

城市

机动车排放污染控制

城市

机动车

排放污染控制

——国际经验分析与中国的研究成果

郝吉明 傅立新 贺克斌 吴烨 编著

中国环境科学出版

2

X734.2

中国环境科学出版社

城市机动车排放污染控制

——国际经验分析与中国的研究成果

郝吉明 傅立新 贺克斌 吴 烨 编著

中国环境科学出版社

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

城市机动车排放污染控制：国际经验分析与中国的研究成果 /
郝吉明等编著. —北京：中国环境科学出版社，2000. 12

ISBN 7-80163-048-3

I. 城… II. 郝… III. 汽车排气—污染控制—研究
IV. X734.201

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第81767号

责任编辑 顾 莉

封面设计 董 杰

版式设计 郝 明

出版发行 中国环境科学出版社
(100036 北京海淀区普惠南里14号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子信箱: cesp@public.east.cn.net

经售 各地新华书店

印刷 北京市联华印刷厂

版次 2001年1月第一版

2001年1月第一次印刷

开本 168×240mm 印张 35 1/4

字数 600千字

印数 1—3,000

定价: 68.00元

前言

从 1886 年世界上出现第一台汽油发动机汽车，到 20 世纪 90 年代全球汽车产量高达 5 000 万辆以上，这无可争辩地成为人类创造的奇迹之一。机动车辆对经济增长至关重要，给人们提供了实实在在的效益，如速度和方便。汽车保有量增长的推动力较为广泛，在所有国家，汽车的保有量都在稳步上升，而且并不存在人们曾经预期的“市场饱和”迹象。

中国是世界上人均汽车占有量最少的国家之一。但从 1980 年代起，中国汽车保有量以每年平均 12%~14% 的速度增长，许多人的“汽车梦”开始变为现实，汽车正驶向家庭。随着收入持续增加、城市持续蔓延、以及公共交通系统的长期滞后，到 2010 年中国城市小汽车拥有量将会达到每千人 85~130 辆，到 2020 年还要增加一倍。快速的城市化和汽车的普及给人们带来了极大的物质享受，给汽车工业带来了巨大的商机，甚至带动了整个城市经济系统。但是，如果不加以精心规划和管理，中国城市小汽车拥有量的增长态势将使交通堵塞和烟雾成为城市居民日常生活的一部分。尽管中国机动车数量规模相对较小，但是这些机动车已经成为或将要成为许多城市的重要污染源。部分大、中城市的大气污染正经历着由煤烟型向煤烟与机动车尾气混合型的转化。北京市机动车数量位于中国所有城市之上，却不足洛杉矶或东京的 1/5，但这三个城市的汽车污染排放却大致处于同一水平。

目前中国城市对私人汽车的依赖程度较低，城市密度较高，以及规划及管理能力强，中国可以利用这些优势为城市交通和环境管理创立一个新的框架，在政府领导下采取一体化行动，包括规划土地利用，建设交通基础设施，管理交通需求，制定并实施法规与环境标准，促进作为支柱产业的汽车制造业的发展，落实机动车和燃料的标准。机动车污染的综合防治需要清洁汽车技术、畅通的交通体系、清洁燃

料以及健全的检查与维护制度等来共同推动。

早在 1980 年代初,我国即颁布了汽车污染物排放标准。在国家环保局的组织下,于 1994 年正式启动“中国机动车排放污染控制战略研究”,力图根据国外机动车污染控制研究的经验,采用比较先进的系统控制方法,建立一套从机动车污染现状分析,未来排放污染状况预测和控制技术筛选等几方面进行综合考虑的完善科学体系,并由此指导中国机动车污染控制对策的制定与实施。1996 年,国家首次将我国汽车污染综合控制研究列为国家“九五”科技攻关课题,“典型城市汽车排放污染控制示范研究”专题结合城市经济发展规划、环境质量要求、选择典型城市、建立汽车排放控制评估体系、制定典型城市汽车污染综合控制规划,其研究方法和研究成果将为我国其它城市开展类似研究提供借鉴。鉴于如何有效地控制机动车排放污染已成为北京市迫在眉睫的问题,1997 年北京市人民政府启动了“北京市机动车排气污染控制管理规划及实施方案”研究项目,该项目不仅提出未来 10 年北京市全面有效地实施机动车排放控制的规划方案,还要紧密结合北京市机动车排放污染控制管理工作的需要,提出分阶段的具体实施方案。在此期间,福特—中国研究与发展基金资助了“典型城市(北京市)削减汽车污染物排放量的对策研究”和“典型城市交通污染源大气环境影响评估与控制对策研究”两项研究课题,对城市机动车污染控制规划所涉及的基础性科学问题开展了研究。作为上述课题的负责人和主要参加者,我们深信北京等城市的经验将会大大推进全国的机动车污染控制进程。“迎接挑战”的迫切感和使命感要求我们把已积累的科学方法和经验整理出来供更多的人自由分享,这便构成了编写本书的动力。

全书共分八章。第一章以简要篇幅介绍城市交通趋势与机动车排气污染,使非专业人员花最少精力进入这个领域,为阅读全书创造条件。第二章为国际上控制机动车排放污染的历程分析,从工业发达国家“先污染后治理”的弯路中吸取为我所用的经验教训。第三章为城市机动车污染状况与分担率,其方法学可被广泛采用。第四、五两章分别对机动车排放技术和在用车排放污染的检查与维护制度进行了描述,它们为控制技术的筛选提供参考,也构成了制定城市机动车污染

控制规划的基础。第六章为城市机动车排放污染综合控制规划,包括规划方法建立、综合方案设计及综合控制对策的费用效益分析、空气质量的预测分析。第七章介绍制定城市机动车污染控制规划的工具,包括城市机动车污染控制管理信息系统与决策模式开发。第八章给出不同国家和地区的城市机动车污染控制实例,包括澳门、曼谷、墨西哥以及空气质量(特别是臭氧)有显著改进的洛杉矶。全书力图从理论与实践的结合上说明城市机动车污染控制与环境空气质量的关联。全书由吴烨统稿,由郝吉明修改定稿。

本书的编著是基于多年的研究成果,特别是上面提到的研究项目。因此,本书是许多科研单位在国家 and 地方政府支持下通力协作共同努力的硕果,是众多科研人员(包括参与相关研究的历届本科生、硕士及博士生)和管理干部共同智慧与辛劳的结晶。作者谨在此向这些同行及专家表示衷心的感谢。并以此书献给所有关心我国机动车污染控制的同仁。

机动车排放导致的污染是多方面的,不仅使城市空气质量恶化,二氧化碳的大量排放还会导致气候变暖,氮氧化物既是致酸前体物,也会导致湖泊的富营养化,氮氧化物与碳氢化合物的大气反应会产生危害更大的臭氧污染和微细的二次颗粒物。由于篇幅及水平有限,本书仅涉及了这个复杂系统的一部分。另外,本书对于土地利用规划、城市交通规划、管理交通需求等在机动车污染控制中的作用也未能展开阐述。在编写过程中,我们虽力求反映机动车污染控制方面的新数据、新成果和新思路,做到科学、先进、实用,但由于水平所限,仍不免有错误、不妥之处,望广大读者指正。

编著者

2000年5月于清华园

目 录

第一章 城市交通趋势与机动车排气污染 1

第一节 城市交通趋势及影响	2
一、机动车保有量的增长趋势	2
二、影响交通选择的因素	4
三、城市交通趋势的影响	7
四、关键战略与手段	10
第二节 汽车发动机工作原理	14
一、汽油机的工作原理	15
二、柴油机的工作原理	17
第三节 汽油发动机污染物的形成	18
一、一氧化碳的形成原理	19
二、碳氢化合物的形成原理	21
三、氮氧化物的形成原理	24
四、发动机运行条件对污染物形成的影响	25
五、发动机结构设计对污染物形成的影响	28
六、曲轴箱排放	30
七、汽油蒸发排放	30
第四节 柴油机排放污染物的形成	33
一、柴油机喷射火焰分层模型	33
二、柴油机设计对污染物形成的影响	35

第二章 国际上控制机动车排放污染的历程分析 39

第一节 机动车排放标准与法规	40
一、机动车排放法规	40
二、机动车排放测试规程	44

第二节 机动车排放控制技术的发展历程	57
一、国际上机动车尾气排放控制技术简介	57
二、国际上机动车排放控制技术的特点	58
第三节 车用燃料的改善	60
一、无铅化进程	61
二、燃料清洁化	64
三、替代燃料的使用	66
第四节 机动车污染控制管理体系	71
一、国际上新车污染控制管理体系分析	71
二、国际上在用车污染控制管理体系分析	74
三、其它机动车排放控制管理方法分析	76

第三章 城市机动车污染状况与分担率 79

第一节 机动车保有与运营特征分析	80
一、城市机动车保有状况分析	80
二、城市机动车运营特征	82
三、城市机动车运行使用状况	95
第二节 机动车排放污染对城市空气质量的影响	96
一、城市空气质量状况概述	96
二、北京市机动车污染现状	100
第三节 机动车污染物排放因子的确定	121
一、机动车排放因子	121
二、机动车排放影响因素及敏感性分析	121
三、MOBILE5 模式的修正	126
四、北京市机动车排放因子计算	136
第四节 机动车污染物排放清单的建立	141
一、污染物排放清单统计的基本内容	141
二、城市机动车污染物排放清单的建立	142
三、城市固定源污染物排放清单的建立	154
第五节 城市机动车污染分担率分析	158
一、城市机动车污染排放分担率计算	158
二、城市机动车污染浓度分担率分析	163

第四章 机动车排放控制技术评价研究 181

第一节 国内外排放控制技术的应用	182
一、控制燃油蒸发排放	182
二、汽油发动机的机内净化技术	183
三、汽油车机外净化技术	189
四、柴油发动机排放控制技术	192
五、各种排放控制技术的国内外应用	197
六、车载诊断系统	199
第二节 机动车排放控制技术的费用效益分析	200
一、计算方法	200
二、费用效益分析	207
第三节 在用车排放改造技术的试验研究	213
一、汽油车催化净化装置（氧化型）性能和效果评价	213
二、电控补气加三元催化	221
三、真空延时阀	228
四、双燃料汽车	228
第四节 车用燃料改进和燃料替代技术	230
一、常规燃料的质量改善	230
二、车用燃料替代技术	234
第五节 电力驱动汽车技术	238
一、电动汽车技术	239
二、燃料电池汽车	243
三、混合动力车	250
第六节 防治机动车排放污染技术政策的研究	256
一、控制目标	256
二、新车排放控制	257
三、在用车排放控制	258
四、改进油品质量	258
五、排放控制装置和测试设备	259

第五章 控制在用车排放污染的检查/维护（I/M）制度 261

第一节 国内外 I/M 制度现状对比分析	262
一、实施 I/M 制度的重要性和必要性	262

二、国内外 I/M 制度实施现状	264
第二节 我国城市现行 I/M 制度实施效果评价	271
一、评价指标和方法	271
二、检测数据分析	272
三、现行标准分析	278
四、上线合格率分析	282
五、排放水平劣化分析	284
第三节 我国未来 I/M 制度的规划设计	284
一、I/M 制度检测体系及相应运作机制	285
二、I/M 制度维护体系及相应运作机制	305
第四节 典型城市 I/M 制度的实施示范	316
一、北京市 I/M 制度实施示范	316
二、上海市 I/M 制度实施示范	333

第六章 城市机动车排放污染综合控制规划 347

第一节 城市机动车污染控制规划的方法建立	348
一、机动车污染控制规划体系的建立	348
二、规划研究的内容和方法	351
第二节 机动车污染控制综合方案设计	371
一、规划年机动车保有量预测	371
二、机动车排放控制综合方案设计	372
三、固定源排放同步控制综合方案	375
第三节 目标年机动车排放削减潜力分析	378
第四节 综合控制对策的费用效益分析	379
一、新车排放控制方案的费用效益分析	379
二、I/M 制度的费用效益分析	380
第五节 目标年城市空气质量的预测分析	381
一、北京市规划市区机动车污染物传输矩阵的建立	382
二、城市目标年污染物浓度预测和空气质量评估	383
三、实施综合控制方案后的臭氧削减模拟分析	391

第七章 城市机动车污染控制管理信息系统与决策模式开发 401

第一节 城市机动车污染物排放因子模式	402
一、原型模式的选取	402

二、城市机动车排放因子模式的开发	404
三、排放因子模式软件的功能结构	408
四、机动车排放因子模式软件的使用	413
第二节 城市空气质量评价模式	418
一、原型模式的选取	418
二、城市空气质量模式的开发	420
三、模式软件的功能结构	422
四、模式软件的使用	425
第三节 城市光化学污染控制决策模式	427
一、原型模式方法简介	427
二、城市大气光化学污染多轨迹模式的开发	428
第四节 机动车排放控制优化规划模式	432
一、机动车污染物传输矩阵的建立	432
二、机动车排放控制优化模型的建立	432
第五节 基于的城市机动车污染控制管理信息系统	434
一、系统设计目标和平台建立	435
二、系统的构成与功能实现	442

第八章 不同国家和地区的城市机动车污染控制实例 453

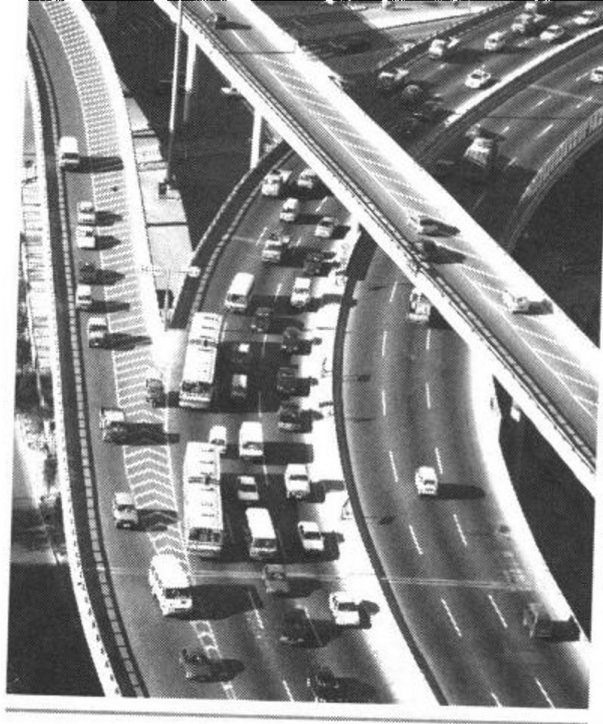
第一节 中国澳门的城市机动车污染评估	454
一、澳门状况简介	454
二、澳门机动车污染现状分析	456
三、澳门机动车污染物街区扩散模拟	459
四、澳门半岛机动车污染物排放浓度时空分布模拟	474
五、控制澳门机动车污染的对策	478
第二节 泰国曼谷的机动车排放污染控制	479
一、曼谷机动车污染现状	479
二、曼谷汽油无铅化进程的推行	481
三、曼谷汽油无铅化的效果分析	482
四、无铅化进程的借鉴分析	485
第三节 墨西哥城的机动车排放污染控制	487
一、大气污染状况分析	487
二、大气污染成因分析	491
三、墨西哥城政府机动车排放污染控制措施的实施	495
四、墨西哥城机动车排放污染控制规划	496

第四节 美国洛杉矶城市空气质量改善研究	500
一、洛杉矶地区的大气污染状况简介	500
二、洛杉矶地区的污染综合控制	501
三、洛杉矶的空气质量改善分析	502
四、经验和教训	505
五、对未来的展望	506

参考文献 507

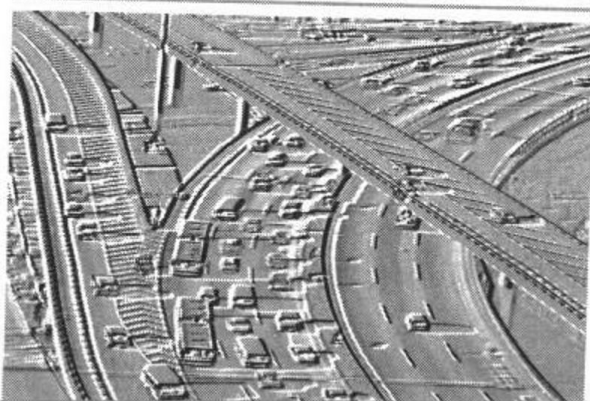
附录 517

附录一 与本书内容相关的研究项目及主要参加人员	518
附录二 控制机动车排放污染的技术政策	519
附录三 与机动车污染防治相关的北京市地方标准	526
附录四 国家环境保护标准：轻型汽车污染物排放标准	533
索引	548



第一章

城市交通趋势与机动车排气污染



第一节 城市交通趋势及影响

当今世界各国城市化进程的规模是历史上从未有过的。到 2025 年，世界上将有 2/3 的人口居住在城市。这意味着有更多的人要在城市中生活和工作，还意味着更多的人和更多的货物要在城市中或城市间进行运输，而且是长距离的。

机动车辆给人们提供了实实在在的利益，如速度和方便。然而世界大城市对机动车的依赖十分明显地付出了越来越大的代价。这些代价包括高昂的道路修建和维护费用，道路拥挤给经济发展带来的损害，高水平的能源消费和随之而来的经济和环境代价，日益恶化的空气和噪声污染。

许多城市已经严重依赖汽车，要改变当前的机动车化的方向，不论对发展中国家还是较为发达的国家而言，在实际上都较为困难。对于这些城市，出路在于改善现有城市交通运输网，并且对城市的发展加以更加有效的管理，改善现有车辆的效率和清洁，降低燃料消耗和空气污染。

一、机动车保有量的增长趋势

业已证明，机动车保有量的增长比人口的增长快得多。在 1950 年，全世界只有 5 000 万辆汽车，大约每 1 000 人仅有 2 辆汽车；到 1995 年，全球已经拥有 6.5 亿辆汽车，平均 100 人拥有 10 辆汽车；根据目前的估计，2010 年之前全世界机动车的数量可能达到 8.16 亿辆（不包括两轮和三轮的机动车）；到 2050 年全球将拥有 30 亿辆汽车。这一增长的推动力较为广泛，从人口因素（城市化、人口增长和小家庭）到经济因素（较高的收入和汽车价格下降），到社会因素（休闲时间增加和与拥有汽车相关的社会地位），再到政治因素（有巨大影响的财团和政府，把汽车工业看作经济增长的重要支柱）。

目前世界上大部分汽车集中在世界的富裕地区。1993 年，经济合作与发展组织（OECD）成员国拥有世界汽车的 70%，其中最高的是美国，58%的家庭拥有两辆或更多的汽车，20%的家庭拥有 3 辆或更多。就汽车的拥有率而言，美国也最高，1993 年每 1 000 人就拥有 561 辆汽车，而除美国以外的 OECD 成员国，每 1 000 人也拥有 366 辆汽车（见图 1-1）。在所有的 OECD 国家中，汽车的占有量仍在稳步上升，而且并不存在人们所预期的“市场饱和”迹象。

每 1 000 人汽车数量

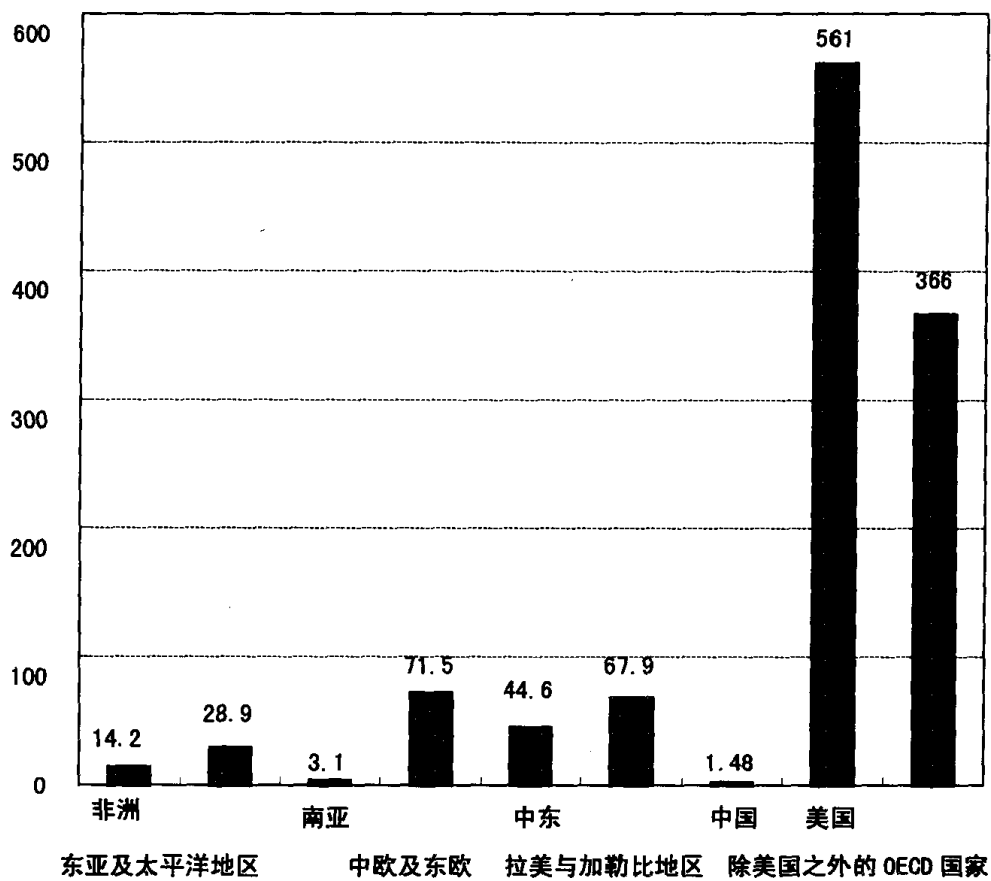


图 1-1 1993 年各地区或国家每 1 000 人的拥有汽车数

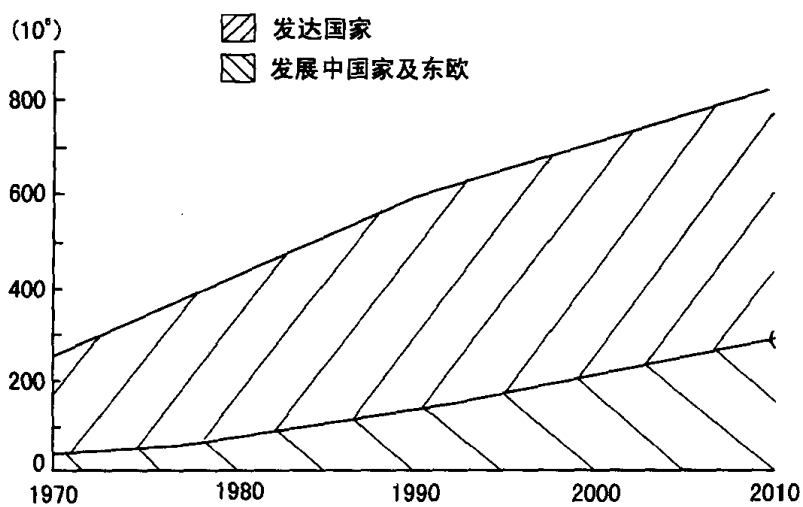


图 1-2 世界汽车拥有量 (1970—2010 年)

在发展中国家,汽车拥有率要低得多:截至1993年,拉丁美洲和加勒比地区每1 000人拥有约68辆,东亚和太平洋地区为每1 000人29辆,非洲则为每1 000人14辆。然而,正是在这些发展中国家,预计汽车数量将有最大的增长(见图1-2)。东亚和太平洋地区,增长率将会特别高。在发展中国家,机动车数量的增长大部分集中在城市地区,而在主要城市其机动车的富集程度更高。伊朗、韩国、肯尼亚和泰国,全国约50%的车辆集中在首都。在亚洲的大部分地区,车辆数量的增加主要来源于二轮和三轮机动车数量的增加。与汽车比较,这类机动车较适用于目前大部分收入水平仍不很高的普通居民阶层,并常常将其作为拥有汽车的过渡手段。人们普遍预期,中国和印度以及其他一些人口密度高而收入低的国家,两轮和三轮车的数量将会迅速地增加。以印度为例,目前该国摩托车的拥有量年增长的幅度高达17%。

二、影响交通选择的因素

(一) 交通方式和收入

基于世界各国汽车保有量变化的历史(见图1-3和图1-4),汽车—收入弹性系数研究表明,收入每增长1%,将导致1.02%~1.94%的汽车保有量增长。并且当人均年收入介于500~1 500美元之间,汽车保有量的增长速度最快,高于同期经济增长速度。即使像印度和中国这样的国家,汽车保有量的持续增长都是不可逆转的。

收入水平对人们使用的交通方式和外出次数有较大的影响。对于能付得起买车款的人们,汽车给他们提供快速、方便甚至是廉价的交通方式。但汽车占有量的增加导致外出次数的增加。例如在伦敦,没有汽车的家庭,每天外出约为3次,而拥有汽车的家庭,外出可能超过5次,其中新增加的2次是全新的路线或是代替过去的步行或骑自行车,且利用公共交通的外出相应减少。

财富的增长导致乘车外出的次数增加,增加的方式主要是社交和休闲,包括长途旅游。有些时候乘车外出的次数比车辆的增长更快。以美国为例,1983年至1990年之间,汽车数量增长了14%,而汽车外出次数增加了40%。这种趋势对发展中国家,特别是经济正在快速增长的国家也会有影响。

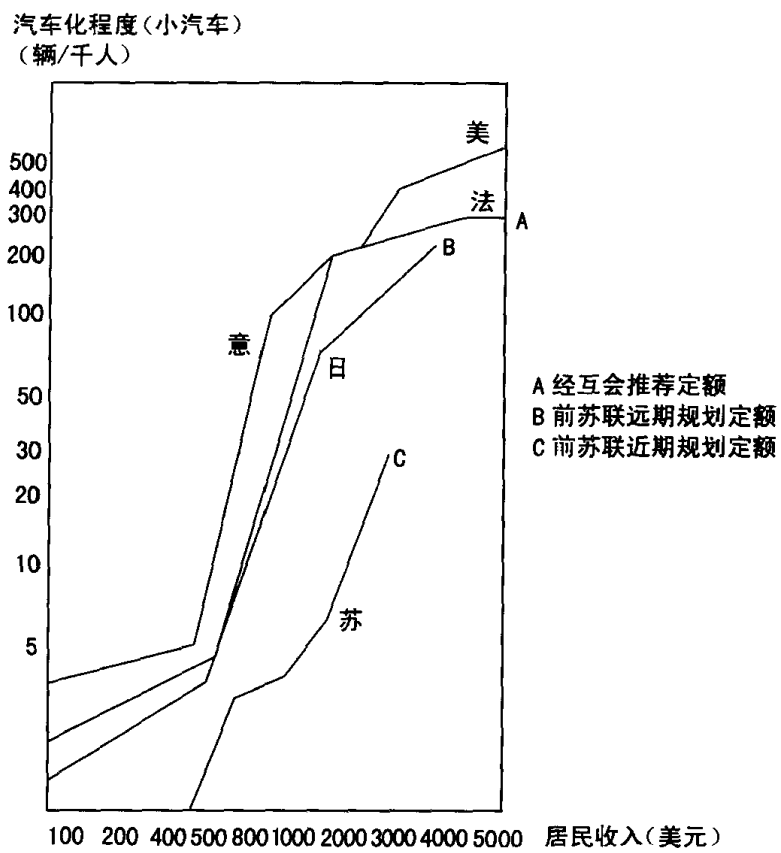


图 1-3 美、法、日、意、(前)苏各国居民收入与汽车化程度关系图

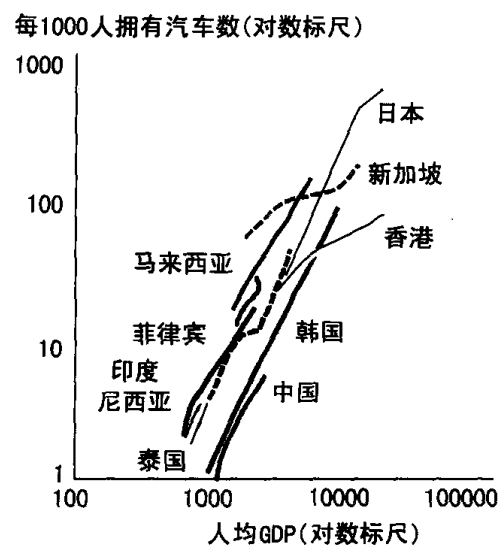


图 1-4 部分亚洲国家和地区汽车拥有量随人均 GDP 的变化