

国外低碳交通发展经验及对济南的启示

黄娜^{1,2}, 石羽³, 石铁矛⁴, 周勇^{5,6}

(1. 沈阳建筑大学建筑与规划学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 沈阳建筑大学资产经营总公司, 辽宁 沈阳 110168; 3. 沈阳建筑大学设计艺术学院, 辽宁 沈阳 110168; 4. 沈阳建筑大学空间规划与设计研究院, 辽宁 沈阳 110168; 5. 山东省科学院科技发展战略研究所, 山东 济南 250014; 6. 山东省生态文明研究中心, 山东 济南 250014)

摘要:随着低碳环保的理念日益深入人心,低碳交通作为解决城市交通碳排放的优良方法越来越受到关注。介绍了伦敦和芝加哥低碳交通发展的先进经验,总结了伦敦和芝加哥低碳交通减排的主要措施和实施效果,并结合济南市推行低碳交通的实践经验,指出济南市低碳交通发展需要完善法律法规、加大科技投入、发展快速公交、推动空间交通规划、健全市场机制和倡导低碳出行。

关键词:城市化; 节能减排; 低碳交通; 济南

中图分类号: X24; F512 **文献标志码:** A

城市是能源消耗和温室气体排放的主要源头(约占70%以上),其CO₂排放主要来源于交通运输部门、家庭部门(建筑物)、商业和公共部门、工业部门4个领域^[1]。交通工具是社会发展的主要载体,随着城市的不断扩展,城市人口通勤和出行对交通工具的依赖程度越来越严重,交通污染成为温室气体排放的重要来源^[2-4]。据统计,2008—2018年交通碳排放增速约为全球碳排放增速的1.4倍^[5]。

我国作为世界上最大的发展中国家,交通运输部门的能耗和CO₂排放量的比例比发达国家要低一些。但是,随着经济的发展,交通运输部门必定会成为最主要的能耗大户和CO₂排放源^[6]。因此,如果能有效地控制和减少交通运输部门的CO₂排放量,将会对节能减排工作做出巨大贡献^[7]。

我国城市化发展迅猛,1980年我国城市化水平仅为19%,2009年我国城市化水平飙

升至47%^[8],并于2019年末首次超过60%。与城市规模不断扩大相伴而生的是城市人口分布的高度集中,城市居民居住区与商业区、工业区的分离使得居民通勤、娱乐等出行对交通的需求不断提高,居民购买私人汽车的数量逐年增加。然而,城市土地利用类型布局不能有效满足居民出行需求,导致其出行压力日益增大,交通拥堵和污染问题越来越严重。交通拥堵不仅影响居民出行,而且会产生更多的碳排放,极大地制约了城市的健康可持续发展^[9-11]。低碳交通(Low Carbon Transport)理念不仅仅指在交通工具利用上选择节能降耗、低污染的车辆出行,更是要从源头上倡导低碳出行,在规划上不断优化城市交通格局,在交通出行的各个环节最大程度地减少碳排放量^[12]。低碳交通表现出高效能、低能耗、低排放和生态环保等特点^[13-14]。随着节能减排的持续发展,人们越来越重视城市生态和健康环境,环保理念不

断增强,低碳交通作为解决城市交通环节碳排放的优良方法越来越受到人们的关注^[15]。

一、国外低碳交通的经验

1. 伦敦低碳交通经验

伦敦市早在2004年的能源战略中就制定了到2050年将CO₂排放量在1990年基础上减排60%(目前的新目标是80%)的国家目标^[16]。为了按期实现这一目标,伦敦市长在2006年的草案“进一步修改伦敦计划”中又提出了一系列的中期目标。之后,参考了联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第四次评估报告、斯特恩报告和廷德尔中心对伦敦市的减排目标进行评估后的评估报告^[17-19],又对减排目标作了进一步的修正,即到2025年将CO₂减排量维持在60%的水平上。这就给伦敦市的节能减排工作带来了更大的挑战,经测算,为了将2025年的减排量稳定在60%的水平,伦敦每年必须减排3300万t的CO₂。

2006年,伦敦市交通运输排放量约占总排放量的22%,其中,货车和机动车的排放量约占交通运输排放总量的75%,有效降低这两类交通工具的碳排放量成为进一步提高减排力度的关键。要解决这一问题,就需要运用更强有力的碳定价来刺激低碳车辆的使用。

为有效地实现减排目标,伦敦市交通运输部门减排行动采取4个主要措施:

①改变伦敦人的出行方式。主要表现在继续投资公共交通、步行和自行车出行的基础设施建设,为开车出行提供具有吸引力的替代选择;通过市场、信息和其他方式推动需求管理政策的替代选择。在伦敦范围内,该措施每年可以减少近100万t的CO₂排放量。

②提高车辆的运营效率。测算显示,更理智地简易驾驶可以少用5%~10%的燃料。因此,伦敦市长在全市推行了由所有汽车、货车、出租车和公交司机参与实施的生态驾驶(如更顺畅的加速/制动以及及时的汽车维修)。

③推广使用低碳基础设施、低碳车辆和低碳燃料。交通运输部门最大的减排机遇来自于低碳车辆和低碳燃料,仅这两项因素的改善就能减少高达4~5百万t交通运输排放量。如果人们只买各个档次最省油的车,交通运输CO₂排放量预计将减少30%。

④对交通运输进行碳定价。为激励低碳车辆和燃料的需求并进一步推动低碳车辆和低碳燃料技术开发方面的创新,有必要实施更广泛的碳定价。全面的碳定价需要改变国际的、国家的和区域的监管政策。伦敦市已经率先在中心区收取交通拥堵费,还提出了差别收费的概念,即根据进入其中心商务区车辆的碳排放量对其收取费用。根据这项提案,污染最高的车辆一天将会收取25英镑的费用,而零排放车辆则免费通行。

伦敦交通战略减排行动的实施效果如表1所示。

表1 伦敦交通战略减排行动的实施效果

战略措施	描述	减排量(CO ₂ 当量单位)/t
改变出行方式	推行更具吸引力的低碳式出行(公交、步行和骑自行车)	0.96~1.92
节能驾驶	更节能的私人汽车和公共交通工具操作方法	0.96~1.92
生态驾驶	如平滑加速,减排对象为巴士、地铁、货车及私家车	0.48~0.96
使用低碳车辆	更节能的私家车和公共交通工具,如采用动力混合技术	1.92~2.88
使用低碳燃料	使用低碳燃料,如低压生物柴油	0.96

注:为统一度量整体温室效应的结果,联合国政府间气候变化专门委员会第四次评估报告规定CO₂当量为度量温室效应的基本单位。

2. 芝加哥低碳交通经验

芝加哥也是较早实施减排计划的成功案例之一,2005年排放的温室气体换算成CO₂当量单位共有32.6百万t,芝加哥当时有

280万居民,即人均每年排放12.7t的CO₂。其基线1990年(由京都议定书指定)的排放量是32.3百万t。芝加哥市专门成立了应对气候变化制定减排计划的研究小组,小组研

究结果显示,如果芝加哥不改变发展方式,继续沿着当前的路子发展下去,到2020年CO₂排放当量单位将会增长到39.3百万t。为此研究小组提出了2020年CO₂当量单位24.2

百万t的排放目标,即到2020年预计需要削减CO₂当量单位15.1百万t的排放量。针对交通方面,芝加哥研究小组提出了“改善交通的选择”战略,具体措施及效果如表2所示。

表2 芝加哥交通战略减排行动的实施效果

战略措施	描述	减排量 (CO ₂ 当量单位)/t
为运输投入更多资金	投资交通运输改善并使芝加哥过境系统的客运量提高30%	0.83
加大运输奖励的力度	为过境提供帮助,如税前过境通行证	0.03
推动以公共交通为导向的发展	鼓励侧重于公共交通运输、步行和使用自行车方面的改善	0.63
让步行和骑自行车更方便	使步行和骑自行车旅行的次数增加到100 000次/年	0.01
汽车共享和共同使用(拼车)	鼓励汽车共享、合伙用车和上下班交通车合用小组	0.50
提高车队的效率	提高包括公交车、出租车和运载车辆在内的机群的能源效率	0.21
达到更高的燃油率标准	拥护更高的联邦能源效率标准的实施	0.51
转向清洁燃料	为车辆提高可持续替代燃料的供应量和使用量	0.68
支持城际轨道	支持城际高速铁路客运计划	0.01
改善货运	扶持更多高效率的货运,包括支持CREATE	1.61

研究表明,如果芝加哥居民能够改善交通选择方式,每周少驾驶16.09 km的路程,每年将会减少0.223百万t排放量,参与者每年可节约99美元;如果能够让汽车维持良好的状态以及让轮胎适度充气,那么每年将会减少0.799百万t排放量,参与者每年可节约360美元^[20]。

经过几年的努力,伦敦和芝加哥的减排

行动取得了巨大的成绩,成为低碳行动的成功案例。打造低碳城市、发展低碳经济是当前的必然选择,由于交通排放对总排放量起着重要的影响作用,发展低碳交通成为构建低碳城市的重要举措之一。许多国家都采取了一系列低碳交通措施,包括实施车辆减排政策和道路减排政策^[1](见表3、表4)。

表3 国内外主要车辆减排政策经验

类别	政策名称	国外主要实践情况	国内有无实践
命令控制型	高速干道速度限制	主要发达国家	有
	燃油经济性标准	日本、欧盟国家、美国、加拿大、澳大利亚、韩国等	有
	车辆强制性定期检测 (Inspect Maintenance, I/M)制度	一般国家	有
	牌照竞拍制度	新加坡	有
	单双号机动车限行	无	有
财税手段	购置环节税费 (VAT(Value Added Tax,附加税), 消费税以及注册费等)	一般国家	有
	清洁节能车购置税费优惠	日本、美国、德国、丹麦等	有
	基于车辆状况的年度税费	欧盟国家、新加坡	有
	清洁节油公务用车奖励制度	英国	有
	停车费	世界各国	有

表 4 国内外主要道路减排政策经验

类别	政策名称	国外主要实践情况	国内有无实践
命令控制型	快速公交系统(Bus Rapid Transit, BRT)公交专用车道	库里蒂巴、波哥大等城市	有
	道路单行线	主要发达国家	有
	机动车单双号制度	雅典、波哥大等城市	有
	道路交通事故快速处理办法	主要发达国家	有
经济激励型	货运车高峰时段禁行	主要发达国家	有
	道路收费	伦敦、新加坡、斯德哥尔摩等城市	有
	养路费	很少	有
	公路税	新加坡等国家	无
	多乘客专用线收费(high-occupancy toll, HOT) 车道	明尼阿波利斯、洛杉矶等城市	无
	共乘车道(High-Occupancy Vehicle Lane, HOV) 网络	洛杉矶、西雅图、旧金山、亚特兰大、休斯顿等城市	有
劝说教育型	过路过桥费(通行费)	很少	有
	生态驾驶	欧美国国家	有
	无车日活动	主要发达国家	有

二、济南低碳交通的实践

交通运输行业实现节能减排的核心战略是公交导向、公交优先和绿色交通。公共交通凭借其自身空间、时间、能耗等绝对优势成为低碳交通发展的主要方向,济南市公共交通系统在发展低碳经济的过程中探索出一条具有特色的发展之路。

1. 优先发展公共交通

公交优先对减少来自交通运输的 CO₂ 排放具有积极的推动作用,因此,济南市大力优先发展公共交通,优化城市交通结构,积极引导交通出行方式向公共交通转移。2005—2019年,公交运营车辆由 3 166 台增加到 5 819 台;公交线路由 127 条增加到 346 条;公交线路长度由 2 410.1 km 增加到 5 388.9 km;公交线网长度由 879 km 增加到 1 616.3 km。

2. 制定公交节能减排规划

科学规划是公交优先战略实施和推进的基础和先导。济南市在发展过程中始终贯彻公交优先的发展理念,分别于 2004 年、2006 年编制了城市总体规划和城市综合交通规划,确定了“近期实施 BRT 系统,远期将 BRT 与轨道交通相结合”的公共交通发展模式,在此基础上编制公交发展规划,提出减少

碳排放的战略规划及发展目标。在规划中,着重从土地利用类型结构优化、相关政策引导、现代信息技术推广、绿色交通工具节能减排等多个方面实现济南市交通节能减排目标。并深入研究三横五纵、五横七纵的 BRT 网络规划,提出了实现环保型公交车在车辆结构中所占比例达 80% ~ 90% 的发展目标。

3. 引进国际先进理念和技术

济南市积极引入国际先进交通规划设计技术,大力推进 BRT 系统建设。早在 2008 年,济南市就与世界银行以及日本 ALMEC 咨询公司开展了济南清洁发展机制(Clean Development Mechanism, CDM)项目的积极探索。在公交系统构建过程中,济南市得到美国休利特基金会、派克德基金会与能源基金会资金及技术的大力支持以及 BRT 发源地巴西专家团队的全程指导,成为我国第一个 BRT 推广项目示范合作城市。

自 2008 年起,济南市仅用两年时间就构建并成功运营了 6 条 BRT 线路网络系统。随着网络系统的不断扩建,截至 2018 年底, BRT 线路承载市内居民出行的能力不断增强,日均客运量由 2008 年的 1.3 万人次增长至 14.5 万人次,日均客运量达到 20 余万人次,承担了公交总运量 10% 的客流,吸引了

5%的私家车用户改乘BRT出行,优化了城市客运结构,充分体现了BRT网络快捷、舒适、绿色、大容量等特点。自2008年5月起,对济南市部分公交运营车辆实验安装了怠速启停装置,该装置可以减少公交车在拥堵、等候时的怠速时间,节约燃料,减少排放,该项目的大规模推广有望为济南市带来可观的碳交易收益。

4. 助推企业低碳交通技术研究及应用

济南市在公共交通发展过程中积极贯彻“绿色环保公交先行”理念,在选购新车时优先考虑绿色节能车,不断加大车辆更新与整修力度。2006年12月,济南市公交总公司承担了国家科技部高新技术研究发展计划(863课题计划),通过自主研究、科技攻关、技术合作积极推进国家“863”科研项目实施,成功地对公司在用车辆国Ⅱ以下柴油公交车进行升级改造,将其提升为国Ⅲ燃油车或天然气车,取得了《在用城市大客车CNG单燃料发动机改装技术研究》科技成果。

5. 推广新能源公交

济南市投资1.2亿元购置了100辆混合动力新能源车,以奥体中心为核心,开辟了4条运营线路。这批车辆采用国Ⅳ排放发动机,是济南市首批国Ⅳ排放标准车辆,有效降低了车辆能耗和污染物排放量。新能源动力车辆运行情况良好、性能稳定、乘坐舒适、操作轻便,能耗较BRT车型降低16.9%~27.3%,与普通手动档车油耗基本相当。

至2009年底,济南市的公交车辆结构中环保型车辆(无轨电车、混合动力新能源车、以压缩天然气替代常规汽油或柴油作为汽车燃料(Compressed Natural Gas, CNG)车辆、国Ⅲ燃油车)所占的比例达73%。随着混合动力新能源车、电动车辆、清洁燃料车辆的不断引入,公交车辆结构将会不断优化。截至2019年6月,济南市共有7367辆新能源和清洁能源公交车,占公交车总辆的86.3%,年节能标准煤量约4000t。

三、国外经验对济南低碳交通的启示

济南市未来发展低碳交通的影响因素有

很多,要想实行节能减排、发展低碳交通,必须从多个影响因素着手,制定切实可行的发展措施,有效地推动济南低碳交通的发展和低碳交通目标的实现^[21-24]。

1. 制定明确的低碳交通政策法规

其中,应包括法规标准体系、监管体系、统计体系、检测考核体系、交通收费制度、税收制度、能源合同管理制度以及奖惩政策等,并制定相应的低碳交通发展规划,积极推进交通运输能力与交通运输组织的结构调整,积极发挥交通行业的管理职能。目前,济南市已经推行了一系列机动车尾气排放标准和检测考核措施,并积极推进机动车以旧换新的实施进程,这些都有助于推进济南市低碳交通的发展。

2. 加大新技术、新能源研发及应用支持力度

技术进步是推动车辆节能减排的重要决定因素,技术水平的提高能在很大程度上减少来自交通运输的CO₂排放。政府应加强对新技术、新能源的支持力度,加快其市场推广和成熟进程,尽早应用新技术、新能源,减少交通运输CO₂排放及能耗水平。在技术水平尚无明显突破的阶段,就需要采用非技术手段减少交通运输排放及能耗水平,即提高司机的操作效率、提升车辆的运营效率,这就需要加强对机动车操作人员的培训与教育,使其充分掌握高效操作的方法,提升节能减排的意识。

3. 大力发展快速公交

重点突破口应该集中在便利性、舒适性和费用3个方面:进一步优化公交线路及公交车站的布局和公交车辆的换乘方案;加快落后车辆淘汰的步伐,尽早将其全部换成新型配有空调的节能车,既为乘客提供更舒适的乘坐环境,又能降低公交车能耗;进一步降低市民乘坐公交车出行的费用。目前,济南市普通公交车乘坐费用为1元/次,使用IC卡的票价为0.9元/次,而国内有些城市公交IC卡的票价为0.5元左右/次,北京市学生票价仅为0.2元/次,济南市公交票价若作出进一步的调整,能够在一定程度上提高乘坐

公交车的竞争优势,有助于提高市民选择乘坐公交车出行的机率。

4. 落实空间交通规划基础设施建设

空间规划是有效解决一个地区交通拥堵、减少由于交通拥堵引起的交通排放量的重要举措,且影响深远。济南市土地资源非常有限,而常住人口已经超过800万,交通拥堵较为常见。随着经济的发展和人们生活水平的提高,济南市机动车数量不论从增长速度还是增幅上来看都较为明显,私家车尤为明显。不断拓宽路面已不能满足交通出行畅通的需求,转变传统思维方式、发展立体交通成为有效解决济南市交通拥堵问题的关键出路。

5. 建立健全有利于低碳交通的市场机制

市场机制主要包括投融资机制、信贷机制等。此外,还可以对交通运输车辆的能耗状况和行驶里程加以控制及检查,记录车辆的能耗信息,实行“奖节罚超”的激励措施。目前,国际上在碳排放计算方面起步较早的国家已经成功使用了碳计算器和碳标签,对产品生命周期所有碳排放量进行测算并标明其碳排放量,力图淘汰高碳排放产品,进一步提高人们的减碳意识。国际上有些大型连锁超市甚至已经推出或即将推出只销售标有碳标签且符合其碳排放标准的产品的政策,这对我国的产品生产厂商是巨大的挑战,如何利用CO₂减排机遇得到更好的发展是摆在其面前的重大难题,必须建立有效的市场机制,早作打算,争取在全球碳交易市场中抢先占据一席之地。

6. 加大宣传力度,倡导低碳出行方式

相关部门应加大对低碳交通的宣传力度,号召市民选择更低碳的出行方式。公众参与和提倡低碳出行方式是学术界和理论界普遍推崇的对减少交通碳排放产生重要影响的重要措施,要利用报刊、电视、网络等多种方式,广泛、深入、持久地开展交通节能减排宣传教育活动,引导市民积极选择低碳出行方式,鼓励就近采购和网购,在温度适宜的季节为市民提供公共自行车,尽可能开发多种低碳出行方式,便于市民作出选择,并不断提

高低碳出行的舒适性和便利性,降低低碳出行费用。

四、结 语

通过对伦敦和芝加哥低碳交通减排措施和实施效果进行分析,发现使用清洁能源对节能减排目标的贡献最大,其次为转变出行方式,通过推行节能增效、交通方式转型等低碳交通措施能够实现30%~50%的CO₂减排量,能够有效助力我国碳中和目标的实现。济南市的低碳交通实践主要集中在发展公共交通、制定减排规划、宣传低碳理念、低碳交通技术研究及应用、推广新能源公交5个方面。受国外先进经验启发,济南市在今后的发展中,还应该进一步加强顶层设计,不断完善法律法规、加大科技投入、发展快速公交、落实空间交通规划、健全市场机制、倡导低碳出行等。

参考文献:

- [1] 冯相昭. 城市交通温室气体减排的战略研究[M]. 北京:气象出版社,2009.
- [2] 申倩,江虹. 生态新区低碳交通设计策略研究[J]. 山西建筑,2020(9):13-14.
- [3] 徐琴. 武汉市发展低碳交通的思考和对策[J]. 价值工程,2019(36):125-126.
- [4] 冬煜,孙雨晴,张鹏. 哈尔滨市低碳交通发展战略研究[J]. 对外经贸,2018(10):58-59.
- [5] 2050中国能源和碳排放研究课题组. 2050中国能源和碳排放报告[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [6] 何建坤,张希良,李政. CO₂减排情景下中国能源发展若干问题[J]. 科技导报,2008(2):90-92.
- [7] 周树勋,沈海萍. 浙江省低碳经济建设思路[J]. 环境经济,2009(9):47-49.
- [8] Department of Economic and Social Affairs (DESA). Word urbanization prospects: the 2009 version[M]. New York: United Nations Department of Public Information,2010.
- [9] 胡寰,汤慧. 低碳交通引导下的益阳市道路交通规划研究[J]. 居舍,2020(25):9-10.
- [10] 欧阳斌,李忠奎,凤振华. 低碳交通运输规划研究现状、问题及展望[J]. 中国流通经济,2014(9):13-20.

- [11] 蒋孝成. 低碳交通发展的影响因素研究:以合肥市为例[D]. 合肥:安徽大学,2017.
- [12] 陆锡明,邵丹. 低碳交通与世博契机[J]. 城市交通,2009(6):67-71.
- [13] 刘志林,戴亦欣,董长贵,等. 低碳城市理念与国际经验[J]. 城市发展研究,2009(6):1-7.
- [14] 刘学. 城市低碳交通发展方式与调控政策研究[D]. 天津:天津大学,2016.
- [15] 黄志辉,汤大钢. 中国机动车有毒有害空气污染物排放估算[J]. 环境科学研究,2008(6):166-170.
- [16] Greater London Authority. Green transport [EB/OL]. [2020-10-13]. <https://www.london.gov.uk/what-we-do/transport/green-transport>.
- [17] GUSTAVO C, FROSCH R, GALLAGHER K S, et al. Policy options for reducing oil consumption and greenhouse-gas emissions from the U. S. transportation sector[EB/OL]. (2007-07-27) [2020-10-13]. <https://www.energytechnologypolicy.org>.
- [18] HICKMAN R, ASHIRU O, BANISTER D. Achieving carbon-efficient transportation[J]. Transportation research record: journal of the transportation research board, 2010(2139):172-182.
- [19] HICKMA R, BANISTER D. Looking over the horizon: transport and reduced CO₂ emissions in the UK by 2030 [J]. Transport policy, 2007(5):377-387.
- [20] DALEY R M. Chicago climate action plan[EB/OL]. [2020-10-13]. <https://www.chicago.gov/city/en/progs/env/climateaction.html>.
- [21] 崔冬初,于悦. 低碳交通的国际经验及对我国的启示[J]. 生态经济,2014(9):68-72.
- [22] 李茜. 英美两国交通运输低碳发展的政策效果及启示[J]. 综合运输,2014(8):66-72.
- [23] 王伟洪,卢毅,加年丰,等. 发达国家低碳交通政策及其启示[J]. 交通企业管理,2013(12):69-71.
- [24] 马世骧,王一,杨明泽. 智慧城市视角下的低碳生态城市建设[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2018,20(6):574-578.

International Development Experience of Low-Carbon Transport and Its Implications for Jinan

HUANG Na^{1,2}, SHI Yu³, SHI Tiemao⁴, ZHOU Yong^{5,6}

(1. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. Asset Management Corporation, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 3. School of Art, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 4. Institute of Spatial Planning and Design, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 5. Institute of Science and Technology for Development of Shandong, Shandong Academy of Sciences, Jinan 250014, China; 6. Institute for Ecological Civilization of Shandong, Jinan 250014, China)

Abstract: With the concept of low-carbon and sustainable development becoming more and more popular, green transportation, as an excellent method to solve the urban traffic carbon emissions, has attracted more and more attentions. This paper introduced the advanced experience of low-carbon transportation management in London and Chicago, summarized the main measures and implementation effects of low-carbon transportation emission reduction in London and Chicago. Furthermore, combined with the practical experience, the paper also suggests that the development of low-carbon transportation in Jinan should need to improve laws and regulations, increase investment in science and technology, develop rapid public transportation, promote space transportation planning, improve market supervision mechanism and advocate low carbon travel.

Key words: urbanization; energy conservation and emission reduction; low carbon transportation; Jinan