



车用替代燃料 生命周期分析

张阿玲 申威 韩维建 柴沁虎 著

清华大学出版社



车用替代燃料生命周期分析

张阿玲 申威 韩维建 柴沁虎 著

ISBN 978-7-302-18281-8



9 787302 182818 >

定价：38.00元



车用替代燃料 生命周期分析

张阿玲 申威 韩维建 柴沁虎 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

面对越来越大的能源安全和温室气体减排压力,考虑到我国资源条件和经济发展状况,本书研究了未来中国车用燃料发展方向。

通过评价中国国情下各种车用替代燃料路线全生命周期中能源、温室气体和成本状况,给出了中国车用替代燃料未来发展的方向性建议。本书采用国际流行的 Well-to-Wheel 车用燃料能源和排放分析工具 GREET,构建基于中国数据的模型数据库,并结合独立开发的持有者成本模型和替代燃料路线市场化的激励—阻碍模型,计算出 2005 年、2012 年和 2020 年的 140 种车用替代燃料路线在中国实际条件下的全生命周期中能源消费量、温室气体排放量和持有者成本指标。

本书可供政府、企事业单位和研究机构从事替代燃料的决策人员和研究人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

车用替代燃料生命周期分析/张阿玲等著. —北京:清华大学出版社,2008.10
ISBN 978-7-302-18281-8

I. 车… II. 张… III. 汽车—燃料—研究 IV. U473

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 114642 号

责任编辑:张占奎

责任校对:王淑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:175×245 印 张:13.75

字 数:268 千字

版 次:2008 年 10 月第 1 版

印 次:2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:38.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:028505-01



前言

面对越来越大的能源安全和温室气体减排压力,考虑到我国资源条件和经济发展状况,研究未来中国车用燃料发展方向成为很迫切的任务。同时由于交通部门的能源消费和二氧化碳排放是国家能源消费总量的重要部分,故也是国家替代能源政策不可忽视的部分。

我们希望通过评价中国国情下各种车用替代燃料路线全生命周期中能源消费(总能源、化石能源和油品)、温室气体和经济成本状况,给出中国车用替代燃料未来发展的评价和建议。本书采用国际流行的 Well-to-Wheel 车用燃料能源和排放分析工具 GREET,通过调研大量数据,构建以大量中国数据为基础的模型数据库,并结合独立开发的持有者成本模型,计算出 2005 年、2012 年和 2020 年的 140 种车用替代燃料路线在中国实际条件下的全生命周期中能源消费量、温室气体排放量和持有者成本指标。

为了向决策者和企业提供中国发展车用替代燃料的实际选择和宏观效果预期,本书提出替代燃料路线市场化的激励—阻碍模型,定性分析所计算的 140 种燃料路线在中国市场上未来 15 年内的推广前景,并筛选出最有可能得到推广的路线结果代入 LEAP2006 工具包建立的情景计算模块。根据各种替代方案,分别计算 2012 年和 2020 年中国轿车使用的化石能源和石油资源消费量、其他含能资源需求量和温室气体排放量,并且与基准情景相比较,得到相应的石油替代率、温室气体减排量和减排成本。

本书第 1 章、第 2 章和第 6 章由张阿玲、韩维建编写;第 3 章和第 4 章由申威编写;第 5 章由柴沁虎编写;全书由张阿玲统稿。

本书的研究结果将得到许多有争议和有趣的结论:例如在中国目前的技术条件下,几乎所有的替代燃料路线的全生命周期能源消费量和温室气体排放量都高于传统汽柴油路线,不过其中有些路线可以实现节约油品和降低持有者成本的目的;当原油价格降低到每桶 40 美元时,替代燃料的发展空间将变得比较狭窄,而当原油价格上升到每桶 100 美元时,很多路线则变得对市场和消费者充满吸引力;等等。我们希望政策决策者、科技工作者和企业家共同根据本书所提供的分析平台,权衡各路线的

优缺点,结合资源、环境和国内外形势作出恰当的选择。随着形势的变化和技术的发展,本书中的许多结论和研究结果也需要不断补充和更新,以更准确地反映事实。

编者

2008年5月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 背景	1
1.1.1 中国经济发展和机动车保有量剧增	1
1.1.2 能源安全和温室气体减排压力	2
1.1.3 替代燃料的发展和中國政府的努力	3
1.2 问题的提出	5
1.3 生命周期评价和 WTW 研究的发展	7
1.3.1 生命周期评价的发展历程	7
1.3.2 国外车用燃料 WTW 研究的发展	9
1.3.3 国内车用燃料 WTW 研究的进展	11
1.3.4 国内研究需要深入的部分	12
1.4 研究路径和内容	13
第 2 章 研究方法和模型描述	15
2.1 总体研究框架	15
2.2 WTW 分析的定义和模型描述	17
2.2.1 燃料路线	17
2.2.2 时间范围	19
2.2.3 功能单位	19
2.2.4 WTT 计算流程和说明	20
2.2.5 TTW 计算流程和说明	24
2.2.6 WTW 的结果合成	25
2.2.7 数据来源和质量	26
2.3 持有者成本模型的构建	26
2.3.1 模型框架	26
2.3.2 基准的设定	27
2.3.3 各种含能资源相对于原油的价格弹性	28
2.3.4 燃料成本和预期售价的计算	29

2.3.5	汽车预期售价的计算	29
2.3.6	汽车持有者成本的计算	30
2.4	替代燃料市场化进程的模型构建	30
2.5	情景分析模型的构建	32
第3章	燃料路线描述	35
3.1	石油燃料路线	35
3.1.1	原油开采和处理	36
3.1.2	原油运输	36
3.1.3	成品油生产	38
3.1.4	汽油品质和含氧添加剂的生产	40
3.1.5	柴油品质	42
3.1.6	液化石油气的生产	43
3.1.7	成品油运输和分配	43
3.2	天然气燃料路线	45
3.2.1	天然气的消费和供应	45
3.2.2	天然气的开采和精制	47
3.2.3	天然气的运输	48
3.2.4	天然气的压缩和加注	50
3.2.5	天然气化工	51
3.2.6	液体燃料产品的运输和分配	57
3.3	煤基燃料路线	58
3.3.1	煤炭的开采和洗选	59
3.3.2	煤炭运输	61
3.3.3	煤化工	62
3.3.4	煤制燃料的运输和分配	65
3.4	生物质路线	65
3.4.1	几点说明	65
3.4.2	玉米和小麦乙醇	72
3.4.3	薯类乙醇	77
3.4.4	甜高粱乙醇	81
3.4.5	木材和秸秆燃料路线	82
3.4.6	乙醇燃料的前景	84
3.4.7	生物柴油	85
3.5	电能的生产和使用	93
3.5.1	发电	93
3.5.2	利用电能水解制氢	95
3.6	二氧化碳的捕获和封存	96

3.7 替代燃料和汽车技术的组合	98
3.7.1 传统汽车和混合动力汽车	98
3.7.2 燃气汽车及其基础设施	99
3.7.3 低比例混合燃料汽车和灵活燃料汽车	100
3.7.4 使用替代燃料的柴油机汽车	102
3.7.5 氢内燃机汽车	102
3.7.6 燃料电池汽车	103
3.7.7 电动汽车	104
3.8 资源量和原料的基本价格	105
3.8.1 原油	105
3.8.2 天然气	106
3.8.3 煤炭	107
3.8.4 生物质	107
3.9 替代燃料汽车和先进技术汽车的预期售价	108
第4章 WTW 结果分析	111
4.1 WTT 能源消费和温室气体排放	111
4.1.1 石油燃料	112
4.1.2 压缩天然气和液化石油气	114
4.1.3 天然气和煤基液体合成燃料	116
4.1.4 生物质乙醇燃料	119
4.1.5 生物柴油燃料	126
4.1.6 氢能燃料和电能	131
4.2 WTW 能源消费和温室气体排放	136
4.2.1 汽油和柴油路线	137
4.2.2 传统燃气路线	138
4.2.3 天然气和煤基液体合成燃料路线	142
4.2.4 生物乙醇路线	146
4.2.5 生物柴油路线	151
4.2.6 氢内燃机路线	156
4.2.7 燃料电池和电动汽车路线	160
4.3 WTW 持有者成本	167
4.4 本章小结	170
第5章 情景分析	173
5.1 背景参数选择	173
5.1.1 情景结构	173
5.1.2 各种替代燃料路线的技术参数	174
5.1.3 轿车保有量的变化	175

5.1.4 汽车年均行驶里程.....	175
5.2 燃料路线筛选	176
5.3 情景设定和分析结果	178
5.3.1 基准情景.....	178
5.3.2 乙醇情景.....	180
5.3.3 混合动力情景.....	181
5.3.4 煤制甲醇情景.....	182
5.3.5 轿车柴油化情景.....	184
5.4 政策建议	186
5.5 本章小结	187
第6章 结论	189
6.1 主要结论	189
6.2 研究的创新点	190
6.3 需要进一步完善的地方	191
6.4 结语与展望	192
缩略词表.....	193
参考文献.....	195

表 目 录

表 1-1	“十五”期间国内替代燃料车和先进燃料车的开发	4
表 2-1	本研究包括的含能资源与燃料	18
表 2-2	本研究所包括的车用燃料与机动车技术的配合	18
表 2-3	碳潜在排放系数和碳氧化率	21
表 2-4	IPCC 规定的不同时间尺度下的 GWP 指标	22
表 2-5	模型车辆燃料消耗量测试水平	24
表 2-6	中国原油进口金额和价格	28
表 2-7	其他能源载体相对于原油的价格弹性	28
表 3-1	2006 年中国进口原油来源构成	36
表 3-2	中国国内原油运输方式的估计	37
表 3-3	2005 年中国国有铁路机车情况	37
表 3-4	石油基燃料的生产能效	39
表 3-5	2002 年中国和欧美汽油组分对比	40
表 3-6	中国和欧美的主要汽油标准参数	40
表 3-7	本研究所包括的汽油品质参数	40
表 3-8	中国某石油公司柴油组分	42
表 3-9	本研究中采用的 LPG 品质要求	43
表 3-10	中国成品油长途运输方式比例	44
表 3-11	2005 年中国和世界的吨甲醇天然气消耗量	53
表 3-12	中国煤炭开采的吨煤产品能源消费量	60
表 3-13	中国每吨煤炭洗选过程的能源和水消费量	61
表 3-14	中国煤炭运输量和转运量分担率	62
表 3-15	煤直接液化和间接液化技术对比	63
表 3-16	2005 年中国合成氨装置原料结构	68
表 3-17	使用荒地种植原料的碳释放量与 WTW 减排量持平年限估算	70
表 3-18	2006 年中国燃料乙醇生产企业现状	73
表 3-19	中国燃料乙醇定点工厂获得国家补贴的情况	74
表 3-20	中外乙醇生产能耗和水耗对比	76
表 3-21	燃料乙醇工厂 2005 年供应区域和最大运输距离	77
表 3-22	糖质作物含糖量和产量对比	78
表 3-23	纤维素乙醇原料的主要成分构成	83
表 3-24	生物柴油与车用柴油部分指标对比	85
表 3-25	中国和美国 2005 年各种发电方式容量和发电量比例	94
表 3-26	2020 年中国装机容量和发电量比例预期	94
表 3-27	中国火力发电能耗和电网线路损失的统计和预期	95

表 3-28	现有 CCS 技术捕获率和能源消耗	97
表 3-29	不同的二氧化碳封存技术目前发展阶段	97
表 3-30	基准汽油轿车在测试循环中的燃料经济性指标	98
表 3-31	2005—2020 年汽车燃料经济性指标提高幅度	99
表 3-32	传统燃气汽车相对于汽油车燃料经济性指标改变	100
表 3-33	中国各种生物质原料的价格预期	107
表 3-34	其他车辆以传统汽油 PISI 轿车为基准时的价格上浮	109
表 4-1	压缩天然气路线所代表的含义	114
表 4-2	2020 年中国生物质发电的电厂效率	125
表 5-1	中国未来主要年份每年新增车辆数量预期	175
表 5-2	世界各国轻型乘用车年均行驶里程	176
表 5-3	中国 2005 年初各种燃料轿车保有比例	178
表 5-4	基准情景的主要分析结果	178
表 5-5	基准情景下 2020 年中国原油需求量和进口量估算	179
表 5-6	乙醇情景的主要分析结果	180
表 5-7	2020 年乙醇情景与基准情景对比结果	181
表 5-8	混合动力情景的主要分析结果	181
表 5-9	2020 年混合动力情景与基准情景对比结果	182
表 5-10	甲醇情景的主要分析结果	183
表 5-11	2020 年甲醇情景与基准情景对比结果	183
表 5-12	中国轿车部门 2020 年所使用的不同柴油的比例	184
表 5-13	柴油情景的主要分析结果	185
表 5-14	2020 年柴油情景与基准情景对比结果	185

图 目 录

图 1-1	中国经济、汽车保有量和车用能源发展	2
图 1-2	中国过去 25 年原油平衡情况	2
图 1-3	生命周期评价与 Well-to-Wheel 研究	6
图 1-4	WTW 研究中的复杂性范例	13
图 2-1	研究总体框架	17
图 2-2	产品替代法的计算流程	23
图 2-3	中国轻型车测试循环	25
图 2-4	成本分析模型的结构	27
图 2-5	替代燃料市场化的激励—阻碍定性分析模型	31
图 2-6	LEAP 模型的系统结构	32
图 3-1	石油燃料路线	35
图 3-2	2003 年中国两大石油公司汽油产品构成	41
图 3-3	液化石油气燃料路线	42
图 3-4	天然气燃料路线	46
图 3-5	中国历年天然气消费水平	47
图 3-6	中国天然气管道运输量和运输距离	49
图 3-7	中国 2005 年甲醇消费量构成	52
图 3-8	中国甲醇的生产和进口	52
图 3-9	甲醇制氢的燃料路线	57
图 3-10	煤基燃料路线	58
图 3-11	中国的能源消费结构变化	59
图 3-12	中国煤基消费量	59
图 3-13	煤基洗选过程示意图	61
图 3-14	中国农业生产中化肥使用量的变化	67
图 3-15	中国农业生产中农药使用量的变化	67
图 3-16	玉米和小麦制造乙醇的路线	72
图 3-17	中国改革开放以来玉米和小麦历年总产量	73
图 3-18	2006 年中国醇类燃料推广示范区域	74
图 3-19	中国全国和东北地区玉米单位面积产量	75
图 3-20	中外小麦单位面积产量	75
图 3-21	木薯和甘薯制造乙醇的路线	77
图 3-22	广东和广西地区木薯单位面积产量	79
图 3-23	中国改革开放以来历年薯类和甘薯总产量	80
图 3-24	中国甘薯单位面积产量	80
图 3-25	甜高粱茎秆制造乙醇的路线	81

图 3-26	甜高粱在不同盐碱度下单位面积产量变化	82
图 3-27	木材和秸秆的燃料路线	82
图 3-28	中国改革开放以来全国大豆历年总产量	88
图 3-29	中外大豆单位面积产量	89
图 3-30	中国电力装机容量的发展	93
图 3-31	利用电能制氢的燃料路线	95
图 4-1	2005 年石油基燃料的 WTT 过程化石能消费量	112
图 4-2	2005 年石油基燃料的 WTT 温室气体排放量	113
图 4-3	2020 年石油基燃料的 WTT 过程化石能消费量	113
图 4-4	2020 年石油基燃料的 WTT 温室气体排放量	114
图 4-5	2005 年传统车用燃气的 WTT 过程化石能消费量	115
图 4-6	2005 年传统车用燃气的 WTT 温室气体排放量	115
图 4-7	2020 年传统车用燃气的 WTT 过程化石能消费量	116
图 4-8	2020 年传统车用燃气的 WTT 温室气体排放量	116
图 4-9	2005 年天然气和煤基液体燃料的 WTT 过程化石能消费量	117
图 4-10	2005 年天然气和煤基液体燃料的 WTT 温室气体排放量	117
图 4-11	2020 年天然气和煤基液体燃料的 WTT 过程化石能消费量	118
图 4-12	2020 年天然气和煤基液体燃料的温室气体排放量	118
图 4-13	生物质燃料乙醇路线	119
图 4-14	2005 年生物质乙醇的 WTT 过程化石能消费量	120
图 4-15	2020 年生物质乙醇的 WTT 过程化石能消费量	121
图 4-16	2005 年生产 1 MJ 生物质乙醇的 WTT 总能和化石能投入量	122
图 4-17	2020 年生产 1 MJ 生物质乙醇的 WTT 总能和化石能投入量	122
图 4-18	2005 年生物质乙醇的 WTT 温室气体排放量	123
图 4-19	2020 年生物质乙醇的 WTT 温室气体排放量	123
图 4-20	2020 年使用秸秆生产单位能值的电能或者乙醇的温室气体减排量 ..	125
图 4-21	2020 年使用单位能值的秸秆生产电能或者乙醇的温室气体减排量 ..	126
图 4-22	2005 年生物柴油的 WTT 过程化石能源消费量	127
图 4-23	2020 年生物柴油的 WTT 过程化石能源消费量	127
图 4-24	2005 年生产 1 MJ 生物柴油的 WTT 总能和化石能投入量	129
图 4-25	2020 年生产 1 MJ 生物柴油的 WTT 总能和化石能投入量	129
图 4-26	2005 年生物柴油的 WTT 过程温室气体排放量	130
图 4-27	2020 年生物柴油的 WTT 过程温室气体排放量	131
图 4-28	氢能燃料路线	132
图 4-29	2005 年氢能燃料和电的 WTT 过程化石能源消费量	133
图 4-30	2005 年氢能燃料和电的 WTT 温室气体排放量	133
图 4-31	2020 年气氢燃料和电的 WTT 过程化石能源消费量	134

图 4-32	2020 年液氢燃料的 WTT 过程化石能源消费量	134
图 4-33	2020 年气氢燃料和电的 WTT 过程温室气体排放量	135
图 4-34	2020 年液氢燃料的 WTT 过程温室气体排放量	136
图 4-35	汽柴油路线的 WTW 化石能源消费量	137
图 4-36	汽柴油路线的 WTW 温室气体排放量	137
图 4-37	汽柴油路线的 WTW 石油资源消费量	138
图 4-38	汽柴油路线的 WTW 能源消费和温室气体排放量对比	139
图 4-39	2005 年传统车用燃气路线 WTW 化石能源消费量	139
图 4-40	2005 年传统车用燃气路线 WTW 石油资源消费量	140
图 4-41	2020 年传统车用燃气路线 WTW 化石能源消费量	140
图 4-42	2020 年传统车用燃气路线 WTW 石油资源消费量	141
图 4-43	2005 年传统车用燃气路线 WTW 温室气体排放量	141
图 4-44	2020 年传统车用燃气路线 WTW 温室气体排放量	142
图 4-45	2005 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 化石能源消费量	142
图 4-46	2005 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 石油资源消费量	143
图 4-47	2020 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 化石能源消费量	144
图 4-48	2020 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 石油资源消费量	144
图 4-49	2005 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 温室气体排放量	145
图 4-50	2020 年天然气和煤基合成燃料路线 WTW 温室气体排放量	145
图 4-51	2005 年生物乙醇燃料路线 WTW 化石能源消费量	146
图 4-52	2005 年生物乙醇燃料路线 WTW 石油资源消费量	147
图 4-53	2020 年生物乙醇燃料路线 WTW 化石能源消费量	148
图 4-54	2020 年生物乙醇燃料路线 WTW 石油资源消费量	149
图 4-55	2005 年生物乙醇燃料路线 WTW 温室气体排放量	149
图 4-56	2020 年生物乙醇燃料路线 WTW 温室气体排放量	150
图 4-57	2005 年生物柴油燃料路线 WTW 化石能源消费量	151
图 4-58	2005 年生物柴油燃料路线 WTW 石油资源消费量	152
图 4-59	2020 年生物柴油燃料路线 WTW 化石能源消费量	153
图 4-60	2020 年生物柴油燃料路线 WTW 石油资源消费量	154
图 4-61	2005 年生物柴油燃料路线 WTW 温室气体排放量	154
图 4-62	2020 年生物柴油燃料路线 WTW 温室气体排放量	155
图 4-63	2020 年氢内燃机路线 WTW 化石能源消费量	156
图 4-64	2020 年氢内燃机混合动力路线 WTW 化石能源消费量	157
图 4-65	2020 年氢内燃机路线 WTW 石油资源消费量	157
图 4-66	2020 年氢内燃机混合动力路线 WTW 石油资源消费量	158
图 4-67	2020 年氢内燃机路线 WTW 温室气体排放量	159
图 4-68	2020 年氢内燃机混合动力路线 WTW 温室气体排放量	159

图 4-69	2005 年燃料电池和纯电动车路线 WTW 化石能源消费量	160
图 4-70	2005 年燃料电池和纯电动车路线 WTW 石油资源消费量	161
图 4-71	2020 年车载制氢燃料电池 WTW 化石能源消费量	162
图 4-72	2020 年车载制氢燃料电池 WTW 石油资源消费量	162
图 4-73	2020 年氢燃料电池和纯电动车 WTW 化石能源消费量	163
图 4-74	2020 年氢燃料电池和纯电动车 WTW 石油资源消费量	164
图 4-75	2005 年氢燃料电池和纯电动车 WTW 温室气体排放量	164
图 4-76	2020 年车载制氢燃料电池 WTW 温室气体排放量	165
图 4-77	2020 年氢燃料电池和纯电动车 WTW 温室气体排放量	166
图 4-78	2020 年原油价格每桶 70 美元时中国燃料路线的排放和成本	167
图 4-79	2020 年原油价格每桶 40 美元时中国燃料路线的排放和成本	168
图 4-80	2020 年原油价格每桶 100 美元时中国燃料路线的排放和成本	169

绪 论

1.1 背 景

1.1.1 中国经济发展和机动车保有量剧增

1978 年改革开放以来,中国经济一直保持快速发展,国内生产总值(gross domestic product,GDP)从 1978 年的 3645.2 亿元增加到 2005 年的 183084.8 亿元,按照可比价格计算,年平均增长率达到 9.3%。

经济繁荣刺激了交通发展,特别是道路交通的发展。中国机动车保有量的增加幅度大大高于 GDP 发展速度,因而对汽、柴油的需求增长也特别快。根据国家统计局(2006)等单位的资料,以 1990 年的各项指标为 100,最近 15 年的中国经济、汽车保有量和能源使用情况如图 1-1 所示。1978 年,中国的民用汽车保有量为 135.84 万辆,其中私人汽车不足 20 万辆;2005 年民用汽车保有量增加到 3159.66 万辆,是 1978 年民用汽车保有量的 23.2 倍,其中私人汽车达到 1848.07 万辆,大约是 1978 年私人汽车数量的 92 倍。2005 年,全国民用摩托车的保有量超过 5930 万辆,如果再把军用车辆考虑在内,那么当前中国的机动车保有总量估计超过 1.2 亿辆。到 2010 年和 2020 年,中国民用汽车保有量的上限有可能分别达到 6300 万辆和 1.6 亿辆(吴文化,2003)。

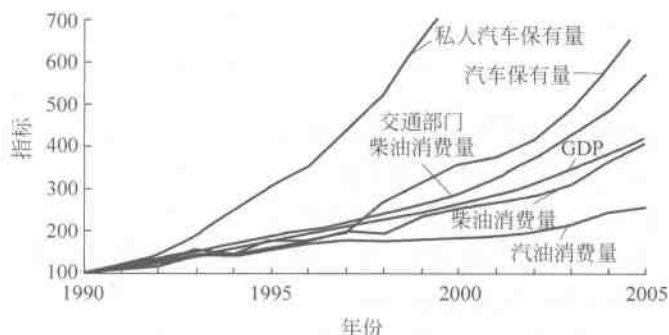


图 1-1 中国经济、汽车保有量和车用能源发展