



出租车定期更换三元催化器运行模式 与政策研究

Study on Operation Modes and Policies for Regular TWC
Replacement of Taxies

北京市交通行业节能减排中心

2014.12

目 录

摘要	i
第一章 背景	1
1.1 北京市机动车发展带来的环境问题	1
1.2 出租行业现状及排放控制体系	2
1.3 三元催化器更换中面临的问题	11
1.3.1 定期更换的成本高	11
1.3.2 产品选型的难度高	12
1.3.3 执法监管的难度大	13
1.3.4 影响效果的因素多	14
1.3.5 从业人员认同度低	15
1.4 本研究开展的工作和方法	16
第二章 三元催化器概述	18
2.1 结构和组成	18
2.1.1 三元催化器结构	18
2.1.2 三元催化器组成	20
2.2 工作原理	21
2.3 三元催化器老化机理	23
2.3.1 高温失活	23

2.3.2 中毒.....	24
2.3.3 结焦.....	24
2.3.4 机械损伤.....	25
2.4 出租车排放劣化测试.....	26
2.4.1 测试车辆信息.....	26
2.4.2 测试仪器设备.....	27
2.4.3 试验方法.....	29
2.4.4 出租车三元催化劣化情况分析.....	33
2.4.5 测试结果分析.....	36
2.5 本章小结.....	41
第三章 使用现状与更换意愿调查.....	42
3.1 三元催化器使用现状调查.....	42
3.1.1 调查对象.....	42
3.1.2 问卷发放及收集.....	43
3.1.3 问卷设计.....	43
3.1.4 问卷处理方法.....	44
3.1.5 调查结果.....	45
3.2 出租车更换三元催化器企业意愿及政策建议调查.....	48
3.2.1 调查目的和方法.....	48

3.2.2 问卷设计	48
3.2.3 问卷分析	49
3.3 本章小结	51
第四章 政策框架设计	56
4.1 香港经验	56
4.2 北京市框架	57
4.2.1 产品选型	58
4.2.2 更换周期	60
4.2.3 流程设计	65
4.2.4 成本分摊	68
4.3 本章小结	70
第五章 政策评估及建议	72
5.1 流程控制	72
5.2 监管执法	74
5.3 群众争议	77
5.4 资金波动	77
5.5 长效机制	79
5.6 本章小结	80
第六章 政策方案及效果预估	81

6.1 近期政策方案	81
6.1.1 方案一	81
6.1.2 方案二	84
6.2 远期政策方案	85
6.3 本章小结	86
第七章 结论	88
参考文献	91

摘要

截至 2013 年底，北京市出租总规模达 68646 辆，其中汽油出租车(含双燃料出租车)保有量为 67046 辆，车辆排放贡献率较大，三元催化器是保障出租车辆达到排放标准的有效手段之一，出租车使用强度大，其三元催化器劣化速度快，劣化后减排效果大幅降低，定期更换三元催化器是改善老旧出租车（3 年以上出租车）排放特性的有效途径。因此，北京市及国家多项政策文件中明确提出定期更换三元催化器的要求。2013 年 8 月 23 日，北京市政府办公厅印发了《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划重点任务分解》，明确提出“鼓励出租车更换三元催化器，更换周期最长不超过两年”的要求。2013 年 9 月 12 日，国务院印发了《大气污染防治行动计划》，明确提出“鼓励出租车每年更换高效尾气净化装置”的要求。

目前出租车辆更换三元催化器主要存在更换成本较高、产品选型难、监管不力等问题导致绝大多数老旧出租车都处在三元催化器无加装或工作不正常状态，为了三元催化器定期工作的落实，亟需开展三元催化器定期更换强制性行政政策研究，明确财政补贴力度，制定严格监管制度和合理的产品选型标准指南，通过政府支持、定点定时更换等方式，引导出租车司机定期更换三元催化器，减少出租车污染物排放。

二、已开展工作和结论

本项目已开展了如下五个方面的研究工作：世界大城市出租车三

元催化器推广应用模式和经验研究；北京市国三、国四出租车劣化特性研究；本市出租车三元催化器安装与使用情况现状调研；本市出租车三元催化器等尾气净化产品现状调研以及定期更换三元催化器运行模式及政策建议研究，具体介绍如下：

(1) 国内外经验梳理：香港政府于 2013 年对汽油及石油气小巴提出一次性资助更换三元催化器计划，与香港环境署相关负责人员沟通，就部门责任分工、项目可持续性、法律规范、效果评估等问题进行了深入的调查，明确了香港经验的核心关键点，如资金分配、实施主体、监管执法、产品选型及质保等。

(2) 效果测试：委托中国环境科学研究院进行出租车三元催化器效果测试研究，测试结果显示，三元催化器的可实现 90% 以上的减排效果，但随着车辆行驶里程的增加，CO、HC、NO_x 均出现不同程度的劣化，当车辆行驶里程超过 20 万公里时，各个污染物的排放情况急剧劣化，超过现行排放限值。

(3) 产品调研：邀请中国环境科学研究院专家召开技术专题会，调研三元催化器的技术现状、影响三元催化器使用效果的因素、市面上供应的三元催化器的产品性能、三元催化器重要技术指标等。通过对各中产品价格、耐久性、质保、减排效果等方面进行比较，得到原厂产品具有明显的优势，可以保障三元催化器的减排效果。

(4) 应用情况调研：召集本市 15 家大型出租车企业召开座谈会，调研企业的更换态度和需求。面向管理人员和司机展开三元催化器使用现状问卷调查。调查结果显示，抽样样本的 6083 辆出租车辆中约

63%的三元催化器工作不正常；三元催化器出现异常后，仅有 8%的司机愿意主动更换掉。

(5) 更换流程研究：召开维修管理咨询会，向汽车维修专家和车辆维修管理部门领导咨询维修管理对出租车定期更换三元催化器的影响；调研三元催化器维修管理的现状和技术、三元催化器更换的流程和成本、维修车辆信息的管理和工作异常三元催化器的处置等。赴市环保部门开展出租车三元催化器检测执法调研。调研到出租车及三元催化器检测、年检通过率，分析出租三元催化器更换周期设置等技术问题。

(6) 与相关主管单位沟通：与交通委运输局出租处、市环保部门机动车进行多次沟通，针对三元催化器的实施方案、产品选型、监管执法等方面进行深度的探讨，认为方案具有可操作性。

经过前期调查研究，我们研究提出了出租车定期更换三元催化器政策设计的基本框架，包括以下 4 个关键因素：产品选型、更换周期、更换流程设计和成本分担。并确定了实施风险点及规避方案。

(1) 产品选型方面，综合对比原厂产品和后市场产品在价格、质保、耐久性、匹配性方面的差异。参考香港政府 2013 更换三元催化器的经验。提出了选购原厂催化器产品更换的建议。

(2) 更换周期方面，测试表明，三元催化剂的有效工作行驶里程在 20 万公里以内，超过 20 万公里后，尾气处理效果急剧下降，考虑资源节约程度、操作实施复杂程度和精细控制，提出三种周期更换方案：行驶里程、更换时间周期和 OBD 监控精细管理。考虑可操作性，

提出了以两年为周期进行更换的建议。

(3) 流程设计方面，考虑维修主体、回收机构、出租车司机参与方式等问题，设计出两种更换流程方案，一是由政府招标指定维修地点和回收企业进行更换，二是由司机自行选择维修点进行更换。结合北京市现状分析，提出了选择政府指定维修点和回收企业的流程建议。

(4) 成本分配方面，考虑政策实施涉及到政府、出租企业、司机、消费者等多方利益，短期内综合考虑各方面因素，主要提出政府全额、政府和出租企业及司机各承担购置成本 50%、政府承担购置成本的 1/3 出租企业及司机承担购置成本的 2/3 三种方案。经过对比，确定短期选用政府和出租企业及司机各承担购置成本 50% 的成本分配建议。而远期将通过调整租价的方式，为三元催化器更换提供资金支持。

风险识别方面：提出了监管执法难度较大，需要多方联合执法，涉及多方利益群体，需采用透明化管理资金及流程监管模式，资金需求存在波动和长效机制建立等风险点及规避方案。并提出了“个别企业试点+小范围促进+全行业推广”的三步走模式建议。

如果项目提出的近期政策方案实施 2015-2017 年共计可实现 CO 减排 3.3 万吨、HC 减排 3213.4 吨、NO_x 减排 8061.8 吨。远期政策方案实施，经粗略计算，年均将实现 CO 减排 5567.5 吨、HC 减排 479.4 吨、NO_x 减排 1101.6 吨。

第一章 背景

1.1 北京市机动车发展带来的环境问题

伴随着城市化机动化进程的飞速发展，中国机动车保有量迅猛增长，从 2003 年的 1216 万辆增加到 2013 年的 1.37 亿辆，增长了超过 10 倍。作为机动车保有更加集中的大城市，北京的机动车保有量到 2013 年底，北京市机动车保有量已经突破 540 万辆，约为 2003 年机动车保有量的 2.6 倍。

2013 年 1 月，北京市出现了长达 25 天的持续雾霾天气，为 1954 年以来同期污染最长持续时间，污染最严重日的空气污染指数已超过世界卫生组织指导标准的 35 倍。北京市环境问题日益凸显，也越来越受到各方的重视，经环保部、中科院等单位的权威专家论证，机动车尾气排放是北京空气污染的重要来源。机动车是低空、流动排放污染源，污染物构成复杂，其排放污染物主要是燃料在发动机中燃烧过程的副产物以及燃料本身的挥发物。汽车尾气中的污染物主要有：一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM_{2.5}），分别占到空气污染总量的 86%、40%、58%和 31%。因此近年来，国务院先后批复实施《重点区域大气污染防治“十二五”规划》、发布《大气污染防治行动计划》，全面系统的部署了包括机动车在内的大气污染防治各项工作，明确要求从“路-油-车”等方面采取综合措施，推进机动车污染治理。北京市也先后出台《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划》、《北京市 2013-2017 年机动车排放污染控制工作方案》

等政策文件，明确要求各个行业领域机动车的综合管理措施，推动各个行业领域车辆的污染治理，以完成“到 2017 年，机动车污染物排放总量削减 25%以上”的目标。

在机动车污染治理工作中交通行业的污染治理工作显得尤为重要。地面公交、轨道、货运及出租是交通领域的四大重点行业，其中地面公交主要采取优化车型结构和能源结构的措施降低环境污染；轨道行业主要消耗电能，无直接环境污染；货运是纯市场化运营行业，主要按照市场要求逐步提升车辆排放标准，淘汰老旧机动车来降低环境污染；仅出租行业可以采取多种手段进行排放控制，因此本文重点针对出租行业提出车辆污染控制建议。

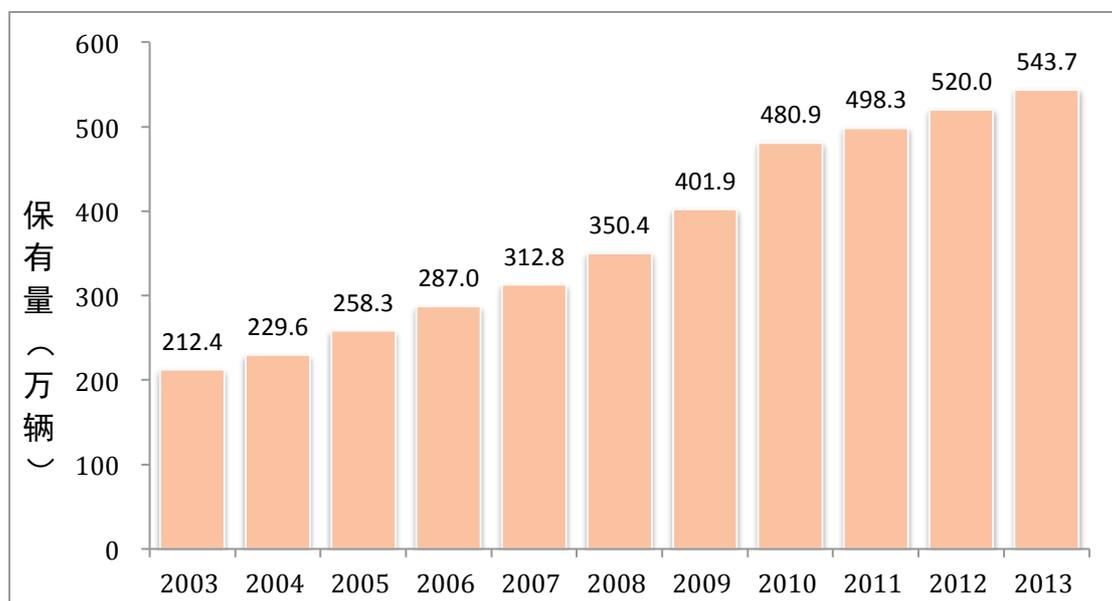


图 1-1 北京市历年机动车保有量变化图

1.2 出租行业现状及排放控制体系

截止 2013 年，北京市出租行业运营车辆总计 68646 辆，其中汽

油出租车有 65046 辆、CNG 双燃料出租车有 2000 辆、纯电动出租车有 1600 辆。出租车全年载客车次总数约 5.1 亿车次，运送客运量月 7 亿人次，行驶里程达 58.8 亿公里，行驶强度巨大。出租车辆因其特殊的使用特性，且维修养护不及时、不到位，导致其能耗排放都高于私家车，经折算出租车单车排放约为私家车的 10 倍左右，出租行业排放治理工作刻不容缓。

我国自 1995 年以后不断加强机动车污染控制工作，主要从新车排放控制、在用车排放控制、油品质量改善、新能源与清洁能源车辆推广和公共管理政策完善等方面进行。而针对于出租行业，其主流的污染控制措施为新车排放控制、在用车排放控制和新能源与清洁能源车辆推广三个方面。

（一）新车排放控制

新车排放控制主要是通过对新车实施更严格的排放标准来实现。新车排放标准不断加严，致力于从设计和生产环节上降低单车平均的污染物排放水平，推动了机动车排放控制技术的大幅提升。

我国对汽车排气污染物的控制主要是依靠行政法规，通过政府的强制力来实施，这与世界上发达国家是一致的。我国各地区经济发展不平衡，城市和乡村差距较大，加强汽车排气污染物的监督管理是一个循序渐进的过程。我国于上世纪八十年代开始颁布汽车排放标准，1993 年以后对旧标准进行了修订，但当时的排放限值非常宽松。九十年代后期，我国的单车排放相当于欧美七十年代末的水平，整整落后了 20 年。我国从 1999 年开始颁布并强制实施一系列更为严格的机

动车排放标准，基本等效采用欧洲的机动车排放标准体系，大约每3-4年将新生产机动车的排放控制水平提高到一个新阶段。我国为了在2000—2010年间逐步实施国I—国IV阶段新车排放标准，对于轻型汽车先后颁布了GB18352.1—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（I）》、GB18352.2—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（II）》和GB18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国III、IV阶段）》等标准，2013年9月份环境保护部会同国家质检总局发布了GB18352.5—2013《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国V阶段）》国家大气污染物排放标准，且新标准将自2018年1月1日起实施。对于重型汽车（发动机）先后颁布了GB17691—2001《车用压燃式发动机排气污染物排放限值及测量方法》、GB14762—2002《车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法》、GB17691—2005《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国III、IV、V阶段）》和GB14762—2008《重型汽油车（机）排放标准（中国III、IV阶段）》等标准，相当于欧洲在1992—2005年间逐步实施的欧I—欧IV阶段新车排放标准。

相比全国而言，北京市在1999年提前一年实施了国家第I阶段标准，在2003年提前实施了国家第II阶段标准。而在2005年和2008年，北京市又依次比国家提前两年实施了国家第III阶段和第IV阶段排放标准。比较各阶段排放标准的限值，可以看到无论是汽油轿车还是重型车，从实行国家第I阶段排放标准以后，各种常规污染物的排放

都有显著降低，随各阶段的排放标准逐步加严。对于汽油轿车，国家第IV阶段标准的HC、CO和NO_x排放限值不到国家第I阶段前标准的10%，而对于重型车，国家第V阶段标准的NO_x和颗粒物排放限值也只有国家第I阶段前标准的10%左右。2013年1月23日，北京市环保部门召开新闻发布会宣布，经国务院批准，自2013年2月1日起，北京市在全国率先开始执行第五阶段机动车排放标准。自2013年2月1日起，北京市对新增轻型汽油车实施北京地方标准(京V排放标准)，不再受理汽车企业申请不符合该标准的轻型汽油车型环保目录。自2013年3月1日起，停止在京销售和注册登记不符合京V排放标准的轻型汽油车。

年份 地区	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	
中国			国 I				国 II			国 III	国 IV				国 V		
北京		京 I	京 II				京 III	京 IV				京 V					

图 1-2 各地区汽油车排放标准的历史变革（待修改）

这些机动车排放标准的逐步加严，直接推动了发动机技术和尾气净化技术的快速发展和应用。为了达到国家第I和第II阶段排放标准，轻型车生产商不得不在发动机上采用闭环电喷系统，并在尾气管上加装三元催化转化装置，以同时降低CO、HC和NO_x的排放浓度，而重型发动机制造商则必须在发动机上采用电控喷射和增压中冷技术。为了达到国家第III阶段以后的排放标准，轻型车生产商不得不在车辆上安装车载诊断系统，有些还要采用两级三元催化转化装置。而国家第IV阶段以后的排放标准，将迫使重型发动机制造商不得不采用NO_x选择性催化还原技术和颗粒物捕集器，以及车载诊断系统。除此之外，

新的标准对这些技术的耐久性要求也逐渐提高，第 I 和第 II 阶段的耐久性要求为 8 万公里（北京在 1999 年的要求是 5 万公里，后提高到 8 万公里），到第 IV 阶段将提高要求为 10 万公里。这些技术的广泛应用和技术可靠性、耐久性的提高，是降低机动车单车排放水平的根本保障。

北京市出租车严格按照北京市车辆排放标准执行，并按照国家强制报废标准规定要求，按照 8 年报废，所以现在出租行业车辆全部集中在国三及以上排放标准，且以国四为主。

（二）新能源与清洁能源车辆推广

北京市出租行业积极响应国家号召，于 2011 年启动了纯电动出租车的示范应用及推广工作，历时 3 年共在 9 个郊区县推广 1600 辆纯电动车，纯电动车虽为零排放车辆，但是在实际的推广过程中遇到诸多障碍，主要体现在基础设施、资金及车辆技术等方面。

（1）配套设施不足，制约了纯电动车的推广应用

首先，目前各区县仅建有一座集中式充电站，内设慢充电桩和 1-2 个快充桩，供本公司示范运营的车辆充电。区域内没有配套建设补、充电设施，运营车辆只能回场充电、补电。一般充电站与驾驶员运营的区域有一段距离，驾驶员每天要往返两趟，造成了运营车辆能量无谓的消耗，缩短了有效运营里程，减少了运营驾驶员的收入。另外，在运营区域内虽然有的区县设立较少的扬招站和停车位，但多数区县还没有设扬招站和停车位，再加上没有推广和应用电话叫车服务模式，驾驶员每次运营完放空回到固定的停车候客点，造成了乘客想

打车打不着，驾驶员有活拉不上，使得运营空驶率平均在 45-50%左右，直接影响了区域电动小客车示范运营效率。

其次有些区县如房山已完成车辆购置上牌等工作单元，但因场站征地及拆迁等原因导致充电设施建设停滞，车辆无法进场运营。最后由于基础设施建设施工成本较大，且尚无可持续的充电设施运营模式，各单位建设积极性不高，目前电力公司已退出建设，建设主体不明确。

(2) 企业亏损严重，运营管理模式有待优化

企业亏损严重，单车平均月均亏损 5232 元；以平谷绿谷为例，公司收取驾驶员承包金 3300 元/月，支付驾驶员工资 1480 元/月、社保五险 800 元/月，车辆保险 980 元/月、电池租赁费 3800 元/月、管理费、税金 1186 元/月，共计 8246 元/月，利润为-4946 元/月。并且与企业亏损状态明显相反的是，司机收入较高，据调查，区县电动出租司机月收入人均 7400 元，车辆承包积极性较高，对企业影响较大，应合理调整企业与司机利益分配模式。

(3) 纯电动车普遍续航里程短，需探索高效充电模式

目前，电动小客车在满电情况下，理论值最长的每天行驶里程为 150 公里，而实际在春夏秋季最多行驶 120 公里左右，冬季也就在 80-90 公里，造成驾驶员在运营中远处去不了，近处不敢转（俗称：扫活），百姓怨声多（打不着车），服务纠纷不断（投诉不拉远途的活）。其次电动车充电时间长，充满电一次需要 7-8 小时，运营中回场补充 80%电量仍需 4-5 小时，极大地限制了区域电动小客车运能发挥。

上述因素阻碍了电动出租车的高效运营，影响了电动出租企业的

可持续发展，新能源车辆的推广应用受到了较大的制约。

此外北京市还推广使用了 CNG 双燃料出租车，但在实际使用过程中也体现出一些问题。

(1) CNG 使用率较低。因北京市目前仅有 6 座可供出租车使用的 CNG 加气站，且基本上分布在南城，仅有一座在六环以内，造成司机加气非常不方便，从监测数据显示，CNG 的使用率仅为 10%左右，且逐月下滑。

(2) 减排效果并不显著。因 CNG 主要的减排效果体现在 PM_{2.5} 减排，而汽油车的 PM_{2.5} 排放也微乎其微，所以减排效果并不显著。综上所述，出租行业最有效的减排手段为使用三元催化器，但是由于三元催化器具有一定的使用年限，在车辆使用过程中需要定期更换，保持在用车的低排放。

(三) 在用车排放控制

在用车排放控制是通过各种政策和措施，从使用环节上减少机动车排放污染。由于机动车在使用过程中产生的污染与环境影响直接相关，在用车排放控制是我国机动车污染控制的重点。检查/维护(I/M)制度是在用车排放控制的有效手段。其关键在于保证制度实施的质量，杜绝作弊行为。北京于 1999 年开始强制执行双怠速法对在用车进行排放年检，在控制在用车的 CO 和 HC 排放上有比较显著的效果。从 2003 年开始，北京对在用车排放年检改为执行简易稳态工况法(ASM)，而近年来上海、广州和济南等地则在排放年检中引入了简易瞬态工况法(VMAS)。简易工况法比双怠速法更能反映真实的行驶状况，有助

于加严 NO_x 排放控制。为推动在用车排放年检工作的开展，我国在 2005 年颁布了 GB18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）》、HJ/T240—2005《确定点燃式发动机在用汽车简易工况法排气污染物排放限值的原则和方法》、GB3847—2005《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法》和 HJ/T241—2005《确定压燃式发动机在用汽车加载减速法排气烟度排放限值的原则和方法》等一系列标准。除年检外，北京市日常开展的路检、抽检和夜检工作进一步加强了在用车排放控制，这类非常规检查避免了车主的作弊行为，在国内其它城市如深圳也有采用。

加速老旧车辆淘汰和加严高频使用车的排放控制，也是有效的在用车排放控制手段。从国内城市车辆的平均水平来看，一辆旧的国 I 前公交车的颗粒物排放可以达到一辆国 III 公交车的 8 倍，NO_x 排放是其 4.5 倍；而一辆出租车的排放可以达到一辆同类私家车的 9.5 倍。北京市在奥运会前几乎将老旧的公交车和出租车全部淘汰，换成能达到国 3、国 4 排放标准的新型公交车和出租车，包括混合动力车和纯电动车等新能源汽车。天津、广州等地为减轻机动车尾气污染，也提前淘汰了一部分老旧公交车。国内正在全面推行的在用车环保标志制度，以汽油车和柴油车登记注册时的排放控制水平是否达到国 I 和国 III 排放标准为依据划分绿标和黄标，黄标车将被作为短期内加速淘汰的对象。按照国家强制报废标准规定要求，北京市出租车强制报废年限为 8 年，目前车辆基本的排放结构为国 III 排放标准及以上，已经严

格按照国家及北京市的地方规定做好相关工作。

在用车的改造也是常用措施之一，但往往效果不够持久。北京市在 1999 年前后对一批化油器轿车进行了改造，加装了电控补气和三元催化系统，改造初期效果较好，但耐用性差，目前这些系统基本已经失效。

以上的在用车排放控制措施都是针对车主或用户的，由于机动车保有和使用的分散性，以及车辆排放控制技术出现失效时的责任划定问题，上述措施在执行时存在一定的局限性。近年来，美国和欧洲都开始对汽车和发动机制造商加严其产品在使用过程中的排放监控，以确保汽车发动机和尾气净化装置在正常使用过程中的可靠性和耐久性。这一措施在我国被称为“在用符合性”，目前对轻型汽车生产商已经开始加严要求，对重型发动机制造商的要求也列入日程。这种措施将汽车发动机和尾气净化装置在正常使用过程中的可靠性和耐久性明确为汽车和发动机制造商的责任，而不是车主或用户的负担，尽管仍属于新车排放管理的一部分，但对提高在用车排放控制技术水平是很有有效的办法。

综上所述，对于出租车而言，采用在用车改造是最为直接有效的方式，但是三元催化器等尾气净化装置的净化效果是具有一定时效性的，需要定期更换，所以本文主要探讨通过出租车三元催化器定期更换实现出租车减排的措施方法。

1.3 三元催化器更换中面临的问题

出租车用三元催化器按照排放标准要求，国III排放标准车辆三元催化器的耐久性应保证 8 万公里，京V排放标准车辆三元催化器的耐久性应保证 16 万公里，而出租车辆年均行驶里程在 10 万公里左右，对于国III排放标准车辆，行驶不满一年三元催化器就已经超过了耐久性的要求，京V排放标准车辆行驶一年半左右就超过了三元催化器的耐久性要求，为保证减排效果，在产品失效前应及时予以更换。但是在实际的更换过程中却存在许多障碍。

因定期更换三元催化器是出租行业有效的减排手段，因此国务院印发的《大气污染防治行动计划》明确提出“鼓励出租车每年更换高效尾气净化装置。”的要求，同年由北京市政府发布的《北京市2013-2017年清洁空气行动计划》中明确提出了“鼓励出租车定期更换三元催化器，更换周期最长不超过两年”的要求，但是在此项规定实施的过程中面临着诸多问题。

1.3.1 定期更换的成本高

通过市场调查发现，出租司机在 4S 店更换三元催化器需要支付高昂的费用，以出租行业车辆典型的伊兰特车辆（占车辆总规模的 80%）为例，为一辆国三车辆更换三元催化器需要支付 4399 元，其中包括三元催化器和氧传感器的零件成本及人工费。按照《北京市2013-2017年清洁空气行动计划》中提出的“鼓励出租车定期更换三元催化器，更换周期最长不超过两年”的要求以及《机动车强制报废

标准规定》明确规定“小、微型出租载客汽车使用8年”的规定，至少需要更换3次，共计需要花费13197元。

按照市财政部门统计发布，2012年北京市出租车司机的年收入大概为53892元，更换一次三元催化器，占当年收入的8.2%，成本较高，对司机来说，经济压力较大。

表 1-1 三元催化器更换价格表

单位：元

排放标准	氧传感器	三元催化器	人工费	合计
国三/四	420*2	3209	350	4399
国五	700*2	5000	350	6750

1.3.2 产品选型的难度高

一方面，目前市场上三元催化器种类繁多，价格高低不齐，产品质量也参差不齐，价格最高的是惠丰牌，单价为1250元/套，价格最低的是奥驰牌，单价为200元/套，两者相差1050元/套。另一方面，三元催化器缺乏统一标准限定，所有有关产品质量的指标均没有具体的衡量标准，质量无法保证。此外，国家要求汽车生产厂保证新车行驶8万公里以上排放达标，但由于燃油油品、润滑油、道路拥堵等问题，三元催化器易出现中毒失效堵塞、使用寿命缩短等问题，很多汽车生产厂很难保证新车8万公里排放达标，所以有关三元催化器的保修问题也值得加大关注。

表 1-2 各品牌三元催化器价格表

序号	品牌	价格
1	路源旭进	650 元/套
		1200 元/套
		700 元/套
2	红湖	1200 元/套
3	威孚	450 元/套
4	杰特	750 元/套
		1000 元/套
5	CIS	916 元/套
6	惠丰	1250 元/套
7	华克	950 元/套
8	奥驰	200 元/套

1.3.3 执法监管的难度大

目前针对三元催化器产品使用方面的监管执法，仅通过车辆年检及路侧遥测对三元催化器工作状态的检测。出租车年检，行驶6年以内，每年年检一次，6年以上每年年检两次。年检过程中要求车辆OBD报警灯全程无亮起，若车辆OBD报警灯亮起则可能为三元催化器异常，如若三元催化器异常，需要更换三元催化器后再进行年检。年检过程中要求三元催化器钢号与车辆发动机号相匹配。如果年检通过则发放环保标志，并在上路运营时，接受路侧遥测，当路侧遥测不通过时，需要到检测场重新接受检测，如果检测不通过的话，需要接受惩罚，按照《北京市大气污染防治条例》的要求，需要支付300元的罚款。对于检测场，如果多次出现年检合格而路侧遥测不合格的现象时，轻则处以罚款，重则处以关停三个月的处罚。但是目前这些处罚手段均为指向出租企业。而目前全市辆移动排放监测车和监测点位相对较少，

出租车司机认为受到处罚的几率较低，同时由于临时租赁三元催化器通过年检的方法较为省钱，且容易操作不宜识别，导致司机倾向于采用临时租赁的方式解决车辆因三元催化器年检问题导致监管执法，开展起来难度较大。

1.3.4 影响效果的因素多

温度常温下三元催化转化器不具备催化能力，其催化剂必须加热到一定温度才具有氧化或还原的能力，通常催化转化器的起燃温度在250—350℃，正常工作温度一般在400—800℃。催化转化器工作时会产生大量的自量越高，氧化的温度也愈高，当温度超过1000℃时，其内涂层的催化剂就会烧结坏死，同时也极易发生车辆自燃事故。所以必须注意控制造成排气温度升高的各种因素，如点火时间过迟或点火次序错乱、断火等，这都会使未燃烧的混合气进入催化反应器，造成排气温度过高，影响催化转化器的效能。但当汽车长期工作于低温状态时，三元催化器将无法启动，发动机排出的炭烟会附着在催化剂的表面，造成无法与CO和HC接触，长期下来，便使载体的孔隙堵塞，影响其转化效能。

油品质量三元催化器中催化剂对硫、铅、磷、锌等元素非常敏感，硫和铅来自于汽油，磷和锌来自于润滑油，这四种物质及它们在发动机中燃烧后形成氧化物颗粒易被吸附在催化剂的表面，使催化剂无法与废气接触，失去了催化作用，使三元催化器出现“中毒”现象。

机型匹配对于同样的发动机，同样的三元催化转化器，如果发动

机与是车型不匹配时，发动机常用的工作区间就不同，排气状况就发生变化。所以，对于不同的车型，安装三元催化器的位置就不同，这都会影响三元催化转化器的催化转化效果。因此，不同的车辆，应使用不同的三元催化转化器。

行驶里程对三元催化器有很大影响，净化效率随行驶里程增加呈持续劣化趋势。当行驶里程过大时，三元催化器的净化效果会急剧下降，影响其寿命。

综上所述，影响三元催化器使用效果的因素较多，需要明确其关键影响因素。

1.3.5 从业人员认同度低

经调查发现，出租行业从业人员为出租车尾气治理承担成本的积极性不高，纷纷表示经济压力巨大。而且，部分出租企业管理人员没有意识到或不愿承认出租车尾气排放的高强度、区域性和集中性，认为出租车对空气质量影响较弱。目前，大部分企业没有三元催化器更换保养制度，对环境污染的重视度不够高，对出租车尾气排放控制及三元催化器维修养护缺乏了解，因此从业人员对于定期更换三元催化器工作开展的认同度较低。

综上所述，三元催化器定期更换实施需要面临产品选型、经济压力、执法监管、使用效果、环保意识等众多因素的影响，工作推进难度较大，急需探索可行的运行模式，并研提相关政策建议。

1.4 本研究开展的工作和方法

本研究旨在通过制定保障方案，提出运行模式和政策建议，解决三元催化器更换成本高、产品选型缺乏依据及监管不力等问题，支持三元催化器定期更换相关政策环境搭建，以推进通过经济引导和行政约束的手段促进三元催化器定期更换的实施，达到出租行业环境效益提升的目的。因此本研究应解决以下三个问题：

- (1) 摸清北京市出租车三元催化器应用更换现状与存在问题；
- (2) 提出出租车三元催化器产品选型建议；
- (3) 提出出租车三元催化器定期更换的运行模式与政策建议。

本研究为解决以上问题，主要分为以下四个方面的工作内容：

(1) 世界大城市出租车三元催化器推广应用经验梳理：主要包括世界大城市出租车三元催化器的加装率、减排效果、劣化率等，影响三元催化器在出租行业使用或更新的影响因素（如成本、对车辆自身的影响等）、以及为鼓励出租车定期更换三元催化器出台的行政约束和经济引导政策以及更换模式等；

(2) 北京市出租车三元催化器安装与使用情况现状调研分析：通过开展问卷调查和座谈等方式，调查摸清北京市出租车三元催化器的安装率、更换周期、劣化率和应用效果等现状情况，诊断出租车排放超标的主要原因，分析三元催化器安装、使用和更换环节存在的主要问题，研究三元催化器劣化与车辆车龄、行驶里程等关键因素的相关性；

(3) 北京市出租车三元催化器等尾气净化产品现状调研：调研

目前北京市市场上销售和使用的出租车三元催化器等尾气净化产品现状，摸清现有产品的主要种类、品牌、价格、使用寿命、销售模式、质保情况和减排效果，研究分析三元催化器在出租行业尾气净化方面的普适性；

(4) 出租车定期更换三元催化器运行模式及政策建议研究：针对梳理出的更换成本较高、产品选型缺乏依据及监管不力等问题，找到解决方案，提出出租车定期更换三元催化器的补贴政策 and 补贴标准及实施方案；制定三元催化器产品选型指南，规范产品质量、规格、销售模式、价格；提出出租车定期更换三元催化器的监管办法。

本研究的技术路线如图所示，主要分为调研阶段、设计阶段和成果阶段。

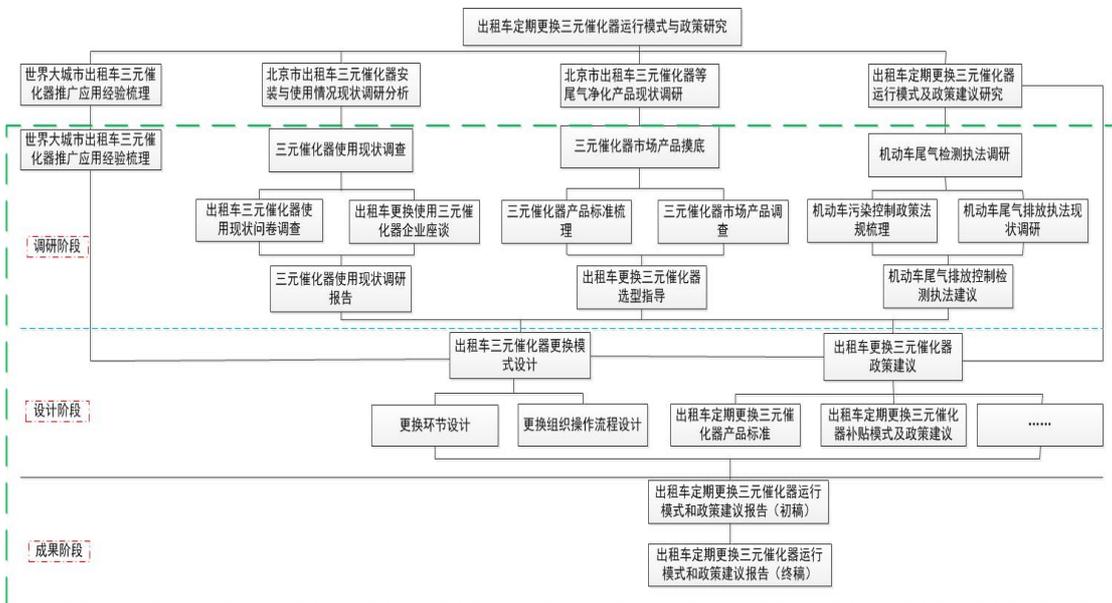


图 3 本研究的技术路线

第二章 三元催化器概述

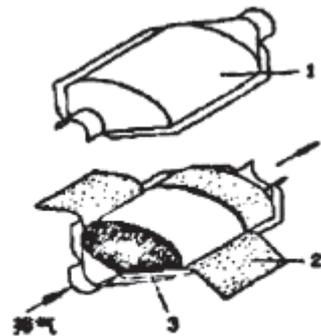
三元催化器是机动车重要的尾气净化装置，通常布置在发动机排气管处。自 2006 年出租车实施国三排放标准以来，我市所有出租车辆均在出厂前已安装三元催化器。

目前北京市大多数车型，如伊兰特、捷达春天、红旗等，均安装一级三元催化器；其他车型，主要有索纳塔和爱丽舍，为了确保尾气的净化效果，还在车辆排气口处加配一个三元催化器。本章主要阐述了三元催化器的结构、工作原理、老化机理、检测方法及劣化特性等内容。

2.1 结构和组成

2.1.1 三元催化器结构

三元催化器通常是由壳体、垫层、载体和催化剂 4 部分构成。其结构如下图所示：



1-壳体 2-垫层 3-载体与催化剂

图 2-1 三元催化器结构示意图

三元催化器的壳体通常是双层结构，防止三元催化器氧化层脱落，其材料主要是奥氏体或镍铬耐热铁素体等不锈钢板。在壳体生产过程中，钢板通常被冲压成两块，然后沿钢板表面与法兰焊接封装。在三元催化器外部包着半圈的隔热罩，其作用是减少车辆底盘承受三元催化器的高温，也防止由于三元催化器表面温度过高引起火灾。壳体可以使三元催化器免受不良道路和天气下的飞石损坏和水滴飞溅。三元催化器外壳应符合下列要求：壳体的热膨胀系数小，材料耐腐蚀性强，壳结构具有良好的强度和刚度，壳体的形状满足空气动力学要求。

三元催化器的垫层也被称为减震层，一般分两种，分别是陶瓷和金属垫层。陶瓷垫层是主要的垫层，因为它比金属垫层耐冲击，耐高温，隔热效果和密封效果好。垫层的主要功能：垫层固定陶瓷基片，确保催化剂正常工作，当三元催化器受到冲击时，垫层起到缓冲作用；防止发动机尾气从壳体之间的间隙流出；减少催化剂载体与壳外的热量传递，维持催化器的工作温度，垫层还具有隔音效果，减少噪声传递。

载体是催化剂支撑体，载体对催化剂的催化能力影响很大。载体一般具有孔壁薄、表面积大、耐冲击和耐高温等特点。载体按材质主要分三种：带颗粒的载体、蜂窝金属载体和多孔蜂窝陶瓷载体。常用载体主要是蜂窝金属载体和多孔蜂窝陶瓷载体。理想载体要满足汽车振动的要求，具有良好的机械强度；具有良好的耐热性，以适应排气温度要求；载体孔结构具有孔壁薄、比表面积大，气流阻力小等特点；载体不含导致催化剂失效的成分。

催化剂一般是由催化活性成分和氧化铝涂层构成的，催化剂催化性能决定三元催化器的工作性能。贵金属是催化剂的基本组成部分，贵金属具有耐高温、防烧结、抗中毒、催化活性高和起燃温度低等优点，由于贵金属有这些优势，虽然价格高，但仍广泛使用。常用的贵金属有铂(Pt)、铑(Rh)和钯(Pd)，每公升的载体一般含 1g 以下的贵金属。三元催化剂还有一些添加剂，如镧(La)、铈(Ce)和锆(Zr)等稀土元素，添加剂主要作用是储存和释放氧，推动水煤气反应和水蒸气重整反应，防止氧化铝涂层载体烧结，改善催化性能等。

2.1.2 三元催化器组成

催化剂是三元催化器的重要组成部分，催化剂包含铂、铑、钯催化活性成分贵金属，铈、镧、锆等稀土元素金属等。

催化剂中的铂主要起催化转化 CO 和 HC 的作用，铂对 NO 有一定的还原能力，但在 CO 或 SO₂ 浓度较高时，对 NO 催化效果不明显。铂对 NO_x 还原的窗口比较小，减少的 NO_x 也很容易被还原为氨气。

钯与铂的作用基本相同，主要起催化转化 CO 和 HC 的作用。与三元催化剂中的铂、铑比较，钯具有良好的低温性，耐热性，但钯对 NO_x 的净化能力差，容易受硫中毒。在催化剂中，贵金属的催化作用不是孤立的，而是相互关联的，如催化剂中铂、铑作用相同，主要净化 HC 和 CO。虽然贵金属具有催化活性高、净化效果好、寿命长等优点，但贵金属催化剂储备量小，市场供应紧张，价格较为昂贵。

三元催化剂中的铑是催化转化 NO_x 的主要成分。在低温时 NO_x 还

原为 N_2 ，同时也会有少量的氨产生，还原剂是 H 也可以是 CO，在低温时 H 比 CO 更容易发生反应。在氧化反应中 O_2 对反应产物影响很大，在缺氧条件下，低温时反应产物主要产物是氨气，高温时反应产物主要产物是 N_2 ，当氧浓度不超过 0.5% 时，NO 就不能得到有效氧化。另外，铈对 CO 和 HC 的重整反应也发挥重要作用，在低温时，铈可减少 CO 的氧化性能。

铈价格昂贵，因此人们一直在寻找替代铈的物质。钕是代替铈的首选，钕比铈要便宜，钕对 CO 和 HC 的催化能力很强，但对 NO_x 的还原能力比铈差。一些研究发现，钕催化剂可增加镧来弥补这个缺点，在其催化性能上与铈催化剂相同。另外一些稀土元素添加剂（如钼、钨），也非铈催化剂的一种尝试。

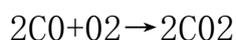
2.2 工作原理

催化剂是三元催化器起催化作用的物质，催化剂是能够改变化学反应速率而在化学反应前后其本身质量和组成不变的物质。催化剂不会影响化学反应的结果，但可以改变化学反应需要的活化能，促进化学反应，加快反应速度。

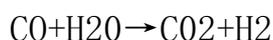
催化反应的催化剂主要发生在催化剂相体而不是催化剂表面，催化反应不仅需要催化剂具有大比表面积，同时也能快速将反应物吸附和反应产物解吸附。在多孔催化剂中，反应物从载体微孔扩散到催化剂颗粒内表面，通常由催化剂孔径大小、形状、空率、反应体积比决定。

在汽车排放的废气里，即有 NO_x 这样的氧化性气体，又有 HC 和 CO 这样的还原性气体。三元催化器需要对上述气体进行氧化还原反应，生成 H₂O、N₂、CO₂ 等无害气体。催化作用的核心是改变化学反应速率，它不会改变化学反应的平衡位置，但使反应在消耗较少活化能的条件下进行，从而加快反应进程。三元催化器促进反应物相互作用，加快反应速度，从而大大降低污染物的排放量。三元催化器的催化反应机理如下：

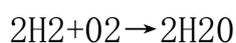
当废气中的存在游离氧，催化剂促进 CO 与其发生完全氧化反应：



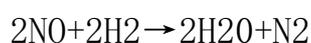
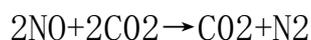
HC 和 NO 对 CO 的氧化过程具有有抑制作用。有部分 CO 则发生水煤气反应，生成氢气。



为了消除氢气，在催化剂铂(Pt)的作用下，H₂ 很容易氧化成水，即：



拥有化学还原剂和较高的温度是 NO 发生还原反应的必备条件，在一般的尾气温度下，NO 分子是很容易发生化学反应，但它很难直接被分解成 O₂ 和 N₂。在催化剂发生催化作用下，尾气中的 CO、HC 和以可以成为 NO 的还原剂以下的总量反应使 NO 消失：



2.3 三元催化器老化机理

三元催化器性能受许多因素控制，诸如排气的温度、成份、流量、金属含量、催化剂的使用时间和工作环境，发动机工况的差异决定了三元催化器不同老化形式。例如，汽油发动机火花塞的点火控制电路失效导致引擎失火，在排气管内可能产生 1000℃ 以上的瞬态温度，导致载体和催化剂涂层烧结从而使三元催化器失活，甚至堵塞载体通道。又如，异常燃烧对 HC，CO 排放浓度变大，结果超出三元催化器的催化能力范围，催化效率急剧下降，而且还可能导致三元催化器 CO 中毒。

三元催化器主要老化方式包括：高温老化，化学中毒，结焦和机械损伤 4 类。化学中毒是催化剂主要的失活形式，由于热效应和排气中的铅，硫，磷等有毒物质，与催化剂的活性成分发生不可逆反应，造成化学中毒。经过实际测试也表明，在维持车辆良好运转，在三元催化器正常使用的情况下，三元催化器因为老化、结焦等因素，只有一定的使用期限，对于三元催化器高强度使用的城市出租车辆，需要根据实际使用情况定期更换。

2.3.1 高温失活

高温失活是三元催化器在高温条件下工作，催化剂的载体由于受到高温而造成老化，使其催化转化率降低。通常，导致高温失活的原因：汽车连续高速和大负荷运转，并可能导致不正常燃烧；发动机失火，比如突然制动；点火系统不良，导致未完全燃烧的混合气在三元

催化器中发生强烈的燃烧；三元催化剂的安装位置距发动机很近，这将导致催化剂的温度大量增高，造成严重的高温老化。

三元催化器的高温失活方式主要是活性成分的烧结，在高温条件下，催化剂表面的活性成分晶粒变大，比表面积变小，从而降低了催化剂的活性。催化剂烧结是催化剂内部物理热运动的过程，当排气温度超过 850℃，催化剂长期在此高温环境下，催化剂的活性成分铂、钯和铑等贵金属容易挥发剥落，贵金属的晶粒和添加剂氧化铈颗粒变大。另外，载体上的贵金属，由于受化学吸附的热效应的作用，也会推动贵金属晶粒生长，导致贵金属催化剂烧结。

2.3.2 中毒

中毒是指在催化剂表面上的活性成分与催化剂载体吸附的有毒物质发生化学反应，减少催化剂的催化活性的现象。催化剂的化学中毒也三元催化器的主要老化途径之一，引起催化剂中毒的物质主要来自燃油、润滑油和添加剂。中毒的类型包括硫中毒、磷中毒、锰中毒、铅中毒和卤化物中毒，这些异物通过化学吸附被吸附在催化剂表面上的活性部位，物质被吸附能力越强，越阻碍催化反应进行，导致催化器释放出的尾气中污染物排放量增加。

2.3.3 结焦

结焦是一种简单的物理覆盖的现象，由催化剂中的碳沉积阻塞载体微孔，并没有破坏载体相体的结构，发动机润滑油燃烧或发动机异

常燃烧都会产生油烟，油烟中的碳会沉积在载体上，导致活性成分被沉积碳覆盖，催化活性降低。部分情况下，结焦失活通常是可逆的失活过程，结焦可以通过化学吸附消除沉积物，使催化剂的催化活性恢复。

2.3.4 机械损伤

机械损伤是载体及催化剂在受到冲击、振动或外载荷的共振作用造成其损坏或破碎的现象，机械损伤的主要形式为：催化器漏气、载体松动、焊缝裂纹、催化剂活性成分脱落等。致使三元催化器机械损伤的原因有以下4点：

- (1) 载体自身的缺陷，比如壁厚强度低、不均匀等。
- (2) 在三元催化器的外壳封装过程中，不合理的封装过程导致不当预紧力，造成应力集中的问题。
- (3) 在三元催化器的组装焊接加工过程中，不均匀的焊接缺陷，龟裂、夹渣。
- (4) 三元催化器内部流场分布不均匀，使载体加热不均匀造成载体的机械损伤。

而高温失活、中毒、结焦及机械损伤发生的几率在车辆使用过程中是随着车辆的行驶里程的增加而升高，因此三元催化器的劣化是随着三元催化器的实际工作时间而变化的。

2.4 出租车排放劣化测试

伴随着车辆的使用，三元催化器的效果随着行驶里程的增加而逐渐衰减，为了了解三元催化器随着行驶里程的劣化特性，需要针对北京市在运营出租车的典型车型的排放特性进行跟踪测试。截止 2013 年底，出租行业车辆京 V 标准车辆为 13076 辆，占 19.5%；国 IV 标准车辆为 37895 辆，占 56.5%，国 III 标准车辆为 16075 辆，占 24%。并且目前主要的更换群体为国三、国四排放车辆，因此本项目选取 5 辆国三排放标准车辆和 8 辆国四排放标准燃油出租车开展了台架测试和道路排放跟踪测试。

2.4.1 测试车辆信息

测试车辆主要参数如表 1 所示

表 2-1 测试车辆参数

编号	车牌号	登记日期	所属公司	厂牌型号	排放标准	测试辆次
1	京 BN2465	2009. 11. 27	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	4
2	京 BN2453	2009. 11. 27	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	4
3	京 BN2249	2009. 11. 27	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	4
4	京 BN2464	2009. 11. 27	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	3
5	京 BP1714	2011. 10. 28	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	1
6	京 BP1715	2011. 10. 28	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	1
7	京 BP1717	2011. 10. 28	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	1
8	京 BP1716	2011. 10. 28	新月联合	伊兰特 BH7162MY	国 4	1
9	京 BK1248	2006. 04	大宝	伊兰特 XDC	国 3	2
10	京 BG4143	2005. 04	渔阳	伊兰特 XDC	国 3	2
11	京 BG1284	2005. 04	中真	伊兰特 XDC	国 3	2
12	京 BF4869	2005. 02	渔阳	索纳塔 EFC	国 3	2
13	京 BF7452	2005. 03	渔阳	索纳塔 EFC	国 3	2

2.4.2 测试仪器设备

本章采用的测试数据主要集中为使用整车转鼓台架测试方法、基于 NEDC 循环工况的道路排放测试得来，主要采用的测试设备如下所述。

2.4.2.1 台架测试

台架测试是最常用的确定机动车排放测试方法。它是在底盘测功机（或发动机台架）上根据标准测试规程模拟机动车实际行驶工况，并对其排气进行取样与分析。从 1999 年起，我国对机动车排放控制增加了颗粒物 PM，测试循环也相应采用 ECE+EUDC。所采用的测试设备为底盘测功机，又称转鼓试验台。

2.4.2.2 道路测试

实验采用美国 Sensors 公司的 SEMTECH-DS 车载尾气分析仪（如图 2-2 所示），分别应用不分光红外分析法 (NDIR) 测量 CO 和 CO₂，氢火焰离子检测器 (FID) 测量 THC，不分光紫外分析法 (NDUV) 测量 NO 和 NO₂ 以及电化学法测量 O₂ 浓度。当车辆运行工况稳定后开始测试，车载尾气分析仪逐秒对所测得的气态污染物浓度进行记录，并结合逐秒尾气流量计数据得到各气态污染物的瞬时排放强度，进而计算出车辆的污染物排放因子。检测用主要仪器设备如表 2 所示。

表 2-2 主要仪器、设备

序号	仪器、设备名称	型号	生产厂家	仪器出厂编号
----	---------	----	------	--------



图 2-2 便携式排放测试系统 (PEMS)

SEMTECH-DS 是一种集成化、高精度的车载尾气分析设备，包括汽车尾气分析仪器、氧气和环境参数传感器、汽车运行参数接口及全球卫星定位仪，采用小型化、防震动、直流电源等设计，为在实际道路上开展机动车的排放特征研究服务。SEMTECH-EFM 则是一种坚固、紧凑的汽车尾气流量计，可以测量点燃式和压燃式发动机及车辆的原始尾气流量。

利用 PEMS 对实际道路行驶工况下的汽车尾气进行测试，根据获得的流量数据和尾气分析仪的浓度数据及机动车运行参数，计算出排气污染物的瞬时质量排放、基于燃料消耗的排放量和车辆行驶距离，再进行加权运算后可以得到整个试验的综合排放因子。

实验时 PEMS 在车上的安装方式如图 2-3 所示，SEMTECH-EFM 与尾气管连接，SEMTECH-DS 则放置在车辆后座上并通过加热采样管从 SEMTECH-EFM 的末端进行采样，SEMTECH-DS 同时连接 GPS、温湿度探头和电源线等部件。每次试验前对仪器进行标定，一切连接部件均无异常后出发，按事先设计的路线进行试验。

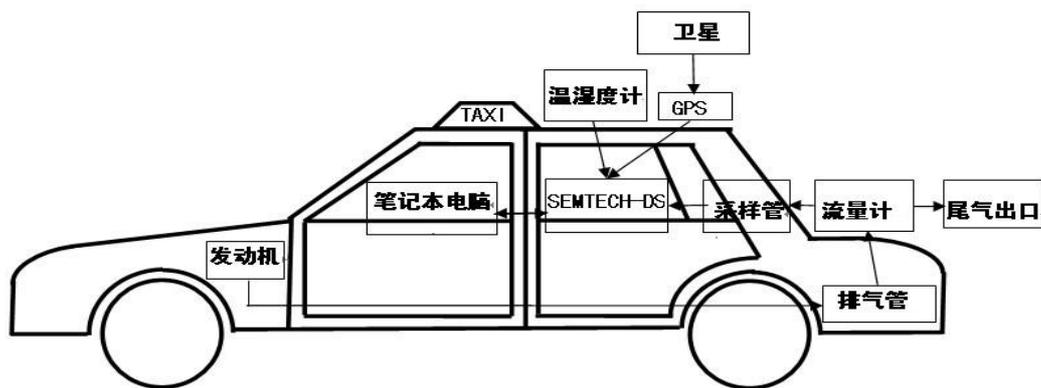


图 2-3 车载排放测试系统示意图

试验用燃料：北京市售 92 号车用汽油。车辆行驶时负载为司机、一名乘客和仪器设备，大约 250kg。测试期间环境温度为 15-20℃，相对湿度为 30%左右。

2.4.3 试验方法

2.4.3.1 台架测试

车辆排放的实验室台架测试使用符合 GB18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段)》中规定的底盘测功机台架进行。排气取样系统采用定容取样系统(CVS) [27-30]，在可控制的条件下先用环境空气连续稀释车辆尾气，再按体积比例连续收集样气进行分析尾气中的污染物质量由 Φ (样气)和混合气流量确定，而 Φ (样气)则要根据环境空气中的污染物含量和试验期间的稀释气流量加以修正。常规气态污染物分析方法：采用不分光红外法(NDIR)测定 Φ (CO)和 Φ (CO₂)；采用氢火焰离子法(FID)测定 Φ (THC) (总碳氢化合物，通常用丙烷气标定)；采用带 NO_x-NO 转化器的化学发光法

(CLA)测定 ϕ (NO_x)。

2.4.3.2 道路排放测试

由于型式认证测试条件与实际工况存在较大差异，并且 NEDC 工况的加减速较为平缓，将导致 NEDC 工况下的燃油消耗低于实际道路燃油消耗。目前，欧洲正在研究基于更能代表实际行驶特征的测试工况（如 Artemis 工况）和利用 PEMS 进行实际道路燃油消耗的分析研究。

本次实验采用 PEMS 进行实际道路实验分析。试验前对被测车辆进行检查，确认其为正常工作状态。依据轻型汽油车道路排放测试的常规检测方法，对被测车辆三元催化器随行驶里程劣化的规律，不同行驶里程在实际道路上的排放水平进行比对试验。测试道路为北京市北五环、京承高速、三环路、二环路及安立路，部分路段（图 2-4）。为了客观反映车辆在不同类型道路上的实际行驶状况，试验路线即包括了不同车流量的普通路段和容易发生堵车的主干路，也有高速路和快速路等，试验车辆在测试过程中基本跟随车流行驶。受检产品的安装方法为连接到被测车辆的尾气管末端后（如图 2-5）。

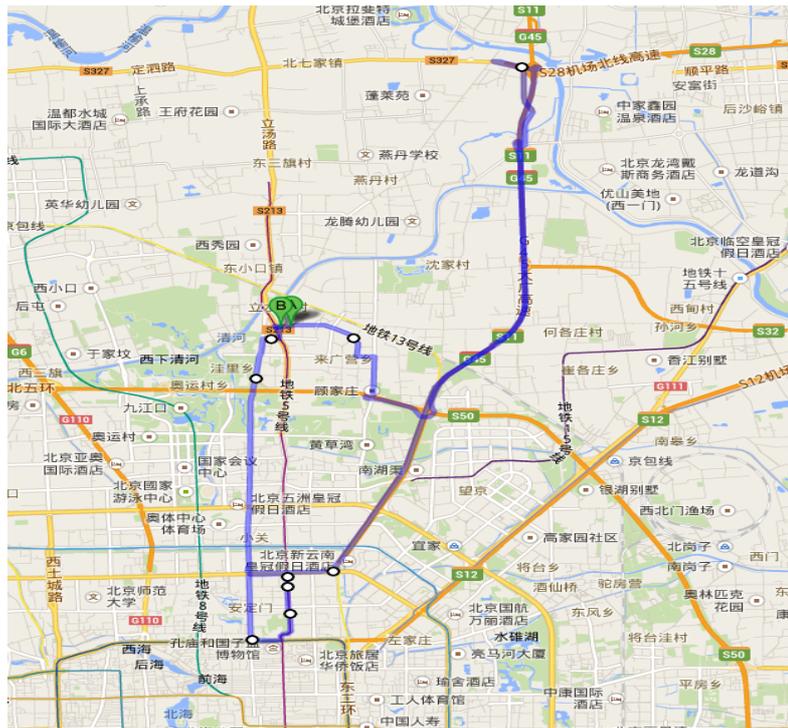


图 2-4 出租车测试行驶路线图





图 2-5 测试车辆图

测试结果见下表：

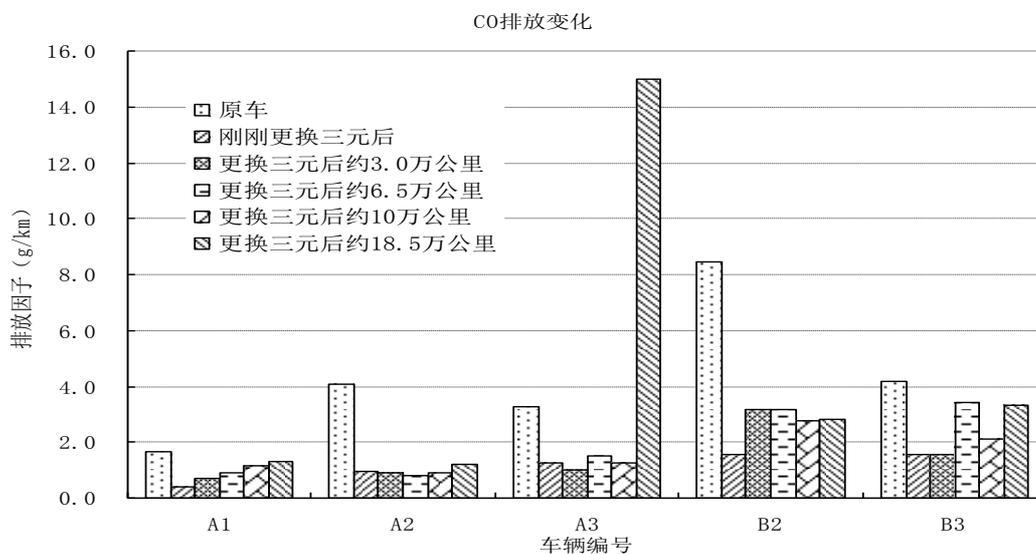
表 2-3 北京市出租车排放因子 [g/km]

车牌	测试日期	行驶里程 km	平均 车速 km/h	EF g/km				
				CO ₂	CO	NO _x	THC	HC
京 BN2465	2009. 12. 29	约 15000	43. 48	189	0. 423	0. 039	0. 007	0. 036
	2010. 03. 25	45056	46. 57	194	0. 938	0. 065	0. 012	0. 037
	2010. 12. 20	140099	42. 18	188	1. 118	0. 218	0. 016	0. 019
	2014. 04. 03	543300	35. 87	183	1. 538	0. 070	0. 030	0. 131
京 BN2453	2009. 12. 30	14411	34. 92	214	0. 453	0. 023	0. 010	0. 046
	2010. 03. 25	48013	42. 38	192	0. 945	0. 049	0. 013	0. 030
	2010. 12. 21	149358	40. 75	190	0. 615	0. 070	0. 022	0. 045
	2014. 04. 03	627308	35. 42	180	1. 984	0. 207	0. 023	0. 090
京 BN2249	2009. 12. 31	42331	38. 63	235	0. 793	0. 060	0. 011	0. 036
	2010. 03. 26	74096	45. 02	201	0. 782	0. 074	0. 014	0. 020
	2010. 12. 20	183990	40. 60	213	1. 337	0. 134	0. 012	0. 012
	2014. 04. 04	540298	34. 64	192	0. 737	0. 128	0. 036	0. 081
京 BN2464				未测试				
	2010. 03. 26	40861	39. 73	189	0. 432	0. 034	0. 006	0. 020
	2010. 12. 21	134517	40. 52	189	0. 399	0. 069	0. 018	0. 028
	2014. 04. 04	517219	41. 15	188	2. 309	0. 532	0. 021	0. 046
京 BP1714	2014. 04. 16	313873	38. 29	164	4. 768	0. 982	0. 465	0. 215
京 BP1715	2014. 04. 16	301135	31. 91	192	2. 857	0. 075	0. 034	0. 062
京 BP1717	2014. 04. 17	322147	39. 67	169	1. 654	0. 181	0. 010	0. 033
京 BP1716	2014. 04. 17	348168	32. 39	186	7. 545	1. 835	0. 244	0. 543

2.4.4 出租车三元催化劣化情况分析

2.4.4.1 国三车辆测试结果

对5辆出租车开展了近17个月、约 18.5×10^4 km的后续跟踪试验，跟踪频率约每3个月一次，图2-6为跟踪试验中5辆出租车在更换三元催化器后行驶0、约 3.0×10^4 、约 6.5×10^4 、约 10.0×10^4 和约 18.5×10^4 km时的污染物排放因子并与原车的台架测试结果进行对比。从图2-6可知，5辆出租车在更换三元催化器后行驶了约 18.5×10^4 km时，三元催化器对大部分污染物的减排效果仍较好，NO_x排放比原车降低了8%~49%，平均降低了25%；A1、A2、B2和B3车的CO排放比原车降低了20%~70%，平均降低了45%，而A3的CO排放比原车升高较多；A2、B2和B3车的THC排放比原车降低了39%~78%，平均降低了52%，而A1和A3车的THC排放比原车升高较多。A3车的排放变化很可能与该车发动机严重劣化有关，但即使如此，其NO_x排放并没有大幅增加。



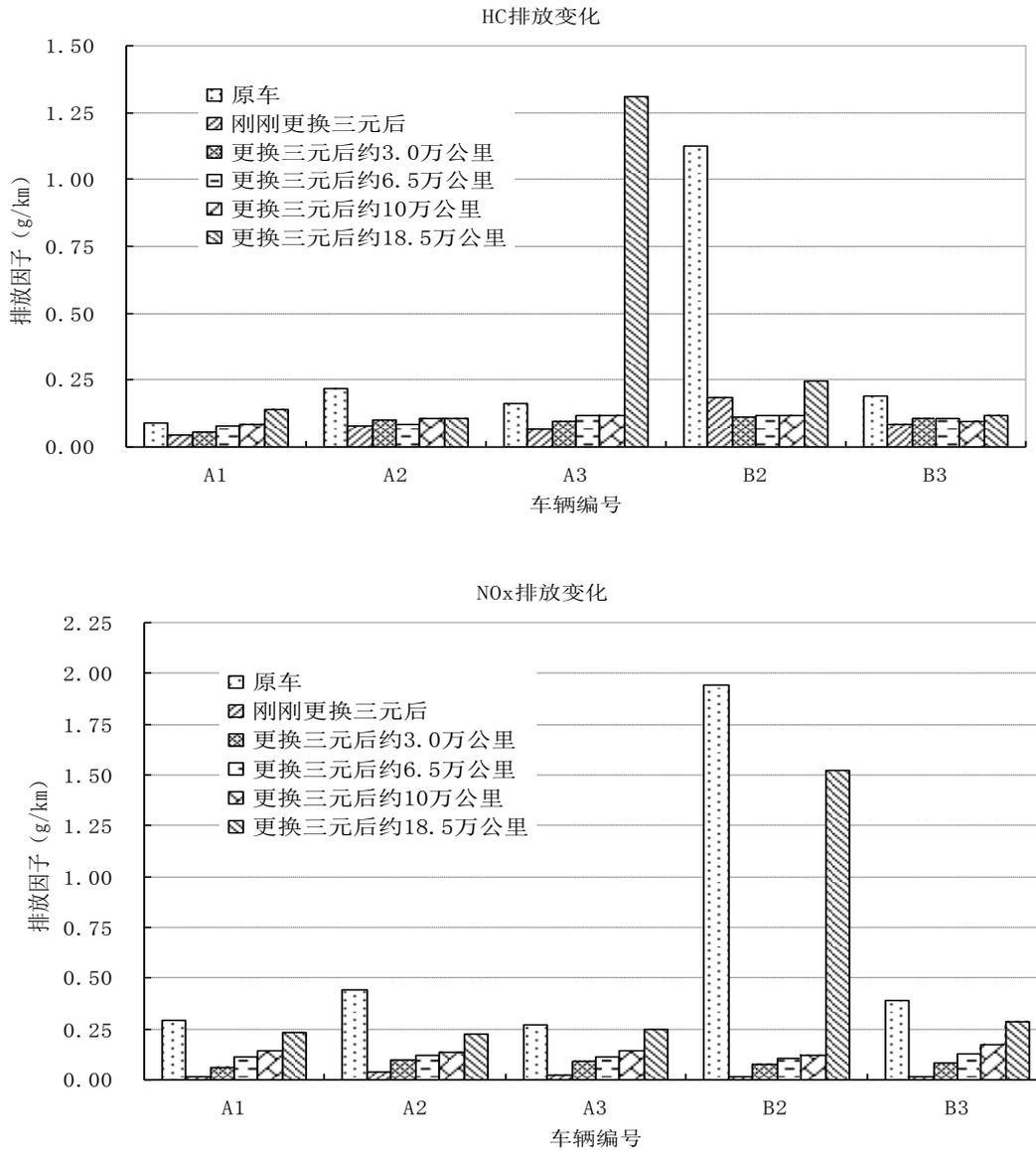


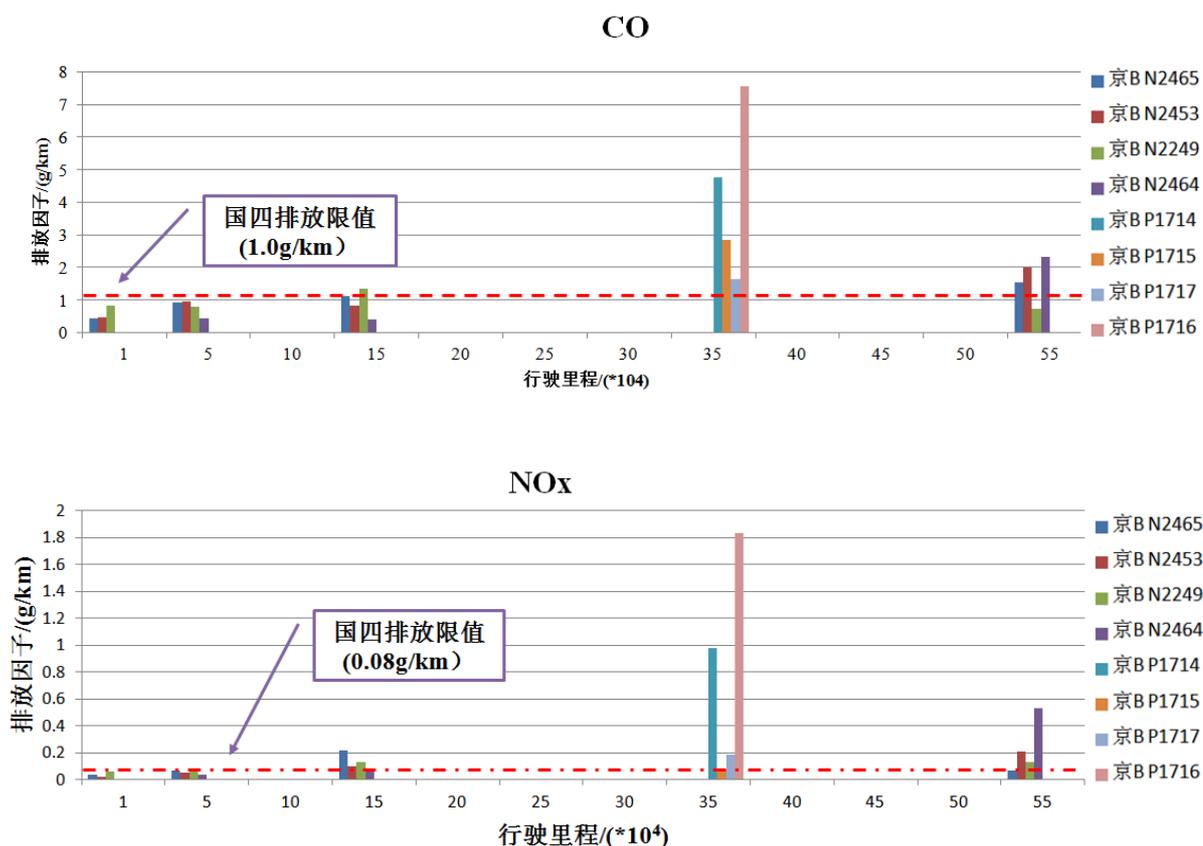
图 2-6 国三车辆台架测试试验结果

2.4.4.2 道路测试

考察了四辆不同行驶里程出租车尾气排放情况，其中行驶里程从 1.5 万 km 到 15 万 km 过程中各种尾气污染物排放趋势变化不大。由于出租车在车辆保养及驾驶习惯方面都相对规范，因此过程中车辆从磨合期到正常行驶期虽然车辆行驶里程远高于普通私家车，但其污染物排放水平变化较小，甚至有个别污染物排放水平有下降趋势。

但随着行驶里程增加到 55 万 km 左右时，四台出租车在完成测试路线过程时的污染物排放因子较低行驶里程时有较大变化。其中 CO、THC、HC 排放因子较 15 万 km 时增加 1-3 倍。

由于首批跟踪测试车辆自 15 万 km 后直接跨越至 55 万 km，其间车辆可能存在较大的变动，为确保测试数据的可靠性，又进行第二批车辆测试，对行驶里程为 35 万 km 左右的另外四台出租车进行检测，结果发现此批次出租车排放水平整体偏高。详细数据信息如图 2-6 所示：



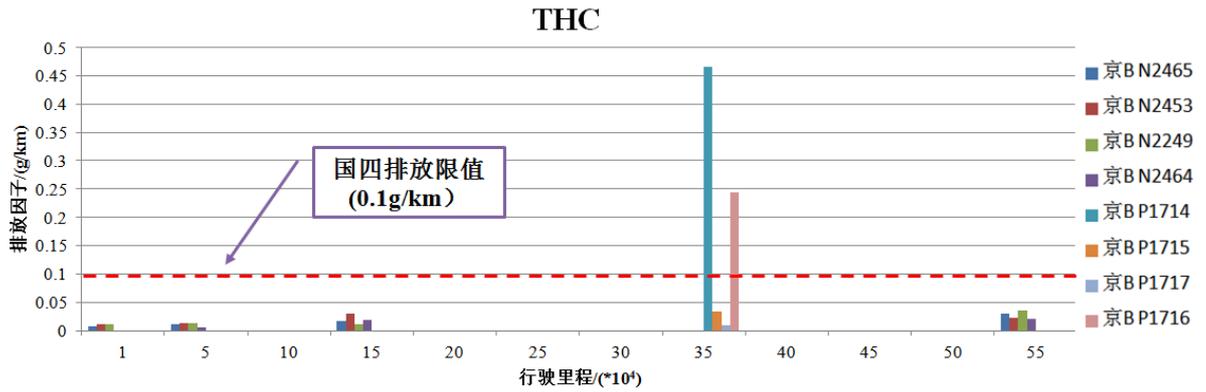


图 2-7 出租车气态污染物排放与里程关系图

2.4.5 测试结果分析

2.4.5.1 台架测试结果

根据台架测试试验结果，拟合出入下劣化方程（如图 2-8）

$$\text{CO: } Y=0.0501x+1.2631 \quad (104 \leq x \leq 18.5 \times 104 \text{ km})$$

$$\text{CH: } Y=0.0062x+0.0379 \quad (104 \text{ km} \leq x \leq 18.5 \times 104 \text{ km})$$

$$\text{NOX: } Y=0.119x+0.0281 \quad (104 \leq x \leq 18.5 \times 104 \text{ km})$$

根据上述拟合方程，更换三元催化器后行驶约 $18.5 \times 104 \text{ km}$ 时，A3 的 CO 和 HC 出现高排放，B2 的 NO_x 出现高排放，三元催化器对大部分污染物的减排效果仍较好，有 4 辆出租车对 CO、THC 和 NO_x 的减排比例仍保持在 45%、26% 和 29% 的平均水平。表明国三车辆更换新的三元催化器后，在约 $20 \times 104 \text{ km}$ 的行驶里程内对气态污染物能保持较好的减排效果。

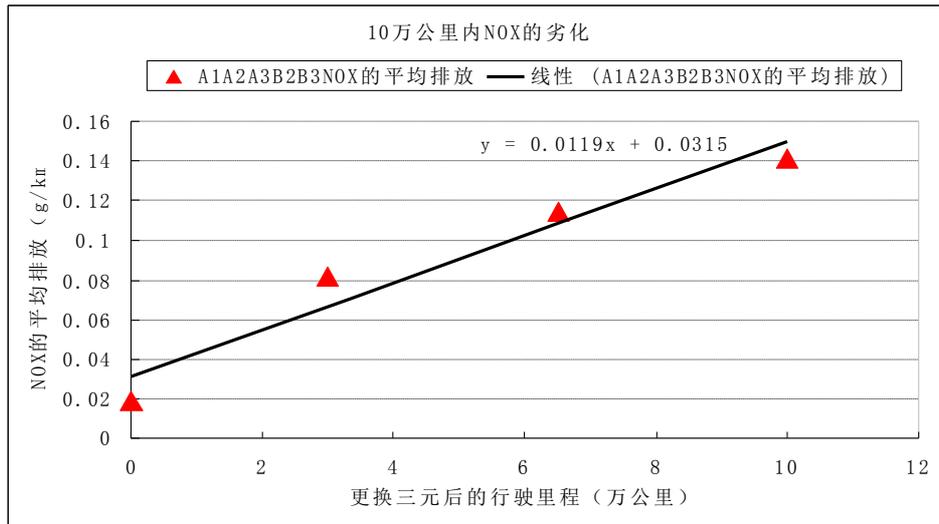
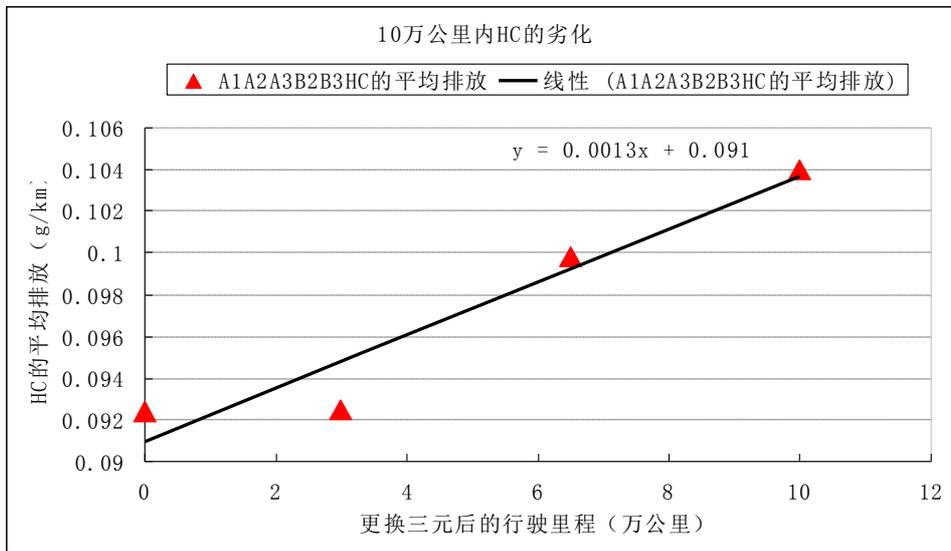
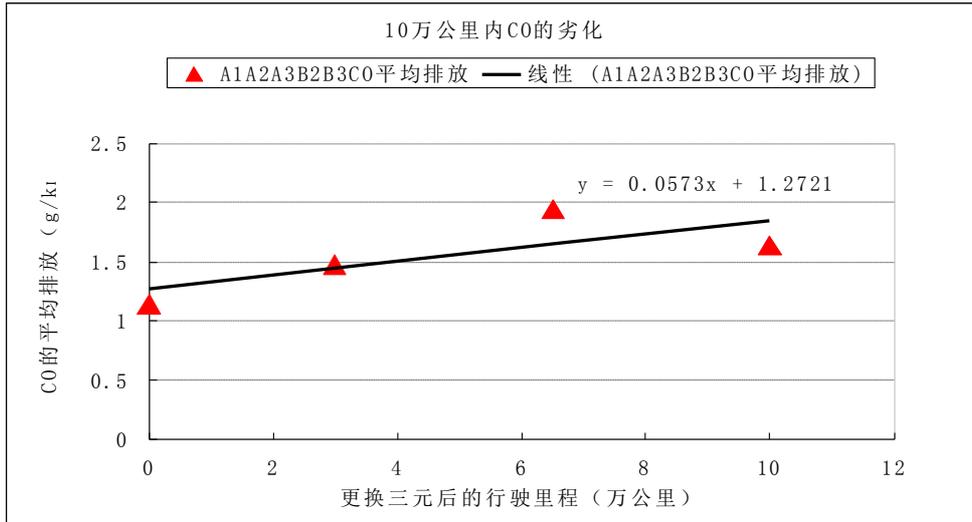
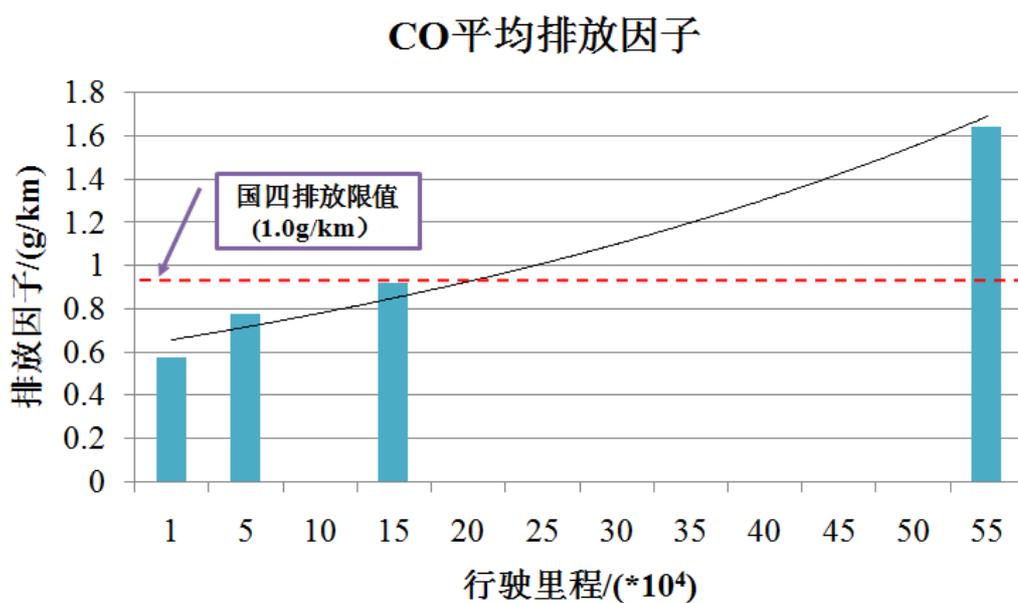


图 2-8 台架测试试验尾气排放劣化里程图

2.4.5.2 道路测试结果

通过测试数据的比对及分析，得到了第一批测试车辆的污染物平均排放因子。对于CO实际道路排放因子，国四车辆出租车平均排放因子按行驶里程(15000、50000、150000、550000km)分别为0.57g/km、0.77g/km、0.92g/km、1.64g/km；可以看出随着行驶里程的增长，CO的实际道路排放随之增加。NOX平均排放因子随行驶里程的增加分别为0.042g/km、0.055g/km、0.129g/km、0.234g/km。THC平均排放因子随行驶里程的增加分别为0.0096g/km、0.011g/km、0.019g/km、0.027g/km。



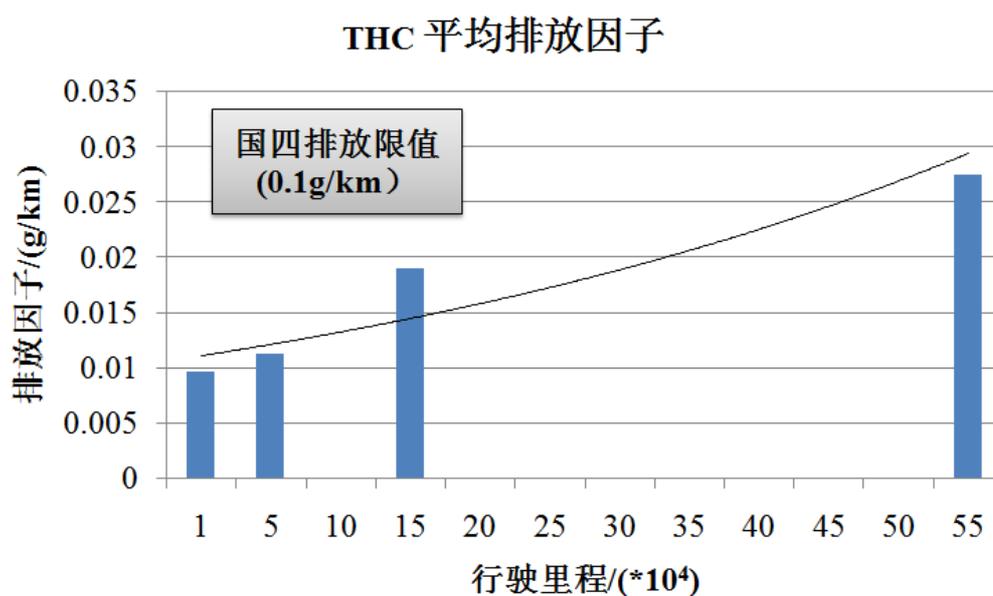
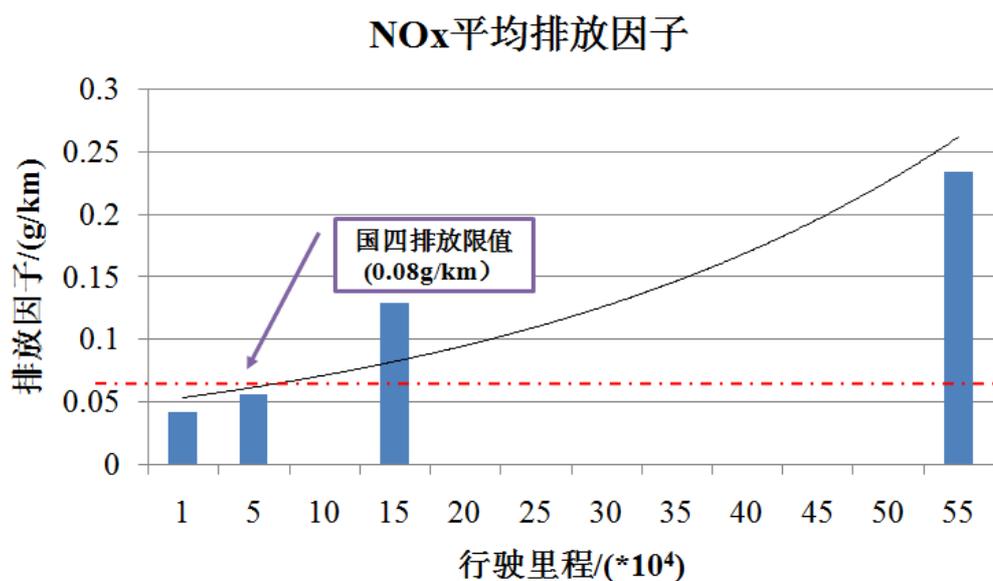


图 2-7 气态污染物平均排放因子与里程关系图

从上述数据分析中可以看到，这一批出租车在行驶 20~30 万 km 之后，三元催化开始呈现出较为明显的劣化。其中 CO 平均排放因子在 15 万 km 时已经接近国四排放限值，NO_x 平均排放因子在 15 万 km 时已经超出国四排放限值；并且在跟踪实验中发现，行驶里程为 55 万 km 时其 CO 平均排放因子为国四排放限值的 1.5 倍，NO_x 的平均排

放因子为 0.23g/km，为国四排放限值的 3 倍。考虑到出租车的使用频率较高，年均行驶里程在 10~15 万 km 左右，为普通私家车的 10 倍，其对环境造成的危害是显而易见的。

为了保证测试车辆具有较全面的代表性，我们又抽取了行驶里程在 30~35 万 km 的 4 辆同类型出租车进行补充实验。结果发现，第二批出租车的污染物平均排放水平为 CO(4.2 g/km)、NO_x(0.77 g/km)、THC(0.188 g/km)，显著高于第一批出租车（如图 2-7）。究其原因可能有两个方面，首先可能是由于出厂批次不同，车辆的后处理装置存在较大的质量差异，导致三元催化器的劣化情况相比第一批测试车辆严重，这是最有可能的原因；其次，出租车司机考虑到经济成本可能选择价格较低的燃油，虽然北京地区已经在 2012 年全面供应京 V 汽油，但是北京周边地区直到 2013 年才开始供应国 IV 汽油，不排除出租车在 2013 年以前使用过价格较低的国 III 汽油，燃油质量的差异可能导致三元催化器加速劣化。

正如上面的分析，第二批测试车辆污染物排放高的原因，最有可能是两批出租车的生产一致性差异造成的，有可能是此批次出租车的三元催化器质量下降，或厂家出于成本或其他因素考虑对车辆的某些部件进行调整或更换，导致车辆在使用过程中出现排放快速劣化的情况。

本次测试结果发现，当车辆行驶里程为 15 万-20 万区间内时，车辆的尾气排放劣化的趋势开始显现，当车辆行驶里程超过 20 万公里时，车辆尾气排放明显超过国四标准。

2.5 本章小结

本章主要采用使用整车转鼓台架测试方法、基于 NEDC 循环工况针对累计行驶里程达到 50 万公里的国三和 8 辆国四出租车辆进行了多次测试得到以下结论：

(1) 三元催化器是减少出租车辆排放的有效装置：出租车安装三元催化器后污染物减排效果显著。安装三元催化器的出租车辆与未安装的相比，NO_x、CO、HC 污染物排放分别减少了 97%、83%和 82%。

表 2-4 三元催化器安装前后污染物排放对比（单位：g/km）

污染物	安装前	安装后	减排比例
CO	8.44	1.54	82%
HC	1.123	0.19	83%
NO _x	2.291	0.08	97%

(2) 三元催化器的减排效果会随车辆行驶里程的增加逐渐衰减：当行驶里程达到 20 万公里左右时，三元催化器对尾气净化效果急剧下降，排放超过限值。

表 2-5 国三车辆随行驶里程排放因子变化情况表(单位：g/km)

行驶里程 (万公里)	2	7	9	15	20	国三排 放标准 限值	22	30	60
CO	0.48	0.46	1.37	0.65	2.43	2.3	2.43	10	20
HC	0.04	0.09	0.09	0.10	0.18	0.2	0.20	0.21	1
NO _x	0.03	0.04	0.06	0.07	0.12	0.15	0.15	0.7	2.5

(3) 产品质量直接影响到三元催化器的使用效果：在测试中发现整车产品的批次不同，排放随行驶里程劣化的情况不同，主要体现出各批次产品质量不一，可以通过提高对产品质量的要求与检测降低车辆排放。

第三章 使用现状与更换意愿调查

在经过专家咨询和环保执法单位实地调查的基础上，研究人员发现北京市出租车三元催化器工作异常情况较为普遍，司机主动更换工作异常的三元催化器的行为较少，并且在车辆年检时，存在司机临时租赁三元催化器应付检查的情况。为准确掌握我市出租车三元催化器的应用情况、使用状态和更换的政策建议，我们面向司机开展了出租车三元催化器应用现状问卷调查，为了解出租企业对定期更换三元催化器的意愿和政策建议，面向企业管理人员开展三元催化器更换政策建议调查。

3.1 三元催化器使用现状调查

三元催化器使用现状调查，主要针对出租车辆用户即出租司机发起，因此设计了《出租车更换使用三元催化器现状调查问卷(司机版)》，主要针对司机、车辆的基本情况以及三元催化器使用更换情况设计了15个问题。

3.1.1 调查对象

北京市汽油出租车(含双燃料出租车)保有量为6.7万辆，为保证样本的代表性，要求车型、车龄全面覆盖，为合理设置样本的分布，本次调查选取15家大型出租企业的驾驶员作为调查对象。按照统计学的要求，有效样本数应为5000份以上，考虑到无效问卷10-30%左

右，总计发放问卷 7500 份。

3.1.2 问卷发放及收集

司机版问卷调查时间为 2013 年 11 月至 12 月，正式发放问卷之间，根据样本量及各个公司的出租车保有量，选择大型出租企业，通过交流座谈的方式，对问卷进行了意见征集，进一步对问卷进行修改和完善后，共发出问卷 7500 份，收回有效问卷 6083 份，有效问卷回收率为 93.5%。

3.1.3 问卷设计

调查问卷包括车辆基本信息和三元催化器认知程度调查两部分。车辆基本信息的设置考虑了影响车辆三元催化器效果的车辆性能因素、车龄因素、里程因素、使用强度因素，设置了出租公司、司机月收入、车辆品牌型号、车龄、排量、油耗、总行驶里程、12 年行驶里程和运营类型等问题。

三元催化器的应用现状调查部分的问题以车辆尾气系统故障发现、检测、诊断、维修的逻辑顺序排列和布置。为了解司机对三元催化器的认知、使用状态判断等情况，设置了诸如“目前您目前您驾驶车辆的仪表盘上 OBD 报警指示灯(右图)是否亮起？”等问题。由于车辆年检是三元催化器更换的关键步骤，尾气检测的结果决定了三元催化器是否应该进行更换，设置诸如“您在最近一次年检中，经过几次验车通过了年检”之类问题，可以了解目前车辆年检一次通过情况，

配合诸如“导致您车辆年检不通过的原因有哪些”问题，可以了解三元催化器工作异常导致的车辆尾气排放超标在车辆常见检测中所占的比重，从车辆检测执法的环节，掌握我市出租车三元催化器的使用状态和工作不正常的比例。经过前期的专家座谈和企业咨询，调查人员发现部分司机在车辆三元催化器出现异常后，为了通过年检，在市面上一些维修点临时租赁三元催化器，暂时更新车上的旧的三元催化器应付车辆年检，年检顺利通过后回到原来的维修点，重新换回寄存在此的旧的三元催化器。为了解这种现象在司机中的普遍性，我们设置了诸如“您是否采用临时租赁三元催化器的方式通过年检”等问题。

在对司机更换三元催化器的经历调查中，根据前期的专家咨询和执法情况调查，我们挑选了司机更换三元催化的经历中如下的重要因素：更换三元催化器的次数、选择的产品品牌型号、更换地点的选择和包括产品与服务在内的总费用，并依此设置了相关的问题，调查司机在更换三元催化器过程中对于关键影响因素的敏感性和考虑更换的倾向性。

3.1.4 问卷处理方法

问卷处理主要依靠下面两种方式：1. 总体现象描述。分析出租车司机在尾气排放检测、三元催化更换等环节主要呈现出现象，这一类的问题主要依靠调查结果的比重进行对比分析。2. 具体问题分析。对于与本此调查目的及与出租车定期更换三元催化器关系较大的关键问题进行了重点和深入分析，而其他非重点问题则仅作了一般性的

解释说明以供参考。

3.1.5 调查结果

① 车辆基本信息统计

将回收的有效问卷的统计数据进行测评分析，首先得到司机和出租车辆的基本信息统计情况。

调查显示，1-2 年车龄的占统计样本的 42%，3 年及以上车龄的占统计样本的 58%。经过中国环境科学研究院的三元催化器劣化路测结果，当行驶里程达到 20 万公里后，催化效果劣化明显，根据北京市出租车的实际应用情况，当车辆使用达到两年以上车龄时，车辆的三元催化器普遍出现的问题。

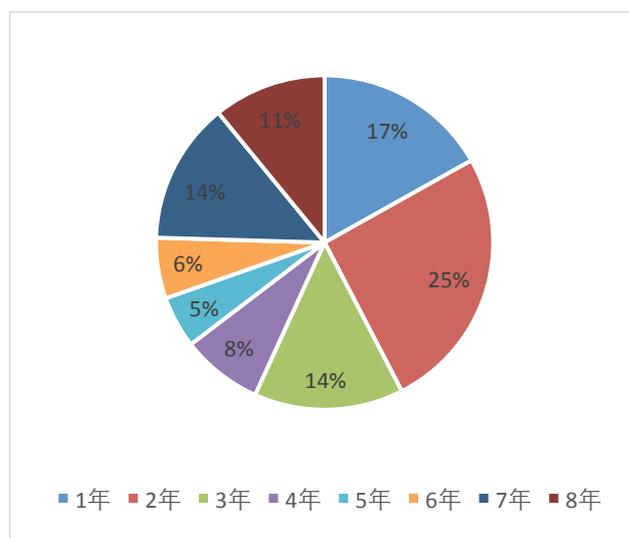


图 3-1 样本车龄分布

伊兰特 1.6 排量的汽车是目前北京市出租车的主要车型，在被调查对象中，伊兰特 1.6 的车型占到总的调查车型的 75%，捷达春天车型占到总的调查车型的 18%，爱丽舍 1.6 车型占 2%，伊兰特 1.8 车型占 1%，其余车型共占 4%。调查样本的车型结构与北京市出租车的总体

结构相似。

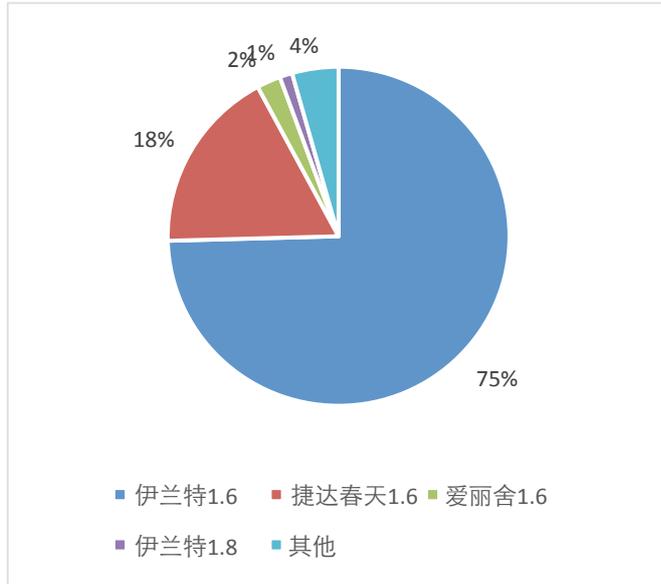


图 3-2 样本车型分布

②三元催化器应用状态统计

根据调查显示，在 6083 个车辆样本中，三元催化器存在故障的车辆为 3832 辆，其余 2251 个样本的三元催化器运转正常，北京市出租车三元催化器不正常工作的比例约为 63%。

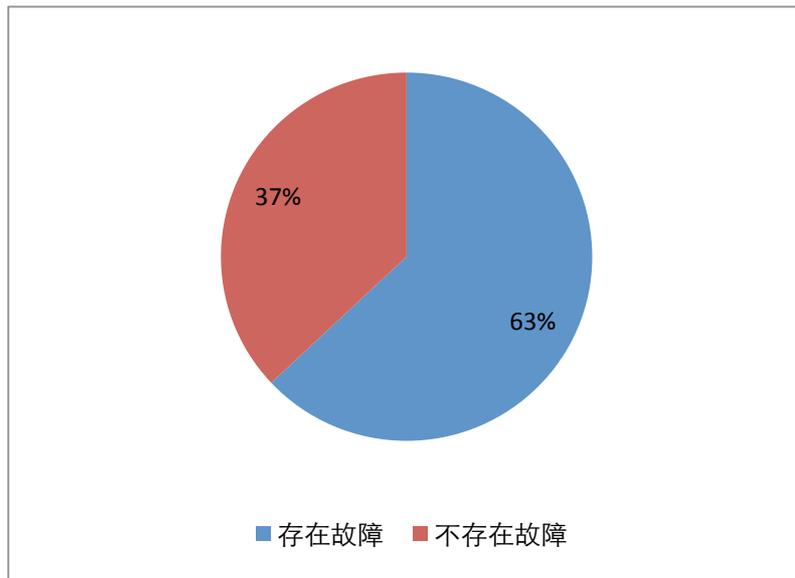


图 3-3 三元催化器工作异常率统计

在车辆使用过程中，更换过三元催化器的样本数量为 307 辆，未

更换三元催化器的样本数量为 5646 辆，考虑存在故障车辆数为 3832 辆，则在存在尾气排放处理故障中，更换三元催化器的比例为 8%。

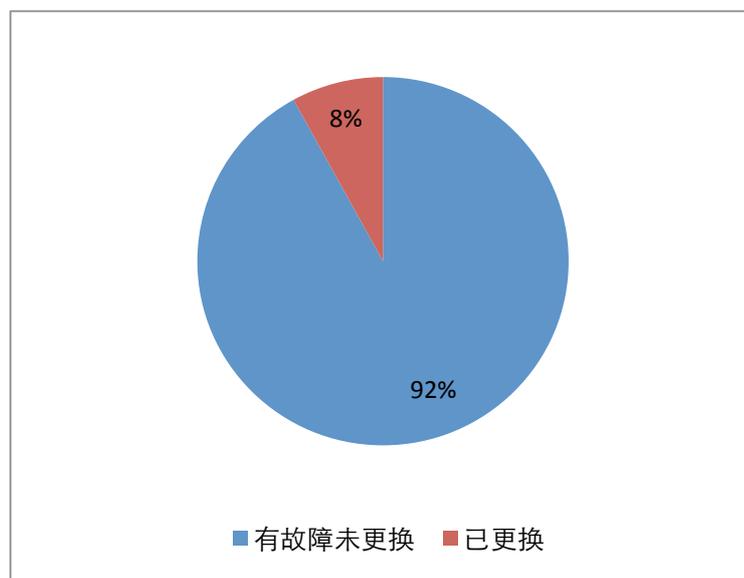


图 3-4 故障更换率统计

通过前期调查和专家咨询，调查人员发现在影响车辆年检通过率的众多检查项目中，尾气排放、车辆灯光、和刹车制动检测是拉低年检一次通过率的重要项目，调查结果显示，共有 1038 个样本在最近一次的车辆年检中没有一次通过，其中由于尾气因素影响的有 749 个样本，灯光因素有 133 个样本，刹车因素影响的有 82 个样本，其余因素有 74 个样本，各因素影响年检通过率的比例如下图所示。

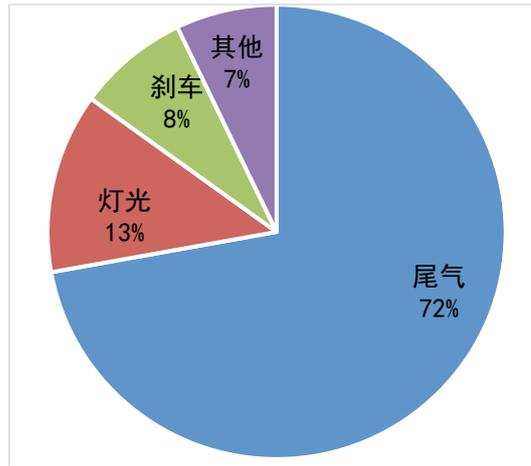


图 3-5 影响年检通过率的重要项目

3.2 出租车更换三元催化器企业意愿及政策建议调查

出租车更换三元催化器企业意愿及政策建议调查，主要针对出租企业的管理者发起，因此设计了《出租车更换使用三元催化器现状调查问卷（企业版）》，主要针对企业对出租车辆的运营组织要求及针对三元催化器定期更换工作的想法与建议等 10 个开放性的问题及为了解企业车辆基本信息而设计的一份企业车辆基本情况调查表。

3.2.1 调查目的和方法

为了解出租企业对于出租车定期更换三元催化器的意愿，结合出租企业在车辆实际运营中的经验，调查出租企业对于定期更换三元催化器在成本分担、更换流程、产品选型和执法监管方面的建议，我们设计了企业版的调查问卷，面向 15 家出租企业的管理人员发放，自 13 年 11 月中旬发放到每家企业，12 月中旬收回问卷。

3.2.2 问卷设计

企业版问卷共包含三部分：一、企业及车辆基本，包括企业名称、车辆运营模式等。二、企业更换三元催化器的意愿和政策建议部分。三、为准确掌握企业车龄和车型结构，调查人员设计了车型车龄调查表，供企业管理人员填写。

在企业更换三元催化器意愿和政策建议部分，问卷试题涵盖了车辆三元催化器更换支出、成本分担、更换流程和产品选型几大方面。在更换支出方面，设计诸如“出租车更换三元催化器，假设按照每两年一次，您认为每次司机能负担的金额为多少元？”等问题，了解企业对于负担更换成本的意愿。在成本分担方面，设计诸如“您认为更换三元催化器的费用应由谁承担？各自出资比例为多少？”了解企业对于成本分担的态度和意愿。在更换流程方面，试题采用了定向选择+开放回答的模式，调查对象可以在“A 由公司指定修理点，组织司机更换。B 由政府指定修理点，司机自行前往更换。C 由政府指定产品，司机自行购买更换”三种预设的模式中选择，也可以给出其他的更换流程建议。此外，问卷还设置了诸如推荐三元产品和型号、需要的政府支持政策等全开放问题，共被调查人员根据车辆运营和管理经验，开展更为准确和全面的回答。

3.2.3 问卷分析

① 更换成本及其分配

对于司机可承担的更换成本，调查发现有一家公司认为司机可承担 200 元的三元催化更换成本，其余公司认为司机运营压力大，将无

力承担费用，如果强制更换，有可能会使司机产生抵触情绪，有司机队伍的不稳定风险。

对于相关方的成本负担比例，有一家企业认为更换成本应由相关收益方：生产厂家、政府、企业、司机共同平均承担，另一家企业认为政府和应该承担绝大部分投入，出租企业和司机可以负担 10%。其余的企业希望政府可以提供全额的补贴支持。

②三元催化更换模式

十二家公司认为应该由政府指定修理点，司机自行前往更换的模式最适宜。政府行为有保障，使质量、价格、服务得到保证，司机更愿意支持政府行为。其余三家企业希望可以通过公司指定修理店，组织司机更换的方式便于公司监督和统计。

③更换产品选型及质保

由于市场上三元催化产品鱼龙混杂，质量参差不齐，企业希望可以由政府指定，更换原厂配件。在质量保障上，企业希望在三元催化器生产过程中刻制明显标志，保证产品质量，在流通中，减少中间环节，降低成本，以便质量控制，在更换环节，同时应更换氧传感器等相关配件。

④出租车尾气排放监管执法

企业希望相关执法部门加大执法力度，依托车辆年检尾气检测等现有执法框架，针对车辆尾气不达标，不修理，不换件等现象，坚决不予审核通过，如果车辆逾期不检，需要利用法律等行政手段强化监控力度。

3.3 本章小结

调查人员采用专家座谈、企业咨询等方式，确定了调查内容，然后对 15 家出租企业的司机和管理人员展开问卷调查，在针对司机的调查中，调查结果显示，调查的 6083 辆出租车辆中约 63% 的三元催化器处于工作异常状态；在三元催化器工作异常后，仅有 8% 的司机主动更换了工作异常的三元催化器。针对企业管理人员的三元催化器更换意愿和政策建议调查中，企业希望政府能够在三元催化器产品选型和质量保障环节发挥作用，提供优质的原厂产品。在更换流程环节，企业建议政府能够确定维修点，方便司机自行前去更换。在监管执法环节，企业建议相关部门能够加大执法力度，严格执法。

出租车更换使用三元催化器现状调查问卷(司机版)

本次调查的目的是促进本市出租车用三元催化器的定期更换, 诚恳希望能占用您两三分钟时间帮我们完成这份问卷, 并通过我们大家的努力使首都的空气更加清洁, 天空更加蔚蓝。

(一) 基本情况

- 1、出租公司: _____ 司机月收入: _____元
- 2、车辆品牌型号: _____ (如伊兰特 XDC) 车龄: _____年(自注册年)
车辆排量_____升 百公里油耗: _____升 VIN: _____
总行驶里程: _____万公里 2012年行驶里程 _____万公里
- 3、运营类型: A 单班 B 双班

(二) 三元催化器使用情况

- 4、目前您驾驶车辆的仪表盘上 OBD 报警指示灯(右图)是否亮起?

A 是 B 否



- 5、您定期对三元催化器进行维护保养吗?

A 是 B 偶尔 C 否

- 6、您的车是否发生过三元催化器故障? 您是怎么处理的?

- 7、您在哪家检测场验车? _____
- 8、您最近一次验车走_____次通过年检?
- 9、导致您车辆年检不通过的原因是?

- 10、自您接车以来, 您更换过_____次三元催化器?

- 11、您最近一次更换三元催化器的时间是_____年_____月, 更换的品牌型号是_____, 花费约_____元, 其中产品价格为_____元, 人工费为_____元, 其他_____元, 您对您目前使用的三元催化器是否满意_____。

- 12、你通常在哪里更换三元催化器?

A 维修店 B 4S店 C 公司修理场 D 其他(请注明) _____

- 13、据初步调查发现出租车存在更换三元催化器不及时的现象, 您认为哪些原因致使这种现象发生, 请按重要性由大到小排序

A 三元催化器更换费用高

B 因年检可以采取临时租赁三元催化器等手段通过, 因此没有必要定期更换

C 公司未对三元催化器的更换年限提明确要求

排序: _____

- 14、您是否采用临时租赁的方式通过年检?

A 是, 请注明花费金额_____元/次 B 否

- 15、对于定期更换三元催化器, 您还有什么其他的建议和需求?

出租车更换使用三元催化器现状调查问卷(企业版)

本次调查的目的是促进本市出租车用三元催化器的定期更换,诚恳希望能占用您两三分钟时间帮我们完成这份问卷,并通过我们大家的努力使首都的空气更加清洁,天空更加蔚蓝。

- 1、出租公司: _____
- 2、贵公司车辆的运营模式是否随车龄的变化而调整(即车辆自投入运营到淘汰整个过程,其单双班运营模式是否发生变化)?若运营模式固定不变,则单班的运营年限为_____年,双班的运营年限为_____年;若运营模式变化,车龄从_____年到_____年间的车辆采用双班运营,车龄从_____年到_____年间的车辆采用单班运营。

3、贵公司每年用于车辆维护保养的费用为_____元。

4、在车辆保养中加入三元催化器保养环节,您预计将给贵公司带来的额外支出为?

5、出租车更换三元催化器,假设按照每两年一次,您认为每次司机能负担的金额为元?请说明理由

理由: _____

6、您认为更换三元催化器的费用应由谁承担?各自出资比例为?

7、按照清洁空气行动计划中提到的“鼓励出租车定期更换三元催化器,更换周期最长不超过两年”的要求,您认为以下哪种运行模式最适宜?请说明理由

A 由公司指定修理点,组织司机更换

B 由政府指定修理点,司机自行前往更换

C 由政府指定产品,司机自行购买更换

D 其他(请注明) _____

理由: _____

8、您推荐的三元催化器产品和型号(注明车型,对应催化器品牌型号)

9、对于定期更换三元催化器,您还有什么其他的建议和需求?

10、您需要政府出台什么政策支持这项工作的开展?

第四章 政策框架设计

通过前面几章的分析和总结得到,三元催化器使用更换现状主要呈现出产品失效率较高、主动更换意愿低的一高一低特性,同时为了克服更换经济压力大、产品选型难、执法监管难度大等方面的问题,需要积累成功的经验,制定符合北京市发展的政策框架。

4.1 香港经验

经过国际大城市先进经验的调查研究发现,香港作为典型城市启动了出租车和小巴更换三元催化器及含氧感知器的资助计划。

截止 2013 年 9 月香港共有 18138 辆出租车,主要为丰田皇冠 Comfort,还有少量的日产 Cedric (石油气)、丰田 Prius (混合动力)、比亚迪 E6 (45 辆)、丰田 Noah (5 辆)。经过检测发现香港出租车三元催化器失效比例高达 80%,而测试得到更换失效的三元催化器可减少车辆尾气排放高达 9 成。因此为了改善道路空气的质量,香港政府决定为汽油或石油气出租车更换三元催化器和氧传感提供一次资助。

2013 年 7 月 31 日香港环保署发布《更换石油气/汽油的士催化器和含氧感知器资助计划》,宣布将于 8 月 15 日开始实施更换汽油及石油气的士和小巴催化器及含氧感知器的资助计划。政府投入 1.5 亿元,针对在运输署登记过的汽油及石油气出租车的车主,要求其在指定时间内提交申请、预约更换时间和接受更换服务。期间由政府公开

招标制定 3 个供应商、31 家车房。在实际更换过程中，按照各个车房实际收费收取，若个别收费高于资助金额，需要车主自行向车房和供应商付差额。更换完成后，车主确认更换完成，政府将资助直接拨付至相关零件供应商及车房。更换后零件需要提供质保 12 个月，维修工艺提供之宝 3 个月，否则车主有权提出索赔。废旧的三元催化器及氧传感器车主可以要求车房代为处理或自行带走。工程实施后，香港环保署在 2014 年 9 月 1 日起以路边遥测仪器将汽油及石油气车辆的废弃排放。被发现排放过量废气的车辆将须在十二个工作日内通过以底盘式功率机进行的废气测试，否则吊销车牌。

综上所述，香港推行政策的核心思路是政府基本全额补贴、由政府招标零件供应商及车房、更换后零件供应商及车房提供质保，由政府加强监管，且更换过程中氧传感器一同更换。

4.2 北京市框架

香港政府为车主提供一次性的三元催化器及其氧传感器的更换补贴，并指定产品供应商及更换车房，保障更换的顺利实施。根据香港的经验，更换产品的选择、更换流程的设计及财政补贴的额度是北京市需要参考的重要内容。根据《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划》中“鼓励出租车定期更换三元催化器，更换周期不超过两年”的要求，北京市将更换三元催化器作为一项长期的机动车尾气排放治理工作，除参考香港经验外，北京市还需考虑更换周期的设计，故设立产品选型、更换周期、更换流程和财政补贴为设计及分析北京市三

元催化器更换的基本框架。

4.2.1 产品选型

根据前期对三元催化器产品的市场调研发现，三元催化器分为原厂产品和后市场产品，原厂产品指按照车辆型号的要求经过调校与原厂三元催化器同品牌同型号的产品。后市场产品是指由非三元催化器整车厂零件供应厂商制造的产品。考虑产品价格、污染物转换效果、贵金属含量、质保、耐久性及匹配性等因素，综合对比分析原厂产品与后市场产品的差异。

4.2.1.1 价格对比

以伊兰特车辆为例，原厂三元催化器的 4S 店不包括更换人工费的售价为 3209 元/套。对后市场适配伊兰特车型的三元催化产品进行调查后发现，后市场产品价格参差不齐，价格区间在 200-1200 元/套不等，详见下表：

表 4-1 后市场三元催化器产品价格统计

序号	品牌	价格
1	路源旭进	650 元/套
		1200 元/套
		700 元/套
2	红湖	1200 元/套
3	威孚	450 元/套
4	杰特	750 元/套
		1000 元/套
5	CIS	916 元/套
6	惠丰	1250 元/套
7	华克	950 元/套

8	奥驰	200 元/套
---	----	---------

4.2.2.2 产品质保

伊兰特车型原厂三元催化器提供 5 万公里的行驶里程质保，而后市场三元催化器普遍不具有质量保障。

4.2.2.3 污染物转化率

根据三元催化器的使用原理，三元催化器由附着在其多孔介质内芯上的贵金属为催化剂，催化反应车辆排放尾气中的污染物，贵金属的含量是影响三元催化器使用性能的重要因素。根据专家的咨询反馈，目前市面上的后市场产品价格参差不齐，部分厂商为了压低产品售价，增强市场竞争力，在产品的重金属含量上做手脚，而产品的重金属含量降低将直接影响三元催化器的使用性能，降低污染物转化效率和车辆耐久性，后市场产品性能与原厂产品差距较大。此外由于三元催化器需要氧传感器协同使用，氧传感器时刻探测三元催化器进出口气体浓度，传输信号到车辆 ECU，反馈调节发动机喷油性能。由于后市场产品生产厂商不具备与车辆调校匹配的条件，所以在车辆匹配性方面后市场产品也与原厂产品差距较大。

4.2.2.4 综合分析

综合分析原厂与后市场三元催化器在污染物转化率、贵金属含量、质保、产品耐久性、车辆匹配性和产品价格等方面发现，原厂产品价

格较高、产品与原车匹配性高、污染物转化效果理想。后市场产品价格较低。产品车辆匹配度不高、污染物转化效率难以保证，产品没有质保。详见下表：

表 4-2 三元催化器原厂与后市场产品综合对比

	价格（元）	污染物综合转化率	贵金属含量	质保	耐久性	与原车匹配性
原厂产品	3209（不含人工费）	高	高	5 万公里	好	良好匹配
后市场产品	200-1250	低	低	无	差	未匹配标定

4.2.2 更换周期

由于三元催化器的污染物转化效果随车辆行驶里程的增加而劣化，到一定程度时，已不能满足车辆污染物排放限值的要求，需要及时更换。经过前期的调研，提出了三种定期更换三元催化器的方式，分别是按照车辆有效的行驶里程、三元催化器使用周期和监控尾气排放精细化定向更换，下面对这三种方式进行分析。

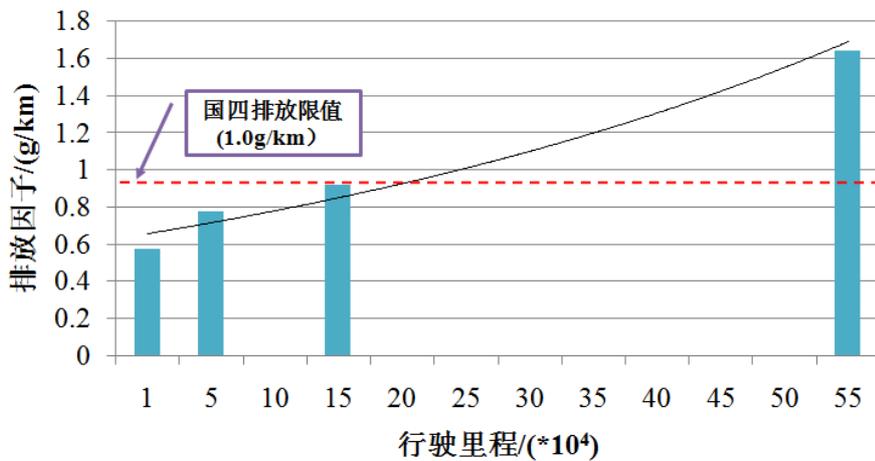
4.2.2.1 根据有效行驶里程更换

根据前期对北京市运营的国三和国四出租车实际道路污染物排放测试，随着行驶里程的增加，三元催化器的催化持续效果劣化，当行驶里程超过 20 万公里时，污染物转化效果恶化（如图 4-2），排放超过限值标准，三元催化器需要更换。

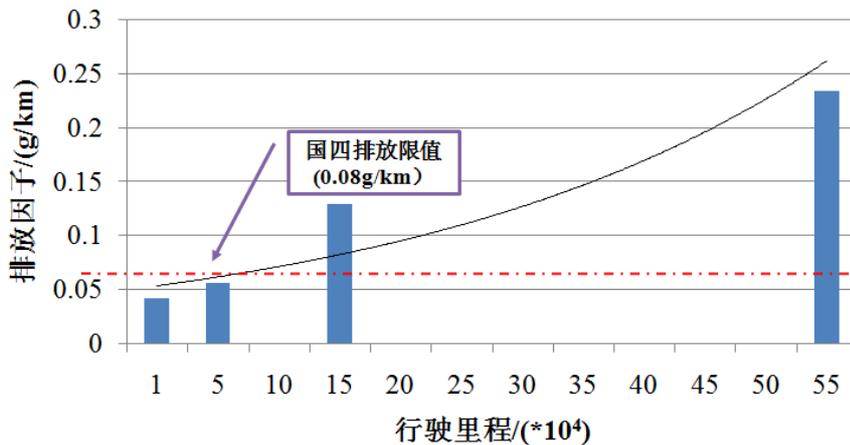
以车辆的有效行驶里程数为更换标准，两次更换三元催化器的有

效行驶里程间隔不超过 20 万公里。若实施后，以此种方式能较准确地控制车主更换即将失效的三元催化器，失效车辆上路行驶的情况将保持在一个较低的水平。但是实际操作会较为复杂，需要对车辆行驶里程等数据进行记录和核查。由于需要采用里程表计数的方式，里程表调校改装现象发发生，也会增加执法监管成本。

CO平均排放因子



NOx平均排放因子



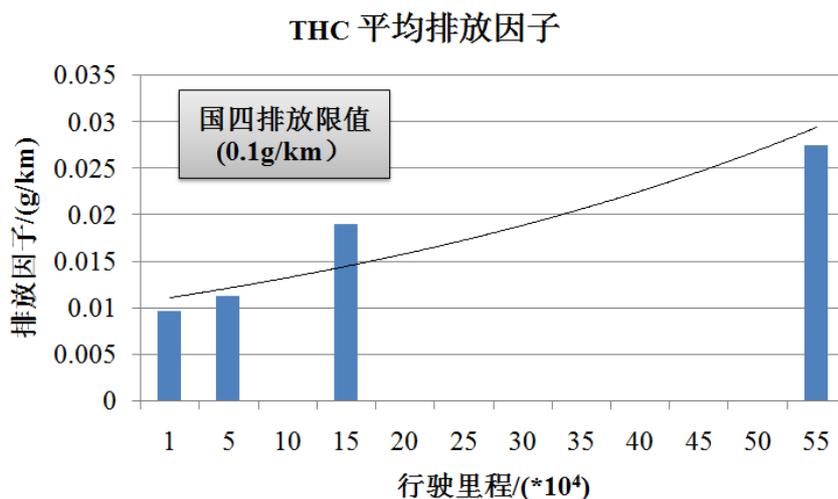


图 4-2 气态污染物平均排放因子与里程关系图

(注：图中所示为国四新车排放限值)

4.2.2.2 根据使用时间更换

2013 年 9 月北京市政府办公厅发布的《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划重点任务分解》中第 30 条规定“鼓励出租车更换三元催化器,更换周期最长不超过两年”。根据我市出租车实际运营特点,单班出租车日均行驶里程为 227 公里,年均行驶里程约为 8 万公里,两年的总行驶里程为 16 万公里。双班出租车日均行驶里程为 334 公里,年均行驶里程约为 12 万公里,两年的总行驶里程约为 20 万公里。

(如表 4-3)提出了考虑以两年为三元催化器的更换周期。单班运营模式的车辆的能满足三元催化器 20 万公里内不超过国家污染物排放限制的要求,双班运营的出租车则略有超出。

以 2 年为时间周期更换三元催化器,能基本满足我市大部分运营出租车的污染物排放的要求。结合出租车的年检制度,在车辆进行年

检时，记录并检测三元催化器的使用周期，达到2年时限时，随即予以更换，与按照里程计算进行更换相比，流程较为简便，操作更为便利。

表 4-3 北京市出租车运营里程

类型	普通车		高档车
	单班	双班	
日均行驶里程（公里）	227	334	-
年均行驶里程（万公里）	8	12	3
两年行驶里程	16	24	6
按照行驶里程两年应更换次数	1	≈1	0

4.2.2.3 根据精细化监测结果更换

目前我市交通行业已初步建立起车辆能耗和排放实时统计监测平台，具备了精细化针对部分单车的能耗和排放检测能力（如图4-3）。车辆运营、能耗和排放数据经车载通讯系统传输至该平台进行统计分析，已覆盖我市出租行业部分车辆，如图4-4例子所示，平台通过对远程传输的三元催化器氧传感器的数据信号进行分析，监测出京BN3114与京BN54199牌照车辆三元催化器工作处于不正常工作状态，需要通知司机及时检查更换。

实时监测数据	
监测车辆总数(辆) :	1980
在线车辆总数(辆) :	908
当前百公里能耗(千克标准煤/百公里) :	8.7
比上15分钟变化百分比(%) :	2.0

图 4-3 交通行业车辆能耗和排放统计实时监测统计图

车辆信息 (包含车辆:6)		
出租车(6)		
车牌号	百公里能耗	三元催化状态
京BN3114	—	✘
京BN3147	—	✔
京BN5419	—	✘
京BN5436	—	✔

图 4-4 出租车辆能耗与三元催化器状态实时监测图

通过实时精细化监测单车三元催化器工作状态的方式，可及时高效地获取三元催化器失效车辆的基本信息，通知车辆进行检测和更换，能够高效节约精细化地针对单车进行分析和处理，配合相应的监管和约束政策，可直接从每辆出车的排气口控制车辆排放。

4.2.2.4 综合分析比较

综合分析里程计数、2年更换周期和OBD精细化报警监测的三种方法。在监控效果上，OBD报警方式是实时监测车辆尾气的排放数据，车辆尾气排放的控制效果最佳。在操作层面上，采用以2年为周期的

方案 2 可以结合车辆年检同步展开进行，较其余两种方案相流程更为简便。在成本投入上，由于 OBD 报警系统需要对全行业车辆进行数据通讯传输的改造，推广前期需要较大的硬件投入。各方案的对比分析见表 4-6。

表 4-6 三元催化器更换周期方案对比

	方案 1	方案 2	方案 3
依据	三元催化器有效工作的行驶里程（20 万公里）	三元催化器的使用时间（两年）	OBD 报警时间
操作	按照车辆行驶里程表里程计数进行定期更换	首次更换按照投入运营时间起两年 再次更换按照从上一次更换起两年	OBD 报警后一个月内实施更换
配套需求	例会及维修保养时应及时记录行驶里程数	更换凭证	更换凭证及对于产品的质保要求

4.2.3 流程设计

根据前期对出租行业企业和司机的座谈和问卷调研，企业和管理人员对更换三元催化器的质量关注度最高，同时三元催化器更换过程中需要对更换过程加以控制，更换维修点亦成为决定三元催化器最终使用效果的重要因素。由于旧三元催化器含有污染物，根据相关法律法规，应参照危险废弃物进行处理。综合上述因素，以产品质量控制、保证更换服务质量和保障旧三元催化器回收三点为更换三元催化器流程设计的关键环节。

4.2.3.1 产品质量控制

前期的问卷调查显示，大部分出租企业和司机对更换的三元催化器产品质量较为关心，希望更换有产品质保的三元催化器原厂产品，在此方面，建议制定三元催化器产品认证方法及实施细则，明确三元催化器特殊标识、产品质保等相关要求，采用产品目录管理的方式，对三元催化器产品进行认证。

4.2.3.2 更换服务质量保障

三元催化器的更换环节承担着产品从单体到嵌入到车辆尾气排放的工作，对于产品质量的控制、更换服务的控制都是处于关键的地位。为保证更换服务的可信度，建议在全市具备资质且可以提供各类出租车三元催化器原厂产品的专业维修企业、4S 店、车企中进行选拔，可采取公开招标的形式，由政府对其更换单位进行评审认证。确保更换服务流程优质、高效、可信。

4.2.3.3 回收单位

由于三元催化器中含有贵金属，处置不当会对环境造成二次污染，必须参照危险废弃物的处理标准，选取专门回收单位对废旧三元催化器的回收处置进行登记、管理和处置流程控制，避免其二次流入市场，对自然环境和市场环境造成不必要的污染。建议由政府主导，在全市具备资质的废旧三元催化器回收处置单位公开招标和认证，由许可单位进行旧三元催化器处置处理，由政府对其三元催化器回收企业进行

行监管。

4.2.3.4 保障措施

三元催化器需要定期更换，属于需要长期投资的环境保障事业，其资金投入效益具有强外部性，且资金需求量大。需要探索以市场化为主导的资金支持模式，因此可以考虑通过调整承包金、租金、设立污染专项资金等方式，建立资金保障的长效机制的资金政策。

监管执法方面，质量监督部门需联合车企及三元催化器供应商等，在产品生产时应有出租车用三元催化器的特殊标识，并定期对更换后的产品进行抽检抽查。维修行业主管部门需加强对更换单位工作操作的规范性监管，定期对更换单位进行评定，经评定“合格”，可继续参与方案实施，经评定“不合格”，将依规矩取消更换资格。环境主管部门应加强监管执法力度，扩大路侧遥测的覆盖范围，对已三元催化器的更换使用效果进行跟踪评测。

4.2.3.5 流程设计

根据三元催化器更换中的质量控制、更换服务控制和回收处理三大重点。建议由相关部门对更换的三元催化器产品采用公开目录认证管理和原厂定点供应产品组合管理的方式。对维修单位和回收单位采用政府公开招标的方式确定有资格单位。

具体更换流程为，由司机向维修单位提出更换申请，维修单位审核并确认受理后根据产品目录向产品供应商提出供货需求，并与司机

确认更换时间，替换下来的旧三元催化器由回收单位按照处置协议进行

行处理。该过程完成后，由维修单位向市财政部门提交相关凭证，财

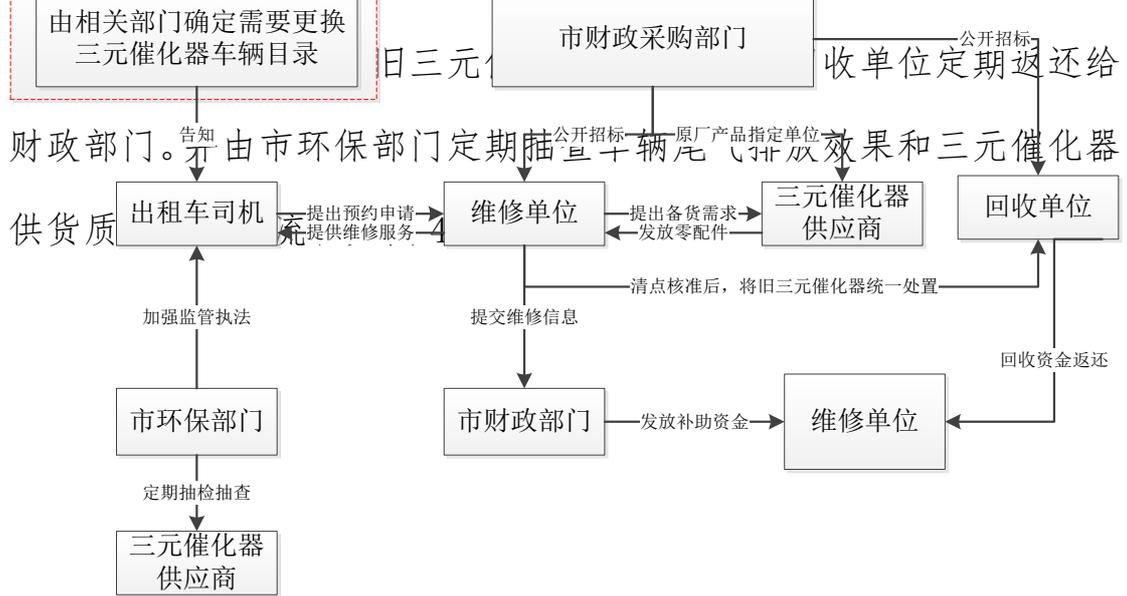


图 4-5 三元催化器更换流程

4.2.4 成本分摊

4.2.4.1 财政支持

环境本质上是一种社会公共品，公共品的非竞争性、非排他性特征决定了政府是保护环境的主导者，政府需要以社会管理者的身份，采取一系列有效的政策、措施，调节经济社会中的活动，实现环境保护目标。环境保护财政政策是指国家为保护生态环境和自然资源所涉及的政府收入与支出政策。

北京市出租行业既有企业盈利的属性，又承担着提供城市出行多样化的公共服务特质，而治理环境的成果由全社会公共享有，从理论层面上来说，应该由企业和政府共同承担三元催化器及氧传感器更换成本。

4.2.4.2 成本分配

由于目前环境效益的收益与政府及行业投入的分析关系尚无法清晰地给出定量模型，本报告针对短期实施给出三种分担方案供政府参考（如表 4-7）。

方案一：由政府全额承担。根据前期调研，三元催化器及其氧传感器的更换成本为 3209 元/套，按照 15-17 年共计更换 113079 套测算，政府及行业（包括企业及司机）各需承担资金 3.62 元。

方案二：由政府 and 行业（包括企业及司机）各承担更换费用的 50%。按照此模式分担，则政府及行业（包括企业及司机）每次更换各承担 1604.5 元，按照 15-17 年共计更换 113079 套测算，政府及行业（包括企业及司机）各需承担资金 1.81 元。

方案三：由政府承担更换费用的 33%，企业及司机承担更换费用的 67%，按照此模式，则政府每次更换承担 1070 元，企业及司机承担 2129 元/套，按照 15-17 年共计更换 113079 套测算，政府承担资金 1.21 元，出租企业及司机承担 2.42 元。

表 4-7 资金分配方案表

方案	方案 1	方案 2		方案 3	
利益群体	金额	金额	测算依据	金额	测算依据

单个产品资金分担(元)	政府	3209	1604.5	承担购置成本的 1/2	1070	承担购置成本的 1/3
	出租企业及司机	-	1604.5	承担购置成本的 1/2	2129	承担购置成本的 2/3

4.3 本章小结

根据香港经验及北京市实际情况，建立了包括产品选型、更换周期、流程设计和成本分担四个要素在内的分析框架，下面依据此框架，提出北京市定期更换三元催化器的政策建议：

1、产品选型方面，根据三元催化器后市场产品鱼龙混杂、质量参差不齐的现状，建议采取原厂正品+后市场产品目录管理的形式，有政府主导后市场产品进行目录认证，对产品质保提出要求。在确保更换产品质量的基础上，增加更换者可选择的自由空间。

2、更换周期方面，根据出租车尾气排放随里程劣化的实际道路监测结果和我市出租行业的运营现状，考虑操作便利性和出租行业排放检测现阶段水平，建议短期内采取结合车辆年检，以2年为周期进行更换。同时积极发展车辆尾气排放 OBD 监控系统搭建，长期内发展 OBD 精细化监测手段，实现单车实时跟踪更换。

3、更换流程方面，参考香港经验，根据三元催化器更换中的质量控制、更换服务控制和回收处理三大重点。建议由相关部门对更换的三元催化器产品采用公开目录认证管理和原厂定点供应产品组合管理的方式。对维修单位和回收单位采用政府公开招标的方式确定有

资格单位。更换流程为由司机向维修单位提出更换申请，维修单位审核并确认受理后根据产品目录向产品供应商提出供货需求，并与司机确认更换时间，替换下来的旧三元催化器由回收单位按照处置协议进行处理。该过程完成后，由维修单位向市财政部门提交相关凭证，财政部门发放补贴资金，旧三元催化器回收收益由回收单位定期返还给财政部门。并由市环保部门定期抽查车辆尾气排放效果和三元催化器供货质量。详细流程见图 4-2。

4、成本分担方面，由于环境治理具有强外部性，并且考虑三元催化器定期更换工程实施属于新生事物，为了提高出租企业积极性，建议由政府多负担资金压力，所以建议采取由政府全额，但同时考虑到出租企业属于非公益企业，政府全额支持易造成群众争议，短期内可由行业（出租企业及司机）负担部分成本，也可选用政府与行业各占 50%的额度进行更换。

综上所述，北京市定期更换三元催化器的核心框架是近期北京市以政府为主导，以两年为更换周期，选用原厂产品对三元催化器及配套氧传感器进行定期更换

第五章 政策评估及建议

通过前面几章的分析和总结得到,三元催化器定期更换的核心框架已经基本研究提出,即近期以政府为主导,政府全额补贴,以两年为更换周期,选用原厂产品对三元催化器(含氧传感器)进行定期更换,远期以市场为主导,通过调整租价的方式促使司机主动更换三元催化器(含氧传感器)的核心框架,但在实际实施过程中,可能会存在一定的风险,因此本章主要就方案实施后可能带来的风险进行评估,并提出规避风险的相关建议。

5.1 流程控制

在流程控制方面主要需要考虑以下三个问题:

(1) 更换规模问题:由 4.2.2 节内容可知,在北京市出租车中更换三元催化器是按照两年为更换周期,即在方案除此实施时,应将车龄超过 2 年的所有出租车辆全部更换,但考虑到按照《机动车强制报废标准规定》的要求,8 年车辆即将报废,因此首次实施时,主要讲车龄区间为 2-7 年(出租车辆车龄结构表请见表 5-1)的出租车辆三元催化器(含氧传感器)全部更换,若 2014 年开始实施,其首年的更换规模超过 4.5 万辆,2014-1017 年总计更换数量将达到 11.3 万辆(详见表 5-2),更换的规模较大。

表 5-1 北京市出租车车龄结构表

车龄	1	2	3	4	5	6	7	8
车辆数	14478	17619	8025	3718	2717	5358	7855	7276

表 5-2 更换规模表

年份	更换规模（辆次）
2014 年	45292
2015 年	14216
2016 年	39355
2017 年	14216
合计	113079

(2) 涉及单位问题：三元催化器定期更换工作涉及到的部门较多，包括市环保部门、市财政部门、市经信部门、市标准化部门、市交通管理部门、市商务部门及各出租企业。其中各个部门在实际的工作中拥有不同的职责分工，如下所示：

市环保部门：负责总体工作组织协调和检查督导；负责实施方案的宣传；负责协调出租车用三元催化器特殊标识的生产和验证；联合市交通管理部门确定三元催化器定期更换的流程；联合市标准化部门加强三元催化器产品的抽检抽查；负责加强三元催化器更换后的监管执法；联合市交通管理部门评价实施后的减排效果。

市财政部门：联合市环保部门、市交通管理部门确定三元催化器更换补贴标准，确定三元催化器（含氧传感器）供货、更换单位；负责实施方案补贴资金安排，经费使用监管，相关事项协调决策等；负责向实施单位核拨补贴资金和实施工程监管。

市经信部门：负责与三元催化器生产企业沟通出租车用三元催化器的供货价格及特殊标识的设计与生产。

市交通管理部门：配合市环保部门确定三元催化器的更换流程；配合市财政部门、市环保部门确定三元催化器的补贴标准，确定三元

催化器（含氧传感器）供货、更换单位；负责组织出租企业按照实施方案的要求落实工作任务；配合市环保部门评价实施后的减排效果。

市商务部门：负责选取具有回收资质的企业，负责废旧三元催化器及其配件的回收处置工作。

市标准化部门：负责三元催化器质保标准等编制发布工作。

各出租企业：按照实施方案的要求组织三元催化器的更换工程；负责建立出租车三元催化器使用档案管理系统，协助配合出租车催化器的使用监管。

（3）涉及环节问题：三元催化器定期更换工作，涉及到三元催化器的生产、选型、使用、监管、淘汰及回收等过程。生产环节涉及到出租车用三元催化器特殊标识的设计与制造；选型涉及到原厂、后市场产品的选择；使用环节包含三元催化器产品的维修、养护、更换等；监管环节包含三元催化器的年检、抽检抽查、执法等；回收环节主要为废旧三元催化器的处置问题。三元催化器定期更换涉及了期全生命周期的发展，进程比较复杂。

综上所述，三元催化器定期更换工作是相当复杂的不可一蹴而就。为了取得良好的效果需要探索较为完善的更换流程，建议先期制定试点方案，开展试点工作，并在实施过程中不断完善实施方案的内容及更换流程，以形成具有推广价值的实施方案。

5.2 监管执法

在监管执法方面主要考虑产品准入、产品使用、产品标准和产品

回收四个方面。

(1) 产品准入方面：目前在产品准入方面没有监管执法的要求，三元催化器产品随新车整车上市，仅按照 GB18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段)》及 GB18352.5—2013《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国V阶段)》等要求，国三、国四车辆三元催化器保 8 万公里，国五车辆保 10 万公里，对于更换产品无产品准入方面的要求。且目前原厂后市场产品较多，产品中重金属含量不一，质量良莠不齐，缺乏质量保证，无法确认更换后的实际效果。

(2) 产品使用方面：目前针对三元催化器产品使用方面的监管执法，仅通过车辆年检及路侧遥测对三元催化器工作状态的检测。出租车年检，行驶 6 年以内，每年年检一次，6 年以上每年年检两次。年检过程中要求车辆 OBD 报警灯全程无亮起，若车辆 OBD 报警灯亮起则可能为三元催化器失效，如若三元催化器失效，需要更换三元催化器后再进行年检。年检过程中要求三元催化器钢号与车辆发动机号相匹配。如果年检通过则发放环保标志，并在上路运营时，接受路侧遥测，当路侧遥测不通过时，需要到检测场重新接受检测，如果检测不通过的话，需要接受惩罚，按照《北京市大气污染防治条例》的要求，需要支付 300 元的罚款。对于检测场，如果多次出现年检合格而路侧遥测不合格的现象时，轻则处以罚款，重则处以关停三个月的处罚。但是目前这些处罚手段均为指向出租企业。而目前全市辆移动排放监测车和监测点位相对较少，出租车司机认为受到处罚的几率较低，同

时由于临时租赁三元催化器通过年检的方法较为省钱，且容易操作不宜识别，导致司机倾向于采用临时租赁的方式解决车辆因三元催化器年检问题导致监管执法，开展起来难度较大。

(3) 产品标准方面：经过调研发现，针对三元催化器的标准除排放限值类标准外，仅有两项，其一是《GB/T 18377-2001 汽油车用催化转化器的技术要求和试验方法》，此项标准规定了催化装花旗的技术要求和试验方法；其二是《HJ/T 331-2006 环境保护产品技术要求 汽油车用催化转化器》，此项标准主要规定了催化转化器的分类和命名、试验程序和方法、包装和储运等内容。综上，目前三元催化器的标准只针对设计及制造环节，对维修、质保等环约束较少，未能系统指导三元催化器更换的准入、选型、维护保养程序等环节。

(4) 产品回收方面：目前没有针对三元催化器的统一回收点，废旧三元催化器的随意处置会导致环境污染和三元催化器产品市场混乱。不良商家可以通过回收废旧三元催化器，经过翻新处理再度流回市场，影响三元催化器投入使用带来的实际效果。

综上所述，目前的监管执法手段单一，效果不是特别理想。一、建议制定不易修改的出租车用三元催化器产品特殊标识，以便于监管；二、建议加强出租车用三元催化器的质保管理，提出更高的要求，以符合行业运营的需求；三、对进入出租市场的三元催化器产品的效果及产品各项技术参数进行定期的抽检抽查；四、市标准化部门组织编制出租车用三元催化器产品特殊标识标准、质保标准、维修保养标准；五、建议探索多种渠道实现全面执法，如利用信息化手段进行 OBD 监

测、扩大路侧遥测的覆盖面积，加大执法监管的力度；六、建议加强对废旧三元催化器的回收监管，按照其特殊标识进行备案管理，以免再度流向市场。

5.3 群众争议

在群众争议方面主要考虑因定期更换三元催化器所引发的资金投入造成的。

在方案中，定期更换三元催化器涉及到政府-车辆企业-出租企业-出租司机-消费者五方利益群体，资金的投入使用需要公开化、透明化。其中政府资金主要支持公益性事业，出租行业属于市场化运营企业，政府的支持的力度过大会导致群众不满。此外若从租价中收取一定额度的环保经费，需要明示消费者并明确资金去向。

因此建议建立透明化公示制度，定期公布三元催化器产品招标价格及三元催化器更换数量，并定期公布各利益群体的资金构成表。

5.4 资金波动

资金波动主要考虑因不同车型的三元催化器价格不同，且具有一定的议价空间造成。

目前北京市汽油出租车（含双燃料出租车）共有 30 种车型，每种车型所配套的三元催化器不同，价格也不相同。另外不同排放标准车辆的三元催化器价格也不相同，以伊兰特车型为例，国三车辆更换一次三元催化器需要支付 4399 元，而国五车辆更换一次三元催化器

需要支付 6750 元，资金波动较大。

表 5-3 北京市出租车型表

燃料类型	排量	品牌	车辆型号	数量
汽油	1.6	爱丽舍	DC7160/3 系列	1570
	1.8	奥迪 A6	A6 1.8T	1
	2.0	奥迪 A6L	FV7201 系列	81
	2.4	奥迪 A6L	FV7241 系列	51
	1.8	奔驰 E260L	BJ7182EVX 系列	3
	3.0	奔驰 S300	WDDNG54X 系列	2
	3.5	奔驰 S350	WDDNG56X 系列	2
	1.6	奔腾 B50	CA7165MT4 系列	350
	1.8	奔腾 B70	CA7184MB4 系列	116
	2.0	奔腾 B70	CA7204MT4 系列	489
	2.0	奔腾 B90	CA7208MT5 系列	103
	2.5	别克 GL8	SGM6515AT 系列	2
	1.8	红旗	CA7180/2MT 系列	36
	2.0	红旗世纪星	CA7202E3 系列	43
	1.6	捷达春天	FV7160 系列	5098
	2.0	领翔	BH7203 系列	6
	2.0	帕萨特	SVW7203E/FPD 系列	508
	2.4	全顺	JX6477A 系列	10
	1.8	桑塔纳 3000	SVW7182CQD 系列	318
	2.0	索纳塔	BH7200MW/MX/MY 系列	508
	2.0	索纳塔八代	BH7201DMZ 系列	235
	1.6	新桑塔纳	SVW71612LS 系列	712
	1.6	伊兰特	BH7160/BH7162 系列	54914
2.4	英伦牌	SMA7240E4 系列	30	
2.0	御翔	BH7202AY 系列	1	
CNG 双燃料	1.6	伊兰特	BH7160/BH7162 系列	2000

表 5-4 北京市出租车型表

排放标准	三元催化器	氧传感器	人工费	合计
国三	3209	840	350	4399
国四	5000	1400	350	6750

综上所述，建议由市环保部门联合市经信部门沟通车辆生产企业或三元催化器（含氧传感器）供货企业降低供货价格，并通过招标等

方式尽量降低人工维修成本。

5.5 长效机制

由于任何一项政策和其保障措施的灵活性都可能具有缺失和不足，其政策的实施都可能存在效果递减的风险，需要考虑远期效果，从上面提到的政策框架分析得到，影响此项政策长效性的因素主要为资金压力和监管执法两个方面。

资金压力方面，因为更换规模比较大，资金投入较大，仅靠政府和出租企业（含出租司机）投入，资金压力较大，且更换三元催化器最主要的目的是保护交通环境，是出租车辆生产者、拥有者和使用者的共同责任，因此应探索车辆企业-出租企业-出租司机-消费者四方的成本分摊机制。消费者主要通过乘坐出租车支付车费筹集三元催化器更换资金，主要表现在提高租价上。

表 5-5 资金消费表（以政策框架选取的方案为准）

年份	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	合计
更新总规模	45292	14216	39355	14216	113079
政府（含车辆企业）	1.33	0.42	0.16	0.42	3.33
出租企业	0.23	0.07	0.20	0.07	0.57
出租司机	0.27	0.09	0.24	0.09	0.68
合计	1.83	0.58	1.59	0.58	4.58

监管执法方面，因目前仅依靠出租车年检及 22 辆移动监测车 80 余个点位的路侧遥测的方法进行监管，监管的覆盖面积较小，监管执法难度较大，且仅覆盖三元催化器使用阶段，对于三元催化器的准入和回收没有监管的方法和手段。同时针对目前人工执法的成本较高的

现象，建议探索长效的、全面的监管执法的行政措施和管理手段。

综上所述，针对资金压力方面，近期应通过协调车辆生产企业或三元催化器（含氧传感器）的供货价格，远期将通过调整租价的方式分担资金压力。针对监管执法方面，首先健全监管执法体系，从三元催化器生产-准入-使用-回收全生命周期进行监管执法，保障监管执法效果，针对使用环节，主要可以通过信息化手段对三元催化器工作状态进行实时的 OBD 检测，并建立一类二类维修企业信息联网，监管三元催化器的维修和更换。

5.6 本章小结

综上所述，为了规避政策实施带来的流程控制、监管执法、群众争议、资金波动和长效机制方面的风险，建议在方案实施的过程中，以“试点先行、逐步铺开”的核心路线、健全从三元催化器生产-准入-使用-回收全生命周期进行监管执法体系，采取透明化的资金管理模式、短期由政府相关部门协调降低产品价格，远期通过调整租价缓解更换三元催化器的资金压力。并通过信息化手段逐步实现三元催化器工作状态的实时监测和对维修更换的监管。

第六章 政策方案及效果预估

根据北京市的出租行业的实际情况，结合前几章关于政策框架及风险规避的建议，研究提出具体的政策方案分近期与远期。

6.1 近期政策方案

近期政策方案的主要思路是以更换出租车三元催化器（含氧传感器）削减出租车污染物排放总量为重点，采用“政府主导、试点先行、逐渐铺开”的总体路线，通过对三元催化器（含氧传感器）从生产、选型、使用、淘汰、回收等全生命周期的管理，积极推进出租车超标三元催化器的定期更换。其工作目标是通过政府补贴，到 2017 年，实现全市传统燃料出租车中超标的三元催化器（含氧传感器）全部更换，促进出租车排放总量的大幅度下降。近期针对政府的补贴额度有两种方案，方案一是政府全额补贴（除回收收益），方案二是政府与出租企业（含出租司机）各分摊 1/2。

6.1.1 方案一

近期是按照《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划》的要求，于 2015-2017 年间启动三元催化器定期更换的工作，其中 2015 年选取 2 家企业进行试点工作，2016 年选取 12 家（含 2015 年试点的两家）大型出租企业进行试点工作，2017 年全面铺开。按照以下操作步骤执行。

第一步：由市财政部门、市环保部门、市交通管理部门公开招标，确认三元催化器（含氧传感器）供应商、维修单位及回收单位。要求三元催化器（含氧传感器）供应商提供需更换出租车型的原厂产品。

第二步：由市交通管理部门、市环保部门认定符合资助资格的车辆。在计划期内，所有在市交通管理部门运输局登记的投入运营时间超过2年且不超过7年（已经更换三元催化器的车辆运营未超过两年的除外）的汽油（含双燃料）出租车。

第三步：由市交通管理部门告知试点出租企业，由试点出租企业告知需要更换三元催化器的出租司机。

第四步：出租司机向维修单位提出预约申请，并在指定日期内到维修单位接收维修服务。更换完成后，回到出租企业备案，并由出租企业报市交通管理部门运输局备案。

第五步：维修单位按照一定周期向市财政部门提交维修清单，由市财政部门审核通过后，向维修单位发放补助资金。

第六步：由维修产生的废旧三元催化器清点核准后，定期统一移交至回收单位，回收收益由回收单位支付给维修单位。

第七步：市环保部门加强监管执法，并对三元催化器供应商进行定期抽检抽查。

按照上述的操作流程，建议于2015年启动三元催化器定期更换工作，建议按照以下选取原则进行选取：

- （1）北京市国有大型客运骨干企业；
- （2）车辆规模适中（2000-4000辆），具有普遍代表性；

(3) 公司有汽车维修厂。

根据以上原则建议选取北汽九龙和祥龙出租开展更换试点工作。按照企业目前的车辆车龄分布情况，共计需要更换 3987 辆，总计需要投入 3507.6 万元。可实现 CO 减排 1134.3 吨、HC 减排 117.2 吨、NOx 减排 306 吨。

表 6-1 试点企业车辆及更换计划表

企业	车辆总规模	2014 年更新规模	资金合计 (万元)
北汽	3720	2199	1934.6
祥龙	2466	1788	1573

2016 年选择十二家大型出租企业更换三元催化器，总计需要更换 26623 辆车，总计需要投入资金 2.34 亿元。可实现 CO 减排 0.9 万吨、HC 减排 911.8 吨、NOx 减排 2265.7 吨。

表 6-2 大规模试点车辆及更换计划表

企业	车辆总规模 (辆)	2015 年更新 (台)	资金总计 (万元)
北汽	3720	1341	1179.8
祥龙	2466	1108	974.8
首汽	4307	3165	2784.6
北方、北创	5086	4093	3601
银建 (含金建、金银建)	12691	9614	8458.4
三元	1019	527	463.6
首汽友联	1309	923	812
新月联合	6747	4026	3542
渔阳	2456	1826	1606.6
合计	39801	26623	23422.8

2017 年全面铺开，总计需要更换 34767 辆车，总计需要投入资金 3 亿元。可实现 CO 减排 1.1 万吨、HC 减排 1038.2 吨、NOx 减排 2612.6 吨。

6.1.2 方案二

方案二的资金分摊方式为政府一半，其他由出租企业和司机承担。按照以下操作步骤执行。

第一步：由市财政部门、市环保部门、市交通管理部门公开招标，确认三元催化器（含氧传感器）供应商、维修单位及回收单位。要求三元催化器（含氧传感器）供应商提供需更换出租车型的原厂产品。

第二步：由市交通管理部门、市环保部门认定符合资助资格的车辆。在计划期内，所有在市交通管理部门运输局登记的投入运营时间超过2年且不超过7年（已经更换三元催化器的车辆运营未超过两年的除外）的汽油（含双燃料）出租车。

第三步：由市交通管理部门告知试点出租企业，由试点出租企业告知需要更换三元催化器的出租司机，并向出租司机提供部分维修资金。

第四步：出租司机向维修单位提出预约申请，并在指定日期内到维修单位接收维修服务，并在维修完成后向维修单位支付除政府补贴、回收收益以外的维修费用。更换完成后，回到出租企业备案，并由出租企业报市交通管理部门运输局备案。

第五步：维修单位按照一定周期向市财政部门提交维修清单，由市财政部门审核通过后，向维修单位发放补助资金。

第六步：由维修产生的废旧三元催化器清点核准后，定期统一移交至回收单位，回收收益由回收单位支付给维修单位。

第七步：市环保部门加强监管执法，并对三元催化器供应商进行

定期抽检抽查。

2015 年在北汽九龙、祥龙出租开展试点工程，需要政府投入资金 1753.8 万元。

2016 年在十二家大型企业开展大规模试点工程，需要政府投入资金 1.17 亿元。

2017 年在全市大范围开展更换工程需要政府投入资金 1.5 亿元。

经过计算，近期政策方案实施 2015-2017 年共计可实现 CO 减排 3.3 万吨、HC 减排 3213.4 吨、NO_x 减排 8061.8 吨。

6.2 远期政策方案

远期政策方案的工作思路由市场主导，通过调整租价获取出租车用三元催化器长效的资金支持，通过信息化手段辅助监管的核心思路进行出租车用三元催化器的定期更换。工作目标是针对 6.7 万辆汽油（含双燃料）出租车按照两年为更换周期、并辅以 OBD 监测为更换的依据，实现定期更换。

远期将按照以下工作步骤完成三元催化器定期更换工程的实施和监管。

第一步：需要更换车辆认定。在计划期内，所有在市交通管理部门运输局登记的投入运营时间超过 2 年的汽油（含双燃料）出租车（更换三元催化器的车辆运营未超过两年的除外）或并可参考 OBD 报警信息。

第二步：由政府相关部门组织公开招标，确定三元催化器（含氧

传感器) 供货商、维修单位、回收单位, 其中三元催化器在市场标准未健全时, 仍采用原厂产品。

第三步: 出租司机确认所驾乘的车辆需要更换三元催化器时, 主动与维修单位提出预约申请, 并在指定时间内接受更换服务, 并支出除回收收益以外的维修费用。维修完成后回到出租企业备案。

第四步: 由维修产生的废旧三元催化器清点核准后, 定期统一移交至回收单位, 回收收益由回收单位支付给维修单位。

第五步: 市环保部门加强监管执法, 并对三元催化器供应商进行定期抽检抽查。

按照以上方案进行三元催化器的定期更换工作, 年均约计需完成 1.7 万台。如果全部由租价支出, 按车年均行驶里程 10 万公里, 里程利用率 65% 计算, 经测算需要一公里提高租价 1 角钱, 可支持以两年为更换周期。经粗略计算, 年均将实现 CO 减排 5567.5 吨、HC 减排 479.4 吨、NO_x 减排 1101.6 吨。

6.3 本章小结

本章通过对政策框架和政策实施后可能存在风险的综合考虑, 设计了近期和远期共三个工作方案, 并提出了各个方案的工作思路、工作目标和工作步骤, 并预估了方案实施后预计将产生的环境效益。

总结得出, 如果按照近期政策方案实施 2015-2017 年共计可实现 CO 减排 3.3 万吨、HC 减排 3213.4 吨、NO_x 减排 8061.8 吨。远期政策方案实施, 经粗略计算, 年均将实现 CO 减排 5567.5 吨、HC 减排

479.4 吨、NO_x 减排 1101.6 吨。

第七章 结论

本项目通过开展车辆测试、问卷调查、经验分析、沟通调研、方案设计与效果预估等工作的开展，主要得到以下工作结论：

（一）针对国三、国四排放标准的出租车辆开展的测试得到以下结论：

（1）三元催化器是减少出租车辆排放的有效装置：安装三元催化器的出租车辆与未安装的相比，NO_x、CO、HC 污染物排放分别减少了 97%、83%和 82%。

（2）三元催化器的减排效果会随车辆行驶里程的增加逐渐衰减：当行驶里程达到 20 万公里左右时，三元催化器对尾气净化效果急剧下降，排放超过限值。

（3）产品质量直接影响到三元催化器的使用效果：在测试中发现整车产品的批次不同，排放随行驶里程劣化的情况不同，主要体现出各批次产品质量不一，可以通过提高对产品质量的要求与检测降低车辆排放。

（二）通过问卷调查，回收了 6083 份司机版有效问卷和 12 份企业版有效问卷，统计分析得到以下结论：

（1）通过司机版调查问卷总结得到约 63%的出租车辆三元催化器处于失效状态；在三元催化器出现异常后，仅有 8%的司机主动更换了异常的三元催化器。

（2）通过企业版调查问卷总结得到，企业希望政府能够在三元

催化器产品选型和质量保障环节发挥作用，提供优质的原厂产品。在更换流程环节，企业建议政府能够确定维修点，方便司机自行前去更换。在监管执法环节，企业建议相关部门能够加大执法力度，严格执法。

（三）通过国际经验的研究分析，发现以香港为代表的大城市开展过三元催化器更换的工作，香港推行政策的核心思路是政府基本全额补贴、由政府招标零件供应商及车房、更换后零件供应商及车房提供质保，由政府加强监管，且更换过程中氧传感器一同更换。

（四）经过沟通交流并结合上述研究结论，得到北京市定期更换三元催化器的核心框架是近期北京市以政府为主导，以两年为更换周期，选用原厂产品对三元催化器及配套氧传感器进行定期更换。

（五）通过研究分析，发现上述政策在实施后存在流程控制、监管执法、群众争议、资金波动和长效机制方面的风险，建议：

（1）在方案实施的过程中，近期以“试点先行、逐步铺开”的核心路线、健全从三元催化器生产-准入-使用-回收全生命周期进行监管执法体系，采取透明化的资金管理模式、短期由政府相关部门协调降低产品价格；

（2）远期通过调整租价缓解更换三元催化器的资金压力，并通过信息化手段逐步实现三元催化器工作状态的实时监测和对维修更换的监管。

（六）通过上述研究结论，本研究项目设计了近期和远期共三个工作方案，预估方案实施的效果发现：

(1) 近期政策方案实施 2015-2017 年共计可实现 CO 减排 3.3 万吨、HC 减排 3213.4 吨、NO_x 减排 8061.8 吨。

(2) 远期政策方案实施, 经粗略计算, 年均将实现 CO 减排 5567.5 吨、HC 减排 479.4 吨、NO_x 减排 1101.6 吨。

参考文献

- [1] 中国环境科学研究院 中国汽车技术研究中心.中国城市出租车排放现状 及控制措施研究.中国可持续能源项.G-0802-09790 2014 年 4 月
- [2] Manufacturers of Emission Controls Association.Aftermarket Converter Technology for Gasoline Light-Duty Vehicles.December 2009
- [3] 思汇政策研究所.香港道路车辆监测与保养方案综述 2013 年 8 月
- [4] GB/T18377-2001 汽油车用催化转化器的技术要求和试验方法
- [5] 朱传勇,胡京南,鲍晓峰,高宇,张巍,张宇. 高里程出租车的排放控制措施[J]. 环境科学研究,2012,03:265-269.
- [6] 丁蓉蓉. 浅析汽车三元催化器技术[J]. 科技创新与应用,2012,10:15.
- [7] 程正茂. 浅谈三元催化器的结构原理及故障诊断与排除[J]. 汽车维修,2012,06:6-7.
- [8] 王猛,刘宪,郭冬冬,曹宏林. 北京市高里程出租车排放研究[J]. 车辆与动力技术,2013,02:51-53.
- [9] 陈昊,马其华,耿莉敏. 氧传感器对排放及三元催化器转化效率的影响研究[J]. 郑州大学学报(工学版),2007,02:93-96.
- [10] 郝宝玉. 车用三元催化器快速老化试验研究[D].武汉理工大学,2011.

-
- [11] 郭晓龙,陈翀,唐岚. 三元催化器的失效机理及故障诊断系统的研究[J]. 四川工业学院学报,2003,04:66-68+72.
- [12] 中国环境科学研究院.国四出租车排放劣化研究报告
- [13] Item for finance committee head 44,One-off subsidy to assist vehicle owners to replace the catalytic converters and oxygen sensors of their petrol and liquefied petroleum gas taxis and light buses.F
CR(2012-13)7