
长江经济带绿色水资源利用效率评价

——基于 EBM 模型¹

张 玮, 刘 宇

(天津理工大学 艺术学院, 天津 300384)

【摘要】: 文章基于 DEA 评价模型理论, 选用 2006–2015 年间的统计数据, 通过建立 EBM 评价模型来进行水资源利用效率分析。分析结果表明: 长江沿线省市对水资源的利用效率呈现出逐年提高的趋势, 但不同省市之间对水资源的利用存在差异性, 这源自不同地区间的差异性。此外, 农业生产用水对长江沿线用水效率的整体差异性具有显著影响, 最终得到提升长江沿线省市用水效率的关键所在, 即制定科学合理的上中下游地区之间的用水政策, 并加大对各个省市内部优化用水的力度, 以此确保长江水资源利用效率的大幅提升。

【关键词】: 长江沿线经济体; 水资源利用效率; EBM 评价模型; 泰尔分解模型

【中图分类号】: F062.1; F061.5

【文献标识码】: A

【文章编号】: 1007-5097 (2018) 03-0067-07

一、引言

随着改革开放进程的加快, 长江经济带在我国整体经济发展战略中具有非常重要的作用。长江沿线不仅包括了经济发达的江浙沪地区, 也包含了经济发展潜力极为巨大的中西部经济崛起城市群, 这些地区的人口总数占到我国总人口数的四成, 长江沿线 GDP 亦是如此, 因此, 长江沿线经济带对推动我国的经济发展有着不可替代的作用。2014 年的政府工作报告第一次提出了要大力发展长江沿线经济带的国家战略, 并承诺对该地区的发展给予大量的政策支持。近年来, 虽然长江沿线省市的经济发展较快, 但也为长江沿线省市提出了一项新的重要课题, 即如何在保持沿线区域快速经济发展的前提下, 对长江沿线的水资源利用进行最优化分析, 以确保经济增长与水资源的可持续发展利用。2017 年初, 习总书记组织召开了长江沿线经济发展研讨会, 会上习总书记提出了要保证长江水资源的优化利用, 以推进沿线各产业结构实现最优化的调配。这也是因为虽然长江具有极为丰富的水资源, 但将水量落实到每一个人身上, 人均水资源还不到全球标准的三成。在农业方面, 用于耕地灌溉的水量为全球整体水平的七成, 这表明了我国对于长江水资源的利用并不是科学合理的^[1]。

经过调研分析, 长江流域各区域的水资源分配极不平衡, 大部分省市依旧采取原始粗放发展的经济发展模式, 这导致长江可用水量严重下降, 造成沿线部分省市出现缺水及大肆过度挖掘水资源的现象, 暴露了拥有稳定水源的长江与沿线用户之间的供需矛盾, 并且这类矛盾在不断加剧。因此, 我国应尽快制定一系列的长江水资源发展规划路线, 尽可能的规划出一条适合长江水资源可持续发展的科学道路。对于长江水资源的开发利用方面的问题, 已引起了众多学者的关注。谭雪, 等, 2016^[2]采用 DEA 理论来对我国各个省市经济发展过程中, 水资源的利用是否合理进行了分析。藏正, 等, 2017^[3]基于生产资料等要素, 建立了我国整体的 DEA 计算模型, 并利用此模型分析了我国整体水资源综合利用率, 对 1998–2008 年的数据进行了回归分析, 解释了水资源利用效率的各个影响因素所占的比重。操信春, 等, 2016^[4]将 DEA 计算模型与 M 模型结合, 对我国西部欠发达省市对水

¹**【作者简介】**: 张 玮 (1984–), 女, 河北沧州人, 讲师, 硕士, 研究方向: 城市规划; 刘 宇 (1978–), 男, 天津人, 副教授, 博士, 研究方向: 文化经济。

资源是否科学合理利用进行了研究，并且得到了影响水资源利用的重要因素。陈芳，2016^[5]采用 SFA 计算模型对我国 2004 年之前的工业用水的情况进行了分析。综上，现有的文献研究结果对科学评价我国对水资源开发利用的主要影响因素、制定科学合理的水资源利用效率有着重要的作用。张峰，等^[7]对 DEA 计算模型进行了分析研究，对影响我国水资源利用效率的各个因素进行评估，总结得到了对于水资源利用效率较低的主要原因均是由于当地政府对水资源的整体管控力度不足所致，但文章并未对水资源利用的外部影响因素以及随机事件进行综合分析。基于此，余泳泽，2015^[8]基于 SFA 计算模型对水资源利用的外部因素以及随机发生事件对效率影响，建立了一些合理的假设，建立了各行业的生产模型，但是此模型也会造成分析结果不准确的问题。结合研究结果可见，现有文献并未清楚区分影响水资源利用效率的内、外部环境因素。

上述的研究结果、结论均是利用 DEA 计算模型，对水资源利用效率的影响因素进行分析研究，与实际存在一定的所偏差。为了解决这个问题，张涛，2016^[9]基于径向以及非径向角度对水资源进行综合分析，得到 EBM 计算模型，此计算方法改进了传统 DEA 模型中各个因素同时增加减少的弊端，能够确保对水资源利用效率的评价更能够接近实际情况。传统的 EBM 计算方法主要是基于黑箱理论，仅考虑水资源利用效率评价时的影响因素以及影响结果，对水资源利用过程细节并未给予足够的分析。吴明娥，等，2016^[10]基于张涛，2016^[9]的研究成果，建立了综合 EBM 计算方法，结合 EBM 既能够保持传统 EBM 计算模型的优势，又能够对水资源利用效率的内部影响因素进行深入研究。因此，本文将长江流域沿线省市对水资源的利用过程加入长江水资源受外部环境因素（污染）因素，这能够对长江沿线各省市对水源的利用率进行客观可靠的计算分析，从时间可空间的角度，研究长江沿线省市对长江水源利用的特点、地理区位因素、各个省市对长江水源的利用及污染的现状，建立长江沿线省市水资源科学利用发展模型，并基于此进行实证分析。

本文主要技术路线为：首先对传统 DEA 模型的径向以及非径向特性进行分析，将 EBM 评价计算模型应用于长江水环境的评价中；其次，采用多个影响因素对长江水资源的开发利用率进行了分析研究；再次，基于 Theil 指数理论评价分析长江沿线各个省市对水源环境开发利用的区位异同点，最终得到水资源利用效率低下的根本原因。

二、模型设定

综上所述，EBM 计算模型能够保证长江水资源利用效率的评价结果真实可靠，传统 EBM 计算模型如下式所述：

$$\begin{aligned}
 \gamma^* &= \min_{\theta, \lambda, s_i^-} \theta - \varepsilon_s \sum_{i=1}^m \frac{w_i^h s_i^-}{x_{io}^h}; \\
 \text{s. t. } &\theta x_{io} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0, i = 1, \dots, m; \\
 &\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, r = 1, \dots, s; \\
 &\lambda_j \geq 0; \\
 &s_i^- \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中， γ^* 表示 EBM 计算方法的利用效率最优值， θ 为利用效率的径向值， $Q_b = G_0 e_b$ 为各影响因素的非径向值； λ 表示影响因素的相对权重值， Y 为水资源产出值， X 为各影响因素值， w_i^h 为第 i 个影响因素的权重值， ε_s 表示 EBM 计算模型内部径向因素以及非径向的关键参数。

为了便于分析长江水资源利用效率过程中的各个因素对效率的真实影响因素，方程 1 可做如下变换。

假定长江水资源评价模型具有 n 个影响因素（DMU），每一个影响因素 DMU_j （ $j=1, \dots, n$ ）均具有 K 个节点数。 x_{ij}^h 、 y_{ij}^h 分别代表 DMU_j 第 h 个节点处的影响因素贡献以及第 r 个影响结果输出，（ $r=1, \dots, s_h$ ）， m_h 、 r_h 分别代表影响因素以及影响结果数量。将左节点到 h 节点的关系为 (k, h) ，影响结果的输出集合使用 $Z_f(h, h')$ （ $h, h' \in L$ ） $[j=1, \dots, n; (h, h' \in L)]$ 表

示，中间计算过程的影响结果输出值，DMU。

对长江水资源综合利用效率计算模型如下式所述：

$$\begin{aligned} \gamma^* &= \min \sum_{h=1}^K W_h \left(\theta_h - \varepsilon_i^h \sum_{i=1}^{m_h} \frac{w_i^{h-} s_i^{h-}}{x_{i\omega}^h} \right) & (2) \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij}^h \lambda_j^h + s_i^{h-} = \theta_h x_{i\omega}^h, i=1, \dots, m_h, h=1, \dots, K, \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj}^h \lambda_j^h \geq y_r^h, r=1, \dots, s_h, h=1, \dots, K, \\ & \theta_h \leq 1, h=1, \dots, K, \\ & \lambda_j^h \geq 0, j=1, \dots, n, h=1, \dots, K, \\ & s_i^{h-} \geq 0, i=1, \dots, m_h, h=1, \dots, K & (3) \end{aligned}$$

其中， w_i^{h-} 为权重集合，对其求和得到如下关系 $\sum_{i=1}^{m_h} w_i^{h-} = 1$ ； s_i^{h-} 为松弛变量； $\theta_h, \varepsilon_i^{h-}$ 为规划参数值； w_h 为 h 节点重要参数。在评价计算过程中的计算效率表达式为：

$$\gamma_{NEBM}^h = \theta_h - \varepsilon_i^h \sum_{i=1}^{m_h} \frac{w_i^{h-} s_i^{h-}}{x_{i\omega}^h} \quad (4)$$

三、长江沿线省市水资源利用效率实证分析

(一) 样本选择

本文证采用 2005-2015 年统计的长江沿线省市各变量数据作为样本，建立了长江沿线水资源开发利用的 EBM 评价计算方程。结合长江流域的地域特征，划分了以重庆市为代表的上游经济区、以湖南湖北为典型代表的中游经济区、以江浙沪为首的下游经济区，作为长江沿线省市的水资源利用效率方程的评价指标。长江水资源的开发利用评价指标主要由使用水资源因素以及污染水资源指标，为了保证评价结果的科学客观，除去了不同地域的商品价格对水资源利用效率的影响，确保水资源利用效率的公平性，因此将 10 年的统计数据均以 2005 年的物价对各个统计数据进行统一分析。

(二) 绿色水资源利用效率分析

为了确保评价模型对统计数据能够进行准确分析，避免因评价因素的波动而导致出现的数据分析结果不准确问题，本文对统计数据的分析过程，采用基于窗口 EBM 的模型理论建立了水资源利用效率评价系统。这种分类处理的方法能够确保评价结果的准确性，对评价过程内部各个影响因素变化的敏感度较高，以此得到影响长江沿线省市水资源利用效率在时间以及空间上的异同。本文采用的评价方法主要是针对评价过程中每一个计算周期内的参数变化情况。为了能够更加精确地对评价模型内部进行计算，本文选用窗口算法的宽度值为 2，在循环评价计算过程中，下一年的评价结果主要由前一年的计算结果决定的，基于这种评价理论，计算时应将 2005 年统计数据设定为 2006 年，以实现上述的评价过程计算。上述得到的长江沿线水资源评价模型，加入了一个适当的松弛度来确保计算结果的准确性，这样就能够保证保留传统模型的评价优势，并且经过改进后的模型又能够避免传统模型的不足。进而说明本文所提方法能够客观合理的对长江水资源利用效率进行技术评价。本文所提的 EBM 评价方法与传统评价方法比较，能够对长江沿线省市水资源利用效率进行更好的评价计算。本文所提模型与传统 CCR、SBM 两种模型之间的利用效率评价结果如图 1 所示。

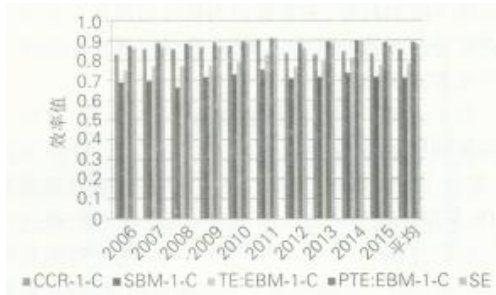


图 1 长江沿线省市水资源绿色利用效率对比

图 1 显示出了在过去 10 年间对长江沿线水资源的利用率为 79%，表明了今后各个省市对水资源的利用效率还有很大的发展潜力，评价值（79%）介于传统评价结果的中间，传统模型的计算方法结果不同于本文所提的 EBM 算法，但是这种差异也证明了上文所述的特性。这说明图 1 中的结果是值得信任的。因此，下面基于 EBM 计算方法对长江沿线省市对水资源利用效率在时间以及空间两方面的评价分析。图 1 表明在 2006-2015 年间，水资源利用率提升了越 4% 左右，并且在此过程中，水资源利用效率变化趋势为：2006-2011 年上升到最大值，2011-2015 年逐年下降，在评价周期内，长江沿线各个省市在 2011 年的水资源利用率最大。两个水资源效率均表现出了具有一定的提升空间，并且单纯技术利用水资源效率较水资源规模利用效率稍高，这表明了在规模效率方面，长江沿线省市在水资源规模利用方面具有较大的提升效率。因此，面对长江沿线省市具有的巨大的提升潜力，除了应在技术层面继续加大对水资源利用的投入，亦应大力提高沿线省市的政府管控能力，科学合理地制定总的长江水资源利用量。根据各个省市的实际经济发展情况，切实合理的降低对长江水资源的取用量，以此彻底提升长江沿线水资源取用规模方面的利用效率，确保长江沿线各个省市对水资源利用方面的技术应用最大化以及取用量的最优化，进而帮助长江沿线省市对于水资源进行优化管控及选用最优利用方式。图 1 亦表明了 2006-2015 年之间，沿线省市对长江水资源整体利用情况的大趋势虽然是稳步增长，但是水资源利用效率提高率却较低，在经历了 2010-2011 年间的大幅上涨变化以后，在 2014 年出现了较大幅度的减小。与此相比，水资源技术利用率和水资源利用规模方面都或多或少的获得了提高，为改善长江水资源整体利用率做出了较为重要的贡献。图 1 表明了在我国政府于 2009-2010 年间制定颁布了长江水资源管控措施以后，在 2011 年沿线省市水资源综合利用率是最高的，后续水资源利用效率出现下降的趋势，主要是因为长江沿线各个省市对水资源管控政策的落实不到位，造成各类使用效率均发生或多或少的降低。

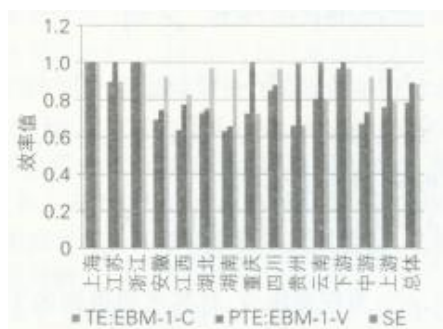


图 2 2006-2015 年长江沿线省市水资源利用效率分布

图 2 表明了长江沿线省市在 2006 年时，对长江水资源利用效率最大的省市主要有六个，分别为重庆、湖南、湖北、浙江、云南以及上海市，计算结果表明了 DEA 评价模型是极为有效的，对长江水资源进行综合利用过程中，水资源开发投入成本与水资源利用产出的有效性。全面实现了水资源利用规模、水资源开发技术与综合水资源利用等三个方面的有效性。剩下的五个省市在这三方面均表现出了无效性，在这五个省份中，贵州省对长江的水资源开发投入产出比最差，其水资源利用效率仅为 75%。

在 2013 年数据统计期内，江浙沪、湖北以及四川等五个省市在水资源利用方面达到了 DEA 评价模型的有效性。2013 年评价模型结果较 2006 年的评价结果显示，江苏以及四川对长江水资源利用效率转变为有效的，但是在此评价期内，湖南以及重庆对长江水资源利用效率转换为无效。2013 年，安徽对长江水资源利用效率最差，其具体值约为 58%。综合 2006 以及 2013 年的统计评价结果，模型评价有效地区减少了一个，有五个省市的整体水资源利用效率均呈现出下降的趋势，并且江西以及湖南的下降趋势最大。在此统计期间，四川、贵州以及安徽三省的水资源综合利用效率获得了极大提高。

在纯技术水资源利用效率方面。除了江西省以及安徽省以外，2006 年间，其余长江沿线的九个省市区在水资源技术利用效率方面均是有效的，这表明随着改革开放的快速发展，技术优势能够广泛地应用在水资源利用方面，而相比于其他影响因素，长江沿线省市均能够接受先进技术对水资源利用效率的提升，技术优势能够帮助沿线省市对水资源进行最优配置组合，水资源利用的生产要素得到最优化配比。2013 年间，在长江沿线省市中，湖南对水资源的利用效率未实现技术的有效性，水资源利用技术效率出现缓慢下降的省份主要有安徽、湖南以及江西。这表明在这四个省份的水资源利用效率急需进行产业结构调整，以彻底达到长江水资源利用的最优利用。

图 2 表明了长江沿线省市对于长江水资源开发利用的综合规模效率最高的是上海以及浙江两地，此两地已经完全实现了水资源利用的有效性，两地对长江水资源的利用已经初步完成了最优化的长江水资源利用；除了这两个水资源利用效率最高的省市，长江沿线的安徽、四川等四个省份亦表现出了较高的综合利用效率（大于 90%），图 2 得到长江沿线省市均能够保持一个较为科学合理的水资源利用总量、对长江排放污水以及废水总量，且均能够保持一个较为稳定的值；由图 2 可以得到想要对江苏省的水资源利用效率进行有效提升，就要克服其综合规模利用效率较低的不足，结合江苏省实际情况可知，江苏省在大幅增加长江水资源的利用成本，但其对长江直、间接排放污、废水的总量亦逐年增大，处于十一个省市中的最高水平。这主要是因为江苏省对于长江水资源利用的科技投入较高，这就造成了水资源利用规模的效率持续下降，这就说明了想要对长江沿线省市最优化利用水资源，就必须要对投入成本以及水资源利用收益之间进行平衡分配，以此实现对长江水资源最优化分配利用的目的。十一个省市中效率最低的渝、黔、滇三个省份，其对长江水资源利用规模较小，这是造成此三个省市水资源利用效率低下的关键因素，此三个省市和江苏省最大的差异为对长江水资源的用量较小。导致此三个省市还未达到边际获利规模，因此，在这三个省市内，加大对长江水资源的用量，能够提高其对水资源的利用效率。从十一个省市的地理区位异同方面出发，在 2006-2015 年统计样本周期内，江浙沪地区对长江水资源的综合利用效率、科技投入以及用水量效率在沿线省市中，效率最大。基本都高于 96%。

表 1、表 2 表明了 2006-2015 年，仅有浙江省和上海市还能持续停留在水资源有效利用的层面，其余省市都能够保持利用效率的持续提升状态，但也有特例，比如江苏以及江西两省出现了减小的现象。十一个省市大方向上均能够保持一定增长的趋势，大部分省市在 2011 年均出现了一个有效利用效率的峰值，这说明我国在 2010-2011 年颁布的一系列水资源治理政策有着紧密的关系。以地理区位角度看，对长江划分的三个流域均能够表现出在一定的周期内变化，验证了统计数据的有效性。位于长江中间地理位置的省份对水资源的利用效率呈现出上升趋势，并且其波动范围和长江沿线的整体水资源利用效率变化趋势十分相符，纵观长江沿线水资源利用效率，以重庆、云南为代表的上游地区对水资源的利用效率增长最快，这也表明了近年来重庆等长江上游地区在水资源优化利用方面做出了较大的努力。表 1、表 2 还表明了 2015 年江浙沪地区出现了水资源利用效率出现了较大的降低，这就要该地区的相关政府部门进行科学规划用水效率。

表 1 长江沿线省市水资源利用效率分布

年份	2006	2008	2010	2012	2015
上海	1	1	1	1	1
江苏	0.8143	0.8155	0.786 0	1	0.7869
浙江	1	1	1	1	1
安徽	0.7943	0.7597	0.8167	0.6031	0.6132

江西	0.6943	0.6538	0.7783	0.5789	0.6063
湖北	0.7743	0.7074	0.8013	0.7803	0.7962
湖南	0.7143	0.7198	0.7903	0.6287	0.6739
重庆	0.7231	0.6731	0.8031	0.7342	0.7749
四川	0.8324	0.7194	0.8573	1	1
贵州	0.7863	0.8202	0.8578	0.5639	0.5729
云南	0.8135	0.7683	0.9012	0.6983	0.7142

表 2 长江沿线三个地域水资源利用效率分布

年份	上游	中游	下游	整体
2006	0.7137	0.6487	0.7487	0.9487
2007	0.7362	0.6528	0.7572	0.9472
2008	0.7602	0.6461	0.7592	0.9492
2009	0.7602	0.6803	0.7675	0.9475
2010	0.7801	0.7101	0.7949	0.9649
2011	0.8247	0.7247	0.8387	0.9787
2012	0.6805	0.6205	0.7475	0.9768
2013	0.6939	0.6368	0.7349	0.9813
2014	0.7087	0.6891	0.7187	0.9851
2015	0.6748	0.6726	0.6903	0.9005

（三）长江水资源利用效率数据分解

通过上述模型的分解级评价，得到了长江沿线省市无效利用水资源的关键因素，这亦是产生无效利用水资源的最为根本的原因，这些评价结果能够对政府制定科学合理的用水政策以及提高各个省市的用水效率提供理论参考。图 3 显示出了在过去 10 年间，各个省市对长江水资源的平均无效利用率约为 22.04%。在分类评价结果中，长江沿线的农业生产 (p_1)、工业生产 (p_2)、日常生活 (p_3) 以及各类废水 (p_4) 的排放无效利用平均数分别约为：0.0587，0.0398，0.0418 以及 0.0387。由此结果，对各个影响因素由高到低进行排列：农业生产用水 > 人们日常生活用水 > 工业生产 > 工业生产排污。我们能够得到农业生产的无效或是低效用水在长江水资源利用效率中起到了最为关键的作用，其对水资源利用效率的高低，直接影响着整体水资源的利用效果。

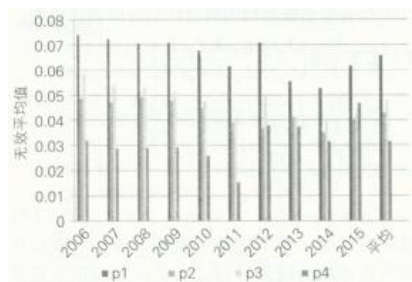


图 3 各个因素对长江水资源无效利用平均值

图 4 表明了无效利用水资源方面,各个影响因素的贡献值由大到小排列为:农业生产 (p_1) (0.31) > 工业生产 (p_2) (0.22) > 日常生活 (p_3) (0.20) > 各类废水 (p_4) (0.13), 这表明了各省市在对高效利用水资源政策进行制定过程中,首要解决的即是农业生产用水和排放的问题,对其进行科学客观的理论分析以及实证研究,这样就解决了水资源利用效率方面的最关键的因素,能够大幅提升水资源的利用效率。

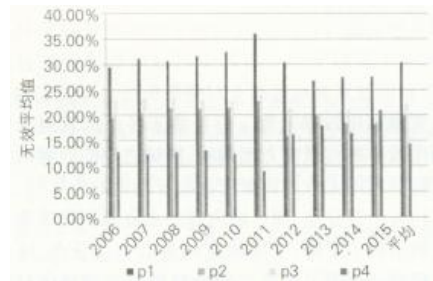


图 4 各个因素对长江水资源无效利用平均贡献值

图 4 亦表明了过去 10 年间各省市均能够或多或少的降低四个影响因素的贡献值,平均降低了约 3%,表明了各省市在这些方面的努力还是小有成效的。在统计期内,随着科技、工业的不断发展,工业生产用水对无效利用水资源的贡献度不降反升,这应引起各级政府的注意,在保证当地经济增速的同时,还应保证对水资源的高效利用。其他三个因素均能够逐年下降,表明当地政府在水资源高效利用方面的努力还是很有成效的。

(四) 泰尔指数分解

泰尔指数计算理论能够对长江沿线省市水资源利用效率差异进行衡量,较基尼、变异等系数理论,基于泰尔指数理论对数据进行分解,这亦是评价长江沿线省市对水资源的利用有效性差异的较为有效的理论,本文主要基于文献^[11]建立的泰尔指数分解理论,建立了长江沿线省市水资源利用有效性的分解表达式为:

$$\begin{aligned}
 T &= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \lg \left[\frac{Y_{ij}/Y K_{ij}/K L_{ij}/L}{K_j/K L_j/L W_j/W} \right] = \\
 &= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \lg \frac{Y_{ij}/Y}{K_j/K} + \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \lg \frac{K_j/K}{L_j/L} + \\
 &= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \lg \frac{L_j/L}{W_j/W} = \\
 &= T_{co} + T_{cl} + T_{lw} \quad (5)
 \end{aligned}$$

其中, T_{co} 表示资本造成的地域差异; T_{cl} 表示技术创新所造成的地域差异; T_{lw} 为长江沿线用水量所造成的差异。

长江水资源在空间上的有效利用率^[12-13],表明了长江沿线省市对水资源有效利用的区域间差异性逐渐增大,这主要是长江沿线的上中下游共同作用、相互影响造成的。在 2006 年统计期间区域内以及各个区域间的水资源利用效率分别是 5.2% 以及 4.1%,同时,在 2006 年间,区域内部地域的水资源利用差异性对整体利用效率贡献出 0.56,这在众多因素中的贡献率是最大的,这也证明了将长江分为上中下游三个区域进行分析是正确的。同样,这个结果也表明了想要提升长江流域沿线省市对水资源的利用效率,应主要对上中下游各个区域内部进行综合治理,收到的效果会远远高于对整条长江一刀切式的长江水资源利用效率治理。但是基于各个因素对水资源利用效率的贡献度方面来看,区域之间的因素对长江水资源利用无效的贡献度在统计期内的十年间,上升了约五个百分点,而区域内部的水资源利用效率贡献度则出现了下降,下降幅度约为五个百分点,这从一定程度上说明了区域之间的利用效率差异化对长江水资源利用效率的影响也在不断地加大。综上所述,区域内部以及区域之间的差异的共同影

响，导致了长江水资源利用效率差异的逐渐提高。

表 3 表明了长江沿线省市人们日常生活用水量中，上游最小、中游次之以及下游最高。这主要是由下游地区的人口以及工业发展水平导致的，并且表 3 显示，除了长江沿线的工业用水效率要远远高于生活用水效率，这是由于工业生产用水对科技的投入是很大的，亦是把控制水成本所导致的，相反，农业生产用水并未实现足够的科学化^[14-15]，因为目前农业方面还是缺少一套完整的用水体系，出现大量的浪费现象。基于此方面的研究结果，我国政府在前几年颁布的 1 号红头文件中明确制定了水资源科学利用的三条标准红线，长江跨度较大，地域之间差异也较大，在对水资源利用方面也存在着这样或是那样的问题，因此，在三条红线的指导下，水资源利用效率会出现一定的提升，但是不会太大，因为一个标准，不能使用于所有地域。这会直接造成落地用水政策出现“水土不服”。

表 3 长江水资源利用效率差异及贡献率

年份	总体	省（市）内		省（市）间		长江下游	长江中游	长江上游
		数值	贡献率（%）	数值	贡献率（%）	贡献率（%）	贡献率（%）	贡献率（%）
2006	0.0913	0.0538	55.66	0.0501	43.98	4.72	10.15	10.03
2007	0.0974	0.0504	54.01	0.0483	46.01	5.29	5.97	7.02
2008	0.0958	0.0517	53.88	0.0440	45.76	4.24	5.32	10.32
2009	0.0979	0.0523	56.01	0.0489	45.09	4.41	4.75	14.33
2010	0.1000	0.0533	54.39	0.0449	48.11	5.14	4.17	12.01
2011	0.1000	0.0527	55.97	0.0482	50.23	7.01	12.03	8.03
2012	0.1003	0.0501	54.06	0.0477	49.02	3.67	5.24	32.00
2013	0.1055	0.0513	48.79	0.0510	50.21	0.00	6.08	31.87
2014	0.1055	0.0537	51.02	0.0513	49.35	0.00	7.33	27.15
2015	0.1000	0.0527	54.01	0.0483	46.01	7.93	6.22	38.94
平均	0.0913	0.0523	52.03	0.0501	47.68	4.11	7.01	18.65

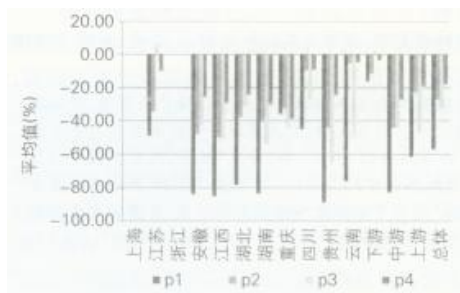


图 5 长江沿线省市水资源利用潜力指数

（五）水资源利用效率提升潜力估计综上所述，本文建立了 EBM 评价计算模型对长江沿线的水资源利用效率的现状进行分析，从而能够发现长江沿线各个省市提高水资源利用效率的潜力。在统计数据期间，对长江沿线各个省市的平均水资源利用效率进行求解，计算结果见图 5^[16]。图 5 表现出长江沿线各个省市均具有较大的水资源利用效率提升潜力，结合实证研究结果能够得到长江沿线省市在各行各业中均具有较大的用水效率潜力，最大潜力出现在农业方面（0.57），最小的潜力表现在工业生产过程，但是潜力值依然能够达到 0.27 左右，结合各个省市在统计期间内数据，长江中游地区省市在农业生产方面表现出了极具发展潜力的势头，究其原因，在于这三个省份的经济发展支柱为农业，经济发展程度较为落后。因此，此方面的研究结果符合

实际情况。其他情况也是能够较为贴近实际情况，说明长江沿线省市的节水减排的潜力较大，这也表现出了各个省市具有不同的情况，决定了各个省市对水资源利用效率的投入是不同的，这与实际情况均能够较为准确地反映出实际情况。从长江的上中下游三个区域的计算结果可知，长江沿线各个省市中，中游地区的水资源利用提升潜力是最大的，上游次之，而下游地区的水资源利用效率提升潜力是最小的。

四、结论及建议

本文基于传统 DEA 评价模型对 2006-2015 年长江沿线省市用水效率的现状做了较为客观的分析，从 2006 年开始，长江沿线省市对水资源的利用效率表现出了区域性的差异，呈现出不同地区间对水资源利用的效率不同，结合泰尔指数对水资源综合利用效率进行分析，近年来呈现出或多或少的上升趋势，最后结合泰尔指数分解理论对长江水资源利用效率的差异以及地区内部各个因素对水资源效率的影响。

基于以上分析可见，长江沿线各个省市对水资源的综合利用效率在逐年改善，在长江沿线的地域差异方面，地域内部对长江水资源总利用效率的贡献下降约 5 个百分点，地域之间的差异对长江水资源总利用效率的贡献出现了上升趋势，约提高了 5 个百分点。地域之间对水资源效率的差异作为总体利用差异的关键因素；对长江沿线省市对水资源的利用效率影响最大的因素为农业生产用水。由此可在现实情况允许时，可建立一套科学合理的水资源利用效率评价指标以及第三方监督评价机构，鉴于长江沿线各个省市均具有较大的提升潜力的现状，对提高长江沿线水资源利用效率提出以下政策建议。

(1) 长江沿线省市对水资源的开发利用只要是由于地域之间存在的差异所决定的，应在长江上中下游三个区域之间制定整体政策，而不应将水资源利用管控重点放在三个区域内部，这是因为区域内部的用水效率提升，不足以改变整个长江沿线的水资源利用效率。基于此，可与我国制定的西部大开发等发展战略结合，收到事半功倍的效果。

(2) 农业生产用水效率差异作为长江沿线整体用水差异的关键因素，这主要是由于长江水资源各个生产要素配置的差异化所致。因此，长江沿线省市应尽快推出符合自身需求的用水政策，并且应由中央政府对各地用水政策进行整合，制定出适用于长江沿线的用水政策，切实提高水资源利用效率。

(3) 应大力发展长江中上游的产业升级，支持其科学转型，重点将劳动密集工业转变为资本或是技术创新为主的新型产业集群，提高传统行业的用水量，对高耗水的产业类型进行科学整治，以此切实提高长江沿线省市对水资源的利用效率。

[参考文献]:

- [1] 邓光耀, 韩君, 张忠杰. 中国各省水资源利用效率的测算及回弹效应研究[J]. 软科学, 2017, 31(1): 15-19.
- [2] 谭雪, 石磊, 王学军, 等. 新丝绸之路经济带水效率评估与差异研究[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(1): 1-6.
- [3] 臧正, 邹欣庆, 宋翘楚. 空间权重对分析地理要素时空关联格局的影响——基于中国大陆省域水资源消耗强度的实证[J]. 地理研究, 2017, 36(5): 23-25.
- [4] 操信春, 杨陈玉, 何鑫, 等. 中国灌溉水资源利用效率的空间差异分析[J]. 中国农村水利水电, 2016(8): 128-132.
- [5] 陈芳. 非合意产出约束下长江经济带能源效率评价与影响因素研究——基于非径向方向性距离函数估算[J]. 安徽大学学报: 哲学社会科学版, 2016, 40(6): 138-147.

-
- [6]王莹. 中国省际水资源利用效率及影响因素分析基于超效率 DEA 与 Tobit 模型[J]. 中国农村水利水电, 2015(5): 41-44.
- [7]张峰, 薛惠锋, 王海宁. 基于幅度随机前沿的工业水资源利用效率测度[J]. 华东经济管理, 2017, 31(1): 74-82.
- [8]余泳泽. 改革开放以来中国经济增长动力转换的时空特征[J]. 数量经济技术经济研究, 2015(2): 19-34.
- [9]张涛. 中国收入差距的变动及其原因分析: 1985-2012年[J]. 数量经济技术经济研究, 2016(12): 3-22.
- [10]吴明娥, 曾国平, 曹跃群. 中国省际公共资本存量估算: 概念、框架与指标构建[J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2016, 22(5): 1-9.
- [11]郝芳, 董延涛, 李建革. 长江经济带铜矿资源布局结构优化与产业发展研究[J]. 中国矿业, 2015(10): 72-75.
- [12]方创琳, 周成虎, 王振波. 长江经济带城市群可持续发展战略问题与分级梯度发展重点[J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1398-1408.
- [13]郑德高, 陈勇, 季辰晔. 长江经济带区域经济空间重塑研究[J]. 城市规划学刊, 2015(3): 7-8.
- [14]左其亭, 罗增良, 马军霞. 水生态文明建设理论体系研究[J]. 人民长江, 2015(8): 1-6.
- [15]马远, Ma Yuan. 干旱区城镇化进程对水资源利用效率影响的实证研究——基于 DEA 模型与 IPAT 模型[J]. 技术经济, 2016, 35(4): 85-90.
- [16]卢曦, 许长新. 基于三阶段 DEA 与 Malmquist 指数分解的长江经济带水资源利用效率研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(1): 7-14.