教育部哲学社会科学系列发展报告

MOE Serial Reports on Developments in Humanities and Social Sciences

2011 中国能源发展报告

China Energy Outlook 2011

林伯强 主编

清华大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

第 1 章　中国能源需求趋势展望 …… 1
1.1　全国篇 …… 1
1.2　广东篇 …… 7
1.3　河南篇 …… 11
1.4　山东篇 …… 18
1.5　浙江篇 …… 24
1.6　辽宁篇 …… 30
1.7　安徽篇 …… 35
1.8　山西篇 …… 41
1.9　福建篇 …… 48
1.10　四川篇 …… 53
1.11　内蒙古篇 …… 59

第 2 章　低碳经济 …… 66
2.1　低碳经济与低碳产业 …… 66
2.2　新兴的低碳产业 …… 74
2.3　中国传统产业低碳化的发展 …… 106

第 3 章　低碳技术 …… 118
3.1　低碳技术概述 …… 118
3.2　清洁能源 …… 119
3.3　高效火力发电技术 …… 140
3.4　碳捕获与储存 …… 156
3.5　能源供应系统 …… 162
3.6　总结 …… 175

第 4 章　低碳城市 …… 179
4.1　指标体系 …… 179
4.2　规划 …… 191
4.3　交通 …… 207

4.4 建筑 …… 227

第 5 章 低碳生活模式 …… 245

5.1 低碳消费 …… 245

5.2 低碳出行 …… 265

5.3 节能意识 …… 279

第 6 章 低碳物流 …… 301

6.1 低碳物流相关内容 …… 301

6.2 低碳运输 …… 314

6.3 低碳配送 …… 334

6.4 绿色包装 …… 342

第 7 章 各国低碳经济发展及政策对比 …… 347

7.1 各国低碳经济发展状况对比 …… 347

7.2 各国低碳经济政策对比 …… 354

7.3 各国低碳经济政策对中国的启示 …… 383

第 8 章 低碳政策工具 …… 398

8.1 碳交易概述 …… 399

8.2 碳排放权的交易市场——以配额为主的交易市场 …… 409

8.3 清洁能源发展机制(CDM) …… 423

8.4 碳税 …… 440

第 9 章 低碳能源 …… 458

9.1 低碳能源概述 …… 458

9.2 主要的低碳能源 …… 461

9.3 低碳能源的资源储量及其分布 …… 471

9.4 低碳能源的发展现状 …… 480

9.5 低碳能源的经济性 …… 494

附录 A 2010 年中国能源发展大事记 …… 517

附录 B 中国能源领域的相关数据 …… 525

第 1 章
中国能源需求趋势展望

本章对未来 10 年中国的能源需求趋势做出展望，具体包括中国一次能源需求、中国一次能源消费结构、中国能源强度、中国二氧化碳排放量、中国碳强度、中国电力需求和中国电力消费结构等的预测。报告运用协整模型，考虑经济增长率、产业结构、能源价格、城市化水平等因素，同时假设不同经济增长情形，预测了中国能源需求。同时报告基于马尔科夫分析法，分有无目标约束的两种政策情形，分析和预测了中国一次能源消费结构和电力消费结构。报告还将针对全国 10 个代表性省份辽宁、山西、河南、内蒙古、安徽、四川、山东、浙江、福建、广东进行能源需求趋势的分析和预测。

1.1 全国篇

1.1.1 各变量的情景设置

《中国经济崛起对中国食物和能源安全及世界经济影响的预测》报告称，中国未来 20 年经济还将保持快速增长，国内生产总值(GDP)年均增长率在近 5 年将保持在 8%左右，2011—2015 年在 7%～8%，2016—2020 年在 6%～7%。结合近 5 年 GDP 的增长速度，我们将 GDP 的年均增长率分为高速、中速和低速三种情景(见表 1-1)。重工业在 GDP 中比例的假设根据国务院发展研究中心课题组对 2005—2020 年中国经济发展前景进行分析。城市化水平采用国家统计局和人口专家的预测：到 2010 年，城镇人口比例为 48%，2020 年达到 60%。能源效率指标采用单位工业能源产生的工业增加值来表示，根据历史变化设定。能源价格受经济、社会、政治、天气等很多不可预期因素的影响，同时中国能源价格还受到政府的管制，可预测性较差。加之在模型中价格的影响不显著，因此暂不考虑价格(见表 1-2)。

表 1-1 全国经济增长率情形设定 %

年份	高速	中速	低速
2011—2015 年	9.0	8.0	7.0
2016—2020 年	8.0	7.0	6.0

表 1-2 全国经济增长主要变量变化率的预测值 %

年份	城市化率	产业结构	能源效率
2011—2015 年	2.26	−0.22	2.80
2016—2020 年	2.26	−0.22	2.60

1.1.2 中国一次能源需求预测

2009 年，中国的一次能源消费达到 30.6 亿吨标煤，预计到 2020 年将增长到 48 亿吨左右。国际能源署(International Energy Agency，IEA)在《2010 年全球能源展望》(World Energy Outlook 2010)设定的新情景下，中国 2020 年一次能源需求为 45.1 亿吨标煤，与我们上述预测的低速情景相近。根据图 1-1 可以看出，中国的能源需求保持了较高的增长率，而且在不同的经济增速下，能源需求差异显著。较高的 GDP 增速需要更多的能源支撑。而且中国的人均能耗水平很低，一旦中国人均能耗快速增长，对于能源的需求将会激增，中国在未来较长时期内面临的能源形势将更加严峻。

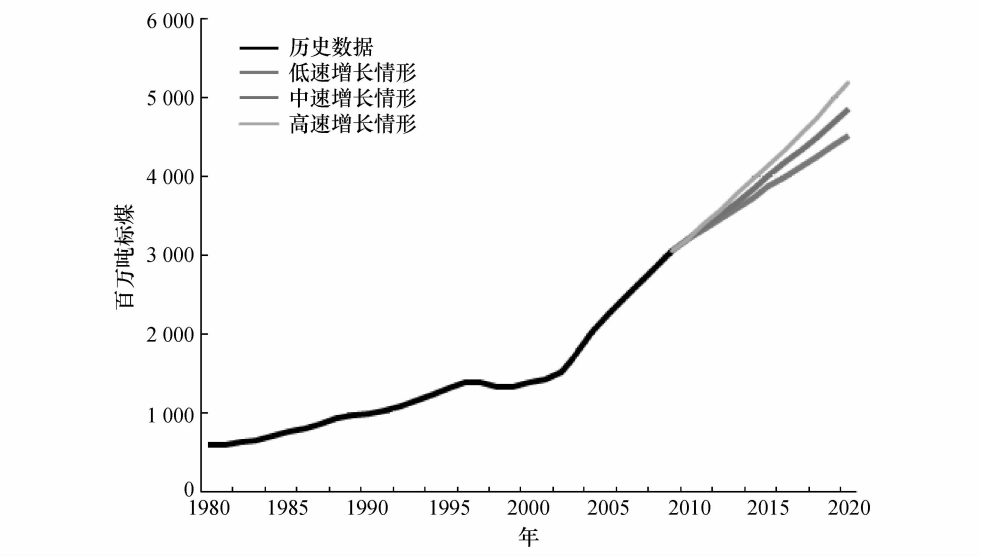


图 1-1 2020 年中国一次能源需求预测

1.1.3 中国一次能源消费结构的预测

中国的资源禀赋和煤炭的价格优势决定了中国长期以煤为主的能源消费结构，但煤炭的消费会导致更多的二氧化碳排放。虽然中国政府已经开始注意引导能源结构的多元化发展，但近几年来中国一次能源消费结构并未出现显著的多元化发展。如果没有政策引导，中期内中国以煤为主的一次能源消费结构不会有所改变。如果有一定的政策引导，煤炭比例会有所下降，可再生能源在能源消费中的地位将会明显上升。但是，即使在

需要全本请访问 www.ertongbook.com

能源规划下，2020 年煤炭消费比例仍高达 64%，这说明目前中国对能源消费结构的调整力度还不够，政府需要加强对可再生能源的支持力度，具体如图 1-2 所示。

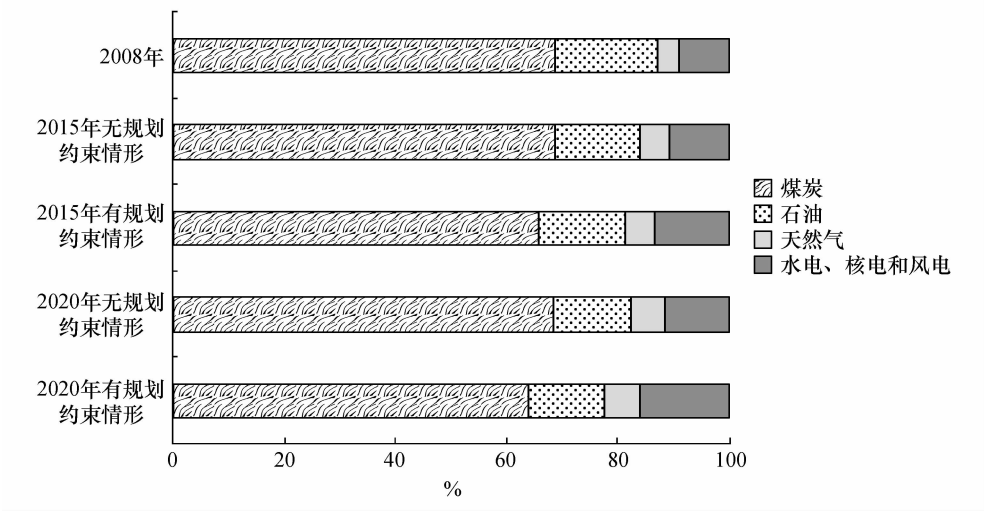


图 1-2　2020 年中国一次能源消费结构的预测

注：无能源规划目标的约束，即在自发状态下，根据历史数据预测的消费结构；有能源规划目标的约束，即根据国家发改委公布的《可再生能源中长期发展规划》，2020 年一次能源中核电、风电、水电及其他可再生能源的比例合计大约在 16%左右。其中有个假定为：国家能源政策引导主要针对水电、核电、风电及其他可再生能源制定，可再生能源的份额增加由煤炭份额减少来补充，石油和天然气依然按照固有的转变趋势。

1.1.4　中国化石燃料二氧化碳排放量预测

2006 年，中国超过美国成为二氧化碳排放最多的国家，中国面临着来自国际的巨大减排压力。二氧化碳排放的预测结果（见图 1-3）表明：第一，高经济增长伴随着能源的高消费和高排放。在有约束的情形下，预计 2020 年我国在经济增速较高情形下的二氧化碳排放比经济增长较低时多约 15 亿吨。第二，即使在能源规划下能源消费结构得到调整，二氧化碳排放的增速减缓，其排放量仍呈上升趋势。第三，不同能源消费结构下的二氧化碳排放量差异巨大，说明通过调整能源消费结构来减少二氧化碳排放是有效的。虽然中国不可能实现排放总量的下降，但仍可以通过制定和执行更为严格的政策，减缓二氧化碳排放的增长速度。

国际社会应该公平地看待中国二氧化碳排放的增加。经济发展的先后已经造成了能源分配和环境污染的不公平。从西方开始工业革命的 1750 年到 1950 年两个世纪的时间里，发达国家化石燃料燃烧释放的二氧化碳占总排放的 95%。1950—2000 年，在一些发展中国家开始实现工业化的半个世纪里，发达国家的排放量仍占总排放量的 77%。中国从 1950 年到 2002 年，化石燃料燃烧排放的二氧化碳只占世界同期累计排放量的

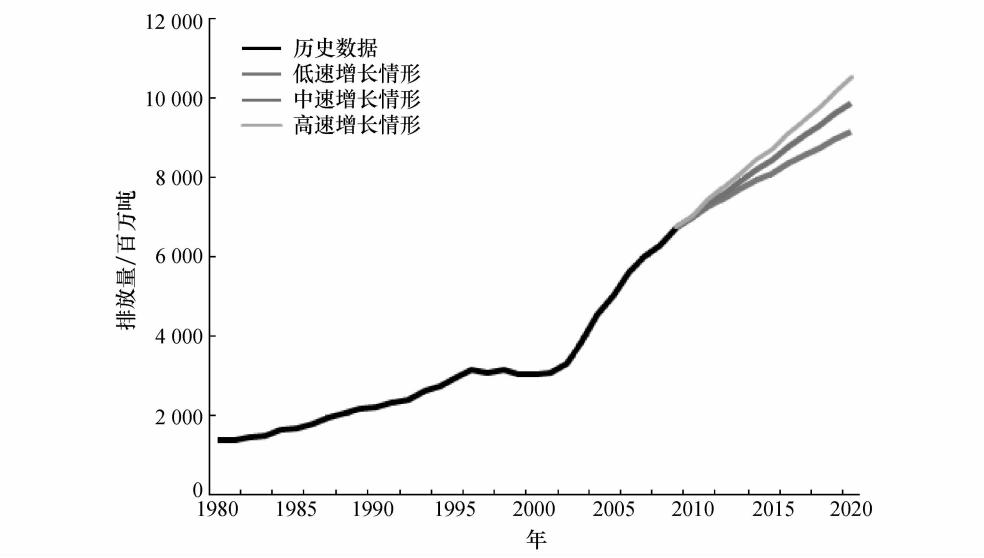


图 1-3　2020 年中国化石燃料相关的二氧化碳排放量预测

9.33%。因此，全球气候变暖主要是发达国家造成的。进一步说，中国目前的二氧化碳排放中有发达国家的“转移排放”。中国正处于经济持续高增长、城市化加快、工业重化凸显的发展阶段，而发达国家早已走过了这个阶段，因此两者在同一时间段的排放不具有可比性。事实上，中国政府一直都以积极的态度对待二氧化碳的减排。

1.1.5　中国电力需求预测

在中国进入中等收入国家之前(2020 年左右)，是中国高速城市化发展的阶段，同时也是刚性的能源电力需求阶段，电力消费将继续保持较高的增速。发达国家的经济发展历程表明，经济增长与电力需求增长基本保持 1∶1 的关系。图 1-4 的三种情景也说明，经济增长越快，电力需求也增长越快。2010 年，中国的电力消费量为 4.17 万亿千瓦时，预计到 2020 年，电力需求将翻一番，达到 8 万亿千瓦时左右。

1.1.6　中国电力结构预测

在电力需求预测总量不变的前提下，有规划与无规划两种情景相比，火电比例明显下降，而核电和其他可再生能源的比例明显上升，水电的变化相对较小，核电和风电等的发展主要表现为对火电的替代。由于发电用煤占全部煤炭消费的一半左右，这意味着，调整电力结构将对促进节能减排有显著作用。但图 1-5 的分析也表明：即使加快核电与可再生能源的发展，中国以火电为主的电力结构仍将持续相当长的一段时间。

从中国目前发电的一次能源条件来看，煤炭资源相对丰富而且煤炭发电的成本比较低。相比之下，核电与其他可再生能源虽然相对清洁，但目前的发电成本还比较高。因此，如果不考虑资源稀缺和环境影响的外部成本，由于火电的成本较低，风电、太阳能等

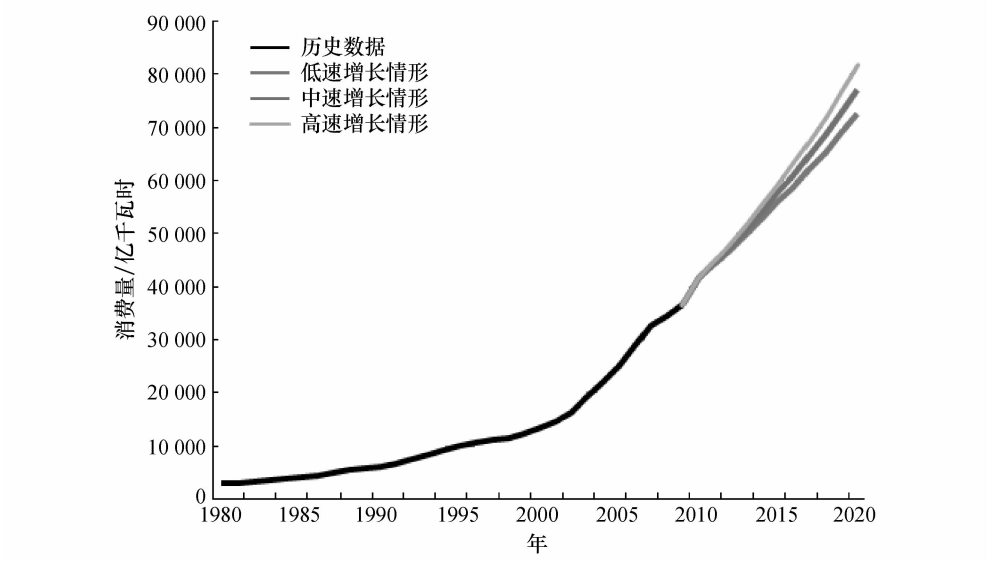


图 1-4　2020 年中国电力消费量预测

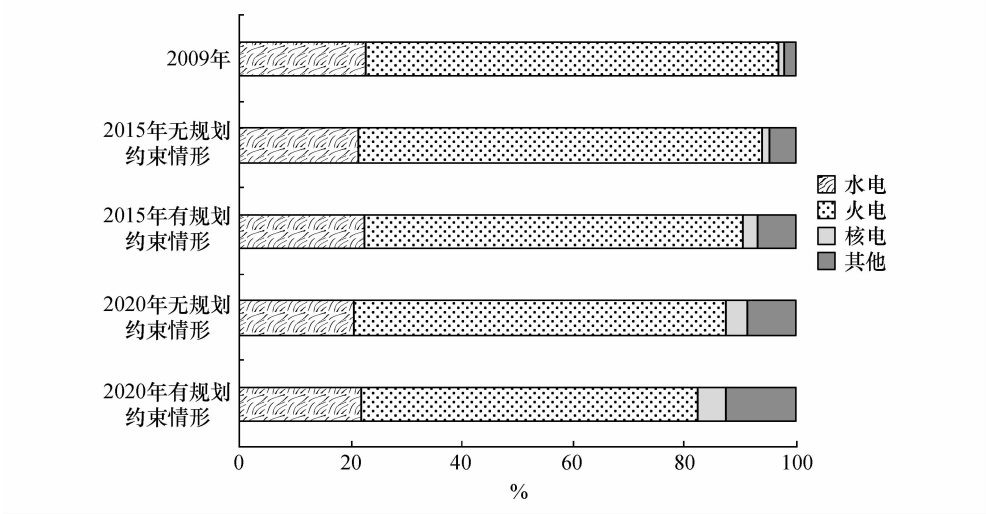


图 1-5　2020 年中国电力结构预测

可再生能源很难与其竞争。要加快可再生能源的发展，需要政府给予一定的政策扶持，出台能够体现资源和环境外部成本的、更加合理的电价机制。

1.1.7　中国能源强度的预测

中国的能源强度整体呈逐渐下降的趋势，但近 10 年的下降速度有所减缓，而且在 2002 年之后一度出现反弹，呈上升趋势，在 2005 年达到近几年的顶点。之后由于国家有效的节能减排政策，能源强度开始下降。根据图 1-6 可以看出，在低、中、高三种经济增

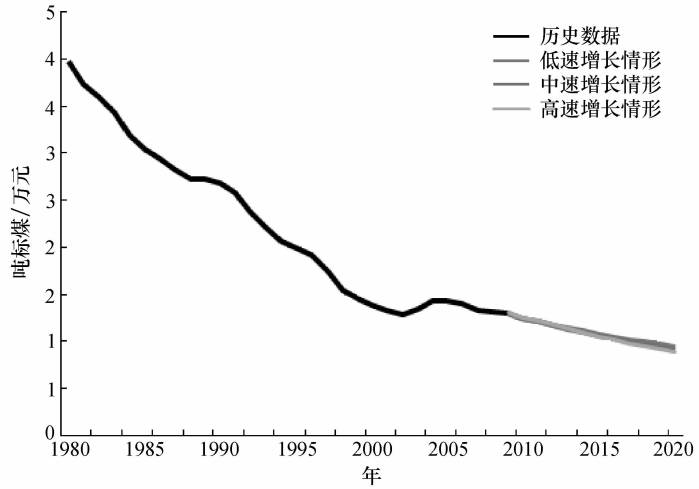


图 1-6　2020 年中国能源强度预测

速下，能源强度的走势一致，但在经济较高水平下的能源强度稍小。这说明工业化以及城市化发展是导致能源强度上升最根本的原因。要降低能源强度，关键是降低重工业的比例，提高能源利用效率。

1.1.8　中国碳强度的预测

中国的碳强度整体也呈逐渐下降的趋势，其走势基本与能源强度一致（见图 1-7）。这是因为 GDP 碳强度计算的是一国在一定时期内二氧化碳排放量与国内生产总值之比。相对于能源强度而言，碳强度也受能源效率影响，但主要受能源结构的影响。由于

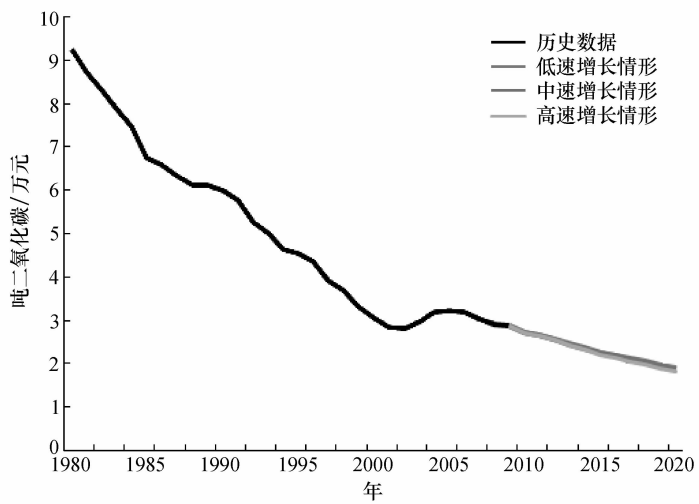


图 1-7　2020 年中国碳强度预测

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中国的能源消费结构长期以煤为主，而且化石能源约占一次能源总消费的 90%，二氧化碳主要由化石能源燃烧造成，所以碳强度和能源强度的趋势基本一致。2009 年，中国政府提出到 2020 年单位 GDP 碳排放（碳强度）要在 2005 年的基础上下降 40%～45%的目标，要实现该目标，关键是调整能源消费结构。本报告的预测显示，2020 年碳强度较 2005 年下降 43%左右，基本可以完成政府减排的目标。

1.2　广东篇

1.2.1　各变量的情景设置

广东省在全国各省份经济发展中始终保持领先水平，本报告假设未来广东省经济仍保持较快的增长趋势，但增速较历史有所回落。和全国情形划分类似，根据广东省未来不同的经济增长率，我们将分为高速、中速、低速三种情形进行预测（见表 1-3）。按照《珠三角改革发展规划纲要》要求，到 2020 年，广东省城镇化水平应达到 85%。2009 年广东省的城市化率已经达到 63%，假设 2010 年到 2020 年年均城镇化增长 2.7%，这样到 2020 年，广东省的城镇化率将达到 85%。到 2009 年，广东省第三产业在 GDP 中的比重已经占到了 46%。根据《珠三角改革发展规划纲要》的要求，到 2020 年广东省三产的比重将达到 60%。1985—2009 年，广东单位工业增加值能耗下降了 385%，年均降低了 5.8%，其中 2001—2009 年，单位工业增加值的能耗年均降低了 3%。考虑到未来随着能源价格的提高以及各种对高耗能产业的控制措施的逐步落实，保守估计广东省能源效率按照年均 3%的速度提高，具体如表 1-4 所示。由于价格的决定涉及储量、政策、市场偏好、替代能源等多种因素，同时由于我国能源价格还没有完全市场化，价格的决定仍受到政府的管制，很难对其进行预测，因此，本节假设 2010—2020 年的能源价格水平保持不变。

表 1-3　广东省经济增长率情形设定　%

年份	高速	中速	低速
2011—2015 年	10.7	10.0	7.7
2016—2020 年	9.6	8.8	6.8

表 1-4　广东省经济增长主要变量变化率的预测值　%

年份	城市化率	产业结构	能源效率
2011—2015 年	2.64	2.30	3.00
2016—2020 年	2.64	2.30	2.80

1.2.2　广东省一次能源需求预测

预测结果显示，到 2020 年广东省一次能源需求分别为 4.4、4.1 和 3.2 亿吨标准煤。在经济低速增长的情况下，能源需求增长远低于高、中速情形下能源需求的增长幅度，这

说明经济增长的速度对能源需求有着显著的影响，较高的 GDP 增速需要更多的能源需求作为支撑（见图 1-8）。产业结构向低能耗、高附加值的轻工业和第三产业的结构调整是一个长期的过程，通过能源效率的提高和技术进步减少的能源消费不足以大幅度减少整体能源消费。

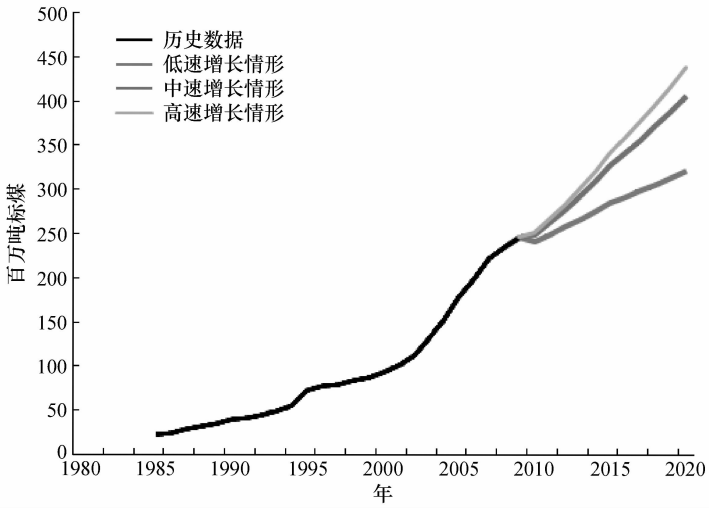


图 1-8　2020 年广东省一次能源需求预测

1.2.3　广东省一次能源消费结构的预测

根据马尔科夫模型的预测结果，按照一次能源消费结构目前这种变化趋势，到 2020 年，原煤份额将下降 8.29 个百分点，原油份额相应下降 7.05 个百分点，电力和天然气将会增加 9.5%，这本身就符合目前减少原煤和原油消费份额，增加可再生能源和天然气消费的整体一次能源消费方针，因此，对于有约束的情形不再另行预测。具体预测结果如图 1-9 所示。

1.2.4　广东省化石燃料二氧化碳排放量预测

根据预测结果显示，2020 年在经济高速增长情形下，广东省与化石能源相关的二氧化碳排放量约为 7.34 亿吨（见图 1-10）。这一排放量在中速增长情形中约为 6.8 亿吨，而在低速增长情形中，二氧化碳排放量降为 5.38 亿吨，较高速增长情形下降了 27%。

1.2.5　广东省电力需求预测

预测结果显示，在价格水平保持不变的情况下，到 2020 年广东省电力需求分别为 10 078、9 361 和 7 461 亿千瓦时，电力需求量预测走势如图 1-11 所示。在经济低速增长的情况下，电力需求增长远低于高、中速情形下电力需求的增长幅度，这说明经济增速的速度对能源需求有着显著的影响，较高的 GDP 增速需要更多的电力消费作为支撑。

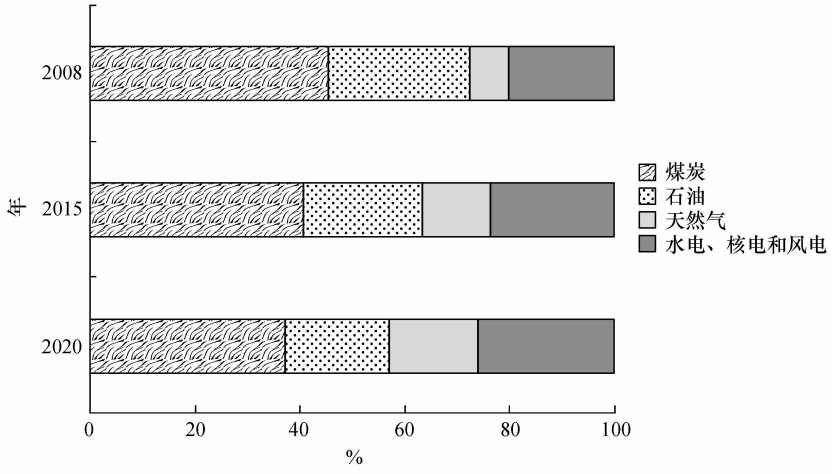


图 1-9　2020 年广东省一次能源消费结构的预测

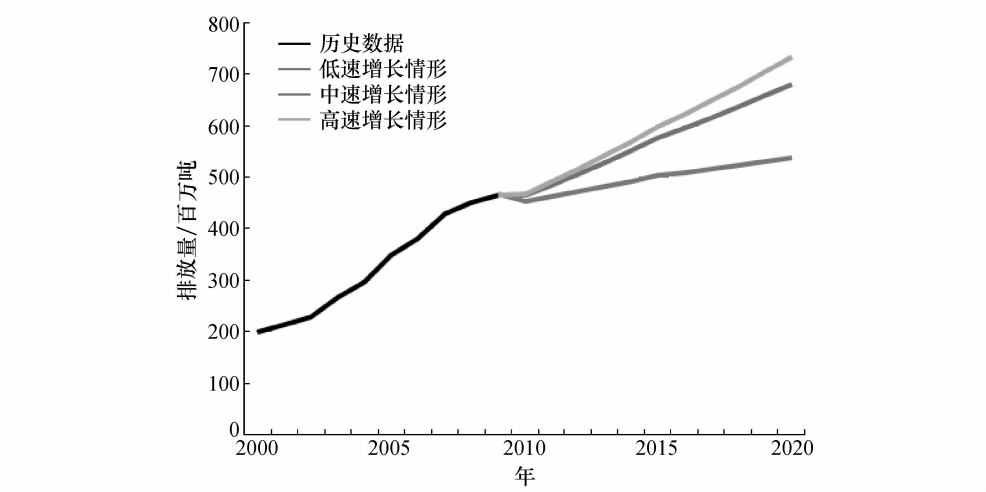


图 1-10　2020 年广东省化石燃料相关的二氧化碳排放量预测

1.2.6　广东省电力结构预测

在不考虑核电和可再生能源发电对水电及火电替代的政策环境下，根据马尔科夫模型的预测结果，按照电力结构目前这种变化趋势，到 2020 年，火电份额将上升 4.65 个百分点，水电份额相应下降 5.32 个百分点。在政府积极政策对电力结构的约束情形中，假设广东省的水电开发基本上接近水电经济可开发量，因此，水电比重将维持不变；核电比重将达到 8%，其他的份额将达到 2.8%，火电减少的份额都由核电和其他来弥补，在这种情况下，广东省 2010—2020 年的电力结构预测如图 1-12 所示。

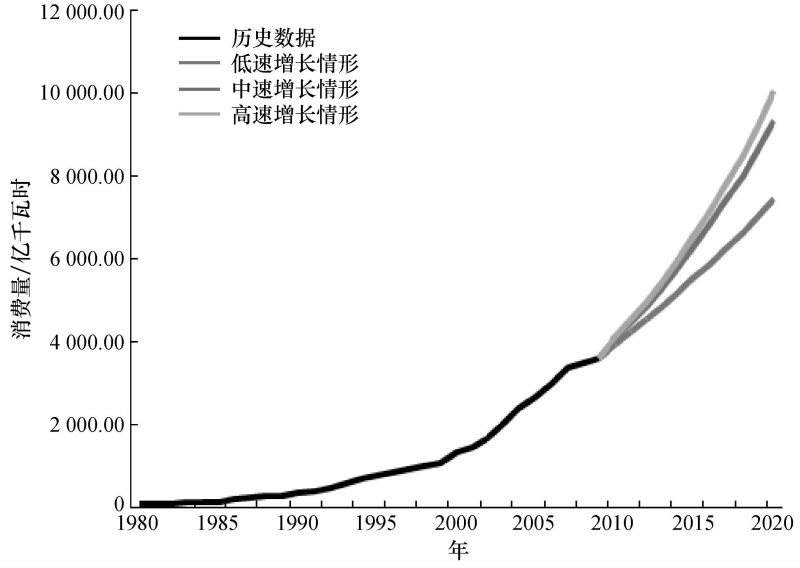


图 1-11　2020 年广东省电力消费量预测

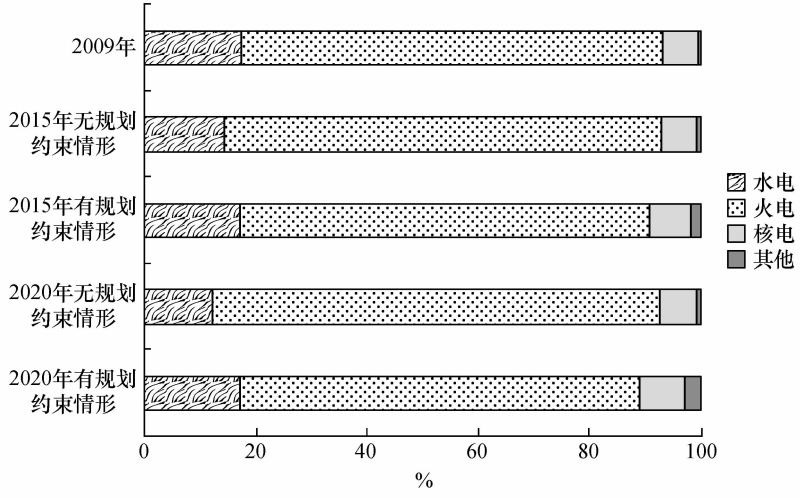


图 1-12　2020 年广东省电力结构预测

1.2.7　广东省能源强度的预测

根据广东省统计年鉴数据计算可以得到，2009 年广东省能源强度为 0.77 吨标煤/万元，而 2005 年广东省能源强度为 0.89 吨标煤/万元。从以上数据可以看出，2009 年广东省能源强度在 2005 年的基础上下降了 14%。

根据本节对广东省一次能源需求量的预测和 GDP 的预测，广东省未来 10 年的能源

强度下降情况如图 1-13 所示。不同 GDP 增长情形下，广东省能源强度三种情形差别非常小，原因在于 GDP 值相对于一次能源消费量数值较大，而且不同情形之间的 GDP 的差别相对于 GDP 的绝对值也非常小，以上原因导致了三种情形下的能源强度曲线非常接近。

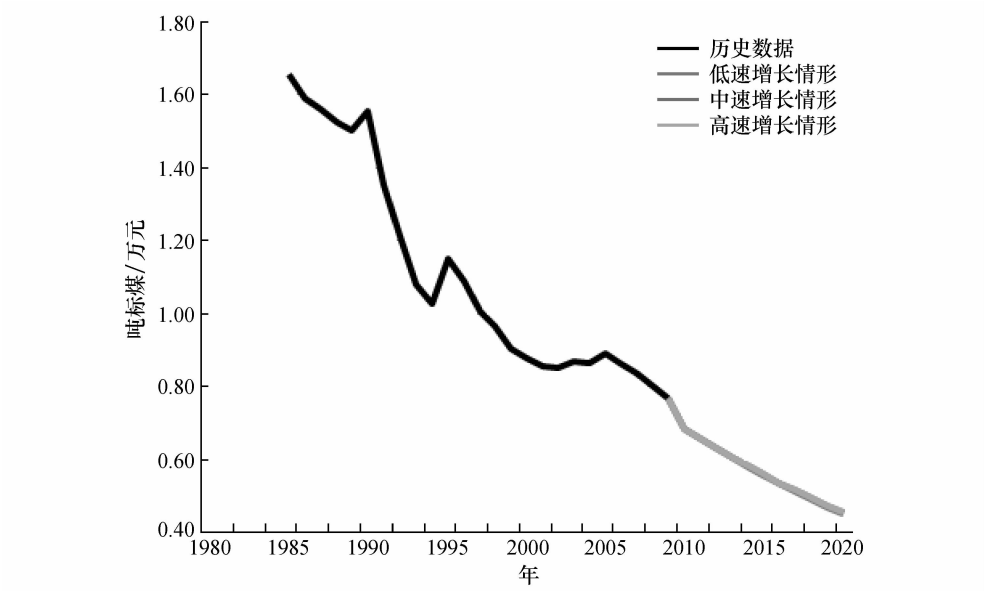


图 1-13　2020 年广东省能源强度预测

1.2.8　广东省碳强度的预测

从图 1-14 可以看出，广东省碳强度三种情形差别非常小，原因在于 GDP 值相对于二氧化碳排放值非常大，而且不同情形之间的 GDP 的差别相对于 GDP 的绝对值非常小；另外，由于一次能源结构是相对较优的，排放系数较高的煤炭和石油的比例都越来越小，因此，二氧化碳总量也相对较小，以上原因导致了三种情形的碳强度曲线非常接近。但是不论是哪一种情形，2020 年广东省单位 GDP 二氧化碳排放（碳强度）较 2005 年的水平均可以下降 56%，能够达到全国承诺的 2020 年碳减排目标。

1.3　河南篇

1.3.1　各变量的情景设置

2009 年河南省 GDP 达到了 19 480 亿元人民币，仅次于广东省、江苏省、山东省、浙江省，连续 5 年位居全国第五。1978—2009 年，河南省 GDP 年平均增长 11.3%，高出全国 GDP 平均增长速度（10%）1.3 个百分点。根据厦门大学中国能源经济研究中心《河南省能源经济和电力发展研究》的结果，在未来 30 年河南省经济始终保持增长趋势，但增速

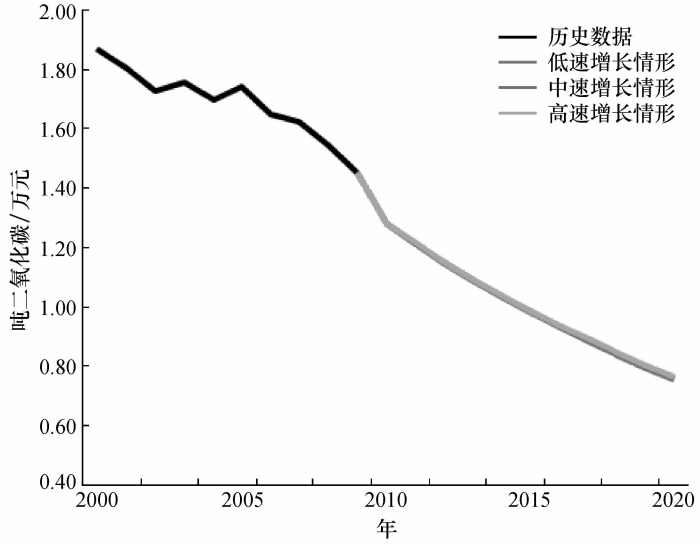


图 1-14　2020 年广东省碳强度预测

有所回落，其中 2011—2015 年 GDP 增速分高、中、低三种情形（见表 1-5），分别为 11%、10%、8%，2015—2020 年分别为 10%、9%、7%。关于产业结构的预测，根据发达省份产业结构演变规律（第一产业由 20%下降到 10%，广东省用了 9 年，山东省用了 10 年，江苏省用了 12 年，浙江省用了 10 年），假设到 2010 年河南省第一产业下降到 10%，第二产业达到最大值 57%，根据 1978—2009 年河南省建筑业在 GDP 中所占比重的均值，假设 2010—2020 年建筑业占 GDP 的比重为 5.5%，则到 2015 年，河南省工业占 GDP 的比重将会下降到 48.5%，2020 年下降到 47%。城市化水平的预测采用河南省“十一五规划”和河南省政府公布的《关于推进城乡建设加快城镇化进程的指导意见》，到 2010 年河南省城市化水平将达到 40%左右，到 2015 年达到 48%，本文假设 2015—2020 年河南省的城市化水平发展有所放缓，到 2020 年达到 55%。关于能源效率的预测，1978—2007 年河南省单位工业增加值的电耗减少了 104%，年均降低了 2.8%，其中在 1990 年—2007 年，单位工业增加值的电耗年均减少了 3.73%，但在 2000—2007 年，由于钢铁、冶金、建材、电力等高耗能产业的发展，河南省单位工业增加值的电耗仅降低了 0.86%，其中河南省在 2007 年由于重工业过快的发展，单位工业增加值的电耗非但没有下降，还出现小幅增加，考虑到未来随着能源价格的提高以及各种对高耗能产业的控制措施的逐步落实，保守估计河南省能源效率按照年均 2%的增速提高，具体见表 1-6。而能源价格，由于会受到储量、政策、市场偏好、替代能源等多种因素的影响，再加上我国能源价格还没有完全市场化，价格的决定仍受到政府的管制，很难对其进行预测，因此本节不对价格设定预测。

表 1-5　河南省经济增长率情形设定　%

年份	高速	中速	低速
2011—2015 年	11.0	10.0	8.0
2016—2020 年	10.0	9.0	7.0

表 1-6　河南经济增长主要变量变化率的预测值　%

年份	城市化率	产业结构	能源效率
2011—2015 年	1.6	−0.6	2.0
2016—2020 年	1.4	−0.3	2.0

1.3.2　河南省一次能源需求预测

预测结果显示(见图 1-15),在价格水平保持不变的情况下,河南省到 2020 年能源需求分别为 4.5、4.2、3.5 亿吨标准煤,相比于 2009 年能源消费量,增加了 128%、110%、78%,年均增长 7.8%、7.0%、5.4%。

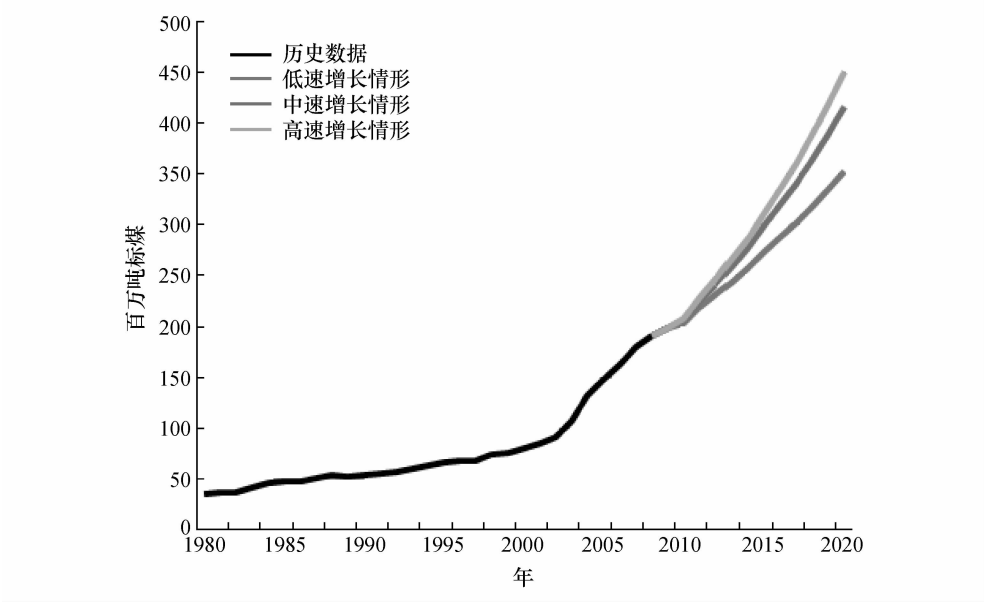


图 1-15　2020 年河南省一次能源需求预测

1.3.3　河南省一次能源消费结构的预测

河南省一次能源消费结构以煤炭为主。2009 年河南省煤炭消费量占能源消费总量的比例为 88.2%,显著高于全国 70.4%的平均水平。近年来,河南省虽然对石油、天然气及其他可再生能源的利用逐渐增加,但是煤炭消费在能源结构中的比重依然很高,这给能源资源和生态环境带来了很多问题。因此,转变能源消费结构,增加核电和其他可

再生能源的开发利用，将会有助于降低能源资源压力（这里指化石能源），提高能源利用效率和缓解环境压力。

在无规划情形下，依目前一次能源消费结构的变化趋势，2015 年，石油份额将会下降 1.24 个百分点，水电、风电等可再生能源会下降 0.59 个百分点，天然气会上升 0.3 个百分点，煤炭会上升 1.52 个百分点；到 2020 年，石油份额将下降 2 个百分点，天然气份额会上升 0.53 个百分点，水电等可再生能源会下降 0.91 个百分点，而煤炭的能源消费份额将会提高 2.49 个百分点。这一预测结果与河南省自身的资源状况是相关联的，同时也反映了近几年河南省一次能源消费结构仍然呈现出过度依赖煤炭消费的现象，中短期内河南省以煤为主的一次能源消费结构不会有显著改观。

在有规划的情形下，2009 年河南省水电装机达到 365 万千瓦，考虑到河南省水电继续开发的潜力已经比较小，因此我们预测 2020 年河南省水电的装机水平基本上会达到 400 万千瓦的水平；关于核电，目前河南省南阳核电厂已经列入国家核电项目，该核电厂规划建设 4 台百万千瓦级核电机组，2016 年 6 月，1 号机组投产，2 号机组将于 2017 年 3 月投产，因此，我们预测到 2020 年河南省投产的核电为 400 万千瓦；关于风电、秸秆发电，根据河南省“十一五”能源发展规划，2010 年河南省风电和秸秆等可再生能源发电装机将达到 50 万千瓦，其中风电装机 20 万千瓦，秸秆等生物质能发电 30 万千瓦，我们预测到 2020 年河南省风电装机将达到 50 万千瓦，秸秆等生物发电装机将达到 50 万千瓦。根据以上设定和各类能源的折算系数，我们可以计算出，到 2020 年河南省水电、可再生能源发电以及核电在能源消费中的比重将达到 3.51%。至于原油和天然气在能源消费结构中的比重，由于河南省油气资源比较匮乏，在能源规划缺失的情况下，本着优化能源结构的原则，我们假设河南省 2020 年原油将保持在 8%的水平，天然气消费比重将会上升到 5.00%。关于 2020 年河南省一次能源消费结构预测的具体情况，可参考图 1-16。

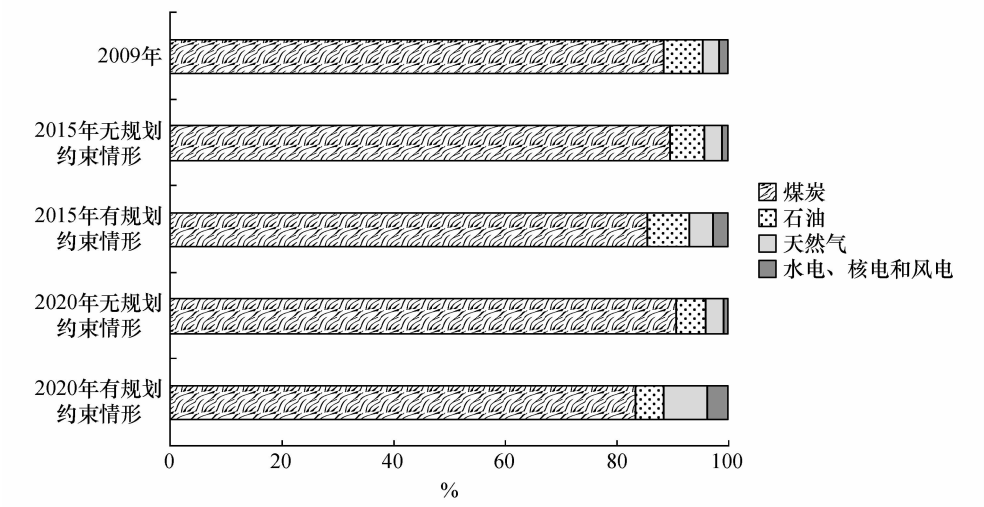


图 1-16　2020 年河南省一次能源消费结构的预测

需要全本请访问 www.ertongbook.com