



新能源技术

潘小勇 马道胜◎ 编著

 江西高校出版社
JIANGXI UNIVERSITIES AND COLLEGES PRESS



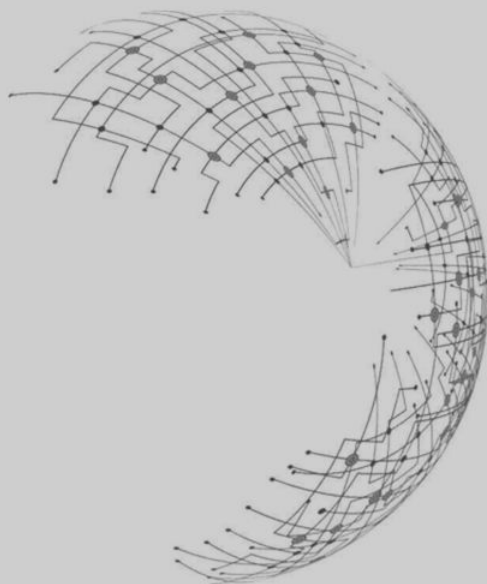
潘小勇，男，1977年生，江西分宜人，讲师，硕士，主要研究方向是热工设备及理论，先后主持、参与省市级项目十余项，发表论文二十多篇。



马道胜，男，1980年生，山西大同人，工程师，主要研究方向是无机非金属材料工程。先后主持、参与省级和市级项目十余项，取得多项省级科技成果，发表论文十余篇。

新能源技术

潘小勇 马道胜 〇 编著



 江西高校出版社
JIANGXI UNIVERSITIES AND COLLEGES PRESS

图书在版编目(CIP)数据

新能源技术/潘小勇,马道胜编著. —南昌:江西高校出版社,2019.11

ISBN 978 - 7 - 5493 - 9163 - 9

I. ①新… II. ①潘… ②马… III. ①新能源—技术 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 232818 号

出版发行社	江西高校出版社
社址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
总编室电话	(0791)88504319
销售电话	(0791)88522516
网 址	www.juacp.com
印 刷	北京虎彩文化传播有限公司
经 销	全国新华书店
开 本	700mm × 1000mm 1/16
印 张	21.5
字 数	336 千字
版 次	2019 年 11 月第 1 版 2019 年 11 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 5493 - 9163 - 9
定 价	58.00 元

赣版权登字 - 07 - 2019 - 928

版权所有 侵权必究

图书若有印装问题,请随时向本社印制部(0791 - 88513257)退换

前 言

长期以来,人类在生产和生活中一直使用石油和煤炭等化石能源,随着能源需求量的不断增加,不可再生能源储量却逐渐减少,能源危机的幽灵不时闪现,世界已经进入“高油价时代”,能源安全问题成了许多国家面临的一大挑战。此外,大量使用石化能源造成环境污染,碳排放增加,引起全球气候变暖,使我们赖以生存的地球家园环境恶化,这是人类面临的另一重大挑战。在这一背景下,节能减排、绿色发展是必然选择,寻求新能源以替代化石能源日益迫切。

所谓新能源是相对于传统能源而言的,指正在研发或开发利用时间不长的一些能源形式,如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核能等。新能源造成的污染少,被誉为“清洁能源”或“绿色能源”。新能源中的太阳能是取之不竭的可再生能源,对解决能源短缺和环境污染问题具有重要意义,因而被各国普遍看好。

迄今为止,部分新能源技术已经取得长足发展并得到了广泛应用。西班牙正在建设国内最大的太阳能发电厂,可以为 2.5 万户家庭提供所需电力。韩国、印度、俄罗斯等 13 个国家正在建设 53 座核反应堆,美国也将建设数十座核反应堆。在风能利用方面,英国曾宣称已经超过丹麦,成为世界上最大的近海风能生产者,并乐观预计,到 2020 年,风能将占英国能源利用的 30%。美国计划到 2025 年,使其国内发电总量的 25% 来自风能、太阳能等可再生能源。

新能源技术是高技术的支柱,包括核能技术、太阳能技术、生物质能技术、风能技术、锂电池技术、地热能技术、海洋能技术等。其中核能与太阳能技术是新能源技术的主要标志,通过对核能、太阳能的开发利用,打破了以石油、煤炭为主体的传统能源格局,开创了能源的新时代。

目 录

第一章 有限资源的“无限”供给	1
第一节 “资源枯竭论”由来已久	1
第二节 有限资源的“无限”供给	5
第三节 资源储量潜力巨大	8
第四节 需求并非无止境	12
第五节 资源短缺的实质及应对措施	16
第二章 核能的应用技术	20
第一节 人类对核能的认识	20
第二节 核能的原理	23
第三节 核能发电的原理	24
第四节 发展核能的必要性及前景	26
第三章 太阳能技术	33
第一节 太阳能	33
第二节 太阳能发电优势及其发电史	60
第三节 光伏发电系统的类型	62
第四节 太阳能电池板	92
第五节 太阳能光伏电池组件与阵列	129
第四章 地热能技术	151
第一节 地热能	151
第二节 地热能的利用	172

第五章 风能技术	195
第一节 风能的特点	195
第二节 风能的历史	195
第三节 风能的利用	196
第四节 风能的优、缺点	200
第五节 风能的经济前景	201
第六节 风能的现状	205
第六章 生物质能技术	208
第一节 生物质及其特点	208
第二节 生物质的分类	209
第三节 生物质能的利用	210
第四节 生物质能的效益分析及其意义	215
第五节 生物质能的现状	216
第六节 生物质能发展存在的问题	218
第七节 生物质能发展前景	219
第七章 海洋能技术	220
第一节 海洋能	220
第二节 海洋能的特点	221
第三节 海洋能的能量形式及其利用	222
第四节 海洋能发展存在的主要问题	227
第五节 海洋能开发利用的对策及前景	228
第八章 锂电池技术	230
第一节 锂元素的物理、化学性质	230
第二节 锂离子电池的概念与组装技术	235

第九章 新能源技术的应用	299
第一节 新能源汽车	299
第二节 新能源汽车技术	301
第三节 新能源汽车的发展前景	332
参考文献	335

第一章 有限资源的“无限”供给

自然资源的不可再生性,以及工业化时代以来人口数量和资源消费的大幅增长,使得人们不可避免地担心资源短缺乃至枯竭,各种“资源枯竭论”应运而生。总体来看,未来全球人口数量和人均消费增长将不可避免地加剧资源消耗,但也存在诸多平衡与抑制因素。从供应层面看,常规资源的探明储量不断增加,非常规亟待开发的资源潜力巨大,替代资源前景乐观。从需求层面看,人口增长趋缓,资源利用效率提高,循环利用率增加,需求不会无限地线性增长。

从市场的角度看,资源的供应最终取决于人类是否有足够的需求而不是足够的供应。也就是说,在某种意义上,供应是由有效需求决定的,资源的发展前景归根结底也将取决于人类的需求而不是供应。国际社会面临的资源短缺多为经济性、政治性、区域性和需求主导的市场短缺,而非资源性枯竭。解决之道在于发展经济,各国应致力于加强管理,完善市场,提高效率,深化合作,减少对资源枯竭乃至资源战争的不必要恐慌,避免国内相关政策及资源配置的失误。

第一节 “资源枯竭论”由来已久

几个世纪以来,资源短缺的乌云一直笼罩着人类社会,有一个声音时时在提醒和警告着人们:人类活动最终将把地球上的资源消耗殆尽。20世纪初以来,随着世界能源和资源需求的迅速增长和价格的大幅上扬,能源和资源是否濒临枯竭再次引起国内外的高度关注,石油末日、能源匮乏、资源枯竭等提法频频现于媒体和文献研究中,成为热门词汇。同时,气候变化问题日益突出,世界人口突破70亿,使资源与人口和环境问题相互交织,这进一步加剧了人们对资源枯竭的担心。

“资源枯竭论”由来已久。早在1798年,32岁的英国经济学家、人口学家

托马斯·马尔萨斯发表了《关于影响未来社会进步的人口学原理》，指出人口增长将超过地球为人类提供生存资源的能力，社会是不可持续的。他认为，人口的数量远远大于地球为人类提供生存之物的数量，不被抑制的人口呈几何级数增长，而生存之物仅以算术比率增长，人类没有办法逃脱这一自然法则。马尔萨斯被认为是第一个发出资源枯竭灾难性预警的人，他强调，无论是资源的有限性还是经济上的稀缺性，都是绝对存在的。

1968年，美国斯坦福大学昆虫学家埃利希在《人口炸弹》一书中断言，鉴于世界人口的爆炸性增长，在有限的空间内资源将耗尽，地球终将不能养活人类。他认为，20世纪60年代的全球婴儿潮将持续到世界面临大范围饥荒的那一天，并强调，无论现在开始实施怎样的应急方案，到七八十年代都会有数亿人饿死。大限将至，世界死亡率的大幅攀升已不可避免。1974年，埃利希再次预测：1985年以前，人类将进入资源匮乏时代，许多赖以生存的不可再生的矿产将濒临枯竭，人类毁灭性地消耗地球上的矿物资源会造成灾难性的后果。

1972年，罗马俱乐部出版了由美国麻省理工学院教授丹尼斯·梅多斯等人撰写的《增长的极限》。通过对人口增加、粮食短缺、不可再生资源枯竭、环境污染和能源消耗五大因素的分析，作者认为，人口的增长必然引起粮食需求的增长，工业化进程会不可避免地引起不可再生资源耗竭和环境污染程度的加深，而且这些增长都带有指数增长特点，人类社会迟早会达到一个临界的“危机水平”。如果不采取措施，用不了100年，土地、能源等不可再生资源都将耗尽，造成人类社会经济系统发生难以遏制的大衰退，生存环境不断恶化，食品短缺，死亡率大幅度上升，人类社会将走向末日。

2001年，迈克尔·克莱尔在《资源战争》一书中指出，全球对于许多关键物资的需求正以无法持续的速度增长，而全世界某些物质的供应是十分有限的。世界很可能从21世纪第二个或第三个10年起，开始面临常规石油的明显短缺。到21世纪中叶，人类的全部用水将接近可获得供水的100%，某些地区将面临水资源严重短缺。2008年，克莱尔出版了《石油政治学》一书，用一章论述了即将到来的资源危机。他强调，虽然以往多次资源短缺都得以缓解，但这次性质不同于以往，能源和关键资源的消耗与需求达到前所未有的程度，现有储量正明显地趋向枯竭，而且是许多资源同时枯竭。

斯蒂芬·李柏等人写的《即将来临的能源崩溃》一书也突出强调,人类面临的困境不仅仅是石油短缺,而是所有商品短缺都将加剧。金属及矿物、能源和水等之间存在相互依赖的关系,获取一种资源的努力经常会以消耗其他资源为代价。各种资源短缺同时出现且相互牵制,形成了恶性循环,最终将会拖垮人类文明。作者认为,人类缺乏足够的石油来满足全球增长的贪婪需求,如果石油消耗维持在每年约 310 亿桶,到 2040 年石油就会耗尽。按照现在的消耗速度,4~20 年内,我们将耗尽锑、铟、铅、银、钽、锡和铀;40 年内,铬、铜和锌将耗竭,镍、铂将紧随其后。

2008 年,世界自然基金会推出的《地球生命力报告》指出,地球自然资源消耗的速度过快,全球 3/4 的人口生活在过度消耗资源的国家,那里自然资源的消耗速度超过了环境再生水平。报告认为,不计后果地消耗“自然资产”会危及世界的未来,带来的生态冲击包括食物、水和能源等成本的提高。如果人类继续以目前的速度向地球索取资源,到 21 世纪 30 年代中期,人类将需要两个地球的资源,才能维持当前的生活方式。

在诸多资源枯竭论中,能源短缺受关注程度最高。早在 1865 年,英国经济学家斯坦利·杰文斯就写了一篇《煤炭问题》的文章,提出,英国即将进入能源短缺时代,预言未来将出现能源短缺、工业崩溃、国家衰退,而且这个问题没有解决的办法。1881 年,19 世纪最伟大的科学家之一威廉·汤姆森警告说,英国的能源基础十分薄弱,灾难就在眼前。他在报告中提出,英国的辉煌时期即将谢幕,因为“地下蕴藏的煤炭”行将“枯竭”,唯一的曙光将是“风车或风机会以某种形式再次兴起”。

石油工业诞生后不久,就有科学家、政治家和能源分析家预测石油枯竭马上就要到来。1885 年,美国宾夕法尼亚州立地质局认为“石油的疯狂表现是暂时的现象,马上就会消失——现在的年轻人会看到这种现象将自然结束”。“一战”期间,美国不时出现关于未来石油很快枯竭的论断。一项始于 1916 年的美国参议院调查报告称,根据最乐观的看法,石油很可能在 25 年内枯竭。1919 年,美国地质调查局预测,美国的石油将会在 9 年内用完。1939 年,美国内政部预测全球石油供应将会在 13 年内完全枯竭。

“二战”期间,时任美国战时石油行政官的哈罗德·伊克斯发表了一篇广为

流传的文章《我们正在耗尽石油》。他在文章中指出,如果有第三次世界大战的话,这场战争一定是石油战争,因为美国将来没有石油。此后,油荒恐惧症在1943—1945年间达到顶点。1949年,美国国务院预计,美国将在20年内面临石油短缺,除了从中东地区进口外别无他法。1951年,美国内政部修正了之前的预测,提出全球石油将会在下一个13年内枯竭。

1956年,哈伯特提出钟形曲线,预测美国石油产量将于20世纪60年代或70年代初达到顶峰,而美国的实际石油产量也确实从1970年创下历史纪录后开始回落。哈伯特曲线的这一成功预测,使“资源枯竭论”在70年代风行一时。1972年,罗马俱乐部发布的报告《增长的极限》进一步预言,世界石油和天然气将分别在1992年和1993年之前耗尽。1978年,哈伯特预测1965年出生的孩子将在有生之年见证世界石油的枯竭,人类将进入“一个无增长时代”。当时不少人相信,石油储量难以满足消费的持续增长,世界石油工业将于20世纪末或21世纪初步入末路。

在整个20世纪,至少出现过三轮石油枯竭论热潮:第一轮始于“一战”期间,终于大量石油充斥市场的1930年;第二轮从“二战”开始,几年后随着石油生产逐渐过量,枯竭论渐渐被否定并在20世纪60年代末被彻底否定;第三轮始于20世纪70年代初,经历两次石油危机而达顶峰,最后在1986年油价暴跌的反石油危机中戏剧性地戛然而止。

到了20世纪末和21世纪初,世界油气资源虽未如期出现枯竭,但油价大幅上涨引起了新的全球能源短缺恐慌,特别是石油峰值论十分流行。石油峰值论认为,世界已经接近或者已经达到石油生产的顶点,并已经开始或即将出现无法阻挡的下降趋势。一名石油峰值论者甚至警告说,石油枯竭的后果将包括战争、饥饿和经济萧条,甚至可能出现现代智人的灭绝。“最初的预测是石油生产顶峰将会于2005年感恩节前后到来;随后,又有人预测‘不可逾越的供求缺口’将在2007年前后到来;再后来,这一时刻又被推到2011年。现在,还有人说‘2010年之前将极有可能出现石油峰值’。”

在历经多年经济持续增长,特别是在1993年由石油净出口国变成净进口国后,中国对石油等资源短缺的担心与日俱增。诸多分析认为,世界即将面临资源、能源特别是石油短缺。例如,2001年出版的《石油与国家安全》一书写

道：“石油是一种天然储量有限、日渐枯竭的资源，(2010年前后)石油生产的鼎盛时期即将结束，大多数油田的产量在下降，常规石油资源的枯竭已是世界面临的严峻现实。”《资源阴谋》一书的作者指出，“在资源有限的前提下，我们正快速进入一个资源短缺时代。就矿产资源来说，石油和天然气将在几十年内耗尽，乐观一点估计也不会超过100年，而根据现在的开采、消耗速度和全球已探明的储量，金矿将在15年内进入枯竭期，银矿会在20年内进入枯竭期，铜矿为30多年，镍矿为50年。除铁矿以外，支撑现代社会和生活方式的大部分矿产资源都会在21世纪内耗尽”。

与此同时，国外诸多资源枯竭论的相关研究被引入国内。部分研究出于中国特有的能源和资源不安全感，或者出于营销策略等考虑，资源短缺一定程度上被泛化或夸大，给人以世界末日即将因能源、资源枯竭而来临之感。

世界各地的资源短缺或枯竭论者观点各异，出发点也不尽相同，但总体上多强调资源对经济增长的制约，抑或说经济因资源的有限性而存在增长的极限。丹尼斯·梅多斯指出，问题的本质是在资源有限的地球上，人类始终追求无限的发展。美国经济学家斯蒂芬·李柏指出，发展中国家在经济发展这架梯子上越爬越高，不断消耗着珍贵而有限的资源，终有一日资源耗竭，全球经济增长不可能无休止地持续下去。中国学者薛平认为，人口与自然资源的矛盾是人类社会生产活动的一个基本矛盾，主要表现为人类需求的无限性与资源供给的有限性之间的供求矛盾。

第二节 有限资源的“无限”供给

不可否认，地球上某种资源的绝对储量是一定的和有限的，但从某种意义上说，可供人类利用的资源量是相对无限的。目前，人类使用过的主要能源(包括薪柴、煤炭、石油、天然气等)归根结底都来自太阳能。科学界普遍认为，在地球毁灭之前，太阳还将存在几十亿年。从这个意义上说，在地球和人类消亡之前，太阳能的供应是无限的，而地球之外又有成千上万颗像太阳一样的恒星。仅就地球而言，除人类已经发现并利用的化石能源和清洁能源外，还存在大量

可再生和潜在的能源,如氢能、核聚变能、可燃冰(天然气水合物)等。

可以说,在人类存在的有限期限内,是应该有足够的能源资源可供利用的,问题在于如何把潜在的能源和相对无限的太阳能等转化成能为人类有效、方便和经济地利用的能源。人类在资源供应上面临的根本问题不是绝对的资源总量够不够用的问题,而是如何经济和有效地利用的问题,面临的主要是技术和成本等方面的挑战。而在决定技术和经济利用的因素中,价格、投资和政治意愿等起着非常重要的作用。

从经济学基本原理的角度看,资源供应从根本上说是由有效的需求决定的。市场经济永远是需求决定供给,因为有市场需求,尤其是有效的需求,企业才会生产和供应产品和服务。如果市场上没有对某种产品和服务的需求,那么提供这种产品和服务的成本就没有回报,企业也就无利可图。在有需求后,开始时因为供应不足,市场价格会比较高,企业的利润也较多。较高的利润吸引更多的企业提供产品和服务,而随着供应的增加,市场价格会回落。就资源而言,考虑到人口增长和资源需求的相对有限性,在一定程度上可以说,人类是否有足够的能源和资源供应取决于人类是否有足够的有效需求,资源的发展前景归根结底取决于人类的资源需求而不是供应。

美国经济学家朱利安·西蒙是个典型的资源乐观主义者,他甚至反对使用“资源有限”这个概念。他在《终极资源》一书中指出,“有限”更多的是语义和数学意义上的概念和假设,自然资源为人类提供的服务如同一条线上无法数清的点一样永远不可能数清,资源在任何合理的意义上都不是有限的。首先,资源需求上升会导致短时间内供应紧张,价格上涨。价格上涨一方面会使需求下降,另一方面会促使企业投资开发效率更高的开采技术,寻找替代资源,从而使资源困境得到缓解。其次,终极资源就是不断增加的人口。一个人一生创造的总是比他消耗的更多,只要人口继续增长,人类的资源前景就一定会越来越好。

西蒙表示,地球有限进而资源也是有限的假设存在很多的局限性。人类无法知道自然资源的数量以及它最终能提供的服务量,无法确定相关资源体系的界限在哪里。人类为寻求资源而走得越来越远,然后去其他大陆,之后开始探测海洋。海洋蕴藏的金属矿藏和其他资源的量超过我们所知的陆地上的任何资源的储藏量,而且人类已开始探测月球。如果常规能源价格涨到足够高,石

油、煤炭和天然气等不可再生的化石能源可以由太阳能和核能及非常规资源等提供的能源服务来替代。他甚至指出,“地球上的化石燃料甚至核燃料有限,因而能源供应有限这一概念纯属无稽之谈”。

《石油经济导论》一书的作者鲍勃·蒂皮也认为,由于开采和自然再生速度差距极为悬殊,石油确实是一种耗竭性资源和不可再生的供给。现在我们正消耗它,然而我们永远不会耗尽石油。由于自然和经济原因,我们永远不会将最后一滴石油开采出来。经济学并不允许物质以人们凭直觉想象的以 X 除以 Y 的方式消耗完。人类始终无法确定石油资源的确切数量,最好的方式是经济地制定供应量,用年度消耗量来计算资源耗尽所需的时间是毫无意义的。对于石油来说,耗竭点存在于人类想象的极限之外。最终的供给应该是人类想象力与知识的函数,不是一个可测量的物理量。我们既不能准确预见供给的外部边界,也不能充分利用已知的地下资源。

在现有的石油储量中,有相当一部分资源靠常规技术方法是无法采收的,如果价格升高到足以让人类提高采收率技术,那么就on能够采收其中一部分石油。仅在美国,采用常规方法无法采收的石油总量就达 3000 亿桶,是美国现有剩余探明石油储量的十多倍。近年来,美国的页岩气和致密油的成功开发进一步证明了,随着技术的进步和能源价格的上涨,很多非常规资源会转化成可开采的常规能源资源。“从非常现实的意义上看,人类只是刚刚开始从最初的常规石油资源中获得初始的且最廉价的那部分。石油以某一确定数量存在,但与有效率地开发和利用石油的想法相比,它并不稀缺,在世界耗尽石油之前人们会有好的办法。”“科学在加速发展,更多人类可利用的资源被发现,有限空间就可以养活更多的人口。”

美国华盛顿大学圣路易斯分校经济学教授罗塞尔·罗伯茨认为,只要价格上升过高,人们就不会再非用石油不可,而会改用其他替代品,剩下的石油则因开发成本太高,无人开发,自然永远不会用完。欧佩克(OPEC)创始人艾哈迈德·扎基·亚马尼多次指出,“石器时代的终结并非源于缺少石头,同样石油时代也不会因为石油枯竭而消亡,想法、创新性和科技使得我们不会因用尽石油而使石油时代终结”。石油时代的终结也可能发生在石油采光之前,如果油价持续居高不下,人们就会减少石油消费,加快寻找替代能源,石油时代的结束也

就不远了。

美国经济学家兰兹伯格则进一步指出,拥挤是人口增长带来的一种溢出成本,“地球能承载多少人口”这类问题完全是错的,因为地球并不能做出决策。我们没有必要去担心地球能承载多少人口,而是应该去想想如果每个人都得到和你一样多的财富,地球上的财富可以供多少人分享,也可以因此来相应调整家庭的人口规模。“也有人会问,如果石油和其他非可再生资源用尽后,我们该怎么办?这又是一个错误的问题,因为这个问题的潜台词就是,我们的能源消耗会给邻居带来成本,而非给自己带来成本。”

中石化研究员张抗强调,人类文明发展史上曾经历过不同的能源“时代”,“柴薪时代”之后依次是“煤炭时代”“石油时代”,但每个时代的兴起绝不意味着前一主力资源的枯竭,而是因为后一时代产生了更高效、更方便、更能促进社会发展的一种或几种新能源。“石油时代”之后的“后石油时代”也不会是因为石油枯竭而到来,它应该是因地、因时地发展各种基础能源和新能源等多种清洁、高效能源并存的时代。

第三节 资源储量潜力巨大

无论是从种类还是地理位置来看,全球矿产资源的分布都不均衡。美国地质调查局估计,地球上大量钾盐——可供人类使用 610 年,能确保未来多个世纪的化肥生产所需。此外,已知铁矿石储量可供人类使用 590 年。地球上拥有可供人类使用约 136 年的铜资源。而南美洲拥有的铜矿资源占全球剩余铜储量的一半左右。地质学家、必和必拓(BHP)有色金属业务首席执行官安德鲁·麦肯齐称,“我们认为地球上的矿产资源可供人类再使用一万年以上。当然,人类文明会发生变化,会使用不同的矿物,但一万多年是相当长的一段时间”。

化学元素无处不在,地壳的厚度在 4.8 ~ 48 公里之间,多数地块已开采的范围只是最上面的 0.8 公里。按照化学家的说法,如果有人有兴趣在海洋中采矿,那么他们可以开采出 1000 万吨黄金,价值超过 500 万亿美元。加拿大安大