

醇醚燃料 与汽车应用技术

刘生全 李复活 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



醇醚燃料与汽车应用技术

刘生全 李复活 等编著



机械工业出版社

本书为编著者多年来指导研究生所取得的科研成果实践的总结,部分甲醇燃料的研究方向、研究内容及成果为首次公开。全书共24章,书中较为完整地涵盖了甲醇燃料、二甲醚燃料应用技术、政策、标准及基本原理。

编著者力求做到以理论为基础,简明扼要,通俗易懂,尽可能使技术融合于实际应用当中。

本书可供新能源汽车、石油化工专业技术人员阅读,可作为相应专业本科生、研究生教材,也可作为醇醚燃料与汽车技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

醇醚燃料与汽车应用技术/刘生全,李复活等编著. —北京:机械工业出版社,2014.12

ISBN 978-7-111-48866-8

I. ①醇… II. ①刘…②李… III. ①醇醚-液体燃料-汽车燃料
IV. ①U473

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第293292号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:齐福江 责任编辑:齐福江 版式设计:霍永明

责任校对:丁丽丽 封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2015年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·34印张·835千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-48866-8

定价:128.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com



前言

在我国,汽车(包括农用车)消费石油占总石油消费量的一半以上,由于汽车市场的持续升温,石油的安全风险也不断增大。根据国际汽车工业发展历程和我国现状分析,车用汽油、柴油消费占石油总消费比例还将有大幅增长。同时,车用石油消耗所产生的空气污染、城市道路的拥堵也正在演变成愈来愈严重的社会问题。这充分表明,我国正面临着日益严重的石油安全、环境保护、交通状况等多重压力。压力是挑战,压力也给我们带来了机遇。

作者从1980年开始研究M15、M25车用甲醇汽油;1987年研究车用甲醇蒸气;1992年研究M5与70号汽油的燃烧与汽车应用技术;1994年研究天然气汽车;1998年获得醚基(二甲醚)复合汽油专利,2002年二甲醚燃料车用技术通过鉴定;2004年完成甲醇汽油陕西省三个地方标准的编制,2006年研究完成高比例甲醇汽油与汽车灵活燃料控制器;2009年主持完成GB/T 23510—2009《车用燃料甲醇》标准编制;目前正在承担甲醇柴油、甲醇汽车非常规污染物排放及PM_{2.5}排放控制技术研究。同时,作者从事教学工作40余年,为车辆工程、汽车运用工程、热能动力工程等专业研究生开设了《汽车节能基础理论》《汽车节能原理与措施》《汽车新能源技术》等课程。多年来新能源的教学与研究经历使作者深深地体会到,车用能源的多元化是一条必由之路,虽然这条路并不是我们乐意要走的道路,但它别无选择地摆在了我们的面前,我们没有选与不选的权利,只有如何把它走好的责任。

本书内容以甲醇燃料技术研究为主,对二甲醚与新能源车用技术也进行了论述,研究部分为作者多年来指导研究生及所取得的科研成果,书中内容也体现了长安大学和三门峡速达交通节能科技股份有限公司研究人员们的心血,部分甲醇燃料的研究方向与研究内容为首次公开。全书共24章,编著时充分考虑到技术研发与产业化初期所面临的相关政策性问题,书中较为完整地涵盖了甲醇燃料、二甲醚燃料政策、标准及汽车实验研究、应用技术。

本书由刘生全、李复活等编著。第一、五、六、十一、二十四章由刘生全编写,第二、三章由李复活编写,第七、八章由刘生全、李复活编写;第四章由滑海宁、王冀白、李海龙编写,第九章由朱庆功、李红宇编写,第十章由李阳阳编写,第十二章由李阳阳、李雪锋、李海平编写,第十三章由包伟、李文斌编写,第十四章由李建锋、邹忠月编写,第十五章由陶巍巍、刘传富编写,第十六章由李阳阳、霍苏萍编写,第十七章

由刘生全、李燕、王冀白编写，第十八章由薛康、赵训练编写，第十九章由陈昊编写，第二十章由陈昊、赵静编写，第二十一章由韩志歧、柏梦婷编写，第二十二、二十三章由李阳阳、王念良、陈建华编写。

研究工作中作者借鉴了国内外教授、学者、专家们的大量研究成果，书中引用了他们许多研究内容，虽不能一一列举，但在此对他们皆表示由衷的感谢。

醇醚燃料产业才刚刚兴起，有许多政策需要理顺，有许多专业性问题需要研究，愿本书对行业相关人员能有所启迪，对醇醚燃料及汽车行业技术人员的培养能有所帮助。限于作者水平，书中难免有错误或不当之处，敬请广大读者批评指正。

作者



目 录

前言

第一章 石油资源概论	1
第一节 石油资源现状与分布	2
第二节 石油运输	8
第三节 我国石油安全分析	12
第四节 交通能源多元化定位	19
第五节 能源的定义与分类	23
第二章 新能源汽车产业化政策研究	27
第一节 概述	27
第二节 电动汽车的产业化政策	29
第三节 天然气汽车的产业化政策	32
第四节 乙醇燃料产业化政策	38
第五节 甲醇燃料产业化政策现状	41
第六节 甲醇燃料产业化政策发展	45
第三章 甲醇燃料产业标准体制	54
第一节 国家标准的分类	54
第二节 标准中的名词与术语	55
第三节 车用燃料标准的发展	57
第四节 甲醇燃料产业标准体系	60
第四章 车用燃料	64
第一节 石油产品	64
第二节 车用汽油	66
第三节 汽油性能指标的检测	72
第四节 车用柴油	82
第五节 车用气体燃料	91
第六节 生物柴油	96
第五章 甲醇燃料与组分油	100
第一节 甲醇	100
第二节 燃料热值的测试方法	105
第三节 车用燃料甲醇指标	110
第四节 车用燃料甲醇中甲醇含量的测定方法	111

第五节 甲醇汽油组分油指标	114
第六章 车用甲醇汽油	122
第一节 车用甲醇汽油基础	122
第二节 车用甲醇汽油技术性能	124
第三节 车用甲醇汽油性能指标	134
第四节 低比例甲醇汽油地方标准	142
第五节 甲醇燃料调配	144
第七章 甲醇汽油中甲醇含量的测试	149
第一节 气相色谱法	149
第二节 质谱法	153
第三节 中红外光谱吸收法	157
第四节 甲醇含量的快速检测法	162
第五节 甲醇含量的检测法（国标法）	165
第六节 甲醇含量的检测法（M85）	169
第七节 甲醇含量的检测法（SH/T 0663）	175
第八章 甲醇汽油的燃烧	185
第一节 燃烧基础	185
第二节 燃烧过程	189
第三节 甲醇燃料发动机的压缩比	193
第九章 甲醇汽油添加剂	198
第一节 甲醇汽油助溶剂	198
第二节 清净剂	204
第三节 抗氧化剂	206
第四节 金属钝化剂	208
第五节 抗静电剂	209
第六节 冷启动改进添加剂	211
第七节 低比例甲醇汽油气阻抑制剂	213
第八节 甲醇汽油添加剂指标	215
第十章 甲醇燃料汽车	219
第一节 发动机燃油供给系统	219
第二节 发动机性能指标	227
第三节 汽车性能指标	230

第四节	甲醇燃料喷射系统	233	第十七章	甲醇汽车细颗粒物排放	380
第五节	甲醇燃料识别技术	236	第一节	细颗粒物研究概况	380
第六节	甲醇燃料汽车冷启动技术	238	第二节	大气环境质量指标	383
第七节	甲醇汽油发动机的负荷调节	247	第三节	细颗粒物的特征	385
第十一章	甲醇燃油泵的防护	251	第四节	环境空气中细颗粒物的测量	392
第一节	电动燃油泵的结构与工作原理	251	第五节	汽车细颗粒物排放测试系统	395
第二节	电动燃油泵腐蚀的防护	255	第六节	甲醇和汽油车辆的细颗粒物 排放	403
第三节	电动燃油泵的耐醇化设计	259	第七节	柴油车辆细颗粒物排放	406
第四节	燃料润滑性测试方法	262	第十八章	发电用甲醇燃料技术	411
第五节	燃油泵的润滑保护	269	第一节	甲醇燃料的适应性	412
第十二章	汽车灵活燃料控制器	276	第二节	甲醇对燃气轮机运行性能的 影响	415
第一节	灵活燃料控制器的基础研究	276	第三节	甲醇间接燃烧应用	419
第二节	灵活燃料控制器开发的技术 路线	279	第四节	甲醇发电联产	423
第三节	汽车灵活燃料控制器设计	280	第十九章	二甲醚燃料	425
第四节	喷油脉宽放大系数选取	288	第一节	二甲醚的物理化学特性	425
第五节	汽车灵活燃料控制器的试验	292	第二节	二甲醚的生产工艺及发展现状	426
第十三章	甲醇柴油技术	297	第三节	二甲醚燃料的主要用途	429
第一节	燃料性能的差异	297	第四节	二甲醚产品指标评述	432
第二节	甲醇柴油的着火方式	299	第二十章	二甲醚燃料的车用技术	436
第三节	甲醇与柴油的互溶	301	第一节	二甲醚在汽车上的应用现状	436
第四节	甲醇柴油的试验分析	307	第二节	二甲醚汽车特点	439
第十四章	甲醇燃料供给系统的 防护	315	第三节	二甲醚汽车排放污染	442
第一节	腐蚀基础	315	第四节	影响二甲醚发动机燃烧和排放的 因素	446
第二节	金属电化学腐蚀机理	316	第二十一章	甲醇燃料的储存	455
第三节	腐蚀防护原理及防护技术	323	第一节	储存库概述	455
第四节	缓蚀剂与应用技术	327	第二节	库址选择	457
第十五章	甲醇燃料的常规排放	335	第三节	库区布置	459
第一节	常规排放污染物的危害	335	第四节	储运设施	461
第二节	排放污染物的生成机理	336	第五节	消防及其他安全措施	469
第三节	排放污染物的测试原理	344	第二十二章	甲醇燃料发动机台架性能 检测	476
第四节	排放污染物的限值指标	349	第一节	甲醇燃料发动机的台架试验	476
第十六章	甲醇燃料汽车的非常规 排放	352	第二节	甲醇燃料发动机台架性能试验 方法	477
第一节	概述	352	第三节	甲醇燃料发动机台架试验装置	483
第二节	甲醛的性能及生成机理	354	第二十三章	甲醇燃料汽车的道路性能 检测	491
第三节	甲醛的测试方法	356	第一节	甲醇燃料汽车道路性能试验 概述	491
第四节	甲醛排放测试系统	360			
第五节	甲醛排放试验检测	367			
第六节	甲醛排放影响因素	370			
第七节	甲醇燃料汽车的甲醇排放	374			

第二节 甲醇燃料汽车道路性能试验		第二节 评价模型与机理分析	515
方法	492	第三节 车用燃料甲醇评价	520
第三节 甲醇燃料汽车道路性能试验		第四节 车用燃料乙醇评价	524
装置	504	第五节 M15 与 E10 对比评价	529
第二十四章 醇燃料的生命周期评价 ...	513	参考文献	533
第一节 生命周期评价与进展	513		

第一章

石油资源概论



随着国内经济飞速地发展和工业化速度不断地加快,我国已经成为世界第二大石油消费国,石油的消费量呈逐年增长的趋势。我国是一个石油生产大国,但石油的相对短缺是不争的事实,国内油田的采储比逐年下降,石油的生产供应已经远远不能满足日益扩大的消费需求。我国需要不断扩大石油进口贸易,大量从国外进口石油,满足国内的需求。

近年来,国内汽车产业飞速发展,我国汽车保有量不断增长,对燃油的需求量也急剧上升。据国家统计局发布统计数据显示,我国 2012 年末全国民用汽车保有量达到 12089 万辆,比上年末增长 14.3%。

在全国 12089 万辆民用汽车中,私人汽车保有量 9309 万辆,增长 18.3%。民用轿车保有量 5989 万辆,增长 20.7%,其中私人轿车 5308 万辆,增长 22.8%,并且增长趋势不减。在今后一段时间内,汽车燃油消耗将是中国石油消费增长最快的部分,而且所占份额会持续上升。

车用能源的多元化是一条必由之路。我国政府非常重视新型、清洁、替代能源的发展。2006 年胡锦涛总书记对几位院士和离休老部长“关于发展醇醚燃料的建议报告”做出了重要批示,要求认真研究我国替代能源问题;2008 年 9 月 23 日,全国醇醚燃料标准化技术委员会成立,委员会由国内 54 名知名院士、教授、专家组成;2009 年 11 月 1 日 GB/T 23510—2009《车用燃料甲醇》国家标准实施,2009 年 12 月 1 日 GB/T 23799—2009《车用甲醇汽油(M85)》国家标准实施;《车用甲醇汽油(M15)》国家标已经等待批准;2010 年国家标准化委员会下达了“车用甲醇汽油添加剂”“甲醇含量的测试方法”两项国家标准的编制任务书,“甲醇含量的测试方法”标准已经通过专家评审,“车用甲醇汽油添加剂”标准将于 2014 年完成;2012 年 12 月,国家工业和信息化部在山西、陕西、上海两省一市实施的第一批甲醇燃料汽车试点运行项目运行良好,第二批试点省市正在筹划之中。

我国地方省市、科研院所都在积极探索能源的多元化发展方向,新能源产品的开发与应用成为汽车工业发展的焦点。开展新能源汽车研究,实现车用能源多元化,是保障汽车能源可持续供给的关键。截止目前,全国共有 26 个省市不同规模、不同程度地启动了甲醇燃料应用工作。在各种石油替代能源的推动过程中,甲醇燃料以产量大,技术成熟,汽车适应性好,动力性能强,储带方便等诸多优势将成为汽车替代燃料的主体。

第一节 石油资源现状与分布

一、国际石油资源现状

1. 石油资源的不均衡分布

石油是远古海洋生物在地下高温高压条件下经过一系列复杂而漫长的生物和化学作用逐渐转化而成的化石燃料。石油资源多分布于沉积盆地中,包括常规石油和非常规石油。常规石油是指通过钻井从地下油气藏中开采出来的石油,而非常规石油则是通过其他方式产生的石油,例如由油页岩和油砂生产的石油。由于世界各地地质结构不同,蕴藏的石油含量也不同。总的来说,全球石油资源储量丰富,但是分布极端不平衡,且具有地域性。

近年来,随着勘探范围的扩大和开采技术的进步,全球石油能源的储量不断提升。根据2012年BP世界能源统计数据显示,1991年探明的石油储量为10327亿桶,到2011年增长至16526亿桶,涨幅高达60.0%。图1-1分别列出了1991、2001和2011年的世界石油储量及各地区的分布。各地区石油储量均有所增长,但在世界石油储量中所占份额发生了变化:中东地区石油储量持续稳定增长,虽然在世界石油储量中所占份额略有降低,但是依然维持在50%左右,其地位不可动摇;中南美洲涨幅较大,截止2011年,占世界石油储量的19.7%,远远高于除中东以外的其他地区;北美地区形势较为复杂,先是从1991年的11.9%,增长至2001年的18.2%,到2011年,又下降到13.2%;非洲以及欧亚大陆均呈稳步增长;而亚太地区呈下降趋势,从1991年的3.6%下降到2011年的2.5%。图1-2是2011年世界各地已经探明的石油储量,不难发现各地区石油资源储量差距较大。

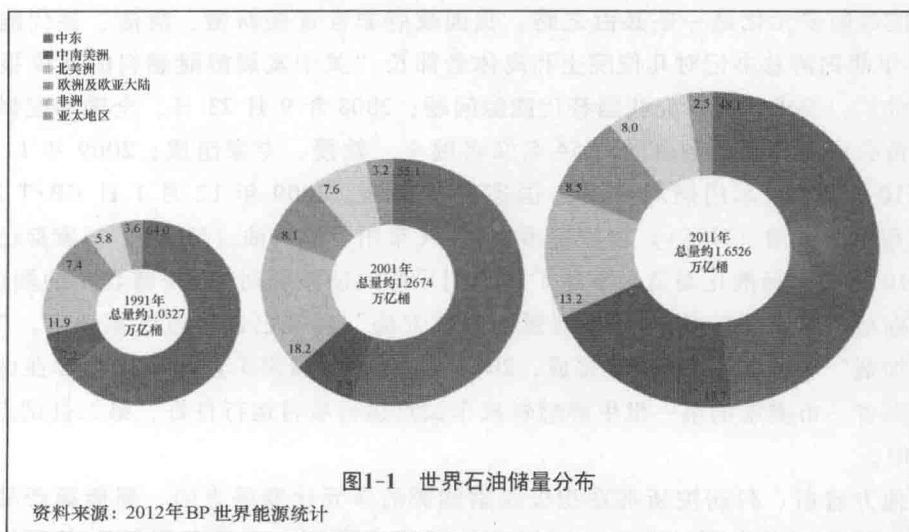
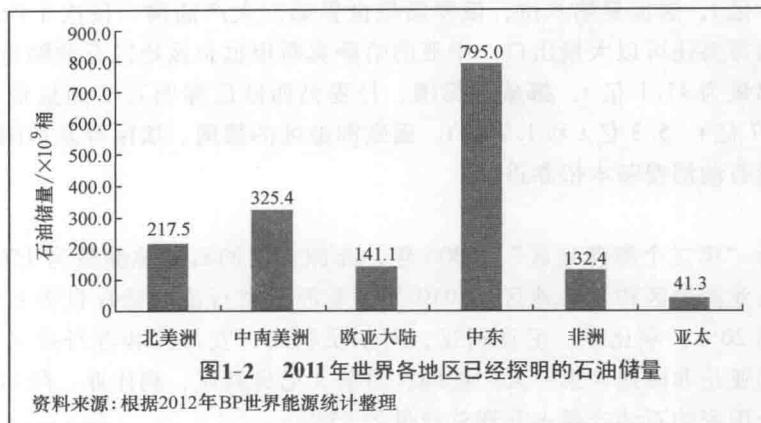


图1-1 世界石油储量分布

2. 全球分布

世界石油的分布极端不平衡:从东西半球来看,约3/4的石油资源集中于东半球,西半球占1/4;从南北半球看,石油资源主要集中于北半球;从纬度分布看,主要集中在北纬20°~40°和50°~70°两个纬度带内。波斯湾及墨西哥湾两大油区和北非油田均处于北纬

20°~40°，该带集中了 51.3% 的世界石油储量；50°~70° 纬度带内有著名的北海油田、俄罗斯伏尔加及西伯利亚油田和阿拉斯加湾油区。世界不同地区的石油储量如图 1-2 所示。



3. 中东地区

中东海湾地区石油资源非常丰富，被誉为“世界油库”。据美国《油气杂志》2006 年的数据显示，世界石油探明储量为 1804.9 亿 t。其中，中东地区的石油探明储量为 1012.7 亿 t，约占世界总储量的 2/3。在 2011 年世界石油储量排名的前 10 位中，中东国家占了 5 位，依次是沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、科威特和阿联酋，见表 1-1。其中，委内瑞拉排名第一，沙特阿拉伯排名第二。

中东地区的石油储量丰富，油层较浅，出产的石油品质好，凭借较低的开采成本和优越的开采条件，中东地区尤其是波斯湾沿岸一直是世界最大的石油产区。油田分布集中且靠近海湾，距离海岸线近，海运方便，出产的石油经巨型油轮运往世界各地，因此海湾地区也是世界最大的石油出口地区。

4. 北美洲

北美洲石油储量最丰富的国家是加拿大、美国和墨西哥。近年来，加拿大发现大量的油砂沉积，而油砂是重要的非常规石油资源，因此使得加拿大石油储量大幅增加，截止 2011 年底达到 282 亿 t，居世界第三，可采储比甚至超过了 100 年。2011 年美国已探明的石油储量为 37 亿 t，主要分布在墨西哥湾沿岸和加利福尼亚湾沿岸，以得克萨斯州和俄克拉荷马州最为著名，阿拉斯加州也是重要的石油产区。美国是世界第三大产油国，但同时美国也是世界第一大消费国。

5. 中南美洲

中南美洲是世界石油储量和石油产量增长较快的地区之一，但同时该地区经济发展相对缓慢，石油消费量不高，石油多用于出口。委内瑞拉、巴西和厄瓜多尔是该地区石油储量最丰富的国家。其中，委内瑞拉在 2011 年超越沙特阿拉伯，一跃成为世界上石油储量最多的国家。委内瑞拉的拉奥里诺科重油带是世界上最大的石油沉积矿之一，巴西东南部海域坎波斯和桑托斯盆地也蕴藏着丰富的石油资源。2008 年 4 月在巴西近海发现“卡里奥卡”（Carioca）巨型油田，据官方估算储量高达 330 亿桶。厄瓜多尔位于南美洲大陆西北部，是中南美洲第三大产油国，境内石油资源丰富，主要集中在东部亚马孙盆地，另外，在瓜亚斯省西部半岛地区和瓜亚基尔湾也有少量油田分布。

6. 欧洲及欧亚大陆

欧洲及欧亚大陆石油探明储量为 190 亿 t, 约占世界总储量的 8%。其中, 俄罗斯石油探明储量为 121 亿 t, 居世界第八位, 俄罗斯是世界第二大产油国, 仅次于沙特, 产出的石油不仅满足国内需要还可以大量出口。中亚的哈萨克斯坦也是该地区石油储量较为丰富的国家, 已探明的储量为 41.1 亿 t。挪威、英国、丹麦是西欧已探明石油储量最丰富的 3 个国家, 分别为 10.7 亿 t、5.3 亿 t 和 1.7 亿 t。而欧洲地区的德国、法国等发达国家, 国内石油资源匮乏, 大量石油消费基本依靠进口。

7. 非洲

非洲被誉为“第二个海湾地区”。2006 年, 非洲探明的石油总储量为 156.2 亿 t, 主要分布于西非几内亚湾地区和北非地区。2010 年, 非洲国家石油产量在世界石油总产量中的比例有望上升到 20%。利比亚、尼日利亚、阿尔及利亚、安哥拉和苏丹排名非洲石油储量前五位。尼日利亚是非洲地区第一大产油国。目前, 尼日利亚、利比亚、阿尔及利亚、安哥拉和埃及这 5 个国家的石油产量占非洲总产量的 85%。

8. 亚太地区

亚太地区中国、印度、印度尼西亚和马来西亚是该地区石油探明储量最多的国家, 分别为 21.9 亿 t、7.7 亿 t、5.8 亿 t 和 4.1 亿 t, 石油探明总储量约为 45.7 亿 t, 占世界石油总量的 2.5%。也是目前世界石油产量增长较快的地区之一。印度和中国虽具有一定石油储量, 但是每年仍需大量进口。由于地理位置优越和经济的飞速发展, 东南亚国家已经成为世界新兴的石油生产国。亚太地区也是石油资源消费量最大的地区, 达到了 13.16 亿 t。中国和印度虽然石油储量丰富, 但是经济发展需要, 每年仍需大量进口, 日本石油消费量为 2.01 亿 t, 几乎全部靠进口。

世界石油储量最大的 10 个国家排名见表 1-1, 最大的 10 个石油消费国排名见表 1-2。

表 1-1 2011 年世界十大石油储量国家

国家	地区	储量 / $\times 10^9$ 桶	份额(%)
委内瑞拉	中南美洲	296.5	17.9
沙特阿拉伯	中东地区	265.4	16.1
加拿大	北美洲	175.2	10.6
伊朗	中东地区	151.2	9.1
伊拉克	中东地区	143.2	8.7
科威特	中东地区	101.5	6.1
阿联酋	中东地区	97.8	5.9
俄罗斯	欧亚大陆	88.2	5.3
利比亚	非洲	47.1	2.9
尼日利亚	非洲	37.2	2.3

表 1-2 2011 年世界十大石油消费国

国家	地区	消费量 / $\times 10^6$ t	份额(%)
美国	北美洲	833.6	20.5
中国	亚太地区	461.8	11.4
日本	亚太地区	201.4	5.0
印度	亚太地区	162.3	4.0
俄罗斯	欧亚大陆	136.0	3.4
巴西	中南美洲	120.7	3.0
德国	欧亚大陆	111.5	2.7
韩国	亚太地区	106.0	2.6
加拿大	北美洲	103.1	2.5
墨西哥	北美洲	89.7	2.2

资料来源: 根据 2012 年 BP 世界能源统计整理。

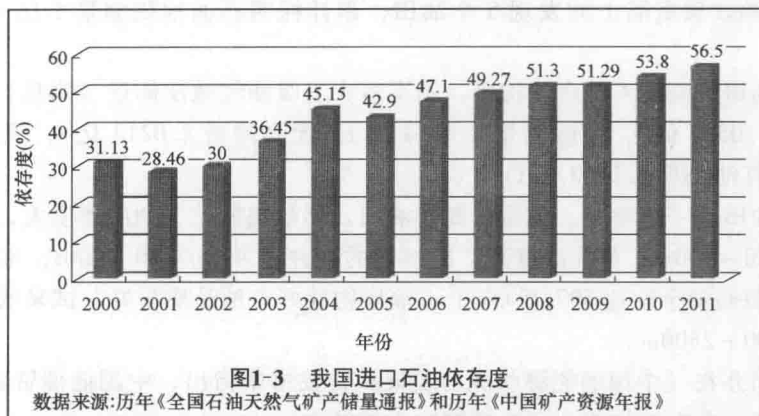
二、国内石油资源状况

1. 石油进口状况

随着国内经济飞速发展, 石油产业也发生巨大变化, 能源的消耗量急剧增加。与此对应, 我国对能源的需求迅速增长, 尤其在石油需求和石油进口方面表现更为突出。

2011 年我国石油进口量 2.65 亿 t, 2012 年石油进口量约为 2.71 亿 t, 2013 年中国石油进口量达到 2.85 亿 t 左右, 石油对外依存度将逼近 60%。国家发展和改革委员会预测的, 2020 年我国石油消费量将达到 4.5~5.0 亿 t, 对外依存度将超过 60% 的指标提前实现。据美国能源部预测, 2020 年, 中国对外石油依存度高达 60%; 而国际能源机构 (IEA) 预测的数字更高, 为 76%。以现阶段我国经济发展能源供需为基础, 到 2020 年石油需求总量可能超过 7 亿 t, 其中三分之二都需要依靠进口。因此, 石油已成为影响我国经济发展和国家稳定的一个重要的因素。

石油进口依存度是指一个国家石油净进口量与石油消费量的比值, 反映本国石油消费量对国外的依赖程度, 是衡量一个国家石油安全的警示标志之一。一般说来, 对外依存度越高, 则本国石油安全程度越低。国际公认安全警戒线为 30%, 而我国已经连续多年居高不下。图 1-3 显示 2000 年以来我国进口石油依存度的变化。自 2008 年后, 我国石油消费量的一半以上依靠进口, 我国的石油安全问题变得十分突出, 不得不引起人们的高度重视。



2. 油气资源分布状况

我国石油资源集中分布在渤海湾、松辽、塔里木、鄂尔多斯、准噶尔、珠江口、柴达木和东海大陆架八大盆地, 占全国的 81.13%; 天然气资源集中分布在塔里木、四川、鄂尔多斯、东海大陆架、柴达木、松辽、莺歌海、琼东南和渤海湾九大盆地, 占全国的 83.64%。从资源深度分布看, 我国石油可采资源有 80% 集中分布在浅层 (<2000m) 和中深层 (2000~3500m), 而深层 (3500~4500m) 和超深层 (>4500m) 分布较少; 天然气资源在浅层、中深层、深层和超深层分布却相对比较均匀。从地理环境分布看, 我国石油可采资源有 76% 分布在平原、浅海、戈壁和沙漠, 天然气可采资源有 74% 分布在浅海、沙漠、山地、平原和戈壁。从资源品位看, 我国石油可采资源中优质资源占 63%, 低端资源占 28%, 重油占 9%; 天然气可采资源中优质资源占 76%, 低端资源占 24%。

早在 1966 年联合国亚洲及远东经济委员会经过对包括钓鱼岛列岛在内的我国东部海底资源的勘察, 得出的结论是, 东海大陆架可能是世界上最丰富的油田之一, 钓鱼岛附近水域可能成为“第二个中东”。据我国科学家估计, 钓鱼岛周围海域的石油储量约为 30~70 亿 t。还有资料反映, 该海域海底石油储量约为 800 亿桶, 超过 100 亿 t。

南海海域更是石油宝库。中国对南海勘探的海域面积仅有 16 万 km², 发现的石油储量达 52.2 亿 t, 南海油气资源可开发价值超过 20 亿万元人民币, 在未来 20 年内只要开发

30%，每年可以为中国 GDP 增长贡献 1~2 个百分点。而有资料显示，仅在南海的曾母盆地、沙巴盆地、万安盆地的石油总储量就将近 200 亿 t，是世界上尚待开发的大型油藏，其中有一半以上的储量分布在应划归中国管辖的海域。经初步估计，整个南海的石油地质储量大致在 230~300 亿 t 之间，约占中国总资源量的三分之一，属于世界四大海洋油气聚集中心之一，有“第二个波斯湾”之称。

到目前为止，渤海湾地区已发现 7 个亿吨级油田，其中渤海中部的蓬莱 19-3 油田是迄今为止中国最大的海上油田，又是中国目前第二大整装油田，探明储量达 6 亿 t。至 2010 年，渤海海上油田的产量达到 5550 万 t 油当量，成为中国油气增长的主体。

2007 年 5 月 23 日中石油公司宣布了一条震惊世界的消息，发现了储量规模 10 亿 t 的大油田，冀东南堡油田。新发现的冀东南堡油田位于河北省唐山市境内（曹妃甸港区），地质上为渤海湾盆地黄骅坳陷北部的南堡凹陷，属中石油冀东油田公司勘探开发范围。冀东油田公司有勘探面积 1570 km²，其中陆上 570 km²，滩海 1000 km²。经过长达 40 年的艰苦探索，到 2004 年中石油在冀东陆上共发现 5 个油田，累计探明石油地质储量 1 亿 t，原油年产量 100 万 t。

冀东南堡油田共发现 4 个含油构造，基本落实三级油气地质储量（当量）10.2 亿 t。其中：探明储量 4.0507 亿 t，控制储量 2.9834 亿 t，预测储量 2.0217 亿 t，天然气地质储量 1401 亿方（折算油当量 1.1163 亿 t）。

冀东南堡油田是一个整装、优质、高效油田。储量规模大、油层厚度大，平均单井钻遇油层厚度达到 80~100 m；单井产量高，已试油的直井单井日产 80~100 t，水平井单井日产 200~500 t，油田储量丰度达 507 万 t/km²；油层物性好、油品质量好、试采效果好，主要目的层埋深为 1800~2800 m。

国务院新闻办在《中国的能源状况与政策》白皮书中指出，中国能源资源是总量丰富、人均拥有量较低、分布不均衡、开发难度较大等特点。

能源资源赋存分布不均衡，中国能源资源分布广泛但不均衡。煤炭资源主要储存在华北、西北地区；水力资源主要分布在西南地区；石油、天然气资源主要储存在东、中、西部地区 and 海域。

能源资源开发难度较大。中国煤炭资源地质开采条件较差，大部分储量需要井下开采，极少量可供露天开采。石油天然气资源地质条件复杂，埋藏深，勘探开发技术要求较高。未开发的水力资源多集中在西南部的高山深谷，开发难度和成本较大。

3. 石油生产与消费状况

我国石油产量虽然一直处于增长状态，但是受到资源及开采条件的限制，增长速度缓慢。而随着我国经济的快速发展，我国对于石油的需求出现了高速的增长。国内石油供需缺口逐年加大，石油供需矛盾日益突出。根据 BP 世界能源统计数据显示，2011 年中国的石油消费达到 4.62 亿 t，比 2010 年的消费量增加了 5.5%，占全球石油消费总量的 11.4%，中国已经成为全球石油消费增长的主要来源。图 1-4 显示了 2001~2011 年我国石油生产与石油消费的增长趋势。近 10 年，我国石油产量略有增长，但涨幅不大，而我国石油消费量逐年递增。供需之间的差距越来越大，大量依赖国际市场进口石油成为必然趋势。

自 20 世纪 50 年代初期以来，我国先后在 82 个主要的大中型沉积盆地开展了油气勘探，发现油田 500 多个。表 1-3 是我国主要的陆上石油产地。大庆油田自 20 世纪开发以来已为

国家稳定提供原油 50 多年, 尽管储油量大大减少, 开采成本增大, 由于开采技术的不断更新, 目前仍然是我国最大的原油生产基地。长庆油田是我国最早发现并开采的油气区之一, 近年来随着探明储量的增加, 原油产量增加很快, 已成为我国主力油田之一。



表 1-3 国内主要石油产地

油田名称	地理位置	累计生产原油	最高年产量	开发时间
大庆油田	黑龙江省西部	18.21 亿 t	5500 万 t	1960 年
胜利油田	山东北部	7.46 亿 t	3355 万 t	1961 年
辽河油田	辽河及内蒙古东部	2.65 亿 t	1500 万 t	1964 年
克拉玛依油田	新疆克拉玛依市	18.29 亿 t(地质储量)	1500 万 t	1955 年
四川油田	四川盆地	2356 亿 m^3 (天然气)	15 万 t、160 亿 m^3 (天然气)	1950 年
华北油田	河北省中部	3.0 亿 t	1733 万 t	1975 年
大港油田	天津市大港区	1.47 亿 t	507.1 万 t	1964 年
中原油田	河南省濮阳地区	7723 万 t	871 万 t	1975 年
吉林油田	吉林省扶余地区	18 个油田	800 万 t(油气当量)	1961 年
河南油田	豫西南的南阳盆地	1.7 亿 t(地质储量)	200 万 t	1972 年
长庆油田	陕甘宁盆地	128.5 亿 t(石油资源量)	4505 万 t(油气当量)	1970 年
江汉油田	湖北省	5126 万 t	162 万 t	1969 年
江苏油田	江苏的扬州等	油气田 22 个	171 万 t	1975 年
青海油田	青海省西北部	5 亿 t(地质储量)	500 万 t	1954 年
塔里木油田	新疆塔里木盆地	5.2 亿 t(地质储量)	800 万 t(原油)	1988 年
吐哈油	新疆吐鲁番哈密盆地	4170 万 t	155 万 t	1991 年
延长石油集团	陕西北部	5.89 亿 t(地质储量)	1000 万 t	1905 年

4. 能源的利用状况

我国能源以煤炭为主, 可再生资源开发利用程度很低。中国探明的煤炭资源占煤炭、石油、天然气、水能和核能等一次能源总量的 90% 以上, 煤炭在中国能源生产与消费中占支配地位。20 世纪 60 年代以前中国煤炭的生产与消费占能源总量的 90% 以上, 70 年代占 80% 以上, 80 年代以来煤炭在能源生产与消费中的比例占 75% 左右, 其他种类的能源增长速度较快, 但仍处于附属地位。

交通运力不足, 制约了能源工业的发展。我国能源资源的西富东贫和消费分布的不均衡性, 大大增加了运输压力, 形成了西煤东运、北煤南运的大批量、远距离输送格局。多年

来,由于运力不足造成了大量的煤炭积压,严重制约了地区经济的发展。

能源供需形势从长期看依然十分紧张。我国的能源生产经过多年的努力,取得了十分显著的成绩,能源紧张的矛盾明显缓解。然而与经济的长远发展需要相比,仍存在着较大的差距,特别是洁净高效能源,缺口依然很大。

能耗水平高,能源利用率低下。尽管我国目前的人均能源消费量不高,然而,其能耗强度却跃居世界之前列。据有关部门的调查测算,我国能源系统的总效率(开采+加工+运输+利用)仅为9%,不及发达国家的一半。按万美元GDP能耗分析,我国高出平均水平的2倍多。产业、能源结构的不合理、能源品质低下,管理落后等是造成能耗高的主要原因。

农村能源问题日趋突出,影响越来越大,农村生活用能严重短缺。过度的薪柴开发造成大面积植被破坏,引起了水土流失和土壤有机质减少等严重生态问题。随着农业生产机械化和化学工业的发展,农业生产的能耗量急剧增长。乡镇工业能耗直线上升,能源利用率严重低下。

能源环境问题日趋严重,制约了经济社会发展。以城市为中心的环境污染进一步加剧,并开始向农村蔓延,生态破坏的范围仍在继续扩大。大气污染以煤烟型污染为主,烟尘和酸雨危害最大,TSP、PM_{2.5}越来越受到人们的关注。

能源开发逐步西移。随着中部地区能源资源的日渐枯竭,开发条件的逐步恶化,近年来,我国能源开发呈现出逐步西移的态势,特别是水能资源开发和油气资源的勘察。

第二节 石油运输

一、石油运输贸易的形成

石油资源的分布存在明显的地区不平衡性,在石油资源相对丰富的地区,形成了石油资源的供给,而相对的在石油资源稀缺的地区,形成了对石油资源的需求。全球各国的经济发展存在较大的差别,由此产生的原油消费量也存在很大区别,因此,各国长期存在着原油供给和消费不平衡的状况。众所周知,中东、非洲、拉美地区原油产量较大,但是这些国家和地区受自然条件与经济结构影响,原油消耗量较少,因此原油产量过剩;相对地北美、亚太、欧洲虽然有些地区产油量较大,但由于原油消耗较多,所以需要从产量过剩的地区大量进口原油。总而言之,原油资源在分布、生产和消费上的不平衡需要以贸易的形式通过运输来达到均衡,由其近年来随着经济的快速发展,对原油需求量的增大,原油的运输量不断增长,原油的主体运输方式也有所改变,促进了世界范围内的石油运输贸易的形成。

二、石油的运输方式

地区之间的石油供需不平衡,促成了各国之间石油运输,组成了全球石油运输网。目前,主要有3种石油运输方式,即海上运输、管道运输和铁路运输,3种运输方式各有优缺点。就国际石油贸易而言,主要以油轮和管道运输为主,铁路运输仅作为补充;从全球石油跨国运输网来看,约60%的石油通过海运,不到40%的石油经由管道运输。

1. 海上运输

海运承担了超过全球五分之三的石油运输,成为石油运输的主要方式。海上石油运输具

有运输量大、运输距离长、运输成本低等特点。海运中的小型油轮一次可装载 5 万 t 原油, 巨型油轮一次要装载 30 万 t 原油, 大大提高了运输效率; 海运航线多处于公海, 不受地域限制, 灵活性较大; 海运无需铺设管道与线路, 大大节约了运输成本; 综合运量、运费和方便程度 3 个方面分析, 海运是石油运输的最适合的方式。与其他运输方式相比, 海运受自然条件的限制与影响大, 即受海洋的地理分布及自然条件的制约与影响, 海洋的地理分布有相当大的局限性, 海运无法在广大陆地上任意延伸, 需要与铁路和管道等运输方式配合, 实行联运。

2. 管道运输

管道运输是另一种主要的原油、石油运输方式, 不同于油轮运输, 自有特点。石油运输管道建成后, 可以持续稳定的输送原油来满足沿线各站的需求, 运输效率高。管道的运输量取决于输送管道的规模, 不同尺寸的管径的输送能力也不相同。中东地区是世界上最大的产油区, 建有多条大型输油管道。沙特阿拉伯的阿布凯克—延布港输油线路管线长度为 1200 km, 管径更是达到了 1219 mm, 年石油运输总量高达 9000 多万 t。伊朗的阿瓦士—加拉维管道, 管线全长 248 km, 每年可以输送 7500 万 t 以上的石油。

石油运输管道多铺设在地表以下, 几乎不占用地面土地, 合理地利用了土地资源, 同时还不易受到地面上各种环境因素的影响, 稳定性和安全性好。石油管道密封性好, 使用地下管道运输石油, 不易造成石油泄漏, 还能有效降低石油在运输过程中因挥发造成的损失, 对于防止环境污染具有重要意义。此外, 使用管道运输石油成本只有铁路运输的 60% 左右, 尤其是在保证持续稳定的运输情况下, 运输成本与油轮运输相当, 经济效益显著。因此, 管道运输是陆上石油运输的最佳方式。当然, 管道运输也有缺点, 它只能将石油运到管道沿线的各个站点, 灵活性差。一旦石油运输中断, 管道就会失去意义, 造成资源的浪费。

3. 铁路运输

铁路运输是众多内陆国家运输石油的主要方式。海运只能将石油运送到各沿海港口, 在内陆地区还是要通过石油管道和铁路把石油运送到目的地。铁路运输是陆上石油运输的重要组成部分, 通过与管道配合, 形成了密集的运输网络。通过铁路运输可以将石油管道沿线各站点的石油运送到周边地区, 形成了以管线站点为中心的分散型的石油运输网络, 有效弥补了管道运输灵活性差的缺点。对于石油供应不稳定的地区之间, 铺设管线成本太高, 容易造成资源浪费, 而铁路运输能够调整运量, 具有较强的灵活性, 是最佳的运输方式。另外, 铁路运输还可以绕过一些海上石油运输的咽喉要道, 避免了因通道受阻造成的石油供应中断, 能够迅速弥补石油紧缺的状况, 保证了部分地区石油的供应安全。铁路运输也有自己的缺点, 铺设铁路所需成本高, 建设周期长, 一旦遇到地质条件差的地区, 难度会更大, 需要在装卸两端建设铁路专用线, 资金和时间投入都会增加。

三、主要的石油运输线路和咽喉要道

1. 海上石油运输线路

迄今为止, 世界上主要的原油产区与原油进口国之间都有自己固定的运输线路, 每天有大量的石油通过这些线路运往世界各地。

(1) 中东地区的石油运输路线

波斯湾—霍尔木兹海峡—印度洋—好望角—大西洋—西欧、北美。