

# 北京城市化进程中的水资源利用区际冲突初探<sup>\*</sup>

杨佩国<sup>1\*</sup> 吴绍洪<sup>2</sup> 胡俊锋<sup>1</sup> 李 静<sup>3</sup> 潘 韬<sup>2</sup> 于伯华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>民政部国家减灾中心, 北京 100124; <sup>2</sup>中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; <sup>3</sup>环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100094)

**摘 要** 随着城市化进程的快速推进,北京市对水资源的需求量和对水质要求都相应提高,在流域水资源总量有限的情况下,引起同一流域内上游地区可用水量的减少,同时,也会要求上游地区采取各种措施提高水质保护水平,这在一定程度上限制了上游地区经济发展和人民生活质量的改善,使流域下游城市与上游地区之间产生水资源利用区际冲突。本文在分析北京市水资源供需矛盾的基础上,探讨了基于水质保护和需水量增加的流域水资源利用区际冲突问题,分析认为水资源总量不足、权属不清以及没有完全实行区际补偿机制,是产生水资源利用区际冲突的根本原因。建议协调流域内各地区的经济利益,建立水资源补偿与合作机制,逐步实施水权分配制度,实行流域水资源统一管理,建立流域水资源新型管理体制,同时加快大型调水工程建设和使用,是解决水资源利用区际冲突问题的主要途径。

**关键词** 北京; 城市化; 水资源; 区际冲突

**中图分类号** S963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)10-2644-07

**Interregional conflicts in water resources utilization during Beijing urbanization.** YANG Pei-guo<sup>1\*\*</sup>, WU Shao-hong<sup>2</sup>, HU Jun-feng<sup>1</sup>, LI Jing<sup>3</sup>, PAN Tao<sup>2</sup>, YU Bo-hua<sup>2</sup> (<sup>1</sup> National Disaster Reduction Center of China, Beijing 100124; <sup>2</sup> Institute of Geography Science and Natural Resources Research, Beijing 100101, China; <sup>3</sup> Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100094, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(10): 2644–2650.

**Abstract:** With rapid urbanization, Beijing needs more and more water with high quality, which inevitably reduces the water amount in the upper reaches of the whole watershed. Meanwhile, it requires the upper reaches to adopt various measures, including limiting industry development, to protect water quality, which in a certain degree restricts the economic development and life quality improvement in the upper reaches, resulting in the interregional conflicts in water resources utilization between the upper reaches and the lower reaches. Based on the analysis of the imbalance between the water supply and demand in Beijing, this paper discussed the interregional conflicts of the watershed water resources utilization on the basis of water quality protection and water demand increase. It was considered that the inadequate total water resources, unclear ownership, and having not fully implement interregional compensation mechanism could be the main causes for the interregional conflicts of water resources utilization. To solve this problem, four measures should be adopted, *i. e.*, coordinating the economic benefits among different regions and establishing eco-compensation and cooperation mechanism, applying right water allocation institution, implementing unified management of basin water resources, and accelerating the construction and utilization of huge project to transfer water to Beijing.

**Key words:** Beijing; urbanization; water resource; interregional conflict.

城市化进程的快速推进,不仅意味着城市对水

资源需求量急剧增长,也意味着对水质要求的相应提高。对流域上、下游而言,上游往往承担着保障下游水资源的重要任务。由于在一定时期流域内水资源总量是有限的,下游城市用水量的增加,势必会引

<sup>\*</sup> “十一五”国家科技支撑计划课题(2008BAC44B01)资助。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: yangpeiguo@ndrec.gov.cn

收稿日期: 2012-02-15 接受日期: 2012-07-04

起上游地区用水量的减少;同时,下游对水质要求的提高,也必将要求上游地区采取多种生产限制措施来保护水质。两因素将会阻滞上游地区的经济发展与人们生活质量的改善,导致下游地区与上游地区之间产生水资源利用的区际冲突(Jaglin,2002; Ren *et al.* ,2003)。当前,城市化进程中水资源利用的区际冲突已经成为制约区域社会经济协调发展的重要因素之一(何春阳等,2002;徐小黎等,2002;杨慧,2005)。

北京是我国城市化最快的大都市之一,也是世界上严重缺水的大城市,当地人均水资源量不足 300 m<sup>3</sup>,是我国人均的 1/8,世界人均的 1/30,远远低于国际水资源紧缺标准人均 1000 m<sup>3</sup> 的下限(郑桂森和吕金波,2001)。快速城市化引起北京城市用水量的急剧增加和对生活用水水质要求的不断提高。近年来,由于潮白河流域水资源总量逐渐减少,处在下游地区的北京市为了增加可用水量,提出了上游张家口、承德地区减少用水量的要求;为了保障生活用水水质,也要求上游地区采取多种生产限制措施保护水质(万育生和靳顶,2002;董文福和李秀彬,2006)。这些要求与限制直接或间接地阻滞了上游地区的经济发展与人们福祉水平的提高,导致流域下游北京市与上游地区产生了水资源利用区际冲突,这已成为北京城市化进程中必须面对和迫切需要解决的问题(项文娟,2002;冯健和周一星,2003)。如果不能及时有效地化解北京与上游地区的水资源区际冲突,将会影响到流域内上下游地区

之间的协调发展,严重阻碍流域内各地区社会经济的可持续发展。

为有效化解北京城市化进程中的水资源利用区际冲突问题,本文从分析北京城市化进程中的水资源供需矛盾入手,阐释了水资源供需矛盾与水资源利用区际冲突的机理关系。在此基础上,提出了可能化解水资源利用区际冲突的建议,为解决北京城市化进程中的水资源区际冲突提供决策支持,同时为解决其他流域的类似问题提供借鉴。

1 北京市水资源及主要补给来源

北京市地处海河流域,水资源由入境地表水、境内地表水和地下水组成。地表水主要来自河水和人工水库,从东到西分布有蓟运河、潮白河、北运河、永定河、大清河五大水系(图 1);北运河发源于北京市内,蓟运河、潮白河和大清河水系发源于河北省,永定河发源于山西省和内蒙古自治区。五大水系多年平均年径流总量 21.6 亿 m<sup>3</sup>,多年平均年入境水量 16.5 亿 m<sup>3</sup>,其中,潮白河入境水量占入境总水量的 43%。全市共有大、中、小型水库 84 座,总库容 72 亿 m<sup>3</sup>。地表水和地下水两大供水系统在平水年可向全市提供水资源量约为 41.9 亿 m<sup>3</sup>,其中,地表水约 17.4 亿 m<sup>3</sup>,地下水 24.5 亿 m<sup>3</sup>,偏枯年可利用水资源为 37.7 亿 m<sup>3</sup>,枯水年仅为 34.8 亿 m<sup>3</sup>。地表水主要来自官厅水库和密云水库,两水库供水占地表水供水总量的 70%,1997 年官厅水库因污染严重退出作为北京市生活饮用水源后,密云水库成为北

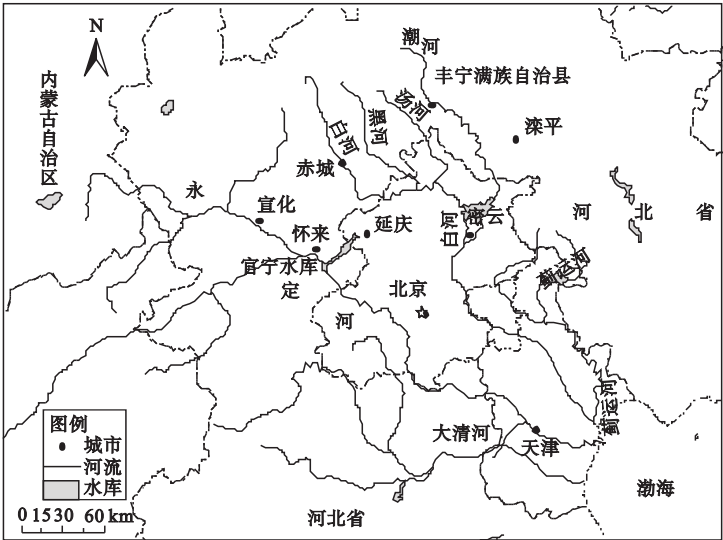


图 1 北京市主要水源水系示意图  
Fig.1 Beijing's main water source and water system

京市的主要生活饮用水源地(刘中丽和欧阳宗继, 1999;高迎春等,2002)。

本文图表数据来源于《新中国五十五年统计资料汇编》(2005)、《北京统计年鉴(2004—2010年)》(2010)和《北京市<水资源公报>汇编》(2003)。

2 北京城市化进程中的水资源供需矛盾

自20世纪50年代以来,北京城市化速度明显加快,20世纪80年代以后尤其迅速(图2),建成区面积、城市人口、综合实力等都发生了巨大变化。建城区面积从1980年的371.7 km<sup>2</sup>增加到2010年的1289.3 km<sup>2</sup>;总人口由1980年的904.3万人,增加到2010年的1961.2万人;城镇人口由1980年的521.1万人,增加到2010年的1685.9万人。1980年,北京市国民生产总值为139.07亿元,2010年达到14113.6亿元;第一产业产值由1980年的6.07亿元增加到2010年的124.4亿元,第二产业产值从95.79亿元增加到3388.4亿元,第三产业产值由37.21亿元增加到10600.8亿元,1980年北京市人均地区生产总值1584元,2010年达到75943亿元(图3)。

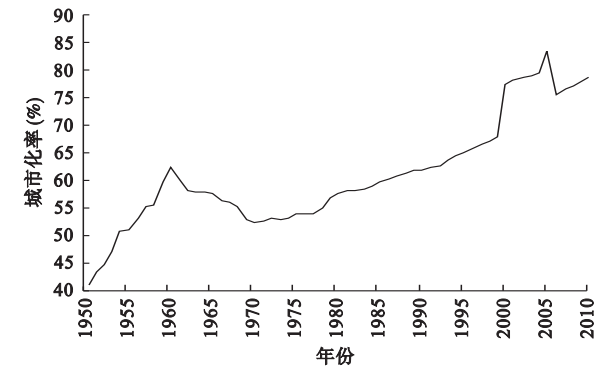


图2 北京市城市化率  
Fig.2 Urbanization rate of Beijing

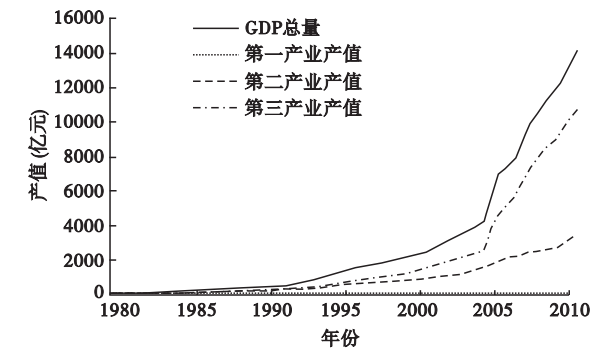


图3 北京市历年生产总值及行业分布  
Fig.3 GDP and industry distribution of Beijing from 1980 to 2010

随着城市化、工业化的不断发展,工业用水先增加后减少。1949—1963年,北京市相继建成冶金、发电、纺织和造纸等企业,工业用水量迅速增长,由1949年的0.3亿 m<sup>3</sup>增加到1963年的6.4亿 m<sup>3</sup>,平均年增长率为26%。1964—1980年,工业化水平继续提高,1980年工业用水达13.5亿 m<sup>3</sup>。由图4可见,80年代末,工业用水呈现波动式变化,1992年达到最高值15.51亿 m<sup>3</sup>。此后,由于采用节水技术以及供水量的减少,工业用水开始降低,2010年工业用水量比1992年减少10.41亿 m<sup>3</sup>,年均减少5783万 m<sup>3</sup>。

农业用水先增加后减少。1949年,北京市农业灌溉面积仅1.42万 hm<sup>2</sup>,用水量较小。1961年,密云水库为农业供水,灌溉用水量达19.73亿 m<sup>3</sup>,1980年,灌溉面积达34.03万 hm<sup>2</sup>,农业用水达最高值31.72亿 m<sup>3</sup>。图4显示,1990年以后,农业用水量明显下降,2010年农业用水比1989年减少13.02亿 m<sup>3</sup>,年均减少6200万 m<sup>3</sup>。

城市化的发展使北京城镇人口急剧增加,生活用水持续增加。1949年,生活用水量为802.2万 m<sup>3</sup>;1959年生活用水量为9883万 m<sup>3</sup>;1980年,总用水量达到3.5亿 m<sup>3</sup>,20世纪80年代,北京进入城市化加速阶段,生活用水量持续增长;2010年生活用水量达到最高值14.8亿 m<sup>3</sup>,比1980年净增10.09亿 m<sup>3</sup>,2000—2002年,生活用水量略有下降,主要是持续干旱缺水,导致生活用水供应不足;2002—2010年生活用水量继续增长(刘中丽和欧阳宗继,1999;高迎春等,2002;项文娟,2002;曾维华,2002;冯健和周一星,2003)。

地表水资源量逐年减少。自1950年以来,北京市降水量开始呈下降趋势(图5)。尤其在1980年

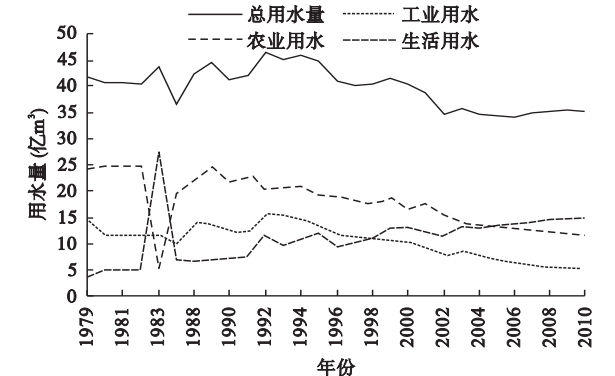


图4 北京市用水结构动态变化  
Fig.4 Dynamic change of water utilization structure in Beijing

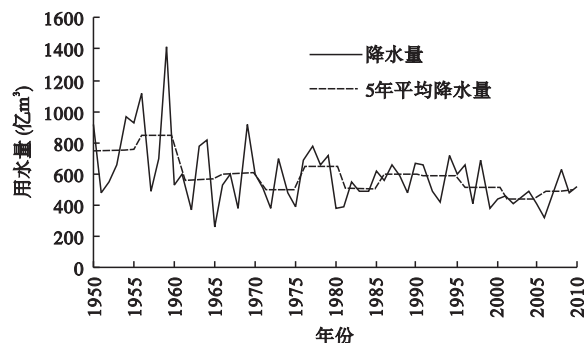


图5 北京市降水变化  
Fig.5 Precipitation of Beijing

以后,降水量大幅下降,以及上游地区工农业迅速发展导致用水量增大,使密云水库、官厅水库的来水量持续减少(图6)。20世纪50年代末期,北京市年地表产流量为47亿 $\text{m}^3$ ,60年代开始减少为20亿 $\text{m}^3$ ,80年代前期为15亿 $\text{m}^3$ ,90年代为13亿 $\text{m}^3$ ,2000年以后为6.36亿 $\text{m}^3$ 。另一方面,随着北京城市化规模的扩大,城市生活污水和工业废水排放量迅速增加,地表水受监测河段中已有56.4%受到不同程度的污染,密云水库已出现轻度富营养化现象(Wolf *et al.*, 2003);官厅水库年承纳上游污水0.86亿 $\text{m}^3$ ,受到严重污染不能达到饮用水源要求,1997年退出了北京饮用水源地。

可开采地下水量逐年减少。北京市地下水可开采量约为24.5亿 $\text{m}^3$ ,20世纪50年代地下水开采很少,东郊附近地下水埋深仅1m左右;20世纪60年代以后,地下水开采量明显增加,水位逐年下降(图7),地下水降落漏斗逐步形成,1962年漏斗面积为70 $\text{km}^2$ ;到70年代中期,漏斗面积扩大到380 $\text{km}^2$ ;70年代末,地下水位持续下降10~20m,漏斗面积为1000 $\text{km}^2$ ,地下水累计亏损达17亿 $\text{m}^3$ ;1985年漏斗面积扩大到1460 $\text{km}^2$ ;1980—1989年全市地下水年开采量在26~27亿 $\text{m}^3$ ,1990年漏斗面积达2000 $\text{km}^2$ 。2010年,地下水平均埋深为24.92m,与1980年末比较,地下水位下降17.68m,储量减少90.5亿 $\text{m}^3$ 。另一方面,城市化污染导致地下水水质恶化严重。20世纪50年代,地下水水质符合饮用水标准。20世纪60年代,由于首钢大量排放工业废水致使城区西部地下水受到污染。70年代以后,城市近郊区地下水中硝酸盐及亚硝酸盐氮浓度和总硬度有所上升,超标面积有扩大趋势。城市化进程中水污染导致的水质性缺水,使北京市可用水量资源量进一步减少(北京市水务局,2010)。

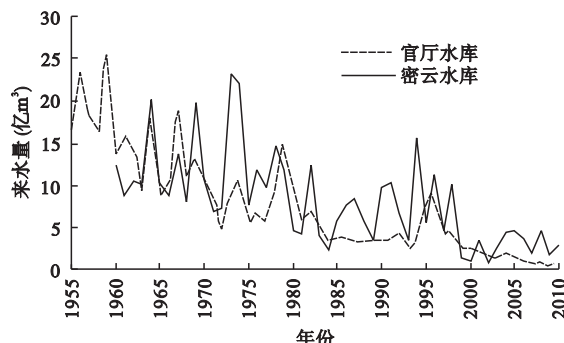


图6 官厅、密云水库来水量变化  
Fig.6 Water inflow change of Guanting and Miyun reservoirs

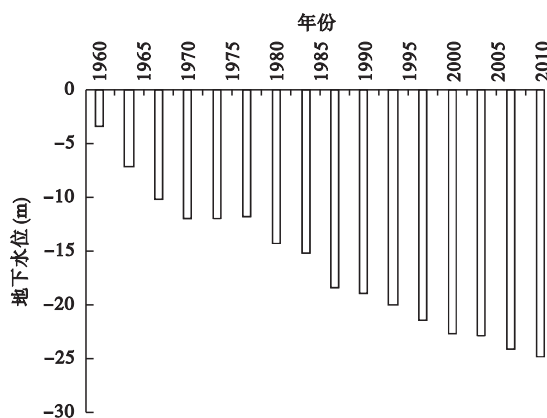


图7 北京市地下水位变化  
Fig.7 Groundwater level change in Beijing

北京市对水资源的较大需求与有限供给之间的差距形成了水资源供需矛盾。北京市年均用水量为41.6亿 $\text{m}^3$ ,但在大多数年份北京市用水量超过本地水资源量(图8)。在入境水量充足的年份,能够满足北京用水的需求。然而,1999年以来,北京市年均自产水资源总量为16.6亿 $\text{m}^3$ ,加上入境水量,年均总水资源量也不过21.8亿 $\text{m}^3$ ,而同期总用水量约为40亿 $\text{m}^3$ ,可供水量远远低于城市用水需求。根据第六次全国人口普查数据,2010年北京市常住人口1961.2万人,北京市2010年生活用水量达到14.8亿 $\text{m}^3$ ,比2002年增长近1倍。并且,北京市常住人口仍以每年60余万的速度增长,将面临更严峻的缺水形势。

### 3 水资源供需矛盾引起的区际冲突

北京市位于潮白河、永定河流域的下游地区,上游是河北省张家口市和承德市。由于流域上下游之间是以水资源为纽带联系在一起,上下游之间常因水资源问题相互制约、相互影响。为了解决自身城



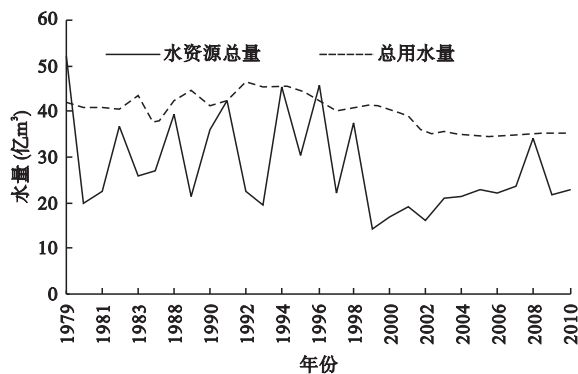


图8 北京市水资源供需动态变化

Fig. 8 Water supply and demand dynamic change in Beijing

市化进程中的水资源供需矛盾问题,北京市对上游地区提出种种限制来保护水资源。而上游地区,由于经济发展相对落后,发展经济仍然是当前的主要目标。因此,北京市对上游地区的各种限制严重阻碍了当地经济发展,从而导致流域上下游地区之间的冲突。主要表现在以下几个方面。

### 3.1 基于水质保护的区际冲突

为满足北京市用水水质的要求,上游地区开展了大量生态建设和环境保护工作,社会经济发展受到极大限制,做出了巨大利益牺牲和贡献,放弃了部分发展经济的机会。主要表现为:1)上游地区在生态与环境建设方面投入很大,畜牧业受限明显。为了保护流域水质,处于潮白河、永定河流域上游的河北省承德、张家口地区不仅在生态建设和环境保护方面投入了大量人力和资金,而且实施“禁牧”政策使当地畜牧业受到较大限制。例如,承德市平均每年投入2亿元治理荒山,通过多年治理,森林覆盖率达到42.1%。采取强硬的“舍饲禁牧”措施,承德市羊存栏量最多时300万只,目前压缩到200万只。荒山治理和“舍饲禁牧”措施,有效保护了山场植被,水土流失及土地沙化强度减轻,保证了密云水库较好的入库水质。张家口市累计完成造林面积133.33万 $\text{hm}^2$ ,治理水土流失6000多 $\text{km}^2$ ,森林覆盖率提高到20.4%;通过实施水土流失治理工程,官厅水库泥沙入库量由治理前的每年890万t减少到目前的230万t。2)工业发展受到很大限制,阻碍了当地经济发展。自1995年以来,张家口市应北京市的要求,逐步取缔或限制污染企业的发展。在工业废水治理方面投资总计1.5亿元,取缔对下游水质有较大影响的企业486家,承担了下岗职工的生

活费用;并对214家企业污染源实施限期治理,对256家企业进行停产治理;放弃了一些效益好但对流域水质有明显影响的建设项目。

上游地区工业和农业发展受到的种种限制,是当地经济发展落后的重要原因之一,在一定程度上也使上下游地区之间的经济差距越来越大。例如,2004年,张家口市、承德市的人均GDP分别为1112元、1041元,城镇居民人均可支配收入为801元、852元,农民人均纯收入为265元、264元,而同期处在流域下游北京市的人均GDP为4632元,城市居民人均可支配收入为1955元,农民人均纯收入为897元。因此,上游地区经济水平落后,发展经济的要求非常迫切,在保护水质与发展经济之间产生了较为明显的冲突。

### 3.2 基于用水量增加的区际冲突

随着社会经济的发展,上下游地区的用水量都在不断增加,而整个流域的可用水量却在减少。作为全国政治、经济和文化中心的北京市,用水高度集中,供水保证率要求高,缺水的社会影响大,优先保证供水(宋建军,2009)。在这种情况下,北京用水量的增加势必会减少上游地区可用水量,而产生区际冲突,主要表现为:

1)20世纪80年代以后,逐步调整了密云水库的水量分配方案,消减并停止了对河北的供水。1960年,密云水库建成投入使用,开始为北京、天津和河北三地供水。自20世纪80年代以来,由于官厅水库来水量衰减,北京城市用水急剧增长,密云水库先后停止向天津、河北供水,转向以北京城市生活供水为主,使河北省因不能继续使用密云水库的水而遭受经济利益损失(韩光辉和王林弟,2000;钱易,2003)。

2)增加密云水库来水量。北京市要求上游地区把耗水较多的水稻改种为相对节水的玉米。由于玉米价格比水稻低,导致农民的经济收入明显下降。承德市水稻种植面积最多时为3.67万 $\text{hm}^2$ ,目前已经压缩到2万 $\text{hm}^2$ ,农民因压缩水稻种植面积每年减少纯收入约1.75亿元。

3)在干旱年份,为保证北京市用水量,上游地区在当地用水非常紧张的情况下把水库蓄水无偿输送给北京市,影响了当地的生产、生活用水,经济发展遭受一定的损失。例如,2003和2004年张家口市共向北京市集中输水1.52亿 $\text{m}^3$ (王如金,2003;朱珍华和邵志清,2003)。

因此,随着城市化进程的加快和社会经济的发展,使北京和上游地区的用水量都在增加,各地为了尽可能多地为本地争取水资源,从而产生用水区际冲突。

### 3.3 水资源区际冲突原因

流域水资源总量不足。在水资源总量丰富的流域,上下游地区的用水需求均能得到完全满足,一般不会产生水资源利用冲突;而本研究中北京市所处的潮白河流域地区水资源总量不足,不能完全满足上下游地区的用水需求,是产生流域水资源利用冲突的基本原因。

流域水资源权属不清。由于水资源的流动性把流域上下游地区联系在一起,在流域水资源总量一定的情况下,流域内一个地区的用水量变化势必会对其他地区的用水量产生影响。在目前的水资源管理制度中,没有明确规定流域内各地区的可用水量,即流域水资源权属不清,也是导致水资源利用区际冲突的重要原因。

流域上下游地区追求自身经济利益。在市场经济条件下,流域上下游地区都是独立的区域经济主体,都会追求区域自身经济利益的最大化,而区域经济主体在水资源利用过程中为追求区域自身经济利益而使其他区域或整体利益受到影响,是水资源利用区际冲突产生的根源。

## 4 化解水资源区际冲突的对策建议

### 4.1 建立水资源保护补偿与合作机制

北京市因其特殊地位优先占用了流域内的水资源,同时上游地区为保障北京市城市用水的稳定供应和良好水质,限制了当地的经济发展。随着市场经济的发展,地区的自主发展权增强,但是上游地区为保护流域水资源所付出的努力得不到应有的回报。被保护的优质水资源在下游北京市产生了巨大经济效益,受益者是下游的北京市,如果北京市不对上游地区进行适当补偿,那么上游地区的水资源保护行为因缺乏利益激励而不可持续。因此,北京市必须与上游地区建立水源保护补偿与合作机制,以实现北京城市用水与上游地区经济发展的“双赢”(李磊和杨道波,2006)。

### 4.2 实施流域水权分配制度

从长远来看,必须在流域水资源总量评估的基础上,按照公平与效率兼顾的原则,实行流域内各地区的水资源使用权分配制度。目前,北京市与上游

地区都不清楚当地应该用多少水,各自都想尽可能多地占用水资源,这是产生水资源利用冲突的根本原因。水资源又是属于全流域的准公共物品,流域内各地区都有使用本流域水资源的权利,同时也有保护流域内水资源的义务,但各个地区到底应该用多少是目前学术界正在探讨的问题,即流域水权分配问题。一旦实现了流域水权分配,各个地区分配的用水量是一定的,地区之间可以利用市场机制,进行水资源使用权的有偿转让,使水资源转移到经济效益高的产业中去,实现水资源的最优利用。因此,尽快建立并实施北京与上游张家口市、承德市的水权分配制度,是缓解北京水资源利用区际冲突的内在要求。

### 4.3 实行流域水资源统一管理

水资源分配涉及到多方参与和利益冲突的博弈问题。从全流域的角度来看,用水各方的利益总和是一定的,一方利益的增加必然导致另一方利益受损。在目前的行政体制下,各地区都要追求本地区内的利益最大化,而不顾其他地区的利益或者整个流域的利益,最终导致水资源利用冲突。因此,必须从整个流域的角度出发,对北京市与上游张家口、承德市的水资源实行全流域统一管理,设立流域协调管理委员会,由流域内各地区的水资源管理人员和水资源利益相关方组成,代表流域各地区实施对流域统一协调管理,其在流域水资源开发与保护中拥有自主管理权、监督权和决策权,在水资源管理中既要流域管理机构负责,又要对地方政府负责,从全流域的角度实现水资源的优化配置,使有限水资源发挥最大的整体效益。

### 4.4 加快大型调水工程建设和使用

目前中国最大规模的调水工程——“南水北调”工程,其西线工程、中线工程和东线工程将分别从长江上、中、下游调水,以适应西北、华北各地的发展需要。中线工程主要向河北、河南、北京、天津四省市供水,重点向北京、天津、石家庄等城市供水,目前已在实施阶段。北京以及周边地区的总供水量将会得到保障,从而减缓该地区水资源利用区际冲突。

## 5 结 语

北京正处在城市化进程快速发展阶段,在未来一个时期内城市化水平还将继续提高。伴随着城市人口的增加和经济规模的扩大导致城市水资源供需矛盾日渐突出,且这种矛盾极易被转嫁到同一流域

内的其他地区,引起跨地区的流域水资源利用冲突。为了化解这种冲突,促进流域内各地区的和谐发展,必须协调流域内各地区的经济利益,建立水资源补偿与合作机制,逐步实施水权分配制度,实行流域水资源统一管理,建立流域水资源新型管理体制,同时加快大型调水工程建设和使用,进而实现全流域水资源的可持续利用。

## 参考文献

- 北京市水利局. 2003. 北京市《水资源公报》汇编(1986—2000年). 北京:北京市水利局.
- 北京市水务局. 2010. 北京市《水资源公报》. [EB/OL] [2012-01-10]. 北京:北京市水务局. <http://www.bjwater.gov.cn/tabid/207/Default.aspx>
- 北京市统计局, 国家统计局北京调查总队. 北京统计年鉴(2004—2010年). 北京:中国统计出版社.
- 董文福, 李秀彬. 2006. 潮白河密云水库流域水资源问题分析. 环境科学与技术, **29**(2): 58–60.
- 冯 健, 周一星. 2003. 近20年来北京都市区人口增长与分布. 地理学报, **58**(6): 903–916.
- 高迎春, 姚治君, 刘宝勤. 2002. 密云水库入库径流变化趋势及动因分析. 地理科学进展, **21**(6): 546–553.
- 国家统计局国民经济综合统计司. 2005. 新中国五十五年统计资料汇编. 北京:中国统计出版社.
- 韩光辉, 王林弟. 2000. 新时期北京水资源问题研究. 北京大学学报(哲学社会科学版), **37**(6): 118–126.
- 何春阳, 史培军, 陈 晋, 等. 2002. 北京地区城市化过程与机制研究. 地理学报, **57**(3): 363–371.
- 李 磊, 杨道波. 2006. 流域生态补偿若干问题研究. 山东科技大学学报(社会科学版), **8**(1): 50–53.
- 刘中丽, 欧阳宗继. 1999. 气候变化对北京水资源的影响. 北京农业科学, **17**(5): 42–45.
- 钱 易. 2001. 对北京水资源保护战略的思考. 北京水利, (6): 1–3.
- 宋建军. 2009. 海河流域京冀间生态补偿现状、问题及建议. 宏观经济研究, (2): 29–34.
- 万育生, 靳 顶. 2002. 北京及上游周边地区水资源问题对策研究. 水资源保护, (1): 11–14.
- 王如金. 2003. 21世纪初期北京水资源的合理配置. 北京水利, (2): 33–34.
- 项文娟. 2002. 北京城市化面临的水问题及对策. 北京水利, (5): 14–16.
- 徐小黎, 史培军, 何春阳. 2002. 北京和深圳城市化比较研究. 地球科学进展, **17**(2): 221–228.
- 杨 慧. 2005. 北京城市化与经济增长研究. 经济与管理, (19): 20–23.
- 曾维华. 2002. 流域水资源冲突管理研究. 上海环境科学, **21**(10): 600–602.
- 郑桂森, 吕金波. 2001. 北京地区的水资源. 中国地质, **28**(4): 45–48.
- 朱珍华, 邵志清. 2003. 形势严峻的北京水资源. 首都经济杂志, (7): 27–28.
- Jaglin S. 2002. The right to water versus cost recovery: Participation, urban water supply and the poor in sub-Saharan Africa. *Environment & Urbanization*, **14**: 231–245.
- Ren WW, Zhong Y, Meligrana J, et al. 2003. Urbanization, land use, and water quality in Shanghai 1947–1996. *Environment International*, **29**: 649–659.
- Wolf J, van Wijk MS, Cheng X, et al. 2003. Urban and peri-urban agricultural production in Beijing municipality and its impact on water quality. *Environment & Urbanization*, **15**: 141–156.

---

作者简介 杨佩国,男,1977年生,博士,助理研究员,主要从事自然地理与灾害防治、风险管理等方面的研究。  
E-mail: yangpeiguo@ndrcc.gov.cn  
责任编辑 魏中青

---