

我国区域发展的水资源压力分析^{*}

吴佩林

(山东理工大学 经济学院, 山东 淄博 255049)

[摘要] 针对我国水资源人均占有量少、分布不均、各地区水资源压力差异较大的现状, 引入了水资源压力指数的概念, 并从人口、生态和经济发展的角度, 探讨了我国水资源压力的地区差异; 对各省区水资源人口压力指数、生态压力指数、经济发展压力指数和紧缺指数进行了计算和分析, 探讨了各地区水资源的紧缺程度, 并对我国各省区水资源紧缺类型进行了划分。

[关键词] 水资源; 区域发展; 水资源压力指数; 水资源短缺

[中图分类号] TV 211. 1⁺ 1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)10-0143-07

水资源既是基础性自然资源, 又是战略性经济资源, 是综合国力的有机组成部分, 水资源短缺问题将严重制约21世纪全球经济与社会的发展。我国水资源人均占有量小, 时空分布变化大, 与人口、生产力、区域经济发展及生态环境的需求不相协调, 是影响我国区域发展的重要因素之一。不少学者对我国区域水资源压力和区域水资源可持续利用进行了研究, 提出了一些区域水资源的评价模式和方法, 建立了相应的指标体系^[1~4]。但以往对区域水资源压力的研究, 多数是从人口和生态的角度分析区域水资源的承载能力, 而对经济发展过程与水资源利用的动态关系重视不足^[2], 加之目前的区域水资源可持续利用评价方法和指标体系注重多层次、多指标, 难以充分反映水资源压力的主要矛盾, 且还可能造成实际操作的不便^[1, 3]。为此, 本文选用反映水资源人口压力、生态压力 and 经济发展压力的人均水资源量、水资源总量折合地表径流深度和人均国内生产总值作为评价指标, 分析确定其临界值并计算各地区水资源压力指数, 在此基础上探讨我国水资源压力和水资源紧缺程度及其区域差异, 以期对区域水资源可持续利用和规划提供参考。

1 中国水资源及其分布特征

1.1 中国水资源量

20世纪80年代初期, 我国开展了第一次全国水资源调查, 并结合1956~1979年的水文气象资料,

对水资源进行了系统评价^[5]。由于气候变化、水利开发和地下水利用, 特别是某些地区地下水长期过量超采等原因, 使得近年来各地区水资源量有所变化。根据第1次水资源调查结果和1997~2002年历年中国水资源公报数据^[6]等计算, 我国水资源总量为28 128.9亿m³, 按2002年人口数计算, 人均水资源量为2 152.1m³(表1)。我国水资源总量仅次于巴西(5 418亿m³)、俄罗斯(4 313.7亿m³)和印度尼西亚(2 838亿m³), 居世界第4位, 但人均水资源量仅为世界平均值的29.31%, 在联合国统计的155个国家中名列第103位^[7]。这说明我国人均水资源量处于世界中等偏下水平, 是水资源短缺的国家之一。

1993年, “国际人口行动”提出的“持续水-人口和可更新水的供给前景”报告^[8]认为, 人均水资源量少于1 700m³为用水紧张, 少于1 000m³为缺水, 少于500m³为严重缺水。按该标准, 我国属于轻度缺水型国家。考虑到人口的增长, 到本世纪中叶, 我国人均水资源量将接近1 700m³, 进入中度缺水国家的行列。

我国是一个中低收入水平的发展中国家, 2002年的人均GDP只有960美元^[9], 相当于世界平均水平的18.75%, 离我国全面建设小康社会的目标(人均GDP 3 000美元)^[10]尚相差甚远, 因此经济发展对水资源的强大需求, 也将进一步加重我国水资源的紧缺态势。

* [收稿日期] 2005-03-04

[基金项目] 中国-欧盟科技合作项目SU SDEV-China(ICA 4-CT-2002-10004)

[作者简介] 吴佩林(1963-), 男, 山东潍坊人, 副教授, 博士, 主要从事区域发展和水土资源可持续利用研究。

E-mail: wupeilin@igsrr.ac.cn

表1 中国各省级行政区多年平均水资源量

Table 1 Land, population and water resources in some Chinese provinces

省级行政区 Province	2002 年 人口/万人 Total population in 2002	国土面积/ 万 km ² Land area	年降水量/ 亿 m ³ Annual precip- itation	年径流量/ 亿 m ³ Annual runoff	水资源 总量/亿 m ³ Total water resource	人均水 资源量/m ³ Water resource per capita	水资源总量 折合径流深/mm Water resource in runoff
全国 Total	130 705	963 71	61 896 2	26 898 5	28 128 9	2 152 1	292 2
北京 Beijing	1 423	1. 68	100 0	21. 8	36 3	259 0	219 4
天津 Tianjin	1 007	1. 19	68 3	10 2	12 8	126 9	107 4
河北 Hebei	6 735	18 77	1 005 5	125 1	215 6	320 1	114 8
山西 Shanxi	3 294	15 63	805 9	97 9	131 8	400 0	84 3
内蒙古 Inner Mongolia	2 379	118 30	3 263 4	378 7	486 0	2 043 0	41 1
辽宁 Liaoning	4 203	14 59	1003 7	325 6	333 5	793 6	228 6
吉林 Jilin	2 699	18 74	1 117 6	348 5	377 1	1 397 2	201 2
黑龙江 Heilongjiang	3 813	45 46	2 424 1	684 6	754 0	1 977 4	165 9
上海 Shanghai	1 625	0 63	69 2	25 0	29 9	184 3	475 3
江苏 Jiangsu	7 381	10 26	1 020 7	254 3	325 6	441 1	317 3
浙江 Zhejiang	4 647	10 18	1 627 8	907 6	928 8	1 998 8	912 4
安徽 Anhui	6 338	13 96	1 592 2	617 0	679 5	1 072 1	486 7
福建 Fujian	3 466	12 38	2 065 7	1 179 8	1 193 1	3 442 2	963 7
江西 Jiangxi	4 222	16 69	2 740 1	1 538 5	1 478 5	3 501 8	885 8
山东 Shandong	9 082	15 67	1 060 3	228 0	310 0	341 3	197 8
河南 Henan	9 613	16 70	1 310 1	316 3	394 0	409 8	235 9
湖北 Hubei	5 988	18 59	2 185 7	995 4	971 4	1 622 3	522 6
湖南 Hunan	6 629	21 18	3 065 2	1 623 1	1 688 9	2 547 8	797 4
广东 Guangdong	7 859	17 79	3 159 8	1 810 6	1 845 5	2 348 2	1 037 4
广西 Guangxi	4 822	23 67	3 675 9	1 880 3	1 924 8	3 991 8	813 2
海南 Hainan	803	3 39	596 4	307 5	330 6	4 116 7	975 1
重庆 Chongqing	3 107	8 23	962 1	537 1	629 7	2 026 7	765 1
四川 Sichuan	8 673	48 00	4 813 3	2 519 1	2 464 7	2 841 8	513 5
贵州 Guizhou	3 837	17 61	2 095 5	1 034 4	1 056 0	2 752 1	599 6
云南 Yunnan	4 333	39 40	4 820 8	2 222 3	2 256 1	5 206 8	572 6
西藏 Tibet	267	122 84	6 829 5	4 109 0	4 465 2	167 235 6	363 5
陕西 Shaanxi	3 674	20 56	1 390 6	426 2	410 0	1 116 0	199 4
甘肃 Gansu	2 593	45 44	1 336 8	297 5	258 7	997 7	56 9
青海 Qinghai	529	72 12	2 059 2	621 3	618 9	11 698 6	85 8
宁夏 Ningxia	572	5 18	151 2	9 7	9 8	172 1	19 0
新疆 Xinjiang	1 905	166 04	2 605 6	809 0	898 0	4 713 8	54 1
台湾 Taiwan	2 252	3 60	874 0	637 0	664 1	2 948 9	1 844 7

注:表中数据根据参考文献[2]、[6]、[11]等数据计算整理所得,其中不包括香港和澳门的相关数据。

Note: Data on this table are from Reference No. 2, 6 and 12 and the calculation on the basis of China statistical yearbooks. The statistical data of Hong Kong and Macao are not included and calculated.

1.2 我国水资源的分布特点

我国降水的区域分布特点是:东南多,西北少,平均年降水量从东南沿海地区的2 000 mm 以上,递减到西北内陆地区的不足25 mm。占全国国土面积45%的西北地区处于降水量不足400 mm 的干旱少水地带。降水的这一特点,决定了水资源在地区分布上差异大,与人口、耕地分布和经济发展不相适应。长江流域及其以南地区拥有全国80.4%的水资源,53.6%的人口和35.2%的耕地,人均水资源量3 481 m³,属于人多、地少、经济发达、水资源相对丰富的地区。长江流域以北人口占全国人口的44.3%,耕地占全国耕地的59.2%,而水资源仅占全国的14.7%,人均水资源量747 m³,属于人多、地多、经济相对发达、水资源短缺的地区。其中的黄淮海流域,耕地占

全国的39.1%,人口占全国的34.7%,而多年平均水资源量仅占全国的7.7%,人均水资源量为500 m³,是我国水资源最为缺乏的地区^[12]。近年来,黄淮海平原连年干旱。2002年,黄河、淮河和海河流域人均水资源量分别只有428、343和121 m³^[6],缺水状况更加严峻。内陆河流域地广人稀,虽然人均水资源量高达约4 876 m³,但生态环境脆弱,干旱的沙漠绿洲需要大量水分维系其脆弱的生态稳定性,水资源开发利用受到生态环境的制约。

有研究^[2]表明,国家正常生存的人均水资源底线是300 m³,若低于该水平,就不能靠节水解决水资源供求问题,必须借助外来水源。我国部分省级行政区已经处于或接近这一最低限度,其中天津、宁夏、上海和北京等地,或由于人口高度集中,或由于降水

稀少,人均水资源量分别只有127, 172, 184和259 m^3 ,远低于此标准;另外,河北、山东、山西、河南和江苏五省,人均年水资源量分别为320, 341, 400, 410和441 m^3 ,水资源形势也非常严峻。

2 水资源压力指数的概念

区域水资源与人口、经济、环境协调发展的研究主体是区域水资源承载力,即在某一具体的历史发展阶段,以可以预见的技术、经济和社会水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性循环为条件,经过合理的优化配置,水资源对该地区社会经济发展的最大支撑能力^[3]。由此可以看出,水资源承载力是水资源对社会经济发展和生态环境的综合承载能力,对人口、生态和经济发展有影响或制约作用,是表征水资源压力的主要指标。

对于某一特定的地理区域,水资源数量是一定的,如果不与外界进行物质交流,其所能承载的人口数量、经济规模、环境容量就不可能无限增长,因此,存在着一个极限(临界值)^[2]。如果现实的人口、经济、环境等指标值和与其对应的临界值之间存在着一定距离,说明该地区区域发展的水资源压力相对较小;反之,该地区区域发展的水资源压力就较大。水资源压力指数用来表示现实的人口、生态、经济发展等指标与其对应的临界值之间的相对差距,是体现区域水资源状况和区域人口、经济、环境之间的关系是否协调、水资源是否短缺以及水资源是否成为该地区经济发展瓶颈的一种量化指标。本文着重从人口、生态环境和经济发展对水资源需求的角度出发,分析区域水资源不同指标与相应临界指标的差距,可分别表现为水资源人口压力指数、水资源生态压力指数、水资源经济发展压力指数等,籍此分析水资源条件与人口、经济 and 环境的关联程度,定量揭示区域发展所面临的水资源压力。并将某地区各项水资源压力指数按一定权重的组合,定义为该地区水资源紧缺指数。

3 水资源压力指数模型与指标选择

3.1 区域水资源压力指数模型

根据上述水资源压力指数的定义,可以设计水资源压力指数计算模型为:

$$P_{ij} = \frac{M_i - F_{ij}}{M_i} \quad (1)$$

式中, P_{ij} 为 j 地区水资源 i 项压力指数; M_i 为水资源 i 项指标的临界值; F_{ij} 为水资源 i 项指标在 j 地区的

实际值。某一地区某项水资源压力指数小于1。当 $0 < P_{ij} < 1$ 时, j 地区对于 i 项指标存在水资源压力,数值越大,水资源压力越大;若 $P_{ij} \leq 0$, 说明该地区对于 i 项指标而言不存在水资源压力,数值越小,水资源越丰富。

水资源紧缺指数的计算公式为:

$$S_j = \sum_{i=1}^n \rho_i P_{ij} \quad (2)$$

式中, S_j 为 j 地区水资源紧缺指数; ρ_i 为各因素的权重分配; P_{ij} 为 j 地区水资源 i 项压力指数; n 为水资源压力指标总数。由于当某项水资源压力指数小于0时,该地区对于该项指标而言,不存在水资源压力,所以水资源紧缺指数的计算不包括数值为负的各分项压力指数值。某一地区水资源紧缺指数 S_j 为 $0 \sim 1$, 数值越大,水资源紧缺程度越高。

3.2 水资源压力指标的选择及其临界值的确定

3.2.1 水资源人口压力指数 某一地区的水资源总量是有限的,水资源的人口压力与当地人口数量直接相关,具体表现为人均水资源量的多少,因此水资源的人口压力指数计算以人均水资源量为指标。按照我国水资源紧缺指标体系^[2,6],人均水资源量 $1\,000\text{ m}^3$ 是区域性中度缺水的下限和重度缺水的上限,低于该值的地区将经受持续性缺水的影响,经济发展受到制约并影响人体健康。参照文献[2]、[11],本文将 $1\,000\text{ m}^3$ 作为人均水资源量的临界值,则对某一地区有:

$$\text{水资源人口压力指数} = (\text{人均水资源临界值} - \text{当地人均水资源量}) / \text{人均水资源临界值} = (1\,000 - \text{当地人均水资源量}) / 1\,000 \quad (3)$$

水资源人口压力指数小于1,当其为 $0 \sim 1$ 时,该地区存在水资源人口压力,数值越大,水资源人口压力越大。若人口压力指数小于0,说明不存在水资源人口压力,缺水状况不严重,数值越小,水资源越丰富。

3.2.2 水资源生态压力指数 水资源不仅支持着人们的日常生活和经济发展,还支持着当地的自然生态系统。一个地区自然生态系统的存在与维系,取决于当地水资源的数量及其存在方式。水资源总量折合地表径流深度主要反映自然规律,可以从宏观上描述水资源的环境与生态承载能力,并表征地区水资源条件^[2]。科学家根据对上万例大小生态系统的统计分析发现,水资源折合地表径流深度 150 mm 是水资源维系良好生态系统的临界值。大于 150 mm 的地区,从生态系统角度看无水资源压力,基本可满足

足正常人类活动和社会发展对水资源的需求,并维持原有生态系统不退化;而在水资源总量折合地表径流深度小于150 mm的地区,在自然状态下就难以全方位维系良好的生态系统,当地生态环境将趋于恶化^[2,12]。以单位面积上水资源折合径流深度150 mm为临界值,则:

水资源生态压力指数 = (径流深临界值 - 当地水资源折合径流深) / 径流深临界值 = (150 - 当地水资源折合径流深) / 150 (4)

水资源生态压力指数小于1,当其为0~1时,该地区存在水资源生态压力,数值越大,水资源生态压力越大;若生态压力指数小于0,说明该地区不存在水资源生态压力,生态缺水状况不严重,数值越小,水资源越丰富。

3.2.3 水资源经济发展压力指数 水资源作为重要的生产条件,与区域经济发展关系密切。一方面,经济发展必然要增加水资源需求量,在一些经济相对落后、水资源先天不足的地区,经济发展对水资源的压力更大。另一方面,由于经济发展带来的用水量增加不是无止境的,随着经济发展和地区经济实力的增强,国民经济结构将向更高层次转型,第一产业和水资源依赖型的第二产业比重将下降;同时,地方政府和企业将有更多的资金投入技术革新和设备改造上,使生产用水量减小,水资源重复利用率和污水处理率提高,以达到节约水资源和降低生产成本的目的,致使单位GDP用水量下降,这已被我国近年来经济迅速发展和万元产值用水量大幅度下降的事实所证明^[6,12,13]。节水产品的开发和推广也将减少生产和生活用水量。所以当区域经济发展到一定水平时,水资源状况与生产、生活用水之间将达到一个动态平衡,基本实现水资源可持续利用。

人均GDP是一个可以体现地方经济发展水平的综合性指标。根据我国2002年人均GDP与万元GDP用水量^[6,13]的相关分析,除新疆、西藏(人口密度小、人均水资源丰富)和宁夏(引黄区外来地表水量大)的人均水资源量与人均GDP相关性较差外,其他省级行政区人均GDP与万元GDP用水量的关系可近似地用幂函数表达为:

$$Y = 116.730X^{-0.8017} \quad R^2 = 0.5587 \quad (5)$$

式中, Y 为万元GDP用水量(m³); X 为人均GDP(美元)。

该式表明,万元GDP用水量是人均GDP的减函数,即随着人均GDP的增长,万元GDP的用水量明显减少。经济越发达的地区,单位GDP用水量越

少,日本、美国和西欧多数发达国家工业用水量变化与经济发展关系的历史也证明了上述规律^[14]。

2002年,我国人均GDP为960美元,万元GDP用水量高达537 m³。中国科学院可持续发展战略研究组对我国全面小康社会建设的研究^[10]认为,到2020年实现全面小康社会时,我国经济总量将达到35万亿元,人均GDP达到或超过3 000美元,第一产业产值比例下降到5%左右,工业用水重复利用率提高到80%左右,工业废水排放达标率超过95%,万元产值水资源消耗低于100 m³。由于产业结构的调整和升级,需水量大的第一产业和高耗水产业比重下降,工业用水重复利用率提高,加上居民生活用水的节约,使得全社会整体用水量增加的趋势得以控制。万元GDP用水量下降到不足目前的五分之一;95%以上的废水处理达标率和80%的工业用水重复利用率,使工业用水的淡水取用量剧减,水污染程度大大降低,自然水体的水质已经能够靠自身生态系统的净化功能得以恢复。由于经济实力的增强和科技进步,国家和地方也有能力开辟新的水资源,如中水利用、海水淡化、雨洪资源利用等,从而使水资源总量增加,完全有望实现水资源消耗的零增长或负增长,进而实现水资源可持续性利用。因此,本研究将人均GDP 3 000美元作为经济发展对水资源压力的临界值,则某地区:

水资源经济发展压力指数 = (人均GDP临界值 - 当地人均GDP) / 人均GDP临界值 = (3 000 - 当地人均GDP) / 3 000 (6)

水资源经济发展压力指数小于1,当其为0~1时,该地区存在水资源经济发展压力,数值越大,经济发展越落后,对水资源压力越大;若经济发展压力指数小于0,说明该地区经济已相对发达,经济发展已基本不对水资源的质和量构成大的威胁,加强水资源管理和节约用水成为该地区水资源开发利用的主要措施。

4 区域水资源压力指数的计算和水资源压力分区

根据全国各省级行政区水资源总量和有关统计数据,按上述模型计算我国区域水资源人口压力指数、生态压力指数和经济发展压力指数,结果见表2。通过对表2数据进行对比分析,可以划分出中国区域发展水资源压力和水资源紧缺程度的几个不同类型区。

表2 中国各行政区水资源压力指数和水资源紧缺指数

Table 2 Water resource pressure and water scarcity indexes in Chinese provinces

省级行政区 Province	水资源压力指数 Water pressure index (WPI)			水资源紧缺指数 Water scarcity index (WSI)		
	人口压力 指数 WPI by population	生态压力 指数 WPI by eco system	经济发展 压力指数 WPI by economy development	S ₁	S ₂	S ₃
				SUM	4 : 3 : 3	5 : 2 : 3
北京 Beijing	0.74	- 0.46	- 0.15	0.74	0.30	0.37
天津 Tianjin	0.87	0.28	0.10	1.26	0.46	0.52
河北 Hebei	0.68	0.23	0.63	1.55	0.53	0.58
山西 Shanxi	0.60	0.44	0.75	1.79	0.60	0.61
内蒙古 Inner Mongolia	- 1.04	0.73	0.71	1.43	0.43	0.36
辽宁 Liaoning	0.21	- 0.52	0.48	0.68	0.23	0.25
吉林 Jilin	- 0.40	- 0.34	0.66	0.66	0.20	0.20
黑龙江 Heilongjiang	- 0.98	- 0.11	0.59	0.59	0.18	0.18
上海 Shanghai	0.82	- 2.17	- 0.64	0.82	0.33	0.41
江苏 Jiangsu	0.56	- 1.12	0.42	0.98	0.35	0.41
浙江 Zhejiang	- 1.00	- 5.08	0.32	0.32	0.10	0.10
安徽 Anhui	- 0.07	- 2.24	0.77	0.77	0.23	0.23
福建 Fujian	- 2.44	- 5.42	0.46	0.46	0.14	0.14
江西 Jiangxi	- 2.50	- 4.91	0.77	0.77	0.23	0.23
山东 Shandong	0.66	- 0.32	0.53	1.19	0.42	0.49
河南 Henan	0.59	- 0.57	0.74	1.33	0.46	0.52
湖北 Hubei	- 0.62	- 2.48	0.66	0.66	0.20	0.20
湖南 Hunan	- 1.55	- 4.32	0.74	0.74	0.22	0.22
广东 Guangdong	- 1.35	- 5.92	0.39	0.39	0.12	0.12
广西 Guangxi	- 2.99	- 4.42	0.79	0.79	0.24	0.24
海南 Hainan	- 3.12	- 5.50	0.69	0.69	0.21	0.21
重庆 Chongqing	- 1.03	- 4.10	0.74	0.74	0.22	0.22
四川 Sichuan	- 1.84	- 2.42	0.77	0.77	0.23	0.23
贵州 Guizhou	- 1.75	- 3.00	0.87	0.87	0.26	0.26
云南 Yunnan	- 4.21	- 2.82	0.79	0.79	0.24	0.24
西藏 Tibet	- 166.24	- 1.42	0.75	0.75	0.23	0.23
陕西 Shaanxi	- 0.12	- 0.33	0.78	0.78	0.23	0.23
甘肃 Gansu	0.002	0.62	0.82	1.44	0.43	0.37
青海 Qinghai	- 10.70	0.43	0.74	1.17	0.35	0.31
宁夏 Ningxia	0.83	0.87	0.77	2.47	0.82	0.82
新疆 Xinjiang	- 3.71	0.64	0.66	1.30	0.39	0.33
台湾 Taiwan	- 1.95	- 11.30	- 3.30	0.00	0.00	0.00

注: 在计算水资源紧缺指数时, 数值为负的水资源压力指数项不计算在内。水资源紧缺指数₁为三项水资源压力指数正值之和; 水资源紧缺指数₂取人口压力指数权重0.4, 生态压力指数和经济发展压力指数权重各0.3; 水资源紧缺指数₃取人口压力指数权重0.5, 生态压力指数权重0.2和经济发展压力指数权重0.3。

Note: The WPI Item s with minus value are excluded when calculating the water scarcity index (WSI). For each province, WSI₁ is the sum of the 3 WPIs; WSI₂ is the result of WPI by population times 0.4 and WPI by ecosystem times 0.3 and WPI by economy development times 0.3; while WSI₃ is WPI by population times 0.5 and WPI by ecosystem times 0.2 and WPI by economy development times 0.3.

4.1 人口压力型水资源紧缺区

这类地区人口压力指数大于0, 由于人口密度过大, 造成人均水资源严重短缺, 包括天津(0.87)、宁夏(0.83)、上海(0.82)、北京(0.74)、河北(0.68)、山东(0.66)、山西(0.60)、河南(0.59)、江苏(0.56)、辽宁(0.21)、甘肃(0.002)等 11 个省市(见表 2), 其中天津、宁夏、上海、北京、河北、山东、山西、河南和江苏, 水资源人口压力指数大于 0.5, 说明人均水资源

量不足 500 m³, 属于极度缺水地区, 缺水状况非常严重; 辽宁、甘肃人口压力指数为 0~ 0.5, 属重度缺水区, 水资源严重影响地方经济发展。另外, 安徽、陕西、吉林、湖北也中度缺水。

4.2 生态压力型水资源紧缺区

这类地区的水资源生态压力指数大于0, 由于水资源总量有限, 难以维系生态系统的正常功能, 即使在没有人口压力的情况下, 水资源也不足以保障当

地生态用水的需求,也会发生生态失衡,因此有大片的荒漠地带。该类型区包括8个省市,即宁夏(Q 87)、内蒙古(Q 73)、新疆(Q 64)、甘肃(Q 62)、山西(Q 44)、青海(Q 43)、天津(Q 28)、河北(Q 23)(见表2),当地水资源量折合径流深度不足150 mm。长江流域及其以南各省区和西南地区水资源量较丰富,水资源生态压力小,特别是东南沿海各省区,水资源生态压力指数小于-4.3,水资源折合径流深度在800 mm以上,水资源比较丰富。

4.3 经济发展压力型水资源紧缺区

这类地区经济发展相对落后,第一产业比重大,万元GDP用水量大,经济发展还需巨大的水资源支持。水资源经济发展压力较大的省份均分布在中、西部地区,包括贵州(Q 87)、甘肃(Q 82)、广西(Q 79)、云南(Q 79)、陕西(Q 78)、四川(Q 77)、宁夏(Q 77)、安徽(Q 77)和江西(Q 77),其2002年人均GDP均不足700美元。另外,西藏、山西、重庆、青海和河南人均GDP不足1 000美元,低于全国平均水平,经济发展对水资源的需求量也较大。东部地区受惠于20多年来的改革开放政策,经济发展水平相对较高,北京、上海、台湾、香港、澳门(人均GDP已超过3 000美元),均已具备产业结构调整、技术革新、提高工业用水复用率和降低污水排放量的经济实力,节约用水潜力大,经济发展对水资源的压力相对较小。

4.4 多重压力缺水型

这是水资源总量不足、人口密度大、经济发展相对落后的地区,如果没有人工对水资源空间分布和时间分配的干预,不论是现在还是未来,都将受到水资源紧缺的严重威胁,甚至可能出现水危机^[15]。这些地区包括宁夏、甘肃、山西、天津、河北等地。另外,内蒙古、新疆、青海的水资源受到生态和经济发展的双重压力;河南、山东、辽宁、江苏等地受到人口和经济发展的双重压力;全国除上海、北京以及港、澳、台人均GDP已经超过3 000美元,开始了向现代化的冲刺外,其他大部分地区还在为建设全面小康社会而奋斗,当地水资源普遍受到经济发展的压力。

5 水资源紧缺指数

各项水资源压力指数分别从不同角度反映了区域水资源状况及人口、生态、经济发展对区域水资源压力产生的影响,水资源紧缺指数是水资源人口压力指数、生态压力指数和经济发展压力指数的加权平均值。由于各地区的自然环境和社会经济发展水

平差异大,很难以同一权重比例去计算各地区的水资源紧缺指数。不同地区应根据当地水资源指标对水资源压力的实际影响程度,确定各水资源压力指数的权重并计算当地的水资源紧缺指数。作者认为,人口数量是造成水资源紧缺的最主要因素,应赋予较高权重。按人口压力指数、生态压力指数、经济发展压力指数以4:3:3的权重分配(表2),我国水资源紧缺指数最大的省级行政区依次是宁夏(Q 82)、山西(Q 60)、河北(Q 53)、天津(Q 46)、河南(Q 46)、甘肃(Q 43)、内蒙古(Q 43)、山东(Q 42)和新疆(Q 39),说明这些地区水资源紧缺程度大。重庆(Q 22)、湖南(Q 22)、海南(Q 21)、湖北(Q 20)、吉林(Q 20)、黑龙江(Q 18)、福建(Q 14)、广东(Q 12)、浙江(Q 10)和台湾(0)水资源紧缺指数相对较小,说明这些地区就人口、生态和经济发展综合来看,水资源相对丰富。

综合各地区各项水资源压力指数和水资源紧缺指数,从水资源的自然分布(生态压力)、社会影响(人口压力)和未来经济发展需求(经济发展压力)等方面全面分析,我国华北平原(黄河、淮河、海河流域)、内蒙古高原和西北地区缺水程度最高,包括宁夏、山西、河北、北京、甘肃、内蒙古、河南、新疆、天津、山东和青海等省区。这些省区水资源短缺的主要原因虽然有所不同,但考虑到建设全面小康社会的任务,特别是城市化发展的趋势,水资源短缺将成为社会和经济发展的制约因素。东南沿海的浙江、福建、广东、香港、澳门和台湾,因水资源量大、经济相对发达,未来水资源的紧缺程度较小。东北三省、西南地区及长江中游地区水资源紧缺程度中等。

6 结 语

综上所述,我国水资源并不丰富,随着人口的增加和社会经济的发展,特别是随着快速城市化的到来,水资源短缺会越来越严重,部分地区将不得不对水资源危机。由于水资源压力类型不同和缺水程度的差异,各地区应因地制宜地制定水资源开发利用规划,采取相应的节水措施,以保障生产和生活用水的需求,保障全面小康社会建设的顺利进行。同时,必须借鉴水资源短缺国家发展经济的先进经验,参照发达国家经济发展和水资源利用的规律,合理利用和科学管理水资源,以实现人口、资源、环境和社会的协调与可持续发展。

[参考文献]

- [1] 徐良芳,冯国章,刘俊民 区域水资源可持续利用及其评价指标体系研究[J] 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(2): 119-122
- [2] 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 67- 69; 99- 101
- [3] 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): 119- 224
- [4] 孙兆敏,杨世琦,姚学慧,等 西北地区水资源承载力增进与可持续利用研究[J] 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(11): 89- 94
- [5] 水利水电部水文局 中国水资源评价[M] 北京:水利水电出版社, 1987. 143
- [6] 中华人民共和国水利部 中国水资源公报1997~2002[EB/OL] <http://www.chinawater.net.cn>
- [7] 联合国开发计划署,联合国环境规划署,世界银行,等 世界资源报告2000~2001[M] 北京:中国环境科学出版社, 2002
- [8] Robert Engelman, Pamela LeRoy. Sustainable water: population and the future of renewable water supplies[M] Washington D C: Population Action International, 1993
- [9] 中华人民共和国国家统计局 2004 国际统计年鉴[M] 北京:中国统计出版社, 2004
- [10] 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
- [11] 牛文元,中国城市市长协会 2001~2002 中国城市发展报告[M] 北京:西苑出版社, 2003
- [12] 刘昌明,陈志恺 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
- [13] 中华人民共和国国家统计局 中国统计年鉴2003[M] 北京:中国统计出版社, 2004
- [14] 贾绍凤 工业用水零增长的条件分析——发达国家的经验[J] 地理科学进展, 2001, 20(1): 51- 59
- [15] 吴佩林,张 伟 北京市水危机与水资源可持续利用对策[J] 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24(3): 436- 439

A quantificational and comparative analysis on the regional water resource pressure and water scarcity in China

W U Pei-lin

(College of Economics, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049, China)

Abstract: China is short of water resources considering its huge population. The water resources per capita in China is only about one tenth of the world's average. Because of the uneven distribution of population and water resources as well as the disparity of the economy development in various areas, the local water resources pressures are much different among provinces. Introducing water pressure indexes model and evaluation method, this paper analyzes the regional pressure of population, ecosystem and economy development of the local water resources. Based on the quantificational and comparative analysis of the regional water resources and water pressure indexes, the paper classified the regions of water scarcity in China.

Key words: water resource; regional development; water resource pressure index; water scarcity index