动态交通分配在通往金门大桥南侧的多伊尔大道上的快速应用和检验

Rapid Implementation and Validation of Dynamic Traffic Assignment in the Doyle Drive Corridor, the Southern Approach to the Golden Gate Bridge

Elizabeth Sall　Ido Juran
Michail Xyntarakis　Michael Mahut
Billy Charlton　Michael Florian
Shane Velan　文　邵玲　译
曹娟娟　潘海啸　审校

【摘要】本文描述了在多伊尔（Doyle）廊道上动态交通分配的应用，并提出了一个评价动态交通分配能力的框架，可根据现场条件复制调整。

【关键词】动态交通分配　DTA　运用

Abstract: This paper documents the rapid implementation of Dynameq DTA in the Doyle Drive Corridor, and proposes a framework to evaluate the ability of this DTA to replicate field conditions.

Keywords: Dynamic Traffic Assignment, DTA, Application

Doyle 路是南侧通往金门大桥的一条 2 英里长的大道。平日大约有 1.7 万公交乘客和 12.7 万小汽车使用者通过这条路，它既是连接旧金山和北部湾的主要高速公路和公交纽带走廊，也是旧金山内部交通的主要东西向联系通道。Doyle 路建于 60 年前，是加利福尼亚抗震等级最低的道路，从 20 世纪 70 年代开始，人们已经开始计划建设其他道路替代它。

终于，2009 年的美国复苏与再投资法案（ARRA）解决了资金空缺的部分，法案促成了 EIS/EIR 最终合并的签署和生效。于是，为满足法案的要求，建设的日程显著加快。这使得旧金山郡交通局（SFCTA）、加州交通局和其他当地代理商合作伙伴，几乎没有时间来评估新 Doyle 路（命名为 Presidio 景观道）建设带来的交通影响。

由于在建设中可能带来的潜在瓶颈及拥堵，旧金山郡交通局决定在此城市区域中使用动态交通分配（DTA）的方法。本文描述了在 Doyle 廊道上动态交通分配的应用，校准的挑战，检验的统计，以及运行次数和计算机资源。此外，由于截止至 2010 年 2 月，一些建设方案已排上日程，本文提出了一个评价动态交通分配能力的框架，可根据现场条件复制调整。

1　网络描述

Doyle 廊道网络是旧金山郡的一部分，从西海岸延伸

作者：Elizabeth Sall，旧金山运输局
Ido Juran，INRO
Michail Xyntarakis，美国柏诚公司
Billy Charlton，旧金山运输局
Michael Florian，INRO
Shane Velan，INRO
译者：邵玲，同济大学建筑城规学院硕士研究生
审校：曹娟娟，吴宋美加设计咨询（上海）有限公司
潘海啸，同济大学建筑城规学院教授

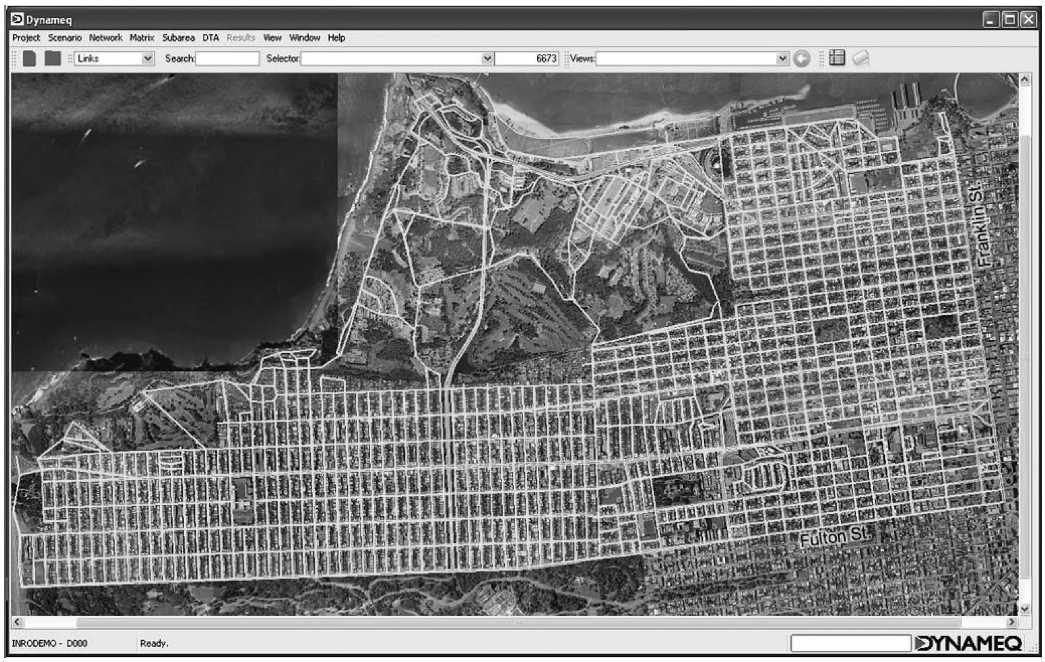

图 1　Doyle 路动态交通分配网络

至凡内斯大街。它北接金门大桥，南临富尔顿街，包括了 200 个内部区和 60 个外部区，在晚间 3 小时高峰期里，产生机动车出行需求量为 16 万。区域内大约有 3000 个节点，7000 个路段，和 240 个信号交叉口。如图 1 所示，这个丰富的网络包括两个有限制交叉口的通道设施（US 101，也被称为 Doyle 路；和 CA 1，也被称为 Presidio 公园大道或老兵大道），Presidio 国家公园内多条田园道路，向西停牌控制的低流量城市道路，以及向东协调信号的高流量城市道路。

2　方案描述

Doyle 路研究小组首先关注于网络状况的评估，它反映了建设中两个截然不同的阶段。方案 1 反映了 2010 年初至 2011 年的网络状况，方案 2 反映了 2011 年初、2012 年至建设完成的网络状况。当小组评估其他方案（如CA－1 东侧 Doyle 路周末完全关闭的情况）时，得出的结论不在本文中讨论。

图 2 显示了基础情况的变化和方案 1 的状况。变化在以下方面：

①CA－1 北行至 US－101 南行间匝道关闭。

②US－101 北行至 CA－1 南行间匝道关闭。

③林肯大道部分段关闭（如图 2 所示）。

④克里菲尔德大街关闭。

⑤构建计算与集中区域（在关闭的林肯大道附近）相关的高峰小时平均货车载荷交通量。

⑥增加沿 Doyle 路的道路设施的响应系数来计算拥堵时每位驾驶员查看周围情况的效应，使得每条车道每小时的通行能力低于 1600 辆小汽车。

图 2 显示了方案 1 与方案 2 间的变化，它们是：

①CA－1 北行至 US－101 南行开放。

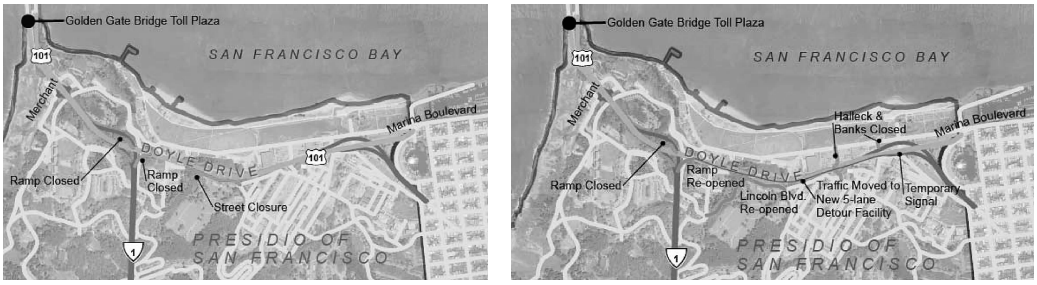

图 2　Doyle 路项目范围——方案 1（左）和方案 2（右）

②US－101 上 CA－1 东侧段交通移至 5 车道的临时便道设施。

③关闭 Halleck 和 Banks 路。

④林肯大街再次开放。

⑤在滨海大道和临时便道设施之间，设置临时信号灯。

⑥此时间段内，建设量增加带来的货运量增加。

除这两种基准方案以外，团队还评估了需求总量提高 15%时的网络状况，这主要是考虑到此区作为旅游繁忙地区交通需求的季节性变动。

3 需求矩阵

晚高峰 3 个小时的小汽车和货车的断面矩阵来源于旧金山郡交通局区域出行需求模型（SF－CHAMP），选取自其中 Doyle 路研究区域的部分。O－D 矩阵经过了修正从而①说明 2005～2009 年间需求的变化，②最小化出行次数和需求模型计数之间的差异。这个过程排除了 SF－CHAMP 与动态交通分配模型之间的直接联系，符合项目短期的需要。这个矩阵修正的过程中，使用了近年来各研究中统计的主线和转弯的交通量，交通量是指研究区域内和主要交通走廊上的流量。交通量的位置可以帮助我们定义路网的边界。流量统计按 15 分钟记：3 小时的晚高峰时段 74 条主线上的当量小汽车流量，以及 3 小时晚高峰时段中的 2 个小时中 700 个转弯的当量小汽车流量。在 Emme 出行需求预测软件中，修正后的需求矩阵更适合反映 3 个小时的集中流量。

4 校核

经过 Emme 软件的修正后，在 Dynameq 动态交通分配软件包中对需求矩阵执行分配过程计算，并对分配结果进行校核。精细化的路网构建和对主要走廊选定路段的分析能帮助我们理解路段上的分配流量和调查流量之间差异生成的原因，比如是由于个别 OD 对的输入需求过高或过低，或者是路网本身存在的错误。

对使用路径的分析结果显示出出行者对到达金门大桥和 Dolye 路的替代转弯的过度使用。过量转弯带来的拥堵导致疏通路网需要很久的时间。左转和右转则考虑使用广义的 DTA 成本作为惩罚，以此来计算出行者选择更直接的路径的倾向，尤其是在类似本方案的密集网格路网中。从行为上看，驾驶者对于路径选择成本分析中，可以解释为要考虑到安全和可靠性。根据经验，这项分析获得了改进的验证措施的支持。

下午 4 点至 5 点，预测流量与实测数最为接近，而 5 点至 6 点吻合度则较低。当地的评价指出（这是由于）车速过高，拥堵太快得到了清除。在主要廊道上，自由流速由每小时 30 英里被降至 27.5 英里，增长了驾驶员的反应时间。这增进了 5 点至 6 点预测流量和实测值的吻合度。

在发车间隔为 15 分钟的情景下，校核后的 DTA 模型的最大相对误差为 4%，平均的相对误差为 2.4%（图 3），这说明结果达到了近似动态平衡状态。主干路和转弯的流量和校核后的流量的回归线的斜率近似为 1.00 ± 0.03，R^2 在 92%～95%之间。

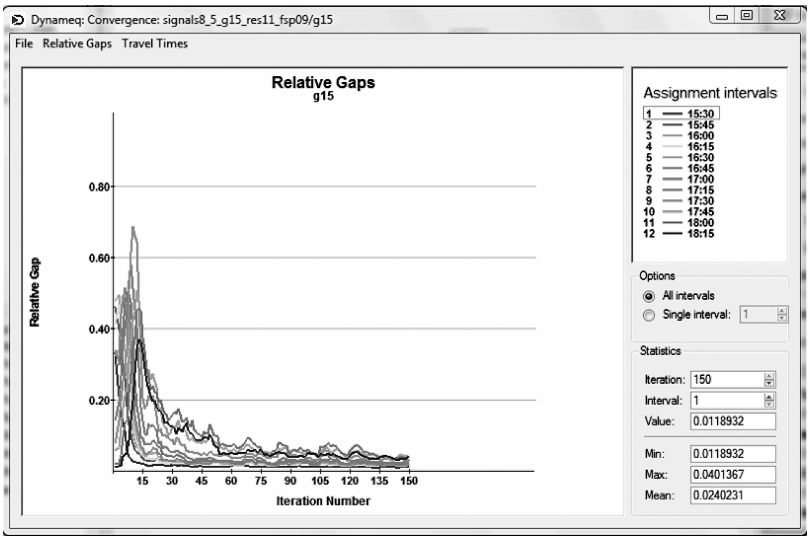

图 3 相对差异

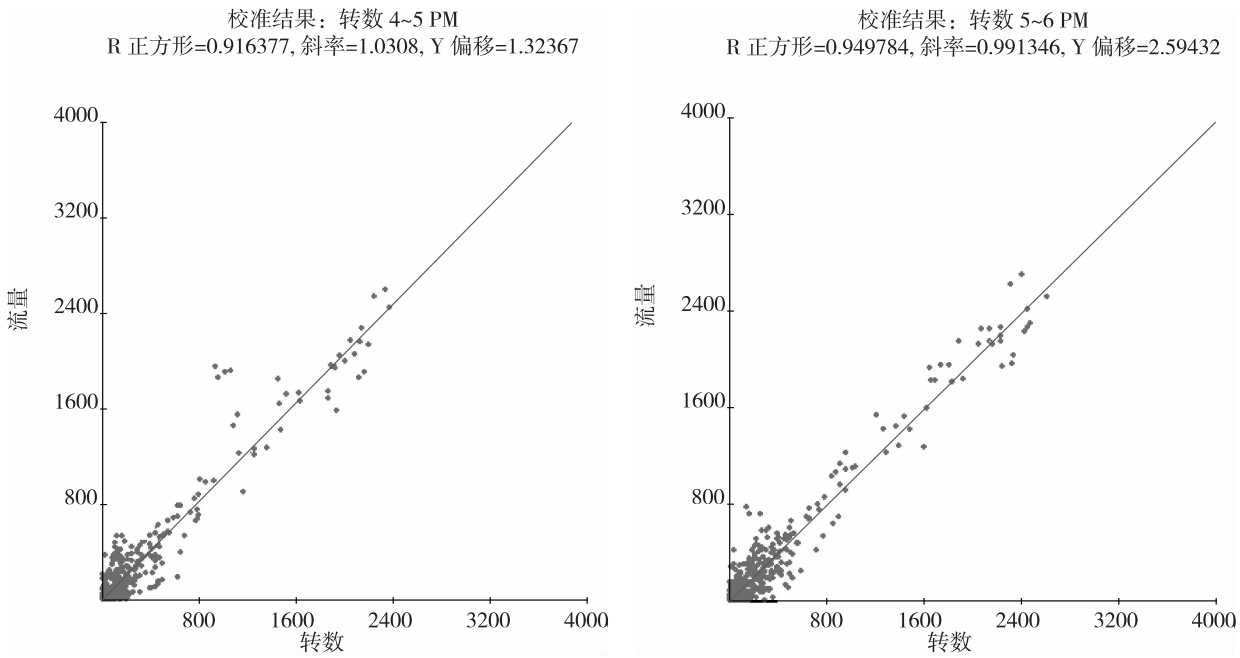

图 4　交叉口计数与流量

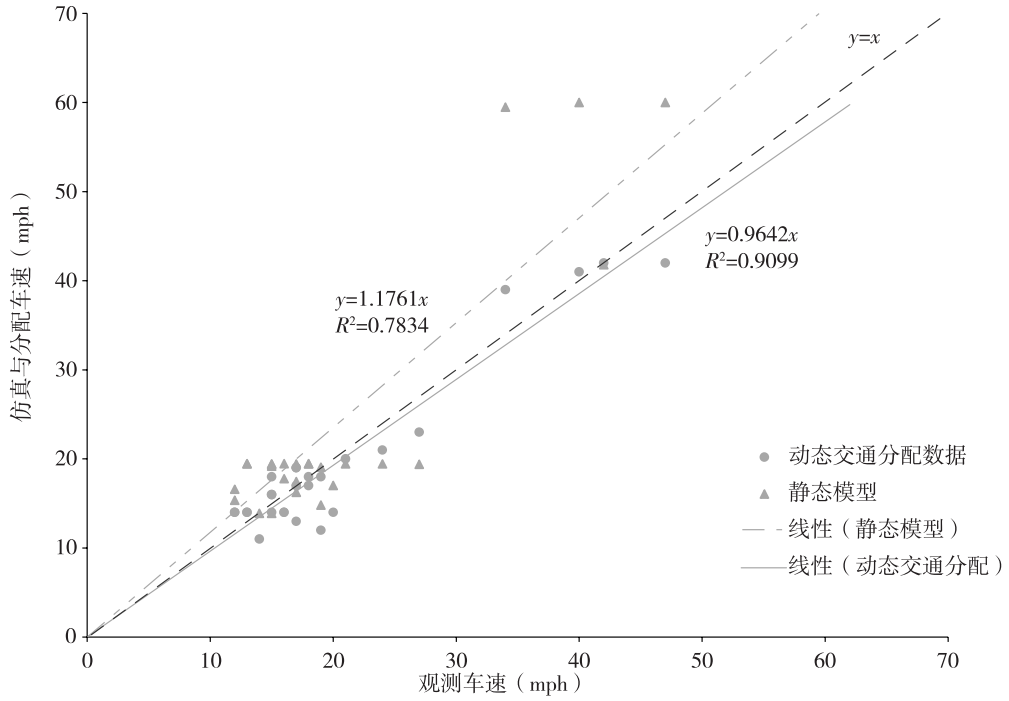

图 5　研究区域内，仿真与分配的道路车速与观测值的对比

5　验证

将模型计算的结果与旧金山交通委员会于 2009 年 4 月在服务水平监测时观测到的 27 条线路从下午 4 点半至 6 点的流量作比较。这些路线的平均出行距离为 1.5 英里。将观测的出行时间平均值与模拟的出行时间进行比较。全部 27 条道路的回归如图 5 所示，斜率为 0.96，拟合度达 91%，沿主要廊道受即将建设的影响，斜率为 0.98，拟合

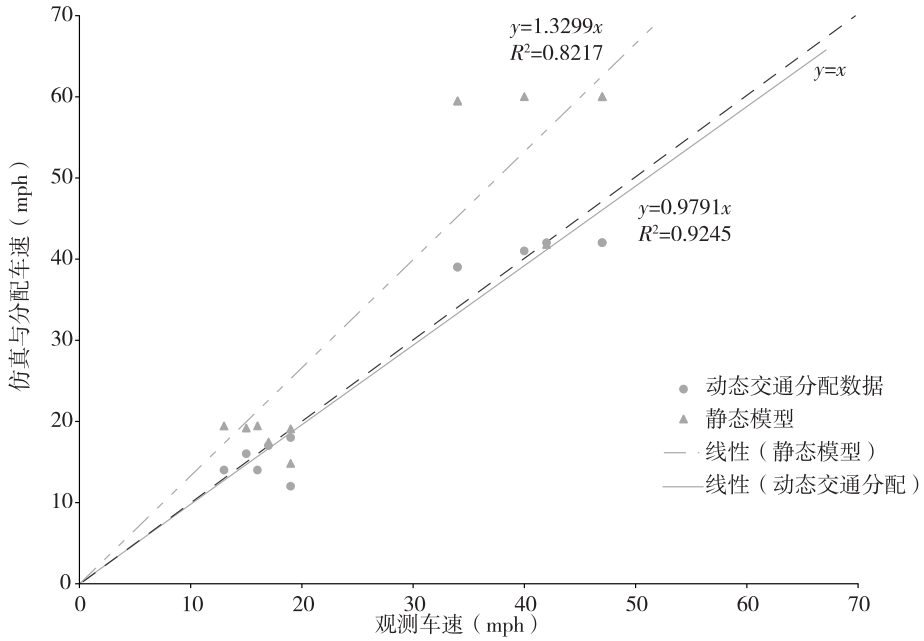

图6　研究区域内，模拟与分配的主要道路车速与观测值的对比

度达92%（图6）。

除了表达动态交通分配模型以外，上述图表还与相同廊道上SFCTA已有的静态分配算法得出的计算车速进行了比较。该比较使用了DTA分配时采用的晚间高峰时段出行表格（调整过）及一个相同的网络（唯一不同的是DTA使用了更多的网络变量）。静态分配运行结果为0.004的相对误差。总体来说，静态模型中显示的车速较观察值更高，反映为所有道路的斜率为1.18，主要道路的斜率为1.3。静态模型的拟合度为78%和82%，表现也不如DTA模型。

6　资源

6.1　项目时间表和工作水平

本节将提供一些数据点，希望这些数据点对其他从业人员有所帮助。本研究最本质的特征之一是从网络的转换到不同方案的运行，所有的工作都在短短两月内完成（从8月20日至10月20日），其中包括了校核与需求调整（耗时3周）。该项目由两个全职人员完成。显然，本可以花更多的时间用于完善校准，然而，Doyle路的建设于11月破土动工，因此，时间十分紧迫。后续研究将展开，观察当投入更多的时间或精力时是否可以提高校准。

6.2　电脑资源

方案的运行是在3.3GHz Nehalem Xeon处理器的电脑上完成的。表1总结了各种方案及它们在Dynameq动态交通分配中完成150次迭代（for 150 iterations）的运行时间。模拟中，方案1a和2a的机动车辆出行高出15%，从而在运行时间上约高出11%。由于加入了网络拥堵，方案1和2只比基准情况多花了3%的时间。

Dynameq 计算时间比较　　**表1**

机动车辆	方案	平均值相对误差	最大值相对误差	运行时间（分钟）	每个循环运行时间（分钟）
160,946	基准	2.5%	5.1%	279	1.9
160,946	1	3.4%	6.3%	288	1.9
185,030	1a	5.5%	10.2%	319	2.1
160,946	2	3.4%	5.8%	289	1.9
185,030	2a	6.1%	10.9%	319	2.1

在AMD 2050GHz Opteron配置的电脑上，使用相同的需求表格和路网执行静态高速公路分配过程，经过24次的迭代达到相对误差小于0.004的标准，只需要15分钟（平均38秒一次迭代）。

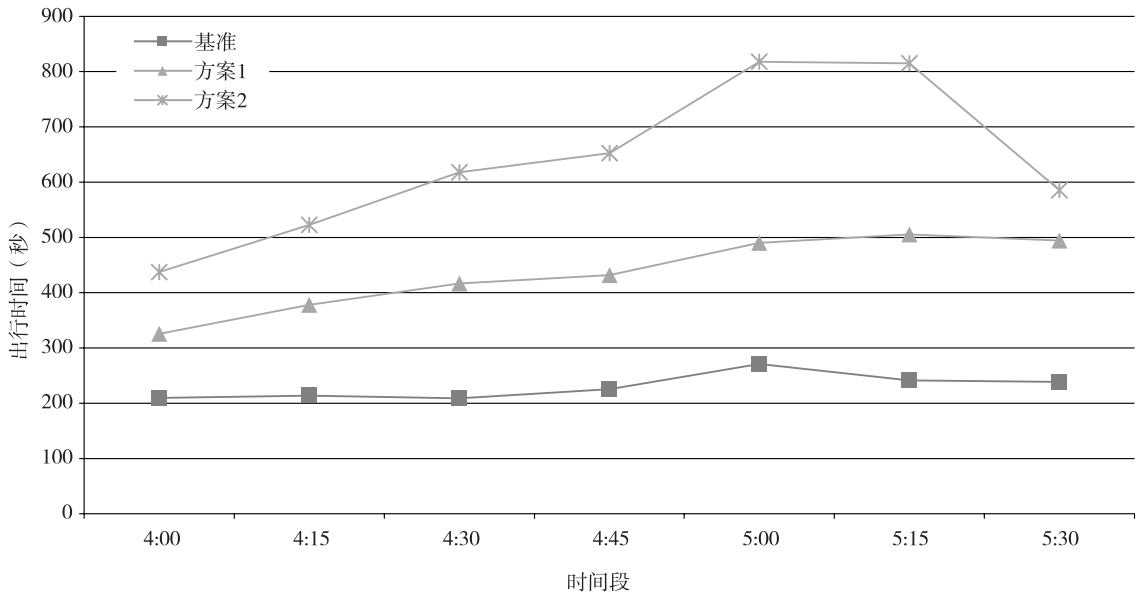

图 7　从金门大桥至道 Park Presidio 和 Geary 的出行时间差异

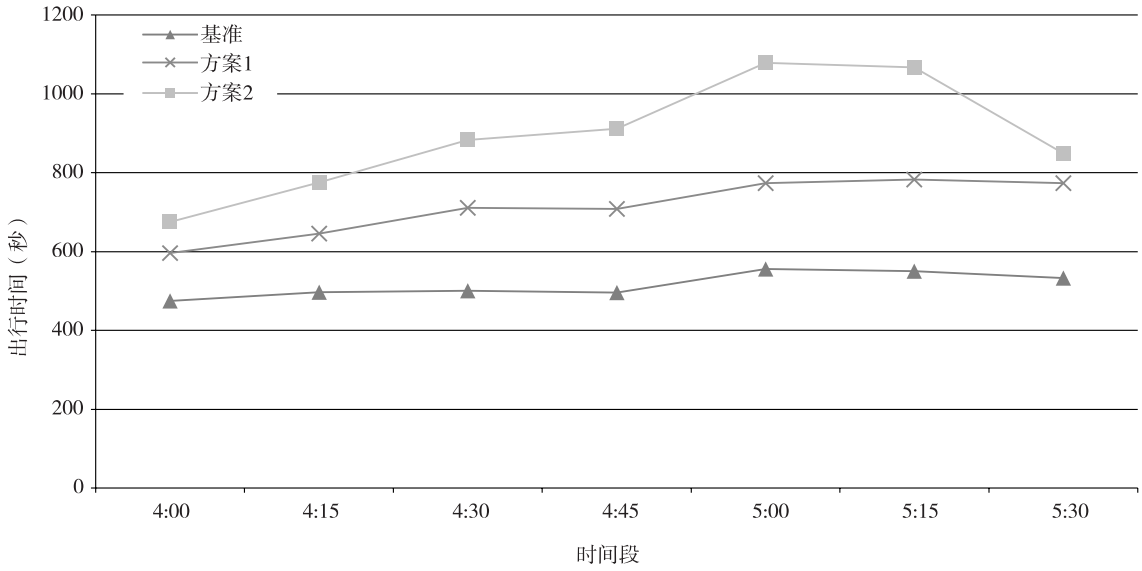

图 8　从金门大桥至道 Lambard 和 Franklin 的出行时间差异

7　结果

下面一节将讨论我们从动态交通分配模型中摘录的一些结果。请注意，这里所有展示的结果都仅为初步工作。

出行时间对于廊道东部和南部的影响如图 7、图 8 所示。在下午的平均值中，方案 1 的出行时间较基准情况多出 3 分钟，方案 2 则多出 6 分钟。随时间的推移，出行时间增长的差异不断加大，同时，越来越多的车辆载入网络。

除了对于出行时间影响的一般考虑，Doyle 路建设的参与方有 3 个非常具体的关注问题，列举如下：①将有更多的车辆穿过金门大桥访客停车场么？②当便道开放时（在方案 2 中），将有一个左转入滨海大道的信号灯，这个信号灯如何运作？③Doyle 路改行引起的交通流，会对 Geary 大道（一个主要的东西向公交线）的公交运营者带来负面影响么？

金门大桥停车场连接至收费广场下的一个通道，通往林肯大街。一旦旧金山内部坡道被关闭，它将是众多可能的穿行道路中的一个。然而，穿过停车场的交通绕行仍让人担忧，有以下两个原因：①停车场有很多的步行活动；

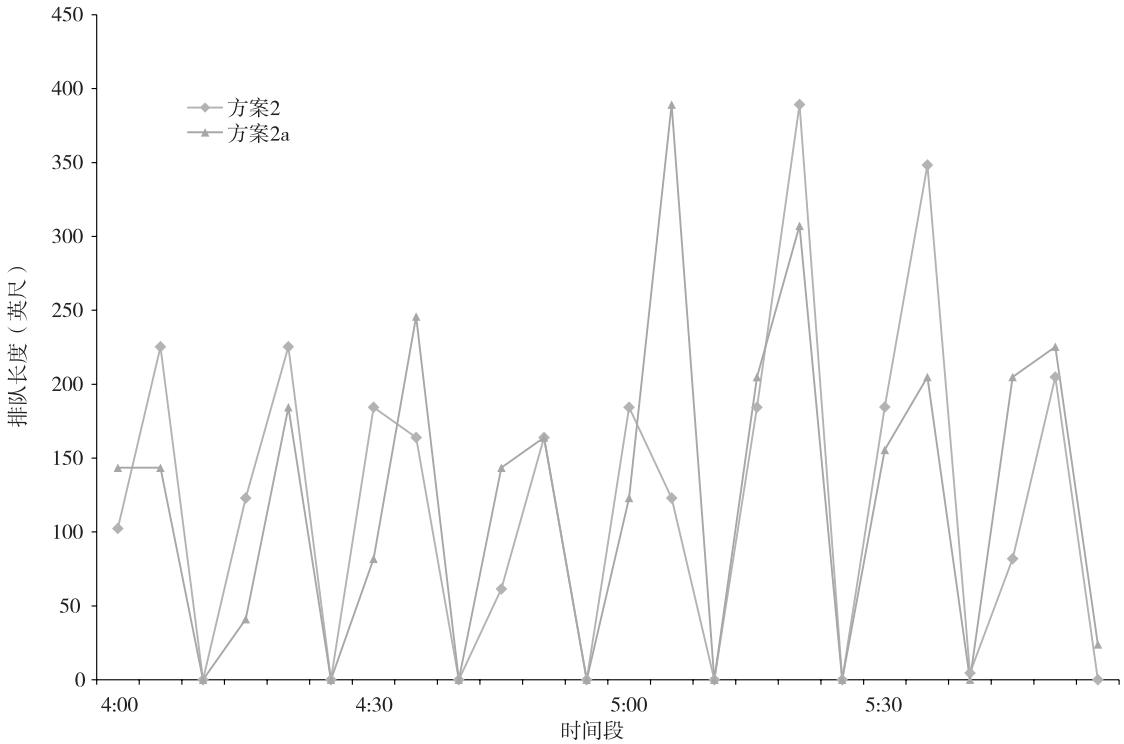

图 9　Doyle 便道上设置临时信号灯时，南行左转的排队长度

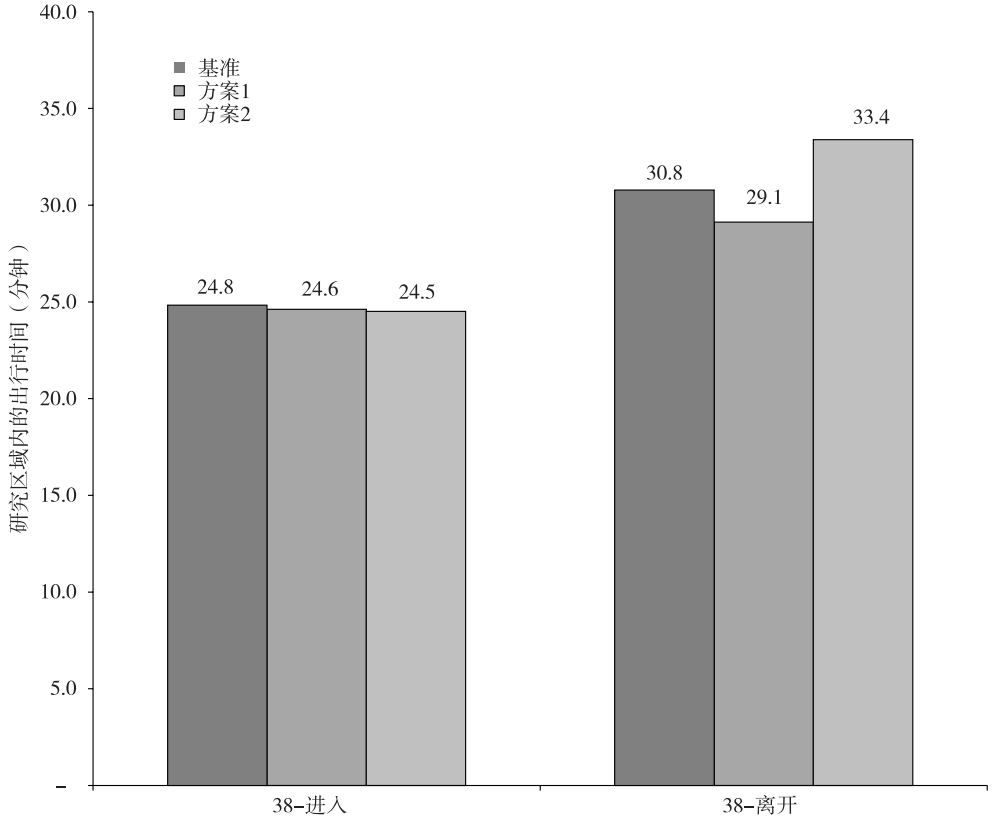

图 10　出行时间对于 Geary -38 公交线路的影响

②停车空间很小（如果有的话），停车场的任何排队都有可能很快溢回，影响 U. S. 101 上主要线路的运行。使用 DTA 初步分析显示，穿过停车场的所有流量将不会因为 Doyle 路的建设而改变，结果中这条通道的小时流量依然保持在每小时各方向 15 辆。而这个通道不作为便道的原因是其他便道已有足够的容量以满足需求。

分析小组通过总结全部左转排队长度，并将其与便道（pocket lane）的总排队容量（823 英尺）进行比较，以检验从 Doyle 路绕至滨海大道时，临时信号灯的排队容量。上图 9 显示，U. S. 101 上南行等候左转入滨海大道的队列从未达到 823 英尺的存储容量。然而，值得注意的是，该分析针对的是下午高峰期，以及 U. S. 101 南行的早高峰。当早间校核完成后，对于该信号灯的进一步研究将展开。

研究区域内，在各种情境下，主要公交线路出行时间的差异是最小的，从而减轻了关闭匝道可能对公交产生显著影响的顾虑。Geary 的公交线路经过了仔细的考虑，因为匝道关闭后，由于客流的转移，Geary 线预计将成为一个很受欢迎的选择。图 10 显示了研究区域内，公交出行时间基本保持不变或者有所改善（在方案 1 和 2 的动态交通分配模型中）。由于考虑的是晚间高峰，38 – 离开的公交线出行时间较 38 – 进入的公交线出行时间约长 5 分钟。

8 下一步

本文的最后，将汇编其他的结果以解决所有参与方的顾虑。本研究可以进一步扩展，通过现场调查数据来检验方案测试的结果。在整个项目的过程中将不断收集现场数据，今年冬天，即可用于方案 1 的检验。检验的数据除总量外，预计还将包括观察到的出行时间和公交出行时间。

9 结论

总之，我们已经证明了在几个月内实施并应用这样尺度的 DTA 模型的可行性。更重要的是，旧金山交通委员会使用该工具箱解答了 Dolye 路的利益相关者的疑问和疑虑。这些利益相关者参与到模型开发的过程中，熟悉整个方法以方便成功追加投资。模型开发过程的快速完成，旧金山交通委员会可以和利益相关者快速构建并测试针对那些临时拥堵地区（由于建设而造成拥堵）的多个补救方案。