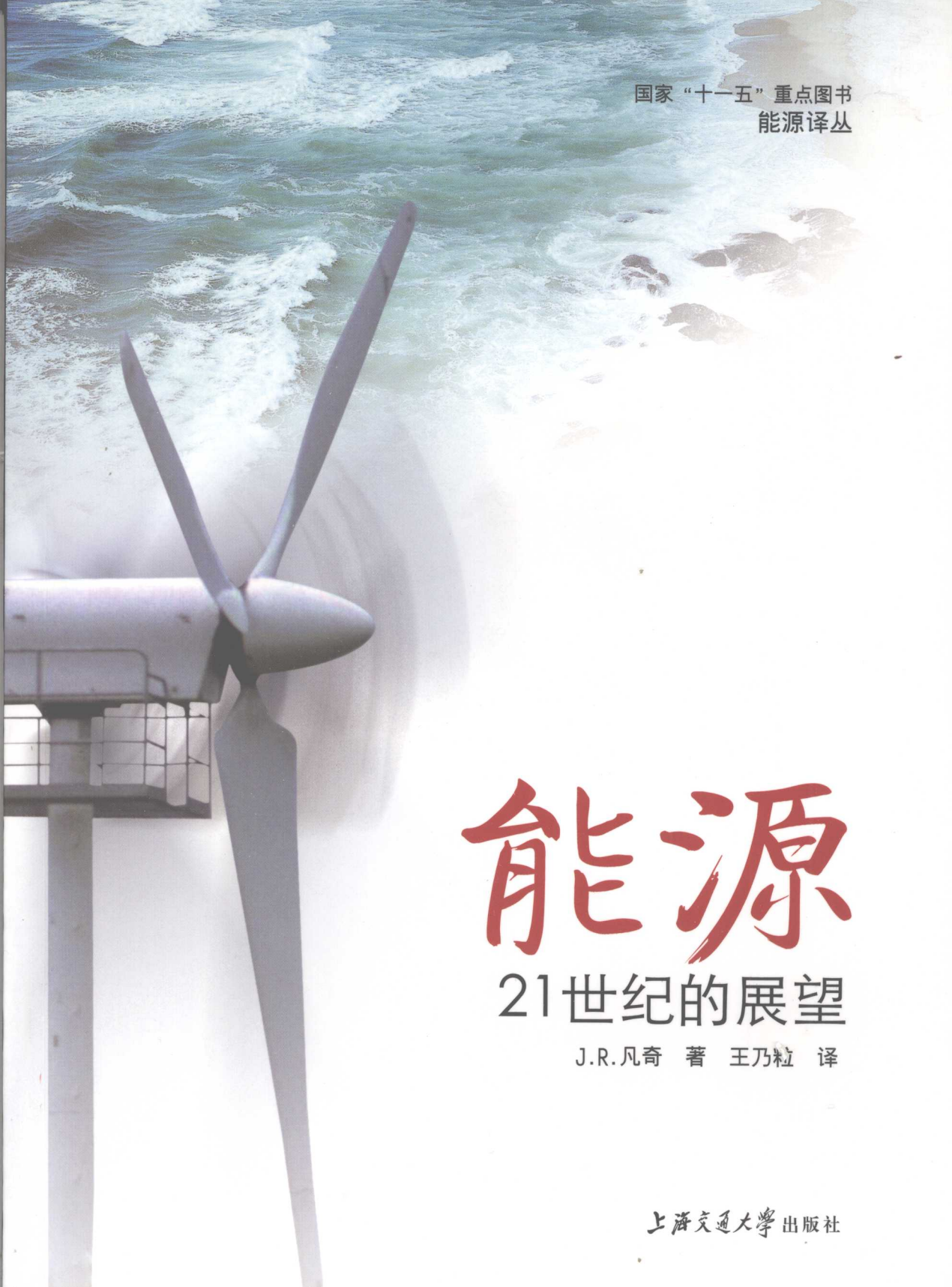




国家“十一五”重点图书
能源译丛

能源

21世纪的展望

J.R.凡奇 著 王乃粒 译

上海交通大学出版社

国家“十一”五重点图书

能源译丛

能源：21 世纪的展望

J·R·凡奇 著

王乃粒 译

上海交通大学出版社

内 容 提 要

能源是人类赖以生存和发展的五大要素之一,是国民经济和社会发展的物质基础。本书作者在为能源专业的大学生撰写教科书的基础上,省略一些理论推导和技术细节而改写成的一本高级科普读物。旨在帮助政府官员、企业家、投资商和广大公众了解能源发展的历史、现状和未来趋势,以便从不同角度对能源问题做出正确的选择。全书共十章,包括能量消耗简史、能源选择、能源预报,以及能源经济和环境。

图书在版编目(CIP)数据

能源:21 世纪的展望/(美)凡奇著;王乃粒译. —上海:上海
交通大学出版社,2008

(能源译丛)

国家“十一五”重点图书

ISBN978-7-313-05005-2

I. 能... II. ①凡... ②王... III. 能源—高等学校—
教材 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 161789 号

能源:21 世纪的展望

J·R·凡奇 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:10.25 字数:135 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~2050

ISBN978-7-313-05005-2/TK·077 定价:25.00 元

版权所有 侵权必究

ENERGY In The 21st Century

Published by

World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

5 Toh Tuck Link, Singapore 596224

Copyright © 2005 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. All rights reserved. This book, or parts thereof, may not be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or any information storage and retrieval system now known or to be invented, without written permission from the Publisher.

Simplified Chinese translation arranged with World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore

Chinese (Simplified Characters) Copyright © 2007 by Shanghai Jiao Tong University Press

上海市版权局著作权合同登记:图字 09-2007-458 号

序 言

当我在 20 世纪 70 年代从丹佛大学(学士)、密西西比大学(硕士)和休斯敦大学(哲学博士)获得物理学学位时,就开始对能源发生了兴趣。1978 年,我作为一名博士后研究人员,在太阳能的地热储存方面做了一些工作,后来又在能源产业领域工作了许多年,帮助开发石油和天然气库。1998 年当我作为一个石油工程学教授参加卡罗拉多矿业学院工作时,我便成为一名专职的学者。

在从产业部门转向学术界的过程中,我想弄清楚究竟需要多长的时间才能使现今的一名大学毕业生能在开采化石燃料领域继续他的职业生涯。经过研究了几份关于能源生产的预报之后,我相信化石燃料还会继续成为能源结构中的一个重要部分,而与此同时,其他的能源的重要性也会增加。为了帮助大学生们能成为一名能源领域的专业人才,我在卡罗拉多矿业学院开了一门能源课,并且出版了一本教科书《能源:未来的技术和方针》(Elsevier 学术出版社,波士顿,2004 年)。

在我撰写这本能源教科书的过程中,我意识到这本教科书中的许多内容都适合一般的读者。《能源:21 世纪的展望》这本书是《能源:未来的技术和方针》一书的一种非技术性版本。写作《能源:21 世纪的展望》这本书是为有关的公民提供足够的关于能源的信息,以使它们能做出自己了解情况的决策。那些想得到更详细的信息或者更完整的参考资料的读者,可以参阅《能源:未来的技术和方针》这本教科书。

我想对我的学生们和客座演讲者们在我准备写作我的能源教材过程中提出的评论表示感谢。Tony Fanchi 帮助我准备了本书中的许多图

能源:21 世纪的展望

表;Kathy Fanchi 在准备和出版这本书方面提供了帮助。即便如此,还有更多的课题值得讨论。《能源:21 世纪的展望》一书中提供的信息会把许许多多的能源种类展现在你的面前,帮助你判断每一种能源可能会在未来发挥的作用。

J·R·凡奇

John R. Fanchi

2005 年 1 月

本书介绍

能源是人类赖以生存和发展的五大要素之一,是国民经济和社会发展的物质基础,甚至是影响国家之间和地区之间关系的一个重要因素。以石油为代表的化石燃料是不可再生能源,石油储量的不断消耗和油价不断上涨以及化石燃料燃烧对环境造成不良影响,已引起了各国政府、企业界、学术界和广大公众严重的担心和高度的关注。本书对未来的能源结构发展趋势作了科学的预报,并对世界能源发展战略提出了许多宝贵的建议,很值得一读。

本书作者,美国卡罗拉多矿业学院教授 J·R·凡奇(John R. Fanchi)博士,自 1978 年起在太阳能的地热储存和开发石油、天然气库等能源产业领域,长期从事研究和开发工作,具有丰富的实践经验。自 1998 年他被聘任为美国卡罗拉多矿业学院石油工程学教授以来,出版了《共享地球模型的建立》和《未来的技术和方针》等 6 部专著,具有相当高的理论水平。

凡奇教授在为能源专业的大学生撰写一本教科书《未来的技术和方针》的过程中,意识到这本书中的许多内容也适合一般的读者阅读,于是他将这本教科书中的理论推导和一些技术细节省略,改写成《能源:21 世纪的展望》。

这本关于能源问题的高级科普读物,旨在帮助政策制定者、企业家、投资商和广大的公众了解能源发展的历史、现状和未来发展趋势,以便从不同角度对能源问题做出正确的选择。

在本书第 1 章“能量消耗简史”中,作者强调指出,化石燃料尤其是石油是当前人类使用的主要一次能源,但石油供应将在 21 世纪的头一个 25 年内——从现在起到 2025 年间的某一时间点,达到一个峰值,然后便会开始下降。无论人类对石油的需求如何增长,石油产量都会逐渐

减少。这种需求的增长和供应的减少加在一起,势必引起石油价格的上涨。因此,必然会出现一些新的替代能源来取代价格越来越高的石油,从而打破石油在当今的能源结构中的统治地位。

在第 2 章至第 6 章中,分别对化石能源、核能以及包括太阳能、风能和水电、生物质能和合成燃料在内的各种替代能源,从它们的起源、利用原理、获取工艺和它们在当今和未来的能源结构中的地位以及发展趋势作了详细的论述。

在第 7 章“氢——一种能量载体”中,作者指出,氢并不是一种一次能源,而是一种能量载体。能源向着脱碳方向发展的历史潮流预示,氢将成为未来的一种重要燃料,一种以氢作燃料的“氢经济”正在崭露头角,前途无量。

在第 8 章“发电和配电”中,作者指出,分散的能量生产可能是将来的发展方向,集中系统中的一些规模巨大的发电厂将逐渐被许多规模相对较小的发电技术所取代,以利于风能和太阳能等替代能源的利用。

在第 9 章“能源、经济和环境”中,作者指出,经济学问题是能源选择和能源管理的一个基本组成部分。并介绍了一种用来权衡各种能源选择和实际运作的经济分析方法,为能源投资和管理提供了一种科学的依据。本章还着重指出,在选择一种能源时,除了能量密度这一基本因素而外,还必须考虑其成本、可靠性、社会可接受程度和环境影响。化石燃料虽然在能量密度、成本和可靠性方面具有一定的优势,但它在燃烧过程中会产生二氧化碳等温室气体,造成全球变暖;核裂变反应会产生放射性废料,引起核坠尘和核冬季(nuclear winter)等环境污染。即使是一些被称为清洁能源的可再生能源,如像太阳能和风能,也可能会对环境造成一定的不良影响。因此,在选择能源时必须考虑它们与环境的兼容性。

在第 10 章“能源预报”中,作者提醒我们,当石油储量和供应逐渐减少,石油价格不断上涨时,我们面临的能源问题已不再是石油是否应该被取代,而是用什么能源来取代?什么时候被取代?必须发展和完善一种既能满足未来的能源需要,又能符合环境目标的能源战略,以保证社

会经济能健康而可持续的发展。

本书最后指出,化石燃料资源的不断减少和生产成本的不断提高与其他各种社会、政治因素产生的综合影响,可能会加速化石燃料消费的减少和对可再生的清洁能源的依赖的增加。由于存在许多不确定性,因此对 21 世纪的能源结构很难作出准确的预报,但有一点是可以肯定的,那就是未来的能源结构将会像取决于社会作何选择一样,取决于技术的进步。

译 者

2007 年 3 月

目 录

第1章 能量消耗简史	1
第2章 能源选择——化石能	15
第3章 能源选择——核能	30
第4章 能源选择——太阳能	44
第5章 能源选择——风能和水能	57
第6章 能源选择——生物质能和合成燃料	73
第7章 氢——一种能量载体	82
第8章 发电和配电	91
第9章 能源、经济和环境	105
第10章 能源预报	121
索引	138
参考文献	147

第 1 章 能量消耗简史

我们每一个人都总是在对能量问题作出决策。我们决定要用多少的电能来加热或冷却我们的住房。我们决定每天要开车到多远的地方去,以及我们驾驶的车辆的类型。我们这些生活在民主国家里的人在选择领导人时,是选择那些造出预算来支持新的能源倡议的人或是选择那些主张保持一种能捍卫能源供应线的军事实力的人?每一种这样的决定都会影响到全球的能源消耗和对可得到的能源的需求。本书的目的在于,为你提供一些你所需要的信息,来帮助你去作出了解情况的决定。

石油早已是被选择来满足我们的能源需要的一种燃料。许多专家相信,石油供应将在 21 世纪的头一个 25 年内——从现在起到 2025 年间的某一个时间——达到一个峰值,然后便会开始下降。不管对能源的需求如何增长,生产出的石油量都会减少。这种增长的需求和减少的供应加在一起,将会引起石油价格的猛涨。按照这种观点,其他的能源将会开始替代价格越来越高的石油。石油在当今的能源结构中的统治地位将不会再继续保持下去。

自 1973 年第一次石油危机起,杞人忧天的人就开始在新闻媒体中作出预示灾难的预言:石油的价格几乎会无限制地上涨。他们的预言真的会实现吗?或者说他们忽视了制约石油和其他的化石燃料的价格的市场力量?当我们考虑对这样一个问题:“社会应该如何进行由化石燃料向能够无限地为人类服务的能源转变?”作出回答时,让我们来考察一下社会能从一种对石油的依赖转变成能源独立吗?

我们今天作出的选择,将会影响一代又一代人。我们想为他们准备一个什么样的未来?什么样的未来是可能实现的?通过意识到我们的选择和我们的选择带来的后果,我们就能作出最好的决策。在本书中,

能源:21 世纪的展望

我们要考虑能源存在何处、它们的储量和可获得性。我们要讨论分配可获得的能源的方法,考察我们的选择将会如何对经济、社会和环境造成影响。我们对每一个这样的问题的了解,都会有助于我们走上能源独立的进程。我们从发现我们目前处于一种什么样的状况开始。我们用对我们的能量消耗的历史作一回顾来开始我们的讨论。

历史上的人均能量消耗

能量消耗历史表明,能源对我们中的每一个人的生活质量有多么重要。过去,社会依靠的是不同类型的能源,而且社会已被迫从一种能源类型转变成另外一种能源类型。通过考察个人的能量消耗,就可以对全球的能源作一展望。

E. Cook(1971)对社会发展的 6 个不同时期人类的日常能量消耗作了一个测定。Cook 的测定结果列于表 1-1。该表表明,随着社会的发展,个人的能量消耗不断提高。

表 1-1 历史上的能量消耗(Cook,1971)

时期	每人每天的消耗(1000大卡)				
	食物	家庭和商业	工业和农业	运输	总计
原始	2				2
狩猎	3	2			5
原始农业	4	4	4		12
先进农业	6	12	7	1	26
工业	7	32	24	14	77
技术	10	66	91	63	230

在古代,能量是以食物形式被消耗的。Cook 假定,生活在被称为“原始时代”的人消耗的唯一能源是食物。能量对生命至关重要,而食物是第一能源。根据 Cook 提供的数据,每人每天需要大约2000大卡(约 8 兆焦耳)的食物。1 食物卡等于 1 大卡。1 卡是使 1 克水的温度升高 1℃ 所需要的能量。1 摄氏温度的变化等于 1.8 华氏温度的变化。Cook 是

对大约 100 万年以前的一种非洲人作的这种测定。

在狩猎时期支配火的能力,使人类可以利用木柴加热和烹煮食物。火在夜晚可提供亮光,照亮洞穴。木柴是第一种为居住环境提供可供消耗的能源。Cook 对大约 10 万年前的欧洲人测定的每人每天的能量消耗大约为 5 000 大卡(约为 21 兆焦耳,公制单位)。

原始农业时期以动物驯化为特征。人类可以利用动物帮助他们种植庄稼,耕耘田地。能生产出比人们所需要的更多的粮食,这一点变成了创造一种农业工业的推动力。Cook 为大约公元前 5000 年生活在新月沃地(Fertile Crescent)的人测定的每人每天的能量消耗为 12 000 大卡(约 50 兆焦耳)。人类继续利用动物做工(图1-1)。

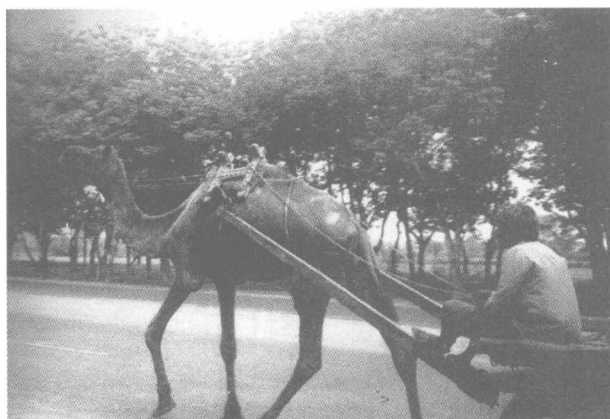


图 1-1 动物劳动力,阿默达巴德,印度

在先进的农业时期,当人类学会了利用煤,并且制造出了获取风能和水电的机器时,消耗的能量就更多了。在文艺复兴初期,人们利用风力来推动航船,利用水力来推动磨子运转,并利用木柴和煤来产生热能。图 1-2 所示为一种传统的风车。运输变成人类的能源消耗的一个重要组成部分。Cook 为生活在大约公元 1400 年的西北欧人测定的每天每人消耗的能量为 26 000 大卡(约 109 兆焦耳)。

在工业时期出现了蒸汽机。它提供了一种将热能转换成机械能的

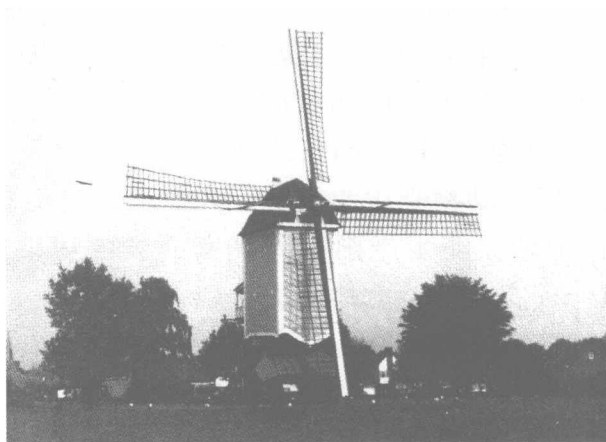


图 1-2 荷兰的传统风车

手段。在蒸汽机中,木柴是用来产生蒸汽的第一种能源。后来,煤,一种化石燃料,终于作为工业化国家的主要能源取代了木柴和干草。煤比起体积庞大和难于搬运的木柴和干草来更容易储存和运输。作为一种燃料源,煤对大型的交通运输工具如像火车和轮船是有用的,但对个人的交通运输则用途有限。另一种化石燃料石油,是一种液体,而且每单位质量含有的能量与煤大体相同。石油可以通过管道和贮油罐运输。人们只需要用 1 台机器就可以把石油中的能量转换成一种更有用的形式。Cook 对生活在大约 1875 年的英国人每人每天消耗的能量所作的测算为 77 000 大卡(约 322 兆焦耳)。

现代技术时期是与内燃机的开发和电能利用相联系的。内燃机使用的是汽油,而且它的尺寸大小可以在很大范围内变动。可以把内燃机的尺寸大小调整到能在一辆大篷马车上使用,使它变成一辆“无马马车”。当今的交通运输系统的发展,是由于一种内燃机发展的结果。相形之下,电能是用一次能源如像化石燃料生产出来的。发电和输配电系统,使电动机和电灯的广泛应用成为可能。作为一种能源,电能的一个优点是很容易传输,但电能却难以储存。Cook 对 1970 年前后的美国人

每人每天的能量消耗进行的测算结果为230 000大卡(约 962 兆焦耳)。

思考题:一种能量单位对我们有什么意义?

为了能对一种能量单位如像大卡或兆焦耳的含义有所了解,我们在此指出,1只1200瓦的头发吹干机在155分钟内要用掉大约1兆焦耳的电能。1只100瓦的电灯泡在3小时内大约要用掉1兆焦耳的电能。(Fanchi,2004,练习1-3)

能量消耗和生活质量

以上讨论的是现有的人均能量消耗情况,给了我们一个今天有多少能量被我们中的每一个人用掉了的概念。但是,它并没有告诉我们,我们每一个人应该消耗多少能量。一种测算一个人应该消耗多少能量的方法,是分析能量消耗与生活质量之间的关系。

生活质量是一种可以用几种方法加以量化的主观概念。美国通过计算一种被称为人类发展指数(HDI)的数值,来提供一种对生活质量的定量测定。HDI用3种不同类别的指数来测量一个国家中的人文发展状况。这3种不同的类别包括:期望寿命、教育和国内生产总值(GDP)。GDP代表的是一个国家的货物和服务的总产量,用来作为该国经济增长的一种量度。HDI是从0到1之间变化的一个分数。HDI值接近0被认为是一种相当低的生活质量,而HDI值接近1时则被认为是一种高的生活质量。

把人口至少是100万的所有国家的HDI值对人均电能消耗作图(图1-3),人均电能消耗是一个国家的电能消耗总量除以该国的人口。它代表这个国家中的每一个人的平均耗电量。人均耗电量的计算,为比较人口众多的国家和人口稀少的国家之间的电能消耗确定了一个共同的基准。图中的HDI数据引自2001年联合国人类发展报告(UNDP,2001)提供的1999年的数据;年人均电能消耗是美国能源部能源信息管理局报告的1999年的数据(EIA表6-2.2002)。

能源:21 世纪的展望

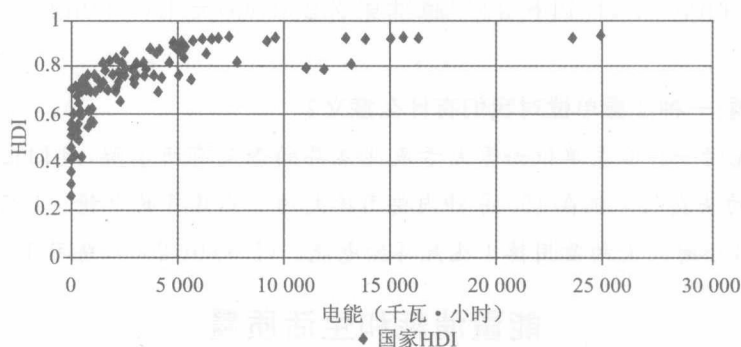


图 1-3 人类发展指数(HDI)和年人均电能消耗的关系(1999 年数据)

图 1-3 中人均电能消耗最多的 3 个国家是:挪威(24 773 千瓦·小时, $HDI=0.939$)、冰岛(23 486 千瓦·小时, $HDI=0.932$)和加拿大(16 315 千瓦·小时, $HDI=0.936$)。美国($HDI=0.934$)的人均电能消耗 1999 年为 12 838 千瓦·小时。

图 1-3 表明,用 DHI 测定的生活质量随人均电能消耗量的增加而提高。它还表明,这种生活质量的提高并不是线性的。当人均能量消耗增加到大约 5 000 千瓦·小时,生活质量的改善就开始停滞不前。还可以对人均能量消耗作另一张图(图 1-4)。

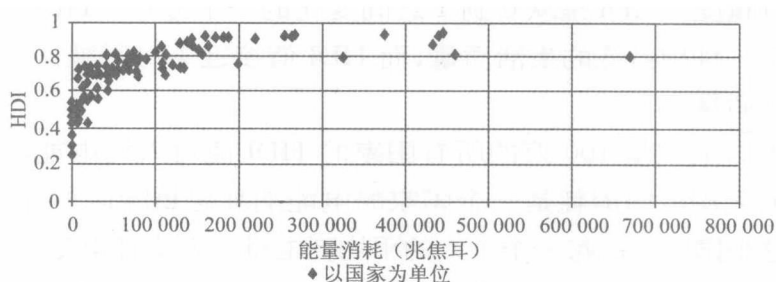


图 1-4 HDI 与年人均能量消耗的关系(1999 年数据)

图 1-4 是人口不少于 100 万的所有国家的 HDI 与年人均能量消耗的关系曲线。HDI 数据引自 2001 年联合国人类发展报告 (UNDP, 2001);年人均能量消耗是美国能源部能源信息管理局报告的 1999 年的数据(EIA 表 E. 1, 2002)。该图表明,生活质量随人均能量消耗的增加

而提高。像图 1-3 中的情况一样,这种提高并不是线性的。当人均能量消耗增加到200 000兆焦耳时,生活质量的改善就开始停滞不前。

有趣的是,尽管某些国家的人均电能消耗量相当大,但它们的 HDI 值却相当低,大约只有 0.8。这些国家包括科威特(13 082 千瓦·小时, HDI=0.818)、卡塔尔(11 851 千瓦·小时, HDI=0.801)和阿拉伯联合酋长国(11 039 千瓦·小时, HDI=0.809)。所有这些国家的人口都相当少(1999 年,每个国家的人口都不到 300 万)。除了它们自己的公民而外,这些国家的人口还包括大量的贫穷的服务阶层。那些 HDI 值最高的国家(HDI 值超过 0.9),是经济发展相当成熟的国家如像西欧国家、加拿大、澳大利亚、英国、日本和美国。这些国家都拥有数量相当大的中产阶级。

思考题:我们如何利用生活质量来预测能量消耗?

利用在图 1-3 和图 1-4 中的那些数据,也可以对能源的需求作快速预测。如果我们假设,在整个 21 世纪中的世界人口将稳定在 80 亿左右,而且所有的人都想达到以 HDI=0.9 来表示的生活质量(差不多与意大利、西班牙和以色列已达到的 HDI 值相当)。在这种设想中,从图 1-3 中得到的年人均能量需求大约为每人 200 000 兆焦耳,或者说全球总的能量需求为 1.6×10^{15} 兆焦耳 ≈ 1500 夸德(Quad)。夸德往往是用来讨论全球的能源问题的一种单位,因为它的大小可以与全球的能源评估相提并论。1 夸德等于 1000 的 5 次幂 BTU 或 10^{15} BTU(译者注:BTU 是英国热量单位,1 BTU=252 卡),或者 10^{18} 焦耳。作为比较,全世界约 60 亿人在 1999 年差不多就消耗了大约 387 夸德的能量。

根据我们的 80 亿人的设想,与 1999 年全世界的能量消耗相比较,到 21 世纪末,全球的能量需求要乘以 4。年人均能量消耗将从 1999 年的 68 000 兆焦耳增加到 2100 年的 200 000 兆焦耳。

这种计算说明了为能量需求预报作准备而必须作出的假设的类型。至少要对 21 世纪末的能量需求作出预报,提出一种对那时的人口规模和人均能量需求的测算。(Fanchi, 2004, 第 1 章)