

## 北京郊区两种生态护岸方式温湿度效应对比

刘 瑛<sup>1</sup>, 高甲荣<sup>1</sup>, 陈子珊<sup>1</sup>, 高 阳<sup>1</sup>, 段红祥<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083;

2. 北京市怀柔区水土保持监测总站, 北京 100083)

**摘 要:**生态护岸是河流生态恢复的重要内容之一。从护岸区域小环境出发,以怀柔区怀九河为研究对象,选择其一渡河段及四渡河段抛石+植物、浆砌石+大块石+植物两种生态护岸为监测对象,以生态护岸上近水边和护坡处游人休闲活动区域作为监测点,对监测点的温度和相对湿度进行实地监测。结果表明生态护岸设计结构的不同对游人活动区区域小气候温湿度的影响不同,从而影响到人体的舒适度。从环境角度探讨生态护岸的设计,以人为本,为探索新的治河理念及生态护岸设计提供一个新的观点,对今后生态护岸的设计具有一定的指导意义。

**关键词:**怀九河;生态护岸;温度;相对湿度;人体舒适度

中图分类号:X16

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0227-04

## Comparison of Temperature and Relative Humidity Effects of Two Ecological Embankments in Beijing Suburb

LIU Ying<sup>1</sup>, GAO Jia-rong<sup>1</sup>, CHEN Zi-shan<sup>1</sup>, GAO Yang<sup>1</sup>, DUAN Hong-xiang<sup>2</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Soil and Water Conservation Monitoring Station of Huairou District, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Ecological embankment management is an important component of river restoration. Riprap stone+ plant ecological embankment and slurry stonelaying+ boulder+ plant ecological embankment were selected as research objective. Near river and on the revetment are the places that people regularly to visit and have a rest. Based on the situation, we select them as monitoring points on the two ecological embankment of Huaijiu River. Temperature and relative humidity were monitored during day-times. Monitoring results shows that the different structure of the ecological embankment, the temperature and relative humidity of the monitoring points will be different. This research studied about the ecological embankment from the view of environment and considers the people's feeling, and provides a new angle for exploring the new principle of the river renovated and ecological embankment designing. The result will be helpful to the designing of ecological embankment in the future.

**Key words:** Huaijiu River; ecological embankment; temperature; relative humidity; human comfort degree

由于认识上的局限性,过去的河溪治理单纯从增加行洪能力出发,使河道人工化,断面单一化<sup>[1,2]</sup>,随着环境意识、生态观念的增强以及生活水平的提高,全社会对退化河流生态修复和重建的要求越来越迫切,城市河道不仅要满足防洪的要求,还要求具有旅游、娱乐、景观、生态等多方面的功能<sup>[1-3]</sup>。生态护岸作为河流生态恢复的一个重要的组成方面,怎样进行生态整治越来越受到人们的重视。许多文献把生态护岸的功能总结为:防洪、景观性、生态性、亲水性<sup>[1-6]</sup>,国内外工程技术人员已经开始研究生态型护岸技术,并提出了许多生态型护岸结构形式,但是这些技术多数从保护岸坡结构稳定的角度来研究问题,并没有考虑对环境和生态的影响<sup>[7]</sup>。

2005-2006年,北京市怀柔区水务局在对怀九河部分河段的生态整治进行了尝试性的研究与示范。本文以怀柔区怀九河作为研究对象,选择其一渡河段抛石+植物生态护岸和四渡河浆砌石+大块石+植物生态护岸作为监测对象,对两

生态护岸近水边和护岸处的温度和相对湿度进行了实地监测。通过比较两生态护岸实测点温度和相对湿度的差别,试图对两生态护岸的温湿度效应及它对人体舒适度的影响做一些探讨,以期今后生态护岸的设计提供借鉴和参考。

### 1 生态护岸概况

怀九河位于北京市怀柔区,为潮白河支流,属海河流域潮白河水系。全长68.9 km,河道纵坡2.1‰~2.5‰,属常年河。在河流近自然治理思想的指导下,怀柔区水务局于2005-2006年对怀九河一渡河段和四渡河段进行了生态整治。在护岸的设计中分别采用了抛石+植物和浆砌石+大块石+植物两种护岸形式。两生态护岸位于居民点附近,有为居民和游人提供休闲娱乐场所的服务功能,在护岸设计时考虑到了景观性、亲水性和生态性。在亲水性上,抛石+植物生态护岸减缓了护坡坡度,以呈阶梯状铺设石块防护坡

\*收稿日期:2006-12-31

基金项目:北京市自然科学基金项目(8062022);北京林业大学研究生自选课题基金项目(04SB001)

作者简介:刘瑛(1983-),女,硕士研究生,主要从事流域管理研究。

通信作者:高甲荣(1963-),副教授,主要从事流域管理及生态环境建设研究。

脚,又可为游人提供休憩场所;浆砌石+大块石+植物生态护岸采用复式断面的护岸设计方式,减缓了坡度,水边人行

小道大大增加了亲水性。

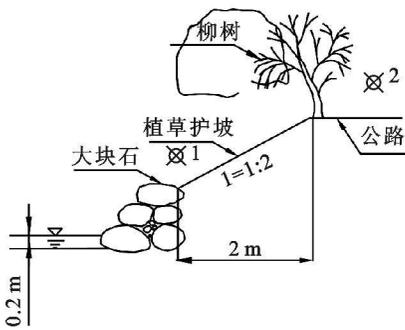


图 1 一渡河段抛石+植物护岸



图 3 一渡河段抛石+植物护岸

一渡河段河宽 40 m,水深约 0.25 m,坡脚用大块石防护,大块石成阶梯形铺设,为游人提供休憩的场所,坡面为植草和旱柳(*Salix matsudana*)护坡,坡长 2 m。四渡河段河宽约 40 m,水深 1.5 m,坡脚用浆砌石防护,采用复式断面的方式,人行道平均宽约 2.5 m,在来洪时可被淹没,坡面为植草和旱垂柳(*Salix matsudana* var. *pseudomatsudana*)护坡,坡长 8 m。两种河流生态型护岸示意图如图 1, 2 所示,实际情况见图 3, 4。

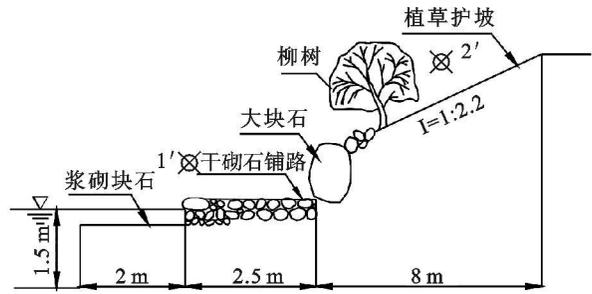


图 2 四渡河段浆砌石+大块石+植物护岸



图 4 四渡河段浆砌石+大块石+植物护岸

生态护岸近水边测点(测点 1') 距离柳树树干 5 m; 护坡处测点(2') 距离柳树树干 1 m, 距离水体 6 m。具体测点位见图 1, 2。在纵断面上选择 3 个重复点, 每个重复相隔 20 m。对各个测点的空气温度和相对湿度进行实地监测。

表 1 护岸上居民游人活动区情况调查

	近水边		护坡处		近水边 & 护坡处	
	人数	占调查人数/ %	人数	占调查人数/ %	人数	占调查人数/ %
儿童、青少年 (8~ 18 岁)	6	15	0	0	10	25
中、青年 (18~ 50 岁)	3	7.5	0	0	7	17.5
老年人 (50~ 70 岁)	0	0	0	0	8	20
合计	9	22.5	0	0	25	62.5

## 2 研究方法

### 2.1 监测点的选择

从 2004 年以来, 怀柔区水务局共对怀柔区 6 条河流作过生态恢复与治理, 其中抛石+植物和浆砌石+大块石+植物生态护岸是主要方式护岸治理方式。笔者选择怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸和四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸作为研究对象具有一定的代表性。两生态护岸都位于居民点附近, 有满足当地居民及游客亲水性的需要。笔者对居民和游人在护岸上休憩游玩最愿意驻足的地点作过问卷调查, 调查人数为 40 人, 包括儿童 10 人, 中年人 20 人, 老年人 10 人, 调查对象为当地居民和游人。调查结果见表 1。

人们一般选在近水边和护坡上休憩游玩, 近水边和护坡处相比较更愿意选择近水边(表 1)。因此根据调查和实际情况, 笔者在生态护岸横断面上选择近水边和护坡处 2 个监测点, 其中, 一渡河段抛石+植物生态护岸近水边测点(测点 1) 距离柳树树干 2 m 处; 护坡处测点(测点 2) 在柳树树干 0.5 m, 距离水体 3.5 m。四渡河段浆砌石+大块石+植物

### 2.2 监测方法

根据影响温度和相对湿度的因子, 对怀九河一渡河段和四渡河段对河流的水深、水宽、护岸结构、河段周围土地利用方式作了调查。

采用 WSD-1 温湿度感应仪, 对怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸和四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸近水边和护坡处测点定点监测。调查日期为 2006 年 7 月 18 日至 7 月 24 日, 调查时间从 9:30 至 17:30 每隔 1 h 对水温及测点的空气温度和相对湿度进行监测, 测定高度距地面 1.5 m, 各测点监测同时进行。

## 3 结果与分析

河流除有满足行洪、灌溉等基本功能外, 还有为居民提

供适宜人休闲、娱乐空间<sup>[8-9]</sup>, 即要增加护岸的亲水性。人们在水边游玩不仅关注景观的优美, 也十分注重气候是否宜人, 是否感觉身体舒适。人体舒适度, 能反映人对大气环境气象要素的感受。影响它的因素有温度、湿度、风、辐射等。这种影响人体舒适感觉的气候环境中, 气温的作用最明显, 此外还与空气的相对湿度等气象要素有关<sup>[10-11]</sup>。

### 3.1 生态护岸方式与温湿度变化

气温能较好地反映环境对人类活动的综合影响, 对人体

热感觉的影响十分显著。它与人体的热平衡、体温调节、关节生理、内分泌腺以及消化器官等人体生理功能关系密切, 是人体冷热感觉的晴雨表。实验表明: 气温适中时, 湿度对人体的影响并不显著, 但由于湿度主要影响人体的热代谢及水盐代谢, 所以当气温较低或较高时, 湿度对人体的热平衡和温感就变得很重要<sup>[11]</sup>。

根据各监测点的数据, 计算温湿度日变化平均值, 比较 2 种生态护岸游人活动区温度和相对湿度, 结果见表 2。

表 2 测点各时段平均温度及相对湿度监测结果

测点	时 间										平均值
	9: 30	10: 30	11: 30	12: 30	13: 30	14: 30	15: 30	16: 30	17: 30		
温度/ °C	1 号测点	28	28.7	30.2	30.7	31.2	31.6	30.8	30.8	30.9	30.3
	1' 号测点	28.56	29.7	30.1	30.6	32.7	33.2	32.7	31.3	31.5	31
	2 号测点	27.8	28.7	29.8	30.7	32.5	33.3	33.1	32.3	33.3	31.2
	2' 号测点	28.2	29.3	30.8	31.5	32	33.8	33.3	32	32.7	31.5
相对湿度	1 号测点	53	50	45.3	45.3	44	44.3	39	42.3	45.7	45.3
	1' 号测点	59.7	54.3	44.7	46.3	42	42.3	39	48.3	42.3	46.6
	2 号测点	52.7	53	49.7	36.3	36.7	37.7	38	40	39.9	42.7
	2' 号测点	53.7	50	40.3	40.7	42	42.7	45	44.7	47	45.1

两生态护岸距离约 1 500 m, 所以风、辐射等影响温度和湿度的因子可以忽略。水体和植物都可影响区域的温湿度。由表 2 可以看出, 怀九河一渡河段抛石+ 植物生态护岸近水边测点(测点 1)比四渡河段浆砌石+ 大块石+ 植物生态护岸近水边测点(测点 1')日平均温度低 0.7°C, 日平均最大温差可达到 1.6。这是因为护岸结构的不同, 主要植物栽植位置的不同(测点 1 距离柳树仅 2 m, 而测点 1' 距离护坡距离柳树 5 m)而造成两测点温度的差异。一渡河段抛石+ 植物生态护岸护坡处测点(测点 2)比四渡河段浆砌石+ 大块石+ 植物护坡处测点(测点 2')日平均温度低 0.3°C, 日平均最大温差可达到 1°C, 这是因为测点 2 距离柳树树干 0.5 m, 距离水体 1 m, 护坡处测点(2')距离柳树树干 1 m, 距离水体 6 m, 水体和植物共同对区域的温度产生影响。总的来说, 测点 1 温度明显低于测点 1' 处温度, 测点 2 和 2' 之间温差变化没有测点 1 和 1' 之间温差大, 可以看出护岸结构的不同对降低周围温度的作用也不同。

测点 1 平均相对湿度比测点 1' 平均相对湿度低 1.3%, 最大相对湿度差为 6.7%。测点 2 平均相对湿度比四渡河 2' 低 2.4%, 最大相对湿度差为 7.3%。由于四渡河段和一渡河段水宽相同, 但水深远高于一渡河段水深, 且四渡河段周围土地为未开发荒地, 一渡河段土地利用类型为居民点, 土地经过硬化。水体对周围环境具有降温增湿的作用<sup>[11]</sup>。说明护岸结构的不同

对周围环境空气湿度影响小, 水体其起主要作用, 土地利用方式也可能是影响空气相对湿度的因素(表 2)。

### 3.2 护岸方式与人体舒适度分析

人体舒适度是以人类机体与近地大气之间的热交换原理为基础, 从气象角度评价人类在不同气候条件下舒适感的一项生物气象指标, 它能反映人对大气环境气象要素的感受<sup>[12-13]</sup>。温度和相对湿度是单纯的环境大气物理指标, 并不能综合反映人体的感受情况, Kyle 发展了温湿度指数, 提出基于温度和相对湿度两个因子计算的  $THI$ <sup>[14]</sup>, 其表达式为

$$THI = T - 0.55(1 - RH)(T - 14.5)$$

式中:  $T$ ——空气温度;  $RH$ ——空气相对湿度;  $THI$  越大人体的舒适度越低。将  $THI$  与人体舒适度的划分标准列于表 3<sup>[10]</sup>。

表 3  $THI$  与人体舒适度

$THI$	人体舒适度	评 价
$\geq 30$	酷热	无降温措施难以工作
26.5~ 30	很热	很不舒服
20~ 26.5	热	不舒服
15~ 20	舒适	适宜环境

按上式计算各个时刻的  $THI$  来评价不同护岸方式对人体舒适度效应的影响, 其结果见表 4。

表 4 测点温湿度指数( $THI$ )分析

测点	时 间									
	9: 30	10: 30	11: 30	12: 30	13: 30	14: 30	15: 30	16: 30	17: 30	
测点 1	24.5	24.79	25.47	25.62	26.05	26.36	25.33	25.62	26.00	
测点 1'	25.44	25.87	25.77	25.84	26.89	27.26	26.59	26.52	26.10	
测点 2	24.34	25.03	25.57	25.02	26.23	26.86	26.76	26.43	27.00	
测点 2'	24.71	25.23	25.45	25.96	26.42	27.70	27.60	26.68	27.39	

测点 1 从 9: 30- 17: 30  $THI$  在 20% ~ 26.5% 之间, 测点 1' 从 9: 30- 12: 30, 17: 30  $THI$  在 20% ~ 26.5% 之间, 且各时刻  $THI$  值都大于测点 1  $THI$  值。测点 1' 从 13: 30- 16: 30 时刻  $THI > 26.5%$ , 测点 2 的  $THI$  在 9: 30 13: 30,

$THI$  值在 20% ~ 26.5% 之间。测点 2 在 14: 30, 15: 30, 17: 30 时刻  $THI > 26.5%$ , 测点 2' 在 14: 30- 17: 30,  $THI > 26.5%$ , 且各时刻  $THI$  值都大于测点 1 的  $THI$  值。对照人体舒适度与人体舒适度表(表 3), 可以看出, 测点测点 1' 从

13:30-16:30 人体感到很不舒服,测点 2 在 14:30, 15:30, 17:30 和测点 2 在 14:30-17:30 时刻人体感到很不舒服。综上可以看出,怀九河一渡段抛石+植物生态护岸测点 1 和 1 比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸有较好的人体舒适度;一渡河段抛石+植物生态护岸测点 1 比其它 3 个测点有较好的人体舒适度;两生态护岸近水边测点比护坡处测点  $THI$  值低,有较好的人体舒适度。说明护岸结构的不同,对人体舒适的影响也不同,在近水边和护坡处等居民游人休闲活动区栽植植物可以有效地提高人体舒适度。

#### 4 结论及建议

根据怀柔区怀九河抛石+植物和浆砌石+大块石+植物两种生态护岸温湿度效应的研究与对比,得出以下结论:

(1) 怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸的温度低,其中近水边测点比浆砌石+大块石+植物生态护岸近水边测点日平均温度低  $0.7^{\circ}\text{C}$ ,护坡处测点比浆砌石+大块石+植物生态护岸护坡处测点日平均温度低  $0.3^{\circ}\text{C}$ ,说明植物对降低周围气候温度有明显效果。

(2) 怀九河一渡河段生态护岸近水边测点相对湿度比四渡河段生态护岸低 1.3%,护坡处测点比四渡河段低 2.4%,说明在研究河段植物对空气湿度的影响不大,水体和周围土地利用方式对测点空气相对湿度的影响为主要因素。

(3) 总的来说,护岸结构设计的不同(主要是植物栽植位置的不同),对游人活动区温度和相对湿度的影响也不同,从而影响到人体舒适度,怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸近水边和护坡处测点到柳树的距离都较四渡河段近,在柳树的遮阴范围内,其日各时刻  $THI$  值比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸相应测点低,有较好的人体舒适度。近水边是人们最愿意休闲驻足的地点,所以在近水边栽植植物可以有效地提高人体舒适度。

植物设计在护岸结构的设计中有很重要的作用,它不仅起到提高景观性的作用,还能影响游人休闲活动区的温度和湿度,影响到人体的舒适度。建议在今后生态护岸的设计中

应考虑这一因素,为游人创造舒适的休闲娱乐环境。本研究从环境角度探讨了生态护岸的设计,以人为本,为探索新的治河理念及生态护岸的设计提供了一个新的观点,具有积极的变革作用,对今后生态护岸的设计具有一定的指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 高甲荣,肖斌,牛建植.河溪近自然治理的基本模式与应用界限[J].水土保持学报,2002,16(6):84-91.
- [2] 高甲荣.近自然治理:以景观生态学为基础的治理工程[J].北京林业大学学报,1999,20(1):78-82.
- [3] 朱国平.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):160-162.
- [4] 李锦育.台湾溪流生态工法的研究综述[J].中国水土保持科学,2005,3(3):98-102.
- [5] 杨海军,李永祥.河流生态恢复的理论与技术[M].长春:吉林科学技术出版社,2005.
- [6] 何元塘,陆明生.新型景观护岸结构设计[J].水运工程,2005(4):39-41.
- [7] 夏继红,严忠民.国内外城市河道生态型护岸研究现状及发展趋势[J].中国水土保持,2004,(3):20-21.
- [8] 蔡庆华,唐涛,邓红兵.淡水生态系统服务及其评价指标体系的探讨[J].应用生态学报,2003,14(1):135-138.
- [9] 鲁春霞,谢高地,成升魁.河流生态系统的休闲娱乐功能及其价值评估[J].资源科学,2001,23(5):77-81.
- [10] 陈向红.金口大峡谷旅游气候资源研究[J].乐山师範大学学报,2004,19(12):118-120.
- [11] 董蕙青等.南宁市“人体舒适度”预报系统[J].广西气象,1999,20(3):37-40.
- [12] 申欢迎,秦萍,董军.环境因素对 PMV 指标的影响分析[J].制冷与空调,2003(4):27-29,39.
- [13] 刘梅,于波.人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J].气象科技,2002,30(1):11-14.
- [14] 杨凯,等.上海中心城区河流及水体周边小气候效应分析[J].华东师范大学学报:自然科学版,2004(3):105-114.
- [15] Christopher A. De Sousa. Turning brownfields into green space in the City of Toronto [J]. Landscape Planning, 2003, 62: 181-198.
- [16] Manfred K. Greenbelt and Green Heart: separating and integrating landscapes in European city regions Landscape and Urban Planning, 2003, 64: 19-27.
- [17] Fübos J. G. Greenway planning in the united states: its origins and recent case studies [J]. Landscape Planning, 2004, 68: 321-342.
- [18] 陈爽,王进,詹志勇.生态景观与城市形态整合研究[J].地理科学进展,2004,23(5):67-77.
- [19] 曹勇宏.城市绿地系统建设的生态对策:以长春市为例[J].城市环境与城市生态,2001,14(5):9-11.

(上接第 226 页)

- [8] Shivanand Balam, Suzana Dragicevic. Attitudes toward urban green spaces: integrating questionnaire survey and collaborative techniques to improve attitude measurements [J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 71: 147-162.
- [9] 李延明,郭佳,冯久莹.城市绿色空间及对城市热岛效应的影响[J].城市环境与城市生态,2004,17(1):1-4.
- [10] 王佐.城市公共空间环境整治[M].北京:机械工业出版社,2002:223-231.
- [11] 王祥荣.生态与环境:城市可持续发展与生态环境调控新论[M].南京:东南大学出版社,2000:157-160.
- [12] Karen Attwell. Urban land resources and urban planting: case studies from Denmark [J]. Landscape Planning, 2000, 52: 145-163.