

目 录

上 篇

1 国内外能源供求研究现状····· 1	情况····· 27
1.1 中国能源供求研究背景与意义····· 1	2.2.2 中国经济发展面临的挑战····· 30
1.1.1 中国能源供求研究背景····· 1	2.3 中国环境发展分析····· 31
1.1.2 中国能源供求研究意义····· 3	2.3.1 中国二氧化碳的排放情况····· 32
1.2 国内外能源供求研究概况··· 4	2.3.2 中国二氧化硫的排放情况····· 33
1.2.1 能源与经济、环境、人口关系研究现状····· 5	2.4 中国人口发展分析····· 35
1.2.2 能源需求研究现状··· 10	2.4.1 中国人口的基本情况····· 36
1.2.3 能源供给研究现状··· 12	2.4.2 中国人口发展面临的问题····· 37
1.2.4 能源预测模型研究现状····· 15	2.5 本章小结····· 38
1.2.5 综述小结····· 18	3 系统动力学各子系统指标预测····· 40
1.3 上篇主要研究内容····· 18	3.1 经济子系统指标预测····· 41
2 中国能源-经济-环境-人口发展现状分析····· 21	3.1.1 产业结构指标的确定····· 41
2.1 中国能源发展分析····· 21	3.1.2 国内生产总值指标的确定····· 51
2.1.1 中国能源的基本情况····· 21	3.2 能源子系统指标预测····· 52
2.1.2 中国能源发展面临的挑战····· 26	3.2.1 煤炭相关指标的确定····· 52
2.2 中国经济发展分析····· 27	3.2.2 石油相关指标的确定····· 67
2.2.1 中国经济的基本	

3.2.3 天然气相关指标的 确定	80	分析	134
3.2.4 电力相关指标的 确定	88	5.2 煤炭消费预测结果 分析	138
3.2.5 水电、核电指标的 确定	102	5.3 石油消费预测结果 分析	141
3.3 环境子系统指标预测	106	5.4 天然气消费预测结果 分析	143
3.3.1 二氧化碳指标的 确定	106	5.5 水电、核电消费预测 结果分析	145
3.3.2 二氧化硫指标的 确定	107	5.6 电力生产与消费预测 结果分析	147
3.4 人口子系统指标预测	109	5.7 本章小结	151
3.4.1 国民生活水平的 确定	109	6 经济子系统预测结果	152
3.4.2 人口出生率的确定 ..	111	6.1 国内生产总值与三次产 业比重预测结果分析	152
3.4.3 人口死亡率的确定 ..	114	6.2 人均国内生产总值预测 结果分析	154
3.4.4 生育影响因子与生态环 境影响因子的确定 ..	115	6.3 单位 GDP 能耗预测结果 分析	155
3.5 本章小结	115	6.4 本章小结	156
4 中国能源-经济-环境-人口的 系统动力学模型	117	7 环境子系统预测结果	157
4.1 系统动力学仿真建模 理论基础	117	7.1 二氧化碳预测结果 分析	157
4.1.1 系统动力学理论基本 点与特点	117	7.2 二氧化硫预测结果 分析	160
4.1.2 系统动力学建模 步骤	118	7.3 本章小结	163
4.2 能源-经济-环境-人口的系 统动力学模型的建立	121	8 人口子系统预测结果	164
4.2.1 系统动力学流程图 ..	121	8.1 人口总量预测结果 分析	164
4.2.2 系统动力学方程	125	8.2 人均能耗预测结果 分析	166
4.3 本章小结	133	8.3 本章小结	167
5 能源子系统预测结果	134		
5.1 能源消费预测结果			

9 中国能源生产预测	168	9.4.1 中国天然气产量的 GM (1, 1) 预测模型 ..	189
9.1 中国能源供给预测模型 ..	168	9.4.2 中国天然气产量的 回归预测模型	191
9.1.1 灰色系统预测模型 ..	168	9.4.3 中国天然气生产总量 的定权重组合预测 模型	194
9.1.2 曲线回归预测模型 ..	170	9.4.4 中国天然气生产总量 的变权重组合预测 模型	195
9.1.3 定权重组合预测 模型	172	9.5 中国能源生产预测 分析	198
9.1.4 变权重组合预测 模型	173	9.6 本章小结	201
9.2 中国煤炭生产总量 预测	174	10 中国能源消费与生产缺口 分析	203
9.2.1 中国煤炭产量的 GM (1, 1) 预测模型 ..	174	10.1 中国能源消费与生产 缺口	203
9.2.2 中国煤炭产量的回归 预测模型	176	10.2 经济增速对中国能源 消费与生产缺口影响 ..	206
9.2.3 中国煤炭生产总量的定 权重组合预测模型 ..	179	10.3 产业结构对中国能源 消费与生产缺口影响 ..	208
9.2.4 中国煤炭生产总量的变 权重组合预测模型 ..	180	10.4 能源消费强度对中国 能源消费与生产缺口 影响	211
9.3 中国石油生产总量预测 ..	182	10.5 本章小结	215
9.3.1 中国石油产量的 GM (1, 1) 预测模型 ..	182	上篇研究结论	217
9.3.2 中国石油产量的回归 预测模型	183	上篇参考文献	220
9.3.3 中国石油生产总量的定 权重组合预测模型 ..	186		
9.3.4 中国石油生产总量的变 权重组合预测模型 ..	187		
9.4 中国天然气生产总量 预测	189		

中 篇

11 国内外能源经济发展研究 现状	227	11.1 研究背景与意义	227
		11.1.1 研究背景	227
		11.1.2 研究意义	228

11.2 国内外研究概况	229	设定	257
11.2.1 能源与经济增长 关系研究现状	229	13.3 能源经济系统动力学 方程及流程图	270
11.2.2 系统动力学研究 现状	231	13.3.1 系统动力学方程 ...	270
11.2.3 能源经济系统模型 研究现状	232	13.3.2 系统动力学流程图...	275
11.2.4 能源经济可持续 发展研究现状	235	13.4 系统动力学预测结果 ...	276
11.2.5 综述小结	237	13.4.1 能源子系统预测 结果	277
11.3 中篇主要研究内容	237	13.4.2 经济子系统预测 结果	279
12 中国能源经济发展现状	239	13.4.3 环境子系统预测 结果	280
12.1 能源发展现状	239	13.4.4 人口子系统预测 结果	281
12.1.1 能源供给现状	239	13.5 本章小结	282
12.1.2 能源消费现状	242	14 中国能源经济可持续发展	
12.1.3 能源供需平衡 分析	244	综合评价	283
12.2 经济发展现状	246	14.1 综合评价指标体系 构建	283
12.2.1 经济及三次产业 发展现状	246	14.1.1 能源经济可持续 发展的内涵	284
12.2.2 经济发展特点	248	14.1.2 指标体系构建 原则	284
12.2.3 经济发展存在的 主要问题	249	14.1.3 指标体系设计 方法	285
12.3 本章小结	251	14.1.4 指标体系结构及其 构成	286
13 中国能源经济系统动力学 模型	252	14.2 基于熵权法的综合评价 模型	288
13.1 系统动力学简介	252	14.2.1 熵权法原理	288
13.1.1 模型变量	252	14.2.2 模型构建	290
13.1.2 研究步骤	253	14.2.3 实证分析	292
13.2 能源经济系统动力学 模型	254	14.3 基于 Topsis 法的综合 评价模型	295
13.2.1 模型结构	254		
13.2.2 模型指标目标的			

14.3.1	Topsis 法原理	295	14.4.3	实证分析	301
14.3.2	模型构建	296	14.5	三种评价方法比较	302
14.3.3	实证分析	297	14.6	本章小结	304
14.4	基于熵权 Topsis 法的 综合评价模型	299	中篇研究结论		305
14.4.1	模型思路	299	中篇参考文献		309
14.4.2	模型构建	300			

下 篇

15	内蒙古自治区能源-环境-经济- 人口研究现状	315	15.3	下篇主要研究内容	327
15.1	内蒙古自治区能源环境 经济人口研究的背景与 意义	315	16	内蒙古自治区能源环境经济 人口现状分析	329
15.1.1	内蒙古自治区能源 环境经济人口研究 背景	315	16.1	内蒙古自治区能源现状 分析	329
15.1.2	内蒙古自治区能源 环境经济人口研究 意义	316	16.1.1	内蒙古自治区能源 的总量特征	329
15.2	国内外能源环境经济 人口研究现状	317	16.1.2	内蒙古自治区能源 消费的品种结构 特征	331
15.2.1	国外能源环境经济 人口发展研究	317	16.1.3	内蒙古自治区能源 消费的部门结构 特征	334
15.2.2	国内能源环境经济 人口发展研究	318	16.1.4	内蒙古自治区能源 利用效率的特征 分析	336
15.2.3	内蒙古自治区能源 环境经济人口发展 研究	322	16.2	内蒙古自治区环境现状 分析	338
15.2.4	系统动力学发展 现状及应用	324	16.2.1	内蒙古自治区二氧 化碳现状分析	338
15.2.5	综述小结	327	16.2.2	内蒙古自治区二氧 化硫现状分析	339
			16.3	内蒙古自治区经济现状	

分析	339	17.4 环境指标目标的设定 ...	366
16.3.1 内蒙古自治区生产 总值现状分析	340	17.4.1 二氧化碳排放量的 确定	366
16.3.2 内蒙古自治区产业 结构现状分析	341	17.4.2 二氧化硫排放量的 确定	367
16.4 内蒙古自治区人口现状 分析	343	17.5 人口指标目标的设定 ...	368
16.4.1 内蒙古自治区人口 总量现状分析	343	17.6 本章小结	369
16.4.2 内蒙古自治区就业 结构现状分析	344	18 内蒙古自治区能源环境系统 动力学预测	370
16.5 本章小结	346	18.1 系统动力学简介	370
17 内蒙古自治区能源环境系统 动力学模型指标目标设定 ...	347	18.1.1 系统动力学理论和 方法	370
17.1 模型指标的回归分析 预测	347	18.1.2 系统结构和变量 ...	371
17.1.1 回归分析模型	347	18.1.3 系统动力学建模 步骤	372
17.1.2 回归方程的检验 ...	348	18.2 能源环境系统动力学 模型	373
17.2 经济指标目标的设定 ...	349	18.3 能源环境系统动力学 方程及流程图	374
17.2.1 经济增长速度目标 的设定	349	18.3.1 系统动力学方程 ...	374
17.2.2 产业结构目标的 设定	351	18.3.2 系统动力学流 程图	379
17.3 能源消费指标目标的 设定	353	18.4 系统动力学预测结果 ...	381
17.3.1 各产业煤炭消耗 指标的设定	354	18.4.1 能源子系统预测 结果	381
17.3.2 各产业石油消耗 指标的设定	359	18.4.2 环境子系统预测 结果	385
17.3.3 天然气消耗指标的 设定	364	18.4.3 经济子系统预测 结果	388
17.3.4 水电、核电和其他 能发电消耗指标的 设定	365	18.4.4 人口子系统预测 结果	390
		18.5 本章小结	391
		下篇研究结论	392
		下篇参考文献	394

上 篇

1 国内外能源供求研究现状

能源是为人类的生产和生活提供各种能力和动力的物质资源，是国民经济发展、社会进步的重要物质基础，可以说未来国家的命运取决于对能源的掌控，能源的合理开发和利用效率以及人均消费量是生产技术水平和生活水平的重要标志。

1.1 中国能源供求研究背景与意义

能源是为人类的生产和生活提供各种能力和动力的物质资源，是国民经济发展、社会进步的重要物质基础，可以说未来国家的命运取决于对能源的掌控。纵观人类社会经济发展的各个阶段，人类社会发生的每一次重大跨越都伴随着能源的开发、改进和更替。能源不断的开发以及利用都极大地推进了各国经济和人类社会的向前发展。

1.1.1 中国能源供求研究背景

在全面建设小康社会、实现现代化和富民强国的进程中，能源始终是一个重大的战略问题。当前，我国能源发展面临着复杂严峻的国内外形势，只有从社会主义现代化建设全局的战略高度来认识，把能源作为事关中华民族的生存、发展和崛起的重大问题，才能在复杂的环境中准确进行战略定位，科学谋划我国能源发展的总体方略。

从表 1.1 可以看出，自从我国改革开放以来，我国的能源发展总共经历了三个大的时期：第一时期是 20 世纪 80 年代初期到中期，国家为解决当时的能源供

给量短缺问题,积极鼓励发展煤矿,在解决了能源供需严重不平衡的同时也使我国的能源产量发展到了世界前列;第二时期是从20世纪80年代后期到90年代中期,国家提出了以电力建设为中心的政策来解决当时的电力短缺问题;第三时期是20世纪90年代后期以后,随着经济与能源的不断发展,能源、经济、环境之间逐渐显现出了不协调,这就要求我们在保证经济高速平稳发展的同时,要大力倡导保护环境,构建资源节约、环境友好型的社会。

表 1.1 中国能源发展的三个时期

时期	时间	能源问题	解决办法
第一时期	20世纪80年代初期到中期	能源供给量短缺,供需失衡	国家积极鼓励发展乡镇煤矿进而刺激煤炭的供应,解决了我国煤炭供应短缺问题,同时能源工业也得到了快速发展,能源产量跃居世界前列
第二时期	20世纪80年代后期到90年代中期	电力短缺	当时国家明确提出了以电力建设为中心来解决能源供应短缺问题
第三时期	20世纪90年代后期至今	能源、经济、环境三者之间逐渐显现出了不协调	这就要求我们在使用能源、解决能源问题方面要考虑环境约束

资料来源:作者整理。

虽然我国的能源近十年来已经取得了很大的成就,但不可忽视的是我国能源供需的缺口正在不断地增大,缺口总量已经从2000年的10483万吨标煤增长到了2012年的29884万吨标煤;煤炭供需缺口从2000~2011年在供需平衡附近呈现波动的趋势,在2007年达到了7305.4万吨标煤的最大缺口。煤炭作为我国的支柱性能源,它出现的供不应求的问题应该引起重视,进而从根源上加以解决。但从2008年开始,缺口不断下降,截至2012年出现了供过于求的状况,且达到了12950.2万吨标煤的盈余量;石油供需缺口从2000年的9079.63万吨标煤增长到了2012年的38471.14万吨标煤,基本与能源缺口总量保持一致,可见石油短缺是引起我国能源缺口最大的根源;天然气的缺口从2000年的供给量大于需求量发展到从2007年开始出现需求量大于供给量的趋势,并且在2012年达到了4540.6万吨标煤的缺口,可见我国对于天然气的需求不断增加,但是供给没有满足不断增长的需求,导致出现了供不应求的局面;水电、核电、风电的缺口在供需平衡附近呈现波动的趋势。由此可见,我国重要能源不断出现的供不应求的局面即将对我国经济的发展产生一定的影响,其中石油的缺口最大,基本与能源的缺口总量保持一致,煤炭则在供需平衡附近波动,但其陆续出现的不平衡问题也应该引起足够的重视。

与此同时，我国能源的利用效率较低，极大地制约了能源供应能力的提高；能源结构不合理、经济增长方式粗放、能源技术装备水平低以及管理水平相对落后，导致我国的单位 GDP 能耗高于其他主要能源消费国家的平均水平，从而进一步加剧了能源供需矛盾。再者，目前我国人均能源消费量约 2.6 吨标煤，仅为世界发达国家水平的三分之一左右，未来能源需求还将大幅增长，即使以世界最先进的能效水平实现现代化，消费总量仍将再翻一番，碳排放也将明显增加。化石能源大规模开发利用，对生态环境造成严重影响，国内部分地区生态环境严重透支，应对气候变化的压力日益增大。石油对外依存度不断提高，海上运输风险加大，能源安全形势严峻，这些都是制约我国经济发展的瓶颈。

随着我国市场经济的不断发展与完善，市场调节逐渐成为我国实现能源供需平衡所依靠的重要手段。市场资源配置的同时又离不开国家对能源产业发展的宏观调控，为了确保国家的经济安全，国家对于那些影响国家经济命脉的能源产业既要给予扶持又要进行控制；同时又要逐步放开，不能管得过多过死，要对能源产业有一个长期发展战略方向的引导。但是对于能源问题，不论是市场调节还是国家调控，都应该以能源、经济、环境、人口的协调以及可持续发展为目标，而这个目标的实现最终是建立在对能源需求和供给科学合理预测的基础上的。

因此，科学合理地预测我国能源供求状况对于全面实现我国长期发展规划的目标，实现我国国民经济发展战略目标，构建资源节约、环境友好、社会和谐的局面，制定未来能源发展对策具有极为重要的战略意义。

1.1.2 中国能源供求研究意义

在未来一段时期，我国作为世界上人口最多的国家，同时也是能源生产与消费的大国之一，我国能源供需矛盾将会十分突出，主要的原因包括以下四个方面：第一，我国能源资源地理分布不均。能源资源基本都分布在我国西部，像南部、东部这些经济较为发达的省市，能源会出现供应不足的问题。第二，我国工业企业基本上都处于高能耗、低利用率的状态。第三，我国的能源消费结构是以煤炭为主，煤炭会给人民生活带来煤烟型污染等严重的环境污染问题。第四，我国未形成完善的以可持续发展为理念的能源消费模式。由于我国部分能源开发和生产技术仍较为落后，以致关注最多的还是能源的生产能力，导致有时会忽略了能源的消费方式以及环境破坏问题。

在我国“十二五”规划中指出，我国资源和环境发展目标是：第一，从能源总产量与可开采量来看，到 2015 年，煤炭产量达到 33 亿吨以上，石油 2 亿吨以上，天然气 1600 亿立方米以上，地面抽采煤层气 100 亿立方米，铁、铜、铝土矿、钾盐等重要矿产国内保障程度保持现有水平或得到提高，矿产资源合理利用与保护水平明显提高，重要优势矿产开采总量得到有效调控，矿产资源开发利

用布局不断优化；第二，到 2015 年，大中型矿山比例达到 10% 以上，完成约 50 处重要矿产地储备，矿产资源总回收率与共生矿产综合利用率平均提高约 5 个百分点；第三，矿山地质环境和矿区土地复垦状况明显改善。到 2015 年，新建和生产矿山的地质环境得到全面治理，历史遗留的矿山地质环境恢复治理率达到 35% 以上，矿山废弃土地复垦率达到 30% 以上。同时，坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消费低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子，这条“新型工业化”道路既是解决我国经济发展速度与资源承载能力不相适应的必然选择，也是实现经济增长方式由粗放型向集约型根本转变的必然选择。

由此可见，虽然我国的供需矛盾会十分突出，而且我国正处于经济发展转轨时期，能源资源状况和能源结构与其他国家大有不同，但我们一定要迎难而上，面对能源、经济、环境出现的一切问题，以我国“十二五”规划为发展目标，认真分析能源-经济-环境-人口这个复杂的系统，明确我国的能源供需状况，为以后的经济发展提供科学合理的依据。因此，本书运用经济学、计量经济学的理论知识并结合系统动力学的方法全面分析了能源-经济-环境-人口系统，对能源需求进行了较为全面的预测；还运用了灰色系统、曲线回归、组合预测的理论与方法对能源供给进行了科学合理的预测。这两方面的结合系统地预测了我国的能源需求和供给，对于探索我国能源经济的可持续发展之路是必要的准备。

能够科学地预测我国能源需求与供给能力、合理地评价我国能源的供需缺口，可以为我国制定中长期能源经济发展战略提供较为科学合理的依据，对我国构建资源节约型、环境友好型的社会提供现实的意义。因此，本书的研究具有科学的根据和现实的意义，同时本书的预测方法较为准确合理，对研究我国各省市的能源供求、经济、环境问题具有一定的参考借鉴意义。

1.2 国内外能源供求研究概况

我国作为世界上最大的发展中国家，能否保证能源安全以及能源的可持续供应，能源供应能否满足必需的经济增长以及社会进步的需要，同时我国能否走出一条具有中国特色的能源安全持续的发展之路，在一定程度上取决于我们能否对我国能源的需求和供给进行科学合理的预测，取决于政府能否在科学合理预测的基础上制定并实施相关的能源可持续发展战略。

能源供求理论的相关问题已经受到了学术界的广泛关注，本书对能源供求预测的相关理论分析将包括能源与经济增长、环境、人口的关系，能源需求的研究现状、能源供给的研究现状以及能源预测模型研究，并将对本书研究具有启发性的国内外相关理论研究成果和实证研究成果进行一定的梳理。

1.2.1 能源与经济、环境、人口关系研究现状

从可持续发展角度来看,能源、经济、环境和人口是可持续发展最关键的四个要素,而能源、经济、环境和人口这四个系统所构成的是一个具有高度复杂性、不确定性、开放性的复合系统,因此,了解能源与经济增长的关系、能源与环境的关系、能源与人口的关系是仿真能源-经济-环境-人口这个复合系统的强有力基础和依据。

1.2.1.1 能源与经济增长的关系

能源作为经济增长的重要投入要素之一,在成为经济学的重要研究内容之时,能源与经济增长的关系也逐渐成为国内外学者们研究与探讨的重要领域之一。20世纪70年代早期在《增长的极限》一书中,部分学者们开始认识到能源对经济的增长与社会的发展产生了强大的制约作用。

国内外学者们对于能源与经济增长关系的研究主要包括两个方面:

一是基础理论研究,即根据经济增长理论建立数学理论模型,进而考察能源约束条件下经济增长的路径问题。国外在这方面研究比较突出的有:Joseph E. Stiglitz (1974)研究了人造资本和自然资源资源约束条件下的经济增长的路径问题^[1]; Partha Dasgupta、Geoffrey Heal (1979)研究了在不可再生资源的约束条件下经济可持续增长的问题^[2]; Gradus 和 Smulders^[3] (1993)、T. Y. Hung Vivtor、Pamela Chang 和 Keith Blackburn^[4] (1994)、N. Stokey^[5] (1998)研究了经济可持续增长和环境污染两者之间的问题; S. Valente (2005)分析了可再生资源、技术进步与经济增长三者之间的关系,得出了当技术进步率和资源再生率超过社会贴现率时,经济便能可持续增长^[6]的结论; Grimauda、Rouge (2005)研究了技术进步、环境污染与经济增长三者之间的关系,得出了最好的经济增长的路径。国内在这方面比较有代表性的研究有:于渤、黎永亮、迟春洁 (2006)建立了同时考虑能源资源消费、环境限制与环境治污成本三者的可持续增长模型,还探讨了能源资源的耗竭速率、环境污染治理的投入比例与经济增长之间应满足的动态关系^[7]; 梁朝晖 (2008)着重研究了在区域经济增长的条件下能源消费的变动趋势,得出了能源消费由基本能源消费与引致能源消费构成,随着经济的增长,基本能源消费不断上升,但上升的速度在减慢,引致能源消费上升与否则无法判定^[8]; 许士春、何正霞、魏晓平 (2010)将耗竭性资源与环境污染问题加入了内生经济增长模型,并运用最优控制方法研究稳态经济的可持续最优增长路径^[9]。宋宇辰等人 (2013)从博弈论的角度研究了中国稀土产业的发展,并对中国稀土产业发展的相关政策提出改进建议^[10]; 此后又在城市尺度上的能源消耗与环境关系研究了包头市工业三废排放与环境政策的灰色相关性,在理论上有一定的现实意义^[11]; 并在此研究的基础上,针对包头市水资源的环境可持

续发展做出实际验证^[12]。

二是实证研究,即主要利用计量经济学的分析方法检验能源与经济增长两者之间的关系。通过以上的能源消费与经济增长的数学理论分析,再加上现在计量经济学分析方法的不断发展,直接地推动了能源消费与经济增长关系的实证研究。国外在实证研究方面的主要成果有:较早对能源消费和经济增长两者关系进行实证研究的是 Kraft 等人(1978),他们搜集整理了美国 1947~1974 年的相关数据,并对经济增长与能源消费两者关系进行了开拓性的研究,结果表明存在经济增长到能源消费的单向格兰杰因果关系^[13]; Yu、Choi(1985)采用 Granger 因果检验方法对美国、韩国和菲律宾 1954~1976 年的相关数据进行了分析,得出美国经济增长与能源消费两者间不存在任何方向的格兰杰因果关系,而韩国则存在从经济增长到能源消费的单向格兰杰因果关系,菲律宾则存在从能源消费到经济增长的单向格兰杰因果关系^[14]; David I. Stern(1993)收集整理了美国 44 年的相关数据,利用协整理论与误差纠正模型得出了存在能源消费到经济增长的单向格兰杰因果关系^[15]; Yang Haoyen(2000)运用协整方法分析了能源消费总量、煤炭、石油、天然气、电力消费与经济增长之间的因果关系,发现了能源消费总量、煤炭、电力分别与经济增长之间存在双向格兰杰因果关系,存在经济增长到石油的单向格兰杰因果关系以及天然气到经济增长的单向格兰杰因果关系^[16]; Mohsen Mehrara(2007)利用面板协整技术检验了 11 个石油输出国的人均国内生产总值与人均能源消费之间的关系,表明存在着从经济增长到能源消费的单向格兰杰因果关系^[17]; A. E. Akinlo(2008)分析了非洲 11 个国家和地区经济增长与能源消费之间的关系,发现加纳、肯尼亚、塞内加尔和苏丹存在能源消费对经济增长的单向格兰杰因果关系,冈比亚、加纳和塞内加尔存在经济增长与能源消费的双向格兰杰因果关系^[18]; Jude C. Eggoh 等人(2011)通过研究发现能源消费减少会降低国民经济的增长^[19]; Ozge Kandemir Kocaaslan(2013)对美国从 1968~2010 年之间的实际 GDP、最终能源消费和主要能源消费数据进行分析,结果表明最终能源消费和主要能源消费总量对美国经济具有显著的预测意义^[20]; Muhammad Shahbaz、Saleheen Khan、Mohammad Iqbal Tahir(2013)通过对中国 1971~2011 年的相关数据进行分析,结果表明存在能源消费到经济增长的单向格兰杰因果关系,金融发展和能源消费以及国际贸易和能源消费之间存在双向格兰杰因果关系,同时资本和能源需求、金融发展和经济增长以及国际贸易和经济增长两两之间也都存在双向格兰杰因果关系^[21]。国内学者在实证方面的研究成果有:黄敏、赫英(2006)研究得出能源消费增加在一定程度上能引起经济的增长,但劳动力水平的提高对经济增长的影响最大^[22];汪旭晖、刘勇(2007)的研究表明在短期内我国经济增长与能源消费之间存在波动关系,但是从长远来看,经济增长与能源消费之间存在着长期稳定的均衡关系,并且存在从

能源消费到经济增长的单向格兰杰因果关系^[23]；王火根、沈利生（2008）通过采用 Granger 面板因果关系检验，结果表明：能源消费是经济增长的单向格兰杰因果关系^[24]；杨宜勇、池振合（2009）利用 ECM 误差修正模型分析了中国从 1952~2008 年的能源消费与国内生产总值的数据，结果表明在长期中国的经济增长与能源消费保持均衡且两者互为格兰杰因果关系^[25]；张欣欣、刘广斌、蔡璐（2011）通过格兰杰因果关系检验、协整检验与误差修正模型分析得出我国的经济增长对能源消费存在着显著的单向格兰杰因果关系^[26]；马颖（2012）运用马尔科夫区制转移向量自回归（MS-VAR）模型对我国从 1978~2010 年间的经济增长与能源消费之间的关系进行了实证研究，结果表明经济增长与能源消费之间的关系会随状态不同而发生改变^[27]；马宏伟、刘思峰等人（2012）研究表明从长期来看，存在经济增长到能源消费的单向格兰杰因果关系^[28]；吕钦（2013）研究表明，能源消费是经济增长的单向格兰杰原因，但能源消费结构与能源消费、经济增长之间并没有表现出格兰杰因果关系^[29]；段树国、龚新蜀（2013）研究表明，在 1952~2009 年期间新疆维吾尔自治区存在从经济增长到能源消费的单向格兰杰因果关系^[30]；宋宇辰等人（2015）采用了灰色关联理论探索了内蒙古自治区能源消费过程中的经济关联因素，结果表明内蒙古自治区的能源消费受经济增长因素影响较大^[31]；针对丝绸之路经济带上的西部六省进行聚类分析，得出了西部六省经济发展的差异所在，并提出了相关的经济发展建议^[32]；温蕊等人（2015）则更加具体地针对内蒙古自治区某煤矿的地质环境影响因素，对该煤矿的环境影响力进行评价^[33]。

综上所述，国内外学者分别从基础理论与实证研究两个方面对能源消费与经济增长之间的关系进行了研究，可以得出能源与经济之间具有密切的联系，能源消费以及结构的变动都会对经济产生不同程度的影响，能源消费与经济增长之间存在一定的格兰杰因果关系，并且可以明确得出能源消费对经济增长具有一定的促进作用。

1.2.1.2 能源与环境的关系

随着社会的不断发展和可持续性发展观念的提出，人们逐渐认识到保护环境的重要性。人类社会的发展渐渐走出了只关注经济发展的误区，并开始关注经济发展带来的一些问题，比如环境恶化、资源枯竭、生态破坏等，从而以综合环境系统来评价某段时期的社会发展的优劣性。资源环境问题的研究是一个集理论性与应用性于一体的课题，国内外学者针对这个方面展开了多方面的研究，并在解决自然资源开发利用与保护及环境污染等方面的问题取得了较大的成效。

1990 年，英国环境经济学家 D. Pearce 与 R. K. Tume 在《自然资源和环 境经济学》中首先提出“循环经济”的概念。进入 20 世纪 80 年代以后，资源的枯竭和环境问题更加严重，资源、环境问题引起了各国政府和研究机构的重视。20

世纪 80 年代末 90 年代初以来,随着可持续发展的推行,发达国家把发展循环经济与建立循环型社会作为实现能源、经济、环境协调发展的重要途径。在世界环境与发展委员会撰写的报告《我们共同的未来》中探讨了通过高效管理来实现资源的高效利用、再生与循环问题^[34]。

张友国(2007)不仅分析了内蒙古自治区的能源发展史以及能源对于内蒙古自治区经济社会发展的贡献,同时还分析了能源主要是煤炭在开采和发电过程中产生的环境污染问题,最后对内蒙古自治区的能源发展提出了建设性的意见^[35]。

杨嵘、王祎(2009)通过分析陕西石油资源开发的约束及产生的环境问题,如大气污染、地表水和土壤污染等,提出了从资源约束和环境保护两个方面的相关对策^[36]。

沈萍、朱国伟(2011)通过与第一、第二产业相比,江苏省第三产业环境破坏程度较弱,但是仍不容忽视,进而分析了第三产业环境污染的特点与原因,最后提出要加强对环境投入以及提高重视程度等方面的相关建议^[37]。

邢丽霞等人(2012)通过分析我国在优先发展东部、进而开展西部大开发、振兴东北老工业基地、崛起中部的经济发展格局下,开发模式通常以快速的工业化与城镇化为主体,最终导致国土资源和环境逐渐受到不同程度的破坏,生态管理与保护意识较薄弱^[38]。

王亚男(2013)分析了以煤炭为主的资源型城市的地质灾害、地表侵蚀、废弃资源排放等方面的环境问题,并以安徽淮南为例,说明了在开发水资源和煤炭资源时相互矛盾又相互依存的关系,得出了平衡能源开发过程中的生态环境与人类社会关系的解决方法^[39]。

宋宇辰(2015)针对呼和浩特市构建了能源-经济-环境 3E 协调评价体系,采用协调度评价模型,对呼和浩特市 2005~2012 年的 3E 系统做出纵向协调发展评价,结果表明呼和浩特市 3E 系统的协调发展水平处于较高级的协调状态^[40]。

综上所述,国内外学者通过对能源与环境方面的关系研究,得出能源与环境之间存在密不可分的关系,煤炭、石油等自然资源在开发利用方面都会对环境产生一定程度的破坏,造成不同程度的地质灾害,废水、废气、废固的污染等问题,因此要大力解决自然资源开发利用与保护及环境污染等方面的问题,这对于能源的利用、经济的发展、环境的保护以及可持续发展也会起到至关重要的作用。

1.2.1.3 能源与人口的关系

人口问题包括人口总数、人口出生率、人口死亡率和人口结构等各个方面,人口的每一次变化都会对能源、经济、生态等各个方面造成重大的影响,世界各国的学者逐渐开始致力于能源与人口的研究。人口数量的增加显然会增加能源消费量,给能源安全带来一定的压力,进而对经济发展、社会稳定、生态平衡都会

产生影响。能源资源的调配以及供需平衡的调控等都需要考虑人口问题所带来的影响,因此,分析清楚能源与人口之间的作用机理对于能源-经济-环境-人口之间的关系,具有重要的作用。

20世纪70年代初,丹尼斯·L·梅多斯分析了世界人口、能源消费等因素之间的关系及变动的规律,并模拟建立了“世界末日模型”,得出的结论为:世界人口在以一个较高的增长率增长,而且能源的消费速度也非常快,假如世界接下来一直保持这样的人口增长率与能源消费速度不变的话,世界的资源将会面临快速耗竭的危机^[41]。学者从投入产出的角度得出:韩国家庭对能源密集型产品的需求是导致能源消费与二氧化碳排放上升的重要因素。

张雷、蔡国田(2005)通过研究世界人口与世界能源人均消费、中国人口发展情况与能源消费,预测了中国未来人口和能源供应保障未来的趋势,提出了我国必须继续实施严格的国家人口控制政策、最大限度实现能源国际化、努力增强国民的人口发展意识以及科学制定国家能源安全战略与发展计划等建议^[42]。

王桂新、刘旖芸(2005)首先对上海市人口增长情况以及能源消费特点与发展态势进行分析,并进一步建立了上海市能源消费总量与人口增长的多元回归模型,最终由模型结果得出人口增长与能源消费具有很强的正相关关系并且能源消费增长速度明显快于人口增长速度,由此说明上海市未来人口增长会促进能源消费的更快增长^[43]。

夏泽义、张炜(2009)基于协整理论和格兰杰因果关系理论研究了我 国能源消费与人口、经济等的长期动态关系,并运用误差修正模型拟合了能源消费与人口、经济等的短期调整过程,最终得出人口规模与能源消费间的长期均衡关系对短期波动的调整力度较少,并且通过多次的估计与检验,发现只有人口规模的误差修正项对能源消费量有显著的长期均衡误差控制,因此要继续控制人口的增长从而来减轻能源供求的压力^[44]。

邢小军、孙利娟、周德群(2011)利用格兰杰因果检验以及协整分析等方法分析了1994~2008年间我国的能源强度与总人口数和人口结构之间的相互影响关系,得出短期内总人口数、城镇人口比例的变化对能源消费有着比较大的正向影响,而人口年龄结构对能源消费则为反向影响且影响的程度较低^[45]。

张文玺(2013)通过构建1990~2010年中国、韩国、日本三国的能源消费面板数据库分析了影响三国的能源消费的因素,结果表明人口因素对能源消费的影响比GDP的影响要大得多,而且日本人口对能源消费的影响最大,其次是韩国,而中国人口对能源消费的影响则呈现出了负相关^[46]。

综上所述,国内外学者通过对人口因素与能源消费的关系问题进行分析研究,得出人口的数量、增长速度、城镇人口比例等因素对能源的消费具有比较大的影响,人口结构与能源供应保障方面的研究对科学制定国家能源安全战略与发

展计划具有重要的理论依据与现实意义。

1.2.2 能源需求研究现状

能源是社会发展与人类生存的重要物质基础,同时也是当今各国在政治、经济、军事、外交方面关注的重点。国外真正对于能源问题进行系统的研究始于20世纪70年代,而国内学者对于能源消费理论研究始于20世纪80年代之后,比国外的研究晚了十年左右。基于国际形势与国内经济发展的需要,我国学者们越来越重视能源问题的研究。由于能源问题已经上升到了国家安全战略的高度,近些年来逐渐演变成了敏感的国际政治、经济与外交方面的问题,甚至成为了发动现代战争最根本的目的。同时能源消费与生产所引发的环境问题也已受到世界各国的普遍关注,并且纷纷采取了一定的保护与防护措施。因此,了解能源需求的研究现状以及对能源需求进行合理的预测是正确制定能源规划的依据与基础。

1.2.2.1 国外研究现状分析

真正引起人们对能源消费问题进行系统全面的研究是始于1973年所爆发的第一次“石油危机”。在此之前,能源一直仅仅被看作是生产原材料的一部分,并没有引起人们以及政府足够的重视,更不会深入探究能源消费需求与经济发展之间的相互关系以及对能源需求进行科学的预测。在此之后,能源问题才逐渐引起了学术界的广泛关注。

Hiroyuki (1997) 通过对多个国家1980~1993年期间的相关数据进行分析,得出人均能源消费与城市人口比例之间存在正相关关系^[47]。M. Franco、D. Blanco等(2006)运用协整理论对相关数据进行了协整分析与平稳性检验,建立了误差修正ECM模型,并对Venezuelan电力系统从2004~2024年的电力需求进行了科学的预测^[48]。Yetis Sazi Murat、Halim Ceylan(2006)利用神经网络预测法建立了GDP、人口、年均行车千米数和交通能源需求之间的模型,并对土耳其的交通能源需求量进行了科学合理的预测^[49]。A. Azadeh、S. F. Ghaderi等(2006)将遗传算法与人工神经网络方法相结合对伊朗农业部门1981~2005年期间的电力能源需求进行了实际预测,结果表明实际数据与预测结果的平均绝对误差比很低^[50]。M. Ghanbarian、F. Kavehnia等(2007)运用自适应神经网络模糊推理系统对时间序列进行了适应性训练,建立了适用于复杂电力系统的中长期预测模型^[51]。Hossein Iranmanesh等(2012)提出了一种称为HPLLNF的长期能源预测模型,并将此模型运用于三个不同的长期能源需求预测的案例研究中^[52]。

1.2.2.2 国内研究现状分析

A 能源需求影响因素研究

经过学者们的不断研究发现,影响能源需求的主要因素包括经济增长、社会