

# 排水权交易定价方法及案例研究

## ——以秦淮河流域为例

蒋昀辰 黄贤金 徐晓晔<sup>1</sup>

(南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023)

**【摘要】:** 在城市扩张和资源稀缺的矛盾中, 在水患灾害和经济发展的冲突下, 明确排水权产权化, 推进排水权交易市场化, 保证排水权定价合理化是治理水患灾害的新思路。首次提出排水权交易的制度保障、四项排水权交易定价原则和两个层次的排水权定价理论。基于洪涝灾害的损失评估方法和防汛设施的建设成本来进行排水权成本的计算, 并以此为基础建立了洪涝损失元模型, 进一步形成了排水权成本模型, 并在整体最优的约束条件下, 提出了交易策略和定价模型, 从理论上证明了排水权交易对防汛排水效率提高的推动作用。最后应用社会经济统计数据空间展布方法, 结合南京市、句容市 2016 年的社会经济数据和同年 7 月汛期的人文站点水位数据, 计算出当时的句容市和南京市的排水权平均价格分别为 5.97 和 18.30 元/m<sup>3</sup>, 证实了排水权交易在实践中的可行性。

**【关键词】:** 排水权 排水权交易 定价原理 秦淮河流域

**【中图分类号】:** F205 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2021)06-1308-09

随着城市化进程的推进, 经济社会快速发展, 资源的稀缺性伴随着供需矛盾的深化日益突显, 资源价值和效率提高也在交易中得到进一步的体现<sup>[1~4]</sup>。资源的内涵在新的时期也会有新的补充, 发展和免受灾害影响的权利也是一种资源。经济发展的新时期, 对资源合理配置和资源利用效率的要求也在提高。

我国长久以来遭受自然灾害, 其中水灾在多种因素的叠加影响下, 呈现出频发性、普遍性、破坏性、区域性、季节性、阶段性和群发性的特征<sup>[5,6]</sup>。洪水灾害损失占自然灾害损失和 GDP 比重高<sup>[7]</sup>, 对经济社会的稳定发展造成干扰, 对有限稀缺的能源环境造成破坏。近年国家持续加大水利设施建设, 疏浚水系, 完善排水蓄水功能<sup>[8,9]</sup>, 但受自然条件限制, 我国依旧是世界上洪涝灾害最严重的国家之一<sup>[10]</sup>。其中排水权的纠纷一直没有有效解决, 汛期引发洪涝灾害时, 流域的上下游、左右岸、支流干流之间只顾自身的排涝压力, 不顾及其他主体的损失, 未能从整体流域考虑, 导致纠纷不断, 主体间的强弱势地位也会导致排水权不能公平地分配和使用<sup>[11]</sup>。利用市场手段, 使排水权在主体间交易, 可以解决一定的纠纷, 提高排水效率, 减轻水患灾害, 促进区域发展。

## 1 排水权及其交易定价思路

### 1.1 排水权的内涵

<sup>1</sup>作者简介: 蒋昀辰(1996~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用, 资源经济. E-mail: NJU\_Jyc@163.com

黄贤金 E-mail: hxj369@nju.edu.cn

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(17ZDA061); 江苏省决策咨询研究基地基金(20SS1021)

排水权作为《中华人民共和国水法》第 28 条规定的单位和个人拥有的权利<sup>[12]</sup>,目前学界对其具体定义和内涵尚不明确。通过一般性的理解,排水权可以定义为既包含人为方法排泄流动或积存于地表或地下的足以造成危害或可供循环利用之水的权利也包含由于暴雨洪水所产生的涝水排放权利<sup>[13]</sup>。学界对其法律界定尚存争议,有学者认为水权是用益物权,不包含处分权,则排水权不属于水权的范畴,属于地役权<sup>[14]</sup>;同时也有学者认为水权作为特殊的用益物权包含了事实上的处分权和法律上的处分权,水权是包含了排水权在内的一系列权利的集合<sup>[15]</sup>。本文认为将排水权当做水权体系的一部分理解更为妥当,也更体现了水权的独立性。水权理论诞生于国外,上世纪 80 年代,美国等西方国家开始着力研究水权理论、构建水权交易机制和体系。国内研究相对滞后,2000 年水利部提出水权理论后,国内学者针对水权的法律依据<sup>[16]</sup>、交易流程及模式<sup>[17,18]</sup>、制度框架<sup>[19]</sup>、水权市场<sup>[20,21]</sup>和交易的影响<sup>[22]</sup>等方面,展开了理论的研究和实践的检验,形成了较为完善的水权理论体系。但在现有的水权体系研究中,更多的是将水权作为在水资源缺少时,对水资源的所有权、经营权和使用权<sup>[23]</sup>,针对在水资源多余成灾的情况下,主体对于避免其损失所享有的排水权研究较少。相关研究以江苏省为例,说明了排水权配置和交易的必要性和可行性<sup>[24]</sup>,也有研究构建了基于混沌优化-投影寻踪技术的排水权分配模型,并在淮河流域的研究中得出了具有现实指导意义的结论:苏中地区排水权普遍高于苏北地区<sup>[25]</sup>。本文希望通过探讨排放可控情况下的排水权交易中的定价研究,进一步完善排水权交易环节,适当丰富水权研究的边界和内涵。

## 1.2 排水权交易

在对排水权进行研究的时候,需要注重产权界定和交易,从而提高滞洪能力配置效率。科斯定理强调在解决外部性问题中,资源配置的优化与权利配置无关,但是权利的配置必须明确,合法权利的界定是启动市场配置资源的根本前提<sup>[26]</sup>。在归属界定清晰的情况下,排水权的权力特征得以彰显,任何人或组织都有一定量的排水权利,没有权利的一方或配额不足的一方可以通过市场向有权利的一方购买。使排水资格产权化,体现排水权的经济属性,使之可以在市场中交易买卖,交易主体可以在购买排水权、出卖排水权和不进行排水权交易三者间进行选择,根据成本-收益安排交易行为,使稀缺的环境资源流向利用率最高的主体,促进滞洪蓄洪能力资源的合理配置。保证排水权交易的另一核心问题就是排水权的定价问题,只有交易双方在定价问题上有统一的认识,才能保证排水权的交易具有实际意义和可操作性。

## 1.3 排水权的定价原理

合理的定价要在一定约束和特征条件下形成,排水权的定价需尊重层次性、义务性、边际性和季节性四条基本原则。

层次性原则。排水权交易的主体是有层次的,包含流域内的上下游、左右岸的行政单元之间,也包括行政区域内部各单位之间的交易。所以排水权交易的定价也是有层次性的。流域内的定价从整体流域的立体视角出发,行政区域内部的排水权定价从储水的义务出发。

义务性原则。排水权的定价是实际承受洪水水量和储水义务的差值决定的。即并非所有的洪水损失都能计算在排水权的定价中,只有超额部分才决定排水权交易的价格。

边际性原则,即整体最优原则。在排水权定价时,强调边际性成本的均衡,只有各主体的边际成本和边际收益一致时,才能确保排水权使用的成本最低,洪涝灾害造成的损失最小。

季节性原则。洪涝灾害随季节气候变化,呈现季节性特征,所以排水权的交易和定价也应该具有季节性原则。

基于四项原则,排水权定价形成两个层次的理论,第一个层次是针对单个主体的成本定价理论和收益定价理论,更注重排水权的价值;第二个层次是主要针对交易环节的市场定价理论,由于基于市场,则更偏重于排水权的成交价格。

成本定价理论是从出售排水权的主体视角出发而建立。主体出售排水权，承担多于储水义务的储水量，造成额外损失，这部分额外损失就是成本定价原理所核定的排水权价值。

收益定价理论是以购买排水权的主体的收益进行定价。主体购买排水权，获得更多的洪水排放权利，因减少的洪水承受行为所减轻的灾害损失，也就是通过排水权交易获得的经济价值，就是收益定价理论下的排水权的价值所在。

市场定价理论是各主体通过磋商形式或拍卖形式，即通过市场的行为决定排水权的最终定价。市场定价理论是以成本定价理论和收益定价理论为基础形成的理论。具体讲，各主体在面对各自的洪水实际情况下，根据成本定价理论和收益定价理论计算出各自出售的排水权和购买的排水权的价值，通过平台进行磋商、拍卖等市场行为，最终在特定的条件下形成具体的排水权的价格，这就是市场定价理论指导下的排水权定价。

### 1.4 排水权定价整体思路

排水权的定价可以参考排污权、水资源使用权、碳排放权等的交易定价研究。其中，排污权和排水权具有高度的相似性，都是避免损害、免受损失的权利，也都涉及了上下游等相邻关系间的利益分配，所以研究排污权的交易定价工作更具针对性。国内外学者通过成本理论<sup>[27~29]</sup>、影子价格分析方法<sup>[30,31]</sup>、GARCH 模型<sup>[32]</sup>、模糊数学理论<sup>[33]</sup>、马尔科夫转换模型<sup>[34]</sup>、风险中性简化式模型<sup>[35]</sup>、博弈论<sup>[36]</sup>和拍卖模型<sup>[37]</sup>等方法理论模型来研究了排污权的定价影响因素、现货市场中的价格行为和价格的形成机制等问题，对研究排水权的定价问题有着很好的借鉴作用。现提出了排水权交易定价思路，如图 1 所示。其中，明确了排水权产权化是排水权初始分配和交易的前提和基础；定价时，通过定价原则指导定价原理，通过成本方法中的洪涝损失构建洪涝灾害损失元模型，辅以防汛设施建设成本核算的同时，在定价原则的要求下，形成排水权成本模型，为排水权交易定价；最后通过模型进行的策略证实排水权交易的合理性。

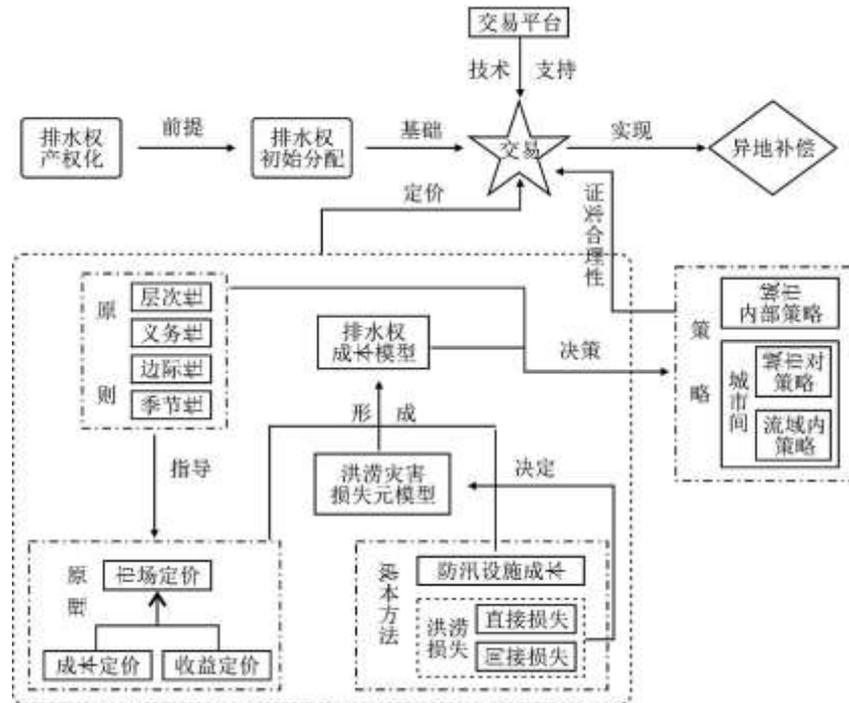


图 1 排水权交易定价研究框架图

## 2 排水权定价方法

排水权的定价理论分为两个层次，第二层次的市场定价理论是在第一层次的成本定价理论和收益定价理论中寻找平衡，也是依托第一层次的两个理论而形成的。在第一层次内部，成本定价理论和收益定价理论是基于同一主体的两重身份而形成的，本质上都是通过对成本的核算来确定成本和收益的，收益即是购买排水权减少的成本。所以归到统一，都是基于对主体成本的核算，所以在排水权交易定价方法中，成本定价是核心。

### 2.1 排水权的成本核算方法

排水权的成本就是洪涝灾害中的损失和防汛设施的修建维护成本的总和：

$$C = L_{Fid} + C_{Fac} \quad (1)$$

式中：C 为总成本； $C_{Fid}$  为洪涝灾害损失； $C_{Fac}$  为防汛设施的修建维护成本。

对于洪涝灾害的损失计算和估算，国内外都有大量学者做过研究，在将灾害损失分为直接损失和间接损失两大类上形成了统一的意见，即：

$$L_{Fid} = L_{Dir} + L_{Ind} \quad (2)$$

式中： $L_{Dir}$  为洪涝灾害直接损失； $L_{Ind}$  为洪涝间接损失。

直接损失的研究相对成熟，同时方法模型相对统一，其中水深-损失率模型<sup>[38,39]</sup>和综合损失率模型<sup>[40]</sup>最为常见也应用广泛。随着科技的进步，GIS 和人工智能的技术也在损失评估中发挥很大作用<sup>[41]</sup>。对于间接损失的评估则因其难度较大而研究较少，却方法多样，其中马尔科夫模型<sup>[42]</sup>、生产函数模型法<sup>[43]</sup>、投入产出法<sup>[44]</sup>和一般均衡法<sup>[45]</sup>比较常见。

防汛设施成本  $C_{Fac}$  的核算，包含了泄洪工程、蓄洪工程和分洪工程在内的防洪工程措施中的全部成本。防汛设施的建设分为已建设建筑的改造和未开发土地的建设。已建设建筑的再利用主要通过大型建筑的地下空间，诸如防空洞、大型停车场等，修建改造为具有临时蓄水功能的地下空间。已建设建筑的再利用和未开发土地的建设都需要考虑工程设施的建设成本  $C_{Con}$ 、土地的机会成本  $T$  和工程设施的周边影响  $O$  3 个方面：

$$C_{Fac} = C_{Con} + T + O \quad (3)$$

其中，工程设施的周边影响有正面和负面两类，正面的影响可使周围地价提升，降低排水权成本，例如建设蓄水湖，对周围有景观的提升，在一定程度上提升地价；而负面的影响则主要体现在增加局部的洪涝灾害风险，与周围主体协商会产生额外成本。所以，不同设施的周边影响  $O$  可正可负。

成本核算方法为排水权定价的基础工作奠定了坚实的基础，也提供了可靠的保障。

### 2.2 洪涝成本模型

根据普遍公认的的城市结构，使用上述的成本计算方法，可以假设一个简单的城市模型，城市是一个半径为  $R$  的圆形城市，

城市各地各向对水流的阻力一致，河流沿直线流淌，紧贴城市边缘，洪水淹没路径垂直于河流流向。洪水淹没损失造成的单位成本和距离市中心距离有关，距离市中心越远单位面积成本越低，城市边缘成本为 0，距离市中心  $r$  处的单位面积成本  $\rho$  满足： $\rho = \lambda (R-r)$ 。

简略估计洪水量为图 2 所示矩形区域，排水权成本为被淹区域的成本和。当洪水淹没区域达到距市中心  $r$  处，洪水量用图中矩形 CDEF 的面积表示： $Q=2R \cdot (R-r)$ ，成本用图 3 中 EFGH 的不规则立方体体积表示，具体如下计算：

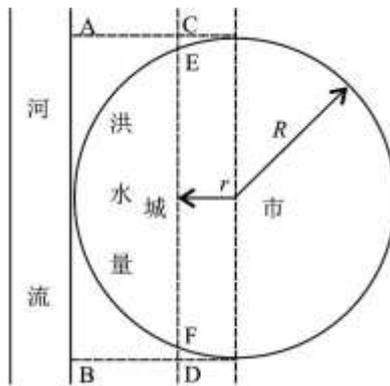


图 2 洪水量

$$C(r) = \int_r^{R-r} \lambda \cdot \sqrt{(R-l)^3(R+l)} \cdot dl \quad (4)$$

当洪水范围未超过城市中心时，损失成本：

$$C(r) = \frac{1}{3}\pi\lambda R^3 + \int_0^r \lambda \sqrt{(R-l)^3(R+l)} \cdot dl \quad (5)$$

当洪水范围超过城市中心时，损失成本：

边际成本和成本与洪水量的曲线关系分别如图 3、图 4 所示。

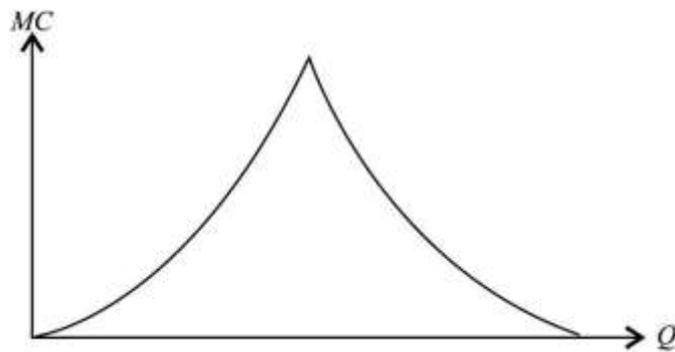


图 3 洪涝边际成本

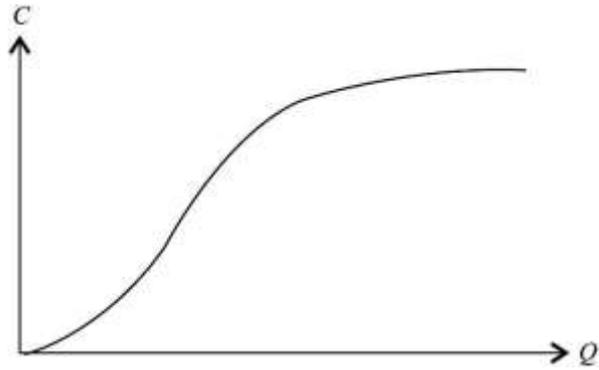


图 4 洪涝总成本

### 2.3 不同情景下的排水权定价

在上下游、左右岸、干流支流城市间做排水权交易时，依据整体最优原则，保持各主体的边际成本一致，再根据城市之间的最低成本给定区间，在区间内进行合理有效的排水权交易。

现有同一流域内城市结构相同的两个城市 A 和 B，城市规模分别为  $S_A$ 、 $S_B$ ，城市 A 规模大于城市 B，即为  $S_A:S_B=k(k>1)$ 。其防汛设施的修建规模和城市规模成正比，即无损失蓄水量满足  $Q_{FA}:Q_{FB}=k$ ，两城市无损失蓄水量总规模  $Q_F=Q_{FA}+Q_{FB}$ 。同时城市 A、B 的义务承担的洪水量  $q_A$ 、 $q_B$  分别为  $k \cdot Q/(1+k)$ 、 $Q/(1+k)$ ，而实际上城市 A 和 B 承受洪水量  $Q_A$ 、 $Q_B$  满足： $Q=Q_A+Q_B$ 。洪涝成本函数为  $C_A=f(Q_A)$ 、 $C_B=f(Q_B)$ ；边际成本函数为  $MC_A=f'(Q_A)$ 、 $MC_B=f'(Q_B)$ 。

排水权定价基于整体最优原则，即为边际成本相同条件时的异地补偿金额。但 B 的边际成本最大值小于 A，所以需要分情况考虑。如图 5，当洪水淹没成本到城市 B 中心，边际成本达到最大时，此时 A、B 分别储水  $Q_{A'}$  和  $Q_{B'}$ ， $Q=Q_{A'}+Q_{B'}$ 。另图 5 中  $Q_{0A}$ 、 $Q_{0B}$  为城市 A、B 洪涝成本分别达到最大时的洪水量。

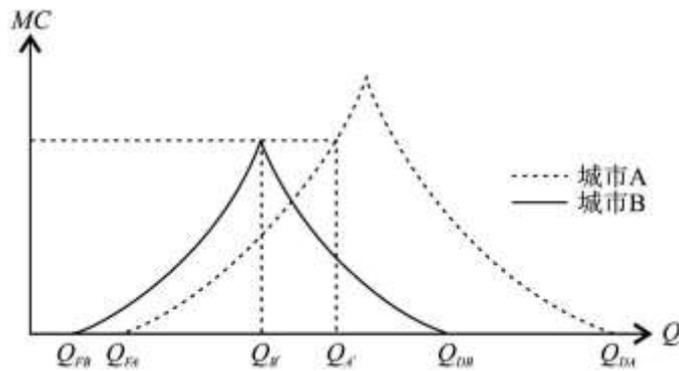


图 5 辅助标识

5 种情形作以下论述：

(1)  $Q < Q_F$ ，利用防汛设施按蓄水义务蓄水，无需排水权交易。

(2)  $Q_F < Q < Q_C$ ，这种情景是现实中出现概率最大的，该情景下，A 需要向 B 支付经济补偿  $P$  满足： $[F(Q_B)-F(q_B)] < P < [F(Q_A)-F(q_A)]$ 。

如图 6 所示，洪涝灾害产生，使两城市边际成本相同： $MC_A=MC_B$ ，即  $f(Q_A)=f(Q_B)$ ，满足整体最优的约束条件。其中  $q_A < Q_A$ ， $q_B < Q_B$ ，城市 B 承受的洪水量比义务量大，产生了额外损失，A 减少了损失。所以 A 需要对于 B 多承受的洪水量做异地补偿，补偿价格就是对交易的排水权定价。经济补偿的合理定价处于 A 的减少损失和 B 的额外损失区间之内。因为城市 A 的  $MC_A$  在  $[Q_A, q_A]$  区间上的任意一点  $MC_{A0}$  与城市 B 的  $MC_B$  在  $[q_B, Q_B]$  区间上的任意一点  $MC_{B0}$  均满足  $MC_{A0} > MC_{B0}$ ，故  $[F(Q_B)-F(q_B)] < [F(q_A)-F(Q_A)]$ 。

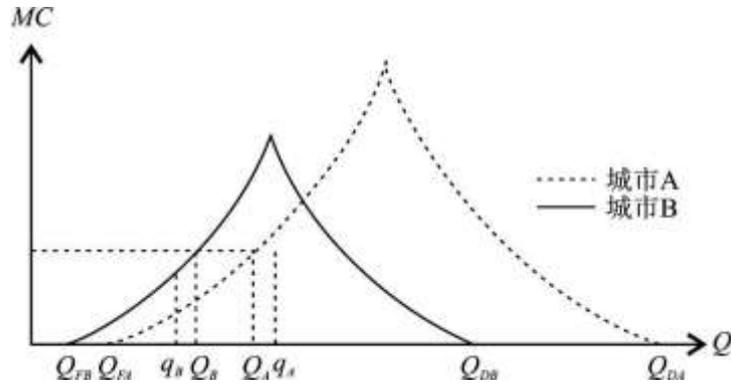


图 6 城市 A、B 边际成本

$Q_c < Q$  时，城市 B 的边际成本始终小于城市 A，做最经济的决策，则让城市 B 承受所有洪水量，且假设不会影响到城市 A。

(3)  $Q_c < Q < (Q_A' + Q_{DB})$  时，即决策下洪水总量尚未达到致使城市 B 达到最大损失的情形，P 满足： $[F(Q_B)-F(q_B)] < P < [F(q_A)-F(Q_A')]$ ；

(4) 当  $(Q_A' + Q_{DB}) < Q < (1+k^{2/3})Q_{DB}$ ，即决策下洪水总量尚达到致使城市 B 达到最大损失，但其义务水量未达到的情形，P 满足： $[F(Q_{DB})-F(q_B)] < P < [F(q_A)-F(Q_A')]$ ；

(5) 当  $(1+k^{2/3})Q_{DB} < Q$ ，即洪水总量按义务分配后，城市 A、B 均达到最大损失的情形，P 满足： $[F(Q_{DB})-F(q_B)] < P < [F(Q_{DA})-F(Q_A')]$ ，因为城市 B 的义务蓄水量也达到了能够造成最大损失的程度，所以  $F(Q_{DB})-F(q_B)=0$ ，即  $0 < P < [F(Q_{DA})-F(Q_A')]$ 。

这种定价和交易策略不仅适用于相邻的上下游和左右岸城市，在全流域内，都可进行排水权的交易，以达到全流域内对等主体的排水权价格一致，最终满足整体最优原则。

### 3 实际案例

长江流域是我国人口密度大，经济活动集中，未来增长潜力最大的区域<sup>[46]</sup>，同时也是洪涝灾害较为严重的区域之一，本文以 2016 年汛期的秦淮河流域为案例，采用社会经济统计数据空间展布方法，进行快速高效的洪涝损失评估。该方法在淮河流域<sup>[47]</sup>、黄河中下游<sup>[48]</sup>、巢湖流域<sup>[49]</sup>等区域的研究中被证实了和传统的统计匹配精准，并且在效率方面更占优势。

利用 2016 年 7 月 1 日到 7 日暴雨期秦淮河流域水文站的水位数据，运用 GIS 反距离权重差值方法，结合 DEM 数据，计算出淹没区域和各地水深。根据土地利用数据和经验的水深对应的损失率，估算出南京和句容得损失情况。其中南京、句容各地类(除草地、未利用地)淹没面积如表 1；各土地利用类型对应的经济统计指标如表 2。

模拟得出句容市损失 4.50 亿人民币，南京市损失 46.00 亿人民币，其中句容市的模拟损失与句容市防汛报告中合计的 4.39 亿吻合较好。结合计算水量，合计句容损失为 5.97 元/m<sup>3</sup>，南京市则为 18.30 元/m<sup>3</sup>，这也是两市的排水权平均价值。因为洪水损失阶段都属于模型中情景<sup>②</sup>，所以此时南京的排水权边际成本远高于句容，由南京市向句容市购买排水权，可以很大程度上降低

南京的洪水灾害损失，同时句容市获得的经济补偿也会高于因额外蓄水所带来的损失。

表 1 2016 年秦淮河流域模拟淹没面积 (km<sup>2</sup>)

土地利用类型	南京		句容	
	流域内面积	模拟淹没面积	流域内面积	模拟淹没面积
耕地	922.15	313.85	667.13	115.03
林地	200.20	5.74	104.99	3.17
水域	82.17	52.54	40.76	17.58
城乡、工矿和居民用地	429.66	155.52	126.89	18.06
总计	1636.79	527.65	944.45	158.22

表 2 土地利用类型对应经济统计指标

土地利用类型	经济统计指标
耕地	农业产值
林地	林业产值
水域	渔业产值
工业用地	工业产值
居民用地	居民住宅资产
公共设施	公共设施资产
商业用地	商业资产、商业收入

## 4 结论和讨论

排水权的定价理论是基于成本的异地补偿和交易的定价理论，在理论指导下建立的元模型和初步的实证中都证明了排水权交易在理论上是对资源配给的补充和提高效率的途径，也从成本定价理论和收益定价理论的结合中限定了排水权价格的区间，给予从市场定价理论出发的交易价格一定的基础和限制。

根据本文对于排水权交易定价的研究，发现流域内不同城市在未进行排水权交易时，排水权成本相差甚大，由此建议推进构建流域排水权交易平台，促进排水权交易，降低流域整体的洪涝损失；同时经济发展相对滞后的城市新增大坝、蓄滞洪区等水利设施，可以通过出售排水权获得超额收益，促进城市发展的同时，优化了流域整体的洪涝应对能力。

---

本文的理论和实证研究仅仅是开始，也具有一定的局限性。在具体的工作中，一方面因为各地自然条件不同、排水能力有差异、城市建设规模和形态各异等诸多因素，元模型的适用性需要更多数据来进行进一步的实证检验，具体的交易价格也要在实际工作中，结合具体环境进行一定的偏差修订；另一方面因为主体地位和重要性的不同，虽然在经济损失的计算上差别不大，但是在实际的工作运转和交易的决策中，存在着上下级、强弱势的差别，决策者也难以避免私人情感，政治偏好等多方面的因素，需要在交易阻力、交易方向和相关的法律法规的修订的工作上进行更多更充分的研究；同样的，在对不可控情况下洪涝灾害中排水权的非主观意愿的转移，该如何界定排水权在不同主体间转移的定价机制，甚至其是否在排水权的内涵中都需开展进一步细化的研究工作。

排水权的研究，还处于起步阶段，其定价的研究，也仅仅开展了一小部分工作。对于排水权的定价可以开展更多层次的研究，例如对于排水权的担保物权的定价，以来丰富排水权的研究领域，也更好地为实际工作服务。

#### 参考文献:

- [1]黄贤金. 自然资源统一管理：新时代、新特征、新趋向[J]. 资源科学, 2019, 41(1):3-10.
- [2]任喜萍. 中国区域城市行为与环境耦合协调性的时空演变分析[J]. 生态经济, 2018, 34(4):158-163.
- [3]黄贤金. 生态文明建设应注重发挥市场主导作用[J]. 群众, 2014(9):15-16.
- [4]SMITH V K .Measuring natural resource scarcity:Theory and practice[J].Journal of Environmental Economics and Management, 2006, 5(2):150-171.
- [5]HU M, ZHANG X, LI Y, et al. Flood mitigation performance of low impact development technologies under different storms for retrofitting an urbanized area[J].Journal of Cleaner Production, 2019, 222:373 - 380.
- [6]YANG H, FLOWER R J, THOMPSON J R. Sustaining china' s water resources[J]. Science, 2013, 339:141.
- [7]李隆玲, 任金政. 我国洪水灾害现状及区划特征[J]. 防汛与抗旱, 2014(7):48-51.
- [8]HU M, SAYAMA T, ZHANG X, et al. Evaluation of low impact development approach for mitigating flood inundation at a watershed scale in china[J]. Journal of environmental management, 2017, 193, 430-438.
- [9]HU M C, ZHANG X Q, SIU Y L, et al. Flood mitigation by permeable pavements in chinese sponge city construction[J]. Water, 2018, 10:172.
- [10]LUO P, HE B, TAKARA K, et al. Historical assessment of Chinese and Japanese flood management policies and implications for managing future floods[J]. Environmental Science and Policy, 2015, 48:265-277.
- [11]徐金海, 刘洪芳. 水事纠纷解决机制一般程序探讨[J]. 水利水电技术, 2016, 47(9):122-125.
- [12]全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国水法[EB/OL]. 主席令 9 界第 74 号, 2002-08-29.
- [13]FENG-CUN Y U, YOU-ZHEN W, XIAN-JIANG Y, et al. Pright[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(2):134-137.

- 
- [14]ZHU Y Z,XIA J.On the nature and system of water rights[J].Progress in Geography,2006,25(1):16-23.
- [15]杜伟.我国水权制度探析[D].中国政法大学,2009.
- [16]裴丽萍.水权制度初论[J].中国法学,2001(2):90-101.
- [17]张建斌,刘清华.水权交易制度相关研究综述[J].财经理论研究,2013(3):13-19.
- [18]田贵良,杜梦娇,蒋咏.水权交易机制探究[J].水资源保护,2016,32(5):29-33.
- [19]刘世庆,郭时君,林睿,等.中国水权制度特点及水权改革探索[J].工程研究-跨学科视野中的工程,2016(1):12-22.
- [20]王亚华,舒全峰,吴佳喆.水权市场研究述评与中国特色水权市场研究展望[J].中国人口·资源与环境,2017(6):87-100.
- [21]黄贤金,陈志刚,周寅康,等.水市场运行机制的国际比较及其对我国的启示[J].国土资源,2004(6):18-21.
- [22]李春晖,孙炼,张楠,等.水权交易对生态环境影响研究进展[J].水科学进展,2016,27(2):307-316.
- [23]姜文来.水权及其作用探讨[J].中国水利,2000(12):13-14.
- [24]张劲松,张春松,刘丽君,等.江苏省排水权配置及交易的必要性及可行性[J].水资源保护,2019,35(6):25-28.
- [25]沈菊琴,李琳,张凯泽,等.基于混沌优化-投影寻踪的排水权初始配置研究[J].资源与产业,2019,21(6):39-47.
- [26]COASE R H .The problem of social cost[J].Journal of Law and Economics,1960(10):1-44.
- [27]FISCHER C.Emissions pricing, spillovers, and public investment in environmentally friendly technologies[J].Energy Economics,2008,30(2):487-502.
- [28]梁亦欣,于鲁冀,张培.基于恢复成本法的水污染物排污权有偿使用定价研究[J].环境工程,2017,35(12):159-162.
- [29]郭默,毕军,王金南.中国排污权有偿使用定价及政策影响研究[J].中国环境管理,2017,9(1):41-51.
- [30]O' NEILL R P, SOTKIEWICZ P M, HOBBS B F, et al. Efficient market-clearing prices in markets with nonconvexities [J].European Journal of Operational Research,2005,164(1):269-285.
- [31]LIAO C N, NAL H, CHEN M H . Average shadow price and equilibrium price:A case study of tradable pollution permit markets[J].European Journal of Operational Research,2009,196(3):1207-1213.
- [32]PAOLELLA M S, TASCHINI L. An econometric analysis of emission allowance prices[J].Journal of Banking and Finance,2008,32(10):2022-2032.

- 
- [33]宋福忠, 李凯旋, 李焯楠, 等. 基于模糊数学的排污权交易基准价测算模型及其应用[J]. 环境科学研究, 2018, 31(1): 194-200.
- [34]BENZ E, STEFAN T. Modeling the price dynamics of CO2 emission allowances[J]. Energy Economics, 2009, 31(1):4-15.
- [35]RENÉ C, HINZ J. Risk-Neutral Models for Emission Allowance Prices and Option Valuation[J]. Management Science, 2011, 57(8):1453-1468.
- [36]张骥骧. 考虑排污权交易的有限理性竞争博弈模型研究[J]. 价值工程, 2018(6):101-103.
- [37]田贵良, 刘吉宁, 魏蓓. 基于改进双边叫价拍卖模型的太湖流域水排污权定价及仿真[J]. 生态经济, 2020, 36(1):172-177.
- [38]SANDERS B F, SCHUBERT J E, DETWILER R L. ParBreZo: A parallel, unstructured grid, Godunov-type, shallow-water code for high-resolution flood inundation modeling at the regional scale[J]. Advances in Water Resources, 2010, 33(12):1456-1467.
- [39]高歌, 王长源, 吴先华, 等. 山洪沟暴雨洪涝灾害情境下居民室内财产的脆弱性曲线研究——以 2016 年 9 月福建省长泰县马洋溪山洪灾害为例[J]. 灾害学, 2018, 33(3):126-131.
- [40]SANDERS B F, SCHUBERT J E, DETWILER R L. ParBreZo: A parallel, unstructured grid, Godunov-type, shallow-water code for high-resolution flood inundation modeling at the regional scale[J]. Advances in Water Resources, 2010, 33(12):1456-1467.
- [41]周蕾, 吴先华, 吉中会. 考虑恢复力的洪涝灾害损失评估研究进展[J]. 自然灾害学报, 2017(2):13-23.
- [42]刘新立. 随机过程与随机模拟在水灾风险管理中的应用研究[J]. 经济科学, 2003(1):114-119.
- [43]KOKS E E, LORENZO C, OLAF J, et al. Regional disaster impact analysis: comparing input-output and computable general equilibrium models[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2016, 16(8):1911-1924.
- [44]宁思雨, 黄晶, 汪志强, 等. 基于投入产出法的洪涝灾害间接经济损失评估——以湖北省为例[J]. 地理科学进展, 2020, 39(3):420-432.
- [45]KOKS E E, LORENZO C, OLAF J, et al. Regional disaster impact analysis: comparing input-output and computable general equilibrium models[J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2016, 16(8):1911-1924.
- [46]金雨泽, 黄贤金, 朱怡, 等. 基于粮食安全的长江经济带土地人口承载力评价[J]. 土地经济研究, 2015(2):78-90.
- [47]王宇飞, 孙燕, 张宏. 洪灾损失快速评估中的社会经济统计数据空间展布模拟[J]. 水利经济, 2016, 34(5):69-74.

---

[48]李谢辉, 韩荟芬. 河南省黄河中下游地区洪灾损失评估与预测[J]. 灾害学, 2014(01):90-95.

[49]程先富, 郝丹丹, 韩平, 等. 基于格网数据的巢湖流域洪涝灾害损失评估[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1479-1484.