

# 低碳交通技术发展与应用研究

张陶新,谢世雄,杨 英

(湖南工业大学 全球低碳城市联合研究中心,湖南 株洲 412007)

**[摘要]**通过分析和研究与道路交通有关的新能源汽车技术、机动车节能技术、道路技术、智能管理技术等低碳技术,提出加快构建可再生的能源网络、大力推广城市交通节能技术、实现城市交通智慧化管理的城市交通低碳技术发展策略,并制定出推广分布式能源系统和智慧电网,制定严格的燃油经济性标准和碳排放限制的法规,建立与国际接轨的标准体系,加大智慧交通技术应用力度,运用政策工具推动低碳技术进步,重视低碳技术人才培养力度等具体措施。

**[关键词]**城市低碳交通;低碳技术;碳排放;新能源

**[中图分类号]**F062;U12

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1674-117X(2013)05-0010-09

## Research on Application and Development for Low Carbon Traffic Technologies

ZHANG Taoxin, XIE Shixiong, YANG ying

Global Joint Research Centre for Low Carbon City, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan, 412007)

**Abstract:** By analyzing low-carbon technology for urban road traffic, such as new energy vehicles, energy-saving vehicles, road as well as intelligence management, we should do the following steps by carrying out the construction of renewable energy network quickly; realizing low-carbon strategy for intelligence urban transportation; putting forwards distributed extension energy system and intelligence power network; setting economic standards for fuel and carbon emissions regulations strictly; establishing international standard system as well as the application of intelligent transportation technology; using policy to promote low carbon technology progress; as well as paying attention to low carbon technical personnel training and the specific implementation suggestions.

**Key words:** low-carbon city transportation; low-carbon technology; carbon emission; new energy

气候变化既是当今世界各国面临的经济问题,也是政治问题。2009年,中国车用燃料消耗量占石油表观消耗总量的1/3;汽车燃料生命周期温室气体排放达4.8亿吨CO<sub>2</sub>当量<sup>[1]</sup>。世界银行和二氧化碳信息分析中心(CDIAC)的数据显示,2000~2008年,城市交通碳排放量年均增长12.62%,比同期中国碳排放总量年均增长率高3.13个百分点。城市道路交通已成为中国碳排放增长最快的领域之一。虽然,与美国和日本相比,中国城市道

路交通领域碳排放量占全国碳排放总量的比例还较低,但是,它已成为交通运输行业能源消耗的主体。我们应当采取包括低碳技术在内的各种措施,尽可能地避免以道路交通促进社会经济发展、为人们生活带来方便的同时,给气候变化带来负面影响。

科学技术是第一生产力,技术进步因素是碳排放量降低的主导因素<sup>[2]</sup>。为促进中国城市低碳交通建设,减少城市交通碳排放,必须首抓低碳技术。

收稿日期:2013-07-13

基金项目:中国清洁发展机制基金赠款项目(编号:2012029)

作者简介:张陶新(1964-),男,湖南华容人,湖南工业大学教授,主要从事低碳城市、可持续发展研究。

本文从与道路交通有关的新能源汽车技术、机动车节能技术、道路技术、智能管理技术等低碳技术着手进行分析和研究,以期明确城市交通低碳技术的发展方向和相应措施。

## 一 新能源汽车技术

### (一) 新能源汽车全生命周期碳排放分析

1. 纯电动汽车。纯电动汽车是现代汽车技术、电化学、新材料、新能源、微电子学、电力拖动技术、电子计算机智能控制等高新技术的集成产物。电动发电机和车载电池是其关键部件。纯电动汽车在运行使用过程中不产生  $\text{CO}_2$ , 具有无污染、低噪音、高效、易维修的优点。作为纯电动汽车的车载电源,既可以来源于煤等化石能源,也可以来源于水能、风能、太阳能、热能等可再生能源。

电动汽车与传统汽车相比,它更依赖于一个国家电力能源的生产结构。中国煤矿平均每开采 1T 煤,大约排放  $6 \text{ m}^3$  的  $\text{CO}_2$ <sup>[3]</sup>,从全生命周期来看,如果不考虑煤炭开采过程中所逸出的  $\text{CO}_2$ ,在中国使用电动车将会比传统汽油车每千米少排放 5 ~ 57% 以上的  $\text{CO}_2$ ;如果考虑煤炭开采过程中所逸出的  $\text{CO}_2$ ,在中国使用电动车将会比传统汽油车每千米多排放 1.8 ~ 6.4 倍以上的  $\text{CO}_2$ 。因此,在中国目前的煤电结构和技术水平下,电动车的推广应用不仅不能使温室气体排放减少反而会成倍增加。

由于电动汽车  $\text{CO}_2$  排放主要来自于车用燃料的开采、加工、运输以及车辆制造阶段,采用注入  $\text{CO}_2$  提高煤层气采收率技术,不仅可以提高煤层甲烷气的采收率,同时  $\text{CO}_2$  也被永久埋存在煤层中<sup>[4]</sup>。 $\text{CO}_2$  捕捉与封存技术有可能将车用燃料的开采、加工、运输过程的  $\text{CO}_2$  排放量减少近 80%<sup>[3]</sup>。我国可再生能源资源非常丰富,具有大规模开采的资源条件和技术潜力,可以为未来社会和经济提供足够的能源,因此,纯电动汽车的发展不仅可以使我国汽车产业在很大程度上摆脱过度依赖石油的局面,而且还能降低温室气体的排放量。

2. 混合动力汽车。混合动力汽车是指车上装有两个或两个以上动力源并能协调工作的车辆。按照动力系统结构的不同,可分为串联式、并联式

和混联式三种类型。其关键技术是混合动力。

混合动力汽车对现有汽车制造技术以及社会基础设施改动要求较少,具有更好的燃油经济性,在运行使用过程中比传统燃料汽车节约燃油 30 ~ 50%。2010 年,济南市混合动力公交车投入运营检测结果显示:混合动力车比普通车每百千米节油率达 30%<sup>[5]</sup>。我国混合动力汽车技术发展较快,部分车型已处于技术成熟期。目前,混合动力电动车面临的主要技术难点是:电池技术、电动机技术、内燃机技术和整车能量管理技术等。现阶段混合动力汽车效率仍旧较低,汽油或柴油耗油量较大。作为一种过渡技术方案,插电式混合动力汽车兼顾了常规混合动力汽车和纯电动汽车的优点,具有能更充分地利用电能而减少传统石化燃料消耗的技术优势,是现阶段可行的一种清洁节能、使用方便的车辆。随着汽车电池尤其是锂电池技术的突破性发展,混合动力汽车必将向着纯电动汽车方向发展。

3. 燃料电池汽车。燃料电池汽车是以燃料电池作为汽车的动力源,将燃料中的化学能直接转化为电能来进行动力驱动的新型汽车,它主要包括氢燃料电池车和生物(粮食和非粮食)燃料车。与混合动力汽车和纯电动汽车相比,它最大的特点就是完全不进行燃料的燃烧过程,而是通过电化学的方法,将氢和氧结合,直接产生电和热。氢广泛地存在于水、矿物燃料和各类碳水化合物之中,燃料电池汽车使用的燃料来源多种多样,包括天然气、甲醇、丙烷、汽油、柴油、煤、煤层气以及太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热等再生资源。在目前的各种制氢技术方案中,以煤炭等化石燃料为主的能源通过水电解获得氢气的技术方案,其碳排放量高于汽油汽车,同时也明显高于甲醇重整和汽油重整而获得氢气的技术方案,而甲醇重整和汽油重整技术方案又高于煤制氢方案,煤制氢又高于天然气制氢技术方案。对于相同的制氢技术方案,液氢方案的碳排放高于气氢方案<sup>[6]</sup>。天然气作为发展燃料电池汽车氢源的一次能源,具有氢制取技术路线多样化、经济上竞争力强、能源利用效率高和环境效益较好等诸多优势,应是目前燃料电池汽车的首选制

氢能源<sup>[7]</sup>,如果还能利用太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热、核能等作为制氢过程中的能源,那么碳排放量还将大大降低。

此外,燃料电池电动汽车还具有无污染、高效、低噪音、良好的动力及操控系统等优点,从能源的利用和环境保护方面看,它也是一种理想车辆。然而,燃料电池成本高,燃料制取、运输和储存不但要消耗大量的能源,而且制取的技术还不成熟,制造的成本也高,添加氢燃料的设备也需专门制造。目前,燃料电池汽车仍处于研究和试用阶段,其技术发展在我国才刚刚起步。

(4)氢发动机汽车。氢发动机是在普通的内燃机基础上作一些适应性改造,通过氢气(或其他辅助燃料)和空气的混合燃烧产生能量,从而获得动力的汽车,它是利用现今汽车工业已有的巨大资产存量,逐步由传统汽车向新能源汽车过渡的一种较好的技术解决方案。氢发动机与普通的内燃机并无本质上的差别,氢发动机汽车与燃料电池汽车都使用氢,只是二者利用氢燃料的方式不同,前者直接燃烧氢产生动能而使发动机运转,驱动汽车行驶,后者则使氢在燃料电池内与氧进行反应产生电能而驱动汽车。

与使用传统能源的汽车相比,用氢气作发动机燃料的汽车能源转化率高达40%以上,噪声低,续航里程可与汽油车相当。同时从经济性考虑,氢气来源广泛,电能、风能、太阳能、水能、地热能、核能等均能转化为氢气。我国氢发动机汽车在技术上与世界发达国家的差距远小于传统汽车业。与燃料电池汽车一样,制氢、储氢和加注氢的公共设施建设问题也是制约氢能在汽车中广泛使用的技术瓶颈。因而,氢气在未来汽车上的应用前景,决定于制氢及携带技术有无突破性的进展。

(5)醇醚汽车。醇醚汽车是指以甲醇汽油、乙醇汽油、甲醇、乙醇为燃料的汽车。醇醚汽车技术相对成熟,对传统内燃发动机进行改动即可适应不同的乙醇汽油燃料。乙醇汽车在美国、巴西等乙醇资源丰富的国家发展较快,我国醇醚汽车技术还处于起步期。

与以原油为原料的传统柴油生产过程相比,煤

基二甲醚在生产过程中的耗电量较大,是传统柴油生产过程的2.5倍。从全生命周期来看,以煤基二甲醚为燃料的醇醚汽车的温室气体排放量比传统柴油要高。提高煤基二甲醚生产环节的能源转换效率以降低能源消耗,利用太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热等作为煤基二甲醚生产过程中的能源,并综合应用煤层气发电与碳捕获等低碳技术,煤基二甲醚为燃料的醇醚汽车的温室气体排放量将会大大降低。从全生命周期来看,以天然气制二甲醚为燃料的醇醚汽车比传统汽车的CO<sub>2</sub>排放低,而以生物质制二甲醚的醇醚汽车更是能够大幅降低CO<sub>2</sub>排放<sup>[8]</sup>。

目前,醇醚汽车燃料制取成本较高,难以有效降低CO<sub>2</sub>排放,它只能作为替代柴油汽车一种补充技术解决方案,在醇醚丰富的地区予以使用。未来我国燃料乙醇行业发展的方向是如何实现非粮乙醇的规模化。因此,决定未来燃料乙醇发展前景的关键是成本和技术。

(6)天然气汽车。天然气汽车是以天然气作为燃料的汽车,可分为压缩天然气汽车、液化天然气汽车和液化石油气汽车三种。天然气汽车只是对传统的内燃机作了一些必要的改动以适应天然气燃料。与传统燃料汽车相比,液化石油气汽车可以降低20%的CO<sub>2</sub>排放,压缩天然气汽车和液化天然气汽车的CO<sub>2</sub>排放量总体可以降低25%<sup>[5]</sup>。

天然气汽车技术日臻成熟,从以往集中在公共交通车和出租车逐步扩大到了中重型卡车、货车、城市垃圾运输车等,同时发动机排放性能也能达到较高要求。相对石油而言,我国天然气资源要丰富得多,这对发展天然气汽车是一个十分有利的条件。由于天然气汽车动力性能较低,行驶里程短,不易携带,而且一旦大规模投入使用,必须建立相应的加气站及为加气站输送天然气的管道,涉及到城市建设规划、经费投入和环境安全等诸多因素,基础设施投入较大,成本较高,这在一定程度上已经成为我国发展天然气汽车的瓶颈。

(7)太阳能汽车。太阳能汽车是利用汽车车身直接把太阳能转化为电能来作为动力源的汽车。

虽然太阳能作为无污染的可再生能源,取之不尽用之不竭,但太阳能必须以蓄电池的形式储存,用于汽车的太阳能电池,因技术上难以取得突破,价格非常昂贵,太阳能汽车在未来 10~20 年内将不会有大的进展,难以普及应用。从长远的发展来看,太阳能汽车有可能成为未来汽车的重要品种。

## (二)新能源汽车技术发展路径

随着机动车保有量的增长和石油资源的日益紧缺,新能源汽车技术将逐步得到发展和应用。不同的新能源汽车技术处于不同的发展阶段,每一种新燃料汽车技术都有着不同的温室气体减排特性,如表 1 所示。

表 1 基于 TLC 新能源汽车的 GHG 排放、经济性及技术水平与化石能源使用比较

汽车类型	使用能源类型	GHG 排放	经济性	技术水平
纯电动车	煤电	高*	差	发展期
	可再生能源生产的电力	非常低		
混合电动车	煤电与化石能源混合	较高*	较差	成熟期
	可再生能源生产的电力与化石能源混合	低		
燃料电池汽车	以煤炭等化石燃料为主的能源生产氢	高	很差	起步期
	利用可再生能源生产的电力生产氢	很低		
氢发动机汽车	以煤炭等化石燃料为主的能源生产氢	高	差	起步期
	利用可再生能源生产的电力生产氢	很低		
醇醚汽车	以煤电为主的能源由生物质生产醇类	较高	较差	成熟期
	利用可再生能源由生物质生产醇类	较低		
	以煤炭为原料生产醚或醇	高	较差	起步期
其他原料生产醚	低			
天然气汽车	压缩天然气	低	差	成熟期
	液化天然气	低	差	发展期
	液化石油气	较低	较差	发展期

注: \* 考虑了煤电的原料煤炭在开采过程中所逸出的 CO<sub>2</sub>, 如果不考虑则 GHG 排放会低。

表 1 中列出了几种新能源汽车基于全生命周期的温室气体排放、经济性与技术水平(与使用化石能源比较)。因此,新燃料汽车的发展路径应当结合各地能源资源状况来制定,由此可知:

1. 如果电动车(纯电动车和混合电动车)的用电来源于煤电,那么从全生命周期来看,纯电动车以及氢发动机汽车的温室气体排放都不会比传统汽车少。我国电力主要来源于煤炭的现状短期内难以改变,因此近期电动车的应用并不能达到减少温室气体排放的目的。一旦电动车所需的电能主要来源于水能、风能、太阳能等可再生能源,利用可再生能源生产的电力生产氢,氢发动机汽车和纯电动车在全生命周期中除了整车制造与报废阶段还会产生温室气体排放外,其他阶段中的温室气体排放将很少很少,尤其是纯电动车,只要电池技术成熟几乎不产生碳排放。因此,纯电动汽车应当成为

新能源汽车的发展方向,无论从技术角度还是从温室气体减排来看都应该作为长期发展的重点。

2. 从全生命周期来看,天然气汽车降低温室气体排放的效果较好,技术也较为成熟。我国天然气储量较石油丰富,但人均储量较低且为不可再生能源。因此,使用压缩天然气或液化天然气的汽车可作为近中期理想的新能源汽车。液化石油气汽车的燃料是石油开采或加工的副产品,它并不能作为稳定的燃料来源,经济性较差,温室气体减排也比不上其他天然气汽车,因此,液化石油气汽车的使用只能是短期的权宜之计。

3. 如果醇醚汽车所使用的醇醚是由煤电为主的能源生产出来,或是从天然气、煤中提取,从全生命周期来看,醇醚汽车并不能有效降低温室气体排放。生物液体燃料的发展面临着原料来源问题,从植物中制取乙醇除了要消耗大量能源外,还要消耗

大量的水,考虑到我国人均水资源与耕地资源的紧张,醇醚汽车不宜大力发展。虽然从全生命周期来看混合电动车目前并不能有效降低温室气体排放,但作为一种向未来纯电动汽车的过渡,则不失为中短期内一种较好的技术选择。

因此,新能源汽车的发展路径应当是:多种新能源汽车技术并进,在未来碳捕获与封存技术或者新能源发电技术成熟时,大力推广纯电动汽车的市场化应用。

## 二 汽车节能技术

中国民用汽车拥有量从2000年的1 608.91万辆增加到2010年的7 802万辆,增加了3.85倍,年均增长21.82%。中国汽车工业协会的数据显示:2000~2010年,中国汽车产量由207万辆增加到1 827万辆,增加了近7.83倍,年均增长31.28%。2010年中国汽车产量已占世界产量的23.5%,在世界各国中位居第一。发展和应用汽车节能技术,将带来越来越显著的城市道路碳减排效果。

### (一) 汽车绿色驾驶技术

驾驶员驾驶技术水平的高低,对燃料消耗有着关键性的影响。在相同条件下驾驶相同的汽车,由于驾驶员的操作不同,其油耗差异可达20%~40%,甚至更大,汽车驾驶节能的空间和潜力巨大<sup>[11]</sup>。

国家交通运输部综合国内外节能驾驶的成熟经验,在其编写的《汽车节能驾驶手册》中,从操作技术八环节、合理使用十习惯以及正确维护四方面等,为广大司机提供了便于操作、行之有效的绿色驾驶方法。新能源汽车技术能够极大地减少温室气体排放,但新能源汽车技术的成熟应用则是一个长期艰巨的过程,不可能一蹴而就,而汽车驾驶员应树立绿色驾驶理念,节约一滴油就可以减少一点温室气体排放。绿色驾驶技术切实可行、无需投入,在现有汽车技术装备不变的情况下,即使按节省30%的油耗计算,也可以产生很好的温室气体减排效果。

### (二) 汽车行驶效率提高技术

1. 减少行驶阻力技术。空气阻力每减少10%,

汽车每百千米油耗可以减少0.15升<sup>[10]</sup>,从而有效减少了汽车温室气体排放。目前,减少空气阻力的技术主要有:车身局部优化设计技术、外型整体优化技术以及提高车身表面质量的技术等。

而低滚阻轮胎技术则是通过减少汽车行驶的滚动摩擦阻力以降低能耗。低滚阻轮胎能使汽车燃油消耗每百千米减少0.2升,每千米CO<sub>2</sub>排放减少4克<sup>[11]</sup>。子午线轮胎是目前较好的低滚阻轮胎,不仅其耐磨性与普通斜交胎相比提高30%~70%,轮胎的滚动阻力下降了20%~30%,而且汽车的燃油消耗可以降低5%~8%<sup>[12]</sup>。如果将新型汽车轮胎胎压提高,油耗还可以进一步减少,进一步降低汽车温室气体排放。

2. 汽车轻量化技术。汽车的燃油消耗直接与汽车重量和体积相关,汽车本身的重量对燃油消耗影响最大,汽车节油37%靠减轻汽车重量<sup>[13]</sup>,汽车总重量减轻10%,可降低油耗约8%<sup>[12]</sup>,从而使汽车温室气体排放减少。通过对汽车构件和相关零部件进行优化设计,选取高强度轻质材料(如高强度钢、铝镁钛合金、塑料、高延性铝合金板、各种纤维强化等材料),采用激光拼焊、内高压成型、高强度钢热成型、高强度钢棍压等新技术制造汽车零部件可以有效实现整车轻量化。

### (三) 汽车发动机运行节能技术

对传统汽车发动机进行改造,改善发动机的性能,可以提高燃油利用率,降低能耗和温室气体排放。

1. 闭缸节油技术。采用闭缸节油技术使一部分气缸始终工作,另一部分气缸在高负荷时工作低负荷时不工作,这样可以节省燃油10%~20%<sup>[10]</sup>。

2. 稀薄燃烧技术。使用该技术,通过送入过量空气使燃料在汽油机中能稳定地充分燃烧,可以将有效热效率提高大约30%<sup>[14]</sup>,从而达到节能减排的目的。

3. 汽油直喷技术。通过电子精确控制燃油在汽缸内的喷射,使每一滴燃油完全燃烧,降低了油耗和温室气体排放。总体来看,汽油直喷技术节能效果为2%~3%,虽然目前在我国的应用比例较

低,但为传统汽油机的一个极具前途的发展方向<sup>[11]</sup>。

4. 涡轮增压技术。通过增加汽车发动机进气量,以提高发动机的功率、机械效率和热效率,可使发动机涡轮增压后耗油率降低 5% ~ 10%<sup>[15]</sup>,对于小型乘用车来说,节能效果可达 4.2% ~ 4.8%<sup>[11]</sup>。涡轮增压技术是一种重要的发动机运行节能技术,在我国初步得到应用,可在汽车上大力推广发展。

5. 可变气门技术。可变气门技术有多种实现途径,各种途径均可不同程度地改善汽油机燃油经济性和动力性,降低温室气体排放。国外已有一系列比较实用的可变气门机构,目前应用最广泛的是叶片式可变凸轮相位机构<sup>[16]</sup>。可变气门技术节能效果可以达到 2% ~ 3%,与国外相比,国内的可变气门技术应用太少。

6. 起停技术。在拥挤的城市交通中,汽车起步停车频繁,起停技术的节油效果十分明显,带起停功能的车辆在城市里行驶,热机时节油达到了 7.6%,综合节油效果达到了 3%。在冷机状态时节油达到 7%,综合节油效果达到了 4%<sup>[17]</sup>。起停技术在欧洲汽车市场应用较多,起停系统可望成为中国乘用车的标准配置,

7. 曲轴集成启动发电机技术。将汽车启动机和发电机集成为一体,直接以某种瞬态功率较大的发动机替代传统的启动电机,节能效果可以达到 8.6% ~ 8.9%<sup>[11]</sup>,曲轴集成启动发电机技术是一种介于混合动力和传统汽车之间的成本低廉的节能技术,值得推广应用。

8. 自动变速器技术。自动变速器技术可以使驾驶员不再像驾驶手动变速器汽车那样,频繁地使用离合器踏板,既省油又操纵方便。且平稳、舒适,其关键技术是电子、电液控制和传感技术。总体来说,6 速液力机械式自动变速器可以达到 1.4% ~ 3.4% 的节能效果,机械无级式自动变速器与双离合式自动变速器的节能效果可以达到 4%<sup>[11]</sup>。目前,美国、日本绝大部分乘用车都装载有自动变速器,而中国乘用车自动变速器配备率很低,具有巨大的发展空间。

9. 电动助力转向技术。电动助力转向技术

(EPS)是一种直接依靠电机提供辅助扭矩的技术,其节能效果可以达到 1% ~ 2%<sup>[18]</sup>。

10. 汽车能量回收技术。比较成熟的汽车能量回收技术是利用飞轮回收能量,它有望使油耗降低达 20%<sup>[19]</sup>。飞轮重量轻、价格低并且高效节能,在频繁起停的行驶中最为有效,因此,在拥挤的城市交通环境内使用将产生最大的节能减排效果。

总之,每项节能技术都具有一定的节能减排效果,但要使汽车低燃油消耗和碳排放的效果达到最大,既需要将单个的技术集成应用,更要发挥好人的主观能动性,实现绿色驾驶。

### 三 道路技术

#### (一) 慢行道路交通设计

慢行交通是一种可持续发展的绿色低碳交通,不仅可以缓解交通拥堵,降低环境污染,还可以促进资源合理利用。主要设计技术包括:一是在所有道路上(低速本地道路除外)设置至少 3 米宽的自行车车道,并在楼宇、道路和车站附近提供安全的自行车停放处;二是在城市市区中建立慢行专用网道(仅允许步行、自行车和公共交通),并保证两条慢行专用道路间隔不超过 800 米。

#### (二) 道路的微循环设计

改变传统的大街坊路网设计,增加城市的支路网密度,创建街道密集网络,改善步行、自行车和机动车的出行环境,形成道路的微循环。道路微循环设计技术主要包括:一是城市市区每平方千米至少要规划有 50 个交叉口,并且按照道路类型和主要服务功能设计多样化的街区尺度和道路路面,提供机动车、自行车和步行等多元的交通模式选择;二是整合通过性道路,至少每 300 米就可以连接周围邻里区域,采用高效的单向双分路取代路宽超过 45 米的主干道;三是建立公交专用道和快速公交网络,保证每间隔 800 ~ 1000 米至少存在一条公交专用通道,所有住宅和办公集中场所距离本地公交车站不超过 400 米,距离区域性公共交通站点不应超过 800 米,尽可能减少大多数乘客的换乘次数。建立一个集成多元化交通系统,确保所有现行交通方式的无缝换乘。

### (三)道路新材料

1. 绿色道路胶凝材料。以工业废渣为主要原料生产的道路胶凝材料作为道路水泥替代产品,不仅生产成本低、路用性能好,减少了工业废渣、废液和废气对环境的污染,而且能源消耗只需要普通硅酸盐水泥的 $1/2 \sim 1/3$ <sup>[20]</sup>,不存在水泥生产过程中的碳排放,是一种低碳道路建设材料。

2. 泡沫沥青。生产1T沥青混合料需要消耗0#柴油6.5~7.2 kg,消耗电力2.5~3.0 kWh,产生19.4kg的CO<sub>2</sub>排放,并且沥青有害物质的释放量随着热拌沥青混合料的生产温度升高而增加<sup>[21]</sup>。泡沫沥青技术就是通过向热沥青中加入一定量的常温水,改善沥青粘性,降低沥青混合料生产过程中的拌和温度,从而节约能源消耗、减少碳排放。

## 四 交通智慧管理技术

智能交通技术(ITS)是将电子视野技术、电子传感技术、测量技术、判断处理技术、数据库技术、信息技术、数据通讯传输技术、控制与服务机构技术、计算机技术、人一机联系技术、人体机理学、交通工程以及道路引导技术等众多高科技集成为一个大系统,以汽车为节点、网络为基础,实时、准确、高效地进行综合交通运输管理,使人、车、路、网协调发展。采用智能交通技术建立的城市智慧交通管理系统不仅可以保障城市交通安全、实现交通基础设施供给能力的最大化,而且可以降低交通燃油消耗、减少温室气体排放并改善交通环境质量,ITS已成为国际公认解决道路交通问题的最佳途径。目前,智能交通在美国的应用已达80%以上。

日本专家预计,采用ITS后,2025年交通事故将减少50%,平均车速将提高10 km/h,交通堵塞现象完全消除。由此可以减少5.6亿/年的时间损失和123万日元/年的经济损失,燃油消耗降低25%,CO<sub>2</sub>排放降低15%<sup>[22]</sup>。

虽然我国在这方面处于起步阶段,但有数据显示,利用现有的智能交通技术至少可以降低15%的汽车能耗,减少15%的氮氧化物排放,减少15%的拥堵和15%的交通事故<sup>[23]</sup>。

## 五 城市交通低碳技术发展战略与措施

### (一)战略选择

考虑到中国自然资源禀赋和经济社会发展状况,当前中国城市低碳交通建设除了把重点放在城市交通领域的节能减排上以外,还应紧盯世界交通低碳技术的最新进展,研究未来几十年的城市交通低碳技术,以便实现“弯道超车”。近中期(2011~2030年)中国城市交通低碳技术的发展战略,应放在瞄准世界最前沿技术,利用发达国家已有的理论和技术研究成果,并充分挖掘出自己的潜力,改变技术落后的局面。重点体现在以下三个方面:

1. 加快构建可再生能源网络。化石能源是温室气体的主要来源,开发新能源、发展新能源汽车仅仅依靠化石能源是不能从根本上解决城市交通温室气体排放问题的,更无助于化石能源短缺问题的解决,必须加快能源体系转型,大力开发利用太阳能、风能、水能、热能、生物质能等可再生能源,逐步摆脱对化石能源的依赖,构建可再生的能源网络。以可再生的能源网络为支撑,以新能源驱动城市低碳交通发展。

2. 大力推广城市交通节能技术。绿色驾驶技术、机动车节能技术、采用新材料的城市道路设计施工技术等城市交通节能技术日益成熟并能有效减少温室气体排放,还具有相对较好的经济性,应当大力推广。电动汽车是在使用过程中满足零排放标准要求的最好的汽车,同时具有噪声低等其他优点,但目前电动汽车技术尚处于起步阶段,电动车关键技术——电池技术,难以在近中期取得实质性突破;此外,碳捕获与封存技术尚不成熟,近中期中国电网中来自于可再生能源的电能比例有待于进一步提高。从全生命周期来看,近中期电动车在我国的推广使用不具备良好经济性也不能减少温室气体排放。因此,中国在近中期应对电动车关键技术给予前期的科研、资金、人员等方面的投入,为中后期(2030年以后)电动车的普遍推广应用做好技术和市场准备。

3. 实现城市交通智慧化管理。中国道路交通信息化建设经过最近几年的努力,已经建立了一批

技术含量高的专业管理信息系统,如道路收费、监控、通信、路面以及路政管理和紧急事件管理等,中国许多城市已经或者正在进行智慧交通管理系统建设。因此,中国城市应在已有基础上加快发展智慧交通,力争近中期基本实现城市交通智慧化管理。

## (二) 实施措施

1. 推广分布式能源系统和智慧电网。用可再生能源发电是可再生能源多种开发使用方式之一,从前面的分析可以看出,利用来源于可再生能源的电能作为电动汽车的用能,或者用于新能源制取,可以达到交通温室气体减排的最佳效果。可再生能源发电与并网技术已有一定的基础,如当前通过分布式能源系统和智能电网,可以优化高峰负荷,能够将能源利用率较低又较分散的水能、风能、太阳能、地热能及生物质能等可再生能源充分利用起来发电,并且与大电网并网,从而降低电网中的化石能源发电的比例。中国应加大分布式能源系统和智慧电网在各个城市的推广力度,创造市场机制来促进可再生能源大规模发电与并网关键技术的早日突破。

2. 制定严格的燃油经济性标准和碳排放限制法规。提高内燃机效率,实现车用动力混合化,使用混合动力汽车以及纯电动汽车和氢燃料电池汽车等,都能减少化石燃料使用和碳排放量。中国在发展电动车的同时,应对传统燃油汽车的油耗和碳排放进行更加严格的限制,将汽车的油耗和排放控制水平尽快与国际最新标准接轨,并辅以车载诊断系统实时监控。并制定相关法规,淘汰那些汽车节能减排研究技术相对不足或不重视的生产企业,以不断促进企业汽车节能减排技术的进步。

3. 建立与国际接轨的标准体系。标准化是推动新能源汽车健康发展的重要技术保障。制定中国的新能源汽车标准,要与国际标准接轨,以保证标准的技术先进性,充分发挥标准的技术导向作用。

4. 加大智慧交通技术应用力度。随着机动车保有量的迅速增加,特别是私人汽车数量的剧增,交通基础设施所能提供的交通供给能力与巨大的

交通需求之间的矛盾越来越尖锐,温室气体排放越来越多。因此,除了建设较为完善的低碳公共交通体系外,需要充分发挥基础设施的潜力,提高运输效率,进一步加快以信息技术为中心的智能交通系统建设,扩大智能交通技术的应用范围。

5. 运用政策工具推动低碳技术进步。进一步加大财税支持力度,推动新能源汽车的研究开发、市场销售及推广应用。激励消费者采用低碳技术和低碳生活方式,支持新能源汽车发展。对机动车驾驶员进行驾驶节能技术培训,引导机动车驾驶员养成良好的节能驾驶习惯,以尽可能少的燃油消耗和碳排放实现最经济的出行。

6. 重视低碳技术人才培养力度。城市交通低碳技术的进步、推广与应用需要充足的智力资源支撑,国家应加大低碳技术人才培养力度,造就一批高水平的研发队伍。有条件的高等学校应主动开设城市交通低碳技术方面的课程,或者设置相关的专业,为各行业各部门培养低碳技术人才。企业应通过竞争机制,吸收培养一批自己的低碳技术技术研发带头人和技术骨干队伍,资助其开展与新能源汽车相关的课题研究、学习交流等活动,带动企业研发活动的开展。

中国的能源短缺和土地与环境容量对城市交通发展的现实约束,以及国际社会关于减缓气候变化的要求,决定了中国的城市交通运输应当避免高碳排放的发展方式。随着中国城市的不断扩张,中国城市交通能源消耗和 CO<sub>2</sub> 排放量急剧增加,中国城市交通碳减排形势不容乐观。中国城市低碳交通建设中需要高度重视的问题是公共交通是各类交通工具中碳排放强度最低的,但中国城市公共交通发展速度滞后于城市扩张速度;随着人们生活水平的提高,居民出行结构中的非机动化程度大幅降低;城市交通管理体制与城市低碳交通建设不相适应、缺乏有效的需求管理、节能减排意识亟待提高。中国城市低碳交通建设应将城市低碳交通理念作为基本指导思想,并向全民普及,并籍科技进步,对城市及其交通进行科学规划科学管理,以构造低碳城市综合交通体系,塑造低碳城市形态结构,这也

是当前中国城市低碳交通建设的战略方向。中国城市低碳交通建设的主要途径有:公共交通引导城市发展、需求管理、完善交通管理机制、技术创新与推广等。

### 参考文献:

- [1] 能源与交通创新中心. 低碳燃油标准与政策[DB/OL]. [2013-02-27]. <http://www.icet.org.cn/dtjt.asp?cataid=A0014&id=216>.
- [2] 孙建卫,赵荣钦,黄贤金等. 1995—2005年中国碳排放核算及其因素分解研究[J]. 自然资源学报,2010(8): 1284-1294.
- [3] 张阿玲,申威,韩维建,等. 车用替代燃料生命周期分析[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [4] White C M, Smith D H, Jones K L, et al. Sequestration of carbon dioxide in coal with enhanced coalbed methane recovery: a review energy fuels[J]. Energy Fuels, 2005, 19(3): 659-724.
- [5] 何晓亮. 混合动力车:新能源汽车的必经之路[N]. 科技日报,2011-03-12.
- [6] 李强,杨健慧,李青,等. 燃料电池汽车氢源生命周期分析[J]. 环境科学研究,2003(3):60-61.
- [7] 邱彤,孙柏铭,洪学伦,等. 发展以天然气为原料的燃料电池汽车[J]. 天然气工业,2003(9):1-4.
- [8] 张亮. 车用燃料煤基二甲醚的生命周期能源消耗、环境排放与经济研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [9] 邹晓波. 汽车节油技术探讨[J]. 公路与汽运,2008(6): 36-39.
- [10] 杨英慧. 汽车节能原理与措施[J]. 湖南农机,2011(5):28-29.
- [11] 国务院发展研究中心产业经济部,中国汽车工程学会,大众汽车集团(中国). 中国汽车产业发展报告[M]. 北京:社会科学文献出版社,2011.
- [12] 蔡风田,谢元芒. 汽车运行油耗的影响因素与汽车节能技术[J]. 交通节能与环保,2006(1):28-33.
- [13] 耿学坚,范恩卓. 汽车节能减排措施的探讨[J]. 科技信息,2011(7):369-370.
- [14] 梅娟,范钦华,赵由才,等. 交通运输领域温室气体减排与控制技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [15] 张俊红,李志刚,王铁宁. 车用涡轮增压技术的发展回顾、现状及展望[J]. 小型内燃机与摩托车,2007(1): 66-69.
- [16] 王立彪,何邦全,谢辉,等. 发动机可变气门技术的研究进展[J]. 汽车技术,2005(12):4-8.
- [17] 魏广杰,吴琼,涂安全. 汽车发动机起停技术研究及应用开发[J]. 西华大学学报:自然科学版,2011(5): 14-17.
- [18] 左建令. 汽车电动助力转向系统的分类及应用特点[J]. 上海汽车,2009(12):27.
- [19] 曹彬,张海强. 沃尔沃汽车将测试飞轮动能回收技术[N]. 经济参考报,2011-06-09.
- [20] 殷志峰,程麟. 绿色道路胶凝材料的研究现状及发展趋势[J]. 材料导报,2007(5):94-97.
- [21] 刘士杰. 低碳环保泡沫沥青技术及其应用[J]. 筑路机械与施工机械化,2011(7):7-10.
- [22] 谢飞. 未来智汽车及智能汽车交通系统[J]. 汽车技术,1997(7):53-57.
- [23] 杨学聪. 车联网:智能交通新的切入点[N]. 经济日报,2011-08-16.
- [24] Robert Earley, Liping Kang, et al. 中国电动汽车可持续发展背景报告[DB/OL]. [2013-01-17]. [http://www.un.org/esa/dsd/resources/res\\_pdfs/csd-19/Background-Paper-9-China.pdf](http://www.un.org/esa/dsd/resources/res_pdfs/csd-19/Background-Paper-9-China.pdf).
- [25] 国家发展改革委应对气候变化司. 关于公布2009年中国区域电网基准线排放因子的公告[EB/OL]. [2013-06-20]. [http://qhs.ndrc.gov.cn/qjzjzt20090703\\_289357.htm](http://qhs.ndrc.gov.cn/qjzjzt20090703_289357.htm).

责任编辑:徐蓓