

城市公共基础设施环境效益研究

孙 钰^{1,2} 王坤岩^{1,3} 姚晓东⁴

(1. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 2. 天津商业大学公共管理学院, 天津 300134;
3. 中共天津市委党校, 天津 300191; 4. 天津经济发展研究所, 天津 300202)

摘要 随着中国城市化进程的加快,城市环境问题日益突出。城市公共基础设施,特别是生态环境基础设施的建设和运营,对城市环境质量具有显著的改善作用。城市公共基础设施环境效益反映了基础设施投入与所产生的城市环境有益成果之间的对比关系,是衡量运营效果的重要指标。本文运用基于二次目标函数的DEA交叉效率模型,对中国35个大中城市公共基础设施环境效益状况进行了评价和分析。结果显示,35个大中城市公共基础设施环境效益整体状况并不乐观,特别是一线城市表现很不理想,表明城市公共基础设施环境效益状况与经济发展水平之间并不存在必然的正相关关系;基于聚类分析的评价结果进一步显示,城市公共基础设施环境效益状况与投入规模间也不存在正相关关系。分析表明,除投入结构不合理外,由于社会经济发展压力过大而致使环境承载力相对不足是导致城市公共基础设施环境效益低下的主要原因。从短期来看,以具有相似投入规模的高效城市为标杆调整公共基础设施投入结构,是低效城市改善环境效益的有效举措;从长期来看,以新型城镇化战略为指导合理推进小城镇公共基础设施建设、以国际典型可持续发展城市为标杆优化城市公共基础设施发展模式,是从根本上改善我国城市公共基础设施环境效益状况的必然选择。

关键词 城市公共基础设施; 环境效益; DEA交叉效率模型

中图分类号 F294.1 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2015)04-0092-09 doi: 10.3969/j.issn.1002-2104.2015.04.012

改革开放至今,中国经历了快速的城市化进程。国家统计局公布的数据显示,从1979-2013年,中国城市化率从19.99%提高到53.73%,平均每年提高约1个百分点,城市人口从1.7亿增加到7.3亿,平均每年增加1600万人左右。城市化带来城市经济社会快速发展的同时,也给城市生态环境造成了巨大的压力,导致城市环境状况日益恶化。《中国城市建设统计年鉴》相关统计数据显示,1979-2012年,城市污水排放量从163亿m³增长到417亿m³,增长了1.6倍。同期,城市生活垃圾产生量由2508万t增长到17081万t,增长了5.8倍。环境污染、资源枯竭等生态软肋严重威胁着城市的可持续发展以及人类的生存安全。城市公共基础设施,特别是生态环境类基础设施的建设和运营,对于降低污染、提升城市环境质量具有明显效果。《中国城市建设统计年鉴》相关统计数据显示,1980-2012年,城市生活垃圾无害化处理率由6.9%提高到84.8%。1991-2012年,城市污水处理率由14.9%提高到84.3%。可见,公共基础设施改善城市环境

的作用是十分显著的,其对城市生态环境的优化功能日益得到认可与重视。因此,对城市公共基础设施环境效益进行评价与分析,能够为城市公共基础设施投资政策及运营管理提供可资借鉴的依据,有利于缓解城市环境恶化状况,对于城市可持续发展具有重要意义。

上世纪80年代开始,基础设施与生态环境之间的关系开始受到重视,最初的研究关注大型基础设施项目对环境产生的影响,即基础设施项目环境影响评价(EIA)^[1]。国内学者也从上世纪90年代开始了这一领域的研究^[2-3],并在理论和方法上取得了一些有益成果。但是,基础设施环境影响评价只关注基础设施建设项目对生态环境产生的负面影响,而没有考虑到基础设施对生态环境的优化和改善作用。20世纪90年代,西方城市化高潮的到来造成了人类生存环境的恶化,以改善城市环境为目的,西方学界开始重视基础设施的生态环境效益,掀起了“绿色基础设施”研究的热潮^[4]。在此基础上,国内学者明确提出了基础设施环境效益的概念^[5],并开始致力于这

收稿日期:2014-12-12

作者简介:孙钰,博士,教授,博导,主要研究方向为城市公共基础设施利用效益与优化配置。

通讯作者:王坤岩,博士生,主要研究方向为城市公共基础设施运营效益。

基金项目:国家自然科学基金项目“城市公共基础设施利用效益研究”(编号:NSF 71273186)。

一领域的理论研究。并且,有部分学者尝试运用价值分析^[6]、经济损益分析^[7]、计量经济学模型等^[8]方法对基础设施的环境效益进行定量考察。

已有关于基础设施环境效益的定量研究只考虑了特定基础设施项目产生的效益,而缺乏对整个基础设施系统环境效益的全面审视,同时,由于方法的局限性,既有分析并没有对基础设施环境效益进行投入产出的系统考察。数据包络分析(DEA)是进行相对效率评价的有效工具,也有学者尝试运用其对基础设施经济效益进行分析^[9],但尚未有运用 DEA 方法对基础设施环境效益进行评价的尝试。本文创新性地将 DEA 方法引入城市公共基础设施环境效益评价研究中,在对城市公共基础设施系统环境效益投入产出机制进行系统分析的基础上,建立了一套全面的城市公共基础设施环境效益评价指标体系,并采用基于二次目标函数的 DEA 交叉效率模型,以我国 35 个大中城市为样本,对城市公共基础设施环境效益状况进行全面评价和分析。

1 评价指标体系的构建

与环境影响评价关注基础设施项目对环境的不利影响不同,城市公共基础设施环境效益的评价更注重公共基础设施对城市生态环境产生的有利影响。效益指效果和利益,其本质是反映一种投入产出的对比关系。观照经济效益的定义,即资源利用、劳动消耗与所获得的符合社会需要的劳动成果之间的对比关系^[10],本文将城市公共基础设施环境效益定义为城市公共基础设施部门在运营过程中,资源利用、劳动消耗与所产生的生态环境有益成果之间的对比关系。

城市公共基础设施是为城市生产、生活提供基础条件的永久的、成套的工程构筑、设施、设备^[11]及其服务的总和,包括能源动力设施、水资源和供排水设施、道路交通设施、邮电通信设施,生态环境设施和防减灾设施等^[12-13]。与其他社会生产部门相同,基础设施部门的生产经营活动也会对城市环境产生各种影响,比如,土地资源的占用、“三废”的排放等。但是,与其他部门不同的是,城市公共基础设施中的生态环境设施、供排水设施中的污水处理设施、防减灾设施中的防洪设施等,通过污染治理、绿化、减小损害等方式对城市环境产生有利作用,导致城市环境的改善。具体来讲,城市公共基础设施对环境的有利影响是通过两个途径发挥作用的,反映为城市公共基础设施的直接环境效益和间接环境效益。

(1) 城市公共基础设施的直接环境效益。城市生态环境设施中的垃圾处理设施、园林绿化设施、市容环卫设施以及水资源和供排水设施中的污水处理设施,能够直接

作用于城市环境,从而对城市环境产生直接的干预。一方面,垃圾处理设施、市容环卫设施、污水处理设施等,通过对城市垃圾、废水的集中收集和处理,达到降低城市环境污染、改善城市环境质量的目的;另一方面,市容环卫、园林绿化设施等,通过对城市自然及人工景观的设计、建造、维护等,增加城市绿化覆盖面积,实现城市环境的优化和提高。

(2) 城市公共基础设施的间接环境效益。城市公共基础设施部门通过环境治理及提供其他的环境服务,导致城市生态环境的改善。在这一过程中,城市公共基础设施部门投入大量的劳动力和资金成本用于环境治理和改造活动,而产生的效益却不完全表现为相关基础设施部门的收入,由环境状况改善而导致的相关社会生产部门生产条件的改善间接导致了社会总收益的提高。因此,对城市公共基础设施环境效益的考察不能只局限于公共基础设施部门的产出成果,而是要从全社会总收益的角度去衡量。

本文从投入-产出的角度对城市公共基础设施的环境效益进行考察,选取的指标力求反映城市公共基础设施的投入水平及其产生的生态环境有益成果。投入指标包括垃圾处理设施(x_1)、污水处理设施(x_2)、市容环卫设施(x_3)、生态环保相关从业人员(x_4)和生态环保资金投入(x_5) 5 项指标,分别用来反映城市公共基础设施部门用于环境改善的人、财、物的投入状况。在产出指标方面,本文充分考虑到城市公共基础设施环境效益发挥的不同途径,选取的产出指标既包含能够直接反映城市公共基础设施部门所产生的环境改善成果的指标,包括垃圾处理成效(y_1)、水处理成效(y_2)、园林绿化成效(y_3),又包含能够间接反映城市公共基础设施部门所产生的环境保护外部效应的指标,即全社会总产出(y_4)。另外,指标的选取还充分考虑了数据的可得性、适应性等原则。

根据以上原则,本文构建了城市公共基础设施环境效益评价指标体系,见表 1。

2 实证研究与结果分析

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, 简称 DEA)是一种利用数学规划模型计算具有相同投入和产出的若干个决策单元(Decision Making Unit, 简称 DMU)相对有效性的评价方法。DEA 方法问世以来,得到了广泛的应用和发展,基于不同目标和要素的多种 DEA 模型在处理复杂的经济管理问题时发挥了重要的作用^[14]。本文分别运用基于二次目标函数的对抗型交叉效率模型、友好型交叉效率模型^[15]和中立型交叉效率模型^[16]对城市公共基础设施环境效益进行评价研究,一方面,通过三种 DEA 交叉效率模型评价结果与传统 CCR 模型评价结果的对比分析,

表1 城市公共基础设施环境效益评价指标体系
Tab.1 Evaluation index system on environmental benefits of urban public infrastructure

投入指标 Index of input		产出指标 Index of output	
指标 Index	名称 Index name	指标 Index	名称 Index name
垃圾处理设施(x_1)	生活垃圾无害化处理场(厂)数	垃圾处理成效(y_1)	生活垃圾无害化处理量
污水处理设施(x_2)	污水处理厂座数	水处理成效(y_2)	污水处理厂集中处理量
市容环卫设施(x_3)	市容环卫专用车辆设备总数	园林绿化成效(y_3)	建成区绿化覆盖面积
生态环境人员投入(x_4)	水利、环境和公共设施管理业从业人员数	社会总产出(y_4)	地区生产总值
生态环境资金投入(x_5)	市政公用设施固定资产投资中生态环境投资额		

来证明交叉效率模型在评价问题中的合理性和可行性;另一方面,通过三种交叉效率模型评价结果的相互印证来强化最终的评价结果的可信性,因为一些实证研究^[16-17]中得出的结论显示,三种模型计算的交叉效率值虽然结果不同,但对于评价次序并无显著影响。

2.1 样本的选取与数据来源

考虑到样本间的可比性,本文选取全国35个大中城市作为评价单元,利用35个城市2012年的横截面数据来考察其环境效益状况。相关指标数据取自《2013中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴2012年》以及相关城市2012年环境统计公报。

2.2 评价过程与结果分析

本文选取中国35个大中城市2012年相关指标数据,同时运用三种DEA交叉效率模型对城市公共基础设施环境效益状况进行了评价, MATLAB7.11.0软件的分析结果见表2。作为对比,表2中同时给出了用原始CCR模型进行评价的结果。

2.2.1 DEA交叉效率模型与CCR模型评价结果的对比分析

如表2所示,运用CCR模型所产生的评价结果中出现了17个城市均为DEA有效的情况,其他城市表现为DEA无效。尽管CCR模型的评价结果能够将所有被评价单元粗略地划分为DEA有效和非DEA有效两个等级,但对于DEA有效的17个城市无法显示其相对优劣状况。与之相比,DEA交叉效率模型的评价结果则很好地解决了这一问题。由表2可知,三组DEA交叉效率模型的评价结果中均不存在DEA有效(即评价值为1)的单元,即使是表现最好的城市深圳,其评价结果在任一交叉效率模型评价中均未达到1,说明其公共基础设施的投入产出比并非完全有效,仍存在进一步提升空间,这样的结果更符合

各城市的实际情况。对三组DEA交叉效率模型评价结果的效率值进行比较可见,采用友好型交叉效率模型得到的各决策单元效率值较高,而采用对抗型交叉效率模型得到的效率值较低,采用中立性交叉效率模型得到的效率值介于二者之间,这与前人研究^[16-17]中所得出的结论是一致的。

另外,通过对各城市CCR模型效率值与交叉模型效率值的比较可见,一些在CCR评价中表现为DEA有效的城市,在交叉评价中的表现并不好,如乌鲁木齐、长春、呼和浩特,在CCR评价中效率值为1,而在交叉评价中效率值均较低,几乎低于平均效率值;相反,一些在CCR评价中为非DEA有效的城市,在交叉评价中排名却有明显提升,如合肥、福州。这种情况进一步表明,DEA交叉效率评价模型能够很好地修正传统CCR模型评价结果的偏差,从而使结果更符合客观现实。因此,本文将采用DEA交叉效率模型得到的评价结果作为进一步分析的依据。

2.2.2 三种DEA交叉效率模型评价结果的一致性检验

尽管一些决策单元在三种交叉效率模型评价结果中的排序是相同的,但仍存在大部分决策单元三种排序不相同的情况。为科学验证三组评价结果的一致性,本文引入Kendall's W检验对各决策单元在三组评价结果中的排序是否具有一致性进行检验。当检验结果中W值越接近1,P值越小,则表明一致性越显著。对上述三组评价结果的检验结果显示,W值为0.972, χ^2 值为99.187,P值为0.000,由此可以认为三组评价结果存在显著的一致性。

对三种模型评价结果的一致性检验表明,即使不考虑决策单元间的博弈关系,DEA交叉效率评价模型仍可给出有效且可信的评价结果。但另一方面,通过对三组评价

表2 35个大中城市公共基础设施环境效益评价结果
Tab.2 Evaluation results on environmental benefits of 35 large and medium-sized cities' public infrastructure

城市 City	CCR 模型 CCR model		对抗型交叉效率模型 Aggressive model		友好型交叉效率模型 Benevolent model		中立性交叉效率模型 Neutral model	
	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort
深圳	1.000 0	1	0.764 9	1	0.965 5	1	0.965 1	1
广州	1.000 0	1	0.709 3	2	0.894 8	4	0.890 4	4
济南	1.000 0	1	0.683 4	3	0.907 9	3	0.890 4	3
郑州	1.000 0	1	0.676 3	4	0.908 7	2	0.902 8	2
成都	1.000 0	1	0.654 9	5	0.850 9	7	0.848 9	7
长沙	1.000 0	1	0.640 8	6	0.886 4	5	0.881 6	5
南宁	1.000 0	1	0.628 8	7	0.871 6	6	0.852 6	6
杭州	1.000 0	1	0.614 0	8	0.837 8	8	0.835 3	8
南京	1.000 0	1	0.593 4	9	0.834 7	9	0.802 5	9
大连	1.000 0	1	0.530 3	11	0.776 6	12	0.742 6	12
南昌	1.000 0	1	0.521 9	12	0.791 5	11	0.779 8	10
宁波	1.000 0	1	0.519 3	13	0.752 5	13	0.719 5	13
西安	1.000 0	1	0.494 9	14	0.737 3	14	0.688 1	14
沈阳	1.000 0	1	0.428 7	20	0.698 6	16	0.680 4	15
乌鲁木齐	1.000 0	1	0.414 3	24	0.701 7	15	0.633 6	20
长春	1.000 0	1	0.407 1	26	0.686 0	18	0.611 6	22
呼和浩特	1.000 0	1	0.397 1	27	0.678 5	19	0.646 9	17
合肥	0.992 5	18	0.567 3	10	0.810 7	10	0.759 9	11
青岛	0.979 4	19	0.438 4	17	0.688 2	17	0.658 5	16
石家庄	0.921 3	20	0.435 1	18	0.671 3	20	0.645 9	19
上海	0.911 5	21	0.414 6	23	0.642 9	23	0.592 3	25
兰州	0.905 0	22	0.314 6	32	0.545 2	30	0.470 7	31
厦门	0.875 7	23	0.423 7	22	0.634 7	25	0.601 2	24
昆明	0.871 1	24	0.441 3	16	0.642 3	24	0.604 0	23
银川	0.854 7	25	0.429 2	19	0.634 3	26	0.585 1	27
太原	0.850 1	26	0.408 6	25	0.645 5	22	0.585 1	26
贵阳	0.837 4	27	0.389 0	28	0.573 0	28	0.540 4	28
福州	0.807 1	28	0.470 2	15	0.664 4	21	0.646 5	18
武汉	0.806 1	29	0.427 2	21	0.629 3	27	0.618 8	21
重庆	0.753 4	30	0.355 1	29	0.552 5	29	0.524 2	29
北京	0.683 4	31	0.335 0	30	0.516 9	31	0.495 6	30
西宁	0.663 6	32	0.270 6	34	0.424 9	34	0.377 4	34
天津	0.639 9	33	0.291 1	33	0.442 8	33	0.405 8	33
哈尔滨	0.546 0	34	0.327 4	31	0.458 4	32	0.437 0	32
海口	0.477 7	35	0.233 9	35	0.363 0	35	0.322 4	35
平均值	0.896 5	—	0.475 8	—	6 949	—	0.664 1	—

结果中效率均值的比较,可以得出这样的推断:当决策单元间采取合作而非对抗的策略时,将有助于改善整体的效率状况。

2.2.3 35 城市公共基础设施环境效益状况比较分析

表 2 的评价结果显示,中国 35 个大中城市公共基础设施环境效益总体状况并不理想,特别是 DEA 交叉效率模型评价结果显示,35 个大中城市公共基础设施环境效益的评价均值较低,即使是最为乐观的友好型交叉效率模型评价结果中效率均值也仅达到 0.694 9,说明中国 35 个大中城市公共基础设施环境效益状况仍有待进一步改善,且各城市效益状况存在很大差异。进一步,根据三组 DEA 交叉效率模型的评价结果将中国 35 个大中城市公共基础设施环境效益状况划分为优秀、良好、一般、较差和很差五种类别,分类依据如下:

设第 i 个城市在三组评价结果中的排序分别为 A_i, B_i, C_i ($i=1, 2, \dots, n$), $M_i = (A_i + B_i + C_i) / 3$ 表示第 i 个城市三组评价结果排序的均值,则有:

$$\text{第 } i \text{ 个城市} \in \begin{cases} \text{I 类 优秀} & M_i \leq 5; \\ \text{II 类 良好} & 5 < M_i \leq 10; \\ \text{III 类 一般} & 10 < M_i \leq 20; \\ \text{IV 类 较差} & 20 < M_i \leq 30; \\ \text{V 类 很差} & M_i > 30 \end{cases}$$

尽管对样本的选取已经考虑到城市间的可比性,但是 35 个人口规模较具可比性的大中城市在发展水平、发展模式上仍然存在较大差距。为了使各城市间的评价比较更具合理性和实践价值,本文根据 2014 年最新城市等级划分结果将 35 个城市公共基础设施环境效益分类状况列示于表 3。

如表 3 所示,表格中的每一行显示了具有相似发展水平的若干城市间公共基础设施环境效益的差别状况。具体来看,5 个一线城市公共基础设施环境效益状况差异较大,深圳、广州表现优秀,而上海、北京、天津三个直辖市表

现为较差和很差;二线城市在各类中的分布呈现显著的梭形,即表现为一般水平的城市数量最多,向两端依次递减,表现为优秀和很差水平的城市很少;7 个三线城市公共基础设施环境效益状况表现均不理想,全部处于一般及以下水平。上述情况表明,城市公共基础设施环境效益状况与经济发展水平之间并不存在必然的正相关关系。特别是北京、上海、天津 3 个城市评价结果很不乐观,与其发展水平呈显著的负相关。结合数据进一步分析发现,这 3 个直辖市的人口规模均达到或接近千万级水平,说明这些城市承载了过多的发展压力,即使投入大规模基础设施用于环境治理效果也并不理想。

2.3 基于聚类分析的 35 个大中城市公共基础设施环境效益评价结果

CCR 模型的一个优势在于,其可以通过投影分析,为非 DEA 有效单元转变为 DEA 有效单元提供改进方案:非 DEA 有效单元的改进目标是 DEA 有效单元的线性组合。而交叉效率模型在解决这一问题时天然地存在着缺陷,一个根本原因在于交叉效率模型评价中并不存在完全有效的决策单元,从而无法为其他决策单元的投影提供一个可靠的标杆。但是,CCR 模型的投影分析同样忽略了这样一个现实,即由于被评价单元在资源禀赋、经济规模、发展水平以及其他一些客观因素方面存在差异,导致其投入规模也存在很大差异,对于与有效决策单元存在巨大差异的非有效单元而言,短时间内调整投入规模使其达到有效是不现实的。对此,一些研究提出采用聚类分析方法,根据投入指标对被评价单元进行分类,将具有相似投入规模的决策单元归为一类,每一类中以效率值最高的决策单元作为其他决策单元调整投入结构的标杆^[18-19]。

通过对原始数据的观察发现,35 个城市在公共基础设施投入水平方面存在明显的差异。因此,本文将采用聚类分析方法,首先根据投入指标将中国 35 个大中城市划分为公共基础设施投入水平相当的若干组,将每组中效率值最高的城市作为该组中其他城市改进公共基础设施环

表 3 35 个大中城市公共基础设施环境效益状况分类表
Tab. 3 Classification on environmental benefits of 35 large and medium-sized cities' public infrastructure

城市等级 City level	I 类 优秀 Class I excellent	II 类 良好 Class II good	III 类 一般 Class III general	IV 类 较差 Class IV poor	V 类 很差 Class V terrible
一线城市	深圳、广州			上海	北京、天津
二线发达城市	济南	杭州、南京	大连、宁波、青岛	厦门、重庆	
二线中等发达城市	郑州	成都、长沙	西安、沈阳、石家庄、福州	长春、太原、武汉	哈尔滨
二线发展较弱城市		南宁	南昌、合肥	昆明	
三线城市			乌鲁木齐	呼和浩特、银川、贵阳	兰州、西宁、海口



表 4 35 个大中城市公共基础设施投入聚类表
Tab. 4 Cluster analysis result based on input scale of 35 large and medium-sized cities' public infrastructure

一组 Class I	二组 Class II	三组 Class III	四组 Class IV
北京、天津、上海、广州、深圳、重庆	沈阳、南京、青岛、武汉	长春、哈尔滨、杭州	石家庄、太原、呼和浩特、大连、宁波、合肥、福州、厦门、南昌、济南、郑州、长沙、南宁、海口、成都、贵阳、昆明、西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐

境效益的标杆城市。表 4 列示了 35 个大中城市按公共基础设施投入规模进行聚类的结果。

由表 4 可知,聚类分析的结果将 35 个大中城市分为投入规模相异的 4 个组,每组中包含公共基础设施环境效益不同的若干城市,为使各组中标杆城市的选择更为直观,将城市分组及效益评价状况列示如表 5。

由表 5 可见,投入规模相似的各组中不同城市公共基础设施环境效益状况存在显著差异,这为标杆城市的选择以及其他城市公共基础设施环境效益的改善提供了可能。传统分析认为,导致决策单元无效的原因可归结为投入规模与投入结构的扭曲,那么对于投入规模相似的各决策单元来说,导致其效率差异的最可能原因就必然是投入结构的不合理。因此,对于相对低效的城市来说,调节公共基础设施投入结构应能改善其环境效益状况。在第一组中,深圳、广州、上海、重庆、北京、天津 6 个城市的公共基础设施投入规模相似,而深圳的环境效益要显著优于其他 5 个城市,在短期内,以重庆为标杆对公共基础设施投入结构进行调整将有助于其他 5 个城市环境效益的提高。在第二组至第四组中,南京、杭州和济南可以被选择为各组的标杆城市,作为同组中其他城市调整基础设施投入结构、在短期内改善其环境效益状况的标准。

结合原始数据的分析表明,中国 35 个大中城市公共基础设施投入规模存在较大差异,且大致遵循从一线城市到三线城市递减的规律,表明城市公共基础设施投入规模与城市经济发展水平之间存在显著的正相关关系。但是,表 5 中的分组评价结果显示,处于投入规模较高组别中的城市,其公共基础设施环境效益状况并未明显优于规模较低组别中的城市。例如,在城市公共基础设施投入规模相对较高的第一组中,上海、北京、天津、重庆 4 个城市环境效益状况评价结果很不理想,效率水平低于第二组中的所有城市以及第三组和第四组中的若干城市;而在投入规模相对较小的第四组中,济南、郑州、成都、长沙、南宁 5 个城市的评价结果要优于第二组和第三组中的所有城市。这

表 5 基于投入规模分组的 35 个城市公共基础设施环境效益评价结果

Tab. 5 Evaluation result of environmental benefits based on cluster analysis of 35 large and medium-sized cities

一组 Class I						
城市	对抗型 Aggressive		友好型 Benevolent		中立型 Neutral	
	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort
	深圳	0.764 9	1	0.965 5	1	0.965 1
广州	0.709 3	2	0.894 8	4	0.890 4	4
上海	0.414 6	23	0.642 9	23	0.592 3	25
重庆	0.355 1	29	0.552 5	29	0.524 2	29
北京	0.335	30	0.516 9	31	0.495 6	30
天津	0.291 1	33	0.442 8	33	0.405 8	33
二组 Class II						
城市	对抗型 Aggressive		友好型 Benevolent		中立型 Neutral	
	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort
	南京	0.593 4	9	0.834 7	9	0.802 5
青岛	0.438 4	17	0.688 2	17	0.658 5	16
沈阳	0.428 7	20	0.698 6	16	0.680 4	15
武汉	0.427 2	21	0.629 3	27	0.618 8	21
三组 Class II						
城市	对抗型 Aggressive		友好型 Benevolent		中立型 Neutral	
	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort
	杭州	0.614	8	0.837 8	8	0.835 3
长春	0.407 1	26	0.686	18	0.611 6	22
哈尔滨	0.327 4	31	0.458 4	32	0.437	32
四组 Class II						
城市	对抗型 Aggressive		友好型 Benevolent		中立型 Neutral	
	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort	效率值 Score	排名 Sort
	济南	0.683 4	3	0.907 9	3	0.890 4
郑州	0.676 3	4	0.908 7	2	0.902 8	2
成都	0.654 9	5	0.850 9	7	0.848 9	7
长沙	0.640 8	6	0.886 4	5	0.881 6	5
南宁	0.628 8	7	0.871 6	6	0.852 6	6
合肥	0.567 3	10	0.810 7	10	0.759 9	11
大连	0.530 3	11	0.776 6	12	0.742 6	12
南昌	0.521 9	12	0.791 5	11	0.779 8	10
宁波	0.519 3	13	0.752 5	13	0.719 5	13
西安	0.494 9	14	0.737 3	14	0.688 1	14
福州	0.470 2	15	0.664 4	21	0.646 5	18
昆明	0.441 3	16	0.642 3	24	0.604	23
石家庄	0.435 1	18	0.671 3	20	0.645 9	19
银川	0.429 2	19	0.634 3	26	0.585 1	27
厦门	0.423 7	22	0.634 7	25	0.601 2	24
乌鲁木齐	0.414 3	24	0.701 7	15	0.633 6	20
太原	0.408 6	25	0.645 5	22	0.585 1	26
呼和浩特	0.397 1	27	0.678 5	19	0.646 9	17
贵阳	0.389	28	0.573	28	0.540 4	28
兰州	0.314 6	32	0.545 2	30	0.470 7	31
西宁	0.270 6	34	0.424 9	34	0.377 4	34
海口	0.233 9	35	0.363	35	0.322 4	35

种状况表明,城市公共基础设施环境效益状况与投入规模并不存在正相关关系。

从具体城市来看,公共基础设施投入规模相对较大的北京、上海、天津3个一线城市和另一个直辖市重庆的环境效益状况均不理想,上海、重庆表现为较差,北京和天津表现为很差,这种状况与一线城市和直辖市的应有功能极不匹配。而某些投入规模较小的二线城市的公共基础设施环境效益状况却非常好,如济南、郑州,均表现出优秀水平。分析可能的原因,我们认为,导致城市公共基础设施环境效益低下的原因除投入结构不合理外,最大的原因是一种功能性的矛盾,表现为产出的相对不足。具体来讲,对于一些发展水平较高的城市而言,其社会经济发展压力过大,导致环境承载能力相对不足,即使投入大规模的公共基础设施,也无助于改善其环境状况。对于这些城市,只有采取功能疏导性的政策措施才能有效缓解其环境日益恶化的趋势。

3 结论与建议

本文运用基于不同二次目标函数的DEA交叉效率评价模型对中国35个大中城市公共基础设施环境效益状况进行了评价分析,实证结果表明:DEA交叉效率评价模型能够很好地修正传统CCR模型评价结果的偏差,从而使结果更符合客观现实;三种不同二阶段模型的评价结果具有显著的一致性,表明即使不考虑决策单元间的博弈关系,DEA交叉效率评价模型仍可给出有效且可信的评价结果,但当决策单元间采取合作而非对抗的策略时,将有助于改善整体的效率状况;35个大中城市公共基础设施环境效益整体状况并不乐观,特别是个别一线城市表现很差,说明城市公共基础设施环境效益状况与城市经济发展水平之间并不存在正相关关系;进一步基于投入规模的聚类分析表明,城市公共基础设施环境效益并不与投入规模成正比;对于具有相似投入规模的城市而言,以标杆城市为目标调整公共基础设施投入结构将有助于环境效益的提高;导致城市环境效益低下的最大原因在于功能性矛盾,即城市环境承载能力的相对不足。基于以上结论,本文提出如下对策建议:

(1) 加大城市生态环境基础设施投入。与其他城市公共基础设施相比,生态环境基础设施对于城市环境的优化和改善作用是直接且显著的。因此,加强城市生态环境类基础设施的建设,增加对城市环境的直接干预,将有助于提高城市公共基础设施的环境效益。目前我国城市生态环境基础设施主要包括污水处理设施、生活垃圾处理设施和城市园林绿化基础设施。污水处理设施和生活垃圾处理设施技术水平较低,无法实现对污水和生活垃圾的分

类处理和有效循环利用,对于这两类基础设施,需要加大科技投入,进行改造升级。而对于城市园林绿化设施的建设则应该借鉴国际上比较成熟的“绿色基础设施规划理念”,实现基础设施与经济、社会、环境的协调规划与发展。另一方面,由于公共基础设施投入规模与城市经济发展水平之间存在显著的正相关关系,因此,对于城市公共基础设施投入规模的调整是一个长期的过程,要与城市经济社会发展相适应。

(2) 强化城市公共基础设施建设与运营的标杆管理。标杆管理的实质是寻找同类决策单元中的最佳范例,以此为基准通过比较、判断、分析,从而找到自我改进的途径和方法。对于公共基础设施环境效益较差的城市而言,以经济效益表现较好的城市为标杆,比较各自在城市公共基础设施投入方面存在的差异,并分析产生差异的可能原因,将有助于这些城市建立公共基础设施投入数量和结构的调整目标,从而实现对环境改善。考虑到我国城市间发展不平衡,各城市在公共基础设施投入规模上存在较大差异,选择与自身投入规模相似且效益状况较好的城市为标杆,对于效益状况较差城市的公共基础设施环境效益改进行动具有更加现实的指导意义。

但是,从城市可持续发展的角度来看,由于我国城市公共基础设施环境效益状况整体并不乐观,以相对高效的城市为标杆采取公共基础设施环境效益的改善措施在短期内是可行且有效的。但从长期考量,国内标杆城市的环境效益状况并不是城市公共基础设施发展的最终目标。以国际典型可持续发展城市为标杆,对城市公共基础设施投入规模和结构以及城市公共基础设施发展模式进行深层次调整,将有助于从根本上改善我国城市公共基础设施环境效益状况,实现城市的可持续发展。例如,美国的克利和波特兰,北欧的哥本哈根和斯德哥尔摩等城市,通过改进交通体系、兴建绿色基础设施、实行垃圾分类处理和能源循环高效利用等措施,实现了城市环境与经济社会的协调发展,成为国际可持续发展城市的典范^[20]。

(3) 推进小城镇公共基础设施建设。导致中国城市公共基础设施环境效益低下的最主要原因在于城市环境与社会经济发展之间的功能性矛盾,越是发达的城市社会经济活动强度越大,从而远远超出了环境的承载能力。即使是城市规模相当的35个大中城市,发展水平差异也很惊人,以地区生产总值为例,2012年的数据显示,地区生产总值最高的上海市是最低的海口市的近25倍。但是,对于不同的城市,环境的初始状态并无如此巨大的差异。因此,越是高强度的经济活动对环境的破坏越严重且往往是不可逆的,即使采取再多的补偿措施也不能使环境还原到初始的承载状态。这种情况下,功能疏导性的措施应该

被用来改善城市环境产出相对不足的状况。一种有效的做法是通过加大对城市周边小城镇基础设施建设的投入力度,使其分担城市的部分承载功能,这是公共基础设施投入政策调整的必然趋势。同时,这一思想也恰好符合十八届三中全会提出的新型城镇化发展战略,并且,基础设施作为城镇发展的基础更应该被置于优先考虑的政策范畴。

(编辑:刘照胜)

参考文献(References)

- [1] He Guizhen, Zhang Lei, Lu Yonglong. Environmental Impact Assessment and Environmental Audit in Large-scale Public Infrastructure Construction: The Case of the Qinghai-Tibet Railway [J]. Environmental Management, 2009, (44): 579-589.
- [2] 陈国阶. 三峡工程对生态与环境的影响综合评价体系[J]. 云南地理环境研究, 1991, (1): 46-51. [Cheng Guojie. A Comprehensive Evaluation System on Ecological and Environmental Impact of the Three Gorges Project [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 1991, (1): 46-51.]
- [3] 郭宗楼, 刘肇. 水利水电工程环境影响综合评价的人工神经网络专家系统[J]. 环境科学研究, 1998, (5): 29-33. [Guo Zonglou, Liu Zhao. An Expert System Based on Artificial Neural Network for Comprehensive EIA of Hydraulic and Hydropower Engineering Projects [J]. Research of Environmental Science, 1998, (5): 29-33.]
- [4] 周艳妮, 尹海伟. 国外绿色基础设施规划的理论与实践[J]. 城市发展研究, 2010, 17(8): 87-93. [Zhou Yanni, Yin Haiwei. Foreign Green Infrastructure Planning Theory and Practice [J]. Urban Studies, 2010, 17(8): 87-93.]
- [5] 陈泽昊, 周铁军, 刘建明. 京九铁路生态环境效益研究[J]. 铁道运输与经济, 2010, 32(5): 12-15. [Chen Zehao, Zhou Tiejun, Liu Jianming. Study on Environment Benefits of Beijing-Kowloon Railway [J]. Railway Transport and Economy, 2010, 32(5): 12-15.]
- [6] 张艳军, 赵纯勇, 郭跃. 水土保持的生态效益价值分析: 以重庆市南岸区为例[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2005, 23(2): 216-219. [Zhang Yanjun, Zhao Chunyong, Guo Yue. Analysis of Soil and Water Conservation in Value of Ecology: The Soil and Water Conservation Planning in Nan'an District [J]. Journal of Shenyang Normal University: Natural Science Edition, 2005, 23(2): 216-219.]
- [7] 赵小杰, 郑华, 赵同谦, 等. 雅砻江下游梯级水电开发生态环境影响的经济损益评价[J]. 自然资源学报, 2009, 24(10): 1729-1739. [Zhao Xiaojie, Zheng Hua, Zhao Tongqian, et al. Evaluation of Eco-environmental Impact of Hydropower Development in the Downstream of Yalong River [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(10): 1729-1739.]
- [8] 袁惊柱. 中国农村基础设施建设的生态保护效应分析: 以垃圾房和沼气池为例[J]. 湖北农业科学, 2012, 52(24): 6205-6207; 6221. [Yuan Jingzhu. Studies on Protective Effect of Rural Infrastructure Construction on Rural Ecological Environment in China: Taking Garbage Chamber and Biogas Digester as an Example [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2012, 52(24): 6205-6207; 6221.]
- [9] 李忠富. 基于 DEA 方法的我国基础设施投资绩效评价: 2003-2007 年实证分析[J]. 系统管理学报, 2009, 18(3): 309-315. [Li Zhongfu. An Empirical Study on Performance Evaluation of Infrastructure Investment of China Based on DEA Method from 2003 to 2007 [J]. Journal of Systems & Management, 2009, 18(3): 309-315.]
- [10] 中国社会科学院经济研究所. 现代经济词典[M]. 南京: 江苏人民出版社, 2005. [Institute of Economics Chinese Academy of Social Sciences. Modern Economy Dictionary [M]. Nanjing: Jiangsu People's Publishing Press, 2005.]
- [11] 刘生龙. 基础设施与经济发展[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011. [Liu Shenglong. Infrastructure and Economic Development [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.]
- [12] 陈仲常, 姜建慧, 龚锐. 城市基础设施现代化评价模型研究[J]. 经济与管理研究, 2010, (6): 70-76. [Chen Zhongchang, Jiang Jianhui, Gong Yue. The Study of Appraisal Model of City Infrastructure Modernization [J]. Research on Economics and Management, 2010, (6): 70-76.]
- [13] 潘胜强, 马超群. 城市基础设施发展水平评价指标体系[J]. 系统工程, 2007, 25(7): 88-91. [Pan Shengqiang, Ma Chaoqun. Evaluation Indicators System for the City Infrastructure Development Level [J]. Systems Engineering, 2007, 25(7): 88-91.]
- [14] 杨国梁, 刘文斌, 郑海军. 数据包络分析方法(DEA) 综述[J]. 系统工程学报, 2013, 28(6): 840-860. [Yang Guoliang, Liu Wenbin, Zheng Haijun. Review of Data Envelopment Analysis [J]. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(6): 840-860.]
- [15] Doyle J, Green R. Efficiency and Cross Efficiency in DEA Derivations Meanings and the Uses [J]. European Journal of Operational Research Society, 1994, 45: 567-578.
- [16] 袁剑波, 吴立辉, 魏思. 中立性 DEA 交叉效率评价方法[J]. 长沙理工大学学报: 自然科学版, 2011, 8(4): 24-28. [Yuan Jianbo, Wu Lihui, Wei Si. A Neutral DEA Method for Cross-efficiency Evaluation [J]. Journal of Changsha University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2011, 8(4): 24-28.]
- [17] Liang Liang, Wu Jie. The DEA Game Cross-efficiency Model and Its Nash Equilibrium [J]. Operations Research, 2008, 56(5): 1278-1288.
- [18] 郭磊, 刘志迎, 周志翔. 基于 DEA 交叉效率模型的区域技术创新效率评价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(11): 138-143. [Guo Lei, Liu Zhiying, Zhou Zhixiang. Study on Regional Efficiency Evaluation of Technological Innovation Based on Cross-efficiency DEA Model [J]. Science of Science and Management of Science & Technology, 2011, 32(11): 138-143.]
- [19] 胡惊, 邓楚雄, 范双云, 等. 基于 DEA 交叉效率模型的湖南省耕

地利用动态评价[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(23): 9783 - 9785. [Hu Liang, Deng Chuxiong, Fan Shuangyun, et al. Dynamic Evaluation of Cultivated Land Utilization Efficiency in Hunan Province Based on Cross-efficiency DEA Model [J]. Journal

of Anhui Agriculture Science, 2013, 41(23): 9783 - 9785.] [20]董宪军. 生态城市研究[D]. 中国社会科学院研究生院, 2000. [Dong Xianjun. Research on Ecocity [D]. Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences 2000.]

Study on Environmental Benefits Evaluation of Urban Public Infrastructure

SUN Yu^{1,2} WANG Kun-yan^{1,3} YAO Xiao-dong⁴

(1. School of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. School of Public Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

3. School of Municipal Party Committee of Tianjin, Tianjin 300191, China;

4. Tianjin Research Institute of Economic Development, Tianjin 300202, China)

Abstract With the speeding up of China's urbanization process, the urban environmental problems become increasingly prominent. Urban public infrastructure, especially the environmental infrastructure, can significantly improve the quality of urban environment. Environmental benefits of urban public infrastructure is an important target for the public infrastructure department, which reflects the comparative relations between its input and output of the environment. In this article, the DEA cross-efficiency model based on the quadratic objective function is adopted to evaluate and analyze the urban public infrastructure environmental benefits of 35 Chinese large and medium-sized cities. The results indicate that, the overall state of public infrastructure environmental benefits of 35 Chinese large and medium-sized cities is not ideal, and some developed cities perform especially poor, which reflects that there is no positive correlation between the environmental benefits of urban public infrastructure and level of economic development. A cluster analysis based on input scale shows that, the environmental benefits of urban public infrastructure does not proportional to the input scale else. In addition to the unreasonable input structure, the relative lack of environmental carrying capacity to the enormous pressure of social and economic development is the main cause that leads to the low environmental benefits of urban public infrastructure. For cities which have low efficacy, adjustment of input structure aiming at those cities that have high efficiency and similar input scale can lead to improvement in environmental benefits of public infrastructure in short term. In the long run, promoting infrastructure construction of small towns and changing development mode by the examples of the global sustainable development cities are the necessary choices for all Chinese cities to improve their environmental benefits of urban infrastructure.

Key words urban public infrastructure; environmental benefits; DEA cross-efficiency model