

桥渡水害

成因分析与防控措施

● 王槐青 著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

桥渡水害成因分析与防控措施

王槐青 著

中国铁道出版社

2010年·北京

内 容 简 介

本书以桥渡水害为研究中心,以野外实测大洪水资料为依据,探究了桥渡水害的形成原因及相应的防控措施。本书力求抛砖引玉,引起各方面对这些问题的重视与研究。

本书可供公路、铁路桥梁设计者,河床演变学研究者,河道整治、航运、环保、水利等部门的设计者与研究者参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥渡水害成因分析与防控措施/王槐青著. —北京:中国铁道出版社,2010.4

ISBN 978-7-113-11205-9

I. ①桥… II. ①王… III. ①桥—水灾—防治 IV. ①U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 065677 号

书 名:桥渡水害成因分析与防控措施

作 者:王槐青

责任编辑:张 悦 编辑部电话:(市)010-51873656(路)021-73656

封面设计:冯龙彬

责任校对:孙 玫

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:www.tdpress.com 电子信箱:发行部 ywk@tdpress.com

印 刷:中国铁道出版社印刷厂 总编办 zbb@tdpress.com

版 次:2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

开 本:850mm×1168mm 1/32 印张:8.5 字数:225千

书 号:ISBN 978-7-113-11205-9

定 价:30.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)63549495 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前 言

桥渡(桥、涵及其台后路堤与各种调治建筑物的总称)是铁路、公路等交通工程中跨越各种河道的工程。由于它跨越河道,建造条件较复杂,施工较困难。如建成后被洪水冲毁,相应修复或重建也困难。而且要断道停运,影响国民的生活与生产。所以,找到桥渡水害的形成原因并加以有效防治,是值得重视与研究的大问题。

在我国每年汛期,不同地区常有一些桥渡被大洪水冲毁。其中最严重的几次为:1958年京承铁路,14座大中桥梁就有9座遭遇水害;1962年发大水,又有6座遭重大水害;1963年大洪水,京广铁路的石家庄至邯郸区间有多座桥被冲毁;1981年宝成铁路,沿嘉陵江多座桥被冲毁。从抢修至正常运营,多在半年以上,各种损失是相当大的。

“河床演变学”等学科是边缘性科学,在理论方面不完善或有误是难免的,需要后人去补充、完善、提高是必然的。

如长期来天然河道中的“边滩”概念为,河段中地形较高,床面尽为粗大泥沙颗粒,认为水较浅、床面粗糙、流速不大,在主流之边,所以称边滩。实际在大洪水时,不是滩而正是主流高速区,设计时以滩流对待,实际大洪水是主流高速区,桥渡很容易被冲毁。

天然河道中,大洪水高于深槽,水流不受深槽约束后,水流更突显自身重力的作用,趋直运行、主流摆动,断面流速重分布,已不是水深大、流速大的分布规律了。

大水水流趋直运行,对桥渡设计、航运、河道整治等而言,都将是重要的水流演变规律。

如在中水、枯水时,枯水深槽短段是顺直的;大洪水时水流长段趋直,成为水流与河道、桥渡斜交。桥下流速成三角形分布,这

样的桥渡很容易被冲毁。

又如在宽滩弯曲河段上设桥,历来对设一河一桥或一河多桥争论不定。如认识了大洪水趋直规律,则运用弓形概念就会得到正确选择。弯曲深槽似弓、大水趋直线似弦,当道路穿过弓与弦时,必须设两座桥,弦上设主桥、弓上设附桥,这与只在深槽上设主桥概念不同,弓与弦一致的地方设一座桥即可。

再如山前区冲积扇区,由于无河岸,大水水流将保持直线,在冲积扇脊背上运行,所以必须在隆起的脊背上设主桥,在两旁深沟设附桥。

由上述分析可知,虽然天然河道中水流总是由自身惯性力作用而运行,但具体情况不同,运行情况也不同。

枯水深槽时,水流受深槽约束大;大洪水时不受深槽约束,只受范围较大的两岸约束,在一定范围内可趋直运行;山前冲积扇区,大洪水时无河岸约束,水流从山口将做范围较大的直线运行。这些小小差别,却使我们设桥时出了相当多的水害。由此可见天然河道的水流演变规律中有重要的一条,就是大水在一定范围内时,要趋直运行,这对桥渡设计是相当重要的。

一般书籍将沙质河床视为“游荡性河段”,作者将之视为沙质河床河段单独研究,因为实际工程不能泛泛而谈,而要深入认识其特点,如沙质河床的三大特点:

一、自然冲淤变化大;

二、水位变幅小,水深变幅大;

三、最大冲刷深度发生在退水过程中,水流含沙量最小时。

过去在沙质河床上的桥渡大量出水害,也是与对这些特点未能深入认识有关的。

关于洪峰流量形成水害的原因方面,最初从陕北地区的大孔隙柱状深层黄土中,发现无植物被覆的流域,都是深沟大壑、地貌破碎;有良好植被覆盖时,地貌完整。在二者流域面积相近、暴雨雨量和雨强相近的条件下,前者的洪峰流量将近后者的 400 倍,洪峰流量、洪水过程线完全不同。这在水文学中是一种惊人的差别。

这种植被对水文的惊人影响,引起我们当时共同工作的同志们的兴趣,又对其他土质以植被的不同进行了对比。除了山区,植被对洪峰流量的影响只有百分之几十外,其他均是成倍,或是十几倍的差。在水文设计中,用皮尔逊Ⅲ型曲线, $C_V=1.0$ 、 $C_S=2C_V$ 时,万年一遇只比百年一遇大两倍。这种植被之差导致的流量差距之大是惊人的,也是造成大水害的主要原因。如有的流域遭到乱砍伐、乱开荒,只发生小范围的暴雨就会导致超历史纪录的洪水,损毁铁路、公路,个别地方甚至涉及到城镇。

我们必须重视人类活动对水文的影响,重视“植被”这一水土保持的关键自然因素,因为它要影响我们的生活甚至生命财产,以及各种工程结构的安全。铁三院鉴于实际的需要,按不同土质、不同植被、不同人群活动形成的耕地等客观条件,制定出一套中小流域的流量、洪水量的计算办法,改进了过去对流量的计算只分片、分区确定参数的方法。

在洪水调查中,以往一般认为距今年代越久远的洪水越大,但根据调查结果或实测资料,只要流域内植被未被破坏,年代久远的洪水实际并不大,良好的植被是水土保持极为重要的因素。在洪水调查中,过去厚古薄今的思路应当加以调整,才有利于提高水文计算质量。

本书作者早年毕业于原中南土建学院(现中南大学),并一直在铁三院原桥隧处工作达三十余年。本书反映了作者在铁路工程水文勘测设计方面的丰富经验与一定成就,这在很大程度上得益于处领导和同仁的帮助与配合。

本书的出版得到铁三院桥梁处的大力支持与赞助;全书经由方根男教授级高工统阅并逐句审校后定稿出版。

编者
2009.12

目 录

上篇 由河流的演变分析桥渡水害的成因与防控对策

第一章 根据实测资料探究河流的演变规律	2
第一节 边滩是大洪水水流趋直后的主流区	2
第二节 大洪水水流趋直运行的原因	9
第三节 从水力模型试验的流速、流线分布图认识河岸对 水流演变的作用	11
第四节 大洪水现场实况	14
第五节 大洪水的水流趋直、不规则的河岸地形、颗粒不 均匀的泥沙是塑造河床地形的重要因素	15
第六节 大洪水水流趋直后弯道环流将被破坏	22
第七节 河流弯道形成的推论	29
第八节 小水坐弯与江心洲的形成	34
第九节 水流演变的重要规律	37
第二章 根据水流演变规律分析桥渡水害成因与防控对策	40
第一节 山丘区河道的桥渡水害成因与防控对策	40
第二节 平原宽滩蛇曲型河段的设桥问题	67
第三节 沙质河床河段的桥渡设计问题	80
第四节 山前区冲积扇河段的特点及桥渡设计问题	106
第五节 平原地区与桥渡设计有关的水文特点	116

下篇 桥渡水害的流量分析与冲刷计算

第一章 人类活动对洪峰流量的影响	134
第一节 同样的土质与降雨,仅植被的差异就会引起洪峰流量 的巨大差异	136
第二节 斜坡耕地是造成水土流失的另一要因	142

第三节	人类活动导致的植被差异、不同的地貌 引发洪峰流量悬殊的原因分析·····	144
第二章	根据各类地面条件的实测资料制定小流域 Q_m 值计算办法 ·····	157
第一节	制定 Q_m 值计算办法的用途与原则 ·····	157
第二节	以 $Q_m = K' \frac{H}{t} F$ 为框架进行制定(山丘区) ·····	159
第三节	平原地区(上下游均在平原区) Q_m 值计算 ·····	173
第三章	不科学的人类活动引发超历史纪录大洪水的 典型实例·····	177
第一节	1991 年图们至佳木斯铁路水害 ·····	177
第二节	1981 年宝成线宝鸡至略阳段水害 ·····	180
第三节	1983 年 7 月水毁安康旧城水害 ·····	182
第四章	由洪水灾害引发的思考·····	184
第一节	关于洪水的极值问题·····	184
第二节	各种防洪工程推求设计流量方法的反思·····	185
第三节	斜坡耕地必须改造·····	190
第四节	对黄河治理的思考·····	192
第五章	洪水调查·····	196
第一节	洪水调查是一项重要而困难的工作·····	196
第二节	洪水调查与流量估算中有待改进的问题·····	196
第三节	主要问题的小结·····	241
第六章	桥渡冲刷与桥台设计·····	243
第一节	冲刷系数·····	243
第二节	冲刷计算·····	250
第三节	桥台基础埋置深度·····	260
参考文献	·····	264

上篇 由河流的演变分析 桥渡水害的成因与防控对策

桥渡是建造在河道上的过水建筑物。影响桥渡安全的主要因素是水流大小与河道的水流演变规律。前者在设计时用洪峰流量的周期大小给它定量,虽然还存在一些问题,总还算有一个标准;对河道的水流演变,连个基本概念也没有。当洪水冲毁桥渡时,都归咎于水太大,真正的原因并未弄清楚。所以在桥梁设计中,大家认为水文是最薄弱的环节。尽管如此,总得去摸索与探求,以求逐步认识桥渡发生水害的真正原因、制定相应的对策。

本篇基于上述目标,采用下列办法来认识桥渡发生水害的一般原因。

1. 收集各河道有代表性的水文站的实测原始记录。它记录实测各垂线的流速及水深(重点在大洪水),反映了不同水位时的流速分布及水深变化。从中看出水流的演变实况,找出天然河道的水流演变规律。

2. 桥渡发生水害后,去现场调查水害情况及洪水留下的各种痕迹,进行研究。

综合上述资料共同研究,以实测资料得出的河道水流演变规律,指导分析桥渡水害的原因,并以各处桥渡水害来求证河道水流演变是否有一定的规律性,这即是本篇的主要内容。

第一章 根据实测资料探究 河流的演变规律

第一节 边滩是大洪水水流 趋直后的主流区

在我们现实对河道水流演变认识中,认为河道深槽都是大洪水时的主流区;深槽旁的床面为大漂石、大卵石而不长草的地方,称之为边滩。并认为边滩是主流与河滩间的过渡区,稍有泥沙运动。边滩以外长草的地方称河滩。所谓滩,都是大洪水时过水区而非主流区。这种认识是错的,是造成桥渡水害的主要原因。

下面试选山区、丘陵、平原各一河段的水文站,用实测资料来分析水流演变情况。

图 1-1-1 所示位于太行山区中拒马河上的一河段,在北京至原平铁路线上的第 4 号桥桥址处。这条铁路于 20 世纪 60 年代由铁道部第三勘测设计院负责勘测设计。由于这条铁路线 9 次跨越拒马河,均为大中桥,为了桥渡的安全,并认识山区河道水流演变的特点,在这里设立了临时水文观测站。

1963 年正遇上 50~100 年周期的大洪水,这是很难得的机会。这种大洪水有的水文站设立几十年也难遇上一次,这也是人们未能全面认识水流演变的主要原因。

由图 1-1-1(a)所示的河道形势图,可看出枯水深槽是弯曲的。水流由左岸横斜穿过河心 A 处,至右岸 B 处,几乎成 90° 弯曲后,再流往下游。紧靠右岸有一短段直段,在直段后,深槽又再穿过河心至下游左岸(未绘出)。枯水水流就这样循着深槽流动,没有多大自由。

在深槽成 90° 弯曲的 B 处是一深潭,因为是深潭,河底高程

低,河心 A 处高程较高,AB 段高差较大,相应河底坡度大,因此枯水时,此短段流速也在 1.0 m/s 左右,在山谷中的较远处,即可听到这里隆隆的水声,声势不小。枯水时的最大水流发生在水深最大处,河底坡度大的地方即是水流集中的地方。

当时在现场观察后有一种认识,小水时水势就不小,大洪水十分凶猛,所以在设计桥梁孔径时,以深槽为大洪水时的主流所在,着眼于深槽的设计。从图 1-1-1(b)也可看出,枯水水流在深槽中,流速与水深基本是相匹配的。

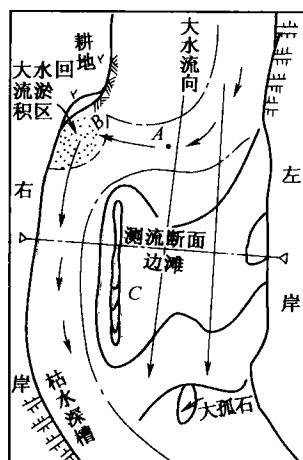
达到中水位后,水流逐步漫出深槽,原来水浅的边滩上流速增长快,水深仅 1.0 m 左右,而流速达 3.0 m/s,但是流速仍然是深槽中最大。

当接近洪峰顶的高水位时,原来大卵石、大漂石的边滩上,即图 1-1-1(b)中,起点距 200~250 m 片区,水深仅 3.4~3.7 m,而流速高达 7.0 m/s,成为高水位时的主流区,由实测流向,这里正是水流的趋直位置。

由前面大、中、小洪水的实测流速分布对比,可知仅有中、小洪水资料,“深槽都是主流所在”这一错误概念将无法得到纠正。有了实测大洪水的流速分布,认识到水流并非很深,床面为粗颗粒泥沙的边滩却是大洪水时主流所在,枯水深槽并不都是主流所在。

经过实测大洪水资料分析,得到了新认识,这桥的设计者改变了原来的思路。原来按水力学的观点, $v = \frac{1}{n} h^{2/3} I^{1/2}$,边滩上的水深 h 并不大,边滩上的床面尽为大卵石及漂石,床面粗糙, n 值大,因此以为流速 v 不大。为了节约桥渡建设的造价,边滩设计一段路堤。认识到这里大洪水时,正是主流所在,因此,在边滩上改设桥孔。

这种天然河道的主流线大摆动,是否为规律性的现象,下面再举辽宁省辽东半岛上复州河吴家屯水文站的控制测量河段,如图 1-1-2(a),水文站控制的流域系丘陵地区。测量河道形势图摘抄于辽宁省水文年鉴上。



(a)

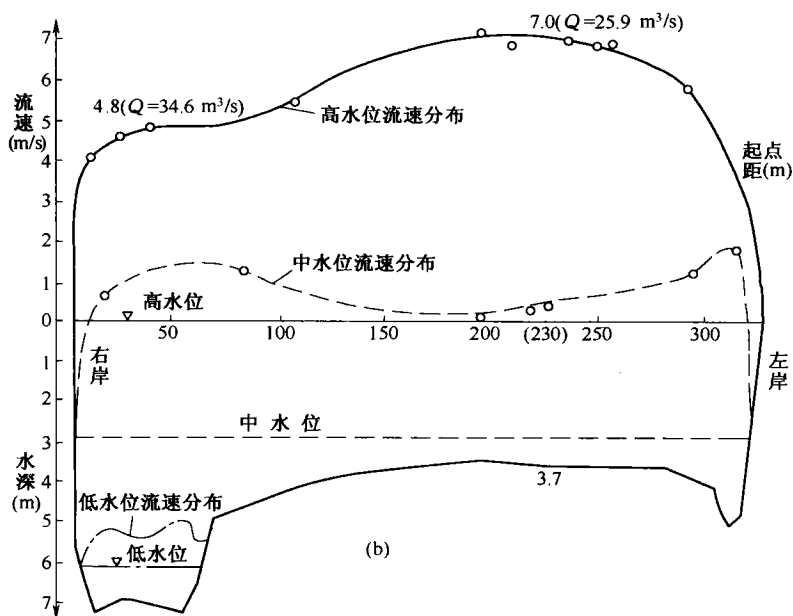


图 1-1-1 拒马河 4 号桥临时水文观测站断面与高、中、低水位的流速分布图

由河道形势图,可见枯水深槽是由上游左岸,横斜穿过河心至右岸,沿右岸往下游流。

图 1-1-2(b)为测流断面,及高、中、低水位时的实测流速分布图。低水位时,水流在深槽内,流速分布与断面形状略相似;中水位时边滩上流速增长快,可能是水流逐步趋直运行所致;高水位时,由于水流趋直运行的原因,深槽内水深大而流速反略有降低,如起点距 185 m 处,流速仅 1.6 m/s;而边滩上如起点距 111 m 处,水深仅为 3.1 m,而流速达 3.2 m/s。

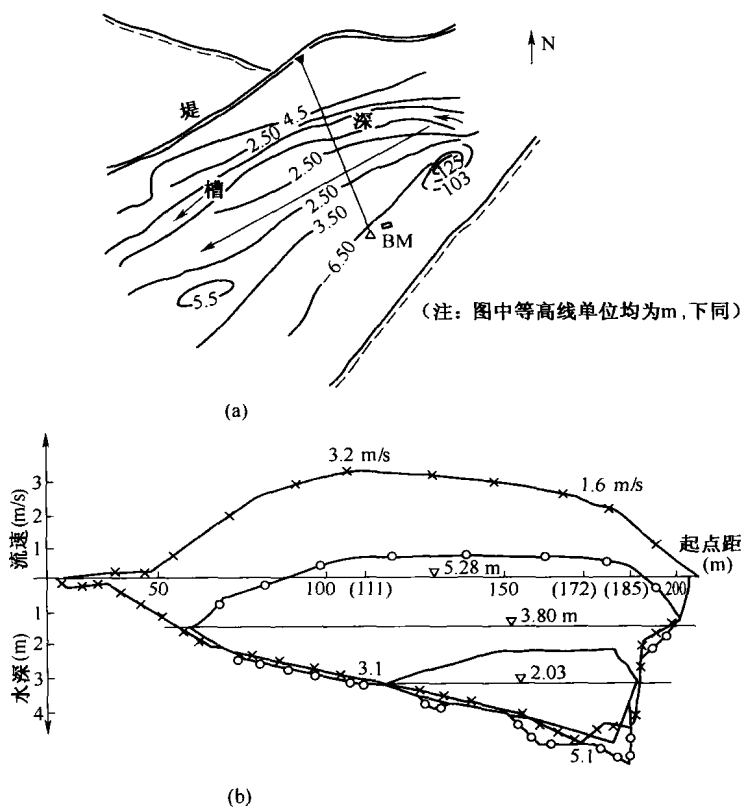


图 1-1-2 复州河吴家屯站

图 1-1-3 系华北平原上,卫河一河段,该河段设临清水文站。深槽是弯曲的,枯水必然受深槽限制运行。大洪水时,水流由于趋直运行,仍然是不受深槽限制的边滩上水深小而流速大,如起点距 50 m 处,水深 8.4 m 而流速为 2.16 m/s,起点距 100 m 处,水深 14.8 m,而流速仅为 1.85 m/s。

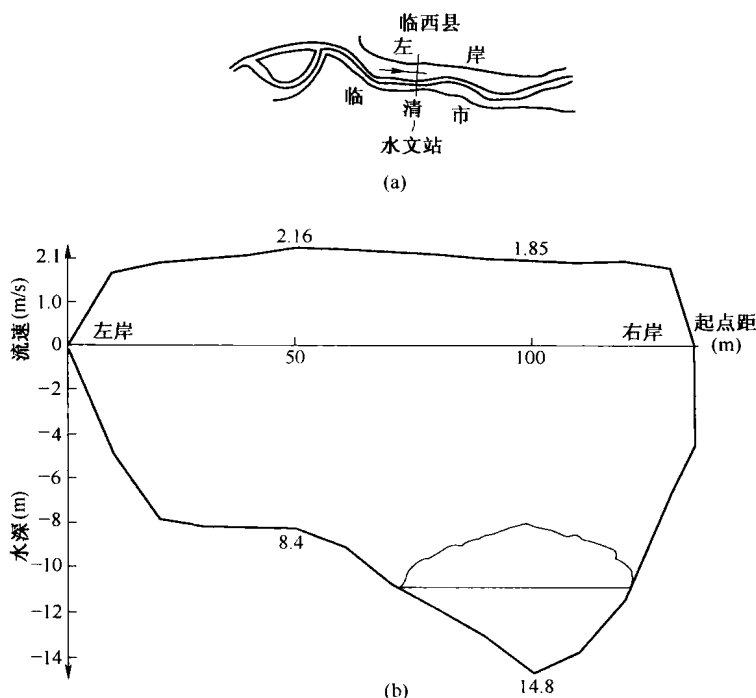


图 1-1-3 卫河临清水文站

从前面实测资料可看出共同的特点:

1. 高水位时,水流脱离深槽约束后,都要趋直运行。山区、丘陵、平原的河道都是这样。
2. 趋直运行时,水流动力轴线(沿程各断面最大垂线流速所在位置的连线)即水流最大动力量的反映,将由中小水时在深槽中的,转移在边滩上,断面上的流速进行重分布。

3. 趋直运行后的水流流速,将不是水深大处流速大,水深小处流速小,而是趋直的动力轴线上流速最大。

4. 小水时水流基本是循弯曲的深槽流动,而且哪里弯曲最大,哪里就水深最大。用小水坐弯来形容小水水流情况,完全合乎实情。

上述三例为中小河道的实例,再来看大河道的情况。图 1-1-4 是长江奉节县城至瞿塘峡之间的臭盐碛河段,全长约 6 km,由于左岸梅溪河入汇,带来大量沙卵石,形成宽达 1 km 左右的碛坝,枯水期臭盐碛河段,主流走右侧深槽内($Q=7880\text{ m}^3/\text{s}$ 线),槽宽仅 200~500。汛期水流漫滩,随着流量增大,如 $Q=18900\text{ m}^3/\text{s}$ 及 $Q=37800\text{ m}^3/\text{s}$ 主流线趋直运行左移,此时河道右侧原深槽部位,为一大片回流区。这一现象应引起水文工作者特别注意。现在在工作中仍然认为枯水深槽为大洪水时的主流所在,实际不仅不是主流位置而是回流区。

图 1-1-4 虽不像前三例,有过水断面图及相应的流速分布图,但是它已定出不同流量的主流走行线位置,同样可证明“小水坐弯、大水趋直”的水流运行规律。

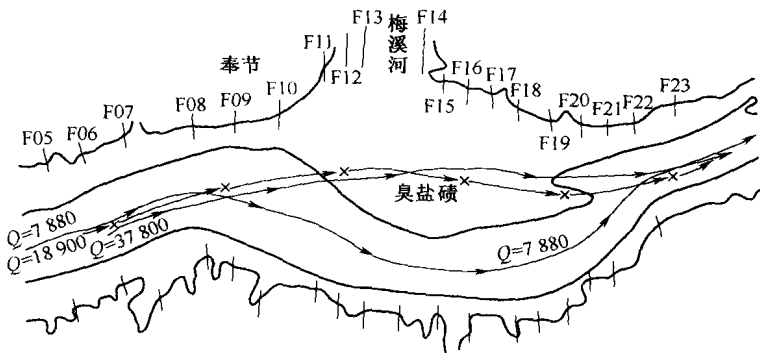


图 1-1-4

当然中小水及大水都是趋直运行的情况也是有的,如图 1-1-5 的河道形势,该图系吉林省浑江下龙头水文站的测流河段,两岸基本平行顺直长度达 2.5 km 左右。

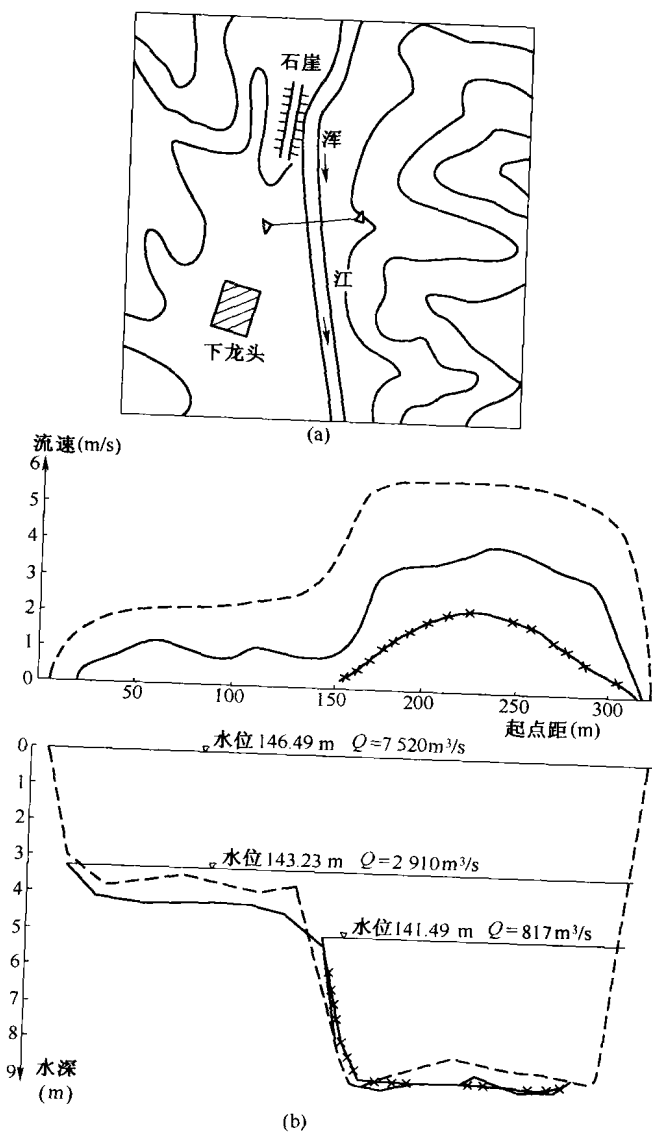


图 1-1-5 下龙头水文站测流断面与相应测次的流速分布图

当两岸平行顺直时,则不会使水流收缩,发生集中冲刷,造成

簸箕型洼地;也不会使水流扩散减速,大颗粒泥沙因而沉积,塑造高地形边滩;也不会有水流斜冲河岸,造成回流区及岸边深槽。因而枯水深槽也将是平行两岸顺直河岸的。这些道理将在后面分析。

如图 1-1-5(a)所示,由过水断面与流速分布图对应看,可知低水位时,流速最大在深槽中心,因为河底平时,中间不受河岸摩擦影响,所以中间流速最大;中水位时,水流虽漫没河滩有一定深度,但主流不摆动,高流速仍在深槽内;高水位仍然相同,主流不摆动,高速区仍在深槽内。现在一般人认为枯水深槽即是大洪水时的主流所在,即是基于这种最理想的河段所产生的水流情况,在野外的天然河道,这种两岸平行顺直且有相当长度的河段是少数的。

第二节 大洪水水流趋直运行的原因

一、水流不具备拉力,易于解体运行

如图 1-1-6 所示,为一垂线上流速分布图,纵坐标代表水深 h 、横坐标代表流速 v ,图右边实曲线与水深 h 线所包围的图幅,显示为在正常情况下的垂线流速分布图。

虚线为反映水流漫出深槽改变方向后,垂线流速重新分布图。高出深槽的流速将加大,在深槽内的水流,与流向不一致时,成为死水或回流,见后面北安水文站图 1-2-15,这是与固体不同的。

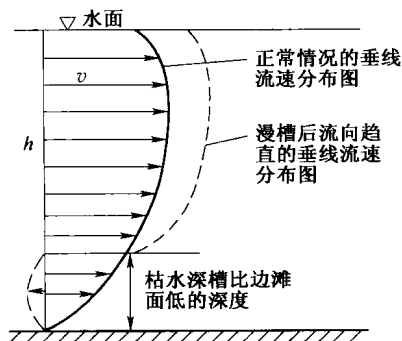


图 1-1-6

虚线为反映水流漫出深槽改变方向后,垂线流速重新分布图。高出深槽的流速将加大,在深槽内的水流,与流向不一致时,成为死水或回流,见后面北安水文站图 1-2-15,这是与固体不同的。

二、水流惯性力起着重大作用

天然河道的上游高于下游,形成河道纵坡,设河道纵坡面与水平面的交角为 α ,如图 1-1-7 所示。每个水质点都在坡面上运行,