

# 河流心滩形成模式与构建技术研究

王兵 顾岚 王翠峰 高甲荣

(北京林业大学水土保持学院,水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室)

**摘要:**选取北京市白河人为扰动较少的24个样点河段内的12处心滩进行实地调查,并依靠调查数据对心滩的形成、分布特征及在增加物种多样性方面作了相关的分析与研究。结果表明,河流心滩有增加河道断面形式和生物多样性等多种作用。考虑到城市河流生态系统较为脆弱的现状,认为可通过在城市河道修建人工心滩的方式来对城市河道进行生态改造。在此基础上提出了心滩的构建原则,以及“直道滩”“弯道滩”“群滩”3种构建方式,旨在为城市河道生态治理和恢复提供参考。

**关键词:**心滩;城市河道;物种多样性;生态改造

中图分类号:S715.3; TV853 文献标志码:A 文章编号:1000-1522(2013)05-0079-05

WANG Bing; GU Lan; WANG Cui-feng; GAO Jia-rong. **Formation pattern and construction technology of river channel bars.** *Journal of Beijing Forestry University*(2013)35(5):79-83 [Ch, 11 ref.] School of Soil and Water Conservation, Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

Baihe River, which is located at the suburban of Beijing, was selected as the study object. This paper focuses on a field investigation conducted in 12 river channel bars, which were seldom disturbed by human being. Data about formation and distribution characteristics of channel as well as its influence on increasing biodiversity had been analyzed. The results showed that river channel bars had the effects of increasing river cross section forms and biodiversity. Considering the present situation that urban river ecological system is fragile, it is feasible to make ecological reconstruction on urban river by the way of constructing artificial channel bars. Besides the construction principle of channel bars was proposed on the basis of study with the proposing of three construction methods, i. e. “straight beach model”, “corner beach model”, and “group beach model”, aiming to provide reference for urban river ecological management and reconstruction.

**Key words** channel bar; urban river; species diversity; ecological reconstruction

城市河道是城市生存和发展必不可少的因素,在城市及周边地区的经济发展和生态保护中有着十分重要的地位。目前城市河流渠道化、河道断面结构形式单一化、走向笔直化、河流护坡硬质化等现象比较普遍,这些治理方式造价高,维护难度大,特别是对河流的天然生态系统造成了巨大破坏<sup>[1]</sup>。近年来,人们逐渐开始意识到这种方式的弊端,并开始使用近自然的生态治理措施来恢复河道的天然生态系统。既然是近自然改造,心滩也应是必不可少的

一个方面,但目前对于城市河流生态改造中关于心滩的研究相对较少。在这种背景下,我们通过对北京市天然河道心滩的调查和研究,了解自然界心滩的形状与分布特征以及生态功能,为今后的生态治理规划提供依据。

## 1 天然河道心滩的调查

### 1.1 调查区概况

白河发源于河北省沽源县独石口乡,经赤城流

收稿日期: 2013-01-10 修回日期: 2013-03-26

基金项目: 科技部国际科技合作项目(2009DFA32490)。

第一作者: 王兵。主要研究方向: 水土保持与流域管理。Email: 283296000@qq.com 地址: 100083 北京市清华东路35号北京林业大学水土保持学院。

责任作者: 高甲荣,博士,教授。主要研究方向: 流域管理及水环境建设。Email: jiaronggao@sohu.com 地址: 同上。

本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

入北京市延庆县,再经怀柔县进入密云,注入密云水库西北端,由西南端流出后到密云县城南十里堡与潮河汇合。两河在密云县的河槽村汇合以后,始称潮白河,向西南经怀柔,入顺义,延通州流入河北境内,至天津入渤海。白河和潮河是北京市流域面积最大的水系,它的境内主河道长118 km,流域面积5 613 km<sup>2</sup>。

## 1.2 调查方法

在全面踏查白河北京段的基础上,选取从白河堡水库至千家店河段作为研究区,筛选受人为干预较少、接近天然状态的样点河段24个。经实地勘察,24个样点河段共含有12处天然心滩,分别对心滩的形状、地形、周边流速分布及生物多样性等进行调查。具体调查方法为:用皮尺和测绳测出心滩边缘与左右岸的距离,然后观察周围的地形多样性(包括心滩边坡的缓陡、深浅洼地、平地、断层等),并用浮标法简单测量心滩周边流速,估测出流速的分布变化。心滩上的动植物状况采用样方法调查,具体做法为:设置1个5 m×5 m的乔灌样方,其中再设置1个1 m×1 m的草本样方,调查植物的覆盖度,识别水生植物种类、名称以及心滩周围动物的种类;最后绘制心滩在河段的平面图,将各项数据记录在表。通过定性定量分析,从心滩的形成、形态和分布3个方面进行总结和归纳,从而得出天然心滩的特征。

## 2 结果与分析

### 2.1 心滩的形成与分布

#### 2.1.1 心滩的形成

心滩(channel bar)是位于河心的浅滩,是在水流作用下形成的四周为水流环绕的滩体。边滩(point bar)是位于河岸的滩体,也是在水流的作用下形成的,但只有一侧临近水流。心滩与边滩可以相互转化,它们也都可能发展成为河漫滩的一部分。

心滩形成的原因往往比较复杂,但总的可以概括为水流和泥沙2个方面。这2个方面又是相互联系的,根本原因在于水流挟沙能力与来沙量的不相适应,这种不相适应可能是由于水流的原因或泥沙方面的原因,也可能是二者的综合原因<sup>[2]</sup>。

经实地调查研究,白河心滩的形成原因主要有以下2种:

1)环流减弱或消失。环流是造成泥沙横向转移的动力,是影响横向输沙的主要因素。环流的强度与河道形态相关,例如在弯道段环流单一且强大,致使泥沙横向移动,造成完整的边滩和深槽,当转入顺直过渡段,环流复杂且较弱,此时横向输沙基本停

止,泥沙在过渡段淤积而出浅。白河延庆段的心滩(图1)位于河道转弯处,大致就是这样形成的。

2)河流流速减小。流速是决定水流挟沙能力的主要因素,无论是对悬移质还是推移质,流速沿程的突然减小都将导致水流输沙能力的降低,造成泥沙淤积。流速减小的原因较多,主要与河道形态变化密切相关,一般在河道突然放宽处以及分汇流口处等。例如白河千家店流域小型心滩(图2)就是这样形成的。

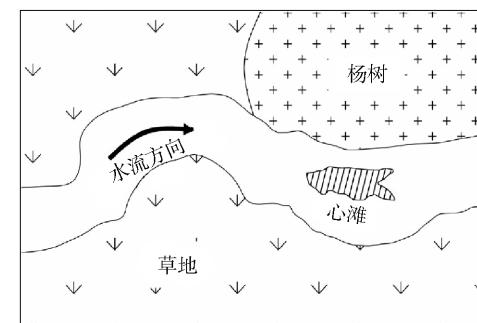


图1 白河延庆段平面图

Fig. 1 Yanqing section plan of Baihe River

注:以实地测绘结合卫星影像图片用CAD软件绘制。

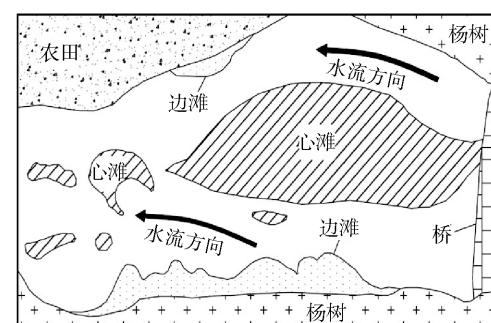


图2 白河千家店河段平面图

Fig. 2 Qianjiadian section plan of Baihe River

#### 2.1.2 心滩分布

心滩的分布与其形成原因密不可分,即成因决定分布。从河道纵向看,心滩主要分布于河流下游宽河道处,原因在于河道放宽,河流流速减小,泥沙淤积;从河道横向看,心滩大多偏于河道左岸,原因是由于北半球地转偏向力的作用,使得右岸流速大,挟沙能力和冲刷力大,而左岸流速偏小,泥沙携带能力下降,淤积成滩;从局部看,心滩多分布于河流弯道处、汇流处、河道突然放宽处等,主要原因在于河道的形态因素使得水沙运输不平衡,泥沙在下游过渡段流速较小处淤积成滩。

## 2.2 心滩形态

### 2.2.1 心滩体的形状

心滩的形状大小各异;但相同点是在顺水流方

向成尖角形,而滩体后部呈圆形,原因在于滩体前部受水流冲刷,部分泥沙移向滩体后部。

形状系数是心滩周长与等面积圆的周长之比。比值越接近1,心滩越接近圆形,说明该心滩周边越发达。由图3可以看出,白河心滩形状系数大多位于1~1.5之间,均值为1.23。由实地勘察的手绘图可知,心滩大体近似为长椭圆形,周边较为发达。

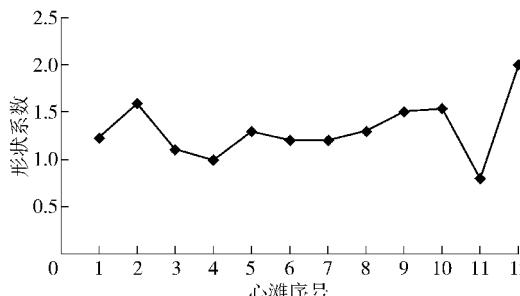


图3 白河12处心滩形状系数

Fig. 3 Shape coefficients of 12 mid-channel bars in Baihe River

这个结论可以为今后城市河流生态改造中的心滩形状设计提供参考。

## 2.2.2 心滩群

在河道较宽处,河流流速较低,泥沙大量淤积,由于局部紊流、环流的作用,河道内易形成多个心滩,组成心滩群。心滩群一般由大小不同的心滩组成,形态各异,多样的环境也为各种动植物的生存提供了场所;因此该区域的动植物丰富度也相对较高。

## 2.3 心滩的物种多样性

从表1可以看出,心滩的动植物种类非常丰富,归结于以下原因:心滩的周边较为发达,增加了心滩与水的接触面积,土壤与植物对水体有过滤作用改善了河流水质;水流与滩体的相互作用形成了多样的流场环境<sup>[3]</sup>;滩体的构成物质多样,主要有乱石、沙质土、黏质土、壤土等;心滩的形状各异,且同一河流不同河段内心滩数量、位置往往不同。以上几种因素为心滩周围动植物的生存提供了多样的生境,从而促进了心滩的物种多样性<sup>[4]</sup>。

表1 白河心滩调查表  
Tab. 1 Questionnaire of Baihe River channel bars

编号	位置	地形多样性	水体多样性	植被状况	动物多样性
1	距左岸 10.7 m 距右岸 0.5 m	微凸起,中心高,四周平缓	左边流速 0.04 m/s 右边流速 0.01 m/s,有冰盖	狗尾巴草( <i>Setaria viridis</i> )、附地菜( <i>Tragopogon peduncularis</i> ), 覆盖度 > 80%	飞虫、蝌蚪、鱼类
2	距左岸 11.5 m 距右岸 0.5 m	平坦,无较大地势变化	左边流速 0.06 m/s 右边流速 0.01 m/s,有冰盖	狗尾巴草、附地菜,覆盖度 > 80%	蝌蚪、鱼类
3	距左岸 1.5 m 距右岸 4.0 m	多为缓坡,较浅,平地	左边流速慢 右边流速快	陆生:灌木、乔木、草本	鱼类、昆虫、鸟类
4	距左岸 0.6 m 距右岸 5.6 m	边坡平缓,较浅,平地	左边流速慢 右边流速快	陆生:灌木、乔木 水生:水草	鱼和蟾蜍
5	距左岸 15.0 m 距右岸 18.0 m	边坡较缓,表面有堆石	左边流速慢 右边流速快	陆生:芦苇( <i>Phragmites australis</i> ) 水生:水蓼( <i>Polygonum hydropiper</i> ) 覆盖度 5%	鱼虾、贝类、蝌蚪、蛙卵、蜗牛
6	距左岸 13.0 m 距右岸 20.0 m	边坡缓,平地,浅	周边流速均较慢	芦苇、水蓼,覆盖度 70%	鱼虾、贝类、蝌蚪、蛙卵、蜗牛
7	距左岸 13.0 m 距右岸 14.0 m	左边坡较陡,右边坡缓	左边流速较右边稍快	芦苇、水蓼,覆盖度 60%	鱼虾、蛙卵
8	距左岸 12.0 m 距右岸 15.0 m	边坡缓,平地,浅	左、右边流速均较急	芦苇、水蓼,覆盖度 75%	鱼虾、蛙卵
9	距左岸 7.7 m 距右岸 11.9 m	心滩边坡较缓	左边流速 1.00 m/s 右边流速 0.63 m/s	陆生:灌木 水生:藻类( <i>Xanthophyta</i> ) 覆盖度 80%	鱼、蜥蜴、蜘蛛、蝌蚪、蜜蜂
10	距左岸 25.7 m 距右岸 2.5 m	心滩边坡较缓	左边流速 0.50 m/s 右边流速 0.75 m/s	陆生:灌木 水生:藻类 覆盖度 80%	鱼虾、蝌蚪、蜜蜂、蜘蛛
11	距左岸 15.0 m 距右岸 4.0 m	边坡较陡,平地	左边流速慢 右边流速快	杨树( <i>Populus spp.</i> )、草本、灌木,覆盖度 30%	鱼虾、蝌蚪
12	距左岸 20.0 m 距右岸 5.0 m	边坡较缓,洼地	左、右边流速区别不大	无	鱼虾、蝌蚪

注:覆盖度是指心滩上各种植物体在心滩地表遮盖占据的地表面积与总心滩地表面积之比。

### 3 心滩构建的提出及其构建原则

由对北京市白河心滩的调查研究可以看出,由心滩在改善河流水质、增加物种多样性、改善河流生态系统功能和美化城市河流景观<sup>[5]</sup>中有着不可替代的作用;因此,希望通过人工构建心滩的方法来对目前的城市河流进行生态改造。

心滩的构建原则如下:

1)河流安全原则。包括河流行洪安全、堤防安全、滩体自身安全等,因此人造心滩一般布置在河流河道宽阔处且数量适宜,大小合适。

2)近自然原则。心滩的形式、形态应尽可能地接近自然状态下的心滩,适度采用自然演替的被动修复,以便充分发挥和利用生态系统的自我调节能力。

3)遵循规律原则。在深入了解河流特性的基础上,巧妙地利用木桩、石头等天然材料,因势利导,借助河流自身的演变规律,形成近天然的心滩<sup>[6]</sup>。

4)经济可行原则。心滩的建造必须在当地的经济条件允许下进行,尽量使用价格低廉的构筑材料,避免过度花费。

5)多样性原则。尽量保证心滩形状、面积、构建材料、构建位置的选择以及构建植物种的多样性,以便于最大程度发挥心滩增加物种多样性的功能。

6)自然美学原则。保持自然线性,强调植物造景,营造自然生趣,鼓励平易质朴,达到高的艺术境界<sup>[7]</sup>。

## 4 心滩构建

### 4.1 构建位置的选择

根据近自然的构建原则,构建心滩位置应该与天然心滩在河道的位置相似,即易形成心滩的河段,如河道放宽处、弯道处、下游流速较缓处等。也可以人为地构建能够形成心滩的河段,对于城市河流,我们可以充分利用河岸两边的斜坡绿地和公园空地,对河道进行拓宽或者蜿蜒化,便于形成近自然的滩地。根据调查,白河心滩处的河流流速基本都在1 m/s以下,所以在选择构建位置的时候,尽量选择低于这个流速且河道较宽的位置。

### 4.2 构建形式

结合对天然河道心滩形成的分布位置、形态特征的研究,采用近自然的构建方法,可大致分为3种形式,分别为“直道滩”“弯道滩”“群滩”。

#### 4.2.1 直道滩

直道滩主要适用于河道较为平直且水面宽度一般处,或者虽然河道较窄但河道两岸有可扩的非建

筑用地的河段(图4)。为了防止滩体被河水冲刷而毁坏,故“直道滩”的滩体一般位于河道的左侧,如甲;但当滩体不在河流前进直线方向上可设置在右侧,如乙。它的特点在于对河道宽度要求较低,由于距河岸一侧较近,施工也比较简便,因而“直道滩”将成为城市河流心滩构建的主要方式。

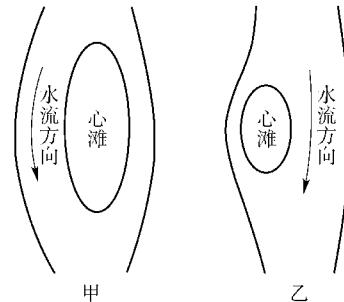


图4 直道滩

Fig. 4 Straight beach model

#### 4.2.2 弯道滩

弯道滩主要适用于河流弯道处,或者河流可进行蜿蜒化改造的河段(图5)。心滩、边滩和深潭的组合,其特点是模仿自然界河流的形式,在美化城市河流的同时,增加物种多样性。需要注意的是,如果弯道水流流速较快,不适合建造砂质、泥质的心滩,可采用碎石滩。

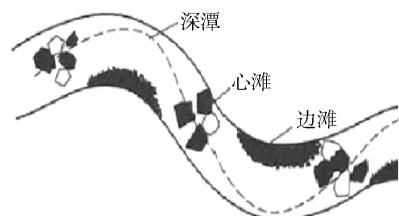


图5 弯道滩

Fig. 5 Corner beach model

#### 4.2.3 群滩

群滩主要适用于河流下游、河道较宽并且河流没有过多航运需求的河段。图6示出公交石槽站上游心滩群,可以看出自然河流的心滩群形状、大小、位置分布以及成滩物质是多种多样的,这种形式能

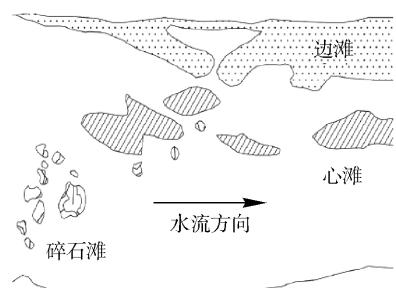


图6 群滩

Fig. 6 Group beach model

够形成多样的生境,有利于增加物种多样性。我们可以借鉴心滩群的这种特点,在有条件的地方尽可能地使用“群滩式”的建造形式。

#### 4.3 滩体的大小和数量

心滩形成的根本原因就是输沙能力小于河流泥沙量,所以心滩的面积大小主要是由河流流速决定的。根据调查数据,白河流域心滩的成滩宽度一般不超过河道宽度的1/3,长度在1~15 m不等,这个数据可以作为北京市城市河流心滩设计面积的参考。另外,根据河流安全原则,在我们构建心滩的过程中,要保证最窄的过水断面处满足行洪排涝的安全标准<sup>[8]</sup>。心滩的数量也不是越多越好,要依照天然河段心滩的分布特征、河床特性和水动力特性,对需建设心滩的河段进行具体分析,以达到最优效果。

### 5 结束语

伴随着科学技术水平的提高及社会经济的不断发展,城市河流的自然生态环境建设将成为河流建设的主体。现在河流的生态治理也处在摸索阶段,很多技术都不成熟。可采用欧洲的近自然生态治理模式<sup>[9-11]</sup>,通过对自然河流的观察和研究来为河流生态治理提供参照和依据将是近期内一种较为可行的方法。本文对白河北京段心滩的研究对心滩的形态分布规律和生态功能有了一个基本的认识。认为在城市河流中修建心滩可以增加河道断面形式,对恢复城市河流的自然风貌和生态系统功能都有较大作用,所以人为地在城市河流中修建心滩的形式可

以作为今后河道整治的一个基本手段。

### 参 考 文 献

- [1] 胡大伟,李响,崔莹莹.浅谈城市河流生境岛屿的构建[J].江淮水利科技,2010(4):9-16.
- [2] 喻涛.心滩守护前后水力学特性研究[D].重庆:重庆交通大学,2009.
- [3] 郑红星,刘昌明,丰华丽.生态需水的理论内涵探讨[J].水科学进展,2004,15(5):626-633.
- [4] 杜强,王东胜.河道的生态功能及水文过程的生态效应[J].中国水利水电科学研究院学报,2005,3(4):287-289.
- [5] 刘政.北京城市河道景观设计技术的研究[J].海河水利,2003(6):53-56.
- [6] 金建峰.城市河道治理规划新思路浅析[J].科技咨询导报,2007(13):111.
- [7] 朱国平,徐伟,齐实,等.山东省招远市城东河河道近自然治理设计初探[J].水土保持研究,2004,11(1):161-181.
- [8] 姜跃良,王美敬,李然,等.生态水力学原理在城市河流保护及修复中的应用[J].水力学报,2003(8):75-78.
- [9] 高甲荣.近自然治理:以景观生态学为基础的荒溪治理工程[J].北京林业大学学报,1999,21(1):81-84.
- [10] SOTIR R B. Soil bioengineering experiences in North America [M]//BARKER D H. Vegetation and slopes stabilization, protection and ecology. London: Thomas Telford, 1995: 190-195.
- [11] CHRISTER N, MAGNUS S. Augusbasic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities[J]. Environmental Management, 2002, 30 (4): 468-480.

(责任编辑 李 娟)