

中国城市化进程

的能源保障与风电产业发展格局

方创琳 等 著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

014060548

F426. 61
77

中国城市化进程

的能源保障与风电产业发展格局

方创琳 等 著



北航

C1747945



中国经济出版社

CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

· 北京 ·

F426.61

77

852030210

图书在版编目(CIP)数据

中国城市化进程的能源保障与风电产业发展格局 / 方创琳等著.

北京:中国经济出版社,2014.4

ISBN 978-7-5136-3137-2

I. ①中… II. ①方… III. ①风力发电—电力工业—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 044844 号

责任编辑 彭彩霞

责任审读 霍宏涛

责任印制 马小宾

封面设计 任燕飞

出版发行 中国经济出版社

印刷者 北京市媛明印刷厂

经销者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 21.5

字 数 417 千字

版 次 2014 年 4 月第 1 版

印 次 2014 年 4 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5136-3137-2

定 价 88.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题,请与本社发行中心联系调换(联系电话:010-68330607)

版权所有 盗版必究(举报电话:010-68355416 010-68319282)

国家版权局反盗版举报中心(举报电话:12390) 服务热线:010-88386794

前 言

中国正在进入城市化加速发展时期,快速城市化进程和工业化进程加剧了能源短缺和环境污染,寻找替代的清洁能源和可再生能源是改善我国以煤为主的能源结构,推动城镇化健康发展的重要途径。中国又是世界上风能资源最丰富的国家,这为改变我国能源短缺和环境污染严重的局面提供了技术和经济上的可能性。党的“十八大”报告和 2013—2014 年中央经济工作会议连续两年提出走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路,提出要坚持生态文明,着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展,节约集约利用土地、水、能源等资源,大幅降低能源、水、土地消耗强度,提高利用效率和效益;推动能源生产和消费革命,控制能源消费总量,加强节能降耗,支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展,确保国家能源安全。基于国家能源安全的战略意图,本书以国家 973 项目大规模非并网风电的运行规律与空间模型研究(编号 2007CB210306)为依托,从国家战略层面,首次从地理学角度采用定性与定量有机结合的系统集成方法,开展了长达 7 年的中国城市化进程中的能源保障、风能资源开发与风电产业发展的若干问题研究。该研究为科学引导我国高耗能产业基地与大规模风电基地耦合布局,对进一步加快我国城市化进程,实现节能减排目标,发展低碳经济,构建低碳社会,促进城市化健康发展具有十分重要的战略意义。

本书重点开展了中国城市化进程中的能源保障态势与保障程度、中国城市化进程中的风能资源空间分布与价值评估、风电产业发展目标与总体战略、风电产业空间布局模式与高耗能产业图谱、高耗能低碳型风电产业基地建设、沿海地区风能资源开发与风电产业基地建设、西北东北与中部地区风能资源开发与风电产业基地建设、辐射沙洲地区海上风能资源开发与风电产业基地建设、中国城市化进程中的风电产业数据库系统建设等 9 大研究内容,通过研究从地理学角度首次提出了在快速城市化背景下我国风能资源与风电基地建设的空间格局,提出了风能资源开发与风电基地布局的“入”字形空间模式,采用 GIS 技术选择出与大规模非并网风电紧密相关的七大低碳型高耗能产业基地;提出了由“七点两轴”组成的我国大规模风电开发的点轴空间模式,在此基础上提出了综合型高耗能低碳产业基地重点发展电解铝工业、氯碱化工产业和海水淡化制氢产业的设想,提出了高耗能低碳产业基地建设目标及节能减排目

标。研究结果为科学引导我国高耗能产业基地与大规模风电基地耦合布局,为进一步加强我国城市化进程,实现节能减排目标,促进城市化健康发展提供了科学依据。由于本研究时间跨度较长,大规模集中调研和成图时间集中在2007—2008年,所以部分数据和图件数据多数来自于这些年份,虽然略显过时,但仍可总体上反映中国城市化进程中的能源保障程度和风电产业发展趋向。

本书各章的编写分工为:前言方创琳;第一章李静、方创琳;第二章方创琳、吴丰林;第三章方创琳;第四章方创琳、黄金川、刘晓丽、蔺雪芹;第五章蔺雪芹、刘晓丽、李铭、方创琳、黄金川、刘贵利、孙心亮、高菠阳;第六章鲍超、吴丰林、祁巍锋、班茂盛、方创琳、蔺雪芹;第七章张蔷、刘海燕、方创琳、蔺雪芹、李茂勋;第八章方创琳、祁巍锋、蔺雪芹、刘晓丽、李铭;第九章方创琳、李茂勋。全书研究思路和总体框架由方创琳设计,系列研究成果由蔺雪芹负责汇总整理,最后由方创琳负责修改统稿。我的同事马海涛、王振波、我的博士后王婧、李静、张晓瑞、我的博士生邱灵、王德利、关兴良、王洋、吴康、刘起、张舰、秦静、李广东、王岩、王少剑、李秋颖、庞博、张永蛟、苏文松、硕士生梁汉媚、罗奎、赵亚博等协助收集补充、更新了相关数据,协助制作了相关图件,在此一并表示感谢。

在开展中国城市化进程中的能源保障与风电产业发展研究过程中,得到了973项目首席专家、江苏省宏观经济研究院顾卫东院长、严英龙研究员、方敏副院长、刘勇博士以及江苏省宏观经济研究院各位老师的大力支持和帮助,南京航空航天大学周波教授、胡骏教授、龚春英教授、清华大学蒋东翔教授、东北大学王兆文教授给予了悉心指导,在此一并表示最诚挚的感谢!

鉴于中国特色的城市化进程、能源保障和风电产业发展是一个较为长期的战略过程,期间国际国内形势和国家政策环境处在不断变化和调整之中,甚至会出现这样那样的不确定因素,书中所提部分观点受研究期限所限,可能有过时之处,也可能有与国家最新城镇化政策、最新能源政策和风电产业政策不一致之处,期望阅读本书的同仁们辩证地思考,给予包容和理解,加之自己能力有限,才学疏浅,书中缺点在所难免,恳求广大同仁批评指正!本书在成文过程中,参考了许多专家学者的论著、科研成果、研究报告、规划文本、甚至政府文件,但由于时间跨度过长,无法一一对应标注,力求在文后的参考文献中一一列出,但仍恐有挂一漏万之处,诚请多加包涵。竭诚渴望阅读这本书的同仁们、朋友们提出宝贵意见!

方创琳

2013年冬于奥运科技园区

目 录

第一章 中国城市化进程中的能源保障态势与保障程度

第一节 城市化进程与能源保障关系问题	001
一、城市化进程与能源保障关系研究背景	001
二、城市化进程与能源保障关系的研究进展	004
三、城市化进程与能源保障联动机理与过程分析	005
第二节 中国城市化进程的能源产销特征与紧缺状况分析	011
一、中国城市化进程中的能源产销特征与环境响应	011
二、中国城市化进程的能源消费紧缺状况分析	015
第三节 中国城市化进程的能源保障程度与时空分异特征	019
一、中国城市化水平与能源消费关系的回归模拟分析	019
二、中国城市化进程中的能源消费保障量分析	025
三、中国城市化进程中能源消费保障程度的时空演变特征	029
四、中国未来城市化进程中的能源保障程度预测	038
第四节 中国快速城市化进程中的能源保障对策与措施	045
一、优化产业结构,建立节能型产业体系与经济结构	045
二、大力发展可再生能源,调整优化能源结构	045
三、积极倡导低能耗生活方式,建立健全节能法规和政策	046
四、积极开展国际能源合作,充分利用“两种资源,两个市场”	047

第二章 中国城市化进程中的风能资源分布与价值评估

第一节 中国城市化进程中的风能资源分布及类型划分	049
一、研究数据与研究方法	049
二、中国风能资源的空间分布与类型划分	051
第二节 中国城市化进程中风电产业发展的空间差异性分析	054
一、中国风电产业发展的空间差异性分析	054
二、风电产业发展的不平衡性分析	058
第三节 中国城市化进程中的风能资源价值评估	061
一、风能资源概况	061
二、风能资源价值估算方法	063
三、风能资源价值估算	064
第四节 中国城市化进程中的风能资源开发阶段区划	066
一、风能资源开发阶段区划方法	066
二、风能资源开发阶段区划方案	068

第三章 中国城市化进程中的风电产业发展目标与战略

第一节 风能资源开发与风电产业发展现状特征与存在问题	073
一、国际风电产业发展的基本情况	073
二、风电产业发展的有利条件与紧迫性	074
三、风电产业发展现状与存在问题	076
第二节 中国城市化进程中的风电产业发展目标分析与展望	085
一、制定风电产业发展目标的基本原则与出发点	085
二、对现有风电产业发展目标的分析	086
三、风电产业发展目标预测与展望	088
第三节 中国城市化进程中的风电产业发展战略与建议	093
一、编制国家风电产业发展总体规划,提升风能战略地位	093
二、实施并网和非并网相结合的多样化混合发展战略	094
三、因地制宜地实施国家风电产业基地建设战略	094
四、积极实施“科技兴风”战略	095
五、大幅度调高《国家可再生能源发展规划》中的风电目标	095

六、摸清中国风能资源家底,建设中国风电产业标准化数据库	096
七、提高风电设备的国产化程度,建设风电设备制造业基地	096
八、制定支持风能资源开发与风电产业发展的相关优惠政策	097

第四章 中国城市化进程中的风电产业空间布局与高耗能产业图谱

第一节 中国城市化进程中的风电产业空间布局模式	099
一、快速城市化背景下的能源供应短缺与风能富矿开发	099
二、风能资源开发与风电基地布局的“入”字形空间模式	100
第二节 中国城市化进程中的低碳型高耗能产业基地建设	103
一、GIS 支持下大规模风电及低碳型高耗能产业基地的空间选择	103
二、大规模风电的点轴开发空间模式与低碳型高耗能产业基地建设	107
第三节 基于非并网模式的中国风电产业空间布局	111
一、风电产业发展背景	112
二、风电产业的内涵和外延	114
三、风电产业空间布局模型	117
四、风电产业的空间布局分析	118

第五章 中国城市化进程中的低碳型高耗能风电产业基地建设

第一节 大规模风电基地与低碳型高耗能氯碱化工基地链合布局	129
一、大规模非并网风电产业空间布局的影响因素与概率分析	130
二、高耗能氯碱产业发展现状与空间布局	133
三、非并网风电产业与低碳型高耗能氯碱化工产业的链合布局	138
第二节 大规模风电基地与高耗能有色冶金产业基地链合布局	142
一、与风电基地耦合的有色冶金产业布局	142
二、大规模非并网风电与有色冶金产业基地的选择方案与效益分析	145
第三节 大规模风电与海水淡化制氢基地的链合布局	148
一、大规模非并网风电产业发展现状与应用前景	148
二、非并网风电—海水淡化制氢产业链合模式及可行性分析	149
三、非并网风电—海水淡化制氢基地的链合布局方案	154

第六章 沿海地区风能资源开发与风电产业基地建设

第一节 沿海地区城市化进程中风能开发与风电产业基地建设	159
一、大规模非并网风电产业带的理论概念	159
二、沿海地区建设大规模非并网风电产业带的条件分析	160
三、沿海地区大规模非并网风电产业带建设的战略思路	163
四、沿海地区大规模非并网风电产业带的建设重点与空间布局	164
五、沿海地区非并网风电产业发展对策	167
第二节 环渤海地区城市化进程中风能开发与风电产业基地建设	168
一、环渤海地区风电产业发展特征分析	169
二、环渤海地区风电产业发展动力分析	174
三、环渤海地区风能资源的空间分布与开发利用价值评估	179
四、环渤海地区大规模非并网风电产业基地布局的适宜性分析	181
五、环渤海地区大规模非并网风电与高耗能低碳型产业基地建设目标	183
第三节 长江三角洲地区城市化进程中风能开发与风电产业基地建设	186
一、长江三角洲地区风能资源及空间分布特点	187
二、长江三角洲地区风能资源开发和非并网风电基地建设现状及问题	189
三、长江三角洲地区大规模非并网风电产业基地建设条件与前景	191
四、长江三角洲地区大规模非并网风电与高耗能低碳型产业基地建设	193
五、长江三角洲地区大规模非并网风电产业基地建设的对策建议	197
第四节 珠江三角洲地区城市化进程中大规模风电产业基地建设	198
一、珠江三角洲地区大规模并网与非并网风电产业发展的资源基础	199
二、珠江三角洲地区大规模并网与非并网风电产业发展优势与机遇	200
三、珠江三角洲地区大规模并网与非并网风电产业发展态势与挑战	204
四、珠江三角洲地区大规模风电产业发展目标与基地建设	208

第七章 东北西北及中部地区风能开发与风电产业基地建设

第一节 东北地区城市化进程中的风能开发与风电产业基地建设	213
一、东北地区风能资源的空间分布与开发利用价值评估	213
二、东北地区风能资源开发利用现状及存在的问题	217
三、东北地区风能资源开发与风电产业发展目标与对策	219

第二节 西北地区城市化进程中的风能开发与风电产业基地布局	224
一、西北地区风能资源开发利用的价值评估	224
二、西北地区风电产业发展现状与发展前景	226
四、西北地区大规模风电及高耗能低碳型产业基地建设	230
五、西北地区风能资源开发和风电产业发展的政策措施	233
第三节 新疆城市化进程中的大规模风电产业基地建设	235
一、新疆风能资源与风电产业发展现状评估	235
二、新疆风电产业快速发展的制约因素	238
三、新疆大规模并网及非并网风电产业与高能耗产业协调发展思路	239
四、新疆大规模并网与非并网风电产业发展的对策建议	243
第四节 中部地区城市化进程中风能开发与风电产业发展重点区	244
一、中部地区风能资源的空间分布与开发利用价值评估	244
二、中部地区风能资源开发利用现状及存在问题	247
三、中部地区并网与非并网风电产业发展目标与重点区域	250
四、中部地区风能资源开发与风电产业发展对策	254

第八章 辐射沙洲地区海上风能开发与风电产业基地建设

第一节 场地概述与建设条件	259
一、辐射沙洲风能资源丰富	260
二、工程地质条件好	261
三、区域电网容纳能力强	262
四、港口和内河航运优势	262
五、灾害性气象概率低	263
第二节 建设现状与经验借鉴	264
一、欧洲(丹麦)海上风电场概况及建设经验	264
二、国外海上风电场建设对我国的启示	269
三、我国海上风电场发展现状与问题	270
第三节 建设目标与布局方案	275
一、战略定位	275
二、建设原则	276
三、总体目标	277

四、空间布局方案	279
五、建设时序	280
第四节 高耗能低碳产业基地建设	281
一、高耗能低碳型氯碱化工产业基地建设	282
二、高耗能低碳型电解铝产业基地建设	285
三、高耗能低碳型海水制氢基地建设	289
第五节 效益预测与保障措施	290
一、经济与生态效益预测	290
二、保障措施与对策建议	295

第九章 中国城市化进程中的风电产业数据库系统建设

第一节 风电产业数据库系统结构与功能	303
一、数据组织与处理	303
二、系统设计与实现	306
三、系统应用与分析	307
第二节 风电产业数据库系统开发设计	312
一、系统总体设计	312
二、数据说明	313
第三节 基于 GIS 的风电产业数据库系统	315
一、程序运行	315
二、界面介绍	316
三、功能说明	317

第一章 中国城市化进程中的能源保障 态势与保障程度

城市作为人类生产生活的主要聚集地,是能源资源消耗最大的地方,能源资源是城市化进程重要的保障物资,而由能源消费引起的环境问题反过来遏制了城市化的快速健康发展。长期以来,中国城市化发展始终面临着来自能源供应的压力,随着城市化进程的不断加快,能源需求与日俱增,中国城市化进程的能源保障形势以及能源环境问题日益严峻。因此,如何提高城市化进程中能源资源的保障程度已成为当前及未来中国城市化发展过程中亟待解决的重大现实问题。本章系统剖析了影响城市化进程的能源消费需求变化因素,揭示了城市化进程与能源保障交互作用的传导机制,阐明城市化进程与能源保障的关联机理;分析了中国城市化进程中能源消耗的综合态势,评估了中国能源—城市化综合系统的演化历程、发展现状,并重点剖析了中国城市化进程中能源资源的紧缺度状况;以1980年以来中国城市化进程历史数据与能源利用方面的面板数据为基础,从国家和省级行政区层面,采用回归分析法以及系统状态发展度模型定量揭示了中国城市化进程中的能源消耗保障量及保障程度,从国家层面模拟中国未来城市化发展与能源消费的不同发展情景,对中国未来城市化进程中能源消耗的保障量和保障程度进行预测预警;提出了中国未来快速城市化进程中能源消费量保障对策与措施。通过研究为未来我国城市化进程中能源资源的合理利用、生态环境的有效保护提供决策依据。

第一节 城市化进程与能源保障关系问题

一、城市化进程与能源保障关系研究背景

(一)刚性能源增长需求与能源供给短缺是制约中国健康城市化的瓶颈

能源资源是推动人类社会发展的最基本的自然资源,而城市作为人类社会经济活动最为集中的地域,是能源消耗强度最大的地区,能源资源构成城市化进程中重要的保

障性物质资源,城市化发展必然导致能源需求的刚性增长。联合国人居署曾指出,中国城市化面临着四大挑战,能源问题首当其冲(其余为固体废弃物处理、城市发展监测系统和信息交流)。中国自改革开放以后,城市化发展迅速,随着工业化和城市化进程的推进,新城市相继出现,同时城市规模不断扩大,能源消费迅速增长,我国能源供不应求的局面逐渐显现,自1992年以后,我国一次能源的自给率开始小于100%,成为能源净进口国。1996年,我国城市化水平首次突破30%,达到30.48%,根据城市化发展阶段规律,我国进入快速城市化发展阶段,在能源需求强劲增长的带动下,虽然我国能源供给的总量大幅增长,2008年一次能源的生产总量增加到2000年的2倍多,但除了煤炭能够基本保证国民经济发展的需求之外,石油和天然气都长期依赖于进口,能源供需缺口却在拉大,2004年以后,我国更是频繁出现了能源“三荒”(煤荒、电荒和油荒),并且强度越来越大,已经充分表明我国城市化快速发展面临着能源供给不足的约束。并且,根据城市化发展阶段的规律性,在未来20~30年内,我国仍将处于快速城市化发展阶段,届时将面临更加严峻的能源和环境挑战,能源供需矛盾将长期存在,成为制约我国城市化发展进程的主要瓶颈之一。

(二) 能源资源开发带来的环境污染问题阻碍了城市化发展质量的提升

能源资源在开采、运输、加工、使用以及废物处理的过程中会给区域生态环境带来污染和破坏。通常,城市空气中的主要污染物为TSP(总悬浮颗粒物)、 SO_2 、 NO_x 和CO等,其中对人体健康影响最大的污染物为TSP,其次为 SO_2 。在我国,由于煤炭的大量使用,绝大多数城市的空气污染表现为煤烟型,约有2/3的城市TSP浓度超标,1/3的城市 SO_2 浓度超标。根据世界银行的评估,在我国,每年大约有17.8万城市人口因大气污染的危害而死亡,这一数字占总死亡人数的7%;另外,还有约34.6万例住院和空气过度污染有联系。此外 SO_2 的大量排放造成的酸雨区面积已占国土面积的30%。城市作为区域社会经济活动最为集中的地域,成为各类污染的主要源地,而恰恰也是最直接的受害者。随着工业化和城市化进程的加快,能源的使用在增加,城市人口也在增加,这意味着越来越多的城市居民将暴露在严重污染的空气之下。并且从长远来看,未来我国经济的持续快速增长将受到环境容量方面的制约,尤其令人忧虑的是,环境污染和破坏的影响将是长期性的,一旦污染和破坏后果发生,其巨大的环境治理成本将成为国家未来的经济重负,这将反过来严重制约未来我国城市化持续、健康发展。

(三) 全球气候变化下“低碳”理念对城市化进程的能源利用模式产生革命性影响

随着城市化进程能源消费总量的增加,二氧化碳等温室气体的排放量越来越大。根据IPCC报告显示,全球大气中 CO_2 浓度已从工业革命前的280ppmv上升到2005年

的 379ppmv。近百年来,全球平均温上升 0.74℃。预测未来 100 年仍将上升 1.8℃ ~ 4℃。温室气体带来全球气温大幅度上升,给全球气候系统和生态系统造成重大的影响,全球灾难性气候变化屡屡出现,2008 ~ 2009 年中国连续两年冬季出现大范围冰雪灾害性天气,2009 年的冰雪灾害更是波及整个北半球,造成了巨大社会经济损失,全球气候变化已经严重危害到人类的生存环境和健康安全,人类曾经引以为豪的高速增长或膨胀的 GDP 也因为环境污染、气候变化而“大打折扣”。在此背景下,以“能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念根本性转变”为核心,以“低能耗、低污染、低排放”为基础的“低碳”经济模式应运而生,并衍生出“低碳社会”、“低碳城市”、“低碳世界”等一系列新概念、新政策,并得到了世界各国政府、民间大众以及学术界的普遍重视和认可,已经逐渐发展成为当今世界经济发展的主流思想,必将对城市化进程能源利用的方式和模式产生革命性的影响和变革。

(四) 日益激烈的全球能源争夺促使世界各国高度关注城市化进程中的国家能源安全问题

能源是现代文明的基础,是攸关国计民生、国家安全、国际政治和全球环境的重要战略物资,能源保障对世界任何国家的生存与发展都具有决定性作用,稳定、安全的能源供应是一国经济可持续发展的重要保障。目前,世界能源保障的核心问题是能源供应稳定性,世界能源供应的稳定性主要体现由石油的生产、消费、贸易与运输等组成的能源供应基本格局以及错综复杂的地缘政治关系,并表现在国家与国家、集团与集团之间的矛盾,不同国家或集团为了自身利益得到保障,甚至不惜武力斗争,能源安全保障成了影响世界和平的重要因素。发展中国家,尤其是亚太地区如中国和印度的迅速崛起对当今世界能源保障格局带来了巨大冲击,2007 年世界石油消费总量中亚太地区占世界总量的 34.25%,其中中国最为突出,消费增量占世界增量的 16.8%,仅次于美国成为世界第二大能源消费国,世界各个国家开始以持续发展的眼光审视自身国家能源保障问题,从追求能源供应稳定性向追求供应稳定性和使用安全性的双重目标转变,使得能源供应保障问题逐渐上升到了国家能源安全的层面。在各国制定的新一轮国家能源发展战略中,国家能源安全目标开始增加了使用安全的概念,从此,经济安全和生态环境安全成为了国家能源安全的两大有机构成,并且在世界各国受到普遍重视。

综上所述,在全球能源争夺日益激烈,国家能源安全形势日益严峻的宏观背景下,中国正处于城市化快速发展阶段,在且未来 20 ~ 30 年内中国城市化还将继续保持较快速度的发展。城市和农村作为两种不同的承载人类生产和生活活动的空间载体,对能源的消费有着本质的区别,城市的人均能源消费量远远高于农村。因此城市化水平的提高必将带动整体能源消费水平的上升。此外,由于能源消费总量的增大和落后的

能源消费结构,导致城市化进程中的大气环境污染问题日趋严重。未来城市化的进一步发展必将对能源总量和结构提出新的需求。因此,如何保障未来中国城市化发展的能源需求,已经是国家城市化进程中无法回避的一个重大现实问题。

二、城市化进程与能源保障关系的研究进展

(一) 国外研究进展

国外对城市化进程中能源消耗与保障问题研究由来已久。由 Sathayo 和 Meyers (1985) 观察发现,随着城市化的发展,发展中国家由石油替代煤炭消费的过程正在加速^[1]。Parik (1995) 的研究则表明,通勤能源支出与城市空间结构相关,能源消费与城市规模相关。在特大城市,人们的通勤能源消费高于人口为 100 万~200 万的城市,因为城市越大,市内通勤量和高峰时段塞车的能源浪费量越多^[2]。另外,紧凑的城市结构会比松散的城市结构更节约能源。Hiroyuki (1997) 利用多个国家 1980—1993 年的数据进行分析,发现城市人口比例和人均能源消费的对数存在正相关关系^[3]。Dzi-oubinski 和 Chipman (1999) 认为,在发展中国家,城市化的发展会导致更高水平的居民能源消费^[4]。而且,在城市化过程中居民能源消费会发生两方面的变化,一是传统的有机物燃料向商业燃料转变;二是诸如煮饭、照明等基本需求所消费的能源比例下降,而空调、冰箱等家用电器的能源消费比例上升。Wei 等 (2003) 研究指出城市化对能源消费具有双刃剑的作用^[5]:一方面,城市化进程的推进导致经济增长和人们生活水平的提高,从而加大了能源消费的数量;另一方面,正是由于城市化程度的不断提高,使产业组织结构、技术结构、产品结构等得到更合理的调整、各种配置得到进一步的优化、各种资源得到更合理的利用,又使得能源消耗呈现下降的趋势。York (2007) 以 1960—2000 年欧盟国家的数据评价了人口和经济因素对能源消费的影响^[6]。其研究显示,随着人口规模扩大和年龄结构的变化,城市化给能源消费的可持续性带来了挑战。

(二) 国内研究进展

从国内来讲,学术界对城市化与能源关系的研究主要始于中国城市化进程加快、能源问题凸显以后。仇保兴 (2004) 认为城市化模式决定能耗高低,并指出鉴于中国在能源问题上所面临的严峻形势,应该坚持走紧凑型的城市化道路^[7]。大城市与超大城市要有合理的空间结构,人口在 200 万以上的城市都应采取有机疏散的发展模式,而“摊大饼”带来的直接恶果就是能源的巨大浪费。城市化进程的加快会对能源消费结构提出新的要求。一般来说,高城市化水平地区的人均能源消费量要明显高于低城市化水平地区,并且能源消费结构也更为先进。耿海青 (2004) 对 1953—2002 年中国的煤炭、石油、天然气消费量和城市化率进行拟合,发现相关系数都在 0.9 以

上^[8]。城市化水平与人均能源消费水平也存在高度的相关性,随着城市化水平的提高,人均能源消费水平上升。Shen 等(2005)的分析结果是中国的城市化水平与能源需求之间存在较强的相关关系。其中,城市化与煤炭、石油、天然气需求之间的相关系数都在 0.7 以上^[9]。张晓平(2005)通过对 20 世纪 90 年代以来中国能源消费时空特征的分析表明,宏观经济总量、产业结构、城市化水平、居民消费结构的变化是影响我国能源消费总量增长和能源消费区域差异的主要因素^[10]。郑云鹤(2006)通过建立中国能源消费与工业化、城市化与市场化之间的回归模型,指出目前工业化与城市化进程加快会导致能源消耗的增加,而市场化进程的推进则会导致能源消耗的降低^[11]。刘耀彬(2007)关于中国城市化与能源消费关系的动态计量分析表明,中国城市化与能源消费量之间存在单向的格兰杰因果联系,且二者之间存在着协整关系,但这种长期均衡的短期纠正力量并不很强,现阶段城市化对我国能源需求的贡献作用尚比较小,而且还呈现逐年下降的趋势^[12]。成金华、陈军(2009)通过面板数据研究了中国城市化进程中的能源消费区域的空间差异,结果表明,在东部地区、中部地区和西部地区,城市化水平对能源消费的影响呈现逐渐降低的趋势,这一趋势形成的内在动因在于城市化进程所依赖的人力资本存量、技术创新优势、产业结构水平以及市场化水平在东部、中部和西部地区的递减分布^[13]。梁进社等(2009)对 1985—2006 年中国能源消费量的变化进行分解和时序比较分析,结果表明在近 20 年中国的城市化进程中,生产能源消费始终占据支配地位,但生活能源消费已经加快^[14];在全国范围上讲,从长期看,产业结构调整没有起到减少能源消费的作用,反而向着增加的方向发展。目前,中国城市化过程中的能源消费处于重要的规模扩张阶段,技术进步一直是能源消费量减少的关键因素;中国的节能潜力巨大,不仅仅在技术领域,而且存在于产业结构中;从各产业能源消费上看,节能应是全面的,不仅仅在单耗大户上,还应注意增长快的产业。此外,也有国外的学者研究了中国城市化与能源发展关系的问题,如 Gates 和 Yin(2002)研究了中国的城市化与居民和商业能源之间的关系。通过分析能源型家电消费的城乡结构,说明城市化对电力的需求大大提高。随着城市化的推进,居民和商业能源相应增加,并且能源消费结构由直接燃烧煤炭和有机物而转向使用电力、石油、天然气等较清洁的能源。

三、城市化进程与能源保障联动机理与过程分析

通过对城市化进程影响因素作用机理的系统梳理,将这些影响因素作为城市化进程与能源保障交互作用的传导机制,进一步从这些传导机制入手,结合中国城市化发展进程中能源消费的实际情况,深入分析能源消费对这些传导机制的响应机理与具体过程。

(一) 城市化—区域基础条件—能源消费

城市化过程涉及大量的基础设施建设,后者要求巨大的物资和能源投入,而能源作为重要的自然资源是城市化进程重要的物资保障,对于区域城市化进程中的起步和发展起着重要的作用^[8]。从我国的工业化发展历程来看,解放以前,我国的工业基础极其薄弱,在国民经济中的比例仅占10%左右,并且主要布局于东部沿海一带,内蒙古、宁夏、新疆、黑龙江等能源丰富的地区,工业发展几乎是一片空白。然而,新中国成立以后,由于这些地区能矿资源比较丰富,国家一直将其作为重要的能源和原材料基地加以建设。经过50多年的发展,上述地区目前都已建立起了自己的工业体系,其优势工业在全国都具有举足轻重的地位,如内蒙古的煤炭、电力、钢铁工业,宁夏的有色金属,新疆和黑龙江的石油化工,都已具有全国意义。与能矿资源的开发相对应,这些地区的工业和城市化发展起步都比较早,发展也很迅速。在解放之初,几个能源富集区的城市化发展水平都很低,但到80年代初,上述地区城市人口占地区人口的百分比,全部超过了全国平均水平,也普遍高于沿海地区。80年代以后,随着全国工业结构的升级换代和沿海地区的开放,能源资源对经济发展的贡献不断减弱,区位、科技等因素开始占据主导地位,沿海地区的城市化发展急剧加速。为了比较能源富集区和能源贫乏的高城市化水平区城市化发展的阶段性差别,选取了1982年、1990年和2000年三次人口普查时的城市人口百分比数据进行比较,1982年能源富集区的城市化水平全部高于全国平均水平,其均值为29.42%,而能源贫乏的高城市化水平区为25.25%。但在随后的近20年内,能源富集区的城市化水平增加幅度很小,而沿海地区的城市化发展则突飞猛进;到2000年,能源贫乏的高城市化水平区城市人口占总人口的百分比平均值达到了54.72%,高出全国平均水平18.6个百分点,而能源富集区的均值为41.60%,二者相差13.1个百分点。1982年,江苏和海南的城市化水平仅为15.67%和7.60%,远低于全国平均水平,但到2000年,已经分别达到了41.49%和40.11%,远远超过了全国平均水平。

(二) 城市化—产业结构转换—能源消费

城市化的发展过程不仅农村剩余劳动力向城市集中,农业人口转化为非农人口的过程,更是非农产业向城市集中、在产业结构中比重不断上升的过程,相应地对能源消费也产生了一系列影响。在城市化发展水平由低到高的演变过程中,产业结构变动主要表现出如下的趋势:第一,农业与非农产业之间的结构变动,表现为农业产值比重不断下降,非农业产值比重不断上升;第二,非农产业内部的结构演变,表现出轻工业—重工业—服务业的递次演进。一般来说,城市化的初期、中期和后期阶段与工业化的初期、中期和后期阶段基本对应。在工业化和城市化的初期阶段,大部分国家都以轻工业为主导产业,此后,随着技术进步和消费需求结构的升级,重工业逐渐超过轻工业,工业化和城市化进入中期阶段。重工业的发展造就了一大批需要广泛社会服务的