

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0051

刘玉捧, 张玉玲, 咎欣, 尹连庆. 永定河上游生态保护成本核算. 草业科学, 2020, 37(7): 1362-1367.

LIU Y P, ZHANG Y L, ZAN X, YIN L Q. Cost accounting of ecological protection in the upper reaches of Yongding River. Pratacultural Science, 2020, 37(7): 1362-1367.

永定河上游生态保护成本核算

刘玉捧, 张玉玲, 咎欣, 尹连庆

(华北电力大学环境科学与工程系, 河北 保定 071000)

摘要: 本研究以张家口市永定河流域上游为研究区域, 对张家口市生态保护投入成本进行核算。运用动态核算法对张家口市各区(县)于“十二五”、“十三五”期间投入的直接成本进行了核算, 运用间接计算法对张家口市保护当地生态环境而造成的机会成本进行了核算。计算结果表明, 张家口市生态保护的年均直接成本总量为 33 014.4 万元, 年均机会成本总量为 259 539.1 万元。核算结果可作为张家口市永定河流域跨区域制定生态补偿标准的重要科学依据。

关键词: 永定河流域; 动态核算法; 直接成本; 机会成本

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2020)07-1362-06

Cost accounting of ecological protection in the upper reaches of Yongding River

LIU Yupeng, ZHANG Yuling, ZAN Xin, YIN Lianqing

(Department of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071000, Hebei, China)

Abstract: This study takes the upstream area of the Yongding River Basin in Zhangjiakou City as the research area, the input cost of ecological protection in this area is estimated. The dynamic cost algorithm is used to calculate the direct costs of the districts and counties of Zhangjiakou City during the period of “Twelfth Five-Year Plan” and “Thirteenth Five-Year Plan”. The indirect calculation method is used to estimate the opportunity cost of protecting the local ecological environment in Zhangjiakou City. Results show that the total direct cost of ecological protection per year in Zhangjiakou City is 330 144 000 CNY and the total opportunity cost per year is 2 595 391 000 CNY. The obtained results can be used as an important scientific basis for the development of ecological compensation standards across the Yongding River Basin in Zhangjiakou City.

Keywords: Yongding River Basin; dynamic kernel algorithm; direct cost; opportunity cost

Corresponding author: ZHANG Yuling E-mail: zhangyuling_hit@163.com

自 20 世纪 90 年代以来, 中央和地方各级政府先后在张家口市开展了“三北”防护林体系工程、塞北林场建设工程、京津风沙源治理工程和首都水资源可持续利用等一系列生态补偿项目。虽然开展的各项生态补偿项目取得了一定的成效, 但缺乏长期性和稳定性^[1-2]。本研究对张家口市生态保

护投入成本进行核算, 充分考虑地区经济发展的成本损失, 基于成本的生态补偿标准的实施能更持久、稳定地改善生态环境。核算结果可以为张家口市永定河流域跨区生态补偿标准的制定提供核算依据^[3-6]。

生态保护成本的核算内容主要包括直接成本和

收稿日期: 2020-02-17 接受日期: 2020-06-01

基金项目: 国家水污染防治重大科技专项 (2017ZX07101-001)

第一作者: 刘玉捧 (1994-), 女, 河北保定人, 在读硕士生, 研究方向为水污染控制与治理。E-mail: liuyupengjiayou@163.com

通信作者: 张玉玲 (1977-), 女, 衡水枣强人, 副教授, 博士, 研究方向为水资源与水污染控制。E-mail: zhangyuling_hit@163.com

机会成本的核算^[7-10]。段靖等^[11]运用边际分析的方法，研究了流域生态补偿供给与需求平衡的条件，得出生态补偿的下限由直接成本、机会成本两部分组成。李文华等^[12]将森林分为现有林和新造林两大类，通过核算直接成本和机会成本，计算森林生态补偿标准，得出新造林年补偿标准为 4 300 元·hm⁻²；现有林的年补偿标准为 2 350 元·hm⁻²。从时间角度划分，直接成本有静态核算法与动态核算法两种核算方法^[13-14]。机会成本包括实证调查与间接计算两种核算方法。史晓燕等^[15]运用静态核算法，核算了东江源区 2006–2009 年 3 个县的生态保护投入的直接成本和限制产业发展的机会成本，得出基于静态核算法的年生态补偿标准为

814 123.65 万元。李彩虹^[16]采用动态核算法，结合财务管理项目投资的有关理论，并引入时间价值因子，对发生在水源地因环境保护建设而产生的各项资本性投入进行核算。李燃等^[17]以桥水库引用水源地为例，采用发展机会成本法对生态补偿标准进行测算，将库区居民年人均可支配收入与全市平均水平做对比，得出基于发展机会成本测算的补偿标准为 1.35 亿元。考虑到张家口市“十二五”、“十三五”各个年份生态保护的各项投入到基准年之间的时间效应，本研究运用动态核算法对生态保护直接成本进行核算。因实证调查获取的数据对核算结果有很大的误差影响，故本研究采用间接计算法对机会成本进行核算^[18]。

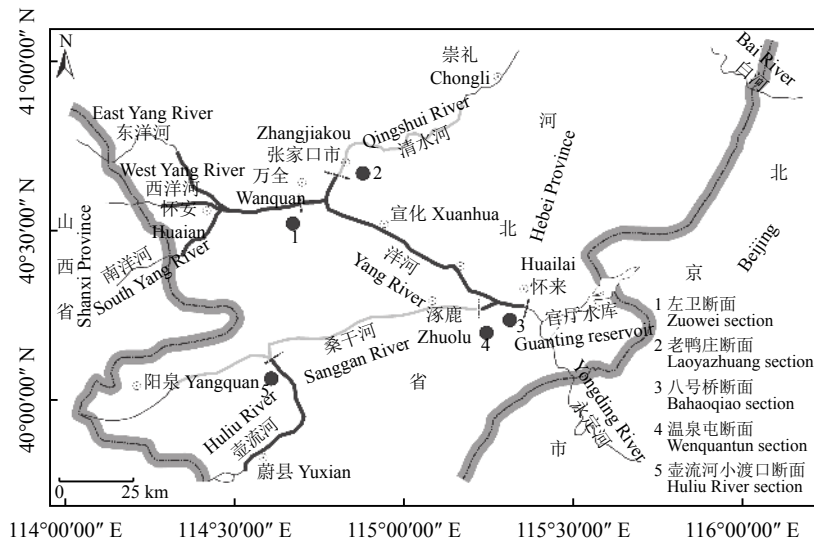


图 1 张家口市地面水监测点位示意图

Figure 1 Schematic diagram of surface water monitoring points in Zhangjiakou City

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

永定河属海河流域北系，流域面积 47 016 km²。张家口境内流域面积 11 656 km²。永定河多年平均径流量约 1.06 亿 m³。本研究以永定河上游张家口市作为研究区域(图 1)。张家口市面积 36 829 km²，市辖桥东、桥西、宣化、下花园、万全和崇礼 6 个区，张北、康保、沽源、尚义、蔚县、阳原、怀安、怀来、涿鹿和赤城 10 个县。张家口市地势西北高、东南低。地形地势条件决定了张家口是京津冀城市群水源涵养、防风固沙和水土保持三大

功能的交汇地带，是维护京津冀生态安全的重要屏障。张家口地区水资源严重缺乏，可利用的地表水资源有限。目前，张家口地区人均水资源量为 399 m³，远低于国际公认的人均 500 m³的“极度缺水标准”。张家口洋河盆地全面属于亏水状态，水资源短缺量达 8.4 亿 m³。

1.2 数据来源

本研究中，直接成本数据选用张家口市发改委所提供的张家口市 2010–2020 年水利项目投资与计划投资数据，包括水资源配置工程、农村水利工程、防洪减灾骨干工程、水资源保护与高效利用、水土保持与水生态修复、基层水利服务站建设。

机会成本数据取自《张家口市 2011–2017 年国民经济和社会发展统计公报》^[19]、《河北省 2011–2017 年国民经济和社会发展统计公报》^[20]，《张家口市 2017 年经济年鉴》^[21] 包括张家口市城镇居民人口、河北省城镇居民人均可支配收入、张家口市城镇居民人均可支配收入、张家口市农业人口、河北省农民人均可支配收入、张家口市农民人均可支配收入。

1.3 核算方法

1.3.1 直接成本

流域生态保护投入不仅仅是个静态问题，更是一个动态、连续的投入^[18]。由于生态建设项目投入都是在一定时期内持续多年的，在此期间发生的效益和成本都要进行估算。动态核算法核算公式为：

$$C_{dc} = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^T} \quad (1)$$

式中： C_{dc} 为折算后的直接成本； R_i 为永定河上游直接成本投入量； i 为直接成本投入的年份； r 为折现率； T 为投资年与基准年之差。

1.3.2 机会成本

在计算张家口市发展权受限的损失时，选取河北省平均水平作为参照(表 1、表 2)，张家口市各区(县)的人均可支配收入与河北省居民的人均可支配收入进行对比，通过估算二者之间的差异反映发展权受限可能给张家口市造成的经济损失^[11,22]。估算公式为：

$$C_{it} = N_e(T_0 - T) + N_f(S_0 - S) \quad (2)$$

式中： C_{it} 为机会成本投入量； N_e 为张家口市城镇居民人口； T_0 为河北省城镇居民人均可支配收入； T 为张家口市城镇居民人均可支配收入； N_f 为张家口市农业人口； S_0 为河北省农民人均可支配收入； S 为张家口市农民人均可支配收入。

2 结果与分析

2.1 直接成本结果与讨论

以自 2011 年由省级财政及地方政府共同投资的张家口市水利发展重点项目为核算依据，筛选并计算地方政府[市(县)政府、环保局、住建局等]单独出资的部分。将张家口市各县区投入代入公式(1)，计算得出直接成本(表 3)。

表 1 张家口市与河北省历年人均可支配收入汇总

Table 1 Annual per capita disposable income of Zhangjiakou and Hebei Province

年份 Year	CNY			
	张家口 Zhangjiakou		河北省 Hebei Province	
	城镇居民 Urban residents	农民 Farmers	城镇居民 Urban residents	农民 Farmers
2011	16 401	4 854	18 292	7 119
2012	18 441	5 564	20 543	8 081
2013	19 641	6 583	22 226	9 188
2014	21 651	7 462	24 141	10 186
2015	23 841	8 341	26 152	11 050
2016	26 069	9 241	28 249	11 919
2017	28 512	10 293	22 358	9 749
均值 Mean	22 079	7 477	23 137	9 613

数据取自《张家口市 2011–2017 年国民经济和社会发展统计公报》^[19]，《河北省 2011–2017 年国民经济和社会发展统计公报》^[20]。

The data is taken from the Statistical Communiqué of National Economic and Social Development of Zhangjiakou City from 2011 to 2017, and from the Statistical Communiqué of National Economic and Social Development of Hebei Province from 2011 to 2017.

表 2 2017 年张家口市洋河流域各区(县)农村与城镇人口调查

Table 2 2017 rural and urban population survey of Yanghe river valley districts and counties in Zhangjiakou City

县(区) County (District)	农村人口数 Rural population number	城镇人口数 Urban population number
怀安县 Huaian County	12 204	95 022
怀来县 Huailai County	27 634	342 216
尚义县 Shangyi County	5 257	15 0902
万全区 Wanquan District	22 448	200 248
下花园 Xiahuayuan District	6 972	7 441
桥东区 Qiaodong District	9 283	9 283
涿鹿县 Zhuolu County	50 599	286 781
宣化区 Xuanhua District	10 152	639 963
桥西区 Qiaoxi District	3 598	252 124
崇礼区 Chongli District	72 783	30 522
阳原县 Yangyuan County	18 350	261 650
蔚县 Yu County	35 877	424 123
总人数 Total people	275 157	2 700 275

数据来自《2017 年张家口经济年鉴》^[21]。

The data come from the 2017 Zhangjiakou Economic Yearbook.

表 3 张家口市各县(区)生态保护直接成本动态核算结果
Table 3 Dynamic calculation results of direct cost of ecological protection in 12 counties (districts) of Zhangjiakou City

县(区) County (District)	年份 Year										合计 Total	年成本 Annual cost
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020			
尚义县 Shangyi	1 528.1	134.1	6 685.4	0.0	0.0	38.7	14 836.0	773.3	722.6	28 400.0	2 840.0	
万全区 Wanquan	1 113.0	509.1	8 086.3	0.0	0.0	3 731.2	2 727.5	1 049.8	981.0	21 061.5	2 106.2	
怀安县 Huai'an	290.0	904.8	8 125.6	0.0	0.0	1 823.1	2 531.9	1 475.3	1 378.6	19 239.8	1 923.9	
桥西区 Qiaoxi	290.0	134.1	2 499.8	0.0	0.0	1 297.3	1 124.1	1 049.8	981.0	8 579.4	857.9	
宣化区 Xuanhua	290.0	509.1	2 499.8	0.0	0.0	7 532.2	1 579.7	1 475.3	1 378.6	16 955.9	1 695.6	
下花园区 Xiahuayuan	290.0	509.1	4 894.5	0.0	0.0	1 297.3	1 124.1	1 049.8	981.0	11 349.2	1 134.9	
涿鹿县 Zhuolu	290.0	76 382.6	8 200.7	0.0	0.0	1 633.2	1 124.1	1 049.8	981.0	90 864.8	9 086.5	
怀来县 Huailai	1 200.0	134.1	7 394.3	0.0	0.0	1 297.3	1 124.1	1 049.8	981.0	14 383.9	1 438.4	
崇礼区 Chongli	21 076.0	511.0	2 137.8	0.0	0.0	10 394.7	2 775.5	8 006.3	7 481.6	66 250.4	6 625.0	
阳原县 Yangyuan	915.0	408.0	0.0	0.0	0.0	1 288.0	1 288.0	1 288.0	1 288.0	7 763.0	776.3	
蔚县 Yu County	1 747.0	8 144.0	22 099.0	0.0	0.0	1 288.0	1 288.0	1 288.0	1 288.0	38 430.0	3 843.0	
桥东区 Qiaodong	1 076.0	134.1	0.0	0.0	0.0	1 297.3	1 124.1	1 049.8	981.0	6 865.7	686.5	
合计 Total	30 105.1	88 414.1	72 623.1	0.0	0.0	32 918.2	32 647.5	20 605.6	19 423.8	330 143.9	33 014.4	

数据来自张家口市水利发展“十二五”、“十三五”规划重点项目。

The data comes from the key projects of the "Twelfth Five-Year Plan" and "Thirteenth Five-Year Plan" of Zhangjiakou City.

张家口市各区(县)年均直接成本投入量为 33 014.4 万元(表 3)。张家口境内流域面积为 11 656 km², 年均成本 28 323.9 元·km⁻²。与参考的贵州省赤水河相比, 张家口市单位面积年均成本相对较高。主要在于张家口为半干旱地区, 亟需水资源工程对水的高效调配, 这不仅关系到张家口自身用水, 而且关系到下游北京市的用水质量, 为了满足当地的水资源需求以及为下游北京市提供良好水源, 张家口市政府对水利项目投入了大量资金。水利项目投入主要集中在水资源含量相对丰富的区域, 其中 2011–2020 年投入涿鹿县与崇礼区年均成本为 15 711.5 万元, 占全投入的 47.6%; 较其他年份, 2011–2013 年投入成本相对较高, 共投资 191 142.4 万元, 占 2011–2020 年 10 年投入总成本的 57.8%, 主要是由于 2011 年为水利项目投入开始年, 水利开展项目数量相比较多。

2.2 机会成本结果与讨论

将表 1 和表 2 数据代入公式 (2), 计算结果如图 2 所示。将表 3 直接成本和图 2 机会成本数据汇总得出生态保护成本, 计算结果如表 4 所列。

根据人口分布差别和经济发展水平等差异, 分区域估算张家口市机会成本投入情况, 由图 2 可见, 机会成本主要集中在经济发展水平较低的地

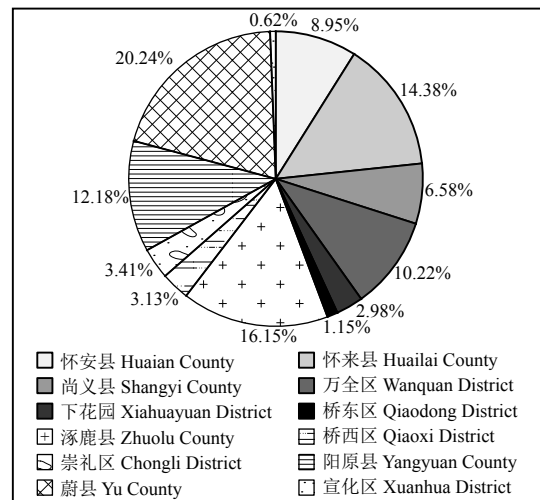


图 2 各县区年均机会成本占比
Figure 2 Opportunity cost of each county

区, 其中, 蔚县、阳原县、涿鹿县和怀来县的年均机会成本占张家口市机会成本总量 62.9%。由于张家口市既要为下游提供足够的水量, 还要保证水质不受污染, 使得当地高污染、高耗能的工业产业被严格限制, 蔚县、阳原县与怀来县矿山企业与钢铁企业被强制关停, 涿鹿县酿酒业发展也受到了限制。

根据表 4 可知, 张家口市生态保护年均直接成本 33 014.4 万元, 占总成本的 11.3%, 年均机会成本 259 539.1 万元, 占总成本的 88.7%。张家口市为

表 4 张家口市生态保护总成本汇总
Table 4 Summary of total cost of ecological protection in Zhangjiakou City

县(区) County (District)	年均直接成本 Annual direct cost	年均机会成本 Opportunity cost per year	× 10 ⁴ CNY
			合计 Total
尚义县 Sahngyi	2 840.0	17 088.3	19 928.3
万全县 Wanquan	2 106.2	26 521.8	28 627.9
怀安县 Huaian	1 923.9	23 240.1	25 164.1
桥西区 Qiaoxi	857.9	8 123.9	8 981.9
宣化区 Xuanhua	1 695.6	1 604.4	3 300.0
下花园区 Xiahuayuan	1 134.9	7 721.5	8 856.1
涿鹿县 Zhuolu	9 086.5	41 923.7	51 010.1
怀来县 Huailai	1 438.4	37 329.3	38 767.7
崇礼区 Chongli	6 625.0	8 858.1	15 483.1
桥东区 Qiaodong	686.6	2 990.0	3 676.6
阳原县 Yangyuan	776.3	31 602.1	32 378.4
蔚县 Yu County	3 843.0	52 535.5	56 378.5
合计 Total	33 014.4	259 539.1	292 553.5

了保护当地的生态环境以及为下游提供良好的水源造成了巨大的产业损失, 亟需得到有效可持续

性补偿, 否则难以维持当地经济发展以及为下游提供连续性水源支持。

3 结论

以 2011 年为核算基准年, 采用动态核算法对永定河上游张家口段内水资源配置工程、农村水利工程、防洪减灾骨干工程、水资源保护与高效利用、水土保持与水生态修复和基层水利服务站建设等费用予以统计, 计算得到年均直接成本为 33 014.4 万元, 占总成本的 11.3%; 以河北省为参考地区, 运用间接计算法, 得到年均机会成本为 259 539.1 万元, 占总成本的 88.7%; 表明张家口地区为下游北京市提供良好的水资源造成的产业损失很大。影响机会成本的主要因素是张家口市对高能耗企业的限制与关停, 这一因素无法得到再生或补偿。机会成本的损失是连续, 且无法在当地得到补偿, 因此跨流域的长效生态补偿机制的建立非常重要和必要。

张家口市生态保护总成本核算结果科学合理, 可作为永定河跨界生态补偿标准制定的重要依据, 为京津冀的协调发展提供有效保障。

参考文献 References:

- [1] 施文泼. 从张家口的实践看如何完善生态补偿机制. 中国财政, 2013(6): 48-50.
SHI W P. How to improve the ecological compensation mechanism from the practice of Zhangjiakou. China State Finance, 2013(6): 48-50.
- [2] 付意成, 阮本清, 许凤冉, 储立民. 永定河流域水生态补偿标准研究. 水利学报, 2012, 43(6): 740-748.
FU Y C, RUAN B Q, XU F R, CHU L M. Study on water ecological compensation standard of Yongding River basin. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 43(6): 740-748.
- [3] 阮本清, 许凤冉, 张春玲. 流域生态补偿研究进展与实践. 水利学报, 2008(10): 1220-1225.
RUAN B Q, XU F Q, ZHANG C L. Research progress and practice of watershed ecological compensation. Journal of Hydraulic Engineering, 2008(10): 1220-1225.
- [4] ZHANG W, ZHANG H Y, ZHANG Y F. A method to determine the spatial allocation standard of social ecological compensation. Journal of Geographical Sciences, 2012, 22(2): 283-300.
- [5] 穆贵玲, 汪义杰, 李丽, 马金龙, 王建国, 唐红亮. 水源地生态补偿标准动态测算模型及其应用. 中国环境科学, 2018, 38(7): 2658-2664.
MU G L, WANG Y J, LI L, MA J L, WANG J G, TANG H L. Dynamic estimation model of ecological compensation standard for water source and its application. China Environmental Science, 2018, 38(7): 2658-2664.
- [6] HONG H C. Evolution mechanism of ecological compensation and its stable strategy research. // 2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. Xi'an, Shaanxi: IEEE, 2013: 23-24.
- [7] YAN D D, FU Y C, LIU B, SHA J X. Theoretical study of watershed ecocompensation standards. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 301: 012100.
- [8] 张乐勤, 荣慧芳. 条件价值法和机会成本法在小流域生态补偿标准估算中的应用: 以安徽省秋浦河为例. 水土保持通报, 2012,

- 32(4): 158-163.
ZHANG L Q, RONG H F. Application of conditional value method and opportunity cost method in estimating ecological compensation standards in small watersheds: A case study of Qiupu River in Anhui Province. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2012, 32(4): 158-163.
- [9] 饶清华, 林秀珠, 邱宇, 陈芳. 基于机会成本的闽江流域生态补偿标准研究. *海洋环境科学*, 2018, 37(5): 655-662.
RAO Q H, LIN X Z, QIU Y, CHEN F. Study on ecological compensation standards of Minjiang River basin based on opportunity cost. *Marine Environmental Science*, 2018, 37(5): 655-662.
- [10] 余渊, 姚建, 晷晓辉. 基于成本核算方法的流域生态补偿研究. *环境污染与防治*, 2017, 39(5): 559-562, 568.
YU Y, YAO J, ZAN X H. Study on watershed ecological compensation based on cost accounting method. *Environmental Pollution & Control*, 2017, 39(5): 559-562, 568.
- [11] 段靖, 严岩, 王丹寅, 董正举, 代方舟. 流域生态补偿标准中成本核算的原理分析与方法改进. *生态学报*, 2010, 30(1): 221-227.
DUAN J, YAN Y, WANG D Y, DONG Z J, DAI F Z. Principle analysis and method improvement of cost accounting in river basin ecological compensation standards. *Journal of Ecology*, 2010, 30(1): 221-227.
- [12] 李文华, 李世东, 李芬, 刘某承. 森林生态补偿机制若干重点问题研究. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(2): 13-18.
LI W H, LI S D, LI F, LIU M C. Research on several key issues of forest ecological compensation mechanism. *China Population Resources and Environment*, 2007, 17(2): 13-18.
- [13] 韩曦. 官厅水库流域北京与张家口用水竞争的生态补偿核算研究. 北京: 北京师范大学硕士学位论文, 2010.
HAN W. Study on ecological compensation accounting of water competition between Beijing and Zhangjiakou in Guanting Reservoir basin. Master Thesis. Beijing: Beijing Normal University, 2010.
- [14] 刘霄. 贵州省赤水河流域生态补偿标准核算研究. 贵阳: 贵州大学硕士学位论文, 2016.
LIU X. Research on ecological compensation standard accounting of Chishui River basin in Guizhou Province. Master Thesis. Guiyang: Guizhou University, 2016.
- [15] 史晓燕, 胡小华, 邹新, 林美芳, 陈建勇. 东江源区基于供给成本的生态补偿标准研究. *水资源保护*, 2012, 28(2): 77-81.
SHI X Y, HU X H, ZOU X, LIN M F, CHEN J Y. Research on ecological compensation standards based on supply cost in the source region of east river. *Water Resources Protection*, 2012, 28(2): 77-81.
- [16] 李彩红. 水源地生态保护成本核算与外溢效益评估研究. 泰安: 山东农业大学博士学位论文, 2014.
LI C H. Study on cost accounting and spillover benefit assessment of ecological protection in water source area. PhD Thesis. Taian: Shandong Agricultural University, 2014.
- [17] 李燃, 包景岭, 罗彦鹤, 赵阳, 闫佩. 于桥水库饮用水源地生态补偿机制研究. *人民黄河*, 2019, 41(11): 26-29, 75.
LI R, BAO J L, LUO Y H, ZHAO Y, YAN P. Study on the ecological compensation mechanism of drinking water source in Yuqiao Reservoir. *People's Yellow River*, 2019, 41(11): 26-29, 75.
- [18] 刘菊, 傅斌, 王玉宽, 陈慧. 关于生态补偿中保护成本的研究. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(3): 43-49.
LIU J, FU B, WANG Y K, CHEN H. Research on protection cost in ecological compensation. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(3): 43-49.
- [19] 张家口市人民政府. 张家口市国民经济和社会发展统计公报, 2011-2017.
Zhangjiakou Municipal People's Government, Statistical Communique on the 2011-2017 National Economic and Social Development of Zhangjiakou City, 2011-2017.
- [20] 河北省人民政府. 河北省国民经济和社会发展统计公报, 2011-2017.
The People's Government of Hebei Province, Statistical Bulletin of National Economic and Social Development of Hebei Province, 2011-2017.
- [21] 张家口市人民政府. 张家口市经济年鉴, 2017.
Zhangjiakou Municipal People's Government, Zhangjiakou Economic Yearbook, 2017.
- [22] 张兴国, 张婕, 杨柳娜. 流域生态补偿标准中机会成本核算研究. *北方经贸*, 2011(10): 58-59.
ZHANG X G, ZHANG J, YANG L N. Research on opportunity cost accounting in watershed ecological compensation standards. *Northern Economy Trade*, 2011(10): 58-59.

(执行编辑 苟燕妮)