

# 基于基尼系数的辽宁大伙房水库调水配置

陈华鑫,许新宜,王红瑞,庞 博

(北京师范大学 水科学研究院,北京 100875)

**摘要:**辽宁省正规划建设大伙房水库输水二期工程,以使该省的水资源分布更趋合理。为评估调水前后水资源配置的公平性以及辽宁省水资源分布的影响,分析了辽宁中部地区受大伙房输水工程影响的与水资源量相应的用水量、人口和GDP的基尼系数变化情况,并提出了水资源贡献系数,作为判断水资源不公平的因子,为调水提供必要性依据。结果表明:抚顺和本溪市的水资源系数较大,结合两市的经济社会情况考虑,将本溪市作为调水水源区。输水工程建成后,辽宁省中部各地区的水资源配置合理性均有所改善。

**关键词:**基尼系数;调水;水资源配置;大伙房水库;辽宁

中图分类号:TV67 文献标志码:A

基尼系数是意大利经济学家基尼(Corrado Gini)于1912年提出的,是根据洛伦兹曲线所定义的判断收入分配公平程度的指标,可定量测定收入分配差异程度,得到世界各国的普遍认同和广泛应用。我国学者将其应用到各个非经济领域,如水资源利用、水污染物总量分配、土地利用结构、水土资源、水环境、水足迹、农产品虚拟水-耕地资源的研究等<sup>[1-5]</sup>,然而,在水资源调水领域应用还相当有限。本文以辽宁大伙房水库为例,将基尼系数应用于区域性水资源配置的空间匹配分析,对大伙房水库输水(二期)工程调水前后水资源配置的公平性进行合理评估,为有关部门提供决策参考依据。

## 1 研究区概况

辽宁省是我国水资源问题突出地区之一,由于辽宁省降雨量的时空变化较大,地区水资源分布极不均匀。本文的研究区包括辽宁大伙房水库的水源地和调水区的7个地级行政区。7个地级行政区中,东部地区的本溪和抚顺两市多年平均水资源总量为63.17亿 $m^3$ ,占研究区的63.2%,人均水资源占有量分别为2 106,1 389  $m^3$ ;而中部地区的沈阳、辽阳、鞍山、营口、盘锦5市的人均水资源量仅为256~814  $m^3$ ,水资源匮

乏程度尤其明显。中部地区的5市是辽宁省重要的工业及商品粮生产基地,也是全国重要的钢铁、煤炭、石油、化工、电力、机械、建材基地,GDP占全省的47.5%,人口为全省的38.1%,但多年平均水资源量均仅为全省的22.6%,可见该地区经济发达、人口密集,但水资源严重短缺,已成为制约当地经济可持续发展的重要因素。另外,研究区的7个地级市均属于沈阳经济区,2010年4月,国家发改委正式批复沈阳经济区为国家新型工业化综合配套改革试验区。因此,水资源的合理配置显得尤为重要。大伙房水库输水(二期)工程将从浑江调水,经过水库的调节后分配给中部缺水6市,是该地区的重要区域性水源配置工程。

## 2 指标选取

本研究的水资源量是指当地降水形成的地表和地下产水量,即地表径流量与降水入渗补给量之和,不考虑外调水和过境水。

不同地区的水资源需求相同,因此选取的评价指标需能够较好地反映自然、社会、经济等属性,具有较好的代表性,并且能够量化和获取准确的数据。用水量-水资源量关系可在一定程度上反映当地水资源量的开发利用程度,人口-水资源量关系反映当地的人

均水资源量的多少,GDP-水资源量关系可反映当地单位 GDP 水资源量的差异。基于以上原则,本文选用水量、人口、GDP 作为水资源量配置的公平性评估指标<sup>[6-7]</sup>。

### 3 基本理论

本研究采用的理论基础是洛伦兹曲线和基尼系数。洛伦兹曲线是指在一个国家(地区)内,以“最贫穷的人口计算起一直到最富有人口”的人口百分比与对应的收入百分比组成的曲线,其弯曲程度反映了收入分配的不平等程度。按照国际惯例,通常以 0.4 作为分配贫富差距的“警戒线”,即,基尼系数在 0.2 以下表示社会分配高度平均或绝对平均,0.2~0.3 之间表示相对平均,0.3~0.4 之间为比较合理,0.4~0.5 为差距偏大;0.5 以上为高度不平均。

根据基尼系数的内涵,引入水资源量-评价指标的基尼系数,以量化水资源量与各评价指标在空间的上差异程度,其等级划分仍遵循基尼系数划分的国际惯例。

本文分别选用用水量、人口和 GDP 作为匹配对象,分别计算了水资源量与三者匹配的基尼系数。以水资源量与用水量匹配基尼系数为例,简述上述指标的计算方法。

(1) 根据辽宁省水资源的分布特点,以水资源分区或行政区的边界划分区域较为合理,本文以辽宁省中部地区的 7 个市的行政单元作为计算区域。

(2) 选取各个区域的水资源量作为基本匹配对象,用水量作为匹配对象。以水资源量与用水量的比值作为匹配水平分级指标,对各计算区域按该指标的大小从低到高排序。

(3) 分别计算各区域的水资源量占辽宁省水资源总量的比例  $P_{1i}(i=1,2,\dots,n)$  及各区域的用水量占辽宁省用水总量的比例  $P_{2i}(i=1,2,\dots,n)$ ,然后据此计算各区域用水量比例的累积百分比  $X_i(i=1,2,\dots,n)$  及水资源量比例的累积百分比  $Y_i(i=1,2,\dots,n)$ 。其中, $n$  为计算区域个数, $i$  为依照步骤(2)进行排序的序号。

$$X_i = \sum_{j=1}^i P_{2j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^i P_{1j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(4) 点绘水资源空间匹配的洛伦兹曲线,然后计算水资源量与用水量匹配的基尼系数。本文中基尼系数的求解采用梯形面积法<sup>[7]</sup>,即把洛伦兹曲线下方的面积近似当作若干梯形进行计算。计算公式为

$$Gini \text{ 系数} = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i + Y_{i-1}) \quad (3)$$

当  $i=1$  时,  $(X_{i-1}, Y_{i-1})$  视为  $(0, 0)$ 。

(5) 为了更好地分析水资源量和用水量、人口、GDP 之间的公平性关系,根据基尼系数的内涵并借鉴资源环境基尼系数中的绿色贡献系数概念,本文把水资源量的比率和上述 3 项指标比率的比例称为水资源贡献系数(Water Resource Contribution Coefficient,简称 WRCC)。该系数可以较好地空间分布上来评价水资源量分配的公平性,可用下式表示。

$$WRCC = \frac{WR_i / XX_i}{WR / XX} \quad (4)$$

式中,  $WR_i, XX_i$  分别表示各市的水资源量和指标数(用水量、人口、GDP);  $WR, XX$  分别表示辽宁省中部地区的水资源量和指标数; $i$  表示各市。

当  $WRCC$  趋于 1 时,说明该市水资源量处于研究区的平均水平,也就是说,一定比例的水资源量能够支撑或维持同比例的人口(用水量、GDP)的发展;当  $WRCC$  偏离 1 时,表明水资源和与相应的指标存在不公平现象;当  $WRCC \gg 1$  时,说明该地区水资源量所占比例远大于该地区用水量、人口或 GDP 的比例,区内水资源相对富余等;  $WRCC \ll 1$  时,说明该地区水资源量所占比例远小于该地区用水量、人口或 GDP 的比例,水资源承载压力大,区内水资源相对紧缺等。从空间上分析区域  $WRCC$  的大小和分布,可以直观判断水资源分布与用水量、人口或 GDP 等社会经济指标的匹配情况,为调水必要性的分析提供支持。

### 4 水资源基尼系数计算与分析

根据基尼系数的概念及其计算方法,选取 2010 年辽宁省中部地区的 7 个市的人口、GDP、用水量作为水资源量评价的指标,数据来源为《辽宁统计年鉴 2011》,其中水资源量数据采用多年平均水资源量(见表 1)。

表 1 计算区域基本数据

行政区	多年平均水资源量/亿 m <sup>3</sup>	用水量/亿 m <sup>3</sup>	人口/万人	GDP/亿元
沈阳	23.56	28.59	719.60	501.75
鞍山	28.64	12.03	351.80	212.50
抚顺	30.61	7.43	220.90	89.52
本溪	32.56	4.21	154.60	86.04
营口	10.55	8.26	235.50	100.25
辽阳	11.22	10.83	183.40	73.54
盘锦	3.36	12.88	131.30	92.63
合计	140.50	84.23	1997.10	1156.23

大伙房水库一期工程是一项大型跨流域调水工

程,多年平均调水量 17.86 亿 m<sup>3</sup>,通过输水隧洞将浑江的水调入浑河上的大伙房水库;二期工程将从浑江调来的水经水库调节后分配给辽宁中部地区的抚顺、沈阳、辽阳、鞍山、营口、盘锦 6 个缺水城市。工程分为两阶段进行,第一阶段设计水平年为 2015 年,第二阶段为 2030 年,水资源分配情况见表 2。

表 2 大伙房水库输水(二期)工程调水量 亿 m<sup>3</sup>

建设阶段	总体	抚顺	沈阳	辽阳	鞍山	营口	盘锦
第一阶段	11.94	0.95	6.39	1.35	1.39	1.24	0.62
第二阶段	18.40	1.64	8.29	2.26	2.08	2.08	2.04

依据上述分析资料,可分别绘出调水前,二期工程的第一、第二阶段的洛伦兹曲线(略)。

洛伦兹曲线反映了水资源量分配不均的程度,弯曲度越大,表示水资源分配越不平均。用水量与水资源量的洛伦兹曲线在调水前的弯曲程度远远大于二期工程第一、二阶段工程实施后的弯曲度,说明水资源分配趋于平均,但是离绝对平均还有很大的差距。人口-水资源量与 GDP-水资源量的洛伦兹曲线也呈现相同的情况。根据式(3),采用梯形面积法计算辽宁省中部地区大伙房水库输水工程在调水前,二期工程第一、第二阶段的用水量-水资源量、人口-水资源量、GDP-水资源量的基尼系数(见表 3)。

表 3 各项指标-水资源量的基尼系数

建设期	用水量	人口	GDP
调水前	0.47	0.37	0.43
二期第一阶段	0.36	0.25	0.34
二期第二阶段	0.34	0.24	0.32

从表 3 的计算结果可以看出:大伙房水库一期工程前,辽宁中部地区的用水量-水资源量基尼系数为 0.47,GDP-水资源量基尼系数为 0.43,已经超过了 0.4 的国际“警戒线”,处于差距偏大的区间,说明调水前的用水量和 GDP 与当地水资源量分配之间不合理性较大,经济社会发展受到水资源量的制约;人口~水资源量基尼系数为 0.37,在“警戒线”之内,人均水资源量比较合理。

大伙房水库二期工程第一、第二阶段工程完成实现调水后,辽宁中部地区的用水量-水资源量基尼系数从 0.47 下降到 0.36 和 0.34;人口-水资源量基尼系数从 0.37 下降到 0.25 和 0.24;GDP-水资源量基尼系数从 0.43 下降到 0.34 和 0.32,说明二期工程实施后,各指标与水资源量的基尼系数均减小了 0.1 以上,合理性均得到了较大的改善。辽宁中部地区的用水量与水资源量、GDP 与水资源量的配置比较合理,

人口与水资源量配置处在相对平均的区间。

### 5 水资源贡献系数计算分析

根据定义计算出的研究区各市的水资源贡献系数,汇总绘制了大伙房水库一期工程调水前的辽宁中部地区的用水量-WRCC,人口-WRCC 和 GDP-WRCC 分布图(见图 1,3,5)。大伙房水库二期工程建成后的辽宁中部地区相应的 WRCC 分布图(见图 2,4,6)。

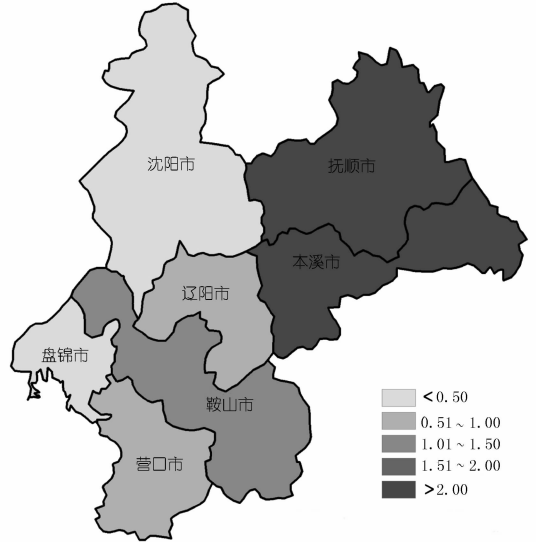


图 1 调水前用水量-WRCC 分布情况

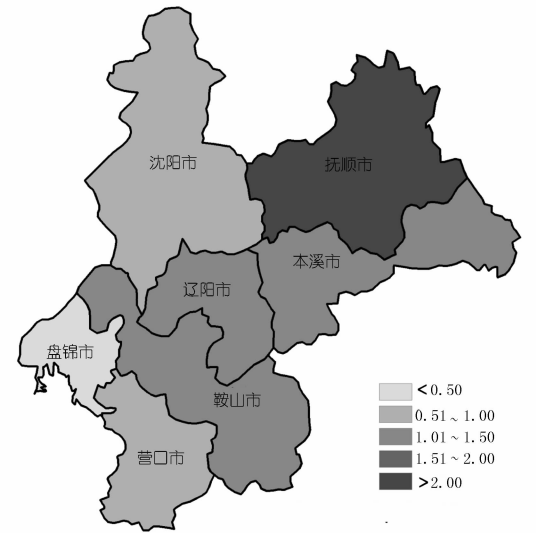


图 2 调水后用水量-WRCC 分布情况

从大伙房水库一期工程调水前的用水量-WRCC 分布图(图 1)可知,本溪的 WRCC 大于 4.0,抚顺的 WRCC 大于 2.0,说明两市的水资源量远大于其用水量,水资源利用效率较低。沈阳和盘锦两市的 WRCC 均小于 0.5,主要原因是这两个市的经济比较发达,用水量较大,但是本地的水资源量较小,尤其是盘锦市,

需要依靠外来水来解决用水问题,因此增加了区域供水安全的风险性。

从人口 - WRCC 分布图(图 3)可知,本溪的 WRCC 大于 2.0,抚顺的 WRCC 接近 2.0,人均水资源量较为丰沛;沈阳、盘锦两市的 WRCC 均小于 0.5,人均水资源量比较小,盘锦市的人均水资源量为全国的 1/8,而沈阳市的人均占有水资源量仅为全国的 1/14,为水资源短缺性城市,在一定程度上制约了两市的发展;其他城市接近于或小于 1.0。

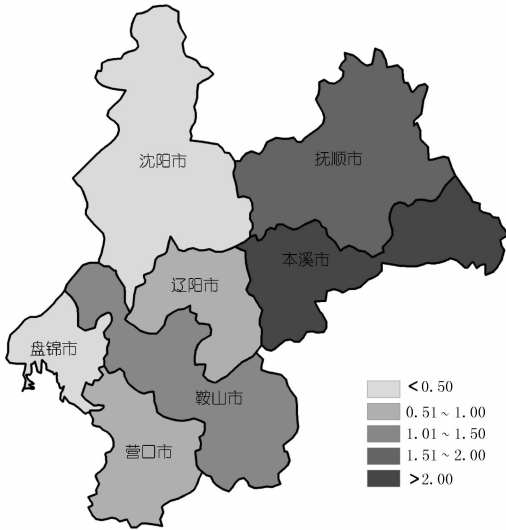


图 3 调水前人口 - WRCC 分布情况

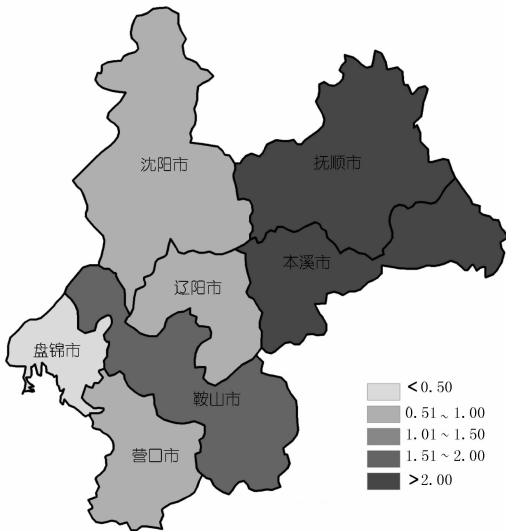


图 4 调水后人口 - WRCC 分布情况

从 GDP - WRCC 分布图(图 5)可知,本溪和抚顺的 WRCC 大于 2.0,从经济上看,水资源量是引起不公平的主要因子。

综上所述,沈阳和盘锦的各项评价指标对应的 WRCC 都小于 0.5,水资源承载压力较大,而本溪、抚顺都大于 2,水资源较为丰沛,因此,可考虑从两市向

沈阳市和盘锦市调水。但抚顺市是全国十大工业城市之一,中国重要的工业基地,素有“煤都”之称,而煤化工是高耗水行业,且抚顺处于大伙房水库的下游,所以仅将本溪作为调水水源。

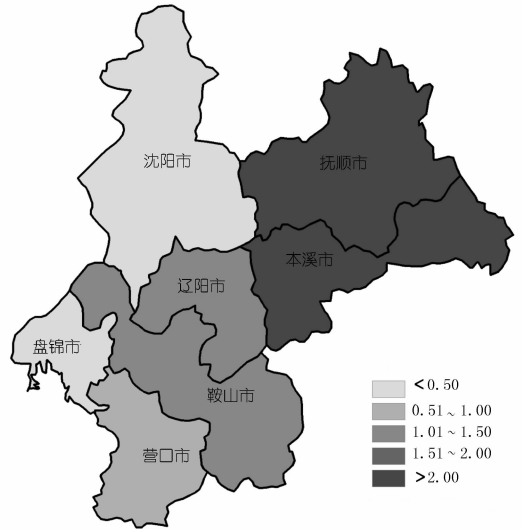


图 5 调水前 GDP - WRCC 分布情况

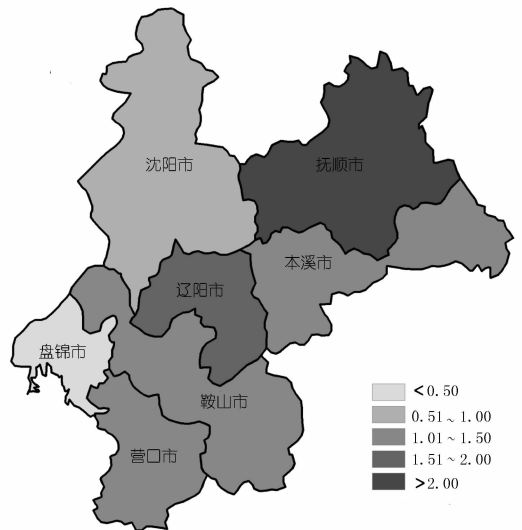


图 6 调水后 GDP - WRCC 分布情况

从大伙房水库二期工程完成后的用水量 - WRCC 分布图(见图 2)分析可知,调水完成后,本溪、抚顺两市的 WRCC 仍大于 2.0,但比一期工程前均有所减小;沈阳市和盘锦市的 WRCC 得到了改善,其他市的 WRCC 更加接近 1.0,这表明经过大伙房水库二期调水工程,各市的水资源量与用水量匹配更合理。从人口、GDP - WRCC 分布图(见图 4,6)分析可知,抚顺市的 WRCC 仍大于 2.0,本溪市的 WRCC 从大于 2.0 到接近 1.0,同样,其他市的 WRCC 接近 1.0,说明经过大伙房水库二期调水工程,从水资源分布和社会经济角度看,水资源匹配更好。

通过以上分析可知,大伙房水库输水工程可为辽宁省中部地区 6 市的生产、生活提供长期可靠的水资源保障,对保障辽宁省供水安全、促进经济社会发展、振兴东北地区老工业基地,具有十分重要的意义。

## 6 结论

(1) 本文借鉴经济学中洛伦兹曲线和基尼系数的概念,提出水资源与用水量、人口和 GDP 匹配基尼系数 3 项指标,计算和分析了大伙房水库输水工程调水前后水源区与受水区水资源的空间匹配程度。计算结果表明:大伙房输水工程调水前,辽宁中部区域内的水资源量与用水量、人口、GDP 匹配系数均较大,不匹配程度较高;二期工程完成后的 3 项指标均有明显下降,匹配程度显著提高,水资源空间配置的优化程度得到了提高,使居民生活、经济社会发展受区域水资源量制约的情况有所改善。

(2) 本文提出的水资源贡献系数,可作为判断水资源配置公平的指标,大伙房输水工程调水前,不公平因子较大的主要为抚顺和本溪,为将本溪市作为调水水源地提供了合理的依据;二期输水工程完成后,本溪市的 WRCC 得到了很大改善,同时辽宁省和盘锦市的 WRCC 也趋于合理,促进了水资源的合理配置。因此,水资源贡献系数能够为区域调水的必要性提供一定的

依据。

(3) 以基尼系数和水资源贡献系数为基础的水资源配置分析,可定量评价水资源分配的公平性和合理性,为高效公平地配置水资源提供支持,从而为水资源“三条红线”管理以及相应的考核办法提供参考依据。

本文仅从水量方面考虑辽宁中部地区的水资源配置问题,但在水质方面有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 陈超,崔东文. 文山州水资源开发利用区域差异基尼系数法评价分析[J]. 水科学与工程技术, 2011, (1): 27-29.
- [2] 孟祥明,张宏伟,孙韬,等. 基尼系数法在水污染物总量分配中的应用[J]. 中国给水排水, 2008, 29(23): 105-108.
- [3] 陈丁江,吕军,沈晔娜. 区域间水环境容量多目标公平分配的水环境基尼系数法[J]. 环境污染与防治, 2010, 32(1): 88-91.
- [4] 孙才志,刘玉玉,陈丽新,等. 基于基尼系数和锡尔指数的中国水足迹强度时空差异变化格局[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1312-1321.
- [5] 刘昌明,王红瑞. 浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系[J]. 自然资源学报, 2003, 18(05): 635-644.
- [6] 鲁帆,王利娜,朱厚华. 基尼系数在调水水资源分配中的应用研究[J]. 人民长江, 2012, 43(5): 19-21.
- [7] 熊俊. 基尼系数四种估算方法的比较与选择[J]. 商业研究, 2003, (23): 123-125.

(编辑:常汉生)

## Analysis on allocation of water diversion from Dahuofang Reservoir based on Gini Coefficient

CHEN Huaxin, XU Xinyi, WANG Hongrui, PANG Bo

(College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

**Abstract:** For reasonably allocating water resources of Liaoning Province, the provincial government is planning to construct phase II water diversion works from Dahuofang Reservoir. In order to analyze the influence on water resources distribution by the water diversion works, the Gini Coefficient variations associated with water use amount, population and GDP in the central areas of Liaoning Province are analyzed, and the contribution coefficient of water resources is put forward to estimate the unfairness factor of water resources distribution. The results show that contribution coefficients of Fushun and Benxi cities are larger, and by comprehensively considering their social and economical conditions, the Benxi City can be determined as water sources area. After the water diversion works is completed, the water resources distribution rationality in all the central areas of Liaoning Province will be improved.

**Key words:** Gini coefficient; water diversion; water resources allocation; Dahuofang Reservoir; Liaoning Province

· 简讯 ·

### 汪在芹等 7 人荣获第 5 届“长江委重大成就奖”

近日,经单位推荐、评审委员会评审、委党组研究,长江水利委员会决定授予汪在芹、陈肃利、万成炎、何晓东、郭照灵、熊文、周少林 7 人“长江水利委员会重大成就奖”荣誉称号。

长江委重大成就奖设立于 2003 年,每两年评选一次,重点奖励为治江事业和长江委经济发展作出重大贡献的委属单位

专业技术人才和经营管理人才。该项奖励的设立,为贯彻落实党的“十八大”精神和国家中长期人才发展规划纲要精神,深入推进实施科技兴委、人才强委战略创造了良好氛围,在全委营造了尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造的大环境。

(长江)