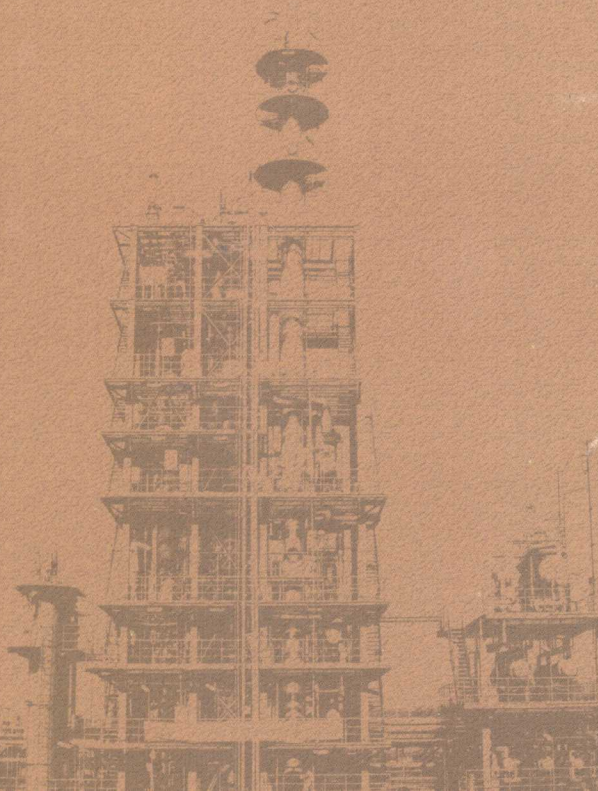


石油替代综论

SHIYOU TIDAI ZONG LUN

陈俊武 李春年 陈香生◎编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油替代综论

陈俊武 李春年 陈香生 编著

中国石化出版社

内 容 简 介

本书由陈俊武院士主持选定各章节的题目和内容并撰写主要章节。全书分为三大篇：资源篇系统介绍了石油和有可能替代石油的国内外资源状况；生产技术篇介绍由各种替代资源（包括煤、天然气、油页岩、油砂、生物质、核能、太阳能等）生产目前的石油化工产品（主要是油品、烯烃、芳烃、醇醚和氢气）及其他化学品的工艺和技术，不仅介绍工艺技术原理，还对工程技术和技术经济作了介绍和对比，展望了新的能源替代技术的应用推广前景，展示了石油能源替代的路线图；应用篇则介绍了不同交通运输工具的能耗与节能、非常具有替代前景的氢燃料的运输和储存、CO₂的捕集与减排。最后一章专门对各种替代技术作了宏观的技术经济评估。

本书内容试图具有较广的工艺、工程、技术经济的涵盖面，便于读者查阅各种能源替代技术方面的资料。本书力求体现不同替代技术和资料的新颖性；不同替代技术的可能性与可行性；评估不同替代技术的技术经济性与现实性。

本书学术性和实用性强，具有一定的理论水平，读者对象是从事石油和石油化工行业、能源行业、化学行业的广大科技工作者和管理人员，包括教育、科研、设计、生产等方面的专业人员和大专院校学生。

图书在版编目（CIP）数据

石油替代综论 / 陈俊武，李春年，陈香生编著. —北京：
中国石化出版社，2009
ISBN 978 - 7 - 80229 - 924 - 5

I. 石… II. ①陈…②李…③陈… III. 能源开发 - 概论
IV. F206

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 063329 号

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编：100011 电话：(010)84271850

读者服务部电话：(010)84289974

[http://www. sinopec - press. com](http://www.sinopec - press. com)

E - mail: press@ sinopec. com. cn

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 59.75 印张 1 插页 1506 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

定价：280.00 元

序 言

能源的广泛应用带动了国民经济的发展,促进了人类社会的进步。蒸汽机的发明与电力的应用使人们进入工业社会,使以煤炭为代表的化石能源取代了传统的薪柴能源。百余年来,伴随着石油工业和汽车工业的诞生,石油和天然气又逐步顶替了大部分煤炭而成为能源的主角。

作为方便使用的液体燃料,汽油、煤油和柴油普遍用于汽车、轮船、火车和飞机,成为日常需要的大宗运输燃料,给人们出行和货物运输带来极大便利。20 世纪中期以石油和天然气为原料的一系列基本有机化工产品逐步取代了相应的煤化工产品,奠定了大规模合成塑料、合成纤维、合成橡胶、合成氨和合成洗涤剂工业的基石。从此油和天然气与人类现代生活产生了千丝万缕的联系,成为不可或缺的一类重要能源。

石油和天然气消费的迅速增长曾经是石油能源时代的标志。过去 100 年间,石油的年消费量已经跃升到近 40 亿吨,其中 50%~60% 是运输燃料。不少发达国家得益于廉价石油产生的巨大经济效益,因此也过分消费以致浪费了大量宝贵的石油资源。天然石油是由亿万年前沉积的生物遗骸在地层中适当生油条件、运移条件和封闭的储油条件下逐步演化而成的,其地质储量和可采储量十分有限。目前剩余可采储量难以精确估计,但根据许多大油田的发现速度、开采速度和产能变化曲线判断,如果按照消费量 1.5%~2.0% 的年递增速率,30~50 年后可能达到产能的顶峰。2008 年石油价格大起大落,从 147 美元/桶下滑到 50 美元/桶以下,全球金融危机和经济衰退是主要原因,并不改变原油资源不足的客观事实,“后石油时代”的降临只是个时间问题。

不容置疑,当前面临着能源更替的转折点,警钟已经敲响。人们不但要关注石油补充和替代的重大课题,而且应尽快采取措施。早已发现的非常规石油资源(特重油、油砂和油页岩)多数具备了技术上可行,开采、提炼的经济指标已基本合理的条件,完全可以使用已掌握的常规原油尤其是重油加工手段进行加工,补充部分常规石油的不足。

但是仅仅依靠非常规石油难以弥补逐年剧增的常规石油缺口,随之而来是石油产品的替代课题。从石油以外的一次能源出发,存在多种多样的替代方案。将天然气、煤、生物质等碳基能源转化为碳基液体燃料(石油烃和非烃醇、醚产品)是首选方案,它不需改动或仅少许变动既有的汽车发动机结构以及燃料的储

存、运输和加注等社会基础设施，将节省大量资金。但转化效率低，导致一次能源消耗上升；而且燃料生产过程的碳排放较石油加工过程成倍增加（生物质原料例外）。以氢燃料为代表的非碳基运输燃料与燃料电池结合在理论上具有优越性——不仅节约能源，而且使用中不排放温室气体（燃料制造中排放温室气体视所用原料而异）。但是氢燃料和燃料电池汽车的使用对制造业和运输业是革命性的变革，需要很长的“过渡时间”，何况目前其经济指标远未符合设想的目标，不能列入当前重点石油替代方案。

在石油能源逐步更替的前夕，科学技术界提出了林林总总的替代方案，有些具备初步产业化的条件，有些正在开发，更多的处于研究阶段，还有一些则属于大胆的设想。总之这项大课题覆盖了很多的学科领域（物理学、化学、生物学、地质学、光电子学、生命科学、材料科学、环境科学……）、很广的技术专业（化学工程、催化、电力工程、机械工程、核工程……）、很深的知识层面（预测模型、基因科学……）和很大的行业范围（能源、制造、化工、农业……）。可以毫不夸张地认为这是一项跨学科、集大成的世界性课题，也是世纪性难题。

正因为如此，迄今有关这方面的著作往往侧重于某个领域，例如热门的煤化工领域和异军突起的生物燃料领域，涉及全面者尚不多见。但是在技术进步的较长过程中，客观存在此赶彼超的局面。如何确切把握各领域技术进步的动态信息，并及时进行对比和评估，不仅对于能源行业的主要决策人是必要的，而且对于政府有关部门的决策人也是有益的。以上思路构成了撰写本书的契机。

本书内容试图具有较广的涵盖面，便于读者查阅石油替代各方面的信息。努力体现下述特点：

（1）新颖性：力所能及地收集刊物和网络上的公开资料和若干内部资料，尽量介绍最新的信息（多数到2007年，少数到2008年，个别为2009年，尽量采用最近年份的统计数据）。

（2）可能性与可行性：正在研究中、开发中的有前景的技术和已经产业化的技术均择要介绍，并结合世情与国情适当评述。在本书末“总结和刍议”中综合阐述了作者的看法。

（3）可比性与现实性：除了介绍国外公开发表的技术经济对比资料外，也列举一些粗略的评估资料，还专门在第十六章归纳总结了不同替代技术路线的综合技术经济评估，以便读者在此基础上展开更细致和更有针对性的工作。

本书不包括石油地质勘探和油田开发方面所涉及的石油增储与增采的内容。

本书的编著者们分别撰写了以下章节：

陈俊武：第十二章至第十六章，总结和刍议，全书审定；

李春年：第一章至第十章，概述的初稿；

陈香生：概述，第十一章，第一章和第八章部分内容，全书校对。

本书编写和出版过程中得到了中国石化出版社黄志华和张正威先生及中国石化集团洛阳石油化工工程公司梁龙虎先生的大力支持和帮助，谨此致谢！

因编著者们的专业知识有限，本书内容定有错误和不妥之处，敬请读者指正。

陈俊武 李春年 陈香生

2009 年 1 月

目 录

全书内容概述	(1)
--------------	-------

第一篇 资 源 篇

第一章 石油、天然气和煤炭资源	(39)
第一节 化石能源	(39)
一、概述	(39)
二、化石能源的生产和消费	(39)
第二节 石油资源	(40)
一、石油储量	(40)
二、石油产量	(50)
三、石油消费量	(56)
第三节 天然气资源	(61)
一、天然气储量	(61)
二、天然气产量	(63)
三、天然气消费量	(64)
四、中国天然气储量和产量	(71)
第四节 煤炭资源	(72)
一、煤炭储量	(72)
二、煤炭生产量	(73)
三、煤炭消费量	(75)
四、世界煤炭贸易	(80)
五、煤炭价格	(81)
第五节 特重原油和天然沥青资源	(82)
一、概述	(82)
二、加拿大油砂沥青资源	(84)
三、中国油砂资源	(85)
四、委内瑞拉特重原油资源	(85)
五、天然沥青和特重原油的输送	(86)
第六节 油页岩资源	(87)
一、油页岩性质	(87)
二、世界油页岩资源	(87)
三、中国油页岩资源	(89)
四、油页岩的开发	(90)

第七节 煤层气资源	(91)
一、概述	(91)
二、中国的煤层气资源	(92)
三、中国煤层气开发利用情况	(93)
第八节 天然气水合物	(95)
一、概况	(95)
二、天然气水合物资源量	(96)
三、天然气水合物开发和生产	(97)
四、中国天然气水合物的研究开发	(97)
五、其他国家天然气水合物研究开发情况	(98)
参考文献	(99)
第二章 核能、生物质和其他可再生能源资源	(100)
第一节 概述	(100)
第二节 核能	(101)
一、核能概况	(101)
二、核电站	(104)
三、第四代核反应堆	(106)
四、核供热堆	(107)
五、核能生产氢燃料	(110)
第三节 生物质能源	(111)
一、生物质是重要的替代能源资源	(111)
二、生物质能源使用现状	(111)
三、发展生物质能源的生产	(112)
四、建立生物质能源市场	(114)
五、中国的生物质能源资源	(114)
第四节 太阳能	(116)
一、概述	(116)
二、太阳能的利用方式	(116)
三、中国的太阳能资源	(116)
第五节 风能资源	(117)
一、概述	(117)
二、中国风力资源及风力发电状况	(118)
参考文献	(119)
第三章 石油需求与供给的可持续性	(120)
第一节 中国经济发展与能源消费	(120)
一、经济发展目标	(120)
二、中国的能源需求	(120)
第二节 预测方法和情景分析	(121)
一、能源情景分析方法	(121)
二、能源强度系数分析方法	(127)

第三节 世界和中国的石油需求量	(129)
一、世界石油需求量预测	(129)
二、中国的石油需求量预测	(141)
第四节 按应用部门预测能源消费量	(143)
一、运输部门石油需求量	(143)
二、工业部门石油需求量	(149)
三、商业部门石油需求量	(150)
四、民用燃料需求量	(150)
第五节 世界石油的供应	(151)
一、石油生产能力	(151)
二、石油贸易	(152)
第六节 石油产能峰值和补充替代	(154)
一、石油供需的矛盾	(154)
二、石油生产能力的峰值	(155)
三、石油的补充和替代	(157)
第七节 石油供应的几个问题	(163)
一、安全问题	(163)
二、石油价格	(164)
参考文献	(166)

第二篇 生产技术篇

第四章 非常规石油的开采和加工	(169)
第一节 补充能源概况	(169)
第二节 油页岩	(170)
一、油页岩开采技术	(170)
二、油页岩干馏技术和干馏炉型	(172)
三、油页岩工业	(178)
四、页岩油加工	(180)
五、油页岩发电技术	(186)
六、油页岩工业的技术经济	(187)
七、油页岩工业与环境	(190)
第三节 加拿大的油砂沥青	(192)
一、天然沥青的性质	(192)
二、天然沥青的生产	(192)
三、天然沥青的稀释	(197)
四、油砂沥青的生产与环境	(198)
五、油砂沥青的加工改质	(199)
六、油砂沥青联合加工	(208)
七、油砂沥青运输和销售	(211)
八、沥青生产的技术经济	(212)

九、加拿大沥青工业化生产	(214)
第四节 重质原油	(216)
一、重质原油开采方法	(216)
二、重质原油加工技术	(218)
三、重质原油改质工厂	(220)
四、乳化油	(222)
参考文献	(223)
第五章 煤炭的直接液化	(225)
第一节 概述	(225)
第二节 煤炭的组成与结构特征	(226)
一、煤炭的组成和特点	(226)
二、煤炭液化与煤炭性质的关系	(227)
第三节 煤炭直接液化技术	(229)
一、工艺目的	(229)
二、反应机理	(230)
三、煤炭直接液化用催化剂	(230)
四、煤炭直接液化工艺用溶剂	(231)
五、煤炭直接液化的工艺条件	(231)
六、煤炭直接液化工序	(232)
七、煤炭直接液化过程的物料平衡	(232)
八、煤炭直接液化反应器	(233)
第四节 煤炭直接液化工业	(234)
一、煤炭直接液化工业发展历史及现状	(234)
二、早期的煤加氢液化技术	(237)
三、IGOR 工艺	(243)
四、HTI 工艺	(244)
五、NEDOL 工艺	(246)
六、神华工艺	(247)
七、各种煤加氢液化工艺的比较	(248)
八、其他开发中的煤炭直接液化工艺	(250)
九、煤加氢液化的联合工艺	(254)
十、技术成果和进步	(255)
十一、煤炭直接液化工艺的工程问题	(255)
十二、中国煤制油工业的发展	(256)
第五节 煤-油联合加工技术	(258)
一、煤-油联合加工技术的特点	(258)
二、煤-油联合加工工艺的试验结果	(259)
三、煤-油联合加工技术在炼油厂中应用的经济性评价	(259)
第六节 煤炭直接液化产品的性质及其精制	(261)
一、液化生成油	(261)

二、煤炭直接液化的石脑油	(263)
三、煤炭直接液化的中馏分油	(264)
四、煤炭直接液化的重油	(264)
五、煤炭直接液化残渣的利用	(265)
第七节 煤炭直接液化的技术经济	(268)
一、煤炭直接液化的技术经济	(268)
二、煤炭直接液化经济效益探讨	(272)
参考文献	(273)
第六章 生物质非气化途径生产运输燃料	(274)
第一节 概述	(274)
第二节 生物质的组成和性质	(275)
一、生物质工业分析	(276)
二、生物质元素组成及热值	(277)
三、生物质的有机化合物组分	(278)
第三节 生物质发酵法生产燃料乙醇	(280)
一、乙醇汽油的生产和使用现状	(280)
二、乙醇汽油的特性	(281)
三、粮食发酵法生产燃料乙醇	(282)
四、纤维素生产燃料乙醇	(287)
五、P - 系列燃料	(309)
第四节 生物柴油	(311)
一、概况	(311)
二、生产工艺	(312)
三、生物柴油的性质和质量标准	(313)
四、生物柴油生产现状	(316)
五、生物柴油生产工艺	(318)
六、生物柴油的原料	(320)
七、副产品甘油的应用	(322)
八、新一代生物柴油	(326)
九、生物柴油的环境效应	(327)
十、生物柴油的经济性	(328)
十一、生物柴油生命周期分析	(329)
十二、中国生物柴油技术的开发现状	(330)
十三、发展生物柴油的几点建议	(331)
十四、微藻制取生物柴油	(331)
第五节 生物质热解生产液体燃料	(346)
一、概述	(346)
二、生物质热解工艺	(347)
三、生物原油的性质	(349)
四、生物原油的加工	(350)

五、生物原油的应用	(351)
六、生物油重整制氢技术	(352)
七、生物质热解经济分析	(352)
第六节 合成气发酵法生产乙醇	(353)
一、现状	(353)
二、工艺技术	(353)
三、合成气发酵的化学和微生物学	(354)
四、工业化前景	(354)
第七节 生物质发电技术	(355)
一、发展概况	(355)
二、生物质发电技术	(356)
三、生物质发电的环境效应	(357)
四、中国的生物质发电情况	(358)
参考文献	(358)
第七章 煤炭、天然气和生物质生产合成气	(361)
第一节 概述	(361)
第二节 合成气的生产现状	(362)
一、合成气的用途	(362)
二、合成气生产技术和进步	(363)
三、生产合成气的原料	(363)
四、合成气的生产成本	(364)
第三节 天然气生产合成气	(364)
一、天然气生产合成气的化学	(364)
二、生产合成气的工艺技术	(365)
三、天然气生产合成气的技术经济	(384)
第四节 煤炭生产合成气	(384)
一、概述	(384)
二、煤炭造气的化学	(385)
三、气化炉技术	(388)
四、工业化的气化炉技术	(392)
五、其他气化炉	(403)
六、气化炉技术进步展望	(412)
七、合成气净化技术	(412)
八、煤制合成气的技术经济分析	(418)
九、煤制替代天然气	(419)
第五节 生物质生产合成气	(420)
一、概述	(420)
二、生物质生产合成气	(421)
参考文献	(429)
第八章 合成气生产醇醚燃料	(431)

第一节 概述	(431)
第二节 合成甲醇	(431)
一、现状	(431)
二、甲醇合成的化学	(435)
三、甲醇质量标准	(436)
四、甲醇合成专利技术	(438)
五、甲醇合成反应器专利技术	(452)
六、粗甲醇蒸馏技术	(459)
七、甲醇燃料的应用	(459)
八、催化剂及其研究开发现状	(462)
九、甲醇合成工厂大型化	(465)
十、甲醇合成的技术经济	(466)
十一、甲醇合成新技术	(471)
十二、生物质生产甲醇	(477)
十三、甲醇生产汽油(MTG)技术	(477)
第三节 合成二甲醚	(478)
一、二甲醚的性质	(478)
二、二甲醚的生产工艺	(479)
三、二甲醚的燃料应用	(487)
四、二甲醚的消费与市场前景	(489)
参考文献	(490)
第九章 合成气生产油品与联产电力、化工产品	(492)
第一节 概述	(492)
第二节 费托合成的化学	(493)
一、费托合成的基本化学过程	(493)
二、合成气组成和操作压力对选择性和产率的影响	(495)
三、温度对合成反应的影响	(495)
四、合成催化剂及产品分布	(496)
五、费托合成产品及其应用	(496)
第三节 费托合成催化剂	(499)
一、概述	(499)
二、费托合成催化剂的性质	(500)
第四节 费托合成反应器	(502)
一、早期的费托合成反应器	(503)
二、近期开发的费托合成反应器	(504)
第五节 费托合成技术	(512)
一、工业化的费托合成技术	(512)
二、开发中的费托合成技术	(522)
第六节 费托合成技术的产业化	(529)
一、美国进行的工作	(529)

二、中国费托合成工业的情况	(536)
第七节 费托合成与联产电力化工产品	(537)
一、概述	(537)
二、IGCC 发电 - 联产技术	(538)
三、费托合成燃料与电力的联产	(539)
四、温室气体零排放的联产方案	(542)
五、煤基费托合成油工业的发展前景	(546)
第八节 费托合成的技术经济	(548)
一、天然气生产合成油的技术经济	(548)
二、煤基费托合成油厂的技术经济	(553)
三、生物质生产合成燃料油的经济性	(558)
参考文献	(560)
第十章 化石能源、可再生能源和核能制氢	(562)
第一节 概述	(562)
第二节 用水制氢	(564)
一、电解水制氢	(564)
二、热化学循环水分解制氢	(566)
三、高温热解水制氢	(566)
第三节 化石能源制氢	(566)
一、煤制氢	(566)
二、天然气制氢	(578)
三、轻油和炼厂气制氢	(582)
四、重油制氢	(583)
五、其他化学品制氢	(584)
六、化石能源制氢小结	(585)
第四节 生物质制氢	(586)
一、概述	(586)
二、生物质气化制氢	(588)
三、生物油裂化 - 重整制氢	(590)
第五节 太阳能和风能制氢系统	(591)
一、太阳能制氢	(591)
二、风能制氢	(598)
第六节 生物质光生物法制氢	(601)
一、概述	(601)
二、微生物转化制氢	(601)
三、绿藻制氢	(602)
四、发酵法制氢	(606)
五、生物制氢联合工艺	(606)
六、生物质光生物制氢法前景展望	(607)
第七节 核能制氢	(608)

一、核反应堆发电技术	(608)
二、核供热技术	(608)
三、核能和氢气生产	(609)
第八节 分散式制氢装置	(616)
一、分散式制氢装置	(616)
二、分散式制氢的工艺技术	(616)
三、整体式制氢系统	(622)
四、车载制氢系统	(625)
第九节 氢燃料生产的技术经济	(626)
一、可采用的制氢技术及经济指标预测	(626)
二、不同制氢方法的成本指标	(627)
三、大型制氢工厂建设投资和制氢成本	(628)
四、分散式制氢站的经济评估	(632)
参考文献	(633)
第十一章 非石油原料生产低碳烯烃和芳烃	(636)
第一节 概述	(636)
第二节 甲醇制低碳烯烃工艺	(637)
一、工艺的原理	(637)
二、SAPO-34 分子筛的特性	(639)
三、工艺流程	(642)
四、工艺技术特点	(644)
五、与炼油 FCC 工艺的比较	(649)
六、国内外应用现状	(651)
七、 C_4^+ 裂解技术	(653)
八、技术经济分析	(654)
第三节 甲醇制丙烯的 MTP 工艺	(657)
一、工艺原理	(657)
二、MTP 工艺技术现状	(659)
三、反应器结构	(661)
四、技术经济分析	(663)
第四节 天然气(甲烷)制芳烃技术	(664)
一、甲烷有氧芳构化技术	(664)
二、无氧气氛下甲烷芳构化研究及进展	(665)
第五节 甲烷氧化耦联(OCM)制乙烯技术	(668)
一、反应机理	(668)
二、催化剂研究进展	(669)
三、OCM 工艺研究进展	(670)
四、OCM 工程技术进展	(672)
第六节 生物质制化学品的炼制技术进展	(672)
一、生物质炼制的定义	(673)

二、生物质炼制的过程	(674)
三、生物质炼制的化学产品	(674)
四、生物质炼制的产业规模	(679)
五、小结	(680)
参考文献	(682)

第三篇 应 用 篇

第十二章 交通运输工具的耗能与节能	(687)
第一节 交通运输量和运输燃料	(687)
一、世界交通工具和运输量预测	(687)
二、运输结构和运输燃料	(690)
第二节 轻型汽车的用能与节能	(694)
一、世界轻型汽车的保有量及发展趋势	(694)
二、汽车的燃料消耗	(696)
三、汽车油耗标准和燃油效率	(698)
四、摩托车的能耗	(702)
第三节 重型汽车的用能与节能	(703)
一、重型汽车的分类和数量	(703)
二、重型汽车的燃料效率	(708)
第四节 替代燃料汽车	(711)
一、世界生物燃料替代概况	(711)
二、乙醇燃料汽车	(713)
三、甲醇燃料汽车	(715)
四、二甲醚燃料汽车	(717)
五、天然气燃料汽车	(717)
六、液化石油气燃料汽车	(718)
第五节 电动汽车	(719)
一、纯电动汽车	(719)
二、混合动力汽车	(720)
三、燃料电池汽车	(726)
第六节 空运、水运和铁路运输	(736)
一、航空运输	(736)
二、水路运输	(737)
三、铁路运输	(738)
第七节 运输过程能量效率	(739)
参考文献	(742)
第十三章 氢燃料的供应	(744)
第一节 氢的储存是发展氢燃料汽车的关键	(744)
第二节 氢的气态储存	(747)

一、压缩氢的常温储存	(747)
二、压缩氢的深冷储存	(749)
三、压缩氢的地下储存	(750)
第三节 氢的液态储存	(751)
一、液氢的生产	(751)
二、液氢的储存	(752)
第四节 氢的吸附态储存	(754)
一、碳纳米吸附材料	(754)
二、活性炭吸附材料	(756)
三、其他吸附材料	(757)
四、吸附态储存的研究开发工作要点	(758)
第五节 氢的化合态储存	(758)
一、单一金属氢化合物	(758)
二、化学氢化合物储氢材料	(762)
三、车载设备和产氢流程	(764)
四、化合态储存氢材料的初步评选	(768)
第六节 氢的气态输送	(769)
一、氢气的管道输送	(769)
二、氢气的压力容器拖车输送	(773)
第七节 氢的液态输送	(775)
一、液氢的汽车运输	(775)
二、液氢的铁路和船舶运输	(777)
第八节 加氢站	(778)
一、加氢站的规模和配置	(778)
二、加氢站的投资	(779)
第九节 储存和运输的综合评估	(783)
参考文献	(787)
第十四章 燃料电池和动力蓄电池	(790)
第一节 燃料电池	(790)
一、概述	(790)
二、燃料电池的分类	(790)
三、燃料电池系统	(793)
四、燃料电池性能	(802)
五、燃料电池研究开发工作	(807)
六、燃料电池的成本和价格	(813)
第二节 动力蓄电池	(821)
一、三种蓄电池的性能比较	(822)
二、动力蓄电池的研究开发工作安排	(826)
三、动力蓄电池经济指标	(827)
四、动力蓄电池技术进步展望	(828)