

学校编码: 10384
学号: 31320121152085

分类号__密级__
UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中国火电行业综合效率研究及其影响因素 分析

——基于非径向方向距离函数分析

**A Study on Unified Efficiency of China's Thermal Power
Industry and Its Influencing Factors
—Based on a Non-radial Directional Distance Function**

黄辉杰

指导教师姓名: 姚 昕 副教授

专 业 名 称: 能 源 经 济 学

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: __

评阅人: __

2015 年 3 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

本文旨在研究中国 30 个省级行政区火力发电行业的综合效率。横向地，分沿海、内陆两组进行区域间比较。纵向地，研究 2004 年至 2012 年期间火电行业综合效率变化情况。

方法上，选取非径向方向距离函数(NDDF)，克服了传统 DDF 在松弛存在时可能高估效率的缺点，将所有投入产出要素的非效率囊括进来度量火力发电行业的效率。本文构建了评价火力发电行业运营绩效和环境绩效的综合效率静态指标和综合效率动态指标。为了进一步探讨火力发电行业综合效率的动态变化，文本将综合效率动态指标进一步分解为技术效率变化（EC）、技术进步（BPC）、技术落差率变化（TGC）。

实证方面，本文将全国 30 个省级行政区分成两组，用 2004 年至 2012 年间各省火力发电行业的投入产出数据计算综合效率。结果表明，沿海地区综合效率(UEI)明显高于内陆地区。在被观测的大部分年份里，沿海地区综合效率的增长(MMUEI)也比内陆地区快。本文对造成 UEI 综合效率差异的影响因素做了分析，并且用 tobit 模型做了计量经济回归。结果表明，能源消费结构、煤炭资源分布、发电技术水平、经济发达水平，是造成火电行业综合效率差异的显著影响因素。而能源价格的影响不显著。

最后，根据研究结果给出政策性建议如下：第一、从全国范围内继续推行煤炭消费总量控制政策，降低煤炭在火电行业比例，同时推进煤炭的清洁化利用。第二、根据煤炭资源分布情况，对不同地区的火电行业采取不同的发展战略。鼓励资源丰富的内陆地区借助资源优势，进行煤电一体化开发；少煤的沿海地区减少煤炭利用，发展清洁能源。第三，鼓励发电企业技术创新和先进技术的引进，不断提高发电技术水平。继续推行“上大压小”政策，实行规模控制，整治效率低下的小火电。第四，注重经济发展，同时调整增长模式，提升综合效率。第五、继续推进市场化改革，放松价格管制，还原能源消费品的商品属性。

关键词：火电行业；方向距离函数；综合效率

Abstract

This paper aims to study the unified efficiency of china's thermal power industry in 30 provincial level administrative regions. Horizontally,coastal areas and inland areas are compared and analyzed. Vertically,we investigate the change of unified efficiency during 2004-2012.

In term of the method, this paper use the non-radial directional distance function(NDDF) which overcomes the limitation that the conventional DDF may overestimate efficiency when there are some slacks. It also incorporates inefficiency of all input and output factors to measure the unified(operational and environmental)efficiency of thermal power industry. This paper constructs both static indexes and dynamic indexes to evaluate operational and environmental performance of thermal power industry. In order to further discuss the dynamic change of the unified efficiency of thermal power industry, we decompose the dynamic indexes into efficiency change, best-practice change and technology gap ratio change.

As for the empirical analysis, this paper divide the 30 provincial level administrative regions into two groups and use the input-output data of china's thermal power industry in 30 provincial level administrative regions during 2004-2012 to calculate the unified efficiency. The results show that UEI in coastal areas is higher than that in inland areas. During the study period, the MMUEI in coastal areas is often higher than that in inland areas, which means that the UEI in coastal areas grows faster than that in inland areas. Then,this paper analyze the influence factors of the unified efficiency and use the tobit model to do econometric regression. The results indicate that energy consumption structure, coal resources distribution, power generation technology level, economic development level are significant influence factors of unified efficiency of thermal power industry. However, energy price has no significant influence.

In the end, policy suggestions are provided to the government as follows. Firstly, the policy of coal consumption control should be continued to reduce the proportion of coal consumption in the thermal power industry. At the same time, clean utilization

of coal should be promoted. Secondly, the development strategy of thermal power industry should vary with coal resources distribution. Inland areas with rich resources should be encouraged to develop coal electricity integrated complex project. Coastal areas lacking in resources should reduce coal consumption and develop clean energy. Thirdly, technology innovation and the introduction should be encouraged to improve the level of power generation technology. "setting up the large while shutting down the small " should also be continued to eliminate small thermal power plants with low efficiency. Fourthly, along with economic development, the growth mode should be adjusted to improve the unified efficiency. Finally, market-oriented reform should be continued and the price control should be relaxed to return the commodity property of energy goods.

Key words: thermal power industry; directional distance function; unified efficiency

目录

第一章 绪论.....	1
第一节 选题背景.....	1
第二节 文献综述.....	2
第三节 文章的创新点.....	5
第四节 不足之处.....	5
第五节 文章结构.....	6
第二章 方法介绍.....	7
第一节 生产技术集.....	7
第二节 非径向方向距离函数.....	8
第三节 综合效率指标 UEI.....	10
第四节 同期、跨期、全局生产技术和动态化及分解.....	11
第三章 综合效率的实证研究.....	16
第一节 实证的样本、变量和数据.....	16
第二节 实证计算结果及分析.....	20
第四章 影响因素分析.....	31
第一节 火电行业综合效率影响因素.....	31
第二节 全要素综合效率指标 UEI 的 Tobit 二阶段回归分析.....	32
第五章 总结和政策性建议.....	38
第一节 结论.....	38
第二节 政策建议.....	39
参考文献.....	42
附录.....	48
致谢.....	59

Contents

Chapter 1	Introduction	1
Subchapter 1	Research background	1
Subchapter 2	Literature review	2
Subchapter 3	Innovation points of this paper	5
Subchapter 4	Deficiencies	6
Subchapter 5	Structure	6
Chapter 2	Methodology	7
Subchapter 1	Production technology	7
Subchapter 2	Non-radial directional distance functions	8
Subchapter 3	Unified efficiency indices	10
Subchapter 4	contemporaneous, intertemporal, global production technology and dynamic index and the decomposition of the dynamic index	11
Chapter 3	Empirical studies on unified efficiency indices	16
Subchapter 1	Samples, variables and data	16
Subchapter 2	Results and analysis	20
Chapter 4	Analysis of influence factors	31
Subchapter 1	Influence factors of unified efficiency of thermal power industry	31
Subchapter 2	Two-stage tobit regressions on unified efficiency of total factors	33
Chapter 5	Conclusion and policy suggestions	38
Subchapter 1	Conclusion	38
Subchapter 2	Policy suggestions	39

Reference	42
Appendix.....	48
Acknowledgement	59

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

第一节 选题背景

我国经济发展速度令人瞩目，现已成为世界上第二大的经济体。虽然经济增速近年来有所下降，但是 2014 年仍然保持着 7.4% 的增速。过去的近十年中国经济的工业增加值保持较快增长，与之相伴的是旺盛的电力需求。根据能源局以及中电联发布的数据，2014 年，全社会用电量 5.52 万亿千瓦时。截至 2014 年底，我国发电装机容量 13.60 亿千瓦，居世界第一位。我国发电装机容量中火电为 9.16 亿千瓦，占全部装机容量的 67.4%。虽然火电占比近年来有所下降，但它依然是我国全社会用电的最大来源。而由于我国煤炭资源总储量丰富，煤炭在一次能源消费中占比 70% 左右。

在经济迅速发展的同时，煤炭等化石燃料大量使用带来的环境问题引人关注。在第十一个五年规划（2006-2010 年）期间，中国政府提出从 2006 年至 2010 年降低能源强度（单位 GDP 的能源消费）20%，以及从 2005 年至 2020 年降低 40% 至 45% 的碳强度（单位 GDP 的 CO_2 排放）的强制性目标。2011 年出台的《“十二五”节能减排综合性工作方案》中也明确了节能减排的目标。我国政府对于高耗能产业节能降耗的政策力度日趋加大。基于这些目标，火力发电厂处在减少其能源消费和碳排放的巨大的压力之下。因为拿 2010 年来说，中国的火力发电行业导致了全国接近 50% 的煤炭消费和 48% 的碳排放（Liu and Wang, 2011）^[1]。从这个角度考虑，中国的火力发电企业大幅度提升碳排放效率很重要。这样可以增加它们未来在世界上的“气候变化竞争力”以及通过缩减成本提高它们的经济竞争力。

在第 11 个五年规划（2006-2010 年）中，中国的火力发电企业为了降低它们的碳排放以达到减排目标，处在巨大的压力之下。中国政府提出了一种选择性集中政策来完成减排目标。我国的“上大压小”政策意味着不达标的小火电机组面临强制关停，至 2010 总共降低了 76830 兆瓦。在第 11 个五年规划期间，这个选择性集中政策很有效，以 2005 年为基年，火力发电部门减少了 17.4 亿吨的 CO_2 排放（中国电力企业联合会，2011）。

中国的火电行业的企业一方面承担着全社会用电的绝大部分责任,另一方面面临环境问题的约束。过去的近 10 年时间里,中国火电行业效率如何?不同地区之间的效率有何差异?造成差异的因素是什么?未来火电企业应当如何发展?政府应当如何制定政策以权衡火电企业的发展与环境保护之间的关系?这些问题是值得研究的重要问题。

第二节 文献综述

1.模型的发展

Farrel(1957)^[2]最早提出了 DEA 模型。为了将非合意产出能够包括在效率测算中 Charnes et al. (1978)^[3]将单一产出扩展为多产出的改进。Fare (1994)^[4]运用 Malmquist 生产指数提出的 DEA 效率评价模型可以将非合意产出的非效率性包含在内。

(王群伟等 2010)^[5]在上述前人研究的基础上构建了可研究效率动态变化的 Malmquist 指数,以此为基础,对中国 28 个省区市 1996—2007 年的二氧化碳的排放效率做了实证研究。Chambers(1996)^[6]通过设定方向向量的方法将合意产出的增加和非合意产出的减少同时纳入方向距离函数中进行效率评价。一些研究将其运用到评价其他部门的能源效率和环境效率中。例如 Chang and Hu(2010)^[7], Oggioni et al.(2011)^[8]以及 Riccardi et al.(2012)^[9]。

但是此前所用的方向距离函数依然受到径向假设约束。Fukuyama and Weber(2009)^[10]证明了这种假设的一个很大的局限性,即当方程中存在非零松弛条件时该假设会引起能源效率指标的高估。Fukuyama(2011)^[11]发展了一个基于松弛条件的方向性非效率测度和 Barros(2012)^[12]纳入非合意产出的罗素加权方向距离函数,他们的研究在一定程度上弥补了径向假设的缺陷。在国内学者所做的研究中,王兵等(2010)^[13]在评价环境效率时运用 SBM 方向距离函数和 Malmquist-Luenberger 指数将资源环境约束纳入考虑。

Fare and Grosskopf(2010)^[14]提出了非径向方向距离函数。Zhou(2012)^[15]构造了一个拥有良好数学性质的非径向方向距离函数,并对电力行业能源与碳排放效率做了实证研究。

2.效率指标的构造

(Sueyoshi 2011)^[16]在考虑了产出分为合意产出与非合意产出,投入分为能源与非能源投入的区别的情况下,提出了测算日本火电行业综合效率的方法,其提出的综合效率同时考虑了经营与环境效率。

(Zhou 2012)提出能源效率指标 EPI 为实际能源效率与潜在能源效率的比率,碳排放效率指标 CPI 为潜在碳强度与实际碳强度的比率。

(Zhang 2014)^[17]立足于检验规模控制政策对中国火电行业能源利用与碳排放效率的影响。鉴于此目标,提出了两种非径向方向距离函数来测算火电能源利用与碳排放效率。Zhang 综合了(Sueyoshi 2011)和(Zhou 2012)的方法,提出了 UEI 综合效率指标。本文借鉴了(Zhang 2014)的综合效率指标 UEI 的构造,用以进一步研究中国火电行业的综合效率相关问题。

3.效率指标的动态化

(王群伟等 2010)在上述前人研究的基础上构建了可研究效率动态变化的 Malmquist 指数,以此为基础,对中国 28 个省区市 1996—2007 年的二氧化碳的排放效率做了实证研究。

(Oh and Lee,2010)^[18]提出共同前沿 Malmquist 指数,并应用于 58 个国家 31 年的面板数据研究,得出亚洲国家有向技术前沿移动的趋势以及欧洲国家在世界技术前沿领先的结论。

(Zhang et al.,2013)^[19]提出了共同前沿下的非径向 Malmquist 二氧化碳排放效率指数 (MNMCPPI) 来测算全要素 CO_2 排放效率随着时间的动态化改变。该 MNMCPPI 方法通过解几个非径向数据包络分析 (DEA) 模型,将组间差异和非径向松弛纳入以往的 Malmquist 二氧化碳排放效率指标 (MCPI) 中。并在对中国 2005-2010 年火力发电行业数据的实证分析中得出结论,总体上全要素 CO_2 排放效率提高了 0.38%,并且得到一个 U 型的 MNMCPPI 曲线。分组对比的结果表明央属的企业缺乏创新和技术领先性,中央政府在提高 CO_2 排放效率角色的缺失。本文借鉴其 MNMCPPI 的构造和分解,来对 UEI 综合效率指标进行动态化得到 MMUEI 及其分解。

4.火电行业技术效率研究成果

有一些研究已经进行了简单的基准分析来估算全球发电机组的碳排放减少潜力(Maruyama and Eckelman,2009^[20]; Ang et al.,2011)^[21]。这种方法假设对于任一国家来说,火力发电的效率大于或等于某个由样本国家或地区建立好的水平。虽然基于这个方法的发现很有用,但是它通常只考虑一个指标,所以可以被认为是单要素的分析。然而发电是一个多要素的生产过程,需要的投入包括能源以及非能源的投入,譬如劳动和资本。例如 Sueyoshi and Goto(2011)^[22]讨论的那样,在一个全要素的生产框架下度量发电的综合效率可以对于电力管理者的决策提供一个更好的见解。

从生产效率的角度,很多研究有基准的能源与环境效率(Zhou et al.,2008a)^[23]。依照这个线路的研究,数据包络分析(DEA)技术在能源和环境效率评估方面获得了广泛应用(Song et al.,2012)^[24]。比如,Zhou et al.(2006,2010)^{[25][26]}; Picazo-Tadeo et al.(2011)^[27]以及 Wang et al.(2013a)^[28]在电力产业的案例中,许多研究已经使用了DEA来分析火力发电的效率(例如 Barros and Peypoch,2008^[29];Liu et al.,2010^[30];Jaraite and Maria,2012^[31]; Sueyoshi and Goto,2011,2012a,2012b^{[32][33]};Zhou et al.,2012,2013^{[34][35]};Bi et al.,2014^[36])。但是很少有研究关注到DDF在发电产业效率管理的应用。相比较于传统的DEA模型,DDF可以通过同时增加期望产出(如发电)以及减少非期望产出(如CO₂排放)来度量效率。在发电厂的层面,Färe et al.(2007)^[37]采用了DDF方法来度量美国的碳燃烧发电厂的环境效率。Zhang et al.(2013)开发了一个共同前沿DDF用来度量韩国的火力发电行业的能源和碳排放效率。Zhang et al.(2014)给出了一个关于DDF在能源和环境研究中应用的文献综述。

传统的DDF减少非期望产出(或投入)以及增加期望产出时,只能以一个固定的比率,所以可以被认为是一个径向的效率度量,有很多的局限性。其中一个局限性就是,当有松弛(Fukuyama and Weber,2009)存在的时候,径向度量有可能高估效率。而且,正如 Sueyoshi and Goto(2011)讨论的,径向的效率度量无法区分发电厂的环境效率和经营效率之间的差异。一些研究已经通过将松弛纳入效率度量当中(Fukuyama and Weber,2009; Fare and Grosskopf,2010; Barros et al.,2012),将传统的DDF发展成为非径向的DDF(NDDF)。更近的成果是,Zhou et

al.(2012) 对效率度量以一种公理化的方法定义了一个具有我们期望的数学性质的 NDDF。Wang et al.(2013c)^[38]用该 NDDF 方法度量了基于特定情况下的能源效率和生产力。

结合了 Zhang et al.(2013)和 Zhang et al.(2014)的研究, 本文使用 NDDF 构建了静态和动态两种指标来度量综合效率(经营和环境效率)以及中国的火力发电行业的能源与环境效率。与 Zhang et al.(2013)的研究不同的是, 本文不仅仅在构建效率指标时不仅考虑了单一要素的效率, 而是综合考虑了所有投入产出要素的效率。因为本文关注的是在一个全要素的生产框架之下的基准综合效率。与 Zhang et al.(2014)不同的是, 本文不仅仅讨论了综合效率静态指标, 还构建了综合效率动态指标来考察 2004 至 2012 年间的效率变化。本文使用了 2004-2012 年间全中国 30 个省级行政区的数据(港澳台和西藏除外), 并且依照地理位置以及公认的经济发达水平的不同, 将它们分成沿海和内陆两组, 这样分组的好处在于便于比较分析两组的技术差异率, 以及探讨导致技术差异率的影响因素, 进而给出政策性的建议。为了度量综合效率, 本文使用全要素 NDDF (TNDDF) 方法, 它将所有投入产出要素的无效率包含在内。

第三节 文章的创新点

1、在方法和指标上进行了一定的发展。在 NDDF 方法使用上, 较少学者将其应用到火电领域。此前 Zhang et al.(2014)提出 UEI 静态效率指标并应用于中国火电企业之间的效率研究比较。本文将静态的效率指标 UEI 发展成为动态的效率指标 MMUEI, 并应用于中国火电行业的省际的综合效率评价中。

2、在实证上, 本文选取 2004 至 2012 年中国 30 个省级行政区的火电行业投入(能源与非能源投入)和产出(合意与非合意产出)面板数据, 计算出各省火电行业的经营与环境的综合效率的静态指标 UEI 和动态指标 MMUEI。

第四节 不足之处

鉴于所采用方法的局限性, 以及笔者有限的水平, 本文的研究也有一些不足之处。

第一，本文使用的共同前沿效率度量方法涉及到分组问题。只有先分组之后才有前沿面，我们才能计算出各省对应的效率，这是该方法的局限性造成的。分组的标准是基于各地区之间的技术异质性，对此本文只能根据现有的有限的知识来加以归类，从而分组方式带有较大的先验性。

第二，本文在实证研究中只考虑了一个非合意产出，即 CO_2 排放。在数据可获得的情况下，未来的研究应该更广泛的考虑多种污染物的排放，例如 SO_2 等，从而以更加合理的方式来评估中国火电行业的能源与环境效率。面板数据可获得的情况下，将 SO_2 纳入考虑的火电行业综合效率相关问题值得进一步研究。

第五节 文章结构

文章共分为五个部分：第一章绪论。包括选题背景，文献综述，文章创新点和不足之处。第二章方法介绍。从环境生产技术，非径向方向距离函数，综合效率指标，同期、跨期、全局技术及效率指标的动态化四个方面，给出了详细的方法介绍。第三章实证研究。利用搜集的数据和构建的 NDDF 模型，测算了中国各地区 9 年时期内的火力发电行业的综合效率并且给出了结果，对结果进行了讨论分析。第四章影响因素分析。对于综合效率的影响因素先进行了理论上的分析，并用 tobit 方法对重要的影响因素进行了计量经济回归并给出结果，分析造成综合效率差异性的原因所在。第五章对上文做出总结并提出一些政策性建议。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

廈門大學博碩士論文摘要庫