

天津市交通指数及其在双限政策评估中的应用

蒋寅, 万涛, 曹伯虎

(天津市交通规划研究中心, 天津 300201)

摘要: 利用出租汽车浮动车大数据研究科学合理且直观易懂的交通指数并动态跟踪城市道路交通运行规律, 不仅是中国大城市关注的焦点, 更是在天津市机动车限购、限行政策下非常重要的城市交通基础性研究。通过出租汽车车速精度分析、期望车速选取、指数标准化等关键技术研究, 提出天津市可应用于宏观交通政策评估和交通规划研究的交通指数。同时, 应用交通指数分析双限政策实施前后两年城市交通的运行特征, 分别从年、月、日、小时及区域五个方面评估双限政策的实施效果。结果表明, 天津市适度超前的机动车限制政策对缓解交通拥堵的效果显著并得到广泛支持。

关键词: 交通政策; 交通指数; 交通运行状态; 浮动车数据; 机动车限购; 机动车限行; 天津市

Traffic Index of Tianjin and Its Application in Evaluation of Vehicle Purchase Rationing Policy and Vehicle Usage Restriction Policy

Jiang Yin, Wan Tao, Cao Bohu

(Tianjin Transportation Planning Research Center, Tianjin 300201, China)

Abstract: Using Taxi equipped GPS data to develop a scientifically rational and understandable traffic index system for urban road network and dynamically tracking urban traffic pattern is regarded as the focus of Chinese metropolises as well as serving to evaluate vehicle purchase rationing and vehicle usage restriction Policies in Tianjin. Based on analysis on speed detection accuracy, selection of expected speed, standardization on congested index, this paper proposes a traffic index system which is able to evaluate transportation policy and planning tasks. Furthermore, the proposed system has been successfully applied in the assessment of vehicle purchase rationing and vehicle usage restriction Policies of Tianjin via a detailed temporal and spatial before-after study. The main findings reveal that two policies adopted by Tianjin have been significantly improving road traffic condition and receiving extensive supports.

Keywords: transportation policy; traffic index; traffic operational status; floating car data; vehicle purchase rationing; vehicle usage restriction; Tianjin

收稿日期: 2015-07-16

作者简介: 蒋寅(1977—), 男, 湖南溆浦人, 硕士, 高级工程师, 交通所总工程师, 主要研究方向: 城市交通规划、交通模型。E-mail: jyin88@126.com

0 引言

基于出租汽车浮动车大数据研制道路交通运行指数, 以弥补传统综合交通调查(5~10年一次)难以有效掌握城市交通运行规律的不足, 是当前城市交通非常重要的基础性研究工作。目前开展交通指数研制并对外发布的公司或城市主要有荷兰TomTom公司交通指数(traffic index)、高德软件有限公司拥堵延时指数、北京市交通拥堵指数、上海市道路交通指数、深圳市道路交通运行指数等。上述交通指数直观反映交通拥堵程度,

动态跟踪道路交通运行规律, 在交通政策、规划、建设与管理等方面发挥重要作用。由于指数在计算方法、样本规模、拥堵界定等方面的差异, 不同交通指数均有其应用局限性。

为优化城市交通环境, 缓解交通拥堵状况, 改善空气质量, 实现机动车保有量的合理有序增长, 天津市自2013年12月16日起实施机动车牌照无偿摇号与有偿竞价相结合的限牌措施(以下简称“机动车限购”), 自2014年3月1日起实施机动车尾号限行措施(以下简称“机动车限行”), 成为中国继贵阳市之后第二个同时实施双限政策

的大城市，引发了各方高度关注。为科学评估双限政策实施效果，天津市亟须借鉴现有交通指数经验，提出符合自身实际情况的交通指数，以直观反映双限政策实施前后的交通运行特征。

1 研究目标与思路

1.1 研究目标

现有交通指数的功能主要包括交通政策评估、交通规划研究、交通拥堵排查、交通出行诱导四个方面(见表1)。不同功能对应的主要服务对象、路网分析范围、所需基础数据均不一样。

目前，天津市仅4 000辆出租汽车安装了GPS设备，且规划部门获取的数据为历史数据。双限政策评估是当前研究最急迫的需求，故此次交通指数研究的目标主要为服务宏观层面交通政策评估以及交通规划研究。

1.2 研究思路

交通指数主要分两类：一类主要反映道路实际行程时间与自由流状态下道路行程时间的比值，即出行时间延误，该类指数以TomTom公司交通指数^[2]及高德拥堵延时指数^[3]为代表；另一类将道路平均车速作为基本参数，结合其他交通运行参数对道路交通运行状态进行判断，并将其标准化为指数，以更加直观易懂的方式反映交通拥堵程度，该类指数以北京(2011年)^[4]、上海(2013年)^[5]、深圳(2012年)^[6]等市的交通指数为代表。

从现有计算方法及状态划分看(见表2)，交通指数具有如下特点：1)出行时间延误由于具有概念清晰明确的特点，成为交通指数的关键参数，如TomTom公司的交通指数、高

德拥堵延时指数、深圳市道路交通运行指数。2)北京、上海、深圳等市的交通指数有明确的交通运行状态划分，更加直观易懂，且能反映各自城市的交通运行特点；但在交通运行状态划分和指数标准化过程中，依据某一城市的特点及其自身推行的交通运行状态划分方法，通过大量实地调查以及各自掌握的基础数据(如车公里)进行参数标定和加权得到的交通指数既不能与其他城市的交通指数进行横向比较，也不能直接在其他城市推广应用。

借鉴现有交通指数发展经验，基于交通指数研究目标，天津市交通指数研究的主要思路(见图1)如下：1)鉴于出租汽车浮动车样本量有限，首先需要确定分析范围和对象，以达到宏观层面交通政策评估以及交通规划研究的精度要求；2)在指数类型选择上，标准化的指数比直接采用出行时间延误指数更为直观易懂，可为决策提供更为直观的分析数据，更好地实现研究目标；3)以实际拥堵感受为中心，选取合理的参数并通过严谨的交通调查进行参数标定，使标准化后的指数符合天津市城市交通拥堵特点和大众实际感

表1 交通指数主要功能分析

Tab.1 Functions demonstration of the traffic index

功能	服务对象	路网分析范围	所需基础数据
交通政策评估	政府	至少反映城市干路网运行情况	历史数据或实时数据
交通规划研究	规划建设部门	城市干路网或城市四级路网	历史数据或实时数据
交通拥堵排查	交通管理部门	城市四级路网	实时数据
交通出行诱导	出行者	城市四级路网	实时数据

资料来源：文献[1]。

表2 交通指数划分

Tab.2 Classifications of the traffic index

名称	计算方法	交通运行状态划分
北京市交通拥堵指数	基于4万辆浮动车数据得到平均车速，据此计算道路网拥堵里程比例，再将该比例标准化为交通拥堵指数	分五级：[0, 2), [2, 4), [4, 6), [6, 8), [8, 10], 值越大越拥堵
上海市道路交通指数	基于1.8万辆浮动车数据得到平均车速，按不同等级道路设施要素和通行能力加权集成，并经标准化后计算生成交通指数	分四级：[0, 30), [30, 50), [50, 70), [70, 100], 值越大越拥堵
深圳市道路交通运行指数	基于1.4万辆浮动车GPS数据得到平均车速，分析其与自由流状态车速比值，将该比值标准化为交通运行指数	分五级：[0, 1), [1, 2), [2, 3), [3, 4), [4, 5], 值越大越拥堵
TomTom公司交通指数及高德拥堵延时指数	基于浮动车GPS数据计算得到道路实际行程时间，统计分析历史数据得到自由流状态下的道路行程时间，前者除以后者得到出行时间延误比，即为拥堵延时指数	

资料来源：文献[2-6]。

受。在关键参数选择上，出行时间延误无疑成为反映出行拥堵感受的最佳参数，路段期望车速也被作为计算出行时间延误的重要参数。

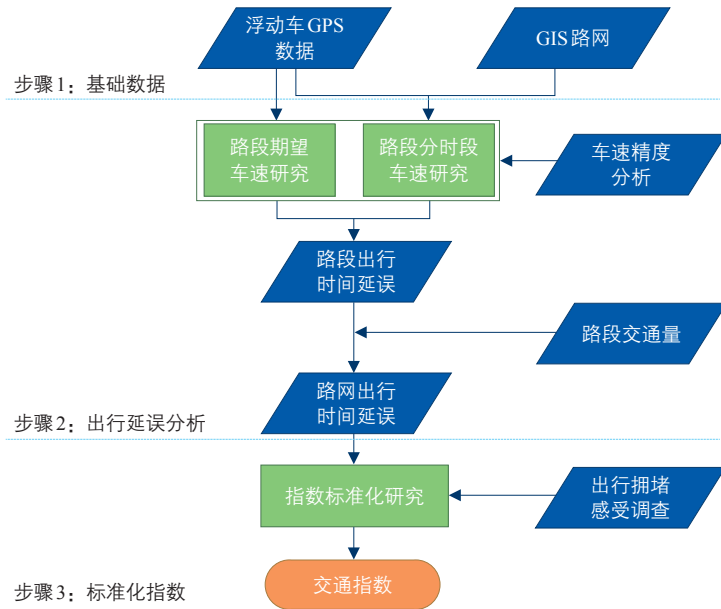


图1 天津市交通指数计算框架

Fig.1 Development framework of Tianjin traffic index

资料来源：文献[1]。

表3 调查路段信息

Tab.3 Introduction of surveyed road sections

路段名	道路性质	起讫点	长度/m
昆仑路	快速路	富民路, 海津大桥	560
南京路	主干路	南门外大街, 万全道	470
围堤道	主干路	绍兴道, 西康路	340

资料来源：文献[1]。

表4 道路车速精度与样本量的关系

Tab.4 The relationship between the speed detection accuracy and sample size

道路等级	样本量	路段车速平均值/ (km·h ⁻¹)	实测车速平均值/ (km·h ⁻¹)	误差/ %
快速路	1	65.2	50.9	28.1
	2	61.6	56.1	9.8
	3	55.3	58.3	5.1
	4	62.2	65.5	5.0
	≥5	56.9	56.4	0.9
主干路	1	10.2	12.8	20.3
	2	14.2	17.6	19.3
	3	10.5	9.1	15.4
	4	12.5	12.8	2.3
	≥5	13.1	13.4	2.2

资料来源：文献[1]。

2 关键技术

2.1 车速精度分析

出租汽车样本量与车速精度紧密相关。北京市的经验表明，路段样本量少于3，结果值可信度低；样本量3~9，可信度中等；样本量大于10，可信度较高^[7]。考虑到天津市出租汽车浮动车样本量仅为4 000，总量偏少，因此有必要基于天津市实际路况开展针对性调查，验证基于出租汽车浮动车GPS数据计算得到车速的精度。

调查选取一条快速路及两条主干路(见表3)。调查日期为2012年8月2日，调查时间为早晚高峰时段(7:00—9:00, 16:00—18:00)，调查方法为车牌法，调查主要目的为获取路段的实际车速，以验证浮动车车速的精度。调查结果表明：

1) 出租汽车样本数量越多，车速精度越高。当样本达到3个及以上时，计算得到的快速路及主干路平均车速趋于稳定。当快速路样本不少于3个、主干路样本不少于4个时，车速误差小于5%，达到较高精度(见表4)。

2) 表5列出早晚高峰5 min典型时段的路段样本量覆盖率。快速路、主干路、次干路能满足3个及以上样本量的路段比例分别为72%，80%，31%，主干路及快速路覆盖率较高，但次干路覆盖率较低，难以满足分析要求。

基于上述调查结果，结合天津市实际情况将交通指数分析研究的对象确定为快速路和主干路，分析间隔为5 min，车速精度可达到中等可信度。如表6所示，样本量由核心区向外围区成倍减少，说明出租汽车车速的精度按圈层不断降低。

2.2 路段期望车速选取

为计算出行时间延误以反映交通拥堵情况，需确定能反映道路设施实际通过能力且延误较小状态下的理想车速。由于自由流车速不考虑信号灯控制延误，无法反映城市道路设施的实际通过能力，因此文献[8]在深圳市采用期望车速作为参照反映路段在不同交通量情况下的延误，同时选取3:00—4:00的车速均值作为期望车速。

期望车速是指在天气良好、交通量较小情形下的实际车速，且考虑交叉口间距和信

号控制等产生的延误，是能够反映道路设施实际通行能力、具有稳定性的交通参数。基于该定义，选取全年交通量最小情形下的路段平均速度作为路段期望车速。从天津市各月交通运行情况看，春节假期前后交通量最小，是全年交通最畅通的时期；从全天的交通运行情况看，在交通信号大部分正常开启时段，6:00—7:00交通量相对较小，且视线条件相对较好，因此选取春节期间6:00—7:00的路段浮动车速作为期望车速。图2展示了被调查路段的期望车速。经分析，快速路期望车速范围为60~100 km·h⁻¹；主干路期望车速范围为30~60 km·h⁻¹。

2.3 指数标准化分析

指数标准化主要是以调查获取出行者日常出行的拥堵感受和拥堵承受能力与出行延误之间的定量关系为基础，将出行延误转化为标准化交通指数的过程。

拥堵感受调查对象为居住在本市、以驾驶或乘坐小客车为主要出行方式的人群，调查时间为高峰通勤时间，调查范围为中心城区。调查内容主要包括：1)出行的基本属性，包含出行目的、出行方式、出行时耗、出行起讫点等，以了解出行基本信息；2)居民出行时耗以及拥堵感受等信息，以获取居民不同出行时耗对应的拥堵感受。调查共回收有效问卷540份。

调查得到的主要出行指标(见表7)均与

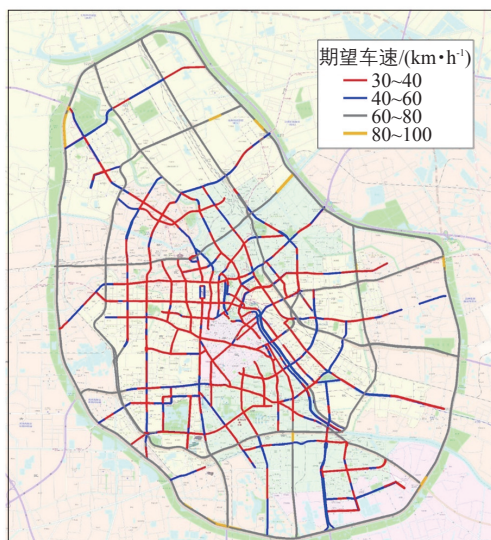


图2 期望车速空间分布

Fig.2 Spatial distribution of expected vehicle speeds

资料来源：文献[1]。

表5 早晚高峰5 min典型时段不同等级路段样本覆盖率

Tab.5 Sample coverage at various levels of road sections in a 5 min interval during the morning and evening peak periods %

道路类型	样本量≥3	样本量≥4	样本量≥5
快速路	72	38	28
主干路	80	67	51
次干路	31	18	10

资料来源：文献[1]。

表6 早晚高峰5 min典型时段各区域样本量

Tab.6 Sample sizes at regional level in a 5 min interval during the morning and evening peak periods

圈层	行政区	样本量/(个·km ²)
第一圈层(核心区)	和平区	104
	河北区	55
	河东区	56
第二圈层(中间区)	河西区	58
	红桥区	42
	南开区	51
	津南区	18
第三圈层(外围区)	西青区	18
	北辰区	23
	东丽区	21

资料来源：文献[1]。

表7 调查结果对比

Tab.7 Comparison between two survey results

调查类型	平均出行距离/km	平均出行时耗/h	平均出行速度/(km·h ⁻¹)
本次调查	7.8	0.58	13.4
2011年第四次综合交通调查基于家工作出行	8.3	0.66	12.6

资料来源：文献[1]。

表8 不同交通运行状态对应的交通指数和出行延误比阈值区间

Tab.8 The critical traffic index and traffic delay ratio to various types of traffic status

交通运行状态	交通指数	出行延误比
非常畅通	[0, 20)	[1, 1.45)
基本畅通	[20, 40)	[1.45, 2.07)
轻微拥堵	[40, 60)	[2.07, 2.69)
中度拥堵	[60, 80)	[2.69, 3.25)
严重拥堵	[80, 100]	[3.25, 100]

资料来源：文献[1]。

2011年天津市第四次综合交通调查基于家工作出行得到的指标接近,表明此次调查的样本具有较强代表性。

调查将交通运行状态划分为5个等级:非常畅通、基本畅通、轻微拥堵、中度拥堵、严重拥堵,对应的交通指数分别为[0, 20), [20, 40), [40, 60), [60, 80), [80, 100)。将调查得到的理想出行时耗作为分母,以居民各种感受对应的实际出行时耗作为分子,计算得到出行延误比,同时调查得到该比值对应

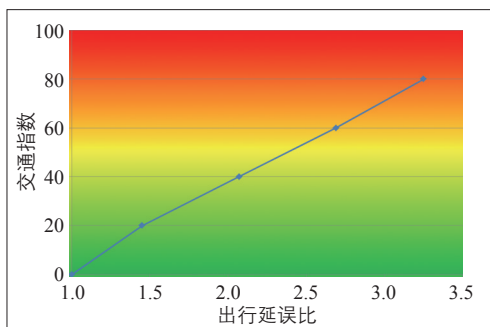


图3 不同出行延误比值对应的交通指数

Fig.3 The obtained traffic indices in response to various travel delay ratios

资料来源:文献[1]。

表9 不同出行距离对应的出行延误比阈值区间

Tab.9 The critical traffic delay ratios in response to different travel distance

出行距离/ km	交通运行状态划分阈值				
	非常畅通	基本畅通	轻微拥堵	中度拥堵	严重拥堵
(0, 5)	[1, 1.65)	[1.65, 2.36)	[2.36, 3.09)	[3.09, 3.76)	[3.76, 100]
[5, 10)	[1, 1.44)	[1.44, 2.08)	[2.08, 2.71)	[2.71, 3.29)	[3.29, 100]
[10, 15)	[1, 1.33)	[1.33, 1.85)	[1.85, 2.39)	[2.39, 2.86)	[2.86, 100]
[15, ∞)	[1, 1.30)	[1.30, 1.78)	[1.78, 2.29)	[2.29, 2.77)	[2.77, 100]

资料来源:文献[1]。

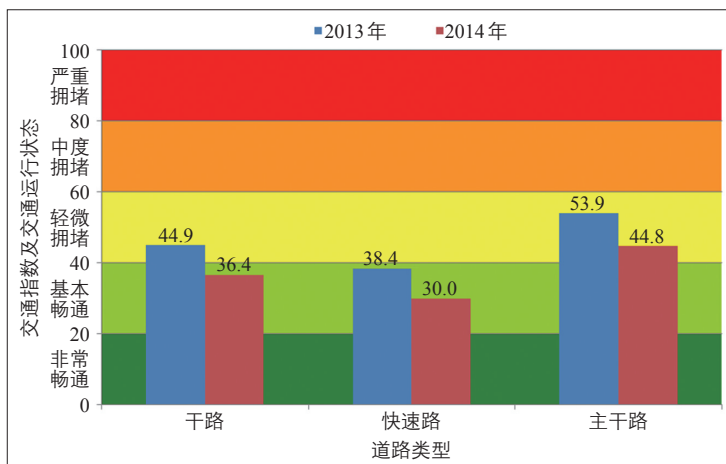


图4 中心城区干路网年交通指数

Fig.4 The obtained annual traffic indices of the arterial road network in the central area

资料来源:文献[1]。

的交通拥堵感受。将不同交通拥堵感受对应的出行延误比作为不同交通运行状态转换的临界值,从而得到不同交通运行状态对应的出行延误阈值区间(见表8)。例如,出行延误比值1.45表示实际出行时间为理想出行时间的1.45倍,对应的交通状态为基本畅通。

假设在阈值区间内出行延误比与交通指数呈线性关系,将临界状态下的各点以直线相连即得到出行延误比与交通指数转化关系的折线(见图3)。

将调查对象按出行距离划分,统计得到不同出行距离人群对应的交通运行状态划分阈值(见表9)。结果表明,出行距离越长的出行者各交通状态阈值越低,相应承受的出行延误比值越小。由于不同城市的出行距离不同,相同出行延误下的拥堵感受也将呈现明显差异,故不同城市的交通指数不能简单对比。

3 交通指数在双限政策评估中的应用

应用天津市交通指数分析2013年及2014年的交通运行特征,对天津市双限政策的实施效果进行评估^[9]。评估主要应用交通指数在时间和空间方面的分析特性,从年、月、日、小时及区域五个方面进行剖析。

3.1 年交通指数

双限政策实施后,城市道路拥堵状况得到有效缓解。2014年工作日干路网平均交通指数36.4,同比下降18.9%,城市交通运行状态由2013年同期的轻微拥堵提升至基本畅通。快速路交通指数30.0,同比下降21.9%;主干路交通指数44.8,同比下降16.9%(见图4)。

3.2 月交通指数

2013年及2014年中心城区干路网月交通指数的变化规律如图5所示:双限政策实施后,2014年各月交通运行状况较2013年同期均明显好转,均由同期的轻微拥堵下降至基本畅通。9—12月为全年交通最拥堵的月份,且通常情况下9月份交通指数最高。1—2月春节前后为全年最畅通月份,故2013年与2014年2月的交通指数非常接近。

3.3 日交通指数

从日交通指数看,由于限行号码的差异,不同日限行效果差异较大。根据限行前

四周数据分析,星期三限行尾号为3和8的车辆时,道路交通运行状况最好,交通指数仅为32.7,处于基本畅通状态;星期四限行尾号为4和9的车辆时,交通指数达38.0,虽然仍处于基本畅通状态,但道路运行状态最差,已接近轻微拥堵的最低阈值。

3.4 小时交通指数

2013年及2014年中心城区干路网分小时交通指数呈现如下特点(见图6):1)2013年高峰时段交通运行状态为轻微拥堵,2014年各时段交通运行状态提升至基本畅通;2)2013年及2014年晚高峰交通指数均略高于早高峰交通指数,2014年早晚高峰与平峰交通指数差距同比缩小。

3.5 区域交通指数

2013年及2014年分行政区交通指数呈现如下特点(见图7):1)从拥堵指数的空间分布来看,和平区、河西区交通运行状态从2013年中度拥堵改善至2014年轻微拥堵,交通指数分别为58.8和48.6,同比下降17.8%和19.5%,改善效果最为明显;2)南开、河北、河东、西青四区的交通运行状态从轻微拥堵改善至基本畅通;3)其他各区仍处于基本畅通状态,但交通指数均有不同程度下降。

4 结论

天津市在充分借鉴现有不同类型交通指数成功经验的基础上,结合自身实际情况,通过出租汽车车速精度分析、期望车速选取、指数标准化等关键技术研究,提出可应用于宏观交通政策评估和交通规划研究的交通指数。

应用交通指数对双限政策的评估结果表明:1)限行政策的实施大幅缓解了中心城区的交通拥堵状况,城市交通整体运行水平由同期的轻微拥堵提升至基本畅通状态,且越拥堵的区域与时段交通改善程度越显著。2)与北京、广州等城市在道路交通拥堵处于中度拥堵状态下开始实施机动车限制政策相比,天津市在道路交通处在轻微拥堵状态下开始实施。这一适度超前的政策取得显著效果并得到广泛支持。根据居民出行意愿抽样调查结论,76%的居民支持机动车限购政策,81%的居民支持机动车限行政策。

受限于出租汽车浮动车样本量,天津市交通指数尚难以在更大范围、更深层次、更精细分析方面发挥交通指数的拥堵排查、出行诱导等功能。在大数据背景下,如何挖掘其他大数据源以扩大样本量是下一阶段指数研究的方向和重点。

参考文献:

References:

- [1] 天津市城市规划设计研究院. 基于出租车GPS数据的天津交通指数研究[R]. 天津: 天津市规划局, 2014.
- [2] TomTom International BV. TomTom Traffic Index[EB/OL]. 2015[2015- 05- 01]. <http://>

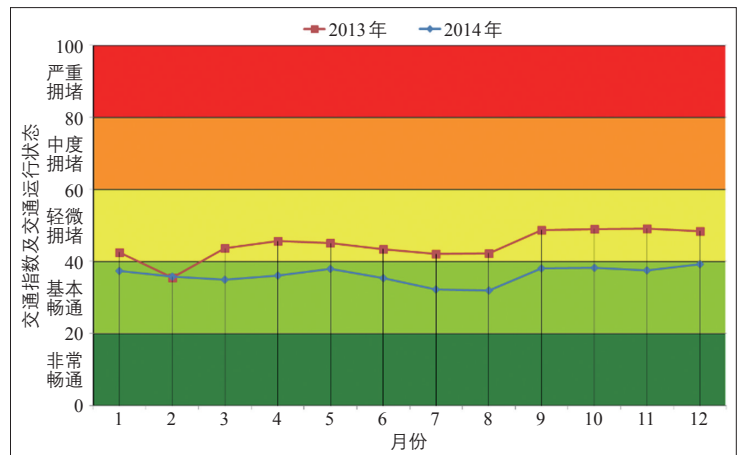


图5 中心城区干路网月交通指数

Fig.5 The obtained monthly traffic indices of the arterial road network in the central area

资料来源: 文献[1]。

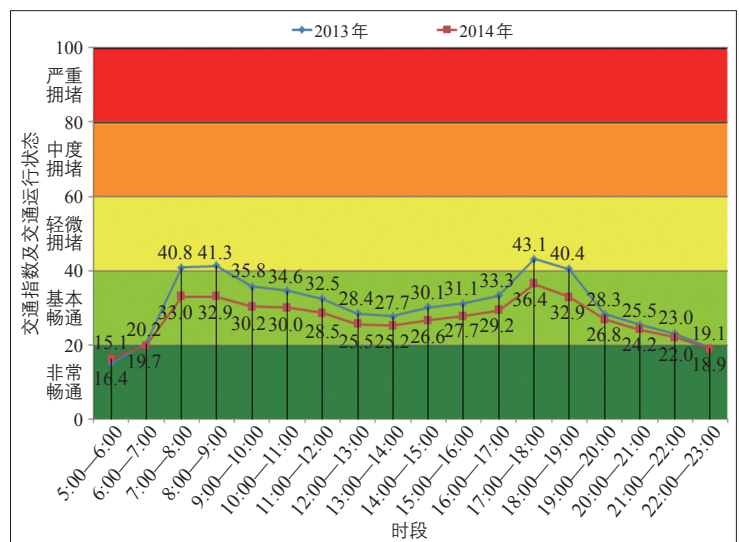


图6 中心城区干路网分小时交通指数

Fig.6 The obtained hourly traffic indices of the arterial road network in the central area

资料来源: 文献[1]。

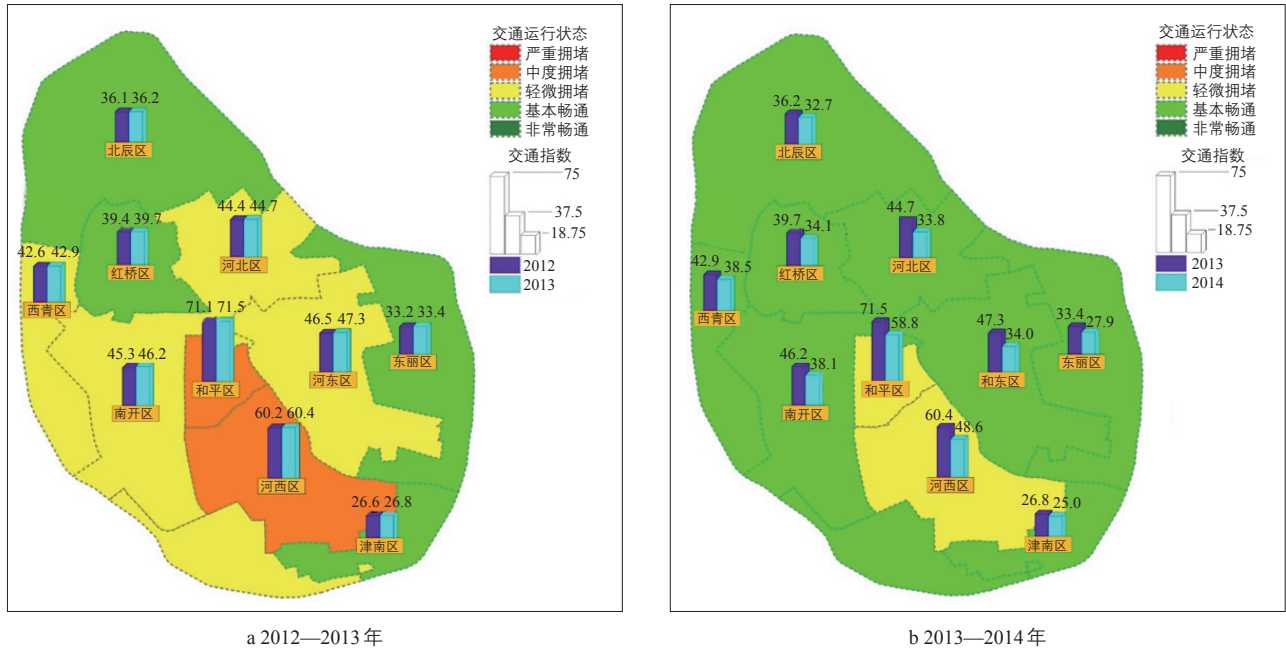


图7 中心城区各行政区干路网年交通指数

Fig.7 The obtained annual traffic indices of the arterial road network of different administrative districts appending to the central area
资料来源：文献[1]。

www.tomtom.com/en_au/trafficindex/#/.

[3] 高德交通信息事业部. 中国主要城市交通分析报告[R]. 北京：高德软件有限公司，2015.

[4] DB11/T 785—2011. 城市道路交通运行评价指标体系[S].

[5] 上海市城乡建设和交通发展研究院. 交通指数解读[EB/OL]. 2011[2015-05-01]. <http://www.jtcx.sh.cn/zhishu/jiedu.html>.

[6] 深圳市交通运输委员会. 指数解读[EB/OL]. 2013[2015-05-01]. <http://szmap.sutpc.com/conginfo.aspx>.

[7] 朱丽云，温慧敏，孙建平. 北京市浮动车交通状况信息实时计算系统[J]. 城市交通，2008，6(1)：77-80.

Zhu Liyun, Wen Huimin, Sun Jianping. Floating Car Based Real-Time-Traffic-Info Collection System in Beijing[J]. Urban Transport of China, 2008, 6(1): 77-80.

[8] 吕北岳. 基于浮动车的深圳市道路交通运行评价研究[D]. 武汉：武汉大学，2013.

[9] 天津市城市规划设计研究院. 天津市城市交通发展年度报告(2014年)[R]. 天津：天津市规划局，2014.

(上接第72页)

[26] 王跃. 浅谈拼车行为的法与理[J]. 法治与社会，2010(3)：77-79.

[27] 尤琳. “有偿拼车”问题的法律分析[J]. 法学杂志，2008(2)：128-130.

You Lin. Legal Analysis about the Problem of “Tied Bus-taking with Consideration” [J]. Law Science Magazine, 2008(2): 128-130.

[28] 谭红霞. 西大街竹笆市至钟楼由西向东载3人以上车辆可通行[EB/OL]. 2012[2014-02-12]. http://news.xiancn.com/content/2012-10/12/content_2666562.htm.

[29] 汤黎明，刘其华. 邻里合乘：社区拼车常

态化的探索[J]. 城市交通，2010，8(6)：29-33.

Tang Liming, Liu Qihua. Neighborhood Carpool Practice: A Case Study on Community Carpool[J]. Urban Transport of China, 2010, 8(6): 29-33.

[30] 郭海锋. 我国城市交通出行共乘模式探讨[J]. 综合运输，2011(4)：29-33.

[31] 林岚. 论非营利性私车有偿拼车法律问题[J]. 法制与经济(中旬刊)，2009(7)：54-55.

[32] 王茂福. 无偿拼车的外部效应及制度建设[J]. 城市问题，2011(2)：54-57.