

文章编号:2095-6134(2016)04-0497-08

# 南充市水资源压力时空演变\*

汤小波<sup>1</sup>, 唐宏<sup>1,2†</sup>, 吴越<sup>1</sup>, 马历<sup>1</sup>

(1 四川农业大学管理学院, 成都 611130; 2 四川农业大学四川省农村发展研究中心, 成都 611130)

(2015 年 5 月 7 日收稿; 2016 年 3 月 22 日收修改稿)

Tang X B, Tang H, Wu Y, et al. Spatial and temporal evolution of water resource pressure in Nanchong city of Sichuan province[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2016, 33(4):497-504.

**摘要** 选择四川北部典型丘陵区——南充市为研究区, 基于 2007—2013 年历史数据, 从水资源的人口压力、经济发展压力、生态压力和技术压力 4 个角度分析探讨南充市水资源压力变化。结果表明: 2007—2013 年, 南充市水资源的经济压力持续减小, 理论上不存在水资源生态压力, 而人口压力和技术压力相对稳定, 水资源综合压力在波动中呈缓慢下降趋势。在空间分布上, 2007 年和 2012 年, 南充市水资源综合压力主要集中在顺庆区、嘉陵区和蓬安县, 高坪区水资源压力状况由中等变为巨大。

**关键词** 水资源压力; 压力指数; 时空变化; 丘陵区; 南充市

中图分类号: TV213.9 文献标志码: A doi:10.7523/j.issn.2095-6134.2016.04.010

## Spatial and temporal evolution of water resource pressure in Nanchong city of Sichuan province

TANG Xiaobo<sup>1</sup>, TANG Hong<sup>1,2</sup>, WU Yue<sup>1</sup>, MA Li<sup>1</sup>

(1 College of Management, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2 Sichuan Center for Rural Development Research, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract** By taking Nanchong city, Sichuan province, as research area and studying the historical data from 2007 to 2013, we analyze changes of water resource pressure in Nanchong from four aspects: population pressure, economic development pressure, ecological pressure, and technology pressure. The results are given as follows. 1) The economic development pressure of water resources sustainably decreased from 2007 to 2013. Theoretically, there was no water ecological pressure. The integrated water resource pressure showed a dwindling trend in fluctuation. 2) In 2007 and 2012, the integrated water resource pressure of Nanchong mainly concentrated in Shunqing district, Jialing district, and Peng'an county, while the level of pressure rose from medium to super high in Gaoping district. The study on spatial and temporal evolution of water resource pressure in Nanchong is helpful for similar hillock areas to adjust the regional water resource development and utilization planning.

\* 四川省教育厅人文社科项目(16SA0007)和四川省哲学社会科学“十二五”规划基地项目(SC13E097)资助

† 通信作者, E-mail: tanghongwa@126.com

**Key words** water resource pressure; index of pressure; spatial and temporal change; hilly region; Nanchong city

水资源作为基础性和战略性自然资源,既是区域社会、经济、生态协调发展的保障和支撑,也是国家经济持续发展的保证<sup>[1]</sup>. 目前中国水资源的分布与人口、耕地、生产力、生态环境的需求不相协调<sup>[2]</sup>,水资源短缺与社会经济发展的矛盾引起了学者的广泛关注. 大量学者分别对区域水资源状况及可持续开发利用进行研究,采用不同方法构建区域水资源评价模型<sup>[3-4]</sup>,其中水资源压力成为判断水资源短缺程度的重要指标. 水资源压力是指在一定的时空尺度下,为满足人类社会的生存发展需求以及维持社会经济活动的正常运行而对水资源和水生态环境产生的影响,其指数大小与自然条件、开发利用模式、社会经济状况、技术管理水平等有着直接或间接的关系<sup>[5-6]</sup>,人均水资源量、水资源开发利用程度和承载能力成为衡量区域水资源压力的主要指标. Falkenmark 和 Widstrand<sup>[7]</sup>号召人们注意水资源短缺,并提出用人均水资源量来衡量区域水资源紧缺程度, Downs 等<sup>[8]</sup>从水资源供需角度评价区域的水资源安全状况,贾绍凤等<sup>[9]</sup>基于水资源压力指数的概念,建立包含人均水资源量和水资源开发利用程度 2 个衡量指标的水资源安全评价指标体系,其他学者<sup>[10-12]</sup>也分别从水资源需求角度考虑水资源综合压力问题,从水资源与人口、经济、环境等协调发展的角度出发,构建包括数量压力、生态压力、人口和经济发展压力、技术压力等水资源综合压力评价指标体系. 夏富强等<sup>[13]</sup>、路宁和周海光<sup>[14]</sup>分析典型区域的水资源压力,探讨社会经济发展、生态环境保护等与水资源压力之间的关系.

大量学者在水资源压力指标定量评估方法等方面做了较多研究,但已有水资源压力指数或指标体系仍存在问题:一是水资源压力评价过程主要考虑维持社会经济发展的水资源供应相关指标,而较少考虑生态环境需水;二是区域水资源压力状况的研究较多采用个别年份资料,缺乏长时间序列的数据支撑,水资源压力的动态变化趋势分析较少;三是国内流域水资源压力评价研究较少,已构建的区域水资源压力评价指标体系难

以应用到其中. 本文选择成渝经济区北部和川北典型丘陵城市南充市为研究对象,构建水资源压力指标模型,从人口压力、经济发展压力、生态压力、技术压力 4 个方面探讨南充市及其各区县的水资源压力情况,从而对川北丘区水资源的开发利用及其与社会、经济、生态协调发展提出合理建议.

## 1 研究区概况

四川省南充市位于嘉陵江中游,四川盆地中北部,幅员面积  $1.25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是四川省第 2 大人口城市,成都、重庆、西安三角经济区要冲,成渝经济区的重要节点. 辖 1 市 3 区 5 县,包括阆中市和顺庆区、高坪区、嘉陵区、西充县、南部县、蓬安县、营山县、仪陇县. 属中亚热带湿润季风气候区,雨热同季,地势北高南低,大致分为南部丘陵区和北部低山区 2 大地貌单元<sup>[15]</sup>. 境内有嘉陵江、渠江、涪江 3 大水系,多年平均径流深 335 mm,多年平均径流总量  $41.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,低于全省和全国的平均水平<sup>[16]</sup>.

## 2 数据来源与模型构建

### 2.1 数据来源与处理

本文所采用的水资源与社会经济数据,来源于 2007—2013 年《南充市水资源公报》、《四川统计年鉴》、南充市国土资源局政府公开网和南充市水务局官网. 为使数据具有可比性,经济指标数据均折算为 2000 年可比价.

### 2.2 水资源压力评价模型

水资源评价是对水资源的数量、质量、时空分布特征和开发利用状况进行全面分析和评估的过程<sup>[17]</sup>,而水资源评价的推动力则来自于其稀缺性的日益显现. 在已有研究中,许多学者就水资源可持续利用、水资源承载力、水资源紧缺型、脆弱型等相继提出了评价指标,水资源评价指标因研究视角、空间尺度而异,其中水资源压力指数因能够简单明确地定量评价区域水资源状况而被广泛采用.

水资源短缺对区域发展的影响主要表现为对人口增长、经济发展和生态环境的压力,同时水资

源短缺还受到用水结构、技术因素的影响. 本文选取人均水资源量、人均 GDP、水资源总量折合地表径流深度、水资源开发利用程度、废水处理率、万元 GDP 耗水下降率等 6 个指标表征水资源压力,分别计算南充市水资源的人口压力、经济发展压力、生态压力和技术压力,并构建水资源综合压力指数计算模型如下

$$WRPI = \alpha P_1 + \beta P_e + \varepsilon P_c + \eta P_t, \quad (1)$$

式中,WRPI 为区域水资源综合压力指数; $P_1$ 、 $P_e$ 、 $P_c$ 、 $P_t$  分别为水资源人口压力、经济发展压力、生态压力、技术压力指数值; $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\varepsilon$ 、 $\eta$  分别为各自的权重,且  $\alpha + \beta + \varepsilon + \eta = 1$ . 借鉴文献[18-20],根据南充市历年各项用水数据,采用 Delphi 方法确定权重数值, $\alpha = 0.25$ 、 $\beta = 0.25$ 、 $\varepsilon = 0.3$ 、 $\eta = 0.2$ . 当某项水资源压力指数  $< 0$  时,说明区域对于该项指标不存在水资源压力.

1) 水资源人口压力指数  $P_1$ . 该指标用来衡量人口数量给区域水资源带来的压力. 决定水资源人口压力的关键因素为区域人口总量,具体表现为人均水资源量的多少,因此以人均水资源量(PWR)作为水资源的人口压力指数来计算具有一定科学性. 根据中国水资源紧缺指标体系,水资源人口压力的下限为人均水资源量为  $1\ 000\ \text{m}^3$ [18,21]. 因此,将人均水资源  $1\ 000\ \text{m}^3$  作为水资源人口压力指数计算的临界值,则

$$P_1 = (1\ 000 - P_{WR}) / 1\ 000. \quad (2)$$

2) 水资源经济发展压力指数  $P_e$ . 该指标用来衡量经济发展给区域水资源带来的压力. 经济发展是水资源压力发生变化的主要驱动力,而经济发展可用人均 GDP、人均工业增加值等衡量,本文采用人均 GDP(GA)作为经济发展的衡量指标. 根据调查显示,当中国人均 GDP 达到 3 000 美元时,由于产业结构调整与升级,工业用水重复利用率不断提高,高耗水的第一产业和第二产业比重会下降;同时城镇居民生活用水和服务业用水效率提升,使得单位 GDP 用水量持续下降,从而整个社会用水量增加的趋势日趋平缓[22]. 因此把经济发展对水资源压力的临界值设定为人均 GDP 达到 3 000 美元.

$$P_e = (3\ 000 - GA) / 3\ 000. \quad (3)$$

3) 水资源生态压力指数  $P_c$ . 该指标用来衡量水资源自然情况和开发利用给区域水资源带来的压力,考虑本身自然条件和人类活动 2 方面的影

响. 本文采用水资源总量折合地表径流深度(WR)来衡量本身自然条件. 统计分析发现,水资源折合地表径流深为 150 mm 是水资源维系良好生态系统的临界值. 水资源折合地表径流  $> 150\ \text{mm}$  的地区可以在自然状态下维系良好的生态系统,并且从生态角度看不存在水资源压力. 而  $< 150\ \text{mm}$  的地区不能保持生态系统的稳定性,面临着生态环境恶化的威胁[13,18,23]. 本文采用水资源开发利用程度(WD)来衡量人类活动对生态环境的影响,水资源开发利用程度是指年可获得的淡水资源总量中取用淡水资源量占比的百分率. 依据钱正英等[24]研究显示,水资源开发利用率应控制在 50% 以内为宜,再结合南充市水资源开发程度低的实际情况,南充市的水资源开发利用率应控制在 60% 以内. 由此,生态压力的计算公式为

$$P_c = \frac{\left( \frac{(150 - WR)}{150} + \frac{(WD - 60)}{60} \right)}{2}. \quad (4)$$

4) 水资源技术压力指数  $P_t$ . 该指标用来衡量技术因素给区域水资源带来的压力. 本研究采用城镇废水处理率和万元地区生产总值水耗下降率 2 项指标来衡量.  $R_1$ 、 $R_2$  分别为城镇废水处理率和万元地区生产总值水耗下降率, $\theta_1$ 、 $\theta_2$  分别为城镇废水处理率和万元地区生产总值水耗下降率的权重系数,各赋 1/2,即  $\theta_1 = \theta_2 = 0.5$ .

$$P_t = \theta_1 \times R_1 + \theta_2 \times R_2. \quad (5)$$

### 3 评价结果分析

#### 3.1 南充市水资源压力评价分析

##### 1) 人口压力与经济发展压力指数

从水资源人口压力看,南充市区域人均水资源总量呈降低态势,而总人口由 2007 年  $7.34 \times 10^6$  人增长到 2012 年  $7.59 \times 10^6$  人,因而人口压力总体呈增长态势. 由于受到水资源总量变化影响,2012 年和 2013 年人均水资源量波动较大,2012 年水资源总量达  $5.424 \times 10^9\ \text{m}^3$ ,较邻近年份水资源总量增长较为明显,从而成为人口压力波动变化中明显的波谷(图 1). 2013 年由于降水量偏少原因,水资源总量为历年最少,仅为  $3.797 \times 10^9\ \text{m}^3$ ,人口压力呈明显的上升态势;2007—2011 年,总人口持续小幅度增长,而水资源总量波动幅度较小,人口压力呈微增长态势.

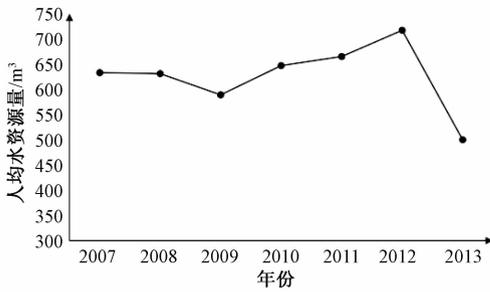


图 1 2007—2013 年南充历年人均水资源

Fig. 1 Per capita water resources of Nanchong from 2007 to 2013

从图 2 可以看出,2007—2013 年,南充市的经济发展压力指数呈下降趋势,最大为 2008 年的 0.694,最小为 2012 年的 -0.153。随着社会经济的发展,南充市经济总量增长迅速,人均 GDP 由 2007 年的仅 918 美元增长到 2013 年的 3 459 美元,增长近 4 倍。从而水资源经济发展压力指数持续下降,并且从 2011 年开始下降速度呈不断增大趋势。2012 年,南充市水资源压力指数为 0.003,根据经济发展压力计算的理论依据,理论上南充市 2012 年以后已不存在水资源经济发展压力。

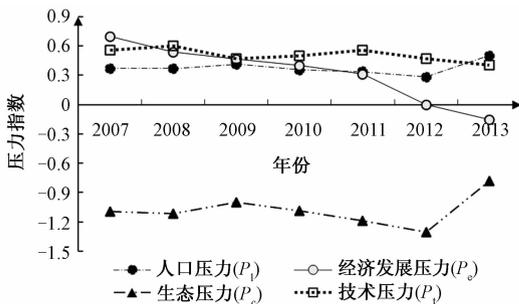


图 2 2007—2013 年南充市水资源压力指数

Fig. 2 Water resource pressure indexes of Nanchong from 2007 to 2013

## 2) 生态压力与技术压力指数

从生态压力来看,由于水系发达,气候稳定,降水较为丰富,水资源利用率偏低,南充市并不存在水资源生态压力。如图 3,2007—2013 年,南充市水资源开发利用率缓慢波动增加,由 2007 年的 20% 左右增长到 2012 年的 30% 左右,水资源利用率也远低于 60%。除 2013 年由于降水量变化大,造成地表径流深度下降外,南充市 2007—2013 年地表径流深度呈增长趋势并从历年数据可知,其地表径流深度常年在 300 mm 以上。水资

源生态压力指数最大为 2013 年的 -0.783,最小为 2012 年的 -1.303,并且从 2007—2013 年水资源生态压力指数均小于 0。因此基于地表径流深度考虑,理论上南充市在较长一段时间内不会面临水资源生态压力。

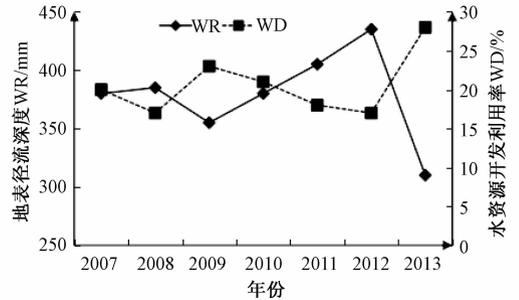


图 3 2007—2013 南充市地表径流深度 (WR) 和水资源开发利用率 (WD)

Fig. 3 Surface runoff depth and rate of water resource development and utilization of Nanchong from 2007 to 2013

在对南充市水资源技术压力指数计算中,从城镇废水处理率,万元地区生产总值水耗下降率 2 项数据来考虑。随着生产总值的增加和节水改造技术的更新,除 2008 年的 139 m<sup>3</sup>/万元较前一年有所增加外,南充市的万元地区生产总值用水量在波动中逐年减少,从 2007 年的 182 m<sup>3</sup>/万元下降到 2013 年的 79.8 m<sup>3</sup>/万元。同时南充市污水处理率一直在 90% 左右徘徊,没有太大的波动,因此南充市的水资源技术压力处于缓慢降低的趋势。正如图 2 所示:2007—2013 年,南充市水资源技术压力指数是一条趋于水平的直线,稳定在 0.500 左右,水资源技术压力指数最高为 2008 年的 0.602,最低为 2013 年 0.405。

## 3) 水资源综合压力指数

根据水资源压力计算模型,2007—2013 年南充市各项水资源压力及综合压力指数如表 1。从表 1 中可看出,南充市水资源综合压力呈现波动缓慢下降趋势(图 4)。2007 年水资源综合指数为 0.619,2012 年后减小至 0.344,2013 年由于降水量较上年偏少 14.5%,水资源总量为 37.97 亿 m<sup>3</sup>,比常年减少 18.1%,比上年减少 30.0%,水资源自然本生总量的变化使得水资源压力综合指数快速上升至 0.550。

从水资源综合压力降低的原因看,主要是由于南充市经济发展压力和技术压力减小以及长期

表 1 2007—2013 年南充市水资源压力指数

Table 1 Indexes of water resource pressure of Nanchong city from 2007 to 2013

| 年份   | 人口压力指数( $P_1$ ) | 经济发展压力指数( $P_e$ ) | 生态压力指数( $P_c$ ) | 技术压力指数( $P_t$ ) | 综合压力指数(WRPI) |
|------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 2007 | 0.367           | 0.694             | -1.091          | 0.553           | 0.619        |
| 2008 | 0.369           | 0.535             | -1.113          | 0.602           | 0.649        |
| 2009 | 0.411           | 0.464             | -0.999          | 0.470           | 0.571        |
| 2010 | 0.353           | 0.399             | -1.086          | 0.495           | 0.460        |
| 2011 | 0.335           | 0.312             | -1.188          | 0.554           | 0.445        |
| 2012 | 0.283           | -0.003            | -1.303          | 0.468           | 0.344        |
| 2013 | 0.500           | -0.153            | -0.783          | 0.405           | 0.550        |

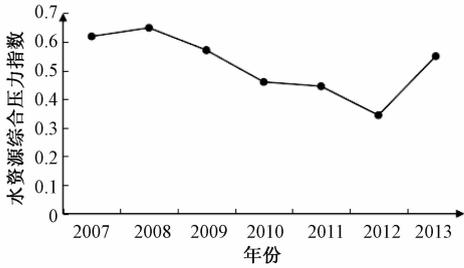


图 4 2007—2013 南充市水资源综合压力指数

Fig.4 Indexes of the integrated water resource pressure of Nanchong form 2007 to 2013

没有生态压力使得南充市水资源综合压力不断减少.在经济发展压力方面,南充市近年来,引进资金,大力发展生态农业、轻工业等优势产业,经济发展迅速,经济发展压力持续降低,目前理论上已不存在经济发展压力.在生态压力方面,因水资源总量以及降水量等属于自然原因,生态压力取决于水资源条件,而水系丰富,降雨充沛使得南充市长期没有生态压力.在技术压力方面,虽然南充市的万元 GDP 用水量大幅降低,但与先进区域的技术差距在不断增大,降低万元 GDP 用水量越来越难,水资源技术压力仍然严峻.在人口压力方面,南充市人口压力的增加主要受人均水资源量的影响,南充市人均水资源量常年在  $600\text{ m}^3$  至  $700\text{ m}^3$ ,远低于人均水资源量下限  $1\ 000\text{ m}^3$ ,而南充市近年来人口变化不大,稳定在 750 万人左右.短时间内,人口数量减少,水资源总量又受自然条件制约,因此南充市水资源人口压力还是较大并难以降低.

### 3.2 各区县水资源压力空间分布变化

#### 1) 人口压力与经济发展压力指数

如图 5 所示,2007 年水资源人口压力指数最大为顺庆区的 0.642,最小为阆中市的 0.151,水

资源经济发展压力指数最大为仪陇县的 0.772,最小为顺庆区 0.417.2012 年水资源人口压力指数最大的仍为顺庆区 0.708,最小为仪陇县 0.092;经济发展压力指数最大为仪陇县的 0.330,最小为顺庆区 -0.741.相较于 2007 年,2012 年南充市各区县的水资源人口压力和经济发展压力总体呈均下降趋势,平均人口压力指数由 2007 年的 0.380 降至 2012 年的 0.306;平均经济发展压力指数由 2007 年的 0.644 降至 2012 年的 0.000.就各区域而言,顺庆区和阆中市人口压力指数有所上升,人口压力指数降低幅度最大的为西充县,由 0.368 降至 0.092.经济发展压力降低幅度最大的顺庆区,由 0.417 降至 -0.741,降低幅度最小的为仪陇县,由 0.772 降至 0.33.根据经济发展压力计算的理论依据,顺庆区、南部县、蓬安县、阆中市已不存在水资源的经济发展压力.

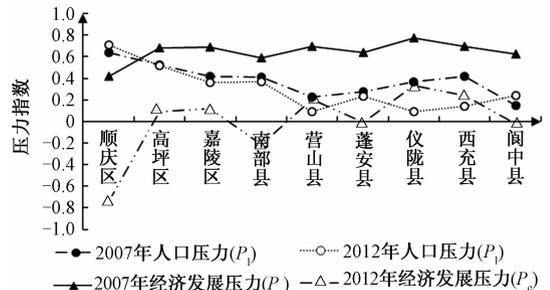


图 5 2007、2012 年南充市各区县水资源人口和经济发展压力指数

Fig.5 Indexes of the population pressure and economic development pressure in different districts (counties) of Nanchong in 2007 and 2012

#### 2) 生态压力和技术压力指数

如图 6 所示,从生态压力来看,理论上南充市各区县均不存在生态压力.2007 年水资源生态压

力指数最大为顺庆区的  $-0.881$ , 最小为营山县的  $-1.342$ ; 水资源技术压力指数最大为西充县  $0.657$ , 最小为顺庆区的  $0.493$ . 2012 年水资源生态压力指数仍为顺庆区的  $-0.664$ , 最小为蓬安县营的  $-1.342$ ; 水资源技术压力指数最大为营山县的  $0.571$ , 最小仍为为顺庆区的  $0.333$ . 可见在总体上空间分布的变化不大, 生态压力较大的区域集中于经济发达、人口集中的顺庆区和高坪区, 而生态压力较小的区域集中于经济落后、自然条件恶劣的仪陇县和营山县. 比较 2007 年和 2012 年南充市各区县生态压力指数曲线, 2012 年的曲线波动更大, 可知相较 2007 年, 2012 年南充市各行政区域水资源生态压力地区间差变得更大, 特别是顺庆区的生态压力相较于其他地区, 生态压力十分明显. 就各区域的变化而言, 顺庆区县和阆中市的生态压力明显上升, 原因在于近年来顺庆区和阆中市经济发展迅速, 工业、服务业用水需求旺盛, 水资源利用率逐年增大.

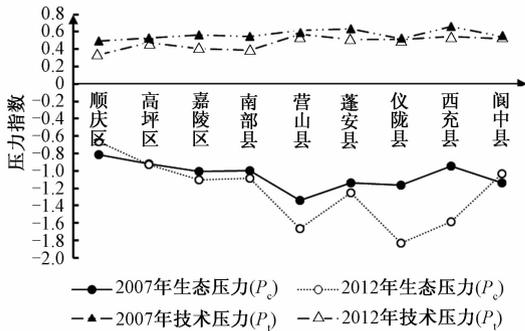


图 6 2007 和 2012 年南充市各区县水资源生态和技术压力指数

Fig. 6 Indexes of the ecological and technology pressure in different districts (counties) of Nanchong in 2007 and 2012

就技术压力而言, 2012 年比 2007 年, 整体上南充市各区域技术压力均有所下降, 但 2012 年水资源技术压力曲线波动更大, 意味着相较 2007 年, 南充市各区域的技术压力差异变得更大, 像顺庆区、嘉陵区这些工业集中的区域, 技术改进更新更快, 万元 GDP 用水量下降率以及污水处理率都高于其他地区, 技术进步明显, 技术压力指数下降幅度最大. 像仪陇县、西充县等区域, 以农业为主, 工业发展落后, 技术相比较为落后, 技术压力指数下降幅度最小, 仅分别下降  $0.008$  和  $0.109$ .

### 3) 水资源综合压力指数

南充市各行政区域水资源压力指数见表 2, 为了更加详细和直观分析评价南充市各行政区域水资源压力指数, 对南充市各行政区域水资源压力指数(2007 和 2012 年)再进行分级, 见表 3.

结合表 2 和表 3, 可知在 2007 年, 南部县、营山县、仪陇县、阆中市水资源综合压力指数为  $0.3 \sim 0.5$ , 自然水资源较为丰富, 水资源生态压力和人口压力较小, 水资源压力状况属于中等; 顺庆区、高坪区、嘉陵区、蓬安县资源综合压力指数为  $0.5 \sim 0.7$ , 水资源与社会、经济发展不协调, 水资源压力状况属于较大; 主要原因在于这些地区的人口压力和技术压力巨大, 只要加以合理的引导和管理, 存在较大的改善空间. 在 2012 年, 南部县、营山县、仪陇县、西充县水资源综合压力指数为  $0.3 \sim 0.5$ , 水资源压力状况属于中等; 顺庆区、嘉陵区、蓬安县、阆中市水资源综合压力指数为  $0.5 \sim 0.7$ , 水资源压力状况属于较大. 高坪区水资源综合压力指数为大于  $0.7$ , 水资源压力状况属于巨大. 对比来看, 南充市水资源压力的空间分布

表 2 南充市各行政区域水资源压力指数(2007 和 2012 年)

Table 2 Indexes of the water resource pressure in districts and counties of Nanchong (in 2007 and 2012)

| 行政区域 | 人口压力指数( $P_1$ ) |        | 经济发展压力指数( $P_e$ ) |        | 生态压力指数( $P_e$ ) |        | 技术压力指数( $P_t$ ) |        | 综合压力指数(WRPI) |        |
|------|-----------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|--------------|--------|
|      | 2007 年          | 2012 年 | 2007 年            | 2012 年 | 2007 年          | 2012 年 | 2007 年          | 2012 年 | 2007 年       | 2012 年 |
| 顺庆区  | 0.642           | 0.708  | 0.417             | -0.741 | -0.811          | -0.664 | 0.493           | 0.333  | 0.550        | 0.550  |
| 高坪区  | 0.523           | 0.515  | 0.681             | 0.089  | -0.923          | -0.929 | 0.527           | 0.473  | 0.654        | 0.716  |
| 嘉陵区  | 0.415           | 0.365  | 0.685             | 0.120  | -1.007          | -1.107 | 0.56            | 0.405  | 0.594        | 0.558  |
| 南部县  | 0.409           | 0.368  | 0.588             | -0.211 | -1.000          | -1.088 | 0.551           | 0.386  | 0.495        | 0.467  |
| 营山县  | 0.224           | 0.093  | 0.697             | 0.203  | -1.342          | -1.666 | 0.615           | 0.571  | 0.383        | 0.463  |
| 蓬安县  | 0.273           | 0.232  | 0.636             | -0.008 | -1.138          | -1.249 | 0.634           | 0.509  | 0.503        | 0.526  |
| 仪陇县  | 0.368           | 0.092  | 0.772             | 0.330  | -1.164          | -1.832 | 0.52            | 0.512  | 0.494        | 0.400  |
| 西充县  | 0.418           | 0.141  | 0.696             | 0.244  | -0.944          | -1.583 | 0.657           | 0.548  | 0.758        | 0.495  |
| 阆中市  | 0.151           | 0.239  | 0.624             | -0.025 | -1.139          | -1.031 | 0.545           | 0.518  | 0.323        | 0.589  |

表3 水资源压力指数量化分级

Table 3 Quantitative grading of water resource pressure indexes

| 分级  | 水资源综合压力指数 | 压力状况 | 水资源状况                      |
|-----|-----------|------|----------------------------|
| I   | <0.3      | 较小   | 社会、经济、环境与水资源协调发展,存在水资源隐患   |
| II  | 0.3~0.5   | 中等   | 社会、经济、环境与水资源发展不协调,存在水资源危机  |
| III | 0.5~0.7   | 较大   | 社会、经济、环境与水资源发展极不协调,水资源危机较大 |
| IV  | >0.7      | 巨大   | 水资源危机严重制约了社会、经济、环境发展       |

变化不大,水资源压力较大区域集中在顺庆区、嘉陵区、蓬安县,而高坪区的水资源压力状况从较大变为巨大。

## 4 结论与建议

本文通过建立水资源压力评价指标体系,对南充市水资源压力及其时空变化进行分析,得到了南充市水资源人口压力指数、经济发展压力指数、生态压力指数和技术压力指数,并得到南充市2007—2013年的水资源综合压力指数变化。得到相关结论及建议如下:

1)从时间变化上看,南充市水资源压力呈现下降趋势,但是仍然受年降水量的影响较大,如2013年。水资源经济发展压力持续下降,技术压力也在波动变化中下降;虽然南充市生态压力指数均小于0,目前不存在水资源生态压力,但生态压力也存在增大趋势。所以南充市不能轻视水资源生态压力,应及时采取水资源生态保护措施,稳定或降低生态压力。

2)从空间分布上讲,顺庆区、高坪区、嘉陵区为水资源综合压力较大区域;南部县、营山县、仪陇县为水资源综合压力较低区域。这种水资源压力分布不利于南充市整体的社会发展,高水资源压力给高坪区等经济进一步发展产生阻碍。

3)从技术压力来看,虽然相较2007年,2012年南充市各区县技术压力均有下降,但是技术仍然很大,80%区县水资源技术压力仍然>0.4。所以南充市应进一步采取节水措施,加大工农业节水技术研发,降低万元地区生产总值用水量;同时加强对城镇废水的管理,提高废水处理率及重复使用率,从技术角度,进一步减轻南充市水资源压力。

4)缓解水资源压力,应当分角度、分步骤进行。加强对区域间的水资源协调,实现跨区域调水,增强区域水资源供应能力。针对各区域水不

同类型水资源压力的大小,因地制宜制定各区域水资源开发利用计划,采取先进的节水措施,以保障区域社会经济发展。认清南充市水资源压力现状和空间分布情况,有利于南充市相关部门制定相关计划,协调南充市社会、经济、生态的协调发展。

## 参考文献

- [1] 吴佩林. 我国区域发展的水资源压力分析[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 33(10): 143-149.
- [2] 汪献斌,王浩,马静. 中国区域发展的水资源支撑能力[J]. 水利学报, 2000(11): 21-26.
- [3] 夏军,朱一中. 水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 262-269.
- [4] 贾绍凤,刘俊. 大国水情:中国水问题报告[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2014.
- [5] 唐霞,张志强,尉永平,等. 黑河流域水资源压力定量评价[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 219-224.
- [6] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2007年中国可持续发展战略报告:水治理与创新[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [7] Falkermark M, Widstrand C. Population and water resources: a delicate balance[J]. Population Bulletin, 1992, 47(3): 1-40.
- [8] Downs T, Mazari-Hiriart M, Dominguez-Mora R, et al. Sustainability of least cost policies for meeting Mexico city's future water demand[J]. Water Resources Research, 2000, 36(8): 2321-2339.
- [9] 贾绍凤,张军岩,张士锋. 区域水资源压力指数与水资源安全评价指标体系[J]. 地理科学进展, 2002, 21(6): 538-545.
- [10] 韩宇平,阮本清. 中国区域发展的水资源压力及空间分布[J]. 四川师范学院学报:自然科学版, 2002, 23(3): 219-224.
- [11] 刘玉龙,杨丽. 区域水资源利用压力分析评价[J]. 水利水电技术, 2009, 40(11): 1-4.
- [12] 朱法君,邬扬明. 浙江省各地市水资源压力指数评价[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(9): 14-16.
- [13] 夏富强,唐宏,杨德刚,等. 绿洲城市水资源压力及其对城市发展的影响:以乌鲁木齐为例[J]. 干旱区地理, 2014, 37(2): 380-387.

- [14] 路宁,周海光. 中国城市经济与水资源利用压力的关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(5):48-50.
- [15] 南充市国土资源局. 四川省南充市土地利用总体规划说明(2006—2020) [EB/OL]. (2014-11-27) [2015-04-10]. <http://www.nclr.gov.cn/web/xxgk/jhgh/>.
- [16] 南充市水务局. 南充市水资源公报(2012) [EB/OL]. (2013-03-10) [2015-04-10]. <http://zwgk.nanchong.gov.cn/GPI/index.aspx? p = 16&gpiid = &dept = 92337810>.
- [17] 王浩,王建华,秦大庸,等. 基于二元水循环模式的水资源评价理论方法[J]. 水利学报, 2006, 37(12):1 496-1 502.
- [18] 吴季松. 现代水资源管理概论[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [19] 张瑞君,段争虎,陈小红,等. 民勤县 2000—2009 年来水资源生态环境压力分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 558-563.
- [20] 王颖,邵磊,周孝德,等. 山西省水资源系统压力综合评价[J]. 水力发电学报, 2011, 30(6):189-198.
- [21] 王礼茂,郎一环. 中国资源安全研究的进展及问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(4): 333-340.
- [22] 刘昌明,陈志凯. 中国水资源现状评价和供需发展趋势预测[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.
- [23] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2004 中国可持续发展战略报告[M]. 北京:科学出版社, 2004:308-313.
- [24] 钱正英,沈国舫,潘家铮. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究(综合卷)[M]. 北京:科学出版社, 2004.