

NEW ENERGY AND
SHIP ENERGY SAVING
TECHNOLOGY

新能源与 船舶节能技术

胡以怀 编著



科学出版社

新能源与船舶节能技术

New Energy and Ship Energy Saving Technology

胡以怀 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书第1章阐述常规能源的特点和新能源概念,分析我国的能源现状、可持续发展的途径和可再生能源的发展目标。第2~5章分别介绍太阳能、风能、生物质能和海洋能的资源分布及应用技术,第6、7章分别介绍小水电、地热能、可燃冰、页岩气、核能和氢能的特点及开发应用前景,第8章全面介绍船舶的各种节能技术,包括船型优化、气膜减阻、船体节能装置、船舶轻量化、动力装置余热回收、LNG代用燃料、风帆助航、减速航行等。

本书内容丰富、覆盖全面,既有传统的船舶节能方法,又有最新的研究成果,可以作为理工科院校的本科生、研究生教材,也可供广大从事节能减排研究的科研人员和应用开发的工程技术人员参考,特别是为船舶高校和航海院校的广大师生提供帮助。

图书在版编目(CIP)数据

新能源与船舶节能技术=New Energy and Ship Energy Saving Technology/
胡以怀编著. —北京:科学出版社,2015.9

ISBN 978-7-03-045707-3

I. ①新… II. ①胡… III. ①船舶航行-节能 IV. ①U676.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 220590 号

责任编辑:耿建业 陈构洪 乔丽维 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京利丰雅高长城印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年9月第一版 开本:720×1000 1/16

2015年9月第一次印刷 印张:33 1/4

字数:655 000

定价:256.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

人类最早使用薪柴作燃料,18世纪50年代第一次工业革命后,由于蒸汽机的发明,煤炭得到了大规模的使用,开始了从薪柴向煤炭的第一次能源结构转变。自从1859年美国在宾夕法尼亚开采出第一口油井,特别是随着19世纪末内燃机的发明,石油作为工业燃料开始大规模使用,人类又实现了从煤炭转向油气的第二次能源结构转变。进入20世纪后,特别是第二次世界大战后随着全球工业化规模的飞速发展,人类对能源的消耗急速增长。人类仅仅用了200多年的时间就消耗了地球上大部分的油气资源和煤炭资源,同时也造成了恶劣的环境污染,由此给人类社会的发展带来了两个严重的问题。

一方面,按目前探明的全球能源储量和消耗速度计算,石油只够用40多年,天然气将在60年内用完,煤炭也只能用220年。而石油、天然气和煤炭都是地球经过亿万年的漫长时间积存起来的,再产生这些能源已基本不可能,只会是用一点少一点。常规化石能源的有限性,使人类在不远的未来将面临能源的枯竭,必须在此之前寻找到可替代的新能源。

另一方面,随着化石能源的大量消耗,各种有害气体被不断地排入大气层中。其中氮氧化物会引起人类的支气管炎和肺气肿,形成光化学烟雾,导致酸雾酸雨,造成臭氧层的损耗;燃烧所生成的二氧化碳会使地球表面的温度不断升高,导致海平面上升、冰川消融、极地缩小、主要农区转移,对农业、林业和畜牧业产生重大影响;二氧化硫会造成酸雨,导致森林大片死亡、农作物枯萎、土壤贫瘠化、湖泊和河流酸化、建筑物腐蚀和风化等严重危害。可见,化石能源的大量使用,会造成人类赖以生存的地球生态环境的严重破坏,危及人类的长远可持续发展。

人类已进入21世纪,目前正面临着第三次能源结构的转变,需要一种不会污染环境又可以持续利用的新能源来代替目前的化石能源。当然,地球上可以持续利用的能源还很多,包括太阳能、风能、生物质能、海洋能、水能,还有一些能源可以较长时间使用,如地热能、可燃冰、页岩气、核能等,其资源分布和应用技术各有特色。

太阳能总量很大,每秒照射到地球上的能量相当于500万吨煤,每年到达地球表面上的太阳辐射能相当于130万亿吨油当量。它没有地域的限制,无论陆地或海洋,无论高山或岛屿处处皆有,可直接开发和利用,且无需开采和运输。但太阳能很分散,能流密度很低,而且有季节、昼夜、阴晴、地点的变化,能量有间断性和不稳定,能量利用效率低而开发成本高。

地球风能资源也很大,每年有高达1400亿吨油当量的能量,分布广泛。但与太阳

能一样,受季节、昼夜、阴晴、地点的变化,能量密度低,能量有间断性和不稳定性,应用成本也较高。

生物质能资源丰富,全球生物质能的储量相当于 640 亿吨油当量,全年总产量为全球目前总能耗量的 6~10 倍,可以实现碳循环。但全球生物质能分布受地域和气候的限制,特别是生物质原料的收集和处理成本很高,应用技术还不完善。

海洋能包括潮汐能、波浪能、温差能、盐差能和海流能等,储量巨大。全球海洋能总量达 766 亿千瓦,技术上可利用量有 64 亿千瓦。但海洋能能量密度一般较低,分布不均且分散,有些能量变化大、稳定性差。由于远离陆地而难以利用,对所用材料及设备的防腐蚀、防污染、防生物附着、防风浪冲击要求高,开发成本高、难度大。

水能是目前全球的主要能源,水电提供了全球大约 1/5 的电力,发电成本低、效率高。但水电有丰年枯年的差别,建水电坝会增加江河泥沙的淤积量,影响江河及周围生态环境和居住环境,高坝容易诱发地震等。目前国内外对大型水电的建设都比较谨慎,小型水电开发潜力也不很多,主要解决农村偏远地区的用电问题。

地热能资源也很丰富,地壳中干热岩所蕴含的能量相当于全球所有石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的 30 倍,每年地热的新再生量有 200 多亿吨油当量。地热能具有持续稳定、不受天气影响、可全天候供应等独特优点。但由于地下水矿化度较高、腐蚀性较强,对设备尤其是对地下部分的埋管和抽水系统的设计、技术、材料等都提出了很高的要求。高温地热资源的分布比较分散,集中在构造板块边缘一带,无法远距离输送;低温地热资源分布区域虽广,但初期投资大、会造成环境污染、开采成本高昂、后期设备维护困难而难以大规模普及。

可燃冰资源量充足,是全球已知化石燃料总和的 2 倍,其能量密度是煤的 10 倍左右。但可燃冰的开发条件要求极高,一旦在开采过程中甲烷气泄漏得不到控制,全球温室效应将迅速增大,导致海水温度、地层温度上升,又会造成海底的“可燃冰”自然分解,引起恶性循环,进而造成生态环境破坏、地质灾害和海洋环境灾害,其后果将不堪设想。

页岩气资源潜力巨大,但开发难度也很高。在生产过程中不仅要大量消耗水,还会导致一系列环境问题,如对地下水的潜在污染,对地表的影响,空气、土壤和噪声污染,以及栖息地丧失等。页岩气的开发需更高精的技术和更先进的设备,以及更大的投资成本,还需要完善的储存、液化和传输等技术,以及完善的基础设施和成熟的市场。目前除了美国成功开采了页岩气资源外,世界性大规模开发尚需时日。

地球核资源丰富,核燃料资源所提供的能量是化石燃料的 10 万倍以上。核能最大的优点是能量密度极高,正常运行排放的污染小。但核电一旦出现事故,造成的后果将是灾难性的,核能最大的担心还是放射性污染和安全性问题。

可见,虽然目前地球上可利用的新能源不少,但这些新能源的开发利用还不成熟。要么是能量密度太低而开发成本太高,要么是开发技术不成熟,无法大规模利用。如果说人类前两次能源结构的转变还比较顺利,是因为我们有天赐的化石燃料作保障,那这

次转变就不那么简单了,因为现在地球上已经找不到一种既经济实用又不破坏地球生态环境的新能源了。人类在经历战争磨难、意识形态冲突、宗教对抗、自然灾害之时,又要面对全球资源枯竭和环境恶化的新挑战,这也是本书将与大家共同探讨的问题。

资源丰富的太阳能开发成本能否大幅度降低?

未来的生物质能可否代替现有的化石能源?

核能可以成为一种安全、清洁的能源吗?

氢能真的是未来的一种最佳能源载体吗?

未来的能源结构是一枝独秀,还是多种能源形式的互补并存?

全球工业化的发展规模和速度是否应该有所控制?

人类文明的可持续发展之路在哪里?

这些问题值得各行各业人士思考。当然,不同行业所采取的技术手段不尽相同。以船舶运输为例,船舶是能耗巨大的运输工具,船舶运输承担了全球 90% 以上的货物贸易量,船舶的节能技术已受到国内外造船业和航运业的普遍关注。船舶的节能技术包括船体结构的设计改进、动力装置的节能和营运管理节能三个部分。本书最后全面介绍船舶节能技术的各个方面,包括船型优化、气膜减阻、舵桨节能装置、发动机余热回收利用、轴带发电机、LNG 代用燃料、辅助设备节能、风帆助航、经济航速、航线优化、船舶纵倾控制和船体水下清洗技术等。

当然,由于新能源技术涉及范围极广,本人才疏学浅,书中难免有不足之处,敬请各位同行指正。

作 者

2015 年 5 月 18 日于上海

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 我国的能源现状	1
1.2 常规能源的特点	5
1.3 可持续发展的途径	6
1.4 新能源概念	10
1.5 我国可再生能源的发展目标	16
参考文献	17
第 2 章 太阳能	19
2.1 太阳能资源	19
2.2 太阳能光热利用技术	22
2.2.1 太阳能热水器原理	22
2.2.2 平板型太阳能集热器	22
2.2.3 全玻璃真空管平板集热器	25
2.2.4 真空管集热器	25
2.2.5 家用太阳能热水器	28
2.2.6 太阳能热水循环系统	31
2.2.7 太阳灶技术	32
2.2.8 太阳房技术	34
2.2.9 太阳能干燥器	39
2.2.10 太阳能海水淡化	41
2.2.11 太阳能空调	43
2.2.12 太阳能蓄热	48
2.2.13 太阳能热能转换的利用	51
2.3 太阳能光伏发电技术	54
2.3.1 太阳能电池	54
2.3.2 光伏技术的应用	60
2.3.3 光伏技术的发展	72
2.3.4 我国太阳能产业发展格局	76
参考文献	77

第3章 风能	79
3.1 我国的风能资源及特点	79
3.1.1 风能资源	79
3.1.2 风能的特点及利用	83
3.2 风力发电技术	85
3.2.1 风力机	86
3.2.2 风力发电系统	95
3.2.3 风力发电机的运行方式	99
3.2.4 海上风电技术	103
3.2.5 风电的发展趋势	106
3.3 风力致热技术	107
3.3.1 风力致热的特点	107
3.3.2 直接致热方式	108
3.3.3 搅拌阻尼型致热装置	112
3.4 风能资源的利用	124
3.4.1 国外风能资源的利用	124
3.4.2 我国的风能资源利用	127
3.4.3 海上风电场的发展	128
参考文献	131
第4章 生物质能	132
4.1 生物质能资源	132
4.2 沼气技术	135
4.2.1 沼气的来源	135
4.2.2 沼气的应用途径	142
4.2.3 沼气技术的发展	148
4.3 生物质发电技术	155
4.3.1 垃圾焚烧发电	155
4.3.2 污泥焚烧发电	159
4.3.3 垃圾发电的历史和现状	164
4.4 生物燃料技术	166
4.4.1 生物质气化	166
4.4.2 秸秆气化	169
4.4.3 生物乙醇	170
4.4.4 生物柴油	172
4.5 生物质能源利用	194

参考文献	198
第 5 章 海洋能	201
5.1 海洋能资源及特点	201
5.2 潮汐能	204
5.2.1 潮汐能发电模式	204
5.2.2 水轮发电机组	206
5.2.3 潮汐能发电的特点	208
5.2.4 潮汐能的利用	209
5.3 波浪能	212
5.3.1 波浪能发电方法	213
5.3.2 波浪能发电技术的发展	221
5.4 海流能	224
5.4.1 洋流的形成及分布	224
5.4.2 海流发电技术	226
5.4.3 洋流与航运	228
5.5 温差能	228
5.5.1 海洋温差能资源	228
5.5.2 海洋温差能转换技术	231
5.5.3 发电装置类型	234
5.5.4 温差能发电技术的研究与应用	237
5.6 盐差能	241
5.6.1 盐差能资源	241
5.6.2 盐差能发电方式	243
5.6.3 盐差能发电技术的发展	248
5.6.4 我国长江口盐差能发电技术的应用	250
5.7 海洋能的开发利用	254
参考文献	260
第 6 章 地球非常规能源	262
6.1 小水电	262
6.1.1 小水电资源	262
6.1.2 小水电技术	264
6.1.3 小水电的发展	273
6.2 地热能	279
6.2.1 地热能资源及特点	279
6.2.2 地热能利用技术	281

6.2.3 地热能的开发利用·····	295
6.3 可燃冰·····	300
6.3.1 可燃冰资源·····	300
6.3.2 可燃冰的开采技术·····	303
6.3.3 可燃冰的开发利用·····	305
6.4 页岩气·····	307
6.4.1 页岩气资源·····	307
6.4.2 页岩气开采技术·····	310
6.4.3 页岩气开发历史·····	313
6.5 核能·····	316
6.5.1 核能资源及特点·····	316
6.5.2 核电技术·····	319
6.5.3 核电的利用·····	324
参考文献·····	327
第7章 氢能 ·····	329
7.1 氢能的特点·····	329
7.2 氢能的制取·····	330
7.3 氢的储存·····	352
7.4 氢能的利用·····	361
7.4.1 氢能的常规利用途径·····	361
7.4.2 直接燃烧方式·····	362
7.4.3 燃料电池方式·····	367
7.5 氢能的应用前景·····	371
参考文献·····	373
第8章 船舶节能技术 ·····	375
8.1 概述·····	375
8.2 船体结构节能技术·····	379
8.2.1 船型优化·····	379
8.2.2 气膜减阻·····	389
8.2.3 节能装置·····	389
8.2.4 船舶轻量化·····	407
8.3 动力装置节能技术·····	410
8.3.1 余热回收及利用·····	410
8.3.2 燃料电池·····	424
8.3.3 LNG代用燃料·····	426

8.3.4 轴带发电机	429
8.3.5 辅助设备节能	434
8.3.6 风能	444
8.3.7 其他能源	486
8.4 船舶营运节能技术	497
8.4.1 航线优化	497
8.4.2 减速航行	498
8.4.3 船舶姿态控制	507
8.4.4 水下清洗技术	509
8.4.5 无压载水船舶	513
8.4.6 洋流的利用	517
参考文献	517

第 1 章 概 述

1.1 我国的能源现状

我国地大物博、资源丰富,自然资源总量排世界第七位,能源资源总量约 4 万亿吨标准煤,居世界第三位。煤炭保有储量为 10 024.9 亿吨,可采储量 893 亿吨;石油的资源量为 930 亿吨,天然气的资源量为 38 万亿 m^3 ;水力的可开发装机容量为 3.78 亿 kW,居世界首位^[1]。另外,新能源和可再生能源资源丰富,风能资源量约为 16 亿 kW,可开发利用的风能资源约 2.53 亿 kW;地热资源的远景储量为 1 353.5 亿吨标准煤,探明储量为 31.6 亿吨标准煤;太阳能、生物质能、海洋能等储量更是居于领先地位。但我国人口众多,能源资源仍相对匮乏。我国人口占世界总人口的 21%,但已探明的煤炭储量占世界的 11%、原油占 2.4%、天然气仅占 1.2%,人均能源资源占有量不到世界平均水平的一半,石油仅为 1/10。我国 1997 年一次能源生产量为 13.34 亿吨标准煤,人均能源消费量仅为 1.165 吨标准煤,人均电量为 893kW·h,不足世界人均能源消费水平(2.4 吨标准煤)的一半,居世界第 89 位。北美人均能源消费量超过 10 吨标准煤,欧洲及苏联人均能源消费量为 5 吨标准煤。我国是世界上能源消耗增长最快的国家,20 世纪 90 年代我国 GDP 平均年增长率为 8%~9%,经济的快速增长导致我国能源消耗急剧增长。但我国人均能源可采储量远低于世界平均水平,2000 年人均石油可采储量只有 2.6 吨,人均天然气可采储量为 1 074 m^3 ,人均煤炭可采储量为 90 吨,分别为世界平均值的 11.1%、4.3%和 55.4%^[2]。随着我国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,我国年人均能源消费将逐年增加,2050 年将达到 2.38 吨标准煤左右,相当于目前世界平均值,远低于发达国家目前的水平。人均能源资源相对不足,是我国经济、社会可持续发展的一个限制因素,这也是发展新能源和可再生能源、开辟新的能源供应渠道的一个重要原因。

我国目前能源形势非常严峻,我国自 1993 年成为石油净进口国以来,进口石油不断增加。2004 年达到 1.2 亿吨,到 2010 年我国石油消费超过 3 亿吨。短短几年时间,我国已跃升为世界第二大能源消费国和世界第二原油、电力消耗大国。2003 年我国能源消费总量已达 16.8 亿吨标准煤,其中石油达到 2.52 亿吨,成为仅次于美国的世界第二大石油净进口国。能源短缺不但阻碍整个国民经济的可持续发展,而且拉闸限电、油价暴涨,老百姓的生活也受到了严重影响。

目前我国的重化工比例持续居高不下,产业增长表现出对投资和资源高度依赖的特征,固定资产投资迅速增加。按照与国际可比的支出法计算,我国资本形成占 GDP 的比例,2000~2002 年分别为 36.4%、38%、39.4%,2006 年已高达 53.9%,呈不断攀升的趋势,说明产业增长越来越依赖资本投入的拉动^[3]。重工业比例出现了增大趋势,钢铁、建材、电解铝等高能耗产业迅速扩张,由此导致了能源消费量的急剧增加,甚至超过了经济增长速度。2002~2005 年能源消耗量的增长速度分别为 9.9%、15.3%、15.2%和 12.7%,同期经济增长速度则分别为 7.5%、8.3%、9.5%和 9.5%。2006 年我国 GDP 总量占世界总量的比例约为 5.5%,但为此消耗的重要能源资源占世界的比例却高得多。消耗标准煤 24.6 亿吨,占世界的 15%左右;消耗钢材 3.88 亿吨,占 30%;消耗水泥 12 亿吨,占 54%。

我国是世界能源生产大国和消费大国,2004 年我国能源消费量超过 19.7 亿吨标准煤,全球能源消费总量是 102 亿吨标准油,我国占世界能源消费量的 13.5%左右。但 GDP 按美元计算,2004 年全球为 4 万亿,我国只有 0.164 万亿,仅占世界 GDP 的 4.1%^[4]。

2004 年以来世界原油价格进入疯狂状态,国际原油市场的价格一年之内就从 28 美元涨到了 50 多美元。截至 10 月中旬,纽约、伦敦原油期货价格已达到 55 美元,分别是其近 21 年、23 年的最高点。油价上涨会促使企业的生产与销售增加成本,紧缩开支、减少员工、增加失业,从而严重影响世界经济发展。有人担心,油价飙升会使 20 世纪 70 年代初世界石油危机和西方经济衰退的情况卷土重来。据专家分析,国际原油价格疯涨对我国的贸易平衡、工业生产、运输成本和国民经济运行都将带来负面影响。美国花旗银行环球金融集团亚洲首席经济学家黄益平估计,原油价格每上涨 10 美元,我国 GDP 将回落 0.3 个百分点。

在我国能源发展战略中,降低对国际石油的依赖是出于对石油安全的考虑。据统计,2007 年我国生产原油 18665.7 万吨,同比增长 1.6%;2007 年我国进口原油 15928 万吨,同比增长 14.7%。2007 年我国原油表观消费量约为 3.46 亿吨,同比增长 7.3%,达历史高位,原油对外依存度达到 46.05%。我国原油需求对外依存度的提高,无疑会给我国石油安全带来很大压力。

我国计划到 2020 年 GDP 达到 4 万亿美元。按照我国现在的需求增长速度,已探明的世界储油量全部供我国消费也只有 50 年。所以,国际石油大鳄拼命炒作“中国饿虎论”,认为“全世界的资源将喂不饱一条中国饿龙”,保证石油的供应已成为国家经济安全的重大问题。我国现在还只是一个发展中国家,经济实力、军事实力、政治实力都没有强大到可以左右世界的程度。把国家经济安全系在需要有强大的经济实力、军事实力、政治实力来保证的原油、矿产进口上,不是很悬吗?因此,减少对石油、煤炭等不可再生资源的依赖,同时采取措施为其他替代能源的公平竞争创造条件,将是我国能源发展战略的唯一选择。

另外,我国工业原料进口也呈大幅增长,仅2003年就进口钢材3717万吨、氧化铝561万吨、铁矿砂及精矿14813万吨、锰矿石286万吨、铬铁矿178万吨、铜矿石267万吨、钾肥657万吨。今后20年我国还将缺铁30亿吨、铜5~6亿吨、铅1亿吨,都需大量进口。我国45种主要矿产的现有储量,能保证2010年需求的只有24种,能保证2020年需求的只有6种,矿产资源紧缺矛盾日益突出。据说,我国有经济效益的矿只够继续开采50年;水利资源的潜能只剩下2亿kW。到2020年,不但石油的对外依存度将超过60%,铁矿石也将达到57%,铜将达到70%,铝将达到80%。这就再一次向我们敲响了警钟,要高度重视矿产资源的开发和利用。

一方面,当今世界日趋紧张的供需形势、不断攀升的国际油价、对能源地产和运输通道的战略竞争,以及与能源相关的污染和排放等问题使得能源安全问题成为全球最高政治会晤的首要议题,能源安全是影响全球推引低碳经济发展的重要驱动诉求。石油、天然气价格不断上涨,中东地区、俄罗斯等能源生产地区的能源供应安全得不到保障。受一些政治和经济原因的影响,世界能源生产及供应已经出现了一些问题,表现出油气行业勘探和开采不足、海运及管道运输能力遭遇瓶颈、炼油能力迟滞不前等。国际能源机构指出,当前世界能源体系正面临实现向低碳、高效、环保的能源供应体系的转变,能否解决这个问题,将决定未来人类社会的繁荣与否,可以说现在继续的是一场能源革命^[5]。

而另一方面,一批新兴国家的经济高速增长,导致全球能源需求量和消耗量急剧增加。根据英国石油公司的研究报告,2001~2006年,全球的能源价格经历了急剧上升,世界一次能源消费量逐年增加。平均年增长率达到3%,而且增长主要来自非经合组织国家。根据美国能源部能源信息署(EIA)发表的《2007年国际能源展望》报告预测,到2030年,世界能源的总消耗量将会比2004年的水平增长57%。其中,经合组织国家能源消耗量将增长24%,而非经合组织国家的总能源需求增长更为迅猛,几乎比2004年翻一番(增长95%)。因此,发展低碳经济、转变能源利用模式、节能降耗、开发替代能源和可再生能源是保障未来能源安全的必由之路^[5]。

美国能源专家保罗·罗伯茨2004年发表了一篇文章“全球能源争夺不宣而战”,他说:“我们正处于一种新战争的前沿。”现在看来,争夺最后的丰富油气资源的斗争很可能成为21世纪地缘政治的主题。现在全世界的石油储藏量2003年已探明的大概为11500亿桶(1734亿吨,其中中东995.88亿吨)。以目前的开采速度计算,全世界现在每天消耗石油8000万桶,地球上的石油储量大约只够满足全世界石油消费需要41年。世界将在2040年后进入“石油枯竭时代”,我们已看到了竞争的轮廓。美国正在不遗余力地全面遏制中国获得资源的能力。日本则表示,随着中国的迅速工业化,需要大量能源,一场与中国争夺海上自然资源和世界

能源资源的斗争变得日趋激烈和残酷。目前世界上凡是有石油的地方,日本人与中国人几乎是如影随形。在中日两国就东海大陆架石油开发出现争议的情况下,韩国也悄悄加入黄海大陆架石油资源竞争者的行列,欲“浑水摸鱼”,因此中国平等利用世界资源的努力将会遇到越来越大的阻力^[6]。亚洲未经宣战的石油战争再次提醒我们:在全球经济基本只依赖石油一种燃料的情况下,能源安全得不到保障则意味着工业化和现代化失去动力而被迫屈服。石油安全面临的真正困境是,以石油为主的能源经济内部的不稳定因素越明显,世界就越难摆脱石油的束缚,因此人类必须开发石油以外的可持续发展的新能源,以摆脱石油的束缚。

同时,全球变暖给社会经济发展也带来了严重损害,深度触及能源安全、生态安全、水资源安全和粮食安全,甚至威胁到人类的生存。由此引发了国际社会对环境问题的极度关注和对现有经济发展模式的深刻反思,人类社会迫切需要探索出一条新的经济发展模式^[7]。

我国能源结构以煤为主,煤炭消耗占能源总消耗的60%以上。随着煤炭消耗量的增加,二氧化硫排放量以每年3%~4%的速度不断增长,使我国酸雨发展迅速,重酸雨区从“七五”期间的西南、华南局部地区已扩大到华中、华南、长江以南大部分地区,年平均降水pH已低于4.5,并向长江以北发展。虽然我国单位GDP的二氧化碳排放量从1990年到2001年下降了52%,但二氧化碳排放总量却从1980年的3.94亿吨碳增加到2001年的8.32亿吨碳。另外,随着我国城市化进程的加快,我国汽车总数以13%的年增长率增加,城市中汽车和摩托车数量剧增,导致城市空气污染加剧,造成巨大的经济损失^[8]。

从能源利用效率来看,我国单位产品的能耗水平较高。2001年,我国终端能源用户能源消费的支出为1.25万亿元,占GDP总量的比例为13%,而美国仅为7%。我国单位产品的能耗水平较高,目前8个高耗能行业的单位产品能耗平均比世界先进水平高47%,而这8个行业的能源消费占工业部门能源消费总量的73%。

根据“十六大”提出的到2020年我国GDP翻两番达到4万亿美元的经济发展目标估计,届时全国需发电装机容量为8亿~9亿kW。目前国内已有装机容量为3.5亿kW,需要新增量为4.5亿~5.5亿kW。实现上述目标,如果全部用煤就必须新增12亿吨以上电力用煤,由此将对资源、采掘、运输及环境带来难以承受的负担。

当前我国在能源安全方面最突出的是石油问题。我国自1993年从石油净出口国变为净进口国以来,石油进口依存度(净进口量占消费量的比例)大幅上升,2000年石油进口已超过30%,2010年达45%以上,2020年将超过60%。当今世界风云变幻,保障石油的可靠供应对国家安全至关重要,这是我国能源领域面临的一项重大挑战。

我国是世界上少数几个以煤为主要能源的国家之一,是煤炭消费大国,燃煤造成的环境问题日益明显。据我国新能源和可再生能源 1999 年白皮书估计,目前我国已探明的煤炭可开采蕴藏量为 1 145 亿吨,按目前的开采速度可供开采不足百年;已探明的石油剩余可开采储量为 32.735 亿吨,可供开采不足 20 年;天然气可开采储量为 11 704 亿 m^3 ,可供开采不足 60 年。到时,我国面临严峻的能源短缺问题,同时化石燃料的燃烧所造成的污染使我国每年损失约 1 000 多亿元,这就是我国的能源现状。

1.2 常规能源的特点

1. 常规能源的有限性

柴薪是人类第一代主体能源。人类发现用火之后首先用树枝、杂草等作为燃料,用于燃烧煮食和取暖,用草饲养牲畜,靠人力、畜力并利用一些简单机械作动力,从事手工生产和交通运输活动。从远古时代直至中世纪,在马车的低吟声中,人类度过了悠长的农业文明时代。

18 世纪西欧产业革命开创的工业文明逐步扩大了煤炭的利用。煤气灯的使用,照彻了人类的漫漫长夜。蒸汽机的发明,使煤炭一跃成为第二代主体能源。以煤炭作燃料的蒸汽机的应用,使纺织、冶金、采矿、机械加工等工业获得迅速发展。同时,蒸汽机车、轮船的出现使交通运输业得到巨大进步。19 世纪以来,电磁感应现象的发现,使得由蒸汽轮机作动力的发电机开始出现,煤炭作为一次能源被转换成更加便于输送和利用的二次能源——电能。

1859 年美国宾夕法尼亚州打出了世界上第一口商用油井,石油工业由此发展。19 世纪末,人们发明了以汽油和柴油为燃料的内燃机。1908 年,福特研制成功第一辆汽车,此后汽车、飞机、柴油机轮船、内燃机车和石油发电的出现,将人类飞速推进到现代文明时代。到 20 世纪 60 年代全球石油的消费量超过煤炭,成为第三代主体能源^[9]。

石油、煤和天然气均为化石燃料,是古生物在地下历经数亿年沉积变迁而形成的,其储量极为有限,而且不可再生。按现在的能源消耗计算,世界上的石油、煤和天然气等化石燃料将在几十年至两百年内逐渐耗尽。而地质学家预测世界石油产量最早在 2010 年、最迟在 2040 年将达到顶峰,在那之后将开始下滑。此后,石油和天然气价格将大幅度上升,再也不会回落。如果到时候人类还没有找到真正能够取代石油的新能源,必将出现世界范围的经济恐慌和衰退。

目前,世界各国所利用的能源基本上是煤炭、石油和天然气三大化石能源,其比例约为 68 : 17 : 15。据预测,随着人口的增长和社会的发展,世界能耗将以每

年 2.8% 的速度增长。按目前探明的储量计算,石油只可用 40 多年,天然气将在 60 年内用完,煤炭也只能用 220 年。而石油、天然气和煤炭等天赐的化石能源都是亿万年前古代太阳能的积存,现在再产生这些能源已基本不可能,因此属于不可再生的能源,只能用一点少一点^[10]。及早寻求替代能源,从根本上解决能源匮乏的问题,开发新能源是一条符合社会发展趋势的必由之路。

2. 环境污染与生态破坏

随着工业化的发展和人口的快速增长,人们对能源的需求越来越大,而煤炭、石油、天然气等能源的大量开发和使用,造成的大气、环境污染及生态破坏已严重危害了人类的生存环境和人们的身体健康。上述能源的大量消耗,不断将各种有害气体排入大气层中,其中的氮氧化物会造成臭氧层的损耗,而能够屏蔽 99% 紫外线辐射的臭氧层一旦遭受破坏,无疑将使进入地球表层的紫外线辐射增加,从而危及整个生态系统;燃烧所生成的二氧化碳会产生“温室效应”,使地球表面的温度不断升高,导致海平面上升、冰川消融、极地缩小、主要农区转移,这种气候变化还会改变世界上大部分地区的降雨,对农业、林业和畜牧业产生重大影响;二氧化硫会造成酸雨,如果酸度过高,就会导致森林大片死亡、农作物枯萎、土壤贫瘠化、湖泊和河流酸化、建筑物腐蚀和风化等严重危害;大量开采煤炭资源既对土地资源造成破坏,又因排出废水和甲烷气体而对水源和大气造成不同程度的破坏,大量化石燃料的燃烧是造成大气污染、酸雨和温室效应的罪魁祸首。因此,开发和利用无污染又无生态破坏的清洁能源,解决好能源、环境和发展问题是实现可持续发展的重要选择之一。

1.3 可持续发展的途径

“可持续发展”这一概念,是在 1992 年 6 月举行的联合国环境与发展大会上首次得到 170 多个联合国成员国认可的,在此次大会上通过了《里约环境与发展宣言》及《21 世纪议程》两个纲领性文件。“可持续发展”广义上是指:既满足当代人的需求,又不对后代人满足其自身需求构成危害。其需求将经济、社会、资源和环境保护构成一个密不可分的系统,协调发展,既要达到发展经济的目的,又要保护好人类赖以生存的大气、淡水、海洋、土地和森林等自然资源,使子孙后代能够永续发展和安居乐业。因此要求人们:在发展过程中利用各种资源时,既要满足当代人的物质、文化需求,又要为人类子孙后代的长远发展着想;要节约使用各种资源,如煤炭、石油、天然气、矿产、森林、水、生物、土地和海洋等;最大限度利用废弃物资源,做到一物多次利用、合理利用;要研究、开发、利用各种可再生能源,借此节约不可再生的煤炭、石油、天然气等常规能源。