

论经济合理的生态用水量及其计算模型(Ⅱ)——应用

陈兴茹, 刘树坤

(中国水利水电科学研究院水力学研究所 北京 100038)

摘要 在“经济合理的生态用水量”概念及计算模型的基础上,以北京市为例,把该市的用水分为工业用水、农业用水、生活用水、第三产业用水、生态环境用水 5 个部分,分别计算各部分的用水效益,通过模型计算得出了符合北京市水资源实际情况的水资源分配数量。结果表明,在满足北京市经济用水和生活用水的基础上,经过模型计算调整后的用水效率从 26.81 元/ m^3 提高到 32.49 元/ m^3 ,提高了 20.42%。

关键词 用水效益;工业用水;农业用水;生活用水;第三产业用水;生态环境用水;北京市

中图分类号:X321

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2006)06-0001-05

Rational volume of ecological water consumption and its calculation model II: Application//CHEN Xing-ru, LIU Shu-kun
(Department of Hydraulics, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Based on the conception of rational volume of ecological water consumption, the total water consumption of Beijing City was divided into industrial water consumption, agricultural water consumption, domestic water consumption, tertiary industrial water consumption, and eco-environmental water consumption, and the benefits of water consumption of different parts were calculated. Furthermore, the volume of water resources allocation in accordance with the current situation of water resources of Beijing City was drawn from numerical calculation. The calculated result shows that, with the volumes of economic water consumption and domestic water consumption being ensured, the benefit of total water consumption is improved from 26.81 RMB yuan/ m^3 to 32.49 RMB yuan/ m^3 , and the growth rate is 20.42%.

Key words: benefit of water consumption; industrial water consumption; agricultural water consumption; domestic water consumption; tertiary industrial water consumption; eco-environmental water consumption; Beijing City

文献[1]讲述了“经济合理的生态用水量”的提出背景、定义、计算模型及各项参数的量化方法。本文将以前北京市为例,计算其“经济合理的生态用水量”。

1 北京市水资源条件及经济概况

北京市地处水资源匮乏的海河流域,属于温带半干旱半湿润季风气候区,多年平均降水量 595 mm,当地自产年均水资源量 39.99 亿 m^3 ,人均水资源量约 300 m^3 ,为全国平均值的 1/8、世界人均值的 1/30,属于较贫水城市。

北京市作为中国的首都,自 1949 年新中国成立之后,经过 50 多年的建设,经济和社会都取得了长足的进步。1980 ~ 2000 年北京市 GDP 年均增长 10%,从 1980 年到 1995 年 GDP 翻了两番;2001 年,北京市人均 GDP 首次突破 3000 美元,达到世界中等发达国家水平。

北京市的经济发展过程中不可避免地伴随着水资源消耗紧缺、环境质量恶化,特别是近年来北方地

区遭遇连续干旱,水资源短缺形势更加紧张,已经成为制约该城市社会经济及城市发展的重要因素。

2 北京市水资源价值计算

本研究把北京市的城市用水分为 5 个主要部分,即生活用水、工业用水、生态环境用水、第三产业用水、农业用水。其中生态环境用水主要考虑城市河湖用水,不包括原存于河湖内的水量。2000 年北京市各类用水量总计 40.4 亿 m^3 ,其中农业用水为:灌溉 13.65 亿 m^3 ,林牧渔 2.84 亿 m^3 ;工业用水 10.52 亿 m^3 ,第三产业用水 7.94 亿 m^3 ;生活用水为:城镇生活用水 1.82 亿 m^3 ,农村生活用水 3.2 亿 m^3 。

2.1 生活单方耗水产值计算^[2]

按水资源综合规划成果,2000 年北京市居民生活用水 5.02 亿 m^3 ,按照劳动力恢复所需的各类生活资料的贡献率计算生活用水的价值。按 2000 年城乡居民可支配收入 10 349.7 元计算(当年的恩格尔系数为 36.3%),水对劳动力恢复的贡献率为

0.3 人均年用水量为 124.76 m^3 , 则生活单方耗水产值为 $9.03 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

生活用水单方水污染损失计算限于资料, 本文根据经济用水负效用原理^[2], 把北京市 2000 年单方经济用水污染损失, 即工业、生活、农业用水的平均水污染损失值 $2.78 \text{ 元}/\text{m}^3$ 作为单方生活用水污染损失值(以下工业、第三产业、农业同), 则生活用水净产值为 $6.25 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

2.2 工业单方耗水产值计算^[2]

根据 1989~2000 年北京市统计年鉴数据, 对主要工业总产值 Y 和固定资产 K 、劳动力人数 L 、工业总用水量 W 进行回归分析, 模拟得到工业生产函数:

$$Y = 0.9967K^{0.4928}L^{0.5337}W^{0.2419} \quad (1)$$

由式(1), 按贡献分摊, 水对工业总产值的贡献率为 0.207, 即工业用水每增加 1% 则工业总产值将增长 0.207%。2000 年工业实际用水量 10.52 亿 m^3 , 工业总产值为 2774.22 亿元 , 工业增加值为 745.32 亿元 , 增加值率为 24.16%。在其他因素不发生变化的情况下, 可以换算出工业用水每增加 0.105 亿 m^3 则工业总产值增加 5.74 亿元 , 增加值增加 1.39 亿元 , 折合工业单方水耗水产值为 13.24 元 。取文献[2]对北京市经济用水污染损失平均值为 $2.78 \text{ 元}/\text{m}^3$ 作为工业用水污染损失, 则工业单方耗水净产值为 $10.46 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

2.3 生态环境用水单方水价值计算

文献[2]对北京市 2000 年地表最小生态环境需水量进行了计算, 分为河道、城市河湖、绿地植被三部分, 相应的计算结果分别为 12.98 亿 m^3 , 0.70 亿 m^3 , 2.06 亿 m^3 。

2.3.1 河道生态环境用水价值

河道生态环境用水功能主要是稀释纳污、维持河道水生生物正常生长和栖息环境、保护生物多样性以及调节气候。文献[2]对北京市河道生态环境的稀释纳污价值、生物多样性维持及调节气温价值进行了计算。①稀释纳污价值: 参照《山东省关于河流纳污能力检测研究报告》^[3]以及《水利与国民经济协调发展研究报告》^[4], 按污染物处理费用换算, 北京市河流稀释纳污价值采用海河流域单方水平均纳污价值为 1.35 元 , 清淤效果(参考国家“十五”科技攻关项目“生态用水计算关键技术研究”^[5], 考虑汛期与非汛期官厅水库年平均单方水输沙能力, 换算为单方水冲沙价值为 5.12 元)分析, 单方水的价值为 6.47 元 。北京市河道生态需水的稀释纳污价值为 $83.98 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。②生物多样性维持价值: 根据 Costanza 等 1997 年的研究成果, 水体提供栖息地或避难所的年生态效益为 $439 \text{ 美元}/\text{hm}^2$, 折合成人民

币并按 2000 年物价指数换算为 $3488.26 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 。考虑生态环境价值的增值效应, 取增长系数为 3%, 可得生物多样性维持价值为 $3811.72 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 。根据北京市河道总面积为 5884 km^2 计算得北京市河道生态环境需水的生物多样性价值为 $0.22 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。③调节气温价值: 水域调节气温的价值按蒸腾水量吸热调节气温的有关实验数据分析, 水面调节气温节约能源的参数为 $56.67 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$, 北京市河道需水调节气候节约能源的价值为 $366.82 \text{ 亿元}/\text{a}$ ^[2]。

根据生态环境专家的意见, 北京市建水库破坏了天然河道的生态平衡, 水库生态用水发挥的生态环境效益不抵原有天然河道水系发挥的河口等生态环境效益, 因此对北京市水库的生态环境价值不予计入生态用水的价值。

河道其他各类生态环境价值限于资料无法计算, 则北京市河道生态环境需水量的前述 3 项价值之和为 $451.02 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。根据北京市河道最小生态环境需水量 12.98 亿 m^3 换算得单方水的价值为 34.75 元 。

2.3.2 城市湖泊生态环境用水的价值

稀释纳污价值按污染物处理费用换算, 参照海河流域平均单方水的纳污价值为 1.35 元 , 得北京市湖泊生态环境用水价值为 $0.945 \text{ 亿元}/\text{a}$ ^[2]。

生物多样性保护价值: 同河道生物多样性计算, 提供栖息地或避难场所的年生态效益为 $3811.72 \text{ 元}/\text{hm}^2$, 由北京市河湖管理局提供的资料^[2]北京市城区有大小湖泊共 24 个, 最大水域面积 667.96 万 m^2 , 则湖泊生物多样性保护价值为 $0.025 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。

调节气温价值: 采用水面调节气温节约能源参数为 $56.67 \text{ 元}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$, 则北京市湖泊调节气温价值为 $39.67 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。

湖泊其他各类生态环境价值限于资料无法计算, 则北京市湖泊生态环境需水量的上述 3 项价值之和为 $40.64 \text{ 亿元}/\text{a}$ 。根据北京市城市河湖最小生态环境需水量 0.7 亿 m^3 换算得单方水的价值为 58.06 元 。

2.3.3 城市绿地用水的生态环境价值计算

城市绿地植被具有释氧固碳、蒸腾吸热、杀菌、减污、滞尘等生态环境效益作用。国家“八五”攻关项目“北京城市园林绿化生态效益的研究”试验资料^[6]表明, 北京市植被在满足正常需水要求的情况下, 年均吸收 CO_2 为 $228.72 \text{ t}/\text{hm}^2$, 释放 O_2 为 $159.13 \text{ t}/\text{hm}^2$, 蒸腾吸热为 $5.79 \text{ 亿 kJ}/\text{hm}^2$, 滞尘量为 $1.65 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。推算得北京市 2000 年绿地滞尘量为 0.19 亿元 , 吸收 CO_2 价值为 7.95 亿元 , 释放 O_2 价值为 3.28 亿元 ^[2]。

关于绿地蓄水能力,通过以往的试验资料,认为茂密的植被1年中截留的水为年降水量的25%~30%,若以25%作为截留降雨的比例,则1年中截留降水量为:年降水量×绿地面积×25%。涵养水源的价值用影子工程替代计算,即建设相同库容的蓄水设施(如水库)需要的投入,涵养水源的价值=总截留水量×单位蓄水量的库容成本。按2000年不变价兴利水库成本为每建设1 m³库容需年投入成本5.714元,由北京城市绿地面积换算,北京市绿地涵养水源价值0.295亿元^[2]。

按有关绿地植被改善大气质量价值相关资料^[2]:灭菌875元/(hm²·a),增加负氧离子55.0元/(hm²·a),蓄水保墒1065.6元/(hm²·a),增湿调温278.0元/(hm²·a),据此求出北京市绿地植被净化大气质量年总价值为0.47亿元(2000年价)。

由以上计算可知,北京市绿地生态环境用水的价值总计为12.19亿元。根据北京市绿地植被需水量为2.06亿m³,换算得单方水的价值为5.92元。按水资源对绿地价值的贡献,取用水效益分摊系数为0.5,则2000年北京市单方水对绿地植被生长的净贡献值为2.96元。

2.3.4 地下水生态环境价值计算

北京市地下水的生态环境价值主要表现在防止地面沉降和维持承压含水层压力、防止形成地下水漏斗造成地下水水质污染等方面,该价值的统计计算可借鉴相关研究资料获得,一般以控制地下水超采减少的经济损失表示。

按照中国地质大学《城市地下水资源可持续开采模型研究》报告^[7],经调查研究分析,2000年北京市地下水超采造成的地面沉降超过0.15m,单位面积上的平均经济损失达到4.5元。2000年北京市地面沉降最大达到0.59m,地下水降落漏斗(最高闭合等水位线)面积为796km²,比上一年扩大了81km²,以此估算2000年北京市因地下水超采造成的生态环境损失为3.65亿元。若按多年平均可开采量24.55亿m³计,2000年地下水开采27.15亿m³,超采2.6亿m³,换算成缺水损失值为1.40元/m³。

2.3.5 水资源的生态环境价值

由于地表水与地下水之间存在相互转换关系,地表生态环境用水会由于渗漏等因素,其中的一部分回补地下水而产生地下水生态环境用水价值,地下生态环境用水也会因为泉水、人工取用等成为地表生态环境用水。因此,本研究中对生态环境用水单方水价值取地表水生态环境单方水价值与地下水单方水价值的平均值,即16.51元/m³。

2.3.6 地表水生态环境用水的旅游价值

据统计资料^[8],2000年北京市的旅游消费额达到228.9亿元(以100美元兑换人民币827.7元计)。根据国家旅游局公布的2000年入境旅游者抽样调查综合分析报告^[9],入境旅游者对中国旅游资源感兴趣的地方仍集中在山水风光和文物古迹方面,对民俗风情和饮食烹调也有浓厚的兴趣。入境旅游者对中国的山水风光感兴趣的达52.5%,对中国的文物古迹有极大兴趣的达44%,对中国的民俗风情和饮食烹调有浓厚兴趣的分别达34.4%和31.9%。旅游者感兴趣的旅游资源还有中国的文化艺术和旅游购物,分别占被调查者的24.5%和26.3%。

对调查结果进行归一化处理,则在众多的旅游资源中,自然山水风光所占的比重为34.6%,若假定水体在自然山水风光中的吸引力为50%,则其在北京的旅游收入中占12.3%的份额,由此得出北京市水体年旅游经济效益为58.9亿元(该数字未包含时间成本和消费者剩余)^[10]。

水库的修建破坏了原有河道的生态环境平衡,因此本文中不对水库进行旅游价值计算,仅仅考虑河道及城市湖泊、绿地生态环境用水的旅游价值,2000年北京市地表生态环境用水为8.83亿m³,折算成单方水的旅游价值为7.09元。

2.3.7 地表水生态环境用水带动的房地产经济效益

假设每米河道对房地产业的影响范围为河道两岸各100m,以每平方米可提升房地产价值1000元,每平方米建筑物按10层计算,则每米河道可提高的房地产价值为200万元。假设河流宽度为50m,河深为3m,则每米河道水量为150m³。所以,单方水可产生的房地产价值为3077元。

限于资料及计算方法,本研究对生态环境用水对城市居住环境改善、城市形象提升和投资环境改善对城市经济的带动不作具体计算。

水资源生态环境用水效益为生态环境效益+旅游效益+房地产效益,但水资源生态环境用水效益并不是三者的简单相加,由于生态环境用水中可发挥旅游效益和房地产效益的水量有限,限于资料,本计算中假设可发挥旅游效益的水资源比例为10%,可发挥房地产效益的水资源比例为1%,故取旅游效益的权重为0.1,房地产效益的权重为0.01,则北京市生态环境用水的总价值为47.99元/m³。

2.4 第三产业用水单方水价值计算

2000年第三产业用水7.94亿m³,相应年份的第三产业总产值为1445.28亿元,则单方水耗水价值为182.03元,若第三产业用水对劳动力的贡献率为0.3,则第三产业单方水价值为54.61元,取文献

[2 对北京市经济用水污染损失 2.78 元/m³ 作为第三产业用水单方水污染损失 ,则第三产业用水的净价值为 51.83 元/m³。

2.5 农业用水单方水耗水价值计算^[2]

2.5.1 农业用水经济效益计算

按北京市多年平均农业用水效益的分摊系数^[11] 粮食 0.380 经济作物 0.739 2000 年北京市农业粮食效益为 4.7 亿元 ,经济作物效益为 20.1 亿元 ; 2000 年北京市农业灌溉用水 13.65 亿 m³ ,通过分摊系数计算农业灌溉用水的价值为 1.22 元/m³。取文献[2]对北京市 2000 年经济用水污染损失为 2.78 元/m³作为农业用水污染损失 ,则农业用水单方水净价值为 - 1.56 元。

另外 ,农业作为一个人工生态系统 ,还具有某些生态服务功能 ,应对农业生态系统的服务功能进行价值核算 ,求得农业用水单方水的最真实价值。

2.5.2 农业用水生态服务效益计算

2003 年末北京实有耕地 25.93 万 hm² ,果园面积 8.75 万 hm² ,农业人口 360.6 万 ,约占全市常住人口的 1/4 ,一产从业人员 59.5 万 ;农作物播种面积 30.87 万 hm² ,其中粮食及经济类(含菜、瓜)作物播种面积之比为 53 : 47 ;池塘及流水养殖水面近 0.64 万 hm²。农业劳动生产率接近中等收入国家的水平 ,土地产出率达到发达国家的先进水平。农业装备水平较高。农业的内涵不断拓延 ,与其他产业的融合产生了新的产业。如农业与旅游业的融合 ,产生了观光农业 ;农业与加工业的融合 ,产生了加工农业 ;农业与出口贸易的结合 ,产生了创汇农业 ;农业与物流业的融合 ,产生了农产品配送业。这些新的产业 ,在拓展农业的同时也赋予了农业新的生命力 ,创造了大量的就业岗位 ,也实现了农业增效和农民增收。

北京市 2003 年郊区农田生态系统服务总值为 304.14 亿元(485.87 元/hm²) ,是农产品价值的 7 倍。农田生态系统的大部分价值不能通过市场反映出来 ,以 2003 年北京市农田价值为例 ,市场能反映的直接价值仅为间接价值的 1/6 ,服务价值中以净化环境价值最高 ,其次是调节大气成分 ,观光旅游价值占 10% ,且仍在继续增长。从农田生态系统服务总价值的构成来看 ,在现有的耕作制度下 ,提供农产品的份额较小 ,只占 14.4% ;调节大气成分和净化环境占据绝对主体 ,两者之和占总服务价值的 2/3 强 (净化环境占 36.7% ,调节大气成分占 32.0%) ;培肥土壤、积累有机质占 5.0% ;农业观光休闲占 8.9% ,蓄水功能占 1.8% ;维持养分循环占 1.2% ;保持土壤功能所占比重最低 ,仅占 0.01%^[12]。

由于资料所限 ,以 2003 年单方水农田生态系统服务功能价值作为 2000 年单方水农田生态系统服务功能价值进行计算。2003 年北京市农业用水量为 12.9 亿 m³ ,则当年单方水农田生态系统服务功能的价值为 23.58 元。

综上所述 ,北京市 2000 年农业用水单方水价值为 22.02 元。表 1 为各用水户单方水经济价值及环境价值。

表 1 各用水户单方水经济价值及环境价值 元

用水户	单方水经济价值	单方水环境价值	总价值
生 活	9.03	- 2.78	6.25
工 业	13.24	- 2.78	10.46
第三产业	54.61	- 2.78	51.83
生态环境	31.48	16.51	47.99
农 业	1.22	20.80	22.02

3 北京市各个用水户用水优先次序的确定

不同地区用水户用水的优先次序存在差别 ,北京市作为我国政治、经济、文化的中心 ,水资源首先要满足人民基本生活用水 ,其次要满足重要工业的用水和生态环境需水 ,这是因为北京市作为首都和经济发达城市 ,经济用水占有重要位置 ,同时 ,其生态环境质量的好坏关系到国家的形象 ,加之 2008 年北京奥运会申报成功 ,使北京市的生态环境建设提到了重要日程 ,第三产业的发达程度被认为是一个城市或地区经济发达程度的重要标志 ,第三产业随着经济水平的发展和人们生活水平的不断提升而日益成为未来经济发展的重点和主流 ,因此 ,第三产业用水、生态环境用水和工业用水被放在水资源优先顺序中的第二层次 ,北京正在努力向世界各国人民展示一个经济发达、人民安居乐业、生态环境优良的综合型大都市 ;与其他用水户相比 ,北京城市的特点和功能决定了农业在北京市的产业结构中占有次要位置 ,且农业历来是用水大户 ,其用水存在许多弊端 ,如浪费严重、水资源利用效率低等 ,农业用水存在很大的节水空间 ,因此 ,农业用水在模型当中的用水顺序被置于最后。

由于生活用水必须得到保证 ,且其价格并不能真实地反映价值 ,它主要体现的是社会效益 ,经济效益并不是生活用水的主要目标 ,因此 ,本研究把基本生活用水 2.3 亿 m³^[2]从总水量中扣除 ,生活用水量中高出基本生活用水的部分算作经济用水 ,各个用水户用水按照优先顺序参与经济效益和生态环境效益最优目标下的水量分配。用水户的用水优先程度主要通过保证率的高低来体现 ,具体如下 :工业供水按照 90% 保证率 ,第三产业供水按照 90% 保证率 ,农业供水按照 75% 保证率。

根据上述用水户优先次序的确定思路,对于北京市来说,各个目标函数之间具有如下关系:

a. 模型的第一个优先层次:水资源使用的社会效益、经济效益、环境效益三者总和最大,且经济效益和生态环境效益分别最大化,即

$$\min\{-P_6, -(P_2 + P_3 + P_5), -P_4\}$$

b. 模型的第二个优先层次:生活用水必须得到满足,即

$$\min\{-P_1\}$$

c. 模型的第三个优先层次:工业、第三产业和生态环境用水效益最大,即

$$\min\{-P_2, -P_3, -P_4\}$$

d. 模型的第四个优先层次:农业用水效益最大,即

$$\min\{-P_5\}$$

4 模型计算结果及分析

模型计算结果与实际用水量比较见表2。用水效益计算根据 $\frac{\text{调整后用水效益} - \text{调整前用水效益}}{\text{总用水量}}$ 得出。从计算结果可以看出,通过“经济合理的生态用水量”模型,根据经济用水户的实际情况,在保证基本生产用水的基础上,根据各个用水户优先顺序及用水效益的不同,运用模型对水资源按照生态效益和经济效益总和最优的分配目标,可以对各个用水户的用水量进行最优分配。计算结果表明,单方水水资源利用价值从现状的26.81元/m³提高到32.49元/m³,提高了20.42%,大大提高了水资源的利用效益。

表2 2000年模型计算结果与实际用水量比较

用水户	实际用水量/ 亿 m ³	实际效益/ 亿元	调整后的用水量/ 亿 m ³	调整后 的效益/ 亿元	用水量 变化/ 亿 m ³	效益 变化/ 亿元
生活	5.02		2.3		-2.72	
工业	10.52	110.04	9.47	99.06	-1.05	-10.48
第三产业	7.94	411.53	7.94	411.53	0	0
生态环境	8.83	423.75	16.72	802.39	7.89	378.64
农业	16.49	363.11	12.37	272.39	-4.12	-90.72
合计	48.80	1308.43	48.80	1585.37	0	277.44

注:由于生活用水效益计算较为复杂,本文未作具体计算。

5 结 语

通过模型的初步计算,确定北京市现状“经济合理的生态用水量”约为16.72亿m³,比实际增加了7.89亿m³,工业及第三产业的经济效益减少了112.11亿元,但是生态环境改善所产生的效益增加了378.64亿元,说明通过调整经济用水增加北京市的生态环境用水可以取得双赢的结果。

在南水北调引水到北京后,北京市的用水形势将会发生变化,对各类用水量的调整需要进行更深入的研究。

本文对经济合理的生态用水量的研究只考虑了水量因素,从水量因素出发探讨水资源的合理分配,未考虑水质因素。由于不同用水户对水质的要求不同,如果在水资源配置中考虑水质因素,则会更大幅度地提高水资源的使用效率。因此,在今后的研究中还要考虑水质因素,对水资源从“量”和“质”两个方面进行宏观调控,以利于生态用水和经济用水真正地实现合理分配,从而使水资源“以供定需”、“分质供水”,实现水资源利用效益的最大化和费用的最小化。

本文的计算结果基本上是可以接受的,但是所引用数据和参数的合理性仍需要进一步研究和论证。

参考文献:

[1] 陈兴茹,刘树坤.经济合理的生态用水量及其计算模型(Ⅰ)——理论[J].水利水电科技进展,2006,26(5):1-6.

[2] 倪红珍.基于绿色核算的水资源价值与价格研究[D].北京:中国水利水电科学研究院,2004.

[3] 山东省水利科学研究院.山东省关于河流纳污能力检测研究[R].济南:山东省水利科学研究院,2003.

[4] 中国水利水电科学研究院.水利与国民经济协调发展研究项目[R].北京:中国水利水电科学研究院,2003.

[5] 中国水利水电科学研究院.生态用水计算关键技术研究[R].北京:中国水利水电科学研究院,2003.

[6] 陈自新.北京城市园林绿化生态效益研究[J].天津建设科技,2001(园林专刊):1-30.

[7] 中国地质大学.城市地下水资源可持续发展模型研究[R].北京:中国地质大学,2003.

[8] 北京市统计局.2001年北京统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001.

[9] 中华人民共和国国家旅游局.入境旅游者抽样调查综合分析报告[M].北京:中国旅游出版社,2000.

[10] 阮本清,魏传江.首都圈水资源安全保障体系建设[M].北京:科学出版社,2004.

[11] 郝芳华.北京市灌溉工程经济效益分析[J].水资源保护,2001(2):4-6.

[12] 北京市农林科学院农业综合发展研究所.农业在首都经济发展中的地位与作用[EB/OL].[2005-11-24].
http://www.bjkw.gov.cn/ztrd/rkx/yjcg/t20051124_19715.htm.

(收稿日期:2006-01-05 编辑:高建群)

