

• 交通运输 •

文章编号: 1002-3100 (2014) 08-0138-05

城市交通拥堵的系统动力结构分析

Analysis on the Dynamic Structure of Urban Traffic Congestion

王如义, 刘崇耀 (威海市道路运输管理处, 山东 威海 264200)

WANG Ru-yi, LIU Chong-yao (Road Transportation Management Office of Weihai City, Weihai 264200, China)

摘要: 城市交通拥堵是当前我国很多城市在发展过程中所面临的难题。虽然人们从理论和实践两个方面都在做着积极的探索, 但至今尚没有找到统一的理想解决方案。从系统动力学的角度出发, 选取五个最基本的因素组建城市交通系统模型, 并根据城市发展与交通演变之间的相互作用关系构建了城市交通系统动力结构模型。利用该结构模型, 对产生城市交通拥堵的机理进行了分析, 提出了优化发展城市交通系统, 解决城市交通拥堵的五点建议, 并对威海城市交通发展进行了实例分析。注重对问题的宏观把握, 构建了一个研究城市交通系统演变规律的基本理论框架, 这对城市交通系统的进一步细化研究具有一定的参考价值。

关键词: 城市交通; 系统; 动力结构**中图分类号:** F572.88 **文献标识码:** A

Abstract: Urban traffic congestion is a difficult problem which many cities in china are facing in the process of their urban development. Although people are making active exploration in

the two aspects of theory and practice, no any ideal solution has been found up to now. From the viewpoints of system dynamics, the paper selects five base influence factors by which a system model about urban traffic system is built. According to the interaction relationship between urban development and traffic evolution, an urban traffic system dynamic structure model is built. Using this dynamic structure model, the paper analyzes the mechanism of urban traffic congestion, and puts forward five suggestions to optimize the development of urban traffic system and to solve urban traffic congestion. On this basis, the paper does a case study about Weihai city traffic development. Paying attention to the macroscopic grasp of the question, the article builds a basis theoretical frame to study the development law of urban traffic. These analysis and study has some reference value to the study on thinning about urban traffic system.

Key words: urban traffic; system; dynamic structure

0 引言

当今, 城市交通拥堵的现象, 无论是国内还是国外, 都很突出。在中国, 伴随城市扩张的过程, 虽然很多城市道路建设得越来越宽、越来越长, 路面等级越来越高, 公交优先发展战略被作为其城市交通发展的基本战略, 交通信号指挥系统也越来越先进, 甚至在部分城市, 智能公共交通调度指挥系统都得到了开发利用, 小汽车的发展受到一定程度限制, 比如控制发放小汽车牌照, 限制小汽车出行, 像北京就曾实行按照车辆号码的单双号出行的政策, 这些措施虽然都在一定程度上缓解了城市交通所面临的压力, 但都没有阻止住这些城市交通拥堵的出现。城市交通拥堵成为伴随很多城市的扩张过程而出现的亟待解决的难题, 该问题已经引起了广大学者和城市交通工作者的广泛关注。文献[1-5]从不同的角度, 探讨了城市交通发展的规律, 从不同的侧面提出了解决或减轻城市交通拥堵的方法。影响着城市交通系统演变进程的因素众多, 是多种力量的交互作用最终导致了城市交通拥堵的发生。本文利用系统动力学的观点, 深入系统内部, 分析系统各要素之间的相互作用, 建立起城市交通系统的动力结构模型, 以此为基础, 探寻城市交通系统发展演变的内在规律, 寻求从根本上解决交通拥堵的方法。

1 城市交通系统动力结构模型的建立

1.1 城市交通系统

城市交通系统^[6-8]是一个复杂的巨系统。首先, 系统包含的因素众多。一个完整地描述城市发展和城市交通演变的系统, 不仅应包含着交通需求、交通供给和交通运行这些最基本的因素, 还应该包含交通发展的社会经济背景以及交通发展的规划和政策等。其次, 各因素之间的相互作用、相互影响复杂, 而且系统时刻处于一个动态的变化过程中。如经济的发展、人口的增加及人均消费水平的提高, 会深刻地影响着交通需求和供给的变化, 而交通的运行情况, 又会反过来对社会经济的发展和交通政

收稿日期: 2014-06-23**作者简介:** 王如义(1966-), 男, 山东临沂人, 威海市道路运输管理处, 工程师, 研究方向: 交通运输规划与管理。

策的调整产生直接或间接的影响。城市交通系统还是一个开放的系统,它和环境之间始终保持着密切的关系。

由于系统概念的相对性,对于同一个系统,针对所研究问题的实质和目的不同,会有不同的构建系统的方法。系统动力学^[9-12]从一种宏观的角度来思考、解决问题,注重从系统各要素之间的相互作用为切入点去探寻系统的演变规律和表现特性,构建系统时,避免因微观的角度而局限于片段的思考,可以很好地适用于研究城市与交通系统的动态变化。

为了能够从宏观上把握城市交通系统的演变规律,本文依照系统动力学的观点构建城市交通系统,该系统主要包含以下几个要素:

(1) 城市经济与社会发展要素。此要素作为城市交通发展的背景和最根本的原始动力,主要指经济发展水平,如地区生产总值 GDP、城市常住人口规模、人均消费水平等,和相关的城市、经济发展规划,如经济发展模式及城市发展布局等。

(2) 交通需求要素。主要包括人的出行需求和货物运输需求。其中人的出行需求不仅表现为人次和位移这些数量上的多少,还具有其他的多维特征,如在时间、安全、舒适、便捷性等方面的要求。为了研究的方便,在对城市交通需求的描述中,当人和物出行需求在位移和时间上为同行,存在强关联关系时,只把他看作是人或物中的一种位移需求。物的货运需求由货运车辆来完成。

(3) 交通供给要素。包括道路设施、轨道设施、交通信号设施、车辆、交通信号指挥系统及车辆运营调度信息系统等。其中车辆通常包含自行车、小汽车、出租小汽车、普通公共电汽车、轨道交通机车车辆等。道路设施因素包含了道路长度、道路等级结构及道路的分布等。普通公共交通供给因素包含了公交车数量、公交车种类、公交线路长度、条数、分布情况及相关的公共交通信息调度指挥系统等。

(4) 交通运行要素。交通运行过程主要是人或物通过车辆等运输工具在道路或轨道上行驶,实现人或物的有效位移的过程;另外,步行也是城市交通运行过程的一个不可缺少的组成部分。通过交通运行过程,实现了人和物的位移需求,创造了价值,但同时也会产生噪声和空气污染,给城市环境带来不利影响。

(5) 政府经济交通发展规划与政策要素。主要包括经济、交通投资政策、城市建设规划、公交优先发展规划、出租车及小汽车管理政策等。

1.2 系统要素模块间相互作用关系

经济社会的发展产生了人或物的位移需要,经济社会的具体发展规模及形式等决定了这种位移需求的频次和每一次需求的特性。为了满足各种各样的位移需求,城市在这些需求的刺激下,提供了各种形式的交通供给。修起了道路,购置各种车辆,布设交通信号,研发建设相应的运营调度信息指挥系统。交通需求和交通供给共同作用,促成了交通运行。交通运行实现了人或物的位移,创造了价值。当人或物具有多维特性的位移需求通过运输活动得到满足时,交通运行就会对经济社会的发展起到很好的促进作用,进而产生更多的交通需求;反之,当具有多维特性的位移需求在交通运行过程中不能得到全面满足时,或者是运输活动产生了过度的噪声和废气时,交通运行就会对社会经济的发展产生消极的作用。这种消极作用一方面会不同程度地抑制经济社会的发展,影响交通需求的产生,同时在另一方面,也会促使这些获得运输不满意体验的人们直接采取行动改善交通供给满意程度的行为,如感受到公共交通慢的人们,会有购置私家车的冲动;另外,也会促使政府部门,采取规划影响社会及经济运行,进而影响交通需求的办法,或者制定相应的交通发展政策,直接管理交通需求,改善城市交通供给状态,调整城市交通运行结构,从而影响城市交通运行水平。

城市交通系统动力结构情况可以直观地表示为图 1:

1.3 城市交通系统因果关系图及系统流图

对各系统模块做更细致的分析,通过综合地考虑系统各要素之间的各种相互关系,可以形成复杂的因果反馈结构图,模型的主要反馈回路见图 2。

在系统因果关系结构中,各系统要素相互影响,相互制约。在上述系统因果关系图的基础上,经过进一步的定量分析,可以得到系统动力学模型的系统流图,见图 3。其中, RJ 表示交通需求增长率, RF1 表示地面公交分担率增长速度, RF2 表示小汽车分担率增长速度, RF3 表示出租车分担率增长速度, RP 表示高峰时段车辆平均速度增长率。

2 城市交通拥堵产生过程分析

根据上面建立的城市交通系统动力结构模型,对城市交通系统行为的动态演变过程进行分析可知,经济与社会不断发展,产生了不断增加的城市交通运输需求,这种需求的增加不仅表现在交通需求量的增加,而且还表现为多维的出行需求特性的不断提升。随着经济社会的发展,人们出行不仅要求能够到达,还希望出行时能更加快速、舒适、安全、便捷等。受此需求的驱动,城市建设了更多的道路,布设了越来越先进的城市交通信号系统,私家车、出租车和公交车在不断增加。一方面,当交通需求被很好的满足时,交通运行就会推动经济社会的发展,进而刺激产生更多的城市交通需求;另一方面,即便交通供给不能满足交通需求的情况出现,由于推动经济社会发展的因素是多元的,经济社会的强劲增长依然会产生交通需求的刚性增

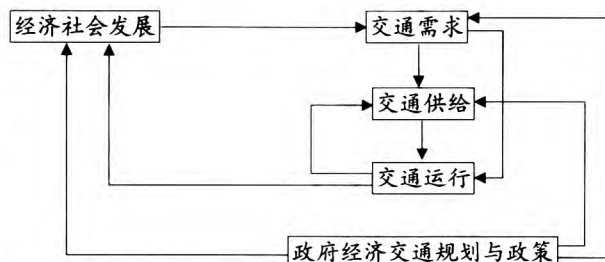


图 1 城市交通系统动力结构情况示意图

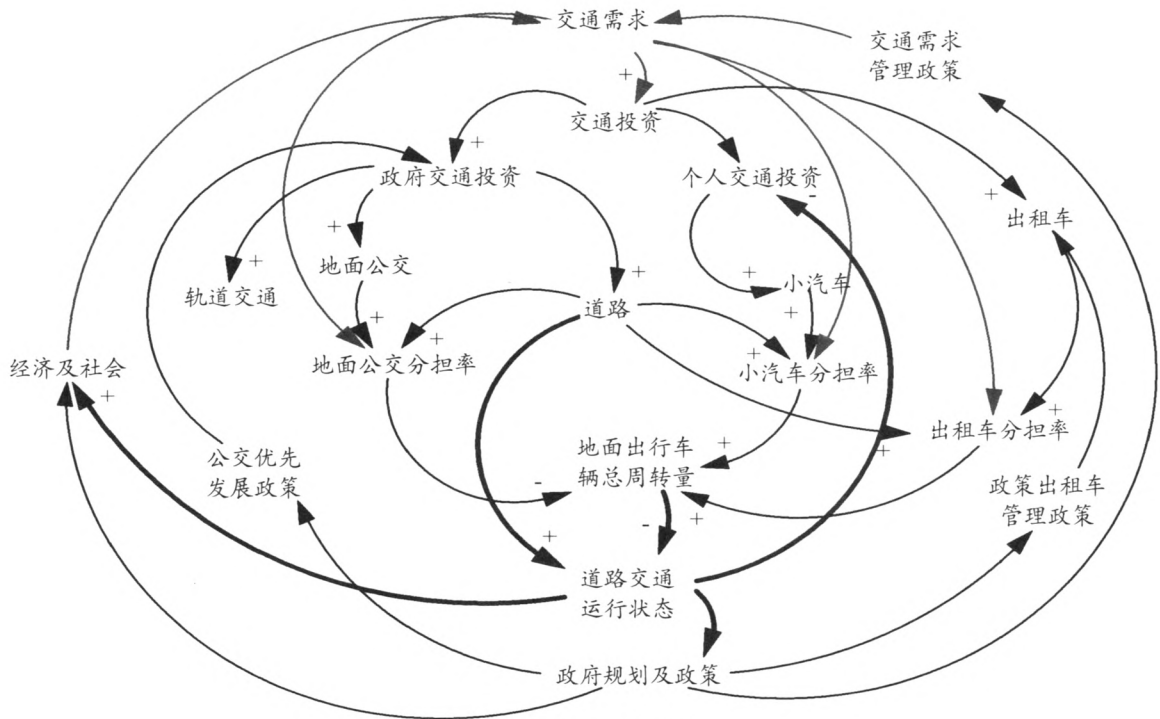


图2 系统因果关系图

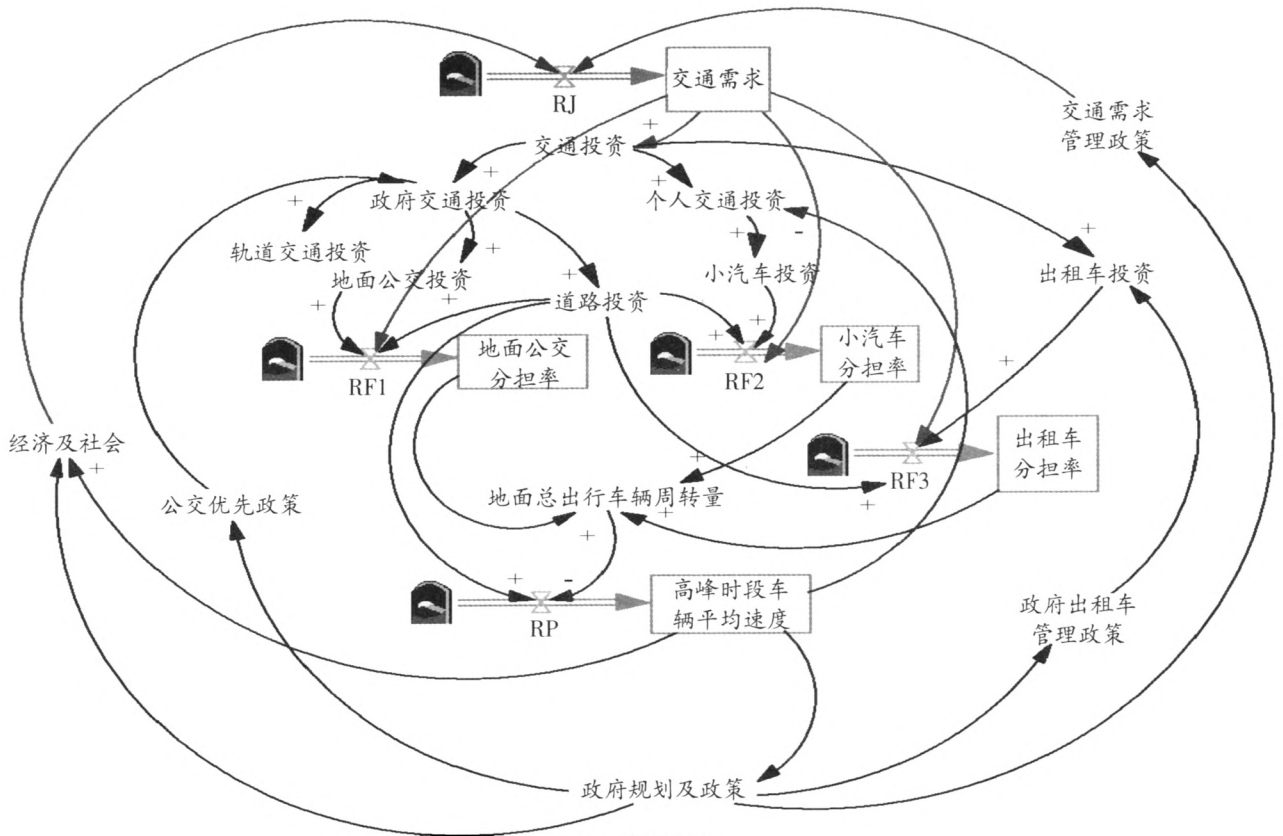


图3 系统流图

加。新增加的交通需求需要有相应的交通供给来承担。当人们出行需求的快速、舒适、安全、便捷等多维出行需求特性不能被现有的交通供给条件满足时，人们希望城市交通供给能够获得及时改善和提升。由于社会经济的发展，在产生了更多的交通需求时，也使人们有了更好的经济收入，从而使越来越多的人有了购买私家车的能力和打的出行的经济承受力。若政府不能及时通过规划和交通政策的调整，提升城市公共交通服务水平，进而改善人们的这种不满意的体验，人们一是会通过购置私家车来提升出行的质量，另外还会通过打的来解决对出行的不满意。这时就会打破出租车原有的供求平衡，产生增加出租车的表象要求。如果政府在制定城市出租车管理政策时，不能从城市整体交通状况考虑，不是通过积极采取办法提升大容量公共交通的质

量的途径,来满足人们不断提升的交通需求,而是盲目增加出租车数量,以求得交通需求压力的暂时缓解,就会在被动和主动两个方面不断推动城市小汽车数量的增加。但是,由于城市的道路资源是有限的,在私人小汽车和城市出租车双重数量增加的压力下,当城市道路上的小汽车数量的快速增加,超过了城市道路建设的增加时,城市道路上的交通量就会超过它的正常负荷,从而产生城市道路的交通拥堵。

3 关于优化城市交通系统和发展解决城市交通拥堵的策略

城市建设及城市交通发展的实践表明,对于一个经济和社会都不断壮大的城市来说,其交通需求和交通供给也在不断增加,政府的经济规划与交通政策的功能也处在一个不断强化的过程中。

借助城市交通系统的动力结构模型,根据上述对城市交通拥堵行为的动态演变过程的分析,不难发现经济社会的发展是整个交通系统发展演变的最原始动力,在系统各因素的相互作用关系中,唯有政府的经济规划与交通政策调整因素对其它因素的作用是最为能动的,其它的因素之间的作用关系基本是处于自发的状态。所以,在对城市交通系统的演变规律有一个基本的认识之后,要想使城市交通系统处在一个高效、协调、可持续的运行状态,有效解决城市交通拥堵问题,就要充分发挥好政府的作用。为此,提出如下几点建议。

(1) 规划城市交通要从规划经济社会活动开始

经济社会的发展,产生了人及货物的位移需求。所以既要充分利用交通布局对城市发展的引领作用,又要通过有效的城建规划布设完善的城市功能区,管控城市的发展模式和城市形状,形成几个功能完备的城市副中心,避免不必要的货物流动和人的不必要的跨区长距离出行,从而优化城市交通需求结构。

(2) 制定可持续的交通供给发展规划

交通供给能力由于受到不断增加的交通需求压力,也处在不断增加的过程中。但交通供给能力的提升,不能是消极被动的,应该对交通需求的增加进行有效预测,对可能的交通供给的增加空间进行规划,避免能力增加的短期行为,持续保持一个优化高效的的城市交通结构,使城市交通的需求和供给始终处在一个基本平衡的状态。

(3) 大力发展高水平的大容量公共交通,不断提高大容量公共交通的分担率

城市的道路资源是有限的,要满足不断增加的客运交通需求,单靠私家车和出租车是做不到的,必须坚持优先发展公共交通的政策。但是,由于交通需求不仅在量上增加,在出行的时间、安全、舒适性等方面的要求也在不断提升,所以,仅增加公交车的数量和线路、提高其绿色环保水平是不够的,还要在速度、安全、舒适等特性上下功夫,大力发展像轨道交通、快速公交这样的公共交通能力,增加大容量公共交通的分担率,形成优化的城市交通结构。

(4) 通过交通政策的调整,降低城市交通的外部性影响

在城市交通的不断发展过程中,产生了大量的噪声和废气污染,给人们的生命健康等带来了不利的影响。但从事运输活动的车辆缺乏降低噪声和废气污染的动力,必须靠政府制定相应的利益调整政策,鼓励低排放低噪声的环保车辆的使用,鼓励绿色低碳出行。

(5) 政府建立职能明确的经济交通规划与政策调整机构

为了能够充分发挥政府在城市交通系统发展演变过程中的核心调节功能,政府要确定履行该职责的具体部门,建立机构,形成工作机制,保持对城市交通系统中供需平衡信号的敏感观察,有效预测,整体把握,从经济社会发展和交通供给两个方向及时做出相应的规划与政策上的调整。

4 实例分析

威海城市受其独特的地理环境的影响,有沿路和沿海岸线发展的特点,形成了现在一个“7”字的形状,见图4。在威海市政府附近形成了比较明显的城市经贸行政中心,城市的其它几个副中心功能尚不够完整,辐射功能不明显。威海这个海滨城市,是中国第一个“国家级卫生城市”,也是中国首批“国家环境保护模范城市”和第一批“优秀旅游城市”,两次被联合国评为“改善居住环境最佳范例城市”,2003

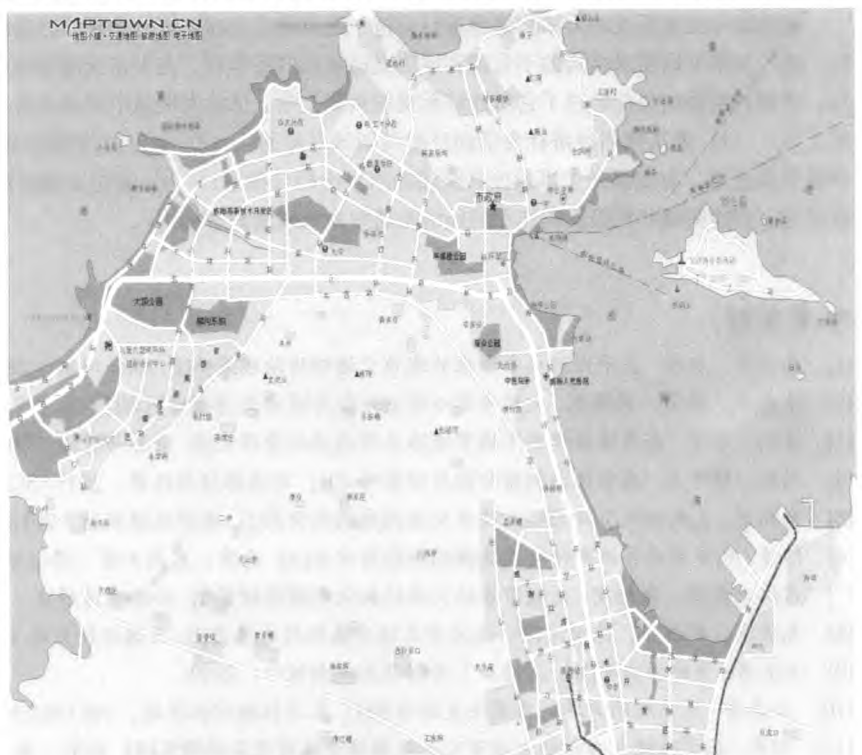


图4 威海市市区地形图

年又获得了联合国“人居奖”，被誉为中国最适合人类居住的城市。因此，在威海市的城市发展过程中，对环境的保护尤为重视。通过城建规划的调节作用，市内的工厂被逐步外迁，大部分集中到了市南郊的临港经济技术开发区。工厂外迁、突出的唯一城市中心以及城市的“7”字狭长形状，使得城市交通需求结构中存在较大规模长距离的跨区出行需求。

在威海市的城市交通结构中，有自行车、私人小汽车、出租车、普通公共交通等，还没有开通像地铁、地面轨道交通、快速公交 BRT 这样的高质量的大容量公共交通。道路的长度、宽度和路面等级在不断提升。近来城市更新了大批新能源公交车，开通了 K1、K2 两条专线公交线路，并正在投资建设城市智能公共交通信息调度系统。K1、K2 专线公交线路，车内设有空调，沿线只停靠几个公交枢纽站点，速度快，舒适性高，尽管票价稍高，但依然很受顾客青睐，所以客源很好，可以说是威海市城市公共交通向高水平大容量公共交通发展的一次尝试。总的来说，在城市交通需求不断增长的影响下，威海的城市交通供给正处在小汽车和普通城市公交竞相发展，道路建设不断增加，交通信号系统不断优化，而高质量的大容量公共交通刚起步的阶段。

为此，对威海市的城市交通系统的规划和发展提出如下的几点建议。

(1) 强化政府对城市交通系统发展的调节功能，采取积极措施，不等不靠，有效预测，整体规划，及时调整有关经济和交通方面的发展政策，协调经济和交通的整体发展进程。

(2) 科学规划威海经济社会的宏观发展模式，积极推动经济技术开发区、火炬高新技术开发区、张村镇、临港经济技术开发区等几个城市副中心的发展，完善这几个城区在行政、商贸、教育、医疗、娱乐等方面的功能，有效减少人和物的不必要跨区位需求，优化城市交通需求结构。

(3) 研究制定威海市高水平大容量公共交通发展规划。城市的道路资源是有限的，而受经济社会发展的推动，城市交通需求却在不停地循环增长，要能持久有效地满足城市的这种交通需求，就必须要有高水平大容量公共交通的大力发展。威海市的公共交通投资力度很大，与国家优先发展公共交通的政策是一致的。但是像地铁、地面轨道交通、快速公交 BRT 这样的高质量的大容量公共交通还没有建设并运营起来。现在已经更新的都是新能源公交车辆，虽然在降低废气污染，有效减少城市交通的外部性影响方面起到了积极的作用，但它们并不能有效满足人们在交通出行上不断增加的快速、安全、舒适等方面的需求，致使在小汽车和公共交通共同发展的过程中，公共交通的居民出行分担率难以有效提高，刺激着城市小汽车的快速增加，这种趋势持续下去，必然会造成威海市区的交通拥堵。现在，威海市区的交通在上下班高峰时段，在幸福门、市政府等几个路段已经开始出现拥堵现象。

要想改变威海城市交通的这种向拥堵发展的趋势，就要有效增加高水平大容量公共交通的能力。为此，要对威海市的交通需求进行科学预测，研究威海高水平大容量公共交通的发展空间，从整体进行规划，分阶段实施，不断优化城市交通结构，从而构建威海市持续高效的城市交通运输系统。

5 结束语

根据城市交通系统动力结构模型进行分析，造成城市交通拥堵的主要原因是政府经济交通规划与政策的调节功能发挥不到位，造成城市交通需求结构的不合理和城市交通结构的不合理，在城市交通需求和供给矛盾的推动下，城市小汽车数量快速增加，使现有道路的负荷超过了它能够承受的负荷上限。优化发展城市交通系统，解决城市交通拥堵，应当做好以下五个方面的工作：(1) 要从规划经济社会活动开始规划城市交通；(2) 制定可持续的交通供给发展规划；(3) 大力发展高水平的大容量公共交通，有效提高大容量公共交通的居民出行分担率；(4) 通过交通政策的调整，降低城市交通的外部性影响；(5) 政府建立职能明确并积极发挥作用的交通规划与政策调整机构。

参考文献：

- [1] 马嘉琪, 白雁. 基于出行成本管理的城市交通拥堵治理策略[J]. 综合运输, 2010(7):57-60.
- [2] 徐东云, 张雷, 蒋晓旭. 大城市中心效应地位与城市交通拥堵问题[J]. 北京交通大学学报, 2010,9(3):6-11.
- [3] 曾鸷, 李军. 合作博弈视角下城市道路交通拥堵收费研究[J]. 运筹与管理, 2013,22(1):9-14.
- [4] 高鹏, 张子秦. 城市交通拥堵分析及对策研究[J]. 交通科技与经济, 2011,13(2):22-25.
- [5] 杨向前. 民生视域下我国特大城市交通拥堵问题研究[J]. 城市交通规划, 2012,36(1):92-96.
- [6] 陆建. 城市交通系统可持续发展规划理论与方法[D]. 南京: 东南大学 (博士学位论文), 2003.
- [7] 吕慎, 田锋, 李旭宏. 大城市客运交通结构优化模型研究[J]. 公路交通科技, 2007,24(7):117-120.
- [8] 毛保华, 郭继孚, 陈金川, 等. 北京市交通发展的历史思考[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008,8(3):6-13.
- [9] 王其藩. 系统动力学[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2009.
- [10] 王其藩. 从系统动力学的角度论复杂系统[J]. 上海机械学院学报, 1987,9(1):47-54.
- [11] 刘爽. 基于系统动力学的大城市交通结构演变机理及实证研究[D]. 北京: 北京交通大学 (博士学位论文), 2009.
- [12] 张敏, 李安静. 基于系统动力学的大城市公交投资需求预测[J]. 重庆交通大学学报, 2003,13(7):15-19.