



上海高校智库

上海财经大学公共政策与治理研究院

公共政策与治理智库论丛

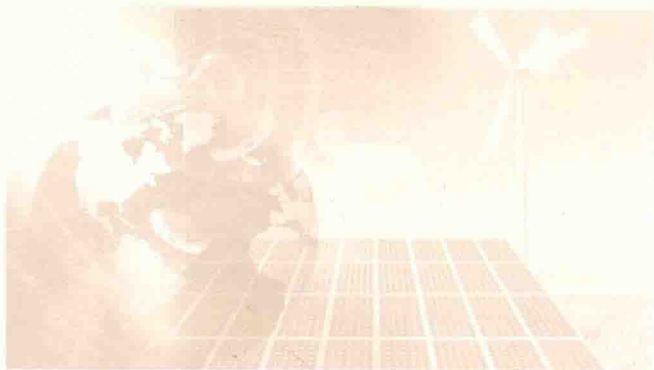
蔡春光 著

NENGYUAN YAOSU TIDAI

JI TANSUI ZHENGCE

XIAOGUO FENXI

能源要素替代 及碳税政策效果分析



经济科学出版社
Economic Science Press

教育部人文社会科学研究青年基金项目

《碳税对能源需求及二氧化碳排放量影响的实证研究》（项目号：10YJC790008）资助



上海高校智库

上海财经大学公共政策与治理研究院

公共政策与治理智库论丛

蔡春光 著

NENGYUAN YAOSU TIDAI

JI TANSUI ZHENGCE

XIAO GUO FENXI

能源要素替代 及碳税政策效果分析



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

能源要素替代及碳税政策效果分析/蔡春光著. —北京:
经济科学出版社, 2016. 4

(公共政策与治理智库论丛)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6766 - 5

I. ①能… II. ①蔡… III. ①节能 - 税收政策 - 研究 -
中国 IV. ①F812. 422

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 065037 号

责任编辑: 周秀霞

责任校对: 靳玉环

责任印制: 李 鹏

能源要素替代及碳税政策效果分析

蔡春光 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

787 × 1092 16 开 17.5 印张 340000 字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6766 - 5 定价: 49.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)

总 序

成立于2013年9月的上海财经大学公共政策与治理研究院，是由上海市教委重点建设的十大高校智库之一。通过建立多学科融合、协同研究、机制创新的科研平台，围绕财政、税收、医疗、教育、土地、社会保障、行政管理、公共治理等领域，组织专家开展政策咨询和决策研究，致力于以问题为导向，破解中国经济社会发展中的难题，服务政府决策和社会需求，为政府提供公共政策与治理咨询报告，向社会传播公共政策与治理知识，在中国经济改革与社会发展中发挥“咨政启民”的“思想库”作用。

作为公共政策与治理研究智库，在开展政策咨询和决策研究中，沉淀和积累了大量研究成果，这些成果以决策咨询研究报告为主，也包括论文、专著、评论等多种成果形式，为使研究成果得到及时传播，让社会分享研究成果，我们将把研究成果以系列丛书方式出版。

现在，呈现在我们面前的“公共政策与治理智库论丛”是整个公共政策与治理研究丛书的一个系列。本论丛是由研究院专职和兼职研究人员，围绕我国经济发展、社会进步、体制改革所涉及的重大理论和实践问题，进行长期跟踪研究积累，完成的政策与治理研究报告或专著。

推进公共政策与治理研究成果出版是公共政策与治理研究院的一项重点工程，我们将以努力打造政策研究精品和研究院品牌为己任，提升理论和政策研究水平，引领社会，服务人民。

胡怡建

2014年10月15日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 中国能源消费现状	1
第二节 中国经济增长与能源消费	21
第三节 中国能源利用效率现状	34
第二章 要素替代的概念及其形成机理	69
第一节 要素替代的概念	69
第二节 要素替代的形成机理	70
第三节 生产要素之间相互替代的历史演变规律	70
第四节 价格是要素替代的主要推动力	72
第五节 技术决定要素替代能力	76
第三章 要素替代相关理论	87
第一节 资本与能源替代和互补关系理论分析	87
第二节 要素替代对能源效率影响的理论分析	94
第三节 要素替代对经济发展影响的理论分析	97
第四章 要素替代弹性种类与估计	102
第一节 要素替代弹性类别	102
第二节 影响替代弹性估计因素	110
第三节 资本与能源替代与互补关系实证研究综述	115
第五章 碳税政策及国际实践	122
第一节 碳税政策及其理论基础	123
第二节 各国碳税政策设计	125



第三节	税收设计目的和原则	131
第四节	税基选择	133
第五节	税率选择	134
第六节	税收减免	135
第七节	税收总量	141
第八节	税收用途	142
第九节	碳税的减排效果	143
第十节	中国碳税政策的建议	146
第六章	能源替代弹性与能源需求	149
第一节	能源替代弹性估算	149
第二节	中国能源品种替代关系	152
第三节	中国生产要素替代关系	160
第四节	中国区域能源品种替代关系	168
第五节	中国区域生产要素替代关系	179
第六节	中国工业能源品种替代关系	190
第七节	中国工业生产要素替代关系	195
第八节	中国制造业行业能源替代关系	199
第九节	中国制造业行业生产要素替代关系	208
第七章	碳税对能源需求及二氧化碳排放的影响分析	217
第一节	碳税政策减排效果的机理	217
第二节	碳税政策对能源价格的影响	218
第三节	碳税政策对区域碳排放的影响	221
第四节	碳税政策对中国工业行业碳排放的影响	227
第五节	碳税政策对中国制造业行业碳排放的影响	228
第六节	政策效果及建议	255
附录：函数形式		257
主要参考文献		260

绪 论

人类活动对化石能源的大量需求所产生的二氧化碳是导致全球气候变化的重要原因，持续高强度的二氧化碳排放将加剧全球变暖和气候变化的趋势。因此减少二氧化碳排放、发展低碳经济成为世界各国的共识和必然选择，但是如何快速有效地向低碳经济转型，成为一个被广泛探讨的课题。

能源问题已经成为当今世界各国都高度关注的社会发展问题，能源作为国民经济发展的要素，既是经济发展的支撑，也是环境污染的根源。一方面，经济发展离不开能源投入，因此各国都将能源安全问题置于国家战略高度。20 世纪 70 年代的两次石油危机表明能源价格波动对经济体造成了严重冲击，能源对经济增长的约束，使得各国对非可再生能源的争夺愈发激烈。另一方面，能源投入促进增加发展的同时，也直接产生了环境污染，并对人类自身的生存环境产生不可忽视的威胁。温室气体排放导致全球气候变暖，生态环境持续恶化、自然灾害频发，不仅造成难以估量的经济损失，甚至对人类健康甚至生存构成了严峻挑战。节能减排、实现经济增长方式向更低碳的模式转型称为各国经济发展目标。

第一节 中国能源消费现状

我国经历 30 年经济的高速发展，但是由于高能耗的经济发展模式，使得我国对能源刚性需求不断增加。因此能源安全问题已经成为我国政府工作中重要的内容。由于我国受到资源禀赋、技术水平以及经济发展方式等条件的影响，我国未来能源问题存在很大的挑战。另外，随着经济发展中能源的需求增加，随之带来的二氧化碳、二氧化硫、悬浮颗粒物等大气污染物及温室气体排放量增加，对我国生态环境造成了严重的危害，不利于我国居民生活质量的改善甚至阻碍了我国经济可持续发展。

一、能源消费总量增长迅速

从 20 世纪 90 年代开始,我国经济取得了举世瞩目发展的同时,能源消费也迅速增长。图 1-1 显示了我国能源消费总量增长的趋势,大体上可以分为三个阶段:1990~2002 年我国能源消费总量稳步增长;2003~2007 年我国加入 WTO 后,经济发展迅速,随之能源总消费量快速增加,增长率达到 8%~15% 以上;2008~2012 年,总能源消费量趋缓,除 2011 年外,其他年份增长率小于 5%。2010 年我国能源消耗总量首次超过美国,成为世界能源消费第一的国家,并且随着经济的发展我国能源需求量仍然不断增加。国际能源署(IEA)发布《世界能源展望 2013》报告指出,中国将成为世界最大的能源消费国家和石油进口国。到 2035 年中国能源消耗总量将比当前水平增长 50%;人均能源需求增长 40%,达到与欧洲相同水平。能源需求的快速增加对我国能源安全问题提出了严峻考验。《世界能源统计年鉴 2015》世界各国地区一次能源消耗量(见图 1-2),2014 年我国一次能源消耗量占亚太地区一次能源消耗量的 55.7%,超过欧洲地区整体一次能源消耗量,占世界一次能源消耗量的 23%。

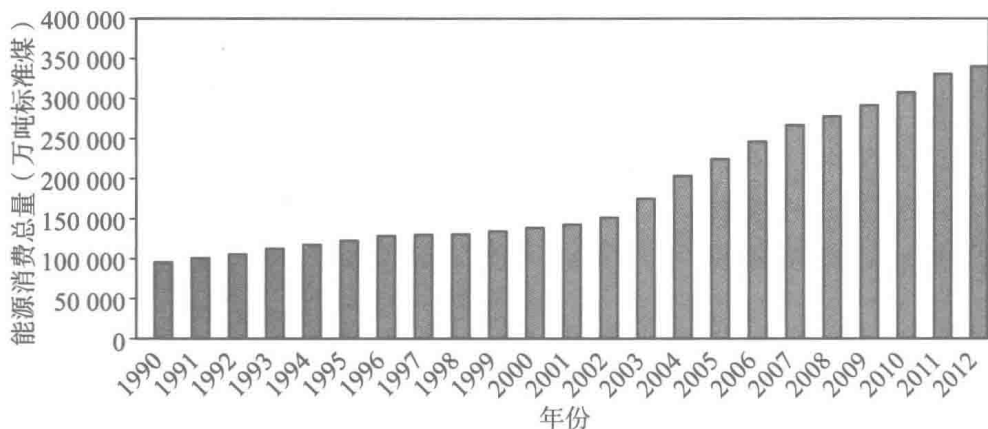


图 1-1 中国能源消费总量

资料来源:历年《中国能源统计年鉴》。

与日益增长的能源需求相对应的我国的能源储量和生产量不足,我国化石能源储量状况总体可以概括为富煤、贫油、少气。截至 2014 年底,我国石油探明储量为 18.5 亿桶,仅占全球总储量的 1.1%,位列世界第 13 位;我国煤炭资源探明储量为 1 145 亿吨,占全球总储量的 12.8%,仅次于美国、俄罗斯排列世界

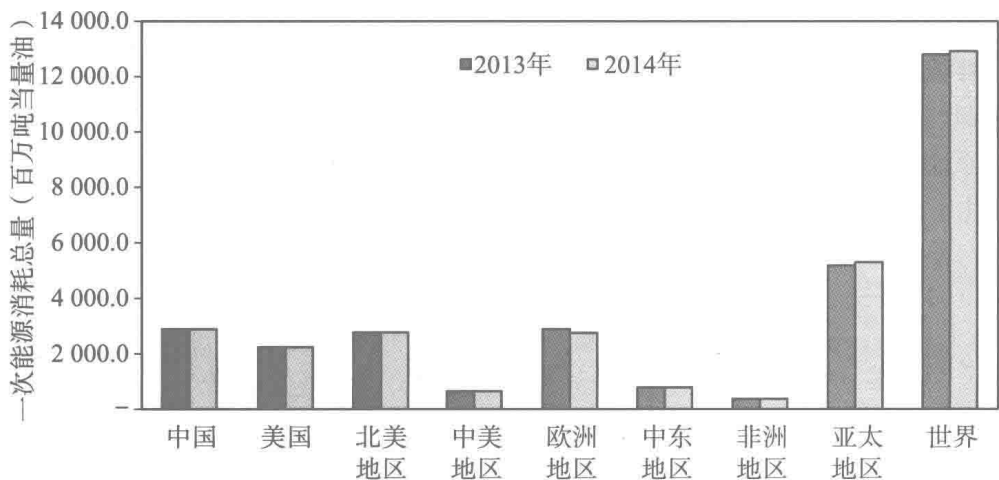


图 1-2 世界各国（地区）一次能源消耗总量

资料来源：《世界能源统计年鉴 2015》。

第三位；我国天然气资源探明储量也较为贫乏，3.5 万亿立方米，仅占世界总储量的 1.8%。我国能源资源探明量人均仅有 135 吨标准煤，相当于世界人均量的 51%。其中，煤炭、石油、天然气的人均占有量分别为全球平均水平的 79%、65% 和 6.1%。图 1-3 列出历年我国能源生产总量与能源消耗总量之间的关系，可以看出总体上我国能源生产总量小于能源消耗总量，并且近年来差距逐渐加大。

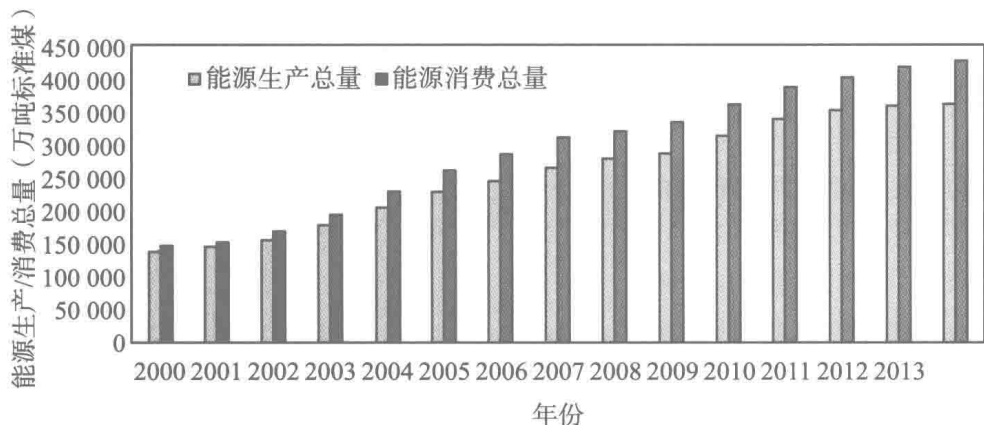


图 1-3 中国能源生产与消费总量

资料来源：历年《中国统计年鉴》。

中国能源安全的核心内容是石油供应安全。自从 1993 年我国成为石油净进口国以来，石油对外依存度逐年攀升。2009 年我国原油对外依存度已经高达

52%左右，超过了50%的国际警戒线。并且对外依存度逐年增加2012年我国原油对外依存度超过57%（见图1-4）。研究预测我国2020年的原油对外依存度将达到63%~70%。大量的原油进口，不仅迫使我国每年支付经济发展成本，同时，原油价格在国际市场上的波动，也必将对我国经济发展与社会稳定造成巨大的冲击。对我国长期推行的国际能源战略提出严峻考验。

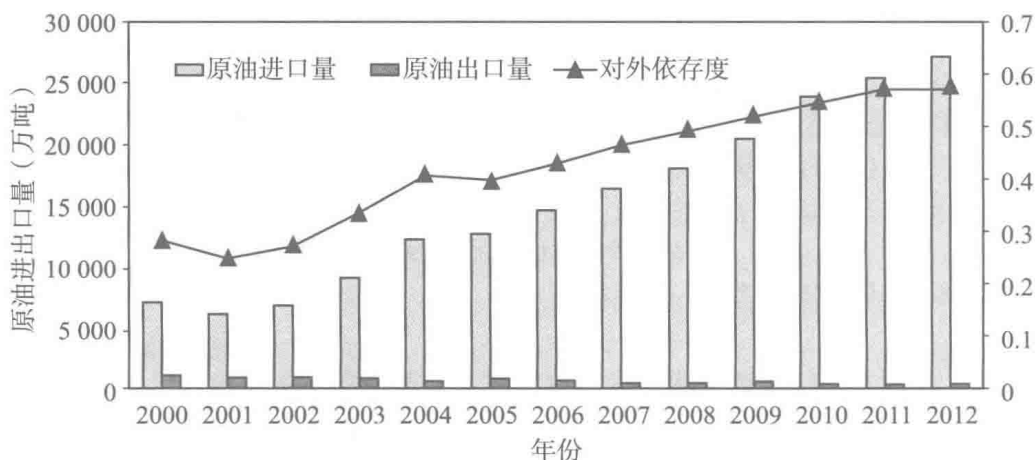


图1-4 中国原油进口、出口量以及对外依存度

注：对外依存度按净进口量除以消费量计算。

资料来源：历年《中国统计年鉴》。

二、能源消费消费结构不合理

长期以来，中国能源消费存在的结构问题十分突出，能源消费一直以煤炭为主，洁净能源供给和需求不足（见表1-1）。从表1-1中可以看出，煤炭消费量平均占到了总能源消费量的63.6%以上，而石油、天然气及水电、核电和风电所占平均比重仅分别为18.3%、3.2%和7.0%。在2013年，煤炭消费量占全年能源消费总量的比重为59.4%，石油比重为16.6%，天然气比重为5.2%，水电、核电和风电比重为8.8%。

此外，从表1-1中各能源比重变动趋势来看，我国能源消费结构有所改善，但是总体上变化不大，仍然是以煤炭为主，清洁能源所占比重很小。煤炭和石油消费比重下降，清洁能源消费比重略有上升。煤炭消费从2000年比重68.5%下降到2013年比重59.4%，下降了约10个百分点，下降趋势比较缓慢。石油消费略有下降，减少了约5个百分点。天然气以及水电、核电和风电等清洁能源的消费比重仅分别上升了3和2.5个百分点。这说明在未来的很长一段时间内，煤炭仍然会是我国的主要消费能源，能源结构亟待进一步优化，特别是清洁能源的推

广和使用力度需要大力加强。我国具有较大的风电、太阳能发电潜力，2014 年底累积风电发电能力占世界风电发电能力的 30.7%。太阳能发电能力占世界太阳能发电能力的 12.9%。今后应该大力解决清洁能源发电电网输送、稳定性，以促进和推广清洁能源的使用，改善我国的能源结构。

表 1-1 中国能源消费结构趋势

年份	能源消费总量 (万吨标准煤)	煤炭消费比例 (%)	石油消费比例 (%)	天然气消费比例 (%)	水电、核电、风电 消费比例 (%)
2000	146 964	68.5	22.0	2.2	6.3
2001	155 547	66.0	21.1	2.3	7.3
2002	169 577	63.9	21.0	2.3	6.9
2003	197 083	65.1	19.8	2.3	6.1
2004	230 281	64.4	19.7	2.3	6.2
2005	261 369	63.9	17.9	2.3	6.1
2006	286 467	64.2	17.4	2.6	6.1
2007	311 442	64.0	16.9	3.0	6.1
2008	320 611	63.9	16.6	3.4	7.0
2009	336 126	64.2	16.3	3.6	7.1
2010	360 648	61.3	17.1	4.0	7.7
2011	387 043	61.5	16.7	4.5	7.2
2012	402 138	59.9	16.9	4.7	8.5
2013	416 913	59.4	16.6	5.2	8.8

资料来源：历年《中国统计年鉴》。

从世界范围来看，2014 年全球平均煤炭消费比重约为 30%，而主要发达国家和地区这一比例在 20% 左右（见表 1-2）。亚洲经济比较发达的日本和韩国煤炭消费比重分别为 27.7% 和 31%。在新兴经济发展体中我国与印度和南非的煤炭消费比重接近，南非煤炭消费比重占 70%，印度煤炭消费比重占 56.5%。但南非和印度的能源总消耗量远远低于中国，分别是中国能源总消耗量的 10% 和 30%。通过与世界其他国家和地区相比，我国的能源消费结构明显不合理。在世界能源消费中，液态和气态能源消费已经占到了 60% 以上，而这一比例在我国仍不足 30%。我国的能源消费结构过度依赖着化石燃料能源，这必然将严重影

响我国能源的可持续利用以及经济的可持续发展战略。

表 1-2

2014 年世界各国能源结构

单位：%

国别	石油	天然气	煤炭	核能	水电	其他可再生能源
美国	36.4	30.2	19.7	8.3	2.6	2.8
加拿大	31.0	28.2	6.4	7.2	25.8	1.5
巴西	48.2	12.1	5.2	1.2	28.2	5.2
澳大利亚	38.7	21.5	8.3	0.0	24.9	6.5
法国	32.4	13.6	3.8	41.5	6.0	2.7
德国	35.9	20.5	24.9	7.1	1.5	10.2
英国	36.9	31.9	15.7	7.7	0.7	7.0
南非	23.0	2.9	70.6	2.9	0.2	0.5
中国	17.5	5.6	66.0	1.0	8.1	1.8
印度	28.3	7.1	56.5	1.2	4.6	2.2
日本	43.2	22.2	27.7	0.0	4.3	2.6
韩国	39.5	15.7	31.0	13.0	0.3	0.4
俄罗斯	21.7	54.0	12.5	6.0	5.8	0.0
世界平均	32.6	23.7	30.0	4.4	6.8	2.5

资料来源：《世界能源统计年鉴 2015》。

我国以煤炭、石油占能源消费总量的 80% 左右，这两种能源具有不可再生性，以 2009 年我国煤炭和石油的生产量计算，上述两种能源可开采年限分别约为 39 年和 11 年（估算未考虑两种资源的可能新增的探明储量，也未考虑随着经济发展而导致需求量增大）。因此需要找到成本合理、供应量充足的替代能源，或者在能源节能技术上取得重大突破，才能保证我国能源供应安全，实现经济可持续发展。此外，我国自然资源分布状况使得在地理空间上，煤炭资源丰富地区与能源需求中心呈现不一致。需要通过大规模的输送以实现煤炭的区域供需平衡，这给我国道理交通运输系统造成了巨大的压力。

三、能源消费的环境污染问题

化石能源燃烧是中国大气污染物的主要来源。据估计，我国二氧化硫排放量的 90%、烟尘排放量的 70% 以及氮氧化物排放量的 67% 均来自于煤炭的直接与间接使用。上述污染物排放对我国生态环境乃至国民健康状况均造成了严重危

害。据世界银行的一份研究报告，由于受大气污染的影响，我国每年约有 17.8 万人过早死亡。同时，在 2005 年检测的 319 个城市中，有近 45% 的城市大气环境质量达不到二级标准。因此以煤炭为主的高碳能源造成的环境污染问题引起了各方面高度关注。

化石能源消耗对环境最突出的影响仍是大量温室气体排放所引起的气候变化，大气系统中温室气体含量的增加将导致全球平均气温的逐渐升高，气温的上升又会引起南北极和高海拔地区冰川的融化，进而导致海平面上升。此外，全球气温异常还会引发干旱、洪涝、飓风等极端灾害天气。

我国经济发展伴随着巨大的能源消费，另外我国能源消费结构中煤炭等化石能源在总能源消费量中所占绝大多数，清洁能源在总能源消耗中所占比重仅 10% 左右。从世界各国二氧化碳排放趋势图（见图 1-5），2000 年初美国是世界上二氧化碳排放量最高的国家，二氧化碳排放总量是我国的 1.8 倍，美国开展了

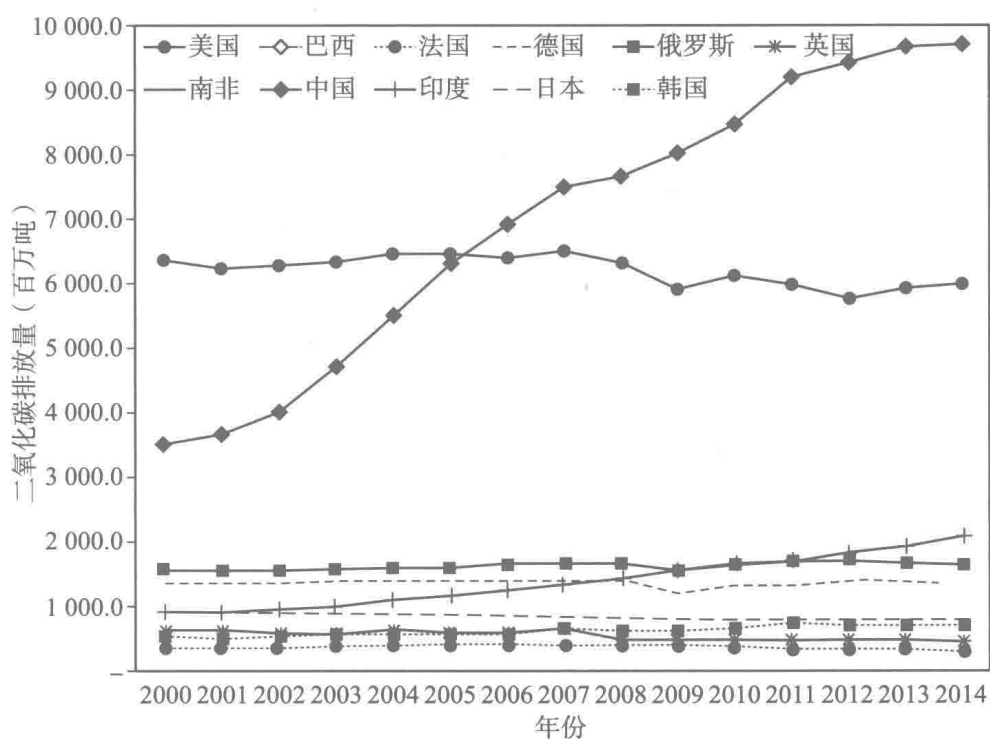


图 1-5 世界部分国家二氧化碳排放趋势

资料来源：《BP 世界能源统计年鉴 2015》。

一系列控制二氧化碳排放的政策，二氧化碳排放总量逐年降低。我国由于 2000 年经济仍然高速发展，因此二氧化碳排放总量一直快速增加，到 2006 年二氧化碳排放总量达到 6 925.9 百万吨，超过美国成为世界上二氧化碳排放最高的国家。随后我国不仅是二氧化碳排放量最高的国家，而且二氧化碳排放增速也是世界最高的国家，到 2014 年我国二氧化碳排放总量已经达到 9 761.1 百万吨，是二氧化碳排放总量第二美国的 1.6 倍。国际社会对温室气体排放的关注各国都在将控制二氧化碳排放作为重要的发展目标。经济发达国家二氧化碳排放增速大部分都低于世界平均二氧化碳排放增速 0.5%，甚至法国、德国、俄罗斯、英国、日本等国二氧化碳排放增速小于零。而新兴经济发展体由于经济快速发展等原因增速比较高，如印度增速为 8.1%、巴西增速为 4.1%。我国对降低二氧化碳排放作为国家发展战略非常重视，2014 年二氧化碳排放总量增速为 0.9%。但是由于我国二氧化碳排放总量比较高，2014 年我国二氧化碳排放量占整个世界排放量的 27.5%，超过世界第二大排放国美国约十个百分点，远远超过世界其他国家的排放量。

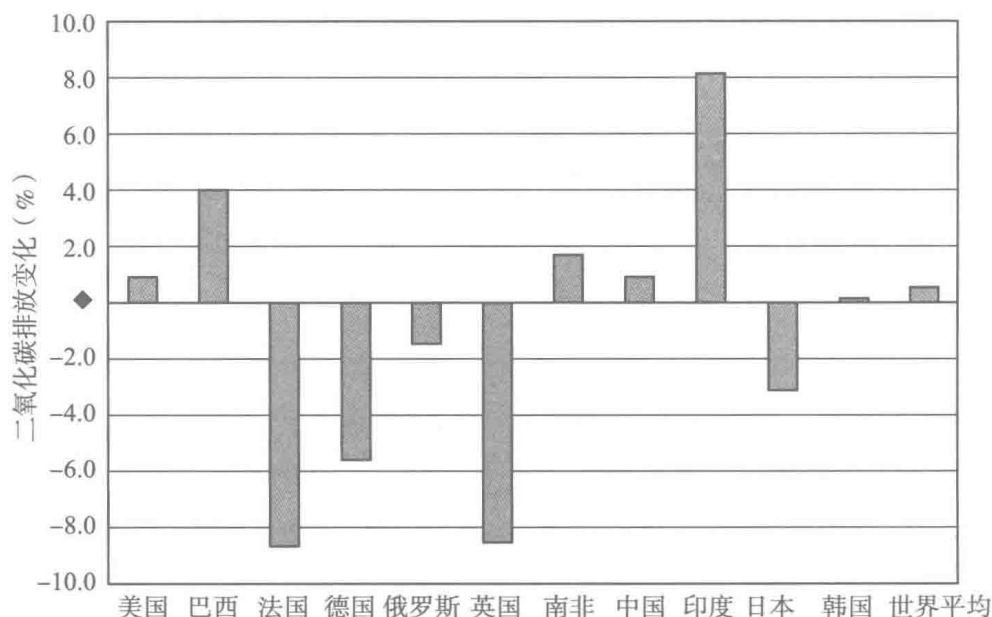


图 1-6 2014 年各国二氧化碳排放增速

资料来源：《BP 世界能源统计年鉴 2015》。

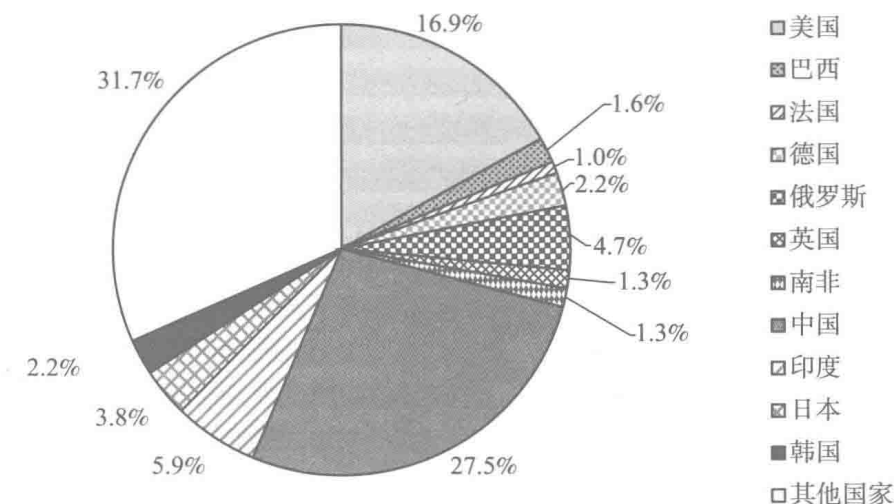


图 1-7 2014 年世界各国二氧化碳排放比重

资料来源：《BP 世界能源统计年鉴 2015》。

四、能源消费区域行业差异性明显

我国由于各地区经济发展水平、产业结构等差异，能源消费存在明显的差异，从 2012 年 30 个省市能源消费总量数据分析（见图 1-8），山东省、河北省、广东省、江苏省、河南省能源消费总量居于全国前五位。经济最发达省市中，北京能源消费总量最低，广东省最高，上海市居于中间。能源消耗量最多的省份如山东省、河北省是能源消费最低省份如海南省、青海省的 10 倍以上。我国各省市经济发展水平和主要支柱产业差异导致我国实行节能减排和经济稳定发展要充分考虑到政策对各省市可能产生的影响，并给予适当的差异化政策。从各省市能源消耗总量的发展趋势分析，各省市 1995 ~ 2012 年间能源消耗总量年均增速（见图 1-9），增速最快的省份是宁夏回族自治区、海南省、青海省、福建省、重庆市、山东省年均增速都超过 20%。年均增速最快的省份中既有能源消耗总量低的省份如宁夏回族自治区、海南省、青海省，也有能源消耗总量最高的省份山东省。经济发达的上海、北京年均增速分别是 9.37% 和 6.07%，这两个城市经济发展的同时，产业转型合理，比较好的实现经济低碳化发展。尤其是 2010 ~ 2012 年间能源年均增速（见图 1-10），北京市和上海市年均增速分别降为 1.61% 和 0.82%。而近两年新疆维吾尔自治区能源总销量年均增速最快达到 21.36%，而从整体上我国节能减排的工作还是取得一定成效，2010 ~ 2012 年各省市能源消耗总量年均增速明显低于 1995 ~ 2012 年各省市能源消耗年均增速。

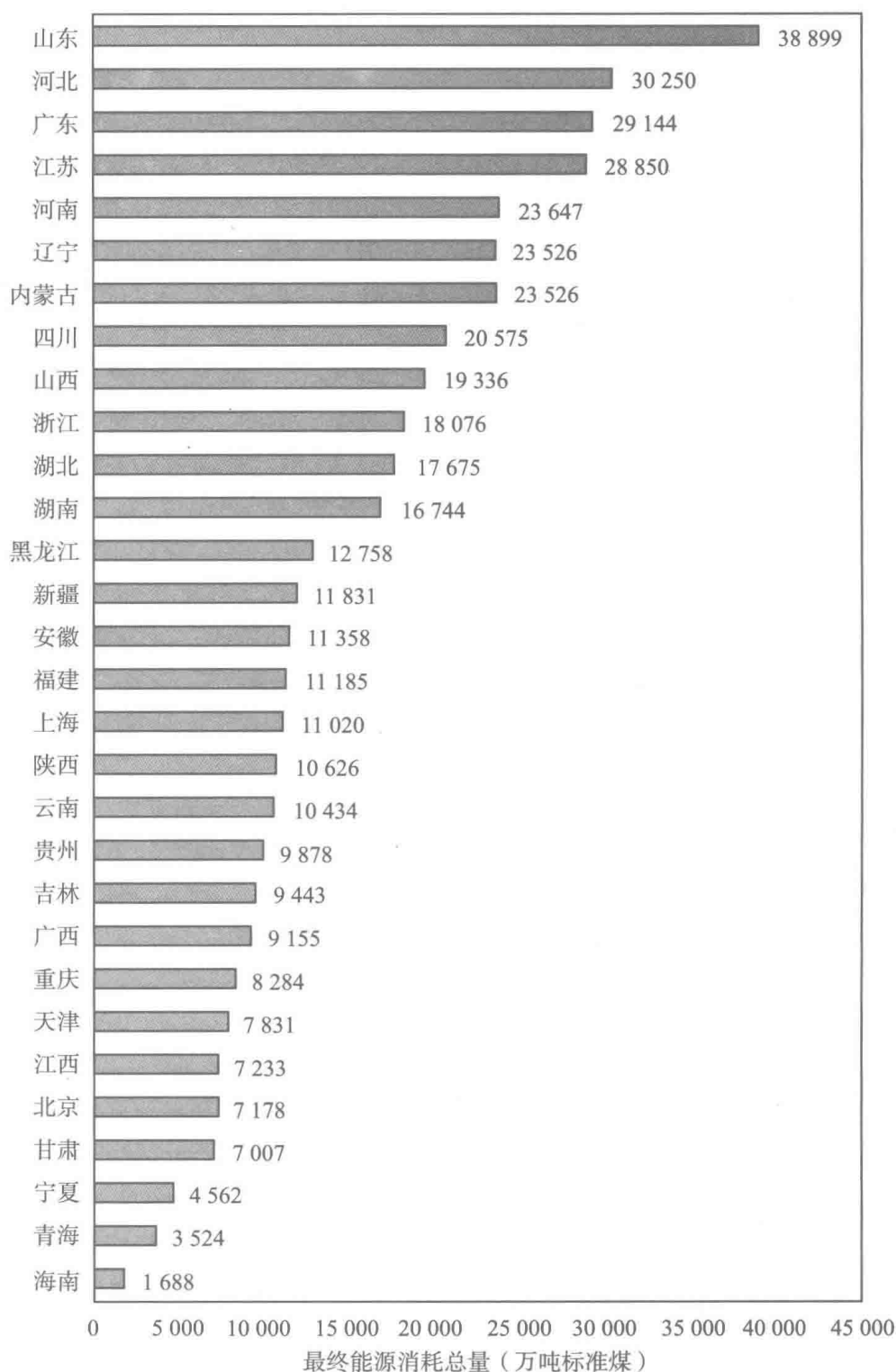


图 1-8 2012 年全国各省市最终能源消耗总量

资料来源：《中国能源统计年鉴 2013》。

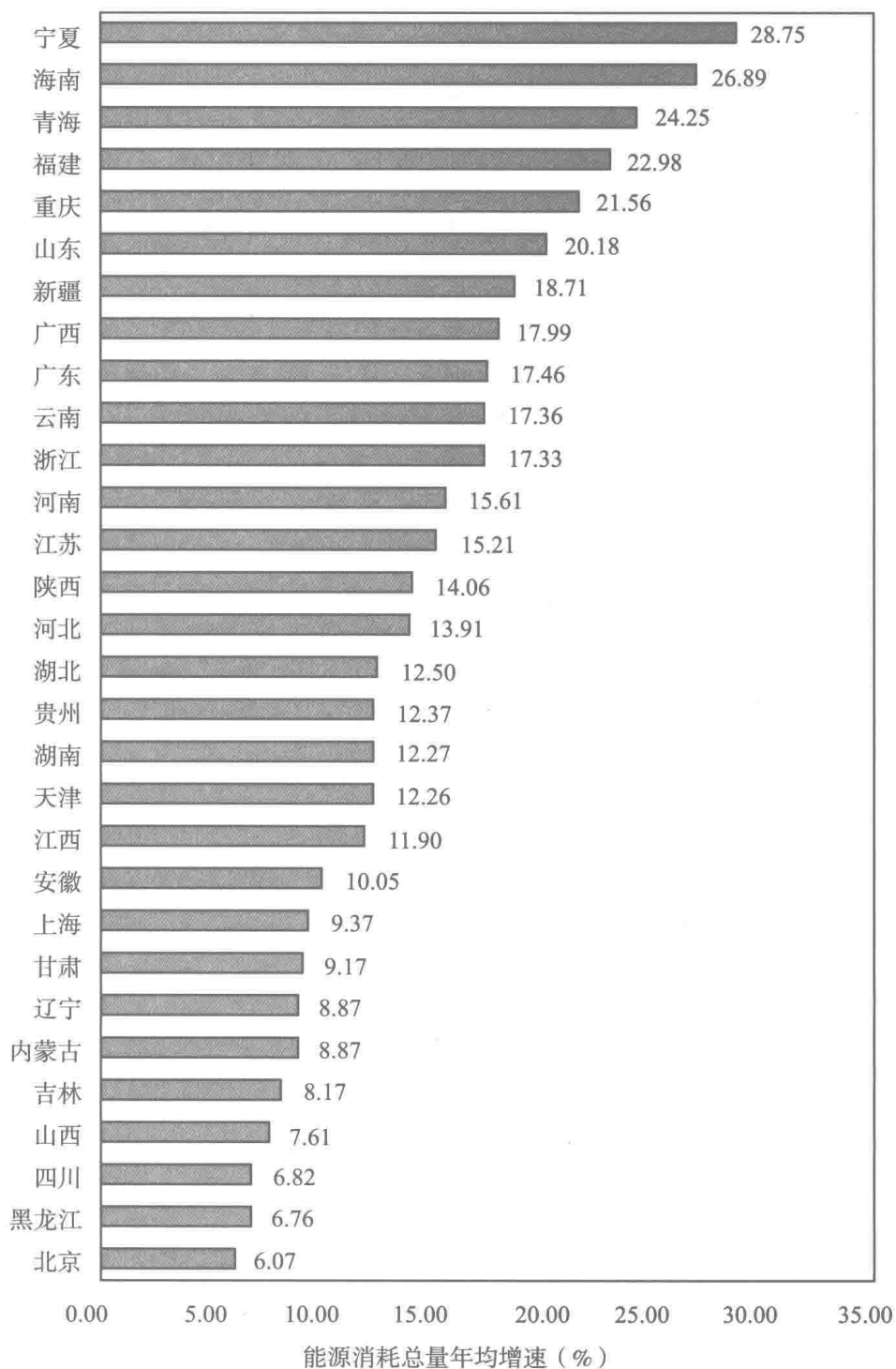


图 1-9 中国各省能源消耗总量年均增速 (1995 ~ 2012 年)

资料来源：历年《中国能源统计年鉴》。