

文章编号: 1001-4675(2008)06-0818-06

# 黑河中游用水与流域水资源利用的博弈分析<sup>\*</sup>

吕永清<sup>1</sup>, 张 勃<sup>1</sup>, 刘富刚<sup>2</sup>, 张耀宗<sup>1</sup>

(1. 西北师范大学地理与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 德州学院地理系, 山东 德州 253500)

**摘 要:** 水资源问题一直是影响西北干旱区经济、生态、社会持续发展的限制性因素。黑河流域随着人口增长和社会发展, 中游水资源的供需矛盾和下游地区生态恶化的问题呈加剧趋势。通过对影响流域水资源因素的博弈分析, 解决中游和下游用水的矛盾。从流域内理性行为主体看, 需要借助外界力量的引导, 处理好区域经济发展与流域水资源利用和保护的关系; 从中游与流域关系看, 需要水资源管理部门的介入和中游地区的合作, 协调好局部与整体的关系; 从政府在流域水资源管理的作用看, 政府可以通过制定法律法规、行政管理、改进节水技术和宣传教育等手段来协调流域水资源的供需矛盾, 提高水资源利用效率, 促进流域水资源的可持续利用。

**关键词:** 中游用水; 流域水资源; 博弈分析; 黑河流域

**中图分类号:** TV213.2    **文献标识码:** A

黑河流域位于西北内陆地区, 年降水量 100~200 mm。黑河干流全长约 800 km, 是我国较大的一条内陆河<sup>[1]</sup>。黑河流域上游的祁连山区为全流域水资源的发源和涵养区, 中游为绿洲农耕分布区, 也是流域主要人为引水消耗区, 下游地区则是水资源的自然消耗区<sup>[2-3]</sup>。

中游地区的工农业生产主要集中在水资源较为丰富的绿洲地区。随着人类活动的加剧, 影响绿洲演化的驱动力也逐渐由自然因素转变为以人为因素为主, 尤其是近 50 年来人类活动已成为绿洲演化的主要驱动力<sup>[4]</sup>。农业灌溉的大量引水、工业生产的耗水等因素, 加剧了水资源的消耗。水资源问题已成为制约该区经济、生态、社会持续发展的重要限制性因子, 水资源短缺和不可持续性问题成为困扰该区发展的瓶颈。水资源的这种变化也使得该流域, 特别是下游的生态问题变得异常突出, 近十几年来森林和草地锐减、河渠滩地减少、地下水位下降、沙漠化和盐碱化问题加剧<sup>[5]</sup>, 也进一步制约了该区工农业的正常发展。

## 1 流域水资源利用现状述评

### 1.1 流域的分区概况

根据流域的自然差异和行政区划<sup>[1,6]</sup>, 流域上游包括青海省的祁连县, 面积 9 787.8 km<sup>2</sup>, 主要为

林牧区, 水资源丰富, 用水较少, 年用水量约为 0.14 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 占黑河流域总用水量的 0.4%。

流域中游包括甘肃省的张掖市、酒泉市肃州区、嘉峪关市和金塔县, 面积 56 294.0 km<sup>2</sup>, 气候干燥, 以荒漠和绿洲为主。人口占全流域的 97.3%, 耕地面积占全流域的 98.5%, 年用水量约占全流域的 95.6%。其中, 张掖市是全国 10 大商品粮基地和 6 大蔬菜基地之一, 有效灌溉面积 2.36 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>。该市主要依靠过境的黑河水以及少量的地下水补给。随着人口的增加和社会的发展, 水资源短缺问题已成为制约该市社会可持续发展的限制性因子。

下游包括内蒙古自治区的额济纳旗, 面积 62 201.6 km<sup>2</sup>, 占全流域的 48.5%, 人口仅占全流域的 0.8%, 耕地只占流域的 0.9%, 草场面积广, 畜牧业发达, 年用水约占全流域的 4.0%。额济纳旗拥有 507 km 长的边境线, 额济纳绿洲既是阻挡风沙侵袭、保护生态的天然屏障, 也是当地人民生息繁衍、国防科研和边防建设的重要依托。目前该区受黑河地表水入境流量锐减的影响, 植被退化和土地沙漠化问题十分严重, 属流域环境恶化最为严重的地区<sup>[7]</sup>。

### 1.2 流域水问题概述

黑河流域所面临的主要问题是: 环境恶化, 水事矛盾尖锐。黑河流域中下游地区水资源难以满足当地经济发展和生态平衡的需要, 历史上水事矛盾已

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-08-18; 修订日期: 2007-10-31

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40235053); 甘肃省中青年科技基金项目 (031-A21-005-530)

作者简介: 吕永清 (1981-), 男, 山东德州人, 硕士研究生, 从事区域环境与资源开发的可持续性研究。E-mail: yqlv05@126.com

通讯作者: 张勃。E-mail: zhangbo@nwnu.edu.cn

相当突出。1949年以来,特别是从 20 世纪 60 年代开始,受人口增长、经济发展和科技水平限制等因素影响,区内水土资源开发过度,使得进入下游的水量逐渐减少,引发河湖干涸、林木死亡、草场退化、沙尘暴肆虐等环境问题加剧,省际水事矛盾更加突出。为了调和解决矛盾,水利部于 1996 年 4 月在黄河水

利委员会内成立了黑河流域管理局筹备组,1999 年 1 月,中编办正式批复成立黑河流域管理局,2000 年 1 月黑河流域管理局在兰州市挂牌正式运转,由其负责流域内水资源的调配监理职责。

1.2.1 流域内的水资源现状 流域内的水资源现状<sup>[6]</sup>如表 1。

表 1 黑河流域行政分区多年平均水资源现状  
Tab 1 Volumes of water resources in the administrative regions in the Heihe River Basin /10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>

	地下水资源		地表水资源	与地表水不重复 的地下水资源量	水资源总量	总用水量 (1995)	
	地下水资源量	可开采量				地表水	地下水
青海	6.857	0.020	15.238		15.238	0.137	0.021
甘肃	23.605	8.659	22.037	2.362	24.399	32.109	3.084
内蒙	2.663	0.496		1.470	1.470	1.332	0.083
流域合计	33.125	9.175	37.275	3.832	41.107	33.578	3.188

注: 据《黑河流域水资源》整理

1.2.2 流域水资源利用问题述评 根据潘启民等研究<sup>[6]</sup>,在平水年全流域总需水量为  $38.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,总供水量  $34.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,缺口为  $3.20 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,缺水率 8.4%。青海省和甘肃省水资源供需基本平衡,但干旱年缺水情况更为严重。全流域缺水量  $8.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,缺水率达到 21.5%。甘肃黑河区缺水量  $2.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,缺水率 7.0%;内蒙古黑河区缺水量  $4.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,缺水率 68.2%。据此可知,流域的水资源供需矛盾极为突出,同时也存在着区域的差异,主要表现在中游地区和下游地区。

目前在中游地区,农田灌溉仍沿用大水漫灌和串灌的习惯作法,灌溉定额一般在  $9\,000 \sim 18\,000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,水量浪费严重<sup>[1]</sup>。根据中游地区民乐、张掖、大满及平原堡等地段的灌溉试验结果,春小麦全生育期适宜灌溉定额为  $3\,000 \sim 3\,750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,在沿山灌区一带为  $2\,250 \sim 2\,550 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;玉米全生育期适宜灌溉定额  $4\,500 \sim 5\,250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;在作物播种前,一般灌一次泡地水,定额宜在  $900 \sim 1\,200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,由此可节约的水量达  $3.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

在正义峡至狼心山段,河道输水损失量达  $4.23 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右,河道输水损失的绝大部分为渗漏流失,对额济纳绿洲区地下水补给不大。河道输水的自然消耗,使得中下游的用水矛盾加剧。

1.3 水资源的变化分析

1.3.1 黑河径流的变化 选取黑河干流莺落峡和正义峡站径流变化为研究样本。研究发现<sup>①</sup>,近 50 年流经中游地区进入莺落峡站点的径流量并没有减少,相反从 20 世纪 80 年代以来有一定程度的增加,

其中,1981–2000 年的年均流量观测值比 1956–1980 年增加约 10.5%。中游地区出口的正义峡站点径流量减少趋势明显,1981–2000 年的年均流量观测值比 1956–1980 年减少约 11.1%。

1.3.2 中游地区气候变化 通过分析发现,近 50 年,黑河中游的甘州、高台、临泽的气温均呈上升趋势。1981–2004 年的平均气温比 1956–1980 年有所上升,其中高台站的年平均气温增加了 6.3%,临泽站点的年平均气温则增加了 8.3%,甘州站点的年平均气温增加了 7.1%。从 3 个站点的降水变化来看,高台站 1981–2004 年的年降水量平均值比 1956–1980 年增加了 1.4%,临泽站 1980 年之后比 1980 年之前的观测数据平均值增加了 1.9%,甘州站的降水量增加了 2.6%。

径流和气候变化得出的结果与文献[8]的结论相同。出山径流没有根本的减少趋势,气候也呈现出暖湿迹象。目前的水资源短缺是因利用不合理所造成的。

2 水资源在流域发展中的博弈论

依据博弈理论,流域水资源问题的博弈主体<sup>[9]</sup>是:中游地区、下游地区、流域管理局。其中,中游和下游是同一个级别的水资源管理主体,流域管理局则是高一级的管理主体。

① 文中采用的 1995 年以来的径流数据来源于国家自然科学基金委“中国西部环境与生态科学数据中心”(http://westdcwestgis.ac.cn)

## 2 1 流域内理性行为主体对水资源问题的态度

在进行区域水资源的博弈分析中,一般认为被分析的行为主体是谋求自身利益最大化的理性主体,即在做出决策的时候往往倾向于获得更大的利益或者至少不会主动吃亏。

2 1 1 流域内理性行为主体对水资源需求的博弈分析 在流域内,由于水资源是公共资源,因而不具有排他性<sup>[10]</sup>,所以区域内的每一个理性的主体都会为了自己的生存和发展来对水资源进行利用,其目的是达到自身利益的最大化。在追求自身利益最大化思想的指导下,各个行为主体将会在开发利用中寻求不同主体之间的均衡,最终达到主体间关于水资源消耗的“均衡”状态,而不会主动去寻求区域水资源利用最优化的“帕累托均衡”。从而造成水资源过度的、低效率的消耗,产生了所谓的“公共地的悲剧”。

水资源利用的过程可以用简单的函数公式来表示:

$$W_{\text{供}} = F(x_i, y_i) \quad (1)$$

式中:  $W_{\text{供}}$  表示区域水资源的供应量;  $x_i$  表示水资源供给的时间因素;  $y_i$  表示水资源供给的空间因素。 $W_{\text{供}}$  表示区域的水资源供给本身受到时间和空间因素的限制。

分析水资源在受到时间和空间因素影响下,它的利用模式可以用以下公式:

$$W_{\text{利}} = \sum_{i,j=1}^n Z_i f_j \quad (2)$$

式中:  $W_{\text{利}}$  表示区域的水资源开发利用量;  $Z_i$  表示用水的不同主体;  $f_j$  表示主体的耗水系数。一般情况定义  $Z_i$  用水量等于实际需水量时,  $f_j = 1$ ; 当超过其本身的实际需求时  $f_j > 1$ ; 反之  $f_j < 1$  时,表明水资源的供给严重不足。 $Z_i f_j$  表示单个主体的水资源消耗量。

$W_{\text{供}} \geq W_{\text{利}}$  表示水资源的供给超过了水资源的利用情况,在这种状况下是可持续利用的状态;  $W_{\text{供}} < W_{\text{利}}$  则表示区域的水资源呈现出不可持续利用的状况。

当主体只考虑自己用水,而没有考虑其他主体和区域整体利益的状态时,  $f_j$  是大于 1 的,叠加区域水资源利用过程中时空因素,供给小于利用的情况就极易出现。中游地区是流域重要商品粮基地和蔬菜基地,年用水量约占全流域的 95.6%,由于灌溉多采用按地收费而非按用水量收费,所以农民在自

已获得水资源的利用权时会采用大水漫灌的形式,不考虑水的利用效率和下游地区对水的需求,从而造成了水资源的不必要浪费和下游水资源短缺。

2 1 2 流域内理性行为主体对水资源保护的博弈分析 对于要实现自身利益最优化的社会行为主体而言,在对水资源的需求和为水资源提供保护问题上往往是倾向需求,而逃避自己在保护水资源方面的责任——也就是需要他为保护水资源所做出的行动。就区域内公共水资源保护方面看(即关于主体“提供”的问题),若从自愿提供情况下,理性行为主体不会担负起自己的全部责任而是有所保留,这种不良现象在区域内普遍存在<sup>[9]</sup>。

人们往往对于获得满足自身需求的水资源表现得相当积极,却不愿意为保护水资源可持续利用付出自己的劳动和资本。在中游地区种植耗水大的农作物、水土资源开发过度、水土流失严重,在水利建设上注重利于自己农业灌溉的水利设施的改善,而对下游地区因为水资源短缺造成的环境恶化问题不够关心。这也是主体在经济活动中的利己动机作怪,需要外界力量的正确引导才会对此有所改变。

## 2 2 中游用水与全流域水资源合理开发利用的博弈分析

由于地理空间位置上的原因,用水的主动权主要是掌握在中游地区,下游地区则是缺乏主动权,只能被动地接受中游用水结果或者寻求更高级行政管理部门(一般为流域管理局)的支持,从而对中游地区的用水进行限制,实现自己的用水需求。

为了简化问题,假设下游地区有两个决策:要求流域管理局介入和不要求流域管理局介入;流域管理局也有两个决策:介入和不介入。中游地区的策略选择是:采用合作态度和不合作态度。由于水资源短缺引发的问题在下游地区更为突出,作为一个序贯博弈<sup>[11]</sup>,以下游地区为决策的起点,其博弈过程可用博弈树表示(图 1)。

在分析出主体之间的决策后,还应判断相应决策的支付,由于三者之间有着极强的关联性,不同的决策往往造成支付也会有些差别,在本问题分析中一般遵循两条原则:①主体的积极性原则。如果主体积极谋求问题的解决,则认为会获得较高支付;消极行为则获得低支付或者不获得支付。②行为主体的权力原则。具有较高权力的主体,可以根据自己手中的权力,对于没有积极性的主体进行惩罚和限制,调整其支付的大小。

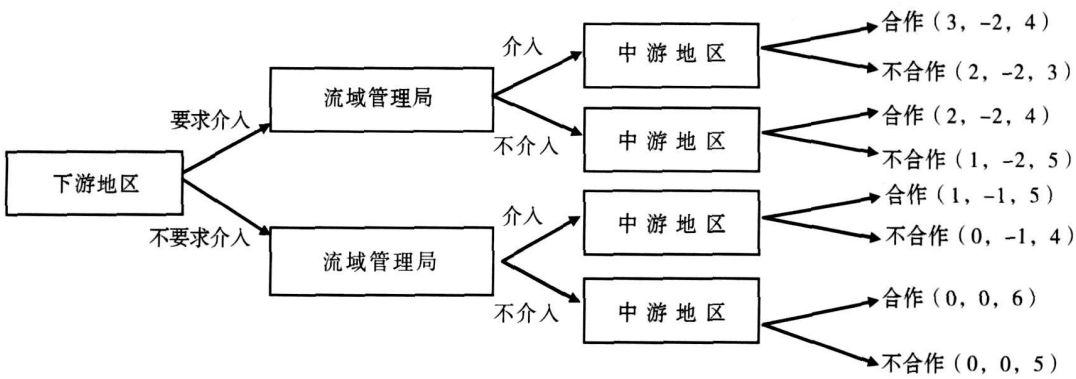


图 1 主体决策的博弈树

Fig 1 The game analysis of decisions between subjects

表 2 下游地区要求流域管理局介入

Tab 2 Dem and ing Heihe River Basin Managem ent Bureau to take part in the adm inistration in the lower reaches

下游地区	流域管理局	
	介入	不介入
合 作	(4, 3 - 2)	(4, 2 - 2)
不合作	(3, 2 - 2)	(5, 1 - 2)

表 3 下游地区不要求流域管理局介入

Tab. 3 W ithout dem and ing Heihe River Basin Management Bureau to take part in the adm inistration in the lower reaches

中游地区	流域管理局	
	介入	不介入
合 作	(5, 1 - 1)	(6, 0 0)
不合作	(4, 0 - 1)	(5, 0 0)

根据以上原则, 三者的博弈结果矩阵见表 2和表 3。表 2说明的是当下游地区要求流域管理局介入时出现的策略组合。由于流域管理局是在下游地区的要求下介入的, 出现的策略组合, 根据原则①, 流域管理局没有积极性, 是被动的选择, 所以其获得的支付较小, 为 - 2。(由于管理局的介入是一种管理行为, 增加了管理成本, 所以其支付为负)。下游地区具有积极性, 其获得的支付至少为 1。中游地区根据采取策略的不同, 其支付分别出现了 4, 3, 5 表征了中游地区对于流域整体利益的积极性不同。其中的 (4, 3 - 2), 即 (合作, 要求介入, 介入) 的组合为流域整体用水的相对优势策略。如果采用该策略对于流域整体利益是有益的, 在这种状况下, 中游的基本用水虽然没有其采取策略 (5, 1 - 2) 时获得最大的局部利益, 但是获得支付 4 要好于采取不合作的态度而获得的 3。在此种组合下, 中游用水可以得到满足, 下游的生态用水也可以实现, 有利于实

现流域整体利益。

表 3 则说明了在下游地区不要求流域管理局介入时出现的策略组合。在这种情况下, 由于流域管理局的介入对于管理局本身来说是要投入更多, 所以其支付结果为 - 1(介入时)和 0(不介入时)两种结果。下游地区的不作为行为, 没有表现出积极性, 其获得的支付完全受制于中游地区和流域管理局的策略, 当二者采取积极策略时, 下游获得支付为 1; 在采取消极策略时, 获得支付为 0。在此种组合策略下, 中游地区完全占据了主动地位, 因此, 其获得的支付较高。在该组合策略中, 就整个流域的利益来说, 组合 (5, 1 - 1) 仍为相对最优策略, 虽然下游地区没有采取什么积极的行动, 但是由于流域管理局和中游地区的积极行为, 使得下游地区的环境问题会得到一定的改善。

综合分析, 流域管理局的介入和中游地区的合作态度对整个流域来说具有积极意义, 要实现流域整体利益最优化, 就应该注意协调好中游与下游、中游与流域的关系, 做好中游地区的工作。

2.3 政府参与下的流域水资源利用分析

水资源的公共性与非排他性, 决定了用水主体不愿意为水资源的可持续利用提供支持, 这个时候的均衡状态是行为主体之间的“纳什均衡”状态 (表 2~ 3), 在没有流域管理局介入的策略组合 (5, 1 - 2) 或 (5, 0 0), 具有盲目性和不可持续性, 达不到区域整体的“帕累托均衡”。而政府作为区域发展政策的制定和执行者, 为了实现区域的可持续发展, 必然会介入到区域的资源利用中来, 通过制定政策和奖惩措施, 使区域的水资源利用达到可持续利用状态, 即实现区域水资源利用的帕累托最优效应。如表 2 所示的 (4, 3 - 2), 实现水资源利用的经济效益和流域生态效益的结合。

为了调控理性行为主体的行为,实现区域水资源利用的可持续发展,政府可以从如下方面着手<sup>[9]</sup>:①可以通过提高行为主体的经济利益,或者降低行为主体为保护水资源提供的成本来刺激行为主体的积极行为。即通过奖惩措施,改变行为主体原来的作为或者不作为,如通过奖励节水措施,鼓励行为主体采用先进的节水设备或技术;通过对造成水资源污染或者浪费的行为实行征费制度,迫使行为主体改变原有水资源利用方式;通过制定限额供水制度,对于限额之内的用水实行平价收费,而对超额部分实行加倍收费的措施。这些措施都是从迫使主体趋利避害的角度进行管理,符合管理规律。②提高行为主体对供给的偏好刺激,改变行为主体的行为意识,加强行为主体的积极性。这种形式包括:加强教育和宣传力度,提高行为主体的水资源利用意识;建立日常性公众参与的水资源环境制度,提高公众的参与性,对行为主体进行道德和制度上的约束;健全水资源利用的法律法规,通过法律手段来约束行为主体的行为。

综上所述,在流域水资源利用过程中存在着诸多利益相关者之间的相互联系,从小范围看,包括各个用水户之间的关系;从整个流域看,有中游、下游和流域管理局之间的关系;从水资源利用的效益看,又包括区域经济效益与流域整体生态效益之间的关系。如何实现区域水资源利用的可持续性及其效益的最大化,就要照顾到不同主体的利益,理顺它们之间的关系。其中,使各个利益主体进行合作是实现整体利益和理顺关系的基础之一;即使在主体自身不主动谋求合作的时候,仍可通过政府行为进行相应的调控,如制定相应的奖惩措施、法律法规来调控各主体的行为,迫使各个主体达到合作的目标,合作共赢才是流域水资源利用的最高目标。

### 3 结论与讨论

(1) 黑河流域的水资源短缺是利用不合理所造成的利用性短缺。从流域整体来看,最为重要的是中游用水过度 and 浪费,造成了中游和下游的供需矛盾、中游与下游之间水资源分配矛盾、中游与下游社会经济发展与流域生态平衡之间的矛盾等问题。

(2) 利用博弈论在分析解决区域水资源利用矛盾中有着良好的适应性。在流域中发生矛盾的主体主要是中、下游地区以及流域的管理部门,对于3个主体的决策进行博弈分析,结果显示,就流域内理性行为主体看,需要借助外界力量的引导,应处理好区

域经济发展与流域水资源利用和保护的关系;从中游与流域的关系来看,需要水资源管理部门的介入和中游地区的合作,协调好局部与整体的关系;从政府在流域水资源管理中的作用来看,政府可以通过制定法律法规、行政管理、改进节水技术和宣传教育等手段来协调流域水资源的供需矛盾,提高水资源利用效率,促进流域水资源的可持续利用。

(3) 通过博弈分析,要实现流域整体利益需要流域各利益相关者积极合作,合作共赢才是流域内水资源利用的最高目标。理顺流域内各用水利益相关者的关系,是实现合作共赢的基础,当各个行为主体的行为违背合作原则时,也可以借助外界力量的引导,如政府行为、水资源管理部门的介入等,迫使各个理性行为用水主体达成合作,进而处理好区域经济发展与流域水资源利用和保护的关系,协调好局部与整体的关系,提高水资源利用效率,使流域内水资源利用效益达到最大化。

(4) 关于流域环境的建设问题<sup>[7, 12]</sup>,需要寻求符合生态规律的与经济社会发展相协调的可持续发展道路。流域环境存在的主要问题,主要源于片面追求经济效益为核心的流域水土资源不合理利用。但以环境为中心,追求原有生态体系的恢复是不切实际的,在很大程度上也会阻碍流域经济与社会的正常发展。环境的保护应基于经济与社会的可持续发展,寻求符合生态规律与经济社会发展相协调的可持续环境建设路子。为此,既要强调中游地区的经济得到发展,又要使下游地区的环境问题得到解决。需要指出的是,这些问题的解决和实现是可以通过提高流域内用水主体节水意识,提高区域水资源利用效率为根本出路,而不是以限制当地社会经济发展为代价。

#### 参考文献 (References):

- [1] 郭巧玲,冯起,杨云松,等.黑河大墩门至狼心山段生态需水估算[J].干旱区研究,2007,24(5):584-589. [Guo Qiaoling Feng Qi Yang Yunsong et al Estimation of ecological water consumption in the region from Dadumen to Langxin mountain in the Hehe River basin [J]. Arid Zone Research, 2007, 24(5): 584-589.]
- [2] 程国栋,肖洪浪,徐中民,等.中国西北内陆河水问题及其应对策略——以黑河流域为例[J].冰川冻土,2006,28(3):406-413. [Cheng Guodong Xiao Hongliang Xu Zhongmin et al Water issue and its countemmeasure in the inland river basins of Northwest China—A case study in Heihe river basin [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 28(3): 406-413.]
- [3] 王根绪,王建,仵彦卿.近10年来黑河流域生态环境变化特征分析[J].地理科学,2002,22(5):527-534. [Wang Genxu

- Wang Jian Wu Yanqing Features of eco-environmental changes in Hehe River basin over recent 10 years[J]. Scientia Geographica Sinica 2002, 22( 5): 527- 534 ]
- [4] 张勃, 石慧春. 河西地区绿洲资源优化配置研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004. [Zhang Bo Shi Huichun Oasis Resource Reasonable Allocation Research in Hexi Districts[M] Beijing Science Press 2004. ]
- [5] 丁宏伟, 高玉卓, 何江海, 等. 黑河过正义峡河川径流量减少的原因及其对策分析[J]. 中国沙漠, 2001, 21( 1): 62- 66 [Ding Hongwei Gao Yuzhuo He Jianghai et al Reason of runoff reducing through Zhengyixia Gorge on Hehe River and countermeasures [J] Journal of Desert Research 2001, 21( 1): 62- 66 ]
- [6] 潘启民, 田水利. 黑河流域水资源[M]. 河南: 黄河水利出版社, 2001: 39- 143 [Pan Qimin, Tian Shuli Hehe River Basin Water Resources[M]. Henan: Yellow River Water Conservation Publishing House 2001: 39- 143 ]
- [7] 潘世兵, 路京选, 张建立, 等. 黑河流域水资源开发与生态保护中的几个问题探讨[J]. 干旱区研究, 2006 23( 2): 236- 240. [Pan Shibing Lu Jingxuan Zhang Jianli et al Discussion on water resources exploitation and ecological conservation in the Hehe River Basin[J]. Arid Zone Research 2006, 23(2): 236- 240. ]
- [8] 齐善忠, 王涛, 罗芳, 等. 黑河流域水资源可持续利用对策[J]. 中国人口·资源·环境, 2004, 14( 6): 58- 61. [Qi Shanzhong Wang Tao Luo Fang et al Sustainable utilization countermeasure of water resources in Hehe River basin northwest China[J]. China Population Resources and Environment 2004 14(6): 58- 61. ]
- [9] 陈菁, 王婷婷, 朱雪冰. 流域水资源统一管理的博弈分析[J]. 水利发展研究, 2005, 5( 6): 17- 20 [Chen Jing Wang Tingting Zhu Xuebing Basin water resources unification management gambling analysis[J]. Water Resources Development Research 2005, 5( 6): 17- 20 ]
- [10] 叶民强. 双赢策略与制度激励——区域可持续发展评价与博弈论分析[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2002 204- 223 [Ye Minqiang Win-Win Strategies and Incentive System—Regional Sustainable Development and Evaluation of Game Theory Analysis[M]. Beijing: Social Sciences Literature Publishing House 2002 204- 223. ]
- [11] 王则柯, 李杰. 博弈论教程[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004. [Wang Zeke, Li Jie. Introduction to Game Theory[M]. Beijing: Chinese People's University Publishing House 2004. ]
- [12] 叶茂, 徐海量, 宋郁东, 等. 塔里木河流域水资源利用面临的主要问题[J]. 干旱区研究, 2006 23( 3): 388- 392 [Ye Mao Xu Hailiang Song Yudong et al Some problems and challenges about water resources utilization in the Tarim River basin[J]. Arid Zone Research 2006, 23( 3): 388- 392 ]

## Game Analysis on Water Supply and Water Resources Utilization in the Middle Reaches of the Hehe River Basin

LV Yong-qing<sup>1</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>, LIU Fu-gang<sup>2</sup>, ZHANG Yao-zong<sup>1</sup>

(1 College of Geography and Environment Northwest Normal University, Lanzhou 730070 China;

2 Department of Geography, Dezhou College, Dezhou 253500 China)

**Abstract** Issue of water resources is the main factor restricting the economic, ecological and social sustainable development in arid areas in northwest China. With the population growth and the social and economic development in the Hehe River Basin, the contradiction between water supply and demand in the middle reaches and the ecological degeneration in the lower reaches of the Hehe River Basin become more and more serious. After carrying out a game analysis of the factors affecting water resources in the Hehe River Basin, it is considered that, viewing from the aspect of the reasonable subjects in the drainage basin, there is a need of external power to lead and deal with the relations between the regional economic development and the water resources utilization and conservation so as to solve the contradiction of water consumption between the middle and lower reaches; viewing from the aspect of the relations between middle reaches and the whole drainage basin, there are needs of administration of the water resources management departments and the cooperation from the middle reaches so as to coordinate the local and holistic relations; viewing from the aspect of the role of government in managing water resources in the drainage basin, the government can coordinate the contradiction between water supply and demand using the means of laws and regulations, administrative management, water-saving measures, publicity, etc. so as to increase the utilization efficiency and promote the sustainable utilization of water resources in the Hehe River Basin.

**Key words** game analysis; water consumption in the middle reaches; utilization of water resources; the Hehe River Basin