

北京市低碳交通发展现状、问题与对策研究*

李云燕, 羡瑛楠

(北京工业大学循环经济研究院, 北京 100124)

摘要: 在快速城市化进程中,北京市交通设施建设发展迅猛,机动车辆随之增加,由此带来的交通拥堵、能源消耗和碳排放问题日益凸显。该文以北京市2005年至2010年居民出行调查资料为基础,运用低碳交通模型,预测在不同情景模式下各交通方式的发展情况,对不同交通方式的二氧化碳排放量进行计算,分析得出大力发展公共交通及零污染的自行车等交通是北京市实现低碳交通的必然趋势,并提出北京市未来实现低碳交通发展战略及政策治理方面的对策措施。

关键词: 低碳交通;能源消耗;碳排放;对策措施

中图分类号: X24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2404(2014)63-0013-06

随着城市建设步伐的加快及生活水平提高,城市居民对交通出行的需求增加,城市交通系统的规模和复杂性不断增大,机动车保有量上涨,城市交通已经成为不可忽视的能源消耗大户。国际经验表明,经济发展水平越高,交通占能源消费的比例也越大。北京作为国际化大都市经济状况处于全国前列,机动车增长速度过快、交通拥堵现象严重、污染物排放量大。2012年北京市总的能源消费量为7717.77万吨标准煤,而交通行业能源消费量为1235.1万吨标准煤,占北京市总能源消费量的16%左右,且在交通运输过程中会产生氮氧化物、碳化氢、铅化合物等对健康特别有害的污染物,因此交通领域节能减排的任务更重。在全球低碳发展的趋势下,如何以全新的视角审视交通低碳化的要求,积极探索更高效、更节能、更低碳、更清洁的可持续发展模式,是北京市实现低碳交通必须直面的挑战。

1 北京市低碳交通发展现状

北京市近年来工业耗能基本保持稳定,而交通运输行业能源消耗量在整个统计阶段持续上升,总体情况是从2005年8.89%一直上升到2011年14%的比例。由于数据有限,主要根据北京交通发展研究中心编写的2008年到2011年《北京市交通发展年度报告》对北京市六环内交通结构、不同交通方式碳排放现状、管理措施等进行分析。

1.1 北京市居民出行量与出行结构现状

随着人口和社会经济发展,北京市交通需求持续增长,根据最新数据显示,2007年到2010年北京六环内每年出行总量逐年递增(见表1)。

表1 北京市每年居民出行总量

年份	2007年	2008年	2009年	2010年
居民出行量(万次)	830740	962140	1014335	1067260

随着北京城市化水平的推进,城市结构的调整,居民日常生活范围越来越广阔,人们对出行方式以及公共交通服务的要求也相应的发生变化。例如变化较大的有:私家车由1986年1.7%的比例增长为2010年的34.2%,自行车由1986年62.7%的比例降为2010年16.4%。尤其在2007年-2009年,公交车、轨道交通发展较快,在轨道交通运营线路、运营里程和客运量方面,2009年数据均达到了2006年的2倍,每日客运量增加200万人次。由于采取了一些公交优先措施,公共电汽车客运量也逐渐增加,

收稿日期:2014-06-09

作者简介:李云燕,研究员,硕士生导师,博士,主要从事环境经济学、环境规划与管理、环境影响评价等方面的研究;羡瑛楠,硕士研究生,主要从事环境经济与评价等方面的研究。

E-mail: xianyingnan@126.com

*本文为北京市科技计划课题软科学研究项目(编号: Z131109001613006)和北京市社会科学基金项目(编号:14JGB036)的阶段性研究成果。并得到北京市重点学科——资源、环境与循环经济项目资助(项目编号:033000541214001)。

2009年北京的公共交通出行比例上升到38.9%,首次超过小汽车的出行比例。

1.2 不同交通方式碳排放现状

1.2.1 低碳交通模型概述

由于机动车污染排放量与机动车行驶里程、使用能源及排放因子有关,而各出行方式的能源使用种类和总行驶里程无法直接统计,因此选取与居民出行总量、出行结构及出行距离相关的低碳交通模型。此模型来源于碳网络的二氧化碳排放计算器,其主要计算方法是用距离乘以相应交通方式的二氧化碳排放指数 M 。指数 M 仅限于二氧化碳,其它间接过程(例如汽车制造过程)中产生的二氧化碳并不计算在内。(大部分指数 M 值来自英国环境部)

低碳交通模型为: $EC(i) = N \times S(i) \times TD(i) \times M(i)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$)

式中: $EC(i)$ 表示第 i 种交通方式的碳排放量(吨);

N 为居民出行总量(万次);

$S(i)$ 为第 i 种交通方式分担率(%);

$TD(i)$ 为第 i 种交通方式人均出行距离(千米);

$M(i)$ 为第 i 种交通方式的情况下每人每千米的二氧化碳排放量(千克/千米·人)。

根据资料,不同交通方式的 M 值如表2。

表2 不同交通方式的 M 值

交通方式	公共汽车	轨道交通	出租车	小汽车
二氧化碳排放量 (千克/千米·人)	0.069	0.042	0.2	0.2

公式(1)中需要用到的居民出行总量及出行方式比例已有表1和图1给出,历年的居民出行平均距离见表3。

表3 2007年到2010年居民平均出行距离

距离(公里)	公交	地铁	出租车	小汽车	自行车	步行
2007年	8.42	13.15	7.96	11.49	3.08	0.84
2008年	7.845	14.00	7.64	11.14	3.02	0.82
2009年	7.27	14.84	7.32	10.78	2.95	0.80
2010年	9.60	16.35	7.15	9.30	3.25	1.50

(注:其中由于缺乏2008年平均出行距离数据,取2007年与2009年数据平均值。)

1.2.2 不同交通方式碳排放量

将表1到表3中各数据代入公式(1)中,得2007年到2010年不同交通方式的碳排放量和总的碳排放量如表4。

表4 历年不同交通方式碳排放量

排放量 (万吨)	公共 汽车	轨道 交通	出租车	小汽车	总计
2007年	132.73	32.12	101.84	622.35	889.04
2008年	149.99	45.24	108.79	719.94	1023.96
2009年	147.05	63.22	105.43	743.55	1059.25
2010年	199.36	84.28	100.73	678.91	1063.28

北京市六环内近几年的二氧化碳排放量不断增加,其中小汽车的二氧化碳排放量占到70%左右,而轨道交通的二氧化碳排放量仅为3%到7%左右。但由于发展公共交通,在有效缓解交通拥堵的同时,也降低了交通领域的能耗及温室气体排放量,2007年到2010年二氧化碳排放量涨幅有所下降,由15.2%降到0.38%。

1.2.3 北京市交通油耗变化状况

2005年-2012年北京市交通领域的汽油与柴油使用量见表5。

表5 北京市交通领域汽油和柴油使用量

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
汽油使用量(万吨)	48.46	55.66	52.57	46.42	43.68	41.04	44.99	44.03
柴油使用量(万吨)	56.55	81.19	102.66	128.61	128.76	127.27	133.88	117.34

从上表明显看出北京市私家车汽油使用量大体呈下降趋势,而柴油使用量大体呈上升趋势而以

2012年为转折点使用量有所下降。这与近几年国内成品油价格调整及市场对节能减排需求有关。

2 北京市低碳交通发展的问题分析

北京以低碳为目标的交通管理措施主要在近几年实行,旨在减少交通对大气的污染,包括机动车尾号限行、严控车辆尾气排放标准、加大淘汰老旧车力度、提高机动车燃油标准等一系列综合治理措施。通过这些措施的实施,保障了常住人口年增 60 万人,机动车保有量年增 50 余万辆的情况下,交通运行情况和生态环境没有持续恶化。这些措施的实行对缓解交通对大气污染、减少交通碳排放发挥了一定的作用,但并不能成为低碳交通发展问题的治本之方。面对小汽车的膨胀式增长,这些管理措施仍不能从根本上解决污染问题。

2.1 能源消费与空气污染亟待解决

北京市交通行业能源消费量增长率逐年下降,由 2005 年 27% 的增长率下降到 2012 年的 4.1%,说明北京市在采取低碳交通政策方面取得一定成效,但是由于能源消费有一定的惯性及累加性,北京市交通行业能源消费由 2005 年消耗 563.4 万吨标准煤增长到 2012 年的 1 235.1 万吨标准煤,期间产生的空气污染问题也不可小觑。如 2012 年大面积爆发的雾霾使北京数月笼罩在不见蓝天的阴霾中,给人们的工作、出行以及心情带来很大的困扰。据有关学者得出“京津冀区域灰霾天增加的本质原因,是大气中含碳的轻质细粒子数浓度大幅度增加所致,其主要来源是人为的化石燃料燃烧过程排放”,其中机动车及相关产业过程中占 PM_{2.5} 来源的大约 50%。而不同种类车辆颗粒物的排放因子差别非常大,如摩托车排气量及颗粒物排放量较大,柴油车颗粒物的排放因子均远远高于轻型汽油车,而公交车在使用清洁燃料液化石油气和天然气时颗粒物的排放因子和排放量有非常显著的降低。如何合理使用能源,减少颗粒物排放及空气污染是北京市交通行业面临的首要问题。

2.2 交通出行结构仍待优化

城市居民采取什么样的出行结构,出行时耗多久等出行特征也是影响交通碳排放的一个重要方面。由图 1 可以看出近几年北京市公共交通(公交车和轨道交通)出行比例约为 35%,虽然比例有所上升,但仍不是城市居民主导的出行方式。而碳排放量较高的小汽车出行比例约为 33%,且比例呈逐年增加的趋势。而没有碳排放量的自行车出行方式

比例逐年减少,仅占到约 17%。

2.3 交通工具能源使用尚不合理

近几年来,随着市场对节能减排的需求,中国柴油消费量不断上升,而当前国内经济的高速增长依然需要以石油资源的大量消耗作为依托。然而在下调国内成品油价格后,利润的直接损失使得主营出货意愿不高,市场流通资源减少,从而很大程度上加剧了资源紧张的局面。很多地方出现了资源尤其是柴油供不应求的局面。

而目前投入巨资开展纯电动汽车的研发和生产,尚存在一系列难题亟待攻克,电池的容量与体积的矛盾难以解决,有学者提出电的来源 80% 也是煤电,认为纯电车并没有从根本上起到环保作用;而油电混合动力方案也有很高的要求:高科技和高成本,这也就制约了油电混合乘用车的尽早普及。严峻的现实,冷酷地摆在所有忧虑国家能源安全、关注节能减排形势学者和车企的面前。

3 不同情境模式下北京市交通能源消耗分析

选取 2020 年为预测年,首先运用灰色系统模型根据 2007 年到 2010 年的数据预测 2020 年居民出行总量。灰色预测把预测数据序列看作随时一间(序列数据的序号)变化的灰色量或灰色过程,在建模前,先对原始数据进行整理和处理,通过累加生成和相关生成逐步使灰色量白化,使之呈现一定的规律性,从而建立相应于微分方程解的动态模型并做出预测。

居民出行总量预测公式为: $y_1(t) = 18099650 \times (1 - e^{-0.0518t}) \times e^{0.0518t} \quad t = (1, 2, 3, \dots)$ (2)

得出 2020 年居民出行量为 4 908.60 万次/日,是 2010 年居民每日出行量的 2.16 倍。乘坐不同的交通工具,其能源消耗和温室气体排放、污染排放有着天壤之别。模拟不同的情景模式,即根据选择出行交通方式的不同计算比较北京市二氧化碳排放量,进而选出最优出行方式。

3.1 情景分析

情景 I:更多的私人汽车(即惯性发展)

至 2012 年年末北京市机动车保有量 520 万辆,比 2011 年年末增加 21.7 万辆。民用汽车 495.7 万辆,增加 22.5 万辆;其中私人汽车 407.5 万辆,增加了 17.8 万辆。私家车占全市机动车总量的六成左

右。假如现有的汽车保有量增长率,能耗降幅维持现有水平,公共交通及非机动车交通保持目前发展速度,没有大幅度的提高。按照此惯性发展下去,建立私家车出行分担率的灰色预测模型: $y_2(t) = 996.31 \times (1 - e^{-0.03051}) \times e^{0.03051t} \quad t = (1, 2, 3, \dots) \dots\dots (3)$

预测到2020年北京市私家车出行分担率为47.31%,以2010年水平为基准,假定其它交通出行方式分担率、出行距离均不变,将以上数据代入公式(1),则到2020年北京市六环内二氧化碳排放总量为2218.17万吨,为2010年二氧化碳排放量的2.09倍。其中私家车二氧化碳排放量为1572.743万吨,是2010年私家车二氧化碳排放量的2.32,为主要二氧化碳排放来源。

情景 II:更好的公共交通

根据《北京城市总体规划(2004年-2020年)》规划要求,到2020年公共交通成为城市主导客运方式,居民出行的选择性增强,出行效率提高,交通拥堵状况得到缓解和改善。到2020年中心城市公共交通出行方式占出行总量的比例50%以上,其中轨道交通及快速公交的比重占公共交通的50%以上,在此情景模式下,根据北京市城市规划要求,利用权重分析法确定到2020年北京市公共汽车出行分担率为20%,轨道交通出行分担率为30%,其它数据仍以2010年为基准,保持不变。将以上数据代入公式(1)得出2020年北京市六环内二氧化碳排放总量为1915.24万吨,相比情景 I 碳排放总量有所下降,但是下降量不明显。原因之一是公共交通的比例增加但没使得私家车的比例减少。

情景 III:更好的城市环境质量

根据《北京城市总体规划(2004年-2020年)》规划要求要想实现区域协调发展和整体生态环境的大幅改善仅发展情景 II 远不足以达到要求,在情景 II 中公共交通出行方式分担率的增加挤占了一定的私家车出行比例,未考虑到私家车出行方式分担率下降给二氧化碳排放量带来哪些影响。在此情景模式下,仍以2010年数据为基准,出租车、自行车出行方式分担率及居民出行距离不变,公共交通和私家车出行方式分担率设为未知,即求 $EC = \sum_{i=1}^4 N_{2020} \times S(i) \times TD(i) \times M(i) \dots\dots\dots (4)$

的最小值,(N_{2020} 为2020年北京市居民出行总量)将以上数据代入公式(4),利用线性规划求最优

值法得出公共汽车出行方式比例为25%,轨道交通出行方式比例为48.9%,私家车出行方式比例为0时北京市二氧化碳排放量最小为648.32万吨。

3.2 结果分析

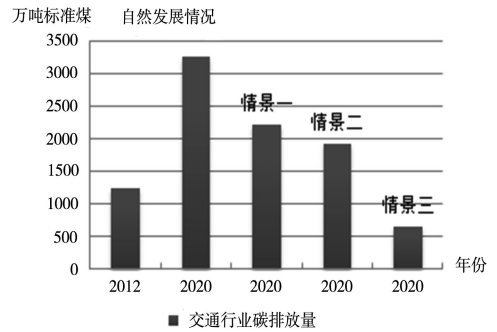


图1 不同情境模式下北京市交通行业碳排放量

三种情景模式都基于一定的假设性条件,结果可能与现实有些出入。比如第三种情景私家车的出行比例为0,这显然是不可能,但最重要的是得到碳排放的走势而不是确定的值,因此基于假定条件得到的结果是成立的。由结果分析图可以看出,在不采取任何措施的情况下,北京市交通行业的碳排放量会大幅增加;情景一,除私家车外,其它保持2012年的基准水平,交通行业的碳排放量涨幅也较大;情景二,在小汽车自然增长的出行比例下增加公共交通出行比例,北京市交通行业的碳排放量较情景一有所减少;情景三,加大控制小汽车出行比例的同时增加公共交通的出行比例使得北京市交通行业二氧化碳排放量大幅降低。通过分析表明大力发展公共汽车和轨道交通使得北京市二氧化碳排放量大幅降低,情景 III 二氧化碳排放量是情景 I 排放量的0.29倍,是情景 II 排放量的0.34倍。每1%的居民出行方式由私家车转化为轨道交通,二氧化碳年排放量将减少21.02万吨。每1%的居民出行方式由私家车转化为公交车,二氧化碳年排放量将减少21.46万吨。每1%的居民出行方式由出租车转化为轨道交通,二氧化碳年排放量将减少13.32万吨,每1%的居民出行方式由出租车转化为轨道交通,二氧化碳年排放量将减少13.74万吨。

通过以上情景分析表明,影响城市交通二氧化碳排放的主要因素有四项:居民出行总量、出行结构、人均出行距离、排放因子。要减缓城市交通的碳排放,主要可以通过以下几点措施来实现。第一,合

理优化居民出行方式比例,使碳排放量高的出行方式比例降低,碳排放量低的出行方式比例提高。如鼓励开私家车的居民尽量选择轨道交通方式出行以减少二氧化碳排放量。第二,合理规划北京市城区结构,将部分医院、学校搬离市中心,减少远郊市民的出行距离。第三,加大技术创新力度,并通过采用各种信息化措施(如智能交通)较少拥堵,提高机动车的能源利用率。

4 北京市低碳交通发展对策建议

针对北京市“人文交通、科技交通、绿色交通”的交通发展远期目标,北京市实施低碳交通应重点从加强城市交通管理、推广智能交通,实施公交优先战略、提高公共交通出行比例,严格限制机动车保有量、加快淘汰黄标车和老旧车辆、大力推广新能源汽车,提升燃油品质、加强机动车环保管理等方面提出对策措施。

4.1 选择适宜交通发展模式,大力发展公共交通

由情景模式法分析得出大力发展公共交通是实现北京市低碳交通目标的最优选择。在北京交通工具的选择上,既要保存机动化能力,使大家方便出行,更要在社会形成出行依赖小汽车的习惯之前,大力提倡和发展符合低碳原则的公共交通体系,如快速公交和轨道交通等。根据北京市制定2013年-2017年清洁空气行动计划,大力发展公共交通,到2015年全市轨道交通运营里程力争达到660公里。到2017年中心城区公共交通出行比例力争达到52%,公共交通占机动化出行比例达到60%以上。与此同时大力发展清洁燃油、使用新技术能较好地实现节能减排,积极建设公交城市,使公交和私车更好地结合起来,营造良好出行环境。

不容忽视的还有自行车在北京市交通中的地位。自行车交通具有零污染的特点,是最清洁的交通工具。北京市区道路平坦、降雪量极小的地理和气候环境,对自行车交通的发展提供了非常有利的条件。今后应加强自行车道、步行道建设和环境整治,推广公共自行车服务运营。

4.2 强化智能交通,推进公交信息化发展

因公交系统在北京市交通领域中的重要地位,应加强电子信息与交通领域的结合,发挥联盟产业研究结合的优势,使公共交通信息化,鼓励采用新的技术促进公交智能化,大力发展智能交通信息系统,

为公众出行提供信息服务,提高公交运行效率和服务质量。实时采集公共交通动态信息、掌握动态客流数据、公交站点车辆信息预发布。如在公交车枢纽、站点普及电子信息站牌,使出行者可以方便及时地获取公交服务信息。例如当乘客在长龙似的队伍后面等待公交时,公交车况、站台候车人数等信息可以通过移动网络实时传输到公交调度中心,工作人员根据实际情况有效调配车辆的同时还会将实时路况、车辆到站、换乘路线等信息通过站台终端发布出去,以方便乘客选择最便利的出行路线。

4.3 寻找最优交通工具使用能源,积极推广新能源汽车

优先发展混合动力和纯电动汽车,大力推广清洁能源汽车,并稳步推进新能源汽车设施建设。研究制定鼓励个人购买和使用新能源汽车的相关政策。继续抓好公交、环卫等行业及政府机关的新能源汽车示范应用工作。加快加气站、充电站(桩)等配套设施建设,满足新能源和清洁能源汽车发展需求。2017年底,全市新能源和清洁能源汽车应用规模力争达到20万辆。大力推广新能源和清洁能源汽车是我们美好的愿景,但目前实施过程中面临很多问题。在新能源汽车还难成气候的情形下,有学者提出在交通行业通往节能减排的路上应让乘用车柴油化,是汽车社会节能的现实选择。

有检测数据表明,与同排量的汽油车相比,采用突破性新技术的柴油车可实现节油30%、动力提升30%至50%。如果北京市每年增加100万辆乘用车,而其中有30%柴油化,则每年可节油30万吨;如此10年以后,按保有量中30%的柴油乘用车计算,一年则可节油300万吨,宏观效益巨大。而且与同排量的汽油车相比,清洁柴油车可实现减少二氧化碳排放25%。柴油发动机之所以在以前没能在乘用车上得到推广应用,是由于一些技术难关尚未攻克,冒黑烟、噪音大、易熄火等缺陷令人对其敬而远之。但是,现代科技的发展给柴油发动机带来了革命性的巨变。今后柴油发动机技术革新应是研发的主力方向。

4.4 倡导低碳交通理念,鼓励绿色出行方式

提升交通服务管理水平,为城市居民提供安全、畅通、舒适、多种选择的出行方式,将优先权给予低碳排放的出行方式。将节能环保的城市交通理念深入人心,鼓励民众选择碳排放低的公共交通、零碳

排放的自行车和步行为出行方式,为低碳交通创造良好运行环境。加强交通文明宣传教育,号召市民文明出行,通过开展公交周、无车日等活动,倡导采用公共交通、骑自行车或网上购物等绿色出行方式。通过鼓励绿色出行、增加使用成本等措施,降低机动车使用强度。未来北京的“低碳交通”发展需要依靠政府、企业、社会与个人的共同努力。

参考文献

- [1] 北京市交通委员会. 北京市交通发展纲要(2004年~2020年)[R]. 北京:北京市交管局,2005.
- [2] 刘文字. 北京市发展低碳交通的前景分析[J]. 综合运输,2010(9):37-40.
- [3] 朱松丽. 北京、上海城市交通能耗和温室气体排放比较[J]. 城市交通,2010(3):58-63.
- [4] 卫蓝,包路林,王宙. 北京低碳交通发展的现状、问题及政策措施建议[J]. 公路,2011(5):209-213.
- [5] 陈静,张景秋. 低碳经济视角下的北京公共交通发展研究[J]. 改革与战略,2010(5):70-72.
- [6] 庄贵阳. 以低碳经济应对气候变化挑战[J]. 环境经济,2007(1):69-71.
- [7] 北京市2013-2017年清洁空气行动计划[EB/OL]. 新华网. http://www.bj.xinhuanet.com/bjyw/2013-09/13/c_117351459.htm. 2013-9-13.
- [8] 北京市2013-2017年机动车排放污染控制工作方案[EB/OL]. 中国经济网. <http://hj.china.com.cn/zghj/zcfg/326548.shtml>. 2013.10.30.

Current Situation, Issues and Countermeasures of Low Carbon Transportation in Beijing

LI Yunyan, XIAN Yingnan

(*Institute of Recycling Economy, Beijing University of Technology, Beijing100124, China*)

Abstract: Beijing's transport facilities as well as motor vehicles are booming in the wake of rapid urbanization, which results into increasingly problems of traffic congestion, energy consumption and carbon emission. Based on resident trip investigation from 2005 to 2010, the article uses low carbon transportation model to calculate the development status and carbon-dioxide emissions of the various modes of transport in different situations, and elaborates that the development of public transport and bicycle transport will be the inevitable trend to achieve Beijing's low carbon transportation.

Key words: low carbon transportation; energy consumption; carbon emission; countermeasures