



清洁能源科技丛书

分布式 能源综论

A Comprehensive Study of Distributed Energy Systems

宋英华 张敏吉 肖 钢 编著



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press



清洁能源科技丛书

分布式 能源综论

A Comprehensive Study of Distributed Energy Systems

宋英华 张敏吉 肖 钢 编著



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

内 容 简 介

作为一本科普读物,本书以新颖的理念和独特的视角,对一系列涉及“能源”的问题进行了深入浅出的论述,特别是对能源和人类之间关系进行了理性的思考,对我国当前能源现状和问题进行了客观的描述,并对各种能源利用技术进行了较为全面的介绍。本书以能源为核心,系统回顾了人类的文明发展史,高度概括了人类的能源利用轨迹,全面总结了我国现有能源问题,细致分析了导致问题的主要因素,进而讨论了各种能源解决方案,也对能源改革中遭遇的困难加以详述。本书中对分布式能源资源、技术、系统和体系建设进行了有针对性的介绍,力求描绘出以“分布式能源”和“智能电网”为代表的下一代能源体系的大致轮廓,解析该体系的科学性和先进性,以及对其进行研究和建设的必要性和可行性。

图书在版编目(CIP)数据

分布式能源综论/宋英华,张敏吉,肖钢编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.7

ISBN 978-7-5629-3406-6

I. ①分… II. ①宋… ②张… ③肖… III. ①能源-体系-研究
IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 109980 号

项目负责人:孙 丽(027-87395053)

责任编辑:雷 蕾

责任校对:张明华

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉理工大学出版社

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

印 刷:武汉理工大印刷厂

经 销:各地新华书店

开 本:787×960 1/16

印 张:13.25

插 页:1

字 数:245 千

版 次:2011 年 7 月第 1 版

印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:40.00 元

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87397097(传真)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

· 版权所有 盗版必究 ·

Foreword

It is widely recognized that clean energy is an area of increasing importance to our world. As one of the leading companies in the catalysis industry, Haldor Topsoe fully shares the view that this world has a clear and compelling need to use our energy resources in new, clean and efficient ways.

I am now 98 years old. With an age difference of 48 years, I have enjoyed a friendship with Dr. Gang Xiao between generations. The Topsoe family has known Dr. Gang Xiao for almost 20 years, since he as a young man began his career with the company many years ago. Right from the beginning I was impressed by his talents and multidiscipline approach and I have always enjoyed his presence, and every time we are together I use the opportunity to learn more about energy systems and the wider world. Since our early encounters Dr. Xiao has developed into a world leading scientist with active knowledge across a broad spectrum of science and technology, including inorganic and organic chemistry, electrochemistry, physical chemistry, and geosciences. His enthusiasm, tremendous passion, and his unique appealing personality have always impressed me very much.

The last time I met him, Gang told me that he had finished writing a series of books on clean energy technologies to the Chinese readers. I am delighted to recommend Dr. Gang Xiao's books to all those interested in the progress and possibilities in the field of clean energy.

A handwritten signature in black ink, reading "Haldor Topsoe". The signature is written in a cursive, flowing style with a large, stylized 'H' and 'T'.

序(中文译文)

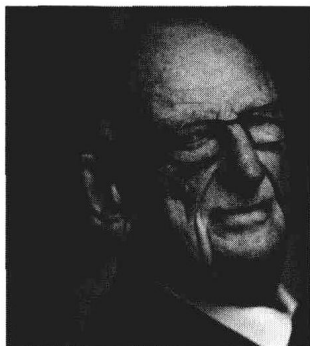
清洁能源对当今世界的重要性正在得到人们的普遍认同。作为世界工业催化行业的领军企业,哈尔杜·托普索公司也认为我们的世界正面临着一个清晰而紧迫的需求——能源的新型、清洁和高效的利用方式。

我已经 98 岁,比肖钢博士年长 48 岁,我们一直是难得的忘年交。大约 20 年前,年轻的肖钢博士在托普索公司开始他的职业生涯时,托普索家族就了解他并彼此成为好朋友了。从一开始结识他,他的才干以及他对多学科知识的驾驭能力便给我留下了深刻印象。我非常享受与他见面的时光,每一次与他见面都是一个让我了解更多能源系统与大千世界的绝妙机会。时光飞逝,现在肖钢博士已经成为一名世界级的领军科学家。他的科学技术知识面非常宽,横跨无机化学、有机化学、电化学、物理化学和地球科学。他的热情,包括做事时巨大的激情,以及他独特的人格魅力给人印象深刻。

上次见到钢的时候,他向我介绍了他正在为中国读者编写的一套清洁能源科技丛书。我非常高兴为这套丛书作序,并借此机会向所有对清洁能源的进步感兴趣的同仁推荐肖钢博士的作品。

哈尔杜·托普索

哈尔杜·托普索先生简介



哈尔杜·托普索,1936年毕业于丹麦技术大学(DTU),1940年创立哈尔杜·托普索公司。公司成立70多年来,一直秉持着只有通过应用基础研究才能建立和保持独一无二的催化市场地位的理念,是世界工业催化领域家喻户晓的领军企业。由于成绩斐然、对社会的贡献巨大,哈尔杜·托普索先生曾被授予诸多国际荣誉,包括丹麦皇室授予的皇家大爵士勋章。

前言

“能源”，并不是老百姓在茶余饭后常津津乐道的话题，尤其是在中国。说起“能源”，更多的中国人会想到石油和国内三大石油公司的强势，煤炭和山西煤窑老板的财富，以及各地的听证会和不断上涨的油、电、气价格，不少人还会联想到环境污染和全球变暖，但很少有人会想到“能源”本身以及自己和“能源”的关系，尽管穷人类历史之长，尽人类足迹之远，仰人类文明之高，“能源”可谓时时、处处、人人不可或缺，与我们的生活息息相关，休戚与共，但也正是因此，“能源”反而更易被人忽略。日常生活中，我们不可避免使用能源，但无法挑选使用何种能源，无法决定或影响能源的来源、生产方式和价格，更无法通晓纷繁复杂的能源技术和发展方向。对于普通人而言，“能源”既然是一种无法回避、无法选择、无法影响、无法掌控的生活消费品，那么除了偶尔的抱怨之外，又有什么值得让我们去关注和思考的呢？

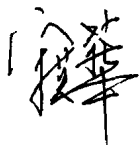
时至今日，改变正在发生。随着资源、环境和气候问题的突显，全球正在一步步迈入新一轮的能源变革，陈旧的能源开采、转化、利用方式正被逐渐淘汰，而新能源事业正悄然兴起，新资源、新技术、新理念层出不穷，一个崭新的时代即将到来，届时人与能源的关系都将发生改变。对于老百姓，他们不再是被动地接受能源，而是要积极地创造，主动地分享，智能地消费。在中国，大多数人可能对此仍无法理解，还无法想象大多数丹麦人已经可以轻松地通过电脑软件随时选择并任意切换不同来源、不同价格的电力供应；更无法想象不少西班牙人每天都会关注全国各地的天气预报来估算自己在不同地方买下的太阳能电池能发多少电，并给自己带来多少利润；而美国人已经考虑在自己车库里安装电网连接设备，可用低谷电价给自己的电动汽车充电，并在用电高峰时送电上网，赚取差价……到目前为止不难看出，在新一轮的能源变革中，貌似中国人又落伍了，落伍的不是我们的技术，也不是产品，而是我们的思维、理念和目标。

能源问题，是全球性问题，中国亦不可避免。从某种意义上来说，经济高速增长的中国存在着更为突出的能源问题，而中国人并非后知后觉，也不会熟视无睹，三百年的落后使国人自省，三十多年的改革让国人自信，对变革的必要性我们有着清醒的认知，但使我们困惑和迷茫的是怎样去付诸实践，向哪些国家学习，优先发展何种能源，以怎样的力度达到什么效果，以及能否在改革

中保持和谐稳定。

记得听过一则寓言：一只青蛙遇到了一条蜈蚣。青蛙自忖自己有四条腿，跳跃自如，而蜈蚣却有无数条腿，竟也行走流畅。青蛙觉得很奇怪，便问蜈蚣道：“你有这么多条腿，当你行走时先迈哪条腿呢？”蜈蚣听了青蛙的问题，也不由得思考了起来。可没曾想到，蜈蚣一思考这个问题，竟从此不会走路了。原来蜈蚣以前从不认真思考，只是目视前方，一心向前，自然而然就朝前走了；可自从考虑先迈哪条腿后，他忘记了向前看，只盯着自己的脚，结果无数条腿互相磕绊，从此再也迈不开步子了。我想，蜈蚣不久就会明白：孰先孰后并不重要，重要的是认准方向，明确目标，一心向前。中国的能源改革同样如此，我们百般纠结于眼前的主次先后之时，是否已经找到并确定了改革的正确方向和终极目标呢？

本书是一本科普书籍，希望能够唤起更多的人对我国能源问题和能源改革的思考，提升大家对未来能源事业的参与度和积极性。为此，我们不妨一起通过解构人类文明与能源之间的关系，了解各种能源利用和转化技术，剖析国内能源体制的现状，借鉴国外能源改革的经验，思考能源技术和理念的发展趋势，共同来寻找未来先进能源体系的内涵和真谛。本书向读者展示的正是我们在这些方面的一些思考和探索。



2010年9月

目 录

第一部分 能源和能源问题	(1)
1 能源概述	(1)
1.1 能源的定义	(1)
1.2 能源的来源	(4)
1.3 能源的分类	(5)
1.4 能源和人类发展的关系	(8)
1.5 全球能源开发和应用的现状	(10)
2 我国能源产业的五大问题	(15)
2.1 问题一:能源资源问题	(16)
2.2 问题二:能源供给问题	(18)
2.3 问题三:能源效率问题	(20)
2.4 问题四:环境污染问题	(22)
2.5 问题五:能源安全问题	(23)
3 能源问题背后的四大矛盾	(26)
3.1 问题背后的客观因素	(26)
3.2 矛盾一:资源短缺与能源低效利用之间的矛盾	(26)
3.3 矛盾二:经济增长与能源定价机制之间的矛盾	(27)
3.4 矛盾三:社会安定与现有能源体制之间的矛盾	(27)
3.5 矛盾四:环境保护与现有能源结构之间的矛盾	(27)
4 我国能源问题解决方案	(28)
4.1 方案一:增加国际能源采购与进口	(28)
4.2 方案二:大力发展核能	(28)
4.3 方案三:全力开发西部能源	(29)
4.4 方案四:大力节能降耗,提高能效	(29)
4.5 方案五:开发可再生能源,优化能源结构	(29)

4.6	方案六:对症下药,多管齐下	(30)
5	我国的能源体制改革	(31)
第二部分 分布式能源解析		(32)
6	分布式能源概述	(32)
6.1	分布式能源概念	(32)
6.2	分布式能源资源	(36)
6.3	分布式能源系统	(44)
6.4	分布式能源体系	(46)
7	分布式能源的发展和引入	(52)
7.1	分布式能源的起源	(52)
7.2	国外分布式能源的发展	(53)
7.3	我国分布式能源的引入和现状	(55)
8	我国分布式能源的前景	(58)
8.1	我国分布式能源发展的途径	(58)
8.2	我国分布式能源发展的困局	(59)
8.3	我国发展分布式能源的意义	(62)
9	“智能电网”的提出及其发展	(68)
9.1	“智能电网”提出的背景	(68)
9.2	智能电网的起源和演变	(69)
9.3	智能电网和分布式能源的关系	(71)
9.4	智能电网的特征	(73)
9.5	国际智能电网的实践	(75)
9.6	我国智能电网的讨论	(76)
9.7	分布式能源和智能电网的未来	(77)

第三部分 分布式能源技术	(80)
10 热电联产技术	(81)
10.1 热电联产	(82)
10.2 蒸汽轮机	(83)
10.3 往复式发动机	(84)
10.4 燃气轮机	(86)
10.5 微型燃气轮机	(88)
10.6 燃料电池	(97)
10.7 热泵	(106)
11 可再生能源发电技术	(115)
11.1 太阳能发电	(115)
11.2 风力发电	(148)
11.3 生物质能发电	(159)
11.4 水力发电	(173)
11.5 海洋能发电	(185)
11.6 地热能发电	(196)
参考文献	(202)

第一部分 能源和能源问题

1 能源概述

能源是人类生存的物质基础。从某种意义上讲,人类文明的发源和发展都源自对能源和先进能源技术的利用。当今世界,能源供需间的矛盾,能源利用和环境保护间的矛盾,以及能源安全问题,已成为全人类共同关心的焦点问题,这些问题能否有效解决,已成为维持我国经济可持续发展的关键性课题。

1.1 能源的定义

2008年年底始自美国的“金融海啸”席卷全球,同时将“金融”这个抽象而深奥的经济学术语客观、形象而又极其深刻地普及到全球各个角落,也将之牢牢地印在了每个亲历者的脑海中。与之相同,“能源”这一词汇深入人心,也正是依赖于1973年和1978年两次世界性的“石油危机”及其衍生的全球大范围的经济衰退。此后30年里,在相对稳定的能源供给支撑下,世界经济取得了较大和较快的发展;然而,在利用能源推动经济发展、社会进步的同时,人们也遇到一系列无法回避的能源安全挑战、能源短缺,以及能源过度使用造成的环境污染等棘手问题。国际上,能源政策已经从国家层面被提升到区域甚至全球高度;而在我国,能源保障体系也成为关乎我国复兴之路的一条名副其实的“龙脉”。

那么,究竟什么是“能源”?怎样描述,又如何定义这种战略资源?事实上,国内外文献中对于“能源”的描述非常丰富。例如:

(1)世界能源大会(WEC)认为:“能源是使系统能够产生对外部活动的的能力”;

(2)《科学技术百科全书》说:“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”;

(3)《大英百科全书》说:“能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术

语,人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”;

(4)《日本大百科全书》说:“在各种生产活动中,我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功,可利用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体,称为能源”;

(5)我国《能源百科全书》说:“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源”;

(6)《2006 节能手册》的定义为:“能源是可以直接或通过转换提供人类所需的有用的资源”。

归纳总结上述描述,不难概括总结出“能源”的定义——自然界中对人类有利用价值,并可以通过一定转换技术获取的能量及其载体。

该定义包括几个要素,而这些要素也是判断一种资源能否被称为“能源”的主要依据:

(1)首先,能源包含两层含义:“能”和“源”,既囊括了人类需要的能量,又包括承载这些能量的物质资源;

(2)其次,这些能量和物质资源应该是自然界中天然存在的,不包括经过工业加工的人造物品;

(3)再次,这些资源所包含的能量必须是人类需要的,存在利用价值,并可以满足人类特定用途;

(4)最后,这些能量的获取和转化,可以通过人类现有技术手段加以实现。

1.1.1 电池是能源么?

以上述几点作为判断依据,我们不难看出,任何形式的电池都不是能源,因为电池虽然拥有载体,蓄有能量,有利用价值,也可以通过技术手段加以提取转化,但并非天然物质,更非能量的自然载体,所以通常称之为“电源”,而不会称为“能源”。非但电池不是能源,“电”本身也不是能源,人类使用的电力并非取之天然;与之类似,经过工业加工的汽油、柴油、酒精、清洁煤等这类人造的“燃油”和“燃料”,虽然经常被称为“二次能源”,本质上与能源也是有区别的。习惯上,我们通常在讨论“能源储量”和“能源结构”时,完全不考虑“二次能源”;而在谈及“能源供给”和“能源安全”时,又将能源与之混为一谈,这些约定俗成的说法,下文中就不再一一解释了。

1.1.2 粮食是能源么?

这个问题,我们必须从两个角度去思考。首先,粮食作为食物,并非通过技术手段提取、转化并利用,而是凭借人类自身的消化循环系统吸收,通过人

类的本能而非技能获取,那么就不能称之为“能源”,就像我们并不把“人力资源”称为“人力能源”。但换一个思路,如果食物被当做原料,通过化学手段来制造乙醇或其他生物质燃料,甚至直接用来燃烧,在这种情况下,粮食就被认为是一种最原始的能源——生物质能。生物质能源是人类最先掌握的一种能源,其利用广泛且历史悠久,但目前由于我国人口众多,耕地有限,而粮食又是保证人民日常生活和国家安全的重要战略物资,其价格对国民经济更有着重大的影响,所以我国政府并不允许将粮食作为“能源”来加工利用。

1.1.3 雷电是能源么?

答案是否定的,雷电并非“能源”,因为其利用价值低下。通常我们观察到的雷电,其峰值功率可达10亿千瓦,远远超过世界上任何一个发电厂的功率,即使新建成的三峡水电站,其总装机功率也只有1820万千瓦。但事实上,雷电的能量却非常有限,毕竟单次雷电持续时间一般只有0.2 s左右,而峰值时间就更短了,只有微秒级,所以人们形象地称之为“闪电”。就是因为它一闪即逝的特性,雷电的价值就大大降低了,更何况雷电的发生存在地域性、季节性和随机性,共同决定了雷电目前尚不具备作为“能源”所应有的利用价值。如果有朝一日人类能够大规模地对自然雷电进行控制,并从中获取电力,则雷电也将成为一种能源。

1.1.4 静电是能源么?

与雷电相似,静电也是一种人们在日常生活中随处可见的电磁能释放现象,在冬天的夜里我们脱下毛衣时可以听见劈啪声;而干燥的环境下,梳过头发的梳子则可以吸引纸屑,这都是静电在作怪。与雷电不同,静电是可以被利用的。借助静电产生的静电场,人们已经实现了对静电的广泛利用,比如静电场使悬浮的尘粒带电而被吸附,并使之分离出来然后去除,这就是静电除尘;而利用静电场的吸附作用将染料微粒涂敷在金属物体上,然后通过烘烤形成均匀的涂层,则被称为静电喷涂。其他诸如静电分选、静电纺纱、静电植绒、静电复印……这些都是不同工业领域对静电场的巧妙应用。但在这些应用中我们并不从静电中提取转化能量,反而要消耗能量,所以不能称其为能源。但随着科学技术的发展,能量提取、转化手段的进步,不排除“静电”在未来有可能成为一种崭新的能源。

上述几个小例子中,因为种种缘故,将“电池”、“粮食”、“雷电”、“静电”都排除在了“能源”范畴之外,这有助于我们更形象而深入地理解“能源”的概念;但实际上,任何定义都受到人类认知和技术水平的约束,随着人们对世界认知

的深入和科学技术水平的进步,这些定义也需要与时俱进。我们可以想象,根据爱因斯坦的 $E=MC^2$ 方程,在自然界甚至宇宙中的所有物质都蕴含着巨大的能量,如果我们发现并掌握了提取和转化这些能量的方法,将不难发现宇宙中遍“地”能源,届时“能源短缺”将成为人类社会最不可能出现的社会问题。

1.2 能源的来源

既然上文中将“电池”、“粮食”、“雷电”、“静电”都排除在能源范畴之外,那么我们目前生活、生产所依赖的能量又都来自哪里?这些能源是否无穷无尽?如果不是,何时会耗尽呢?

1.2.1 能量的源头

目前,被人类广泛使用的能源包括煤、石油、天然气、生物质、风、光、水、地热、潮汐以及放射性物质等,此中绝大部分能源的能量来自太阳。

(1)煤、石油以及天然气是通过亿万年前生物化学过程,以碳氢化合物中的化学键形式储存起来的远古太阳能。

(2)太阳能、水能、风能、潮汐能、生物能则是通过光热光电效应、大气环流、水汽搬运、天体引力以及光合作用等储存起来的当代太阳能。

(3)地热能、核能和一部分甲烷则是形成于地球诞生过程中,由于太阳系和宇宙星体之间相互作用的影响而形成。

综上所述,绝大部分我们现有可知、可用的“能源”,仅仅是古代或当代太阳能的不同物质形态而已。小而言之,地球上的能量来自于太阳;大而言之,地球上的能量来自于宇宙。所谓“能源”不过是太阳(宇宙)能量在物质世界中的存在形式;而“能源利用技术”则是为了从能量载体中提取更大的能量,并通过转化、传输、储存和使用,使之更好地满足人类的需求,实现人类意志的手段和能力。

1.2.2 能源的尽头

既然“能源”来自于太阳和宇宙,那么我们可以高枕无忧了,因为理论上,太阳还有 50 亿年的寿命,即便人类穷极想象,在可预测的未来也不必忧心太阳能的枯竭;而根据热力学第二定律,宇宙的能量必将消散并逼近绝对零度,但那将是比太阳枯竭更久远难测的未来。与此同时,随着人类文明的进步,人类将掌握并利用更先进的能源技术,从更多的资源中更高效地提炼更大量的能量,并以此推动人类文明的不断飞跃——换言之,能源没有尽头。

然而,事实总是难以尽如人愿,自从进入工业文明,随着能源需求的不断增大,人们对能源短缺的忧心从未真正消退。自 19 世纪 70 年代的工业革命以来,化石燃料的消费量急剧增长,并至今占据主导地位。初期化石燃料以煤炭为主,进入 20 世纪以后,特别是第二次世界大战以来,石油和天然气的生产与消费持续上升;石油在 20 世纪 60 年代首次超过煤炭,跃居化石能源的主导地位。尽管 20 世纪 70 年代世界经历了两次石油危机,但世界石油消费量却没有丝毫减少的趋势。过去 30 年间,世界能源消费量增长率达到 1.8%,这个速率意味着地球上每 40 年的能源消耗就将至少翻一番;而在我国,这个速率是 5.5%。为此,有科学家预言地球上的石油、天然气及煤炭,将分别在 40 年、65 年、162 年之后消耗殆尽。

化石能源是地球经过上亿年,以碳氢化合物的形式积累下的古代太阳能。如果把地球比喻成一个巨大的“碳氢电池”,那么可以想象人类文明在短短 300 年之内,就将这个已经充了上亿年“太阳能”的“碳氢电池”消耗殆尽,这是怎样一个惊人的速度;更惊人的是,这个“碳氢电池”由于快速放电,其产生的“碳排放”无法正常循环消耗,已经造成环境问题,导致全球变暖。英国牛津大学与德国科学家研究发现,即便是目前所讨论的力度最大的温室气体减排方案,也不大可能将全球变暖限制在安全水平之内。这意味着,出于保护地球环境的需要,我们很可能无法等到化石能源耗尽的那一天。有研究指出,为了避免全球气温超过理论上的安全警戒值,目前全球已探明、且具备经济开采价值的化石燃料储备中,将只有不足 1/4 可以用来燃烧。

综上所述,我们不难发现,尽管能源没有尽头,但人们当前依赖的化石能源是会枯竭的,无论是为了防止未来能源的短缺,还是为了保护现实环境,避免全球气候的人为变化,我们都不能再过于依赖和过度使用化石能源。令人欣慰的是,人们对能源短缺和环境污染的担忧,却恰恰成为新能源利用技术发明和发展最好的动力,进入 21 世纪之后,包括太阳能、风能在内的清洁而安全的替代能源技术已经取得了突破性进展,并成为所有能源分类中发展最快的一支。

1.3 能源的分类

能源按照不同的标准,可以进行不同的分类:

- (1)按能源能量来源分类有太阳辐射能(煤等)、地球能(地热等)和宇宙能(潮汐能等);
- (2)按能源开发阶段分类有常规能源(煤等)和新能源(核能等);

- (3)按能源再生能力分类有可再生能源(太阳能等)和一次性能源(煤等);
- (4)按能量转化阶段分类有一次能源(煤等)和二次能源(炭等);
- (5)按能源流通环节分类有商品能源(石油等)和非商品能源(薪柴等)。

上述各种能源分类方式,有着不同的侧重点,考虑了不同的方面,满足了各自使用的需要。本书着重介绍的分布式能源,视角并不局限于能源的来源、是否传统、可否再生、能否商品化,而是更多地侧重于介绍各种能源的分布式提取、转化和利用技术,及其对社会需求和环境保护等问题的积极作用。所以,本书将根据能源利用技术——人类在利用各种能源资源时提取转化方式的不同,对能源进行再分类。

按照能源利用技术,能源可以分成三大类:清洁能源、化学能源和辐射能源,以下将逐一进行详细介绍。

1.3.1 清洁能源

清洁能源,即可利用物理学方法提取的能源,包括除生物质能之外的其他可再生能源,如水能、太阳能、风能、地热能等。这些能源可以通过物理学方法加以获取,通常可以直接转化成机械动能、热能或电能,在此过程中不会发生化学反应、没有伴生产品、没有排放,因此被称为清洁能源,是迄今为止最安全和环保的可利用能源。

当然,需要说明的是,“清洁”是相对的,是指这些能源在提取和转化的过程中没有任何污染和排放,但提取这些能量的材料和设备,比如太阳能电池的生产,风力涡轮及塔架的制造,都可能存在不同程度的高温耗能、气体排放、副产品处理等问题;再如大型水力坝体的筑造,会对区域水文、生态、气候等资源环境带来长期的负面影响。它们的设计必须经过反复论证,其建设必须经过国家环保部门的审批和许可。

1.3.2 化学能源

化学能源,即须依赖化学反应提取的能源,包括所有燃料,如生物质能和其他一次性能源、化石能源(固体燃料、液体燃料、气体燃料)。例如薪柴和煤,把它们加热到一定温度,它们就能和空气中的氧气化合并释放出大量的热能。我们可以用热能来做饭、取暖或制冷,也可以用热能来产生蒸汽,用蒸汽推动汽轮机,将热能变成机械能;继而可以用汽轮机带动发电机,使机械能变成电能;如果把电送到工厂、企业、机关、农牧林区和住户,它又可以转换成机械能、光能或热能。

由此可见,化学能源和人们日常生活、生产息息相关,是人类赖以生存、繁

衍和发展最重要的物质基础,在人类社会中占据着无可比拟的地位,意义非凡。而在中国,尽管三峡电站已经开始并网发电,但火力发电仍占全国电力生产的80%,而燃煤发电则占到60%以上,处于我国电力结构的绝对主体地位。

除利用燃料电池之外,所有化学能源的开发依赖“燃烧”。燃烧不可避免地在释放能量的同时生成新的氧化物,比如碳、硫和氮的多种氧化物,从目前的研究来看,这三种氧化物的大量排放对地球环境污染和气候变化问题负有不可推卸的责任。需要指出的是,生物质能作为一种可再生能源,在理论上能够维持其全生命周期二氧化碳吸收和排放的平衡,这意味着生物质能不会增加大气中二氧化碳的排放量。但有研究表明,人们可能“高估了生物燃料的净能量输出和对于减少大气中温室气体排放量的贡献”,同时,更重要的是,“生物燃料正在成为物种灭绝的一个主要因素,因为它们的生产将加剧对自然栖息地的破坏,包括东南亚低地森林(油椰子的栖息地)到亚马逊河流域(豆油生产用于生物柴油的制造,甘蔗种植用于乙醇的生产)。”

1.3.3 辐射能源

辐射能源即核能。核能与化学能类似,化学能是在化学反应当中,靠分子中的电子进行交换而获得能量;而核能则是靠分子中原子核里的中子或质子的重新分配获得能量,故也称为原子能。相比于前两种能源,核能产生的能量大得出奇,不可否认,核能利用技术是人类认知世界、改造世界能力的重大进步。

自第二次世界大战以来,人类逐步掌握并发展了核能的利用技术。20世纪70年代,随着石油危机的爆发,核电热在全球升温,而在此后近20年间却处于停顿状态,直到最近国际核电热又再度回潮。不可否认,核能技术已经成为推动当今世界经济发展的重要力量,当前全球共有436座核电站,分布在31个国家,每年要消耗近7万吨浓缩铀,这些核电站年发电量约占全球发电总量的16%,已经接近水电的发电量。此外,全球在建的核电站有27座,有62座已进入订货或计划阶段,另有130座在拟议之中,预计到2020年前,将有168座新核电站投入运转——尽管如此,在新一轮的国际核电热潮到来的今天,我们仍有必要保持客观而谨慎的态度。

核能潜在的破坏力时刻让世人警醒,这是人类历史上第一次掌握了足以自我毁灭的巨大力量。从某种意义上来说,在人类完全掌握核能利用技术,并将之发展至完善之前,核能始终是悬于全人类头顶的一把达摩克里特之剑。

(1)1979年3月28日,美国位于宾夕法尼亚州中部的三英里岛核电站发生了放射性物质泄漏事故,虽然没有造成严重的危害和后果,但美国核电因此