

# 大伙房水库上游地区生态补偿标准研究

冷雪飞

(辽宁省环境科学研究院, 沈阳 110161)

**摘要** 相对于自然生态保护其他方面, 江河断流、湖泊湿地萎缩、水源涵养功能退化、水土流失加剧等流域污染问题, 水资源保护存在的“上游投入、下游得利”不合理现象, 不断加剧水资源质量的衰减和水体环境的恶化。本文以维持流域生态系统平衡及生态服务功能, 调整流域相关利益方生态及其经济利益分配关系为依据, 根据流域面临的生态保护、污染治理和水资源合理利用等问题特点, 以大伙房水库上游地区为例, 构建以生态系统服务功能价值和机会成本理论为基础的生态补偿标准估算模型, 对流域生态补偿资金进行分配, 探索建立不同类型、各有侧重、因地制宜的生态补偿标准, 在试点和实践中调整完善, 为国家建立流域生态补偿机制和政策提供模式和经验。

**关键词** 生态服务功能; 机会成本; 生态补偿

中图分类号: X324

文献标识码: A

文章编号: 1674-6252(2015)05-0061-06

## Research on Ecological Compensation Standard in Upstream Area of Dahuofang Reservoir

Leng Xuefei

(Liaoning Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110161)

**Abstract:** Comparing with a series of eco-environmental problems such as river blanking, wetland fading away, deterioration of water source conservation, the unreasonable situation of “upstream invest and downstream gain in a river” which cause the degradation of water environment and deterioration of the water source quality. According to the balance of ecological service and environmental development, in accordance with the management of the stakeholder and interest distribution, took the upstream area of Dahuofang Reservoir as an example, based on the ecological services value and opportunity cost theory, this paper constructed estimation model of ecological compensation standard to distribute the ecological compensation capital, explored the suitable standards for the sustainable ecological safety and regional justice development. The results may give the technic support to establishment of ecological compensation and pilot experience in the state level.

**Keywords:** ecological service value; opportunity cost; ecological compensation

### 引言

流域生态补偿是指从环境管理和公共政策的视角, 根据经济、政策和市场等方面的特征, 以流域环境生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本等为依据, 向流域生态环境的保护者和建设者提供相应的货币或实物支持, 以调动其环境保护和生态建设的积极性, 促进环境保护地区的生态保护和建设活动, 改善流域范围内区域间的发展不平衡问题, 保证整个流域水环境和保障流域生态安全, 促进区域平衡和协

调发展的一种生态环境保护的经济手段<sup>[1]</sup>。

对比国外流域生态补偿实践, 无论是基于流域上下游界面水质目标的补偿标准方式, 还是基于流域上下游考核界面水污染物通量的补偿标准方式, 合理设置不同情形下的补偿和受偿标准并得到相关部门的一致认可减少甚至避免政策推行中阻力的关键。面对流域生态补偿标准确定所面临的矛盾和困境, 本文以大伙房水库上游地区为例, 通过对流域生态补偿量进行核算, 探索流域生态补偿的具体方式及途径, 提出

作者简介: 冷雪飞, (1979—), 女, 辽宁省环境科学研究院, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境管理。

兼顾生态安全与区域公平的可操作方法体系。

## 1 生态补偿标准估算

### 1.1 基于生态系统服务功能的生态补偿标准

Costanza 论述的生态系统服务功能的 17 个类型, 在具体区域存在的差异性较为明显, 将生态系统划分为森林生态系统、农田生态系统和水域生态系统三大类, 物质生产、大气调节、水源涵养、水分调节、环境净化、土壤保护、生物多样性维持和休闲文化八类, 详见表 1<sup>[2]</sup>。本文以环境经济学、资源经济学、生态经济学及福利经济学为基础, 分别采取市场价值法、机会成本法、影子价格法、费用分析法、影子工程法、旅行费和替代花费法对生态系统服务功能价值中水分调节、环境净化和土壤保护进行逐项估算。

#### 1.1.1 水分调节功能价值估算

森林生态系统汛期均化洪水功能价值估算采用市场价值法, 计算公式为:

$$V_1 = P_i \cdot W_i = P_i \left[ R \sum A_i \cdot I_i + \sum A_i \cdot L_i + \sum A_i (S_i - S_0) \right] \quad (1.1)$$

式中,  $V_1$  为森林生态系统均化洪水功能价值;  $W_i$  为森林生态系统在汛期调节洪峰能力 ( $\text{m}^3/\text{a}$ );  $R$  为汛期的降水量 ( $\text{mm}$ );  $A_i$  为各森林类型的面积 ( $\text{km}^2$ );  $I_i$  为各森林类型的林冠截留率;  $L_i$  为各森林类型单位面积凋落物层的持水 ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ );  $S_i$  为各森林类型单位面积土壤的储存水量 ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ );  $S_0$  为单位面积无林

地的土壤储存水量 ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ );  $P_i$  为水库单位库容每年需投入成本。

森林生态系统枯水期补水功能价值估算采用市场价值法, 计算公式为:

$$V_2 = P \cdot W_c = P \cdot \sum A_i (G_i - G_0) \quad (1.2)$$

式中,  $V_2$  为森林生态系统在枯水期供水功能价值;  $W_c$  为森林生态系统在枯水季节补给水量 ( $\text{m}^3/\text{a}$ );  $A_i$  为林地面积 ( $\text{km}^2$ );  $G_i$  为各森林类型单位面积的径流量 ( $\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );  $G_0$  为无林地单位面积上的径流量 ( $\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );  $G_i - G_0$  为单位面积各类型林地枯水季节的补给水量 ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ );  $P$  为单位水价。

#### 1.1.2 土壤保护功能价值估算

植被的土壤保护价值主要可从以下四方面考虑: ①减少土地侵蚀的价值; ②减少土地损失的价值; ③减少土壤肥力损失的价值; ④减轻泥沙滞留和淤积的价值。本文分别运用机会成本法、市场价值法和影子工程法对其价值进行评估。

##### (1) 减少土壤侵蚀的价值

森林的保土量 (潜在土壤侵蚀量) 等于无林地的土壤侵蚀量与有林地的土壤侵蚀量之差, 即森林减少土壤侵蚀量。计算公式为:

$$B_c = \sum B_i (M_i - M_0) \quad (1.3)$$

式中,  $B_c$  为减少的土壤侵蚀量 ( $\text{t/a}$ );  $B_i$  为第  $i$  类森林类型的面积 ( $\text{km}^2$ );  $M_0$  为无林地土壤侵蚀模数 ( $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );  $M_i$  为第  $i$  类林地类型的土壤侵蚀模数 ( $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )。

表 1 生态系统服务功能类型

序号	生态系统服务	生态系统功能	举例
1	物质生产	全部的植物产品和动物产品	农、林、牧、渔业产品增加值
2	大气调节	对气温、降水的调节以及对其他气候过程生物调节作用	固定 $\text{CO}_2$ , 释放 $\text{O}_2$
3	水源涵养	水分的保持与储存	截留降水, 增强土壤下渗, 缓和地表径流, 增加降水
4	水分调节	调节水文循环过程	生活饮用、工业用水、农用灌溉; 均化洪水
5	环境净化	调节水文循环过程	吸收污物, 阻滞粉尘, 杀灭病菌和降低噪声
6	土壤保护	生态系统内的土壤保持, 成土过程	土地损失价值, 土壤非礼损失价值, 泥沙滞留价值
7	生物多样性维持	生物控制、传粉和遗传资源	生物多样性的维持
8	休闲文化	休闲娱乐	旅游休闲

(2) 减少土地损失的价值

根据减少土壤侵蚀量和土壤表土平均厚度来推算因土壤侵蚀而造成的废弃土地的面积,再用机会成本法计算因土地废弃而失去的年经济价值。计算公式如下:

$$V_1 = \frac{B_c}{1\ 000\ 000 \times \rho \times d} D \quad (1.4)$$

式中,  $V_1$  为减少的土地损失价值(万元/a);  $B_c$  为减少的土壤侵蚀量(t/a);  $D$  为林业年均收益(元/km<sup>2</sup>);  $\rho$  为土壤容重(t/m<sup>3</sup>);  $d$  为土壤表土平均厚度(m),以0.6m计算。

(3) 减少土壤肥力损失的价值

土壤侵蚀使大量的土壤营养物质流失主要是土壤中的N、P、K,森林减少土壤养分损失的价值等于森林减少土壤有机质损失的价值与减少土壤N、P、K损失的价值之和。计算公式如下:

$$V_2 = \sum B_c \cdot C_i \cdot P_i + B_c \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot P_j \quad (1.5)$$

式中,  $V_2$  为减少土壤肥力损失的价值(万元/a);  $B_c$  为减少的土壤侵蚀量(t/a);  $C_i$  为土壤中N、P、K的含量(kg/t);  $P_i$  为N、P、K化肥的价格(元/t);  $R_1$  为土壤有机质平均含量(%);  $R_2$  为薪柴转化成有机质的比例;  $P_j$  为薪柴的机会成本价。

(4) 减轻泥沙滞留和淤积的价值

按照我国主要流域的泥沙运动规律,全国土壤侵蚀流失的泥沙有24%淤积于水库、江河、湖泊,本文采用影子工程法来计算植被减轻泥沙滞留和淤积的价值。计算公式如下:

$$V_3 = 24\% \times \frac{B_c}{\rho} P \quad (1.6)$$

式中,  $V_3$  为减轻泥沙滞留和淤积的价值(万元/a);  $B_c$  为减少的土壤侵蚀量(t/a);  $P$  为水库单位库容每年需投入的成本(元/m<sup>3</sup>);  $\rho$  为土壤容重(t/m<sup>3</sup>)。

1.1.3 环境净化功能价值估算

根据资料统计,对污染具有较为显著净化能力的生态系统有森林生态系统和水库生态系统,水田生态系统因面积较小、净化能力有限暂不考虑。

(1) 森林生态系统

森林净化环境污染的功能主要表现在四个方面,即吸收污染物、阻滞粉尘、杀灭病菌和降低噪声。受限于资料的可获性,本文仅对森林生态系统(不包括灌木林)吸收SO<sub>2</sub>和滞尘净化功能价值进行估算。计算公式为:

$$V = V_1 + V_2 = P_1 \cdot \sum A_i \cdot M_i + P_2 \cdot \sum A_i \cdot N_i \quad (1.7)$$

式中,  $V$  为森林净化环境功能价值(万元/a);  $V_1$  为森林吸收SO<sub>2</sub>功能价值(万元/a);  $V_2$  为森林滞尘功能价值(万元/a);  $A_i$  为第*i*类林地的面积(km<sup>2</sup>);  $M_i$  为第*i*类林地对SO<sub>2</sub>的净化能力(t/km<sup>2</sup>·a);  $N_i$  为第*i*类林地的滞尘能力(t/km<sup>2</sup>·a);  $P_1$  为削减SO<sub>2</sub>的成本(元/t);  $P_2$  为削减粉尘的成本(元/t)。

(2) 水库生态系统

本文采用替代花费法,通过研究水体的氮、磷去除效能和氮、磷污染物的污染负荷比的算术平均值来代替水库生态系统环境净化功能价值,试图在一定程度上反映水库生态系统的水质净化功能价值。计算公式如下:

$$V = \frac{1}{2} \left( \frac{V_N}{Q_N} + \frac{V_P}{Q_P} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{P_N \cdot P_N \cdot A}{Q_N} + \frac{P_P \cdot P_P \cdot A}{Q_P} \right) \quad (1.8)$$

式中,  $V$  为水库净化环境功能价值(万元/a);  $V_N$  为水库除氮功能价值(万元/a);  $V_P$  为水库除磷功能价值(万元/a);  $A$  为水库水域面积(km<sup>2</sup>);  $R_N$  为单位面积水域氮的平均去除率(t/km<sup>2</sup>·a);  $R_P$  为单位面积水域磷的平均去除率(t/km<sup>2</sup>·a);  $P_N$  为污水除氮处理成本(元/t);  $P_P$  为污水除磷处理成本(元/t);  $Q_N$  为水库总氮污染物污染负荷比;  $Q_P$  为水库总磷污染物污染负荷比。

1.2 基于机会成本的生态补偿标准

对于流域水环境生态补偿来说,机会成本多是指把一定的环境资源用于达到某种生态目的时放弃的一些用作其他用途的最大收益,以此为基础的机会成本生态补偿标准已经成为核算流域上游地区生态保护和建设成本的理论基础<sup>[3]</sup>。通过比较补偿地区与周围地区的经济发展差距计算出补偿地区的发展权损失,利用相邻县市居民的人均可支配收入与上游地区人均可支配收入对比,估算出相对于相邻县市居民收入水平的差异,从而反映发展权的限制可能给上游地区造成的经济损失,作为补偿的参考依据。测算公式为:

$$\text{机会成本} = (\text{参照县市的城镇居民人均可支配收入} - \text{上游地区城镇居民人均可支配收入}) \times \text{上游地区城镇居民人口} + (\text{参照县市的农民人均纯收入} - \text{上游地区农民人均纯收入}) \times \text{上游地区农业人口} \quad (1.9)$$

## 2 生态补偿金分配与分担

生态补偿金在补偿主体之间的合理分担直接关系到参与者投资生态环境建设的驱动力,是决定流域生态补偿机制能否良性和持久运行的重要因素。能否建立公平、合理的成本分担模型,不仅关系到补偿金额分担中各成员的合法权益能否得到保障,而且决定着各成员参与补偿、保护水源区生态环境的积极性和创造性的发挥程度。

### 2.1 生态补偿金分担

参照水利工程投资分担的原则,综合考虑支付水平、水量以及排放污水量情况,构建如下补偿金分担模型:

$$E_i = B_i \times TC \quad (2.1)$$

其中,TC为生态补偿金总额; $B_i$ 为第*i*个地区的补偿分担系数; $E_i$ 为第*i*个地区的生态补偿金额度。补偿分担系数计算公式如下:

$$B_i = \frac{0.2L_i + 0.4Q_i + 0.4W_i}{\sum_{i=1}^7 (0.2L_i + 0.4Q_i + 0.4W_i)} \times 100\% \quad (2.2)$$

其中, $Q_i$ 为取水比例; $W_i$ 为污水排放比例系数; $L_i$ 为发展阶段系数。

根据经济发展水平利用皮尔生长曲线,其中, $En_i$ 为恩格尔系数,得出发展阶段系数计算公式为:

$$L_i = \frac{1}{(1 + e^{-t_i})} \quad (2.3)$$

将  $T = \frac{1}{En_i}$ ,  $t_i = T_i - 3$  代入式 2.3 得到:

$$L_i = \frac{1}{(1 + e^{-\frac{1}{En_i - 3}})} \quad (2.4)$$

### 2.2 生态补偿金分配

为了使补偿资金的分配更加科学、合理,综合考虑人口和功能等级作为测算指标,对补偿资金的分配进行初略估算,设定其权重均为 0.5,则补偿金分配率计算公式为:

$$C_i = TC \times \left( \frac{1}{3} \times \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^4 Q_i} + \frac{1}{3} \times \frac{S_i}{\sum_{i=1}^4 S_i} + \frac{1}{3} \times \frac{P_i}{\sum_{i=1}^4 P_i} \right) - (COD_i - 20) \times Q_i \times 0.428 - (AN_i - 1.0) \times Q_i \times 2.435 \quad (2.5)$$

式中, $C_i$ 为第*i*个区域的生态补偿资金额度(万元);TC为生态补偿资金总额(万元); $Q_i$ 为第*i*个区域水量(亿 $m^3$ ); $COD_i$ 为第*i*个区域河流COD平均浓度(mg/L); $P_i$ 为第*i*个区域人口数量;0.428为III类水标准下的COD治理成本(元/mg·L); $S_i$ 为第*i*个区域面积; $AN_i$ 为第*i*个区域河流平均浓度(mg/L);2.435为III类水标准下的治理成本(元/mg·L)。

## 3 实例研究

大伙房水库流域系辽河支流浑河中上游,由上游清原县浑河、新宾县苏子河和抚顺县社河三条主要河流入库区,流域长度分别为169km、148km和53km,流域面积分别为2752 $km^2$ 、2147 $km^2$ 和516 $km^2$ ,其中浑河为主要入库支流,平均年来水量占总量的49%;其次为苏子河,平均年来水量占总量的45%。随着国家重点水利工程“大伙房输水工程”项目的实施,大伙房水库每年通过输水隧洞从桓仁水库引水18亿 $m^3$ ,作为辽宁中部七市生活饮用水源地,服务人口将达到2300万,大伙房水库在兼有防洪、供水、灌溉、发电、养鱼等综合功能的大型水利枢纽的基础上,其饮用水功能日益突出,在辽宁省中部城市建设及人民生活中具有举足轻重的战略的地位。

### 3.1 基于生态系统服务功能的生态补偿标准估算

#### 3.1.1 水分调节功能价值

我国单位面积林地枯水季节补给的水量为128800 $m^3/km^2 \cdot a$ ,灌木林的补给水量为林地的30%,即38640 $m^3/km^2 \cdot a$ 。根据公式(1.1)和公式(1.2),单位水价按0.5元/ $m^3$ 计(以辽政发[2002]19号文件的水费为准),可得森林生态系统的补水功能价值为73214.7万元,森林生态系统均化洪水的总价值为49144.2万元,水田生态系统的水分调节总价值为3575.7万元,水库生态系统的供水功能价值为14467.98万元。

#### 3.1.2 土壤保护功能价值

根据《中国生物多样性国情研究报告》编写的研究成果、国家统计局和农业部的统计资料,根据式(1.3)~式(1.6),可得森林生态系统一年减少土壤侵蚀总量为36988.6万t,减少土地损失为14.7万元,森林减少的土壤有机质损失的价值为91083万元,减少土壤肥力损失的价值为163659万元,减轻泥沙带

留和淤积的价值为 9653.3 万元。

### 3.1.3 环境净化功能价值

根据《中国生物多样性国情研究报告》，各种类型林地对 SO<sub>2</sub> 净化能力值和削减成本，将其代入式 (1.7)，可得森林生态系统的净化环境功能价值为 371 698.9 万元。由已有的研究成果可知，污水除氮、除磷处理成本选用生活污水处理成本 (氮为 1500 元/t，磷为 2500 元/t)，根据式 (1.8)，可得水库生态系统的除氮、除磷功能价值分别为 3980.2 万元和 3100.2 万元，总价值 12 957.8 万元。

综上，大伙房水库上游地区清源、新宾、抚顺和桓仁四县生态服务系统功能价值如表 2 所示。

就目前的实际情况来看，上述 7 类服务功能价值中，物质生产功能价值、大气调节功能价值、环境净化功能价值、森林生态系统对土壤保护功能价值、生物多样性维持功能价值和休闲文化功能价值分别因为主要受益者为上游地区自身或全体人民群众，而不列入补偿范围。综上所述，将基于研究区生态系统服务功能价值的补偿标准应为水分调节功能价值、土壤保护功能价值和环境净化功能价值的总和，根据表 2，则 2013 年大伙房水库流域上游地区基于生态系统服务功能价值的生态补偿标准为 487 311.1 万元。

### 3.2 基于机会成本的生态补偿标准估算

大伙房水库流域上游四县采取封山育林、禁伐天然林、减少林木加工、限制矿产开发、杜绝污染型企业投资等措施进行水源涵养及生态保护，鉴于大伙房水库流域上游四县目前的经济发展水平在全省各县区的排名中相对落后，对于参照标准的选取，本文选取 2013 年辽宁省平均经济发展水平作为参照标准，进行基于机会成本的生态补偿标准估算，见表 3。

通过式 (1.9) 计算得出：

$$C_{\text{间}} = (23\ 223 - 15\ 000) \times 90\ 130 + (23\ 223 - 22\ 600) \times 74\ 683 + (23\ 223 \times 16\ 510) \times 199\ 593 + (23\ 223 - 20\ 960) \times 213\ 797 + (9384 - 9399) \times 209\ 040 + (9384 - 10\ 408) \times 41\ 419 + (9384 - 9262) \times 10\ 083 + (9384 - 9405) \times 121\ 136 = 257\ 557$$

鉴于 GDP 作为一个流量指标，实际反映的是一定时期内某一地区的收益 (部分服务的价值)、成本 (流量的价值) 和存量变化 (净积累) 的总和<sup>[5]</sup>。根据 2006—2012 年辽宁省第一产业与第二产业平均增长速度分别为 16.2% 和 12.4%，参照以往的研究资料，本文将机会成本分为工业发展机会成本效益分摊系数 (0.4) 和农业发展机会成本效益分摊系数 (0.6) 进行计算，则 2013 年大伙房水库上游地区基于发展机

表 2 生态系统服务功能价值汇总

单位：万元

类型	森林生态系统	农田生态系统	水库生态系统	合计
物质生产功能价值		853 260		853 260
大气调节功能价值	359 794	59 418.7	-	419 212.7
水分调节功能价值	122 358.9	3575.7	93 662	219 596.6
环境净化功能价值	371 698.9	-	12 957.8	384 656.7
土壤保护功能价值	254 756.7	-	9 653.3	264 410
生物多样性维持功能价值	187 715.8	4781.7	734.5	193 232
休闲文化功能价值	131 012.4	88.8	2560.3	133 661.5
总价值				2 468 029.5

表 3 社会经济基本情况数据

项目	研究区四县				辽宁省
	抚顺县	新宾县	清原县	桓仁县	
城镇居民人均可支配收入 / 元	22 600	16 510	20 960	15 000	23 223
城镇居民人口 / 万人	7.468	19.959	21.379	9.013	2881.5
农民人均纯收入 / 元	10 408	9262	9405	9399	9384
农业人口 / 万人	10.419	10.088	12.114	20.904	1507.5

数据来源：《辽宁省统计年鉴》。

会成本的生态补偿金额为 164 836.48 万元。

### 3.3 结果修正

鉴于指标选取和价值估算等方面尚缺乏统一标准, 基于生态服务功能价值的补偿标准只能作为大伙房水库流域上游地区的参考和理论上限值, 本文在确保流域上下游地区植被、河湖湿地等的生态用水的情况下, 引入水量修正系数  $KV_t$  和水质修正系数  $KQ_t$  对其进行修正<sup>[4]</sup>, 其一般计算公式为:

$$KV_t = \frac{W_d}{W_t} \quad (3.1)$$

式中,  $KV_t$  为水量分摊系数;  $W_d$  为下游地区利用上游地区的水量 (亿  $m^3/a$ );  $W_t$  为上游地区的总水量 (亿  $m^3/a$ )。

$$KQ_t = 1 + \frac{P_t M_t}{KV_t V} \quad (3.2)$$

式中,  $KQ_t$  为水质修正系数;  $P_t$  为某污染物高 (或低) 于标准的排放量 (t);  $M_t$  为削减单位某污染物排放量的投资 (万元/t);  $V$  为补偿金总量 (万元)。补偿金计算公式变形为:

$$C = KV_t KQ_t V + P_t M_t \quad (3.3)$$

为简化计算, 我们取水质修正系数为 1, 根据公式就可计算出水量分摊系数  $KV_t$  为 0.547, 则大伙房水库流域上游地区生态补偿额度修正为介于 164 836.48 万元至 266 656.64 万元的补偿区间。

### 3.4 生态补偿金的分担与分配

#### 3.4.1 生态补偿金分担

将下游 7 个取水城市恩格尔系数代入式 (2.2), 以沈阳市和营口市为例, 2012 年大伙房输水工程一期竣工后向沈阳市输水 1.689 亿  $m^3/a$  和 0.418 亿  $m^3/a$ , 沈阳市补偿金分担比例系数为 10.98% 和 3.23%, 沈阳市和营口市应分担的补偿金额 1.81 亿 ~ 2.93 亿元和 0.53 亿 ~ 0.86 亿元, 沈阳和营口取水生态补偿单价为介于 1.07 ~ 1.74 元/t 和 1.27 ~ 2.06 元/t。

#### 3.4.2 生态补偿金分配

抚顺县、清原县、新宾县和桓仁县的区域面积、人口和入库水量分别为 1754  $km^2$ 、11.9 万人和 0.84 亿  $m^3$ , 3924  $km^2$ 、33.7 万人和 6.94 亿  $m^3$ , 4288  $km^2$ 、32 万人和 6.43 亿  $m^3$ , 3547  $km^2$ 、30 万人和 17.83 亿  $m^3$ ; 生态补偿分配系数分别为 0.079、0.270、0.268 和 0.362。

根据式 (2.5), 以基于机会成本的生态补偿金额为基数, 抚顺县、清原县、新宾县和桓仁县的生态补偿金的分配额度分别为 1.317 亿元、4.462 亿元、4.432 亿元和 5.972 亿元; 以基于生态服务价值功能的生态补偿金额为基数, 抚顺县、清原县、新宾县和桓仁县的生态补偿金的分配额度分别为 3.895 亿元、13.158 亿元、13.099 亿元和 17.656 亿元。

### 4 结束语

(1) 综合比较生态服务功能标准核算法、发展机会成本标准核算法、水资源价格标准核算法、跨界污染物通量的标准核算法、水环境目标标准核算法等<sup>[5]</sup>, 针对集中式饮用水源地, 合理的生态补偿标准应该不低于上游地区生态保护及下游地区污染治理成本的投入。

(2) 相对于公共性政府资金和市场资金的筹集情况, 采用水资源价值法从工业用水和居民生活用水两方面对比分析用户承受能力, 则基于生态系统服务价值估算的生态补偿标准仅仅作为理论上限, 不具备现实操作性。

(3) 水资源保护的环境影响都是多种污染物指标综合作用的结果, 而流域生态补偿经济评估方法都存在各自的优点和不足<sup>[6]</sup>, 如何反映多种污染物的综合影响尚需要开展进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 史淑娟. 大型跨流域调水水源区生态补偿研究——以南水北调中线陕西水源区为例[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
- [2] 刘青. 江河源区生态系统服务价值与生态补偿机制研究——以江西东江源区为例[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [3] 江中文. 南水北调中线工程汉江流域水源保护区生态补偿标准与机制研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [4] 姜曼. 大伙房水库上游地区生态补偿研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [5] 杨桐鹤. 流域生态补偿标准计算方法研究[D]. 北京: 中央民族大学, 2011.
- [6] 王女杰, 刘建, 吴大千, 等. 基于生态系统服务价值的区域生态补偿——以山东省为例[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6646-6653.