

能源工程技术丛书

新能源 新思路

肖钢博士解读新能源

肖钢 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

能源工程技术丛书

湖北省学术著作出版专项资金资助项目

新能源 新思路——肖钢博士解读新能源

肖 钢 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新能源 新思路:肖钢博士解读新能源/肖钢编著. —武汉:武汉大学出版社,2015.10

能源工程技术丛书

ISBN 978-7-307-16226-6

I. 新… II. 肖… III. 新能源—文集 IV. TK01-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 140291 号

责任编辑:孙 丽

责任校对:王亚明

装帧设计:张希玉

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市金港彩印有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:15.5 字数:298千字

版次:2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

ISBN 978-7-307-16226-6 定价:96.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

世界潮流，浩浩荡荡，顺之则昌。低碳经济既是人类应对气候变化的基本方式之一，也是 21 世纪世界经济发展的基本趋势之一。无论从属于哪个行业，企业都要研判大势，认清趋势，变挑战为机遇。

中国的能源安全，需要放到世界秩序重建和中国崛起这两个宏大的历史事件中去观察。低碳是一种新的游戏规则，是在原有的经济系统之中加入了一个新的且更为严格的约束条件。低碳影响到能源战略和能源安全的各个维度，发展低碳经济也是应对气候变化的必然选择。在经济安全与能源发展维度，低碳的能源战略要求国家必须推进节能减排；在经济安全与能源外交维度，低碳要求国家采取措施保障能源价格稳定，包括合理的碳价；在政治安全与能源发展维度，低碳要求国家保障企业“走出去”，介入热点油气勘探区，同时，在国内不同地区、不同行业之间合理分配减排指标；在政治安全与能源外交维度，要求国家保障供应稳定、来源多元化以及运输安全的同时，积极参与国际碳政治的博弈。低碳时代给国家能源战略和能源安全提出了全新命题，中国将面临来自非传统安全因素的更多挑战。

低碳经济是一场能源革命。这场能源革命意味着能源生产和消费方式都要发生改变。能源消耗企业要增加清洁能源利用的比重；而能源生产企业除提供传统化石能源外，也要增加清洁能源生产的比重。低碳将产生巨大的绿色技术驱动力。低碳的本质还具有复杂性。“低碳”与“绿色”“环保”等概念的含义不完全相同。一个很“环保”的企业未必是一个“低碳”企业。在低碳背景下，一个传统意义上的环保企业可能因为碳排放过多而失去继续生存的空间。今天的企业为环境和“低碳”买单实际上是企业未来所做的投资，而不能视为当下的成本。

正直、慈悲的团体和个人，应该用宏大的思维来思考人与自然。我们需要认识到，地球上的生命系统是统一的，我们只是自然的一部分而非独立其外，而且我们必须在自然允许的界限内存存；人类虽然拥有改变全球环境的潜在能力，但我们必须谨慎地使用这种能力。我们需要从历史中吸取教训，不单单是从科学技术中吸取真知灼见，还要从世界伟大的哲学和文化等更广阔的知识遗产中攫取智慧。西方 16 世纪以来的科技革命，使人类的信仰和对大自然的敬畏普遍淡化，科学代之而起，成为左右一切的新权威。人类认识的主攻方向转

为以观察、分析、比较、归纳、实验等整理感性材料的精密科学方法，从物质层面穷研宇宙，力图征服自然，以增加物质财富。在这个被经济利益所驱动的时代，速成成为时尚，人为的不择手段渗透到各个领域，为我们的生存带来了极大隐患。殊不知，身外的一切财物终会“改嫁”他人，抓紧不放乃是徒劳无功。人类向大自然贪婪地索取，什么都要，立刻就要，好像我们是生活在地球上的最后一代人。然而，世界上的物质、事物都是变化无常的，是贪不够的，我们应该留一点给子孙后代！

本书是我几年来所写的一些文章汇总。随着时光的流逝、形势的变化，一些文章的内容已经不够与时俱进，但为了尊重原貌，未做刻意删改，请读者见谅。在文章的撰写过程中，我受到诸多能源大家的观点启发，受益巨大，很多大师的睿智见地被我摘录或融入作品之中，在此我对各位师长深表谢意。书中的一些内容是承蒙很多年轻朋友和记者的鼎力相助才得以成稿的，在此一并拜谢。

说到能源，无外乎“阳光”和“大地”两个来源。在埋头索取物质能源的同时，我们是否也能从这对父母那里学到些精神财富呢？“愿众生有朝一日能够变得像阳光——普照无私之慈悲，像大地——滋养包容之胸怀！”编者谨以这句话与诸位有缘朋友共勉。

我一时冲动，答应出版这本集子，及至静心整理，顿感自己才疏学浅，惶恐得汗流浹背。然而，已经答应的事，不好反悔，还是硬着头皮拿出来供有缘的读者批评指正吧。

肖 钢

2015年6月

目 录

综合能源篇	(1)
1 中国能否引领世界第三次能源转型	(1)
2 世界新型工业化道路及我国能源战略思考	(4)
3 我国能源产业的问题、背后的矛盾和问题的解决方案	(8)
4 保障能源安全的路径	(22)
5 用创新思维进行能源创新	(24)
6 世界能源金融一体化趋势	(26)
7 新能源不是传说——从世界新能源发展看我国新能源的未来	(30)
8 大储能时代的脚步声正在临近	(35)
9 新能源产业寻求“破局”之路	(45)
10 可持续发展与低碳 石油企业的责任感——第 20 届世界石油大会 之行随想	(46)
11 煤炭推动人类社会可持续发展	(48)
12 从中欧光伏产品贸易争端看清洁能源的发展之路	(52)
非常规能源篇	(55)
1 沉睡的气体	(55)
2 页岩气开发要借鉴“美国经验”	(57)
3 非常规天然气开发的环保黄金准则	(61)
4 非常规天然气开发,借他山之石攻己之玉	(66)
5 从美国经验看构建页岩气可持续发展的“大环境”	(68)
6 42 万亿的诱惑	(78)
7 煤层气科技可助力海洋石油二次跨越	(80)
8 “可燃冰”——“冰与火”结合的奇妙新能源	(84)
9 热了页岩气,别冷了可燃冰	(88)
10 非常规天然气资源之致密砂岩气	(90)
11 非常规油气可大展宏图	(94)

低碳能源篇	(98)
1 低碳,世界在行动	(98)
2 低碳,让城市生活更美好	(101)
3 低碳——中美利益的汇合点	(105)
4 低碳:面向未来的投资	(108)
5 分布式能源:节能低碳两相宜——兼谈分布式能源利用与中海油煤 制天然气(SNG)的关联	(110)
6 给分布式能源利用“支招”	(113)
7 海洋能成为新能源发展的重点	(114)
8 海洋温差能发电技术的研究现状及发展前景	(117)
9 中日海洋能,何去何从——肖钢对话木下健	(151)
10 从杀戮利器到必备能源	(154)
11 稠油开发核电助力	(157)
12 能源新贵——汽车动力电池	(160)
13 新能源汽车期待自主发力	(164)
14 人类与 CO ₂ 的博弈	(166)
15 让“上天为害”的 CO ₂ “入地为宝”	(173)
16 未雨绸缪应对碳税	(176)
17 大规模化学储能技术及应用	(180)
18 面对雾霾 低碳埋单	(188)
 媒体互动篇	 (192)
1 “海归”新人情系新能源	(192)
2 览煤炭世界 采珍贵“黑金”	(194)
3 伸开双手赶在美好时代来临前——走进肖钢的清洁能源系列丛书	(196)
4 找回阅读	(198)
5 化石能源清洁利用:转换思路看新能源	(200)
6 肖钢:中海油新能源的护航人	(202)
7 CCS 还碳于地球——对话新能源专家肖钢	(205)
8 从新能源开始重新确立能源格局	(207)
9 今天的“非常规”就是明天的“常规”	(211)
10 中海油对我国非常规油气的发展不可替代	(213)
11 善做“加减法”,能源产业变中求通	(219)

人文科技篇	(221)
1 视无界、智无穷、心无疆——建设创新型国家关键在于提高企业的 自主创新能力	(221)
2 至乐莫如读书	(226)
3 为时著书 修己惠人	(228)
4 现代科学与禅意人生	(230)
5 艺术即修行	(238)

综合能源篇

从多样化水平来看,我国能源结构性风险仍然存在。尽管我国对石油和天然气的需求在不断增长,但煤仍占主要地位;而可再生能源占消费总量的比例较小,增长较慢。相对原煤储量来说,我国的石油、天然气资源有限,依靠大量进口石油和天然气解决能源需求,从长远来看,存在诸多安全隐患,应当大力开发各种新能源。

1 中国能否引领世界第三次能源转型

一场能源生产与消费革命的大幕正在中国大地上徐徐拉开。这场革命不仅将深刻地改变中国的能源发展进程,而且对世界的能源格局也将带来巨大的影响。

这场革命的发端,基于中国政府对于中国能源消费增长趋势的判断,对于世界能源局势的认识,以及在这一认识框架指导下做出的积极调整与主动作为。推进能源消费革命、供给革命、技术革命和体制革命这“四大革命”,有助于中国在促进经济发展的同时,摆脱资源环境瓶颈的制约,走出一条经济增长与能源发展的双重优化之路。

英国石油公司(BP)的《世界能源统计年鉴》显示,上个10年里,中国的石油消耗量几乎翻了一番,天然气消耗量增长了5倍,发电量则增长了9倍。中国的能源总需求在10年内增长了60%。如果从1990年算起,总需求则增长了3倍。目前中国的能源日消耗量占全球的22%,但随着经济的发展,今后20年,中国对石油的需求将再次翻番,天然气消耗量将增加不止1倍。即使能源使用效率得到有效提升,今后20年中国能源消耗总量也将增长70%。这些预测并不一定十分准确,但反映的一个大趋势是确定无疑的:中国正日益成为世界能源格局中的一支重要力量。

在过去的10年里,中国能源需求的增长主要是由工业需求带动的。随着

中国经济在正常周期下步入增速放缓的“新常态”，生产增长这一因素对能源需求增长的推动作用可能会有所减弱，取而代之的是居民消费的增长。相对于发达国家来说，中国人均能源消耗量还处于较低水平。在追求美好生活、全面建成小康社会的同时，中国需要处理好经济增长、能源需求上升与资源环境约束之间的矛盾。

在全球化时代，各国的经济发展与能源供需相互依存，任何一个国家尤其是大国的能源发展趋势和能源战略，都会对世界能源格局产生影响，也必然受到国际社会的关注。美国发生的页岩气革命给世界带来的深刻变化，已经充分说明了这一点。在当下，世界上越来越多的人意识到，要把握世界能源市场今后 20 年的发展趋势，离不开对中国的关注。

这里包含两个层面的问题。一方面，在一些可能会影响世界能源格局和能源市场动向的关键决策上，中国会做出什么样的选择？比如，怎样解决煤炭比重过高的问题？怎样看待油气对外依存度不断上升的潜在风险？采取什么样的政策来孵育、促进可再生能源发展？以及如何构建更有活力的市场体系？这些虽然都是中国自己的公共决策，但也势必会影响到世界能源供需及价格变化。

另一方面，世界如何看待中国能源领域的变化？对于各国政府、企业、投资者以及广大社会公众来说，它们是否已经做好准备以适应中国的改变？要保障世界能源行业的有序发展和供需稳定，需要各国政府采取更加务实的态度，妥善处理共同的难题，也需要企业在技术、商业、投资等方面采取更加紧密的合作。从某种意义上说，世界能源治理机制需要重塑，以更好地适应这一剧烈变动的世界，而中国在这一过程中，理应发挥更加重要的作用。

在人类历史上，曾经先后发生煤炭取代薪柴、石油取代煤炭这两次大的能源转型，并分别催生了第一次工业革命和第二次工业革命，极大地促进了生产力的发展，也导致了国际局势的变化。中国由于自身原因，没能抓住前两次能源转型的机遇。当前，中国处于从传统农业国向工业国跨越的过程中，同时遇上了世界第三次能源转型，这既是挑战，更是机遇。因此，中国的能源生产与消费革命，不仅对于自身具有非凡意义，还将成为推动世界第三次能源转型的重要力量。

在推动能源生产与消费革命上，中国做出了巨大的努力。在能源生产领域，中国已成为世界上最大的清洁能源投资国，在清洁能源领域的投资占 20 国集团投资总数的 29%。据世界经济论坛 2014 年 7 月发布的数据，2012 年中国在新能源开发领域投资 680 亿美元，2013 年投资 540 亿美元。2005—2013 年，中国非化石能源供应量增加了两倍多。在能源消费领域，中国大力提倡提高能

源使用效率,推动节能减排工作,把节能减排等作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划,推动产业结构调整 and 能效水平提高。

中国推动能源生产与消费革命的实质和深层内涵,就是要努力走出一条可持续发展的生态文明发展道路,这一点已经得到国际社会越来越多的认可。联合国副秘书长、联合国环境规划署执行主任阿希姆·施泰纳在第六届全球南南发展博览会上说:“中国政府所强调的生态文明这一理念,体现了中国的发展思路是从根本上平衡环保和经济发展,并将这一理念贯穿于未来发展计划中。这对中国、对其他面临环保和发展平衡问题的国家来说都是一个巨大的机会。”

中国的能源革命正在进行中,不可能一蹴而就,需要社会各界的关注、理解和支持。

2 世界新型工业化道路及我国能源战略思考

笔者近年来有幸接触很多国际国内的能源界领军人物,并聆听他们对当今世界局势的分析及对我国的能源之路应该如何走的看法,收获甚丰。在这里我想谈谈本人的一些思考。

当前,人类正经历着有史以来范围最广、程度最深的变革时期。世界的重心正在从欧美东移,其标志是一批发展中国家的快速崛起。人类正在进行的三大革命——能源革命、产业革命和生活方式革命,使原来公认的全球发展和治理的模式变得过时,按“曾经”的思维来判断世界的问题已经失去准确性。全球金融危机乃至经济危机的出现是因为这个世界的“根本”正在发生变化。具体来说,就是高科技的日新月异导致了人类生产方式和生活方式的变化。全球新的产业分工正在形成,市场规模正在急剧扩大。其结果是,市场边界发生变化,原有的市场经济理论已经很难再被依赖;新生产力大大提高,经济边界日益模糊。比如,前些年电汇是件较慢的事,而现在,每秒钟都有无数笔巨款以电流的速度从世界各个角落汇入汇出。以前的很多理论都是以国家为边界,而现在仅用单个国家的常规手段来治理自己的国家已经捉襟见肘(除非这是个极端封闭的国家),因为整个世界已经互相关联在一起。例如,其他国家货币汇率的微小变动就会对自己国家的产品出口造成重大影响。然而,目前面临的问题是,迄今为止,共同治理世界的理论还没有被找到。

世界经济格局的发展已经形成“经济三世界”,即以美国、英国为代表的高端消费和擅长金融创新的群体,以德国、日本和中国为代表的以制造业和外贸为主的群体,以中东为代表的拥有资源的资源型国家群体。此“经济三世界”之间的巨大差异和所面临问题的不同使得人们很难找到一个方法来同时解决大家面临的所有问题。目前,各国都在积极努力地寻找一条新型的工业化之路——一个新的全球一体化的发展模式。

2.1 世界能源局势分析

西方一度推崇的金融创新是世界金融危机的主要原因之一。人类无法长期依靠金融创新来生活,因为不创造物质财富的世界只是虚拟世界。在金融危机的阴影下,人类的进步和社会的发展迫切需要新的、创造物质财富的产业来带动。这主要包括两方面内容:一是高科技带来的新产业,另一个是新的能源革命。现在的基本情况是,发达国家 12 亿人的能耗占全球能耗总量的 50%,而世界上其他国家的五十多亿人消耗另 50% 的能源。试想,如果“金砖四国”将近

30 亿人口都向美国看齐,不要谈接轨,只要达到发达国家水平的一半,那么全球的能源已远远不够用。所以,发展中国家未来的发展只能走一条新型工业化的道路。而笔者认为,新型工业化道路的三个关键词应该是:节约资源、节约能源和保护环境。

2.2 中国能源战略的思考

中国能源战略,需要思考“一个加法”“三个减法”和“一个制约条件”。

①“一个加法”是指要解决能源增量的问题。

从以上分析可以看出,在 30 亿人即将同时进入工业化时代的背景下,能源的短缺是最为突出的问题。纵观世界能源储量及其分布,哪种大宗能源能够提供如此大的能源增量呢?答案是,从中国到全世界,煤炭是最现实可行的、可以解决人类能源增长需求的能源。这就是我们说的加法,即提出用储量巨大的煤炭来满足能源需求的增量。传统化石能源的清洁利用可以被归入新能源的范畴,煤的高效清洁转化利用就是这种情况。研究煤炭的利用必须解决两个问题,即煤炭转化过程的清洁化和所排放的二氧化碳的资源化,而且最好能把这两个问题结合并集成起来考虑。可再生能源对能源增量的贡献也不可忽视。随着科技的进步和政策的倾斜,可再生能源占能源总量的份额会越来越高。同时,我们也应该注意到可再生能源的新生产方式与传统能源的传统生产方式有很大区别,只有把传统能源与可再生能源各自的特点和优势互补性地结合在一起,才能使两者均显现出旺盛持久的生命力。

②“三个减法”是指能源转换过程中的节能、能源使用过程中的节能和常规意义上的节能减排三个方面。

《资治通鉴》中说:“取之有度,用之有节,则常足。”先人的智慧对我们今天的能源事业仍有重要指导意义。清洁能源体系的要素之一是效率。虽然我们应该最先考虑的是清洁能源技术的创新,但是我们不能把明天全部压在技术创新上,必须大力提高能源效率和自然资源生产力,以较少的成本换取更多的发展。开发能够生产清洁可靠、廉价丰富的能源的新技术可能需要耗费很多时间,但是改进能源和资源的生产力(即提高能源和资源的转化和使用效率)能“立即”帮助我们大幅度降低能源使用量和二氧化碳排放量。能源和资源的生产力越强,我们需要生产的能源就越少,需要开采的自然资源也就越少。

首先是能源转换过程中的节能(第一个减法),即能源转换效率的提高。煤从开采到运输到发电,再到我们用电,煤的热量使用了不到四分之一,也就是说超过 75% 的能量在能源转换过程中流失了。如果转换效率提高 10%,那么消耗同样数量的能源,我们的 GDP 增长可以超过 30%。这就是说,中国在做减法上大有可

为。其次是能源使用过程中的节能(第二个减法),即能源使用效率的提高。目前我们在能源使用方面浪费非常严重。如果使用高效的分布式能源的消耗方式,我们能够节约大量能源。比如,在冷热电三联供的分布式能源使用系统中,电能在被提供的过程中产生的热能和冷能可以就近提供给用户。据测算,分布式能源的应用可以使能量的使用效率翻一番。最后是我们现在常规意义上的节能减排(第三个减法),也就是从产品上来节能。比如电灯的节能、建筑材料的节能等。如果我们把这三个方面加在一起的话,仅做减法,在不增加能源消耗、不增加污染的前提下就可以实现我国 GDP 的快速增长。

③这里的“一个制约条件”是指二氧化碳的排放问题。

与可再生能源相比,传统化石能源在转化和使用过程中会排出二氧化碳。二氧化碳的大量排放已经成为世界上最受关注的问题。它与气候变化、人类生存及经济发展紧密相连。人类应该意识到,我们不只是继承了祖先的地球,也在借用子孙的地球。我们既要考虑到我们这一代人的安居乐业,也要为子孙后代留下生存空间。因此,二氧化碳排放方面的难题在客观上会制约人类的进步与发展。目前国际上的主要研究方向是二氧化碳的收集、运输和埋存。中国的研究方向则是二氧化碳的再利用和再循环,将二氧化碳资源化,“化腐朽为神奇”,这更加符合我们的科学发展观。而这就需要把以煤炭为代表的化石能源与太阳能、风能、生物质能等能源形式综合在一起,形成一条有机互补的能源链。这样有助于解决二氧化碳的利用和循环问题。通过这种方式,我们既可以解决经济发展对能源的需求问题,又可以在人类经济发展和社会发展的同时,使气候和环境免受伤害。社会效益就在经济效益之中,经济效益也在社会效益之中,这两种效益是无法分开的,中国文化把它叫做“内圣外王”。

综上所述,当前世界的金融危机深刻地反映出世界经济发展模式有待变革。当经济危机“康复”的时候,如果我们还是采用原来的发展方式,我们的根本问题就不会得到解决。资源问题不能解决,环境问题也不能解决,可持续发展就更不能解决,这是连锁效应。目前,世界各国政府还没有真正地在一起合作研究怎么样转变全球的经济发展模式问题,大家的主要精力仍放在应对金融危机上。事实上,我们应该更积极努力地找出危机的病源所在,从而使危机尽量不再卷土重来,标本兼治。现在看来,祛病的良药很可能还是藏身于马克思的理论中。马克思关于资本主义基本矛盾的经典分析框架并没有过时,人们对危机的反思似乎应该做进一步的“马克思主义追问”。

新型工业化道路和新的发展模式都与能源革命、环境保护和气候变化有关。所以,我们应该重视上述“一个加法、三个减法和一个制约条件”所阐述的内容以及它们之间的关系。这样,我们才能通过对资源和环境问题的解决来建立新的增

长模式和新的发展方式。

人类历史证明,每当世界范围的大规模工业结构发生变化时,都会产生新的思想家、哲学家。牛顿由科学家最终转变为哲学家就是例证。当今世界又处在一个新的大规模工业结构变化时期,诸多新问题、新挑战的出现使人们不得不转变思维,在更高的层面上思考问题,创造全新的解决方案。因此,我们需要集思广益,发掘宏大的、智慧的能源战略思维,并且寓科学性、系统性和现实性于其中。同时,我们也亟须找到解决问题的具体路径,细化相关支撑体系,争取早日为世界的进步与和谐作出中华民族的贡献。

3 我国能源产业的问题、背后的矛盾和问题的解决方案

3.1 我国能源产业的五大问题

我国作为全球快速崛起的发展中国家之一，既担负着生存和发展的基本社会责任，又承载着民族复兴的神圣历史使命。能源是国民经济发展的基础，随着经济的高速发展，我国能源消耗也迅速增加，并已成为世界第二大能源生产和消费的大国。

与此同时，我国和世界大多数国家一样，在能源发展过程中饱受资源环境、技术水平、经济条件和社会制度等综合性客观因素的制约，并且存在着诸多能源问题，比如：

有限资源条件下的粗犷开采和低效利用造成资源枯竭和进口依赖性问题；
能源生产无法满足快速增长的能源需求，导致能源价格飙升并阻碍经济发展的能源瓶颈问题；

简单低效的电力输配方式，一旦遇到自然灾害无法保证供应的能源安全问题；

因能源高度开发、低效利用和大量排放导致的环境污染问题……

这些能源问题具有全球普遍性，其解决之道，既需要充分消化和吸收国际先进的能源理念和改革经验，又必须紧密结合我国实际情况，进行细致入微的调查研究 and 统筹规划，切忌一拥而上的盲目跟风和缺乏长效的鼠目工程。

2008年金融危机之后，我国经济在全球经济体系中所处的重要地位日益凸显，也向世人昭示了我国复兴的能力和决心，但我国如果不能解决好自身能源问题，经济便不能健康、稳定地持续发展，不但国家的战略目标无法实现，社会的稳定和安全也得不到保证，甚至还会给世界经济和全球自然环境带来严重的负面影响。

在此情况下，我国能源产业的改革将具有巨大的现实意义，而改革的目标便是寻找并解决我国当前能源产业存在的问题。所以在此背景下，本文将着重介绍我国能源问题，并剖析其背后的深层次原因。

3.1.1 问题一：能源资源问题

①能源资源品种丰富，但人均占有量较少。

整体而言，我国能源资源量丰富，但因人口众多，人均能源消耗仅为世界平

均水平的45%。在我国拥有的多种能源资源中,水能和煤炭资源较为丰富,而优质化石能源则相对不足。

我国水能资源理论蕴藏量和经济可开发量均居世界首位。水能资源经济可开发总量为4亿千瓦,主要分布在我国西南地区,开发程度较低;而未开发的水力资源多集中在高山深谷,远离负荷中心,开发建设难度大,输送成本高。同时,水能资源的开发也受到环境、生态、移民和地缘政治等多重因素的制约。

我国煤炭资源最为丰富,占世界储量的11.6%,居世界第3位,已探明剩余可采储量为1842亿吨,大多数分布在干旱缺水、远离负荷中心的中西部地区,总体开采条件不好,大部分储量需要井下开采,只有极少量能供露天开采。

从石油储量来看,我国并不是一个缺油的国家,目前我国已探明的石油可采储量居世界第9位,仅次于加拿大、委内瑞拉、俄罗斯和一些中东国家。全国石油资源探明剩余可采储量为65亿吨,但储采比低、埋藏深、品位差、地理环境恶劣、勘探开发难度大,虽还有增加探明储量的潜力,但产能增幅有限。

我国天然气资源主要分布在我国中西部盆地,天然气资源探明剩余经济可采储量为23900亿立方米,以中小型气田为主,大多数地质构造较复杂,勘探开发难度较大。这些资源量中,西部地区的资源量约占61%,东南地区约占16%,海域资源量占23%。

风能、太阳能等可再生能源资源储量巨大,主要集中在我国西部地区,开发利用技术已经基本成熟,在国家政策指引下,已经开始了大规模的绿色能源商品化实践,但受电网体制和管理手段的制约,目前装机总量和上网比例都很小,无法与化石类能源和水能相提并论。

②分布不均,能源资源远离负荷中心。

由上述介绍可知,我国能源资源虽然丰富,但地域分布不均,包括煤、天然气、水能、太阳能、风能等主要化石和可再生能源,整体呈现出西北相对富集、东南贫乏的局面,其中最具有代表性的就是煤。

例如,我国煤炭资源主要分布在昆仑—秦岭—大别山以北地区,该区域探明保有煤炭储量占全国煤炭储量的90%以上。其中,山西、内蒙古、陕西、贵州、云南、安徽六省(区)储量占总数的77.6%,而人口密集、经济较为发达、作为能耗消费中心的京、津、冀、辽、鲁、苏、沪、浙、闽、粤等14个东南沿海城市的储量,仅占全国煤炭保有资源量的5%左右。我国煤炭资源在地理分布上西多东少、北富南贫,恰与地区经济发达程度呈逆向分布。煤炭生产基地远离煤炭消费市场,促使我国形成了“西煤东调、北煤南运”的“能源长征”格局。

此外,煤炭的开采需要大量的水资源,但我国水资源的分布却与煤炭资源形成反向分布的格局,中西部地区将不可避免地面临煤炭资源的大规模开发和