

桥渡冲刷的防护

О. В. 安德列也夫 合著
И. А. 雅罗斯拉夫采夫

铁道科学研究院水工水文研究室 译

人民交通出版社

桥渡冲刷的防护

技术科学副博士 О. В. 安德列也夫 合著
技术科学副博士 И. А. 雅罗斯拉夫采夫

铁道科学研究院水工水文研究室 译

人民交通出版社

本書敘述必須防護橋渡的原因，以及為了防護橋渡所採用的建築物與加固工程的類型。書中討論了大河橋渡和小橋涵的防護問題。

本書中列有關於河道與水庫的岸邊和橋渡路基邊坡上防護工程的現代類型的資料。說明了當水流引起沖刷時和波浪沖擊時作用於護面上的力的計算方法。根據路堤工作情況規定出對河灘路堤的基本要求。

本書供工程師、工程設計人員和施工人員使用。

本書由鐵道科學研究院水工水文研究室邢芙初、徐在庸、關譯、魏金石、曹向榮、朱炳祥、余云傑、陸浩、戴榮堯、沈壽長（依翻譯的章次為序）合譯，由徐在庸擔任全書的校訂。

橋 渡 沖 刷 的 防 护

О. В. АНДРЕЕВ и И. А. ЯРОСЛАВЦЕВ

Кандидаты технических наук

ЗАЩИТА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ОТ РАЗМЫВА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
И ШОССЕЙНЫХ ДОРОГ РСФСР
Москва 1959

本書根據蘇聯汽車運輸與公路部出版社1959年莫斯科俄文版本譯出

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號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 廠 印 刷

1963年11月北京第一版 1963年11月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：5 $\frac{1}{2}$ 張

全書：110,000字 印數：1—2,000冊

統一書號：15044·1473

定價(10)：0.72元

目 录

前 言	2
緒 論	4
第一章 桥渡处河槽变化的预测	8
河槽变形的种类	8
计算河槽变形的一般原理	19
河槽中一般冲刷的计算	22
河滩上一般冲刷的计算	27
局部冲刷的计算	33
第二章 桥头河滩路堤工作条件的预测	50
第三章 桥渡附近河道的整治	57
平原区河流整治的一般原理	57
山前区河流整治的一般原理	64
调治建筑物的组成	68
调治建筑物和护岸建筑物的材料和结构	78
第四章 河岸及土质建筑物边坡的护面	85
枯水位以下边坡的护面	85
枯水位以上的河流边坡的护面	116
水库的护面	120
第五章 透水建筑物的运用经验	132
第六章 防止路堤冲刷的几种措施	144
第七章 小桥涵冲刷的防护	151
路堤漫溢的防护	153
排水河槽冲刷的防护	157
参考文献	170

前 言

苏联工程建设的全面发展，不仅在于工程数量的增长，而且在于建筑物结构的改进、可靠性和有效性的提高以及工业化施工的急剧加强。这就使得工业建筑与运输工程有必要采用装配式结构，尤其是装配式钢筋混凝土结构。工程建设的这种发展趋势也反映到桥渡设计和施工中来。

只有在防护建筑物及防护设施的类型和尺寸是根据跨河（大河与小河）桥渡处发生的冲刷形式及冲刷范围来决定的情况下，桥渡冲刷的防护工作才能认为是有效的。

近几年来，对于桥涵附近的冲刷计算问题与能防止危险冲刷的建筑物结构问题，取得了重大的进展。冲刷计算正沿着计算图式接近于实际冲刷过程的途径不断改进，现在，这种计算系以反映冲刷过程的物理实质的理论为基础的，因而就有可能提高建筑物的有效性。防护建筑物正沿着施工工业化与采用装配式的途径不断改进，因此，防护建筑物的形式也发生变化。防护建筑物的计算方法也在很大程度上得到了发展。

在本书中，著者力图反映桥墩冲刷防护领域中近年来的新成就，以使有理论根据的冲刷计算方法，以及桥渡防护建筑物的工业化的新形式，能够应用于设计及施工实践中。

在第一章与第二章中，介绍了桥渡建筑物可能遇到的不利工作条件的预测原理，和设计防护设施所依据的计算方法的简要物理论证。在第三章中，介绍桥梁附近河道一般整治的方法及其必要的计算，并简述调治建筑物与护岸建筑物所广泛采用

的材料和結構。在第四章、第五章和第六章中，詳細介紹了柔性與固定護面的最現代化結構，以及有關應用透水建築物的經驗和保護河灘路堤的某些措施。在第七章中闡明小橋涵附近的冲刷計算及其防護。

緒論、第一章（《局部冲刷的計算》除外）、第二章、第三章、第六章和第七章由 O.B. 安德列也夫編寫；第四章、第五章及第一章中的《局部冲刷的計算》由 И.А. 雅罗斯拉夫采夫編寫。

著者對讀者的意見預致謝意，意見請寄下列地址：莫斯科，B-35，索菲斯卡雅河街，34 號，汽車運輸與公路部出版社。

緒 論

为了克服公路和鉄路上的水流障碍，要修建所謂跨河桥渡这一整套建筑物。在跨河桥渡的組成中，作为主要运输建筑物的計有人工建筑物及其引道路堤。人工建筑物系用来跨越水流本身，而引道路堤的边坡則长期或周期地受到水流冲刷。

在跨越終年流水的大中河流时，总是采用桥梁来作为人工建筑物，只有在个别情况下才采用水下隧道。因此，跨越終年流水的建筑物，通常就叫作桥渡。

在跨越周期性的水流或終年流水的小河沟时，大多采用涵洞，很少采用小桥，采用渗水堤坝者更属罕見。

跨河桥渡与其所跨越的河流相互作用着，使水流的流动情况发生重大的改变，并因此而受到被破坏的威胁。此外，与修建桥渡无关的經常性水流的天然变化，也可能影响路堤与人工建筑物的稳定性。

为了使汽車或火車所通过的、跨河桥渡中的主要运输建筑物能够无阻地与不間断地完成其运输任务，要采用各种加固工程来保护这些建筑物，而在終年流水的桥渡上还要修建特殊防护建筑物。此种特殊防护建筑物（包括在桥渡組成中）叫作調治建筑物。

在跨河桥渡的組成中，調治建筑物与加固工程虽然只是輔助的部分，但却是一个重要的桥渡組成部分，缺少这一部分，主要建筑物就不能够正常使用。

桥渡主要运输建筑物防护工程的費用，常常达到很大的数

目，而在个别情况下，甚至超过主要建筑物的費用。因此，人工建筑物及其引道的防止破坏問題，在設計桥渡时就应給予极大的注意，同时不允許以后的使用管理工作复杂化。

桥渡建筑物防护工程的是否成功与是否經濟，在很大程度上要看对跨河桥渡可能遇到的不利使用条件考虑得是否全面与及时。

为了选择合理的防护設施，为了确定調治建筑物的一般形状与主要尺寸，首先需要詳細地了解建筑物要防止什么，也就是說，要审慎考虑跨河桥渡所特有的不利的工作条件。

在絕大多数情况下，桥渡正常使用状态遭到破坏，是由于河槽^①变形的不利发展所造成的。桥渡处可能出現的河槽变形种类，取决于若干因素，首先取决于河流类型与桥渡处的地质构造。河槽变形尺寸及其发展速度，在不同桥渡处也是不同的，取决于桥头引道对水流的压缩程度、水流含泥沙的饱和程度与建筑物的外形等。

經常流水的河槽变形，即河槽变化，多半表现为河槽底的降低与河岸的冲刷，河槽底降低可能使位于河槽中的桥墩遭到淘刷，河岸冲刷可能使位于河槽附近的建筑物，尤其是河滩各桥跨的桥墩、桥头引道填方的錐形护坡与調治建筑物受到淘刷。

桥墩不得遭受淘刷，即使桥墩淘刷还未引起建筑物破坏，也是不允許的，因为在这种情况下桥渡就已不能正常使用。当然，能使建筑物毀坏的桥墩淘刷更是不能允許的。如果桥墩基础的埋置深度是根据河槽可能变形的精确計算来决定的，那末类似的桥墩破坏和毀坏就不会发生。

① 河槽 (РУСЛО) 一詞在俄文中有两种含义。广义包括主槽与河滩；狭义专指主槽。本書中河槽一詞的含义即相应于此——校者

防止桥墩遭受淘刷的最好办法是把桥墩可靠地埋深。但是，在现有的许多桥渡中，桥墩基础由于某些原因使得设计的埋置深度不足，不得不采用维修性质的措施来防护桥墩。类似的措施只有根据河槽变形的正确计算来决定才是有效的。这时必须注意，河槽变形的尺寸可能发生变化，尤其是修筑桥墩防护工程更可能引起变化。

在桥渡的实际维修使用工作中，有一些河滩桥跨遭受破坏与毁坏的实例。桥下河槽的移动，而在某些情况下是桥下河槽的加宽（图1），可能使若干桥墩附近的河底大大降低并发生淘刷现象。如果在设计桥梁时就考虑到河槽的加宽或移动，那末就不会发生桥墩的破坏。

由于以上所述，可以得出结论，在能预测出建筑物使用的长期内的河槽变形时，就可能消除桥墩遭受淘刷的危险。制订此种预测以及决定桥墩实际上的必要埋置深度，乃是桥渡设计的重要部分。

河槽移动不仅可能是桥墩破坏的原因，而且还可能是桥头引道破坏的原因。河湾逼近（挤向）河滩路堤，最终会使路堤坡脚遭受淘刷和其边坡发生坍塌。要消除淘刷的威胁，就要加固河岸及建筑物边坡。

但是，河槽变形并不是桥渡正常使用状态被破坏的唯一原

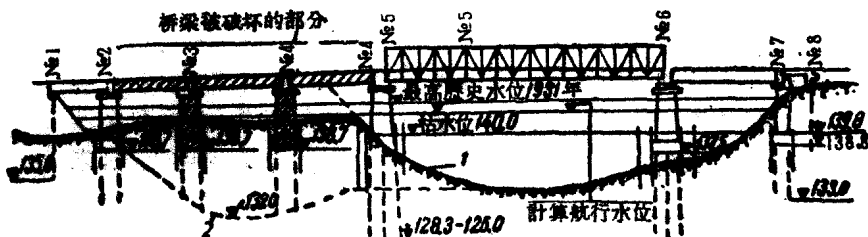


图1 因桥下河槽加宽引起的河滩处桥墩的淘刷
1-冲刷前的河底；2-冲刷线

因。与水相接触的路堤边坡与調治建筑物边坡，当水流速度很大时，土壤也可能被冲刷。土建筑物的边坡还受到波浪冲击的威胁，在某些条件下，波浪可能达到很大的高度，因而也就有很大的冲击力。最后，如果桥头引道的高度不够，則它可能受到水流漫溢的威胁。在大多数情况下，水流漫溢会使路堤完全冲毀，并且必須重新修复路堤的个别区段。

在这些情况下，对桥渡处可能出现的不利水文条件所作的預測，也是正确选择防护設施的基础。

对于多半位于周期性水流上的小桥涵來說，建筑物下游河槽段的冲刷，是最具代表性的破坏。这种冲刷常常引起桥头路堤下游边坡与涵洞出水口洞口建筑的淘刷（图2），或是引起小桥桥墩的淘刷。小桥涵下游局部冲刷坑的形成，是建筑物下游流速增长的结果。就是对小桥涵防护建筑物的設計，也应该以建筑物可能遇到的不利工作条件的預測为基础，此种預測是用逕流計算、建筑物中及其下游水流的水力計算来进行的。

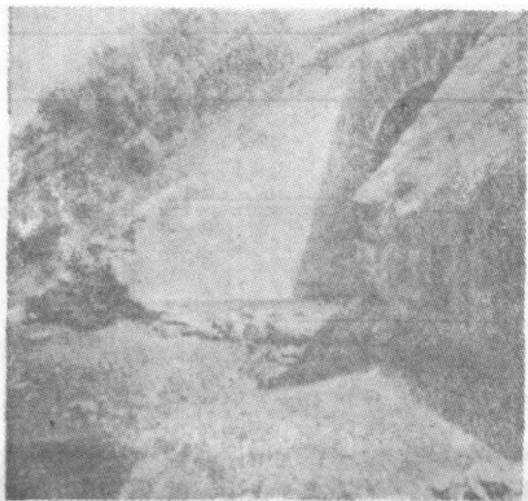


图2 石砌涵洞出水口洞口建筑的淘刷与破坏

第一章 橋渡处河槽变化的預測

河槽变形的种类

不同形式和不同起因的河槽变形威胁着桥渡。河槽变形可区分为几种类型。

与桥渡所在河段有关的河槽变化属于第一类河槽变形（图3）。

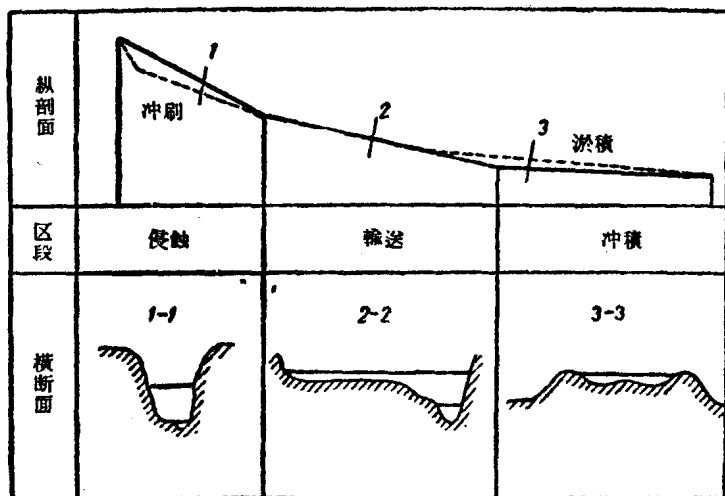


图3 长期的河槽变化示意图

桥梁可能位于河流的上游，即所谓侵蚀区段。这里河底的降低虽然缓慢，但却是一贯的，河流的河槽切入当地地层，因此河流逐渐地具有峡谷的形式。在侵蚀区段的河流产生一定形式

的固体逕流。被冲刷的泥沙为水流带至下游区段。随着侵蚀区段河槽坡度的减小，由该区段流出的固体逕流将逐渐的衰减。布置在侵蚀区段的桥梁遭受到河底降低的威胁，而河底降低将暴露出墩台基础，减少其稳定性。直接比较不同时期的河底高程，可以获得关于河底降低的速度的概念。在任何情况下，即使不可能确定河底降低的速度，为了考虑到河底可能的降低，也应当对桥梁墩台埋置深度给以一定的附加安全数值。

大多数的桥梁布置在河流的中段。在这里，河流推移的泥沙被运送过去，也就是说，沿河长方向的输沙是既不增加也不减少；因此，这里没有侵蚀区段所特有的那种河底降低的现象。

在河流的下游，在很多情况下发生着由侵蚀段带来的泥沙（通过中游的水流输送来的泥沙）的沉积过程。河底升高，即形成所谓冲积锥，这种情况对桥梁墩台的稳定性并无危害，但是可能给桥渡建筑物带来另一些不良后果。在携带泥沙很多的冲积锥增长很快的河流上，可以很明显地看出泥沙阻塞桥孔，减小桥下净空和水面到梁底标高之间的高度，同时淹没桥头引道的路堤。在很多情况下，甚至在桥渡修建后只经过一个短短的时期，就必须提高上部构造和增加路堤的高度。因此，对于布置在冲积锥增长很快的地区的桥渡，在设计建筑物时就必需将桥渡上车辆运行的高度比建桥时河流状态所需要的高度加以提高。根据不同年代的测量结果的比较，可以决定冲积锥增长的速度。

并不是一切河流都毫无例外的存在着三个区段：有些河流没有冲积锥，而在个别的河流上侵蚀区段直接与冲积锥连接起来。对于各个具体情况，应当根据对河流规律的多年观测资料 and 外部特征来确定。

上面所说的这些河槽变形应当称为是长期性河槽变形，因

在大多数情况下这些变形只有经过很长的时间才能明显地显示出来。

除去长期性河槽变化外，布置在輸送区段和冲积区段的桥渡还可能有与河流类型相应的河槽的天然变形。这种变化是河流上必然的造床过程的结果。水流和組成河槽的土壤之間連續的相互作用过程称为造床过程，其结果是河槽形状和水流的流速结构都不断地改变着。

河流的流动——这种流动不仅是水的流动，而且还有由上游不断輸送来的泥沙的流动。河流中固体相——底沙运动的特征赋予河槽水流一些新的性质，这些新性质使河槽水流与沒有泥沙的清水流动有所不同。这些特征中的主要一点是：土粒在其运动过程中联合成有規律的巨大的泥沙堆——边滩，这些泥沙堆順流而下并保持其特点。在不同类型的河流上，河槽范围内的这些成结构状移动的泥沙堆具有不同的形式和不同的移动强度，这种结构状移动的泥沙决定着基本的天然河槽变形，也在很大程度上决定了河槽水流对工程建筑物所起作用的特性和程度大小^①。

运动着的泥沙沿河槽寬度上的分布是很不均匀的。泥沙的主要部分在泥沙堆中移动，这就解释了为什么泥沙堆对河槽形成起有重要影响。

图4是水流和泥沙沿河槽寬度上分布不均匀，以及泥沙运动的结构特征图例，图上标明苏拉河的横断面，以及洪水时实测流速图、流量图和輸沙量图。流量图和輸沙量图的极大值并不重合：最大的流量集中在河槽最深部分；而最大的輸沙量则发生在泥沙堆（边滩）区段，在河槽的这一部分（泥沙堆部

① 关于造床过程的实质，泥沙移动力学和河流分类的詳細情况可參閱文献 [3, 4]

分)，虽然水深是断面上的最小水深，但是水流速度，特别是近底层的流速却最大。

在主要輸沙量所集中的边滩上，泥沙的組成是相同的。在枯水河槽內，在冲刷的发展过程中首先是土的最細小顆粒被带走，只有随着最細顆粒被带走得愈多，才輸到愈来愈粗的顆粒。因此，枯水河槽部分的加深总会引起組成該部分河底的土壤顆粒的某种粗化現象。冲刷愈深則河底顆粒愈粗。

在卵石-砾石河槽的河流上，在河槽局部

冲深的过程中，土壤顆粒的粗化現象显得特別明显。发生这种情况，是由于在这种河流上河槽的最大冲刷水深决定于粗顆粒的鋪面作用，这时水流的实际流速(对于粗粒鋪面)是不冲刷流速。而且，流速愈大，則水深愈大和鋪面愈粗。当泥沙堆移动时，前面較深的部分为泥沙所填沒，但是在周期性冲刷中所获得的顆粒粒径沿深度分級現象仍旧保存下来。

在图 5 上列举了反映卡拉-达里亚河沿泥沙层深度上顆粒

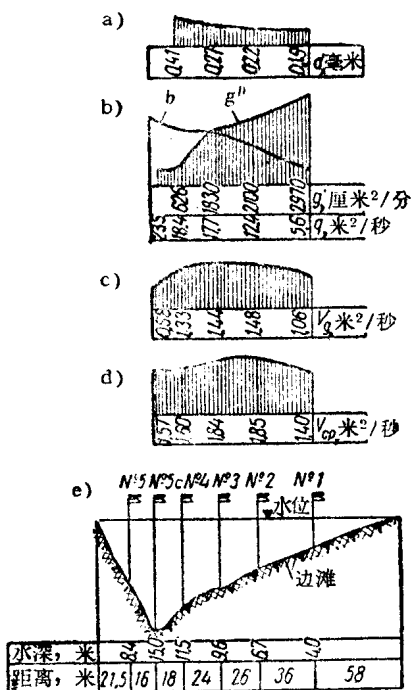


图 4 苏拉河河情特征

a-泥沙粒径图; b-单宽流量 (q) 和单宽輸沙量 (g'') 图; c, d-垂綫底流速和垂綫平均流速图; e-河流橫断面

粒径增大的图形关系。

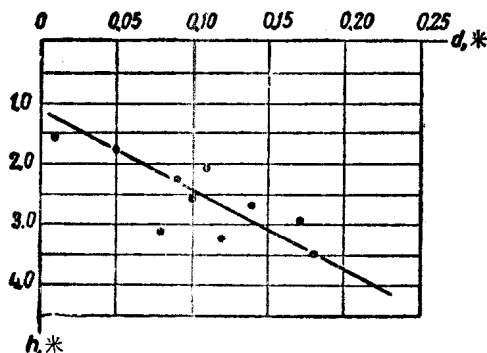


图5 在卡拉-达里亚河沙滩上泥沙粒径沿深度的变化

在进行下述冲刷深度的计算时，正确地认识泥沙层颗粒组成的不均匀性是很重要的。因此，对卵石-砾石河槽的河流进行勘测时，必须收集资料以便绘制类似的关系图表。这时应当注意到，为了这一目的，通常是不能利用钻孔资料的，因为最大的颗粒（其数值往往是设计数值）在钻孔时不可能落入直径较小的套管内。为了决定泥沙粒径沿深度的变化，必须开挖试坑，试坑要一直挖到预计的冲刷标高。

在河流的冲刷区段，亦即输送地区，可以看到两种类型的河槽。第一种是具有弯曲河槽的平原弯曲型河流。河槽的弯曲是由于输送由上游侵蚀区段流来的水和泥沙所必需的河槽坡度与河谷坡度之间不相适应所致。

在跨越弯曲型河流的桥渡上（图6），河槽的天然变化表现为河槽横向移动和河槽逼近桥台，逼近引道路堤和导流建筑物。此外，在很多情况下，桥梁附近的河槽曲率会增大，通常还伴随着河槽的加深。

平原河流的第二种类型是非弯曲型河流、微弯的或顺直的

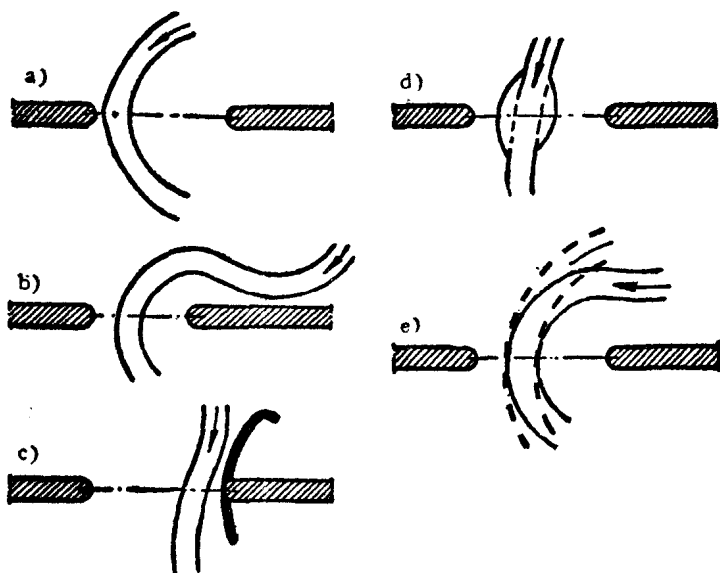


图6 弯曲型河流河槽变形示意图

a-逼近桥台；b-逼近路堤；c-逼近导流堤；d-河槽加宽；e-河槽变弯

河流。在这类河流中，虽然河槽内的水深不断的变化，即横断面内最大水深周期性地由一岸移到另一岸，但河槽不移动（图7）。这种水深的变化是由于泥沙堆（边滩）沿河槽岸边纵向移动的结果。

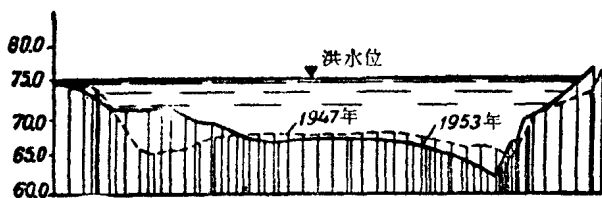


图7 额尔齐斯河河底的变化

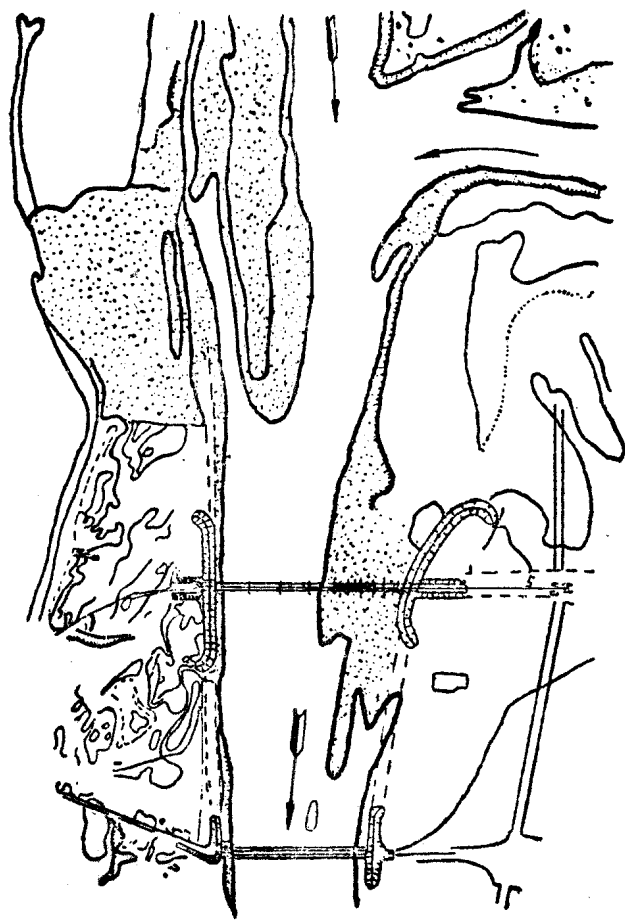


图 8 托媒河桥梁跨度的错误布置