

# 底栖动物监测在洋河水库水质评价的应用

杜迎欣

(秦皇岛市引青管理局, 秦皇岛 066001)

**摘要:** 为了掌握秦皇岛洋河水库底栖动物分布状况, 并据此进行水质评价, 设置了6个采样点, 分别于2006年5月、8月、9月和11月四个时间段共采集了24个样品。分析结果表明: 在洋河水库底泥中共发现底栖动物11种, 其中10种能够指示污染程度, 耐污种类占绝对优势; 所有样点的底栖动物个体密度介于680~5 920个/m<sup>2</sup>, 全库平均为1 924个/m<sup>2</sup>, 水库整体处于中-富营养水平; 底栖动物生物量介于1.68~38.76 g/m<sup>2</sup>, 全库平均为8.53 g/m<sup>2</sup>; 底栖动物生物多样性指数介于0.64~1.89, 水库整体水质介于中度污染-重度污染。鉴于底栖动物在水质评价方面不可替代的作用, 建议该水库每隔5~10年做一次系统的底栖动物调查。

**关键词:** 底栖动物; 生物多样性指数; 洋河水库

中图分类号: Q959; X524 文献标识码: A 文章编号: 1672-1683(2013)05-0057-04

## Application of Benthic Fauna Monitoring in Assessment of Water Quality of the Yanghe Reservoir

DU Yingxin

(The Administration Bureau of Yiqing District of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066001, China)

**Abstract:** In order to investigate the distribution of benthic fauna in the Yanghe Reservoir and its effects on water quality, 24 samples were collected at six sites in May, August, September, and November 2006. The results showed that (1) eleven species of benthic fauna are observed, among which ten species are capable of pollution indication, and the pollution resistance species are dominant; (2) the density of benthic fauna at the six sampling sites are from 680 to 5 920 ind/m<sup>2</sup>, whereas the average density in the whole reservoir is 1 924 ind/m<sup>2</sup>, indicating that the reservoir is moderate trophic to eutrophic; (3) the average biomass of benthic fauna at the six sampling site is between 1.68 and 38.76 g/m<sup>2</sup> whereas the average biomass density in the whole reservoir is 8.53 g/m<sup>2</sup>; and (4) the biodiversity index of benthic fauna in the reservoir is between 0.64 and 1.89, and the pollution level of the reservoir is between moderate pollution and heavy pollution. Due to its importance in assessment of water quality, the benthic fauna in the reservoir need to be investigated every 5 to 10 years.

**Key words:** benthic fauna; biodiversity index; Yanghe Reservoir

生物监测具有灵敏度高、能够连续监测的特点, 并且能综合反映环境质量状况<sup>[1]</sup>, 因此越来越广泛地应用于湖泊和水库水质和底质的监测。底栖动物是水生物的重要组成部分, 通过对底栖动物的监测, 了解底栖动物的生存变化情况, 可以了解底质和水质的变化状态<sup>[2]</sup>。

洋河水库作为秦皇岛市的重要水源地, 其底栖生物监测一直是底质和水质监测工作的空白。本文通过对洋河水库底栖动物的调查, 分析底栖动物的时空变化情况, 探讨通过底栖动物监测进行水体水质评价的方法, 以期对水利、水产、环保、城市供水等部门对洋河水库水源地的保护、利用和开发以及对底泥和水质的治理工作提供依据, 同时也为我国温带地区其它水库底质和水质的研究提供参考资料。

## 1 洋河水库简介

洋河水库位于抚宁县城北10 km处, 地理坐标为N39°58'45" - 40°00'59", E119°00'09" - 119°59'529", 于1962年建成蓄水, 控制流域面积755 km<sup>2</sup>, 兴利库容1.36亿 m<sup>3</sup>, 主要功能为城市供水、防洪、灌溉和渔业, 现作为秦皇岛市的重要水源地。水库多年平均蓄水7 500万 m<sup>3</sup>, 多年平均水面面积13 km<sup>2</sup>, 多年平均水深5.7 m。上游的东、西洋河是其最大的两条支流, 其入库量占水库天然来水量的90%左右。水库污染源主要有秋季粉浆水、汛期径流和底泥释放, 其中总磷的污染负荷比分别占63.1%、22.0%和14.9%。该水库曾多次发生水华, 对供水水质产生过明显影响。目前

收稿日期: 2013-01-07 修回日期: 2013-08-16 网络出版时间: 2013-08-23

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130823.1608.017.html>

作者简介: 杜迎欣(1961-), 女, 高级工程师, 从事水利工程及水资源管理工作。E-mail: dyx\_ps@163.com

该水库夏秋季季节理化指标可达富营养化标准,表现为磷限制型水体。

2000 年水库底泥的淤积量为  $4.83 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 总氮、总磷含量平均值分别为  $2.131 \text{ g/kg}$ 、 $0.724 \text{ g/kg}$ , 粒径分布特征为:  $> 0.1 \text{ mm}$  占 53%,  $0.1 \sim 0.01 \text{ mm}$  占 24%、 $0.01 \sim 0.001 \text{ mm}$  占 9%、 $< 0.001 \text{ mm}$  占 14%。

## 2 调查方法

### 2.1 采样位置

根据洋河水库的面积和形态共设置了 6 个采样点, 采样点地理位置见图 1, 地理坐标见表 1。



图 1 洋河水库采样点地理位置

Fig. 1 Geographical location of sampling sites in the Yanghe Reservoir

表 1 采样点的地理坐标

Table 1 Geographical coordinates of sampling sites in the Yanghe Reservoir

采样点序号	采样点名称	地理坐标
1	库西出水区	E119°11'49.04", N39°59'27.78"
2	西河口	E119°11'0.9", N40°00'14.03"
3	库中心区	E119°12'27.00", N39°59'59.34"
4	库北区	E119°12'39.52", N40°00'33.30"
5	东河口	E119°13'29.30", N40°00'10.66"
6	库东供水区	E119°12'49.67", N39°58'54.79"

### 2.2 采样方法

本次工作利用彼得逊采泥器采集泥样, 采集面积为  $0.025 \text{ m}^2$ 。泥样通过 40 目分样筛和采样位置的表层库水冲洗后, 置于白色解剖盘中, 分离出底栖动物, 置入广口瓶; 然后加入 70% 乙醇保存, 带回实验室分析。同步采集水质样品, 并记录天气状况。

### 2.3 采样时间

采样工作分别于 2006 年的 5 月 31 日、8 月 17 日、9 月 28 日和 11 月 11 日进行, 共采集四批样品, 采样均在上午完成。

### 2.4 测试方法

样品采集后 3 个月内完成了分析测试工作。测试方法包括:

定性方法: 按底栖动物的生物学特征对其进行分类。

定量方法: 对带回实验的样品按底栖动物的种类称量, 再根据采样面积换算出单位面积的该特种的生物量。

## 3 结果分析

### 3.1 底栖动物种类组成

对 4 次采集样品分析测试结果(见表 2)表明, 在洋河水库共发现 11 种底栖动物, 由 5 种环节动物和 6 种水生昆虫幼虫两大类组成。其中环节动物中有寡毛类的水丝蚓(*Limnodrilus sp.*)、颤蚓(*Tabifex sp.*)、苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)、夹带绦蚓(*Lumbriculus variegatum*) 4 种; 蛭类有颈蛭(*Trachelobdella sinensis*) 1 种, 没有发现多毛类; 水生昆虫幼虫有摇蚊幼虫中的羽摇蚊(*Chironomus plumosus*)、花蚊前突摇蚊(*Procladius choreus*)、拟摇蚊(*Parachironomus sp.*)、大红德永摇蚊(*Tokunagayusurika akamushi*) 和异腹鳃摇蚊(*Tendipes insolita*) 5 种; 幽蚊科的莹蚊幼虫(*Chaoborus Lichtenstein*) 1 种。

### 3.2 底栖动物种类分布和时间变化

#### 3.2.1 种类总体分布情况

由表 1 可知, 洋河底栖动物中分布最广的是寡毛类的水丝蚓。除 5 号点 11 月未采到以外, 各点各月份均有分布, 分布率为 95%。其次是幽蚊幼虫莹蚊, 除 2 号点的 8 月、11 月以及 4 号点的 5 月未采到以外, 各点各月都有分布, 分布率为 87%, 仅次于水丝蚓。羽摇蚊分布率 50%, 颤蚓和大红德永摇蚊分布率均为 25%, 苏氏尾鳃蚓为 20%。颈蛭只出现在 8 月的 4 号样点, 异腹鳃摇蚊只出现在 11 月的 5 号样点, 分布率为 4%。

#### 3.2.2 种类的时间分布情况

5 月共发现 5 种底栖动物, 其中水丝蚓、羽摇蚊、莹蚊三种为广泛分布, 花蚊前突摇蚊、拟摇蚊只是偶有分布; 8 月共发现 7 种底栖动物, 其中水丝蚓、羽摇蚊、莹蚊、颤蚓四种为广泛分布, 苏氏尾鳃蚓在三个样点发现, 颈蛭、花蚊前突摇蚊、拟摇蚊只是偶有分布; 9 月共发现 5 种底栖动物, 其中水丝蚓、莹蚊两种为广泛分布, 羽摇蚊在三个样点发现, 大红德永摇蚊、夹带丝蚓只是偶有分布; 11 月共发现 5 种底栖动物, 此时水丝蚓、大红德永摇蚊、莹蚊三种为广泛分布, 苏氏尾鳃蚓、异腹鳃摇蚊只是偶有分布。

#### 3.2.3 利用底栖动物的耐污性评价底质和水质污染程度

有人把底栖动物耐污性分为 10 个等级, 从 1 至 10 级, 数字越大, 动物耐污性越强<sup>[3]</sup>。在所采集到的 11 个物种中, 有 10 种能够指示污染程度(表 3)。

根据表 3, 洋河水库 10 种底栖动物中有 8 种耐污性等级大于等于 8, 2 种为 6, 没有发现清洁水体的指示种。洋河水库底栖动物中耐污种类占绝对优势的现象说明洋河水库的底质和水质污染已很严重, 且为毒性小的有机污染。

### 3.3 底栖动物个体密度的时空变化

从图 2 可看出, 总体上水库的底栖动物个体密度的时空变化较大, 数量最大值出现在 5 月的 1 号样点, 为  $5920 \text{ 个/m}^2$ ; 最小值出现在 5 月的 4 号样点, 为  $680 \text{ 个/m}^2$ , 全库平均值为  $1924 \text{ 个/m}^2$ 。

#### 3.3.1 个体密度的空间变化情况

从所有样品的平均值来看, 各采样点底栖动物个体密度

表2 洋河水库底栖动物分布

Table 2 Distribution of benthic fauna in the Yanghe Reservoir

底栖动物种类	采样位置及时间																				分布率 (%)				
	1号				2号				3号				4号				5号					6号			
	5月	8月	9月	11月	5月	8月	9月	11月	5月	8月	9月	11月	5月	8月	9月	11月	5月	8月	9月	11月		5月	8月	9月	11月
水丝蚓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	95
颤蚓		✓				✓				✓												✓			25
环节动物										✓				✓				✓				✓			20
苏氏尾鳃蚓										✓				✓				✓				✓			
夹带丝蚓			✓																						
颈蛭														✓											4
水生昆虫																									
羽摇蚊	✓	✓					✓				✓			✓	✓			✓	✓			✓	✓		50
花纹前突摇蚊							✓				✓											✓			12
拟摇蚊																			✓						4
幼虫							✓				✓				✓				✓	✓				✓	25
大红德永摇蚊							✓				✓				✓				✓	✓					
异腹鳃摇蚊																				✓					4
莹蚊	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	87

表3 底栖动物耐污性<sup>[4-5]</sup>

Table 3 Tolerance classification of benthic fauna to pollution

名称	级别
水丝蚓、颤蚓、苏氏尾鳃蚓	10
羽摇蚊、大红德永摇蚊	9.8
花纹前突摇蚊	9.6
夹带丝蚓、异腹鳃摇蚊	8
拟摇蚊幼虫、莹蚊幼虫	6

1 560~ 4 720 个/m<sup>2</sup>, 差值为 3 160 个/m<sup>2</sup>。5 月份各采样点数值差最大, 11 月份次之。

### 3.3.2 个体密度的时间变化情况

在 1 号样点, 底栖动物个体密度变化情况: 5 月 > 8 月 > 11 月 > 9 月, 变化幅度 1 280~ 5 920 个/m<sup>2</sup>, 是几个采样点数据中波动最大的; 2 号样点变化情况: 11 月 > 8 月 > 5 月 > 9 月, 变化幅度 720~ 2 080 个/m<sup>2</sup>; 3 号样点变化情况: 11 月 > 9 月 > 8 月 > 5 月, 变化幅度 1 400~ 4 720 个/m<sup>2</sup>; 4 号样点数量变化情况: 9 月 > 11 月 > 8 月 > 5 月, 变化幅度 680~ 2 000 个/m<sup>2</sup>; 5 号样点变化情况: 11 月 > 9 月 > 8 月 > 5 月, 变化幅度 720~ 3 980 个/m<sup>2</sup>; 6 号样点变化情况: 11 月 > 5 月 > 9 月 > 8 月, 变化幅度最小, 为 880~ 1 720 个/m<sup>2</sup>, 所有 6 样点的平均(库均)值变化幅度较小, 为 1 450~ 2 650 个/m<sup>2</sup>。

### 3.3.3 利用底栖动物个体密度评价水体富营养化程度

一般认为, 耐污的底栖动物密度达到 2 000 个/m<sup>2</sup> 以上时, 水体达到富营养化水平, 1 000~ 2 000 个/m<sup>2</sup> 为中营养水平, < 1 000 个/m<sup>2</sup> 为贫营养水平。水库中发现的底栖动物除颈蛭外均为耐污种, 1 号和 3 号样点底栖动物数量平均值在 2 000 个/m<sup>2</sup> 以上, 达到了富营养水平, 其他各点均在 1 000~ 2 000 个/m<sup>2</sup> 之间, 处于中营养水平。按时间分布可知水库各样点均值只有 11 月份底栖动物数量超过 2 000 个/m<sup>2</sup>, 是富营养水平, 5 月、8 月和 9 月均为中营养水平。综上所述, 如果用底栖动物数量单项指标来评价洋河水库的营养状态, 可以认为处于中-富水平。

### 3.4 底栖动物生物量的时空变化

总体上来看, 水库的底栖动物生物量除 1 号样点时间变化幅度很大外, 其它样点的时空变化较底栖动物数量相对较小。生物量最大值出现在 5 月的 1 号样点, 为 38.76 g/m<sup>2</sup>; 最小值出现在 5 月的 5 号样点, 为 1.67 g/m<sup>2</sup>, 全库平均值为 8.53 g/m<sup>2</sup>。

#### 3.4.1 生物量空间变化情况

从四批次所有样品的平均值来看, 底栖动物生物量变化

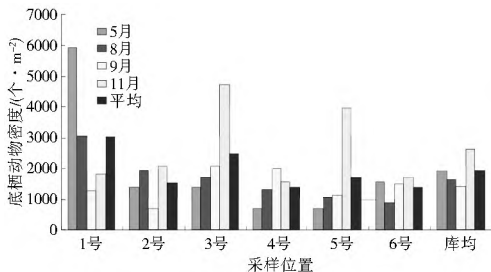


图2 底栖动物个体密度变化

Fig. 2 Variation of individual density of benthic fauna

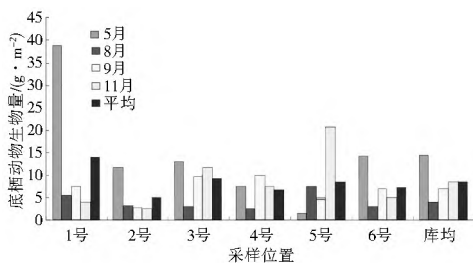


图3 底栖动物生物量变化

Fig. 3 Variation of biomass of benthic fauna

变化情况为: 1 号 > 3 号 > 5 号 > 2 号 > 6 号 > 4 号。而在 5 月份为: 1 号 > 6 号 > 2 号 = 3 号 > 5 号 > 4 号, 变化幅度 680~ 5 920 个/m<sup>2</sup>, 差值为 5 240 个/m<sup>2</sup>; 8 月份为: 1 号 > 2 号 > 3 号 > 4 号 > 5 号 > 6 号, 变化幅度 880~ 3 040 个/m<sup>2</sup>, 差值为 2 160 个/m<sup>2</sup>; 9 月份为: 3 号 > 4 号 > 6 号 > 1 号 > 5 号 > 2 号, 变化幅度 720~ 2 080 个/m<sup>2</sup>, 差值为 1 360 个/m<sup>2</sup>; 11 月份为: 3 号 > 5 号 > 2 号 > 1 号 > 6 号 > 4 号, 变化幅度

情况为:1 号> 3 号> 5 号> 6 号> 4 号> 2 号,而在 5 月份为:1 号> 6 号> 2 号> 3 号> 4 号> 5 号,变化幅度 1.67~38.76 g/m<sup>2</sup>;8 月份为:5 号> 1 号> 2 号> 3 号> 6 号> 4 号,变化幅度 2.41~ 7.52 g/m<sup>2</sup>;9 月份为:4 号> 3 号> 1 号> 6 号> 5 号> 2 号,变化幅度 2.83~ 10.10 g/m<sup>2</sup>;11 月份为:5 号> 3 号> 4 号> 6 号> 1 号> 2 号,变化幅度 2.20~ 20.67 g/m<sup>2</sup>。

以上数据反映出 5 月份生物量空间变化幅度最大,同时结合上文数据,5 月份个体密度的空间变化幅度也是最大的;11 月份的生物量、个体密度的空间变化幅度次之。

### 3.4.2 生物量时间变化情况

在 1 号样点,底栖动物生物量变化情况为:5 月> 9 月> 8 月> 11 月,变化幅度 4.02~ 38.76 g/m<sup>2</sup>,差值为 34.74 g/m<sup>2</sup>;2 号样点变化情况:5 月> 8 月> 9 月> 11 月,变化幅度 2.50~ 11.64 g/m<sup>2</sup>,差值为 9.14 g/m<sup>2</sup>;3 号样点变化情况:5 月> 11 月> 9 月> 8 月,变化幅度 3.10~ 13.09 g/m<sup>2</sup>,差值为 9.99 g/m<sup>2</sup>;4 号样点数量变化情况:9 月> 5 月> 11 月> 8 月,变化幅度 2.41~ 10.10 g/m<sup>2</sup>,差值为 7.69 g/m<sup>2</sup>;5 号样点变化情况:11 月> 8 月> 9 月> 5 月,变化幅度 1.67~ 20.67 g/m<sup>2</sup>,差值为 19.00 g/m<sup>2</sup>;6 号样点变化情况:5 月> 9 月> 11 月> 8 月,变化幅度 2.94~ 14.29 g/m<sup>2</sup>,差值为 11.35 g/m<sup>2</sup>;所有 6 样点的平均(库均)值变化幅度相对较小,为 4.11~ 14.49 g/m<sup>2</sup>。

其中 1 号样点底栖动物的个体密度、生物量随时间变化得最为剧烈,说明当外界气候条件差别不大时,1 号样点的水质可能是影响底栖动物密度、数量波动大的主要因素。

### 3.5 底栖动物生物多样性指数

人们常用多样性指数来评价水体污染程度<sup>[6]</sup>,其中 Shomorr Wiener 指数法应用最广,计算公式如下<sup>[7]</sup>:

$$H = - \sum (n_i/N) \cdot \log_2(n_i/N) \quad (1)$$

式中:  $N$  为底栖动物个体总数;  $n_i$  为第  $i$  种的个体数。

评价标准见表 4。

表 4 底栖动物多样性指数评价标准

Table 4 Assessment criterion for diversity index of benthic fauna

> 3	2~ 3	1~ 2	< 1
清洁	轻度污染	中度污染	重污染

对洋水库各样点的底栖动物多样性指数进行计算后,其结果见图 4。从图中可知,水库的底栖动物多样性指数均较小,介于 0.64~ 1.89。指数最大值出现在 8 月的 4 号样点,最小值出现在 9 月的 1 号样点。

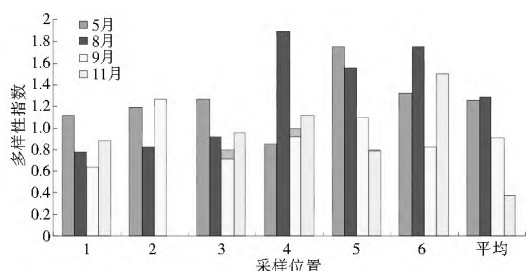


图 4 底栖生物多样性指数变化

Fig. 4 Variation of diversity index of benthic fauna

### 3.5.1 生物多样性指数时空变化情况

从时空分布上来看,1 号、2 号、3 号样点的多样性指数相差不大,变化幅度 0.64~ 1.27;4 号、5 号、6 号样点的多样性指数也相差不大,变化幅度 0.79~ 1.89。前者多样性指数较后者小。全库 6 样点的生物多样指数的平均(库均)值变化情况为:8 月> 5 月> 9 月> 11 月。

### 3.5.2 利用生物多样性指数评价水库底质和水质污染程度

对 6 个采样点的 4 次采样分析表明,在总计 24 个多样性指数中,指数在 1~ 2 的有 12 个,0~ 1 的有 12 个,即中污染与重污染的点位频次各占一半。由此可知洋河水库水质污染是中污染到重污染。

从时间上看,水库 5 月、8 月为中污染,9 月、11 月为重污染,其中 11 月份污染最严重。在此期间从西洋河有大量的含高浓度有机废物的粉浆水流入水库,对水库的底质和水质产生严重的影响。

从样点分布上看,4 号、5 号、6 号三点为中污染,1 号、2 号、3 号为重污染,这反映了西洋河粉浆水污染的累积效应。

生物多样性指数对水质的评价结果与水库的水质监测情况是一致的,和水库污染源的影响规律是相符的。

## 4 结论与建议

对洋水库 2006 年 5 月、8 月、9 月和 11 月的 6 个样点共 24 个样品底栖动物分析结果表明:发现的 11 种底栖动物中,有 10 种能够指示污染程度,8 种的耐污性级别在 8 以上,只有 2 种的级别为 6,耐污种类占绝对优势,说明洋水库的底质和水质污染已很严重;6 个样点的底栖动物个体密度介于 680~ 5 920 个/m<sup>2</sup>,全库均值为 1 924 个/m<sup>2</sup>,1 号和 3 号样点达到了富营养水平,其他各点为中营养水平;库均值表明 11 月份为富营养水平,5 月、8 月和 9 月为中营养水平,整体上可以认为洋水库亦处于中- 富营养水平;底栖动物生物量介于 1.68~ 38.76 g/m<sup>2</sup>,全库平均为 8.53 g/m<sup>2</sup>;底栖动物多样性指数介于 0.64~ 1.89,1 号、2 号、3 号为重污染,4 号、5 号、6 号三点为中污染,水库水质整体介于中污染- 重污染。

尽管底栖动物监测还不能像理化监测那样迅速获得监测结果,而且受影响的因素较多,但却可揭示和评价各类水体和底质在某一时段的综合质量状况,特别是污染的累积情况,因此在利用、改善和保护水环境方面具有不可替代的地位和作用。因此,建议洋水库每隔 5~ 10 年做一次系统的底栖动物调查,用于掌握水库底质和水质的综合污染变化情况,为保护秦皇岛市的重要水源地积累底质和水质资料。

### 参考文献(References):

[1] 申冰玉,卢振兰,李莉.生物监测在水环境污染监测中的现状与展望[J].当代生态农业,2012,(3): (SHEN Bing yu, LU Zher lan, LI Li. Status and Application Prospect of Biological Monitoring in the Water Environment Pollution Monitoring [J]. Contemporary Eco Agriculture, 2012, (3): (in Chinese) )

(下转第 127 页)

可以是多样的,某种模式的特点、适用区域都存在比较大的差别。因此,有必要选取一些水资源供需矛盾突出、取水指标占而不用现象较严重的地区进行试点并因地制宜制定实施方案和征收模式。

### 3.4 着手建立可交易水权制度和水权交易市场

实行取水权有偿取得制度后,取水户申请的取水指标不可能与实际取水量完全相等,总会出现指标富余或不够的情况,为了调剂余缺,将富余指标转移到需要者手中,有必要建立可交易水权制度和水市场。实行取水权有偿取得制度的一个明显优势是取水户通过有偿获得取水权及其连带的使用权、占有权、处置权,水资源产权界定清晰,具备进入市场交易的条件,为水市场建设打下良好基础。

#### 参考文献(References):

- [1] 樊晶晶. 论取水权的物权化[J]. 广西政法管理干部学院学报, 2009, (4): 16-22. (FAN Jingjing. On the Property Righting of the Right of using Water[J]. Journal of GuangXi Administrative Cadre Institute of Politics and Law, 2009, (4): 16-22. (in Chinese))
- [2] 吕振霖. 落实最严格水资源管理制度的几项重要工作[N]. 新华日报, 2010-03-22(A08). (LV Zhenglin. Some Important Work to Implement the Most Strict Water Resources Management System[N]. Xinhua Daily, 2010-03-22(A08). (in Chinese))
- [3] Ian A Fox, Susan Walker. Abstraction and Abstraction Control in Scotland[J]. Science of the Total Environment, 2002, 294 (1): 201-211.
- [4] T. F. Zabel, K. Andrews, Y. Rees. The Use of Economic Instruments for Water Management in Selected EU Member Countries[J]. Water and Environment Journal, 1998, 12(4): 268-272.
- [5] UK Environment Agency. 2012/13 Abstraction Charges Scheme [EB/OL]. [http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/Abstraction\\_charges\\_scheme\\_2012\\_13.pdf](http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/Abstraction_charges_scheme_2012_13.pdf), 2013-01-06.
- [6] 王敏, 李薇. 欧盟水资源税(费)政策对中国的启示[J]. 财政研究, 2012, (3): 57-60. (WANG Min, LI Wei. The European Union's Water Resource Tax(fee) Enlightenment on China Policy [J]. Public Finance Research, 2012, (3): 57-60. (in Chinese))
- [7] 沈大军. 水资源费征收的理论依据及定价方法[J]. 水利学报, 2006, (1): 120-125. (SEHN Dajun. Theoretical Base of Water Resources Fee and its Pricing Method[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, (1): 120-125. (in Chinese))
- [8] 李社永. 取水权问题研究[D]. 重庆: 西南政法大学, 2009. (LI Sheyong. The Study of Water Intake Right[D]. Chongqing: Southwest University of Political Science and Law, 2009. (in Chinese))
- [9] 王清军. 取水权流转的若干问题研究[J]. 资源开发与市场, 2009, (7): 626-631. (WANG Qingjun. Research of a Number of Issues on Water Entitlement's Transfer[J]. Resource Development & Market, 2009, (7): 626-631. (in Chinese))
- [10] 吴宏平, 张晓悦, 陈晓东. 取水许可审批管理机制存在的问题及改进建议[J]. 水电能源科学, 2012, 30(10): 110-112. (WU Hongping, ZHANG Xiaoyue, CHEN Xiaodong. Approval and Management Mechanism of Water Drawing Allowance and Its Suggestion[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(10): 110-112. (in Chinese))
- [2] 段学花, 王兆印, 徐梦珍. 底栖动物与河流生态评价[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010. (DUAN Xuehua, WANG Zhaoyin, XU Mengzhen. Zoobenthos and River Ecological Evaluation [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010. (in Chinese))
- [3] 柯盛, 申玉春, 谢恩义, 等. 流沙湾底栖贝类耐污值的研究[J]. 广东海洋大学学报, 2010, (8): (KE Sheng, SHEN Yuchun, XIE Enyi, et al. A Study on Tolerance Value of Benthic Shellfishes to Pollution in the Liusha Bay [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2010, (8): (in Chinese))
- [4] 沈韞芬, 章宗涉. 微生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990. (SHEN Yunfen, ZHANG Zongshe. New Technologies to Monitor Microbes [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1990. (in Chinese))
- [5] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微生物与底栖动物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011. (ZHOU Fengxia, CHEN Jianhong. Maps of Freshwater Microbes and Benthic Animals [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011. (in Chinese))
- [6] 王备新, 杨莲芳. 我国东部底栖无脊椎动物主要分类单元耐污值[J]. 生态学报, 2004, (12): 2768-2775. (WANG Beixin, YANG Lianfang. A Study on Tolerance Values of Benthic Macroinvertebrate Taxa in Eastern China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, (12): 2768-2775. (in Chinese))
- [7] 崔利峰. 利用底栖动物评价水质的方法[J]. 水产科技, 2010, (1): 22-24, 41. (CUI Lifeng. Methods of Water Quality Bioassessment by Using Zoobenthos [J]. Fisheries Science & Technology, 2010, (1): 22-24, 41. (in Chinese))

(上接第60页)