

广东省实施国5/V和国6/VI汽车排放标准的成本收益分析

作者：邵臻颖、卫梵斯、杨子菲

关键词：成本收益分析；中国；广东省；排放标准

1. 报告摘要

本报告是国际清洁交通委员会 (ICCT) 对广东省实施更加严格的新车排放与燃油质量标准进行的成本效益分析。报告根据表ES-1中总结的四种政策情景，对未来污染排放、健康与气候影响、以及相关成本进行预测分析。¹

分析结果表明，在广东提前实施国5/V排放标准和超低硫燃油标准可以迅速减少来自机动车的污染排放。污染排放的下降将减轻空气污染，提高公共健康，同时降低了影响气候变化污染物的排放。运用标准成本效益法，我们预计仅2015年，实施标准的效益将超出成本近14亿人民币。此外，因为对健康的影响分析仅考虑一次细颗粒物 (PM_{2.5}) 排放对过早死亡的影响，没有考虑发病率以及二次颗粒物和其他包括臭氧等污染物对健康的影响，这些预测结果是非常保守的。我们的研究结果强烈支持广东省提前实施国5/V标准。

同时，本研究结果也证明，由于广东省机动车保有量在预期内仍会迅速攀升，国5/V标准无法在长期充分实现全省的污染减排。只有实施世界等级的国6/VI标准，机动车的污染排放才能在2030年前实现持续下降。此外，国6/VI标准的实施具有很高的经济效益，这与世界上其他采用先进尾气排放标准地区的分析结果高度一致。在2030年，对实施国6/VI标准的保守估计是净效益超出成本的系数为2.5比1(未来这个比例将更高)。在此情景下，广东省由于暴露于空气污染导致的过早死亡将相对于2010年水平下降45%。

因此，在证明国5/V标准是广东近期内重要且具有经济效益性的政策措施的同时，ICCT强烈推荐广东省考虑同期制定国6/VI标准，并尽早予以实施。

表ES-1: 各情景下机动车排放与燃油质量标准实施日期

情景	珠三角地区				广东省其他地区			
	国5/V	国6/VI	10ppm汽油	10ppm柴油	国5/V	国6/VI	10ppm汽油	10ppm柴油
国4/IV(现状)	-	-	-	-	-	-	-	-
正常实施国5/V	1/1/2018	-	1/1/2016	1/1/2016	1/1/2018	-	1/1/2016	1/1/2016
提前实施国5/V	10/1/2014* 7/1/2015**	-	10/1/2014	7/1/2015	7/1/2015	-	7/1/2015	7/1/2015
国6/VI	10/1/2014	1/1/2018	10/1/2014	7/1/2014	10/1/2014	1/1/2018	7/1/2015	7/1/2015

* 仅限轻型汽油车

** 其他机动车

¹ 注：在本表格和报告中，阿拉伯数字用于表示轻型车排放标准，罗马数字用于表示重型车排放标准。

提交环境保护部机动车排污监控中心和广东省环境保护厅。在此感谢洛克菲勒兄弟基金会的慷慨捐赠。

作者：邵臻颖和杨子菲是国际清洁交通委员会 (ICCT) 项目助理。卫梵斯是高级研究员，中国项目带头人之一。

2. 前言

中国经济的显著增长伴随着机动车保有量的激增。从2000年至2012年，中国的轿车、货车和中大型客车的保有量从1600万增长至1.08亿，近7倍的增长远远超过了大胆的预测。² 同时，中国超越了美国，从2009年起成为世界上最大的机动车市场。随着机动车销售量的持续快速增长，中国可能从2020年成为世界上公路车辆最多的国家。

中国机动车数量的激增超出预期，也带来巨大的环境压力，尤其是城市空气污染。根据环境保护部(环保部)评估，在各大城市，机动车产生了四分之一至三分之一的颗粒物污染排放，以及至少二分之一的氮氧化物排放。中国已经采取了严格的措施以缓解千万辆机动车带来的环境影响，包括逐步实施更加严格的排放标准和燃油质量标准。但是，全国的空气质量依然较低，需要采取更多措施加以控制。

虽然中央政府在制定和实施国家政策中有重要作用，各个地区，尤其是人口密集的省和大城市应趁此机遇提早和实施更加严格的政策。国务院作为中国最高政府机构，正在优先区域性的空气质量管理。2013年9月，国务院发布大气污染防治计划，为京津冀、长三角、珠三角地区设立具体的环境目标(State Council, 2013a)。

本报告的分析特别针对广东省机动车的环境影响。广东省是中国的一个领导性区域，和其他地方一样，广东省的机动车市场也经历了快速的增长。从2000年至2012年，汽车保有量从170万增长至1100万。广东省的各个城市受到这些车辆的负面影响，包括雾霾天气和交通拥挤。当前国务院和广东省都将提高空气质量作为当务之急，因此清洁机动车车队在现阶段是重中之重。

本报告针对广东省，尤其是在珠三角的9个地区，模拟提前于全国实施更严格的机动车排放标准(国5/V和国6/VI)、燃油质量标准(10ppm硫含量汽油和柴油)和严格的黄标车淘汰/置换项目所得出的模拟结果和成本效益分析。本研究分析了在广东提前引入更严格的机动车环境管理政策所带来的环境影响、健康收益和成本效益。这些研究结果不仅对广东省非常重要，对与中国其他地区也有借鉴意义。

2 例如，Wang et al (2006) 预测在高速发展情景下，中国在2010年将有5300万公路机动车；而实际上，到2010年，中国机动车保有量达到了7700万辆。

3. 模型概况

3.1 模式及污染物

本次分析的重点是广东省道路车辆—轿车、货车、中大型客车及摩托车对空气污染的影响³，所采用的排放清单模型是根据ICCT全球交通发展模型而对中国进行量身定制的。⁴ 通过对保有量、国民生产总值和油价进行情景预测来评估出车辆活动情况，模型会依据车辆活动情况进行排放量计算(Façanha et al, 2012)。结合车辆技术、燃油经济性、燃油份额等相关因素来向模型中输入地域性参数，模型可以测算出多种常规污染物排放量，包括粒径小于2.5微米的颗粒物(PM_{2.5})、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)及其它污染物。模型还可以计算出气候污染物的排放量，包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、有机碳(OC)及黑炭(BC)。当前模型版本所采用的排放因子是基于最新的COPERT模型。

3.2 区域范围

本次分析主要针对广东全省，对四个分区—广州、深圳、珠三角其他地区及广东省其他地区，分别进行了独立模拟。我们所设计的分析和模型方案就是要模拟出各分区的车辆活动情况。每个分区都采用了特定的输入参数，包括政策实施时间、车辆保有量、车辆行驶里程等数据信息。全省的模拟结果则是这四个分区模拟评估结果的总和。

3.3 政策

模型模拟的目标是要生成和比较在广东省针对道路车辆实施不同排放控制政策所产生的不同结果。特别是，此次分析考虑了提前实施国5/V标准、提升燃油品质和加大淘汰更新政策所带来的影响。这些假设条件都与广东省目前的管理计划相一致。我们还研究了未来实施国6/VI标准的影响作用。具体的政策情景模拟介绍详见第4章。

3.4 成本与效益

减少车辆污染物排放会相应的改善环境空气质量，对公众健康产生积极作用。本次分析预测了广东省居民由于PM_{2.5}排放导致肺癌、心脏疾病和急性呼吸道感染而造成的过早死亡。排放物通过吸入因子来转换为城

3 非道路移动源包括工程、农用和船舶设备，是未来模型模拟扩展的重要领域。

4 ICCT全球交通发展模型可通过 <http://theicct.org/global-transportation-roadmap-model> 在线获取。

市污染物暴露量。⁵ 由其他污染物或二次颗粒物导致的疾病和健康影响尚没有纳入考虑。因此，这里所得出的健康影响结果评估应该说是非常保守的。

车辆排放不仅会对公众健康造成影响，还会对环境造成多方面的影响。除了健康影响，我们还通过测定包括黑炭、有机碳和甲烷在内的非二氧化碳尾气排放物所造成的直接变暖或变冷影响来评估实施更为先进的车辆排放标准和油品质量标准所带来的气候影响。气候影响评估是基于100年时间框架内的全球变暖潜能值(GWP)估算的。

健康和气候方面的效益，即将减轻健康负担和减少气候破坏的效益量化为经济数值。预期的社会效益来源于改善城市空气质量从而降低过早死亡，同样也有一部分社会效益来源于减轻全球气候变化影响。降低过早死亡的经济效益是基于统计生命价值(VSL)进行计算的⁶而减轻气候变化的经济效益则是基于社会碳成

本来进行计算的。⁷ 这里的气候影响效益仅考虑了短期气候污染物减排，例如黑炭等，而没有包含提高燃油经济性带来的二氧化碳减排效益。本研究中设定的年折现率为2.5%。

3.5 结果校准

我们的研究是对广东省机动车排放控制政策进行分析，分析结果是独立的且可靠的。独立即我们建立了我们自己的模型，采用业内认可的数据得到多种参数，如排放因子、生存曲线以及车辆行驶里程(VKT)衰减曲线等。校准即通过模型模拟过程，我们与中方项目合作人员紧密沟通，识别出缺失数据，在模型运行初期收集反馈信息，审核情景设计等。我们的目标是确保我们的结果和结论是可靠的，并且在中国具有影响作用。我们的一个重要合作方是环保部机动车排污监控中心，该中心是中国环保部下属的车辆排放政策和排放模型研究中心，该机构此次向我们提供了

成本效益分析的全球化应用

成本效益分析是对公共政策进行评估的一项重要基础性工作。成本是指政府需要付出多少来实施一项新的管理措施以及社会民众需要付出多少来遵守相关管理要求。效益则包括新管理措施所能带来的潜在的经济、环境、公众健康、安全或

其他好处。在美国，成本效益分析应用十分广泛且成熟，这很大程度上是由于从法律上，政府要求各管理部门对新实施的重要法律法规进行成本效益评估，并根据评估设计管理实施方案，从而实现社会净收益的最大化。

世界上许多研究都权衡过控制机动车排放、降低燃料硫含量的成本与改善公众健康的效益，结果表明健康方面的效益远远超出实施相关管理所需的成本。也就是说在减少空气污染和改善公众健康方面，对机动车排放进行控制是一项成本效益极佳的战略措施。

下表总结了一些国际上对机动车排放控制进行成本效益分析的先例：

表3.4.1: 国际机动车排放控制成本效益分析先例

地区	政策措施	成本	效益	费效比(效益: 成本)	来源
美国	Tier 2	\$53亿	\$252亿	5:1	美国环保局, 1999
美国	Tier 3	\$15亿	\$67-\$190亿	4:1 to 13:1	美国环保局, 2014
墨西哥	Tier 2-等效标准	<\$10亿	\$70亿	8:1	墨西哥国家生态研究院, 2006
撒哈拉以南的非洲地区	供应低硫燃料	\$27亿	\$250亿	9:1	联合国环境署, 2009
印度	供应超低硫燃料和采用世界级排放标准	\$142亿	\$1,070亿	8:1	Bansal与Bandivadekar, 2013

5 吸入因子方法论详见ICCT全球健康发展路线报告(Chambliss等人, 2013年)。

6 VSL是经济学术语，用于评估预防死亡的边际成本。其成本值涵盖广泛的死亡相关金额评估，包括经济、健康关照、环境影响等方面的影响评估。在本次分析中，VSL引用自Viscusi的研究(Viscusi, 2004)成果并通过国民收入和购买力指数来结合了中国的国情。所有成本数值都被转换为2010年美元值。

7 社会碳成本是用于测量二氧化碳减排收益的常用术语。根据美国环保局的定义，社会碳成本是对气候变化和气候破坏的综合性评估，包括但不局限于农作物产量变化、人体健康和洪水风险提高导致的财产损失。更多信息详见<http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/sc.html>。

区域车辆行驶里程(VKT)等重要的输入数据。我们从2013年底至2014年初都与VECC紧密合作,对计算结果进行审议并对我们的模型进行校准。

4. 广东省情景模拟

4.1 尾气排放标准

4.1.1 历史背景

广东省的机动车排放控制政策基本上是紧跟中国的国家车辆排放标准的进度。自2000年起,针对几乎所有类型的车辆都出台了尾气排放标准并逐步加严。在广东省的一些特定区域,特别是广州和深圳,都是从国3/III阶段起就开始提前实施国家尾气排放标准。目前广东省对新车实施国4/IV排放标准。

图4.1.1展示了ICCT所评估的按尾气排放标准划分的广东省道路车辆保有量发展情况。这个模拟评估结果结合了车辆保有量、销售量数据及尾气排放标准实施日期。尽管针对轻型车和重型车的标准实施日期有所不同,珠三角地区和省内其他地区的标准实施时间也不

一样,但本图中只概况展示了全省的整合数据。从图中可以看出,尽管广东省快速实施了不断加严的排放标准,但即使到了2013年,车辆构成中仍有很大一部分(超过四分之一)是国2/II乃至更老的车辆。

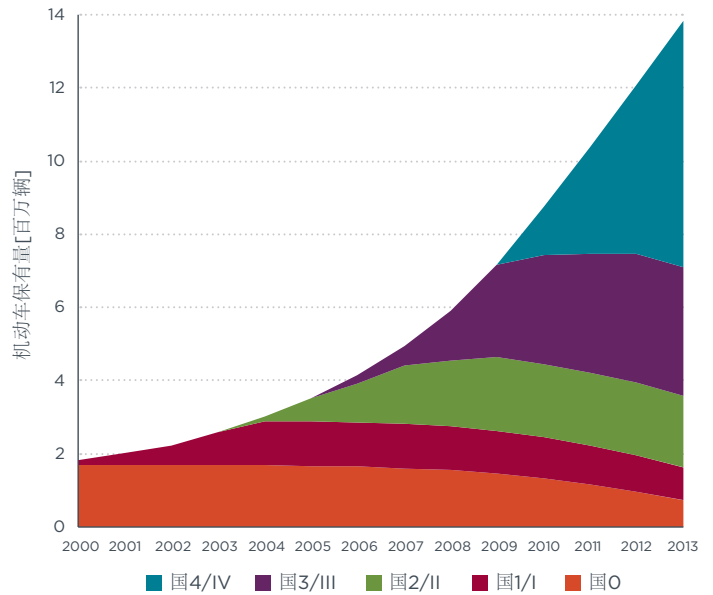


图4.1.1: 2000-2013年广东汽车保有量(按排放标准划分)

加严排放标准的重要性

现代排放控制系统能够有效地将尾气排放降低至接近零排放的水平。如下图所示,与未控制的传统车辆相比,达到世界级欧6/VI尾气排放标准的车辆可实现PM_{2.5}减排99%。随着全世界机动车保有量的激增,特别是在发展中国家,降低尾气排放至接近零排放的水平是全面控制排放和保护公众健康的关键(Chambliss等人, 2013年)。

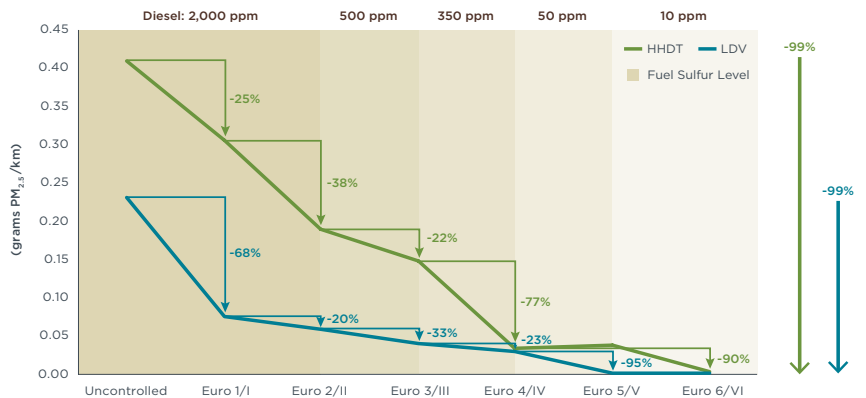


图4.1.2: 按排放标准和燃料硫含量划分的柴油车平均寿命周期细颗粒物(PM_{2.5})排放因子

国IV和国V重型柴油车标准

国IV和国V重型柴油车标准于2005年发布,最初计划分别于2011年1月1日和2013年1月1日对全国范围内销售和登记注册的车辆实施。但是,出于对低硫燃料在全国供应问题的担心,迫使环保部两次推迟了国IV标准的实施时间。最终,该标准于2013年7月1日在全国实施。国V标准也被相应推迟,具体实施时间尚未

确定,但预期将于2018年1月1日全国实施。

中国采用的是欧洲的尾气排放标准,但偶尔会做一些比较重要的修订。最近,中国发布了一些重要的补充实验标准来修订国IV及国V重型柴油车标准。这些标准,一个是由环保部发布的HJ698-2014,另外两个则是由北京市环保局发布

的DB11/964-2013和DB11/965-2013,都是设计用于防止重型柴油车在城市中行驶时产生氮氧化物排放超标的现象。对于广东省而言,实施这样的国IV/V“修订”政策也很重要,以便保证氮氧化物排放切实达到标准的要求。

4.1.2 未来计划

本次分析研究了未来广东省引入国5/V和国6/VI尾气排放标准所带来的影响。共分四种情景进行了模拟。“现状情景”即假设不再进一步实施国4/IV以后的标准。“正常实施国5/V情景”即假设广东全省自2018年1月1日开始实施国5/V标准，与国家要求相一致。“提前实施国5/V标准情景”即假设自2014年10月1日起在珠三角地区对轻型车实施国5标准，自2015年7月1日起对全省所有车辆实施国5/V标准。最后，我们还模拟了“国6/VI情景”，即在“提前实施国5/V情景”之后，假设自2018年1月1日起在广东全省进一步实施国6/VI标准。

下图总结了广东省标准实施历史进程及各区域轻型车/重型车标准实施情景模拟情况。鉴于大多数重型柴油车都是柴油的，而大部分轻型车都是汽油的，这些标准可以涵盖90%以上的道路车辆。珠三角地区的城市，特别是广州和深圳，已经开启了提前实施标准的先例，自2006年起已经提前实施了国3/III标准。我们希望这些城市，以及珠三角的其他地区，可以继续这样的带头作用，提前实施国5/V标准。

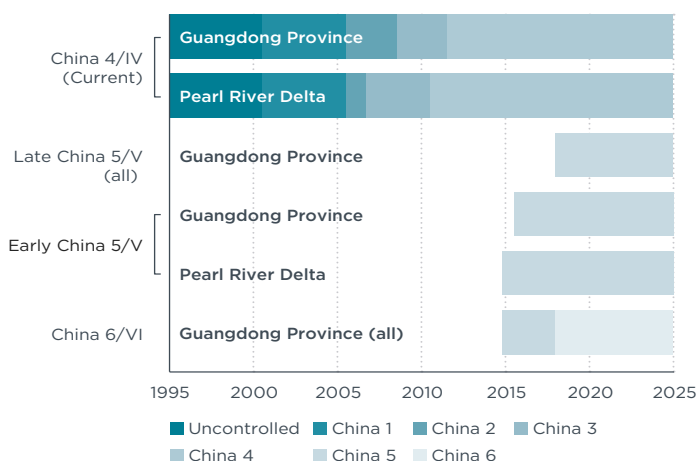


图4.1.3：轻型汽油车排放标准实施日期

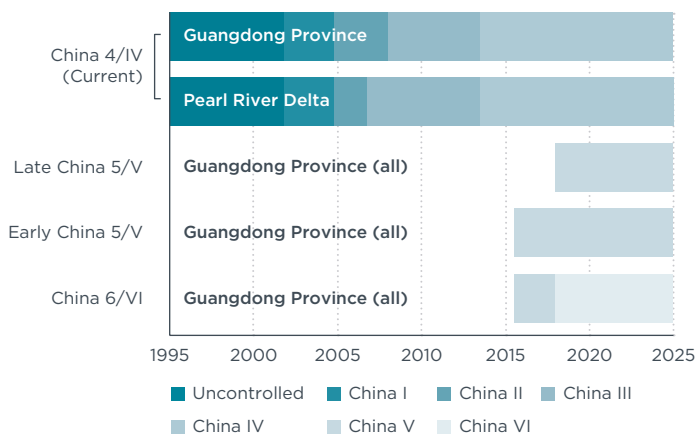


图4.1.4：重型柴油车排放标准实施日期

4.2 油品质量标准

大量研究都对油品质量、车辆技术和排放标准之间的联系进行过分析。⁸ 这些研究都表明只有将油品质量和车辆技术考虑为一个整体体系同步改进，才能实现尾气排放的大幅度下降。

油品质量主要从两个方面影响机动车排放。首先，燃油的许多规格属性会直接影响燃烧过程，包括燃烧过程种污染物种类和数量的形成。第二，更重要的是，油品品质会限制特定排放后处理技术的应用，或为某技术应用提供先决条件。许多先进的后处理装置都对燃料中的杂质具有敏感性，所以只有当油品品质达到基本的标准后才能够使用。继铅之后，硫成为了影响排放和选择排放控制技术的主要油品参数。

中国的油品质量标准在过去20年中不断提高。然而，中国的油品质量标准，特别是硫含量水平，一直落后于相对应的尾气排放标准，“车油不匹配”导致了排放标准延期实施。正如前文国IV/V重型柴油车标准专栏中所列，这种不匹配导致国IV重型柴油车尾气排放标准和其他标准的实施被反复推迟。

2013年初，为应对中国严重的空气污染，国务院发布重要指令(State Council, 2013b)，要求至2017年底，在全国范围引用超低硫燃料(10ppm)。同时，还要求到2015年底在三大重点区域供应10ppm汽油和柴油。

随着新车排放标准的发展，珠三角地区的部分城市包括整个广东省都比国家政府更为积极的推进油品质量改善。图4.2.1和4.2.2展示了中国汽柴油目前和未来的改善时间表。也就此对四种情景进行了模拟。在“现状”情景下，广东全省的汽柴油硫含量水平保持在50ppm。在“正常实施国5/V”情景下，广东全省的燃油硫含量水平依照国务院要求自2016年1月1日起降至10ppm。在“提前实施国5/V”情景下，珠三角地区汽油硫含量水平自2014年10月1日起降至10ppm，自2015年7月1日起全省汽柴油硫含量水平降至10ppm，提前于国务院的规定时间。“国6/VI”情景的油品供应时间与“提前实施国5/V”情景是一样的。

⁸ 例如，<http://www.crcao.org/reports/recentstudies2008/E-84/E-84%20Report%20Final,%20Aug%2014.pdf>; <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/documents/420d13003.pdf>; <http://www.epa.gov/otaq/fuelsmodel.htm>

不同车辆排放控制技术的硫敏感度

表4.2.1: 主要污染控制技术的硫敏感度

排放控制技术	适用车辆	控制的污染物	燃油硫含量要求
三元催化器 (TWC)	欧1 + 汽油	HC, CO, NO _x	<500 ppm, 最佳转化效率<30 ppm; 排放随着硫含量水平上升而上升, 但影响作用是可逆的
柴油车氧化催化器 (DOC)	欧3/III + 柴油	HC, CO, PM	<350 ppm 可行 <50 ppm 理想
柴油车颗粒物捕集器 (DPF)	欧5 + 柴油 欧VI + 柴油	HC, CO, PM	<15 ppm
尾气再循环 (EGR)	欧3/III + 柴油	NO _x	<350 ppm
选择催化还原 (SCR)	欧6 + 柴油 欧IV + 柴油	NO _x	<350 ppm (钒基) <50 ppm (沸石基)
稀燃NO _x 吸附装置 (LNT)	欧6 + 柴油	NO _x	<15 ppm

备注: 该表格已在2014年6月的版本上进行了大规模的改进。

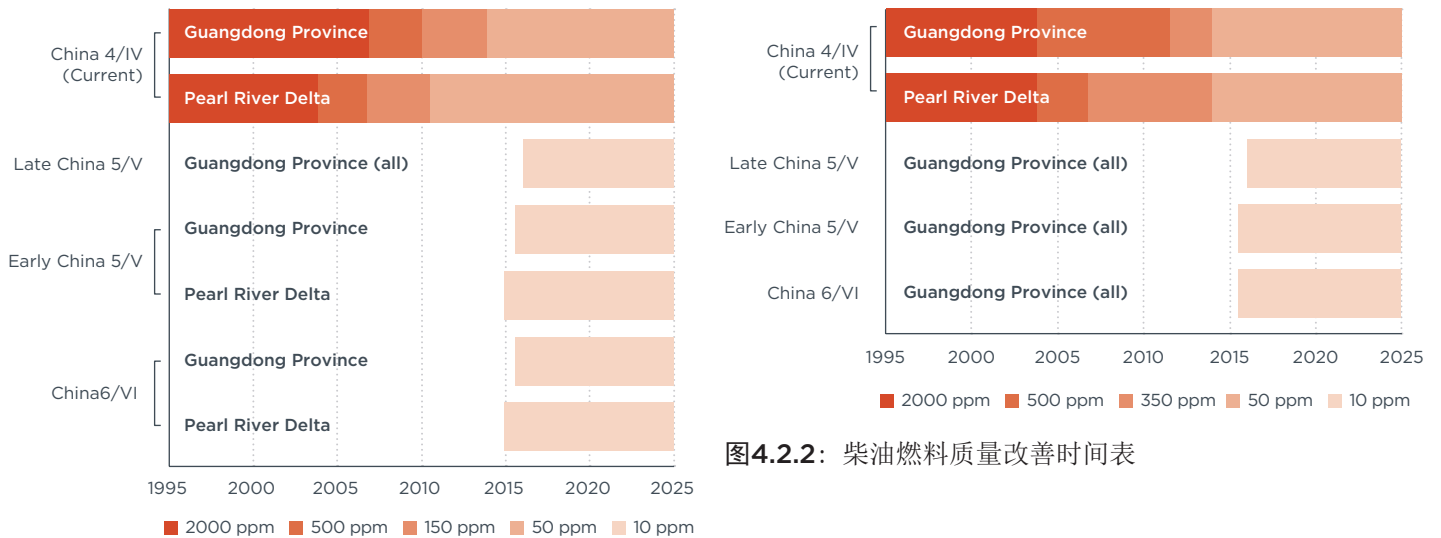


图4.2.2: 柴油燃料质量改善时间表

图4.2.1: 汽油燃料质量改善时间表

表4.2.2: 各情景下机动车排放与燃油质量标准实施日期

情景	珠三角地区				广东省其他地区			
	国5/V	国6/VI	10ppm汽油	10ppm柴油	国5/V	国6/VI	10ppm汽油	10ppm柴油
国4/IV(现状)	-	-	-	-	-	-	-	-
正常实施国5/V	1/1/2018	-	1/1/2016	1/1/2016	1/1/2018	-	1/1/2016	1/1/2016
提前实施国5/V	10/1/2014* 7/1/2015**	-	10/1/2014	7/1/2015	7/1/2015	-	7/1/2015	7/1/2015
国6/VI	10/1/2014	1/1/2018	10/1/2014	7/1/2014	10/1/2014	1/1/2018	7/1/2015	7/1/2015

* 仅限轻型汽油车

** 其他机动车

4.3 淘汰方案

中国政府已经确认将淘汰老旧高排放车辆作为一项重点工作以期在短期内削减排放和改善空气质量。从国家层面上，国务院提出了要在2017年底以前淘汰全国范围内的所有“黄标车”，即国1/I标准以下的汽油车和国3/III标准以下的柴油车。国务院还进一步要求三大重点区域在2015年底以前基本淘汰“黄标车”（State Council, 2013a）。

今年年初，广东省政府发布了详细的2014-2017年空气质量改善计划（Guangdong Provincial Government, 2014）。回应国务院的目标，计划强调了在2017年以前淘汰广东全省的“黄标车”，并且，要在2015年以前淘汰珠三角地区的全部“黄标车”。所有未来的模拟情景中（正常实施国5/V、提前实施国5/V和国6/VI）都反馈出了“黄标车”淘汰目标。现状情景则没有纳入淘汰“黄标车”设定。

除了淘汰，广东省和广东各城市政府还实施了其他多种在用车排放控制方案，包括检测与维修养护制度（I/M）、低排放区、使用遥感以及车辆改造等等。尽管将这些在用车控制方案纳入模型是未来工作的重点方向，但为了简化模拟过程，本次分析结果中只对“黄标车”淘汰方案进行了量化。

5. 模型结果

5.1 广东省汽车保有量预测

图5.1.1是ICCT根据机动车类别对广东省机动车保有量的预测。我们预计截至2030年底，广东省轿车、货车和中大型客车的保有量将略微超过4000万辆。其中绝大多数为轻型车，反映出购买轿车的持续性需求。我们假设未来机动车保有量在模型中各情景下保持不变，只有符合不同排放标准车辆的市场份额根据时间进行改变。

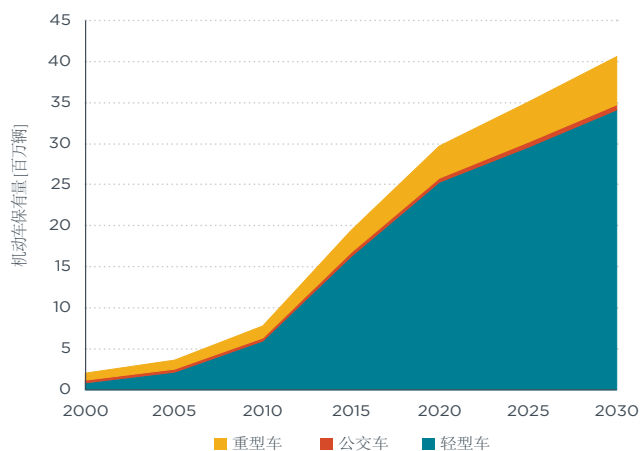


图5.1.1: 广东省汽车保有量，2000-2030

5.2 排放预测

下述图表显示在第四章所陈述的四种政策情景下， NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 两种主要污染物在整个广东省内的排放量。除“现状情景”，所有情景都将黄标车淘汰项目纳入模型。

模型结果对提前实施国5/V排放标准和10ppm低硫燃油质量标准的必要性是强有力的支持。这些标准在全省范围内可以迅速大量减少污染排放。但是，结果也表明，基于广东省的机动车保有量会继续快速攀升，只有国6/VI排放标准可以在长期有效实现 NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 减排。

5.2.1 NO_x 排放预测

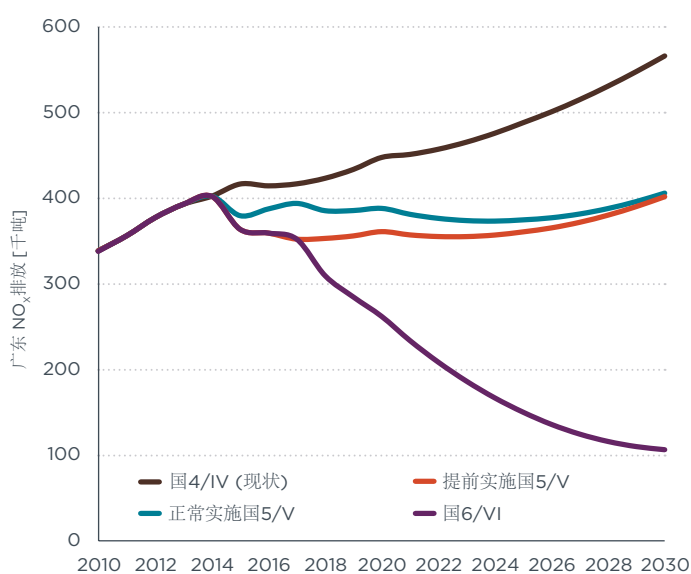


图5.2.1: 广东省机动车 NO_x 排放预测，2010-2030

图5.2.1主要分析结论:

- 广东省机动车 NO_x 排放从2010年以来一直稳步增加。在“现状情景”下，这些排放将随着机动车市场的扩大而继续增加。如果不采取严于国4/IV的政策标准，2030年 NO_x 排放量几乎为2010的两倍。采取更加严格的排放标准对于减缓和预防未来排放的增长必不可少。
- 在“正常实施”和“提前实施”国5/V标准的情景下，接下来十年的排放增长均得到了有效地控制，但是由于广东省机动车保有量的迅速增长，排放将在2025年前后再一次增加。
- “提前实施”国5/V标准的情景比“正常实施”情景显现出明显优势。特别是在2017年前，“提前实施”情景下的 NO_x 排放比“正常实施”情景减少4.2万吨，或11%。
- 从上图可以清晰看出，国6/VI标准可以有效实现

污染物的长期减排。虽然国5/V标准非常重要，国6/VI情景的模拟结果强调了尽早实施世界级排放标准的重要性。

5.2.2 颗粒物(PM)排放预测

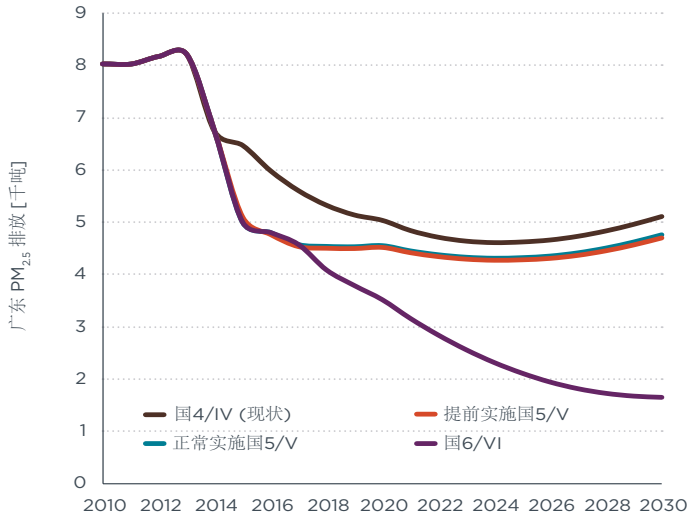


图5.2.2: 广东省机动车PM_{2.5}排放预测, 2010-2030

如图5.2.2所示, PM的模拟结果与NO_x的模拟结果稍有不同。第一, 在实施更加严格的排放标准之前, 全省在2013年底和2014年初引入的50ppm含硫量的燃油标准迅速降低了车队PM排放量。减排幅度在10ppm燃油标准的情景下更加明显。综合考虑排放标准, 我们的分析结论如下:

- 对于PM排放, 引入国5/V标准的时间对于减排效果微乎其微。这是由于PM的排放主要来源于重型柴油车, 而国IV与国V的PM排放限值是一样的。
- 关于PM的排放趋势, 由于广东省机动车保有量的迅速增长, 国4/IV和国5/V标准均无法在长期有效控制排放的增长。
- 鉴于机动车保有量的增长, 需要引入世界级的国6/VI标准以实现长期PM减排。模型预测显示, 相对于“现状情景”, “国6/VI情景”可以减少三分之二的PM排放。

表5.2.3: NO_x、PM_{2.5}、HC和CO的减排比较

污染物	2017年“提前实施“国5/V相对于“正常实施”国5/V的年均排放物减排	2030年“提前实施“国5/V相对于“正常实施”国5/V的年均排放物减排	2030年实施国5/V相对于“现状情景”的年均排放物减排
NO _x	41,727吨 (-11%)	164,377吨 (-29%)	459,854吨 (-81%)
PM _{2.5}	39吨 (-1%)	359吨 (-7%)	3,459吨 (-68%)
HC	3,240吨 (-8%)	13,070吨 (-32%)	17,485吨 (-43%)
CO	1,991吨 (0.32%)	3,901吨 (-1%)	100,256吨 (-15%)

5.2.3 其他污染物排放预测

提前实施国5/V标准不仅可以实现NO_x和PM的减排, 还能实现各种传统污染物的减排。表5.2.3罗列了四种主要污染物2017年和2030年的减排状况。在实施国5/V标准后不到两年, 减排效果就已经显现, 减排高达11%。这再次体现了提前实施标准的重要性。

下表也同样罗列了实施国6/VI相对于国5/V带来的额外减排量。例如在2030年, PM_{2.5}基于“现状情景”的减排从7%剧增至68%, NO_x、HC、和CO也有同样明显的减排比例。这些结果为广东继续实施国6/VI标准提供了强有力的依据。

5.3 健康影响

我们用吸入因子的方法来评估暴露于污染空气中对人体健康的影响程度, 此模型中所考虑的污染空气是通过一次PM_{2.5}排放在大气中的含量来换算的, 该方法在第三章已有所介绍, 具体的可以参照ICCT之前所发表的报告(尤其是Chambliss等人, 2013)。暴露于污染空气对人体健康的影响程度会因为不同的政策所改变, 因此我们可以用这个方法来评估不同的政策情景所带来不同的健康影响。通过估算由于一次PM_{2.5}污染而带来的肺癌, 心脏疾病, 以及急性呼吸道感染率, 我们能评估出相对应的过早死亡值。由于我们并不考虑二次颗粒物或者其他污染物(包括臭氧)所带来的死亡数量或者污染程度, 我们所评估的健康影响应被认为是非常的保守。

图5.3.1显示了标准化后广东在四个不同政策情境下, 由于机动车一次PM_{2.5}污染, 对于现在和将来的过早死亡变化的估计。其2010年的过早死亡值被设定为标准化比较的原点。在“现状情景”下(国4/IV和50ppm含硫量燃料), 到2020年前, 过早死亡会略微下降, 但还将高于2010年水平。如果不采取进一步的措施, 过早死亡的数字会在2020年后开始增长, 到2030年, 这个数字会比2010年的值高60%。通过实施国5/V和10ppm含硫量燃料, 过早死亡数字较2010年, 能很快减少20%, 但是2017年后, 又会开

始增长。这个数字增长的原因，有很大一部分归结于广东的快速城镇化。和排放污染物的结果相一致的是，只有实施国6/VI标准才能长期、大幅度地改善人民健康程度，到2030，过早死亡相比较2010可以减少45%。

类似于PM所得到的观察结果，实施国5/V标准的时间对于我们评估过早死亡值的改变并没有特别大的影响。其中的主要原因在于我们评估健康影响的方法只注重于城市区域路上机动车的一次颗粒物影响。由于其他污染物或者二次颗粒物所带来的死亡数值和影响是不被纳入考虑范围的。因此，这里所呈现的健康影响应被认为是非常保守的估计。

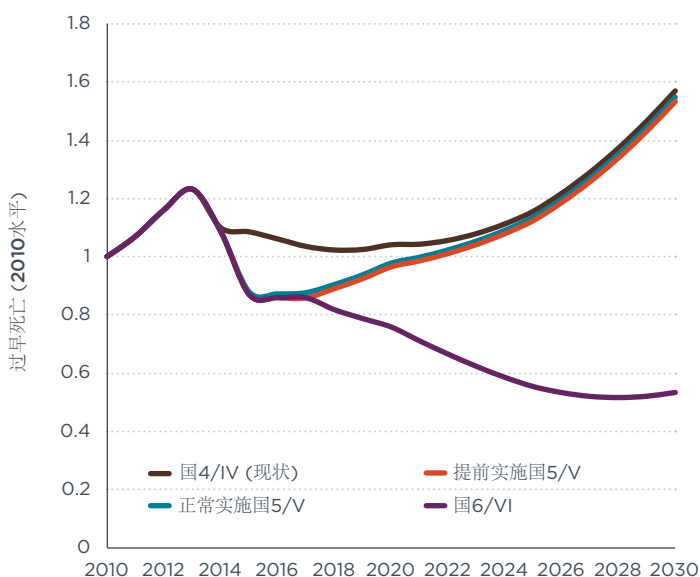


图5.3.1: 广东由于机动车一次PM_{2.5}污染所带来的过早死亡，2010-2030，（设2010年为标准化原点）

5.4 成本

5.4.1 车辆技术

在各个情景中，由于更严格的车辆标准需要更先进的排放控制技术，由此而额外增加的成本也会被评估，表5.4.1总结了所假设的车辆成本。这些数字代表了ICCT所预计的相对于没有控制技术的引擎，所需的额外累积排放控制技术成本，该数字是通过一系列发达和发展中国家的研究所得出的。由于排放控制技术而增加的成本会根据不同的燃料类型和发动机尺寸所改变。

5.4.2 油品的改善

除了车辆技术的成本，我们也模型为提供更高质量燃料所需要的额外成本。该成本包括前期的炼厂成本（如，资本设备升级），以及所需的额外的运行成本。为了分别降低到10ppm硫含量水平，汽油每升约需0.7美分（0.04元），柴油每升约需1.7美分（0.11元）的成本增加。另外，具体关于ICCT对降低硫化物成本的研究可以在之前的文献中查看。（例如 ICCT, 2012; ICCT, 2014）。

5.5 总和分析 - 成本效益比

在这一章节中，之前所提到的在各种情景下的成本和效益将会进行比较，来评估实施更严格的车辆排放标准和油品质量标准是否具有成本效益。在此，我们评测了在2015年提前实施国5/V标准的成本效益，同时，也估算了到2030年，实施国6/VI标准的成本效益。

在此分析中，成本数据是中国的实际情况而定制。环境效益是根据碳的社会成本来计算的。由于二氧化碳的降低有着全球性的影响，因此，我们直接采用了美国的估算数据（U.S. Government, 2013）。对于用来估算减少过早死亡价值的统计生命价值（VSL），我们根据美国和中国在2010年国民总收入购买平价（GNIPPP）来调整。对于未来的统计生命价值（VSL），我们用GDP的增长趋势来进行推测。

表5.4.1: 相对于没有控制技术的引擎，所需要的额外累积排放控制技术成本

燃料	大型客车	出租车	私人汽车	摩托车	轻型货车	重型货车
	柴油	汽油	汽油	汽油	柴油	柴油
Euro 1/I'	\$158	\$142	\$142	\$29	\$150	\$174
Euro 2/II'	\$210	\$204	\$204	\$35	\$200	\$232
Euro 3/III'	\$683	\$326	\$326	\$51	\$650	\$752
Euro 4/IV'	\$2,727	\$351	\$351	\$51	\$2,414	\$4,991
Euro 5/V'	\$2,958	\$361	\$361	\$54	\$2,632	\$5,394
Euro 6/VI'	\$4,700	\$361	\$361	\$100	\$4,190	\$9,075

*所有的成本都以欧盟标准来进行比较

5.5.1 提前实施国5/V标准

提前实施国5/V标准对于近期排放的减少，以及相对应的健康和气候效益是非常关键的。图5.5.1比较了“提前实施”国5/V标准情景和“现状情景”（国4/IV标准）在2015年的成本和效益。从图中可见，其总共效益值可以达到50亿人民币。对于这个项目，投资成本虽不少，但是总体来说，效益还是超过了成本。提前实施国5/V的净效益在2015预计可以达到14亿人民币。

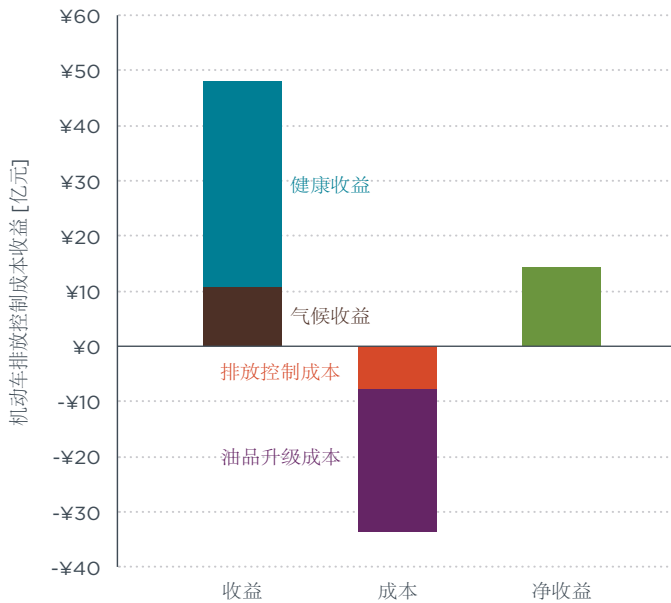


图5.5.1: 广东“提前实施”国5/V情景在2015年的成本和效益(和现状情景相比较)

对于图5.5.1，需要重点关注的是，在此研究中，健康影响的评估是非常保守的，其原因在于我们只估算了从一次PM_{2.5}污染所带来健康影响。由于这些污染物主要是由重型车所排放的，然而国V颗粒物的排放限值和国IV是一致的。因此，所带来的健康影响可能比所期望的要小一些。但是国5/V标准会带来其他不同的健康效益—包括发病率的减少以及由二次颗粒物，二氧化氮，有毒物质，臭氧以及其他污染物减少所带来的健康效益—而这些都没有在此分析所体现出。

5.5.3 实施国6/VI标准

下图体现了对于2030年国6/VI标准的成本效益分析。结果显示，实施国6/VI标准是非常有成本效益的，其回报可在5年之内实现。图5.5.2和5.5.3显示了实施国6/VI显著的效果。实施更严格的车辆排放标准和超低硫含量燃料会增加成本，但是最终这些成本会不再显著增长。相反，其效益，特别是健康效益，会长期显著的增长，并且很快超过投资成本。下图同时也反映出实施国6/VI标准的回报是迅速的，并且

是大幅度的。到2030年，这些显著的效益和成本的比值将会大约是2.5比1，使得成本看上去微不足道。如果观察2030年后的结果，这个比值会更加大。另外，需要再一次强调，由于我们评估健康影响方法的局限性，此处效益的值需被认为是非常保守的。

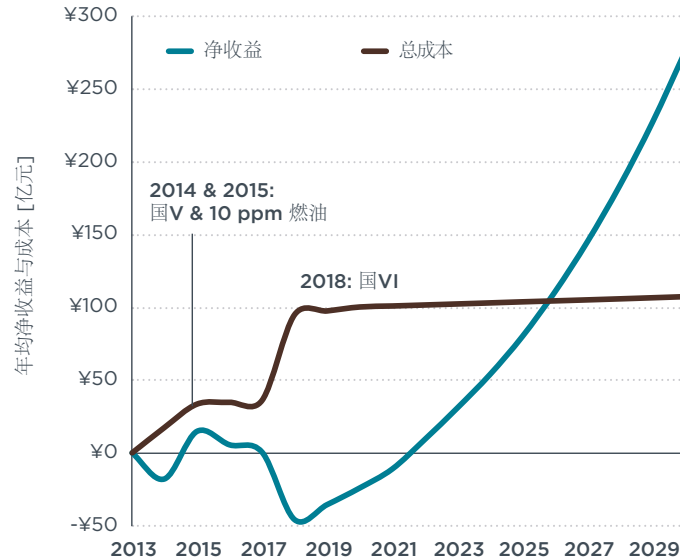


图5.5.2: 广东实施国6/VI标准情景年成本和效益（和“现状情景”相比较）

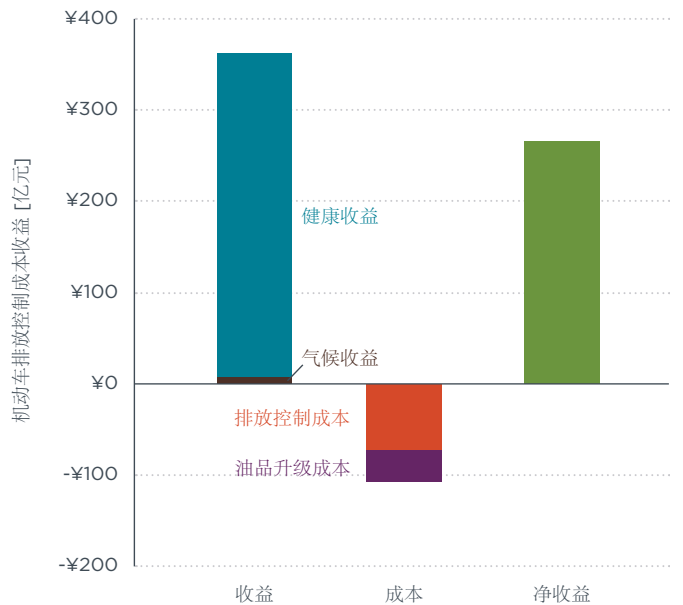


图5.5.3: 广东实施国6/VI标准的成本效益比较（和“现状情景”相比较）

结论与建议

本报告证明，采用国5/V机动车排放标准和降低燃油硫含量可以有效减轻广东省空气污染状况。另外，黄标车淘汰项目强有力的实施，可以在短期内降低排放，共同防止空气质量的恶化。提高空气质量有利于公共健康，降低心脏疾病、中风、癌症和其他疾病与问题。健康问题的成本巨大，包括过早死亡的价值、医疗的成本、低效率的成本和其他方面。因此，提高空气质量有利于整个社会，并带来很高的效益。提早实施国5/V可以确保尽快实现较高的成本效益。

但是，国5/V标准并不能阻止长期内机动车快速增长所带来的污染排放的增加。只有国6/VI标准可以帮助广东省实现长期减排。报告的研究结果强烈支持国6/VI标准以大幅度提升当地空气质量。如果过早死亡和疾病风险降低，公共健康将得到大幅提升。也就是说，广东省的人均寿命将延长。这些结果在国6/VI标准实施以后将立刻显现。此外，引入国6/VI标准具有很高的成本收益，其效益与成本的比值为2.5比1，其回报在5年之内可以实现。

ICCT强烈支持在广东省提早实施国5/V标准，其对空气质量和公共健康的积极影响充分证明了实施的重要性。同时，继续采取更加严格的排放标准对广东省也十分重要。只有国6/VI标准可以帮助广东省阻止长期的排放增长，更重要的是，公共健康也将得到大幅提升。

参考文献

- Bansal and Bandivadekar. 2013. Overview of India's vehicle emissions control program: past successes and future prospects. ICCT Report. Retrieved from: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IndiaRetrospective_2013.pdf
- Chambliss et al, 2014. The impact of vehicle and fuel standards on premature mortality and emissions. ICCT Report. Retrieved from: <http://www.theicct.org/global-health-roadmap>
- EPA, 1999. EPA's Program for Cleaner Vehicles and Cleaner Gasoline. Retrieved from: <http://www.epa.gov/tier2/documents/f99051.pdf>
- EPA, 2014. EPA sets Tier 3 motor vehicle emission and fuel standards. Retrieved from: <http://www.epa.gov/otaq/documents/tier3/420f14009.pdf>
- Façanha et al, 2012. Global transportation energy and climate roadmap. ICCT Report. Retrieved from: <http://www.theicct.org/global-transportation-energy-and-climate-roadmap>
- Guangdong Provincial Government, 2014. Guangdong Province Air Pollution Prevention and Control Action Plan. Retrieved from: http://zwgk.gd.gov.cn/006939748/201402/t20140214_467051.html
- ICCT, 2012. Technical and economic analysis of the transition to ultra-low sulfur fuels in Brazil, China, India, and Mexico. ICCT Report. Retrieved from: <http://www.theicct.org/technical-and-economic-analysis-transition-ultra-low-sulfur-fuels-brazil-china-india-and-mexico>
- ICCT, 2014. China V gasoline and diesel fuel quality standards. Retrieved from: <http://www.theicct.org/china-v-gasoline-and-diesel-fuel-quality-standards>
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2006. Estudio de evaluación socioeconómica del proyecto integral de calidad de combustibles- Draft. Prepared in collaboration with PEMEX and SERMANAT. México D.F., México.
- State Council, 2013a. Air pollution prevention and control action plan. Retrieved from: http://www.gov.cn/zwgk/2013-09/12/content_2486773.htm (Chinese)
- State Council, 2013b. Directive from State Council Executive Meeting. Retrieved from: http://www.gov.cn/ldhd/2013-02/06/content_2328473.htm (Chinese)
- UNEP, 2009. Final report sub-Saharan Africa refinery project executive summary. Retrieved from: http://www.unep.org/transport/pcfv/pdf/final_executive_summary_6-08-09.pdf
- United States Government, 2013, Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Retrieved from: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/inforeg/technical-update-social-cost-of-carbon-for-regulator-impact-analysis.pdf>
- Viscusi, W. K., 2004. The Value of Life: Estimates with Risks by Occupation and Industry. *Economic Inquiry*, 42: 29-48. doi: 10.1093/ei/cbh042
- Wang et al, 2006. Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO₂ Emissions through 2050. Published by Argonne National Lab.