**基于DEA的我国建筑业生产效率研究[[1]](#footnote-1)**

刘佳1，施­颖2

（1. 北京交通大学 经济管理学院，北京 100044

2. 中国矿业大学（北京） 管理学院，北京，100083）

**摘要：**构建了我国建筑业投入产出评价指标体系，运用CCR-DEA、BCC-DEA模型对我国建筑业1996-2012年的生产效率进行评价，针对CCR-DEA模型不能区分有效决策单元（DMU）的问题，采用SE-DEA模型进行评价、排序。研究结果显示：2008年以后我国建筑业生产效率表现较好，实现了DEA有效，增长方式由规模型向效益型转变。通过进一步分析实现DEA有效的投入冗余、产出不足，提出了调控建筑企业资质等级和数量规模、提高劳动生产率和发展绿色低碳建筑的建议。

**关键词：**生产效率；投入产出；DEA；建筑业；

**中文分类号：F407.9 文献标识码：A** 文章编号:

**Research of the Production Efficiency of Construction Industry in China**

**Based on DEA Model**

LIU Jia1，Shi Ying2

(1.School of Economics and Management，Beijing Jiaotong University，Beijng 100044，China

2. School of management，China University of Mining and Technology (Beijing)，Beijng 100083，China)

**Abstract：**The paper establishes input and output index system of construction industry, evaluates the production efficiency of Chinese construction industry from 1996 to 2012 based on CCR-DEA and BCC-DEA model. For the cause of CCR-DEA model can’t distinguish the same effective decision making units (DMU), the paper uses SE-DEA model to evaluate and sort the production efficiency. The research shows that the production efficiency of the construction industry are getting better from 2008, and the production efficiency is on an effective DEA status, also from then growth mode of construction industry changed from scale efficiency to quality efficiency. Finally, by analyzing the input redundancy and output deficiency that need improving to achieve the DEA effectiveness, it puts forward the suggestions that concludes controlling the construction enterprise qualification level and quantity, improving the labor productivity and developing green low-carbon building.

**Key words：**production efficiency；input-output；DEA；construction industry;

一、引言

建筑业是我国国民经济的支柱行业，从2001年开始，建筑业总产值和增加值的增长率均保持在20%的水平，解决就业人数超过4000万人，建筑业总产值对对国内生产总值的贡献率从11.4%增长到25.7%，建筑业增加值对国内生产总值的贡献率从3.2%增长到5.0%。尽管建筑业的地位和规模在不断扩大，但仍然面临产业结构不合理、利润率低、劳动效率低、产业化程度低和能源消耗高等问题。因此，为推动建筑业的健康发展，掌握建筑业的运行状况，需要对建筑业的生产效率进行科学合理的评价。

建筑业生产效率是指在一定时期，以建筑业技术和资源配置能力为基础，实现以最少生产要素投入，获得最大产出收益的能力。目前国内外学者采用数据包络分析法进行生产效率评价，该方法属于非参数的统计估计方法，通过判断决策单元投入要素到“生产前沿面”的距离计算生产效率值[1]，具有不受投入、产出指标量纲影响，不需专家打分设置权重等特点。目前对建筑业生产效率的研究关注于国家和区域两个层面，相关文献如表1所示：

表1 建筑业生产效率研究文献

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学者 | 评价模型 | 投入指标 | 产出指标 | 研究层面 | 基本结论 |
| Nazarko J[2] | CCR-DEA  Tobit回归 | 建筑企业数、从业人数、人员成本 | 建筑业增加值、营业额 | 欧洲  2006-2012年 | 欧洲建筑业的生产率存在巨大差异 |
| 李伟[3] | CCR-DEA  BCC-DEA | 从业人数、固定资产和技术装备率 | 建筑业总产值、施工面积和利润总额 | 31个省市  2007年 | 11个省市为DEA有效，2个省市为弱DEA有效，其余为DEA无效 |
| 李百吉[4] | CCR-DEA  BCC-DEA | 固定资产、从业人数 | 利税总额 | 31个省市  2005年 | 我国大多数省（市）区建筑业的生产效率不高 |
| 王文周[5] | CCR-DEA  BCC-DEA | 固定资产、从业人数 | 利税总额 | 31个省市  2003-2011年 | 我国建筑业生产效率整体不高，区域生产效率水平差异较大 |
| 庞永师[6] | SE-DEA  Malmquist | 固定资产、从业人数 | 建筑业增加值 | 31个省市2007-2011年 | 我国建筑业生产效率稳步上升 |
| 戴永安[7] | CCR-DEA  Tobit回归 | 劳动成本、从业人数、 固定资产和机械功率 | 建筑业增加值、工程结算利润 | 30个省市1994-2006年 | 我国建筑业综合技术效率偏低，总体上呈下降趋势，根源在于纯技术无效率低下 |
| 庄焰[8] | CCR-DEA  BCC-DEA | 从业人数、固定资产净值、能源消耗总量 | 建筑业总产值 | 国家  1991-2003 | 我国建筑业保持了较高的效率值 |
| 李公祥[9] | SE-DEA  CCR--DEA | 固定资产、从业人员、能源消耗总量 | 建筑业总产值 | 国家  1997-2006年 | 我国建筑业生产效率较高，但能源利用效率偏低 |
| 李忠富[10] | CCR-DEA  Malmquist | 固定资产、从业人数 | 建筑业总产值 | 国家  1996-2005年 | 我国建筑业增长方式由粗放式向集约式转变 |

从表1可以看出，对我国建筑业生产效率的研究存在以下问题：（1）投入产出指标缺乏统一标准，选取的评价时期较短，由此可能导致评价结果出入较大；（2）采用传统CCR-DEA、BCC-DEA模型，无法区分有效率的决策单元。鉴于此，本研究对上述问题进行拓展研究，运用超效率DEA模型分析了1996-2012年的建筑业生产效率，结合研究结果提出了建筑业发展的对策和建议。

二、研究理论

数据包络分析（Data Envelopment Analysis，DEA）用于评价具有多投入与多产出特点的决策单元（Decision making unit，DMU）的相对有效性[11]，该模型主要应用于社会、经济和企业投入、产出效率评价领域。

1. CCR-DEA模型

CCR-DEA模型用于分析决策单元的综合技术效率。设有n个决策单元，对应的投入向量为：，产出向量为。引入非阿基米德无穷小量和松弛变量、后原线性规划问题转化为：

（1）

式（1）表明在生产可能集内，在既有产出水平不变的条件下，投入量可以压缩的比例为，当时，为非DEA有效，当时，为DEA有效。根据、是否为零进一步分为弱DEA有效和DEA有效。

定理一、被评价决策单元有效性的定义：

（1）若最优解满足，则称为弱DEA有效；

（2）若最优解满足，且有，成立，则称为DEA有效；

（3）若最优解满足，则称为非DEA有效[12]。

定理二、被评价决策单元规模收益的定义：

令，若满足：

1）k=1，则规模收益不变；

2）k<1，则规模收益递增；

3）k>1，则规模收益递减。

非DEA有效的决策单元可以通过投影的方式得到DEA有效理想数值，满足：

（2）

达到DEA有效的变化量等于投影所得值与原始投入、产出值之间的差异，设投入的变化量为，产出的变化量为，则有：

 （3）

2. BCC-DEA模型

BCC-DEA模型用于分析的纯技术效率，是在CCR-DEA模型的基础上加入权重之和等于1的凸约束[13]，含松弛变量形式的BCC模型如公式（4）所示：

（4）

3. SE-DEA模型

超效率DEA模型（Supper efficiency DEA，SE-DEA）从生产前沿面剔除有效率的决策单元，用剩余决策单元构成新的生产前沿面，剔除的决策单元到新的生产前沿面的距离为超效率值[14]，剔除D点后原生产前沿面由ABCDEFG转换为ABCEFG，为点的超效率值。求解后有效率的决策单元的效率值会大于1，无效率的决策单元的效率值保持不变，从而实现全体决策单元完全排序，基于CCR-DEA模型的SE-DEA模型如公式（5）所示：

 （5）

三、评价指标选取

选取投入指标时，综合考虑国内学者相关研究成果和现有统计数据，除选取从业人数、固定资产和能源消耗三项指标外，结合我国建筑业生产运行的特点，增加建筑企业数和施工机械设备投入两项指标。这是由于建筑业企业的构成与规模关系到产业结构调整，与建筑业的发展紧密联系，而机械设备又是重要的生产投入要素。

选取建筑业总产值和增加值作为产出指标。这是因为总产值和增加值分别反映了建筑业产出水平的两项重要的宏观和微观指标；增加值由建筑业总产出减中间投入所得，反映建筑业生产力水平、利益分配关系和社会贡献程度 [15]，由于建筑业增加值包含营业利润，因此，不再将营业利润作为产出指标。

数据来源于国家统计局《中国统计年鉴》和Wind资讯金融数据库，考虑到2013、2014年建筑业能源消费数据缺失，因此，选取1996-2012年的指标数据作为样本数据，能够满足DEA模型对样本数量是评价指标项数之和两倍或两倍以上的要求。我国建筑业投入-产出基础数据如表2所示。

表2 我国建筑业投入-产出指标基础数据表（1996年-2012年）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 企业个数（个） | 从业人数  （万人） | 能耗  （万吨标准煤） | 建筑业固定资产投资（亿元） | 施工机械设备年末净值（亿元） | 总产值  （亿元） | 增加值  （亿元） |
| 1996 | 41364 | 2121.87 | 1448.63 | 245.16 | 881.44 | 8282.20 | 2405.60 |
| 1997 | 44017 | 2101.51 | 1179.00 | 236.66 | 993.87 | 9126.50 | 2540.50 |
| 1998 | 45634 | 2029.99 | 1612.09 | 216.91 | 1040.72 | 10062.00 | 2783.80 |
| 1999 | 47234 | 2020.13 | 1381.44 | 284.82 | 1162.83 | 11152.90 | 3022.30 |
| 2000 | 47518 | 2110.7 | 2178.53 | 307.46 | 1257.23 | 12497.60 | 3341.10 |
| 2001 | 45893 | 2245.2 | 2255.02 | 281.60 | 1506.25 | 15361.60 | 4023.60 |
| 2002 | 47820 | 2414.3 | 2409.57 | 387.22 | 2172.29 | 18527.20 | 3822.40 |
| 2003 | 48688 | 2414.30 | 2720.66 | 527.99 | 2403.96 | 23083.87 | 4654.70 |
| 2004 | 59018 | 2500.30 | 3114.6 | 526.34 | 2324.52 | 29021.45 | 5615.80 |
| 2005 | 58750 | 2699.90 | 3403.31 | 664.34 | 2503.77 | 34552.10 | 6899.70 |
| 2006 | 60166 | 2878.20 | 3760.73 | 795.69 | 2621.75 | 41557.16 | 8116.40 |
| 2007 | 62074 | 3133.70 | 4127.52 | 992.48 | 2885.63 | 51043.71 | 9944.35 |
| 2008 | 71095 | 3315.00 | 3812.53 | 1195.78 | 3286.92 | 62036.81 | 12488.90 |
| 2009 | 70817 | 3672.60 | 4562.02 | 1569.13 | 3704.98 | 76807.74 | 15619.80 |
| 2010 | 71863 | 4160.40 | 5309.30 | 2241.73 | 3971.99 | 96031.13 | 18983.50 |
| 2011 | 72280 | 3852.50 | 5872.16 | 3239.87 | 4632.71 | 116463.32 | 22071.00 |
| 2012 | 75280 | 4267.20 | 6167.37 | 3685.34 | 5707.08 | 137217.86 | 26583.31 |

四、模型求解与分析

根据上述研究方法，采用Matlab.R2013b求解CCR-DEA、BCC-DEA和SE-DEA模型，计算结果如表3、4所示：

表3 我国建筑业生产效率评价值（1996年-2012年）

注：Irs表示规模收益递增，-表示规模收益不变。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | SE-DEA  超效率 | CCR-DEA  综合技术效率 | BCC-DEA  纯技术效率 | SE  规模效率 | k | PTE  规模收益 | 排名 |
| 1996 | 0.8355 | 0.8355 | 1.0000 | 0.8355 | 0.4514 | Irs | 16 |
| 1997 | 0.9040 | 0.9040 | 1.0000 | 0.9040 | 0.4369 | Irs | 12 |
| 1998 | 0.9514 | 0.9514 | 1.0000 | 0.9514 | 0.6538 | Irs | 11 |
| 1999 | 0.9016 | 0.9016 | 1.0000 | 0.9016 | 0.5048 | Irs | 13 |
| 2000 | 0.8721 | 0.8721 | 0.9840 | 0.8863 | 0.7141 | Irs | 14 |
| 2001 | 1.1825 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 1 |
| 2002 | 0.8710 | 0.8710 | 0.9732 | 0.8950 | 0.8419 | Irs | 15 |
| 2003 | 0.8149 | 0.8149 | 0.9873 | 0.8330 | 0.8135 | Irs | 17 |
| 2004 | 1.0424 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 7 |
| 2005 | 0.9715 | 0.9715 | 0.9861 | 0.9852 | 0.9592 | Irs | 10 |
| 2006 | 0.9877 | 0.9877 | 1.0000 | 0.9893 | 0.9251 | Irs | 8 |
| 2007 | 0.9877 | 0.9877 | 1.0000 | 0.9877 | 0.8919 | Irs | 9 |
| 2008 | 1.0475 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 5 |
| 2009 | 1.0577 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 4 |
| 2010 | 1.0630 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 3 |
| 2011 | 1.0440 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 6 |
| 2012 | 1.1564 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | - | 2 |

表4 我国建筑业投入、产出松弛变量、数据表（1996年-2012年）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 企业个数（个） | 从业人数  （万人） | 能耗（万吨标准煤） | 建筑业固定资产投资（亿元） | 施工机械设备年末净值（亿元） | 总产值（亿元） | 增加值（亿元） |
| 1996 | 15344 | 816.8 | 183.2 | 0 | 0 | 2217.8 | 0 |
| 1997 | 18830 | 892.6 | 0 | 0 | 103.4 | 2185.5 | 0 |
| 1998 | 14269 | 500.3 | 75.3 | 0 | 0 | 982.7 | 0 |
| 1999 | 18152 | 648.9 | 0 | 0 | 112.3 | 2405.6 | 0 |
| 2000 | 11065 | 339.7 | 329.4 | 0 | 0 | 1495.7 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 1191 | 319.4 | 0 | 0 | 361.2 | 0 | 0 |
| 2003 | 0 | 206.5 | 131.1 | 0 | 350.1 | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 100.8 | 292.2 | 0 | 82 | 0 | 0 |
| 2006 | 0 | 187.1 | 550.7 | 0 | 27.2 | 0 | 145.8 |
| 2007 | 0 | 263.9 | 794.4 | 0 | 59.7 | 0 | 306.7 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2011 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1. 纯技术效率分析。从表3可以看出：1996-2012年纯技术效率值等于或完全接近于1，说明我国建筑业技术水平一直处于稳定状态，在既有技术条件下，资源的投入是有效率的，生产要素达到了最佳组合，能够取得最大的产出效果。

2. 综合技术效率分析。从表3可以看出：1996-2000年、2002-2003年、2005-2007年综合技术效率值均小于1，属于非DEA有效，由于综合技术效率等于纯技术效率与规模效率之积，而规模效率通常认为是产业结构配置对产出单元发生作用的大小，说明这几年我国建筑业实际规模大于最优规模，存在资源配置无效的问题。2001年、2004年、2008-2012年综合技术效率均等于1，松弛标量等于0，属于DEA有效，说明在2008年之后，我国建筑业产业结构调整取得了一定成效，达到了规模有效，进一步通过SE-DEA模型分析得出：2008-2012年的超效率值排名总体靠前，说明我国建筑业生产效率表现越来越好。

3. 规模收益分析。从表3可以看出：1996-2007年我国建筑业以规模收益递增为主，2008-2012年保持规模收益不变，说明我国建筑业增长方式已经由规模型向效益型转变，这符合行业发展的一般性规律，因此，未来建筑业的发展方向不应盲目追求规模扩大化，而应注重科技创新和人才培养，走专业化、高技术含量、高附加值的发展道路。

4. 投入产出分析。从表4可以得出：我国建筑业投入冗余较大，为达到DEA有效，在保证产出水平不变的条件下，企业个数、从业人数和能源消耗需要分别降低15.62%、16.74%和10.00%。企业个数的冗余说明我国建筑业企业规模和构成不合理，由于准入门槛低导致同质竞争激烈的问题比较严重，因此，优化产业结构应重点调控企业资质等级和数量规模。从业人数的冗余说明我国建筑业仍属于劳动密集型行业，劳动生产率低，只有坚持技术创新才能从本质上提升建筑业的发展水平。能源消耗的冗余说明我国建筑业能源消耗大、利用率低，必须坚持推广绿色关键技术，实施绿色建筑激励政策。从产出看，建筑业总产值是造成DEA无效的主要因素，在原有投入水平不变的条件下，为达到DEA有效，建筑业总产值还应再提高10.84%，原因在于现有技术和规模配置整体水平较低导致总产值无法快速上升，尽管总产值规模在不断扩大，但主要得益于外部要素的投入拉动，技术和规模配置能力没有得到实质性提高。

五、结论

通过上述DEA分析可以得出以下结论：我国建筑业纯技术效率一直处于稳定状态，2008年以前规模效率总体偏低，存在资源配置无效的问题，2008年以后建筑业整体处于DEA有效阶段，增长方式开始由规模型向效益型转变。结合宏观经济学理论和我国建筑业发展的实际情况有以下几点启示：

1. 优化产业结构，提高市场集中度。我国建筑市场准入门槛低，大量企业涌入建筑业，尤其是劳务分包市场，造成专业化分工不足，同质化竞争激烈，行业利润率偏低等问题。因此，应合理调控企业资质等级和数量规模，形成总包、专业分包、劳务分包比例协调、分工合作、优势互补的产业结构。

2. 坚持科技创新，提高劳动生产率。我国建筑市场吸纳了大量的农村富余劳动力，解决了社会性就业问题，但仍存在劳动效率低、技术工人所占比例低等问题，使建筑业的发展水平与发达国家存在较大差距。因此，应建立统一的技术工人等级标准和培训体系，提高从业人员的素质，注重科技创新，提高劳动生产率。

3. 推广绿色关键技术，实施绿色建筑激励政策。我国建筑业能源消耗大，能源利用效率低，2003-2012年建筑业能源消耗年平均增长率达到了34.47%，大于建筑业总产值20%的增速。因此，应坚持推广绿色关键技术，实施绿色建筑财政补贴、税收减免和贷款优惠政策，转变以往粗放型的能源利用方式，促进绿色建筑规模化发展。

**参考文献**

[1] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京：中国人民大学出版社，2012.

[2] Nazarko J，Chodakowska E. Measuring Productivity of Construction Industry in Europe with Data Envelopment Analysis[J]. Procedia Engineering，2015，122：204-212.

[3] 李伟，李光辉，李月娟. 基于DEA模型的我国各省区建筑业生产效率评价实证研究[J]. 科技进步与对策，2009（21）：153-155.

[4] 李百吉，贾洪. 我国各区域建筑业生产效率比较研究[J]. 北京工业大学学报（社会科学版），2009（01）：21-25.

[5] 王文周，林则夫，仇勇. 中国建筑业生产效率评价与演化特征研究[J]. 统计与决策, 2013（24）：95-98.

[6] 庞永师，刘景矿，王亦斌. 基于超效率DEA和Malmquist法的中国建筑业生产效率分析[J]. 广州大学学报（自然科学版），2015（01）：82-89.

[7] 戴永安，陈才. 中国省际建筑业效率差异及其影响因素研究[J]. 中国软科学，2010（01）：87-95.

[8] 庄焰，郑贤，王京元. 中国建筑业投入产出效率分析：1991-2003[J]. 建筑经济， 2006（S2）：9-12.

[9] 李公祥，尹贻林. 基于超效率DEA方法的中国建筑业生产效率实证研究[J]. 北京理工大学学报（社会科学版），2009（04）：36-40.

[10] 李忠富，王汇墨. 基于DEA的中国建筑业生产效率实证研究[J]. 系统管理学报，2011（03）：307-313.

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

[12] Banker R D，Thrall R M. Estimation of returns to scale using data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research，1992，62：74-84.

[13] Banker R D，Charnes A，Cooper WW. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis [J]. Management Science，1984，30： 1078-1092.

[14] Andersen P，Petersen N C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis [J]. Management Science，1993，39：1261-1264.

[15] 王汇墨. 中国建筑业增加值提升机理研究[D]. 哈尔滨工业大学博士学位论文，2010.

**作者简介：**

刘佳（1984年），男，汉族，河北唐山人，北京交通大学在读博士研究生，研究方向：工程与项目管理、项目投融资。本人在北京交通大学学报（社科版）、科技管理研究、当代经济管理等期刊发表多篇论文。

施颖（1983年）女，江苏苏州人，中国矿业大学（北京）管理学院讲师，研究方向：会计学理论与实务、财务管理。

1. **收稿日期：**

   **基金项目：**国家自然科学基金（71173011）

   **作者简介**：刘佳（1984-），男，河北乐亭人，北京交通大学经济管理学院博士研究生。研究方向：工程与项目管理、项目投融资。施颖（1983-）女，江苏苏州人，中国矿业大学（北京）管理学院讲师，研究方向：会计学理论与实务、财务管理。 [↑](#footnote-ref-1)