

2030年中国的能源系统展望

DEVELOPMENT OF ENERGY SYSTEM IN CHINA BY 2030

邱大雄

我国现代化建设需要大量能源。要实现在今后50~70年间赶上世界发达国家这一长远战略目标,能源也是其中的一个重要问题。

能源开发 利用的过渡时期

人类对能源资源的开发和利用经历了三个主要时期:柴草时期,煤炭时期,石油和天然气时期。世界石油、天然气资源有限,因此必须开发新能源。如果人类能开始广泛利用核聚变能和太阳能,则前景是美好的,其资源足够人类使用几百亿年。但根据科学技术的发展情况,要实现这一最终目标需相当长的时间。因此,从油气时期到未来的太阳能-核聚变时期将经历一个过渡时期。

这一过渡时期有多长呢?从历史上看,能源的更替周期是50~100年。从能源系统的特点来看,能源工程具有建设期长、服役年限长的特点。一般大型能源工程从计划到完工往往在十年以上,服役达三十年以上。而新能源技术从研究开发到普遍推广应用往往在50年以上。另外,世界人口增长率、经济发展速度、人类有效利用油气资源的程度,以及油气资源的储量和可开发年限,都将影响过渡时期的长短。

过渡时期的能源将是一个多元结构,但从资源和技术开发成熟程度看,煤炭和核裂变能将是这一时期的主要能源。

自1954年苏联建成第一座5000千瓦试验核电站以来,世界核电发展迅速,1984年世界上已有322座反应堆在25个国家和地区运行,总装机容量2.19亿千瓦,占总发电量的13%。核电站问世至今,只有30多年的历史,已达到技术成熟、经济、安全的工业推广阶段。今年4月26日苏联切尔诺贝利核电站事故后,引起了国际强烈的反响,一定程度上将影响核电站的发展。除了事故后果的严重程度以外,发生事故的频繁程度也同样重要,因此利用风险的概念来衡量安全性(风险即发生事故的频率乘以该事故产生的后果)是一个较科学的概念。国外进行的反应堆安全研究的结论表明,核电站每年造成个人的死亡风险只有汽车事故的十万分之一,飞机事故的三千分之一。因此可以说核电是一种安全的能源。而从苏联核电站事故中得出的结论,应是进一步采取措施,提高核电的安全性,以便更安全地开发和利用核能,而不是放弃它。因此,核裂变能仍将是过渡时期的重要能源。

目前世界发展成熟的核电站都

是热中子堆,大多只能利用天然铀中0.7%含量的铀²³⁵,而占天然铀99.3%的铀²³⁸,只能利用极少的一部分。故对天然铀资源的利用率只有1~2%。因此,需要发展快中子增殖堆,这种堆可以把天然铀利用率提高到60~70%。

快中子增殖堆的发展也有35年历史,差不多已有20个堆建成运行。有四个原型堆功率在25~60万千瓦之间,已积累了40个堆年的运行经验。法国建造的120万千瓦功率的超凤凰快中子增殖堆即将并网运行。

另一方面,发展高转化的热中子堆,如高温气冷堆等,也是提高燃料利用率的重要途径,它可比普通热中子堆的燃料利用率高10倍,而且可以利用天然的钍资源。

核能除了用于发电,还可大规模用于核供热。我国的能源消费中一半是用于热能,因此核供热有广阔的市场前景。

表1列出了世界一次能源的数量。由表中可知太阳能与聚变能(氘)资源十分巨大,煤炭和核裂变能(铀、钍)资源相当,足够用200年,而水能、油、气资源相对较少,只够几十年用。虽然资源的勘探不断有所发现,但各种资源之间的比例大体如此。

表1 世界一次能源资源量

种类	名称	单位	总资源	探明储量	经济开采量	折成标准燃料
再生能源	太阳能	亿大卡/年	6.1×10^{12}			870000亿吨/年
	水能	亿千瓦/(亿度/年)	—	22.6/(98000)	5.5/(44000)	5.4亿吨/年
	风波浪	亿千瓦	3700			3700亿吨/年
	地能	亿千瓦	—			0.6亿吨/年
	潮汐能	万千瓦	300000			0.64亿吨/年
	生物	亿吨/年	1620			1150亿吨/年
	合计	—	—	—	—	—
非再生能源	煤炭	亿吨	107630	13270	7370	5970亿吨
	石油	亿吨	2703	889		1370亿吨
	天然气	万亿立方米	230	63.2		847亿吨
	油页岩	亿吨	14	4.6		7084亿吨
	铀(金属铀)	万吨	—	400		274亿吨
	钍(金属钍)	万吨	—	275		5376亿吨
	氦	万亿吨	44	—		5.28×10^{12}
	合计	—	—	—	—	—

2000年中国的能源系统

2000年中国现代化的目标是在20年内工农业总产值翻两番和人民生活达到小康水平。届时需要多少能源? 能源系统的结构如何?

“六五”期间我国能源形势很好,增产2亿吨标准煤,节能1.3亿吨标准煤,能源支持了经济的持续增长。但依然存在不少问题,主要是:

1. 能源供需依然紧张,虽然煤炭有所缓和,但油、电缺乏,特别是缺电,每年缺电20%。

2. 地区间能源供需不平衡,大量依靠交通运输,产地积压几千万吨煤运不出来。

3. 农村乡镇企业发展,增加了商品能源的需求量。

4. 能源环境污染严重。城市地区严重超标,特别是南方,酸雨问题日趋严重。

自1980年开始,国内外很多单位作了2000年中国能源需求预测工作,发展了各种方法,我所发展的用动态投入产出和技术经济分析为主的中长期能源需求模型体系进行了预测,所得结果列于表2,与世界银行1984年1月发表的研究结果相接近。总的结果是能源需求量在13.7~17.0亿吨标准煤之间。

据能源生产部门预测,到2000年能源总产量为13.0~14.0亿吨标准煤,其中原煤产量13亿吨,石油

2.5~3亿吨,天然气400~500亿立方米,水电2500~2800亿度,电力总供应量10000亿度。

因此,不论是能源总量还是电力,供求之间都存在一定的差距。

地区能源需求预测是以29个省市为基础(不包括台湾省)进行预测,与能源生产部门预测的产量相比,供需之间有较大不平衡。以煤炭为例,1981年有14个省煤炭在数量上供需平衡,并略有输出,1990年降为10个省区,而到2000年仅有四个省区产量大于需求量,煤炭可以调出,其余省区都是煤炭调入省。预计山西的煤炭将由1980年的0.8亿吨,1990年的1.8亿吨增加到2000年的3亿吨。因此地区间的运输矛盾将更加突出。

2000年的能源系统依然是以煤炭为主的结构,而煤炭的消费量将

比1980年增加一倍以上,如仍以目前不加严格处理的直接燃烧利用方式,则环境污染将更加严重。

2000年能源系统中增加了核能,其数量是很小的,主要是解决缺能地区的能源问题,但作为核能的起步至关重要。而且必须看到2000年前核能发展的数量和速度将制约着2000年后核能的发展。因此,当前的发展速度必须考虑远期能源系统的需求。

2030年中国能源系统的预测

我国政府的战略设想是到本世纪末进入“小康”社会,而真正赶上世界发达国家的水平,把中国建成现代化社会主义强国,约需50年或更长些,也就是说到2030年或更长些时间达到八十年代发达国家水平。

我们设想在2000年后经济的增长率为5%。为了与国外可比,以及更好地提高经济效益,发展第三产业,我们采用国民生产总值作为经济指标。由于远期预测不可能很精确,我们采用能源弹性系数法作粗略估计,假设能源弹性系数为0.6,而电力弹性系数为1,表3给出了相应的预测结果及与主要发达国家1983年指标的比较。

由表可知,到2030年我国约需35亿吨标准煤,发电能源将占一次能源总量的50%。其他指标也接近发达国家当前的水平。如何满足这一巨大的能源需求? 只能采取多元

表2 2000年我国商品能源需求预测

(单位: 亿吨标煤(%)) (方案之一)

品 种	1980年*	1985年*	1990年**	2000年***
煤 炭	4.35(71.80)	6.07(76.6)	7.14(72.0)	9.19(65.0)
石 油	1.28(21.05)	1.29(16.3)	2.14(21.6)	2.99(21.1)
天 然 气	0.19(3.14)	0.17(2.16)	0.21(2.1)	0.71(5.0)
水 力	0.24(4.00)	0.39(4.95)	0.42(4.2)	0.78(5.5)
核 能	0	0		0.47(3.3)
全 计	6.06(100)	7.93(100)	9.91(100)	14.14(100)
电力(亿度)	3006	4073	5500	12000

* 1980、1985年为一次能源消费量。

** 1990年为“七五”计划产量。

*** 2000年为预测值。

表3 中国中远期经济、能源指标与主要发达国家相应指标的比数

指 标	中 国					日本	西德	英国	美国
	1980	1985	1990	2000	2030	1983	1983	1983	1983
国民生产总值(亿美元)	2736	4597	6600	12030	51990	11980	6820	5180	32870
能源需求量(亿吨标准煤)	6.02	8.41	9.91	14.14	34.5	4.95	3.54	2.78	23.4
电力需求量(亿度)	3006	4073	5500	12000	51860	5810	3670	2720	24190
产值能耗($\frac{\text{吨标准煤}}{\text{万美元}}$)	22.0	18.3	15.0	11.8	6.6	4.1	5.2	5.4	7.1
发电能源在一次能源总量中的比重 %	20.6	19.3	21.1	30.5	49.6	32.6			34
人均GDP(美元/人·年)	277	439	593	962	3710	10120	11430	9200	14110
人均年能耗量($\frac{\text{吨标准煤}}{\text{人·年}}$)	0.61	0.8	0.89	1.13	2.46	4.18	5.94	4.94	14.04
人均年用电量(度/人·年)	304	389	494	960	3700	4900	6149	4833	10385

1) 产值按1980年价格计。

2) 1美元=1.55元人民币。

3) 外国的发电量为1982年值。

4) 1990年数值为“七五”计划数。

5) 据国外预测, 到2000年发达国家中的发电能源将占全部能源的45%~50%。

的能源结构。各种能源可占多大的比例, 将决定于资源情况。

据专家们预测, 中国石油资源的地质储量在300~700亿吨之间, 如不发展三次采油等先进技术, 则可采储量为100~230亿吨。如果从现在起石油消费量与一次能源总消费量同步增长, 即始终占能源消费总量的20%左右, 则到2030年石油的年产量需达5.2亿吨, 其累计采出量达140亿吨, 如考虑一定的储采比, 则需动用可采储量218亿吨, 动用地质储量725亿吨, 已达到预测的地质储量的上限值。如不考虑储采比, 则石油资源将在2020年~2045年间枯竭。表4列出了我国远期石油需要储量的预测。

由于勘探工作不够, 天然气资源至今发现储量很少。目前世界平均的油气储量比为1:0.8~0.9, 而中国仅1:0.03, 远低于世界平均数。

从我国的地质构造以及煤、油的储量来看, 应有丰富的天然气资源。目前世界平均油气产量比为1:0.66, 美国为1:1.09, 苏联为1:1.08, 而中国仅1:0.1。如果中国油气产量比能提高到世界平均水平, 则天然气在我国远期能源系统中将起相当的作用, 约可占总能源需求量的10%。

中国水能资源占世界第一位, 理论蕴藏量达6.8亿千瓦, 可开发容量为3.7亿千瓦, 每年可发电1.9万亿度。但由于水力资源分布不均匀, 西藏、云南、四川三省占全部可开发水能发电量的65.3%, 利用这部分电力相当困难。不仅必须借助于远距离的超高压输电, 而且其中有一部分由于地理位置的原因, 在2030年仍然不经济。所以估计到2030年经济可开发水电量为上述数字的50~60%, 即约为10000亿度

左右。这样, 水电在2030年能源系统中将占总发电量的24%, 总能源需求量的10%左右。可见, 占世界第一位的水电资源, 与巨大的能源需求相比, 也显得“渺小”了。如将特大型三峡工程与它相比, 估计三峡工程平均年发电量在840~900亿度, 约占2030年总电力需求量的1.5%, 总能源需求的0.75%。

铀资源实际探明的也不多。据估计, 我国的铀资源“足够1500万千瓦电功率的压水堆核电站运行30年”。因此, 如果按一个100万千瓦电功率的压水堆核电站30年寿命期间需天然铀6000~6500吨, 则合计铀资源约为10万吨左右。如此微小的资源, 如单靠压水堆类型的热中子堆, 不到2030年就枯竭了, 无法再扩大核能的应用, 即使努力进行勘探工作, 使天然铀储量增加几倍, 也无法使核能在2030年能源系统中占有意义的地位。因此, 必须发展快中子增殖堆, 与此同时发展高转化热中子堆, 充分利用比铀丰富的钍资源, 才能使核能成为重要的能源。

但是, 初始的快中子堆的燃料需要由热中子堆提供。假设一个100万千瓦电功率压水堆, 一年能生产0.2吨钚燃料, 则运行25年才能提供一个100万千瓦电功率的快

表4 中国远期石油需要储量预测

年 份	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2045
当年产量 亿吨	1.06	1.5	2.13	2.87	3.85	5.18	6.96	8.09
累计采出量 亿吨	9.29	21.79	38.97	63.36	96.22	140.3	199.6	236
动用可采储量 亿吨	24.29	44.29	70.92	106.4	153.9	218		
动用地质储量 亿吨	80.88	147.5	236.2	354.3	512.7	725.9		

注 ① 假设储采比为15:1。

② 假设平均采收率为1/3。

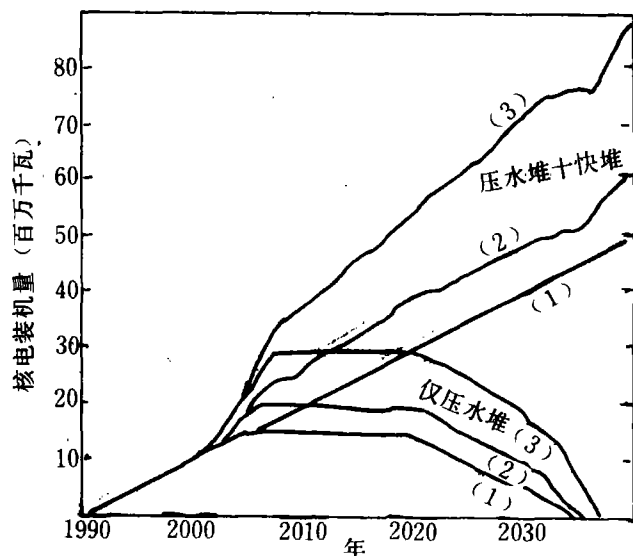


图1 压水堆与液态金属快堆耦合方案

注：图1和图2中，方案(1)天然铀10万吨；方案(2)天然铀13万吨；方案(3)天然铀30万吨。

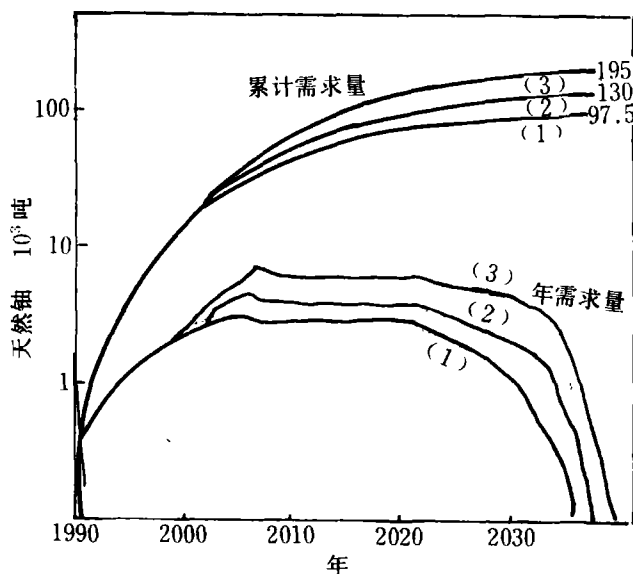


图2 三个方案对天然铀的年需求量和累计需求量

中子堆所需的燃料量。一旦快中子堆运行，其燃料可以倍增，除了自身消耗外，每年还可提供0.25吨钚，去装备其他快中子堆。由此可见必须建立热堆-快堆耦合体系，才能充分利用铀资源，而且，远期的核动力主要由快堆提供。由于快中子堆的建立必须以热中子堆为前提，快堆的建设速度决定于热堆的建设速度。只有热堆建设得早，而且多，整个核能体系才能早日发挥作用。图1和图2给出了压水堆-配套金属快中子堆耦合体系可提供的发电量和对天然铀资源的累计需求量。由图可知，如果，自1991年起每年能有一个100万千瓦电功率的压水堆投产，则2000年时为1000万千瓦，到2000年后根据天然铀资源情况每年投产1~2个100万千瓦的压水堆，到2005年后开始建造快中子堆，则当天然铀资源为10万吨时，2030年核电可达4000万千瓦，年发电量为2400亿度。如果天然铀资源为20万吨，则核电装机7500万千瓦，年发电量4500亿度，占2030年总电力需求的5~10%。如果在2000年前压水堆不能达到1000万千瓦，仅建300万千瓦，则核能所占的比例仅为5%左右。若同时发展高转化堆，如高温气冷堆等，由于其燃料利用率比压水堆高，所需的燃料装置比

快中子堆少，又可提供热能，效率较高，因而可使核能的比例大于上述10%。

我国煤炭资源丰富，在整个能源过渡时期煤炭开发将不会受资源制约。因此，2030年能源需求的不足部分将主要靠煤炭，估计约需占50%以上。但煤炭资源分布不均，在探明储量中69%在山西、内蒙、陕西、宁夏四省区，未利用储量的76%在上述四省区。大量的煤炭缺口需由上述地区调运，其运输量将由目前的1.5亿吨增至2000年的4~5亿吨以及到2030年的15~20亿吨。与此同时，如此大量的煤炭直接燃烧将使目前已严重恶化的环境更难承受。据报道，我国南方城市的酸雨十分严重，去年重庆酸雨比例达100%，即每雨必酸。金属挂片

腐蚀试验结果：碳钢每年腐蚀0.15毫米。比欧洲酸雨最严重的瑞典还高4倍。上海酸雨比例也达50~60%。因此运输和环境污染将是煤炭大量利用的重要制约因素。

由上述分析，可大体看到2030年中国能源系统的结构，表5给出了2030年能源系统的一次能源构成。

适应远期能源需求 ——当前需采取的能源 技术政策

1. 发展煤的沸腾床燃烧技术（除硫与烧劣质煤）。
2. 发展煤的气化，液化技术，提供优质能源。
3. 发展大型空冷发电机组（为坑口电站或其他缺水地区使用，以减少煤炭运输量）。
4. 发展稠油热采和其他三次采油技术，以提高采收率。
5. 加强天然气资源勘探。
6. 加强铀资源勘探。
7. 核能发展要热电并举，高转化堆与增殖堆并举，扩大核资源利用，尽可能加快早期热中子堆发展。
8. 加速新的二次能源——氢、甲烷、甲醇等生产技术的研发。
9. 进一步研究减少环境污染的能源系统。

表5 2030年中国能源系统构成预测

	2000年		2030年	
	1亿吨标准煤	%	1亿吨标准煤	%
商品能源总计	14.24	100	34.58	100
煤	9.19	64.52	16.60	48.00
油	2.99	21.00	7.26	21.00
天然气	0.71	5.0	3.46	10.00
水力	0.78	5.48	3.46	10.00
核能	0.47	3.30	3.46	10.00
其他	0.10	0.70	0.35	1.00