

基于博弈论的流域水污染治理约束优化模型

张 阳 ,黄德春 ,汤云超 ,汪 群

(河海大学商学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 :从水污染治理监管主体和客体之间的机会利益角度出发 ,建立博弈双方的优化模型 ,以松花江流域水污染治理实践验证该模型 ,验证结果表明可以通过加大对排污企业的收费 ,加大查处概率和惩罚强度等手段来实现博弈均衡下的帕累托改进。

关键词 :水污染治理 ;约束机制 ;机会利益 ;博弈论

中图分类号 :X524 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2009)03-0068-05

Constrained optimization model of river basin water pollution control based on game theory//ZHANG Yang , HUANG De-chun , TANG Yun-chao , WANG Qun(*Business School of Hohai University , Nanjing 210098 , China*)

Abstract :From the perspective of opportunity benefits of the subject and object of water pollution control supervision , an optimization model for the two sides in the game is established. The model is verified by the water pollution control experience of the Songhua River Basin. The results show that Pareto improvement can be achieved in the condition of game equilibrium through higher fees of pollution emission firms and increasing the intensity and rate of punishment.

Key words :water pollution control ; restriction mechanism ; opportunity benefit ; game theory

1978 年改革开放以来 ,我国经济一直处于高速增长阶段 ,但由于认识和资金等方面的原因 ,环境无可避免地成为经济增长的受害者 ,水体更是首当其冲 ,往往成为污染的最终受纳者。目前 ,水污染已成为中国严重的环境问题。中国主要城市的水质近一半不完全符合饮用水源水质标准。污染源中 ,最主要的是粪便污染 ,其次为工业和农业化学污染。地表及近岸海域水质方面 ,有 1/3 河流和 1/4 近岸海域水质污染严重。

造成水污染的主体是人类自身 ,所以治理水污染的关键在于管好人的行为。人的行为需要制度约束 ,人的行为规范了 ,水污染必然会得到缓解。水污染牵涉多方主体 ,各方主体之间的关系错综复杂。笔者选取水污染监管主体与客体之间的关系进行讨论 ,研究两者之间的治理约束机制。目前 ,水污染监管主体与客体之间缺乏强有力的约束 ,查处成本较高 ,对查处违规行为的激励动力不足 ,而违规者又没有足够的动力去约束自己的违规行为。因此需要对水污染治理约束机制进行优化 ,例如加大对排污企业的收费 ,加大查处概率和惩罚强度等。

1 水污染治理监管主体与客体间的机会利益分析

不对称信息条件下利用相对信息优势所提供的机会而获得的经济净收益称为机会利益 ,机会利益具有不确定性、时效性和主观性 3 个基本特点 ,对资源配置具有重要影响。机会利益存在的基本前提是信息不对称 ,信息优势者可获得的机会利益与掌握同一信息的市场主体数量成反比。机会利益的性质取决于经济主体发现了什么机会和通过什么方式来利用机会 ,为提高资源配置效率 ,应当约束分配性机会利益、鼓励获取生产性机会利益。

阿罗^[1]、施蒂格勒^[2]、Grossman 等^[3]对机会利益理论的形成做出过重要贡献。阿罗^[1]暗示了在不确定性条件下取得相对信息优势可以获得某种利益 ,该利益具有不确定性 ,并且可能是生产性机会利益也可能是分配性机会利益。施蒂格勒^[2]论述了厂商怎样为获取长期利益而合作 ,又怎样利用信息优势来获取短期利益。Grossman 等^[3]认为 ,在市场不稳定的条件下 ,信息优势者将比信息劣势者占有更大

基金项目 :国家社会科学基金(07BJY068) ;河海大学人文社会科学基金(2007400711) ;河海大学社会科学基金(2007401211) ;教育部人文社会科学研究基金(07JC630017)

作者简介 :张阳(1960—) ,男 ,江苏淮安人 ,教授 ,博士 ,从事水利水电战略管理研究。E-mail :zyang@hhu.edu.cn

的市场优势 ,但信息优势者所掌握的信息的经济价值与掌握同样信息的市场参与者人数成反比。也就是说 机会利益的大小取决于相对信息优势的程度 ,而且机会利益与信息的公开程度成反比。金伯富^[4]从机会利益角度分析了金融市场的变迁 ,李建^[5]从机会角度分析了金融监管制度激励与约束机制优化。笔者基于机会利益理论的博弈模式 ,分析水污染治理的监管主客体间利益关系 ,提出水污染治理约束机制的优化模型。

在不完全信息条件下 ,环境管理部门不能有效地监测到每个排污企业的排污量和污染治理的努力水平 ,只能测量到环境的总体污染水平。此时 ,排污企业有偷懒(节省污染治理成本)的本能需求 ,这是因为偷懒的成本(受到处罚)因信息障碍而大幅度降低 ,通过偷懒会增加企业的利润。因此 ,排污企业会隐瞒自己的排污行为和污染治理情况。同时由于存在着大量的企业 ,以环保部门极其有限的人员是不可能切实监督起全部企业对环境的污染行为的。

信息不对称导致了相对信息优势的存在。在目前的水污染治理体制下 ,环保部门或者交通部门的航政机关作为监管主体 ,排污单位为监管客体 ,两者之间存在着相对信息优势 ,从而决定了其机会利益差异 ,进而决定着监管主体和客体之间的行为。

在我国现行体制下 ,对污染进行监控、治理 ,对排污单位进行相应的处罚是各监管单位需要履行的职责 ,这也是我国现行法律所规定的。因而对水污染治理约束机制的优化实质就是相关权力部门在考虑到环境监管主体和客体的机会利益基础上 ,代表社会利益制定出更完善的监管制度 ,以协调监管过程中个体理性与集体理性的冲突 ,并使集体理性充分彰显。这里就不将它作为利益人看待 ,而重点分析环境监管主体的机会利益行为(如做好本职工作和有效查处违规受到的奖励和表彰 ,以及不查处违规行为而节约的时间、精力以及获得的非正当利益等)和监管客体的机会利益行为。假定在机会利益的驱动下 ,作为水污染监管主体可供选择的行为策略是查处和不查处 ,作为水污染监管客体可供选择的行为策略是违规与不违规 ,并且水污染监管客体选择的依据是努力实现自身机会利益最大化 ,以体现其个体理性的要求。

机会利益既可能是损人利己的结果^[6] ,也可能是创造社会财富的结果 ,本质是不失时机地发掘信息并利用信息优势来获取利益。当水污染治理的监管主体和客体处于对称信息状态时 ,也就无机会利益可言。只有在机会利益的驱动下 ,博弈双方才有动力收集市场信息 ,直至搜寻信息的边际收益等于

边际成本 ,其实现方式可能是通过改变监管主体与客体之间的利益关系来实现。这其实是一种零和博弈或负常数博弈 ,是一种利益再分配的结果。

2 博弈双方优化模型的建立

水污染治理的监管主体和客体之间存在机会利益 ,双方都具有很强的主观性。一方面 ,接收信息的监管主体和客体通常会根据自己的特定目的和实际能力来处理、加工、评估、利用所得到的客观信息 ,以求尽量减小风险成本。但由于他们对信息的了解程度、所存在的相关背景以及搜集到信息的完整程度等的差异 ,导致了信息优势差异 ,进而决定了机会利益行为差异。另一方面 ,监管主体和客体能否准确地意识到自身的相对信息优势 ,能否对对方的可能反应做出准确的预测和决策 ,影响着实际可获得的机会利益。所以 ,拥有同样信息优势的不同利益主体往往会采取不同的使用信息优势的方式 ,从而获得不同的机会利益^[7]。在水污染治理过程中 ,双方达不到帕累托最优。

2.1 优化模式中有关变量的设定

假定环保部门等监管主体做好本职工作的正常收入是 a ,因有效查处排污单位违规行为受到的奖励和表彰为 u ,因排污单位违规而不查处受到的制度处罚为 k ,查处工作的成本为 h ,则 $u + k - h$ 可理解为环保部门等监管主体查处违规与不查处违规的相对差额 ,且满足 $u + k - h > 0$ 。排污单位的职责是遵守法律规范排污治污 ,其正常收益为 b ,因违规而没有受到查处的额外收益为 v ,因被发现违规而受到的处罚为 n 。上述情况作为水污染治理监管主体和客体双方共同的对称信息 ,除此之外的其他信息均作为双方的不完全对称信息(即形成相对信息优势的条件) ,从而可建立相应的博弈双方分析表(表1)。

表1 不对称信息条件下的博弈双方分析

监督客体	监督主体收入		监督客体收入	
	监督主体 查处	监督主体 不查处	监督主体 查处	监督主体 不查处
违规	$a + u - h$	$a - k$	$b - n$	$b + v$
不违规	$a - h$	a	b	b

2.2 水污染治理监管主体与客体最优行为选择策略分析

按照博弈论基本原理 ,纯监管博弈在某种意义上近乎一种常数和博弈 ,博弈双方的机会利益呈现反向变化(即此增彼减)的关系 ,在纯纳什均衡条件下不但难以形成监管与被监管的关系 ,还容易导致串谋 ,共同违规。因而笔者将考虑环保部门等监管主体和排污单位之间的混合纳什均衡。

如果设排污单位的违规概率为 $x(0 \leq x \leq 1)$,不

违规概率则为 $1-x$,环保部门等监管主体的查处概率为 y ($0 \leq y \leq 1$) ,不查处概率则为 $1-y$ 。那么 ,在给定 x 时 ,环保部门等监管主体选择查处 ($y=1$) 和选择不查处 ($y=0$) 的预期机会利益分别为

$$U(1,x) = (a+u-h)x + (a-h)(1-x)$$

$$U(0,x) = (a-k)x + a(1-x)$$

令 2 种选择的预期机会收益相等 ,即 $U(1,x) = U(0,x)$,则在该均衡条件下排污单位的最优违规概率为 $x^* = h/(u+k) = 1/[1+(u+k-h)/h]$,给定 y 时 ,排污单位选择违规 ($x=1$) 和选择不违规 ($x=0$) 的预期机会利益分别为

$$U(1,y) = (b-n)y + (b+v)(1-y)$$

$$U(0,y) = by + b(1-y)$$

令 2 种选择的预期机会利益相等 ,即 $U(1,y) = U(0,y)$,则在该均衡条件下排污单位等监管主体的最优查处概率为 $y^* = v/(n+v) = 1/(1+n/v)$ 。这样 ,上述环保部门等监管主体和排污单位机会利益混合选择的纳什均衡解为 $[(h/(u+k)), 1-h/(u+k)]$, $[v/(n+v), 1-v/(n+v)]$ 。

对于排污单位的最优机会利益行为选择而言 ,如果预期 v 远大于 n ,违规而没有受到查处的额外收益远大于被发现违规而受到的处罚时 ,即满足 $v \geq n$ 时 ,要求环保部门等监管主体的最优查处概率为 $y^* = v/(n+v) = 1/(1+n/v) \approx 1$,否则违规行为将时时处处发生 ;反之 ,如果预期 v 远小于 n ,违规而没有受到查处的额外收益远小于被发现违规而受到的处罚时 ,即满足 $v \leq n$ 时 ,违规行为几乎不发生 ,环保部门等监管主体的最优查处概率为 $y^* = v/(n+v) = 1/(1+n/v) \approx 0$,如果预期 v 与 n 相差不多 ,则排污单位将以一定概率选择违规 ,并相应要求环保部门等监管主体的最优查处概率为 $y^* = v/(n+v) = 1/(1+n/v)$ 。

对于环保部门等监管主体的最优机会利益行为选择而言 ,如果 $u+k-h \geq h$,环保部门等监管主体查处违规与不查处违规的相对差额远大于工作成本时 ,排污单位的最优违规概率为 $x^* = h/(u+k) = 1/[1+(u+k-h)/h] \approx 0$,查处行为几乎时时处处发生 ;反之 ,如果预期 $u+k-h$ 远小于 h ,环保部门等监管主体查处违规与不查处违规的相对差额远小于工作成本时 ,即满足 $u+k-h \leq h$,查处行为几乎不发生 ,排污单位的最优违规概率为 $x^* = h/(u+k) = 1/[1+(u+k-h)/h] \approx 1$,如果二者相差不多 ,则环保部门等监管主体将以一定概率选择查处 ,并相应要求排污单位等监管客体的最优违规概率为 $x^* = h/(u+k) = 1/[1+(u+k-h)/h]$ 。

2.3 水污染治理约束机制的优化

从前文的分析可以看出 ,环保部门等监管主体的机会利益行为选择取决于查处行为与不查处行为的机会利益大小的比较 ,排污单位的机会利益行为选择取决于违规行为与合规行为的机会利益的大小比较^[8]。当监管主体和客体的机会利益同方向变化 (正相关) 时 ,就极易导致博弈双方串谋 ,共同违规 ;当环保部门等监管主体和客体的收益反方向变化 (负相关) 时 ,博弈双方就容易形成监管与被监管的关系 ,博弈双方之间的这种利害关系为优化水污染治理的约束机制提供了基本思路。在现有法律法规的约束条件下 ,从水污染治理监管主体和客体的纯均衡博弈的角度看^[9] ,下面 4 种情况值得考虑 :

a. 从法律法规制定的角度看 ,上述博弈最理想的结果是纯均衡 (不违规 ,不查处) ,此即达到一种无为而治的最高境界 ,但这显然与现实相差太大。因为根据风险的边际收益等于风险的边际成本的经济行为原则 ,博弈双方至少有一方存在期望机会利益改善的可能 ,因而这种均衡对于博弈双方来说不是最优的 ,不符合个体理性的要求 ,双方的机会利益投机心理将使其不可能达到。

b. 纯均衡 (不违规 ,查处) 使排污单位得不偿失 ,因成本太高 ,不符合其个体理性的要求 ,相关部门也不会制定相关的法律法规。

c. 纯均衡 (违规 ,不查处) 使环保部门等监管主体得不偿失 ,损失很大 ,相关部门同样也不会制定相关的法律法规。

d. 最糟糕的结果是纯均衡 (违规 ,查处) ,它使博弈双方都不经济 ,也是作为法规制定部门最不愿意看到的 ,它既不符合集体理性的要求 ,也不符合个体理性的要求。如果出现该博弈均衡 ,表明双方没有形成有效的监管与被监管的关系 ,环保等相关监管部门和排污企业之间监管制度安排存在效率损失 ,博弈双方存在机会利益损失 ,尚存在改进的余地。改进的方向是努力实现混合纳什均衡。所以 ,混合纳什均衡所体现的经济学意义是 :排污单位以 $h/(u+k)$ 的概率随机选择违规 ,以 $1-h/(u+k)$ 的概率随机选择不违规 ,环保部门等监管主体以 $v/(n+v)$ 的概率随机选择查处 ,以 $1-v/(n+v)$ 的概率随机选择不查处。还可以理解为 :在众多的排污单位中 ,有 $h/(u+k)$ 比例的排污单位选择违规 ,有 $1-h/(u+k)$ 比例的排污单位选择不违规 ,环保部门等监管主体随机查处 $v/(n+v)$ 比例的排污单位。进一步看 ,尽管上述混合纳什均衡能得到博弈双方满意 ,但从法规制定部门的角度看 ,上述均衡仍然存在着帕累托改进余地。改进的思路是在保持博弈均

衡的前提下,尽可能降低违规概率 $x^* = h/(u+k)$ 和加大查处概率 $y^* = v/(n+v)$ 。在现行的法律框架下,可以考虑由检察机关监督环保行政机关,以督促其履行职责,加大查处的概率。负责和参与水污染防治的行政机关较多,检察机关可以根据内部职能分工的不同,确定由检察机关的控申部门收集对环境资源破坏大、对经济发展阻碍大、对国家和群众利益危害大、社会舆论和群众反响强烈的水污染事件,由检察机关内部相对固定的环境类案件办案人员负责水污染事件的初查,查明水污染的基本事实,并取得相关证据,同时还要初步查明水污染的基本原因以及水污染事件所涉及的环保部门或协同监督的行政机关(如交通部门的航政机关、水利管理部门、卫生行政部门、地质矿产部门、市政管理部门、重要江河的水源保护机构),然后由控申部门将查明的事实和证据移交反渎职部门进一步查处。通过检察建议书,向相关行政机关明确告知该机关在水污染基本情况及环境行政执法方面存在的问题,以及水污染可能引发的法律后果等情况,提请该行政机关应当严格执法,协助排污单位制定整改措施^[10]。

3 案例分析

选取松花江流域水污染治理实践来验证水污染治理约束优化模型。前文提出了帕累托改进的思路是在保持博弈均衡的前提下,尽可能降低违规概率 $x^* = h/(u+k)$ 和加大查处概率 $y^* = v/(n+v)$,这可以通过加大对排污企业的收费,加大查处概率和惩罚强度等手段来实现。

2007年,松花江流域25个水质断面的监测结果表明,松花江流域干流水质为轻度污染,36.4%的断面为Ⅲ类水质,63.6%的断面为Ⅳ类、Ⅴ类水质;支流为中度污染,8条支流7.1%的断面为Ⅱ类水质,57.1%的断面为Ⅳ类水质,劣Ⅴ类占35.8%。虽然存在法规不全、体制不顺、机制不活、投入不足、能力不强等客观原因,但主观上执法不严、违法不究以及违法成本低、执法成本高造成的问题十分严重。在这种情况下,排污单位违规而没有受到查处的额外收益远大于被发现违规而受到的处罚,即预期 v 远大于 n ,此时要求环保部门等监管主体的最优查处概率为 $y^* = v/(n+v)(\approx 1)$,但实际上由于环保部门执法成本过高,并没有达到最优查处概率,从而导致违规行为将时时处处发生^[11]。同时,环保部门等监管主体查处违规与不查处违规的相对差额远小工作成本,即满足 $u+k-h$ 远小于 h ,此时查处行为几乎不发生,而排污单位的最优违规概率为 $x^* = h/(u+k)(\approx 1)$ 。所以,无论是对排污单位的最优

机会利益选择而言,还是对环保部门等监管主体的最优机会利益行为选择而言,结果都是排污单位查处效率低,而排污单位的违规概率却很高。在现实情况中,不可能达到博弈双方最理想的纯均衡,只能是排污单位违规、监管部门查处这样一种博弈双方都不经济的均衡结果,最大限度地补偿监管制度的效率损失,改进博弈双方的机会利益损失,努力实现纳什均衡。

从法规制定角度来看,应加大执法的力度和惩罚的强度,提高查处概率以降低违规概率。2008年2月《水污染防治法》修订案出台,该修订案对违法行为的处罚力度是相关法律中最大的。对于造成水污染事故的罚款额不再上限,超标排放行为越严重,造成的损失越大,受罚就越多;并且污染者需要承担相应的民事和刑事责任。这些规定充分体现了国家对污染处罚的力度正逐渐变大,力求对排污者起到有力的约束作用,在现行法律制度的框架内开始考虑由检察机关监督环保行政机关。

在实践中,吉林省依法关停了造纸企业93户,淘汰落后造纸产能12.4万t;加大了对糠醛企业的环境监管,暂停了新建糠醛项目的审批。开展环保专项行动,依法对208家企业实施了处罚,停产治理294家,关停137家,取缔46家,搬迁34家,集中清理整治工业园区环境违法行为。同时,严肃查处环境违法违纪案件,吉林省环保局会同吉林省监察厅对4家典型环境违法企业进行挂牌督办,对辽河垦区管理局环境违法违纪问题进行了立案查处。黑龙江省开展了松花江流域百日涉水企业专项行动,对石化、化工、焦化、冶炼、造纸、食品、酿造、制药等重点行业、县(区)涉水排污企业和新建项目进行了重点整治。加强了对电力、石化、化工等行业的环境监管,淘汰关闭企业116家,对134家企业实施了处罚,停产治理173家,限期治理352家,限期整改215家,清理、纠正违反环保法律法规“土政策”13件。内蒙古自治区深入开展了环保专项行动,组成督查组对兴安盟松花江水污染防治工作进行了督查,依法对11家企业提出了整改要求。

在采取这些监管措施之后,近期国家环境保护总局东北环保督查中心对吉林、黑龙江2省松花江治污工作进行了督查,共对120个污染源进行了采样监测,有49家超标排放,超标率为40.8%,其中黑龙江省43.9%,吉林省34.2%,与去年同期检查结果相比超标率都下降了50%左右,取得了非常大的进步。

从该案例中可以看出,在采取一系列措施后,水污染情况得到了缓解和改善,但由于数据搜集还不够完整,所研究问题的针对性亦不是很强,只能大体

上说明该模型在实践中得到了验证,更详尽的验证还有待进一步的研究。

4 结 论

首先,环保等监管部门与排污单位之间的博弈关系是客观存在的。在信息不完全对称的条件下,环保部门不能十分有效地对排污单位进行监督和管理,利用相对信息优势追逐机会利益,必然导致机会利益行为的产生,应设计针对这种行为的约束机制。

其次,环保部门等监管主体的最优行为选择有利于提高自身的机会利益。应将环保部门等监管主体的生产性机会利益与监管绩效挂钩,加大对环保部门等监管主体行政作为的奖励和对其行政不作为的惩罚,从而提高其行政作为的积极性,避免其与排污单位串谋,更好地对排污企业进行监管和约束。可以考虑在环保部门及其他相关部门对排污单位收取的罚款额中,拿出一定的比例归环保部门作为奖金,其余的设立基金,称之为“信息基金”,监管者的收入越多,也越有动力实施监管。

最后,排污单位是否违规取决于预期机会利益大小的权衡。由于违规水平与查处概率和惩罚强度成反方向变动。查处概率与处罚强度越大,排污单位违规的边际成本就越大,违规的机会利益就越低,违规水平就越低。应协调好查处概率和处罚强度,当查处的概率较低时,就需要重罚;处罚较轻时,必须提高查处的概率。当然,查处概率和惩罚强度并非越大越好,因为查处和惩罚违规事件是需要成本的。查处的力度越大,付出的查处成本和惩罚成本

就越大。当惩罚的力度达到某一临界值时,继续查处违规行为所增加的社会成本将大于因减少违规事件所减小的社会边际损害,从而使查处和惩罚违规行为得不偿失。因此,在不对称信息条件下,存在一定数量的违法违规行为是不可避免的。

参考文献:

[1] 肯尼思·阿罗.信息经济学[M].北京:北京经济学院出版社,1989:210-230.
[2] 乔治·J·施蒂格勒.产业组织和政府管制[M].上海:上海三联书店,1989:106-120.
[3] GROSSMAN S, STIGLITZ J E. On the impossibility of informationally efficient market[J]. American Economic Review, 1980, 70(3):393-408.
[4] 金伯富.金融体制变迁:从机会利益角度的分析[J].财贸经济,1998(9):16-19.
[5] 李建.金融监管制度激励与约束机制优化:基于机会利益理论的博弈模式[J].投资研究,2008(4):14-18.
[6] 张军.现代产权经济学[M].上海:上海三联书店,1994:300-306.
[7] 陈德湖,蒋馥.环境治理中的道德风险与激励机制[J].上海交通大学学报,2004,38(3):466-469.
[8] 邓峰,马庆国.促进环境资源可持续发展的激励兼容机制研究[J].中国软科学,1999(12):15-18.
[9] 吴勇.委托代理框架下的激励问题与激励机制设计[J].企业管理,2005(11):109-110.
[10] 王金南,曹东.可持续发展战略与环境成本内部化[J].环境科学研究,1997(1):37-42.
[11] 李成威.公共产品的需求与供给:基于评价与激励理论的分析框架[J].财政研究,2005(5):30-33.

(收稿日期:2008-09-10 编辑:骆超)

(上接第 31 页)

为了真正做好国内河流的河道采沙合理利用和控制工作,今后还需针对各河流的具体情况循序渐进地细化和量化河流系统的发育演变状况、各影响要素的权重以及各影响指标的量值。

参考文献:

[1] 毛野,张志军.初析长江河道采砂的利弊得失[J].河海大学学报:自然科学版,2001,29(6):68-72.
[2] 周传平.刍议大清河河道采砂对防洪的影响[J].人民黄河,1995,17(8):16-17.
[3] 毛世民,傅萍.河道非法采砂的危害:模范河段变险段[J].治淮,2003(3):38-39.
[4] 钱挹清.珠江三角洲河道无序采沙影响及管理措施[J].人民珠江,2004(2):44-58.
[5] 韩龙喜,计红,陆永军,等.河道采沙对珠江三角洲水情及水环境影响分析[J].水科学进展,2005,16(5):685-690.

[6] 毛野,黄才安.采砂对河床变形影响的试验研究[J].水利学报,2004,35(5):64-69.
[7] 沈蕾.地区旅游产业发展模式评价指标体系的构建和实证研究[J].商业经济与管理,2008(2):51-56.
[8] 房树琼,杨保安,余垠.国家能源安全评价指标体系之构建[J].理论探讨,2008(3):32-36.
[9] 初彩霞,蔡为民.论我国商务环境的概念框架与评价体系的建立[J].商场现代化,2008(2):6.
[10] 周立江.森林健康内涵及评价指标探讨[J].四川林业科技,2008,29(1):27-30.
[11] 蔡守华,胡欣.河流健康的概念及指标体系和评价方法[J].水利水电科技进展,2008,28(1):23-27.
[12] 刘丹,程卫帅.长江河道采砂管理健康评价指标体系研究[J].长江科学院院报,2007,24(6):49-52.
[13] 赖永辉,谈广鸣,曹志先.珠江采沙河段水沙数学模型研究[J].水动力学研究与进展:A 辑,2007,22(2):168-174.
[14] 赖永辉,谈广鸣,曾慧俊.采沙河流二维水沙耦合数学模型[J].武汉大学学报:工学版,2008,41(1):19-12.

(收稿日期:2008-09-18 编辑:骆超)