

# 官厅水库跨区域水质改善政策的冲突分析

曾 勇<sup>1</sup>, 杨志峰<sup>1,2</sup>

(1. 北京师范大学环境科学研究所, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室 北京 100875;

2. 北京师范大学水科学研究所, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

**摘要:** 对永定河流域官厅水库跨区域的水资源冲突问题进行了分析, 并利用 F-H 冲突分析方法建立了模型。模型中将中央政府、上游政府、下游政府作为三个局中人, 通过对局中人的偏好向量和结局稳定性分析, 从 18 种局中人可选策略中优化得到 2 种均衡结局——完全合作结局和部分合作结局。其中完全合作结局, 即北京市采用激励策略和控制策略、上游完全削减污染物, 下游负担部分费用, 合作结局最有可能发生。

**关键词:** 冲突分析; 跨区域; 水环境; 政策; 官厅水库; 水质

中图分类号: X524; O22 文献标识码: A 文章编号: 1001-6791(2004)01-0040-05

冲突是指两个或两个以上的社会单元在目标上互不相容或互相排斥, 从而产生心理上的或行为上的矛盾<sup>[1]</sup>。在社会生活中, 冲突作为一种普遍现象而广泛存在。将 F-H 冲突分析方法应用在商业谈判<sup>[2,3]</sup>、环境管理<sup>[4]</sup>、水资源管理<sup>[5,6]</sup>领域, 以理解冲突局势, 预测冲突的可能结果, 指导局中人采取最佳策略方面, 已被证明是一种有效途径。我国流域跨边界水资源利用现状中, 上下游各自追求自身的利益而不顾其他人的损失, 其结果是下游遭受损失, 而上游虽然短期内获得暂时的利益, 但从长远看也会遭到同样的损失, 这种局面被称为“公地悲剧”<sup>[7]</sup>。为了改善这种上下游之间不合作行为所造成一种“双输”局面, 近年来国际上提出水资源集成化管理 (Integrated water resources management), 其核心是化解流域上下游水资源利用的冲突和建立利益协调机制, 形成上下游水资源的合作管理框架<sup>[8,9]</sup>。本文以北京近郊的官厅水库跨区域水质改善的政策冲突为例, 利用 F-H 方法深入分析不同主体的行为和它们之间的博弈关系, 并以此为基础提出相应的建议。

## 1 冲突分析方法

冲突分析方法利用博弈理论描绘真实世界的冲突, 通过冲突建模和稳定性分析将冲突问题的分散信息结构化, 预测冲突的可能结果。冲突分析方法的发展从规范的博弈分析到元对策理论, 在元对策理论基础上, Fraser 和 Hipel 通过简化其运算法则, 增加约束条件, 使得冲突分析更加完善和符合实际, 因此冲突分析方法又称为 F-H 分析方法。它的程序如图 1 所示<sup>[10]</sup>。真实世界代表现实的、复杂的、不易分析的无结构信息, 冲突模型将现实情形的本质结构化, 通过稳定性分析得到均衡的结果。由于冲突模型是对真实世界的理性抽象, 它不可能完全反映真实世界; 其次, 实际中的冲突建模不可能将所有局中人的信息完全掌握, 是在不完备信息下建立的。因此判

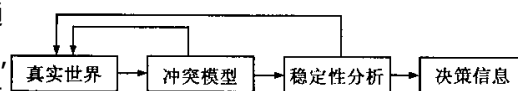


图 1 冲突分析的步骤

Fig.1 Process of conflict analysis

收稿日期: 2002-10-02; 修订日期: 2003-03-24

基金项目: 国家重点科技攻关资助项目(96-920-40-04); 水利部科技创新资助项目(SCX2000-31); 博士点基金资助项目(20010027012)

作者简介: 曾 勇(1974-), 男, 福建宁化人, 北京师范大学环境科学研究所博士研究生, 主要从事流域水资源管理研究。

万方数据  
E-mail: zfyang@bnu.edu.cn

断冲突模型准确性的关键在于是否提供了实际问题合理的答案。如果没有，模型必须重建，过程必须重复。

## 2 官厅水库区域政策冲突建模

### 2.1 官厅水库的跨边界水资源冲突

官厅水库位于北京西北约 80 km 的河北省怀来县官厅村。水库建于永定河上，属海河水系，作为北京市的一个重要供水水源地，官厅水库曾长期承担着北京市区 1/4 人口的生活用水。水库上游包括内蒙古、山西、河北等省、自治区。

近年来随着经济的快速发展，相对滞后的官厅水库上游地区政策决策中，发展经济是上游的必然要求。在上游的经济发展目标驱动下，造成了下游的水量 and 水质目标之间的冲突，官厅水库 20 世纪 90 年代来水 2.5 亿  $\text{m}^3$ ，只有 50 年代的 1/5。据测定，官厅水库水质常年处于 IV ~ V 类标准，官厅水库正面临着水体污染和水资源短缺的双重危机<sup>[11]</sup>。于 1997 年被迫退出饮用水水源地的功能，目前仅能用于工业和城市河湖景观补水。其冲突表现为跨边界水量短缺和跨边界水质污染以及流域生态环境恶化并存的危机，代表了我国北方半干旱地区跨边界水资源冲突的典型症状。

流域内水资源匮乏是造成区域间水资源冲突的自然原因，而水资源利用和管理上的人为原因加剧了这种矛盾，主要表现在上游经济发展挤占了生态环境需水；以流域机构为主体的流域统一管理机制未发挥其应有的功能；缺乏断面水量、水质标准和水资源保护双向补偿机制；各行政区之间缺乏必要的沟通与协调等。

### 2.2 官厅水库跨边界区域水质改善政策冲突建模

#### 2.2.1 冲突局中人

官厅水库跨边界水资源冲突中，上游有关省、自治区要发展经济，忽视水环境保护，而下游北京市水资源短缺，水污染严重。由于缺乏明确的水资源产权，无法明确地区的用水权利与保护职责，以及上下游的收入差距的原因，“污染者付费”原则并不能有效的实施，上游在没有实质性补偿的前提下不愿意进行污染物削减；下游则倾向于“污染者付费”，要求上游单独承担污染治理费用；在没有外部协调的情况下，上下游之间进行非合作博弈，博弈的结局是造成现状的跨边界水量、水质冲突。

本文中，中央政府所在地处在下游，跨边界污染也涉及中央政府的利益，促进全流域经济净效益最大、改善流域生态环境建设、维护社会公平与稳定是中央政府的重要职责。因此选择中央政府作为冲突协调者，采取措施促进上下游之间的合作，使联合治污成为可能。冲突局势中的局中人有：上游、下游和中央政府。

#### 2.2.2 局中人可选策略

为缓解流域用水冲突，改善水体水环境，下游地区存在两种可选策略：① 依据“谁受益，谁补偿”原则，负担部分费用：通过强化上下游的经济协作力度，提供必要的资金、技术援助来帮助上游进行产业结构调整和实施清洁生产工艺；② 依据“污染者付费”原则：要求上游单独治理污染，恢复官厅水库饮用水源地功能。

对于上游有关地区有三种可选策略：① 保持现状：以现有的经济增长方式和现有的污染治理力度，延续经济发展；② 部分削减：加大污染治理力度，由于产业结构调整牵涉范围大，影响面广，费用不确定以及带来经济效益的滞后性，倾向于污染的末端治理，即建设污水处理厂和进行分散污染源治理；③ 完全削减：根据《首都 21 世纪水资源规划》要求，2005 年正常年份上游入库水量达到 2.5 亿  $\text{m}^3$ ，水体达到 IV 类水质标准。通过末端治理、产业结构调整、清洁生产和节水工程等工程和非工程措施完全削减污染物。

中央政府作为协调者的角度具有两种可选策略：① 激励政策：鼓励上下游之间的合作，建立水源保护与建设基金，如果上游在水资源利用时考虑下游的生态环境，则对上游提供环境有利的经济发展和污染治理项目、技术和相关的优惠政策支持；② 控制政策：在省(自治区)际和重要河段设置控制断面，制定断面水量、水质标准，实施断面水量与水质总量控制制度，并建立有利于实施断面总量控制的法律、制度、机构和监控的外部环境，完善流域管理的职能。

由于每种策略可被选择“是”或“否”， $m$  种策略产生  $2^m$  个结果，7 种策略则产生  $2^7 = 128$  种结局。但并不是所有结局都是可能的，经过分析和比较可删除大部分逻辑上不可能的结局。如：上游的两种策略选择和下游的三种策略选择是相互排斥的，即上下游的局中人不可能同时选择两种策略进行对策；经过排除逻辑上的不可能方案后，最后剩 18 种结局如表 1 所示，其中“1”表示选择该策略，“0”表示不选择该策略。

表 1 官厅水库跨边界区域水质改善政策冲突分析

Table 1 Conflict analysis of water quality improving policy for transboundary regions of Guanting reservoir

局中人		结局号																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		可能结局																
中 央	激励政策	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	控制政策	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
下游北京市	负担费用	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	污染付费	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
上游有关省、 自治区	保持现状	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	部分削减	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	完全削减	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
		偏好向量																
中 央		r	U	r	U	U	U	r	r	U	U	U	U	r	r	U	U	U
		15	3	18	9	12	6	14	17	8	11	2	5	13	16	7	10	1
下游北京市			15		15	18	18			14	17	14	17			13	16	13
		r	r	r	U	U	U	r	r	r	U	U	U	r	r	r	U	U
上游有关省、 自治区		18	12	6	15	3	9	17	5	11	14	2	8	16	4	10	13	1
					18	6	12				17	5	11				16	4
		r	U	U	r	r	U	r	U	U	r	U	U	r	U	U	r	U
		1	2	3	15	14	13	4	5	6	17	16	18	7	8	9	10	11
			1	1			15		4	5		17	17		7	7		10
				2			14			4			16			8		11
		稳定性分析																
中 央		u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	u	r	r	r	r	r
		u	s	s	r	r	r	u	s	s	r	r	r	u	u	s	r	r
下游北京市																		
		r	s	s	r	s	s	r	s	s	r	s	s	u	r	r	u	u
上游有关省、自治区																E		E

2.2.2.3 偏好向量

表 1 中偏好向量为从左到右排序，越靠近左边说明该局中人越倾向于选择该结局。中央政府决策考虑的因素有：下游北京市的供水安全和上游有关省、自治区的污染治理承受能力，倾向于以上下游合作治污，中央政府给予支持的最小费用达到整体最优。因此 15、3、18、9、12、6 号结局中上游完全削减污染物是中央政府满意的结局，而 13、16、7、10、1、4 号结局中上游保持污染现状是中央政府不满意的结局。而同样在上游完全削减污染物结局中，中央政府采用的控制策略对主体没有激励作用，可能由于当地政府的不支持而产生可操作的问题，而对上游的经济补偿，除非全部由于削减污染物，否则有鼓励污染的倾向。因此，中央政府倾向于采用控制和激励的联合策略，一方面，提高断面水量、水质标准，保证上游削减污染物，加强实施断面控制监控保障力度，实施断面水量、水质的总量控制。另一方面向上游提供经济、技术和政策援助，通过制定上下游之间的水资源保护的补偿和水污染损失的双向补偿机制，协调上下游之间的利益冲突，以保证规划水量、水质目标的可实施性。表 1 中 15 号与 3 号；18 号与 9 号；12 号与 6 号，中央政府更倾向于 15、18、12 号结局。

下游北京市倾向于选择上游完全削减污染的结局，因此其偏好向量与中央政府相类似，它们之间不同之处在于：下游倾向于使用“污染者付费”，即由上游或中央政府承担所有费用，并倾向于中央政府采用控制策略，因而表 1 中 18、12 号结局是下游满意的结局。

上游有关省、自治区决策倾向于在污染物削减过程中得到中央政府和下游最大程度的援助，并倾向于中央政府只采取激励策略，不使用控制策略，而上游可通过消极实施以及拖延策略，直至其经费得到满足。当然得不到中央政府和下游的实质性支持是其最不愿看到的结局。表 1 中 1、2、3 号结局是上游满意的结局。

## 2.2.4 稳定性分析

在表1中,每一结果的单方改进(UIs)表示假设其他局中人的策略不变,某局中人可通过单边的策略改变而获得更好的结局。在表1偏好向量中以 $U$ 表示,例如3号结局,在上游有关省、自治区和下游北京市策略不变的情况下,中央政府可单方改变“控制政策”为同时选择“激励政策”与“控制政策”,结果改进为15号,而15号结局比3号结局更有利于鼓励上下游进行合作治污,获得全区域经济效益最优,地区之间补偿机制的分配方案,对中央政府来说是比3号更理想的结局。在此基础上存在着三种类型。

(1) 理性 在这种情况下,某局中人在其他局中人策略不变时,该结局是他最好的选择,没有单方改进(UIs),理性的结果是稳定的。如:13、14、15、16、17、18号结局对中央政府;4、5、6、10、11、12、16、17、18号结局对下游;1、4、7、10、14、15、17号结局对上游来说都是理性的。

(2) 随后的制裁 某位局中人对结局进行单边改进(UIs),对他的改进,其他局中人可针对性的改变策略形成新的结局,该结局对谋求单边改进的局中人来说更差,这样就阻止了某位局中人的单边改进,该结局是稳定的。在表1稳定性分析中以 $s$ 表示。例如下游从3号单边改进为6号,6号对上游来说,是不满意的结果,上游针对性的改进至5号,而5号对下游来说是比3号更差的结局,下游从3号改进到6号的行为遭到上游随后的制裁,因此,3号结局对下游来说是稳定的。同理,对上游来说,2、3、5、6、8、9、11、12号结局在其偏好向量中是可单边改进,但在稳定性分析中遭到了中央政府或下游的随后制裁,因此上述结局对上游来说也都是稳定的。

(3) 不稳定 如果局中人某一结局的单边改进中,至少有一个单边改进没有产生随后的制裁,那么这一结局是不稳定的。在表1稳定性分析中以 $u$ 表示。例如,上游从16号改进至17号,而17号对下游来说是理性的,对中央政府来说,也是理性的。因此17号对上游来说是不稳定的。1~12号结局对中央政府来说都是不稳定的,中央政府可改进至13~18号结局使其偏好获得改进,而没有遭到其它局中人的制裁。对下游来说,1、7、13、14都是不稳定的,下游北京市可分别单方改进至4、10、16、17号结局。

对三位局中人的所有结果进行稳定性分析后,认为如果某种结局对三位局中人来说都是 $r$ 或 $s$ ,那么这种结果是均衡解,在表1中用 $E$ 表示。在官厅水库水质改善的冲突分析中存在15、17两种均衡结局。

## 2.2.5 结果解释

在两种均衡结果中,15号是三个局中人完全合作结局,17号是三个局中人部分合作结局。由于这个系统有中央政府的参与和协调及促进上下游之间的合作,而且三方都有达到总体最优的共识与合作基础,因此完全合作结局是各个局中人最倾向的均衡解,即中央政府通过激励和控制策略协调上下游的利益冲突,上游有关省、自治区同时进行污染治理、产业结构调整 and 清洁生产完全削减污染物,下游北京市负担部分费用(即15号均衡解),是三方最大程度的合作均衡解,也是帕累托效率均衡解。在这种情况下,任何一方都不可能只增加自己的利益而不损害别人的利益;部分合作结局对三位局中人都是次优的选择。

综上所述,从区域经济、社会环境、资源协调发展的角度出发,上游不仅要着力于自己的发展,还要兼顾下游的利益;下游北京市在享受上游水资源保护益处时,有义务分摊一部分水资源保护和开发的合理费用,中央政府作为协调者的角色,必须采取有效经济、技术、政策的激励措施促进上下游之间的合作,并建立相关的系统控制与反馈机制,以获得全流域帕累托效率最优解。

# 4 结 论

(1) 通过冲突分析方法对水质改善政策的信息进行组织和结构化,可以理解局中人政策的相互作用,预测冲突的可能结果,指导局中人采取最佳策略。

(2) 当“污染者付费”失灵时,中央政府给予资金、技术和政策支持上游有关省、自治区的污染物削减,可使现状获得改进。



(3) 上游经济发展同时兼顾下游北京市的利益;北京市分摊部分水资源保护的合理费用,中央政府以协调者的角色,采取激励与控制政策结合使用,全流域可获得经济净效益最优、地区间补偿机制的水资源保护方案。

#### 参考文献:

- [1] 张 德. 组织行为学[M]. 北京:高等教育出版社,1999.75.
- [2] Hipel K W, Liping Fang. A formal analysis of the Canada-U S softwood lumber dispute[J]. European journal of operational research, 1990, 46: 233 – 240.
- [3] 李清,徐志军,汪应洛. 图们江经济区贸易发展生产要素推动阶段的冲突分析[J]. 系统工程理论与实践,1997(5):60 – 66.
- [4] McBean, Edward A. Use of metagame analysis in acid rain conflict resolution[J]. Journal of environmental management, 1988, 27: 153 – 162.
- [5] Norio. Hypergame Analysis of the lake Biwa conflict[J]. Water Resources Research, 1985, 21(7):917 – 926.
- [6] Lord W B, Wallace M G, Shillito R M. “ Linked Models for Indian Water Rights Disputes[A]. ” in Viessman W, Smerdon E T, Managing Water-Related Conflicts: The Engineer's Role[C]. New York:ASCN, 1990. 180 – 193.
- [7] 刘文强,孙永广,顾树华,等. 水资源分配冲突的博弈分析[J]. 系统工程理论与实践,2000(1):16 – 25.
- [8] Clausen T J, Jens Fugl. Firming up the conceptual basis of integrated water resources management[J]. Water resources development, 2001, 17(4):501 – 510.
- [9] 曾维华,程声通,杨志峰. 流域水资源集成管理[J]. 中国环境科学,2001,21(2):173 – 176.
- [10] Fraser N. Conflict analysis: models and resolutions[M]. New York: North-Holland, 1984. 10.
- [11] 北京市水利科学研究所,等. 官厅水库流域水质改善总体技术方案研究项目总报告[R]. 2002.2 – 3.

## Policy conflict analysis of water quality improving for the transboundary regions of Guanting reservoir\*

ZENG Yong<sup>1</sup>, YANG Zhi-feng<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Environmental Sciences, State Joint Key Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control,

Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Institute of Water Sciences, Key Laboratory for

Water and Sediment Sciences of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** In the paper, the water conflict in transboundary regions of Guanting reservoir watershed is studied. The conflict model is obtained by using the conflict analysis techniques of Fraser and Hipel, in which there are three sides concerned, the central, the upstream and the downstream government. Out of 18 possible outcomes, the partly cooperative outcome and the fully cooperative one are optimized by analyzing the preferences of each side and the stability of their outcome. And the fully cooperative outcome will be most likely to occur, which shows that with coordination of the central government using the stimulus and strategy, the cooperation between the upstream and downstream government can improve the status of water resource, i.e., the upstream to reduce pollutant completely and the downstream to give financial support.

**Key words:** conflict analysis; transboundary regions; water environment; policy; Guanting reservoir; water quality