

356195

成都工学院图书馆
基本馆藏

挖槽設計問題

〔苏联〕B.A.培什金 C.B.魯薩科夫 等著

儲國樞 畢庶績 譯



人民交通出版社

512
5/4028

512
5/4028

挖 槽 設 計 問 題

〔苏联〕B.A.培什金 C.B.魯薩科夫 等著

儲 國 樞 畢 庶 績 譯

人 民 交 通 出 版 社

本書敘述了有关通航河流的淺滩演变,以及在这方面的实验室研究、实地研究和理論上探討的一些成果。同时,介绍了根治第聶伯河航道的經驗,以及挖槽和为挖槽防淤的吹填土建筑物的新計算方法。

本書可供科学工作人員、有关院校水工专业的师生,以及从事水运工程的技术人員参考。

挖 槽 設 計 問 題

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ІНСТИТУТ ГІДРОЛОГІЇ І ГІДРОТЕХНІКИ

Б. А. ПЫШКИН, С. В. РУСАКОВ,
В. Л. МАКСИМЧУК, Ю. И. СОКОЛЬНИКОВ

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ
ПРОРЕЗЕЙ

Для цитирования см. стр. 411, СССР
проф. С. А. ПЕДКО/БНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР,
КИЕВ — 1966

本書根据苏联乌克兰加盟共和国科学院出版社1959年基輔俄文版本譯出

儲 國 枢 毕 庶 績 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

1964年9月北京第一版 1964年9月北京第一次印刷

开本: 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張: 5張 插頁 1

全書: 86,000字 印數: 1—2,000册

統一書号: 15044·3120

定价(科七): 0.90元

目 录

序 言	3
第一章 概論	4
§ 1. 第聶伯河航运的远景发展	4
§ 2. 天然河道浅滩动力学	9
§ 3. 水庫浅滩动力学	14
§ 4. 河床天然粗化	28
§ 5. 目前通航对航道的要求	39
§ 6. 改善航道的方法	45
第二章 第聶伯河中游航道根治的經驗	48
§ 1. 概論	48
§ 2. 切割下边滩的挖槽	55
§ 3. 切割上边滩的挖槽	61
§ 4. 切割形成二个浅滩的边滩的挖槽	67
§ 5. 吹填土整治(防淤)建筑物	76
§ 6. 挖槽与建筑物的综合运用	82
§ 7. 几点結語	89
第三章 防止挖槽回淤的試驗	90
§ 1. 概論	90
§ 2. 疏浚挖槽的理論	94
§ 3. 實驗室試驗的任务、方法与内容	102
§ 4. 挖槽回淤与底流方向相互关系的試驗	111
§ 5. 挖槽横断面形状对挖槽回淤的影响	115
§ 6. 在設有防淤建筑物的情况下, 对具有最佳断面 的挖槽回淤試驗	118
§ 7. 挖槽防淤土堤横断面的試驗	121

§ 8. 挖槽防淤土堤的計算方法.....	127
第四章 挖槽計算原則.....	130
§ 1. 概論.....	130
§ 2. 挖槽的水力計算.....	138
結語.....	153
淺滩平面图图例.....	154
参考文献.....	155

序 言

由于内河运输货运量的增加，对水道不断地提出更高的要求。为了提高对船舶载重量的利用，并加大货运拖驳船队和机动船队的尺度，通航河流的疏浚工程量在逐年不断地增长着。同时，用在航道工程这一主要工种方面的费用也在不断增长。然而，在目前实际上还没有一个有关挖槽，以及利用挖槽中挖起的土壤吹填的防淤建筑物的计算方法。在设计上述挖槽和建筑物时，河运工作人员们不得不仿照过去完工的实例，有时甚至仿照在条件不完全相同的其它河流上的一些工程。

这样的结果是：这些挖槽和建筑物或则不够稳定和不能维持很久，或则费用非常昂贵。

由于这一原因，乌克兰科学院水文及水工研究所水工室会同第聂伯河流域航道管理局，在1953~1956年间组织了专门理论方面的、实验室的及实地的研究试验，其最终目的是要填补挖槽理论方面的空白点，并制订挖槽和防淤建筑物的工程计算方法。

除研究所的工作人员外，第聂伯河流域航道管理局的三个河床勘测队也参加了这些广泛的研究。研究的成果即用为本书的资料。

本书由下列人员编写：С.В. 鲁萨科夫——第二章及第一章中§5、6；В.П. 马克西姆楚克——第四章及第一章中§2、3；Ю.Н. 索科尔尼科夫——第三章；В.А. 培什金——第一章§1，第三章§2，序言和结语部分，并负责本书校对工作；Г.Б. 多库金——第一章§4。

本书出版前，曾由第聂伯河流域航道管理局总工程师А.Б. 托尔马乔夫和国立乌克兰水运设计院航道科科长Н.Е. 齐姆别尔格校阅，并提供了宝贵的意见，谨向他们表示深切的感谢。

第一章 概 論

§ 1 第聶伯河航运的远景发展

第聶伯河是欧洲第三条大河，仅次于伏尔加河和多瑙河，流域面积达50万平方公里，长度近2300公里。河流流经俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国、白俄罗斯苏维埃社会主义共和国和乌克兰苏维埃社会主义共和国，其中流经乌克兰的里程最长，达1200公里。

第聶伯河年平均逕流量大约为50立方公里，从发源地到河口的总落差达220米。按水能儲量計算（近200万瓩），第聶伯河在欧洲仅次于伏尔加河，居第二位。其中90%以上的水力动能在乌克兰境内。远在1917年以前，曾制定了許多利用第聶伯河水能的設計方案，但是，由于沙皇俄国在经济上及技术上的落后，因而其中一个也没能实现。只是在伟大的十月社会主义革命以后，才在比較短的时间內完成了巨大的建筑工程，这些工程是征服第聶伯河工作的重大步骤。

开发第聶伯河巨大水力资源的工作，是从建設扎波罗日耶水力枢纽开始的。

1932年第聶伯水力发电站开始运转，它在以后較短的时期內，就已促使乌克兰地区的工业发生前所未有的发展。

60米高的混凝土拦河大坝在上游所形成的壅水，将难以克服的碍航障碍物，諸如第聶伯河約90公里长的石梁河段被完全淹没，形成了深水人工湖。

1950年开始在第聶伯河建筑卡霍夫卡水力发电站，这是第聶伯河下游最后一个梯級（图1）。

于1951年和1952年进行了輔助工程：为水力枢纽建筑工人建

設了城市，修建了通向大坝的公路、倉庫、碼頭及各種工廠。在此期間，進行了勘測工作，並編制了水力樞紐的設計。

於1952年至1955年期間，完成了建設水力樞紐的主要工程。1955年7月14日是卡霍夫卡人工海誕生的日子。從此刻開始，第聶伯河河槽被攔腰截斷，河水流經混凝土溢流坝，開始灌注成卡霍夫卡水庫。在此以前，曾進行了大規模準備工作，將成千的建築物從即將淹沒的地區遷到新地方去，從水庫盆地清除了樹林和舊建築。必須改變道路，以及建築堤防來保護城鎮、礦區及灌溉系統。在河槽攔斷以前就要建好船閘，以便不因樞紐施工而使第聶伯河的運輸有片刻中斷。

1955年底，卡霍夫卡水電站第一批三台發電機組開始運轉，開始為工業提供電力。

卡霍夫卡水力樞紐在竣工以後，保證了第聶伯河水利資源的綜合利用，諸如提供廉價的電力、組織水上運輸、灌溉干旱土地及發展養漁業等。

卡霍夫卡水力發電站的功率約為35萬瓩。平均年發電量超過13億瓩小時。

第聶伯河列寧水電站建成以後（最初水電站功率為56.5萬瓩，蘇聯偉大的衛國戰爭以後達到65萬瓩），沿第聶伯河有可能直達運輸，消除了過去因石礮河段而分成兩段通航的局面。在扎波羅日耶船閘建築成並付諸使用以後，在最初幾年中，這裏的貨運量已比第一次世界大戰以前增長了一倍以上。

長240公里、寬20公里的大型卡霍夫卡水庫，保證了在卡霍夫卡至扎波羅日耶段有足夠大噸位新船舶通航所必要的水深。

卡霍夫卡水力樞紐在綜合利用第聶伯河水利資源中第三個主要作用是灌溉田野。由於灌溉系統的建成，烏克蘭南部地區永遠擺脫了干旱對豐收的不利影響。

目前，在第聶伯河正興建兩座大型水力發電站：克烈緬楚格和第聶伯羅捷爾任斯克水電站。對整個梯級來講，具有特殊意義的是克烈緬楚格水力樞紐，發電站的功率是45萬瓩，平均年發電

量为15亿瓩小时，并且水库所占面积很大。水库内蓄水量丰富，能使其下游各水电站的发电量大量增长。

第聶伯罗捷尔任斯克水力发电站的功率将为25万瓩，平均年发电量为13亿瓩小时。

计划修建第五座大型水力发电站，即卡涅夫水电站，其功率接近25万瓩，发电量达10亿瓩小时。

以后还设计修建第六座，即最后一座第聶伯河大型水力发电站，称为基輔水电站（功率18万瓩和年发电量7亿瓩小时）。另外，在第聶伯河上游和支流建筑几个较小的水力发电站，这些水电站的总功率约为20万瓩，平均年发电量约8亿瓩小时。

第聶伯河上游水力能源虽小，但同时与改善水运条件结合利用，则开发完全合理。建成拦河大坝后，对沿河地区农业要求作必要考虑的同时，可以沟通第聶伯河与伏尔加河、西德維納河、涅曼河、維斯拉河等（图2），形成流域之间的水运网。

所有这些河流贯通后，以及第聶伯河通过克腊斯諾茲納姆斯克和北克里木灌溉渠道与亚速海接通，更进而与顿河、伏尔加河、卡馬河等连通，有其广阔的发展远景。特别是用来沟通第聶伯河与維斯拉河的第聶伯-布格水道改建以后，在最近期内有可能增加运河和过船建筑物的通过能力〔1〕。

目前，第聶伯河从日洛宾至赫爾松的航行条件是利用各种航道工程来保证的，其中以挖泥为主。挖泥工作量很大，每年每公里的挖泥量为4,100~22,200立方米，平均为7,300立方米。在基輔至第聶伯罗彼得罗夫斯克河段，1953年的挖泥量达到1,000万立方米。

从日洛宾至基輔段的水深为0.85~1.30米；基輔至赫爾松的水深为1.5~3.2米。在第聶伯河建成水力枢纽梯级以后，水深陡然增加。通过专门的计算表明，将来在斯摩稜斯克至普里皮亚特河口最合理的水深应该是1.7米，在普里皮亚特河口至第聶伯河口的水深应为3.2米。

目前第聶伯河流域年货运量约为1200万吨，将来预计增加到



图2 第聂伯河流域图

图中水力枢纽的顺序编号与图1相同；I、II、III、IV为第聂伯河与维斯拉河、涅曼河、西德维纳河及伏尔加河贯通的各运河

2200万吨。最主要的貨物是粮食、煤、石油制品、矿石、盐、混凝土、金属材料、建筑材料、木材、化工产品等。

随着貨运量的增长，貨物流向和结构也发生了变化。例如，乌克兰地区的粮食以前从水上轉到第聂伯河沿岸的铁路运走，将来沿第聂伯河-奥卡河方向运到莫斯科，沿第聂伯-德維納运河运到拉脫維亞，以及沿第聂伯-涅曼运河运到立陶宛。

沿后两条运输路綫还将向斯堪的納維亞半島几个国家运送石油和食盐。同时发展煤炭的水陆联运，在第聂伯罗彼得罗夫斯克

和扎波羅日耶城轉到第聶伯河，並沿水路運輸礦石和化工產品。

計劃發展鐵礦運輸。沿第聶伯河和第聶伯-布格運河向波蘭，以及沿第聶伯河下游和黑海向多瑙河，將從克里伏羅日耶運輸鐵礦石。到目前為止，石油產品只在第聶伯羅彼得羅夫斯克城以下沿第聶伯河運輸。計算的結果表明，將來不但在第聶伯河下游（赫爾松——基輔），而且在第聶伯河上游（基輔——斯摩稜斯克）運輸石油產品也是完全合理的。如前所述，石油產品也將沿着第聶伯-涅曼運河及第聶伯-德維納運河運到斯塔的納維亞半島各國家。

沿第聶伯河木材運輸量已有減少，金屬、混凝土和建築材料的運輸量將要增加。並且預計，上水貨運量將來也要占較大比重[1]。

在第聶伯河與伏爾加河、西德維納河、涅曼河及維斯拉河之間的運河開通以後，航運發展遠景的全貌現在還很難描述。這些運河將保證與莫斯科直達通航，並且與伏爾加河-波羅的海水道，伏爾加河-卡馬河流域，以及馬拉脫維亞、立陶宛及波蘭直接連通。

在大第聶伯河計劃實現以前，即在第聶伯河上下游建成水力樞紐梯級以前，維持通航水深的主要方法是採取疏浚與整治綜合施工，用挖槽內取出的泥砂填筑整治防淤建築物。即使在第聶伯河渠化以後，為了維持水庫上游段壅水變化區的通航水深，也需要一定數量的疏浚和整治工程。開發烏克蘭及蘇聯其它共和國內為數眾多的小河，也必須採取挖泥方法[2]，而在大河和小河上設計挖槽的方法實際上是一樣的。因此，急需研討出一套設計挖槽及其防淤建築物的工程計算方法。

§ 2 天然河道淺灘動力學

在天然通航障礙物中以河流淺灘[3~5]最為普遍，它以大片泥砂聚積物的形式橫斷枯水河床。淺灘形成的原因很多，例如因洪水與枯水水流的造床活動不一致，以及因河道彎曲、河槽分

汉、沟渠冲出物等引起。

在流速大到足以使水流挟砂的情况下，由冲积砂土形成的浅滩，其稳定性取决于浅滩上内部水流的性质。浅滩所处位置经常局限在具有不同特征的环流相衔接的地点。当浅滩砂埂后坡根存在上升水流时，浅滩砂埂稳定。

水流从砂脊处改向，是在浅滩后坡形成具有水平旋转轴及底流方向与水流总方向成反向水靴的另一原因。此时浅滩上砂埂对水流的作用有如斜槽堰〔7〕。水靴使浅滩趋向稳定，并且在顺水流下移过程中不改变形状。

浅滩就其平面位置和高度方面都发生定期演变，并且在泥砂来源丰富的洪水期变化最大。此处应予以指出，对浅滩演变有影响的不是全部泥砂，而只是较大颗粒的泥砂 ($d > 0.05$ 厘米)〔8；9〕。

根据苏联水文与水工

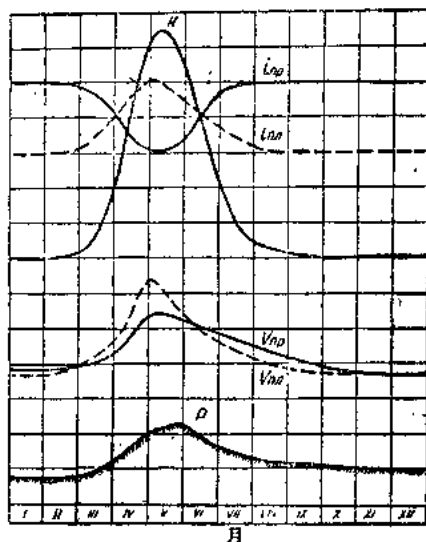


图3 洪降期冲刷型浅滩变化图
H—水位变化曲线； $i_{шп}$ —浅滩上水面纵比降变化曲线； $i_{гп}$ —深槽内水面纵比降变化曲线； $V_{шп}$ —浅滩上底部流速变化曲线； $V_{гп}$ —深槽内底部流速变化曲线；P—浅滩砂脊标高变化

研究所于1953~1955年在第聂伯河实地调查的结果，说明浅滩地形的变化主要是次生砂丘沿河底移动引起的。这种运动在天然河流条件下，一年四季连续不断，但也有个别砂粒组在运动中脱离次生砂丘，当越过砂埂前坡后，周期性地停留在砂埂后坡根。在第聂伯河中游的条件下，次生砂丘的尺寸很大（高0.3~0.6米，长25~100米），因此，它在浅滩砂脊上临时聚积，能提高河底的标高。

这些砂丘在深槽的上半部产生，在未滑移进浅滩砂埂后坡根以前，沿浅滩前坡移动，不被该处环流所破坏。在深槽—浅滩统一的地貌形成方面，不论次生砂丘纵向运动的平衡遭到任何破坏，都能相应地引起浅滩砂脊的刷低或淤高[10]。

如果在洪水上涨时期浅滩砂脊上次生砂丘移动缓慢，而在洪水下降时期反而加快，则浅滩称谓洪降期冲刷型浅滩(图3)；如果在洪降期及枯水期浅滩上次生砂丘移动缓慢，则浅滩称谓洪降期淤积型浅滩(图4)。如果在深槽与浅滩统一的地貌形成方面，次生砂丘纵向运动的平衡在一年中破坏不大，则浅滩可认为是稳定的。

像这样浅滩变化的性态在大洪水年才出现，而在小洪水年泥砂纵向运动的平衡几乎不遭到破坏，各种类型的浅滩在全年中都处于某种稳定状态。

应予指出，浅滩砂脊标高变幅的绝对值一般不大，平均为0.1~1.0米。这与航标员在浅滩上每天测得的水深资料有出入。按航标员测深资料，其结论可能是浅滩的冲淤变化很大，其变化为与冲淤变化有关的水深变幅的1/3[8]。

出现此差值的原因归结为航标员测深资料的一些特点(航道宽度变化不定，在不同时期航道位置不一，较高水位时测得的水深不够准确)，这就无形中使浅滩河底标高与水位过程接近

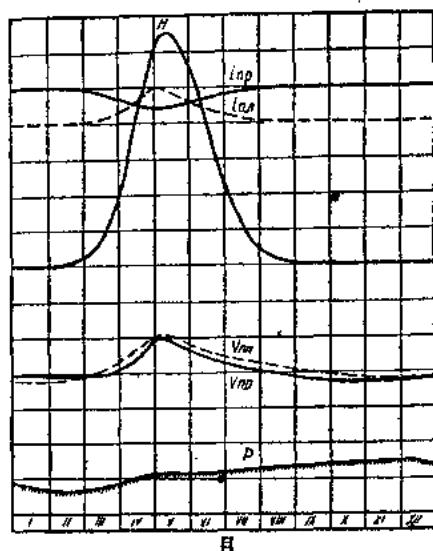


图4 洪降期淤积型浅滩变化图

H—水位变化曲线； i_{np} —浅滩上水面纵比降变化曲线； i_{na} —深槽内水面纵比降变化曲线； V_{np} —浅滩上底部流速变化曲线； V_{na} —深槽内底部流速变化曲线；P—浅滩砂脊标高变化

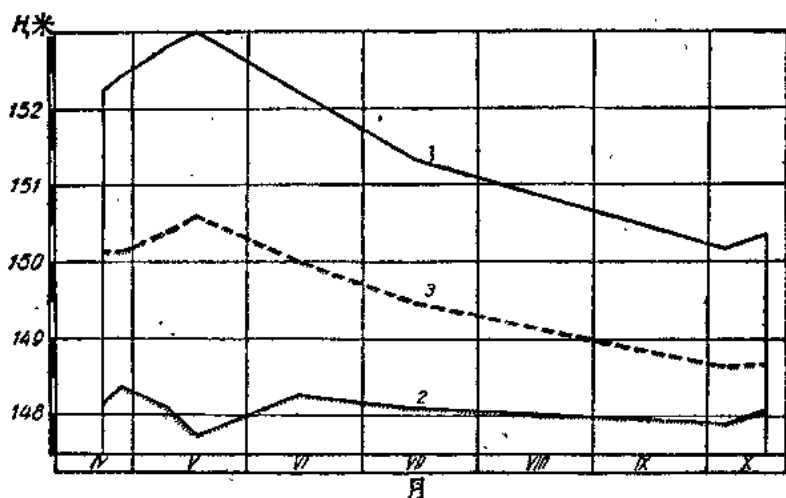


图5 普里尤特2号浅滩砂脊的标高变化略图
(按实测资料及航标员资料分别整理)

1-水位曲线; 2-接实测资料浅滩砂脊的标高;
3-接航标员资料浅滩砂脊的标高

(图5)。这种情况在分析浅滩性态时常被忽略。

浅滩在平面上发生单向演变,一般要持续几年,此时为了改善该浅滩或该河段的航道,必需进行投资很可观的建设工程。

浅滩平面演变对像第聂伯河以侧蚀为主的河流,具有很大的意义。这在河槽分汊、岛屿和心滩较多,以及河滩广阔的河段上,表现得明显。在河槽分汊较多的河段上,经常形成岛屿型浅滩,即在岛头和岛尾形成浅滩,它们也是通航上的极大困难。这种浅滩的特点是具有两个以上的鞍凹(有时这种鞍凹或汊流仅在洪水时有水,及至转入枯水期即断流)。根据这种特征,属于岛屿型浅滩的还有河槽宽阔地点的浅滩,以及被大小和高低不同的心滩分割成几个鞍凹的浅滩。

属于通航困难浅滩之类的,还有边滩中之一特别宽大的浅滩。这种浅滩上的大边滩几乎占据整个河面,将水流迫向对岸。以后,该对岸将迅速冲刷,边滩也加速增长。结果形成急弯河槽,流速很大,曲度半径过小,导致船舶发生海事。

边滩发展的下一阶段是边滩部分冲通，产生具有几个鞍凹的浅滩（即岛屿型浅滩），在鞍凹之间隔有心滩或岛屿。

由于水流沿各个鞍凹和汉流分散运动，岛屿型浅滩的进一步演变将显著减缓。此时，河槽的演变主要表现在这一或那一鞍凹的变化上，但是这种单一加剧演变的局面不会持久，其共同的特点是浅滩上水浅，曲度半径小，即其航行条件比邻近非岛屿型浅滩（即只有一个鞍凹）还要坏些。

这种岛屿型浅滩周期性演变的最后阶段，是在洪水的作用下或人为的干与（基建性疏浚工作）下，使水流在某种程度上集中于一槽，以后又开始边滩冲沟与汉流发展的过程。

浅滩所有演变（包括平面和高度两方面），如同前述，取决于深槽—浅滩上造床泥砂运动的平衡所起的变化。

泥砂运动的平衡所起的变化，是由于一年中深槽和浅滩上流速存在着不同的比例而引起的：当深槽内流速较浅滩上大时，浅滩砂脊淤积；相反，当个别时期浅滩上流速比深槽内大时，则浅滩砂脊冲刷。换言之，只以浅滩上流速减小或增加的事实，根本不能说明浅滩的淤积或冲刷。也应指出，在天然河流深槽和浅滩上洪水时期发生众所周知的纵比降变化规律，同样不能反映深槽和浅滩上流速变化的性质。例如，在春季洪水上涨时期，深槽和浅滩上流速都增加；在洪水降落期流速也都减小〔10〕。

这表明，浅滩的变化只是在洪水上涨和下降时，深槽和浅滩上流速有不同程度改变的情况下才会发生。对于洪降期冲刷的浅滩，深槽和浅滩上流速改变的程度不同，可以作如下理解〔8；10~12〕。在春洪上涨前，无论在深槽和浅滩上过水横断面的面积几乎相等，流速也相应地几乎相同（见图3）。在洪水时期深槽和浅滩上水位上涨的高度彼此接近，但因浅滩处河面宽度比深槽为大（图6），浅滩上过水横断面也较深槽内增加为多。所以，浅滩上流速的增长将小于深槽内的增长。及至达到一定数值，将改变洪水前浅滩与深槽内流速的比例关系，在深槽内水流输沙能力亦将大于浅滩上输沙能力，从而引起浅滩在洪水上涨到

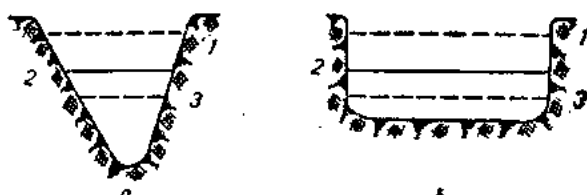


图6 大河上深槽与浅滩典型横断面示意图

a)深槽; b)浅滩

1-进床流量水位; 2-中水位; 3-低水位

一定程度时开始淤积^①。在洪降期可以看到相反的现象。

洪降期在浅滩上流速减小较慢的另一个原因，是水位降到枯水期沿垂线的流速均匀分布。这对底流速影响很大，泥砂也正是在底流的作用下移动。例如，在研究普里尤特2号浅滩上流速结构时证明，虽然转入枯水期沿垂线的平均流速减小（图7），但底流速与洪水期流速相比却反而稍有增加。

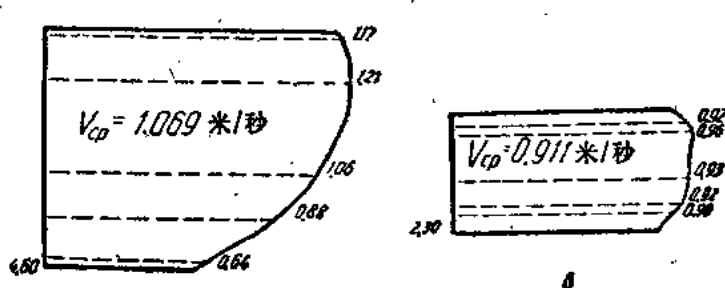


图7 普里尤特2号浅滩砂脊上流速分布图

a)洪水; b)枯水

§ 3 水库浅滩动力学

在拦河坝和水库建成后，河道状况发生了显著的变化。此时，在拦河坝上游部分内，对天然河槽演变的附加影响是泥砂的储存过程和水库的淤浅过程。这个过程性质和长短既取决于河流内泥砂的数量和机械组成，又决定于河流的比降、河床和河滩

① 由此直接得出的结论是，加高低边滩滩势是适宜的。加高后应保证浅滩在洪水期淤浅减少，而在洪降期冲刷较大。