

长沙市道路交通碳减排研究^{*}

陈立武, 刘鹏飞, 吕小峰

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 道路交通作为交通领域 CO₂ 排放强劲增长的主要驱动力和绝对主体, 是 CO₂ 减排的重要领域。文中以长沙市为例, 基于 IPCC2006 的碳排放计算公式, 结合燃油密度和燃油中碳含量百分比, 以不同车辆类型统计分析了长沙市 2010—2014 年道路交通 CO₂ 排放量, 结果表明小型载客汽车拥有量的快速增加是导致长沙市道路交通 CO₂ 排放量增长的重要原因。据此提出了限制小型载客汽车出行和替代燃料的减排措施, 其中降低小型载客汽车交通出行率的同时提高大型载客汽车和地铁的出行率的减排效果明显; 建议构建以新能源公交、地铁与慢行交通为主, 新能源出租车、小汽车为辅的交通发展模式, 降低城市交通 CO₂ 排放。

关键词: 城市交通; 碳排放; 减排途径; 长沙市

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0016-04

近年来长沙市城市化与机动化步伐急剧加快, 2010 年机动车拥有量 100.6 万辆, 2014 年为 185.4 万辆, 与 2010 年相比增幅达 84.3%。机动车拥有量的快速增加必然导致燃油资源的快速消耗, 使长沙市道路交通碳排放量节节攀升。

目前对交通碳排放的研究基本体现在国家层面或地区层面, 如 He K. 等根据不同车辆类型拥有量、年均行驶里程、燃油经济性指标的倒数、燃油密度和燃油中碳含量百分比等估算了中国道路交通 CO₂ 排放量, 认为车辆燃油经济性指标的改善是 CO₂ 减排的有效手段; Wang C. 等采用同样的方法估算了中国道路交通 CO₂ 排放量, 认为发动机技术的改进是 CO₂ 减排的有效途径; 唐葆君等计算了北京市道路客运不同交通工具出行方式的碳排放量, 得出私家车出行比例下降及公共交通出行比例上升对 CO₂ 减排有促进作用; 任纪佼等对天津市不同交通工具出行方式的碳排放量进行计算, 通过对比北京市和上海市交通碳排放结构, 得出私家车出行比例增加及公共交通发展缓慢是碳排放量快速增长的主要原因; 苏城元等根据交通部门能源消耗量和其他文献统计数据对上海市交通结构进行分析, 认为私家车是城市交通 CO₂ 排放的主要来源。而基于不同车辆类型从地区层面研究道路交通碳排放的文献不多。该文基于不同车辆类型拥有量、年均行驶里程、百公里油耗、燃油密度和燃油中碳含量百分比等

计算长沙市道路交通 CO₂ 排放量, 分析导致道路交通 CO₂ 排放量快速增长的原因并提出减排途径, 为城市交通 CO₂ 减排提供理论基础和依据。

1 模型构建

基于交通行驶里程的 IPCC2006 碳排放计算公式为:

$$P_{CO_2} = \sum_i \sum_j (V_{i,j} S_{i,j} C_{i,j} PF_j) \quad (1)$$

式中: P_{CO_2} 为道路交通 CO₂ 排放量; $V_{i,j}$ 为车辆类型 i 使用燃油 j 的车辆数; $S_{i,j}$ 为车辆类型 i 使用燃油 j 的年均行驶里程; $C_{i,j}$ 为车辆类型 i 使用燃油 j 的百公里油耗; PF_j 为燃油 j 的 CO₂ 排放因子。

He K. 和 Wang C. 等基于交通行驶里程估算道路交通 CO₂ 排放的公式为:

$$FC_j = \sum_i (V_{i,j} S_{i,j} FE_{i,j}^{-1} FD_j) \quad (2)$$

$$P_{CO_2} = \sum_j FC_j \partial_j \times 44/12 \quad (3)$$

式中: $FE_{i,j}$ 为道路车辆类型 i 使用燃油 j 的经济性指标; FD_j 为燃油 j 的密度; FC_j 为燃油 j 的消耗量; ∂_j 为燃油中碳含量百分比。

由于燃油 CO₂ 排放因子考虑了燃料中所有的碳, 包括 CH₄、CO₂、CO、NMVOC 和微粒形式排放出的碳元素, 不同区域 CO₂ 排放因子可能不同, 使用燃油中碳含量百分比更具代表性。

基于不同车辆类型拥有量、年均行驶里程、燃油

^{*} 基金项目: 长沙理工大学公路工程省部共建教育部重点实验室开放基金资助项目(kfj120104)

消耗、燃油密度和燃油中碳含量百分比等计算道路交通 CO₂ 排放的公式为:

$$P_{CO_2} = \sum_i \sum_j (V_{i,j} S_{i,j} C_{i,j} F D_j \partial_j) \times 44/12$$
 (4)

2 长沙市道路交通 CO₂ 排放分析

利用式(4)计算长沙市道路交通 CO₂ 排放量。相比于机动车,步行和自行车 2 种交通出行方式带来的 CO₂ 排放量基本可忽略不计,且 2015 年之前长沙市轨道交通尚未得到发展,在计算中仅考虑载客汽车、载货汽车和摩托车 3 种车辆类型,燃油类型只考虑汽油和柴油。

不同车辆类型年均行驶里程、百公里油耗和汽油车比例等见表 1。其中:年均行驶里程数据来源于文献[2];百公里油耗数据来源于工业和信息化部统计数据、燃料消耗量限值等;汽油车比例数据来源于 2000 年中国不同车辆类型汽油车的比例。汽油的密度为 0.732 kg/L,含碳百分比为 85.5%;柴油的密度为 0.875 kg/L,含碳百分比为 87%。

表 1 不同车辆类型年均行驶里程、百公里油耗和汽油车比例

车辆类型	年均行驶 里程/(万 km·年 ⁻¹)	百公里油耗/ [L·(100 km) ⁻¹]		汽油车 比例/%
		汽油	柴油	
微型载客车	2.974	7.05	—	100.0
小型载客车	2.974	8.97	7.80	67.0
中型载客车	4.289	10.66	9.40	45.0
大型载客车	5.237	37.75	33.0	8.0
微型载货车	3.037	8.08	7.00	99.5
轻型载货车	1.800	14.49	12.60	40.0
中型载货车	2.400	21.70	18.87	35.0
重型载货车	5.000	35.73	31.07	2.0
摩托车	0.900	2.00	—	100.0

长沙市 2010—2014 年不同车辆类型拥有量见表 2。由于《长沙市统计年鉴》缺乏 2010—2011 年不同车辆类型的拥有量,只有载客货汽车拥有量,参照长沙市 2012 年不同车辆类型拥有量占载客货汽车比重反推 2010—2011 年不同车辆类型拥有量。

如图 1 所示,2010—2014 年,长沙市小型载客汽车 CO₂ 排放量由 2010 年的 340.215 万 t 上升到 2014 年的 781.456 万 t,占道路交通 CO₂ 排放的比例超过 67%;重型载货汽车 CO₂ 排放量由 2010 年

表 2 长沙市 2010—2014 年不同车辆类型拥有量 辆

车辆类型	各年拥有量				
	2010	2011	2012	2013	2014
微型载客车	15 032	18 694	22 994	23 662	24 319
小型载客车	545 360	678 391	834 194	1 018 096	1 252 664
中型载客车	6 474	8 053	9 890	7 114	8 493
大型载客车	6 015	7 483	9 243	9 675	11 004
微型载货车	206	240	265	219	234
轻型载货车	57 644	67 033	75 385	84 438	92 218
中型载货车	8 969	10 472	11 735	7 457	8 093
重型载货车	15 542	18 416	20 330	22 581	28 733
摩托车	312 693	340 740	375 796	365 006	377 168

注:数据来源于 2013—2015 年《长沙市统计年鉴》。

的 67.319 万 t 上升到 2014 年的 124.456 万 t,占道路交通 CO₂ 排放的 12% 左右;其他车辆类型 CO₂ 排放量不超过 60 万 t,占道路交通 CO₂ 排放的比例不超过 7%。

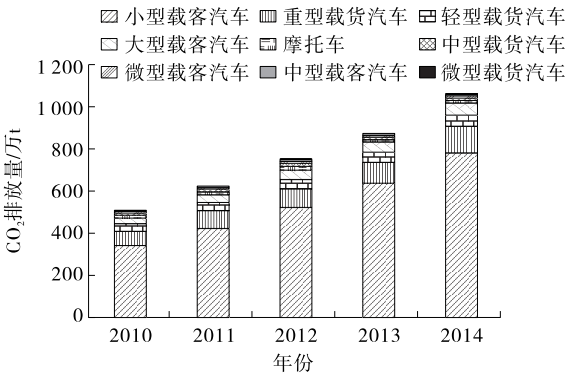


图 1 长沙市 2010—2014 年不同车辆类型 CO₂ 排放量

如图 2 所示,2010—2014 年,长沙市不同车辆类型 CO₂ 排放量比重唯有小型载客汽车逐年增大,由 2010 年的 66.6% 增加至 2014 年的 73.5%;其他车辆类型 CO₂ 排放量比重整体呈减小趋势。

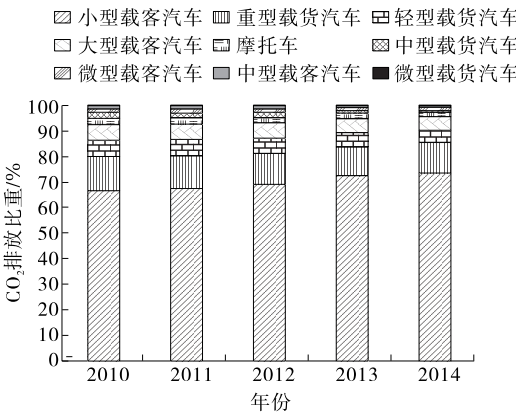


图 2 长沙市 2010—2014 年不同车辆类型 CO₂ 排放比重

如图3所示,2010—2014年,长沙市不同车辆类型中只有微型载客汽车和小型载客汽车的CO₂排放量年增长率超过道路交通CO₂排放量的年均增长率;其他车辆类型的年增长率基本呈波浪式,不同程度地增大或减小。

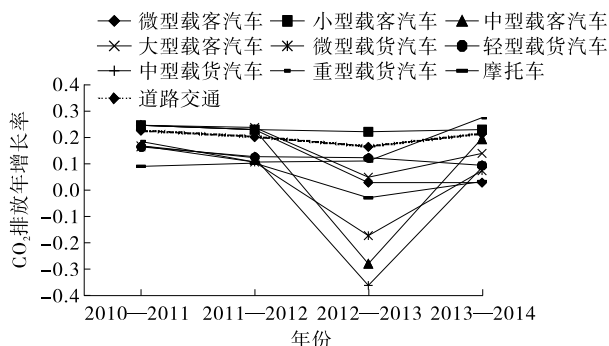


图3 长沙市2010—2014年不同车辆类型CO₂排放年增长率

由表2、图1~3可知:2010—2014年,小型载客汽车拥有量由2010年的545 360辆增加到2014年的1 252 664辆,增幅为125.3%;小型载客汽车CO₂排放量逐年增加,由2010年的340.215万t上升到2014年的781.456万t;小型载客汽车CO₂排放量占道路交通CO₂排放量的比重逐年增大,由2010年的66.7%增大到2014年的73.5%,以年均22%以上的增幅快速增长。重型载货汽车CO₂排放量虽持续上升,但占道路交通CO₂排放量的比重由2010年的13.2%减小到2014年的11.7%,其中2010—2013年一直减小,2013—2014年虽有所反弹,但不很明显,且增长率不稳定。其他车辆类型CO₂排放量占道路交通CO₂排放量的比重都不足10%,且增长趋势不突出。说明长沙市道路交通CO₂排放量随着小型载客汽车拥有量的快速增加增长明显,小型载客汽车拥有量的快速增加是导致长沙市道路交通CO₂排放量增长的重要原因。

3 CO₂减排途径分析

小型载客汽车CO₂排放量是长沙市道路交通CO₂排放量的主要组成部分,2014年其CO₂排放比重已达73.5%,且逐年增大,相比于发达城市,长沙市不同车辆类型道路交通CO₂排放量比重构成严重不合理。需结合长沙市目前道路交通发展情况,分别从限制小型载客汽车出行的角度和从替代燃料的角度寻找道路交通CO₂减排途径。

3.1 从限制小型载客汽车出行角度的减排途径

不同交通工具的碳排放量见表3。为减少因小

型载客汽车拥有量增加所引起的CO₂排放量增加,可采取以下措施:1)限制小型载客汽车出行;2)大力推广公共交通出行方式代替小型载客汽车出行,如大型公交车、地铁等;3)鼓励推广慢行交通出行方式代替小型载客汽车出行,如步行、自行车、电动车等。长沙市地铁1号、2号线的建成使用可在降低小型载客汽车交通出行率的同时提高大型载客汽车和地铁的出行率。

表3 不同交通工具的碳排放量 kg/(人·km)

交通方式	碳排放量
小型载客汽车(小汽车)	0.200
大型载客汽车(公交车)	0.069
地铁	0.042

苏城元等以上海市为例分析低碳发展模式时,建议在相对高碳出行模式中每月限制小汽车出行4d、在相对中碳出行模式中每月限制小汽车出行8d、在相对低碳出行模式中每月限制小汽车出行16d。与上海市相比,长沙市构建以公共交通为主体的综合运输体系尚未完善,小型载客汽车出行比例依然较大,可考虑不同程度减排时每月限制小型载客汽车出行天数比上海市减半。

低度减排时的减排措施:1)每月限制小型载客汽车出行2d;2)每月选择大型载客汽车出行方式代替小型载客汽车出行的45%,同时每月选择地铁出行方式代替小型载客汽车出行的45%;3)每月选择慢行交通出行方式代替小型载客汽车出行的10%。需长沙市30%小型载客汽车车主参与。

中度减排时的减排措施:1)每月限制小型载客汽车出行4d;2)每月选择大型载客汽车出行方式代替小型载客汽车出行的40%,同时每月选择地铁出行方式代替小型载客汽车出行的45%;3)每月选择慢行交通出行方式代替小型载客汽车出行的15%。需长沙市40%小型载客汽车车主参与。

重度减排时的减排措施:1)每月限制小型载客汽车出行8d;2)每月选择大型载客汽车出行方式代替小型载客汽车出行的35%,同时每月选择地铁出行方式代替小型载客汽车出行的45%;3)每月选择慢行交通出行方式代替小型载客汽车出行的20%。需长沙市50%小型载客汽车车主参与。

不同程度减排时减排措施的CO₂减排效果见表4。从中可见,降低小型载客汽车交通出行率的同时提高大型载客汽车、地铁及慢行交通出行率的

表4 不同程度CO₂减排措施及其效果

减排措施	具体方案	低度减排	中度减排	重度减排
小型载客汽车限行/d	每月限制小汽车出行的天数	2	4	8
小型载客汽车 出行被代替率/%	大型载客汽车代替小型载客汽车出行	45	40	35
	地铁代替小型载客汽车出行	45	45	45
	慢行交通代替小型载客汽车出行	10	15	20
减排效果	小型载客汽车参与率/%	30	40	50
	每月CO ₂ 减排量/万t	0.963	2.628	6.717

CO₂减排效果明显。国内其他城市也可通过相似措施改变交通出行工具的出行率实现CO₂减排。

3.2 从替代燃料角度的减排途径

汽油和柴油等传统燃料的含碳百分比比较高,百公里油耗大,导致CO₂排放量升高。寻找更为绿色清洁、含碳百分比低的替代燃料将成为世界范围内降低交通领域CO₂排放的必然趋势。与传统燃油汽车相比,电动汽车具有更高的能源利用效率,也具有较高的CO₂减排潜力。液化天然气(LNG)、压缩天然气(CNG)、液化石油气(LPG)等气体燃料的含碳量低,且环保效果好,已逐步应用于公交、出租车和客车等交通工具。生物柴油是动植物油脂通过酯交换反应或酯化反应而成的混合物,具有与柴油十分接近的性能指标,是一种非常好的柴油替代燃料。另外,醇类燃料如甲醇、乙醇、丙醇等是汽油的良好替代品,二甲醚是柴油的清洁替代燃料。

综上所述,从替代燃料的角度考虑,可采取以下减排措施:1)政府积极引进新能源电动汽车(增程式混合汽车和燃料电池汽车),进行增程式混合汽车和燃料电池汽车的研发、示范和产业化;2)大力扶持绿色清洁的替代燃料的研发和生产。目前,长沙市新能源公交车和新能源出租车已投入使用,构建以新能源公交、地铁与慢行交通为主,新能源出租车、小汽车为辅的交通发展模式,可快速有效地实现城市交通CO₂减排。

4 结论

(1)小型载客汽车拥有量的快速增加是导致长沙市道路交通CO₂排放量增长的重要原因,且长沙市道路交通CO₂排放量仍以较快速度增长,针对其提出有效减排措施刻不容缓。

(2)在降低小型载客汽车交通出行率的同时提高长大型载客汽车、地铁和慢行交通出行率,CO₂减排效果明显。构建以新能源公交、地铁与慢行交

通为主,新能源出租车、小汽车为辅的交通发展模式,可实现城市交通CO₂减排。

参考文献:

[1] He K, Huo H, Zhang Q, et al. Oil consumption and CO₂ emissions in China's road transport: current status, future trends, and policy implications[J]. Energy Policy, 2005, 33(12).

[2] Wang C, Cai W, Lu X, et al. CO₂ mitigation scenarios in China's road transport sector[J]. Energy Conversion and Management, 2007, 48(7).

[3] 唐葆君, 沈丹进. 北京市道路客运交通碳排放研究及其情景分析[J]. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2014, 16(4).

[4] 任纪俊, 高丽洁, 冯银厂. 天津市交通碳排放结构分析与低碳交通发展探讨[J]. 环境污染与防治, 2015, 37(8).

[5] 苏城元, 陆键, 徐萍. 城市交通碳排放分析及交通低碳发展模式: 以上海为例[J]. 公路交通科技, 2012, 29(3).

[6] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas[S].

[7] 刘文字. 北京市发展低碳交通的前景分析[J]. 综合运输, 2010(9).

[8] 蔡博峰, 冯相昭, 陈徐梅. 交通二氧化碳排放和低碳发展[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.

[9] 魏庆琦, 赵嵩正, 肖伟. 我国交通运输结构优化的碳减排能力研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, 13(3).

[10] 张陶新. 中国城市化进程中的城市道路交通碳排放研究[J]. 中国人口、资源与环境, 2012, 22(8).

[11] 冯相昭, 蔡博峰. 中国道路交通系统的碳减排政策综述[J]. 中国人口、资源与环境, 2012, 22(8).

[12] 张银太, 冯相昭. 城市交通与碳减排[J]. 城市问题, 2013(10).