

121059

基本館藏

# 河道的防冲建筑物

С.Т. 阿尔圖寧 И.А. 布佐諾夫 著



水利出版社

## 序

在斯大林五年計劃年代中，我国曾建成了并正以不断增长的速度繼續建筑着大量灌溉、水力發電和航运的水工建筑物。在河道上曾建成了并正在建筑着各种型式的水庫、埧堰、进水閘、桥梁以及河道整治建筑物。

在苏联共产党第十九次全国代表大会关于五年計劃(1951至1955年)的指示中指出：“在五年計劃中，增加灌溉土地面积百分之30至35……發電站的总發電能力增加約一倍，而水电站总發電能力增加兩倍……”。

苏联的科学技术，按照此方向进行了巨大的工作，制定了更完美新穎的建筑物結構和施工方法，并已在生产中运用。在草原和森林草原区域水庫和池塘的建設，过渡到新灌溉系統的措施，以及偉大的共产主义建設——古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫卡各水电站，土庫曼大运河，南烏克蘭、北克里米和伏尔加-頓河各运河，利用以上的工程对广大土地进行灌溉和引水——所有这些都是在偉大的斯大林改造大自然計劃的环节，此一宏偉計劃开辟了我国水利技术發展的新时代。

水工建筑物是改造大自然的措施的組成部分，其作用是控制水流，使适合于社会主义經濟的任务。

水流經常使河槽变形，損害人类經濟活动所取得的利益，所以不得不采取措施，以人工改变其常态，即加以控制。在河道上建筑防护和整治建筑物，就是为此目的。

建筑这些建筑物，有下列目的：

- (1) 保护河岸、岸上的农作物和建筑物免遭冲毀；
- (2) 保护引水建筑物和灌溉系統免遭淘刷和被泥沙淤塞；

(3) 保护工业建筑物免遭河水冲毁;

(4) 保护耕地、工业企业 and 居民点, 免在洪水泛滥出岸时被水淹没。

如上所述, 这些建筑物在国民经济中起着极大作用, 尤其是对于我国的灌溉区域, 首先是在中亚细亚及南高加索的各社会主义共和国, 其作用更大。

在这些建筑物的建筑和修理上, 每年要花费很多的稀有材料和资金; 而由于建筑物失修所发生的事, 会使国民经济蒙受巨大损失。

虽然如此, 对防护和整治建筑物设计和计算的理论, 直到现在, 研究得还很充分。

在本书中, 我们希望对这一重要的水利技术问题上的上述缺陷能略予弥补。本书阐述河道上防护建筑物的设计和计算原理以及技术管理的组织原则。

在编写本书的时候, 曾采用作者在研究河道和建筑物的施工与设计中的亲身经验, 也曾采用中亚细亚各水利和交通机关在防护和整治建筑物的设计、施工和管理各方面最新的实际资料。

本书是根据我们在 1939 至 1951 年间所发表的著作加以修改和补充而编成的。

本书可作为从事灌溉、水力发电和道路运输的护岸建筑物的设计、施工和管理工作的工程师和技术员的指导书。

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第一章 总論</b>                | 1   |
| 第 一 节 防护和整治建筑物的定义            | 1   |
| 第 二 节 中亞細亞河道的性質              | 4   |
| 第 三 节 直綫段河槽的形成               | 8   |
| 第 四 节 弯曲段河槽的形成               | 20  |
| 第 五 节 河槽的局部冲刷                | 24  |
| <b>第二章 防护和整治建筑物的設計</b>       | 46  |
| 第 六 节 防护建筑物布置的一般原理           | 46  |
| 第 七 节 护岸丁坝                   | 50  |
| 第 八 节 护岸坝                    | 58  |
| 第 九 节 無坝引水口的防护和整治建筑物         | 60  |
| 第 十 节 有坝引水口的防护和整治建筑物         | 69  |
| 第 十一 节 在桥梁或其他交叉建筑物附近的防护整治建筑物 | 76  |
| 第 十二 节 临时性实体防护建筑物            | 97  |
| 第 十三 节 永久性实体防护建筑物            | 102 |
| 第 十四 节 透水建筑物                 | 111 |
| 第 十五 节 浮網淤沙裝置                | 120 |
| 第 十六 节 波达波夫教授的导流裝置           | 128 |
| <b>第三章 堤防</b>                | 143 |
| 第 十七 节 河道下游堤防的作用             | 143 |
| 第 十八 节 堤防的类型                 | 146 |
| 第 十九 节 中亞細亞河道下游堤防的現狀及其改建的必要性 | 150 |
| 第 二十 节 堤防的布置                 | 151 |
| 第 二十一 节 堤防縱断面和橫断面的設計         | 158 |
| 第 二十二 节 上游堤防的設計              | 179 |
| 第 二十三 节 建筑新堤和改建旧堤的施工計劃       | 183 |
| 第 二十四 节 堤防管理                 | 185 |
| 第 二十五 节 堤間区域的造林和窪地淤填         | 193 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第四章 防护建筑物的技术管理和設計 .....       | 198 |
| 第二十六节 防护整治建筑物的技术管理 .....      | 198 |
| 第二十七节 防护建筑物勘测設計工作的項目和程序 ..... | 205 |
| 参考書目 .....                    | 221 |

# 第一章 总 論

## 第一节 防护和整治建筑物的定义

整治河槽，保护水工建筑物和耕地免遭水流損毀（如淘刷，冲刷或淹沒），控制河中水流和泥沙的流动方向以便按照用水戶的計劃需要引水入渠，为此而采取的組織措施和水利技术措施，总名为河道的防护和整治工程。

所以河道的防护和整治工程包括以人工改变河流的性質，使适合人类經濟活动要求的一切措施。

实施这些措施，須建筑專門的建筑物，其名称或为防护建筑物，或为整治建筑物，随其基本目的而定。若水流情况有任何变化，則河底河岸可能受到很大的冲刷。为了保护河岸或建筑物免受河水淘刷、冲刷或河流繞道，只有在整治河槽或控制河中水流和泥沙的流动方向的前提下，防护工程方能充分發揮效用。因此，同一种建筑物常兼具保护和整治的功用。

一切防护和整治建筑物，按照其結構和所用建築材料的性質分为兩类，即：（甲）永久性建筑物和（乙）临时性建筑物。

第一类永久性建筑物，是長期使用的工程式結構，用牢固耐久的材料，如石、混凝土、鉄、鋼筋混凝土、加筋混凝土、混凝土板或鋼筋混凝土塊（人造石）、石籠工等建筑。

第二类临时性建筑物，其功用是防止可能發生的事故，或在短時間內消除事故；所用的材料多就地采取，例如填梢、木架（橋樑）填梢、梢輓、梢卷、柴排等。这种建筑物的結構能部分拆散或全部拆散，拆

下的材料尚可在他处使用。

采用何种建筑材料，大都須按照当地材料的具备情况和河槽沉积层的性質决定。

山区河段，河槽由卵石或漂石構成，在离河不远处，常可开采大石，所以在这种河段，可用砌石（漿砌或干砌）、抛石、石籠或填梢等工事，又常用木架填梢或鋼筋混凝土架填梢工事。

山麓河段的河槽由粗沙、礫石或礫岩構成，所以建筑物可用当地的礫岩質土壤建筑，并可以混凝土板或鋼筋混凝土板护面，或用人造石、填梢、石籠、充填大石的柳框、梢輓、梢卷等建筑；又可采用各种柴排和鋪梢。

平原河段（即下游及三角洲的河段），可采用木料或鋼筋混凝土造成的棧桥式透水坝、护面和柴排、填梢和蘆葦填石（有时充填当地的土料）、梢輓、梢卷等。擋水建筑物多系就地取土筑成，其边坡常不專門加固（防护堤）。在有利的条件下，地下水位以上的边坡，系用自然加固法加固（即在边坡上栽种柳林、叢柳或他种树木；其根株能加固坡土）。防护和整治建筑物，就其对于水流影响的性質而論，可分为兩类，即：（甲）被动性建筑物，（乙）主动性建筑物。

第一类建筑物，其作用是防止水流的有害作用，但不改变水流結構。被动性建筑物常作成順坝或护岸的形式以引导水流，使其逐渐离开被冲河岸，并造成水流在行近水工建筑物或桥梁时流向与其平行的条件。

第二类建筑物，对于水流發生积极影响，即按所需流向改变水流結構。建筑物的結構形式为一排横向障碍物（橫堤，丁坝），將全部或部分水流挑离被冲河岸，造成各相鄰丁坝間發生淤积的条件。

兩类建筑物对于水流起不同的作用，这就造成它們不同的工作条件。

被动性建筑物（即順坝）对于水流的作用，在建筑物的全部長度上，即从开始部分（称为头部）至末尾部分，都是一样的；所以在其全部長度上，受到水流淘刷的危險程度差不多是相同的。主动性建筑物（即丁坝）的情形与此相反，其作用是逐渐使水流偏向；建筑物的开始部

分紧接河岸，称为根部，受其作用的是少部分的小流速水流；建筑物的他端伸入水流中，称为头部，受水流的主力冲击。建筑物的根部（如位置适宜）受水流淘刷很微；但建筑物的头部附近则受强烈冲刷，故形成冲刷坑。

试验室的实验和多年的实测资料证明，丁坝头部冲刷坑的深度超过顺坝旁冲刷坑的深度。但是丁坝的深冲刷坑集中在较短的一段内，且在一定的地方，容易预料，并容易设法限制其危害作用。所以按照必需加做护坡的工程量而论，丁坝优于顺坝。

丁坝作用的特点是对水流的影响范围很大，相当于其本身长度的4至6倍。所以丁坝在其布置面的长度上（即在防护河段的长度上）总长度较顺坝为小，而顺坝的长度则等于防护河段的长度。在建筑物布置面长度颇大的时候（例如在很长的河段上做护岸工程时），这种情况有重大的意义。顺坝的优点是河水沿坝流动较为平顺（这就是冲刷坑深度较小的原因），水流在行近大型水工建筑物时为等速流。

河中洪水位高时，低地河岸会被水淹没。顺坝本身能阻止洪水淹没沿岸耕地，所以建筑丁坝时，必须补筑与河岸平行且联结丁坝坝根的顺坝。

顺坝和丁坝，用作为整治、防护或调节建筑物，应根据上述它们的工作情况来决定。

为了整治接近水工建筑物（如引水枢纽和桥梁等）处的河槽，如整治河段长度不超过河宽的10至12倍，则可建筑顺坝。在平面图上，顺坝成直线或曲线形状。在河道下游或三角洲处，接近低地河岸的耕地容易被洪水淹没，为了使其免受水淹，也可建筑顺坝。坝的长度常很大（如几百公里），而其位置须与岸线有足够的距离，以免在河岸被冲刷时顺坝被河水冲毁。

在保护河岸免被水流冲刷和冲毁时，在保护段很长时，以及在整治或控制河流以利船筏通行时，整治和防护建筑物可做成一排丁坝，但同时采用顺坝的则很少。单独的丁坝，用于控制河中水流和泥沙的流动，以利引水（例如保证引水的导水丁坝，波达波夫教授防止推移质进入渠道的导流装置）。

順坝和丁坝的結構形式如下：

(甲) 重力式整体結構。系用各种堆砌工筑成(例如漿砌塊石，干砌塊石，石籠，層埽，樁樁，梢卷等)，或用当地的卵石土或粘壤土筑成，其湿坡应用鋼筋混凝土板、混凝土板、柔性柴排和砌石等加护。

(乙) 棧桥式(欄污欄式)透水坝，三角架透水坝，透水浮網淤沙建筑物和导流裝置。

重力式整体結構建筑物会受到全部水流的影响，并会有很大的淘刷(例如丁坝的頂部)，所以在設計时应采取相应的措施，把护面以下的基础加深，使低于設計冲刷高程。建筑物的結構，应当有足够的柔韌性，使在基础受到淘刷时建筑物能够变形(沉陷)，而整体不致破坏(如石籠，梢卷，用柔韌性护面加护的建筑物)。

透水建筑物，因仅能使部分流量轉变方向，所受到的淘刷也較小，而其中有若干种，例如波达波夫教授的飄浮导流裝置和阿尔圖宁教授的浮網淤沙裝置，就沒有被淘刷的危險性。但是在运用时，透水建筑物較整体建筑物为复杂，并且需要更周密的养护，須要不断观察其工作狀況，还要定期清除滯留的飄浮物，因飄浮物会增加建筑物的結構面积，使透水建筑物的作用变得与整体建筑物相近，而这点是在設計中并未考慮到的。

在以下各章，將更詳細地叙述各种应用結構的特性和設計方法，并指出其适用的范围。

## 第二节 中亞細亞河道的性質

中亞細亞的大多数河道，主要依靠地面徑流即高山冰雪融水或直接降落在集水面积內的雨水为水源；至于地下徑流即在河槽中或河岸旁成單股泉水涌出的地下水，普通只占总徑流的很小部分。

只有某些經過严重沼澤化区域的小河道，才主要依靠渗出的地下水为水源。这种河道的特点，除冬春时期因受降水影响，流量較正常流量可能增加几倍外，全年流量極為稳定。

中亞細亞主要河道的特点是全年中徑流量分布極不均勻。在秋冬時期(枯水期),河中流量大為減小;而在春夏時期(洪水期),河中流量則急劇增加。在某些情況下,夏季(洪水期)流量超過冬季(枯水期)流量 40 倍以上:

春夏洪水流量發生的特性,隨着河道集水區的類型而不同。集水區有如下三種類型:

(1)高山流域,位於拔海 3,000 ~ 4,000 公尺,大部地區終年覆蓋冰雪;

(2)低地流域,位於不高的山地(低於雪線),主要是匯集降落在流域內的雨水;

(3)混合流域,其中一部分屬於高山流域類型,而其餘部分則屬於低地流域類型。

由第一類型集水區供水的河道,其特點是洪水量大而歷時長,在六、七月中發生。洪水流量是均勻而逐漸地增加和減小的。由第二類型集水區供水的河道,其特點是洪水發生較早,平常是發生在三、四月及五月中。洪水歷時較第一類型為短,但是洪水流量的增加,在一晝夜中可達 100 公方/秒以上。

最後,由第三類型集水區供水的河道,常有兩個洪峯。第一個是春季洪峯,由降落于集水區內低地的雨水所引起;第二個是夏季洪峯,由高山區的冰雪融化所引起。春季洪水較夏季洪水短促,其歷時不及兩個月(即從三月的下半月開始,到五月的上半月為止)。夏季洪水從六月的上半月開始,經過七月到八月的上半月,此後,山區冰雪融水減少,故河道流量也很快減少。

由混合流域供水的河道,春季洪水和夏季洪水的總歷時可達 3 至 4 個月。個別河道,春季洪峯流量可超過夏季洪峯流量的兩倍。中亞細亞的大多數河道屬於混合流域供水的河道。

在不同的年份中,洪峯的流量和歷時因時而異。把歷年長期水文測驗資料加以研究,就容易定出大洪水、中洪水、小洪水重現的周期性。

把中亞細亞河道多年測驗的豐富資料加以分析,即可在實際上計

算出：大洪水經過 17 至 19 年重現一次，中洪水經過 6 至 11 年重現一次，非常洪水或近于非常洪水的洪水要經過更長的時期，即在 30 至 50 年或 50 年以上重現一次。每一條河道的非常洪水流量是假定的數值，一般是用整編水文測驗資料的方法，按照數學統計法的機率理論和所採用的洪水頻率（例如 2%，1%，0.5%，0.01% 的洪水頻率，分別與 50，100，200，1,000 年的重現期相當）而求得。

非常洪水流量的計算，屬於河道水文學的專門問題，本書不予闡述。

大洪水不僅會引起河道正槽的急劇變形，並且會使次要河槽（汊道）變形，甚至使河灘的某些部分也變形。

在中洪水的年份，僅河道正槽和大汊道的河槽會發生顯著變形，而河灘則不變形。

在小洪水的年份，僅正槽有微小變形，這是由較大洪水所引起的。

河槽的形成與河中推移質的移動密切相關；後者的分布情況，在不同時間內大致與河水流量的分布情況相符。水中懸移質對河道正槽的形成無重要影響。

圖 1 表示非常洪水經過山麓河段時流量（公方/秒）、懸移質和推移質（公斤/公方）的曲線比較。在同一圖中，又表示了水位的变化，河底平均高程的变化，河底最低高程的变化，平均流速的变化以及推移質的平均粒徑的变化。

在山区和山麓河段，礫岩和沙礫推移質的移動以及河槽的形成，僅發生于洪水期；而在枯水期則僅有細沙移動。在沙質河槽的平原河段，沙質推移質全年移動；但其主要部分則是在洪水期移動，因而在枯水期，輸沙量不超過全年輸沙量的 5 至 10%。

在發生洪峯時期，水面比降平坦，在淺槽上局部增加的比降，因下游深槽壅水而展平。此外，还把溜綫略為拉直，這對減弱洪水期河岸沖刷起着良好作用，因為岸綫受沖刷的長度雖然增加了，但是水流對岸綫的沖刷角却減小了。觀察証明，在洪峯降落時期，河岸受到的沖刷最猛烈，這就引起了河中水流方向的急劇变化。

根據上述可得出結論，防護和整治建築物的布置，不應依照非常

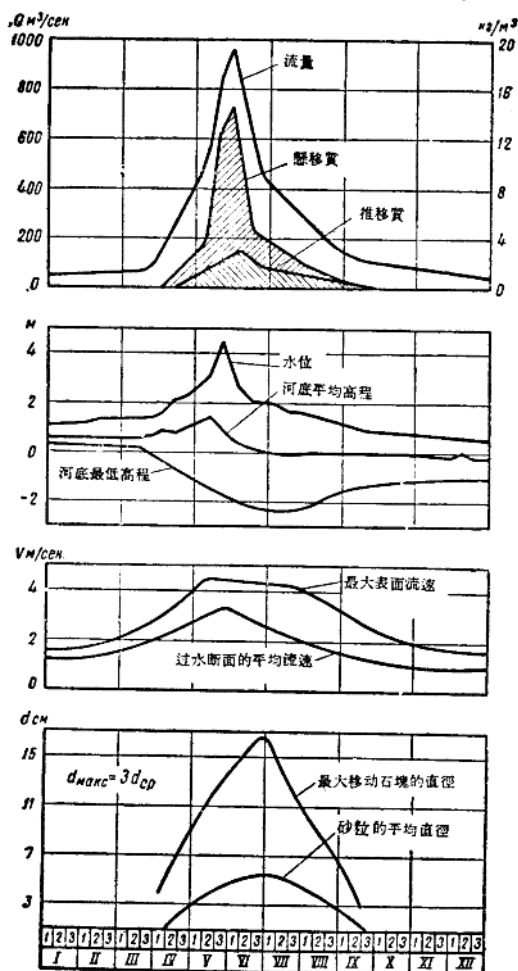


圖1. 山麓河槽的水力因素

洪水流量設計，而應依照經常重現的某些中間流量(即造床流量)設計。

防護建築物各部分結構安全系數的決定和強度的計算，應依照大洪水及非常洪水流量進行，因為在發生這種流量時，建築物受到的影響最嚴重。

### 第三節 直綫段河槽的形成

觀察在普通情況下形成的大小河槽得知：

(1)在河槽的縱斷面上，沒有同樣的深度及比降。在深度較大而比降較小的上下兩長段河槽(深槽)之間，常有深度較小而比降較大的一短段河槽(淺槽)；因此，河底的縱斷面成為階梯形。枯水期河槽的縱斷面如圖2所示。

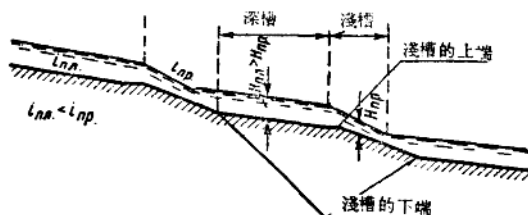


圖2. 枯水期河槽縱斷面圖

洪水增加後，水面比降展平，而河底的階梯形顯著，這是因為深槽加深而淺槽淤積的緣故(圖3)。

(2)在平面圖上，河槽或者形成一串河灣的所謂蜿蜒河段，而在上下兩河灣之間由直綫段聯接；河槽或者分成若干條汊道，分而復合，合而復分，其相交的角度和方向是不定的(圖4)。在圖4中，甲是蜿蜒河槽；乙是分汊河槽。

在平面圖和縱斷面圖上，河槽形成的上述特性是河槽與槽中水流相互密切作用的結果。在平面圖及縱斷面圖上的河槽形狀，決定着水流情況及汊道的構成，而水流情況，對於在平面圖及縱斷面圖上的河

槽形成特性，也大有影响（圖4甲）。

从对河流的实地研究中得知，構成冲积河槽的泥沙，其成分如何，与河流的比降大有关系。例如阿尔圖宁教授[参考書目(2)]对中亚細亞的山区和山麓河道，提出了河道正槽中淤积泥沙的平均粒徑  $d_{cp}$  与河道平均比降  $I$  的下列經驗关系式：

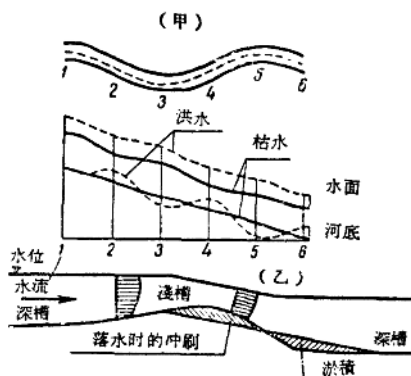


圖3. 在洪水期和枯水期的河流弯曲段  
(甲)平面圖；(乙)縱断面圖。

$$d_{cp} = 4,710 I^{0.9}, \quad (1)$$

此处

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i \cdot P_i}{100},$$

式中  $P_i$ ——每一粒徑組泥沙的重量（公斤）；

$d_i$ ——每一粒徑組泥沙的平均粒徑（公厘）。

在公式(1)中， $I$  前的系数和  $I$  的方次，对于个别河道可略有变化，但这公式的結構本身是不变化的。

上述泥沙平均粒徑与河道比降的关系式表明，在冲积河槽中，水流情况与構成河槽的泥沙成分差不多成直綫关系<sup>①</sup>。

所以，水流引起冲刷的流速是与一定粒徑的推移質的移动流速相符合的。

在現今計算中，移动泥沙的流速与水深  $H$ （对于寬闊的河槽，可以用平均水深  $H$  代替水力半徑  $R$ ）的关系，如下式所示：

$$v_{cp} = v_p \cdot H^a, \quad (2)$$

式中  $v_p$ ——当  $H=1.0$  公尺时移动泥沙的临界流速，按照泥沙成分

① 順便应当指出，在山区和山麓河段上，泥沙平均粒徑  $d_{cp}$  与最大粒徑  $d_{max}$  之間有下列关系，即  $d_{cp} = 0.25 \sim 0.33 d_{max}$ 。

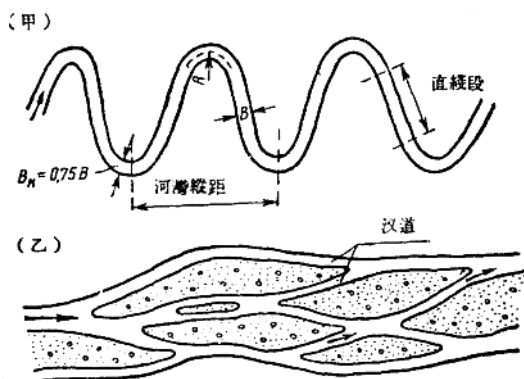


圖4. 兩種河槽的示意平面圖  
(甲) 蜿蜒河槽; (乙) 分汊河槽。

決定;

$\alpha$ ——方次，其數值變化于  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$  間。

有名的求平均流速的薛齊公式如下：

$$v_{cp} = C \sqrt{H \cdot I} = \frac{1}{n} \cdot H^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

式中  $C = \frac{1}{n} H^{\frac{1}{6}}$  ——薛齊公式的係數;

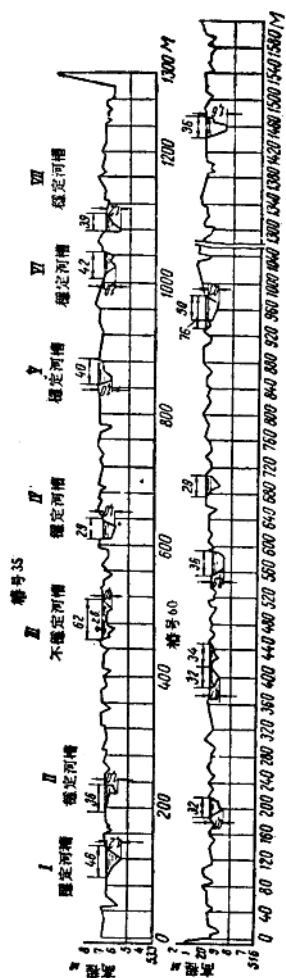
$n$ ——粗糙係數，按照河槽構造的性質而定（參看表1）。

當公式(2)中的方次  $\alpha = \frac{1}{3}$  時，把公式(2)和(3)相比較，即可得到下列決定平均流速、水深和單寬流量的公式：

$$v_{cp} = \frac{v_p^2 \cdot n}{\sqrt{I}}, \quad (4)$$

$$H_{cp} = \left( \frac{n \cdot v_p}{\sqrt{I}} \right)^3, \quad (5)$$

$$q_{cp} = \frac{n^4 \cdot v_p^5}{I^2}. \quad (6)$$



| 河 槽 性 質                         | 表 面 情 况 |        |       |       |
|---------------------------------|---------|--------|-------|-------|
|                                 | 十分良好    | 良 好    | 普 通   | 不 好   |
| 河水較深，河槽清潔而順直，沒有深潭和淺灘            | 0.025   | 0.0275 | 0.030 | 0.033 |
| 河水較深，河槽清潔而順直，沒有深潭和淺灘，略有水藻和石塊    | 0.030   | 0.033  | 0.035 | 0.040 |
| 河槽清潔而彎曲，略有深潭和淺灘                 | 0.033   | 0.035  | 0.040 | 0.045 |
| 河槽清潔而彎曲，略有深潭和淺灘，略有水藻和石塊         | 0.035   | 0.040  | 0.045 | 0.050 |
| 河水較深，河槽清潔而彎曲，略有深潭和淺灘，比降小，有效断面不够 | 0.040   | 0.045  | 0.050 | 0.055 |
| 同上，但河段中頗多石塊                     | 0.045   | 0.050  | 0.055 | 0.060 |
| 水流緩慢的河段，杂草繁茂，或有很深的深潭            | 0.050   | 0.060  | 0.070 | 0.080 |
| 杂草繁茂的河段                         | 0.075   | 0.110  | 0.125 | 0.150 |

上列公式指出，在冲积河槽中，水流情况主要由河道平均比降决定，这与关系式(1)相符合。

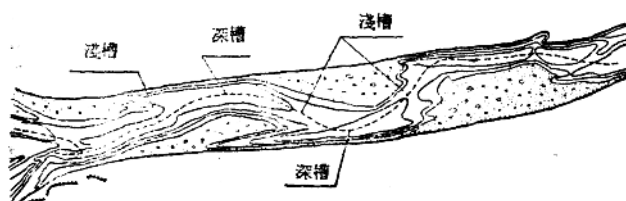


圖5. 河道直綫段的淺槽和深槽

按照公式(5)和(6)，随着河道比降的增加，平均水深和單寬流量都減小了。这种关系，就能很簡單地解釋在淺槽处的水流情况。在淺槽处的縱比降远較深槽的縱比降为大，所以淺槽上的水深和單寬流量都較深槽上为小，所以淺槽上的水流寬度較深槽上为大。

对冲积河槽作过的多次实际观察，証实了在淺槽处的河槽寬度較

① 參見苏联国立农业出版社 1945 年出版的“Справочник ВНИИГМ по мелиорации и гидротехника”第三卷。