

中国道路交通领域燃气汽车发展 及碳减排对策研究

中国能源模型论坛主题研究 1 (CEMF01)
2017 年 9 月

CEMF01 之行业模型分析 中国道路交通领域燃气汽车发展 及碳减排对策研究

环境保护部环境与经济政策研究中心团队
冯相昭（环境保护部环境与经济政策研究中心副研究员）

中国能源模型论坛 (CEMF)
清华大学

【编者按】随着《巴黎协定》的达成，全球应对气候变化的框架初步形成。我国正处于新的五年规划阶段，面临着来自经济增长、能源资源约束以及环境治理方面的重重考验。如何在经济发展、能源消费与环境保护之间更好地决策，如何为决策提供坚实的科学支持和指导，都是当前面临的问题。中国能源模型论坛旨在运用并比较多种不同的能源经济模型，分析适合中国国情的能源及环境目标，探讨目标实现过程中的成本、相关效益及风险问题，明确影响目标实现的主要因素。

中国能源模型论坛主题研究一（CEMF01）于 2015 年底启动，研究主题为“巴黎协议，十三五规划目标和碳排放峰值-多模型比较研究”。CEMF01 基于自上而下的 CGE 模型和自下而上的模型，包括覆盖全经济、全行业范围的，和侧重于单行业的模型。为实现研究目标，CEMF 委托国内知名模型团队开展了相应研究，包括：

- 国家信息中心团队的 SIC-CGE 模型（全行业分析）
- 中国科学院科技战略咨询研究院团队的 CAS-PIC-Macro 模型（全行业分析）
- 清华大学能源环境经济研究所团队 CHINA-MAPLE 模型（全行业分析）
- 国家信息中心团队的 SIC-IIS 模型（钢铁行业）
- 环境保护部环境与经济政策研究中心团队的 PRCEE-TIMES-Cement 模型(水泥行业)
- 环境保护部环境与经济政策研究中心团队的 PRCEE-LEAP-Transportation 模型(交通运输业)
- 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心 NCSC-ELECTRC-TIMES 模型(电力行业)

在此基础上，CEMF 团队完成了《中国碳排放峰值的多模型比较研究（CEMF01）》，主要采用多模型比较的研究方法，在多种情景下对同类模型的排放峰值进行比较，通过建立比较平台，对不同类型模型的结果进行比较，探讨模型之间的关联性、模型情景设定的合理性，分析同类模型结果差异的主要原因，对模型参数设定的科学合理性讨论，提高各个模型的公信力。同时，通过比较和调整校准得各自模型，形成新的、更具研究透明性和可信度的中国碳排放峰值的综合研究成果，供决策部门参考。

本报告的研究工作是在 CEMF 学术委员会的指导下完成的，研究过程中，得到了来自清华大学、国家发展和改革委员会能源研究所、国家应对气候变化战略中心、国家信息中心、环保部环境与经济政策研究中心、国务院发展研究中心、复旦大学、中国矿业大学、冶金工业规划研究院、中国石油和化学工业联合会、交通部科学研究院、中国电力企业联合会、国网能源研究院、中国环境科学研究院、中国农业科学研究院等多家单位的专家学者的大力支持，同时

也离不开 CEMF 秘书处的协调工作。

CEMF 研究报告将陆续刊发 CEMF01 研究成果及各分报告的摘要版本, 供读者参考。如您对本研究有咨询和建议, 请联系北京市清华大学公共管理 615 室, 中国能源模型论坛(100084), 或发送邮件至 cemf@tsinghua.edu.cn。我们的官方网站是 www.cemf.net.cn。

目 录

表 1 高低两个情景下民用汽车保有率预测结果.....1

表 2 基年能源消费与二氧化碳排放测算.....3

图 1 我国未来道路交通需求量预测（上：客运；下：货运）2

图 2 不同情景能源消费趋势比较.....4

图 3 不同情景下 CO2 排放对比.....5

交通部门是全球石油消耗最大和增长最快的部门，也是全球 CO₂ 排放增长最快的部门之一。与工业相比，交通部门的燃料种类繁多，不过化石燃料，特别是石油基燃料始终在交通用能中占据主导地位。在所有车用替代燃料中，天然气的地位和作用值得高度关注，因为天然气具有明显的环保效益和温室气体减排效果，与同功率的燃油汽车相比，天然气汽车尾气中碳氢化合物 (HC) 可下降 90%，一氧化碳 (CO) 下降约 80%，氮氧化物 (Nox) 下降约 40%，二氧化碳 (CO₂) 可降低 20% 以上。可见，相比传统汽柴油，天然气具有良好的环保优势和碳减排潜力，在道路交通绿色低碳发展进程中具有重要的现实意义和战略地位。

目前天然气汽车在近 80 个国家得到了推广应用，尤其在阿根廷、巴基斯坦及巴西等发展中国家。近年来，我国各级政府高度重视天然气汽车的发展，相继出台了一系列专项规划与政策文件，初步形成了由中央宏观政策指导和地方具体政策扶持的天然气汽车政策法规体系，这对促进天然气汽车

健康、有序发展起到了重要作用。当前天然气汽车在我国已经进入产业化快速发展阶段。截止 2014 年年底我国天然气汽车保有量已达 459.5 万辆（其中液化天然气（简称 LNG）汽车保有量为 18.4 万辆），加气站近 7000 座（其中 LNG 加注站 2500 座左右）。无论压缩天然气（简称 CNG）汽车及加气站保有量还是 LNG 汽车及加注站保有量均居世界第一。

本研究在综述国内外天然气汽车发展的基础上，首先运用 Gompertz 模型预测了我国未来机动车保有量，预测结果显示：在高增长情景下（假设中国的民用汽车饱和水平为每千人 400 辆），2050 年中国的机动车保有量将达到 5.58 亿辆；在低增长情景下（假设中国的民用汽车饱和水平为每千人 300 辆），2050 年中国的机动车保有量将达到 4.2 亿辆（见表 1）。预测略高于国际能源署相关预测结果，后者对于中国机动车在 6 度温升情景和 2 度温升情景下的保有量预测分别为 5.25 亿辆和 4.02 亿辆。

表 1 高低两个情景下民用汽车保有率预测结果

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
高一每千人民用汽车保有率（辆/千人）	121	187	259	316	357	380	392	397
高一民用汽车保有量（万辆）	16638	26324	37213	45653	51421	54433	55789	55854
低一每千人民用汽车保有率（辆/千人）	117	171	223	259	281	292	297	299
低一民用汽车保有量（万辆）	16130	24062	32023	37412	40521	41893	42316	42097

根据机动车保有量预测结果（高增长情景预测结果），假定乘载率、年均行驶里程等与基年保持一致的条件下，得出分车型的道路交通需求量如图 1 所示。

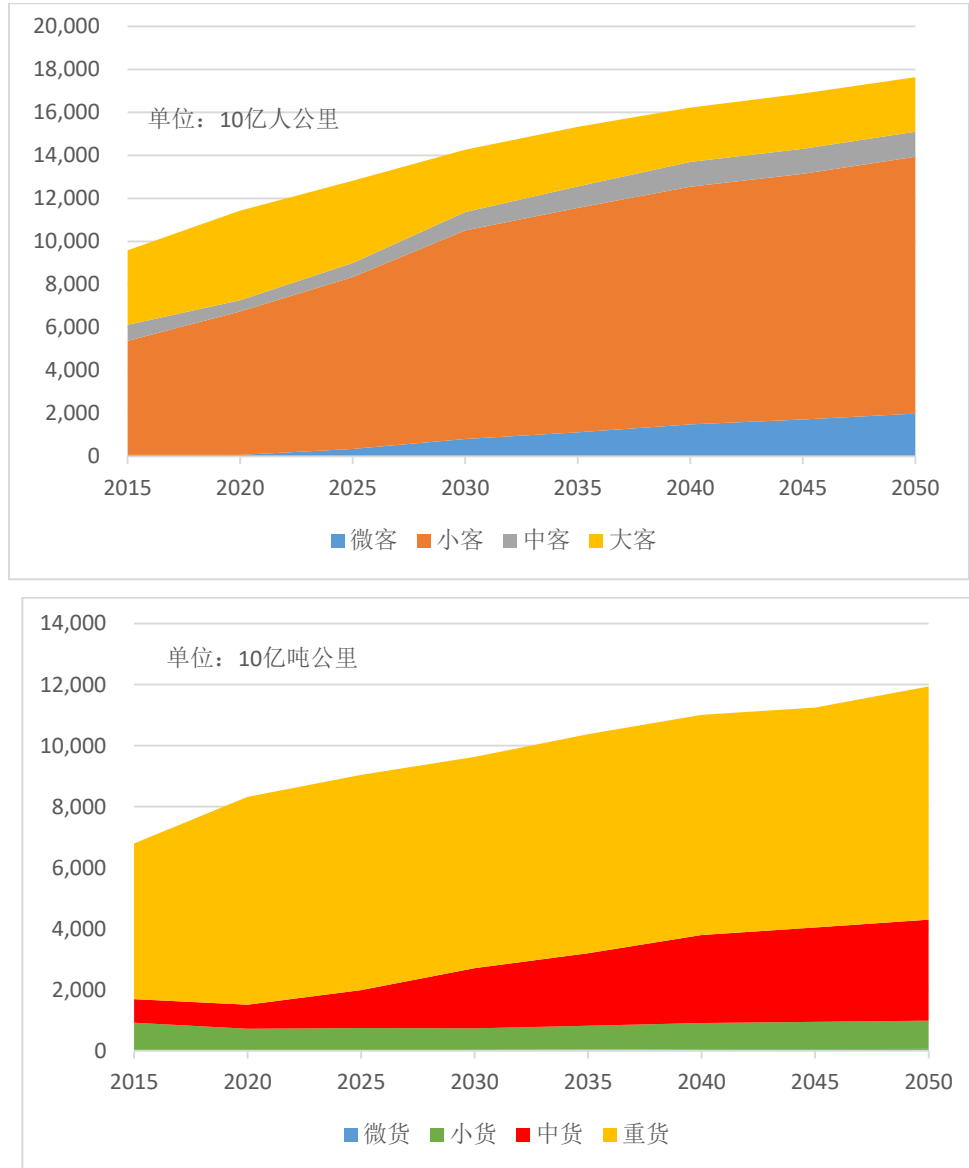


图 1 我国未来道路交通需求量预测（上：客运；下：货运）

本研究以高增长情景保有量预测结果为基础，通过运用 LEAP 模型，构建了基准情景、天然气汽车低度替代和高度替代三种情景，针对道路交通能源消费与碳排放进行

了情景模拟研究。

结果表明：(1) 在低度替代情景 (NGL) 和高度替代情景 (NGH) 下，交通用能比基准情景 (BAU) 下相对最少，而且在 2030

年提前达峰,这表明**天然气汽车具有较大的节能潜力**。(2)就能源结构而言,汽柴油始终主导交通能源消费结构,不过,在BAU、NGL和NGH三种情景下,天然气在车用能源结构占比逐步上升,分别从不足1%、2%到超过2%;相应地传统汽柴油比重有所下降,从BAU的98.8%降低至NGL的97.1%、NGH的94.7%,这**主要得益于相关汽车产业政策**,如黄标车和老旧汽车的快速淘汰、天然气汽车和新能源汽车的推广,比重结构调整力度逐步加大。(3)**天然气汽车具有协同减排CO₂和NO_x的效果**,其中NGH情景的协同效应最大,BAU情景由于车队中天然气汽车占比较低,协同减排效果最小。

就基年数据校准,目前模型模拟的基年

(2010年)汽油、柴油和CNG消耗量分别为2.15亿吨标煤、8885万吨标煤、384万吨标准煤,相应的CO₂排放分别为4.19亿吨、1.9亿吨和632万吨。具体分部门测算结果如下表2所示。由于现有国内的中国能源统计年鉴以及应对气候变化相关统计资料并没有提供交通分部门分燃料的能耗和碳排放数据,所以这给模型数据校准提出了严峻挑战。所以本研究试着根据国际能源署(IEA)出版的道路交通能源消费数据和二氧化碳排放数据进行基年数据校准。依据IEA数据,2010年道路交通部门的交通能源消耗量和碳排放量分别为2.09亿吨油当量(折合标煤2.99亿吨)、6.17亿吨CO₂。

表2 基年能源消费与二氧化碳排放测算

	部门	客运交通	货运交通	合计
能源消费量 (Mtce)	压缩天然气 CNG	3.84	—	3.84
	液化石油气 LPG	0.20	—	0.20
	柴油	22.77	66.09	88.85
	汽油	174	41.08	215.08
	电力	0.03	—	0.03
	合计	200.84	107.17	308.01
CO ₂ 排放量 (Mt)	压缩天然气 CNG	6.32	—	6.32
	液化石油气 LPG	0.38	—	0.38
	柴油	48.86	141.92	190.78
	汽油	336.49	82.55	419.04
	电力	0.18	—	0.18
	合计	392.23	224.47	616.70

情景分析结果显示,针对能源消费而言,在NGH情景下,交通能耗相比BAU、NGL情景均有所下降,且与NGL情景类似,提

前10年左右达峰,2030年的能源消费峰值为5.88亿吨标准煤,分别比同期BAU、NGL情景减少0.86亿吨、2.21亿吨标准煤(见图

2)。节能效果的取得主要归因于天然气汽车销量的大幅增加、鼓励购买天然气汽车政策力度的加大，以及纯电动汽车政策的实施、

机动车燃油经济性标准的不断升级、燃油税的逐步提高。

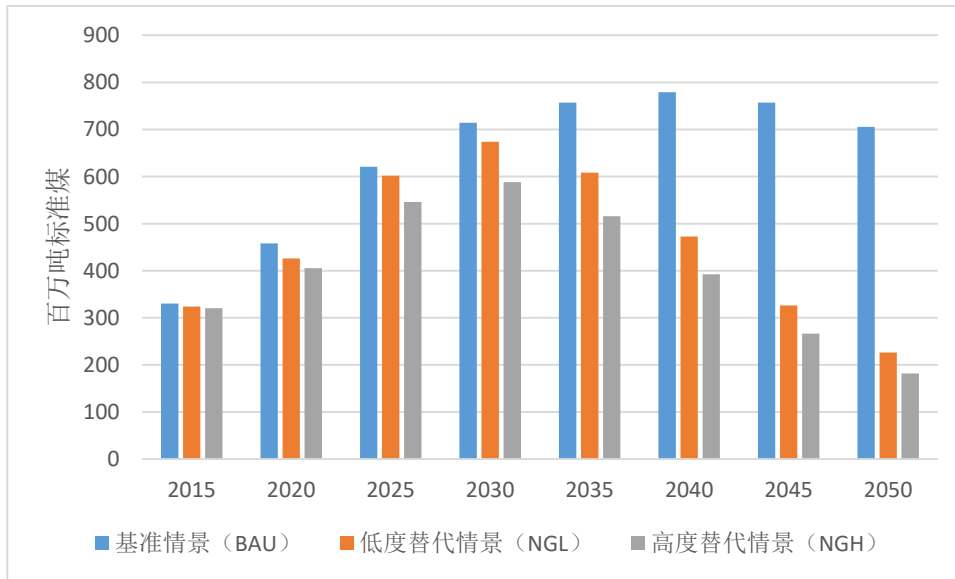


图2 不同情景能源消费趋势比较

从燃料构成来看，在NGH情景下，天然气、液化石油气、电力等在车用能源结构中占比有所增加，其中峰值年2030年天然气占比超过5%，汽柴油尽管仍占主导，但比重分别从BAU情景的98.8%、NGL情景额97.1%下降至94.7。这主要是因为推广天然气汽车和纯电动汽车力度大幅增加的主要贡献。

从CO₂排放来看，NGH情景下整个车

队的平均CO₂排放与BAU情景、NGL情景相比呈现明显下降趋势。以峰值年2030年为例，NGH情景下CO₂排放分别比BAU情景、NGL情景减少2.59亿吨和1.94亿吨。从污染物减排来看，NGH情景下NO_x也是提前达峰，2030年排放峰值为152万吨，相比同期NGL情景下减少24.7万吨。

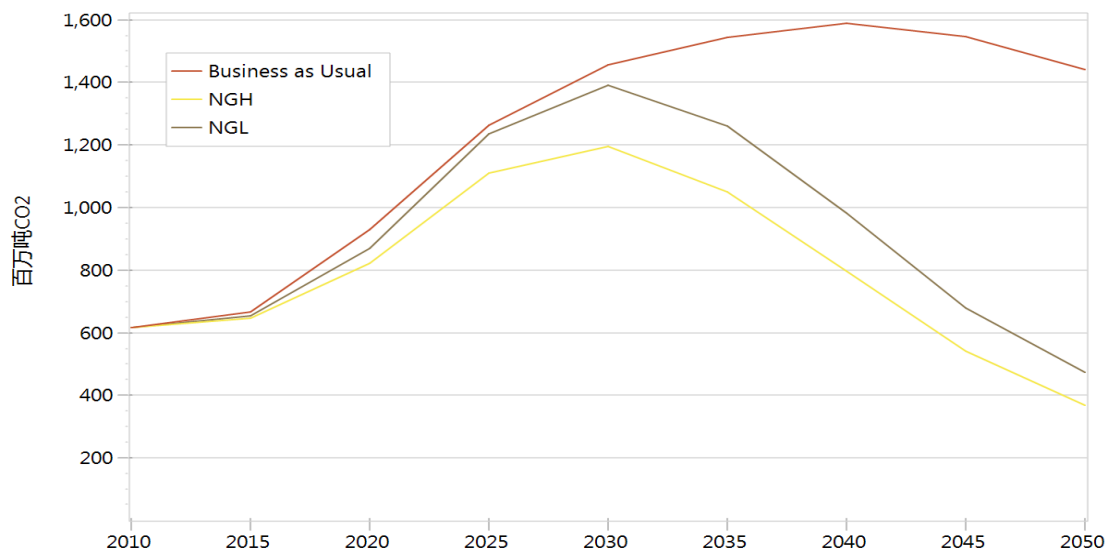


图3 不同情景下CO₂排放对比

通过情景分析可以得出以下结论：

(1) 在低度替代情景（NGL）和高度替代情景（NGH）下，交通用能比基准情景（BAU）下相对最少，而且在2030年提前达峰，这表明天然气汽车具有较大的节能潜力。

(2) 就能源结构而言，汽柴油始终主导交通能源消费结构。不过，在BAU、NGL和NGH三种情景下，天然气在车用能源结构的占比逐步上升，分别从不足1%、2%到超过2%；相应地，车用能源结构中传统汽柴油的比重有所下降，从BAU的98.8%降低至NGL的97.1%、NGH的94.7%，这主要得益于随着黄标车和老旧汽车的快速淘汰、天然气汽车和新能源汽车的推广力度逐步加大。

(3) 天然气汽车具有协同减排CO₂和NO_x的效果，其中高度替代（NGH）情景的协同效应最大，BAU情景由于车队中天然气汽车占比较低，协同减排效果最小。因此，可以说发展天然气汽车应成为道路交通部门践行绿色低碳理念的重要举措。

从利用LEAP模型情景模拟的结果来看，尽管天然气汽车在燃料替代中作用明显，环保优势和碳减排效益也比较显著，但是受制于气源是否安全稳定供应、政策鼓励力度、配套加气基础设施建设以及天然气汽车相关标准规范体系尚未健全等诸多因素影响，所以目前天然气汽车在民用汽车保有量中占比较小，绝对减排量不大。而且，在实践中天然气汽车能否主流化，能否在道路交通碳减排领域产生规模效应，还有许多工作要

做，特别是培育天然气汽车市场和进一步增加天然气汽车公共交通领域的有效消费需求方面。具体而言，可从以下几个方面着力：

（1）在配套基础设施供给方面，要加强相关部门间的沟通协调，统筹规划天然气加气网络建设；（2）在技术方面，要加大天然气汽车相关节能减排技术研发支持力度，推进天然气汽车产业发展；（3）在需求引导方面，应加快天然气汽车发动机的系列化，促进天然气公交车的多样化，推进天然气汽车在公共交通绿色低碳领域的广泛应用；（4）在制

度建设方面，应推动制定车用天然气质量标准 and 监管制度，完善天然气汽车相关环境监管体系；（5）在政策发展方面，要不断完善促进天然气车船发展的环境经济激励政策，特别是减免消费税、购置税等环境经济政策，鼓励地方政府可出台相应的购置补贴政策。

中国能源模型论坛（CEMF）由清华大学公共管理学院、清华大学产业发展与环境治理研究中心（CIDEG）与美国环保协会（EDF）共同发起成立，旨在为国内外能源、经济、环境和人类健康模型团队提供对话互动和观点交流的平台，为决策者和其他群体理解各类模型创造机会，共同推动中国能源与环境模型的能力建设，提升中国能源、环境与经济领域的科学决策水平。

The China Energy Modeling Forum (CEMF), initiated jointly by the School of Public Policy and Management at Tsinghua University, the Center for Industrial Development and Environmental Governance (CIDEG) at Tsinghua University and Environmental Defense Fund (EDF), is a platform for domestic and international modeling professionals working in energy, economic development, environment, human health and climate change fields to exchange and refine modeling ideas—and for non-technical policymakers and investors to improve their understanding of the strengths and weaknesses of different models in different applications. It aims to enhance capacity building of Chinese modeling teams, increase credibility of models and strengthen scientific policy development and decision making in the fields of environment, energy and economy with the support of modeling.

中立 Neutrality

协同 Synergy

独立 Independence

透明 Transparency



CHINA
ENERGY MODELING
FORUM

地址(Address): 清华大学公共管理学院615室
Room 615, School of Public Policy and Management, Tsinghua
University, Beijing, P.R. China, 100084
电话(Tel): 86-10-62789263 传真(Fax): 86-10-62772497
邮箱(E-mail): cemf@tsinghua.edu.cn
网站(Website): <http://www.cemf.net.cn>