



中国石油消费情景研究 (2015-2050)

CHINA OIL CONSUMPTION SCENARIO ANALYSIS
(2015-2050)

执行报告 EXECUTIVE REPORT

中国石油化工集团公司经济技术研究院



中国石油消费总量控制 and 政策研究项目 (油控研究项目)

中国是世界第二大石油消费国和第一大石油进口国。石油是中国社会经济发展的重要动力，但石油的生产和消费对生态环境造成了严重破坏；同时，石油对外依存度上升也威胁着中国的能源供应安全。为应对气候变化和减少环境污染，自然资源保护协会（NRDC）和能源基金会中国（EF China）作为协调单位，与国内外政府研究智库、科研院所和行业协会等十余家有影响力的单位合作，于 2018 年 1 月共同启动了“中国石油消费总量控制 and 政策研究”项目（简称油控研究项目），促进石油资源安全、高效、绿色、低碳的可持续开发和利用，助力中国跨越“石油时代”，早日进入新能源时代，为保障能源安全、节约资源、保护环境和公众健康以及应对气候变化等多重目标做出贡献。



自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，拥有约 300 万会员及支持者。NRDC 致力于保护地球环境，即保护人类、动植物以及所有生灵所倚赖的生态系统。自 1970 年成立以来，我们的环境律师、科学家和专家一直在为公众享有清洁的水和空气以及健康的社区而努力。通过在科学、经济 and 政策方面的专业知识，我们在亚洲、欧洲、拉美和北美等地区与当地合作伙伴一起共同推进环境的综合治理与改善。请登录网站了解更多详情 www.nrdc.cn。

本报告由中国石油化工集团公司经济技术研究院撰写，报告于 2018 年 12 月完成撰写。

中国石油化工集团公司经济技术研究院

中国石油化工集团公司经济技术研究院成立于 1985 年，主要从事行业和公司发展战略、产业政策、石油市场以及炼厂优化研究，对固定资产投资项目进行可行性研究的评估和后评价，为重大项目决策提供支持研究。经研院是国际咨询工程师联合会（FIDIC）正式会员。1994 年获国家首批甲级工程咨询资格认定。作为中国最早成立的石油石化领域的专业咨询公司，经济技术研究院完成了许多国家的重大课题，与国内外经济研究机构、咨询机构以及政府开展经济、行业等方面的合作研究和交流。

系列报告

- 《中国石油消费总量达峰与控制方案研究》
- 《国际石油消费趋势与政策回顾》
- 《中国石油消费总量控制的财税政策研究》
- 《中国石油消费总量控制体制机制改革研究》
- 《中国石油真实成本研究》
- 《石油开采利用的水资源外部成本研究》
- 《中国石油消费总量控制的健康效应分析》
- 《中国传统燃油汽车退出时间表研究》

油控研究项目系列报告

中国石油消费情景研究（2015-2050）

**CHINA OIL CONSUMPTION SCENARIO ANALYSIS
(2015-2050)**

执行报告

EXECUTIVE REPORT

主要作者

柯晓明 曲岩松 乞孟迪 李振光 侯晖 杨晨 张硕

中国石油化工集团公司经济技术研究院

2019 年 06 月

目录

Executive Summary	6
1. 项目背景和研究意义	10
1.1 项目背景	
1.2 研究意义	
2. 世界石油消费轨迹和趋势	13
2.1 发达国家石油消费达峰及其因素分析	
2.2 发达国家石油消费历程的启示	
3. 中国石油消费特点分析	21
3.1 石油消费总量特点	
3.2 石油消费结构特点	
4. 从一次能源角度看石油消费变化趋势	26
4.1 一次能源消费正在发生深刻变革	
4.2 中国特色能源转型道路任重道远	

5. 石油消费情景研究框架和设计	33
5.1 研究框架	
5.2 预测模型	
6. 情景分析中的宏观因素分析	36
6.1 宏观经济与人口发展	
6.2 能效提高与技术进步	
6.3 国际油价与资源供应	
7. 情景分析中的制约因素分析	42
7.1 碳排放容量与国际承诺	
7.2 石油及其制品对生态环境的影响	
7.3 生态环境制约对石化行业的影响	
8. 情景分析中的终端因素分析	45
8.1 交通运输模式的变化	
8.2 汽车保有量及结构变化	
8.3 新能源汽车发展前景	
8.4 居民生活与石化工业	
8.5 其他替代因素	
9. 中国石油消费情景分析结论	57
9.1 中国石油消费预测情景设计	
9.2 中国石油消费分情景分析结论	
9.3 终端行业产品需求	
10. 合理引导石油消费的目标与政策选项	75



Executive Summary

Clean, low carbon development has become a global trend. In China, the growth rate of total energy consumption has dropped significantly, the energy structure is showing a strong trend toward decarbonization, and there is more and more clean, low-carbon energy in the overall energy supply.

Oil is the second most consumed form of energy in China, and in addition to accelerating clean energy development, oil supply security is a major focus. In 2018, China’s oil consumption reached 640 million tons, and foreign dependence broke 70% for the first time. In the coming years, as China’s industrialization and urbanization continue to advance, there is still significant room for growth in oil demand. Environmental issues such as air and water pollution will grow increasingly prominent. In addition, China’s dependence on oil will also continue to rise, and with it the issue of energy security will grow more of concern.

In the Nineteenth National Congress Report, General Secretary Xi of the Communist Party of China Central Committee proposed the goal of building an ecological civilization and a beautiful China by 2035. It is inevitable that the requirements for developing an ecological civilization will be met by guiding energy consumption, optimizing the energy structure, and building an efficient, economical, clean, and green energy utilization mechanism. Additionally, the Chinese government’s commitment to the Paris Agreement includes a carbon emissions peak by 2030 or earlier. Reasonable guidelines for oil consumption are a requirement for the construction of an ecological civilization and for coping with climate change.

Given this situation, in early 2018, the “China Oil Consumption Cap and Policy Research Project” was launched with the Natural Resources Defense Council (NRDC) coordinating 15 research organizations to study the strategies and pathways that could lead to a peak in China’s oil consumption. The report “China Oil Consumption Scenario Analysis (2018-2050)” is a sub-topic which, through various scenarios, explores the conditions and pathways that could lead to peak oil consumption. It provides policy makers with a choice of pathways and results to improve energy efficiency and reduce energy consumption. The main purpose of this research is to strive to reach a

consensus within relevant industries, and to provide a basis for policy formulation.

At present China's per-capita oil consumption is relatively low, and there is still room for growth. However, environmental constraints and factors affecting future oil demand are complicated. This topic examines the development path of oil consumption in developed countries, and then establishes a model for forecasting China's oil consumption and conducts a scenario analysis. Finally, it looks at China's medium and long-term oil consumption trends under the various scenarios.

In developed countries such as the United States, Germany, Japan, and South Korea, there are two main factors affecting peak oil consumption: first, population expansion, urbanization, and industrialization in the process of economic development; second, factors such as high oil prices, environmental restrictions, resources, policies, etc. promote improvements in energy efficiency and the development of alternative fuels.

At present, China's economy is in a period of medium to high speed growth. Industrialization and urbanization are not yet completed, and oil consumption is still growing, though the growth rate has slowed down. Looking at China in the context of a global energy transformation, China's energy industry is faced with significant energy demand, poor oil and gas resources, an urgent oil security situation, and high requirements for green development. Given these constraints, a clean, efficient, renewable energy transformation path is the only way forward.

These analyses consider the perspectives of growth dynamics, environmental pressure, energy security, and clean and renewable energy. They set baseline scenario, policy enhanced scenario, and temperature control scenario to predict China's oil demand in the future. The baseline scenario outlines the development of oil-related industries under current policy and industry planning objectives. The policy enhanced scenario is based on current policies, but with more stringent controls on oil-related industries. The temperature control scenario outlines the future oil consumption under the need to control global temperature rise to within 2°C this century. In scenario design, the main constraints, macro factors, and user end consumption factors that affect future oil demand are considered.

The most important constraints on oil consumption will be future carbon emissions capacity and ecological constraints. The Chinese government has made a commitment to peak carbon emissions, and many sectors related to oil consumption will face pressure to save energy and reduce emissions. The problems of air pollution from vehicle emissions and sea and soil pollution caused by the improper handling of plastics are also receiving increasing attention. These constraints have brought improvements to oil products and increased plastic recycling rates. The environmental constraints on energy consumption are mainly reflected in the temperature control scenario, with a 2°C temperature rise as the target, and which uses a combined top-down bottom-up forecast for energy consumption.

In terms of macro factors, economic growth, population, and oil prices will affect future oil demand. In the future, China's industrialization urbanization, and urban-rural regional development gap will become driving forces for long-term economic growth. China is also now a country with low fertility rates, leading to an aging population. The baseline and enhanced scenario population projections are in line with the National Health Planning Commission's plan. In the temperature control scenario, the population projection is in line with the low scenarios of the United Nations population outlook. In the future, oil supply is predicted to maintain steady growth and supply and demand will maintain a balance. As such, oil prices are not a direct factor limiting oil demand, but rather a means for regulating supply and demand in the market.

In terms of end-use consumption, the main factors affecting oil consumption are the development of transportation, the petrochemical industry, and alternative energy development. The demand for freight transport will continue to grow as the economy develops. It is expected that peak freight volume will reach 40-50 tons/person in 2040, and commercial vehicle ownership will reach 48 million vehicles in 2020-2030. The overall transportation structure shows a trend towards public transit. In terms of passenger transportation, the demand for civil aviation will increase in the long term. It is expected that civil aviation turnover will gradually increase after 2040. The number of passenger vehicles will also increase, but the growth rate will gradually slow. The saturation rates for the three scenarios are 450 vehicles/1000 people, 350 vehicles/1000 people, and 260 vehicles/1000 people, respectively.

For petrochemical demand, clothing, food, housing, and transportation are the main drivers of growth. Ethylene consumption is expected to reach a saturation of 60kg/person by 2050. Taking into account domestic capacity construction, the competitiveness of various raw material routes, and the import of downstream ethylene products in the United States and the Middle East, the 2050 ethylene self-sufficiency rates for our scenarios are 85%, 75%, and 65% respectively. Considering the global industrial division of labor and the high competitiveness of China's textile industry, it is estimated that China's PX consumption will reach 50 kg/person by 2050.

As for energy efficiency, taking into consideration technological developments and the penetration rate of hybrid electric vehicles, it is estimated that the fuel consumption of passenger vehicles will be reduced to 4.5L/100km, 4.0L/100km, and 3.5L/100km by 2050 respectively under the three scenarios (without considering the impact of electric vehicles). It is expected that electric vehicles will reach price parity with traditional fuel vehicles between 2025 and 2030. Automation, ride sharing, and electric power will work together to change future modes of travel. Under the three scenarios, the penetration rate of vehicles passenger cars in 2050 is 55%, 70%, and 85% respectively, and penetration rates in commercial vehicles are 30%, 50%, and 70% respectively. Hydrogen fuel cells are an effective complement to electric vehicles. Natural gas vehicles also have great development prospects in the field of heavy trucks. For other alternative fuels, considering cost, water resources, and emissions limits, the medium-term policy promotes the rapid development of fuel ethanol. Methanol gasoline will be

used as a transitional fuel.

The main results obtained through the above scenario analysis are as follows. Under the baseline scenario, China's oil demand will show growth in the medium and long term. It is expected to reach of peak of 780 million tons in 2040 and slowly decline to around 770 million tons in 2050. Under this scenario, oil demand will remain high for a long time, and China will face great pressure from external dependence and environmental issues.

In the enhanced scenario, domestic oil demand would reach a peak of around 720 million tons in 2025-2030, and external dependence would reach a high of 74% in 2030. Oil would account for 18%-20% of primary energy. With the improvement of energy efficiency and the development of alternative sources, demand would then fall back to about 600 million tons in 2050 (equivalent to current levels). Due to changes in the consumption structure, peak carbon emissions from oil utilization would come before a peak in actual oil demand.

In the temperature control scenario, domestic oil demand would peak at 670 million tons in 2025, and then fall to 470 million tons in 2050, 20% lower than the current level. Achieving this scenario would require policy restrictions on automobile consumption and industrial growth ,technological breakthroughs for electric vehicles and driverless vehicles, alternative energy sources are more economical ,which has great uncertain.

The main mechanisms for achieving an early peak of oil consumption and for decoupling carbon emissions and economic development are as follows: First, promote new energy and renewable energy, improve the efficiency of traditional fuel vehicles, and pay attention to the development of energy-saving vehicles. Second, carefully adjust the industrial structure, guide the transfer of low-end industries, and support the development of high value-added, high-tech industries. Third, accelerate the transformation of the traditional oil refining industry, eliminate outdated refineries to make room for the development of advanced refineries, improve the competitiveness of refining industry, and promote the transformation of the refining industry to first the chemical industry, and then to high-tech energy materials industry.

1

项目背景和研究意义

基于中国能源转型与能源安全的背景考虑，2018年1月，自然资源保护协会发起了中国石油消费总量控制和政策研究项目，旨在研究和建立中国石油消费峰值和控制石油过度消费的战略和路径，作为争取使能源部门CO₂排放尽早达峰的行动之一。本报告《中国石油消费情景研究（2015-2050）》是其中的子课题，通过在不同情景设定下，对石油消费达峰的条件、路径和结论进行探讨，为政策制定者提供提高能效、降低能耗的路径选择和结果呈现。

1.1 项目背景

1. 全球及中国能源清洁低碳成为大势

以化石能源为主体的能源消费结构带来了环境污染和气候变化等严峻挑战。联合国气候变化《巴黎协定》明确本世纪下半叶实现全球温室气体排放和吸收相平衡的目标，将驱动以新能源和可再生能源为主体的能源供应体系尽早形成。根据国际能源署的数据统计和预测，到2040年，可再生能源消费比重将由2016年的14%提高至2040年的20%¹。在中国，能源消费总量增速明显回落，清洁低碳能源成为能源供应增量主体的趋势正在形成。2000年-2010年我国一次能源消费总量年均增长9.7%，而2011年-2017年年均增速降至2.5%。2017年，我国可再生能源装机容量达到6.56亿千瓦，占全球可再生能源装机增量的40%左右，清洁及可再生能源比重由2000年的9.5%提高至2017年的20.9%²。中国拥有完整、成熟的风电、太阳能发电装备制造能力，以及技术研发、创新发展的良好环境。中国清洁能源转型将助推世界可持续发展进程，成为世界能源转型的重要一环。

2. 石油供应安全关系国家能源、经济安全

石油是中国的第二大能源品种，作为基础性能源之一，为满足国民经济增长和人民生活提高起到重要作用。估计2018年中国石油表观消费达6.48亿吨，对外依存度将突破70%的关口³。在今后一段时期内，随着中国工业化、城市化的持续推进，石油需求量还有增长空间，能源供应安全问题将更加突出。一方面原油供应问题可能受制于人，

1 数据来源：《世界能源展望》，国际能源署 IEA，2017。

2 数据来源：《中国统计年鉴》，国家统计局，2018

3 数据来源：国家统计局、中国石化经济技术研究院

另一方面石油价格的波动对我国能源供应安全的影响会加大。油价长期保持低位，易造成中东、非洲等产油国政局动荡，可能导致石油供应中断；也会造成油气勘探开发投入严重不足，推动油价飙升，严重影响中国的能源供应安全。过高的石油对外依存度和缺乏国际石油定价权的现状，意味着我国难以保障持久地以合理的价格获得足量的石油，这给我国经济安全埋下隐患。

1.2 研究意义

石油是支持国民经济发展的重要战略物资，主要体现为重要的交通能源和化工原材料。石油对环境的污染日益突出，与臭氧层破坏、化学污染、总悬浮微粒超标以及生物多样性减少等问题密切相关。全球温室气体排放导致全球生态安全遭遇严重威胁，在能源安全问题日益凸显、环境污染和气候变化给全球带来严峻挑战的背景下，努力构建石油产业的生态文明建设变得更加紧迫。同时，石油行业的绿色产业之路需要相关行业技术进步与升级的配合完成。未来交通能源清洁化、低碳化、绿色化，需要石油行业与汽车、电力等相关行业协调发展。本课题研究旨在努力达成相关行业的共识，促进石油的合理消费，为相关政策制定提供依据。

2

世界石油消费轨迹和趋势

2.1 发达国家石油消费达峰及其因素分析

1. 美国石油消费经历了两次增长

(1) 经济和人口分别促发石油消费两次增长

美国是世界上第一个工业化开采和炼制石油的国家，同时也是第一辆汽车诞生地和汽车普及率最高的国家。目前，美国石油消费位居全球第一。自 1950 年石油消费量超过煤炭成为美国主导能源后，美国石油消费经历了两次增长期和峰值期。第一次是 1973 年之前的廉价石油时代，1950-1973 年美国 GDP 年均增长 7%，人口由 1.5 亿人增加至 2.1 亿人⁴，城市化率由 64% 提升至 74%，宏观经济发展内在动力拉动了廉价的石油消费增长，石油消费年均保持 5% 的高增长率⁵。1974 年至 1983 年，两次石油危机导致油价飙升，石油消费量由 1977 年的峰值 8.9 亿吨降至 1983 年的 6.9 亿吨⁶。1983 年至 21 世纪初，人口的增长造成石油消费总量第二次增长，消费总量提高至 9.4 亿吨，但年均增速降至 3%⁷，人均石油消费量基本稳定在 3.0-3.2 吨 / 人的水平。

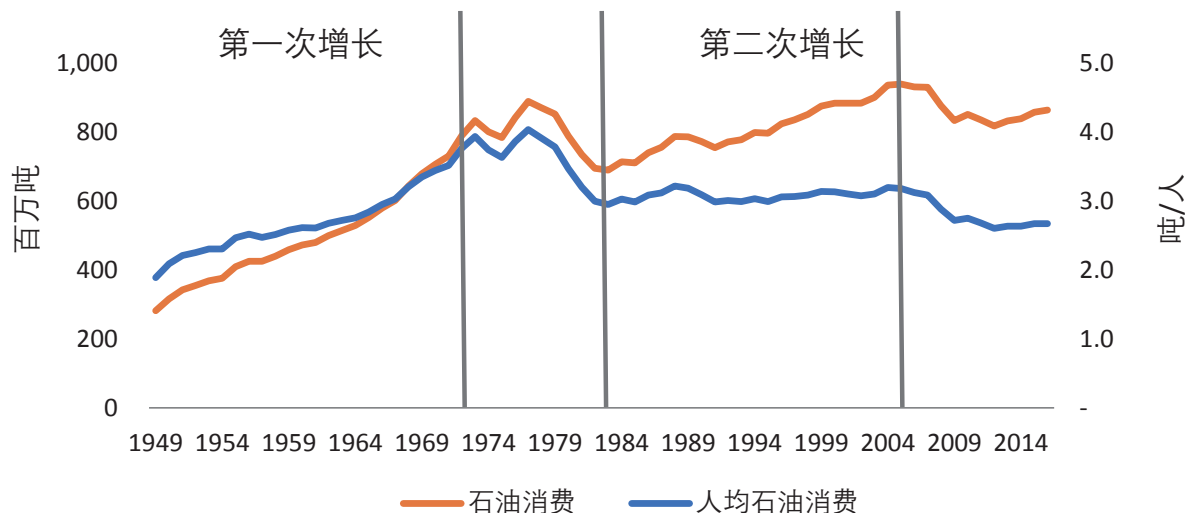


图 2-1 美国石油消费历程（1949-2016）

4 数据来源：世界银行数据库

5 数据来源：英国国家石油公司（BP）

6 数据来源：英国国家石油公司（BP）

7 数据来源：英国国家石油公司（BP）

（2）效率提升、替代发展和产业结构调整造成石油达峰

两次石油危机结束了廉价石油时代，迫使美国制定新的能源政策，改变粗放式的石油消费，大力提倡节约和替代。替代是石油消费第一次达峰的主要原因，煤炭和核电的发展大量替代石油和天然气。节约和产业结构调整是美国石油消费在 2005 年前后第二次达峰的主要原因。交通部门在 1975 年出台了企业平均油耗标准（CAFE），于 1978 年首次实施并贯彻执行至今。产业结构的调整促进石油消费强度下降，同时制造装备、汽车及其他物品制造业向海外的转移，加强了以服务为主的新型经济发展石油消费强度快速下降。

（3）强有力的能源政策是提高效率的根本保障

石油危机的发生使人们认识到能源并不是可以肆无忌惮享用的，必须通过制度和法律来缓解能源危机影响。1978 年第二次石油危机以后，为解决能源短缺，卡特政府采取了开源节流兼顾的能源政策，1979 年 4 月，卡特又宣布实行第二阶段能源计划，要求征收石油暴利税。此外，卡特政府还修建了地下战略储备石油基地，调整对中东的政策，寻找新的能源进口国。卡特政府的能源政策为 20 世纪 80 年代美国能源危机的缓和创造了有利条件，并提供了调整能源结构和布局的宝贵经验。

2. 工业空心化和节油促发德国石油达峰

（1）石油消费逐步达峰，内生动力减弱是主要因素

1979 年，第二次石油危机之前，德国石油和一次能源消费同时达到了峰值。之后，天然气和核能开始快速增长，逐渐取代煤炭的份额。2000 年之后，可再生能源得到长足发展，不断挤占化石能源份额。德国经济增速与石油消费呈现出较好的关联性。上世纪 70 年代 -80 年代，德国经济高速发展期间完成了城市化和工业化，内生动力减弱，能源消费进入了长期下行通道。

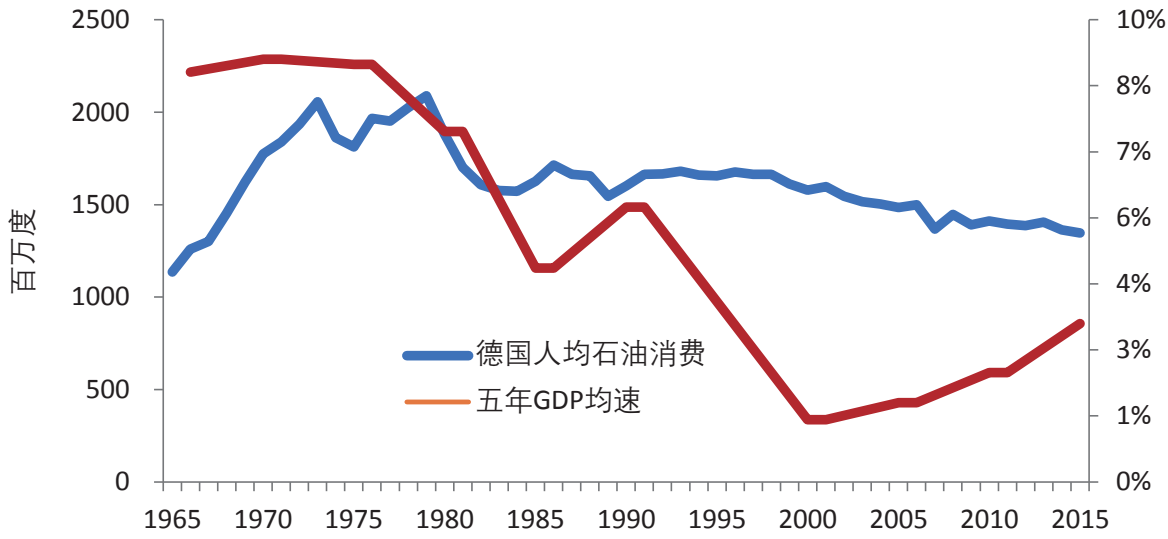


图 2-2 德国石油消费与 GDP 关系（1965-2015）

（2）汽车燃油经济性的提高对其石油峰值影响较大

上世纪 80 年代初欧洲开始发展柴油轿车，德国柴油占石油消费量的 44%。德国交通用油占石油消费的 50% 以上，交通用油在 90 年代达到峰值后大幅下降，而德国汽车保有量 2006 年达到峰值。发展柴油轿车（乘用车柴油化比例超过 50%）以及提高车辆燃油经济性对其石油峰值到来影响较大。

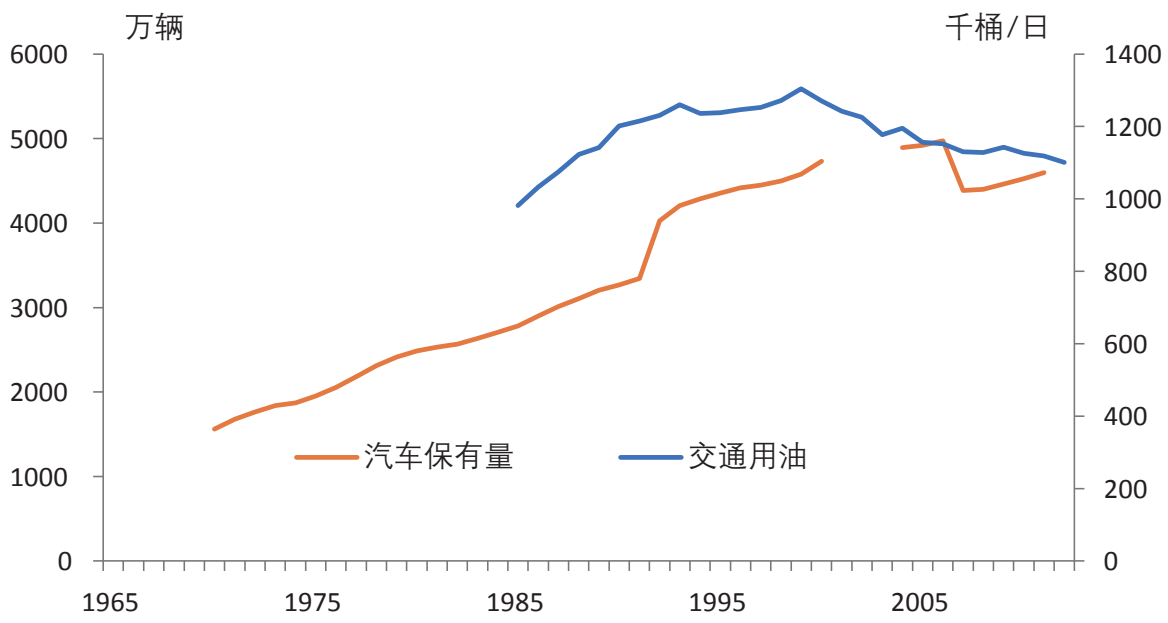


图 2-3 德国交通用油与汽车保有量关系（1965-2012）

3. 经济危机诱发日本石油消费第一次达峰

（1）经济发展拉动日本石油消费经历两次增长

石油危机之前，日本经济以两位数速度高速发展，石油需求快速增加。在两次石油危机爆发之间的 10 年，日本石油消费由 1973 年的 2.7 亿吨减少至 1983 年的 2.1 亿吨。后来由于经济仍然保持中高速增长，石油消费再次保持了十几年的增长期，消费量于 1997 年再次回升至 2.7 亿吨。

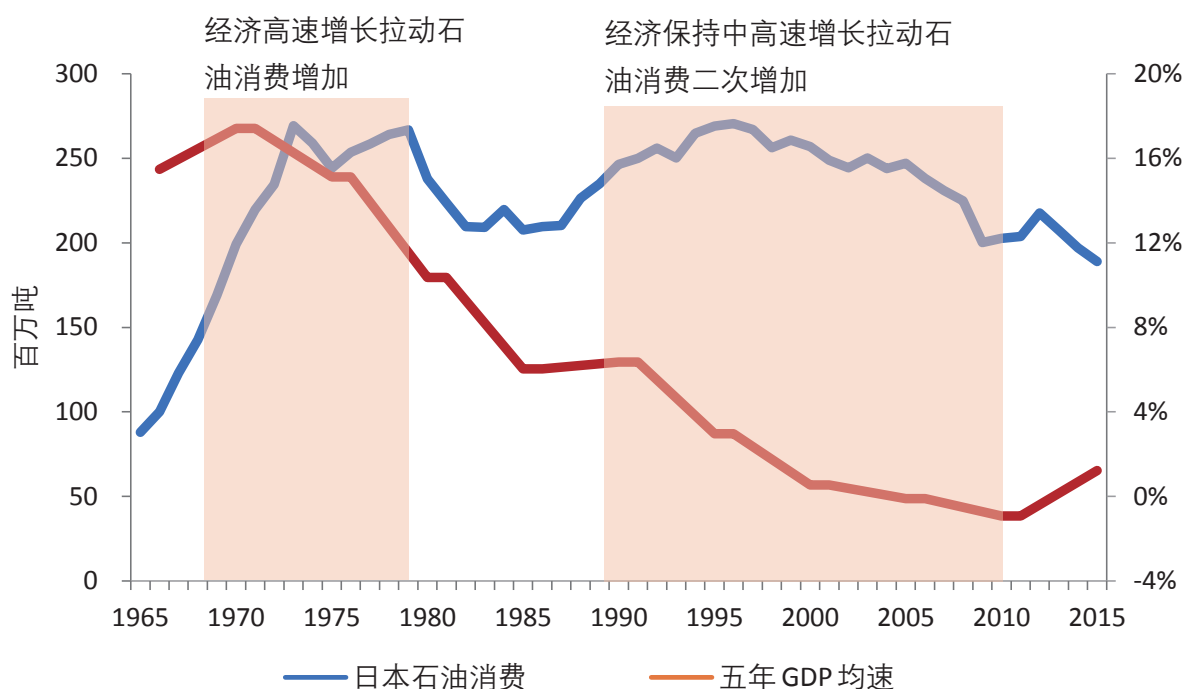


图 2-4 日本石油消费与 GDP 关系（1965-2016）

（2）燃料替代、效率提升及工业萎缩导致石油消费第二次达峰

石油危机之后，保障能源安全的紧迫性迫使政策推动替代能源的发展。燃料油被天然气、核能和煤炭大量替代，导致其消费量下降了三分之二。上世纪 90 年代的初期，日本股市和房地产泡沫先后破裂，经济低迷，第二产业明显萎缩，商用车保有量达到饱和，柴油消费量达到峰值后下降。日本乘用车以汽油为主，2000 年后，乘用车千人保有量突破 600 辆，接近饱和。同时严格的汽车燃油经济性标准，使汽车燃油经济性不断提高，混合动力汽车逐渐普及，以及征收高昂的燃油税，造成汽油消费量达峰后下降。

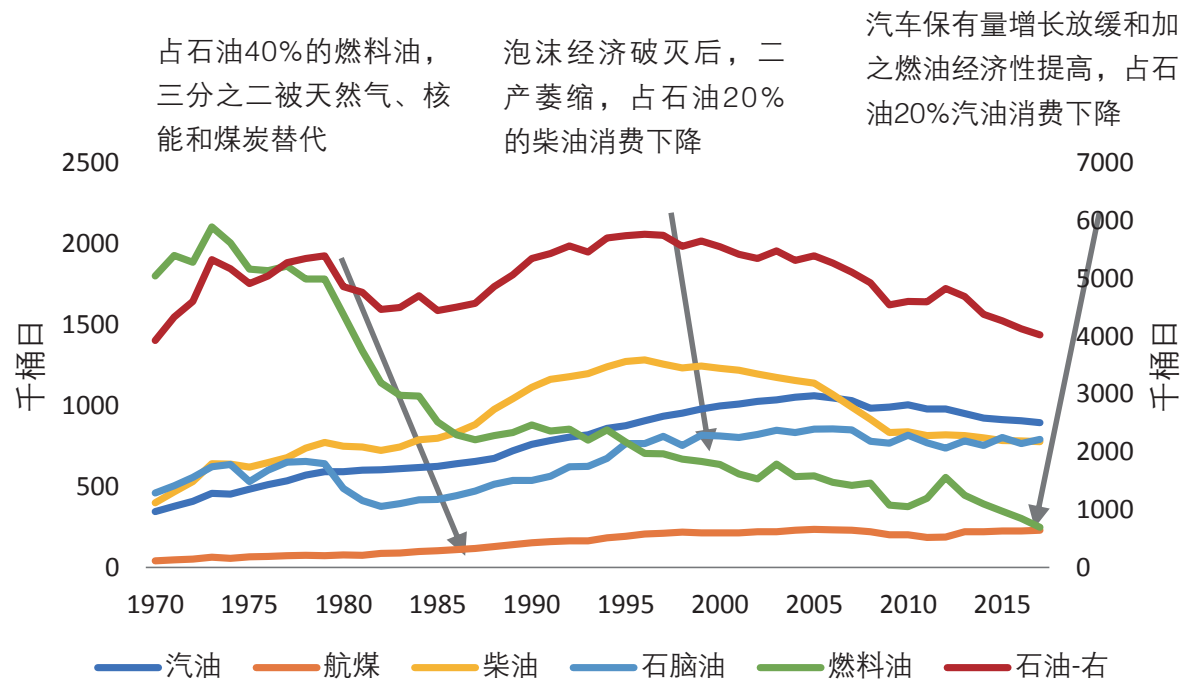


图 2-5 日本石油及其产品消费变化（1970-2016）

4. 结构调整、节油替代导致韩国石油达峰

（1）经济发展同样是拉动韩国石油消费增长的主要动力

由于韩国经济起飞阶段晚于美、日等国，石油消费并未出现两次增长。韩国石油消费历程分为了四个阶段：1973 年之前，石油消费快速增长，占一次能源比例超过煤炭成为主导能源；1974 年 -1987 年，受两次“石油危机”影响，石油消费增速放缓，在一次能源中被核能和煤炭替代；1988 年 -1997 年，韩国重化工业和汽车制造业飞速发展，石油消费绝对量及占一次能源比重均快速增长，1997 年石油消费达峰；1998 年至今，石油被清洁能源大量替代，石油消费增长近乎停滞。

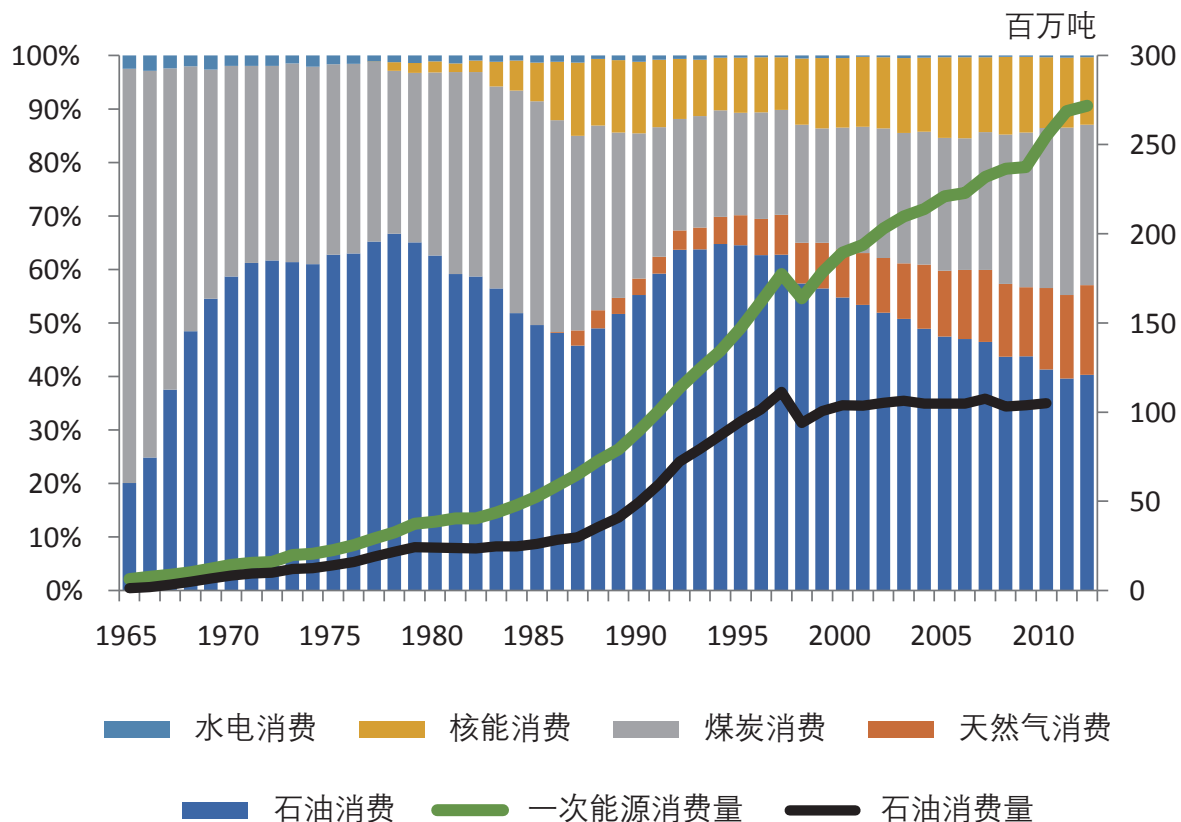


图 2-6 韩国一次能源消费历史（1965-2016）

（2）产业结构调整、节能和替代减少石油消费

韩国在上世纪 90 年代开始重视环境保护。亚洲金融危机使韩国重化工业遭到重创，政府开始产业结构调整，强制性压缩重化工业集团，鼓励发展第三产业，以信息技术为代表的新经济得到快速发展。

金融危机之后，韩国政府在节油和替代方面大刀阔斧改革；开始执行强制性燃油经济性标准，对混合动力汽车和小排量汽车施行税收优惠政策，鼓励天然气汽车发展以及氢燃料电池汽车研发，鼓励减少私家车出行等，有效抑制了石油消费。燃料油由于大量被天然气和核能等清洁能源替代，目前仅占到石油消费 8% 左右。

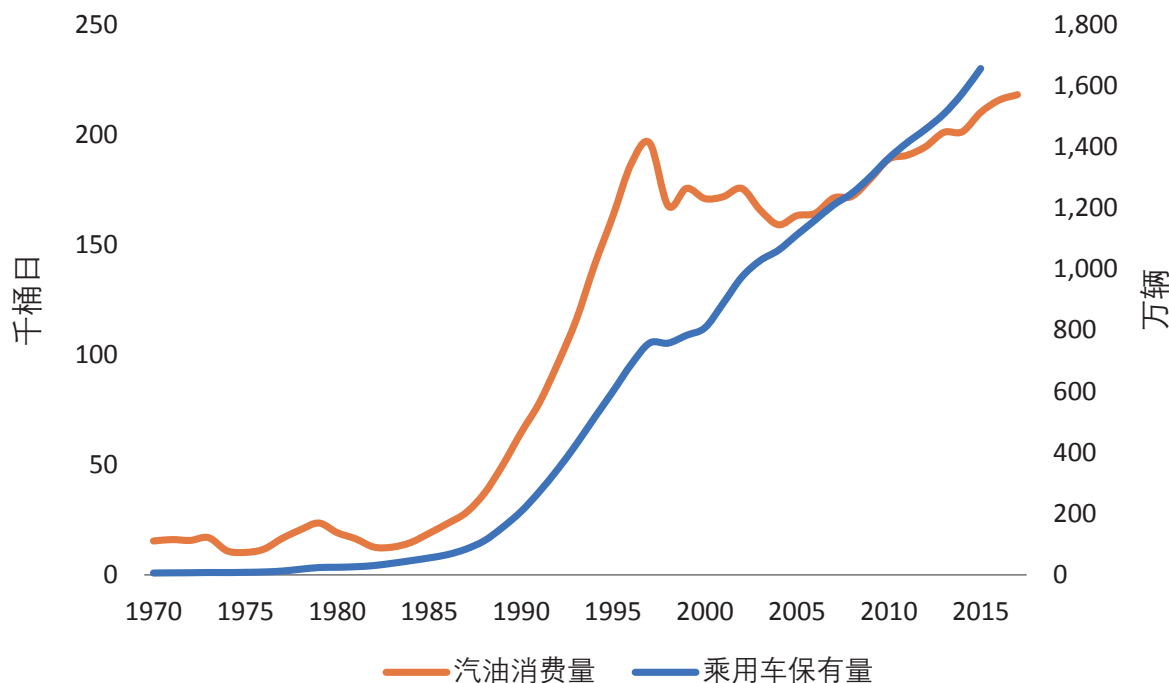


图 2-7 韩国乘用车保有量与汽油消费（1970-2016）

2.2 发达国家石油消费历程的启示

（1）国外发达国家经济发展过程中的人口发展，城镇化及工业化完成阶段直接决定了石油消费峰值到来时机和绝对量高低。中国的人口峰值、城镇化及工业化完成尚未达到，石油消费还有增长空间，但对于长期趋势的判断，还要关注节油和替代的发展。

（2）发达国家石油消费达峰后，石油消费变化显示出反复性、长期性和平台特征。例如：美国在 21 世纪初期结束了第二次石油增长，但近些年汽油消费旺盛带动石油消费又出现了持续的回升；德国在两次石油危机之后，维持在石油消费量的平台期二十多年，到本世纪初才出现持续放缓；产业结构调整、节油和替代造成韩国石油消费在 1998 年出现拐点，之后维持了 10 年的消费平台期，2010 年之后，石油消费又出现持续回升趋势。

（3）高油价、环境及资源的制约以及气候变化的压力，要求各国政府不断加大可替代燃料研发力度及实际应用，汽车燃油经济性随着技术进步不断提高，新时代下后发国家必将大大缩短到达石油消费峰值的时间。我国产业及能源政策的方向指明了中国能源消费将参照节约型发展方式来进行。

3

中国石油消费特点分析

3.1 石油消费总量特点

1. 由高速增长向中低速增长转变

1978 年以前，中国能源基本上处于自给自足状态，石油消费增长率较快，但是总量很低；1978-2000 年进入改革开放初期的计划经济时代，煤炭消耗量急剧增加，石油消费增长缓慢，增速在 4% 左右；2000-2010 年，随着中国加入 WTO，工业化进程明显加快，汽车消费高速增长，带动石油消费快速增长，年均增速在 7% 以上。2010 年之后中国经济进入换挡期。受产业结构调整，经济增速放缓，商用车需求下滑，加之各种石油替代产品的发展，我国石油消费增速明显放缓，2010-2017 年年均增速为 4%，由高速增长进入中低速增长时期。2018 年中国石油表观消费量约 6.48 亿吨。

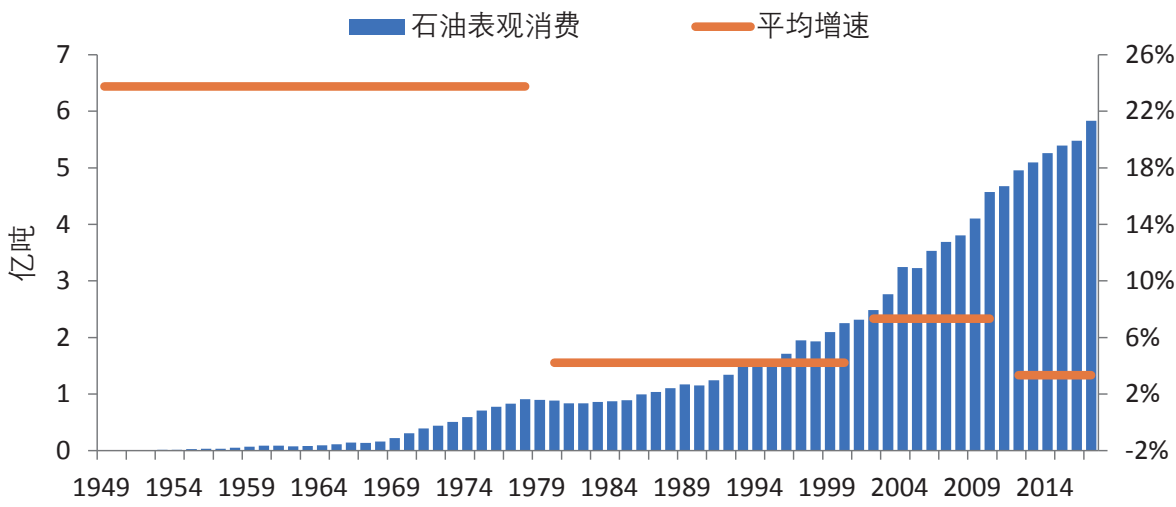


图 3-1 中国石油表观消费（1949-2017）

2. 人均石油消费低于全球平均水平

中国汽车和化工产业尚处于快速发展阶段，2017 年中国人均石油消费量 0.4 吨，低于全球平均 0.6 吨水平，远低于发达国家水平。未来，随着中国人均收入的提高，人们满足美好生活的愿望逐步实现，加之中国以制造业立国没有太大变化，即使考虑到节油、替代以及效率提升，中国的人均石油消费仍有一定的增长空间。

3. 中国的石油消费强度逐步下降

在全球变暖的气候压力下，二氧化碳减排成为限制化石能源消费的“天花板”。全球不同国家纷纷通过技术进步、大力发展可再生能源，不断提高化石能源利用效率，降低对其依赖性。我国石油消费同样面临提高效率，节能减排的趋势。我国单位 GDP 石油消费强度呈现不断下降趋势。当前在 0.6 吨 / 万美元 GDP（2010 年不变价）左右，略高于世界平均水平，较发达国家仍有较大差距。石油消费强度与国家经济发展阶段、产业结构变化有关。随着第三产业比重的提升，石油消费强度不断降低。目前我国第三产业比重 50.5%，预计 2030 年将上升至 60% 以上，石油利用效率还有较大提升空间。

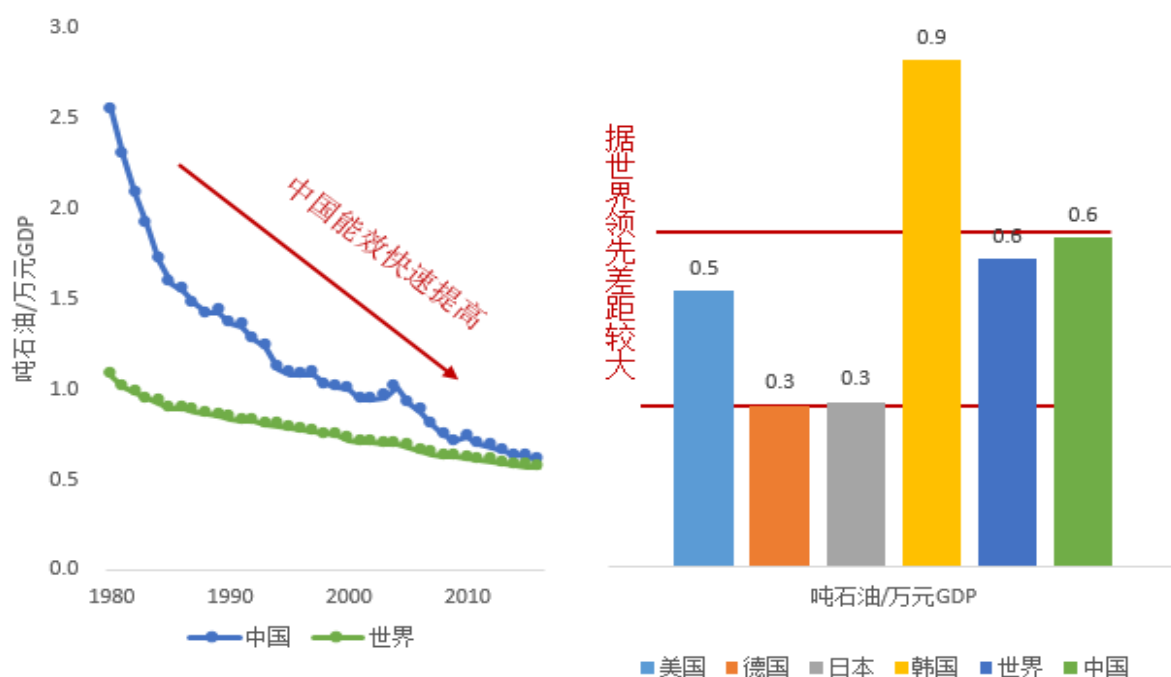


图 3-2 不同国家石油消费强度对比

4. 国内石油对外依存度上升较快

1970 年 -1989 年国内炼油产业处于起步阶段，国内石油供应与消费同比增长，基本实现自给自足，甚至少量出口。1990-2010 年间国内经济飞速发展，国内炼油产业经历了快速发展时期，石油消费年均递增 7.1%。1996 年中国成为原油净进口国。国内原油产量保持平稳小幅增长，20 年时间石油对外依存度快速上升。2010 年之后，中

国经济从高速降至中高速增长，同时经济转型、结构调整，石油表观消费年均增速下降。原油产量增长相对缓慢，近两年，受国际油价下跌影响，国内原油产量逐渐回落。2018年我国原油进口量 4.6 亿吨，石油对外依存度提升至 70.9%。

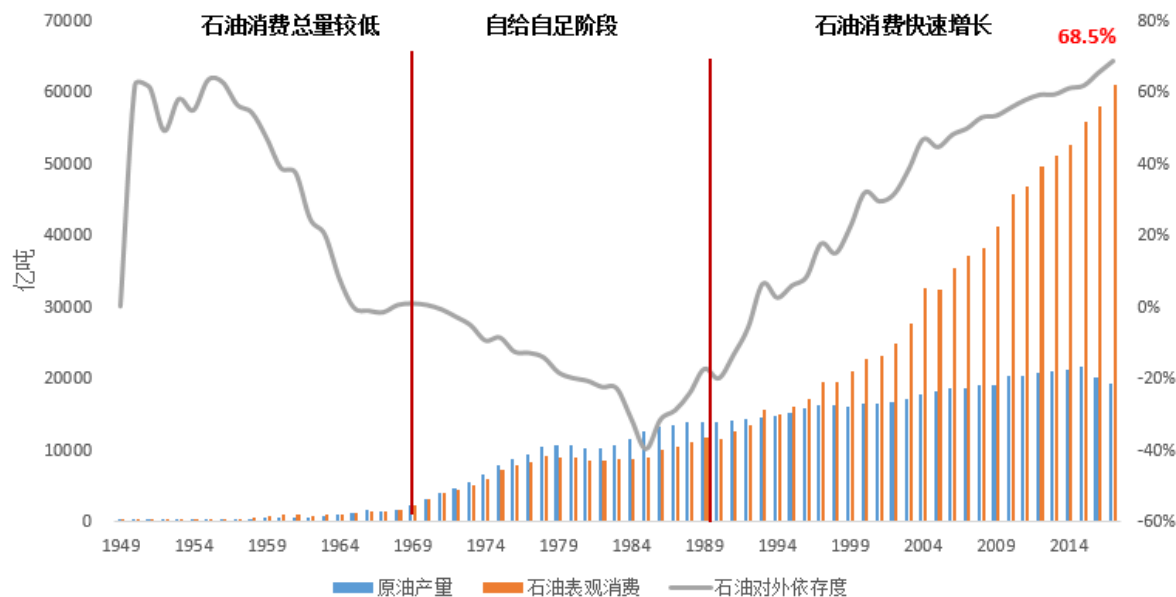


图 3-3 中国石油对外依存度（1949-2017）

3.2 石油消费结构特点

1. 石油终端需求主要由交通和化工推动

交通和化工领域长时间占据石油消费的绝对主导地位，且这一趋势将愈加明显。2000 年以来汽车保有量的快速增长带动交通运输用油比重快速提高至 2017 年的 57.7% 以上。化工用油是石油消费增长最快的领域之一，随着国内大量乙烯、PX、PDH 等装置的建设投产，化工用油占石油消费比重已提高至 15%。由于发电及工矿企业用油被天然气大量替代，工业用油逐年下降。随着基础设施建设及房地产业的发展，建筑用油需求量逐渐增加。受农机电气化替代，农业用油比重降至 1% 并相对平稳。除以上领域消费石油以外，还有 5% 左右的石油在运输和加工过程中损失或炼厂自用。

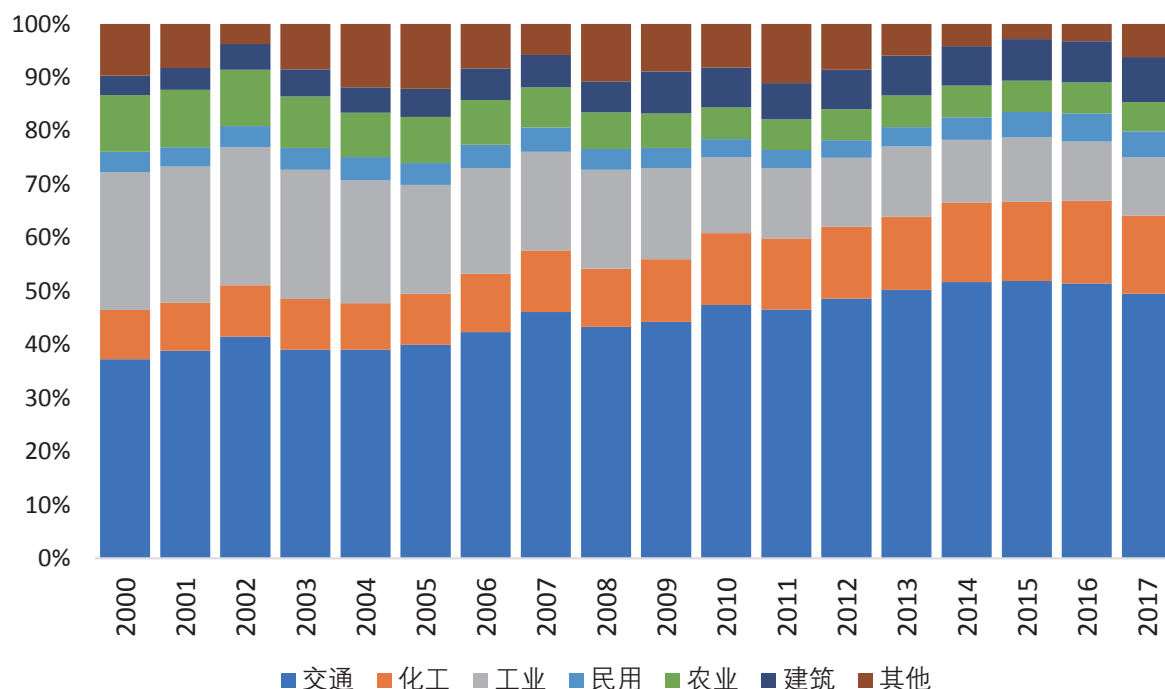


图 3-4 石油消费结构变化 2000 年 -2017 年

2. 石油产品用途广泛，决定了其不可或缺性

石油产品种类多，用途广，主要产品有六种，占中国石油消费比重的 80% 左右。汽油主要用于交通运输。煤油主要用于航空。柴油涉及行业较多，包括中大型商用车、农用车、农业机械、铁路运输、内河船舶、电力调峰、建筑机械、工矿企业等等。液化气除了用于居民生活用燃料，还用于工业燃料和原料，以及少量作为 LPG 汽车燃料。燃料油主要用作船用燃料，其次用于工业、发电、供热或制气燃料，其余作为炼厂原料进行再加工。化工轻油主要用于乙烯原料、PX 原料、烷基苯料以及化肥原料。

4

从一次能源角度看石油
消费变化趋势

4.1 一次能源消费正在发生深刻变革

1. 历史来看，全球能源转型要经历较长的时间

从消费结构来看，自工业革命以来，全球能源消费经历了两次大的变化，一是 19 世纪末交替之际，伴随第一次工业革命主导能源由传统薪柴转向煤炭（持续约 75 年）；二是 20 世纪 60 年代，伴随着以内燃机为代表的第二次工业革命主导能源由煤炭转向以石油（持续约 60 年），石油在一次能源中的比例在 20 世纪末达到 35% 左右的峰值。煤炭、石油消费量仍在增长，但增速低于天然气、非化石能源，未来将延续这一趋势。

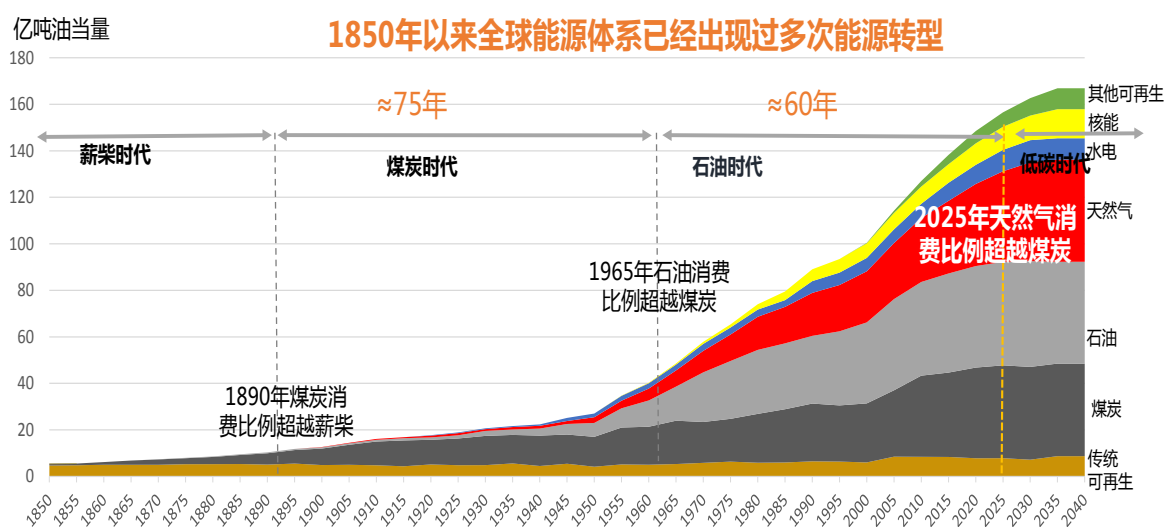


图 4-1 全球能源转型历程

2. 展望未来，全球能源行业面临四大的挑战

（1）一次能源需求增速逐步放缓

人口与经济增长是能源需求的根本动力，全球一次能源需求还将保持增长态势，2050 年之前达到峰值的可能性较小，但能源消费强度将大幅下降，需求增速将逐步放缓。预计 2040 年能源消费强度较 2015 年将下降 38%，2030-2040 年一次能源需求年均增长 0.8%。

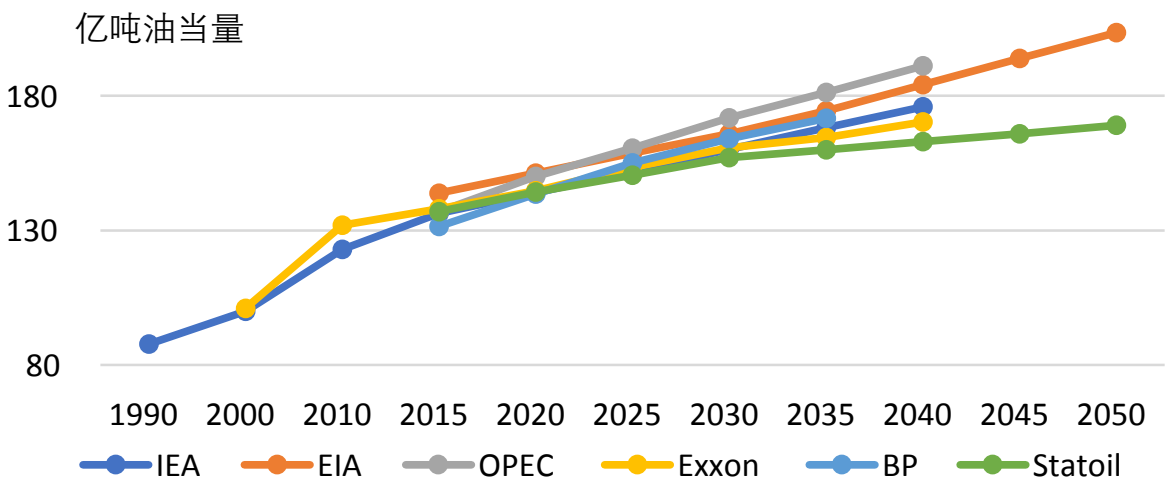


图 4-2 国外机构预测全球能源需求

(2) 化石能源继续保持主体地位

未来能源转型将一直沿着从高碳到低碳、低密度向高密度的路径进行。石油和煤炭作为主导能源的地位仍将延续，但比例下降。后续 20 年天然气将和煤炭、石油并驾齐驱成为最重要的主力能源。2015-2035 年间，约 1/3 的新增能源需求由天然气满足，另外 1/3 由石油和煤炭共同满足，其余 1/3 由非化石燃料满足。

表 4-1 不同机构预测一次能源结构

年份	机构	煤炭	石油	天然气	非化石
2030 年	IEA	24%	29%	23%	23%
	EIA	24%	31%	23%	21%
	OPEC	25%	29%	24%	22%
	Exxon	22%	32%	25%	21%
	BP	23%	30%	25%	21%
	Statoil	22%	32%	23%	23%
2040 年	IEA	22%	27%	25%	25%
	EIA	22%	31%	25%	23%
	OPEC	23%	27%	25%	25%
	Exxon	20%	31%	26%	23%
	BP	21%	27%	26%	26%
2050 年	EIA	20%	30%	27%	23%
	Statoil	20%	28%	23%	30%

（3）石油需求驱动力将发生变化

石油消费的主要驱动力将由燃料转向化工。交通运输领域能源消费整体增幅受能效持续提高的制约。预测期内，全球客运和货运服务需求将翻番，但燃料需求仅增长 25% 左右，且将在预测期末步入平台期。未来石油燃烧领域的消费量减少将被化工原料需求的增加弥补。化工材料的替代性相对较低，以乙烯和 PX 为代表的化工原料需求将受到人们生活水平提高的推动而持续增长。回收和高效材料可以将塑料生产的需求减少 10%。

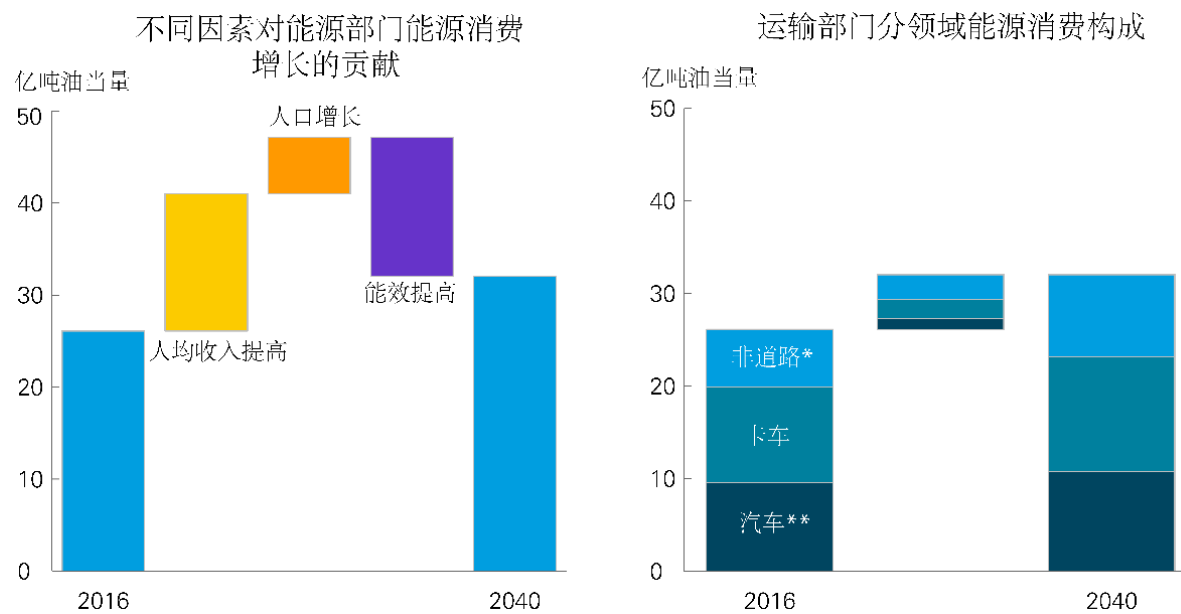


图 4-3 2040 年交通运输领域能源消费

注：* 非道路交通包括铁路、船运和航空。** 汽车包括两轮车、三轮车和轻型汽车，国内通常称轻型机动车。

(4) 能源行业发展受到环境影响

环境问题已经成为人类发展急需解决的问题，未来能源消费向更加清洁高效转型将成为一个重要趋势。环境问题将促使各国加大节能技术、替代能源投资，尽早商业化减排技术方案，加快减排措施的推广，促进发达地区向发展中地区技术转移和资金支持。部分机构进行了长期趋势的多情景分析。这些情景的共性在于，长期看世界能源需求均将保持增长，能源消费结构趋向绿色化和低碳化，不同之处则在于对特定政策执行力度或技术进步程度的假定。

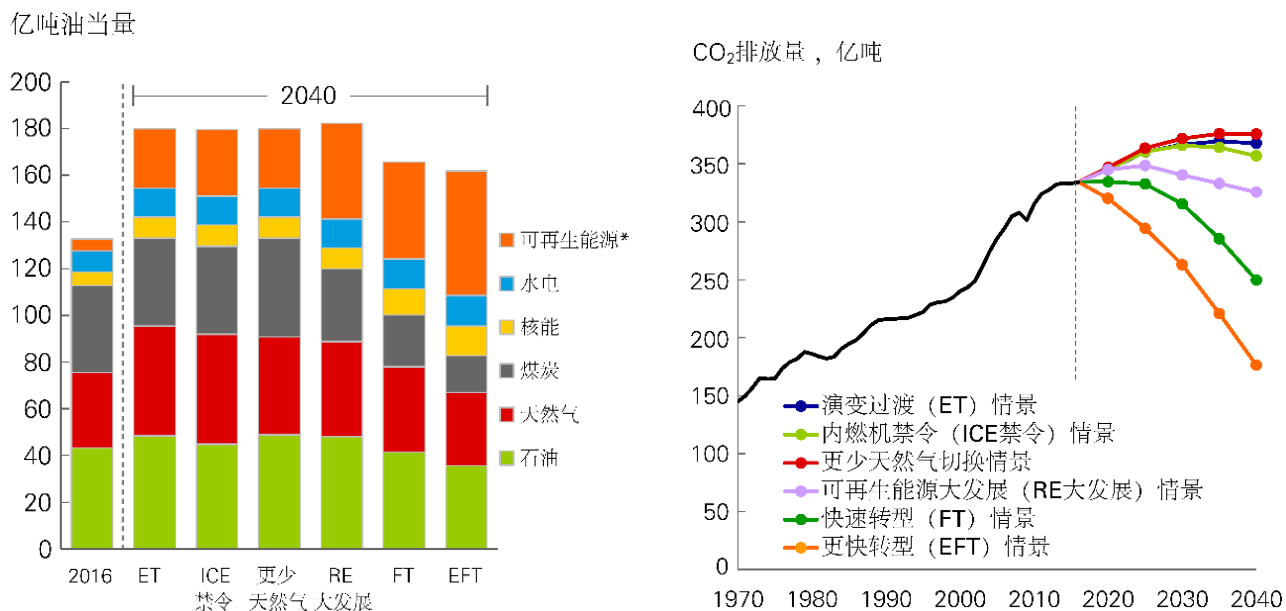


图 4-4 多情景分析 2040 年一次能源消费结构和碳排放情况

注：* 可再生能源包括风能、太阳能、地热能、生物质能以及生物燃料。

4.2 中国特色能源转型道路任重道远

1. 部分国外机构认为特定情景下中国石油需求达峰

以往，国外机构展望远期中国能源需求时，多数认为中国需求不断攀升，在预测期内增长量是全球最高的，未见峰值（包括石油需求）。综合不同机构的最新预测结果，2030 年中国石油消费总量在 7-8 亿吨油当量。EIA，OPEC 认为中国石油消费将持续增长，IEA 则认为需求峰值将在 2030 年到来。BP 认为中国和印度合计将占交通运输领域能源需求增量的一半以上，中国交通运输领域的能源需求增量均将逐步递减，在 2035-2040 年将出现 2418 万吨油当量的负增长。同一机构不同情境下的预测也存在差异。

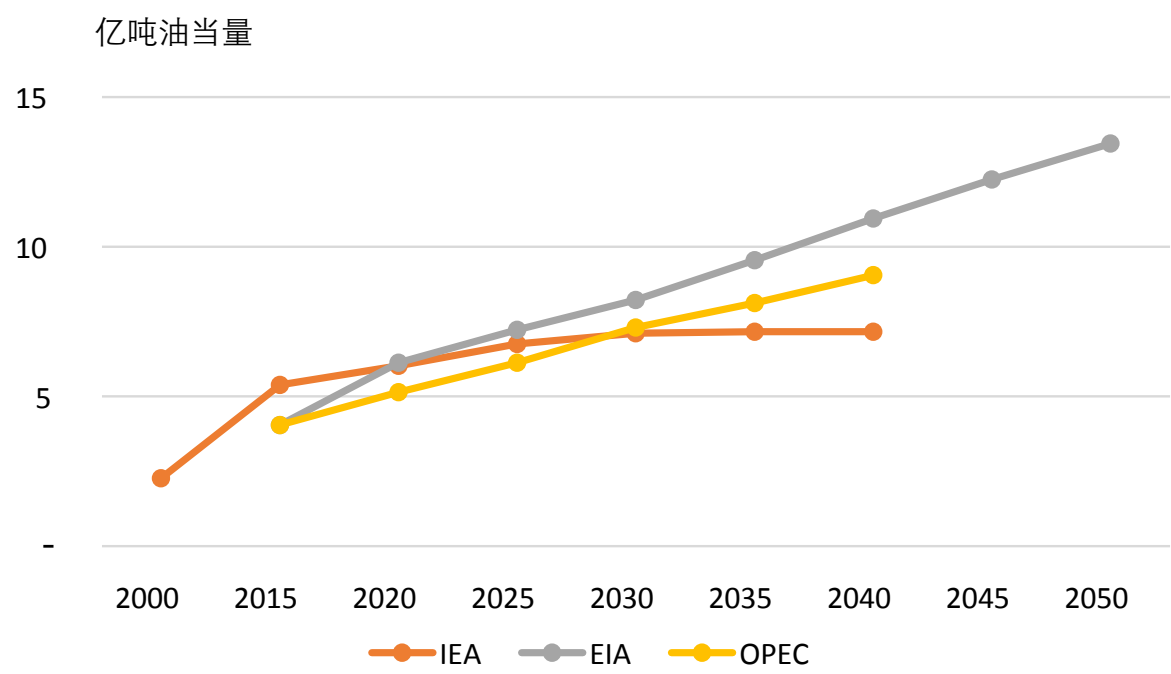


图 4-5 不同机构的中国石油消费总量预测

2. 能源发展特点决定了必须走有特色能源转型道路

中国能源产业的特点：一是能源需求巨大，中国经济体量大、增速快，人口基数高、需求量大，如果石油消费占比要达到世界平均水平（30% 以上），资源的满足难以实现；二是我国能源供给的基本国情是“富煤、缺油、少气”；三是国内石油消费对外依存度升至 70%，能源安全形势严峻，对外依存度增加与地缘政治风险相互联系；四是绿色发展要求高，碳排放基数大，达到《巴黎协定》目标难度较大。

中共“十九大”报告提出，要实现生态环境根本好转，把我国建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国。中国能源生产消费转型发展是必然的趋势，中国能源发展必须走自己特色的道路，走一条清洁、高效、可再生的能源转型之路，比世界任何一个国家面临的难度都大。中国的能源转型之路任重道远。

5

石油消费情景研究框架 和设计

5.1 研究框架

1. 主要思路

石油作为重要的生产生活物资，其未来需求与我国所处发展阶段以及新一轮科技革命交织在一起，需要从多重角度来分析判断。一是增长动力角度。人口和经济增长是石油消费增长的最根本动力，未来石油需求研究首先是从对经济的支撑和促进作用，以及满足生产生活需要出发的。研究框架采取“从下至上”的方法，研究各行业发展过程中对石油产品的内在需求。二是环境压力角度。一方面，为改善环境，我国在不断加严环保标准和污染治理；另一方面，全球面临温室气体排放挑战，中国在降低煤炭消费总量的同时面临降低石油消费过快增长的压力。本课题借鉴发改委能源所等机构的 2℃ 温控情景下的研究成果，按照总排放控制—总能源消费控制—石油消费控制—各消费行业控制的思路，分析控制石油消费强度的主要途径。三是能源安全角度。我国正处于工业化和城市化发展阶段，能源消费增长具有一定的刚性，未来石油对外依存度仍然有上升压力。理论上，对外依存度难以定义一个合理的区间，但可通过不同情景分析来辨析相关产业政策的合理性。四是清洁能源与可再生能源替代角度。石油消费替代的方式是多样化的，目前以天然气为主，今后新能源汽车比重将增加。本研究充分考虑了政策、技术和市场因素（包括政府补贴、技术经济性、电池材料、能效与碳排放、基础设施、消费者偏好等）对新能源汽车发展及能源消费结构的影响。

2. 数据基础

本课题将统计数据与调研数据进行有效耦合，把握预测判断的趋势准确性。数据来源包括国家统计局、中国海关、交通运输部、汽车协会、石化联合会、乙烯协会、纺织协会、冶金协会等，以及中国石化经济技术研究院积累的行业数据、专项调查数据等。由于统计口径和行业分类等问题，本课题中除了少量生产型用油参考统计年鉴以外，大部分石油产品的消费结构数据采用我们长期跟踪调研的结果。本课题需求预测主体思路是从终端出发，考虑了用油机具和相关行业的发展趋势，难以统计机具数量的行业则用行业增加值代替。

3. 分析框架

不同于煤炭和天然气，石油消费体现为其诸多产品的终端消费。本课题重点采用消费系数法对未来需求进行预测，对某种石油产品在各个终端用户的消费数量进行分析，

在了解各个终端用户变化趋势或者行业规划产量的基础上，汇总各个终端用户对该产品的需求量，进而得出石油需求总量。输入变量包括经济、人口、技术、环境等，重点分析汽车、航空、农机、化工等下游行业关键变量的发展趋势，进一步考虑节约和替代因素，即可得出各产品需求和总需求。

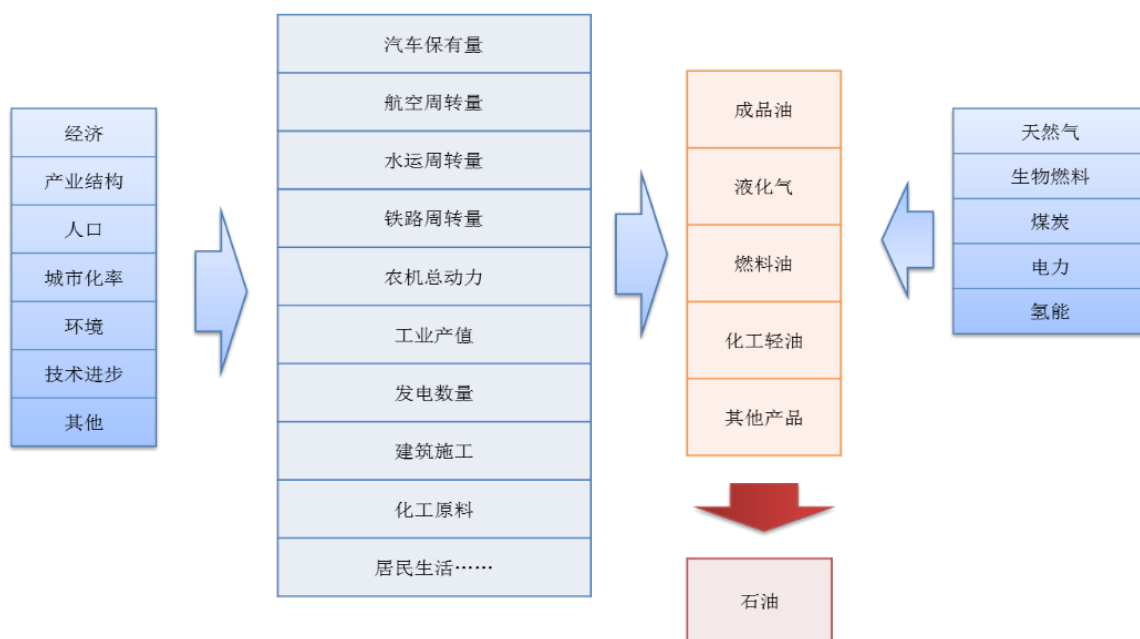


图 5-1 消费系数法预测石油的分析框架

5.2 预测模型

2016-2017 年本项目组参与国家能源局组织的 2030-2050 年中国能源需求预测相关课题研究，牵头单位为国家信息中心，课题组采用 CGE 能源经济模型对中长期国内一次能源需求进行了展望，其中包括石油需求预测。在气候约束方面，本课题重点以“自下而上”的消费系数法预测结果与根据碳排放空间“自上而下”测算得到结果（采用能源所的研究结果）相互比对，探索可能的边界条件，以观察我国石油减排的贡献与二氧化碳减排总量的衔接程度。在终端需求方面，终端需求模型包括交通运输用油模块、替代燃料模块、化工轻油模块和其他产品模块等，对主要石油产品的终端消费进行分析预测。

6

情景分析中的宏观因素 分析

6.1 宏观经济与人口发展

1. 中长期中国经济具备中高速增长潜力

改革开放以来，我国经济实力快速发展，经济结构不断优化。短期内，贸易冲突、地缘政治等因素会造成中国经济波动中前行。中长期我国经济增长率呈下降趋势，但仍有一定的潜力、余地和韧性。经过 30 多年的发展，我国物质基础日益增强，产业体系完整，全面深化改革不断释放制度红利，人力资本和科技创新对经济增长的贡献逐步提高，具有资金、劳动、科技等生产要素组合的综合优势。2018-2030 年工业化基本完成后进入“提质增效、由大转强”的稳定发展阶段，城镇化持续快速发展，消费需求对经济增长拉动作用将持续扩大。预计，2018-2020 年中国 GDP 年均增长 6.5% 左右，2021-2030 年在 5.5% 左右，2030-2050 年在 4.0% 左右。

表 6-1 主要经济指标预测

	GDP 指数（1978 年 = 100）	城镇化率	工业增加值指数（1978 年 = 100）
2015 年	3018	56	4689
2020 年	4166	60	6147
2030 年	7355	66	9971
2040 年	11367	71	14588
2050 年	16003	75	20194

2. 低生育率或将造成中国人口峰值早于 2030 年到来

经济和人口增长是石油消费增长的最根本动力。人口红利为我国过去三十多年经济的高增长做出了重要贡献。计划生育政策实施 30 年后，中国的人口状况发生了转折性变化，人口的“结构问题”代替“总量问题”成为人口与社会经济协调发展的突出矛盾。中国进入低生育率国家，劳动力短缺开始出现，在人口寿命增长和生育水平下降的双重因素影响下，中国正经历快速人口老龄化，意味着人均消费和生产物资需求增长减缓，同时人均能源需求增长减缓。未来生育意愿下降是长期趋势，进一步放宽生育限制将是大概率事件，但是生育观念的改变、公共资源服务的不足、社会基础保障体制的欠缺等使国家人口规划能否如期实现带来不确定。因此本报告选择了两个人口情景：基准

情景和强化政策情景按照国家信息中心预测数据，即人口发展规划基本实现；温控情景下，采用联合国《世界人口展望》（低情景）数据，人口峰值 2020 年到来，之后快速下降。

表 6-2 不同机构或规划对人口预测（亿人）

	2015 年	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
国家信息中心	13.75	14.2	14.5	14.4	14.0
联合国《世界人口展望》（低情景）	13.75	14.1	13.9	13.3	12.3

6.2 能效提高与技术进步

1. 汽车燃油经济性的提高

通过技术进步降低汽车油耗对节油贡献较大。《节能与新能源汽车产业发展规划》已明确制定燃油经济性的发展目标。传统燃油汽车可以通过优化发动机、变速器和整车技术，混合动力技术、小排量等路径改善燃油经济性。基准情景、强化政策情景和温控情景下，不考虑新能源汽车影响，预计 2050 年乘用车百公里油耗分别降至 4.5L/100km、4.0L/100km 和 3.5L/100km。商用车的燃油经济性也遵循国家标准和国外经验的趋势而变化。

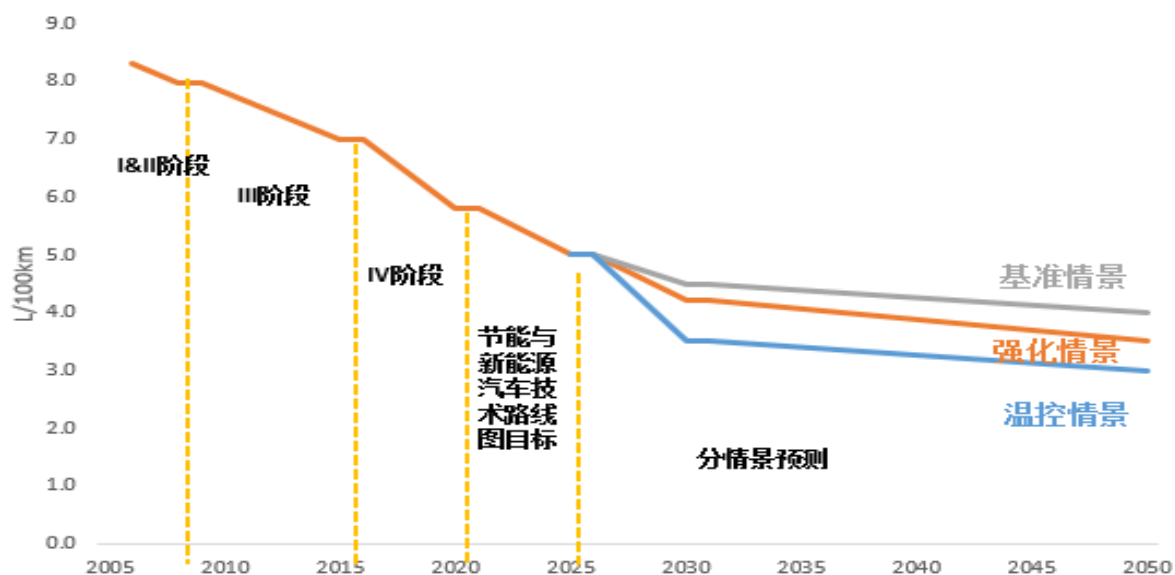


图 6-1 燃油经济发展趋势分情景预测

2. 行业用油效率提升潜力

民航：由于节油技术的进步、飞机大型化及航线的延长，国内航空每亿吨公里单耗不断下降，2017 年航煤单耗 0.31 公斤 / 吨公里，预计未来仍将小幅下降。

水运：单位水运货物周转量耗油量不断降低，2017 年为 0.05 吨 / 万吨公里。未来，随着运输船舶大型化、集约化，水运单耗将继续降低。

农业：农业中使用的柴油发动机单耗不断下降，2017 年单位动力耗油量是 17 千克 / 千瓦。随着农机大型化和农业联合收割的推行，未来农机用油单耗将逐渐降低。

化工：未来随着传统路线中乙烯原料轻质化发展，乙烯产品收率不断提高。随着 PX 原料中芳烃含量的提高，PX 产品的收率也将提高。

此外，根据历史数据，建筑、工矿业、民用等行业使用效率相对其产值均将呈现不同程度提高的趋势。

6.3 国际油价与资源供应

1. 世界石油需求增速放缓，供应稳定增长

未来石油需求仍持续增长，但增速降低。2017-2020 年，在世界经济稳定复苏的情况下，世界石油需求仍保持较快增长势头。2020 年后世界石油需求增速将明显减慢，非 OECD 国家和地区将成为需求增量的主要来源。2030 年以后，能源效率大幅提升和交通运输等领域的电力替代将成为影响石油需求的主要因素。未来随着石油勘探技术、开发技术等的不断进步，全球石油储量有望继续增加，而石油产量则主要受需求、技术和价格影响而波动变化。2030 年以后，原油供需处于基本平衡状态，届时石油市场供需基本面将更多地受到需求侧影响。

表 6-3 全球石油供需平衡预测百万桶 / 日

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2025	2030
OECD	46.4	47.0	47.3	47.7	47.9	48.0	47.9	47.4	46.8
非 OECD	48.6	49.4	50.5	51.5	52.7	53.9	55.1	58.9	63.1
需求	95.0	96.4	97.8	99.2	100.6	101.9	102.9	106.2	109.9
非 OPEC	57.5	57.1	57.9	59.9	61.8	63.1	63.8	66.0	67.5
OPEC	39.1	39.8	39.5	39.3	38.8	38.8	39.0	40.5	42.9
供应	96.6	96.9	97.4	99.2	100.6	101.9	102.8	106.5	110.4
供需差	1.6	0.5	-0.4	0	0	0	-0.1	0.2	0.5

数据来源：国际能源署（IEA）、中国石化经济技术研究院

2. 全球原油生产成本多数在 60 美元 / 桶

从全球石油生产成本看，2017 年，中东地区、俄罗斯和美国等产油国部分区块的生产成本在 20-30 美元 / 桶，非 OPEC 国家原油的平均盈亏平衡点已大幅降至 60 美元 / 桶（布伦特）左右。未来仍需新建大量上游项目来满足石油需求增长，部分新项目盈亏成本在 60-80 美元 / 桶。展望 2050 年，BP 的研究显示，随着技术进步，大部分石油的勘探开采成本将在 60 美元 / 桶左右。

3. 远期油价不是制约石油需求的主要因素

2018-2020 年，全球石油供需紧平衡，布伦特油价快速升至 70-85 美元 / 桶的主要区间，2020-2025 年由于石油供给仍然偏紧，均价预计仍主要在 70-80 美元 / 桶，甚至更高一些；2025 年后随着全球石油供需形势缓解，油价有望高位震荡或小幅回落。2030 年以后，全球石油供需基本平衡，国际油价的下限受勘探开发成本支撑，长期价格可能在 60-70 美元 / 桶。长期来看，随着新能源技术的成熟与市场化，石油与可替代能源之间，通过价格调节，长期保持平衡稳定的供求关系。因此，油价并不是制约石油需求的直接因素，而是市场供需的调节手段。

7

情景分析中的制约因素 分析

7.1 碳排放容量与国际承诺

1. 中国积极应对全球气候变化

IPCC 第五次评估报告进一步肯定了气候变化问题的紧迫性，气候变化是全球共同面临的严峻挑战。2015 年巴黎气候大会通过了《巴黎协定》，正式确立了以国家自主贡献（NDC）机制为核心的全球应对气候变化制度框架。中国政府于 2015 年 6 月 30 日提交了国家自主决定贡献（INDC），对 2020 年后的强化减缓和适应行动做出了安排，提出了具体的目标，体现了中国积极应对气候变化，参与全球治理，打造人类命运共同体，承担合理的国际责任的担当和决心，开创一条创新的低碳发展路径，也为其他发展中国家提供可借鉴的发展模式和经验，促进全球低碳发展转型。

2. 实现国际承诺的压力与挑战

人类社会发展历史表明，各国的二氧化碳排放趋势与其所处的经济发展阶段密切相关，发达国家的工业化进程无一例外都伴随着能源消费和碳排放的高速增长。中国作为拥有 13 亿人口的最的发展中国家，正处于工业化、城镇化的快速发展阶段，同时面临着发展经济、消除贫苦、改善民生等多重挑战。中国已经开始调整经济结构，但经济转型需要时间，转型过程中的压力和困难也很大。中国将越来越重视环境问题，但也不能简单地牺牲经济发展来换取减排的目标，需要通过结构调整、技术创新，来实现发展与减排之间的协同。

7.2 石油及其制品对生态环境的影响

1. 交通污染物排放问题越来越受到关注

《中国机动车环境管理年报（2018）》指出，大多数城市 PM_{2.5} 浓度的贡献仍以燃煤排放为主，但部分城市机动车排放已成为 PM_{2.5} 的首要来源。船舶尾气排放导致的大气污染同样较为严重。IMO 要求 2020 年船用燃料硫含量由 3.5% 降至 0.5%，国内同样跟进这样的要求。国内近期还发布了《加快推进天然气利用的意见》、《大气污染防治行动计划》和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等具体举措，减少交通运输对

环境和大气污染。

2. 目前的废塑料处理方式造成环境污染

过去 30 年中，塑料由于其多功能性，使用量迅速增加，同时塑料垃圾对周围的环境也构成了严重威胁。石油污染会导致生物群落的生物量下降，物种多样性降低，植被覆盖率降低，影响生态系统的生产力、稳定性和健康。塑料碎片大面积蔓延并在紫外线的照射下分裂成越来越小的碎片，但无法生物降解。塑料碎片在海洋中大量聚集，通过自身生物吞噬作用对浮游动物等海洋生物产生危害，通过食物链的富集作用，在食物链顶层的人类受到的污染水平更高。为了减少塑料制品对环境的污染，必须通过提倡节约、循环利用减少需求。

7.3 生态环境制约对石化行业的影响

1. 油品质量升级助力交通排放清洁化

2000 年以来，我国车用汽、柴油质量标准不断严格，升级速度不断加快。车用汽油的发展方向是无硫化、降低烯烃、芳烃和夏季蒸气压值；车用柴油的发展方向是无硫化、提高十六院值和降低多环芳烃含量。2019 年 1 月 1 日起将在全国范围内执行“国六”车用汽、柴油标准，实现车用柴油、普通柴油、部分船舶用油“三油并轨”。油品质量升级同时，机动车排放标准也在逐步加严。《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中提出，2019 年 7 月 1 日起，重点区域、珠三角地区、成渝地区提前实施“国六”排放标准。加快老旧车型淘汰力度将是机动车排放治理的重点和难点。2018 年 7 月 1 日起，全面实施新生产船舶发动机第一阶段排放标准。

2. 石化产业与生态文明建设协调发展

近年来，我国生态空间不断遭受挤占，生态环境问题突出，生态系统退化严重，国家和区域生态安全形势严峻。2017 年中央和国务院发布了《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》。生态环境保护红线的扩大已经影响到上游油气勘探开发。生态保护红线原则上按禁止开发区域的要求进行管理。石化产业也存在产业能耗高，废水、废气、固废较多的负面问题。未来，石化产业绿色发展成为必然。《石化产业规划布局方案》提出推动产业集聚发展，重点建设七大石化产业基地，推进炼油和化工的一体化和建设工业园区（严控园区外项目建设），集中处理污染物排放问题，提升高效益化学品新材料的供应，推动绿色和石化产业的高效发展。

8

情景分析中的终端因素 分析

8.1 交通运输模式的变化

1. 经济发展阶段决定中国运输需求将继续增长

经济发展带动生产和生活物资运输需求的提高。从国际对比角度，发达国家人均 GDP 达到 3-4 万美元，货物运输量基本达到饱和，饱和值在 40-70 吨 / 人。本课题假设中国未来货物运输量可以达到日本工业化顶峰时期 40-50 吨 / 人的水平，未来平均货运运距保持 300 公里，单位 GDP 的货运周转量强度逐渐降低。同时，随着人民消费水平的提高，生活物资的运输将取代生产物资，成为货运增长的主要动力。通过强度法和弹性法，将 GDP 预测作为输入变量，计算出货运周转量 2040 年左右达到饱和，峰值将达到 22 万亿吨公里。

2. 环保限制和效率提升导致公路运输比重降低

货物运输结构与国土面积、基础设施等相关。中国铁路货运发展相对落后于公路，公路货运随着大量高速公路的建设发展较快，水路货运所占比重小幅上升，民航货运近年发展较快，但成本高、基数小，管道运输占比在 5% 以内。展望未来，铁路运输作为最有效及清洁的陆上交通运输方式比重将有所提高；公路货运所占比重将小幅下降但仍然是最主要的运输方式；水运货物周转量比重变化不大；航空及管道运输受运载空间以及运输品种限制，未来运输周转量比重增长空间有限。我国各种交通运输方式货物周转量均有较大提升空间，但是随着运输效率的提高，交通运输用油量增长速度将大大慢于运输需求的增长。

表 8-1 不同货运方式周转量预测（不含远洋货运，亿吨公里）

		铁路	公路	水运	航空	管道	合计
周转量	2015 年	23754	57956	37536	208	4665	124120
	2020 年	31700	72909	43201	309	6172	154291
	2030 年	46030	86256	58038	801	9006	200131
	2040 年	51635	88210	63468	1076	10757	215147
	2050 年	52494	76519	60569	1211	11104	201898
比重	2015 年	19%	47%	30%	0%	4%	
	2020 年	21%	47%	28%	0%	4%	
	2030 年	23%	43%	29%	0%	5%	
	2040 年	24%	41%	30%	1%	5%	
	2050 年	26%	38%	30%	1%	6%	

3. 收入提高和消费升级带动民航运输长期增长

近年来，我国民航事业快速发展，2000-2017 年间，航空旅客周转量年均增长 14%，货物周转量年均增长 10%，基础设施初具规模。目前我国人均乘机次数仅为 0.35 次 / 年，预计中国人均乘机次数饱和值与欧洲相近，即达到 1.0-1.5 次 / 年。基准情景人均乘机次数饱和值设定为 1.2 次 / 年，强化政策情景和温控情景人均乘机次数饱和值设定为 1.0 次 / 年。民航旅客平均运输距离将继续小幅提高，预计我国民航旅客周转量 2040 之后渐进峰值。未来随着高端物流和航空快速业务的发展，航空货运量将会持续增长。据中国航空工业集团发布《2017-2036 年民用飞机中国市场预测年报》显示，未来 20 年民航货邮周转量年均增长 8.6%。

4. 低碳经济及技术进步促发交通运输模式变革

依托于移动互联网、人工智能、大数据、云计算等新一代技术在汽车和交通领域的应用，交通体系与出行方式正在发生深度变革。展望未来，人类出行将更加安全、更加快捷、更加清洁、更加廉价。多式联运是运输业向综合运输方向发展的重要导向。多式联运将铁路、水运等长距离运输的经济性和可靠性与公路“门到门”运输的灵活性相结合，实现了运输环节的无缝衔接。多式联运具有提高能源利用效率、减少温室气体排放、降低社会物流成本、提升综合运输效率以及提高运输可靠性。

8.2 汽车保有量及结构变化

1. 中国乘用车饱和值低于欧洲水平

千人乘用车保有量饱和点与人口密度、道路基础设施、公共交通、燃油供应和价格、人口年龄结构、家庭规模等因素有关。中国人口密集，道路资源紧张，根据未来政策制约强度大小、公共交通出行设施建设以及共享和自动驾驶技术的普及，按照三个情景预测中国乘用车保有量饱和值：基准情景下，乘用车发展接近欧洲模式，千人保有量饱和值达到 **450** 辆；强化政策情景下，城市轨道交通加速发展，汽车共享模式兴起，乘用车千人保有量饱和值为 **350** 辆；温控情景下，大型城市汽车消费受到政府限制，自动驾驶技术快速发展，汽车共享显著改变出行模式，乘用车千人保有量饱和值为 **260** 辆。

2. 商用车保有量在 2020 年渐进饱和

基于发达国家的经验，商用车长期潜在增速与国家经济增长和工业化进程相。来国内经济快速增长将增加财政收入和居民收入，为公共交通发展和客流量的增加提供有力的支撑。预测 **2050** 年，中国千人客车保有量将降至 **2** 辆 / 千人，与日本接近。考虑人口变化，总体来看，客车保有量将逐渐下降。货车保有量由主要运输货物货运量总和、公路分担率以及单车运能三个因素决定。我国货车保有量仍然有 **300-600** 万辆的增长空间，**2020-2030** 年随着公路货运需求达到饱和，货车保有量基本达到 **3000** 万辆的饱和值。综合来看，商用车保有量 **2020-2030** 年基本达到 **4800** 万辆的饱和期，同时货车占商用车比重略有增加。

8.3 新能源汽车发展前景

1. 汽车行业“四化”成为未来发展的新动能

汽车的“电动化、智能化、网联化、共享化”快速推进，给汽车产业带来了新的技术变革浪潮，也给车用能源行业带来了巨大的转型挑战。**2010** 年以来全球新能源汽车

实现了大发展，由于政策的鼓励，中国已成为全球最大的市场，新能源汽车销量约占全球的 50%，保有量约占全球的 40%。虽然发展速度较快，但是目前全球（包括中国）新能源汽车保有量占汽车总保有量的比例尚未超过 1%。未来的发展趋势将受到多种因素影响，包括政策、技术、成本、共享与无人驾驶、消费者选择等。

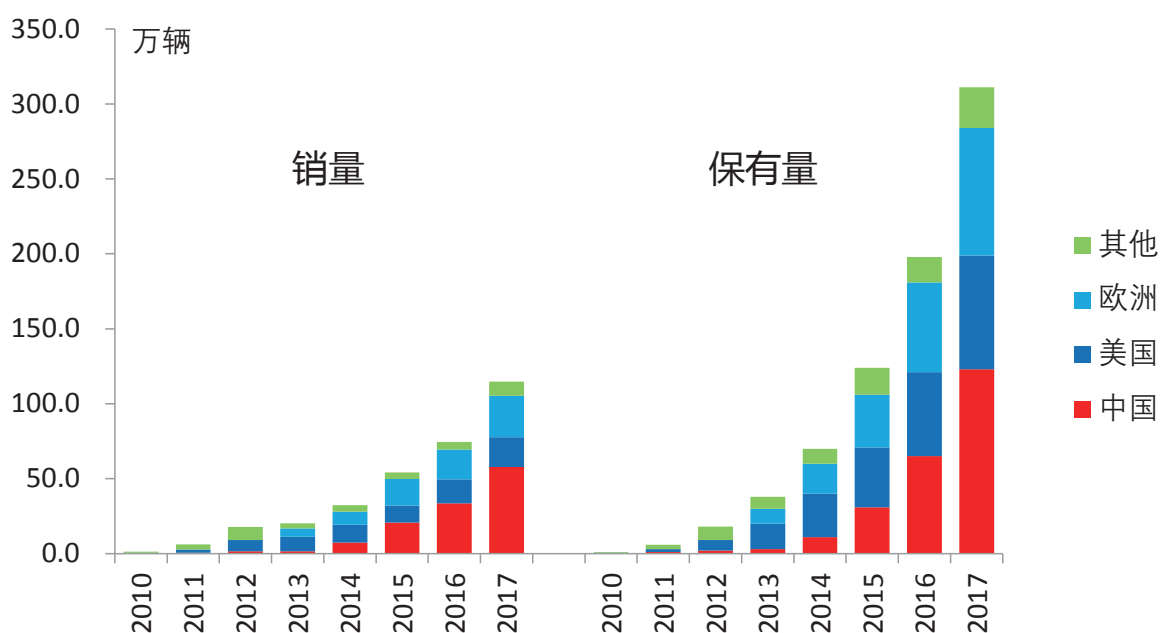


图 8-1 全球新能源汽车销量与保有量⁸

2. 双积分制将接力补贴助力新能源汽车发展

2012 年以来补贴驱动我国新能源汽车产业取得了长足发展。近年来，国家对于电动汽车补贴政策进行了调整，补贴力度有所下降，并提升技术门槛。在补贴政策退坡的情况下，2020 年 -2025 年发展目标将主要靠双积分政策保障实现。最受关注的核心信息有两点：一是乘用车平均燃料消耗 2018 年 -2020 年的目标值分别为百公里 6 升、5.5 升和 5 升，当年的正积分可以结转，负积分可以通过关联企业的正积分抵偿归零或新能源汽车正积分抵扣；二是 2018 年 -2020 年，新能源汽车积分比例要求分别为 8%、10% 和 12%，当年不达标车企须购买积分。2030 年以后新能源汽车发展将由市场选择为主，积分引导政策作用逐步减弱。

8 数据来源：国际能源署（IEA）、WIND

3. 新能源车能否取代燃油车取决于技术革命

电池技术是新能源汽车技术的核心。“十三五”正在重点研发高镍三元正极 + 硅碳负极锂离子固态电池，2020 年后动力电池发展目标为新型高比容量正极材料的研发，2030 年以后锂硫、金属空气或金属负极电池将逐步引入，2040 年以后氢燃料电池有可能进入商业化阶段。预计 2030 年后续航里程超过 500km，不再成为电动汽车发展制约。提高锂电池的充放电倍率可有效缩短充电时间。据汽车研究中心对电池生产厂商调研结果显示，到 2020 年快充时间将缩短至 15min，宁德时代提出的目标是 10min，未来充电时间也不会成为焦虑问题。

4. 2025 年后油电平价，但资源问题需要关注

补贴政策退坡以后，消费者对不同类型汽车的选择在很大程度上取决于其经济性的比较。在 2025-2030 年，国内轻型电动汽车的电池成本下降到 710 元 /Kwh，可以实现“油电平价”。锂和钴是生产动力电池的重要原料，对于电池成本的高低也有影响。中国是富锂贫钴国家，钴资源短缺或将成为电动车短期大规模发展的风险。考虑到未来电池技术进步，在不考虑进口的条件下，国内 320 万吨锂资源可满足 2.4 亿辆电动汽车的需求；如果锂电池回收率为 1/3-1/2，则锂资源的利用可以维持到 2040 年前后，如果回收率为 80%，则在 2050 年前均能满足需求（新能源汽车的渗透率达 70% 左右）。长期看，我国新能源汽车发展所需锂资源要通过加大电池回收利用和必要的进口来维持。在不考虑回收和进口的情况下，即使考虑三元电池向高镍方向发展，我国 8 万吨钴资源仅够约 900 万辆电动汽车需求，即维持到 2021 年前后，钴资源将始终保持较高的对外依存度。

5. 自动、共享与电动合力改变未来出行模式

自动驾驶是发生在汽车上的革命性技术之一。虽然目前自动驾驶技术给传统燃油车成本共增加了数万美元，但是成本一直在下降。自动驾驶技术商业化取决于技术进步及成本、配套政策法规和基础设施等。综合看来，2025 年左右，整体的技术环境，自动驾驶技术环境，才能成熟。中国自动驾驶及共享出行大规模市场化时间点将出现在 2030 年后。共享出行模式在消费者中的接受度逐步提高。当共享汽车成为主要出行方式时，每辆车的行驶里程将是现在汽车行驶里程的数倍。“自动驾驶 + 共享出行”将为电动汽车提供更广阔的发展空间。假设无人驾驶技术商业化时间节点分别为 2030 年前后、2035 年前后以及 2040 年前后，到 2050 年无人驾驶汽车普及率将分别达到 90%、35% 以及 10%。无人驾驶 + 共享出行模式将降低 2/3 出行成本。

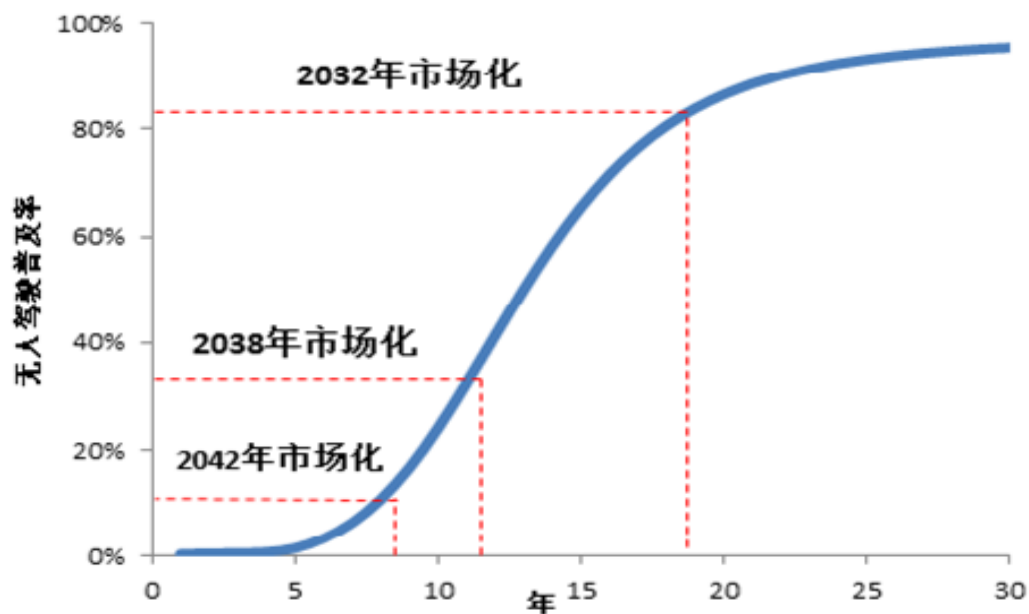


图 8-2 无人驾驶普及率曲线

6. 技术、市场、政策决定新能源汽车渗透率

影响未来新能源汽车发展主要有技术、经济和政策等因素。通过设定三个情景，对未来趋势进行展望。2025年前，电动汽车发展最大助力来自政策扶持，国家发展目标明确2025年市场渗透率达到20%；2025-2035年市场选择成最大发展助力，基准情景、强化政策情景、温控情景下渗透率分别为35%、40%和45%；2035-2050年最大助力来自于自动驾驶和共享出行普及，2050年基准情景新能源汽车渗透率达55%，强化政策情景达70%，温控情景达85%。未来BEV仍然是新能源汽车市场主体，三种情景下2050年PHEV销量占总电动汽车销量在5%-10%水平。商用车中，轻型货车和公交车是新能源车优先推广重点领域，到2050年三种情景新能源商用车渗透率分别达30%、50%和70%。

7. 氢燃料电池汽车是电动汽车的有效补充

当前，燃料电池尚处于商业化早期。当前，氢燃料电池汽车的燃料电池+储氢罐+快充型电池的总成本是纯电动汽车动力电池的2-3倍。未来，两者成本可能趋于接近。根据技术路线图规划，2025年新一代电池体系将基本成型，届时燃料电池的技术成熟

度和成本还有待提升，纯电动将占主导地位。2030 年之后，如果燃料电池成本能够大幅度下降，比例将有所提升。总体来看，新能源汽车发展在 2030 年之前将以纯电动为主，2030 年之后将形成多种新能源汽车并存的局面。

8.4 居民生活与石化工业

1. 需求拉动石油基乙烯路线有较大发展空间。

目前我国人均乙烯消费水平较低，未来有较大增长空间。目前，我国人均乙烯当量消费仅为 37 公斤 / 人（包括煤化工以及其它生产路线产品），到 2050 年，人均乙烯消费 60 公斤 / 人左右，折算乙烯当量消费规模 8050 万吨。2018 年 -2025 年石化投资周期将乙烯自给率推升至 75%。2025 年 -2030 年行业再平衡期，美国乙烷资源优势下降。2030 年 -2040 年传统裂解和煤化工或将迎来新的发展契机。2040 年后天然气制烯烃技术将决定国内乙烯行业自给水平，国内乙烯自给率有望提高至 85% 左右（基准情景）；如果国内经济发展不利，国内市场再平衡时间过长，技术和原料未获得有效突破的情况下，国内乙烯行业自给率或将下降至 65% 左右（温控情景）；对于介于两者之间的行业运行态势，或是大概率事件，这将使国内自给率在 2040 年后维持在 75%-80%（强化政策情景）。

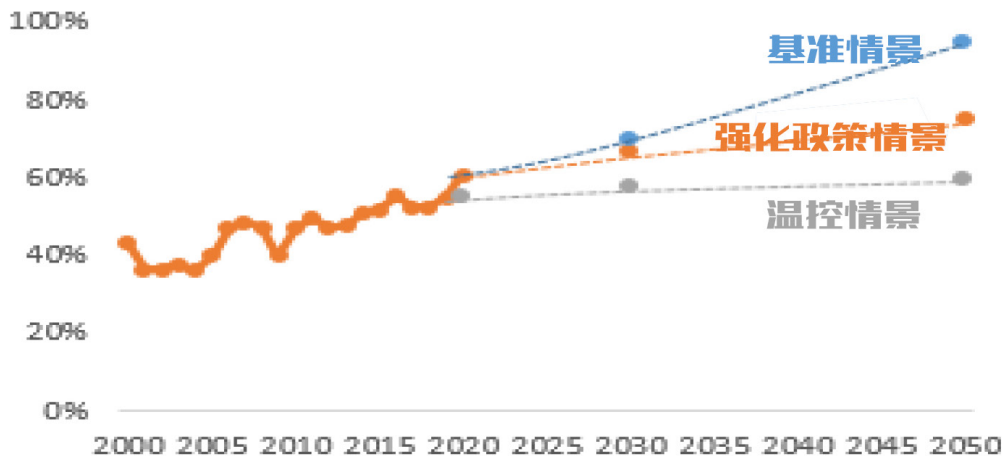


图 8-3 乙烯自给率分情景预测

2. 中国人均纤维需求量将高于平均水平

PX 是全球最重要的合纤原料，发展合纤是解决粮棉争地最重要的途径。人口和经济发展支撑 PX 消费，根据对过去近 40 年的数据跟踪研究，人均纤维消费量与人均 GDP 存在很明显的相关性。中国的纺织品服装不仅满足了国内人民生活的需求，同时还大量出口到全球其他地区，具有配套能力全、响应快、效率高等综合竞争优势，纺织工业发展着眼于国内外市场仍有一定发展空间。预计，远期国内纺织生产量的峰值约为 9400 万吨，占全球生产量的比重约为 60%；扣除出口纺服，预计国内人均纤维消费量也将达到峰值。纤维消费增长的主要品种为涤纶，预计人均涤纶消费量将从目前的 28 公斤增至 46 公斤，未来至少还有 3000 万吨的增长空间，对国内 PX 的需求有着直接拉动作用。

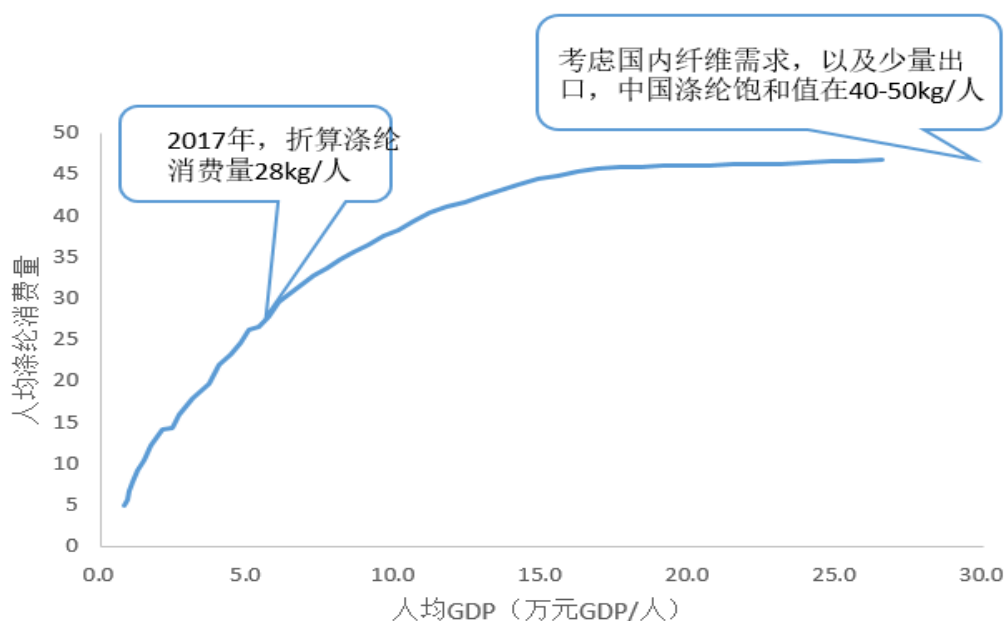


图 8-4 中国人均涤纶消费量预测

8.5 其他替代因素

1. 天然气：近期是重要的交通替代燃料

天然气汽车技术、政策较成熟，常规排放和碳排放低，经济性优势将是影响其发展的主要因素。短期内，天然气汽车仍然是燃油车的主要替代；中长期，如果技术有所突破，化石能源交通燃料可能逐渐让位给新能源，天然气汽车发展放缓。公交车和出租车将是CNG汽车主要发展领域，未来市场容量有限，发展速度将逐步放缓。LNG汽车主要替代商用车中的中重卡车，还有部分公交车。预测未来天然气汽车总保有量将达到千万辆以上。同时LNG船舶也将形成一定发展规模，但难以取得较大市场空间。

2. 生物燃料：成本等因素制约当前发展

我国主要发展的生物燃料包括燃料乙醇、生物柴油以及生物航煤。分别替代汽油、柴油和煤油。目前国内以发展燃料乙醇为主。2018年-2020年是燃料乙醇发展的黄金3年。2020年-2030年，受陈化粮库存、纤维素乙醇发展以及汽油需求影响，燃料乙醇规模可能在1300万吨-1500万吨之间（按照汽油消费量的10%来估算）。但由于乙醇的性质和对发动机、排放等的影响，市场还有不确定性。生物柴油和生物航煤2030年前发展缓慢。生物柴油原料成本和生产成本较高，销售企业对生物柴油推广应用存在顾虑，同时国内柴油明显过剩，炼厂调节柴油比难度较大，政府尚未有强制推行生物柴油的规定和措施，因此实现规划目标的难度较大。我国生物航煤的发展以石油、石化两大集团为代表，同样存在成本过高的问题，预计2030年之前对石油替代影响较小。微藻种类多、光合作用效率高、生产速度快、生物产量大、含油量高、不与粮争地，成为最有可能大规模替代石油的生物原料之一。但目前成本高（是航煤的2-3倍），估计产业化要在2030年之后。由于航煤需求长期保持旺盛，并且价格高于柴油，强化政策情景下2050年生物航煤规模接近千万吨级，约替代10%航煤。

3. 甲醇汽油：作为过渡性燃料局部使用

目前国内推广甲醇汽油的主要有山西、陕西和贵州省的部分地区，以及山东、上海、浙江、河南等地少量试点使用甲醇汽油。全国燃料甲醇替代常规汽油数量在50-100万吨。考虑到煤炭资源、水资源以及燃烧高比例甲醇汽油对汽车动力系统改造的成本，以及对人健康的影响，未来大规模推广可能性较小。预计未来甲醇将作为一种过渡燃料局部使用，使用量将逐渐减少。

4. 煤化工：作为战略性技术储备和应用

自 2005 年起，我国陆续开始建设大型现代煤化工工业化示范项目。至今，以煤制油、煤制烯烃和煤制气为代表的现代煤化工产业规模快速增长，形成了具有中国特色的煤炭深加工产业。制约煤制油发展有两个主要因素，一是经济性因素，二是环保排放限制。国内煤制油企业所需煤炭大多为配套煤矿提供，低煤价下对其成本影响较小，前期巨额投资成为决定成本的主要因素。另外，国家日益严苛的环保排放限制与煤制油高碳排放和污水排放，以及西部地区水资源极度匮乏与煤制油高耗水（吨油品耗水 5-13 吨）之间的矛盾不断凸显，煤制油企业需要投入大量资金解决排放和水资源问题，一方面增加了产品成本，另一方面限制了发展空间。《煤炭深加工产业示范规划（2016-2020 年）》中提出 2020 年煤制油产能达 1300 万吨 / 年。资源环境限制规模、碳税增加生产成本，预计规划规模实现后发展将放缓。

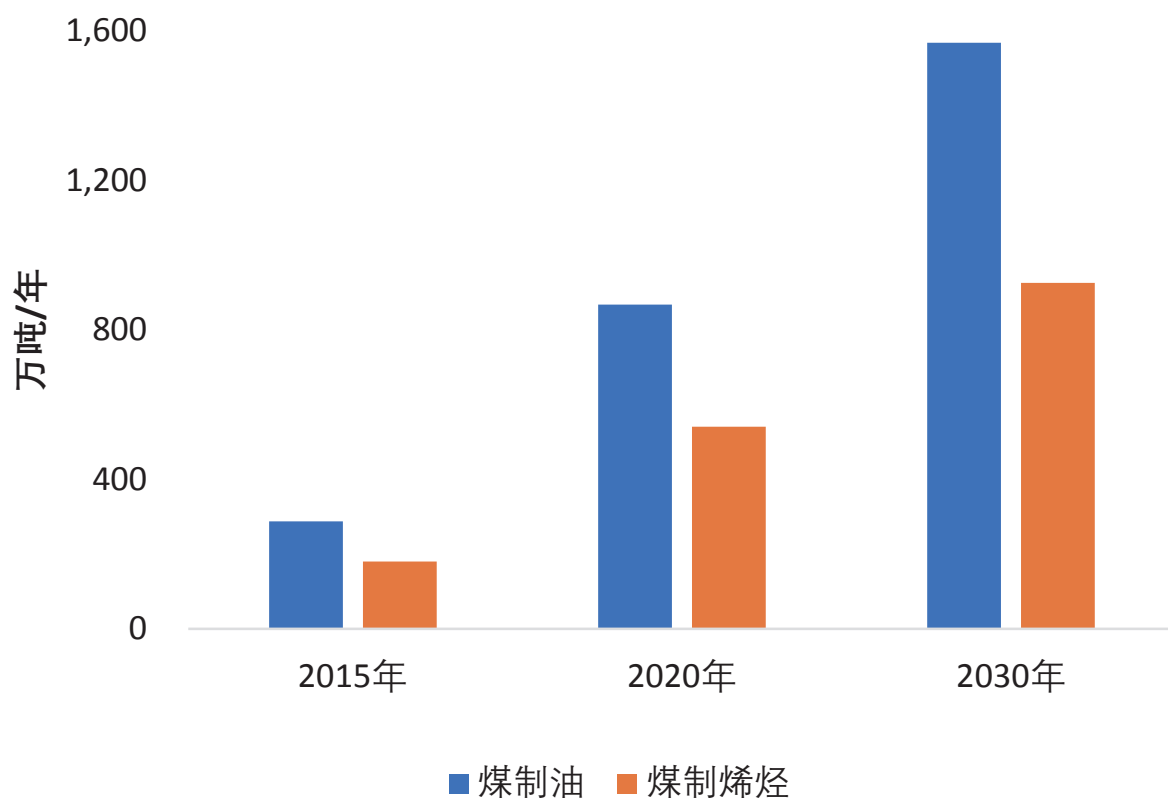


图 8-5 按规划能力推测煤化工产能

5. 油品替代发展趋势的小结

未来我国石油替代产品继续多元化发展趋势，但是主导产品呈现出阶段性特点。综合判断 2020 年和 2030 年，以上替代产品（不含煤制烯烃等石化原料替代）替代石油量占成品油需求比重分别为 10% 和 20%，2050 年将进一步上升至 50%。

表 8-2 替代成品油需求预测（万吨）（强化政策情景）

年份	天然气	电动汽车	生物燃料	甲醇	煤制油	合计	占成品油需求比例
2015 年	1260	34	297	64	115	1770	5%
2020 年	1911	1113	901	50	566	4541	12%
2030 年	2417	5409	1500	37	1036	10398	22%
2040 年	2966	10519	1436	27	1042	15989	34%
2050 年	3559	18039	2000	20	1050	24668	50%

9

中国石油消费情景分析 结论

表 9-1 石油需求情景设置

基准情景		强化政策情景	温控情景
定义	石油相关行业在当前政策和行业规划目标下发展的情形	现有政策加严升级或未来石油相关行业出台更加严格的控制政策的情形	未来石油消费需求在满足 2℃温升控制目标下的发展情形
经济 社会	经济	• 中国经济进入“新常态”，稳定在中高速增长，增速适当放缓，强调深化改革与调整结构 • 第三产业的比重将持续上升，第一、第二产业的比重将持续下降，重工业的比重将逐渐达峰并回落 • 经济增长转向消费拉动型，消费水平的提升、消费者偏好的转变将引导经济结构的转型升级 • GDP 增速在 2020 年维持在 6.5%，2030 年放缓至 5.5%，2050 年进一步放缓至 4% 左右	
	人口	• 生育率逐步下降，人口结构出现老龄化特征，劳动人口数量出现下降 • 新的计划生育政策：2013 年正式宣布“单独二胎”政策，2015 年实施全面二孩政策 • 2020 年人口达到 14.2 亿，2028 年达到 14.5 亿人的峰值水平，2040 年下降至 14.4 亿人，2050 年为 14.0 亿人	• 参考联合国人口展望的低情景：2020 年人口达到 14.1 亿人峰值水平，2030 年下降至 13.9 亿人，2040 年下降至 13.3 亿人，2050 年为 12.3 亿人
城镇化		• 2017 年末，常住人口城镇化率达到 58.5%，仍处于城市化的快速发展区间（30%-70%），还有较大的发展空间 • 根据《国家新型城镇化规划（2014-2020）》，2020 年常住人口城镇化率的发展目标为 60% 左右，预计 2030 年达到 66%，2040 年后进入城镇化稳定发展期，2050 年城镇化率为 75%。	
政策	石化和化学工业发展规划（2016-2020）	在基础情景要求之上： • 推进新能源汽车的普及 • 提高燃油经济性标准 • 公共交通发展规划 • 铁路、航空、管道运输发展规划 • 促进石油化工行业产业结构升级	• 汽车排放法规加严 • 鼓励共享出行模式的发展 • 支持自动驾驶、氢燃料电池等先进技术的研发和产业化 • 控制石化产业发展的规模，转移低端制造业，增加高附加值产品进口
	深化石油天然气体制改革		
环境	节能与新能源汽车产业规划		
	节能与新能源汽车技术路线图		
环境	打赢蓝天保卫战三年行动计划	打赢蓝天保卫战三年行动计划	打赢蓝天保卫战三年行动计划
	通过油品质量升级减少石油消费对环境质量的影响	• 2035 年基本实现美丽中国等生态文明建设的主要目标	• 《巴黎协定》中国承诺 • 相关行业的能源消费路径需满足实现 2℃温升控制目标的要求

	基准情景	强化政策情景	温控情景
交通	• 交通运输需求持续增长，铁路及管道运输量上升 • 乘用车发展接近欧洲模式，千人保有量饱和和值达到 450 辆 • 燃油经济性达到技术路线图中对应的发展目标，2050 年为 4.5L/100km（不含新能源汽车） • 车辆年均行驶里程缓慢下降，2050 年乘用车达 1.3 万公里 / 年 • 2050 年新能源车市场占有率渗透率达到 50%；商用车渗透率 30% • 2020 年乙醇汽油基本实现全国推广 • 民航乘机次数达 1.2 次 / 年 / 人 • 低硫化使船用燃油价格升高，满足了国内炼厂生产船燃的边际条件，2020 年后国内供应量大幅增加	• 交通运输结构显著优化，其中公路货运效率提升，铁路运输比例增长 • 城市轨道交通加速发展，汽车共享模式兴起，乘用车千人保有量饱和和值为 350 辆 • 燃油经济性标准进一步提高，2050 年为 4L/100km（不含新能源汽车） • 10% 共享影响下，2050 年乘用车年均行驶里程达 1.2 万公里 / 年 • 2050 年新能源车市场占有率渗透率达到 65%，商用车渗透率 50% • 政策推动生物柴油和生物航煤的发展 • 民航乘机次数达 1.0 次 / 年 / 人 • 严控大进大出，在一般贸易项下，国内低硫燃油供应成本较高，2020 年后低硫燃油由国内供应增量有限	• 交通运输结构整体得到充分优化，效率提升加快 • 各种公共交通无缝衔接，自动驾驶快速发展，共享显著改变出行模式，乘用车千人保有量饱和和值为 260 辆 • 燃油经济性更快提高，2050 年为 3.5L/100km（不含新能源汽车） • 25% 共享影响下，2050 年乘用车年均行驶里程达 1.1 万公里 / 年 • 2050 年新能源车市场占有率渗透率达到 80%，商用车渗透率 70% • 生物燃料成本大幅降低，原料来源得到保障，成为石油有效补充 • 民航乘机次数达 1.0 次 / 年 / 人 • 低硫燃油仍以国外供应为主，国内供应仅有少量增加
石化	• 乙烯和涤纶消费会持续增长 • 按照当前产业发展模式，石化工业发展立足国内，乙烯自给率达到 85%，纺织品保持较高的出口 • 塑料回收延续当前水平，回收率 10% 左右	• 全球产业布局变化，化工行业向中高端发展，部分低附加值产品转为进口，乙烯自给率为 75%，纺织品适度出口 • 通过政策强制制提高塑料回收率至 15% 左右。	• 国内消费升级、人工成本增加以及环保影响，低端产业加速转移，乙烯自给率与当前相当，为 65%，纺织品出口减少三分之一 • 塑料回收技术、成本与应用范围显著改善，回收率明显提高至 20%
其他	• 城镇化发展持续带动居民生活用能、建筑、建材等行业石油产品需求	• 居民用能天然气比例大幅提高，道路养护周期延长，非燃烧领域大幅减少	• 新型城镇化充分考虑环境因素，推动居民用能电力比例提高，高耗能行业发展受到控制，道路运输强度降低

9.2 中国石油消费分情景分析结论

本章节主要呈现预测结果，如果没有特别说明，将以强化政策情景为例来描述；先分析总量变化，再描述主要产品需求。

1. 中期国内石油需求将出现拐点

基准情景：国内石油需求将在 2040 年前后达到 7.8 亿吨的峰值，2017 年-2040 年年均增长 1.2%，2050 年放缓至 7.7 亿吨；石油峰值消费量较基准年（2017 年）增加了 30%。达峰值时，国内人均石油消费为 0.55 吨，仍然不及全球当前人均 0.6 吨的水平。2017 年中国石油对外依存度达 69%。未来，国内原油产量将保持在 1.8-2.0 亿吨；在基准情景下，2040 年石油对外依存度将继续提高至 76%，之后基本保持 75% 左右。单位 GDP 石油消费强度不断降低，2050 年是基准年的 28%；该情景下，2025 年前后超过日本和德国当前水平（0.38 千克 / 美元 GDP）。

强化政策情景：国内石油需求将在 2029 年-2030 年达到 7.2 亿吨的峰值，2017 年-2030 年年均增长 1.6%，2050 年回落至 6.1 亿吨，与 2018 年消费总量相当；石油峰值消费量较基准年（2017 年）增加了 22%。达峰值时，国内人均石油消费为 0.50 吨。预计 2030 年前后国内石油对外依存度将达 74%，之后逐渐下降至 2050 年的 69%（与 2017 年相当）。单位 GDP 石油消费强度不断降低，2050 年是基准年的 22%。该情景下，2024 年前后超过日本和德国当前水平。达峰时，石油占一次能源比重仍然维持在 18%-20%。

温控情景：中国石油需求将在 2025 年达到 6.7 亿吨的峰值，2017 年-2025 年年均增长 1.7%，2050 年回落至 4.7 亿吨，与 2012 年消费总量相当，2025-2050 年年均减少 1.4%；石油峰值消费量较基准年（2017 年）增加了 14%。2050 年消费量较基准年减少了 20%。达峰值时，国内人均石油消费为 0.47 吨。在温控情景下，预计 2025 年石油对外依存度达到 72%，之后逐步回落至 2050 年的 60%（低于 2017 年的水平）。单位 GDP 石油消费强度不断降低，2050 年是基准年的 17%。该情景下，2023 年前后超过日本和德国当前水平。

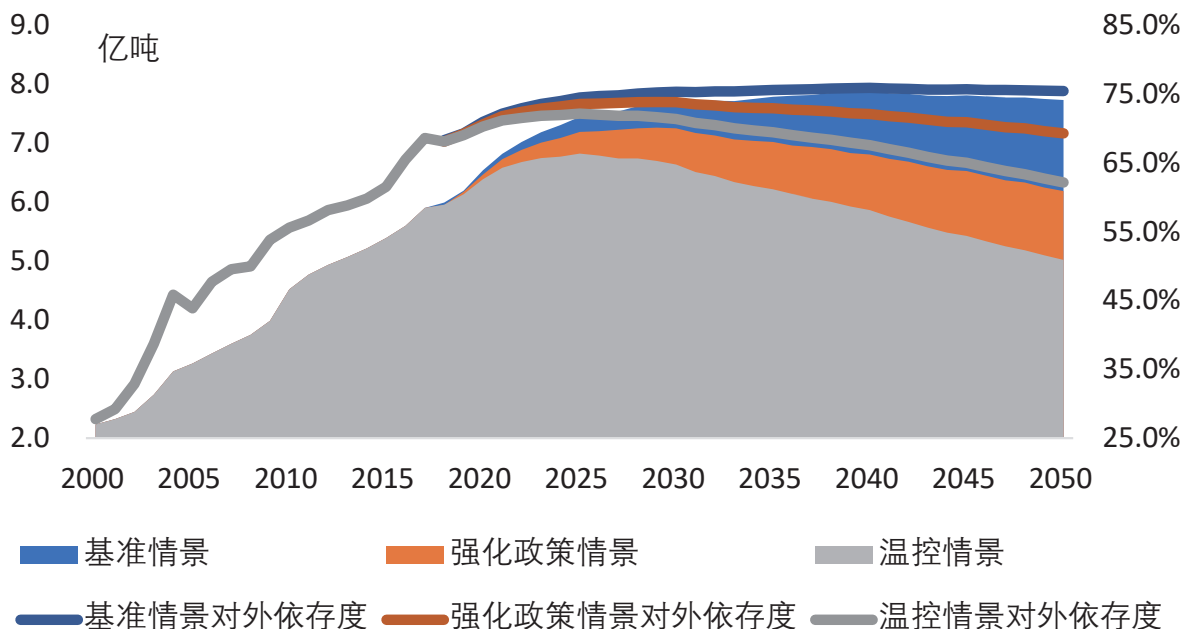


图 9-1 石油需求与对外依存度预测

2. 碳排放峰值早于石油峰值到来

在基准情景下，石油消费碳排放峰值在 2030 年到来；在强化政策情景下，石油消费碳排放峰值在 2025 年到来；在温控情景下，石油消费碳排放峰值在 2020 年到来；以上三个情景的碳排放均早于对应情景下石油消费峰值到来的时间点。同时，三种情景下，碳排放达峰后均出行不同程度的下降。2050 年，三种情景较基准年（2017 年）石油碳排放分别增加 8%、降低 24% 和降低 44%；较碳排放峰值年份分别降低 9%、32% 和 47%。

造成碳排放运行轨迹低于石油需求轨迹的主要原因是石油消费结构的变化。当前，在石油消费结构中，约 70% 产品用于燃料在燃烧过程中释放二氧化碳，而其余 30% 左右产品用于化工原料、道路建设、溶剂、化肥等非燃烧部门，使用过程中基本不排放二氧化碳。未来，随着替代和节能技术的进步，燃料占石油消费比重不断降低，原料消费比重不断增加，石油综合碳排放因子也将逐渐降低。

由于本课题不涉及其他部门碳排放预测，仅从石油部门来看，2030 年单位国内生产总值石油消费二氧化碳排放强度较 2005 年下降 65% 以上，石油部门能够实现中国自主贡献承诺目标。其中基准情景下降 66%，强化政策情景下降 68%，温控情景下降 73%。

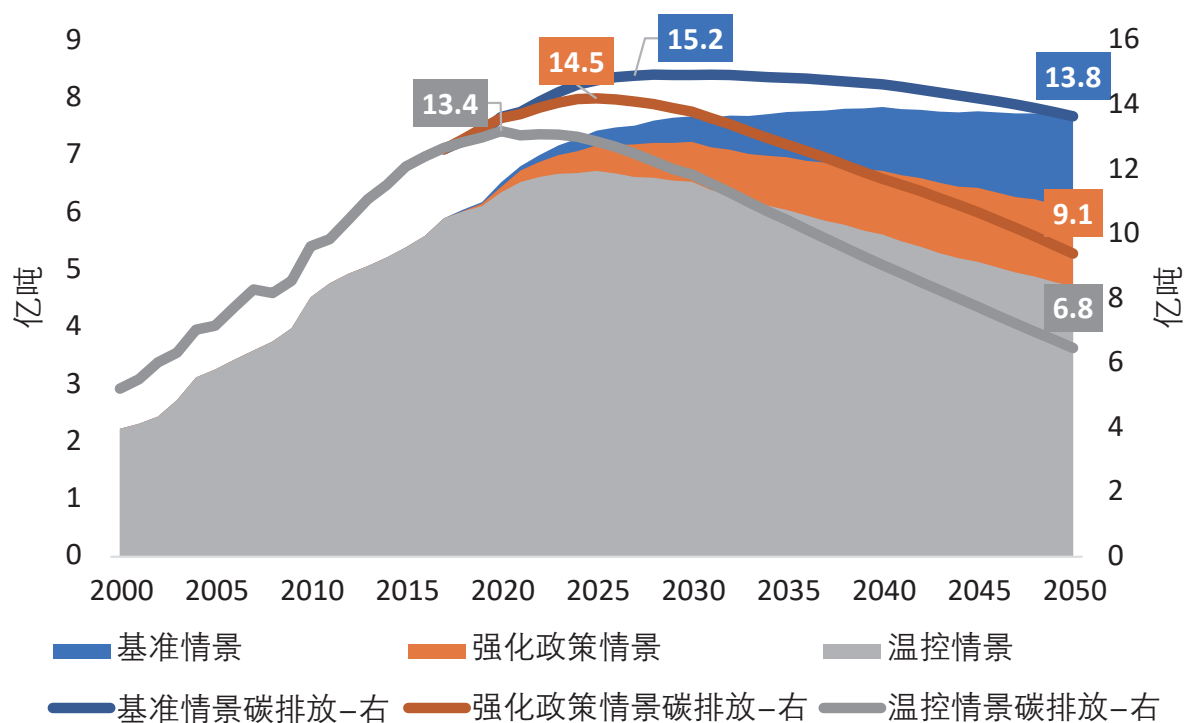


图 9-2 石油需求与碳排放预测

3. 未来石油的化工属性逐渐加强

从产品结构看：在强化政策情景下，成品油占石油消费比重逐渐下降（2020 年为 54%、2030 年为 51%、2040 年为 45%、2050 年为 38%），化工轻油比重将提高（2020 年为 16%、2030 年为 22%、2040 年为 26%、2050 年为 30%）。可见，未来石油消费的化工原料属性将不断加强。

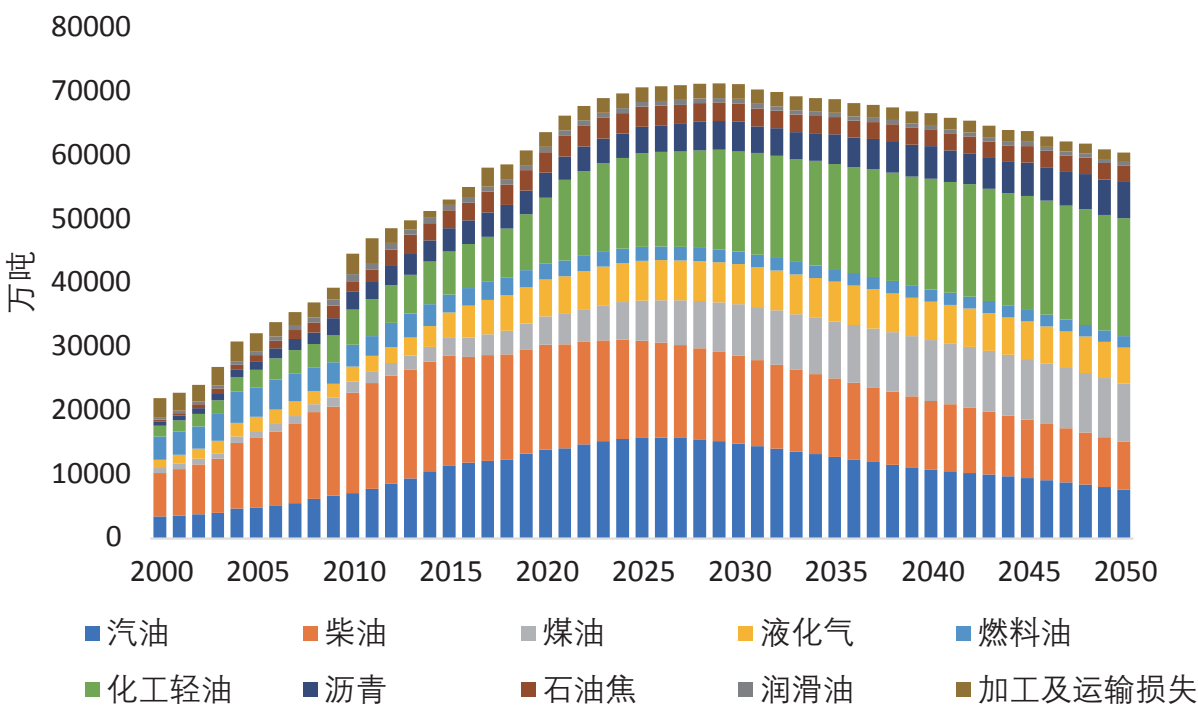


图 9-3 强化政策情景下石油分产品需求预测

从终端需求看：2017 年 -2030 年：燃油经济性提高和新能源汽车与燃料乙醇等替代，抵消了部分由于汽车保有量增长带来的交通用油的提高，交通用油占石油消费比重变化不大，保持在 50% 左右；乙烯和 PX 能力的快速建设，造成化工用油不断增长，化工用油占比由 15% 提升至 25%；由于天然气和电力的替代，工业用油占比由 12% 降至 7%；民用天然气的普及以及电气化替代，民用和农业用油比重分别由 5% 和 6% 降至 3% 和 4%；城市化建设推动建筑用油需求增加，比重保持在 8%。2030 年 -2050 年：新能源汽车技术成熟，市场快速推广，汽车保有量增速明显放缓，交通用油占石油消费比重快速下降至 40% 以下；石化工业继续发展，但增速放缓，化工用油占比提升至 35%；工业、民用和农业用油比重变化不大，基本维持在 8%、4% 和 4%；随着需要保养、维修道路里程的增加，建筑用油小幅增长，比重提高至 11%。

4. 节油和替代促使公路用能达峰

随着节能与效率的提高，我国整个交通用能（包含铁路用电、电动汽车用电折算为油当量）将在 2030 年前后步入平台期。国内公路交通用能 2030 年前后达峰，之后处于长期的平台期。汽车保有量的增长拉动公路用能（油和电）需求的增加，但燃油经济性提高极大的减弱其拉动效果。到 2050 年，燃油经济性提高对节约交通用油的贡献率在 45% 左右。在燃油经济性提高，新能源汽车、天然气汽车及生物燃料等替代作用下，公路用油在 2025 年前后达峰，之后快速下降。

预计，国内公路交通用能 2030 年前后达峰，之后处于长期的平台期。汽车保有量的增长拉动公路用能（油和电）需求的增加，但燃油经济性提高极大的减弱其拉动效果。到 2050 年，燃油经济性提高对节约交通用油的贡献率在 45% 左右（节能和替代降低公路用油 4.2 亿吨，其中燃油经济性提高贡献 1.9 亿吨）。在燃油经济性提高，新能源汽车、天然气汽车及生物燃料等替代作用下，公路用油在 2025 年前后达峰，之后快速下降。

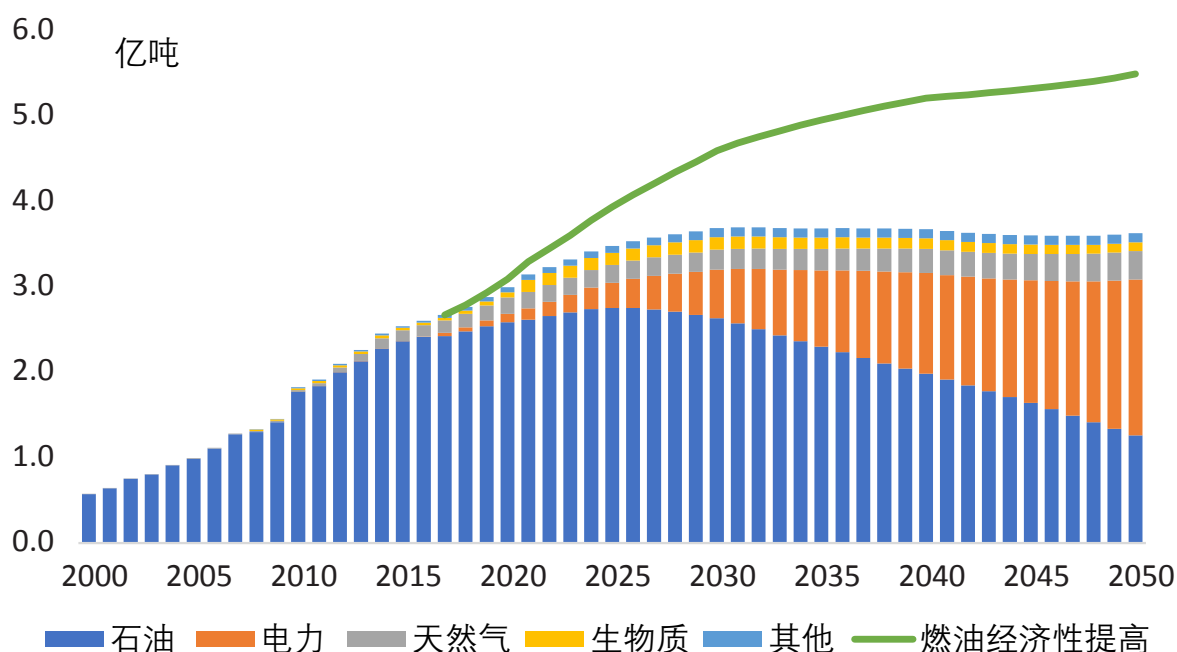


图 9-4 国内公路用能结构的变化趋势（包括电力折算为油当量）

5. 新能源汽车将成为交通用油替代主力

2025-2030 年之间是新能源汽车由政策推动向市场自主选择转变的关键节点，也是新能源汽车规模效应显现的起飞点。2020 年之后，新能源汽车将取代天然气汽车成为主要的交通用油替代。2050 年新能源汽车替代石油消费 1.8 亿吨，其他替代交通用油约 6000 万吨，分别对替代公路交通用油的贡献为 40% 和 15%，还有 45% 的贡献是汽车结构变化和燃油经济性的提高。

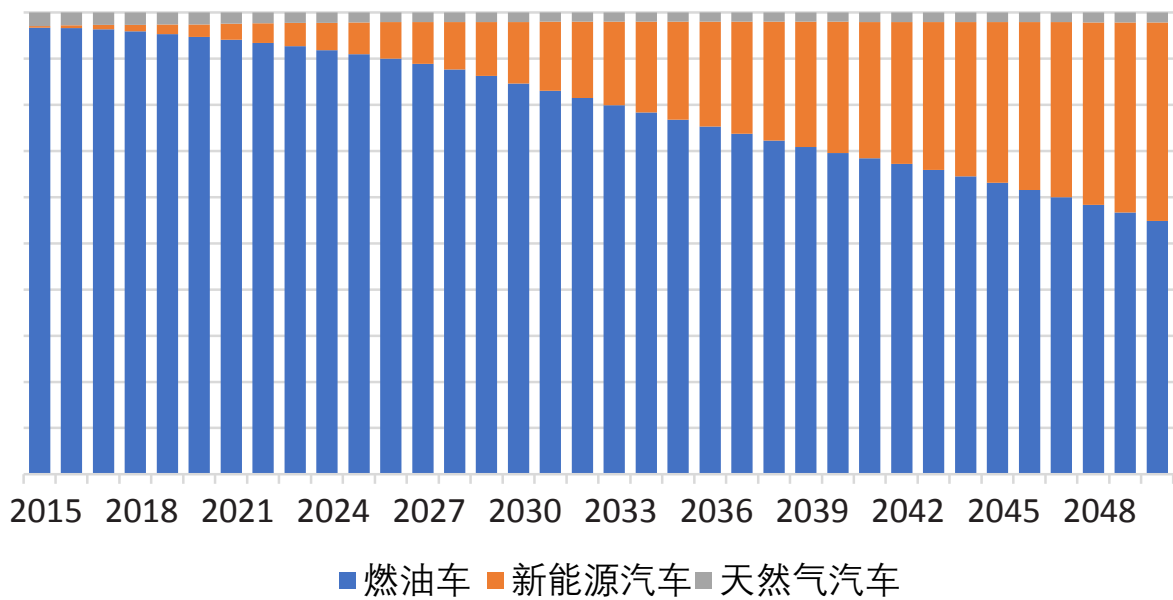


图 9-5 分燃料汽车组成预测

注：燃油车包括 HEV，新能源汽车包括 BEV、PHEV 和 FCV，天然气汽车包括 CNG 和 LNG

9.3 终端行业产品需求

1. 中期汽油需求达到峰值

从汽油消费结构来看，近 95% 是汽油车消费，而汽油车中八成左右由乘用车组成，乘用车的发展决定了汽油消费变化趋势。目前，中国的乘用车已经由普及前期过渡到普及后期，虽然销量仍将持续增长，但增速明显下降，预测 2030 年和 2050 年乘用车保有量分别达 4 亿辆和 5 亿辆左右。同时在国家节油、环保高压政策下，汽车燃油经济性不断提高、新能源汽车发展突飞猛进（特别是 2025 年以后）、2020 年以后燃料乙醇逐步实现全国推广，预计汽油需求在 2025 年达到 1.58 亿吨饱和值，之后将快速下降，2025 年-2050 年年均降低 3% 左右。

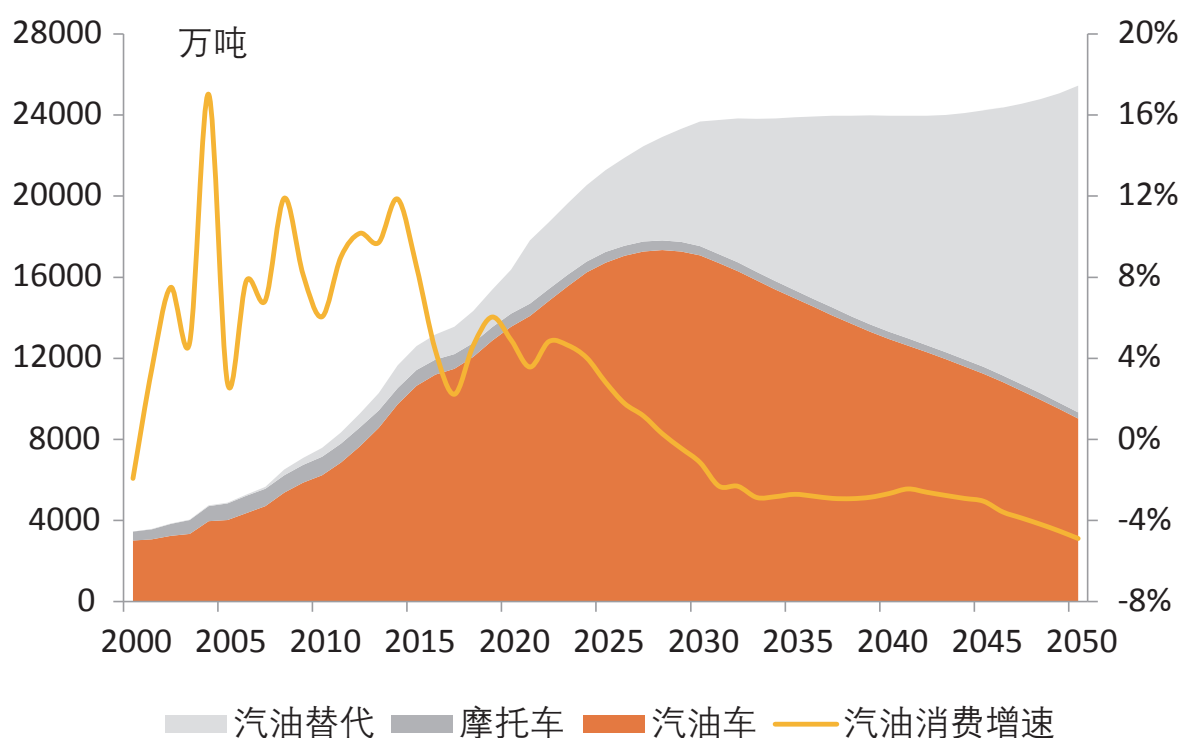


图 9-6 中国汽油消费预测（强化政策情景）

2. 煤油需求长期保持增长

未来影响煤油需求的主要因素是航空周转量变化和航煤单耗变化。民航事业快速发展带动煤油消费的增长，未来增长空间较大，2030 年需求达到 8100 万吨，2040 年继续增加至 9300 万吨，基本达峰值，成为 2030 年之后交通用油主要增长部门。2050 年消费量回落至 8700 万吨左右。中国航空油料公司预计 2030 年全系统航油加油量达 8200 万吨。

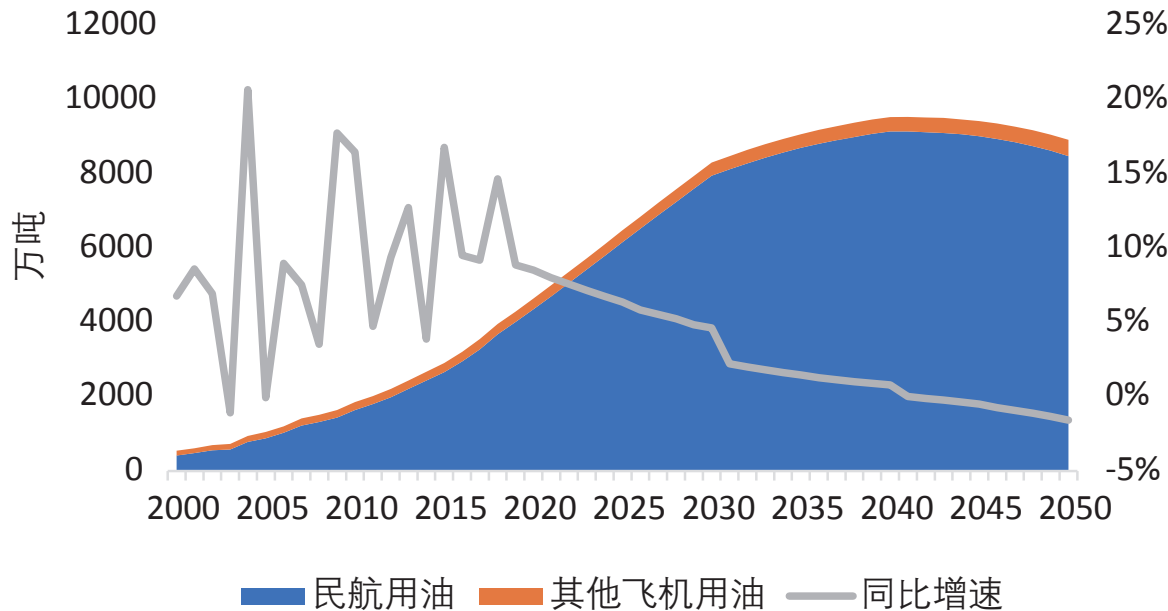


图 9-7 中国煤油消费预测

3. 柴油消费已经达平台期

柴油消费具有多样性特征，主要用途为机动车和工农业生产方面，与经济发展密切相关。随着经济结构调整，中国逐渐向后工业化过渡。同时，环保要求下，部分公路运输需求转向更清洁的铁路运输（含有电气化因素），与工业生产密切相关的柴油消费在 2015 年已经达到峰值 1.73 亿吨。2015 年 -2020 年处于小幅下降的平台期，柴油消费保持在 1.65 亿吨左右。2020 年之后，替代的发展加快柴油需求下滑。2020 年 -2050 年柴油需求年均减少 3% 左右。

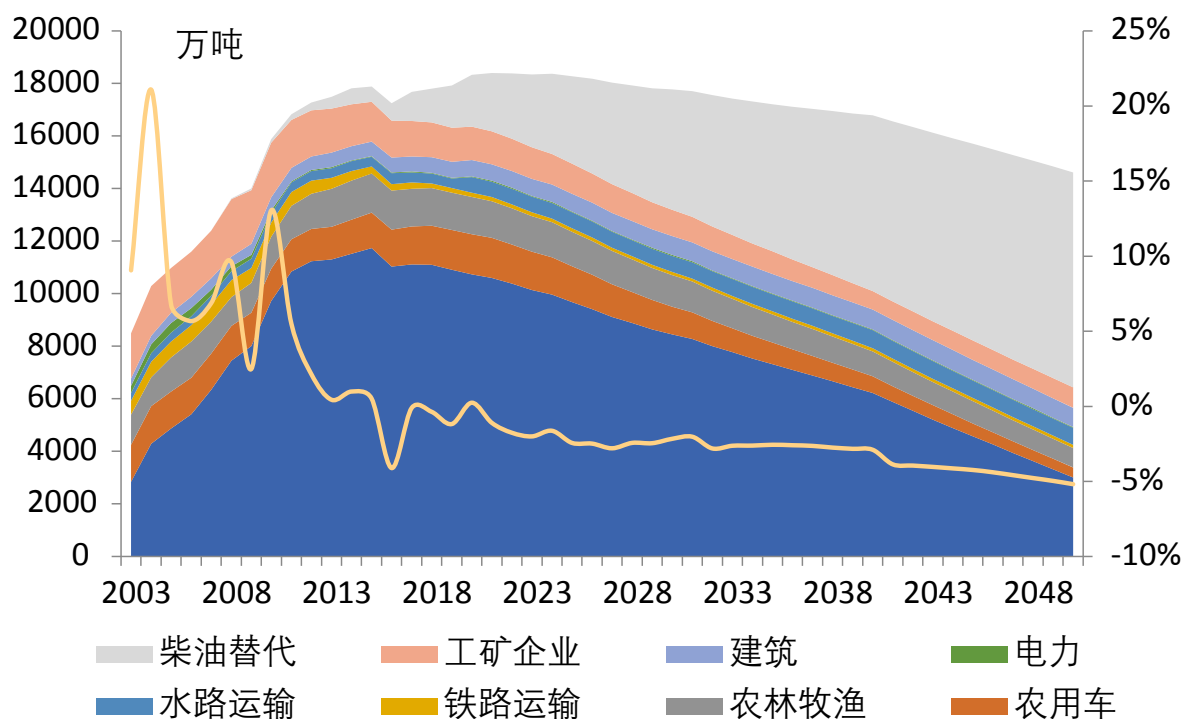


图 9-8 中国柴油消费预测

4. 石油需求动能转向化工

未来，乙烯和 PX 工业发展拉动化工轻油需求增长。目前，我国人均乙烯当量消费仅为 31 公斤 / 人。考虑到中国产业结构，消费和人口结构，预计中国乙烯当量消费规模在 2050 年达到饱和值 60 公斤 / 人。但是，全球乙烯原料贸易以及国内乙烯原料多元化发展替代，将缓解乙烯需求增长对化工轻油消费的拉动力。中国是纺织业大国，PX 需求不但满足国内消费升级的人民穿衣需求，还承担全球其他地区的纺服任务，对化工轻油需求保持增长。综合来看，化工轻油需求长期保持增长，但受国内乙烯和 PX 装置投产阶段以及不同路线原料竞争力影响，2020 年前需求保持高速增长，之后增速明显放缓，2050 年化工轻油需求量达 1.85 亿吨左右。

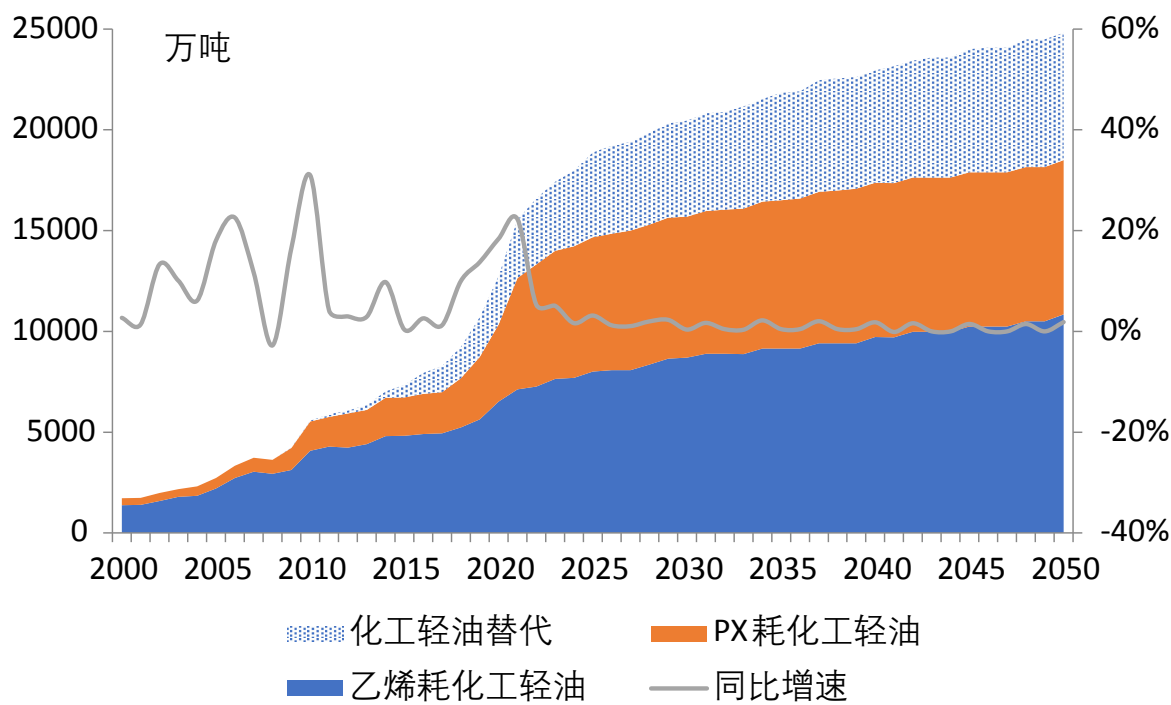


图 9-9 化工轻油消费预测消费预测

5. 原料属性支撑 LPG 消费

工业增加值上升与工业用气节约和替代共同作用下，未来工业燃料用气量相对稳定，但是其消费所占比例逐渐下降，未来工业原料是液化气需求主要增长点，对液化气需求最大的主要是 PDH 装置、烷基化装置、乙烯裂解原料等。民用中农村用量短期有增长潜力，长期将逐渐萎缩。从表观消费量的口径来看，预计 2030 年和 2050 年国内液化气需求量达 6260 万吨和 5650 万吨左右。

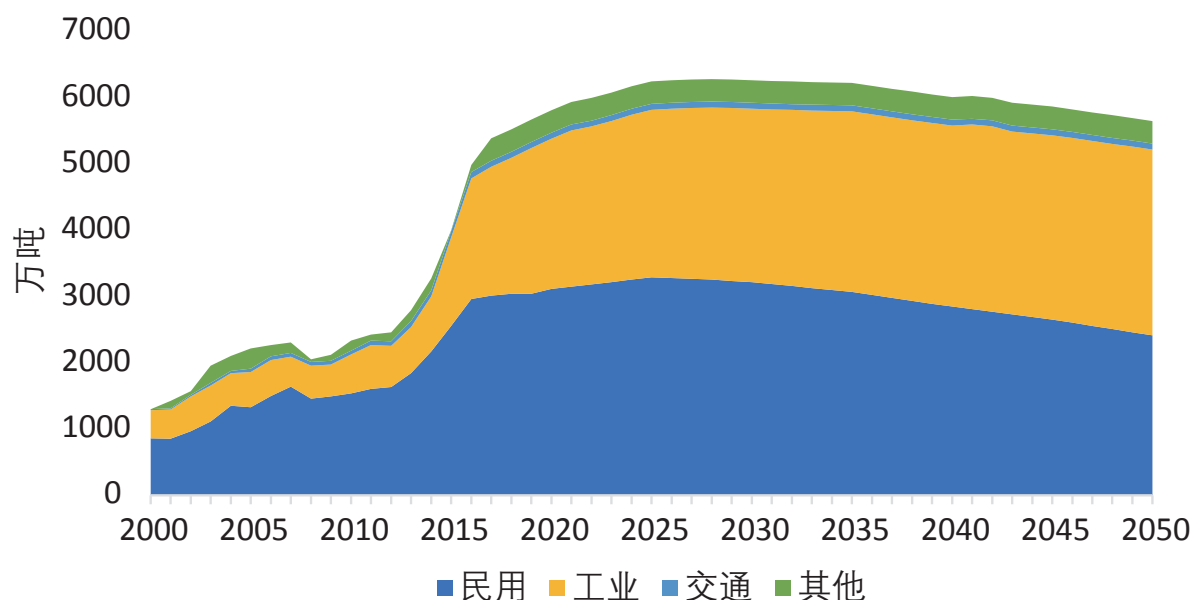


图 9-10 中国液化气需求预测

6. 燃料油的需求已过峰值

近些年，国内燃料油消费结构发生了明显变化。工业和发电、供热行业受到天然气替代，消费量逐年减少，未来将继续萎缩；随着国家进口原油资质的逐步放开，燃料油作为地炼原料将继续减少；交通领域将是燃料油的主要发展方向，经济增长带来船舶运输增加，船用燃料随之增长，但 2020 年国际海事组织要求全部公海领域燃料油硫含量从 3.5% 下降为 0.5%，波及到国内沿海船燃消费结构，部分船燃将从燃料油切换为柴油，燃料油在船燃中的占比将下降 10 个百分点，之后随着低硫燃料油生产量的扩大，将有所恢复，并随着运输呈现微弱增长趋势。总体来看，未来国内燃料油需求迅速减少后并稳定 2000 万吨左右，且 80% 以上为内贸船用。

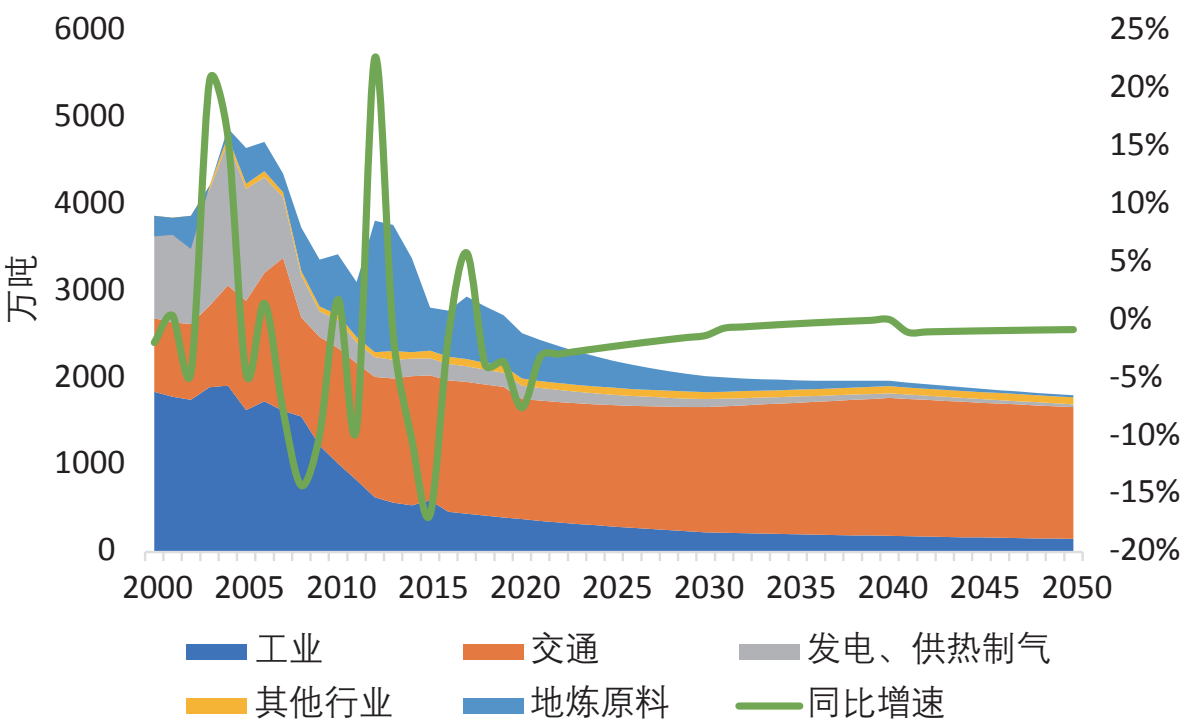


图 9-11 燃料油表观消费变化趋势

7. 其他产品用途仍旧广泛

沥青、石油焦、润滑油、石蜡、溶剂油、硫磺等产品占石油消费比重较小，但对工业生产和人们生活影响力很大，并且可替代性较小。

沥青消费领域分布于公路建设和维护、市政道路建设和维护、建筑防水、机场道路等方面。随着我国新增道路的增长，公路养维护需求将超过建设需求。考虑我国人口密度、城市化建设、人均道路里程，判断沥青需求量将长期保持增长。2050年达5600万吨左右。

石油焦消费集中于电解铝行业 and 水泥、玻璃等行业的燃料需求。未来电解铝行业的需求将成为拉动石油焦需求增长的绝对主力，燃料用石油焦趋于萎缩。预计国内石油焦消费量将在2022年前后达到高峰，之后进入下降阶段，2050年消费量回落至2500万吨左右。

当前我国润滑油市场容量800万吨-900万吨。其中50%左右用于交通用油，其余是工业用油。随着汽车消费结构的变化以及新能源汽车发展，汽油机油小幅增长后下降，柴油机油小幅下降；受到工业产业升级，产品质量提升影响，工业用油将减少。总体来看，我国润滑油脂需求总量未来将持续下降。

表 9-2 石油及主要产品需求（强化政策情景） 万吨

产品	2015 年	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年	2015-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
石油	53954	64529	72383	67315	60124	3.6%	1.2%	-0.7%	-1.1%
汽油	11433	13958	14898	10794	7664	4.1%	0.7%	-3.2%	-3.4%
柴油	17310	16201	13660	10400	6404	-1.3%	-1.7%	-2.7%	-4.7%
煤油	2743	4445	8105	9335	8715	10.1%	6.2%	1.4%	-0.7%
液化气	3999	5815	6264	6012	5648	7.8%	0.7%	-0.4%	-0.6%
燃料油	2816	2538	1973	1840	1598	-2.1%	-2.5%	-0.7%	-1.4%
化工轻油	6723	10338	15701	17380	18495	9.0%	4.3%	1.0%	0.6%

10

合理引导石油消费的目标与政策选项

1. 能源路径与政策

目标：新能源汽车与非化石电力形成消费和供应的良性循环，2050 年新能源汽车电力消费占非化石电力的 40%。

路径：合理引导石油消费是能源革命的重要内容，控制石油消费要按照“能源消费、能源供给、能源技术和能源体制”四大方面要求，优化能源路径，降低消费强度、改善能源结构、提升低碳比例，实现从供给到终端消费的路径更迭。控制石油消费不能以牺牲经济发展、抑制正常需求为代价，也不能过度超越经济发展阶段，造成社会成本过高。交通、工业、民用等燃料领域可以电力替代的，尽量以电力替代，提高终端电力比例，降低石油消费。

政策：

（1）对于低谷电价用电政策给予切实补贴，汽车用低谷电力服务费折半收取。

（2）原则上不再增加铁路内燃机保有量。

（3）新增固定农业机械原则上一律用电，存量逐步过渡到电力，不超过其使用寿命或 2030 年。

（4）居民取暖煤改气、煤改电同步进行，部分重点地区，用电比例不低于 50%。

（5）从电力的碳汇交易机制，扩大到石油消费、非化石电力消费的碳汇交换机制，使消费终端更有动力直接减少石油消费。

（6）加快可再生电力与储能技术结合，在调峰环节降低柴油、燃料油机组使用。

2. 财税路径与政策

目标：将新能源汽车油电平价提前到 2023 年，征收一次性塑料制品消费税。

路径：市场在资源配置中起决定性作用，市场的核心引导力量是价格，而税收是价格的重要组成部分。目前我国石油产品税收包括增值税、消费税、城建教育附加等，其中消费税是调节能源消费的重要途径，2015 年以来，汽油按照 1.52 元 / 升，柴油按照 1.2 元 / 升，燃料油按照 1.2 元 / 升征收，其他油品各有一定是税率。控制石油消费重要途径就是通过财税政策实现价格调整，从而引导石油消费变化。

通过提高调节消费税，有利于引导消费者行为，降低石油消费强度。按照目前估计，新能源汽车实现油电平价在 2025 年左右。在原油价格 70 美元 / 桶附近，消费税每提高 0.1 元 / 升，相当于提高油价 1 美元 / 桶，将新能源汽车油电平价提前 2 个月。可以通过调节消费税，实现石油消费从基准到温控情景的跨越，实现石油消费早日达峰、降低峰值高度。

严格税收措施，真正实现消费税控制消费的功能。我国制定了完善的消费税政策，但在执行过程中，存在严重的逃税漏税现象，造成价格并未按照政策要求变化。根据国务院发展研究中心有关课题，2016 年我国成品油消费税实缴金额与理论计算金额相差千亿元规模。市场普遍存在低于完税成本的成品油销售，并进一步造成了劣币驱逐良币现象，使油耗、排放上升，进而恶化了石油消费带来的环境影响。一方面使价格信号失真，另一方面也造成国家重大税收损失。控制石油消费，要严格税收政策，加强执行力度，真正实现消费税调节消费的能力，否则，即使出台再多的政策，打折扣的执行方式也将使控制消费的努力事倍功半。

另一方面，我国一次性石油制品消费量连年保持较快增长，浪费了宝贵的石油资源。尽管我国前些年出台超市不能免费提供塑料袋的政策，但执行力度堪忧，况且其低价值特征难以阻碍消费者随意购买。未来应制定一次性石油制品消费税政策，提高流通企业供应成本，引导消费者使用习惯，避免简单使用浪费。在回收领域，完善回收全产业链的政策协调。加大回收企业扶持力度，确认谁使用谁负责的责任主体，提高回收利用率，降低环境污染。

政策：

（1）在当前油价相对较低情况下，按照每年增加 0.2 元 / 升水平，提升汽油消费税，2023 年每升提高 1 元左右，可以将油电平价时间由 2025 提前至 2023 年，并在之后时间中，保持新能源汽车良好经济性。

（2）征收一次性塑料制品消费税，或者参照欧洲情况，到 2021 年禁止使用有替代品的一次性塑料产品，如塑料吸管、一次性耳塞、餐盘等。对于未禁止的品种，2025 年前降低 25% 的使用量。对于其他实在没有替代品的塑料制品，到 2025 年以 90% 的比率进行回收，否则实行行政处罚措施。。

3. 产业路径与政策

目标：提高高端石化产业比重由 30% 至 60%。国内炼油平均能耗由目前的 70 千克标油 / 吨降低到 60 千克标油 / 吨水平，并进一步降低到 50 千克标油 / 吨（国际先进炼厂水平）。乙烯平均能耗由目前 600 千克标油 / 吨，降低到 550 千克标油 / 吨，并进一步降低到 450 千克 / 吨。减少油田自用品 50%，提高废旧塑料回收利用率提高至 20%。

路径：石油消费规模离不开产业发展方向，石油产业方向是实现温控情景的重要路径。以高质量发展代替规模发展。石油消费及其产品中中高端涉及广泛，既有基础日用品，也有高端化工材料。在跨越中等收入陷阱的过程中，石油消费处于既需要满足普通能源材料规模需求，又需要提高质量，由规模型向高质量转型。合理引导石油消费，一方面需要从消费规模上适当减少，另一方面，需要加快消费相关行业向高质量转型，以更少的石油消费实现更多经济增长。

加强炼厂和油田精细化管理。油田自用石油每年有 600-800 万吨，使用较为粗放。通过优化路径减少消耗，或提高用电用气比例。我国炼油乙烯能耗也比较高，与国际先进水平有较大差距，随着技术进步，先进水平也会进一步提高。

减少石油下游制品出口。我国石油化工下游塑料、纤维、橡胶等行业中，用于出口的比例较高。虽然有助于经济规模的扩大，但也提高了石油消费水平。未来的政策中，应减少出口产业比例，统筹国际国内市场，加大资本运作力度，实现国内资本收益，但不一定在国内生产的更开放规模布局。

加大废旧塑料回收力度。通过废旧塑料回收，提高资源的反复利用水平，将减少新料需求，减少乙烯、PX 等化工原料需求。按照目前化工原料占石油消费的比例，回收率提高 10 个百分点，可以减少石油消费 1 个百分点。实现从基准情景到温控情景的过程，就是实现资源再利用的过程。

政策：

（1）提高产业集中度，提高产品附加值。制定全国石化行业园区化、基地化、一体化政策，提高产业集中度，提高生产效率，降低生产能源消耗。严禁在园区外发展石化产业。新入园企业按照技术水平、一体化水平、能耗水平进行综合评价，设定入园门槛。保障入园企业质量，提高技术水平。

（2）借助“一带一路”政策，扩大石油产品产业链的国际协同力度，适当减少出口下游制品、增加进口普通石油化工产品。

（3）建立行业能耗先进指标体系，通过产业规划引导企业加强能耗管理，淘汰落后产能。

（4）出台“一次性塑料”使用限制政策，降低废旧塑料产生数量。重点扶持废旧塑料加工利用企业，加大回收力度，使回收率每年提高 2 个百分点以上，2030 年之前达到 20%。

4. 技术路径与政策

目标：2030 年之前汽车燃油经济性按照“节能与新能源汽车技术路线图”，2050 年乘用车燃油经济性提高至 3.5L/100km，力争做到 3L/100km。商用车每年提高 2% 左右。其他内燃机按照平均每年 2%-3% 提高水平制定行业标准。

路径：汽柴油占石油消费的 50%，内燃机是主要消费载体。内燃机是交通运输、工程机械、农业机械、渔业船舶、国防装备的主导动力设备，内燃机工业是重要的基础产业。我国已成为全球内燃机生产和使用大国。但与国际先进水平相比，我国内燃机产品在节能环保指标上仍有较大差距，节能减排标准体系不健全，高能耗、高排放、低性能内燃机产品仍在广泛使用，内燃机工业节能减排的潜力巨大。

汽车消费占其中绝大部分，提高汽车技术水平，是节油的最大路径。除保有量外，每辆车年均用油量包括燃油经济性、行驶里程、劣化系数等因素。行驶里程是根据消费需要形成的，劣化系数为理想工况和实际工况差异的客观存在。可以通过技术大提高的就是燃油经济性。以乘用车为例，如果仅仅随保有量变化，2050 乘用车用油量将是 2017 年的 3.7 倍，石油消费达到难以承受的水平。

如果乘用车均为传统发动机，燃油经济性可以提高到 4.7 升 / 百公里，如果均为混合动力发动机，可以提高到 3 升 / 百公里，甚至更低。从基准情景到温控情景，2050 年在燃油汽车还存在一定保有量的情况下，提高燃油经济性尤为关键。燃油经济性提高包括发动机水平、车身轻量化、轮胎技术等。我国汽车发动机水平较发达国家仍有差距，可以做的工作较多。2017 年我国自主品牌汽车销量占比达到 44%，大多数使用国产发动机，还有较大提升空间。我国商用车自主化较高，但发动机技术同样落后于先进水平，商用车发动机燃油经济性提高要求姗姗来迟，减慢了节油的进步速度。总体来看，我国汽车发动机是节油的重要路径，需要加大技术开发力度。对于普通混合动力适当政策引导也将为节油提供现实途径。汽车轻量化方面，我国与韩日汽车相比，也有不小差距，通过增加非金属材料等措施，有助于提高车辆整体的燃油经济性。

政策：

（1）制定出台包括汽车发动机在内的内燃机制造企业准入条件，抑制落后产能扩张。加快淘汰高耗能、高排放内燃机产品。完善并严格执行机动车及发动机环保型式核准制度、机动车污染物排放标准。制定内燃机产品燃油消耗限值及测量方法标准，明确燃油消耗率限定值、推荐值和目标值，达不到限值标准的内燃机产品不得生产、销售、使用。参照乘用车、商用车燃油经济性提高指标，制定所有内燃机燃油经济性提高政策，按照每年 2%-5% 的速度严格推进。

（2）在乘用车节能惠民补贴、农机工业财政补贴等政策的基础上，加强推广节能环保型商用车的财政扶持政策，带动高效内燃机的发展。研究完善节能环保型内燃机产品有关税收减免政策。完善老旧农机报废更新补贴政策，促进农业机械节能减排。对内燃机产品提前达到节能减排相关标准的企业，在企业技术改造、国家级企业技术中心能力建设和科研开发等方面按照规定给予奖励。

（3）推动车辆小型化。提高小型车的安全性、舒适性、可靠性，增加其在共享汽车中的比例。我国乘用车市场 SUV、MPV，以及轿车 1.6 升以上排量车型畅销不衰，反映了我国个体消费市场特点。尽管国家出台 1.6 升以下购置税减半等政策，并未明显改善这一消费特征。说明小型化仅靠财税政策难以实现切实引导。在未来的交通模式中，共享汽车是保有量的重要群体，单车的年均能源消费量将数倍于私家车。提高共享汽车的小型化比例，要从政策上引导汽车企业及开展。设立技术经济指标，转化供给方向，使车辆技术朝着小型化方向发展。

5. 替代路径与政策

目标：2040 年前禁止销售传统燃油车，2050 年新能源汽车占比达到 80% 以上。确保 2020 年燃料乙醇 10% 添加比例全面覆盖。提高二代生物乙醇技术水平，2020-2025 年实现与油品经济平价。降低煤化工技术能耗水耗。

路径：主要替代燃料为生物燃料、天然气、新能源汽车电力、煤制油等。生物燃料长期受困于资源和成本因素，2017 年出台政策加快燃料乙醇推广，将在最大限度上在现有车辆上使用乙醇汽油，进一步提高乙醇比例难度较大，生物柴油仍有增长空间，但原料来源匮乏，难成规模，需要通过政策提高生物柴油收集力度，降低生产税赋，提高加工质量，使生物柴油更好满足车辆要求。新能源汽车电池技术稳步推进，行驶里程持续提高，但从规模来说，仍占汽车总量比例较小。未来新能源汽车需要加大研发政策支持力度，力求技术突破。新能源汽车是几种替代燃料中，唯一可以通过非化石路径提供电力、并可以大规模扩张的。天然气汽车作为石油替代燃料有天然的经济性和资源禀赋，大力推广 LNG 大型车辆可以达到大规模替代柴油的目的，但天然气资源面临优先供应民用，以及对外依存度越来越高的制约。加大天然气替代，需要合理布局加气网络，实现气源与运输路径的有机统一。煤制油技术受到水资源和碳排放的制约，预计将有一定发展规模，政策上要引导提高煤制油的技术经济性，减少排放水平。路径重点在于新能源汽车和燃料乙醇。

政策：

（1）加快新能源汽车推广力度，类似雄安、海南、崇明岛等新建或封闭区域，力争早日禁售传统燃油汽车。在集中封闭工业园区内，配套充电 / 加氢设施，方便新能源汽车使用。

（2）严格执行生物乙醇、生物柴油现有推广政策，对于《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》等已出台的政策，各省要在规定时间内出台配套落实方案。适当放开生物燃料进口，以部分替代石油进口。

6. 运输路径与政策

目标：2050 年共享汽车比例达到 25%，铁路、管道分担货运比例由目前的 23% 提高一半，占比 35% 左右，接近美国水平。

路径：我国物流费用较高，重要原因是物流运输效率较低，优化物流运输、降低货运效率是节约石油消费的有效路径，近年来互联网技术减少了车辆运输的空驶率，提高了使用效率，一定程度上节约了石油消费。包括在乘用车领域，共享汽车比例增加，降低空驶比率。未来，提高商用车、乘用车的使用效率仍有潜力可挖，可以继续实施市场引导、政策支持的基本思路。在新兴技术上，加快自动驾驶汽车开发，使共享汽车提高到新的使用水平。我国高铁客车的快速增长为铁路货物运输腾出了运力，未来要以此为契机，

提高铁路货运比例，降低公路负担，减少公路用油。基础设施的优化也有助于建设联运设施，提高运输效率，铁路、公路、港口、机场设施连接大有可为。

政策：
（1）加快 5G 通讯网络建设，推进高精度导航产业发展，将自动驾驶作为优化运输的战略技术支点，在有条件的封闭区域优先推广，提高运输效率。

（2）在《推进运输结构调整三年行动计划（2018 - 2020 年）》的基础上，制定“2020-2030 年运输结构调整规划”以及更长期目标展望，将运输结构调整作为一项长期任务，持续进行。

如果通过措施，能够达到以上严格路径的目标，2050 年温控情景较强化政策情景石油消费减少 1.3 亿吨。其中，由于人口降低减少石油消费约 2800 万吨；新能源汽车共享比例的提高减少用油 2200 万吨；新能源渗透率的提升以及生物质等替代能源的增加减少用油 2200 万吨；运输及工业效率的提升减少用油 2000 万吨；石化自给率的降低减少用油 1100 万吨；炼化能源及自用减少减少用油约 1000 万吨。

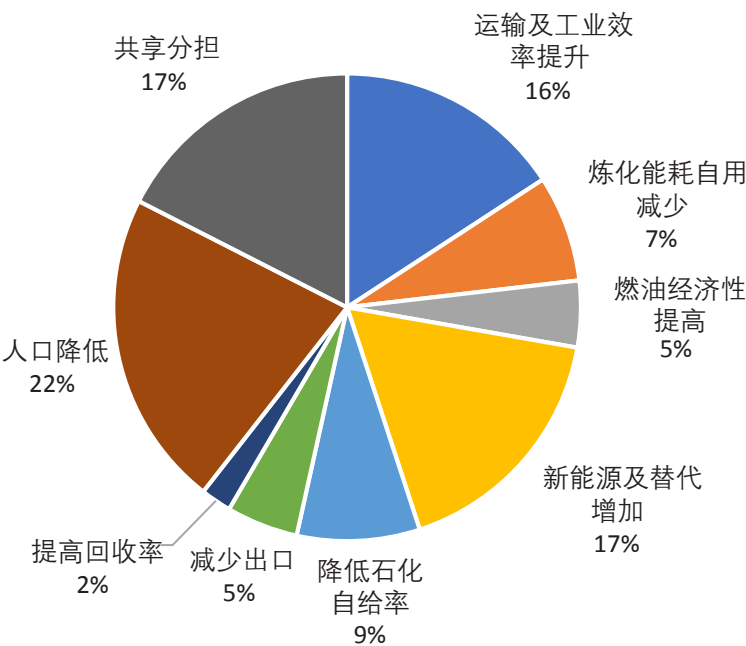


图 10-1 2050 年强化到温控情景石油消费减少量贡献因素分解



环保纸印刷