



XINNENGYUAN FADIAN JISHU YU YINGYONG YANJIU

# 新能源发电技术与应用研究

王黎◎著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 新能源发电技术与应用研究

王 黎◎著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

能源是经济的命脉,在社会可持续发展中起着至关重要的作用。为了实现低碳环保的发展目标,必须发展新能源。

本书对新能源发电技术及应用进行了研究,主要内容包括:太阳能发电技术、风力发电技术、生物质能发电技术、海洋能发电技术、燃料电池发电技术、分布式发电技术等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,是一本值得学习研究的著作,可供从事相关领域的工程技术人员、研究人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

新能源发电技术与应用研究 / 王黎著. —北京:  
中国水利水电出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5170-6806-8

I. ①新… II. ①王… III. ①新能源—发电—研究  
IV. ①TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 209117 号

书 名	新能源发电技术与应用研究 XINNENGYUAN FADIAN JISHU YU YINGYONG YANJIU
作 者	王 黎 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市元兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 16.75 印张 300 千字
版 次	2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	81.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

能源是人类社会生存和发展的物质基础。回顾人类的历史,可以明显地看出能源和人类社会发展间的密切关系。人类社会已经经历了三个能源时期,即薪柴时期、煤炭时期和石油时期。当人类使用薪柴作为主要能源时,社会发展迟缓,生产和生活水平都极低。当用煤炭作为主要能源时,不但社会生产力有了大幅度的增长,而且生活水平也有了很大的提高。20世纪50年代,由于巨大油气田的相继开发,人类迎来了石油时代。近60年来,世界上许多国家,特别是发达国家,依靠石油和天然气创造了人类历史上空前的物质文明。

然而煤炭、石油、天然气这类化石燃料终有耗尽之日,而且它们给环境造成的污染也日益严重,发展新能源已成为当今世界的主流和必然趋势。21世纪的今天,能源、环境、人口、粮食和资源依然是困扰当今全人类的共同问题。因此,大力发展新能源,使经济、社会、环境协调和可持续发展是全世界面临的共同挑战。

新能源又称非常规能源,是指传统能源之外的各种能源形式。目前,可供开发的新能源主要包括太阳能、风能、生物质能、地热能、水能、海洋能、核聚变能和氢能等,以上能源将逐渐由传统意义的补充能源转变为替代能源、主力能源。新能源不仅是资源丰富的可再生能源,而且不产生或很少产生污染物,既是近期重要的补充能源,又是未来能源结构的基础,对能源的可持续发展起着重要的作用。从长远来看,人类必将逐步过渡到以可再生能源为主的可持续能源系统。

本书从新能源的研究出发,以目前新能源学科的发展为契机,全面介绍了有关新能源发电的原理及相关技术,包括太阳能光伏发电技术和太阳能热发电技术、风力发电技术、生物质能发电技术以及海洋能发电技术,在最后介绍了燃料电池发电技术和分布式发电技术。分布式发电及其应用是21世纪最受重视的高科技领域之一,是电力系统的一个新的发展方向。随着对环境及能源使用效率的进一步重视,分布式发电在我国的广泛应用是可以预见的。

## || 新能源发电技术与应用研究 ||

本书在撰写过程中,作者参考了大量的书籍、专著和文献,引用了一些图表和数据等资料,在此向这些专家、编辑及文献原作者一并表示衷心的感谢。由于作者水平有限以及时间仓促,书中难免存在一些不足和疏漏之处,恳请广大读者和专家给予批评指正。

作 者

2018 年 1 月

# 目 录

前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 能源的含义与分类 .....	1
1.2 能源现状与发展趋势 .....	8
1.3 新能源与可再生能源现状与发展前景 .....	14
<b>第 2 章 太阳能发电技术</b> .....	18
2.1 太阳能及其资源分布 .....	18
2.2 太阳能电池的工作原理 .....	21
2.3 太阳能电池的制造与工艺 .....	23
2.4 太阳能光伏发电系统 .....	35
2.5 太阳能热发电原理 .....	45
2.6 太阳能热发电系统 .....	46
2.7 太阳能发电技术的应用 .....	67
<b>第 3 章 风力发电技术</b> .....	72
3.1 风与风力资源 .....	72
3.2 风力机工作原理与特性 .....	79
3.3 风力发电系统 .....	89
3.4 风力发电运行方式 .....	93
3.5 风力发电的现状与展望 .....	98
<b>第 4 章 生物质能发电技术</b> .....	103
4.1 生物质与生物质能 .....	103
4.2 生物质能发电原理 .....	111
4.3 生物质能的转化与发电技术 .....	111

## || 新能源发电技术与应用研究 ||

4.4	生物质能的利用现状 .....	122
4.5	生物质能发电的应用前景 .....	124
<b>第5章</b>	<b>海洋能发电技术 .....</b>	<b>128</b>
5.1	海洋能概述 .....	128
5.2	潮汐能发电 .....	139
5.3	海流能发电 .....	147
5.4	海洋温差能发电 .....	151
5.5	海洋盐差能发电 .....	160
<b>第6章</b>	<b>燃料电池发电技术 .....</b>	<b>165</b>
6.1	燃料电池的发电原理 .....	165
6.2	磷酸型燃料电池 .....	175
6.3	熔融碳酸盐燃料电池 .....	180
6.4	其他类型的燃料电池 .....	190
6.5	燃料电池的应用现状与前景 .....	202
<b>第7章</b>	<b>分布式发电技术 .....</b>	<b>204</b>
7.1	分布式发电概述 .....	204
7.2	分布式发电电源及储能单元 .....	205
7.3	分布式发电系统 .....	215
7.4	分布式发电系统孤岛检测 .....	218
7.5	基于分布式发电的微电网 .....	227
7.6	互补发电与能源的综合利用 .....	242
7.7	分布式发电技术的应用与前景 .....	247
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>255</b>

# 第1章 绪 论

能源是国民经济发展和人民生活水平所必需的重要物质基础,是人类生产和生活必需的基本物质保障。以煤、石油、天然气为代表的常规化石能源终将被开采殆尽,同时由于大量使用这些化石燃料导致一系列的环境问题,制约着社会的可持续发展。从长远来看,能源的生产、消费及其对环境产生的影响应该符合可持续发展的要求,否则就会威胁到人类自身的生存和发展。但目前世界各国基本都依赖于石油、天然气等不可再生的能源,研究和一些可持续使用的或可再生的替代能源一直是人们努力的方向。

风能、生物质能、太阳能、地热能、海洋能等新能源的研究、开发和利用,对于能源结构优化、满足多样化的能源需求以及可持续发展战略都具有重要的意义。

我国的能源消费构成中,电力工业是主要组成部分,其中煤炭发电占了67%左右,与世界能源的消费构成存在很大的差别,这种严重依赖于燃煤发电的电源局面,不利于可持续发展的要求。根据我国的能源状况、社会科技和经济发展水平,电力工业发展和能源结构调整的基本原则是优先发展水电,积极发展核电,优化发展火电,重点发展资源潜力大、技术基本成熟的风力发电、生物质发电、太阳能发电等,以规模化建设带动产业化发展。

## 1.1 能源的含义与分类

### 1.1.1 能源的重要性

随着能源供应的增加,人类生产活动发展迅速,能源作为经济发展和人民生活水平提高的重要基础,在日常生活中的各个领域均有应用。



### 1. 能源与现代工业

现代工业生产需要的物质条件有三项：①原料和材料；②能源；③机器设备。其中，能源至关重要。如果没有充足的能源供应作保证，生产的机器设备将停止运转。

### 2. 能源与现代化交通

现代化的交通以强大的能源工业作为交通工具运行的基础。能源在国防建设中具有重要作用，实现国防现代化必须依靠发达的能源工业。

### 3. 能源与现代化农业

现代化的农业生产离不开能源的供应，需要直接或间接地消耗能源。随着农业机械化、电气化的发展，农业生产对能源的需求量将日益增加，能源在农业生产发展中的地位举足轻重。

此外，人民日常生活和公用事业也需要消耗大量能源。随着人民生活水平的提高，煤气的使用量将不断增加，家用电器将迅速发展，能源在人民生活和公用事业中的作用将越来越重要。

当代社会最广泛使用的能源是煤炭、石油、天然气和水力，然而石油和天然气的储量是有限的、不可再生的。为了保证大规模的能源供应，世界各国都在积极采取措施，大力开发风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能以及核聚变能等新能源技术，力争将当前的以化石能源为基础的常规能源系统，逐步过渡到持久的、多样化的、可以再生的新能源系统。

进入 21 世纪这一知识经济时代，我们应当将开发利用新能源技术作为以信息技术为核心的新科技革命的重要内容和重要技术支柱，高度重视，大力发展。

## 1.1.2 能源的含义

我们把能量的来源称为能源，它是能够为人类提供某种形式能量的自然资源及其转化物。也就是说，自然界在一定条件下能够提供机械能、热能、电能、化学能等形式能量的资源叫作能源。

能源是呈多种形式的，且可以相互转换的能量。能源(Energy Source)也称能量资源或能源资源，是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源，能够提供某种形式能量的物质或物质的运动都可以称为能源。

能源是直接取得或通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤

炭、石油、天然气、风能、水能、太阳能、地热能、生物质能、海洋能、核能等从自然界直接取得的能源以及电力、热力、成品油等通过加工转换而取得的能源,除此之外,也包括其他新的能源和可再生能源。

### 1.1.3 能源的分类

#### 1. 能源的生成方式

按照能源的生成方式可分为一次能源和二次能源。

##### (1) 一次能源

一次能源是指自然界中以天然形态存在的能源,直接来自自然界而未经人们加工转换,故又称其为自然资源。煤炭、石油、天然气、水能、太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能等都是二次能源。通常我们所说的能源是指一次能源。

一次能源在未被人类开发以前,处于自然赋存状态时,叫作能源资源。世界各国的能源产量和消费量,一般均指一次能源而言。为了便于比较和计算,习惯上把各种一次能源均折合为“标准煤”或“油当量”,作为各种能源的统一计量单位。

##### (2) 二次能源

二次能源是指人们在一次能源基础上,将其转换成符合人们使用要求的能量形式。电能、汽油、柴油、焦炭、煤气、蒸汽、氢能等都是二次能源。

在生产生活过程中产生的余压、余热等(如锅炉烟道排放的高温烟气,反应装置排放的可燃废气、废蒸汽、废热水,密闭反应器向外排放的有压流体等)也属于二次能源。在能源紧张的今天,人类也充分利用这些工业生产过程中“废弃”的二次能源,如利用水泥窑产生的余热来发电、利用钢铁厂钢锭余热发电等。

一次能源只在少数情况下以它原始的形式为人类服务,更多情况下则要根据不同的目的进行加工,转换成便于使用的二次能源,以满足需要,或提高能源的使用效率。随着科学技术的发展和社会的现代化,在整个能源消费系统中,二次能源所占的比重将日益增大。

#### 2. 能源的性质

根据能源的自身性质,可将能源分为过程性能源和含能体能源。

##### (1) 过程性能源

过程性能源是指无法直接储存的能源,是能量比较集中的物质运动过

程,或称能量过程,可在物质流动过程中产生的能量,如流水、海流、潮汐、风、电能、海洋能等。其中,电能是应用最广的过程性能源。

### (2) 含能体能源

含能体能源是指包含能量的物质,可以直接储存,如化石燃料、草木燃料、核燃料等。其中,化石燃料如柴油、汽油是应用最广的含能体能源。

由于过程性能源尚不能大量地直接贮存,因此,汽车、轮船、飞机等机动性强的现代交通运输工具就无法直接使用从发电厂输出出来的电能,只能使用像柴油、汽油这一类含能体能源。可见,过程性能源和含能体能源不能互相替代。

随着化石燃料耗量的日益增加,含能体能源的储量日益减少,终有一天会枯竭,这就迫切需要寻找一种不依赖化石燃料的、储量丰富的新的含能体能源。氢能正是在常规能源出现危机时人们所期待的一种新的含能体能源。

## 3. 能源的地位

按照各种能源在当代人类社会经济生活中的地位,人们还常常把能源分为常规能源和新能源两大类。

### (1) 常规能源

技术上比较成熟,已被人类大规模生产和广泛利用的能源,称为常规能源,也称传统能源(Conventional Energy)。常规能源利用时间较长,如煤炭、石油、天然气、水能和核裂变能等。目前世界能源的消费几乎全靠这五大能源来供应。在今后一个相当长的时期内,它们仍将担任世界能源舞台上的主角。

煤炭、石油、天然气等是化石能源,也称化石燃料或矿石燃料,是一种烃或烃的衍生物的混合物,其包括的天然资源为煤炭、石油和天然气等,是不可再生资源。

### (2) 新能源

目前尚未被人类大规模利用,还有待进一步研究试验与开发利用的能源,称为新能源。例如太阳能、风能、地热能、海洋能及核聚变能等。所谓新能源,是相对而言的。现在的常规能源在过去也曾是新能源,今天的新能源将来也会成为常规能源。

由于新能源的能量密度较小、品位较低、有间歇性,按已有的技术条件新能源转换利用的经济性尚差,还处于研究、发展阶段,只能因地制宜地开发和利用;但新能源大多数是可再生能源,资源丰富,分布广阔,是未来的主要能源之一。

#### 4. 能源是否可再生

一次能源按照其是否能够再生而循环使用,分为可再生能源和非再生能源。

##### (1) 可再生能源

可再生能源是不会随着它本身的转化或人类的利用而日益减少的能源,具有自然的恢复能力。如太阳能、风能、水能、生物质能、海洋能以及地热能等,都是可再生能源。

##### (2) 非再生能源

非再生能源是指那些随着人类的利用而逐渐减少的能源,如化石燃料和核燃料等。化石燃料和核燃料经过亿万年形成而在短期内无法恢复再生,随着人类的利用而越来越少。

#### 5. 能源的来源

按来源分类,能源可分为第一类能源、第二类能源和第三类能源三类。

##### (1) 第一类能源

第一类能源是来自地球外部天体的能源,主要是太阳能及其作为太阳能固化形式的煤、石油、天然气和生物质能,以及作为太阳能转化形式的风能、水能、海水温差能等。

人类所需能量的绝大部分也都直接或间接地来自太阳。太阳能除直接辐射外,可为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内储存下来,这部分能量为动物和人类的生存提供了能源。

煤炭、石油、天然气等化石燃料是由古代埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的,它们实质上也是由古代生物固定下来的太阳能。

##### (2) 第二类能源

第二类能源是地球本身蕴藏的能量。地球本身蕴藏的能量通常指与地球内部热能有关的能源或核能,如地下热水、地下蒸汽、岩浆等地热能以及铀、钍等核燃料所具有的核能。

温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地核以金属铁、镍为主,是一个炽热无比的世界,温度高达 7000℃ 以上,因此,地球上的地热资源储量很大。

##### (3) 第三类能源

第三类能源是地球和其他天体相互作用而产生的能量,即地球、月球、太阳相互联系有关的能源,如潮汐能。

## || 新能源发电技术与应用研究 ||

潮汐能是从海平面昼夜间的涨落中获得的能量,与天体引力有关。地球—月亮—太阳系统的吸引力和热能是形成潮汐能的来源。

早在 11 世纪,英国、法国和西班牙就有利用潮汐能的水车,当时潮汐水车被用来吸取总潜能中一小部分能量,生产 30~100kW 的机械能。我国的海区潮汐资源相当丰富,潮汐类型多种多样,是世界海洋潮汐类型最为丰富的海区之一。

利用潮汐能发电可分为单库单向、双库单向、单库双向三种形式。在涨潮或落潮过程中,潮水蕴含巨大能量进出水库,从而带动水轮发电机发电。

随着经济发展对能源需求的日益增加,许多发达国家极其重视对可再生能源、环保能源以及新型能源的开发与研究。为了一目了然,可绘成各种能源的分类表,见表 1-1、表 1-2<sup>①</sup>。

表 1-1 能源分类(一)

能源类别	第一类能源		第二类能源	第三类能源
一次能源	煤炭	不可再生	核能	—
	石油			
	天然气			
	页岩油气			
	水能	可再生、 清洁能源	地热能	海洋能中的 潮汐能
	风能			
	太阳能			
	生物质能			
海洋能				
二次能源	氢能(清洁能源)		—	—
	电能(清洁能源)			
	洁净煤			
	沼气、液化气、水蒸气、酒精			
	石油制品:汽油、柴油等			

① 王长贵. 太阳能光伏发电实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009.

表 1-2 能源分类(二)

能源名称		根据是否可再生分类	根据污染现状分类		备注
常规能源	石油	非再生的化石能源	非绿色能源	非绿色能源	核能是否是新能源有争议,大多数认为是常规能源
	天然气				
	煤炭				
新能源	水能	可再生能源	狭义的绿色能源	广义的绿色能源(含煤的清洁利用)	
	太阳能				
	风能				
	生物质能				
	海洋能				
	氢能				
	地热能				
	核能	有增殖潜力的能源	是否是绿色能源有争议,大多数认为不是清洁能源		

核燃料(Nuclear Fuel)是在核反应堆中通过核裂变或核聚变产生核能的材料。核材料不能燃烧,也不是通过燃烧产生能量,但人们通常还是将核材料称为核燃料或核燃料棒。

为满足人类社会可持续发展对能源的需要,防止大量燃用化石能源对环境造成的严重污染和生态破坏,必须走可持续发展的能源道路,即清洁能源道路。

清洁能源可分为狭义和广义两大类。狭义的清洁能源仅指可再生能源,在消耗之后可以得到恢复补充,不产生或很少产生污染物。因此,可再生能源被认为是未来能源结构的基础。

广义的清洁能源是指在能源的生产、产品化及其消费过程中,对生态环境尽可能低污染或无污染的能源,包括低污染的天然气、洁净煤和洁净油等化石资源、可再生资源 and 核能等。

在未来人类社会的科学技术达到相当高的水平并具备相应的经济支撑力的情况下,狭义的清洁能源是最为理想的能源。但在最近几十年甚至半个世纪内,广义的清洁能源对于人类社会更为现实,因为可再生能源的大规模利用尚需有技术上的重大突破和成本价格上的大幅度降低。

## 1.2 能源现状与发展趋势

### 1.2.1 中国能源现状与发展对策

中国作为一个能源消费大国,2016年《BP世界能源统计》显示,中国2015年一次能源消费总量达48.634亿油当量,占世界一次能源消费量的36.8%。能源是经济发展的原动力,是现代文明的物质基础,如何保持能源经济和环境的可持续发展是我们面临的一个重大战略问题。

#### 1. 中国能源现状

1949年新中国成立时,全国一次能源的生产总量仅为2374万t标准煤,居世界第10位。1953年,经过新中国成立初期的经济恢复,一次能源的生产总量和消费总量分别发展为5200万t标准煤和5400万t标准煤,与新中国成立初期相比翻了一番。

随着经济建设的不断开展,中国的能源工业得到迅速发展。到1980年,一次能源的生产总量和消费总量,分别达到6.37亿t标准煤和6.03亿t标准煤,与1953年相比,分别平均年增长9.7%和9.3%。

改革开放之后,中国的能源工业在数量以及质量上,均取得了巨大的发展和空前的进步。1998年中国一次能源的生产总量和消费总量分别达到12.4亿t标准煤和13.6亿t标准煤,均居世界第3位。2000年中国一次能源的产量为10.9亿t标准煤。其构成为:原煤9.98亿t,占67.2%;原油1.63亿t,占21.4%;天然气277.3亿 $\text{m}^3$ ,占3.4%;水电2224亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,占8%。

综上所述,进入21世纪后,中国已拥有世界第三的能源系统,成为世界能源大国。

中国能源取得了巨大的成就,但也应清醒地看到,中国能源还存在许多重大问题需要采取有力措施加以解决。

#### (1) 人均能耗低

中国能源消费总量巨大,超过俄罗斯,仅次于美国,居世界第2位。但由于人口过多,人均能耗水平却很低。

从世界范围来看,经济越发达,能源消费量越大。21世纪中叶,中国要实现经济社会发展的第三步战略目标,国民经济达到中等发达国家水平,人均能源消费量极大发展。到2050年人均能源消费量将达到2.38t标准煤,

相当于目前的世界平均值,但仍低于目前发达国家的水平。届时,按人口总数为 14.5 亿~15.8 亿计,一次能源的总需要量将达 34.51 亿~37.60 亿 t 标准煤,约为目前美国能源消费总量的 1.5~2.0 倍,约占届时世界一次能源消费总量的 15%~20%。可见,从数量上来看,这将对我国能源的巨大挑战。

#### (2) 人均能源资源不足

中国地大物博、资源丰富,自然资源总量排名世界第 7 位,拥有能源资源总量约 4 万亿 t 标准煤,居世界第 3 位。但由于我国人口众多,因而人均资源占有量却相对匮乏,不到世界平均水平的 1/2。

随着我国工业化、城镇化进程的加快,国民经济的快速增长,内外需求的强劲拉动,新形成的生产能力必然对能源消费产生很大拉动,能源供需矛盾仍将持续存在。

由此可见,人均能源资源相对不足是我国当今经济社会可持续发展的一大限制因素,是 21 世纪我国能源面临的又一巨大挑战。

#### (3) 能源效率低

按照联合国欧洲经济委员会提出的“能源效率评价和计算方法”,能源系统的总效率由开采效率(能源储量的采收率)、中间环节效率(包括加工转换效率和贮运效率)及终端利用效率(即终端用户得到的有用能与过程开始时输入的能量之比)三部分组成。

据专家测算,我国 2012 年的能源系统总效率为 9.3%,其中开采效率为 32%,中间环节效率为 70%,终端利用效率为 41%。中间环节效率与终端利用效率的乘积,通常称为能源效率。我国 2012 年的能源效率为 29%,约比国际先进水平低 10 个百分点。终端利用效率也约比国际先进水平低 10 个百分点。

#### (4) 以煤为主的能源结构亟待调整

我国一次能源的生产结构为过多使用煤炭、以煤为主,必然带来效率低、运量大、效益差、环境污染严重的后果,急需采取有力措施加以调整。

##### ① 大量燃煤严重污染环境。

我国煤炭消费量占世界煤炭消费总量的 27%,是全世界少数几个以煤炭为主的能源消费大国。

由于煤炭和其他能源利用等污染源大量排放环境污染物,造成全国大部分城市颗粒物超过国家限制值;SO<sub>2</sub> 超过国家二级排放标准;出现过酸雨现象的城市面积已达国土面积的 30%;许多城市的氮氧化物有增无减,其中北京、广州、乌鲁木齐和鞍山等城市超过国家二级排放标准。由于污染引起的 SO<sub>2</sub> 和酸雨所造成的经济损失约占全国 GDP 的 2%。



②大量用煤导致能源效率低下。

中国能源效率比国际先进水平低,主要耗能产品单位能耗比发达国家高,这一现象与以煤为主的能源结构有密切关系。这是因为以煤为燃料的中间转换装置效率低,它低于以液体和气体作为燃料的中间转换装置的效率。一般来说,以煤为主的能源结构的能源效率比以油气为主的能源结构的能源效率低8~10个百分点。

③交通运输压力巨大。

我国煤炭资源主要赋存在华北、西北地区,水力资源主要分布在西南地区,石油、天然气资源主要赋存在东、中、西部地区和海域。而主要的能源消费地区集中在东南沿海经济发达地区,资源赋存与能源消费地域存在明显差别。

中国的煤炭生产基地远离消费中心,形成了西煤东运、北煤南运、煤炭出关的强大煤流,不仅运量大,而且运距长。大量使用煤炭给中国的交通运输带来的压力十分巨大。

(5)能源安全问题严峻

我国的能源安全问题,主要是石油和天然气的可靠供应。根据有关机构的估计,2050年,我国国内一次能源最大可能的获得量为35亿~40亿t标准煤,与50亿t标准煤的需求有相当大的缺口。因此,依靠从国际市场上进口来解决如此巨大的供应缺口并不可行,因为这既要受国际市场供应能力的限制,又将承受供应安全保障的巨大政治风险。

## 2. 中国能源发展对策

针对上述问题,中国能源的中长期发展应采取如下对策。

(1)坚持实行能源节约战略方针

提高能源利用效率是确保中国中长期能源供需平衡的基本措施。中国人口基数大,到21世纪中叶将超过20亿人,无论是从国内能源资源保证量考虑,还是从世界能源资源可获得量考虑,只有创造比目前工业化国家更高的能源利用效率,方能做到在有限的资源保证下,实现经济高速增长和达到中等发达国家人均水平的目标,仅靠增加能源供应量无法确保能源供需平衡。

与发达国家相比,我国能源利用效率低,关键在于产业结构低度化,高能耗产品产量的高速扩张,并不是建立在充分提高技术和效率的基础之上。此时,必须通过转变增长方式和结构调整,改变以高投入、高消耗来实现经济快速增长的局面,坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少的新型工业化之路。