



拥堵费和低排放区

国际最佳经验

前言

中国是全球最大的新车市场，并且在预计未来 10 年左右将超过美国拥有全世界最大的汽车车队。快速增长的机动车保有量除了导致中国石油消费的快速增加，也对地方城市带来了交通拥堵和空气质量恶化的挑战。一方面，城市和国家各级行政主管部门在不断探索调整城市功能和空间规划以根本上降低出行需求，大力推进城市公共交通的发展以从结构上扭转快速增长的小汽车出行，发展电动汽车以从技术上实现尾气零排放；另一方面，通过牌照拍卖、抽签以及两者相结合的新车销售总量控制在北京、上海、广州等城市得以实施。但是总体而言，从上至下的行政手段偏多，而通过经济政策调节汽车使用行为，降低使用强度还有较大空间。

2012 年和 2013 年中国连续两年冬季大范围、高强度、长时间的空气污染事件极大促进了各级政府出台了一系列应对措施。北京发布的《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划》明确提出“研究城市低排放区交通拥堵费征收方案，推广使用智能化车辆电子收费识别系统，引导降低中心城区车辆使用强度”，并在《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划重点任务分解》中进一步要求“市交通委、市环保局牵头规划低排放区，研究制定征收交通拥堵费政策”。此外，其他特大型城市对拥堵费的关注也在持续增加。为了支持各地尤其是北京在这方面的的工作，在交通部和环保部的指导下，能源基金会中国支持交通运输部科学研究院、环境保护部机动车排污监控中心、浙江省交通运输厅于 2013 年 12 月 12-13 日在杭州举办了“缓解交通拥堵，改善空气质量经济政策国际研讨会”。会议邀请了来自英国伦敦、瑞典斯德哥尔摩、意大利米兰、新加坡、美国明尼苏达州和纽约市等的国际专家系统介绍了国外在研究、制定、实施拥堵费和低排放区方面的经验。会后基于广泛的积极反馈，能源基金会中国决定邀请参会的 6 位专家分别撰写一篇技术报告以更全面深入的总结各自的经验和教训并得到了这些专家的同意。

这份报告前后经过半年左右的时间撰写、翻译、校正、排版和打印装订，在此，能源基金会中国首先要感谢英国伦敦交通局的 Steve Kearns 先生、瑞典斯德哥尔摩环境和健康办公室 Gunnar Soderholm 先生和斯德哥尔摩 KTH 皇家科学学院的 Jonas Eliasson 教授、意大利米兰交通、环境和土地管理局 Silvia Moroni 女士、新加坡陆路交通管理局 Goh Shou Xian 先生、美国明尼苏达州交通运输局 Kenneth R. Buckeye 先生和纽约市培育自然基金会 Charles Komanoff 先生的大力支持和贡献，同时也对会议和文章准备过程中美国阿岗国家实验室高级科学家王全录博士给予的支持表示感谢。

由于受到时间、精力、资源等条件限制，最终定稿的文本可能还存在一些翻译不到位甚至错误的地方，请大家斧正。

能源基金会中国交通项目、可持续城市项目
2014 年 8 月

作者简介



Steve Kearns 在过去的 12 年中一直在伦敦交通局工作，其中有 7 年在伦敦市中心拥堵收费项目组工作。其工作职责包括支持拥堵费项目相关的概念管理、交通系统和措施的设计和实施等。

从 2008-2012 年，他曾服务于伦敦交通局的技术发展组，促进新技术的开发，如试用路边预订服务，预订货运车辆和电子设备进行流量管理以管理交通流量。

在伦敦交通局工作以前，他在伦敦地方机构和社会组织中任交通规划师工作了 15 年，其服务的主要项目包括推动交叉铁路线的连接和伦敦东部斯特拉斯福地区的交通和商业提案（在 2012 年奥运会中得到广泛应用）。

Steve Kearns 在威斯敏斯特大学交通规划专业获得硕士学位，是公路及运输学会成员，还是欧盟市区专家组的成员。



Jonas Eliasson 博士是斯德哥尔摩 KTH 皇家科学学院交通系统分析专业的教授、交通研究中心主任。埃里森教授长期从事交通政策和评价方法的分析、开发和应用。

斯德哥尔摩 2006 年引入的拥堵收费政策，由他负责该政策的设计和评估。他还是多个国家和城市领导们的顾问专家，主要关注可持续交通设计、交通定价及社会和经济影响分析。

他是瑞典政府交通相关问题的主要顾问，主持了“全国交通投资计划”分析委员会的研究，他还是全国评价导则专家委员会的成员之一，并负责为多个重大交通投资项目做评估和预测。他曾发表 50 多篇科学论文探讨如成本效益分析、交通建模、交通定价、交通政策的可接受度以及交通时间和可靠度的社会效益评估等议题。



Goh Shou Xian 从 2011 年起担任新加坡土地与交通管理局政策部经理助理。其主要工作职责范围涉及私人机动车政策，主要集中于管理机动车的保有和使用政策的制定和实施，以及地面交通排放管理政策。

陆路交通管理局（LTA）是新加坡交通运输部下属的法定机构，是专门负责新加坡陆路交通的发展。“提供满足不同需求的、有效率的和成本有效的陆路交通系统”是机构使命宣言。



Ken Buckeye 是明尼苏达州交通运输局的政策分析、研究和创新办公室的价值定价项目经理。

他在交通规划和项目管理领域拥有超过 20 年的工作经验，涵盖几乎所有交通模式研究模型。他最近的工作主要专注于替代方案价值定价研究，旨在推进交通需求管理和交通系统的经济调控。他目前正在领导该部门制定和实施通过全国城市伙伴协议建立远程管理体系。**Ken Buckeye** 本科毕业于圣克劳德州立大学城市事务和商业管理专业，硕士毕业于南伊利诺伊大学城市与区域规划专业。



Charles Komanoff 是美国著名的能源政策分析师，他在纽约交通经济政策和环保活动中做了大量工作。他目前的主要工作是与著名的社会活动家怀特·科尔一起，从事针对纽约市交通定价和免费公共交通的建模和宣传。他还是美国碳税研究中心主任，研究和宣传采取收入中性的碳税政策来应对气候危机。

20 世纪 80 年代，Charles Komanoff 重新启动了纽约市自行车行动的宣传；20 世纪 90 年代，他作为发起人之一创建了行人权力组织“Right Of Way”，撰写和编纂了以下具里程碑意义的重要著作：《补贴公共交通》、《自行车蓝图》、《汽车肇事》。查尔斯·考曼诺夫还撰写了富有远见的节油报告——《终结石油时代》。Charles Komanoff 毕业于哈佛大学的数学与经济专业。



Silvia Moroni 女士 2002 年博士毕业于米兰理工大学环境工程专业，以米兰为研究案例，其博士论文题目为“机动车交通排放与大气质量：大城市地区管理要素”。她已在米兰交通、环境与土地局工作了十几年，主要负责环境与能源部门下的大气质量规划部门。

她主管与大气质量评估相关的项目，集中于规划措施或新技术的环境影响、着重与车辆排放相关的污染检测和排放清单，在这些课题中，她与其他重要研究中心有多年的合作。近年，她的兴趣和研究重点主要在大气污染相关的健康影响评估。**Silvia Moroni** 女士曾在多次国际会议上发表演讲，曾在大学主讲硕士课程，还曾在由中国环保部和意大利环境部合作的中意可持续项目中讲授关于可持续交通管理课程。

伦敦市拥堵收费政策



Steve Kearns

伦敦运输局

2014年2月

摘要

本报告介绍了伦敦道路收费政策的历史，包括从上世纪 60 年代首次认真考虑道路收费，到 2003 年推出伦敦中央区拥堵收费制度。报告介绍了当前收费制度的主要运营特征，为向广大利益相关者宣传该制度所采取的沟通策略，为该制度推出的交通管理配套措施计划与公共交通方案，以及这些配套措施在收费制度成功实施过程中所发挥的作用。

此外，报告中也介绍了与拥堵收费制度有关的其他一些政策和背后的考虑，如 2007 年推出西部延伸区和 2010 年取消西部延伸区的过程，以及全伦敦低排放区的推出等。

本报告中概述了拥堵收费制度对于交通和经济、社会的影响，之后是对经验教训的最终评价，希望给其他城市对道路收费政策感兴趣的人士带来广泛的启发。

目录

1	简介	1
2	收费制度的主要要素	3
3	沟通策略	5
4	配套措施计划	8
5	西部延伸区	18
6	低排放区	22
7	拥堵收费的影响	26
8	经验教训	29

1 简介

1.1 伦敦拥堵收费政策的历史

拥堵收费，或人们较熟知的“道路收费”，这个概念并不新鲜。20 世纪 60 年代早期，英国运输部成立了一个由鲁宾·施密德主持的专家委员会。他们的职责便是研究汇报改进道路使用收费的各种方案及技术可行性。他们得出的结论认为，当时采用的机动车税（之后很少有变化）无法限制人们的出行，这些出行增加了其他人的成本。该委员会建议直接对道路使用者收费，他们相信，相比税收或其他形式的收费，这种方式可以实现更好的结果，因为他们将不同出行的拥堵成本差异考虑在内。

1967 年，英国运输部公布了“更少车辆，更美城镇”研究的结果。该研究支持了施密德报告的调查结果，同样建议直接道路收费是限制交通流量最有效的方法。报告承认，当前没有切实可行的系统来实施这个制度，建议在这方面进行深入的研究和开发。

在上世纪 70 年代初，为响应人们对拥堵影响生活质量和城市效率的担忧，大伦敦市议会发起了多项研究，调查限制交通的方法。他们得出的结论认为，限制交通流量最好的方法，是推出补充通行证系统，日间通行指定区域的机动车必须购买并出示纸质通行证。推出该政策，其将能产生显著的经济和环境效益，扣除支持该制度与相关措施的实施成本外，还能带来额外收益。然而，社会对于该制度对低收入群体、社会经济、分流交通量导致的问题和实施可行性等问题表示了担忧。因此，该提案未予以实施。

上世纪 80 年代，作为向英国政府提供伦敦战略规划建议工作的一部分，伦敦规划咨询委员会（LPAC）对多项交通策略进行了研究。这些研究得出的结论认为，拥堵管理对于伦敦的交通政策极为重要。公共交通的改善并不足够解决拥堵问题；需要采取直接措施限制道路交通，实现道路空间更合理的供需平衡。该委员会提出了各种可以解决上述问题的可行方法，其中，拥堵收费再次被认为是最好的方法。最终，在 LPAC1998 年向国务大臣提交的战略建议中，建议将拥堵收费作为伦敦的一项备选政策。

1991 年，对拥堵问题的担忧，致使运输部启动了伦敦拥堵收费研究项目。研究报告于 1995 年发布，报告认为，伦敦推出拥堵收费将减少拥堵，产生净收入，在财务和经济两方面，迅速收回最初的成本。研究还认为，拥堵收费对伦敦的经济活力不会产生显著影响，甚至可能有改善效果。但研究也提出，可能会使有些群体利益受损，需要对更易受到影响的个人和社会群体提供保护。

1.2 伦敦道路收费选择（ROCOL）研究

1998 年，伦敦政府办公室成立了一个独立专家工作组，研究如何在伦敦中央区实施拥堵收费制度。《伦敦道路收费选择》（ROCOL）报告研究了包括纸质通行证和电子道路收费等一系列的收费技术方案。最终的结论是，采用自动车牌识别（ANPR）技术、每天收费 5 英镑的区域通行证制度，会对伦敦中央区的交通状况产生显著影响，交通量可减少约 12%。减少拥堵将带来出行速度、可靠性的提高，并产生经济效益，这些也会给当地企业带来帮助。

同时，ROCOL 报告称，基于纸质许可证的区域通行证制度，采取在挡风玻璃上展示通行证，由执法人员肉眼检查的方式，将导致较高水平的违规现象（违规得不到发现或被误判），进而导致该制度遭到诟病。而更为复杂的电子道路收费要求安装车载设备，ROCOL 报告称电子收费制度不太可能在四年内在伦敦中央区开始执行。

ROCOL 报告的建议形成了伦敦中央区拥堵收费制度的基础设计。

1.3 1999 年《大伦敦政府法案》

1999 年，英国议会通过了《大伦敦政府法案》，该法案在伦敦创造出战略性的独特的城市管理形式。基于该法案成立了大伦敦政府（GLA），该政府由民选市长和独立选举产生的伦敦市议会组成。市长拥有行政职务，可代表 GLA 制定决策，伦敦市议会拥有监察权。除了交通问题外，大伦敦政府对多个领域负责，包括经济发展规划、政策制定和防火与应急规划等。

《大伦敦政府法案》（2000 年《交通法案》对其进行了修改）也是授权市长在伦敦推出拥堵收费制度的法律文书。法案中规定：

- 收费机构为伦敦运输局，其职责是执行市长的交通策略，管理市长负责的交通服务。
- 市长对于收费制度的设计有相当大的自由裁量权。但政府有权干涉相关问题，如罚金的最大金额、符合国家政策的豁免或折扣，以及收取的费用如何支出最有效。
- 关于伦敦市范围内的停车管理非刑事化处罚，法案允许次级立法裁定未支付拥堵收费或罚金为民事责任而非刑事犯罪，由机动车登记所有人负责。
- 至少十年内，收费制度的所有收益，必须根据市长的交通战略用于改善交通。

2001 年，伦敦中央政府还制定了相关规定来解决罚金、机动车锁车与拖车程序、判决、申诉和上诉程序以及罚金的返回等问题。

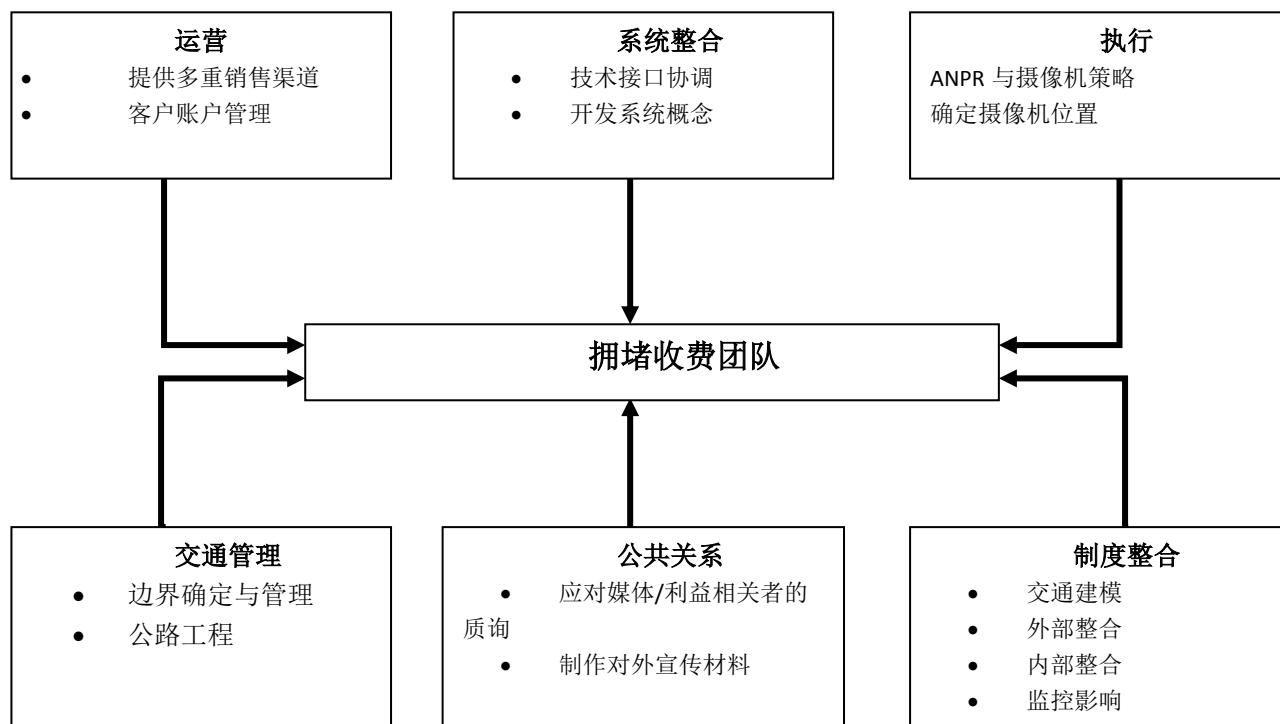
1.4 市长选举

1999 年开始的伦敦市长选举共有四位来自主要政党的候选人和一位独立候选人肯·利文斯通。其中有一位做出的竞选承诺是在伦敦中央区推出拥堵收费制度。这是一个勇敢的决定，因为拥堵收费被认为是很难打动选民的一项政策，但与此同时，这也表明了对该政策高水平的政治承诺。最终，肯·利文斯通的政治赌博获得回报，2000 年 5 月，他当选伦敦市市长。

肯·利文斯通让自己面临一个巨大的挑战。在伦敦市中心工作的一百万人中，有七分之一乘坐小汽车出行。在高峰时段，每小时超过 50,000 辆机动车进入伦敦中央区，导致工作日全天的平均速度仅有每小时 9 英里。拥堵收费制度预计将使中央区的交通量减少 10% - 15%。这将使中央区的排队延迟减少 15% - 30%，并改善通往该收费区的主要道路的交通状况。

1.5 伦敦运输局拥堵收费团队的创建

2000 年 7 月，伦敦市长要求伦敦运输局调查在伦敦实施拥堵收费制度的各种选择。于是诞生了一支负责实现市长竞选承诺的团队。该团队还被赋予了专门的项目管理职能与一般采购职能。



2 收费制度的主要要素

2.1 收费适用地区？

收费制度覆盖伦敦中央区的核心地区（21 平方公里），该区域以内环路作为界限。该制度对在收费区内的公路上使用机动车收费，不对在内环路上使用机动车进行收费。

2.2 收费金额是多少？什么时间收费？

标准收费最初为每天每辆车 5 英镑，之后逐渐提高到 10 英镑，目前正在协商将收费提高到 11.50 英镑。收费可按周、按月或按年缴纳。收费时间为周一至周五上午 7:00 至下午 6:30。公共假日和银行休假日不收费。

2.3 何时缴纳收费？

若需在收费时段在中央区的道路上行驶或停泊（除非在居民区停车位），必须将每辆机动车（除非有豁免权）的牌照号码通知收费机构伦敦运输局，除非获得 100%折扣，否则均必须缴费。大多数使用者会在进入中央区之前，通过自动支付系统提前缴费。但也允许在出行后当天的午夜之前将机动车牌照号码通知伦敦运输局，不过这种情况就需要支付 12 英镑（相比 10 英镑的标准收费额外收取 2 英镑），目的是鼓励提前支付，更好地规划行程和保障标准收费得以有效实施。

2.4 哪些车辆将被收费？

拥堵收费适用于所有机动车，豁免车辆和享受 100%折扣的除外。完全豁免车辆包括：

- 摩托车与机动自行车；

- 按英国司机车辆执照局分类为应急车辆的机动车；
- 不需缴纳车辆消费税的英国国民健康服务车辆（如患者运送车辆）；
- 9个或以上座位的公交车和长途公共汽车（公共服务车辆）；
- 残疾人使用的车辆和残疾人专用车辆（如无需缴纳车辆消费税的拨召公车）
- 伦敦牌照的出租车（‘黑色出租车’）和小型出租车。

某些机动车有资格享受 100%的拥堵费折扣，但这些车辆必须提前注册，并需核实其身份。该类车辆包括：

- 某些类型的军用车辆；
- 应急服务机构使用的额外工作车辆（如警方司法团队使用的用于处理事故的车辆）；
- 伦敦中央区使用的主要车辆，如垃圾车、‘送餐服务车’和街道养护车辆；
- 社区小型公共汽车。

部分机动车有资格享受 100%折扣，但必须支付年注册费 10 英镑，用于支付行政管理和核查的费用。该类车辆包括：

- 所有替代燃料（如天然气、电力和燃料电池）车辆（包括生物燃料/双燃料汽车）。厢式货车和卡车最初必须达到欧 III 排放标准。小汽车的排放最初需要比欧 IV 标准严格 40%；之后，这些要求变得更加严格；
- 特殊改造的救援车辆（如机动车组织用于故障排除的车辆）；
- 由有资质的、独立机构运营（如 AA、RAC、绿色旗帜等）的、用来提供道路救援或抢修的在用故障救援车辆；
- 获得欧盟蓝色徽章由残疾人驾驶或用于接送残疾人的车辆

登记在中央区内居民名下的私家车辆可获得 90%的拥堵费折扣。该折扣需要确认居民居住情况、车辆所有权，并每年支付 10 英镑注册费。该折扣适用于最低需缴纳一周的拥堵费情况（缴纳一周拥堵费标准情况下是 50 英镑，折扣后即只需缴纳 5 英镑）。拥有相关停车许可并在中央区内居住的居民，可在当地停车区内的居民路内停车位全天停车，无需支付费用。但若居民在收费时段驾驶车辆出行，则应支付折扣费用。

2.5 收费制度如何运行？

在中央区内使用机动车的驾驶人员提前或在出行当天支付收费，并将其机动车牌照号码提交到数据库中。伦敦运输局负责维护机动车牌照号码数据库。个人机动车牌照号码的提交可按一天、一周、一个月或年度来输入。驾驶人员最初可以通过零售点、邮件、电话或互联网支付费用和提交机动车牌照号码。2011 年自动支付推出以后，迅速成为最受用户欢迎的支付方式。自动支付需要在伦敦运输局数据库中保留机动车的永久记录。此外，自动支付也提高了伦敦运输局的运营效率，因为它可以大幅降低与罚金通知处理有关的后台成本。自动支付需要驾驶人员向伦敦运输局提供信用卡或借记卡详细信息，之后便可以每月支付未支付的收费，类似于 Pay As You Go 手机账户。

自动支付也可适用于部分车队运营商。目前，总计超过 70%的用户通过自动支付或车队支付缴费。车辆上无需出示通行证或安装设备。

2.6 收费制度如何执行？

进入中央区或在中央区行驶的机动车牌照将受到固定照相头网络的“监查”（最初也使用移动照相机）。停靠的机动车也会受到巡逻队的“监查”。任何机动车的登记所有人，若被确认其名下车辆位于中央区但并未支付对应的拥堵费，则需要支付 120 英镑罚金。若在 14 日内支付，可减免到 60 英镑。若未支付罚金，且没有提出申诉或上诉，28 日后车辆登记所有人将必须支付罚金 180 英镑。

最初针对屡次逃费者，例如机动车涉及三笔或三笔以上罚款，还推出了锁车和/或拖车制度。锁车和/或拖车制度适用于大伦敦境内，而不仅仅是中央区。目前该类执法已经被取消。

对于屡次逃费者和未登记任何缴费记录的外国车辆的欠款，将由法庭负责收取。此外，收费制度有上诉和独立审判系统，类似于审判争议停车罚款的现行安排。

2.7 监测收费制度的影响

伦敦运输局执行了大范围的影响监测计划，以便发现和推出对收费制度的任何必要的或期待的短期和长期调整。监测涉及对交通运输的影响，以及对家庭、不同社会群体、企业、学校、公共服务、旅游、休闲和环境等更为微妙的影响。拥堵收费监测计划从 2001 年春开始实施，直到 2008 年发布第 6 期年度监测报告。之后，该监测项目作为伦敦市总体交通监测的一部分，监测结果在伦敦运输局的年度《伦敦交通》报告中公布。

3 沟通策略市长的咨询过程

2000 年 7 月，伦敦市长发表了一篇讨论性文章《倾听伦敦的声音》，针对在伦敦中央区推出拥堵收费的计划进行咨询。该文章被发送给约 400 名关键利益相关者，如伦敦中央区政府、伦敦议会议员（MP）、欧洲议会议员（MEP）、商业团体、运输运营商、机动车机构和残疾人机构等。咨询结果显示，支持在伦敦中央区推出拥堵收费制度的利益相关者，是反对该计划的人数的六倍。

咨询过程的下一步是 2001 年 1 月发布的市长《交通策略》草案。该文件陈述了市长对于伦敦市交通发展的计划。拟定的伦敦中央区拥堵收费制度，是该策略不可分割的一部分，也是一揽子协助措施之一，旨在帮助实现为伦敦提供适合 21 世纪交通系统的市长目标。此次咨询获得了约 8,000 份书面回复，表明公众、利益相关者和其他利益方明显支持拟定的拥堵收费制度，以及市长的伦敦交通规划。2001 年 7 月，市长发布《交通策略》最终稿，在充分考虑《交通策略》草案咨询的结果后，确认在 2003 年初推出拥堵收费制度。

2001 年 7 月 23 日，伦敦交通局颁布了《收费令》；该文件为收费制度的实施提供了法律基础，并详细陈述了收费制度的主要内容。《收费令》被发送给 500 多名利益相关者，征求他们对于市长提案细节的意见。

在咨询期进行的民意测验表明市长的计划获得了广泛支持。例如，2001 年 4 月国际市场研究公司 Mori 进行的一项调查显示，51% 的受访者支持市长的计划，仅有 35% 表示反对，虽然有证据显示随着制度的正式实施日期日益临近支持有所减少，但实施之后支持度再次增加。

通过听取民众的意见，伦敦运输局对最初的拥堵收费制度方案进行了多处修改。2002 年 1 月，就建议的修改征求了伦敦市民的意见。

之后，伦敦市长在 2002 年 2 月决定继续推进拥堵收费制度。

3.2 收费制度细节的沟通策略

市长决定继续推进拥堵收费制度后，如何向公众和主要利益相关者传达拥堵收费的具体细节是一个巨大的挑战。

伦敦历史上从未实施过道路收费政策，在肯·利文斯通上任时，民众对于道路收费实际没有任何了解。

伦敦运输局制定了一项沟通策略，旨在通过媒体渠道让尽可能多的公众了解该政策。

运输局网站和各大报刊杂志上公布了介绍拥堵收费制度的《收费令》。《收费令》欢迎公众发表意见，但其本质上是一份法律文件，虽然《收费令》的公布得到了主要利益相关者的回应，例如伦敦中央区议会、机动车组织、商业代表组织等，但这明显并非公众参与这种激进项目的最佳方式，必须开展其他范围更广的咨询活动。

沟通策略建立在需要告知和说服公众理性支持推出拥堵收费的基础上。

沟通策略的主要要素包括：

a) 在全伦敦境内发行的晚报（《标准晚报》）中公布有关拥堵收费的信息。主要为事实性信息，如拥堵收费区的地理区域、开始日期、收费时间、豁免与折扣、如何登记机动车、支付方式等。

b) 在地方报纸公布类似信息。地方报纸主要为区级的报纸（伦敦共有 32 个区和伦敦城）。每一个区议会也有自己的报纸或刊物，其中许多都向当地居民免费发放。

c) 电台广告：大多数提供与拥堵收费有关的事实性信息，其他则介绍推出拥堵收费制度的原因。

d) 电视广告：同电台广播。伦敦运输局高级工作人员在电视节目中解释为什么在伦敦中央区推出拥堵收费，以及该制度如何操作。

e) 实地宣传：伦敦运输局工作人员在购物中心、当地繁华街道、城镇广场、市政大厅、体育中心、游泳池、剧院、电影院等地点安排宣传车。工作人员向行人和接近宣传车的路人传播与拥堵收费制度有关的信息。循环播放有关拥堵收费的视频，用于吸引民众的兴趣。所选择的地点最有可能因为拥堵收费的推出而见证交通流量的改变；这些地点主要位于区域边界之间和区域边界外围 2-3 英里的位置，因为模拟结果显示，这些区域可能体会到交通方式的改变和交通流量的增加。

f) 与大伦敦市政府举行定期会议和情况介绍。大伦敦市政府的民选议员，对伦敦市长拥有监察权。大伦敦市政府的部分成员非常支持拥堵收费，其他成员则极力反对该政策。

g) 与伦敦议会召开定期会议（伦敦 32 个区和伦敦城的代表机构）。这些会议主要为与各地议会的专业交通人员代表的技术性会议。

h) 与各区议会召开会议；其中包括与在收费区域边界内和横跨收费区域边界的所有区举行定期会议。包括与议会官员（专业人员）和民选议员的技术性会议。许多区议会也要求在所有民选议员出席的议会全体会议上进行陈述，并就项目能提前预想到的方面，对伦敦运输局人员进行提问。该类会议也将向所有公众开放。

i) 与商业代表机构会谈；其中包括伦敦市的一般性机构，如伦敦商会、伦敦第一和英国工商联合会伦敦分会等。这些组织的职责范围是保护工商企业的利益，尽力影响拥堵收费的设计与运营，最大程度减少对商业的不利影响，将潜在商业利益最大化。

这些组织理想地希望能够免除对商用车辆的收费，而在该要求未获得批准后，他们极力进行游说，要求对商用车辆的收费不应高于私家车。

j) 与具体行业代表机构会谈；许多特定行业最初对于拥堵收费可能对其业务开展带来的影响表达了保留意见。其中有许多行业和职业对拥堵收费的潜在影响表示担忧。这些行业包括：

- 医疗行业（医生、护士、助产士），他们担心上班期间驾驶机动车必须缴费，而患者要到收费区内的医疗机构就诊也必须缴费。
- 教师，他们在驾驶自己的机动车往返位于拥堵收费区的工作地点时不得不缴费，尤其是对于音乐教师 and 美术教师更为突出，他们经常需要运送许多乐器和美术材料；
- 批发市场行业——伦敦中央区依然有肉类和水果蔬菜批发市场，来自英国各地的零售商来此采购食物。批发商和零售商均担心进入这些批发市场需要缴费。
- 技工，如水管工和电工——他们担心在拥堵收费区内工作时要承担额外的费用。
- 殡仪业者；他们认为收费是不道德的，因为他们将不得不提高在拥堵收费区内举行葬礼的费用。

经过上述会议，伦敦运输局最终决定免除对上班期间的医疗工作者的收费，以及对就诊的患者的收费，但未同意免除对其他用户的收费。

k) 英国司机车辆执照局每年一次或两次向英国每一位车主发送车辆消费税（汽车税）催款单时，也会在其中包括与在伦敦推出拥堵收费有关的信息。该部门在汽车消费税催款单中加入小纸条，其中提供网址，可从中了解更多信息。

l) **公开会议：**通常应临近收费区域边界外围或区域边界 3 英里外的区域的社区和居民组织的要求，召开该类会议，这些地区的居民尤其关心收费制度对其出行和居住区域的影响。伦敦运输局不可能同意所有会议要求。但伦敦运输局员工确实参加了大量公开会议，当地居民在会议上几乎都在表达对拥堵收费的反对意见。反对的主要原因如下：

- 当地居民开车进入拥堵收费区需要承担额外费用。
- 当地区域外的车辆为避免缴纳费用使用当地公路停车可能造成的不利环境影响和交通影响。

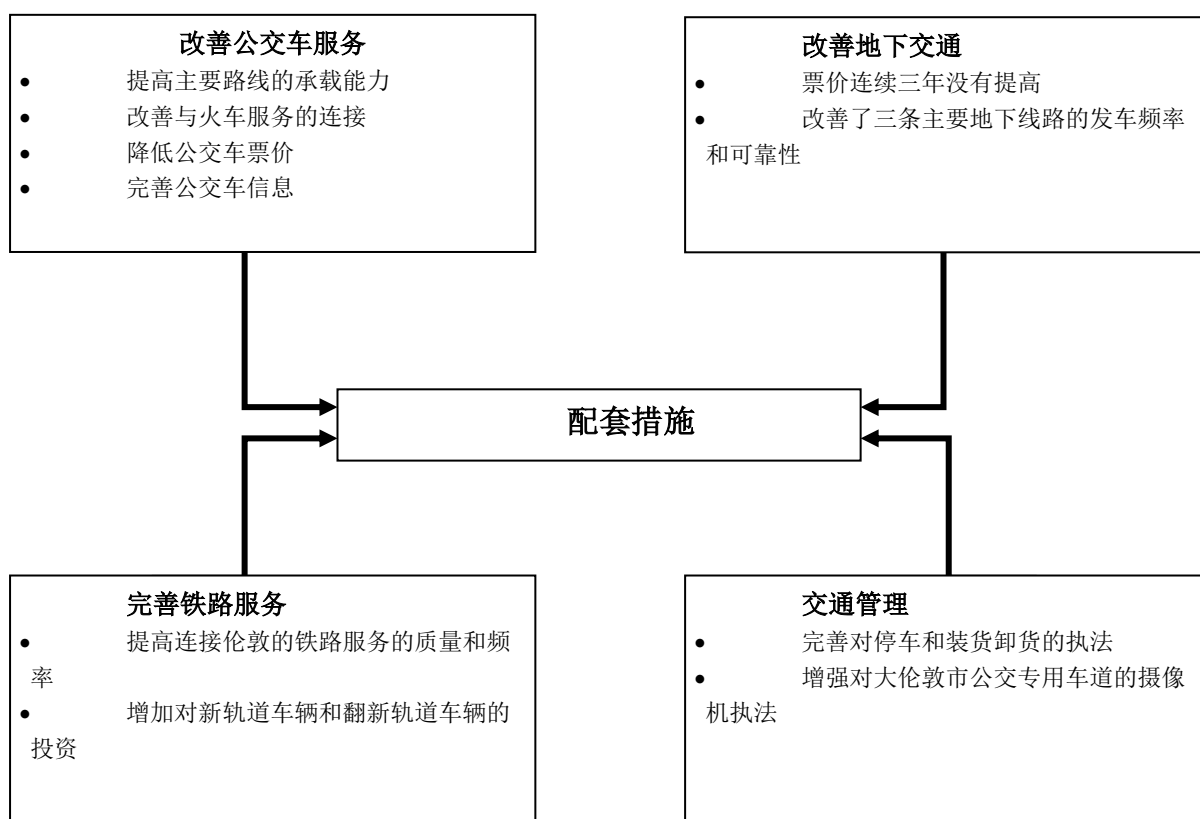
通过在临近拥堵收费区的区域建立仅限当地居民的路内停车管制区，成功解决了这个问题，事实证明，这一措施受到当地居民的欢迎。

- 进入伦敦中央区的替代交通模式不足。

内伦敦地区（紧邻收费区域边界）居民对于公共交通出行服务的认识水平之低令人惊讶。因此，伦敦运输局举办了一场活动，来提高这些地区居民的认识，尤其是对公交车和伦敦地上交通服务的认识。

4 配套措施计划什么是配套措施？

拥堵收费由其他各种措施作为补充，这些措施的目的是使公共交通和其他替代出行方式变得更方便、更实惠、更快捷和更可靠。拥堵收费的收入使得这些计划的开发与扩展成为可能。尤其需要强调的是公交车服务的完善，因为该计划可以迅速实施，并且有助于促进社会包容。下表为拥堵收费制度推出之前实施的配套措施以及因为拥堵收费制度产生的收入变成可能的配套措施：



在确定制定交通管理配套措施计划的方式时，一个主要的问题在于，需要制定一个可行的配套措施方案，且该方案能与既有的伦敦道路管理系统充分衔接。

伦敦区在交通的有效运营中发挥着中心作用，因为他们是伦敦 95%的道路的公路管理机构，虽然有 33%的交通使用另外 5%的道路，即伦敦运输局公路网络，其公路管理机构为伦敦运输局。

因此，制定一项能够解决伦敦运输局和各区道路所面临的问题的策略和后续计划，非常重要。伦敦运输局进行了一系列数字研究，旨在确认可在必要期限内推出的各种措施的可行性和范围——一般是在 2003 年 2 月拥堵收费制度正式推出日期之前。根据这些研究的结果，最终决定发起一项针对下列工作方面的计划：

- i. 抑制现存的绕道通过拥堵收费区边界附近不恰当区域的行为
- ii. 消除汽车驾驶人将机动车停放在临近拥堵收费区域边界的区域和外伦敦车站附近的街道区域的机会。
- iii. 确保在拥堵收费制度正式推出日期之前，伦敦运输局在收费区域边界或附近的大型基建工程已经完工。
- iv. 重新安排伦敦运输局的行车道维修与维护计划，确保在推出拥堵收费后的合理期限内，主要路线不会出现计划的道路作业。
- v. 通过更温和的措施，推广使用私家车替代交通模式。

上述前两个方面工作涉及与各区密切合作，而 iii) 与 iv) 则要求伦敦运输局的工作人员之间保持密切联系和合作，以实现相关目标。

下表详细列出了最终实施的配套措施计划：

配套措施	方案	成本（百万英镑）
环保交通管理方案	51	7.1
住宅区域/20 mph 限速区域	49	13.3
停车管控（影响区域内）	34	6.9
停车管控（影响区域外）	53	3.3
伦敦运输局公路基建工程与项目	27	22.2
交通信号灯计划	25	2.5
温和措施	22	2.9
总计	261	58.2

在决定将拥堵收费区边界划定为内环路之后，必须制定一项策略，尽可能有效地对交通方式的预期变化进行管理。

4.2 内环路——拥堵收费区边界

将内环路作为拥堵收费区边界是一个很容易做出的决定。该路线在汽车驾驶人中有极高知名度，而且距离市中心足够远，可以留出足够大的地理区域，作为拥堵收费区（21 平方公里）。

伦敦中央区拥堵收费区

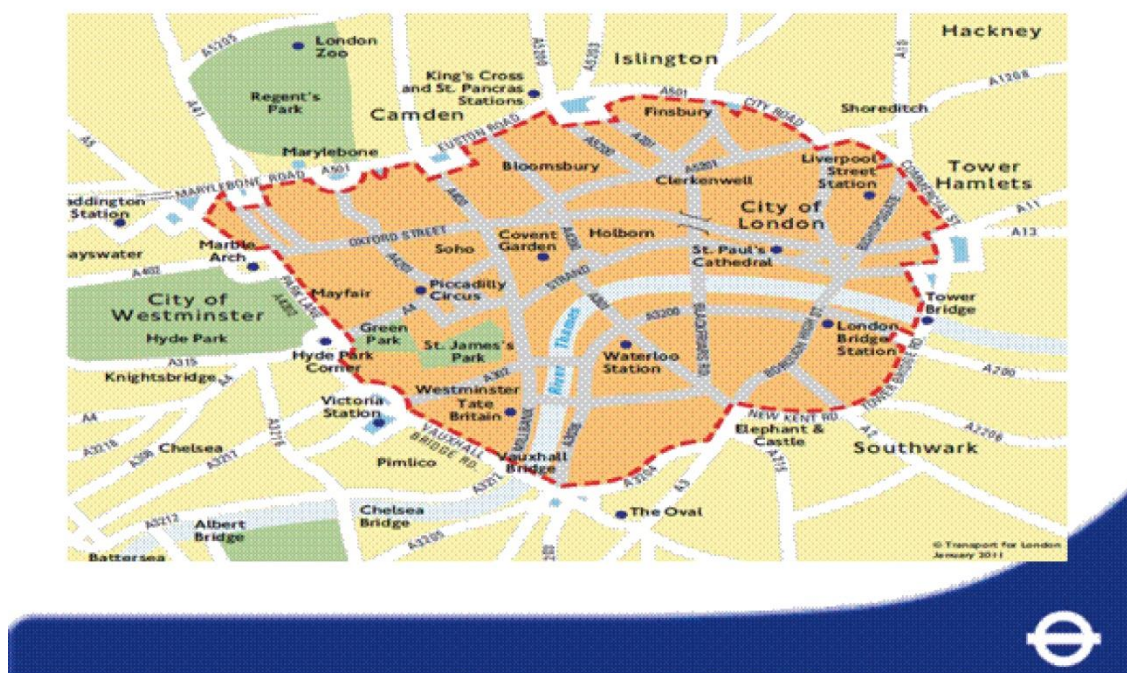


图1.拥堵收费范围

唯一存在明显争议的，是泰晤士河是否可以作为拥堵收费区的南部边界。因为，将泰晤士河作为南部边界，将导致一系列问题边界点，以及靠近河岸的绕行路线。将南部边界设定为泰晤士河，也意味着泰晤士河南岸区域（朗伯斯和萨瑟克两个区的北部部分，当地居民汽车保有量低）将不包括在拥堵收费区内。伦敦运输局希望将这些区域包括在拥堵收费区内，因为这些地区在地理上，与位于拥堵收费区内的泰晤士河北部区域有明显区别，北部区域主要是商业区、政府区和零售区。

最终的决定是，边界应为免费路线，例如，机动车只有在边界路线上拐弯进入拥堵收费区或在辐射道路上穿越边界路线进入中央区时，才必须缴费。

边界路线的交通管理是一个特殊的挑战。重要的是尽可能保证边界路线的交通有效移动，同时不会对进入伦敦中央区的辐射道路的交通服务水平造成显著不利影响。在边界路线和主要辐射道路设立信号灯的交叉路口优先实施 SCOOT 计划。该计划允许内环路（边界路线）更有效地运行，并且不会造成汇合点辐射道路分支运输能力的显著降低。

密切监控网络关键交叉点的能力，也是计划的关键要素。拥堵收费制度的实施，推动了伦敦交通控制中心的诞生。在拥堵收费制度推出之前，伦敦没有一个集中交通控制机构。目前，伦敦运输局主持一个由警察、公交车运营商和交通信号工程师组成的控制中心。

控制中心可实时监控关键交叉路口，若某个位置的交通达到不可接受的水平，工作人员可以通过修改交通信号灯规划进行干预。



图2.伦敦交通控制中心的视讯墙

4.3 公交车优先措施

如果由于设立信号灯的交叉路口绿色信号灯时间缩短，导致进入拥堵收费区边界的交通排队时间延长，则必须确保鼓励人们换乘的其他交通模式（尤其是公交车），不能严重拥堵。

在连接拥堵收费区边界的辐射道路上实施了公交优先措施计划，主要采取公交专用车道的形式。伦敦运输局重新调整了设立公交专用车道计划，详细调查了连接边界的每一条辐射道路，确认是否有设置公交专用车道的余地。有些道路由于行车道宽度不够，因而无法设置公交专用车道。但最终依然成功部署了多条公交专用车道。公交车道的长度从 200 米到 800 米存在较大差异，部分公交专用车道的设计结合了人行横道和公交车信号优先权。



图3.进入拥堵收费范围的公交车道使用特有的红色路面

4.4 影响区域——拥堵收费的交通分流效果

在对拥堵收费进行交通模拟时，对不同拥堵收费方案可能产生的分流效果进行了分析。其中最重要的未知因素，是汽车驾驶人距离拥堵收费区边界的距离多远才会决定绕行——他们会在距离边界还有一定距离就分流，还是等到到达拥堵收费区边界或接近收费区边界的道路时才会出现分流？

由于交通分流地点的问题没有明确的答案，因此，交通管理团队做了一些直觉性的假设，并且在制定配套交通管理措施时，决定将重点放在拥堵收费区边界以外 2-3 英里的区域。该“配套措施”区域的具体边界，通过对距离拥堵收费区边界最远 3 英里的主要交叉路口进行调查后确定——汽车驾驶人在向伦敦中央区前进的过程中，会在这些交叉路口做出战略性的路线选择决策，并确信这些战略位置包含在影响区域之内。

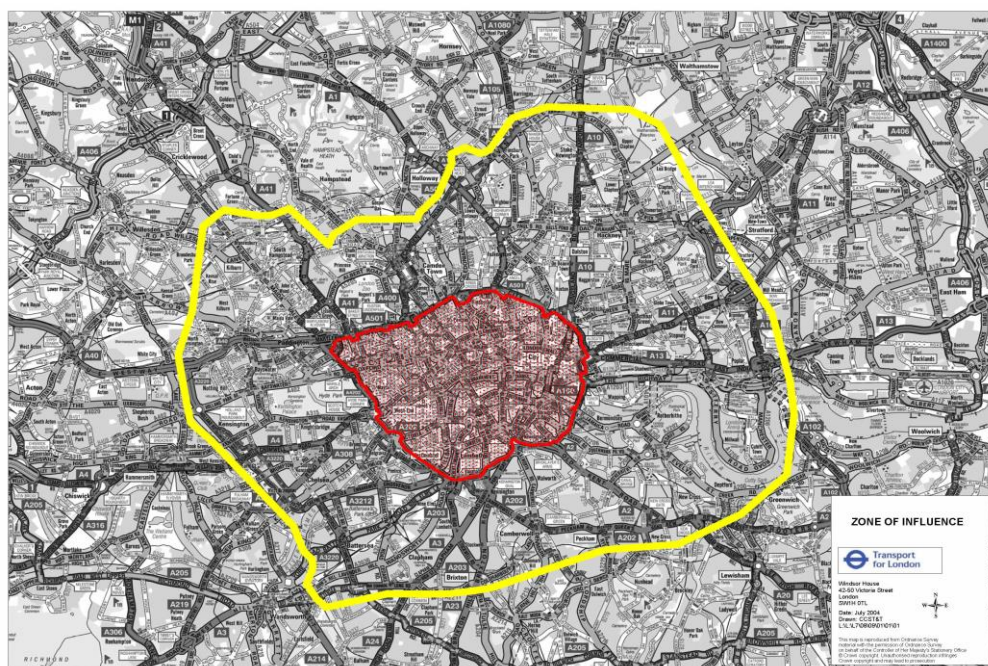


图4.拥堵收费区（红色）与拥堵收费区外的“影响区域”（黄圈表示）

4.5 拥堵收费区边界外的居住区

在咨询计划过程中，很快便发现拥堵收费区外的居民尤其关注该制度的潜在影响。从政治方面，重要的是为这些居民提供一定的激励，缓解他们对于拥堵收费的担忧。针对该区域居民（和企业）采取的一揽子措施，核心是用于缓解在制度推出后预计会出现的负面影响的一系列措施。

4.6 停车管制区（CPZ）

伦敦运输局与地方各区议会合作，确保在临近拥堵收费区边界的外部区域实行 CPZ，仅允许当地居民和企业停车。

在影响区内，在地铁和火车站优先推出 CPZ，在居住区形成了一个综合的网络。总计完成了 34 个新 CPZ 和扩建 CPZ。配套措施计划也使得交通卡 2 区内的几乎每一个地铁站均执行了路内停车管制规定。

在影响区外的 CPZ 仅限于地铁和火车站附近的路旁停车。许多外伦敦各区均提交了资金申请，在车站周围新建 CPZ 和扩建路旁 CPZ，因为这些区担心随着拥堵收费制度的推出，之前从他们所在区域和伦敦周围各郡驾车进入伦敦中央区的汽车驾驶人，会将汽车停放在当地的车站，并改乘火车继续其行程。伦敦运输局的建模表明，外伦敦区车站的乘车人数不会因为拥堵收费的推出而显著增加，后来经事实证明确实如此。外伦敦区共有 53 个新建 CPZ 和扩建 CPZ，资金来自配套措施项目，解决了各区在推出拥堵收费之前的担忧。

该计划还包括对现有 CPZ 运营时间提供评估。这对于拥堵收费区边界附近的 CPZ 尤为重要，因为这些地区的 CPZ 迫切需要与拥堵收费制度在同一时段运营，以杜绝汽车驾驶人将车辆停放在拥堵收费区边界附近的现象，尤其是在拥堵收费临近结束之前。其他道路收费制度的经验，尤其是新加坡的道路收费制度证明，为了在收费时段结束后免费进入收费区，汽车驾驶人会“潜伏”在收费区边界附近，尤其是在收费时段最后 10–15 分钟。收费区边界周围的 CPZ 增强了停车管理员执法，以确保伦敦不会出现这种不受欢迎的现象。

另外一个必须进行管理的问题，是跨越拥堵收费区边界的 CPZ。伦敦运输局向该类 CPZ 所在的各区提供资金，重新划定 CPZ 边界，使其尽可能毗邻拥堵收费区边界。

4.7 环境友好型交通管理方案/住宅区域/20 英里每小时限速区域

环境友好型交通管理方案包括在收到影响的区域内不同位置实施的一系列措施，旨在减少车辆在收费区域边界附件通过一些小道从拥堵收费区逃离。这些措施主要针对目前存在绕道问题的区域。这些方案中最常见的内容是交通管理措施，如减速丘、减速台、减速块、减速弯、宽度限制、卡车禁令和选择性道路封闭等。

各个区通常希望将该类措施的推出正规化，通过创建住宅区域和 20 英里每小时（大概 32 公里每小时）限速区域，在相对较大的范围内推行。20 英里每小时限速区域/住宅区域计划的规模庞大，共设立了 49 个区域，包括伊斯林顿伦敦区巴恩斯布里的 20mph 限速区域，该区域被认为是目前英国最大的 20mph 限速区域。20 mph 限速区域在伊斯林顿南部的实施规模庞大，共有 5 个计划，获得资金 520 万英镑，其中有 270 万英镑被分配给巴恩斯布里计划。

对伊斯林顿推出的配套措施效果的监控表明，措施取得了非常积极的成效，超出了最乐观的预期。

伊斯林顿 20 MPH 限速区域	
目标	成果
将高峰时段通行的交通量减少 30%	高峰时段交通量减少了 20% - 50%
保护敏感的住宅区街道免受拥堵收费带来的交通分流的影响	全天交通量减少了 30% - 40%
降低机动车速度	85 百分位速度降低到 20 mph 以下
降低公路交通事故的数量和严重程度	机动车速度降低了 10% - 25%
提高生活舒适性	大型运货卡车减少了 75%

4.8 伦敦运输局道路方面的投资建设项目

要求所有伦敦运输局负责的在拥堵收费区边界内或靠近边界的大型基建项目，在拥堵收费制度正式实施之前全部完工，以免产生具体问题。

主要工作位于肖迪奇和沃克斯豪尔的内环路。首先必须确定，这些方案能否在 2003 年 2 月之前执行；若存在问题，应该推迟执行，直到拥堵收费制度执行一段合理的时间之后。

拥堵收费配套措施预算的大部分资金均被用于这些项目，使其可以重新规划，包括延长工作时间和增加人力等规定，以确保按时完工。

同样，拥堵收费也可以影响行车道维修与维护时间表的重新规划，通过配套措施预算的资金，确保边界线路和连接边界线路的主要辐射道路的维修与路面重铺工作，在拥堵收费制度正式推出之前完成。

拥堵收费区共有 165 个入口。必须对每一个入口的交通进行有效管理，至少保证边界摄像机能有最大的机会拍摄进入收费区的车辆的牌照照片。重点是对行车道线路进行重新划定，并在某些地区增设用于疏导交通的路线，使得边界摄像机可以更好地捕捉每一辆机动车。

伦敦运输局也调查了在拥堵收费区边界封闭道路或将道路变为驶离收费区的单向道路的可能性。伦敦运输局进行了一系列研究，并将建议提交给作为相关道路公路管理机构的各区议会。总共有 5 次类似的道路调整。这些方案对于拥堵收费制度的成功推出是可取的但并非必不可少的元素。

4.9 ‘温和’措施

除了与拥堵收费制度配套的传统交通管理措施外，计划还支持一系列‘温和’措施。该类措施的主要目的是鼓励人们放弃私家车，使用更可持续的交通方式进入拥堵收费区。该类措施主要通过鼓励增加使用可持续交通模式，促进市长《交通策略》目标的实现。

该类措施包括针对朗伯斯北车站的安全项目，旨在提高车站与圣汤姆斯医院之间的引导标示、街头照明和街道设计（42 万英镑）；小型出租车调度软件项目——由社区交通计划提供资金，在三个伦敦内区提供教育和社会服务小型出租车合同，旨在减少拥堵收费区边界附近区域单人乘坐出租车出行的数量，尤其是在高峰时段（13 万英镑）；加长 Tower Gateway DLR 车站的站台，以容纳 3 车厢列车（拨款 15 万英镑）；公共交通信息——拨款用于印刷和出版新式公共汽车网状地图（30 万英镑）；在 NHS 设施的绿色出行规划计划，以及在拥堵收费区内的 NHS 个人出行规划项目（49 万英镑）；政府初始注资成立一个新的城市汽车俱乐部计划，肯辛顿区与切尔西皇家区代表七个区负责该计划的实施（49 万英镑）。

4.10 案例研究：伦敦塔桥速度与载重执法系统

尤其具有挑战性的一项配套措施是为了解决伦敦公司对于伦敦塔桥作为拥堵收费边界线路的一部分的担心。该公司认为车辆增加，尤其是超速超重车辆，对桥梁结构完整性可能造成不利影响。在实施拥堵收费之前，桥梁规定了速度限制（20 mph）和载重限制（17 吨），但这些限制经常没被遵守，主要原因是伦敦城警察局没有足够的资源进行定期执法。

伦敦塔桥位于伦敦市内环路（A100）上自然就决定了其将作为拥堵收费区边界线路的一部分。伦敦运输局自然会关注因桥梁升降可能造成的交通中断。由于市长的政策是鼓励使用泰晤士河，因此桥梁升降次数不断增加，目前每年约 900 次。每一次升降都会使得交通停滞五分钟，因此在塔桥两端启动了交通信号灯计划，旨在最大程度减少当地交通中断的情况。

将拥堵收费区边界调整为塔桥以西并不合适。那样边界将定位在伦敦桥或南沃克桥，将产生穿过伦敦城核心区的边界路线，但伦敦运输局尤其希望减少该范围的交通水平。将边界调整为塔桥以东的下一个交叉路口——洛特希隧道，也是不可行的，因为该隧道以及再向东的交叉口——黑墙隧道，均有严格的高度限制，并且禁止车辆携带某些货物。而且，将洛特希隧道或黑墙隧道至内环路的路段设定为边界路线也面临巨大的困难，因为这种边界路线设定将不可避免地将车辆引导到原定为本地公路的线路上，而这些地方公路无法发挥与内环路相同的功能。

既然已经决定塔桥依然作为拥堵收费区域边界的一部分，解决当下存在的超速超载车辆通过桥梁的问题变得至关重要。如果未能有效加以解决，拥堵收费制度的推出可能会令这种情况更加严重。经过多次分析，最终决定建立基于路边摄像机的速度与载重综合执法系统。需要特别注意的是，所使用的摄像机必须符合桥梁的环境——桥梁本身是一座国家历史文物，是伦敦的标志，属于一级保护建筑，且紧邻世界文化遗产——伦敦塔。经过与英格兰历史遗产管理部门、伦敦城警察局、伦敦都市警察厅、伦敦公司（作为桥梁结构的所有人）和陶尔哈姆莱茨区与南沃克区（桥梁横跨这两个区）的长时间讨论，最终对摄像机的位置与设计进行了修改。

摄像机位于桥梁南北两端，相距约 400 米。摄像机将记录车辆在南北两端的通行时间，进而计算出车辆的平均速度。超过 20mph 限速的机动车图像将被记录在位于桥梁下方的设备间内的 WORM 磁盘中。伦敦城警察局将每周收集一次磁盘，之后在警察局对磁盘进行分析和处理，若确认机动车违反限速规定，警察局将向机动车所有人签发定额罚款通知。



图5.南向通过塔桥的道路在显著位置配备了速度与载重综合执法摄像机。



图6.北向通过塔桥的道路上新近安装了速度与载重摄像机

桥梁的重量限制禁止标称载重 18 吨或 18 吨以上的机动车使用桥梁。载重执法摄像机与速度摄像机安装在同一根栏杆上，但摄像机的角度进行了调整，用于捕捉机动车轮轴的数量，因为载重超过 18 吨的机动车必须安装有三根或三根以上轮轴。摄像机连接行车道上的压电传感器，压电传感器被设定为记录机动车的具体轮轴配置。若传感器确定机动车有三根或三根以上轮轴，则载重摄像机将自动拍摄问题车辆的照片，并捕获轮轴数量。照片将保存在 WORM 磁盘中，由伦敦城警察局按与违反限速规定相同的方式进行处理。

伦敦塔桥在英国率先以这种方式将两种系统综合在一起。该措施的结果非常令人鼓舞，尤其是在减少载重车辆方面，记录的载重车辆减少了 50%。

4.11 配套措施计划的管理

虽然伦敦市设立了直选市长，但伦敦政府与各地方、次区域和区域机构之间，依然保持这一种高度复杂的关系。

最复杂的交通关系可能是市长及其执行机构伦敦运输局和各区议会之间的关系。伦敦共有 32 个区议会以及伦敦城。下图为 2000 – 2004 年肯·利文斯顿市长的首个任期伦敦各个区的不同政治控制情况。

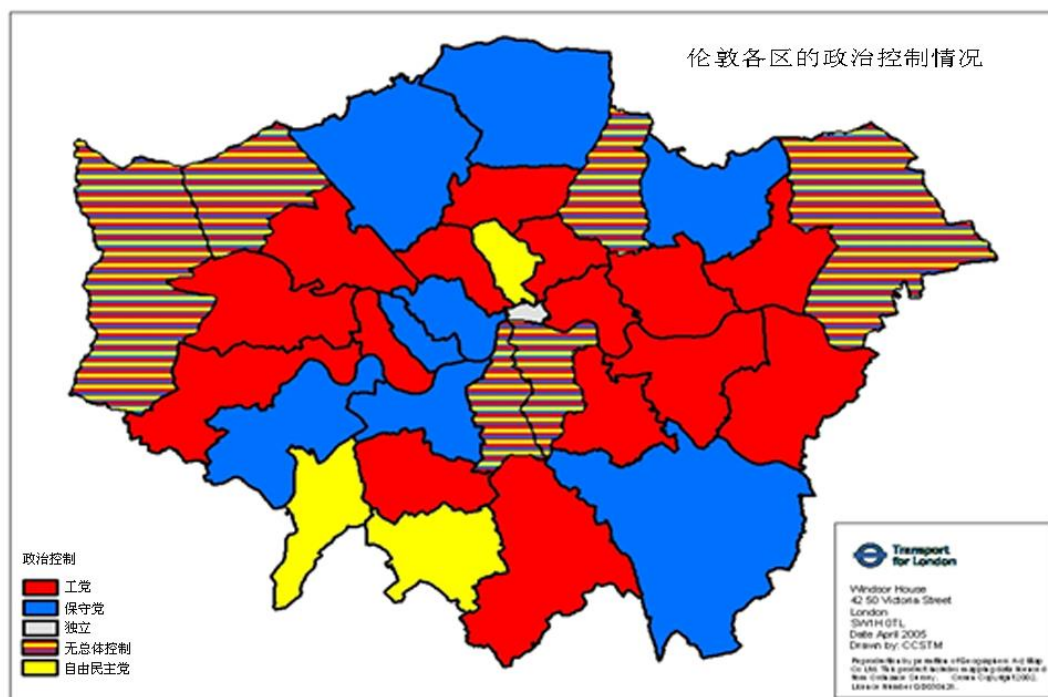


图7.2002年-2006年伦敦32个区及伦敦城的政治控制情况

作为伦敦 95%道路的管理机构，各区在交通的有效运行中发挥着中心作用。因此，伦敦运输局与各区之间的关系，对于拥堵收费配套措施计划的制定实施至关重要。

自区对于拥堵收费的态度，既有坚定支持，也有积极反对。不论各区对拥堵收费持怎样的立场，配套措施团队应该与所有区建立富有成效的工作关系，这一点尤为重要。

由于各个机构对于拥堵收费制度的概念和实施存在各种不同的观点，因此如何与他们打交道是非常棘手的问题。除了在一些方面必须与各区达成共识，也要鼓励自区实施一些具体配套措施，这些措施对所在区有利的同时，还需保证对拥堵收费政策不会产生不利影响。

另外还需规避各区为了从伦敦运输局拥堵收费配套措施预算中获得资金而推动他们自己喜欢的计划，这些计划的目的是解决当前就已经存在而且即使不实施拥堵收费也将继续存在的问题。伦敦交通局从整体战略层面和局地单个层面进行模型模拟和预测来确定每一项计划申请是否符合从拥堵收费预算中获得资金。

4.12 总结

配套措施计划非常重要，其包含了一系列及时的、具体的又在预算范围之内的项目。推出拥堵收费之后，收费区内和收费区外区域内实际记录的交通量减少水平均处在伦敦运输局预测范围的高位。收费区之外交通替换量和方式选择在拥堵收费制度推出之后也没有出现问题。

配套措施计划的一个特点是伦敦运输局与伦敦各区之间的合作方式。这种合作使所有机构可以探索和建立共识，进而帮助提高了拥堵收费在主要利益相关者中的影响力。

配套措施对于伦敦中央区拥堵收费制度的成功做出了重要贡献。这些政策在解决之前存在的交通相关问题方面的贡献证明了这些措施的价值。如果没有配套措施，推出拥堵收费政策后，部分之前存在的交通相关问题可能会进一步恶化。

5 西部延伸区

2003年2月位于伦敦中央区的最初的拥堵收费区面积为21平方公里，以内环路作为边界。2007年2月，拥堵收费区向西扩张，新增加了19平方公里，包括肯辛顿-切尔西区和威斯敏斯特区的大部分。扩张后的拥堵收费制度作为一个区域运营，不论在区域内哪个位置，均采用相同的收费、折扣和豁免。

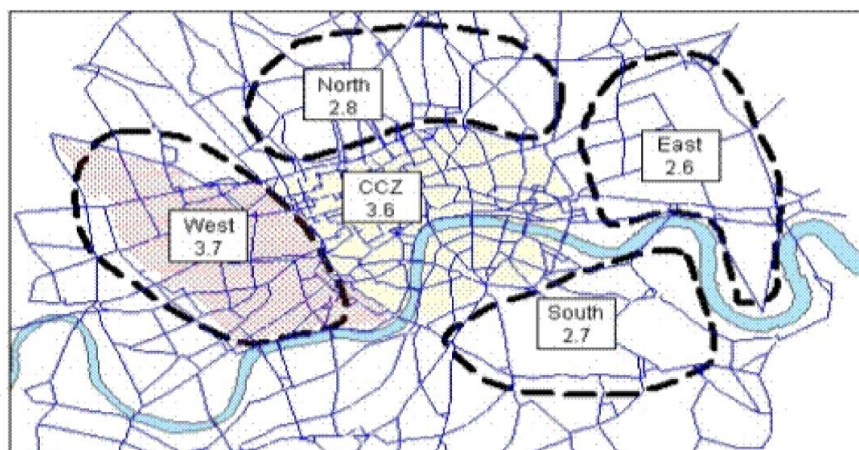
拥堵收费——西部延伸区



图8. 伦敦中央区原拥堵收费区与2007年推出的西部延伸区。

之所以决定向西扩张，是基于该地区的人口分布、该地区存在可明确定义的边界路线，以及该地区相比原收费区周边其他区域相对较低的平均交通速度。

测量的行进速度（分钟/公里） （2003年春季调查）



9



图9. 汽车在拥堵收费区附近区域行驶1公里的平均用时(分钟)(2003年春)

5.1 西部延伸区的影响

与预期的一样，实行拥堵收费之后，西部延伸区的交通量大幅减少，每天进入该区域的汽车减少了约 30,000 辆。此外，收费也帮助减少了机动车排放，鼓励人们使用公共交通、步行或骑自行车进入该区域。

最初，西部延伸区的交通拥堵减少了约 20%。西部延伸区的交通量始终低于推出拥堵收费之前的水平。

然而，该区域后续的变化，如大规模开发与公共事业工程和其他一些降低了道路通行能力的举措，导致拥堵增加。2010 年取消西部延伸区时，拥堵情况基本恢复到推出拥堵收费之前 2006 年的水平。

但如果没有西部延伸区（一些被阻止的出行又回到了受限的交通网络），拥堵情况可能会更加恶化。

关于改变西部延伸区的不同方案对个人和整个伦敦的潜在影响可在伦敦运输局网站上找到相关信息，另外有一份 32 页的《补充信息》文件对此有更详细的说明，该文件可在线下载。

总结



图10. 西部延伸区带来的交通效果

影响——西部延伸区

- ✧ 自由通行线路（原收费区域与西部延伸区之间）的交通没有变化
- ✧ 西部边界的交通量和预期一致有小幅增加
- ✧ 没有交通运营的问题

影响——中央区（原收费区）

- ✧ 最初有证据表明进入中央区的交通量增加
- ✧ 一度比 2006 年高出 4%；后下降到 2%，最后下降为 0。部分反映了西扩区内居民往中央区出行的增加，也反映了其他因素
- ✧ 没有拥堵响应的出现

5.2 关于取消西部延伸区的咨询工作

在 2008 年市长选举期间，鲍里斯 约翰逊声称如果他当选市长他将启动取消西部延伸区的计划。

协商选择

- 保留西部延伸区
- 取消西部延伸区
- 改变西部延伸区
 - 推出账户
 - 在西部延伸区推出中午免费时段
 - 为居民提供100%折扣

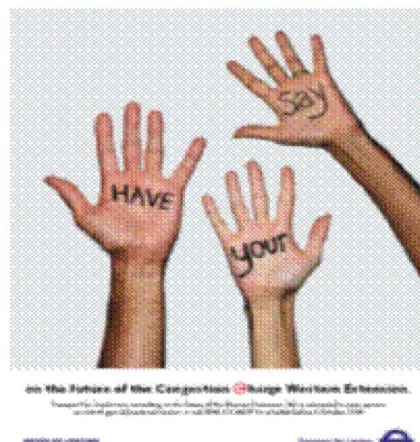


图11.关于西部延伸区的征求意见海报（2008 - 09）

对于这些选项的反应

选择1：西部延伸区保持原样

在所有参加咨询的受访者（个人和企业）中，共有 19%选择了该选项（分别占个人与企业的 21%和 6%）。西部延伸区及其指定缓冲区内 19%的居民支持保留西部延伸区，而原收费区域及其缓冲区的居民有 46%支持保留西部延伸区。在意愿调查中，该选项的支持度稍高于咨询中的支持度：30%的伦敦市民和 23%的伦敦企业选择了该选项。原收费区内的企业和公众比西部延伸区内的企业与公众对该选择的支持度更大。

选择2 取消西部延伸区

在“保留、取消、改变”三个选择中，选择最多的便是取消西部延伸区，在咨询和意愿调查中选择该选项的受访者比例均是最高。在咨询中，69%的受访者选择了该选项，其中选择该选项的个人与企业分别为 67%和 86%。西部延伸区及其指定缓冲区居民有 57%选择取消西部延伸区，而原收费区及其指定缓冲区居民仅有 33%选择该选项。在西部延伸区经营的企业受访者中，有 89%希望取消西部延伸区。

在意愿调查中，支持取消西部延伸区的比例低于咨询中的比例，但这依然是选择最多的选项，50%的企业和 41%的公众选择了该选项。在西部延伸区 59%的企业和 48%的公众支持该选项。

选择3：改变制度

参与咨询的受访者有 12% 选择了该选项（个人与企业受访者分别为 13% 与 7%）。四分之一的西部延伸区及其缓冲区居民选择该选项，在该区域经营的企业有 5% 选择了该选项。

在意愿调查中，15% 的伦敦市民和 14% 的伦敦企业选择了该选项。西部延伸区及其缓冲区居民（18%）与原收费区及其缓冲区居民（16%）支持该选择的比例基本相同。

参与咨询的受访者与调查受访者也被邀请提供他们希望看到的改变建议。大多数受访者没有发表更多意见（咨询中的 57%、公众调查的 63% 和企业调查的 54%）。虽然有受访者提出了其他改变，但最常被提到的是对折扣和豁免的改变，以及对制度边界的调整。

5.3 取消西部延伸区的影响

调查显示，取消收费进行的非常顺利，未对公路网或环境造成显著的不良影响。取消西部延伸区收费曾被认为是造成这些影响的原因。

- 根据持续的自动和定期人工交通量观测，伦敦运输局的最佳估算是，作为取消收费的直接结果，进入原西部延伸区的四轮或四轮以上机动车的交通量增加了约 8%。之前，伦敦运输局预计交通量将增加 8% 至 15%，因此，最终观测到的实际结果位于预测范围的低位。
- 伦敦运输局预计，在原西部延伸区内的交通流量将增加 6% 至 12%。根据可用数据，伦敦运输局的最佳估算是，可归因于取消收费的交通流量增加了 7%。该结果也位于预测范围的低位。
- 伦敦运输局预计，进入伦敦中央收费区的交通流量，从长期来看，将小幅减少 1% 至 2%。这既反映了取消延伸区的影响，也反映了中央区对制度运营的调整。在取消西部延伸区后的前七个月，测量得出的交通减少总量为 1%。这与伦敦运输局的预测基本一致，但该数字要放在整个伦敦市交通量持续减少的大背景下看待。
- 取消收费之后进行的交通速度与拥堵调查显示出不同的情况——部分反映了与在上半年进行调查有关的季节因素。通过将 2011 年上半年的调查与 2010 年同期的调查进行对比，按超量延时计算，2011 年的拥堵高出 3%，而平均交通速度降低了 1%。
- 没有证据表明取消收费对原西部延伸区的空气质量有显著影响。关于空气质量，相比 2010 年上半年，2011 年同期伦敦各地区的 PM10 浓度明显更高，包括原西部延伸区。这反映出 2011 年春整个伦敦地区公认的异常天气情况。但 2011 年上半年，整个伦敦地区和原西部延伸区的二氧化氮浓度普遍低于 2010 年同期，形成这一现象的原因并不明确。但明确的一点是，原西部延伸区的空气质量趋势，与伦敦其他地区的变化方式非常类似。

6 低排放区

伦敦在 2008 年 2 月开始设立低排放区（LEZ），作为对拥堵收费区域制度的补充，旨在通过阻止高度污染的重型货运车辆和其他车辆进入伦敦，进而解决伦敦的空气质量问题。

伦敦的空气污染在近几年虽然有显著改善，但依然是市民担忧的问题之一，并造成：

- 伦敦每年 4,000 人过早死亡（GLA 健康报告，2008 年）
- 英国每年 50,000 人死亡（英国环境审计委员会，2009 年）

重型柴油机动车是造成空气污染的主要源头，会对哮喘病、胸痛和心脏病患者造成影响：最贫穷的群体、老年人、小孩和病人遭受污染的危害更大。

2010 年 12 月发布的市长的《空气质量策略》提出了解决空气质量问题的一系列措施，其中包括低排放区域：

- 清理公共汽车（截至 2015 年，实行氮氧化物与 PM 欧 IV 标准）
- 对出租车的车龄限制（从 2012 年起为 15 年，从 2015 年起为 10 年）
- 对私人租用车辆的车龄限制（从 2012 年起为 10 年）
- 无怠速区域
- 建筑施工设备的最佳实践方案
- 街道清扫与抑制扬尘
- 通畅的交通
- 锅炉更换与能效

6.1 什么是伦敦低排放区？

- 覆盖整个大伦敦区域（1,580 平方公里）
- 鼓励在伦敦行驶的污染比较大的个体车辆变得更加清洁
- 每天 24 小时全年不间断执行
- 经过大量咨询后在 2008 年推出，截至目前非常成功。在 2012 年 1 月，更多机动车被纳入其中，并提高了标准。目前重型货运车辆、公交车和长途公共汽车的标准是欧 IV，较大型厢式货车（1.2 至 3.5 吨）和小型公交车为欧 III 标准
- 机动车需要达到规定排放标准或支付一大笔当天在低排放区内行驶的费用。

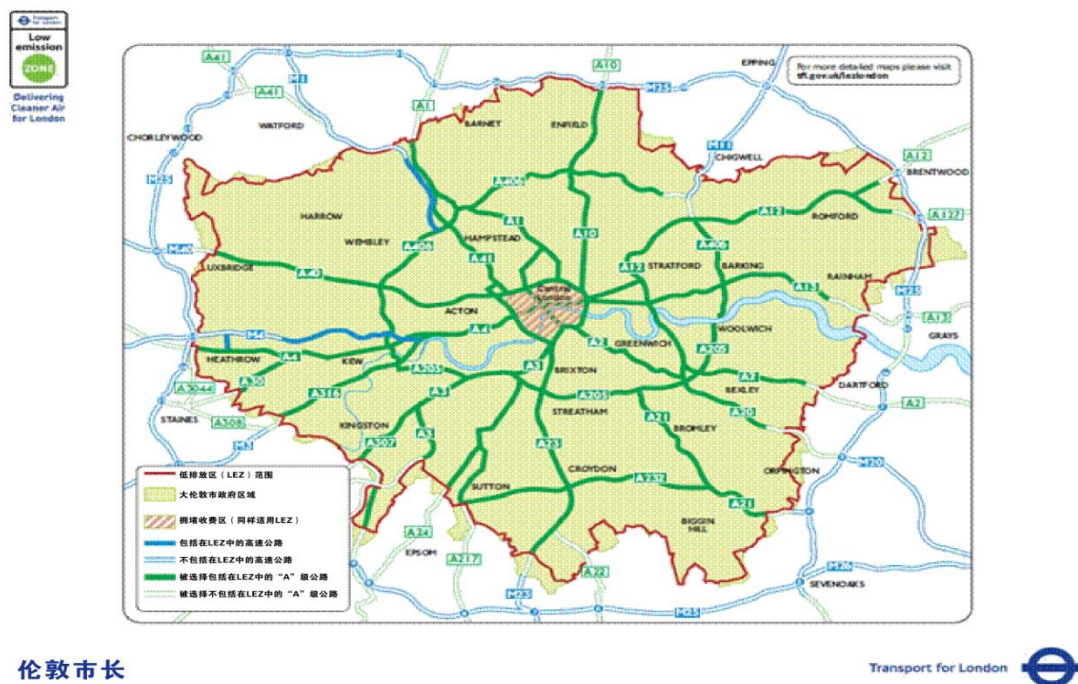


图12. 伦敦低排放区示意图

6.2 执行

- 卡车、公交车与长途公共汽车
 - 收费为每天 200 英镑
 - 罚款为每天 1,000 英镑（若在 14 天内支付，可减至 500 英镑）
- 较大型厢式货车和小型公共汽车
 - 收费为每天 100 英镑
 - 罚款为每天 500 英镑（若在 14 天内支付，可减至 250 英镑）

伦敦运输局希望机动车驾驶人能够达到标准，而不是每天缴费或面临被罚款的风险

若机动车首次出现在低排放区域内，驾驶人将收到警告信，在 28 日内不会采取进一步措施

6.3 达到标准的选择

驾驶人员的选择包括：

- 安装申报经批准的过滤器
- 购买新车或符合条件的二手车
- 重新组织车队，只有合规机动车才用在低排放区内
- 将发动机改造为点燃式气体发动机
- 或每日缴费

6.4 100%折扣/豁免车辆

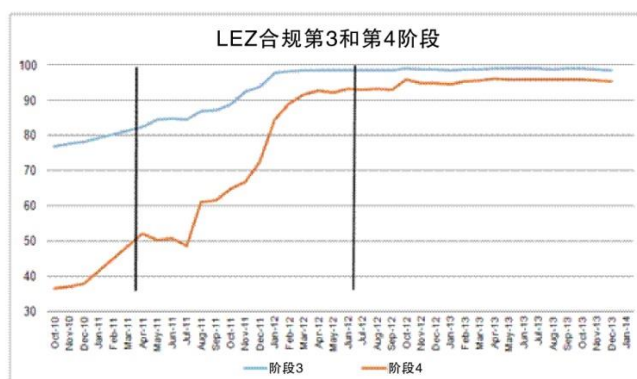
- 为了保证该政策的效益，很少有豁免情况。

- 个别特别改装的演出车辆可以获得 100%折扣
- 下列车辆自动获得豁免：
 - 英国和外国军车
 - 有历史意义的车辆（1973 年以前登记）
 - 非公路用车

6.5 政策影响



符合2012年1月的标准



MAYOR OF LONDON

Transport for London

图 13. 伦敦低排放区内机动车合规水平

（第 3 阶段——针对大型货车、公共汽车和长途客车的欧洲 IV 标准

第 4 阶段——针对大型厢式货车和小型公共汽车的欧洲 III 标准）

自 2008 年推出以来，低排放区域制度便对污染产生了实际影响，减少微颗粒物排放 28 吨，相当于减少：

- 一辆欧 III 的铰接车辆行驶 1.27 亿公里，或往返月球 160 次，或绕 M25 号公路行驶 677,000 次
- 机动车排放主要集中在道路上，低排放区减少了公路上的污染物排放。此外，低排放区重点削减的污染物是颗粒物，而颗粒物又是对人体健康影响最大的污染物。
- 2012 年修订后的低排放区方案削减的污染物排放预计是之前的方案削减量的两倍——这对于伦敦达到法定空气质量标准至关重要。将厢式货车和小型公共汽车纳入控制将减少患有胸痛的儿童和成年人分别有超过 12,000 天和 18,000 天不再受到病痛的困扰。

6.6 低排放区的经验

- 整合车队运营方信息和利益相关者参与策略是确保高水平达标的关

- 对政策调整影响到的运营方公开信息
- 初期及早调动关键的外部利益相关者的参与，可以确保达标选项方案/目的得到充分理解
- 对外部供应商（减排行业）和 VOSA（认证检测）进行有效管理
- 政治支持非常重要
- 提早确定对减排设备与制造商的行业标准

7 拥堵收费的影响交通

需要重点强调的是，自拥堵收费制度推出以来，拥堵收费区的交通量一直在减少，并持续到今天。（见下图）



图14.2002 年-2009 年进入拥堵收费区的日均交通流量

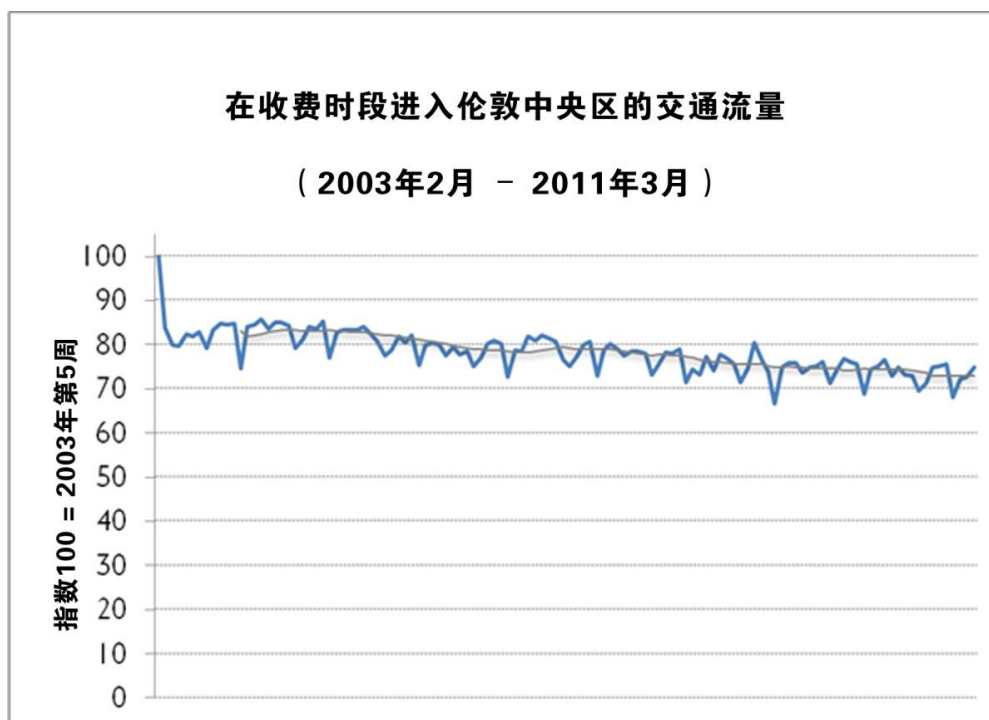


图15.2003 年- 2011 年进入拥堵收费区的交通流量指数

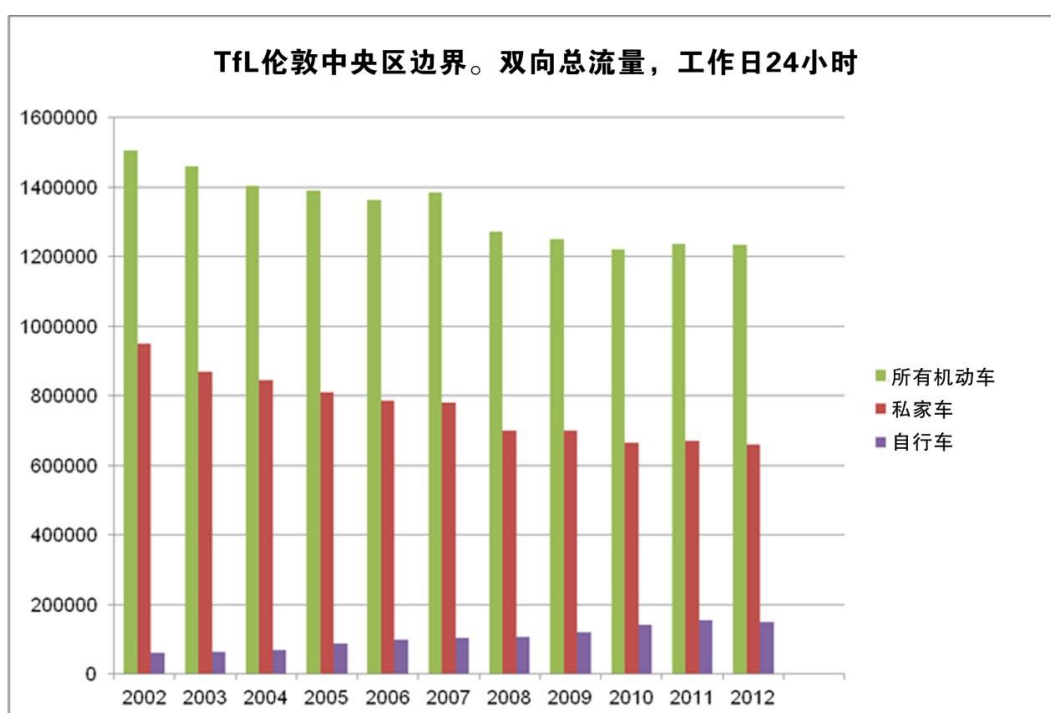


图 16.2002-2012 年伦敦中央区边界的双向交通流量（接近拥堵收费区边界）

在拥堵收费制度执行过程中，自 2003 年制度推出后交通量急剧下降之后，始终未曾出现交通量开始增加的情况。

7.2 拥堵水平

虽然在制度执行过程中，交通量持续减少，但拥堵收费区的拥堵水平却在加剧：

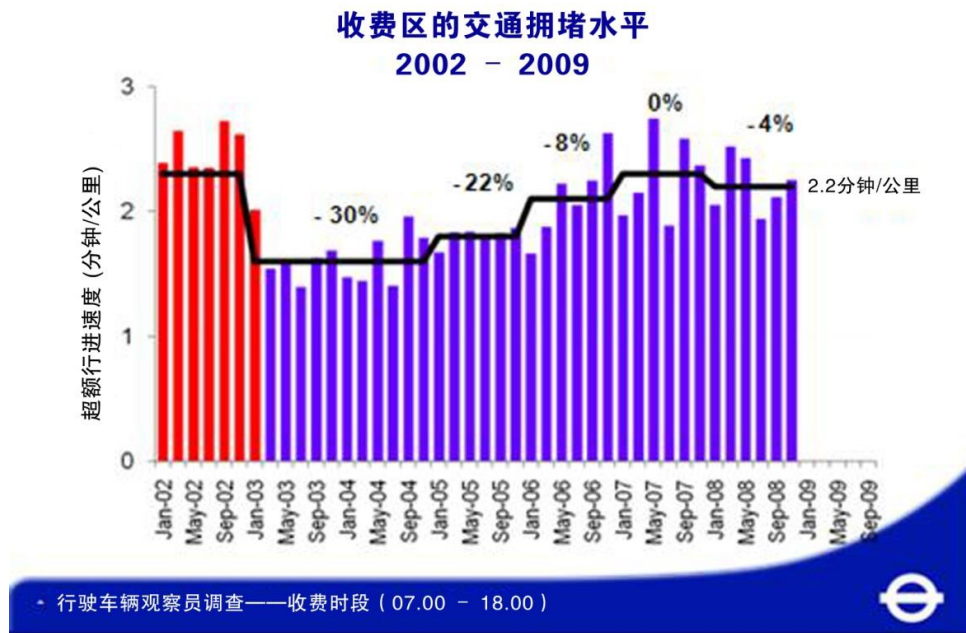


图17.2002 - 2008 伦敦中央区拥堵收费区交通拥堵水平指数

通过对比机动车在通畅情况下行驶一公里路段所需要的时间，和在拥堵收费执行时段在相同路段行驶所用的时间，可以衡量出拥堵结果。

拥堵增加的原因如下：

- 拥堵收费区内交通信号灯时间调整——取消了机动车的‘绿灯’时间，重新分配给行人。
- 为鼓励用户采用更可持续的交通模式而执行的项目，如在收费区内设立公交车道、自行车道等，降低了收费区内的公路通行能力。
- 天然气、电力、水力和电信公司进行的大规模公用事业工程，尤其是泰晤士河维多利亚时代输电干线更新项目，该项目涉及伦敦的每一条街道，将从2008年持续到2015年，其他项目包括使用UPVC管道更换旧生铁配水管道工程等。

7.3 其他影响

a) 经济

伦敦运输局和其他独立机构执行的监控项目表明，拥堵收费对经济没有太大影响。监控项目包括拥堵收费制度对各行业的影响，如金融行业、健康和教育机构、酒店与餐厅、零售业和房地产市场等。

没有明确的证据表明，拥堵收费制度对公司业绩有不利影响，虽然在制度推出之前对此存在较为普遍的担忧。

b) 环境

拥堵收费制度使伦敦中央区的交通量减少，无疑将带来环境效益。但我们很难把拥堵收费对环境的直接影响分出来，尤其是随着发动机技术的进步，机动车正变得越来越清洁。

但只要进行初步的分析将伦敦中央区交通量的减少与环境指标挂钩，就可以很肯定且相当保守的得到如下结论，拥堵收费制度直接导致拥堵收费区内氮氧化物、PM₁₀和二氧化碳排放量分别降低了8%、7%和16%。

c) 道路安全

在推出拥堵收费制度之前，有人担心收费区内交通速度提高，将导致更多更严重的道路交通事故，以及对行人和其他道路使用者的人身伤害事故。

监测项目对比了收费区内的区域和收费区外的区域，发现收费区内与交通相关的事故反而明显减少。

事实上，总的来说，收费区内的事故数量在持续下降，其下降比例和伦敦地区相同。

d) 净收入

根据法律规定，拥堵收费制度获得的收入必须用于改善伦敦的交通。2012年至2013年，拥堵收费制度共产生了1.81亿英镑净收入，这些收入被用于下列计划：公交网络改善、道路与桥梁、道路安全、步行与骑行、为各区交通计划提供资金。

拥堵收费制度自启动以来，共募集超过10亿英镑，用于扶持伦敦地区的各种交通改善项目。

关于上述影响的更多详细信息，请参阅伦敦运输局网站上发布的监测评估文件。其中包括六份拥堵收费年度《影响监测报告》（2003年6月—2008年7月），以及自2009年以来每年编写的伦敦运输局报告。

8 经验教训政治承诺

伦敦的拥堵收费制度之所以能够成为现实，主要是因为2000年新任市长的政治立场。肯·利文斯顿作为一名独立竞选人，在竞选宣言中明确表示，如果获选，他将在伦敦中央区推出道路收费制度。事实是，他在竞选期间做出这一承诺，避免了之后进行全民公投的必要性。

这种政治模式使市长拥有民主授权，而且，在制度设计、准备和咨询过程中，从来没有正式表示应该举行全民公投。

利文斯顿采用这种模式的勇气绝对值得夸赞。这种模式从根本上违背了资深政客之前对该问题的所有立场，并且被证明是实现该制度的关键因素。

8.2 广泛的公开咨询和利益相关者参与

考虑到拥堵收费制度的激进性，尽可能广泛地开展公开咨询非常有必要。这就涉及广泛的构建参与咨询的各个方面，涉及的主要利益相关者从各个机构，如各区议会、主要公司、贸易代表组织等，到个体，如在收费区内的居民，特别是在收费区外的居民。

为了将信息传达给尽可能多的利益相关者，使用了各种沟通渠道。有针对性的信息被证明特别有效（尽管以前很不容易，但现在通过推特和Facebook等通信平台很容易便能实现）。

要保持关注，并有可靠的、正当有理的证据对反对者进行反驳。在这方面，提前准备资料和常见问题解答非常关键。

获得普遍认可的一种做法，是与反对者进行交流，理想情况是进行面对面交流，而不是被指责虚伪或不愿意分享信息。

8.3 良好的公共交通替代方式

即使在公共交通服务良好的区域，参与咨询的民众也希望加强公共交通的提供。这种要求在拥堵收费区边界之外的区域尤为明显（伦敦运输局区域 2 区）。最初，这种要求令人感到非常诧异，但随着公开咨询计划的开展，很明显许多人并不了解他们可以获得的公共交通服务水平。这种情况主要在汽车使用者群体中较为显著，但公共交通用户也存在同样的情况，这令人非常吃惊。人们只使用伦敦地铁，但对公交车服务的了解非常有限。

鉴于公开咨询开始时间与拥堵收费制度正式推出之间的时间有限，提供额外的公交车服务，比新地铁服务更加容易。在收费区新增七条公交线路，提高了现有公交线路的运力，并执行街道公交车优先措施。

在拥堵收费制度正式推出之前，对伦敦地铁进行了升级，并逐步提高运输能力，如在可行的时候增加车厢，增加发车频率等。

8.4 有效的交通管理——尤其是紧邻收费区的外部区域

这个区域是非常关键的一个区域，伦敦运输局为此专门安排了大量人力财力来解决该区域的问题。我们对许多问题表示担忧，包括穿过不合适区域的分流交通量，保护靠近区域边界的居住区，车辆在区域边界外“潜伏”等待免费时进入收费区等。

向公众证明已考虑紧邻收费区边界外的居民和企业的利益，这在政治上非常重要。最终证明，这将产生双重影响，因为其不仅可以减缓核心交通影响，也可以帮助解决区域边界外居民和企业的担忧。这些利益相关者在最初极力反对拥堵收费制度。

8.5 修改/完善

拥堵收费制度的推出从第一天开始就并不意味着是做到位了，是终点。反而从各个方面来看，那只是开始！

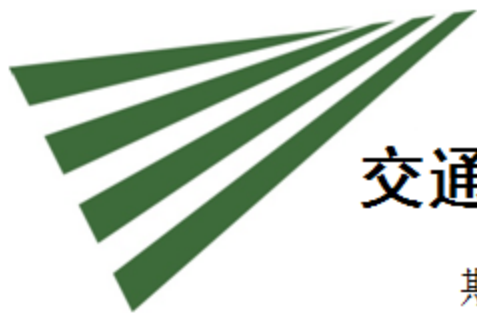
随着政策的演变，将不可避免的需要对其不断进行修改——既有小的改动，也有大幅修改。伦敦执行拥堵收费制度的 11 年间，就在政治层面和运营层面对制度进行过许多次重要的修改。

西部延伸区的推出和后来的取消是一项政治驱动的计划。过去 11 年间，拥堵收费制度经历了更多改变。其中主要包括：

- i. 2006 年推出次日支付，因为有调查显示，许多人收到进入拥堵收费区的罚款通知，只是因为他们忘记支付。该计划让用户在产生罚款之前有额外的 24 小时缴费
- ii. 2011 年推出自动支付，之后便一直是 70% 用户首选的支付方法。这一方式显著的减少了罚款通知的数量。

iii. 考虑到汽车技术的不断进步，修改了对“清洁”汽车提供的折扣。

或许与实际改变同等重要的是拥堵收费的沟通渠道自制度推出以来便一直保持存在。让人们感觉他们可以始终影响到制度发展的方式。这一点对于伦敦的拥堵收费制度尤为重要。相比斯德哥尔摩等地区的制度，伦敦没有试行期。试行期可以提供自然的、逻辑上的修改时间。但伦敦并没有采用这种做法，因此让民众看到管理和运营该制度的人愿意倾听用户和其他利益相关者的意见便显得尤为重要。



交通研究中心

斯德哥尔摩

斯德哥尔摩的交通拥堵费政策

Jonas Eliasson

瑞典皇家理工学院 交通研究中心

摘要

2006 年，斯德哥尔摩试行了为期 7 个月交通拥堵费政策，之后在全民公投中多数公民投票予以支持。于是自 2007 年 8 月起，斯德哥尔摩再次实施交通拥堵费政策，并一直持续至今。交通拥堵费体系引起了世界的广泛关注，这是因为它不仅大幅缓解了交通拥堵现象，而且克服了最初强烈的反对，顺利的通过了激烈而复杂的政治和法律程序，并最终赢得了超过 2/3 人口和所有政党的支持。本报告介绍了斯德哥尔摩交通拥堵费的发展历程，总结了从中可以学到的经验和教训。

备注：本报告中的大部分内容曾刊登在笔者和其他合著人撰写的其他文章和报告中。本报告旨在整合既有资料，提供参考。

关键词：交通拥堵费，斯德哥尔摩，可持续交通系统。

经济文献杂志代码：H23、H54、R41 和 R48。

交通研究中心

SE-100 44 Stockholm

Sweden

www.cts.kth.se



目录

1	概述	1
1.1	背景：关于交通拥堵费的一些基本观点	1
2	斯德哥尔摩简介	2
2.1	斯德哥尔摩基本情况	2
2.2	交通拥堵费发展历程——概述	3
3	收费体系及其影响	5
3.1	收费体系介绍	5
3.2	交通影响	6
3.3	行程时间	8
3.4	环境影响	11
3.5	零售业	12
3.6	不再驾车的司机如何出行？	12
3.7	公共交通	14
4	公众态度与政府态度	14
4.1	态度的转变 —— “了解，然后接受”	15
4.2	影响公众态度的其它因素	20
4.3	政治接受度	21
5	收费系统的设计过程	22
5.1	制定收费措施	22
5.2	交通模型有效吗？	23
5.3	对制定交通拥堵费的一般建议	25
	必须设立明确且具有相关性的目标	25
	费用必须由专家来制定	25
	选择良好的交通模型	26
	尝试通过政治或法律方式获得对实施了收费方案进行进一步调整的机会	26
	“有效性”与“便于理解”之间有冲突，但更容易犯的错误是规则设定过于简单。	26
5.4	信息和技术设计	27
5.5	对技术系统的一般建议	27

尽早明确法定条件.....	27
选择合算的服务水平目标.....	28
选择合算的支付渠道.....	28
信号接收装置管理成本很高.....	28
在采购上，确认成本及风险共担.....	28
政治风险越高，在公众协商中会处于越不利的位置，并会因承包商要求支付风险酬金而增加成本.....	29
6 成本效益分析	29
6.1 技术成本	29
6.2 效益	30
7 公平性影响	32
7.1 公平、公正与赢家/输家	34
8 成果是否可以转化？	36
8.1 为什么说它是“成功的”？	37
9 References.....	38

1 概述

2006 年，斯德哥尔摩试行了为期 7 个月的交通拥堵费¹政策，之后在全民公投中多数公民投票予以支持。自 2007 年 8 月起，斯德哥尔摩再次实施交通拥堵费政策并持续至今。收费体系由环市中心区的收费路段组成，在各方向实施分时收费。结果是通过收费路段的交通流量下降了 20% 左右，极大地缓解了斯德哥尔摩市内和周边的交通拥堵现象。

长期以来，交通经济学家和规划者主张把征收交通拥堵费作为缓解道路交通拥堵的有效方法。然而尽管城市交通和空气质量问题不断出现，而且人们一致认为对道路或公共交通系统进行投资不足以解决上述问题，各个城市仍然不愿意实施交通拥堵费政策。但是，近年来，情况似乎有所改观。伦敦（2003 年）、斯德哥尔摩（2006 年）、杜伦（2002 年）、米兰（2008 年）、罗马（2001）、哥德堡（2013 年）和瓦莱塔（2007 年）均实施了不同形式的收费或许可制度，以此应对交通拥堵和/或环境问题。此外，许多其他城市也在考虑实施此类政策。纽约、曼彻斯特、哥本哈根和爱丁堡近来曾尝试征收交通拥堵费，虽然未能成功，但这表明各个城市比十年前更加重视征收交通拥堵费。美国“价值定价”道路迅速普及，也是目前通过收费措施解决交通拥堵问题的例证。

斯德哥尔摩的交通拥堵费引起了世界的广泛关注。一方面它为评估交通拥堵费给交通、拥堵水平和出行行为带来的影响提供了机会，另一方面，各界更关注的或许是交通拥堵费克服了最初强烈的敌意，顺利通过了激烈而复杂的政治和法律程序，包括最初由反对者提出的公投，并最终获得了 2/3 以上人口的支持。最初，斯德哥尔摩的交通拥堵费被称为“最昂贵的政治自杀方法”（引自当时交通拥堵费办公室主任私下表达的观点²），最后被初期充满敌意的媒体宣布为“成功案例”（例如《每日新闻报》，2006 年 6 月 22 日）。

本报告³尽力总结可以从斯德哥尔摩案例中学到的经验和教训。

1.1 背景：关于交通拥堵费的一些基本观点

理论和实践均表明基础设施投资不足以消除大型城市中心区的交通拥堵问题。原因有多种，其中最重要的两种原因是最终无法避免城市土地和公共资源的匮乏。

¹ 从法律角度而言，瑞典法律规定交通拥堵费属于税收，因此瑞典的官方术语为“交通拥堵税”。笔者选择使用国际标准术语“交通拥堵费”。

² 引自试点期间交通拥堵费办公室主任（社会民主党人）贡纳尔·索德霍姆在试行结束后描述当地社会民主党人对国家社会民主党政府强迫当地斯德哥尔摩政党实施交通拥堵费政策时的感觉。

³ 本报告使用了笔者和合著者曾发表过的文章中的内容。部分内容是逐字复制的，特别是（Börjesson, Eliasson, Hugosson, & Brundell-Freij, 2012; Eliasson, 2008a, 2010, 2014）的文章。本报告还列出了其他参考文献。目的不是提供新的资料，只是以方便获取的方式收集此前的内容，以便译成中文。

当然，交通拥堵费不能解决所有问题，征收交通拥堵费通常会降低、但是不会消除交通投资需求。通常情况下，不断增长的城市地区既需要征收交通拥堵费，也需要对道路和公共交通进行投资。显然，各个城市在最经济和最需要投资方面具有差异。一般情况下，可持续的城市交通系统必须包括四项战略：具有吸引力的公共交通系统、可步行性、紧凑的空间规划和对私家车出行的限制。这四项战略相互强化，缺乏其中任何一项，剩余三项将失去效力。本报告旨在列出交通拥堵费的经验教训——这是一种限制私家车出行的方法；停车收费也是一种方法，但是需要将其他三项纳入综合的可持续城市交通战略。

或许值得指出的是，私家车司机实际上对收费很敏感。非专业人士普遍认为，决策者也错误地认为司机“不得不”开车出行，对驾驶费用的变化不敏感。这种观点已经遭到多次驳斥。增加特定时间和地点开车出行的费用，将减少司机选择在特定时间和地点开车出行的次数。至于减少的幅度，取决于司机适应的容易程度和其他可选方案有多可行。可选方案可以包括其他时间段、出行方式、路线和目的地等。重要的是提供尽可能多的可选择的方案，从而达到较好的减少出行次数的效果，但是这取决于司机如何选择。

2 斯德哥尔摩简介

2.1 斯德哥尔摩基本情况

斯德哥尔摩城约有 90 万市民，是斯德哥尔摩区（拥有 200 万居民）的中心。约 2/3 的斯德哥尔摩城居民住在城中心区——收费路段内，其他居民则住在收费路段以外。收费区域面积⁴约为 35 平方公里。收费区内约有 33 万人口，其中 6 万左右在收费区以外的工作场所工作。收费区有将近 2.3 万个工作场所，共有约 31.8 万名员工，其中 2/3 以上的人口居住在收费区以外。

近年来，斯德哥尔摩人口数量增长迅速，再加上出行距离和私家车保有量的增加，使交通流量稳步上升。从 20 世纪 70 年代初期（开始定期测量）开始，收费路段内交通流量的增长速度与斯德哥尔摩区交通流量的增长速度相同。直到 90 年代初期，通过收费路段的交通流量才停止增长。但是，斯德哥省摩区其他地区的交通流量与通过收费路段的公共交通通行量仍保持同等的增长速度。或许可以用道路通行能力的不足解释交通流量增长的突然停止。在随后的约 15 年中，虽然就业水平和燃料价格经历了巨大变化，通过收费路段的交通流量保持了惊人的稳定。随着 2004 年南部分流道路（Southern Bypass）的开通，交通流量下降了 5% 左右，这是唯一一点值得赞赏的影响。

由于斯德哥尔摩具有水量丰富和保护很好的绿化地带这种地形结构，与其中等城市规模相比，斯德哥尔摩道路交通拥堵水平相对较高。在实施交通拥堵费政策之前，进出市中心区和市中心区内的主干道的交通拥堵指数平均为 200%，是通畅出行时间的三倍。部分因为这种

⁴ 在此做一个对比。伦敦 2003 年实施的交通拥堵费项目包括 21 平方公里的收费区，随着 2007 年的西扩，收费区面积几乎增加了一倍。

拥堵情况，部分因为良好的公共交通设施，公共交通出行所占比例较高：在进出市中心区的所有机动车出行次数中，有 60-65%通过公共交通完成。在交通高峰时段，公共交通出行比例高达 80%。斯德哥尔摩省的公共交通系统包括设有 100 座车站的地铁网络（超过 100 万出行次数/天）、设有 51 座车站的通勤铁路网络（25 万出行次数/天）、设有 98 座车站的五条轻轨路线（略高于 10 万出行次数/天）和庞大的公交网络（约 100 万出行次数/天）。通过补贴，实际公交车票费用约为五折。

2.2 交通拥堵费发展历程——概述

与其他许多城市一样，交通规划者和经济学家一直呼吁斯德哥尔摩应该征收交通拥堵费，却未能获得公众或政治支持。20 世纪 90 年代初期，为了给斯德哥尔摩大型的基础设施一揽子方案提供一定的资金支持，曾有人提议收取过路费。这引起了环保人士的兴趣，即使他们不赞成将部分过路费收入用于新建高速公路的计划，他们重视过路费在交通管理方面的潜力。20 世纪 90 年代末，基础设施一揽子方案失败，也未能收取过路费，但是这一问题已经引起了人们的关注。一些利益相关方进行了交通拥堵费项目分析。或许更重要的是，环境保护运动，特别是绿党将这一问题提上日程。

2002 年，国家社会民主党政府成立了一个委员会，为斯德哥尔摩协商新的基础设施协议。他们提出了把交通拥堵费作为融资来源的观点。当保守党指责社会民主党在 2002 年大选后秘密计划征收“过路费”时，斯德哥尔摩的社会民主党市长公开做出明确承诺：在下次选举期间不会征收过路费（即使她想要为下次大选提出建议）。只要社会民主党能够获得绿党的支持，他们就能继续赢得国家和斯德哥尔摩大选。作为为国家社会民主党政府提供支持的回报，环保部门要求社会民主党必须在斯德哥尔摩市“全面实施为期数年的交通拥堵费试点”。社会民主党答应了此项要求。

这引发了非常激烈的讨论。交通拥堵费最初是不受欢迎的方法，违背大选承诺使事情进一步雪上加霜。反对者非常愤怒，同时默默地庆祝他们将以绝对优势赢得下次大选。交通拥堵费的支持者和反对者均使用生动的言辞描述征收或不征收交通拥堵费将会产生什么结果。就连许多支持交通拥堵费的人士也持怀疑态度：实施试点的方式和准备时间之短，使他们担心如果不能征收交通拥堵费，将阻止未来数年内问题的解决。媒体界持坚决的反对态度：39% 有关该话题的报纸文章为负面报道，正面报道（Winslott-Hiselius、Brundell-Freij 和 Vagland, & Byström, 2009 年）的比例只有 3%（其他为中性报道）。交通拥堵费的反对者建议举行全民公投，认为他们将在公投中取胜。社会民主党默默地支持这一建议，认为这能让他们与交通拥堵费保持距离：单独举行公投，人们即使不支持交通拥堵费，也可能会投票支持社会民主党。但是，最终决定在试点结束后再进行公投，这与 2006 年 9 月下次换届选举的时间节点一致。这一决定至关重要。

试点的目的是“检验是否能够通过征收交通拥堵费提高交通系统的效率”。从私家车出行排放和城市环境角度而言，预计征收交通拥堵费将“缓解交通拥堵现象，提升可达性和改善环

境”。费率设置旨在使通过收费路段的私家车交通流量下降 10-15%。根据以前建议的斯德哥尔摩交通拥堵费计划，这一目标比较宽松。

2006 年 1 月试行交通拥堵费政策时，市中心区收费路段分时收费。通过收费路段的交通流量立即出现下降，极大地缓解了全市的交通拥堵现象。数周后，收费时段通过收费路段的交通流量下降保持稳定，比 2005 年下降约 22%，交通拥堵水平缓解约 30-50%（Eliasson, Hultkrantz, Nerhagen, & Rosqvist, 2009; Eliasson, 2008b）。公众逐渐表现出积极的态度，而媒体界的态度发生了彻底的转变：正面报道的比例从 3%升至 42%，而负面报道的比例从 39%降至 22%（Winslott-Hiselius et al., 2009 年）。在 9 月举行的全民公投中，53%的有效投票支持征收交通拥堵费⁵。

斯德哥尔摩所有政党的代表承诺遵循斯德哥尔摩公投的结果。国家和斯德哥尔摩选举以自由/保守党获得绝对优势而告终，斯德哥尔摩新的多数党亲切地要求国家新的多数党重新征收公投前停止征收的交通拥堵费。问题的关键涉及收入协商。从法律角度而言，交通拥堵费属于国家税收，最终进入国家政府收入，但是斯德哥尔摩地区指出，交通拥堵费实际上归其所有，这是可以理解的。最终，地区和国家政客促成了一项价值为 100 亿欧元、为期十年的大型基础设施一揽子方案，其中的一部分交易是交通拥堵费收入用于新建环斯德哥尔摩的分流道路。

因此，本试点最终成为城市交通拥堵费发展的里程碑事件。首先，令所有人惊奇的是，通过促进公众观点转变为支持征收费用，斯德哥尔摩长达四十年的交通拥堵费的政治困局得以打破。其次，这是继新加坡和伦敦后，第三个全面实施交通拥堵费的城市，也是继新加坡后第二个实施分时收费的城市。

所有政党逐渐接受、并最终支持征收交通拥堵费。原因包括交通拥堵现象的缓解、为基础设施提供资金支持、可能从政府获得杠杆资金、以及公众日益对收费的支持。在四年的时间内，媒体几乎每天都在新闻头条报道交通拥堵费问题。之后，它们的兴趣逐渐消失了。政党和其他利益相关方不再讨论是否征收交通拥堵费，逐渐讨论如何重新设计交通拥堵费以及如何利用收费的收入。交通流量的下降逐渐保持了惊人的稳定（Börjesson, Eliasson, Hugosson, & Brundell-Freij, 2012）。截至编写本报告时（2014 年 2 月），国家政府、斯德哥尔摩城和斯德哥尔摩区的自由/保守党多数党（最初为交通拥堵费的反对者）已经同意大幅提高交通拥堵费金额，并在西部分流道路实施新的收费政策，从而实现双重目标：为地铁延长线提供资金，进一步缓解交通拥堵。而左翼/绿党反对的理由仅仅是：提升幅度太小、速度太慢和启动太晚。

⁵ 由于交通拥堵费仅限于斯德哥尔摩市内，所以尽管周边城市也举行了的公投，但他们的投票不具有法律效力。（约 2/3 的人口居住在收费区内。应该指出的是，居住在收费区内的市民支付的费用高于居住在收费区外的市民支付的费用，但是他们只获得较小的行程时间效益，因为交通拥堵问题主要集中在上午进城时段和下午的出城时段。）计算所有公投的票数发现，大多数投票反对征收交通拥堵费，但是选择出现严重偏差：只有自由党/保守党为多数党的城市举行了普通投票，这些城市的民意测试表明大多数人反对征收交通拥堵费。

3 收费体系及其影响

一项广泛的评估项目对斯德哥尔摩收费体系的效果进行了研究。由于交通拥堵费的命运将由全民公投决定，该评估项目具有尤为重要的意义。评估不仅涉及对交通流量和行程时间的影响，而且涉及对排放、城市环境、交通安全、交通运输、公共交通和出租车等的影响。该项目最终形成约 30 份不同的子报告。

3.1 收费体系介绍

收费体系包括 18 个位于进出市中心区主干道瓶颈地段的收费点。这 18 个收费点构成环绕市中心区的收费路段。这是出于地形结构的考虑，而并非是设计本身的约束，这一点常常被人们误以为交通拥堵费体系必须以收费路段的方式设计（体系设计见第 5 章）。

在试点期间，识别车辆的主要工具是信号发射终端（“标签-信标”系统或 DSRC（专用短程通信））。次要识别工具是自动照相机，用于对车牌进行拍照并登记；车主不用在控制点付款，而是在每月收到当月产生的全部费用的交费单。当再次实施交通拥堵费政策时，由于自动照相机识别运行非常良好，因此决定取消信号发射终端。

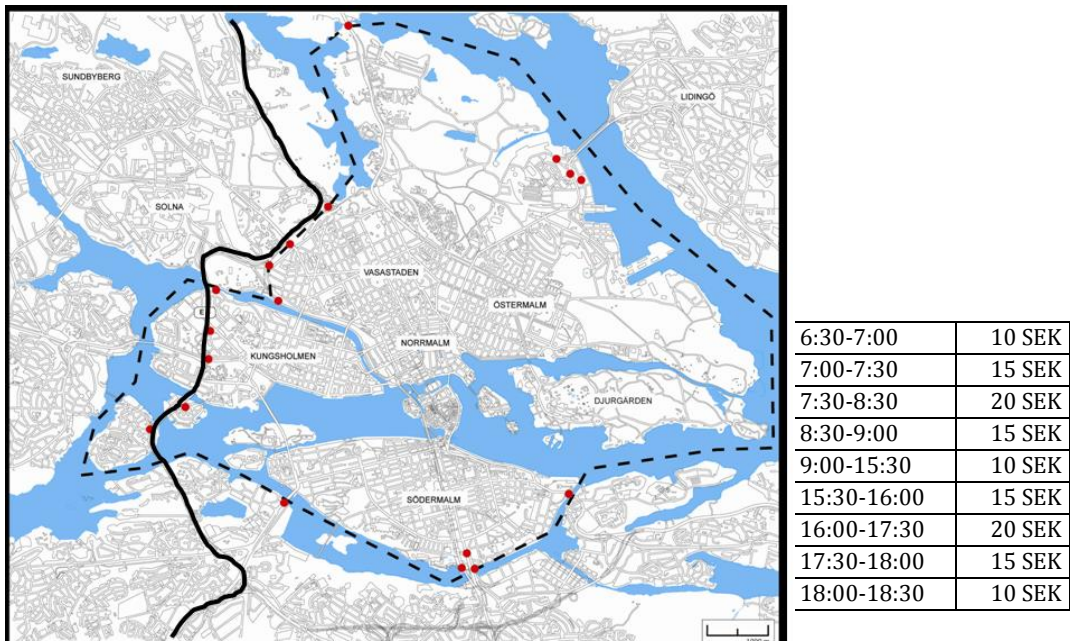


图1 收费区域。虚线为收费路段，圆点为收费点，实线为免费的 Essinge 分流道路。右：不同时间段收费金额（仅限工作日）。

按具体时间（见图 1），任何方向通过控制点的金额为 1-2 欧元（10 瑞典克朗=1 欧元），每车每天最高收费金额为 6 欧元。双向的收费金额是相同的，每次通行均需收费。夜间、周末和 7 月假期不征收交通拥堵费。各种免收费通行（如公交车、外埠车辆、以及 Lidingö 岛与斯德哥尔摩省其他地区之间的通行）意味着约 15% 的通行无需缴纳交通拥堵费。

最初为了在市场推广替代燃料车辆，替代燃料车辆无需缴纳交通拥堵费。事实证明这是一种有效的方法：替代燃料车辆比例从 2006 年的 3% 升至 2009 年的 15%。虽然当时还使用了

其他方法促进替代燃料车辆的销售，但是多项研究表明，免收费发挥了重要的作用。之后，取消了 2009 年及以后销售的替代燃料车辆免缴交通拥堵费的政策，原因在于它已经充分发挥了促进市场销售的作用。2012 年，取消了所有替代燃料车辆无需缴纳交通拥堵费的政策。免收费的目的在于鼓励使用更环保的车辆，但是将“更环保”与“替代燃料”划上等号遭到了人们的批评，尤其当人们质疑乙醇燃料汽车的环保作用之后。免收费适用于使用除汽油或柴油外其他燃料的车辆，如乙醇、生物燃料或混合燃料，而不考虑车辆实际使用哪种燃料（生物燃料和乙醇汽车可以通过普通汽油驱动），亦不考虑实际排放量。瑞典随后实施的旨在鼓励“绿色车辆”的政策使用了其他定义——通常使用每公里燃油消耗量限制。“绿色车辆”豁免拥堵费的政策并不是为了定义什么是“绿色车辆”（许多人指出，事后证明该定义不完全符合初衷），而是表明豁免收费是一项非常有效的激励某种汽车技术推广的政策。

在 Essinge 分流道路上行驶的通过斯德哥尔摩的车辆无需缴纳交通拥堵税。这是斯德哥尔摩区南部和北部之间唯一一条免费通道。即使在交通拥堵费政策实施之前，Essinge 分流道路已经面临严重的交通拥堵现象，因此从纯粹的交通角度而言，人们强烈支持向在 Essinge 分流道路通过的车辆收费。但是，由于周边城市的强烈反对，斯德哥尔摩市的决策者决定该道路应该免费。

3.2 交通影响

自 20 世纪 90 年代初以来，虽然人口和私家车保有量出现增长，但是通过斯德哥尔摩收费路段的交通流量在很大程度上保持稳定。而其他地区的交通流量则出现增长，因此，道路通行能力不足是最可能解释市中心区交通流量没有增长的原因。图 2 显示了 2000 年以来通过收费路段的日均交通流量（工作日早 6 点至晚 7 点）。2005 年南部分流道路开通时，交通流量出现小幅下降。

2006 年 1 月试行交通拥堵费政策伊始，即对私家车交通流量产生了巨大的影响。最初几周的效果更为明显，之后收费时段通过收费路段的交通流量的下降稳定在 22%左右（按月进行比较，以反映季度性变化）。试点前，人们对是否真的会减少交通流量表示怀疑，特别是考虑到试点仅持续七个月，但结果是试点迅速产生了稳定的影响。

2006 年试点结束和取消收费时，交通流量迅速回升至几乎与收费之前相同的水平，但是稍低。取消收费后，仍然具有延续效应。2006 年 8 月至 2007 年 8 月期间，即试点结束至重新收费期间，交通流量比 2005 年下降 5-10%⁶。很可能是因为部分私家车主在试点期间形成了新的出行习惯，甚至在取消收费后继续保持这种习惯。

⁶ 因为道路设施和测量设备的技术问题，该阶段的数据可靠性较差，所以剩余效应的实际程度尚不得而知。

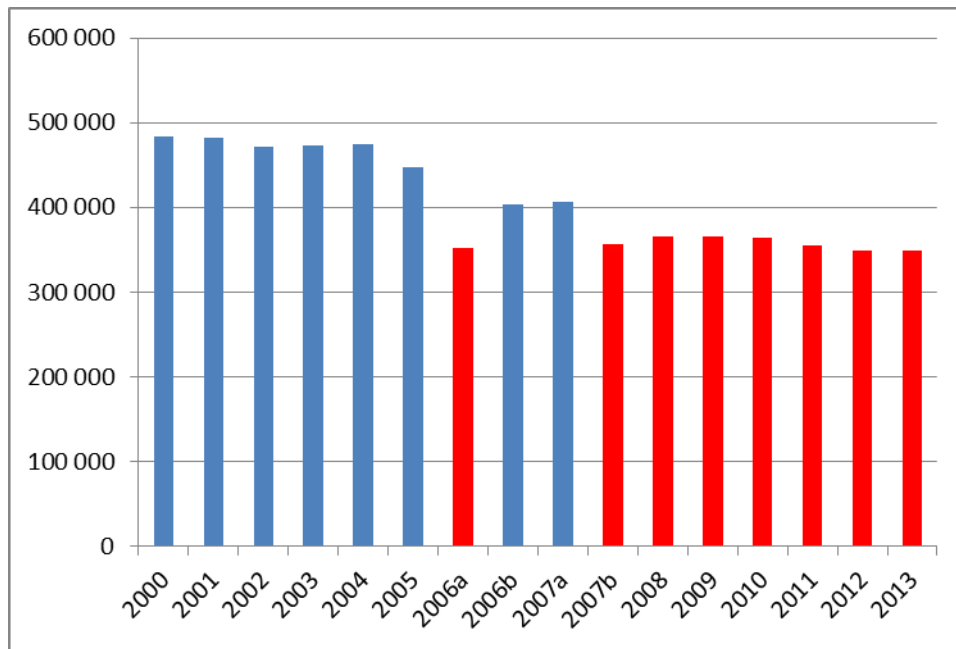


图2 工作日（早6点至晚7点，不含7月）通过收费路段的日均交通流量。蓝色：不收费。红色：收费。“2006a”指2006年1-7月试点期间，“2006b”指2006年其他时间。“2007a”指重新收费前2007年1-8月15日，“2007b”指2007年其他时间。

随着2007年8月收费政策的再次实施，交通流量再次降至2006年试点期间的水平。此后，尽管存在通货膨胀、经济增长、人口增长和私家车保有量的增加，交通流量基本保持稳定。收费的效果没有减少，反而有所增加——由于不同外在因素（人口增长、通货膨胀等）的存在，预计交通流量本应该增加——（见表1）。Börjesson等（2012年）指出，控制住这些因素的情况下，交通在收费方面的弹性⁷从2006年的-0.70增至2009年及之后的-0.85。虽然这一数值似乎趋于长期稳定，但是现在下结论还为时尚早。但最重要的是，尚无收费效果消失的迹象。相反，其效果有所增加。这与长期政策相对短期政策会让更多人选择适应而不是选择不变的观点保持一致。该结果也符合Goodwin等（2004年）提出的观点。Goodwin等指出，价格影响通常随着消费者选择灵活性的增加而增加。2012年9月，取消了替代燃料车辆无需缴纳交通拥堵费的政策。这使得交通流量进一步下降；而在此之前，这部分豁免车辆占了6-8%通过收费路段的交通流量。这种观测到的交通流量下降表明，免收费车辆与其他交通方式对价格的敏感程度一致（在6-8%交通流量中下降20%也就对应着总交通流量1.2-1.6%的下降，这与观测到的结果基本相同）。

⁷ 请注意，弹性与私家车出行一般价格弹性和燃料价格弹性没有可比性。因为燃料价格占出行边际成本的一半左右，私家车出行价格弹性是燃料价格弹性的两倍以上。通过收费路段的交通的价格弹性较高，因为有多选适应方式可选，如改变路线、目的地和出行时间。

表 1：与 2005 年水平相比，通过收费路段的交通流量的下降幅度（收费时间：工作日早 6 点至晚 7 点）。第二行：与反拟法理论对比的下降幅度，其中外部因素保持稳定。（无 2012-2013 年计算数据）

	2006a	2007b	2008	2009	2010	2011	2012	2013
与 2005 年水平相比，因收费出现的交通流量的下降	-21.0%	-18.7%	-18.1%	-18.2%	-18.7%	-20.5%	-21.4%	-22.1%
扣除外部因素变化后 ⁸ ，交通流量的下降	-21.4%	-20.9%	-20.7%	-21.9%	-21.7%	-22.3%	-	-

因为反拟法预测变得越来越困难，对收费影响的详细研究的重要意义逐渐变小。因此，下文大多数详细的影响分析基于 2005 年与 2006 年的对比数据，即最后一个不收费的年份和第一个收费年份。因为 2005 年之前数年的交通流量保持稳定，2006 年之后也保持稳定（2006 年 8 月-2007 年 8 月除外），从这些对比中获得的基本观点仍具有重要意义和适用性。

相对而言，下午时段下降幅度最大（16:00-18:00 下降 23%），上午时段下降幅度较小（7:00-9:00 下降 18%）。这说明下午的出行比上午更自由，或者说离开工作场所的时间不像到达工作场所的时间那么固定。夜间交通流量同样出现下降。上午进入市中心区车辆的减少造成夜间离开市中心区的交通流量下降的幅度超过因日间转向夜间免费出行造成夜间交通流量的增加的幅度。虽然正午时段（9:00-15:30）收费金额较低，但是该时段的交通流量下降幅度依然显著（下降 22%）。正午时段通过收费路段的许多交通流量在反方向出行时支付的金额较高，可以部分解释该时段价格的高敏感性。

此外，收费政策对交通的影响超出了收费区范围。市中心区车辆行驶公里数下降约 16%。而在市中心区以外的地区，偏远接驳道路和偏远街道的交通流量下降幅度略高于 5%。这些影响基本保持稳定；交通流量在随后数年保持稳定或保持长期趋势。由于倒流式交通大堵塞现象的缓解，离收费路段较远的排队现象也有所下降。从短期或长期来看，收费似乎均未产生严重的次优问题。

因此，未出现预计会在收费路段外出现的不良影响，如郊区周边道路交通流量的增加。

3.3 行程时间

比车辆数量减少相比，更为明显的是交通拥堵现象的缓解。图 3 的新闻头条即为佐证。行程时间的缩短对公众而言是显而易见的。当倒流式交通大堵塞排队现象得到大幅缓解时，远离市中心区的地区的行程时间也有所缩短。

⁸ 燃料价格、总就业人数、私家车保有量、通货膨胀、免收费交通比例。



图3 《都市日报》和《每日新闻报》在征收交通拥堵费第一天后的头版。（两份报纸的标题均为：“私家车交通流量减少四分之一”。）

图4所示的是2005年5月和2006年5月相比不同类型道路的平均交通拥堵指数。交通拥堵是用交通拥堵指数来衡量的，其中0%指畅通行程时间，100%指需要两倍的畅通行程时间。从图中可以看出，市中心区内部和附近的车辆通行的行程时间大幅下降。主干道的下降尤为明显，主干道的延时时间（超过畅通行程时间的时间）在上午高峰时段下降三分之一，在中午/晚高峰时段下降二分之一。这极大地提高了行程时间的可靠性，出行者对车辆出行时间有更好的估计。图4还列出了行程时间变化的区间，按出行时间最高和最低十分位数的区间衡量（在特定的15分钟内）。与试点之前部分类型的道路（如晚高峰时段的主干道）相比，行程时间分布的最高十分位数降为三分之一以下。

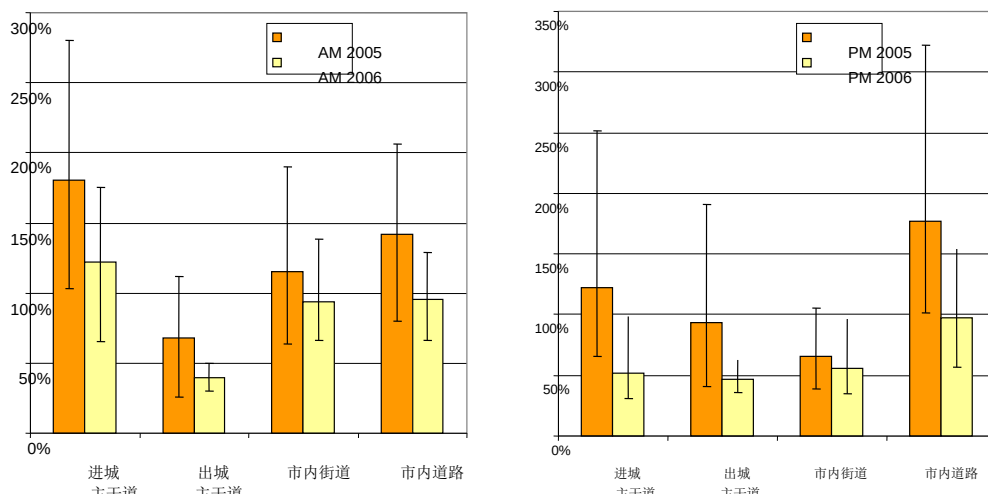


图 4 各类道路行程时间的相对增长。0%指畅通行程时间。彩色条形表示平均行程时间，“误差条”表示行程时间分布的最高和最低十分位数。测量时间为4-5月六周的所有工作日。“早高峰”指早7:30-9:00，“晚高峰”指下午4:00-6:00。

图 5 展示了一个类似的图形，但是涉及更多年份和其他类型的街道和道路。图 5 所示的是三个不收费阶段（2005 年 4 月、2005 年 10 月和 2006 年 10 月）和两个收费阶段（2006 年 4 月和 2007 年 10 月）。通常情况下，由于交通流量较大、且步行人数和骑行人数的增加，4 月的交通拥堵现象比 10 月严重。显然，通过收费路段的交通流量的下降，使收费路段内外大范围地区交通拥堵现象得到缓解。尤其要指出的是外部主干道交通拥堵现象的缓解，因为这些测量点的位置远离实际的收费路段。此外，从图中可以看出，交通拥堵水平在试点期间（2006 年 4 月）和再次收费后（2007 年 10 月）几乎相同。2005 年 10 月和 2006 年 10 月不收费时交通拥堵水平几乎相同，而 2005 年 4 月不收费时交通拥堵水平较高。

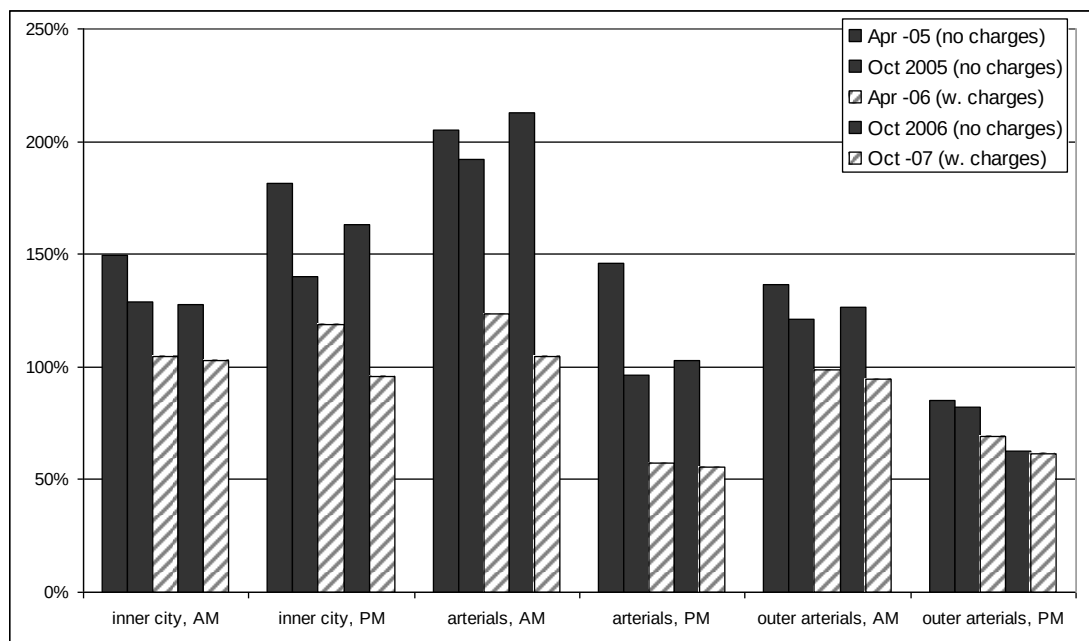


图 5 2005-2007 年间 4 月和 10 月不同类型道路高于自由行程时间的行程时间的增加。

交通拥堵现象的缓解，也意味着行程时间可靠性的增加。例如，在晚高峰时段，主干道的最差行程时间十分位数下降了 3 倍或以上。图 6 的散点图显示了 2005 年（x 轴）和 2006 年（y 轴）行程时间的标准偏离，说明了行程时间可靠性的增加。左边类似的散点图所示的是不同道路的交通拥堵指数。观察以下两个图形就会发现，大多数点在 45 度线以下，即情况得到缓解（至少已经发生改变）。

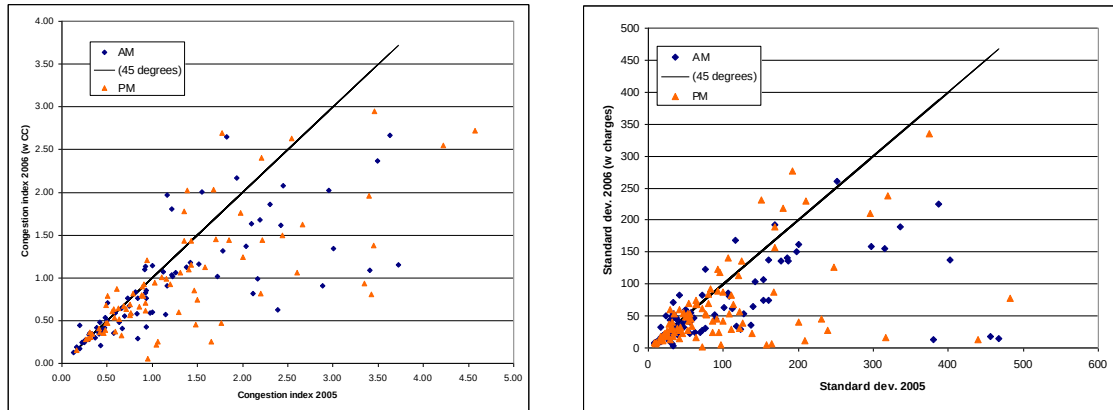


图6 2005 年4 月和2006 年道路交通拥堵指数（左）和行程时间标准偏离（右）散点图

3.4 环境影响

车辆行驶公里数的下降意味着交通排放量的下降。市中心区下降幅度最大，为 10-15%（不同污染物排放量的下降有所不同）。因为市中心区是人口密度最大的区域，从健康角度而言，这是一个极为重要的影响。在市中心区，空气中污染物下降 10-14%。由于更多的公共交通通过排放因子较高的老旧公交车辆完成，氮氧化物（NO_x）的下降幅度较小（8.5%）。总体来看，市中心区许多街道的空气质量得到了改善。整个城市地区（斯德哥尔摩省）的交通二氧化碳排放量下降了 2-3%。

空气污染模型的使用，使我们可以对交通变化产生的人群暴露程度变化进行详尽的估计。因为收费路段内日间人口密度大，所以这部分人群展现出主要影响，将使得平均人口受影响的幅度发生了重要的变化。估算的氮氧化物和尾气颗粒物减排量是与市中心区屋顶浓度水平（所谓的城市背景）比较得出。这表明了斯德哥尔摩这部分人口的平均负荷。国际研究把心血管疾病和肺癌发病率下降造成的死亡率下降称为最重要的健康效益。Forsberg 等（2006 年）预计，斯德哥尔摩市中心区每年过早死亡将减少 20-25 例，而斯德哥尔摩都会区每年过早死亡将下降 25-30⁹ 例。如果实施更加全面的政策措施，如提高燃油税，实现同等规模的排放量下降，影响将超过三倍，因为排放量的下降集中在人口密度最大的地区。

试点的目标之一，是“改善城市环境”。鉴于天气影响的共同作用，难以得出确切的结论。但是，研究表明交通相关指数得以一定改善，如交通拥堵、空气质量和可达性——不仅有利

⁹ 瑞典基础设施规划中使用的标准成本效益模型具有根据早期研究设定的剂量反应关系。这说明因试点而出现的交通流量的下降，按年计算挽救五年寿命。这是埃利亚松（本期）在成本效益分析中使用的数据。

于私家车司机，而且有利于骑行者和步行者。那些与交通流量下降相关的因素是可以测量的，研究结果表明这些因素有所改善。在城市环境研究中，居民感觉到交通时间、空气质量和车辆可达性有所改善。对市中心区的骑行者和在市中心区居住的儿童的采访也表明了相同的趋势。市中心区儿童认为城市环境发生了明显的改善，许多骑行者认为市中心区私家车辆更少，交通环境变得更好。

3.5 零售业

人们曾担心收费路段内的零售业会受到不良影响，但是对零售市场的研究表明交通拥堵费未产生任何影响（Daunfeldt, Rudholm, & Ränne, 2009）。例如，在斯德哥尔摩试点期间对购物中心、商场和百货商场耐用品进行的调查表明，其发展速度与瑞典其他地区的发展速度相同。其他零售行业也是如此。

许多城市也担心收费路段内零售业会受到不良影响。斯德哥尔摩采取了大量的措施来追踪影响，最后仅得出影响极小或不存在的结论。其他征收交通拥堵费的城市也得出了类似的结论。收费或许对某些商店产生了影响，特别是收费路段附近的商店，但是市中心区的平均影响一般较小。从长期来看，这一点应该是明显的：如果收费路段内的零售市场吸引力下降，楼层租金同样会出现下降以抵消影响，这使得对商店数量的影响更小。

3.6 不再驾车的司机如何出行？

交通测量仅反映整体变化，不能反映司机的适应方式，例如有多少司机选择其他出行方式、出行时间或目的地等。Franklin, Karlström and Eliasson（2010 年）分两次进行了出行调查，以研究个人出行受影响的程度。图 7 列出了研究结果（收费时段收费路段内 1000 次私家车出行）。由于很难区分收费的影响以及分季度和趋势性影响，我们应谨慎地看待这些研究结果。

通过收费路段的出行人次下降约 25%。其中，约 10 个百分点选择公共交通通勤，1 个百分点选择 Essinge 分流道路通勤（因此，路线改变只是次要的适应策略）。6 个百分点自由出行改为选择其他目的地、或降低出行频率，如一次出行办几件事或合并出行目的。不足 1 个百分点选择 Essinge 分流道路。剩余的 5 个百分点为消失的职业出行——运输公司、出租车和技工等。因为我们没有开展有关这种出行的调查，我们无法做进一步的细分。职业出行完全受到相对较低费用的影响，这一事实令人吃惊，但是，在与职业司机开展的面谈调查中，有重要证据表明，事实上他们试着规划路线和一次出行办几件事，从而避免不必要的通过收费路段，更多的时候，他们选择降低出行次数。

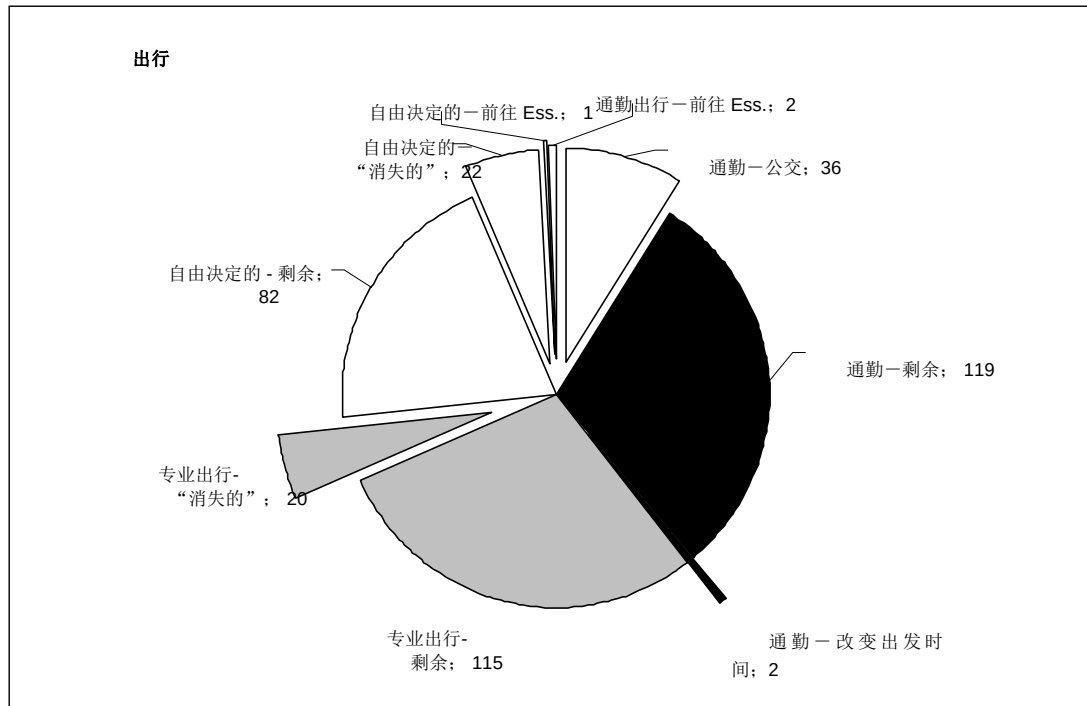


图 7 收费时段通过收费路段的汽车出行次数的测算变化 (1000 次出行) (与通过收费路段的车辆测量进行对比时, 请注意“通过”次数被计算为两次通过收费路段。)

有必要指出的是, 有多种适应的方式。路线和方式的改变不是唯一的适应策略。出行并非以一对一的简单模式“替代”, 特别是自由出行。许多人特别是交通专家, 似乎下意识地假设出行次数几乎是固定的, 应该能把收费影响分类为“方式变化”、“目的地变化”和“出发时间变化”。在现实中, 适应更加多种多样。这说明“因为我们的公交系统太差”, 或“.....因为我们没有环形公路, 所以交通拥堵费不会在我们的城市奏效”等常见的观点忽略了一个基本点, 那就是除改变方式或路线外, 还有许多其他的适应方式。至于主要的适应策略, 将取决于城市特征、体系设计以及可选的出行替代方案。

另一个重要的观点是, 出行不只是通勤出行。通勤出行仅占汽车出行的一小部分——有代表性的数据可能为 30-40%, 其他为自由出行和职业出行 (典型数据为 15-25%)。我们可以比较容易地影响自由出行, 因为短期的适应方式很多, 自由出行占出行总量的较大一部分, 特别是在交通拥堵情况通常与早高峰时段同样严重的下午高峰时段。职业出行更加多样化: 有些类型很难改变, 其他类型则不然。通常情况下, 职业出行时间成本很高, 这说明职业出行节约的时间将占出行时间效益的重要部分。尽管如此, 规划者、决策者和公众却常常重点讨论通勤出行, 这就误导了交通拥堵费的作用及其如何发挥作用的讨论。

司机如何适应的问题逐渐变得不重要。这是因为, 出行模式不像人们想象的那么重复和稳定。许多受影响的司机是偶尔开车出行的司机, 他们可能每月仅在收费道路上行驶几次。每天通过斯德哥尔摩交通拥堵收费路段的司机中, 约三分之二是“偶尔”开车出行的司机, 他们每周开车通过收费路段的次数只有三次, 甚至更少。他们在其他日期选择其他方式、时间或路线。这些司机将做出一定的改变, 一般很难确定他们是否以及如何做出改变。事实上, 许多私家车司机甚至不知道他们是否适应, 以及适应的方式。2006 年春季开展的一项研究表

明，大多数司机没有认识到他们减少了通过收费路段的出行次数。通过对比司机表述的习惯改变和客观的交通测量，我们发现司机未注意到约 3/4 的出行次数的减少。

此外，还有许多其他变数，例如搬家和更换工作。在任意两年中，20-25%的人们会更换工作（或开始工作），15-20%的人口会搬家。在数年后，询问某个人如何“适应”已经变得毫无意义，因为做出出行选择的整体形势已经发生了改变。

3.7 公共交通

斯德哥尔摩试点不仅包括交通拥堵费，而且包括公共交通服务的拓展。拓展服务既为了满足日益增加的公共交通需求，也出于“软硬兼施”的政治意愿。

司机从私家车转向公共交通，意味着公交系统的乘客数量约增长了 4-5%。根据站立乘客数量衡量的地铁公共交通系统的拥挤程度有所增加，但是通勤列车的拥挤程度有所下降，这要归功于公共交通运力的提高。

市中心区内部和周边道路交通拥堵现象的缓解，使公交车服务速度加快，同时更加准时。2006 年试点期间未调整公交车时间表，因此提升的可达性没有大幅缩短市中心区公交车的行程时间，但是有迹象表明准时性得到提升。因为一旦通过收费路段后就不再遵循固定的时间表，通过收费路段的公交车的行程时间明显缩短。反拟法变得越来越不可靠，所以试行结束后没有开展专题研究。

尽管出行研究的数据不具决定性，研究表明，少量私家车司机因服务的拓展而选择公共交通。第二个目标是为公共交通系统提供额外的运力。增加的运力相对较小：与收费路段每天超过 100 万次的公交出行相比，公交的新增运力仅为每天约 1.4 万人次。但是，在公交车服务的特定路线，公交车或许使通勤列车不会变得更加拥挤。第三个目标是通过让私家车司机更容易地选择公共交通，扩大交通拥堵费的影响。但是，在新公交车上开展的研究中，仅发现只有很少的乘客此前是私家车司机。通过收费路段的私家车出行下降约 22%，其中最多只有 0.1%可以归因为公交车服务的拓展（Eliasson 等，2009 年）。

4 公众态度与政府态度

收取交通拥堵费面临的最大障碍多为公众接受度。在推行措施的过程中，公众的态度从强烈反对到积极接受——这个变化才是其中最值得注意和最有趣的方面。在该节中对这个转变过程进行分析，阐述所有的影响因素¹⁰。

¹⁰ 本节大量内容摘自 Eliasson(2014)。

4.1 态度的转变 —— “了解，然后接受”

当政府决定在斯德哥尔摩试行收取交通拥堵费时，遭到大量反对，但各种民意测试却呈现出一种复杂的局面。根据图 8 显示的数据，支持这项措施的投票数随时间推移发生变化。2004 年春季，43% 的斯德哥尔摩居民表示他们“可能”或“很可能”支持这项措施的长期实施。但临近试行时，支持的票数却开始减少。在试行刚刚开始时，支持率一度下降至 34%，在曾表示“很可能”支持这项措施的公民中，下降率最高。随着试行的进行，支持率渐渐恢复到 53%。同时，媒体也从最初的怀疑加批判转变为大多数都对此持积极态度。赞成这项措施的报纸文章从 2005 年秋季的 3% 增加到 2006 年春季的 42%，同时，持反对意见的报纸文章量从 39% 下降到 22%，几乎下降了一半（Winslott-Hiselius et al., 2009）。试行于 2006 年 7 月 31 日结束，然后举行对交通拥堵费措施的全面投票，与普选及地方政府选举同时进行。排除掉空白投票，53% 的斯德哥尔摩居民都赞成该项收费。选举结束后，中右联盟开始了其在全国范围及斯德哥尔摩市的掌权。起初，斯德哥尔摩联盟对这项措施持反对意见，但同时表示会尊重公民投票结果，所以他们提请国家政府重启并长期实行这项措施。经过数周的考虑，新成立的中右政府决定重启该措施，但同时将它纳入一整套正在进行讨论的关于斯德哥尔摩交通投资的措施中。收取的交通拥堵费将被特定用于道路投资。另一方面，该套措施同时包括进行大量的铁路投资，由其它来源提供资金。政府作出的将交通拥堵费纳入该套投资措施的决定，赢得了其它所有党派的一致赞成。收取交通拥堵费于 2007 年 8 月被永久性启动，而该费用的用途直到同年末才定下来。2007 年 12 月进行的一项民意调查显示该措施的支持率达到 65%，而其它的民意调查显示相似甚至更高的支持率。2013 年末进行的调查（数据未在图 8 中显示）——72% 的支持率——为最新数据。

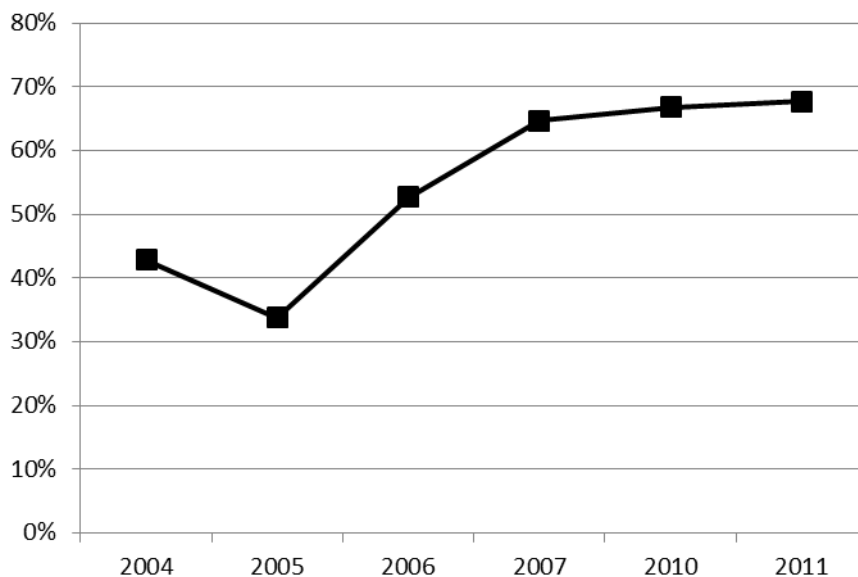


图 8 赞成缴纳交通拥堵费的公民投票变化情况（持中立态度的投票已排除）

图 9 显示该项收费的支持率在四种人群中的不同状况：没有车辆的人群，有车但从未或极少支付该项费用的人群，有车且有时支付该项费用的人群，有车且经常支付该项费用的人群（无 2007 年及 2010 年数据，因为这两个年份的调查没有包括有车族支付这项费用的情

况)。调查显示,这四种人群的支持率变化图都呈 U 型。事实上,支持率在 2004 年至 2005 年的减少在完全不受这项收费影响的人群(即并未被预料会付费的人)中下降得最多。

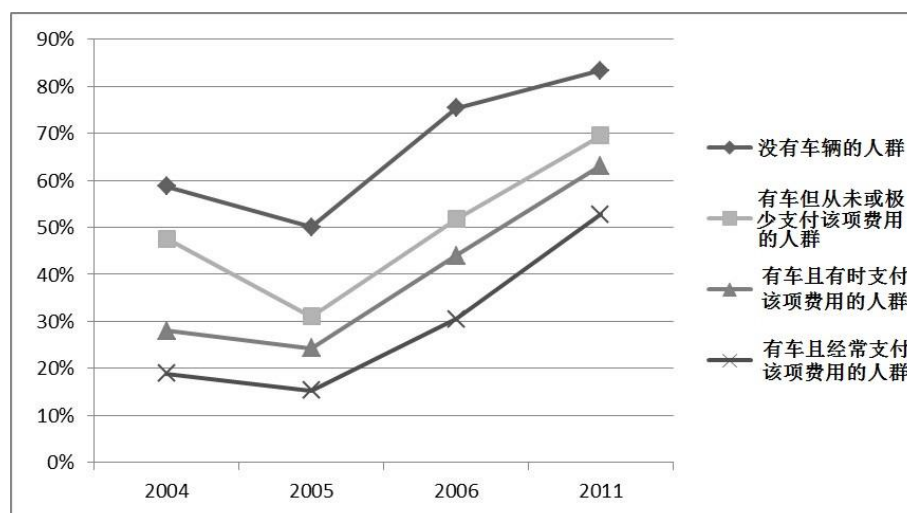


图9 根据车辆拥有状况和支付费用多少状况分类显示的交通拥堵费支持率变化情况。

如图所示,支持率受到需要支付多少通行费的影响,这是理所当然的。但图表同时显示,除了支付费用和节省时间的多少,公民对这项措施态度的变化或多或少也受到其它因素的影响。四个不同人群对这项收费措施的态度都呈同样的变化状况,不管他们是否受到或在多大程度上受到交通费用和交通时间方面的变化带来的影响。即使在完全不受这项收费影响的人群(即无车一族),支持率变化也呈同样的 U 型曲线。即使在受影响最严重的人群中,支持率也增加了两倍多,从 15%到 53%。概括地说,至 2011 年,大多数公民都对这项收费措施持支持态度,不管他们属于哪个群体。

正如调查对象似乎对自己行为的转变没有察觉,甚至不记得以前所持态度,这一点在投票调查上显示得很清楚:人们倾向于忘记自己以前做的选择与现在不一致。在 2006 和 2007 年的调查问卷,调查对象被问道,在过去的一年里,他们是否改变了主意。从 2005 到 2006 年,给出肯定回答的调查对象从 30%上涨到 49%(包括先前犹豫不决的投票者)。在这给出肯定回答的 49%的调查对象中,有 29%表示他们在 2006 年“变得比以前更积极”,即是说,其中一部分措施拥护者比以前更加拥护这个措施。但在 2007 年的调查问卷中,他们被问到同样的问题时,仅 13%的调查对象回答自己“比前一年更积极”。这个比例不仅比 2006 年的 29%下降了一半多,甚至还不及那些真正作出重大转变的投票者的比例——有 19%的投票者的态度从“反对”转变成“支持”。

在这个事件上,公众态度的变化情况与 Goodwin, 2006 年报告中描述的一般模式达到了惊人的一致,这一点在图 8 中表现得很明显。

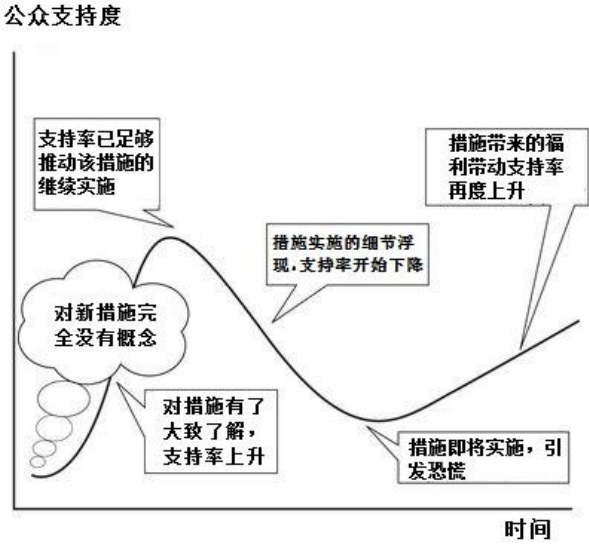


图10 “道路收费计划的酝酿过程”——引自(Goodwin, 2006 年报告).

当拥堵费提出时，大部分公民对此还是持支持态度的。支持率的高低取决于政府怎样解释和推行该措施，如：该收费的用途，收费的目的，同时有哪些对比方案。不过，该措施的细节一旦浮出水面，支持率通常都会下降，其原因可能包括：公众发现措施可能带来的坏处大过预想的好处，担心措施不能正常实施，或收费过于昂贵。这种情况几乎可以用“知道得越多越难以接受”这个原理来概括。不过一旦措施开始实施，支持率又会上升，即“了解，然后接受”。支持率通常随着某项措施开始实施而上涨，原因如下：

1. “比起初预想的更好”：收费措施带来的好处可能比预期的更多。公众抵触交通拥堵费最主要的一个原因就是担心该措施并不会奏效（Bartley, 1995; Jones, 2003）。在斯德哥尔摩，收取交通拥堵费对拥堵和城市环境的积极影响比人们预期认为的要大。
2. “没有想象的那么糟糕”：这项收费措施的消极影响——交通开销的增加和/或交通行为的改变——或许并没有起初想象的那么大。一旦措施正式实施，人们会发现其消极影响并非他们起初担心的那么大。在斯德哥尔摩能找到很多事实证据（Henriksson, 2009）。交通拥堵现象并未明显加剧，范围也未扩大，相关技术系统运行良好，并且人们比预期更快地适应了这种变化（比如说，行车者减少的其穿越收费区的次数比他们自己意识到的更多，平均多了四次以上。这个结论由一项询问行车者“怎样改变驾驶行为”的调查与官方交通数据对比的结果而得出）。
3. 对此前一直免费的事物收费会引发民众的抵触，这种普遍的社会情绪或许会通过逐渐熟悉而得到缓解。有证据表明，人们在大多数情况下都不喜欢分配机制（Frey, 2003; Jones, 2003）。但人们一旦意识到，街道本质上是可以标价的稀缺资源，如同停车位或通信服务一样，他们的抵触情绪就会减少。
4. 最后一点，从心理学角度讲，人们通常都不喜欢变化。根据心理学理论，这种普遍现象通常可以解释为：宁愿维持现状，损失规避，禀赋效应或认知失调。这意味着人们一旦开始接受现实的改变，他们会更重视节省的时间而不是缴纳的

费用。有些人会觉得“既然不可避免，就接受吧”：既然措施铁定要实施，反对就是徒劳的。

更多的相关分析显示，除了自身利益和对效果的关注，还有别的因素影响民众态度的转变，特别是观察到态度是怎样随情况的变化而转变。各个群体，不管具备怎样的出行模式，或是否有车，或是否确信措施能有效实施（实施前或是实施后），其支持率的变化都呈同样的 U 型——在措施引入前大多抵触，且在引入后大多转变为支持。事实上，在完全不受这项收费影响的人群中，支持率反而变化得更为明显。

这种情况可以根据社会心理学理论——态度是怎样形成的——来解释。首先，对某一事物的态度，可能明确，也可能不明确。如果某人已有很多关于某项事件的直接经验，多次遇到过该事件，对此知之甚多且有较强烈的感受，他们可能会对此持较为明确的态度。但在人们遇到一项新的事件时，起初一般不会有明确的态度，他们可能会根据与其类似且自己较为熟悉的事件对此进行判断。

有一种看法是收取交通拥堵费形成了一项新的社会规范：在高峰时段开车驾驶并不是一项被社会接纳的行为。当然这种说明没有太多根据。事实上，用另一种方式来解释措施的启动和公众态度的两极分化更说得通：该措施如果符合当下的社会规范，它就能被广泛接受。而政府起初不看好这个措施，然后转变态度，不顾大量民众的反对坚持试行，并且随着试行反对的声音也渐渐减少，这个历程同样具备政治合理性。同时，措施具备民众合法性非常重要。这项措施的出台经历了四个阶段：

1. 长期以来，不少斯德哥尔摩的政府官员和经济学家都在提倡收取交通拥堵费，但成效不大。他们认为实施该收费可以提高交通系统的效率。但是极少公民对这项收费有概念，更别说任何感受。并且，大多数人都把这项提议同自己已熟悉的事件诸如出行限制或税收事项等联系起来，当然，这种联系是浅薄的，且人们对这些熟悉事项的态度通常是抵触的。如果要将某项提议变为措施，它必须能够在公众中引发大量的政治情绪。由于大多数人并不关心交通系统的效率，因此措施也没有政治优势。

2. 如果将收取交通拥堵费解释为环保措施（九十年代中期起在斯德哥尔摩实施），人们就容易接受它了。大多数公民都不关心交通系统的分配效率，但他们肯定会关心环保问题。这正是把这项收费提议上升到政治高度所必需的——引发人们大量的密切关注和政治情绪。

3. 当政府在 2002 年普选后立马就决定实施这项措施时，一场激烈的争论随之爆发，愈演愈烈，上升到道德和情感的高度，几乎无法调和，充分显示了政治情绪的影响力（如上文提到）。这是事件不可避免的发展方向。如果这个提议没有上升到道德和情感的高度，它也不会引发政治情绪。同样不可避免的是，这场关于收取交通拥堵费的争论在道德层面上暗示（或者说是人们认为它暗示）：所有的汽车驾驶都是邪恶的，不必要的，应该被限制。这也许是支持率在几乎不受收费影响的行车人群中下降的原因：他们可能曾经被那些夸大其词的“反机动车”理论或言辞伤害过。支持率在不受收费影响的人群中下降还有其它的原因：有人认为该收费措施是不公平

的，完全是浪费纳税人的钱。争论的焦点是该措施是否缺乏民主合法性。社会民主党曾许诺不会在普选期间启动这项措施，但他们违背了承诺。

4. 在收费措施通过公民公决后，新掌权的政府决定将该措施的所有收益都用于斯德哥尔摩市西部高速公路的维护上。这个决定对公众的态度至关重要，原因有以下几点：第一，这个决定使收费具备了民主合法性。此外，除了通过全民公决外，这项由自由/保守联盟提出的措施得到了所有党派无异议的赞同：第二，措施的收益被指定用于道路维护。作为一整套多模式措施中的一部分，这个收益同样可能用于铁路投资。这个决定不仅在经济上对行车者有利，而且也反击了之前的社会道德暗示：开车并不是罪过。这使得该收费措施的性质从对行车者“道德罚款”转变为一项切实有效并且合理的技术措施：它既能产生收益，又能改善道路交通状况。技术措施往往不会引发人们的任何情绪：人们对它没感觉，但也不反感。这也许就是这个决定对措施的实施产生的最重要的影响，缓解了各种公众情绪，使争论的重心从道德层面转移到技术层面；第三，措施的收益作为国家补助的一部分，将会被“公平”地用于斯德哥尔摩的基础设施建设，而不是被直接或间接存入国家金库，这使得这个城市所有派别的政治团体都松了一口气。

某项措施的引入往往会变得政治化。收取交通拥堵费就是个明显的例子：即使人们都赞成应该减少道路的交通流量，但还是会抵触收费。实际上，像在特定区域限制行车，奇/偶数车牌号限行以及通过现场指挥减缓交通流通速度等措施往往比收费措施更易让人接受，尽管从经济角度讲这些措施成效并不大。在引入该措施前，大部分的争议都围绕着它是否是一项公平合理且民主的分配机制。随着措施的实施，争论就减少了，收费成了一项合理分配道路空间的举措，就像分配其它在市场上出售的物品（包括与交通相关的火车票，机票或车辆购买）。

关于收费的争议起初是集中在讨论它是否合理这样的技术层面，接着被上升到道德层面，最后又回到技术层面。从技术层面看到的这项措施带来的福利（交通效率提高）没有引起人们足够的兴趣，当然也谈不上任何政治情绪。大多数人不会对这样的福利有任何强烈的感触。

当措施开始被视为一种环保举措时，它便渐渐上升到道德层面。它不仅会引发人们对当地和全球环境的关注，还可能会触动一部分人的“反机动车”情绪，因此，政治情绪就这样引发了。同时，争议也升级了，甚至那些完全不受该措施影响的人群也开始抵触它。当然，这些抵触情绪可能是其它道德因素引发的，如：认为该措施缺乏民主合法性，浪费公共基金，征收过多或过于限制出行。这些强烈的抵触情绪使得争议愈演愈烈。

公投后，政府决定将其收益用于道路维护，民主合法性也随之建立，于是争论又回到了技术层面。道德层面的争议渐渐停息了。而在瑞典，讨论像“是否合理”或“是否有效率”这样的技术问题往往能触动人们的积极情绪。

4.2 影响公众态度的其它因素

上文中提到了影响公众对该措施接受度的主要因素，同时也有必要阐述一下在其它国家类似政策的实施过程中总结出的多次出现的影响因素。

首先，自身利益是一个显而易见的重要影响因素。在基本公平的前提下，如果人们支付（或即将支付）的交通拥堵费越少，节省的出行时间越多，越重视节省出行时间，对公共交通的满意度越高，他们就越容易接受这项措施。如果措施的收益用途合他们的心意，他们也更容易接受它，这也是自我利益的一种体现（Eliasson & Jonsson, 2011; Hamilton & Eliasson, 2012; Hårsman & Quigley, 2010; Schade & Schlag, 2003a）。这说明除了要注重其它方面外，该措施应该能给人们带来福利。在斯德哥尔摩，影响人们对某措施的态度最重要的因素就是预先考虑它是否能带来福利——当然，人们的态度反过来又影响他们期待得到哪些福利——所以看来，要获得支持率，就要给人们带来切实的福利。因此，应仔细制定措施的实行计划，并规定只有在真正存在交通拥堵问题时才进行收费。另外，应通过科学评估来衡量措施的执行度，以使公众知晓措施带来的福利——当然，如果措施真正带来了福利。

第二，该措施的支持率严重受其牵连的环保因素的影响（Eliasson & Jonsson, 2011; Hamilton & Eliasson, 2012）。在斯德哥尔摩，这项措施很大程度上被推广为“环保”收费措施，而对环保的关注使人们倾向于支持该政策——这往往是一种社会规范，已得到相关文献的佐证。并且，支持率的多少不仅取决于这项措施的客观属性，也取决于其是否有清晰的目标。并且，许多调查者发现，影响接受度的除了考虑个人利益还有社会集体成本和利益。因此，将这项措施“定位”——对其进行营销，向受众解释并传达它——是相当重要的。在斯德哥尔摩，将收费措施推广为“环保措施”，并强调它对空气质量有积极影响，可能在很大程度上影响了它的支持率。其它城市可能会采取其它措施，但原理是一样的：对措施“定位”是很重要的。当然，“定位”的前提是，措施的实行应达到它既定的目的。既然是“交通拥堵费”，那么就不能在交通畅通的时候收取。

如上文中强调的，影响支持率最重要的因素是投票者的个人体验。其它城市，如奥斯陆和伦敦，也采取了类似的措施。一篇研究报告（Hamilton & Eliasson, 2012）比较了类似措施在斯德哥尔摩，赫尔辛基和里昂的支持率，认为唯一可以解释在后两者的支持率远远低于在斯德哥尔摩的支持率的原因，是只有斯德哥尔摩市民对收费有过亲身体验。

交通拥堵被视作最严重的城市问题（以上三个城市中 65%到 80%的公民都赞同）。但在 Hamilton 等人的报告中表明，很少有人把对交通问题的关注和收取交通拥堵费联系起来。另一方面，他们发现人们把解决交通问题的希望更多地寄托在提高道路容量上。由此可见，尽管人们普遍关注交通拥堵，但这并非是驱动人们支持拥堵收费的主要因素¹¹。先前的一些报告发现，人们之所以不支持该措施，主要是怀疑它是否能有效地减少交通拥堵现象（Jones, 2003; Schade & Schlag, 2003b）。另一方面，这种怀疑也在某种程度上反映了人们对自身利益

¹¹ 其他研究对该问题得出的结论各不相同。Rienstra, Rietveld and Verhoef(1999)发现对交通拥堵现象更关心的受试者对交通拥堵费持更积极态度，而 Hårsman et al. (2000) and Schade et al. (1999)得出的结论恰恰相反。

的关注。Schade 和 Baum（2007 年）发现，那些认为收费措施不能给自己带来好处的人群更倾向于反对它，并认为它无效，不公平。

对收费措施的态度关系到对普遍的公共介入的态度。Hamilton 等人的报告表明反对该措施的情绪往往与反对普遍税收，厌恶超速照相设备及怀疑公共管理机构是否能公平分配稀有资源的情绪类似。这个发现在一定程度上解释了比起自由保守党派，为什么左翼党派更倾向于支持该措施。

通常认为“怀疑它是否公平”是人们反对该收费措施的主要原因。这个措施究竟是有建设性的，还是落后的，取决于其具体的实施步骤以及实施前的城市交通模式。在斯德哥尔摩进行的很多调查（Eliasson & Levander, 2006; Eliasson & Mattsson, 2006; Franklin et al., 2010; Karlström & Franklin, 2009）的结果都表明该措施并不是落后的——一些认为是有建设性的，一些认为没有建设性但也不算落后。应该注意的是，“怀疑这个措施是否公平”，不能单独从字面上理解为人们与他人比较，衡量自己的得失，而应该理解为人们怀疑它的民主合法性（Schade & Baum, 2007）。类似的是，Hamilton 等人的调查结果显示，人们不支持这个措施与他们认为“应该尽量缩小社会的贫富差距”几乎没有关系。

公平和“公正”有多种理解方法。起初的关注点大多集中在该措施会使不同的人群，如穷人与富人，男人与女人，城区居住者与郊区居住者的交通开销和交通时间发生怎样的变化。比如说，至少在公交比例大的城市中，普遍的现象是，“富人”比“穷人”支付得多，但中等收入的人支付得最多。一旦措施开始实施，人们的注意力就转向“收费是否公正”。换言之，收费多少才算“公正”？依照这个观点，如果某人经常在交通繁忙的路段行驶，在人口密集的地区排放尾气，那么不管他收入多少，居住在哪里，都应该支付更多的交通拥堵费。

4.3 政治接受度

政治接受度与公众接受度不同，公众接受度的程度对前者有一部分影响，但是既非充分亦非必要条件。分析和理解政治接受度的关键是了解收费项目计划权和收益处理权的归宿，以及这项收费措施及其收益会对整体的交通维护投资政策造成怎样的影响。在瑞典，民意的高支持率并不是收费措施得以实施的唯一原因，甚至连重要原因都谈不上。这项收费措施被纳入了整个交通投资计划，所以上述的权力归属争论得以缓和，至少相对缓和。

要理解实施这个措施背后的政治和制度方面的激励因素，要首先在法律方面分析其前因后果。从法律上讲，瑞典的交通拥堵费并不是“缴费”，而是“缴税”。根据宪法对“缴费”的定义，使用已存在的公共设施是不用“缴费”的，而瑞典的自治市¹²只能对本市的市民征税。尽管设计收费方案和试行收费是由斯德哥尔摩市政府负责的，但费用的征收和管理是由国家政府通过议会决定进行的¹³。更重要的是，只有国家政府才有正式权力设计税收方案和收益管

¹² “直辖市”（瑞典称为“自治市”）是瑞典最小的行政地区，大致相同于城市。市级部门承担大多数空间规划责任，包括基础设施规划。

¹³ 最初由国家道路管理局承担该职责，后转移给国家运输机构。

理。尽管国家政府承诺将收取的费用返还给斯德哥尔摩，但争议很快就产生了：收益应怎样计算和使用？能对哪些类型的车辆免收？随后可能会发生的争议还包括：征收费用是否应随通胀或经济发展进行调整？如果有必要，应怎样调整？很多政界人士表示，反对收费措施的争议的主要原因是设计税收方案和收益管理的政治权力是不明确的。

同样不明确的是这项新的收入来源会对国家与地区政府间关于国家基础设施拨款的复杂的协议产生怎样的影响。瑞典的交通维护大部分都靠国家投资，而地方政府主要负责本地道路和交通运作。意料中的是，各方的责任范围很难界定。斯德哥尔摩各个派别的政治人物都表示他们并未从国家政府得到足够的交通维护拨款。不管他们这样认为有没有足够的理由，但足以说明他们对以交通拥堵费为方式的收益并不特别支持。很多政界人士都担心这意味着斯德哥尔摩本地政府也得支付份额更高的交通投资。他们认为，国家政府会以交通拥堵费收入为名，减少对斯德哥尔摩的交通维护拨款。

为解决这个僵持局面，双方达成了一项协议，收费措施的收益将用于一整套交通维护政策的投资，而国家政府也承诺将为这套政策进行大量拨款，拨付的款项将为很长一段时间以来之最。协议里提到，收取的交通拥堵费将用于道路维护，而铁路维护将由其它来源投资。这样就保证了地方各派官员对该政策的支持。

从政治角度讲，收费权和收益处理权的归宿是相当重要的。如果该权归国家政府，则地方政府会很不情愿引入该收费措施。即使地方政府可以保留措施的收益，另一个问题又出现了：这项新的收入来源会对国家与地区政府间关于国家基础设施拨款的复杂的协议产生怎样的影响。在挪威，为解决这个问题，国家政府承诺将会为地方提供与交通拥堵费收益相当的基础设施维护拨款。而在瑞典，通常的作法是，国家政府通过拨款对地方政府的资金（来自交通拥堵费的收益或税收）进行杠杆调节。这样的话，地方官员对收取交通拥堵费开始表现得积极起来，这说明这个措施的实施背后的政治和制度方面的激励因素是至关重要的。

利用激励因素促使地方政府以引入收费措施来获取交通投资费用，并通过拨款对地方政府的支出进行杠杆调节，能从根本上改变交通投资计划的过程。这样的做法的好处是：地方政府受到激励，必须优先进行交通投资，因为他们不能食言。只要发生拥堵，本地政府就会引入收费措施并进行有效的实施。不利的一面是：因为有来自国家政府拨款的杠杆调节，地方政府可能会对交通基础设施项目过度投资（较其它无杠杆调节的项目而言）。

5 收费系统的设计过程

5.1 制定收费措施

如同政治家们提出的该收费体系的目标在于“减轻最拥挤的道路的交通负担，加快交通瓶颈地段的流动速度”。尽管有些不符合逻辑，这个目标随后被量化为交通流量的减少：通过收费区域的交通流量将减少 10%至 15%，这个数据是根据先前提出的拥堵费计划估计的。

根据试点之前进行的一些交通模型模拟，收费时段内通过收费区域的机动车数量将被减少 10%至 15%。事实上，交通预测的削减力度更大，而且与后来的真实情况相符（Eliasson et al. 2003a, 2003b, 2004），但由于交通流量减少得如此之大，使得模型操作人自己都认为有些不合理。对可达性影响的分析没做预测，因为静态网络均衡模型用于此类预测并不可靠。

在运用交通模型制定收费措施时，设立一个与交通流通速度有关的指标被认为是相当重要的。尽管交通量减少的指标是很容易解释和测量的，但它几乎无法显示对交通流通速度造成了多大影响。因此，最大化社会盈余成为一个可行的替代指标。但是，通过静态网络均衡模型（这是唯一可行的交通模型）计算的行程时间在高度拥堵情况下被认为太不可靠。因此在措施制定期间取而代之的最重要指标是城市主要交通瓶颈地段的拥堵级别。

在对收费计划不断调整并不断测试的过程中，最主要的调整方面是收费的多少和车辆在收费区内的一些桥上行驶时应缴纳的费用。在制定出的措施从理论上讲是否“有效”和它是否易于理解间可能有一些冲突（Bonsall, Shires, Maule, Matthews, & Beale, 2007）。而在斯德哥尔摩，这个措施是否容易理解是最重要的。因此，斯德哥尔摩的交通拥堵费措施是一个四平八稳的模式：收费区的各个入口收费相同，各个行驶方向收费相同，不管是早晨，下午，还是晚上，高峰期的收费一概相同。其实，如果打破这种四平八稳的收费模式，这个措施的实行会更有效率，但是政府认为比起高效，是否易于理解更为重要——也许重心放在这个方面，收费措施反而能被更多人接受，并得以高效实行。

在预测模型中设计不同政策方案时学到的一个经验就是很容易出现设计的政策方案导致更多问题的产生，拥堵只是发生了转移。因此当其他城市考虑引入拥堵费时，一定要对收费方案设计反复斟酌。

斯德哥尔摩试点的经验为道路收费措施的设计提供了有意思的参考，可供其他城市借鉴。交通规划人员和经济学家一直都在讨论收费区设为多大才能有效地控制整个城市的交通。交通情况随街道和时间的不同不断变化着。斯德哥尔摩的收费区设计成现在这样的规模时，人们对区内的交通状况能否改善持怀疑态度。尽管穿越收费边界的交通量减少了，但是对已经进入到收费区域的车辆可能会出现由于收费区内交通的改善，导致鼓励这些车辆开得更多。替代方案早在试点的多年前就开始讨论了，比如说设置一些分支收费区，在这些区内收取不同的拥堵费。其它国家正在实行的措施也没有为此提供有效的借鉴。在伦敦，收费区只是市中心很小的一个区域；在新加坡，已经限制了车辆购买；而奥斯陆和卑尔根的类似措施几乎不会对交通运行造成任何影响。最终，试点的经验证明一项简单的拥堵收费就会对一个大区域内的交通产生重大影响。

5.2 交通模型有效吗？

Eliasson 等人（2013 年）对预测的和实际的措施实施情况做了详细的比较，认为行为响应的预测大体准确。比如说，预计收费区内的车流量在高峰期会减少 17%，在整个收费时段（6:30-18:30）会减少 16%，实际减少的比例分别为 19%和 20%。交通模型预计减少的车辆中，

有一半的行人会改用公交工具出行，那么公交乘客量会增加 6%；事实上，确实有一半的行人改用公交出行，乘客量增加了 4%到 5%。

事实上，交通模型对交通行为的预测比乘客自己的判断似乎更准确，不管是之前还是之后。在 2004 年秋季的调查，2005 年秋季的调查和 2006 年春季的调查中，人们被问到在收费措施实行后，他们的出行模式有哪些改变。三个调查得到的答案都非常相似。综合三个调查，人们认为自己的行车量会减少 5%到 10%，而实际上对于私人行车者来说，这个数据是 30%¹⁴。换言之，收费区内有 3/4 的行车量减少都未被人们注意到。

使用模型来制定措施最主要的缺陷就是无法准确预测行程时间。有些行程时间能预测得很准确，而有的就差之千里了，特别是对受到倒流式交通大堵塞影响的连接路段的模拟（车量堵塞从交通瓶颈处往回扩散，又把后面的路段和交叉路口塞住了）。模型预测对穿越收费区边界的路段的行程时间预测得还比较准确。但对收费区内路段通行时间的预测不那么准确：怠速的减少被低估了 34%，因为网络无法模拟交叉路口的拥堵状况以及交通信号灯等。而对收费区外的路段，预测就不起作用了，因为静态模式无法反应倒流式交通拥堵的影响。因此，网络模型也就无法预测当收费区边界拥堵排队减少收费区外的道路拥堵情况是否也会缓解。在制定措施时考虑了这一点。因此以交通流量和道路通行能力的比例来设定政策目标，而不是基于行程时间评估方式（比如说消费者盈余或拥堵指标）。

结果证明实践效果最佳的交通模型在辅助制定措施和设计方案时是相当可靠的，前提是分析者知道模型的固有限度并根据其灵活调整。需要强调的是，预测的收费措施的效果如此之大，以至于很多专家都认为其不现实。结果是，交通模型预测出的数据比专家估计的更准确，并提供了更多的详细信息，更符合实际情况。怀疑模型的预测结果是可以理解的，收费措施的引入对整个斯德哥尔摩交通状况的改善是空前的。穿越收费区的行车量减少了 20%，交通流量下降到七十年代以来的最低水平，车辆排队时间减少了 30%到 50%。在某些路段，效果甚至更为明显。除此之外，周围的交通量并未增加，而公交工具的乘客量的增加比例相当少。

判断一个交通模型是否“足够好”，取决于该模型是否考虑了足够多的预设情景。否则哪怕一种收费设计的预测效果在各方面都完美无缺，也没有用。但总的来说，没有足够好的模型，因为它缺乏动态拥堵情况呈现和出发时间模拟，如果措施再复杂一点，收费点多一点，时间/场所的调整差异再多一点，交通模型的效果就大打折扣了。而这个收费措施比较单一，交通模型的作用就发挥出来了，能解决大部分重要问题：哪个路段的限流能有效地减少排队时间，怎样的收费水平能减少拥堵现象，有哪些如交通路线更改和交通拥堵等次生问题。研究人员普遍认为，在制定收费措施时，如果不适用交通模型，将很难鉴定一个复杂的交通系统中发生的复杂且多维的变化。最重要的不是交通模型给出了准确的解决方案，而是它提供了清晰明了的解决方案。在措施的制定过程中，模型给出的解决方案往往在起初让人难以置信，但随后人们会分析出一些端倪，思考一阵后恍然大悟。如果没有模型提供的解决方案，

¹⁴ 因为职业出行下降幅度低于个人出行，交通流量总体下降幅度较小。

人们就不会由直觉产生理解，做出结论。该模型被证明是设计和评估收费措施时不可或缺的工具，某些建议在模型模拟过程中发现效果并不佳就被弃用了。

5.3 对制定交通拥堵费的一般建议

必须设立明确且具有相关性的目标

首先需要为交通拥堵费制度设立一个目标，可以是减少交通堵塞、提高空气质量、增加收入，也可以是几个目标的综合。不管想要设立什么样的目标，这些目标必须清晰、明确。另外，至少在某种程度上，目标的达成必须有量化的标准。这种量化标准通常需要政策制定者和交通专家合作设立，因为设立具有相关性的目标比决策者想象的要难。首先这些目标必须具有相关性^①与一致性。特别要注意的是，在这一阶段，不应过于注重使目标容易为公众理解。沟通很重要，但这是之后的事。这一阶段设立的目标将贯穿整个设计流程，因此必须具有一致性与相关性，但不必要很容易解释或让人觉得听起来不错。举例来说，“减少拥堵以实现最大的社会效益”（或许要对收费水平给予一定限制）就是一个很难向公众解释却具有一致性与相关性的目标。在政策制定者和宣传者中，“让更多人选择公共交通”是一个非常流行的目标。然而这个目标与交通拥堵费并不相关，交通拥堵费的目标应该更显而易见（具有相关性的目标是：让更少人选择在拥堵时间开车出行。他们可以转而选择公共交通，也可以选择取消行程、改变出行时间或目的地）。目标没有制定好，很可能会引起设计过程中的问题，至少也会造成别人的疑惑，引发不必要的讨论。

费用必须由专家来制定

一般说来，制定收费体系是一项困难的任务，究竟有多困难则要看城市的地形结构（例如，斯德哥尔摩交通拥堵最严重的地区是一条自然的带状区域，因此制定收费体系很容易；而在哥德堡，拥堵区域从一个复杂的多干线结点扩散开来，因此制定起来很难）。拥有充足的时间及良好的交通模型非常必要，如果能配合使用设计优化工具就更加方便了。即使具备这些条件，制定起来也不容易。尤其是即使是经验丰富的交通规划师，他们的直觉和先备知识一般也是不够的——交通系统本身太过复杂。几乎可以肯定会发生特殊情况；另外在设计收费体系时，最初的尝试往往不是最佳的，甚至是坏的，通过“移动拥堵区域”，把拥堵状况变得更为糟糕。系统设计是一个迭代过程，政治家的参与带不来什么帮助。这就是为什么一开始就制定明确的目标非常重要。在理想情况下，设计和目标的制定也应该是迭代过程：在开始阶段，一些目标或（更有可能是）设计限制有可能被忽略。但基本的前提不会因此改变：目标和限制的制定是政策制定者的事，但系统细节设计——位置及收费水平——则要由专家负责。系统设计不好不只次优问题，而很可能还会带来其它问题。

选择良好的交通模型

大部分交通模型不是专为模拟交通拥堵费的影响而设计的，因此在模拟交通拥堵费的效果时，大部分现有模型的某些缺点会有特别大的影响，使用这些模型时需要注意。首先，对于不同车型，时间的价值不同，但在设置环节这一点经常被忽视。从技术上说，必须使用多类型交通设置，即将车流分成不同的“类型”，每个类型分配一个时间价值。司机将根据每个类型的时间价值，来判断是否值得绕远路以避免交费。时间价值依赖于网络拓扑结构，不同类型之间时间价值的分配可能会对结果产生很大影响。时间价值分配的影响通常没有证据，因此敏感性分析非常重要。其次，对于调整出门时间和改变出行计划这两个项，交通模型也通常只是大略地考虑到其影响。很明显这样会低估时间分化型收费体系的影响，因为通过调整出门时间来适应收费政策的可能性没有在模型中得到反映。不那么明显的一点是，人们可能会低估在非收费时间段内交通流量的减少程度，因为在这些交通流量中，一部分车辆处于“回程”，即第二程，而第一程是在收费时间段内。第三，静态分配模型一般会低估拥堵严重时的行程时间。除其它方面之外，它们还会理所当然地忽视倒流式交通阻塞的影响。这一点意味着，在设计阶段，最好的办法或许是专注于已知交通瓶颈路段交通流量的减少，而不是静态交通模型中的实际行程时间的变化（虽然行程时间也需要用到）。

尝试通过政治或法律方式获得对实施了的收费方案进行进一步调整的机会

即使经过仔细规划，系统开始运行后还是可能发生意外。最好的情况是发生正面的意外（比如在斯德哥尔摩，行程时间的缩短程度比预想中的更大）。但也可能发生负面的意外，比如事先没有预料到的抄小路现象。因为有可能出现这些意外，所以最好能在政治或法律上留有余地，以便在系统开始运行之后，用最快、造成最小麻烦的方式，对系统做出微小调整。如果设立的目标非常明确，在政治上进行调整就会比较容易。因为很容易就能看出目标有没有达成，如果没有，就可以对系统进行改动。法律上的问题则较难以解决。比如在瑞典，交通拥堵费（属于正式国税）需要通过议会决议来制定，因此想对系统进行调整需要花费非常多的时间、在政治上做出非常多的努力。

“有效性”与“便于理解”之间有冲突，但更容易犯的错误是规则设定过于简单。

决策者们经常强调他们想要一个“通俗易懂”的设计。为了使假定用户理解，系统设定必须简单，这确实是需要考虑的重要方面；但决策者们似乎经常低估大众的认知能力。例如，新加坡和美国的“价值定价”方案乍看起来非常复杂：付费额度以时间和地点进行精细划分，在这一基础上每年还要变动几次。尽管看起来复杂，结果却表明用户能够理解并适应这一系统。在设计过程中，早早把系统定得太过简单，很可能会为设计过程带来极难解决的限制。许多政治家和规划师不愿考虑“太复杂的系统”，这可能会导致系统过于简化，以至达不到承诺的减少交通拥堵的作用。最终不仅会浪费资源，还可能降低人们对交通拥堵费的接受程度。

5.4 信息和技术设计

在斯德哥尔摩，摄像头会通过拍摄车牌号自动登记过往车辆。交通拥堵费体系试点期间，识别汽车的主要方式是信号接收装置（即“标签和信标”系统，或者 DSRC（专用短程通讯））。重新引入拥堵费后，由于摄像头自动识别系统运行得非常完美，信号接收装置系统就被废弃了。在开始阶段，每天的费用会生成一笔账单（即每天产生一张交费单），因为设计者们认为强调通过一次就会产生一笔费用很重要。然而一段时间之后，单天的费用汇总成了月度交费单，也没有影响交通流量。显而易见，这种做法不仅降低了运行成本，也减少了用户的麻烦。尤其在初期设计中，交费单数量非常之多，而规定的付款时间却很短（起初设为五天），这为业务带来了很大麻烦。

摄像头识别技术在伦敦也有使用，然而报告显示，在伦敦车辆的自动识别率相比低很多。其中主要差别在于，在伦敦，司机要负责支付准确的通行费数额，而系统只是检查一下通过收费路段的车辆有没有付款。而在斯德哥尔摩，系统识别车辆之后，会自动发出交费单；如果车辆没有被识别，则无需交费（甚至无法交费）。支持“发出/识别”系统而反对单纯的“检查”系统的一个重要论点是，在前一个系统下，更容易根据不同时间收取不同费用。

斯德哥尔摩的这个技术系统是瑞典国家公路管理局通过一个复杂的招标过程买下的，最后是 IBM 带领的一个财团赢得了这次投标。公路管理局则负责公众宣传。最终，无论单纯从技术角度，还是从宣传角度，系统从始至终都运行得非常顺利：人们知道应该怎么做、应该怎么付款，等等。付款率非常高，投诉量却大大低于预期。在 2006 年 5 月，收费路段平均每天有 371,300 车次通过。其中 19% 为免收费车辆（公交车、出租车等），还有 9% 因为“Lidingö 例外”政策免除收费。因此共有 267,500 车次需要付费，共导致 115,100 次税收（每天每车交一次税），总收费额为 320 万瑞典克朗。在这 115,100 次税收中，瑞典税务机构只调查了 100 次，有 5 次遭到上诉。瑞典公路管理局客户服务部在 5 月份平均每天接到 2,200 个电话，而预计电话数量为每天 30,000 个。根据这些数据，我们做出的评估是：从用户角度看，整个系统总体上运行良好，信息宣传也很到位。

5.5 对技术系统的一般建议

尽早明确法定条件

在技术设计过程的早期就要了解法定条件。例如，证明车辆通过门架的有效依据是什么？哪种上诉可能性必须存在？解答这些问题对技术设计影响非常大，例如，是否可将信号接收装置作为唯一的车辆识别方式？

在斯德哥尔摩交通拥堵费运行过程中，出现了一个不常见的问题：在采购中途，交通拥堵费的法律地位由“市政环境费”变成了国税（法律调查显示，城市在现有道路上对行驶中的车辆收费是违法的）。这一变动带来了多方面的影响，包括采购也由斯德哥尔摩负责转为由国家政府负责。这极大地增加了系统建立成本。

选择合算的服务水平目标

在明确系统目标、了解不同服务水平会如何影响系统预期功能的基础上，要思考设立何种服务水平目标才是划算的。例如，在任一服务水平上，把目标从 95%到 99%提高到 99%到 99.9%，都可能极大地增加成本。在斯德哥尔摩，系统的“正常运行时间”（以系统真正记录车辆通过的“车道时间”占全部时间的比例来计算）要求在 99.9%以上。为达到这一高要求，总承包商设计了一个系统，并把系统中（几乎）每一个组件都复制了一件，还购买了大量零件备用；参加过培训的员工在接到通知后能立即赶到现场提供服务，IT 技术支持也是全天候待命。这显然增加了投资及运营费用。另外，我们应该很容易就能看到，降低对正常运行时间的要求，比如说降到 95%，不会影响交通拥堵费在减少交通流量上的作用。毕竟人们在选择出行方式时是根据这样的事实：如果开车经过收费路段，则极有可能要交费。从这个角度来看，可以大幅放宽对正常运行时间的要求，而不会影响最终调节交通的作用。这一点说明，在制定技术系统要求时，需要考虑到成本效益。

选择合算的支付渠道

每笔支付都有成本，不仅有用户便利性成本，也有给金融服务提供商的费用成本。因此，允许月结而不是要求单独支付每一笔费用，会使运营成本降低。为提高用户接受度，柜台现金付费（例如在商店）或许是必要的，但这可能是最昂贵的支付形式。

信号接收装置管理成本很高

信号接收装置（或“标签和信标”系统）技术在许多方面都很高效，尤其是它能够用于复杂的收费结构，对司机来说也更为简单。我们知道使用大量的信号接收装置会极大地提高成本，但不大为人所知的是，管理信号接收装置的成本也很高。新车需要装配新的信号接收装置、车子可能易主、信号接收装置可能丢失、损坏或被窃——这些都需要成本。在挪威同时运行着 40 种不同的道路收费方案，有些方案使用了信号接收装置，而其它方案都是通过人工收费站收费。但即使是在高度依赖人工收费的挪威，不使用信号接收装置也具备微小的效率优势(Odeck, 2008)。在今天的技术条件下，摄像头及自动车牌识别系统（ANPR）可以达到非常高的潜在识别率，这一点对于任何基于信号接收装置的解决方案都具备充足的竞争力。斯德哥尔摩系统最初被设计为基于信号接收装置的系统，只是因为法律原因而把 ANPR 作为附件，但近几年来系统已经完全依赖 ANPR 了。

在采购上，确认成本及风险共担

在斯德哥尔摩，起初交通拥堵费客服中心被设置得非常庞大，这极大地提升了成本。造成这个现象的一部分原因是，如果客服中心不能满足其服务质量目标（即最大响应时间），总承包商就会受到经济处罚，然而客服中心的员工成本却是由购买者承担的。风险和成本的

承担方不同¹⁵，因此承包商没有任何理由降低报价，却增加自身风险。在运营的各个方面，如果要采购某一功能系统，应注意保证风险承担方同时也是减小风险的成本的承担方。

政治风险越高，在公众协商中会处于越不利的位置，并会因承包商要求支付风险酬金而增加成本

在斯德哥尔摩，参与建立交通拥堵费系统的各方都承担着很大的风险。个人的职业发展、私营企业的发展、政治联盟的稳定性，都有着被破坏的危险，或者至少看起来是如此。这种情形主导了整个项目实施背景，各种决策的制定也受到了这种风险环境的影响。至少在一定程度上，这也是造成某些方面成本过高（如客服中心过大、服务标准过高）的一部分原因。这又回到了政治压力大和政治风险过高的问题上：可能不仅在城市层面，在国家层面上，下届选举的成败都将依赖于这次试点的结果。这意味着我们在公众协商中处于非常不利的位置——这个系统必须成功，而且必须按时完成。很显然，在这种局面下，承包商会要求支付更多费用。对于承包商来说，如果系统失败，即使不是因为他们自身的原因，也会对公司未来的业务造成很大的潜在不利影响。这意味着承包商甚至在决定接手这个项目时，就会要求支付风险酬金。因此我们得到的教训是，稳定的政治环境和充足的计划实施时间能够有效地降低成本。相反在斯德哥尔摩，当时极度紧张和不确定的政治局面，加上开发过程中法律上的不确定性使得系统需要大量的修改和重新设计，一起导致了投资成本比实际需要的高出许多。当时这个项目的主要承包商表示，现在再建一个相似的系统可能只需要一半甚至更低的成本。

6 成本效益分析

即使对于交通拥堵费能够产生社会盈余这一点已十分确定，这些盈余也不一定能抵消投资和运营成本；一个真正的交通拥堵费用系统，因为有着非常多的实际的、政治的限制，也不一定能真正产生社会效益。

6.1 技术成本

斯德哥尔摩交通拥堵费制度的总成本约为 19 亿瑞典克朗，其中包括第一年的运营成本。在系统运营之前，就已支出 10.5 亿瑞典克朗。这一启动成本的很大部分被用在了大量测试上。系统的试运行期限只有 7 个月，因此保证系统从始自终运行良好非常有必要。除纯技术投资外，启动成本中还包括广泛意义上的系统开发、员工教育及培训、测试、公众宣传，以及其它较小的额外成本，如交通信号成本及瑞典执法机构及税务机构的服务成本。

其它费用（8.5 亿瑞典克朗）是 2006 年的运行成本及附加开发成本。在 2006 年的全部成本中纯运营成本并不多：系统在 2006 年春季有过多次改进。此外总成本还包括瑞典公路管理局用来关闭系统及在 2006 年下半年评估运营结果的成本。（上文提到的）不确定及白热化的

¹⁵ 应该指出的是，这种成本和风险的错位在斯德哥尔摩的采购中是个例外。

政治局面使得投资及启动成本大大升高。主要承包商表示，现在可以用当时一半甚至更少的成本来建立一个相似的系统。

2006 年，当运营状况明显优于预期时（例如，投诉及法律诉讼数量比预计少得多，因而降低了法律及税务管理成本），实际运营成本开始按月急剧下降。另外，客服中心（运营成本中数额最大的单项）接到的电话数量只有预计的 1/20（预计每天 30,000 个电话，实际每天只接到 1,500 个电话）。这意味着客服中心规模设得过大了，于是在当年春季就缩小了规模，也因此极大缩减了运营成本。也就是说，如果条件改变（尤其是在时间限制方面），投资成本可以大幅降低。对正在考虑类似项目的其它城市来说，这一点可能尤为重要。在 2006 年，瑞典国家公路管理局估计，未来每年交通拥堵费系统的运营成本大概在 2.2 亿瑞典克朗（约 2500 万欧元）。从那时起国家运输机构开始负责这个系统。该系统在多个方面都做了改进，尤其是在合并了于 2013 年 1 月开始在哥德堡运行的交通拥堵费收费系统后，运行成本进一步降低了。在笔者撰写此文时（2014 年 2 月），据国家运输机构估计，两个系统的年度运营费用大约在 2.5 亿瑞典克朗。然而，本文给出的成本效益分析中，使用的还是之前的运行成本估值。

系统开始运行后的几年，每年的收入略高于 8 亿瑞典克朗。由于国家废除了一些免交费政策，2013 年这一收入增加到了约 8.5 亿瑞典克朗。与预期相比，收费收入比预期值低约 14%。其中 5%是由于交通流量的减少程度比预计的大。造成收入不足预期的主要原因则是低估了免交费车辆的数量。而导致这一点的原因，仅仅是因为没有收集到足够的交通组成数据，而这本来是可以避免的。相反，不事先进行合理的、简单的交通调查，会导致免交费政策带来比预期更高的成本，并影响预期现金流。

6.2 效益

交通拥堵费的大部分效益为可达性改善，即节省行程时间、减少行程时间的不确定性。从经济角度需要指出的一点是，正是这些效益转化为了经济生产力和经济增长。例如，减少的行程时间一部分转化为了工作时间（增加了经济产量），另外一部分转化为了劳动力市场上人员和公司的更好匹配。这些效益通常不会被计入标准的成本效益分析中，因为它们通常不会导致税收楔子和集聚效应(Anderstig, Berglund, Eliasson, Andersson, & Pyddoke, 2012)。

次级效益包括减少二氧化碳排放、减少交通事故等。除此之外，费用收入如果被用于减少扭曲性税收或投资到具有正面收益成本比的项目中，其本身也可以产生效益。

表二(Eliasson, 2009)中的成本效益分析显示，斯德哥尔摩交通拥堵费制度产生了巨大的社会盈余¹⁶，以至完全可以抵消投资及运营成本。年度社会盈余约为 6.5 亿瑞典克朗（扣除运营成本后）。所有主要效果分析基于测量值，其中最重要的是行程时间及交通流量值。

¹⁶ 行程时间的价值假定为 122 瑞典克朗/小时/车（私人出行为 65 瑞典克朗/小时/人，每辆私家车平均载 1.26 人，商务出行和分支流量为 190 瑞典克朗/小时/人）。行程时间固定性的价值假定为标准差 98 瑞典克朗/小时（即行程时间价值的 80%）。减少二氧化碳排放的估值为 1.50 瑞典克朗/千克。在瑞典，数据统计中一个生命的

表二 交通拥堵费成本及收益表 单位：百万瑞典克朗/年

	损失/增益
消费者盈余	
缩短行程时间	536
行程时间更为固定	78
被禁行车辆司机的损失、新车司机的增益	-74
所支付的交通拥堵费	-804
公共交通拥挤度的增加	-15
消费者盈余总计	-279
外部效应	
减少温室气体排放	64
增进健康、提高环境质量	22
增加交通安全性	125
外部效应总计	211
政府成本及收入	
所支付的交通拥堵费	804
公共交通收入的增加	138
燃油税收入的减少	-53
公共交通能力的增强	-64
收费体系的运营成本（包括再投资及维护）	-220
政府成本及收入总计	606
税收影响及其它	
公共资金的边际成本	182
间接税校正	-65
除投资成本外的净社会效益	654

斯德哥尔摩交通拥堵费制度的总筹备费用为 19 亿瑞典克朗，其中包括宣传活动、广泛系统测试及其它费用。加上公共基金和间接税校正的边际成本，总社会筹备费用达 29 亿瑞典克朗。于是用了大约 4 年的时间，筹备费用才得以用社会效益的形式“收回”。系统预估年度运营成本（2.2 亿瑞典克朗）中不仅包括运营费用，还包括必要的再投资及维护费用，比如摄像头及其它硬件的更换。

价值为 1750 万瑞典克朗，一次重伤的价值为 310 万瑞典克朗，轻伤为 18 万瑞典克朗。瑞典对公共资金和间接税校正边际成本的标准估值分别为 1.3 和 1.23。Eliasson (2006, 2008)这篇文章中对此进行了详细的成本效益分析。

与预期一致，消费者盈余是负数，但与所付费用相比，时间增益很大——时间增益达到了所付费用的 70%。与大多数理论或基于模型的研究数据相比，这个数值都是很高的。造成这一点的主要原因是“网络效应”，即大量的车流没有经过收费路段，因此不用交费，但它们同样受益于交通拥堵的减少。

7 公平性影响

批评交通拥堵费的一个主要观点是，这种收费是退步的，因为最低收入人群最难支付这一费用。同时需要说明的还有一个强烈的悖论点，那就是如果驾车者总体上是收入最高的人群，而低收入者都乘坐公共交通，那么交通拥堵费或许是退步的。下面这种方法的一个优点是，我们可以从整体上查看交通拥堵费对不同收入群体的平均影响，也可以查看在驾车者、乘坐公共交通工具者、以及选择两种出行方式的人群之中，交通拥堵费对不同收入群体的平均影响。有许多人研究过斯德哥尔摩交通拥堵费的公平性影响(Eliasson & Levander, 2006; Eliasson & Mattsson, 2006; Franklin et al., 2010; Karlström & Franklin, 2009)，研究的结果都非常相似。此处给出的分析及结果是从 Franklin et al. (2010)这篇文章中摘录的。

对收入以及收费影响子群的平均影响已在表三中给出，星号标出的是与被调查收入群体中其它群体影响有显著差异的值。这里最值得注意的是，实际上这些收入群体受到的影响并没有特别大的差异。唯一比较重要的趋势是在不交费群体中，收入群体受到的影响与其它被调查收入群体差别很大。还有一个趋势是收入越高受益越大；但很重要的值得关注的一点是，全部 5 个收入群体都确实实获得了平均收益。换句话说，即使在唯一一个收入影响较大的子群中，群体中的每个人也都获益了。

表三 退款方案的平均福利效应

收费人群	平均福利变动 单位：瑞典克朗/年/人		
	退款方案		
	不退款	一次性退还	减税
全部	-78	+180	+173
收入水平:			
< 25 000	-50*	+244*	+124
25-40 000	-138	+110	+45
40-55 000	-39	+224	+192
55-70 000	-12	+234	+273
> 70 000	-152	+84	+322

注释：*=与被调查群体平均福利变动有显著差异（95%）

另外，虽然收入水平之间没有多大不同，但在平均数字上还是有一些差别。然而这些差别并不明显地遵循按薪水从低到高的趋势。可能的原因是，其它因素如行程距离、支付费用数额（基于一天中的时间段）和通过收费路段的次数在每个收入群体中差别很大，比每个收入群体之间的差别还大。看上去个别情况对福利的影响比总体收入水平对福利的影响更大。

之前的研究(Eliasson & Mattsson, 2006)表明，收取的费用的使用方式对收费系统的公平性影响极为重要。因此，虽然我们不能确定费用收入支出的再分配效应，我们也至少可以通过对两个费用收入再融资的理论方案进行测试，来确定一些界限。第一个方案特意设置得较为进步，所有收入被一次性退还给受研究人群；而第二个方案则故意设置得较为退步，收入被用于全面降低所得税税率。

将这两个退款方案的影响加入上文得出的整体福利效应影响中，我们得到了表三中的平均福利影响结果。重要的一点是，无论是一次性退还还是降低税率，所有的影响都是正面的。因此我们看到，这一结果肯定了关于交通拥堵费的一个核心论点，那就是：通过减少外部效应，我们可以获得净正面效应。另外实验证据也支持 Small (1983)这篇论文得出的一个理论结果，其中提出，只要把费用收入适当地退还公众，那么所有收入群体平均都能受益。

通过对比这两个款项使用方案，我们看到了预想中的结果，那就是一次性退还方案是进步的，这种方案下最低收入群体受益最大；而降低税率的方案是退步的，这种方案下最高收入群体受益最大。当然，这些退款方案本身分别是进步还是退步，其原始倾向不会被交通拥堵收费体系本身，即“不退款”方案的收费模式所抵消。以这两个退款方案作为边界，我们可以得出的结论是：即使某些使用方式比其它方式更进步，但交通拥堵费收入的很多使用方案都可以为所有收入群体带来平均的正面影响。

7.1 公平、公正与赢家/输家

像大多数公平性分析一样，上文的公平性分析主要专注于短期的赢家/输家视角。然而，这个角度缺乏两种考量：客观上的公正与人们对公平的看法之间的关系，以及客观的（金钱上的）影响与人们对交通拥堵费的支持率之间的关系——这不是简单的线性关系。

首先，从“赢家或输家”的角度来看问题，涉及把这个问题转化为“公平”问题的方式。通常来说，如果一个系统对高收入人群的影响比对低收入群体影响更大，人们就会觉得这个系统是“公平”的。因此，对“公平”的考量——我们知道它会影响公众对收费系统的接受度——被解释成了确定“赢家和输家”的问题。在斯德哥尔摩，总体说来公平性影响是进步的：高收入群体比低收入群体支付的费用多，男人比女人支付得多，有工作的人比失业的人支付得多，等等。但一旦交通拥堵费开始实行，而人们也不再从短期的赢家/输家角度看待问题，另一个角度就变得更为重要，那就是：通行一次收多少费是确实“公平”的？从这个角度，“公平”的含义是，不管人们收入水平如何、居住地在哪，也不管不收费时其假想的出行模式是怎样的，在拥堵路段驾驶或在人口密集地区排放二氧化碳就应该支付更多费用。这意味着，系统需要在这个意义上保持“公平”：即需要与其声称的目标保持一致。在斯德哥尔摩，现在对交通拥堵费制度最普遍的批评是，收费区内的车辆没有收费。虽然这个问题有两个很好的回答（拥堵主要位于收费区沿线的主干道上；区中的大多数车辆会在行程中的某一点通过收费路段），这还是显示出，人们争论的焦点已经从“谁赢了/输了”转变为了“相对于要达成的目标，怎样才能是公平的”。

其次，根据作为经典公平性分析基础的标准交通经济理论，大多数驾车者不会认为节省下来的时间值得他们支付的费用。理论上，费用收入足够补偿输家，因此有关公众接受度的文献给出的标准建议是：如果你希望这个系统被大众接受，就必须把交通拥堵费收入置于某个“一揽子计划”，而这个计划必须清楚说明费用收入会被怎样用来造福大众。但这个标准理论忽视了三个重要的考量。首先是网络效应。由于交通堵塞会“上行”传导，即使不通过交通瓶颈的人们也会被交通堵塞所影响。在交通瓶颈处对车辆收费会减少拥堵现象，因而所有上行交通全部会受益——不仅是交了费的人，不用交费的人也会受益。其次是对城市环境的影响。通常标准的交通拥堵费分析丝毫不考虑对行人及骑自行车者的影响，也不考虑对都市环境的影响。第三是对行程及时间价值的自我选择效应。交通拥堵费的设置会对人们的行程进行“分类”，具有高价值的行程将继续待在收费路段（并享受缩短时间的便利），而低价值的行程则会因收费而选择别的路段。如果不考虑这一现象，将会低估时间价值效益。从获得大众接受的角度，很重要的一点是，个人在不同的时间或不同的行程中，会属于不同的评估“组别”。

另一个有可能重要的观察是，司机们显然改变了行为方式，但他们自己并没有注意到。当询问驾车出行的人们他们是否因为征收交通拥堵费而改变了出行习惯时，回答“是”的人数太少，以至于与检测到的交通流量的实际减少值根本不相符。

造成这种现象的一个重要原因，在于出行方式比大部分人意识到的更灵活。每天支付交通拥堵费的根本不是同一群司机。相反，大多数司机都是“偶尔”经过，每周只用交一次或几次费甚至更少。图 11 显示了在 2 周时间内按通过频率将司机分组的分布情况。

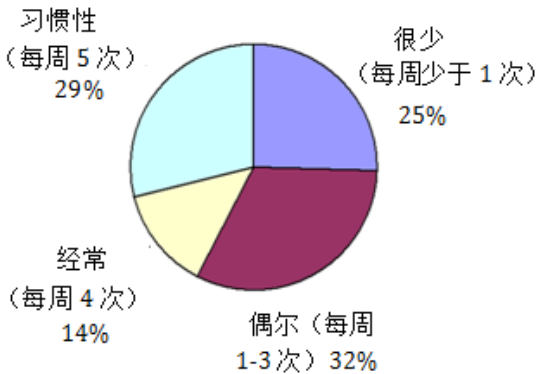


图 11 某天通过收费路段的司机在两周中通过该路段的频率分布图

这说明，大部分车主都会或多或少受到影响，但极少会受到较大影响。图 12 说明了这一点。任意一天中，斯德哥尔摩大约 5% 的私人行程会受到交通拥堵费的影响。然而在 2 周¹⁷的时间中，该城市 43% 的私家车至少会支付一次费用。然而，在这 2 周时间里，只有大约 2% 的车主会支付与每天平均往返票价相等的费用（2 周共为 270 瑞典克朗），而仅仅只有 0.4% 的车主会支付与每天在高峰阶段往返票价相等的费用（每 2 周 400 瑞典克朗）。

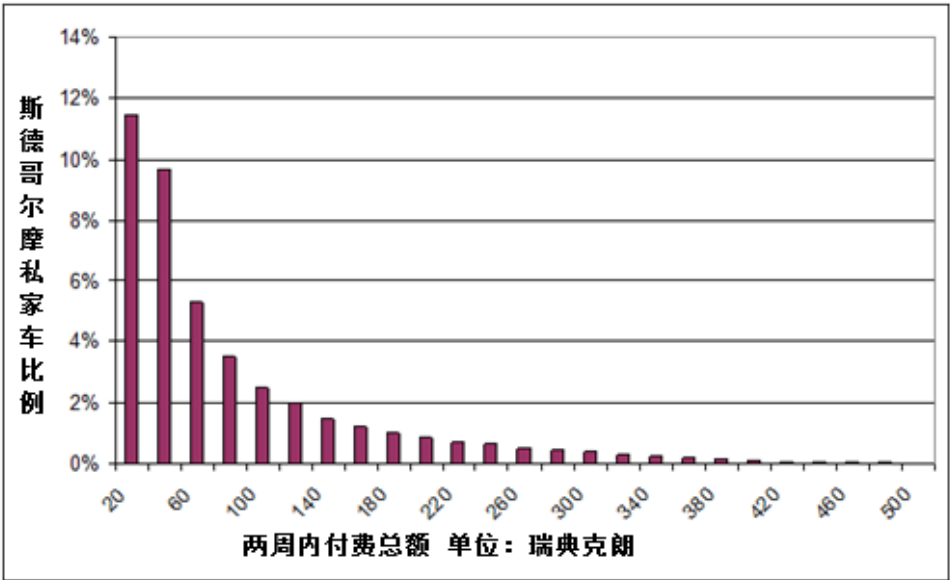


图 12 两周内私家车付费总额比例图

¹⁷ 因诚信立法，只能采集到个人在两周内的数据，无法得到更长时间段的数据。

8 成果是否可以转化？

从很多方面来说，每个城市都是独一无二的。引入一个与斯德哥尔摩交通拥堵费制度相似的制度，无法保证能够起到跟在斯德哥尔摩一样的减少交通拥堵的作用。但在基本层面上，可以说这些经验确实是可以转化到其它城市的，因为交通拥堵费确实以交通模型中预测到的方式影响到了司机。在设计过程中，三个独立的交通模型在关于交通拥堵费的预期效果上得出了非常相似的结论。尽管实际上，这三个模型是在不同的数据集上进行估计和校准的，使用的也是不同的方法（虽然它们全都是连接到静态平衡模型上的巢式模型）。尽管如此，预测结果也被认为是不切实际的，人们觉得交通拥堵费不可能对交通状况产生那么大的影响。我们从这里得到了两个教训：对于设计有效的收费方案来说，一个好的交通模型是无价的工具，其得到的结论也往往是正确的（在考虑已知的模型局限性，比如低估严重拥堵时的行程时间以及许多模型无法计入出门时间的改变这项值之后）。因此这种“可以转换的教训”就是一个在交通模型中可行的设计良好的收费方案，在现实中也很可能是可行的。其它城市非常普遍的反应是“交通拥堵费在斯德哥尔摩和伦敦可能管用，但考虑到我们城市的特殊情况，交通拥堵费不会起作用的，即使在交通模型上显示有用”。实际上之前在斯德哥尔摩，这种说法也很普遍。斯德哥尔摩的经验告诉我们，交通模型实际上是可信的。

斯德哥尔摩交通拥堵费在减少交通拥堵及获得公众及政治家支持上的成功引起了全球许多城市的兴趣。一个很自然的问题是，这种正面的结果是否可以转化？在别的城市交通拥堵费是否能起到同样大的作用？作为全球许多城市的顾问，笔者从自身经验判断，人们最普遍的反应会是“在我们城市不会管用”。当然，每个城市都有其独特的特征和当地条件，因此直接照搬斯德哥尔摩收费系统不会在其它城市取得完全相同的效果。

但在基本层面上，可以说这些经验确实是可以转化到其它城市的，因为交通拥堵费确实以交通模型中预测到的方式影响到了司机。交通模型可以预测具有足够精确度的需求响应这一结论，引出了对可转化性问题的一个更合格的答案：如果模型预测结果是，某个交通拥堵费收费系统在某个城市有用——即，可以减少交通瓶颈处高峰期交通流量，而不产生不可接受的副作用，或设置高到难以接受的费用——那么这个系统很可能在现实中也能起到作用。然而值得注意的是，对减少交通拥堵及缩短行程时间的有益效果很可能被静态网络模型低估了。在斯德哥尔摩交通拥堵收费系统的设计过程中，三个独立的交通模型对收费系统效果的预期非常相似。尽管如此，预测结果也被认为是不切实际的，人们觉得交通拥堵费不可能对交通状况有那么大的影响。

一个与此相关的问题是，交通拥堵费的作用是否对土地使用及交通系统的特点有很强的依赖性。这个问题暗示的是，其他城市由于其地形、人口、非收费地段的吸引力和公交能力的独特性，无法借鉴交通拥堵费在斯德哥尔摩或伦敦的经验。

Bärjesson、Brundell-Freij 及 Eliasson 在他们 2014 年的一个研究中，仔细探讨了这个问题。主要结论是，虽然某个收费体系（包括费用的高低）的社会效益很大程度上非线性地依赖于最初的拥堵水平，它对交通起到的效果及人们的适应方式在不同的交通系统中却出人意料地稳定。特别地，公共交通规定的水平对基线拥堵影响很小，因此对交通拥堵费的整体效益没

有多大影响。有趣的是，与公共交通规定对交通的有效性和效率至关重要这一普遍观点相反，公共交通规定的水平对适应收费制度的成本、收费段交通流量的减少程度、因收费体制而选择公共交通的比例这三项数据的影响出人意料地小。除转向公共交通外，人们还可以用很多不同方式进行适应，这也解释了这些结果的切实性。

8.1 为什么说它是“成功的”？

简介中引用的报纸文章说，这个试点是“成功的”，这种评价非常典型。即使非常确定并非所有人都支持征收这一费用，媒体及民意调查中显示的大众观点也有所改变，也在为上述评价辩护。但在这一切背后的关键因素是什么呢？这一问题没有结论性的答案，但参与试点的四个关键人物经常提到以下五个原因。这四个关键人物分别是：交通拥堵费办公室主管 Gunnar Söderholm，负责评估及信息（以及其它事项）；公路管理局交通拥堵费部门主管 Birger Höck，负责技术系统及与支付及技术相关的宣传；由 IBM 领导财团的主管 Gunnar Johansson，该财团负责技术系统的开发及运行；笔者本人，总结和审查大型评估方案的专家小组的主席，负责早期系统设计。

- *技术系统成功运行*。系统从一开始就成功运行，这自然是一项关键因素。错误识别的数量极低，并且从用户的角度，所有一切达到了无缝运行。另外，公路管理局在开发用户友好型系统上做出了很大努力。

- *信息宣传活动起到了作用*。很明显人们知道该怎么做。原先预期的有关人们不知道要付款，或者不知道如何付款的问题并没有出现。另外，虽然在试运行之前，很多人声称要进行“不合作主义”，即拒绝付款或到法院上诉，但预计可能出现的大批诉讼或拒绝付款的问题并没有成其为问题。

- *可见的交通拥堵减少了*。从一开始，行程时间减少及城市环境改善的效果就是可见的。尤其在前几个月，人们看到高峰时间大街上居然是空的，那种惊讶怎么强调也不为过。在此之后，交通拥堵费以压倒性的方式证明了它的效力，反面的观点也从“不会起作用”转变为了其它的，一般是更具建设性的观点。

- *广泛及科学的评估*。即便这些效果都是可见的，也还是要强调给媒体提供减少交通流量及拥堵的实实在在的数据的重要性。尤其是在被起初的巨大效果震动之后，人们又恢复了争论时，有来自不同背景和机构的专业、独立的研究人员及专家来解释及评估现状极为重要。评估人员的规模本身也是一个重要因素：当众多专家和研究人員以这种或那种方式参与到评估中，其评估结果将是无法忽视的。

- *明确的目标*。这一系统有着明确的，可以测量的目标——减少交通拥堵、提高市中心环境质量——而且设计人员很明显就是带着这些目标来设计整个系统的。另外，这些目标也都达成了。

9 REFERENCES

- Anderstig, C., Berglund, S., Eliasson, J., Andersson, M., & Pyddoke, R. (2012). Congestion charges and labour market imperfections: “Wider economic benefits” or “losses”? *TRB Proceedings*.
- Bartley, B. (1995). Mobility Impacts, Reactions and Opinions - Traffic demand management options in Europe: The MIRO Project. *Traffic Engineering and Control*, 36(11), 596.
- Bonsall, P., Shires, J., Maule, J., Matthews, B., & Beale, J. (2007). Responses to complex pricing signals: Theory, evidence and implications for road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(7), 672–683.
- Börjesson, M., Brundell Freij, K., & Eliasson, J. (2014). “Not Invented Here”: On the transferability of congestion pricing benefits (CTS Working Paper). Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.
- Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. B., & Brundell-Freij, K. (2012). The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy*, 20, 1–12.
- Daunfeldt, S.-O., Rudholm, N., & Rämme, U. (2009). Congestion charges and retail revenues: Results from the Stockholm road pricing trial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 306–309.
- Eliasson, J. (2008a). Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transport Policy*, 15(6), 395–404.
- Eliasson, J. (2008b). Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transport Policy*, 15(6), 395–404.
- Eliasson, J. (2009). A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(4), 468–480.
- Eliasson, J. (2010). *So you’re considering introducing congestion charging? Here’s what you need to know: An FAQ based on Stockholm’s experiences* (No. 2010-04). International Transport Forum Discussion Papers.
- Eliasson, J. (2014). *The Stockholm congestion pricing syndrome: how congestion charges went from unthinkable to uncontroversial* (No. 2014:1). CTS Working Paper. Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.
- Eliasson, J., Börjesson, M., Brundell Freij, K., Engelson, L., & Van Amelsfort, D. (2013). Accuracy of congestion pricing forecasts. *Transportation Research A*, 52, 34–46.
- Eliasson, J., Hultkrantz, L., Nerhagen, L., & Rosqvist, L. S. (2009). The Stockholm congestion - charging trial 2006: Overview of effects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 240–250.
- Eliasson, J., & Jonsson, L. (2011). The unexpected “yes”: Explanatory factors behind the positive attitudes to congestion charges in Stockholm. *Transport Policy*, 18(4), 636–647.
- Eliasson, J., & Levander, A. (2006). *Equity Effects of the Stockholm Trial*.
- Eliasson, J., & Mattsson, L.-G. (2006). Equity effects of congestion pricing: Quantitative methodology and a case study for Stockholm. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(7), 602–620.
- Forsberg, B., Burman, L., & Johansson, C. (2006). Stockholmsförsöket har folkhälsopotential. *Läkartidningen*, 50, 4043–5.
- Franklin, J., Eliasson, J., & Karlström, A. (2010). Traveller Responses to the Stockholm Congestion Pricing Trial: Who Changed, Where Did They Go, and What Did It Cost Them? In Saleh & Sammer (Eds.), *Demand Management and Road User Pricing: Success, Failure and Feasibility*. Ashgate Publications.
- Frey, B. S. (2003). Why Are Efficient Transport Policy Instruments so Seldom Used? Schade, J. and Schlag, B. (eds.): *Acceptability of Transport Pricing Strategies*. Elsevier, Oxford.

- Goodwin, P. (2006). The gestation process for road pricing schemes. *Local Transport Today*, 444.
- Goodwin, P., Dargay, J., & Hanly, M. (2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews*, 24(3), 275–292.
- Hamilton, C., & Eliasson, J. (2012). Decisive factors for the acceptability of congestion pricing. In C. Hamilton (Ed.), *Implementing Road Pricing: Standards, Institutions, Costs, and Public Acceptance*, Doctoral dissertation. Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.
- Hårsman, B., Pädam, S., & Wijkmark, B. (2000). *Ways and means to increase the acceptance of urban road pricing* (Final report from the PRIMA project). European Commission.
- Hårsman, B., & Quigley, J. M. (2010). Political and public acceptability of congestion pricing: Ideology and self-interest. *Journal of Policy Analysis and Management*, 29(4), 854–874.
- Henriksson, G. (2009). What did the Stockholm Trial mean for Stockholmers? *Gullberg and Isaksson (eds.): Congestion taxes in city traffic. Lessons learnt from the Stockholm Trial*. Nordic Academic Press.
- Jones, P. (2003). Acceptability of Road User Charging: Meeting the Challenge. *Schade, J. and Schlag, B. (eds.): Acceptability of Transport Pricing Strategies*. Elsevier, Oxford.
- Karlström, A., & Franklin, J. P. (2009). Behavioral adjustments and equity effects of congestion pricing: Analysis of morning commutes during the Stockholm Trial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 283–296.
- Odeck, J. (2008). How efficient and productive are road toll companies?: Evidence from Norway. *Transport Policy*, 15(4), 232–241.
- Rienstra, S. A., Rietveld, P., & Verhoef, E. T. (1999). The social support for policy measures in passenger transport.: A statistical analysis for the Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 4(3), 181–200.
- Schade, J., & Baum, M. (2007). Reactance or acceptance? Reactions towards the introduction of road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1), 41–48.
- Schade, J., & Schlag, B. (2003a). Acceptability of road user charging: Meeting the challenge. *Acceptability of transport pricing strategies*. Pergamon.
- Schade, J., & Schlag, B. (2003b). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 45–61.
- Schade, J., Schlag, B., Giannouli, I., & Beijer, A. (1999). *Acceptability of marginal cost road pricing* (AFFORD Deliverable 2). European Commission.
- Winslott-Hiselius, L., Brundell-Freij, K., Vagland, Å., & Byström, C. (2009). The development of public attitudes towards the Stockholm congestion trial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 269–282.

新加坡的道路收费经验

GOH, Shou Xian
新加坡陆路交通管理局

目录

1	简介	1
1.1	公共交通在新加坡总体交通战略中起关键作用	1
1.2	新加坡的道路交通需求管理	1
2	地区通行证制度 (ALS) 与道路收费制度 (RPS)	2
2.1	ALS 的工作流程	2
	图 1a: ALS 通行证	2
	图 1b: ALS 闸门	3
2.2	收费时间	3
2.3	ALS 收费	3
2.4	对交通的影响	4
2.5	ALS 的局限性	4
3	电子道路收费 (ERP)	4
3.1	ERP 的组成	5
3.1.1	车载单元 (IU)	5
3.1.2	ERP 闸门	5
	图 2: ERP 闸门	6
3.1.3	控制中心	6
3.2	ERP 的工作流程	6
3.3	ERP 收费时间	7
3.4	小客车当量数 (PCU) 原则	8
3.5	ERP 收费费率调整	8
	图 4a: 高速公路速度-交通流连曲线	9
	图 4b: 主干道速度-交通流连曲线	9
3.6	在 ERP 闸门调整收费费率的方法	10
3.7	ERP 收费的支付方法	10
3.8	执行问题	10
3.8.1	减少 ERP 对商业的影响: 逐步实行 ERP 收费	10
	表 1: ERP 费率示例	11
3.8.2	技术问题	12

3.8.3	汽车驾驶员对违章的抱怨.....	12
3.8.4	车载单元 (IU)	12
3.8.5	ERP 闸门。	12
3.9	对待外国车辆的措施	12
3.10	ERP 的影响.....	13
3.10.1	对交通的影响.....	13
图 5:	ERP 对交通的影响.....	13
3.10.2	对碳排放的影响.....	13
3.10.3	对驾驶员行为的影响.....	14
3.11	衡量 EPR 对驾驶员的影响: 需求价格弹性.....	14
4	经验教训	14
5	结论	15

1 简介

新加坡是一个小型城市国家，国土面积 716 平方公里，总人口逾 530 万人，是全世界人口密度最高的国家之一。新加坡的道路网总长 3,425 公里，要满足 973,000 辆机动车的交通需求，其中私人小汽车总量为 607,000 辆。在交通领域，道路收费往往都与新加坡联系在一起。除了车辆配额制度（VQS，或通常被称为“拥车证”（COE）制度）外，新加坡也于 1975 年 6 月，在全世界率先推出道路收费政策。最初，道路收费是人工收费制度，使用纸质通行证，并且仅在早高峰时段执行。之后，新加坡对道路收费制度不断进行修改。30 年后，道路收费变成了电子收费制度，并且全天执行。

1.1 公共交通在新加坡总体交通战略中起关键作用

自 1965 年实现独立以来，新加坡政府一直致力于提供高效的、经济合算的、具有吸引力的公共交通系统。这种关注至今仍未改变。新加坡近期发布的《2013 年陆路交通总体规划》，提出了新加坡未来 10 至 15 年的交通战略。政府将继续致力于加大推广公共交通，尤其是轨道交通。为实现该目标，新加坡将修建更多轨道线路，提供更优质的轨道交通和公共汽车服务。但鉴于私家车出行的便利性和舒适性，仅靠公共交通系统可能不足以吸引市民放弃私家车出行。此外，随着新加坡人富裕程度日益提高，对拥有私家车的愿望也日益强烈。因此，政府需要把道路交通需求管理作为公共交通战略的补充。

1.2 新加坡的道路交通需求管理

公路收费是新加坡总体交通战略的重要组成部分。虽然为满足日益增多的交通需求，新加坡的道路通车能力一直在适当提高，但其交通战略还要更多依赖公共交通使用和道路交通需求管理。因此，这对于国土资源有限的新加坡尤为重要¹。道路交通需求管理有两个方面。第一个方面是限制汽车保有量，通过拥车证制度²，以及征收高额的前端汽车拥有成本，可以实现这一目的。拥有成本包括额外注册费（ARF, the Additional Registration Fee）³、消费税和公路税。道路交通需求管理的第二个方面，是限制车辆使用，主要通过电子道路收费系统（ERP）实现。ERP 根据车主使用车辆的次数、地点或时间收费。汽车使用越多，需要缴纳的费用越高。除了 ERP 系统外，新加坡还制定了燃油税和停车收费政策，来管理私人用车。

新加坡管理道路交通需求战略的目标之一，是从主要依靠限制车辆拥有，向平衡限制车辆拥有与使用转变。虽然车辆拥有措施可有效控制汽车数量的增加，但仍需要车辆使用措施来应对行为经济学家们所谓的“沉没成本效应”。由于拥有成本提高，私家车主倾向于尽可能使用私家车以最大化其汽车的价值。因此，仅仅依靠高拥有成本措施还不够。在管理道路交通需求方面，用车收费同样非常重要。最终形成一个更公平公正的系统。

¹新加坡 12%的土地被用于道路，相比之下，用于住房的土地为 15%

²目前将汽车数量实际增长限制在每年 0.5%

³目前 100%的汽车开放市场价值（OMV）

2地区通行证制度（ALS）与道路收费制度（RPS）

1975 年，新加坡制定了地区通行证制度（ALS），执行 23 年后被 ERP 系统取代。这种人工收费制度，是指机动车在通过道路上设置的控制点之前需要购买纸质通行证。该制度是一种用车限制措施，旨在控制高峰时段中央商务区（CBD）的交通拥堵问题。

2.1 ALS 的工作流程

ALS 为基于边界的收费制度，该制度将 CBD 最拥堵的部分划定为限制区（RZ）。最初推出 ALS 制度时，限制区的面积仅有 610 公顷；但在 14 年后，随着更多地区变成商业用地，以及海边新增的填海土地，限制区的面积增加到 725 公顷。1995 年，道路收费扩大到高速公路，并形成了道路收费制度（RPS）。该制度最初作为一项试点制度，希望在限制区之外的其他拥堵点推广道路收费的概念，并让私家车主熟悉与 ALS 基于边界的收费方式相反的基于站点收费。在 1998 年该制度终止之前，在控制点设置了 31 个高架道路标志划分限制区的界限。在限行时段，要进入限制区，非豁免车辆需要购买并出示 ALS 地区通行证（见图 1a、1b）。当日通行证可以在通往限制区的路边销售亭里购买，也可以在加油站、邮局和便利店里购买。在限行时段，执法人员将在控制点监督车辆前挡风玻璃或摩托车或小型摩托车的车把上是否贴有有效通行证。违章车辆不会被强令停车，但车辆信息将被记录在案，车主会收到无有效通行证进入限制区的传票。仅在控制点检查通行证，车辆可以自由进入在限制区周围行驶或离开限制区，无需通行证。



图 1a: ALS 通行证



图 1b: ALS 闸门

2.2 收费时间

ALS 从 1975 年开始实施，限行时段为每天上午 7:30 至 9:30，周日和公共假日除外。三周后，限行时段延长到上午 10:15，以限制 9:30 解除限行后进入车辆激增的情况。ALS 在每个工作日早高峰持续两个小时四十五分钟，直到 1989 年 6 月才出现根本性变化。变化的直接原因是这一时段的机动车数量快速增加。限行时段增加了工作日下午 4:30 至 7:00 的晚高峰。后将晚高峰限行时段缩短了半个小时，提前到下午 6:30 结束，以方便在限制区内居住但在其他区域工作的居民。但后来由于交通拥堵日益加剧，晚高峰限行时段又恢复到晚上 7:00。1994 年，ALS 制度进行了更多根本性的改变。限行时段被进一步延长，包括了工作日早晚高峰之间的上午 10:15 至下午 4:30，以及周六交通高峰之后的上午 10:15 至下午 3:00。后来，随着限制区交通状况的改善，周六的限行时段被提前到下午 2:00。1975 年，ALS 开始执行时，出租车、公共汽车、货运车辆、摩托车和载有三名或三名以上（不包括驾驶员）乘客的汽车，不在限制范围之内。

ALS 制度允许汽车共乘，以优化车辆使用，回应认为该制度只有利于富人的指责。1975 年，取消了对出租车的免除。到 1989 年 6 月，更多车辆被要求在限行时段进入限制区之前购买通行证。摩托车和货车也列入了收费行列，因为它们占 CBD 交通量的三分之二。此外，对汽车共乘的免除也被撤销。这是因为私家车中途接送公共汽车乘客，而不是真正的共用乘车。甚至出现了汽车驾驶员勒索公共汽车乘客的现象，这有悖于汽车共乘免除的本意。

2.3 ALS 收费

多年来，为了应对通货膨胀和受限车辆进入限制区的数量日益增多的情况，通行费多次上调。1975 年，汽车通行证每天为 3 新加坡元，1980 年，上调到每天 5 新加坡元。但在 1989 年，曾下调费率，主要是因为越来越多的机动车被要求购买通行证。一辆汽车每天的通行费

被下调到 3 新加坡元。而在 1994 年 1 月，通行费分为两个级别——一种是允许全天使用，一种仅适用于早晚高峰之间的时段。汽车每天的通行费分别为 3 新加坡元和 2 新加坡元。

2.4 对交通的影响

最初，进入限制区的交通量减少了 44%，但在 1988 年，慢慢上升到减少 31%。这是因为尽管城市就业增长了三分之一，而同期汽车数量却增加了 77%。交通量减少的原因在于，有些驾驶员的目的地并非城市，只是将城市道路作为旁路，或者驾驶员为免缴 ALS 通行费，改变出行时间等。很少有证据证明，有大量汽车驾驶员转而使用公共交通，原因可能是轨道交通系统在 1987 年 11 月才开始投入运营。

2.5 ALS 的局限性

作为一种人工制度，ALS 有其局限性。该制度需要较高的人力资源投入：所有闸门大约要求 60 名执法人员，在专用许可证销售亭还需要 60 名公务人员。将该制度扩展到其他控制点，需要更多人参与执行。执法工作需要长时间经历日晒雨淋，会让人身体疲惫。执法人员的工作环境是在路边，往往充满了灰尘和噪音。此外，这项工作要求精力高度集中，因为各种车辆有不同的高度和通行证类型。两种制度共有 16 种通行证，分别是月度通行证/当日通行证、高峰期/高峰期之间通行证，以及不同类别车辆的通行证。人用肉眼进行执法，偶尔会出现错误，导致发出错误的传票。在人工系统中，一张通行证允许车辆不限次数进入限制区，或通过控制点。此外，由于通行证采取无限制通行的固定费率，因此这对汽车驾驶员并不公平，因为收费与所造成的拥堵并不对应（例如，每天进出限制区许多次的机动车）。结果是导致汽车驾驶员转让通行证，虽然这是一种违法行为。

此外，由于通行费突然从免费上调到 3 新加坡元或相反情况，在限行时段之前或之后，会出现进入限制区交通量激增的情况。这导致进入限制区的交通量突然出现短暂高峰。“路肩收费”或实行中间费率，可以解决高峰问题，但在人工系统中很难执行。更多通行证类型，使得执法更加困难，更容易出错。

3 电子道路收费（ERP）

考虑到 ALS 的缺点，新加坡早在 1990 年之前就开始研究效率更高的技术。1989 年 7 月，新加坡政府宣布执行 ERP。政府派遣研究代表团前往美国和欧洲等道路收费系统中已经采取电子收费方式的地区。电子道路收费系统技术在当时刚刚兴起，经过与潜在供应商多年的讨论和原型测试，在 1995 年签署了安装专用短程通信（DSRC）电子道路收费系统的合同。

1998 年，引进了 ERP 系统，彻底取代从 1975 年起开始执行的人工道路收费制度。道路收费制度的目标是对在导致拥堵的地点和时间使用道路的机动车进行收费。ERP 系统是将新加坡交通问题保持在可管理级别的主要工具之一。在 ERP 制度下，机动车通过控制点时支付 ERP 收费。ERP 是基于站点和基于边界的收费制度，ERP 控制点包括环绕城市（或控制区）的区域和高速公路和环路/辐射道路拥堵地段沿线的区域。

3.1 ERP 的组成

ERP 系统专用短程无线电通信系统 (DSRC)，使用 2.54 GHz 波段。三个部分分别为：(a)带有现金卡的车载单元 (IU)，(b)位于控制点的 ERP 闸门，(c)控制中心。

3.1.1 车载单元 (IU)

IU 是一种便携式小型设备，使用机动车电池供电，永久安装在机动车挡风玻璃的右下角或摩托车和小型摩托车的车把上。IU 有一个插槽用来从接触式智能卡上支付费用。智能卡也叫现金卡，由当地银行组成的专门机构发行和管理。现金卡可重复使用，可在加油站或自动取款机储值。IU 有一个液晶显示屏。IU 内插入智能卡后，将显示现金卡余额，或在车辆通过 ERP 闸门扣除收费后显示余额。不同类型的机动车有不同的 IU，例如汽车、出租车、轻型货车、重型货车、公共汽车、摩托车和应急车辆（消防车、警车和救护车等）。这种分类很有必要，因为 ERP 对不同类型的车辆征收的费率不同。IU 使用彩色编码，可避免不同类型机动车非法交换 IU。

除了在 ERP 中的作用外，IU 在电子停车系统 (EPS) 中也有另外的功能。EPS 是自动系统，部署在新加坡的购物中心、商务建筑和居住区的停车场内，方便支付停车费。机动车离开停车场时，停车费通过 IU 从现金卡中扣除。

3.1.2 ERP 闸门

ERP 闸门在每一个控制点安装的两个架空门架。闸门比路面高出 6.1 米，间隔 12 – 15 米，第一道闸门上每一条车道带有两个面向驶入方向的无线电天线（见图 2）。天线与靠近车辆的 IU 进行通信。此外，第一道闸门背面针对每一条车道安装了两个执法摄像机，用于拍摄违章机动车尾部的汽车牌照数码图像。在第二道闸门路面涂有狭窄黑白条部分的正上方，是光学传感器。当道路上没有车辆时，感应相机会保持黑白条图像。若相机检测到移动机动车，将通过机动车在黑白条纹图像中造成的干扰测量机动车的宽度。第二道闸门上每一条车道也带有两个无线电天线，用于与接近闸门的机动车上的 IU 进行通信。控制所有闸门设备的逻辑操作均位于附近的本地控制器内。本地控制器使用租用电话线，将数据持续传输到控制中心的中央计算机。



图 2：ERP 闸门

3.1.3 控制中心

控制中心内有中央计算机和外围设备。控制中心接收所有 ERP 交易的记录、所有设备故障记录，以及违章机动车的数码图像（包括遇到错误的机动车）。存储有效的 ERP 交易，在当日结束时与现金卡运营商进行结算。对数码图像进行分类存储，图像中的汽车牌照由光学字符识别系统进行提取，用于向违章人员发出传票，或对遇到错误的机动车发出检查通知。考虑到连续操作的重要性，维护人员随时处于待命状态，由控制中心派出检查和修复故障。

ERP 系统，包括所安装的 IU，在 1998 年的成本约为 2 亿新加坡元。ERP 收费的收入进入政府统一基金，并不作为交通相关开支的抵押。

3.2 ERP 的工作流程

ERP 系统是基于站点和基于边界的收费系统。ERP 闸门位于 3 个区域内，分别是武吉士－滨海中心区、珊顿道－唐人街区和乌节区，以减少通过这些区域的交通流量。此外，在高速公路和主干道沿线也设置了闸门，以减少拥堵（见图 3）。新加坡高速公路和主干道上共设有 32 个闸门，3 个专区设有 29 个闸门。

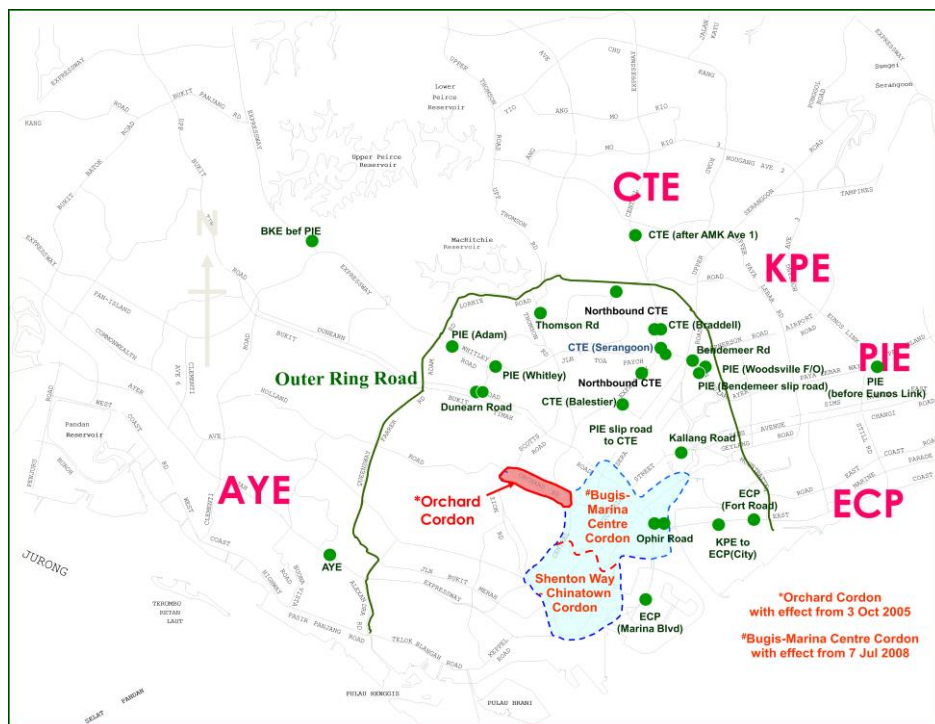


图 3：ERP 专区与闸门地图

当车辆进入第一道闸门 10 米范围内时，天线将询问 IU，确定其有效性，根据 IU 确定机动车类别，并指示 IU 扣除适当的 ERP 收费金额。在两道闸门中间，IU 根据指令从现金卡中扣除适当的费用，并向第二道闸门的的天线确认已完成该操作。在机动车的 IU 上，将显示扣除 ERP 收费后现金卡的金额，显示持续十秒钟。与此同时，光学传感器监测机动车通行。若已完成有效 ERP 交易，如已扣除正确的 ERP 费用，则信息将存储到本地控制器。若因某些原因未完成有效交易，则执法摄像机将拍摄机动车车尾拍照的数码图像，记录原因，如无现金卡等，并将信息存储到本地控制器。本地控制器将所有 ERP 交易数据和数码图像发送至控制中心。

有效 ERP 交易的记录仅存储一天，用于从现金卡运营商处收取 ERP 收费总额。违章/错误图像保留六个月，以防驾驶员就违约下达的传票提出异议。消防车、救护车和警车虽然不需要上缴 ERP 收费，但车上也配有 IU，否则将被作为违章者拍照留档。但这三种车辆不需要使用现金卡，或即使使用现金卡，也不会从中扣款。

ERP 系统的目的并非为政府创收。通过对拥堵地区进行收费，ERP 系统可以鼓励汽车驾驶人考虑其他出行方式，进而减少高峰时段的机动车使用。汽车驾驶人可以通过其他路线抵达目的地，选择非高峰时段出行，或乘坐公共交通，或选择车辆共乘。

3.3 ERP 收费时间

3 个专区的 ERP 收费时间是工作日的早 8:00 至晚 8:00，其中两个专区在周六下午 12:30 至晚上 8:00 之间收费。对于高速公路和主干道，其中两条高速公路 ERP 的收费时间是从上午 7 点至上午 9:30，以及下午 5:30 至晚上 8:00。1998 年开始施行 ERP 时，在夜间和周六不实行收费。2005 年 8 月，ERP 收费时间延长到晚高峰时段，以减少返程拥堵。在夜间实行 ERP 收费的原因是，交通拥堵不论在什么时段，都对汽车驾驶员和道路使用者造成了负面影响。

2005 年 10 月，ERP 收费时间又延长到星期六，以减少乌节区的通过性交通流量。这是因为，交通拥堵已经对新加坡繁忙的乌节路购物区造成了负面影响。

3.4 小客车当量数（PCU）原则

ERP 基于小客车当量原则收费。这意味着，小汽车的 PCU 为 1，摩托车的 PCU 为 0.5，商用机动车的 PCU 在 1 至 2 之间。这种原则的原理是，机动车占用的道路空间越多，应该为拥堵支付更多费用。不同类型的机动车参照对小汽车的收费，按比例收取费用。例如，若 ERP 对小汽车收费 4 新加坡元，则对摩托车应征收 2 新加坡元，因为摩托车的 PCU 为 0.5。

3.5 ERP 收费费率调整

调整 ERP 收费费率的目的，是使高速公路和主干道上的车辆保持在最佳速度范围之内。若速度高于最佳速度范围，则调低费率，若速度低于最佳速度范围，则调高费率。高速公路的最佳速度范围为 45 至 65 公里/小时。主干道的最佳速度范围为 20 至 30 公里/小时。通过 85 百分位速度测量法测量机动车速度，这是国际交通工程领域评估交通状况的常见做法。该方法意味着 85% 的汽车驾驶员将体验到最佳速度范围之内的速度。这是对车辆速度和通过特定路段的交通量之间的一种权衡，如下方高速公路与主干道速度流量曲线所示。交通流量越大，车辆速度越低。调整 ERP 收费费率的目的是保持高速公路和主干道的车辆保持在最佳速度范围，并使交通流量保持在速度-流量曲线的 E 区。这种调整可以避免交通出现不稳定状态，即车辆经常出现停止-启动状态。这种不稳定状态即如速度-流量曲线上的 F 区所示（见图 4a、4b）。

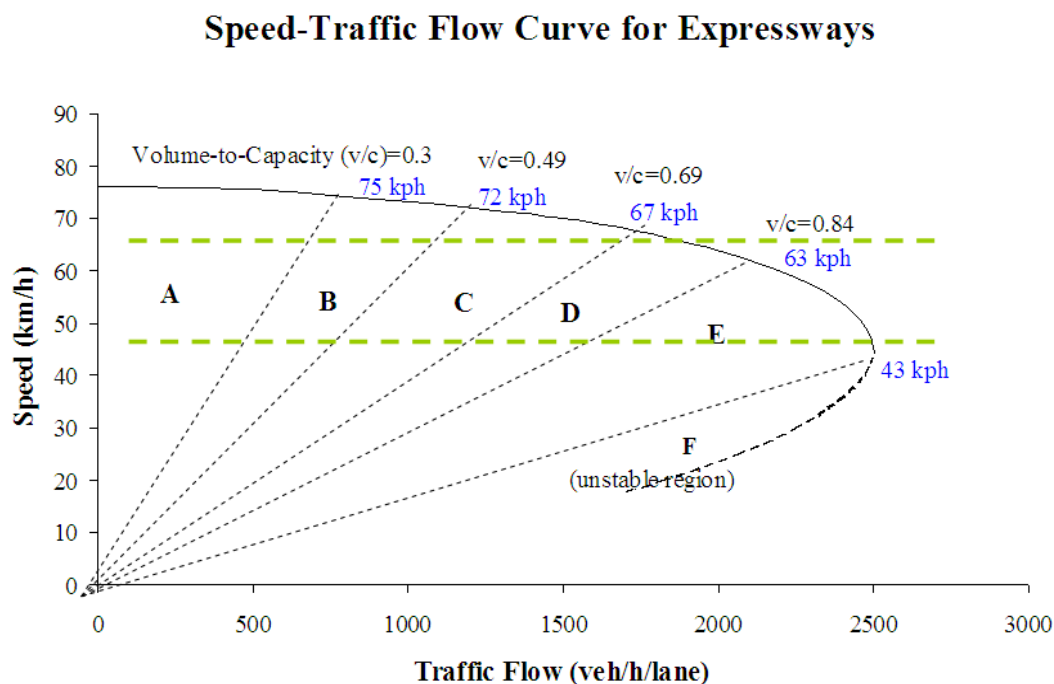


图 4a: 高速公路速度-交通流曲线

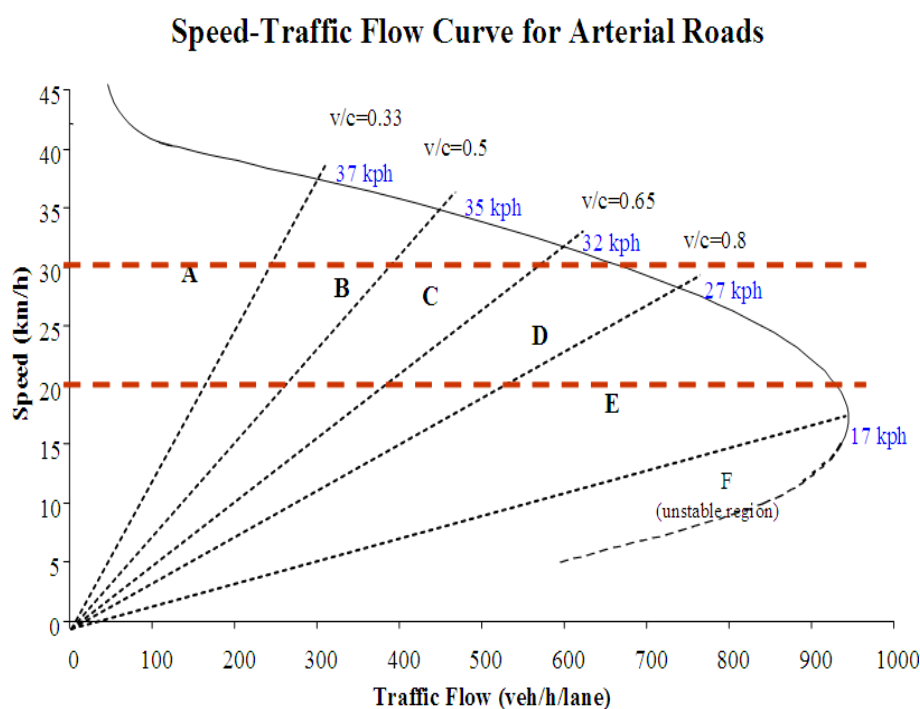


图 4b: 主干道速度-交通流曲线

ERP 收费在每个季度开始时以及六月份和十二月份的学校假期期间进行总结评价。若速度超过上限，则 ERP 在这半个小时对小汽车（1 PCU）的收费减少 50 分，若速度低于下限，收费将增加 50 分。目前，半个小时对 1 PCU 机动车的最低收费费率为 50 分，最高为 6 新加坡元。ERP 收费费率会根据不同车辆类型、地理位置和时段进行调整。

将 ERP 费率与速度挂钩的概念被普遍接受，并证明了一个事实，即 ERP 是一种减轻拥堵的措施，而不是创收手段。正是基于这个理念使得 ERP 在周六的收费，在实行七个月后彻底

取消。此外，在 ERP 收费时段之间，也有半个小时为不收费时段。收费费率的变化从来都不是问题。

3.6 在 ERP 闸门调整收费费率的方法

在高峰时间，收费费率根据交通量每半个小时进行一次调整。这可以帮助将交通流量延长到更长期限，确保良好的交通状况。但若随后的半小时收费费率变化过大（如 1 新加坡元），则汽车驾驶员可能会加速或减速，甚至在 ERP 闸门前等待，利用更便宜的半小时费率，结果将导致安全问题。当车辆在高速公路紧急通道等待时，这种问题尤为严重，这种行为本身违反了交通规定。为了限制这种做法，专门设立了标志，警告等待的车辆，他们正在摄像机的监视之下。摄像机的目的是用来监控高速公路沿线的交通状况。此外，在 2003 年 2 月，对收费软件进行了修改，若前后两个半小时的费率变化超过 1 新加坡元（1 PCU），则实行渐进式上调/下调 ERP 费率的做法。若下一个半小时，收费费率提高，则在下一个半小时的前五分钟采取渐进式收费（例如，若上午 8:00 至 8:30 的收费费率为 1 新加坡元，上午 8:30 至 9:00 的费率为 2 新加坡元，则从 8:30 至 8:35 这五分钟内的费率将上调到 1.5 新加坡元，之后才在 8:35 上调到 2 新加坡元）。若下一个半小时的费率降低，则在当前半小时的最后五分钟采取渐进式收费（见表 1）。

3.7 ERP 收费的支付方式

ERP 收费共有三种支付模式。汽车驾驶员可以使用 NETS 现金卡或无触点电子钱包应用标准卡（CEPAS 卡）。这些都是储值卡，金额用完之后，可再次充值。CEPAS 卡是无触点智能卡的国家标准，也被用于新加坡的公共交通。

此外，汽车驾驶员也可以选择通过信用卡自动支付他们产生的 ERP 收费。该服务较为方便，但要缴纳管理费。

3.8 执行问题

3.8.1 减少 ERP 对商业的影响：逐步实行 ERP 收费

作为“使用即交费”的电子道路收费（之前的人工道路收费制度每天收取固定金额，不管车辆通过闸门的次数多少）的一部分，对商用车的 ERP 收费在多年内逐步实行。该类收费的目标是商用车，因为这种车辆每天多次进出城市。对出租车的 ERP 收费在三年内逐步实行，例如，出租车只需要在第三年全额支付费用（或从 2000 年 9 月开始）。对货运车辆和公共汽车的 ERP 收费在四年内逐步实行，即从 2001 年 9 月起开始全额支付费用。

表 1: ERP 费率示例

Expressways 高速公路										
Weekdays 工作日										
时间	Dairy Farm 路与 PIE 路之间的 BKE 段	通过布莱德路、石龙岗路和马里士他岔路后的 CTE 段	CTE 岔路至 PIE (樟宜) / 石龙岗路	宏茂桥路 1 号和布莱德路之间的 CET 段	ECP 段 (市区)	KPE 岔路, 进入西向 ECP 段	通过加冷巴鲁出口之后的 PIE 段, 进入明地迷亚路后的 PEI 岔路	通过亚当路和快乐山岔路后的东向 PIE	进入 CTE 的 PIE 岔路	通过友诺士连路之前的 PIE 西向
闸门编号	54	31, 33, 34	68	35	30	80	32, 45	37, 38	42	65
7.00am - 7.05am	\$0.00	\$0.50	\$0.00	\$0.50	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.50	\$0.00
7.05am - 7.25am	\$0.00	\$1.00	\$0.00	\$1.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1.00	\$0.00
7.25am - 7.30am	\$0.00	\$1.00	\$0.00	\$1.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1.00	\$0.00
7.30am - 7.35am	\$1.00	\$3.00	\$1.00	\$1.00	\$1.50	\$1.50	\$0.50	\$1.00	\$3.00	\$0.00
7.35am - 7.55am	\$2.00	\$5.00	\$2.00	\$1.00	\$3.00	\$3.00	\$1.00	\$2.00	\$5.00	\$0.00
7.55am - 8.00am	\$2.00	\$4.00	\$2.00	\$1.00	\$2.50	\$2.50	\$1.00	\$2.00	\$4.00	\$0.00
8.00am - 8.05am	\$2.00	\$3.00	\$2.50	\$1.00	\$2.00	\$2.00	\$1.00	\$2.00	\$3.00	\$0.00
8.05am - 8.25am	\$2.00	\$3.00	\$3.00	\$1.00	\$2.00	\$2.00	\$1.00	\$2.00	\$3.00	\$0.00
8.25am - 8.30am	\$2.00	\$3.00	\$3.00	\$0.50	\$2.00	\$2.00	\$1.00	\$2.00	\$3.00	\$0.00
8.30am - 8.35am	\$2.00	\$4.50	\$3.50	\$0.00	\$4.00	\$4.00	\$1.50	\$2.00	\$4.50	\$0.50
8.35am - 8.55am	\$2.00	\$6.00	\$4.00	\$0.00	\$6.00	\$6.00	\$1.50	\$2.00	\$6.00	\$1.00
8.55am - 9.00am	\$1.50	\$4.00	\$2.50	\$0.00	\$3.50	\$3.50	\$1.00	\$1.00	\$4.00	\$0.50
9.00am - 9.05am	\$1.00	\$2.00	\$1.00	\$0.00	\$1.00	\$1.00	\$0.50	\$0.00	\$2.00	\$0.00
9.05am - 9.25am	\$1.00	\$2.00	\$1.00	\$0.00	\$1.00	\$1.00	\$0.50	\$0.00	\$2.00	\$0.00
9.25am - 9.30am	\$0.50	\$1.00	\$0.50	\$0.00	\$0.50	\$0.50	\$0.50	\$0.00	\$1.00	\$0.00

注：阴影表格为渐进费率（下一次费率调整之前的 5 分钟）

3.8.2 技术问题

汽车驾驶员对于 ERP 系统的准确度和可靠性没有问题。虽然他们在最初可能存在一些疑问，当汽车驾驶员接近 ERP 闸门时经常会减速，现在不再有这种情况。

3.8.3 汽车驾驶员对违章的抱怨

违章大多数是由于疏忽，而非故意。汽车驾驶员相信不可能欺骗系统。没有任何登记在案的欺诈案例。超过 80% 的违章，是由于 IU 中没有现金卡，或现金余额不足。如上所述，违章者批评 IU 没有事先提醒未插入现金卡。为了完善这一问题，这种违章行为不会受到行政处理，也不会收到传票。但除了 ERP 收费外，违章者还需要支付 10 新加坡元的管理费。而对没有 IU 的车辆处罚是下达传票，并罚款 70 元。

3.8.4 车载单元 (IU)

IU 的用户友好度受到汽车驾驶员诟病。汽车驾驶员在出行之前必须插入现金卡。有些驾驶员在下车时会拔出现金卡，但在开始行程之前忘记插卡，结果导致不知不觉中违章。他们希望 IU 能够在车辆启动时或车辆接近 ERP 闸门时提醒未插入现金卡。摩托车驾驶员不存在这种问题，因为他们每次离开车辆时必须拔下现金卡，否则可能被盗。因此，拔下和重新插入现金卡成了他们的一种习惯。

任何人都能看到车辆内留在 IU 内的现金卡，只是 IU 不显示现金余额。在偏远位置的停车场内曾发生过现金卡被盗的情况。有些驾驶员喜欢将现金卡隐藏在 IU 内，以减少对窃贼的诱惑。而事实上，有企业针对这种需求推出了 IU 保护盖，但并未得到广泛使用。最初，IU 免费赠送给现有车辆的所有人。但并非所有车辆都需要安装 IU。所有新登记车辆都装有 IU，如果新车主不希望安装 IU 必须提出要求。到目前为止，99% 的车辆都安装了 IU。所有 IU 均有五年质保，这意味着若 IU 出现故障可免费更换。出现故障的 IU 数量每年不超过 100 台。五年质保到期后，可自费更换。

3.8.5 ERP 闸门。

汽车驾驶员另外一方面的抱怨是，他们计划的行程恰好在更便宜的半个小时期间，结果他们的表和 ERP 闸门上的时间不匹配。最初，ERP 闸门开始收费时会显示“运行中”字样。现在，最新的 ERP 闸门显示时钟，和两盏在收费时间会亮起来的黄色交通灯。

3.9 对待外国车辆的措施

每年约有 37,000 辆外国登记的车辆进出新加坡。外国车辆如果认为可能需要使用 ERP 收费道路，可以选择安装永久 IU，或者在边境附近的委托点租赁一个临时 IU。约 16,000 辆外国登记车辆选择了安装永久 IU，因为他们经常来新加坡。平均每月有 200 辆外国车辆租赁临时 IU。这些属于临时游客。从 2003 年 9 月起，外国车辆使用 ERP 收费道路，不再需要租赁临时 IU。每天 10 新加坡元，可以让他们无限制使用这些道路。违章图像（因未安装 IU 的车辆导致的）将被作为计算这些车辆使用 ERP 收费道路的天数的依据。他们在离开新加坡时，应在检查站缴纳相关费用。新制度受到需要使用 ERP 收费道路的外国驾驶员的欢迎。

3.10 ERP 的影响

3.10.1 对交通的影响

城市道路和 ERP 收费高速公路和主干道的交通状况持续好转，因为通过调整 ERP 收费费率，实现了合理的速度。未收费替代路线会出现短暂的拥堵，但汽车驾驶员已经调整到自己更喜欢的路线。在 ERP 推出的前五年，城市发展方面增长了 5%。城市内没有修建大型公路。为了满足东北部地区的需求，新修建了一条地下铁路线。

ERP 系统显著减少了新加坡的拥堵现象。自 1998 年实行 ERP 收费以来，帮助减少了 CBD 的交通量。从 1998 年至 2012 年 14 年间，新加坡汽车数量以每年 3% 的速度增加，但 CBD 的交通量每年仅增加了 0.8%（见图 5）。

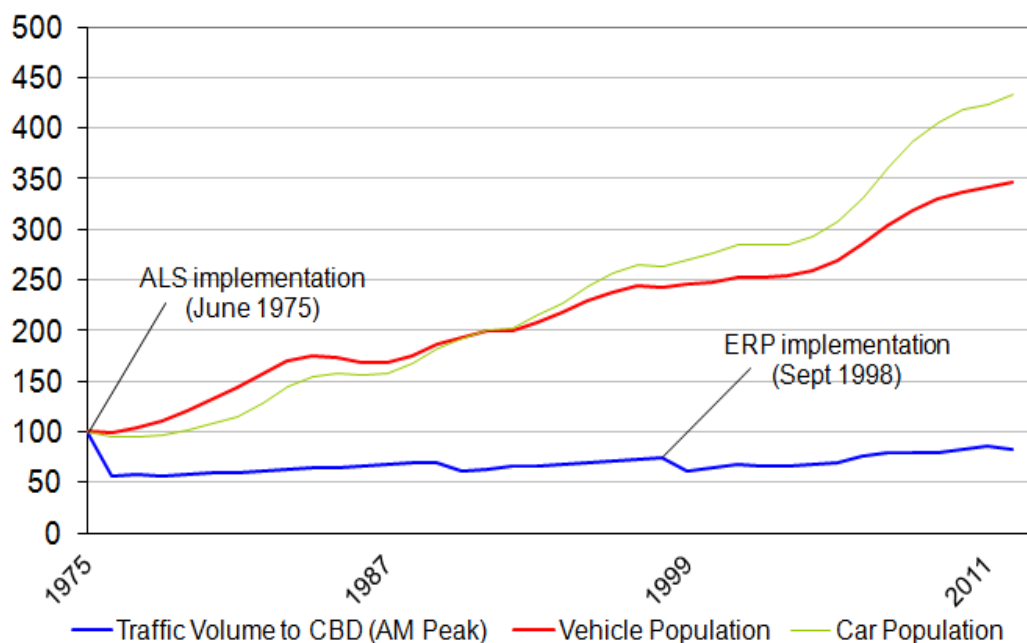


图 5：ERP 对交通的影响

3.10.2 对碳排放的影响

根据收集的数据，1975 年实行 ALS 制度时，在早高峰时段进入市区的汽车数量从 74,014 辆，减少到 52,824 辆，同样，1998 年正式实施 ERP 收费，早高峰的交通量从 55,268 辆减少到 51,384 辆。1975 – 76 年（ALS）和 1998 – 99 年（ERP）的两次交通量一次性减少，实现的二氧化碳减排量分别占全年二氧化碳排放量的 0.14% 和 0.02%（或分别为 5.6 万吨和 9,000 吨）。1975 年至 2008 年，ALS 累计减排二氧化碳约 190.7 万吨，而 1998 年至 2008 年，ERP 累计减排二氧化碳约 10.3 万吨。

可以合理认定，ERP 系统也帮助控制了市区的拥堵，避免了车辆降速行驶或陷入严重的交通堵塞，进而为二氧化碳减排做出了贡献。在节省燃料方面，在相同距离内，汽车低速行驶燃烧更多燃料。因此，预计 2008 年，二氧化碳减排量约占总二氧化碳排放量的 0.85%，而 1998 年至 2008 年累计减排二氧化碳约 373.8 万吨。

3.10.3 对驾驶员行为的影响

ERP 给汽车驾驶员下列选择：

- 缴纳 ERP 收费，享用良好的交通状况
- 更改出行时间，减少或不缴纳收费
- 选择不收费或收费更低的替代路线
- 选择公共交通模式
- 更改目的地
- 放弃出行

预计，到目前为止，大多数驾驶员都已经做出了决定，并养成了习惯。

3.11 衡量 ERP 对驾驶员的影响：需求价格弹性

需求价格弹性（E）定义如下：

$E = \text{需求比例改变} / \text{价格比例改变}$

经济学家将需求弹性作为市场集合反应的一个近似度量值。ERP 的弹性逻辑上是负值，例如，价格减少应该对应交通量增加，反之亦然。对于城市道路，只能计算出上午 7:30 至 9:00 半个小时时段的需求价格弹性，因为在该时段，车辆可能只会有一次通行。如果我们采用上午 7:30 至下午 7:00 的整个限制时段，车辆可能会多次进入市区（限制区），如果不知道多次通行的汽车数量，便无法算出需求价格弹性。

推出 ERP 后第一年内，在上午 7:30 至 9:30 之间的半个小时时段进入市区的车辆的弹性值，在-0.12 至-0.35 之间。预计，经过一段时间之后，该数值会趋于稳定。当前的数值在 0 至 -0.42 之间。还可以计算出使用高速公路的汽车的弹性值。在上午 7:30 至 9:30（还是假设在该时段只能进行一次通行），半小时时段的弹性值在-0.16 至-0.44 之间。当特定的半小时时段内取消 ERP 收费，或半小时时段的收费达到 2.50 至 3 新加坡元的上限时，弹性值更高。在高速公路上，当取消 ERP 收费或需要支付上限收费时，汽车驾驶员似乎更愿意改变出行方式和行为。

4 经验教训

新加坡的道路收费自 1975 年开始实施以来，在管理 CBD 地区道路拥堵方面有效发挥了作用，在近几年，也有效控制了 CBD 之外的高速公路和其他主要道路的拥堵情况。总之，ERP 系统的收费策略应继续保持灵活和目的明确，以应对不同的交通状况。

新加坡将继续致力于推动公共交通出行，尤其是轨道交通。与此同时，政府将通过控制汽车拥有和汽车使用，管理道路使用需求。

ERP 系统是控制车辆使用的关键政策工具，但该系统不能孤立运行，必须配合其他政策工具，例如车辆拥有控制措施和道路建设等。

5 结论

科技帮助扩大了原先的道路收费制度。随着新加坡的交通拥堵日益普遍，通过继续修建 ERP 闸门解决拥堵问题是不现实的。此外，在个别地区实行的 ERP 收费，也可能带来意想不到的影响。例如，拥堵可能转移到居民区的其他路段。

从长期来看，新加坡正在研究下一代 ERP 系统，该系统将使用 GPS 技术，进一步提高道路收费的效率。使用 GPS 技术，可以为道路收费提供更多的灵活性，例如，使得沿高速公路和主干道拥堵路段实行基于距离的道路收费成为可能。基于距离的道路收费比现行的基于点的收费系统，更公平、更有效。目前基于点的收费系统根据汽车通过的闸门数量而不是在拥堵路段上行驶的距离收费。

美国道路拥堵收费政策概述

拥堵收费理论与案例研究

Buckeye Consulting, LLC

拥堵管理与规划资源

2224 43rd Street East

Minneapolis, Minnesota 55407 USA

buckeyekl@msn.com

2014 年 2 月 23 日

2014 年 3 月 20 日修改

Kenneth R. Buckeye, 美国注册规划师

关于作者:

美国注册规划师 **Kenneth R. Buckeye** 是道路收费领域的专家，拥有超过 25 年经验，他曾为交通主管部门管理多个与道路用户收费有关的项目和计划，包括实行和评估拥堵费、基于里程数的收费，以及传统和非传统融资项目。其最近的工作包括高速公路基础设施项目的投资回报，以及高速公路管理运营策略。

Ken 是明尼苏达大学的讲师，也是明尼苏达大学交通研究中心经济研究委员会的主席。**Ken** 也是美国国家科学院交通研究委员会成员，任职于拥堵收费和管制车道等委员会，并担任交通研究委员会拥堵收费研究小组委员会主席。**Ken** 曾在交通研究委员会的《国家研究档案》（**National Research Record**）和其他国家级与国际级刊物上发表过 20 多篇文章。

Ken 拥有明尼苏达州圣克劳德州立大学城市事务专业文学学士学位，辅修工商管理专业，并获得伊利诺伊州南伊利诺伊大学爱德华兹维尔分校城市与区域规划专业硕士学位。

联系方式:

Buckeye Consulting, LLC

2224 43rd St. East

Minneapolis, Minnesota 55407

Phone: 612-388-1672

E-mail: buckeyekl@msn.com

电话: 612-388-1672

电子邮件: buckeyekl@msn.com

摘要

交通拥堵是如今全世界交通管理部门所面临的最严峻的挑战。过度拥堵会延长拥堵时段的出行时间，大幅降低高速公路通行能力，即所谓的人车通行量。从广泛的意义上讲，拥堵收费是对因过度需求造成拥堵的公共商品用户进行额外收费的制度。拥堵收费的一个关键组成部分是对收费车道或交通设施采用可变费率。可变费率会向用户发出价格信号，使用户可以控制他们支付的价格，并鼓励用户调整出行时间。

在美国，交通管理部门拥有越来越大的动力将道路拥堵收费作为缓解拥堵问题的措施之一，通过经济激励，鼓励用户提高道路使用效率，在不同时段使用道路和使用其他出行方式，如公共交通或汽车共乘等。

拥堵收费是一项有效的政策，因为该政策允许高速公路主管部门更好地管理高速公路特定路段的需求和人车通行量。由于价格（或通行费）在不同时段上下浮动，因此可以调节需求，帮助确保最佳高速公路绩效。该政策之所以有效，是因为价格会使部分用户因成本增加而放弃进入车道。通过对交通设施进行管理，可确保始终保持畅通状态。拥堵收费交通设施的高峰时段通行量，通常是附近普通车道通行量的两倍以上。

本报告陈述了美国拥堵收费的理论依据和政策基础。报告中研究了美国的三种拥堵收费：**高承载收费车道、快速收费车道和收费道路设施的可变定价**。选择用于评估的三个项目分别是明尼苏达州明尼阿波利斯 I-394；佛罗里达州迈阿密的 I-95；以及华盛顿州西雅图的州道 570 号桥。

目录

摘要	i
附图目录	iv
I.拥堵收费概述.....	1
简介	1
收费理论	2
本报告的目的	2
通过市场规律管理需求	3
赢得公众支持	4
教育与宣传的组成部分	5
II.美国的拥堵收费	5
目标	5
拥堵收费类型	6
拥堵收费系统的组成部分	10
政策.....	10
技术.....	10
执行.....	10
客户服务与营销.....	10
III.项目评论.....	11
明尼阿波利斯，明尼苏达州：I-394 HOV 向 HOT 车道转换.....	12
项目历史	12
I-394 HOT 车道概述.....	13
I-394 HOT 车道绩效.....	16
实施	17
公众参与和宣传	17
迈阿密，佛罗里达州：I-95 快速收费车道	18

项目历史	18
3 人以上乘客登记汽车共乘	19
I-95 HOV 与 HOT 的转变特征简介.....	20
I-95 快速车道目前的绩效.....	22
新增车道大幅提高了承载能力	23
对公共交通的好处	23
可靠性	24
州道 520 号大桥更换，西雅图，华盛顿州	25
IV.结论和经验教训	27
V.美国运输部减缓拥堵与提高空气质量（CMAQ）计划.....	28
简介	28
资金划拨	29
符合 CMAQ 条件的活动.....	29
MPO 绩效计划	29
项目评估	30
参考文献	31

附图目录

图 1: 明尼苏达州明尼阿波利斯 I-394 MnPASS 公路使用路障隔离的定向 HOT 车道	20
图 2: 典型 HOT 车道设计与条纹概念图; 无路障或圆锥路标车道隔离	23
图 3: 美国的拥堵收费项目	26
图 4: MnPASS 系统, 明尼阿波利斯-圣保罗都市区	27
图 5: 100 号高速公路 I-394 MnPASS HOT 车道	29
图 6: I-394 MnPASS HOT 车道显示两条白线缓冲隔离带和收费标志	30
图 7: MnPASS 自动应答系统, 通常安装在后视镜后面的挡风玻璃上	30
图 8: I-394 HOT 车道节省出行时间和增强可靠性	32
图 9: I-95 快速车道	35
图 10: I-95 之前的情况: 5 条车道, 其中 4 条通用车道和双向各一条 HOV 车道	37
图 11: I-95 之后的情况: 6 车道; 4 条通用车道和双向各两条 HOT 车道	37
图 12: I-95 快速车道与 95 路快速公交 (注意塑料车道隔离栏)	38
39	
图 13: I-95 迈阿密显示高峰拥堵时段 HOT 车道车流畅通	39
图 14: 州道 (SR) 520 号大桥; 收费适用于旧大桥, 正准备以新大桥取代	42
图 15: SR 520 桥梁位于华盛顿湖上	43

术语

拥堵费：在拥堵时段对汽车驾驶人征收的通行费，目的是提高交通设施通行量；通常情况下，收费会因时段不同而不同，或为动态费率，该术语在美国也被称为“拥堵收费”。

拥堵收费：拥堵费的另外一种说法，包括在定价结构中引入可变费率概念，以激励消费者做出期望的行为改变；定价因素是可鼓励非高峰时段出行或鼓励使用其他优先模式出行的市场元素。

需求管理：指通过监管措施或通过时间或价格激励，限制公路交通设施使用的策略；需求管理有许多组成部分，包括拥堵收费。

动态定价：指根据道路用户对交通设施的需求进行变化的通行费；费率会根据收费车道流量和速度自动上下调整；动态定价的目的是通过基于市场的价格激励措施，保持交通设施的畅通。

钻石车道：在美国，有专为公共交通和汽车共乘提供的车道；该专用车道的指定可能仅限特定时段，也可能全天执行。

快速收费车道：指包括公共交通与汽车共乘在内的用户支付通行费的高承载收费车道。

通用车道：指没有用户限制且不征收通行费的普通车道。

高承载收费（HOT）车道：指可能仅在高峰时段收取通行费的车道，但公共交通车辆和共乘汽车可以免费通行。

大容量车辆（HOV）车道：指上述钻石车道；在特定时段或全天仅允许公共交通和汽车共乘使用；HOV 2+指允许 2 人或 2 人以上共乘车辆免费通行的政策；HOV 3+指允许 3 人或 3 人以上共乘车辆免费通行的政策；请参阅车辆承载人数要求。

管制车道：指帮助管理交通设施需求或旨在改善交通设施绩效（通行量）的一系列策略；管制车道策略既可以简单的增加执法，鼓励用户遵守规定，也可以增加复杂的视频或技术，用于收取通行费或加强运营和执行；包括通行控制、车辆承载人数和车辆类别。

车辆承载人数要求：在 HOT 车道或 HOV 车道，通常会制定相关条例，规定小汽车或中型客运共乘车辆的最低承载人数要求，通常为 2 至 3 人。

高峰时段收费：对在上午和/或下午上下班高峰时段使用公路交通设施的汽车驾驶人收取通行费。

道路收费：与拥堵收费相同，也可能指收费公路、桥梁或隧道的固定通行费。

收费车道：指被征收通行费以管理公路交通需求的车道；通常采用可变费率，以鼓励或抑制基于需求的使用。

收费公路设施：指收费车道、收费公路、桥梁或隧道。

可变收费：是指上下调整的通行费费率，目的是帮助对管理交通设施的需求，参考可变费率。

可变费率：是指随时段、交通设施的需求或速度不同而上下变化的通行费，参考可变收费。

1.拥堵收费概述

简介

目前，交通拥堵是全球交通管理部门面临的最严峻的挑战之一。如果不加以治理，随着对高速公路交通设施的需求日益增加，交通拥堵和相关问题，如空气污染、时间损失和能源浪费等，将更加严重。交通拥堵不论在发达国家还是发展中国家都是一个棘手问题。过度拥堵会延长拥堵时段的出行时间，大幅降低高速公路通行能力，即所谓的人车通行量。如果使用公路系统的机动车由老旧和/或高度污染的车辆构成，空气污染问题会更加严峻。机动车排放导致空气污染程度加重，如果达到特别严重的程度，与交通拥堵有关的问题将对人身健康造成负面影响。

从广泛的意义上讲，拥堵收费是对因过度需求造成拥堵的公共物品用户进行额外收费的制度。拥堵收费的一个关键组成部分是对收费车道或交通设施采用可变费率。可变费率会使用户可以控制他们支付的价格。若价格过高，汽车驾驶人可能选择非收费车道或更换到费率降低的时段出行。通过可变费率改变需求和出行行为的激励措施，是拥堵收费作为一项好的公共政策的核心。最终，拥堵收费政策通过鼓励更理性地使用有限的道路空间，可以帮助节约资源，减少高速路的建设成本和有害的环境和社会影响。

美国的公路拥堵收费是一项相对较新的策略，1995年在加利福尼亚奥兰治县的州道第91号快速车道开始执行。该项目包括在高速公路中间修建四条收费车道（双向各两条）。该项目之后，1996年，在圣地亚哥开始执行I-15高承载收费（HOT）车道项目。该项目将一条承载能力未被利用的大容量车辆（HOV）车道，变成一条高承载收费车道。美国拥堵收费政策基于大多数拥堵公路在一天大部分时间存在承载能力过剩这一认识。拥堵收费是基于市场的收费策略，希望将需求平均分散到全天各个时段。此外，拥堵收费通常与其他政策配套执行，如允许汽车共乘、公共汽车、摩托车和混合动力汽车或电动车等低排放汽车免费通行或提供折扣等政策。

拥堵收费一直被全世界其他公用服务行业所采用，主要表现为对公共汽车服务、电力、地铁、铁路、电话的使用在高峰时段按更高费率收费。拥堵收费也被航空公司和船运公司

采用，对在繁忙时间通过机场和码头装卸货和使用闸门征收更高手续费。拥堵收费策略通过管理需求，在无需增加供应（即增加车道数量）的前提下管理拥堵。

在美国，交通管理部门拥有越来越大的动力将道路拥堵收费作为缓解拥堵问题的措施之一，对用户提高道路使用效率，在不同时段使用道路和使用其他出行方式，如公共交通或汽车共乘等，提供经济奖励（1）。通过实行拥堵收费政策，可以提高车道的通行量，汽车引擎可以更高速度更高效地运行，避免了减速或停止-启动等情况，进而可以减少汽车排放，改善空气质量。拥堵收费通过市场规律，向用户释放适当的价格信号，最终可减少时间与能源的浪费，提高道路用户和非用户的生活质量。

收费理论

拥堵收费的基础源自经济学中的市场理论，该理论认为用户应该为其造成的负外部性买单，让他们意识到在高峰时段出行给彼此施加的成本。此外，收费也可以让用户意识到他们对环境的影响。诺贝尔经济学奖得主纽约市哥伦比亚大学的威廉·维克里博士，被认为发展了对拥堵收费的支持性研究，并获得了“拥堵收费之父”的称号。他的研究建议对公路和其他服务定价，使用户可以看到提供服务（或道路空间）所产生的成本，以及服务何时会得到充分利用，若不增加交通设施或服务何时会出现无法满足的过多需求。拥堵收费给用户一个调整行为的信号，或给投资商扩展服务或交通设施的信号（2）。

美国交通部下属的联邦公路管理局在一份名为《拥堵收费入门》的文件中报告称，拥堵收费的工作原理类似于（3）：

拥堵收费就是通过利用市场规律，减少与交通拥堵有关的浪费。拥堵收费根据城市高速公路上高峰时段的大多数汽车驾驶员并非通勤者的事实，通过将纯粹随意的高峰时段高速公路出行，调整到其他出行模式或非高峰时段，来发挥作用。通过从拥堵路段转移少部分车辆（虽然仅有百分之五），拥堵收费可以保证交通系统更有效的流动，使相同物理空间通过更多车辆。类似的可变收费被其他行业成功使用；例如：飞机票、手机费和电费等。经济学家达成一种共识，即拥堵收费是最可行、最可持续的减少交通拥堵的方法。

本报告的目的

本报告的目的是讨论美国采用的道路收费，道路收费理论，赢得胜利和公共支持的要素，以及美国公路中使用拥堵收费的实例。美国的公路管理部门从最近才开始使用拥堵收费，管理高峰时段拥堵路段的交通需求。虽然公路拥堵收费政策相对较新，但已经成为高速公路管理部门的一项重要工具。讨论的一个重要方面是公路收费作为可选收费的理念，即在高速公路的一条或两条车道收取可变通行费，而不是对整条公路收费。可选收费的概念在争取支持方面有着尤为重要的意义，因为其依然提供“免费的”其他选择，并在收费车道对汽车共乘和公共交通提供免费或减免通行费等选择，鼓励用户选择这些出行模式。该模式是美国典型的拥堵收费方式，但也有部分全部收费公路，在所有车道执行可变收费。

如前所述，拥堵收费可以通过多种实施方式帮助管理交通需求。在本讨论中，作者将探讨目前美国对这种工具的三种应用：

1. 将目前的大容量车辆（HOV）车道转变为高承载收费（HOT）车道；
2. 对快速收费车道（ETL）实行可变收费，其中对所有（或接近所有）用户收费；以及
3. 对现有收费交通设施实行可变收费

本报告第II部分将更详细地探讨上述三种收费方式，第III部分将讨论美国三个地区的项目实例。

本报告未讨论基于区域或边界的收费政策，因为美国尚未实行该类政策。美国许多大都市区域将继续研究这种收费方式，以管理城市中心的拥堵情况。欧洲城市，如英国伦敦、瑞典斯德哥尔摩和意大利米兰，以及新加坡，均采用了基于区域的收费政策。此外，本报告也不涉及另外一种拥堵收费方式——可变费率停车收费，该政策根据相同的供需市场原则，调整停车收费费率，鼓励理性的消费者行为。虽然美国个别区域已经采用了这种收费方式，但尚未普及。

通过市场规律管理需求

公路系统拥堵收费涉及使用市场规律管理需求或对高速公路或高速公路上的交通设施的使用，如收费桥梁或收费隧道等。通过上下调整收费费率，鼓励或抑制使用，对需求或

交通流量进行管理。这种可变收费通过价格激励措施，管理用户通行量，并且可以确保愿意支付通行费的用户出行通畅。最终，支付通行费使用收费交通设施的用户可以获得减少出行时间和提高出行时间可靠性等好处。在美国，出行时间可靠性是对用户非常重要的好处，因为用户在计划出发时间时，有把握能够准时抵达目的地（4）。本报告第III部分将对此进行详细讨论。用户之所以喜欢拥堵收费，是因为该政策减少了压力，避免了拥堵继续恶化，并提高了生活质量。

虽然美国自建国以来便有收费公路，但仅在过去二十年才开始在选定公路实行拥堵收费。虽然拥堵收费在个别地区仍存在争议，但公众已经认可拥堵收费可以从根本上提高公路的绩效，可在特定路段实现更大的人车通行量，进而不仅有利于愿意支付通行费的用户，也会给所有出行者带来好处。

在典型的拥堵收费路段，会根据不同时段上下调整价格。例如，上午和下午高峰时段的费率最高，因此可以鼓励部分用户将出行时间选择在非高峰时段，或价格更低的交通稀少时段。此外，拥堵收费通常包括对公共交通、共乘用车、中型客运共乘车辆、摩托车和低排放车辆的激励措施。这些激励措施可能包括根据承载人数或车辆类型提供免费或减低费率。个别公路管理部门选择允许混合动力车或所有电动车随时免费通行，以鼓励减排，支持减少美国对进口石油依赖的目标。

赢得公众支持

由于公路收费制度涉及支付手续费或通行费，因此该类政策可能面临公众强烈的情绪反应（5）。拥堵收费政策至少在最开始很难赢得公众接受。清楚传达拥堵收费的目的很难。对于道路收费的目的可能存在广泛的争议，例如是为了增加收入还是管理需求，或者两者皆有？对于公众而言，在现有免费的交通设施上增加道路使用收费，感觉像是价格欺骗，即使交通设施之前有各种各样的限制，如限制 HOV 车道的使用等。在美国，这个问题尤为突出，因为全国没有广泛的收费公路传统。公众的情绪往往只关注所有公路应该是“免费的”这种观念。

那么，如何有效推动拥堵收费政策的实施？道路使用收费不可能获得基层民众支持。相反，要赢得公众支持，首先需要赢得政治支持。公众几乎不可能支持任何形式的费用上

涨，或将之前免费的工作变成收费公路，即使这种收费是可选的，并且仅针对一两条车道。因此，赢得政治支持往往非常关键。如果政界充分了解了拥堵收费的好处，理解所做的取舍，最终很容易便能获得支持。很少有道路使用政策能像拥堵收费政策这样带来如此高的投资回报（6）。在许多案例中，拥堵收费可以使用相对较少的投资进行实施，但却可以通过提高高速公路绩效产生巨大的回报。

教育与宣传的组成部分

拥堵收费获得支持的成功教育与宣传策略有哪些组成部分？该策略没有固定的模式，但实践证明，下列要素在美国的应用取得成功（7）：

市场研究是使拥堵收费获得支持进行教育与宣传活动的重要元素。市场研究可以帮助了解目标客户和能够引起市场共鸣的信息。

教育与宣传还涉及提供必要信息，帮助公众和决策者的学习和探索过程。通过这种参与和讨论的学习活动机会，可以更有效地澄清和沟通目标。

营销计划是执行拥堵收费的重要组成部分。营销不仅仅是销售，营销是要传达拥堵收费的价值，以及为什么客户应该希望执行拥堵收费和客户如何从拥堵收费中获益。客户需要知道，他们的支出能够获得什么回报，以及产品或服务的价值是什么。

评估需要拥堵收费管理机构监督和/或确认交通设施的绩效。该要素将项目目标与结果进行比较，并提供调整运营或定价策略所需要的数据，使其更接近预期。评估报告对客户继续支持和赢得新客户至关重要。

II. 美国的拥堵收费

目标

拥堵收费的目标是平衡交通流量和通行量，同时最大程度缓解收费车道的拥堵情况，进而为车道的所有用户提供无拥堵出行。此外，某些类别的用户，如公共交通和汽车共乘用户，可以获得免费或以折扣费率使用交通设施的权利，因此可以鼓励用户改变出行模式，减少能源消耗和降低排放。拥堵收费通过更有效的车道管理，可以改善公路所有车道的流

量和绩效。拥堵收费系统希望使汽车驾驶人可以畅通出行，即以每小时 45 – 55 英里（mph）或以上的速度行驶。美国的道路主管部门负责保证 90%的时间保持高水平绩效，进而保证用户在车道上享受到优质的服务，并重视他们支付的通行费。

拥堵收费类型

美国的拥堵收费从其大容量车辆车道（即 HOV 车道、共乘车道、钻石车道和公交专用道）方面的经验中演变而来。大容量车道是指在高峰时段或更长时间限行，由有一名司机和一名或多名乘客的车辆专用的行车道，包括共乘车辆、中型客运共乘车辆和公共汽车。正常最低车辆承载人数要求是 2 至 3 名乘客。许多地区还免除了其他车辆的费用，包括摩托车、公共汽车、应急车辆和执法车辆、低排放车辆和其他绿色机动车。HOV 车道通常是用于增加平均车辆承载人数，进而增加公路人车通行量，最终目标是减少总机动车数量，减少总体交通拥堵和减少空气污染。有时候，在特定时段，会将整条公路指定用作 HOV。

虽然 HOV 车道确实有效，其实现了更大的人车通行量，但也有 HOV 车道的效果不够理想的情况，或被认为效果很差。在这种情况下，美国的部分 HOV 车道被转换为 HOT 车道或快速收费车道，以实现更高的绩效。这种转换的原理是将高峰时段甚至非高峰时段交通设施上可能存在过剩承载能力出售（如收取通行费）。在某些情况下，对获得免费通行的车辆承载人数要求进行了修改。大多数情况是将车内承载 2 人改为 3 人或 3 人以上。此外，往往必须调整车道宽度和应急停车道尺寸，为公路提供更多实质承载量，或安装护栏或缓冲隔离带。

高承载收费车道（HOT 车道, High occupancy/toll lane）是允许单乘客车辆驾驶人按电子收费价格使用大容量车辆车道（HOV 车道, high-occupancy vehicle lanes）的道路收费安排。（见图 2 的截面图。）通常通过自动车牌识别系统或使用自动应答系统自动收取通行费。在某些情况下，通行费根据严格的价格结构进行设定，仅按时段进行调整。在其他情况下，也会根据收费车道内交通密度增加和速度降低等情况上调通行费。这种收费方式被称为动态道路收费（或动态定价）。本报告中探讨的实例是明尼苏达州明尼阿波利斯-圣保罗都市区的 I-394 MnPASS 车道。

快速收费车道（ETL, Express toll lanes）是与 HOT 车道类似的概念。HOT 与 ETL 之间主要的区别在于，在 HOT 车道，HOV 可以获得免费通行，而在 ETL，所有车辆均根据相同的安排付费。ETL 也存在许多变化版本，允许减少特定类型机动车的通行费，包括公共汽车、中型客运共乘车辆、摩托车或电动汽车或混合动力汽车。本报告将探讨的实例是佛罗里达州迈阿密的 I-95 快速收费车道，也被称为 95 号快速车道。

收费交通设施可变定价通过提供经济激励，鼓励汽车驾驶人以更高效的方式使用道路，管理已经收费的拥堵公路、桥梁和隧道的交通需求。可变定价可根据时段征收，或根据需求量上下调整。在某些情况下，可变通行费按时段征收，其中一个动态组成部分会根据需求对价格进行上下调整，以保证道路畅通。本报告将讨论的实例是华盛顿州西雅图都市区华盛顿湖上的州道第 520 号大桥。



图 1：明尼苏达州明尼阿波利斯 I-394 MnPASS 公路使用路障隔离的定向 HOT 车道实例

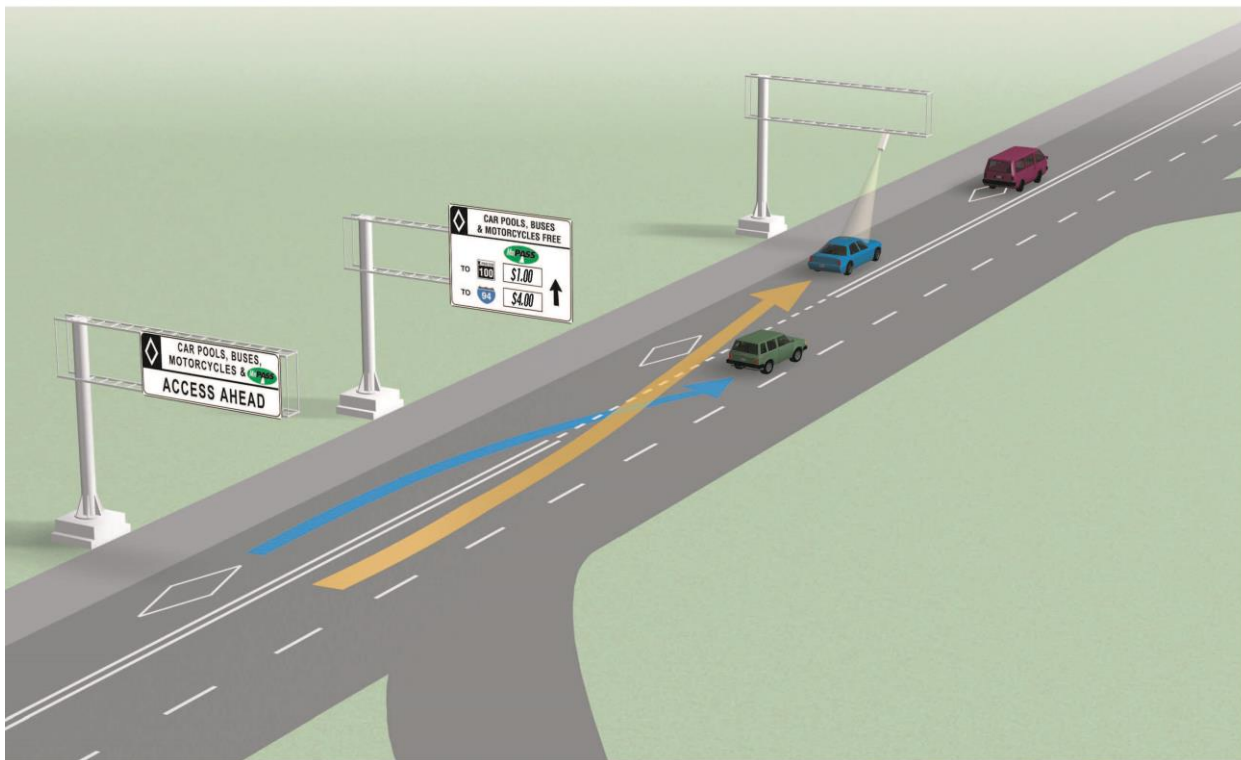


图 2-A：I-394 MnPASS 典型路段，显示 MnPASS 道入口/出口区、高架显示牌、应答器天线读取仪

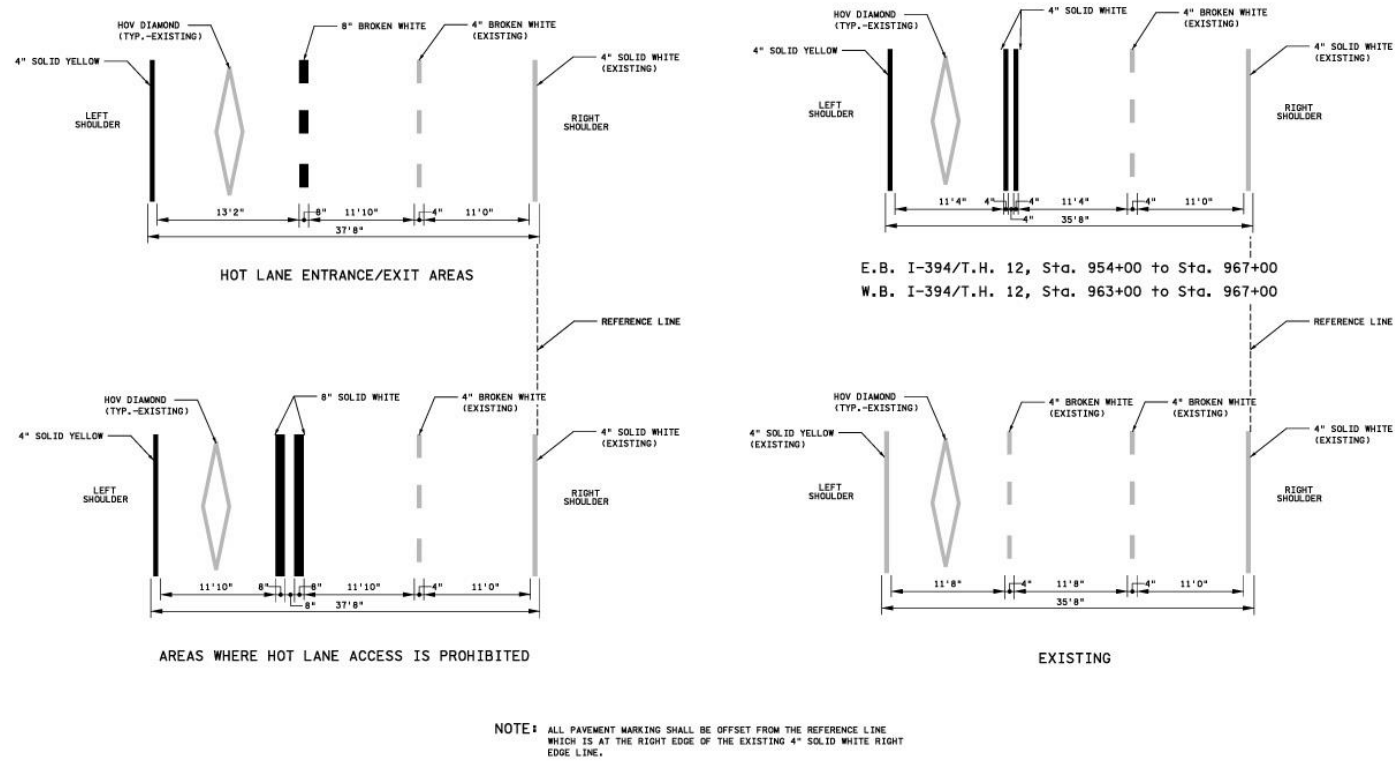


图 2-B: 典型 HOT 车道设计与条纹概念图; 无路障或圆锥路标车道隔离

拥堵收费系统的组成部分

政策

首先必须要有令人信服的拥堵收费政策，供用户、运营商和执法人员了解该系统的目标和目的。收费政策的组成部分可针对具体通道，也可以是总体的政策，但应包括与收费管理部门一致的运营计划、定价结构和收入的使用。

技术

虽然在拥堵收费公路上有许多类型的技术和使用方式，但有三种基本技术必须部署，其中包括车载自动应答器、路边收费技术，以及路边监控或管理技术。

- 自动应答器
- 收费设备
- 监控和管理系统

执行

收费交通设施的运营商必须严格执法，对违反者要提出起诉。若没有强有力的执行计划，交通设施的绩效会很快下降，不可能实现运营目标。执法人员必须履行的职责包括车道违规驶入和驶出规定、车辆承载人数规定，以及其他驾驶规定，如超速执法等。虽然通行费通过电子方式收取，但违反收费规定的行为也是执法工作的一部分，因为用户可能通过拆除或在收费天线处遮蔽自动应答器避免缴费。

客户服务与营销

一个收费系统尤为重要的一部分是客户服务中心（CSC）。CSC 的职能是设置账户、经销自动应答器、收取费用、回答客户的质询以及营销等。CSC 是面向客户的对外形象，因此对于系统成功至关重要。

III.项目评论

- 明尼阿波利斯 – 圣保罗，明尼苏达州
- 迈阿密，佛罗里达州
- 西雅图，华盛顿州



图 3：美国的拥堵收费项目

明尼阿波利斯，明尼苏达州：I-394 HOV 向 HOT 车道转换

项目历史

I-394 走廊是一条东西向交通设施，东端靠近明尼阿波利斯市区，连接 I-94，西端连接 I-494 和双子城（图 4）。这条长 11 英里的走廊双向各有三条车道，其中包括八英里长的钻石车道，在东端从第 100 号高速公路到 I-94 长 3 英里的路障隔离双向专用车道。



图 4：MnPASS 系统，明尼阿波利斯-圣保罗都市区

I-394 每天可通行约 150,000 辆机动车，其中不到 5% 为重型商用车辆（卡车）。通用车道的严重拥堵和 HOV 2+ 交通设施承载能力不满，意味着现在的 HOV 车道利用率不

足。绩效评估显示，HOV 车道 50%的承载能力在高峰时段未被使用。这种情况自 1992 年设施开放以来一直存在，导致不断有将 HOV 车道向单人车辆开放的要求。

Mn/DOT 进行的另外一项评估于 2001 年完成，评估得出的结论是，将车道转变为通车道，不仅不具有成本效益，也会导致交通设施拥堵。研究还得出结论称，转换成 HOT 车道运营，将是最符合成本效益的做法。

I-394 HOT 车道概述

- 日均通行 150,000 辆机动车
- 11 英里的东西向走廊
 - 8 英里单车道
 - 3 英里双向单车道
- 每个方向 5 个入口
- 第一批设施使用两条白色条纹线作为车道缓冲隔离带
- 间隔线代表入口（25%开放）
- 2+汽车共乘、公共交通和摩托车免费
- 不要求所有用户均安装自动应答器
- 道路上 10%的用户为付费用户
- 超过 18,000 台自动应答器已在该走廊登记
- 最高收费 8 美元，最低收费 0.25 美元（平均收费 1.3 美元）



图 5：第 100 号高速公路 I-394 MnPASS HOT 车道



图 6: I-394 MnPASS HOT 车道显示两条白线缓冲隔离带和收费标志



图 7: MnPASS 自动应答系统，通常安装在后视镜后面的挡风玻璃上。

节省出行时间和增强可靠性： 东向 I-394 上午高峰期

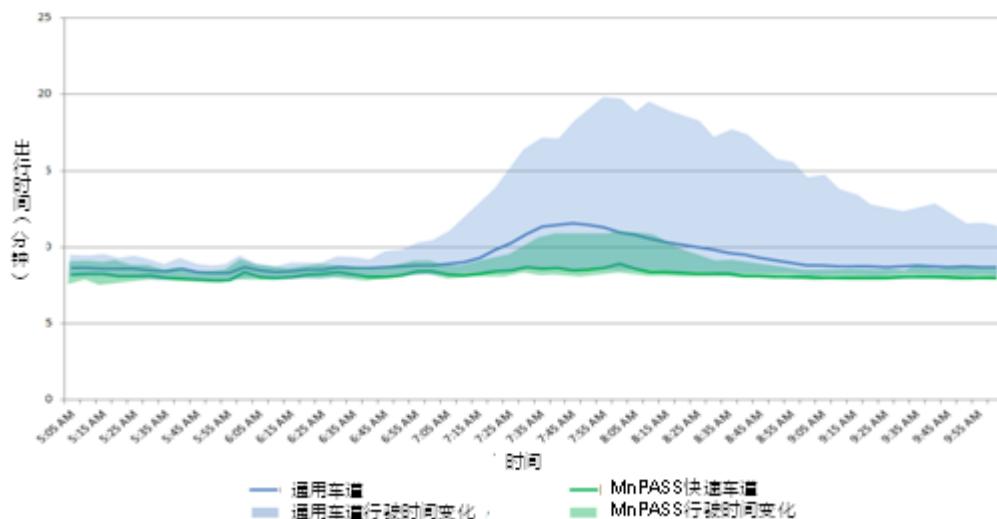


图 8：I-394 HOT 车道节省出行时间和增强可靠性

I-394 HOT 车道绩效

I-394 MnPASS HOT 车道从 2005 年开始投入运营，为单乘客车辆提供了支付通行费避开拥堵的选择。到目前为止，在 I-394 开设的 MnPASS 账户超过 11,000 个，与这些账户绑定的自动应答器超过 15,000 台。MnPASS 车道在上午和下午高峰时段承载 850 辆付费车辆。所有用户一直保持 55 mph 的目标速度，包括公共交通和共乘车辆。HOT 车道的平均日使用量为 4000 – 5000 辆机动车。使用 MnPASS 车道的汽车驾驶人平均比使用通用车道多节省三至四分钟（图 8）。MnPASS 车道与通用车道出行时间上的巨大差异，表明 MnPASS 车道的可靠性是用户选择使用该类车道的主要动机。

总体而言，MnPASS HOT 车道的效率较之前有所改善，车辆通行量提高了 48%，人员通行量提高了 25%。按人车通行量指标衡量，MnPASS 车道的绩效有大幅提高。

实施

曾经需要由州立法机关提供权限，后来明尼苏达州州长任命了一个执行特别小组。该特别小组在项目启动到完成的过程中提供指导和监督。特别小组对项目管理团队或特别小组本身认为重要的具有挑战性的各种设计和运营问题，进行详细审议。讨论的领域包括：

1. 入口/交通运营
2. 运营时间
3. 执行
4. 动态消息标示牌
5. 收费费率
6. 允许通行车辆类型
7. 自动应答器
8. 收入预期
9. 公共宣传
10. 项目评估

公众参与和宣传

I-394 MnPASS 项目在美国是对 HOT 车道收费有突破意义的项目。因此，对所有问题充分考虑和评估，并最终制定出可以接受的、现实的解决方案至关重要。仔细规划公共宣传会议和演示，提供足够的机会，详细讨论相关话题。遵循下列原则，可以促进最有意义的信息收集工作：

- 培养对问题尽可能全面的理解
- 介绍技术和政策分析
- 提供全面讨论相关话题的充足机会
- 尊重所有意见，包括市民的意见
- 考虑根据技术或政策分析改变理念或修改解决方案
- 响应所有媒体质询

- 向当地政府部门提供项目最新进展
- 承认随着经验的积累，可能需要在技术和运营方面做出修改
- 回答所有问题

项目经理坚持回答问题和提供简报。所有信息均被提供给媒体和公众，并在项目网站上公布。

迈阿密，佛罗里达州：I-95 快速收费车道



图 9：I-95 快速车道

项目历史

佛罗里达州迈阿密的 I-95 快速收费车道（也被称为 95 号快速车道）分阶段将双向各一条 HOV 车道转变成 95 号洲际公路从劳德尔堡到迈阿密市区 21 英里的快速双车道。在项目开发过程中，佛罗里达州交通部与公共交通系统运营商合作制定计划，以减少拥堵，为迈阿密戴德县和布劳沃德县提供更多出行选择。项目分三个阶段，两份施工合同执行，

2012 年完工。根据动态收费制度，在需求不高的非高峰时段，通行费为 0.25 美元，而在严重拥堵时，通行费最高为 7 美元，但在 2011 财年，南向快速车道平均高峰期通行费为 1.7 美元，北向快速车道为 2.25 美元。I-95 快速车道项目综合通行费、公共交通、技术和远程办公等要素，有效减少了拥堵，提高了使用 I-95 出行的可靠性，尤其是在工作日高峰时段。

95 号快速车道项目的范围扩大到不仅将 HOV 转换为快速车道。项目还包括完善交通监控和时间管理能力，匝道控制和取消瓶颈地段。公共交通在项目中也占有重要部分：新增加了 23 辆快速公交，并在 2010 年 1 月增加了三条 BRT 线路。自 2008 年开放以来，高峰时段公共交通用户平均数量从 1,800 人增加到 4,600 人，并且在持续增加。佛罗里达东南部都市区的管制车道网络计划在 2014 年已接近完工，另外两条联通线路将在 2014 年初开始施工。

3 人以上乘客登记汽车共乘

虽然单乘客车辆和 2 人以上共乘车辆均可以支付通行费使用 I-95 车道，但将 I-95 HOV 车道转换为快速车道，要求所有 3 人以上共乘车辆登记获得免费通行，所有用户都必须配备自动应答器。截至 2012 年，超过 2,200 辆 3 人以上共乘汽车登记。通过登记，主管部门可以定期检查，确定汽车共乘是否依然有效。该政策存在争议的地方在于，其免费使用排除了家庭汽车共乘，与此同时却鼓励工作者共乘汽车，如此一来，每辆共乘汽车在高峰时段可以减少一辆或多辆使用高速公路的汽车。美国其他都市区目前也已经开始借鉴该项目的经验，例如亚特兰大和洛杉矶。

此外，登记的混合动力车目前允许在交通设施上免费通行。其他免费用户包括：

- 迈阿密戴德县和布劳沃德县公共交通
- 登记的南佛罗里达中型客运共乘车辆
- 摩托车
- 应急车辆
- 登记的长途公共客车



图 10: I-95 之前的情况; 5 条车道, 其中 4 条通用车道和双向各一条 HOV 车道



图 11: I-95 之后的情况; 6 车道; 4 条通用车道和双向各 2 条 HOT 车道

I-95 HOV 与 HOT 的转变特征简介

- 将车道从 12 英尺减少到 11 英尺
- 减少紧急停车道宽度
- 没有新的公用线路
- 没有重新安装隔离墙
- 有限的大规模施工
- 3 人以上共乘车辆和公共交通工具免费
- 所有用户均必须配备自动应答器

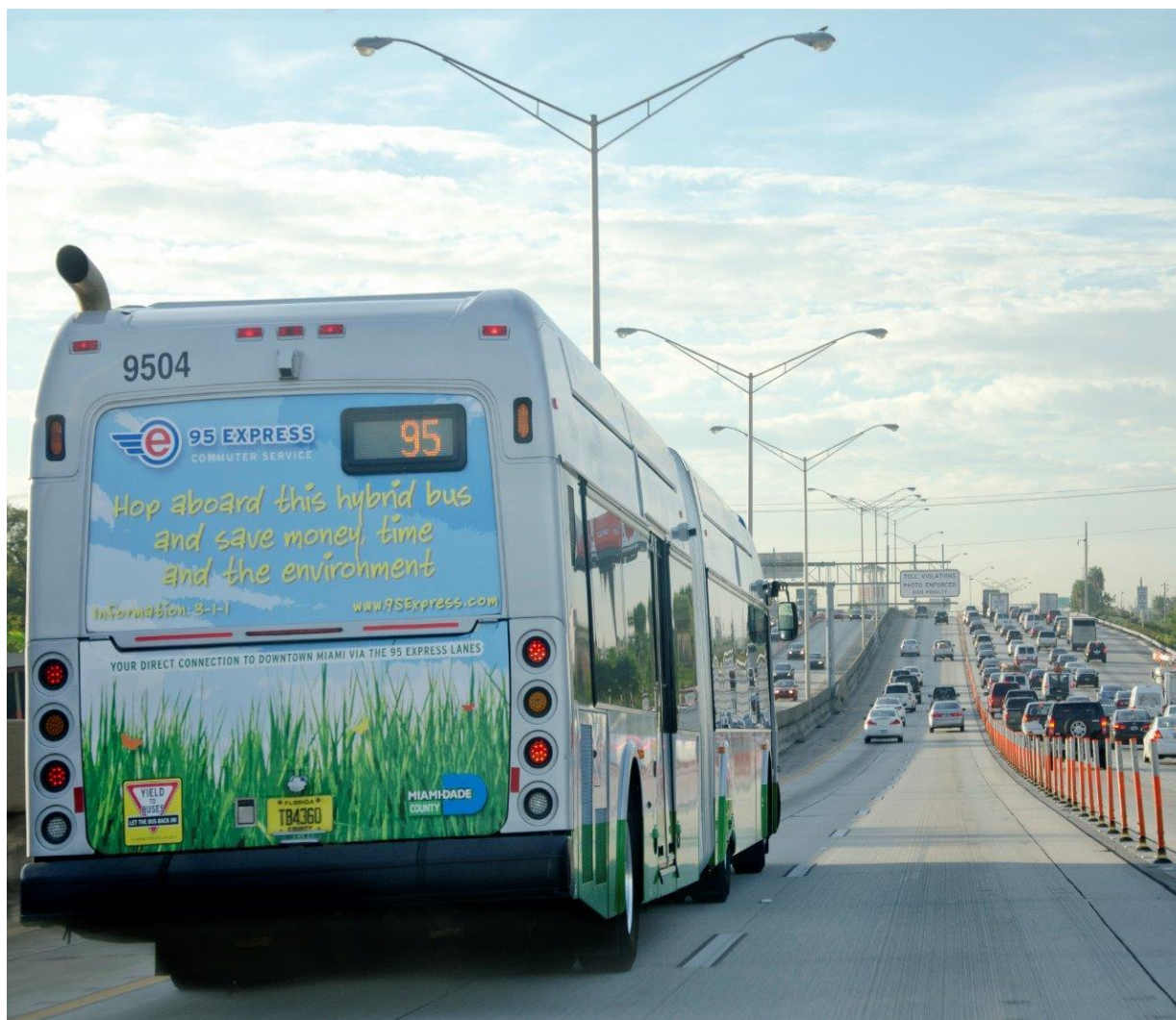


图 12: I-95 快速车道与 95 路快速公交（注意塑料车道隔离栏）（资料来源：佛罗里达州交通部）

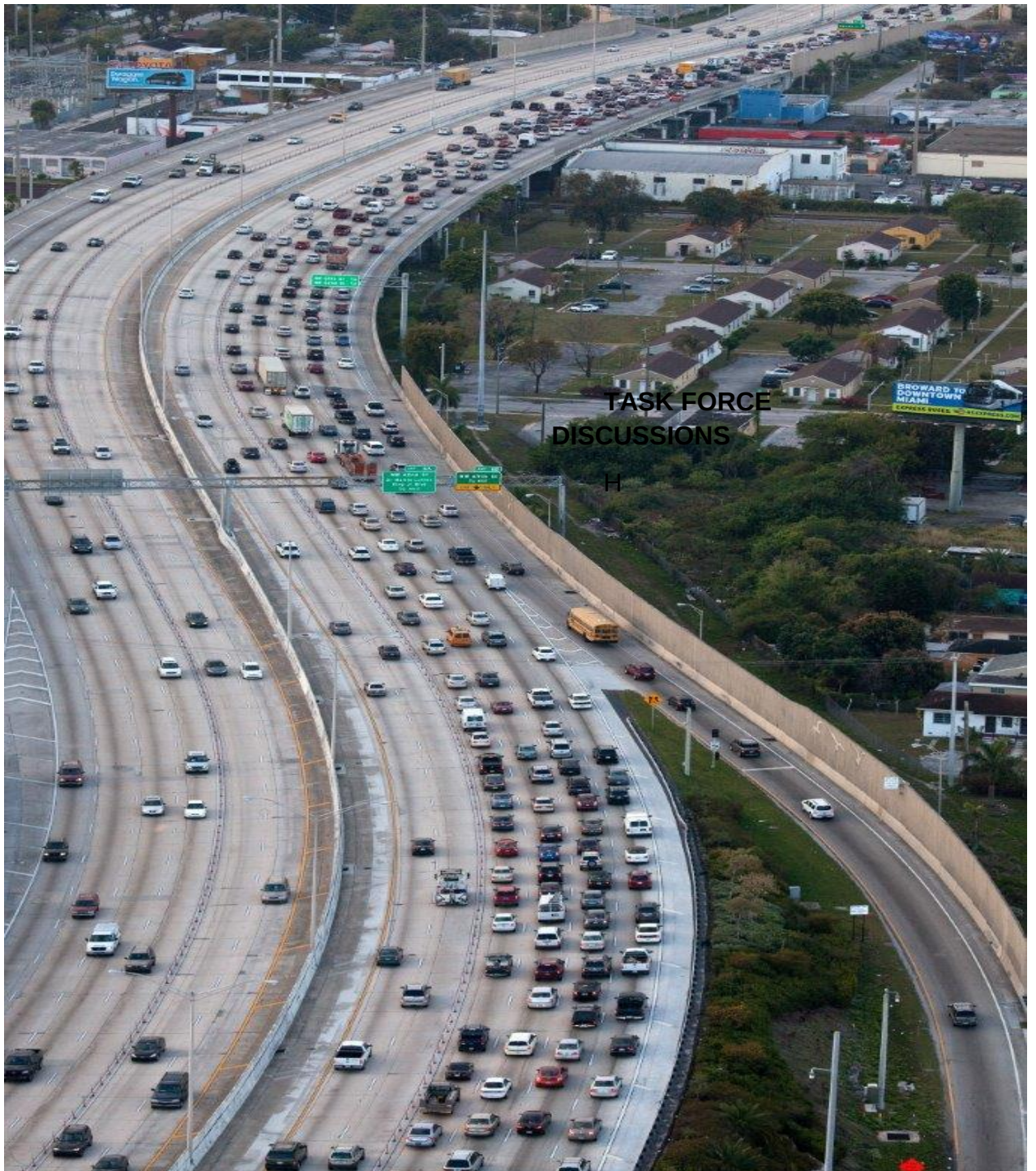


图 13: I-95 迈阿密显示高峰拥堵时段 HOT 车道车流畅通

I-95 快速车道目前的绩效

在 2013 年，I-95 走廊共产生了 2,200 万次出行，带来了 1,960 万美元收入。最高通行费为 7 美元，并且经常达到该水平。系统的“动态收费”在拥堵加剧时提高收费。通过提高收费，交通被分散到通用车道，进而缓解了快速车道的拥堵。车道上约 3% 的车辆可获得免费通行，这意味着这些车辆可能是 HOV 3+ 共乘车辆、应急车辆或其他符合免费通行条件的车辆。交通设施的可靠性达到创纪录的 90%，这意味着可以保持 45 mph 或更快的目标平均速度。

自开放以来，95 号快速车道对南佛罗里达州的交通产生了巨大的积极影响。在早高峰时段，南向快速车道的平均速度从项目开放之前的 20 mph 提高到 62 mph，在晚高峰时段，北向快速车道的平均速度从项目开放之前的 18 mph 提高到 56 mph。此外，南北向通用车道的平均高峰时段速度分别是之前的三倍和两倍以上。交通设施的可靠性也大幅提升；南向快速车道 100% 的时间，北向快速车道 92% 的时间，均可保持 45 mph 以上的速度。截至 2012 年 2 月，I-95 快速车道每月产生 130 万美元收入，是预期收入的 115%。

新增车道大幅提高了承载能力

I-95 快速车道一个重要的特点是，本项目中在两个方向新增了相对低成本的车道。通过将洲际高速公路标准车道宽度从 12 英尺减少到 11 英尺（如图所示），实现增加新车道的计划。过去几年，许多高速公路均采用了这种做法，并未产生明显的负面效应。这种做法在不取消或不转换免费通用车道的前提下，实现了收费车道的承载能力。项目开始初期，I-95 在高峰时段的拥堵非常严重，使用收费车道的需求非常强烈，并且项目运营五年之后，需求依然旺盛。项目的成功至少有一部分原因是收费提高了绩效，另外一部分原因则是新增的公路实质承载能力。

对公共交通的好处

随着速度和绩效的提高，乘坐公共交通的人数大幅增加。在执行管制车道之前，两家公共交通运营机构——布劳沃德县公共运输公司（位于迈阿密以北 25 英里的劳德代尔堡）和迈阿密戴德县公共运输公司使用拥堵的 HOV 车道提供所谓的快速公交服务。管制车道开放以后，在迈阿密市区以北 I-95 最拥堵的路段，公共汽车服务可以提供更快的出行时

间和可靠的行程。两家公共交通运营机构均开始推出从劳德尔堡到迈阿密的直达快速交通服务。

可靠性

研究显示，人们越来越愿意支付通行费，不仅因为可以节省时间，也是因为行程时间的可靠性。近期对奥兰治县 **SR 91** 车道的客户意见分析估计，高峰时段的通行费中，约有一半是为了可靠性，另外一半是因为可以节省时间。因此，对拟收费车道的可行性评估，不仅要考虑节省的时间，也要考虑出行时间的可靠性。

州道 520 号大桥更换，西雅图，华盛顿州



图 14：州道（SR）第 520 号大桥；收费适用于旧大桥，正准备以新大桥取代

说明

华盛顿州西雅图的SR 520号大桥位于华盛顿湖上，之前是免费交通设施，后变更为收费桥。建设一座替代交通设施的成本预计要超过20亿美元，为了获取资金，将大桥从免费变为收费非常有必要。这种转变从2011年末开始，当时临近的新交通设施正在施工当中。这种电子收费作业最重要的一个方面是实行可变收费，以便更好地管理现有交通设施的交通需求。收费依据固定计划，高峰时段最高收费为每次行程5.25美元。大桥双向均收取通行费，收取通行费的目的的一方面是管理需求，另外一方面是为新替代设施筹集资金。SR 520的收费预计将为SR 520桥梁更换和HOV计划募集超过11亿美元。

SR 520 桥梁是全电子收费交通设施。桥梁不设收费亭，司机可以通过 “Good To Go!” 账户支付，或通过邮件支付，通行费账单将通过邮件邮寄给车辆的登记所有人。

SR 520 桥梁在实行收费之前，每天的通行量超过 100,000 次，收费之后，由于绕道或取消出行，通行量减少到约 68,000 次。桥梁采用抓拍执法，将向无注册账户的汽车驾驶人寄送发票。在开始收费之前，该大桥也执行了新公共交通服务。

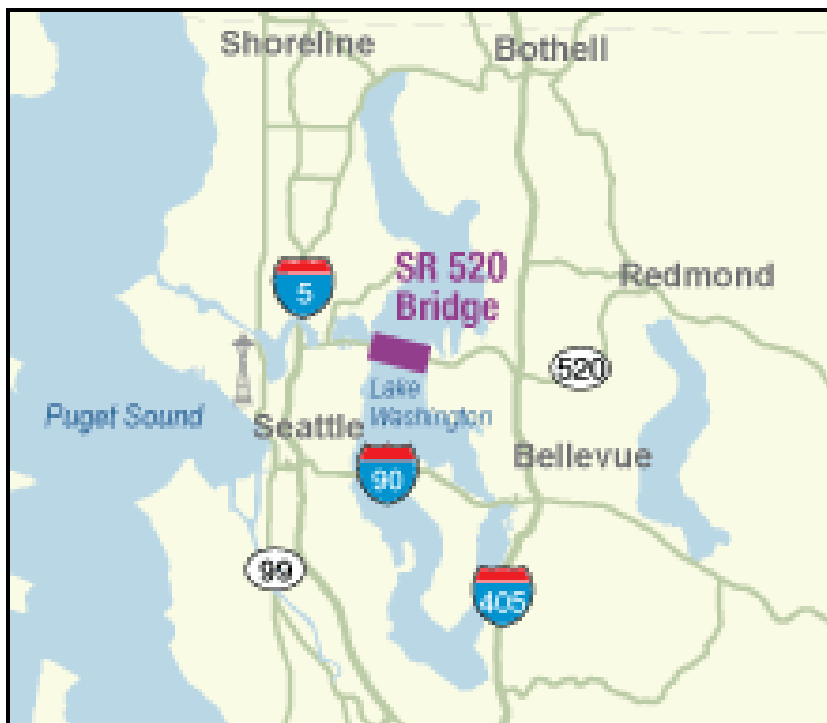


图 15：位于华盛顿湖上的 SR 520 桥

通道完工后，将包括六条车道，其中双向各两条通用车道和一条汽车共乘车道，从西雅图 I-5 跨越华盛顿湖，连接贝尔维尤 I-405 的西端。新 SR 520 设计可承受地震和暴风雨，将提供汽车共乘车道，并增加公共交通服务，提高公共汽车出行的频率和可靠性。此外，设施将提供步行或骑自行车跨越华盛顿湖的空间，并设有紧急停车道，保证出现问题时保持交通畅通，此外，新的立交匝道可以减少交通影响，并改善通道附近的社区。

IV. 结论和经验教训

拥堵收费的目的是优化高速公路的绩效。通过在拥堵收费中引入市场规律，公路主管部门可以更有效的管理对高速公路交通设施的需求。拥堵收费利用市场规律，通过发出理性的价格信号，使汽车驾驶人可以做出理性的反应。

拥堵收费实行动态定价，可以通过有效的方式，为高速公路或交通系统提供可持续的运营绩效。拥堵收费使更多人更可靠的出行。拥堵收费在目前的通行权内提高现有交通设施的承载能力。随着速度与可靠性的提高，公共交通和汽车共乘得到更广泛的使用。

拥堵收费之所以有效，是因为节省时间对用户非常重要，但可靠性和可预测性对出行者也变得越来越重要。邻近可靠的收费交通设施，会鼓励社区做出有利于公共交通的一致性的车道使用决定，并提供了一种长期保持通道可行性的方法。

在美国，通过持续扩展高速公路系统来满足所有需求明显是不现实的解决方案。高速公路在城市地区分布广泛，对居民的生活质量造成了巨大的影响。

赢得公众和政治支持，将是一项巨大的挑战，因为人们不喜欢之前免费的东西变成收费。清晰传达拥堵收费的目的将很有挑战性。对于公路收费的预定目的，可能出现广泛的争议。公路收费项目目标的制定和传达必须进行谨慎管理。但一旦得到实施，客户和非客户都会意识到拥堵收费提供了选择，而人们喜欢选择。

赢得公众接受的关键在于让人们意识到拥堵收费可以更有效地利用 HOV 车道，节省出行时间，并提高出行可靠性，而且可以提高通用车道的效率。将拥堵收费宣传为一种选择，是获得支持尤为有效的方式。HOT 或 ETL 的拥堵收费还提供“免费”替代选择，若收费车道给予汽车共乘和使用公共交通免费或减低通行费的选择，将鼓励用户选择这些出行模式。拥堵收费允许车辆更有效的行驶和运行，可以帮助减少污染车辆的排放。美国成功的拥堵收费项目都有持续监控绩效和根据需要进行运营调整的计划，以达到客户满意，提高交通设施的绩效。

V.美国运输部减缓拥堵与提高空气质量（CMAQ）计划

简介

减缓拥堵与提高空气质量计划（CMAQ）由美国联邦公路管理局（FHWA）和美国联邦公共交通管理局（FTA）联合管理，可为帮助改善空气质量与减少拥堵的交通项目和计划提供灵活的资金来源。州政府和地方政府可以利用 CMAQ 资金，支持二氧化碳、臭氧和悬浮微粒未达标区域和维持区域达到《清洁空气法案》规定的国家环境空气质量标准（8）。

美国交通部的 CMAQ 计划每年在全国平均获得 33 亿美元资金。计划的设计目的是作为州与地方政府交通项目与计划的一种灵活资金来源，帮助达到 1991 年《清洁空气法案》规定的要求。资金可以用于未达到臭氧、二氧化碳、或悬浮颗粒国家环境空气质量标准的区域（未达标区域）或之前未达标但现在已达标的区域（维持区域）减少拥堵和改善空气质量。

根据该计划，若州内存在 PM_{2.5}（细颗粒物）区域，必须使用部分资金解决该类区域的 PM_{2.5} 排放问题。符合减缓 PM_{2.5} 资金的条件的项目包括柴油机改型。其他符合资格的项目还包括公共交通运营协助，以及为电动汽车或燃气汽车提供服务的交通设施。

CMAQ 计划也有基于绩效的特征，即交通部长利用该特征确定各州评估交通拥堵和路上移动排放源的指标。每一个交通管理区域超过一百万人口、代表未达标或维持区域的大都市区域规划组织（MPO）必须制定并每两年更新一次实现空气质量和减少拥堵目标的绩效计划。此外，还需要对计划的 CMAQ 结果评估研究。

最新的法律规定将重点转移到解决细微颗粒 PM_{2.5} 的项目和计划。法律规定，提供给 PM_{2.5} 未达标区域的部分 CMAQ 资金，应该用于减少该类污染物的项目。

若州内没有未达标或维持区域，可以将 CMAQ 资金用于其它符合 CMAQ 或陆上交通计划（STP）条件的任何项目。境内有未达标区域或维持区域且在 2009 财年获得最低拨款金额的州，可使用目前的部分 CMAQ 资金，用于任何符合 STP 条件的项目。

资金划拨

根据之前批准联邦陆上交通计划的法律规定，各州可以将 CMAQ 资金作为奖励划拨给 FTA。

MAP-21 也修改了将 CMAQ 资金划拨到联邦援助计划其他要素的方法。MAP-21 允许最高划拨 50% 的 CMAQ 资金。若州政府行使该资金划拨职权，即削减可用的 CMAQ 资金，可能影响在减缓交通拥堵和排放方面的努力。一旦确定 MAP-21 规定的绩效指标，需要报告减缓拥堵与排放的计划。

符合 CMAQ 条件的活动

根据 MAP-21，CMAQ 资金可继续用于各种交通项目，但法案中重点强调了特定项目类型，包括电动汽车和天然气汽车基础设施与柴油机改型。符合条件的活动包括（但不限于）：

- 高级载货汽车停车场电气化系统
- 替代燃料项目
- 自行车与行人改善项目
- 柴油机改型
- 减少怠速项目
- 智能交通系统
- 货运联运
- 公共教育与宣传
- 公共交通完善
- 交通流量改进
- 交通需求管理
- 机动车检查与维修计划

MPO 绩效计划

法律规定，所有大都市区域规划组织（MPO）在制定实现减少拥堵与排放目标的绩效计划时应该遵循的两个标准：（1）针对人口超过 100 万的交通管理区；（2）代表未达标区域或维持区域。MPO 绩效计划必须每两年更新一次，每次更新必须包括对实现空气质量与交通拥堵绩效目标的进展情况进行回顾性评估。交通部长将确定各州的绩效指标，用于评估交通拥堵减缓和移动排放源的减少情况。

项目评估

交通部长必须维持和传播一个累积数据库，说明 CMAQ 项目在减少拥堵和排放方面的影响。所收集的数据必须包括项目名称、地点、发起人、成本和已经测量的成本效益（根据拥堵和排放减少情况）。交通部长与美国环境保护局协商后，必须定期对项目的成本效益进行评估，并将结果传达给各州和 MPO，以便各州和 MPO 根据该结果选择未来的项目。

参考文献

1. National Cooperative Highway Research Program, Report 694; Guidelines for Evaluation and Performance Measurement of Congestion Pricing Projects, Transportation Research Board, 2011
2. William S. Vickery (1914-1996) The Concise Encyclopedia of Economics. Library of Economics and Liberty (2nd ed.) 2008
3. Federal Highway Administration, Office of Transportation Management, HOTM, Congestion Pricing, A Primer, December 2006.
4. Bob Poole, Reason Foundation Newsletter, December, 2013
5. Munnich, Lee W., Jr., and Joseph D. Loveland. Value Pricing and Public Outreach: Minnesota's Lessons Learned. In *Transportation Research Board, No. 1932*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2005, p. 164-168.
6. Return-On-Investment Study, Smart Growth America and Gresham Smith, for the Minnesota Department of Transportation, December 2013.
7. Buckeye, Kenneth R., and Lee W. Munnich, Jr. Value Pricing Outreach and Education: Key Steps in Reaching HOT Lane Consensus in Minnesota. In *Transportation Research Board: Journal of Transportation Research Board, No. 1864*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2004, p. 16-21
8. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Office of Natural Environment, 1200 New Jersey Avenue, S.E. Washington, D.C. 20590
http://www.fhwa.dot.gov/environment/air_quality/cmaq/

纽约市征收交通拥堵费：
之前失败了，将来会成功吗？

Charles Komanoff

培育自然基金会

2014 年 2 月

Charles Komanoff 是一位经济学家、政策分析师。作为培育自然基金会的资深会员，他提出交通收费模型工具，预测征收交通拥堵费带来的交通改善情况和财政收益。他也是碳税中心的主管，这是一分析环保政策经济效益的教育科研机构。他的研究成果包括著作（《发电成本的增加》、《汽车肇事》、《自行车蓝图》）、计算机模型、学术文章以及新闻稿。他是哈佛数学与经济学专业荣誉毕业生，现与妻子和两个小儿子在曼哈顿下城区生活。



作者在交通拥堵和尾气排放经济政策国际论坛上作报告
时间：2013 年 12 月 12 日，地点：中国杭州



作者参加城市中心交通拥堵分析与对策国际讨论会休息时间（会议由华南理工大学赞助）
时间 2010 年 3 月，地点：广州

Charles Komanoff • www.komanoff.net • kea@igc.org

美国纽约汉诺威广场 11 座 21 层，邮编：10005

目录

一、简介.....1

二、布隆伯格拥堵费尝试（2007-08 年）1

三、一个新的交通收费提案：移动纽约.....5

四、移动纽约计划收入的投资.....8

五、移动纽约计划的成本效益分析.....9

六、移动纽约计划潜在的政治优势.....10

七、移动纽约计划需要克服的问题.....12

附录：平衡交通分析（BTA）数据模型14

一、简介

在全世界所有的城市中，纽约似乎是最适合推行交通拥堵收费政策的地方。鉴于以下对进入曼哈顿中央商务区（CBD）车辆收费的强有力“驱动因素”：

- 中央商务区与通往中央商务区的公路和桥梁都非常拥堵，每年对企业和上班人群造成的时间浪费和不确定性，相当于价值数十亿美元的损失。¹
- 中央商务区的范围有明显的自然形成的和人为的边界线，因此从技术角度和概念上讲，收取通行费是一个直接的办法。（见下一页纽约市地图）
- 通勤列车和地铁路线的“放射状”布局，使得大部分驾车行程都有可行的替代方案。实际上，普通工作日的 24 小时里，已经有五分之四的人群选择乘坐地铁、通勤列车或公共汽车进入中央商务区，而不是驾驶汽车、卡车或乘坐出租车。²
- 但是，纽约市与各区公共交通网络长期经费不足的状态，决定了任何可能的收益来源都值得认真考虑。
- 不论是商务、娱乐方面，还是纯粹的人际交往，中央商务区对于人们都具有很强的吸引力，加之人们对汽车的依赖，即使征收通行费，大部分汽车仍会进入中央商务区。因此，征收交通拥堵费可以实现可观的财政收入。

这些因素将会使曼哈顿中央商务区征收拥堵费成为一个经典的“双赢”提议。征收拥堵费，可以为驾车人节省宝贵的时间。首先，因为收费，一些人选择放弃驾车进入中央商务区；另外，收费所得用于改善公共交通，可以转移更多的交通压力。通勤列车、地铁以及公共汽车变得更快捷、更可靠，可以让公共交通使用者直接受益。纽约巩固了其“世界大都市”的地位，增加了经济活力，因而企业也会受益。

二、布隆伯格拥堵费尝试（2007-08 年）

上述因素促使当时的纽约市长迈克·布隆伯格于 2007 年提出一项计划，建议对工作日早六点至晚六点进入曼哈顿中心地区的车辆每次收费 8 美元。四年前伦敦已经开始推行征收拥堵费计划。经过从布鲁克林区和皇后区跨东河的四座桥，或经过北曼哈顿和布朗克斯第 86 街进入曼哈顿中心地区的车辆，在该提议下均需缴纳通行费。经过自新泽西起哈德逊河下两条隧道以及自布鲁克林与皇后区起的一条隧道，由于已经收费，不再征收附加费用。对收费区范围以内的行车收取一半通行费——4 美元，曼哈顿居民在该区域拥堵路段行车增加了交通负担，因而

¹ 纽约市第一经济组织——纽约合作组织在 2006 年的一份报告提出纽约市区交通拥堵造成的经济损失为每年 130 亿美元，“发展还是停滞？为了更好的纽约，交通疏解与交通改善的经济案例”。<www.pfnyc.org/reports/Growth%20or%20Gridlock.pdf>

² 见数据表 BTA，“出行”表。BTA 均在附录中，并有网络链接。

纽约市征收交通拥堵费

缴纳通行费。

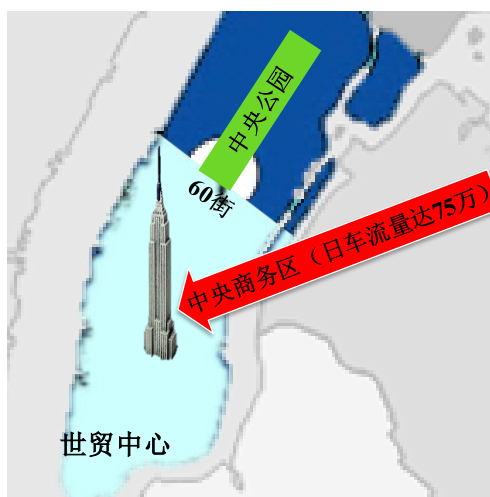
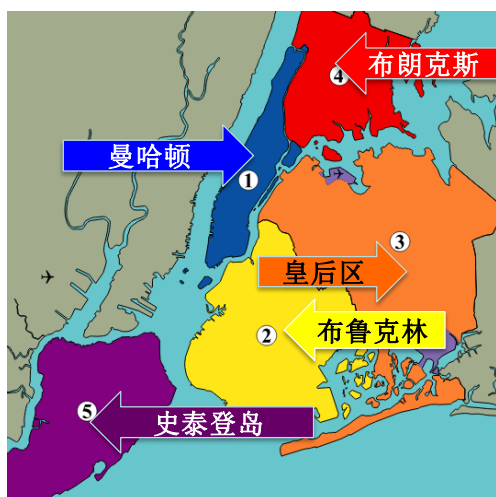
纽约市地图

人口

曼哈顿:160万

纽约市:830万

纽约都会区:2000万



在过去的十年里的各种提案建议对东河上的桥梁征收通行费，都未能获得政治支持。布隆伯格计划试图提出不同的解决方案。首先，布隆伯格计划将对从北区以及经过东河各桥的车辆进入中央商务区的车辆均收取通行费。这样可以缓和布鲁克林与皇后区居民的不满情绪，因为这本是一个多方向的拥堵问题，不能由某一个区域单独承受。³ 第二，该计划将基本通过电子方式进行收费，无需建设收费场站，消除车辆排队交费会加剧拥堵、造成污染的顾虑。

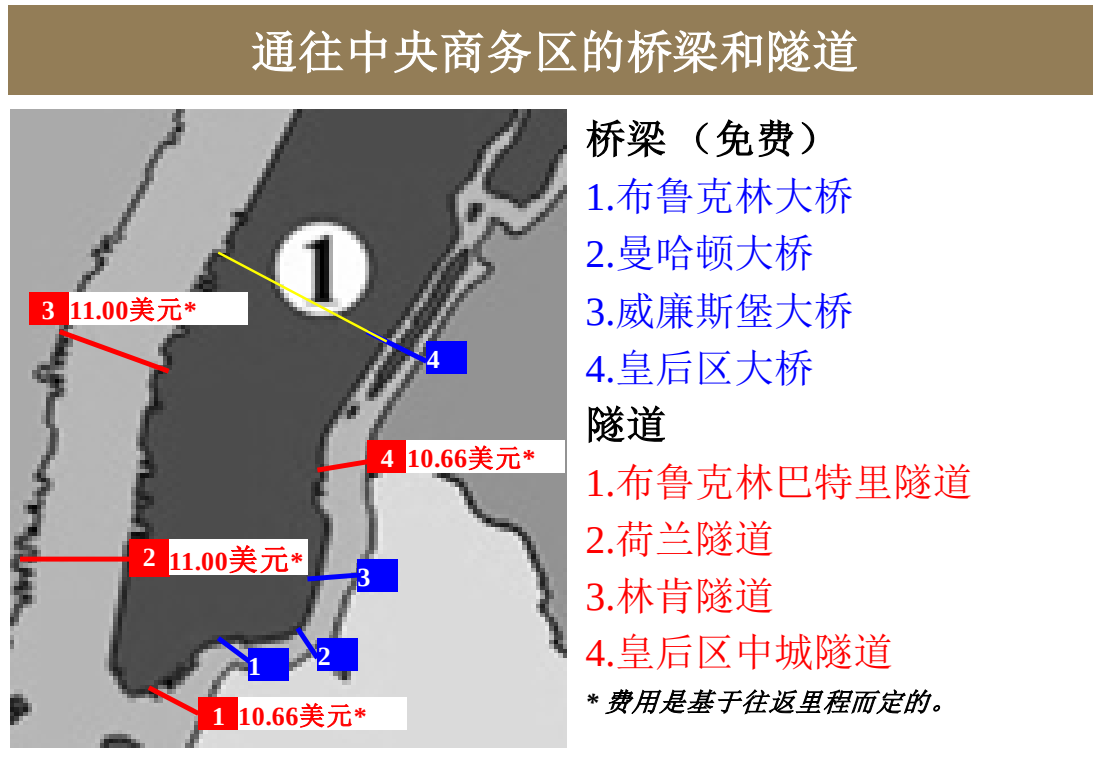
正如布隆伯格市长所言，该计划将控制车辆交通，使纽约变成一个更加“绿色”的城市，改善空气质量，减少碳排放。确实，市长的拥堵费计划是“PlaNYC”题目下一系列环保倡议的核心。2007年4月，正值环保意识高涨时期，布隆伯格在世界地球日仪式上提出一系列倡议。市长所作的 PlaNYC 报告的题目是“建设更加绿色、更加美好的纽约”。该题目正体现了他的理念：绿色环保才能保证纽约市的繁荣与发展。⁴ 而且，布隆伯格当时正备受欢迎，被认为是具备远见和商业头脑的市长，为了纽约以及世界的长远利益着想。

然而计划并未通过，七年后的今天，纽约市仍然没有实行拥堵费政策。实际上，纽约仍在沿用可回溯至二战末期的政策：进入中央商务区的大部分路线不收费，而城市外围桥梁通行费

³ 机动车辆通过三个“入口”进入曼哈顿中央商务区，东河桥梁与隧道占 39%，哈德逊河两条隧道占 13%，剩下的 48%从北区进入。以上数据见数据表 BTA，“中心范围”表。

⁴ 完整的 PlaNYC 报告“建设更加绿色、更加美好的纽约”，可登陆该网页 http://nytelecom.vo.llnwd.net/o15/agencies/planyc2030/pdf/full_report_2007.pdf。

不断增加；公共交通系统长期经费不足，而必须到处寻找资金以保证维修和作必需的升级；区域性的拥堵问题。⁵



近来，这些条件促使政府部门外的倡议者提出新的议案，在全面重新调整纽约古老的交通系统中加入拥堵费政策。他们希望，这种方法可以说服曾经反对 2007 计划的人们。我作为该倡议的参与者之一，将在下面的第三部分作解释。布隆伯格市长 2007-08 拥堵费计划失败的原因总结如下：

- 首先，法律没有赋予纽约市政当局征收拥堵费的权力。因此，布隆伯格政府需要获得纽约州议会的批准。与相对自由主义的、倾向城市与公共交通的纽约市议会相比，州议会更加保守，更加倾向于支持郊区农村与汽车。
- 市长最初的计划包括在中央商务区内布置 400 个摄像头，以对收费区内的行驶车辆进行收费。该方案的初衷是值得赞赏的，但是其复杂程度削弱了只对中央商务区入口进行收费政策的说服力。而且，摄像头的设置似乎侵犯了一些纽约人，人们会感觉拥堵费对于都市风景而言像是外部的入侵。
- 一系列豁免使得布隆伯格计划更加复杂：对进入 CBD 的“上游”路线收费的退税政策；主要由富人精英使用的“无线电通讯警车”免费通行；对达到低排放标准的卡车的巨大收费折扣；以及其它豁免案例。尽管每条政策的目的在于缓和一些特殊（或力量强

⁵ 中央商务区内或通往中央商务区途中某些社区的拥堵问题是一种被称为“规避收费”的现象。驾车人会绕过收费入口，选择免费路线。这种现象在大型货车司机里尤为明显（需要在中央商务区减少此类车辆的通行），因为他们要缴纳很高的通行费。

大的)选区的情绪,整个方案使得收费计划更加复杂,并表现出偏袒的嫌疑。

- 过去几年,布隆伯格计划的净财政收入本应由纽约大都会运输署(MTA)管理,但是MTA频繁地被媒体和一些政客指责为低效、无能的部门,而往往正是这些官员的预算决定造成该部门经费短缺。即使MTA的地铁、公共汽车以及通勤列车乘客量和可靠性能带来稳定收入,负面影响仍然存在,使得公众无法相信通行费计划的预期收益会真正实现。
- 对进入曼哈顿中央商务区的车辆征收通行费损害了住在市中心外围区的80%纽约人的利益,却让本已富有的曼哈顿得益,着实让人痛苦。纽约人口最多的两个区——布鲁克林区和皇后区的居民的这种感受尤为深刻,他们本来能够免交通行费,从东河四大桥直接驾车进入中央商务区。而本地政客对他们的这一“权利”嫉妒已久。
- 市中心外围居民之所以产生愤懑情绪,是因为拥堵费政策根据支付能力分配CBD通行权的做法与纽约的民主传统背道而驰。公共道路和桥梁归富人独享的概念迅速生根发芽,难以消除。
- 回顾过往,在世界地球日庆祝活动中建议征收拥堵费的做法可能并不明智。布隆伯格市长的建议可以促进私家车向公共交通的转变,这种前景对于具备强烈环保意识的纽约人,即使没有明确的绿色标签,也有足够的说服力。但是,一些依赖私家车的市中心外围居民和郊区居民对环保话题并不十分敏感,因而对市长传递的所谓的绿色信息表现出消极的反应。此外,政府未能给出空气质量改善的量化收益,所以建议本身的意义和推销该计划的信誉度均大打折扣。
- 交通拥堵费作为一项创新同样使其难以为人所接受。通过收费调节城市车辆行驶的概念在美国没有先例。新加坡、伦敦以及最近的斯德哥尔摩的成功案例未能说服纽约人,他们认为纽约是一座与众不同的城市。许多居民没有去想象更加安静、通畅的“上游”道路和“高速行驶”状态下电子收费的便捷,而是想到了“收费站”和周边社区交通站点排起的长队(后者因为进入CBD的车辆为避免交费而寻找停车点)。马基雅维利的格言——人类对创新事物成果想象力不足的先天缺陷,使得号召支持者热情响应美国首次拥堵费尝试变得更加困难。
- 一向乐于论战的纽约市媒体文化扩大了诋毁者的影响力。偶然的缺陷被放大为致命缺陷,而旨在推动纽约发展繁荣的一项创新提案也被诬陷为亿万富翁市长压榨车主和城市灵魂的愤世嫉俗策略。
- 市政官员没有事先向诸多“利益相关者”咨询意见,包括:民间领袖、工会、当地商业组织、汽车司机与卡车司机协会以及选民较少的官员,这些人可能左右公众意见,影响可能对该计划投票的州议员。尤其像拥堵费这样的创新政策,准备工作不足决定了公众的第一反应是困惑,而不是热情支持。

2007 年 7 月，也就是布隆伯格计划提出三个月后，州长下令成立高级研究委员会。2008 年 1 月，委员会提出六条修改意见。其中一条是将收费区北部边界南移约 2 千米，至公认的 CBD 北部边界——第 60 街。另一条意见取消了中央商务区内收费，因此也就取消了 400 个摄像头的布置，导致本就承担很小成本的曼哈顿居民可以更少地缴纳通行费。

讨论缓慢进行，收费计划却从未获得支持。上述问题的叠加使得反对的声音，远远大过来自企业以及支持环保与“善政”选民的支持。而且，交通改善效果也遭到质疑，因为 CBD 内行车的个位数提速（CBD 外部行车提速幅度更小）几乎可以忽略。这是一个“志向”胜过直接个人利益的一个经典案例。比起纽约许多无车一族（55%的家庭）对交通状况改善和公共交通服务水平提升的期待，他们对缴纳通行费进入 CBD 政策的厌恶更甚。

2008 年 3 月，布隆伯格提议在市议会通过，尽管过程并不顺利，而且是市长尽力周旋的结果。同月，州长因性绯闻而辞职，该计划失去了其最大的支持者，因此拥堵费计划的前景也就暗淡下来。4 月，实力强大并且谨慎的下议院领袖宣布该法案没有获得多数支持，拒绝进行投票。纽约市的拥堵费计划及其拥护者布隆伯格市长都惨遭失败。⁶

三、一个新的交通收费提案：移动纽约

六年前的过渡时期里，一个交通规划师协会、公共交通支持者以及被称为“宜行道路”支持者的群体提出了一个替代方案。新的计划有诸多名称。根据为其争取支持的联盟，有人称之为“移动纽约”计划；有的根据其发起人名字将其命名为“萨姆·施瓦茨”计划，此人是一位高级交通工程师，在纽约市备受尊敬；也有人称之为“公平计划”或“通行费重新调整计划”，因为该计划最显著的特点是将纽约桥梁与公路收费系统全面调整，以达到更加公平高效的效果。

该计划的拥护者（包括我在内）制定了一系列原则：应该对经过拥堵严重的公路走廊征收更多通行费，提供更强大的公共交通服务以替代驾车；在拥堵不严重的地方或公共交通不完善的地方减少收费。从政治接受度的角度看，收费成本与收益应该由纽约五个区、城市与郊区、公共交通使用者和驾车者分享的原则也是非常关键的。

此外，为使征收拥堵费表现出更少的任意性，而更像一个现行政策的逻辑延伸，通行费与计划的其它特点应使用与现行办法的一样的“预设”值。移动纽约计划做到了这一点，其建议的 CBD 通行费 5.33 美元（双向收费，往返为 10.66 美元），与自布鲁克林和皇后区起、MTA 的东河下两条隧道收费水平一样。

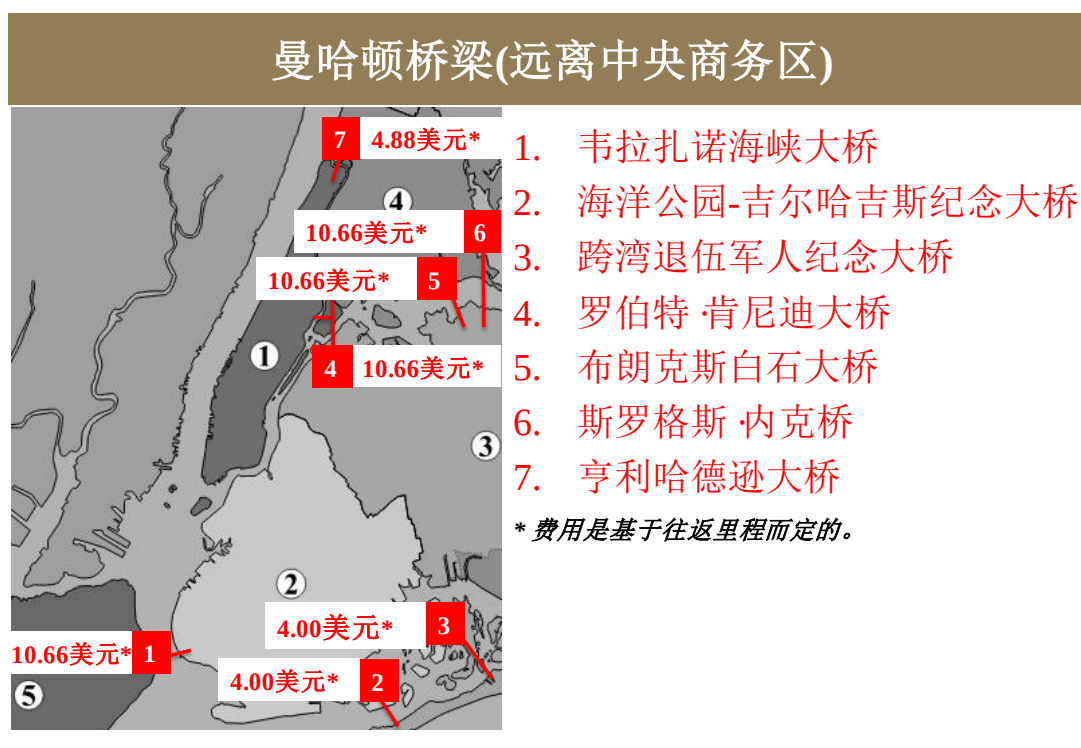
此外，由于 MTA 对其桥梁与隧道进行工作日、周末全天收费，新的计划应对进入（或离开）CBD 的车辆实行同样的收费政策。两个特点（即使将通货膨胀计算在内，收费价格比布

⁶ 对布隆伯格收费计划开始与完结的准确而详细的记录见“纽约市拥堵费的经验与教训，以及对美国公路收费政策接受度的启示”，《交通政策》17（2010）200-273，http://www.nyc.gov/html/dot/downloads/pdf/schaller_paper_2010trb.pdf。该文作者 Bruce Schaller 自 2007 年起任纽约交通署副署长，曾积极参与该计划的设计与宣传。

隆伯格计划的往返 8 美元收费要高；更重要的是全天收费，而不是工作日 12 小时收费）可以最大限度地提高财政收入，这也是移动纽约计划的另一个关键点。

以下是移动纽约计划的基本元素（所有的结果均来自 BTA 数据表，附录中有详细记录）：

- **CBD 通行费**——所有进入或离开曼哈顿 CBD 的乘用车均缴纳同样的费用，单程 5.33 美元，布鲁克林和皇后区与 CBD 之间、MTA 的东河下两条隧道收费相同。⁷ 商用车需缴纳更多费用（根据车轴数量而定），但仅限每天收取一次往返费用，因为公共服务车辆每天会多次进出 CBD。将实行全年全天收费制度。我们估计，收费会使进入 CBD 的车辆减少七分之一，所以新的收费计划每年将带来 17 亿美元的财政收入。⁸



- **收费置换**——对于经过纽约市周边四座“主要”桥梁的车辆（一座连接斯塔顿岛和布鲁克林区，另外三座连接皇后区与布朗克斯区，其中一条也与距离 CBD 5 千米的曼哈顿北区相连），MTA 的现行收费标准为单程 5.33 美元。⁹ 移动纽约计划将对本项收费降低 2.5 美元。同样位于纽约周边 MTA 管理的其它三座“小型”桥梁也会有类似的折

⁷ 5.33 美元的收费标准以及文中提到的其它收费数据适用于装有本地电子缴费转发器的所有车辆，该设备名为 E-ZPass。未装该设备的车辆（约占纽约市内及周围行车收费不到 20%）可在收费站交现金，也通过邮寄交费，每次单程附加收费 2.17 美元。

⁸ 见 BTA 数据表-“结果”表，第 5 部分，据估计进入和经过 CBD 的车辆将减少不到 15%；该数据是结合“反弹效应”迭代计算的结果，因为交通改善使车辆提速，会吸引一些车辆交费行驶。移动纽约计划财政收入构成见下面饼状图；同样的数据可见 BTA “财政收入”表，尽管这些数据来自另外两个表，“机动车辆”表与“周末机动车辆”表，为达到平衡存在很多“反弹”迭代数据，所以两表均为 1000 多行。

⁹ 实际上，跨斯塔顿岛与布鲁克林的桥梁（通称为韦拉扎诺海峡大桥）与本方案不同，对向西的往返车程收费 10.66 美元，而对向东的路线免费。这种差异增加了之前提到的“规避收费”现象。

扣。这些减价措施每年将减少 MTA 收费 6.05 亿美元，尽管减少的 7500 万美元会因为减少收费刺激 MTA 桥梁车流增加而回收。¹⁰

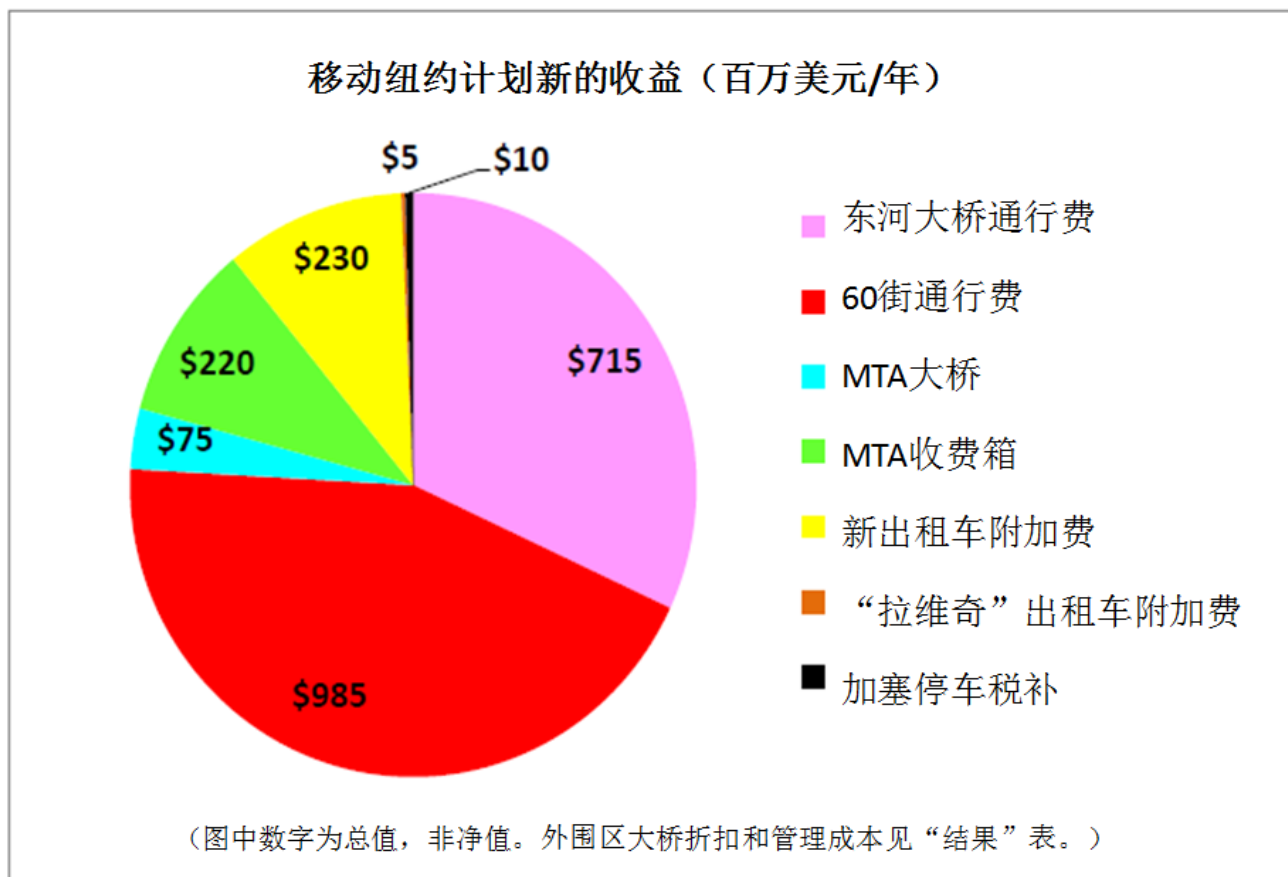
- **隧道收费无变化**——有四条行车隧道通往 CBD，两条始于布鲁克林和皇后区，由 MTA 管理，另外两条在哈德逊河下，始于新泽西，由两州港务局管理。新计划将执行现行收费标准。
- **黄色出租车**——新的 CBD 收费计划将不适用于纽约市的 13000 辆出租车。出租车数量虽少，却占到 CBD 内行车里程的 40%。尽管大部分出租车的行车范围在 CBD 内，对进出 CBD 的出租车收费 5.33 美元会引发一场“博弈”，同时也颠倒了收费与拥堵原因的关系。移动纽约计划预想到对出租车价格结构的三个因素进行附加收费。对“等候时间”增加 20%收费，这是增幅最大的附加费（因为该情况几乎与交通拥堵相同）；对“下车”费和距离费征收低于 15%的附加费。平均 4.5 千米的车程增加收费 1.47 美元，增加了 14%。但是在周末，附加收费会低于 1.22 美元，因为考虑到公共交通减少和交通拥堵不严重的因素。¹¹ 预计 2.35 亿美元的附加费收入会增加拥堵费收入。¹² 正如我们在下面指出的，出租车大部分为曼哈顿居民使用，他们也应承担相应的通行费和其它收费，因此出租车附加收费是必要的。
- **票箱收入**——征收拥堵费（部分驾车者转向公共交通），投资通行费收入于公共交通维护、升级和扩建带来的公共交通服务水平提升，这两项措施会使地铁客流量增加 7%，从而带来 2.2 亿美元的收入。
- **车库收费**——几十年来，曼哈顿居民一直享受着私家车存放补充税退税政策，取消这一政策预计节省 1000 万美元。尽管数额比较小，这一举措却非常重要，因为它表明了移动纽约计划支持者的意图：让曼哈顿居民承受相应的收费。

预计每年财政总收入将达到 22.40 亿美元。由于“费改费”（桥梁收费折扣），以及预计每年 1.7 亿美元的收费系统管理费用，净收入将为 14.65 亿美元。虽然费改费的成本大约为每年 6 亿美元，14.56 亿美元的年度净收入也是布隆伯格计划 5 亿美元收入的三倍之多。这一差异的主要原因有：第一，移动纽约计划收费时间为每周 168 小时，而不是 60 小时；第二，往返 10.66 美元的收费标准高于布隆伯格计划的 8 美元标准；第三，移动纽约计划没有上游收费退税政策；第四，移动纽约计划的出租车附加费几倍于布隆伯格计划。

¹⁰ MTA 桥梁收费折扣的成本见 BTA 表，“MTA 横道”。

¹¹ 按百分比计算，附加收费导致的出租车价格增加少于三个价格因素的增加，因为车速提升减少了等候时间。

¹² 预计的 2.35 亿美元中包括先前出租车附加收费资金基础上增加的 500 万美元。请注意：移动纽约计划中根据车程和等候时间附加收费的政策，不适用于第 96 街以南的曼哈顿岛地区。



四、移动纽约计划收入的投资

如何花费每年将近 15 亿美元的收入，无疑是值得公众与决策者考虑的问题。布隆伯格计划里，所有的收入用于改善公共交通服务。移动纽约计划提出了不同的方案：四分之一的收入用于公路和桥梁的维修和升级；余下的四分之三用于公共交通。即使是这样的分配，每年用于公共交通的资金约为 11 亿美元，两倍于布隆伯格计划的可用资金。这样也证明了移动纽约计划实现财政收入最大化的重要性。

新计划意在争取机动车利益群体的支持，因为他们会认为增加收费用于公共交通升级，吸引“其他驾车人”转向公共交通，最终会使他们受益。纽约司机对新方案未必认可，因为桥梁收费不断增加引发了不满情绪；但经过桥梁的大部分车辆并不是去往 CBD，所以他们看不到提升公共交通网络带来的益处。移动纽约计划将以两种方式让驾车人受益，这两种方式对于纽约市的拥堵费政策，甚至其它地方的政策都可算作一种创新。一种是投入资金用于改善公路和桥梁，另一种是将城市外围桥梁收费减半。

假设公共交通与公路收费的净收入比例为 75/25，移动纽约计划将通过以下方式改变纽约市内部和周边的交通状况：¹³

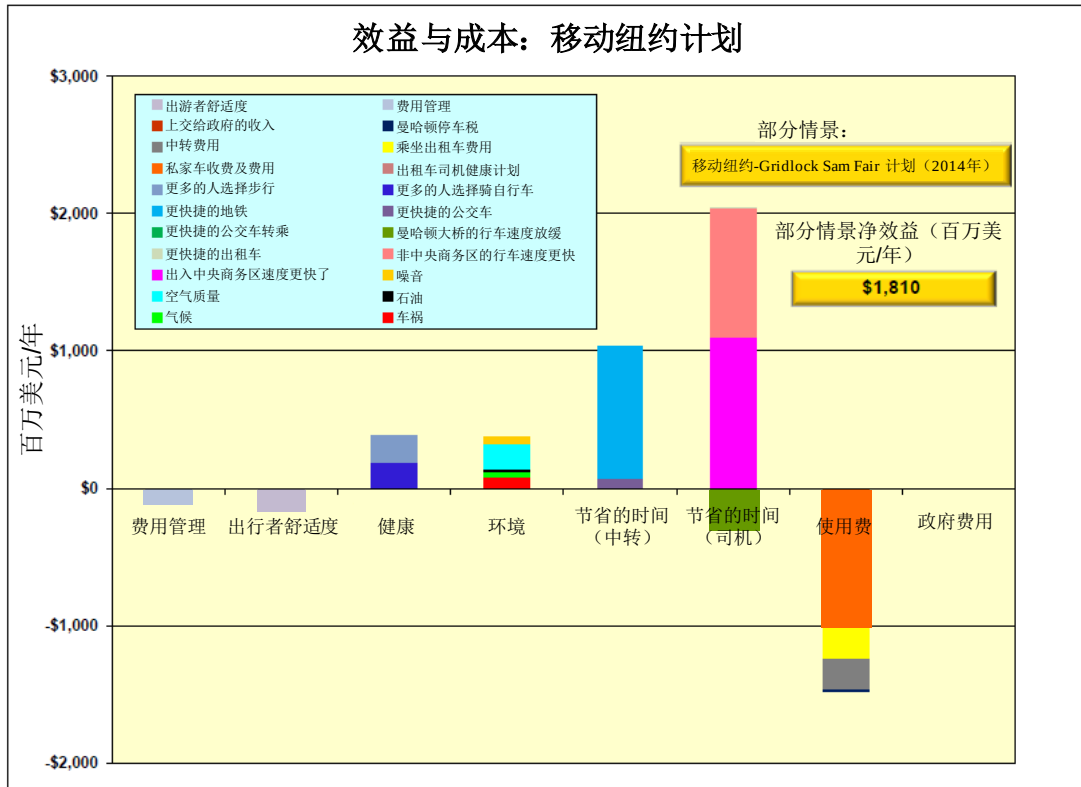
¹³ 所有的模型结果见 BTA “结果”表。

- 每日进入曼哈顿 CBD 的机动车辆将减少 15%。
- CBD 内车速平均提升 18%到 20%。进出 CBD 的道路和桥梁的车速平均提升 5%到 6%。
- CBD 内行车将仅减少 7%到 8%。微小的降幅反映了 CBD 内出租车的比重（约 40%）。但是，新计划将带来平均两位数的车速提升。因为在当前的拥堵条件下，即使交通状况的微小改善也大大缓解交通堵塞。
- 地铁客流量预计增加 7%，公共汽车使用量增加甚少，仅有 1%。（地铁客流量本就大大超出公共汽车，其比例为 2.5:1，使得地铁客流量增加更加显著）。出租车行车将增加 4%，因为对于注重时效的出租车乘客而言，CBD 内车速提升的吸引力要大于缴纳附加费的困扰。每个出租车司机在 10 小时工作时间内增加 16%载客人数，增加了司机和出租车公司的收入。这也是新计划的巨大宣传点。
- 根据即将缴纳新通行费和附加费的驾车人所在区或郡分配总净收入。曼哈顿居民将承担最大收费成本——23%（一些人也将因外围桥梁的收费降低而受益）。纽约市其它四区居民承担 43%，其余 34%由郊区居民、旅行者和来自更远地区的游客承担（大部分乘坐出租车）。布隆伯格计划中，曼哈顿居民只承担 13%收费压力，因此新计划作出的改变是巨大的。¹⁴

五、移动纽约计划的成本效益分析

移动纽约计划的成本-效益分析将各种收益货币化，以实现正确的评估。分析显示出许多重要信息。首先，行人节约的时间（或交通效率）是收益的主要部分，远远超出环境收益。这也说明，有必要将纽约通行费计划描述为效率计划而不是绿色计划。（当然，任何提升纽约经济活力的措施都可称为“绿色”措施，因为它为纽约留住或吸引居民和商业活动。否则居民和商业活动就会转移到附近或偏远的郊区，那些地方公共交通资源相对缺乏，大部分独栋房，以及社区的扩展（而非集聚），使其人均能耗几倍于人口更加集中的市区）。

¹⁴ 各区郡承担收费的比例见 BTA “交费比例”表。布隆伯格拥堵费计划中的各个比例数据可通过替换移动纽约计划数据得出，只需点击 BTA “结果”表。



第二，通过积极的交通方式（自行车、步行）带来的社会收益可与较少空气与碳排放、减少交通事故、减少交通噪音以及减少石油需求带来的环境效益相比。四十年前，甚至二十年前不会出现这样的情况，当时汽车与卡车的每公里尾气排放可能是今天的 10 倍或 5 倍。¹⁵在某些国家，汽车排放率还未降低到相同的水平，由于汽车使用的减少和汽车燃烧效率的提升，其相对环境效益要比这里提到的大很多。¹⁶

第三，未进入曼哈顿 CBD 的车辆无需缴纳新的通行费，由于道路更加畅通而可以提升速度，大大节省了行车时间。号召这些“免交费的驾车人”支持移动纽约计划是一个重要的机会，但也具有很大挑战性，因为这些人的地理位置很分散，而且可能不会认为免交通行费是一种收益。

六、移动纽约计划潜在的政治优势

移动纽约计划会比未能在 2007-08 实行的布隆伯格计划赢得更多的政治支持吗？以下是其具备的潜在优势：

¹⁵ 这些比例是作者的粗略估算，意在体现自 1970 年以来美国减少汽车排放取得的进步。

¹⁶ 拥堵费尾气排放总量的双重影响（个人层面和“系统”层面），使得对电车或其它清洁能源车豁免的提议陷入两难境地。其原因是，虽然零排放汽车不会向当地空气直接排放废气，其导致的交通拥堵将会降低燃烧效率，其周围的普通汽车排放也就相应地增加了。作者预计，在交通拥堵的地方，也就是征收拥堵费呼声最高的地方，系统层面的排放增加将是巨大的。这是一个适于建模的假设。

- 收费置换（减少外围 MTA 桥梁收费，增加东河四桥与第 60 街收费）将对依赖汽车的纽约人产生很大的吸引力，他们大多住在周边区以及附近的郊区，他们的议会代表均反对布隆伯格计划。MTA 桥梁收费的不断增加已经触及燃点。许多居民为自己交费供养的公共交通体系让他人受益而愤愤不平，免交通行费对于他们将是一个经济福利和重要政策。
- 曼哈顿居民占 70%出租车使用量，对出租车征收附加费使他们承担大部分新的通行费和其它收费。布隆伯格计划曾被认为是富有的曼哈顿人的馈赠，这一举措将消除这种不满情绪。
- 通过与主要利益相关者的个人和集体对话，移动纽约计划正在获得更多的支持。这一过程强调了专家权威或政府的参与，而不是对他们的依赖。
- 将计划成为效率计划，而不是环保计划，集中注意力于基础设施和经济发展，使各组织和政府官员无需以环保人士的身份支持该计划。
- 移动纽约计划的形象代言人——萨姆·施瓦茨，是一位著名的、备受尊敬的、拥有纽约“街头信誉”的交通工程师。布隆伯格是一个富有的市长，理论上讲他可以每秒钟交一次 CBD 通行费，而不会眨一下眼，新计划形象与之形成鲜明对比。

对比	
布鲁伯格2007-2008：摘要	移动纽约2014-2015：摘要
关键词 •环保 主要支持者 •亿万富翁市长 特点 •8.00美元往返，12 x 5 •小型出租车需支付附加费 •MTA 大桥不变 结果 •中央商务区速度提高：8% •净收入：5.2亿美元/年 •曼哈顿支付：总量的13% •MV在中央商务区的占比：17%（目前19%）	关键词 •交通/经济 主要支持者 •商业 + 劳工 + 社区 特点 •10.66美元往返，24 x 7 •大型出租车需支付附加费 •MTA 大桥减少5.00美元 结果 •中央商务区速度提高：18-20% •净收入：14.65亿美元/年 •曼哈顿支付：总量的23% •MV在中央商务区的占比：16%（目前19%）

- 每年将近 15 亿美元的收入用于改善公共和其它交通，这足以吸引承包商、建筑协会、交通官员以及其他利益相关者的支持，这些人通常不接受对现状的巨大改变。
- 移动纽约计划比布隆伯格计划更加简单、更加直接：没有夜间或周末豁免；没有上游收费退税；没有对各种车辆和驾车人的豁免。收费标准与 MTA 桥梁和隧道收费标准

一致，而不是随意制定。唯一复杂的元素是收费置换，也正是这一元素吸引很多反对者成为支持者。

七、移动纽约计划需要克服的问题

从另一方面看，移动纽约计划将对非高峰时间进入 CBD 的车辆进行收费，甚至上夜班的人或周末出行的人也需要按照白天高峰时间标准交费。虽然 MTA 的桥梁隧道采取同样的 24 小时收费制度，新计划中的一些收费在布隆伯格计划中却可以避免。另一方面，“一旦开始就进行到底”的格言可以适用于拥堵费政策：如果纽约将对进入曼哈顿 CBD 的车辆进行收费，它也可以提出更加彻底的方案，让当地的交通网络产生更巨额的收入。（以后，一旦 CBD 通行费政策确立下来，所有城市的桥梁隧道收费将进入随时间变化的模式）。

移动纽约计划的另一个问题是，自 2007-08 以来交通状况有所改善，虽然改善不大，但足以消除交通不断恶化的形象，削弱通过收费消除拥堵的动力。这使得移动纽约计划的重心继续扩大，需要兼顾缓解交通拥堵，调整收费失衡和不公，创造新的、稳定的收入来源以改善交通基础设施。这与布隆伯格计划中注重缓解拥堵和改善缓解的理念截然不同。

MTA 效率低下的名声可能是更加严重的问题。平心而论，MTA 近来已经提升了自己的公众形象。2012 年，飓风摧毁了地铁系统以及整个城市，MTA 迅速从灾难中恢复的事实备受赞誉；进行诸多服务创新，例如：通过地铁平台的“倒计时表”发布实时列车到达信息；更加开放、高效的管理模式。然而，该部门经常晚点的问题仍然为人诟病，两个“超级工程”（一条新的曼哈顿地铁线，一条新的隧道以增加进入 CBD 中心的通勤列车入口）使成本剧增。两个工程的开工时间一再推后，使公众认为给 MTA 的经费就像泼进了老鼠洞一样。

移动纽约活动：策略+计划

- 重点：
 - 收入 (40%)
 - 效率 (30%)
 - 收费权益(20%)
 - 环境(10%)
- 悄悄地建立公众和政治支持。
- 2014年底-2015年初“窗口”：
 - 经纽约州选举（2014年11月）
 - 启动曼哈顿资本计划（始于2015年）

因此，移动纽约计划必须保证用于公共交通的通行费收入不能直接流入超级工程项目，而是通过合理控制将资金用于提升服务效率和可靠性的小项目，而且项目收益可以为整个系统共享，而不是特意选择的某些地方。这不是一个简单的任务，因为移动纽约计划不能控制 MTA 资金预算，还因为公众认为巨额的投资只是用于维护该地区巨大的公共交通网络。因此，在移动纽约计划与本地利益相关者进行的数百次小型会议中，传递公共交通投资的价值就成为一个重要环节。

接下来的一年就会决定移动纽约计划的命运。如图中所示，州长选举刚结束，2014 年末州立法会的政治“窗口”将会打开，到 2015 年 4 月决定下一财政年度的预算。在这一段时间里，MTA 必须提出之后五年的资金计划，以及各个备选方案：提高汽油税、提高消费税、增加不受欢迎的工资税、增加借贷（此举将不可避免地导致今后几年的提价）。这些方案听起来都不如一个新的收费计划，这个计划将纠正困扰纽约几十年的收费不平衡现象。

移动纽约计划拥护者将在以后的几个月时间里，争取更多利益相关者的支持，甚至（尤其）包括反对先前拥堵费计划的人，以向下一任州长证明公众对此计划已经有了一个广泛的政治共识。在此方案中，州长的支持要胜过政府外进行的活动，并且会从底层慢慢收获支持。

附录：平衡交通分析（BTA）数据模型

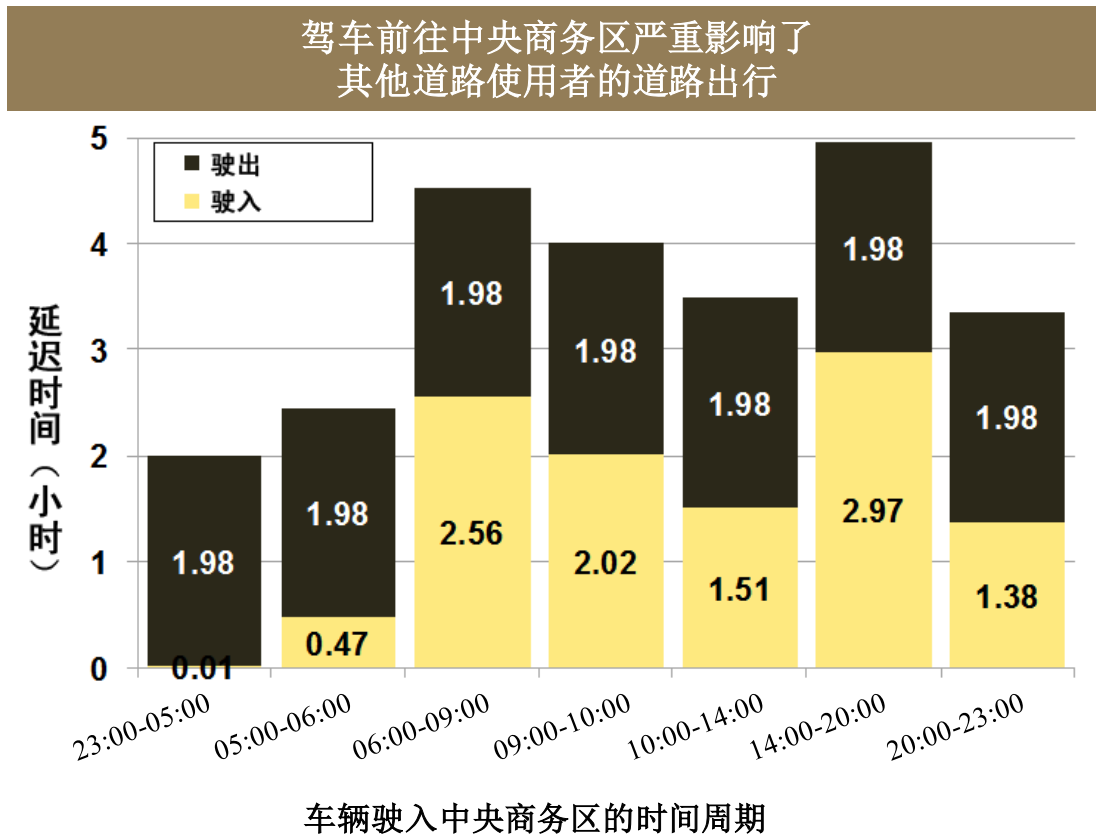
移动纽约计划的分析与数量基础是一个名为“平衡交通分析”（BTA）的数据表。BTA 是可在个人电脑上使用的数据模型，估算了一系列拥堵费提议与综合的交通措施（如：通行费收入投入公共交通）带来的车速提升、财政收入以及其它收益。BTA 整合了纽约当前交通状况、公共交通服务与使用、出租车收费与可用性以及桥梁隧道的现行收费标准。我是开发者与编程者。

BTA 的开发始于 2007 年。该模型目前（2014 年 2 月）包含 63 个互相联系的工作表，这些工作表充满基线出行数据，与数千个方程与运算相关。这些表单不仅以标准的多表单数据表方式互相联系，而且在一个循环过程中，从其它表单和单元格的输出可得到反馈，并作为输入改变数值。关键数据的输入集中于一个表单（“用户输入”），因而方案变化可在数秒内实现，例如：更高（或更低）的收费；不同类型的出租车附加费；财政收入的分配方案（如：通勤列车投资、地铁投资、或公路与桥梁升级）。

BTA 模型允许用户在几个不同的方案切换，包括：移动纽约计划、2007-08 布隆伯格计划、反映当前条件的“基线”计划（作程序检验用，因为它可以将所有结果归零）、移动纽约提案的另一个版本（随时间变化收费，可以产生等量的收入）。用户可通过“结果”表中的下拉菜单实现几个方案间的快速切换。

模型输出包括：新收费计划的预计总收入和净收入；公共交通和相关财政投入带来的行车变化；每天、工作日以及周末车辆数量和车速的变化；节省的时间（以小时为单位，或货币化为美元）；交费的地理分布（例如：纽约市五个区以及周边七个郡的交费情况）；空气质量改善、交通事故减少、积极交通方式（步行与骑车）增加的货币化数据等等。

BTA 的一个关键属性是可以估算一辆车（“增加的”）进入 CBD 对其它所有车辆的延误，如以下柱状图所示。一辆车进入 CBD 的车程中造成的“延误成本”从夜间的 0.01 小时到下午-晚上高峰时段的 3 小时不等。（注意：离开 CBD 车程的综合延误成本 1.98 小时一个平均值，模型假设任何时候都可以返回）。



图表中所示的时间值仅适用于纽约。但是，这些数据强调了构成拥堵费基本原理的一个重要现象：交通拥堵时段，任何出行者对其他人造成的时间延误远远超出他选择驾车而不是其它方式所希望节约的时间量。没有拥堵费的时候，出行者不会将这一“社会时间成本”考虑在内。拥堵收费消除（或至少是减少）了这种时间延误，因此个人的出行选择更多地与社会结果联系。

虽然功能强大，BTA 数据表只有 4 兆大小。通过不断更新，使其反映基线数据和新政策的变化。最近的版本可登陆此网站链接：http://www.nnyn.org/kheelplan/BTA_1.1.xls。（或通过谷歌搜索：BTA1.1. 注，本文中的数字反映的是截止到 2014 年 2 月 26 日的模型参数、假设和方程式）。

修改 BTA 输入与关系以反映其它城市的情况所需要的工作量是巨大的，但也是可行的。作者希望有这样的机会，与中国研究人员和官员一起努力，为判断中国实行拥堵费政策的价值提供分析工具。

米兰生态区：政策的设计、执行和对交通及环境状况的改善

作者: **Silvia Moroni** 西尔维娅·莫罗尼

米兰交通环境与土地利用局

合著: **Ario Ruprecht** 阿里奥·鲁普雷希特

黑碳监测项目环境研究实验室 (SIMG-意大利高校通用名称)

<i>elaborato:</i> RELAZIONE		<i>codifica:</i> 140540010_01	
<i>doc collegati:</i> 140540009_00		<i>revisione:</i> 01	
<i>日期:</i> 21/03/2014	<i>redatto:</i> Silvia Moroni (AMAT) Ario Ruprecht (SIMG) 西尔维娅·莫罗尼 (AMAT) 阿里奥·鲁普雷希特 (SIMG)	<i>verificato:</i> Silvia Moroni 西尔维娅·莫罗尼	<i>approvato:</i> Bruno Villavecchia 布鲁诺·维拉维契亚

米兰生态区：政策的设计，执行，以及对交通及环境状况的改善

Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio Srl
Agency for Mobility Environment and Land Use
米兰交通环境与土地利用局

Office: Via G. Deledda, 9/A - 20127 Milan (Italy)

地址：Via G. Deledda, 9/A - 20127 Milan (Italy)

Phone +39 02 8846 7292

电话：+39 02 8846 7292

作者电子信箱：silvia.moroni@amat-mi.it

AMAT CEO

Arch. Maria Berrini

AMAT 首席执行官

阿奇·玛丽亚·贝里尼

版权所有

保留本文所有（甚至部分）及其修订版的版权；凡使用或出版本文或其附录，应注明来源。

目 录

1	介绍：米兰的交通和空气质量问题.....	1
1.1	概况.....	1
1.2	空气质量问题.....	2
1.3	空气污染对健康的影响.....	7
1.4	城市交通对健康的影响.....	9
1.5	Traffic Features 交通特征.....	10
2	‘C 区’：米兰的交通拥堵收费区.....	13
3	目标.....	14
4	政策制定.....	15
5	实施.....	16
6	对交通问题的影响.....	17
7	对汽车尾气排放的影响.....	18
8	对空气质量的影响：经空气传播黑碳监测计划.....	19
a)	黑碳——衡量空气质量、人类健康和气候变化的新标准.....	20
b)	研究目的.....	23
c)	站点描述.....	23
i.	城市居民接触（固定站点）.....	23
ii.	行人接触（监测道路）.....	26
d)	抽样方案.....	26
e)	设备与方式.....	27
f)	结果与讨论.....	29
i.	城市居民的接触.....	29
ii.	个体行人接触.....	34
9	“C 区”计划从实验阶段到应用阶段：将炭黑标准纳入交通计划.....	35
9.1	简介与目标.....	35

9.2	背景与方法	36
9.3	结果与讨论	37
9.3.1	城市交通计划：比较“基本”措施方案与 2015 年的“参考”方案	37
9.3.2	不同的交通措施方案（“城市交通计划基本方案+道路收费方案”或“城市交通计划基本方案+循环方案”）与 2015 年城市交通计划“基本”措施方案的比较	38
10	"C 区" 交通限制区计划的主要经验.....	40
10.1	交通方面.....	40
10.2	环境方面.....	41
11	传播.....	42
12	REFERENCES 参考文献.....	43

摘要

米兰位于世界上污染最严重的地区之一。作为意大利北部地区的经济文化中心以及欧洲机动化率最高的地区之一，米兰长期以来都遭受着严重的交通拥堵问题。

交通排放是影响空气质量最重要的因素，因此，当地政府一直致力于解决会造成空气污染的交通问题。政府采取的措施包括：短期干预——主要在冬季各类物质指标长时间超过欧盟限制标准的时段进行——以及可持续城市交通方案中的结构调整措施。

在米兰，交通排放、噪音、交通事故及拥堵等问题会造成每年高达 500 万欧元的额外支出，包括处理相关健康及生活质量问题、建筑物损坏、艺术遗产修补、全球气候变化及交通时间损失问题的费用。

为解决空气污染及交通拥堵问题，米兰政府出台了一系列相关政策，包括两个针对中心路段的创新的道路收费措施：第一个措施名为“Ecopass”，出台于 2008 年，基于“谁污染谁付费”的原则；第二个措施名为“C 区”方案，出台于 2012 年 1 月，包括收取交通拥堵费和禁止高排放车辆出行的措施。

米兰曾进行过一次关于交通及污染问题的公民投票活动，该投票结果表明大多数市民（占 79%）都希望空气污染问题得到改善且城市交通效率得到提升，因此促使了“C 区域”（交通限制区）政策的出台。

因此，“C 区”方案作为一项收取交通拥堵费的政策，旨在改善米兰城的环境状况，以及提高米兰居民及在米兰工作的人群的生活质量和健康状况。

“C 区”方案的实行带来了一系列改善成果：交通总量下降 30.2%（与 2011 年的污染收费措施“生态之路”相比，车辆日均减少 39864 辆）；交通事故率下降 23.8%；车辆停放的道路占用量下降 10%（公共空间使用量相对增加 10%）；公共交通速度增加（高峰期时，公共汽车速度增加 9.3%，电车速度增加 5.4%）；易造成严重污染的车辆减少 49%（通过 C 区的污染车辆日均减少 2400 辆）；环保车辆增加 6.1%（在车辆总量中的占比从 9.6% 上升到 16.6%）；车辆排放率减少：PM10 总量减少 18%，PM10 废气排量减少 10%，氨气排量减少 42%，二氧化氮减少 18%，二氧化碳减少 35%；空气黑碳浓度下降：夏季街道浓度下降 52%，冬季住宅区浓度下降 28%。

简单说，几乎城市里三分之一的车辆都停在车库里，环保车辆的数量几乎增倍，因此，交通废气排放量大幅下降（特别是二氧化碳的浓度）。根据空气黑碳的测量值，C 区和交通相关的有毒化合物的流行病学变化单位较低，从 1 到 3（根据詹森等人 2011 年调研报告），这些变化将有利于提高市民的健康水平。

根据城市交通方案框架（该框架为战略环境评价程序要求的环境报告之一），预计到 2015 年，与其替代方案“循环”流通方案（针对相同区域）相比，“交通拥堵收费”方案将为额外约 9000 名米兰居民减少接触黑碳排放超标（>50 克/日）环境的几率，市民健康水平会因此得到大幅提高。这个结论连同其它评估结果证明——在一年的试行后，市政当局决定于 2013 年 3 月起，正式实施“C 区”交通拥堵收费战略方案——是正确的决定。

米兰生态区：政策的设计，执行，以及对交通及环境状况的改善

所有“C 区”方案的收入将用于可持续的交通项目中，如提高公共交通的效率及发展自行车分享系统。

根据 2013 年 4 月进行的一项调研结果进行民意分析，58%的米兰市民对“C 区”方案持支持态度。

在刚开始的制定可持续交通方案(SUMP)的研讨中会涉及到对交通拥堵收费长期效果的预测。

“C 区”方案由米兰市环境移动及交通部门负责实施。相关的技术服务如监测，评估等，由米兰交通环境与土地利用局提供。

“C 区”交通限制区方案和相关监测结果可在以下网站中查看：

<http://www.areac.it;>

<http://www.comune.milano.it;>

<http://www.amat-mi.it;>

[http://amat-mi.it/it/ambiente/qualita-aria/il-progetto-di-monitoraggio-del-black-carbon/.](http://amat-mi.it/it/ambiente/qualita-aria/il-progetto-di-monitoraggio-del-black-carbon/)

1 介绍：米兰的交通和空气质量问题

1.1 概況

米兰市位于波河平原的中央，为伦巴第大区的首府，以及金融与文化中心（图 1）。米兰是意大利第二大城市，居民人口约为 130 万，人口密度约为 7,500 人/平方公里。米兰与邻近城市一同构成欧洲最大的都市地区，人口总量约为 330 万（表 1）。该地区大部分的教育及商业活动都在米兰市进行，同时大部分工业活动都在周边城市进行。这个巨大的都市系统的构成不仅包括米兰和周边城市，还包括伦巴第和其它地区的皇冠城市，这些城市自历史以来就和米兰形成了密切的联系，而米兰则处于这个都市系统的中心。这些因素都使得米兰城中心和外围都承载着由各种私人车辆和商业车辆构成的交通负荷。

图 1: 米兰位于意大利北部的伦巴第区

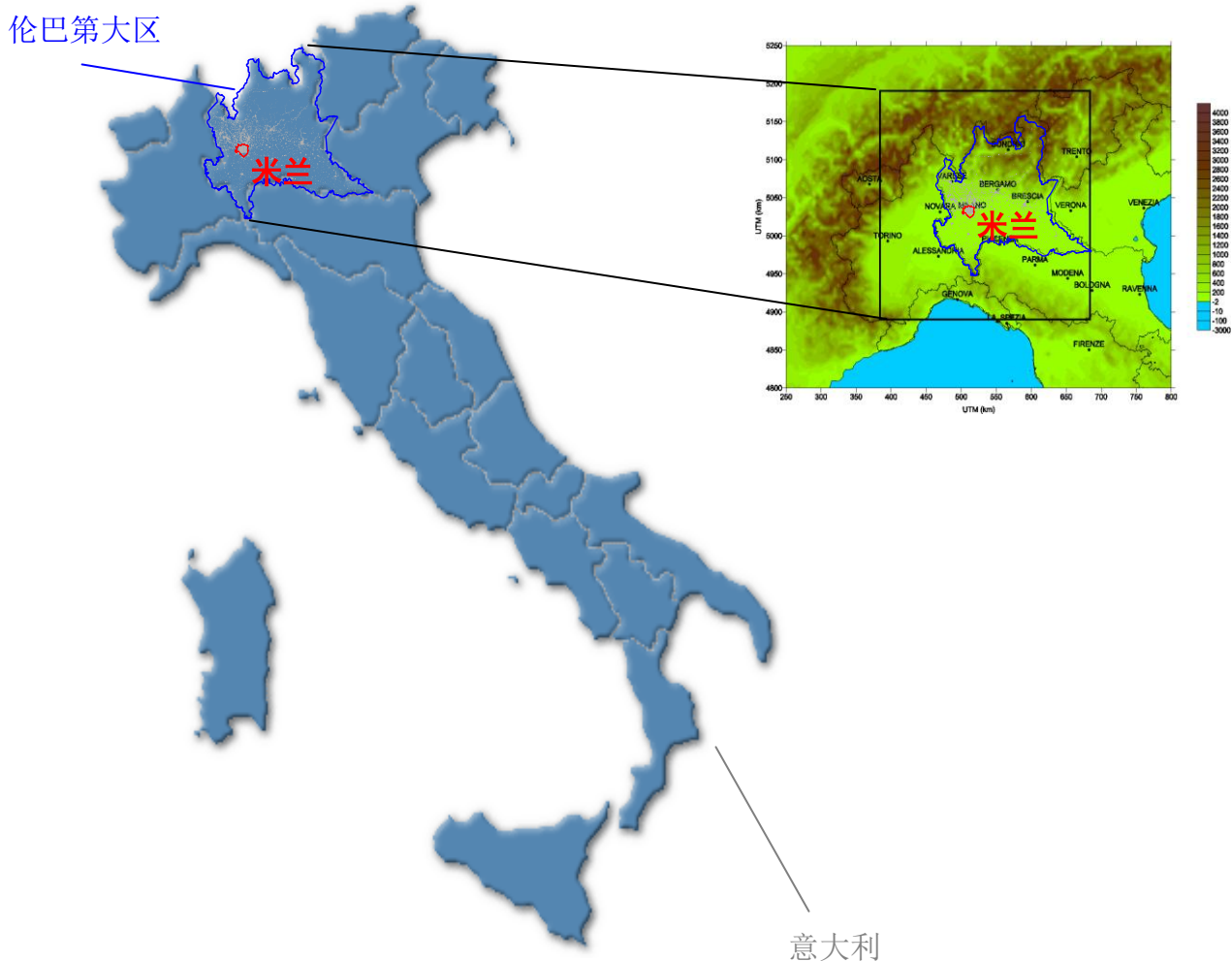


表 1：米兰市基本数据

面积	181.76 平方千米（70.18 sq mi）
米兰市人口	130 万
米兰日均使用人口数	100 万
大都市区人口	330 万
伦巴第区人口数	960 万

1.2 空气质量问题

米兰位于欧洲地区和全球污染最严重的波河平原地区，空气污染是这座城市最严重的环境和健康损害问题（图 2 和图 3）。

由于米兰所处地区的气候状况，解决空气污染问题是当地政府面临的一个相当严峻的挑战。波河平原三面环山，连绵不绝的山脉阻挡了低压峰，使得该地区长期以来形成了一个污染聚集地。特别是冬季，空气质量面临的挑战最大，因为这个季节米兰经常被长时间持续稳定的气团包围，逆温层非常低，风速很低，又常常起雾（图 4）。到了夏季，强烈的太阳辐射和高湿度形成了特别湿热的城市气候，在这样的气候环境下，光化反应活动就显得格外重要。

这种特定的气候状况加上都市地带频繁的人类活动，使得该地区的 PM₁₀ 值、PM_{2.5} 值、二氧化氮浓度（冬季较明显）及臭氧浓度（夏季较明显）都严重超过了这几类物质的欧盟标准限制值。

在过去的二十年间，米兰有关部门尽管曾采取一些措施减少污染物的排放量，但上述超标情况还是在发生。曾经采取的措施包括：

- ✓ 鼓励低排放车辆的应用，降低整个车队的排放
- ✓ 改善移动源和固定源的燃油质量

由于采取了这些措施，城市空气中的 CO, SO₂, NO₂, TSP 及苯的浓度在过去二十年间都得到了明显的逐步改善（图 5 至图 8；来源：伦巴第 ARPA；米兰交通环境与土地利用局对伦巴第 ARPA 小时数据的分析结果）。有趣的是，据检测，二氧化氮浓度自 2005 年以来都保持着稳定的水平，这种现象可归结于柴油车辆的增加以及新一代车辆排放的气体中二氧化氮/一氧化氮比例的增加。

对空气中颗粒物浓度而言，由于颗粒物浓度还受到二次化学反应生成颗粒物的影响，针对排放源的控制措施只带来颗粒物浓度的缓慢下降。气体前体物经过光化学反应产生了二次颗粒物。尽管在 2013 年，米兰终于首次将 PM₁₀ 浓度控制在年平均标准限值内——这一成就也要归结于当年有利的气候条件，存在的问题仍然非常严重：多次超过欧盟 24 小时内 PM₁₀ 标准限制值（一年内 PM₁₀ 浓度高于 50 g/m³ 的次数不得超过 35 次），且 PM_{2.5} 的年均浓

度一直都高于欧盟公布的标准限制值（图 9 至图 11）。这些问题严重影响了该地区居民的健康状况（见 2.3 节）。

图 2：全球二氧化氮浓度分布图（来源：欧洲太空总署，2004 年 10 月）

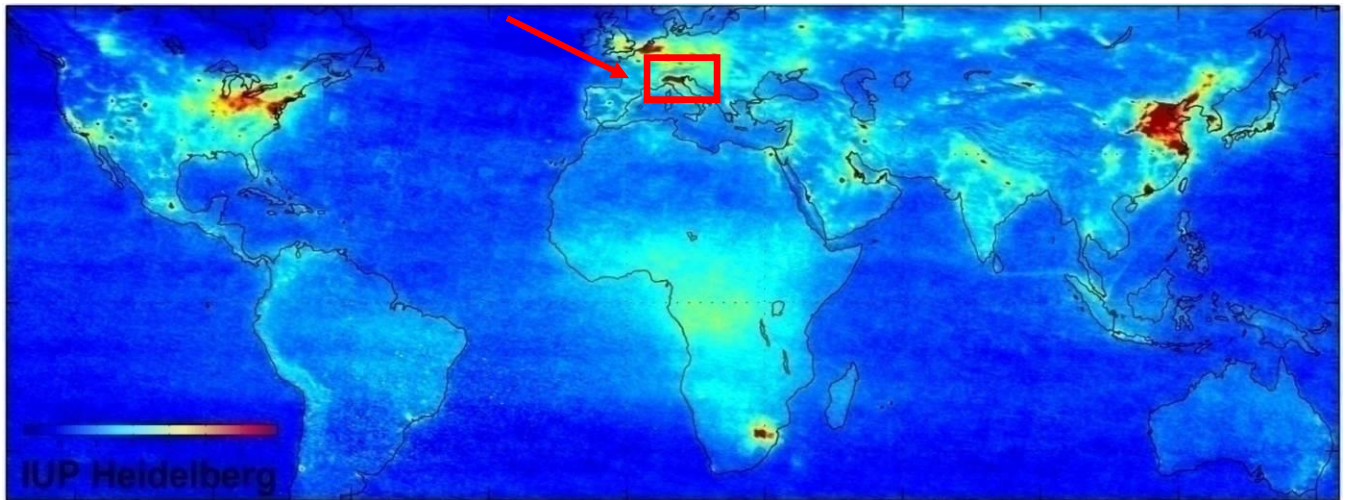


图 3：欧洲地区 PM10 浓度图（来源：欧洲经济区，2013）

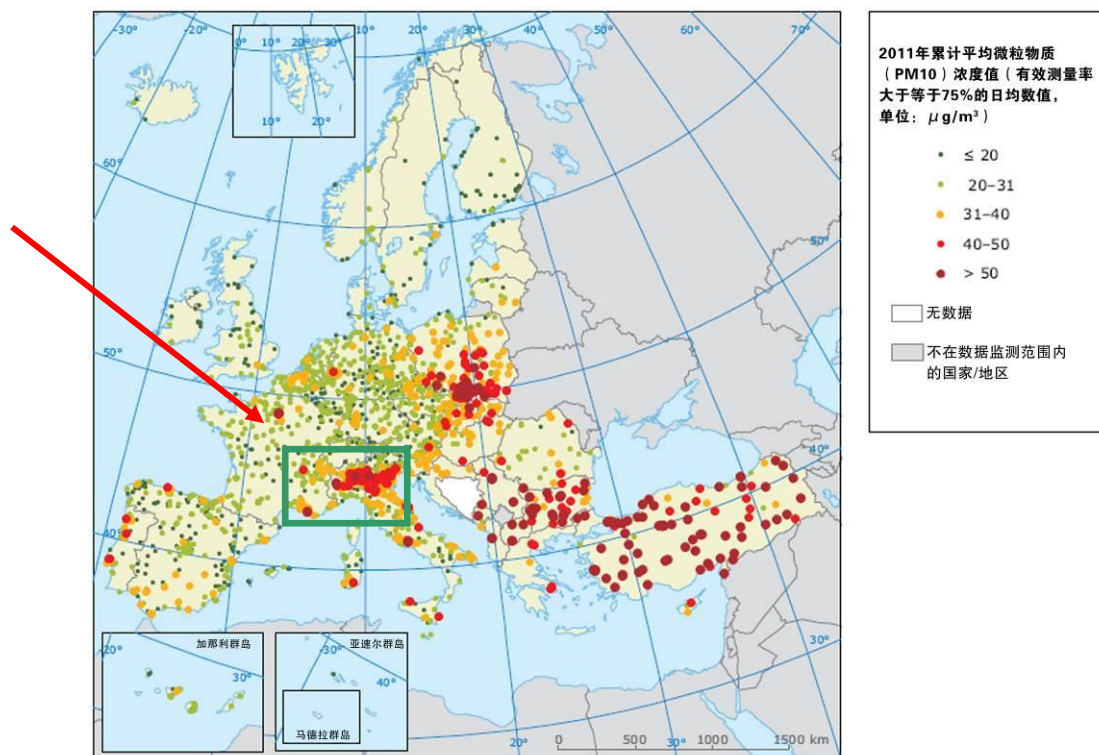


图 4：波河平原在高压和逆温情况下导致非常低的混合层和高频率且长时间持续的雾霾天气

米兰生态区：政策的设计，执行，以及对交通及环境状况的改善

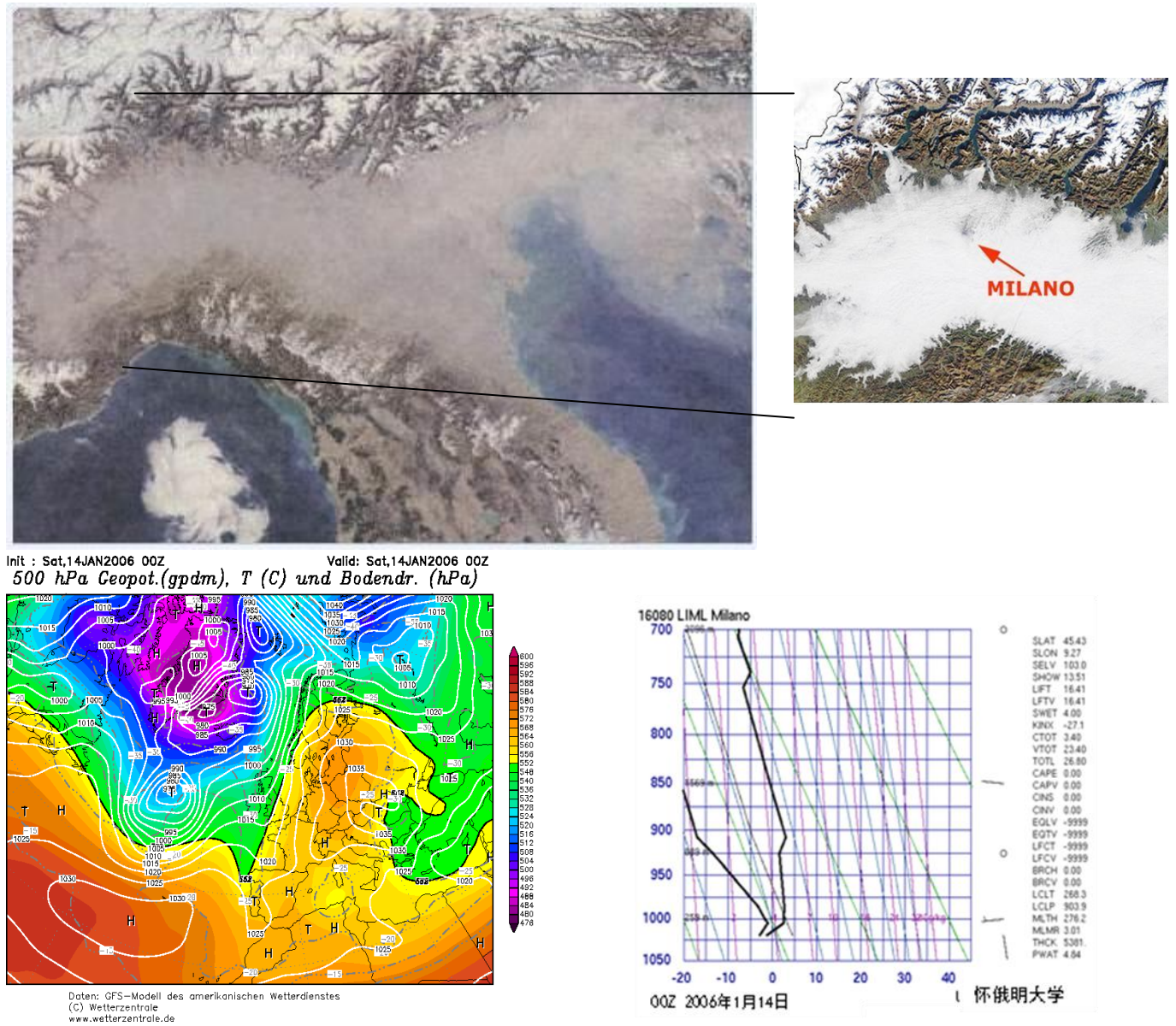


图 5：米兰的二氧化硫浓度

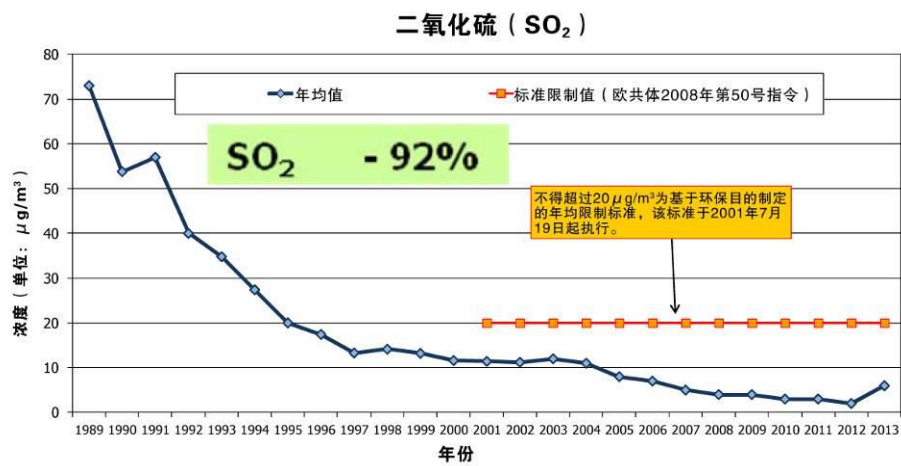


图 6：米兰的一氧化碳浓度

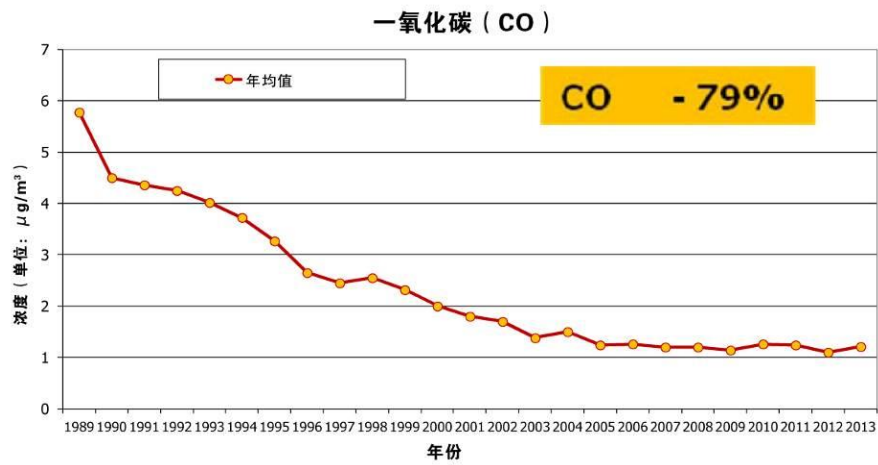


图 7：米兰的苯浓度

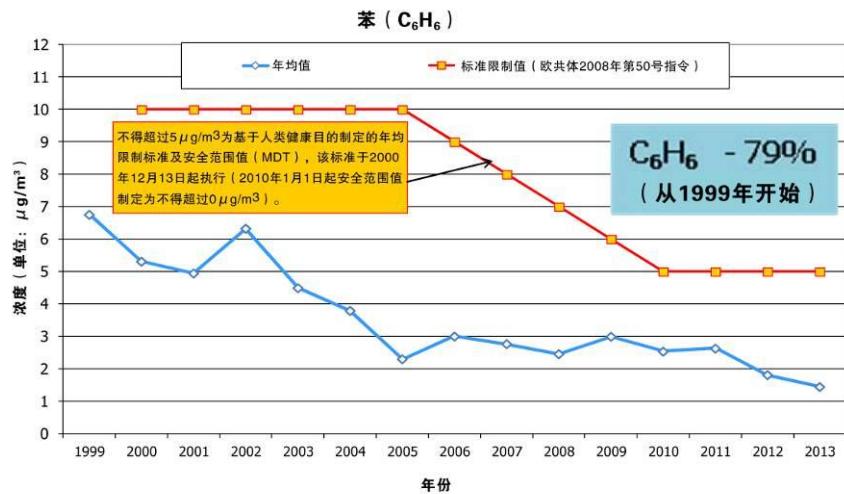


图 8：米兰的二氧化氮浓度

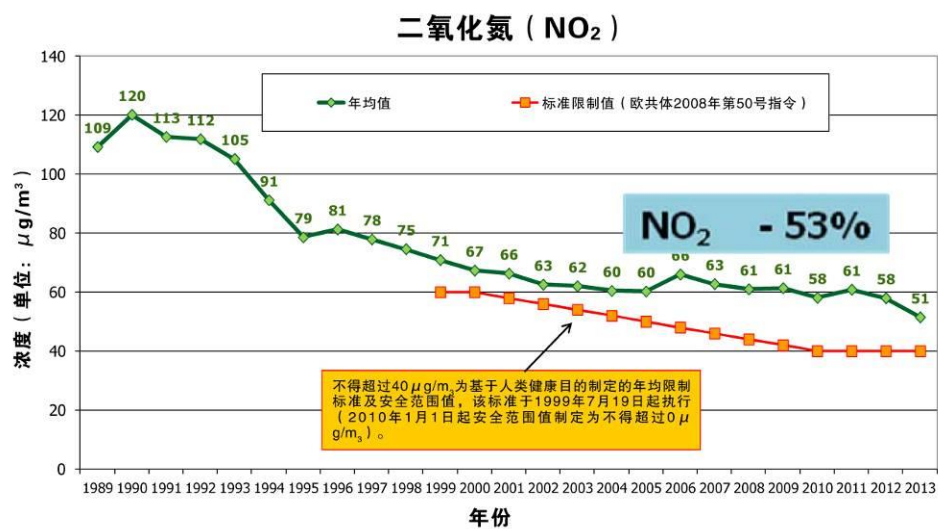


图 9：米兰的 PM10 浓度

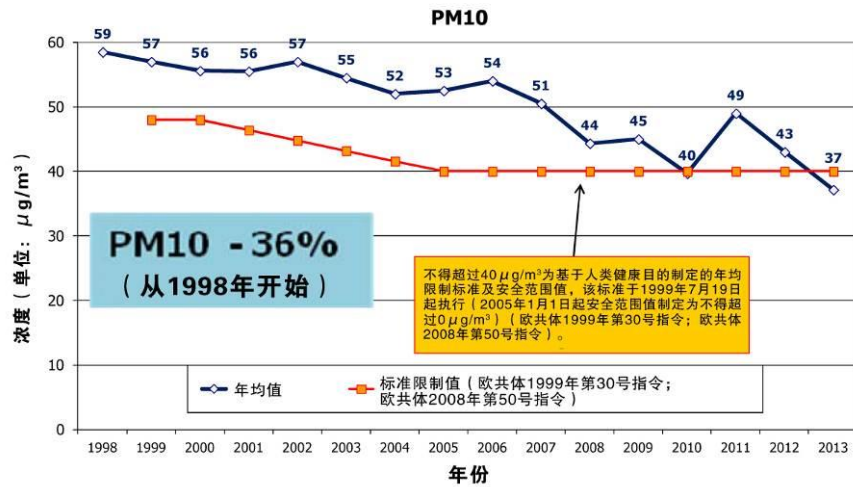


图 10：米兰 24 小时平均 PM10 超过标准限制值的时段

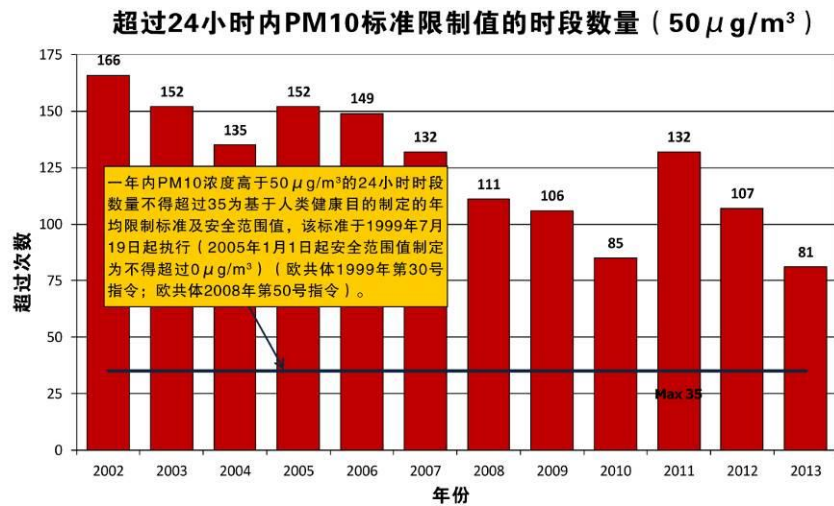
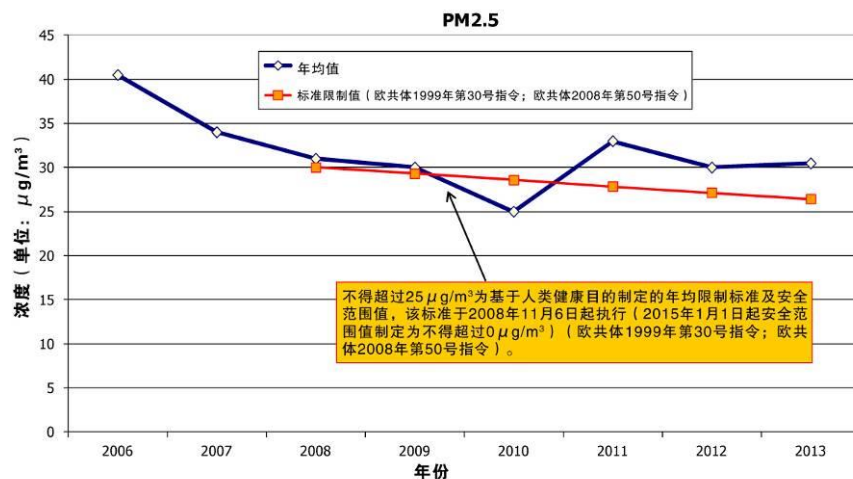


图 11：米兰的 PM2.5 浓度



1.3 空气污染对健康的影响

空气污染对人类健康有着极大的危害，该结论已被大量临床调研，毒物学调研和流行病学调研证实。2013 年 10 月 17 日，世界卫生组织癌症的一个专门机构——国际癌症研究机构（IARC）目前宣布其已将“户外空气污染物”——特别是其主要成分之一的“颗粒物”，列为“人类致癌物质”（第 1 类群）中（图 12）。

图 12：国际癌症研究机构/世界卫生组织第 221 号通稿摘录：“户外空气污染物”及“颗粒物”已被列为“人类致癌物质”（第 1 类群）



2013 年 10 月 17 日，里昂/日内瓦讯：世界卫生组织癌症专门机构——国际癌症研究机构目前宣布其已将户外空气污染物列为人类致癌物质（第 1 类群）中。

在全面查阅了最新的科技文献之后，世界知名专家在召开的国家癌症研究机构专题论文项目中总结指出有足够的证据可以证明接触户外空气污染物可以引发肺癌（1 类群）。专家们还指出接触的越多，患膀胱癌的风险就越大。

颗粒物

颗粒物是户外空气污染物的主要成分，被单独评估，也被列为人类致癌物质（第 1 类群）中。

国际癌症研究机构评估报告指出肺癌发病率风险与接触颗粒物和空气污染物程度成正比，尽管不同地区的空气污染物的成分和接触程度会有很大不同，但这一结论适用于世界所有地区。

科学文献报告中公布的数据证实了接触污染严重的空气会增加人类患病的风险（图 13），这种致病接触包括长期影响和短期影响：前者会增加致癌风险，以及呼吸道和心血管

← ↑ 肺癌膀胱癌

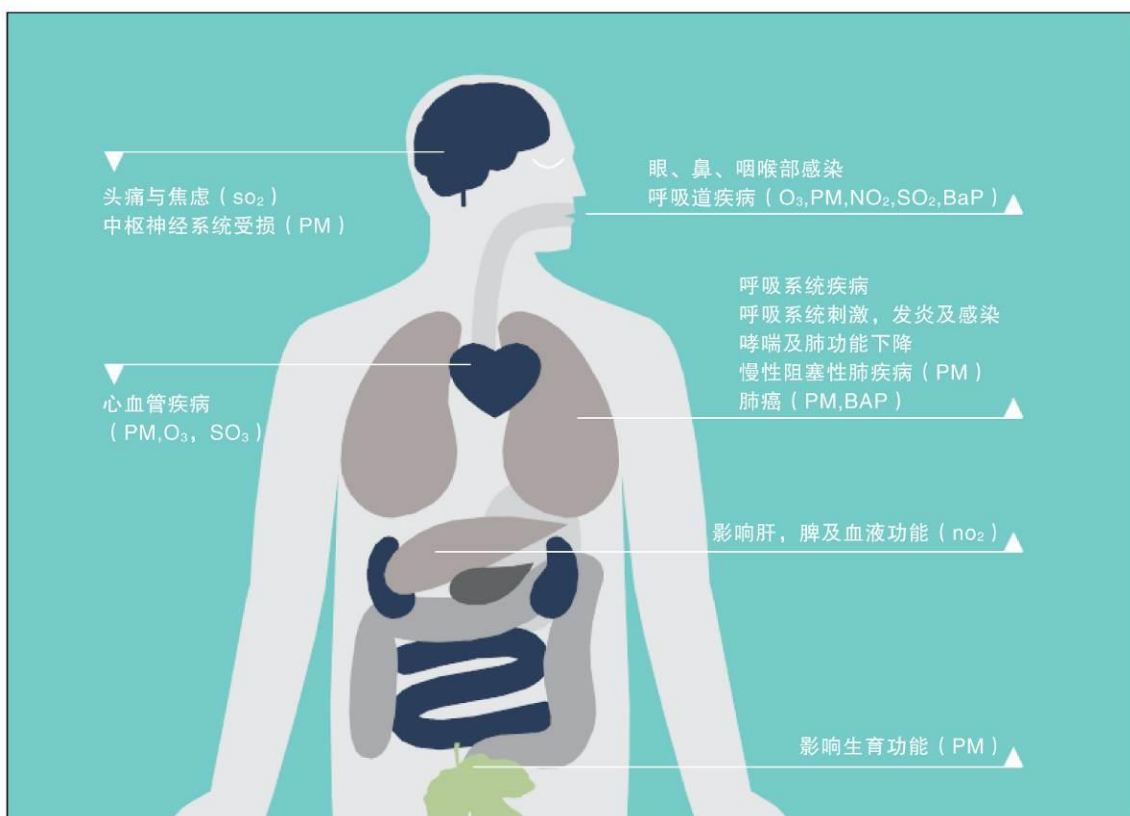
发病率及死亡率的上升等；后者会增加突然发作且易致残的疾病发作率及死亡率，如周期性哮喘，呼吸困难，眼部、鼻部和咽喉部感染。而敏感人群如儿童、孕妇及其未出生的婴儿、老年人和患病的人最易受到影响。

近期的调研致力于研究最细微的粒子（如：超细微粒或纳米粒子）对人类健康的影响。这些粒子能载送各种有毒化合物穿透人体，损害身体的各个器官（如：神经系统，大脑等）。

根据大量短期及长期调研的结果，即使城市的污染物浓度不高于相关的欧盟限制标准（国际卫生组织，2013），人类的健康也会受到影响。近期在欧洲 22 个同期群展开的一项广泛的预测分析——ESCAPE 项目，也进一步支持了上述结论（根据贝伦等人 2013 年调研报告；拉叟-尼尔森等人 2013 年报告）。米兰市与空气污染相关的流行病数据公布如下：

- 根据 MISA-2 调研（针对空气污染和人类疾病的元分析）结果，1996 至 2002 年间，米兰年均有 700 至 800 例因空气污染导致的死亡案例（比格里等人 2004 年调研报告）；
- 根据最近的国家调研（EpiAir2 项目）结果，在 2006 至 2010 年间，米兰年均有 134 例受空气污染短期影响的死亡案例（根据亚利桑德里尼等人 2013 年调研报告）；
- 在米兰进行的一项特别调研的结果显示，因二氧化氮浓度超过欧盟限制标准导致的死亡案例为年均 422 人（根据比桑迪 L 等人 2012 年调研报告）。

图 13:空气污染造成的健康受损情况（来源：欧洲经济区，2013 年）



由于其严重影响公民的健康水平，改善空气质量是当地政府面临的最严峻的挑战之一。鉴于米兰及其所处的波河平原不利的气候条件，为达到不超过欧共体制定的空气中各类物质（PM10，PM2.5，二氧化氮和臭氧）的限值标准的目标，不仅需要政府制定相关的本地措

施，还应制定旨在**共享的、协作的大范围**（甚至跨地区）的干预措施，为当地居民和数量庞大的“城市活跃人群”（劳动者、学生及游客等）提供空气质量得到改善、污染物得到减少的环境，并降低他们因环境污染致病的几率。

交通排放是影响城市空气质量最主要的因素，会导致空气中有害化合物含量的增加进而引发人类健康问题（见 2.4 节）。因此，当地政府一直致力于解决会造成空气污染的交通问题。政府采取的措施包括：**短期干预**——主要在冬季各类物质指标长时间超过欧盟限制标准的时段进行——以及**可持续城市交通方案**中的**结构调整**措施。其中一项措施便是本文中讨论的“C 区”交通拥堵收费方案，这项方案同时包括禁止高排放车辆出行。

1.4 城市交通对健康的影响

根据相关的科学文献，有足够的证据证明**交通问题导致的环境污染**会提高人类哮喘发作的几率，并间接证明其会增加小儿哮喘，非哮喘呼吸系统综合征，肺功能受损，心血管疾病及肺癌的发病率，以及心血管疾病及其它疾病导致的死亡率的上升（根据图 14：健康效应协会 2010 年报告；拉叟-尼尔森等人 2013 年报告；佩雷斯等人 2013 年报告；勃兰特等人 2010 年报告）。

这种人类接触空气污染物的方式称作“**交通接触**”或“**交通衍生污染物接触**”（指与车辆排放物质进行第一时间的直接接触），其特征是接触由那些“不太重要”的大气反应物质（如 PM10，PM2.5，二氧化氮，臭氧等）组成的污染“背景”。这种接触方式与接触分布在城市空间的“局部”污染物的方式结合起来，给居民健康造成巨大的风险。

图 14：健康效应协会 2010 年报告：文献回顾（700 次调研）：收集交通排放导致的环境污染影响人类健康的科学证据。



交通排放产生的污染混合物包括颗粒物（超细粒子及纳米粒子），以及有毒化合物及致癌物质如多环芳烃（PAHs）、黑碳、苯及重金属。居民在居住、工作、参加学校活动以及通勤时会接触到这些污染混合物，因而会导致慢性病的发病率，并加重已有疾病的症状。而敏感人群如儿童，孕妇及其未出生的婴儿，老年人和患病的人最易受到影响（同见 6.2 节）。

交通排放污染不仅会影响人类寿命，还会大量增加相关额外支出。政府在制定交通政策及其它城市发展方案（如：土地使用方案）时，应对这些支出作详细的“**成本效益分析**”。在米兰，交通排放，噪音，交通事故及拥堵等问题会造成**每年高达 500 万欧元**的额外支出，包括处理相关健康及生活质量问题，建筑物损坏，艺术遗产修补，全球气候变化及交通时间损失问题的费用。

1.5 TRAFFIC FEATURES 交通特征

米兰的日均交通流量约 5279000 次，其中跨城市交通流量约 2235000 次 (占比 42%)，市内交通流量约 3044000 次 (占比 58%) (见图 15)。在跨城市交通流量中，私人汽车的车次占比较大 (59%)，公交工具占比约 34%。而在市内交通流量中，公交工具的车次占比较大 (41%)，其次是私人汽车 (30%)，步行 (17%) 及两轮交通工具 (摩托车和自行车分别占 6%)。

米兰比意大利其它城市拥有更广阔的公共交通网络 (图 16)。特别是米兰地铁 (图 17) 的覆盖范围几乎是意大利其它主要城市如罗马，那不勒斯，都灵，布雷西亚，热那亚及卡塔尼亚地铁覆盖范围的总和。

尽管公共交通网络已相当发达，米兰的私人汽车拥有率仍然在欧洲名列前茅 (图 18)，几乎超过一半的米兰市民都使用私人汽车或摩托车出行。

交通排放是米兰最主要的污染源 (图 19)，相关城市排放统计表对所有污染源作了详细的分析和列举 (根据米兰交通环境与土地利用局 2007 年报告；莫罗尼等人 2007 年报告)。

图 15：米兰和大都市区之间的通行情况——交通方式划分

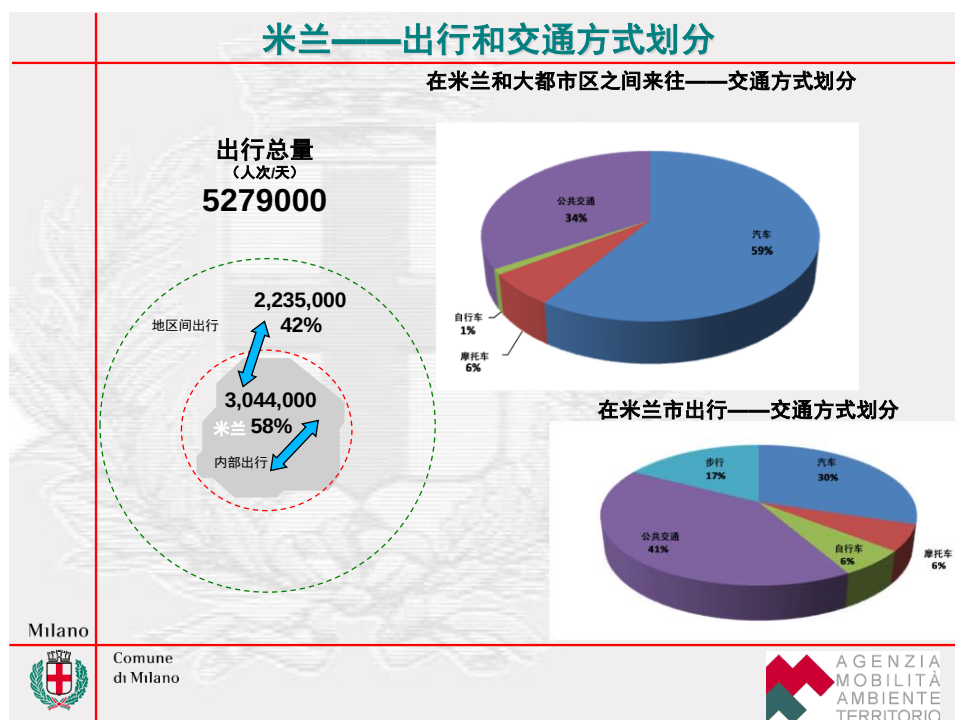


图 16：本地公共交通网络

米兰生态区：政策的设计，执行，以及对交通及环境状况的改善

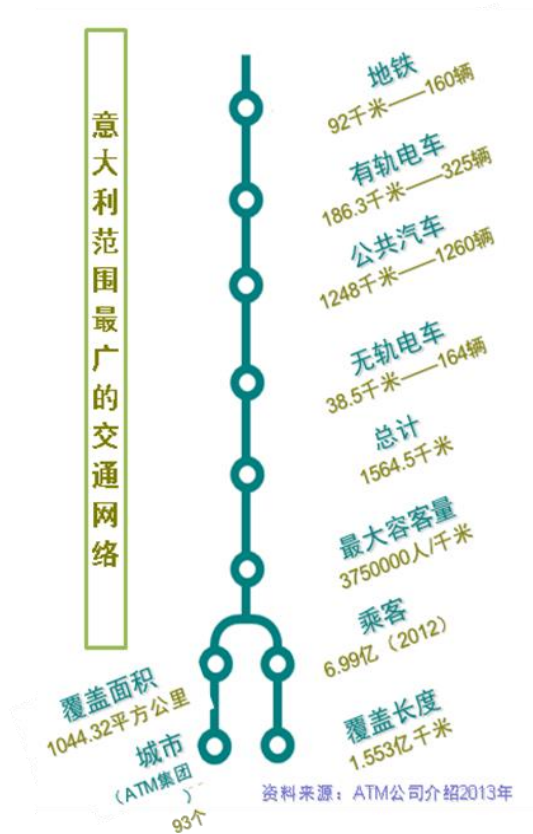


图 17: 地铁网络及城市轻轨系统



图 18：机动车拥有率（来源：欧盟统计局，2012 年城市审计）

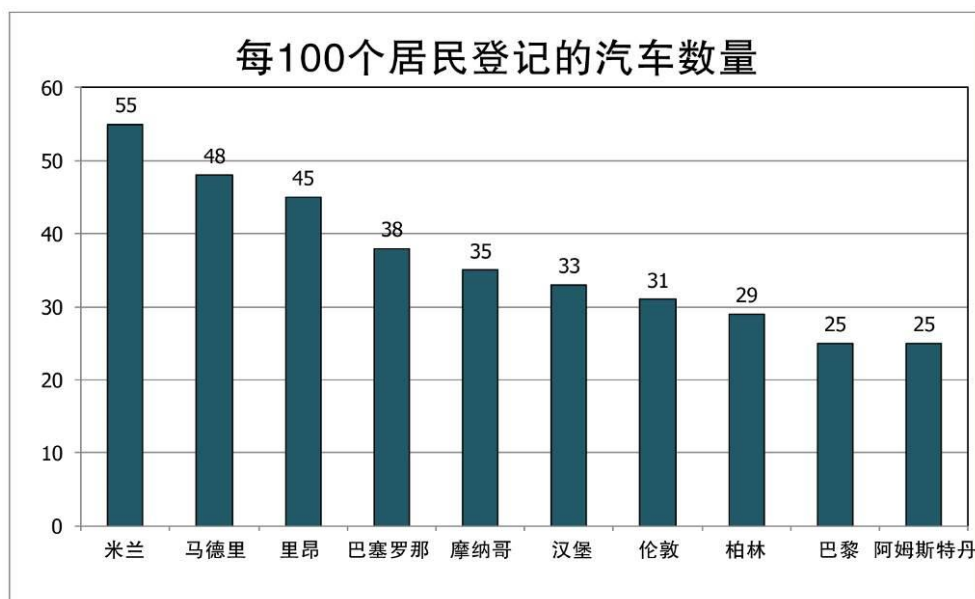
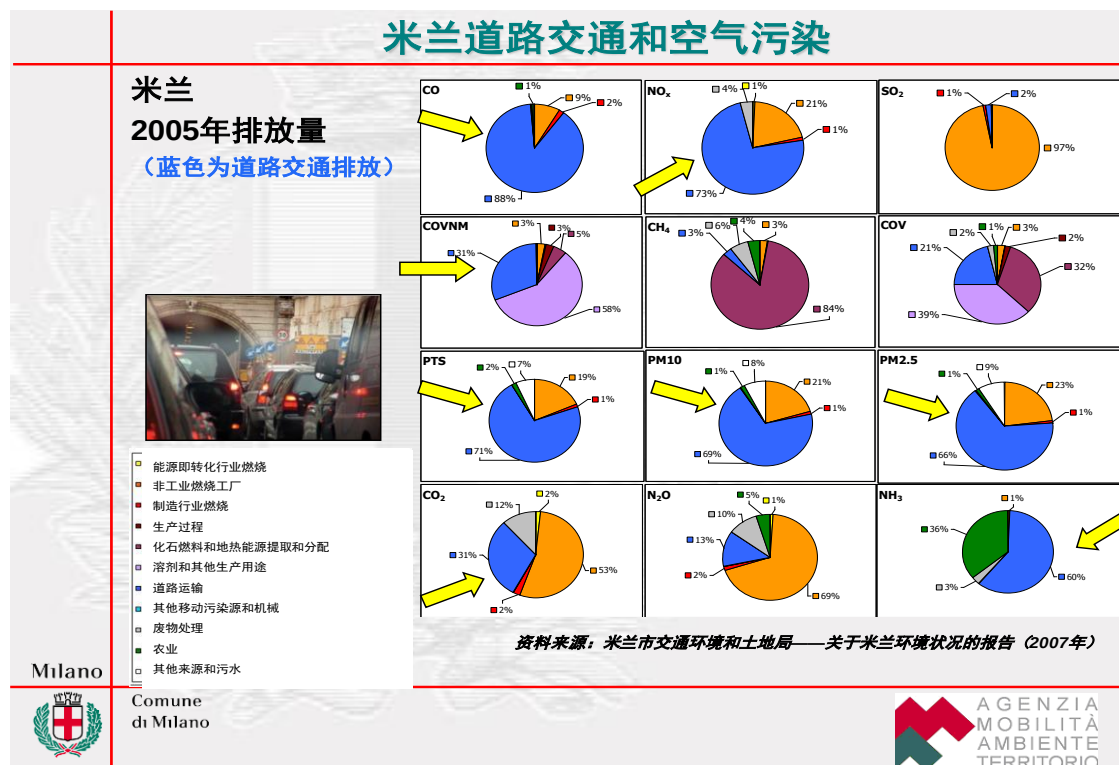


图 19：米兰 2005 年年均排放率——蓝色为交通排放部分（来源：米兰交通环境与土地利用局——米兰 2007 年环境状况报告）



2 ‘C 区’：米兰的交通拥堵收费区



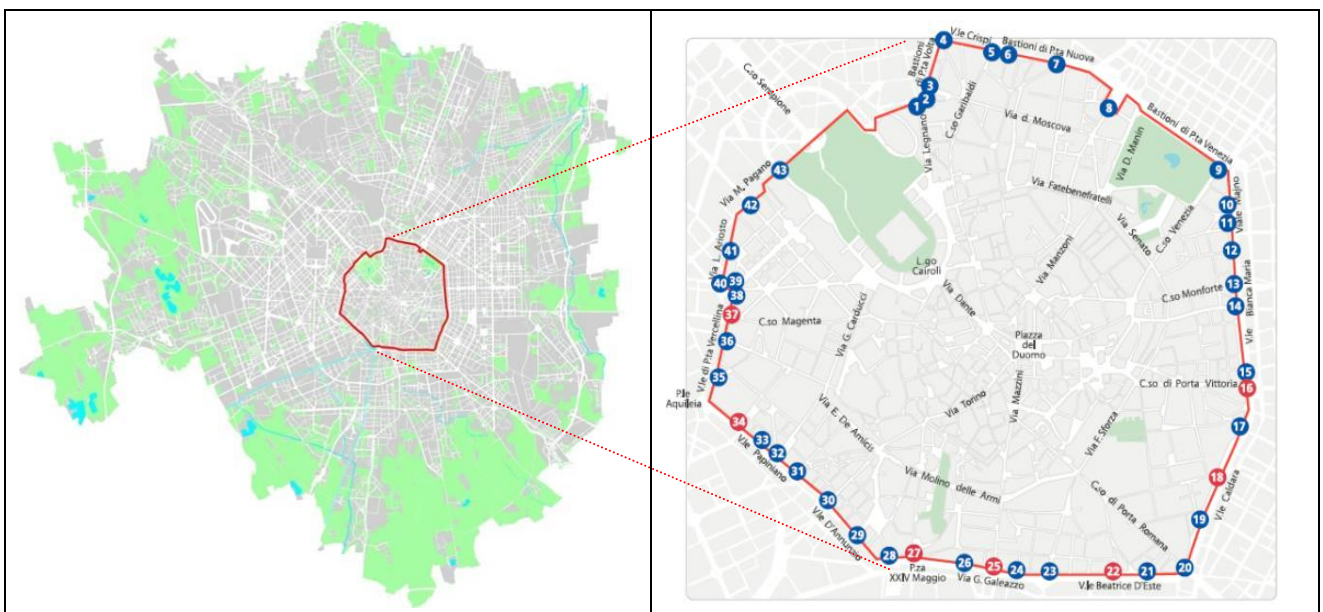
2012 年 1 月 16 日，米兰市政当局通过了一项新的私人交通限行方案：“C 区”方案（“C”代表“交通拥堵费”）。该方案包括收取交通拥堵费和禁止高排放车辆出行的措施。

该收费区由一条环形公路（巴斯迪奥尼环路）包围，总面积达 8.2 平方公里，为整个米兰市面积的 4.5%（图 20）。

有关该中心区域的数据列举如下：

- 77,950 人（占比 6%）——42,300 户家庭
- 占米兰总商业交易量的 25%
- 39,000 人/平方公里（日间——平均）
- 140,000 人/平方公里（日间——在传统的市中心区测量的数据）

图 20：米兰市的交通拥堵收费区：“C 区”



3 目标

近年来，米兰遭受着严重的环境污染和交通拥堵问题，相关措施也接连出台。“C 区”交通限制区政策是米兰市政当局于 2012 年出台的一项道路收费方案，旨在改善城市居民，工作和学习者以及游客的生活状况。米兰曾进行过一次关于交通及污染问题的公民投票活动，该投票结果表明大多数市民（占 79%）都希望空气污染问题得到改善且城市交通效率得到提升，因此促使了“C 区”交通限制区政策的出台。

2008 至 2011 年间，前任市政当局曾出台了一项针对同样区域（巴斯迪奥尼环路内）名为“生态之路”的创新的“污染收费”措施，该措施基于“谁污染谁付费”的原则，其收费基础为车辆排放的污染级别。在措施实施的前期，交通排放污染状况得到了有效的遏制；但随着付费较少的环保车辆日益增多，交通拥堵现象逐渐严重。由于该“污染收费”措施加剧了交通拥堵现象，出台一项同时能解决交通拥堵现象和空气污染问题的替代方案成了当务之急（表 2）。

图 21：“生态之路”方案实施期间（2008 至 2011 年）“巴斯迪奥尼环路”交通限制区的车辆驶入情况

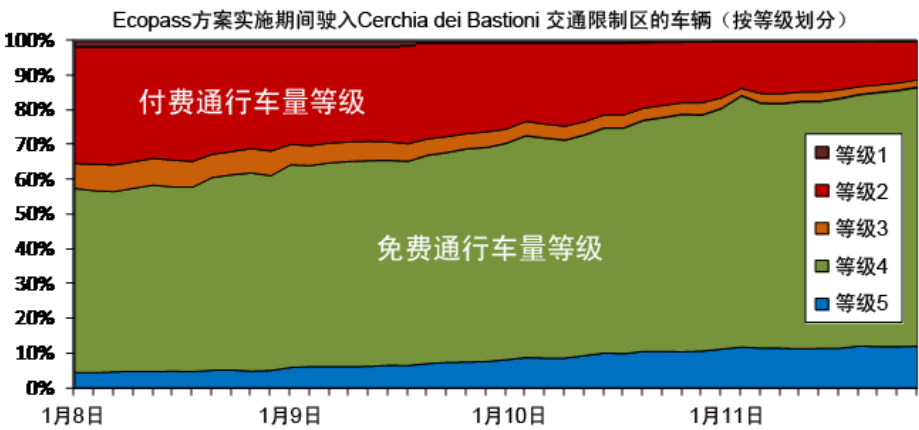


表 2：“C 区”交通限制区计划的主要目标

交通目标	环保目标
- 减少 C 区的车辆通行量；减少交通拥堵情况； - 减少私人交通工具的通行量；提高公共交通网络的使用量；减少私人车辆停放的道路暂用量； - 减少交通事故 - 为建设慢速交通区域筹集资金，如自行车道，人行区域以及 30 千米/小时通行速度区	- 减少交通污染物排放； - 减少交通问题造成的空气及噪音污染所导致的健康风险； - 促进可持续生态旅游的发展； - 提高城市中心区域的生活质量和城市吸引力。

4 政策制定

欧 4 至欧 6 排放标准的柴油车辆和欧 1 至欧 6 排放标准的汽油车辆在进入“C 区”交通限制区时需购买入区券。

在 C 区内禁止驾驶欧 0 排放标准的汽油车和欧 0 至欧 3 排放标准的柴油车辆；从 2016 年 12 月 31 日起，欧 4 排放标准的柴油车辆将禁止驶入 C 区。此外，长度大于 7.5 米的重型车也将禁止驶入 C 区。

C 区允许电动车辆、混合动力车辆、液化气及天然气动力车辆及双燃料车辆的通行，且在该措施实施的第一年（至 2016 年 12 月 31 日止）对这些车辆免收入区费。对摩托车及轻型摩托车免收入区费。同时免收入区费的还有运载正在进行抢救或寻求急救护理的病人的车辆、公共交通服务车辆、公共事业服务车辆、旅游车、出租车，属城市居民所有的欧 3 排放标准的柴油车辆以及运输公用及住宅物资的车辆。

“C 区”交通限制区措施于每个工作日上午 7:30 至下午 07:30 运行；周四的运行时间为上午 7:30 至下午 6:00。

车辆在进入“C 区”交通限制区前需购买一张入区券并激活。入区券售价 5 欧元，可在停车收费区，报刊亭，烟草零售店，米兰运输公司的自动出纳机，意大利联合圣保罗银行的自动取款机，登录 www.areac.it 网站（点击“online services”）及指定车库购得，或呼叫客户服务中心购买。

入区券的激活方式包括发送短信，呼叫客户服务中心，登录网站 www.areac.it，以及直接到市政办公室激活，且激活必须在入区前一日的午夜前完成。在车库购得的入区券于入区当日午夜前激活即可。

“C 区”入区券仅供当日使用。持券车辆可在当日任意进出该区。入区券包括 6 种：

- 日券：5 欧元
- “居民车辆”日券：2 欧元（注册后）
- “居民车辆”日券：3 欧元（注册后）
- “服务车辆”日券：5 欧元（仅注册后可购，且只能在停车收费区购买）
- 多日出入券：有 30 欧元和 60 欧元两种面值，出入次数按日自动减少(即使非连续连续使用)
- C 区车库停车组合券：13 欧元（日券+连续 4 小时停车）。4 小时后，收取不超过 2 欧元/小时的停车费（对 C 区免费行驶车辆收取相同资费）。

5 实施

交通限制区“C 区”的“控制系统”有 43 个接入点，这些接入点都有电子摄像头监控。这 43 个接入点中，7 个仅限公交（图 22）。监控摄像头监测到进入的车辆，识别车辆的分类（私家车、重型车或免收费车辆），并确定该交的费用，再将这些数据收集起来，传输到电脑。

图 22 – 交通限制区 C 区的“控制系统”



6 对交通问题的影响

对交通问题的主要影响总结如下：

- ✓ 进入 C 区车辆数量减少（图 23）：
每日进入 C 区的车辆数量减少了 39,864 辆

因此

- ✓ 交通拥堵减少：减少了 30.2%（图 23）
- ✓ 公共交通速度提升（图 24）：
公交车数量增加 9.3%，电车数量增加 5.4%
（高峰时段）
- ✓ 道路交通事故减少：交通事故量下降 23.8%
（伤者数量减少 26.3%：C 区之外，减少 11%）
- ✓ 沿街停车现象减少：
（更多的可用公共空间）-10%

图 23 交通限制区 C 区：一个典型工作日中交通量的减少

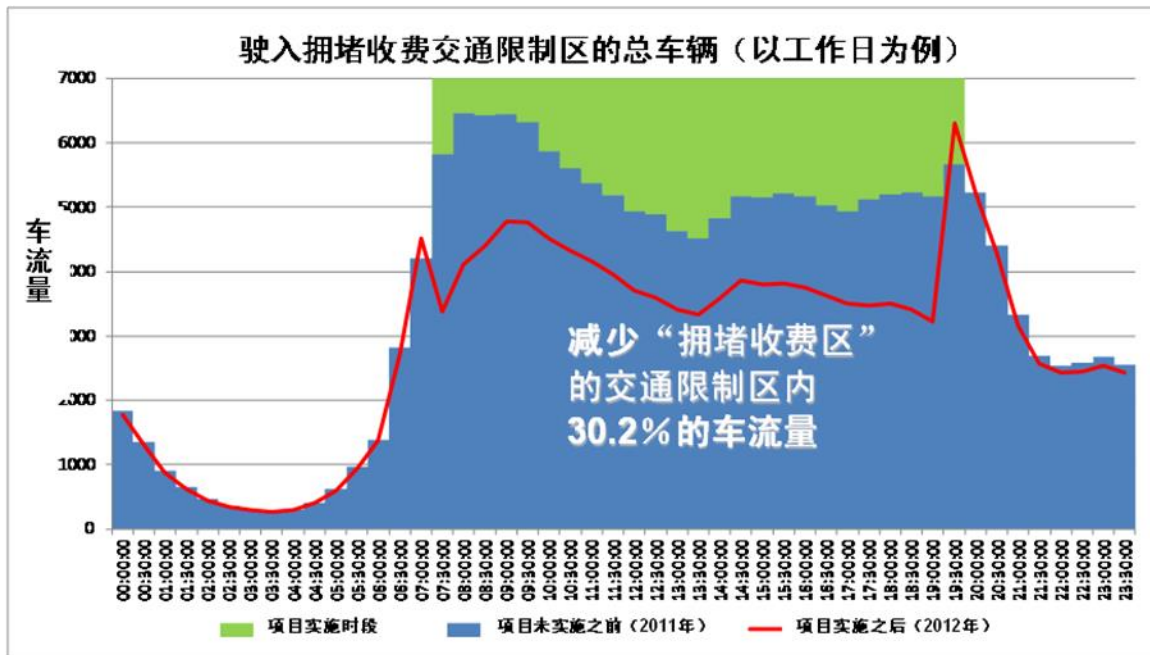
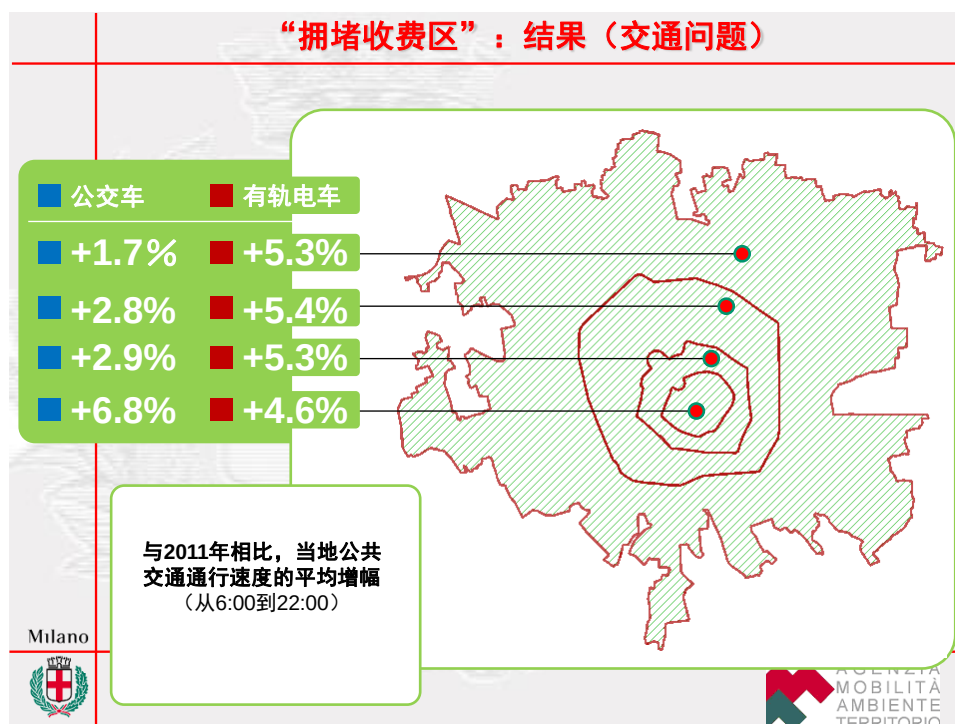


图 24 交通限制区 C 区：公交速度的提高



7 对汽车尾气排放的影响

对汽车尾气排放的主要影响总结如下：

- ✓ 进入 C 区的污染物车辆数量减少： 减少 49%

（每天进入 C 区的污染物车辆数量减少 2,400 辆）

- ✓ 清洁交通工具数量增多： 增加 6.1%

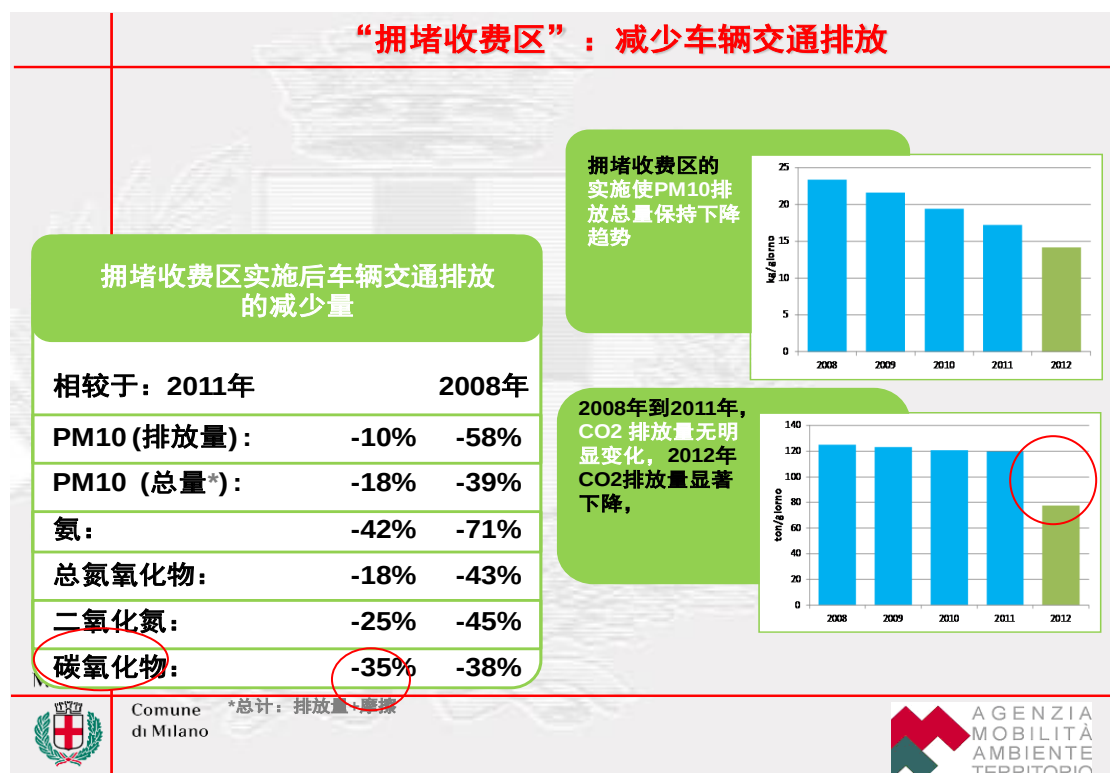
（清洁车辆总数从 9.6%增加到了 16.6%）

- ✓ 汽车尾气排放量减少：

PM10 颗粒物总量下降 18%；尾管排气中 PM10 颗粒物下降 10%；
氨排放减少 42%；氮氧化合物排放减少 18%；二氧化碳排放减少 35%

从汽车尾气排放趋势图（图 25）上可以看到，主要结论有：PM10 颗粒物排放总量保持持续减少的态势；与前四年数据相比，二氧化碳排放量也急剧下降，这主要是由于实施这一措施导致汽车行驶公里数大幅减少。

图 25 交通限制区 C 区：汽车尾气排放量的减少



8 对空气质量的影响：经空气传播黑碳监测计划

米兰市内的道路交通是经空气传播的危害健康化合物的主要来源。因此，米兰市近年推行了多种不同的干预措施，以提高市中心区域的空气质量。然而目前为止，表明 PM 颗粒物及其它污染物有所减少的证据不多。

在交通限制区 C 区（2012 年）措施试验阶段的监测项目中，米兰市政府以其它欧洲城市如柏林、伦敦和巴塞罗那为榜样，推行了一项基于黑碳（BC）监测的空气质量监测项目。上述城市已对黑碳这种污染物进行了多年的监测，并证实采取某些交通措施的确能够提升环境质量。

在欧洲及世界上，人们都提出要将黑碳作为一种新的衡量粒状物污染对健康影响的度量标准，这种标准比 PM10 和 PM2.5 更适合用来评估地方交通排放源干预政策的效果（世界卫生组织，2013；联合国欧洲经济委员会-长程越界空气污染公约/世界卫生组织，2012；Janssen *et al.*, 2011；健康影响研究所，2010）。实际上，不少国际研究表明，虽然限制过往车辆的干预政策并不总是能减少 PM10 和 PM2.5 的质量浓度，这些干预却能够提高颗粒物的“质量”，降低它们的毒性（Reche *et al.*, 2011；Westerdahl *et al.*, 2009；Bruckmann and Lutz, 2011；Kuenzli *et al.*, 2006）。

这一项目是由米兰市流动环境和土地管理处（City of Milan Mobility Environment and Land Agency, AMAT）与意大利全科医生大学（SIMG）环境研究实验室（Environmental Research Laboratory of SIMG, LARS）合作开发的。

有两名专家参与了制定监测“协议”及对最终结果的验证，他们是 Constantinos Sioutas 教授（南加利福尼亚大学，洛杉矶）和 Dane Westerdahl（康奈尔大学，纽约州伊萨卡；香港城市大学）。

此黑碳监测工程包括 4 个在不同季节进行空气质量监测项目。在城市居住点（街边，三楼住宅水平）中交通限制区 C 区内外，有两套固定的监测站点为这 4 个项目服务。

A) 黑碳——衡量空气质量、人类健康和气候变化的新标准

“黑碳颗粒是一个非常有价值的附加空气质量指标，可以用来评估交通中主要燃烧粒子包括有机物带来的健康风险，PM_{2.5} 质量监测中并没有考虑到这一点”

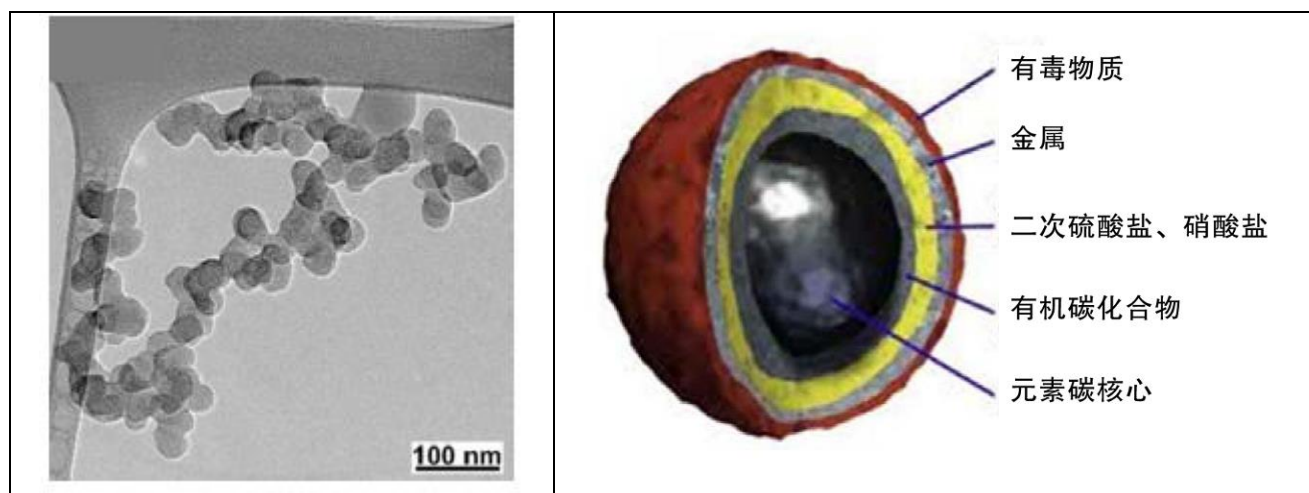
“REVIHAAP 技术报告”【世界卫生组织，2013】

黑碳——PM_{2.5} 和 PM₁₀ 中主要由元素碳构成的一小部分——是化石燃料（石油和煤炭）、生物燃料和生物质不完全燃烧散发出的主要污染物。美国环境保护署（US-EPA，2012）证实，在城市中，黑碳可以作为测量内燃机排放物以及排放物中各类具有不同毒性的化学物质的一种标识物。

黑碳更是一种非常好的柴油机尾气标识物。国际癌症研究机构（IARC，*International Agency for Research on Cancer*，世界卫生组织下属机构）近期更改了柴油机尾气的分类：1988 年，柴油机尾气被分到健康风险 2A 组——“可能人类致癌物”；现在该机构则将其提升到了健康风险 1 组——“人类致癌物”。国际癌症研究机构得出结论说，有“充足的证据”表明，不带微粒过滤器直接接触柴油机尾气会增加患肺癌的危险。该机构强调说，想要评估带微粒过滤器接触柴油机尾气的健康风险，有必要进行进一步的研究及科学研究。

根据最新的世界卫生组织报告（世界卫生组织，2013；世界卫生组织 2012），对毒理学研究的回顾显示，黑碳有害健康一方面是由于它作为纳米颗粒的物理性质，另一方面则是由于它有着非常高的比表面积，因此“可能成为一种普遍的对人体具有不同毒性的多种化学物质的‘携带者’”（图 26）。黑碳尤其与有毒物质或致癌物如多环芳烃（PAH）或金属关系密切。因此经空气传播的黑碳，其浓度本身以及其在颗粒物中所占的比例（经常以 BC/PM_{2.5} 或 BC/PM₁₀ 的形式给出），是一种衡量 PM 毒性及相关健康风险的非常好的指标。

图 26 黑碳尺寸及结构（来源：US-EPA，2012；Williams M.，2013）

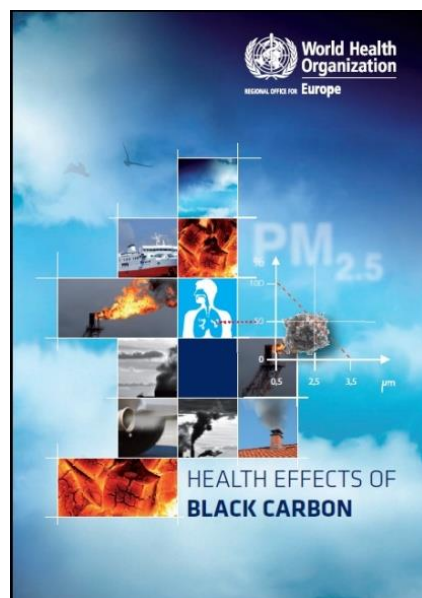
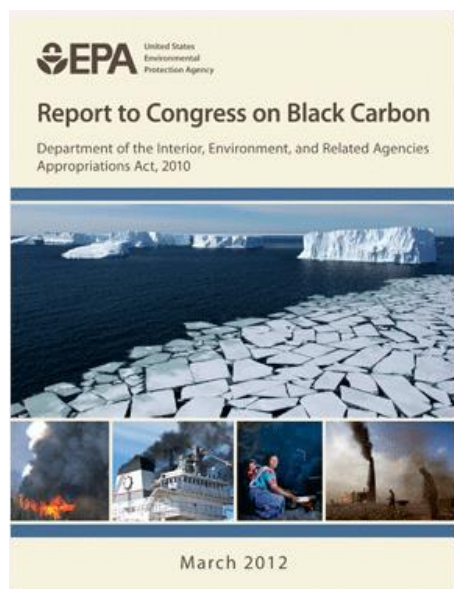


世界卫生组织最新出版物中的结论是REVIHAAP工程（世界卫生组织，2013）得出的结论：

“降低包含黑碳及其它以黑碳作为间接指标的燃烧颗粒物的PM_{2.5}浓度，将减小PM颗粒物对健康的影响，且同时有助于减缓气候变化。”

实际上，流行病学研究提供了充足的证据，证明心肺并发症和死亡率与黑碳浓度相关。近期，黑碳也被视为一种短期气候影响物。图 27 给出了 27 种处理经空气传播黑碳的最重要也是最新的出版物。

图 27 关于黑碳的主要报告（来源：<http://www.epa.gov/blackcarbon/>; <http://www.who.int>）



一部分流行病学研究，尤其是 Janssen *et al.* 2011 年的大数据分析报告指出，在对健康影响的相对估值上，黑碳是一种比 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 更有力也更有效的指标。例如，为减少黑碳而实行的减少车辆交通的假设干预措施带来的预期寿命的增加，将比由 PM_{2.5} 质量浓度的等价变化带来的预期寿命的增加高 4 到 9 倍。

经空气传播黑碳的浓度源于一个“一次”污染物，实际上，浓度的高低与距排放源的远近相关，并依距离不同形成一个梯度，且与“二次”反应相关（这一点很重要，比如在波河流域），在空间分布上也更加均匀。这一规律在 PM 质量浓度上没有体现。这一点使得黑碳成为一种衡量接触与“交通距离”及与此相关的无数健康效应的极好标识物。

在米兰这样的城市中（米兰 70%的 PM 来源于交通）测量黑碳的浓度，我们能看到当人与交通源的距离改变时，不同接触情形下交通废气排放对环境及健康会产生何种影响。在街道水平（街边站点），以及在其它来源（如冬季住宅供热）不会影响黑碳排放时，这一点尤其适用。

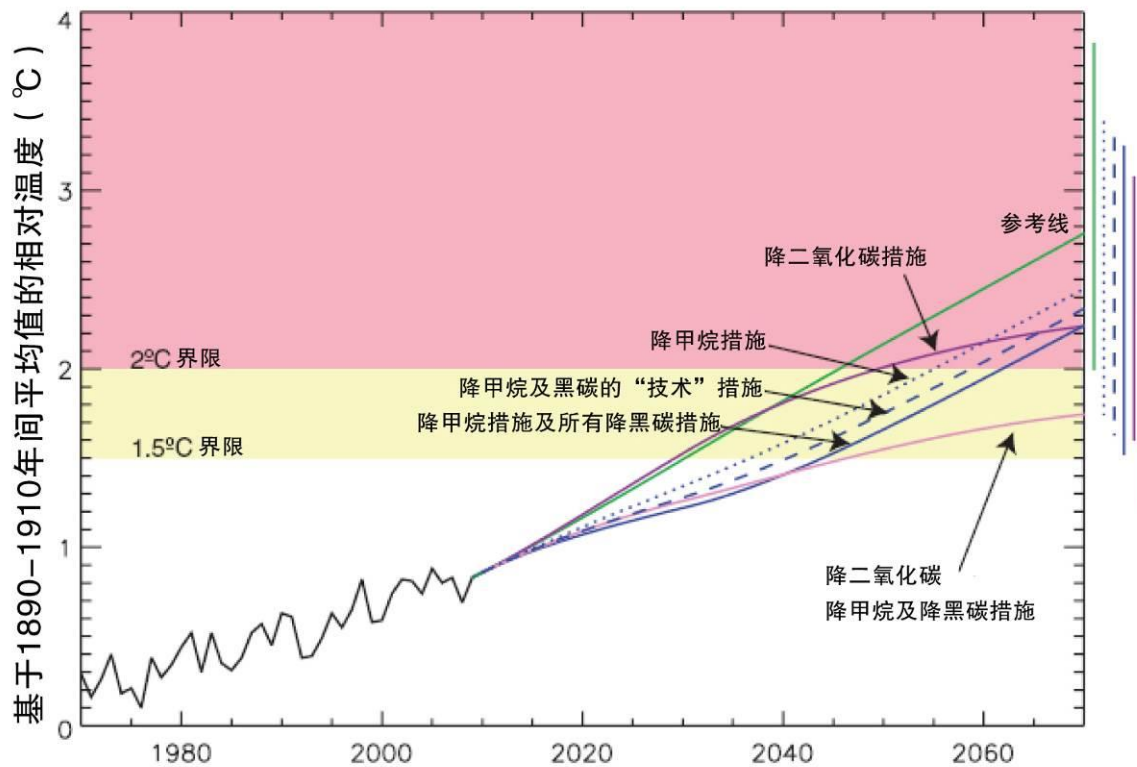
从监管的角度看，需要指出的是，国际科学界基于最新的科学研究，正在讨论与颗粒物的精细部分（即纳米颗粒）相关的新的空气质量标准。目前还没有对纳米颗粒实行监管。纳米颗粒显示出关于颗粒质量（PM10 和 PM2.5）的最重要的健康效应，欧盟限值目前正涉及这一点。

多种不同参数都可用来描述纳米颗粒；在设定未来的空气质量标准上，黑碳是主要的选项之一。这是考虑到目前黑碳的测量技术比其它参数的测量技术更加协调一致，一方面欧盟最近已依据哥德堡协议——规范跨界空气污染排放限制的协议，推出了大气中黑碳的测量方法（大气污染物长程飘移 LRTAP 大会的第 30 次会议——2012 年 4 月 30 日至 5 月 4 日，日内瓦）；另一方面，人们已知道黑碳具有改变气候、影响健康的特征。

科学界认为，减少黑碳排放的措施是一个“双赢战略”，因为最新研究（Shindell *et al.*, 2012）表明，除旨在控制 CO₂ 的政策外，控制黑碳及甲烷排放的政策不仅减缓了气候变化的进程（图 28），降低了气候变化对空气质量及健康的影响（到 2030 年，全球几百万人口将免于早逝），还取得了巨大的效益。

黑碳是一种主要污染物，也是米兰这类城市中近距离交通接触的极好标识物。对黑碳的监测将使评估某一交通措施对“本土”健康的影响以及对“全球”气候变化的影响成为可能。

图 28 截至 2009 年观察到的温度及 2009 年后在多种方案下的预计温度。全部为基于 1890-1910 年间平均值的相对温度



B) 研究目的

C 区黑碳监测项目的两个主要目的如下：

- 1) 评估在不同的近距离交通接触条件下（街边、住宅、行人），“C 区”交通限制区（LTZ）内外的黑碳、PM10 和 PM2.5 的浓度；
- 2) 评估以黑碳作为衡量在米兰这个柴油车占有所有车辆的 48%的城市中，本地实施交通管制干预措施时，交通中产生的纳米颗粒对环境及健康的影响的新指标的是否有效。

C) 站点描述

我们在四个季节的数星期中，在交通限制区 C 区内外住宅及街边的“固定站点”同时进行着实时的黑碳、PM10 和 PM2.5 数据测量。这样的测量是为了体现居住人口及城市使用者不同种类的近距离交通接触。

此外，在交通限制区 C 区以及行人区域，还进行着对交通距离“个人接触”的研究。

i. 城市居民接触（固定站点）

前几个站点位于街边，代表城市中“地面住宅水平直接接触”。两个站点（图 29）都位于所选择的每个区域的主环路上：一个在市中心，位于交通限制区 C 区之内（A 站点：Sforza 大街，图 30，在“Navigli 环城公路”边上），另一个在交通限制区以外（B 站点：Maciachini 广场，图 31，在“外环道路”边上），与 A 站点相距 5 千米。监测器放置在街道水平，距路面

中心 10 米之内。它处于一个相对封闭的大公园内，距离典型的城市街道峡谷中心位置大约 10 米。

Maciachini 广场站点正对一个人来人往的大型广场，与一个交通信号灯距离非常近。这个位置有从城市北面吹来的风，因此比起 Sforza 站点，这个位置更有利于污染物的扩散。

第二批站点代表的是城市中“街边三层住宅水平接触”。我们选择了两个城市住宅站点（图 32），一个位于城市中心，在交通限制区 C 区以内（A 站点：Beccaria 大街，图 33），另一个在交通限制区之外（B 站点：Porpora 大街，图 34），与 A 站点相距 3 千米。监测器放置在两个三楼办公室的露台上。这两个站点均位于大广场上，几个重要街道干线在广场汇合；因为有风，这个位置污染物也很容易扩散。文献中关于在这类站点利用黑碳测量空气质量提到甚少，因此这个研究将对于该领域意义重大。

图 29 代表“地面水平直接近距离住宅接触”两个站点的位置图

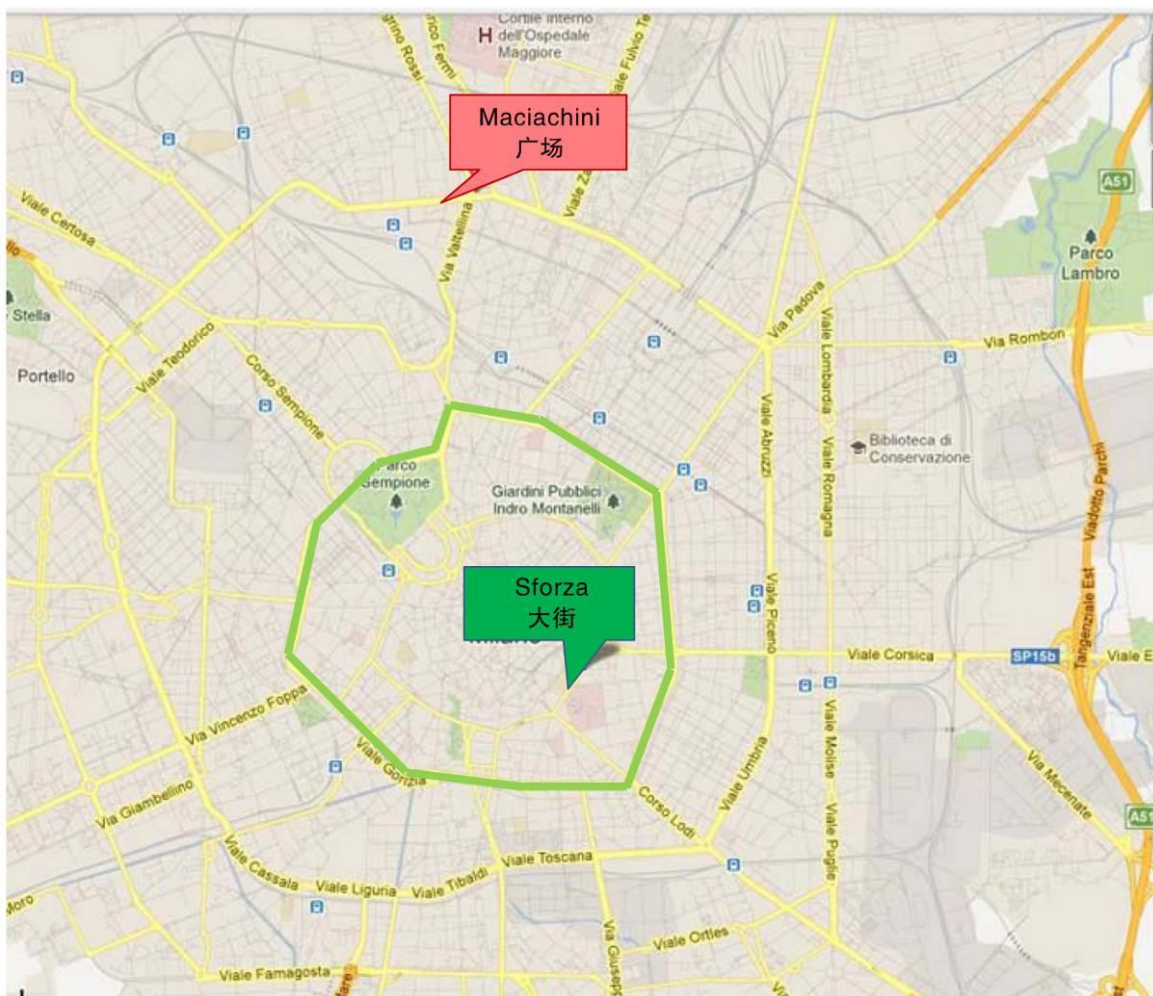


图 30 Sforza 大街站点，Sormani Library 公园，在交通限制区 C 区以内（‘地面水平直接近距离接触’）

图 31 Maciachini 广场站点，市水厂（Municipal Water Plant）庭院，在交通限制区 C 区以外（‘地面水平直接近距离接触’）



图 32 代表“街边三楼住宅水平接触”两个站点的位置图



图 33 Beccaria 大街站点的卫星图，Palazzo del Capitano 的三楼露台，在交通限制区 C 区以内，Verziere 广场前（‘街边三楼住宅水平接触’）



图 34 Porpora 大街站点，米兰市，建筑的三楼露台，在交通限制区 C 区之外，Loreto 广场前（‘街边三楼住宅水平接触’）



ii. 行人接触（监测道路）

在本研究的框架中，我们利用“手提式”采样器进行了多个移动抽样检查，以评估通往城市中心几个主轴线沿线的黑碳‘个体行人接触’。更多细节请见[错误!未找到引用源。](#)节。

D) 抽样方案

我们在代表“地面水平直接近距离住宅接触”站点进行了两次采样，一次在春季（2012 年 5 月 20 日至 29 日），一次在夏末（2012 年 9 月 15 至 25 日），两次采样时都没有住宅供热。在代表“街边三楼住宅水平接触”的站点，一次采样定在冬季（2012 年 2 月 1 日至 26 日），此时有住宅供热；另一次在秋季（2012 年 10 月 1 日至 28 日），部分时间没有住宅供

热，部分时间处在住宅供热初期（法律规定的供热开始日期为 10 月 15 日），因此这次在采样期的前两个星期中，交通是影响 PM 和黑碳（BC）浓度的唯一人为因素。

所有采样都成功进行了，工作日（交通控制区 C 区措施在工作日内生效）的监测结果也全都计算在内。在附加结果中，为了评估该年度一些“徒步星期天”活动的影响，我们也在预定抽样期前后的一些周末进行了检测。

我们在不同季节、一天中的不同时间、在不同的交通密度下，进行了一些持续数小时的个体行人接触的抽样测量（采样都没有安排在夏季）。

E) 设备与方式

在测量黑碳浓度时，我们用的是 MicroAethalometerTM（AE51 模型，美国 Magee Scientific 公司生产）以 5 分钟一次的频率进行测量。而测量 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 的浓度时，我们用的是手持式激光粒子计数器 Optical Particle Counters（Aerocet 531 模型，美国 MetOne 仪器公司生产；DustMonitor 模型，意大利 Contec Engineering 公司生产），采样时间设置为每 15 分钟一次（图 35-图 37）。在这两个站点，我们使用了几对相同的仪器，每一个都利用参考仪器进行了对齐和校准：测量黑碳时使用的参考仪器是美国 Magee Scientific 公司生产的 AethalometerTM AE31 模型，测量 PM 颗粒物时使用的参考仪器则是拥有美国环境保护署等价证书 EQPM-0798 和 T.Ü.V. 936/21205333/A 的由 MetOne 仪器公司生产的 BAM-1020 仪器。所有仪器都被密封在防风雨的盒子中，以进行长时间的户外操作。Aerocet 模型的采样入口也被加热到比环境温度高些的 10-12 °C，以避免相对湿度的影响；同时温度也不会太高，不会有多余的热量，这样可以避免半挥发性化合物的再蒸发。

在测量的最后，我们利用一个数据处理系统来对测量到的数据进行补偿和验证。

图 35 用来测量经空气传播黑碳的 MicroAethalometer™ (AE51 模型，美国 Magee Scientific 公司生产)



图 37 用来测量经空气传播 PM10 和 PM2.5 的 Optical Particle Counters (Aerocet 531 模型，美国 MetOne 仪器公司生产)



图 38 用来校准经空气传播黑碳监测仪器的 Aethalometer™ (AE31 模型，美国 Magee Scientific 公司生产)

图 36 用来测量经空气传播 PM10 和 PM2.5 的 Optical Particle Counters (DustMonitor 模型，意大利 Contec Engineering 公司生产)



图 39 用来校准经空气传播 PM10 和 PM2.5 监测仪器的带 PM2.5 和 PM10 入口的 Beta Attenuation Monitor (BAM-1020 模型，美国 MetOne 仪器公司生产，拥有美国环境保护署等价证书 EQPM-0798 和 T.Ü.V. 936/21205333/A)



我们利用区域空气质量（Regional Air quality）和气象网络数据集（Meteorological network dataset），为任一采样点选择最近的监测站，对数据分析中考虑到的气象数据及与交通相关污染物（如 NO_2 ， NO 和 CO ）的浓度数据进行了处理。

边界层混合高度值的预估中用到的数据有：1）Sodar 风廓线仪在城市历史中心测量的夜间混合高度值数据；2）应用于测量地面常规气象参数的 Batchvarova-Gryning 模型（Batchvarova and Gryning, 1994）在 Sodar 风廓线仪附近测量到的白天的混合高度值。

在行人接触测量中，也用到了相同的事先校准和对齐的仪器：用 MicroAethalometerTM（AE51 模型，美国 Magee Scientific 公司生产）测量黑碳，用 Optical Particle Counters（Aerocet 531 模型，美国 MetOne 仪器公司生产）测量 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 。

在行人接触测量中，设定的采样时间为黑碳 1 分钟一次， PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 则为 2 分钟一次。

F) 结果与讨论

i. 城市居民的接触

在交通限制区 C 区措施实行的工作日中，5 月份街边站点测量的交通限制区 C 区以内和以外的黑碳（BC）浓度 24 小时平均值（SD）分别为 $2.4 (0.5) \text{ g/m}^3$ 和 $4.0 (2.3) \text{ g/m}^3$ （ $p < 0.0001$ ）。从这可以看出，在交通限制区 C 区以内和以外的绝对值有 $1.6 (2.0) \text{ g/m}^3$ ，即-40%的差异。交通限制区 C 区以内的 BC/ PM_{10} 和 BC/ $\text{PM}_{2.5}$ 值也比 C 区以外的值分别低 50%和 59%。

在交通限制区 C 区措施实行的工作日中，9 月份（图 40）相同站点交通限制区 C 区以内和以外的黑碳（BC）浓度 24 小时平均值（SD）分别为 $3.2 (0.8) \text{ g/m}^3$ 和 $6.7 (1.0) \text{ g/m}^3$ ($p < 0.0001$)。从这可以看出，在交通限制区 C 区以内和以外的绝对值有 $3.5 (1.4) \text{ g/m}^3$ ，即-52%的差异。交通限制区 C 区以内的 BC/PM10 和 BC/PM2.5 值也比 C 区以外的值分别低 50%和 60%。

2 月份三楼住宅站点交通限制区 C 区以内和以外的黑碳（BC）浓度 24 小时平均值分别达到了 $5.6 (1.9) \text{ g/m}^3$ 和 $7.8 (2.5) \text{ g/m}^3$ ($p < 0.0001$)。从这可以看出，在交通限制区 C 区以内和以外的绝对值有 $2.2 (1.3) \text{ g/m}^3$ ，即-28%的差异。交通限制区 C 区以内的 BC/PM10 和 BC/PM2.5 值也比 C 区以外的值分别低 32%和 25%。

10 月份在这些相同站点，我们分别于住宅供热开始前及开始后进行了 1 个月的采样（图 41）。在采样的第一周中，气象条件更为稳定、供热设备也未开始运行，这期间交通限制区 C 区以内和以外的黑碳（BC）浓度 24 小时平均值分别达到了 $2.8 (1.4) \text{ g/m}^3$ 和 $4.1 (1.6) \text{ g/m}^3$ ($p < 0.0001$)。从这可以看出，在交通限制区 C 区以内和以外的绝对值有 $1.3 (1.1) \text{ g/m}^3$ ，即-32%的差异。住宅内部供热开始后，交通限制区 C 区以内和以外的黑碳浓度百分数差降低了约 50%（平均值分别为-12% 和-33%，单天值分别为-24% 和-52%）。

在进行的所有采样活动中，内部站点及外部站点的 PM10 和 PM2.5 浓度没有显著差异。

本研究所取得的结果（图 42）与文献中在其它城市相似站点及之前夏季在街边相同区域（Invernizzi *et al.*, 2011）进行的研究取得的结果一致。上述城市有：柏林（Bruckmann 和 Lutz, 2012），伦敦（TfL, 2010），巴塞罗那（Reche *et al.*, 2011），慕尼黑（Quadir *et al.*, 2013）。

图 40 及图 41 中给出了黑碳浓度、PM10 和 PM2.5 浓度以及其它气象资料（风速、降雨量）。从图中可以看出大气扩散条件对这些浓度的影响。

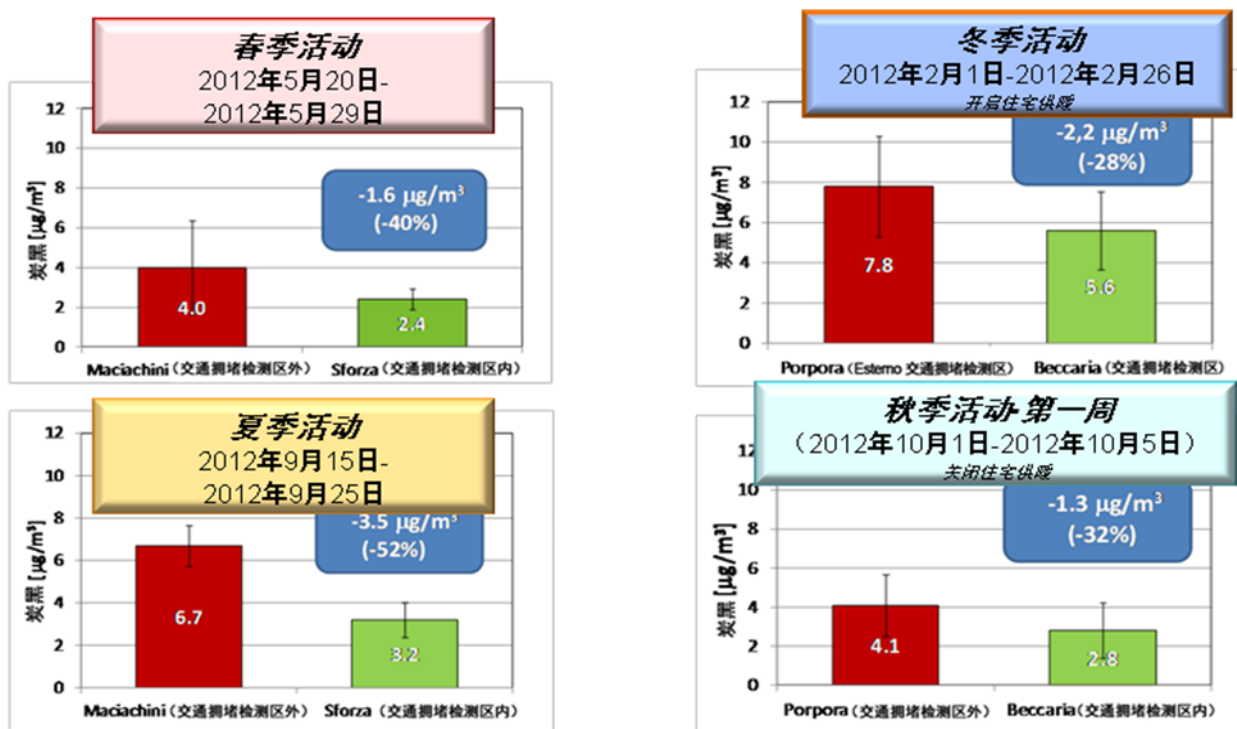


图 43 表明了街边住宅站点冬季采样中黑碳浓度、交通模式、边界层混合高度及供热能耗状况之间的相互关系。从图中可以看出，黑碳浓度如何随白天边界层混合高度的变化、在交通高峰时段或非高峰时段，以及住宅供热的开或关而变化。

图 40 在街边站点进行的 9 月份监测计划中检测到的交通限制区 C 区内的黑碳浓度

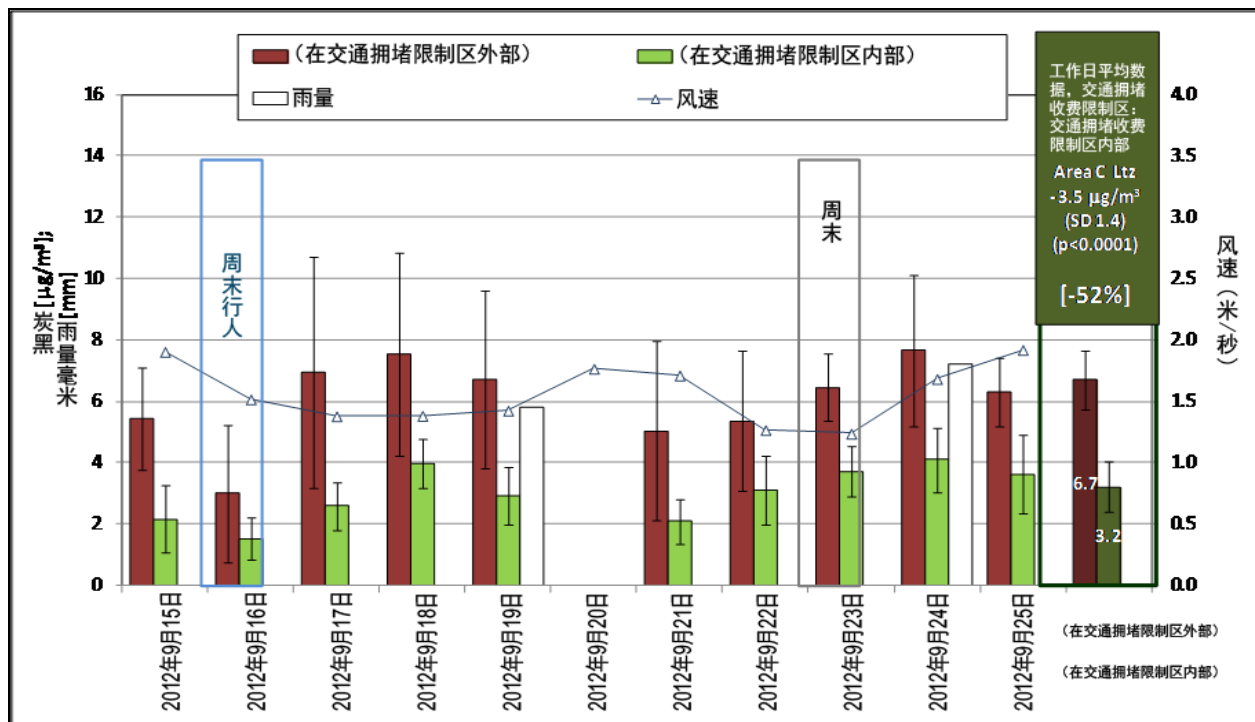


图41 10月份在住宅站点监测到的在交通限制区C区以内和以外的黑碳浓度

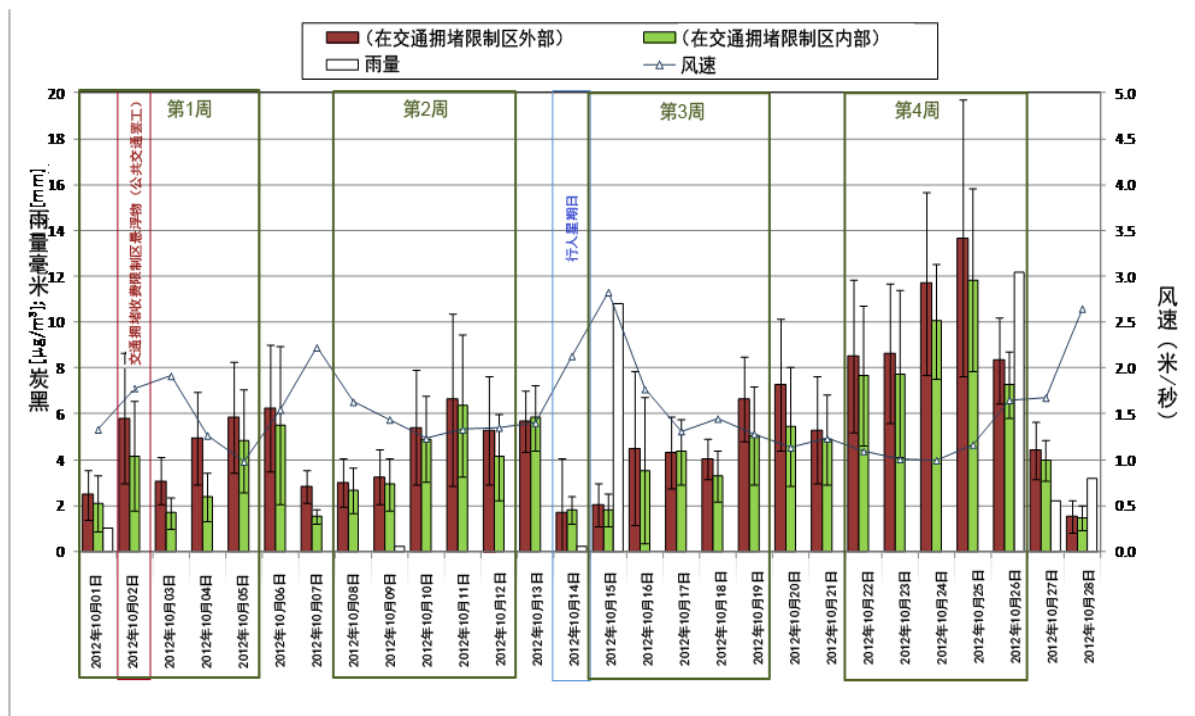


图 42 在交通限制区 C 区措施实行的第 1 年中黑碳监测结果概览

街边站点

3 楼住宅水平站点

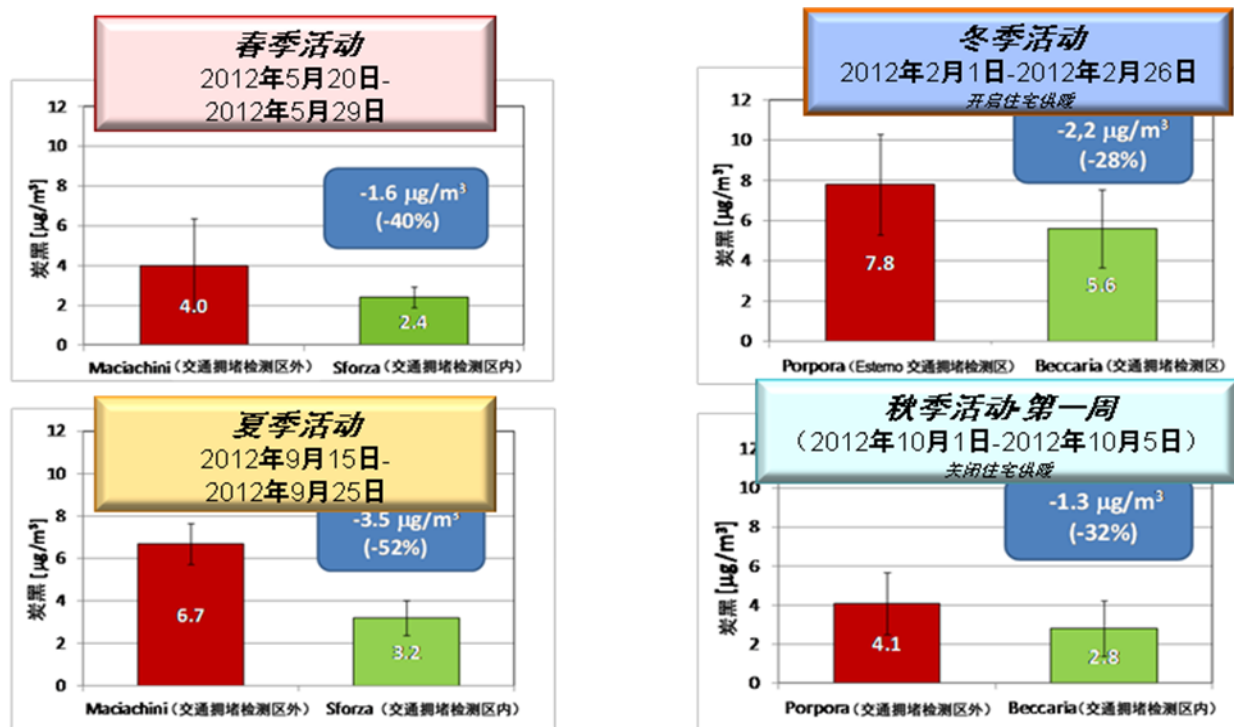
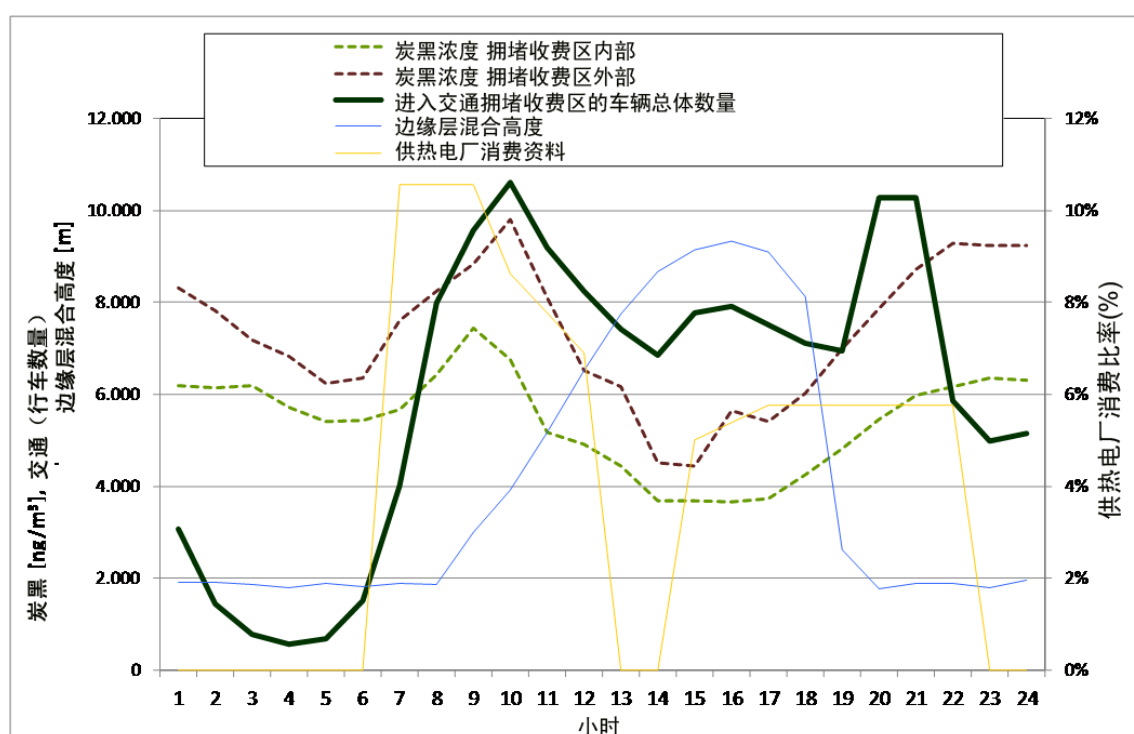


图 43 在交通限制区 C 区以内及以外的黑碳浓度与交通模式、混合高度及供热耗能状况之间的相互关系。图为冬季在街边住宅站点监测到的一个典型“工作日”的每小时概况。



1. “徒步星期天”（又名“无车日”）

在“徒步星期天”活动中（图 44-图 45），街边两站点测量到的黑碳浓度平均值

与未实行交通限制的最临近的星期天中的测量值分别低 78%（2012 年 5 月 27 日）和 75%（2012 年 9 月 16 日），数据中还未考虑活动中气象条件更不利于气体扩散这一点。这些结果与交通测量完全一致，交通测量值显示“徒步星期天”这一值比一个典型的星期天流量中的值低 72%。10 月份的结果不能证实这些结论，这是由于 10 月份中大多数周日的气象条件受到了扰动。

图 44 米兰“徒步星期天”横幅广告



图 45 米兰某个“徒步星期天”的街头景象（Venezia Gate 处）



2. 交通限制区“C 区”在公共交通罢工日暂停实施

在秋季测量中，由于公交系统罢工（2012 年 10 月 2 日），交通限制区 C 区措施暂停实施了一段时间。与此相对应，住宅站点监测到黑碳浓度有所上升。与暂停时间段之前及之后的测量数据相比，暂停期间 Porpora 站点（交通限制区 C 区之外）的测量值上升了 1.9 到 2.4 倍，而 Beccaria 站点（交通限制区 C 区之内）的测量值上升了 2 到 2.5 倍。

ii. 个体行人接触

携带手提采样器的人员沿着图 46 中的路线，在 C 区内外行走，测量个体行人接触。同时，安装在固定站点的另一套仪器测量着黑碳和 PM 浓度，以监测污染的临时变化。我们在不同的三天里，对这一路线进行了重复监测。行人路线上有一条街，这条街是通往城市中心最重要的主轴线之一，从 Loreto 广场开始，到 S. Babila 广场结束（第一程），或直到 Duomo 广场的行人专区（第二及第三程）。图 47 给出了在徒步出行中监测到的黑碳浓度的一个样例。

与区域外相比，根据对同一路线的三个重复测量，对交通限制区 C 区以内行人接触的测量数据得出以下值：

交通限制区 C 区黑碳低 43%，行人专区低 59%

交通限制区 C 区黑碳/PM 颗粒物低 46%，行人专区低 63%

以上结果可能会低估接触值，因为行程时间并不总是与交通高峰时段相对应。

图 46 徒步路线（从 Loreto 广场到 Duomo 广场及返程）

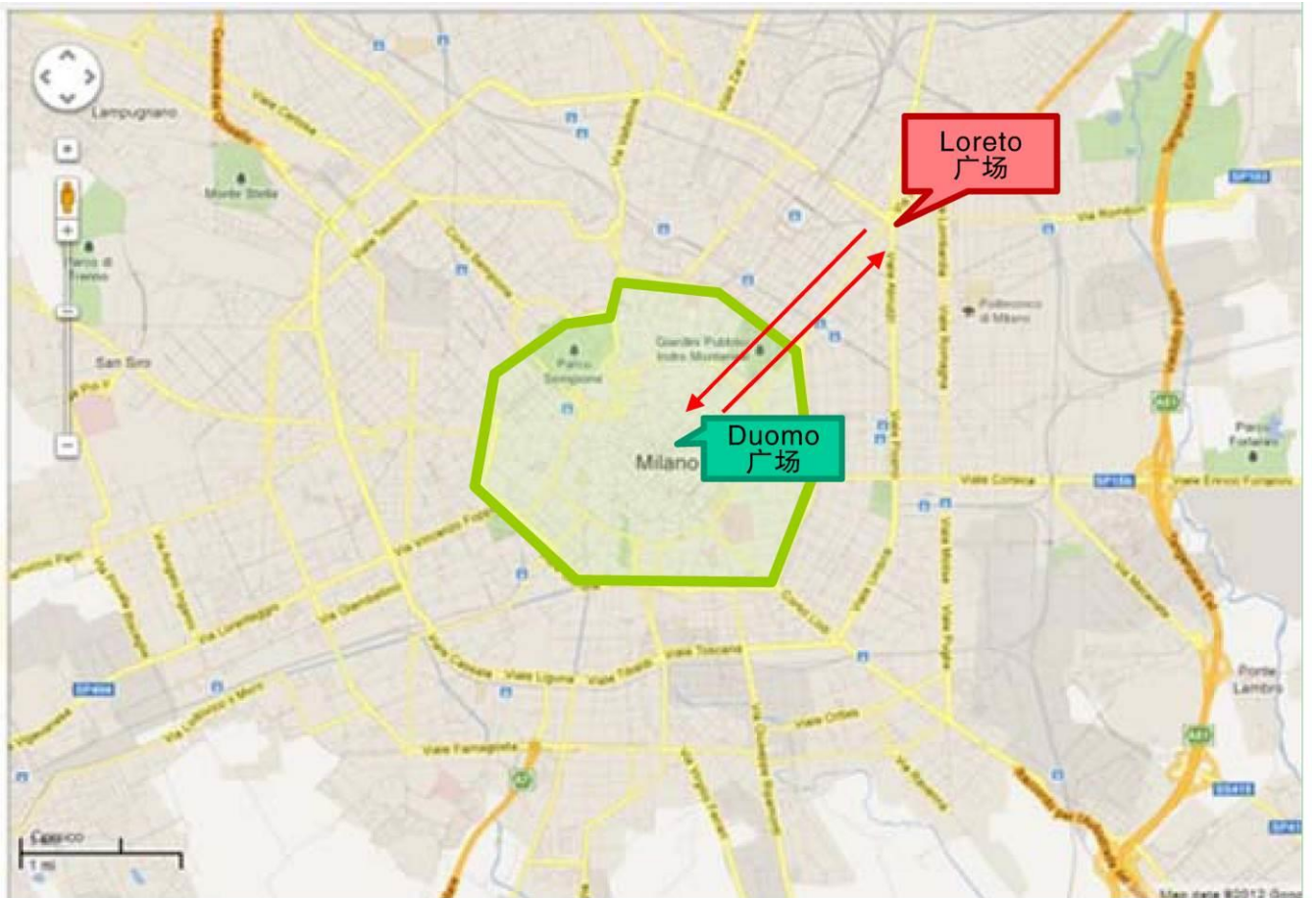


图 47 从 Loreto 广场到 Duomo 及返程中徒步出行受到的个体接触（2012 年 2 月 8 日）

9 “C 区”计划从实验阶段到应用阶段：将炭黑标准纳入交通计划

9.1 简介与目标

2012 年，在交通环境和土地使用局的支持下，米兰市政当局更新了城市交通计划。“C 区”交通限制区被评估为结构措施，对主要环境方面有积极影响，并有利于减少交通堵塞。

2013 年 3 月，将城市交通计划战略环境评价考虑在内，当地市政委员会通过了城市交通计划更新。2013 年 3 月 27 日，“C 区”试验阶段一年后，市政委员会决定将“C 区”作为永久的战略措施，与其它措施相辅相成（比如限速 30 千米/小时区，环线网络区等等）。

在城市交通计划战略环境评价程序的框架内，米兰市政当局根据空气炭黑测量计划（详见第 9 部分）的经验引进了量化指标中的元素碳（与炭黑密切相关的污染物）。

在城市交通计划评估框架内采用上述交通污染指示物的目的是想得到一个“微粒毒性指标”，它不仅便于在当地政府机关的正常规划活动内使用，而且与不同政策情况下导致的对环境和健康的影响相关。

9.2 背景与方法

正如在第 2.3 部分所报告的，暴露在交通引起的空气污染下易引起哮喘病的恶化，这在科学文献中可以找到大量佐证。还有一些证据可推测出前者还会引起儿童哮喘的发作、非哮喘呼吸道症状、肺功能受损、心血管病死亡率、心血管发病率和肺癌（健康影响研究所，2010；拉舒-尼尔森等人，2013）。

元素碳是像炭黑一样的碳质纳米颗粒，是探测道路交通排放（“交通距离”指示物）空间变化以及相关健康影响（WHO，2013）的敏感探测器，作为与炭黑密切相关的污染物，它的排放量被采用作为污染情况的指示物（库克奈特等人，2012，列斐伏尔等人，2011）。

根据文献，离车辆源的距离不同将会对人口的健康影响不同，目前已有大量证据（比如儿童哮喘）证明此论述。住在离主公路 75 米内的儿童，比其他儿童有超过 30%的可能会被诊断为哮喘，超过 40%-50%的可能处于长期药物治疗哮喘或者有过近期急性发作（麦康奈尔等人，2006；佩雷兹 L.，2012；布鲁盖特等人，2007）。

为了得到测试城市交通计划（表 3，图 48-图 49）所考虑到的不同交通措施方案的污染指示物，使用 COPERT IV 模型排放因子（凯特西赛特等人，2012）来测量距离住宅 75 米内的日均车辆元素碳排放量（图 4-图 5）。同时，也对暴露在不同程度车辆排放元素碳的人口（图 50-图 51）进行评估。

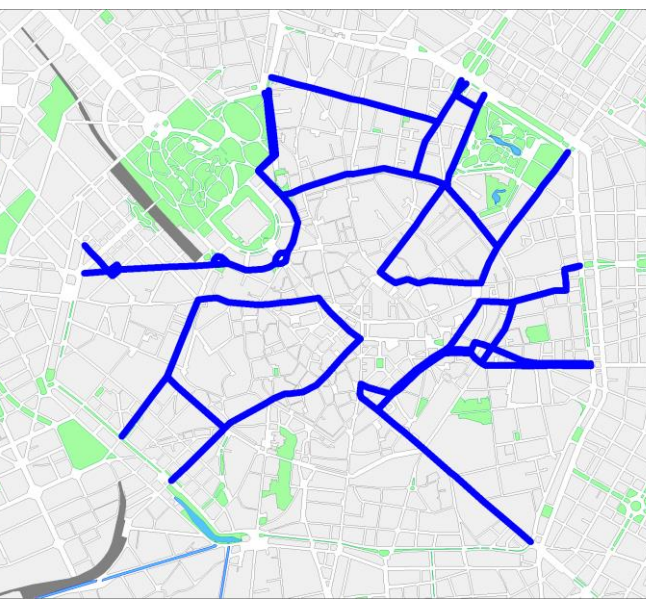
表 3-2015 年交通措施方案，为城市交通计划的战略环境评价所评估

参考	城市交通计划“基本”措施方案	城市交通计划“基本”措施方案+道路收费方案	城市交通计划“基本”措施方案+循环方案
商业作为日常场景，由于车辆数目增加交通排放量也不同。	实施城市交通计划的基本方案（比如限速30千米/小时区、行人区、公共交通和单车预留区） 不考虑任何Bastioni环线区内的车辆流通控制方案	采取共同实施基本方案以及道路收费方案来评定Bastioni环线区	采取共同实施基本方案以及循环方案来规范Bastioni环线区内的车辆流通

图 48-道路收费方案以评定 Bastioni 环线区



图 49-Bastioni 环线区内的循环流通方案



9.3 结果与讨论

9.3.1 城市交通计划：比较“基本”措施方案与2015年的“参考”方案

此项评估最重要的发现包括（见表 4）：

碳元素交通排放量轻微上涨（+2%）以及在 Bastioni 环线区内的相关人口暴露轻微上涨；

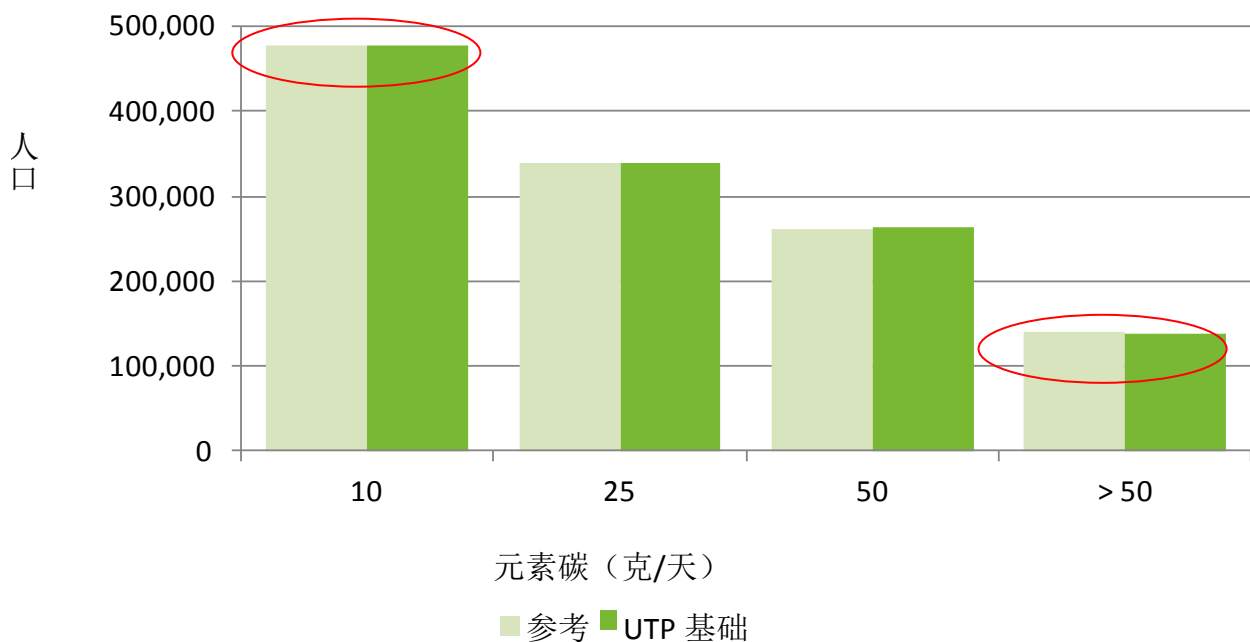
碳元素排放量减少（-5%）以及在 Bastioni 环线区和 Filoviaria 环线区之间相关人口暴露的减少；

整个城市人口暴露减少（-2.2%）（图 50）对更高的排放量（>50 克/天），与 3000 左右居民相对应，人口暴露轻微上涨对较低的元素碳水平（<10 克/天）。

表 4-工作日距离住宅 75 米处的交通排放物种元素碳的平均值（克/天）：城市交通计划“基本”措施方案 vs 2015 年“参考”方案

距离住宅75米处的交通排放物种元素碳（克/天）	参考	UTP基础	%
米兰（整个城市）	22.0	21.8	-1%
Bastioni环线内	20.4	20.8	+2%
Bastioni环线与Filoviaria环线之间	30.9	29.5	-5%
Filoviaria环线与城市边缘之间	19.2	19.2	0%

图 50-距离住宅 75 米处的暴露在不同水平的交通排放物元素碳的人口：城市交通计划“基本”措施方案 VS. 2015 年“参考”方案



9.3.2 不同的交通措施方案（“城市交通计划基本方案+道路收费方案”或“城市交通计划基本方案+循环方案”）与 2015 年城市交通计划“基本”措施方案的比较

此次评估的主要结果包括（见表 5）：

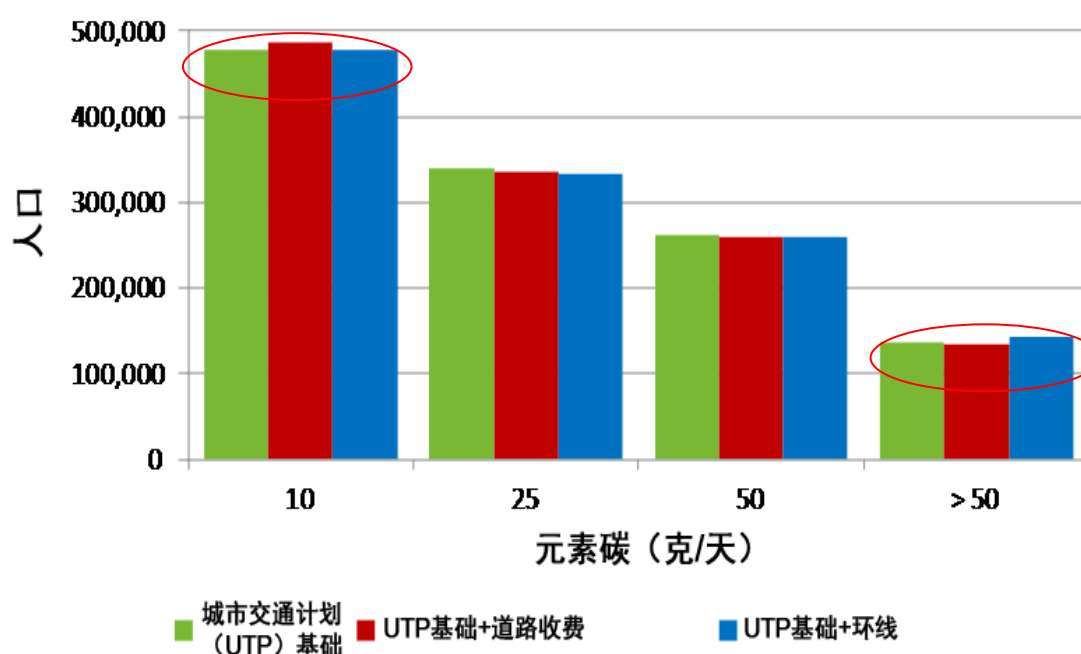
米兰生态区：政策的设计，执行，以及对交通及环境状况的改善

- ✓ 城市交通计划基本方案+道路收费方案：Bastioni 环线区最主要的元素碳交通排放量减少（-12%）以及整个城市范围内的轻微减少（-1%）
- ✓ 城市交通计划基本方案+循环方案：Bastioni 环线区内元素碳交通排放量减少（-8%），但外部增加（+4%）
- ✓ 城市交通计划基本方案+道路收费方案：人口暴露减少对较高水平的排放量以及较低水平排放量的增加，与循环方案中 9000 左右居民的变化相对应

表 5-工作日距离住宅 75 米处的交通排放物种元素碳的平均值（克/天）：城市交通计划“基本”措施方案+道路收费和城市交通计划“基本”措施方案+循环方案 vs 2015 年城市交通计划“基本”措施方案

距离住宅75米处的交通排放物种元素碳含量（克/天）	UTP基础	UTP基础+道路收费	%	UTP基础+环线	%
米兰（整个城市）	21.8	21.5	-1%	22.1	+1%
Bastioni 环线内	20.8	18.3	-12%	19.2	-8%
Bastioni 环线与Filovaria环线之间	29.5	29.3	-1%	30.6	+4%
Filovaria环线与城市边缘之间	19.2	19.1	-1%	19.5	+2%

图 51-距离住宅 75 米处的暴露在不同水平的交通排放物元素碳的人口：城市交通计划“基本”措施方案+道路收费和城市交通计划“基本”措施方案+循环方案 vs 2015 年城市交通计划“基本”措施方案



总之，可以断定，作为交通距离暴露优秀的指示物，炭黑/元素碳提供了断定不同交通规划政策的有效性的可能性。

2015 年，在米兰实施了循环流通方案和道路收费方案后，将使 9,000 左右的居民免于暴露较高元素碳交通排放量水平下（>50 克/天），重要的是公众健康得到了保障。

这项评估支持了 2012 年作为试点措施的在“C 区”收取交通拥堵费的方案。

10 “C 区”交通限制区计划的主要经验

10.1 交通方面

在全世界范围内的大都市地区，交通拥堵都是一个持久且不断恶化的问题，当地政府均在征集创新解决方案来面对它。

道路收费方案可以说是寻找资源以提升居民生活水平的一个有效手段。在米兰，所有“C 区”交通限制区所得的收益均被投资在可持续交通项目中，比如加强公共交通以及自行车共享系统的发展。

成果一览：

- ❑ 三分之一的车辆被留在家中，交通拥堵和事故率下降，公共交通得以提升了速度。
- ❑ 一年后，市民交通行为发生了巨变：他们似乎已完全理解了“C 区”措施的目标，转向更清洁的交通方式。

即使 C 区交通限制区的引入是由于全民公投的结果，因为据投票结果显示，大多数的米兰投票市民（79%）希望加强公共交通并限制交通污染，但在试行阶段，此措施还是遇到了一些阻碍。得益于受到此措施影响的各方的交流和反馈，一些来自市民的需求得到了满足，最顽强的阻碍最终也被跨越了。多项为了促进城市贸易的发展而举办的活动也削弱了此项措施带来的社会影响。特别是，在星期四，此项措施的持续时间减少了 1 小时（从早 7:30 到晚 6:30）以满足贸易需求。当地政府还制订了鼓励车主使用“C 区”交通限制区内的私人停车场的规定，一方面满足了私人停车场主的要求，另一方面减少了沿街停车对公共空间的占用，多余的空间可用来进行其它形式的可持续交通（比如自行车路线等等）。此外，2013 年 10 月，当地政府与私人停车场主协会签订了一项协议，给予使用交通拥堵收费区内协定的私人停车场的车主优惠：进入“C 区”交通限制区收费 3 欧元而非 5 欧元；在协定的私人停车场内停车优惠收费（最高 4 欧元/小时），对于免于缴纳进入“C 区”交通限制区费用的车辆也适用（同见第 5 部分）。

另一个为了满足“C 区”交通限制区使用者需求而做的改变是延长缴纳入区票费用的截止时间：现在车主可以直至第二天的午夜前缴纳入区票费用（5 欧元）或者激活一张可在一周内（接下来的 7 天）付款的额外票（价值 30 欧元）。另外，凡是在网站 www.myareac.it 上注册过的车主均可享受某些特定设施。

2013 年 4 月对米兰市民的意见进行的一项调查显示，58%的居民对“C 区”措施表示支持。

可持续城市交通计划中将会讨论有关在米兰实行道路收费方案的可能性。

10.2 环境方面

“C 区”减少了一半最具污染性的车辆并增加了更清洁的车辆。交通车辆排放量根据污染物的不同从 10 降到了 42%。尤其是 CO₂ 排放量，曾经四年内都基本没变化，如今却急剧减少。

污染物环境浓度并不总是和排放量减少呈线性比例，这需要根据污染物的种类来决定：只有一次污染物的减少才和浓度呈线性响应，而二次污染物，作为大气中化学变化的主要对象，不会达到与前述排放量相同的减少量。针对有毒性主要污染物实施了排放量控制措施后，环境浓度中主要有毒化合物将会减少。

米兰在“C 区”交通限制区获得的炭黑监测经验表明，对一项主要有毒污染物进行监测的结果可以证实当局对交通运行的干预会对空气中有毒汽车排放污染物产生重要影响，减少了直接接触和居民暴露。

事实上，即使颗粒物（PM）浓度没有变化，但是数据仍显示，不管是在“C 区”交通限制区的普通路边还是住宅路边炭黑浓度有了显著不同，改进了 1 到 3 个炭黑流行病学变更单位（詹森等人，2011）。这表明了在个人暴露在有毒交通颗粒的情况以及随后的死亡率和病发率都有了明显变化，那就是对居民人口和城市人口的健康有益。

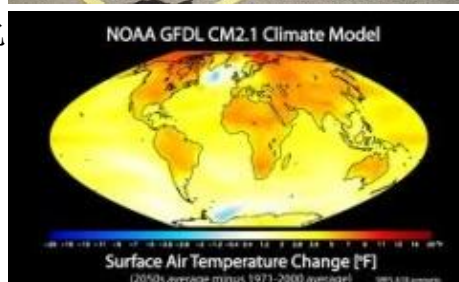
成果一览：

- ❑ 数学模型结果显示，实施了收取交通拥堵费方案的“C 区”交通限制区内的 CO₂ 排放量和其它车辆污染物排放量急剧减少，这些排放量均与行驶里程直接相关。
- ❑ 通过监控炭黑、主要污染物和交通距离暴露的优秀指示器以及短期气候作用力等措施，证实了交通政策（交通拥堵费、城市交通计划、可持续城市交通计划等等）对以下方面可能有效：

- ✓ 对当地居民健康的影响；



- ✓ 城市对全球范围内改善气候变化影响的贡献。



11 传播

“C 区”交通限制区的经验和成果通过网络、电视、无线电广播以及有关环境、流动性和交通议题的国际会议或重要活动被传播开来。

有关交通和环境议题的“C 区”技术报告是公开的，可在米兰市网站 <http://www.areac.it> 下的“监测和结果”栏下找到。

目前，有关炭黑监测的经验和成果已在下列科研会议上进行了展示：

- ✓ PM2012-第五届全国颗粒物研讨会，佩鲁贾，意大利，2012 年 5 月 16 日-18 日（莫罗尼等人）。
- ✓ 第 16 届苏黎世联邦理工学院“燃烧生成的纳米粒子”研讨会，苏黎世，瑞士，2012 年 6 月 24 日-27 日。
- ✓ 2012 交通和空气污染研讨会，萨洛尼卡，希腊，2012 年 11 月 26 日-27 日。
- ✓ 第 17 届苏黎世联邦理工学院“燃烧生成的纳米粒子”研讨会，苏黎世，瑞士，2013 年 6 月 23 日-26 日。
- ✓ ISEE（国际环境流行病学协会），ISES（国际暴露分析协会）和 ISIAQ（国际室内空气质量与气候协会）联合举办的“环境和健康”研讨会，巴塞尔，瑞士，2013 年 8 月 19 日-23 日。
- ✓ “欧洲呼吸协会 2013 年会”，巴塞罗那，西班牙，2013 年 9 月 7 日-11 日。
- ✓ “国际空气污染和呼吸道疾病研讨会”，米兰，意大利，2013 年 10 月 19 日。
- ✓ 中国城市论坛，“国际治理交通拥堵和控制车辆尾气排放的经济政策论坛”，杭州，中国，2013 年 12 月 12 日-13 日。

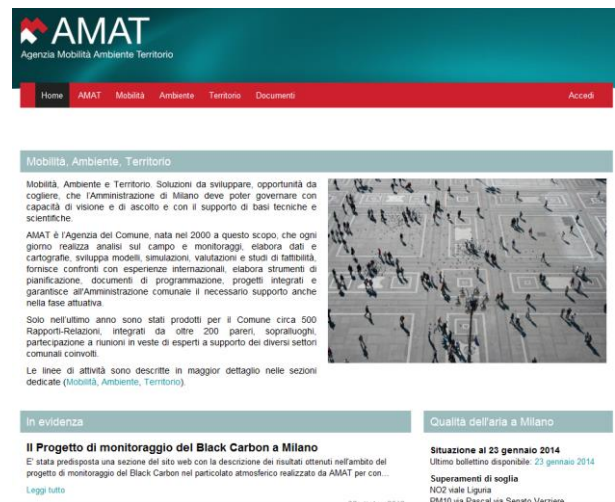
包含“C 区”炭黑检测计划结果以及城市交通计划战略环境评价的发现（详见参考文献：26-27、41-47 和 4）的技术报告和科研会议进程可在下述网站找到（图 53）：

<http://www.amat-mi.it/it/ambiente/qualita-aria/il-progetto-di-monitoraggio-del-black-carbon/>

图 52-米兰市“C 区”交通限制区网站：交通和环境监测报告



图 53-交通环境和土地使用局的网站：炭黑监测报告



12 REFERENCES 参考文献

1. Alessandrini *et al.*, 'Air pollution and mortality in twenty-five Italian cities: results of the EpiAir2 Project', *Epidemiologia e Prevenzione*, 2013; 37(4-5):220-229.
2. Anenberg S.C., Schwartz J., Shindell D., Amann M., Faluvegi G., Klimont Z., Janssens-Maenhout G., Pozzoli L., Van Dingenen R., Vignati E., Emberson L., Muller N.Z., West J.J., Williams M., Demkine V., Hicks W.K., Kuylenstierna J., Raes F., Ramanathan V., 2012: 'Global Air Quality and Health Co-Benefits of Mitigating Near-Term Climate Change through Methane and Black Carbon Emission Controls', *Environmental Health Perspectives*, in press, doi:10.1289/ehp.1104301.
3. Baccarelli A., Wright R.O., Bollati V., Tarantini L., Litonjua A.A., Suh H.H., Zanobetti A., Sparrow D., Vokonas P.S., Schwartz J., 'Rapid DNA Methylation Changes after Exposure to Traffic Particles', *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, 2009; 179:572-578.
4. Bedogni M., Moroni S., Villavecchia B., Perchich L., Ruprecht A., Sioutas C., Invernizzi G., 'Adopting Black Carbon/Elemental Carbon as a tool in Mobility Planning: the General Urban Traffic Plan of the City of Milan, Italy', ISEE-ISES-ISIAQ Conference 'Environment and Health. Bridging South, North, East and West', Basel (Switzerland), August 19th-23rd, 2013.
5. Beelen *et al.*, 'Effects on long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicenter ESCAPE project', *The Lancet*, Early Online Publication, December 9, 2013, doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3
6. Bhatia R., 'Policy and Regulatory Action Can Reduce Harms From Particulate Pollution', *Archives of Internal Medicine*, 2012;172:227-8.
7. Biggeri A., Bellini P., Terracini B., 'Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution. MISA 1996-2002', *Epidemiologia e Prevenzione*, 2004, 28(4-5 Suppl):4-100.
8. Bisanti L., 'Impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico urbano a Milano', City of Milan Conference on the Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region, Milan, November 5th, 2012.
9. Boogaard *et al.*, 'Contrast in air pollution components between major streets and background locations: Particulate matter mass, black carbon, elemental composition, nitrogen oxide and ultrafine particle number'. *Atmospheric Environment* 2011; 45-3: 650-658.
10. Boogaard H., Janssen N.A., Fischer P.H., Kos G.P., Weijers E.P., Cassee F.R., van der Zee S.C., de Hartog J.J., Brunekreef B., Hoek G., 'Contrasts in oxidative potential and other particulate matter characteristics collected near major streets and background locations', *Environmental Health Perspectives*, 2012; 120:185-91.
11. Brandt S., Perez L., Kuenzli N., Lurmann F., Mc Connell R., 'Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities' *European Respiratory Journal*, August 1, 2012 vol. 40 no. 2 363-370.
12. Brugge D., Durant J.L., Rioux C., 'Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks', *Environmental Health* 2007; 6:23.
13. Brukman P., Lutz M., 'Do Low Emission Zones reduce the burden of particulates?', XV ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich (Switzerland), 26th-29th June 2011.
14. Brunekreef B., Beelen R., Hoek G., Schouten L., Bausch-Goldbohm S., Fischer P., Armstrong B., Hughes E., Jerrett M., van den Brandt P., 2009: 'Effects of long-term exposure to traffic-related air

- pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study*, HEI-Health Effects Institute Research Report n. 139, Boston, MA, USA.
15. City of Milan and AMAT-Agency for Mobility Environment and Land Use, 2007: *'Report on the State of the Environment in Milan'*
 16. City of Milan and AMAT-Agency for Mobility Environment and Land Use, 2012: *'Urban Traffic Plan'*.
 17. Daher N., Ruprecht A., Invernizzi G., De Marco C., Miller-Schulze J., Heo J.B., Shafer M.M., Schauer J.J., Sioutas C., *'Chemical Characterization and Source Apportionment of Fine and Coarse Particulate Matter Inside the Refectory of Santa Maria Delle Grazie Church, Home of Leonardo Da Vinci's Last Supper'*, Environmental Science and Technology, 2011; 45: 10344-10353.
 18. Daher N., Ruprecht A., Invernizzi G., De Marco C., Miller-Schulze J., Heo J.B., Shafer M.M., Shelton B.R., Schauer J.J., Sioutas C., *'Characterization, Sources and Redox Activity of Fine and Coarse Particulate Matter in Milan, Italy'*, Atmospheric Environment 2012; 49:130-141.
 19. EEA - European Environment Agency, *'Air Quality in Europe - 2013 report'*, No. 9/2013.
 20. Fang S.C., Mehta A.J., Alexeeff S.E., Gryparis A., Coull B., Vokonas P., Christiani D.C., Schwartz J., *'Residential Black Carbon Exposure and Circulating Markers of Systemic Inflammation in Elderly Males: the Normative Aging Study'*, Environmental Health Perspectives, doi:10.1289/ehp.1103982, 15 February 2012.
 21. Geller M.D., Ntziachristos L., Mamakos A., Samaras Z., Schmitz D.A., Froines J.R., Sioutas C., *'Physicochemical and redox characteristics of particulate matter (PM) emitted from gasoline and diesel passenger cars'*, Atmospheric Environment 2006; 40:6988-7004.
 22. Health Effects Institute, 2010: *'Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects'*, HEI Special Report n. 17, Boston, MA, USA.
 23. Hu S., Polidori A., Arhami M., Shafer M.M., Schauer J.J., Cho A., Sioutas C., *'Redox activity and chemical speciation of size fractioned PM in the communities of the Los Angeles-Long Beach harbor'* Atmospheric Chemistry and Physics, 2008; 8: 6439-6451.
 24. IARC on Cancer Monograph Working Group/WHO, 2012: www.thelancet.com/oncology, Published online June 15, 2012 DOI:10.1016/S1470-2045(12)70280-2.
 25. IARC/WHO, 2012: IARC Diesel Engine Exhaust Carcinogenic, Press Release n. 213, 12th June 2012
 26. Invernizzi G., Moroni S., Ruprecht A., Bedogni M., Villavecchia B., Tosti G., Porta R., Sioutas C., Westerdahl D., *'Air quality assessment in 'Area C', the new Milan city center traffic restriction zone. PM10, PM2.5 and Black carbon results of the 2012 wintertime campaign at urban residential sites'*, Transport and Air Pollution 2012 Conference, Thessaloniki (Greece), November 26-27th, 2012.
 27. Invernizzi G., Moroni S., Ruprecht A., Tosti G., Bedogni M., Villavecchia B., Sioutas C., Westerdahl D., *'The Black Carbon monitoring project of Area C, the new Milan city center traffic restriction zone. Results of the 2012 wintertime campaign at urban residential sites'*, 16th ETH Conference on Nanoparticles, Zurich (Switzerland), June 24-27th 2012.
 28. Invernizzi G., Ruprecht A., Mazza R., De Marco C., Mocnik G., Sioutas C., Westerdahl D., *'Measurement of Black Carbon concentration as an indicator of air quality benefits of traffic restriction policies within the ecopass zone in Milan, Italy'*. Atmospheric Environment 2011; 45:3522-27.
 29. Janssen N.A., Hoek G., Simic-Lawson M., Fischer P., van Bree L., ten Brink H., Keuken M., Atkinson R.W., Anderson H.R., Brunekreef B., Cassee F.R., *'Black Carbon as an Additional*

- Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM10 and PM2.5*, Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1691-1699.
30. Katsis P., Ntziachristos L., Mellios G., 2012. 'Description of new elements in COPERT 4 v10.0, EMISIA Report n°12.RE.012.V1'. <http://www.emisia.com/copert/Copert4.html>
31. Kelly F., Ross Anderson H., Armstrong B., Atkinson R., Barratt B., Cook D., Beevers S., Derwent D., Green D., Mudway I., Wilkinson P., 2011: 'The London Low Emission Zone Baseline Study', HEI-Health Effects Institute Research Report n. 163, Boston, MA, USA.
32. Keuken M.P., Jonkers S., Zandveld P., Voogt M., Elshout S., 'Elemental carbon as an indicator for evaluating the impact of traffic measures on air quality and health', Atmospheric Environment 2012; 61:1-8
33. Kuenzli N., Mudway I.S., Gäschi T., Shi T.M., Kelly F.J., Cook S., Burney P., Forsberg B., Gauderman J.W., Hazenkamp M.E., Heinrich J., Jarvis D., Norbäck D., Payo-Losa F., Poli A., Sunyer J., Borm P.J.A., 'Comparison of oxidative properties, light absorbance, and total and elemental mass concentration of ambient PM2.5 collected at 20 European sites', Environmental Health Perspectives, 2006; 114:684-690.
34. Kulkarni N., Pierse N., Rushton L., Grigg J., 'Carbon in Airway Macrophages and Lung Function in Children', New England Journal of Medicine 2006; 355:21-30.
35. Lefebvre W. et al., 'Modelling the effects of a speed limit reduction on traffic-related elemental carbon (EC) concentrations and population exposure to EC', Atmospheric Environment 2011; 45:197-207
36. Lin W., Huang W., Zhu T., Hu M., Brunekreef B., Zhang Y., Liu X., Cheng H., Gehring U., Li C., Tang X., 'Acute respiratory inflammation in children and black carbon in ambient air before and during the 2008 Beijing Olympics', Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1507-12.
37. Maynard D., Coull B.A., Gryparis A., Schwartz J., 'Mortality Risk Associated with Short-Term Exposure to Traffic Particles and Sulfates', Environmental Health Perspectives, 2007; 115:751-755.
38. McConnell R., Berhane K., Yao L., Jerrett M., Lurmann F., Gilliland F., Kunzli N., Gauderman J., Avol E., Thomas D., Peters J., 'Traffic, Susceptibility, and Childhood Asthma', Environmental Health Perspectives, 2006; 114, 5:766-772.
39. McCreanor J., Cullinan P., Nieuwenhuijsen M.J., Steward-Evans J., Malliarou E., Jarup L., Harrington R., Svartengren M., Han I.K., Ohman-Strickland P., Chung K.F., Zhang J., 'Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Person with Asthma', New England Journal of Medicine, 2007; 357:2348.
40. Moroni S., 'Eco-Zone in Milan: Policy design, Enforcement and Impacts', International Forum on Economic Policies for Traffic Congestion and Tailpipe Emissions Control, Hangzhou (China), December 12th-13th, 2013.
41. Moroni S., Bedogni M., Villavecchia B., Tosti G., Invernizzi G., Ruprecht A., Westerdahl D., Sioutas C., 'Il progetto di monitoraggio del Black Carbon nella città di Milano', V Convegno sul Particolato Atmosferico, Perugia, 16-18 maggio 2012.
42. Moroni S., Casadei S., 'Emission Inventory of the City of Milan: First Steps for the Bottom-up Approach', Proceedings of the 8th Joint Meeting of the EIONET and EMEP Convention's, TFEIP-TFMM Workshop, Dublin (Ireland), 22nd-25th October 2007.
43. Moroni S., Ruprecht A., Tosti G., Villavecchia B., Mocnik G., Sioutas C., Westerdahl D. and Invernizzi G., 'Airborne Black Carbon and Traffic Patterns during the First Year of 'Area C' LTZ in Milan', 17th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich (Switzerland), June 23rd-26th, 2013.

44. Moroni S., Ruprecht A., Tosti G., Villavecchia B., Mocnik G., Sioutas C., Westerdahl D., Invernizzi G., 'Black Carbon as a new air quality and health indicator of traffic limitation interventions in Milan: the 'Area C' LTZ monitoring campaign', ISEE-ISES-ISIAQ Conference 'Environment and Health. Bridging South, North, East and West', Basel (Switzerland), August 19th-23rd, 2013.
45. Moroni S., Tosti G., Bedogni M., Invernizzi G., Ruprecht A., Villavecchia B., 'Area C: progetto di monitoraggio del Black Carbon nel particolato atmosferico - Primo rapporto: Il Black Carbon nei siti di monitoraggio di tipo 'residenziale' esposti al traffico. Siti di via Beccaria e via Porpora, campagna invernale (06/02/2012-26-02-2012)', AMAT document no. 120240005_00, www.amat-mi.it, www.areac.it
46. Moroni S., Tosti G., Invernizzi G., Ruprecht A., Villavecchia B., 'Area C: progetto di monitoraggio del Black Carbon nel particolato atmosferico - Secondo rapporto: Il Black Carbon nei siti di monitoraggio direttamente esposti al 'traffico di prossimità'. Siti di via Francesco Sforza e Piazzale Maciachini, campagna estiva (23/05/2012-29-05-2012)', AMAT document no. 120240012_01, www.amat-mi.it, www.areac.it
47. Moroni S., Tosti G., Invernizzi G., Ruprecht A., Villavecchia B., 'Area C: progetto di monitoraggio del Black Carbon nel particolato atmosferico - Rapporto Finale: Il Black Carbon nei siti di monitoraggio esposti al traffico veicolare: siti 'residenziali' e 'kerbside', direttamente esposti al traffico di prossimità, AMAT document no. 120240021_01, www.amat-mi.it, www.areac.it
48. Ntziachristos L., Froines J.R., Cho A.k., Sioutas C., 'Relationship between redox activity and chemical speciation of size-fractionated particulate matter', Particle and Fibre Toxicology, 2007; 4:5 doi:10.1186/1743-8977-4-5.
49. Perez et al., 'Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities'. ERJ Express. Published on March 21, 2013 as doi: 10.1183/09031936.00031112.
50. Perez L., 'The Burden of near-road traffic related pollution. The example of asthma in children', 16th ETH Conference on Nanoparticles, Zurich (Switzerland) June 24th-27th, 2012.
51. Raaschou-Nielsen et al., 'Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effect (ESCAPE)', www.thelancet.com/neurology Published on line July 10, 2013 [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1).
52. Reche C., Querol X., Alastuey A., Viana M., Pey J., Moreno T., Rodriguez S., GonzaLTZ Y., Fernandez-Camacho R., Sanchez de la Campa A. M., de la Rosa J., Dall'Osto M., Prevot A. S. H., Hueglin C., Harrison R. M., Quincey P., 'New considerations for PM, Black Carbon and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities', Atmospheric Chemistry and Physics 2011; 11: 6207-6227.
53. Schwartz J., Alexeeff S.E., Mordukhovich I., Gryparis A., Vokonas P., Suh H., Coull B.A., 'Association between long-term exposure to traffic particles and blood pressure in the Veterans Administration Normative Aging Study', Occupational and Environmental Medicine, doi:10.1136/oemed-2011-100268, 1st March 2012.
54. Shindell D. Kuylenstierna J.C.I., Vignati E., van Dingenen R., Amann M., Klimont Z., Anenberg S., Muller N., Janssens-Maenhout G., Raes F., Schwartz J., Faluvegi G., Pozzoli L., Kupiainen K., Höglund-Isaksson L., Emberson L., Streets D., Ramanathan V., Hicks K., Oanh N.T.K., Milly G., Williams M., Demkine V., Fowler D., 'Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security', Science 2012; 335: 183-189.

55. Sioutas C., Delfino R. J., Singh M., 'Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research', Environmental Health Perspectives, 2005; 113:947-955.
56. Transport for London, 'Travel in London', Report n. 3, July 2012.
57. UNECE-CLRTAP, 2010: 'Draft Report of the Ad-Hoc Expert Group on Black Carbon', Convention on Long-range Transboundary Air Pollution - Ad Hoc Expert Group on Black Carbon, Second Draft Report, Copenhagen, Denmark.
58. UNECE-CLRTAP, 'Report from the fifteenth meeting of the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution, 7th August 2012.
59. UNECE-CLRTAP/WHO, 2011: 'Effects of Air Pollution on Health', Report by the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution - World Health Organization's European Centre for Environment and Health, Geneva, Switzerland.
60. US-EPA, 2012: 'Report to Congress on Black Carbon', United States Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.EPA-450/R-12-001, March 2012
61. Wang X., Westerdhal D., Chen L.C., Wu Y., Hao J., Pan X., Guo X., Zhang K.M., 'Evaluating the air quality impacts of the 2008 Beijing Olympic Games: On-road emission factors and black carbon profiles', Atmospheric Environment, 2009; 43: 4535-4543.
62. Weichenthal S., Kulka R., Dubeau A., Martin C., Wang D., Dales R. , 'Traffic-related air pollution and acute changes in heart rate variability and respiratory function in urban cyclists', Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1373-8.
63. Westerdhal D., Wang X., Pan X., Zhang K.M., 'Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China', Atmospheric Environment, 2009; 43:697-705.
64. WHO, 2006: 'Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide'. <http://www.euro.who.int>, ISBN 92 890 2192 6.
65. WHO, 2012: 'Health Effects of Black Carbon', <http://www.euro.who.int>, ISBN: 978 92 890 0265 3, Copenhagen, Denmark.
66. WHO, 2013. 'Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution - REVIHAAP Project'. Technical report. Copenhagen, Denmark.
67. WHO, 'Particulate matter air pollution: how it harms health', Fact sheet EURO/04/05, Berlin, Copenhagen, Rome, 14 April 2005.
68. Williams M., 2011: 'Developing Integrated Air Pollution and Climate Change Policies', King's College London, AAAS Annual Meeting, Washington DC, USA.
69. Williams M., 2013: 'Health effects research and implications for EU policy', King's College London, POLARIS Conference, Milan, October 24-25th, 2013 , Italy.
70. Zhu Y., Hinds W.C., Seongheon K., Sioutas C., 'Concentration and Size Distribution of Ultrafine Particles Near a Major Highway' Journal of the Air & Waste Management Association, 2002; 52:1032-1042.