

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.05.021

基于系统动力学的城市货车限行问题研究

杨 扬, 杨小佳

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 为了分析货车限行政策对城市的影响, 运用系统动力学理论, 建立了城市经济、城市货运成本、城市交通出行、城市环境各子系统之间相互影响和作用的反馈机制。设计了系统流图, 并结合变量之间量化公式的构造, 构建了城市货车限行政策的系统动力学模型。以昆明市的货车限行政策为例进行了仿真模拟。仿真结果表明: 城市不应该对货运车辆实行全天限行, 单纯对货运车辆进行限行对于解决城市交通拥堵作用有限; 货车限行后所带来的“客改货”车辆将会增加城市道路上的机动车数量、降低货车的运输效率、提高物流成本和加剧环境污染等。最后, 针对仿真结果提出了相应的解决措施: 完善城市物流园区等基础设施; 推行共同配送模式; 大力发展新能源城市配送车辆完成城市配送。

关键词: 运输经济; 计算机仿真; 系统动力学; 城市货运; 城市货车限行政策

中图分类号: F570.81

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2017) 05-0150-09

Study on Travel Restriction of Urban Freight Vehicles Based on System Dynamics

YANG Yang, YANG Xiao-jia

(School of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan 650500, China)

Abstract: In order to analyze the impact of the policy of traffic restriction of freight vehicles on city, the feedback mechanism of mutual influence and interaction among urban economy, urban freight cost, urban travel and urban environment is established using system dynamics theory. The system flow chart is designed, the system dynamic model of the policy of traffic restriction of urban freight vehicles is built combining with the set up of the quantitative formula among variables. Taking the policy of traffic restriction of freight vehicles in Kunming for example, the simulation is conducted. The simulation result indicates that (1) city should not implement the restriction to the freight vehicles during the whole day, restricting the traffic of freight vehicles has an limited effectiveness to solve urban traffic congestion; (2) the refitted vehicle appeared after traffic restriction of urban freight vehicles will increase the number of motor vehicles, reduce transport efficiency of freight vehicles, and increase logistics cost and aggravate environmental pollution. Finally, the countermeasure is put forward according to the simulation result: to complete the infrastructures like logistic parks, to implement joint distribution mode, to develop the city delivery vehicles of new energy for completing city distribution.

Key words: transport economy; computer simulation; system dynamics; urban freight transport; policy of travel restriction of urban freight vehicles

收稿日期: 2016-10-25

作者简介: 杨扬 (1974-), 男, 江苏常州人, 博士, 副教授. (6553371@qq.com)

0 引言

城市物流为城市居民的正常生活及城市的正常运转提供保障,货物的配送对城市的商店、餐饮及其他产业来说至关重要^[1]。随着城市经济的快速发展,城市物流量在不断的增加,且随着电子商务的快速发展、城市居民生活水平的提高以及居民需求的多样性,批量少、次数多的城市配送方式在迅速发展。在此背景下,为了满足城市货物运输需求,城市的货运车总量及货运车出行量增加。货车具有载重量大、车身较长等特点,占用的道路交通资源较大,大量的货车在道路上运行加剧了城市的交通压力;由于货车的能耗较大和噪声较大,会排放大量的污染物污染空气及造成噪声污染,在城市里,道路货运车辆是交通空气污染物和噪声发射的主要来源^[2];批量少、次数多的配送方式需要货运车辆多次进出主城区,增加了道路上运行的车辆数量,造成严重的交通拥堵。为了缓解城市的交通拥堵情况,减轻城市交通压力,提高城市居民的购物环境、生活舒适度等,目前,我国的许多城市相继出台了不同的货车限行措施,主要的限行措施包括限制货车通行时间、限制货车通行区域、限制货车车型。但单纯的依靠货车限行解决交通拥堵、环境污染、噪声污染等问题并不可行,反而会因为政策的实施产生其他负面的影响:提高物流成本,增加物流作业环节,降低物流服务水平等^[3-4];大量“客改货”车的出现,由于一辆货车的货物需要多辆客车分装运输,导致货车出行量增加,货车出行量的增加使城市机动车出行量增加,扩大的城市机动车总量影响了车均道路面积,增大了地面交通压力,同时也给环保构成潜在威胁^[5],且采用“客改货”车辆使得配送企业需要更多的车辆和人员,随之而来还有更复杂的调度问题、油耗问题等^[6]。目前在城市货车限行政策方面的研究主要为定性研究^[7-11],主要集中在对政策的实施现状及存在的问题进行阐述或者对政策实施影响的某一方面进行分析研究,也有少数学者对政策实施影响进行量化评估^[12]和采用模型进行评价研究^[13-14],但这些研究都多为单一的研究,很少将限行问题作为一个系统进行研究并进行量化分析。城市货运是一个复杂的系统,影响因素众多,适用于用系统动力学的方法进行分析研究。系统动力学研究处理系统问题的方法是定性与定量结合、系统综合推理的方法,其建模过程就是一个学习、调查、研究的过程^[15]。城市货运属于城市交

通的范畴,目前,系统动力学在城市交通方面应用于城市交通拥堵、低碳交通、城市交通可持续发展等方面^[16-18]。文中提出将系统动力学的方法应用于城市货运限行政策问题研究,分析限行政策实施对城市的影响,建立了城市经济、物流、交通、环境之间相互影响和作用的反馈机制及城市货车限行政策的系统动力学模型,并以昆明市为例,通过仿真与模拟,对货车限行政策实施前后的效果进行量化分析。

1 城市货车限行政策研究的系统动力学模型

1.1 模型的基本假设

- (1) 模型假设经济持续稳定增长。
- (2) 模型中的城市物流量用城市货运量代替。
- (3) 模型中环境污染指标选取 NO_2 生成量。
- (4) 模型中的客运车辆是指除了货运车辆之外的其他机动车。

1.2 系统要素

城市货运系统中主要包含了城市经济、交通出行、货运成本、环境等子系统:

(1) 城市经济子系统:用城市 GDP 代表城市经济发展情况,经济的发展促进城市物流量的增加,将导致货运车总量的增加,同时经济的发展也刺激着城市居民购买私家车以及其他类型的机动车,增加客运车总量。城市经济子系统包括城市 GDP 增长率、城市 GDP 增长量以及城市 GDP。

(2) 城市货运成本子系统:城市物流量的增加会增加城市货运车出行量以满足城市的运输需求。货运车出行量的增加,特别是由于“客改货”车辆的增加会导致车辆的运输总时间和运输总成本大幅提高,降低整体的运输效率,提高货运总成本。城市货运成本子系统包括城市物流量、城市货运车总量、城市货运车出行量(包括白天出行量、夜间出行量、客改货出行量)、运输总时间、能源消耗量、货车百公里耗油量、“客改货”车百公里耗油量、车辆平均运距、燃油总成本、燃油价格、燃油费比例、运输总成本。

(3) 城市交通出行子系统:城市交通出行子系统由城市货运车出行及城市客运车出行组成。经济发展及运输需求的增加会增加机动车总量,同时增加机动车的出行量,出行量的增加会加剧城市交通拥堵,造成环境污染。城市交通出行子系统包括城市货运车总量、城市客运车总量、城市客运车出行量、城市货运车出行量。

(4) 城市环境尾气的子系统：机动车出行会排放大量的汽车尾气，汽车尾气的主要成分为碳氢、一氧化碳和氮氧化物，氮氧化物的主要成分为二氧化氮，文章选取二氧化氮生成量来衡量环境污染程度，机动车出行量越多，生成的二氧化氮就越多，对环境的污染程度就越严重。城市环境子系统包括 NO_2 生成量、机动车对 NO_2 的贡献率、车均 NO_2 排放量。

1.3 系统因果关系图

图 1 为系统的因果回路图，图中箭头表示变量之间的因果关系，正号和负号分别表示正效应和负效应。该因果关系图主要包括以下回路：

(1) 城市 GDP $\rightarrow$ + 城市物流量 $\rightarrow$ + 城市货运车总量 $\rightarrow$ + 货运车出行量 $\rightarrow$ + 运输总时间 $\rightarrow$ - 运输总效率 $\rightarrow$ + 物流总成本 $\rightarrow$ - 货运企业效益 $\rightarrow$ - 城市 GDP；城市 GDP $\rightarrow$ + 城市物流量 $\rightarrow$ + 城市货运车总量 $\rightarrow$ + 货运车出行量 $\rightarrow$ + 运输总费用 $\rightarrow$ - 运输总效率 $\rightarrow$ + 物流总成本 $\rightarrow$ - 货运企业效益 $\rightarrow$ - 城市 GDP。

当城市经济增加时，城市物流量随之增加，为满足城市货物运输需求，城市货运车总量在增加，同时货运车出行量也在增加。货运车出行量的增加导致运输总费用和运输总时间的增加，费用和时间的增加会降低整体运输效率，从而增加物流总成本，物流总成本的增加会影响到企业的效益，进而影响城市经济的发展。

(2) 城市 GDP $\rightarrow$ + 城市客运车总量 $\rightarrow$ + 城市客运车出行量 $\rightarrow$ + 城市机动车出行量 $\rightarrow$ + NO_2 生成量 $\rightarrow$ + 环境污染 $\rightarrow$ - 城市 GDP；城市 GDP $\rightarrow$ + 城市物流

量 $\rightarrow$ + 城市货运车总量 $\rightarrow$ + 货运车出行量 $\rightarrow$ + 城市机动车出行量 $\rightarrow$ + NO_2 生成量 $\rightarrow$ + 环境污染 $\rightarrow$ - 城市 GDP。

当城市经济增加时，为满足城市居民出行需求，城市客运车总量也随之增加，同时为满足城市货物运输需求，货运车出行辆也在增加，货运车和客运车出行量的增加导致城市机动车出行量的增加，使汽车尾气排放的增加，增加了空气中 NO_2 的生成量，加剧了环境的污染，从而影响到城市经济的发展。

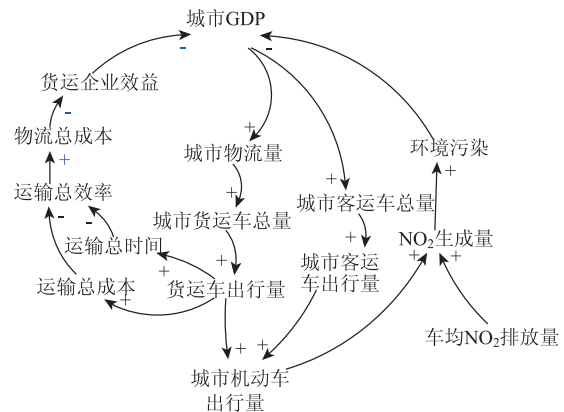


图 1 系统因果回路图

Fig. 1 System causal loop diagram

1.4 系统动力学模型

在系统因果关系分析的基础上，利用 Vensim PLE 软件构建了城市货运限行政策的系统动力学模型，如图 2 所示。

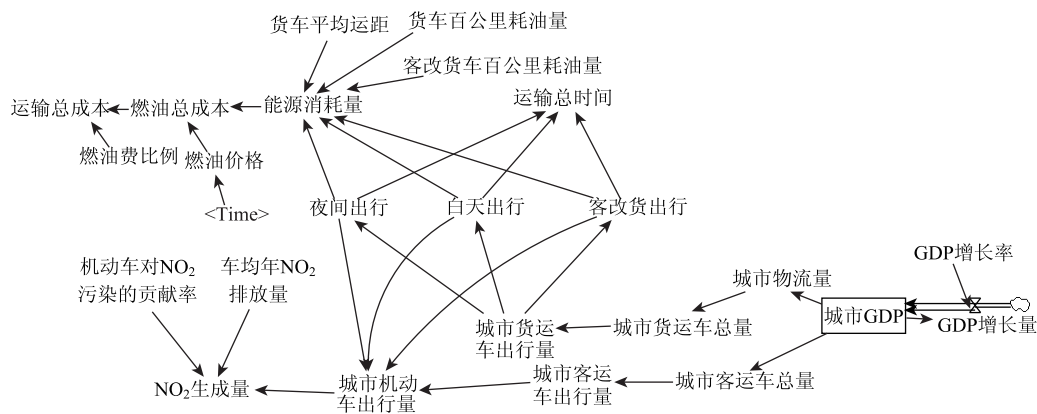


图 2 系统动力学模型

Fig. 2 System dynamics model

通过文章的研究目的，确定了研究系统的范围，并对原始数据进行整理并进行数据回归分析及数学推导，建立了参数之间的关系。模型的参数如表 1 所示，部分方程式如表 2 所示。

2 模型仿真分析 - 以昆明市为例

2.1 昆明市货车限行情况

货车限行措施是为了优化城区货运交通组织，

表1 模型参数设计

Tab. 1 Design of model parameters

序号	参数	序号	参数
1	GDP 增长率/%	12	城市机动车出行量/ ($\times 10^4$ veh)
2	GDP 增长量/亿元	13	运输总时间/($\times 10^4$ h)
3	城市 GDP/亿元	14	货车平均运距/km
4	城市物流量/($\times 10^4$ t)	15	货车百公里耗油量/L
5	城市货运车总量/ ($\times 10^4$ veh)	16	“客改货”车百公里耗油 量/L
6	城市货运车出行量/ ($\times 10^4$ veh)	17	能源消耗量/($\times 10^4$ L)
7	夜间出行量/($\times 10^4$ veh)	18	燃油价格/元
8	白天出行量/($\times 10^4$ veh)	19	燃油总成本/万元
9	“客改货”出行量/ ($\times 10^4$ veh)	20	燃油费比例/%
10	城市客运车总量/ ($\times 10^4$ veh)	21	运输总成本/万元
11	城市客运车出行量/ ($\times 10^4$ veh)	22	车均年 NO_2 排放量/kg
		23	机动车对 NO_2 污染的贡献 率/%
		24	NO_2 生成量/kg

表2 模型部分方程式

Tab. 2 Partial equations of model

序号	参数名称	方程式
1	GDP 增长量/亿元	GDP 增长率 $\times$ 城市 GDP
2	能源消耗量/ ($\times 10^4$ L)	夜间出行量 $\times$ 货车平均运距 $\times$ 货车 百公里耗油量 $\times 0.85/100$ + 白 天出行量 $\times$ 货车平均运距 $\times$ 货车 百公里耗油量 $/100$ + “客改货” 出行量 $\times$ 货车平均运距 $\times$ “客改 货”车百公里耗油量 $/100$
3	燃油总成本/万元	燃油价格 $\times$ 能源消耗量
4	运输总成本/万元	燃油成本/燃油费比例
5	城市机动车出行量/ ($\times 10^4$ veh)	夜间出行量 + 白天出行量 + “客改货”出行量 + 城市客运车 出行量
6	NO_2 生成量/kg	车均年 NO_2 排放量 $\times$ 城市机动车 出行量/机动车对 NO_2 污染的贡 献率
7	城市 GDP/亿元	GDP 增长量 + 1 080
8	运输总时间/($\times 10^4$ h)	夜间出行量 $\times 1.25$ + 白天出行量 + “客改货”出行量

缓解城区交通压力,营造良好城市道路交通环境。经市人民政府批准,决定对昆明市主城区部分道路和区域采取货运交通调整的管理措施。自 2014 年 9

月 1 日起,昆明市核定载质量 1 000 kg (不含) 以下的载货汽车每天 7:00—22:00 不得在二环 (含) 以内区域道路内行驶;核定载质量 1 000 kg (含) 以上的载货汽车以及牵引车、低速载货汽车、三轮汽车、拖拉机、农用车、挂车、吊车、轮式自行机械车等专项作业车,全天 24 h 不得在二环 (含) 以内区域道路行驶。

近年来,昆明市的经济增长不断加快,城市的物流量也在不断的增加。货车限行措施,在实施的初期阶段,在一定程度上能够缓解城市交通拥堵,但是经过一段时间的观察发现,城市交通拥堵的情况并没有从根本上得到解决,以往拥堵的路段在高峰时期依然很拥堵。目前昆明 90% 以上的商业贸易企业都聚集在“限货”的范围以内,昆明市的货车通行证发放比例还远不能满足城市的运输需求,导致道路上通行的“客改货”车在货车总出行量中占据了较高的比例。本文以昆明市的货车限行政策为实证分析对象,建立货车限行政策的系统动力学模型,通过模拟仿真目前昆明实施货车限行措施对城市的影响。模型的运动时间设定为 15 a,起于 2010 年,模拟的时间步长为 1 a。

2.2 主要参数设置

(1) 夜间出行货车能源消耗量:由于夜间交通拥堵等情况的减弱,夜运后车辆油耗可以按降低 15% 来计算^[19]。

(2) 燃油费比例:燃油费在运输费用中所占的比例,运输费主要包括燃油费、人工成本以及管理费用。通过对昆明市的货运企业进行抽样调查发现:货车限行前燃油费在运输费用中所占的比例为 67% ~ 73% 之间,虽然限行后由于交通拥堵等情况的减弱,燃油费有所下降,但是人工成本和管理费用在增加,货车限行后燃油费所占的比例为 55% ~ 60% 之间。因此将货车限行前燃油费所占的比例设置为 69%,货车限行后燃油费所占的比例设置为 57%。

(3) 夜间出行货车运输时间:货车运输时间包括行驶时间、停车等待时间、装卸搬运时间等在货运过程中所花费的时间。对昆明市的货运企业进行抽样调查发现:货车限行后的运输时间比限行前的运输时间增加 20% ~ 30%。因此将夜间出行货车的相对运输时间设置为 1.25,白天出行货车及“客改货”车辆的相对出行时间设置为 1。

(4) “客改货”出行量:“客改货”出行量为由客车改装为货车进行运输活动的车辆。对昆明市的出行货车进行调查发现:限行前,约有 90% 的货车

在白天进行运输, 10% 的货车在夜间进行运输; 限行后持有白天通行证的货车所占的比例不到 1%, 有 40% ~ 50% 的货车所运输的货物在白天通过“客改货”车辆将货物运输到市区, 每辆货车所运输的货物大约需要 5 辆“客改货”车进行分担运输。因此将持有通行证可以在白天运行货物运输的货车数量设置为货车出行量的 1%, 将货物分担给“客改货”车进行运输的货车设置为货车出行量的 45%。

2.3 模型初始参数

模型中的原始数据来源于昆明市统计年鉴、相关文献以及货运行业数据, 模型部分参数初始值如表 3 所示。

表 3 模型部分参数和初始值 (2010 年)

Tab. 3 Partial parameters and initial values of model (in 2010)

参数或初始值	取值
GDP 增长率	0.147
城市 GDP/亿元	2 120.3
城市货运量/($\times 10^4$ veh)	12 410
货运车总量/($\times 10^4$ veh)	7.76
客运车总量/($\times 10^4$ veh)	120.04
货车平均运距/km	70
机动车对 NO_2 污染贡献率	0.5
车均年 NO_2 排放量/kg	20

部分模型参数值说明:

(1) GDP 增长率: 昆明市 2005—2014 年年均 GDP 增长率。

(2) 货车平均运距: 昆明市 2005—2014 年货车运距平均值。

(3) 燃油价格: 2005—2014 年 93# 汽油价格平均值做表函数。

2.4 模型数据检验

以 2005 年至 2014 年的统计数据为基础, 对昆明市的城市货车限行政策实施效果进行模拟仿真, 选取 2013 年部分变量的模拟结果和实际的数据进行比较, 如表 4 所示。

表 4 2013 年预测值与实际值对比

Tab. 4 Comparison of forecasted values and actual values in 2013

参数	城市 GDP/ 亿元	城市物流量/ ($\times 10^4$ t)	城市货运车总 量/($\times 10^4$ veh)	城市客运车总 量/($\times 10^4$ veh)
真实值	3 415.21	16 176	14.74	165.65
模拟值	3 235.40	17 317	16.25	164.74
误差/%	5.26	7.05	10.24	0.5

通过模拟获得 2013 年城市 GDP、城市物流量、城市货运车总量以及城市客运车总量的数据, 与 2013 年真实数据进行对比得到, GDP、城市物流量与城市客运车总量的误差值在 8% 以内, 城市货运车总量的误差值在 11% 以内, 由于在做分析时只考虑了城市内部的运输, 没有考虑跨城运输, 所以导致城市货运车总量的误差值相对较大。模型所描述的行为与真实系统所描述的行为基本一致, 模型有效。

2.5 模型仿真运行

仿真模拟货车限行前后以及“客改货”前后对城市交通拥堵、环境污染、物流成本的影响。

(1) 城市机动车出行量

货车限行前后城市白天机动车出行量如图 3 所示, 由图可知, 限行后昆明市白天机动车出行量比限行前减少, 因为限行后白天出行的货车数量有了一定的减少, 道路上的机动车出行量也有了相应的降低。但是目前昆明市的货运车辆在机动车中所占的比例为 8% 左右, 从图中可以看出, 限行后机动车出行量并没有发生较大的变化。由于货车在机动车中所占的比例较小, 所以货车限行对解决城市拥堵作用不大。但是这一政策间接影响了城市居民的正常生活。由于货车限行, 为了满足运输需求, 使得很多企业使用“客改货”车辆进行货物运输, 一辆货车的货物需要多辆客车进行分装运输, 导致道路上行驶的机动车的数量增加。我们也可以得知, 如果昆明市加大货车的限行力度, 那道路上行驶的“客改货”车辆将会更多。限行前与“客改货”情况下总的城市机动车出行量如图 4 所示, “客改货”情况下总的城市机动车出行量比限行前多, “客改货”车辆的出现导致城市中的机动车出行量增多。到了 2025 年, 昆明市限行后白天出行的机动车比限行前增加 8.37%, “客改货”情况下总的机动车出行量

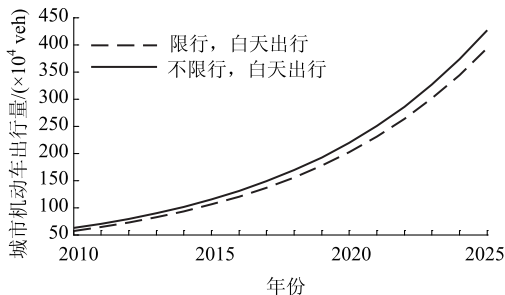


图 3 限行前后 7:00—22:00 点城市机动车出行量比较图

Fig. 3 Comparison of urban motor vehicle trip volumes in 7:00—22:00 before and after traffic restriction

比限行前增加 17.21%。“客改货”情况下总的机动车出行量增幅较快,车辆所占用的道路资源增加,加剧了城市交通拥堵。

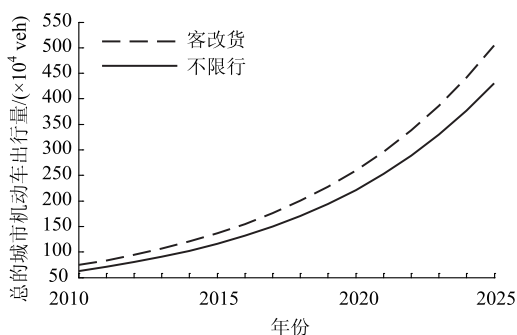


图4 不限行与“客改货”情况下总的城市机动车出行量对比图
Fig. 4 Comparison of total urban motor vehicle trip volumes in case of no traffic restriction and “refitted vehicles”

(2) 运输总时间

运输总时间表示出行货车的相对运输总时间,是所有出行货车的相对运输时间之和。限行前后货车的运输总时间情况如图5所示,在货车限行情况下,由于白天道路禁止通行,大多数的货物只能进行夜间运输。由图可知,限行后货车的运输总时间增加,这是因为虽然夜间运输道路上运行的车辆较少,交通拥挤情况减弱,车辆在路上的行驶时间相对减少。但是车辆在规定通行时间外等待的时间相应的延长;由于夜间上班的工作人员较少,车辆的装卸搬运等需要的人力时间相应的延长;车辆不能在规定通行时间内返回原地的车辆数也会增加等,这些情况增加了货车的等待时间,导致货车的运输总时间增加。不限行与“客改货”情况下货车的运输总时间如图6所示,由图可知,“客改货”情况下货车的运输总时间增加,原因是因为“客改货”车辆的增多导致出行货车增加。到了2025年,限行后货车的运输总时间比限行前增加 19.51%，“客改货”情况下货车的运输总时间比限行前增加 184.15%，运输总时间的增加使货车的出行时间成本增加,降低了货车的整体运输效率。

(3) 燃油总成本

燃油总成本为所有出行货车的燃油成本之和。限行前后的燃油总成本情况如图7所示,由图可知,限行后的燃油总成本比不限行的燃油总成本的要低,这是因为夜间运输使得货车的行驶效率有所提高,所用的燃油也相应的减少,使燃油成本有了一定的降低。不限行与“客改货”情况下的燃油总成本情况如图8所示,从图中可知,“客改货”情况下的燃

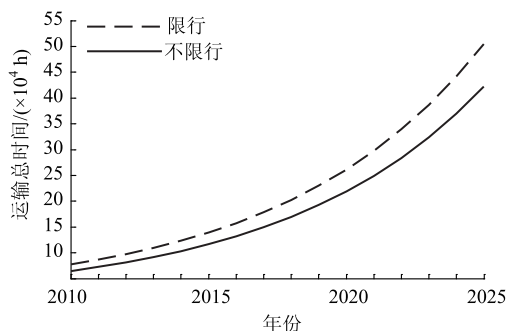


图5 限行前后货车的运输总时间对比图

Fig. 5 Comparison of total transport time of freight vehicles before and after traffic restriction

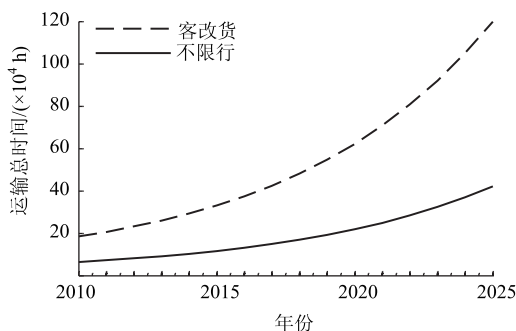


图6 不限行与“客改货”情况下货车的运输总时间对比图

Fig. 6 Comparison of total transport time of freight vehicles in case of no traffic restriction and “refitted vehicles”

油总成本增加,原因是因为使用“客改货”车辆进行货物运输,运行的货车数量增多了,自然而然的就增加了出行货车的燃油总成本。到了2025年,限行后燃油总成本比限行前燃油总成本降低 13.87%，“客改货”情况下的燃油成本比限行前的燃油总成本增加 74.62%，燃油总成本的增加使货车的运输总成本增加。

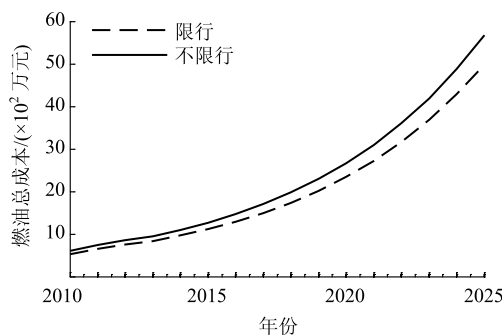


图7 限行前后货车的燃油总成本对比图

Fig. 7 Comparison of total fuel costs of freight vehicles before and after traffic restriction

(4) 运输总成本

运输总成本为所有出行货车的运输成本之和,

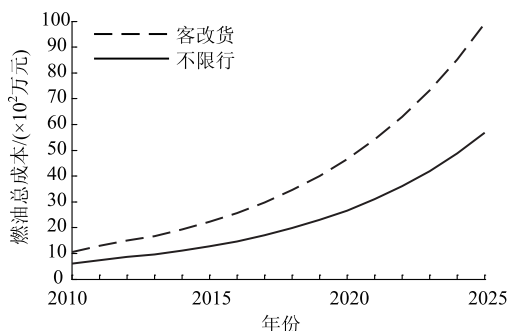


图8 不限行与“客改货”情况下货车的燃油总成本对比图

Fig. 8 Comparison of total fuel costs of freight vehicles in case of no traffic restriction and “refitted vehicles”

主要由两部分构成，一部分是燃油成本，另一部分是人工费和管理费。虽然限行情况下货车的燃油成本有所降低，但由于夜间运输的特殊性，导致人工费用和管理费用有所提高，燃油总成本在运输总成本中所占的比例有所降低，导致运输成本增加，限行前后运输总成本如图9所示。到了2025年，限行后的运输总成本比限行前的运输总成本增加6.22%，燃油总成本的增加导致货车的运输总成本增加。考虑到客改货车人工的复杂性，在这里就不讨论“客改货”情况下的运输总成本。

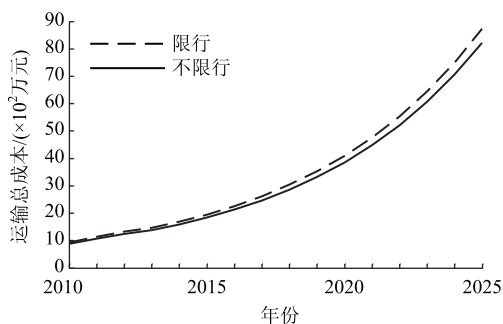


图9 限行前后货车的运输总成本对比图

Fig. 9 Comparison of total transportation costs of freight vehicles before and after traffic restriction

(5) NO₂生成量

NO₂生成量表示对环境的污染程度，NO₂生成量多表示对环境的污染程度高，NO₂生成量少表示对环境的污染程度低。不限行与“客改货”情况下NO₂生成量如图10所示，从图中可知，“客改货”情况下空气中的NO₂生成量较多，这是由于“客改货”车的增加，道路上运行的机动车数随之增加，货车的尾气排放量增多，所以NO₂的排放量增加。到了2025年，限行后的NO₂生成量比限行前增加17.21%，NO₂生成量的增加加剧了

环境的污染。

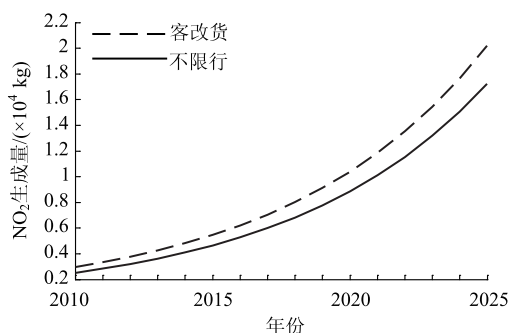


图10 不限行与“客改货”情况下NO₂生成量对比图

Fig. 10 Comparison of NO₂ productions in case of no traffic restriction and “refitted vehicles”

3 结论

通过分析城市货车限行政策实施对城市的影响，研究了城市经济、城市货运成本、城市交通出行、城市环境各子系统之间相互影响和作用的反馈机制，构建了城市货车限行政策问题研究的系统动力学模型，并以昆明市实施的货车限行政策为例，研究了货车限行政策的实施对城市交通拥堵、运输成本、环境污染的影响。研究表明：（1）昆明市货车限行前后城市白天机动车出行量变化较小；（2）货车限行会增加货车的运输总时间和运输总成本；（3）货车限行后所带来的“客改货”车辆会增加道路上行驶的机动车车辆和货车的运输总时间以及燃油总成本，增加NO₂生成量。由此可以说明：（1）城市不应该针对货运车辆实行全天限行，因为货车在机动车总量中所占的比例较低，单纯对城市货运车辆进行限行对于解决城市交通拥堵作用有限；（2）由于货车限行导致货车只能在非限行时间内，一般是在夜间进行货物运输，增加了货车的运输总时间和运输总成本；（3）由于货车限行导致“客改货”车辆的增加，一辆货车的货物需要多辆客车进行分装运输，导致道路上的机动车出行量增多，加剧了城市交通拥堵，并成倍的增加了货车的运输总时间和增加了燃油总成本，造成严重的环境污染。在此背景下，提出以下措施来降低货运车辆出行对城市造成的负面影响：（1）完善城市物流园区等基础设施，实现干线运输与城市配送的无缝衔接；（2）推行共同配送模式，提高货车实载率及降低货车出行量；（3）大力发展新能源城市配送车辆完成城市配送，减少汽车尾气对环境的污染。

参考文献:

References:

- [1] NORDTØMME M E, BJERKAN K Y, SUND A B. Barriers to Urban Freight Policy Implementation: The Case of Urban Consolidation Center in Oslo [J]. *Transport Policy*, 2015, 44: 179–186.
- [2] TAEFI T T, KREUTZFELDT J, HELD T, et al. Supporting the Adoption of Electric Vehicles in Urban Road Freight Transport: A Multi-criteria Analysis of Policy Measures in Germany [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2016, 91: 61–79.
- [3] 孙东泉, 华光, 杨勇. 我国货运车辆限行政策对物流配送的影响 [J]. *中国物流与采购*, 2014 (12): 70–71.
SUN Dong-quan, HUA Guang, YANG Yong. Impact of Policy of Restricting Freight Vehicles in China on Logistic Distribution [J]. *China Logistics & Purchasing*, 2014 (12): 70–71.
- [4] 张玲瑞, 杨扬, 谭慧芳, 等. 城市货运车辆限行政策对城市配送的影响分析及建议—以昆明市为例 [J]. *中国物流与采购*, 2015 (24): 110–111.
ZHANG Ling-rui, YANG Yang, TAN Hui-fang, et al. Impact and Suggestion of Restricting Urban Freight Vehicles on Urban Distribution [J]. *China Logistics & Purchasing*, 2015 (24): 110–111.
- [5] 樊洁, 严广乐. 基于系统动力学的北京市私家车总量仿真与控制 [J]. *公路交通科技*, 2009, 26 (12): 120–125.
FAN Jie, YAN Guang-le. Simulation and Control of Amount of Private Cars in Beijing Based on System Dynamics [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2009, 26 (12): 120–125.
- [6] 李静宇. 城市配送的“堵与疏”—城市配送问题调查 [J]. *中国储运*, 2014 (8): 46–47.
LI Jing-yu. “Congestion” and “Unchoke” of Urban Distribution: Investigation of Urban Distribution Problem [J]. *China Storage & Transport*, 2014 (8): 46–47.
- [7] SWAMY S, BAINBUR D. Managing Urban Freight Transport in An Expanding City: Case Study of Ahmedabad [J]. *Research in Transportation Business & Management*, 2014, 11: 5–14.
- [8] SATHAYE N, HARLEY R, MADANAT S. Unintended Environmental Impacts of Nighttime Freight Logistics Activities [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2010, 44 (8): 642–659.
- [9] 桑小娟. 交通管制下城市配送问题分析 [J]. *现代商贸工业*, 2012 (22): 164–166.
SANG Xiao-juan. Analysis of Urban Distribution Problem under Traffic Control [J]. *Modern Business Trade Industry*, 2012 (22): 164–166.
- [10] 王孝坤, 杨东援, 胡小文. 城市商业中心区的货运交通特征及政策评估 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2006, 6 (6): 130–135.
WANG Xiao-kun, YANG Dong-yuan, HU Xiao-wen. Freight Transportation Characteristics and Assessment of Policy in Urban Central Commercial District [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2006, 6 (6): 130–135.
- [11] 杨文锐, 邵毅明. 重庆主城区货车限行总体方案研究 [J]. *物流工程与管理*, 2013, 35 (10): 49–52.
YANG Wen-rui, SHAO Yi-ming. Study General Scheme on Van Restrictions of Chongqing Main City [J]. *Logistics Engineering and Management*, 2013, 35 (10): 49–52.
- [12] JALLER M, SÁNCHEZ S, GREEN J, et al. Quantifying the Impacts of Sustainable City Logistics Measures in the Mexico City Metropolitan Area [J]. *Transportation Research Procedia*, 2016, 12: 613–626.
- [13] HOLGUÍN-VERAS J, OZBAY K, KORNHAUSER A, et al. Overall Impacts of Off-hour Delivery Programs in the New York City Metropolitan Area [J]. *Transportation Research Record*, 2011, 2238: 68–76.
- [14] 胡云超, 申金升, 黄爱玲. 城市货运交通管制情景下城市配送多目标优化效益研究 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2012, 12 (6): 119–125, 144.
HU Yun-chao, SHEN Jin-sheng, HUANG Ai-ling. Multi-Objective Optimization for City Distribution under Urban Freight Restriction [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2012, 12 (6): 119–125, 144.
- [15] 钟永光, 贾晓青, 李旭, 等. 系统动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
ZHONG Yong-guang, JIA Xiao-qing, LI Xu, et al. *System Dynamics* [M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [16] 杨浩雄, 李金丹, 张浩, 等. 基于系统动力学的城市交通拥堵治理问题研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2014, 34 (8): 2135–2143.
YANG Hao-xiong, LI Jin-dan, ZHANG Hao, et al. Research on the Governance of Urban Traffic Jam Based on System Dynamics [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2014, 34 (8): 2135–2143.
- [17] 周银香. 基于系统动力学视角的城市交通能源消耗及碳排放研究——以杭州市为例 [J]. *城市发展研究*,

- 2012, 19 (9): 99 - 105.
- ZHOU Yin-xiang. The Studies on Urban Transportation Energy Consumption and Carbon Emissions Based on the View of System Dynamics: Take Hangzhou as the Example [J]. Urban Development Studies, 2012, 19 (9): 99 - 105.
- [18] 张毅, 张丽, 万丽娟, 等. 基于机动车政策的城市交通可持续发展建模研究 [J]. 公路交通科技, 2015, 32 (6): 142 - 147, 153.
- ZHANG Yi, ZHANG Li, WAN Li-juan, et al. Modelling of Sustainable Development of Urban Traffic Based on Vehicle Policy [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2015, 32 (6): 142 - 147, 153.
- [19] 杜彩军, 任伟, 陈建华. 中心城区货物夜间运输调查及效益分析 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, 13 (4): 187 - 192.
- DU Cai-jun, REN Wei, CHEN Jian-hua. Survey and Benefit Analysis of Freight Night Transportation in Urban Central Area [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2013, 13 (4): 187 - 192.
-
- (上接第128页)
- HUANG Ling, LIN Pei-qun, XU Jian-min. Urban Road Network Traffic Congestion Prediction Model Based on Probe Vehicle Technology [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2009, 26 (10): 121 - 125.
- [14] WANG J, SHI Q. Short-term Traffic Speed Forecasting Hybrid Model Based on Chaos-wavelet Analysis-support Vector Machine Theory [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2013, 27: 219 - 232.
- [15] 向小东. 基于神经网络与混沌理论的非线性时间序列预测研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2002.
- XIANG Xiao-dong. Research on Forecast of Nonlinear Time Series Based on Neural Networks and Chaotic Theory [D]. Chengdu: Southeast Jiaotong University, 2002.
- [16] 杨兆升, 王媛, 管青. 基于支持向量机方法的短时交通流量预测方法 [J]. 吉林大学学报: 工学版, 2006, 36 (6): 881 - 884.
- YANG Zhao-sheng, WANG Yuan, GUAN Qing. Short-term Traffic Flow Prediction Method Based on SVM [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2006, 36 (6): 881 - 884.
- [17] 张晓利, 陆化普. 非参数回归方法在短时交通流预测中的应用 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2009, 49 (9): 1471 - 1475.
- ZHANG Xiao-li, LU Hua-pu. Non-parametric Regression for Short-term Traffic Flow Forecasting [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology Edition, 2009, 49 (9): 1471 - 1475.
- [18] SMOLA A J, SCHÖLKOPF B. A Tutorial on Support Vector Regression [J]. Statistics and Computing, 2004, 14 (3): 199 - 222.
- [19] YUAN F, CHEU R L. Incident Detection Using Support Vector Machines [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2003, 11 (3): 309 - 328.
- [20] TAN M C, WONG S C, XU J M, et al. An Aggregation Approach to Short-term Traffic Flow Prediction [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2009, 10 (1): 60 - 69.