

深圳市道路网实际使用状况 及对主要设计规范的检验*

杨靖芸¹, 郝新华², 周素红¹

- (1. 中山大学地理科学与规划学院//广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广东 广州 510275;
2. 清华同衡规划设计研究院, 北京 100085)

摘要: 利用深圳市浮动车 GPS 数据, 从路网、不同等级道路、交叉口 3 个层面分析城市道路网实际使用状况。结果表明: ① 影响路网交通流分布规律的因素有时间、道路自身属性、区位因素、直接相连的上级道路速度等; ② 从不同类别速度的道路长度配比发现深圳次干路的实际运行速度偏低, 与《城市道路交通规划设计规范》设定存在一定的偏差; ③ 交叉口对城市道路交通流的影响范围大致为 100 m 之内, 35 ~ 40 m 为交叉口平均排队长度, 不同类型交叉口的参考数值存在差异。

关键词: 浮动车 GPS; 路网实际速度; 设计规范; 实证反馈

中图分类号: TU984 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2016) 03-0006-09

The evaluation and planning implications of urban road network

YANG Jingyun¹, HAO Xinhua², ZHOU Suhong¹

- (1. Guangdong Provincial Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation//School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning& Design Institute, Beijing 100085, China)

Abstract: In depth study of the use of the road system, so as to carry out an empirical test by using the current situation of traffic operation on the road design specifications and related indicators. Evaluating the urban road network by using the massive objective spatio-temporal data will help to summarize the rationality of the existing transportation planning concept, the related technical basis and the design specifications. Using the floating car data of Shenzhen city, the distribution of urban traffic flow, its affecting factor as well as the relationship with road construction are analyzed from three aspects, including the road network, different levels of roads, and roads intersection. The results show that: ① Factors affecting the spatio-temporal distribution of traffic flow include the time, road itself attributes, location factors, the speed of higher level road connected directly. ② By analyzing the speed of different types of road length ratio, we find that actual operating speed of sub-distributors is low which indicates there is some irrationality in Road Design Standard. ③ The intersections of urban roads usually affect the near traffic flow within 100 meters, and the average queue length of intersections is about 35 ~ 40 m.

Key words: floating car GPS; actual speed of road network; design regulation; empirical feedback

* 收稿日期: 2015-06-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41522104, 41271166); 国土资源部公益性行业专项基金资助项目 (201311004); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (15lgjc24)

作者简介: 杨靖芸 (1990 年生), 女, 研究方向: 城市与区域规划, 居民行为分析; **通讯作者:** 周素红;
E-mail: eeszsh@mail.sysu.edu.cn

道路交通系统决定着整个城市的运行效率,然而,我国现有的道路网络系统存在诸如路网等级结构不合理^[1]、道路使用功能定位不清、道路网系统性差、路段与交叉口通行能力不匹配、衔接不畅等问题^[2],导致路网使用效率下降。道路交通规划所依据的设计规范的合理性是审视和解决这些问题的重要手段。目前,我国采用“自上而下”的道路交通规划方式,将城市道路划分为4个等级,并对每个等级道路赋以相应的道路宽度、机动车设计速度、路网密度、机动车道条数等设计指标。然而,道路的实际使用效果是否与规划目的相符以及规划所依据的指标是否合理等问题则一直以来缺乏实证验证。

传统的基于路网等级体系的规划理念在实际运行中存在一定程度的偏差,以等级为依据的一系列设计规范和技术标准需要根据道路及网络实际情况进行合理分析。因此,对路网运行合理的评价,并将评价结果反馈给规划设计,指出路网规划及其相关设计规范的缺漏,将有助于完善道路交通设计的依据。

目前,城市道路网评价体系包括多个典型的评价指标,学者们按照其特点和《城市道路交通规划设计规范》(后文简称《规范》)是否有确定标值将评价指标体系分为空间指标体系和交通质量指标体系两大类^[3-4],有的学者也称其为投入指标和产出指标^[5]。空间指标体系是运用空间分析的方法研究路网的结构特征,在《规范》中有明确的参考值,包括人均道路用地面积、车均车行道面积、道路网密度、道路网等级结构、道路网连结度、非直线系数等^[4]。诸多学者从复杂网络^[6]、空间分析^[7-9]、组织形式^[10]等方面对空间指标体系进行了分析,提出了诸多路网效率评价的方法。交通质量指标体系是从交通功能的角度来评价整个路网系统的性能,包括可达性、出行时耗、道路服务水平等^[4]。诸多学者从可达性、交通需求、路段流量、出行时间等方面对交通质量指标体系进行测算^[11-14],提出路网效率的评价方法。结合空间指标体系和交通质量指标体系,学者们提出多种评价路网运行效率的综合方法^[5,15],分析影响道路运输效率的因素^[16],并将路网运行效率的评价方法应用于对路网合理性的研究中^[17],提出路网的等级结构、布局结构要与其功能结构相协调^[18]。目前城市道路网效率评价体系研究集中于几种评价指标的综合分析,但是将路网效率的评价与路网结构结合,评价路网功能和路网结构是否协调一致的

研究较少,并且不能定量地给出衡量路网功能的技术指标,只能定性地给出改进建议。

进入大数据时代,海量的交通数据为交通研究提供契机。如何对其进行挖掘,并将其规律应用到实际的交通规划与管理领域,是当前交通研究的热点领域^[19]。目前大数据挖掘技术在交通方面得到了充分的应用,尤其是在探究居民出行行为以及交通流的时空特性方面,有丰硕的研究成果,相关研究主要集中于研究居民出行规律和影响因素^[20-25]、交通需求预测^[26-27]、交通流的时空特性和网络结构^[28-30]等方面。但是已有研究与传统的道路设计结合仍不够紧密。如何将大数据得到的交通流特性应用到城市交通路网结构分析中并对检验《规范》^[3]中主要指标的合理性具有现实意义。

深圳作为完全按照自上而下规划建成的城市,与广州等规划与自然发展共同作用形成的城市不同,其交通运作的状况,可以用来检验规划的合理性。本文以深圳为案例,探讨基于车速的交通流空间分布特征,并从面、线、点3个层次入手,分析路网、不同级道路、交叉口的交通流变化特征,探讨路网规划与实际运行情况的差异性,审视路网规划及相关设计规范的合理性,并提出改进意见。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文采用深圳市2012年5月26日和10月17日7:00-24:00的出租车GPS数据。该数据属性信息主要包括车辆的经纬度坐标、记录的日期和时间、车辆载客状态、车辆速度、车辆行驶方向、数据有效性、车辆标识符等。

1.2 研究方法

①进行GPS数据的地图匹配及路网关联^[31];②按照7:00-24:00每0.5h一个时间段,共34个时间段的路段平均速度采用K-Means聚类方法进行聚类,分析不同道路等级车速的聚类特征及内在差异,检验基于道路等级的传统路网规划设计理念的实际使用情况;③采用加权平均法分析不同道路等级的平均宽度及不同宽度是车速情况,检验不同等级道路设计相关规范的合理性;④考虑到红绿灯的周期平均约为2min,选取了7:00-7:02,8:00-8:02,14:00-14:02,15:00-15:02,18:00-18:02,19:00-19:02共计6个时间段,分别采用核密度方法和统计方法分析交叉口车速的变化规律。

另外,车速的提取分为路段与交叉口两种情

况。对于路段车速的提取,进行路段划分是关键,路段划分算法有很多,如等长划分、动态划分^[32]等。长距离路段、交通状态差别较大的路段,均不能用平均速度表达整条路段的速度状态,因此需要对道路进行划分,用各个子路段的平均速度表现整条道路的真实速度状态。在对 GPS 数据进行合理筛选(剔除 GPS 数据漂移、数据重复、接收时间混乱、车速值异常、路边停车等客等数据)之后,在 ArcGIS 平台以交叉口为节点,对道路网进行打断,至于两个交叉口距离较近则就近连接,两个交叉口距离太远,则根据平均速度特征进行打断。对于交叉口车速的提取,考虑到在信号灯区域,出租车在一个信号周期内的停车—启动过程也会导致一系列的 GPS 零数据产生,但是这是道路交通状态的真实反映,因此予以保留^[33]。采用等长划分的方式,在更为细致的以交叉口中心节点(即路网两条道路中心线的交叉点)为中点,以 10 m 为间隔进行区间划分,分别计算出每个区间内的平均车

速,作为区间车速,得到较细致的交叉口车速情况。

2 城市道路交通流特性

分析深圳市道路交通流的特性,需先分析整个交通路网的自身物理属性,包括等级、长度、宽度、路网密度等。统计快速路、主干路、次干路、支路每一等级道路的总长度,并按照路段长度加权统计各级道路的平均宽度,计算公式如下:

$$\bar{D} = \sum_{i=0}^k (L_i/L) \cdot D_i \quad (1)$$

式中, \bar{D} 为每一等级道路的平均宽度,表示为所有路段加权宽度之和; k 表示该等级路段总数; L_i 为第*i*条路段的长度; L 为每一等级道路总长度; D_i 为第*i*条路段的宽度。经过计算,得到深圳市不同等级道路长度、宽度情况如表 1 所示。可见,深圳市不同等级道路总长情况为支路>次干路>快速路>主干路。

表 1 深圳不同等级道路长宽情况

Table 1 The length and width of different grade roads in Shenzhen

项目	快速路	主干路	次干路	支路
该等级道路总长/m	227 640	156 477	668 010	870 280
道路占总路网长度百分比/%	11.84	8.14	34.75	45.27
该等级道路平均宽度/m	28.64	38.55	29.41	21.41

2.1 道路宽度—车速特性

分析不同等级道路车速与宽度的关系。城市快速路、主干路、次干路、支路各等级道路路段速度与道路宽度关系如图 1 所示。快速路道路宽度范围为 25~35 m,主干路宽度范围为 10~60 m,次干

路宽度范围为 10~65 m,支路宽度范围为 5~60 m。主干路、次干路、支路的路宽跨度都很大。对于不同道路宽度对应的车速特性,城市快速路车速集中在 80 km/h,次干路和支路也较集中,主干路车速分散且变化幅度较大。

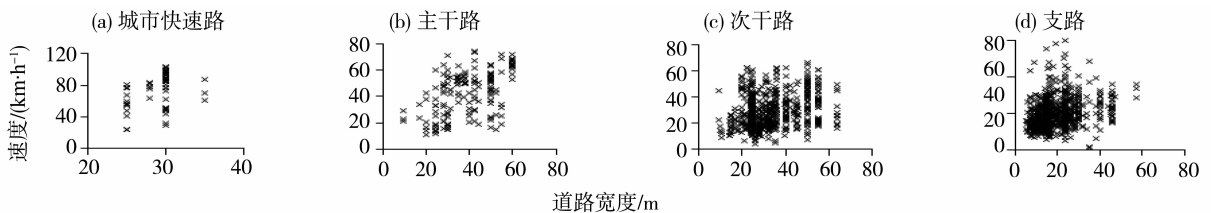


图 1 各级道路速度与宽度关系

Fig. 1 The relationship between length and width of different grade roads

2.2 道路等级—车速特性

为了检验不同等级道路在实际使用中的车速情况,以及车速随着时间变化的规律,本文对主干路、次干路、支路按照半个小时为时间尺度,统计

不同时间段分路段的平均车速情况,并采用 K-Means 聚类方法分别对不同等级道路的平均车速随时间变化情况进行聚类,最后形成 3 类(图 2)。结果表明,每一类的道路平均速度随时间的变化基

本呈两边高，中间低的趋势，且速度变化比较平缓，这与常态交通流速度—时间特征吻合。同一等级根据聚类方法划分出的 3 种类别之间，速度大小

同样差异明显，这可能是由所处区位、道路功能、道路宽度、相邻路段速度等因素不同而造成的。

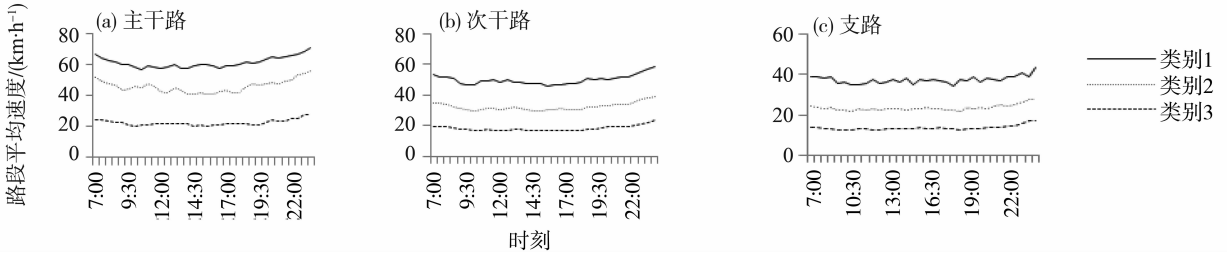


图 2 各级道路速度聚类图

Fig. 2 Clustering chart of the speed of different grade roads

对比不同等级的道路，发现随着道路等级的降低，速度值依次减小。类别 1 相邻道路等级之间降低幅度大致为 10 km/h；类别 2（中间速度值类）相邻道路等级之间降低幅度为 10 ~ 15 km/h；类别 3（最小速度值类）相邻道路等级之间降低幅度大致为 5 km/h。以上道路速度聚类分析结果验证了道路平均速度与道路等级相关。

2.3 车速分布特征

将同等级不同类别的道路按照平均速度分配在路网上（图 3）。可以看出，主干路速度较高的路段集中于北环大道、滨海大道和银湖山体育公园东北，北环大道与滨海大道几乎全为立体交叉口，交通流不受信号灯的影响，速度较高；银湖山体育公园东北两条道路与城市快速路直接相连，速度较高。而速度中等和较低的路段，多分布在中心城区福田和罗湖的商业区以及深圳西站附近，这三个地区特点为商业、商务密集，人流量大，因此交通量大、交通流密集，道路速度偏低。另外，沙河西路和吉华路速度偏低与自身路宽偏小有关，沙河西路宽 28 m，吉华路宽 24 m，无法满足主干路的交通需求，交通流速度过慢。

次干路中，速度中等及偏低的路段较多，这说明次干路整体运行结果不佳。其中，高速路段集中于城市郊区，速度偏中的路段集中于城市郊区和主干路高速路段附近，速度偏低的路段集中于中心城区福田和罗湖的商业区以及深圳西站附近，与该区域主干路速度偏低有直接关系。因此，认为中心城区次干路速度是该区域主干路速度的反映。

支路中，高速路段分布于城市郊区和次干路高速路段附近，说明路段交通流速度与相邻等级路段交通流速度直接相关；速度偏中和偏低的路段大多

混合分布，集中于中心城区福田和罗湖的商业区以及深圳西站附近。出现几条位于城市郊区的速度偏低的路段，大多与道路宽度和相连上一级道路速度有关。

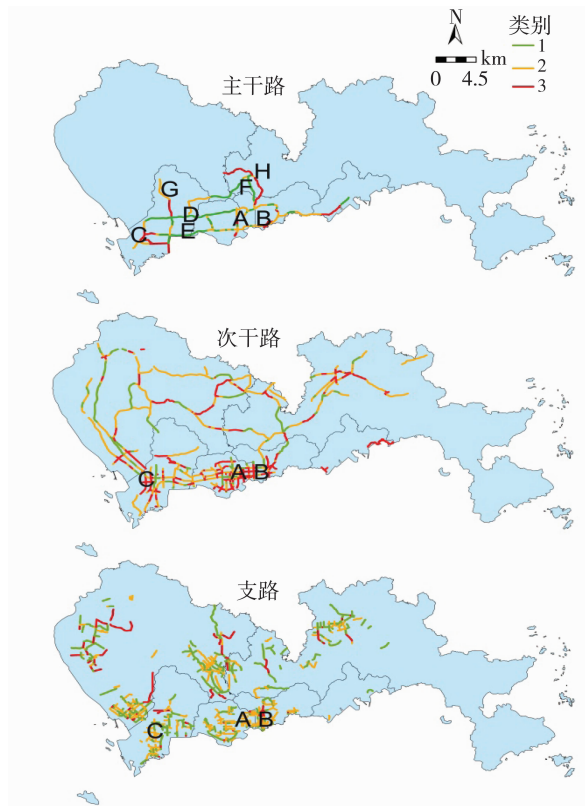


图 3 各级道路不同速度类别空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of different speed classes at different road levels

A: 福田区商业区; B: 罗湖区商业区; C: 深圳西站附近; D: 东西向北环大道; E: 东西向滨海大道; F: 银湖山体育公园东北角两条道路; G: 南北向沙河西路; H: 吉华路

2.4 交叉口车速特性

在交叉口, 由于信号灯的影响, 导致距离交叉口不同距离, 车速不同。经过计算, 两个支路交叉口的距离大致为 250 m 左右, 本文分析距离交叉口

250 m 范围内同一天不同时间段距离与速度的关系。由于数据量太大, 考虑以距离交叉口的距离作为横轴 X , 车速作为纵轴 Y , 计算 6 个不同时间段不同速度 GPS 点的核密度 (图 4)。

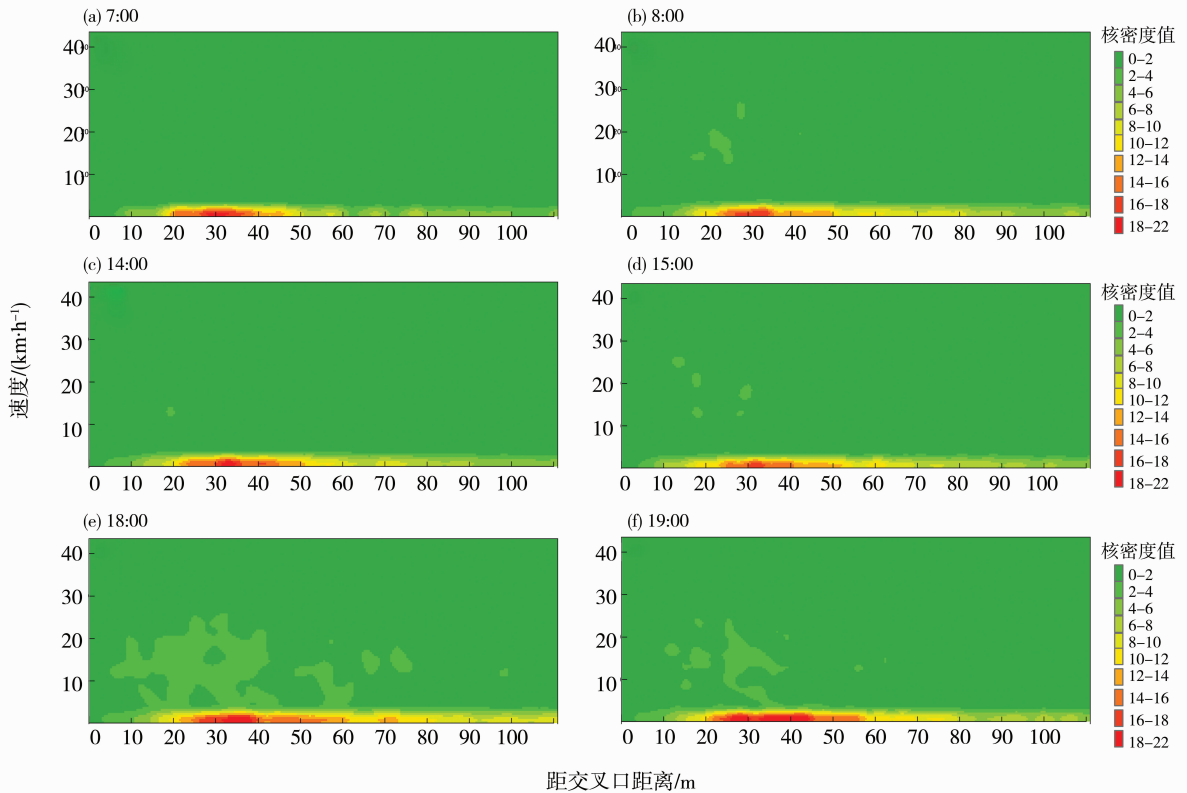


图 4 分时段距交叉口距离不同速度 GPS 点核密度图

Fig. 4 GPS point kernel density map of different distance to intersection in different time

可以看出, 7:00 和 8:00 时, GPS 点主要分布于距离交叉口 20~50 m 的范围之内; 14:00 和 15:00 时, GPS 点主要分布于距离交叉口 20~60 m 的范围之内; 18:00 和 19:00 时, GPS 点主要分布于距离交叉口 20~70 m 的范围之内。这与不同时间段交通顺畅和拥堵程度有关。此外, 由于交叉口停车线的设置, 且部分出租车在绿灯转红灯之

前会加速驶过, 导致交叉口 0~20 m 范围内, 交叉口影响反而较小。为验证交叉口对车速的影响范围, 以及探讨距离交叉口距离与速度的影响, 以 10 m 为距离间隔进行分组, 分别以小时和天为单位, 统计不同时间段内所有 GPS 出租车点的平均速度 (图 5)。

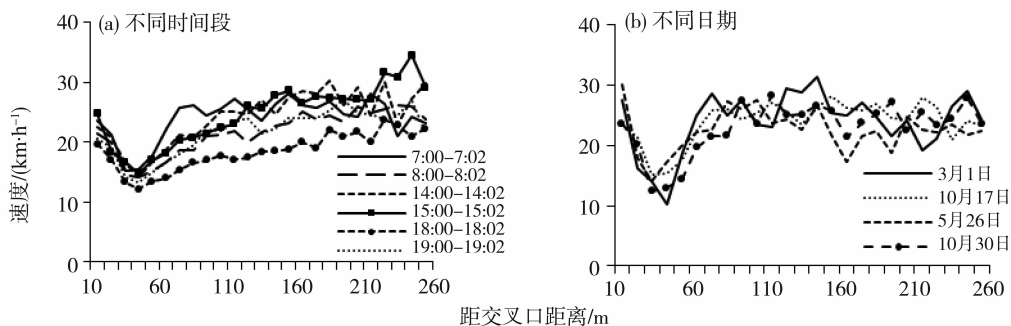


图 5 不同时段车速 - 距交叉口距离关系图

Fig. 5 The relationship between speed and distance to intersection in different time

从宏观层面上，交叉口对路段车速的影响具有普遍性，且车速与距交叉口的距离有较为明确的关系曲线。在距离交叉口 30 ~ 40 m 处，平均车速达到最低，大致为 10 ~ 15 km/h，这说明车辆受到交叉口信号配时的影响进行排队，排队长度大致为距离交叉口中心 40 m 处，减去交叉口中心到停车线的距离，可以看出，正常情况下交叉口信号配时导致的车辆排队长度大致为 15 ~ 25 m。在距离交叉口 0 ~ 40 m 的范围内，车速随着与交叉口距离的增加而减小，车速大小主要与交叉口停车线的划定和车辆在停车线启动加速过程有关。当距离交叉口大于 40 m 时，车速随着与交叉口距离的增大而逐渐

增大，当与交叉口的距离达到 90 ~ 100 m 时，车速不再增大，最终稳定在某一数值附近，这说明交叉口信号配时对道路交通流的影响范围大致为距离交叉口 100 m 之内。

而从微观层面上，车速最低值出现在信号配时造成的车辆排队长度平均值附近，而交叉口对路段交通流的影响范围即为车速不再增加的距离。为探讨不同交叉口类别的以上两个距离数值以及不同交叉口类别的距离和车速经验数值，本文对深圳交叉口进行了分类，选取 500 个不同类别的交叉口进行研究。不考虑城市快速路，按照相交道路的等级将交叉口分为 7 类（表 2）。

表 2 深圳交叉口分类情况
Table 2 Classification of Shenzhen intersection

交叉口形式	类别	相交道路等级	实际情况
平面交叉	1	主干路 + 主干路	较少，主干路与主干路多为立体交叉
	2	主干路 + 次干路	较少，主干路与次干路相交多为立交
	3	次干路 + 次干路	该等级道路相交均为平交路口
	4	次干路 + 支路	该等级道路相交均为平交路口
	5	支路 + 支路	该等级道路相交均为平交路口
立体交叉	6	主干路 + 主干路	较多，主干路与主干路多为立体交叉
	7	主干路 + 次干路	较多，主干路与次干路相交一半为立交

由于深圳市主干路与主干路、主干路与次干路的平面交叉口数量太少，分别做出类别编号 3 - 7 的交叉口速度与距离关系图（图 6）。可见，不同等级道路的平面交叉口其速度与距离关系相似，速度与距离的关系均在 10 ~ 20 m 左右开始下降；在 40 m 左右出现最低峰值，说明交叉口信号配时造成的车辆排队长度大致为距离交叉口中心点 40 m 处；在距离交叉口中心点 100 m 处车辆速度保持平稳，说明交叉口对路段车速的影响范围在 100 m 之内。立体交叉口速度与距离没有明显关系，说明立体交叉口对路段车流速度没有影响。

3 道路网实际使用状况对《规范》^[3]的检验

由道路总长计算出各级道路网密度之比为 1:0.66:2.8:3.73，对比《规范》^[3]中建议的快速路、主干路、次干路及支路网络密度大致的比例为 1:2:3:8，可以发现，深圳市的城市快速路在整个城市路网中占有很大的比例，这是因为深圳市作为重要的经济中心，有很强的对外交流需求。而城市规划中对于不同城市的路网密度及规划建议，并没有按照城市定位对其进行合理配置。应根据国内外

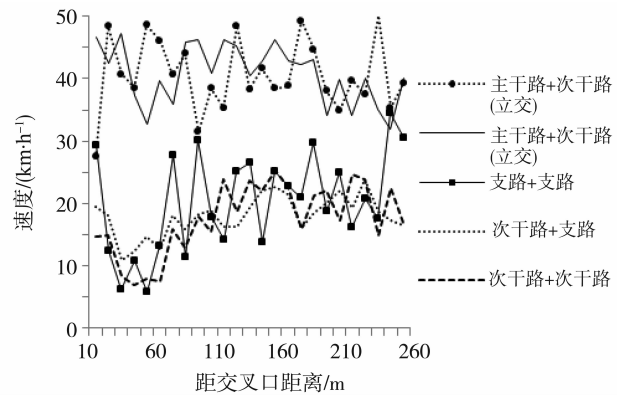


图 6 不同交叉口类别的速度距离关系
Fig. 6 The relationship between speed and distance in different intersection

交通路网发展较好的城市统计其路网密度，并对《规范》的路网密度进行更加细致的定义。

另外，对比深圳市各等级道路宽度与《规范》中的参考值，可以发现：深圳市的城市快速路、主干路、次干路的平均宽度均小于《规范》的道路宽度，支路道路宽度大致与《规范》相符（表 3）。可见，在真正的道路使用中，《规范》规定的道路宽度设置可能过大，尤其是快速路、主干路、

次干路的宽度设置。

后文分别从行车速度和道路宽度进一步检验基于相关设计规范所建成的路网结构与实际运行状况的差异。为检验《规范》的合理性提供参考。

3.1 道路宽度—车速规范

计算各等级道路速度达到最大值时对应的速度和宽度,并将图 3 中点最密集的区域对应速度定义为现实使用速度,计算其对应的宽度。对比各等级道路使用情况和《规范》中的相关规定(表 3),可以看出,深圳市各等级道路在实际使用过程中的普遍路宽均小于《规范》中的设计路宽,城市快速路和主干路的速度与路宽关系不大,而次干路和支路路宽太小对于速度的影响较明显。

结合道路长度加权,深圳市的城市快速路、主干路、次干路的平均宽度均小于《规范》规定的道路宽度,支路的平均宽度接近《规范》的规定。而忽略道路长度,考虑各等级道路中每条道路的实际使用情况,发现不同等级道路的普遍路宽均小于《规范》中的设计路宽,但在偏小的道路宽度情况下,城市快速路和主干路仍可保持较好的运行效率,次干路和支路的运行效率偏低。这符合城市道路规划设计过程中快速路、主干路优先的一般原则。说明道路设计《规范》在不同等级道路宽度的设计符合城市运行的高效率需求,但是次干路和支路的使用情况证明,《规范》中次干路和支路(尤其是支路)的宽度设计并不合理。

本文发现城市道路平均速度与道路等级相关,但是每一等级道路的运行效率存在较大差异,有很多道路的实际运行情况表明《规范》设计初衷并不能满足现实需求。而每一级道路的实际运行情况和与其直接相连的上一等级道路运行情况直接相关,表明在进行道路设计以及交通规划时,应充分考虑道路连接能否使交通系统达到最大运行效率,消除交通流运行的瓶颈。道路的衔接问题也成为影响城市交通运行效率的一大因素,在城市交通规划

中,一般不允许存在跨级连接的情况,如主干路不能与支路直接相连,实际中也很少存在这种情况,但是部分道路设计的参数(如道路宽度)明显达不到自身等级的要求,变相地形成了跨级相连的情况。如深圳市存在宽度小于 20 m 的主干路和宽度大于 50 m 的支路,并且次干路与主干路的衔接不当也是造成深圳市次干路使用速度偏低的重要原因。因此,不仅要在规划过程中合理标定道路属性参数,更要在道路建设过程中不盲目追求道路宽度以及里程数,而是依照规划合理进行开发建设。

3.2 道路等级—车速规范

在聚类分析时,将深圳市不同等级道路按照其速度特征分为 3 种类别,计算 3 种速度类别的道路长度占所在等级的道路总长百分比,对照《规范》的指标,可以发现,道路的设计与实际运行情况存在差异(表 4)。主干路、次干路的平均速度小于《规范》规定的机动车设计时速,尤其是主干路的实际运行速度大致为 48 km/h,与《规范》使用的设计时速 60 km/h 差别较大,这说明主干路的实际使用情况并未达到最初的规划目标。次干路平均使用速度为 32 km/h,与《规范》使用的设计时速 40 km/h 比较接近,支路的实际使用情况与设计目标比较相近。另外,在各级道路中,主干路中常态交通流速度值属于类别 1 和类别 2 的道路居多,次干路中类别 2 和类别 3 的道路居多,支路主要是由类别 1 和类别 2 构成。

另外,交叉口对城市道路交通流具有一定的影响,其影响范围集中在距离交叉口 100 m 的范围之内,在 35 ~ 40 m 处车速达到最低值。此外,交叉口对一条道路上不同距离处车速的影响范围随着道路的畅通和拥堵程度不同而有所差异。立体交叉口对车速没有影响,而交叉口相交路段的等级对交叉口距离与速度的关系没有影响。因此,按照道路交通流量合理进行信号灯配时,形成交叉口联动管控,会成为提高道路运行效率的重要手段。

表 3 各等级道路的使用情况
Table 3 Usage of different grade roads

项目	速度最大值		普遍速度		《规范》设计	
	速度/(km · h ⁻¹)	对应的路宽/m	速度/(km · h ⁻¹)	对应的路宽/m	时速/(km · h ⁻¹)	路宽/m
城市快速路	100	30	80 ~ 100	30	80	40 ~ 45
主干路	75	30 ~ 45	40 ~ 60	30 ~ 50	60	45 ~ 55
次干路	65	20 ~ 50	10 ~ 40	20 ~ 40	40	40 ~ 50
支路	60	15 ~ 30	5 ~ 30	5 ~ 30	30	15 ~ 30

表4 不同速度类别道路在同等级道路中长度百分比

Table 4 The percentage of the length of roads with different speed categories in total length of the same category

项目	类别一		类别二		类别三		平均速度 (km·h) ⁻¹	《规范》时速 (km·h) ⁻¹
	速度 (km·h) ⁻¹	百分比 %	速度 (km·h) ⁻¹	百分比 %	速度 (km·h) ⁻¹	百分比 %		
主干路	55~70	36.9	40~60	36.8	20~30	26.2	48.01	60
次干路	45~60	20.5	25~40	45.4	15~25	34.0	32.32	40
支路	35~45	45.3	20~30	40.5	10~20	14.2	30.38	30

4 结 论

对城市道路网的结构和效率评价往往直接反映出城市道路规划与实际运行情况是否协调一致,因此在城市道路规划中具有重要的地位。结合本文研究得到的交通流分布规律,以及影响交通流分布的因素,提出对交通规划的启示:

我国经济和城市都处于高速发展的时期,目前交通规划采取自上而下的方式,作为参考依据的《规范》其各项参数指标不能满足所有城市的需求,在进行交通规划之前,应充分考虑城市定位以及土地使用性质,合理配比各等级道路并且制定相应的道路宽度,充分考虑交叉口的联动体系,从而使得路网运行效率得到有效的提高。以深圳市为例,其城市定位为经济特区以及国际化大都市,处于珠三角核心位置与香港澳门毗邻,因此其对外交通流需求量大,城市快速路在整个路网中所占的比例较大。另外,在商业区以及交通站点等人流量大、人群活动密集的区域,交通量以及交通流密度较大,因而造成交通流速度偏低。应合理规划路网宽度、道路密度以及交叉口的联动,从而提升路网运行效率。

考虑到目前我国道路规划建设的编制实施情况,由不同的政府部门分管规划、建设、拆迁补偿等过程,缺乏一套完整系统的流程体系和监管部门,这也是目前道路规划与管理急需解决的问题与改进的方向。

参考文献:

- [1] 王建军,王吉平,彭志群. 城市道路网络合理等级配探讨[J]. 城市交通,2005,3(1): 37-42.
- [2] 杨涛. 我国城市道路网体系基本问题与若干建议[J]. 城市交通,2004,2(3): 3-6.
- [3] 中华人民共和国建设部. 城市道路网规划设计规范:GB50220-95[S]. 北京:中国标准出版社,1995.
- [4] 陆建,王炜. 城市道路网规划指标体系[J]. 交通运输工程学报,2004,4(4): 62-67.
- [5] 龙科军,李磊,肖向良,等. 城市路网交通运行效率评价[J]. 中南大学学报(自然科学版),2013(S1): 430-435.
- [6] 何兆成,庄立坚,杨文臣,等. 基于大规模浮动车数据的城市道路网复杂度分析[J]. 公路交通科技,2013,30(6): 120-126.
- [7] 陈磊森,陈文成. 基于空间句法的泉州城区道路网形态研究[J]. 热带地理,2011,31(6): 604-608,615.
- [8] 傅搏峰,吴娇蓉,陈小鸿. 空间句法及其在城市交通研究领域的应用[J]. 国际城市规划,2009,24(1): 79-83.
- [9] 邹文杰,翁剑成,荣建,等. 基于空间相关性分析的路网评价区域划分方法[J]. 北京工业大学学报,2012,38(4): 564-569.
- [10] 张海军,杨晓光,赵建新. 城市快速路交通衔接组织研究[J]. 城市交通,2005,3(1): 51-54.
- [11] 俞礼军,靳文舟. 交通效率的度量方法研究[J]. 公路,2006(10): 102-106.
- [12] 秦进,史峰,邓连波,等. 道路网络效率定量评价方法及其应用[J]. 吉林大学学报(工学版),2010,40(1): 47-51.
- [13] 焦朋朋,陆化普,王建伟. 基于交通效率的城市道路网络优化[J]. 清华大学学报(自然科学版),2005,45(3): 297-300.
- [14] 叶彭姚,陈小鸿. 基于交通效率的城市最佳路网密度研究[J]. 中国公路学报,2008,21(4): 94-98.
- [15] 孙超,王波,张云龙,等. 基于一种交通状态系数的城市路网交通状态评价研究[J]. 公路交通科技,2011,28(5): 113-120.
- [16] 秦春艳. 城市交通运输系统效率及其评价问题研究[D]. 西安:长安大学,2009.
- [17] 武晓晖. 城市道路网合理性研究[D]. 成都:西南交通大学,2008.
- [18] 石飞,王炜. 城市路网结构分析[J]. 城市规划,2007,31(8): 68-73.
- [19] 王璞,黄智仁,龚航. 大数据时代的交通工程[J]. 电子科技大学学报,2013(6): 806-816.
- [20] BECKER R A, CACERES R, HANSON K, et al. A tale of one city: Using cellular network data for urban planning[J]. IEEE Pervasive Computing, 2011, 10(4): 18-26.
- [21] SONG C, KOREN T, WANG P, et al. Modeling the scaling properties of human mobility[J]. Nature Physics, 2010(6): 818-823.
- [22] GIANNOTTI F, NANNI M, PEDRESCHI D, et al. Unveiling the complexity of human mobility by querying and

- mining massive trajectory data[J]. *Vldb Journal*, 2011, 20(5): 695 - 719.
- [23] JIANG B, YIN J, ZHAO S. Charactering the human mobility pattern in a large street network[J]. *Physical Review E*, 2009, 80(2): 1711 - 1715.
- [24] YAN X, HAN X, WANG B, et al. Diversity of individual mobility patterns and emergence of aggregated scaling laws[J]. *Scientific Reports*, 2013, 3(9): 454 - 454.
- [25] HAN X, HAO Q, WANG B, et al. Origin of the scaling law in human mobility: hierarchy of traffic systems[J]. *Physical Review E*, 2011, 83(3 Pt 2): 2027 - 2032.
- [26] HAZELTON M L. Estimation of origin - destination matrices from link flows on uncongested networks [J]. *Transportation Research Part B*, 2000, 34(7): 549 - 566.
- [27] CALABRESE F, LORENZO D, LIU G, et al. Estimating origin - destination flows using mobile phone location data[J]. *Pervasive Computing IEEE*, 2011, 10(4): 36 - 44.
- [28] 辛飞飞, 陈小鸿, 林航飞. 浮动车数据路网时空分布特征研究[J]. *中国公路学报*, 2008, 21(4): 105 - 110.
- [29] 孙健, 刘琼, 彭仲仁. 城市交通拥挤成因及时空演化规律分析——以深圳市为例[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2011, 11(5): 86 - 93.
- [30] JIANG B. Street hierarchies: a minority of streets account for a majority of traffic flow [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23(8): 1033 - 1048.
- [31] 薛美根, 刘军. 基于 GPS/GIS 技术的道路车速实时分析系统[C]//第一届中国智能交通年会论文集. 上海: 同济大学出版社, 2005.
- [32] 陈青. 基于 GPS 浮动车的城市道路交通状态判别技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [33] 廖孝勇. 浮动车交通参数检测及在道路交通状态分析中的应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.

(上接第 6 页)

2) 三组分季序列中, 枯期量值最小, 对年最大构成比重影响也最小; 锋面雨期量值最大, 对年最大构成比重影响最大; 台风雨期波动性最大。

3) 三组分季序列均存在上升趋势, 造成同一量级洪水对应重现期增大; 锋面雨期变化对洪水频率影响最大, 但影响有减小趋势; 台风雨期变化造成洪水设计值两极化, 且影响有增加趋势。

4) 武江流域上游, 非一致性洪水频率计算所得同一重现期对应洪水量级较传统结果有所增加。

5) 基于分季序列所得非一致性洪水设计值比年最大更大, 且二者差异随重现期增大而增大。尽管在分季洪水划分的方法上仍有需要改进的地方^[7], 但不可否认分季序列作为样本可以考虑样本源的变化差异, 比年最大更优。

参考文献:

- [1] PIAO S, CIAIS P, HUANG Y, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China [J]. *Nature*, 2010, 467(7311): 43 - 51.
- [2] 梁忠民, 胡义明, 王军. 非一致性水文频率分析的研究进展[J]. *水科学进展*, 2011(06): 864 - 871.
- [3] WAYLEN P S W M. Prediction of annual floods generated by mixed processes [J]. *Water Resource. Research*, 1982, 18: 1283 - 1286.
- [4] SMALL D, ISLAM S, VOGEL R M. Trends in precipitation and streamflow in the eastern U. S.: Paradox or precipitation [J]. *Geophysical Research Letters*, 2006, 33(3): 517 - 520.
- [5] ALILA Y A M A. Implications of heterogeneous flood - frequency distributions on traditional stream-discharge prediction techniques [J]. *Hydrological Processes*, 2002, 16(5): 1065 - 1084.
- [6] WAYLEN P R W M K. Annual low flows generated by mixed processes [J]. *Hydrological Sciences Journal*, 1987, 32(3): 371 - 383.
- [7] BLACK A R A W. Seasonality of flooding: a case study of North Britain [J]. *Journal of Hydrology*, 1997, 195(1): 1 - 25.
- [8] BAČA P, MITKOVÁ V. Analysis of seasonal extreme flows using peaks over threshold method [J]. *Journal of Hydrology & Hydromechanics*, 2007, 55(1): 16 - 22.
- [9] 珠江水利委员会. 珠江流域防洪规划报告[R]. 广州: 珠江水利委员会, 2007.
- [10] ALLABY M. *Dangerous Weather: Floods* [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2006: 31 - 44.
- [11] 叶守泽, 詹道江. *工程水文学* [M]. 3 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 171 - 204.
- [12] 谢平, 陈广才, 雷红富, 等. 水文变异诊断系统[J]. *水力发电学报*, 2010(1): 85 - 91.
- [13] 谢平, 李析男, 许斌, 等. 基于希尔伯特 - 黄变换的非一致性洪水频率计算方法——以西江大湟江口站为例[J]. *自然灾害学报*, 2013(1): 85 - 93.
- [14] 鲍振鑫, 刘九夫, 张建云. 年最大洪峰流量的 P-III 分布拟蒙特卡罗随机模拟研究[J]. *水文*, 2009(6): 33 - 36.
- [15] 宋德敦. 不连序系列统计参数计算的新方法——概率权重矩法[J]. *水利学报*, 1989(9): 25 - 32.