

我国机动车碳排放及国六标准下温室气体协同减排效应的初步分析

交通运输部门是我国能源消费和温室气体排放增长较快的领域，其中机动车的二氧化碳排放是主要驱动因素。随着近年来国内绿色低碳发展政策的持续深化和国际上机动车碳排放标准的推广，如何更好地协同控制机动车的污染物和温室气体排放的问题逐步进入决策者和利益相关方的视野。科学评估和比较国内外现行及我国即将实施的国家第六阶段机动车污染物排放标准的协同碳减排效应，分析研究在国七标准制订中纳入碳排放限值的可行性，对于实施积极应对气候变化的国家战略、推动落实二氧化碳排放达峰的国家自主贡献具有重要意义。

一、我国机动车燃油经济性和碳排放的国际比较

我国交通运输部门特别是道路交通的温室气体排放近年来呈快速增长的态势。根据国家温室气体清单数据，2005-2014年道路交通温室气体排放量年均增速为8.1%，高出国家温室气体排放总量增速3.2个百分点。根据国际能源署及国家统计局分部门的数据统计，如表1所示，过去十年我国交通运输部门的二氧化碳排放总量翻了一番，其中道路交通占比从约69.1%上涨至77.4%，增长率超过整个交通运输部门，达到127.2%，高于世界平均104个百分点。过去十年我国整个交通运输部门和道路交通的全球排放占比从约7.1%和6.8%上升至11.8%和12.5%，占本国二氧化碳排放总量的比重分别从约7.3%和5.1%上升至10.5%和8.1%。交通运输部门特别是道路交通已经成为我国温室气体排放增长最快的领域之一。

表 1 主要国家交通运输部门碳排放比较 (MtCO₂)

	2008		2017	
	交通运输部门	道路交通	交通运输部门	道路交通
世界	6760.3	4848.4	8239.1	5993.4
美国	1696.2	1455.9	1729.2	1452.2
加拿大	162.9	126.9	172.9	136.9
欧盟	971.2	879.9	949.4	884.0
日本	235.3	202.6	215.0	184.2
韩国	85.3	78.8	105.1	97.9
印度	147.4	121.1	305.0	265.7
中国	477.9	330.1	969.0	750.0

我国机动车燃油经济性和碳排放水平仍有较大提升空间。国务院印发的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020 年)》提出“到 2020 年，当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至 5.0 升/百公里，节能型乘用车燃料消耗量降至 4.5 升/百公里以下”的目标。近年来，尽管工业和信息化部公布的乘用车企业平均燃料消耗量下降较为显著，然而也有较多研究机构指出实际油耗与综合工况油耗差异较大，已经接近 30%左右。我国当前的交通基础设施规模及运输能力世界领先，但燃油经济性和碳排放水平与欧盟、韩国等先进国家相比，仍存在一定的差距，有进一步改善和提升的空间，如图 1 所示。

国际上将温室气体排放限值纳入机动车排放标准逐渐成为新趋势。国家第六阶段机动车污染物排放标准改变了我国以往等效转化欧洲排放标准的方式，引领了世界汽车污染物排放标准的制订和实施。然而，以欧盟、加拿大、美国、韩国^①为代表的国家已经率先采用温室气体排放限值作为燃油经济性的主要指标，以强化应对气候变化的积极信号。未来此类标准还可能作为碳边境调节税的基准而

^① 欧盟、加拿大自 2015 年起使用单一的二氧化碳/温室气体排放限值标准替代燃油经济性指标，美国、韩国自 2009 年起并行使用燃油经济性和温室气体排放限值标准。

影响到汽车行业的进出口贸易和通用技术标准的制订。我国现阶段的燃油经济性或污染物排放标准中还未纳入温室气体排放限值，这也使得气候变化主管部门在管控日益增长的道路交通温室气体排放方面缺少有效的政策抓手。

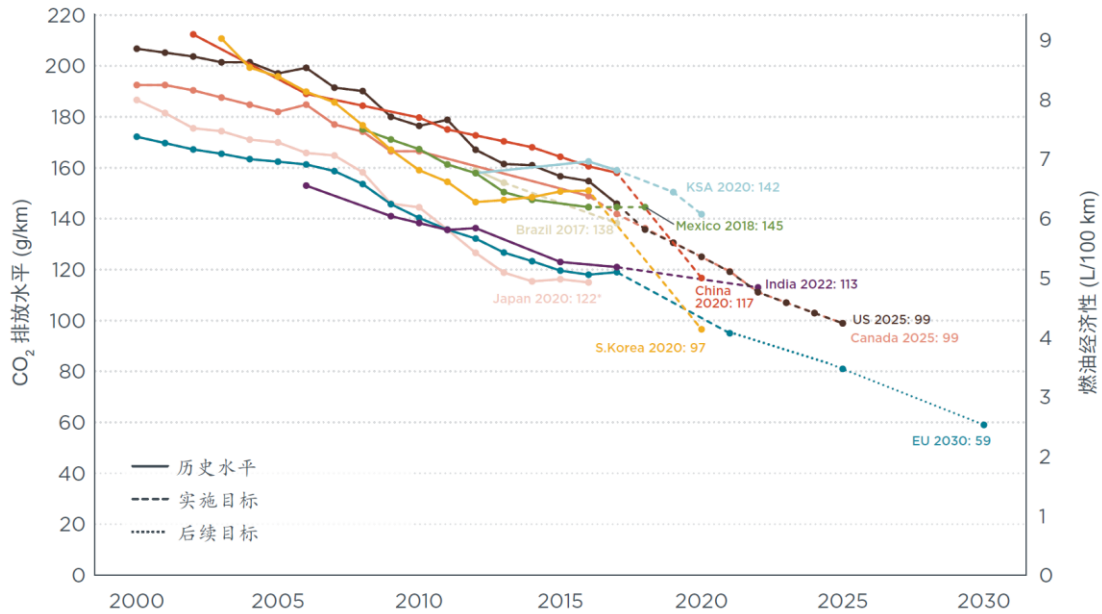


图 1 主要国家机动车燃油经济性和碳排放水平比较

二、我国实施国六排放标准的碳减排效应评估

国家第六阶段机动车污染物排放标准即将进入全面实施。生态环境部、工业和信息化部、商务部和海关总署于今年 5 月 13 日联合发布了《关于调整轻型汽车国六排放标准实施有关要求的公告》，宣布为执行《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》（GB 18352.6-2016）要求，自 2020 年 7 月 1 日起，全国范围实施轻型汽车国六排放标准，禁止生产国五排放标准轻型汽车，进口轻型汽车应符合国六排放标准。尽管在部分尚未实施国六排放标准的地区以及对颗粒物数量（PN 限值）还有六个月的过渡期，但加上去年已经实施的《重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中

国第六阶段)》(GB 17691—2018)，更严格的机动车排放控制时期无疑已经到来。

国六标准实施能否协同减少温室气体排放取决于实际减排途径。更严格的机动车排放标准能同步减少甲烷和氧化亚氮排放，但不同于工业和信息化部等部门实施的乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分政策的直接影响，国家第六阶段机动车污染物排放标准对二氧化碳的协同减排是间接的，这主要取决于采取何种技术手段实现国六标准。燃油车的减排方式主要包括涡轮增压、混合动力、稀薄燃烧、可变气门正时、废气再循环、三元催化等技术，从已有的评估来看，对单位里程二氧化碳排放并没有特别显著的影响。如果不提高发动机的燃油经济性，而仅是升级尾气处理系统，特别是在6a阶段，可能还会略微增加油耗和二氧化碳排放。当然，新标准的实施也会带来消费者偏好改变，在一定的价格弹性和后续更严格排放标准的预期下部分消费者可能会倾向于选择购买新能源车。

综合而言，国六标准的实施将带来微幅的温室气体减排效应。根据我们的测算，考虑到疫情的影响，2019年至2025年期间累计销售的国六标准乘用车、轻型商用车将分别约为8306万辆和645万辆；到2025年燃油经济性预计将分别提升至4.5升/百公里和5.5升/百公里（实际工况下预计为5.8升/百公里和7.1升/百公里），相应的二氧化碳实际排放水平分别约为131克/公里和161克/公里；于此同时，机动车甲烷排放水平从国五阶段的4.85毫克/公里下降至国六阶段的1.37毫克/公里，氧化亚氮排放水平从国五阶段的5.10毫克/公里下降至国六阶段的4.16毫克/公里。据此，新增轻型汽车在执行国六排放标准后，在2019年至2025年期间，能够协同减排二氧化碳、甲烷和氧化亚氮分别约为42万吨、36万吨和157

万吨二氧化碳当量，约占参考情景下所有新增轻型汽车所产生的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮总排放量的 0.1%、72.4%和 20.2%，如表 2 所示。到 2025 年，实施国六标准将累计减排温室气体约 235 万吨二氧化碳当量，约占新增轻型汽车排放总量的 0.3%。

表 2 实施国六标准的温室气体协同减排效应

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
汽车销量 (万辆)	2576	2060	2100	2000	2000	2000	2000
国六乘用车销量 (万辆)	707	1095	1499	1345	1278	1220	1162
国六轻型商用车销量 (万辆)	34	88	120	110	104	96	93
年平均出行距离 (km)	13000 (乘用车) /28000 (轻型商用车)						
乘用车燃油经济性 (L/100km)	5	5	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5
轻型商用车燃油经济性 (L/100km)	5.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
实际乘用车碳排放水平 (gCO ₂ /km)	146	146	143	140	137	134	131
实际轻型商用车碳排放水平 (gCO ₂ /km)	167	161	161	161	161	161	161
CH ₄ 排放水平 (mg/km)	4.85 (5) /1.37 (6a) /1.37 (6b)						
N ₂ O 排放水平 (mg/km)	5.10 (5) /4.16 (6a) /4.16 (6b)						
参考情景下 CO ₂ 排放 (万 tCO ₂)	1473.8	3868.4	7207.5	10191.2	12997.8	15671.9	18196.9
参考情景下 CH ₄ 排放 (万 tCO ₂ e)	1.0	2.7	5.1	7.3	9.3	11.3	13.3
参考情景下 N ₂ O 排放 (万 tCO ₂ e)	16.1	42.2	79.1	112.7	144.9	176.1	206.1
国六情景下 CO ₂ 排放 (万 tCO ₂)	1503.3	3976.6	7305.1	10251.7	12998.8	15563.1	17966.8
国六情景下 CH ₄ 排放 (万 tCO ₂ e)	0.3	0.8	1.4	2.0	2.6	3.1	3.6
国六情景下 N ₂ O 排放 (万 tCO ₂ e)	13.1	34.6	64.1	90.6	115.8	139.7	162.5
温室气体减排效应	25.8	98.7	78.9	33.2	-34.8	-153.4	-283.2

(万 tCO ₂ e)						
2019 至 2025 年累计减排 (万 tCO ₂ e)	-234.9					

三、我国统筹推进机动车排放标准的政策建议

我国机动车保有量在 2019 年底已达 3.48 亿辆，私人汽车保有量则达到 22635 万辆，近年来增速虽有所放缓，但每年的增量仍维持在 2000 万辆左右。尽管当前新能源汽车发展势头迅猛，但我国高碳的能源和电力结构短期内得不到大幅改善，而且在相当长的时期，燃油车仍将占据道路交通的主导，机动车温室气体排放仍将处于较快增长的阶段。从初步的论证和分析看，国六排放标准尽管有积极的温室气体协同减排效应，但总体而言仍较为有限。因此，有必要在《“十三五”控制温室气体排放工作方案》要求的“研究新车碳排放标准”基础上，逐步实现机动车污染物和温室气体排放标准的协同实施。

一是要在跟踪评估国六标准的基础上进一步研究在国七标准中纳入二氧化碳排放限值的经济和技术可行性。应考虑在“十四五”期间组织相关机构开展污染物和温室气体排放协同标准的研究，进一步论证在现有乘用车企业平均燃料消耗量目标和污染物排放标准的基础上确定对应的二氧化碳排放的限值、相关技术参数及核算和测量方法，探讨在国七标准中纳入碳排放限值指标的可行性，并通过“十五五”期间的试行和过渡，逐步以碳排放限值指标引领机动车生产和使用的绿色低碳化水平。

二是以二氧化碳排放标准实施为动力推动汽车行业先进技术和产业模式变革。以“十四五”、“十五五”作为实现汽车行业技术变革升级的重要窗口期，以不断建立完善包括能效、污染物和温室

气体排放限值在内的相关国家标准为抓手，明确国家强化汽车行业碳排放控制的预期，激励企业提高绿色先进技术的创新投入，促进包括车辆轻型化、智能化、电动化、氢能化等多元技术的蓬勃发展，在新一轮全球车辆技术变革浪潮中破除技术壁垒、抓住竞争先机。

三是发挥机动车二氧化碳排放标准对我国交通运输部门碳排放达峰的支撑作用。逐步推动实施严格的机动车污染物和温室气体排放控制的国家标准，将相关政策和行动纳入 2030 年国家自主贡献实施和二氧化碳排放尽早达峰的行动计划。推动实现到 2035 年前我国交通运输部门二氧化碳排放尽早达到峰值，交通运输结构实现突破性优化，传统燃油动力车开始逐步有序地退出销售市场。

四是在新能源汽车补贴退坡的背景下研究出台机动车碳排放控制的配套支持政策。充分借鉴当前“双积分”和新能源汽车补贴政策的经验及教训，研究论证机动车碳排放控制的配套政策，以创新的气候投融资和市场机制为基础，推动发展智能低碳的交通基础设施，支持低温室气体排放的汽车生产和商业模式创新，破解汽车行业可持续发展的桎梏，加快实现汽车行业的高质量发展。

五是推动符合严格环境和气候标准的高质量机动车出口。在优化我国机动车排放标准和提升汽车制造质量的基础上，推动我国机动车和相关汽车配件产品向“一带一路”等国际市场出口，助力解决不少国家当前面临的大气污染和温室气体减排难题，实现市场与环境的共赢。以标准和质量的提升为依托，有效应对汽车贸易领域可能面临的单边碳边境调节税等绿色贸易壁垒，进一步提高中国汽车产业在国际市场的竞争力。

（柴麒敏、郑晓奇、马翠梅、刘仲夏、杨珊珊、陈怡供稿）

注：本篇摘自《气候战略研究》2020 年第 14 期