

# 怀九河小型水体生态修复工程效果研究

宋立旺<sup>1</sup>, 黄爱玲<sup>2</sup>, 郝咪娜<sup>1</sup>, 王莎<sup>1</sup>, 颜梦宇<sup>3</sup>, 齐建春<sup>3</sup>

(1. 浙江省水利水电勘测设计院, 杭州 310002; 2. 杭州博盛环保科技有限公司,  
杭州 310014; 3. 北京沃尔德防灾绿化技术有限公司, 北京 100048)

**摘要:**随着我国经济社会的发展,河流生态问题也愈发突显,河流的生态治理和恢复已经成为一个热点。为研究欧盟面向小型水体的生态修复技术在我国的实际应用效果,选取了北京市怀九河的生态修复河段,从2010—2014年进行了为期5 a的动态监测研究。监测内容包括河流水文地貌形态、河流水质和物种多样性,其中河流水文地貌形态调查采用实地观测法每年1次,河流水质调查选取12个监测断面每年7月进行,物种多样性采用样方法、电捕法、浮游生物网法等每年7月一次。研究结果显示:河段施工完成后,河流水文地貌形态有逐年变好的趋势,说明河段的小型水体生态修复工程措施对河流水文地貌形态的恢复具有促进作用;从河水浊度、氨氮含量和化学需氧量三个方面分析得出河流水质5 a内持续改善;5 a内物种多样性持续上涨,说明小型水体生态修复工程能够提高物种多样性;数据显示2013—2014年各项研究数据变化不显著,综合研究结果认为小型水体生态修复措施对河流生态系统的修复效果在完工后的5 a左右趋于稳定。

**关键词:**怀九河;生态修复;物种多样性;小型水体

**中图分类号:**P331

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2016)04-0368-04

## Effect of Ecological Restoration Project of Small Water Body in the Huaijiu River

SONG Liwang<sup>1</sup>, HUANG Ailing<sup>2</sup>, HAO Mina<sup>1</sup>, WANG Sha<sup>1</sup>, YAN Mengyu<sup>3</sup>, QI Jianchun<sup>3</sup>

(1. Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydro-electric Power,  
Hangzhou 310002, China; 2. Hangzhou Bosheng Environmental Science & Technology Co., Ltd.,  
Hangzhou 310014, China; 3. Beijing World Hazard Preventing Technology Co., Ltd, Beijing 100048, China)

**Abstract:** With the rapid development of economy in China recently, river ecological problems have become severer, which leads to river ecological management and restoration to become a hot issue. In 2009, EU restoration engineering technology for small water body was introduced to repair several city rivers in Beijing. We selected Huaijiu River in Beijing as an example and conducted 5-year dynamic monitoring experiment from 2010 to 2014, aiming to study the application effects of this EU technology in China. The monitoring experiment includes river hydrology and topography, river water quality and species diversity. River hydrology and topography investigation was conducted once a year while river water quality survey selected 12 survey samples in July each year by applying field observation method. Species diversity research was conducted in July once a year using the electric fishing method, plankton net method, sample method, etc. The results show that the hydrology and topography of Huaijiu River have gradually improved after construction, indicating that restoration engineering technology for small water body plays a positive role in river hydrology and topography recovery. Furthermore, it turns out that river water quality continues to improve within five years in aspects of river turbidity, ammonia content and chemical oxygen demand. In addition, Huaijiu River has a steady rise in species diversity within five years and shows insignificant changes in diversity between 2013 and 2014. This study concluded that restoration engineering technology for small water body has a positive impact on the river ecosystem and the restoration effect on the river ecosystem will become stable in five years since the launch of the restoration engineering.

**Keywords:** Huaijiu River; ecological restoration; species diversity; small water body

河流是人类文明的发源地,河流生态系统的健康与否对保护水资源和生物多样性有着不可替代的作用<sup>[1-2]</sup>。河流生态系统(river ecosystem)是一个复杂、开放、动态、非平衡和非线性的系统,河流生态系统的健康离不开河流多样的水文形态,河流的许多功能也都是以河流水文形态为基础的<sup>[3]</sup>。19世纪70年代,欧洲各国开展了一系列的河流生态治理方面的相关研究,目的是采用生态的方式对已经受到破坏和污染的河流进行生态修复,经过多年的研究和实践,他们在河流生态治理方面取得了不少成果,这其中就包括小型水体修复工程技术。

2009年,为了引进欧洲先进河流生态治理技术,改造我国传统落后的硬质工程河道整治措施,根据德国复兴银行与中国财政部签署的项目协议“Watershedmanagement on forest land beijing”的要求,北京市水务局与园林绿化局合作开展了小型水体生态修复示范项目。北京市怀柔区北宅小流域的小型水体生态修复工程就是在这种背景下开展的,为了研究该生态修复措施对北宅小流域河流生态系统的恢复功能,我们对其河流水文地貌形态、河流水质和物种多样性进行连续五年的动态监测,目的是通过实时动态监测了解小型水体生态修复工程的修复效果和修复的机理,为今后其他地区的河流生态治理提供借鉴和依据。

## 1 研究区概况

研究区属暖温带型半湿润气候,四季分明,雨热同期,夏季湿润,冬季寒冷少雪。全年日照时数约2 800 h,年平均气温9~13℃,无霜期约170~200 d,年平均降水在600~700 mm,主要集中在6—8月。怀九河,怀河南源,源于延庆县大庄科乡,于西水峪村入怀柔县境,过石湖峪、撞道口,至黄花城南与源于杏树台、庙上经二道关至黄花城的又一支流汇合,形成怀九河干流,经九渡河、花术、团泉、黄坎、西四渡河、一渡河,至北宅乡的杨家东庄注入怀柔水库。全长68.9 km,怀柔境内52 km;总流域面积347.2 km<sup>2</sup>,怀柔境内216.8 km<sup>2</sup>;河道纵坡2.1%~2.5%。

该工程于2009年5月施工,2009年11月施工完成,施工河段长度1.3 km,属于中型河流,该河段属于怀九河。主要施工内容有生态护岸工程、近自然跌水改造工程、河道蜿蜒化、人工湿地等,施工工艺采用欧盟小型水体修复技术工艺。

## 2 研究内容与方法

### 2.1 河流水文地貌调查

2.1.1 调查内容 河床底质:目测河底材料,如卵石

河床、沙质河床等,判定河床底质为人工化、半人工化或是保持自然状态(人工化主要为浆砌石结构,半人工化为人工采用近自然材料铺设,保持自然为河流保持天热的底质形态)。

河流连续性:包括河流的横向连续性和纵向连续性,主要调查影响径流、泥沙和生物连续性的工程或行为,用尺测量拦挡建筑物的高度。

河岸改造:确定河岸的改造状况,分为保持自然、受宽型护体工程的束窄和受窄型护体工程的束窄三种形式。其中,没有人工护岸工程的判定为保持自然;一岸或两岸建有石质护堤工程,距水体较远,部分束窄河流空间,但影响较小的判定为受宽型护体工程的束窄;一岸或两岸建有石质护堤工程,距水体较近,部分束窄河流空间,但影响较大的判定为受窄型护体工程的束窄。

外界胁迫因子:包括取水、倾倒垃圾、排放污水、采砂等行为。

2.1.2 调查方法 调查时段为2010年10月—2014年10月,调查时间为每年的10月份,采取实地踏查的方式按照调查内容对河流的水文地貌形态进行调查,记录相关数据,并拍摄实地照片,每年调查完以后将所有数据归纳整理、存储。

### 2.2 生物多样性调查

调查施工河段的生物多样性包括植物多样性和水生动物多样性,调查时段为2010年7月—2014年7月,调查时间为每年的7月份,植物多样性调查方法采用10 m×10 m的样方法,动物多样性采取电捕法、浮游生物网法、底栖生物调查法等等<sup>[4]</sup>。

### 2.3 河流水质调查

调查时段为2010—2014年每年的7月对研究河段进行水质调查。水质:每隔100米测量一次水质情况共取12个断面,测量指标包括浊度、氨氮、化学需氧量等<sup>[5-6]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 河流水文地貌

根据北京市水文地貌分级评价标准<sup>[7]</sup>(表1),将5 a的调查数据归纳整理之后,得出图1调查河段的河流水文地貌动态变化趋势图。

数据显示研究河段Ⅰ级河流水文地貌形态河段比例由2010年的14.7%上升至2014年的45.4%;Ⅱ级河段比例2010年的16.7%上升至2014年的32.3%;Ⅲ级河段比例由2010年的23.5%下降到2014年的11.2%;Ⅳ级河段比例32.7%下降到2014年的6.7%;Ⅴ级河段比例2010年的12.4%下降到

2014 年的 4.4%。综合调查结果可以看出,研究区河段施工完成后,河流水文地貌形态有逐年变好的趋势,说明河段的小型水体生态修复工程措施对河流水文地貌形态的恢复具有很好的促进作用。

表 1 水文地貌分级标准

级别	特性
I 级:优	保持自然,沟道连续,无人为干扰
II 级:良	接近自然,流水与泥沙输移畅通,沟道一岸被束窄,河底与地下水相通,无横向拦挡建筑物
III 级:中	沟道流水与泥沙输移受中等程度影响,河道两岸被束窄,河底连通,有一些小型跌水或横向拦挡建筑物,但不阻碍河流的连续性
IV 级:差	沟道流水与泥沙输移受较大影响,河道两岸被束窄,河底连通,有横向拦挡建筑物,在一定程度上阻碍河流的连续性
V 级:劣	沟道两岸受束窄,河底铺就混凝土,与地下水无连通

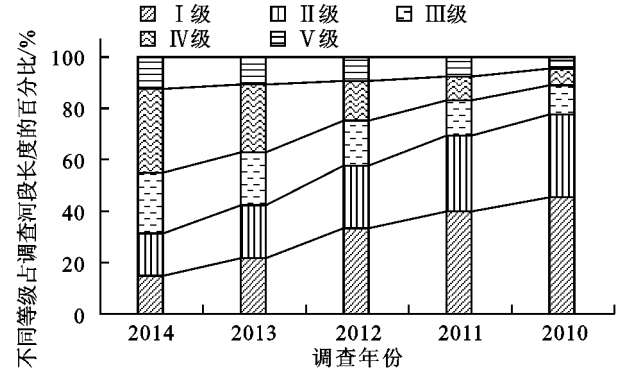


图 1 怀九河水文地貌形态变化趋势

3.2 生物多样性

统计 5 a 期间研究河段植物多样性、水生动物多样性和浮游生物多样性的数据,并进行处理得出 5 a 期间研究区物种多样性的变化趋势图 2。

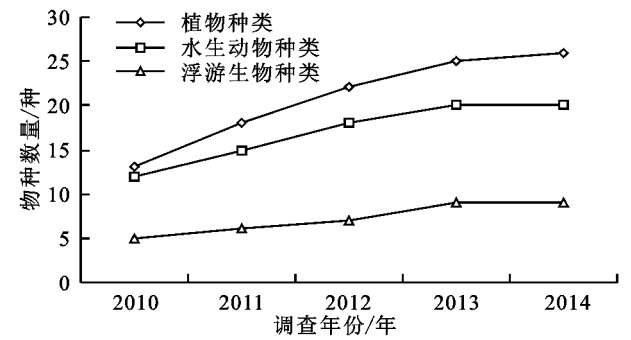


图 2 怀九河物种多样性变化趋势

结合图 2 可以看出,研究区 2010—2014 年生物种类有逐年增加的趋势,其中植物、水生动物和浮游生物在 2010—2013 年生物种类数量变化较为明显,2013 年之后变化较为缓和;三个分类中植物种类增加的数量最为明显,水生动物次之,浮游生物种类变化相对较小。分析原因认为研究区采用生态修复工程技术方法,施工完成后,河流的水文形态近自然化,

从而构成了多样的生境,多样的生境为多种物种的生存提供了外部环境,加上河流本身的流动特性,随着施工结束之后物种多样性逐年增加;植物种类和水生动物种类相比较浮游生物种类增加的更加明显,主要是由于浮游生物本身随着河流游动,并不局限于特定的生态环境,因此变化较为缓和;三个分类中 2013 年之后数量变化都趋于平缓,分析原因认为这是研究区物种多样性趋于稳定的表现,可以认为小型水体生态修复工程对施工河段的有效影响期为 5 a 左右。

3.3 河流水质

3.3.1 浊度 统计 5 a 期间研究河段 12 个断面原水的浊度,并统计归纳为表 2,同时计算每年河流监测断面浊度<sup>[8]</sup>的均值。

表 2 河流原水浊度 NTU

监测断面	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
1	70	57	34	20	18
2	71	55	33	19	18
3	68	53	32	20	15
4	70	57	32	17	16
5	69	52	30	19	17
6	67	54	32	18	17
7	70	54	33	18	17
8	73	56	31	17	15
9	68	54	34	20	13
10	70	53	33	19	18
11	69	50	32	20	17
12	69	54	32	20	16
均值	69.5	54.1	32.3	18.9	16.4

从表 2 中可以看出五年时间内河流原水浊度有逐年变好的趋势,其中前四年变化幅度较大,2014—2015 年变化不明显。数据显示,工程实施后河流原水的浊度有明显的改善,说明小型水体修复工程对河流浊度的作用是积极有效的,同时变化趋势图也可以看出 2014 年后小型水体对河流原水浊度的影响趋于平淡,这与前文中河流水文地貌变化趋势以及生物多样性变化趋势相统一。

3.3.2 氨氮(NH<sub>3</sub>-N) 统计 5 a 期间研究河段 12 个监测断面原水的氨氮含量,并统计归纳为表 3,同时计算每年河流监测断面氨氮含量<sup>[9]</sup>,可以看出五年时间内河流原水氨氮含量有逐年变小的趋势,根据地表水环境质量标准,2012 年之后河流原水氨氮含量低于 1 mg/L 达到地表水Ⅲ类标准<sup>[10]</sup>。分析原因认为,随着施工结束,施工河段的生物多样性增加,对河流水质的提高有着促进作用。

3.3.3 化学需氧量(COD<sub>Mn</sub>) 统计五年期间研究河段 12 个监测断面的河流化学需氧量,并统计归纳为表 4,同时计算每年河流监测断面化学需氧量<sup>[11-12]</sup>的均值。

表 3 氨氮含量调查表 mg/L

监测断面	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
1	1.7	1.5	1.1	0.7	0.6
2	1.8	1.6	0.9	0.7	0.7
3	1.6	1.6	1.4	0.6	0.5
4	1.7	1.4	1.5	0.7	0.5
5	1.7	1.5	1.1	0.7	0.4
6	1.6	1.6	0.9	0.6	0.7
7	1.5	1.4	0.9	0.5	0.6
8	1.5	1.2	1	0.7	0.6
9	1.7	1.3	1.4	0.6	0.7
10	1.6	1.2	1.5	0.5	0.5
11	1.7	1.1	1.1	0.7	0.4
12	1.5	1.2	0.9	0.8	0.6
均值	1.6	1.4	1.1	0.7	0.6

表 4 化学需氧量调查表 mg/L

监测断面	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
1	6.2	5.5	4.9	4.5	4.3
2	6.3	5.2	4.8	4.5	4.1
3	6.2	5.2	4.7	4.5	4.1
4	6.1	5.4	4.8	4.6	4.2
5	6.2	5.1	4.8	4.3	4.2
6	6.3	5.4	4.6	4.5	4.2
7	6.1	5.5	4.5	4.5	4.3
8	6.1	5.3	4.8	4.2	4.2
9	6.2	5.2	4.7	4.3	4.2
10	6.1	5.3	4.8	4.3	4.3
11	6.2	5.4	4.9	4.2	4.5
12	6.2	5.1	4.7	4.5	4.2
均值	6.2	5.3	4.8	4.4	4.2

从表 4 中可以看出五年时间内河流原水化学需氧量有逐年变小的趋势,根据地表水环境质量标准,2012 年之后河流原水化学需氧量低于 6 mg/L 达到地表水Ⅲ类标准。分析原因认为,随着施工结束在河道环境和生物的共同作用下,河流水质得到明显改善。

4 结 论

(1) 数据显示,施工结束后 5 a 内,施工河段的Ⅰ级、Ⅱ级水文地貌形态明显增加,Ⅳ级、Ⅴ级水文地貌形态明显减少,河流水文地貌形态有逐年变好的趋势,说明小型水体生态修复工程措施对恢复河流水文

地貌形态具有促进作用。

(2) 物种多样性方面的研究显示,植物、水生动物在 2010—2013 年生物种类数量变化较为明显,2013 年之后变化较为缓和;浮游生物由于本身流动性的特点,在 5 a 中增加趋势不够明显;综合数据结果可知小型水体生态修复工程有增加物种多样性的作用。

(3) 从河水浊度、氨氮含量和化学需氧量三个方面数据结果分析得出,河流水质 5 a 内持续提高,说明小型水体生态修复工程具有改善河流水质的作用。

(4) 综合研究河段的河道水文地貌状况、生物多样性以及水质方面的数据可以看出,施工后前 4 a 各项数据变化明显,2013—2014 年各项数据变化相对较为缓和,说明小型水体生态修复工程对施工河段的有效影响期为 5 a 左右。

参考文献:

[1] 钱正英,陈家琦,冯杰. 人与河流和谐发展[J]. 中国水利,2006(2):7-9.

[2] 王兵,刘慧博,李峪,等. 深潭的功能及在城市河道治理中的构建模式[J]. 中国水土保持科学,2014(3):108-111.

[3] 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.

[4] 赵越,金荷仙,林靖. 杭州滨水绿地植物群落物种多样性研究[J]. 中国园林,2010(12):40-48.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 赵世峨. 青草沙水库投入使用前水质调查与研究[D]. 上海:同济大学,2010.

[8] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 3 版. 北京:中国环境科学出版社. 1997.

[9] 国家环境保护总局. 地表水环境质量标准(GB3838—2002)[S]. 北京:国家环保总局,2002.

[10] 吴舜泽,夏青,刘鸿亮. 中国流域水污染分析. 环境科学与技术,2000,89(2):1-6.

[11] Easson G, Yarbrough L D. The effects of riparian vegetation on bank stability [J]. Environmental & Engineering Geoscience, 2002,8(4):247-260.

[12] Creek C, Rawding D. Washington Department of Fish and Wildlife[J]. Personal Communication, Telephone-call Regarding Specific, 1995,9(4):345-367.