盤之凹槽內，下圓盤鑲固於橋墩之上，上圓盤用以支持橋台且可活動。

各圓球之間，應保一定之距離，普通皆用格桿繫於球之腰部管轄之，因此皆有其固定之位置，不能任意滾動。

圓球之上下轆道，皆用硬鋼鑲護之，故損傷之處，皆在圓球，如有損壞，更換極易。

轉橋旋轉之結構除上列所敘述之兩種方法外，尚有僅用圓球一個，以司旋轉者，又或因橋樑較大，而應用水压机以司

旋轉者，種類繁多，不勝枚舉姑從略。

轉橋上制動機件所需要之條件，可分為兩項，設轉橋關閉之時，則全橋之重力，應使之全部施之於橋墩之上，轉軸所承之力，應儘量

第 24 節

第 25 節

佔據地位過多之故而發生阻礙。

轉橋之構造——轉橋之建築，無論橋下之水道為複槽或單槽，若於構造言之均可包括下列各件；

1. 橋台

2. 旋轉軸

3. 制動機件

4. 操縱機件

橋台皆由雙軸處劃分為兩半；此兩半或為長短相等，或為一長一短，視當地情形及需要規定之，橋台用正探兩度，由此岸而達於彼岸，中間則着配橫樑連繫之，橋台之上可鋪石或應用其他材料作成路面，路面之寬度，則視交通情形，儘量縮減，此不特可以

減省建築費用，且運用之時，亦較為便易也。

第二十二首所示者，為一轉橋，橋台以豎軸分為二等份，旋轉時彼此之間成立均衡之勢。

若建造單槽，則橋台一翼較長，作麻撻渡船之用，一翼較短，僅為旋轉時撐持之用；如欲使兩翼重量相等，俾運用時易於操縱，則應於較短之翼，加持重錘以平衡之，橋台兩端之下邊，各應做基座一度，基座或以單橫樑為之，或用橫樑兩條，切實連結之，務以使其分別承受全橋之重量而施之於豎軸之上為度。

第二三首示一橋台與豎軸聯繫方法，今為說明其構造其應用：

用生鐵或鋼鉄鑄成之切斷圓錐體形狀物一具，埋置於橋墩之正中，此錐體物凸出之部分插入於另一空心錐體物之內，空心

第 23 首

第十七章所示之轉橋，由於正中建造之橋墩，將全橋之長度，分為兩段，每段之長度相等，橋墩頂端，裝置堅強之雙軸，雙軸撐持全橋載重，並負旋轉之責。

橋墩之上下兩端，各設置以木材製成之遮欄一度，俾轉橋啟閉之時，橋之兩翼，有所依附，而船舶之上下亦可用以遮避，以免衝要情弊之發生。事前可規定兩度渠槽，一作上行船之用，一作下行船之用，如此則船舶進出自如，其無橋墩設置之時，完全相同。

渠水在此種情形之下，運行自如，繞道之途徑，可沿兩岸順直來往，毫無建築物之阻礙。

第 18 章

單渠槽——設運渠之寬度，不敷建造複渠槽時，可將橋墩之位置，移至靠近繞道對岸之一面設置之，俾沿繞道一邊，做成通行船舶之渠槽一度。

此種設備，雖不能供船舶兩隻同時上下之應用，惟船槽之外尚有水道可以通流，故船上駛之時，不致激成急流，以增繞船所施之力量。

第 19 首

第 20 首

第 21 首

設受環境限制，擊
載全橋之豎軸，不得不
移至對岸之橋座上安裝
時，（如第二一首）則求
流激急，固無論矣，即
路亦受橋板伸入岸內。

損桿橋之跨度以5^m00至7^m00為合宜，若其跨度超過5^m00，則重量激增，運用之時，將感困難。

2. 升降橋——升降式活動橋，優點甚多；開放之時穩定而無搖動之情弊，各部構造亦佔據之地位甚小，而橋下之空隙則可增至極大，以利舟楫，此外運用省力，故橋之寬度可不受限制。

升降橋運用時操縱之動力多為水壓機，因船間水位具有落差，裝置便易，若遍為增加其功能，並加置持重錘以均衡之。

第十六章所示為一升降橋，橋板順直上下，其下之空隙，可以隨需要而增減，以利舟楫。

第 16 章

E. 轉橋——轉橋為活動橋之一種，啟閉之時，繞一直軸旋轉，歐西各國，海岸碼頭用之作橫碼頭間交通者甚多，運河上用之者亦甚普及，今為說明其構造與運用。

轉橋之橋板，由一前軸分之為前後兩段，運用之時，橋板即繞此直軸旋轉，其限度為 90° ，迄今各國盛行之式樣，多將水道之寬度分為兩槽，而於中間建一橋墩，旋轉之樞紐，即裝于橋墩上，如第十七首。橋板關閉時，其兩端各放置於橋座上，撤橋時則兩水道同時開放，一為上駛之船應用，一為下駛之船應用。

複渠槽——設當地之環境許可，而用費無特別限制時，則於轉橋之下，建築兩渠槽比肩而立，應用時最為便利。

亦不須另行建築，極省費用，且距船向管理處甚近，亦可應用同一工人而兼操縱之責，以減少開支。

橫桿包括：

1. 橋板一度，可以繞一橫軸 m 旋轉，橫軸則放於橋座頂置之梯台上。

2. 兩豎直支桿，中間用斜桿連繫之，狀若花格窗，其底脚則埋置於三合土內。

3. 豎桿之上，放置橫桿，其中亦用斜桿連繫之；橫桿可繞豎桿之 n 軸旋轉。

4. 兩條鐵鏈或吊桿， n_1 一端繫於 O 點一端繫於 P 點。

5. 另置一鐵鏈 n_2 於橫桿之他端，作運用時應用。

設欲開橋放船，可先將制動繫取下，然後拉動鐵鏈 n_2 ，則橫桿一端下降，他端上升，全橋將隨之而吊起。

設欲使橋板重新放下，可在橫桿之尾端，由下向上施以推力，則全橋即可徐徐回復其原來之位置而制動繫亦因之自動閉內。

欲求全部運用靈敏應使：

1. 四角形 m, n, O, P 為一平行四邊形；

2. 全部機件之運用，在各動情形之下，各種力量，應成文均衡之勢。

第一種條件，易於做到，蓋各直線 m, n, p, o 及 mp, no 構造時可使之湊成一平行四邊形，設 g 及 g' 為橋板與橫桿之重

心点， P 及 P' 为橋板及橫板之重量。如欲解决第二種条件，
應使 mg 及 ng' 平行排列，並使 P 及 P' 成反也。

$$\frac{P}{P'} = \frac{ng'}{mg}$$

連接直線 gig' ， mg_i 及 ng_i 為兩相似三角形， ng' 及 mg 與 P'
及 P 成反比。

$$\frac{ng'}{mg} = \frac{n_i}{m_i} = \frac{P}{P'} = C(\text{常数}) \dots \dots \dots (a)$$

因此； $P \times m_i = P' \times n_i$ ；

第三節 船閘橋與活動橋

A. 固定橋——閘壁外兩端之頭橋，可用以建築上行橋，以備陸路交通往來之用，在閘牆上架橋用費極省，因橋度設備既着，跨渡復小，故一切建築材料均少。

此外於閘牆上建橋，橋底與下游水位之差，等於上下游水位高差，加上游水位與閘牆頂之差，普通此空間可備船舶來往之用。

閘牆上建橋，工省費較，為其優點，惟纜之牛馬，至此卸套需時，前進之施力不能繼續，對於航運，不無阻礙，故運輸繁多之區，仍應設改良之策。

第 13 節

補救之法，可使橋之跨度加大，拱形加高，俾鑰道得以於其下順直通過，與獨立橋之建築條件相若，各種工程費用，

亦得因之增加矣。

B. 上擺橋——設兩橋上不便建築高橋，而峰道復不可間斷時，則可應用上擺橋以補救之。

上擺橋之構造，甚為簡單，用鐵製之平板橋放置於兩橋之上，板橋可分為兩部，較長之一端，架於兩間橋之間作

第 14 節

渡橋應用，其短者則使之伸入於兩橋頂製之缺口內；兩部之間，則用一強有力之橫軸，俾需要之時，橋板可以繞之擺動。橋板上仰之高度，以能容鱗船之繩索自由通過為限。

C. 槓桿橋——設於船閘上建築橋樑，苟上下水之落差不敷應用，且為地勢所限，橋位無法抬高時，則上擺橋之功用，尚難適合於事實上之需求，故應用全部均能活動之橋樑，如槓桿橋，升降橋，轉橋，回轉橋等以補救之。

活動橋樑可使運渠與鐵道平行交叉；在應用上言之，僅點與缺點各半，建造及陸上交通，均稱便易，惟阻礙航行，乃其缺點。

槓桿橋宜建築於船閘一端之兩橋上，跨度既狹，橋座

B. 圬工橋——設橋頂面抬高而無大礙，或該處石料豐富，則可於運渠上建築圬工橋，圬工橋壽命極長，修養費極輕，可稱謂一勞永逸之建築物。

此種橋樑於建築時，為減小橋面之斜坡與節省兩側之土方計，常應用 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{10}$ 之扁拱，約如第十一卷。

橋樑各部工程，與橋樑學所講論者，完全相同，姑從畧。

C. 鐵橋——圬工橋之拱度不能過大，過大則橋座建築材料需費必多，故扁拱之建築，不若改用鋼鐵平板橋為合宜；有時橋下空限不敷，亦非建平橋不可。

D. 鋼筋三合土橋——鋼筋三合土橋用之於運河最為合宜，其厚度可以減至極微，以增加橋下空隙；且建築簡易迅速，用時無須養護，較久耐用，亦可稱一勞永逸之建築物。

第二節 上行獨立橋

A. 橫斷面——在田野寬曠之區，填土方不受任何限制，可於此處建造上行橋以連接運渠兩岸之交通。上行橋建造時者宜注意者，即橋下之空限，空限之尺寸以能容納船舶往來及人畜行走為度。今先將船體之模型加以研究之。

橋下之空限，因通行船舶大小之不同，而有差別。法國規定之最小空限為 3^m70 ，若通行船舶之載重達 $1,000$ 噸，則空限亦有使之增至 5^m00 者。惟設計之時，總以卸載之船或裝運體輕貨物通行為度。

橋下之渠岸，常用兩度直立之護牆限制之，而護牆間之距離，以能容納兩船交叉上下為條件，兩船之間以及船與護牆之

第 10 章

間，各宜預留 0^m50 至 0^m75 之空隙。此外兩岸渠牆之上，並應分別預留寬 2^m50 之路棧，以備繫船之牛馬徑行之用。緯道上

距橋下之間隔應為 2^m70 。

設船之寬為 5^m00 則橋之跨渡應為：

$$11.50 + 2.50 = 16^m50$$

有時為節省橋樑之建築費起見，可將橋下一段運河，改為單向渠槽，而使橋之跨渡減至 10^m00 ，甚有將一岸之緯道改為人行道，寬約 1^m00 而將橋之跨減至 8^m75 ；但將運河之一段改狹，所發生之阻礙甚大，船舶行進時因運渠断面之減少，阻力必致加大，殊不相宜；加以此段或上游開閘放水，或以渠水來源增加，水勢急迫致使船舶無法上駛，故非過航運稀少之處，甚少有用之者。

跨度適合渠寬之橋樑，建築費雖稍昂貴，但可節省兩種不同寬渠岸之聯接工程，兩者相較，所差無幾，而船舶得以運行自如其利便之點甚多也。

第二章 運河特別建築工程

第一節 總論

第一章各節所討論者，僅限運河概括之研究以及開鑿與運用之方法而已，其他各種特別工程不與焉，茲分加以研究之。

運河中特別工程之重大者，首推船閘；蓋船舶經過兩不相同之水位，多有賴於船閘之功用也。船舶過閘之時，灌塘與倒塘之時間宜少，閘內之啟閉宜靈敏，故閘室給水與排水以及閘門之設備，均應妥為設計，惟此種工程已於第二編閘壩工程中詳論之矣，今為節省篇幅起見姑從畧。

運河特別工程，除船閘外，尚有橋樑建築，隧洞建築，除水道設備與取水設備，以及渠岸之維護，渠身漏水之防範，港站碼頭之設置等，均應分別加以研究者也。

運渠於中途遇水陸通道，均須設法渡過之，若其所遇到者，為陸路通道，無論其為鐵路或為公路，則運渠常由其下通過，間有平面交叉，甚少有在其上通路者；若其所遇到者為水道，無論其為支流或幹流，則運渠常由其上通過，間有平面交叉，甚少有在其下通過者。

上行橋即橋樑位於運渠者，可分為鐵路橋，公路橋，及河橋三種。

而橋亦即活動橋與運渠平面交叉；可分為上橫橋，橫桿橋，升降橋，轉橋，回轉橋，及漂浮橋等。

高
河
渠
工
程
第
三
篇

下行橋即橋樑位於運渠之下者，可分為跨越公路橋，跨越鐵道橋，跨越河道橋等。

此外橋樑建築於曠野不受各方限制者，名曰獨立橋，建築於船向之上者，皆為活動橋，運河跨渡水陸交通道則須建築運河橋。

運河有時宜鑿山為洞，駛船由其內通過，渠水之供給，宜有給水設備，餘水之宣洩，宜有洩水堰設備，渠岸之疏鬆者，則應施以防範工程，至於交通繁多之港站，更須有碼頭之建築。

運河各處所遇到之情形不同，工程之設施，亦宜因地制宜，工程之名目繁多，無法一一枚舉，茲擇其重要者分別論列於後。

下
行
橋
樑
工
程

偏向下游，如此則支流挾帶之泥沙，不致混入運渠。

如一一均依照上列各種條件設置，則船內可使之通過河口，以減少運渠以外航道之維護；惟船內之運渠，則宜留一停候站，俾河水高漲時，船隻駛入暫避。

第 9 章

丁. 給水之輸入與餘水之洩出——運渠內給水之輸入與餘水之洩出，均應施以特別工程，即輸水設備及洩水堰是也。

水源或自來蓄水庫，或引自渠溝，其輸入運渠之時，視其流量之大小，或由涵洞輸入，或由橋下運送；橋涵或以木石，或以鋼鐵，或鋼筋三合土製成，其位置常須位於緯道之下。如渠中水量已敷應用，或恐支流勢急擾及渠水安流時，可將入水口加以閉閉，而另設法在運渠下設洞以宣洩之。

運渠內多餘水量之洩出，常由自動之閘閘機關操縱之，運渠內每段水位之高度，應有一定之限制，如因輸入之量節制困難，以致渠水位高漲，既減小橋下之空隙，且將毀壞渠堤之安全，故非設餘水道以司宣洩不可。

餘水之宣洩，或由表層流下，或由渠底邊射出，閘堰之設備，乃有不同；有時設一活動閘門，閘門放下之時渠水由其頂端滾過，提起之時，渠水可由其底部湧出，既可作宣洩餘水之用，且可用以殺

乾某段水量，以備修理。餘水道之位置，以擇在主流匯注口之下為合宜，蓋支流來注之水，即可由此宣洩於外，以免傷害渠堤。

K. 土工之實施——運渠土工實施之時，應行注意之點，其施於公路及鐵道者相若，惟除堅固條件之外，坍塌之情弊，亦宜竭力避免。

運渠宜選在不滲漏地層開鑿，否則須另施防止漏水工程，當費頗多，如渠身開鑿於具有裂痕之岩石上，則應用洋灰洋漿批蓋之，如渠身開鑿於鬆軟坭土之上，則崩塌堪虞，應即立施以護岸工程；挖掘水溝以阻止附近雨水來注；渠坡改緩而加以排水工程以保護岸面工程；此外當地鬆軟之坭土，可挖去一部分而填以好土，並開溝以洩水，砌石或種植草木，加以保護。

以填土築成運渠，其應行注意之事項，較之挖掘工程，尤為複雜；當地原有之植物，應撥除淨盡，雜草腐物，亦須悉數掃除，而將地面做成凹凸不平形狀，俾新填坭土，得以切實聯結。堤上並宜設滲水道使坭土不致軟化，堤腳加置亂石以便撐持，此外坭土宜選合用者，而分層填築之，每層之厚度，勿使超過0.75至0.20，每層填完之後，並應用特製之輓杙，在至堅為止，填堤之時，亦應注意排水設備以護岸工程，倘有疏失，則將來補救工程，殊非易事，再者填土之時，宜由高堤着手，俾兩渠之前，先行填實。

水利工程學

使渠道得以跨越大河，而達於彼岸，惟此種工程費極昂，且以地勢與土質限制或竟無法建築渡橋，而航運在短期中斷，亦無重大關係時，則捨難就易，使之平行交叉，亦無不可。普通運渠入河之前，先築船閘一座，以溝通之，入河之後，可酌量情形，利用河道作渠，遇適宜之處，始可使之升至彼岸，而以另一船閘作媒介。設計之初，即應注意河水冬涸航深不敷，夏洪急流危險，故除交叉工程外，亦應設法使借用之河道渠化，即在該段之下游建堤，以減輕水勢而增加航深，但無論工程設施，如何周詳？河航一段，仍為危險之處，深以運渠內船舶又度與載重之規定，皆依安流作設計之標準也。

陸運渠與道路交叉工程——運渠與公路或鐵道交叉之時，宜使其由路下通過，不可使之超越路上，蓋以挖掘之渠，較填築者易於保存水量，而道路橋亦較渡水橋易於建築故耳。惟運渠由道路之下經過，亦非易事，其困難點以橋之下緣，距運渠水面應有相當之空隙，以便通行舟楫，故自橋面或軌道面至水面應具有充分之高度，始可敷用，以致對於原有之橋樑，勢不得不大加改革，而為環境限制或將影響於當地居民之利益，上架之橋樑以空隙有限，宜應用扁拱或平板橋，而以鋼鐵或鋼筋三合土為之。

此種工程，雖可將橋樑所佔之位置減低，有時受限過小，仍屬無法實施。例如經過人烟稠密之市鎮，橋樑如須抬高，不惟工程困難，且將影響於兩岸居民之利益。遇此種情形，設計

者殊覺棘手，不得已乃將上行之橋樑改為活動之建築物而用人工操縱之。

活動橋樑之設置，實不能盡合應用，對於水陸交通，均有妨礙。例如陸上通行之時，下行之船舶即應停止，水道通行之時，而陸上交通復被斷絕。故在可能範圍之內，仍應設法使渠道降低或路基升高，以免活動橋應用上之繁雜。

苟認為活動橋之建築，亦可用於作運渠與道路交叉應用，則兩者交叉之方法，共有三種；一運渠架於道路上通過，二運渠穿路下通過，三平面交叉。

I. 運渠入河之交匯口——在普通情形下，運渠常連結兩通航之河流，船舶由靜流之運渠駛入活動力較大之河道中，匯合之處，應有特別設備以便船舶進出自如。

運渠入河口之方向，應偏向下游，俾船舶進出渠口，不致受水流沖激之影響，其斜角約為 55° 至 58° 。有時礙環境限制，不得不斜向上水交匯時，其弊端不惟船舶出入駕駛困難，且受水力注射之作用，船尾之前，極易淤積沙石。

上游堤岸凸出，下游堤岸何內縮入，如此則水勢被搶，船舶出入渠口均較易操持。此外下游堤岸並應具有和緩之彎度，其彎曲半徑不得小於 50^m ，俾船舶得以依附之以進退。

再者，交匯口應選在河之凹岸，因凹岸受水力之沖刷，不致使航道淤淺也。

設運渠入河口之附近，亦有支流匯入，則支流匯入口，應使之

或隧洞之開鑿方法。

此外應加以注意者，即供給運渠所需之水量問題，設計之時，除已有之天然水流，須詳加測定其流量外，其餘當地雨量之多寡，可以利用之成分，以及地下滲漏之狀況，蒸發消耗之水量等，均須分別測記，作為設計之資料。如該區域內水量不敷應用，亦宜設法蓄積雨水，以備乾旱季節引用，或曲引他山溪流，以補此處水量之不足。

設運渠水源之供給甚為困難時，則初研究所假定之渠線，即可採用，苟稍感缺乏，則可挖掘深溝以收編山邊溪流，而渠岸則要加保護。今如水量之供給，甚差甚多，而曲引他山之水亦不無困難時，則不若疏開隧洞，倚依渠道，使便易收編山流，多聚雨水。

但鑿掘隧洞之舉，亦未能盡如人意，如當地經過鑽探之後，知不便開隧洞，或開隧洞之工費過鉅時，則渠線仍應在山頭之表面通過，而運渠不敷之水量，則用機器汲水補充之。近今因機械事業之發達，汲水已不感任何困難，故在特別情形之下，常借用機械之功用以補天然環境之美中不足。

總之，各種研究之結果，決不能盡滿人意，應分別製定各種圖表與說明，一一置案頭，多方比較，務擇其利多而工省者應用之。設計之時對於建築工費與維修費用，以及將來所獲之利益等，均須一一顧及，不可任心收縮，妄費鉅金，反令來日無法善後也。

設連結運河頂段決定後，則分向兩山之斜坡，開鑿明溝。

一如並川運河，姑不復贅。

F. 運渠與支流交叉工程——設運渠沿山坡之低處開鑿，如中途遇有他處來注之支流，欲使運渠平安渡過，應施行何種工程？

最省工費之方法，可將此支流之水，收編入渠，以增加其流量，但在實際應用之時，亦不無困難之點；蓋以交匯之處，因受支流之法射，渠槽極易損壞，且大雨之時，支流洪漲，常足擾亂運渠之安流。然此亦未可一概而論，如渠水之供給感覺困難，而支流之水復無多大變化時，引水入渠，亦為有利。在支流入渠之前段，應建築壅水壩一座，使支流注入時，將其所攜帶之沙石，沉澱之，以免堵塞水渠。支流入渠之處，應位於彎道之下，視水量之大小，而建造橋樑或涵洞，以輸送之。

但如來注之支流為急流，或其流量甚大，洪水時期渠道無法容納，則應另行設法，建造出水道，引水於渠道之下方而宣洩之，如渠底與支流之高度，不敷建築橋涵時，則可應虹吸引送之。

各處所遇到之環境不同，而交流之大小，亦有差別，故工程上之設施，時有變化，特另章敘述之。

G. 運渠與大河交叉工程——若運渠與大河交叉，或竟借大河之一段作航路，對於航運上，似不無妨礙，例如船舶在運渠中，水流和緩，載重之限度甚高，一旦駛入大河，流勢急迫，運用之時將感困難。如遇洪水之期，河水高漲，或竟使航運中斷，不可不顧慮及之。是以運渠與大河連結處，最好施以特殊工程。

四度或八度之優劣點伸論之；設閘室每高一公尺，其水量約為 230^m （此為法國之標準閘室）而由上游閘室洩下之水，復可供下游閘室之應用，如每日過船 n 次則每種每所消耗之水量，約如下所示：

$$\begin{cases} 230 \times n \times 2 \\ 230 \times n \times 4 \\ 230 \times n \times 8 \end{cases}$$

故落差較小之船閘，其耗費水量亦少，對於水量來源不充足又運渠，此層尤不可忽視。

總之落差較大之船閘，工程建築既鉅款，對於水量消耗亦大，惟對船舶之船行，因船閘數目之減少，可以節省時間，乃其優點，故迄今在運河交通繁多之處，仍以建築落差較大之船閘為合宜。普通過渡船閘一座所需之時間，約與船行一公里所用去之時間相等；設 L 為運渠之長度， N 為船閘之座數，若合併以其所需之時間計算，則假定之長度為 $L + N$ ，令欲使船行之日數減少，則船閘以少為佳，其餘吾人所欲研究者，船閘處水位之落差，是否應全部測一？此點可分為兩部評論，如對於閘門之保持與修換而言，當以同一之落差為良；蓋閘門之尺度既屬相同，各種材料較易準備也；令如以給水量方面而言，則落差之在上下游者似以其有相當之差別為合理。

今日吾人習用之船閘落差為 4^m00 至 5^m00 ，即用 7^m00 至 8^m00 亦可無需特別工程之建築；然船閘為環境所迫，亦可使達 12^m00 ， 15^m00 ， 20^m00 ，不等，惟落差過大，所消費之水量必多，勢不得不附

建節水庫以調濟之。

D. 評述——選擇運渠之主要目的，在於省工費而利航運，惟查上述各種選擇之條件，非特異常複雜，且往往發生互相抵觸之處，欲將各種條件均能圓滿解決，殊非事實所許可。故設計之時，祇可將各方搜集之材料，置於一室而分別繪製圖表以說明，詳加比較，擇其利多而工省者應用之可也。此外所應注意者，即工程之決定，首宜以經濟條件為準則，一有錯誤，動需鉅萬，始能彌其所失，故工程師於設計之初，絕不可貪徒節省時間，或揮繁辭苦，以致遺患於後窮也。

E. 連結運河選線與縱断面之規則——連結運河借以溝通兩不同區域之河航，應由高處給水，分洩兩旁，此種亦應沿山坡一岸之底脚開鑿，其並川運河所需之條件相若，惟項分流於兩山坡而已，故此段所宜注意者，專論其頂區之設置問題。

連結運河之頂區，應選擇於山頸窄狹之處，以節省工程費用，山頸選定後，既可研究渡過之方法，挖掘深溝一法也，開鑿隧洞又一法也。何者宜於擇用？選擇之時，實甚困難。欲解決此困難問題，首宜作詳細之地形測量，水準測量，並應將該區域內一切應行注意事項，一一登記清楚，然後對當地之土壤，地質，地下狀況等，再用探鑿方法，詳加考察，以決定地下之虛實，其夫工程之難易。

迨各項需要之材料測記完竣後，即可將所得之結果，置諸研究室內，作初步決定，既知地質之適合，即可決定壕溝之深度，

必盡通於彼，故選擇之時極感困難。渠線初步決定時，即受工商業之限制，必須經過沿線一帶重要之市鎮，是則渠線常有與公路鐵道交叉之機會，而復須經過人烟稠密之市鎮，故交通要道之上或市鎮之前，常須建造船閘，以避免特殊工程之繁雜，此外並應保持各水段常位於洪水區域以上；要求每水段直長加大，曲度和緩，避免水段之小者，挖掘過深，填築過高，以及各種特殊工程，設法利用挖掘之壕溝作渠，遠離滲漏地帶；最後運渠與交通要道或小溪巨流，均宜平面交叉，而對於已成之工程，則不可多加改變，對於新築工事，則宜減至極微，上述各種條件，業已可見其複雜情形，然尚有未盡者，在可能範圍內仍應設法統一各水段間船閘之新舊及其高差，使灌塘倒塘所需之水量與時間約畧相同。

在交通運輸方面言之，船閘間水位之高差，每以夾為佳；蓋每處之水位高差大，則船閘之數量可以減少，而節省舟楫出入船閘所需之時間，與工人管理費用。

使船閘間之水位高差加大或減少，對於工程建築費用，兩者相較，相差甚微；良以用高差較大之船閘，雖可減少其數量，以節省閘室之護基工程，閘門裝置，以及灌塘倒塘之設備，與管閘工人房舍之建築等；惟須增大閘牆，跌水壁，閘頭橫牆之建築，其多用材料之費用，與其所省者正屬相同也，今試舉一实例以明其究竟：

設有運三段，其每股水位之高差為 24^m00 ， 26^m00 與

48^m00 設款超過此高差，可採取三種不同樣之情形而比較之。(第一種用 12^m00 高之跌水，第二種用 6^m00 高之跌水，第三種用 3^m00 高之跌水)今假定閘室內水深為 2^m40，其閘牆之出水高為 0^m60，設閘牆之平均厚度 $l = 0.40H$ ， $H =$ 閘牆高度 $h =$ 上下游水位高差；因此

$$H = 2.40 + h + 0.60 = 3.00 + h$$

閘牆之断面為：

$$v = lH = 0.40H^2 = 0.40(h + 3.00)^2$$

設 C 為兩水段閘水位之總高差，閘牆所用之材料，可與 $\frac{C}{h+3}$ 成比例；以上列三種假定計之可得其結果如下表所示；

船閘數目	高差 24 ^m 00 之水段		高差 36 ^m 00 之水段		高差 48 ^m 00 之水段	
	高差	應用材料	高差	應用材料	高差	應用材料
12	2	300	3	432	4	588
6	4	294	6	486	8	726
3	8	363	12	675	16	1083

若以填挖之土方工程而論，則建築高差較大之船閘，其費用必大；其原因以落差大之船閘，各水段必亦較長，如當地之地形未能各行適合時，則挖掘與填土之工費均大，不若分作數段建築較為有功。

今復以全段之落差為 24^m00 作例，而以建築船閘兩度或

越過河水而移至對岸；曰改變原河俾予運渠開鑿之地位，茲將此三種建議分論之。

第一種建議，實不無可慮之處，運渠與原河匯流，渠水之安流狀態不能維持，以致洪水時期危及航運，而低水時期，則航運難期，必也。建築入河及出河船閘各一座以調濟之，除此以外，欲使河內具有相當之航深，仍有賴於堤之建築。故此種建議，工程費用極大，非遇有市鎮，運渠絕無他法可以通過時，慎勿較用。

第二種建議，所費更多，蓋欲越過原河，其高度且須位於洪水之上，始能免除危險，而運渠之大量通流於實際，其工程上之困難，可想而知也。

第一第二兩種建議，既各有其缺點，今欲使運渠渡過此障礙，惟第三種建議是賴，即改變河道使其讓出位置以備運渠之應用

是也，將原河改道後，擬用堅固之堤防工程保護之，以免河水再度歸入舊槽，或將原河舊槽完全填平，而只留一迴轉形，如是即遇洪水大溜亦無法奪道歸入舊槽矣。

第 8 節

但運渠渠線之選擇，並不可專以測量之數字作根據；蓋山豁之中，居民稠密之處，工廠所在之地，以及礦場等處，亦多築於山豁低處而不被洪水淹沒之位置，此外交通道路，鐵道

等亦皆造工者費較之河岸而應用之，凡此已有之情形，尤為造運渠線時所應加考慮者也。

運渠渠線之決定也，固應設法避免各種困難工程，而利此害彼之設施，亦不可冒然興工。故專賴技術設計尚不足以解決此種問題，而政治上之需要，人民之要求，以及工商業之利便，一一皆可影響渠線之取舍。從事運渠工事者，應多方比較而後決定之，不宜專執一說也。

C. 並川運河縱断面之研究。——設運渠大体方向業經決定，取左岸或右岸亦已研究完畢，其應經過之處所及渠水位高度均經假定後，則技術上之研究，應注意下列各點。

因渠道宜沿山坡之底脚開鑿，並應經過指定之處所，故其將來之渠線，亦可推定其大概。測量之時，除渠線之高度，各變換點之断面，及地形皆應詳為繪製外，其餘阻礙物，危險地帶，溪河，道路，房屋等，亦須一一測量清楚，並測量竣事，吾說製定之後，即可從事分別加以研究。設因地形之關係，渠線應有彎曲時，其曲度半徑不可使其小過500^m00；若地形分水段，其每段之長度不宜使其小於一公里。在決定渠線之時，不可專注意於挖掘土方之相抵（如修築公路或鐵道然）而地質之虛實，不滲漏地層之選擇，更宜注意及之。在設計室研究之時，即數度改定渠線，所費時間，亦屬有限，而檢擇利便之方式，有時或可獲得最有利之結果。

運渠線上船閘位置之分配，其條件至為複雜，適於此者未

運渠之與船舶，與公路之與汽車，鐵道之與機車相若，關係至為密切；惟此皆係順直行進由近而及遠，若欲使船由此水段達到另一水段，由下而上或由上而下，則須有賴於船閘之作用，故船閘之與運河，亦可謂一水力升降機也。設有一船溯流而上，欲使之渡過船閘，應先將上閘門關閉，而使下閘門開放；此時間室內之水位，與下游水面同高，故船得以自由進入閘室之內，迨船入閘室後，可即將下閘門關閉，而將給水機閘開放，使閘室之水位逐漸抬至與上游水面同高，然後將上閘門開放，該船即可復入於渠而繼續其航程矣。如有船由上而下，船閘各部分運用之方法畧同，先將下閘門關閉，而放水於閘室，迨閘室水與上游水面同高時，則將上閘門開放，引船置於閘室，此時可將上閘門關閉而將洩水機閘開放，使閘室水面逐漸與下游水面同高，該船即由閘室而復入於渠，而完畢船閘之全部功用。運河各部構造已如上列所述，其縱斷面之規劃，可以從事研究矣。

B. 並川運河渠線之規劃——a 評述——並川運河，常位於山豁中，沿山坡之一面開鑿；運河由原河引水出槽後，應設法避免運渠之水，復下流入河。運渠起渡原河亦應儘量避免之，蓋運河與原河無論其交叉之情形何似？工程上既感困難，航運上亦不無阻礙也。渠線應在左岸或右岸開鑿，宜根據當地環境，慎重加以選擇，對於地形之情況，土質之虛實，人烟之稠稀，困難點之多寡等，均須一一詳加比較，擇其工省費輕者應用之；故渠線之選擇，實無規定之標準，因地制宜，專在吾人之善於運用耳。

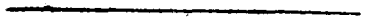
運渠既分段為階級形狀，故渠線不宜採用坡度均勻地帶。地面坡度均勻，對於建築梯形渠床，甚為困難。蓋欲使落差聚於一處，則每段之上游，應行鑿深，下游應行填高，工費殊屬不貲，故不若利用天然形成之段落地形為合宜。運渠宜絕對避免洪水之淹沒；蓋洪水不惟有礙航運，且對於船舶大有損害，而沖蝕渠堤，淤墊渠床，為害亦甚烈也。設渠道不能位置於河水泛濫區域之外時，則須有堅固之堤防工程以保護之，惟此項工程之建築費共修養費，均極昂貴，且堤防建築之後，洪水河道之断面縮小，其洪漲之形勢，當必抬高而更見凶湧，對於沿岸居民之利益，甚為有害。

運渠之路線，亦不宜選在山坡高處，蓋該處挖掘之工程既大，而復常遇淤積之地層，泥沙與卵石混合堆置，漏水極為可慮；再者山坡具有陡直之坡度，護牆之工程必大，而過渡支流，其工程尤為困難，此外因渠路與河水面高差較大，引水口亦必較速，故選線之時，雖應使運渠位於洪水區域以外，然亦不宜專擇高地，以增加各部工程費用，惟滲透地層，則宜儘量避免也。

依此，則渠線應選在山坡之底腳，乃為勢使然，地質既甚適宜，且易於挖掘而不滲漏，加以地勢坡度較緩，主流易導引水入渠亦較為便易。

但在山坡底腳之處，各種工程上之困難極多，第一河水常不能順山豁之中間下注時左時右，彎曲如帶，甚或侵蝕一岸之急坡腳底，使運渠無間鑿之位置。在此種困難情形之下，欲使運渠通過，有三種建議：曰使運渠在此段與河水同流；曰使運渠

上列研究之船行阻力，僅為直線運渠上所設論，若遇
 弯曲渠道，則其阻力當必增大，其增大之數值，與弯曲半徑之大小
 成反比，即弯曲半徑愈小，則阻力愈大。framant氏認定在一定
 速度托運船舶，在弯曲渠段之半徑等於100.000時，其應施之拉
 力，較之直運渠，約大兩倍，設弯曲半徑為500.000則所施之力僅
 增加二十五分之一而已，故弯曲半徑，應加限制，不可使之小於規定
 之限度。



第三節 運河渠線之規劃

A. 概論——運河大別分為兩類；曰並川運河，曰連結運河，並川運河用以順河流之航運，溯至上游水源，連結運河用以貫通兩河流或兩不同區域內之運河。

今如欲使連結運河到達頂區，亦皆沿一山麓順一溪河，溯溪而上，其一切之設施，實與並川運河所應注意者相若，故開鑿並川運河之各種規劃，一一皆可用作連結運河設計之準則。此段之文論，先以並川運河作研究之對象，至其餘各類運河，僅於其特殊應用上，加以補叙而已，但在開卷之前，應先將運河全部之運用約述之。

運河為一階級狀水溝，上下兩段之間介以船閘，前節已言之矣。運渠之任何一段，其渠床均以人工為之，断面規則，底部約成等直形狀，各該段中之水深亦約畧相同。

船閘為便利船舶由此水段達到另一水段之特別建築工程，其下部曰閘基，兩旁用撐牆夾持之，名曰閘牆，閘牆伸長於上下游，各裝門，在閘門活動處，建造閘門室，兩閘門中間之段，放置船舶，名曰閘室，以其需要，因時啟閉上下閘門，使之與上下水溝通。

艘首尾轉向。建造迴轉所之時，宜設法選擇天然合用之地点，以免建築費之激增，若通於鄰近港址建築之最為合宜。

I. 渠岸種植——如在渠岸之上，種植青草矮木根深入土，相互盤結，對於渠岸之保護，最為有利。此外在渠岸上種植樹木，其便利點亦有幾端：樹木避風對於拉船之人畜，可以減少相當之痛苦，太陽射入之機會減少，渠水被蒸發而消耗之量亦可減低。惟樹根有時被蟲蟻咬壞，中空漏水，或樹身高大，受疾風之吹動亦可使渠堤開裂，而擾及堤之安全，故樹木之種類之選擇應加之意焉。

J. 行船阻力與運渠断面之關係——設有船浮流於四邊無限大之水中，其進行時所發生之阻力，僅與船之形狀，尺度之大小，建造之材料，與接水部分之狀況及進行之速率有關。設以同樣之船使之緩行於有限制之渠道內，如運河然，其阻力之變化，除依上列各種條件，有所增減外，並應注意航道之寬窄，即隨断面之大小，阻力之值應為：

$$R = C V^2$$

C = 船行阻力之係數，其值應大於一；C之值隨水流速度之增加而加大，依船之形狀及應用之材料，與渠之形狀及建築材之不同，而有變化。

$$C \text{ 並用 } n = \frac{R}{C V^2} \text{ 之減小而加大，}$$

$$n = \text{運河橫断面邊水部分面積}$$

ω = 船身浸水面積

水利專家馬氏 (Mau) 經多年在內河試驗之結果認為船舶行進時，其阻力與斷面之關係如下：

於四邊無限大之水中，船行之阻力極小，若在運渠之中於船舶行進時，則通過之部分，僅為船底與渠底間及船邊與渠壁間之餘隙而已，其餘斷面則皆被船身佔據，此時船之首部水勢上湧，尾部水位跌落故水之斜坡愈顯，則其所發生之阻力愈大，而欲使船舶前進所施之力，亦應加大。

$n = \frac{\omega}{\omega_0}$ 數值之大小，對於航運之關係，至為密切，茲為列舉實例說明之。

在法國之運河中，其標準船舶之寬度為 5.00，吃水深為 1.80，

n 之數值應為： $\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{2.6}{1.0} = 2.6$

在此種渠道上，如渠水之流速為 0.75 秒公尺，則阻力係數應為 3.67。

馬氏 規定此值不宜超過二，俾航運施力經濟，因此 n 之數值，應大於四。

查 De Thierry 認為運渠橫斷面之面積與船身浸水面積之比率，在內地運河不應小於五，又查恩格思 所作試驗，運河內船之速率，應與此比率相稱，在速率為每秒一公尺半時，以五至六為合宜，在速率為每秒二公尺時，以十為合宜。

經各專家試驗所得之結果，可以借此作設計橫斷面之準繩，故在經濟允許情形下，斷面當以大為合宜，欲得同等之 n 值，以深渠為最精

$$l_p = l + \frac{380}{R} \dots \dots \dots (2)$$

設 $l = 10000$ 則：

$$l_p = 10 + \frac{380}{R} \dots \dots \dots (3)$$

l_p 為渠底之寬度，彎曲處應行增加之寬度為 $\frac{380}{R}$ ，因此式求得之結果較之(1)求得者，約大二倍以上，但在歐西各國運河上應用者，其值復較此經驗式計得之數字為大。

法國運河尺寸表 第二表

載重 (噸)	船舶尺寸 (m)		運河尺寸							
	長度 (m)	寬度 (m)	吃水深 (m)	全寬度 (m)	半寬度 (m)	彎曲渠		船閘尺寸		
						增寬 (m)	渠長 (m)	有效長 (m)	有效寬 (m)	墩上水深 (m)
300	3850	5.00	1.80	1000	240	$\frac{380}{R}$	300	4050	6.00	2.50
600	6000	7.10	1.80	1265	240	$\frac{920}{R}$	585	65.00	9.00	2.50
900	7500	8.60	1.80	2000	250	$\frac{1440}{R}$	820	80.00	10.50	2.50
1200	9000	10.00	1.80	2350	255	$\frac{2100}{R}$	1070	95.00	12.00	2.50

河底為一橢圓曲線形，約如下圖：

F. 特別段橫斷面——上列渠道之尺度，無論其為直線或為曲線，要皆為在普通情形時之建築物，苟運渠須開鑿於岩石之中，或須在人烟稠密之城市經過者，則渠道之斷面，常應加以改造以期適於實地之需求，如顧慮該段渠岸坡度過陡而有崩潰之危險

第 6 節

時，則可酌量情形用圻工或石工加以保護之。

苟乃採用之橫断面為矩形，則乃應取之渠底寬度，倘為梯形渠底寬與水面寬之平均數值，若以第四者為例，則其底寬宜為：

$$\frac{10.00 + 16.00}{2} = 13.00$$

但用圻工護岸之渠道，其阻止水流之力較小，故用矩形断面，其底寬用 11.50 即可敷用。

G. 互避所——在特殊環境之下，為地勢所限，或當地之岩石極堅，開鑿之工費極鉅時，則該渠段之断面，可以縮至容一船通行為度，為免除上下船艘衝突起見，可沿渠擇地酌設互避所以補救之。互避所之設置，宜沿埤道之對岸修築之，兩互避所間相隔之距離，雖無規定，惟須以目力所能瞻望為限，如此則上下船艘之交，亦可免除費時誤事之情形。

H. 迴轉所——沿埤渠岸或應酌量設備迴轉所，以便船

似非經濟之道，此在因地制宜，未可一概而論也。普通各運河之需要，如用緯道寬 4^m00 ，副緯道寬 2^m00 較應用矣。苟緯道上應用機械牽動船舶，則其建築共寬度，當以所應用機械為設計之標準。

緯道之断面，宜稍向外傾斜，俾拉船之牛馬或機械得以妥為施力，而雨水與泥濘，亦因之而便於宣洩於水溝之中。

緯道如僅沿運渠之一岸建造，左右兩方何者為宜？亦宜加所研究。普通依山旁作運渠者，緯道應靠谷旁建築，而在平原開鑿者，其方向之選擇，與風向有密切之關係，設計時應注意及之。

緯道之上，若能用砌石工鑲砌寬 2^m00 ，均屬萬善。苟為省節經費，用粗沙或石灰沙混合鋪之亦合應用也。

C 步道及水溝——步道可以增加渠岸之安全，且便於宣洩洪流。水溝在橋大之岸边建造者，可用以收集雨水輸至適當之處而宣洩之。如在填土之岸底脚建造，則可隔離運渠滲漏之水，直接及於農田，而礙於農作物之生長。此種建築工程，關係運渠之安全極鉅，且工程簡單，所費無多，設計之時，萬不可以其細微而忽之。

D 法國運河規定之橫断面——在法國境內通用之重要運河，其浸水部分之面積為 29^m^26 ，水深為 2^m20 ，船底與渠底之間，預留 0^m40 之餘隙，在上下船舶交叉之時，船與船之間，或船與岸之間，亦皆留有 0^m40 之餘隙。

E 彎曲處之渠寬——在直段運河內所規定断面之寬度，若用於彎曲之渠道，則其寬度必須加大，始能合乎實際之應用。參看第五看可知在彎曲部分，其寬度應行增加 α ； α 之值可由下式決

水利學

運河工程

第 4 節

定之。

$$x(2R_e - x) = \frac{L^2}{4}$$

因，

$$R_e = R + \frac{x+l}{2}$$

故：

$$x = \frac{L^2}{4(2R+l)} \dots \dots \dots (1)$$

第 5 節

在兩船交叉之時，每船應佔之位置，甚難適合於規定之條件，故用 (1) 式所求得之結果，尚難敷實際之需求，經過若干次之試驗，應用下列經驗式較為合宜。

運河名稱 尺。寸 表 第一表

運河名稱	最大通航船舶尺寸		載重 (噸)	船 尺 寸		運 河 尺 寸				外 標 下 餘 隙 (m)	
	長 (m)	寬 (m)		吃水 (m)	有效長 (m)	有效寬 (m)	水深 (m)	水面寬 (m)	渠底寬 (m)		中 水 深 (m)
Nasutisch	40.2 30.0	4.6 6.0	1.2 1.2	45	7.5	2.5	19.0	12.4	2.0	1.5	4.0
Bromberg	55.0	7.4	1.4	57.6	9.0	2.5	19.0	13.0	2.0	1.5	4.0
oder-Spree	55.0 40.2	8.0 4.6	1.7 1.7	57.0 57.0	9.6	2.5	26.11	19.0	2.0	—	3.5
Finow	40.2	5.1	1.4	41.0	5.34	1.57	23.0	16.0	2.0	—	3.2
Berlin-Tollin (Hohenzellen)	65.0	8.0	1.75	67.0 85.0	10.0 10.0	3.0 3.0	33.0	20.0	3.0	2.3	4.25
Tel low	65.0	8.0	1.75	67.0	10.0	2.5	34.0	20.0	2.6	2.1	4.0
Elbe-trafe	78.5	11.5	1.75	80.0	12.0	2.5	32.0	22.0	2.0	—	—
EmS-Weser	65.0	8.0	1.75 2.0	85.0	10.0	3.0	31.0	16.0	3.0	2.8	4.0
Rhin-Herne	80.0 80.0 80.0	9.0 9.5 9.5	2.5 2.3 2.3	105.0	10.0	4.5	34.5	15.0	3.5	—	4.0
Wesel-Datteln	80.0 80.0	9.0 9.5	2.5 2.3	225.0	12.0	4.5	34.5 39.0	15.0	3.5	3.5	5.0-5.5
Dortmund-EMS	65.0 66.75 60.0 40.0	8.0 8.2 8.2 7.2	1.75 2.0 2.0 2.0	67.0 79.0 105.0 165.0	8.0 8.8 12.0 10.0	3.0 2.5 3.0 3.0	30.0	18.0	2.5	—	4.0
Hunze-EMS	65.0	8.0	1.75	105.0	12.0	3.0	26.75	14.0	3.0	3.37	4.0
EMS-Jade	33.0	6.2	1.8	33.0	6.5	2.0	17.5	8.5	1.5	—	15 堤迴轉
Rhein-Marne	38.0	5.0	1.8	38.5	5.2	2.5	16.0	10.0	2.1	—	3.7

河渠工程技術三編

九 西大橋工程

置數化，以促其塌陷。欲使接近水面之岸坡不致崩潰，可在該處之岸坡上，加做平台，順渠排列，寬約 0.70 至 0.6 。平台上則用木材，或青草或種植葦草，矮柳等植物加以掩護。

青草與木應不時加以維護或更換，而植物之生長亦將有礙於渠水之暢流及船舶之行駛，況有一平台之加築，則渠工所需之土方加大，亦非所宜也。故平台之設置，近皆廢棄不用。

為免除抹水處岸坡之被沖蝕，亦有使平台潛伏於水下，而在抹水處，加築矮護牆，以保護岸坡，惟固有此潛伏平台之建築，一面使船之緯列力減少，一面使浸入水中之部份加大，故保護岸坡之可待辦法，仍應施行護岸工事加以維護之。

3 緯道——吾人常於渠水面以上 0.70 處沿渠兩岸各作平路，一邊寬約 4.00 作緯道，一邊寬約 2.00 作副緯道。法國於1880年規定緯道應寬 5.00 ，副緯道寬 3.00 。 5.00 寬之緯道普通亦可借作道路之用，然如公路於某段應與緯道並用，則其寬度除應適合公路寬度之規定外，並應酌量額外加寬，以備緯船之牛馬牲來經行之用。

有若干工程家擬令運渠之兩岸各做寬 4.00 之緯道不分正副，其所恃之理由如下：

如緯道不分正副，兩岸均易通行，則可使一邊作上行船之用，一邊作下行船之用，故船舶交叉之套車卸馬手續之繁雜，得以盡行免除，而船家亦可利用風向共避免烈日而加以選擇，但此種工程，僅可施用於交通繁多之運渠內，如於運輸無多之區域內而應用之。

第 1 圖

長 30^m0
 寬 6^m00
 最大吃水深 2^m00
 長 : 寬 : 吃水 = 15 : 3 : 1

道之橫断面當使能容納標準民船二艘並行，此断面之尺度，應如第二頁所示，即渠底寬 16^m00，渠水深度 3^m00，岸坡在黏土及黃土中為一比二，故在水面處之寬度為 28^m00，在船底處寬度為 20^m00，在城鎮房屋甚多處，其底寬亦為 16^m00，兩兩岸則擬用圪工或碎石護岸。

為行舟安全起見，船底與渠之間，預留 1^m00 之餘隙，兩船艙艙之間預留 3^m00 之餘隙。

今將德國運河之尺寸，列如第 1 表，以備參考：

運河之底寬與水深既經規定之後，欲使此断面保全久遠，而無坍塌岸之工程之工程，則惟有令岸坡較緩，俾泥土不致崩潰淤墊，通常所採用之橫断面其岸坡之斜度，多為 3 比 2 之比，如遇

第 2 首

天然岩石或加圻工護岸者，則此斜度可以改小，苟地質鬆浮，則斜度亦宜用之加大。

渠之尋常水位水面與埕道之間，應預留之高差約為 0.60 ，而在特殊情形之下，則此限度並應加大。總之以洪水之時，渠水不致外溢為度。

久經應用之渠道，其渠岸崩潰之處，多在尋常水位等高之

兩岸坡上發現之，其所致此之原因，不外以船倒塘灌塘時水勢振盪，船船來往激起浪花，以及船舶兩翼之摩擦所致。此外該段時而浸入水中，時而晒之日光，亦為其崩塌原因之一，而結冰與消凍之作用亦可使土

第 3 首

第二節 運河橫断面之規劃

運河槽亦即較大之壕溝，其断面規則有律，自上而下約略相等，若作一縱断面視之，恰似階級形狀，每段水位常使保持其規定之高度，雖遇多雨之期，亦應宣洩得法，俾冰面無劇烈之變化。每水段以兩個特別工程限制之，此特別工程名曰船閘，上下游水位之高差聚於此處，而船舶之得以升降自如，乃賴船閘之功用，階級形水段之構造亦甚簡單，在並川運河者，向一面傾斜，有若單梯，在連結運河者，由頂段分向兩方傾斜，則似人字梯狀，每水段之名稱，多以其下閘之名稱名之，頂段分向兩方之運河，則各以其所到達之河流名之。上列所述者僅為直線運河，而分歧點，轉迴灣，互避灣，港站，曲線部等工程，尚需因地制宜，加以建造。

A 橫断面形狀——運河橫断面之尺度，宜視該運河內預定通行船舶之大小規定之，故在一類運河之內，務使其橫断面約略相同，俾載重相同之船舶，得以通行無礙。惟運輸頻繁之河段，其断面當酌量加大，以應合事實上之需求。

運河橫断面之規定，將為全河所採用，故事前必須加以精密之考慮。如断面失之過小，則工程完成以後，不能適社會之需要，繼續修改，需費無已，如失之過鉅，則工程費用，固以倍增，而不切合經濟原則。且運河之效用，與社會經濟，息息相關，故断面規定之合宜共否？不僅關係目前之經濟問題，而實予社會經濟以深切之影響也。

法國於1879年規定之運河尺度如下：

水深	2. ^m 00
船廂有效寬	5. ^m 00
船間有效長	28. ^m 00
橋樑下餘隙	3. ^m 00

此種運河中通行之船舶，其規定為：

船長	38. ^m 50
船寬	5. ^m 00
吃水深	1. ^m 80
載重	300噸

查上列數字，知水深與吃水深相差，僅為0.^m20，似嫌過小。兩隻船舶交匯其中，其吃水深各為1.^m80，故運河河底之寬度應為： $2 \times 5 + 3 \times 0.2 = 10.^m60$ 。

但船底與溝底之餘隙，僅為0.^m20，事實上不能敷用；蓋其底部或以坭沙堆積，或以渠堤崩塌墮落，均可使河道淤淺，故載重之船往往擱淺，交叉之時常見抹堤，以致疏濬工作，不得不因時舉辦，所費殊屬不貲。

後知1879所定數值不敷應用，而有分別增加之必需，乃將水深改定為2.^m20；而橋上水深則定為2.^m50，至渠底之寬度，則以修治較易，未見諸明文規定。

我國整理運河討論會所擬採用之運河尺度，係以通行已有之民船為標準，民船尺度如下：

理之目的，不能盡相符合。此無他乃以天然之河流，其情狀有甚惡者者，或以河流之比降過陡，水流湍急，洪水漲勢凶湧，河床遷徙無定；或以兩岸阻碍治導之規則，如村落市鎮之未可毀棄，工廠貨棧之不可撤銷，而沃野良田亦未便因治河而被湮沒，在在均不得不遷就事實，致使整頓之計劃不能實現，河道治理之工程，其功能有時而窮，若任山流不通航運則已，否則另闢人工航路——運河——實為要務。

若遇河床遷徙無定之河流，調整之方法，應分別利用法格氏 (Fargyle) 之各種定律，但該河之最小流量，亦宜有相當之限度，如流量小於此限制度時，則法格氏治河方法之設施，亦唯期其通航運，故不得不建築閘壩或另闢新河以補其窮。

C. 運河之種類 — a) 並川運河 (亦名側行式運河) ——運河之目的，在使各水段均具有相當之深度與滴度，以備舟楫來往之用，舟楫之與水路亦如火車之與鐵道也，運河之橫断面規則有律，除遇特殊情形或特別應用外，上下應為相同之断面，断面之尺度，則以該河段內預備通行舟楫之尺度為標準，至其水面之縱断面情形，則若階級形狀，使高差聚於一處，而賴船閘過渡之。

設運河沿一不易通航之河流而開鑿，其下段則與一易於通航之河道或施以人工加以渠化之河道相連接，如此則該河之交通，可以上溯而漸及於水源，以增進運輸之功用，此式運河，名曰並川運河，歐西各國用之者頗多。

b) 連結運河 (亦名分水式運河) ——設欲連結兩山谷間之航

運，使船舶由低谷而漸升至山嶺，再由山嶺而達到另一低谷，此種運河名曰連結運河，再者如遇兩並行之天然航路，或人工運河，設法開鑿新河，使兩流相通，俾此區域內之貨物得以運輸至另一區域，以通有無，亦稱連結運河。

C. 混成運河——有時人工河道，並非專為航運而設，其目的尚可包括灌溉，水力發電等，既須便利農業，且須惠及工商，此種河道，在論理上言之，固甚合經濟之原則，惜實用上之困難尚多，勢難盡量推廣。例如欲灌溉廣大區域之田畝，或用以發電，則所需之水量必多，若令水流疾速以求獲得大量之水，則上行之船舶將感困難；如令新河之断面儘量加大，則所需之工費亦昂，故此種運河，雖其目的絕佳，然為環境所限，殊未可充份混合應用。再者灌溉有須大量之水供給時，往往為河水淺涸之日，願此文彼亦非所宜也。

D. 研究之對象——我國河道除天然可以通航者外，甚少施以人工之修治者，故沿河興築化河道之舉，均為目前之急務，此編研究之範圍，僅限於運河工程，茲將運河水量之供給，改良興建造，建築工程及運用工程等，分章加以討論之。

河漢文庫
卷之十

之在天津設立督辦運河工程局，當時擬向美國借款，並聘請美籍工程師以司其事。後以時局關係，雖有局部測繪與設計工作，卒未果行。嗣後運河工程局，數見成立，其目的均在改良運河工程以利航運而免泛濫也。近年導淮工程，因有新式船閘之建築，艘艘巨船，可有長江上駛宿遷以上，為亘古未有之盛事，於是國人並屬望於全運之復興而設立整理運河討論會，以從事研究與設計，俾得早現厥成，將來全運清通，巨輪東徃，吾人對於運河之功用，信任益深，民念上年秋，經濟部復設立湘桂水道工程處，以謀貫通兩省之水路交通，且從事於灵渠之研究，以增其功用。其他未修復之古人遺業，當可修復，而相度地勢，開鑿新運，亦必接踵而至也。

運河之功用，既為吾人所共認，開鑿新河，當為社會所需求，況舊有之運河，前此視為交通利器者，而可任其荒廢哉！由此觀之，運河之建，不惟不應視為落伍之工程，且將因其應用上之推廣而增其原有之價值，故此科之研究，仍應列入土木工程課程內重要科目之一，幸讀者加之意焉。

五

第一章 運河之興築

第一節 通論

10
可
集
上
長
第
三
篇

A. 河流評述——河流為最經濟之運輸工具，其阻止漂流物之作用極微，故船舶之載重可以增至極大，此種理由，試用一簡單之例以說明：在運河之中，以一匹馬力，或一強有力之船隻，可以挽載重200至300噸之舟楫攜之上行，300噸之載重，項火車一列車始能拔運，水運之省力，於此可見一般，但普通所有之天然河流，甚少有適合於航行之需要者；蓋航運之要求，首宜使河流具有平緩之比降與統一之橫斷面及規則之縱斷面，其次宜令其流量充足而漲落之變化極微，此種條件，常為天然河流之所無，比降過大，水深不敷，河床遷徙不定，低水時期流量每覺不足，遇此不規之河流，欲使便利航運，勢非施行各種修治工程不可；惟河工需費頗鉅，而維持航深之浚深費所需尤多，苟河流經過整理之後，尚不能獲得所要求之航深時，則須將全河分為若干水段，分別建壩，以節制水流，設天然河流之情形極壞，無法治理，或治理之費極鉅時，則須另開新河以補救之，此並川運河之所以興築也。

11
云
及
其
大
意
也

B. 人工航路之需要——天然河流之治理工程，或渠化河道工程，普通建築費與維持費，均極昂貴，而吾人所要求之航道必須之條件，又難一一就範而盡如人意；蓋洪漲之侵蝕河床，冲刷淤積，河身曲形之改變與水流方向之轉移，往往與治

河渠工程

第三編 運河

引 言

鐵道問世以後，世界上之交通事業，獲得一最大之進步，千里之遙，不日可至；萬鈞之重，視若毫毛，無論通都大埠，或鄉僻小邑，皆可利賴之以通有無，其功效之偉大，有非一紙所能盡述者；

憶自鐵道興築之初，吾人見其功用之宏大，而對內河航運與運河交通不無懷疑其功績。因有逐漸棄置之趨勢，初則見諸言論，繼則發表著作，歐美各國當時受斯說之影響，對於水運之發展，已有不少之阻力；而我國則以有津浦滬寧滬杭諸路之興築，以致我長城媲美，長九三千餘里，縱貫冀魯蘇浙四省，聯絡華北黃淮揚子太湖五水系，內地貨物賴以運輸，社會經濟賴其調劑之運河，亦久廢無人修治；反令昔日沿途商業發達與城市之繁榮，一落千丈，而往日有濟運宏泛濫之水，今則蓄洩失宜。不惟舟楫膠阻去航運之功，且旱潦類仍，淹沒時見，良可慨也。他如桂之靈渠，豫之賈魯河等，亦皆為人工鑿鑿之河道，昔日皆有航運之獲利，迄今均以年久失修，航運廢弛。致使古人之盛業，不能膺繼，言念及此，殊堪痛心。

夫鐵道功用之宏大，人人固不得而非之，而建築工事，亦不若運河興築之困難。高山峻嶺，鐵道易越，深溝巨川，鐵道易渡，再者鐵道一線可通，行車迅速，停站與否？任其自便，亦不若水運之越過船南，在在需時，行程過於緩慢也，此外鐵路到處可築，維市鎮

之中心，工廠之堆棧，亦可直接達到，故原料之供給與出品之運銷，均極便利之能事；回顧水道之曲引，用墩特多，故少數學者認為在此陸運發達之社會上，運河已成為落伍之建築物，其應用殊未足推廣也。

上列所持之理論，確有相當之理由，運河之功用，在一般交通運輸上言之，固須退避三舍，讓鐵道獨擅勝場；蓋以其建築與修養各費，均較鐵道為高，而一則迅速，一則緩慢，一則因地制宜，一則時受環境限制。其功用多未可相提並論也。

運河之功用，雖遠遜於鐵道，然則在一區域內亦不可以水陸之間，彼此相互為用，以促進交通之便利而造福於國家民眾乎？曰可；蓋鐵道之運輸，僅限於有時間性及較有價值之物品而轉運之，至若笨重之貨物，復不受時間限制者，或其體質甚重而去相當價值，（例如各工廠應用之原料，以及糧食牲畜等）苟一仰賴鐵道運輸，殊不經濟，必也借用水運之力，以求其成本之減輕，而便於大量之轉載。迨貨品出廠之日，其值倍增，其應用普及，然後利用四通八達之鐵道，而運至各地銷售，獲利必溥，是則水陸聯運，乃相互為利也明矣。故運河之興築，可作鐵道之輔，以補其功用之不足，其促進工商業之發展，裨益國計民生，實非淺鮮。

歐美各國積若干年研究之結果，以統計數字之比對，深知運河亦有其特殊之功用，故鐵道建築，蛛網星列，佈滿全境，而對於運河之規劃與開鑿，近年均有長足之進展，我國人士亦已知運河功用之不可廢也。爰於民初以還，設南運湖河疏濬籌備處於濟寧民

- D. 上行橋之改造
- E. 其他各項工程之改造

第四章 運河需水量之供給

第一節 運河需水量

- A. 概論
- B. 運河消耗水量之原因

第二節 運河水量之供給

(甲) 蘇川運河

- A. 概論
- B. 原河分水
- C. 沿途取水
- (L) 分水式運河

- A. 概論
- B. 常川水源
- C. 蓄水
- D. 給水

(丙) 引水溝

- A. 概論
- B. 引水溝流量
- C. 引水溝之橫斷面與比降
- D. 引水溝經過特別區域之設備

第三節 減少運渠消耗水量之方法

	A.	概論
	B.	減少水渠消耗方法
	C.	減少船閘消耗水量
第四節		改良運渠給水工事
	A.	概論
	B.	估算應行
	C.	增加給水量及防止滲漏
	第五章	起船機與過船板
第一節		起船機
	A.	概論
	B.	水力升降機
	C.	浮力升降機
第二節		過船坡
	A.	概論
	B.	船舶自身過渡斜坡
	C.	船舶漂浮過渡斜坡
	D.	各種起船方法之比較
	第六章	運河之維護與利用
第一節		運河之維護
	A.	浚深
	B.	除水草
	C.	碎冰機
	D.	維護土工
第二節		貨物運輸

- D 升降橋
- E 轉橋
- F 回轉橋
- G 漂浮橋
- H 活動橋要點

第四節

- A 下行橋
- B 概論
- C 陸路上架設之橋
- D 溪河上架設之橋

第五節

- A 運河橋
- B 概論
- C 圻工運河橋
- D 鋼鐵運河橋
- E 鋼筋三合土運河橋

第六節

- A 運河橋簡評
- B 隧河
- C 概論
- D 單航隧洞
- E 並航隧洞

第七節

- A 引水隧洞
- B 餘水道及除水設備
- C 餘水道

B. 渠底淺水道共除水洞

第八節

A. 護岸工程

B. 植物護岸

C. 碎石護岸

D. 木材護岸

E. 砌石護岸

F. 三合土護岸

G. 護牆

H. 堤岸種植

第九節

渠身滲漏之阻止

A. 概論

B. 阻止滲漏方法

第三章 運河之整理與改造

第一節

運河渠槽之改造

A. 概論

B. 改直渠線

C. 加大渠槽

第二節

運河特別建築工程之改造

A. 船閘之加深與增長

B. 運河橋之改造

C. 下行橋之改造

河渠工程
第三編 運河
——)目錄(——

引言

第一章 運河之興築

第一節 通論

- A. 河流評述
- B. 人工航路之需要
- C. 運河之種類
- D. 研究之對象

第二節 運河橫断面之規劃

- A. 橫断面形狀
- B. 線道
- C. 步道及水溝
- D. 法國運河規定之橫断面
- E. 彎曲處之渠寬
- f. 特別段橫断面
- G. 互避所
- H. 回轉所
- I. 渠岸種植
- J. 船行阻力與運渠断面之關係

第三節 運河渠線之規劃

- A. 概論
- B. 並河運河渠線之規劃
- C. 並河運河縱断面之研究
- D. 評述
- E. 連結運河渠線與縱断面之規劃
- F. 運渠與支流交叉工程
- G. 運渠與大河交叉工程
- H. 運渠與道路交叉工程
- I. 運渠入河之交匯口
- J. 給水之輸入與餘水之洩出
- K. 土工之實施

第二章 運河特別建築工程

- 第一節 通論
- 第二節 上行獨立橋
 - A. 橫断面
 - B. 圪工橋
 - C. 鐵橋
 - D. 鋼筋三合土橋
- 第三節 船閘橋與活動橋
 - A. 固定橋
 - B. 上擺橋
 - C. 槓桿橋

