

能源与未来

NENGYUAN YU WEILAI



廖亮 白桦·编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

能 源 与 未 来

廖 亮 白 桦 编 著



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

图书在版编目(CIP)数据

能源与未来/廖亮,白桦编著. -北京:北京邮电大学出版社,2011.10

ISBN 978-7 5635-2736-6

I. ①能… II. ①廖…②白… III. ①能源工业—研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 181450 号

书 名: 能源与未来

作 者: 廖 亮 白 桦

责任编辑: 周虹霖

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 720 mm×1 000 mm 1/16

印 张: 8.25

字 数: 157 千字

版 次: 2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2736-6

定 价: 35.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系

前 言

油气是中国重要的能源,至今仍是不能被完全替代的主导能源。

能源各部门的工作者,习惯于从自身具体情况出发考虑问题,提出政策建议。

能源工作者,应该了解能源系统的发展情况,包括资源、市场、成本、价格、替代及其发展前景,以利于作出自身正确的决策。

油气能源以外的其他能源生产供应者、能源管理者、能源消费者以及所有关注能源、研究能源的人员同样需要了解包括油气在内的整个能源界的相关情况,分析比较,趋利避害,才有利于中国能源的健康发展,为中国经济的发展提供强劲的动力。

能源的消费者,特别是民用能源的消费者数量巨大,几乎涉及每一个人。如果不了解能源工业的具体情况,就只能从诸如是否有价格承受力的短期利益角度提出意见,不利于能源工业在与民众根本利益一致的前提下全面、均衡、健康发展。

正是基于上述原因,我们尝试写一本能全面反映能源工业全貌,特别是能源工业未来的书籍。

同样由于上述原因,我们编写本书的宗旨是亦专亦普。由于有关专业知识缺乏,科技普及知识和写作经验不足,可能存在这样或那样的问题,亟待读者的批评和指正。

本书由廖亮和白桦合作创作,其中,作者白桦是四川大学世界经济专业博士研究生,长期从事国际国内石油经济研究。

本书适用于大中专学生阅读,也可供有关管理和研究人员参考。

概 述

能源是人类社会发展的柱石,笔者曾经论述过:能源是人类进化的重要因素和基础条件、能源是社会经济增长的基础和动力、能源问题是今后相当长时期内政治家必须面对的首要问题。

有关能源政治问题包括:

对传统能源生产、利用、节约技术制高点的占领、争夺和控制;

对公共空域、海域甚至空间中和发展中国家已有的、未知的能源资源的占领、争夺和控制;

对研究、开发新能源技术和新能源资源的占领、争夺和控制,等等。

当今,中国能源供需矛盾突出,已经成为党和国家领导人首先考虑的主要问题。

能源广布于空中、地表、地下,能源与人类生活休戚相关,人们的衣、食、住、行都不可须臾离开它。如果没有足够的现实能源,人类就会失去最起码的生存条件,地球上的生命就要终止。物质生活与精神生活都离不开能源,人们的生活越是现代化,能源的消费也就越多,对能源的依赖就会越大。

能源的获得,关系到中国能否实现和平崛起。

能源的正常供应,关系到中国社会能否持续稳定、长治久安。

能源效率的提高,关系到中国的发展在坚持必要生存排放、发展排放的前提下,能否又好又快。

能源的洁净化、优质化,关系到中国的发展能否不以环境污染为代价,为子孙后代留下青山、净水、蓝天。

目 录

第一章 能源资源概论	1
第一节 资源与能源的概念	1
一、资源与自然资源	1
二、能源资源	2
第二节 自然资源与能源的分类	2
一、自然资源分类	2
二、能源分类	4
第三节 中国自然资源及能源现状与特点	7
第二章 地球能源的来源	9
第一节 太阳系、地球概论	9
一、太阳系的起源和构成	9
二、太阳辐射	13
三、地球概况及相关数据	15
第二节 太阳是地球能源的主要来源	18
一、正确的时间观、空间观、经济观	18
二、太阳是地球能源的主要来源	19
三、地球自身还具有内生能和未知、未控的能源	20
第三章 现实能源与未来能源	22
第一节 黑金与黑云——爱恨交加说煤炭	22
一、煤炭利用史	22
二、黑金与黑云	24
三、碳排放交易的作用和中国的进展	25

四、清洁煤炭技术	26
第二节 经济的血液——供需严峻谈油气	27
一、石油、天然气、天然气凝液及其用途	27
二、输血与失血——油价飞涨思替代	32
三、乐观胜悲观——能源替代看峰值	34
四、现实与未来——天然气必成大气	37
五、芝麻与西瓜——天然气凝液	41
第三节 人类伴侣——电能	41
一、火力发电	42
二、水力发电	43
三、磁流体发电	45
四、燃料电池	46
五、分布式发电	51
第四节 前景美好——页岩油	51
一、多种岩石富含有机体	51
二、油页岩工业的历史	52
三、世界页岩油资源量和产量	52
第五节 绿色能源——水能	54
第六节 待字闺中——泥煤	57
一、泥煤概论	57
二、泥煤资源	57
三、泥煤的制取方法和用途	58
第七节 与地球同在——生物质能	58
一、木材燃料	58
二、生物质发电	59
三、生物制乙醇	60
四、生物制柴油	60
五、生物制沼气	61
六、利用垃圾制造煤气	64
第八节 宇宙的馈赠——太阳能	65
一、可再生能源	65
二、地球的太阳能资源	66
三、太阳能利用的形式	67

第九节 魔鬼变天使——核能	72
一、理论奠基	72
二、核动力和核能发电	73
三、发展迅速	76
四、事故挫折	78
五、科学认识	79
六、确保安全	80
七、思路扩展	81
第十节 寂静蕴汹涌——海洋能	81
一、海洋潮汐发电	81
二、海浪发电	83
三、海水盐差发电	83
四、海流能	84
五、海水温差能	84
第十一节 鲲鹏欲展翅——风能	85
一、风能的形成及其资源量	85
二、风能利用史	86
三、风能利用现状	87
四、风能利用的未来	88
第十二节 厚积薄发——地热能	90
一、地热资源分类	90
二、地热资源量与开发速度	91
三、地热开发利用史	92
第十三节 永续利用——氢能	93
一、氢气的特性	93
二、氢能源的生成	95
三、氢能源的利用	96
四、国内外发展情况与未来趋势	97
第十四节 探索无尽——未知能源	98
一、“反物质”能源	98
二、潜能	102
三、束能	102
四、地球发电机	103

第十五节 节能减排途径与节约能源新技术	105
一、我国能源生产与能源利用效率现状	105
二、优化配置能源资源,切实提高能源效率是又好又快发展的必然选择 ...	107
三、慎密制定节能减排政策法规,严厉施行节能减排措施方案	109
四、实行能源资源优化配置	110
五、大力开发节约能源新技术	114
参考文献	120

第一章 能源资源概论

第一节 资源与能源的概念

一、资源与自然资源

恩格斯指出：“劳动和自然界一起才是一切财富的源泉。自然界为劳动提供材料，劳动把材料变为财富。”资源是创造人类社会财富的源泉。

资源按其属性分为自然资源和社会资源。自然资源就是人类可以利用的、自然生成的物质和对人类有用的物质运动。社会资源主要是指构成社会生产力要素的劳动力资源、生产资料以及非实物形态的资金或服务。

土地是位于地球陆地表层的自然综合体，由气候、地质、地形、水文、植被、土壤等多种要素所影响构成，是自然界与人类活动综合作用的产物。土地资源是宝贵的自然资源，是人类进行生产和生活的物质基础和场所。

森林资源为工农业生产提供木材和多种原材料，为人类提供食品，为动物提供饲料。森林还有净化空气的功能，包括：造氧、耗碳，平衡二氧化碳浓度的功能；降低大气中有害气体浓度的功能；减少放射物、灰尘的功能；杀菌和抑菌的功能。

水圈是液、固态水体所覆盖的地球空间，包括大气中的水汽、地表水、土壤水、地下水以及生物体内的水等。地球上各种水体的总储量为 13.86 亿立方千米，大部分以液态形式储存于海洋、河流、湖泊、水库、沼泽和土壤中；部分以固态形式成为极地的冰原、冰川、积雪和冻土中水分；小部分以水汽存在于大气中。

全球淡水总储量约为 0.35 亿立方千米，其中冰川占淡水资源的 70%。人类经常利用的淡水多来自河流水、淡水湖水和部分地下水，这些却只占淡水总储量的 0.3% 左右。这少量的淡水资源，在地理分布和季节分配上也很不均匀。由此，造成世界上许多地区有洪涝灾害的同时又约有 60% 的地区供水不足，有些地区更是严重缺水。

世界上广泛应用的矿产资源有 80 多种,其中最重要的有铁、铜、铝土、锌、镍、磷酸盐、铅、锡、锰、黄金、煤、油、天然气等。

自然资源的共同性包括:

1. 可得性。在现有和未来技术经济条件下可以被人类所拥有并利用。
2. 整体性与可转换性。可以通过物理的、化学的、生物的变化相互转换。
3. 无穷性与有限性。符合物质不灭、能量守恒定律,从适当的时空观看,自然资源是无限的,但在一定条件下某一具体可得资源的数量却是有限的。
4. 时空分布差异性。土地、水、矿床、生物、气候资源在资源系统中都可以彼此独立存在,有差异性,如生物资源的可再生性,水资源的可循环、可流动性,土地资源的生产能力与位置的固定性,气候资源明显的季节性,矿产资源的不可更新性与隐含性。但这些认识均与相应的时、空、经济观对应,采用不同的时间观、空间观、经济观会得出不同的结论。

二、能源资源

能源资源(以下简称能源)是人类活动的物质基础,近代三次石油危机和当前供不应求的严峻现实使它成了人们议论的热点。能源是为人类提供能量的物质或物质运动。

特别强调,“能源”并非只是“能源物质”,还包括一切可以提供能量的“物质运动”。

第二节 自然资源与能源的分类

一、自然资源分类

《中国资源科学百科全书》将地球表面的自然资源按表 1-1 分类。

表 1-1 自然资源分类

一级	二级	三级
陆地自然资源系列	土地资源	耕地资源、草地资源、林地资源、荒地资源
	水资源	地表水资源、地下水资源、冰雪资源
	气候资源	光能资源、热能资源、水分资源、风力资源、空气资源
	生物资源	植物资源、动物资源、微生物资源
	矿产资源	金属矿资源、非金属矿资源、能源资源

续表

一级	二级	三级
海洋自然资源系列	海洋生物资源	海洋植物资源、海洋动物资源、海洋浮游生物资源
	海水资源(或海水化学资源)	—
	海洋气候资源	—
	海洋矿产资源	深海海底矿产资源、滨海砂矿资源、海洋能源资源
	海底资源	—
地幔、地核自然资源系列	—	—
宇宙自然资源系列	—	—

人类诞生的历史不过 370 万年,人类有文字记载的历史不过数千年,而太阳和地球的形成已经过近 50 亿年的漫长岁月。可以说,人类对自然的认识仅是阶段性的,远远没有达到完善的地步。

随着人类对物质世界认识的深化和社会经济实力的增强、技术的进步,以前认为无用的或有害的自然生成物有可能成为有用的资源,对它们的分类也将不断发展与完善。例如,随着科学技术的进步,人类对地幔、地核内部和宇宙空间的认识会不断深入,表 1-1 中必然会出现“地幔、地核自然资源系列”、“宇宙自然资源系列”。图 1-1 为地球内部的构成示意图。

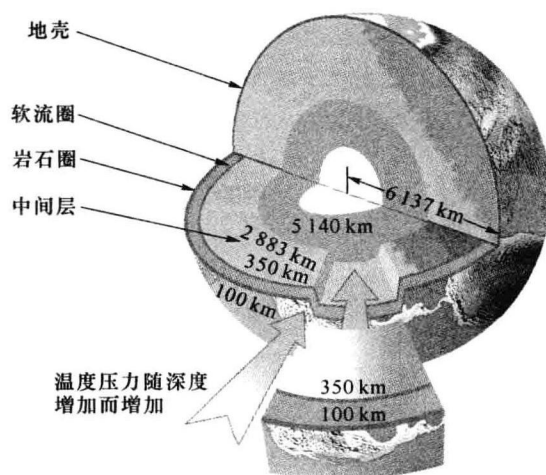


图 1-1 地壳、地幔、地核示意图

二、能源分类

分类目的决定分类方法,为了解自然界中能源的特点和相互关系,便于研究和有效地开发利用,人们通常按其形成、来源及使用情况等对它们进行分类。但在实践中,“按形成、来源及按使用情况进行分类”已经出现矛盾并造成不规范的现象。

从能源消费侧看,人们将核能、太阳能、风能、沼气等称为“新能源”,而把已被人类大规模使用多年的煤、石油、天然气、水能等称为“常规能源”。其实,太阳能、风能不管是发现还是应用时间都远远早于煤、石油、天然气。消费者这样理解无可厚非,因为现阶段他们确实更多地是使用煤、油、气,将来才要更多地使用核能、太阳能、风能。

从能源供应侧看,作为能源的生产者、供应者、研究者、经营管理者,应该遵循能源形成、聚集、变化、采掘的规律来认识能源。人们认识事物、作出决策总是遵循科学发现—技术实现—经济可行的规律,认识能源也是如此。

“科学发现”就是人们经过科学研究、实验验证,发现了某种能源。

“技术实现”就是在科学研究的基础上,开发出采掘、生产、输送、利用能源的成熟技术,使这种能源的大规模开发生产成为现实。

“经济可行”就是无论用何种新技术生产的能源,必须在当时具有经济可行性。技术经济可行性是判断某种能源能否大规模使用的唯一依据。

通过科学研究和实验,人们开始认识当时的“新能源”,只有开发这种“新能源”的工业化技术出现,才将这种能源的开发生产提上日程,但如果开发生产这种能源的成本过高,人们可能会选择其他现实的替代能源。按照这一思路,显然应该依据科学发现—技术实现—经济可行的思路即能源的技术经济可行性进行分类。

能源可分为已发现能源和待发现能源。已发现能源又可分为现实能源和未来源,现实能源包括常规能源和部分非常规能源。

已发现能源是人类在长期生产实践中已经科学发现的能源。包括那些经长期使用证明技术经济可行的能源和并未大规模使用,还需提高技术经济性的能源。

现实能源是人类在长期生产实践中已经科学发现,经长期使用证明技术经济可行的能源。现实能源是当今正在使用能源的主要部分。

未来能源是人类在长期生产实践中已经科学发现,但还未经大量使用,有待开发技术完善和经济性提高后才能大规模应用的能源。未来能源是已发现能源的一部分,并有可能成为将来的主导能源。

例如,天然气水合物(NGH)已经发现,少量使用。但其主要成分甲烷本身又是温室气体,埋藏于海陆较深部的 NGH,在大规模的、符合环境保护要求的开采技术问世之前还不能成为现实能源。

又如,探月和登月工程业已证明月壤中含有 He^3 ,它是一种无污染的核燃料,但在其丰度多少、资源量大小、如何开采、是否就地分离提纯、如何运输等大量技术问题,经济提高后才可能大规模使用,从而成为现实能源。

常规能源(conventional energy)当然就是技术经济可行的现实能源。

非常规能源(non-conventional energy)是技术经济性尚待提高才能大规模应用的已发现能源。在无替代、有经济承受能力、必须使用某种能源的场合,该种非常规能源已成为现实能源。

可见,“非常规能源”和“未来能源”的区别在于开发技术是否可行。

“常规”一词在英语中就有“传统”之意,故一般常规能源也叫传统能源,是指已经大规模生产和广泛利用的能源。应该指出,能“大规模生产和广泛利用”的能源必然其技术经济可行性较强,“技术经济可行性”抓住了事物的本质。

所以,“常规能源”与“非常规能源”是动态的概念,相互可以转换。例如,1992年,美国石油委员会(NPC)将埋深4 600 m以下的天然气藏定义为非常规的“深盆地气聚集”。现在,中国石油工作者实际勘探开发的天然气藏已深至6 000~7 000 m,“深盆地气”已不被视为“非常规天然气资源”,而变为常规天然气资源。其所以能如此,是因为人们已经开发出诸如能快速钻进、保护产层的空气钻井等系列技术,深部天然气勘探的成本已经逐步可以接受。又如,现今油气勘探技术下,石油的采收率可达35%左右,天然气的采收率可达70%以上。但随着采出程度提高,需要进行大量增产作业措施才能维持一定产量,生产成本逐步提高,原来的“常规天然气资源”实际上已经变成经济上不可行的天然气资源。储量套改复算中已经将品位差的储量称为“不经济储量”、“次经济储量”。开采后期,成本递增,无利可图的储量实际上已经变化为“次经济储量”。

世界能源委员会(World Energy Council, WEC)将能源分为:(1)煤(Coal);(2)原油和天然气凝液(Crude Oil and Natural Gas Liquids);(3)油页岩(Oil Shale);(4)天然沥青和超重油(Natural Bitumen and Extra-Heavy Oil);(5)天然气(Natural Gas);(6)铀(Uranium)与核能(Nuclear);(7)水能(Hydropower);(8)泥煤(Peat);(9)生物质能源(Bioenergy);(10)太阳能(Solar Energy);(11)地热能(Geothermal Energy);(12)风能(Wind Energy);(13)潮汐能(Tidal Energy);(14)波浪能(Wave Energy);(15)海洋热能转换(Ocean Thermal Energy Conversion)。上述能源中已经较大规模应用者,应属于现实能源。

能源分类相对使用者、研究者来说有其自身用途。故能源还可以按其他方法分类。

按其形成和来源分为:地球本身蕴藏的能源如原子核能、地热能;来自太阳的能量即由太阳能转换形成的能源,如地球上的生物、煤炭、石油、天然气、风能、水

能、海洋能等；地球与其他天体相互作用的能源如潮汐能。

按能的形式可分为：机械能、热能、化学结合能、物理结合能、电磁辐射能、电能。

按形成条件分为：一次能源(primary energy)和二次能源(secondary energy)。

一次能源又称天然能源。在自然界中现实存在没有经过加工转换而直接开发利用的物质和运动。如原煤、原油、天然气、木柴、水能、风能、太阳能、海洋能、潮汐能、地热能、核燃料等均属这类能源。

二次能源又称人工能源。由一次能源经过加工直接或间接转换成其他形式的、符合人们生产生活使用条件的能源产品。如焦炭、煤气、电力、各种石油制品、蒸汽、热水、酒精、氢气、激光等都属于二次能源，生产过程中排出的余能、余热，如高温烟气、可燃废气、废蒸汽也属此类。

按产生周期分为可再生能源(renewable energy)和不可再生能源(non-renewable energy)。

可再生能源是在自然界可以不断再生并有规律地得到补充的能源，或一次能源中能重复产生的不依赖于储量有限的矿物燃料的能源。例如太阳能、风能、水能、生物质能、潮汐能等均属可再生能源。这类能源除潮汐能是来自地球自转和月球等天体引力外，其他都直接或间接来自太阳，都能供人类长期利用。

不可再生能源是经过亿万年形成的、短期内无法恢复、不能重复再生的自然能源。如煤炭、石油、天然气、裂变核燃料铀、钍等。它们都是不能再生的。

按进入市场情况还可分为商品能源(commercial energy)和非商品能源(non-commercial energy)。

商品能源是具有商品的属性，作为商品交换而生产的能源。商品能源是在一定经济条件下产生和存在的，是社会分工和产品属于不同所有者的结果。它主要包括市场上出售的煤炭、石油、天然气和电力等。

非商品能源是不作为商品交换的能源。即自己生产、加工、利用的能源。一般指来源于植物或动物的能源，有时指农业、林业或相应加工业的某些副产品，如秸秆、柴薪等。现在已经越来越多地用来表示太阳能、风能或孤立系统的小型水电站。非商品能源作为能量平衡中的输入量很难定量表示，有关的换算系数难于确定，使用效率的变化也很大，故核算其利用情况很困难。

按能源形态分为固体能源(solid energy)、液体能源(liquid energy)、气体能源(gaseous energy)。

固体能源、液体能源、气体能源中由动植物化石形成的能源一般统称化石能源。

按能源利用形式分为燃料能源(fuel energy，如煤、油、天然气、酒精、加热用电

能、氢等)、非燃料能源(non-fuel energy,如水能、非加热用电能、蒸汽、激光等)。

燃料能源是人类目前和今后相当长时期内的基本能源。

非燃料能源不作为燃料使用,能直接产生能量提供人类使用的能源。如水能、风能、潮汐能、海洋能、激光能等,其中多数包含着机械能,有的也包含着热能、光能、电能。

另外,还有环境能源(environmental energy)、终端能源(end user's energy)、绿色能源(green energy)、清洁能源(clean energy)、垃圾能源(refuse energy)、替代能源(alternative energy)、民用能源(civil energy)、城市民用能源(city civil energy)、农村能源(rural energy)、高质量能源(high quality energy)、廉价能源(cheap energy)、自备能源(self-provided energy)、城市燃气(urban fuel gas)等称谓。

待发现能源是相对于已发现能源而言的能源。待发现能源虽尚未经过科学验证,但有可能存在。关于这一点,在了解太阳常数和地球实际发现的能源资源量之差后就容易理解。

待发现能源包括:已经在试验中有发现的苗头,尚处于猜想阶段的“能源及物质运动”以及尚无发现苗头,处于推测阶段的“能源及物质运动”。

由此,可以列表 1-2 能源的供应侧分类。

表 1-2 能源的供应侧分类

大类	中类	小类	定义	特点	举例
已发现能源	现实能源	常规能源	技术经济可行的现实能源	技术经济可行	大部油气煤
			技术经济性尚待提高才能大规模应用	技术可行经济性待提高	难采油气煤
	未来能源	非常规能源	待技术完善和经济性提高的已发现能源	技术尚待完善	氦-3、NGH 等
待发现能源	猜想能源		已有苗头,处于猜想阶段的能源	猜想阶段	反物质?
	推测能源		尚无苗头,处于推测阶段的能源	推测阶段	?

第三节 中国自然资源及能源现状与特点

地球自然资源只是宇宙中自然物和物质运动的极小部分。由于广袤宇宙中自

然物与其运动可能许多对人类有用,但在不久的将来仍然可望而不可及,除太阳能外,在现有技术条件下尚不能称为“宇宙自然资源”。本段重点将中国的自然资源与地球拥有的自然资源相比较而进行论述。

第一,资源总量大是中国自然资源的优势。

中国拥有 960 万平方公里的陆地和 473 万平方公里的海域,属资源大国。据《2007 年中国国土资源公报》,我国耕地实际面积原有 18.26 亿亩,居世界第四位。林地面积约 35.42 亿亩,居世界第六位;牧草地约 39.28 亿亩,居世界第二位;地表水资源约 2.6 万亿立方米,居世界第六位;按 45 种矿产的潜在价值计算,中国位居第二位;水能、太阳能、煤炭资源量分别居世界第一位、第二位、第三位。

第二,人均占有资源量少是中国自然资源的最大劣势。

中国人口众多,2006 年已达 13 亿多,资源的人均量少。例如,人均耕地只有 1.4 亩,人均淡水不足 2 300 立方米,分别为世界平均数的 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{1}{4}$;人均森林资源为世界平均数的 $\frac{1}{6}$,人均草地资源为世界平均数的 $\frac{1}{3}$ 。

第三,资源利用效率低下是中国经济发展的深层次矛盾。其所以说是“深层次”的,因为中国经济快速发展需要巨量能源,资源的世界性短缺要求我国迅速提高能源利用效率,而能源效率的高低一般与经济发展阶段相适应。这样一个互相制约的环,只有采用超常规的技术创新和足够力度的管理变革才可能解开。

第四,中国资源、环境与发展之间的矛盾今后还将愈益突出。

到 21 世纪 20—30 年代,中国人口总数将达到或超过 15 亿,那时人均占有耕地面积将下降到 1.2 亩,人均占有淡水资源将只有 1 800 立方米,关键矿种资源与石油能源紧缺的形势将会更加严峻。中国正处在加快工业化时期,经济必须保持较快增长,对自然资源的开发强度必将加大。中国由于技术与管理水平还比较落后,资源消耗过高和许多地方生态环境退化的状况尚未从根本上扭转。中国人口在今后几十年内还将有较大增加。

中国能源现状与特点与此类似。能源资源总量大,人均占有能源资源量少,能源资源利用效率低下,能源、环境与发展之间的矛盾将愈益突出。