


HECHUANG HEAN BAOHU GAILUN



# 河床河岸 保护概论

郭伟 陈鸿丽 樊云 编译

 黄河水利出版社

# 河床河岸保护概论

郭 伟 陈鸿丽 樊 云 编译

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

河床河岸保护概论/郭伟,陈鸿丽,樊云编译. —郑州:  
黄河水利出版社,2008.1

ISBN 978-7-80734-399-8

I. 河… II. ①郭…②陈…③樊… III. 护岸-概论  
IV. TV861

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第202961号

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32

印张:7.75

字数:194千字

印数:1—1 300

版次:2008年1月第1版

印次:2008年1月第1次印刷

---

定价:20.00元

## 前 言

对水陆界面实施保护已有1 000多年的历史,但将科学应用到这一领域实际上是近年来的事情。最近几十年,在护岸设计时,采用了一些新的研究设施,如大型风浪试验槽、紊流测流计、数值模型等。本书中列出了一些根据实验或经验得出的经验关系式;在运用时,要求对这些经验关系式进行充分理解。本书的基本思路是:拟从理论探讨入手,重点放在了解上。以此提示读者,在进行防护设计时,需要把科学与经验结合起来。此外强调了水陆界面的防护设施是大型工程的一部分,本书探讨的核心内容是如何对能够承受水流、水位差或波浪产生的荷载的护岸设施进行设计。

本书共有11章,其中第1~4章由郭伟编译,第5~7章、第8章的第1~3节由陈鸿丽编译,第8章的第4、5节及第9~11章由樊云编译。

由于编译者水平有限,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编译者

2007年10月

# 目 录

## 前言

第 1 章 导言 .....	(1)
1.1 如何看待护岸工程 .....	(1)
1.2 如何对待防护设施 .....	(5)
第 2 章 水流荷载 .....	(17)
2.1 导言 .....	(17)
2.2 紊流 .....	(18)
2.3 壁流 .....	(20)
2.4 无压流 .....	(24)
2.5 壁流与自由流的组合 .....	(27)
2.6 减小荷载 .....	(35)
2.7 小结 .....	(36)
第 3 章 水流稳定性 .....	(38)
3.1 导言 .....	(38)
3.2 均匀水流 - 水平河床 .....	(38)
3.3 倾斜河床 .....	(47)
3.4 非均匀流 .....	(49)
3.5 黏性材料 .....	(59)
3.6 小结 .....	(60)
第 4 章 水流冲刷 .....	(62)
4.1 导言 .....	(62)
4.2 没有保护的冲刷 .....	(65)
4.3 河床保护设施的冲刷 .....	(74)

4.4	小结 .....	(84)
<b>第5章</b>	<b>渗流概述 .....</b>	<b>(86)</b>
5.1	导言 .....	(86)
5.2	基本方程 .....	(87)
5.3	闭合边界的稳定性 .....	(92)
5.4	开放边界的稳定性 .....	(96)
5.5	边坡的宏观稳定性 .....	(101)
5.6	荷载减小 .....	(103)
5.7	小结 .....	(105)
<b>第6章</b>	<b>渗流反滤层 .....</b>	<b>(107)</b>
6.1	概述 .....	(107)
6.2	粒状反滤层 .....	(109)
6.3	小结 .....	(118)
<b>第7章</b>	<b>波浪荷载 .....</b>	<b>(120)</b>
7.1	导言 .....	(120)
7.2	非破碎波 .....	(122)
7.3	破碎波 .....	(129)
7.4	斜坡上的波浪 .....	(133)
7.5	波浪荷载的削减 .....	(139)
7.6	小结 .....	(142)
<b>第8章</b>	<b>波浪冲刷与稳定性 .....</b>	<b>(144)</b>
8.1	冲刷 .....	(144)
8.2	稳定性概述 .....	(146)
8.3	松散粒料的稳定性 .....	(149)
8.4	黏性材料的稳定性 .....	(161)
8.5	小结 .....	(170)
<b>第9章</b>	<b>尺度 .....</b>	<b>(172)</b>
9.1	概述 .....	(172)

9.2	概率论 .....	(173)
9.3	维护 .....	(186)
9.4	失事机理 .....	(191)
9.5	小结 .....	(197)
<b>第 10 章</b>	<b>保护设施 .....</b>	<b>(199)</b>
10.1	导言 .....	(199)
10.2	河床保护 .....	(200)
10.3	护岸设施 .....	(208)
10.4	海岸保护 .....	(209)
10.5	护坡 .....	(213)
<b>第 11 章</b>	<b>环境 .....</b>	<b>(218)</b>
11.1	导言 .....	(218)
11.2	河床防护设施 .....	(224)
11.3	河岸保护 .....	(226)
11.4	海岸保护 .....	(233)

# 第 1 章 导 言

## 1.1 如何看待护岸工程

### 1.1.1 缘由和时机

水陆界面在人类活动中一直起着重要作用,新拓居住区往往位于海岸、河岸或三角洲地区。当水陆界面由岩石组成时,冲刷作用往往可以忽略,而当界面为细粒材料时就有必要采取保护措施了。在天然情况下,界面随着冲淤自由摆动。除非某些利益受到威胁,冲刷实际上是无关紧要的。是否采取措施防止冲刷,需要在利害之间加以权衡。

泥沙淤积和冲刷呈周期性变化。经过一段时期的淤积,人们开始利用新形成的陆地进行农业生产。当再次发生冲刷时,就会出现这样的问题:这片陆地是否应该加以保护?花多少费用加以保护?海岸防护工程的费用通常非常高,如果经济活动属于边际行动,那么放弃这片陆地而把沙脊作为基本海岸线可能是明智的。如果在此期间形成了一个完整的城市,那就另当别论。随着人口的不断增长,这样的地区面临的冲刷压力也在增大。沿天然海岸或河岸在后退线以后兴建建筑物是一种好的做法。这种后退线与海岸或河道演变以及建筑物预定的使用年限有关。例如一座宾馆的使用寿命如果为 50 年,那么它就应该修建在 50 年内不会受到侵蚀威胁的地方。

面对冲刷侵蚀这种自然现象,天然条件能提供有效保护。珊



珊瑚就是极好的防浪物,植被也往往起保护作用,沿河岸的芦苇及沿海岸及三角洲地区的红树林可以减小流速与波浪并使泥沙就地淤积。破坏这些天然屏障标志着一大堆侵蚀麻烦的开始,如有可能,应该避免。因此,防止侵蚀的首要措施是保护界面的植被。此外,植被在河岸生态系统中还起着重要作用。第 11 章将论述这些问题以及自然友好保护的可能性。

最后应记住的是,一旦对遭受大范围侵蚀的海岸或河岸的某一部分进行保护,受保护范围以外又可能产生新的侵蚀,最终使得不得不对整个海岸或河岸加以保护,因此要三思而后行。

大量的问题依然是在何处进行保护才是有效的。图 1-1 给出了一个河床、河岸和海岸保护的实例。渠道、河道和河口的护岸设施通常需要经得起水流、波浪和船舶引起的荷载作用。海岸防护建筑物包括海堤、护坡、堤防及防波堤。对底部侵蚀可能危及建筑物(如桥墩、坝肩、泄水闸或其他过水建筑物)的地方,有必要进行河床保护。



图 1-1 护岸实例

### 1.1.2 设计

水陆界面的防护设施一般都是大型工程的一部分,如航道、海岸防护系统、人工岛或桥梁,因此防护设计在整体上必须与该工程协调,并作为整体设计过程的一部分。一般来说,这样得出的设计方案是有效且高效的。有效是指该建筑物对使用者和环境都有作用,即该建筑物按预期目标起作用而且对环境没有任何威胁。高

效是指这个有效建筑物的成本应该尽量低,而且工期不应该比实际需要的长。

有效且高效的设计可以说是“现金价值”。在含有对建筑物要求的委托事项(ToR)中,这种预期价值是很明显的。委托事项必须转化为方案(可能的解决办法)。要求和方案不是一一对应的,可以通过试凑法来磨合,设计和比较一些可能的方案。当然,成本是一个比较因素。设计者获得现金价值的任务,可以综合考虑以下四个单元来完成,见图1-2。

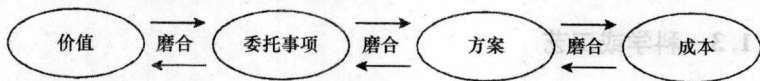


图 1-2 现金价值

设计过程具有循环性质,因为图1-2中的各单元不可能直接从左到右来进行。在第一阶段,设计者根据自己或他人的经验,针对委托事项思考一些方案。整个设计过程从处理图1-2中的4个单元的粗略方法开始,然后在以后的设计阶段对它们加以改进。有效性可以根据功能、环境和工艺来评价,而高效可以用成本和施工来表示,当然,这些方面会有重叠和联系。它们在每个设计阶段都起一定的作用,但重点却逐渐转移,如图1-3所示。

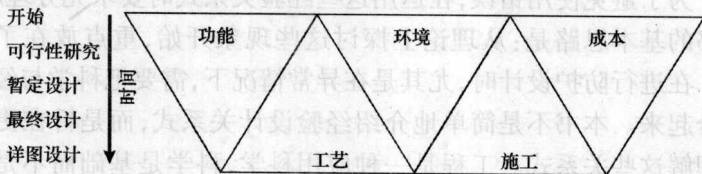


图 1-3 设计过程中的重点

在任何项目中,区分不同的详细层次是可能的。了解正在研究的这一层次的同时,密切注视相邻的层次是有益的。例如把层次区分为:①系统(大层次);②分部(中层次);③分段(小层次);

#### ④单元(微层次)。

再如,将海岸带、水系(河、湖等)、港口或圩垸定为大层次,海岸防护设施(海堤、防波堤等)、河岸、防浪堤、合龙坝和泄水闸等定为中层次,护堤、护岸或护底定为小层次,石料、大块材料等定为微层次。按这种分层,本书的名称属第三层次。第一层在背景中扮演一个角色,见第1.1.1节。第二层定为何时何地进行防护合适,当要确定块石的尺寸时,这一内容就属于第四层。可以说,在制定一个大型工程的技术计划时,护岸设计通常处在图1-3的较低部位。

### 1.1.3 科学或工艺

水陆界面的保护已有1 000多年的历史,但将科学应用到这一领域实际上是近年来的事情。第二次世界大战推动了人们对波浪和海岸的认识。在荷兰,1953年后,三角洲工程对防护工程的研究产生了一定的影响。最近几十年,新的研究设施(如大型风浪试验槽、紊流测流计、数值模型等)对设计的改进做出了重大贡献。虽然我们认识的科学基础有了相当大的进步,但是即使在50年后,我们对这些事物的认识大多数仍是经验性质的。本书中的大多数公式也是根据实验或经验得出的经验式。

为了避免使用错误,在运用这些经验关系式时要求充分理解。本书的基本思路是:从理论上探讨这些现象开始,重点放在了解上。在进行防护设计时,尤其是在异常情况下,需要把科学与经验结合起来。本书不是简单地介绍经验设计关系式,而是旨在更好地理解这些关系式。工程是一种应用科学,科学是基础而不是核心。创造力、经验和常识同样重要。

计算机模型在工程中起着越来越大的作用。然而,对于水利工程师来说,一张白纸和一支铅笔仍然是必需的,尤其是在设计初期,一张手绘的水流或波形草图与计算法则的正确应用同样有价值。做好这两者,都必须充分理解有关过程的物理性质。

## 1.2 如何对待防护设施

### 1.2.1 保护对象

水陆界面的规模和情况各不相同。图 1-4 为不同水系荷载现象典型值。

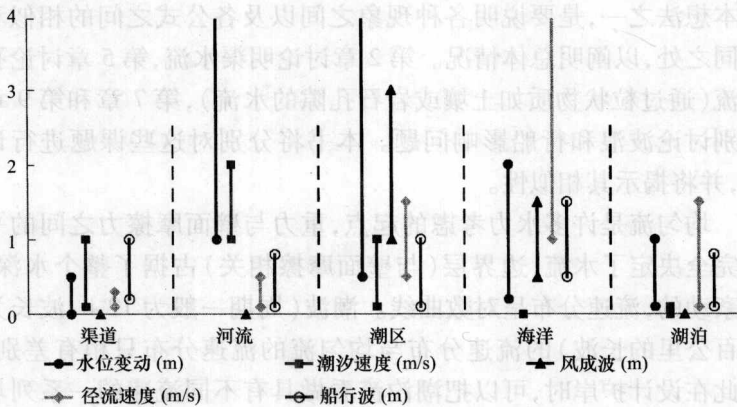


图 1-4 各种水系的水力条件

本书是针对现象而不是水系来讨论界面的稳定性。这是非常特殊的，因为大多数课本论述护岸、治河工程或航道，很多关于防护工程的知识都是基于经验，而经验通常不是全部来自上述的各个领域而只是其中之一。遗憾的是所涉及的现象都很相似，船行波和风成波起因不同，但表现基本相同。若谈到保护河床或河岸，河流中通过泄水闸等的水流也是如此。此外，在河岸保护中，风成波有时也起作用，但在关于治河工程的课本中常常被忽略了。因此本书试图找出所有这些相关问题的物理核心。

各种防护设施的一个共同作用是抵御运动水体的能量。运动水体具有能量，如水流、风成波、船行波、地下水流等，它们可以输

移物质。能量来自外源,如风或船,最后通过黏滞摩擦转化为热能。这不是能量的损失,而是能量的转换,通过紊动,动能转换为热能。紊动发挥了重要作用,这将在下一章进行更详细的讨论。现在有理由认为紊动与动能转换为热能有关。在这个转换过程中,紊动对界面施加冲击。

水利工程的研究往往是经验性的而且是零碎的,这就导致各种课题的关系式大量涌现,它们之间的联系仍然不清楚。本书的基本想法之一,是要说明各种现象之间以及各公式之间的相似和不同之处,以阐明总体情况。第2章讨论明渠水流,第5章讨论孔隙流(通过粒状物质如土壤或岩石孔隙的水流),第7章和第9章分别讨论波浪和行船影响问题。本书将分别对这些课题进行讨论,并将揭示其相似性。

均匀流是许多水力考虑的起点,重力与壁面摩擦力之间的平衡完全决定了水流,边界层(与壁面摩擦相关)占据了整个水深,是紊动的,流速分布呈对数曲线。潮波(周期一般为12 h、波长为几百公里的长波)的流速分布与均匀流的流速分布只稍有差别,因此在设计护岸时,可以把潮汐流看做具有不同流速的一系列均匀流。对于风成波(周期为5~10 s、波长为50~150 m),尽管在非常浅的水域接近潮波,但情况完全不同于非紊流沿轨道运动和薄紊流边界层。最后,在斜坡上破裂的波导致沿整个水深紊动。如图1-5所示。

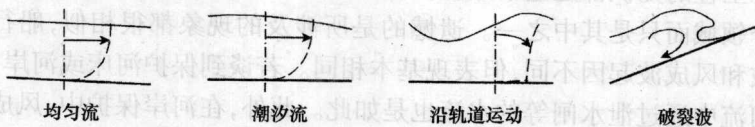


图1-5 水流与波浪

水跃和碎波形成的水滚(涌浪)基本相同,当从一个固定的位置观察水跃而从波速移动的位置观察涌浪时可以发现这一点(见

图 1-6)。水滚与流水之间的摩擦力导致的紊流特性也很相似。第 7 章将作详细介绍。

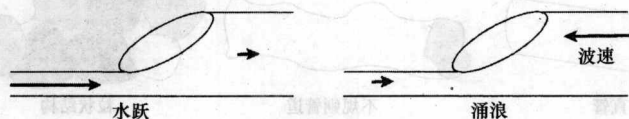


图 1-6 水跃与涌浪

流水中的固定物体与静水中航行的船只存在着相似性。物体周围的水产生加速,而船只周围则形成回流,都会引起水位下降。

水流中物体或船只的背后存在着尾流,尾流流速小于毗邻水流的流速。这种速度差导致所谓的混合层(见图 1-7),相对较慢和较快的流水在此混合形成紊流。射流(静水域或流速较慢的水域的出流)中也存在着同样的速度差(但尾流流速大于毗邻水流的流速),引起同样的混合层和紊流。

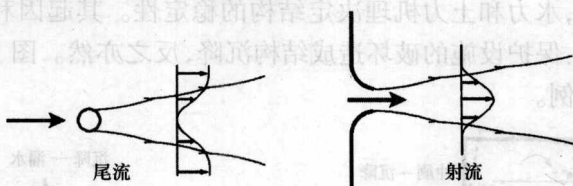


图 1-7 尾流和射流的混合层

本章讨论的最后一种相似性是管流与孔隙流(通过多孔介质如砂或石块的水流)之间的相似性(见图 1-8)。在直管中,(均匀)水流由壁面摩擦决定。而在不规则管道中,由于断面的不规则性,不存在真正的均匀流。即使是流量恒定,也总会存在加速和减速,在突变处,甚至会发生有混合层的水流分离现象。从微观考虑,颗粒之间的水流也表现出连续的加速和减速,并可用同样的基本方程式描述这种类型的水流,包括层流和紊流。然而实际上是把这种水流整合成通过许多颗粒和孔隙,这是因为掌握各个孔隙的速

度资料既不可行也不必要。



图 1-8 管流和孔隙流

上述所有例子都包含了 3 种现象因素:壁流、混合层和波动流(波浪),紊流对它们都起了一定的作用。均匀(管)流、潮汐流以及风成波的边界层中都存在壁流。水跃、涌浪(主流与水滚之间)、尾流和射流中的混合层是肉眼可见的。从微观上看,孔隙流包括壁流和混合层。简言之,各种水流情况都可以分解为这 3 种基本现象,或者说是它们的组合,但每种水流情况至少包含这 3 种基本现象之一,因此有必要认识和了解其基本特点。

通常,水力和土力机理决定结构的稳定性。其起因和结果在于两方面:保护设施的破坏造成结构沉降,反之亦然。图 1-9 给出了几个实例。

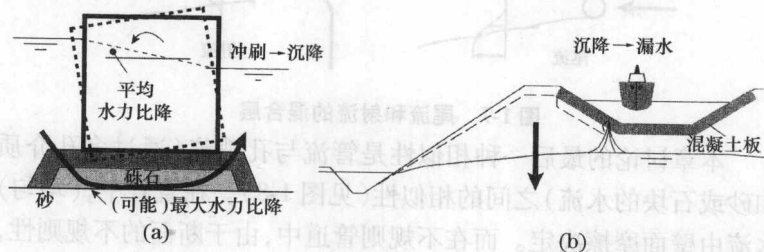


图 1-9 起因和结果

在情况(a)中,挡水结构底部的反滤层不能正常工作,因冲刷该结构会发生沉降。由于水流入口处反滤层内可能出现最大水力比降,沉降可能上游大而下游小。在情况(b)中,渠道位于地下水位以上,为了防止漏水,渠道底部设置了防渗层。如果渠道堤防产

生沉降,因底土不够坚固,防渗层可能断裂,渠道中的水可能排入底土。情况(a)像是土力学问题,但是存在水力起因,而情况(b)则方式相反。

### 1.2.2 破坏和设计

前面几节已强调对可靠的界面防护设施设计来说,深入了解现象至关重要。忽略相关现象可能导致防护设施造成的损害比防止造成的还多,或者把问题转嫁到忽略的现象上,如图 1-10 所示。

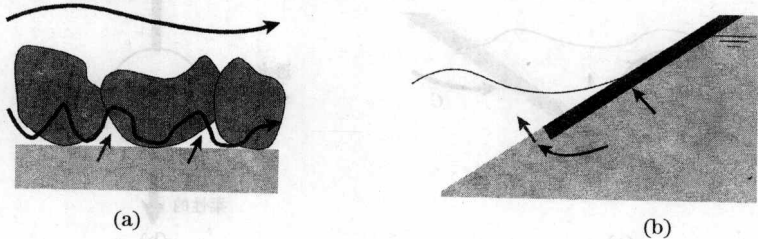


图 1-10 不良的防护设计

在图 1-10(a)中,砂质河底上抛投大块石,在水流作用下河底会遭受冲刷。块石使河底流速略有降低,但紊动加剧,因此可能引起更大的冲刷。图 1-10(b)为沥青护坡,如果不护坡,在波浪作用下边坡会遭受冲刷。而在低水位时,护坡使边坡内外出现水位差,作用在护坡上的压力可能把护坡顶起。它也可能在沥青护坡边缘产生集中地下水,导致那里产生冲刷。

图 1-11(a)示出作用于护坡设施上的力。 $A$  是作用在临水面上的荷载,即波浪和水流引起的外荷载。 $C$  是作用在背水面上的地下水压力。 $B$  是外荷载与结构内侧物体之间的相互作用。尽管外力  $A$  通常相当强烈且引人注目,但许多护岸设施是因  $B$  或  $C$  而毁坏。

受外力  $A$  的作用需要强防护,这种强防护采用大而重的石块即可实现。图 1-10 的例子显示,由于过程  $B$ ,防护设施也应该是防止砂粒冲走的。为此,在表层和底土之间需要设垫层,例如反滤



层、织物等。但是如果这一层不透水, C 可能就是一种威胁。这就意味着要求有渗透性(除非有使护岸设施不透水的其他理由;在这种情况下,护岸设施必须设计成能抵御可能的压力)。增加坚固度的另一种方法是确保表层的黏聚性,例如采用混凝土或沥青而不是抛石。那样,护岸会是不透水的或刚性的,如果预计会产生沉降,这又可能产生问题。因此,柔性是要考虑的另一个因素。图 1-11(b) 示出护岸设计中相互矛盾的因素。

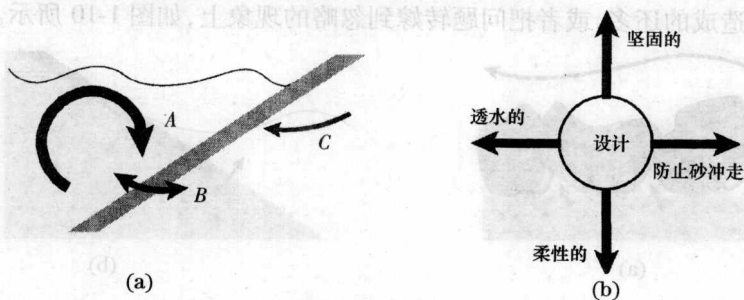


图 1-11 矛盾的需求

破坏机理:一般来说,考虑各种情况总是必要的。图 1-12 示出护岸设施的相关破坏机理。



图 1-12 破坏机理