

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2011.00105

低碳城市交通模式与发展策略

李振宇

(交通运输部科学研究院城市交通研究中心, 北京 100029)

摘要: 低碳交通建设是应对全球能源危机和气候变化的重要内容。目前, 我国的低碳城市交通建设刚刚起步, 加上城市交通问题本身的复杂性, 低碳发展的模式尚不十分清晰。本文首先给出了低碳城市交通的定义、内涵和特性, 分析了我国低碳城市交通的发展现状和主要影响因素, 最后提出了相应的发展策略和具体的实施措施。

关键词: 城市交通; 模式; 低碳; 策略

中图分类号: U121 文献标识码: A 文章编号: 1674-4969(2011)02-0105-08

1 引言

受工业革命的推动, 世界经济得到突飞猛进的发展。煤炭、石油等能源的开发利用是世界经济腾飞的基础和动力, 为世界财富增长作出了不可磨灭的贡献, 同时, 也导致温室气体排放迅速上升, 全球气候变暖加剧等严重问题, 人类不得不面临由其带来的严峻挑战。在当前形势下, 由于世界各国的发展阶段不同, 气候问题不仅是环境问题, 也是发展问题。2003年, 英国首先提出了“低碳经济”的概念。2008年, 联合国环境规划署将当年“世界环境日”主题确定为“转变传统观念, 推行低碳经济”。低碳经济是一种以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式, 是人类文明的又一重要进步。

我国正处在工业化、城市化的快速发展阶段, 以煤炭和石油为代表的高碳能源的使用量以及相应的温室气体排放量迅速增加。其中, 交通行业始终是用能和排放大户。目前, 交通用能仍以油气为主, 几乎全部汽油和60%的柴油被各类交通工具所消耗^[1], 排放情况与之类似。而且, 随着

经济的发展和人民生活水平的提高, 对机动化出行的需求也将不断提高, 小汽车已快速步入家庭, 城市交通的能源消费和温室气体排放快速增长不可避免。

为应对全球气候变化, 欧美日等发达国家纷纷着手制定低碳交通运输发展战略。英国交通部门于2007年5月率先提出“低碳交通运输创新战略”, 又于2009年7月发布了交通行业的减碳战略《低碳交通运输: 更加绿色的未来》, 为实现低碳交通指明了发展方向。为加快构建我国低碳交通运输体系, 我国的交通运输部门也组织开展了相关专题研究, 并在课题研究的基础上于2010年2月出台了《关于加快推进低碳交通运输体系建设的指导意见》, 同时选择在天津、重庆、深圳等10个城市启动了低碳交通建设的试点工作。在城市层面, 深圳、上海、北京等城市也正在开展与低碳交通相关的政策研究。因此, 制订低碳交通发展战略, 转变城市交通发展模式, 对进一步指导构建我国可持续的城市低碳交通体系具有重要的现实意义。

收稿日期: 2011-03-15; 修回日期: 2011-04-22

基金项目: 瑞典沃尔沃研究与教育基金会(VREF) 资助(CoE-2005-3)

作者简介: 李振宇(1975-), 男, 山西长治人, 硕士, 副研究员, 研究方向: 城市交通节能减排、应对气候变化政策。

E-mail: lizhenyu_sxcz@163.com

2 低碳交通模式的定义、内涵与特性

2.1 定义

低碳交通是一种以高效能、低能耗、低污染、低排放为特征的交通发展方式,是动态追求社会经济发展、交通可持续发展与交通低碳化平衡点的过程,是一种以尽可能低的碳排放强度、最少的温室气体排放实现最大化效用的新型产业发展模式^[2]。

不同交通方式按照二氧化碳排放强度排序,由高到低为:出租汽车、私人小汽车、摩托车、常规公共汽车、快速公交(Bus Rapid Transit,简称BRT)、轨道交通和自行车(详见图1)。图1显示,城市公共交通是最节能、最低碳的机动化出行方式,出租车因“巡弋式”的运营模式导致高空驶率,二氧化碳排放强度最高。由此可见,发展城市公共交通是城市交通减少碳排放的重要途径^{[3]15-17}。

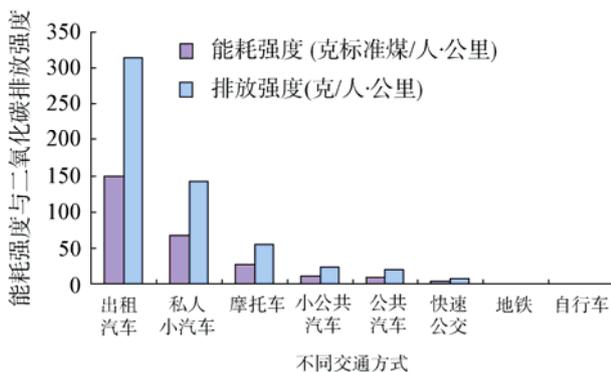


图1 不同交通方式的二氧化碳排放强度比较

2.2 内涵

(1) 低碳交通是一种相对于高碳交通的新交通运行方式。发展低碳交通的关键在于降低单位客运量的碳排放量,即降低碳排放强度,由此减缓和控制CO₂排放的增长速度。交通低碳化是导向,也是目标,更是转变发展方式的重要手段。

(2) 低碳交通是一种相对于以化石燃料为主的传统交通模式的新交通模式。发展低碳交通的关键在于优化交通用能结构,逐步降低对化石高碳燃料的严重依赖,通过新能源替代和新技术开发,依次实现城市交通向降碳、减碳、零碳进程迈进。

(3) 低碳交通是一种以“人的流动”为核心的新交通发展理念。发展低碳交通是以“人的流动”为核心,是对传统以“车的流动”为核心的发展理念的重要革新。发展低碳交通的目的是形成一个方便快捷、经济安全、绿色高效、机动化与非机动化出行方式之间衔接顺畅的综合运输体系。

2.3 特性

(1) 系统性。低碳交通首先是一个整合系统,需要发挥各种交通方式的组合效率和整体优势,任何一种或几种交通方式都代替不了其他交通方式存在的必然性。在这个整合系统下,同时又包括不同的系统,如车辆系统、能源系统等。在车辆系统中,既需要发展新的低碳工具,又要不断提升传统工具的技术水平;同样,在能源系统中,既要发展新的低碳能源,创新能源技术,又要提高传统能源的效率,两者之间相辅相成,缺一不可。

(2) 双向性。低碳交通具有双向性,包括供给和需求两方面。在供给方面,需要提供一个低碳的交通运输服务系统,这是硬件,是基础;在需求方面,需要公众更新传统观念,理性选择出行方式,这是软件,是补充。因此,只有实现系统内的供需平衡,才能真正实现城市交通的低碳化。

(3) 相对性。低碳交通具有相对性。如,仅考虑运营阶段,各种交通方式都存在从高碳向低碳,再向零碳过渡的巨大减碳潜力。所以,小汽车不直接意味着高碳排放,纯电动小汽车即属于低碳排放,未来并有可能实现零碳排放。目前,以汽油、柴油为燃料的公交车辆也有很大的减碳潜力,也同样可以进一步实现低碳公交的目的(详见图2)。



图2 不同交通工具的二氧化碳排放特征比较

3 城市交通发展的现状分析

从当前城市交通的能源消费结构来看，我国城市交通仍是以高碳燃料为主的高碳发展模式。

3.1 城市交通的二氧化碳排放量迅猛增长，小汽车的排放比例最大

近年来，在城市交通得到很大发展的同时，城市交通的二氧化碳排放量也迅猛增长。据世界银行对全球环境基金(GEF)项目中 17 个样本城市中城市交通(含货运)二氧化碳排放量的测算，2006 年，17 个样本城市城市交通的二氧化碳排放量约为 5400 万 t，约占当年全国城市交通二氧化碳排放量的 16%。研究显示，多数城市的二氧化碳排放量中，城市公交、摩托车和出租车等交通方式的贡献率为 10%~20%。2000—2006 年，所有样本城市中城市交通二氧化碳排放量的增长率为 6%。对于北京和上海等服务、金融和行政部门高度发达的大城市，来源于小汽车的二氧化碳排放量占一半左右(详见图 3)^[4]。

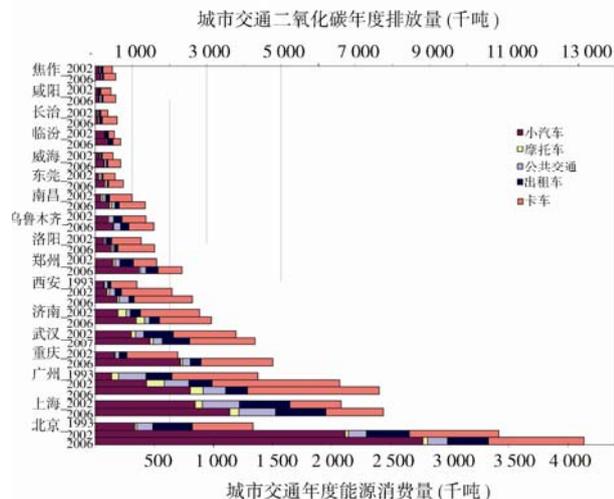


图3 部分城市二氧化碳排放和能源消费情况

资料来源：Georges Darido, Mariana Torres.城市交通与二氧化碳排放：中国城市的一些特征[R].北京：[出版者不详]，2009：12-16.

3.2 城市公交的二氧化碳排放仍以化石燃料的排放为主

城市公共交通的用能结构仍以汽油和柴油为主

的现状，决定了以化石燃料排放为主的二氧化碳排放结构。据研究测算，2009年，全国城市公共交通的二氧化碳排放量约2600万t，比2005年增加43%。从二氧化碳排放结构来看，汽油和柴油的二氧化碳排放占城市公交和出租车总排放的82%；压缩天然气所占的比例快速上升，占14%；甲醇、乙醇、生物柴油等其他替代能源的比例极低；运输阶段的电能消费占1%，为零排放。

3.3 城市公交的碳排放强度逐步下降，但城市客运的碳排放强度呈上升态势

随着机动化水平的上升和公共交通的发展，城市客运的能源强度和碳排放强度稳步上升。以北京为例，据国家发展与改革委员会能源研究所研究，1995年，由于自行车在出行结构中占据主要地位，私人交通的平均排放强度(49g/人·km)低于公共交通，但随着私人机动交通的迅猛发展和慢行交通的萎缩，到2005年私人交通的平均排放强度(76g/人·km)已经大大超过公共交通的排放强度，十年间排放强度年均增加4.5%，使整个城市交通的排放强度快速上升。轨道交通的发展和替代燃料、高效清洁能源的推广使公共交通效率提升，但无法从根本上改变北京市城市交通排放强度上升的趋势^[5]。2005年至今，北京轨道交通得到快速发展，但小汽车同样在经历“井喷式”的增长，城市交通的排放强度变化趋势尚待进一步研究。

4 构建低碳城市交通体系的影响因素

从社会经济/人口规模→交通需求→能源需求→二氧化碳排放的整个流程可以看出，影响构建低碳城市交通体系的主要因素有城市和交通规划、交通出行结构、交通运行管理、交通技术和交通消费五方面(详见图4)。其中，城市和交通规划直接决定了交通的刚性需求；交通出行结构优化和交通技术创新是实现低碳交通的必由之路，缺一不可；转变交通消费观念也是实现低碳交通的重要方面，同样具有巨大的减碳潜力。

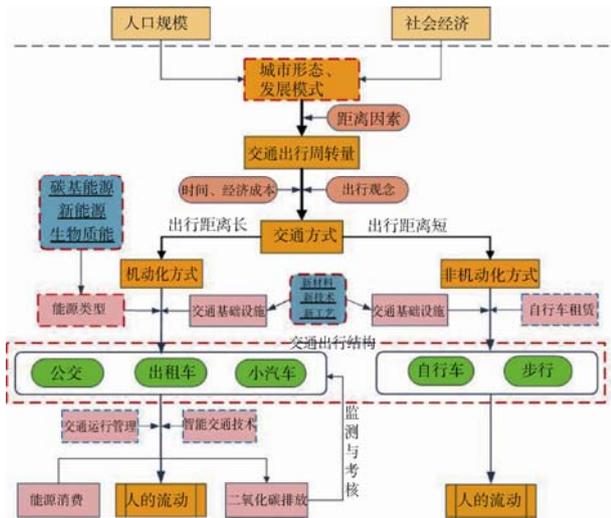


图4 交通与能源需求、二氧化碳排放流程图

4.1 城市和交通规划因素

城市空间布局对交通能源消费和二氧化碳排放影响很大。一般来讲，松散型、低密度的城市空间结构下由于机动车出行需求增加，出行次数多、出行距离长，人均交通能源消费和碳排放高，而紧凑型、高密度的城市空间结构下人均交通能源消费和二氧化碳排放则正好相反^[6]。

有学者调查了21个城市，其中北美8个，澳大利亚2个，欧洲6个，亚洲5个，从中发现，人口密度越高，人均交通能耗越低。其中，北美与欧洲人口密度差不多，但欧洲城市的人均交通能耗明显较低，原因在于欧洲城市实行了严格的土地使用政策，城市规划紧凑，而且欧洲城市公共交通十分发达，由于较高的使用成本令小汽车使用受到限制(详见图5)^{[3]21-22}。

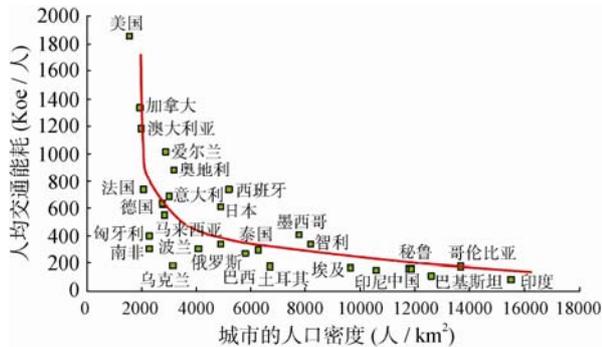


图5 城市人口密度与能耗强度的关系

资料来源: Hayashi Y, Roy J. Transport, Land-Use and the Environment [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996: 103-124.

美国圣地亚哥地区重新开发的项目采取了低碳措施，高密度的住宅建设，商业中心内设置了零售商店、餐厅、社区服务中心和超级市场。另外，自行车和行人的交通网络使人们方便地穿梭于社区和公交站点之间。美国圣地亚哥地区管理协会的统计显示，项目成熟后，整个地区的能源消耗减少10.5%，二氧化碳排放量明显减少^{[3]24}。

4.2 交通出行结构因素

交通出行结构是影响城市交通二氧化碳排放的决定性因素。低碳交通(含公交、自行车和步行)的出行比例与碳排放强度密切相关。一般来讲，低碳交通的出行比例越高，该城市的碳排放强度越低，反之则相反(详见图6)^{[7]14-18}，这充分说明了交通发展模式与碳排放强度成反比关系。

	公共交通、自行车出行、步行的百分比 (%)	二氧化碳排放 (公斤/人年)
休斯顿	5	5690
蒙特利尔	26	1930
马德里	49	1050
伦敦	50	1050
巴黎	54	950
柏林	61	774
东京	68	818
香港	89	378

图6 部分城市出行结构与二氧化碳排放的关系

资料来源: Bongardt D, Breithaupt M. Beyond the Fossil City: Towards low Carbon Transport and Green Growth[R]. Eschborn: [s.n.], 2010: 3-5.

通过优化交通出行结构较之通过提高车辆技术实现减碳具有明显的经济优势。据美国能源基金会研究，通过优化出行结构减少每吨二氧化碳排放的成本最高不超过70美元，而通过技术途径减少每吨二氧化碳排放则最低需要148美元。这说明，优先发展公共交通，建立以城市公交为主导的城市交通体系是一种既低碳环保又经济高效的发展模式。

4.3 交通技术因素

交通技术因素重点是指鼓励发展节能和新能源汽车，提高燃油效率，优化用能结构，是转变

交通发展模式，构建低碳交通体系的重要方面。新能源汽车重点是指电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车。替代燃料汽车重点是指以CNG(Compressed Natural Gas, 压缩天然气)、LPG(Liquefied Petroleum Gas, 液化石油气)、车用乙醇和二甲醚等燃料为动力的汽车。我国城市公交车辆的主要技术发展趋势正逐步从传统汽车向纯电动汽车和燃料电池汽车转变(详见图7)。

为了达到保证能源供应安全以及减少二氧化碳排放的双重目标，车用能源正经历着低碳化和清洁化的过程，从提高传统汽柴油的油品质量，到发展CNG、LPG、车用乙醇和生物柴油等清洁燃料，终极目标是通过实现可再生能源制氢，真正实现交通工具用能零排放的目标^[8]。

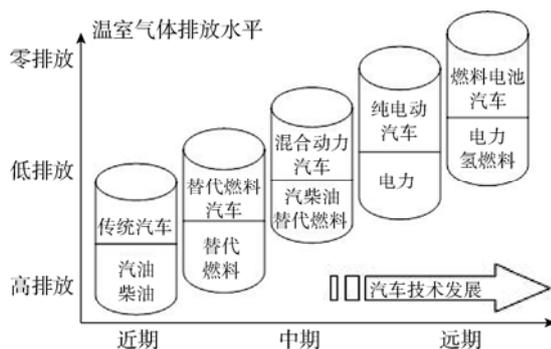


图7 机动化交通工具低碳化发展路线图

资料来源：冯相召. 城市交通二氧化碳减排的战略研究[M]. 北京：气象出版社，2009：35-40

4.4 交通运行管理因素

提升交通的管理水平对提高交通服务水平和服务效率，以至于进一步降低城市交通的二氧化碳排放水平有很大关系。目前，我国多数城市交通运行仍然没有摆脱粗放式人工调度的管理方式，这不仅导致效率低下，而且很难保证理想的运营状态，直接影响了公共交通的服务经营水平。而且，随着各城市小汽车的快速发展，停车问题也成为影响交通运行的重要问题之一。

4.4.1 ITS 技术

据美国相关研究，依靠交通信息化以及

ITS(Intelligent transport system, 智能交通系统)，一方面可以直接大幅提高交通通行效率，可使整个路网的通行能力提高 20%~30%，使燃油消耗降低 25%~50%。同时，由于公交实载率的提高也可以降低公交车的二氧化碳排放强度。因此，提高信息化技术水平，加快城市智能交通建设，可促进城市交通行业向高科技、低能耗、低排放的低碳交通方向发展^[9]。

4.4.2 标准与制度

从市场准入与退出机制角度出发，制定和完善高于国家标准和行业标准的节能减排企业标准，如通过对公共交通工具的燃油消耗标准、二氧化碳排放标准进行控制，提高排放控制标准，制定严格的市场准入退出制度，从源头上减少二氧化碳排放。另一方面，利用定额管理制度来对能源消费、二氧化碳排放等方面进行合理安排和监督，对企业制定相应的激励奖惩制度。通常来讲，这些标准可以分为：为达到减排目标所必需的减排的技术标准和最低污染排放要求的绩效标准。如，中国 2004 年和 2007 年分别发布的乘用车燃料消耗限值标准以及轻型商用车燃料消耗限制标准均属于绩效标准。

4.4.3 小汽车停车管理

小汽车数量快速增长，停车设施又过度短缺，同时停车位信息不明确，导致城市停车难问题日渐突出。由于管理手段落后，停车位信息未能实时共享，出行者不能合理选择停车位。一方面，部分停车场的利用率不高；另一方面，许多车辆由于巡回寻找停车位而增加无谓的交通流量，导致静态交通和动态交通之间互相干扰，严重影响城市交通的正常运行效率，增加了交通拥堵和二氧化碳排放量。故此，不可忽视城市小汽车停车管理。

4.4.4 出租车运营模式

出租车是城市交通系统中的重要组成部分，

对城市交通的运输能力承担着重要的补充作用。近年来,很多城市出租车数量迅速增加和传统“巡弋式”的运营模式,导致了出租车空驶率不断提高,例如北京、上海、天津、广州等城市的出租车空驶率都在45%以上^[10]。大量空驶的出租车占用了大量的道路资源,增加了城市道路交通的负荷,对城市交通运行顺畅起到了消极作用,增加了大量的二氧化碳排放。因此,如何完善出租车的运营管理模式,降低出租车的空驶率对发展城市低碳交通至关重要。

4.5 交通消费因素

消费因素的影响主要是指文化理念及相应的生活消费模式,其对城市交通的能耗与排放起着至关重要的作用。所以,应通过媒体、网站、公益活动、培训班等方式,对广大民众进行宣传教育与培训,加强城市低碳交通体系建设的社会参与意识;政府发挥带头示范作用,公务车采购向新能源车辆倾斜;鼓励公交企业购买新能源车辆;鼓励市民购买小排量汽车和电动汽车;提升出行理念,鼓励市民将城市公交作为出行的首选方式等。

为保护城市环境,加强引导市民出行方式选择,倡导“低碳出行”理念,开展全民行动,促进民众积极参与减排。如,从2007年起确定每年的9月16日至22日为“中国城市公共交通周和无车日”。据测算,仅开展“无车日”一天,全国可节省燃油3300万升,减少有害气体排放约3000吨,并有数百人免受交通事故伤害^[11]。消费观念的转变是一项长期的任务,需要广大民众的积极参与,对减少城市交通的二氧化碳排放存在巨大潜力。

5 低碳城市交通的发展策略及措施

众多国内外的研究表明,影响城市交通二氧化碳排放的主要因素有四项:客运周转量(Transport Activity)、出行结构(Modal Structure)、能源强度(Energy Intensity)、排放因子(Carbon content of Fuels)。要减缓城市交通的碳排放,主要可以通过

以下三个策略,即实现“减少”、“转换”和“提高”,并通过五类具体措施来实现(详见图8)^{[7]3-5}。

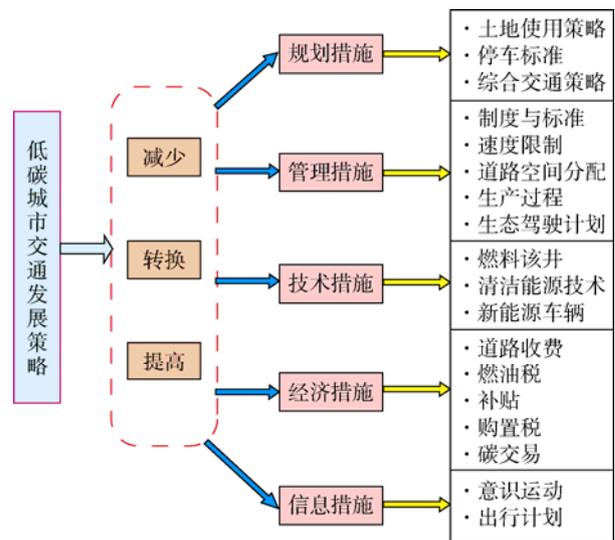


图8 城市交通的低碳发展策略

5.1 发展策略

(1) 减少,指通过土地规划、交通规划等手段,减少一些不必要的机动化出行需求,从源头上减少交通出行需求和降低出行距离,降低对私人小汽车的出行依赖,有效减少二氧化碳排放。

(2) 转换,指优化出行结构,降低高碳方式的出行比例,提高低碳出行方式的比例。通过各种途径,使部分依赖私人机动化交通出行方式的乘客转换到选择低碳交通方式出行,从而达到减碳目的。

(3) 提高,指通过技术创新,并逐步实现规模应用,通过采用信息化措施如ITS等,提高各种机动化出行方式和机动车技术的能源利用效率,降低碳排放强度。

5.2 实施措施

5.2.1 加强综合交通规划,建立以城市公交为主导的城市交通体系

(1) 构建紧凑发展的城市空间。通过统筹人口、产业布局,整合空间功能,形成组团化混合用地的布局模式,将土地利用从“二维”平面扩张逐步向“三

维”立体空间增效转变，重点关注其综合利用开发，提高城市密度，提高土地使用与交通供应的统一性，实现交通供需平衡。

(2) 实施以公共交通为导向的土地开发模式。以城市发展规划为基础，实施以公共交通为导向的土地开发模式(Transit Oriented Development, 简称 TOD)。以碳排放较低的轨道交通、快速公交等大运量交通设施建设为抓手，引导城市用地的有序拓展和更新，减少无序蔓延，促进城市空间布局不断优化。

5.2.2 加强运营和停车管理，合理引导小汽车使用

(1) 加快调整城市客运的出行结构。充分发挥城市公共交通的节能、节地、环保、低碳和运量大的比较优势，切实落实优先发展公共交通战略，结合国家“公交都市”建设的示范工程和各城市的发展实际，发展轨道交通和快速公交，优化城市道路网络和公交服务网络，提高城市公交的出行比例、服务质量和公交吸引力。

(2) 推进智能公交系统的建设。积极研发和推广智能交通综合调度系统，建立智能公交的综合调度平台，实现智能化道路和车辆运营管理、数字化管理，提升城市公交的现代化管理水平，从而提高城市公交的服务能力和运行水平。同时，加强实时交通信息资源共享，让出行者了解实时路况信息，选择适合的出行方式或及时做出路线变更选择，缓解交通拥堵，提高城市公交的总体运行效率，降低能源消费和二氧化碳排放。

(3) 建设和推广出租车智能调度信息平台，设立出租车统一停靠点，实行差别化运营，形成以电信预约方式为主，巡游出租和专用候车点出租为辅的出租汽车运营体系。

5.2.3 加强科技创新，鼓励使用新能源车辆

积极推进替代能源技术的创新与应用。结合节能与新能源汽车示范推广、低碳城市和低碳城

市交通建设试点项目，因地制宜地推广天然气、生物柴油、醇类燃料等替代燃料和石油替代技术，鼓励替代燃料在城市公共交通和出租车中的应用；建立节能与新能源车辆的准入机制；加大混合动力、纯电动汽车的示范与推广力度；形成新能源公交和出租车运营的保障体系。

5.2.4 通过经济手段，缓解城市交通拥堵

结合不同城市类别，开展交通需求管理措施研究，明确交通需求管理的主要措施、政策保障和关键技术；选择交通拥堵比较严重的城市，率先开展收取交通拥堵费等措施的示范，有效调控城市小汽车的使用；控制交通出行的需求和调节车流的时空分布，缓解交通拥堵，提高交通运行效率。同时，总结示范经验，在同规模、同类型的城市中进行交流与推广。

建议对大城市中心城区实行分区域、分时段、分标准的差别化停车收费政策。对道路供需矛盾突出而地铁公交相对发达的区域，如中心商业区、CBD(Central Business District, 中央商务区)停车场等采取高收费及时间累进制费率政策，鼓励短时间停车；对路内及路外停车场进行合理定价，充分利用现有停车设施资源；对停车换乘枢纽停车场免费或低收费，鼓励出行者停车换乘公共交通进入城市中心区。

5.2.5 加强实时交通信息引导，鼓励绿色出行

鼓励民众树立低碳城市交通消费观念，采用公共交通、自行车和步行等低能耗、低污染的“绿色出行”方式，为自行车和步行创造良好的环境。通过开展“低碳出行周”、“无车日活动”等全民活动提高居民优先选用低碳交通方式出行的自觉性。通过媒体、网站、公益活动、培训班等方式，对普通公众、城市交通管理部门官员、规划设计和运输组织及交通管理方面的技术人员等不同社会群体进行宣传教育与培训，加强城市低碳交通体系建设的社会意识。

参考文献

- [1] 李连成. 交通节能的形势与对策[J]. 中国发展观察, 2006, (12): 39-40.
- [2] 交通运输部.“车、船、路、港”千家企业低碳交通运输专项行动总结大会暨低碳交通运输体系城市试点启动会材料汇编[C]. 北京: [出版者不详], 2011: 144-154.
- [3] 江玉林, 姜克隽. 中国城市交通节能政策研究[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [4] Darido G, Torres M, Mehndiratta S. 城市交通与二氧化碳排放: 中国城市的一些特征[R]. 北京: [出版者不详], 2009: 12-16.
- [5] 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, 8(3): 58-63.
- [6] 江玉林, 韩笋生. 公共交通引导城市发展: TOD 理念及在中国的实践[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009: 60-65
- [7] Bongardt D, Breithaupt M. Beyond the Fossil City: Towards low Carbon Transport and Green Growth[R]. Eschborn: [s.n.], 2010: 3-5.
- [8] 刘卫东, 陆大道. 我国低碳经济发展框架与科学基础[M]. 北京: 商务印书馆, 2010: 40-43
- [9] 冯相召. 城市交通二氧化碳减排的战略研究[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 35-40
- [10] 常超凡, 陈团生, 刘明君, 等. 城市出租车拥有量对分担率影响分析[J]. 交通科技与经济, 2007(3): 75-76.
- [11] 王逢宝. 城市交通节能减排策略研究[J]. 城市车辆, 2008(8): 30-33.

Development Mode and Strategy of Low-Carbon Urban Transportation

Li Zhenyu

(China Academy of Transportation Sciences, Urban Sustainable Transport Research Center, Beijing, 100029)

Abstract : Construction of low-carbon transportation is important in coping with energy crisis and global climate change. At present, construction of low-carbon urban transportation is just started in China, and because of the complexity of urban transportation, the development mode for China hasn't been clear. This paper gives the definition and characteristics of low-carbon urban transportation, and then analyzes the current status and main affecting factors in low-carbon transportation in China. Finally, some strategy and measures are put forward.

Key words : urban transportation; mode; low-carbon; strategy