

广东省提前实施轻重型车国六排放标准的减排效益分析

作者 / 崔洪阳、邵臻颖、杨子菲

广东省是我国的汽车大省。截至2018年底，广东省的汽车保有量已经突破2100万辆，在全国各省级行政单位中排名第2，仅次于山东省。庞大的汽车保有量导致了较大的空气污染物排放量。生态环境部发布的《中国机动车环境管理年报（2019）》显示，2018年，广东省机动车的一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）排放量在全国各省级行政单位中排名第2，氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM）排放量也位居第4¹。2018年，广东省的三类首要空气污染物分别是臭氧（O₃，占比59.6%）、细颗粒物（PM_{2.5}，占比21.5%）和二氧化氮（NO₂，占比10.6%），机动车排放对这三类首要污染物的环境浓度均有突出贡献。根据官方发布的细颗粒物（PM_{2.5}）的源解析结果，机动车对广东省PM_{2.5}浓度的贡献率高达30%²，对于广州和深圳的贡献率则分别为16.3%³和41%⁴；同时，也有针对臭氧污染的科学研究表明，机动车是珠三角地区臭氧污染的首要来源⁵。由于机动车通常是在城市内部及人口密集区域运行，且属于高架污染源，其排放的空气污染物对人体健康的影响也就更加直接。因此，大力治理机动车污染对于广东省改善空气质量、保护公民健康至关重要。

广东省一直高度重视机动车污染防治工作。在过去的几年中，广东省提前实施了国五车用汽油标准、国五车用柴油标准、轻型车国五排放标准、重型车国五排放标准、国六车用汽油标准、国六车用柴油标准等多项助力机动车减排的关键性标准法规，并积极开展黄标车和老旧车淘汰专项行动，取得了显著成效。但是，当前广东省在机动车减排方面所面临的压力仍然较大。一方面，要实现广东省所提出的“三年打赢污染防治攻坚战、五年实现环境质量较大改善、2035年基本建成美丽广东”⁶的宏伟目标，还需要在现有基础上大幅降低广东省内各类主要污染物的排放量；另一方面，广东省机动车保有量基数巨大，且整体上仍然呈现上升趋势，如果没有更加严格的政策法规出台，未来广东省机动车的污染物排放量存在不降反升的风险。广东省生态环境厅最新发布的数据显示，2018年广东省的臭氧浓度已经出现反弹，臭氧日最大8小时平均浓度第90百分位数平均值较2017年上

1 生态环境部. (2019). 中国机动车环境管理年报. (2019). <https://www.vecc.org.cn/jdcwrfznb/1870.jhtml>

2 广东省环境保护厅. (2016). 2015年广东省机动车污染防治年报. http://gdee.gd.gov.cn/xwfb4199/content/post_2301080.html

3 广州市环境保护局. (2017). 广州市发布2016年度大气细颗粒物（PM_{2.5}）来源解析结果. https://www.cenews.com.cn/news/201706/t20170622_838282.html

4 深圳市人居环境委员会. (2015). 机动车为深圳PM_{2.5}首要污染源. http://gdee.gd.gov.cn/shenzhen3073/content/post_2328408.html

5 Shen, J., Chen, H., & Zhong, L. (2015). Ozone source apportionment in the Pearl River Delta in autumn. *Environment Pollution and Prevention*, 37(1): 25-30.

6 中国环境报. (2018). 广东召开全省生态环境保护大会. http://www.gdep.gov.cn/news/hbxw/201806/t20180627_239801.html

升了0.7%⁷。在这种情况下，广东省需要尽快实施更加严格的政策法规以保证省内机动车排放的持续、显著下降。

生态环境部分别于2016年和2018年发布了轻型车国六排放标准⁸和重型车国六排放标准⁹，这两套标准在严格程度上均已达到国际先进水平，可以在国五标准的基础之上带来非常显著的污染物减排效果¹⁰。2019年6月29日，广东省发布《广东省人民政府关于实施轻型汽车国六排放标准的通告》¹²，决定于2019年7月1日起提前实施轻型车国六排放标准，且直接执行6b阶段的限值要求。但截至2020年3月底，广东省尚未发布重型车国六排放标准的实施时间表。

在这份简报中，我们详细介绍了轻重型车国六两套标准的主要特征，并按照广东省在提前实施轻型车国六排放标准的基础之上又于2021年7月1日起提前实施重型车国六排放标准且直接执行VIb阶段的排放要求的情景设计，模拟分析了广东省提前实施轻重型车国六这两套标准所能够获得的减排效益。

轻型车国六排放标准的特征

2016年5月，生态环境部发布了《轻型汽车污染物排放限值及测试方法（中国第六阶段）》（GB 18352.6—2016，简称轻型车国六排放标准）。这一标准不再像国一至国五阶段一样沿用欧洲的标准体系，而是融合了欧标和美标的先进之处，并针对中国的实际情况提出了更为严格的要求，是当下全球最严格的轻型车排放标准之一。相较于轻型车国五排放标准，国六标准主要的改进包括：

- » 6a阶段和6b阶段的两套排放限值均采用燃料中立的原则，对汽油车型和柴油车型不再区别对待；
- » 6a阶段，汽油车的CO排放限值在国五的基础上加严了30%，柴油车的NO_x排放限值在国五的基础上加严了67%；同时，汽油车新增了粒子数量（PN）的限值要求，柴油车新增了非甲烷类碳氢（NMHC）的限值要求；
- » 6b阶段，CO、NMHC、NO_x和PM的排放限值在6a阶段的基础上又分别加严了29%、49%、42%和33%；
- » 测试工况从新欧洲驾驶循环（NEDC）改为更具代表性、更加动态的世界统一轻型车测试循环（WLTC）和世界统一轻型车测试规程（WLTP）；
- » 对于型式检验和在用符合性，均增加了实际道路排放测试（RDE），主要基于2016年3月通过的欧洲RDE条款，同时也根据中国独特的行驶工况进行了调整；
- » 在欧六车载诊断系统（OBD）的基础之上，参考美国OBD法规提出了永久故障码等反作弊的要求；
- » 蒸发排放的限值在国五的基础上加严了65%，并开发了一套创新性的48小时昼间排放测试规程，更好地反应实际排放情况；
- » 对于CO、总碳氢化合物（THC）和NO_x，增加了低温排放测试要求并给出排放限值；
- » 首次引入了排放质保期和缺陷报告的要求。

7 广东省生态环境厅. (2019). 省生态环境厅召开广东环境空气质量情况发布会回应热点问题. https://www.gdep.gov.cn/zwxw_1/hygg/201901/t20190121_248113.html

8 生态环境部. (2016). 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）. http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzb/bzwb/dqjhb/dqydywrwpfbz/201612/t20161223_369476.shtml

9 生态环境部. (2018). 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）. http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzb/bzwb/dqjhb/dqydywrwpfbz/201807/t20180703_445995.shtml

10 Cui, H., Minjares, R., Posada, F., Blumberg, K., Jin, L., He, H., Shao, Z., & Peng, L. (2017). Cost-benefit assessment of proposed China 6 emission standard for new light-duty vehicles. <https://theicct.org/publications/cost-benefit-assessment-proposed-china-6-emission-standard-new-light-duty-vehicles>

11 Cui, H., Posada, F., Lv, Z., Shao, Z., Yang, L., & Liu, H. (2018). Cost-benefit assessment of the China VI emission standard for new heavy-duty vehicles. <https://theicct.org/publications/china-vi-cost-benefit-assessment>

12 广东省人民政府. (2019). 关于实施轻型汽车国六排放标准的通告. http://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/qbwj/yfh/content/post_2526391.html

这些改进可以促使国六轻型车的实际道路排放水平在国五基础上大幅下降。按照全国统一时间表，6a阶段的限值要求将于2020年1月1日起实施，6b阶段的限值要求将于2023年1月1日起实施。广东省已于2019年7月1日开始提前实施轻型车国六排放标准，且直接执行6b阶段的限值要求。截至2019年6月20日，已经有99家汽车企业的2144个国六轻型车型进行了环保信息公开¹³，且基本全部达到了6b阶段的排放限值要求¹⁴。

重型车国六排放标准的特征

2018年6月28日，生态环境部发布了《重型柴油车污染物排放限值和测量方法（中国第六阶段）》（GB 17691-2018，简称重型车国六排放标准）。与轻型车国六标准一样，重型车国六标准也不再像之前一样沿用欧洲的法规体系，而是融合了欧标和美标的先进之处，并针对我国的实际情况提出了更为严格的要求，是当下全球最严格的重型车排放标准之一。相较于重型车国五排放标准，国六标准主要的改进包括：

- » NO_x和PM的排放限值在国五的基础上分别加严了77%和67%，并新增了PN的限值要求；
- » 发动机测试工况从欧洲稳态循环（ESC）和欧洲瞬态循环（ETC）改为更具有代表性的世界统一稳态循环（WHSC）和世界统一瞬态循环（WHTC）；
- » 在型式检验中增加了循环外排放测试要求，包括发动机台架的非标准循环（WNTE）和利用车载排放测试系统（PEMS）进行的实际道路排放测试，并增加了实际行驶工况有效数据点的NO_x排放浓度要求；
- » PEMS实际道路排放测试不仅应用于型式检验，还应用于新生产车和在用车符合性的监督检查；
- » 加严了排放控制装置的耐久里程要求，并对排放相关零部件提出了排放质保期的规定；
- » 在欧六OBD的基础之上，参考美国OBD法规提出了永久故障码等反作弊的要求，并首次将远程排放管理车载终端（远程OBD）的要求应用到国家标准；
- » 提出了更为严格的合规监管要求，包括型式检验和信息公开、生产一致性检查、新生产车检查、在用车符合性检查等，并简化了达标判定方法。

这些改进可以促使国六重型车的实际道路排放水平在国五基础上大幅下降。按照全国统一时间表，VIa阶段的排放要求将于2021年7月1日起全面实施，VIb阶段的排放要求将于2023年7月1日起全面实施。目前广东省尚未发布重型车国六排放标准的实施时间表。截至2019年6月20日，已经有68家汽车企业的896个国六重型车型进行了环保信息公开¹⁵，且基本全部达到了VIb阶段的限值要求¹⁶。

轻重型车国六排放标准的减排效益

我们采用ICCT开发的中国移动污染源排放清单模型模拟了表1所列出的三个情景下广东省汽车（包括轻型车和重型车）的逐年排放量。模拟的基准年份是2015年，考虑到广东省所提出的“2035年基本建成美丽广东”的宏伟目标，我们将模拟的目标年份设定为2035年。模拟的主要污染物包括CO、HC、NO_x和PM，其中CO、NO_x和PM均为尾气类排放，而HC则既包括尾气类排放也包括蒸发类排放。

13 生态环境部·(2018)·生态环境部2019年6月例行新闻发布会实录：http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/201906/t20190628_708061.html

14 生态环境部机动车排污监控中心·(2019)·国六车(机)型环保信息公开汇总：<http://www.vecc-mep.org.cn/gao/n/1485.html>

15 生态环境部·(2019)·生态环境部2019年6月例行新闻发布会实录：http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/201906/t20190628_708061.html

16 生态环境部机动车排污监控中心·(2019)·国六车(机)型环保信息公开汇总：<http://www.vecc-mep.org.cn/gao/n/1485.html>

表1. 关于广东省轻重型车国六排放标准实施方案的情景设置

情景名称	情景设置
无国六	广东省不实施轻型车国六排放标准和重型车国六排放标准。
轻型车国六	广东省于2019年7月1日提前实施轻型车国六排放标准，且直接执行6b阶段的限值要求； 广东省不实施重型车国六排放标准。
轻重型车国六	广东省于2019年7月1日提前实施轻型车国六排放标准，且直接执行6b阶段的限值要求； 广东省于2021年7月1日提前实施重型车国六排放标准，且直接执行VIb阶段的排放要求。

表2给出了三个情景下广东省在2035年单年的汽车污染物排放量。通过对比三个情景下的排放结果，我们就能够得到广东省提前实施轻型车国六标准的减排效益以及广东省提前实施轻重型车国六两套标准的综合减排效益，具体结果如表3所示。显然，广东省提前实施轻重型车国六排放标准可以显著降低各类汽车污染物的排放量，提前实施轻型车国六排放标准对HC和CO的减排效果明显，而提前实施重型车国六标准则是NO_x和PM减排的关键。需要特别强调的是，提前实施轻重型车国六排放标准在2035年对HC和NO_x的减排比例分别高达84%和65%，尤其是蒸发类HC更是达到了94%的减排幅度，而HC和NO_x这两种污染物恰恰是臭氧污染的主要气态前体物。当前广东省的首要空气污染物已经由PM_{2.5}转变为臭氧，且2018年的臭氧浓度相较于2017年已经出现反弹，臭氧污染防治的整体形势非常严峻。在这种情况下，通过提前实施轻重型车国六排放标准来实现HC和NO_x这两类气态前体物的大幅减排至关重要。

表2. 三个情景下广东省在2035年单年的汽车污染物排放量

情景	广东省在2035年单年的汽车污染物排放量 (万吨)					
	CO	HC			NO _x	PM
		尾气类	蒸发类	合计		
无国六	117	12.6	34	46	68	2.2
轻型车国六	81	6.2	1.9	8.2	54	1.9
轻重型车国六	70	5.2	1.9	7.2	24	0.9

表3. 三种情景下广东省在2035年单年的汽车污染物减排量和减排比例

政策	CO	HC			NO _x	PM
		尾气类	蒸发类	合计		
广东省在2035年单年的汽车污染物减排量 (万吨)						
提前实施轻型车国六	36	6.4	32	38	14	0.3
提前实施轻重型车国六	47	7.4	32	39	45	1.3
广东省在2035年单年的汽车污染物减排比例						
提前实施轻型车国六	31%	51%	94%	82%	21%	14%
提前实施轻重型车国六	40%	59%	94%	84%	65%	59%

图1至图6展示了三个情景下广东省汽车各类主要污染物的年排放量在2015至2035年间的变化趋势。可以看到，2015-2018年间，广东省汽车排放的CO、尾气类HC以及PM均呈现逐年递减趋势，这是广东省在机动车减排方面持续努力的成果；但是，由于轻重型车国五标准对NO_x的减排效果有限，且轻型车国五标准相较之前的标准在蒸发排放方面没有加严要求，因此，在广东省汽车保有量持续增长的大背景下，其所排放的NO_x、蒸发类HC和总HC在2015-2018年间仍然是逐年增长。从这些趋势图中不难看出，如果不实施国六排放标准，在2019-2035年间，原本已经呈现逐年递减趋势的CO、尾气类HC和PM会重回逐年递增的轨道；而原本就没有抑制住增长趋势的NO_x、蒸发类HC和总HC则会进一步快速增长。

可喜的是，广东省于2019年7月1日起提前实施轻型车国六标准。这可以为广东省带来显著的CO_x、尾气类HC、蒸发类HC和总HC减排效益，减排效益从2019年开始显现并逐年增长。但是，提前实施轻型车国六标准对NO_x和PM的减排效果有限，不足以将NO_x和PM的排放变化趋势从逐年上升转为逐年下降。模拟分析的结果显示，截至2035年底，提前实施轻型车国六排放标准可以帮助广东省累计减排367万吨CO_x、64万吨尾气类HC和325万吨蒸发类HC（总计389万吨HC）、以及138万吨NO_x和3.1万吨PM。

如果广东省在2019年7月1日提前实施轻型车国六标准的基础之上，进一步于2021年7月1日提前实施重型车国六标准，不仅能够巩固和加强在CO和HC方面的减排效果，还可以获得显著的NO_x和PM减排收益，使得这两种污染物的排放变化趋势从逐年上升转为逐年下降。模拟分析的结果显示，截至2035年底，提前实施轻重型车国六两套标准可以为广东省带来的累计减排效益为：467万吨CO_x、73万吨尾气类HC和325万吨蒸发类HC（累计398万吨HC）、以及416万吨NO_x和12万吨PM。这些减排收益可以为广东省“三年打赢污染防治攻坚战、五年实现环境质量较大改善、2035年基本建成美丽广东”目标的实现提供有效助力。

需要强调的是，虽然提前实施轻重型车国六标准可以为广东省2035生态环境目标的实现提供有效助力，但其不是万能钥匙，不能解决所有问题。从图1至图6可以看到，即使轻重型车国六标准均提前实施，在2030-2035这个时间范围内，各类污染物的排放总量均无法再实现有力的下降，有的基本维持不变，有的甚至出现反弹。在本研究的排放模拟过程中，由于新能源汽车市场还处于早期阶段，不确定性较大，因此我们对广东省在2019-2035年间新能源汽车的市场占比设置得较为保守，主要关注国六排放标准的减排效果。但从模拟结果来看，广东省若想取得长期、持续、有力的汽车污染物减排效果以保障2035生态环境目标的实现，在提前实施轻重型车国六标准的同时，还需要积极推动当地新能源汽车的发展。

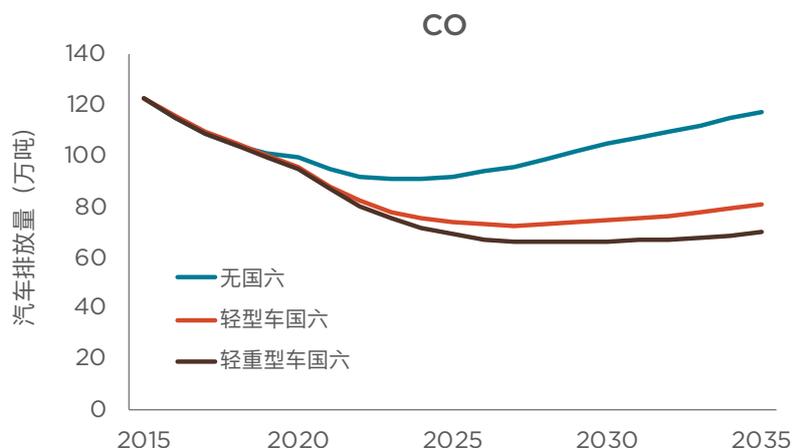


图1. 2015-2035年间广东省汽车的CO年排放量在三个情景下的变化趋势

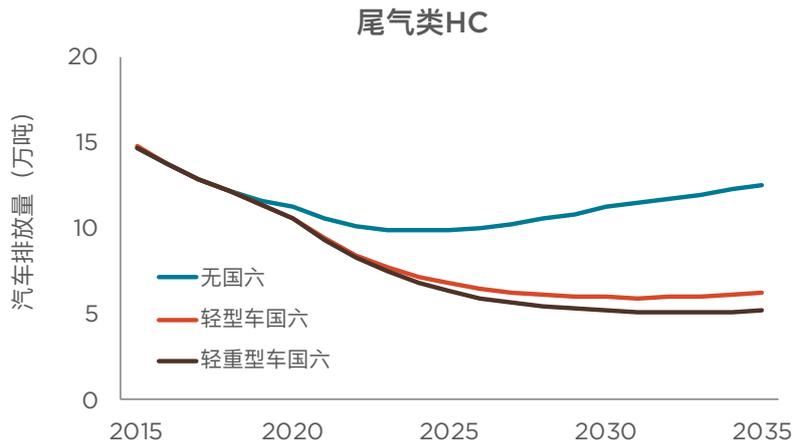


图2. 2015-2035年间广东省汽车的尾气类HC年排放量在三个情景下的变化趋势

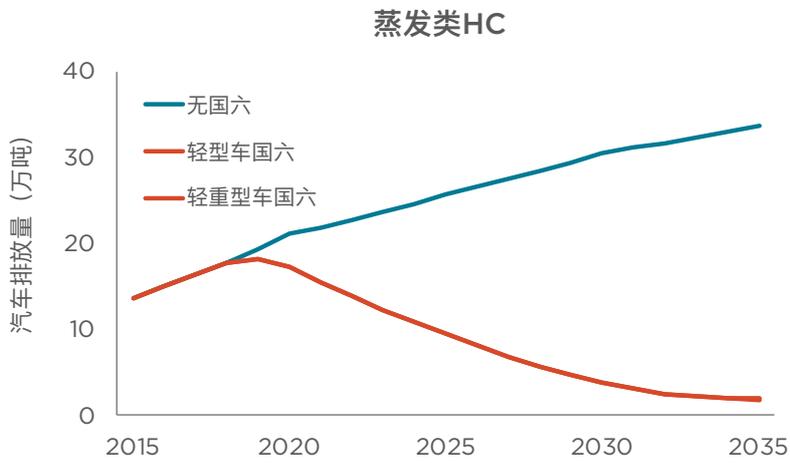


图3. 2015-2035年间广东省汽车的蒸发类HC年排放量在三个情景下的变化趋势

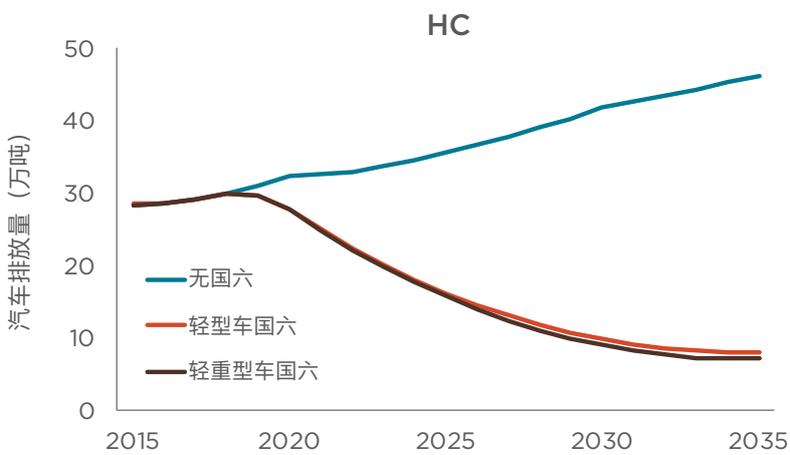


图4. 2015-2035年间广东省汽车的HC年排放量在三个情景下的变化趋势

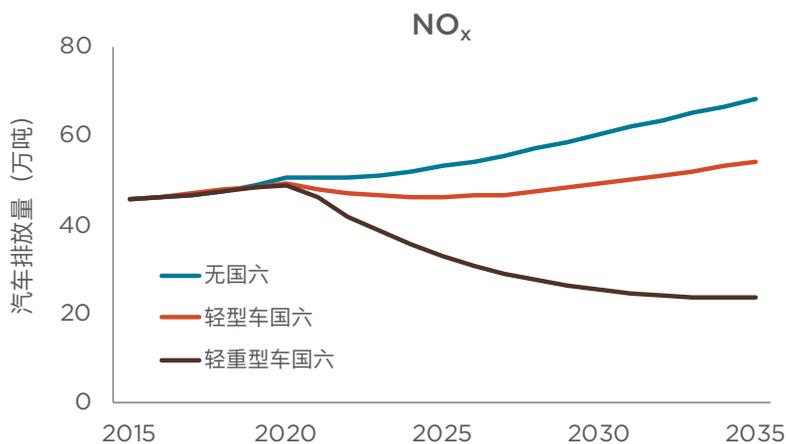


图5. 2015-2035年间广东省汽车的NO_x年排放量在三个情景下的变化趋势

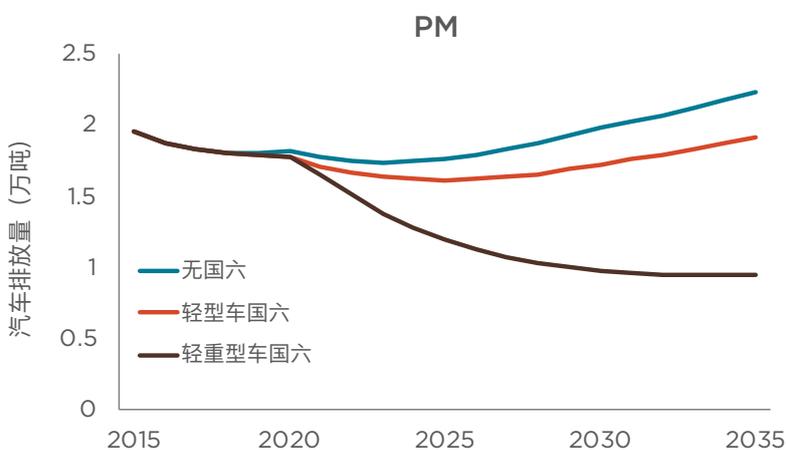


图6. 2015-2035年间广东省汽车的PM年排放量在三个情景下的变化趋势

结论

广东省汽车保有量大、污染物排放量高。广东省一直以来高度重视机动车污染防治工作，采取了多种措施，取得了显著成效。但是，为应对当前所面临的严峻的臭氧污染防治形势、实现“三年打赢污染防治攻坚战、五年实现环境质量较大改善、2035年基本建成美丽广东”的宏伟目标，广东省还需要在现有基础上持续大幅降低机动车的各类污染物排放。

生态环境部最新发布的轻型车国六排放标准和重型车国六排放标准均融合了欧标和美标的先进之处，并针对中国的实际情况提出了更为严格的要求，是当下全球最严格的轻重型车排放标准之一。提前实施轻重型车国六排放标准可以为广东省带来可观的减排收益。在广东省2019年7月1日提前实施轻型车国六排放标准（6b阶段的限值要求）、2021年7月1日提前实施重型车国六排放标准（VIb阶段的排放要求）的政策情景下，到2035年，广东省汽车单年的CO、HC、NO_x和PM排放量分别减少40%、84%、65%和59%，截至2035年底，这四种污染物的累计减排量分别达到467万吨、398万吨、416万吨和12万吨，可以对广东省近中远期环境质量改善目标的实现提供有效助力。但同时，仅靠轻重型车国六标准并不能解决所有问题。广东省若想取得长期、持续、有力的汽车污染物减排效果以保障2035生态环境目标的实现，在提前实施轻重型车国六标准的同时，还需要积极推动当地新能源汽车的发展。