



产业发展与环境治理研究论丛

中国车用能源战略研究

冯飞等 编著



创于1897

商务印书馆
The Commercial Press



产业发展与环境治理研究论丛

中国车用能源战略研究

冯飞 等 编著



商务印书馆
The Commercial Press

2014年·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国车用能源战略研究 / 冯飞等编著. —北京: 商务印书馆, 2014
(产业发展与环境治理研究论丛)
ISBN 978 - 7 - 100 - 10727 - 3

I. ①中… II. ①冯… III. ①汽车—能源管理—研究—中国 IV. ①U473

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 210689 号

所有权利保留。

未经许可, 不得以任何方式使用。

中国车用能源战略研究

冯飞 等 编著

商 务 印 书 馆 出 版
(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)
商 务 印 书 馆 发 行
三河市尚艺印装有限公司印刷
ISBN 978 - 7 - 100 - 10727 - 3

2014 年 11 月第 1 版 开本 710 × 1000 1/16
2014 年 11 月北京第 1 次印刷 印张 25 1/4

定价: 90.00 元

CIDEG 研究论丛编委会

主编 薛澜

编委 (按拼音顺序)

巴瑞·诺顿	白重恩	陈清泰	高世楫	胡鞍钢	黄佩华
季卫东	江小涓	金本良嗣	李 强	刘遵义	卢 迈
钱 易	钱颖一	秦 晓	青木昌彦	仇保兴	藤本隆宏
王晨光	王 名	吴敬琏	肖 梦	谢德华	谢维和
薛 澜	查道炯	周大地			

本书参编人员名单

(姓名按拼音排序)

国务院发展研究中心产业经济研究部课题组

冯飞、李秋淮（安徽省政府发展研究中心）、

石耀东、宋紫峰、王金照、王晓明、王忠宏、

吴克明（安徽省政府发展研究中心）、张可（交通运输部）

专家推荐

在可预见的未来，汽车能源多元化的形势将较快发展，它为缓解我国持续增长的汽车消费与能源环境的矛盾开辟了新的途径，但也带来了严峻的挑战。能源结构的调整牵一发而动全身，新旧能源的替代是一个相对缓慢的过程，但是我们作为未来全球最大的能源消费国，必须对汽车能源的变革保持足够的敏感并为各种可能做好准备。因此，汽车能源的问题，是国家战略的问题。近十多年来以冯飞为首的研究团队深度跟踪国内外相关形势的发展，本书以翔实的资料、全球视野和政策研究的视角做出判断、分析并提出建议，是迄今为止我国汽车能源领域最有价值的专著。无论对汽车能源战略、政策的制定还是汽车能源技术的研究，都有重要参考价值。

（国务院发展研究中心原党组书记、副主任、研究员；
清华大学公共管理学院首任院长；清华大学产业发展与
环境治理研究中心理事会理事长 陈清泰）

面对交通能源与环境的巨大挑战，以动力电气化、燃料低碳化、能源多元化为特征的车用能源技术变革在全球迅猛发展。如何根据中国国情选择车用能源发展战略，是我国广泛讨论、反复求证的一个重大问题。冯飞博士长期研究车用能源发展战略，本书是他多年研究成果的结晶。书中全面梳理了国内外汽车能源的发展趋势、战略定位与政策体系，定量分析了各种车用能源技术的生命周期能效与环保效益，在此基础上，提出了适合中国能源供应条件的车用能源发展战略与政策建议。总之，本书是将战略高度、学术深度和应用广度有机结合的好书，特此推荐。

（国家“863”计划“节能与新能源汽车重大项目”总体专家组组长；
清华大学教授 欧阳明高）

本书对车用能源进行了全面、深入的研究，在综合介绍国外车用能源发展状况的基础上，从产业发展、技术水平、政策法规、全生命周期能效和排放分析、资源禀赋等多个维度，对中国各种车用能源进行了详细的分析比较和严谨的判断思考，系统地提出了我国的车用能源战略及政策建议。本书对于我国车用能源发展战略的制定和实施，具有较好的指导意义；对于国家和企业的决策者、相关领域的技术及研究人员，具有极高的实用参考价值。

（清华大学汽车产业与技术战略研究院院长 赵福全）

总 序

作为“产业发展与环境治理研究论丛”的主编，我们首先要说明编撰这套丛书的来龙去脉。这套丛书是清华大学产业发展与环境治理研究中心（Center for Industrial Development and Environmental Governance, CIDEG）的标志性出版物。这个中心成立于2005年9月，得到了日本丰田汽车公司的资金支持。

在清华大学公共管理学院设立这样一个公共政策研究中心主要是基于以下思考：由于全球化和技术进步，世界变得越来越复杂，很多问题，比如能源、环境、健康等，不光局限在相应的科学领域，还需要其他学科的研究者参与进来，比如经济学、政治学、法学以及工程研究等，进行跨学科的研究。参加者不应仅仅来自学术机构和学校，也应有政府和企业。我们需要不同学科学者相互对话的平台。而CIDEG正好可以发挥这种平台作用。CIDEG的目标是致力于在中国转型过程中以“制度变革与协调发展”、“资源与能源约束下的可持续发展”和“产业组织、监管及政策”为重点开展研究活动，为的是提高中国公共政策与治理研究与教育水平，促进学术界、产业界、非政府组织及政府部门之间的沟通、学习和协调。

中国的改革开放已经有30多年的历程，它所取得的成就令世人瞩目，为全世界的经济增长贡献了力量。但是，近年来，中国经济发展也面临着诸多挑战：如资源约束和环境制约；腐败对经济发展造成的危害；改革滞后的金融服务体系；自主创新能力与科技全球化的矛盾，以及为构建一个和谐社会所必须面对的来自教育、环境、社会保障和医疗卫生等方面的冲突。这些挑战和冲突正是CIDEG开展的重点研究方向。

为此，CIDEG专门设立了重大研究项目，邀请相关领域的知名专家和学者担任项目负责人，并提供相对充裕的资金和条件，鼓励研究者对这些问题进行深入细致，独立客观的原创性研究。CIDEG期望这些研究是本着自由和严谨的学术精神，对当前重大的政策问题和理论问题给出有价值 and 独特视角

的回答。

CIDEG 理事会和学术委员会设立联席会议，对重大研究项目的选题和立项进行严格筛选，并认真评议研究成果的理论价值和实践意义。本丛书编委会亦由 CIDEG 理事和学术委员组成。我们会陆续选择适当的重大项目成果编入论丛。为此，我们感谢提供选题的 CIDEG 理事和学术委员，以及入选书籍的作者、评委和编辑们。

目前，“产业发展与环境治理研究论丛”已经出版的专著包括《中国车用能源战略研究》、《城镇化过程中的环境政策实践：日本的经验教训》、《中国土地制度改革：难点、突破与政策组合》、《中国县级财政研究：1994—2006》、《寻租与中国产业发展》、《中国环境监管体制研究》、《中国生产者服务业发展与制造业升级》、《中国应对全球气候变化》、《构建全面健康社会》等。这些专著国际化的视野、独特的视角、深入扎实的研究、跨学科的研究方法、规范的实证分析等，得到了广大专业读者的好评，对传播产业发展、环境治理和制度变迁等方面的重要研究成果起到了很好的作用。我们相信，随着“产业发展与环境治理研究论丛”中更多著作的出版，CIDEG 能够为广大专业读者提供更多、更好的启发，也能够为中国公共政策的科学化和民主化做出贡献。



产业发展与环境治理研究中心主任

清华大学公共管理学院院长

2014 年 5 月

目 录

第一章 全球汽车能源的发展趋势、战略和政策	1
第一节 全球汽车能源发展趋势以及各国发展重点	1
一、汽车能源发展概述	1
二、混合动力汽车发展趋势以及各国发展重点	6
三、插电式混合动力、纯电动汽车发展趋势以及 各国发展重点	7
四、燃料电池汽车发展趋势以及各国发展重点	23
五、生物燃料发展趋势以及各国发展重点	29
六、先进柴油、汽油技术发展趋势以及各国发展重点	33
七、小结	39
第二节 全球主要汽车生产国及欧盟的汽车能源战略	39
一、美国汽车能源战略	39
二、欧盟汽车能源战略	56
三、日本汽车能源战略	64
四、小结	73
第三节 主要国家及欧盟的支持政策	74
一、美国的支持政策	74
二、欧盟的支持政策	98

三、日本的支持政策	116
四、小结	122
第二章 我国汽车能源技术发展现状及能力	123
第一节 总论	123
一、我国汽车能源发展的紧迫性	123
二、我国汽车能源发展现状	129
三、我国汽车能源发展存在的问题	141
第二节 电动汽车发展现状及能力	144
一、我国电动汽车技术发展现状	144
二、我国电动汽车整车产业化现状	155
三、我国促进电动汽车技术进步和产业化的政策	160
四、我国电动汽车示范推广情况	162
第三节 燃料电池发展现状及能力	173
一、我国燃料电池发展现状	173
二、技术基础及能力	180
三、国家支持政策及效果	187
四、各地发展情况	192
五、存在的主要问题	193
第四节 天然气替代能源发展现状及能力	195
一、我国天然气替代能源发展现状	195
二、技术基础及能力	199
三、支持方向及政策	204
四、各地发展情况	208
五、存在的主要问题	216
第五节 生物柴油发展现状及能力	217
一、我国生物柴油产业发展现状	218

二、技术模式和能力	221
三、国家支持政策及效果	226
四、各地发展情况	228
五、存在的主要问题	229
第六节 我国传统能源改进发展现状及能力	231
一、我国节能汽车产业发展现状	231
二、基础技术分析	233
三、现行汽车能源政策的节能减排实施效果分析	248
四、各地发展情况	252
五、存在的主要问题	254
第三章 主要替代能源的能效和排放分析	259
第一节 全生命周期的“油井到车轮”分析方法	260
一、生命周期评价的起源	260
二、全生命周期理论在汽车领域的应用	261
三、替代能源生命周期能效和排放计算方法	264
第二节 车用替代能源的全生命周期能效和排放情况	266
一、原料开采和燃料生产阶段数据	267
二、车辆运行阶段数据	282
三、替代能源全生命周期分析结论	284
第三节 不同研究对替代能源的全生命周期分析结论对比	288
一、汽柴油路径对比	288
二、电力路径对比	289
三、氢路径对比	295
四、生物燃料路径对比	297
五、综合对比	299
六、其他	301

第四章 我国的能源资源禀赋及供需情况	303
第一节 我国的能源资源状况	303
一、煤炭资源	304
二、石油资源	306
三、天然气资源	310
四、可再生能源资源	314
五、土地资源	318
六、水资源状况	321
第二节 我国的能源供需形势	326
一、现阶段我国能源供需形势	326
二、未来我国能源供需形势	330
三、小结	338
第五章 我国车用能源战略及政策	340
第一节 我国车用能源现状	340
一、我国车用能源消费呈现高速增长态势，占能源消费总量的 比重不断攀升，对保障能源安全提出了严峻挑战	340
二、机动车引发的环境问题日益突出，已经成为城市污染的 主要来源，严重威胁人民群众身体健康	357
第二节 解决我国车用能源问题面临的挑战与机遇	361
一、车用能源消费特别是石油消费持续增长是最大挑战，将 影响能源安全和加剧环境污染	361
二、能源工业和汽车产业技术创新及应用是最大机遇，将实 现车用能源转型发展	362
三、短期中挑战大于机遇，长期中机遇大于挑战	364
第三节 原则、思路和途径	365
一、原则	365
二、思路	366

三、途径	367
第四节 战略目标和重点	368
一、战略目标	368
二、战略重点	369
第五节 预期效果	372
一、基准情景	373
二、节能减排措施及潜力	376
三、预期效果	377
第六节 政策建议	378
一、制定明确的国家车用能源总体战略	378
二、加强车用能源技术研发和标准体系建设	379
三、构建公平开放的车用能源发展政策体系	380
四、推进替代能源和非常规动力能源的宣传推广和产业化	382
五、加快车用能源发展的基础设施建设	383
六、建立健全汽车及电池回收相关政策法规	384
主要参考文献	387

第一章

全球汽车能源的发展趋势、战略和政策

第一节 全球汽车能源发展趋势以及各国发展重点

一、汽车能源发展概述

（一）全球能源结构与发展趋势

随着世界经济、社会的发展,世界能源消费量持续增长。国际能源署(IEA)发布的《世界能源展望 2011》(*World Energy Outlook 2011*) 报告指出,全球能源需求从 2010 年至 2035 年会增加 1/3。化石燃料的时代还远未结束,但其主导地位有所下滑,化石燃料在全球一次能源消费中的占比会从 2010 年的 81% 小幅下滑到 2035 年的 75%,水电和风电为主的可再生能源技术将占到满足日益增长的需求所需新增装机容量的一半。

根据美国能源信息署(EIA)的最新预测,全球能源需求量预计 2020 年将达到 128.89 亿吨油当量,2025 年达到 136.50 亿吨油当量,年均增长率为 1.2%。欧洲和北美洲两个发达地区能源消费占世界总量的比例将继续呈下降的趋势,而亚洲、中东、中南美洲等地区将保持增长态势。

随着世界能源消费量的增大,二氧化碳、氮氧化物、灰尘颗粒物等环境污染物的排放量逐年增大,化石能源对环境的污染和全球气候的影响将日趋严重。据 EIA 统计与预测,1990 年世界二氧化碳的排放量约为 215.6 亿吨,2001 年达到 239.0 亿吨,2010 年为 277.2 亿吨,2025 年将达到 371.2 亿吨,年均增长 1.85%。

面对以上挑战,未来世界能源供应和消费将向多元化、清洁化、高效化、全球化和市场化方向发展。

一是多元化。世界能源结构先后经历了以薪柴为主、以煤为主和以石油为主的时期，现在正在向以天然气为主转变，同时，水能、核能、风能、太阳能也正得到更广泛的利用。可持续发展、环境保护、能源供应成本和可供应能源的结构变化决定了全球能源多样化发展的格局。天然气消费量将稳步增加，在某些地区，燃气电站有取代燃煤电站的趋势。未来，在发展常规能源的同时，新能源和可再生能源将受到重视。

二是清洁化。随着世界能源新技术的进步及环保标准的日益严格，未来世界能源将进一步向清洁化的方向发展，不仅能源的生产过程要实现清洁化，而且能源工业要不断生产出更多、更好的清洁能源，清洁能源在能源总消费中的比例也将逐步增大。在世界能源消费结构中，煤炭所占的比例将由目前的 26.47% 下降到 2025 年的 21.72%，而天然气将由目前的 23.94% 上升到 2025 年的 28.40%，石油的比例将维持在 37.60%—37.90% 的水平。同时，过去被认为是“脏”能源的煤炭和传统能源薪柴、秸秆、粪便的利用将向清洁化方面发展，洁净煤技术（如煤液化技术、煤气化技术、煤脱硫脱尘技术）、沼气技术、生物柴油技术等将取得突破并得到广泛应用。

三是高效化。世界能源加工和消费的效率差别较大，能源利用效率提高的潜力巨大。随着世界能源新技术的进步，未来世界能源利用效率将日趋提高，能源强度将逐步降低。例如，以 1997 年美元不变价计，1990 年世界的能源强度为 0.3541 吨油当量 / 千美元，2001 年已降低到 0.3121 吨油当量 / 千美元，预计 2010 年为 0.2759 吨油当量 / 千美元，2025 年为 0.2375 吨油当量 / 千美元。但是，世界各地能源强度差异较大，例如，2001 年世界发达国家的能源强度仅为 0.2109 吨油当量 / 千美元，2001—2025 年发展中国家的能源强度预计是发达国家的 2.3—3.2 倍，可见世界的节能潜力巨大。

四是全球化。由于世界能源资源分布及需求分布的不均衡性，世界各个国家和地区已经越来越难以依靠本国的资源来满足其国内的需求，越来越需要依靠世界其他国家或地区的资源供应，世界贸易量将越来越大，贸易额呈逐渐增加的趋势。以石油贸易为例，全球石油贸易总量从 1965 年的 3232.4 万桶 / 日上升到 2011 年的 5458 万桶 / 日，占全球石油产量的比重在同期也从 51.4% 上

升到 65.3%，自 2003 年以来一直高于 60%^[1]。世界能源供应与消费的全球化进程将加快，世界主要能源生产国和能源消费国将积极加入到能源供需市场的全球化进程中。

五是市场化。由于市场化是实现国际能源资源优化配置和利用的最佳手段，故随着世界经济的发展，特别是世界各国市场化改革进程的加快，世界能源利用的市场化程度越来越高，世界各国政府直接干预能源利用的行为将越来越少，而政府为能源市场服务的作用则相应增大，特别是在完善各国、各地区的能源法律法规并提供良好的能源市场环境方面，政府将更好地发挥作用。当前，俄罗斯、哈萨克斯坦、利比亚等能源资源丰富的国家，正在不断完善其国家能源投资政策和行政管理措施，这些国家能源生产的市场化程度和规范化程度将得到提高，有利于境外投资者进行投资。

（二）全球汽车能源发展趋势

从煤炭到石油，到天然气，再到太阳能、风能等可再生能源，产生同等能量的二氧化碳排放量逐渐减少。从这个意义上来说，能源利用的演变过程就是脱碳的过程。汽车能源的发展也遵循着这一条规律，目前正经历着从石油到非石油的转变：从汽/柴油到天然气或生物燃料，再到电能或氢气，二氧化碳的排放量逐渐减少，直至排放量为零。

1. 低碳燃料

以天然气或者生物燃料替代汽/柴油。天然气的二氧化碳排放量可减少 50%；生物燃料，如生物柴油和生物乙醇，来自绿色植物，其生长过程吸收和使用过程排放的二氧化碳几乎相等，不额外排放的二氧化碳，也可较大程度减少二氧化碳的排放。

2. 混合动力汽车

混合动力汽车，是指车上装有两个以上动力源，包括有电机驱动，符合汽车道路交通、安全法规的汽车。车载动力源有多种：蓄电池、燃料电池、太阳能电池、内燃机车的发电机组，当前复合动力汽车一般是指内燃机车发电机，再加上蓄电池的汽车。

[1] 资料来源：BP 能源统计数据。