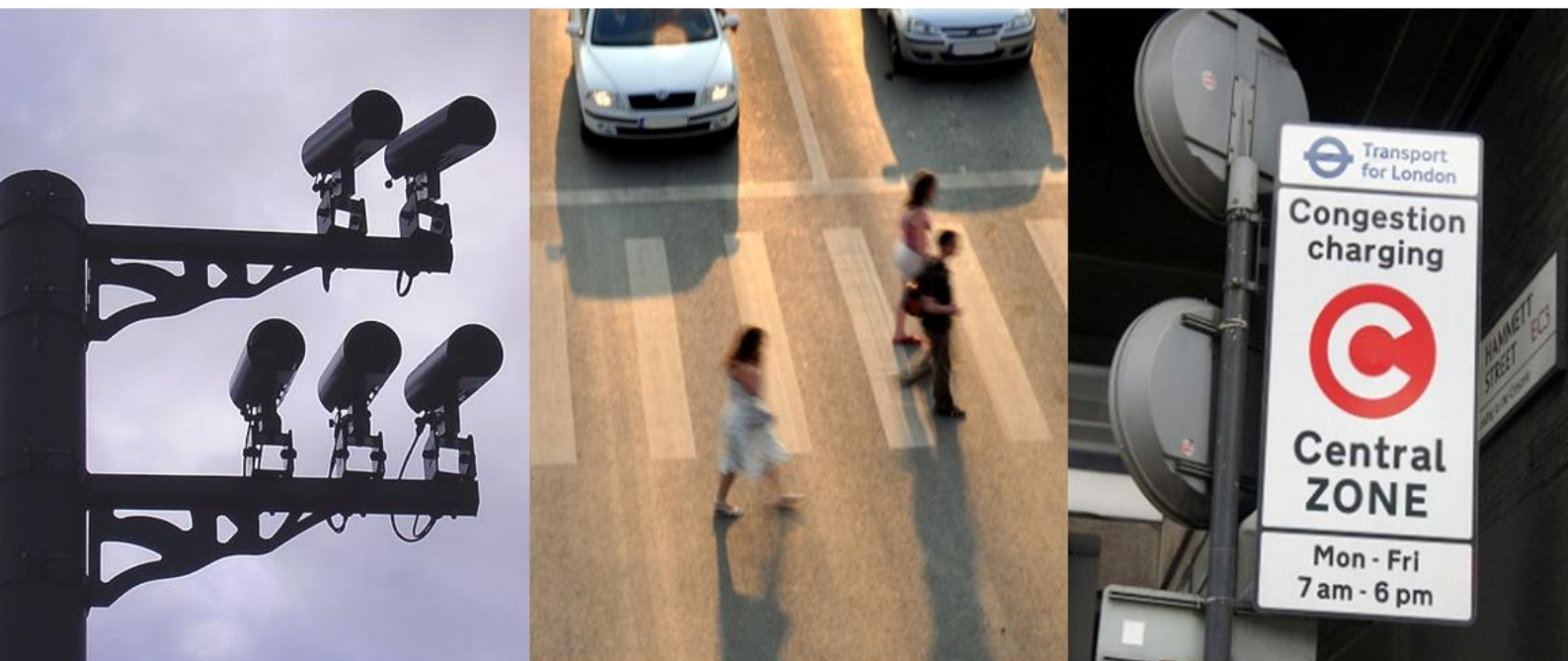




拥堵收费介绍

发展中城市的政策设计指南



免责声明

本报告系德国国际合作机构与亚洲开发银行合作完成。

报告中所有观点仅代表作者个人意见，不代表亚洲开发银行（ADB）和德国国际合作机构及其 Board of Governors 或所代表政府之观点。

ADB 和 GIZ 不能保证报告中信息的准确性，并不对使用此报告而导致的损失负责。

ADB 与 GIZ 在本文中引用特定地理区域名称或使用“国家”这一概念时，均不表达其对任何领土和区域的法律地位现状的看法。

ADB 及 GIZ 支持引用本文，但仅限非商业个人用途，鸣谢栏需注明 ADB。未经 ADB 和 GIZ 允许不可转售，转发，改写本文用作商业用途。

致谢

多位专家参与了报告技术方案、数据收集和处理、结果分析等的讨论，凝结了他们的知识和经验。在此，我们特别感谢 Steve Kearns (伦敦运输局), Armin Wagner (德国国际合作机构), Peter Jones (加州大学洛杉矶分校), Manfred Breithaupt (德国国际合作机构)。感谢鹿露（北京交通发展研究中心）对翻译文稿的校核。

拥堵收费介绍

发展中城市的政策设计指南

Dirk van Amelsfort, Viktoria Swedish ICT

项目背景

中国过去三十年的经济增长对整个国家的发展产生了重要的积极影响。伴随着经济发展，机动车保有量和出行量也快速增加，交通问题显现，在大城市尤其明显。例如在北京，五百万辆机动车产生了严重的空气污染和交通拥堵，也伴随着停车和交通安全问题。此外，交通系统带来的温室气体排放也使中国和全球的可持续发展面临巨大挑战。新建道路和新的汽车技术都不能解决这些问题；事实上，这些策略在缓解了一个问题的同时也会引发新的问题。交通需求管理政策（TDM）可以达到交通系统的可持续发展，实现多重目标。

在德国环境、自然保护、建筑和核安全部和北京市交通委员会的支持下，北京交通发展研究中心和德国国际合作机构实施了中德政府间合作项目“北京市交通需求管理”。该项目旨在加强北京市相关政府部门在交通需求管理政策分析和评估方面的能力建设。在2013年和2014年，项目支持北京市实施拥堵收费政策的研究，评估不同方案的效果和影响。本指南的部分内容基于这一研究成果而编写。

亚洲开发银行参与了北京可持续城市交通项目，为北京市政府提供技术支持，以寻找城市交通可持续发展的方案。目前已应用三种方法：1.交通需求管理（TDM）包括限制汽车保有及其使用，停车费用以及其余收费计划；2.基础设施改进；3.交通管理改进。本文即介绍规划中的交通拥堵收费计划。

缩写

ALS	新加坡区域通行证制度
ANPR	自动车牌识别系统
BMCT	北京市交通委员会
BMUB	德国联邦环境、自然资源保护、建筑和核安全部
BOT	建设-运营-移交
BTO	定制（接单生产/来单生产）
BTRC	北京交通发展研究中心
CBA	成本效益分析
DSRC	专用短程通信
ERP	电子道路收费
GHG	温室气体
GIS	地理信息系统
GIZ	德国国际合作机构
GNSS/CN	全球卫星导航系统/蜂窝网络
GPS	全球定位系统
IU	车内单元
NLOS	非视距
OBU	车载单元
OCR	光学字符识别
P&R	停车换乘
PT	公共交通
RFID	射频识别
TDM	交通需求管理
TfL	伦敦运输局
UCL	伦敦大学学院

目录

1	拥堵收费管用吗?	2
2	政治层面和公众关注	7
2.1	拥堵收费真的管用吗?	7
2.2	将要实施的政策设计合理吗?	11
2.3	如何获得决策层的支持	12
3	政策设计过程	15
3.1	政策制定阶段	16
3.2	可行性研究	18
3.3	功能性设计	20
3.4	技术设计	22
3.5	法律和组织设计	24
4	基于模型的拥堵收费政策设计	27
4.1	模型基本需求	27
4.2	地理边界	28
4.3	收费价格	30
4.4	评估不同方案的主要指标	32
5	公平性，豁免和收入使用	34
5.1	公平性问题	34
5.2	豁免与折扣	34
5.3	收入使用	35
6	收费技术	37
6.1	车辆检测与识别	37
6.2	付费方式	40
6.3	执法	40
6.4	中央处理系统	40
7	拥堵收费的 10 个建议	42
8	其他参考资料	44
	参考资料	47
	附录 A: 在可行性研究中可能会遇到的问题	48

前言

本指南的目标读者是计划将拥堵收费作为城市或区域的一个潜在交通政策的政策制定者。本指南中，“拥堵收费”指在城市中心的拥堵区域，实施基于距离、区域或者边界线的道路使用者收费政策，在新加坡、伦敦和斯德哥尔摩等城市已经实施。但并不包括过去十年在美国经常采用的收费车道交通管理政策。

本指南旨在为政策设计的初期阶段提供简要信息，并指导决策过程。最终的目的是描述如何将“收费”概念转化为切实可实施的政策。指南采用了模块化设计思路，不同的读者可以选择不同的章节来阅读，取决于读者对拥堵收费政策的了解程度。如果你对拥堵收费政策完全不了解，则应该从第一章开始阅读。如果已经对拥堵收费政策已经有了初步了解，则应该从第三章开始阅读。

指南第一部分（第 1，2 章）主要以通俗的语言阐述了拥堵收费的基本概念。总结了目前世界范围内已经实施的拥堵收费政策的效果，揭示了政治层面和普通公众对拥堵收费政策抵制的原因。如果你对拥堵收费政策不了解，怀疑其效果，并对已经实施的拥堵收费政策案例缺乏了解，那么你应该从这一章开始阅读。

指南第二部分（第 3-6 章）阐述了对于一个城市或区域制定合理的拥堵收费政策所必要的程序和步骤。首先，讨论了制定拥堵收费政策的总体程序和步骤，并在后续章节对每一个程序和步骤进行了详细的介绍。是否阅读这些章节取决于你对拥堵收费政策知识的了解程度。如果读者对拥堵收费政策详细的设计过程不感兴趣，则可以忽略这些章节；但对于另外一些渴望了解详细的政策制定过程的读者，则可以选择感兴趣的章节深入阅读。



图 1：模块与章节的对应关系

1 拥堵收费管用吗？

每一条道路都有通行能力的限制。假设一条道路每小时能够通行 1500 辆车。如果有 1400 辆车在道路上行驶，道路没有通行能力问题，交通顺畅。车辆行驶速度可能变慢，但道路使用者能够在合理的时间内达到目的地。在高峰时段，可能有 1600 辆车需要同时在该道路通行。这时，会产生交通拥堵，车辆行驶缓慢。这不仅影响了最后驶入的 200 辆车，而且前面的 1400 辆车都受到影响。

如果能够有某种方式劝说这 200 辆车的驾驶员在高峰时段不使用该道路，让他们乘坐公共交通工具，选择其它的路线，或者利用这段时间再打一个电话而不是立即出门堵在路上，则原来的 1400 辆车仍然可以享受较短和可靠的旅行时间。

劝说人们不驾车出行的一种方式是采用禁止措施。例如，仅让尾号为单数的机动车在单日行驶，尾号为双数的机动车在双日出行。但这一做法显然有较大缺陷，因为忽视了人们的出行意愿。另一种方法则是在高峰时段对使用该路段的车辆征收一定的费用。收费价格能够刚好调节 200 辆车在高峰时段不使用该条道路。同时，如果所有驾驶产生的社会成本都计算在内，则收费的价格会更高。那些愿意付费的出行者可以避免堵在路上，而不愿意付费的出行者则可以安排做一些其他的事情以避开高峰收费时段。收来的钱可以用来改善城市公共交通系统，建设自行车基础设施或者通过设施改造解决拥堵瓶颈点段。

如果道路的使用需求超过了道路的承载能力，则需要采取一些措施决定谁可以使用道路而谁不可以使用。如果没有特殊的政策，则唯一的办法就是排队。虽然排队看上去是一个公平分配资源的办法，但是它的负面作用也非常明显。司机在排队的过程中浪费了大量的时间，而原本这些时间可以做其它一些更有意义的事情。如果能够通过征收很少的费用而不是通过排队来管理交通流量，则收来的钱还可以投资到其他用途。因此，通过实施收费政策，我们不仅消除了交通拥堵，而且还可以为购买新公交车辆或者修建道路筹集资金。

拥堵收费的基本假设如下

每一个出行者都会依据自己的效用最大化做出出行决策。然而，这些决策在某种程度上也会影响其他的出行者。当人们开小汽车出行，会造成道路损坏、排放有害气体、制造噪音和震动，并对其他出行者产生交通延误。基于此，每一个个体的出行都会对他人产生额外成本。在大多数的交通系统中，出行者并完全没有支付对他人产生的外部成本。拥堵收费是一种可以向出行者征收所有外部成本的政策。

对于拥堵，有几个非常重要的问题需要理解和思考：

1. **过多的交通需求会导致道路的通行能力下降。**当道路的交通流量增加并接近道路的设计通行能力，道路的运行效率是最高的。如果发生了严重的交通拥堵，车流停滞不前，则道路的通行能力显著降低。这表明，只有当车流不停滞才有较高的使用效率。

2. **交通流量和出行时间的关系是非线性的。**道路每新增一个小汽车造成的出行延误都会比前一辆车的要大。这也表明并不需要对交通流量减半，来达到拥堵水平减少一半的目的。
3. **交通拥堵具有时间和空间约束。**交通拥堵发生在特定的网络节点和特定的时间段。这表明缓解交通拥堵的政策应该考虑时间和空间约束而使其发挥最大效果。

背景 - 边际社会成本价格

边际社会成本价格可以用下图形象地解释。图中纵轴代表出行成本，而横轴代表交通流量。随着出行成本的降低，出行需求会增长，反之亦然。这个动态关系即需求曲线。对于出行个体而言，交通出行的直接成本包括出行时间、燃油消耗、停车等费用的总和。当随着越来越多的出行者驶入道路，出行成本会随之增加，因为出行时间增加了。因此，每一个个体出行者的平均出行成本也取决于道路交通流量。需求曲线和平均出行成本曲线的交点称为非收费的平衡点。在某种程度上，这一平衡点上较为稳定的交通状态是规划的目标，但伴随着每日和季节有所变化。

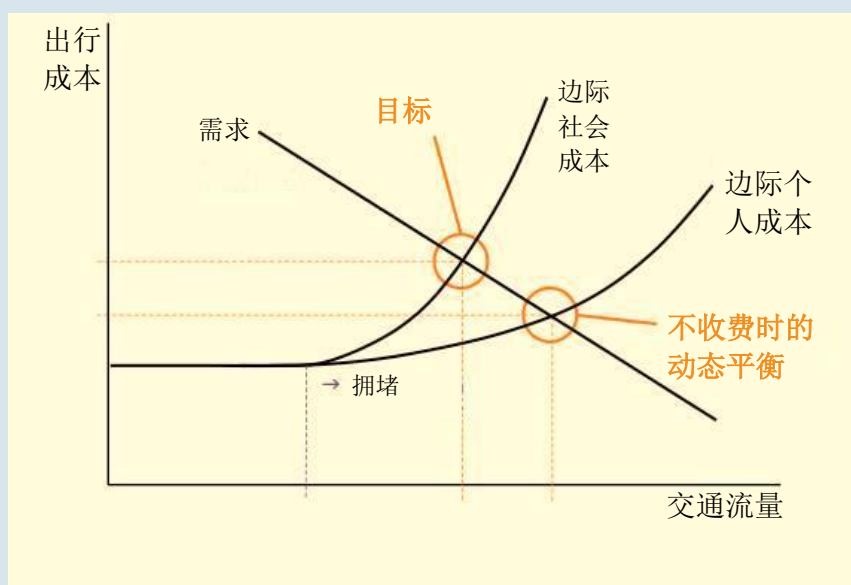


图 2: 外部成本对需求和供给平衡的影响

然而，出行者需要支付的直接平均成本并不代表整个社会的真实成本，因为没有包含其出行对其他出行者造成的损失。当考虑出行的外部成本，则出行的实际成本要高于直接成本，且其增长速度会高于交通流量的增长速度。边际成本曲线包含了这些外部成本，并给出了每一新增车辆对于自身和系统产生的成本。因此，边际成本曲线和需求曲线的交点在较低的交通流量水平。这一新的平衡假设出行者自己支付其带来的所有外部成本，导致总体出行需求降低。拥堵收费的经济学意义在于将出行成本从非付费下的平衡点提升到最优的平衡点。在此过程中减少交通流量和拥堵。

虽然对拥堵收费已经开展了大量的研究工作，但令人惊奇的是目前在世界范围内真正实施拥堵收费的城市还是非常少。这一现象的产生可以由人们对于拥堵收费不能够有效缓堵或不能被大众接受来解释。同时认为人们除了私家车没有其他替代交通方式进行通勤的想法也很流行。但是这一论点明显不适用于对于全体出行者，同时并不是所有出行的目的是通勤。哥德堡、伦敦、米兰、罗马、新加坡及斯德哥尔摩的案例充分展示了拥堵收费政策的可行性和有效性。

关于拥堵收费的文献和参考资料遍及各种出版物。能源基金会最近以中英文发布了伦敦、米兰、新加坡、斯德哥尔摩和纽约等城市实施拥堵收费的详尽案例分析报告，参见 www.efchina.org/Reports-en/report-20140814-cn。

拥堵收费的交通影响

首先，应该认识到拥堵收费对于交通的影响程度不一样。通过对伦敦、斯德哥尔摩和罗马的数据分析，有些人认为拥堵收费可以减少约 20% 的交通量。事实上，拥堵收费可以减少的交通量在 10-30% 之间浮动，具体的数值取决于收费系统的设计。但是，拥堵收费更为重要的衡量指标是出行时间，出行时间的波动性和车辆行驶总里程的减少（参见表 1）。

表 1: 不同拥堵收费政策方案的交通影响

	伦敦	新加坡	斯德哥尔摩	米兰	哥德堡	罗马
交通流量	-16% (2006) -30% 可收费车辆, +25% 公交车, +15% 出租车, +49% 自行车 -21% (2002-2008)	-44% 实施 ALS 后 -10%-15% 实施 ERP 后较 ALS - 20%-30% 系统扩张后	-20%通过收费边界线的流量	-34% (-49% 重污染车辆)	-10%通过收费边界线的流量; -2.5%哥德堡车公里数	-20% 跨越收费边界线流量 +15% 摩托车流量
出行时间	-30% 延误	确保市区道路速度保持在 20-30 公里/小时，快速路 45-65 公里/小时	-33% 延误	-17% 拥堵 +7% 公交车速度， +4.7% 有轨电车速度	-10-20% 主要走廊出行时间中位数	+4% 速度 +5% 公交速度
公交出行量	+18%	无数据	+5%	无数据	+6%	+5%

从表 2 可以清楚地看到，拥堵收费对交通流量、出行时间和行驶速度（幅度可达 4% 及 33%）有显著的影响。总体而言，交通流量的减少比例要低于出行时间的减少比例，因为流量和速度存在非线性关系。但也并不是所有的案例都存在这样的影响，因为拥堵收费也会导致绕路行驶或者收费区域内的内部交通出行流量增加。同时，实施拥堵收费后，公共交通的出行量也显著增加。

环境影响

实施拥堵收费很重要的原因是可以减少交通尾气排放，建设更加可持续的交通系统。除了气候变化和变暖等全球性问题外，交通系统排放的有毒气体也会导致过早死亡。

表 2: 拥堵收费的典型环境影响

	伦敦	斯德哥尔摩	米兰	哥德堡	罗马
CO2	-16.4%	-13%	-22%	-2.5%（区域）	-21%
NOx	-13.4%	-8%	-10%	不确定	无数据
PM2.5	无数据	无数据	-40%	不确定	无数据
PM10	-15.5%	-13%	-19%	不确定	-11%

交通安全影响

拥堵收费对交通安全的影响并不是特别明确，既可能有正面积积极影响，也可能产生负面的影响，这取决于交通网络和车流速度的变化情况。例如在罗马，当实施了拥堵收费后，很多以前的小汽车出行者改为骑摩托车，导致交通事故率增加。然而，伦敦和米兰报告实施拥堵收费后交通安全状况有所改善，交通事故率减少。

表 3: 交通安全影响

	伦敦	斯德哥尔摩	米兰	哥德堡	罗马
事故	-33% (2003-2014) (英国总体约减少 35%) -40 - 70 年受伤人数	实际观测尚不明确，根据模型测算，不同道路上交通事故率预测减少 9%-18%	-28%	不确定	由于摩托车出行量增加导致交通事故增加

经济影响

拥堵收费对整个城市宏观经济的影响是影响拥堵收费政策实施的核心议题之一。通过实施拥堵收费提升整个城市交通系统的效率，会在一定程度上促进经济的发展。拥堵收费最显而易见的影响是减少了出行时间，增加了出行的可靠性。这能够减少公司的运营成本，并使出行者的选择更加灵活。拥堵收费也可以对经济产生间接影响。例如通过减少尾气排放，改善了人们的健康水平，从而减少了医疗费用的支出。节省的出行时间带来的收益也可以创造转化为其他效益，如将机动车通行能力转化为自行车和公共交通通行能力。

表 4: 拥堵收费的典型经济影响

	伦敦	新加坡	斯德哥尔摩	米兰	哥德堡
盈余	1.1-1.5 亿美元/年	5,100 万美元/年(初始投资 1.59 亿美元)	8,000 万美元/年	1,600 万美元/年	180 万美元/年
节省的小时数	12,000 (2007)	无数据	每天 30,000 小时	无数据	无数据
商业影响	可忽略	无数据	零售收入增加 5%	除了区域内私人停车企业, 没有关于其他商业的影响报道	没有发现对商业有影响
公平性	无数据	无数据	支出增加的人群: -男性 -高收入家庭 -有孩子的家庭	无数据	无数据
收入	3.52 亿/年 (2014)	6000 万美元/年	9400 万美元/年 (2013), 及 1200 万美元罚款收入	2800 万美元/年	9900 万美元/年, 960 万美元罚款收入
初始投资	2.45 亿美元	2 亿美元 (包含 68,000 个车载收费端)	初始投资 2.17 亿美元,	750 万美元	1.05 亿美元 (含政策制定过程中的咨询费用)
运营成本	1.35 亿美元/年, 在近几年减少到 6800 万美元/年 2007/2008 年的运营费用为 1.98 亿美元	1280 万美元/年 (占总收入的 20%-30%)	无数据	2700 万美元/年	1.15 亿美元/年相当于每次通行 0.22 美元, 占通行费的 10%-21%

2 政治层面和公众关注

拥堵收费可能并不能改善每一个出行者的出行状况。商务出行、货运、旅游大巴（快递？）和出租车会直接受益于拥堵收费政策的实施，他们的实际收益要大于所支付的拥堵费。当然，免交拥堵费的群体或者可以获得拥堵费报销补偿的群体也会直接受益。但是对大多数人而言，所缴纳的拥堵费会略高于节约的出行时间的价值。因此很多司机认为拥堵费是一种税收，通过收税建设更多的道路，增加道路通行能力来缓堵要比实施拥堵收费更合理。这种想法从表面上看似乎合理，通过增加道路设施缓解拥堵，而不像拥堵收费需要投入很多的人力，且增加了整个社会的成本。

从小汽车驾驶员的角度对于拥堵收费政策进行论证，只会使政策的实施可能性减少，因为政策决策者更倾向争取能够增加市民支持（和选票）的政策。只有将社会中大多数人使用公共交通、步行或骑行而不是开小汽车的情况考虑在内时，才会增加拥堵收费政策实施的可能性。

因此，拥堵收费的政治决策过程以及伴随的公共讨论通常集中于一系列的主观价值判断，而非交通相关的争论。而结果则主要取决于政治视角下各种论点的角逐。

总之，拥堵收费政策是充满争议的，并从政策设计之初就受到抵制。一类观点认为拥堵收费不会发挥作用，还有一类观点认为政策制定过程中的分析不够。这两类观点都不完全正确，并在政策设计阶段都可以得到解释。下面各节将会对最常出现的争议点加以讨论，并给出相应的答案。



照片 1：良好的公共交通基础设施是提高拥堵收费公众接受程度的关键。上图是新加坡公交站点和收费龙门架设施(图：Manfred Breithaupt)

2.1 拥堵收费真的管用吗？

每当讨论将拥堵收费作为一个政策选项时，总会有人担心这一政策并不适合当地的情况。争论主要集中在以下几个方面：1）不公平；2）破坏公民的个人隐私；3）不会达到预期效果；4）有损经济。所有这些争论都可以提前通过对方案充分的准备和研究来解决。

争论 1: 拥堵收费不公平

拥堵收费反复争论的一个焦点是公平性问题。很多人认为实施拥堵收费对低收入人群和弱势群体（如残疾人、年轻人、老年人等）的影响要超过对其他群体的影响。事实上，拥堵收费如何影响社会公平性主要取决于拥堵费收入是如何进行再分配和使用的。2006 年，Eliasson 和 Mattsson 研究了斯德哥尔摩拥堵收费的公平性影响，发现高收入男性是受影响最大的群体。在斯德哥尔摩，女性和低收入群体主要以公共交通方式出行。如果拥堵收费

收入用来改善公共交通，则该政策对整个社会而言更为积极。事实上，拥堵收费的影响通常是地域性的，可能对特定的社会群体产生影响。

因此，在政策设计过程中，公平性应该得到充分重视。可以采用科学的方法分析拥堵收费对不同群体（社会属性上不同的群体，及不同空间区域的群体）社会公平性的影响。最终，公平性的影响方向和效果是可以通过政策设计进行合理调节的。政策公平性也因此是一个政治问题，关键在于人们希望收费系统有多“公平”。

争论 2：拥堵收费没有尊重市民的个人隐私

在政策设计过程中，市民的隐私是一个非常重要的问题，受到很多关注。特别是出于执法目的，部分车辆和个人需要被识别。事实上，并不需要持续追踪人们在出行过程中的位置，或者在每一个进出交叉口进行识别。例如在伦敦，摄像头经过特别调节可以不捕捉驾驶员的脸部信息。保护隐私是一个实际的需求，但是并不是拥堵收费政策的内在要求，且可以通过技术设计来解决这一问题。

新加坡通过采用无记名预付费卡支付拥堵费，很好地保护了个人隐私。只有当付费不成功的时候，比如卡内余额不足的情况下，系统才会保留车牌号信息，用以寻找车主。采用 GNSS 技术基于距离的收费系统（参见第 6 章），公众通常认为车辆需要被实时追踪。但即使在这样的系统下，也可以通过将计费算法加载在车载终端而只将收费价格传到后台中心的方法来很好地保护隐私。



照片 2：伦敦用来记录车辆作为执法目的的摄像头(图: [Wiki Commons](#))

争论 3：拥堵收费不会解决拥堵和空气质量问题

经常会有人争论说拥堵收费不能够缓解交通拥堵，因为有很多的潜在需求；或者因为没有很好的替代交通方式，人们不得不继续使用小汽车出行并缴纳拥堵费。但是目前并没有实际的观测数据支持这两种观点。毫无疑问，在拥堵收费区域内会存在替代效应。例如，以前避开拥堵时段的有较高时间价值的出行者在实施拥堵收费后会选择在高峰时段出行并愿意缴费。可以预料，有一些潜在出行会在实施拥堵收费后在车流状况改善时选择出行，例如伦敦存在这种情况。但如果这种现象非常明显，在已经实施拥堵收费的城市中应该会观察到。

随着城市的不断扩张和居民收入的增加，拥堵收费政策需要随着时间不断进行调整。特别是当收费区域较小且存在多个绕行路线，交通的效果会逐渐递减。过多的绕行也会导致整个城市的车公里数增加，引发新的拥堵点。

另一个争论的观点是认为除了小汽车出行，人们没有其他可替代的交通方式。在实施拥堵收费政策前，需要对公共交通系统进行大规模的完善。当然，每一个实施拥堵收费政策的城市，都能够提供合理的公共交通服务水平，即使市民可能没有感受到。实施拥堵收费政策后，并不是所有的减少的小汽车出行量都转移到公共交通。在已经实施拥堵收费政策的城市，虽然已经有很完善的公共交通系统，也存在这种现象。

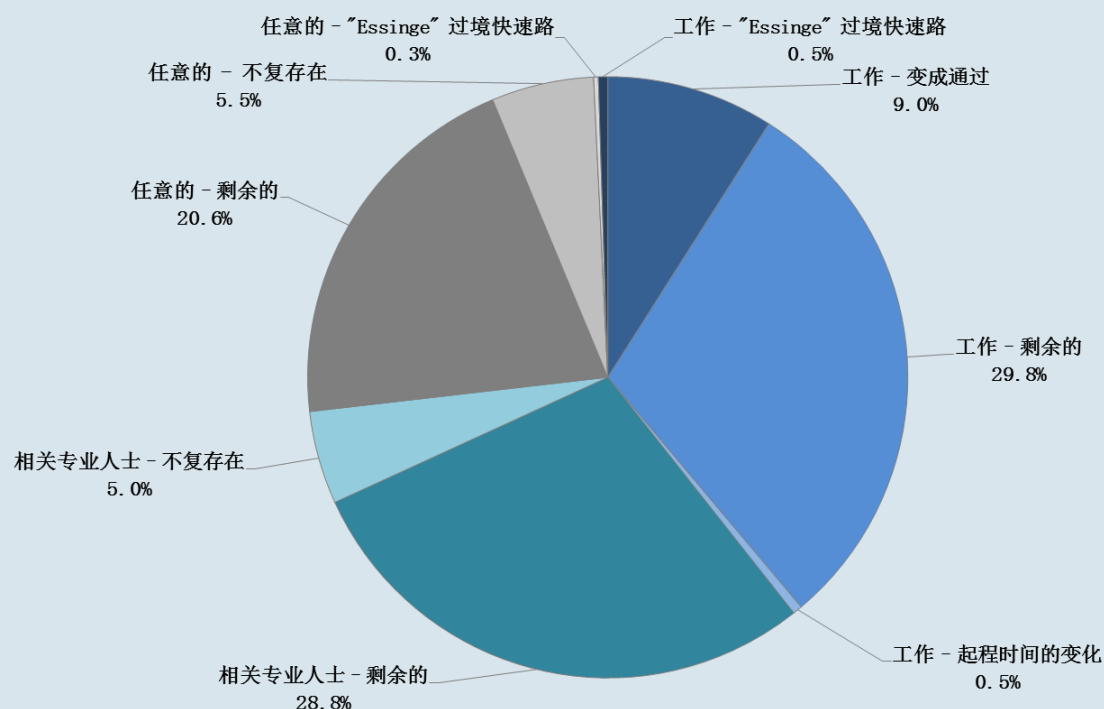


图 3: 斯德哥尔摩拥堵收费政策对出行行为的影响（总数：399,000，Börjesson et al., 2012）

图 3 展示了斯德哥尔摩实施拥堵收费政策后，出行者出行行为的变化。图中的数字表示一天中每 1000 出行量的变化情况。只有通勤交通会转移到公共交通，总计有 9% 的出行量转移到公共交通方式。当然，不要低估这 9% 的转移交通量对公共交通运能的影响。更重要的是，拥堵收费政策促使人们更有创造力的选择交通出行方式，这些方式在政策实施前并没有被意识到。

城市中的多类排放源都会对空气质量产生影响，而交通是一个重要的排放源。由于拥堵收费会减少小汽车出行数量和车公里数，也会减少交通排放。



照片 3: 2014 年 9 月在北京同一个地点拍摄的晴天和污染天气两张照片(摄影: Wikimedia Commons)

减少温室气体排放不是拥堵收费政策的首要目标，但也通过政策设计也能达到这一目标。需要考虑到不同类型的车辆排放的污染物类型也有所不同。特别是当特定的污染物在某个区域或街道过度聚集时，拥堵收费可以有助于减少这些区域的污染。

争论 4：拥堵收费有损经济

很多城市官员认为拥堵收费会对地方经济产生负面影响。而这一观点尤为得到关注，因为地区政府和组织的主要职责之一就是促进经济发展。他们认为对商业车辆收费会增加运营成本，减少利润；而对消费者征收拥堵费会减少客户数量，降低营业额。但是目前从已经实施拥堵收费的城市的观测数据来看，该政策并没有对地方经济产生负面影响，反而在一定程度上有助于经济的发展。并且零售业经营者通常会低估使用公共交通的使用者的购买力。拥堵收费促进了城市公共交通的发展，对经济发展会产生积极影响。通过实施拥堵收费政策提高了交通系统的运行效率，出行时间减少并变的更加可靠和稳定。交通出行的改善会对经济产生正的收益效果。与时间价值较低的出行如私人出行相比，有较高的时间价值的出行如商务出行，因为拥堵收费的实施而减少了出行时间，而使经济受益。同时，进入收费区域的小汽车的减少并不等于人的进出量也会相应减少。由于交通量的减少，一部分区域会变的更有吸引力，可能会吸引更多的顾客。

图 4 是普华永道公司每年的城市排名表的部分名单。根据城市的不同方面进行打分以比较不同城市的未来发展趋势。从中可以看到，新加坡、伦敦和斯德哥尔摩都排在前 10 名。在交通方面，新加坡在世界排名第一，伦敦排名第六，斯德哥尔摩排名第八。排在前 10 名的很多城市也都在考虑实施拥堵收费政策。

	智能和创新	科技实力	城市开放度	交通和基础设施
30 伦敦	200	107	172	112
29 纽约	186	98	137	95
28 新加坡	148	91	153	139
27 多伦多	190	73	98	118
26 旧金山	195	96	109	89
25 巴黎	204	75	143	114
24 斯德哥尔摩	192	105	96	111
23 香港	158	100	151	99
22 悉尼	181	71	119	80
21 芝加哥	174	86	93	91

图 4：城市排名 (PricewaterhouseCoopers, 2014) 每项最高分标红显示。

对商业和区域经济发展的另一个观点认为，相较于进入区域的小汽车的数量而言，进入区域的游客和就业者的数量对区域经济的发展更为重要。伦敦的数据表明，进入收费区域的小汽车数量减少，而进入区域内人的数量并没有减少。事实上，通过采用多种交通出行方式以及改变出行的时间分布，使得更多的人可以进入收费区域。这也是斯德哥尔摩实施拥

堵收费政策的核心，即鼓励人们采用更加集约高效的交通方式，从而有限的城市空间可以被更多的市民使用。

虽然拥堵收费政策可能会促进城市经济增长和城市发展，但是对一些特定的产业也会有影响。例如，收费区域内收费停车场的收入可能会减少。对这些具体的商业问题需要根据当地情况具体分析。

2.2 将要实施的政策设计合理吗？

如果上述这些反对的观点可以通过可行性研究以及对国际经验的总结来回答，还有一些反对的观点挑战政策设计和分析的合理性。这一类的反对观点主要包括：（5）用于交通需求预测的模型过时了，（6）收费区域不合理，（7）收费价格太高，及（8）选择的收费技术是错误的。这些观点可以通过对拥堵收费政策方案认真详细的设计来回答。

争论 5：采用的模型过时了

拥堵收费的反对者不仅来自交通领域的门外汉，也可能有来自交通领域内的专家。被反复提及的反对观点之一认为用于拥堵收费政策效果预测的交通模型存在缺陷。很明显，使用先进的和标定过的模型进行效果分析和评估是非常重要的，但是任何模型都不可能完全模拟现实。模型是对现实的抽象，用于决策支持。然而，模型的结果并不能取代决策支持过程，模型结果的应用也需要基于合理的分析解释。

在很多交通政策中，在政策实施后评估政策制定过程中应用的模型的预测准确性并没有很完善的通行做法。Eliasson et al. (2013)尝试分析斯德哥尔摩拥堵收费政策模型预测实际的效果。至少在这个案例中，一般的静态模型框架结合离散选择模型的需求预测能够支持政策决策过程，虽然模型还可以在很多方面进行改进。

争论 6：收费区域的选择是错误的

大多数的拥堵收费是基于区域的收费政策，这就意味着出行者在进入这一特定区域时需要付费。

一旦收费区域公之于众，对居住在区域内和区域外的人们产生不同的影响。通常这两个群体都有市民认为这样划定是主观的，且并不是最佳方案。

在设计拥堵收费区域时需要有宏观经济的视角，将整个城市总体考虑设计最优方案。同时也需要从微观视角考虑对受影响严重的特定群体的补偿。在考虑对特定群体的补偿时，应注意到每个小汽车出行都会产生拥堵并且无一例外。豁免交拥堵费将会影响政策的成本有效性，也可能会增加系统的运营成本。因此只有当某些群体会严重阻碍拥堵收费政策的实



照片 4：伦敦拥堵收费区域在 Crescent 街的入口标识

施，才应该考虑对特定群体的豁免问题。然而，实施一个对于某些团体进行豁免的拥堵收费政策，还是比由于缺少政治层面的支持而导致政策无法实施的结果要好。

争论 7：收费价格太高

人们通常会反对拥堵收费政策的收费价格太高，以及应该对一些特定群体有更多豁免或折扣。但是合理的收费水平是可以借助交通模型通过社会成本效益分析合理确定的。通过对不同方案的量化分析可以明确具体收费政策的经济效果，从而可以从经济学的视角判定收费价格是否过高或过低。但是总体而言，在国民经济中，交通是否具有对社会问题进行调节的功能，或者应该利用其他政策进行社会公平性的调节，如收入所得税、补贴等，还有待商榷和讨论。

争论 8：选择了错误的收费技术

对技术选择的反对通常都是与成本、个人隐私和用户友好性等方面相关。这些建议需要听取，并且在决定选用何种技术需要从上述及多个其他方面全方位考虑。公众通常关心系统的初始建设投资，但是在选择技术的过程中需要对不同系统整个生命周期的成本进行分析比较。

2.3 如何获得决策层的支持

通常公众对拥堵收费政策的接受度仅少量受到社会人口特性的影响，如收入、性别和受教育程度等。收费越高，公众的接受程度越低；高时间价值的群体更易接受拥堵收费政策 (Hamilton, 2011a)。虽然个体的时间价值与收入相关，但这两项并不总是一致的。

政治理念对拥堵收费的接受程度的影响也非常重要。拥堵收费不仅与税收联系紧密，同时也会产生积极的环境效果。取决于个体的政治理念，接受程度可能增加也可能降低。

影响公众接受程度的五个重要因素如下：

1. 政策体验：拥堵收费政策的效果体验越多，人们越容易接受该政策。
2. 政府干预的厌恶：反对政府过多干预社会事务的公众会更加反对该政策。
3. 环境保护意识：认为环境问题严重并亟需解决的公众会更加支持该政策。
4. 时间价值：时间价值越高的群体越倾向支持该政策，并越能从支付中获益。
5. 小汽车使用频率：使用小汽车出行越多的出行者，接受程度越低。

拥堵收费政策的实际体验对政策的接受程度有非常重要的影响。这表明拥堵收费政策的接受程度会随着时间的推移而变化。特别是通过观测数据总结的实施前和实施后的接受程度变化值得关注。图 5 展示了根据推测接受程度是如何随时间推移而变化的。

当拥堵收费作为缓解交通拥堵和减少交通排放的政策被介绍给公众的时候，公众持积极的态度，认为这个政策有益。在这个阶段，公众并不理解拥堵收费政策如何影响自己。同时，反对者也还没有通过媒体对政策进行抨击。当拥堵收费政策的细节公布，反对者会借助媒体启动对政策的抨击，人们的接受程度开始下降。在正式实施前，或者说在人们意识到这一政策已经没有取消的余地时，接受程度会降至最低。当政策正式实施后，在技术系统工作正常并且系统设计合理的情况下，人们会越来越接受这一政策。在大多数情况下，接受程度可以超过 50%。

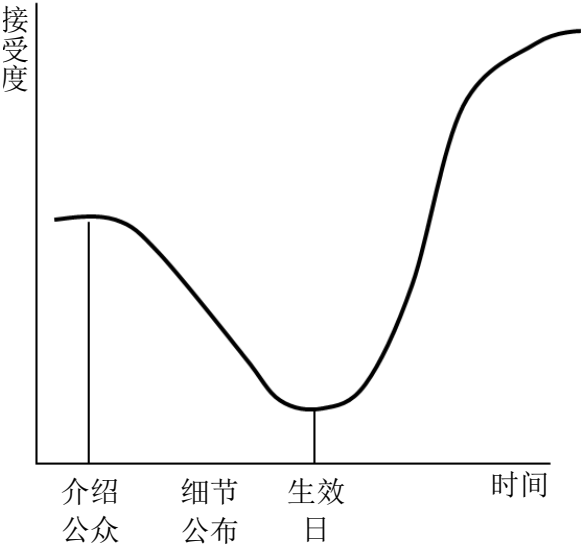


图 5：拥堵收费政策接受度变化过程 (Goodwin, 2006 和 CURACAO, 2009)

表 5：典型城市拥堵收费政策接受程度变化 (CURACAO, 2009)

地点	实施前	实施后
斯德哥尔摩	21%	67%
卑尔根	19%	58%
奥斯陆	30%	41%
特隆赫姆	9%	47%
伦敦	39%	54%

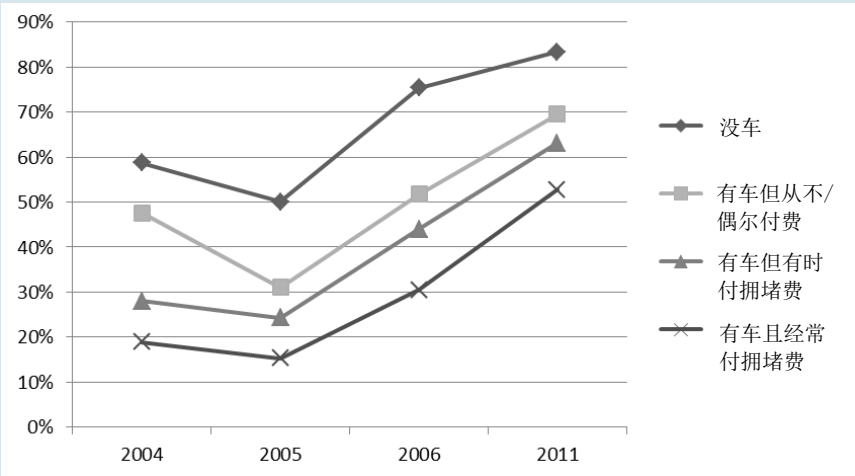


图 6：斯德哥尔摩不同出行方式和缴费频率对接受程度的影响 (Eliasson, 2014)

图 6 展示了斯德哥尔摩四类不同的群体随时间推移对拥堵收费政策的接受程度，这四类群体包括没车、有车但从不/偶尔付拥堵费、有车但有时付拥堵费、有车且经常付拥堵费。上图表明所有四类群体的接受程度都随着时间的推移不断提高，即使在实施初期他们的接受程度显著不同。

伦敦案例：公众沟通策略

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，并为 2001 年 1 月发布的市长《交通策略》草案奠定了基础。2001 年 7 月 23 日，伦敦交通局颁布了《收费令》；该文件为收费方案的实施提供了法律基础，并详细陈述了收费方案的主要内容。

《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。同时该文件通过不同的媒体渠道向公众发布。通过听取民众的意见，伦敦运输局对最初的拥堵收费方案进行了多处修改。2002 年 2 月，伦敦市长在 2002 年 2 月决定继续推进拥堵收费政策并建立了一套‘沟通策略’用来告知并说服公众接受进行拥堵收费的基本原理。沟通策略的主要要素包括：

1. 在全伦敦境内发行的晚报（《标准晚报》）、当地报纸、电台/电视台和路演中公布有关拥堵收费的信息。
2. 与大伦敦市政府举行定期会议和情况介绍。与伦敦议会、各区议会、商业机构代表、具体行业机构代表定期会议。
3. 与临近收费区域边界 3 英里以内的区域的社区和居民组织召开公共会议。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。伦敦运输局员工确实参加了大量公开会议，尽管在这些会议上居民绝大部分用于表达对拥堵收费的反对而对于政策的顾虑并没有完全得到解决。

来源：拥堵收费和低排放区国际最佳经验（能源基金会，2014）

3 政策设计过程

前面两章介绍了拥堵收费的基本概念。本章开始将涉及实际问题，探讨如何设计一个可靠和有效的拥堵收费方案。拥堵收费政策的设计过程并不是一个简单的任务。拥堵收费政策的实施将会影响整个道路交通网络，而不像其他的交通措施，如修建一条道路或对交叉口渠化仅会影响局部交通。不是每一个拥堵收费政策方案都会产生积极正面的作用，因此需要对不同的政策方案进行详细分析，这也是拥堵收费政策设计过程中面临的最大挑战。由于交通出行者对不同政策方案的出行决策响应行为非常复杂，仅靠专家经验不能够评估，需要借助交通需求模型来测试不同的政策方案对人们出行行为的影响。拥堵收费的政策设计过程又可以进一步细分为系统运行、组织机制和经济分析等方面。

通过几个不成功的拥堵收费案例可以看出政策设计过程的重要性。这些案例失败的原因有多方面的，但是通常包括以下几点：

- 部分不成功的案例在一开始就预设了实施拥堵收费的区域，或者提前设定了拥堵收费应该采用的技术，从而限制了拥堵收费的目标设定。
- 也有一些案例在政策设计阶段没有确定明确的政策目标和外部约束条件，因此在后续评估不同的政策方案时非常困难，原因在于没有为政策设定清晰的指标。
- 最后，有些失败案例将拥堵收费作为一种筹资的手段，而不是用来提高整个交通系统运行效率和改善环境。这样的方案通常很难得到公众支持，也对交通系统和整个经济产生负面影响。

本章试图为拥堵收费政策设计过程定义一个通用的方法。政策设计的三个主要阶段包括政策制定、实施、运行和修改完善。图 7 给出了整个流程的示意图，以及在每一个阶段的主要工作内容。每一个阶段的决策结果都将是下一个阶段的起点。



图 7：拥堵收费政策设计流程

3.1 政策制定阶段

拥堵收费从计划到最终实施需要有多个步骤。在政策设计阶段可以划分为下图几个主要步骤，虽然可能在某些步骤间没有明确的划分界线。政策制定阶段不完全是技术性的和文案工作，还需要很多的咨询沟通工作。公众如何参与政策的制定取决于不同国家和文化背景。



图 8：实施拥堵收费的主要阶段

可行性研究主要明确拥堵收费政策是否适合在某一个城市或区域实施，以及如果实施该政策，后续阶段所面临的机遇和障碍。如果目前的法律条文没有为拥堵收费政策的实施提供法律基础，这需要首先考虑进行立法，为政策的实施提供法律保障。在可行性研究的过程中，通常需要对不同的方案进行简单的初步评价。最终，可行性研究会给出实施或不实施的研究结论，阐述这一政策对城市的可持续发展是否具有建设性，在哪些方面需要进一步调研和深入研究。

功能设计将确定拥堵收费政策的主要内容。换句话说，在哪个区域实施拥堵收费、哪些车辆需要付费、收费价格、收费时段等细节需要在这一阶段明确。在功能设计的过程中，需要对不同方案的交通、环境、经济、社会影响等进行分析，在多轮优化的基础上最终确定最优方案。

技术设计需要与功能设计同步进行，相互协调。技术设计主要确定系统如何运行以满足功能设计的要求，例如车辆如何被检测和识别，如何确定不同车辆的收费价格，如何对违规车辆进行处罚，如果公众有问题或疑问如何与运行中心联系等。技术系统通常包括路侧设备（和/或车内设备）、后台系统和用户服务中心。采用何种技术取决于系统的功能设计，所以系统设计在功能设计之后。但这两个步骤需要紧密衔接和协调。只有确定了路侧设备的安装位置才能开始详细的技术设计。

技术设计也取决于拥堵收费政策的**法律和组织框架**。一般而言，拥堵收费的法律基础，或者说车辆的识别需求会影响系统的技术方案。在一些国家，需要拍摄车辆的正面照片以确定驾驶员。但是有些国家可能没有完整的注册车辆数据库，不能支持通过车牌号识别追溯车主和驾驶员。因此，明确车辆识别、收费和违规执法的法律框架对拥堵收费的技术设计非常重要。通常法律条文也会明确整个收费过程由哪些政府机构负责及其各自的职责，以及是否需要设立新的机构。立法的过程较为复杂，需要很长时间。

案例研究：瑞典机构设置

在瑞典，拥堵收费被定义为国家税收。这就国家税务部门参与拥堵费的征收并依赖目前的法律框架对违规者进行处罚。车辆号牌数据库是由瑞典国家交通署负责维护。瑞典国家交通局负责交通基础设施。在实际运作中，瑞典国家交通局负责拥堵收费所必须的道路设备，瑞典国家交通署负责后台系统的运行并向车主寄送账单，而税务部门负责从交通署收集征收的拥堵费。更多信息请参阅：

- 瑞典税务署：www.skatteverket.se
- 瑞典国家交通局：www.trafikverket.se
- 伦敦运输局：<https://www.tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge>

一旦系统的功能设计、技术设计和法律/组织框架确定以后，就需要做出“实施或不实施”的政治决策，以决定是否继续推进实施拥堵收费方案。只有当确定要实施，且法律框架也准备好了，则可以开始采购系统设备。如果立法进展的并不是特别顺利，或者存在某些必要的法律条文可能不能获得通过的风险，则在立法的过程中不应同时开展设备采购。一旦法律没有通过或者需要的时间比预期要长，这将会导致系统投资增加很多。瑞典曾经发生过这样的案例（Hamilton, 2011b）。

将所有的步骤放在一个时间轴线上（如图 8）可以看出，如果采用最低风险的推进方法（意味着几个关键的步骤不是同步推进），从开始可行性研究到系统投入运行大约需要 3 年半的时间。对于 4 年的选举周期而言，这么长的时间可能会存在问题。通常系统应该在开始选举前的一年投入运行，这样人们可以看到实施后的积极效果。如果在选举年投入运行，而系统投入运行的时点正是民众对拥堵收费政策接受程度最低的时段，则对政治决策层的选举非常不利。如果能够在现有的法律框架基础上实施拥堵收费政策，可能会节约大量时间。

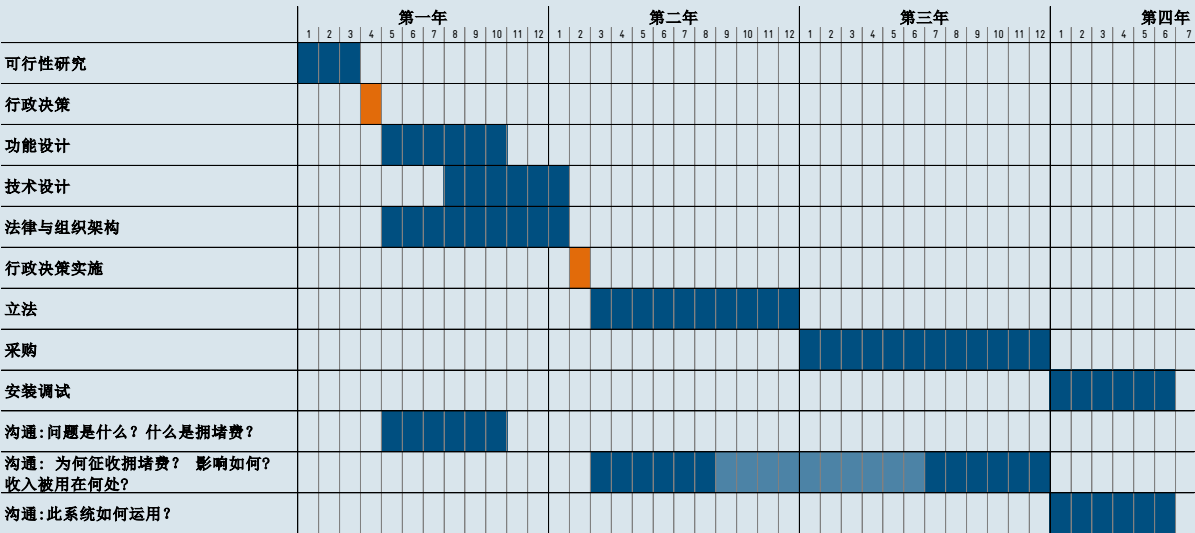


图 9：时间进度表

图 9 也给出了与公众进行沟通的主要时间节点。跟公众的沟通至少要包括以下三个议题：

1. **目前存在的问题。**目前城市面临的交通拥堵和环境问题如何？交通拥堵和环境污染对居住在这个城市的居民意味着什么，有什么影响？
2. **拥堵收费有助于问题的解决。**什么是拥堵收费，为什么拥堵收费有效，实施拥堵收费的预期效果是什么？收来的拥堵费如何使用及采取什么措施改善居民的替代交通出行方式？
3. **如何使用这个系统。**如果决定驾车出行并愿意支付拥堵费，系统如何操作？用户会收到账单，还是要主动报告？如何支付拥堵费，多长时间内支付以免予处罚？如果有问题应该联系谁？

3.2 可行性研究

可行性研究的目的是收集关于当前交通系统基础信息，法律框架和组织机构问题，明确拥堵收费是不是一个可行的交通政策，以及如果实施这一政策需要克服哪些障碍。在这一过程中，需要对不同的拥堵收费方案进行初步分析，评估其效果以确定是否可以达到预设的政治层面的目标。这一过程也可以识别潜在的政治障碍。进行可行性研究需要收集多方面的基础数据，并需要最新的交通需求模型，这可能会是需要解决的现实问题。

- 第 1 章： 背景与目标
- 第 2 章： 目前交通系统状况
- 第 3 章： 政治目标与约束
- 第 4 章： 拥堵收费方案的初步评估，需要的支持措施及收入如何使用
- 第 5 章： 对车辆识别、收费和执法的法律框架和存在的问题
- 第 6 章： 系统技术解决方案和预算
- 第 7 章： 政策推荐和工作计划

附录 A 提供了在可行性研究阶段需要回答的主要问题

图 10：拥堵收费可行性研究的主要内容

为了制定合理的拥堵收费政策，需要满足特定的条件。交通拥堵状况可以被量化，且要确保大部分的小汽车出行需要缴费。小汽车出行的替代交通方式是另一个重要方面，替代交通方式可以是未来逐步建设和加强的。需要对道路网络的拓扑结构进行研究，避免在收费后很多小汽车通过绕行的方式避开收费区域。过多的绕行交通将使拥堵地点转移，而不是解决拥堵问题。在法律框架方面，很重要的一点是明确小汽车是否可以被识别以及如何被识别，现有的法律是否支持实施拥堵收费政策，以及如果小汽车违规不缴纳拥堵费应该遵循什么样的法律对其进行处罚。如何提高车辆牌照数据库的数据质量以及由哪个部门负责维护牌照数据库需要明确。

明确先决条件：可行性研究的作用

可行性研究需要明确实施拥堵收费政策必须满足的先决条件。这些先决条件可以在不同的层面进行定义。

首先，拥堵收费只有在满足以下条件方可实施：

- 拥有法律授权，符合法律框架规定（已有或新制定）。
- 确保车辆能够被准确识别和收费。在没有完善的车辆牌照数据库的国家或者腐败严重的国家难以实施。
- 执行机构能够确保从技术上和组织上完成车辆监测、识别、收费、执法、罚款，并保障用户有合理的付款渠道。

第一层次的先决条件并不能确保有合理的政策。所以，合理的收费政策只有满足以下条件才可实现：

- 现存的问题可以被量化，如交通拥堵、环境污染；
- 现有的绝大部分车辆将会被收费，并且这些车主对收费价格非常敏感（不可以从其他地方获得报销）
- 需要借助交通模型来制定最合理的收费方案

前两类的先决条件能够确保制定一个可实施的合理的收费政策。第三层面的先决条件确保公众对拥堵收费政策的长期支持。

- 实施后，对付费居民存在显著效益（节省出行时间，提高可靠性，改善空气质量）。
- 方案易于被公众理解和接受，公众可以很方便地使用系统。
- 向公众解释和交待拥堵费没有被浪费，而是用来资助其他政策的实施或者投资于公众支持的领域

可行性研究报告包含的内容表明需要拥有多方面综合知识的团队来回答这些基本问题。除了需要有专业的知识以外，还需要与决策者保持紧密联系。技术专家和决策者比较难于直接沟通，因为他们的思维方式不完全一样。需要有一个好的项目经理能够将决策者的想法转化为技术目标，并将量化的计算分析结果转化成决策者能够理解的语言。

除了前面提到的项目经理以及政治层面的代表，还需要其他专业的人才，包括交通规划、法律、技术和公众沟通专家等。具体的人数取决于城市的规模。大城市可能有专门从事交通模型或公共交通方面的专家。法律专家也可以区分为税收财务类的和交通法律类的。政治层面的代表最好来自政府各不同部门，而不是仅有一名代表。

3.3 功能性设计

一旦确定将拥堵收费作为城市的一个潜在交通政策，并得到政治决策层的支持，则下一步需要开展拥堵收费政策的详细设计过程。在下一阶段，很重要的一点是明确拥堵收费政策的功能设计。拥堵收费政策的设计是一个不断更新和完善的过程，需要借助交通调查和交通模型对不同的方案进行评估和优化，整合各个方案的优点形成新一轮的优化方案。在设计初期，系统的功能性设计会存在很大的分化，需要测试不同的系统原型。随着对方案理解的深入和设计的深化，很快会聚焦于一个系统并进行详细设计。在可行性研究阶段测试的不同方案可以作为系统功能性设计的起点，引导方案设计。

系统的功能设计将以可行性研究阶段确定的拥堵收费政策目标作为起点（图 9）。研究在目前的交通状况下，实现拥堵收费的政策目标存在哪些问题需要解决。基于对问题的分析，可以定义拥堵收费政策的基本框架并进行影响分析，并将分析结果与初始设定的目标进行比对。在此基础上，可以调整政策目标，也可能有新的政治层面的约束目标，可以设计新的收费方案。

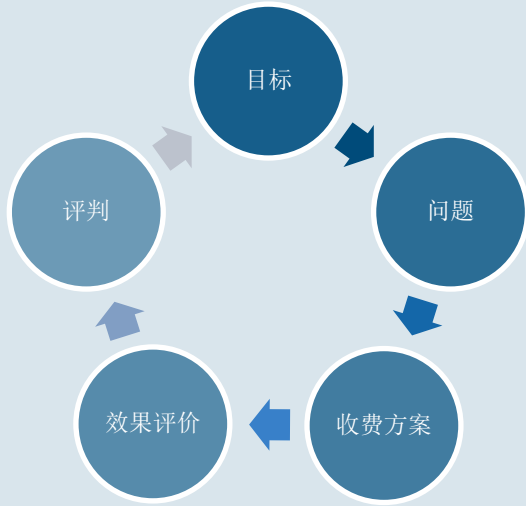


图 11：拥堵收费政策设计的循环过程

这一过程看上去是一个反复试验的过程，但是也需要交通技术人员和政治决策者间一定程度的相互合作和理解。这两个群体不需要总是坐在一起讨论技术细节问题，需要建立理解和互信。在这一过程中，可能会制定一些非常有效的政策但缺乏广泛的支持，也可能制定一些有广泛支持但政策效果并不是特别理想的方案。这一过程非常耗时，需要大量的人力投入。在斯德哥尔摩和哥德堡，都评估和测试了 50-80 个不同的方案，最终选定了最优的实施方案。对不同的方案进行测试不仅是为了找出在特定的政治约束条件下的最优方案，

通过这一过程还应该准备可能被反对方问到的问题，通过对方案的敏感性分析确立对方案的自信。

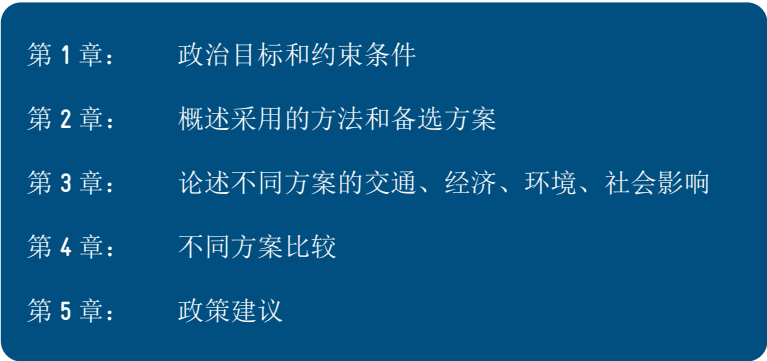
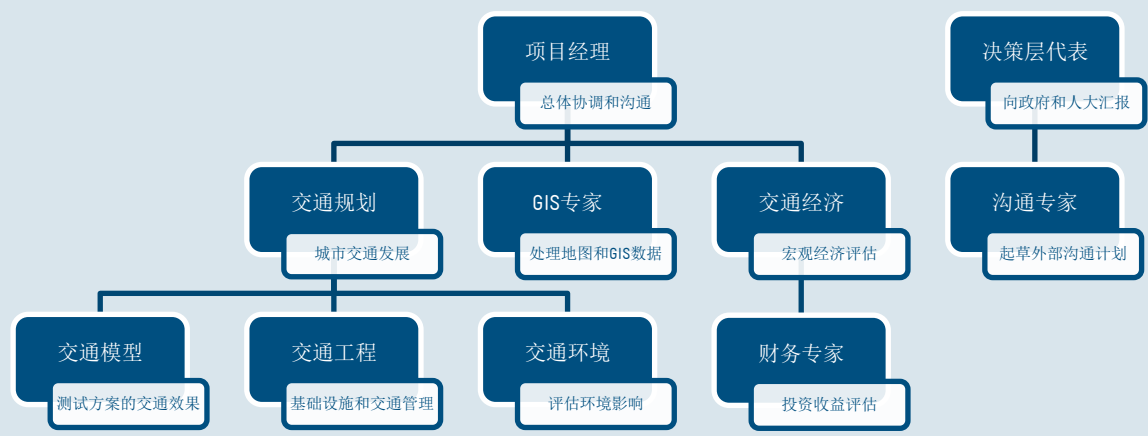
- 
- 第 1 章： 政治目标和约束条件
 - 第 2 章： 概述采用的方法和备选方案
 - 第 3 章： 论述不同方案的交通、经济、环境、社会影响
 - 第 4 章： 不同方案比较
 - 第 5 章： 政策建议

图 12： 功能设计的主要内容

系统功能设计阶段确定收费政策不同方案的内容（在哪里收费，什么时段，征收对象，收费价格），以及采用的技术方案，法律框架和潜在的商业模式。系统功能设计阶段将最终确定推荐的拥堵收费政策方案，形成最终决策实施的方案。基于这一阶段的设计成果，也可以同步制定公众的外部沟通方案策略。

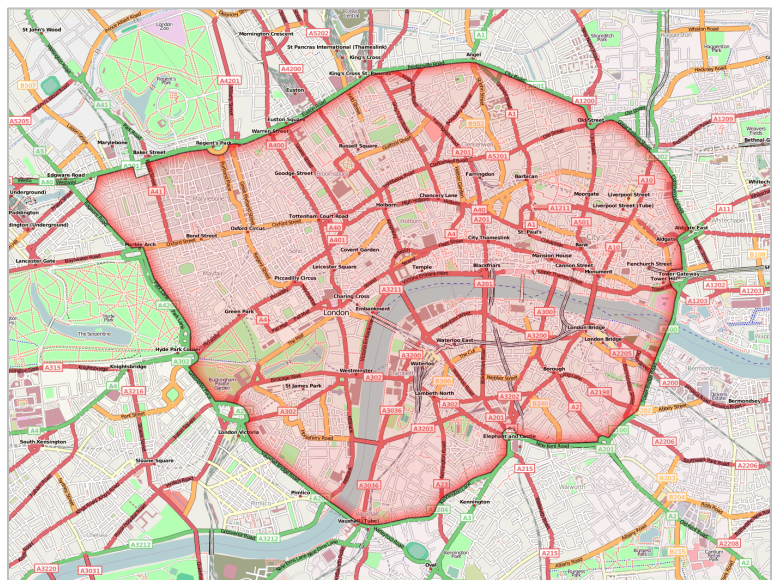
系统功能设计阶段将会制定拥堵收费方案的详细内容。为了评估一个潜在实施方案的效果，需要有不同的专业的团队共同协作。工作团队的成员人数取决于城市的规模。除了需要有不同的专家，能够与决策层密切联系和沟通的项目经理也是非常重要的，决定了政策能否得到决策层的充分支持。

功能设计阶段团队构成



3.4 技术设计

当拥堵收费的功能设计逐步完成，需要确定采用什么样的收费类型（例如基于距离的收费、多边界线收费、单边界线收费、区域收费等）。基于拥堵收费的政策原型，需要设计具体的技术方案，以最经济的方式实现功能需求。在可行性研究阶段明确的政治和法律方面的要求和约束条件在技术设计的过程中需要加以考虑。车辆检测和识别所允许收集的信息以及对车辆进行收费需要明确的法律条文（特别当拥堵收费被作为一项税收来征收）。缴费方式的设置也可能受到政治条件的约束，路侧设备的安装也需要考虑城市景观要求。技术设计的目标是为系统的不同组成部分编写具体的技术要求，为后续设备采购，土地储备、扩展通信和电力网络等提供技术文件。技术设计也会编制整个系统投资收益分析，深化在功能设计阶段的财务模型，也包括详细



照片 5：伦敦拥堵收费区

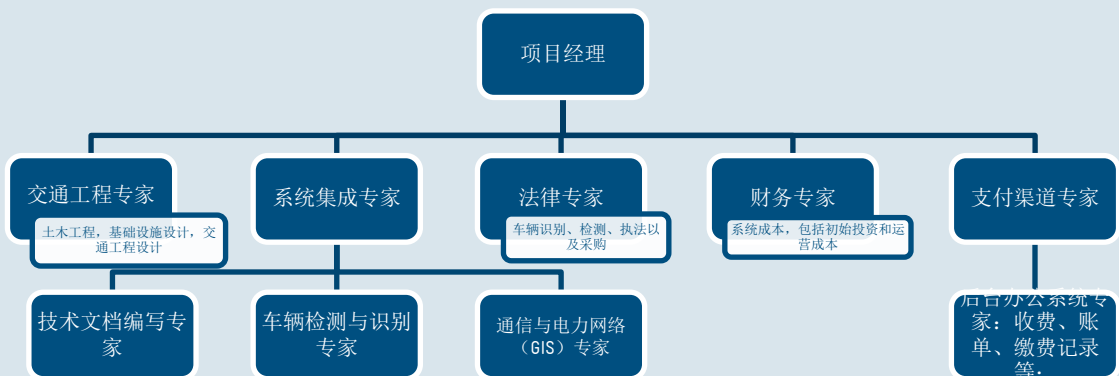
的造价和风险分析。技术设计除了和功能设计有清晰的逻辑联系，也与法律和组织机构关系密切。需要法律要求和限制信息，例如允许通过何种方式对车辆进行检测和识别。技术设计团队也需要将技术解决方案提供给法律专家，以明确系统采购需求和商业模式等。

很多国家在技术设计（或详细设计）阶段就预先设定了政策的运行模式。特别是当涉及到系统设备采购时，通常需要遵循一套正规的程序。除了这些程序以外，技术设计阶段至少应该包含以下内容。

第 1 章：	目标与约束条件
第 2 章：	基于系统功能需求的技术设计概述
第 3 章：	道路与车内功能：车辆检测与识别的系统设计
第 4 章：	后台系统功能：收费、账单与付款、支付渠道等的系统设计
第 5 章：	执法系统设计
第 6 章：	系统整合、测试和人员培训
第 7 章：	对政策实施的支持性设施和措施进行规划设计和投资估算。例如，确定路内车辆识别设备的位置、通讯和电力网络、用地等。也包括车载设备的分配和安装策略（如果需要）
第 8 章：	财务分析与时间计划（设计、规划和投资估算）及运营成本
第 9 章：	结论
系统设计应该有多个附录，对系统的每一个部分有详细的说明。正文主要讨论、比较和推荐技术方案。	

图 13：技术设计研究的主要内容

技术设计的专家团队构成



3.5 法律和组织设计

拥堵收费政策设计过程中，立法和新设立机构的必要性和复杂性取决于已有的法律框架和政府机构组成。如果国家或者城市已经制定了关于道路收费的相关法律，或者已经制定了车辆如何被检测和识别，那么拥堵收费的法律和组织设计就不存在问题。如果城市没有完善可靠的车辆牌照数据库系统，也没有法律授权进行道路收费，那法律问题会成为实施拥堵收费的主要瓶颈。因此有必要在可行性研究阶段对已有的法律进行系统的梳理和分析。法律的约束条件也会对后续系统功能设计和技术设计产生影响。系统的功能设计可能涉及到需要对现有法律条款进行修改补充，甚至订立新的法律条文。

区域或城市的法律结构与国家的法律框架间的关系也非常重要。有的区域或城市可以颁布自己的法律条文，或者需要遵循国家统一的法律和规章制度。特别在欧盟国家，欧盟的指令和法律也适用与国家和城市。

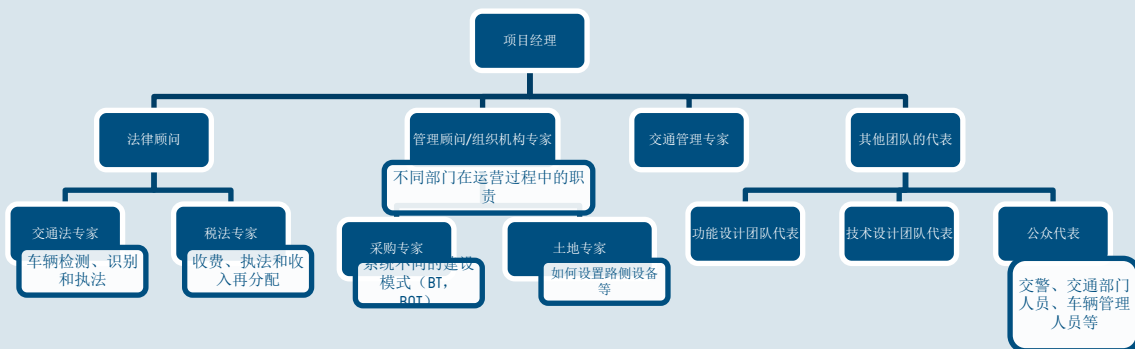
各个城市在实施拥堵收费时遇到的法律问题取决于已有的法律框架和制度安排。需要根据城市的具体情况综合考虑。

因此，法律和组织机构设计中建议包含的内容如下图所示。

- 第 1 章： 拥堵收费政策方案设计和技术系统
- 第 2 章： 车辆自动监测和识别的法律框架（现有的法律规定是否允许通过拍照识别确定驾驶员，还是需要制定新的法律？）
- 第 3 章： 收费、寄送账单和违规处罚的法律框架（目前的法律规定已经足够了还是需要更新）
- 第 4 章： 拥堵收费实施和运行的组织架构
- 第 5 章： 推荐到技术系统采购方式（如何组织可以节约投资，降低政治风险）
- 第 6 章： 推荐的立法程序和时间安排（如果需要制定新的法律）
- 在需要的地方可以适当补充附件。

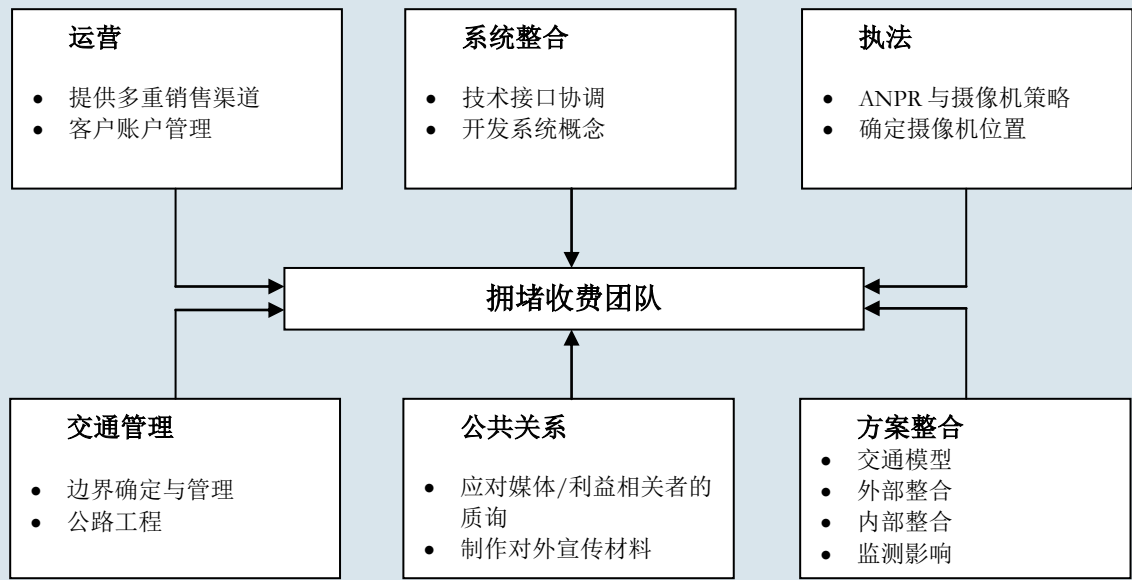
图 14：法律和组织架构设计的主要内容

法律和组织机构设计的专家团队构成



案例研究：伦敦运输局拥堵收费团队

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。



来源：拥堵收费和低排放区国际最佳经验（能源基金会，2014）

4 基于模型的拥堵收费政策设计

前述章节解释了为什么需要对拥堵收费不同方案的实施效果进行预测分析。预测、分析和讨论不同方案的政策效果是制定成功的拥堵收费政策的核心环节。很多时候，决策者和交通工程师都过高地估计了他们对交通系统的理解，认为可以通过个人直观的判断制定较好的拥堵收费政策方案。不合理的拥堵收费方案实施以后可能会使交通系统变的更糟糕，因此对方案进行合理的设计非常重要。这也是为什么需要用单独一章的介绍如何利用交通模型辅助进行拥堵收费政策方案设计。

拥堵收费的设计不是一个单纯的学术理论问题，依靠数学优化算法就能得到准确答案。数学计算对方案的设计和优化有帮助，但是数学计算的结果太抽象，忽略了政治现实和公众的理解。交通模型是分析交通系统运行水平和评估拥堵收费政策效果的有力工具。这就需要政策制定者需要对模型有所了解，并有效的使用模型。但是任何模型都不是完美的，模型并不能够替代决策，承担决策者的责任，模型仅为决策提供支持，并不能给出非常明确的答案。

除了用来预测评估交通运行和公共交通状况的交通模型以外，还需要其他的模型来评估收费政策对环境、经济和交通安全的影响。这些模型可以用来评估拥堵收费政策在不同的地理区域、不同的收费时段和收费价格、对不同的车型收费等所带来的影响。本章首先介绍交通模型的基本需求，然后讨论如何在模型中定义地理区域和收费价格等。

4.1 模型基本需求

目前在世界范围内有很多类的交通需求模型，本章并不想对这些模型做一个横向比较。从本质上讲，拥堵收费政策将会影响人们的出行行为，也有大量的研究资料 and 实际案例揭示拥堵收费会对出行者的哪些方面产生影响。如果模型能够较好地反映收费政策对出行行为的影响，能够提供较好的预测精度，则为好模型；反之亦然。实施拥堵收费将可能会影响出行者以下几方面的出行行为：出行路线选择、出发时间变化、交通方式改变、出行目的地改变、交通工具的拥有状况（小汽车拥有量、公共交通票、自行车拥有量）和出行时序发生变化。因此，用以评估拥堵收费影响的交通模型主要包含以下部分（费用是影响行为的解释变量）：

- 路径选择/分配模型
- 时间/出发时间模型
- 方式选择 / (停车换乘) 模型
- 目的地选择模型
- (基于行为或出行链的) 出行生成模型
- 小汽车拥有模型

在上述列表中，括号中的内容能够使模型更精确，但并不意味着模型没有这些功能将会影响拥堵收费政策的制定。如果收费政策选择在不同的时段收费费率是不一样的，或者不同时段对出行者而言时间价值是不一样的，则出发时间选择模型非常重要。如果在拥堵收费

区域外围计划修建停车换乘点以作为辅助支持政策，则停车换乘模型也非常重要。基于行为或出行链的模型详细描述了人们一天的出行行为以及这些行为如何产生出行需求。基于行为的模型预测人们一天所从事的主要活动，这些活动发生在什么地点，持续了多长时间等。基于出行链的模型以集计的方式构建了基于家庭的一日出行行为链。如果收费政策对不同类型的车辆收费价格是不一样的（例如不同排放标准收费价格有差异），则车辆拥有模型也非常重要。

不同的人有不同的出行偏好和约束。这种出行的异质性应该在出行需求的行为模型上有所体现。通常的做法是根据个体社会经济属性（收入、就业、教育、年龄、性别等）和出行目的将相同类型的人进行分组。特别是在路径选择模型，需要将不同时间价值的人群进行分别处理。也有研究表明动态模型能够更好地反映出行时间的变化(Engelsson, 2013)，这种变化对社会成本效益分析有重要影响。模型标定困难及运行时间过长是动态模型的制约因素。最后，并不是所有的出行者都需要支付拥堵费。因此可以获得豁免的群体需要在模型中体现。

并不是所有的出行行为的改变都是在拥堵收费实施后的短时间内出现的，因此长期战略选择模型可以用来评估拥堵收费的长期影响。例如在斯德哥尔摩(Eliasson et al., 2013)，通勤目的地选择是包含在预测模型中的，但是并不意味着在实施了拥堵收费后人们会立刻换工作。由于拥堵收费的政治风险主要在实施后的一年内，因此建议利用模型分析在实施收费后第一天的影响和收费后 5-10 年的影响。对于方案的设计，应关注后者的影响，而如果和公众进行沟通，则第一个分析结果更为重要。

最后，在世界范围内有不同的建模思路。一类是数据驱动型的，也即将模型做很好的标定是非常重要的；另一类则是理论驱动型的，注重通过不同的模型解释出行行为。通常是将两者综合，首先建立行为模型，然后将其调教符合观测数据。这种调教会削弱模型的解释力。在实际应用过程中需要了解哪部分模型是基于行为解释建立的，哪部分是基于数据建立的。

4.2 地理边界

根据拥堵收费的经济学理论，不同的道路在不同的时段应具有不同的价格，这取决于道路的交通需求和通行能力。对于拥堵收费系统而言，这就意味着只有当最后一辆车进入道路才可以确定道路上行驶的每一辆车需要支付多少拥堵费。当然，这仅是理论分析，并不会被实施。问题是，如何制定拥堵收费政策方案，既可以被公众理解和接受，也可以产生近似理论分析的效果。

与其对一条道路收费，通常的做法是对一个区域内的道路打包进行收费，也可以是对多个区域收费。例如，在罗马划定了多个收费区域，每一个区域的收费价格和收费时段并不一样。另一种做法是仍然遵循不同的道路在不同的时段具有不同的价格的理念，但是仅有很少的几种收费价格，或者根据车公里定价。确定拥堵收费的地理边界最好采用已有的天然物理分界线或者人们默认的地理边界（如街区等）。

边界线拥堵收费或区域拥堵收费

目前世界范围内实施的拥堵收费方案都是采用了简化的、以地理边界为基础的拥堵收费。通常由一条或几条边界线划定一个收费区域。仅当车辆通过边界线时需要缴纳拥堵费的称为边界线拥堵收费；可以是驶入区域缴费，驶出区域缴费或者进出区域都要缴费。这也意味着在区域内行驶的车辆不需付费，这与区域拥堵收费有明显的区别。区域拥堵收费指在收费区域内行驶的车辆也需要缴费，即使没有通过收费边界线。虽然边界线拥堵收费的价格看上去较低，但是如果车辆在一天内多次通过收费边界线，则其缴纳的总费用较一日不限次通票还是要高。

区域收费通常定义为“24小时内一次收费”，而边界线收费通常是计次的。如果遵循上述区域收费定义，则车辆在一天内第二次或多次进入收费区域是不用缴费的，这在一定程度上降低了区域收费的效果。另一方面，边界线拥堵收费方案对区域内的交通出行也是不收费的，这也在一定程度上降低了收费效果。就执法成本而言，区域拥堵收费要显著高于边界线拥堵收费。因为区域收费的车辆在不通过边界线的收费站点而仅在区域内通行时也需要付费，这就需要在区域内安装足够多的摄像头以捕捉车辆的出行轨迹。系统需要及时识别车辆（驶入和驶出），这就需要很好技术以达到精度要求。同时也需要在区域内配备一些流动执法车，以辅助识别车辆。

原则上，区域收费也可以不以24小时作为时间窗口，例如可以4小时作为收费时间单位。停车收费可以看作区域收费的抽象；收费区域仅包括停车场地，而收费的时间单位是以分钟/小时计的。区域拥堵收费较停车收费的优势在于，停车收费不能够对那些自己拥有停车位或者非收费停车位的车辆进行收费。停车收费也不能够影响过境交通。停车政策可以和区域拥堵收费相互补充，作为一个综合措施。公共停车政策可以作为交通需求管理的有效措施，在实施拥堵收费政策以后，经营性的停车场也可以通过降低停车收费价格吸引更多顾客。

两种类型的拥堵收费方案应该在什么场合应用？当区域内存在大量的区内交通出行需求，且这类出行是引起区域拥堵的主要原因，则适合使用区域拥堵收费方案。伦敦和米兰采用了区域拥堵收费方案，而斯德哥尔摩、哥德堡和新加坡采用了边界线拥堵收费政策。

基于距离的收费方案

基于距离的收费最符合拥堵收费的经济学理论基础，因此也非常有吸引力。原则上，根据经济学原理可以通过观测不同路段的使用情况而收取不同的费用。基于距离的收费也可以避免在边界线/区域收费政策中存在的绕行收费区域而不付费。

然而，在现实中实施基于距离的收费政策也存在一些技术瓶颈问题。基于距离的收费需要记录每一辆车的行驶距离。车辆的里程表读数并不能提供足够的信息，因为车辆行驶在不同的区域可能收费价格不同，或者有些区域是不收费的。同时，车辆的距离信息需要回传到后台系统，这就需要建立车辆和后台系统间的通信。最后，在车辆的违规执法过程中仅拍摄车辆的牌照信息并不能够获得车辆的实际行驶距离，对执法造成困难。

基于距离的收费有不同的技术解决方案（如采用蜂窝网络），但是采用GNSS和移动通信的技术目前是主流解决方案。这一方案要求每辆车安装GNSS接收器和移动通信装置，使基于距离的收费政策实施成本较高。此外，GNSS接收器在高密度的城市区域也会存在误差，导致计算的距离不是特别准确。

案例研究：德国技术方案

例如在德国，货运车辆的道路通行费采用了以 GNSS 技术为基础的基于距离的收费。德国的面积较城市拥堵收费区域的面积大很多，但其车辆数也相对少很多。在城市实施拥堵收费则相反，区域面积很小但车辆很多。因此，GNSS 技术在城市并不适用。然而，通过新车出厂预装的必要设备，或者通过智能手机上的一些功能或许可以解决这一问题。新加坡、美国、比利时和德国在探讨对私人小汽车实施基于距离的收费，但是只有新加坡实施了拥堵收费政策。其他国家的目标是通过对外国小汽车（比利时，德国）征费或者提高燃油税（美国）增加财政收入。

4.3 收费价格

除了拥堵收费的地理边界外，确定收费价格也是拥堵收费方案设计的一个重要内容。最终，政策目标以及政治接受程度和出行者对价格的敏感性等外部约束条件决定了合理的收费价格。确定收费价格是一个不断循环的过程，通过测试不同价格的影响确定最合理的收费价格。在政策设计初期，可以通过以下方法确定收费价格。

- 确定要减少的交通出行量目标，通过交通出行的价格弹性和目前的价格水平测算收费价格
- 利用交通出行延误时间和出行者时间价值指标测算出行的延误成本，收费价格应略高于当前的延误成本。

确定收费价格水平

在制定拥堵收费方案的时候，确保公众能够简单明了地理解政策内容是非常重要的。但另一方面，也有必要为不同时段、不同地点和不同车型设定不同的收费价格以达到预期的政策目标，让人们意识到采用不同的交通方式付出的成本是不一样的。交通需求非常复杂，仅靠单一的价格不会对每一个个体产生影响，而当整体提高收费价格又可能会对其他个体影响过大。

车辆类型

通过对不同车型分开定价体现用户采用不同交通出行方式的成本。例如：

- 出租车和其他公共交通工具是可以得到豁免的。这是因为决策者希望在实施拥堵收费的同时能够建设更加有吸引力的公共交通方式。如果公共交通完全是政府所有，只有当政府希望公交企业提高运行效率时才会对公交车辆进行收费；否则对公交车辆进行收费只是将资金在不同的政府部门间流转，增加了行政成本。
- 应急车辆是可以豁免的。从政治的角度考虑，这是没有疑问的。
- 对货车的收费有所不同。在一些情况下，货车可以免交拥堵费，因为这些货车对经济正常运行起着重要的保障功能，或者已经有一些规范性措施明确货车在什么时段可以进入城区。在另一些情况下，对货车的收费要比普通汽车高，因为他们对交通基础设施

施的破坏性更大（大约 10 倍的关系），或者因为运送货物的时间价值更高，或者因为货车更容易引起交通拥堵（占用更多的道路通行能力，约 2.5 倍的关系）。

- 外地车辆通常是免费的，因为对管辖区域外的车辆征费比较困难，征费成本也较高。
- 政府车辆是免交拥堵费的。有些国家或城市政府公车较多。这就意味着政府高级官员可以免交拥堵费。如果政府部门内有独立的财务管理机构，可以对公车的运行成本独立核算，则对政府车辆收费可以促进车辆的使用效率。反之，如果没有这样的独立机构设置和核算机制，则对政府车辆收费仅意味着资金从一个部门转移到另一个部门，增加了行政成本。
- 对摩托车的征费也存在不同。摩托车对交通拥堵的影响不大，但排放较高也有很大的安全风险。在一些情况下，对摩托车不征费因为摩托车经常没有牌照，通过 ANPR 系统对车辆识别困难。

时段

根据一天内不同的时段对车辆收费的费率有所变化。不同时段设定不同的费率有多个因素的考虑。一个因素是因为交通出行目的在一天内的不同时段分布不同。通勤交通通常在早晚高峰；商务和购物出行则在非高峰时段占比例较大，而休闲出行主要在晚上。不同的出行目的对收费的敏感性有所不同，因此需要在一天不同的时段设定不同的费率。另一个因素是因为收费价格的高低应该与道路交通拥堵程度相关。在高峰时段道路较为拥堵，因此收费价格也相应较高。

不同时段设定不同的费率通常有三类方式。最简单的做法就是设定不同时段的费率是一样的。其次，最常用的是基于时间表的收费。不同时段收费费率提前公告，众所周知。第三类是根据道路交通的拥堵水平计算收费费率，每隔几分钟进行动态调整，如美国的收费车道通常采用这种做法。这是跟拥堵收费的经济学原理最贴近的，但是对出行者而言理解困难。动态收费原理应用在单个交通走廊较为简单，但如果基于整个路网计算动态收费价格则复杂的多。动态收费通常预先设定了收费的最高和最低价格以及费率调整的幅度，这在一定程度上降低了实际应用的复杂性。

地点

拥堵收费价格在不同的地点，收费费率可以不同。这适用于边界线收费和基于距离的收费。对于区域拥堵收费方案，可以在不同的区域内设定不同的收费价格。对于边界线拥堵收费方案，不同的进出区域收费点收费价格可以不同，这主要取决于城市不同区域的拥堵水平以及可能存在的潮汐交通状况。对于基于距离的收费，原则上每一个路段可以设定不同的价格。



照片 6：瑞典斯德哥尔摩收费价格随着一天内不同时段而变化（1 克朗相当于 0.85 元）

上述原则可以在瑞典找到相应的例子。在斯德哥尔摩，居住在斯德哥尔摩东部 Lidingö 岛的居民如果仅是穿过斯德哥尔摩拥堵收费区域，出行目的地不在收费区域内，则可以免交拥堵费。在哥德堡，如果在一个小时内通过收费点多次，仅需要交一次的钱，这减少了过境交通的交费。在这两个例子中都存在豁免，因为决策者意识到这些群体的出行者没有其他更好的出行方式，应该为他们提供豁免。

4.4 评估不同方案的主要指标

交通模型可以生成大量的数据，这些数据需要进行集计分析以评估不同的拥堵收费政策方案的效果。每个国家或城市对评价的具体指标可能有所不同，但通常可以将这些指标分为四类：

1. 交通
2. 环境
3. 经济
4. 社会，分配及公平

对拥堵收费政策的评估也可以采用评估其他政策相同的方法，如评估基础设施投资、交通需求管理政策等。实质上，拥堵收费政策是修正交通运输系统市场价格的一种措施。如果对现有交通系统价格没有一个正确的理解，则拥堵收费政策有可能会失去它预期的效果。拥堵收费的收入再分配过程不会影响社会成本效益分析，政府也不需要像实施其他政策那样需要先期投入大量资金。

交通效果

拥堵收费政策的首要目标是改善交通状况。交通状况的改善包括减少延误和排队，改善拥堵情况和提高车辆行驶速度等。无论决策层实施什么样的政策改善交通状况，都需要评估政策实施后的效果。如果政治目标不是特别明确的情况下，通常以下指标可以用来总结政策的交通影响效果：

- 反映道路交通流量和速度变化的图纸
- 主要路段交通流量、速度和饱和度表
- 交通出行方式变化 (交通出行量和出行距离)
- 路网总车辆行驶里程和平均出行距离变化
- 通过收费边界的交通流量变化情况

环境效果

拥堵收费的环境效果也是决策过程的重要考虑因素。事实上，改善区域的空气质量或减少温室气体排放也是很多城市实施拥堵收费政策的主要动因。用哪些指标来评估环境影响部分取决于当地空气质量和温室气体排放相关的法律法规。如果环境的改善取决于交通运行状况的改善，则有必要建立一体化的交通模型和环境模型。

■ 区域空气质量的主要指标：

- 成人死亡率的变化
- 不满足排放要求的道路里程数
- 超标环境下人口暴露数
- 缓解措施的费用

■ 温室气体排放主要指标

- 年均温室气体排放量，分车型和交通状况统计

经济效果

理论上，不同方案经济效果的评估是基于（社会）成本收益分析，也即尽可能地将所有的收益（节省出行时间，减少排放等）和成本（投资和运行费用）以货币化表示。在成本收益分析的过程中，哪些部分需要考虑在内以及如何估价在很多国家已经有成熟的惯例和做法。成本收益分析的计算比较复杂且需要耗费大量时间，在政策制定过程中对每个方案都进行这种分析是不现实的。

一个简化的计算方法是比较实施和不实施拥堵收费政策的消费者剩余，这也能够为方案的比较提供参考。消费者剩余是指消费者消费一定数量的某种商品愿意支付的最高价格与这些商品的实际市场价格之间的差额。消费者剩余量的变化反映了实施拥堵收费政策后所有出行者的效益是提高了还是减少了。在拥堵收费政策中，消费者需要付费，因此总消费者剩余应该是负值。出行者所节约的时间价值不足以弥补其付出的拥堵费。然而从社会整体来看，一部分出行者付出的拥堵费并不是消失了，而是变成了收益，可以通过再投资而使经济体内的其它群体受益。通过这种方式对付费的修正可以得到拥堵收费对整个社会的净收益。

选择最优的拥堵收费政策总是一个试验和错误的过程，以下指标可以协助：

- 政策是否达到政策目标和约束
- 对交通运行指标的改善
- 水平和垂直的公平性指标
- 消费者盈余的变化
- 投入效益分析

5 公平性，豁免和收入使用

在很多情况下，拥堵收费被认为是一个倒退的政策，因为其更多地针对低收入群体而不是富裕阶层。然而，对于公平性的研究提供了完全不一样的解释，其中的一个很重要的问题是如何分配和使用拥堵费。在很多城市，交通带来的拥堵、安全、空气污染等负面因素对低收入群体的影响要高于对高收入群体的影响。事实上，通过实施拥堵收费可以视为“绿林好汉”式的税费政策，常开车的高收入群体需要支出更高的费用，而低收入群体则可以从中受益。特别当这些收入用来改善公共交通和自行车设施，减少交通污染、噪音和房屋震动等，低收入群体的受益更大。拥堵收费系统如何实现公平是一个政治决策，而不是政策本身的固有属性。

2014 年，Litman 先生就如何研究和衡量交通系统的公平性问题给出了解释。下面是引自他的报告：

在交通定价过程中考虑纵向公平性问题已经有很长的历史了，如针对低收入人群进行打折。亚当斯密（1776），现代经济学的奠基人，写道：“对豪华轿车或后躺椅式马车等的道路收费要比以重量计算的费率要高，因为这些工具不像货车、运货的马车等运送的是必须品。懒惰和虚荣的富人对救济穷苦人民的贡献非常小，没有降低将重型货物运送到国家的不同地区的费用。”

5.1 公平性问题

在讨论拥堵收费的公平性问题时，往往存在一个潜在和隐性的话题，也即交通系统的当前状态是不是公平的，或者绝对的公平应该是什么状态。就拥堵收费或其他任何一个交通政策而言，公平性讨论反复提出的问题是新引入的交通政策如何影响当前的公平性。从本质上讲，研究公平性问题的核心是确定一个新政策带来的费用和收益如何在不同群体间分配。有两种类型的公平性需要考虑，一类是不同的社会经济群体受到的影响是不同的；另一类是由于受地理空间的影响，在同一社会经济群体内的人受到的影响是不同的。

2006 年，Eliasson&Mattsson 研究了斯德哥尔摩拥堵收费的公平性问题，发现收费政策是正面的（对高收入群体的影响较对低收入群体的影响高），主要是因为收来的拥堵费主要用来改善公共交通系统。Tonne, Beevers, Armstrong, Kelly, & Wilkinson 在 2008 年研究了伦敦拥堵收费对空气质量的影响，结论是每十万人可以总计延长寿命 183 年。全伦敦人口因此可以延长寿命 1888 年。贫困地区空气污染浓度较高；这些地区也更多地受益，减少空气污染和死亡率。伦敦拥堵收费对环境的改善非常明显，不富裕群体的受益更多。

5.2 豁免与折扣

在所有拥堵收费政策设计的过程中，迟早都需要讨论哪些车可以获得豁免或者折扣的问题。如果实施拥堵收费政策的目的是为了缓解拥堵，则对车辆收费的豁免或打折将影响效果。这就意味着原先需要付费的还是要付费，而且要付的更多以补偿对豁免或打折车辆的效果。最常用的是对应急车辆进行豁免，如警车、救护车、消防车和军用车等。

对环境友好型车辆进行豁免也是通常的做法。由于技术进步非常快，在有补贴的情况下环境友好性车辆保有量的增长也会非常迅速。因此，对环境友好型车辆进行豁免的政策需要有很好的灵活性，特别是对环境友好型车辆的定义要随着技术的发展不断更新。对环境友好型车辆的豁免或补贴也应该设定几年的期限。需要注意的是，即使零排放车辆也会由于刹车、轮胎磨擦等产生 PM2.5 排放，且由于存在能源消耗，其排放可能不是在行驶过程中，而是在能源的生产阶段和生产地点。

通常也会对弱势群体提供豁免或折扣。例如，日常生活中残疾人可能更依赖小汽车出行。这里也引出了一个问题，即在哪个环节对这些弱势群体提供补偿。或许对弱势群体提供一般性的补偿，或者减少收入所得税等比直接豁免或打折拥堵费更合适。

实施区域或边界线拥堵收费方案不可避免地将居民依据收费边界划分为收费区域内和收费区域外两个群体。取决于政策如何制定的，通常两个区域的居民会所需要缴纳的拥堵费有显著的差异。在一些非常具体的情况下，有可能拥堵收费的边界线将原来的一个社区划分为两个部分，这时候可能需要对整个社区的居民进行豁免或折扣。在大多数情况下，这样的豁免是处于政治目的和需要。在伦敦，收费区域内的居民获得拥堵收费的折扣完全是政治需要。斯德哥尔摩东部 Lidingö 岛拥堵收费的豁免是综合平衡政治需求和法律规定。

拥堵收费方案中的豁免或折扣都需要有明确的时间限定。随着时间的推移，原有的居民将迁出，而新的居民进入。之所以对已居住的居民提供豁免或折扣，因为拥堵收费政策的实施显著增加了他们的出行成本。而对于新迁入的居民而言，拥堵收费对他们较搬入前影响不大。定期地对拥堵收费的豁免和折扣政策进行总结，评估是否需要调整或取消。已经存在的很难取消，而当适当地限定豁免和折扣政策的有效期，在有效期后取消就相对容易。

5.3 收入使用

拥堵收费会产生稳定的净现金流收入。这部分资金应该用于改善整个社会的状况，人人受益，而不是服务于某一部分群体。从目前的研究看，如何使用拥堵收费带来的净收入是政策制定和决策过程中一个非常重要的问题。不同的使用方案会影响政治层面和公众对拥堵收费政策的接受程度，也是弥补政策缺陷的重要手段，影响公平性。

提高政治层面和公众的接受程度

跟公众进行沟通，让公众了解政府会合理花费拥堵费收入是非常重要的。公众很自然会想到这些钱或许被浪费掉了。通过将拥堵收费的收入投资于公众意见非常强烈的领域或者涉及到公众自身利益的领域会显著地提高公众的接受程度。由于人口的多样化，导致不同的社会群体有不同的利益诉求。拥堵收费的支出尽量应照顾到各利益群体，形成组合方案。总之，拥堵费收入可以用在以下几个方面：

- 改善环境（如果环境问题是一个相当严重的问题）；
- 解决交通瓶颈（服务于小汽车出行者的利益诉求）；
- 改善替代交通方式，如自行车和公共交通等；

瑞典案例：改善小汽车出行的替代交通方式

小汽车出行者适应拥堵收费政策要比他们自己预期的更有创造性，比交通规划者对他们的预期更有创造性。斯德哥尔摩通过调查问卷和实际观测，了解人们的出行行为是否发生了变化以及如何改变的。相较于现实，人们通常低估了他们适应拥堵收费政策的改变。低估的主要原因是在实施拥堵收费政策后，人们经常将以前的多个出行合并优化，减少了一日总出行量。有部分出行转移到公共交通。为了鼓励这种方式转移，以及不使公共交通的服务水平恶化影响之前的公交出行乘客，拥堵收费的收入可以投资建设小汽车的替代交通出行方式，如公共交通、自行车基础设施、在家工作所需要的通信基础设施等。



照片 7：斯德哥尔摩全景

无论拥堵费收入如何使用，都会影响系统的公平性。将拥堵费收入投资改善小汽车的出行环境将使高收入小汽车出行者受益，而投资改善公共交通系统将使低收入出行者受益。除了如何分配和使用拥堵费收入以外，政府决策者在拥堵收费政策实施的过程中利用不同手段调节整个系统的公平性问题也是引入拥堵收费系统的初衷，正如本章之前所提到的。

弥补系统缺陷的配套措施

没有一个系统是完美无瑕的。特别是对于边界线收费和区域收费方案，其收费边界总是存在很多问题，需要确保留有部分收入来实施配套措施弥补缺陷。每一个收费政策方案都需要在区域边界实施一些配套措施。通过实施交通需求管理措施解决部分车辆通过绕行的方式不通过收费区域。这些措施包括封闭收费区域边界的特定道路；施划单行道；制定方案禁止重型货车通过，特别是居住区；实施公交优先，使公共交通较汽车更有吸引力。同时也需要一些资金对交叉口的信号灯配时，以及交叉口的布局进行改进。加强对边界线区域的停车管理，比如在特定区域禁止将车停在收费边界外侧，然后利用公交，自行车或步行进入收费区域。区域内的部分商业经营可能会受到影响，如私人的停车管理公司和汽车维修厂等，需要对其搬迁或补偿。

6 收费技术

目前，市场上可用的拥堵收费技术手段并不是特别多。总体而言，收费技术要求能够在车辆自由流行驶状态下感知和识别车辆，要求有很高的识别精度和较低的误判率。本章讨论了不同的收费技术的优缺点。除了技术本身以外，很重要的一点是要确定如何采购设备以及由谁来运营管理这些设备。如果涉及到私营部门的参与，还需要确定如何支付私营部门的费用以及如何分担风险。

拥堵收费技术包括不同的部分。首先，需要检测和识别车辆，然后根据车辆信息计算车辆的付费金额，通知车主，最后确认支付。整个过程需要良好的凭证和执法系统，以保证车辆的识别率，正确地计算费率以及对逾期未付款车主的处理等。但并不是所有的情况下都需要这些步骤。本章讨论收费技术的不同组成部分。虽然目前人工和纸制收费系统仍然存在，但本章限于讨论自由流自动车辆收费系统。

6.1. 车辆检测与识别

通常车辆检测和识别系统都来自同一个生产厂家，以便于系统整合。在这里，要区分 GNSS-CN 系统（全球卫星定位导航系统 – 蜂窝通信系统）与区域收费系统。GNSS 系统通过车载装置的车辆身份识别号确定车辆，并不需要独立的检测系统。基于区域的收费系统，车辆检测和识别是通过预先安装于路上的龙门架来实现的。通过激光或者视频技术检测车辆，而车辆的识别是通过牌照识别或者一些发射应答技术。应答器是安装在车内的装置，可以和安装在龙门架上的路侧设备进行通信。

自动车牌识别系统 (ANPR) / 虚拟牌照

目前世界上所有的拥堵收费都是基于自动车牌识别系统。有些城市自动车牌识别系统不用来识别车辆，而是用来作为执法目的。自动车牌识别系统通过安装在龙门架或立柱上的摄像头拍摄车辆牌照影像。拍摄的图像通过光学字符识别软件提取牌照信息。这种自动识别系统通常不能够保证 100% 的成功率，需要辅以人工操作完善部分记录。将车牌图像进行处理获取车牌信息后，还需要有包含车辆和车主详细信息的车辆牌照数据库。通过车辆牌照信息与数据库进行比对，获得车主的通信地址并寄送账单。对于没有车辆牌照信息数据库或数据库不完整的城市或国家，可以采用 ANPR 技术获取车辆的逐次付费信息，并以车辆作为付费债务担保(Hamilton, 2012)。

案例研究：新加坡电子道路收费系统

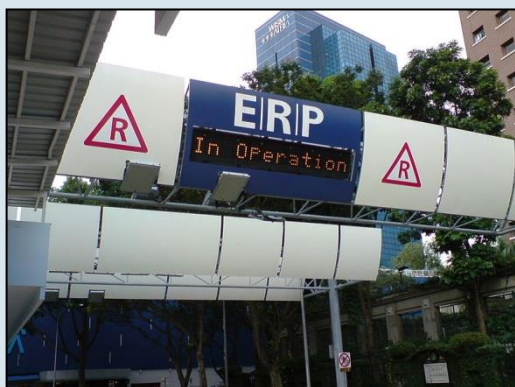
新加坡电子道路收费系统 ERP 使用专用短程无线电通信（DSRC），2.54 GHz 波段。三个部分分别为：(a)带有现金卡的车载单元（IU），(b)位于控制点的 ERP 闸门，(c)控制中心。

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。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。

ERP 龙门架

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。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。



照片 8: 2008 年新加坡 ERP 系统自动收费龙门架 A

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。

来源：拥堵费和低排放区国际最佳经验（能源基金会，2014）：www.mhi-global.com/products/detail/electronic_road_pricing_system.html

专用短程通信（DSRC）或无线射频识别（RFID）

专用短程通信（DSRC）或无线射频识别（RFID）技术在收费公路应用较多。专用短程通信（DSRC）和无线射频识别（RFID）在技术上有所区别。DSRC 在欧洲应用较多，而 RFID 在美国有较多应用。专用短程通信（DSRC）和无线射频识别（RFID）虽然在技术上存在差异，但其主要功能和实现目标基本一致。通常需要在车辆前挡风玻璃处安装车内装置或标签，并能够与路侧设备进行通信。因此如果采用专用短程通信（DSRC）或无线射频识别（RFID），需要设置安装有接收器的龙门架或柱子，能够与车内装置进行通信，读取车载装置的相关信息，如 ID 标识号，时间等信息。后台程序将根据读取的信息计算车辆需要缴纳的费用，并直接从预付费智能卡中扣除（如新加坡）或者通过寄送账单通知用户需要支付的费用。

较自动车牌识别系统（ANPR）而言，DSRC/RFID 技术能够提高车辆识别的精度，从而减少整个系统的运行费用。如果能够与预付卡系统整合，则在保护用户隐私的前提下实现付费。只有在执法的时候才需要调取用户信息。无论是由政府还是用户来支付车载装置单元的费用，采用 DSRC 技术系统投资要相对较高，因为 ANPR 系统还是需要建设以作为执法取证的手段。

目前从世界范围拥堵收费案例看，只有新加坡采用了 DSRC/RFID 技术。斯德哥尔摩一开始计划采用 DSRC 技术，但是后来论证认为没有必要。伦敦也测试了 DSRC 技术。在哥德堡，未来可能会在过境的外国货车使用 DSRC 技术进行付费，因为目前在瑞典、挪威和丹麦间高速公路上行驶的卡车基本都配有车载单元。

全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)

全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)是自动电子付费系统的一部分。GPS，即美国军用卫星定位系统或许是在世界上在该领域最知名的系统。除此之外，俄罗斯联邦有 GLONASS 定位系，欧盟和中国都在开发新的卫星导航系统。GPS 系统已经被广泛地应用于跟踪货车位置，在德国和瑞士也用 GPS 定位系统计算货车的通行费。车载单元集成了卫星定位系统和通信系统，并在车内或后台系统配有电子地图。车辆的位置用来确定在不同类型道路上的行驶距离，以计算需要支付的费用。

基于全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)的优势在于收费系统的灵活性，因为这样的系统很容易对已有的收费政策进行更改。事实上，收费政策的实施完全依赖软件程序，而不是路侧设备。因此基于全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)技术的收费系统可以很容易地将新的道路纳入收费体系，或者将已经在收费范围内的道路剔除。基于全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)技术的收费系统也可以扩展为基于距离的收费体系。基于距离的收费从理论上讲更有吸引力。

全球卫星导航系统/蜂窝通信网络(GNSS/CN)技术的缺点是系统造价高，投资大，且在部分时段或区域定位精度不能满足要求。车载装置的造价约为标签的 10-20 倍。整个系统的运行费用更高，因为需要经常向车载装置推送软件更新。在用户稠密地区系统运行费用更高。定位精度也会受到所谓的非直达径多路线的物理现象的影响。在有较多高层和超高建筑物的地区，这样的现象不可避免。卫星信号在传到 GPS 接收器前受到高层建筑物的多次反射，信号走过的空间距离较直线距离长很多，使 GPS 接收器对距离产生误判，导致

定位精度下降。对这一类现象的解决方案还在研究过程中，以减少对定位精度的影响，但是并不能完全解决这一问题。

6.2. 付费方式

当车辆被检测、识别并确定收费价格以后，车主或驾驶员需要支付该笔费用。目前可以选择的付费方式非常多，但是在设计时需要平衡终端付费的便捷性和系统运行费用。最便宜的支付方式是通过用户的银行账户或信用卡直接抵扣。通常在拥堵收费系统运行的初期会为用户提供多种付费方式，而后逐渐让尽可能多的用户转移到自动支付的方式。

案例研究：伦敦多种付费方式

伦敦运输局为用户提供了多种付费方式，但这也增加了整个系统的运营费用。然而，多样化的付费方式也使司机更易于接受拥堵收费这一政策。伦敦拥堵收费的付费方式主要包括：

- 拥堵收费自动付费 (CCAP)
- 在线支付 www.cclondon.com
- 手机短信付费
- 在指定的商店和加油站付费（这种方式在 2014 年 8 月取消了）
- 电话付费
- 邮局付费

来源：<http://www.tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge/paying-the-congestion-charge>
Presentations on Central London Congestion Charging Scheme, by Steve Kearns, TfL

6.3. 执法

车辆检测、识别、计费 and 支付的整个过程需要有效监管和执法。这也取决于所选择的技术，以及当地法律规定的执法步骤和程序。在大多数系统，自动车牌识别系统通常用来作为用户车辆逃避检测和识别的备用手段。对于不付费的用户，通常有法律条文规定如何执行。由于任何科技系统总存在缺陷，因此在政策设计的过程中应该为用户的合理申诉留有渠道，这些申诉通常需要调用历史录像进行比对核实。

6.4. 中央处理系统

后台的中央处理系统将拥堵收费大系统的不同部分联系成一个整体，将车辆识别、计费与支付，以及向用户开具账单和罚单等。通常客户服务中心也与后台中央处理系统相连，这样可以查询用户的付款历史，系统功能等。通常客户服务中心不需要回答诸如为什么要实

施拥堵收费、收费后的效果等问题。后台中央系统的要确保数据准确性、数据安全性和个人隐私等问题。中央处理系统通常会受到来自警方的数据请求以调查某一个犯罪事实。中央处理系统的数据信息如何使用取决于当地的具体情况，但如果把这些数据应用到拥堵收费以外的领域则会降低整个系统的公众接受程度。

7 拥堵收费的 10 个建议

本章总结了实施拥堵收费的 10 个建议。这些建议有些是基于科学研究的成果，也有一些是来自实践总结。

关注实施效果。实施拥堵收费的核心目标是缓解交通拥堵，而不是筹措资金，增加政府财政收入。并不是所有的拥堵收费都会改善交通系统，也有可能使交通系统变的更差。

做好知识储备。在政府官员、专家和技术人员间通常有过分自信的倾向，他们自认为非常了解交通系统，知道如何设计适合城市特点和需求的拥堵收费系统。拥堵收费系统的设计需要一个专业的团队和资金保障。

利用模型分析实施效果。拥堵收费的设计需要有一个支撑工具来预测和比较不同方案的实施效果。需要经过多轮设计不断优化方案，在政治层面和交通问题间找到平衡。这一过程应该进行定量分析，而不是建立在决策者和专家的个人主观判断。需要注意的是，交通模型仅是辅助决策的工具，不能给出完全准确的交通量化信息。

积极回应关注。在决定实施交通拥堵收费政策时，总会碰到很多的反对意见。做好上述三条是非常重要的先决条件，但良好的沟通策略和掌握良好的政治时间窗口也是非常重要的。不要在选举年宣布引入拥堵收费政策。在设计初期尽早让公众参与，了解拥堵收费政策的目标以及为什么要引入这一政策。公众的接受程度在实施后会最终会达到 50% 以上，但需要系统达到了预期的效果。

保持合理的收益并使支出透明。要让公众知道他们支出的钱并没有被浪费或丢失。很多人会认为政府引入拥堵收费的目的是为了增加财政收入。因此，整个系统的财务状况需要公开透明，收益的支出需要给公众一个清晰的交代。

改善可替代交通出行方式。如果有了合适的可替代交通方式，人们的出行行为的改变会更容易。对小汽车出行者而言，最常用的替代交通方式是公共交通，但是其他的诸如停车换乘、自行车设施、灵活的上下班时间、远程办公、汽车共享和合乘等项目也可以促使人们实现出行方式的转移。

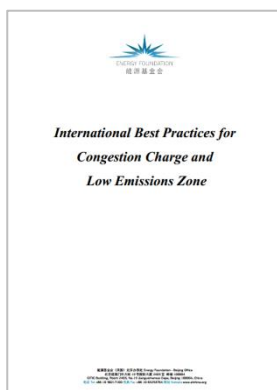
让系统的功能需求驱动技术创新。系统的功能设计是在满足特定政策目标和约束条件与不同的实现方案间达成共识的结果。不同的技术也需要在这一过程中加以考虑，但是不应该被特定技术所牵制。例如，政府官员希望这个城市的拥堵收费技术最领先且具有革新性，或者系统功能设计迎合特定的技术产品供应商。

适当增加系统冗余以减少政治风险，后期可以撤除。如第 4 点所说，实施拥堵收费存在政治风险。在设计的过程中，应该尽可能地使这种风险最小化。其中的一个办法就是适当建设冗余的系统，以减少系统故障的风险。然而，在后期当拥堵收费系统运行平稳，则需要逐步撤除这些冗余的系统以减少系统的运行费用。

确保公众了解如何使用这个系统。除了从政治层面跟公众进行沟通以外，还需要教育公众如何使用这个系统。对于 80% 的人们来说这都不是问题，但剩下的这 20% 的公众也同样重要。

具有完善的法律框架。反对者或者驾驶员总是在合理地或者通过钻法律空子逃避支付交通拥堵费，甚至想要撤销这一政策。在引入拥堵收费之前 – 甚至实施后- 有些机构或反对群体总是试图启动法律程序反对整个拥堵收费政策或者其中的一部分。比如车辆识别涉及到个人隐私是不合法的，或者技术系统的采购不合理。即使这些法律程序不能取胜，但可能在选举年使拥堵收费实施拖延。一旦实施了，总有一小部分司机试图钻法律的空子逃避收费。通常的做法是司机遮挡号牌。如果有相当数量的车辆可以调避缴费而没有被处罚，则会损害整个系统的信誉。

8 其他参考资料

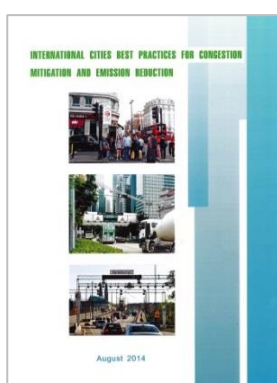


拥堵费和低排放区国际最佳经验（能源基金会，2014）

这本中英文报告详细总结了世界范围内实施拥堵收费城市案例的基本情况，提供了详细的数据以及建议。

案例城市包括英国伦敦，瑞典斯德哥尔摩，新加坡，意大利米兰，美国纽约等。

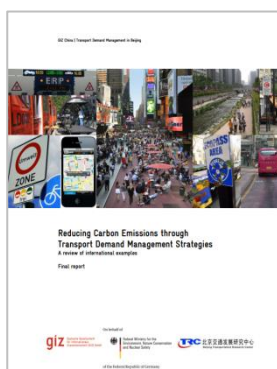
网址：www.efchina.org/Reports-en/report-20140814-en



缓解拥堵和减少排放国际城市最佳案例 (2014)

探讨如何利用低排放区和拥堵收费政策缓解城市交通拥堵和减少交通排放。

报告总结了新加坡、伦敦、英国、斯德哥尔摩和瑞典等城市案例。

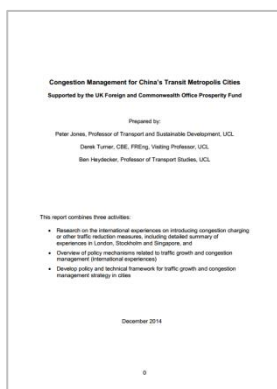


通过交通需求管理策略减少碳排放 (2012)

探讨如何通过交通需求管理措施减少空气污染和交通拥堵。这些措施包括拥堵收费、停车管理、改善公共交通和自行车设施等。

报告总结了德国柏林、韩国首尔、美国纽约和旧金山、瑞典斯德哥尔摩、新加坡、英国伦敦、意大利米兰和巴西库里提巴登城市的案例。

网址：sustainabletransport.org/reducing-carbon-emissions-through-tdm-strategies



中国公交都市试点城市拥堵管理 (2014)

基于国际经验，这本报告总结了减少交通拥堵的措施，如拥堵收费。此外，报告还对如何制定交通政策和策略框架给出了建议。

报告以英国伦敦、瑞典斯德哥尔摩和新加坡作为案例。

网址：sustainabletransport.org/?wpdmact=process&did=ODIuaG90bGluaw

表目录

表 1: 不同拥堵收费政策方案的交通影响 4

表 2: 拥堵收费的典型环境影响 5

表 3: 交通安全影响 5

表 4: 拥堵收费的典型经济影响 6

表 5: 典型城市拥堵收费政策接受程度变化 (CURACAO, 2009) 13

图目录

图 1: 模块与章节的对应关系 1

图 2: 外部成本对需求和供给平衡的影响 3

图 3: 斯德哥尔摩拥堵收费政策对出行行为的影响（每 1000 出行量，Börjesson et al., 2012）
..... 9

图 4: 城市排名 (PricewaterhouseCoopers, 2014) 10

图 5: 拥堵收费政策接受度变化过程 (Goodwin, 2006 和 CURACAO, 2009) 13

图 6: 斯德哥尔摩不同出行方式和缴费频率对接受程度的影响 (Eliasson, 2014) 13

图 7: 拥堵收费政策设计流程 15

图 8: 实施拥堵收费的主要阶段 16

图 9: 时间进度表 17

图 10: 拥堵收费可行性研究的主要内容 18

图 11: 拥堵收费政策设计的循环过程 20

图 12: 功能设计的主要内容 21

图 13: 技术设计研究的主要内容 23

图 14: 法律和组织架构设计的主要内容 25

照片目录

封面照片

摄影: *Wikimedia Commons by en.wikipedia*
CC by *alegri/alegriphotos.com*
Mariordo, Licence: CC-BY-SA 3.0

照片 9: 良好的公共交通基础设施是提高拥堵收费公众接受程度的关键。上图是新加坡公交站点和收费龙门架设施..... 7

摄影: *Manfred Breithaupt*

照片 10: 伦敦用来记录车辆作为执法目的的摄像头..... 8

摄影: *Guppiefish, Wikimedia Commons*

照片 11: 2014 年 9 月在北京同一个地点拍摄的晴天和污染天气两张照片..... 9

摄影: *Bobak, Wikimedia Commons*

照片 4: 伦敦拥堵收费区域在 Crescent 街的入口标识..... 11

摄影: *Mariordo, Licence: CC-BY-SA 3.0*

照片 5: 伦敦拥堵收费区..... 22

摄影: *ed g2s • talk, Licence: CC-BY-SA 2.0*

照片 6: 瑞典斯德哥尔摩收费价格随着一天内不同时段而变化（1 克朗相当于 0.85 元）... 31

来源: *EURIST e.V. on flickr*

照片 7: 斯德哥尔摩全景..... 36

摄影: *Johannes Akekach, Wikimedia Commons*

照片 8: 2008 年新加坡 ERP 系统自动收费龙门架 A..... 38

摄影: *kalleboo, Licence: CC-BY-SA 2.00*

参考资料

- Björklind, K. (Göteborgs S. trafikkontor), Danielsson, J. (Trafikverket), Lindholm, P. (Trafikverket), Björk, H. (Västtrafik), Coulianos, M. (Sweco), & Tjernkvist, M. (M4Traffic). (2014). *Första året med Västsvenska paketet: En sammanfattning av mätbara effekter* (p. 35).
- 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. doi:10.1016/j.tranpol.2011.11.001
- Central London Congestion Charging Impacts monitoring: Fifth Annual Report, July 2007*. (2007). London.
- Collins, J. (n.d.). Automotive RFID Gets Rolling. *RFID Journal*. Retrieved August 13, 2013, from <http://www.rfidjournal.com/articles/view?866>
- CURACAO. (2009). *Deliverable D2: State of the Art Review* (p. 268).
- Eliasson, J. (2009). A cost–benefit analysis of the Stockholm congestion charging system. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, 43(4), 468–480. doi:10.1016/j.tra.2008.11.014
- Eliasson, J. (2014). The role of attitude structures, direct experience and reframing for the success of congestion pricing. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, 67, 81–95. doi:10.1016/j.tra.2014.06.007
- Eliasson, J., Börjesson, M., van Amelsfort, D., Brundell-Freij, K., & Engelson, L. (2013). Accuracy of congestion pricing forecasts. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, 52, 34–46. doi:10.1016/j.tra.2013.04.004
- Eliasson, J., & Mattsson, L.-G. (2006). Equity effects of congestion pricing. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, 40(7), 602–620. doi:10.1016/j.tra.2005.11.002
- Goodwin, P. (2006). The gestation process for road pricing schemes. *Local Transport Today*, 444.
- Hamilton, C. J. (2011a). Popular Acceptance of Congestion Charging.
- Hamilton, C. J. (2011b). Revisiting the cost of the Stockholm congestion charging system. *Transport Policy*, 18(6), 836–847. doi:10.1016/j.tranpol.2011.05.004
- Hamilton, C. J. (2012). *Implementing Road Pricing: Standards, Institutions, Costs, and Public Acceptance*. KTH - Royal Institute of Technology.
- Litman, T. (2014). *Evaluating Transport Equity Guidance For Incorporating Distributional Impacts in Transport Planning* (Vol. 8, pp. 50–65).
- Strompen, F., Litman, T., Bongardt. (2012). *Reducing Carbon Emissions through Transport Demand Management Strategies* (p.35ff)
- PricewaterhouseCoopers. (2014). *Cities of Opportunity 6* (p. 74).
- Tonne, C., Beevers, S., Armstrong, B., Kelly, F., & Wilkinson, P. (2008). Air pollution and mortality benefits of the London Congestion Charge: spatial and socioeconomic inequalities. *Occupational and Environmental Medicine*, 65(9), 620–7. doi:10.1136/oem.2007.036533

附录 A：在可行性研究中可能会遇到的问题

背景交通状况

- 国家或城市的注册机动车辆保有量
- 来自其他地区或城市的机动车占多大比例
- 在城市或国家是如何进行交通监测？
 - 谁拥有这些数据？
 - 主要的数据库：分模式的交通流量数据；分模式的出行时间；居民一日出行日记；起讫点调查；SP 调查；交通事故数据等。
- 目前城市的交通拥堵主要发生在哪些地方，主要在什么时段；是什么原因造成拥堵
- 城市主要的交通干道，城市应急车辆路线、主要公交线路、商务区和旅游区的分布
- 如果实施了拥堵收费，交通流会如何在不同的线路间转移？通过何种措施能够减少交通量转移带来的负面效果。
- 自行车和公共交通网络较汽车而言，其可达性、旅行时间、延误、费用等如何？
- 就出行量和车公里而言，城市不同区域的出行方式分布是否有显著不同
- 不同交通方式占用道路资源的比例如何（PCU）？
- 道路资源被停车占用的比例如何（正规的和违规的）
- 目前城市的停车政策？停车是由政府部门还是私营部门管理的？停车收费价格如何？驾驶员付全部的费用吗？
- 汽油的价格多少？车辆的平均油耗多少？
- 车辆注册和购买的成本如何
- 每月车辆的保险费用是多少
- 目前的城市路网有电子地图吗？每条道路的速度（自由流和实际运行）？道路通行能力和计划的道路改扩建，城市发展等。

公共交通

- （数量）目前城市公交情况：方式、线路、能力、发车频率、票价、份额、满载率等
- 未来公共交通的投资和改善计划
- 公共交通运营的组织架构
- 私人/政府公司，及非正规线路

车辆注册和牌照情况

- 哪个机构负责车辆注册
- 谁提供车辆号牌？车辆号牌可以随便买卖，还是在牌照的生产和分配有专门的法规和防伪技术
- 外部机构是否可以获得车辆牌照注册信息？
- 目前的车辆牌照注册数据是否包括最新的车主信息及其住址？
- 目前假冒伪造牌照的情况如何？比例有多少？
- 目前识别和处理假冒牌照的主要程序如何？如何减少假冒号牌
- 关于车辆注册和车主都有哪些信息，如车主姓名、通信地址、ID 号、车辆生产厂商、型号、出厂年份、购买价格、排放标准等，这些信息的质量如何
- 如果变更车主，程序如何？需要多长时间

法律问题

- 如果实施拥堵收费，法律框架是什么？是费还是税？需要在城市还是国家层面授权？需要新的立法吗？
- 有没有法律限制规定谁可以收费，收费价格。有多大的自由度来增加收费价格或者打折（例如对其他国家和地区的车辆收费是否合法，以及公交车、出租车、摩托车、私人汽车等）
- 收费价格可以随车型，收费时段或者行驶方向的不同的而变化吗
- 控制体系：
 - 如何通过法律保护个人隐私，例如在公共场合拍照并保存照片
 - 执法：哪个机构有权禁止车辆行驶？目前存在什么样的法律和规定？
- 如有有人故意不付费，如何处理？
- 需要有哪些机构介入？这些机构间什么关系？
- 有没有可能将帐单与车关联起来，而不是与人关联？车辆可以被扣留吗？

交通模型问题

- 交通模型的基础年和预测年？基础年和预测年与拥堵收费计划实施的时段一致吗？实施的第一年对政治层面讲非常重要
- 交通模型对收费价格是不是充分考虑且敏感？
 - 选择模型：地点选择（土地利用），交通生成、方式选择、目的地、方式、时间
 - 模型技术：基于行为的，离散选择，重力模型等
 - 选择模型的影响变量：旅行时间构成，费用构成等
 - 出行目的和社会经济群体：划分的足够细吗？
 - 多方式模型
 - 自行车和公共交通有单独的需求矩阵，路网和分配模型
- 交通需求是如何分配到网络的
 - 路径选择模型如何？考虑了费用问题吗
 - 不同的出行时间价值，还是一个均匀分布的出行时间价值？
 - 分配技术和算法：
 - 静态分配
 - 确定性- 随即分配
 - 平衡？停止的标准是什么？
 - 交叉口延误？
- 模型里的人口和土地利用信息等。这些信息是不是依据年龄、性别等进行了划分？
- 目前有什么样的影响分析模型？
 - 经济评价模型
 - 费用成本分析？
 - 时间价值，排放成本，事故？
 - 环境影响模型？
 - 排放
 - 噪音和震动
 - 交通安全影响模型？
 - 社会影响和分配模型？

Items from named contributors do not necessarily reflect the views of the company/the editors.

Published by

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Asian Development Bank

Registered offices

Bonn and Eschborn, Germany

GIZ Office China
Sunflower Tower Room 860
37 Maizidian Street, Chaoyang District
100125 Beijing, P.R. China

Tel +86 (0)10 8527 5589
Fax +86 (0)10 8527 5591
Email info@giz.de
Internet www.sustainabletransport.org

Asian Development Bank
6 ADB Avenue, Mandaluyong City
1550 Metro Manila, Philippines
Tel +63 2 632 4444
Fax +63 2 636 2444
Internet www.adb.org

Author:

Dirk van Amelsfort

Editing:

Urda Eichhorst, Frederik Strompen

Picture credits / Sources

See list of pictures

Maps

The geographical maps are for information purposes only and do not constitute recognition under international law of boundaries and territories. GIZ does not guarantee in any way the current status, accuracy or completeness of the maps. All liability for any loss or damage arising directly or indirectly out of their use is excluded.

© 2015 Asian Development Bank (亞洲開發銀行) 与 GIZ (德国国际合作机构)

由出版

德国国际合作机构(GIZ)

注册办公室

德国波恩和埃施波恩

GIZ 中国

北京市朝阳区麦子店街 37 号
盛福大厦 860 室
邮编: 100125 北京

电话: +86 10 8527 5589 - 415
传真: +86 10 8527 5591
邮箱: transport-china@giz.de
网站: www.sustainabletransport.org

Asian Development Bank (亞洲開發銀行)

6 ADB Avenue, Mandaluyong City
1550 Metro Manila, Philippines
电话: +63 2 632 4444
传真: +63 2 636 2444
网站: www.adb.org

笔者

Dirk van Amelsfort

编辑

Urda Eichhorst, Frederik Strompen



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft
Bonn und Eschborn

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn/Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Asian Development Bank
6 ADB Avenue, Mandaluyong City
1550 Metro Manila, Philippines
T +63 2 632 4444
F +63 2 636 2444
I www.adb.org