

美国能源的开发与消耗

— 中国之借鉴

TRENDS IN US ENERGY COMSUMPTION & DEVELOPMENT

林家豪

一个国家的能源政策是否正确，对整个国家的经济发展具有深远影响。

确定一个国家能源政策之因素颇多，主要有：

1. 本国之动力资源情况。由于地球上各种资源分布并不均匀，各国均有其特点。
2. 本国当前及近期可达到之能源利用技术水平。如非洲某些国家铀藏十分丰富，但本国尚无法利用。
3. 经济上是否合算？如以前美国开采本国石油之成本比从国外买油还要高，因此当时进口石油反而经济上有利。

当然，考虑经济效果时不可只顾眼前，还要看到未来之变化。

4. 对环境生态之影响。应使不利之影响（例如污染）减至最低限度。

美国是世界上最大的能源消费国，无论是它对能源的需求还是它的消费方式，都对世界产生巨大影响。中国是个发展中的国家，也是一个主要的能源消费国和生产国，正在向现代化迈进。了解美国过去和现在能源的消费，可供中国制订能源政策之借鉴与参考。

美国能源的消费和结构

1979年美国消费了78.2 Quads^[注1]的能源，约为当年全世界能源消费量的30%（大约是中国的5倍）。从1850年至1977年，美国能源消费的年平均增长率为2.8%。1978年的增长率为2.3%。1979年为下降0.2%。

图1为1979年美国能源消费之组成。

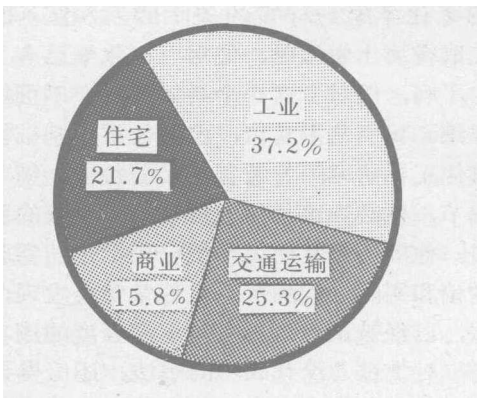


图1 美国1979年能源消费之组成

美国的能源结构大体经历了四个阶段的变化：

1. 19世纪80年代以前，以木柴为主要能源。

1850年能源中木柴占90.7%，当年共烧了7200万Cords^[注2]木柴。1880年能源中木柴仍过半数。

2. 19世纪90年代至本世纪40年代，以煤炭作为主要能源。1920年煤占全部能源的78.4%。但石油及天然气在此期间已渐露头角。

3. 本世纪50年代至70年代，石油及天然气已分别跃居能源消费的第一、二位。而石油的进口部分也从1950年的12.5%一直上升至1979年的44.7%。这个时期可说是美国能源的石油年代。

4. 从目前开始是美国能源结构逐渐变化的新阶段。由于石油价格猛涨以及进口来源不可靠，世界石油资源也日趋减少。美国已认识到不能继续过分依赖石油，而条件好的水力资源目前又多已被开发。但美国具有储量占世界第二位的丰富煤源。在电能需求量猛增的情况下，核能发电在美国已有相当的历史。故解决能源需要的途径逐渐转向煤和核燃料，并设法利用太阳能等其它能源。

表1为美国历年能源消费量及结构。

美国能源消费有一重要特点，就是以电能形式消费的能源比重很大，而且越来越大。从1920年至1977

表1 美国历年能源消费量及结构

年份	百分数							总数
	木柴	煤炭	石油	天然气	水力	核能	其它	
1850	90.7	9.3	0	0	0	0	0	2.4
1860	83.5	16.4	0.1	0	0	0	0	3.2
1870	73.2	26.5	0.3	0	0	0	0	4.0
1880	57.0	41.1	1.9	0	0	0	0	5.0
1890	35.9	57.9	2.2	3.7	0.3	0	0	7.0
1900	21.0	71.4	2.4	2.6	2.6	0	0	9.6
1910	10.7	76.7	6.1	3.3	3.2	0	0	16.6
1920	0	78.4	13.5	4.2	3.9	0	0	19.8
1930	0	61.2	26.5	8.8	3.5	0	0	22.3
1940	0	52.5	32.3	11.4	3.8	0	0	23.9
1950	0	38.0	39.7	18.1	4.2	0	0	34.0
1960	0	22.7	45.1	28.5	3.7	0	0	44.6
1970	0	18.9	44.2	32.6	4.0	0.4	0	66.8
1975	0	18.1	46.3	28.2	4.6	2.7	0.1	70.7
1976	0	18.5	47.0	27.4	4.1	2.8	0.1	74.2
1977	0	18.5	48.6	26.0	3.3	3.5	0.1	76.6
1978	0	18.0	48.6	25.3	4.0	3.8	0.1	78.4
1979	0	19.6	47.4	25.4	4.0	3.5	0.1	78.2

资料来源：美国能源部对国会的年度报告的统计资料，1980年。
(Statistical Abstract of the U.S. Doe Annual Report to Congress)

年，美国能源消费的平均年增长率为2.4%，而电能消费的平均年增长率则为6.6%，其增长率远大于整个能源消费的增长率。1978年美国电能消费的增长率为3.3%，也比整个能源消费增长率为高。1979年美国整个能源消费量虽有所下降，但电能消费率反而增长了2.9%。电能消费在整个能源消费中所占的比重也从1920年的3%增加到1979年的31.1%（详见表2）。1979年美国的总发电量为23,510亿度，折合为24.3 Quads。1978年底的发电装机容量为5.777亿千瓦，均居世界首位。

图2为1979年美国电能消费之组成。图3为1978年底美国发电装机容量中各类电厂的比例。

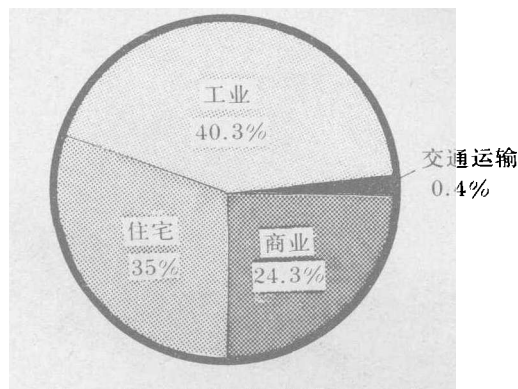


图2 1979年美国电能消费之组成

美国的能源专家认为：在能源消费中作为二次能源的电能消费比重愈大，则能源使用的效率愈高，故美国社会对电能的需求愈来愈多。预计到本世纪末，电能消费的比重将超过整个能源消费的一半。所以美

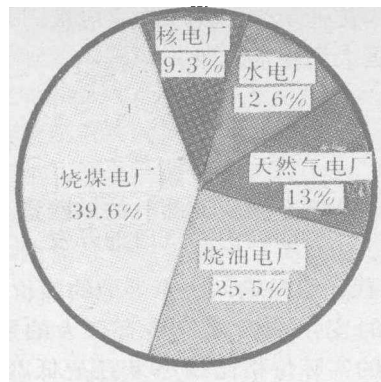


图3 1978年底美国各类电厂比例

国许多新能源开发的目标也是从发电角度着眼。表2为美国电能消费在能源中的比重。

表2 美国电能消费占能源消费的比重(%)

年份	总能源消费 Quads	其中：电能消费 Quads	电能所占比重 %
1920	19.8	0.6	3.0
1930	22.3	1.2	5.4
1940	23.9	1.8	7.5
1950	34.0	3.9	11.5
1960	44.6	8.6	19.3
1970	66.8	15.6	23.4
1975	70.7	20.0	28.3
1976	74.2	21.3	28.7
1977	76.6	22.5	29.3
1978	78.4	23.7	30.2
1979	78.2	24.3	31.1

资料来源：爱迪生电力研究所统计年鉴(Edison Electric Institute Statistical Year Books), 1980年。

美国电能约有一半是由烧煤电厂发出，此比例自1920年以来变化不大。美国的煤主要用于发电，1979年美国国内用煤6.79亿短吨，其中约有四分之三供给电厂，可见其它方面直接用煤不多。由于30年来烧油和烧天然气的电厂急剧增加，电能中水力的比重下降较多，但整个水电装机容量1978年底仍达7290万千瓦，发电3016亿度（约占全国总发电量的八分之一），

表3 美国电能生产中各种燃料及水力百分比

年 份	煤	石 油	天 然 气	水 力	核 能
1920	52.9	5.6	1.5	40.0	0
1930	55.5	3.1	6.9	34.5	0
1940	54.7	4.2	7.8	33.3	0
1950	47.0	10.2	13.6	29.2	0
1960	53.6	6.1	21.0	19.3	0
1970	46.3	11.8	24.2	16.3	1.4
1975	44.5	15.1	15.7	15.7	9.0
1976	46.4	15.7	14.5	14.0	9.4
1977	46.4	16.9	14.4	10.4	11.8
1978	44.3	16.9	13.8	12.7	12.5
1979	47.2	13.5	14.9	12.9	11.5

资料来源：爱迪生电力研究所统计年鉴(Edison Electric Institute Statistical Year Books), 1980年

比核电还多，接近于烧油电厂的发电量。水电的年利用小时数也远大于烧油机组。

表 3 为美国电能生产中各种燃料及水力能源所占百分比。

美国能源开发之趋势

一 降低石油及天然气的消费量， 加速国内油气田的开发

从 50 年代起大量输入中东等地的廉价石油，对美国能源结构的变化和石油价格有很大的影响，美国 1970 年石油的实际价格比 1950 年还要低 28%。石油的大量输入除了由于消费大增外，也和美国有意识地保存本国石油资源有关。美国社会过去对能源的消费是建立在廉价能源的基础上，所以工厂的设备、房屋、汽车等等都比别的国家消耗更多的能源。1973 年的石油危机以来，油价不断上涨，国内石油和天然气在消费猛增的情况下也面临枯竭的严重局面。如不进口石油，美国的石油资源可能将于本世纪前耗尽。但即使大量进口，也只能维持至下一世纪的 20—30 年代。何况还需保留石油和天然气作为重要的化工原料。因此，节省能源（特别是石油），降低整个能源的消费，已是近年美国政府和每个家庭都面临的问题，故 1979 年能源消费有所下降。但 1979 年美国能源消费中石油仍占 47.4%，天然气亦占 25.4%。天然气储量在美国传统能源中只占 4%，从 1960 年以来用量猛增，也面临供应极限，故美国已限制天然气的新用户，并从税收

方面鼓励原有用户转向烧煤。

美国政府并鼓励石油公司加紧在国内及沿海勘探新的油田和气田。里根政府上任后采取解除油价管制的办法，目的也是希望刺激国内石油的生产，鼓励多用煤炭，以图减少对进口的依赖。

二 充分利用本国丰富的煤源， 扩大煤炭的利用

由于美国的煤炭资源十分丰富，因此扩大煤炭的开发，利用煤炭发电来满足美国社会对能源的需要，是当前比较切实可行的一个主要途径。美国政府规定今后新建火电厂一律要烧煤，并鼓励原有烧油和烧天然气电厂转向烧煤。1979 年能源部指导 13 个电厂改为烧煤，每天可节省石油 15 万桶。预计到 1985 年，美国发电用煤将达 7.5 亿吨。但不少环境生态学家认为扩大烧煤会增加对环境的污染，特别是二氧化硫的污染。在燃烧过程中产生的大量二氧化碳也将对地球上的气候造成不良的“温室效应”。如果全世界不加控制地大量增加烧煤，则下一世纪中地球表面的平均温度可能提高摄氏 1 度或更多一些，从而促使南极冰帽融化，

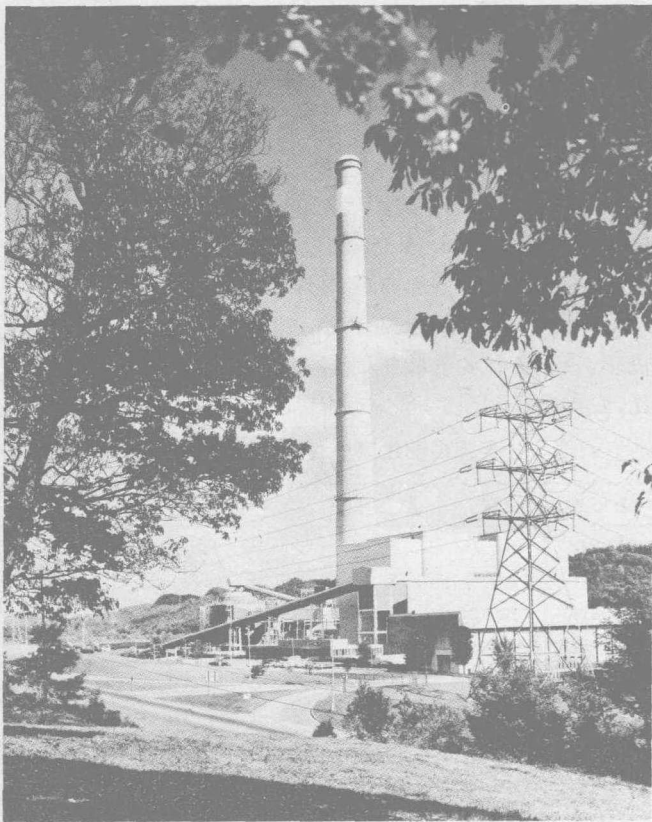


图 4 美国TVA电力系统Bull Run电厂。只装一台容量为95万千瓦的机组（世界几台大机组之一），1967年投产。日烧煤7,000吨左右、烟囱高度为200英尺

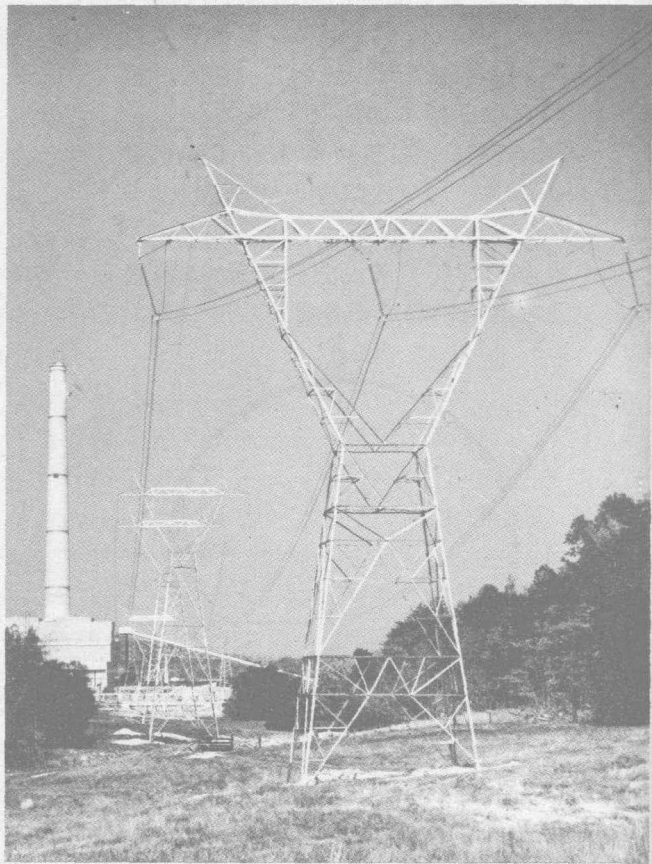


图 5 TVA 电力系统 500 kV 输电线路，每相采用三分裂导线

引起整个海面上升数米的恶果。但煤是美国不得不用的能源，能源部对煤的气化、液化研究投入了大量的资金，希望能从这方面解决空气的污染问题，以及利用煤炭来代替石油和天然气。

三 发展核电，并力求在核聚变方面有所突破

美国解决当前能源需要的另一主要途径是发展核电。1979年美国的核电厂生产了全国所需电能的11.5%。1978年底，核电厂的装机容量为5360万千瓦。目前尚有容量3倍于此的核电厂正在建造和定货中。预计到1985年，核电厂发出的电能将占全部电能的28%。美国大规模使用核能发电也不过是近10年的事。有些具体的技术措施还不完全成熟，所以投产以来，大小事故不断发生。其中最突出的是宾夕法尼亚

州三里岛核电厂的事故，事后电厂赔偿当地损失2500万美元，不仅震撼了美国，也影响到整个世界，使许多人对核发电的安全性产生了怀疑。此外核废料的处理也是个没有彻底解决的问题。

鉴于近年核聚变的研究取得较大进展，美国政府计划在20年内投资150至200亿美元从事这方面的研究工作，争取在本世纪末使第一座核聚变电厂投入示范性运行。利用海水中取之不尽的重氢进行核聚变发电，将是“乾净”和无穷尽的能源，也不存在核废料的处理问题。

现在最大的研究中心在普林斯顿，能源部每年投资2亿5千万美元，其他各实验室和大学均有小型装置，每年合共4亿美元，主要为能源部投资。(见彩色图)。



Browns Ferry 核电站(属 TVA 系统)。1966 年 9 月开始建设，1974 年 8 月第一台机组发电，1977 年 3 月全部建成。共有 3 台同容量的机组，共 345.6 万千瓦

四 今后十年将会加速水电发展

美国可以开发的水力资源约有 1.7 亿千瓦。水力资源是美国开发较早的一种能源，廉价的水电曾为美国早期的经济发展提供了充足的能源。美国早期的水力开发多着眼于电力，因为那时美国水电的每千瓦投资比火电还要便宜。但从 30 年代起，水力开发的规模越来越大(例如 1936 年完工的胡佛(Hoover)水电

站，装机容量达 134 万千瓦)，而且还要考虑航运、防洪、灌溉、资源保护等等的要求，使水电每千瓦的投资大大增加，也超出电力公司的经营范围，故从那时以来，美国的水力开发主要是由政府的机构来承担。例如田纳西流域管理局(Tennessee Valley Authority)、邦涅维尔电力管理局(Bonneville Power Administration)等分别掌握有关流域的综合开发工作。而直属国防部的陆军工兵团(Army Corps of Engineers)

更在全国范围内承担大坝等水工建筑物的建造。这是美国水力开发收效较快的重要原因。本世纪 50 年代,水电在美国已很有基础,几个较大的水电站如大苦力(Grand Coulee)等已相继投入运行。1960年至1973年,美国水电装机容量又增长一倍,达到6200万千瓦,1974年至1979年增加了约1300万千瓦。截至1979年1月,美国水电的开发率为35.7%。考虑到大部分未开发的水力资源集中在阿拉斯加州(那里只开发了0.4%),则美国水电的开发率还是比较高的。从1920年以来,美国能源消费60年间增长4倍,但能源中水力部分仍维持在4%左右(见表1),说明水力开发速度不能与整个能源消费增长率保持一致。

近年由于能源短缺以及环境保护问题越来越引起注意,水力资源所具有的无污染、再生和廉价等优点又引起了人们的重视。有些过去被认为经济上不不利的水力资源,如容量不大,水头较低的资源,现在则有加以重新认识之必要。

据美国陆军工兵团估计,在现有水电站中,靠增加新机组,或将容量小、效率低的旧机组替换成容量大、效率高的新机组,就可以增加2100万千瓦的容

量;在目前没有用来发电的水坝装设新机组,可以得到3400万千瓦的容量。这些水坝当初只是为防洪和灌溉而建,大部分水头很低,其中有80%每处容量在1.5万千瓦以上;余下的则是数以千计容量在1.5万千瓦以下的小水电。此外,另有4000万千瓦左右的水力资源可以通过近期的开发得到。这三项之和就足使美国整个水电容量增加一倍以上。

值得注意的是近年美国核电发展很快,由于运行的需要和提高核电厂的效率,美国的抽水蓄能电站的规模和数量也越来越大,目前已有抽水蓄能电站10余座,总容量达1000万千瓦。例如1978年建成的Raccoon Mountain抽水蓄能电站(属于美国最大的电力系统——田纳西电力系统,见图7),水头高达305米,共有4台机组,总容量为153万千瓦。预计在1983年建成的Bath County蓄能电站(属弗吉尼亚电力公司),共6台机组,总容量为210万千瓦。在配合核电运行方面,水电具有无比的优越性,因为用水电来承担峰荷,要比目前美国采用烧油机组来承担峰荷不知便宜多少倍,而水电启动之迅速,更非其它电厂之所能比拟。

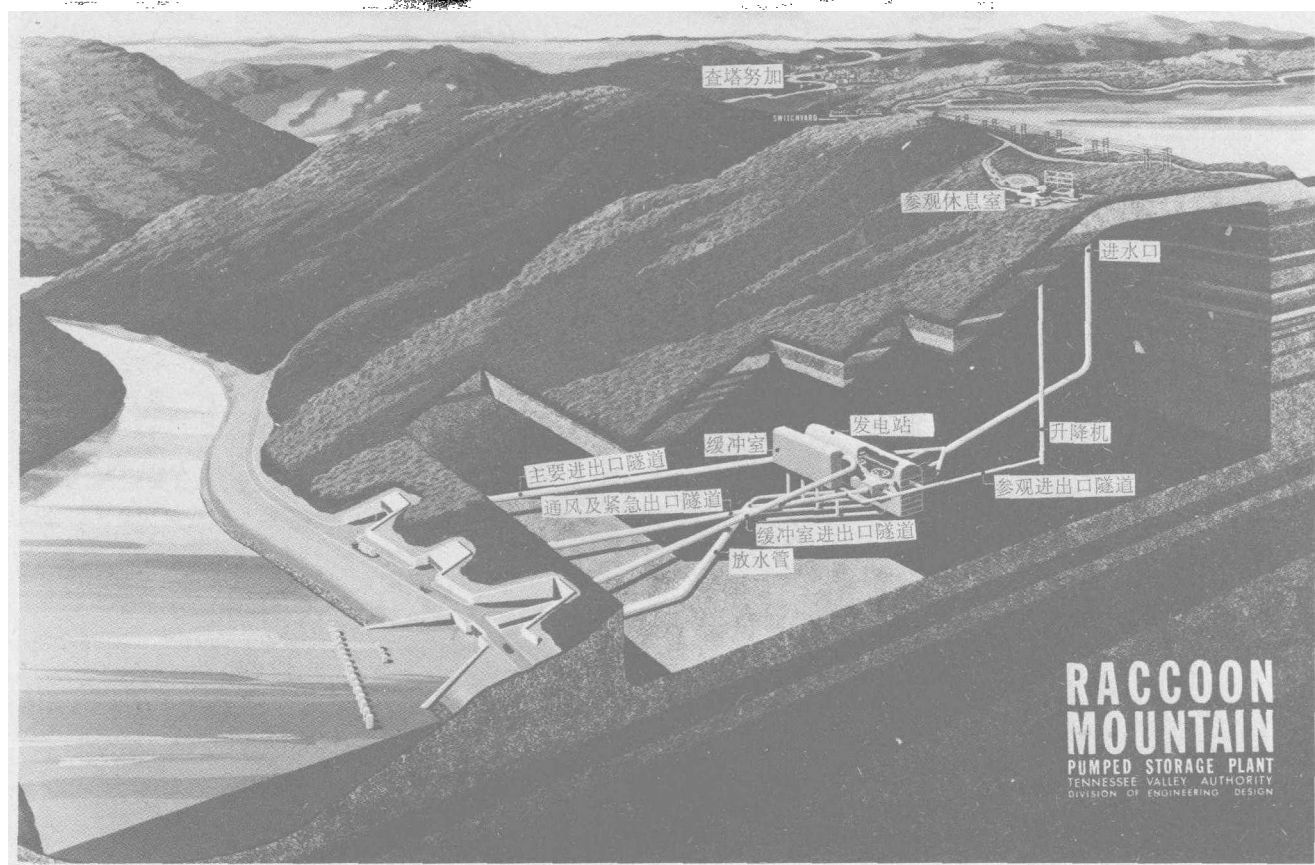


图7 田纳西电力系统(TVA)的Raccoon Mountain抽水蓄能电站模型图

从经济角度看,美国的小水电是不经济的,平均每千瓦的投资比核电厂要高出20%,比烧油电厂高出一倍以上。美国的广大地区早已实现了电气化,不存在用小水电来解决供电的问题。不久以前,容量在1.5万千瓦以下的小水电是无人注意的。但问题是核电无法用来调峰,美国的大型水电和煤电也都用来承担基

荷。而用油电调峰的成本则远较小水电为高。故有人认为应把石油的勘探、开采、提炼的投资也放进来和小水电比较,并从合理利用能源、减少环境污染的角度来利用小水电。所以近年开发小水电的呼声很高。1979年能源部以1600万美元补助了总容量为10万千瓦的15处小水电。对容量为3至5千瓦的小水电,能

源部亦采取贷款的办法加以扶持，将有 100 万千瓦的这种小水电于 1985 年前建成，目前已完工 54 处。加利福尼亚州对中国的小水电经验颇有兴趣，从中国进口小水电设备。

预计今后十年内美国水电的发展将比过去 30 年有所加快，容量也将有较大增加。

五 太阳能

对其它能源的开发和利用，美国也进行了大量的研究，其中最有帮助的是对具有无污染、无消耗和再生等优点的太阳能的利用。首先是利用太阳热能供给生产和生活上使用的中、低温热水或蒸汽，以及作为建筑物采暖和空调系统的能源。因为在美国每年消费的能源中约有 35% 最后系以温度低于 100°C 的热能形式消耗掉。而美国生产上用热占全国能源消费的四分之一，其中 30% 温度在 290°C 以下。利用太阳能取得这些热能的技术已经成熟。过去影响推广使用的最主要原因是经济效果不显著，设备投资偿还年限较长。现在随着能源的短缺以及价格上涨，推动了太阳能在这方面的应用。现已有某些罐头厂、啤酒厂、混凝土构件厂、化纤干燥设备、洗衣房等利用太阳热能进行生产。1978 年美国西南部有四分之一的新住宅采用利用太阳能的设计。1985 年将有 250 万幢住宅装有太阳能采暖和空调系统（如图 8 所示）。预计到本世纪末，大部分新建房屋都将有利用太阳能的设备。



图 8 田纳西州孟菲斯市利用太阳能的房屋

在利用太阳热能发电方面，除目前在新墨西哥州 Albuquerque 的山地亚国家实验室 (Sandia National Lab.) 已有全世界最大的、热功率为 5 万千瓦的太阳能发电试验装置外，还在加州的 Barstow、乔治亚州的 Shenandoah 和德克萨斯州的 Ft. Hood 分别建造试验性的太阳能发电厂。其中 Barstow 的容量为一万千瓦，将在今年内完工。它将是世界上第一座太阳热能发电站，在一个时期内也将是世界上同类型电站中的最大者。

至于利用太阳光能直接发电的太阳能电池，它除了具有上述太阳能的种种优点外，在发电时既无噪声，寿命亦较长，并已在人造卫星和宇宙探测器中使用了

20 多年。问题在于成本太高。十年前每瓦的成本还高达 500 美元，故无法广泛推广作为通用的能源。能源部拨出大量的研究经费，原计划到 1986 年使太阳能电池的成本降至每千瓦 500 美元。目前看来此降低成本的计划尚难以按期完成。因此，太阳能电池的广泛使用会推迟一个时期。但十年后若能由一个太阳能电池系统发出数百千瓦的电力供给某个村庄或某个大购物商场、工厂、医院、学校，将不会使人感到惊奇。目前某些遥控的微波中继站和油井，已经是由太阳能电池供电了。一个把太阳光能提高 30 至 50 倍后直接照射到硅太阳能电池上、容量为 10 千瓦的试验电站也已在山地亚国家实验室建成并进行各种试验。

六 风能

风力亦具有无污染、再生、不消耗燃料等优点。以风力作为动力的风车，在美国历史上曾起过重要的作用。美国中部大平原农业地区，过去就是靠风车来提水灌溉。直到本世纪 30 年代以后，由于维护费高，风车竞争不过其它廉价的能源才逐渐消失。近年由于非金属复合材料的使用，使大型风车的浆叶能够经受长时间的运行，风力发电在美国又引起了重视。能源部计划建成功率由 100 至 2500 千瓦的一系列试验风车。其中新墨西哥州 Clayton 附近一台 200 千瓦机组（美国宇航局 (NASA) 三台同类型试验机组之一，见彩色图）已于 1978 年 1 月并入该市电网（由 7 台柴油发电机组组成之系统），该机组发出之电力约为该系统非峰荷时之 15%。至当年 5 月底已运行 1 千小时，共发电 1 万度。南加州爱迪生电力公司亦装设了一台 3000 千瓦和一台 500 千瓦的风力发电机组。前者每年发出的电量相当于 1 万桶石油。该公司计划于本世纪末使风力发电能提供该系统 3% 的电量。夏威夷州由于地处海岛，对风力发电更为重视，计划于 1985 年前建立总容量为 8 万千瓦的一系列风力发电机组。但风力是个不稳定能源，每千瓦的投资也很高，故目前仍处在试验阶段。

七 地热及其他能源

美国地热能集中在加州一带，其中 Geysers Valley 的地热蒸气温度高达摄氏 200 多度，1960 年建成美国第一座商业性地热电厂后，该地的地热发电容量目前已超过 50 万千瓦。全国的地热发电容量约为 100 万千瓦。地热发电容量增加不快的原因是竞争不过煤电和核电。近年由于煤价提高，地热能又引起了重视。

磁流体 (magnetohydrodynamic) 发电能使火力发电的效率提高到 45% 以上，每吨煤能发出比普通烧煤电厂多 30 至 50% 的电能。对这方面的研究美国也在加紧进行（见本彩色图）。能源部计划在九十年代能有一座容量为 120 万千瓦的磁流体发电厂投入商业性运行。美国的磁流体发电主要考虑利用烧煤来产生高

温等离子体，并和常规火力发电结合以便提高煤的利用效率。

另外，对燃料电池以及利用海洋温差、波力、潮汐能发电也都投入一定的力量进行研究。预计到本世纪末，太阳能的利用在美国将有较大的突破，它可能成为重要能源之一，而其它非传统能源的应用则不会占很重要的位置。

中国之借鉴

中国目前已是世界上几个能源消费大国之一。30年来，能源产量增长了25倍。1979年产原煤6.35亿吨，原油1.06亿吨，天然气145.1亿立方米〔注3〕。除有少量煤炭及石油供出口外，余均消耗于国内。此外，中国农村还消耗了大量的生物能源（估计相当于2亿吨标准煤）。但近年亦出现了能源紧张的局面。1979年中国的发电量为2819.5亿度，其中62%靠烧煤，21%靠烧油，17%靠水力。图9为中国1979年能源结构图。

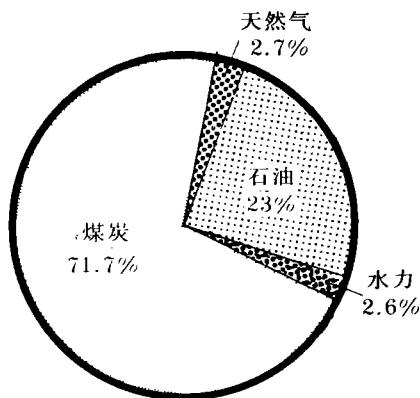


图9 中国1979年能源结构图

中国当前的用电水平仍很低。为了提高能源的利用率和迅速解决多年来由于电力不足而对各经济部门产生的不利影响，以及提高人民的用电水平，无论中国经济如何调整，电力工业却是中国不得不加速发展的部门。问题是究竟以何种能源作为发电的主要能源。

中国煤炭的探明储量已达6000亿吨，居世界第三位。但煤矿建设的周期长。中国能源结构中煤已占70%以上。1979年电力工业只用了全国六分之一的煤，供应就已十分紧张，有些电厂甚至由于缺煤而无法满载运行，这是因为中国工业和民用直接烧煤的比例太大，和美国的情形有很大不同。

假定中国今后5年电能消费的年增长率为6%，则1985年发电量应为4000亿度。比1979年增加1180亿度。并假定由于减少烧油的比例，其中75%（885亿度）靠烧煤，以每度电平均耗原煤半公斤计，则需增烧原煤4425万吨。又假定此时中国能从增产的原煤中拨出四分之一用以发电，则到1985年时，中国需多产原煤1.77亿吨。这无论如何是做不到的，因为中国

1980年新建矿井能力只增加了729万吨。最近几年内，每年增加的矿井能力大体在1000万吨左右，不会有很大增长。

转向烧油更无可能，中国石油蕴藏量虽不小，但开采不易，也不可能作为电厂的主要燃料。所以八十年代中国的能源问题可能成为经济发展之障碍。在此情况下，遂有人提出应加速核电站之建设，计划购买国外核电站设备，以期解决能源需要。但以美国当前之技术水平尚且出现各种大小之事故，台湾引进核能后也有一些教训。以中国目前之资金情况，宜先立足于国内多作研究而不应急于引进。

然则出路何在呢？出路应从中国之特点出发，中国拥有世界首屈一指之水力资源，总蕴藏量共达6亿8千万千瓦，其中可开发利用者为3亿7千万千瓦。虽然其中有些由于地理位置及当前技术水平尚难加以利用。但问题是中国目前水力资源之开发率奇低，还不到5%。1978年全国水电装机容量只有1727万千瓦（还比不上1976年的巴西，比日本1976年的水电装机容量还小44%）。许多有利的水力资源尚未着手开发，这和许多水力资源已开发殆尽，不得不向核能要电的国家不同。水电是中国能源中尚没有充分利用的“王牌”，水力资源未予充分利用实在可惜。

根据中国煤炭只能有小部分用于发电的实际情况，中国的能源政策在以开发煤炭为主的同时，电力建设应以水电为主，但并不排斥在某些产煤地区（如华北）建烧煤电厂，也不排斥在某些动力资源较缺的地区建少量核电站。至少在20年内，电力部门的主攻方向应为某些较易开发的大、中型水电。只有水电取得较大突破，能源紧张的被动局面才能有所扭转。在水电有所发展之同时，可加快铁路电气化。因为铁路机车每年用煤与电厂不相上下，但其热效率只有百分之十几，远较烧煤电厂为低。此举既可进一步减轻煤炭工业所受压力，又可使部分煤炭转用于发电以提高其利用效率。城市及工业地区除从水电获得大量廉价能源外，还应逐步采用集中供热、供汽方式，以提高能源利用率及控制当前城市和工业地区空气中之严重污染，并积极推广太阳热能之应用以节省能源。至于广大农村地区，则投资小、收效快、便于就地开发利用的小水电和沼气应是主要能源，以解决农村中能源的缺乏，相当时期内不可能靠从国家电网取得电源来实现电气化，也不可能依赖国家供给大量的能源。因此，太阳能、地热、风力等能源的推广利用，更应以农村地区作为广阔之天地。

有人认为：水电工期长，“远水不解近渴”。但搞核电时间就短吗？美国的核电站工期一般为10年左右，田纳西电力系统第一个核电站(Browns Ferry)容量为345.6万千瓦，工期10年零6个月。第二个核电站(Sequoyah)容量为244.1万千瓦，工期预计为10年零10个月。至于建烧煤电厂，表面看来比同等容量的水电站工期要短一些，但如果计及大、中型矿井

需时10年始能建成,则很难说水电慢于火电。

有人提出反对搞水电的另一个理由,是从水电站到用电负荷中心要建长距离高压输电线路,投资也不少。这是事实。但核电站需建在远离人口稠密地区和非地震带;大容量的烧煤电厂也只能建在井口;它们同样也需建高压输电线路向外输电,而且距离也不会太短。

由于造价问题,核电站容量不能太小,一般以2百万千瓦以上较为合算,但目前及近期电力系统的容量均不太大,则为了充分利用核电站的效率,还要建相当容量的抽水蓄能电站,这笔投资也很可观。美国田纳西系统的 Browns Ferry 核电站每千瓦造价为263美元,而 Raccoon Mt. 蓄能电站每千瓦造价为214美元。该系统之水电站虽均为中、小型,平均造价为每千瓦175美元,亦仅为核电站的三分之二(以上均折合为1979年美元)。

中国发展水电之条件不知要比发展核电好多少倍。中国能自力更生建造了新安江、刘家峡等大、中型水电站,如今容量为270万千瓦的长江葛洲坝水电站截流大坝已合龙。说明中国水电建设中之勘探、设计、施工、设备制造能力及运行水平已达到世界前列。国内制造设备不只能省外汇,而更重要的是训练了本国人材,增加了就业机会,也树立了民族自信心。而核电站设备目前则需引进。两者比较,发展水电的经济效果远较发展核电为佳。何况开发水力资源除得到电力外,对防洪、灌溉、供水、渔业、航运、绿化造林、旅游乃至改变气候均有好处。

发展水电最为棘手之问题乃是淹没损失及居民搬迁问题。为使淹没面积不致过大,搬迁人口不致过多,国内在开发水力资源时,应从整个流域的长远规划和综合利用着想,多作几种方案比较,不宜单纯追求水库容积及装机容量,以为越大越好,而应兼顾其它。以美国田纳西河流域为例,这是一个流域综合开发工程。计建水坝37处,其中34处建有水电站,总装机容量为329万千瓦。装机容量在30万千瓦以上者为2座;20万千瓦以上者亦为2座;10万千瓦以上者12座;10万千瓦以下者19座。故水库淹没面积均不太大,而航运颇为方便,对生态及环境之不良影响很少,40多年来绿化面积及气候条件均有很大变化,已成为风景宜人的游览地区。廉价之水电已使田纳西州成为美国国内两个电价最低廉的地区之一。

• 上接33页 •

分子化学(polymer chemistry)涂层化学(coatings chemistry)以及各种期刊。

前 景

不能要求一个新博士在半年、一年、甚或两年的时间能够掌握上述各个问题,但是,我们有理由期望,在五年之内,他能够在公司内成长为一个专家。如果他愿意学习,我们是有足够的耐心的。尽管我们

西方认为不经济之小水电却在中国农村得到迅速的发展,并引起国际上对这朵奇花异卉的注意。1980年中国小水电站已逾9万座,装机容量达710万千瓦(约等于台湾省的全部装机容量)。这是因为中国农村缺乏动力,对电力之要求尤为迫切,一旦有了小水电,其变化自然不可同日而语。而中国地形复杂,各地均有充足之水力资源可供利用;并且能够自行制造设备,这是中国小水电能够得到迅速发展的两个重要原因。

总之,中国有如此丰富之水力、煤炭、石油等资源,能源前景甚为乐观。只要注意扬己之长,避己之短,充分利用中国水力资源之优势,应是解决能源问题之可行途径。而在当前集中力量于较易开发之中、小型水电之同时,应对今后将会兴建之大型、巨型水电站,及早进行充分之勘测与试验研究,使未来之设计施工建立于可靠之基础上。

对其它能源之研究开发,应加强和国际间合作,既不要机械照搬,但亦无需一切从头做起,重复走他人的弯路,以收事半功倍之效。

注1. 1 QUAD=10¹⁵ BTU(英热单位)、2·2 QUADS 折合1亿吨煤。

注2. CORD为木材体积单位,1 CORD=8×4×4立方英尺。

注3. 未包括台湾省数字。

参 考 文 献

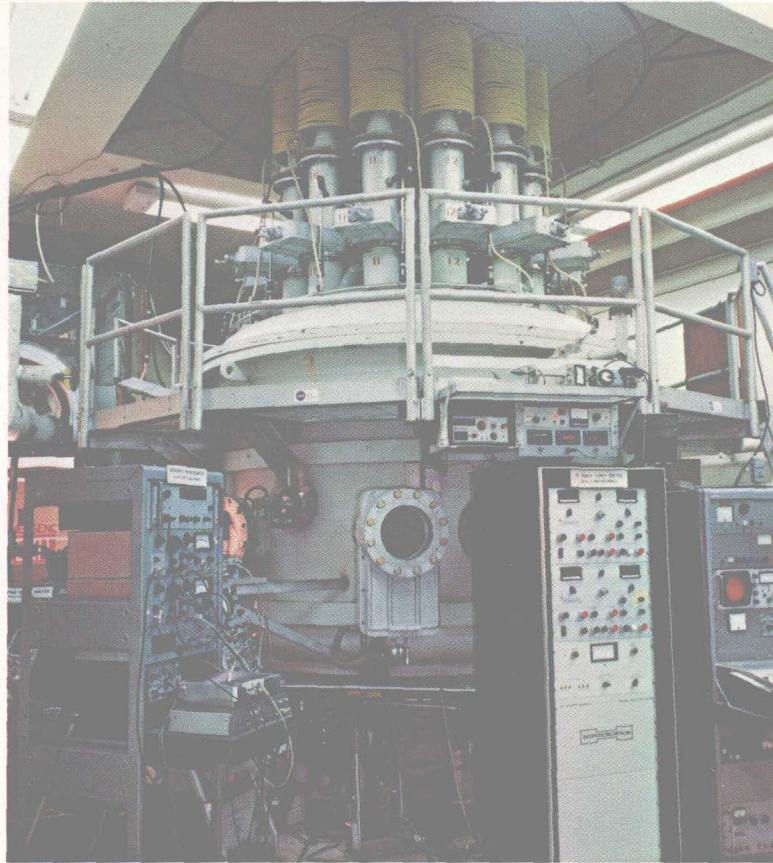
1. Charles Simeons, "Hydro-Power", Pergamon Press, Oxford, 1980.
2. John C. Sawhill, "Energy Conservation and Public Policy" Prentice-Hall Inc., 1979.
3. Alexander McRae, Janice L. Dudas and Harward Rowland, "The Energy Source Book", Aspen System Corp., 1977.
4. Wolfgang Palz, "Solar Electricity", Butterworths, Vnesco, 1978.
5. Leslie M. Pruce, "Power from Water" Power, April, 1980, PPSI-S16.
6. "United States Energy Data Book" 1980. General Electric Co.
7. 林家豪, 中国农村的小水电站, 美国纽约《北美日报》, 1981年2月7日。

□

热望新来的博士会在工艺上有惊人的突破,以至于能使整个工业面目一新,但是我们並不苛求每一个优秀的化学家都能有这样的成就。如果一个化学家能够有所贡献,我们愿意运用他的长处,帮助他克服弱点。

在这个研究部里,我们曾经把很多新博士培养成了工业化学家。迄今为止,我们还没有一个失败的例子,希望这一点能鼓舞新来的朋友们。

□



美国能源的开发与消耗 ——中国之借鉴 (见正文34页)

左上 田纳西大学所设立的一所磁流体发电厂

右上 美国宇航局的一个核聚变实验装置

左下 美国橡树岭国家实验室之 ISX 核聚变实验装置

右下 美国宇航局设立的 200 千瓦风力发电试验机组之一

