

慢即是快

——紧凑道路设计思路

When Do Slower Roads Provide Faster Travel?

Kenneth A. Small¹, Chen Feng Ng² 著, 姜洋³, 解建华³ 译

(1.加州大学尔湾分校经济系,美国加州尔湾92697;2.加州州立大学经济系,美国加州长滩90840;3.宇恒可持续交通研究中心,北京100004)

Written by Kenneth A. Small¹, Chen Feng Ng², Translated by Jiang Yang³, Xie Jianhua³

(1.Department of Economics, University of California, Irvine, CA 92697, USA; 2.Department of Economics, California State University, Long Beach, CA 90840, USA; 3. China Sustainable Transportation Center, Beijing 100004, China)

摘要: 按照联邦州际高速公路系统设定的标准修建、扩容快速路耗资巨大,且对环境产生不利影响。然而由于交通拥堵,仅有少数出行者才能体验到快速驾驶的优势。探讨了道路设计的另一种思路——设计更紧凑的道路,或者说车道数更多但车道宽度更窄的道路。对比常规设计和紧凑设计两种思路下快速路车速、通行能力、行程时间指标,结果显示在高峰时段车辆排队严重时,紧凑设计具有较明显的优势。由于紧凑设计对道路安全性的影响尚未定论,建议设置更低的限速并采取措施禁止超速行为。最后指出,紧凑设计可增加道路通行能力以缓解交通拥堵,因此其适用范围得到扩展。

Abstract: It is financially and environmentally expensive to build or expand expressways conforming to the design standards of the federal Interstate Highway System. Yet their advantage in terms of high speeds often is enjoyed only by a minority of travelers due to congestion. This paper explores alternative roadway designs such as more compact roads, or roads with more but narrower lanes. By comparing speed, capacity, and travel time between two roadway designs, the paper finds the compact design performs better when there is appreciable queuing during peak hours. Due to the uncertain impact of compact road design on safety, the paper suggests reducing speed limits on compact roads and implementing other measures to discourage speeding. The results support expanding the range of highway designs that are considered when adding capacity to ameliorate urban road congestion.

关键词: 道路设计; 通行能力; 自由流速度

Keywords: highway design; capacity; free-flow speed

中图分类号: U412.37 文献标识码: A

收稿日期: 2013-03-10

作者简介: Kenneth A. Small(1945—),男,美国人,博士,教授,主要研究方向:城市经济学、交通经济学、环境经济学。E-mail:ksmall@uci.edu
译者简介: 姜洋(1983—),男,北京人,博士研究生,主要研究方向:城市土地利用、交通规划。E-mail:yangjiang@chinastc.org

文章来源: Access, 2012年秋季,第41期23-28页,加州大学交通中心(University of California Transportation Center), <http://www.uctc.net/access/41/access-41-slowerfaster.pdf>

0 引言

为了提高城市道路通行能力而新建或扩宽道路所需的巨额投资,使政策分析师和决策者对于依靠这种方式治理交通拥堵感到绝望。然而,道路设计的另一条思路——设计更紧凑的道路,似乎少有提及。

首先来看城市道路网络中的快速路。按照美国联邦州际高速公路系统(Interstate Highway System)设定的严格设计标准,新建或扩宽城市快速路将耗资巨大。设计标准涉及车道和路肩宽度、视距、坡度等方面,按照这一标准修建道路需要占用大面积土地并需建设匝道、桥梁等大量基础设施。这种道路,再加上高速车流,严重破坏了城市景观,使社区隔离,同时产生大量的雨水径流和噪音。然而,决策者始终倾向在修建快速路时采用州际高速公路标准,认为该标准在理论上可保证车辆高速行驶时较为安全。然而在拥堵时段,车辆在这些快速路上只能缓慢行驶,只有在非高峰时段出行者才能在耗

费巨资的道路上体验快速驾驶。

试想一下在道路新建或改造时通过设计降低车速，可使邻里更友好，并获得更高的通行能力。在一些情况下，这样做可以使修建道路成为更加可行且可负担的政策选择，提供更愉悦的驾车体验，同时减少对环境和城市的负面影响。

早前的城市公园大道，例如美国巴尔的摩-华盛顿公园大道、洛杉矶阿罗约·塞科公园大道和长岛公园道路系统，都是通过设计将具有新颖结构的建筑、良好的绿化与周边景观融为一体。这些道路同样提供了充足的通行能力，但造价远低于现代州际公路。这样的设计至今仍然是合适的。伊利诺伊州公园道路顾问委员会最近针对一条位于湖县(Lake County, 位于芝加哥北部)的收费公园道路，建议结合山地、曲线和景观进行设计，并将限速设定为45英里·h⁻¹(约72 km·h⁻¹)。委员会认为这样的设计将降低噪音、减少排放、缩减占地面积，并有利于保护湿地，而这些都是“低速行驶带来的优点”^[1]。

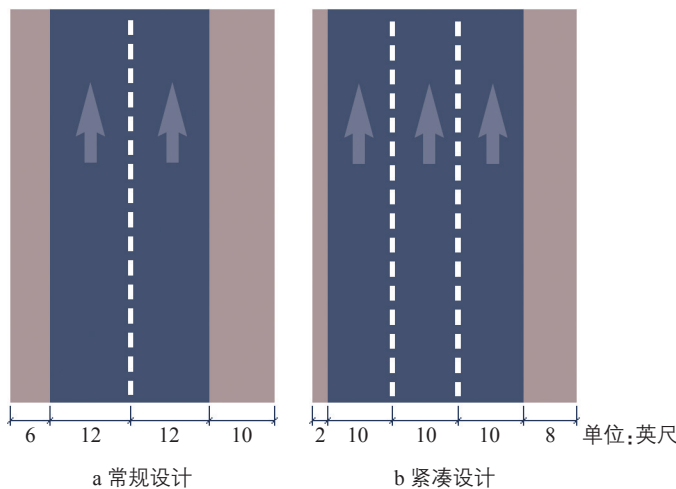


图1 常规设计和紧凑设计的快速路
Fig.1 Regular and compact expressways

表1 快速路设计案例指标
Tab.1 Specifications for example expressways

指标		常规设计	紧凑设计
道路设计参数	车道数	2	3
	车道宽度/英尺	12	10
	左路肩宽度/英尺	6	2
	右路肩宽度/英尺	10	8
	道路总宽度/英尺	40	40
	长度/英里	10	10
车速和通行能力	自由流速度/(英里·h ⁻¹)	65.5	60.4
	达到通行能力时的车速/(英里·h ⁻¹)	52.3	51.2
	单车道通行能力/(辆·h ⁻¹ ·车道 ⁻¹)	2 114	2 068
	总通行能力/(辆·h ⁻¹)	4 228	6 204
行程时间	自由流速度下的行程时间/min	9.2	9.9

1 宽车道与窄车道

在道路宽度一定的情况下，更窄的车道和路肩以及更多车道数的设计除带给驾驶人人和邻里更愉悦的体验外，实际上还使道路有更高的通行能力。这意味着非高峰时段车速更慢，而高峰时段车速更快。

举例来说，美国州际高速公路标准车道宽12英尺(约3.66 m)，为高速行驶的混合交通流提供安全净空。如果缩窄单车道和路肩，同样宽度的道路可以容纳更多车道。此外，设定更低的自由流速度，可以允许采用更小的转弯半径和更陡的纵坡，从而更好地融入建成环境。历史上的先例不局限于前面提到的公园道路，还包括1995年洛杉矶机场附近的405号州际公路扩容项目。在该项目中车道宽度重新施划为11英尺(约3.35 m)，路肩和中央隔离带被改为车行道。

为了更细致地考察孰优孰劣，本文比较两种道路设计：第一种是采用州际高速公路标准的快速路，其车道和路肩宽度为美国国家公路和运输协会(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)的推荐值^[2]；第二种是缩窄车道和路肩的紧凑设计。为便于比较，假设采用两种思路设计的快速路宽度相同，因此建设和维护成本接近。

如图1所示，紧凑设计的快速路可以设3车道，而常规快速路只有2车道。表1给出了两条快速路的速度和通行能力，其计算依据是被广泛使用的美国交通

运输研究委员会 (Transportation Research Board, TRB) 制定的 2000 年版《道路通行能力手册》^[3] (Highway Capacity Manual 2000)。

由于车道和路肩更宽，常规快速路的自由流速度 (65.5 英里·h⁻¹) 高于紧凑快速路 (60.4 英里·h⁻¹)。因此，在交通量较小的情况下，在紧凑快速路上行驶 10 英里耗费 10 min，而常规快速路仅用 9.2 min。随着交通量增加，道路瓶颈处的排队将使两条快速路的车速都下降，且常规快速路因为车道更少，其车速降低出现得更早、降低幅度更大。

比较不同交通情况下两条快速路的平均行程时间。假设高峰时段为每周 6 d、每天连续 4 h。如果交通量超过通行能力，在道路入口将产生排队，造成延误。高峰时段结束时，排队车辆逐渐消散。图 2 显示当高峰时段交通量为非高峰时段的 2 倍时，两条快速路平均行程时间受日平均交通量影响的变化情况。该图证实了当日平均交通量较小时，常规快速路的通行时间小于紧凑快速路。但这一优势在交通量增加后迅速消失，因为常规快速路产生了更多排队。事实上，当日平均交通量略高于开始出现排队时的规模时 (约为 4 万辆·d⁻¹)，常规快速路平均行程时间已经超过了紧凑快速路。

通过不断调整交通需求量、高峰和非高峰时段交通量比例，计算不同状况下两种道路设计形式的运行效果，结果显示在交通需求较大、有排队等待的情况下，紧凑快速路具有较明显的优势。值得注意的是，随着交通量增加，紧凑快速路节约排队时间的优势更加明显，当日平均交通量达到 6.5 万辆时，排队时间将缩减 50 min。与之相反，常规设计快速路在交通量较少的非高峰时段所能节约的时间则非常有限，最多只有 0.8 min。原因很简单：紧凑设计的优势体现在排队引起的显著延误，而常规设计的优势在于自由流状态下的微小速度差异。

当然，这个例子并不能涵盖全部相关的道路状况。本文比较过两条宽度不同、但通行能力接近的道路：一条是高投资、高标准的快速路，另一条是低成本但车速较快的城市主干路。例如芝加哥湖滨大道为过境交通提供了立交桥和出入口匝道，同时设置了少量平面信号控制交叉口。这种城市主干路的造价远低于全立体的快速路，所

节约的投资成本可以与延误的通行时间进行比较。这种比较同样高度依赖于高峰和非高峰时段交通量的比例，因为在拥堵的高峰时段两种道路的速度几乎是相同的，而高投资道路在非高峰时段体现了一定的速度优势。

以上的对比分析未考虑已被广泛证实存在的诱发交通需求，即降低一条道路或一整片区域的交通拥堵程度，会吸引产生更多的交通量，进而破坏拥堵缓解效果。假设将一条常规道路用紧凑道路来代替，通行能力增加使交通拥堵有所降低。新吸引的驾驶人的确会削减一部分节约时间，然而，原来在道路上寸步难行的驾驶人现在还在道路上，因此他们获得了一定的益处，尽管其他人获益比简单计算得到的结果要少。如果新吸引的交通量中有些是从其他拥堵道路上转移过来的，则那些道路上的驾驶人也将受益。

2 安全性考虑

通常认为车道和路肩更宽的道路安全性更高，理由有很多：为驾驶人走神、闪避事故和紧急停车等提供余地，且通常具备较好的视距条件，使驾驶人有信心确认车道内的安全性。

但是，针对较宽道路实际是否更安全的问题，大量实证类文献给出了正反不同的证据^[4]。研究结论呈现差异的原因之一可能是绝大多数研究在对比较宽道路设计和较窄道路设计的安全性时采用了相同的限速标准。相反，本文推荐的紧凑

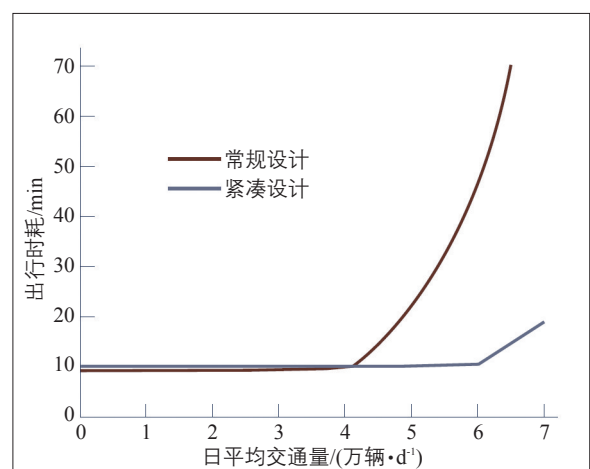


图 2 高峰和非高峰时段交通量比例为 2:1 时的平均出行时间

Fig.2 Average travel time when the ratio of peak traffic to off-peak traffic is 2:1

道路设计采用更低的限速。此外，驾驶人在相对安全的驾驶环境中通常会采取较危险的驾驶行为，如降低注意力、超速、跟车过近或在路肩上随意停车^[5]。这些都符合众所周知的佩尔兹曼效应^[6]：道路安全性改善至少会部分地被更激进的驾驶行为抵消。

因此，对于紧凑道路设计是否会减少或增加安全性还未有定论。影响安全最重要的因素很可能是驾驶人对速度的选择，因此要从政策上对紧凑道路设置更低的限速，并采取其他措施禁止超速行为。有证据表明只要将道路设计及其必要性讲清楚，驾驶人更容易认可类似的措施。例如车载速度监控在欧洲一些国家已经被驾驶人广泛接受。

新技术的诞生将有助于避免事故的发生，例如自动刹车技术可以保持车距，自动驾驶技术可以避免乱并线，而这些都是对紧凑道路的安全性和通行能力产生更大的积极效果。紧凑道路设计要求或鼓励的更小跟车间距，也正是这些技术所要解决的问题。此外，紧凑道路设计使这些技术在应用后避免了可能诱发的激进驾驶行为，因此可以取得更好的效果。

3 慢的可以更快、更好

对于车道宽度的选择意味着要在自由流速度和通行能力之间做出权衡，但这种权衡并非对称。本文发现在给定宽度的道路上设计更多车道，可以在高峰拥堵时段节省大量出行时间。相反，较宽的车道和路肩仅能在非高峰时段提供较小的速度优势。因此，紧凑道路设计具有更高的通行能力，从而减少了道路使用者的总出行时间。此外，出行者通常难以忍受拥堵不堪的路况，因此如果城市道路系统能够实现以一定的速度“走而不停”，那么也会让出行更加愉悦。

紧凑道路在环境方面也具有可观的优势。由于允许更小的转弯半径和更陡的纵坡，紧凑道路能更好地与城市景观融合。紧凑道路要求更小尺度的结构，土方量也更少。同时由于降低了自由流速度，邻里所受干扰也得以减轻。因此，城市居民不仅能享用紧凑道路在高峰时段的高运力，也能因其对环境较小的影响而获益。

注释

本文改编自更长版本的“道路设计中对于自由流速度、通行能力、造价和环境影响的权衡”^[7]一文，该文最初发表于《交通运输》杂志。

参考文献：

References:

- [1] Blue Ribbon Advisory Council. Illinois Route 53/120 Project: Draft Resolution and Summary Report [R]. Illinois: Blue Ribbon Advisory Council, 2012.
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (5th Edition) [M]. Washington DC: AASHTO, 2004.
- [3] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual 2000[M]. Washington DC: TRB, 2000.
- [4] Harwood D W, Bauer K M, Richard K R, et al. Methodology to Predict the Safety Performance of Urban and Suburban Arterials[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 2007.
- [5] Lewis-Evans Ben, Samuel G Charlton. Explicit and Implicit Processes in Behavioural Adaptation to Road Width[J]. Accident Analysis and Prevention, 2006, 38(3): 610-617.
- [6] Peltzman Sam. The Effects of Automobile Safety Regulation[J]. Journal of Political Economy, 1975, 83(4): 677-725.
- [7] Chen Feng Ng, Kenneth A Small. Tradeoffs Among Free-Flow Speed, Capacity, Cost, and Environmental Footprint in Highway Design[J]. Transportation, 2012, 39(6): 1259-1280.

免费订阅信息

ACCESS杂志刊载由美国加州大学交通中心资助的研究成果，每年出版两期。杂志创办的目的是将学术研究报告转化为可读性较强的短文，为政策制定者和从业人员提供实用信息。刊载文章意在激发对公共政策领域学术研究的讨论，将知识转化为行动。有意了解ACCESS杂志的读者，可访问：<http://www.uctc.net/access/subscribe.shtml>，在线填写相关信息免费订阅电子期刊。