**管理学博士学位论文**

环境规制对我国建筑业经济增长的影响研究

**RESEARCH ON THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL REGULATION ON CONSTRUCTION INDUSTRY GROWTH IN CHINA**

张丽丽

**哈尔滨工业大学**

**2013 年 5 月**

图书分类号：F281 学校代码：10213

U.D.C.: 338 密级：公开

管理学博士学位论文

环境规制对我国建筑业经济增长的影响研究

博士研究 生： 张丽丽

导 师： 田金信 教授 副 导 师： 武永祥 教授 申 请 学 位： 管理学博士

学 科： 管理科学与工程 所 在 单 位： 经济与管理学院 答 辩 日 期： 2013 年 5 月 授予学位单位： 哈尔滨工业大学

Classified Index：F281 U.D.C.: 338

**Dissertation for the Doctoral Degree in Engineering**

**RESEARCH ON THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL REGULATION ON CONSTRUCTION INDUSTRY GROWTH IN CHINA**

**Candidate：** Zhang Lili

**Supervisor：** Prof. Tian Jinxin

**Associate Supervisor：** Prof. Wu Yongxiang

**Academic Degree Applied for：** Doctor of Management

**Specialty：** Management Science & Engineering

**Affiliation：** School of Management

**Date of Defence：** May, 2013

**Degree-Conferring-Institution：** Harbin Institute of Technology

摘 要

建筑业是国民经济基础产业之一，是其他相关产业赖以生存和发展的基础。建筑业的经济增长对国民经济持续稳定发展起着重要的作用。作为高污染、高消耗的产业，建筑业的快速发展不可避免地造成了各种环境污染。随着国家环境保护政策的逐步完善，环境规制强度对建筑业经济增长势必带来影响。为了深入研究环境规制对建筑业经济增长的影响，实现环境保护与建筑业经济增长“双赢”的目标。本文基于环境规制理论、经济增长理论、外部性理论和可持续发展理论，从环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制着手研究环境规制与建筑业经济增长之间的动态关系，并对在环境规制下建筑业经济增长效率进行评价，最后提出在环境规制下提高建筑业经济增长效率的对策。本文主要从以下几个方面研究环境规制对建筑业经济增长的影响。

通过深入剖析环境规制对建筑业产生影响的作用机制来寻求环境规制与建筑业经济增长之间的有效联结，确定实现经济与环境目标相协调的环境规制微观传导机制。通过构建环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的动态影响模型，分析评价变量之间的动态影响关系，并分别对全国、高规制区域和低规制区域进行实证研究。研究结果表明我国建筑业的增长绩效与环境规制强度呈倒“U”型；大部分地区的环境规制强度处于拐点的左侧，说明我国现有的环境规制强度能够促进建筑业增长绩效；环境规制强度对建筑业技术进步的影响是显著的，节能减排政策能够促进建筑业技术进步水平的提高；环境规制强度对建筑业能源消耗强度的影响是显著的，在不同规制强度区域影响的效应有所不同。

深入研究环境规制与建筑业经济增长之间的动态关系。在环境规制对建筑业经济增长影响的经济分析基础上，利用面板单位根检验、面板协整检验和面板误差修正模型分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的长短期影响，最后利用面板方差分解、面板VAR、面板脉冲研究环境规制与建筑业经济增长的相关性变动状况以及在不同区域环境规制对建筑业经济增长的动态冲击和影响。在对环境规制与建筑业经济增长的长短期关系检验时发现环境规制强度与建筑业经济增长存在长期的协整关系。环境规制强度对建筑业经济增长和环境规制强度自身的变化具有重要贡献，建筑业经济增长对环境规制强度变化的贡献度比较小。在高规制区域，环境规制的变化对建筑业经济增长的影响要大于低规制区域；而建筑业的经济增长对环境规制强度的

影响不显著。

在建筑业经济增长效率理论分析的基础上，采用DEA和Malmquist生产效率指数的方法对环境规制下建筑业的综合技术效率和经济增长效率进行评价。从是否考虑环境治理成本、环境规制强度、经济发达程度三个维度，分别进行实证研究，深入剖析环境规制下建筑业经济增长效率的内在发展规律。研究表明高规制区域的建筑业综合技术效率水平整体低于低规制区域；经济发达地区的建筑业综合技术效率水平高于经济不发达地区，西部地区建筑业的综合技术效率值最低。另外，研究发现添加环境治理成本投入后，一些省份的建筑业综合技术效率没有发生变化，尤其是高规制区域建筑业的综合技术效率。高规制区域的建筑业经济增长效率低于低规制区域。东部地区建筑业经济增长率最低，其次是中部，西部最高。文章最后基于实证检验的结果，从宏观和微观两方面提出在环境规制下提高建筑业经济增长效率的对策建议。

本文突破了传统研究视角，在环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制理论分析基础上，构建了相应的动态评价模型，利用高级计量经济学的方法揭示了环境规制与建筑业经济增长的动态关系以及动态变化过程，在理论上丰富了环境规制效应的内涵。采用DEA和Malmquist生产效率指数的方法对环境规制下建筑业的综合技术效率和经济增长效率进行评价，为政府和建筑企业进行决策提供一定的参考与借鉴，具有重要的理论与现实意义。

关键词：环境规制；建筑业经济增长；面板； VAR；能源消耗；经济增长效率

**Abstract**

Construction industry is one of the basic industries of national economy. It is the foundation of other related industry development, and the construction industry growth plays an important role of preserving the sustainable and stable development of national economy. However, the construction industry is also a high pollution industry and high consumption industry. With the rapid development of construction industry, all kinds of environmental pollution have inevitably been produced. Along with the national environmental protection policy has been improved gradually, the environmental regulation intension will bring corresponding influence on construction industry growth. In order to realize the" win-win" goal of environmental protection and construction industry growth, this paper deeply researches on the effect of environmental regulation on construction industry growth based on the environmental regulation theory and economic growth theory. Firstly it analyzes the conduction mechanisms of environmental regulation on the construction industry growth. Based on this, it researches the dynamic relationship between environmental regulation and construction industry growth. Then it evaluates the economic growth efficiency of construction industry considering the environmental regulation. Finally it proposes the countermeasures of improving the economic growth efficiency of construction industry under environmental regulation. This article mainly studies the effect of environmental regulation on construction industry growth from the following several aspects.

This paper constructs the effective connection between environmental regulation and construction industry growth by analyzing the influencing mechanism of environmental regulation on construction industry growth. It makes sure the microscopic transmission mechanism of environmental regulation to realize economic and environmental targets. It constructs the dynamic effect model of environmental regulation through three angles of construction industry growth performance, technical progress, and the energy consumption intension and analyzes the dynamic influence relationships between variables. This paper takes the empirical research from the whole country, high regulation area and low regulation area, respectively. The results show that it is inverted" U" between construction industry growth performance and environmental regulation intension. The existing environmental regulation intension could promote construction industry growth performance since most of the areas' environmental regulation intension is in the left side of the inflection point. It is significant that the effect of environmental regulation intension on the technical progress of construction

Industry. The policy of energy and emission reduction can promote the technical progress of construction industry. The effect of environmental regulation intension on construction energy consumption intension is significant and the effect of environmental regulation is discrepant in different regulation area.

This paper has a deep study on dynamic relationship between the environmental regulation and construction industry growth based on the above research. According to the economic analysis on the effect of environmental regulation on construction industry growth, this paper takes panel unit root test, panel cointegration test and panel error correction model to analyze the long-term and short-term effects of environmental regulation on construction industry growth through the whole country, high regulation area, and low regulation area, respectively. It analyzes the correlation between environmental regulation and construction industry growth and the dynamic changes by using the methods of panel variance decomposition, panel VAR, panel pulse under different environmental regulation. These results show that there is a long-term cointegration relationship between environmental regulation and construction industry growth; the environmental regulation intension has an important contribution for the construction industry growth and environmental regulation intension own change; construction industry growth has relatively small contribution for environmental regulation intension change; the environmental regulation intension change has a bigger influence on construction industry growth in the high environmental regulation area than that in low environmental regulation area; the effect of construction industry growth on environmental regulation intension is not significant.

Based on theory analysis of the economic growth efficiency of construction industry, this paper makes the comprehensive technical efficiency evaluation and construction industry growth efficiency evaluation by using DEA method and Malmquist production efficiency index method. The empirical researches take into account three dimensions of considering environmental governance cost, environmental regulation intension, and economic development level, respectively. This paper explores the inherent law of construction industry growth efficiency under environmental regulation. The research results show that the comprehensive technical efficiency level of construction industry in high environmental regulation area is lower than that in low environmental regulation area; the comprehensive technical efficiency level of construction industry in economic developed area is higher than that in economic underdeveloped area; the comprehensive technical efficiency of construction industry in the western areas is the minimum. Moreover, the study finds that the construction comprehensive technical efficiency does not change in some provinces after adding environmental governance investment,

Especially in high environmental regulation area. The construction industry growth efficiency in high regulation area is lower than that in low regulation area. The economic growth efficiency of construction industry in the eastern area is the lowest and that in the western area is the highest. Based on the above empirical tests, this paper puts forward the countermeasures and suggestions from the macro and micro aspects to improve the construction industry growth efficiency under environmental regulation.

This research breakthroughs the traditional research angle of view, and constructs the corresponding dynamic assessment model based on the theory analysis of the influencing mechanism of environmental regulation on the construction industry growth. It enriches the connotation of environmental regulation effect through revealing the dynamic relationship and the dynamic change between the environmental regulation and construction industry growth by using advanced econometric methods. It takes the comprehensive technical efficiency evaluation and economic growth efficiency evaluation on construction industry under the condition of environmental regulation by using DEA and Malmquist productivity index method. It has theoretical and practical significance for the government decision makers and construction enterprise to make a strategic decision.

**Keywords**: Environmental regulation; Construction industry growth; Panel VAR; Energy Consumption; Economic growth efficiency

目 录

[摘 要](#_Toc686172761) 3

**[Abstract](#_Toc686172762)** 3

[第1章 绪论](#_Toc686172763) 7

[1.1 研究背景及问题提出](#_Toc686172764) 7

[1.1.1 研究背景](#_Toc686172765) 7

[1.1.2 问题提出](#_Toc686172766) 7

[1.2 研究目的及意义](#_Toc686172767) 7

[1.2.1 研究目的](#_Toc686172768) 7

[1.2.2 研究意义](#_Toc686172769) 8

[1.3 国内外研究现状及评述](#_Toc686172770) 8

[1.3.1 环境规制对生产率的影响](#_Toc686172771) 8

[1.3.2 环境规制对产业技术进步的影响](#_Toc686172772) 8

[1.3.3 环境规制对经济增长和行业产出的影响](#_Toc686172773) 8

[1.3.4 建筑业经济增长影响因素研究](#_Toc686172774) 8

[1.3.5 建筑业经济增长效率研究](#_Toc686172775) 9

[1.3.6 国内外研究现状评述](#_Toc686172776) 9

[1.4 研究内容、研究方法和技术路线](#_Toc686172777) 9

[1.4.1 研究内容](#_Toc686172778) 9

[1.4.2 研究方法](#_Toc686172779) 9

[1.4.3 技术路线](#_Toc686172780) 9

[第2章 环境规制对建筑业经济增长影响的理论分析](#_Toc686172781) 10

[2.1 相关概念界定](#_Toc686172782) 10

[2.1.1 环境规制](#_Toc686172783) 11

[2.1.2 建筑业](#_Toc686172784) 11

[2.1.3 经济增长](#_Toc686172785) 11

[2.2 建筑业环境规制的理论分析](#_Toc686172786) 11

[2.2.1 环境规制与建筑业的外部性](#_Toc686172787) 11

[2.2.2 建筑业的环境规制政策分析](#_Toc686172788) 11

[2.2.3 建筑业的环境规制特征及度量](#_Toc686172789) 12

[2.2.4 环境规制与建筑业经济增长关系的库兹涅茨解释](#_Toc686172790) 13

[2.3 建筑业经济增长理论分析](#_Toc686172791) 15

[2.3.1 建筑业经济增长动力分析](#_Toc686172792) 15

[2.3.2 建筑业经济增长效率分析](#_Toc686172793) 16

[2.3.3 环境规制对建筑业经济增长模型的影响](#_Toc686172794) 16

[2.3.4 环境规制与建筑业可持续发展](#_Toc686172795) 17

[2.4 本章小结](#_Toc686172796) 17

[第3章 环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制](#_Toc686172797) 17

[3.1 传导机制分析与研究思路](#_Toc686172798) 17

[3.1.1 环境规制对建筑业增长绩效影响的传导机制](#_Toc686172799) 17

[3.1.2 环境规制对建筑业技术进步影响的传导机制](#_Toc686172800) 17

[3.1.3 环境规制对建筑业能源消耗影响的传导机制](#_Toc686172801) 17

[3.1.4 研究思路](#_Toc686172802) 18

[3.2 环境规制对建筑业增长绩效的影响分析](#_Toc686172803) 18

[3.2.1 构建环境规制对建筑业增长绩效的影响模型](#_Toc686172804) 18

[3.2.2 数据来源及描述](#_Toc686172805) 18

[3.2.3 实证检验及结果分析](#_Toc686172806) 19

[3.3 环境规制对建筑业技术进步的影响分析](#_Toc686172807) 29

[3.3.1 构建环境规制对建筑业技术进步的影响模型](#_Toc686172808) 29

[3.3.2 数据来源及描述](#_Toc686172809) 29

[3.3.3 实证检验及结果分析](#_Toc686172810) 32

[3.4 环境规制对建筑业能源消耗强度的影响分析](#_Toc686172811) 43

[3.4.1 构建环境规制对建筑业能源消耗强度的影响模型](#_Toc686172812) 43

[3.4.2 数据来源及描述](#_Toc686172813) 44

[3.4.3 实证检验及结果分析](#_Toc686172814) 44

[3.5 本章小结](#_Toc686172815) 54

[第4章 环境规制对建筑业经济增长的动态影响](#_Toc686172816) 54

[4.1 经济分析与研究方法](#_Toc686172817) 54

[4.1.1 环境规制对建筑业经济增长影响的经济分析](#_Toc686172818) 55

[4.1.2 研究思路](#_Toc686172819) 55

[4.1.3 研究方法](#_Toc686172820) 55

[4.2 数据来源与预处理](#_Toc686172821) 57

[4.2.1 指标选择和数据获取](#_Toc686172822) 57

[4.2.2 面板单位根检验](#_Toc686172823) 58

[4.3 环境规制与建筑业经济增长的长短期关系检验](#_Toc686172824) 61

[4.3.1 面板协整检验](#_Toc686172825) 61

[4.3.2 面板向量误差修正模型研究结果](#_Toc686172826) 61

[4.3.3 环境规制对建筑业经济增长的贡献度分析](#_Toc686172827) 65

[4.4 环境规制对建筑业经济增长的动态影响实证分析](#_Toc686172828) 68

[4.4.1 环境规制与建筑业经济增长的相关性分析](#_Toc686172829) 68

[4.4.2 环境规制与建筑业经济增长的动态响应分析](#_Toc686172830) 73

[4.5 本章小结](#_Toc686172831) 78

[第5章 环境规制下建筑业经济增长效率评价](#_Toc686172832) 78

[5.1 效率分析与模型描述](#_Toc686172833) 79

[5.1.1 环境规制下建筑业经济增长效率分析](#_Toc686172834) 79

[5.1.2 模型描述](#_Toc686172835) 79

[5.2 数据来源与预处理](#_Toc686172836) 85

[5.2.1 数据来源](#_Toc686172837) 85

[5.2.2 指标的选取与数据的处理](#_Toc686172838) 85

[5.3 基于DEA的建筑业综合技术效率评价](#_Toc686172839) 85

[5.3.1 考虑环境规制的建筑业综合技术效率](#_Toc686172840) 85

[5.3.2 不考虑环境规制的建筑业综合技术效率](#_Toc686172841) 90

[5.4 基于Malmquist指数的建筑业经济增长效率评价](#_Toc686172842) 95

[5.4.1 考虑环境规制的建筑业经济增长效率](#_Toc686172843) 95

[5.4.2 不考虑环境规制的建筑业经济增长效率](#_Toc686172844) 103

[5.5 环境规制下提高建筑业经济增长效率的对策](#_Toc686172845) 111

[5.5.1 微观层面的对策](#_Toc686172846) 111

[5.5.2 宏观层面的对策](#_Toc686172847) 111

[5.6 本章小结](#_Toc686172848) 111

[结论](#_Toc686172849) 111

[结 论](#_Toc686172850) 111

[参考文献](#_Toc686172851) 112

[攻读学位期间发表的学术论文及其它成果](#_Toc686172852) 115

[个人简历](#_Toc686172853) 116

# 第1章 绪论

## 1.1 研究背景及问题提出

### 1.1.1 研究背景

上世纪70年代以来，环境污染问题引起各国人民和政府的重视，各国政府均放松了经济规制，环境规制成了政府主要的规制领域。政府实施环境规制的理论依据是外部性理论，由于空气、水等自然资源很难确定产权，即使确定了产权交易成本也很高，因此很难衡量使用这类公共环境资源的成本和收益，导致个人和企业对环境资源的“过度使用”，引发严重的环境污染问题。

中国是世界上人口最多的发展中国家。随着经济的持续快速增长和城市化的推进，环境与发展的矛盾日益突出，社会经济增长过程中不断涌现的环境问题已经影响了人们的生活质量、危害了人类的健康甚至威胁到生命。因此，人们越来越重视经济增长和保护环境的关系，开始积极探索环境与经济协调发展的有效途径，可持续发展理念逐渐深入人心。中国把环境保护确定为基本国策，把可持续发展作为国家战略，坚持在发展中解决环境问题。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》对于环境保护极为重视，提出了三大指标：（1）约束性指标；（2）预期性指标；（3）禁止性指标。希望在经济快速增长的同时，有效减少主要污染物的排放量，缓解环境的污染程度，使环境质量总体保持稳定。

建筑业是我国劳动力就业和国内生产总值的主要贡献者，是国民经济的支柱产业，而且为推动经济增长和社会全面发展发挥了重要的不可替代的作用。但是，建筑业造成的环境压力也非同小可。建筑业是高污染的产业，与建筑有关的环境污染有水、光、空气、噪声、固体废弃物污染等等，约占总环境污染的三分之一。建筑业也是高消耗的产业，全球近二分之一的能源消耗于建筑的建设和使用过程中。虽然全国各级政府先后推出一系列政策、法规、标准来规范和约束建筑业的节能减排问题，但是在执行过程中收效不大。据统计，目前世界上大约五分之一以上的成品钢材和五分之二以上的水泥用于中国大陆地区的建筑行业。与发达国家相比，我国建筑用的钢材消耗量高出10%-25%，每拌和1立方米混凝土要多消耗水泥近80公斤，卫生洁具的耗水量高出发达国家30%以上，而污水回收利用率仅为发达国家的25%[1]，资源浪费和环境污染问题严重。另外，我国95%左右的建筑属于不节能建筑，与发达国家相比单位建筑面积能耗高出1~2倍以上。有资料显示，如果提高一个等级的建筑用钢筋强

度，可以减少10%左右的钢筋用量，提高一个等级的混凝土性能，将节约30%左右的混凝土消耗量[2]，这其中蕴藏着巨大的节约能源和保护环境的潜力。我国正处在城市化的高速时期，现阶段建筑行业的设计理念和建造标准将对未来的资源、能源节约和环境友好产生深远影响，并将对国民经济中其他相关产业的可持续发展产生重要的带动作用。

### 1.1.2 问题提出

环境污染威胁着人类的生存和发展，环境问题已经成为世界各国最为关心的话题之一。建筑业是我国国民经济的支柱产业，它的可持续性发展对国民经济意义重大。随着城市化进程的加快，我国建筑业飞速发展的同时也付出了巨大的环境和资源代价，建筑业在生产活动中产生大量的污染物，严重影响了广大群众尤其是城市居民的生活质量。高排放、高能耗、高投入的粗放式经济增长模式加剧了环境保护与经济发展之间的矛盾。理论研究与实践经验都已证实，仅仅依靠市场这只看不见的手，环境问题将难以解决。政府需要实施环境规制，以达到环境保护与经济增长双赢的目标。建筑业是高污染、高消耗的产业，环境规制必然会影响建筑企业的行为与决策。在环境规制对建筑企业行为的激励与约束下，提高资源的整体利用率，减少建筑业在经济增长中产生的环境污染，成为国家贯彻实施“环境保护”和“节约能源”两项基本国策的重要途径。因此，本文针对环境规制对我国建筑业经济增长的影响进行研究，具有一定的理论意义和现实意义。该项研究以期对实现环境保护目标与产业经济增长目标相协调，实现建筑业的可持续经济增长提供帮助。

## 1.2 研究目的及意义

### 1.2.1 研究目的

为了考察环境规制对建筑业经济增长的影响方向和影响程度，提高环境规制政策的质量和水平。本文基于环境规制理论、经济增长理论、外部性理论和可持续发展理论，分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，环境规制与建筑业经济增长之间的动态关系，以及在环境规制下建筑业经济增长效率的变化。希望通过此项研究，为政府制定相关环境政策提供理论支持以及帮助建筑企业针对政府出台的环境规制政策做出更理性的战略决策。本课题的研究目的如下。

（1）在分析建筑业经济增长的动力来源和增长效率的影响因素基础上，探讨环境规制对实现建筑业可持续发展的必要性和促进作用。

（2）在分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制基础上，构建环境规制对建筑业经济增长的动态影响模型，以此来检验分析环境规制对建筑业增长绩效、技术进步和能源消耗强度的影响，深入钻研环境规制对建筑业经济增长产生的影响效应及作用过程。

（3）根据环境规制的强度的不同，分别对高规制和低规制区域环境规制与建筑业经济增长之间的动态影响关系进行对比分析，通过研究结果比较不同区域内环境规制对建筑业经济增长的动态冲击及建筑业经济增长对环境规制冲击作用的动态响应，探求其内在变化规律。

（4）评价环境规制对建筑业经济增长效率的影响。鉴于全国各地环境规制强度之间的差异，分别对高规制区域和低规制区域进行分析；依据地理和经济发达程度，分别对东中西部地区进行比较，深层次剖析不同区域建筑业经济增长效率水平的差异，以便采取更有助于提高建筑业经济增长效率的政策措施。

### 1.2.2 研究意义

中国是发展中国家，如何在环境保护与经济发展之间进行权衡，实现污染控制与产业经济增长的“双赢”是一个值得探讨的理论问题。研究环境规制对我国建筑业经济增长的影响，有利于政府制定适宜的环境规制政策，既达到控制污染的目标，又将环境规制对产业经济增长的负面影响尽可能降低，甚至能够带来产业经济增长效率的提高。因此，此项研究具有重要的理论价值和现实意义。

本研究的理论价值体现在：

（1）分析环境规制对建筑业经济增长的传导机制，构建环境规制对建筑业增长绩效、技术进步和能源消耗强度的影响模型，扩展了环境规制对产业发展影响研究的维度和深度。

（2）充分考虑到各省之间存在的环境规制强度差异，基于环境规制理论，分析环境规制与建筑业经济增长的动态变化关系以及建筑业对环境规制冲击作用做出的响应，在理论上丰富了环境规制效应的内涵。

（3）根据经济增长理论，选择相应的指标对环境规制和能源约束下建筑业经济增长效率进行评价，为促进建筑业经济增长效率提升和改善建筑业经济增长质量提供理论依据和数据支持。

本研究的现实意义体现在：

（1）确定适宜的环境规制强度。动态影响过程的分析可以为政府决策者提供环境规制对建筑业如何产生影响的信息，从而判断这样的环境规制强度是否可为政府当局及企业所接受，进而制定改进的方向。

（2）提高企业应对环境规制的能力和水平。通过分析环境规制与建筑业经济增长的动态变化关系以及建筑业对环境规制冲击作用做出的响应，可以减少环境规制给企业带来的成本增加和给产业经济增长带来的不利影响，提高企业应对环境规制的能力和水平。

（3）促进建筑业的可持续发展。通过分析环境规制对建筑业经济增长效率的影响，可以提高建筑业经济增长的质量。既实现环境规制的既定目标，又有助于建筑业更经济有效地改善投入组合。对于推行建筑业的可持续发展战略，最大限度地节约资源、减少污染，实现与自然的和谐共生具有重要的现实意义。

## 1.3 国内外研究现状及评述

### 1.3.1 环境规制对生产率的影响

多年来，国内外学者关于环境规制对产业生产率的影响展开了深入而广泛的研究，但是由于研究对象、研究方法的不同，并没有得出统一的结论。有些学者认为环境规制会引起产业生产率的降低，有的学者认为环境规制会导致产业生产率的提高。

Barber and Mconnell的研究结果表明污染治理投资会导致产业生产率的下降。通过对美国1960-1980二十年间化工、造纸等多个产业的研究发现，环境治理使其生产率下降的最大幅度将近30%[3]. Jaffe等以美国制造业为研究对象，发现环境规制引发了企业在生产性方面投资的下降，而在环境治理方面投入的资本、人力和技术增加，但这些投资不能提高生产价值，因此降低了企业的生产率[4]。同样，Dufour，Lanoie and Party对加拿大某地区的制造业进行研究也得出类似的结论，即环境规制与生产率之间存在显著的负相关[5]。Gollop and Robert对美国50多家电力企业的研究发现，1973-1979年空气清洁法案的实施使该行业的生产率增长率下降大约0.59%[6]. Gray and Shadbegian对1979-1990年间美国的产业进行了实证分析，发现环境规制对造纸、钢铁和石油产业的生产率有显著的负影响[7]。Brannlund，Fare and Grosskopf实证研究了1989-1990年瑞典的41个纸浆和造纸企业，发现环境规制会导致某些企业的生产率下降，但对有些企业的生产率几乎不造成影响[8-9]. Boyd and McClelland通过对1988-1992年美国纸浆和造纸业数据的研究发现，环境规制可以导致该产业的生产率下降[10]。Lanoie，Patry and Lajeunesse对加拿大魁北克地区1985-1994年间17个制造企业的研究结果表明，环境规制对产业生产率的当期有显著负影响，但环境规制对制造业生产率的影响存在滞后性，四年后对产业生产率有正影响[11]。Berman and Bui就美国空气质量法案对石油产业的影响进行研究，结

果显示该法案促进了产业生产率的提高[12]。Alpay等对20世纪90年代晚期以来墨西哥的环境规制政策对食品加工业生产率的影响展开研究，结果表明增加环境规制强度会导致该产业的生产率提高[13]。Domazlicky等对1988-1993年美国6个化学类产业的研究也得到相似的结论，即环境规制促进产业生产率的增长，增长幅度为2.4%-6.9%[14]. Hamamoto发现日本制造业在受到环境规制的压力时，会积极开展产业的创新活动，进而推动全要素生产率的提高[15]。

中国也有许多学者从事此方面的研究。JinTao X就1982-1994年有关排污收费、污染排放等环境规制政策对福建和云南省34个造纸企业生产率的影响进行研究。研究结果表明，排污收费政策在降低企业污染排放量的同时也导致了大部分技术领先的大企业生产率的提高和小企业生产率的下降[16]。张三峰和卜茂亮利用2006年中国12城市企业的调查问卷实证研究了环境规制对企业生产率的影响及机制。研究发现，环境规制及其强度与企业生产率之间存在着稳定、显著的正向关系，我国的污染控制政策能促进企业的污染减排，实现环保投入与生产率“双赢”。但是，不同行业、规模和区位的企业面对环境规制带来的压力消化能力有差异，以致生产率有不同的表现[17]。王文普利用1992-2008年中

国31个省级面板数据，就环境规制竞争对生产率的影响进行研究。结果发现，SO2减排对生产率增长及其构成有正向影响，促进经济增长效率的提高。相反，工业COD减排却对生产率有负向影响，究其原因是由于废水治理策略不当造成的，与省际间的环境规制竞争无关。研究结果表明，环境规制竞争并非是发展地方经济的“良策”。同时也表明环境规制强度差异不仅表现在省际间，而且也呈现出区域特征[18]。马海良等通过Malmquist测算中国三大经济区域1995-2008年的生产率增长及其分解情况，检验结果表明即期的环境规制对生产率的正向促进作用不显著，但滞后期环境规制对生产率增长具有显著正向作用[19]。郑春梅基于效率视角，以北京市4家汽车生产企业为例，应用数据包络法进行实证分析。使用三项投入要素和一项产出要素，运用DEAP2.1软件计算出北京市汽车产业生产效率。然后加入环保投资这项投入要素，计算出汽车产业生产效率。进而对这两种计算环境下的生产效率进行对比。结果表明：高强度的环境规制超出企业的“消化”能力，导致汽车产业生产效率下降；而适当有效的环境规制则能降低汽车企业生产成本，使生产效率提高[20]。

### 1.3.2 环境规制对产业技术进步的影响

Jaffe and Palmer对1975-1991年美国的制造业进行研究，结果表明环境规制对制造业的研究与发展投入有显著正向影响，环境规制能够促进制造业的技术进步[21]。Brunnermeier and Cohe则从环境规制强度和环境专利数量的视角研

究了1983-1993年美国的制造业，得出类似的研究结果，即环境规制强度增大能引起环境专利数量的上升，促进产业的技术进步[22]。Francesco T, Fabio I, and Marco F实证分析了欧盟部分地区环境规制对建筑企业的影响，结果显示：环境规制强度的增加能够激励建筑企业在技术创新上的投入，促进新技术的开发，从而对建筑企业的经济绩效产生正脉冲效应[23]。在确定了环境规制对产业技术进步具有正效应后，大量学者开始探索环境规制工具对产业技术进步的促进作用，以期取得更好的规制效果。Milliman and Prince通过比较环境规制政策工具对技术创新的促进作用发现：拍卖的许可证制度和排污税要优于免费的许可证制度等其他三种环境规制政策工具[24]。Jung etal在产业层次上研究环境规制政策工具对创新的激励作用，研究发现不论企业规模和产业规模如何，拍卖的许可证制度的激励效果最优，排污税次之，免费的许可证制度等其他工具

的激励效果与之相比要差[25]。Montero的研究发现，在古诺竞争的市场结构下，对环境R& D支出激励效果最好的是排污标准和排污税[26]。David就美国电力企业技术创新受1990年空气清洁法实施的影响进行研究，结果表明：企业环境技术创新水平在市场为基础的规制工具激励下会有所提高[27]。Fisher etal比较了当技术创新为内生时，不同环境规制政策工具对技术创新的激励作用。结果表明：规制政策工具的规制效果优劣与企业排污数量和技术创新能力等因素有关，不可能得到明确的排序。但如果企业能够预见环境规制强度的变化走向时，规制工具对创新的激励作用差别不大[28]。

张其仔研究了我国“十五”期间的工业污染防治情况，结果显示：对于污染密集型产业，产业技术进步对降低污染的作用并不明显。而污染防治执行效果不理想的原因在于制度的缺陷，即科技创新政策与环境保护政策整合不足导致工业污染防治以外延式为主。因此，应当促进技术创新政策与环境保护政策间的整合，尽可能选择有利于科技创新政策，充分发挥市场作用的环境规制政策工具[29]。黄德春和刘志彪将技术系数引入到Robert模型中，分析了环境规制对企业生产的影响。研究结果显示：环境规制激发的技术创新所带来的收益能够全部或部分地抵消由此产生的直接费用。环境规制在减少环境污染的同时提高了企业的生产效率，符合波特假说[30]。季永杰和徐晋涛利用随机前沿生产函数对黑龙江、陕西、广东等省市120多家造纸企业进行研究，结果表明：排污收费政策有利于大型造纸企业生产技术效率的改进，但对小企业却具有负向影响[31]。张成等构建了数理模型分析环境规制强度与企业技术进步的关系，对1998-2007年我国工业部门的面板数据进行检验的结果显示：（1）在东、中部地区，环境规制强度和企业生产技术进步之间呈现“U”型关系；（2）在西部地区，两者之间则不存在统计意义上显著的“U”型关系。因此，从长期来看，政府应

当采用适宜的环境规制政策和强度，为实现我国环境保护和经济增长的“双赢”提供政策支持[32]。江珂和卢现祥就环境规制对中国三类技术创新能力的影响进行分析，1997-2007年的省际面板数据实证结果显示：环境规制对技术创新的促进作用并不显著，只有和一定的人力资本相结合后才会推动技术创新。而且，这种促进作用存在区域差异，东部、中部区域对技术创新能力的促进作用显著、西部区域则几乎没有影响[33]。沈能和刘凤朝利用我国1992-2009年的面板数据分别从全国与地区层面判断我国环境规制和技术创新的关系，非线性门槛面板模型的实证结果表明：在较发达的东部地区，环境规制对技术创新的促进作用符合“波特假说”，但在较落后的中西部地区难以支持。这种地区差异主要是受到环境规制强度及经济发展水平的影响。环境规制强度和技术创新之间呈现“U”型关系，只有环境规制强度跨越特定门槛值时，“波特假说”才能实现；经济发展水平则存在双重门槛，GDP跨越的门槛值越高，环境规制对技术创新的促进作用越显著[34]。赵红认为环境规制会对产业的技术创新产生积极影响[35]。马海良等利用1995-2008年长三角经济区域的面板数据，在SCP分析框架下，测算环境规制对技术创新的具体影响，结果显示：环境规制在即期和滞后期对技术创新都起到显著的促进作用，即期的促进效果最好[36]。

总结上述研究结果，环境规制对产业技术进步具有正向影响，符合波特假说。但是并不存在一种环境规制政策工具在任何情况下都比其他环境规制政策工具更能够促进技术创新。通常情况下，在竞争市场中，以市场为基础的规制工具对技术创新的促进效果更为明显，优于命令和控制型规制工具；在不完全竞争市场中，不同环境规制政策工具对技术创新的促进效果没有固定的排列顺序，需根据具体情况确定[35]。

### 1.3.3 环境规制对经济增长和行业产出的影响

Jorgenson and Wilcoxen比较了环境规制前后美国的经济增长状况，通过实证分析了环境规制对经济增长的影响。研究发现：环境规制使得化工、石油、纸浆和造纸等高污染产业的产出下降，进而导致GNP水平的降低，下降幅度为2.59%[37]. Grossman and Krueger根据环境质量受到北美自由贸易协定(NAFTA)的影响而恶化的情况推出环境与经济增长之间的关系，认为两者呈倒“U”型曲线[38]。Shafik and Bandyopadyay研究了空气污染物与人均收入的关系，通过对1960-1990年间149个国家的数据分析，得到两者间呈现倒“U”型关系。此结论与Kuznets提出库兹涅茨曲线相似，故被称为环境库兹涅茨曲线。具体内容为：随着经济的增长，环境质量会呈现出倒“U”型变化趋势，即先恶化后改善[39]。Boyd and McClelland通过对1988-1992年美国纸浆和造纸业的数据进行分析，得出环

境规制与造纸行业产出的关系：环境规制可能会引起潜在产出的损失，但在环境规制条件下也可能会出现产出增加与污染降低共存的局面，实现经济增长与环境保护的双赢[10]。Sancho, Tadeo and Martinez对环境规制下西班牙木制品和家具制造业的行业产出进行研究发现，环境规制不利于行业产出，对其有负向影响[40]。Martin等以英国的能源税为研究对象，考察其对制造企业产出的影响，研究结果并没有发现该项规制对总产出有显著影响的证据[41]。

张友国和郑玉欲对新排污收费政策效果进行模拟，通过建立一般均衡(CGE)模型分析了自2003年该政策开始施行以来对中国经济增长的影响。研究发现：排污收费政策有利于获得环境收益，而且对经济增长和就业率的负面影响不大。排污收费引起经济增长率下降0.06%-0.11%，对就业增长率的影响则是使其降低了0.2%[42]。张友国还利用拓展Alfred建立了一个排污费分析模型，在一般均衡的框架内分析了排污收费政策对中国40个行业产出的影响，研究发现排污收费政策不会对各行业产出造成显著影响[43]。李泳和李金青依据1995-2005年中国19个省市20个部门的投入产出表及统计年鉴相关数据构造出中国非线性动态投入产出模型，用以定量模拟环境规制政策对行业产出和经济增长的影响。研究发现：增加污染治理投资会导致GDP下降；机动车尾气排放控制对GDP的影响极其有限；能源价格适度提高不会对经济增长产生大的抑制作用[44]。孔祥利和毛毅运用计量经济学方法对1998-2006年中国30个省区的面板数据进行分析，实证结果表明：从长期来看，我国环境规制水平与经济增长互为因果关系。我国环境规制对经济增长的影响呈现出明显的区域差异性。东部地区环境规制水平对经济增长的短期影响显著，中部地区环境规制水平与经济增长之间的关系不显著，而西部地区经济增长在一定程度上推动了环境规制水平的提升[45]。熊艳采用“纵横向”拉开档次法，综合考虑衡量环境规制投入与产出的各项指标及其数据的可得性因素后，运用2004-2008年中国省际面板数据构建并计算出环境规制强度指数。同时，面板数据模型的实证结果显示环境规制与经济增长之间是正“U”型的关系，而非线性的关系[46]。于同申和张成选择时间序列数据，利用单一环境规制指标进行研究，得出环境规制与经济增长之间是双向因果关系。加强环境规制能促进经济增长率的提升，提升作用在短期的效果没有长期明显，即环境规制对经济增长的影响具有滞后性。通过研究结果还可以看出中国当前的环境规制形式所产生的正向效应能够弥补企业的“遵循成本”支出，通过“创新补偿”效应提高企业生产率和竞争力，有利于经济增长，实现环境保护与经济增长的双赢[47]。

### 1.3.4 建筑业经济增长影响因素研究

国外学者对影响建筑业经济增长的多种因素分别进行了研究。Berry指出：随着人均国民生产总值的增加，城市人口占总人口的比例先以递增的速率增加后以递减的速率增加。与此对应，建筑业的生产活动呈倒“U”形曲线[48]。其后，Tan, W的研究结论也证实了这一观点[49]。Bon、Pietroforte和Yashiro等人通过系列研究发现：经济发展成熟程度对建筑业经济增长的相对量和绝对量都会产生影响，当经济发展进入成熟阶段后，随着经济的进一步发展建筑活动的相对量和绝对量都会逐渐减少[50-52]. Willie Tan对新加坡建筑业在1986-1996年的科技进步贡献率研究指出，新加坡建筑业经济增长主要依靠投入要素的聚集，而科技进步贡献率是负值[53]。Tse和Ganesan采用格兰杰因果检验方法分析了香港地区建筑业产值增长率和GDP增长率之间的关系，发现GDP增长是建筑业经济增长的Granger因，GDP的增长引领着建筑业的经济增长[54]。Akintoye等人以图形拐点和滞后值回归方程预测力两种方法检验了英国建筑业合约价格水平的20个宏观预测变量，给出了建筑产品的价格变动趋势[55]。Tse和Raftery分析了香港建筑业、GDP和金融政策三者之间的关系。一方面，GDP的增加会导致货币需求的增加，从而使建筑业的需求扩大；另一方面，建筑业产出增加也能增加GDP值，带来更大的货币需求。他们还利用历史数据作了回归分析，实证结果显示货币政策对建筑业产出的影响体现非对称性的特征，扩张的货币供给政策比紧缩的货币供给政策对建筑业产出的影响作用更大[56]。Ofori建立了一套由宏观层面、部门层面、项目层面变量构成的指标体系用以考察和衡量发展中国家建筑业的成长[57]。

西安建筑科技大学金维兴教授的研究从外延产出增长和内涵产出增长的角度分析了各种因素增长对建筑业产出增长的影响[58]。李先光，李启明，邓小鹏，郭慧锋基于现代经济增长理论对中国建筑业经济增长的主要影响因素进行分析，并建立建筑业经济增长模型，通过对1995-2003年的相关数据实证分析得出各因素的贡献率。研究表明，资本投入、劳动投入和技术进步共同推动了建筑业的产出增长，三者的贡献分别为59.31%、27.54%和13.15%；建筑业仍是主要依赖要素投入的粗放型发展模式，处于规模效益递增的发展阶段[59]。陆彦，唐世海，李俊娜根据1990-2006年江苏省建筑业原始数据平减后的时间序列数据，采用柯布-道格拉斯生产函数和回归法，发现资本产出弹性系数大于劳动产出弹性系数[60]。刘丽萍，洪功翔，刘竹林以1995-2009年为研究期，采用投入三要素模型，并考虑市场变化带来的结构性冲击影响，对安徽省建筑业经济增长各要素的贡献进行实证分析。结果显示，安徽省建筑业主要依靠市场需求扩张下的要素聚集推动，而科技进步贡献较小。提高全要素生产率特别是内生性技术创

新能力，是建筑业持续发展和建筑企业提升核心竞争力的必由之路[61]。崔秀敏以河南省建筑业十一年的数据为基础，借助于C-D生产函数法，对建筑业经济增长的主要影响因素及其贡献率进行分析，结果表明：河南省建筑业经济增长主要靠投入要素推动，技术进步作用不明显，需要提高技术进步和劳动投入因素的影响[62]。薛国华等利用柯布-道格拉斯生产函数与索洛增长速度方程分析了1986-2000年间建筑业的统计数据，研究结果显示：科技进步对建筑业经济增长的贡献率呈上升趋势，科技进步对建筑业经济增长的贡献率已经超过了劳动力的贡献率。但是，投资仍然是拉动建筑业经济增长的最主要因素，我国建筑业的经济增长方式仍然属于外延式经营模式[63]。叶耀先强调了科技进步对建筑业发展的重要作用，指出科技进步对建筑业经济增长的贡献率在20%左右[64]。吴

伟巍，李启明利用回归分析计算出江苏、上海和浙江的资本和劳动力弹性系数，比较了三个地区建筑业经济增长中的年技术进步贡献率和各年相对于1995年的技术进步系数。结果表明沪苏浙建筑业的科技进步贡献率较低，经济增长质量不容乐观[65]。李永辉应用柯布-道格拉斯生产函数和索洛余值法，对我国建筑业经济增长的原因进行分析，阐明技术进步是促进经济增长的重要因素，指出建筑业要依靠技术进步实现可持续发展[66]。黎平以重庆建筑业1997-2006年的数据为样本，借助于柯布-道格拉斯生产函数和索洛余值法计算出重庆建筑业资本投入、劳动力投入以及科技进步对产出增长的相对贡献率。分析结果说明，重庆建筑业现阶段正处于规模效益递减的发展阶段，仍以劳动和资本要素投入为主，科技进步推动作用不够明显，其建筑业经济增长质量不容乐观[67]。

此外，许多学者研究了建筑业工资对行业经济增长的影响。沙凯逊通过分析促进建筑行业劳动生产率提升的原因发现合理的工资水平有助于提高建筑业的劳动生产率[68]。Liu等检验分析了不同性质建筑企业中人均工资对人均总产值的影响，发现国有企业的工资水平比其他性质企业的工资水平对人均总产值的影响更大[69]。刘快军等根据效率工资论采用一元线性回归的研究方法考察工资的激励作用，研究结果表明企业工资能够促进劳动生产率的提高[70]。陈敏，李启明论述了建筑业工资水平对经济增长的作用机理，采用1991-2009年时间序列数据，运用协整检验、误差修正模型和格兰杰因果检验，分析了中国建筑业经济增长与建筑业工资水平的关系。结果显示：建筑业经济增长与工资水平之间存在长期的协整关系[71]。少数学者从其他角度对建筑业的影响因素进行分析。邹高禄采用序列稳定性检验(ADF)技术、协整检验技术和误差较正模型，分析了中国过去20年间国内生产总值(GDP)增长对建筑业增长的影响。研究结果表明中国建筑业与GDP之间有长期稳定的均衡关系，建筑业增长对GDP的影响存在1-2年的滞后期[72]。金维兴等建立了截面数据回归模型分析34国的

建筑业成长轨迹，回归结果表明国内生产总值中建筑业增加值的比重与人均国内生产总值之间呈现三次曲线关系[73]。陆歆弘等通过研究中国建筑业的资本投入、劳动投入与建筑业增加值之间的关系，分析了建筑业产出增长的源泉，认为中国1990-2000年的建筑业产出增长主要依赖于资本要素的投入，而且容易受到国家的宏观经济形势和房地产业的发展情况所影响[74]。刘蓓华，刘爱东通过编制建筑业经济增长与碳排放比照清单，验证其脱钩关系。实证表明：建筑产业经济发展与碳排放之间具有耦合特性，建筑节能技术创新是非连续性的，低碳化产业发展受政策影响深刻[75]。戴永安在探析建筑业系统与区域经济系统耦合机理的理论基础上，借鉴物理学耦合度函数构建了建筑业与区域经济增长的耦合协调度模型，从需求效应、技术和金融支持效应、人口和投资效应五个角度探讨区域经济增长对建筑业发展的作用[76]。

综上，中国建筑业经济增长主要(60-70%)可以用劳动、资本、技术三大类生产要素的投入增加来解释，但是，其他的看似相互独立其实互相关联的不同因素，也都是中国建筑业经济增长的来源。随着更多的“影响因素”被识别，对于生产要素的贡献率也变得更加难以把握。另外，国内学者在研究时“增长来源”、“影响因素”和“生产要素”的视角有所区别，因此研究结果之间也存在分歧。

### 1.3.5 建筑业经济增长效率研究

Jan利用数据包络分析(DEA)的方法研究了瑞典104个建筑企业在1989-1992年间的工程数据，结果显示建筑企业彼此之间的效率差异十分明显。但是，劳动者的数量、劳动者的受教育程度、管理者的工作时间和从业者的决策参与程度对效率的影响均不显著[77]。加拿大改革指导委员会通过对1310家建筑业次承包商的相关数据进行分析，发现建筑企业的整体效率较低，近一半的企业效率不足0.5，四分之一的企业效率在0.5-0.75之间，只有26%的企业效率超过0.75[78]。Edvardsen用DEA方法分析了挪威建筑业的效率，发现提高劳动者的计时工资和工作时间有利于提高企业效率，减少劳动者中学徒的比例和企业建筑产品的种类同样能提高企业效率[79]。Nguyen等用DEA和SFA方法研究了越南建筑业的技术效率，证明国有建筑企业的效率要高于非国有建筑企业[80]。El-Mashaleh etal. 认为：建筑企业的生产率并不能代表建筑业部门的效率，加入更多建筑企业内部的管理因素会使得效率评价更全面和准确[81]。由于国外与国内的国情不同，而且对建筑产业的研究视角区别也很大，使得国外的研究结果只能作为中国建筑业研究的借鉴，但参考不大，所以只是简单论述。下面重点介绍中国学者的研究成果。

郭伟，任宏和张仕廉利用技术进步度量理论分析了国有建筑企业的产出增长率，得到了外延产出占支配地位、科技进步贡献率很低和存在明显规模经济的结论[82]。林晨应用数据包络分析方法建立了一个双投入单产出模型，对1999和2000年的全国各省市建筑业的生产效率进行分析，得出上海市、浙江省建筑业的生产效率相对最佳[83]。王幼松等以中国大陆31个省市自治区建筑业投入产出2002年的截面统计数据为基础，分别建立非参数凹效率边界和凸效率边界的经济计量分析模型，计算各地的生产技术效率值，并进行排序比较[84]。朱玲燕使用DEA模型，把各省建筑业的企业单位数和从业人员数作为“输入”变量，把建筑业总产值和利税总额作为“输出”变量，分析了我国中部六省2006年度建筑业投入产出效率情况，结果表明，建筑企业的相对有效性普遍不高，六个省份全部为非有效总体[85]。李百吉和贾洪引入虚拟决策单元，运用DEA对我国各省市建筑业相对生产效率进行研究，提出从提高从业人员素质、加大技术更新与技术改造的资本投入、借鉴学习先进的技术经验三个方面增强建筑业的生产效率[86]。李伟等采用基于DEA模型的生产效率评价方法实证分析了我国31个省市自治区建筑业的总效率、技术效率、规模效率。结果表明：全国只有11个省市是有效的评价单元，除了1个技术有效的单元和1个规模有效的单元外，其余省市在技术和规模上都是无效的单元[87]。戴永安，陈才运用数据包络分析( DEA)方法对中国建筑业效率进行了研究。结果表明：中国建筑业总体综合技术效率偏低，且呈下降趋势，分析其原因在于纯技术无效率。作者利用Tobit回归模型分析了省际建筑业效率差异的影响因素。研究发现：建筑业发达程度、城镇化水平和建筑业人均资产有利于建筑业效率的提高，而建筑业国有化程度和区域金融发展水平对建筑业效率的提高有负向影响。推进建筑业市场化进程和加强建筑业投融资管理是提高中国建筑业技术效率的有效途径[88]。李忠富，王汇墨采用DEA方法分别从产业自身发展的纵向角度和产业竞争的横向角度对我国建筑业产业内部效率和外部效率进行实证分析发现：1998-2007年，我国建筑业虽然一直随国民经济的发展而不断的加强自身内部建设，提升产业的内

涵素质，从而逐渐提高自身生产力水平，但自2002年开始，特别是2004年以后，建筑业产业发展速度明显滞后于外部环境，使得建筑业产业外部效率直线下降

[89]. 陈敏，杨为根选取1993-2009建筑业增加值作为产出，建筑业从业人员劳动

报酬和福利之和作为劳动投入，固定资产和流动资产之和作为资本投入，估计中国建筑业的生产函数。结果发现由于规模不经济的影响，科技进步贡献不高，全要素生产率年增长平均为负，中国建筑业经济增长质量较差[90]。

可以看出，DEA方法被广泛应用于建筑业的效率研究中。样本方面，主要是对某个地区的时间序列数据进行效率估计，其缺点是无法比较各地区的效率

差异；或者是对某个年份多个地区的横截面数据进行分析，此方法虽然能观察到区域差异，但无法知悉效率的动态变动情况。目前，建筑业效率评价中缺乏对面板数据的研究。

### 1.3.6 国内外研究现状评述

纵观国内外相关研究现状，可以看出：

（1）国内外关于环境规制对产业的影响分析主要集中在工业领域，很多学者对此进行了研究，而对环境污染严重、能耗约占能源总消耗量40%以上的中国建筑业，环境规制对其影响的研究较少。建筑业是我国国民经济的支柱产业，结合环境规制理论、建筑业经济增长理论和可持续发展理论进行环境规制对我国建筑业经济增长影响的研究具有重要的理论和现实意义。

（2）通过梳理国内外文献发现，大部分关于环境规制对产业影响的研究，主要集中在对生产率、产业技术创新、经济增长和行业产出、产业绩效等方面，但尚没有学者就环境规制对产业的能源消耗进行研究。中国建筑业经济增长离不开大量劳动、资本、技术、和能源投入。因此，研究环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，重点从建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个维度探讨环境规制对建筑业经济增长产生影响的作用过程，是后续研究的前提和基础。

（3）从研究方法看，目前针对环境规制对产业影响的研究多集中在静态研究，缺少动态分析，不能深入分析在环境规制的冲击下，产业的动态变化过程和二者之间的动态关系。因此，本文将根据环境规制强度的不同将全国划分为高规制区域和低规制区域，利用面板协整检验、面板修正模型、方差分解、面板VAR等高级计量经济学方法分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的长短期影响、环境规制和建筑业经济增长的相关性变动状况及贡献度、在不同区域内环境规制对建筑业经济增长的动态冲击及建筑业经济增长对环境规制冲击作用的动态响应。

（4）近几年国内对建筑业经济增长效率的研究很多，但在研究中均没有考虑环境规制和能源消耗两个非常重要的影响要素对建筑业经济增长效率的影响。节能减排已经作为国家的基本国策，建筑业是高能耗、高污染的产业，环境规制的实施势必会对建筑业经济增长效率产生影响。因此，有必要建立能源-经济-环境三元分析框架来研究建筑业的经济增长效率，以期对建筑业经济增长效率有更科学、更全面的理解。

本文将在前人研究成果的基础上，针对目前现有文献研究的局限性，结合建筑业产业发展的政策环境，以环境规制对我国建筑业经济增长的影响为研究

对象，对其传导机制、动态关系和经济增长效率进行研究，为实现环境保护和建筑业经济增长的“双赢”提供理论依据和数据的支持。

## 1.4 研究内容、研究方法和技术路线

### 1.4.1 研究内容

本文的主要研究内容包括：

（1）环境规制对建筑业经济增长影响的理论分析依据环境库兹涅茨曲线，建立环境规制与建筑业经济增长之间的有效联系。根据环境规制理论、经济增长理论、外部性理论和可持续发展理论，在分析建筑业经济增长的动力要素和建筑业经济增长效率的影响因素基础上，剖析环境规制对建筑业负外部性问题的有效性，分析环境规制与实现建筑业可持续发展的关系。

（2）环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制研究环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，重点从建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个维度探讨环境规制对建筑业经济增长产生影响的作用过程。在理论分析环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的传导机制后，建立环境规制对建筑业经济增长影响的动态面板模型，实证分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的影响，为以后的研究奠定坚实的理论依据和实证基础。

（3）环境规制对建筑业经济增长的动态影响根据环境规制强度的不同将全国划分为高规制区域和低规制区域，利用面板单位根检验、面板协整检验和面板误差修正模型分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的长短期影响。利用面板VAR和面板脉冲的方法对建筑业经济增长的相关性变动状况和不同强度的环境规制对建筑业经济增长的动态冲击及建筑业经济增长对环境规制冲击作用的响应进行分析。

（4）环境规制下建筑业经济增长效率评价依据经济增长效率理论，选择相应的指标，利用DEA和Malmquist生产效率方法研究环境规制下建筑业综合技术效率水平和经济增长效率。根据环境规制的强度不同，分别评价高规制和低规制区域建筑业的经济增长效率状况；根据区域经济发达程度的不同，比较东中西部地区建筑业的经济增长效率差别。对评价不同的区域分别深入分析，挖掘其内在原因，并提出在环境规制下提高建筑业经济增长的对策建议。

### 1.4.2 研究方法

（1）文献研究法 通过梳理、归纳和概括国内外相关文献，较为深刻地

理解环境规制对产业经济经济增长的影响以及学者们分析问题和解决问题的思路和方法。在研究过程中，文献研究方法为论文的选题和后续研究的深入提供理论基础和保障。

（2）数学建模法通过用环境规制作自变量，添加因变量的滞后项作为控制变量，引入“节能减排”政策作为虚拟变量，分别构建环境规制对建筑业经济增长绩效、技术进步、能源消耗强度的动态面板数据模型，分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制。

（3）定性分析与定量分析相结合本文从定性与定量两方面对环境规制与建筑业间的关系进行深入分析，定性分析用于研究环境规制与建筑业之间互动关系的动态变化趋势，定量分析的结果用于对变化的程度在数量方面给予描述。定量方法具体包括面板单位根检验、面板VAR、面板协整、面板误差修正模型、面板脉冲。

（4）理论分析与实证研究相结合结合环境规制理论和经济增长的基本理论，分析环境规制和能源消耗对建筑业经济增长效率的影响，并用DEA、Malmquist生产效率指数分别进行建筑业综合技术效率和经济增长效率评价的实证研究，根据实证研究的结果结合现实情况再进行理论分析。

### 1.4.3 技术路线

课题的研究路线是：将环境规制理论、经济增长理论、外部性理论和可持续发展理论相结合，运用理论与实证研究、定性与定量分析相结合的研究方法，分析环境规制对我国建筑业经济增长的影响。研究的技术路线如图1-1所示：

国内外研究现状及评述

研究背景及问题提出

环境规制对建筑业经济增

长影响的传导机制

外部性理论

结论

建筑业环 境规制理 论分析

建筑业经 济增长理 论分析

增长 绩效

技术 进步

能源 消耗

环境规制对建筑经济增

长的动态影响

动态关系 分析

动态变化 过程分析

环境规制下建筑 业经济增长效率

评价

环境规制理论

文献研究法

经济增长理论

数学建模方法

定性与定量分 析相结合

环境库兹涅茨 曲线

高级计量经济 学方法

经济增长效率 理论

可持续发展

理论

环境规制下提高建筑业经济增长

效率的对策

DEA方法和

Malmquist生 产效率指数

理论支撑

研究方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 综合技术 效率评价 | |  | 经济增长 效率评价 | |
|  |  | | |  |

图1-1 研究技术路线图

Fig. 1-1 Research roadmap

# 第2章 环境规制对建筑业经济增长影响的理论分析

## 2.1 相关概念界定

随着人们环境保护和节约能源意识的加强，环境规制与建筑业经济增长之间的关系越来越引起学者的关注。本文在对环境规制与建筑业经济增长的关系研究之前，首先对环境规制和建筑业经济增长的相关概念进行界定。

### 2.1.1 环境规制

规制一词源于英文“Regulation”，对于环境规制(Environmental Regulation)的定义与内涵，目前尚无明确、权威的说明与界定。在国外的文献中，“环境规制”(Environmental Regulation)与“环境政策”(Environmental Policy)两个概念经常互换使用，而在实际分析时，又将这两个概念具体化为“污染治理”(Pollution Abatement)。国内学者根据研究对象对环境规制给出各自的定义。李红利认为环境规制是指以环境保护为目的而制定实施的各项政策与措施的综合，它包括各种环境政策、环境法律法规、以及与环境相关的各种规章制度等具体内容，是政府社会性规制中的一项重要内容[91]。王怡和王玉婧论文中的环境规制是指由于环境污染具有外部不经济的特点，政府通过制定相应的政策与措施对厂商或企业的生产活动进行调节，以达到保护环境和经济发展相协调的发展目标[92-93]。肖璐将史普博（Spulber）的规制定义应用于环境规制，认为：从行政决策模型方面看，环境规制作为政府对环境管理的一种重要手段，可以被界定为政府以保障环境的可持续发展为目的，通过专门的行政机构制定实施

一定的法律制度、政策以及环境质量标准等措施，调节规范各种经济主体行为，并对造成环境污染或环境损害的行为进行限制、禁止的管理活动。从市场机制的模型看环境规制是在一定环境规制制度下各个环境利益集团(Environmental Pressure Group)博弈的过程和结果[94]。董敏杰参照对“政府规制”的相关研究指出，环境规制主要是指企业新增污染物的治理与控制[95]。虽然各学者对环境规制的定义各不相同，但环境规制均指由于环境污染具有外部不经济性，政府通过制定相应的法律、规章、制度、政策与措施，针对社会边际成本和经济主体边际成本之间的差异，运用价格和数量工具，对经济主体及其造成环境污染的经济活动进行控制和调节，尽可能地把环境污染带来的外部不经济降低到最适水平，以达到环境和经济可持续发展的目标[96]。根据前人的研究成果和本文的研究对象，本文的环境规制是指由于环境的公共物品性质和环境污染的负外

部性特征，为了弥补建筑业在生产活动中产生环境污染方面的市场缺失，政府采取相应的干预措施和手段，调节建筑企业的生产经营活动，以达到控制污染和保持经济增长的双重目标，实现建筑业的可持续发展。具体包括污染防治和城市环境保护。

### 2.1.2 建筑业

建筑业分广义的建筑业和狭义的建筑业之分[97]。广义建筑业认为，建筑业是建筑产品生产的全过程及参与该过程的各个产业和各类活动，包括建设规划、勘察、设计、建筑构配件生产、施工及安装、建成环境的运营、维护及管理，以及相关的技术、管理、商务、法律咨询和中介服务、相关的教育科研培训等等[97]。这种视角下的建筑业已经横跨第二和第三产业，产品不仅包括实体建筑产品，也包括了大量服务和知识产权。这种定义实际反映了建筑业真实的经济行动空间。狭义建筑业属于第二产业，即国民经济行业分类标准

（GB/T4754-2002）中的建筑业，包括房屋和土木工程业、建筑安装业、建筑装饰业、其他建筑业等四个分行业[97]。狭义的建筑业从行为特征及统计的可操作性出发，目的在于进行统计分析，而不是为了限制企业活动及作为政府行为管理的依据。从广义建筑业观点出发对建筑业进行定量分析几乎是不可能的。因此，本文采用“狭义建筑业”的定义。这样既便于使用国家统计局和建设部有关的统计数据并在同一量度上进行比较，同时也有助于保证与同类相关研究成果的衔接和相互参照。

### 2.1.3 经济增长

经济增长是宏观经济学研究的永恒主题，诺贝尔经济学奖得主库兹涅茨(Kuznets)在《现代经济的增长：发展和反馈》中给出了经济增长一个经典的定义：一个国家的经济增长，可以定义为给居民提供种类日益繁多的经济产品的能力长期上升，这种不断增长的能力是建立在先进的技术以及所需要的制度和思想意识之相应的调整的基础上的。

经济增长由生产要素投入量与要素生产率共同决定，增加生产要素的投入量、提高生产要素生产率都可以促进经济增长。经济增长是指一个国家或地区在一定的时期内由于生产要素投入的增加或效率提高等因素导致的社会财富的增加。统计上通常表现为国民生产总值或国内生产总值的增加。具体指标包括：总量、增长率和人均占有量。公认的经济增长率指标是实际GDP增长率，即：

（当期的实际GDP-前期的实际GDP）/前期的实际GDP（2-1）

本文中的建筑业经济增长是指建筑业所生产的物质产品与劳务的数量在一段较长时期内的持续增加，这种不断增长的能力是建立在先进的技术以及所需要的制度和思想意识与之相应的调整的基础上的。建筑业经济增长的概念考虑到被一般增长经济学所忽略的经济活动的空间关系，因为建筑业经济增长过程不仅受到现存的空间关系（如区域内经济活动聚集程度）和现有的产业结构的影响，而且特别受到所处环境中制度和政策的影响。

## 2.2 建筑业环境规制的理论分析

### 2.2.1 环境规制与建筑业的外部性

外部性可以定义为：当一个群体的社会或经济行为对他人产生了影响，而又不为此影响负责时产生的成本或者收益[98]。依据外部性理论，外部性是指一种经济力量对另一种经济力量的非市场性的附带影响。经济主体具有独立的自主利益并追求利益最大化是产生外部性的前提，环境问题是外部性的表现。一个建筑企业的排污行为会给周围的企业或消费者带来损失，对社会和环境产生负效应，外部不经济特征非常明显。环境经济学提供了解决外部性问题的两种主要途径：一是外部成本内部化，即将生产过程中产生的外部效应（包括外部收益和外部成本两方面）纳人生产者的经济行为之中，通过有效的市场机制解决由外部效应产生的问题；二是直接通过政府行为或法律手段干预厂商的行为，控制和减少外部成本的发生，鼓励外部收益的行为[94]。

外部性的存在是市场机制配置资源的缺陷之一。也就是说，存在外部性时，仅靠市场机制往往不能促使资源的最优配置和社会福利的最大化，政府应该适度的干预，通过有效的制度安排和加强政策引导来塑造经济增长动力，实现经济发展的持续性。环境规制是属于第二种解决污染造成的环境外部成本的方法，通过环境规制的实施把建筑企业的负外部性内部化。在生产过程中，如果建筑企业资源利用率低则会产生的更多的环境污染物。适宜的环境规制可以引导建筑企业的技术创新，有助于企业采用提高资源利用率的新方法以减少废物排放，或促使企业寻找变废为宝的途径来降低企业成本，即“创新补偿理论”[13]。另外，在民众环保意识日益加强及政府的环境规制下，建筑企业通过改进生产过程、完善产品环境性能、采用环境友好措施等手段率先将新产品或新生产技术引入市场，捷足先登于其他竞争者以获得“先动优势”[13]。当环境规制增强时，建筑企业将被迫投入更多的资金用于污染治理，增加污染治理成本和资金投入，这可能挤占企业在其他方面的投资而给企业的经营带来负面影响，这就是所谓的“挤出效应”。从动态的角度看，随着环境规制强度的提高，企业可以

通过内部挖潜与技术创新来降低由于环境规制标准提高而增加的成本[99]。也即，通过“创新补偿”机制来抵消由于增强环境规制对建筑企业经济绩效的不利影响，有时甚至带来更好的收益。

建筑业产生的环境问题，包括空气、水、噪音、固体废弃物污染。建筑业的能源消耗、生态破坏、资源短缺相比其他行业也较为严重。浪费和过度消耗资源、造成环境污染、损害生态平衡等有违低成本经济发展的各种现象，往往都是经济活动中外部经济效应的表现。而通过一定的环境规制可以使经济主体承担自身经济活动所引起的成本或收益，促使经济主体的行为符合低成本经济发展的要求。在环境规制的约束之下，建筑企业会提高技术水平和能源的利用率。环境规制有助于建筑企业在追求经济效益的同时，协调好经济与环境之间的关系。环境规制带来的影响包括：

（1）生产经营中废弃物的减少。建筑企业可以对废弃物采取一定的方式进行循环利用，使环境污染所带来的成本损失降低；

（2）珍惜资源、能源和原材，降低物耗成本，提高经济效益。这样，建筑企业在实现其经济效益的时候，可以形成环境的正外部性。

同时，在环境理性的约束之下，政府通过制定一定的法规和优惠政策，来激励和约束建筑企业的经济行为，减少其造成的环境污染和资源浪费。这有助于避免建筑企业在追求经济增长目标的过程中造成生态环境破坏和掠夺式开发等环境不理性行为。一般来讲，同时受到环境规制，那些较先对环保设备进行投资，采用先进环保技术或主动控制污染排放的建筑企业将更可能获得竞争优势（创新优势、效率优势和先动优势），从而提高企业的生产率，获得更好的经济收益。

### 2.2.2 建筑业的环境规制政策分析

环境规制由环境标准和环境政策构成。环境标准是指为了防止环境污染，维护生态平衡，保护人群健康，对环境保护工作中需要统一的各项技术规范和技术要求所作的规定[100]。环境标准制定的目的是为了在完成社会经济发展目标的同时促进生态环境良性循环，实现经济发展与环境保护的双赢，在综合考虑自然环境和社会经济、技术水平的基础上，根据国家的环境政策和法规制定污染物的排放数量、浓度、时间和速率等技术标准和规范。环境政策由规制的目标或标准（规制强度）以及规制政策工具组成。现有的环境规制政策工具主要由命令与控制型环境规制政策、基于市场的环境规制政策以及信息披露和参与机制三种类型组成。目前，我国在环境规制中主要应用的是命令与控制型环境规制政策。与建筑业相关的各种具体的环境规制政策见表2-1。

表2-1 建筑业的环境规制政策

Table 2-1 Environmental regulation policy in China

政策类型政策工具开始时间应用范围

命令与控

限期治理2009全国

制型规制政策

污染物总量减排（COD、氨氮、二氧化硫、氮氧化物）

2008全国

基于市场的环境规制政策

信息披露和参与机 制

环境影响评价制度 2002 全国

排污申报 1992 全国

排污许可证制度 1988 重点区域、污染源的 水和空气污染

“三同时”制度 1972 全国

污染物排放标准 20 世纪 80 年代 全国

“以奖促治以奖代补”农村环境保护专项资金2010全国

环保专项资金 2003 全国

排污费（含超标排污费） 2003 年修订 全国

SO2 排放总量控制及排污交易政策 1999 试点省市 排水设施有偿使用费 1993 全国

SO2 收费（试点） 1992 试点省市

“三同时”保证金 1989 部分城市

废物交换市场 1989 部分城市

生态环境补偿费（试点） 1989 部分省区

矿产资源税和补偿费 1986 全国

综合利用税收优惠 1984 全国

环保投资渠道 1984 全国

补贴 1982 全国

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公众参与暂行办法 | 2006 | 全国 |
| ISO14000 | 1995 | 全国 |
| 环境标志 | 1993 | 全国 |

信息公开暂行办法2008全国

### 2.2.3 建筑业的环境规制特征及度量

我国实行国家环境保护部对环境保护工作实施统一监管，各省（自治区、直辖市）、市、县级政府对当地环境质量负责的环境管理体制。环境标准体系分为三个层次：国家级环境保护标准（国家污染物排放标准、环境质量标准、监测方法标准、环境标准样本标准和环境基础标准）、地方环境保护标准（地方污染物排放标准和环境质量标准）和行业标准[100]。我国幅员辽阔，各地的经济发展

水平和产业结构有所差别，因此各地的环境规制标准和强度也有所不同。

为了研究环境规制对建筑业经济增长的影响，有必要对环境规制强度的度量统一标准。目前国内外学者对环境规制的度量存在很大的差异，由于环境规制的政策和标准受到数据获取的影响很难量化，限制了这方面的相关研究[101]。总结目前有关环境规制的度量主要有以下几种观点：①用治污投资占企业总产值或总成本的比值来衡量环境规制，如lanoie etal（2008）；Gray(1987); berman and bui（2001）；②用环境规制政策对环境规制强度的影响来衡量，如low（1992）；

③用治理污染设施运行费用来衡量（赵红2007；张成2010）；④将人均收入水平（人均GDP）作为衡量内生环境规制强度的指标，(Mani and wheeler 2003; Antweiler etal. 2001)；⑤用环境规制机构对企业排污的检查和监督次数衡量

（Brunnermeier and cohen 2003）；⑥用各种污染物的排放总量来度量(Cole and Elliott 2003)。以上六类衡量环境规制强度的指标均在存在一定的不足和局限性，根据本文研究对象的特点以及数据的可得性和相对完善性，本文采用第一种方法，原因如下。

随着中国经济进入持续的快速发展阶段，经济的高速增长与环境污染加剧之间的矛盾摆在了最显要的位置。目前工业污染治理是中国环境问题的首要问题，针对工业污染的统计数据相对其他行业要全面一些。但是，针对建筑业环境污染、保护和治理的相应数据不够完善。因为目前国家没有进行关于建筑业的环境治理数据统计，考虑到数据的准确性、一致性和可获得性，只能从区域的环境规制强度入手，用环境规制的平均强度代替建筑业的环境规制强度。依据发达国家的统计规律，一个国家的环保投入如果在一定时期内持续稳定占到国民生产总值的1.2%时会使环境变好，在1.5%-2%之间时会使生态恢复，大于3%时才能使环境质量得到明显改善，达到生态平衡。根据发达国家的经验，对环境规制强度的界定，本文采用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比代替，研究不同的环境规制强度对于建筑业经济增长的影响。环境规制强度

（*ER*）的计算公式：

*ER*=治理污染的总投资/*GDP*（2-2）根据《中国环境统计年鉴》，各省份治理污染的总投资由三部分构成：城市

环境基础设施建设投资、工业污染源治理投资和建设项目“三同时”环保投资。三者占治理污染投资总额的比例如图2-1所示。

由图2-1可知，城市环境基础设施建设投资和建设项目“三同时”环保投资约占治理投资总额的85%，因此，用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比来研究不同区域的环境规制强度对于建筑业经济增长的影响是可行的。

100%

90%

80%

70%

60%

50%

40%

30%

20%

10%

0%



2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010

城市环境基础设施 建设项目三同时 工业污染源治理

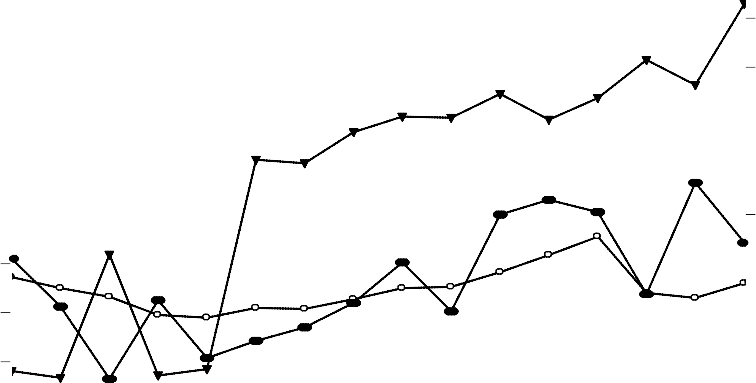
图2-1 全国历年环境污染治理投资情况(2000-2010年)



Fig. 2-1 Investmentin the treatment of environmental pollution in past years (2000-2010)

### 2.2.4 环境规制与建筑业经济增长关系的库兹涅茨解释

在进行环境规制对我国建筑业经济增长的影响研究之前，通过环境规制和我国建筑业经济增长趋势的历史数据可以初步观测环境规制与我国建筑业经济增长之间的动态变动关系。图2-2所示为1995-2010年间我国环境规制强度(ER)、建筑业GDP增长率(CY)、GDP增长率(GDPR)的变化趋势。



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 36 |  |  |  |  |  |  | 1.8 |
| 32 |  |  |  |  |  |  | 1.6 |
| 28 |  |  |  |  |  |  | 1.4 |
| 24 |  |  |  |  |  |  | 1.2 |
| 20 |  |  |  |  |  |  | 1.0 |
| 16 |  |  |  |  |  |  | 0.8 |
| 12 |  |  |  |  |  |  | 0.6 |
| 8 |  |  |  |  |  |  | 0.4 |
| 4 |  |  |  |  |  |  | 0.2 |
| 0 |  |  |  |  |  |  | 0.0 |
|  | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 2004 | 2006 | 2008 | 2010 |

GDPR ER CY

图 2-2 我国环境规制强度、建筑业GDP增长率和GDP增长率走势

Fig. 2-2 The trends of environmental regulation, construction industry and GDP growth rate

注：左面的纵坐标为建筑业和GDP增长率的坐标，右面的纵坐标为环境规制的坐标

从图2-2可以明显看出环境规制强度走势与我国建筑业经济增长走势间有引导与被引导的关系，即环境规制强度下降会伴随着建筑业GDP增长率走势的上扬，与之相反，环境规制强度上升后我国建筑业GDP增长率走势会随之下降，但也有少部分区间出现环境规制强度与建筑业走势趋同现象。由图可见，环境规制强度对建筑业经济增长的作用是明显的。当国家加大环境规制力度时，建筑业会加大投入去减少污染，进而抑制建筑企业在其他方面发展的投资，最终导致建筑业经济增长速度走势随环境规制强度上升而下降，无形中影响到建筑业的经济增长。

观察环境规制强度与建筑业走势趋同的时间段为1999-2003年，期间我国正处于亚太经济危机后的复苏期，宏观经济环境对产业发展的影响是巨大的，市场需求的增加与经济建设的需要导致建筑业经济增长出现持续上升的趋势。虽然国家加大环境规制强度，但是由于经济发展的增速，我国建筑业处于快速上升期。因此，出现环境规制强度走势与建筑业经济增长走势的步调一致的现象。即环境规制强度上升，建筑业的经济增长速度也同时上升的局面。

库兹涅茨曲线用于分析人均收入水平与分配公平程度之间的关系，是由诺贝尔奖获得者、经济学家库兹涅茨提出的，这种曲线应用于环境保护中，就称为环境库兹涅茨曲线。环境库兹涅茨曲线揭示了环境与发展的关系：在经济发展初期，只有轻微的环境污染，随着经济的发展，环境污染日益严重，环境恶化程度加强；当经济增长到一定水平后，随着经济的进一步发展，环境状况就会出现转折，环境质量逐渐得到改善，环境质量与经济发展进入正相关阶段，这种现象被称为环境库兹涅茨曲线[102]。而那个临界水平被称为“临界点”或“拐点”。

根据Grossman和Krueger提出规模效应、技术效应与结构效应[103]来分析环境规制与建筑业经济增长的关系：

（1）规模效应建筑业经济增长依赖于投入要素的增加和资源的使用，不仅生产过程带来大量的污染排放，不断增加的产出也会产生环境污染。建筑业规模的扩大不可避免地对环境造成负面影响。

（2）技术效应建筑业的经济增长带来的经济收益，使企业有更多资金投入到清洁技术、环保技术、提高生产效率技术的研发和使用，有利于推动技术进步，从而推动生产率和资源使用效率的提高，降低单位产出的污染排放，减轻对环境的破坏程度。

（3）结构效应随着建筑业的经济增长，投入结构和产出结构发生变化，经济增长方式发生转变。在早期阶段，资源投入较多，是粗放型经济增长方式，当产业发展到一定阶段后，通过先进技术的使用，不再需要大量的资源投入，经济增长方式向集约型转变，环境质量得到改善。

在建筑业发展初期阶段，规模效应超过了技术效应和结构效应，环境恶化；随着产业的不断发展，技术效应和结构效应发挥作用，环境恶化得到缓解甚至改善。但是，这种环境的改善仅依靠市场调节是不可能的，需要环境规制的推动。严格的环境规制有利于促进产业经济增长方式由粗放型向集约型的转变。环境质量的变化也与环保投资密切相关，充足的环保投资可以改善环境质量。环保投资由少到多的变动形成了环境质量与建筑业经济增长之间的倒“U”型曲线关系。当然这也并不绝对，需依据具体情况具体分析。

## 2.3 建筑业经济增长理论分析

### 2.3.1 建筑业经济增长动力分析

纵观经济增长理论的演进，哈罗德——多马模型、新古典经济增长模型、新经济增长模型和新制度经济学模型都对经济增长的动力源泉进行了剖析。哈罗德——多马模型认为经济增长的动力源泉在于资本积累；新古典增长模型强调技术进步对经济增长的重要作用；新经济增长理论则更重视技术和知识对经济增长的促进作用。新古典增长模型把技术看成经济增长的外生变量，但新经济增长理论将知识和技术作为内生变量，强调知识和技术进步在抑制劳动和资本边际收益递减方面的重要作用，认为通过知识和技术进步可以提高劳动生产率并且使得资本边际收益递增。从经济增长的动力角度看，新经济增长理论已突破了传统增长理论所强调的经济增长的动力源泉是劳动和资本等投入要素，更强调人力资本、制度和分工等软因素的推动作用。新经济增长理论倡导增加教育培训投资等人力资本方面的投资，强调知识的重要作用，把知识作为一种关键的生产要素看待，强调增加研发方面的投资。随后的新制度经济学则强调制度对经济增长的影响。根据新制度经济学家的观点，有效的制度变迁对经济增长不仅有影响，而且这种影响还是决定性的。在新制度经济学家看来，经济增长的决定因素是制度变迁，而不是传统所说的资本积累、技术进步、人力资本等其他因素。这也称为经济增长的“制度决定论”。

上述理论不管采用哪种生产函数为基础，都可看出资源条件和制度条件对经济增长的重要作用。资源是经济增长的基础，没有一定的资源条件，经济增长特别是快速经济增长将是很困难的。制度是经济增长的保证，制度条件好，一定的资源条件就可以对经济增长发挥更大的作用，因为已有的资源可以提高利用效率，潜在的资源可以发掘出来，某些不足的资源可以弥补。从根本上看，经济增长只能是潜在生产能力增加的结果。增加潜在生产能力，要么增加生产要素投入量，要么改进生产要素使用效率。技术进步是提高生产要素使用效率

的直接因素，技术进步是指所有影响建筑业经济增长的因素中扣除资本和劳动之外的一切因素，因此是一种广义的技术进步，而不仅仅是狭义的技术进步[64]。它包括建筑技术的进步、建筑产品种类的增加、建筑产品质量的提高、管理水平的提高、劳动者素质的提高、建筑相关基础科学与基础理论研究的发展、金融市场的完善、新的建设市场的开辟、建设输出、建筑业的各种管理制度、产业政策等方面的因素。可见，建筑业广义技术进步可分为建筑技术进步和资源配置效率提高两个方面，它们分别是管理创新和技术创新（这里管理创新包含制度创新）的结果。中国建筑产业仍旧依靠生产要素投入作为主要的经济增长来源，尤其依赖资本投入的带动作用，相对来说劳动投入和技术进步的推动作用比较小。美国经济学家库兹涅茨的研究揭示，发达国家的人均收入的增长有50%-70%来自于技术进步而产生的生产率的提高。从现有研究成果可以看出，西方经济学家和中国的经济学家都非常强调技术进步和技术创新对经济增长会起到重要的作用。从长期来看，技术进步可以使经济体的生产可能性曲线外移。因此，建筑业注重技术进步是一个正确的选择，技术进步是未来建筑业经济增长的动力。

### 2.3.2 建筑业经济增长效率分析

从20世纪90年代开始，随着我国城市化进程速度加快，建筑业发展迅速。每年的工程建设总量都很多，从业人员总数和利润总额也很大。但是，受地区经济环境、地理位置以及国家调控政策等方面的影响，各地区建筑业经济增长不平衡，建筑业经济增长效率也参差不齐。

根据经济增长理论，经济增长主要源于生产要素的投入和生产效率的提高。从经济增长理论可知要获得建筑业的可持续增长，除了要保证必要的生产要素投入量以外，更多的依赖于生产效率的提高，这是经济增长的质的层面的改进。因为生产要素具有边际收益递减的规律，随着生产要素投入不断加大，其带来的收益将会不断的减少，生产效率的提高才是实现建筑业经济持续性增长的关键。虽然通过学习国外先进的施工经验、项目管理方法以及引进先进的技术设备等措施使我国建筑业的生产效率有了较大的提高，但是同发达国家相比，我国建筑业的生产效率水平还有很大的提升空间。近几年的基础设施投资和房地产市场开发建设使得几年间我国大多数中小城镇房屋建筑拔地而起，建筑业过度投入带来的是产出的无效率和资源的极大浪费，这种发展状态是不可持续的

[104]. 另外，2003年以来土地价格持续上涨，建筑企业的固定资产投资相对不足，

规模效率较低，不利于生产要素的合理投入和配置。而且，不同地区的内部经济及产业发展差异较大，同时受到技术进步状态、资源禀赋、要素流动以及产

业结构等其他因素的影响，建筑业经济增长效率也存在差别。总体来说，各地区综合技术效率、纯技术效率和规模效率表现出较强的梯度分布特征，同一效率区间段的各省份在地理位置上通常彼此相连，地理集中特征明显，呈横向或纵向的带状分布[88]。

分析影响建筑业效率的因素可知，提高城镇化水平、人均资产配置和建筑业发达程度均可显著提高建筑业各效率水平，推动建筑业各效率水平也可通过降低国有化比例来实现。在科技和基建上的政府财政投资可以提高纯技术效率，进而对综合技术效率产生正向影响，但会导致规模效率的降低[105]。严格控制建设工程的投融资渠道、考察建筑业企业信用水平、增强建筑企业的业绩考核、提高企业资金利用率和减少资金滥用也会提高建筑业生产效率。建筑业生产效率还可通过加强基础建设投资项目的管理，培训和再教育建筑业从业人员，提高从业者的文化和技术素质实现。通过教育和培训，一方面可以提高劳动生产率，另一方面可以加快新技术的学习与推广，为建筑业提供了大量合格的专业技术、管理人才和建筑工人，从而提高劳动生产力水平。但也有学者提出不同的观点，认为增强人力资本水平可以显著地促进建筑业纯技术效率的提高，但对规模效率会产生负面作用，在两者的综合作用下对综合技术效率产生负面影响[87]。综上，提高建筑业效率的途径可归纳为规范建筑业市场，提高建筑企业的经营管理效率，特别加强对项目目标管理、人际关系、组织形式、沟通艺术、激励机制以及企业文化等方面的研究与实践，配合计算机的应用和普及，共同促使建筑企业管理水平的提高，从而提高整体的生产效率[106]。

虽然中国人口众多，但近年来建筑业劳动力的供给量也呈供不应求趋势，而且劳动者的流动性和专业素质等问题所引发的瓶颈效应越来越明显。据统计，农民工占整体建筑业从业人员的70%左右，建筑行业从业者的整体文化素质偏低，不利于建筑业新工艺、新技术、新设备、新材料的推广和应用，严重阻碍了劳动投入的使用效率，从而成为建筑业技术进步和经济增长的瓶颈。不断提升资本、劳动、技术、制度等要素的利用效率，同时寻求各组成要素之间的最佳组合，才可能实现建筑业经济的持续增长。因此，中国建筑业的经济增长过程是沿着“社会（制度）要素——资本要素和劳动投入（量）——技术要素和劳动投入（质）”这一效率瓶颈的消除和转移路径渐进发展的过程[107]。建筑业经济增长效率是建筑业的全要素生产效率的体现。建筑业经济增长效率=技术效率变化\*技术进步。其中，技术效率变化由纯技术效率和规模效率决定。技术效率能够较为全面的反映建筑业经济增长的内在效率，也能分析出经济增长的最佳投入要素组合，在微观上可以成为资源利用效率或者使用效率的别称，在宏观上可作为测度经济增长质量的一个度量[87]。

### 2.3.3 环境规制对建筑业经济增长模型的影响

将环境规制纳入经济增长模型，探讨环境规制对建筑业经济增长的影响可以从企业微观层面进行，因为建筑业的经济增长直接依赖于作为其细胞的微观经济单位——建筑企业的活力。建筑企业的生产过程，就是在一定的制度条件和生产技术之上，资本K和劳动L两种投入要素相结合的过程。环境规制变量相对于生产投入要素来说，一般比较稳定，因此是离散变量。但是，技术改进却经常发生，小的渐进性的产品创新、技术创新、工艺创新和管理创新几乎每天都会出现，虽然影响重大的突破性技术创新是离散的，却很少发生，所以可以将技术进步看作是连续变量。总量生产函数可写为：

*Y**t**Fz**K**t*, *A**t**L**t*

（2-3）

式中下标Z表示给定的区域环境规制强度，*Fz*表示在环境规制强度为Z时的生产函数，Z取值不同，生产函数也随之变化。*K**t*为资本，*A**t*为技术进步指数，而*A**t**L**t*则为有效劳动数量。假设建筑企业在产品生产中的技术水平增长率为**，即*A**t**A*0*e*xt，则有效劳动的增长率为*x**n*。

再假设在给定的环境规制强度之下，生产函数（2-3）具有一阶齐次性，并且对各种投入要素的一阶导数为正，二阶导数为负，满足生产函数规模报酬不变和边际收益递减的性质。若记*y**t**Y**t*/ *A**t**L**t*与*k**t**K**t*/ *A**t**L**t*分别为单位有效劳动的平均产出和单位有效劳动的平均资本存量，则总量生产函数（2-3）可以写成集约形式[108]：

*y**t*

i i

*fz**K**t*

（2-4）

并利用关系式*k**t**K**t*/ *A**t**L**t**x**n**k**t*，可得单位有效劳动平均资

本存量的变化式：

i

*k**t**sfz**k**t**x**n****k**t*

（2-5）

该式为建筑业经济增长模型的基本微分方程。根据该微分方程做出建筑企业的产出、投资和资本存量运动关系图，见图2-3。

在图2-3中，*fz*1*k*和*fz* 2*k*是环境规制强度为别为*Z*1和*Z*2时建筑企业集约形式的生产函数曲线，曲线*sfz*1*k*和*sfz* 2*k*是实际投资所增加的单位有效劳动平均资本存量曲线，而*x**n****k*则是考虑了有效劳动数量和资本折旧的单位有效劳动平均资本存量直线。根据环境规制强度不同，建筑企业的生产函数曲线也会随之变化，反映出环境规制强度对建筑企业产出的影响作用。如果环境规制

 *x*  *n*  **  *k*

*fz* 2 *k*  *sfz* 2 *k*  *fz*1 *k* 

*sfz*1 *k* 

*k* i

1

*k* i

2

*k*

*y*

图2-3 环境规制强度变化对建筑业经济增长的影响

Fig. 2-3 The effect of environmental regulation on construction industry growth

强度由Z1转变为Z2，新的规制强度比原来的规制强度更适合生产力发展的要求，建筑业的经济增长就会出现一个加速的过程，直至趋近于新的稳态均衡点位置

*k* i，该均衡点的位置取决于环境规制强度和生产的技术水平。

2

上述分析表明，环境规制可为建筑业提供一个促使其技术进步和创新的有利环境，技术进步则是建筑业经济增长的最终源泉。

### 2.3.4 环境规制与建筑业可持续发展

“十一五”时期，伴随着整体国民经济的平稳快速发展，建筑业也取得了较快的经济增长。同时，建筑业的管理体系和工程技术标准也愈来愈规范，技术水平也得到显著提高。在技术创新的推动下，建筑业的设计和建造能力也显著增强。为了深入贯彻落实科学发展观，“十二五”时期的建筑业将承受更大的节能减排外部约束，在保障建设工程的质量和安全的前提下，加快建筑业经济增长方式的转变，是促进建筑业踏上可持续发展之路的有效途径。

自1987年布伦兰特委员会在《我们共同的未来》中提出可持续发展的概念后，学者们开始从不同的角度研究和解释可持续发展。从经济学的角度，可持续发展可以理解为在不降低环境质量和不减少未来实际收入的前提下，使净利益增加到最大限度的经济发展。进一步的说，可持续发展是指不仅要为了当代人而且要考虑到今后几代人的发展。提出可持续发展的原因在于资源的有限性。

可持续发展就是经济系统的规模对资源的利用不能超出生态系统可以永久持续和支撑的容纳范围。可持续发展核心是坚持效率。要提高资源的整体利用率和将资源用在最有效的环节，从经济的角度就是提高资源整体的经济效率。虽然可持续发展理论已经提出多年，但是从实际情况来看，实现建筑业经济的可持续发展难度颇高。

当前建筑业的经济增长仍然依赖于固定资产投资规模的扩大，经济增长方式粗放，管理不够规范化和标准化，高素质的复合型人才短缺，现场施工人员技术水平较低，科技研发投入少，专利和先进技术缺乏，资源和能源消耗量大，行业可持续发展能力不足。上述问题的有效解决不能仅仅依靠市场机制，政府有必要实行环境规制以实现建筑业的可持续发展。因此，建立有利于建筑业经济增长与自然环境相协调的政策机制和制度安排，是实现建筑业可持续发展的必然选择。通过对当代建筑业行为的激励与约束，使经济增长的社会成本尽量减小，既满足当代人的物质生活需求又尽可能地不损害后代人的利益，既满足该地区的经济发展需要，又尽可能地不危害其它地区的生存发展，在经济增长中实现代内公平与代际公平，最终实现建筑业的可持续性经济发展。

按照“十二五”规划，“十二五”时期，节能减排仍是宏观调控的重点。根据环境规制对新建工程的要求，设计阶段就要100%符合国家建筑节能标准。为落实建筑节能减排政策的执行，施工阶段的单位增加值能耗要求下降10%，国家将倡导减少碳排放量大的建筑材料使用，鼓励采用先进的节能减排技术，加强建筑垃圾的再利用，减少建筑物在建造过程中对环境造成的破坏和污染，如噪声、水、空气和固体废弃物等污染。建立房屋建筑的绿色标识制度，推出节能减排的绿色施工示范工程。转变依靠规模扩张的粗放型建筑业经济增长方式，提高从业人员的基本素质，加强建筑业的标准化管理水平。在工程建设整个生命周期中的贯彻落实国家的节能减排政策，采用低耗、环保、高效的现代化生产方式，大力推进建筑业技术创新和管理创新，推行绿色施工，使节能减排成为建筑业发展新的增长点[109]。

环境规制有助于建筑业技术创新，从而提高资源的利用效率和减少能源使用。从长期来看，严格的环境规制有利于建筑业向有效率的生态经济转变。在动态条件下，好的环境规制不会制约建筑业的竞争力和经济增长。相反，通过环境规制的压力，激励管理者寻找新的机会进行创新，不仅弥补企业遵循政府的环境规制所发生的成本，而且为企业带来绝对竞争优势，促进整个建筑业经济的可持续增长。

## 2.4 本章小结

通过界定环境规制、建筑业和经济增长的概念确定本文的主要研究对象。在分析建筑业的外部性和环境规制政策以及建筑业环境规制特征的基础上，依据环境库兹涅茨曲线，建立环境规制与建筑业经济增长之间的有效联系。运用经济增长理论分析了建筑业经济增长的动力来源和经济增长效率的影响因素。确定了环境规制的度量标准并且建立了建筑业经济增长的基本微分方程。通过分析环境规制对建筑业经济增长模型的影响，阐述建筑业环境规制的作用。环境规制有利于减少环境污染、节约能源、促进建筑业的技术进步和生产率提高，实现经济效益与环境效益的双赢。环境规制有助于建筑业转变经济增长方式，改善经济增长的质量，实现建筑业的可持续发展。环境规制对建筑业经济增长影响的理论分析，为后续的研究提供理论依据和必要的研究基础。

# 第3章 环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制

本章主要研究环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，重点从建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个维度探讨环境规制对建筑业经济增长产生影响的作用过程。在理论分析环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的传导机制基础上，构建环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制动态面板模型，实证分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的影响，为后续的研究奠定基础。

## 3.1 传导机制分析与研究思路

本节将通过深入剖析环境规制对建筑业经济增长产生影响的作用机制来寻求环境规制与建筑业经济增长之间的有效联结，寻找到实现经济与环境目标相协调的环境规制的微观传导机制。传导机制是指从环境规制的形成到企业对环境规制做出反应或采取行动所经历的过程。环境规制能否对建筑业产生影响及产生何种影响很大程度上取决于环境规制能否影响企业的决策及其在企业决策中所占的地位。只有当环境规制切实通过合理有效的传导机制于生产要素和生产效率产生影响时才会对企业的行为与决策产生影响。本节将分别从建筑业增长绩效、建筑业技术进步、建筑业能源消耗强度三个方面分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，探讨环境规制对建筑业经济增长产生影响的具体形式及作用过程。

### 3.1.1 环境规制对建筑业增长绩效影响的传导机制

环境规制对建筑业增长绩效影响的传导机制，是指从环境规制的实施到对包括劳动生产率、建筑业资本利润率、建筑业资本贡献率、建筑业资本利税率等在内的建筑业增长绩效产生综合影响的作用过程。环境规制对增长绩效的作用既有正影响也有负影响。

（1）环境规制对增长绩效的正影响环境规制对增长绩效的正影响主要体现在两个方面：提高资源利用率和获得创新补偿。生产过程中产生的废弃物越多，环境污染越大。环境规制要求企业节能减排，企业因此而降低能源使用，改善资源利用的低效率以满足环境规制要求，从而提高资源利用率并减少了投入成本；环境规制促使企业推进技术创新和通过积极的环境管理减少污染排放，并发掘变废为宝的新途径，从而提高了销售收入，获得“创新补偿”，进而对增长绩效形成正影响。

（2）环境规制对增长绩效的负影响环境规制对增长绩效的负影响主要体现在两个方面：增加企业成本和挤出生产性投资。环境规制迫使企业增加污染防治方面的投入或者缴纳排污费，以致企业的生产成本增加；由于环境规制的约束，企业改变生产工艺或增加生产工艺流程已达到控制污染的目的，此种做法也会增加企业的生产成本；环境规制也可能引起企业用于生产的某些要素价格提高而增加生产成本。另外，环境投资可能不会产生直接的生产价值，但却挤占了生产性、盈利性投资，从而降低了企业的增长绩效。

当政府对产业实施环境规制时，不仅有由于生产成本和生产投资变化对增长绩效产生的直接影响，也有技术创新变化对增长绩效产生的间接影响。在直接影响和间接影响的共同作用下，生产率和利润率等增长绩效指标也会相应变化。环境规制对增长绩效的具体影响，在不同市场结构下存在一定的差异，将在下一章节进一步实证分析。

### 3.1.2 环境规制对建筑业技术进步影响的传导机制

环境规制对技术进步影响的传导机制，是指从环境规制的实施到对包括提高建筑业装备技术水平、改革建筑生产工艺、提高建筑业从业人员素质、提高建筑业管理决策水平、促使整个建筑业产业结构发生变化的综合影响的作用过程。本文所研究的技术进步是广义的技术进步。面对政府对产业的环境规制，企业为满足规制政策的要求，会投资于创新活动，使环境规制对技术进步起到激励作用；但环境规制会增加企业的污染治理投资，间接引起R& D支出的减少，阻碍企业的技术进步。因此，环境规制对技术进步的影响取决于两者综合作用的结果。

（1）环境规制对技术进步的正影响通过向企业生产所用的环境资源收费，环境规制导致生产要素价格提高，企业为节约生产成本以保证利润，会改进技术，使环境规制对技术进步产生一定的激励作用。环境规制可从两个方面对技术进步产生激励作用：一方面是生产技术创新，另一方面是环境技术创新活动。在资金一定的情况下，两者间投入比例的确定是一个需要权衡的问题。理想的状况是两者能够互相促进，生产技术创新在提高生产效率的基础上减少对环境的破坏，环境技术创新在解决污染排放问题的同时，也能促进生产效率和产品质量的提高。总之，适宜的环境规制会引致技术进步，遵循波特假说。

（2）环境规制对技术进步的负影响企业为满足环境规制的政策要求，需要进行污染治理投资，因此挤占R& D支出，从而阻碍技术创新和技术进步。在资源有限的情况下，企业投资于污染治理的资金挤占了用于技术创新所需的资金，这种情况尤以小企业更为明显，对资金雄厚的大企业来说，环境规制引

起的此种影响可能较小。

环境规制对技术进步的影响，取决于上述两种作用的比较。根据波特假说理论，环境规制对产业技术进步有一定的促进作用。环境规制能够促进建筑业与先进的材料技术、制造技术、信息技术及节能技术相结合，使一定数量的生产要素组合生产出更多的建筑产品，带动产业升级，实现建筑业经济增长方式的转变。

### 3.1.3 环境规制对建筑业能源消耗影响的传导机制

随着经济的快速发展，我国的能源需求越来越大，但能源储量有限，能源供需矛盾突出。建筑业是高能耗产业，我国约95%以上的建筑属于不节能建筑，建筑的建造以及之后的使用所消耗的能源约占能源总消耗的50%以上。同等条件下我国建筑能耗是发达国家能耗的两倍，建筑节能问题已成为中国可持续发展的关键所在[110]。为了推动全社会节约能源，提高能源利用效率，保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展，2007年10月我国通过修订了《中华人民共和国节约能源法》，把节约资源作为我国的基本国策。环境规制从以下方面影响建筑业能源消耗。

（1）激励建筑业节能技术和节能材料的应用较强的环境规制，可以刺激建筑企业进行节能技术创新，更多采用节能材料，从而使得各类建筑物实现低能源消耗。而当环境规制较弱时，建筑企业为了获得较高的利润和降低生产成本，会放弃节能技术创新，少用或者不用节能效果好的材料，这样就会增加建筑能耗，使得建筑节能发展没有前景。

（2）加强和完善建筑节能设计水平推行较强的环境规制，可以加强和完善建筑节能设计。建筑节能设计包括建筑前期的设计、建筑材料和设备选择以及建设完成后节能效果运算核查。环境规制使得新建和改造项目在施工前的设计阶段就严格推行国家节能法规和标准，降低了能源消耗。

（3）促进建筑节能产业的发展随着建筑业的不断发展，建筑节能学这一新兴科学应用而生。它包括施工、通风空调、照明、电气、热工、建材、能源、环境、监测、自动化等许多专业内容。推行较强的环境规制，可以更好的加强建筑节能学和各部门之间的联系，刺激组织机构、科研单位、新建材开发专家和生产厂家更积极的开展建筑节能研究和应用，实现建筑业可持续发展。

（4）强化建筑节能理念要想建设一个节约型社会、达到良好的节能效果最重要的是让建筑节能理念渗透到人们生活中去。环境规制可以提高整个社会的节能意识。

环境规制必然对建筑业的能源消耗产生影响。能源和环境是可持续发展的

物质基础，把能源作为一个重要因素引入经济和环境二元体系研究中，能够更加全面、科学、系统地认识建筑业经济增长的规律、推进建筑业经济增长方式的转变、提高建筑业社会效益与环境效益。

### 3.1.4 研究思路

建筑业的经济增长方式一直以粗放型为主，是能源和物资消耗大户。建筑业使用和加工各种建筑业材料，进行建筑施工等活动都会对周围的生态环境造成巨大的影响。环境规制的实施势必会对当地建筑企业带来不同程度的影响，研究不同环境规制强度区域内环境规制强度对建筑业经济增长的传导机制，有助于深入剖析其内在规律和作用过程。本章首先从理论上分析了环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的传导机制，在此基础上通过构建环境规制对建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度的影响动态评价模型，利用建筑业相应的统计指标，从建筑业的增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个传导维度来研究环境规制对建筑业经济增长的影响，剖析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，深入挖掘其内在的经济规律。

## 3.2 环境规制对建筑业增长绩效的影响分析

环境规制对建筑业增长绩效的影响是结合了各种直接作用和间接作用的一个综合体。我国区域间经济发展差异性比较大，对高规制区域和低规制区域分别进行分析，将有利于深入了解区域间形成差异性的内在原因。

### 3.2.1 构建环境规制对建筑业增长绩效的影响模型

经济增长反映了经济体在一个国家或一个地区生产商品和劳务能力的增长，这个过程具有动态的变化特征[111]。本文依据内生经济增长理论，兼考虑其动态变化的特征，利用动态面板数据模型考核环境规制对建筑业增长绩效的影响。动态面板数据模型是将被解释变量的滞后项作为解释变量和其他解释变量放在公式的右侧，这样在估计面板数据模型参数时将会导致解释变量和模型中的随机扰动项相关，而传统的方法将会导致模型中参数估计出现有偏和不一致性，这样会导致根据参数推断得出的经济学含义发生失效。面对这种情况，一般会采用系统GMM(System Generalzed method of moments)估计方法。传统的计量经济学估计方法（如普通最小二乘法、工具变量法和极大似然法等）都存在自身的局限性，模型中的参数估计量必须在满足某些假设时才能得到可靠的估计量。系统GMM估计方法是将水平回归模型和差分回归模型结合在一起进行估计[112]。在这种方法中，可以将滞后的水平变量作为一阶差分的变量，也可以将

差分后的变量作为水平变量的工具变量，这样进一步增加了可用的工具变量。系统GMM一般会采用两种方法检验工具变量的有效性，一种是Sargan检验，即过度识别的约束检验，主要来检验估计过程中在矩条件下样本的工具变量的有效性。另一种检验是序列相关检验，主要检验在差分回归模型中和系统的差分-水平模型中的残差项是否存在序列相关，检验的前提条件是允许误差项的差分项存在一阶相关，如果出现二阶相关则表明违背了序列相关检验的前提假设。建筑业增长绩效是体现建筑业经济增长的一个重要的指标，用来衡量建筑

业经济增长的状况。目前体现建筑业增长绩效的统计指标有建筑业劳动生产率、建筑业资本利润率、建筑业资本贡献率、建筑业资本利税率等。本文采用建筑业劳动生产率作为体现建筑业的经济增长绩效的主要统计指标。结合内生经济增长模型，本文在考虑模型解释变量的选择时，一方面考虑环境规制强度对建筑业增长绩效的影响，将其视为影响建筑业增长绩效的上升或下降的主要因素之一，考核其对建筑业经济增长的影响；另一方面从内生经济理论出发增加相应的控制变量，即建筑业的投资规模、建筑业的生产规模和建筑业的人力资本。为了避免数据区间过大，存在异方差性，将建筑业的投资规模、建筑业的生产规模和建筑业的人力资本取对数进行处理，利用2003-2010年31个省市自治区的面板数据构建动态面板模型，具体如下：

Log *CL*

*c***

Log *CL*

**ER

**(ER) 2 **

Log *cgdp*

**Log *inv*

*it* 1

*it*1 2 *it* 3 *it* 4

*it* 5

It (3-1)

**6 log *humit***7 *D*

式中i——各个省份；

t——年份；

*it*

ER——环境规制的强度；CL——建筑业的劳动生产率；

cgdp——建筑业的生产规模；inv——固定资产投资；D——政策虚拟变量；hum——人力资本；α1~α7——待估参数；

ε——扰动项。

上述动态面板数据模型中各变量的含义解释如下：

（1）建筑业的劳动生产率( *CLit*)。该变量受到建筑业管理水平、建筑业总产值、建筑业从业人员的数量及劳动者的素质、发展规模、技术水平以及投资规模的影响，能够体现建筑业增长绩效。它反映了在单位时间内建筑企业平均每个职工所创造的建筑业产值，也反映了建筑企业职工的劳动效率，是评价职

工创造价值能力的指标。评价标准是单位时间内建筑企业职工生产的产值越多，劳动生产率就越高，反之，单位时间内建筑企业职工生产的产值越少，劳动生产率则越低；当生产单位产品所需的劳动时间越少时，劳动生产率就越高，反之，则越低。*CLit*1为建筑业劳动生产率的滞后一阶，将其作为解释变量来分析前一期建筑业劳动生产率对当期的影响，反映动态变化的连续性。该指标能有效体现建筑业的增长绩效，有效测量环境规制强度对建筑业增长绩效的影响。

（2）环境规制强度（*ERit*）。采用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比作为衡量环境规制强度的指标，并增加了环境规制的平方作为建筑业增长绩效的解释变量，主要考察短时期内环境规制与建筑业增长绩效的曲线关系，当2<0，3> 0时，二者的关系是“U”型；当2> 0，3<0时，二者的关系是倒“U”型。

（3）*cgdp*为建筑业的生产规模，用建筑业的总产值来表示，控制变量中选择建筑业发展规模的原因是建筑业的生产规模对建筑业增长绩效具有直接的影响作用。

（4）*inv*代表固定资产投资，亚当斯密提出资本积累决定国民产出的增长，投资是影响可持续发展的一个重要的因素，产业投资对产业的发展意义重大，因此建筑业固定资产投资对建筑业经济增长绩效具有重大的影响。

（5）*hum*代表人力资本，用建筑业从业人员的平均工资来代替，它是对劳动质量的评价。建筑业的人力资本一直都是学术界比较有争议的话题，一些学者认为建筑业的人力资本对建筑业的发展作用甚微，另一些学者认为建筑业的技术和建筑业的人力资本是建筑业得以发展的前提。建筑业人力资本对建筑业劳动生产率的提高具有重要的意义，因此选择此变量作为控制变量，为准确评价环境规制强度对建筑业经济增长绩效的影响提供保证。

（6）*D*代表政策虚拟变量。在“十一五”规划纲要中我国政府首次提出“节能减排”的战略目标，提出“十一五”期间单位GDP能耗降低20%左右和主要污染物排放总量减少10%的目标[1]，这表明了我国政府贯彻落实科学发展观、建设资源节约型和环境友好型社会的决心。全国各地积极响应政府的号召并采取了积极的措施，从2006年起相继出台了一系列的相关政策，为了反映在“节能减排”政策的影响下，环境规制对建筑业的经济绩效的影响，我们在模型中引入了政策虚拟变量*D*，将2003、2004、2005年取值为0，其他年份取值为1，同时分析“节能减排”政策的影响效应，预期其系数的符号为正。

### 3.2.2 数据来源及描述

#### 3.2.2.1 环境规制强度界定及数据来源

根据数据的可获取性，选取31个省市自治区直辖市2003 -2010年248个样本的面板数据进行研究。数据来源于《中国环境统计年鉴》（2004-2011年）。依据发达国家的经验：在一定时期内，一个国家的环保投入占到国民生产总值(GDP)的1.2%时会使环境变好，1.5<ER<2生态恢复，ER> 3会使环境质量得到明显改善，达到生态平衡。根据环保投入占GDP的比例将31个省市划分为两个区域，即高规制区域和低规制区域。把ER*it*1.2%的省份列入到高规制区域，把ER*it*<1.2%的省份列入到低规制区域。本章对全国、高规制区域和低规制区域分别进行研究，进而深入分析环境规制对建筑业经济增长的影响。具体划分情况如表3-1所示。

表 3-1 高规制区域与低规制区域

Table 3-1 Statisticsof high regulation regions and low regulation regions

类型高规制区域低规制区域

新疆、山东、江苏、甘肃、内蒙古、青海、省份陕西、天津、广西、北京、山西、辽宁、

浙江、河北、宁夏、重庆、

西藏、上海、吉林、福建、江西、湖南、云南、海南、黑龙江、广东、湖北、河南、贵州、安徽、四川

注：根据统计年鉴数据整理后划分。

#### 3.2.2.2 建筑业劳动生产率

本文中建筑业增长绩效由建筑业劳动生产率代替，主要研究环境规制强度对建筑业劳动生产率的影响。建筑业劳动生产率是体现建筑企业管理水平高低和企业绩效状况的指标。各省份建筑业劳动生产率的数据主要来源于《中国建筑业统计年鉴》（2004-2011年）。建筑业劳动生产率的计算公式为：

建筑业劳动生产率（元/人.年）=建筑业总产值/建筑业从业人员平均人数

#### 3.2.2.3 其他控制变量的数据来源

建筑业总产值（*cgdp*）反映了建筑业发展规模。固定资产投资（*inv*）是宏观经济中一个非常重要的统计指标，经济增长必须要有相应的要素来投入，投资是影响社会总需求的一个重要因素，因此在控制变量中选择固定资产投资这一变量。建筑业人力资本（*hum*）用建筑业从业人员平均工资表示，反映各地区建筑业的人力资本投入情况。建筑业的人力资本、建筑业总产值和固定资产投资三个变量的数据均来源于《中国统计年鉴》（2004-2011年）、《中国建筑业统计年鉴》（2004-2011年）和各省统计年鉴。

### 3.2.3 实证检验及结果分析

本部分主要对前面所构建的环境规制对建筑业增长绩效影响模型进行实证检验，根据检验的结果对其内在的关系进行分析。

#### 3.2.3.1 数据的初步统计分析

进行实证检验前首先对计量模型中的变量进行初步的描述统计分析，具体分析情况如表3-2所示。

表3-2 各变量的初步描述统计分析

Table 3-2 Summarystatistics of the variables

| 变量 | 变量解释 | 样本 | 平均值 | 误差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| logCL | 劳动生产率 | 248 | 5.111 | 0.165 | 4.671 | 5.568 |
| ER | 环境规制 | 248 | 1.190% | 0.566% | 0.05% | 4.16% |
| ER2 | 环境规制平方 | 248 | 1.734 | 2.054 | 0.003 | 17.306 |
| Logcgdp | 建筑业总产值 | 248 | 6.967 | 0.524 | 5.464 | 8.094 |
| loginv | 固定资产投资 | 248 | 1.360 | 0.551 | -0.097 | 2.614 |
| loghum | 建筑业平均工资 | 248 | 4.239 | 0.178 | 3.919 | 4.839 |

数据来源：作者本人计算获得。

从表3-2可以看出建筑业劳动生产率统计数据中，甘肃省建筑业劳动生产率最低，劳动生产率取对数后值为4.671，天津地区建筑业劳动生产率最高，劳动生产率取对数后值为5.568。从环境规制强度看，西藏地区环境规制强度最低为0.05%，宁夏地区环境规制强度最高为4.16%。对建筑业总产值进行统计发现，最高的省份是江苏省2010年的总产值12405.92亿元，取对数后为8.094，最低的省份是西藏，建筑业总产值29.0802亿元，取对数后为5.464。对固定资产投资额初步统计发现，固定资产投资最高值是山东省2007年的411.61亿元，取对数后为2.614，最低值是宁夏2006年的0.8亿元，取对数后为-0.097。从建筑业的平均工资统计数据看，2003年内蒙古建筑业平均工资最低为8297元，取对数后为3.919，2010年上海建筑业人均工资69051元最高，取对数后为4.839。变量的初步数据统计表明我国区域间差距比较大，从区域视角分析环境规制对建筑业的影响具有现实意义。

#### 3.2.3.2 实证分析

由于采用的数据为面板数据，而且建筑业增长绩效具有不断动态变化的特征，因此利用动态面板数据模型进行分析。为避免解释变量存在内生性，采用系统GMM估计方法进行估计。为方便观察各个控制变量对主要变量之间关联效应的影响和在分析过程中各变量系数的动态变化情况，采用逐步添加控制变量

的方法进行分析，被解释变量具体实证检验结果如表3-3所示。

表 3-3 被解释变量为CL的实证模型估计结果(全国)

Table 3-3 Empirical estimation results of explained variable CL (in the whole country)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.CL | 1 | 0.860a (96.04) | 0.504a (28.62) | 0.451a (19.2) | 0.278a (10.00) |
| ER | 2 | 0.096a (11.93) | 0.030a (7.63) | 0.033 a (8.62) | 0.032a (6.18) |
| ER2 | 3 | -0.015a (-14.95) | -0.004a (-5.69) | -0.005a (-5.87) | -0.006a (-4.18) |
| logcgdp | 4 | — | 0.285a (23.28) | 0.289a (16.7) | 0.181a (5.72) |
| loginv | 5 | — | — | 0.021a (6.78) | 0.016a (5.17) |
| loghum | 6 | — | — | — | 0.328a (9.42) |
| D | 7 | 0.015a | -0.001 | 0.005a | 0.002 |
|  |  | (10.03) | (0.83) | (3.68) | (0.83) |
| Constant | — | 0.673a | 0.551a | 0.757a | 1.006a |
|  |  | (16.60) | (13.24) | (19.12) | (15.96) |
| observation | — | 217 | 217 | 217 | 217 |
| 曲线的类型 | — | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U” |
| 拐点 | — | 3.2 | 3.75 | 3.3 | 5.3 |
| Abond test for AR (1) | — | 0.006 | 0.011 | 0.020 | 0.030 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.381 | 0.242 | 0.224 | 0.258 |
| Sargan test | — | 0.237 | 0.275 | 0.291 | 0.43 |

注：a、b、c分别代表在1%、5%、10%水平上显著，其中括号内的数值为*t*值。

从表3-3可以看出，模型（1）-（4）通过了Abond检验自回归检验，不存在自相关现象；通过Sargan检验，即在矩条件下样本的工具变量的选择是有效的，模型（1）-（4）是稳健的。在模型（1）中仅引入劳动生产率滞后一阶和政策虚拟变量D作为基本控制变量，进行考察环境规制对建筑业劳动生产率的影响。结果显示2=0.096> 0，3=-0.015<0，两个变量的系数在1%水平上显著，建筑业的劳动生产率与环境规制强度之间为倒“U”型关系，拐点为3.2%，这表明在拐点左侧随着环境规制强度不断加大，建筑业的生产率随着环境规制的强度加大不断上升，这时二者之间的关系是正相关，即环境规制强度刺激建筑业劳动生产率的提高，过了临界值后，即当环境规制超过拐点3.2%时，随环境规制强度

进一步加大，建筑业的生产率开始下降，环境规制强度将阻碍建筑业劳动生产率提高。这说明环境规制强度应控制在合理的范围之内才有利于建筑业经济增长。政策虚拟变量D的系数表明节能减排政策的实施促进建筑业劳动生产率的提高。建筑业劳动生产率的滞后项与建筑业当期项成正相关。模型（2）结果显示，建筑业的劳动生产率与环境规制强度之间为倒“U”型关系，建筑业产值与劳动生产率成正相关，即建筑业生产规模的扩大有利于建筑业生产率的提高，这主要是由于当建筑业生产规模扩大时，会出现规模效应，有利于提高生产率。模型（3）-（4）依次引入了建筑业投资和建筑业人力资本，结果表明两个变量与建筑业劳动生产率正相关，显著水平为1%，加入这两个控制变量后，建筑业的劳动生产率与环境规制强度保持倒“U”型。

表 3-4 被解释变量为CL的实证模型估计结果(低规制区域)

Table 3-4 Empirical estimation results of explained variable CL (in low regulation regions)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.CL | 1 | 0.864a (39.53) | 0.793a (23.47) | 0.346a (2.12) | -0.555a (-2.0) |
| ER | 2 | 0.090a | 0.047a | 0.019 | 0.002 |
|  |  | (3.69) | (1.81) | (0.75) | (0.13) |
| ER2 | 3 | -0.020a | -0.005 | 0.001 | -0.002 |
|  |  | (-2.23) | (-0.45) | (0.007) | (-0.43) |
| logcgdp | 4 | — | 0.076a | 0.369a | -0.06 |
|  |  |  | (4.12) | (3.08) | (-0.93) |
| loginv | 5 | — | — | 0.051a | -0.033 |
|  |  |  |  | (6.72) | (-1.5) |
| loghum | 6 | — | — | — | 1.614a (4.21) |
| D | 7 | 0.014a | 0.008 | 0.016a | -0.011 |
|  |  | (3.95) | (2.17) | (3.83) | (-1.4) |
| Constant | — | 0.676a | 0.778a | 1.892a | 1.365a |
|  |  | (5.66) | (6.08) | (4.92) | (8.26) |
| observation | — | 105 | 105 | 105 | 105 |
| 曲线的类型 | — | 倒“U” | — | — | — |
| 拐点 | — | 2.25 | — | — | — |
| Abond test for AR (1) | — | 0.070 | 0.069 | 0.273 | 0.869 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.442 | 0.451 | 0.455 | 0.419 |
| Sargan test | — | 0.975 | 0.971 | 0.999 | 1.000 |

注：a、b、c分别代表在1%、5%、10%水平上显著，其中括号内的数值为*t*值。

表 3-5 被解释变量为CL的实证模型估计结果(高规制区域)

Table 3-4 Empirical estimation results of explained variable CL (in high regulation regions)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.CL | 1 | 0.849a (36.24) | 0.684a (16.28) | 0.666a (14.63) | 0.228a (3.84) |
| ER | 2 | 0.082a (3.47) | 0.064a (4.24) | 0.074 a (3.05) | 0.047b (2.19) |
| ER2 | 3 | -0.012a (-3.14) | -0.009a (-3.51) | -0.011b (-2.51) | -0.010a (-2.49) |
| loggdp | 4 | — | 0.177a (6.34) | 0.166a (5.48) | 0.016a (0.31) |
| loginv | 5 | — | — | 0.013 | 0.145a |
|  |  |  |  | (1.2) | (1.61) |
| loghum | 6 | — | — | — | 0.598a (7.24) |
| D | 7 | 0.017a | 0.007 | 0.009c | -0.001 |
|  |  | (5.13) | (1.86) | (1.77) | (-0.10) |
| Constant | — | 0.722a | 0.926c | 1.026a | 1.295a |
|  |  | (6.51) | (7.77) | (6.42) | (6.76) |
| observation | — | 112 | 112 | 112 | 112 |
| 曲线的类型 | — | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U” |
| 拐点 | — | 3.4 | 3.5 | 3.36 | 2.35 |
| Abond test for AR (1) | — | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.030 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.527 | 0.469 | 0.521 | 0.258 |
| Sargan test | — | 0.945 | 0.961 | 0.959 | 0.43 |

注：a、b、c分别代表在1%、5%、10%水平上显著，其中括号内的数值为*t*值。

表3-4和3-5分别对低规制区域和高规制区域进行实证研究，AR检验和Sargan检验结果显示表3-4和3-5中各个模型的工具变量选择都是合理有效的，不存在自相关，模型是稳健的。在表3-4中，模型（1）添加被解释变量滞后1阶和政策虚拟变量为控制变量，考察建筑业劳动生产率与环境规制强度之间的曲线关系，结果表明建筑业劳动生产率与环境规制强度之间是倒“U”曲线关系，其拐点为2.25%；在表3-5中，模型（1）检验结果显示：在高规制区域，建筑业劳动生产率与环境规制强度之间是倒“U”曲线关系，其拐点为3.4%。对比高规制和低规制区域的检验结果发现，高规制区域的拐点值远远高于低规制区域。通过统计数据发现除宁夏地区环境规制强度2003-2010年平均达到2.978%外，重庆地区和内蒙古地区在2010年环境规制强度分别达到2.22%和2.05%，其他地区环境规制强度都在2.0%以内。从2007年开始宁夏地区环境规制强度逐渐下降，

2010年下降到2.04%。由此可见，我国的环境规制强度大部分处于拐点的左侧。政策虚拟变量的系数为正，表明我国政府实施节能减排后，有效促进了建筑业劳动生产率的提高。

实证检验结果表明：（1）目前我国建筑业的增长绩效与环境规制强度呈倒“U”型；（2）除少数几个地区环境规制强度在拐点的右侧外，大部分地区的环境规制强度处于拐点的左侧，说明我国现有的环境规制强度能够促进建筑业的增长绩效；（3）环境规制强度并不是越大越好，当超过临界值时，环境规制强度增大将会阻碍建筑业劳动生产率的提高，因此合理控制环境规制的强度，是政府在制定环境规制政策时首要考虑的因素。

## 3.3 环境规制对建筑业技术进步的影响分析

建筑业的技术进步是建筑业经济增长的动力之源，因此研究环境规制对建筑业经济增长的影响，必然需要进行环境规制对建筑业技术进步的影响研究。

### 3.3.1 构建环境规制对建筑业技术进步的影响模型

波特假说提出政府实施合理的环境规制能够激励被规制企业的“创新补偿”，环境保护不仅能够促进企业提高劳动效率，还能够促进企业提高技术进步水平[32]。建筑业技术进步指在一定时期内运用社会科学、工程技术和管理科学等多方面的研究成果，推动建筑业生产力与生产关系的发展与改善，进而提高建筑业的整体竞争力[113]。对于建筑业而言，技术进步具有其特殊性，建筑业技术进步的推广速度逐步在加快，先进科研成果从开发到转化为生产力的传播周期在缩短，落后的技术被淘汰的周期也在缩短；建筑业新技术的突破与采用往往需要多方面的共同努力，需要不断改善和改进与建筑业技术进步密切相关的一些影响因素，如企业管理与运营机制、政府因素、文化教育水平等。建筑业的技术进步对于建筑业经济增长影响意义重大，是影响建筑业经济增长的一个重要因素。建筑业的技术进步水平是体现建筑业经济增长的一个系统的综合的指标，如果单纯用某个统计指标来替代，不能很好的反应其真实的水平。总结国内外现有对建筑业技术进步水平测度的研究，归纳以下几种方法：（1）利用柯布-道格拉斯生产函数，这种方法被西方学术界广泛应用。丁伯根(J. Tinbergen)对Cobb-Douglas函数进行改进，把技术进步引入柯布-道格拉斯生产函数中[114]。将生产技术和经济产出之间紧密结合起来，在理论和形式上给柯布-道格拉斯生产函数新的内涵，大量的学者利用柯布-道格拉斯生产函数来研究技术进步。（2）利用DEA的方法。美国著名的运筹学家查恩斯（A. Charnes）、库伯（W. W. Cooper）和罗兹（E. Rhodes）（1978）提出的数据包络分析方法（Data Envelopment

Analysis，简称DEA）用于评价决策部门间的相对有效性。这种方法不需要事先设定生产函数的形式和分布，通过计算有效的生产前沿面，直接利用线性规划给出边界生产函数和距离函数[115]。（3）主成分分析方法，这是一种在损失较少的信息时将多个指标转换为几个综合指标的多元统计方法。这种方法相对来说比较客观，没有参与主观意见。主成分分析法的研究是在保留原始变量信息的基础上，通过对原始变量相关矩阵或协方差矩阵内部机构关系的研究，利用一组原始变量的几个线性组合来提取几个主成分[116]。该研究方法的基本思路是：假设某个研究总体共有N个样本，每个样本涉及有P个指标，表示为X1，X2，X3，…，XP，则该研究总体共有N×P个数据。通常，这P个指标之间存在线性相关，可以利用线性变化原理，从P个指标中可形成数量较少的几个综合指标，并使这几个新生成的综合指标能在损失较小信息下反映原有样本涉及的指标所代表的信息[117]。主成分分析的理论模型如下：

设P维随机向量*X*=(*X*1, *X*2,…, *Xp*) *T*，协方差矩阵为，均值为*u*，特征值λ1≥λ2≥…≥λp，考虑λp> 1的线性组合：

⎧*Y*1*b*11 *X*1*b*12 *X* 2*b*13 *X* 3... *b*1*P XP*

⎪

⎪*Y*2*b*21 *X*1*b*22 *X* 2*b*23 *X* 3... *b*2 *P XP*

⎨

..............

⎪⎩*YP**bP*1 *X*1*bP* 2 *X* 2*bP*3 *X* 3... *bPP XP*

（3-2）

式（3-2）中*bi=(bi*1, *bi*2, …, *bip*) *T*是单位化向量。*Y*1，*Y*2，…，*YP*是新生成的综合指标，互不相关，是分别与标准化特征值λ1，λ2，…，λ*p*相对应的第一主成分、第二主成分、……、第*P*主成分。

经过综合考虑，对影响建筑业技术进步水平因素进行分析，并根据数据的可得性，采用主成分分析的方法对建筑业技术进步水平进行综合评价，从建筑企业管理水平、技术装备管理、经济发展规模3个视角7个指标计算其综合得分，作为建筑业技术进步水平的指标。由于技术进步是一个不断变化渐进的过程，在建立模型时，本文采用动态面板数据模型。在考虑模型解释变量时，一方面考虑环境规制强度对建筑业技术进步的影响，把它视为影响建筑业技术进步水平的上升或下降的主要因素之一；另一方面由于建筑业技术进步受到多种因素的影响，增加相应的控制变量，即建筑业的人力资本投入、建筑企业的获利能力、建筑业竞争状况因素。为避免数据区间过大不平稳，消除数据的异方差现象，将建筑业的人力资本投入、建筑业竞争状况取对数处理。除上述控制变量外，引入政策虚拟变量D，考核节能减排政策对建筑业的技术进步的影响，预测其变量的符号为正。增加环境规制的平方项，考察环境规制与建筑业技术进步之间的曲线关系。利用2003-2010年31个省市自治区的面板数据构建动态面板

数据模型具体如下：

*TL* *c**TL*

**ER

**(ER) 2 **

Log *RG*

**Log *num*

**Log *hum*

*it* 1

*it*1 2 *it* 3 *it* 4

*it* 5

*it* 6

It (3-3)

**7 *D**it*

式中i——各个省份；

t——年份；

ER——环境规制的强度；TL——建筑业的技术进步水平；RG——建筑业的获利能力；hum——建筑业人力资本投入；num——建筑业的竞争状况；

D——政策虚拟变量；

α1~α7——待估参数；ε——扰动项。

将上述动态面板数据模型中各变量的含义解释如下：

（1）建筑业技术进步水平（*TLit*），通过主成分分析的方法计算建筑业技术进步水平的综合得分。该指标是一个综合的指标，是将多个指标降维后提炼出几个指标，提取的综合指标保留了原始变量中的大多数信息，贡献率最大，各指标间互不相关。*TLit*1为建筑业技术进步水平的滞后一阶，将其作为解释变量来分析前一期建筑业技术进步水平对当期的影响，反映其动态变化的过程。

（2）环境规制强度（*ERit*）。同上，用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比作为衡量环境规制强度的指标，并增加环境规制的平方作为建筑业技术进步水平的解释变量来考察短时期内环境规制与建筑业技术进步的曲线关系。本节对全国、高规制区域和低规制区域分别进行研究，深入分析环境规制对建筑业技术进步的影响。区域划分的标准与上一节相同。

（3）*RG*代表建筑业获利能力，用建筑业利润总额/建筑业GDP比重来表示，即建筑业产值利润率。产值利润率对产业可持续发展具有重要的意义，反映了企业的综合效率，通过建筑业产值利润率可以初步判断建筑业企业的经营状况。在一定时期内，若企业的产值利润率逐年增大，则表明企业的经营状况良好，单位产值产生的利润在不断增多。反之，则企业的利润在下降，企业的经营状况在逐渐变坏。建筑业技术研发投入直接受到建筑业获利水平的影响，建筑企业有充足的利润做保障才能加大建筑业技术创新的投入，因此选择该指标作为控制变量。

（4）*num*为建筑企业竞争状况，采用建筑企业的总个数来替代。采用此变量主要目的是想考察建筑企业的竞争状况对建筑业的技术进步水平的影响，同

时也为考察存在竞争因素时，建筑业的技术进步水平如何受到环境规制的影响。

（5）*hum*为建筑业的人力资本投入，用建筑业的平均工资来表示。控制变量中选择建筑业人力资本投入的原因是，建筑业的人力资本对建筑业的经济增长有着重要的影响，同时对技术进步水平具有直接的影响作用，即建筑业人力资本投入越大对建筑业技术进步水平提升的力度也就越高，预测变量的符号为正。

（6）*D*代表政策虚拟变量。与上一节相同，主要是考虑我国实施“节能减排”政策后，环境规制强度对建筑业技术进步水平的影响，我们在模型中引入了政策虚拟变量D，将2003、2004、2005年取值为0，其他年份取值为1，预期变量系数的符号为正。

### 3.3.2 数据来源及描述

#### 3.3.2.1 环境规制强度

在本节中仍采用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比作为衡量环境规制强度的指标，选择31个省市自治区直辖市2003-2010年248个样本的面板数据进行研究。数据来源于2004-2011年的《中国环境统计年鉴》。

#### 3.3.2.2 建筑业技术进步

本文采用主成分分析的方法对建筑业技术进步水平进行综合评价，通过从建筑企业管理水平、技术装备管理、经济发展规模3个视角7个指标得出综合的得分，作为建筑业技术进步水平的指标。具体框架如图3-1。

建筑业技术进步

建筑业 技术装备水平

建筑业经济 管理效益水平

建筑业 经济发展规模

建筑 业技 术装 备率

建筑 业动 力装 备率

建筑 业劳 动生 产率

建筑 业资 本利 润率

建筑 业资 金利 税率

建筑 业总 产值

建筑

业固

定资

本产

出比

图3-1 建筑业技术进步水平综合指标框架

Fig. 3-1 Comprehensiveindex of construction industry technical progress level

利用spss13.0进行主成分分析，按照累计方差贡献率大于80%的原则提取3个主成分在建筑业技术进步水平评价中保留了83.36%的信息，能够对原始数据

提供充分的解释。3个主成分的对应的贡献率分别是42.77%、23.97%、16.62%。将每个主成分对应的贡献率除以主成分的累积贡献率，即得到每个主成分的权重，三个主成分的权重分别是51.31%、28.75%、19.94%。总方差分解具体情况如表3-6所示。

表3-6 总方差分解

Table 3-6 Total Variance Explained

| 公共因子 | 特征值 | 方差贡献率（%） | 累计方差贡献率（%） |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2.994 | 42.768% | 42.768% |
| 2 | 1.678 | 23.970% | 66.737% |
| 3 | 1.164 | 16.624% | 83.361% |

将原始的指标进行标准化后，确定主成分的系数，进而确定主成分的表达式，主成分得分系数矩阵见表3-7。

表3-7 主成分得分系数表

Table 3-7 Component score coefficient matrix

|  | | 主成分 |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 建筑业技术装备率X1 | -0.099 | 0.531 | -0.104 |
| 建筑业动力装备率X2 | -0.161 | 0.41 | 0.269 |
| 建筑业总产值X3 | 0.258 | 0.037 | -0.134 |
| 建筑业资本产出比X4 | -0.073 | -0.037 | 0.788 |
| 建筑业劳动生产率X5 | 0.208 | 0.372 | -0.119 |
| 建筑业资金利税率X6 | 0.307 | 0.049 | 0.224 |
| 建筑业资本利润率X7 | 0.298 | 0.045 | 0.271 |

三个主成分的表达式（3-4）为：

⎧**Y1**0.099 X10.161 X20.298X7

⎪**Y2** 

⎨

0.531 X1

0.41 X20.045X7

（3-4）

⎪**Y3**0.104 X10.269 X20.271X7

⎩

根据3个主成分的表达式计算出每个主成分的得分，再分别与各自的权重相乘得出建筑业技术进步的综合得分，作为建筑业技术进步水平的替代指标。根据数据的可得性，选择31个省市自治区直辖市2003-2010年248个样本的面板数据进行研究。

#### 3.3.2.3 其他控制变量的数据来源

建筑业产值利润率（*RG*）反映了建筑业获利情况，建筑业人力资本（*hum*）反映各地区建筑业的人力资本的投入，用建筑业从业人员平均工资替代，建筑业的竞争情况（*num*）用建筑业的企业个数来替代，考察行业内部竞争对建筑业技术进步的影响。建筑业产值利润率、建筑业人力资本和建筑业的企业个数三个变量数据来源于《中国统计年鉴》（2004-2011年）、《中国建筑业统计年鉴》

（2004-2011年）和各省统计年鉴。

### 3.3.3 实证检验及结果分析

#### 3.3.3.1 数据的初步统计分析

在进行实证检验之前先对模型中的变量进行初步的统计分析，具体情况如表3-8。

表3-8 各变量的初步描述统计分析

Table 3-8 Summarystatistics of the variables

| 变量 | 变量解释 | 样本 | 平均值 | 误差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| TL | 技术进步 | 248 | 1.12e-07 | 0.611 | -0.97 | 1.748 |
| ER | 环境规制 | 248 | 1.190 | 0.566 | 0.05 | 4.16 |
| ER2 | 环境规制平方 | 248 | 1.734 | 2.054 | 0.003 | 17.306 |
| RG | 建筑业产值利润率 | 248 | 2.909 | 1.493 | 0.5 | 12.7 |
| loghum | 建筑业平均工资 | 248 | 4.239 | 0.178 | 3.919 | 4.839 |
| Lognum | 建筑业企业个数 | 248 | 3.152 | 0.409 | 2.0 | 3.949 |

数据来源：作者本人计算获得。

表3-8显示，建筑业技术进步水平综合得分最大值是1.748，是江苏省2010年技术进步水平的综合得分；最小值为-0.97，是甘肃省2003年的综合水平；建筑业的产值利润率最大值为12.7，是陕西2009年的产值利润率；最小值为0.5，是吉林2005年产值利润率；建筑业的企业个数取对数后最大值是3.949，是江苏2010年建筑企业个数取对数后的数值；最小值为2.0，是海南2007年的建筑企业个数取对数后的数值。初步统计数据表明区域间的差距很大。

#### 3.3.3.2 实证分析

由于本文采用面板数据进行研究，并构建了动态面板数据模型进行分析，为避免解释变量存在内生性，与上一节相同采用系统GMM估计方法进行估计，具体结果如表3-9、表3-10、表3-11。

表3-9 实证模型的估计结果（全国）

Table 3-9 Empirical estimation results of the whole country

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.TL | 1 | 0.942a | 0.801a | 0.819a | 0.567a |
|  |  | (67.15) | (48.52) | (53.37) | (16.10) |
| ER | 2 | 0.116a | 0.13a | 0.113a | -0.024 |
|  |  | (3.60) | (4.15) | (4.57) | (-0.62) |
| ER2 | 3 | -0.02c | -0.014a | -0.013b | 0.012 |
|  |  | (-1.81) | (-1.82) | (-2.42) | (1.28) |
| RG | 4 | — | 0.145a | 0.146a | 0.143a |
|  |  |  | (49.57) | (42.50) | (29.46) |
| lognum | 5 | — | — | -2.02a | -0.133a |
|  |  |  |  | (-2.53) | (-2.98) |
| Loghum | 6 | — | — | — | 1.009a |
|  |  |  |  |  | (8.41) |
| D | 7 | 0.093a | 0.079a | 0.079a | 0.010 |
|  |  | (10.67) | (10.05) | (10.14) | (1.22) |
| Constant | — | 0.004 | -0.449a | 0.199a | -3.555a |
|  |  | (0.19) | (-34.35) | (0.77) | (-9.33) |
| observation | — | 217 | 217 | 217 | 217 |
| 曲线的类型 | — | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U” | — |
| 拐点 | — | 2.9 | 4.6 | 4.35 | — |
| Abond test for AR (1) | — | 0.005 | 0.002 | 0.03 | 0.005 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.084 | 0.971 | 0.927 | 0.864 |
| Sargan test | — | 0.366 | 0.351 | 0.55 | 0.417 |

从表3-9可以看出，模型（1）-（4）通过了Abond检验自回归检验，不存在自相关现象；通过Sargan检验，工具变量的选择是有效的，检验结果证明模型

（1）-（4）稳健。在模型（1）中仅引入技术进步滞后一阶和政策虚拟变量*D*作为基本控制变量，考察环境规制对建筑业技术进步的影响。结果显示

**2=0.116> 0，**3=-0.02<0，在1%水平上显著，建筑业技术进步与环境规制强度之间为倒“U”型关系，拐点为2.9%。在拐点的左侧，随着环境规制强度不断加大，建筑业技术进步水平逐渐上升，此时两者之间是正相关，即环境规制强度刺激建筑业技术进步水平的提升。在拐点的右侧，即当环境规制强度超过2.9%时，环境规制强度进一步加强，建筑业技术进步水平开始下降，环境规制强度阻碍了建筑业技术进步水平的提高。这说明当环境规制强度在合理的范围之内时，有利于促进建筑业技术进步。政策虚拟变量D的系数为正，表明节能减排政策的实施促进建筑业技术进步水平的提高。建筑业技术进步水平的滞后项与建筑业技术水平当期项成正相关，说明技术进步水平具有延续性。模型（2）-

（3）结果显示，建筑业的技术进步水平与环境规制强度之间为倒“U”型关系，

建筑业产值利润率与技术进步呈正相关，而且在1%的水平上显著，建筑业企业数量与建筑业技术进步呈负相关，即建筑业竞争加剧不利于建筑业技术进步水平的提高。分析其原因：当建筑业企业竞争加剧时，建筑企业会将过多的资金用于抵抗竞争对手上，从而减少了对技术进步的投入，间接地影响了建筑业技术进步水平的提高。这意味着建筑企业的数量不宜过大，否则将影响建筑业的发展，国家应加强建筑业准入的管理规制。模型（4）引入了建筑业人力资本要素，其系数为正，显著水平为1%，说明人力资本投入有助于提高建筑业技术进步水平。但是加入建筑业人力资本投入这个控制变量后，建筑业的劳动生产率与环境规制强度系数不显著，经济意义不确定。从拐点的变化趋势看，随着考虑的控制变量增多，拐点的数值越来愈大。实证表明目前我国大部分地区处于倒“U”曲线拐点的左侧，说明在一定范围内提高环境规制强度能够促进建筑企业提高自身的技术进步水平。

表3-10 实证模型的估计结果（低规制）

Table 3-10 Empirical estimation results of low regulation regions

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.TL | 1 | 0.905a | 0.759a | 0.745a | 0.377a |
|  |  | (23.24) | (20.19) | (24.51) | (4.31) |
| ER | 2 | 0.258a | 0.41a | 0.362b | -0.113 |
|  |  | (2.79) | (3.45) | (2.28) | (-0.48) |
| ER2 | 3 | -0.051c | -0.081b | -0.075 | 0.051 |
|  |  | (-1.87) | (-1.98) | (-1.40) | (0.68) |
| RG | 4 | — | 0.152a | 0.151a | 0.132a |
|  |  |  | (18.16) | (21.35) | (12.45) |
| lognum | 5 | — | — | 0.372a | 0.010 |
|  |  |  |  | (3.31) | (0.05) |
| Loghum | 6 | — | — | — | 1.544a |
|  |  |  |  |  | (5.42) |
| D | 7 | 0.117a | 0.109a | 0.098a | 0.005 |
|  |  | (6.78) | (6.55) | (6.07) | (0.41) |
| Constant | — | 0.109c | -0.698a | -1.852a | -6.933 |
|  |  | (-1.84) | (-10.16) | (-5.87) | (-4.57) |
| observation | — | 105 | 105 | 105 | 105 |
| 曲线的类型 | — | 倒“U” | 倒“U” | — | — |
| 拐点 | — | 2.52 | 2.53 | — | — |
| Abond test for AR (1) | — | 0.024 | 0.019 | 0.016 | 0.020 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.115 | 0.773 | 0.711 | 0.784 |
| Sargan test | — | 0.999 | 0.998 | 1.0 | 1.0 |

表3-11 实证模型的估计结果（高规制）

Table 3-11 Empirical estimation results of high regulation regions

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.TL | 1 | 0.978a | 0.850a | 0.813a | 0.516a |
|  |  | (52.00) | (19.37) | (15.96) | (3.23) |
| ER | 2 | -0.055 | -0.138b | -0.162b | -0.167c |
|  |  | (-1.08) | (-2.18) | (-2.07) | (-1.85) |
| ER2 | 3 | 0.017 | 0.041b | 0.049b | 0.040c |
|  |  | (1.25) | (2.42) | (2.25) | (1.82) |
| RG | 4 | — | 0.172a | 0.171a | 0.178a |
|  |  |  | (23.77) | (2.22) | (14.84) |
| lognum | 5 | — | — | 0.456a | 0.434 |
|  |  |  |  | (1.91) | (1.49) |
| Loghum | 6 | — | — | — | 1.609b |
|  |  |  |  |  | (2.31) |
| D | 7 | 0.096a | 0.050a | 0.046c | -0.069b |
|  |  | (7.32) | (3.44) | (2.49) | (-2.18) |
| Constant | — | 0.173a | -0.204a | -1.654b | -8.381b |
|  |  | (3.90) | (-2.75) | (-2.10) | (-2.51) |
| observation | — | 112 | 112 | 112 | 112 |
| 曲线的类型 | — | — | “U” | “U” | “U’ |
| 拐点 | — | — | 1.68 | 1.65 | 2.09 |
| Abond test for AR (1) | — | 0.01 | 0.019 | 0.015 | 0.047 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.348 | 0.717 | 0.640 | 0.527 |
| Sargan test | — | 0.984 | 0.995 | 0.999 | 1.0 |

表3-10和表3-11中，所有AR检验和sargan检验结果表明，所设立的模型不存在序列自相关，选择的工具变量都是有效的。表3-10实证结果显示在低规制区域，建筑业技术进步与环境规制强度的曲线关系是倒“U”型。在拐点的左侧，随环境规制的强度不断扩大，建筑业的技术进步水平不断提高。在拐点的右侧，随着环境规制的不断扩大，建筑业的技术进步不断下降。通过对统计数据的观察，所有低规制区域的省份目前处于“U”型曲线的左侧，这表明目前环境规制强度能够促进建筑业技术进步水平。分析其原因，在初期低规制区域的省份用于投入环境治理的费用少，所以可以将部分资金投入到技术创新、提高技术进步水平上来。随着环境规制强度加大，建筑企业将减少对提高技术进步水平的投入。表3-11实证结果显示在高规制区域，建筑业技术进步水平与环境规制强度是“U”型。在拐点的左侧，随着环境规制强度的不断扩大，建筑业的技术进步将逐渐下降；在拐点的右侧，随着环境规制强度的不断扩大，建筑业的技术进步水平将不断上升。通过对统计数据的观察发现，目前处于高规制区域的省份多为资源富裕的大省（如新疆、内蒙古、山东、河北、辽宁、重庆等）和经

济发达地区（如北京、江苏、天津、浙江）。大规模的资源开采和能源的大量消耗，生产总值迅速提高的同时对环境也带来巨大的影响。在国家宏观调控政策下，“节能减排”成为各省的主要战略目标，各个产业势必都要投入大量的资金进行环境污染治理，购买相应的环境保护治理设备，影响了其生产技术装备的投入，短期内阻碍了建筑业技术进步。随着环境规制强度不断加大，建筑业用于环境污染治理方面的技术设备不断改进，达到一定水平后，建筑企业将投入更多的资金到生产技术方面，进而进入到“U”型曲线的拐点右侧，即随着环境规制强度增大，建筑业的技术进步水平不断提高。目前处于高规制区域省份多处于“U”型曲线的左侧，这表明目前环境规制强度不断加大，短期内将影响建筑业技术进步水平。

实证结果总结如下：环境规制强度对建筑业技术进步的影响是显著的，在不同区域影响的作用有所不同。从全国范围看，环境规制强度与建筑业技术进步的曲线关系为倒“U”型；在高规制区域，环境规制强度与建筑业技术进步的曲线关系为“U”型；在低规制区域，环境规制强度与建筑业技术进步的曲线关系为倒“U”型。我国大部分省市自治区处于拐点的左侧。节能减排政策能够促进建筑业技术进步水平的提高。

## 3.4 环境规制对建筑业能源消耗强度的影响分析

建筑业能源消耗强度是体现建筑业经济增长质量的最佳指标，通过定量研究环境规制对建筑业能源消耗强度的影响来探讨环境规制对建筑业经济增长的影响，具有重要现实意义。

### 3.4.1 构建环境规制对建筑业能源消耗强度的影响模型

据统计，我国的综合能源效率为33.4%，明显低于世界平均水平，单位产值能耗比世界平均水平高出两倍，比欧盟和日本高出近五倍[118]。许多国内外学者对我国能源消耗强度研究兴趣浓厚，Kambara和Lin and Polenske认为二十世纪八十年代中国能源利用效率的提升来自于工业结构的变化[119-120]。史丹发现，1990年以前产业结构变动降低了能耗强度，1990-1999年，产业结构变动却增加了能耗强度[121]。Garbaccio，etal.和Zhang的研究发现，80年代末到1998年期间，中国能耗强度的下降主要来自技术和管理方面的进步[122-123]。建筑业的能源消耗强度体现了建筑业能源利用的效率。能源消耗强度是受各种因素影响的动态变化的过程，在构建分析模型时，本文采用动态面板数据模型进行分析。在选择模型解释变量时，一方面考虑环境规制强度对建筑业能源消耗强度的影响，将其视为影响建筑业能源消耗强度的主要因素之一；另一方面由于建筑业能源

消耗强度受到多种因素的影响，需要增加相应的控制变量，即建筑业的劳动生产率、建筑业的资本投入产出比、建筑业技术水平。为避免数据区间过大不平稳，消除数据的异方差现象，将建筑业的劳动生产率、建筑业的资本投入产出比、建筑业技术水平进行取对数处理。除上述控制变量外，本节同样引入政策虚拟变量D，考核节能减排政策对建筑业能源消耗强度的影响，预测该变量的符号为正。为了考察环境规制与建筑业能源消耗强度之间的曲线关系，在解释变量中增加了环境规制的平方项。利用2003-2010年30个省市自治区的面板数据

（由于西藏地区能源统计数据缺失，因此将其剔除）构建动态面板数据模型，具体如下：

*EI* *c**EI*

**ER

**(ER) 2 **

Log *CL*

*ingdp***

Log equ

*it* 1

*it*1 2 *it* 3 *it* 4

*it* 5

*it* 6

It (3-5)

**7 *D**it*

式中i——各个省份；

t——年份；

ER——环境规制的强度；EI——建筑业能源消耗强度；TL——建筑业的技术进步水平；CL——建筑业的劳动生产率；

ingdp——建筑业的资本投入产出比；equ——建筑业技术装备投入；

D——政策虚拟变量；

α1~α7——待估参数；ε——扰动项。

将上述动态面板数据模型中各变量的含义解释如下：

（1）建筑业能源消耗强度（*EIit*），反映建筑业企业能源利用的效率，由建筑业终端能源消耗总量与建筑业生产总值之比计算得出，计算的统一计量单位为吨标准煤/万元。*EIit*1为建筑业能源消耗强度的滞后一阶，将其作为解释变量分析前一期建筑业能源消耗强度对当期的影响，反映其动态变化的过程。能源消耗强度能有效体现建筑业经济增长方式，对其研究能够有效衡量环境规制强度对建筑业经济增长质量的影响。

（2）环境规制强度（*ERit*）。用各省份环境污染治理的总投资与各省的GDP之比表示，增加环境规制的平方作为建筑业能源消耗强度的解释变量，主要考察短时期内环境规制与建筑业能源消耗强度的曲线关系。当**2<0，**3> 0时，二者的关系是“U”型；**2> 0，**3<0，二者的关系是倒“U”型。分别对全国、高规制

区域和低规制区域进行研究，深入探讨环境规制对建筑业能源消耗强度影响的内在规律。高规制和低规制区域划分的标准同上，由于西藏地区能源统计数据缺失，因此将其剔除，高规制区域和低规制区域各包含15个省市自治区。

（3）*CL*代表建筑业劳动生产率，用建筑业生产总值与建筑业从业人员之比计算得出。建筑业劳动生产率体现了建筑业整体的生产水平和管理水平，是衡量一个建筑业企业发展现状的重要指标。劳动生产率是人均产出的评价指标，其变动将会直接影响到建筑业的总产值，进而影响建筑业能源消耗强度。选择其作为主要控制变量，能够深入考察在劳动生产率的限制下环境规制对建筑业能源消耗强度的影响。

（4）*ingdp*为建筑资本投入产出比，采用建筑业固定资产投资与建筑业GDP的比值表示。采用此指标的主要目的是想考察建筑业固定资产的经济效率对建筑业能源消耗强度的影响。

（5）*equ*为建筑业的技术装备投入，采用建筑业的技术装备率来表示，即用年末建筑企业自有机械设备净值与年末全部职工或全部工人人数的比值计算得出。预测变量的符号为正。

（6）*D*代表政策虚拟变量。与前文相同，引入政策虚拟变量D，考察“节能减排”政策对建筑业能源消耗强度的影响。同样，将2003、2004、2005年取值为0，其他年份取值为1，预期变量系数的符号为正。

### 3.4.2 数据来源及描述

#### 3.4.2.1 环境规制强度

采用各省份治理污染的总投资与各省的生产总值之比作为衡量环境规制强度的指标，选择30个省市自治区直辖市2003-2010年240个样本的环境规制强度的数据进行研究。高规制区域和低规制区域的具体划分情况如表3-12所示。数据来源于2004-2011年的《中国统计年鉴》和30个省市自治区的统计年鉴

（2004-2011年）。

表3-12 高规制区域与低规制区域

Table 3-12 Statisticsof high regulation regions and low regulation regions

类型高规制区域低规制区域

新疆、山东、江苏、甘肃、内蒙古、

省份青海、陕西、天津、广西、北京、山西、辽宁、浙江、河北、宁夏、重庆、

上海、吉林、福建、江西、湖南、云南、海南、黑龙江、广东、湖北、河南、贵州、安徽、四川

注：根据统计年鉴数据整理后划分。

#### 3.4.2.2 建筑业能源消耗强度

本文采用建筑业终端能源消耗总量与建筑业生产总值之比表示建筑业能源消耗的强度。30省建筑业终端能源消耗总量的数据通过2004-2011年《中国能源统计年鉴》计算得来，30省建筑业生产总值数据来源于2004-2011年《中国统计年鉴》。

#### 3.4.2.3 其他控制变量的数据来源

建筑业劳动生产率（*CL*）、建筑资本投入产出比（*ingdp*）和建筑业的技术装备投入（*equ*）三个变量数据来源于《中国统计年鉴》（2004-2011年）、《中国建筑业统计年鉴》（2004-2011年）和各省统计年鉴。

### 3.4.3 实证检验及结果分析

#### 3.4.3.1 数据的初步统计分析

在进行实证检验之前，先对模型中的变量进行初步的统计分析，具体情况如表3-13所示。建筑业能源消耗强度最大值是3.461，是云南2003年建筑业能源消耗强度；最小值为0.004，是黑龙江2007年建筑业能源消耗强度。建筑业的资本投入产出比最大值为0.423，是甘肃2010年的资本投入产出比；最小值为0.001，是上海2008年的资本投入产出比。建筑业的技术装备率取对数后最大值是4.617，是浙江2006年的技术装备率；最小值为3.487，是新疆2007年的技术装备率。初步统计分析反映出区域间差异比较大。

表3-13 各变量的初步描述统计分析

Table 3-13 Summarystatistics of the variables

| 变量 | 变量解释 | 样本 | 平均值 | 误差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EI | 建筑业能源消耗强度 | 240 | 0.088 | 0.227 | 0.004 | 3.461 |
| ER | 环境规制 | 240 | 1.221 | 0.547 | 0.46 | 4.16 |
| ER2 | 环境规制平方 | 240 | 1.788 | 2.066 | 0.212 | 17.306 |
| Log CL | 建筑业劳动生产率 | 240 | 5.112 | 0.165 | 4.671 | 5.568 |
| ingdp | 资本投入产出比 | 240 | 0.041 | 0.053 | 0.001 | 0.432 |
| Logequ | 建筑业技术装备率 | 240 | 4.026 | 0.176 | 3.487 | 4.617 |

数据来源：作者本人计算获得。

#### 3.4.3.2 实证分析

本节仍采用系统GMM估计方法进行估计，具体结果如表3-14、表3-15、表3-16所示。

表3-14 能源消耗强度为被解释变量的实证模型的估计结果（全国）

Table 3-14 Empirical estimation results of explained variable EI (in the whole country)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.EI | 1 | 0 .020a | 0.009a | 0.009a | 0.006a |
|  |  | (30.32) | (11.93) | (5.99) | (6.47) |
| ER | 2 | -0.013a | 0.048a | 0.044a | 0.045a |
| ER2 | 3 | (-15.34) 0.002a | (27.81)  -0.009a | (29.66)  -0.008a | (19.00)  -0.010a |
|  |  | (5.29) | (-16.49) | (-14.45) | (-11.49) |
| Log CL | 4 | — | -0.221a | -0.266a | -0.229a |
|  |  |  | (-33.30) | (-16.42) | (-17.46) |
| ingdp | 5 | — | — | 0.03a | 0.335a |
|  |  |  |  | (9.27) | (11.86) |
| Log equ | 6 | — | — | — | 0.041a |
|  |  |  |  |  | (2.84) |
| D | 7 | -0.009a | 0.22a | 0.022a | 0.016a |
|  |  | (-71.60) | (17.10) | (11.13) | (12.71) |
| Constant | — | 0.088a | 0.960a | 1.109a | 1.025a |
|  |  | (109.57) | (35.37) | (17.22) | (13.37) |
| observation | — | 210 | 210 | 210 | 210 |
| 曲线的类型 | — | “U” | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U’ |
| 拐点 | — | 3.25 | 2.67 | 1.65 | 2.25 |
| Abond test for AR (1) | — | 0.364 | 0.393 | 0.273 | 0.454 |
| Abond test for AR (2) | — | 0.05 | 0.026 | 0.019 | 0.015 |
| Sargan test | — | 0.305 | 0.290 | 0.359 | 0.409 |

从表 3-14 可以看出，模型（1）-（4）通过了 Abond 检验自回归检验，不存 在自相关现象；通过 Sargan 检验，工具变量的选择是有效性，检验结果证明模 型（1）-（4）是稳健的。在模型（1）中仅引入能源消耗强度滞后一阶和政策 虚拟变量 D 作为基本控制变量，考察环境规制对建筑业能源消耗强度的影响。 结果显示2=-0.013<0，3=0.002>0，在 1%水平上显著，建筑业能源消耗强度 与环境规制强度之间为“U”型关系，拐点为 3.25%。模型（2）-（4）实证结果 显示当添加其他控制变量时，建筑业能源消耗强度与环境规制强度之间为倒 “U”型关系，但是其拐点比模型（1）的拐点值小很多，即在模型（1）拐点的 左侧，这说明环境规制强度逐步增加时，首先会刺激建筑业能源消耗强度的提 升，然后随着环境规制强度的增加建筑业能源消耗强度逐渐下降。分析其原因： 当环境规制强度增大时，在初期要投入更多的资金、设备和能源进行治理，持 续一段时间后，进入拐点的右侧，随着环境规制强度的增加，促进用于建筑企 业的技术创新，使环境治理的设备技术更加完善，进而降低建筑业能源消耗强 度。环境规制强度与建筑业能源消耗强度的曲线关系不是一成不变的，在不同

时期不同程度的环境规制强度对建筑业能源消耗强度的影响也不同。合理约束环 境规制强度的范围有利于促进建筑业节约能源。模型（2）-（4）实证结果表明， 政策虚拟变量 D 的系数为正，我国节能减排政策的实施对降低建筑业能源消耗 强度没有显著影响。建筑业能源消耗强度的滞后项与建筑业能源消耗强度当期 项成正相关，说明建筑业能源消耗强度具有很强的延续性。模型（2）-（3）结 果显示，建筑业的劳动生产率与建筑业能源消耗强度之间呈负相关，而且在 1% 的水平上显著，建筑业企业劳动生产率的提高有助于降低建筑业能源消耗强度。 分析其原因：建筑业劳动生产率体现建筑企业管理的水平和增长绩效，当建筑 企业管理水平提高时，将会节约更多的能源，同时提高能源的使用效率，从而间 接地影响了建筑业能源消耗强度。模型（3）-（4）引入了建筑业资本投入产出比 和技术装备效率两个变量，结果表明两个变量与建筑业能源消耗强度正相关，显 著水平为 1%，实证结果表明增加资本的投入和技术装备的投入无助于降低建筑业 能源消耗强度，间接表明建筑业的资本经济效应和装备效率不是很高，对节能减 排的作用效果并不明显。从拐点的位置看，我国大部分省份处于拐点的左侧，即 随着考虑的控制因素增多，环境规制强度增大，能源消耗强度也随之增大。

表3-15 EI为被解释变量的实证模型的估计结果（低规制）

Table 3-15 Empirical estimation results of explained variable EI (in low regulation regions)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.EI | 1 | -0.003a | -0.005a | -0.005a | -0.005a |
|  |  | (-5.14) | (-14.31) | (-7.66) | (-6.97) |
| ER | 2 | -0.07a | -0.031b | -0.039a | -0.042a |
| ER2 | 3 | (-6.54) 0.027a | (-2.30) 0.018a | (-2.95) 0.021a | (-3.18) 0.021a |
|  |  | (5.73) | (4.97) | (5.52) | (5.75) |
| Log cl | 4 | — | -0.152a | -0.155a | -0.169a |
|  |  |  | (-8.37) | (-7.46) | (-7.97) |
| ingdp | 5 | — | — | 0.024 | 0.041 |
|  |  |  |  | (-0.22) | (0.34) |
| Log equ | 6 | — | — | — | -0.031 |
|  |  |  |  |  | (-1.39) |
| D | 7 | -0.019a | 0.003c | 0.002 | 0.005c |
|  |  | (-10.46) | (2.02) | (1.15) | (1.95) |
| Constant | — | 0.111a | 0.849a | 0.868a | 1.066a |
|  |  | (21.31) | (10.11) | (8.84) | (6.69 ) |
| observation | — | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 曲线的类型 | — | “U” | “U” | “U” | “U’ |
| 拐点 | — | 1.3 | 0.86 | 1.86 | 1 |
| Sargan test | — | 0.998 | 0.995 | 1.0 | 1.0 |

表3-16 EI为被解释变量的实证模型的估计结果（高规制）

Table 3-16 Empirical estimation results of explained variable EI (in high regulation regions)

| 解释变量 | 变量系数 | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.EI | 1 | 0.606a (46.45) | 0.465a (22.33) | 0.471a (13.16) | 0.423a (16.77) |
| ER | 2 | -0.014a (-2.68) | 0.026a  （5.94） | 0.012  （1.30） | 0.025b  （2.35） |
| ER2 | 3 | 0.002a  （2.57） | -0.007a (-8.53) | -0.004b  （-2.54） | -0.007a  （-3.24） |
| Log cl | 4 | — | -0.125a  （-18.46） | -0.134a  （-14.14） | -0.166a  （-16.21） |
| ingdp | 5 | — | — | 0.082a  （0.88） | 0.229b  （2.17） |
| Log equ | 6 | — | — | — | 0.045b  （2.20） |
| D | 7 | -0.003a (-2.33) | 0.006a (3.90) | 0.004a (1.42) | 0.003  （1.00） |
| Constant | — | 0.039a | 0.656a | 0.703a | 0.678a |
|  |  | （4.52） | （16.61） | （14.69） | (7.20) |
| observation | — | 112 | 112 | 112 | 112 |
| 曲线的类型 | — | “U” | 倒“U” | 倒“U” | 倒“U’ |
| 拐点 | — | — | 1.68 | 1.65 | 2.09 |
| Sargan test | — | 0.998 | 0.987 | 0.997 | 0.993 |

表3-15和表3-16显示所有的模型通过AR检验和sargan检验，表明所设立的 模型不存在序列自相关，而且选择的工具变量都是有效的。表3-15的结果显示： 在低规制区域，建筑业能源消耗强度与环境规制强度的曲线关系是“U”型。在 拐点的左侧，随环境规制的强度不断扩大，建筑业的能源消耗强度逐渐降低， 在拐点的右侧，随着环境规制的不断扩大，建筑业的能源消耗强度逐渐上升。 分析其原因：在低规制区域，建筑业单位GDP的环保投入较少，当建筑业加大 对环保的投入时，增加的环保设备及技术对建筑业节能减排的效果比较明显， 因此建筑业能源消耗强度也受到影响。通过对统计数据的观察，大部分低规制 区域的省份目前处于“U”型曲线的左侧，这表明目前环境规制强度能够有效促 进建筑业能源消耗强度降低。表3-16的结果显示：在高规制区域，在只添加节 能减排这个虚拟变量时，模型（1）实证结果表明建筑业能源消耗强度与环境规 制强度是“U”型；考虑其他控制变量后，模型（2）-（4）中建筑业能源消耗强 度与环境规制强度是倒“U”型，在拐点的左侧，随着环境规制强度的不断扩大， 建筑业的能源消耗强度将逐渐上升；在拐点的右侧，随着环境规制强度不断上

升，能源消耗强度逐渐下降。同理，高规制区域内的省份多为资源富裕的大省

（如新疆、内蒙古、山东、河北、辽宁、重庆等）和经济发达地区（如北京、江苏、天津、浙江），具有经济增长快和经济生产总值大的特点，对环境的污染严重。对于那些污染严重的建筑企业需要投入大量的资金购买相应的设备，进行环境污染治理。在一定程度增加了能源消耗，促使建筑业能源消耗强度提高。但是，当运营一段时间后，随着技术水平的提高，建筑业能源消耗强度将降低。通过对统计数据的观察发现，目前高规制区域大部分省份环境规制强度都在拐点附近，有的地区已经超过拐点，建筑业能源消耗强度正在下降期。

实证结果显示，“节能减排”政策对降低建筑业能源消耗强度效果并不十分明显。无论是在高规制区域还是低规制区域，建筑业的劳动生产率提高对降低建筑业能源消耗强度有积极作用，资本投入和技术装备投入对降低建筑业能源消耗强度作用不明显。

环境规制强度对建筑业能源消耗强度影响是显著的，在不同规制强度的区域影响的作用有所不同。从全国范围看，环境规制强度于建筑业能源消耗强度的曲线关系为倒“U”型；在高规制环境规制强度与建筑业能源消耗强度的曲线关系为倒“U”型；在低规制区域，环境规制强度与建筑业能源消耗强度的曲线关系为“U”型。

## 3.5 本章小结

本章主要研究环境规制强度对建筑业经济增长影响的传导机制，从建筑业增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个维度探讨环境规制对建筑业经济增长产生影响的作用过程，并分别对全国、高规制区域和低规制区域进行实证研究。研究结果表明建筑业的增长绩效与环境规制强度呈倒“U”型；大部分地区的环境规制强度处于拐点的左侧，说明我国现有的环境规制强度能够促进建筑业增长绩效。环境规制强度对建筑业技术进步影响是显著的，在不同区域影响的作用有所不同。从全国范围看，环境规制强度与建筑业技术进步的曲线关系为倒“U”型；在高规制区域，两者的曲线关系为“U”型；在低规制区域，两者的曲线关系为倒“U”型。节能减排政策能够促进建筑业技术进步水平的提高。环境规制强度对建筑业能源消耗强度的影响显著，从全国范围看，环境规制强度与建筑业能源消耗强度的曲线关系为倒“U”型；在高规制区域，两者的曲线关系为倒“U”型；在低规制区域，两者的曲线关系为“U”型。我国大部分地区处于拐点的左侧。

# 第4章 环境规制对建筑业经济增长的动态影响

本章重点研究环境规制对建筑业经济增长的动态影响。首先阐述环境规制对建筑业经济增长影响的经济分析，提出研究思路；然后利用面板单位根检验、面板协整检验和面板误差修正模型分析全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对我国建筑业经济增长的长短期影响；最后利用面板方差分解、面板VAR、面板脉冲研究全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制与建筑业经济增长的相关性变动状况以及环境规制对建筑业经济增长的动态冲击。

## 4.1 经济分析与研究方法

### 4.1.1 环境规制对建筑业经济增长影响的经济分析

经济增长理论表明，考察产业经济增长需要对各个影响因素在产业发展过程中的作用进行全面的分析。建筑业经济增长的影响因素不仅包括如产业要素投入情况、技术进步贡献程度、产业内部结构及其组织方式等内部因素，还包括如宏观经济环境、环境政策等外部因素。根据经济增长相关理论，建筑业的经济增长主要有两股动力来源，一股是生产要素的投入，建筑业产出的增长主要是依靠资本和劳动力两种要素投入的增加，不经济的投入会导致大量的资本和人员浪费，降低资源要素的使用效率。另外一股则是技术进步，以提高生产资料的利用率、劳动者的生产效率、机械化施工水平为手段，通过实施精细化管理、合理配置生产资源、提高生产要素的投入质量等措施来推动建筑业经济总量的增长。在制约建筑业经济增长的外部要素中，能源的供给对其影响很大。当前世界各国都面临着能源约束，“十一五”规划纲要中我国政府首次提出“节能减排”的战略目标。节约能源已经成为我国的基本国策，全国各地积极响应中央政府的号召并采取了积极的措施，相继出台了一系列相关的环境政策。建筑业是能源消耗非常大的产业，在研究其经济增长时，有必要将能源消耗纳入环境-经济二元系统，综合分析环境规制对建筑业经济增长的影响。

环境规制对建筑业经济增长的影响是各种影响要素综合作用的结果。第三章已经研究了环境规制对建筑业增长绩效、技术进步和能源消耗强度三个影响建筑业经济增长的关键要素的作用机制。环境规制对建筑业经济增长的影响，是各种直接和间接效应综合作用的结果，是通过对建筑业增长绩效、技术进步和能源消耗强度等影响的传导机制产生的，既有正向作用，也有负向作用。只要综合考察环境规制对建筑业增长绩效、技术进步和能源消耗强度等各种因素

的影响，才能够对环境规制对建筑业经济增长的最终影响结果做出准确的解释。另外，由于各个省份建筑业发展现状和经济发展水平的差异，建筑业经济增长的外部影响因素和环境规制强度不尽相同。因此，分别从全国与地区层面判断环境规制对建筑业经济增长影响的实证研究具有重要的现实意义。

### 4.1.2 研究思路

第三章从建筑业的增长绩效、技术进步和能源消耗强度三个维度研究了环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制。为了进一步剖析环境规制对我国建筑业经济增长的长短期影响及其动态变化过程，依据环境规制对建筑业经济增长存在经济外部性的理论基础，构建本章研究思路，见图4-1。

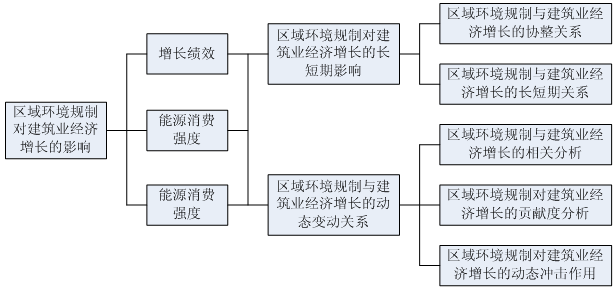


图4-1 环境规制对建筑业经济增长动态影响的研究思路图

Fig. 4-1 Research frameworkof the dynamic effect of environmental regulation

首先利用面板协整检验和面板误差修正模型确定环境规制与建筑业经济增长之间的长期和短期关系，为下一步的研究提供实证支持。但是，如果仅仅考察环境规制与建筑业经济增长之间的长短期关系，还不能准确掌握环境规制对我国建筑业经济增长的影响。因此，为了更深入剖析环境规制与我国建筑业经济增长之间的动态变动关系，采用面板VAR和面板脉冲等方法详细刻画环境规制与我国建筑业经济增长之间关系的动态变动过程，并结合我国建筑业发展现状和环境规制运行状况对得出的结论进行详细分析和解读。

### 4.1.3 研究方法

先对环境规制与建筑业经济增长的长短期关系进行检验，然后进一步刻画

环境规制与建筑业经济增长之间的关系随时间推移所发生的变化。传统研究方法无法直接观测到环境规制与建筑业经济增长之间关联性的动态变化情况，因此利用面板方差分解、面板VAR、面板脉冲响应研究环境规制对建筑业经济增长的动态影响。进行实证检验分析前，有必要对实证检验方法进行阐述，具体情况如下。

（1）面板数据单位根检验面板数据(panel data)是由变量*y*关于*N*个不同研究对象的*T*个观测时期所构成的二维结构数据，即为*yit*，其中，*i*表示*N*个截面对象（如国家、地区、行业等）的个数，*t*表示*T*个观测时期数。面板数据单位根检验是数据平稳性的检验，它将面板数据中的各截面数据看成一个整体进行检验。对于合成的数据建立AR（1）过程：

*Yit* *i yit*1*xiti**uit*

*I*1, 2,, *N*; *t*1, 2,, *T*i

（4-1）

其中，*yit*为内生变量，*xit*为外生变量，包含截面中固定效应或时间趋势；*N*为截面数，*Ti*表示第*i*个截面的时期数，*uit*服从均值为0的分布。*i*为外生变量系数。*i*为自回归系数，如果|*i* |<1，则说明面板数据序列是平稳的，如果

|*i* |=1，则说明面板数据序列包含单位根是不平稳的。

面板数据单位根检验按照是否为相同根分为两类，一类是面板数据各截面时间序列具有相同单位根过程，称为同根单位根检验，检验方法包括LLC检验、Breitung检验、Hadri检验；另一类是允许面板数据各截面时间序列具有不同的单位根过程，称为不同根单位根检验，检验方法包括Im-Pesaran-Skin检验、Fisher-ADF、Fisher-PP检验。LLC检验是应用最为广泛的面板单位根检验方法，LLC检验采用的是ADF检验法(Augement Dickey-Fuller)检验形式，ADF检验法的一般形式为：

*pi*

L*yit**i**yi*, *t*1*ij* L*yi*, *t**j**i xit**uit*

*j*1

*i*=1,2,…, *N*；*t*=1,2,…, *T*

（4-2）

其中，Δ代表一阶差分，****1, *xit*为模型中的外生变量向量，包括各截面成员的个数。*ut*为残差项，*Pi*为第*i*个截面的滞后阶数。备择假设是各截面时间序列没有单位根，即为*H*1: **＜0，原假设是各截面时间序列具有一个相同的单位根，即为*H*0: **0. LLC检验并没有直接利用L*yit*、*yit*1去估计参数**，而是使用L*yit*、*yit*1的代理变量去估计参数**. Breitung检验与LLC检验相似，但Breitung检验与LLC检验选择的代理变量形式不同。Hadri检验的原假设是时间序列或截面数据都不含单位根，以各截面数据为依据建立回归方程，对截面

回归的残差项建立LM统计量，并计算Z统计量，Z统计量渐进服从正态分布。

*Z**N* ( *LM* **)

**

（4-3）

Im-Pesaran-Skin检验、Fisher-ADF和Fisher-PP检验对面板数据的不同截面分别进行单位根检验，再综合各个截面的检验结果构造出统计量，对各个截面是否存在单位根做出判断。

（2）面板数据协整检验在对变量的平稳性进行检验时，如果结果表明变量之间是同阶单整的，可以对变量之间是否存在协整关系进行检验。面板数据的协整检验方法主要有两种，一种是在时间序列的EG(Engle and Granger, 1981)两步法协整检验基础上运用到面板数据的协整检验，EG两步法包括Pedroni检验和Kao检验；另一种是将Johansen协整检验推广到面板数据的情形。在面板数据的协整检验方法中Pedroni检验和Kao协整检验较为常用，Pedroni检验以协整方程的回归残差为基础，对残差的平稳性进行检验。建立辅助回归检验残差序列的平稳性，形式如下：

*It**iit*1*it* *i*1, 2,, *N*

（4-4）

式（4-4）中，*i*为第*i*个截面个体的残差自回归系数。Pedroni检验构建了7个统计量进行检验面板变量之间的协整关系。Pedroni检验使用的原假设和备择假设分两种情形：（1）*H*0：面板变量之间不存在协整关系，*H*1：同质面板数据之间存在协整关系；（2）*H*0：面板变量之间不存在协整关系，*H*1：异质面板数据之间存在协整关系。第一种情形是组内检验(Within-dimension)包括四种检验统计量Panel v-Statistic和Panel rho-Statistic等；第二种情形是组间检验(Between-dimension)包括三种检验统计量Group-rho-Statistic、Group PP-Statistic和Group ADF-Statistic. Kao协整检验也是在EG两步法基础上发展起来的。与Pedroni检验不同的是首先设定的回归方程是系数相同截距不同，在式（4-5）中

*i*是不同的，*i*是相同的。时间趋势系数*i*设为0。

*Yit**i**it**i xit**it*

（4-5）

其次在DF检验与ADF检验思路的基础上，对残差序列进行平稳性检验。建立辅助回归模型：

*It**iit*1*it* *i*1, 2,, *N*

（4-6）

在原假设为不存在协整关系的条件下，Kao协整检验利用静态面板回归残差给出了DF检验统计量和ADF检验统计量，依此判断面板数据之间是否存在协整关系。Pedroni（1999）提出在小样本中（当*T*<20时），Panel ADF和Group ADF要比Panel v-Statistic和Group rho-Statistic的检验效果好。

分别对环境规制和我国建筑业经济增长进行线性回归，构造环境规制与建

筑业经济增长之间的协整检验模型：

*p* *q*

*CYit*

*I*1*i*1*T**i*1, *t CYi*, *t**k**i*1, *t ERi*, *t**k**vit*

（4-7）

*k*1

*k*0

其中，*i*=1,2…，*M*代表第*i*样本，*t*代表年份，*CYit*为建筑业GDP增长率，误差项为*vt*，*T*代表时间趋势。当β*i*1为显著，表明环境规制与我国建筑业经济增长存在着长期协整关系，反之亦然。环境规制与我国建筑业经济增长之间的协整模型能够反映出环境规制对于中国建筑业经济增长的长期关系，为深入研究环境规制与我国建筑业经济增长之间短期的非均衡关系，还需要建立动态面板误差修正模型，具体形式如下：

p *q*

Δ*CYit* **1*i***1*i ECMi*, *t*1**1*i*, *k*Δ*CYi*, *t**k***1*i*, *s*Δ*ERi*, *t**s**u*1*i*, *t*

（4-8）

*k*1

*s*1

q *p*

Δ*ERit***2*i***2*i ECMi*, *t*1**2*i*, *k*Δ*CYi*, *t**k***2*i*, *s*Δ*ERi*, *t**s**u*2*i*, *t*

（4-9）

*k*1

*s*1

式中，Δ代表一阶差分，*ECM*反映了因变量短期波动中偏离其长期均衡关系程度，*K*和*S*为滞后阶数。**1*i*是误差修正项的纠正强度，反映了长期均衡对短期波动偏离和自我修正的动态机制，一般为负值，意味着当失衡时数据序列应收敛并回归长期的均衡，绝对值越大则对本期误差修正的作用就越强[124]。

（3）面板VAR和面板脉冲响应环境规制与我国建筑业经济增长之间的关系并非是单向的，应该是相互影响。如果采用传统的方法考察环境规制与我国建筑业经济增长之间的动态关系，不能有效地观测不同样本区间检验结果的变动状况及过程。因此，本文利用面板VAR模型研究环境规制对我国建筑业经济增长的影响状况，用系统中每个内生变量滞后值来构造模型，弥补传统回归方法的不足。

Sims于1980年根据数据统计性质构建了向量自回归(VAR)模型，即将系统中每个内生变量及其滞后值放入一个研究系统中构造模型。近年来得到广大学者的认可，并被广泛应用。在此基础上，1988年Holtz-Eakin创新性提出了基于面板数据的向量自回归方法并在实践中不断优化。经众多学者不断完善，面板数据VAR模型已成为综合时间序列数据和面板数据优点的成熟模型。借助该方法，本文建立了面板VAR模型如下。

*m*

*yit*

*I**j yi*, *t**n**it**it*

*j*1

(4-10)

其中，*yit*是一个包含两个变量{*ER*, *CY*}的向量。*ER*代表我国各省份环境污染治理投资额与GDP的比值，用来衡量各省的环境规制强度；*CY*代表建筑业GDP增长率，用来衡量建筑业的经济增长状况。在使用面板VAR模型时，我们

假设每一个截面的基本结构相同，即采用固定效应模型，引入反映个体异质性的变量**来克服假设对参数的限制，还引入反映个体的时点效应的变量**，体

*i* it

现在同一时点的不同截面上可能受到的共同冲击。**为一个服从正态分布的随机扰动项。采用系统GMM方法估计模型的参数，显示其变量之间的回归关系，然后进行面板方差分解，了解变量波动变化的主要影响因素及其贡献率。

*it*

面板脉冲响应分析是描述某一变量扰动的一个冲击（或信息）对系统所造成的动态影响，并从动态影响中判定相关变量间存在的时滞关系。具体来讲是考察对扰动项施以冲击，冲击变量对受冲击变量的当期值和未来值所造成的影响，主要是通过冲击反应图展示在固定时间范围内被检验变量之间的相互作用和影响，观测到随时间变化时滞区间及相互作用发生变化的情况。

## 4.2 数据来源与预处理

为了正确认识环境规制对我国建筑业经济增长影响的动态变化关系，利用面板VAR模型进行分析，选取2003-2010年31个省份的面板数据作为研究样本，一方面因为面板VAR模型不适合用于长期的数据分析；另一方面受数据的可得性和准确性影响，短期内的数据前后口径一致便于研究。

### 4.2.1 指标选择和数据获取

采用各地区环境治理的总投入与各地区生产总值之比（ER）作为衡量环境规制强度的指标。建筑业的经济增长状况采用各省建筑业的GDP增长率（CY）来表示。同上，按环境规制强弱程度将我国31个省市自治区划分为两类区域，即高规制区域和低规制区域。

本章所用各指标数据均来源于《中国环境统计年鉴》、《新中国六十年统计资料汇编》和《中国统计年鉴》。数据分析和模型运算采用Eviews 6.0和Stata10.0软件。表4-1、表4-2和表4-3对全国、高规制和低规制区域的面板数据进行了

初步统计分析，观察样本数共为248个，高规制区域包含128个样本，低规制

区域包含120个样本，具体情况如下。

表4-1 全国的数据统计情况

Table 4-1 Summarystatistics of data in the whole country

| 变量 | 样本数 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ER | 248 | 1.190 | 0.566 | 0.05 | 4.16 |
| CY | 248 | 0.128 | 0.070 | -0.028 | 0.533 |

表4-2 高规制区域的数据统计情况

Table 4-2 Summarystatistics of data in high regulation regions

| 变量 | 样本 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ER | 128 | 1.499 | 0.55 | 0.77 | 4.16 |
| CY | 128 | 0.128 | 0.07 | -0.03 | 0.53 |

表4-3 低规制区域的数据统计情况

Table 4-3 Summarystatistics of data in low regulation regions

| 变量 | 样本 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ER | 120 | 0.86 | 0.354 | 0.05 | 3.08 |
| CY | 120 | 0.128 | 0.067 | -0.005 | 0.39 |

### 4.2.2 面板单位根检验

在进行协整检验之前，需要考虑所用变量的平稳性，以免出现“伪回归”问题。如表4-4所示，从全国视角，IPS检验和Fisher-ADF检验结果表明存在单位根，原假设均未被拒绝；在对所有变量1阶差分后进行平稳性检验，结果表明Fisher-ADF检验在10%显著水平下为平稳序列，为I（1）过程。从表4-5可以看出，高规制区域所有变量的Fisher-ADF检验结果表明：经过1阶差分后所有变量在5%的显著水平下不存在单位根，是平稳序列，为I（1）过程。表4-6的结果表明：在低规制区域，所有序列经过1阶差分后LLC检验和Fisher-PP检验结果在1%水平下显著，说明所有变量都是I（1）过程。

表4-4 全国范围内的面板单位根检验

Table 4-4 Panel unit root testresults in the whole country

| 模式 | Var. | LLC | IPS | Fisher-ADF | Fisher-PP |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平 | ER | -8.027a | 0.503 | 63.653 | 120.599a |
| 一阶差分 | CY ER | -23.902a  -13.366a | -1.925b  -0.34 | 109.019a  78.492c | 200.068a  142.555a |
|  | CY | -22.092a | -2.482a | 135.356a | 266.656a |

注：a，b，c 代表在1%，5% 和10%水平上显著。

表4-5 高规制区域的面板单位根检验

Table 4-5 Panel unit root test results in high regulation regions

| 模式 | Var. | LLC | IPS | Fisher-ADF | Fisher-PP |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平 | ER CY | -5.597a  -23.585a | 0.511  -1.993a | 26.850  63.556a | 47.051b  109.722a |
| 一阶差分 | ER CY | -10.725a  -17.074a | -0.525  -1.983a | 44.461b  73.432a | 81.646a  148.192a |

注：a，b，c 代表在1%，5% 和10%水平上显著。

表4-6 低规制区域的面板单位根检验

Table 4-6 Panel unit root testresults in low regulation regions

| 模式 | Var. | LLC | IPS | Fisher-ADF | Fisher-PP |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平 | ER | -5.80a | 0.196 | 36.804 | 73.548 |
|  | CY | -9.202a | -0.710 | 45.463b | 90.345a |
| 一阶差分 | ER CY | -8.215a  -14.72a | 0.052  -1.52c | 34.031  61.924a | 60.91a  118.464a |

注：a，b，c 代表在1%，5% 和10%水平上显著。

## 4.3 环境规制与建筑业经济增长的长短期关系检验

现有文献中关于环境规制与产业之间动态关系的研究较少，大多是采用静态或比较静态分析，尚没有学者利用动态计量检验法研究环境规制对建筑业经济增长的影响。因此，本文利用面板协整检验考察环境规制与我国建筑业经济增长之间的协整关系，再结合面板协整检验和面板误差修正模型具体分析环境规制与我国建筑业经济增长间的长短期动态关系，为后续研究提供实证基础。

### 4.3.1 面板协整检验

协整是指两个或两个以上非平稳数据序列进行线性组合后相互抵消了趋势项，反映了非平稳单整序列之间存在着长期稳定关系[125]。环境规制与我国建筑业GDP增长率均为非平稳序列，因此可以利用面板协整检验来分析环境规制与我国建筑业经济增长走势之间的长期关系。通过对各变量面板数据的观察，确定协整检验模型具有个体截距（individual intercept）和个体趋势效应(individual trend)。在全国范围内，表4-7中Panel ADF-Statistic和Group ADF- statistic检验结果表明在1%的显著水平下拒绝了“不存在协整关系”的原假设，说明全国范围内环境规制与建筑业GDP增长率之间存在协整关系。表4-8显示出高规制区域的协整关系检验结果，Panel ADF-Statistic和Group ADF-statistic检验在5%的显著水平下拒绝了“不存在协整关系”的原假设，说明高规制区域内环境规制与建筑业经济增长之间存在长期的协整关系。表4-9给出低规制区域的协整关系检验结果，数据表明在5%的显著水平下低规制区域的环境规制与建筑业经济增长之间存在长期协整关系。a、b、c分别代表在1%、5%、10%水平上显著。

### 4.3.2 面板向量误差修正模型研究结果

在确定了环境规制对我国建筑业经济增长的长期影响以后，通过面板数据误差修正模型(Panel ECM)进行识别，进一步确定因变量在短期波动中偏离其长期均衡关系的状况。其中，a、b、c分别代表在1%、5%、10%的水平下拒绝原假设。

表4-7 全国范围内面板协整关系检验的结果

Table 4-7 Panelcointegration test results in the whole country

变量: CY，ER

存在截距(individual intercept)

组内检验统计量组间检验统计量

Panel v-Statistic -0.792 Group rho-statistic 3.844

Panel rho-Statistic -1.753b Group pp-statistic -11.062a Panel PP-Statistic -10.129a Group ADF-statistic -7.779a Panel ADF-Statistic -3.819a

存在截距和趋势(individual intercept and individual trend)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 组内检验统计量 |  | 组间检验统计量 |  |
| Panel v-Statistic | -4.717 | Group rho-statistic | 3.972 |

Panel rho-Statistic 1.7 Group pp-statistic -15.574a Panel PP-Statistic -11.892a Group ADF-statistic -5.755a Panel ADF-Statistic -3.17a

Kao test -1.502c

表4-8 高规制区域面板协整关系检验的结果

Table 4-8 Panel cointegration test results in high regulation regions

变量: CY，ER

存在截距(individual intercept)

组内检验统计量组间检验统计量

Panel v-Statistic -0.811 Group rho-statistic 0.969

Panel rho-Statistic -1.336c Group pp-statistic -7.692a Panel PP-Statistic -7.267a Group ADF-statistic -6.433a Panel ADF-Statistic -2.847 a

存在截距和趋势(individual intercept and individual trend)

组内检验统计量组间检验统计量

Panel v-Statistic -3.766 Group rho–statistic 2.86

Panel rho-Statistic 1.116 Group pp-statistic -11.26a Panel PP-Statistic -9.257a Group ADF-statistic -3.852b Panel ADF-Statistic -2.375a

Kao test -0.658

表4-9 低规制区域面板协整关系检验的结果

Table 4-9 Panelcointegration test results in low regulation regions

变量: CY，ER

存在截距(individual intercept)

组内检验统计量组间检验统计量

Panel v-Statistic -0.255 Group rho-statistic 0.876

Panel rho-Statistic -1.126 Group pp-statistic -7.959a Panel PP-Statistic -7.064a Group ADF-statistic -2.546a Panel ADF-Statistic -2.546a

存在截距和趋势(individual intercept and individual trend)

组内检验统计量组间检验统计量

Panel v-Statistic -2.773 Group rho-statistic 2.757

Panel rho-Statistic 1.325 Group pp- statistic 10.759a Panel PP-Statistic -7.358a Group ADF- statistic -4.295a Panel ADF-Statistic -2.106b

Kao test -1.498c

表 4-10 在全国范围基于面板数据ECM的检验结果

Table 4-10 The test results based on panel ECM model in the whole country

| 因变量 | ∆CY |  | ∆ER |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 自变量 | 系数 | 自变量 |  | 系数 |
| 长期均衡:  ER | 0.089a | 长期均衡:  CY |  | 6.689a |
| 短期均衡:  ECM(-1) | -1.62a | 短期均衡:  ECM(-1) |  | -0.348a |
| ∆ CY(-1) | 0.410b | ∆ ER(-1) |  | 0.013 |
| ∆ ER | -0.083c | ∆ CY |  | -2.417b |
| 常数项 | 0.041b | 常数项 |  | 0.197c |

由表4-10可知，全国范围内环境规制对建筑业经济增长的影响存在长期和短期均衡关系。从长期来看，环境规制对我国建筑业经济增长的影响是显著正效应，说明在合理范围内加大环境规制强度能够促进建筑业的经济增长。从短期来看，环境规制对我国建筑业经济增长的影响是负效应，说明短时期内环境规制抑制建筑业的经济增长；数据还显示建筑业经济增长对环境规制的影响也是显著的。从长期来看，建筑业经济增长对环境规制强度的影响是正效应。这意味着从长远的角度建筑业发展会对环境带来重大影响，促使环境规制的力度加大；从短期来来看，建筑业经济增长对环境规制强度的影响是负效应。

表4-11和4-12的结果显示：在高规制和低规制区域建筑业经济增长均受到环境规制长期均衡关系的显著影响，区别在于低规制区域的建筑业经济增长受到环境规制的影响比高规制区域的相对要小一些。在高规制区域中，建筑业经济增长受到环境规制的影响比较大。可见，环境规制对建筑业经济增长的影响意义深远，原因在于环境规制强度的变化会使建筑企业采取相应的措施减少或治理所造成的环境污染。一方面，建筑企业要增加原有的环境治理成本来应对环境规制的变化；另一方面，也迫使建筑业企业在选材以及生产过程中加强环保意识和减少污染源。另外，在高规制区域内，环境规制对建筑业经济增长的短期均衡关系是显著的。在低规制区域内，环境规制对建筑业经济增长的短期均衡关系不显著，说明在低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的影响并不确定。

表 4-11 高规制区域基于面板数据ECM的检验结果

Table 4-11 The test results based on panel ECM model in the high regulation regions

| 因变量 | ∆CY |  | ∆ER |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 自变量 | 系数 | 自变量 |  | 系数 |
| 长期均衡: |  | 长期均衡: |  |  |
| ER  短期均衡: | 0.093a | CY  短期均衡: |  | 2.740a |
| ECM(-1) | -1.667a | ECM(-1) | | 0.137 |
| ∆ CY(-1) | 0.486b | ∆ ER(-1) | | 0.013 |
| ∆ ER  常数项 | -0.072b  -0.002 | ∆ CY  常数项 | | -3.245 1.489c |

表 4-12 低规制区域基于面板数据ECM的检验结果

Table 4-12 The test results based on panel ECM model in the low regulation regions

| 因变量 | ∆CY |  | ∆ER |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 自变量 | 系数 | 自变量 |  | 系数 |
| 长期均衡: |  | 长期均衡: |  |  |
| ER  短期均衡: | 0.087a | CY  短期均衡: |  | 20.955a |
| ECM(-1) | -1.571a | ECM(-1) |  | -0.053 |
| ∆ CY(-1) | 0.329 | ∆ ER(-1) |  | -1.147 |
| ∆ ER | -0.096 | ∆ CY |  | -1.168 |
| 常数项 | 0.081a | 常数项 |  | 0.005 |

表4-11和4-12的实证结果还显示：无论是在高规制区域还是低规制区域，环境规制均受到建筑业经济增长长期均衡关系的显著影响。这说明从长期来看，建筑业作为我国国民经济的主要支柱产业，其发展对环境规制的强度势必带来影响。虽然建筑业经济增长对环境规制的长期均衡关系均较为显著，但在高规

制区域的影响要远远低于低规制区域。短期内，环境规制受我国建筑业经济增长的影响不显著，分析其原因主要是由于我国目前工业化发展迅速。工业化的发展是一把双刃剑，一方面推动了国民经济的发展，另一方面也加重了环境污染。环境规制的重点主要集中在工业污染源上，建筑业企业直接造成的污染相对来说危害比较小，主要是施工噪声、建筑粉尘、建筑垃圾和固体废弃物等方面的污染。而且，建筑所用材料大部分为工业产品，其造成的环境污染远远小于工业污染。因此，短期内建筑业经济增长对环境规制强度的影响不显著。

从环境规制对建筑业经济增长的短期关系检验结果来看（见表4-11和4-12），高规制区域中短期偏离长期均衡的修正强度要高于低规制区域，说明在高规制区域建筑业能够快速适应环境规制对建筑产业的影响，而低规制区域中建筑业的这种适应能力要差一些。鉴于环境规制强度对建筑业经济增长的影响状况，建筑企业应及时掌握环境规制强度及其对建筑业经济增长的影响，加强环境保护的意识，提高建筑业的技术装备水平，提高建筑业环境效率，增强企业的核心竞争力，降低环境规制对建筑业经济增长的负面影响。政府部门应根据环境规制对建筑业的影响状况，积极运用相应的环境规制工具，监管和激励相结合，促进建筑业向可持续的方向发展。

### 4.3.3 环境规制对建筑业经济增长的贡献度分析

在确立了环境规制与我国建筑业经济增长之间的长短期均衡关系之后，需根据环境规制强度的不同具体分析环境规制与建筑业经济增长之间的动态变动关系。利用面板数据方差分解考察环境规制对我国建筑业经济增长的动态影响，具体结果见表4-13、表4-14和表4-15。其中，CY代表建筑业GDP的增长率，ER为环境规制强度。表4-13的方差分解结果显示，经过40期的波动后各变量的方差分解趋于稳定。实证结果表明环境规制对我国建筑业经济增长的影响存在滞后性，环境规制变动对建筑业经济增长波动具有一定贡献，建筑业经济增长自身的方差贡献率随时间的推移逐渐减小并趋于稳定，环境规制的方差贡献率逐渐增大，在第40期时趋于稳定。比较表4-14与表4-15，环境规制强度变化对低规制区域建筑业经济增长的解释要大于对高规制区域的解释。

从方差分解表4-13可以观测出我国建筑业经济增长对环境规制强度的影响比较小，环境规制受到自身的影响比较大。相对而言，我国建筑业经济增长对于环境规制强度波动所造成的冲击作用具有一定的自我调节能力。我国建筑业经济增长对环境规制强度也有一定的影响作用，但影响程度较小。总体看，环境规制对建筑业的经济增长具有一定的引导作用，反之则不然。

表 4-13 在全国范围内方差分解

Table 4-13 Variance-decompositionsin the whole country

|  | s | CY | ER |
| --- | --- | --- | --- |
| CY | 10 | 0.438 | 0.562 |
| CY | 20 | 0.223 | 0.778 |
| CY | 30 | 0.165 | 0.835 |
| CY | 40 | 0.148 | 0.852 |
| ER | 10 | 0.108 | 0.892 |
| ER | 20 | 0.131 | 0.869 |
| ER | 30 | 0.137 | 0.862 |
| ER | 40 | 0.140 | 0.860 |

表4-14 高规制区域方差分解

Table 4-14 Variance-decompositionsin high regulation regions

|  | s | CY | ER |
| --- | --- | --- | --- |
| CY | 10 | 0.504 | 0.496 |
| CY | 20 | 0.322 | 0.678 |
| CY | 30 | 0.287 | 0.713 |
| CY | 40 | 0.280 | 0.720 |
| ER | 10 | 0.232 | 0.768 |
| ER | 20 | 0.267 | 0.733 |
| ER | 30 | 0.277 | 0.723 |
| ER | 40 | 0.278 | 0.722 |

表4-15 低规制区域方差分解

Table 4-15 Variance-decompositionsin low regulation regions

|  | s | CY | ER |
| --- | --- | --- | --- |
| CY | 10 | 0.331 | 0.669 |
| CY | 20 | 0.207 | 0.793 |
| CY | 30 | 0.165 | 0.835 |
| CY | 40 | 0.144 | 0.855 |
| ER | 10 | 0.013 | 0.987 |
| ER | 20 | 0.009 | 0.991 |
| ER | 30 | 0.007 | 0.993 |
| ER | 40 | 0.007 | 0.993 |

## 4.4 环境规制对建筑业经济增长的动态影响实证分析

为了深入考察环境规制强度与建筑业经济增长的动态变化关系，分别利用面板VAR和面板脉冲来研究环境规制与建筑业经济增长之间随时间的变化情况和脉冲反应，考察环境规制强度对我国建筑业经济增长的动态影响。

### 4.4.1 环境规制与建筑业经济增长的相关性分析

前文已对相应变量进行了面板单位根检验，检验结果显示ER、CY均为1阶单整。在选择滞后阶数时，根据脉冲响应函数的收敛情况选择滞后4阶VAR。为了避免由于时点效应和个体效应所产生的估计系数偏差，采用截面均值差分的方法来消除时点效应，采用向前均值差分的方法来消除个体效应，这种方法被称为“Helmert转换”（Arellano和Bover, 1995），这样就保证了转换后的变量和滞后的变量之间为正交，可以采用滞后变量作为工具变量进行估计。对面板VAR模型的估计采用系统GMM的方法，具体结果见表4-16、表4-17和表4-18。

表 4-16 全国范围内面板VAR的系数估计值

Table 4-16 Estimationof parameter in PVAR model in the whole country

因变量: h\_CY因变量: h\_ ER

|  | b-GMM | se-GMM | t-GMM | b-GMM | se-GMM | t-GMM |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| H\_ CY(-1) | 0.201 | 0.156 | 1.293 | 0.490 | 0.539 | 0.909 |
| H\_ ER (-1) | 0.092 | 0.044 | 2.086 | 0.604 | 0.170 | 3.552 |
| H\_ CY(-2) | -0.059 | 0.114 | -0.514 | -0.428 | 0.398 | -1.073 |
| H\_ ER (-2) | 0.013 | 0.019 | 0.714 | 0.007 | 0.094 | 0.080 |
| H\_ CY(-3) | 0.450 | 0.124 | 3.641 | 0.013 | 0.592 | 0.022 |
| H\_ ER (-3) | 0.034 | 0.026 | 1.297 | 0.217 | 0.105 | 2.073 |
| H\_ CY(-4) | 0.013 | 0.108 | 0.120 | 0.32 | 0.461 | 0.694 |
| H\_ ER (-4) | -0.012 | 0.022 | -0.549 | 0.195 | 0.095 | 2.044 |

注：估计结果是采用系统GMM方法得到，实证结果显示估计模型是稳健的。b-GMM 是

GMM的系数估计值，se-GMM是GMM的误差估计值，t-GMM是GMM的系数t检验值。本文利用Inessa Love（2006）的程序进行计算。下文同。

表 4-17 高规制区域面板VAR的系数估计值

Table 4-17 Estimationof parameter in PVAR model in high regulation regions

因变量: h\_ CY因变量: h\_ ER

|  | b-GMM | se-GMM | t-GMM | b-GMM | se-GMM | t-GMM |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| H\_ CY(-1) | 0.227 | 0.211 | 1.078 | 0.726 | 0.687 | 1.057 |
| H\_ ER (-1) | 0.094 | 0.042 | 2.27 | 0.561 | 0.186 | 3.023 |
| H\_ CY(-2) | -0.098 | 0.152 | -0.643 | -0.270 | 0.517 | -0.523 |
| H\_ ER (-2) | 0.014 | 0.019 | 0.735 | 0.031 | 0.098 | 0.319 |
| H\_ CY(-3) | 0.624 | 0.203 | 3.079 | 0.243 | 1.002 | -0.242 |
| H\_ ER (-3) | 0.026 | 0.025 | 1.049 | 0.206 | 0.122 | 1.691 |
| H\_ CY(-4) | 0.060 | 0.136 | 0.441 | 0.182 | 0.653 | 0.279 |
| H\_ ER (-4) | -0.012 | 0.023 | -0.519 | 0.282 | 0.102 | 2.770 |

表 4-18 低规制区域面板VAR的系数估计值

Table 4-18 Estimationof parameter in PVAR model in low regulation regions

因变量: h\_ CY因变量: h\_ ER

|  | b-GMM | se-GMM | t-GMM | b-GMM | se-GMM | t-GMM |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| H\_ CY(-1) | 0.062 | 0.271 | -0.229 | -0.183 | 0.888 | -0.206 |
| H\_ ER (-1) | 0.128 | 0.104 | 1.233 | 0.951 | 0.310 | 3.063 |
| H\_ CY(-2) | -0.208 | 0.282 | -0.739 | -0.751 | 0.861 | -0.872 |
| H\_ ER (-2) | 0.012 | 0.053 | 0.234 | 0.096 | 0.167 | -0.573 |
| H\_ CY(-3) | 0.232 | 0.189 | 1.226 | 0.377 | 0.618 | 0.611 |
| H\_ ER (-3) | 0.053 | 0.067 | 0.793 | 0.369 | 0.175 | 2.114 |
| H\_ CY(-4) | -0.010 | 0.145 | -0.066 | 0.275 | 0.445 | 0.617 |
| H\_ ER (-4) | 0.029 | 0.068 | 0.429 | -0.186 | 0.233 | -0.798 |

根据表4-16的估计结果显示，在全国范围内环境规制强度（ER）的滞后一阶对CY和ER分别在5%和1%的显著水平下完全显著，而且都具有正向效应。ER的滞后2阶、滞后3阶和滞后4阶对CY的影响不显著。ER的滞后1阶、3阶和4阶对ER分别在1%、5%、5%的显著水平下完全显著，ER的滞后2阶对ER不显著。CY的滞后一阶对CY和ER的影响是不显著的。CY的滞后三阶对CY的影响在1%的水平下完全显著且为正向效应。数据还显示CY的滞后项对ER的影响都不显著。总体看，环境规制强度与建筑业经济增长之间的关系是非对称的。

表4-17和表4-18的数据显示了高规制区域和低规制区域面板VAR的系数估计值。在高规制区域，建筑业CY的滞后3阶对CY在1%的显著水平上完全显著且为正向效应，CY的滞后1阶、滞后2阶、滞后4阶对CY都不显著；在低规制区域，CY的滞后1阶、滞后2阶、滞后3阶、滞后4阶对CY都不显

著。高规制区域内的建筑业CY的滞后1阶、滞后2阶、滞后3阶、滞后4阶对ER都不显著，低规制区域同样不显著。在高规制区域，ER的滞后1阶对CY在5%的显著水平下完全显著，ER的滞后2阶、滞后3阶、滞后4阶对CY不显著；在低规制区域，ER的滞后1阶、滞后2阶、滞后3阶、滞后4阶对CY不显著。高规制区域内的ER滞后1阶、滞后3阶和滞后4阶对ER的影响分别是在1%、10%和5%的显著水平下显著。低规制区域内的ER滞后1阶和滞后3阶对ER的影响分别是在1%、5%的显著水平下显著。总体看，高规制区域ER对于CY的影响要大于低规制区域。因此，政府在进行环境规制时尤其应对高规制区域加以重视，因为环境规制的手段与措施将对建筑业的经济增长带来重大的影响。从动态的视角看，环境规制对建筑业经济增长的影响主要是以正效应为主，说明在实施环境规制的过程中，在合理范围内适当加大环境规制强度总体上能够促进建筑业的经济增长，对产业发展起到积极的推动作用。因此，政策制定者应采取适应市场经济发展和市场需求的多样化环境规制手段，

提高环境规制的效率。

### 4.4.2 环境规制与建筑业经济增长的动态响应分析

脉冲响应函数是指在扰动项上施加一个标准差的冲击作用来衡量变量的当期数值和未来数值对误差变化的响应，并可以直观地刻画出内生的变量对误差变化的反应轨迹，从动态反应中来判断变量之间的动态交互作用和相互效应。本文对每个变量给予一个标准的冲击，根据脉冲响应图的收敛状况选择滞后4阶考察二者之间的动态效应，并用Monte-Carlo模拟500次，最终得到脉冲响应函数图。图形给出95%的置信区间，具体如图4-2、4-3、4-4所示。

Impulse-responses for 5 lag VAR of cy er

(p 5) cy cy

(p 95) cy

0.0868

0.0580

(p 5) er er

(p 95) er

-0.0357

0.1740

-0.0758

0 6

s

Response of cy to cy shock

(p 5) cy cy (p 95) cy

0 6

s

Response of er to cy shock

-0.0148

0.3844

-0.0458

0 6

s

Response of cy to er shock

(p 5) er er (p 95) er

0 6

s

Response of er to er shock

Errors are 5% on each side generated by Monte-Carlo with 500 reps

图 4-2 全国范围内4阶滞后环境规制与建筑业经济增长的动态响应

Fig. 4-2 The dynamic response of environmental regulation and construction industry of lags 4 orders in the whole China

图4-2、4-3、4-4中，横坐标代表冲击反应的响应时期数，本文中设为滞后6期；纵坐标代表内生变量对于标准差冲击的响应程度。在下面分析过程中，环境规制强度和建筑业GDP增长率分别采用*ER*和*CY*表示。图4-2、图4-3和图4-4分别显示对全国范围、高规制区域和低规制区域*ER*和*CY*进行脉冲反应的测算。

图4-2所示为全国范围内环境规制对建筑业经济增长的面板VAR脉冲响应计算结果，当给CY一个标准差的冲击后，CY在当期会产生一个较大的负向影响，在第二期达到最低响应值，随后马上上升，在第三期的期初达到最大值后马上下降，在接近第六期的时候达到原始值，总体看是负向和正向影响交错，

Impulse-responses for 4 lag VAR of cy er

(p 5) cy cy

(p 95) cy

0.2457

0.2072

(p 5) er er

(p 95) er

-0.0236

0.8560

-0.1271

0 6

s

Response of cy to cy shock

(p 5) cy cy

(p 95) cy

0 6

s

Response of er to cy shock

0.0000

1.0794

0.0000

0 6

s

Response of cy to er shock

(p 5) er er

(p 95) er

0 6

s

Response of er to er shock

Errors are 5% on each side generated by Monte-Carlo with 500 reps

图 4-3 高规制区域内4阶滞后环境规制与建筑业经济增长的动态响应

Fig. 4-3 The dynamic response of environmental regulation and construction industry of lags 4 orders in high environmental regulation regions

Impulse-responses for 4 lag VAR of cy er

(p 5) cy cy

(p 95) cy

0.0896

0.1883

(p 5) er er

(p 95) er

-0.0992

0.1802

-0.5931

0 6

s

Response of cy to cy shock

(p 5) cy cy (p 95) cy

0 6

s

Response of er to cy shock

-0.0148

1.5481

-0.0752

0 6

s

Response of cy to er shock

(p 5) er er (p 95) er

0 6

s

Response of er to er shock

Errors are 5% on each side generated by Monte-Carlo with 500 reps

图 4-4 低规制区域内4阶滞后环境规制与建筑业经济增长的动态响应

Fig. 4-4 The dynamic response of environmental regulation and construction industry of lags 4 orders in low environmental regulation regions

这说明建筑业CY的变动会对建筑业CY当期产生一个负向的作用，国家对建筑业的调控在一定程度上有负效应，但是影响建筑业发展的主要因素是多方面的，建筑业会很快恢复过来，总体是受我国宏观政策调整和市场经济发展的影响。当给CY一个标准差的冲击后，ER在当期会产生一个较小的正向影响，很快在第一期大约期中的位置达到最大响应值，随后马上下降，迅速回归到原始值，然后又开始新一轮的大幅上升下降，到第六期期末时趋于原始值，这说明建筑业的CY对环境规制的影响是长期的，不同时期建筑业的经济增长都会对环境规制带来正负向交错作用，但总体看影响效应为正向并具有持续效应。当给ER一个标准差的冲击后，CY最初产生一个较小的正向影响，在第一期大约期中的位置达到最大响应值，随后马上下降，但总体看是正向影响，这说明环境规制强度的变动会对我国建筑业的CY在当期产生一个正向的促进作用。但是这种作用不稳定，究其原因是建筑业的经济增长主要依靠我国宏观经济的带动作用和稳定发展。当给ER一个标准差的冲击后，ER最初产生一个较大的负向影响，而且迅速下降，在第二期期末开始比较平稳，持续到第六期时就基本上回归到原始值附近。整体看ER响应值是在原始值之上，这说明采取环境规制措施在一定程度上会对其自身发展具有反向作用，因为目前我国的环境规制工具主要以命令型政策工具为主，市场型和激励型的环境规制工具较少，政府的干预并不能达到最佳的有效性，所以会产生一些负向作用。因此，积极开发制定新的环境规制工具对于提高环境规制效率和促进建筑产业可持续性发展具有重要的意义。

图4-3和图4-4所示为高规制区域和低规制区域的环境规制对建筑业经济增长面板VAR脉冲响应计算结果。从图4-3和图4-4可以看出：（1）在高规制区域，当给CY一个标准差的冲击后，CY在当期会产生一个较大的负向影响，在第二期大约期中的位置达到最大负向响应值，随后马上上升，在第二期的期末达到最大正向相应值后马上下降，在接近第六期的时候达到原始值。而在低规制区域，当给CY一个标准差的冲击后，CY在当期会产生一个较小的负向影响，但其波动幅度要小于高规制区域。总体来说，高规制区域都是在原始值之上，虽有波动但整体上都为正效应；低规制区域则是在原始值附近上下波动，正负效应循环。这说明在高规制区域，建筑业CY的变动对我国建筑业CY当期产生的作用较明显，国家对建筑业的调控效果在高规制区域要比低规制区域显著。但是，高规制区域建筑业的经济增长对外来因素的响应会更强烈一些。（2）在高规制区域，当给CY一个标准差的冲击后，ER在当期会产生一个较小的负向影响，很快在第三期大约期末的位置达到最小响应值，随后马上平缓上升，到第六期期末时趋于第一期开始的水平；在低规制区域，当给CY一个标准差的冲击

后，ER在当期会产生一个较小的负向影响，很快在第二期大约期末的位置达到最小响应值，随后马上平缓上升，到第六期时回归原始值。低规制区域相对于高规制区域来讲，当给CY一个冲击后ER的响应不是很强烈，其响应值基本接近于0。这说明无论是在高规制区域还是低规制区域，建筑业的CY对环境规制强度的影响都非常小，但建筑业的经济增长会对环境规制强度的影响具有持续效应，分析原因主要是由于建筑业的产业特点决定的，建筑业相对工业而言污染量相对比较小，因此影响环境规制强度变化的力度也就较小。（3）当给ER一个标准差的冲击后，在高规制区域CY最初产生一个较小的正向影响，在第一期大约期末的位置达到最大响应值，随后趋于平稳，但总体看CY的响应值为正；在低规制区域CY的响应值的变化趋势与高规制区域相似，但是变化幅度要小于高规制区域。这说明无论是在高规制区域还是低规制区域，环境规制强度的变动会对我国建筑业经济增长在当期产生一个正向的促进作用，在第二期之后相对趋于平稳，环境规制对建筑业经济增长的长短期的影响是显著的，制定合理的环境规制工具对促进建筑业的发展有积极作用。（4）当给ER一个标准差的冲击后，在高规制区域ER最初产生一个较大的负向影响，而且下降幅度比较大，从第二期开始就基本上处于持续平稳状态直到第六期，整体看响应值是在原始值之上；在低规制区域ER最初产生一个较小的负向影响，而且下降幅度比较小，在第二期开始就基本上处于持续平稳状态直到第六期，整体看响应值也是在原始值之上。这说明无论是在高规制区域还是低规制区域，环境规制措施变动在一定程度上会对自身有反向作用，其变动后会产生很多连锁反应，尤其是对污染密集型的相关产业发展带来一定的影响，最终会回归到环境规制强度自身。因此，提高环境规制工具的效率是关键。

## 4.5 本章小结

本章从全国范围、高规制区域和低规制区域三个角度深入研究了环境规制对建筑业经济增长的动态影响。首先从环境规制强度对建筑业经济增长影响的经济分析入手，阐述本章的研究思路和研究方法，并构建了面板协整检验模型、面板误差修正模型和面板VAR模型。在对环境规制与建筑业经济增长的长短期关系检验时发现，环境规制强度与建筑业经济增长存在长期的协整关系。在全国范围、高规制区域和低规制区域内，从长期来看环境规制对建筑业经济增长的影响是正效应，从短期来看环境规制对建筑业经济增长的影响是负效应。通过环境规制对建筑业经济增长的贡献度分析发现，环境规制强度对建筑业经济增长和环境规制强度自身的变化具有重要的贡献，建筑业经济增长对环境规制强度变化的贡献度比较小。通过环境规制与建筑业经济增长的相关性分析发现，

环境规制强度对建筑业经济增长的影响显著，但建筑业经济增长对环境规制强度影响不显著。通过环境规制对建筑业经济增长的动态响应分析发现，在高规制区域，环境规制的变化对建筑业经济增长的影响要大于低规制区域。在对建筑业给予一个标准差冲击时，无论是高规制区域还是低规制区域，环境规制强度的响应都不强烈。

# 第5章 环境规制下建筑业经济增长效率评价

本章重点研究在环境规制下的建筑业经济增长效率，首先利用DEA的方法计算综合技术效率，然后采用Malmquist生产效率指数的方法测算经济增长效率，从是否考虑环境治理成本的视角，分别进行比较；根据环境规制强度不同，对高规制和低规制区域分别进行实证研究；依据经济发达程度不同，对东中西部地区分别进行分析，深入剖析其内在经济规律。

## 5.1 效率分析与模型描述

### 5.1.1 环境规制下建筑业经济增长效率分析

随着经济的快速发展，通过高投入高产出我国建筑业取得了卓越的经济成效，但建筑业生产效率增长状况并不是十分令人满意，研究表明建筑业的增长是以资源投入、能源消耗为代价，而不是自身效率显著提升的结果[126]。现阶段，我国政府非常重视由粗放型向集约型经济增长方式的转变。政策导向也已经从注重经济增长的量向关注经济增长的质转变。正如第二章分析的那样，建筑业经济增长效率是资本、劳动、技术、制度等要素之间组合的综合效率。现有研究中大多基于传统经济增长理论，从资本、劳动、技术角度论述建筑业经济增长效率。建筑业是典型的立足于大量资源和能源消耗的产业，基于建筑业对能源过分消耗的特点以及行业可持续发展的角度，对建筑业经济增长效率的分析有必要考虑能源消耗指标。根据建筑业自身特点和环境保护与节约能源两项基本国策，构建能源-环境-经济(3E)三元的研究框架对建筑业经济增长效率进行分析将有助于更科学、全面的理解建筑业的发展规律。

能源是影响建筑业经济增长效率的重要因素，限定了经济增长的规模和速度。能源主要从以下几个方面对建筑业经济增长产生影响。

（1）能源使建筑业的投入更有活力资本、劳动投入是建筑业经济增长的前提条件和基本要素。在这些要素具备时，必须有能源为其提供动力才能使生产活动正常进行，而且生产效率也要受到能源供给的制约。

（2）能源推动技术进步为了提高能源的利用效率和新能源的开发利用，会引发强大的技术进步需求和技术创新，因此间接对建筑业技术进步起到促进作用。

（3）能源的利用促进劳动生产率的提高能源的使用可以提高建筑业的机械化程度，使能源在一定程度上代替劳动力，降低劳动成本，而且能够促进

建筑业劳动生产率的提高[108]。

环境规制对建筑业经济增长率的影响既有正向作用又有负向作用。一方面，环境规制不可避免地给企业带来额外负担，从而损害了经济增长效率。另一方面，环境规制在保护、治理环境的同时也可以促进建筑业的生产效率。原因在于生产环节有效的环境保护治理投资可以提高建筑业对生产原料的有效利用率，而且部分生产环节的排放物经过回收而得到再次利用，这也在一定程度上降低了企业的生产成本。第三章的研究结果也已经证实环境规制对建筑业劳动生产率、技术进步和能源消耗强度的影响。在中国，按总产值计的建筑业劳动生产率约为工业的三分之一，劳动生产率水平较低。环境规制可以促进劳动生产率的提高，在一定程度上提升了建筑业的生产效率。环境规制对建筑业技术进步和能源消耗强度的作用也会影响建筑业的生产效率。在能源-环境-经济三元系统中，建筑业的经济增长效率变化情况与地方政府的环境规制行为、各地区的经济发展情况、建筑业产业结构等等外部因素密切相关，需根据具体情况分别讨论。

### 5.1.2 模型描述

本章在对建筑业经济增长效率理论分析的基础上，研究环境规制下建筑业的经济增长效率。目前很多学者对环境约束下经济增长效率给予关注[127-128]，大量的研究侧重于环境规制对全要素生产效率的分析。但是，传统的研究仅仅考虑人员投入、技术投入、资本投入，没有考虑能源投入和环境规制的约束，不能真实地进行效率评价[129]。目前针对生产效率的研究主要有四种方法：（1）投入产出法。华西里.里昂惕夫是投入产出法的创始人。1973年，华西里.列昂惕夫因发展了投入产出分析方法，这种方法对推动经济领域的发展产生了重大作用，并受到西方经济学界的认可，因此获得诺贝尔经济学奖。采用投入产出法测量生产效率对经济发展的贡献成为一种有效的方法。（2）道格拉斯生产函数法。这是一种参数分析法，它是根据实际数据结构的特点和数字手段的可行性建立模型，假定一种以指数、对数或多项式等作为生产目标方程的函数形式，然后利用回归分析求得方程中有关参数，最后比较实际数据与生产目标函数的关系即可进行效率分析[130]。陈嘉运用柯布-道格拉斯模型分析建筑企业生产技术效率。（3）非参数分析方法。一些学者采用DEA方法测量全要素生产率，这种方法不需要构造生产前沿面函数形式，因此可以避免了由于函数形式设立错误以致结论错误，但是这种方法要求大量的样本数据。李忠富采用DEA的方法对我国建筑业的内部效率和外部效率进行实证分析，研究表明建筑业内部效率上升，外部效率下降，建筑产业的竞争力下降[89]。（4）随机前沿法。这是一种

参数的方法，它是通过估计生产函数或成本函数对个体的生产过程进行描述，将误差项分为用来反映统计噪音的误差和用来反映企业低效率部分的误差，进而对技术效率的估计得到控制，但是这种方法要求事先设定函数形式[131]。陈国中采用随机前沿分析法（SFA），对安徽省建筑业进行了前沿效率计算，并实证了建筑业前沿效率的提高归因于施工技术改进和设备更新、管理创新、员工素质提高以及资产投入增加等[132]。范建双在全要素生产率增长分解和随机前沿生产函数模型的基础上，对我国深沪两市建筑业板块上市大型承包商2003-2007年的全要素生产率增长情况进行了测算[131]。

本章对环境规制下建筑业经济增长效率进行研究，采用数据包络分析(DEA)和Malmquist -卢恩伯格生产率指数方法分别对建筑业综合技术效率和经济增长效率进行评价。

#### 5.1.2.1 DEA模型

DEA是一种非参数的估计方法，是评测一组具有多投入和多产出的决策单元。该方法利用线性规划来构建有效的凸性生产前沿模型，通过与此前沿相比较来识别决策单元效率的相对高低[133]。在选择DEA评价模型时，需要结合评价目的、建筑业的背景和各种模型的适用条件，并应充分考虑到投入产出指标的可处理性、决策单元生产可能集的形式、指标间的相对重要性、决策者的偏好等因素[134]。

假设需要评测的DEA模型有m个决策单元(DMU)，每个DMU有e项投入和d项产出[133]。对于第i个DMUi，X*i*为投入列向量，Y*i*为产出列向量，X和Y分别为(e×m)的投入矩阵和(d×m)的产出矩阵，则第*i*个DMU的综合技术效率δ*i*可以从以下线性规划中获得[133]：

Max**i

**,**i

S. t. *i* y*i*Y**0;

*Xi* X**0;

**0

（5-1）

由于**1给生产前沿添加了凸性限制，代表了可变的规模报酬假定，因此第*i*个DMU的纯技术效率θ*i*可以从以下线性规划中获得[133]：

Max**i

**,**i

S. t. **i y*i*Y**0;

*Xi* X**0;

**1;

**0

（5-2）

其中，λ是(*n*×1)的常数向量，是计算低效率DMU位置的权重，利用该权重

可以将低效率的DMU映射到该生产前沿上。*n*1是*m*维的单位向量。最后，我们通过“规模效率=综合技术效率/纯技术效率”来计算各DMU的规模效率[133]。

#### 5.1.2.2 Malmquist生产率指数

Malmquist生产率指数法与价格无关，其以距离函数为媒介，反映了生产决策单位与最优前沿面的距离，是一种被广泛应用的生产率指数。1953年瑞典经济学家Sten Malmquist首先提出了Malmquist指数。在Malmquist消费指数的基础上，1982年Caves等人（以下简称CCD）把这种思想运用到生产运作分析上，利用距离函数之比构造生产率指数，即Malmquist生产率指数，此时Malmquist指数只是用于理论的指数[135]。1978年Charnes等提出数据包络分析方法(DEA)，采用线性规划方法进行技术效率测度，此后距离函数被广泛应用于生产分析。在DEA方法的基础上，Fare等（1989, 1994）将Malmquist生产率指数从原来的理论指数转变成实证的指数，研究出Malmquist生产率指数的算法，并通过实证研究将Malmquist生产率指数进一步分解为技术效率、规模效率和技术进步。Ray和Desli ( 1997，以下简称RD)针对Fare分解的指数存在的逻辑上的错误进行了修正。对建筑业生产效率的分析是研究建筑业经济增长效率的主要手段，单纯的用建筑业劳动生产率不能全面反映各地区建筑业经济增长的效率状况。Malmquist生产率指数一方面反映了生产率的变化情况，另一方面还反映了被分解之后的生产率变化情况，具体分解为效率变化和技术变化。我们将每个省份作为一个决策单元，构造每个时期的最佳生产前沿面，将每个省份的生产效率与最优生产前沿面进行比较，来观测效率的变化和技术进步情况。Malmquist生产率指数是第t期距离函数和第t+1期距离函数比率的几何平均。其原理如下：

假定时期数为*t*=1, 2, 3……*T*，*CRt*为生产技术集，它是由所有可投入和产出向量集构成，即*CR*t(*x*t, *y*t): *x*t可以生产*y*t)。我们定义投入向量集为N，产出向量集为M。根据规模不变和要素投入自由处置的（*C*, *S*）生产前沿面的条件下，*x*为投入指标，*y*为产出指标，时期t的投入距离函数和产出函数可以分别定义为：

*dt* (*xt*, *yt c*, *s*)sup**: (*xt* /, *yt*)(*CRt C*, *S*)

*i*

（5-3）

*D*0 (*x*, *y c*, *s*)sup**: (*x*, *y*

/**)(*CR C*, *S*)

（5-4）

*t* t t t t *t*

在规模不变的情况下，每个时期的投入距离函数和产出距离函数为：

*D* t (*x*t, *y*t

*Y t*

*c*, *s*)*d t* (1,1)

（5-5）

*i*

*t* t t

*xt* *i*

*y t*

*t*

*D*0 (*x*, *y c*, *s*)*xt d*0 (1,1)

全要素的生产率第t期可以表示成以下形式：

（5-6）

*Y t*1

*D t*

*Yt*. 0 (1,1)

*D t* (*xt*1, *yt*1 )

*TFP*

*xt*1

. *D t* (1,1)

0

*d t* (*xt*, *yt* )

0

（5-7）

*xt* 0

全要素的生产率第t+1期可以表示成以下形式：

*Y t*1

. *d* t1 (1,1)

*yt* 0

*Dt*1 (*xt*1, *yt*1 )

*TFP* 0

（5-8）

*x t*1

*d*

. *d* t1 (1,1)

*t*1

0

(*Xt*, *yt* )

*xt* 0

基于产出的（CRS）的Malmquist生产率指数(Malmquist, S., 1995)的定义式为：

*M* t+(1

⎡*D t*1 ( *yt*1, *xt*1 )

y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= 0

⎢

*D* t1 ( *y*t, *x*t )

1

*d t* ( *yt*1, *xt*1 )⎤2

0

.

⎥

*D* t ( *y*t, *x*t )

（5-9）

⎣0 0⎦

基于投入的（CRS）的Malmquist 生产率指数的距离函数：

1

*M* t+(1

⎡*D t*1 ( *yt*1, *xt*1 )

y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= *i*

⎢

*D* t1 ( *y*t, *x*t )

*D t* ( *yt*1, *xt*1)⎤2

.

*i*

⎥

*D* t ( *y*t, *x*t )

（5-10）

⎣*i* i⎦

从公式（7）和（8）可以看出距离函数是其技术效率函数的倒数，因此可以将距离函数转化为效率函数，具体定义描述式为：

*M* t+(1

⎡*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )

y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）=⎢*i* .

*F*t1 ( *y*t, *x*t *C*, *S* )

1

*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )⎤2

*i*

*Ft* ( *yt*, *xt C*, *S* )⎥

（5-11）

其中：

⎣*i* i⎦

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S*)min**: *xt**Lt* ( *yt C*, *S*)*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S*)min**: *xt*1*Lt* ( *yt*1 *C*, *S*)*Ft*1 ( *yt*, *xt C*, *S*)min**: *xt**Lt*1 ( *yt*1 *C*, *S*)

*i*

*i*

*i*

*T*1 (

*T*1 ,

*t*1

，）min:

*t*1

*T*1 (

*t*1

，）

式中：

*Fi* *y* x *C S* 

*x*

*L* *y* *C S*

（5-12）

*Ft*1 ( *yt*, *xt C*, *S* )min **

*i*,**

*s*. *t*. y*km*

*t*

*k*

**

*k*1

*k* y*km*

*t*

，m=1,2,......, M

（5-13）

*k*

*K kn* kn

*xt*

*k*1

*xt*

，n=1,2,......, N

*K*0, *k*1,..., *K*

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )min **

*i*,**

*s*. *t*. y*km* 

*t* 1

*k*

*k*

**

*k*1

*k* y*km*, m=1,2,......, M

*t* 1

**

*t* 1 *t* 1

*k*1

*K xkn* *xkn*, n=1,2,......, N

*K*0, *k*1,..., *K*

（5-14）

因为*xt**Lt* ( *yt C*, *S*)、*xt*1*Lt*1 ( *yt*1 *C*, *S*)，所以技术效率线性规划解的范围在[0, 1]之间。

基于投入的（C, S）的Malmquist生产率指数模型可以进一步进行分解：

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S*) ⎡

*Ft* ( *yt*, *xt C*, *S* )

1

*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )⎤2

⎥

*M* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= *i*⎢*i* .

*i*

*Ft* 1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

*Ft* 1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

*Ft* ( *yt* 1, *xt* 1 *C*, *S* )

*i*⎣*i* i

⎦

（5-15）

假设*T*为技术变化，*E*为效率变化，则基于投入的（CRS）Malmquist生产率指数模型分解中：

⎡*Ft* ( *yt*, *xt C*, *S* )

1

*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )⎤2

*T* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）=⎢*i*

*F*t 1 ( *y*t, *x*t *C*, *S* )

. *i* ⎥

*F*t ( *y*t 1, *x*t 1 *C*, *S* )

⎣*i* i⎦

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )

*E* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= *i*

*Ft*1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

*i*

（5-16）

基于产出的（C, S）的Malmquist生产率指数模型可以进一步进行分解：

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S*) ⎡

*Ft* ( *yt*, *xt C*, *S* )

1

*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )⎤2

⎥

*M* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= 0⎢0 .

0

*Ft* 1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

*Ft* 1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

*Ft* ( *yt* 1, *xt* 1 *C*, *S* )

0⎣0 0

⎦

（5-17）

假设*T*为技术变化，*E*为效率变化，则基于产出的（CRS）Malmquist生产率指数模型分解中：

*E* t+(1

*Ft*1 ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )

y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= 0

*Ft*1 ( *yt*, *xt C*, *S* )

0

（5-18）

⎡*Ft* ( *yt*, *xt C*, *S* )

1

*Ft* ( *yt*1, *xt*1 *C*, *S* )⎤2

⎥

*T* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）=⎢0 .

*F*t1 ( *y*t, *x*t *C*, *S* )

0

*F*t ( *y*t1, *x*t1 *C*, *S* )

（5-19）

⎣0 0⎦

当*E*> 1时，则意味着从*t*期到*t*+1期相对的效率有所提高；当*E*<1，则意味着从*t*期到*t*+1期相对的效率有所下降。当*T*> 1时，则意味着从*t*期到*t*+1期生产技术进步有所提高；当*T*<1，则意味着从*t*期到*t*+1期生产技术进步有下降趋势。Malmquist生产率指数模型可简化为：

*M* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）= *T* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）*E* t+(1

Y*t*1, *xt*1, y*t*, x*t*）(5-20)

实质上，Malmquist生产率指数分析的是两个时期间决策单位生产率的变化情况，是一种静态的分析[136]。与其他计量方法相比该方法的优势是不需要事先构建具体的生产函数模型和设立具体的行为目标。

## 5.2 数据来源与预处理

进行建筑业经济增长效率测算时，指标数据的选取决定了研究结果的准确性，根据前人的研究成果，结合本文研究的特点，具体指标选取及数据处理如下。

### 5.2.1 数据来源

考虑到数据的可得性和准确性，本文研究对象为我国30个省、直辖市（由于数据缺失原因，不包括西藏）2003-2010年240个面板数据。数据来源于2004-2011年《中国统计年鉴》、《中国建筑统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》及各省统计年鉴。

### 5.2.2 指标的选取与数据的处理

在进行环境规制下建筑业经济增长效率测算时，测算的变量主要有产出指标和投入指标两类。

#### 5.2.2.1 产出指标的选择及处理

在产出指标的选择上，目前学者的争议比较大。参考现有文献，本文选择建筑业总产值、建筑业的利税总额、建筑业面积作为产出指标[137-138]。

（1）建筑业的总产值。此项输出指标属于经济指标，表示各地区建筑业当年带来的经济效益。关于输出指标，大部分学者选择总产值，也有一部分学者选择增加值。当进行宏观经济研究时，选择建筑业总产值能够很好地反映在一定时期内，该区域建筑业的生产经营活动取得的最终成果和发展规模。

（2）建筑业企业的利税总额。此项输出指标属于经济指标，能够从利税收入的角度描述建筑业为社会带来的经济效益。

（3）建筑业房屋建筑面积。此项数据由当年在建面积和已竣工面积综合加总得来。此输出指标能够从实物角度说明建筑业当年带来的社会效益。

#### 5.2.2.2 投入指标的选择及处理

在投入指标的选择上，参考现有文献，选择固定资本、劳动成本、能源、环境污染治理投资、技术装备作为投入指标[137-138]。具体分析如下：

（1）固定资本投入固定资产是建筑业年度物质财富的积累和下一期建筑业生产经营的物质财富基础[139]。目前大部分学者研究资本投入用固定资产额代替，本文同样采用建筑业固定资产总额这个指标。

（2）劳动成本投入对于劳动成本投入指标，大部分学者采用从业人员总数来表示，也有部分学者采用从业人员平均工资来表示。本文根据丹尼森所提出的人力资本测量方法，采用劳动者报酬代替劳动成本投入，即建筑业的就业人员平均工资。此输入指标从人均成本投入的角度对建筑业的劳动成本投入进行描述。一方面，能够准确反映劳动的强度变化和劳动的质量变化对劳动投入量的影响；另一方面，为避免我国不充分就业带来的对劳动投入量的高估[140]。

（3）能源投入建筑业一直以来都是能源消耗大户，普遍存在高投入、高耗能和高排放的现象，建筑业经济增长离不开能源的投入。因此，将能源作为投入指标。根据现有统计资料，从数据的可得性和准确性的角度考虑，采用该区域的建筑业终端能源消耗总量来表示建筑业能源总投入量。

（4）环境污染治理投入此指标主要考查环境污染治理成本对建筑业经济增长效率的影响。目前我国没有专门对建筑业的环境污染治理费用进行统计，因此，建筑业环境污染治理投资的数据缺失。本文采用建筑业所在地区的单位GDP环境治理费用作为该区域建筑业环境治理的平均单位成本，目的在于研究存在环境规制的前提下，建筑业的经济增长效率如何。

（5）技术装备投入此指标反映了建筑业技术装备投入的水平。本文采用建筑业技术装备率作为投入指标，体现了建筑业技术进步的状况。

## 5.3 基于DEA的建筑业综合技术效率评价

为了深入研究环境规制的存在对建筑业经济增长效率的影响，在考虑环境治理投入和不考虑环境治理投入两种情况下，分别对建筑业综合技术效率的实际状况进行实证检验及对比分析。

### 5.3.1 考虑环境规制的建筑业综合技术效率

本文利用DEAP2.1软件进行分析计算，分别应用DEA投入导向的CCR模型和BCC模型计算综合技术效率、纯技术效率和规模效率。并从环境规制强度大

小和区域经济发展角度，运用算数平均法分别对高规制区域、低规制区域、东中西部地区的相关指标进行计算，计算结果见表5-1。

表5-1 环境规制下各地区建筑业综合技术效率及其分解（2003-2010年）

Table 5-1 Synthesis technology efficiency of construction industry considering environmental regulation (2003-2010)

| 省份 | 综合技术效率(crste) | 纯技术效率(vrste) | 规模效率(scale) | 综合技术效率排名 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 广东 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 浙江 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 江苏 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 山东 | 0.815 | 1 | 0.815 | 4 |
| 湖南 | 0.778 | 1 | 0.778 | 5 |
| 湖北 | 0.768 | 1 | 0.768 | 6 |
| 重庆 | 0.749 | 0.949 | 0.79 | 7 |
| 江西 | 0.728 | 1 | 0.728 | 8 |
| 四川 | 0.718 | 1 | 0.718 | 9 |
| 黑龙江 | 0.7 | 1 | 0.7 | 10 |
| 上海 | 0.677 | 0.69 | 0.982 | 11 |
| 北京 | 0.634 | 0.649 | 0.977 | 12 |
| 安徽 | 0.533 | 1 | 0.533 | 13 |
| 福建 | 0.531 | 0.794 | 0.669 | 14 |
| 辽宁 | 0.513 | 0.835 | 0.614 | 15 |
| 河北 | 0.468 | 0.862 | 0.543 | 16 |
| 天津 | 0.46 | 0.495 | 0.929 | 17 |
| 河南 | 0.45 | 0.691 | 0.65 | 18 |
| 新疆 | 0.431 | 0.495 | 0.871 | 19 |
| 内蒙古 | 0.411 | 1 | 0.411 | 20 |
| 陕西 | 0.408 | 0.563 | 0.726 | 21 |
| 贵州 | 0.401 | 1 | 0.401 | 22 |
| 吉林 | 0.378 | 0.861 | 0.439 | 23 |
| 云南 | 0.347 | 0.496 | 0.698 | 24 |
| 海南 | 0.337 | 1 | 0.337 | 25 |
| 广西 | 0.336 | 0.417 | 0.805 | 26 |
| 山西 | 0.323 | 0.609 | 0.531 | 27 |
| 宁夏 | 0.316 | 1 | 0.316 | 28 |
| 甘肃 | 0.295 | 0.438 | 0.672 | 29 |
| 青海 | 0.226 | 0.343 | 0.66 | 30 |
| 高规制区域 | 0.524 | 0.728 | 0.729 | — |
| 低规制区域 | 0.596 | 0.895 | 0.672 | — |
| 东部地区 | 0.676 | 0.848 | 0.806 | — |
| 中部地区 | 0.541 | 0.858 | 0.634 | — |
| 西部地区 | 0.432 | 0.698 | 0.650 | — |
| 总体平均 | 0.558 | 0.806 | 0.702 | — |

建筑业综合技术效率用来衡量建筑业整体效率状况。从表5-1可以看出， 2003-2010八年间建筑业综合效率排名前10位的省份是广东、浙江、江苏、山东、 湖南、湖北、重庆、江西、四川和黑龙江。其中，综合技术效率最高的三个省 份中有两个属于高规制区域（江苏、浙江）且都位于经济发达地区。排名前10 位的地区中，6个属于低规制区域（湖南、广东、江西、黑龙江、湖北、四川）， 4个属于高规制区域。建筑业综合技术效率最低的10个省份是青海、甘肃、宁夏、 山西、广西、海南、云南、吉林、贵州和陕西。其中，6个省份属于高规制区域

（青海、甘肃、宁夏、山西、广西、陕西），4个省份是属于低规制区域。从地 理范围和经济发达程度看，排名前10位的省份中，其中4个位于东部地区，2个 位于西部地区，4个位于中部地区；排名后10位的省份中，7个位于西部，1个位 于东部，2个位于中部。数据表明：环境规制强度影响建筑业的综合技术效率， 低规制区域的综合技术效率要高于高规制区域。从经济发达程度看，西部地区 建筑业的综合技术效率要落后于东部和中部地区。低规制区域的综合效率高于 全国的平均水平，而高规制区域的综合技术效率要低于全国的平均水平；东部 地区建筑业综合技术效率水平高于全国的平均水平，但西部地区建筑业综合技 术效率水平远远低于全国的平均水平。总结如下，环境规制强度的高低会对建 筑业综合技术效率水平产生影响，适当的环境规制强度有助于促进建筑业综合 技术效率的提高，环境规制强度过高会迫使建筑业在环境污染治理上投入更多 资本，在一定程度上阻碍了建筑业的经济增长。经济发达地区的建筑业综合技 术效率水平要高于经济不发达地区，区域经济发展将会带动本地各产业的综合 技术效率水平提升。原因在于，地区经济整体水平高将会吸引更多的优质资源 如资本、人才、技术等等，有助于带动包括建筑业在内的各个产业的技术发展。

纯技术效率反映了在建筑业支出规模一定的条件下，建筑业预算管理水平 和建筑业区域规划的合理程度[86]。从纯技术效率的角度看，低规制区域的纯技 术效率为0.895，高于高规制区域的纯技术效率0.728。从地理位置来看，中部 地区的纯技术效率为0.858，高于东部和西部地区，西部地区的纯技术效率最低 为0.698。西部地区经济发展落后，虽然国家实施西部大开发政策促进了西部地 区的发展，但是和经济发达地区相比在经济增长质量方面还存在一定的差距。 低规制区域建筑业纯技术效率高于全国的纯技术效率的平均水平，而高规制区 域建筑业纯技术效率低于全国总体的平均水平。数据表明：建筑业纯技术效率 是建筑业综合技术效率提高的主要推动者。增加环境规制的强度将会影响到建 筑业纯技术效率。但是，区域经济发展程度对建筑业纯技术效率的影响并不明 显。

在一定的投入条件下，技术效率生产边界的产出量与最优规模下的产出量

两者间的比值为规模效率[131]。实证结果显示：从规模效率的角度看，低规制区域的规模效率为0.672，低于高规制区域的规模效率0.729。从地理位置来看，东部地区的规模效率最高为0.806，中部地区的规模效率最低为0.634，西部地区为0.65，略高于中部地区，这表明国家对西部地区的扶持政策正在逐步取得成效，西部地区各个产业正在向规模效率优化发展。低规制区域建筑业规模效率低于全国的规模效率的平均水平，而高规制区域建筑业规模效率高于全国总体的平均水平。数据表明环境规制强度将会影响到建筑业规模效率，并且区域经济发展程度对建筑业规模效率的影响也很显著。

### 5.3.2 不考虑环境规制的建筑业综合技术效率

按传统研究的思路，从不考虑区域环境治理成本的视角对建筑业综合技术效率进行评价与研究，并与考虑环境治理成本情况下的综合技术效率进行比较。利用上文的研究方法，剔除环境治理成本投入，其他投入指标保持不变，计算全国每个省份2003-2010年建筑业的综合技术效率、纯技术效率、规模效率值。具体情况如表5-2所示。

表5-2 各地区建筑业综合技术效率及其分解（2003-2010年）

Table 5-2 Synthesis technology efficiency of construction industry not considering environmental regulation (2003-2010)

省份综合技术效率(crste) 纯技术效率(vrste) 规模效率(scale)综合技术效率排名

| 浙江 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 江苏 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 山东 | 0.815 | 1 | 0.815 | 3 |
| 重庆 | 0.749 | 0.949 | 0.79 | 4 |
| 江西 | 0.728 | 1 | 0.728 | 5 |
| 四川 | 0.718 | 1 | 0.718 | 6 |
| 广东 | 0.704 | 0.734 | 0.959 | 7 |
| 黑龙江 | 0.7 | 1 | 0.7 | 8 |
| 上海 | 0.677 | 0.69 | 0.982 | 9 |
| 北京 | 0.634 | 0.649 | 0.977 | 10 |
| 安徽 | 0.533 | 1 | 0.533 | 11 |
| 福建 | 0.531 | 0.582 | 0.913 | 12 |
| 湖南 | 0.518 | 1 | 0.518 | 13 |
| 辽宁 | 0.513 | 0.835 | 0.614 | 14 |
| 湖北 | 0.496 | 0.78 | 0.636 | 15 |
| 河北 | 0.468 | 0.862 | 0.543 | 16 |
| 天津 | 0.46 | 0.495 | 0.929 | 17 |
| 新疆 | 0.431 | 0.495 | 0.871 | 18 |

表 5-2 （续表） 省份综合技术效率(crste) 纯技术效率(vrste) 规模效率(scale) 综合技术效率排名

| 内蒙古 | 0.411 | 1 | 0.411 | 19 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 陕西 | 0.408 | 0.563 | 0.726 | 20 |
| 贵州 | 0.401 | 1 | 0.401 | 21 |
| 吉林 | 0.378 | 0.777 | 0.486 | 22 |
| 河南 | 0.351 | 0.618 | 0.567 | 23 |
| 云南 | 0.347 | 0.419 | 0.827 | 24 |
| 海南 | 0.337 | 1 | 0.337 | 25 |
| 广西 | 0.336 | 0.417 | 0.805 | 26 |
| 山西 | 0.323 | 0.609 | 0.531 | 27 |
| 宁夏 | 0.316 | 1 | 0.316 | 28 |
| 甘肃 | 0.295 | 0.438 | 0.673 | 29 |
| 青海 | 0.226 | 0.343 | 0.66 | 30 |
| 高规制区域 | 0.524 | 0.728 | 0.729 | — |
| 低规制区域 | 0.53 | 0.829 | 0.665 | — |
| 东部地区 | 0.649 | 0.804 | 0.824 | — |
| 中部地区 | 0.582 | 0.895 | 0.641 | — |
| 西部地区 | 0.422 | 0.7 | 0.643 | — |
| 总体平均 | 0.527 | 0.775 | 0.699 | — |

实证结果显示：与考虑环境规制成本相比，不考虑环境规制成本投入的建筑业综合技术效率各个指标都发生了一些变化。如表5-2所示，2003-2010八年间建筑业综合技术效率排名前10位的省份是浙江、江苏、山东、重庆、江西、广东、黑龙江、上海、北京和安徽。其中，综合技术效率最高的2个省（浙江和江苏）位于东部经济发达地区，而且属于自高规制区域，这和考虑环境污染治理成本投入的结果相一致。建筑业综合技术效率排名前10位的省份有5个属于低规制区域（江西、广东、黑龙江、上海、安徽），5个属于自高规制区域（浙江、江苏、山东、重庆、北京）；建筑业综合技术效率最低的10个省份是青海、甘肃、宁夏、山西、广西、海南、云南、河南、吉林和贵州。其中，5个省份属于高规制区域（青海、甘肃、宁夏、山西、广西），5个省份属于低规制区域。从地理范围和经济发达程度看，排名前10位的省份中，6个位于东部地区，1个位于西部地区，3个位于中部地区；排名后10位的省份中，6个位于西部，1个位于东部，3个位于中部。不考虑环境治理成本投入的数据分析结果表明：从区域发达程度看，发达地区建筑业的综合技术效率平均要高于经济不发达地区；环境规制强度高的区域建筑业平均综合技术效率低于环境规制低的区域，这与考虑环境治理成本投入的研究结果一致。高规制区域主要由资源丰富的省份（如新疆、山东、内蒙古等）和经济发达省份（如北京、天津、江苏、浙江等）组成，其特

点为高能源消耗和高排放。为响应国家节能减排的基本国策，完成国家下达的节能减排目标，这些省份会加大环境污染治理投入；而低规制区域的省份一般污染严重、资源储量少，大部分位于中部地区，经济发展程度处于中等水平的居多。不考虑环境污染治理投入，低规制区域的综合技术效率虽然高于高规制区域，但幅度非常小；东部和中部地区的建筑业综合技术效率水平都高于全国平均水平，西部地区的建筑业综合技术效率远远低于全国平均水平。总结如下：无论是否考虑环境污染治理资本投入，高规制区域的建筑业综合技术效率水平整体低于低规制区域，适当的环境规制强度有助于促进建筑业综合技术效率的提高；经济发达地区的建筑业综合技术效率水平高于经济不发达地区。当不考虑环境污染治理资本投入时，西部地区建筑业的综合技术效率值最低，考虑环境污染治理资本投入后，西部地区建筑业综合技术效率略有提高（由0.422变成0.432，提高了0.01），提高的幅度低于东部和中部地区，这表明西部地区环境治理投入的效用比较低。另外，研究发现添加环境治理成本投入后，一些省份的建筑业综合技术效率没有发生变化，这表明环境治理的投入对87%省份的建筑业综合技术效率没有显著影响，尤其是对高规制区域的建筑业综合技术效率。

从纯技术效率的角度看，与考虑环境治理成本投入一致，低规制区域的纯技术效率为0.829高于高规制区域的纯技术效率0.728；从区域的角度看，中部地区的纯技术效率为0.895，高于东部和西部地区，西部地区的纯技术效率最低为0.7。考虑环境规制后，低规制区域的建筑业纯技术效率为0.895，高于没有考虑环境规制时的建筑业纯技术效率0.829，这表明低规制区域建筑业的纯技术效率受到环境污染治理投入的影响比较大；但是，数据表明高规制区域的建筑业纯技术效率受到环境治理投入的影响比较小。数据表明无论是否考虑环境治理成本投入，建筑业纯技术效率都是建筑业综合技术效率提高的主要推动者。总结如下，在不考虑环境治理成本情况下，不同环境规制强度的地区建筑业纯技术效率差别很大，而且区域经济发展程度对建筑业的纯技术效率影响显著。增加环境治理费用后，西部地区建筑业纯技术效率低于没有考虑环境治理成本投入时的建筑业纯技术效率，说明增加环境污染治理投入不能有效促进西部地区建筑业纯技术效率的提高。环境污染治理投入对低规制区域建筑业的纯技术效率影响显著，对高规制区域建筑业的纯技术效率影响不大，环境治理成本的投入促进了20%省份建筑业纯技术效率的提高。

通过检验发现：无论是否考虑环境治理成本投入，建筑业的规模报酬都呈现递增趋势。说明目前建筑业生产决策单元可以通过扩大建筑业生产规模提高其生产效率。从规模效率的角度看，低规制区域建筑业的规模效率要低于高规制区域建筑业的规模效率，这与考虑环境治理成本投入时完全相同。从地理位

置上看，东部地区的规模效率高于西部和中部地区，西部地区的规模效率高于中部。在考虑环境治理成本后，只有西部地区的建筑业规模效率提高0.65，东部和中部都有所下降。这说明国家对西部地区的投入有助于建筑业生产规模的扩大，促进了建筑业发展。数据表明：低规制区域的建筑业规模效率要低于全国建筑业规模效率的平均水平，而高规制区域的建筑业规模效率要高于全国建筑业的平均水平。综上，是否增加环境治理成本对不同省份建筑业规模效率影响显著，促进14%的省份建筑业规模效率提高，同时使14%的省份建筑业规模效率下降。从经济发达程度看，考虑环境治理成本对西部地区建筑业规模效率的影响尤其显著，促进其规模效率的提高。

## 5.4 基于Malmquist指数的建筑业经济增长效率评价

Malmquist指数能够测量T+1期与T期的生产效率变动情况，因此采用Malmquist指数方法计算建筑业的经济增长效率。从考虑环境规制和不考虑环境规制的角度分别加以分析，并通过对比两者的建筑业经济增长效率状况深入研究其内在规律。

### 5.4.1 考虑环境规制的建筑业经济增长效率

同上，将建筑业的总产值、建筑业的利税总额和建筑业的房屋建筑面积作为输出指标，将建筑业的固定资本、建筑业的从业人员平均工资、建筑业的技术装备率、建筑业的能源消耗总量和单位GDP环境治理成本作为输入指标，运用Malmquist指数方法测量建筑业经济增长效率。

#### 5.4.1.1 全国建筑业经济增长效率变动趋势

本文运用DEAP2.0软件计算每个年度全国建筑业的效率变动情况、技术进步、纯技术效率、规模效率和Malmquist指数，最后运用几何平均的方法计算各指标的各年间均值。

表5-3中展示了考虑环境污染治理成本后我国建筑业在2003-2010八年间经济增长的Malmquist指数及其分解结果。从整体上看，我国建筑业的经济增长效率具有明显的波动，平均以13.6%的速度增长，增长速度较快，超过了我国同期GDP平均增长速度。其中，2006-2007和2007-2008年的增长速度较快，增长速度最慢的是2008-2009年。从技术进步的视角看，自2004-2005年略有下滑后，2006-2007年建筑业技术进步呈现出较快的上升趋势，技术进步增长率达到了

11.8%，2007-2010年相对进入了稳定期。整体看，全国建筑业平均技术进步水平成上升趋势，增长率为8.9%。从效率变化的视角看，建筑业平均技术效率整体呈上升的趋势。从规模效率看，全国建筑业整体水平成增长的趋势，但增长

的幅度相对比较小，平均为3.5%。通过上述数据表明，在环境规制下建筑业的经济增长效率较好，呈上升的趋势；建筑业经济增长主要是受技术进步的推动，规模效率是推动技术效率的主要因素。

表 5-3 环境规制下全国建筑业的Malmquist生产率指数及其分解（2003-2010年）

Table 5-3 Malmquist productivity index of Chinese construction industry considering environmental regulation (2003-2010)

| 年份 | 技术效率变化(EC) | 技术进步(TC) | 纯技术效率(PC) | 规模效率(SC) | Malmquist指数 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2003-2004 | 0.908 | 1.232 | 1.056 | 0.860 | 1.118 |
| 2004-2005 | 1.163 | 0.953 | 1.005 | 1.157 | 1.108 |
| 2005-2006 | 1.010 | 1.079 | 1.044 | 0.967 | 1.090 |
| 2006-2007 | 1.094 | 1.118 | 1.005 | 1.088 | 1.223 |
| 2007-2008 | 1.081 | 1.091 | 0.921 | 1.174 | 1.180 |
| 2008-2009 | 0.992 | 1.084 | 1.023 | 0.970 | 1.075 |
| 2009-2010 | 1.075 | 1.083 | 1.009 | 1.065 | 1.164 |
| 平均 | 1.043 | 1.089 | 1.008 | 1.035 | 1.136 |

#### 5.4.1.2 区域建筑业经济增长效率差异

运用同样方法计算全国各个省市2003-2010年建筑业的经济增长效率变动情况、技术进步、纯技术效率、规模效率和Malmquist指数值，从环境规制强度和区域经济发展角度运用算数平均法分别计算高规制区域、低规制区域、东中西部地区的相关指标。

表 5-4 环境规制下各地区建筑业Malmquist生产率指数及其分解（2003-2010年）

Table 5-4 Malmquist productivity index of construction industry in each region considering environmental regulation (2003-2010)

| 省份 | 技术效率变  化（EC） | 技术进步  （TC） | 纯技术效率  （PC） | 规模效率  （SC） | Malmquist Malmquist 生  生产率指数 产率指数排名 | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 海南 | 1.168 | 1.136 | 1 | 1.168 | 1.327 | 1 |
| 河南 | 1.098 | 1.157 | 1.054 | 1.041 | 1.27 | 2 |
| 内蒙古 | 1.108 | 1.096 | 0.984 | 1.126 | 1.214 | 3 |
| 广西 | 1.169 | 1.034 | 1.133 | 1.032 | 1.208 | 4 |
| 吉林 | 1.09 | 1.087 | 1.022 | 1.067 | 1.185 | 5 |
| 山西 | 1.091 | 1.081 | 0.999 | 1.092 | 1.179 | 6 |
| 陕西 | 1.081 | 1.09 | 1.041 | 1.039 | 1.179 | 7 |
| 青海 | 1.076 | 1.087 | 1.04 | 1.034 | 1.169 | 8 |
| 北京 | 1.067 | 1.091 | 1.064 | 1.003 | 1.165 | 9 |
| 甘肃 | 1.061 | 1.099 | 1.125 | 0.943 | 1.165 | 10 |
| 上海 | 1.047 | 1.104 | 1.055 | 0.993 | 1.156 | 11 |

表 5-4 （续表）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 省份 | 技术效率变  化（EC） | 技术进步  （TC） | 纯技术效率  （PC） | 规模效率  （SC） | Malmquist Malmquist 生  生产率指数 产率指数排名 | |
| 黑龙江 | 1.052 | 1.098 | 1 | 1.052 | 1.155 | 12 |
| 广东 | 0.964 | 1.197 | 0.964 | 0.999 | 1.154 | 13 |
| 辽宁 | 1.045 | 1.104 | 0.978 | 1.068 | 1.154 | 14 |
| 湖南 | 0.994 | 1.155 | 1 | 0.994 | 1.148 | 15 |
| 福建 | 1.049 | 1.09 | 1.012 | 1.036 | 1.143 | 16 |
| 安徽 | 1.04 | 1.093 | 0.951 | 1.093 | 1.137 | 17 |
| 河北 | 1.046 | 1.082 | 0.985 | 1.062 | 1.131 | 18 |
| 云南 | 1.045 | 1.075 | 1.105 | 0.946 | 1.123 | 19 |
| 新疆 | 1.033 | 1.085 | 1.014 | 1.019 | 1.121 | 20 |
| 山东 | 0.972 | 1.14 | 0.983 | 0.989 | 1.108 | 21 |
| 湖北 | 0.953 | 1.163 | 0.928 | 1.028 | 1.108 | 22 |
| 贵州 | 1.031 | 1.074 | 1 | 1.031 | 1.107 | 23 |
| 宁夏 | 1.063 | 1.031 | 0.904 | 1.175 | 1.095 | 24 |
| 重庆 | 1.017 | 1.064 | 0.988 | 1.03 | 1.082 | 25 |
| 四川 | 1.003 | 1.074 | 1 | 1.003 | 1.077 | 26 |
| 浙江 | 1 | 1.058 | 1 | 1 | 1.058 | 27 |
| 天津 | 0.99 | 1.063 | 0.98 | 1.011 | 1.052 | 28 |
| 江苏 | 1 | 1.05 | 1 | 1 | 1.05 | 29 |
| 江西 | 0.978 | 0.939 | 0.969 | 1.009 | 0.919 | 30 |
| 高规制区域 | 1.051 | 1.078 | 1.014 | 1.039 | 1.133 | — |
| 低规制区域 | 1.037 | 1.103 | 1.004 | 1.033 | 1.144 | — |
| 东部地区 | 1.032 | 1.101 | 1.002 | 1.03 | 1.136 | — |
| 中部地区 | 1.037 | 1.097 | 0.99 | 1.047 | 1.138 | — |
| 西部地区 | 1.062 | 1.074 | 1.03 | 1.034 | 1.14 | — |
| 总体平均 | 1.043 | 1.089 | 1.008 | 1.035 | 1.136 | — |

从表5-4可以看出，2003-2010年八年间建筑业经济增长效率最高的前5个省份是海南、河南、内蒙古、广西和吉林，其中建筑业经济增长效率最低的5个省份江西、江苏、天津、浙江和四川。从环境规制强度的角度看，高规制区域的经济增长效率要低于低规制区域的经济增长效率。从技术进步的角度看，低规制区域的技术进步增长率为10.3%，高于高规制区域的技术进步增长率7.8%。从效率变化的角度看，高规制区域建筑业效率变化增长趋势高于低规制区域建筑业效率变化趋势，二者都呈现出上升的趋势。技术进步是推动建筑业经济增长效率的主要动力。从全国整体样本看，除江西外，97%（29/30）的省市建筑

业经济增长效率得到改善，趋于上升趋势。从地理位置来看，西部地区建筑业经济增长效率最高为14%，中部高于东部地区，东部最低。说明我国实行“西部大开发”战略以来，促进西部地区建筑业经济增长效率的提高，建筑业的经济增长效率呈上升趋势。西部地区的技术效率变化增长率为6.2%，高于东部和中部地区，东部地区技术变化率最低。东部地区建筑业技术进步的水平要远远高于中部和西部地区，表明发达地区经济发展会带动区域内相关产业的技术进步。但从总体上看，不发达地区建筑业经济效率增长速度要高于发达地区，体现出资本和技术的后发优势。

### 5.4.2 不考虑环境规制的建筑业经济增长效率

在不考虑区域环境治理成本投入的情况下实证研究建筑业的经济增长效率。利用上文的方法，剔除环境治理成本投入后计算每个年度全国建筑业的效率变动情况、技术进步、纯技术效率、规模效率和Malmquist指数，最后运用几何平均的方法计算各指标的各年间均值。然后计算全国每个省份2003-2010年建筑业的经济增长效率变动情况、技术进步、纯技术效率、规模效率和Malmquist指数值。

#### 5.4.2.1 全国建筑业经济增长效率变动趋势

表5-5中显示了在不考虑区域环境治理成本投入的情况下我国建筑业在2003-2010八年间经济增长的Malmquist指数及其分解结果。从整体上看，即使不考虑区域单位GDP环境治理成本投入，我国建筑业的经济增长效率也同样具有明显的波动，平均增长速度为13%，略低于考虑环境治理成本投入的情况。其中，2006-2007年增长速度最快，增长速度最慢的是2008-2009年。从技术进步的视角看，自2004-2005年略有下滑后（值为-8.1%），2006-2007年建筑业技术进步呈现出较快的上升趋势，技术进步增长率达到了11.5%。从整体看，建筑业技术进步除在2004-2005年为负值外，其他年份都为正值，平均增长率为7.7%，处于增长的态势。分析原因，2003-2004年是中国经济从亚太经济危机中逐渐开始复苏的阶段，经济逐渐步入正轨，进而带动了各行各业的技术进步水平。从效率变化的视角看，建筑业平均技术效率整体波动比较大，八年期间除2003-2004和2008-2009年出现负增长外，其他年份均为正增长趋势。从规模效率看，2003-2004和2008-2009年全国建筑业整体水平呈下滑的趋势，其他年份均为上升趋势。

通过Malmquist生产率指数计算数据表明，考虑环境规制下建筑业的经济增长效率比不考虑环境规制条件下经济增长效率略有提高，增长了0.6%，呈上升的趋势；无论是否考虑环境规制因素，建筑业经济增长效率的提升主要受技术

表 5-5 全国建筑业的Malmquist生产率指数及其分解（2003-2010年）

Table 5-5 Malmquist productivity index of Chinese construction industry not considering environmental regulation (2003-2010)

| 年份 | 技术效率变  化(EC) | 技术进步  (TC) | 纯技术效率  (PC) | 规模效率  (SC) | Malmquist  指数 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2003-2004 | 0.912 | 1.200 | 1.011 | 0.902 | 1.094 |
| 2004-2005 | 1.205 | 0.919 | 1.063 | 1.133 | 1.107 |
| 2005-2006 | 1.016 | 1.064 | 0.998 | 1.018 | 1.080 |
| 2006-2007 | 1.089 | 1.115 | 1.034 | 1.053 | 1.213 |
| 2007-2008 | 1.076 | 1.107 | 0.905 | 1.188 | 1.191 |
| 2008-2009 | 0.999 | 1.071 | 1.021 | 0.978 | 1.069 |
| 2009-2010 | 1.068 | 1.087 | 1.028 | 1.038 | 1.161 |
| 平均 | 1.049 | 1.077 | 1.008 | 1.041 | 1.130 |

进步的推动；考虑环境规制因素后，建筑业的规模效率比没有考虑时下降0.6%。考虑环境治理成本时，建筑业的平均效率变化值低于不考虑环境污染治理成本；环境治理成本的投入能够推动建筑业技术进步的增长，但在推动建筑业规模效率和技术变化率增长方面不显著。

#### 5.4.2.2 区域建筑业经济增长效率差异

表5-6的结果显示：在2003-2010八年间，如果不考虑区域环境治理成本，建筑业经济增长效率最高的前5个省份是海南、河南、内蒙古、广西和吉林，建筑业经济增长效率最低的5个省份是江西、江苏、浙江、天津和四川。从整体上看，建筑业经济增长效率的测算结果与增加环境治理成本的测算结果比较接近，说明增加环境治理成本后对排名在前几位和后几位省份的建筑业经济增长效率的影响不是很大。从环境规制强度的角度看，无论是否考虑环境治理成本，高规制区域建筑业的经济增长效率低于低规制区域的经济增长效率值。从整体上看，增加环境治理成本投入后高规制区域和低规制区域的指标都较不考虑环境治理成本投入时有所提高，这说明环境治理成本的投入促进了建筑业经济增长效率。无论是否考虑环境治理成本投入，建筑业的技术进步都是推动建筑业经济增长效率的主要动力。从全国样本看，97%省市的建筑业经济增长效率得到改善，表明环境治理成本的投入能够促进区域建筑业的经济增长。从地理位置和经济发达程度来看，和考虑环境治理成本一致，东部地区建筑业经济增长效率最低，其次是中部，西部增长效率最高。东部地区的效率变化增长率为3.6%，西部地区为6.1%，比考虑环境治理成本投入时测算的值低0.1%，表明考虑环境因素对西部地区建筑业效率没有显著推动作用。

表 5-6 各地区建筑业Malmquist生产率指数及其分解（2003-2010年）

Table 5-6 Malmquist productivity index of construction industry in each region not considering environmental regulation (2003-2010)

省份技术效率变

技术进步

纯技术效率

规模效率

Malmquist

Malmquist 生

化(EC)

(TC)

(PC)

(SC)

生产率指数产率指数排名

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 海南 | 1.168 | 1.136 | 1 | 1.168 | 1.327 | 1 |
| 河南 | 1.117 | 1.111 | 1.066 | 1.048 | 1.242 | 2 |
| 内蒙古 | 1.108 | 1.096 | 0.984 | 1.126 | 1.214 | 3 |
| 广西 | 1.169 | 1.034 | 1.133 | 1.031 | 1.208 | 4 |
| 吉林 | 1.09 | 1.087 | 1.037 | 1.052 | 1.185 | 5 |
| 山西 | 1.091 | 1.081 | 0.999 | 1.092 | 1.179 | 6 |
| 陕西 | 1.081 | 1.09 | 1.041 | 1.039 | 1.179 | 7 |
| 青海 | 1.076 | 1.087 | 1.035 | 1.039 | 1.169 | 8 |
| 北京 | 1.067 | 1.093 | 1.064 | 1.003 | 1.166 | 9 |
| 甘肃 | 1.061 | 1.099 | 1.125 | 0.943 | 1.165 | 10 |
| 黑龙江 | 1.052 | 1.097 | 1 | 1.052 | 1.155 | 11 |
| 辽宁 | 1.045 | 1.104 | 0.975 | 1.072 | 1.154 | 12 |
| 福建 | 1.049 | 1.089 | 1.036 | 1.013 | 1.143 | 13 |
| 上海 | 1.043 | 1.092 | 1.041 | 1.002 | 1.139 | 14 |
| 安徽 | 1.04 | 1.091 | 0.951 | 1.093 | 1.135 | 15 |
| 河北 | 1.046 | 1.082 | 0.985 | 1.062 | 1.131 | 16 |
| 湖北 | 1.01 | 1.117 | 0.948 | 1.066 | 1.128 | 17 |
| 云南 | 1.045 | 1.076 | 1.132 | 0.923 | 1.124 | 18 |
| 新疆 | 1.033 | 1.085 | 1.014 | 1.019 | 1.121 | 19 |
| 湖南 | 1.052 | 1.054 | 0.971 | 1.083 | 1.109 | 20 |
| 山东 | 0.972 | 1.14 | 0.982 | 0.989 | 1.108 | 21 |
| 贵州 | 1.028 | 1.077 | 0.905 | 1.136 | 1.107 | 22 |
| 广东 | 1.013 | 1.09 | 1.008 | 1.005 | 1.104 | 23 |
| 宁夏 | 1.063 | 1.031 | 0.904 | 1.175 | 1.095 | 24 |
| 重庆 | 1.017 | 1.064 | 0.988 | 1.03 | 1.082 | 25 |
| 四川 | 0.989 | 1.081 | 1 | 0.989 | 1.068 | 26 |
| 天津 | 0.989 | 1.064 | 0.98 | 1.009 | 1.052 | 27 |
| 浙江 | 1 | 1.029 | 1 | 1 | 1.029 | 28 |
| 江苏 | 1 | 1.023 | 1 | 1 | 1.023 | 29 |
| 江西 | 0.978 | 0.94 | 0.969 | 1.009 | 0.919 | 30 |
| 高规制区域 | 1.051 | 1.075 | 1.013 | 1.039 | 1.13 | — |
| 低规制区域 | 1.048 | 1.081 | 1.005 | 1.046 | 1.135 | — |
| 东部地区 | 1.036 | 1.086 | 1.006 | 1.029 | 1.125 | — |
| 中部地区 | 1.054 | 1.072 | 0.993 | 1.062 | 1.132 | — |
| 西部地区 | 1.061 | 1.075 | 1.024 | 1.041 | 1.139 | — |
| 总体平均 | 1.049 | 1.077 | 1.008 | 1.041 | 1.13 | — |

与以往的研究不同（传统的生产效率测量仅仅考虑劳动力、资本的约束，没有考虑环境治理成本和能源投入要素），本章在对建筑业经济增长效率进行测算时，考虑到建筑业的经济增长效率受到多重因素的影响，增加了建筑业能源消耗和环境治理成本投入等要素，更能真实的反映建筑业经济增长效率的实际水平，更具有理论和现实意义。

## 5.5 环境规制下提高建筑业经济增长效率的对策

从上文实证研究结果可以看出，影响建筑业经济增长效率的因素有很多，结合已有的研究成果和环境经济学的相关理论，从两个层面给出提高环境规制下建筑业经济增长效率的对策。微观层面上，主要从提高建筑业的技术进步水平、提高建筑业机械设备的现代化、加强建筑业技术人才的培养三个方面提出对策，这些建议主要是针对建筑业自身的；宏观的角度，主要从发展绿色建筑业、完善环境规制工具两个方面提出对策，这些建议主要针对政府和主管部门。

### 5.5.1 微观层面的对策

微观层面的对策主要是针对建筑业自身而言，结合已有文献和本文的实证研究结果，提出以下有针对性的对策。

#### 5.5.1.1 提高建筑业技术进步水平

研究表明，我国建筑业经济增长效率提高主要由技术进步推动，科学技术是第一生产力。建筑企业要想提高技术进步水平，需调整传统的技术结构，加大建筑业技术创新的力度，促进建筑企业向技术密集型模式转变，进而提高建筑企业的技术效率。技术进步的发展速度已经成为经济可持续性增长的重要影响因素，加快建筑业经济发展速度必须要加大建筑企业技术投入，不断增加技术进步在建筑业经济增长中的份额。在建筑材料、施工工艺、机械设备等方面积极与有关研究机构合作，建立行之有效的科研转化机制，为提高建筑业经济增长效率提供直接动力。

#### 5.5.1.2 提高建筑业机械设备的现代化程度

建筑业机械化程度的高低决定了企业生产的效率。针对我国建筑业的落后现状，建筑企业应加快建筑业设备改造，加速设备更新，提高从业人员的机械操作水平。大型建筑企业应增加技术研发的投入，提高新产品研发的速度和水平，促进企业降低生产成本，提高工程机械设备的普及程度。建筑业机械设备的现代化为建筑业经济增长效率的提高奠定物质基础保障。

#### 5.5.1.3 加强建筑业人才的培养

人力资源是经济增长的第一要素，建筑业人力资源管理应受到建筑企业决

策层的高度重视。建筑业人才质量的高低直接影响着建筑企业的可持续发展。建筑企业应加大人才培养的力度，将人才培养作为一项长远的工程，有计划、有步骤地进行实施。完善建筑业现有的教育制度，组织开展多种形式、不同层次的培训项目，设立多样化的培训机构，分层次、分专业对建筑业人才进行培养，积极推动产学研一体化，加大建筑业的人才储备，为提高建筑业经济增长效率提供人力资本保障。

### 5.5.2 宏观层面的对策

宏观层面的对策主要是针对政策制定部门和管理部门而言，结合已有文献和本文的实证研究结果，提出以下有针对性的对策。

#### 5.5.2.1 大力发展绿色建筑

绿色建筑在我国刚刚起步，正逐渐走上健康发展的道路。为有效发展绿色建筑，促进建筑业经济的可持续发展，一是加大对绿色建筑、节能、节水等观念的教育宣传，提高社会各界对绿色建筑重要性的认识。二是加强有关绿色建筑的职业培训，为完成绿色建筑的建设工作培养专业性技术人才。三是建立健全的绿色建筑相关法律法规，为发展绿色建筑营造良好的外部环境。四是构建和完善绿色建筑的评价体系。五是充分调动社会各界的积极性，加大对绿色建筑的投资力度，推动绿色建筑的发展。

#### 5.5.2.2 完善环境规制

与发达国家相比，我国环境规制政策工具相对比较落后。目前，政府主要是通过加大环境污染治理投入力度来提高环境规制强度，各地区对控制型环境规制工具的接受度较高。经济发达、市场化程度较高的区域（如珠、长三角地区）一般倾向于选择市场型、自愿型的环境规制工具；在经济发展落后、市场化程度较低的区域（如西北地区）倾向于传统型环境规制工具。本文认为可以从以下方面来完善环境规制：一是建立科学的环保政绩考核体系。从以经济指标为主转换为对综合指标的考核，加入环保政绩的考核内容，建立综合化的指标考核体系。将环境保护放在区域经济发展中的重要位置，将节能、减排实施的效果的考核作为对地方政府官员政治业绩评价的重要指标，促进节能减排目标的实现。二是提出具体的环境法制化管理措施。完善现有环境法律、法规，规定各行执法部门的具体管辖范围，促进部门间的合作，提高公众参与环境保护的意识。三是积极推行环境税制度。将环境税列为我国政府主要的横向税种之一，对促进资源的合理配置，改善经济结构意义重大。促进环境税制度与税费体制融合，提高传统的高污染、高排放产业的税率，调整能源价格中税率，为有效实现节能减排的目标服务。四是实施地区差异化的环境规制政策，破除

行政区划约束，建立跨地区的环境保护合作或监督组织，解决跨界环境问题。

## 5.6 本章小结

本章构建了能源-环境-经济(3E)三元的研究框架用以探寻环境规制下建筑业经济增长效率变化的内在规律。在传统研究框架的基础上增加了能源消耗和环境治理成本两个重要的投入要素，利用DEA和Malmquist生产效率指数的方法对建筑业的综合技术效率和经济增长效率进行评价。研究发现：无论是否考虑环境污染治理资本投入，高规制区域建筑业的综合技术效率水平整体低于低规制区域，适当的环境规制强度有助于促进建筑业综合技术效率的提高；经济发达地区的建筑业综合技术效率水平高于经济不发达地区。当不考虑环境污染治理资本投入时，西部地区的建筑业综合技术效率值最低，考虑环境污染治理资本投入后，西部地区的建筑业综合技术效率略有提高，但其提高的幅度低于东部和中部地区。另外，研究发现：在添加了环境治理成本投入后，一些省份的建筑业综合技术效率没有发生变化，尤其高规制区域建筑业的综合技术效率。从环境规制强度的角度看，无论是否考虑环境治理成本，高规制区域的建筑业经济增长效率低于低规制区域。在增加环境治理成本投入后，所有高规制和低规制区域的指标都较不考虑环境治理成本投入时有所提高。无论是否考虑环境治理成本投入，建筑业的技术进步都是推动建筑业经济增长效率的主要动力。东部地区的建筑业经济增长效率最低，其次是中部，西部的经济增长效率最高。针对实证研究的结果，文章最后从微观和宏观两个层面给出了提高建筑业经济增长效率的对策建议。

结论

建筑业是高消耗、高污染的产业，随着中国政府对环境保护的力度加强，研究环境规制对建筑业经济增长的影响成为一个非常值得探讨的课题。目前国内外关于环境规制对产业影响的分析主要集中在工业领域，很多学者对此进行了深入的研究。而对环境污染严重、能耗占总消耗量40%以上的中国建筑业，环境规制对其影响的研究较少。建筑业是我国国民经济的支柱产业，结合环境规制理论和经济增长理论进行环境规制对我国建筑业经济增长的影响研究具有重要的理论和现实意义。基于上述原因，本文以中国建筑业为研究对象，从分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制入手，实证检验了环境规制对建筑业经济增长的影响，论文的主要结论如下：

（1）建筑业的增长绩效与环境规制强度呈倒“U”型，现有的环境规制强度能够促进建筑业增长绩效。环境规制强度对建筑业技术进步的影响是显著的，在低规制区域，环境规制强度与建筑业技术进步的曲线关系为倒“U”型；在高规制区域，两者的曲线关系为“U”型；节能减排政策能够促进建筑业技术进步水平的提高。环境规制强度对建筑业能源消耗强度影响是显著的，我国大部分地区处于拐点的左侧。

（2）环境规制强度与建筑业经济增长存在长期的协整关系。从长期看，环境规制对建筑业经济增长的影响是正效应；从短期看，环境规制对建筑业经济增长的影响是负效应。环境规制强度对建筑业经济增长和环境规制强度自身的变化具有重要贡献，建筑业经济增长对环境规制强度变化的贡献度比较小。环境规制强度对建筑业经济增长的影响显著，但建筑业经济增长对环境规制强度的影响不显著。给予建筑业一个标准差冲击时，无论是高规制区域还是低规制区域，环境规制强度的响应都不强烈。

（3）高规制区域的建筑业综合技术效率水平整体低于低规制区域；经济发达地区的建筑业综合技术效率水平高于经济不发达地区。高规制区域建筑业的经济增长效率低于低规制区域的经济增长效率值，建筑业的技术进步是推动建筑业经济增长效率的主要动力。东部地区建筑业经济增长效率最低，其次是中部，西部的建筑业经济增长效率最高。

论文的主要创新点如下：

（1）**构建了动态影响模型来分析环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制，并利用动态面板模型和系统GMM等研究方法进行了实证检验。**目前关于

结 论

环境规制对产业影响的研究多数为静态研究，很少有动态分析。本文在环境规制对建筑业经济增长影响的传导机制理论分析基础上，构建了动态影响模型，从增长绩效、技术进步、能源消耗强度三个维度实证分析了全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的影响。

**（2）利用面板协整、面板修正模型、面板方差分解、面板VAR、面板脉冲等高级计量经济学实证检验方法揭示了环境规制与建筑业经济增长之间的动态变动关系。**目前针对环境规制与产业发展之间关系的研究多采用静态研究方法，鲜少有学者研究在环境规制的冲击下产业的动态变化过程和两者的动态关系。本文根据环境规制强度的不同，利用面板数据动态分析了在全国范围、高规制区域、低规制区域内环境规制对建筑业经济增长的长短期影响、相关性变动状况以及在不同区域环境规制对建筑业经济增长的动态冲击。

（3）**构造了能源-环境-经济三元分析框架，利用DEA和Malmquist生产效率指数方法对建筑业的综合技术效率和经济增长效率进行评价**。近几年国内对建筑业经济增长效率的研究很多，但在研究中均没有考虑环境规制和能源消耗两个非常重要的影响要素对建筑业经济增长效率的影响。本文构造了能源-环境

-经济三元分析框架来研究建筑业的经济增长效率。从是否考虑环境治理成本、环境规制强度、经济发达程度三个视角，分别对环境规制下建筑业经济综合技术效率和经济增长效率进行评价。

尽管研究中取得了一些成果，但仍存在以下局限性：1）由于缺少区域建筑业环境污染排放的数据以及区域建筑业环境治理投资数据，只能做出初步分析；2）研究环境规制对建筑业经济增长的影响，未能对建筑业相关产业的动态影响进行比较分析，这也是未来的研究方向；3）本文只研究环境规制对建筑业经济增长的影响，未能进行环境规制工具对建筑业经济增长影响的深入研究，评价环境规制工具对建筑业经济增长影响将是未来的研究方向。

参考文献

[1]仇保兴. 发展节能与绿色建筑刻不容缓[J]. 城市开发, 2005(3)：11-12

[2]孟聪龄，曹艳履。对生态建筑发展重要性的分析[J]. 山西建筑，2007，

33(24): 15-16.

[3] Barbera A J, McConnell V D. The impact of environmental regulations on industry productivity: direct and indirect effects[J]. Journal of environmental economics and management, 1990, 18(1): 50-65.

[4] Jaffe A B, Peterson S R, Portney P R, Stavins RN. Environmental Regula-tion and the Competitiveness of U. S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us[J]. Journal of Economics Literature, 1995(33):132-163.

[5] Dufour C, Lanoie P. Regulation and productivity in the Quebec manufacturing sector[J]. Journal of Productivity analysis, 1998, (9): 233-240.

[6] Gollop F M, Robert M J. Environmental regulations and productivity growth: the case of fossil-fueled electric power generation[J]. Journal of Political Economy, 1983, 91(4): 654-674.

[7] Gray W, Shadbegian R. Pollution abatement expenditure and plant-level productivity: production function approach[J]. Ecological Economics, 2005, (54): 196-208.

[8] Brannlund R, Fire R, Grosskopf S. Environmental Regulation and Profitability: Application to Swedish Pulp and Paper Mills[J]. Environmental and resource economics, 1995, 6(1): 23-36.

[9] Brannlund R. Productivity and Environmental Regulations: A Long—run

Analysis of the Swed-ish Industry[R]. Working Paper, 2008. Porter M E. America's Green Strategy[J]. Scientic American, 1991, (4):168-170.

[10] Boyd G A, McClelland J D. The impact of environmental constraints on productivity improvement in integrated paper plants[J]. Journal of environmental management, 1999, 38(2): 121-142.

[11] Lanoie P, Patry M, Lajeunesse R. Environmental regulation and Productivity: New findings on the porter hypothesis. Working Paper, 2001.

[12] Berman E, Re merles, Bui L T. Regulation and productivity: Evidence from oil[J]. The review of economics and statistic, 2001, 88(3): 498-510.

[13] Alpay E, Buccola S, Kerkvliet. Productivity Growth and Environmental Regulation in Mexican and U. S. Food Manufacturing[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2002, 84(4): 887-901.

[14] Domazlicky B R, Weber W L. Does environmental protection lead to slower growth in the chemical industry[J]. Environmental and Resource, 2004, (28):

301-324.

[15] Hamamoto M. Environmental Regulation and the Productivity of Japanese Manufacturing Industries[J]. Resource and Energy Economics. 2006(28): 299-312.

[16] Jintao X, Hyde W F. China's Paper Industry: Growth and environmental policy during economic reform[J]. Journal of Economic Development, 2003, (1): 49-79.

[17] 张三峰， 卜茂亮. 环境规制、环保投入与中国企业生产率——基于中国企

业问卷数据的实证研究[J]. 南开经济研究, 2011(2): 129-145.

[18] 王文普. 环境规制竞争对经济增长效率的影响：基于省级面板数据分析[J].

当代财经, 2011(9): 22-34.

[19]马海良，黄德春，姚惠泽. 环境规制能刺激生产率增长吗？——来自中国三大经济区域的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2012(12)：105-110.

[20] 郑春梅. 环境规制对汽车产业生产率影响的实证研究[J]. 经济问题, 2012，

(5): 99-10.

[21] Jaffe A B, Palmer J K. Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study[J]. Review of Economics and Statistics, 1997, 79(4): 610-619.

[22] B. S. B. M. A. Determinants of environmental innovation in USindustries[J]. Journal of environmental economics and management, 2003, 45(2): 278-293.

[23] Francesco T, Fabio I, Marco F. The effect of environmental regulation on firms' competitive performance: The case of the building & construction sector in some EU regions[J]. Journal of Environmental Management, 2011, (92): 2136-2144

[24] Milliman S, Prince R. Firms incentives to promote technological change in pollution[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1989, 17(3): 247-265.

[25] Jung C, Krutilla K. Incentives for advanced pollution abatement technology at the industry level: an evaluation of policy alternatives[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1996, 30(1): 95-111.

[26] Montero J P. Market Structure and Environmental Innovation[J]. Journal of Applied Economics, 2002, (2): 293-325.

[27] David P. Pollution Control Innovations and the Clean Air Act Of 1990[J].

Policy Analysis and Management, 2003, 22(4): 641-660.

[28] Fisher C, Parry I W H, Pizer W A. Instrument choice for environmental protection technological innovation is endogenous[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 45(3): 523-545.

[29] 张其仔， 郭朝先， 孙天法. 中国工业污染防治的制度缺陷及其纠正[J]. 中

国工业经济, 2006 (8): 29-35.

[30]黄德春，刘志彪. 环境规制与企业自主创新-基于波特假设的企业竞争优势构建[J]. 中国工业经济, 2006(3)：100-106.

[31]季永杰，徐晋涛. 环境政策与企业生产技术效率——以造纸企业为例[J]. 北京林业大学学报（社会科学版）, 2006(6)：78-82.

[32]张成，陆旸，郭路，于同申. 环境规制强度和生产技术进步[J]. 经济研究, 2011, (2): 113-122.

[33] 江珂， 卢现祥. 环境规制与技术创新——基于中国1997—2007年省际面板

数据分析[J]. 科研管理, 2011, 32(7): 60-65.

[34]沈能，刘凤朝. 高强度的环境规制真能促进技术创新吗？——基于“波特假说”的再检验[J]. 中国软科学, 2012 (4)：49-58.

[35]赵红. 环境规制对中国产业绩效影响的实证研究[D]. 济南市：山东大学, 2007, 18-55.

[36] 马海良， 黄德春， 姚惠泽. 环境规制能刺激生产率增长吗？——来自中国三

大经济区域的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2011(12): 105-110.

[37] Jorgenson D J, Wilcoxen P J. Environmental Regulation and U. S Economic Growth[J]. The RAND Journal of Economics, 1990, 21(2): 314-340.

[38] Grossmam, Gene M., Krueger, Alan B., Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, NBER Working paper, No.3914, 1991

[39] Shafik, N., Bandyopadhyay, S., Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence, Background Paper for World Development Report. 1992

[40] Sancho F H, Tadeo A P, Martinez E. Effeciency and Environmental Regulation. An application to Spanish wooden goods an furnishings industry[J]. Environmental and resource economics, 2000, 15(4): 365-368.

[41] Martin R, L. B. de Preux, U. J. Wagner. The Impacts of the Climate Change Levy on Business: Evidence from Microdata, CCEP Working Paper No.7. 2009.

[42] 张友国， 郑玉散. 中国排污费征收标准改革的一般均衡分析[J]. 数量经济

技术经济研究, 2005(3): 3-16.

[43] 张友国. 一般均衡模型中排污费对行业产出的不确定性影响——基于中国

排污费改革分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2004 (5): 156-161.

[44]李泳，李金青. 环境规制政策与中国经济增长——基于一种可计算非线性动态投入产出模型[J]. 系统工程, 2009, 27(11)：7-13.

[45]孔祥利，毛毅. 我国环境规制与经济增长关系的区域差异分析——基于东、中、西部面板数据的实证研究[J]. 南京师大学报（社会科学版）, 2010（1）：

56-61.

[46]熊艳. 基于省际数据的环境规制与经济增长关系[J]. 中国人口资源与环境, 2011, 21(5)：126-131.

[47] 于同申， 张成. 环境规制与经济增长的关系——基于中国工业部门面板数

据的协整检验[J]. 学习与探索, 2010(2): 131-134.

[48] Berry B J L. The Human Consequences of Urbanization: Divergent Paths in the Urban Experience of the Twentieth Century. London and Basingstoke Macmilla, 1973.

[49] Tan W. Construction and economic development in selected LDCs: past, present and future[J]. Construction Management and Economics, 2002, 20: 593-599.

[50] Bon R, Pietroforte R. New construction versus maintenance and repair construction technology in the US since World War II, Construction Management and Economics, 1993, 11(2).

[51] Pietroforte R, BonR. An input-output analysis of the Italian construction sector[J]. Construction Management and Economics, 1994,13(4): 1959-1988.

[52] Bon R, Yashiro T. Some new evidence of old trends: Japanese construction[J].

Construction Management and Economics, 1996, 14(4): 1960-1990.

[53] Willie T. Total factor productivity in Singapore construction[J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2000(12): 154-158.

[54] Tse R Y C, Ganesan S. Causal relationship between construction flows and GDP: evidence from Hong Kong[J]. Construction Managenment and Economics, 1997, 15: 371-376.

[55] Akintoye A, Bowen P, Hardcastle C. Macro-economic leading indicators of construction contract prices[J]. Construction Management and Economics, 1998, 16: 159-175.

[56] Tse R Y C, Raftery J. The effects of money supply on construction flows.

Construction Management and Economics, 2001, 19.

[57] Ofori G. Indicators for measuring construction industry development in developing countries[J]. Building Research and information, 2001, 29(1): 40-50.

[58] 金维兴， 等. 21世纪中国建筑业管理理论与实践[M]. 北京： 中国建筑工业

出版社, 2006.

[59]李先光，李启明，邓小鹏，郭慧锋. 中国建筑业经济增长影响因素分析与实证研究[J]. 建筑经济, 2007(5)：1-5.

[60]陆彦，唐世海，李俊娜. 江苏省建筑业增长自身影响因素实证分析[J].东南大学学报（自然科学版）, 2010, 40(2)：431-434.

[61]刘丽萍，洪功翔，刘竹林。安徽省建筑业科技进步贡献实证分析：

1995-2009[J]. 建筑经济, 2011(10): 9-13.

[62] 崔秀敏. 河南省建筑业经济增长影响因素实证分析[J]. 建筑经济, 2012（3）：

99-101.

[63]薛国华，王直民，张土乔. 广义科技进步对建筑业增长贡献的研究[J]. 技术经济与管理研究, 2006(1)：107-110.

[64] 叶耀先. 中国建筑业技术进步分析[J]. 中国人口・资源与环境, 2007（1）：

44-49.

[65]吴伟巍，李启明. 沪苏浙建筑业技术进步贡献率的计量与比较[J]. 重庆建筑大学学报, 2007(5)：154-158.

[66]李永辉. 技术进步对建筑业经济增长的贡献分析[J]. 北华航天工业学院学报, 2008, 18(5): 34-36.

[67] 黎平. 科技进步对重庆建筑业经济增长作用的实证分析[J]. 西南大学学报

（自然科学版）, 2010, 32 (1): 155-159.

[68]沙凯逊。我国建筑业劳动生产率的经验分析[J]. 铁道工程企业管理 。

2006(1): 12-15.

[69] Liu G W, Xiang R L. Impact of Wage on Labor Productivity in Chinese Construction Industry[C]. IEEE International Conference on Management and Service Science. Wuhan, China, 2009: YXA9-1902-090.

[70] 刘快军， 秦大伟. 建筑企业工资与劳动生产率关系研究[J]. 合作经济与科

技, 2010(9): 30-31.

[71]陈敏，李启明. 中国建筑业工资对行业经济增长的作用机理及计量分析[J]. 东南大学学报（自然科学版）, 2012, 42 (3)：571-575.

[72]邹高禄. 国内生产总值对建筑业增长影响的计量分析[J]. 西南师范大学学报, 2002, 27(4): 576-581.

[73]金维兴，陆欲弘，何云峰. 建筑业产业成长发展轨迹的回归模型[J]. 土木工程学报, 2003, 36(3)：105-109.

[74]陆欲弘，金维兴. 中国建筑业产出增长因素分析[J]. 上海大学学报（自然科学版）, 2005, 11(3)：320-325.

[75]刘蓓华，刘爱东. 建筑产业低碳发展路径选择：耦合、脱钩与创新[J]. 求索, 2011, 2: 88-90

[76] 戴永安. 建筑业与区域经济增长的耦合协调机理研究[J]. 经济与管理，

2012, 26(7): 80-84.

[77] Jan J. Construction Site Productivity Measurement: Selection, Application and Evaluation of Methods and Measures[D]. Doctoral Thesis Summary, Lulea University of Technology, 1996.

[78] National Steering Committee for Innovation in Construction( NSCIC). The

Construction Industry as a place to Invest[EB]. Presentation from the NSCIC's Second Canadian Construction Innovation Forum: Building a Strategy for Tomorrow, 2003.

[79] Edvarsen D F. Efficiency of Norwegian Construction Firms[D]. School of Economics and Commercial Law, Goterborg Un iversity, 2003.

[80] 40 Nguyen KhacMinh, Giang Thanh Long. Efficiency of Construction Firms in Vietnam [C]. M PRA Paper. No. 2872, 2007. 7.

[81] El- Mashaleh M, O. BrienW J, London K etal. Envelopment Methodology to Measure and Compare Subcontractor Productivity at the Firm Level[DB]. Accessed from [http: //cic. vtt.](http://cic.vtt/) fi/lean/singapore/E l- Masheleh etal pdf on May 22, 2009.

[82] 郭伟， 任宏， 张仕廉. 对我国国有建筑企业产出增长的分析[J]. 重庆建筑

大学学报, 2000(10): 12- 17.

[83]林晨，王幼松，吴晔晖. DEA模型方法在排位评估中的应用-广东省在全国建筑业生产效率的排位研究[J]. 暨南大学学报（自然科学版）, 2003, 24（1）：

26-30.

[84]王幼松，张雁，黎少松，詹鹏，徐炳进. 中国建筑业生产技术效率的比较研究[J]. 广东工业大学学报, 2006, 23(1)：14-19.

[85]朱玲燕. 我国中部六省建筑业效率分析—基于DEA模型的分析[J]. 商业文化, 2008, 2: 339-340.

[86]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, 9(1)：21-25.

[87]李伟，李光辉，李月娟，贾培云. 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, 26(21)：153-155.

[88]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(1): 87-95.

[89]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, 20(3): 307-313.

[90]陈敏，杨为根. 考虑规模经济影响的建筑业全要素生产率增长测定[J]. 工程管理学报, 2011, 25(5)：508-511.

[91]李红利. 中国地方政府环境规制的难题及对策机制分析[D]. 华东师范大学, 2008: 9.

[92]王怡. 环境规制有关问题研究—基于PDCA循环和反馈控制模式[D]. 西南财经大学, 2008: 41。

[93] 王玉婧. 环境成本内在化、环境规制与贸易和环境的协调[D]. 湖南大学.

2008: 62.

[94] 肖璐. FDI 与发展中东道国环境规制的关系研究[D]. 江西财经大学. 2010：

33.

[95]董敏杰. 环境规制对中国产业国际竞争力的影响[D]. 中国社会科学院研究生院, 2011: 7。

[96] 李旭颖. 企业创新与环境规制互动影响分析[J]. 科学学与科学技术管理.

2008,6: 61-65.

[97] 中国建筑业改革与发展研究报告.《中国建筑业改革与发展研究报告》编委

会. 2003

[98] World Bank: Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998: 7-10.

[99]董敏杰，李钢，梁泳梅. 对中国环境管制现状与趋势的判断——基于企业与经济学家问卷调查的报告. 经济研究参考. 2010, 51: 18-26。

[100] [http: //www. zhb. gov. cn/.](http://www.zhb.gov.cn/)

[101] Busse, Matthias. Trade, environmental regulations and the World Trade Organization: new empirical evidence. Policy Research. Working Paper Series. 2004.

[102]曲振涛， 杨恺钧. 规制经济学[M]. 复旦大学出版社, 2006: 178.

[103] Gene M. Grossman, Alan B. Krueger. Economic Growth and the Environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(5): 353-377.

[104]王幼松， 张雁， 黎少松， 詹鹏， 徐炳进. 中国建筑业生产技术效率的比较研

究[J]. 广东工业大学学报, 2006, 23(1): 14-19.

[105]戴永安， 陈才， 张峁. 我国建筑业内外资企业效率差异及其收敛趋势研究

[J]. 技术经济, 2009, 28(11): 107-110.

[106]王幼松，张雁，邹广荣. 香港建筑业生产效率的计算与分析[J]. 华南理工大学学报（自然科学版）, 2001, 29(5)：94-97.

[107]雷钦礼.制度变迁、技术创新与经济增长[M]，北京：中国统计出版社，2003: 45-48.

[108]唐晓灵. 中国建筑业经济增长与产业演化模型研究[D]. 西安建筑科技大

学, 2008: 23.

[109]文月. 建筑业要把节能减排当作发展硬指标[N]. 中国建设报. 2011-08-29 [110]冯等田. 中国区域能源经济与环境规制[D]. 兰州大学, 2007: 20-26. [111]谢恒. 经济增长与投资体制[J]. 财经科学, 1996(S1): 63-65.

[112]李杏, M. W. Luke Chan. 基于SYS-GMM的中国人口结构变化与经济增长关系研究[J]. 统计研究, 2012, 29(4): 81-85.

[113]肖维品. 建筑业技术进步的指标分析及评价模型[J]. 重庆建筑大学学报, 1994。

[114] J Tinbergen. On the Theory of Trend Movement[J]. Selected Papers. 1959(55):

511-549.

[115] A Charnes, W W Cooper, E Rhodes. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.

[116]何晓群. 多元统计分析（第一版）[M]. 中国人民大学出版社, 2004: 136。

[117]吕萍. 我国区域经济发展潜力的时空差异研究[J]. 数量经济技术经济研究.

2010, 11: 37-51.

[118] [http: //www. nengyuan. net/201108/09-667128. html.](http://www.nengyuan.net/201108/09-667128.html)

[119] Kambara T. The energy situation in China[J]. China Quarterly, 1992(131): 608-636.

[120] Lin X, K R Polenske. Input-output anatomy of China's energy use changes in the 1980s[J]. Economic Systems Research, 1995, 7(1): 67-84.

[121]史丹. 我国经济增长过程中能源利用效率的改进[J]. 经济研究, 2002（9）：

49-56.

[122] Garbaccio R F, M S Ho, D W Jorgenson, et al. Why has theenergy-output ratio fallen in China[J]. TheEnergyJournal, 1999, 20(3): 63-91.

[123] ZhangZ. Why did the energy intensity fall in China's industrial sector in the 1990sTherelativeimportanceofstructuralchangeandintensitychange[J]. EnergyEconomics, 2003, 25(6): 625-638.

[124]常海滨， 徐成贤. 我国货币政策传导机制区域差异的实证分析[J]. 经济科

学, 2007, 5: 79-87.

[125] Engle R, Granger CW J. Co- integration and error correction: representa tion, estim ation, and testing[J]. Econom e tric, 1987, 55(2): 251- 276.

[126]保罗・克鲁格曼. 反思大萧条：萧条经济学的回归和2008年经济危机[M]. 中信出版社.

[127]王兵， 吴延瑞， 颜鹏飞. 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.

[128]李玲，陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2012, 5: 70-82.

[129] Hailu A, T S Veeman. Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry,1959-1994: An Input Distance Function Approach. Journal of Environmental Economics and Management, 2000, 40(3): 251-274.

[130]陈嘉. 运用柯布-道格拉斯模型分析建筑企业生产技术效率[J]. 上海铁道

科技, 2008(2): 111-112.

[131]范建双， 李忠富， 邹心勇. 中国建筑业大型承包商的全要素生产率测算—

—基于随机前沿生产函数的实证分析[J]. 系统管理学报, 2010, 15（9）：

553-563.

[132]陈国中。建筑业前沿效率研究—以安徽为例[J]. 建筑经济，2009（10）：

29-33.

[133]韩华为，苗艳青. 地方政府卫生支出效率核算及影响因素实证研究——以中国31个省份面板数据为依据的DEA-Tobit分析[J]. 财经研究, 2010, 36(5)：4-15.

[134]郭岚， 张勇， 李志娟. 基于因子分析与DEA方法的旅游上市工资效率评价

[J]. 管理学报, 2008, 5(2): 258-262.

[135] 章祥荪, 贵斌威. 中国全要素生产率分析: Malmquist指数法评述与应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 6: 111-123.

[136] 孙巍; 效率与生产率的非参数分析—方法软件与应用（第一版）, 社会科学文献出版社, 2010年5月: 63-74.

[137] 陈德强, 杨田. 基于DEA的西部地区建筑业生产效率实证研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(2): 7-11.

[138] 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, 12: 9-12.

[139] 李忠富, 邹心勇, 李国良. 中国建筑业全要素生产率的变迁: 1996~2005年实证分析[J]. 土木工程学报, 2008, 41(11): 106-111.

[140] 何锦义, 刘晓静, 刘树梅. 当前技术进步贡献率测算中的几个问题[J]. 统计研究, 2006(5): 9-35

# 攻读学位期间发表的学术论文及其它成果

[1] Lili ZHANG, Jinxin TIAN, Yongxiang WU. The Dynamic Effect of Environmental Regulation on Construction Industry in China. Journal of advance in information sciences and service sciences. 2012, 4(16): 426-435. (EI: 20124115548389)

[2] Lili ZHANG, Yongxiang WU, Jinxin TIAN. Environmental Regulation and Construction Industry Growth. Journal of convergence information technology. 2013, 8(4): 533-541. (EI期刊，待检索)

[3]张丽丽，田金信，武永祥. 环境规制对建筑业技术进步的动态影响分析. 中国软科学, 2012增刊（上）: 281-288.

[4] Lili ZHANG, Jinxin TIAN, Yongxiang WU. The Dynamic Relationship of Environmental Regulation Intension and Construction Industry Development. 2012 6th International Conference on New Trends in Information Science and Service Science(NISS 2012). (EI检索， 已录用)

[5] ZHANG Lili, WANG Ling, TIAN Jinxin. Study on Sustainable Construction Management Mode based on LCA. Proceedings of 2008 International Conference on Construction and Real Estate Management. 2008: 741-744. (ISTP)

[6] ZHANG Lili, WANG Ling, TIAN Jinxin. Study on the Influential Factors of Urban Housing Value based on Value Theories. Proceedings of 2009 International Conference on Construction and Real Estate Management. 2009: 1071-1074. (ISTP)

致谢

本文是在尊敬的导师田金信教授和副导师武永祥教授亲切指导下完成的。感谢导师对论文的精心指导及在博士生学习期间对我的关怀和照顾。感谢副导师对我学习和生活方面的指点。本文从选题、构思、撰写、修改直至完成，凝聚了两位导师大量的心血。导师们渊博的知识，开拓创新的思想，科学求实的治学态度，高尚的师德以及对学生的爱心，给我留下了深刻的印象，是我毕生致力于科学研究的动力和学习的楷模。值此论文完成之际，谨向两位导师致以诚挚的敬意和衷心的感谢！

哈尔滨工业大学经济与管理学院的王要武教授、王雅林教授、齐忠英教授、姜明辉教授、王福胜教授、薛小龙教授、张守键教授、王铁男教授、哈尔滨工程工程大学的徐建中教授等对本文的内容结构以及相关问题提出了宝贵的建设性意见。在此谨向他们致以深深的谢意！

感谢哈尔滨市环境保护局张欲非副局长以及李锦时副处长等人在调研、数据搜集和论文写作过程给予的帮助和支持。

感谢师兄弟和师姐妹们的帮助，特别感谢哈尔滨工业大学副教授陶萍师姐，感谢您对我的关怀和帮助。感谢博士同学张紫琼、王小娜、李春红、汤杰等对我的帮助。感谢好朋友王祎雪、秦玉灵等在我博士学习期间给予的关怀和陪伴。

特别感谢我亲爱的父母和兄弟，正是他们在生活上对我无微不至的关怀和照顾，在精神上对我发自内心的支持和鼓励，才使我顺利完成学业。最后，感谢所有关心和帮助我的老师、同学和朋友们！

# 个人简历

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2007.9—至今.  2005.9—2007.7 | 哈尔滨工业大学 哈尔滨工业大学 | 管理科学与工程 管理科学与工程 | 博士 硕士 |
| 2000.9—2004.7 | 哈尔滨工业大学 | 计算机信息管理 | 学士 |