**中文图书分类号：**

**安徽省各地市环境效率评价研究**

学生姓名： 徐龙 所在院系： 统计与应用数学学院 专业名称： 应用统计 研究方向： 经济统计学 届 别 ： 2013 届 导师姓名： 宋马林 教授

论文完成时间：

独 创 性 声 明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知， 除了文中特别加以标注和致谢的地方外， 论文不包含其他人已经发表或撰写的研究成果， 也不包含为获得安徽财经大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

签名： 日期：

关 于 论 文 使 用 授 权 的 说 明

本人完全了解安徽财经大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件， 允许论文被查阅和借阅； 学校可以公布论文的全部或部分内容， 可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

签名： 导师签名： 日期：

**安徽省各地市环境效率评价研究****内容摘要**

环境问题已经成为影响安徽省经济可持续发展的难题之一。对环境效率进行定量分析，不仅是掌握目前环境基本状况的重要前提，也是进行环保政策设计和调整的先决条件。考虑非期望产出的环境效率能够较准确和全面地反映安徽经济和环境发展的实际情况。

为了测度安徽省各地市环境效率并进一步研究各地市之间的效率差异，本文首先选用安徽省 2000-2011 年的投入和产出数据，运用考虑非期望产出的 BCC-O 和 Super-BCC-O 模型，评价测度了安徽省 2000-2011 年各地市环境效率状况。由测算结果分析可知安徽省各地市环境效率水平间仍存在较大差异，但安徽省整体环境效率呈逐渐改善的趋势。其中，环境效率较高的一般为经济发达且环境保护较好的地市，如皖南地区的铜陵市、黄

ft市，环境效率较低的往往是环境污染严重的地市，像皖北区域的淮北等地市。效率测度结果的初步统计分析表明安徽省传统三大经济区域中皖南区域内的各地市环境效率水平最高，皖中区域各地市次之，效率值最低的是皖北区域各地市。

其次，在安徽省各地市环境效率测度的基础上，本文引入了与 DEA 效率有关的统计假设检验理论及相应的假设检验式，并运用该检验式对皖北、皖中、皖南三大区域间的环境效率差异状况进行了相应的统计假设检验， 结果表明皖南与皖中间环境效率并无显著性差异，皖北与皖南和皖中之间环境效率存在显著差异，这在部分上修正了直接描述统计分析的结果。据此提出了一种基于 DEA 效率的统计假设检验分类方法，运用此方法对安徽省 17 个地市的环境效率水平进行差异性统计检验，检验结果将 17 个地市

分为 6 大类，类与类间存在显著效率差异，同一类内部各地市间无显著效率差异。

最后，为了应对日益严峻的环境问题，本文在安徽省各地市环境效率评价分析的基础上，提出了几点相应政策建议，例如转变增长方式，发展循环经济；推进技术创新，强化清洁生产；调整产业布局，优化产业结构； 协调区域发展，建设生态安徽；完善环境管理，增强环保意识。

**关键词：**环境效率；非期望产出；数据包络分析；假设检验；统计分类

**EVALUATION ON LOCAL ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF ANHUI PROVINCE**

Abstract

Environmental problem has become one of the challenges for the sustainable development of regional economy in anhui province. The quantitative analysis to the environment is not only the important premise to master the general status of environment, but also is the prerequisite for environmental policy design and adjustment. The environmental efficiency(EE) of undesirable output should be taken into consideration to accurately and roundly report the real situation of Anhui province in the fields of economic and environmental development.

To measure the local EE of Anhui province and study the difference of efficiency between cities' regional, the paper evaluates and measures the local EE of different areas in Anhui province from 2000 to 2011 firstly. In this process, the input and output data have been used, and BCC-O model and Super-BCC-O model have been brought in. The result shows that the difference of EE between cities' regional of Anhui is obvious, but it is getting better wholly. Generally, the cities' regional with the highest EE, such as Tongling and Huangshan, located in southern Anhui where economy is more developed and environment protection is better. On the contrary, the EE of cities' regional in northern Anhui are the lowest. The EE of cities' regional in middle Anhui is in the second place.

Secondly, on the basis of EE measurement, this paper brings in statistical hypothesis testing theory and test functions related to data envelopment analysis (DEA) efficiency, and they are used to test the certain statistical hypothesis of cities' regional EE difference of northern, middle and southern Anhui. The result indicates that there is not obvious EE difference between southern and middle Anhui, but they are much different from northern Anhui, which partly revises the directly described statistical analysis above. A statistical hypothesis testing theory classification method has been put forward on the basis of DEA efficiency, and it is used to do difference statistical tests of EE of 17 cities' regional of Anhui province. 17 cities' regional have been divided into 6 categories with the above method, and the difference is obvious between

Categories but not among one.

Lastly, based on the EE measurement the paper briefly puts forward some policy in response to the increasingly environmental problems such as the transformation of development mode and developing the circular economy, promoting the innovation in technology, and strengthening the clean production, adjusting the layout of industry and modifying the industrial structure, coordinating regional development and building ecological Anhui province, improving the environmental management and increasing environmental awareness.

**Keyword**: environmental efficiency; Undesirable output; DEA model; Hypothesis test; Statistical classification

**目 录**

目 录

[Abstract](#_Toc686125487) 2

[第四章 基于假设检验的安徽省各地市环境效率统计分类23](#_Toc686125488) 3

[第一节 传统地域划分的三大区域间效率假设检验23](#_Toc686125489) 3

[第二节 基于环境效率假设检验的安徽省地市环境效率分类方法24](#_Toc686125490) 3

[第三节 基于环境效率假设检验的安徽省各地市环境效率分类结果26](#_Toc686125491) 3

[第五章 主要结论与政策建议30](#_Toc686125492) 3

[第一节 本文主要结论 30](#_Toc686125493) 4

[第二节 相关政策建议 30](#_Toc686125494) 4

[附 录34](#_Toc686125495) 4

[第一章 绪论](#_Toc686125496) 4

[第一节 研究背景和意义](#_Toc686125497) 4

[一、 研究背景](#_Toc686125498) 4

[二、 选题意义](#_Toc686125499) 4

[第二节 文献综述](#_Toc686125500) 4

[一、 国外文献综述](#_Toc686125501) 4

[二、 国内文献综述](#_Toc686125502) 4

[三、 国内外研究评述](#_Toc686125503) 4

[第三节 本文的研究思路与框架](#_Toc686125504) 5

[一、 本文研究思路](#_Toc686125505) 5

[二、 本文研究框架](#_Toc686125506) 5

[第三 章是安徽省各地市环境效率的测度分析。](#_Toc686125507) 5

[第四节 本文的创新与不足](#_Toc686125508) 5

[一、 本文的创新](#_Toc686125509) 5

[二、 本文的不足](#_Toc686125510) 5

[第二章 环境效率评价相关理论](#_Toc686125511) 5

[第一节 环境效率及其评价方法](#_Toc686125512) 5

[一、 环境效率的含义](#_Toc686125513) 5

[二、 环境效率评价方法](#_Toc686125514) 5

[第二节 环境效率测算模型](#_Toc686125515) 6

[一、 传统](#_Toc686125516)**[DEA](#_Toc686125516)**[模型](#_Toc686125516) 6

[二、 考虑非期望产出的](#_Toc686125517)**[DEA](#_Toc686125517)**[模型](#_Toc686125517) 7

[三、](#_Toc686125518) **[Super-DEA](#_Toc686125518)**[模型](#_Toc686125518) 8

**[第三节 DEA](#_Toc686125519)**[统计假设检验](#_Toc686125519) 8

[一、](#_Toc686125520) **[DEA](#_Toc686125520)**[估计量的极大似然性](#_Toc686125520) 8

[二、 假设检验式](#_Toc686125521) 10

[第三章 安徽省各地市环境效率的实证分析](#_Toc686125522) 10

[第一节 安徽省各地市环境效率测算](#_Toc686125523) 10

[一、 变量与数据](#_Toc686125524) 10

[二、 观测指标的描述性分析](#_Toc686125525) 11

[三、 安徽省各地市环境效率测算](#_Toc686125526) 15

[第二节 安徽省各地市环境效率分析](#_Toc686125527) 26

[一、 横向与纵向分析](#_Toc686125528) 26

[二、 安徽省年效率均值　收敛性分析](#_Toc686125529) 27

[三、](#_Toc686125530) **[2011](#_Toc686125530)**[年安徽省各地市投入和非期望产出冗余率分析](#_Toc686125530) 27

[四、 安徽省三大传统经济区域环境效率水平差异分析](#_Toc686125531) 31

[第四章 基于假设检验的安徽省各地市环境效率统计分类](#_Toc686125532) 33

[第一节 传统地域划分的三大区域间效率假设检验](#_Toc686125533) 33

[第二节 基于环境效率假设检验的安徽省地市环境效率分类方法](#_Toc686125534) 34

[一、 符号说明](#_Toc686125535) 34

[二、 假设检验分类原则](#_Toc686125536) 35

[三、 假设检验分类步骤](#_Toc686125537) 36

[第三节 基于环境效率假设检验的安徽省各地市环境效率分类结果](#_Toc686125538) 37

[第五章 主要结论与政策建议](#_Toc686125539) 52

[第一节 本文主要结论](#_Toc686125540) 52

[第二节 相关政策建议](#_Toc686125541) 52

[一、 转变增长方式，发展循环经济](#_Toc686125542) 52

[二、 推进技术创新，强化清洁Th产](#_Toc686125543) 52

[三、 调整产业格局，优化产业结构](#_Toc686125544) 52

[四、 协调区域发展，建设Th态安徽](#_Toc686125545) 52

[五、 完善环境管理，增强环保意识](#_Toc686125546) 52

[附录](#_Toc686125547) 52

**[附录 A 2000-2005](#_Toc686125548)**[年各地市劳动力（单位：万人）](#_Toc686125548) 53

[参考文献](#_Toc686125549) 94

[二、安徽省年效率均值**收敛性分析19](#_bookmark32)

[三、2011年安徽省各地市投入和非期望产出冗余率分析20](#_bookmark33)

[四、安徽省三大传统经济区域环境效率水平差异分析21](#_bookmark34)

# [第四章 基于假设检验的安徽省各地市环境效率统计分类23](#_bookmark35)

## [第一节 传统地域划分的三大区域间效率假设检验23](#_bookmark36)

## [第二节 基于环境效率假设检验的安徽省地市环境效率分类方法24](#_bookmark37)

[一、符号说明 24](#_bookmark38)

[二、假设检验分类原则25](#_bookmark39)

[三、假设检验分类步骤25](#_bookmark40)

## [第三节 基于环境效率假设检验的安徽省各地市环境效率分类结果26](#_bookmark41)

# [第五章 主要结论与政策建议30](#_bookmark42)

## [第一节 本文主要结论 30](#_bookmark43)

## [第二节 相关政策建议 30](#_bookmark44)

[附 录 34](#_bookmark45)

[参考文献 41](#_bookmark46)

# 第一章 绪论

## 第一节 研究背景和意义

### 一、 研究背景

随着人类经济社会的发展，人类对自然资源的索取日益增多，然而，人们在经济活动中产生的二氧化碳等多种温室气体的排放量也在逐年增加，全球气候变暖已经成为大多数学者的共识。一段时期以来，气候变暖不仅引起了高寒地区的冰川融化，还造成全球许多地区降雨量异常，导致海平面上升。自然生态系统既有平衡的破坏已经威胁到人类社会的可持续发展，与此同时，伴随着全球气候变暖，连年干旱、台风暴雨等极端天气也开始频频发生，并对各国的经济增长产生了严重的负面影响。更令人担忧的是，在温室气体排放逐年增加的同时，由于化石矿物的滥用以及循环经济产业链没有完全形成，工业生产过程中还产生了巨量的有害气体、液体、固体，这些物质的无休止的排放对全球气候变暖，乃至人们赖以生存的自然生态环境，都产生非常恶劣的破坏。

2011年12月20日，第七次全国环境保护大会在京召开，会议强调资源相对短缺、环境容量有限已经成为我国国情新的基本特征，加强环保和走可持续发展道路是“十二五”转变经济发展方式的重要内容；刚发布不久的《安徽省十二五规划纲要》中的第七篇也突出了节能减排与加强环保的重要性。可见，环境问题正在成为目前影响安徽省各地市经济发展的难题之一。因此，着力转变经济发展方式，将经济发展由过去的“又快又好”转变为“又好又快”成为当前安徽省经济可持续发展的当务之急。

### 二、 选题意义

#### （一） 理论意义

环境问题已经成为影响社会经济可持续发展的难题之一，就分析方法而言，越来越多的研究者将DEA模型运用到环境效率评价中。但传统的DEA模型忽略了实际生产过程中产生的非期望产出，仅仅考虑了期望产出（如，钢铁企业在生产的过程中会不可避免的产生工业废气，固体废物等非期望产出）。因此对考虑非期望产出的DEA模型方法的研究具有重要的理论意义。

目前对考虑非期望产出的DEA模型的相关研究已经取得了许多重要的成果，但基于

DEA效率评价结果的系统性统计分析却并不多，尤其是针对安徽各地市的环境效率评价结果的统计分析。本文旨在利用考虑非期望产出DEA模型评价研究安徽省各地市环境效率，得到相对客观准确的效率评价结果。在该评价结果基础上，引入与DEA效率有关的统计假设检验理论及相应的假设检验式，并运用该检验式对安徽省17(2011年变为16个)个地市的环境效率水平进行差异性统计检验，并基于DEA效率的统计假设检验对安徽省

17个地市进行统计分类，为安徽省各地市间效率差异研究提供有益的借鉴。

#### （二） 现实意义

改革开放以来，伴随着安徽省工业化的进程加快，各地市的经济发展不断繁荣，人民生活水平明显提高。但在取得经济增长的同时，资源浪费现象严重存在，工业废水、废气的排放量和固体废弃物的产生量逐年增加，破坏了经济和环境资源之间协调发展，严重地阻碍了安徽各地市的可持续健康发展和环境效率的提高。同时，环境效率的低下、产业结构不合理、传统的消费模式等诸多问题也在不同程度上制约着全省经济的发展与壮大。正因为经济的增长离不开环境，社会的发展和环境密切相关，因此如何提高环境效率是安徽省地市经济不断持续发展的所必须要研究的问题。

政府和学界已经广泛地认识到，只有通过技术创新降低生产过程中的原辅材料的使用数量，减少对一次性不可再生能源的依赖程度，尽快缩减有毒、有害的废水、废气和废渣的排放并实现循环再利用，推动可再生资源的使用，即进一步提高环境效率，才能有效推动环境保护，实现社会经济的可持续发展。由于安徽省地域辽阔，各地市经济发展水平不一，环境质量差次不齐，当务之急是精确地评估安徽省各地市环境效率的基本状况，这是有针对地制定环境治理具体方案的前提。准确地把握我省不同地市的环境效率，这不仅能够了解地市间环境效率的差别，而且可以为地市环境效率的提升提供了相对客观的标准，具有很强的指导意义。

安徽省环境效率评价理论提供了一种可持续发展的实证分析方法，同时本文在效率评价的基础上继续对评价结果进行相应的统计检验，为评价结果的可靠性提供了统计支持。本文在对安徽省各地市环境效率的评价分析和统计分类的基础上，提出一些有针对性和可行性的政策建议，从而提高环境效率并制定相对应的环境监管政策，最终促进地市经济与环境的协调发展，有助于合理配置资源、协调发展地市经济。

## 第二节 文献综述

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)在具有多投入、多产出的相对效率评价问题上是卓有成效的。自1978年Charnes提出以来，就受到广泛的重视研究，在利用

DEA效率模型对环境效率进行测度及对其效率的综合评价研究，国内外学者都取得了相应的学术成果。

### 一、 国外文献综述

国际上一般认为，采用数据包络分析方法(Data envelopment analysis, DEA)进行环境效率评价是最好的选择之一。自Charnes提出DEA的第一个模型(CCR)以来，经过三十多年的发展，该方法在效率评价方面取得了长足的进展[30]。CCR模型采用线性规划方法来评价多投入多产出决策单元(Decision-making units, DMUs)相对有效性，具有不需要事先设置权重等独特优势，从而获得众多学者的认可。在此基础上，Banker（1984）提出基于CCR模型的BCC模型[31]，该模型假定DMUs并不总是处于规模报酬不变的

阶段，因此在模型中加入规模报酬不变的限制条件*j* 1. BCC 模型不仅能够测度

DMUs的纯技术效率，还能结合CCR模型得到DMU的规模效率。在随后的研究中，许多学者发现，上述2个模型虽然在效率评价方面具有很多优势，但是在实践中仍然还有许多因素没有被考虑到。例如，在使用传统的DEA模型对环境效率进行评价时，会往往忽视非期望产出(Undesirable outputs)问题。

Färe（1989）在国际上第一个提出了考虑环境污染物（非期望产出）的DEA模型，该模型在评价过程中能够同时考虑到期望产出的增加与非期望产出的减少，从而提高了评价的精确性[32]。之后，学者们进一步提出很多基于DEA的环境效率评价方法，像将污染物作为投入处理、采用数据转换函数处理非期望产出以及距离函数法等[33]。此外，

Tone（2004）还提出了基于松弛变量的环境效率评价(Slacks-based measure, SBM)模型，实现了基于非径向非角度视角的环境效率评价[34]。

另一方面，DEA方法虽然具有许多其它评价方法所不具备的优良特征，但是关于它的统计属性的研究却很少。在早期的研究中，Banker et al.（1990）首先对DEA估计方法的参数性质进行了研究，他利用DEA估计量建立统计假设检验式，对哈迪斯快餐公司引进新信息系统前后效率进行了无差异假设检验，用以表明引进新信息系统能够显著提高快餐公司的经营效率[35]。Banker（1993）还证明了DEA模型中的BCC模型的估计量在大样本下具有渐进一致性，并且在同时满足相应条件下，该估计量还具有极大似然性质，他还在此基础上做了两组DMU效率差异的统计假设检验[36]。Banker通过模拟算例，比较包括假设检验在内的多种参数与非参数检验方法的功效，模拟算例表明他在1993年提出的假设检验可操作性强，且具有很好的稳健性[37]。Banker & Natarajan(2004)还根据以上研究，对有关DEA 的统计检验方法及其作用进行了系统性的整理与分类[38]。

Banker（2010）利用仿真模拟技术构建了用于计算产出水平与生产前沿面误差的统计检验方法，仿真模拟结果表明该检验方法具有一定稳健性[39]。此外，针对DEA模型效率评价结果的统计检验还有Kuosmanen and Johnson（2010）提出的基于DEA评价方法的回归模型[40]。

### 二、 国内文献综述

相较于国外DEA理论几十年来的长足发展，国内在DEA理论的研究上，尤其是在考虑飞期望产出理论的系统研究上还较为薄弱。不少国内学者利用DEA相关理论，在考虑中国国情的基础上，作了一些有益的实证尝试，取得了一定的研究成果。目前国内还较为缺乏针对DEA统计属性的理论和实证应用方面的研究，仅有个别理论前沿研究者对此作了一些相关研究与论述。

孙广生等人（2003）通过对产出可处理性的分析，构造一个评价工业生产环境效率的指标JS/JW，从而DEA方法被广泛应用于生产的环境效率分析[1]。宋新ft等人（2003）也把污染物作为输入指标来处理，对生产方案中的输入、输出和污染物进行有效性分析[2]。卞亦文（2006）指出基于加性DEA模型的环境效率评价方法能够保持DEA分类一致性和

DEA的有效性不变，并通过相应算例计算求出投入产出的最优值，进而分析决策单元的无效程度[3]。李静和程丹润（2008）引入了处理非期望产出的非径向非角度SBM模型，并利用SBM模型测算了我国1990-2006年28个省份的环境效率，同时对环境效率的影响因素进行了分析，结果显示引入非期望产出之后，各省份环境效率明显下降[4]。吴琦和武春友（2009）把主成分分析法与考虑非期望产出的DEA模型相结合来构建效率评价模型

[5]；王群伟等人（2009）在研究框架中纳入环境因素，运用环境生产技术来建立成本测算

和效率评价模型组合[6]。李胜文等人（2010）通过分析随机前沿生产函数，测度了我国1986-2007年29个省的环境效率，得出我国的环境效率一直处于较低水平且增长速度较慢，其中西部环境效率最高、东部最低[7]。王俊能等人（2010）运用DEA模型和Malmquist指数对我国31个省的环境效率进行评价和分析，并根据环境和经济的协调关系将我国大致分为3大功能区，之后用Tobit回归模型分析了环境效率的影响因素[8]。杨俊等人（2010）采用环境DEA模型估算了我国1998-2007年29个省份的环境效率，并对其收敛性进行检验，得出我们环境效率总体较低，省份间差距较大[9]。宋马林（2011）对现有的DEA效率模型的统计属性研究成果首次做了相关梳理，指出现有的DEA统计属性研究在应用范围上依然存在局限性，对考虑非期望产出的DEA模型统计属性研究缺乏相关成果。宋马林在文中构建了环境效率DEA评价方法的非参数最小二乘模型，实证表明该模型具有良好的拟合效果[10]。

### 三、 国内外研究评述

综上可知，目前国内外相关学者一直重点关注着环境对经济社会可持续发展的影响，并且对考虑环境因素的生产效率模型进行大量的研究，对含非期望产出的DEA模型，在该模型方法的研究和实证应用分析上，国内外学者均取得了大量的研究成果。

然而上述涉及非期望产出的研究缺乏针对不同区域实际情况的系统化研究，这使得不管是考虑非期望产出DEA模型本身，还是对DEA模型的改进分析，都存在统计意义上和实践方面的缺陷[41]。

尽管Banker等学者的研究逐渐形成了一些基于DEA模型的统计检验方法，但在一些较为特殊复杂的模型（比如DEA环境效率评价模型）中，模型的参数结构和统计属性往往会出现一些新的特点，目前还尚无可以套用的现有研究成果。因此，将统计检验方法进一步推广至环境效率评价中，不仅具有很强的创新性，而且有着重要的实践价值。可见，在目前国内环境效率的评价研究中，需要在环境效率测度的基础上，进一步

的运用统计方法与统计检验来对决策单元环境效率的差异比较分析。因此，本文采用考虑非期望产出的环境效率评价方法和DEA估计量统计假设检验对安徽省各地市环境效率进行综合评价，并对评价结果进行统计显著性检验，系统、全面、准确地分析安徽各地市环境效率及其差异状况。

## 第三节 本文的研究思路与框架

### 一、 本文研究思路

本文立足于现有环境效率的理论与相关实证研究文献，着重介绍了两组DMU间效率差异性的统计检验方法，引入考虑非期望产出的DEA模型测算安徽省各地市环境效率。本文在测算得到安徽省地市环境效率值的基础上，分析了地市间环境效率差异基本情况，随后以安徽省传统三大经济区域为实证对象，利用统计假设检验对三大区域环境效率差异性进行相应检验，用以实证比较DEA效率统计检验效果，之后进一步利用该检验式对安徽省地市环境效率进行统计分类与相关分析，最后针对结果提出相对应的对策和建议。

### 二、 本文研究框架

本文共分五个章节来研究安徽省各地市环境效率，具体如下：

第一章是绪论，主要阐述了文章的研究背景及理论现实意义，同时对国内外相关文献进行简要评述梳理，并介绍了本文的研究思路与框架、创新与不足之处。

第二章是环境效率评价的相关理论，本章首先对环境效率的含义及其评价方法进行了阐述，从理论上简述了关于环境效率的几种评价方法并介绍了一种考虑非期望产出的

DEA 模型。之后介绍了DEA 估计量的相关假设检验理论，并在章节最后给出了

Banker（1993）构建的统计假设检验式。

## 第三 章是安徽省各地市环境效率的测度分析。本章首先利用考虑非期望产出的BCC-O和Super-BCC-O模型对安徽各地市环境效率进行测度；接着对测算所得效率值进行相关统计分析；最后比较研究了皖南各地市、皖中各地市和皖北各地市之间环境效率水平的差异。

第四章是基于统计检验的安徽省各地市环境效率统计分类。本章首先通过对传统三大经济区域间的环境效率差异性检验，将DEA估计量统计假设检验首次运用到安徽省环境效率检验中。在三大区域假设检验基础上，提出了一种基于统计检验的安徽省地市环境效率统计分类方法，并运用该方法对安徽省17个地市的环境效率水平进行划分归类。

第五章是本文的主要结论与相关政策建议。本章对全文的分析结果进行总结，并对以上得出的结论提出相关的政策建议。

## 第四节 本文的创新与不足

### 一、 本文的创新

（一）本文采用考虑非期望产出的BCC-O和Super-BCC-O模型对安徽省17个地市

2001-2011年环境效率进行了测算，在传统三大经济区域划分的基础上分析了三大区域间的效率差异状况，并引入DEA估计量的相关统计假设检验理论对三大经济区域的效率差异进行统计假设检验尝试，随后进一步将DEA统计假设检验应用于安徽省各地市环境效率差异性比较，使分析结果具有一定的统计显著性。

（二）本文利用DEA统计假设检验理论，提出了一种基于DEA估计量，运用统计假设检验对决策单元进行差异性分类的统计分类方法。该分类方法相较传统的地域性分类方法和简单统计分类方法，具有一定显著性水平的统计支持，因而分类结果更具稳健性和可信度，能够为后续的地市环境效率差异性研究以及相应政策的制定提供有益参考。

### 二、 本文的不足

（一）本文在测度环境效率时，对数据进行逐年分析，没有进行动态比较；且由于数据的可获得性不足，在定量分析时所取数据的年份较短，仅为12年。

（二）在影响因素分析中，本文遵循数据可得性原则来选取指标，因而造成指标考虑不够全面、指标体系不完善，对DEA估计量假设检验的运用过程中受到模型限制，未能推广到其他DEA环境效率评价模型中去。

（三）在考虑非期望产出的环境效率评价模型选择上，由于受到DEA效率假设检验适用模型的限制，选择了以传统DEA模型为基础并考虑非期望产出的环境效率评价模型，这在一定程度上影响了评价结果的准确性。

# 第二章 环境效率评价相关理论

## 第一节 环境效率及其评价方法

### 一、 环境效率的含义

《中华人民共和国环境保护法》对环境的定义为“本法所称环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等”（人民网，2012）①。该定义从环保角度出发，将人以外的所有生物要素及非生物要素均视为人类的环境。

对环境效率的概念可追溯至20世纪70年代，在叫法上“环境效率”与“生态效率”并存[42]。1992年世界可持续发展工商理事会率先将环境效率当作一种商业概念加以阐述，指出环境效率是指满足人类需求的产品和服务的经济价值与环境承载的比值，即单位环境承载的经济价值。同时世界可持续发展工商理事会指出企业应当将经济发展与环境保护相结合，用以应对在可持续发展过程中潜在的挑战。1998年经济合作与发展组织提出生态效率概念，指出生态效率是用来表示外界资源满足人类需求的效率，生态效率效率大小可以用产品服务的经济价值与生产活动带来的环境污染或破坏的总量的比值来衡量[11]。

目前对环境效率的阐述各不相同，但都是以经济和环境为立足点的，效率值也大都以经济价值增量与经济活动带来的环境影响的比值加以表述，是对外界资源利用率以及经济生产活动对外界环境影响的综合考量。世界可持续发展工商理事会所阐述的环境效率被广泛认可，同时该组织强调环境效率的评价不仅需要关注评价对象的生产活动对环境所造成的影响，同时也需要评价其经济价值。

### 二、 环境效率评价方法

目前，环境效率的评价方法主要有两种：一、生命周期法(Life cycle analysis, LAC)，该方法在20世纪60年代应用与环境领域，自1990年开始逐渐得到广泛关注。二、是数据包络分析方法(DEA)，1989年由Färe首次提出处理污染物的DEA模型，之后国内外的研究者开始对环境效率进行了评价研究，并取得了丰硕的成果。

#### （一） 生命周期评价法

LAC法对某项产品分析资源从开采到最终处理的完整生命周期对外界环境所产生的影响并将之加以量化[43]，是最细致的衡量环境效率的方法。

————————————

①人民网．中华人民共和国环境保护法．[http: //www. people. com. cn/item/flfgk/cyflfg/c012. html](http://www.people.com.cn/item/flfgk/cyflfg/c012.html)

（2012-1-15）

#### （二） 考虑非期望产出的数据包络评价法

1978年Charnes和Cooper提出非参数评价方法DEA模型CCR模型，该模型采用数学规划方法来评价多投入多产出决策单元(DMU)间相对有效性，DEA模型的非参数优势使该模型自提出以来得到长足发展与广泛应用。在传统DEA模型中，DMU(Decision Making Unit, 决策单元)的DEA有效定义是指在固定投入条件下达到产出最大化或者在固定产出条件下使投入最少。然而涉及到环境效率时，就必需要将环境污染物纳入考虑，环境污染物不同于一般的经济产出品，决策者会希望环境污染物这种产出越少越好。对此，我们将传统DEA模型中的一般产出称为期望产出，而将环境污染物这类越少越好的产出称为非期望产出。因此，同一般的投入产出评价问题相比，环境效率评价要更为复杂。

Färe et al. （1989）在国际上第一个提出了考虑环境污染物（非期望产出）的DEA模型，该模型在评价过程中可以同时顾及期望产出的增加和非期望产出的减少，从而提高了评价的精确性[44]。之后，学者们进一步提出很多基于DEA的环境效率评价方法，主要可以分为两大类：一、通过各种方法对非期望产出进行处理，使模型能够对环境效率进行准确评价。二、非径向非角度的环境效率评价(Tone, 2004)。其中对非期望产出的处理，

Seford和Zhu( 2002)总结了5种非期望产出处理方法[45]：

（1）简单忽略

该方对非期望产出完全不予考虑，此时模型与传统DEA模型毫无差异，所以该模型所得效率值亦称不上环境效率，故该方法在环境效率评价中没有作用，不予讨论。

（2）两种产出以同比例增减

此种方法考虑非期望产出的特性：若期望产出以某一比例扩大时，非期望产出需要同时以该比例缩减。

（3）将非期望产作为投入处理

将非期望产出指标当作一般投入指标加入模型中，虽然此方法增加了模型的变量个数，但并没有改变模型生产可能集的结构。Pittman（1981）等学者均采用此方法进行研究

[46]. 但将非期望产出作为投入违背了正常的生产过程，无法反映真实的生产过程[47]。

（4）采用数据转换函数处理非期望产出

Seford和Zhu（2002）提出该处理方法，能够保持了模型的线性和凸性，同时保持分类不变性[45]。该方法处理非期望产出具体做法为：采用一个线性转换函数*f* (*b*)*w**b*将非期望产出*b*转化为普通期望产出，并将其加入到DEA模型中，其中*w*充分大，用以保证转化后的期望产出都是正数，用此模型来评价DMU的环境效率。

（5）方向距离函数法

方向距离函数式对方法（2）的拓展，方向距离函数法允许期望产出与非期望产出按照任意方向增减，而当方向为(1, -1)时，此时就是方法期望产出和非期望产出同比例增减

法。

## 第二节 环境效率测算模型

### 一、 传统**DEA**模型

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)是运筹学、数理经济学和管理学交叉的一个领域，是由Charnes与Cooper于1978年首次提出的。DEA是一种数学规划模型，能够有效的处理具有多个输入部门与多个输出部门或决策单元间的相对有效性，是非参数评估方法的一种。DEA模型在进行效率评价时，具有不需要预先估计参数，无需权重假设等优点。在Charnes与Cooper提出第一个DEA模型CCR模型后，Banker et al.（1984）提出基于CCR模型的BCC(Banker, Charnes & Cooper)模型[31]，该模型假定DMUs并不总是处于生产规模报酬不变的阶段，因此在模型中加入规模报酬不变的限制条件*j* 1 。

BCC模型不仅能够测度DMUs的纯技术效率，还能结合CCR模型得到DMU的规模效率。

假定N个决策单元，每个决策单元有k种投入，m种期望产出，对BCC模型描述如下：

Min **

*n*

*S*. *t*. *xi* 0 *j xij*

*j*1

*Yr* 0

*n*

 

*j*1

*J yrj*

(2.1)

*n*

*J*  1

*j*1

其中**为我们所求的环境效率值，在BCC模型中，**一般不小于1，若**=1表明DMU有效，若**大于1，表明DMU未达到有效水平，产出水平存在提高的空间，BCC模型测算所得**值大小与环境效率高低是呈反向关系，**值越大表明环境效率越低。

### 二、 考虑非期望产出的**DEA**模型

Seiford和Zhu（2002）提出了一种基于分类不变性的数据处理方法，通过对非期望产出原始数据的转换，使转换后的数据能够被视为一般的期望产出进行处理。Vencheh 和

Matin（2005）在Seiford研究的基础上证明了数据转换前后两个模型间的一致性[48]。具体的转换方法为：取非期望产出的负数，然后对非期望产出的负数加上一个合适且足够大的正数，以保证转换后的数据均非负。使用转换之后的数据，可以选择任意合适的模型来求解环境效率，例如Seiford和Zhu（2002）的模型[11]：

*S*. *t*. *xi* 0*j xij*

*j*1

*n*

*Yr* 0 *j yrj j*1

*n*

*Z p* 0*j z pj j*1

(2.2)

*n*

*J*  1

*j*1

*Aj* 0,** 1

（2.2）式中，**表示DM U0的效率值，取值范围为[1,），模型所得效率值越高，表示

该决策单元效率水平越低。*xi* 0、*yr* 0 和

*zp*0分别为待评价决策单元DM U0的投入，期望

产出和转换后的非期望产出，*j*为最优组合系数，令*u p* 0表示DM U0非期望产出，则有

*z p*0-*u p*0*M*，其中*M*为保证*z p* 0大于0的足够大的正数。在模型（2.2）中引入松弛变量，可转化为模型（2.3）：

min**

*n*

*S*. *t*. *x* * x*

*s*

*I* 0

*j*1

*n*

*J ij* i

*Yr* 0

*Z p*0

*n*

*J yrj j*1

*n*

*J z pj j*1

- *s*-

- *s*-

*r*

*p*

(2.3)

*j*  1

*j*1

*A* 0,**1, *s*0, *s*- 0, *s*-  0

*j* i r p

模型（2.3）中，*s*为DM U投入可缩减量，*s*-和*s*- 分别为DM U按效率值**等比例提

*i* 0 *r* *p* 0

升产出和转换后非期望产出之后仍可部分提升的量。若**1，则该DMU为弱DEA有效，

若**1的同时满足*s* 0, *s* 0, *s* 0，则被评价单元是DEA有效。

*i* r p

### 三、 **Super-DEA**模型

传统的DEA模型能够测度评价决策单元间的效率，但不可避免的存在多个决策单元DEA有效的情况。在处理非期望产出的众多DEA模型，往往存在着不止一个效率值等于1的有效决策单元。在这种情况下，无法较为准确地辨别决策单元优劣，因此，我们需要通过解决有效单元的排序问题，进一步区分这些有效生产单元的效率值大小。故而许多研究者[48]对效率值的范围做出新的假定，即允许效率值等于1或大于1，而不在限制等于1，因此称为超效率(Supper Efficiency)，在Super-BCC-O模型中，相应的效率值突破1的限制，可以小于或等于1，对Super-BCC-O模型描述如下：

*S*. *t*. *x*  *x* *s*

*I* 0 *j ij* i

*J*1, *j*0

*n*

*Yr* 0 

*Z p*0 

*n*

*J yrj j*1, *j*0

*n*

*J z pj j*1, *j*0

- *s*-

- *s*-

*r*

*p*

(2.4)

*J*  1

*j*1

*A* 0,**1, *s*0, *s*- 0, *s*-  0

*j* i r p

模型（2.4）对*xi* 0进行评价时，将*xi* 0从生产凸组合中剔除，因此若*xi* 0本身为非有效决策单元，则不会影响评价结果；而若*xi* 0为有效单元，则模型（2.4）结果会小于等于模型（2.2），即*xi* 0效率值可能会小于1。

显然模型（2.2）与（2.1）在结构上具有一致性，因此考虑非期望产出的模型（2.2）不仅能够求解安徽省各地市环境效率，而且求得的环境效率值满足Banker提出的统计假设检验式的适用条件。超效率模型能够很好地弥补模型（2.2）在评价效率值为1的决策单元间相对优劣的不足之处。综上，本文选择运用模型（2.2）和（2.4）对安徽省各地市进行环境效率评价。

## **第三节 DEA**统计假设检验

### 一、 **DEA**估计量的极大似然性

数据包络分析方法(DEA)被视为一种非参数效率评价技术，自提出以来得到广泛的发展应用。Banker研究发单一产出算例[50]时发现，DEA测算决策单元效率时映射的生产前沿是凹且单调递增的，同时表明DEA估计量间是相互独立的，上述研究成果说明

DEA与Schmidt's(1976)提出的极大似然模型相似[51]。据此，Banker(1993)将DEA表述

为极大似然模型[36]：

*j*

*j*

*j*

*Maximize*

*f**g*

 

*s*.*t*

*g* 

*n*



是凹且单调递增的 (2.5.1)

*j*1

*f***

*G**x**y* 

(2.5)

*F***0, *for*

**0,即*j* *g**xj**y j*  0

(2.5.2)

假定有单一产出*y j* 0的n个决策单元，每个决策单元有m项投入*xij* 0，产出由

函数*g**x*, *x**x*,, *x* *X*表示，其中*X*是m中的凸集合。*y**g**x*可通过下述线性规

划求解：

1 *m*

\* \*

*n n n*

*y*0*g x*0 max*y y**j y j*, *j x j**x*0, *j*1, *j*0

(2.6)

由（2.6）求得的最优解*y*\*

\**j*1

*j*1

** \**j*1*y***

0  *g*

*x*0 能够使偏差 *j*

*G x j*

*j*达到最小。因此若之间

相互独立，同时我们对偏差**的概率分布做相应的假定，令其概率密度*f***是单调递减

*j*

*j*

*j*

的，则DEA估计量在使偏差**最小化的同时会使得似然函数 *L*

*n*

 

*j*1

*f***

*g**x*

*y*最

大。所以考虑对偏差的概率密度做如下假定：

1、效率偏差**之间相互独立且服从概率密度*f***，*f***0, *for all*0 .

2、概率密度*f***单调递减，即若0**'**''，则有*f***'*f***''。

Banker(1993)在上述假定条件下，证明了模型(2.6)的最优解*y*\**g*\**x*，**\**g*\* (*x* )

*j* j *j*

同时是MLE模型（2.5）的解，并且模型（2.6）所求的的产出函数是MLE模型（2.5）的极大似然估计。

### 二、 假设检验式

Banker（1993）在DEA估计量的极大似然性质基础上，又证明了DEA估计量的一致性和在大样本条件下，DEA统计量的经验分布能够渐进逼近其真实概率分布。满足假定1和2的经验概率分布有很多，Banker（1993）提出并构建了以指数分布为经验分布的统计假设检验式：

假定大样本n个决策单元中两个子集*M*1, *M* 2，子集中的决策单元个数分别为*m*1, *m*2 。

2

令其偏差**

服从参数为**

*I*, *i*

1,2. 的指数分布，则有

\*

*j*

**



*J**M i i*

服从自由度为2*mi*的** 分

布(Ellis(1844))[52]。

在此基础上，Banker以*h*0: **1**2为零假设，以*h*1: **1**2备择假设，构造枢轴量作为基于DEA估计量的参数假设检验式：

*j* (**1j -1)

2*N*1

*j* (**2 *j* -1)

2*N*2

*F*(2.7)

上式中，考虑有*N*个决策单元（大样本），*j*max**(*y j*, *x j*)为衡量DM U *j*的技术无效率程度，取值范围为[1, ]，该值无法直接观测到，可通过以产出为导向的BCC模型计算得到*j*的估计值**ˆ*j*。假定**ˆ*j*相互独立且服从经验分布*f* (**)，若*N*满足大样本条

件，且*f* (**)满足假定1和2、*f* () *d*0,**0，则**ˆ是**的渐进一致估计量。

1**

1 *j j*

令*C*1, *C*2为*N*中的两个子样本，样本容量分别为*N*1，*N*2，假定*ij*, *i*1,2分别服从参

数为1** 的指数分布，即** -1服从参数为**的指数分布，则*j* (*ij* -1) ~**2 (2*N*)，得

**

*I* ij *i* i *i*

到*F* ~ *F* (2*N*1,2*N*2) 。

# 第三章 安徽省各地市环境效率的实证分析

本文在上一章介绍了有关环境效率评价的理论，在这一章节，本文运用上文介绍的考虑非期望产出DEA模型（2.3）、（2.4）对安徽省各地市环境效率进行测算，其中非期望产出的处理方法选择数据函数转换法中的线性函数转换，期望通过测算所得的环境效率值对安徽省各地市的环境效率状况进行初步的比较分析，得出一些有益结论。

## 第一节 安徽省各地市环境效率测算

### 一、 变量与数据

鉴于数据可得性和安徽省行政划分，本文选择2000-2011年安徽省17个地市12 年

的数据进行环境效率评价，由于安徽省在2011年取消了巢湖市的行政划分，为保证研

究内容一致，本为仍将巢湖2000-2010年数据纳入评价对象，为保证数据结构一致，将

巢湖市2011年数据进行主观设值，投入值为所有投入中最大者，期望产出为所有期望产出中最小者，非期望产出为所有非期望产出中最大，保证主观所设值不影响其他决策单元的效率测算。投入指标选择劳动力、固定资产投资和能源消费量，选用各地市的工业三废和GDP分别作为非期望产出与期望产出进行分析。

#### （一） 劳动力

劳动投入是指在生产中劳动的实际投入量，主要包括劳动时间、劳动质量、劳动强度和就业人数等。随着社会的进步和发展，科技和劳动者教育水平的提高，使得劳动质量不断提高，而劳动强度和时间不断减少，可以认为两者相抵。因此，本文选取历年各市从业人员数作为衡量劳动力指标，数据均来自2001-2012年《安徽省统计年鉴》和安徽省各地市统计年鉴。劳动力从业人员单位：万人。

#### （二） 固定资产投资

固定资产投资数据，来自2001-2012年的《安徽省统计年鉴》。2000和2001年部分数据用插值法得到，在使用时分别用每年的固定资产投资价格指数进行平价折算，用以保证指标的适用性，单位：万元。

#### （三） 能源消费量

能源消费量数据，基本来自2001-2012年的《安徽省统计年鉴》、各地市统计年鉴和各地市能源数据的统计报告。2000和2001年部分数据用插值法得到，另外汇编中统计年鉴的数据与能源统计报告的数据有出入的以前者为主。能源消费量单位：万吨标准煤。

#### （四） GDP

2000-2011年的GDP数据均来自历年《安徽省统计年鉴》和各地市统计年鉴。为了保持数据的一致性和可比性，本文以1992年不变价格对各地市GDP数据进行处理。GDP

单位：亿元。

#### （五） 工业三废

工业三废具体是指废水排放总量、废气排放总量和固体废弃物产生量。2000-2011年的数据均来自《安徽省统计年鉴》和各地市统计年鉴。其中，废水排放量和固体废弃物产生量单位：万吨；废气排放量单位：亿标立方米。

### 二、 观测指标的描述性分析

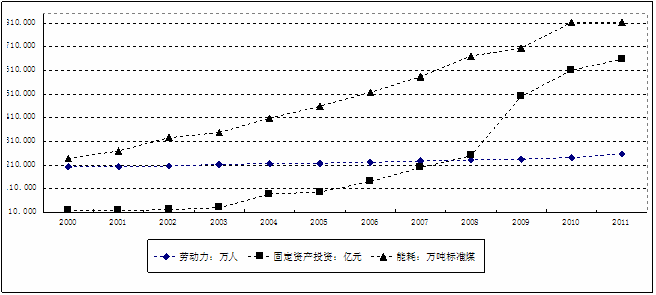
在环境效率评价前，先从描述性统计角度分析2000-2011年各地市投入和产出的数

据，本文挑选首尾和中间2004与2008年为主要年份进行描述性统计分析，分析结果如

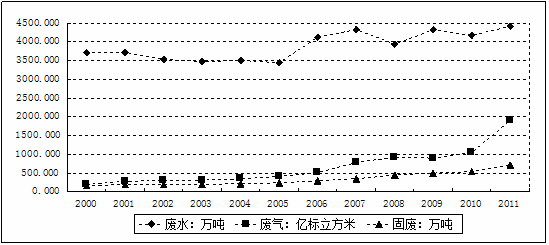
下表3-1所示：

表 3-1 安徽省各地市主要年份数据的描述性统计

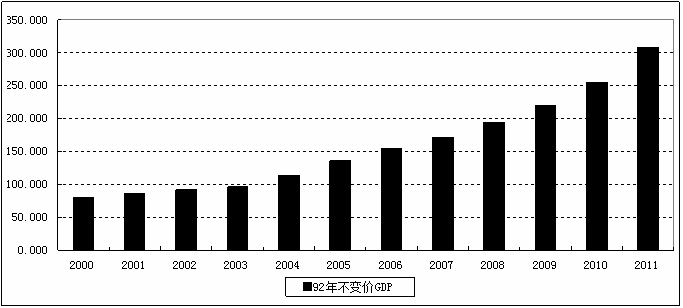
|  | 2000 年 | | | | | 2004 年 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 单位 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
| 能源消费量 | 万吨标准煤 | 237.23 | 89.15 | 50.41 | 386.41 | 408.25 | 168.91 | 85.35 | 793.72 |
| 固定资产投资 | 亿元 | 16.95 | 16.08 | 3.21 | 69.69 | 87.38 | 68.95 | 37.45 | 330.49 |
| 劳动力 | 万人 | 202.75 | 119.23 | 40.15 | 495.32 | 216.08 | 124.26 | 41.98 | 464.00 |
| GDP | 亿元 | 80.83 | 33.44 | 29.67 | 160.47 | 114.23 | 50.02 | 39.83 | 254.109 |
| 废水排放量 | 万吨 | 3712.12 | 3033.71 | 548.85 | 11408.71 | 3503.91 | 3061.87 | 1105.55 | 13748.40 |
| 废气排放量 | 亿标立方米 | 200.65 | 184.70 | 11.00 | 770.00 | 349.04 | 309.41 | 11.17 | 1093.61 |
| 固废产生量 | 万吨 | 165.60 | 214.96 | 5.44 | 734.33 | 213.67 | 274.00 | 5.47 | 997.52 |
|  | 2008 年 | | | | | 2011 年 | | | |
| 变量 | 单位 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
| 能源消费量 | 万吨标准煤 | 670.84 | 331.12 | 149.69 | 1553.00 | 813.36 | 563.52 | 172.74 | 2331.07 |
| 固定资产投资 | 亿元 | 249.36 | 233.98 | 82.02 | 1092.49 | 657.33 | 648.45 | 214.63 | 2902.99 |
| 劳动力 | 万人 | 231.26 | 142.29 | 44.54 | 572.50 | 257.04 | 160.87 | 45.60 | 602.80 |
| GDP | 亿元 | 193.96 | 116.08 | 68.85 | 595.80 | 307.44 | 244.66 | 117.04 | 1142.63 |
| 废水排放量 | 万吨 | 3941.61 | 2203.25 | 1133.93 | 9487.05 | 4419.99 | 2432.99 | 1118.55 | 10625.93 |
| 废气排放量 | 亿标立方米 | 926.43 | 1000.42 | 17.74 | 3927.76 | 1900.69 | 1735.55 | 57.00 | 6192.00 |
| 固废产生量 | 万吨 | 445.21 | 549.39 | 5.66 | 1881.56 | 717.08 | 695.27 | 36.74 | 2316.89 |



**图 3** **-1 2000-2011年各投入要素年均值折线图**



**图 3** **-2 2000-2011年工业三废年均值折线图**



**图 3** **-3 2000-2011年不变价GDP柱状图**

从表3-1、图3-1、图3-2和图3-3能够看出，各要素的平均值都呈现出逐年增加的趋势。从投入看，劳动力06年之前增幅较小，06年以后增速有所加快，整体增长幅度较小，年均增长率为1.997%；能源消费量的增幅较为明显，从能耗折线图能明显看出，能耗年度均值线性增长趋势明显，可以对能耗年度均值做简单线性回归，回归结果为*labor*146.8256.22\**t*，其中*R*ˆ2 0.985，系数均显著，从回归结果可以看到，能耗年

度均值基本上以平均每年56.22的增长幅度在增长，能耗年均值年均增长率为10.814%。

资本存量的投入增长幅度变化最大，呈近似指数增长。

从产出来看GDP 和工业三废大致呈现正向的关系，其中GDP 年均增长率为

15.527%，工业废气排放量和工业固体废弃物产生量呈增长趋势，其年增长率分别为

20.607%，12.991%，其中工业废气排放量的增幅较大；而工业废水排放量增幅有所不同，呈现出“先减小后增加又减小”的趋势，12年间平均年增长率为1.397%。

### 三、 安徽省各地市环境效率测算

本文运用模型（2.3）、（2.4），利用DEA-Solver软件分别对2000-2011年安徽省17个地市的环境效率进行测算，测得的各地市环境效率值如下表3-2、3-3所示：

表 3 -2 2000-2011年安徽省各地市Super-BCC-O环境效率值

|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 均值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合肥市 | 0.974 | 0.999 | 1.031 | 1.034 | 1.037 | 0.799 | 1.001 | 0.987 | 0.895 | 0.955 | 0.924 | 0.798 | 0.953 |
| 淮北市 | 1.044 | 1.055 | 1.066 | 1.071 | 1.107 | 1.060 | 1.072 | 1.076 | 1.051 | 1.067 | 1.058 | 1.112 | 1.070 |
| 亳州市 | 1.000 | 1.008 | 1.004 | 1.006 | 1.008 | 1.015 | 1.006 | 1.000 | 0.993 | 1.001 | 1.040 | 1.031 | 1.009 |
| 宿州市 | 0.998 | 0.999 | 0.996 | 1.002 | 1.001 | 1.152 | 1.174 | 1.006 | 1.019 | 1.041 | 1.069 | 1.100 | 1.046 |
| 蚌埠市 | 1.004 | 1.007 | 1.006 | 1.009 | 1.003 | 1.268 | 1.219 | 1.003 | 1.007 | 1.041 | 1.049 | 1.057 | 1.056 |
| 阜阳市 | 1.003 | 1.005 | 1.004 | 1.009 | 1.011 | 1.086 | 1.075 | 1.041 | 1.036 | 1.042 | 1.042 | 1.099 | 1.038 |
| 淮南市 | 1.107 | 1.133 | 1.111 | 1.146 | 1.164 | 1.074 | 1.098 | 1.451 | 1.276 | 1.276 | 1.256 | 1.212 | 1.192 |
| 滁州市 | 0.983 | 0.874 | 0.992 | 1.000 | 0.998 | 1.015 | 1.017 | 1.012 | 1.010 | 1.036 | 1.032 | 1.056 | 1.002 |
| 六安市 | 1.003 | 1.006 | 1.006 | 1.004 | 1.010 | 0.994 | 0.997 | 1.020 | 1.008 | 1.012 | 1.014 | 1.127 | 1.017 |
| 马鞍ft市 | 0.808 | 0.960 | 1.059 | 0.901 | 1.176 | 0.932 | 0.925 | 1.027 | 0.930 | 1.039 | 0.878 | 1.046 | 0.973 |
| 巢湖市 | 1.016 | 1.012 | 1.033 | 1.011 | 1.022 | 1.009 | 1.018 | 1.044 | 1.050 | 1.075 | 1.067 | NA | 1.033 |
| 芜湖市 | 1.022 | 0.985 | 0.912 | 1.009 | 1.036 | 0.987 | 0.984 | 1.028 | 1.012 | 1.041 | 0.989 | 0.932 | 0.995 |
| 宣城市 | 1.020 | 1.011 | 1.009 | 1.009 | 1.015 | 1.022 | 1.048 | 1.010 | 1.012 | 1.023 | 1.025 | 1.188 | 1.033 |
| 铜陵市 | 1.000 | 1.000 | 0.995 | 0.926 | 0.971 | 0.940 | 0.890 | 0.924 | 0.996 | 1.021 | 0.992 | 0.751 | 0.951 |
| 池州市 | 1.000 | 0.993 | 1.002 | 1.004 | 1.021 | 1.010 | 1.013 | 1.033 | 1.036 | 1.040 | 1.040 | 1.063 | 1.021 |
| 安庆市 | 1.002 | 1.004 | 1.006 | 1.005 | 1.011 | 0.963 | 1.009 | 1.130 | 1.059 | 1.044 | 1.021 | 1.021 | 1.023 |
| 黄ft市 | 1.000 | 0.949 | 0.985 | 0.983 | 1.000 | 0.948 | 1.008 | 0.997 | 0.993 | 0.992 | 0.999 | 0.899 | 0.979 |

表 3 -3 2000-2011年安徽省各地市BCC-O环境效率值

|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 均值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合肥市 | 1.000 | 1.000 | 1.031 | 1.034 | 1.037 | 1.000 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.009 |
| 淮北市 | 1.044 | 1.055 | 1.066 | 1.071 | 1.107 | 1.060 | 1.072 | 1.076 | 1.051 | 1.067 | 1.058 | 1.112 | 1.070 |
| 亳州市 | 1.000 | 1.008 | 1.004 | 1.006 | 1.008 | 1.015 | 1.006 | 1.000 | 1.000 | 1.001 | 1.040 | 1.031 | 1.010 |
| 宿州市 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.002 | 1.001 | 1.152 | 1.174 | 1.006 | 1.019 | 1.041 | 1.069 | 1.100 | 1.047 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 蚌埠市 | 1.004 | 1.007 | 1.006 | 1.009 | 1.003 | 1.268 | 1.219 | 1.003 | 1.007 | 1.041 | 1.049 | 1.057 | 1.056 |
| 阜阳市 | 1.003 | 1.005 | 1.004 | 1.009 | 1.011 | 1.086 | 1.075 | 1.041 | 1.036 | 1.042 | 1.042 | 1.099 | 1.038 |
| 淮南市 | 1.107 | 1.133 | 1.111 | 1.146 | 1.164 | 1.074 | 1.098 | 1.451 | 1.276 | 1.276 | 1.256 | 1.212 | 1.192 |
| 滁州市 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.015 | 1.017 | 1.012 | 1.010 | 1.036 | 1.032 | 1.056 | 1.015 |
| 六安市 | 1.003 | 1.006 | 1.006 | 1.004 | 1.010 | 1.000 | 1.000 | 1.020 | 1.008 | 1.012 | 1.014 | 1.127 | 1.018 |
| 马鞍ft市 | 1.000 | 1.000 | 1.059 | 1.000 | 1.176 | 1.000 | 1.000 | 1.027 | 1.000 | 1.039 | 1.000 | 1.046 | 1.029 |
| 巢湖市 | 1.016 | 1.012 | 1.033 | 1.011 | 1.022 | 1.009 | 1.018 | 1.044 | 1.050 | 1.075 | 1.067 | NA | 1.033 |
| 芜湖市 | 1.022 | 1.000 | 1.000 | 1.009 | 1.036 | 1.000 | 1.000 | 1.028 | 1.012 | 1.041 | 1.000 | 1.000 | 1.012 |
| 宣城市 | 1.020 | 1.011 | 1.009 | 1.009 | 1.015 | 1.022 | 1.048 | 1.010 | 1.012 | 1.023 | 1.025 | 1.188 | 1.033 |
| 铜陵市 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.021 | 1.000 | 1.000 | 1.002 |
| 池州市 | 1.000 | 1.000 | 1.002 | 1.004 | 1.021 | 1.010 | 1.013 | 1.033 | 1.036 | 1.040 | 1.040 | 1.063 | 1.022 |
| 安庆市 | 1.002 | 1.004 | 1.006 | 1.005 | 1.011 | 1.000 | 1.009 | 1.130 | 1.059 | 1.044 | 1.021 | 1.021 | 1.026 |
| 黄ft市 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.008 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.001 |

表3-2中的效率值为利用模型（2.4）测算所得，表3-3为利用模型（2.3）所得，效率数值可以理解为在投入不变的条件下，各项产出存在的提升比例，因此所得效率值越低则表示整个投入产出的效率越高，亦即实际环境效率越高，这与通常效率值所表示含义略有出入。对比表3-2与表3-3可以发现，对于效率值大于1的决策单元，两个模型所得

效率一致，对模型（2.3）中效率值为1的决策单元，在模型（2.4）中能够使决策单元效率值

突破1的界限，达到1以下，这样在模型（2.4）中就能够进一步分析模型（2.3）中效率均为

1的决策单元的优劣，弥补模型（2.3）的不足之处。测算Super-BCC-O效率值是为了对安徽省各地市环境效率差异分析提供数据支持，测算BCC-O效率值则是为下文的冗余分析和统计检验提供数据支持。由于安徽省在11年取消了巢湖市的行政划分，为保证评

价结果的完整性，本文对巢湖市2011年数据主观赋值使2011年巢湖市这一评价单元最差，以便不影响其他决策单元的环境效率评价，由于所得效率没有实际意义，故在后文分析中将其删除。

## 第二节 安徽省各地市环境效率分析

### 一、 横向与纵向分析

从表3-2可知，2000-2011年全省各地市环境效率值差异较大，但大都呈上升趋势。在204个决策单元中，效率值小于等于1的决策单元共57个，占约27.9%，不到三分之一，说明近十几年来安徽省整体环境效率并不高。



**图 3-4** **安徽省整体环境效率曲线**

从图3-4我们看到，07年以前，我省年平均环境效率值在缓慢上升，说明实际环境效率在降低。07年到11年间，我省效率值由顶点开始逐渐下降，说明我省实际环境效率从07年以来处在逐渐改善的过程中。

从表3-3能够看到，所评价的17个地市整体平均效率为1.023，其中效率最好的铜陵市为0.951，最差的淮南市为1.192，二者间极差为0.241，铜陵市环境效率比淮南市环境效率高约20%左右，由此可见，我省内部各市间环境效率水平还存在较大差异。

表 3-4 安徽省整体环境效率相关描述性指标

| 指标 | 平均效率值 | 最小值 | 最大值 | 极差 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 数值 | 1.023 | 0.951 | 1.192 | 0.241 |



**图 3-5** **安徽省各地市效率均值**

图3-5 中，柱状体越高，表示该地市环境效率越差。若简单以0.05为分组组距，0.90

为起始值，可以将安徽省17个地市环境效率分为3组，第一组效率值区间为1及以下，

包括铜陵、合肥、马鞍ft、芜湖和黄ft；第二组效率值区间为1-1.05之间，包括亳州、

宿州、阜阳、滁州、六安、巢湖、宣城、池州和安庆；第三组效率值在1.05以上，包括

淮北、蚌埠和淮南三个地市。

环境效率水平较好的地市为第一组的铜陵、合肥、马鞍ft、芜湖和黄ft，其中铜陵市在12年中始终位于前沿面上，环境效率均值0.951，是创建环境友好型地市的“最佳实践者”。铜陵是全国首批的循环经济“双试点”地市之一，而马鞍ft一直处在安徽省循环经济发展中的前列，黄ft市则是远近闻名的旅游市，这些地市在经济发展的同时也时刻注意环境的保护，因此考虑非期望产出的环境效率评价值较低，环境效率高。

环境效率水平中等的地市有亳州、宿州、阜阳、滁州、六安、巢湖、宣城、池州和安庆。观察各地市环境效率值不难发现，部分地市属于工业不发达环境相对较好的地市，例如亳州、池州等；部分地市则属于经济发达污染较严重的地市，例如宿州市。

环境效率较低的地市有淮北、蚌埠和淮南，这三个地市的GDP能耗大，产业结构还不够完善，工业化污染严重，环境治理投入较少，因而考虑非期望产出的效率水平较低。

### 二、 安徽省年效率均值收敛性分析

**收敛是针对经济存量水平进行分析，表现为随着时间的推移地区环境效率的离差趋于下降，**收敛的测度可以通过变异系数、基尼系数、泰尔系数来进行，本文选取变异系数来分析安徽省年度平均效率水平的收敛性情况。

为了描述我省各地市间环境效率的差异情况、反映地市间的环境效率收敛情况，我们绘制了2000-2011年间安徽省各地市间的效率变异系数的折线图，如图3-6。



**图3-6** **安徽省各地市间环境效率变异系数曲线**

若变异系数处与下降中，则表明各市之间存在环境效率**收敛；反之，则不收敛。从图3-6可以看出，2000-2011年我省地市间的变异系数波动较大，且呈上升趋势。2000-2002年变异系数出现小幅下降，2002-2007年则显著增加。在2007-2009年期间，

地市间环境效率变异系数再次出现显著下降，直到2009年的0.063，经过2010和2011

年，变异系数增加到0.124，大致是09年的两倍。由此可知，安徽省各地市间环境效率水平存在显著差异，而且在2002年以后基本呈现差距扩大的趋势。

### 三、 **2011**年安徽省各地市投入和非期望产出冗余率分析

对于非有效的决策单元(DMU)来说，投入冗余率指优化之后的投入量与原DMU 的

*X*\*  *x*

投入量相比可以节省的比例 0；产出不足率是优化后DMU的产出量与原DMU 的

*x*0

*Y*\*  *y*

产出量相比可以增加的比例 0。对于有效的DMU而言，优化之后的投入产出量就

*y*0

是有效DMU本身，因此其投入冗余率及产出不足率都为0。由于在测算环境效率前对非期望产出进行数据转换处理，所以对非期望产出的产出冗余参考投入冗余公式

*U*\*  *u*

0，表示非期望产出可缩减量占原DMU非期望产出的比例。由模型（2.3）我们知道

*u*0

0 0*z*可得

*j*

*j*

*j*

*j*

*z*\* ***u* *M**M**u* *M**u*\*, 于是有：

*j*

*j*

*J j*

*u*\**u* *z*\**M**z* *M**z* *z*\*

0

0 0

*u*0 *u*0 *u*0

所以非期望产出的冗余率直接应用软件输出结果将有所不妥，应采用上式计算所得作为非期望产出的产出冗余。本文根据BCC-O模型计算得到效率前沿标准，给出各DMU与最优DMU相比的投入冗余率、期望产出不足率和非期望产出冗余率。为了了解安徽省近期的环境效率及冗余情况，本文给出2011年各个地市的投入产出冗余状况，见表3-5：

表 3 -5 2011年安徽省各地市投入和产出冗余率

| 地市 | 投入冗余率 | | | 期望产出  不足率 | 非期望产出不足率 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| （I）劳动力 | （I）能源消  费量 | （I）固定资  产投资 | (O)GDP | （O）废水 | （O）废气 | （O）固体 |
| 合肥 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 淮北 | 0.000 | -0.069 | 0.000 | 0.112 | -0.509 | -0.642 | -0.891 |
| 亳州 | -0.551 | 0.000 | 0.000 | 0.031 | -0.174 | -0.474 | -0.711 |
| 宿州 | -0.208 | 0.000 | 0.000 | 0.100 | -0.600 | -0.686 | -0.863 |
| 蚌埠 | -0.108 | 0.000 | 0.000 | 0.057 | -0.354 | -0.684 | -0.625 |
| 阜阳 | -0.528 | -0.122 | 0.000 | 0.099 | -0.381 | -0.627 | -0.719 |
| 淮南 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.212 | -0.529 | -0.575 | -0.741 |
| 滁州 | -0.109 | 0.000 | 0.000 | 0.056 | -0.382 | -0.970 | -0.615 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 六安 | -0.526 | 0.000 | 0.000 | 0.127 | -0.494 | -0.734 | -0.759 |
| 马鞍ft | 0.000 | -0.089 | 0.000 | 0.046 | -0.052 | -0.271 | -0.177 |
| 芜湖 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 宣城 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.188 | -0.470 | -0.900 | -0.844 |
| 铜陵 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 池州 | 0.000 | -0.323 | 0.000 | 0.063 | -0.526 | -0.902 | -0.798 |
| 安庆 | -0.149 | -0.023 | 0.000 | 0.021 | -0.649 | -0.598 | -0.270 |
| 黄ft | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 平均 | -0.136 | -0.039 | 0.000 | 0.069 | -0.320 | -0.504 | -0.501 |

备注：表中正负号表示的是冗余方向，即可缩减百分比或者可提升的百分比。

由上表可以看出，位于生产前沿面上地市，其投入和非期望冗余率都为0，例如合肥、池州等地市。效率值越低，各要素的冗余率相对越高，例如淮北、六安。总的来看，在投入方面，劳动力、能源消费、固定资产投资的平均冗余率分别为13.6%、3.9%、0%；在非期望产出方面，工业废水、工业废气、工业固体废弃物排放的平均冗余率分别为

32.0%、50.4%、50.1%。在投入要素中，劳动力和能源消费冗余较多，表明存在着较高的人力和资源浪费；而工业废气和固体废弃物排放的平均冗余率都维持在50%以上，可见安徽省加大工业三废污染治理势在必行，必须大力发展循环经济。

### 四、 安徽省三大传统经济区域环境效率水平差异分析

安徽省经济区域的划分，从国内文献来看主要有以下几种：（1）传统的按地理位置划分成三大区域，即皖南地区①、皖中地区②和皖北地区③；（2）由于国务院2010年批准了皖江城市带承接转移示范区的成立，可将安徽省经济区域划分为皖江城市带、黄ft和皖北三大区域；（3）四大区域[12]：沿江地区、皖南地区、省会经济圈、皖北地区；（4）其它的按聚类分析方法来划分，由于研究目的不同所得到的结果也不一样。本文按传统的划分方法，将安徽17个地区划分为皖南、皖中和皖北三大经济区域。

表3-6中给出安徽省皖南、皖中和皖北2000-2011年环境效率基本状况：

表3-6 皖南、皖中和皖北区域2000-2011年环境效率状况(Super-BCC-O)

| 区域 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 皖南地区 | 1.007 | 1.002 | 1.012 | 1.004 | 1.041 | 1.005 |
| 皖中地区 | 1.004 | 1.004 | 1.015 | 1.011 | 1.016 | 1.005 |

———————————

①皖南地区，即安徽省长江以南地区，包括：芜湖市、马鞍ft市、铜陵市、宣城市、池州市和黄ft 市

② 皖中地区，即安徽省长江北淮河以南地区，包括：合肥市、安庆市、滁州市、六安市和巢湖市

③ 皖北地区，即安徽省淮河以北地区，包括：淮北市、亳州市、宿州市、蚌埠市、阜阳市和淮南市

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 皖北地区 | 1.026 | 1.035 | 1.032 | 1.041 | 1.049 | 1.109 |  |
| 区域 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 皖南地区 | 1.012 | 1.016 | 1.010 | 1.027 | 1.011 | 1.049 |
| 皖中地区 | 1.009 | 1.041 | 1.025 | 1.033 | 1.027 | 1.051 |
| 皖北地区 | 1.107 | 1.096 | 1.065 | 1.078 | 1.086 | 1.102 |



**图 3-7** **皖南、皖中和皖北三大区域环境效率变化趋势**

从表3-6和图3-7可以看出，安徽省三大区域间的环境效率水平存在一定的差异，其中皖南地区环境效率水平较高，效率均值为1.016；效率水平最低的是皖北地区，平均值为1.069；皖中地区环境效率平均值为1.020，居中间水平。由图3-7可以明显看到皖南地区的环境效率呈现“U”型变化趋势。

我们知道，环境效率最优的皖南地区，沿江工业区蓬勃发展，旅游资源富裕，经济发达，技术和管理水平先进，对环境保护的重视程度较高，有充裕环境治理投资，能够相对保持较少的污染，因此基于非期望产出的环境效率水平较高。环境效率水平相对落后的皖北地区，虽然两淮煤矿资源丰富，然而人口众多，产业结构不合理，经济水平低，工业欠发达，工业生产污染排放量相对较多，因而环境的效率值较高，效率水平较差。

2004年是安徽省推行“861行动”的第一年，全省经济进入了新一轮增长周期，经济高速增长，GDP增速为12.5%，然而经济运行中仍存在着一些因经济增速过快导致的突出问题，比如粗放的经济增长方式，过高能源消耗等。2004年安徽省GDP能耗是

1.55吨标准煤，超出全国平均能耗水平近10%①。上述这些问题有可能是导致2004年之后环境效率值突然下降的原因。随着2006年之后大力加强循环经济，建设生态安徽，环境效率值慢慢增加，正好吻合图中曲线呈现U型的特征。

———————————

① 安徽省2005年上半年经济形势分析报告

# 第四章 基于假设检验的安徽省各地市环境效率统计分类

现有的环境效率实证文献在测算得到环境效率后，往往会对决策单元内部进行分类以便分析内部环境效率差异。但对决策单元的分类通常缺少统计上的支持，一般会直接引用地域划分、行政划分、经济区域划分等现有分类，或者会对相关指标利用多元聚类方法将决策单元进行聚类划分，对上述两种方法在分类时往往对环境效率考虑较少，同时分类效果缺少相应的统计假设检验，分类的可行性有待进一步检验。本章首先利用第二章中介绍的统计假设检验理论对安徽省传统地域划分的BCC环境效率结果进行假设检验，对该分类结果的可行性进行验证。之后提出一种基于环境效率假设检验的统计分类方法，利用该方法对第三章测算的安徽省各地市环境效率进行统计分类，并将分类结果与前文的简单统计分类进行对比分析。

## 第一节 传统地域划分的三大区域间效率假设检验

本文选择第二章结介绍的检验式（2.7）对安徽省三大经济区域间的环境效率差异显

著性进行统计假设检验。对（2.7）的原假设*h*0: **1**2与备择假设*h*1: **1**2，若在一定显著性水平下拒绝原假设，接受备择假设，我们认为在给定显著性水平下接受子集*M* 2 DEA效率优于*M*1。若在一定显著性水平下未能拒绝原假设，即接受原假设，则认为在给定显著性水平下不能认为子集*M*1和子集*M* 2的DEA效率有差异，即二者间是无差异的。

即计算所得*F*值大于临界值时表明两组决策单元间存在效率差异，若*F*小于等于临界值则表明两组决策单元间效率无差异。据此，利用前文所得安徽省各地市环境效率值与假设检验式（2.7），计算安徽省三大经济区域间统计假设检验*F*值，结果见表4-1：

表4-1 安徽省三大经济区域间假设假设检验F 值

|  | 皖南 | 皖中 | 皖北 |
| --- | --- | --- | --- |
| 皖南 | 1.000 | 0.832 | 0.238 |
| 皖中 | 1.202 | 1.000 | 0.286 |
| 皖北 | 4.200(\*\*) | 3.494(\*\*) | 1.000 |

数据来源：利用模型（2.3）计算得到。

备注：\*\*表示在0.05显著性水平下拒绝原假设，接受备择假设。

表4-1 中的不同数值表示各个假设检验的*F*值，例第一行最后一列，原假设为

*h*0: **皖南**皖北，备择假为*h*1: **皖南**皖北，即原假设皖南与皖北环境效率无差异，备择

假设为皖北地区环境效率优于皖南地区，计算所得*F*值为0.238，查*F*临界值表，在显著性水平0.05下的临界值为*F*0.05,144,1441.340，故在95%的显著性水平下不能拒绝

原假设，即认为皖南与皖北地区的环境效率无差异。从第一列最后一行皖北地区对皖南

地区的假设检验结果*F*值为4.200，高于临界值*F*0.05,144,1441.340。故在95%的显著性水平下拒绝原假设，即认为皖南地区的环境效率要优于皖北地区，二者间存在效率差异的。综合上述两次假设检验结果可以认为皖南和皖北间的环境效率是存在明显差异的，至少在95%显著水平下认为二者环境效率存在差异，且皖南地区的环境效率要优于皖北地区。

同样，观察皖南与皖中间、皖中与皖北间的假设检验结果可以发现，皖南与皖中的

假设检验*F*值在0.05显著性水平下相互间都不能拒绝原假设，因此可认为皖南与皖中的环境效率无太大差异。皖中对皖北的假设检验*F* 值小于临界值

*F*0.05,1 1,18 441.3 3，对此检验结果认为皖中皖北间环境效率基本无差异，而皖北对

皖中的假设检验*F*值3.494高于临界值*F*0.05,144,1181.340，即皖中环境效率要优于皖北环境效率水平，所以综合皖中对皖北的假设检验和皖北对皖中的假设检验结果，认

为皖中的环境效率要优于皖北环境效率。综上，对传统的安徽省三大经济区域环境效率进行统计假设检验，基于检验结果后的重新分类结果将皖南与皖中归为效率水平相同的一类，皖北区域单独为环境效率相对较差的一类。

上述皖中与皖北间的环境效率差异检验结果也可以从另一个角度得到解释，由于皖南与皖北地区的统计检验结果表明皖南地区环境效率水平要优于皖北地区，而皖南地区与皖中地区的统计检验结果表明皖南与皖中两区域的环境效率水平间无差异，所以我们可以推出皖中地区的环境效率水平要优于皖北地区，这一点与皖中和皖北间的假设检验结果一致，这为下文的分类方法提供了有益的启示。

## 第二节 基于环境效率假设检验的安徽省地市环境效率分类方法

本文在第四章第一节利用DEA效率假设检验，在安徽省传统三大经济区域划分的基础上，对三大区域的环境效率评价结果进行统计假设检验，依据检验结果进一步将传统三大区域重新划分为两大类：皖南与皖中为效率较高区域，皖北为相对效率较低区域。上述结果表明DEA效率统计假设检验能够在现有决策单元分类的基础上、以一定的统计显著性水平、更合理的依据所测算的DEA效率值对现有分类进行进一步分类合并。综上，本文考虑在传统地域划分、聚类分析等分类方法之外，利用上述DEA效率统计假设检验对所评价决策单元间环境效率差异状况进行假设检验，并依据检验结果对决策单元进行分类，使此分类方法完全建立在所测得的DEA效率基础上，并保证一定显著性水平的统计可信度。

### 一、 符号说明

*A*  ( *A*1, *A*2,, *An*) 为假设检验式中的子集列， *N*  (*N*1, *N*2,, *Nn*) 为与子集列 *A* 对应

的各子集所含决策单元个数列。*Ai*  *Aj* 表示以*h*0:* A*  * A* 为原假设，*h*1:* A*  * A* 为备

*i* j i j

择假设的假设检验，反之，*Aj* *Ai* 则表示以*h*0: * A*

*A* 为原假设，*h*1:* A*

** 为备择

*i*

*A*

假设的假设检验，*F**A**A*为*A* *A*

*j*

*i*

*j*

的检验*F*值。由于DEA效率统计假设检验的

0.05 *i* j i j

是单尾置信检验，因此为分析被检验的两个子集间效率差异状况，进行对应的两次单尾

检验是十分必要的。

以*Z* m *A**A**m*0,1.来表示*A**A*在0.05显著性水平下的假设检验结果，其

0.05 *i* j i j

中*m*0表示检验结果接受原假设，即认为*Ai*, *Aj*间效率无差异，*m*1表示检验结果拒

绝原假设，接受备择假设，认为 *Ai*, *Aj* 存在效率差异，子集 *Aj* 的效率要优于子集 *Ai* 的效率。 *S* 为 *n* *n* 矩阵，表示 DEA 统计假设检验结果矩阵（ 例如表 4-1 ），因为

*F* *A*  *A*, *i*  *j* 1，所以*S* 的主对角线全为 1， *S* 为 *F* *A*  *A* ，表示在 95%显

0.05 *i* j *ij* 0.05 *i* j

著性水平下，*Ai* *Aj*

检验的*F*值。观察检验式（2.7）与矩阵*S*可知，若向量

*N*(*N*, *N*

，, *N*

）中，有 *N*

*N*, *i**j*，则有*S*

 1 ，本文中*N*(*N*, *N*

，, *N*

）中元

1 2 *n* i *j*

*ij*

*ji*

1 2 *n*

素均为年份个数，除巢湖市2011年数据缺失外，其余地市年份个数相同，故在本文中

*S*

认为 *N*

*N*, *i**j*，即认为*S*  1 .

*i* j ij

*S*

*ji*

### 二、 假设检验分类原则

本文借鉴统计学中的分组原则，即尽量缩小组内成员差异，扩大组间的差异，使分组结果更合理，在此尝试建立一些假设检验分类原则，以达到上述分组效果，所提出的分类原则如下：

(1)当*Z* 0

*A**A*且*Z* 0

*A**A*时，认为*A*, *A*

之间无差异，即*A*, *A*

可归为同

一类。

0.05 *i* *j*

0.05 *j* i i j i j

(2) 当 *Z*1 *A*  *A* 

且 *Z* 0 *A*  *A* 

或者 *Z*1 *A*  *A* 

且 *Z* 0 *A*  *A* 

时，认为

0.05 *i* *j*

0.05 *j* *i*

0.05 *j* *i*

0.05 *i* j

*A*, *A* 之间存在差异，即*A*, *A*

不能归为一类。（脚注：若有*Z*1 *A**A* 

，必有

*i* j

*A*

0

*Z*

0.05

*j*

*i* j

*A* )

*i*

0.05 *i* j

(3) 若 *Z* 0 *A*  *A* 

、 *Z* 0 *A*  *A* 

， *Z* 0 *A*  *A* 

、 *Z* 0 *A*  *A*  且

0.05 *i* *j*

0.05 *j* *i*

0.05 *j* *k*

0.05 *k* j

*Z*1 *A**A*，则认为*A*, *A*之间存在效率差异，将*A*, *A*归为一类，将*A*归为另一类。

0.05 *i* k i j j k *i*

（4）令*B**B*, *B*,, *B*为一类，其中*B*, *B*相互间假设检验结果无差异，对于子集

1 2 *g* i k

*A*, 当且仅当*Z* 0 *A* *B*, *Z* 0 *B**A*,

*I*1,2,, *g*.

时，将子 集

*A* 归入类

*p*

*B**B*, *B*,, *B*

0.05 *p*

。

*i* 0.05 *i* p *p*

1 2 *g*

### 三、 假设检验分类步骤

（1）令*S j*为检验结果矩阵*S*的列均值，首先寻找*S j*的最大值*Max S j*所在列。

（2）在列*S* 中寻找小于临界值*F**N*, *N*的元素*S*，即*Z* 0 *A**A*的元素（可能

*j*

有多个）。

0.05 *i* *i*

*ij* 0.05 *i* j

（3）观察元素*S*是否小于临界值*F**N*, *N*，若*Z*1 *A**A*，根据分类原则(2)，

*ji* 0.05 *i* i 0.05 *j* i

第*i*地市与第*j*地市存在效率差异，不能归为一类，返回步骤（2）继续寻找；若

*A*

0

*Z*

0.05

*j*

*A*，进行步骤(4)。

（4）若元素*S* 符合(2)、(3)的筛选条件*Z* 0 *A**A*且*Z* 0 *A* *A*，则根据分类原

*i*

*ij* 0.05 *i* j 0.05 *j* i

则（1）将第*i*地市与第*j*地市归为一类。将第*j*列元素全部筛选完毕以后，假定有*m*个地

~ ~

市被归为一类，则在矩阵*S*中删除这*m*个地市所在的行列，得到新的结果矩阵*S*，在*S*

中重复(1)(2)(3)(4)。

上述分类步骤能够在最大程度上保证以效率最高的地市为出发点，向下寻找效率无差异的地市。根据检验式（2.7）我们可以知道，效率越高的地市，其DEA效率总偏离越小，因而当效率较高的地市的DEA效率偏离作为分母时，所得假设检验*F*值较大。而当分母换为效率相对较低些的地市时，DEA效率总偏离的增加会使得分母增大，因而所得假设检验*F*值会降低。因此，利用上述分类步骤所得分类能够在一定程度少有效避免出现与分类原则（3）（4）相悖的情况。为使得分类结果更具合理性，可以根据分类原则

（3）（4）对分类结果进行检验，以确保分类结果的合理性。

## 第三节 基于环境效率假设检验的安徽省各地市环境效率分类结果

利用检验式（2.7）对前文测算所得安徽省各地市环境效率(BCC-O)进行统计假设检验，检验结果见表4-2：

表4-2 安徽省各地市环境效率假设假设检验F 值

|  | hf | hb | bz | sz | bb | fy | hn | cz | la | as | ch | wh | xc | tl | cz | aq | hs |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| hf | 1.00 | 0.12 | 0.86 | 0.18 | 0.15 | 0.23 | 0.04 | 0.58 | 0.49 | 0.30 | 0.26 | 0.69 | 0.26 | 4.91 | 0.39 | 0.33 | 12.58 |
| hb | 8.15 | 1.00 | 7.01 | 1.49 | 1.24 | 1.85 | 0.36 | 4.71 | 3.98 | 2.42 | 2.11 | 5.61 | 2.14 | 40.01 | 3.20 | 2.68 | 102.5 |
| bz | 1.16 | 0.14 | 1.00 | 0.21 | 0.18 | 0.26 | 0.05 | 0.67 | 0.57 | 0.35 | 0.30 | 0.80 | 0.30 | 5.71 | 0.46 | 0.38 | 14.62 |
| sz | 5.47 | 0.67 | 4.71 | 1.00 | 0.83 | 1.24 | 0.24 | 3.16 | 2.68 | 1.63 | 1.42 | 3.77 | 1.43 | 26.88 | 2.15 | 1.80 | 68.87 |
| bb | 6.56 | 0.80 | 5.64 | 1.20 | 1.00 | 1.49 | 0.29 | 3.79 | 3.21 | 1.95 | 1.70 | 4.52 | 1.72 | 32.20 | 2.57 | 2.16 | 82.50 |
| fy | 4.41 | 0.54 | 3.80 | 0.81 | 0.67 | 1.00 | 0.20 | 2.55 | 2.16 | 1.31 | 1.14 | 3.04 | 1.16 | 21.68 | 1.73 | 1.45 | 55.56 |
| hn | 22.38 | 2.75 | 19.26 | 4.09 | 3.41 | 5.07 | 1.00 | 12.94 | 10.94 | 6.65 | 5.80 | 15.42 | 5.87 | 109.9 | 8.78 | 7.37 | 281.6 |
| cz | 1.73 | 0.21 | 1.49 | 0.32 | 0.26 | 0.39 | 0.08 | 1.00 | 0.85 | 0.51 | 0.45 | 1.19 | 0.45 | 8.49 | 0.68 | 0.57 | 21.76 |
| la | 2.05 | 0.25 | 1.76 | 0.37 | 0.31 | 0.46 | 0.09 | 1.18 | 1.00 | 0.61 | 0.53 | 1.41 | 0.54 | 10.04 | 0.80 | 0.67 | 25.74 |
| as | 3.36 | 0.41 | 2.89 | 0.61 | 0.51 | 0.76 | 0.15 | 1.94 | 1.64 | 1.00 | 0.87 | 2.32 | 0.88 | 16.52 | 1.32 | 1.11 | 42.32 |
| ch | 3.86 | 0.47 | 3.32 | 0.71 | 0.59 | 0.87 | 0.17 | 2.23 | 1.89 | 1.15 | 1.00 | 2.66 | 1.01 | 18.96 | 1.52 | 1.27 | 48.59 |
| wh | 1.45 | 0.18 | 1.25 | 0.27 | 0.22 | 0.33 | 0.06 | 0.84 | 0.71 | 0.43 | 0.38 | 1.00 | 0.38 | 7.13 | 0.57 | 0.48 | 18.26 |
| xc | 3.81 | 0.47 | 3.28 | 0.70 | 0.58 | 0.86 | 0.17 | 2.21 | 1.86 | 1.13 | 0.99 | 2.63 | 1.00 | 18.73 | 1.50 | 1.26 | 48.00 |
| tl | 0.20 | 0.02 | 0.18 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.01 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.05 | 0.14 | 0.05 | 1.00 | 0.08 | 0.07 | 2.56 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cz | 2.55 | 0.31 | 2.19 | 0.47 | 0.39 | 0.58 | 0.11 | 1.47 | 1.25 | 0.76 | 0.66 | 1.76 | 0.67 | 12.51 | 1.00 | 0.84 | 32.06 |
| aq | 3.04 | 0.37 | 2.61 | 0.56 | 0.46 | 0.69 | 0.14 | 1.76 | 1.49 | 0.90 | 0.79 | 2.09 | 0.80 | 14.92 | 1.19 | 1.00 | 38.23 |
| hs | 0.08 | 0.01 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.39 | 0.03 | 0.03 | 1.00 |

备注：F(24,24) =1.984, F(24,22) =2.028, F(22,24) =2.003,显著性水平均为0.05

根据分类步骤（1），找到*Max S j*是黄ft市(hs)，观察发现黄ft市(hs)列*F*均高于临界值，因此将黄ft市单独归为第一类。再将黄ft市(hs)剔除以后，发现铜陵市(tl)既黄ft市

（hs）之后被单独归为一类。剔除黄ft和铜陵之后的检验结果~矩阵如表4-3所示：

*S*

表4-3 安徽省各地市环境效率统计假设检验F值(剔除黄山市与铜陵市)

|  | hf | hb | bz | sz | bb | fy | hn | cz | la | as | ch | wh | xc | cz | aq |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| hf | 1.00 | 0.12 | 0.86 | 0.18 | 0.15 | 0.23 | 0.04 | 0.58 | 0.49 | 0.30 | 0.26 | 0.69 | 0.26 | 0.39 | 0.33 |
| hb | 8.15 | 1.00 | 7.01 | 1.49 | 1.24 | 1.85 | 0.36 | 4.71 | 3.98 | 2.42 | 2.11 | 5.61 | 2.14 | 3.20 | 2.68 |
| bz | 1.16 | 0.14 | 1.00 | 0.21 | 0.18 | 0.26 | 0.05 | 0.67 | 0.57 | 0.35 | 0.30 | 0.80 | 0.30 | 0.46 | 0.38 |
| sz | 5.47 | 0.67 | 4.71 | 1.00 | 0.83 | 1.24 | 0.24 | 3.16 | 2.68 | 1.63 | 1.42 | 3.77 | 1.43 | 2.15 | 1.80 |
| bb | 6.56 | 0.80 | 5.64 | 1.20 | 1.00 | 1.49 | 0.29 | 3.79 | 3.21 | 1.95 | 1.70 | 4.52 | 1.72 | 2.57 | 2.16 |
| fy | 4.41 | 0.54 | 3.80 | 0.81 | 0.67 | 1.00 | 0.20 | 2.55 | 2.16 | 1.31 | 1.14 | 3.04 | 1.16 | 1.73 | 1.45 |
| hn | 22.38 | 2.75 | 19.26 | 4.09 | 3.41 | 5.07 | 1.00 | 12.94 | 10.94 | 6.65 | 5.80 | 15.42 | 5.87 | 8.78 | 7.37 |
| cz | 1.73 | 0.21 | 1.49 | 0.32 | 0.26 | 0.39 | 0.08 | 1.00 | 0.85 | 0.51 | 0.45 | 1.19 | 0.45 | 0.68 | 0.57 |
| la | 2.05 | 0.25 | 1.76 | 0.37 | 0.31 | 0.46 | 0.09 | 1.18 | 1.00 | 0.61 | 0.53 | 1.41 | 0.54 | 0.80 | 0.67 |
| as | 3.36 | 0.41 | 2.89 | 0.61 | 0.51 | 0.76 | 0.15 | 1.94 | 1.64 | 1.00 | 0.87 | 2.32 | 0.88 | 1.32 | 1.11 |
| ch | 3.86 | 0.47 | 3.32 | 0.71 | 0.59 | 0.87 | 0.17 | 2.23 | 1.89 | 1.15 | 1.00 | 2.66 | 1.01 | 1.52 | 1.27 |
| wh | 1.45 | 0.18 | 1.25 | 0.27 | 0.22 | 0.33 | 0.06 | 0.84 | 0.71 | 0.43 | 0.38 | 1.00 | 0.38 | 0.57 | 0.48 |
| xc | 3.81 | 0.47 | 3.28 | 0.70 | 0.58 | 0.86 | 0.17 | 2.21 | 1.86 | 1.13 | 0.99 | 2.63 | 1.00 | 1.50 | 1.26 |
| cz | 2.55 | 0.31 | 2.19 | 0.47 | 0.39 | 0.58 | 0.11 | 1.47 | 1.25 | 0.76 | 0.66 | 1.76 | 0.67 | 1.00 | 0.84 |
| aq | 3.04 | 0.37 | 2.61 | 0.56 | 0.46 | 0.69 | 0.14 | 1.76 | 1.49 | 0.90 | 0.79 | 2.09 | 0.80 | 1.19 | 1.00 |

备注：F(24,24) =1.984, F(24,22) =2.028, F(22,24) =2.003,显著性水平均为0.05

从表4-3 我们知道 ，

*Max S j*

为第一列合肥市(hf)，观察*S*1

能够看出 ，

0

*Z*

0.05

*hf*

*Bz*, *Z* 0

*hf*

*Cz*, *Z* 0

*hf*

*wh*

，进行分类步骤（3） ，我们 又

0

0.05

0.05

*Z*

0.05

*Bz**hf*, *Z* 0

*Cz**hf*, *Z* 0

*wh**hf*，因此将合肥(hf)、亳州(bz)、滁州(cz)、芜

湖(wh)归为效率无差异的一类。在对这一分类结果检验的时发现：

0.05

0.05

0

*Z*

0.05

*Z* 0

*La**bz*, *Z* 0

*bz**la*, *Z* 0

0.05

*La**cz*, *Z* 0

*cz**la*, *Z* 0

0.05

*la**wh*

*wh**la*

0.05 0.05 0.05

即六安和亳州、滁州、芜湖间的检验结果都是无差异的，但*Z*1

0.05

*la**hf*，即合肥

（hf）的环境效率要高于六安(la)，所以将亳州、滁州、芜湖和合肥归为一类，而这正好是

与分类原则（3）相一致。重复分类步骤（1）（2）（3）（4），得到如表4-4的最终分类结果：

表4-4 安徽省各地市环境效率假设检验分类结果

| 类别 | 所含地市 |
| --- | --- |
| 一类 | 黄ft |
| 二类 | 铜陵 |
| 三类 | 合肥市、亳州、滁州、芜湖 |
| 四类 | 六安、马鞍ft、巢湖、宣城、池州、安庆 |
| 五类 | 阜阳、淮北、宿州、蚌埠 |
| 六类 | 淮南 |

与传统的三大区域分类不同，基于环境效率统计检验的地市环境效率分类将安徽省

17个地市依据DEA环境效率划分为6类，类与类之间环境效率存在显著差异，同类内部的地市之间环境效率不存在显著差异。上述分类结果与以往分类结果不同，该分类是直接以DEA环境效率为基础，以统计假设检验结果为判别标准对所考察地市的环境效率水平进行分类划分。为方便比较假设检验统计分类与简单统计分类间的差异，将二者同列在表4-5中：

表4-5 假设检验统计分类与简单统计分类结果对比

| 统计检验分类 | 所含地市 | 简单统计分类 | 所含地市 |
| --- | --- | --- | --- |
| 一类 | 黄ft | 一类 | 黄ft、铜陵、合肥、芜湖、马鞍ft |
| 二类 | 铜陵 |
| 三类 | 合肥市、亳州、滁州、芜湖 | 二类 | 亳州、滁州、六安、巢湖、宣城、池州、安庆、阜阳、宿州 |
| 四类 | 六安、马鞍ft、巢湖、宣城、池州、安庆 |
| 五类 | 阜阳、淮北、宿州、蚌埠 | 三类 | 淮北、蚌埠、淮南 |
| 六类 | 淮南 |

表4-5 中简单统计分类是第三章第二节第一部分所得的分类结果，该分类结果是以

0.05为组距，按照效率值大小分组所得的简单分类结果。简单统计分类使用简捷，但是其分组的组距选择具有很大的主观性，这就会造成分类的标准不够明确，分类依据不够充分。统计检验分类依托DEA评价效率，以一定的统计显著性为分类依据，能够避免分类时主观干扰，具有明确的分类标准。从表4-5中可以看出，统计检验分类结果比简单统计分类结果更为细致。统计检验分类可以看成在简单统计分类基础上的进一步重组分类。例如在本文中，黄ft作为安徽省旅游示范城市，其环境效率与以工业为主的马鞍

ft市环境效率理应存在显著差异，简单统计分类将黄ft市与马鞍ft市归为同一大类，忽视了这种差异。统计检验分类则能够将黄ft市与马鞍ft市之间的环境效率差异体现出来，这在一定程度上修正了简单统计分类的分类偏误。同样的，对于安徽省其他地市，

统计检验分类将简单统计分类所忽视的地市间环境效率差异加以区分，将简单统计分类结果细分的更加合理。

为了更直观的反映安徽省各地市环境效率空间分布状况，利用上文给出的各地市环

境效率统计检验分类结果，下文给出安徽省各地市环境效率空间分布图4-1。从图4-1

中可以清楚直观的观察安徽省各地市市环境效率空间分布状况。



**图 4-1** **安徽省各地市环境效率空间分布图**

从图4-1中可以直观的看到，安徽省各地市间环境效率依然存在较大差异，地市间发展不平衡。其中，皖南和皖中区域内的地市整体环境效率要好于皖北地市，而皖南地市与皖中地市间的环境效率差异较小。就区域内地市效率差异来看，皖中地市的发展较一致，分类集中程度较高。皖南地市与皖北地市的统计检验分类结果跨度较大，表明皖南地市内部与皖北地市内部环境效率差异较大。

# 第五章 主要结论与政策建议

## 第一节 本文主要结论

本文首先对安徽省环境效率评价指标中的投入和产出指标进行了相关描述统计分析，然后运用考虑非期望产出的BCC-O模型和Super-BCC-O模型对安徽省各地市的环境效率值进行测算，并通过相关图表对测算所得的效率值进行相应分析，同时对安徽省年效率均值进行**性收敛分析。其次，对传统经济区域划分的皖北、皖中和皖南三大经济区域间效率水平差异情况进行了简要分析。最后，在对安徽省传统三大经济区域间环境效率统计假设检验的基础上，提出了一种基于DEA效率的统计假设检验分类方法，并据此法对安徽省各地市环境效率进行统计假设检验并对安徽省17个地市环境效率水平进行合理分类划分，为研究环境效率影响因素的地域划分提供了合理的分类借鉴。具体结论有以下几点：

一、本文引入了考虑非期望产出的BCC-O和Super-BCC-O模型，运用上述模型对安徽省2000-2011年17个地市的环境效率值进行了测算，由测算结果分析可知安徽省各地市环境效率水平间仍存在较大差异，但整体呈逐渐改善趋势。其中，环境效率较高的地市一般为经济发达且环境保护较好的地区，环境效率较低的地市往往环境污染严重的地区。

二、在环境效率值测算的基础上，本文对2011年安徽省17个地市的劳动力、固定资产投资和能源消费量的投入冗余率及非期望产出工业三废的产出冗余率进行相应分析。随后对以传统经济区域划分的皖北、皖中和皖南三大区域的区域环境效率及区域差异进行了相关描述分析，结果初步表明三大区域间存在环境效率差异，结果表明三大区域的环境效率值整体均呈上升趋势，其中皖南区域环境效率最高，皖中区域其次，皖北区域最低。其中环境污染比较严重的地市有淮北、淮南等地。

三、本文引入了DEA效率有关的统计假设检验理论及相应的假设检验式，并运用该检验式对皖北、皖中、皖南三大区域间的区域环境效率差异状况进行了相应的统计假设检验，结果表明皖南与皖中间环境效率并无显著性差异，至少在95%显著性水平下无差异，皖北与皖南和皖中之间环境效率存在显著差异，这点部分修正了结论（二）中的描述性统计分析结果，揭示了直接饮用描述性统计分析结果的部分不足。据此提出了一种基于DEA效率的统计假设检验分类方法，运用此方法对安徽省17个地市的环境效率水平进行差异性统计检验，检验结果将17个地市分为6大类，类与类间存在显著效率差异，同一类内各地市间无显著效率差异，该分类结果能够为研究区域环境效率影响因素的区域划分提供合理的分类借鉴。

## 第二节 相关政策建议

根据以上研究结果，针对安徽省目前所面临的环境问题，进而提出全省各地区在今后一个阶段，特别是“十二五”期间的相关政策和建议：

### 一、 转变增长方式，发展循环经济

目前安徽省经济发展过程中遇到的诸多问题，根本上来说，是体制、结构与增长方式的问题。多年以来，安徽省快速发展的经济是建立在资源浪费以及环境破坏的基础上的，目前仍有不少地市沿用传统的“高能耗、低产出”的低效率增长方式，此种发展模式必然将导致资源的枯竭和严重的环境污染，如淮北等地市。循环经济模式作为一种高效，环保的经济发展模式，是提高环境效率的重要手段措施，循环经济是一种将生产废弃物重新作为生产投入加入的生产过程中去，是一种对废弃物循环再利用的高效环保生态经济。转变经济结构与增长方式，以技术进步与创新为依靠，大力发展循环经济，着力开拓集约型发展方式是占据首要位置的。其次则需要转变政府的只能，政府要综合运用包括经济、行政、法律等等手段全面调节市场经济，以实现经济增长方式的转变。安徽只有坚持不移的走可持续发展道路，将经济增长和循环经济相结合，尽一切可能地减少环境污染与破坏，才能最终实现社会的和谐可持续发展。

### 二、 推进技术创新，强化清洁Th产

清洁生产不仅注意在源头上对污染进行控制，以便提高资源利用率，同时还能够避免或减少在生产及产品的使用过程中污染物的排放，从而在一定程度上降低污染对人类的生活和健康造成的危害。清洁生产是指利用先进的技术设备，通过对清洁原材料的使用和工艺设计改进，达到资源的充分利用和管理目标的不断完善。

安徽省是中国中部区域的欠发达省份，省内各地市间发展不平衡，但众所周知，安徽省是一个矿产资源十分丰富的省份，两淮的煤炭矿产、马鞍ft的钢铁矿产以及铜陵的铜矿等的丰富储量，使得有色，金属、化工等“高能耗、高污染”行业快速发展，因此要从注重源头上控制企业的污染排放，而清洁生产正好提供了新的思路。清洁生产方式不仅仅带来了巨大的经济效益，还能够产生广泛的社会环境效应，因为清洁生产能够改变传统的、被动的控污方式，是控污染、提效率的重要手段。所以，安徽省各地市应当不断的引进新的技术和设备，大力推行技术创新，强化清洁生产方式，进而促进环境经济的可持续协调发展。

要发展清洁生产，应当努力做到：一、不断引进先进技术。围绕传统的高污染行业，如煤炭、冶炼、电力等行业，大力推广资源高效利用技术，提高资源利用率。二、大力推广清洁生产方式。拥有丰富煤炭资源的两淮地区，成为安徽省推广煤炭清洁产业的重点对象。此外，政府应强化各地市的清洁生产推广，做到从源头上控制污染，因此政府要给予大力资金投资外，还应加大清洁生产宣传力度。三、建立示范项目。通过清洁生产示范项目，一方面能够吸引大量的人才和技术，另一方面还能够研究开发低污染或者

无污染的技术产品，进而运用到实际生产中去。第四，强调清洁审核。开展清洁生产审核，从企业的角度，即能降低成本，又能降低原材料的消耗，进一步提高环境效率；而对于地方政府，则是完成节能减排目标重要途径和方法。

### 三、 调整产业格局，优化产业结构

伴随着工业化水平的提高，以工业为主导的经济增长方式地位不断增强，省经济快速发展。但随着经济快速发展的同时，安徽省长期走传统工业化道路、产业结构的不合理和发展模式粗放等矛盾日益凸显，而这也必然会造成环境污染和资源利用率低下等问题。针对目前安徽省所处环境，产业格局调节、产业结构优化迫在眉睫。在今后一段时期，安徽应该走新型工业化道路，不断加快产业结构的优化升级，逐步形成以基础产业与制造加工业为支撑，以高新技术产业为先导，现代农业及服务业全面发展的产业格局，需要从以下几个方面着手：一、加快发展第三产业。国民经济中，第三产业所占比例越高，该地区整体的经济实力和环境效率水平偏好。像皖南地区，尤其黄ft和池州等地可以大力开发当地旅游资源，发展特色旅游产业。二、推进经济结构转型。对此，首先必须摒弃传统的工业化发展模式，要大力推广发展低污染、低能耗的高科技产业；其次要加快资源型地市的经济转型和环境优化，从而实现由资源型到新兴产业、高新产业的转变，开辟可持续发展道路。三、提高投资规模增长速度。首先，投资规模的速度决定经济发展的速度；其次，投资结构的优化影响经济结构的改善。最后，投资环境的改善给外来投资者提供更好的服务。因此，从安徽的现实出发，加大投资力度，适度扩大投资规模，优化投资结构，以推动经济、资源及环境的持续、稳定、协调和健康发展。

### 四、 协调区域发展，建设Th态安徽

由于安徽省地域间存在显著的环境效率水平差异，皖北地区显著低于皖中和皖南地区。所以在制定相关政策时，需要考虑各地市的实际情况，协调区域经济发展。一、要巩固高效率地市的带头作用。环境效率水平较高的地市，如黄ft、铜陵，应当将产业结构调整作为发展重心，发挥本市优势，大力发展低能耗、低污染的高新产业，扶持帮助其他环境效率较低的地市。与此同时可以加快旅游资源的开发，加强大别ft的生态保护，积极发展特色的旅游产业和其他绿色产业。二、支持低效率地市的绿色发展。环境效率较低的地市应当加快转变经济发展模式，转换传统的工业主体增长方式，加快实现由资源型产业到高新技术产业的转变，提高环境效率。

总的来说，就是要不断坚持环境优先、绿色发展，促进经济社会与人口资源环境的协调发展。一方面加强生态环境修复和保护，另一方面要因地制宜发展资源环境可承载的特色产业，努力构建人与自然和谐相处的美好生态安徽。

### 五、 完善环境管理，增强环保意识

目前安徽省仍然处在经济转型期，现阶段的市场机制还不够健全，产业结构还不完全合理。因此，政府应当将环境经济政策与环境法规相结合，综合有效地运用价格、财税等经济杠杆，引导企业发展循环经济，这样才能最有效地降低污染、保护环境、提高环境效率。

（一）发挥环境经济政策

环境经济政策形式多种多样，如：押金制度、排污费、污染物排放权利（碳排放权）、排污许可证等制度，上述制度具有低成本、高效率的特点，但也同时存在一些问题。像排污费，由于目前排污费标准较低，不少企业宁愿缴纳排污费也不愿意提高污染控制方面的投资。排污收费制度仅仅只对污染严重超标的污染物收费，并不是对所有污染物收费，这就使得企业只愿针对超标的污染物进行治理，而这将会导致污染排放量的增大，影响严重。所以，政府在制定相应政策时，需要全面综合考虑，避免被钻政策漏洞。

（二）完善相关环境法律法规制度

经济市场运转不良必然导致环境问题的出现，这时就必须采取相应法规和规章对其约束。发达国家早在1970年之后就制定了环保方面的法规和规章，明显提高了当地环境质量和环境效率，这表明环境法规和环境规章在保护环境方面发挥很大作用；但是在执行时，却需要很高的执行成本和庞大的执行队伍，会给环境管理部门和地方财政带来沉重负担。因而，在制定相关环境法律法规时，要同时考虑到其优缺点，以获得较理想的效果。

（三）增强公众环保意识

我们的一举一动都会抖我们所处的生存环境产生影响，因此增强我们的环保意识便显得尤为关键。环保意识的强弱不仅可以反映公民的素质高低，同时也是衡量国家或地区文明程度的标尺。在某种意义上，增强环保意识就是间接的提高环境效率。

附录

**附录 A 2000-2005**年各地市劳动力（单位：万人）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 劳动力 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 237.33 | 240.41 | 251.64 | 250.50 | 262.40 | 256.30 |
| 淮北 | 97.13 | 96.72 | 106.00 | 100.40 | 100.20 | 102.21 |
| 亳州 | 292.02 | 296.59 | 288.99 | 305.36 | 311.77 | 312.94 |
| 宿州 | 300.58 | 303.67 | 303.92 | 317.60 | 320.80 | 325.80 |
| 蚌埠 | 182.40 | 183.69 | 182.17 | 183.20 | 184.27 | 186.50 |
| 阜阳 | 495.32 | 495.58 | 500.50 | 458.27 | 464.00 | 472.88 |
| 淮南 | 114.25 | 115.35 | 109.99 | 123.50 | 132.30 | 132.40 |
| 滁州 | 221.03 | 222.77 | 228.55 | 233.20 | 234.72 | 235.50 |
| 六安 | 354.73 | 358.41 | 352.02 | 379.50 | 380.60 | 381.09 |
| 马鞍ft | 65.18 | 65.61 | 71.76 | 63.10 | 59.82 | 60.20 |
| 巢湖 | 238.23 | 236.42 | 240.74 | 283.74 | 284.78 | 286.53 |
| 芜湖 | 137.52 | 134.02 | 124.55 | 128.26 | 129.93 | 130.20 |
| 宣城 | 160.60 | 160.45 | 171.14 | 170.72 | 181.47 | 181.96 |
| 铜陵 | 40.15 | 39.77 | 43.56 | 41.66 | 41.98 | 42.08 |
| 池州 | 87.73 | 86.30 | 95.37 | 95.29 | 98.86 | 99.27 |
| 安庆 | 330.67 | 333.30 | 325.48 | 389.80 | 395.50 | 403.90 |
| 黄ft | 91.97 | 89.83 | 100.46 | 89.80 | 90.00 | 90.00 |

**续附录A2006-2011年各地市劳动力（单位：万人）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 劳动力 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 270.50 | 286.50 | 301.40 | 307.00 | 344.50 | 476.20 |
| 淮北 | 104.20 | 105.90 | 107.90 | 110.30 | 111.50 | 113.00 |
| 亳州 | 313.64 | 316.44 | 323.03 | 326.98 | 334.15 | 322.90 |
| 宿州 | 333.50 | 339.40 | 341.80 | 352.30 | 355.10 | 368.40 |
| 蚌埠 | 187.30 | 189.80 | 190.97 | 195.20 | 212.50 | 226.00 |
| 阜阳 | 488.57 | 545.59 | 572.50 | 579.29 | 590.08 | 602.80 |
| 淮南 | 133.30 | 134.10 | 126.30 | 130.10 | 132.10 | 136.80 |
| 滁州 | 239.10 | 240.70 | 245.20 | 252.72 | 265.50 | 270.40 |
| 六安 | 387.93 | 390.50 | 392.00 | 393.50 | 395.00 | 399.50 |
| 马鞍ft | 61.50 | 61.90 | 64.60 | 64.97 | 66.74 | 122.00 |
| 巢湖 | 285.94 | 288.18 | 291.32 | 289.65 | 291.93 | NA |
| 芜湖 | 130.98 | 131.50 | 132.16 | 134.34 | 135.39 | 194.10 |
| 宣城 | 185.74 | 186.08 | 185.60 | 192.38 | 193.00 | 198.60 |
| 铜陵 | 43.16 | 43.16 | 44.54 | 44.87 | 45.22 | 45.60 |
| 池州 | 99.33 | 102.97 | 104.84 | 108.28 | 109.20 | 111.30 |
| 安庆 | 406.80 | 412.10 | 416.70 | 421.30 | 426.70 | 429.30 |
| 黄ft | 90.70 | 90.10 | 90.60 | 90.60 | 93.39 | 95.80 |

**续附录A2000-2005年各地市能源消耗（单位：万吨标准煤）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 357.20 | 422.97 | 537.77 | 597.13 | 686.29 | 927.60 |
| 淮北 | 188.01 | 213.00 | 255.33 | 274.33 | 335.43 | 389.76 |
| 亳州 | 169.07 | 188.72 | 217.11 | 220.55 | 258.47 | 258.94 |
| 宿州 | 249.24 | 283.76 | 335.18 | 338.82 | 409.92 | 439.30 |
| 蚌埠 | 204.58 | 226.58 | 279.96 | 290.13 | 348.03 | 378.07 |
| 阜阳 | 386.41 | 391.42 | 455.69 | 446.54 | 513.93 | 608.71 |
| 淮南 | 216.46 | 230.59 | 286.22 | 305.82 | 366.75 | 435.46 |
| 滁州 | 272.32 | 348.67 | 407.53 | 413.36 | 467.22 | 396.69 |
| 六安 | 249.51 | 283.73 | 356.91 | 353.40 | 397.61 | 451.30 |
| 马鞍ft | 357.06 | 413.64 | 518.11 | 609.86 | 793.72 | 989.19 |
| 巢湖 | 263.79 | 331.89 | 397.07 | 421.53 | 476.40 | 460.73 |
| 芜湖 | 257.50 | 288.50 | 360.36 | 396.31 | 455.06 | 501.45 |
| 宣城 | 229.43 | 253.62 | 302.28 | 320.33 | 353.84 | 346.83 |
| 铜陵 | 145.13 | 166.45 | 202.09 | 227.60 | 283.99 | 347.85 |
| 池州 | 98.48 | 106.71 | 127.51 | 136.77 | 159.32 | 198.44 |
| 安庆 | 338.27 | 369.88 | 436.13 | 468.89 | 548.95 | 564.53 |
| 黄ft | 50.41 | 57.09 | 63.86 | 73.73 | 85.35 | 98.36 |

**续附录A2006-2011年各地市能源消耗（单位：万吨标准煤）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 1048.19 | 1179.63 | 1314.70 | 1457.34 | 1653.21 | 2331.07 |
| 淮北 | 405.31 | 461.58 | 576.64 | 587.30 | 697.08 | 595.43 |
| 亳州 | 312.19 | 335.27 | 385.65 | 393.50 | 446.12 | 407.95 |
| 宿州 | 458.81 | 516.88 | 592.56 | 597.68 | 683.09 | 641.94 |
| 蚌埠 | 407.19 | 440.03 | 494.32 | 511.70 | 580.63 | 539.15 |
| 阜阳 | 619.06 | 703.73 | 795.53 | 846.60 | 952.39 | 856.62 |
| 淮南 | 473.31 | 514.34 | 645.40 | 689.26 | 779.39 | 679.03 |
| 滁州 | 418.98 | 466.39 | 529.46 | 557.60 | 640.00 | 587.69 |
| 六安 | 480.87 | 545.91 | 620.96 | 607.92 | 676.11 | 610.88 |
| 马鞍ft | 1171.79 | 1374.14 | 1553.00 | 1537.36 | 1767.36 | 1939.59 |
| 巢湖 | 490.85 | 548.42 | 619.24 | 651.09 | 736.79 | NA |
| 芜湖 | 604.17 | 695.12 | 846.40 | 948.72 | 1119.71 | 1106.05 |
| 宣城 | 413.14 | 454.66 | 535.69 | 536.29 | 620.63 | 582.77 |
| 铜陵 | 452.25 | 507.86 | 548.53 | 551.98 | 714.05 | 603.75 |
| 池州 | 238.16 | 275.24 | 318.85 | 387.20 | 451.27 | 420.54 |
| 安庆 | 672.47 | 764.94 | 877.65 | 948.61 | 1127.51 | 938.55 |
| 黄ft | 122.25 | 133.29 | 149.69 | 153.24 | 170.20 | 172.74 |

**续附录A2000-2005年各地市固定资产投资（单位：万元）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 696926 | 731755 | 860334 | 1161376 | 3304938 | 2848199 |
| 淮北 | 196881 | 121663 | 126730 | 178961 | 533953 | 653181 |
| 亳州 | 32098 | 69310 | 100383 | 145308 | 374524 | 466375 |
| 宿州 | 71178 | 71132 | 81204 | 112379 | 391261 | 471490 |
| 蚌埠 | 160292 | 213821 | 260890 | 358845 | 826654 | 816551 |
| 阜阳 | 233539 | 126920 | 174691 | 188272 | 570424 | 687475 |
| 淮南 | 110084 | 120028 | 137397 | 207083 | 734399 | 1044843 |
| 滁州 | 64168 | 73725 | 105202 | 167525 | 582212 | 644170 |
| 六安 | 118971 | 151225 | 185010 | 248061 | 600434 | 710131 |
| 马鞍ft | 85079 | 102470 | 185495 | 250542 | 1302009 | 1528267 |
| 巢湖 | 214883 | 185874 | 187141 | 246800 | 679317 | 772410 |
| 芜湖 | 377972 | 344708 | 451457 | 546403 | 1418204 | 1547756 |
| 宣城 | 100669 | 77370 | 122725 | 253128 | 911068 | 1037222 |
| 铜陵 | 98884 | 126360 | 126290 | 143277 | 551340 | 605713 |
| 池州 | 38335 | 60153 | 93729 | 144697 | 473154 | 563900 |
| 安庆 | 183989 | 236255 | 326814 | 382875 | 925381 | 1010408 |
| 黄ft | 97676 | 116664 | 145532 | 251545 | 675616 | 861683 |

**续附录A2006-2011年各地市固定资产投资（单位：万元）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 2848199 | 4908838 | 8101590 | 10924857 | 23904127 | 28003446 | 29029941 |
| 淮北 | 653181 | 935754 | 1229410 | 1593568 | 2803582 | 3360972 | 4006235 |
| 亳州 | 466375 | 546759 | 703850 | 820231 | 1608565 | 2423991 | 2960582 |
| 宿州 | 471490 | 648905 | 810231 | 1299844 | 2298442 | 2742587 | 3448070 |
| 蚌埠 | 816551 | 1027571 | 1311929 | 1614255 | 3153199 | 4102978 | 4927914 |
| 阜阳 | 687475 | 775439 | 1078260 | 1151531 | 2340619 | 2984876 | 3552942 |
| 淮南 | 1044843 | 1609244 | 1970410 | 1564721 | 2622111 | 3328056 | 3822680 |
| 滁州 | 644170 | 1045175 | 1648934 | 2459911 | 4964097 | 6269444 | 6396099 |
| 六安 | 710131 | 1188860 | 1391664 | 1756950 | 3302995 | 4415318 | 4989229 |
| 马鞍ft | 1528267 | 2140084 | 2631657 | 2833716 | 5182606 | 6482681 | 8240858 |
| 巢湖 | 772410 | 1112559 | 1796384 | 2350496 | 4115967 | 5096455 | NA |
| 芜湖 | 1547756 | 2075122 | 3119761 | 4063939 | 9174620 | 11455174 | 12243118 |
| 宣城 | 1037222 | 1554406 | 2141124 | 2966112 | 5914941 | 6222598 | 5403342 |
| 铜陵 | 605713 | 715229 | 906539 | 1264963 | 2849578 | 3354667 | 3762951 |
| 池州 | 563900 | 685124 | 1013443 | 1022653 | 1887713 | 2583850 | 2146341 |
| 安庆 | 1010408 | 1595240 | 2418692 | 3041819 | 5539943 | 6872941 | 7003634 |
| 黄ft | 861683 | 1232557 | 1502381 | 1662278 | 3307276 | 4034406 | 3239207 |

**续附录A2000-2005年各地市不变价GDP（单位：亿元）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 160.47 | 178.53 | 197.66 | 217.17 | 254.11 | 398.86 |
| 淮北 | 48.90 | 52.75 | 56.55 | 59.32 | 72.87 | 88.40 |
| 亳州 | 75.95 | 80.57 | 82.58 | 82.06 | 96.80 | 101.44 |
| 宿州 | 87.98 | 94.91 | 99.31 | 98.49 | 120.28 | 135.21 |
| 蚌埠 | 80.88 | 84.32 | 91.07 | 93.21 | 113.61 | 130.33 |
| 阜阳 | 103.22 | 98.51 | 100.44 | 97.11 | 113.47 | 141.79 |
| 淮南 | 65.63 | 66.25 | 72.84 | 76.35 | 92.43 | 115.12 |
| 滁州 | 107.66 | 130.37 | 134.47 | 134.06 | 153.25 | 136.75 |
| 六安 | 84.45 | 88.72 | 93.96 | 93.62 | 109.06 | 133.20 |
| 马鞍ft | 62.35 | 67.86 | 74.02 | 86.21 | 114.23 | 150.62 |
| 巢湖 | 84.65 | 100.82 | 106.65 | 111.18 | 126.96 | 128.92 |
| 芜湖 | 101.80 | 107.46 | 117.56 | 127.56 | 148.70 | 172.86 |
| 宣城 | 79.28 | 82.97 | 87.43 | 90.99 | 101.55 | 104.51 |
| 铜陵 | 36.22 | 39.37 | 42.34 | 46.78 | 58.92 | 75.70 |
| 池州 | 29.67 | 30.41 | 32.07 | 33.81 | 39.83 | 52.14 |
| 安庆 | 124.75 | 129.75 | 136.57 | 143.49 | 168.93 | 181.54 |
| 黄ft | 40.18 | 43.37 | 46.33 | 48.55 | 56.87 | 68.36 |

**续附录A2006-2011年各地市不变价GDP（单位：亿元）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 445.77 | 514.70 | 595.80 | 756.88 | 912.17 | 1142.63 |
| 淮北 | 93.28 | 103.04 | 124.93 | 133.89 | 155.87 | 174.36 |
| 亳州 | 124.01 | 129.41 | 144.66 | 155.51 | 173.13 | 196.89 |
| 宿州 | 149.03 | 163.62 | 182.91 | 195.04 | 219.66 | 252.12 |
| 蚌埠 | 149.03 | 158.00 | 174.06 | 191.58 | 215.43 | 245.15 |
| 阜阳 | 157.06 | 174.99 | 193.70 | 218.84 | 243.61 | 268.08 |
| 淮南 | 125.35 | 132.75 | 162.34 | 183.19 | 203.99 | 222.94 |
| 滁州 | 154.54 | 167.97 | 186.13 | 207.46 | 234.88 | 267.23 |
| 六安 | 147.92 | 167.87 | 191.08 | 202.97 | 228.28 | 257.99 |
| 马鞍ft | 178.03 | 205.21 | 227.71 | 239.97 | 273.73 | 359.54 |
| 巢湖 | 142.95 | 155.80 | 171.54 | 190.68 | 212.62 | NA |
| 芜湖 | 199.14 | 224.57 | 268.28 | 319.88 | 374.31 | 521.02 |
| 宣城 | 119.50 | 128.29 | 147.30 | 155.82 | 177.58 | 210.95 |
| 铜陵 | 101.10 | 110.64 | 116.42 | 123.74 | 157.58 | 182.05 |
| 池州 | 54.00 | 60.94 | 68.85 | 88.42 | 101.58 | 117.04 |
| 安庆 | 205.22 | 226.63 | 252.20 | 286.65 | 333.94 | 381.99 |
| 黄ft | 77.83 | 82.23 | 89.43 | 96.12 | 104.48 | 119.02 |

**续附录A2000-2005年各地市工业废水排放量（单位：万吨）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 8423.50 | 7089.17 | 7032.39 | 6017.35 | 5227.80 | 5689.28 |
| 淮北 | 2148.06 | 2574.94 | 2341.06 | 2398.23 | 2650.70 | 3270.66 |
| 亳州 | 933.16 | 1415.90 | 993.25 | 1047.56 | 1356.74 | 6359.86 |
| 宿州 | 1324.46 | 1488.00 | 1211.64 | 1215.38 | 1251.89 | 7254.94 |
| 蚌埠 | 4708.65 | 4651.36 | 3958.10 | 4069.25 | 4131.06 | 9003.54 |
| 阜阳 | 1536.32 | 2077.03 | 2041.86 | 1729.12 | 1536.32 | 2403.28 |
| 淮南 | 7765.29 | 8012.74 | 7453.34 | 7504.94 | 7104.91 | 4053.40 |
| 滁州 | 2311.31 | 1827.88 | 1792.87 | 1703.00 | 1701.80 | 3470.33 |
| 六安 | 3011.71 | 3153.69 | 3867.11 | 3954.86 | 4481.54 | 1855.24 |
| 马鞍ft | 11408.71 | 12120.08 | 13318.78 | 13052.32 | 13748.40 | 2120.55 |
| 巢湖 | 1873.32 | 2217.97 | 3839.62 | 1586.88 | 1777.98 | 1491.82 |
| 芜湖 | 4514.40 | 4551.69 | 1373.03 | 4059.83 | 3123.56 | 1301.31 |
| 宣城 | 1692.82 | 1688.37 | 1574.86 | 1474.31 | 1379.63 | 1684.68 |
| 铜陵 | 6250.50 | 5079.14 | 4694.93 | 4645.20 | 4316.56 | 4759.75 |
| 池州 | 548.85 | 561.46 | 520.13 | 541.84 | 1105.55 | 1354.02 |
| 安庆 | 4082.26 | 4089.72 | 3645.43 | 3667.13 | 3526.05 | 1065.10 |
| 黄ft | 572.74 | 630.30 | 395.83 | 429.11 | 1145.97 | 1398.76 |

**续附录A2006-2011年各地市工业废水排放量（单位：万吨）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 5502.00 | 5054.00 | 2093.29 | 2035.60 | 3289.79 | 6038.90 |
| 淮北 | 4932.00 | 1799.00 | 1651.74 | 1749.45 | 1813.13 | 2654.37 |
| 亳州 | 8277.00 | 1284.00 | 1216.99 | 1669.28 | 1527.16 | 3282.20 |
| 宿州 | 5754.00 | 1693.00 | 2325.18 | 3146.92 | 3687.72 | 7229.13 |
| 蚌埠 | 9007.00 | 7791.00 | 6854.41 | 5975.18 | 5741.81 | 4370.40 |
| 阜阳 | 2211.00 | 2657.00 | 2955.84 | 2947.25 | 2575.44 | 3045.19 |
| 淮南 | 4397.00 | 6027.00 | 6294.63 | 5778.56 | 5607.41 | 10625.93 |
| 滁州 | 3617.00 | 3687.00 | 3929.22 | 9145.21 | 7642.56 | 3972.20 |
| 六安 | 1944.00 | 5693.00 | 5417.50 | 5314.85 | 3435.86 | 3012.71 |
| 马鞍ft | 2853.00 | 9558.00 | 9487.05 | 8060.23 | 5562.81 | 7446.74 |
| 巢湖 | 2722.00 | 2630.00 | 2997.56 | 3789.43 | 5156.03 | NA |
| 芜湖 | 1434.00 | 7048.00 | 4785.03 | 4722.93 | 4305.53 | 2690.74 |
| 宣城 | 2631.00 | 5344.00 | 5116.09 | 5821.54 | 6883.08 | 4672.83 |
| 铜陵 | 5482.00 | 4464.00 | 4222.19 | 4447.71 | 4511.77 | 4351.36 |
| 池州 | 1531.00 | 2307.00 | 1133.93 | 1306.37 | 1485.51 | 1571.54 |
| 安庆 | 1506.00 | 4675.00 | 4684.62 | 5478.85 | 5643.55 | 4637.11 |
| 黄ft | 6319.00 | 1842.00 | 1842.10 | 2052.10 | 2102.11 | 1118.55 |

**续附录A2000-2005年各地市工业废气排放量（单位：亿标立方米）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 278.00 | 459.21 | 430.40 | 471.21 | 485.87 | 566.42 |
| 淮北 | 278.00 | 426.07 | 471.67 | 513.94 | 636.54 | 694.46 |
| 亳州 | 34.00 | 87.45 | 72.59 | 71.10 | 97.61 | 136.24 |
| 宿州 | 23.00 | 36.12 | 40.16 | 53.06 | 62.69 | 958.67 |
| 蚌埠 | 72.00 | 91.83 | 92.19 | 105.78 | 76.98 | 1554.32 |
| 阜阳 | 57.00 | 81.54 | 67.61 | 93.57 | 96.22 | 636.68 |
| 淮南 | 770.00 | 896.94 | 924.17 | 924.67 | 923.67 | 470.62 |
| 滁州 | 135.00 | 141.94 | 136.53 | 137.81 | 146.09 | 298.41 |
| 六安 | 50.00 | 90.44 | 87.49 | 98.41 | 106.36 | 15.14 |
| 马鞍ft | 335.00 | 996.09 | 1049.75 | 1050.82 | 1093.61 | 203.87 |
| 巢湖 | 239.00 | 271.88 | 541.38 | 279.14 | 296.36 | 94.60 |
| 芜湖 | 367.00 | 401.22 | 334.25 | 663.93 | 686.85 | 64.97 |
| 宣城 | 183.00 | 214.04 | 222.04 | 218.70 | 227.57 | 588.58 |
| 铜陵 | 306.00 | 321.72 | 343.28 | 390.36 | 413.61 | 179.93 |
| 池州 | 43.00 | 36.00 | 35.03 | 36.24 | 300.68 | 75.30 |
| 安庆 | 230.00 | 240.31 | 258.63 | 263.29 | 271.82 | 260.02 |
| 黄ft | 11.00 | 14.85 | 11.66 | 11.42 | 11.17 | 161.37 |

**续附录A2006-2011年各地市工业废气排放量（单位：亿标立方米）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 603.13 | 487.18 | 633.77 | 600.21 | 701.51 | 2775.00 |
| 淮北 | 780.13 | 569.34 | 584.00 | 602.28 | 669.94 | 1295.00 |
| 亳州 | 122.89 | 67.55 | 67.00 | 79.61 | 364.67 | 389.00 |
| 宿州 | 1093.56 | 181.92 | 240.03 | 332.19 | 535.25 | 798.00 |
| 蚌埠 | 1816.30 | 123.21 | 178.78 | 388.15 | 431.95 | 670.00 |
| 阜阳 | 645.32 | 379.88 | 397.55 | 396.37 | 427.06 | 858.00 |
| 淮南 | 601.91 | 2828.83 | 2622.84 | 2207.07 | 2359.70 | 2692.00 |
| 滁州 | 534.48 | 322.86 | 317.89 | 307.05 | 308.77 | 6192.00 |
| 六安 | 20.19 | 188.09 | 144.08 | 143.80 | 182.34 | 1093.00 |
| 马鞍ft | 228.26 | 3863.38 | 3927.76 | 3733.66 | 4392.91 | 5493.00 |
| 巢湖 | 142.01 | 746.56 | 1783.79 | 1271.55 | 1554.58 | NA |
| 芜湖 | 106.18 | 789.39 | 1387.77 | 1486.62 | 1636.47 | 2459.00 |
| 宣城 | 789.11 | 395.89 | 705.47 | 795.31 | 801.24 | 1792.00 |
| 铜陵 | 181.24 | 656.50 | 779.34 | 1031.54 | 1258.10 | 1845.00 |
| 池州 | 90.57 | 507.11 | 831.28 | 935.42 | 852.42 | 945.00 |
| 安庆 | 524.08 | 1128.55 | 1130.29 | 945.71 | 1355.72 | 1058.00 |
| 黄ft | 398.07 | 17.74 | 17.74 | 16.03 | 16.30 | 57.00 |

**续附录A2000-2005年各地市工业固体废物排放量（单位：万吨）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 合肥 | 105.42 | 166.03 | 150.09 | 161.37 | 168.44 | 168.60 |
| 淮北 | 434.63 | 419.97 | 435.77 | 484.06 | 511.83 | 165.65 |
| 亳州 | 16.01 | 158.06 | 140.28 | 151.75 | 33.29 | 56.93 |
| 宿州 | 68.07 | 80.74 | 85.39 | 84.95 | 138.85 | 740.89 |
| 蚌埠 | 41.82 | 46.06 | 42.75 | 42.80 | 42.18 | 1093.83 |
| 阜阳 | 50.34 | 60.41 | 55.34 | 63.43 | 143.56 | 594.33 |
| 淮南 | 506.90 | 630.16 | 665.72 | 679.69 | 702.89 | 575.46 |
| 滁州 | 57.88 | 47.64 | 46.68 | 54.79 | 48.15 | 72.62 |
| 六安 | 35.33 | 31.46 | 32.69 | 23.97 | 30.00 | 6.74 |
| 马鞍ft | 734.33 | 798.04 | 810.19 | 835.92 | 997.52 | 52.73 |
| 巢湖 | 53.37 | 53.43 | 108.31 | 52.40 | 73.80 | 117.96 |
| 芜湖 | 93.67 | 113.21 | 62.23 | 125.29 | 132.88 | 142.80 |
| 宣城 | 85.70 | 53.05 | 46.28 | 43.95 | 52.23 | 66.64 |
| 铜陵 | 469.82 | 487.00 | 513.60 | 505.05 | 441.74 | 115.59 |
| 池州 | 13.28 | 61.99 | 56.32 | 57.08 | 56.83 | 75.58 |
| 安庆 | 43.12 | 47.39 | 50.38 | 50.51 | 52.71 | 29.56 |
| 黄ft | 5.44 | 7.22 | 5.10 | 5.37 | 5.47 | 34.62 |

**续附录A2006-2011年各地市工业固体废物排放量（单位：万吨）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 合肥 | 188.00 | 238.00 | 244.29 | 276.72 | 339.46 | 1065.96 |
| 淮北 | 189.00 | 677.00 | 832.52 | 980.86 | 859.56 | 866.80 |
| 亳州 | 70.00 | 90.00 | 154.19 | 180.48 | 219.69 | 244.49 |
| 宿州 | 996.00 | 155.00 | 314.02 | 410.77 | 356.75 | 957.42 |
| 蚌埠 | 1224.00 | 76.00 | 83.70 | 149.80 | 177.65 | 209.37 |
| 阜阳 | 671.00 | 256.00 | 301.91 | 296.11 | 310.42 | 448.00 |
| 淮南 | 721.00 | 1217.00 | 1881.56 | 2018.62 | 2393.20 | 2316.89 |
| 滁州 | 81.00 | 65.00 | 66.76 | 145.64 | 161.11 | 207.48 |
| 六安 | 6.00 | 195.00 | 374.24 | 286.83 | 397.69 | 459.89 |
| 马鞍ft | 59.00 | 1466.00 | 1689.24 | 1867.35 | 1991.08 | 2130.86 |
| 巢湖 | 217.00 | 129.00 | 149.72 | 209.70 | 201.09 | NA |
| 芜湖 | 160.00 | 166.00 | 172.34 | 231.58 | 251.48 | 398.62 |
| 宣城 | 130.00 | 41.00 | 53.36 | 79.28 | 92.45 | 454.81 |
| 铜陵 | 130.00 | 749.00 | 938.70 | 1037.05 | 1137.01 | 1315.79 |
| 池州 | 81.00 | 84.00 | 98.23 | 113.35 | 117.15 | 181.69 |
| 安庆 | 64.00 | 350.00 | 208.11 | 181.02 | 147.10 | 178.43 |
| 黄ft | 43.00 | 6.00 | 5.66 | 5.66 | 5.29 | 36.74 |

参考文献

[1] 孙广生, 冯宗宪, 曾凡银． DEA在评价工业生产环境效率上的应用[J]． 安徽师范大学学报(自然科学版), 2003, 26(2): 112-116

[2] 宋新ft, 汪永辉, 路献品． 数据包络分析(DEA)模型在清洁生产评价中的应用[J]． 四川环境, 2003, 22(5): 58-62

[3] 卞亦文． 基于DEA理论的环境效率评价理论研究[M]． 合肥: 中国科学技术大学,

2006: 15-24

[4] 李静、程丹润． 中国区域环境效率差异及演进规律研究—基于非期望产出的SBM模型的分析[J]． 工业技术经济, 2008(11): 100-104

[5] 吴琦, 武春友． 基于DEA的能源效率评价模型研究[J]． 管理科学, 2009, 22(1):

103-112

[6] 王群伟、周德群、葛世龙、周鹏． 环境规制下的投入产出效率及规制成本研究[J]． 管理科学, 2009(6): 111-119

[7] 李胜文, 李新春, 杨学儒． 中国的环境效率与环境管制[J]． 财经研究, 2010, 36(2):

59-68

[8] 王俊能, 许振成, 胡习邦． 基于DEA理论的中国区域环境效率分析[J]． 中国环境科学, 2010(4): 565-570

[9] 杨俊, 邵汉华, 胡军． 中国环境效率评价及其影响因素实证研究[J]． 中国人口资源与环境, 2010, 20(2): 49-55

[10] 宋马林． 环境效率评价方法及其统计属性研究[M]． 合肥: 中国科学技术大学, 2011: 53-65

[11] 罗艳． 基于DEA方法的指标选取和环境效率评价研究[M]． 合肥: 中国科学技术大

学, 2012: 14-15, 46-47

[12] 潘庄晨、潘淑娟、周加来, 安徽省区域间不同资本的分配研究[J]． 财贸研究, 2007(4): 98-103

[13] 段勇瑞． 数据包络分析: 理论和应用[M]． 上海: 上海科学普及出版社, 2006

[14] 马占新． 数据包络分析模型与方法[M]． 北京: 科学出版社, 2010

[15] 魏权龄． 数据包络分析[M]． 北京: 科学出版社, 2004

[16] 王波, 产品环境影响评价理论与应用研究． [M] 北京: 北京航空航天大学, 2000: 15-56

[17] 卞亦文． 基于DEA的多部门结构的决策单元的环境效率评价[J]． 系统工程, 2007(9): 80-84

[18] 卞亦文． 基于DEA的环境绩效评价研究现状及拓展方向[J]． 商业时代, 2009(6):

64-65

[19] 杜春丽、成金华． 我国钢铁产业循环经济效率评价: 2003-2006[J]． 产业经济研究, 2009(5): 7-14

[20] 董秀海, 胡颖廉, 李万新． 中国环境治理效率的国际比较和历史分析[J]． 科学学研究, 2008(6): 1221-1230

[21] 郭京福, 杨德礼． 具有非期望输出决策单元相对有效性评价的DEA模型[J]． 系统工程学报, 1999(3): 91-95

[22] 李静． 基于SBM模型的环境效率评价[J]． 合肥工业大学学报, 2008(5): 771-775

[23] 李静、程丹润． 基于DEA-SBM模型的中国地区环境效率研究[J]． 合肥工业大学学报, 2009(8): 1208-1211

[24] 刘勇、李志祥、李静． 环境效率评价方法的比较研究[J]． 数学的实践与认识, 2010(1): 84-91

[25] 刘勇、李志祥、李静． 基于SBM-NS模型的环境效率评价[J]． 数学的实践与认识,

2009(24): 26-30

[26] 孙立成、周德群、李群． 基于非径向DEA模型的区域环境绩效评价研究[J]． 统计与信息论坛, 2009(7): 67-71

[27] 王波、张群、王飞． 考虑环境因素的企业DEA有效性分析[J]． 控制与决策, 2002(1):

24-28

[28] 王兵, 吴延瑞, 严鹏飞． 环境管制与全要素生产率增长: APEC的实证研究[J]． 经济研究, 2008(5): 19-32

[29] 王群伟, 周德群, 王思斯． 考虑非期望产出的区域能源效率评价研究[J]． 中国矿业, 2009(9): 36-40

[30] 周景博、陈妍． 中国区域环境效率分析[J]． 统计与决策, 2008(14): 44-46

[31] Charnes, A．, Cooper, W． W．, Rhodes, E．, Measuring the efficiency of decision making units[J]． European Journal of Operational Research, 1978(2): 429-444．

[32] Banker R D, Charnes, A．, W． W．． Cooper. Some Models for the Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis[J]． Management Science． 1984, Sept: 1078~1092

[33] Färe, R．, Grosskopf, S．, Lovell, C． A． K． Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: an onparametric approach[J]． The Review of Economics and Statistics, 1989(71): 90-98

[34] Berg, S． A．, Forsund, F． R．, Jansen, E． S．． Malmquist indices of productivity growth during the deregulation of Norwegian Banking 1980-89[J]． Scandinavian Journal of Economics 94(supplement), 1992: 211-228

[35] Tone, K．． Aslacks-basedmeasureofefficiencyindataenvelopment

Analysis[J]．European Journal of Operational Research, 2001(130): 498-509

[36] Rajiv D． Banker, Robert J． Kauffman, and Richard C． Morey． Measuring Gains in Operational Efficiency From Information Technology: A Study of the Positran Deployment at Hardee's Inc[J]． Journal of Management Information Systems, Vol 7, No.2, 1990(pp): 29-54

[37] Banker, R． D．． Maximum Likelihood, Consistency and Data Envelopment Analysis: A Statistical Foundation[J]． Management Science, 1993(Oct): 1265-1273

[38] Rajiv D． Banker． Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis[J]． The Journal of Productivity Analysis, 1996: 139-159

[39] Rajiv D． Banker, R． Natarajan" Statistical Tests Based on DEA Efficiency Scores" with Chapter 11 in Handbook on Data Envelopment Analysis, W． W． Cooper, L, Seiford and J． Zhu (Eds．), Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2004(pp): 299-321

[40] Banker, R． D．, Zheng, Z．, Natarajan, R．． DEA-Based Hypothesis Tests for Comparing Two Groups of Decision Making Units[J]． European Journal of Operational Research 206, 2010: 231-238

[41] Kuosmanen, T．, Johnson, A． L．． Data Envelopment Analysis as Nonparametric Least-Squares Regression[J]． Operations Research 58, 2010: 149-160

[42] Dyson, R． G．, Allen, R．, Camanho, A． S．, Podinovski, V． V．, Sarrico, C． S． &Shale, E． A．． Pitfalls and protocols in DEA[J]． European Journal of Operational Research, 2001(132): 245-259

[43] Freeman AM, Havenman RH, Kneese AV． Economics of environmental policy[M]． New York: John Wiley and Sons, Inc, 1973

[44] Kirkpatrick N． Selecting a waste management option using a life cycle analysis approach[J]． Packaging Technology and Science, 1993(6): 159-172

[45] Färe, R．, Grosskopf, S．, Lovell, C． A． K．, Pasurka, C．, Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Nonparametric Approach． The Review of Economics and Statistics 71, 1989(pp): 90-98

[46] Seiford, L． M．, Zhu, J．． Modeling undesirable factor sinefficiency evaluation[J]． European Journal of Operational Research, 2002(142): 16-20

[47] Pittman RW． Issues in pollution control: Interplant cost differences and economies of scale[J]． Land Economics, 1987(57): 1-17

[48] Reinhard, S．, Lovell, C． A． K．, Thijssen, G． J．． Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: estimated with SFA and DEA[J]． European Journal of Operational Research, 2000(121): 287-303

[49] VenchehA． H．, MatinR． K．, KajaniM． T．． Undesirable factors inefficiency measurement[J]． Applied Mathematics and Computation, 2005(163): 547-552

[50] Anersen P． N． C． Petersen. A procedure for ranking efficient unit in data envelopment analysis[J]． Management Science, 1993(10): 1264-1264

[51] Banker, R． D． Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis[J]． European J． Operational Res(July 1987), 35-44

[52] Schmidt, P． On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions[J]． Economics and Statistics(May 1976), 238-239

[53] Ellis, R． L． On a Question in the Theory of Probabilities[J]． Cambridge Mathematical. 1844: 253-290

[54] Allen, K．． DEA in the Ecological Context-An Overview, in: G． Westermann (ed) Data Envelopment Analysis in the Service Sector, Wiesbaden[J]． GablerEditionWissenschaft, 1999: 203-235

[55] Ayalon O, Avnimelech Y, Shechter M． Application of a comparative multidimensional life cycle analysis in solid waste management policy: the case of soft drink containers[J] ． Environmental Science & Policy, 2000(3): 135-144.

[56] Chung, Y．, Färe, R．, Grosskopf, S．． Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach[J]． Journal of Environmental Management, 1997(51): 229–240

[57] Cook, W． D．, Seiford, L． M．． Data envelopment analysis(DEA) -Thirty years on[J]． European Journal of Operational Research, 2009(192): 1-17

[58] Edmonds, J． andReilly, J．． Along-term global energy-economic model of carbon-dioxide release from fossil-fueluse[J]． Energy Economics, 1983(5): 74-88.

[59] Färe, R．, Grosskopf, S．, Hernandez-Sancho, F．． Environmental performance: anindex number approach[J]． Resource and Energy Economics, 2004(26): 343-352

[60] Färe, R．, Grosskopf, S．, PasurkaJr．, C． A．． Pollution abatement activities andtraditional productivity[J]． Ecological Economics, 2007(62): 673-682

[61] Färe, R．, Grosskopf, S．, Tyteca, D．． An activity analysis model of the environmental performance of firms-application to fossil-fuel-fired electric utilities[J]． Ecological Economics, 1996(18): 161-175

[62] Forsund, F． R．, Sarafoglou, N．． On the origins of data envelopment analysis[J]． Journal of Productivity Analysis, 2002(17): 23-40

[63] Hailu, A．, Veeman, T．． Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: anapplication to Canadian pulp and paper industry[J]． American Journal of Agricultural

Economics, 2001(83): 605-616

[64] Harvey, L．． Effect of Model Structure on the Response of Terrestrial BiosphereModels to CO2 and Temperature Increases[J]． Global Biogeochem． Cycles, 1989(3): 137-153.

[65] Hua, Z．, Bian, Y．, Liang, L．． Eco-efficiency analysis of paper mills along the Huai River[J]． Omega, 2007(35): 578-587

[66] Jahanshahloo, G． R．, Vencheh, A． H．, Foroughi, A． A．, Matin, R． K．． Inputs/outputs estimation in DEA when some factors are undesirable[J]． Applied Mathematics and Computation, 2004(156): 19-32

[67] Kordrostami S． and Amirteimoori A．． Un-desirable Factors in Multi-Component Performance Measurement[J]． Applied Mathematics and Computation, 2005(171): 721-729

[68] LansinkA． O． andReinhard, S．． InvestigatingTechnicalEfficiency and PotentialTechnological Change in DutchPig Fanning[J]． Agricultural Systems, 2004(79): 353-367

[69] LiangLiang, LiYongjun, LiShibing． Increasing the Discriminatory Power of DEA in the presence of the Undesirable Outputs and large Dimensionality of Data Setswith PCA[J]． Expert System with Applications, 2009(36): 5895-5899

[70] Lozano S, Lribarren D, Moreira MT, Feijoo G． The link between operational efficiency andenvironmental impacts: A joint application of Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis[J]. ． Science of the Total Environment, 2009, 407(5): 1744-1754

[71] Tone, K．． Dealing with undesirable outputs in DEA: a Slacks-Based Measure(SBM) approach[J]． Presentation at NAP W III, Toronto, 2004

[72] W． B． Liu, W． Meng, X． X． LiandD． Q． Zhang． DEA models with undesirable inputs and outputs[J]． Annals of Operations Research, 2010(173): 177-194

[73] Zhou, P．, Ang, B． W．, Poh, K． L．． Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance[J]． Ecological Economics, 2006(60): 111-118

[74] Zhou, P．, Ang, B． W．, Poh, K． L．． A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies[J]． European Journal of Operational Research, 2008a(189): 1-8

[75] Zhou, P．, Ang, B． W．, Poh, K． L．． Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies[J]． EnergyEconomics, 2008b(30): 1-14

[76] Zhu, J．, Chen, Y．, Assessing Textile Factory Performance. [J]． Journal of System Science and System Engineering 2, 1993(pp): 119-133