

# 大凌河流域初始水权分配实践评价

吴丹<sup>1</sup>, 王亚华<sup>2</sup>, 马超<sup>3</sup>

(1. 北方工业大学经济管理学院, 北京 100144; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084;  
3. 水利部发展研究中心, 北京 100038)

**摘要:** 结合大凌河流域初始水权分配实践, 从分配范围、分配机制、分配原则、分配模型等方面, 对现有研究成果进行全面梳理。在此基础上, 结合大凌河流域特点, 借鉴我国流域水资源配置评价指标体系, 从公平性、效率性、可持续发展、政府宏观调控 4 个维度, 设计了一套水权分配评价指标体系, 进而构建了初始水权分配实践效果的耦合评价模型, 并应用于大凌河流域。结果表明, 在政府和大凌河流域水行政管理部门的宏观调控作用下, 通过加强大凌河流域所在区域的政治民主协商, 流域内各区域水权分配结果充分体现了与其社会经济发展之间的匹配性, 且各区域之间的耦合协同发展效率均达到较高水平。

**关键词:** 大凌河; 初始水权; 分配实践; 评价指标; 耦合模型

**中图分类号:** TV213.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1006-7647(2017)05-0035-06

**Evaluation on the practice of initial water rights allocation in Dalinghe River Basin//** WU Dan<sup>1</sup>, WANG Yahua<sup>2</sup>, MA Chao<sup>3</sup> (1. School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing 100144, China; 2. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Development Research Center of the Ministry of Water Resource, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Based on the practical implementation of initial water rights allocation in Dalinghe River Basin, the initial water rights allocation research progress was summarized from four aspects, such as allocation scopes, allocation mechanisms, allocation principles and allocation models. Combined with the characteristics of Dalinghe River Basin and the index system of water resources allocation in China, a new evaluation index system of water rights allocation is designed from four dimensions, including the fairness, efficiency, sustainable development, and macroeconomic regulation & control. The effectiveness of initial water rights allocation is evaluated comprehensively in Dalinghe River Basin based on the coupling models of Delphi method, Topsis method, and Coordination degree evaluation method. The evaluation results show that under the action of macroeconomic regulation and the control of both the central government and water administration department in Dalinghe River Basin, water rights allocation in Dalinghe River Basin is matched with its social and economic development. In addition, the coupling coordinated development validity reaches a higher level by strengthening democratically political consultation among different provinces and cities in Dalinghe River Basin. The effectiveness of the method is verified by the case analysis.

**Key words:** Dalinghe River Basin; initial water rights; allocation practice; evaluation index; coupling model

明晰初始水权是保障水资源合理配置与高效利用的有效途径。2005 年以来, 我国先后开展了许多流域的初始水权分配试点研究, 包括塔里木河、黑河、石羊河、霍林河、大凌河、黄河、晋江、抚河、东江以及内蒙沿黄六盟等。大凌河流域是水利部确定的我国首个流域初始水权分配试点, 选取大凌河作为试点流域的原因为: ①大凌河为独流入海流域, 流域面积为 2.38 万 km<sup>2</sup>, 多年平均地表水资源总量为

18.41 亿 m<sup>3</sup>, 初始水权分配规模较为适中, 适宜开展初始水权分配工作; ②大凌河为跨界河流, 跨河北、内蒙古、辽宁 3 省(区), 初始水权分配具有典型代表性; ③大凌河流域所在省(区)、以及省(区)所辖市区之间存在水事纠纷, 但矛盾不算突出, 初始水权分配易于操作; ④大凌河流域所在省(区)的行业用水定额已编制完成, 《松辽流域水资源综合规划》也取得重要成果, 为全面开展初始水权分配奠定了

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(71603004); 国家社会科学基金(重大项目)(15ZDB164); 北方工业大学青年拔尖人才培养计划(XN018035)

作者简介: 吴丹(1986—), 男, 讲师, 博士, 主要从事战略规划与资源配置研究。E-mail: wu\_daniel@163.com

坚实基础。为此,综合评价大凌河流域初始水权分配实践效果,对其他流域初始水权分配具有重要的借鉴作用和实践意义。

## 1 大凌河流域初始水权分配研究进展

2004年7月水利部会同中国工程院组织召开了大凌河流域初始水权分配实施方案专家咨询会,同年11月水利部将大凌河正式定为初始水权分配试点流域。2008年11月17日经国务院授权,水利部批复了《大凌河流域省(区)际水量分配方案》,成为我国第一个严格按照水法规定的程序编报、由国务院授权水利部审批的省(区)际水量分配方案,并印发给流域内河北省、辽宁省和内蒙古自治区人民政府组织实施,标志着大凌河流域初始水权分配试点工作取得了重要的阶段性成果。依据大凌河流域初始水权分配实践成果,学者们从分配范围、分配机制、分配原则、分配模型等方面开展了理论研究和实践探索。

### 1.1 初始水权分配范围

大凌河流域初始水权分配范围主要体现在用水层级和用水类别两个维度。如高而坤等<sup>[1-2]</sup>提出了流域初始水权可按照“流域—省区—地市—县区”4个层次进行逐级分配,涉及生态环境水权、国民经济水权、政府预留水权、政府监管水权4个类别,政府预留水权一般包括非常规条件下生态环境水权和国民经济水权;吴凤平等<sup>[3]</sup>提出了面向省(区)和用水行业两个层面,对大凌河流域初始水权进行分配,其中行业水权涉及生活水权、生产水权、生态水权三大类;毛桂云<sup>[4]</sup>提出按照基本需求水权、经济用水水权、生态环境水权以及政府预留水权四大类,对大凌河流域初始水权进行分配。

### 1.2 初始水权分配机制

政治民主协商机制的提出为大凌河流域初始水权分配实践提供了重要的政策指导思路。如胡鞍钢等<sup>[5]</sup>提出流域管理机构可通过政治协商的方式,与地方政府建立民主协商机制,加强水权相关利益者的广泛参与,从而降低组织成本,达成用水合约,提高流域整体用水效益;汪恕诚<sup>[6]</sup>提出在流域水资源统一管理框架下,建立政府宏观调控、流域民主协商、准市场运作和用水户参与管理的运行机制,提高水权分配的可操作性;高而坤等<sup>[1,7-8]</sup>提出确立大凌河流域初始水权分配协商和仲裁机制,对于协商不成、急需解决的问题,仲裁机构可依据实况和原则对水资源进行强制性裁决。

### 1.3 初始水权分配原则

水利部文件《关于大凌河流域水量分配方案的

批复》明确了五大原则:公平、公正,水资源统一配置,政府宏观调控、省(区)间协商调整,统筹兼顾生活、生产和生态环境用水,统筹考虑现在用水与发展需要用水。此外,学者们借鉴目前国外实施的河岸权、优先占用权和公共水权等原则<sup>[9]</sup>,结合大凌河流域特点,从宏观层面、省区层面和用水行业层面分别提出了相应的水权分配原则。如王浩等<sup>[2,7]</sup>提出了遵循宏观指导性与具体操作性两大类原则,包括水资源统一配置原则,公平、公正、公开原则,水量和水质统筹兼顾原则,水资源现状利用和发展需求分别考虑原则等;陈艳萍等<sup>[10-11]</sup>在总结我国法律法规基础上,提出了省区层面的五大原则:现状原则、公平原则、效率原则、可持续原则、政府宏观调控原则,以及行业层面的六大原则:总量控制原则、基本生活用水优先原则、保障社会稳定和粮食安全原则、重视生态及保护环境原则、经济效益原则、产业结构合理化原则。

### 1.4 初始水权分配模型

多目标优化决策模型为大凌河流域初始水权分配实践应用较广的方法。如何俊仕等<sup>[12-13]</sup>运用模糊决策和层次分析法,对大凌河流域初始水权进行分配,并对两种分配方法的合理性进行了比较分析;陈艳萍等<sup>[10,14]</sup>应用改进的层次分析法和理想解法,分配大凌河流域所在省(区)的水权;吴凤平等<sup>[15-17]</sup>提出充分体现大凌河流域所在省(区)及其用水行业的利益诉求,构建民主协商模拟的和谐性判别模型,以提高大凌河流域初始水权分配的可操作性;吴丹等<sup>[18-22]</sup>提出构建双层优化模型,对大凌河流域用水行业的初始水权进行优化配置;尹明万等<sup>[23]</sup>提出了采用取水量与耗水量双总量控制指标,建立基于协调参数指标体系的大凌河流域初始水权分配模型,提高流域整体用水效益。

综上所述,大凌河流域初始水权分配的理论研究与实践探索,进一步推动了初始水权分配的实践操作。但是,学者们重点强调大凌河流域初始水权的优化配置,对大凌河流域初始水权分配实践缺乏系统性评价。为此,本文结合大凌河流域初始水权分配实践成果,完善水权分配评价指标体系,构建耦合评价模型,综合评价大凌河流域初始水权分配实践效果。

## 2 大凌河流域初始水权分配实践的评价体系框架

结合大凌河流域水量分配方案,根据大凌河流域经济社会发展规划、大凌河流域水资源综合规划,综合评价大凌河流域初始水权分配实践效果,诊断大凌河流域各区域之间水权分配结果与其社会经济

发展之间的匹配性,以及流域内不同区域之间的耦合协同发展态势。

## 2.1 评价指标体系

结合大凌河流域特点,全面深入大凌河各区域调研,与各区域的水权利益相关者访谈,征求各区域水行政主管部门和水资源管理领域专家意见,并充分考虑流域内各区域的社会经济发展公平性、用水效率性以及未来人口、经济、生态环境的可持续发展。借鉴流域水资源配置评价指标体系,参照指标设计5大原则——全面性、科学性、层次性、目的性、可比性,采用文献研究法、频度统计法以及专家咨询法等理论分析方法,确立大凌河流域初始水权分配实践效果评价指标体系如表1所示。

表1 大凌河流域初始水权分配实践效果评价指标体系

大凌河流域初始水权分配实践效果评价指标体系	公平性指标	多年平均径流量 $y_1$
		流域分区人口数 $y_2$
		流域分区面积 $y_3$
		现有工程供水规模 $y_4$
		多年平均用水量 $y_5$
	效率性指标	人均GDP $y_6$
		人均农业产值 $y_7$
		人均工业产值 $y_8$
		单位耗水量GDP $y_9$
		单位耗水量农业产值 $y_{10}$
		单位耗水量工业产值 $y_{11}$
		农业节水灌溉率 $y_{12}$
	可持续发展指标	工业用水重复利用率 $y_{13}$
		V类和劣V类水的占比 $y_{14}$
		绿化率 $y_{15}$
		人口增长率 $y_{16}$
	政府宏观调控指标	GDP增长率 $y_{17}$
		废水排放达标率 $y_{18}$
区域发展重要度 $y_{19}$		
弱势群体保护度 $y_{20}$		

## 2.2 评价模型

依据大凌河流域初始水权分配实践效果评价指标体系,结合大凌河流域初始水权分配实践,构建耦合评价模型,综合评价大凌河流域初始水权分配实践效果。

### 2.2.1 匹配性评价模型

匹配性评价模型主要是评价大凌河流域各区域水权分配结果与其社会经济发展之间的匹配性。假定流域内任意两个区域( $j$ 区域与 $k$ 区域),如果 $j$ 区域的社会经济发展综合指数大于 $k$ 区域的社会经济发展综合指数,则 $j$ 区域的水权分配量大于 $k$ 区域的水权分配量;同时, $j$ 区域与 $k$ 区域的水权分配量之比应与两区域之间的社会经济发展综合指数之比保持一定的匹配关系,可得匹配性评价模型如下。

a. 利用理想解法,确定各区域的社会经济发展综合指数  $R_j$ ,即

$$R_j = \frac{S_j^+}{S_j^+ + S_j^-} \quad (1)$$

其中

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{20} (v_{ij} - v_i^+)^2}$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{20} (v_{ij} - v_i^-)^2}$$

$$v_{ij} = w_i b_{ij}$$

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{r_{ij}}{\max_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\} + \min_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\}} & r_{ij} \text{ 为效益型指标} \\ 1 - \frac{r_{ij}}{\max_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\} + \min_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\}} & r_{ij} \text{ 为成本型指标} \end{cases}$$

$$V^+ = \{(\max_j v_{ij} | i \in I_1), (\min_j v_{ij} | i \in I_2), |j = 1, 2, \dots, n\}$$

$$V^- = \{(\min_j v_{ij} | i \in I_1), (\max_j v_{ij} | i \in I_2), |j = 1, 2, \dots, n\}$$

式中: $R_j, R_k$ 分别为 $j, k$ 区域的社会经济发展综合指数,可分别用 $j, k$ 区域的加权指标值与其正负理想解之间的距离  $S_j^+$ 和  $S_j^-$ 来表示; $v_{ij}$ 为 $j$ 区域 $i$ 指标的加权指标值; $w_i$ 为 $i$ 指标的权重,可采用德尔菲法,通过水行政主管部门和水资源管理领域的专家进行打分予以确定; $b_{ij}$ 为经归一化处理后的 $j$ 区域的 $i$ 指标值; $r_{ij}$ 为 $j$ 区域的 $i$ 指标值; $\max_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\}$ 、 $\min_{j=1, \dots, n} \{r_{ij}\}$ 分别为 $i$ 指标的最优值和最劣值; $n$ 为区域数; $V^+$ 、 $V^-$ 分别为正理想解(最优指标值的集合)、负理想解(最劣指标值的集合); $I_1, I_2$ 分别为越大越优型指标集合和越小越优型指标集合。

b. 确定各区域水权分配结果与其社会经济发展之间的匹配性,即

$$\begin{cases} \eta_{\min} \frac{R_j}{R_k} \leq \frac{W_j}{W_k} \leq \eta_{\max} \frac{R_j}{R_k} \\ R_j \geq R_k \Leftrightarrow W_j \geq W_k \\ W = \sum_{j=1}^n W_j \end{cases} \quad (j, k = 1, 2, \dots, n; j \neq k) \quad (2)$$

式中: $W_j, W_k$ 分别为 $j, k$ 区域的水权分配量(简称“配水量”); $\eta_{\min}, \eta_{\max}$ 分别为下限系数、上限系数,可通过咨询水行政主管部门和水资源管理领域的专家予以确定。

### 2.2.2 耦合协同发展效率度评价模型

耦合协同发展效率度评价模型主要是评价大凌河流域各区域之间的耦合协同发展效率度。在构建匹配性评价模型基础上,采用协调度评价法,确定流域内各区域之间的耦合协同发展效率度为

$$D = \left[ \frac{\prod_{j=1}^n Z_j}{\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_j\right)^n} \right]^t \quad (3)$$



其中

$$Z_j = \frac{R_j}{C_j}$$

$$C_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

式中： $Z_j$  为流域内  $j$  区域社会经济发展综合指数与其水权分配比例的比值； $t$  为调节系数， $t \geq 2$ ，一般情况下可取  $t=2$ ； $C_j$  为流域内  $j$  区域的水权分配比例。

根据式(3)，通过调整大凌河流域内各区域的初始水权分配量，可对各区域之间的耦合协同发展效率进行敏感性分析，进一步判断大凌河流域内各区域初始水权分配量的合理性。

### 3 评价结果分析

大凌河流域所在省(区)河北、内蒙古、辽宁的用水量分别占大凌河流域用水总量的 0.61%、

4.65%、94.74%。由于河北、内蒙古占大凌河流域用水总量的比例较小，因此，重点选择辽宁省大凌河流域为研究对象，综合评价辽宁省大凌河流域各区域之间的初始水权分配实践效果。辽宁省大凌河流域初始水权分配方案见表 2(数据来源于文献[2])。

表 2 辽宁省大凌河流域初始水权分配方案 亿  $m^3$

地 市	水权分配量
锦 州	2.075
阜 新	1.988
朝 阳	6.794
盘 锦	1.446
葫 芦 岛	0.565
总 计	12.868

根据表 2，结合大凌河流域初始水权分配评价指标体系，确定辽宁省大凌河流域初始水权分配实践效果评价指标特征值如表 3 所示(指标  $y_{14}$  数据缺失)。

表 3 各指标特征值

地 市	$y_1/万 m^3$	$y_2/万人$	$y_3/km^2$	$y_4/万 m^3$	$y_5/亿 m^3$	$y_6/元$	$y_7/元$	$y_8/元$	$y_9/(元 \cdot m^{-3})$
锦 州	27987	61.12	2986	1440	1.83	6539	9929.69	28655.73	62.21
阜 新	19402	100.64	3072	3190	1.05	7356	7061.27	18562.93	17.07
朝 阳	97672	257.65	12989	3420	5.19	2858	2487.51	10060.82	39.55
盘 锦	382	0.55	37	100	0.02	13950	20720	19460	163.77
葫 芦 岛	17874	28.14	1201	720	0.95	2644	685.65	3308.39	56.51

  

地 市	$y_{10}/(元 \cdot m^{-3})$	$y_{11}/(元 \cdot m^{-3})$	$y_{12}/%$	$y_{13}/%$	$y_{15}/%$	$y_{16}/%$	$y_{17}/%$	$y_{18}/%$	$y_{19}$	$y_{20}$
锦 州	23.23	680.27	0.62	0.93	8.9	0.86	20.34	60.35	7	5
阜 新	7.25	436.81	0.61	0.89	9.5	2.03	27.00	57.20	9	5
朝 阳	15.1	326.72	0.67	0.92	7.4	1.05	23.10	49.77	5	8
盘 锦	13.72	578.37	0.58	0.93	8.6	0.05	6.13	70.53	6	5
葫 芦 岛	5.34	298.58	0.64	0.92	8.1	0.62	16.50	61.54	6	7

根据表 3，通过水行政主管部门和水资源管理领域的专家进行指标打分，确定指标权重为  $W = (0.062, 0.130, 0.124, 0.071, 0.125, 0.075, 0.077, 0.089, 0.037, 0.068, 0.018, 0.003, 0.002, 0.070, 0.025, 0.007, 0.002, 0.010, 0.004)$ 。

结合式(1)，确定辽宁省大凌河流域各区域的社会经济发展综合指数如表 4 所示。

表 4 各区域的社会经济发展综合指数

地 市	综合指数
锦 州	0.778
阜 新	0.745
朝 阳	2.547
盘 锦	0.542
葫 芦 岛	0.212

结合式(2)，确定两两区域之间的社会经济发展综合指数的比例系数如表 5 所示。然后，依据辽宁省大凌河流域及各区域的特点，咨询水行政主管部门和水资源管理领域的专家，确定参数  $\eta_{\min} = 0.8, \eta_{\max} = 1.4$ 。经验证，两两区域的配水量比例均通过了匹配性评价。说明各区域之间水权分配结果

与其社会经济发展之间具有良好的匹配性。

表 5 两两区域之间社会经济发展综合指数的比例系数

地 市	锦州	阜新	朝阳	盘锦	葫芦岛
锦 州	1	1.04	0.31	1.44	3.67
阜 新		1	0.29	1.37	3.52
朝 阳			1	4.70	12.02
盘 锦				1	2.56
葫 芦 岛					1

在此基础上，采用协调度评价法，计算得到辽宁省大凌河流域各区域之间的耦合协同发展效率达到 1。此外，为确保辽宁省大凌河流域各区域之间的耦合协同发展效率较大，可设定多个不同的初始水权分配方案进行敏感性分析，见表 6(其中方案 1 为表 2 中的方案)。

表 6 各方案的初始水权分配比重与耦合协同发展效率

方案	初始水权分配比重					耦合协同发展效率
	锦州	阜新	朝阳	盘锦	葫芦岛	
1	0.161	0.154	0.528	0.112	0.044	1
2	0.208	0.220	0.451	0.070	0.046	0.633
3	0.179	0.150	0.513	0.112	0.046	0.988
4	0.171	0.166	0.505	0.105	0.054	0.956

评价结果表明,在我国政府和大连河流域水行政管理部门的宏观调控作用下,通过加强辽宁省大连河流域各区域的政治民主协商,各区域水权分配结果与其社会经济发展之间体现了较好的匹配性,且各区域之间的耦合协同发展效率达到了较高水平。说明各区域的水权分配结果相对合理,通过表6的敏感性分析,进一步验证了耦合评价模型的适用性。

## 4 结 语

在水资源供给不足的约束下,如何破解流域初始水权分配难题,成为水利工作者面临的巨大挑战。2011—2016年,我国政府和水利管理部门提出了实行最严格水资源管理制度,先后出台了《关于实行最严格水资源管理制度的实施意见》《实行最严格水资源管理制度考核办法》等一系列实行最严格水资源管理制度的政策举措。为此,大连河流域初始水权分配实践必须积极响应中央水利政策,进一步积极探索符合最严格水资源管理制度的初始水权分配方法,以指导流域初始水权分配实践工作,严格控制用水总量,提高用水效率,减少水污染排放。一方面,建立健全水权分配的实施保障制度,保障水权分配结果的有效落实,包括建立健全水资源的统计监测体系、水量调度体系、监管体系以及合理的水价体系等一系列实施保障制度;另一方面,以取水许可制度为依据,强化总量控制和定额管理,防止水权分配流于形式。此外,为保障大连河初始水权分配的顺利实施,分配过程中,应将生活用水和农田基本灌溉用水予以优先分配,并引入排污惩罚机制,对国民经济用水进行分配,针对水污染物排放超标的省区,扣减国民经济用水作为惩罚;引入节水激励机制,对行业用水进行分配,提高行业用水效率。

## 参考文献:

[1] 高而坤,党连文. 水权制度建设试点经验总结(二):大连河流域水权制度建设资料汇编[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.

[2] 王浩,党连文,谢新明,等. 流域初始水权分配理论与实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.

[3] 吴凤平,陈艳萍. 流域初始水权和谐配置方法研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.

[4] 毛桂云. 大连河流域初始水权分配研究[J]. 内蒙古水利,2015(3):22-23. (MAO Guiyun. Study on initial water rights allocation of Daling River Basin[J]. Inner Mongolia Water Resources,2015(3):22-23. (in Chinese))

[5] 胡鞍钢,王亚华. 转型期水资源配置的公共政策:准市场和政治民主协商[J]. 中国软科学,2000(5):5-11. (HU Angang, WANG Yahua. China's public policy of water resources allocation in transition: quasi-market,

political and democratic consultation [J]. China Soft Science,2000(5):5-11. (in Chinese))

[6] 汪恕诚. 水权与水市场:谈实现水资源优化配置的经济手段[J]. 中国水利,2000(11):6-9. (WANG Shucheng. Water right and water market: economic measures to realize optimal configuration of water resources [J]. China Water Resources,2000(11):6-9. (in Chinese))

[7] 党连文. 松辽流域初始水权分配实践与探索[J]. 东北水利水电,2006,24(4):1-3. (DANG Lianwen. Distribution of original water right and practice in Songliao River Basin [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China,2006,24(4):1-3. (in Chinese))

[8] 姜广新,毛桂云. 辽宁省大连河流域初始水权分配协商与仲裁机制初步研究[J]. 电大理工,2007(4):24-26. (JIANG Guangxing, MAO Guiyun. Preliminary study on the negotiation and arbitration mechanism of initial water rights allocation of Daling River Basin in Liaoning Province [J]. Study of Science and Engineering at RTVU, 2007(4):24-26. (in Chinese))

[9] 张勇,常云昆. 国外典型水权制度研究[J]. 经济纵横,2006(3):63-66. (ZHANG Yong, CHANG Yunkun. Study on typical water rights system in foreign countries [J]. Economic Review,2006(3):63-66. (in Chinese))

[10] 陈艳萍,吴凤平,吴丹. 基于模糊优选和TOPSIS法的流域初始水权分配模型[J]. 河海大学学报(自然科学版),2009,37(4):467-471. (CHEN Yanping, WU Fengping, WU Dan. Initial water rights allocation model for basins based on fuzzy optimization and TOPSIS methods [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2009,37(4):467-471. (in Chinese))

[11] 吴丹,吴凤平,陈艳萍. 面向行业的初始水权配置系统模型构建[J]. 水利水电科技进展,2010,30(5):29-32. (WU Dan, WU Fengping, CHEN Yanping. Model of industry-oriented initial water right allocation system [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2010,30(5):29-32. (in Chinese))

[12] 何俊仕,李秀明,尉成海,等. 大连河流域水量分配方法研究[J]. 人民黄河,2008,30(4):50-54. (HE Junshi, LI Xiuming, WEI Chenhai, et al. Study on water allocation method in Daling River Basin [J]. Yellow River,2008,30(4):50-54. (in Chinese))

[13] 李秀明,何俊仕,汪洋,等. 大连河流域初始水权分配方法比较分析[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):122-125. (LI Xiuming, HE Junshi, WANG Yang. Comparison and analysis on methods of original water rights allocation in Daling River Basin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environmen,2010,24(1):122-125. (in Chinese))

[14] 陈艳萍,吴凤平,吴丹,等. 基于和谐性诊断的初始水权配置方法[J]. 系统工程,2011,29(5):68-72. (CHEN Yanping, WU Fengping, WU Dan, et al. Basin initial water rights allocation method based on harmony diagnosis [J]. Systems Engineering,2011,29(5):68-72. (in Chinese))

[15] 吴凤平,吴丹,陈艳萍. 流域初始水权配置系统方案诊

- 断模型[J]. 系统工程, 2010, 28(4): 24-29. (WU Fengping, WU Dan, CHEN Yanping. The diagnosis model of basin initial water right allocation system theme[J]. Systems Engineering, 2010, 28(4): 24-29. (in Chinese))
- [16] 陈艳萍, 吴凤平, 周晔. 基于二维判别的初始水权配置方案的和谐性诊断[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 125-131. (CHEN Yanping, WU Fengping, ZHOU Ye. Harmony diagnosis on the initial water right allocation scheme based on two dimensions[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(12): 125-131. (in Chinese))
- [17] 吴丹, 吴凤平. 面向行业的初始水权配置系统优化研究[J]. 水利水电科技进展, 2012, 32(1): 39-44. (WU Dan, WU Fengping. Optimization of industry-oriented initial water right allocation system[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012, 32(1): 39-44. (in Chinese))
- [18] WU Dan, WU Fengping, CHEN Yanping. Principal-subordinate hierarchical multi-objective programming model of initial water rights allocation[J]. Water Science and Engineering, 2009, 2(2): 105-116.
- [19] 吴丹, 吴凤平. 基于水权初始配置的区域协同发展效率评价[J]. 软科学, 2011, 25(2): 80-83. (WU Dan, WU Fengping. Evaluation of the cooperative development validity among regions based on water right initial allocation[J]. Soft Science, 2011, 25(2): 80-83. (in Chinese))
- [20] 吴丹, 吴凤平, 陈艳萍. 流域初始水权配置复合系统双层优化模型[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(1): 196-202. (WU Dan, WU Fengping, CHEN Yanping. The Bi-level optimization model of the compound system for basin initial water right allocation[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2012, 32(1): 196-202. (in Chinese))
- [21] 吴丹, 吴凤平. 基于双层优化模型的流域初始二维水权耦合配置[J]. 中国人口资源与环境, 2012, 22(10): 26-34. (WU Dan, WU Fengping. The coupling allocation of initial two-dimensional water rights in basin based on the bi-hierarchy optimal model[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(10): 26-34. (in Chinese))
- [22] 吴丹. 面向区域的初始水权配置系统模型构建[J]. 软科学, 2012, 26(5): 71-75. (WU Dan. Model of Region-oriented Initial Water Rights Allocation System[J]. Soft Science, 2012, 26(5): 71-75. (in Chinese))
- [23] 尹明万, 于洪民, 陈一鸣, 等. 流域初始水权分配关键技术研究及分配试点[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.

(收稿日期: 2016-11-09 编辑: 郑孝宇)

(上接第 27 页)

- [7] 唐迎洲. 不同暴雨等级下崇明岛除涝能力评估[J]. 水资源保护, 2011, 27(3): 42-44. (TANG Yingzhou. Evaluation of waterlogging drainage capacity in different rainstorm conditions on Chongming Island[J]. Water Resources Protection, 2011, 27(3): 42-44. (in Chinese))
- [8] SHAHAPURE S S, ELDHO T I, RAO E P. Flood simulation in an urban catchment of Navi Mumbai City with detention pond and tidal effects using FEM, GIS, and remote sensing[J]. Journal of Waterway, Port, Coast and Ocean Engineering, 2011, 137(6): 286-299.
- [9] KULKARNI A T, ELDHO T I, RAO, E P, et al. An integrated flood inundation model for coastal urban watershed of Navi Mumbai, India[J]. Nature Hazards, 2014, 73(2): 403-425.
- [10] 胡泽浦. 2005 年“麦莎”和“卡努”台风影响上海的特点分析及对策建议[J]. 城市道桥与防洪, 2007(4): 9-14. (HU Zepu. Characteristic analysis of influence of typhoons “Maisha” and “Kanu” on Shanghai in 2005 and counter-measure suggestion[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2007(4): 9-14. (in Chinese))
- [11] 虞美秀, 杭庆生, 贾卫红, 等. 上海市设计潮位及典型过程推求[J]. 人民长江, 2015, 46(增刊 1): 77-79. (YU Meixiu, HANG Qingsheng, JIA Weihong, et al. Design tidal level of Shanghai City and derivation of typical tidal curve[J]. Yangtze River, 2015, 46(Sup1): 77-79. (in Chinese))
- [12] 刘水芹, 季永兴. 平原城市化区域雨水二级排放规模的确定[J]. 灌溉排水, 2000, 19(4): 45-48. (LIU Shuiqin, JI Yongxing. Study on two stage drainage scale of rainwater in urbanized region[J]. Irrigation and Drainage, 2000, 19(4): 45-48. (in Chinese))
- [13] 谢华, 黄介生. 平原河网地区城市两级排涝标准匹配关系[J]. 武汉大学学报(工学版), 2007, 40(5): 39-42. (XIE Hua, HUANG Jiessheng. Research on matching relations of two-stage drainage systems for city in plain river network area[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2007, 40(5): 39-42. (in Chinese))
- [14] 吕列民. 平原水闸泄流能力计算与试验[J]. 南昌大学学报(工科版), 2005, 27(3): 30-33. (LÜ Liemin. Discharge calculation and experimental for plain sluice[J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2005, 27(3): 30-33. (in Chinese))
- [15] 吴旭. 石漫滩水库的“75·8”事件[J]. 中国防汛抗旱, 2005(3): 27-37. (WU Xu. “75.8” flood incident of Shimantan Reservoir, China[J]. China Flood and Drought Management, 2005(3): 27-37. (in Chinese))
- [16] 曾明, 张雨凤, 李琼芳, 等. 上海市不同历时暴雨组合概率研究[J]. 水资源保护, 2015, 31(4): 82-86. (ZENG Ming, ZHANG Yufeng, LI Qiongfang, et al. Study on probability for rainstorm combinations during different durations in Shanghai City[J]. Water Resources Protection, 2015, 31(4): 82-86. (in Chinese))

(收稿日期: 2016-12-19 编辑: 熊水斌)