

停车收费合理定价 ——基于需求的旧金山停车定价模式评价

Gregory Pierce¹, Donald Shoup¹ 著, 石 飞², 王 宇², 袁 泉³ 译

(1. 美国加州大学城市规划系, 洛杉矶 CA 90095-1360; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 江苏 南京 210008; 3. 美国南加州大学公共政策学院, 洛杉矶 90089)

摘要: 除少数能够找到便宜停车位的幸运驾驶人外, 价格过低和过度拥挤的路内停车位给每个人都制造了难题; 其他所有为寻找可用停车位而巡游的驾驶人因此浪费了时间和燃料, 导致交通拥堵并且污染空气。价格过高和占用率过低的路内停车位同样存在问题, 当路内停车位闲置时, 商家失去潜在的顾客, 员工失去工作, 而城市失去税收。为了解决这些问题, 旧金山启动了SFpark项目, 通过价格调整实现每个街区有1~2个可用停车位的目标。为了衡量价格如何影响路内停车位占用率, 根据项目第一年内超过5 000次价格和占用率变动数据计算价格需求弹性。价格需求弹性的平均值为-0.4, 但是随时间、地点及其他因素大幅变化。在第一年内平均停车价格下降1%, 因此, SFpark调整了停车价格但总体上并未涨价。首次使用测量出的占用率估计路内停车的需求弹性, 同时也首次评价随时间和地点而变化的定价模式以用于路内停车管理。指出旧金山可以通过增加驾驶人对变动停车价格的意识, 减少残疾标志的滥用以及引入季节性价格调整来改进该项目。其他城市可吸纳绩效停车定价作为拥挤收费的一种形式。

关键词: 绩效停车; 价格需求弹性; 最优定价

Getting the Prices Right: An Evaluation of Pricing Parking by Demand in San Francisco

Written by Gregory Pierce¹, Donald Shoup¹, Translated by Shi Fei², Wang Yu², Yuan Quan³

(1. Department of Urban Planning, University of California, Los Angeles CA 90095-1360, USA; 2. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210008, China; 3. Sol Price School of Public Policy, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089, USA)

Abstract: Underpriced and overcrowded curb parking creates problems for everyone except a few lucky drivers who find a cheap space; all the other drivers who cruise to find an open space waste time and fuel, congest traffic, and pollute the air. Overpriced and underoccupied parking also creates problems; when curb spaces remain empty, merchants lose potential customers, workers lose jobs, and cities lose tax revenue. To address these problems, San Francisco has established SFpark, a program that adjusts prices to achieve availability of one or two open spaces per block. To measure how prices affected on-street occupancy, we calculated the price elasticity of demand revealed by over 5,000 price and occupancy changes during the program's first year. Price elasticity has an average value of -0.4, but varies greatly by time of day, location, and several other factors. The average meter price fell 1% during the first year, so SFpark adjusted prices without increasing them overall. This study is the first to use measured occupancy to estimate the elasticity of demand for on-street parking. It also offers the first evaluation of pricing that varies by time of day and location to manage curb parking. San Francisco can improve its program by making drivers more aware of the variable prices, reducing the disabled placard abuse, and introducing seasonal price adjustments. Other cities can incorporate performance parking as a form of congestion pricing.

Keywords: performance parking; price elasticity of demand; optimal pricing

收稿日期: 2014-06-17

作者简介: Gregory Pierce(1985—), 男, 美国人, 博士研究生, 主要研究方向: 城市基础设施管理的政治经济学。E-mail: gspierce@ucla.edu

译者简介: 石飞(1978—), 男, 江苏扬州人, 博士, 讲师, 主要研究方向: 城市与区域交通规划。E-mail: shifei@nju.edu.cn

文章来源: Journal of the American Planning Association, 2013年第79卷第1期67-81页, Taylor & Francis Ltd.(http://www.tandfonline.com)版权所有, 文章链接: http://dx.doi.org/10.1080/01944363.2013.787307。

0 引言

2011年，美国旧金山对路内停车进行了自咪表发明以来最大的价格改革。俄克拉荷马市(Oklahoma City)于1935年安装了世界上第一台咪表，每小时收取5美分(相当于2013年的85美分)。从那以后，大多数城市的停车收费政策几乎没有变化^①。咪表收费通常无时段差别，一些城市也无区域差别。然而，旧金山已经开始尝试建立一个随时间和区位而变化的、更加有效和公平的路内停车收费系统。

这是一件好事吗？原则上讲绝对是。旧金山的新型定价项目SFpark，综合了长期建立的公共服务最优定价(Optimal Pricing of Public Services)的理论原则。早在1954年，对公共定价问题有远见卓识的诺贝尔经济学奖获得者威廉·维克雷(William Vickrey)就建议对路内停车制定动态收费价格。他提议路内停车价格应该被设置在“充分缩减停车需求总量以保证几乎总有可用车位给那些有支付意愿的人的水平上”^{②[2]}。当时简陋的咪表技术使维克雷的价格与需求相匹配的提议显得不切实际，而这也成为他自己所谓的“在经济学上的革新失败”之一^{③[3]}。

当使用价格杠杆调控交通需求时，文献[4]将两种策略区别开来。第一种是“制定正确的价格——当某地的出行费用过于廉价时，制定正确的价格将会减少出行量”。第二种是“先确定期望的出行量，然后通过定价加以实现”^[4]。这两种策略被称为价格和数量方法，用以解决个体决策未能考虑溢出效应等外部因素的问题^④。为路内停车设定一个目标占用率是第二种方法，对于一个典型街区，这意味着在道路的任何一侧至少有一个可用车位。规划师与其为路内停车设定正确的价格，不如通过调整价格以达到适宜的占用率。

扭曲的价格不是太高就是太低。文献[6]指出公共部门未能适当利用价格杠杆是导致许多城市问题产生的根源。以路内停车为例，“定量配置停车位造成并非驾车愿意付费就有车位可用，例如驾驶人在街区里一圈又一圈地反复寻找停车位……这种停车‘问题’可能会被重新解释为人为降低收费价格的潜在决定(咪表收费标准为0~5美分·h⁻¹)，而以等待成本或时间价值作为补充”^[6]。这

种等待成本指驾驶人围绕街区寻找可用车位所花费的时间。

实现每个街区有1~2个可用车位的停车价格不是一种自由市场价格；相反它是一种服务大众的公共价格，其设定是为了实现有效管理停车供给的公共目标。由于城市易于向停泊而非行驶的车辆收费，因此为路内停车制定正确的价格是一种低廉的拥挤收费替代方法。

本文首先回顾错误的路内停车价格造成的问题。接下来解释旧金山是如何通过建立目标占用率为路内停车制定正确的价格。然后分析SFpark项目超过5 000次价格变动后的占用率数据，了解其实施第一年停车价格如何影响占用率。最后，在认可SFpark项目许多细节问题的同时提出改进建议。

1 为寻找路内停车位产生的车辆巡游问题

众多学者已明确提出路内停车位是城市一种有价值商品而非免费的物品^[2, 7~10]。他们普遍认为城市应该为路内停车制定正确的价格，因为错误的价格会带来非常多危害。在路内停车价格过低而过度拥堵的区域，驾驶人在大街上巡游以期找到一个可用停车位。这种巡游极大地增加了交通拥堵：1927—2011年对8个城市进行的十项研究发现，在拥堵的市中心平均有34%的小汽车为寻找停车位而巡游(见表1)。例如2007年，研究人员在纽约市采访等待红灯的驾驶人时发现约1/3的小汽车在巡游。另外一项针对洛杉矶15个商业街区的研究估计，为寻找路边停车而巡游的车辆每年造成约150万km的额外机动车出行，相当于38次环绕地球或4次登月旅行的距离^[9]。

除了少数幸运的碰巧发现便宜停车位的驾驶人，停车价格过低为每个人增添了巨大的社会成本。停车价格过高同样会产生问题，当路内停车位始终处于闲置状态时，附近的商店失去潜在的顾客，员工失去工作，而政府失去税收。为了避免错误的停车价格产生的问题，包括旧金山、西雅图和华盛顿特区在内的一些城市已经开始依据时段和区位来调整路内停车价格。这种基于占用率来调整停车价格的过程被称为需求导向或绩效导向定价。这种定价政策可以同时改善路内

停车和邻近道路的状况。

2 绩效停车定价的优势

旧金山已经开始通过实施一项名为SFpark的项目来制定正确的路内停车价格^⑤。美国

表1 针对寻找路内停车位产生的巡游的研究

Tab.1 Studies of cruising for curb parking

%

年份	城市	巡游交通比例
1927	密歇根州 底特律	19
1927	密歇根州 底特律	34
1960	康涅狄格州 纽黑文	17
1977	德国 弗莱堡	74
1985	马萨诸塞州 坎布里奇	30
1993	纽约州 纽约	8
2005	加利福尼亚州 洛杉矶	68
2007	纽约州 纽约	28
2007	纽约州 纽约	45
2011	西班牙 巴塞罗那	18
平均		34

资料来源：文献[9]。

交通部(U.S. Department of Transportation)从“定价试点项目”(Value Pricing Pilot Program)中划拨1 800万美元赞助SFpark,测试“以可用性为目标来管理停车的需求响应定价,加强停车规章执行力,以及新的停车信息系统”^[12]。

旧金山已经在7个试点区域安装了可以报告每个街区路内停车位占用率的传感器以及根据不同时段收取可变价格的咪表。利用这种新技术,城市根据占用率大约每六周调整一次停车价格。这种反复试验过程的目标在于建立一种随时间和地点变化的价格结构,以使每个街区的停车位平均占用率为60%~80%。

假设2012年5月某工作日,著名旅游胜地渔人码头的路内停车价格变化如图1所示,每个街区在一日内的3个时段(12:00以前,12:00—15:00,15:00以后)设定不同的价格。2011年8月第一次价格变动之前,停车价格全时段均为3美元·h⁻¹。2012年5月,几乎所有街区上午时段的停车价格都降低了,而大部分街区12:00—15:00的停车价格都升高了。15:00以后大部分街区的停车价格低于中午,但高于上午。例如,在图1中最左侧街区的停车价格为上午1.50美元·h⁻¹,12:00—15:00为3.00美元·h⁻¹,15:00以后为1.75美元·h⁻¹。一位11:00到达并且停放2h的驾驶人因此需要支付第1个小时的1.50美元和第2个小时的3美元。

SFpark的价格调整完全依据观测到的占用率。规划师无法预测每个街区每时每刻的确切停车价格,但是他们可以采用一种简单的反复试验过程根据占用率来调整停车价格。图2说明了略微上调拥挤街区A的停车价格和下调低占用率街区B的停车价格,如何通过转移仅仅一辆小汽车实现同时改善两个街区的停车状况。

2.1 停车绩效定价是否改变驾驶人行为

利用价格杠杆改变少数停车者的行为便可以为每个街区腾出1~2个可用车位。通过减少为寻找路内停车位而产生的巡游需求,这种微小的变化将会为几乎所有人提供巨大的便利。正如斯坦福大学巴拉吉·普拉巴卡尔(Balaji Prabhakar)教授针对微小的政策变化可以产生巨大的利益所阐述的,“这是一个不错的问题。你不必改变每个人的行为,而事实上这样会更好”^[13]。



图1 2012年5月某工作日渔人码头的停车价格
Fig.1 Parking prices on a weekday at Fisherman's Wharf in May 2012

略微上调价格过低且过度拥堵街区的停车价格产生了一些重要的效益。首先，新增1~2个可用车位将节省驾驶人之前耗费在巡游上的时间。文献[9]发现，仅一年时间，洛杉矶的驾驶人在一个包含15个街区的商务区就浪费了10万h用于寻找便宜的路内停车位。第二，如果更少的小汽车在巡游，那么驾驶人和公共汽车乘客都会在拥堵程度更低的出行中节省时间。第三，如果价格变高，驾驶人将会减少停车时间，停车周转率提高促使更多的小汽车有机会使用路内停车位。第四，当价格升高时，一些人会选择拼车，这样更多的顾客能够乘车前往，则使用路内停车位的小汽车数量会相应减少。通过价格调整来改变少数停车者的行为就可以改善交通、经济和环境。

除了管理路内停车供给，SFpark还通过申明路内停车定价的原则来去除停车问题的政治性。旧金山收取最低价格也可能不造成停车位短缺。依靠基于数据的透明规则来制定价格，终结了常见的停车定价政策(见表2)。依据需求决定停车价格，追求更高税收再也不能作为提高价格的借口。

2.2 第一批移出者

如果更高的价格鼓励少数停车者从最拥堵的街区移出，那么谁将首先移出？三种类型的驾驶人最有可能将车停在更远的地方：长时间停车的人、独自开车的人以及对出行时间成本要求低的人。(文献[9]第18章介绍了停车价格如何影响位置选择的模型。)

文献[2]指出，如果按照为每个街区增加1个可用停车位的要求来定价，“这将会刺激每个停车者将车停放在尽可能远的低需求地区，而对于长时间停车者来说，将车停放在远离需求量最大的地区将成为一种自然趋势”^[2]。长时间停车者可以从移至更便宜的路内停车位中获得更多的利益。一位将车停放在远处的驾驶人每小时少花1美元，停放4h可节省4美元，而一位停车15min的驾驶人将仅节省25美分。因此那些停车时间更长的驾驶人看起来会首先转移至更便宜但较不便捷的停车位。如果那些花4h停车的驾驶人转移至远处的停车位，一些停车时间较短的驾驶人则可以利用更便捷的停车位从而节省步行时间。

独自开车的驾驶人也会从转移至更便

宜的路内停车位中获益。一位独自开车的驾驶人转移至更远的停车位每小时节省1美元，而4人拼车的话每人仅节省25美分。因此，独自开车的驾驶人看起来会首先转移至更便宜但较不便捷的停车位，而拼车者将会停放在更便捷但更昂贵的停车位上。

喜欢步行或者步行时间成本要求低的驾驶人也会转移至更便宜的停车位。例如，那些早到且有多余时间的驾驶人将会更远的停车位停车，而那些晚到的驾驶人将会在近的停车位停车。那些对时间成本要求低的低收入驾驶人也更可能在更远的停车位停车。如果所有区域的停车价格均相同，低收入的驾驶人就无法通过转移停车位置和步行更远的距离来节省费用。

因此，SFpark比统一定价更能有效地分配停车位。短时间停车者、拼车者、行动困难者和对时间成本要求高的人将会选择更便捷的停车位。相反，长时间停车者、独自开车的人、喜欢步行的人和对时间成本要求低的人将会转移至更远的停车位。SFpark将会给所有驾驶人一个新的机会来节省费用或时间，这会使每个人受益。



图2 绩效停车定价为每个街区创造开放停车位
Fig.2 Performance prices create open spaces on every block

表2 与上一周期相比根据占用率的变化调整停车价格

Tab.2 Prices change according to occupancy rates in the previous period

占用率/%	价格变动/(美分·h ⁻¹)
低于30	-50
30~60	-25
60~80	无变化
高于80	+25

3 SFpark 是否使驾驶人的行为向正确的方向改变

经过多年的规划，旧金山市交通局(San Francisco Municipal Transportation Authority, SFMTA)于2011年4月启动了SFpark项目，该项目安装了新型咪表，并延长或取消路内停车位的时间限制。这项试点项目覆盖7个地区，包含7 000个收费路内停车位和14个公共停车楼。每个地区的初始价格简单照搬先前统一的定价方案。SFpark于2011年8月第一次在街区层面进行了价格调整。

大多数咪表运行时间为9:00—18:00，价格随一日或一周的不同时段而变动^⑥。旧金山市交通局为实施SFpark项目的街区制定的预期目标占用率为60%~80%。如果某一特定期限内的平均占用率处于这一范围内，则接下来一段时期价格将不会发生变动。反之，价格将根据表2中的安排依据上一周期的占用率发生变动。任一街区的最低停车价格为25美分·h⁻¹，最高为6美元·h⁻¹。因此，旧金山的定价政策由数据驱动，是透明的，而大多数其他城市的定价政策是受政治影响的、不透明的。

在制定目标占用率的过程中，SFpark有两个目标。1)如果每个街区都有1~2个可用停车位，则路内停车位始终可用；这将防止巡游并确保顾客容易到达邻近的商店。2)因为大多数停车位都被占用，路内停车位将会得到很好的利用；这将会为尽可能多的周边商店输送顾客。停车需求的不可预知性越大，两个目标之间的矛盾就会越大。

提高停车价格确保在大部分时间内至少

有1个停车位的做法将会降低平均占用率。例如，某日某街区有一大群人在饭店聚餐可能会产生异常高的停车需求，因此城市不能始终以80%~90%的高占用率为目标而不考虑时常达到100%占用率的情况。占用率饱和的路内停车会产生不希望出现的巡游，而低平均占用率意味着较少的顾客。旧金山将目标占用率制定为60%~80%来应对停车需求的随机变化，以达到平衡稳定的可用性和高占用率两个矛盾的目标。

如果SFpark如预期所料，价格就会使占用率朝目标范围移动。那么在项目实施的第一年价格如何影响占用率呢？为了回答这一问题，我们可以检测SFpark实施的第一年内5 294次价格变动如何影响后续时期占用率。

3.1 数据

SFpark在第一年内共进行了6次价格调整(见表3)。其中，32%的试点地区价格上涨，31%下降，37%维持不变，平均价格几乎没有变化。然而，空间格局发生了显著变化。

在市中心地区，各时段的价格都在上涨，但是在市政府、渔人码头和南内河码头，各时段的价格都在下降。在其他地区，价格在某些时段内上涨而在其他时段内下降。平均而言，价格在早晨下降而在中午和下午上涨。平均价格在第一年内下降1%，因此，SFpark在保持总体价格水平的基础上根据需求提高或降低了停车价格。

在每次调价之前，SFpark公布试点区域所有路内停车位的占用率和价格数据^⑦。价格需求弹性衡量这些价格变动如何影响占用率。价格需求弹性被定义为占用率(停车需

表3 试点地区工作日平均路内停车价格
Tab.3 Average curb-parking prices in pilot zones on weekdays

街区	2011年8月停车 价格/(美元·h ⁻¹)	2012年8月停车价格/(美元·h ⁻¹)				变化率/%
	全日	12:00 以前	12:00—15:00	15:00 以后	平均	
市中心	3.50	3.92	4.51	4.40	4.28	22
南内河码头	3.50	2.47	3.16	2.83	2.82	-19
市政府	3.00	1.87	2.87	2.56	2.43	-19
渔人码头	3.00	1.51	2.82	2.59	2.31	-23
菲尔莫尔	2.00	1.88	2.44	2.36	2.23	11
马里纳	2.00	1.91	2.72	2.68	2.44	22
教会区	2.00	1.73	2.50	2.63	2.29	14
平均	2.71	2.18	3.00	2.86	2.68	-1

求数量)变化的百分比除以停车价格变化的百分比。例如,如果10%的价格上涨导致5%的占用率下降,则价格需求弹性为-0.5($=-5\%\div10\%$)。

文献[15]利用西雅图的停车收费数据,计算出街区层面的路内停车随时段变化的价格需求弹性。其作者没有停车占用率的数据,但从付费数据中推断出占用率。本文首次使用测量的占用率估算路内停车的需求弹性。

通过查阅纽约时报两次有关SFpark价格变化的报道^[16]说明路内停车的价格需求弹性。图3显示两个地区的价格和占用率变化:渔人码头海滩街(Beach Street)600号街区 and 市中心德拉姆街(Drumm Street)200号街区。在海滩街,2011年8月初始停车价格是3.00美元·h⁻¹,占用率始终只有27%。2012年2月,停车价格降至1.75美元·h⁻¹,而占用率提高至56%。因为价格下降53%之后占用率上升70%,所以需求弹性为-1.3^⑧。价格下降后咪表收入反而提高是因为需求是有弹性的:较高的占用率填补了较低价格的损失而有余。在这种情况下,SFpark带来更低的价格、更高的占用率和更多的收入。

在德拉姆街,初始停车价格是3.50美元·h⁻¹,初始占用率为98%。价格上涨至4.50美元后,占用率降低至86%。价格上涨了25%后占用率下降了13%,因此价格需求弹性为-0.5。价格上涨后停车咪表收入也相应增加,因为需求是非弹性的:占用率的下降程度低于价格上涨。

停车价格变动使占用率向预期目标靠拢,并同时增加了海滩街和德拉姆街的总税收。不过,考虑到目标占用率范围是60%~80%,海滩街价格过低(占用率仅为56%)而德拉姆街太高(占用率为86%)。产生这种结果可能是由于价格在每次调整后变化缓慢的缘故(上涨程度不超过25美分·h⁻¹,下降不超过50美分·h⁻¹),并且该项目仅实施了6个月。在这种情况下,价格调整的节奏可能过于平缓。

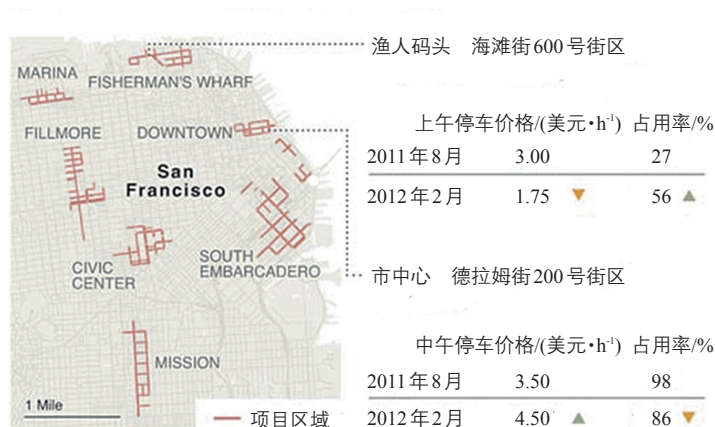
3.2 结果

利用SFpark第一年5294次价格变动数据计算需求弹性。对于每次停车价格变动,将先前六周的旧价格及平均占用率与接下来六周的新价格及平均占用率进行对比。于是,得到了5294个弹性计算值,对应于这

一年中每一时间、每一地点的价格变动。数据显示,路内停车的价格需求弹性差别显著。弹性变化取决于区位、一日或一周中的某个时段、初始停车价格和价格变动日期。这些数据也显示了在街区层面价格需求弹性的惊人变化。

1) 弹性因区位而异。

图4显示了SFpark 7个试点地区的平均价格弹性变化情况,从渔人码头-0.53到教会区-0.21。最大的差异出现在居住区和商业区之间,以居住为主的教会区和马里纳区弹性最小因此对价格变动的响应最小,以商业、办公为主的地区弹性最大同时对价格变动的响应也最大。



注:旧金山正在努力通过提高最拥堵街道的停车价格以及降低最空闲街道的停车价格确保在每个街区至少有1个可用停车位。图中反映项目如何在两个街区实施。

图3 基于需求的停车定价模式

Fig.3 Pricing parking by demand

资料来源:文献[16]。经许可从《纽约时报》转载。

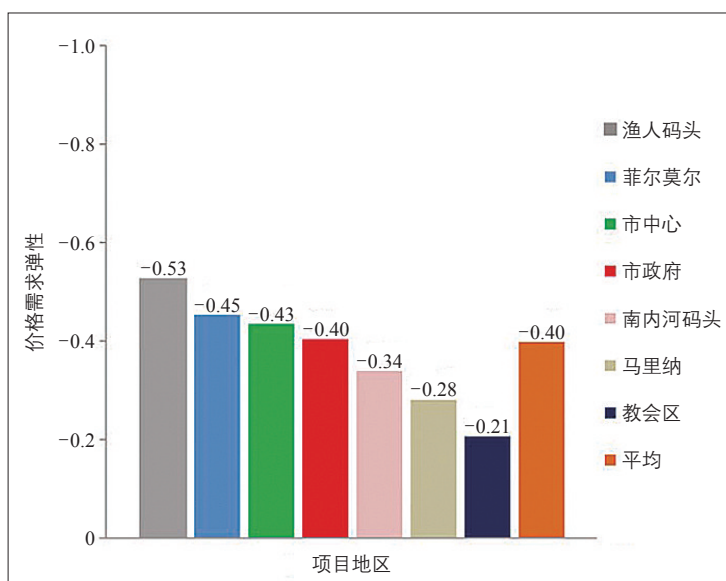


图4 价格需求弹性与区位的关系

Fig.4 Elasticity by location

2) 弹性因一日或一周中的不同时段而异。

图5显示价格弹性也随一日或一周中的不同时段而变化。上午的需求弹性相比中午和下午较小,可能是因为上午的出行主要是工作和上学,而较晚时段则会有更多以休闲为目的的出行。周末的价格需求弹性相比工作日也较小^⑨。

3) 弹性因初始价格而异。

图6显示价格需求弹性也随价格变动前的初始停车价格而变化。最便宜停车位(0~1美元·h⁻¹)的价格需求弹性非常低。弹性随着价格的上涨而增加,直到价格超过4美元·h⁻¹后才下降。

4) 弹性因价格变动幅度而异。

SFpark的停车价格调整只有3个增量:每小时+25美分、-25美分以及-50美分。图7

显示最大价格需求弹性值发生在最大的价格变动之后,即每小时下降50美分。对于每小时25美分的价格变动,顾客对价格增加比对价格下降的反应更强烈,这是在其他市场中经常可以观察到的现象^[18-19]。

5) 弹性因时间而异。

图8反映了对应于试点项目最初6次价格变动的价格需求弹性。弹性绝对值在第一次价格变动后非常小,第二次变动后迅速增长,而在随后的价格变动中下降。

两个因素可以解释第一次价格变动后弹性值较小的情况。首先,许多驾驶人在2011年8月第一次价格变动时可能还不知道SFpark。若如此,那些愿意步行更远距离到达目的地的群体并未意识到有更便宜的停车位可选。更多的驾驶人在10月第二次价格变动后可能已经得知了SFpark,因此,那些为了省钱而愿意转移停车位置的人采纳了SFpark创造的新选择,即从昂贵的街区转移至便宜的街区停车。在一系列价格变动后,那些可以从改变自身停车模式中获利最多的驾驶人很可能已经完成转移,这可以解释持续收紧的弹性。

第二个首次价格变动后响应较小的原因是还有许多除了价格之外的因素影响停车供求(如季节性变化、路段封闭、建设项目、诸如游行等特殊事件的禁止停车)。因此,如果2011年8月的价格变动对需求几乎没有产生影响,有可能是所有这些其他因素已经淹没了由于价格变动而产生的响应。

6) 弹性因单个街区停车价格变动而差异显著。

之前的计算反映出平均价格需求弹性随区位、时段、初始价格、价格变动幅度和时间不同而变化。这些平均弹性值在很大的值域范围内变动,从+0.05到-0.98(见图8)。当在街区层面绘制对应于单个停车价格变动的价格需求弹性时,发现惊人的差异。图9显示在1492个城市街区由5294个单个街区价格和占用率变动数据计算出的价格需求弹性分布。

正如所料,价格需求弹性的巨大变化说明除了价格之外还有很多变量影响停车需求。在大多数情况下,价格需求弹性是正值,这意味着占用率随着价格的增长而增长或降低而降低。价格的增长并没有导致占用率的降低,价格的降低也并没有导致占用率的增长,所以在价格需求弹性为正值的情况

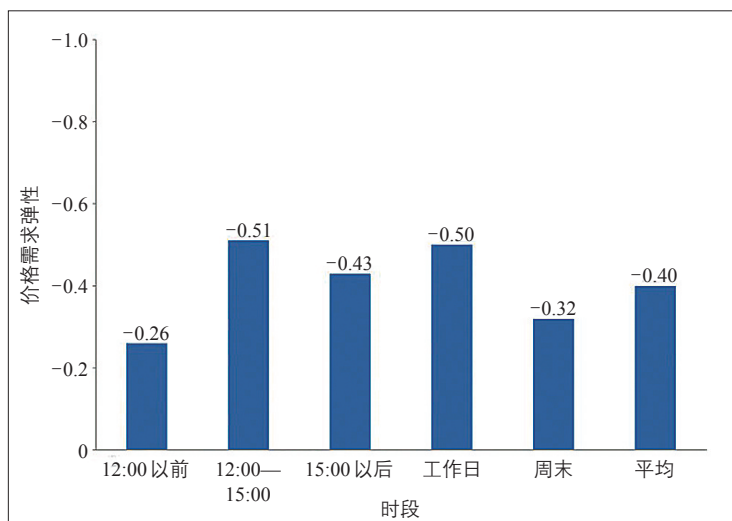


图5 价格需求弹性与一日及一周中不同时段的关系

Fig.5 Elasticity by time of day and day of the week

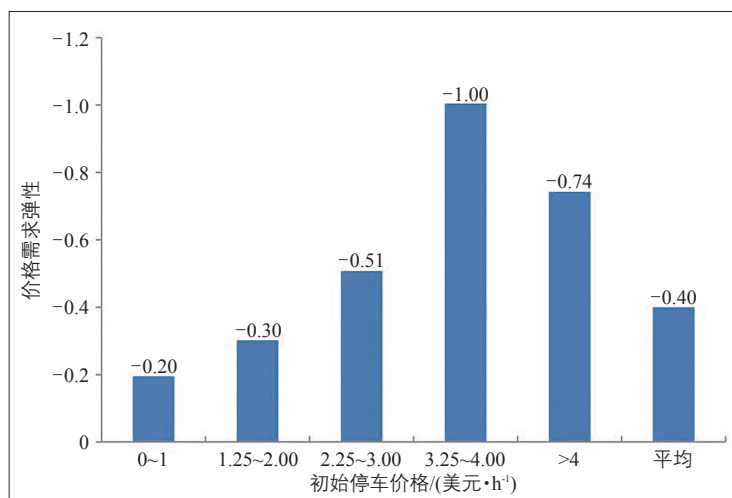


图6 价格需求弹性与初始停车价格的关系

Fig.6 Elasticity by initial price

下，一定有其他因素抵消了价格对占用率的影响。街区层面价格需求弹性的巨大变化也说明单个街区的环境差异如此之大，以至于规划师将不可能提出一个完善的理论模型来预测正确的价格以使每个街区都达到目标占用率。相反，实现目标占用率的最好方法是做SFpark所做的事：根据观测到的占用率调整价格。这种简单的反复试验的方法反映了其他市场是如何制定价格的，所以这种方法也应适用于路内停车市场。

通过检验SFpark第一年工作日上午在市政府周边的价格需求弹性变化，可以进一步说明预测正确停车价格的难度。表4显示10个弹性变化范围最大的城市街区。所有街区均位于距市政府很短的步行距离内[®]。然而，即便在同一个街区、同一个时段，价格需求弹性也差异显著。

例如，范尼斯大街200号工作日上午初始平均占用率是33%。当停车价格从3.00美元·h⁻¹下降至2.75美元·h⁻¹之后，占用率上升至47%，得出价格需求弹性为-4.0。在随后的时期，虽然价格下降至2.50美元·h⁻¹，但是占用率也下降至20%，得出价格需求弹性为+8.5。除价格之外，其他重要因素也一定对街区的需求产生了影响。需求具有明显的地点和时间特质，因此，无法测度路内停车的集计需求，同时也无法通过设定除合理的占用率以外的参数来制定正确的停车价格。

3.3 占用率是否向目标移动

该项目第一年的占用率数据表明，SFpark在解决某些街区的过度拥堵问题和其他街区的低占用率问题取得了相当大的进展。表5显示，在过低和过高占用率的街区（初始占用率低于30%或高于90%），价格变动在随后的时期内趋于使占用率朝正确的方向移动。价格下降2/3后低占用率街区的占用率上升了，价格上升2/3后过度拥挤街区的占用率下降了。

4 消除绩效停车定价的障碍

SFpark使占用率朝正确的方向移动。但这仅仅是开始，SFpark可以做得更多。例如为驾驶人提供信息、防止残疾标志(disabled placards)的滥用，以及评估该项目的公平性。

4.1 绩效停车定价的信息提供

因为停车价格和可用性在较短距离内会有巨大差异，所以驾驶人需要价格和可用性

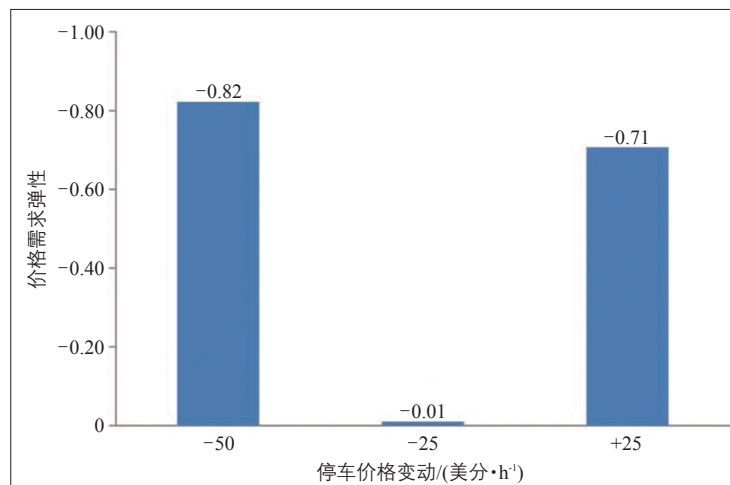


图7 价格需求弹性与停车价格变动幅度的关系

Fig.7 Elasticity by size of the price change

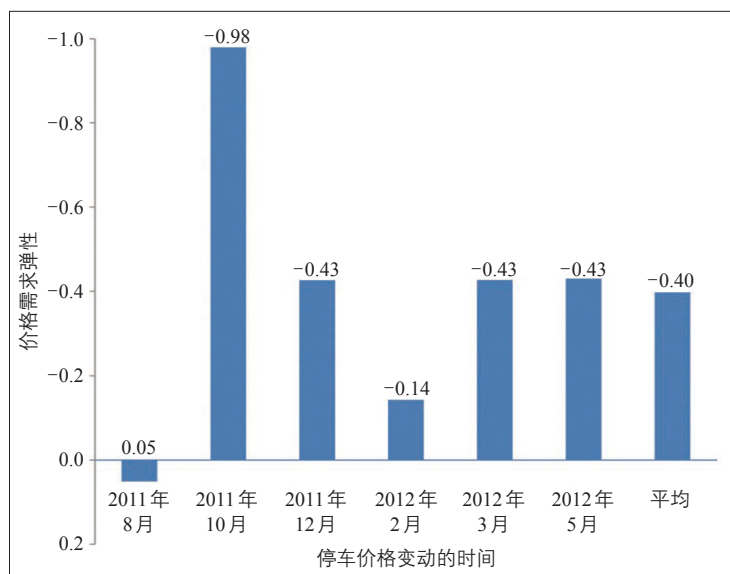


图8 价格需求弹性与价格变动时间的关系

Fig.8 Elasticity over time

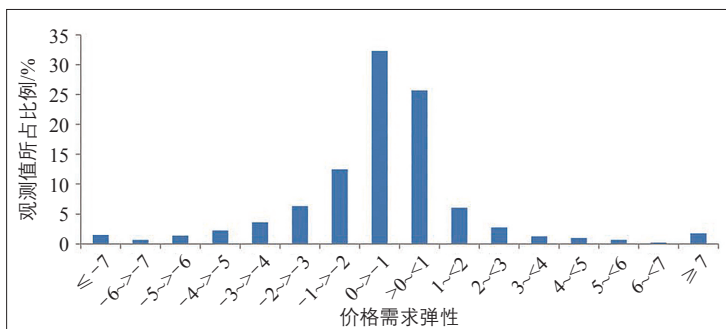


图9 5 294次停车价格变动的价格需求弹性分布

Fig.9 Distribution of elasticities for 5 294 price changes

的实时信息以便到最佳位置停车(如果SFpark能够实现每个街区停车位的目标,驾驶人可以只根据价格来选择停车位置)。SFpark在网站和智能手机上发布显示每个街区各时段停车价格和可用停车位的地图(见图1)。此外,用户注册后可以接收来自SFpark的电子邮件信息,提示停车价格变动。然而,许多驾驶人,尤其是游客,并没有意识到这些价格变动,因此失去了步行几个街区到目的地却能节省费用的机会。如果大多数驾驶人不知道停车价格随地点和时间而变动,SFpark将无法轻松实现所期望的在任一街区保持1~2个可用停车位的目标。

许多驾驶人可能认为研究停车价格以达到最佳模式所付出的努力并不值得。这些驾驶人并非不理性,而是表现为经济学家所谓的理性忽略(rational inattention)^[20]。短时间停车费用不会太高,那些不考虑价格而习惯性将车停放在靠近目的地的驾驶人未必做出了错误的选择。相反,他们利用可用车位节省了时间和精力,显示其非弹性停车需求。并非每个人买东西时都会进行研究来了解所有更便宜或更好的备选项。

SFpark致力于改善停车和交通问题,而不是保证每位驾驶人在选择停车位的时候实

现价格和便利的最佳组合。然而,SFpark提供更多关于路内停车价格的信息,这可能比城市中其他任何项目提供的有关价格的地理信息都要多。停车也是一个热点话题,这也是了解价格的另一种方法。因此,大多数经常在某区域停车的驾驶人会知道哪个街区更便宜或哪个街区更昂贵。即使只有少数停车者知道其可以通过步行更长的距离来节省费用,这些停车者的微小变化也可以为每个地区带来少数几个可用停车位(见图2)。通过减少寻找稀缺路内停车位的巡游需求,SFpark可以为停车者节省时间、减少交通拥堵、提高公共交通速度,以及改善几乎所有人的交通状况。

尽管SFpark使停车市场变得更加有效,但其不能保证每个人都能选到最佳的停车位。而随着科技的迅速发展,汽车导航系统可以轻松整合SFpark价格数据(SFpark鼓励人们运用他们的数据研发手机应用程序和软件,数据源于<http://sfpark.org/how-it-works/open-source-data/>)。也许很快驾驶人就能输入其目的地、预计停车时长以及对于停车位与目的地之间步行时间成本的要求。当他们邻近目的地时,导航系统将会为其提供到达最佳路内或路外停车位路线的语音提示,并显示前往或离开目的地的最佳步行路径。随着通信系统变得越来越便宜和易于使用,更多的驾驶人将可以利用更精确的信息来做出更好的出行和停车选择。当那个时代来临时,占用率将会更快地响应路内停车价格,SFpark则更接近其目标。

SFpark项目虽然尚处于发展之中,但其产生的信息最终可能会将路内停车从拥堵和污染的一个失败源头转变成21世纪最有效率的交通市场之一。

4.2 残疾标志滥用

SFpark的员工声称,残疾标志的广泛滥用可以解释为什么占用率不能可靠地对停车价格变动做出响应。加利福尼亚州允许有残疾标志的车辆在咪表停车位免费无限时停车,所以高昂的停车价格引诱人们滥用残疾标志。提高拥堵街区的停车价格可能仅仅对付费停车者有效,却给残疾标志滥用者提供了更多可用车位。若如此,调价将无法降低占用率,价格需求弹性将因人而因素而保持较低水平。

表4 工作日上午在市政府周边价格需求弹性变化范围最大的街区
Tab.4 Blocks with largest elasticity range in Civic Center on weekday mornings

街区	最小值	最大值	变化范围
范尼斯大街200号	-4.0	8.5	12.5
富兰克林街200号	-3.6	5.6	9.2
范尼斯大街400号	-4.4	4.6	9.0
雷德伍德街100号	-8.5	0.1	8.6
山核桃街100号	-1.0	6.9	7.9
富兰克林街500号	-2.4	2.8	5.2
范尼斯大街100号	-2.5	2.6	5.1
拉金街0号	-2.9	1.7	4.6
拉金街100号	-1.5	3.0	4.5
富兰克林街100号	-3.7	0.8	4.5

表5 过低和过高占用率街区的改善情况
Tab.5 Improvement in the occupancy rates on under- and overoccupied blocks

初始占用率/%	停车价格变动后占用率改善的街区比例/%
<30	67
>90	68

其他州的改革显示了加利福尼亚州可以如何阻止咪表停车位的残疾标志滥用。1995年，密歇根州采用两级标志系统以涵盖不同等级的伤残。严重残疾的驾驶人得到允许在咪表停车位免费停车的特殊标志。非严重残疾的驾驶人得到普通标志且必须付费^[21]。在改革之前，密歇根州已经发放50万个允许所有使用者在咪表停车位免费停车的残疾标志。州政府颁布两级标志改革后，只有1万人(占先前标志持有者人数的2%)申请在咪表停车位免费停车的特殊标志。政策实施很容易，因为一个身体健全的驾驶人误用严重残疾的特殊标志是明显的违法行为。伊利诺伊州在2012年采纳了一种类似的两级标志改革^[22]。

4.3 绩效停车定价的公平性

绩效停车定价可以提高交通效率，那么它公平吗？在旧金山，30%的家庭没有小汽车，所以他们不用支付任何停车费^[23]。城市如何利用停车税收也影响停车收费的公平性^⑩。旧金山将所有的停车税收用于补贴公共交通，所以如果SFpark增加了停车税收，那些停在路内停车位的高收入驾驶人将会资助依靠公共交通的低收入家庭。同时，由于公共汽车经常受困于巡游车辆产生的交通拥堵，SFpark将通过减少交通拥堵和提高公共汽车速度进一步使公共交通乘客获益。

绩效停车定价并不是价格歧视，后者是面对同一事物针对不同人收取不同费用的策略。而所有在同一街区、同一时段停车的驾驶人均支付相同的费用。绩效停车定价也与收益最大化不同。表3显示在SFpark项目实施的第一年内，平均停车价格下降了1%。因为平均而言，需求是非弹性的(-0.4)，城市可以通过提高收费价格来增加税收。但是SFpark的目标是优化占用率，而不是使税收最大化。

需求响应的路内停车价格对促进发展中国家的公平性有更显著的意义。例如，墨西哥城正在采用一种类似SFpark的系统来解决路内停车价格过低和过度拥堵所产生的问题。当前的系统导致许多驾驶人感到他们除了违法停车之外别无选择。虽然可能夸大了问题，但是洛杉矶时报(*Los Angeles Times*)这样形容这种无序的停车状态：“小汽车占据了墨西哥城几乎每平方英寸的公共空间。驾驶人双排或三排停放在街道上，更不必说

路内、人行道、花园、小巷、林荫大道和自行车道了”^[28]。

两个原因使得类似SFpark的政策将会在墨西哥城和世界许多其他城市实现迈向公平的进步。首先，墨西哥城不到50%的家庭拥有小汽车，并且这些家庭的平均收入比没有小汽车的家庭高出一倍多^⑪。因此，对路内停车进行绩效定价再将税收用于公共服务(例如公共交通和人行道的改善)将会帮助大多数没有小汽车的贫困家庭，费用由那些现在免费停在街道和人行道上的富裕家庭承担。绩效停车定价也将减少交通拥堵，并由此改善所有公共交通乘客、行人和骑车者的生活。

为了维护在街道和人行道上免费停车的利益，车主们有时会煞有介事地将穷人当作人肉盾牌推向前台，声称收取停车费将会伤害穷人。这是不恰当的。免费路内停车限制了可用于公共服务的税收，穷人无法像富人一样轻易用私人购买代替公共服务。最贫穷的人买不起车，但是他们确实能从由停车税收资助的公共服务中获益，例如公共交通。利用路内停车税收补贴地方公共服务比维持路内停车免费要公平得多，免费停车会失去用于公共服务的必要税收，给繁忙路段带来无序的停车问题，以及增加因驾驶人寻找免费停车位而产生的交通拥堵。声称绩效停车定价会伤害穷人其实是借关注广大公众利益之名来为狭隘的私利辩护。

5 改进建议

本文提出至少从两个方面可以改善SFpark的途径：优化运营时段；在制定停车价格上从被动应对转变为主动预测。

5.1 优化运营时段

大多数咪表在18:00停止运营，所以17:00到达的任何人只需支付1 h的费用便可停放整夜。夜间停车的驾驶人因此倾向在咪表运营的最后1 h内到达，而此时少数停车位仍可使用。由于SFpark制定了15:00—18:00共3 h内实现平均目标占用率的停车价格，所以16:00的价格可能会显得过高(占用率过低)而17:00的价格则过低(占用率过高)。

在夜间必要的时段尽可能运营咪表以实现最佳占用率可以解决这一问题。18:00之

后的免费停车是白天遗留下的产物，在白天，咪表有 1~2 h 的时间限制来增加周转率。大多数商业在 18:00 前关闭，因此他们并不关注夜间的停车周转。由于老式咪表无法在不同时段收取不同价格或者制定不同时间限制，这使得夜间停车免费合情合理。

现在许多商店在晚间也营业，咪表也可以收取可变价格和制定可变的时间限制(或没有时间限制)，夜间停车免费的旧原理将不再适用。旧金山港口的咪表运营至 23:00，许多其他城市最繁忙地段的咪表运营至 24:00，所以 SFpark 将收费时间延长至 18:00 之后算不上新突破。夜间收费的目的是为防止停车位短缺，而不是增加周转率。

如果 SFpark 在 18:00 之前运营是一项好政策，那么其在 18:00 之后运营也不会变差。占用率传感器和咪表已经被用于试点项目，因此，如果仅仅为了与老式咪表保持一致而在 18:00 后停止运营显得并不明智。如果收获最佳占用率的停车定价减少了巡游、拥堵、交通事故、能源浪费、大气污染和温室气体，那么旧金山可以逐步延长收费时段，这也会带来同样的效益。表 3 显示 SFpark 总体上没有提高路内停车价格，所以主要的益处是更好的管理，而不是从现有的咪表中获取更高的税收。不过，可以通过安装更多的咪表和延长收费时间来获取更高的税收。2013 年，旧金山将星期日也纳入收费时段，因此 SFpark 并非通过增加平均收费标准来增加税收。

采用这种程序，SFpark 可以不断地完善定价策略以适应特定街区一日或一周中不同时段的需求。匹配价格以收紧需求窗口将会提高该项目的效率。

5.2 从被动应对转变为主动预测

每次价格变动之后的占用率大幅变化，说明除了价格之外还有许多因素影响停车需求。因此，仅仅依靠前一时期的占用率预测下一时期停车价格的做法并不能确保实现目标占用率。例如，在圣诞节购物季期间占用率很高，因此 SFpark 在一月份不应该涨价。基于前些年占用率的季节性调整可以极大地改善该项目的绩效。

SFpark 也可以根据其他可预测的因素调整价格，例如减少停车供给的建设项目，或者增加需求的事件。SFpark 曾在 AT&T 球场

旧金山巨人队比赛期间收取特别价格：离棒球场较近的停车位 7 美元·h⁻¹，远一些的 5 美元·h⁻¹。对于一些主要的公共事件，例如旧金山同性恋大游行吸引超过 100 万的狂欢者走上城市街头，SFpark 的路内停车价格上涨至 18 美元·h⁻¹。当前在特殊事件中收取特殊价格的政策为其他基于预期需求制定价格的情况提供了先例。停车价格调整从被动应对转变为主动预测可能会使 SFpark 调控出一个更接近目标的停车占用率。就像冰球运动员朝冰球前进的方向滑行一样，SFpark 可以根据未来的需求制定停车价格，而不仅仅根据过去的占用率。

6 结论——一个充满希望的试点项目

SFpark 作为一个试点项目是为了检验通过价格调整来实现目标的可行性。SFpark 似乎正在实现这一目标，而其他城市正密切关注着结果。洛杉矶已经采用了一项被称为 LA Express Park 的类似计划(参见 <http://www.laexpresspark.org/>)。

作为新型交通技术的一项试验，SFpark 是类似于伦敦、新加坡和斯德哥尔摩拥挤收费计划的一项试验。但是与拥挤收费相比，SFpark 显示出停车定价的相对简洁和廉价。即使城市还不具备所有的资源和政治意愿来实施拥挤收费，但仍可以采用类似 SFpark 的项目。事实上，绩效停车定价是一项低廉的拥挤收费，它可能代表向完全拥挤收费迈出的第一步。

SFpark 显示了美国交通部定价试点项目的价值。在联邦政府 1 800 万美元的资助下(远低于建一个停车楼的花费)，SFpark 已展现了管理路内停车的一种全新方法^⑧。对该项目的不熟悉可以解释为什么一些人对绩效停车定价持怀疑态度，只有在试点中亲自体验才会改变观念。驾驶人一旦看到价格下降或上涨，就会重视可用的路内停车位，并学会使用价格信息来优化每次出行的停车选择。过去意想不到的事情在未来可能会变得不可或缺。

有了绩效停车定价，驾驶人寻找停车位将会变得像寻找加油站一样简单。但是驾驶者也将不得不考虑停车价格，就像他们现在要考虑燃料、轮胎、保险、登记、维修和小汽车自身价格一样。停车将变成市场经济的

一部分，而价格杠杆将会有助于管理对小汽车的使用需求。

如果SFpark在制定路内停车价格以达到正确的占用率方面取得成功，那么几乎所有人都将获益。继而，其他城市可以采用他们自己版本的绩效停车定价。制定正确的路内停车价格将产生巨大效益。

致谢

感谢 Eric Agar, Heather Jones, Jay Primus, Chirag Rabari, Justin Resnick, Hank Willson 和两位盲审专家的优秀编辑建议。同时感谢 Hyeran Lee 协助图片处理。加利福尼亚大学交通研究中心(University of California Transportation Center)为本文研究提供经费支持。

注释

- ① 例如，波士顿的咪表在全市范围内收费标准为1.25美元·h⁻¹。文献[1]解释了这一问题。
- ② 在该文前言中，编辑对维克雷的提议这样写道“遗憾的是所提议系统的复杂性在于对其可操作性的质疑”。
- ③ 1992年，维克雷向大西洋经济协会(Atlantic Economic Society)做主题报告“我在经济学上的革新失败”^[3]。他提出基于需求的停车定价是他第一次冒险进入边际成本定价，这也正是他在1966年获得诺贝尔经济学奖时的诸多想法之一。
- ④ 文献[5]证明了价格和数量方法产生相同的结果。
- ⑤ 文献[11]详尽解释了SFpark的建立过程和工作原理。
- ⑥ 少数咪表运行时间为7:00—18:00，渔人码头的咪表为7:00—19:00，而旧金山港口的一些咪表为7:00—23:00。
- ⑦ 报纸、收音机和电视是频繁报道SFpark的其他信息来源。一些旧金山居民似乎沉迷于停车，正如一本最近出版的、168页的市内停车指南所指出的那样^[14]。
- ⑧ 因为无论价格如何变动都能产生相同的结果，所以本文使用中点公式(midpoint formula)来测度价格需求弹性。参见文献[17]对价格需求弹性中点公式的讨论。
- ⑨ 下午和工作日普遍的较高水平交通拥堵也可以解释在那些时段更大的价格需求弹性。如果交通变得更拥堵，停车价格的轻微上涨可使驾驶人倾向于减少不必要的驾

车出行。

- ⑩ 本文努力探索这些街区是否在这些时段受到非正常的外部冲击，例如特殊事件、工程建设或者道路封闭。结果未发现任何异常情况，但仍无法排除其发生的可能性。
- ⑪ 文献[24–27]强调使用征自小汽车(无论拥堵收费还是停车费)的税收会严重影响收费的公平性和政治接受度。
- ⑫ 2010年墨西哥国家统计和地理研究局^[29](Mexican National Institute of Statistics and Geography)人口普查发现，墨西哥城46%的家庭拥有至少一辆小汽车。墨西哥城拥有至少一辆小汽车的家庭平均月收入为29 280比索(约合2 236美元)，没有小汽车的家庭平均月收入仅为11 560比索(约合883美元)^[29]。
- ⑬ 例如2002年，加利福尼亚大学洛杉矶分校耗资4 700万美元新建了一个能容纳1 500个车位的停车楼^[9]。

参考文献：

References:

- [1] Glaeser E. Boston's Plague of Cheap Parking [EB/OL]. 2013[2013-05-09]. <http://www.bostonglobe.com/opinion/2013/02/07/boston-plague-cheap-parking/XxeQ6jvF6D0yuEX0HIquaK/story.html>.
- [2] Vickrey W. The Economizing of Curb Parking Space[J]. Traffic Engineering, 1954(11): 62–67.
- [3] Vickrey W. My Innovative Failures in Economics[J]. Atlantic Economic Journal, 1993, 21(1): 1–9.
- [4] Goodwin P. Traffic Reduction[M]//Button K, Hensher D. Handbook of Transport Systems and Traffic Control. Amsterdam: Pergamon, 2001.
- [5] Weitzman M. Prices Versus Quantities[J]. Review of Economic Studies, 1974, 41(4): 477–491.
- [6] Thompson W. The City as a Distorted Price System[J]. Psychology Today, 1968, 2(3): 28–33.
- [7] Arnott R, Inci E. An Integrated Model of Downtown Parking and Traffic Congestion[J]. Journal of Urban Economics, 2006, 60(3): 418–442.
- [8] Klein D, Moore A, Reja B. Curb Rights: A Foundation for Free Enterprise in Transit[M]. Washington DC: The Brookings Institute, 1997.
- [9] Shoup D. The High Cost of Free Parking[M].

- Chicago: Planners Press, 2011.
- [10] Vickrey W. Statement to the Joint Committee on Washington DC, Metropolitan Problems [J]. *Journal of Urban Economics*, 1994(36): 42-65.
- [11] San Francisco Municipal Transportation Authority. SFpark: Putting Theory into Practice[EB/OL]. 2011[2013-05-09]. http://sfpark.org/wp-content/uploads/2011/09/sfpark_aug2011projsummary_print-2.pdf.
- [12] U. S. Department of Transportation. Tolling and Pricing Program[EB/OL]. 2013[2013-05-09]. http://ops.fhwa.dot.gov/tolling_pricing/value_pricing/projects/not_involving_tolls/parking_pricing/ca_sfpark_sf.htm.
- [13] Markoff J. Incentives for Drivers Who Avoid Traffic Jams[N]. *New York Times*, 2012-06-11(D1).
- [14] Labua D. Finding the Sweet Spot, The Insiders Guide to Parking in San Francisco[M]. Sausalito: Terrapin Books, 2011.
- [15] Ottosson D, Chen C, Wang T, Lin H. The Sensitivity of On-Street Parking Demand in Response to Price Changes: A Case Study in Seattle, WA[J]. *Transport Policy*, 2013(25): 222-232.
- [16] Cooper M, McGinty J C. A Meter so Expensive, It Creates Parking Spots[N]. *New York Times*, 2012-03-15(A1).
- [17] Krugman P, Wells R. *Microeconomics*[M]. New York: Worth, 2005.
- [18] Kalyanaram G, Winer R. Empirical Generalizations from Reference Price Research[J]. *Marketing Science*, 1995, 14(3): 161-169.
- [19] Thaler R. Mental Accounting and Consumer Choice[J]. *Marketing Science*, 1985, 4(3): 199-214.
- [20] Wiederholt M. Rational Inattention[M/OL]// Durlauf S N, Blume L E. *The New Palgrave Dictionary Of Economics*. 2010[2013-05-09]. http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2010_R000281.
- [21] Michigan Secretary of State. Disability Parking[EB/OL]. 2001[2013-05-09]. http://www.michigan.gov/documents/disability_brochure_33616_7.pdf.
- [22] Illinois General Assembly. Public Act 097-0845. Amendment to Illinois Vehicle Code [R/OL]. 2013[2013-05-09]. <http://www.ilga.gov/legislation/publicacts/97/PDF/097-0845.pdf>.
- [23] U.S. Census Bureau. American Community Survey: City of San Francisco[EB/OL]. 2010[2013-05-09]. <http://factfinder2.census.gov/faces/tableservices/jsf/pages/productview.xhtml?src=bkmk>.
- [24] Goodwin P. The Rule of Three: A Possible Solution to the Political Problem of Competing Objectives for Road Pricing[J]. *Traffic Engineering and Control*, 1989, 30(10): 495-497.
- [25] Goodwin P. Inaugural Lecture for the Professorship of Transport Policy[R/OL]. 1997[2013-05-09]. <http://www.cts.ucl.ac.uk/tsu/pbginau.htm>.
- [26] Small K. Using the Revenues from Congestion Pricing[J]. *Transportation*, 1992, 19(4): 359-381.
- [27] King D, Manville M, Shoup D. The Political Calculus of Congestion Pricing[J]. *Transport Policy*, 2007, 14(2): 111-123.
- [28] Dickerson M. Mexico's Economy is Vrooming [N]. *Los Angeles Times*, 2004-12-26(26).
- [29] Mexican National Institute of Statistics and Geography. Census of Population and Housing[EB/OL]. 2010[2013-05-09]. <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>.

(上接第81页)

- Chen Aixia, Dong Xiaolin, Yang Li. Influence of Urban Subway Project Construction on Heritage Buildings[J]. *Journal of Architecture and Civil Engineering*, 2007, 24(1): 80-83.
- [9] 钱春宇, 郑建国, 宋春雨. 西安钟楼台基受地铁运行振动响应的分析[J]. *世界地震工程*, 2010, 26(S1): 177-181.
- Qian Chunyu, Zheng Jianguo, Song Chunyu. Dynamic Response Analysis of Bell Tower Foundation Induced by Train Running on Metro in Xi'an[J]. *World Earthquake Engineering*, 2010, 26(S1): 177-181.
- [10] HJ/T 453—2008 环境影响评价技术导则 城市轨道交通[S].
- [11] GB/T 50452—2008 古建筑防工业振动技术规范[S].