

文章编号: 1007-7588(2014)12-2569-09

中国城市水资源利用效率标杆研究

宋国君, 何伟

(中国人民大学环境政策与环境规划研究所, 北京 100872)

摘要: 基于正态分布函数特征和影响城市水资源利用效率的客观因素, 尝试构建全国地级以上城市总体和分类别的水资源利用效率标杆。结果表明, 万元GDP水耗、人均综合水耗、人均生活水耗均服从对数正态分布, 万元GDP水耗受客观因素的影响并不明显; 人均GDP、二产比重对人均综合水耗影响显著; 人均GDP、水资源量对人均生活水耗影响显著。2007-2011年, 万元GDP水耗标杆的上、下临界值均呈不断下降趋势, 分别由22.33t/万元、39.32t/万元下降到14.39t/万元、23.83t/万元; 人均综合水耗标杆上临界值变幅较小, 保持在(245.33~253.08)L/(人·日)之间, 但下临界值由471.02L/(人·日)缓慢下降到437.58L/(人·日); 人均生活水耗标杆上、下临界值变幅较小, 分别保持在(85.06~89.51)L/(人·日)和(150.46~157.77)L/(人·日)之间。基于统计参数估算的水资源利用效率标杆是可行的, 考虑客观因素的城市分类凸显出水资源利用效率的标杆管理意义。建议建立城市水资源利用效率评估与信息发布机制, 将人均水耗指标纳入到水资源利用效率目标管理体系当中, 为城市水资源的定量化、精细化、科学化管理提供决策依据。

关键词: 城市水资源; 利用效率; 标杆; 中国

1 引言

解决城市水资源供需矛盾的核心在于逐步提高水资源利用效率。中国水资源问题的核心是利用效率问题^[1,2]。最严格水资源管理制度也将用水效率作为水资源开发利用控制管理的“三条红线”之一。水资源利用效率主要是指在生产、生活过程中, 水资源的投入产出有效性和社会配置属性。对水资源利用效率的研究, 国内学者基于不同研究方法、不同数据来源、不同样本时段来分析水资源利用效率的区域差异^[3-6]、空间溢出效应与影响因素^[7,8]、水资源利用效率与产业经济增长之间的内在联系^[9,10]等。然而, 研究结果仅是对水资源利用效率的宏观层面认识, 缺乏从政府管理的角度对水资源利用效率展开研究, 导致理论研究的现实指导意义不足。

虽然, 国务院印发的实行最严格水资源管理制度考核办法规定了各省(直辖市、自治区)的水资源利用效率指标目标, 但实际可操作性仍比较模糊,

各省(直辖市、自治区)还需将指标目标分解到各流域、市、县(区), 在此过程中很可能出现按照“一刀切”的做法要求各个市、县承担相同的指标目标, 而缺乏对各市、县的节水成本差异、节水行动最佳实践的考虑, 最终导致管理成本增大和政策失效。城市是水资源管理的基本单元, 如何在基于全国城市水资源利用效率水平的基础上, 对单个城市水资源利用效率进行评估, 并设计其用水效率指标控制目标, 是完善最严格水资源管理制度的重点内容, 也是本文研究的出发点。

标杆管理一词最早是由美国施乐公司在1979年提出, 随后被广泛应用于企业质量管理、成本控制、人力资源管理、企业文化建设等领域, 成为现代企业的一种重要管理方法^[11]。标杆作为一种业绩标准^[12], 其目标在于确定衡量绩效基础的标准, 在各自的服务领域内确定问题之所在, 以及通过引进最佳实践改进服务的提供^[13]。在国外, 随着标杆管理所带来的绩效改进, 其应用范围逐渐由企业层面

收稿日期: 2014-06-08; 修订日期: 2014-10-12

基金项目: 中国人民大学重大基础研究计划项目(编号: 12XNL005)。

作者简介: 宋国君, 男, 黑龙江东宁人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事环境政策评估、环境规划与管理、节水、节能政策分析与管理等方面的研究。E-mail: songguojun@ruc.edu.cn

扩展至公共管理领域,如供水、交通运输、建筑等部门。Alexander Kouzmin 等认为在 新公共管理 框架下,标杆管理成为一种评估组织绩效、推进管理变革的重要工具^[14]。Wen-Shing Lee 和 W. L. Lee 利用标杆管理思想分别建立了建筑能效与节能评价标杆体系^[15,16]。国内至今还未见有将标杆管理运用于公共管理领域的实际行动,仅见有在政府部门管理和能源效率领域尝试进行标杆管理的理论性探讨。肖田野等分析了标杆管理的发展历程及其在政府部门实施标杆管理具有的优势,认为政府实施标杆管理对改善政府管理绩效有积极意义^[17];傅毅明等利用单要素能源效率研究方法、通过统计分布检验,研究了我国30个省级行政区能源效率分布特征,并制定了能源效率评价标杆体系^[18];宋国君等通过应用统计分析方法构建了地级以上城市单位GDP能耗、人均能耗、居民生活用能标杆体系,并基于此对典型城市能源利用效率做出评估,结果表明建立在统计分布技术基础上构建城市能效标杆是可行的,能效标杆是城市能源利用效率评估的重要工具^[19]。

鉴于上述研究成果,本文尝试将标杆管理思想引入到水资源管理领域,构建城市水资源利用效率标杆。城市水资源利用效率标杆的构建可为水资源利用效率评估、节水 最佳实践 城市识别,以及节水管理策略与政策制定提供评估标准和参考依据。同时,考察城市水资源利用效率最好应仅限于非农业生产用水和非农业人口生活用水范围之内。以中国地级以上城市为研究对象,通过对2007-2011年相关数据的搜集与整理,选取城市水耗效率指标,基于统计分布规律尝试构建城市水资源利用效率标杆,并以此对典型城市水资源利用效率做出初步评估。

2 城市水资源利用效率分布函数与标杆研究

2.1 概念界定

水资源利用效率标杆是指水资源利用效率管理所预期达到的业绩标准和参照点。简而言之,城市水资源利用效率标杆指在节水增效方面做出的积极探索,取得经得起实践检验的节水绩效改善,并领先于同类城市绩效水平的 样板城市,其管理

行动可以为其他城市所效仿和学习。

提升城市水资源管理绩效并不是可以一蹴而就的,而是一个需要持续关注、不懈努力的过程,需要建立健全优化节水管理的长效机制。为了强调循序渐进地改善节水管理,我们将城市水资源利用效率标杆的涵义加以扩展,打破传统意义上的 样板城市,通过运用统计学分析方法,对一定数量的城市水资源利用效率指标进行评价,最终构建起水资源利用效率 上临界 或 下临界 标准。上临界被定义为城市水资源利用效率 先进值 和 中等值 的分界点;下临界被定义为城市水资源利用效率 中等值 与 落后值 的分界点。通过加强节水管理,各城市超越 下临界,甚至超越 上临界 的难度远远小于超越 样板城市 的难度,从而增强各城市,尤其是水资源利用效率落后的城市加强节水管理的积极性。

2.2 基本思路

利用众多的城市水耗效率数据和正态分布曲线特征,运用统计学方法,构建基于全国地级以上城市水耗效率标杆,目的是考察不同城市用水强度在全国总体和分类总体中的相对位置,并选取不同类别城市水资源利用效率最先进的城市作为水资源利用最佳管理实践。其优越性主要体现在以下两个方面:

(1)基于水资源利用效率的正态分布的 水耗效率 标杆设计,相比传统的水耗效率先进、落后的说法,更具有可操作和量化的优点。例如,当所有城市水耗效率总体满足正态分布时,某城市的水资源消耗强度大于总体水耗均值一个标准差时,则可确定该城市水耗强度高,在总体中处于落后水平;相反,当其小于总体水耗均值一个标准差时,则可以说明该城市水耗强度低,在总体中处于先进水平。

(2)通过城市分类,可提高水资源利用效率标杆制定的精度。中国拥有300多个地级以上城市,各个城市水资源利用效率高、低除受投入产出、节水政策和节水意识等可控因素的影响外,还会受到诸如经济发展水平^[20,21]、城市化^[22]、产业结构^[23]、资源禀赋^[24]等客观不可控因素的影响,导致不同城市在总体层次无法满足同类可比性质。因此,要实现城

2014年12月

市水耗效率的精确定位,必须对城市进行分类,分别构建基于全国总体和分类别的城市水资源利用效率标杆设计。

(3)城市水资源利用效率标杆具有动态性、可比性、相对性的特点,确保评估的科学性。动态性体现为不同水资源利用效率指标的标杆随年份不同而相应的改变,而不是固定不变的;可比性是指同一水资源利用效率指标不同城市之间可以比较,统计口径、统计方法完全一致;相对性是指水资源利用效率标杆是通过某个城市在总体中的相对位置来判断其水资源利用效率的先进程度,而不是一个绝对值。

2.3 指标选取与数据来源

初步选取万元GDP水耗、万元工业增加值水耗、人均综合水耗和人均生活水耗等作为城市水资源利用效率标杆指标。城市尺度的万元工业增加值数据不容易获得,无法计算万元工业增加值水耗。因而,最终对万元GDP水耗、人均综合水耗、人均生活水耗3个用水效率指标制定标杆。万元GDP水耗计算公式为:

$$\text{万元GDP水耗} = \text{供水总量} / \text{万元GDP} \quad (1)$$

依据国家统计局的指标解释,供水总量是指公用自来水厂和自备水源的社会单位全年的供水总量,包括有效供水量及损失水量,不包括农村生产、生活对水资源的消耗。万元GDP水耗揭示单位经济增长总量所需水资源投入量。

人均综合水耗计算公式为:

$$\text{人均综合水耗} = \text{供水总量} / \text{城区总人口} \quad (2)$$

该指标描述了城区范围内生产、生活用水相对于人均意义上的配置量。城区总人口统计指标数据不包含农村人口,更能够反映市辖区内供水服务的实际综合配置量,且该指标具有可比性。

人均生活水耗计算公式为:

$$\text{人均生活水耗} = \text{生活用水量} / \text{城区总人口} \quad (3)$$

生活用水量是指居民日常生活与公共福利设施的用水量,包括居民、饮食店、旅馆、医院、理发店、浴池、洗衣店、游泳池、商店、学校、机关、部队等单位的用水量,范围仅限于生活中城市中的市民。

所有数据均来自2007-2011年《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、各省、直辖市水

利厅网站公布的《水资源公报》,以及北京数汇通环境经济能源数据库。城市范围仅限于市辖区地域,不包括所辖县或县级市。所使用的数据包括供水总量、GDP总量、城区人口数、生活用水量、人均GDP、二产比重、全市年末常住人口数、水资源量。其中,城市化率为城区人口与全市常住人口的比值;水资源量由于数据可得性限制,研究范围为全市。从数据有效率看,2007-2011年所有样本数据量占所要考察的城市总数的比重均高于97%,研究结果的数据支撑度高,见表1。

表1 2007-2011年数据有效率状况

Table 1 Status of data validity from 2007 to 2011

指标	数据的有效率(%)				
	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
供水总量(万t)	100.00	100.00	100.00	99.65	100.00
GDP总量(万元)	99.30	98.95	98.95	98.26	99.30
城区人口数(万人)	99.65	99.65	99.65	96.86	100.00
生活用水量(万t)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
人均GDP(元/人)	99.30	99.30	98.26	98.26	98.60
二产比重(%)	98.61	99.65	98.95	99.30	100.00
城市化率(%)	99.65	99.65	99.65	97.21	100.00
水资源量(亿m ³)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

注:数据有效率是指单个指标实际收集到的个案数据总数与应有的个案数据总数之比,再乘以百分之百。

2.4 基于客观影响因素的城市分类

在参考已有文献研究的基础上,选取经济发展水平、产业结构、城市化水平、水资源量等作为影响城市水资源利用效率的客观因子。在遵循服务于标杆制定、逻辑分析与实证研究相结合,以及数据可得性等原则的基础上,采用多元加权回归方法,判断各影响因子对城市水资源利用效率影响的强弱水平,按照从强到弱的顺序排列,影响最大的因素优先用于分类,每次分类结果作为下一次分类的开始。城市分类过程中,最关键的部分是分界点的确定。采用3种方式确定分界点,分别为系统聚类法、均值法、邻近聚类法(K-均值),其中邻近聚类法最为简便操作,且聚类效果较好,本文优先采用该方法进行分界点的确定。之后,对每一项分类结果进行显著性方差检验,验证分类结果是否合理,若检验不显著则停止分类。具体分类流程见图1。

如表2所示,各年份万元GDP水耗与客观因素

表2 2007-2012年万元GDP水耗与各影响因子的相关性

Table 2 The correlation with water consumption per unit (10 000 Yuan) gross domestic product and affecting factors from 2007 to 2012

变量	影响因子	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
<i>Gpi</i>	人均GDP	显著负相关**	相关性不显著	相关性不显著	显著负相关**	相关性不显著
<i>Ind</i>	二产比重	相关性不显著	相关性不显著	相关性不显著	相关性不显著	显著负相关*
<i>Ubi</i>	城市化率	相关性不显著	显著正相关**	显著正相关*	显著正相关*	相关性不显著
<i>Wai</i>	水资源量	显著正相关**	相关性不显著	相关性不显著	相关性不显著	相关性不显著

注:**、*分别为0.01、0.05水平显著相关。

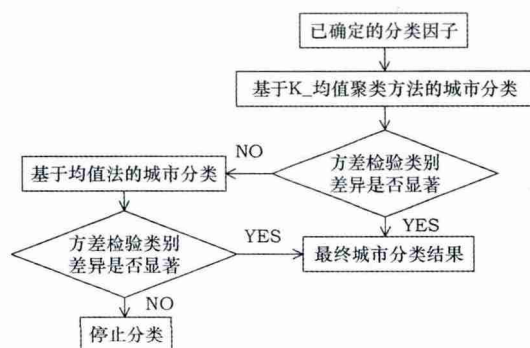


图1 基于影响水资源利用效率的客观因素的城市分类流程

Fig.1 City classification process based on objective factors which make effect on cities water resources utilization efficiency

的相关性不稳定,所以暂不对其进行城市分类,直接对其进行标杆设定。

如表3所示,人均GDP因子对人均综合水耗和人均生活水耗的影响最显著,因此第一步先按照人均GDP因子进行城市分类;由于二产比重因子对人均综合水耗的影响较为显著,而城市化率因子和水资源量因子对人均综合水耗的影响不显著,因此,在人均GDP因子分类的基础上,再按照二产比重因子对人均综合水耗进行城市分类。水资源量因子对人均生活水耗的影响较显著,而城市化率因子和二产比重因子对人均生活水耗的影响不显著,因此在人均GDP因子分类的基础上,再按照水资源量因子对人均生活水耗进行城市分类。考虑到2007年人均GDP与水资源量两个因子对人均生活水耗的回归显著性 P 值均大于0.10,因此,无法对2007年城市进行分类,故只对2008-2011年城市进行分类。

城市分类结果:在人均综合水耗指标上,第一步,可将所有城市分为人均GDP高和人均GDP低两类;第二步,可将人均GDP低的城市分为二产比重高和二产比重低两类。在人均生活水耗指标上,第一步,可将所有城市分为人均GDP高和人均GDP低

表3 2007-2011年客观因素对人均综合水耗、人均生活水耗的影响系数与显著性水平

Table 3 The influence coefficient and significant level for the effect on water consumption per capita and residential living water consumption per capita by objective factors from 2007 to 2011

	人均综合水耗			人均生活水耗		
	变量	系数	P 值	变量	系数	P 值
2011年	C	1.899	0.000	C	1.756	0.000
	Gpi	1.081	0.000	Gpi	0.891	0.000
	Ind	-0.309	0.000	Wai	-0.315	0.045
2010年	C	1.570	0.000	C	1.621	0.000
	Gpi	0.644	0.000	Gpi	0.477	0.000
	Ind	-0.248	0.014	Wai	0.104	0.047
2009年	C	2.101	0.000	C	1.884	0.000
	Gpi	0.595	0.030	Gpi	0.349	0.032
	Ind	-0.055	0.801	Wai	-0.025	0.023
2008年	C	2.295	0.000	C	2.460	0.000
	Gpi	1.666	0.000	Gpi	0.926	0.005
	Ind	-0.358	0.315	Wai	-0.725	0.033
2007年	C	1.931	0.000	C	1.633	0.000
	Gpi	1.682	0.000	Gpi	0.209	0.100
	Ind	0.485	0.099	Wai	0.208	0.117

注: Gpi 为人均GDP; Ind 为二产比重; Wai 为水资源量; C 为常数项。

两类;第二步,可将人均GDP低的城市分为水资源量多和水资源量少两类。

2.5 水资源利用效率分布的正态性检验

城市水耗效率标杆的构建是基于水资源使用效率数据分布规律和统计学方法而总结、提炼的一般思路、编制框架和基本流程。首先,将每年的各个水资源利用效率指标数据作为各个总体的一个样本,运用单样本的Kolmogorov-Smirnov(K-S)检验方法来检验总体分布。假设 $F_0(X)$ 为正态分布,则K-S检验统计量为:

$$Z = \sqrt{n} \max_i |S(X_{i-1}) - F_0(X_i)|, |S(X_i) - F_0(X_i)| \quad (4)$$

式中 $S(X)$ 为样本的累积经验分布函数,通过 Z 统计

2014年12月

量的大小即可判断假设检验的结果。一般而言, Z 值越大就越有理由认为该样本的总体分布越不符合正态分布规律。构建 Z 值的统计量对零假设进行统计检验, 计算 P 值。当显著性水平位 5%, 且 P 值 ≤ 0.05 (双尾 P 值 ≤ 0.1) 时, 统计检验拒绝服从正态分布的零假设, 即样本的总体分布不能认为服从正态分布; 反之, 样本总体分布可以认为是正态分布。经 K-S 检验, 万元 GDP 水耗、人均综合水耗、人均生活水耗均服从正态分布特征, 见表 4 所示。

2.6 水资源利用效率分布函数

采用点估计法对总体和分类别城市的万元

GDP 水耗、人均综合水耗和人均生活水耗数据取对数后, 计算均值和标准差, 作为统计分布参数的估计量。结果见表 5 所示。

2.7 水资源利用效率标杆值

由分布检验可知, 中国城市水耗效率指标数据满足对数正态分布, 可以利用标准差和均值之间的关系将其划分为若干等级。例如, 可将其分为三个等级, 先进、中等和落后, 也可以将其分为五个等级, 落后、较落后、中等、较先进和先进等。

对于正态分布而言, 落在均值两侧若干标准差

表 4 2007–2011 年各水资源利用效率指标的单样本 K-S 检验结果

Table 4 The single sample Kolmogorov-Smirnov test results of each water resources utilization efficiency index from 2007 to 2011

	万元 GDP 水耗		人均综合水耗		人均生活水耗	
	Z 统计量	p 值	Z 统计量	p 值	Z 统计量	p 值
2007 年	1.059	0.212	1.207	0.109	1.187	0.120
2008 年	0.693	0.722	1.120	0.163	1.095	0.182
2009 年	0.664	0.770	1.020	0.249	0.805	0.537
2010 年	0.658	0.780	1.405	0.039	0.560	0.913
2011 年	0.563	0.909	0.993	0.278	0.453	0.986

表 5 2007–2011 年城市水资源利用效率指标对数统计分布参数

Table 5 Statistical parameters of lognormal distribution of each city water resources utilization efficiency index from 2007 to 2011

指标	类别	分布参数	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
万元 GDP 水耗	总体	均值	3.389 1	3.266 7	3.140 5	3.021 4	2.919 1
		标准差	0.565 5	0.573 3	0.536 9	0.515 6	0.503 9
人均综合水耗	总体	均值	4.831 2	4.825 5	4.798 5	4.780 1	4.788 1
		标准差	0.631 7	0.599 3	0.580 3	0.570 7	0.570 6
	人均 GDP 高	均值	5.237 3	5.225 3	5.194 3	5.186 6	5.221 2
		标准差	0.602 7	0.626 2	0.582 6	0.522 0	0.582 1
	人均 GDP 低	均值	4.720 4	4.724 7	4.695 5	4.687 1	4.675 8
		标准差	0.594 9	0.553 1	0.537 1	0.537 6	0.508 9
	人均 GDP 低 (二产比重高)	均值	4.773 0	4.840 8	4.792 5	4.751 3	4.764 6
		标准差	0.565 9	0.510 0	0.506 8	0.507 3	0.464 9
	人均 GDP 低 (二产比重低)	均值	4.664 9	4.579 6	4.564 2	4.576 4	4.555 8
		标准差	0.621 8	0.572 7	0.551 3	0.572 7	0.542 7
人均生活水耗	总体	均值	–	3.744 4	3.730 2	3.727 1	3.754 9
		标准差	–	0.617 7	0.575 8	0.557 5	0.536 9
	人均 GDP 高	均值	–	3.958 1	3.909 2	3.912 3	3.979 4
		标准差	–	0.587 6	0.605 9	0.536 9	0.587 2
	人均 GDP 低	均值	–	3.681 4	3.681 4	3.686 8	3.691 5
		标准差	–	0.616 1	0.562 2	0.545 1	0.504 1
	人均 GDP 低 (水资源量多)	均值	–	4.040 8	3.995 9	3.919 2	3.991 1
		标准差	–	0.448 8	0.474 5	0.510 5	0.413 5
	人均 GDP 低 (水资源量少)	均值	–	3.555 0	3.563 2	3.593 8	3.578 3
		标准差	–	0.618 7	0.548 0	0.532 1	0.489 7

之内的概率是既定的。如落在均值加减一个标准差之内的概率为68%,而落在一个标准差之外的概率左右两侧的分别占16%,如选择均值加减一个标准差作为分界点,那样本比例近似为1:4:1。同样的,若取均值 ± 0.5 个标准差为分界点,样本比例近似为3:4:3。以分成三类为例,通过不同的分界点设定,分类效果是不同的(表6所示)。

为保证水耗效率标杆的区分度,确定以 $\mu \pm 0.5\sigma$ 为分界点将其分为先进、中等、落后三类。先进与中等的分界点为上临界,等于 $e^{\mu-0.5\sigma}$;中等与落后的分界点为下临界,等于 $e^{\mu+0.5\sigma}$ 。据此,分别计算各个水耗效率指标的上临界和下临界,得到水耗效率标杆。见表7、表8、表9所示。

2007–2011年,城市万元GDP水耗标杆上临界值、下临界值均呈不断下降趋势,分别由22.33t/万元、39.32t/万元下降到14.39t/万元、23.83t/万元,年平均下降率分别为8.88%、9.84%,表明,总体经济用水效率水平显著提升。人均综合水耗标杆上临界值变幅较小,保持在(245.33~253.08)L/(人·日)之间,但其下临界值却由471.02L/(人·日)缓慢下降到437.58L/(人·日),年平均下降率为1.77%;人均生活水耗标杆上、下临界值变幅较小,分别保持在(85.06~89.51)L/(人·日)和(150.46~157.77)L/(人·日)之间。总体上,相比万元GDP水耗标杆值,人均水耗标杆值变化幅度不大。所有水耗指标标杆的上、下临界值差异较大,也证明城市分类结果比较合理。

从分类别城市的人均综合、生活水耗标杆值看,人均GDP高的城市人均水耗标杆值(上临界、下临界)普遍比人均GDP低的城市高,在人均GDP低的城市中,二产比重高、水资源量多的城市人均水耗标杆值(上临界、下临界)普遍比二产比重低、水资源量少的城市高。

3 典型城市水资源利用效率评估

基于水资源利用效率分布函数和标杆,可实现城市水资源利用效率的初步诊断。结

表6 城市水资源利用效率标杆的分界点性质

Table 6 The nature of demarcation point of benchmarking of city water resources utilization efficiency				
分类方法	水耗落后	水耗中等	水耗先进	近似比例
I	$X > \mu + 0.5\sigma$	$\mu - 0.5\sigma < X < \mu + 0.5\sigma$	$X < \mu - 0.5\sigma$	3:4:3
II	$X > \mu + \sigma$	$\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$	$X < \mu - \sigma$	1:4:1
III	$X > \mu + 1.5\sigma$	$\mu - 1.5\sigma < X < \mu + 1.5\sigma$	$X < \mu - 1.5\sigma$	1:13:1
IV	$X > \mu + 2\sigma$	$\mu - 2\sigma < X < \mu + 2\sigma$	$X < \mu - 2\sigma$	1:40:1

表7 2007–2011年城市万元GDP水耗指标标杆

Table 7 The benchmarking of city water consumption per unit gross domestic product from 2007 to 2011 (t/万元)					
临界点	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
上界点	22.33	19.68	17.67	15.85	14.39
下界点	39.32	34.93	30.23	26.55	23.83

表8 2007–2011年城市人均综合水耗标杆

Table 8 The benchmarking of city water consumption per capita from 2007 to 2011 (L/(人·日))						
类别	临界值	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
总体	上临界	250.44	253.08	248.69	245.33	247.31
	下临界	471.02	460.82	444.30	434.11	437.58
人均GDP高	上临界	381.38	372.43	369.02	377.46	379.17
	下临界	696.82	696.64	660.82	636.16	678.67
人均GDP低	上临界	228.33	234.16	229.25	227.27	227.96
	下临界	413.94	407.12	392.25	389.07	379.23
人均GDP低, 二产比重高	上临界	244.18	268.71	256.45	246.04	254.67
二产比重低	下临界	430.01	447.50	425.72	408.63	405.43
	上临界	213.12	200.55	199.62	199.92	198.80
二产比重低	下临界	396.90	355.61	346.44	354.47	342.07

表9 2008–2011年城市人均生活水耗标杆

Table 9 The benchmarking of city residential living water consumption per capita from 2008 to 2011 (L/(人·日))					
类别	临界值	2008年	2009年	2010年	2011年
总体	上临界	85.06	85.64	86.16	89.51
	下临界	157.77	152.32	150.46	153.12
人均GDP高	上临界	106.93	100.90	104.76	109.25
	下临界	192.43	184.93	179.22	196.54
人均GDP低	上临界	79.94	82.12	83.27	85.40
	下临界	148.01	144.08	143.63	141.38
人均GDP低, 水资源量多	上临界	124.49	117.51	106.89	120.57
	下临界	195.01	188.86	178.09	182.31
人均GDP低, 水资源量少	上临界	70.35	73.48	76.37	76.81
	下临界	130.61	127.11	130.02	125.33

注：由于未能进行2007年城市分类,仅显示2008–2011年不同类别城市人均生活水耗标杆值。

2014年12月

合上述城市万元GDP水耗、人均综合水耗和人均生活水耗标杆,以北京市和重庆市为例,对标评估其水资源利用效率状况及其变化趋势。结果如表10所示。

从万元GDP水耗水平看,2007-2011年,北京市在全国地级以上城市中一直处于先进水平,而重庆市基本处于中等水平。原因在于,虽然北京市用水量较重庆市多出许多,但其GDP产值却显著高出重庆市,导致北京市万元GDP水耗值较重庆市低。

从人均综合水耗水平看,2007-2011年,北京市在全国地级以上城市中始终处于中等水平,但在人均GDP高的城市中始终处于先进水平,相比北京市而言,重庆市在全国地级以上城市中始终处于先进水平,且在人均GDP低的城市中也基本处于先进水平,重庆市由人均GDP低、二产比重低发展为人均GDP低、二产比重高的城市,但其人均综合水耗却由中等水平转变为先进水平。

从人均生活水耗水平看,北京市在全国地级以上城市中始终处于中等水平,但在人均GDP高的城市中一直处于先进水平,相比北京市而言,重庆市在全国地级以上城市中始终处于先进水平,且在人均GDP低和人均GDP低、水资源量多的城市中也基本处于先进水平。

上述北京市、重庆市的人均水耗效率评估结果

基本符合理论与实际情况,基于客观影响因素的城市分类结果显示,人均GDP是影响人均综合水耗和生活水耗的主要因子,且方向为正。即,人均GDP值越高,人均综合水耗、人均生活水耗值越高,但基于水耗标杆评估的水资源利用效率却越低。2007-2011年,北京市人均GDP为重庆市的2.64~2.99倍,相应地,人均综合水耗为重庆市的1.62~2.35倍,人均生活水耗值为重庆市的1.37~1.70倍。

4 结论与建议

4.1 基于统计分布技术制定城市水资源利用效率标杆是可行的

中国城市数量众多,为依据统计分布技术研究城市水资源利用效率提供了可能。本文以地级以上城市为研究对象,利用对数正态分布检验与参数估计技术,对万元GDP水耗、人均综合水耗、人均生活水耗3个指标进行了分析,结果表明,总体和分类别的城市水资源利用效率基本服从对数正态分布,利用对数正态分布构建城市水资源利用效率标杆是可行的。其优势体现为:第一,使得城市水耗效率研究更为客观,最大限度地排除了评估中的主观性;第二,对数正态分布具有均值和标准差两个参数,众多城市的分布信息可以高度概括到两个参数之中。结合城市分类技术,建立在统计分布技术基础上的城市水资源利用效率标杆体现了实际可比

表10 2007-2011年北京市、重庆市水资源利用效率的评估结果

Table 10 The evaluation results on water resources utilization efficiency in cities of Beijing and Chongqing from 2007 to 2011

类别	具体城市	项目	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
总体	北京市	人均综合水耗	中等	中等	中等	中等	中等
	重庆市	人均综合水耗	先进	先进	先进	先进	先进
	北京市	人均生活水耗		中等	中等	中等	中等
	重庆市	人均生活水耗		先进	先进	先进	先进
	北京市	万元GDP水耗	先进	先进	先进	先进	先进
	重庆市	万元GDP水耗	中等	先进	中等	中等	中等
A	北京市	人均综合水耗	先进	先进	先进	先进	先进
	北京市	人均生活水耗		先进	中等	先进	先进
B	重庆市	人均综合水耗	中等	先进	先进	先进	先进
	重庆市	人均生活水耗		先进	先进	中等	先进
C	重庆市	人均综合水耗			先进	先进	先进
D	重庆市	人均综合水耗	中等	先进			
E	重庆市	人均生活水耗		先进	先进	先进	先进

注:A=人均GDP高的城市;B=人均GDP低的城市;C=人均GDP低、二产比重高的城市;D=人均GDP低、二产比重低的城市;E=人均GDP低、水资源量多的城市。

性和科学性,是城市水资源利用效率绩效评估的有效工具。

4.2 考虑客观因素的城市水资源利用效率评估凸显管理意义

文章利用影响城市水资源利用效率的客观不可控因素对城市进行分类,并利用t检验方法对分类合理性进行了检验,合理的城市分类应当不同类别之间的水耗效率差异尽量大。结果表明,所设计的城市分类技术是可行的。分类后,造成类内城市水耗效率差异的客观因素被剔除,类内城市之间的可比性增加。类内城市水资源利用效率的差异更多的是由于主观可控因素差异所导致,通过引入类内水资源效率先进城市的最佳实践经验,实现水资源利用效率落后城市节水管理绩效的提升,凸显了城市水资源利用效率评估的管理意义。

4.3 需待进一步完善的地方

(1)本文选取的万元GDP水耗、人均综合水耗、人均生活水耗等3个指标仍不足以全面描述城市实际的水资源利用状况,需待进一步细化评估指标,如,将三次产业的水资源利用效率指标考虑进内。同时,影响水资源利用效率的各个因子也要进一步细化,如将影响水资源利用效率的重要因子-水价考虑进内,进一步细化城市分类结果。

(2)城市水资源利用效率标杆的分界点设定方式需要反复地斟酌,最终确定出围绕全国城市水资源管理政策目标的分类结果。

(3)研究对象仅限于全国地级以上城市,未将其余的各个自治州、县级市包括在内,导致研究结果的具体实际运用效果存在一定的不足。下一步,将根据指标数据的可获得程度,扩充研究对象,将自治州、县级市考虑进内,使的城市水资源效率标杆更加可靠和实用。

4.4 建议建立城市水资源利用效率标杆评估与信息发布机制

建立水资源利用效率标杆评估和信息发布机制,是充分提高城市水资源管理信息的重要手段,是对政府节水管理绩效的评价、问题识别的过程,以及决策科学化的有效途径。城市水资源利用效率的标杆评估结果的发布,也为水资源利用效率落后的城市向先进城市寻求节水管理真经提供了

正确方向。

4.5 建议将人均水耗纳入到城市水资源管理目标体系

通过上述分析,人均水耗指标基本能够客观地描述城市实际水资源利用效率状况,建议将人均综合水耗、人均生活水耗等指标纳入到水资源利用效率目标管理体系当中,建立人均水耗标杆评估机制,为城市水资源管理的定量化、精细化、科学化提供决策依据。

参考文献(References):

- [1] 李世祥,金成华,吴巧生.中国水资源利用效率区域差异分析[J].中国人口资源与环境,2008,18(3):215-220.
- [2] 李志敏,廖虎昌.中国31省市2010年水资源投入产出分析[J].资源科学,2012,34(12):2275-2281.
- [3] 钱文婧,贺灿飞.中国水资源利用效率区域差异及影响因素研究[J].中国人口资源与环境,2011,21(2):54-60.
- [4] 董毅民,廖虎昌.基于DEA的西部省会城市水资源利用效率研究[J].水土保持通报,2011,3(4):134-139.
- [5] 王艳菊,吴泽宁,胡彩虹.松辽流域区域水资源利用效率及其差异分析[J].水电能源科学,2010,28(10):29-31.
- [6] 李川,王恩德.辽宁沿渤海地区水资源利用效率初评[J].环境科学与管理,2012,37(1):165-167.
- [7] 赵良仕,孙才志,郑德凤.中国省际水资源利用效率与空间溢出效应测度[J].地理学报,2014,69(1):121-133.
- [8] 孙才志,陈栓,赵良仕.基于ESDA的中国省际水足迹强度的空间关联格局分析[J].自然资源学报,2013,28(4):572-582.
- [9] 刘渝,王岌.农业水资源利用效率分析-全要素水资源调整目标比率的应用[J].华中农业大学学报(社会科学版),2012,(6):26-30.
- [10] 潘丹,应瑞瑶.中国水资源与农业经济增长关系研究-基于面板VAR模型[J].中国人口资源与环境,2012,22(1):161-166.
- [11] 李晓燕.基于数据包络法分析的标杆管理理论与应用研究[D].南京:南京理工大学,2010.
- [12] 帕特里夏·基利,史蒂文·梅德林,休·麦克布赖德,等.公共部门标杆管理[M].北京:中国人民大学出版社,2002.
- [13] Fischer R J. An overview of performance measurement[J]. *Public Management*, 1994, 76(9): S2-S8.
- [14] Kouzmin A, Löffler E, Kluges H, et al. Benchmarking and performance measurement in public sectors[J]. *Public Sector Management*, 1999, 12(2): 121-144.
- [15] Lee W S. Benchmarking the energy efficiency of government buildings with data envelopment analysis[J]. *Energy and Build-*

2014年12月

- ings 2008 (40) :891-895.
- [16] Lee W L. Benchmarking Hong Kong and China energy codes for residential building[J]. *Energy and Buildings* ,2008 ,40 :1628-1636.
- [17] 肖田野,张衡,吴晓青. 标杆管理:提高政府部门管理绩效的一种重要方法[J]. *领导科学* ,2010 (36) :22-23.
- [18] 傅毅明,宋国君,陈德良,等. 中国地区能效分布函数与标杆研究[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)* ,2010 (5) :17-21.
- [19] 宋国君,马本,刘帅,等. 中国城市能源效率评估研究[M]. 北京:化学工业出版社,2013.
- [20] 陈素景,孙根年,韩亚芬,等. 中国省际经济发展与水资源利用效率分析[J]. *统计与决策* ,2007 (22) :65-67.
- [21] 孙爱军,方先明. 中国省际水资源利用效率的空间分布格局及决定因素[J]. *中国人口 资源与环境* ,2010 ,22(5) :139-145.
- [22] 吴华清,黄志斌,张根文. 省域城市水资源综合利用效率评价及其差异分析[J]. *生态经济* ,2009 (6) :36-40.
- [23] 马国军,林冻,王万雄. 石羊河流域水资源利用与经济发展系统分析[J]. *中国沙漠* ,2009 ,29(5) :1003-1007.
- [24] 张力小,梁竞. 区域资源禀赋对资源利用效率影响研究[J]. *自然资源学报* ,2010 ,25(8) :1237-1247.

Benchmarking of City Water Resource Utilization Efficiency in China

SONG Guojun, HE Wei

(Institute of Environmental Policy and Environmental Planning, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract :Based on normal distribution function characteristics and objective factors affecting city water resource utilization efficiency ,here we conducted benchmarking of prefecture-level city water resources utilization efficiency. We found that water consumption per unit GDP (10000 CNY) ,water consumption per capita and residential living water consumption per capita were subordinated to a normal distribution. The effect on water consumption per unit GDP by objective factors was not obvious. The effect on water consumption per capita by the proportion of secondary industry and GDP per capita was significant and similar to the effect on residential living water consumption per capita by GDP per capita and the amount of water resource. From 2007 to 2011 , both lower and higher benchmarking values underwent downward trends from 22.33 to 14.39 tons per 10 000 CNY and from 39.32 to 23.83 tons per 10 000 CNY ,respectively. Regarding water consumption per capita ,the lower benchmarking values ranged from 245.33 to 253.08 liters per capita per day ,while higher values followed a moderate downward trend from 471.02 to 437.58 liters per capita per day. The lower and higher benchmarking values for residential living water consumption per capita changed within a tight range from 85.06 to 89.51 liters per capita per day , and 150.46 to 157.77 liters per capita per day ,respectively. Our data indicates that we need to establish information release mechanism regarding the evaluation on city water resources utilization efficiency ,and develop indices of water consumption per capita and residential living water consumption per capita into the target management system of water resources utilization efficiency. These measures will provide a decision-making basis for government to manage water resource more scientifically and accurately.

Key words :cities water resources ,utilization efficiency ,benchmarking ,China