

双向与单向道路网络：哪一个更高效？

Two-Way Street Networks: More Efficient than Previously Thought?

Vikash V. Gayah¹ 著, 王志高² 译

(1. 宾夕法尼亚州立大学, 美国 宾夕法尼亚 16802; 2. 宇恒可持续交通研究中心, 北京 100004)

Written by Vikash V. Gayah¹, Translated by Wang Zhigao²

(1. Pennsylvania State University, Pennsylvania 16802, USA; 2. China Sustainable Transportation Center, Beijing 100004, China)

摘要：为了改善机动车的可达性并避免驾驶人迷失，城市政府和规划师开始将中心城区传统的单向道路网络转换成双向行驶。双向道路网络可提升经济活力水平和中心城区的宜居性，而单向道路网络可提高通行能力。指出使用出行服务能力指标来衡量道路网络效率更适宜，将单向行驶与双向行驶道路网络的出行服务能力进行对比，后者交叉口的处理包括左转专用车道、左转渠化和禁止左转三种方式。结果显示，与传统认知和设计手册相反，双向道路网络通常比单向道路网络更有效率。在出行距离较短的情况下，允许转向的双向道路网络比单向道路网络的出行服务能力更高；禁止左转的双向道路网络比单向道路网络造成的绕行更少。

Abstract: To improve vehicular access and reduce driver confusion, city officials and urban planners have started a movement to convert downtown street networks from traditional one-way operation to two-way operation. Two-way street networks increase economic activity and livability, while one-way street networks increase vehicle flow. This paper points out that trip-servicing capacity is a better metric of network efficiency. Then

0 引言

中心城区的单向道路正在受到审视。城市政府和规划师开始将中心城区传统的单向道路网络转换成双向行驶。总体来看，这些努力似乎是成功的——许多城市(例如，科罗拉多州的丹佛、得克萨斯州的达拉斯和拉伯克、佛罗里达州的坦帕、印第安纳州的得梅因、堪萨斯州的萨莱纳、密苏里州的堪萨斯城，以及加州的萨克拉门托)已经或者正在进行这项工作，其意图是改善机动车的可达性并避免驾驶人迷失。这一决策夹杂着各种因素，但总的前提清晰可辨，即出于各种经济的

the paper compares the trip-serving capacities of various one-way networks and two-way networks with: left-turn lanes, left-turn pockets, and banned left turns. The results show that contrary to conventional wisdom and design handbooks, two-way networks are often more efficient than one-way networks. When trips are short, two-way networks have higher trip-serving capacities than one-way networks. Meanwhile, two-way networks with banned left turns impose less circuitry than one-way networks.

关键词：道路网络；双向道路；单向道路；道路通行能力；道路网络效率；出行服务能力；禁止左转

Keywords: street network; two-way street; one-way street; vehicle-moving capacity; trip-serving capacity;

banned left turns

中图分类号：U491.2²

文献标识码：A

收稿日期：2013-04-03

作者简介：Vikash V. Gayah, 男, 博士, 助理教授, 主要研究方向: 交通流理论、交通运营管理和控制、公共交通系统、城市机动性等。

E-mail: gayah@engr.psu.edu

译者简介：王志高(1973—), 男, 内蒙古乌盟人, 博士, 项目主管, 主要研究方向: 地铁及城市交通仿真、交通规划、城市规划。

E-mail: zhigaowang@chinastc.org

文章来源: Access, 2012年秋季, 第41期10—15页, 加州大学交通中心 (University of California Transportation Center), <http://www.uctc.net/access/41/Access41revisedTwoWayStreets.pdf>

和生活便利的考虑,出行者和居民更愿意接受双向道路,而交通工程师和规划师们坚信单向道路的交通效率更高。

本文利用一个理想化的交通网络模型,对比单向行驶和双向行驶道路网络的效率。研究发现,双向道路网络更高效,尤其对短距离出行而言。

1 双向道路网络提升经济活力和宜居性

有关城市道路网络设计的文献强调,双向道路可提升经济活力水平和中心城区的宜居性。例如,双向道路更有利于强烈依赖通过性交通的本地商业的发展。另外,与单向道路相比,双向道路的交叉口信号控制迫使车辆更频繁地停车,使驾驶人获得更多接近和了解本地商业的机会。

有研究表明,诸多原因导致双向道路比单向道路更安全。虽然双向道路的交叉口有更多的冲突点,但单向道路可导致驾驶人注意力降低。单向道路的信号控制能降低停车的频率,因而允许更高的行车速度。驾驶人在双向道路上行驶更为缓慢,行人与车流的冲突更可预知,因此行人也更愿意横穿双向道路。

中心城区的访客,无论是驾车还是乘坐公共交通,都喜欢双向道路而不是单向道路,因为前者更不易使人迷路。驾车的访客在双向道路网络中能轻易地从任何方向到达其目的地。单向道路网络可能会阻碍驾驶人从最合乎逻辑的方向到达目的地,这种不确定性可能给驾驶人造成压

力,在某些情况下,使得他们不愿意再次造访。同样地,双向道路使乘坐公共交通去往中心城区的访客在返回时更容易找到返程车站——大部分情况下,返程的公共汽车站就在道路另一侧。相比之下,在单向道路网络中,返程车站通常设置在另外一条道路上,这可能会使访客迷路。

此外,双向道路网络允许驾驶人选择从出发地到目的地之间最直接的路径。例如,假设有一条从出发地O到目的地D的路径,见图1a。一次同样的出行,在双向道路网络(行驶方向如箭头所示)中,驾驶人可以选择从O到D最直接的路径;而在单向道路网络中,驾驶人可能不得不行驶额外的距离,或者在出发地(见图1b),或者在目的地(见图1c),抑或是在两端。因此,单向道路网络会增加OD对之间的平均行驶距离从而导致更多的车辆行驶里程(Vehicle Miles Traveled, VMT)。而更多的车辆行驶里程意味着油耗、尾气排放和事故率的增加。

2 单向道路网络提高通行能力

与双向道路网络相比,单向道路网络的确具备一个关键性的优势,即可以消除交叉口左转车辆产生的冲突。这一点很关键,因为左转车辆降低了交叉口的通行能力。例如,与直行车流混行的左转车辆必须等待对向车流之间的空当,同时可能阻挡后续直行车流通行。设置左转车道可以将左转车辆与其他车辆分开以避免阻挡,但是也

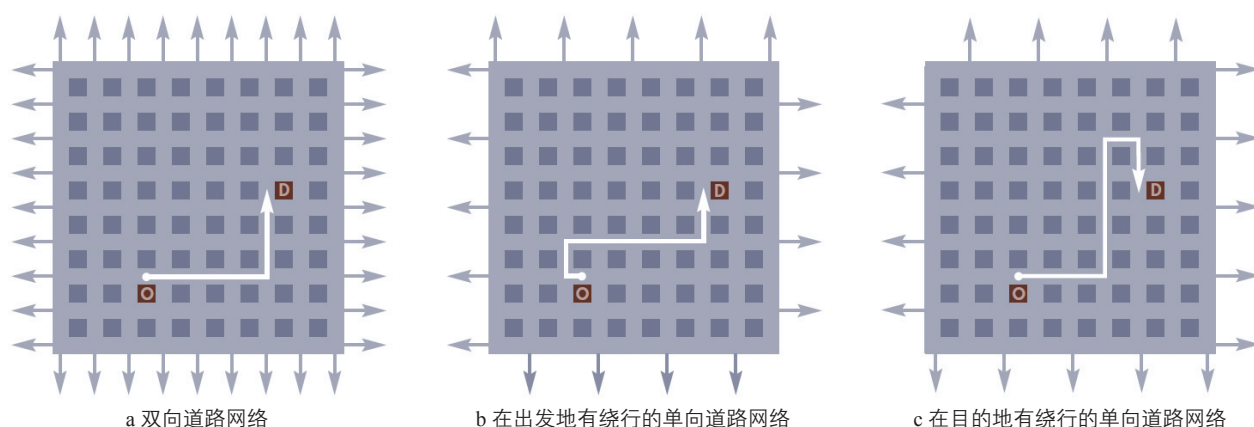


图1 同一OD对在不同道路网络中的路径选择

Fig.1 Routes Taken Between the Same Origin-Destination Pair in: (A) Two-Way Street Network, (B) One-Way Street Network with Deviation at Origin, and (C) One-Way Street Network with Deviation at Destination

减少了其余车辆通过交叉口的可用空间。设置专用左转信号相位可消除车辆之间的相互干扰，但是会导致更为复杂的信号控制且减少交叉口车辆总体的有效通行时间。由于道路通行能力受制于交叉口，据此推定，单向道路网络比双向道路网络的通行能力更大。

除了成本和可行性，反对将道路网络从单向行驶转换为双向行驶的观点经常以通行能力降低为论据。尽管双向道路能繁荣经济和便利生活，决策者担心道路通行能力降低会导致高峰时段交通拥堵持续时间更长且更严重、车辆行驶速度降低、车辆延误增加，进而影响整体网络效率。更糟糕的是，道路通行能力降低导致的交通拥堵会进一步促使人们疏离中心城区，并可能推动其从经济和休闲活动中心走向衰败。

3 出行服务能力：衡量道路网络效率的适宜指标

交通网络的终极目标是允许出行者尽可能快地到达目的地，而道路通行能力不能对此进行反映。

出行者到达目的地的最大速率，即网络的出行服务能力 (Trip-Serving Capacity)更精确地诠释了这一目标。同等条件下，出行服务能力较高的道路网络延误也较小。

因此，尽管目前的研究和传统观点认为单向道路网络比相应的双向道路网络效率更高，本文发现有时单向道路网络效率更低，因为其限制了出行者直达目的地的比例。在这种情况下，就更值得将传统的单向道路网络转换为双向行驶。

4 道路网络对比

本文对比不同的单向行驶和双向行驶道路网络的出行服务能力。在交叉口，双向道路网络对左转车辆的处理有多种方式。本文对比的道路网络考虑双向4车道，在道路交叉口对左转车辆的处理包括三种方式(见图2)，每种方式的优缺点见表1。

受需求分布、交叉口信号配时、驾驶人路径选择等多种因素的影响，道路网络的出行服务能力各异。为简化分析，本文比较理想条件下道路网络的出行服务能力，即相同出行模式、专用左转信号相位，以及最直接的路径选择。这些理想条件能方便解析不同道路网络的出行服务能力，而分析结果同样适用于现实情况。

道路网络的出行服务能力与两个量有关：道路通行能力和

表 1 交叉口左转处理方式的优缺点

Tab.1 Advantages and Disadvantages of Left-Turn Configurations

处理方式	优点	缺点
左转专用车道	左转车辆与直行车辆分开	直行车道减少一条
左转渠化	左转车辆和直行车辆分开 直行车道未减少	车道在交叉口处缩窄
禁止左转	不需要左转车道	左转车辆要绕行到达目的地



图2 双向道路网络的交叉口配置

Fig.2 Intersection Configurations for Two-Way Networks with: (A) Left-Turn Lanes, (B) Left-Turn Pockets, and (C) Banned Left Turns

平均出行距离。道路通行能力取决于一个信号周期内能够通过交叉口的车辆数。结合道路网络的几何属性,运用概率论,通过确定给定限行条件下车辆多行驶的距离,即可确定道路网络的平均出行距离。这两个量及道路网络的出行服务能力是以下两个关键参数的函数:1)道路网络中OD之间的平均距离;2)等待左转信号的总损失时间。图3显示了在两个参数不同取值下双向行驶与单向行驶道路网络的出行服务能力的比值。这一比值衡量双向道路网络与单向道路网络之间的相对效率。比值大于1表明双向道路网络的出行服务能力更高,反之,则表明单向道路网络更优。

图3显示,允许左转的双向道路网络对短距离出行有更高的服务能力。当出行距离较短时,单向道路网络导致的额外绕行极具破坏性,以至于交叉口信号的简化和更高的通行能力不能弥补绕行所造成的损失。然而,当出行距离增加时,信号的简化的确能弥补单向道路网络导致的额外绕行。由于平均出行距离应该与中心城区的面积成比例关系,在较小的城市中,将中心城区道路网络从单向行驶转换为双向行驶实际上可能会增加网络的出行服务能力。从图3也可以看出,即使出行距离较长,有左转渠化的双向道路网络的出行服务能力也仅仅比单向道路网络低10%。区分“长”出行和“短”出行的距离临界值是专用左转信号导致的总损失时间的函数。左转信号损失时间越多,临界值越小。

值得注意的是,即使出行距离较长时,禁止左转的双向道路网络也有较高的服务能力。尽管禁止左转和单行两种策略提供相同的通行能力(因

为都消除了转向交叉),但是禁止左转比单向道路网络导致的迂回更少。事实上,单向道路网络需要的额外出行距离至少是禁止左转的双向道路网络的两倍。这从生理感知上是说得通的,因为单向道路网络限制性更强。因此,即使是对出行距离较长的大城市,如果在交叉口禁止左转,将道路网络由单向行驶转换为双向行驶的运行模式也能增加网络的出行服务能力。

5 结论

与传统认知和设计手册相反,双向道路网络通常比单向道路网络更有效率。尽管双向道路网络可能具备较低的通行能力,但是在某些情况下其出行服务能力反而更高。出行服务能力是衡量高峰时段道路网络运行状况更好的指标。在出行距离较短的情况下,允许转向的双向道路网络比单向道路网络的出行服务能力更高,这是因为单向道路网络造成的绕行抵消了交叉口效率的提升。信号周期增长时,双向道路网络更具竞争力。此外,禁止左转的双向道路网络总能提供较高的出行服务能力。在两种取消转向交通的策略中,禁止左转的双向道路网络比单向道路网络造成的绕行更少。

城市规划师和交通工程师在考虑将道路网络从单向行驶转换为双向行驶时,应该调查网络内的平均出行距离。直觉表明,平均出行距离与中心城区的面积呈正比——较大的中心城区应该有较长的平均出行距离。因此,针对较小的中心城区应该仔细研究确定左转信号的损失时间,由此决定采用何种类型的双向道路网络配置。由于损失时间随信号周期的缩短而降低,规模较小的城市只有在信号周期较长的情况下才应允许左转,反之则应该禁止左转。规模较大的城市中心区也应将单向行驶转换为双向行驶,同时在交叉口禁止左转。因此,不管城市的尺度如何,将道路网络从单向行驶转换为双向行驶总是能提高中心城区的效率。由于各种原因,居民偏好双向道路网络,将单向道路网络转换为双向行驶在提高效率的同时,也能改善城市的宜居性。

(下转第75页)

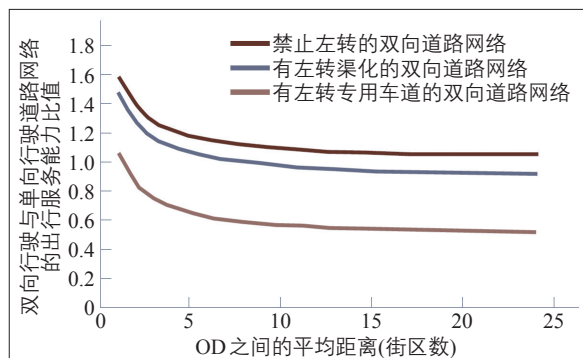


图3 双向行驶和单向行驶道路网络出行服务能力对比

Fig.3 Comparison of Trip-Serving Capacities of Two-Way Networks with a One-Way Network