

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2013.02.007

区域水资源量非均衡性评价

何俊¹, 黄显峰²

(1. 安徽水利水电职业技术学院, 安徽 合肥 231603; 2. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 针对地区水资源分布非均衡性现象, 引入水资源基尼系数概念, 探讨分析水资源基尼系数的计算方法(梯形面积法和函数拟合法), 建立水资源量非均衡评价模型, 评价地区水资源量分布非均衡性程度和发展演化规律, 提出水资源与社会经济非均衡协调发展模式。采用建立的水资源量非均衡评价模型分析江苏省水资源分布的非均衡程度, 并在此基础上提出适合江苏省水资源开发利用非均衡协调发展模式。

关键词: 水资源量非均衡性评价; 梯形面积法; 函数拟合法; 水资源基尼系数; 江苏省水资源分布

中图分类号: TV21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2013)02-0130-06

Evaluation of non-equilibrium distribution of regional water resources quantity

HE Jun¹, HUANG Xianfeng²

(1. Anhui Water Conservancy Technical College, Hefei 231603, China;
2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In regard to the non-equilibrium distribution of water resources quantity, the water resources Gini coefficient is introduced, and the Gini coefficient calculation methods, which include the trapezoidal area method and the function fitting method, are discussed. A water resources non-equilibrium evaluation model was established to evaluate the non-equilibrium extent and evolvement rules of water resources exploitation. Based on this, a non-equilibrium harmonious development mode of water resources and socio-economy is put forward. The proposed model was applied to the evaluation of the non-equilibrium distribution of water resources in Jiangsu Province, and an appropriate non-equilibrium harmonious development mode of water resources was obtained.

Key words: water resources non-equilibrium evaluation; trapezoidal area method; function fitting method; water resources Gini coefficient; water resources distribution of Jiangsu Province

社会经济的发展与水资源分布密切相关,我国各地区自然条件差异较大、水资源分布不均,直接制约了区域社会经济的协调发展。因此,科学合理地评价地区水资源量分布均衡程度与社会经济发展的关系,建立水资源开展利用非均衡协调发展模式,对于发展循环经济、实现以水资源与社会经济可持续协调发展具有重要意义^[1-2]。

本文引入经济学中的基尼系数理论,提出水资源基尼系数概念,分析水资源量基尼系数计算方案,建立水资源量非均衡评价模型,评价地区水资源量分布非均衡性程度和发展演化规律,提出水资源与社会经济非均衡协调发展模式。

1 水资源基尼系数

1.1 水资源基尼系数的概念与内涵

基尼系数是国际上用来分析居民内部收入分配差异的重要指标,该指标 1922 年由意大利经济学家基尼(Gini)提出^[3],其经济意义为:在全部居民收入中,用于不平均分配的收入占总收入的百分比。在图 1 中,直

线 OC 表示收入分配绝对平均曲线,曲线 L 表示 Lorenz 曲线。Lorenz 曲线由美国统计学家洛伦兹 (Lorenz M O) 提出,它先将一国人口按收入由低到高排队,然后考虑收入最低的任意百分比人口所得到的收入百分比,将这样的人口累计百分比和收入累计百分比的对应关系描绘在图形上,即得到 Lorenz 曲线。图中横轴 OP 表示人口 (按收入由低到高分组) 的累计百分比,纵轴 OI 表示收入的累计百分比,则基尼系数计算式为

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B}$$

(1)

式中: S_A ——曲线 L 与直线 OC 围成的面积; S_B ——曲线 L 右下方的面积。

笔者提出水资源基尼系数,以纵轴表示地区水资源量累计比例系数,横轴表示地区人口累计比例系数,计算得到水资源 Lorenz 曲线。以式 (1) 计算水资源基尼系数,反映地区水资源分配的非均衡状况。由式 (1) 知, G 数介于 0 和 1 之间,当 $G=1$ 时,水资源分配绝对不平等,即所有水资源量被 1 个地区全部占有;当 $G=0$ 时,水资源分配绝对平均,即各地区人均水资源量完全平等,没有任何差异。参考前人研究成果^[4]: $G<0.2$ 表示水资源分布高度平均; $0.2\leq G\leq 0.3$ 表示水资源分布比较平均; $0.3<G\leq 0.4$ 表示水资源分布相对合理; $0.4<G\leq 0.6$ 表示水资源分布差距较大; $G>0.6$ 表示水资源分布差距悬殊。

1.2 水资源基尼系数计算方法

建立水资源量非均衡性评价模型的关键是计算水资源基尼系数。目前,计算基尼系数一般有 3 种方法^[4]:梯形面积法、函数拟合法和弓形面积法。由于弓形面积法计算结果精度不高,在应用中受到限制。因此笔者采用梯形面积法和函数拟合法计算基尼系数,并将 2 种方法的计算结果相互补充、验证。

1.2.1 梯形面积法

设某个总体由 n 部分组成, Y_i 为第 i 部分的水资源量, P_i 为第 i 部分的人口, $D_i=Y_i/P_i$ 为第 i 部分人均水资源量,假设 i 的编号使 D_i 从小到大排列。定义:

$$y_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad p_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

(2)

累计变量:

$$y_{s,i} = \sum_{j=1}^i y_j \quad p_{s,i} = \sum_{j=1}^i p_j$$

(3)

在 $[0,1]\times[0,1]$ 的方框中,从原点 (记 $p_{s,0}=0,y_{s,0}=0$) 开始,所有点 $(p_{s,i},y_{s,i})$ 之间的顺序连线就构成了 Lorenz 曲线,如图 2 所示。

由于由点 $(p_{s,i-1},y_{s,i-1})$, $(p_{s,i},y_{s,i})$, $(p_{s,i},0)$ 和点 $(p_{s,i-1},0)$ 组成了一个近似梯形,因此

$$S_B = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{s,i-1} + y_{s,i})(p_{s,i} - p_{s,i-1})}{2} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (2y_{s,i} - y_i)p_i$$

(4)

因为 $S_A+S_B=0.5$,因此基尼系数为

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} = 2S_A = 2(0.5 - S_B) = 1 - \sum_{i=1}^n (2y_{s,i} - y_i)p_i$$

(5)

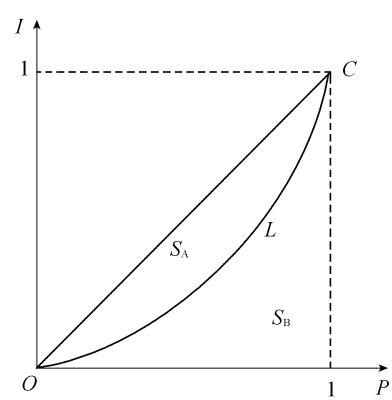


图 1 基尼系数示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Gini coefficient

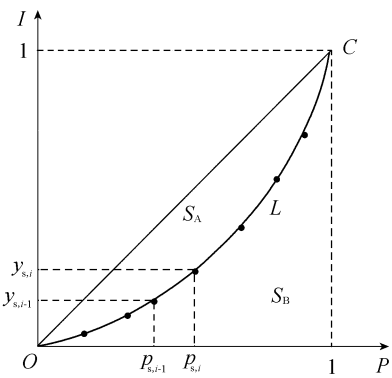


图 2 梯形面积法计算基尼系数示意图

Fig. 2 Schematic diagram of Gini coefficient calculated with trapezoidal area method

1.2.2 函数拟合法

函数拟合法是利用设定的函数(如幂函数、多项式函数)对实际观测数据进行拟合,得出 Lorenz 曲线方程,并在此基础上计算基尼系数。

a. 若函数形式为二次多项式函数,则可设函数形式为

$$y = ax^2 + bx + c$$
(6)

式中 a, b, c 为参数,可通过最小二乘法进行参数估计。则基尼系数为

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} = 1 - 2 \int_0^1 (ax^2 + bx + c) dx$$
(7)

b. 若函数形式为三次多项式函数,则可设函数形式为

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$$
(8)

式中 d 为参数,可通过最小二乘法进行参数估计。则基尼系数为

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} = 1 - 2 \int_0^1 (ax^3 + bx^2 + cx + d) dx$$
(9)

c. 若函数形式为幂函数,则可设函数形式为

$$y = ax^b$$
(10)

通过定积分方法求该函数曲线下的面积,最后求得基尼系数:

$$S_B = \int_0^1 L(x) dx = \int_0^1 ax^b dx$$
(11)

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} = 2S_A = 2(0.5 - S_B) = 1 - 2 \int_0^1 ax^b dx$$
(12)

为了将水资源基尼系数与社会经济发展结合起来进行分析,引入人均 GDP 基尼系数和水资源效益基尼系数。人均 GDP 基尼系数是基于人口和 GDP 数据计算的基尼系数,反映了地区经济发展的平衡程度;水资源效益基尼系数是基于 GDP 和水资源量数据计算的基尼系数,反映了水资源效益的均衡程度。人均 GDP 基尼系数和水资源效益基尼系数的计算方法与水资源基尼系数计算方法相同,不再赘述。

2 水资源量非均衡性评价模型

对水资源量非均衡性进行评价有 2 种方式:代内评价和代际评价。代内评价是将相同年份计算得到的一个地区各分区的水资源基尼系数与该地区的基尼系数进行比较,评价各分区相对于该地区的水资源分布非均衡性程度^[5]。首先,按式(13)将各地区的人均水资源量标准化。

$$z_i = \frac{Y_i}{P_i} \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$
(13)

将各分区的 z_i 和 G_i 绘制在同一幅图中,如图 3 所示。

以 $z=1$ 和各分区基尼系数的平均值 $\bar{G}$ 为临界控制值,将水资源基尼系数分布图划分成 4 个分区域(A,B,C,D)。当 $z_i=1$ 则分区人均水资源量与地区平均水平相等;当 $G_i=\bar{G}$ 则分区人均水资源量与地区平均水平相等。对于落在不同区域中的点,其评价结果见表 1。

代际评价是计算该地区不同年份的水资源基尼系数,并通过比较当年的水资源基尼系数 $G(t)$ 与上一年的基尼系数 $G(t-1)$ 的大小寻找其非均衡发展演变规律^[6]。其模型为

$$\Delta G = G(t) - G(t - 1)$$
(14)

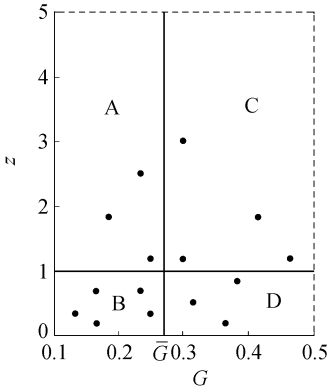


图 3 水资源基尼系数分布
Fig. 3 Distribution of water resources Gini coefficient

表 1 水资源量非均衡性代内评价
Table 1 Intra-generation evaluation of water resources non-equilibrium

区域	分区人均水资源量与 整个地区平均水平比较	分区水资源基尼系数 与整个地区基尼系数 平均值比较	评价
A	大	小	最好
B	小	小	好
C	大	大	差
D	小	大	最差

若 $\Delta G < 0$, 则说明水资源基尼系数在逐渐减少, 地区之间的水资源量非均衡性在降低, 水资源分布越来越均衡, 是比较合理的发展趋势; 若 $\Delta G > 0$, 则说明水资源基尼系数越来越大, 水资源分布程度越来越不均衡, 需要进行调整, 对水资源开发利用较落后的地区进行政策性倾斜; 若 $\Delta G = 0$, 则说明水资源基尼系数保持不变, 此时系统演变处于稳定状态, 水资源开发利用程度的均衡程度没有发生恶化, 水资源分布趋于合理。

限于资料, 本文主要研究代际评价, 在实例分析中仅计算不同年份的区域水资源基尼系数, 从总体上分析、评价地区水资源量分布非均衡程度及其在一段时间内的变化情况。对于代内评价, 主要是评价各分区相对于该地区的水资源分布非均衡程度, 需根据各分区下一级分区的相关资料分别计算各子区的水资源基尼系数。

3 水资源开发利用非均衡协调发展模式

水资源开发利用与水资源分布密切相关, 水资源分布不均直接制约了区域水资源开发利用和社会经济的协调发展, 通过研究水资源分布的不均衡性规律, 可为水资源开发利用非均衡发展模式提供依据。非均衡性发展模式是对均衡发展模式的改进^[7-9], 通过优先发展具有较强增长势头的地区, 取得较好的投资效率和较快的增长速度, 然后利用这类地区的扩散效应延伸带动其他地区的发展, 这在发展中国家的区域开发中得到很好的实践, 并取得相当不错的开发效果。但是, 当经济发展到一定程度后, 非均衡发展会造成贫富差距无限扩大^[10-12]。

区域水资源开发利用均衡发展模式是指每个地区都保持相同的开发速度, 非均衡发展模式是指将有限的资金、资源全部投入到有条件的地区, 只开发那里的水利、水能资源。对于区域水资源发展模式, 应该采取非均衡协调发展模式, 即在水资源量非均衡开发利用的同时, 采取积极的方法, 对这种不均衡进行适度的调控, 以期实现整个大区域水资源与社会经济的快速、健康和可持续发展。国家根据各地区的水资源分布特点、自然条件状况和经济技术水平, 确定若干重点开发区域, 在资源分配和政策投入上, 集中财力、物力、人力对这些地区进行重点开发利用。对于其他非重点区域, 综合考虑当地水资源基尼系数和经济社会状态, 进行有计划的适度开发利用。水资源开发利用的非均衡协调发展模式是一种适度倾斜的非均衡发展战略, 也是一种区域之间协调与互补的战略。实行非均衡协调发展模式, 有利于建立水资源开发的多元化开放体系, 形成多元化的开发格局, 体现公平与效率的统一, 对于实现整个区域水资源的可持续利用、促进社会经济协调与可持续发展具有重要的科学意义。

4 实例研究

以江苏省 2001—2011 年人口和水资源量数据(表 2 和表 3)为例计算江苏省水资源基尼系数, 分析江苏省水资源分布的不均衡程度。为分析江苏省水资源与社会经济的关系, 同时以江苏省各市 2001—2005 年的人口和 GDP 数据计算人均 GDP 基尼系数, 以 GDP 和水资源量数据计算水资源效益基尼系数。数据均来源于《江苏省统计年鉴》(2002—2012 年)和《江苏省水资源公报》(2001—2011 年)。

表 2 江苏省 2001—2011 年各分区人口

Table 2 District population in Jiangsu Province from 2001 to 2011												10 ⁴ 人
序号	分区	人口										
		2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
1	南京市	553.1	563.3	572.2	583.6	686.2	713.4	741.3	758.9	771.0	800.5	810.9
2	无锡市	435.9	438.6	442.5	447.2	556.5	580.8	599.2	610.7	620.0	637.3	643.2
3	徐州市	901.9	904.4	908.7	916.9	882.5	878.9	871.1	869.2	868.0	858.1	857.3
4	常州市	342.9	343.2	346.2	349.0	411.0	428.2	435.2	440.7	445.0	459.2	465.0
5	苏州市	580.5	583.9	591.0	598.9	752.9	794.3	882.1	912.7	937.0	1046.6	1051.9
6	南通市	784.0	780.3	777.6	773.8	733.8	728.6	717.9	714.8	713.0	728.3	728.9
7	连云港市	461.0	465.0	467.8	468.8	454.9	452.5	447.0	445.6	445.0	439.4	438.6
8	淮安市	513.6	518.5	519.9	524.1	498.0	494.9	485.7	482.3	481.0	480.0	480.3
9	盐城市	797.5	795.6	796.5	798.3	779.9	773.7	757.9	752.2	748.0	726.0	723.7
10	扬州市	451.8	452.2	453.6	454.3	451.1	448.3	446.0	447.1	450.0	446.0	446.3
11	镇江市	266.6	267.1	267.2	267.2	295.9	297.9	301.9	304.1	307.0	311.3	313.4
12	泰州市	503.1	513.0	503.4	502.8	469.2	466.0	458.0	463.6	467.0	461.9	462.6
13	宿迁市	511.7	504.0	517.3	521.4	495.7	492.0	481.0	474.7	473.0	471.6	476.6

表3 江苏省2001—2011年各分区水资源量

Table 3 District water resources quantity in Jiangsu Province from 2001 to 2011		10 ⁸ m ³										
序号	分区	水资源量										
		2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1	南京市	15.05	21.73	48.60	19.58	27.87	24.75	24.52	23.56	33.95	37.17	36.02
2	无锡市	20.37	20.28	16.40	16.04	15.22	19.60	22.17	15.02	30.47	23.49	37.59
3	徐州市	28.37	17.40	76.30	33.47	67.39	33.76	63.15	48.19	35.13	31.79	32.23
4	常州市	19.30	25.22	14.90	12.76	14.32	15.59	16.17	16.34	29.22	17.83	29.38
5	苏州市	35.35	35.00	13.90	25.75	19.98	24.67	32.17	32.89	46.23	25.72	32.06
6	南通市	27.51	25.45	29.30	25.76	15.36	27.24	25.75	23.37	44.19	38.49	50.64
7	连云港市	30.43	10.25	54.10	16.67	53.69	24.74	42.66	36.73	19.36	26.21	16.39
8	淮安市	14.79	19.63	78.60	7.13	59.65	59.08	72.13	47.83	26.48	34.84	58.88
9	盐城市	20.07	18.72	101.20	12.03	86.41	81.36	77.8	42.94	51.60	52.01	73.65
10	扬州市	8.58	15.14	48.70	5.57	30.77	29.51	28.35	17.60	22.15	24.28	39.26
11	镇江市	8.22	17.00	24.80	10.90	9.34	14.00	16.97	12.49	24.68	18.80	21.49
12	泰州市	13.57	14.13	34.90	9.03	19.43	20.75	23.03	15.43	21.00	17.59	33.13
13	宿迁市	21.89	13.96	77.40	9.15	47.53	29.53	53.19	45.61	15.86	35.30	31.67

分别采用梯形面积法和函数拟合法中的二次多项式函数拟合、三次多项式函数拟合和幂函数拟合方法计算,取4种方法计算结果的平均值作为最终基尼系数,江苏省水资源基尼系数如表4所示。

表4 江苏省水资源基尼系数计算结果

年份	基尼系数				平均值
	梯形面积法	二次多项式	三次多项式	幂函数	
2001	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
2002	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
2003	0.27	0.26	0.28	0.26	0.27
2004	0.21	0.20	0.22	0.19	0.20
2005	0.32	0.32	0.33	0.30	0.32
2006	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26
2007	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28
2008	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
2009	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
2010	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19
2011	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23

将历年水资源基尼系数、人均GDP基尼系数和水资源效益基尼系数绘制在1幅图上(图4),观察其演变趋势。

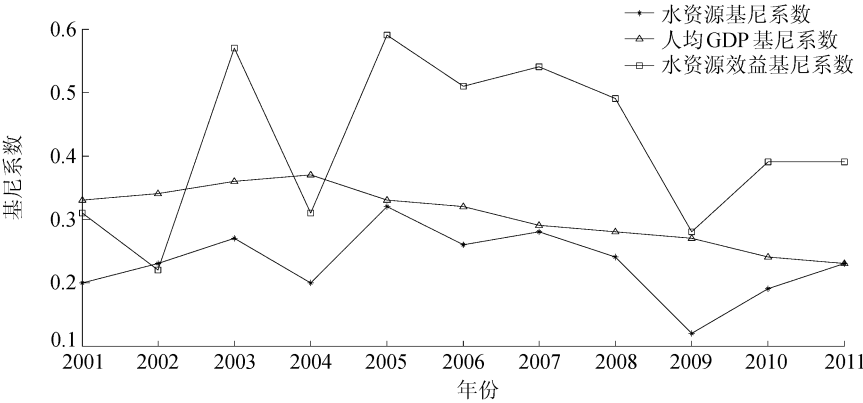


图4 江苏省水资源与社会经济非均衡性变化趋势

Fig. 4 Changing trend of non-equilibrium between water resources and socio-economy in Jiangsu Province

由图4可知,2000—2011年江苏省水资源基尼系数均小于0.4,说明水资源分布相对均衡,2006—2011年水资源基尼系数保持在0.1~0.3之间,说明水资源分布合理,但在2009年以后呈现递增趋势,说明水资源分布非均衡程度在扩大,需要采取相应的措施抑制这一趋势。2004年以来,人均GDP基尼系数曲线呈递减趋势,说明江苏省地市经济发展的非均衡性有进一步缩小趋势,2005—2008年水资源效益基尼系数

均大于0.4,说明江苏省各市水资源产生效益极不均衡,有些地区水资源能产生较高的经济效益,而有些地区水资源产生的效益偏低。2010 年和 2011 年水资源效益基尼系数均接近0.4,处于极值点,水资源效益的不均衡性问题必须引起重视。由水资源基尼系数、人均 GDP 基尼系数及水资源效益基尼系数曲线变化趋势,可以判断江苏省水资源与社会经济发展的非均衡性程度,从而选择相应的水资源开发利用非均衡协调发展模式,促进社会经济协调发展。具体来说,可以根据江苏省的水资源分布特点、自然条件状况和经济技术水平,在苏南、苏中和苏北各确定若干重点开发区域,在资源分配和政策投入上,集中财力、物力、人力对这些地区进行重点开发利用。对于其他非重点区域,宜综合考虑当地的水资源基尼系数和经济社会状态,进行有计划的适度开发利用。

5 结 论

基于发展经济学的基尼系数与 Lorenz 曲线理论,提出水资源基尼系数的概念,给出以水资源基尼系数判断水资源分布合理性的评判标准。采用梯形面积法和函数拟合法计算水资源基尼系数,并进行相互比较和验证。建立水资源量非均衡性评价模型,用于评价地区水资源分布、水资源效益与社会经济非均衡性的发展演化规律。在非均衡性评价基础上,提出了水资源与社会经济非均衡协调发展模式,以水资源的可持续利用促进社会经济协调发展。

参考文献:

[1] 李雪松,伍新木. 我国水资源循环经济发展与创新体系构建[J]. 长江流域资源与环境, 2007,16(3):293-297. (LI Xuesong,WU Xinmu. Development and innovation system of water resources circular economy in China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2007,16(3):293-297. (in Chinese))

[2] 钟淋涓,方国华,国延恒. 水资源、社会经济与生态环境相互作用关系研究[J]. 水利经济, 2007,25(3):4-7. (ZHONG Linjuan, FANG Guohua, GUO Yanheng. Researches on the relationship among water resources, social economy and ecological environment[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2007, 25(3):4-7. (in Chinese))

[3] 王惠萍. 基尼系数基于概率意义上的解释及其估计[J]. 青海师范大学学报:自然科学版,2006(4):22-23. (WANG Huiping. The explanation of the Gini coefficient and the estimation based on the probability[J]. Journal of Qinghai Normal University:Natural Science,2006(4):22-23. (in Chinese))

[4] 王志江,胡日东. 关于用拟合曲线法求基尼系数有关问题的探讨[J]. 统计与决策,2006(12):139-140. (WANG Zhijiang, HU Ridong. Discussion on Gini coefficient calculation by curve fitting method[J]. Statistics and Decision, 2006(12):139-140. (in Chinese))

[5] 黄涛,胡宜国. 胡宜朝. 地区人均 GDP 分布的基尼系数分析[J]. 管理世界,2006(5):45-51. (HUANG Tao, HU Yiguo, HU Yichao. An analysis of regional Gini coefficient of per capita GDP[J]. Management World, 2006(5):45-51. (in Chinese))

[6] 邵东国,贺新春,黄显峰,等. 基于净效益最大的水资源优化配置模型与方法[J]. 水利学报, 2005, 36(9):1050-1056. (SHAO Dongguo, HE Xinchun, HUANG Xianfeng, et al. Optimal water resources deployment based on maximal net benefit [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(9):1050-1056. (in Chinese))

[7] PERROUX F. Economic space: theory and application[J]. Quarterly Journal of Economics, 1950, 64(1):89-104.

[8] 陈华,刘永新. 区域经济增长理论与中国区域经济非均衡协调发展[J]. 国际技术经济研究, 2006,9(2):6-10. (CHEN Hua, LIU Yongxin. Non-balanced development on regional economic growth theory and Chinese region economy [J]. International Technology and Economy, 2006,9(2):6-10. (in Chinese))

[9] 来海亮,汪党献,吴涤非. 水资源及其开发利用综合评价指标体系[J]. 水科学进展,2006,17(1): 96-101. (LAI Hailiang, WANG Dangxian, WU Difei. Comprehensive assessment indicator system for water resources and its development and use[J]. Advances in Water Science, 2006,17(1): 96-101. (in Chinese))

[10] NORTH D C. Location theory and regional economic growth [J]. Journal of Political Economy, 1955,63(3):243-258.

[11] 刘恒,耿雷华,陈晓燕. 区域水资源可持续利用评价指标体系的建立[J]. 水科学进展,2003,14(3):265-270. (LIU Heng, GENG Leihua, CHEN Xiaoyan. Indicators for evaluating sustainable utilization of regional water resources[J]. Advances in Water Science, 2003,14(3):265-270. (in Chinese))

[12] 何晓光,梁晓辉,黄玖立. 水资源对经济社会发展的影响[J]. 水利科技与经济,2003,9(1):33-35. (HE Xiaoguang, LIANG Xiaohui, HUANG Jiuli. The influence of water resource on the development of economic and society[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2003,9(1):33-35. (in Chinese))