

新技术革命技术讲座

内部

迎接新的产业革命， 大力开发新能源

中国科学技术情报研究所 贡光禹

中国最优设计管理研究会

一九八四年五月

目 录

一	地球的能源资源	1
二	从新产业革命看当前世界能源处于转变时期	2
三	石油时代即将衰落	4
四	煤——过渡时期的能源	6
五	核电——一种经济安全的能源	8
六	大力开发新生能源	11
	1 生物质能	12
	2 水 能	14
	3 风 能	15
	4 地热能	16
	5 潮汐能	18
	6 太阳辐射能	19
七	受控核聚变——人类取之不尽的发电能源	21
八	氢——崭新的清洁的人造燃料	22

一、地球的能源资源

到目前为止，人类已知的能源，包括那些尚未被大规模工业应用的能源在内，大体上可分为三大类：

1. 太阳辐射能：第一类能源来自地球以外的天体的能量，其中主要的是太阳辐射能。地球径面所接受的总太阳辐射能为 1.73×10^{17} 瓦。其中 30%，即 0.57×10^{17} 瓦的太阳辐射以短波的形式直接反射回宇宙空间；47%，即 0.81×10^{17} 瓦的太阳辐射能被大气、地表面以及海洋吸收，并转变为地球表面的热能；23%，即 0.4×10^{17} 瓦消耗于水的蒸发降雨和空气对流方面，形成地球的水循环，很小一部分，约 870×10^{12} 瓦变为风能、波浪能和洋流的能量，最后，很小的一部分，约 40×10^{12} 瓦，被地球绿色植物的光合作用所捕获，实际上也是地球上动植物的能源来源。这部分能量有些变成化石燃料，一部分植物腐烂而将能量释放出去。当然，化石燃料是约 6 亿年以前动植物的遗体埋在地层下面而形成的。因此，煤、石油、天然气、风能、水能、海流能、波浪能和生物质能（沼气、木柴、秸秆等）都是属于太阳辐射能。

2. 地生能：即地球本身蕴藏的能量，如地热能和核燃料所含的能量。地热能主要是地核中熔化的高温岩石中的能量，是在地球生成的时候已经存在于地心之中的能量，它的总量极大，但并不反映在地球能流图上。其中仅仅是地核能中导热岩石的热传导作用到达地球表面并从而散发到地球之外去的那一小部分，这部分能量为 3.2×10^{12} 瓦。另外一部分地生能则通过大山、温泉的热对流作用而传导到地球之外，这部分能量为 0.8×10^{12} 瓦。核燃料是地球形成的时候就已存在的。核物质是通过自身的裂变不断地在矿石中辐射出能量并散发到地球之外。

3. 潮汐能：由于地球和其他天体相互作用而产生的能量，潮汐的起因是太阳、月球和地球引力的相互作用产生的。月球对潮汐作用最大，虽然月球的质量比太阳的质量小得多，但月球距地球近得多，因此月球的影响就其大小来说超过太阳影响的一倍。潮汐的能量为 3×10^{12} 瓦。

上述三种进入地球表面环境的能量为 $973, 035 \times 10^{12}$ 瓦。其中太阳辐射能占 99.98%，或者说太阳辐射能是其他几种能源的 6000

倍。太阳辐射能是地球上可获得的、能连续供给的最大的能源。其次是地热能，地球的地热能为潮汐能的十倍。

从上面的地球三大能源分类来看，现在人类利用的主要化石燃料（煤、油、气），地球所包括的核物质（核燃料）等是可以耗尽的能源，我们称它们为“不可再生的能源”。太阳辐射能、水能、潮汐能、风能、地热能、生物质能等是一种可再生能源，一直可以利用下去，我们称这些能源为“可再生能源”。

自然界现成存在，并可直接取得而不改变其基本形态的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、生物质能、地热能、风能、太阳能等，称之为“一次能源”。由一次能源经过加工，转换成另一种形态的能源产品，（如电力、蒸汽、焦炭、煤气，以及各种石油制品，叫做“二次能源”。在生产过程中排出的余能余热也都属于二次能源。

在不同历史时期和科学技术水平之下，已经被人们广泛应用的能源，称为“常规能源”，现阶段常规能源包括煤炭、石油、天然气、水力和核裂变能。许多古老的能源采用先进的技术加以广泛的大量的利用，如太阳辐射能、地热能、生物质能、风能、海洋能、核聚变能等我们称为“新能源”。

三 从新产业革命看当前世界能源处于转变时期

当前，关于以微电子技术为中心的一系列技术的迅速发展及其广泛应用所引起的世界性经济和社会大变革问题，国际上议论纷纷。有人称为“第二次产业革命”，有人则说“第三次产业革命”，也有人叫做“第三次技术革命”以及“第四次工业革命”。这场变革将会给世界各国带来什么影响，各国都做出不同的估计，但值得我们注意的是，世界各国都抓住时机积极投身于这场变革之中，因为要参加世界经济的国家，只有本国的技术进步，别无其他选择，否则在国际市场上你将没有任何竞争能力。

我们知道，第一次工业革命开始于十八世纪的七十年代，其基础是英国以煤为能源的冶炼矿石和纺织工业的机械化。这也是康德拉季也夫长波理论的第一次波动周期1780~1850年期间，该时期是产业革命及其渗透的过程。这次产业革命的能源基础是煤。

第二次工业革命始于十九世纪四十年代，是蒸汽机、铁路和酸性转炉炼钢时代，这也是长波理论的第二次波动周期1850~1890年期间，这一时期以铁路建设为中心的蒸汽机和钢铁时代，这一时期的能源基础主要是煤。

第三次工业革命在本世纪初开始，以电力、化学制品和汽车的发展为时代的标志，按长波波动周期是1890~1920年期间。第三次波动周期是当时被称为“第二次产业革命”的电气、化学、汽车时代。从本世纪的第一个七十五年，既1900~1975年是世界能源结构以煤为主转为以石油为主的时代，这种转变使世界的经济结构发生重大变化，汽车、化工电力工业成为这一时期的主要行业。1973年石油提价是石油时代走向衰落的一种重要标志。1950~1973年期间，每桶石油平均2美元，1973~1979年每桶石油平均12美元，1979~1983年每桶石油平均31美元，在这三个时期石油价格的上涨使世界经济结构发生变化，一些与石油有关的部门衰落了，世界经济正处于大调整时期（参见表1），这种调整时期也许需要几十年。

表1：1950~1983年期间三种石油价格对世界基本经济指标的影响

时 期	石油价格 (美元/桶)	年增长率(%)			
		石油产量	谷物产量	汽车产量	世界总产值
1950~1973	2	2.6	3.1	5.8	5.0
1973~1979	12	2.0	1.9	1.1	3.5
1979~1983	31	-5.2	1.0	-3.0	1.7

因此，如果现在再次进入新技术革命的时代，这也将是第四次工业革命。科学家认为，这一新时代将围绕微处理机与各种装备有微处理机的信息设备、遗传工程、新型材料和新能源的开发等领域而展开的。新能源的开发是这次技术革命的中心内容之一。

从以上几个时期简短的叙述中可看出，目前世界的能源结构正从以石油为主转变到开发新能源的时期，这转变将和以往的能源转变一样将持续几十年。

三 石油时代即将衰落。

从历史上看，能源与社会发展一直是紧密联系在一起的。人类从原始的穴居生活过渡到现代的物质文明，能源的利用起了非常重要的作用。能源是社会发展的物质基础。

从历史上来看，人类社会的能源利用已经经历了三个能源时期，即柴草时期，煤炭时期和石油时期。目前正向开发可再生能源的时期过渡。

自从人类掌握钻木取火以来，就开始了能源的利用，以树木、杂草作燃料，并利用少量的水能和风能来取得动力。这就是以柴草为燃料的能源时代，人类能源利用的柴草时代时间较长，一直到1890以后，在世界的能源构成中薪柴燃料的比重才小于50%。

如前所述，蒸汽机的发明是人类能源利用的一大突破。钻木取火完成了从机械运动（摩擦取火）到热能的转换，而蒸汽机却把热能转换成机械能，这样使原来提供热能的燃料也能提供动力，有力地推动了资产阶级的工业革命，使手工业生产迅速地过渡到机器大工业生产。由于蒸汽动力的广泛应用，薪柴已不能满足工业发展的需要，使煤的消耗量迅速增加。英国在1700年煤炭产量为215万吨，1854年煤炭产量已增加到6476万吨。1860年世界煤炭产量为1.3亿吨。1860~1910年期间，世界能源总消耗量增长3.3倍，其中煤炭增长2.3倍，而薪柴只增长0.4倍。煤炭在世界能源构成中的比重，由25.3%增加到63.5%，而薪柴由73.8%下降到31.7%，这就是由薪柴逐渐过渡到以煤炭为主的时期。

1859年在美国宾夕法尼亚州钻成第一口油井，人类开始了石油时代。但石油作为世界的主要燃料只有30多年的历史。二十世纪以来，随着钻探技术的发展，内燃机的发明和广泛使用，石油和天然气在工农业生产和日常生活中的广泛使用，特别是五十年代和六十年代，廉价的石油为工业发达国家的发展提供了优越的物质条件，可以说当时廉价的石油是世界经济发展的发动机。是世界经济发展的安全阀。1950~1973年期间，每桶石油仅2美元，和目前30多美元一桶的石油相比，当时的石油几乎是免费的商品。1950~1973年期间廉价的石油促进了世界经

济的繁荣，使这一时期世界商品和劳务的产出平均每年增长5%，在不到一代人期间内世界劳务和商品增长了三倍。当时石油价格低廉，再加上石油便于运输，用途广泛，可用来发电，做机器的燃料和化工原料，也提高了地球的承载能力，廉价的石油克服了地球上许多常规资源的限制，可用各种形式的石油产品代替稀缺的自然资源，用化肥代替耕地，煤油代替木柴，合成纤维代替天然纤维，拖拉机代替耕畜，汽油和柴油代替草料和谷物。

近几十年来由于对石油需求的增加，促进了石油的生产，石油在最近几十年才成为世界的主要燃料。1950年世界石油产量仅5.4亿吨，到1973年世界石油产量猛增至28.6亿吨，1950~1973年期，世界石油产量每年递增7%。1967年世界石油产量超过煤炭产量，1973年世界石油和天然气所提供的能量约为煤炭的二倍。随着石油和天然气消费量的迅速增长，它们在世界能源消费构成中的比重由1950年的39%增加到1973年的70%，石油成为世界的主要燃料，1979年世界石油产量为34亿吨，达到了历史上最高的产量，1979年世界石油第二次涨价，每桶石油为12美元。此后世界石油消耗量逐渐减少，1980~1983年期间，世界石油消费量约减少了14%。

经过近三十年的世界经济发展可看出，世界经济日益依靠储量有限的石油是不能持续发展的。1960~1973年期间，单位世界产值的石油消费量从0.19吨/千美元增加到1973年的0.32吨/千美元，1979年世界石油第二次涨价后，单位世界产值的耗油量进一步下降，为0.31吨/千美元，1983年进一步下降到0.25吨/千美元。这一段时间世界发展方向是正确的，并且收益较大。

由于地球上的石油和天然气资源是有限的，是可耗尽的，因此人们普遍关心世界上的石油能维持多长的时间，也就是说目前以石油为主要燃料的石油时代可持续多久。在回答这些问题之前我们必须区别资源和储量这两个术语的含义。石油储量所指的是由可靠根据而做出的估计值，并且能在目前经济条件下利用现有技术可进行开采的，石油储量可进一步分为证明储和最终可采储量等。石油资源不仅包括储量还包括那些尚未发现的矿藏以及那些虽已发现但因受目前技术及经济条件限制而暂时不能开发利用

矿藏。

1983年世界石油探明储量为957亿吨。世界石油的最终可采储量为3000亿吨。1980年世界石油产量25.7亿吨。若按1980年的世界石油产量计算，世界石油探明储量可开采37年，而最终可采储量为117年。也就是说，经过亿万年才形成的大多数石油资源将在一个世纪内耗尽。在此我们还没有考虑世界石油消费量的增长率，若考虑到今后世界石油消费量的增长率，则经过亿万年形成的大多数石油将在今后不到一个世纪的时间内耗尽。

由于地球上石油和天然气的储量有限，在油气资源趋将匮乏的情况下，人类的能源需求将渐转向煤炭、原子核裂变能以及可再生能源。

四 煤——过渡时期的能源

自从第一次工业革命以来，煤一直是世界主要的商品燃料，1967年世界石油产量超过煤产量，1980年世界煤产量约为31亿吨，为石油能量当量的三分之二，但在世界能源构成中煤仍占重要的地位。更为重要的是，从石油时代过渡到可再生能源时代，煤是仅能使用矿物燃料。

世界各国将煤用于发电、炼钢、生产工业用蒸汽开动火车、给住宅和商用大楼供暖。各国用煤的构成大不相同。美国1980年消费的煤中，约80%用于发电，其余工业用，住宅和商用建筑物取暖很少用煤，美国运输系统已不再用煤。相反，我国、印度和苏联的铁路运输仍然主要依靠煤。但煤在我国的能源生产结构和消费结构中仍占主要地位。1982年我国约生产了6.68亿吨标准燃料，其中煤占71.18%。1982年我国约消费了6.14亿吨标准煤，其中73%是煤。煤是我国的主要能源，预计到本世纪末煤仍然是我国的主要能源，这是由我国煤炭资源丰富，储量分布较普遍所决定的。

煤日益显得重要，不仅它是一种很好的燃料，而且其储量比石油、天然气丰富得多。地球蕴藏着极为丰富的煤炭资源，其经济可采储量为6000亿吨，按1980年世界人口平均，每人1.360吨。世界煤炭的经济可采储量相当于4.286亿吨石油，为世界石油探明储量的5倍。

世界煤炭探明储量的80%集中在三个地区——苏联和东欧地区、美国和中国，剩余的探明储量集中在西欧、澳大利亚和印度。非洲（除了南非）、南美的煤探明储量有限。美国煤储量约占世界可采储量的三分之一，按目前的消费速度，足够使用1,600年之久。目前在我国的能源消费结构中，煤约占18%，到2000年我国的总能源消费量约增加2.5倍，但煤在能源消费构成中的比重仍旧保持目前的水平。在世界主要产煤国中，美国居第一，1981年其煤炭产量为74402万吨，其次是苏联为67000万吨，我国居第三位，为62,164万吨。美国、波兰、澳大利亚为主要的煤炭出口国。1983年我国原煤产量70,038万吨，已提前两年完成1985年的计划指标（7亿吨）。

随着石油产量的减少，煤产量将增加以弥补能源缺口，特别是煤可用于发电和生产合成燃料（煤的气化和液化）。美国政府从财政上资助以煤代油来发电。联邦德国已开始执行庞大的以煤代油和将煤转变成汽油和化工原料的计划。1980年日本已确定十个煤油电站改为烧煤发电。

煤的气化和液化是将煤转化为优质、清洁、高效的气体燃料和液体燃料，与直接烧煤作燃料相比，它具有运输和使用方便、热效率高和减轻对环境污染的突出优点。因此煤的气化和液化（合成燃料）是解决能源以煤为主，从而在利用、经济性和环境保护等方面带来一系列问题的基本措施，是一项重大的能源政策。预计从80年代后期从煤制取液体燃料的世界产量增长得较慢，90年代增长较快。目前南非是世界上唯一从煤制取大量液体燃料（煤的液化）的国家，当南非煤油公司（SASOL）第三座煤液化厂投入生产时，南非40%的液体燃料将取自煤。美国、联邦德国、日本和许多国际石油公司都在大力研究煤的液化新工艺。预计，2000年西方工业发达国家和日本生产合成燃料的原料煤的需要量约为7,400万~3.35亿吨。上述预测数中低的数值是假设本世纪末有15座大型合成燃料厂（每个厂的生产能力为7143吨人造石油/天）投入运行，高的数值是有67个这样的工厂在本世纪末投入运行。

限制煤炭大量应用的主要因素是环境恶化问题，无论是美国烧煤发电或我国能源结构主要依靠煤，都产生有害的污染物或大气中的二氧化碳以及二氧化硫。二氧化硫和大气中的水分相结合形成酸雨，对地球的生态系

统特别有害。盛行风携带的酸性沉降物危害距污染源数百公里，甚至数千公里以外的湖泊、森林、农作物。来自美国工业区盛行风携带的酸雨，预计在本世纪末将毁掉加拿大5万个湖泊的渔业。斯堪的纳维亚半岛的酸雨来自英国和西欧。最近对挪威1,500个湖泊的调查说明，70%酸性很高的湖泊（PH值低于4.3）已无鱼。对纽约阿迪龙达克山脉高山湖泊的调查，由于酸雨的作用，其中50%的湖泊已无鱼类。酸雨是对世界森林的一大威胁，特别是工业化国家的北方地带。波兰、捷克斯洛伐克、联邦德国、民主德国和美国的森林深受酸雨的危害。联邦德国三分之一的森林受酸雨的危害正在枯萎中捷克斯洛伐克50万公顷的森林已枯死或在枯萎中，美北由于土壤酸性在增强，森林严重枯萎，林业产量在下降。我国在使用高硫煤地区，二氧化硫的污染很严重，有些地区已出现酸雨。1979~1980年对重庆地区雨水的监测表明，PH值已达4.04~5.34接近1965年欧洲酸雨水平。目前我国有西南、华东和中南三个酸雨区。重庆长江大桥、公共汽车外壳、建筑机械在酸雨的作用下加速腐蚀生锈，混凝土建筑物外层砂浆经三、四年浸蚀，石子外露。1982年夏季重庆地区连降酸雨，两万亩水稻植株部分枯死。

目前看来，2000年以后，在各种化石燃料中只有煤能够仍旧保持住主要能源的地位，但从用油转向用煤并不是没有风险的，石油储量的减少有利用今后大量用煤，但煤也是一种可耗尽的能源，从石油时代过渡到可再生时代，煤是一种可大量利用的化石燃料，因此我们可以说，煤是通向未来可持续发展社会的过渡性能源。

三 核电——一种经济安全的源

1954年6月27日第一座核电站在苏联投入运行以来，已有30年的历史。可以说，人类能源的利用经历了柴草时期、煤炭时期、石油时期，目前已进入核能时期，核能已成为仅次于煤炭、石油和天然气，水能而居第四位的常规能源。截止1983年底，全世界在运转中的核电站共有293座，分布在24个国家和地区，其中24座是1983年投入运行的。1983年全世界核发电能力达到1.8,130万千瓦，比1982年增长8.6%。1984年全世界将有53座核电站（包括美国16座）

投入商业运行，总发电能力为5386.8万千瓦。1985年将有43座核电站（其中美国有10座）投产，总发电能力为4108.1万千瓦。目前世界核发电量约占世界总发电10%左右，核发电量超过总发电量10%的国家有美国、英国、法国、联邦德国、瑞士、日本、保加利亚、芬兰，其中象法国、瑞典、芬兰等国家的核电量已占本国总发电量的30%以上，不仅工业发达国家重视发展核电工业，许多发展中国家也在积极发展核电，预计到1985年核电量将占世界总发电量的17%以上，到本世纪末将增加到26-35%。

核电工业之所以能迅速发展是因为它是缓和世界面临能源危机的一种经济有效的措施。目前世界上的化石燃料资源有限，世界已探明的石油储量按目前消费水平仅够开采37年，化石燃料匮乏的现象将越来越突出。而核能却有丰富储量，目前已探明的天然铀可以利用的能量相当于1.85~2.56万亿吨煤的能量，是一种人类已掌握可大规模工业应用的巨大能源。因此，开发核电是解决人类能源需求的重要途径之一。

按同等质量相比，核能比化石燃料燃烧时释放的化学能大几百万倍。1公斤标准煤燃烧释放的能量为7000千卡，1公斤石油燃烧释放的能量为10,000千卡，而1公斤铀-235裂变释放的能量为164亿千卡。换言之，1公斤铀-235约相当于2,400吨标准煤。一座100万千瓦的核电站与同等容量烧煤电站相比，核电站每年仅需铀-235浓缩铀燃料（浓度为3%）28吨或天然铀燃料130吨，烧煤电站每年需212万吨标准煤，运输这些煤平均每天要一列万吨轮或3列40节车皮的运煤列车。因此核电站燃料的开采、运输和贮存要比火电站经济得多。国外发展核电工业的实践表明，在同样条件下，核电站的单位造价虽然高于火电站，但燃料费用比火电站低得多，而这两种电站的运行费用相差不大，因此每度核电的成本比火电低15~50%。随着技术水平和水平的提高，核电的经济性将进一步显示出来。

核电站与烧煤火电站相比，对环境的污染要小得多。烧煤电站排放大量二氧化碳、二氧化硫以及大量灰渣，此外也释放铀、钍等放射性元素。据国外的资料分析，核电站释放的稀有气体和微量放射性物质，使附近居民受到的辐照剂量每年不到2个毫雷姆，而一座100万千瓦烧煤火电站

通过烟囱排放的放射性元素，使附近居民每年受到的辐射剂量将近5个毫雷姆，比核电站的排放量约大三倍。此外核电站既不排灰渣，也不排放烟尘。所产生的裂变产物数量很小，一座100万千瓦的核电站一年不到一吨。又处于严密封闭状态。因此核电站是一种清洁的能源。

三十年来核电站的运行实践表明，核电也是一种安全的能源，在我们生活的环境中，自古以来就存在着放射性。一般每人每年从天然本底接受的辐射剂量约为100毫雷姆，国际辐射防护委员会建议把来自天然本底和医疗照射以外的辐射剂量限制在每人每年500毫雷姆以下，这是国际公认的安全标准。一般在设计核电站时，把排放废气、废水中的放射性容许浓度规定为使任何居民接受的年剂量不超过5毫雷姆，即国际标准的1%。现在运行的核电站，周围居民实际接受的年剂量约为1~2毫雷姆，远远小于天然本底。从国外核电站运行近30年的运转实践来看，还没有一例因放射性物质释放而伤亡的记录，因此核电也是一种安全的能源。1979年3月美国三里岛核电站发生了一起严重事故，周围50英里范围内居民实际接受的辐射剂量平均每人只有1.5毫雷姆。关于电站附近居民可能接受的最大剂量，假设发生事故时有人始终站在电站边缘，推算他会受到70毫雷姆，只相当1~2次X光透视。三里岛事故调查委员会在正式报告中认为，逸出的放射性极小，不会对居民造成任何健康影响。

我国有丰富的能源资源，但按人口平均我国的能源资源是不丰富的。根据1980年第十一届世界能源会议的资料，我国人均占有的煤炭经济可采储量为101吨，为世界平均值的40%。平均每人占有的可开发水电量1965度，为世界平均值的81%。天然气和石油更低。我国按人口计算的可采储量並不富裕，低于世界平均水平。此外，我国能源分布不均匀，我国煤炭资源60%在华北，水能资源70%在西南，而工业和人口大部分集中在华东、华南和东北。这地区的工业产值占全国的70%以上，而能源却只占全国能源资源的10%左右。在这些地区兴建核电站将解决这些地区的能源供应问题，这必将有力地促进我国国民经济的发展。我国有关部门正在制定发展核电的规划，从现在起到本世纪末我国将兴建一批核电站，核装机容量将达1000万千瓦，发电500亿度。大力发展核电是我国重要的能源政策。

目前普通的热中子核电站（第一代）所使用的铀-235只占天然铀储量的0.711%。其中99.283%为铀-238。而铀-238不能在普通的热中子核裂变反应堆中使用。如果只是着眼这类核电站，那么，核能也是很有限的，仅为化石燃料的若干分之一，充其量够用几十年。而快中子增殖堆可以在裂变反应中充分利用自然界中十分丰富的铀-238，这不仅使可用铀的储量一下子增加了上百倍。此外与目前的普通反应堆相比，快中子增殖堆可以在较高的温度下工作，发电效率可达40%（普通热中子反应堆的发电效率约为32%），此外还可取得钚-239。因此发展快中子增殖堆有重要的战略意义。

增殖堆是将本身不能产生裂变的铀-238转变成可以裂变的钚-239。在增殖过程中，从铀释放出的钚-239要多于为了维持反应而燃烧掉的钚-239。因此，增殖反应堆产生的可裂变物质（钚）多于为了维持反应所消耗的物质。富余的核燃料可以用在新建的反应堆中，于是，快中子增殖堆保证了铀资源的充分利用，保证今后好几个世纪人类能源的需求。发展快中子增殖堆核电站是核能发电的必由之路。我们称快中子增殖堆是第二代核电站。五十年代和六十年代中期，一些国家都开展了增殖堆的研究。七十年代初期，认为最有发展前途的增殖堆有钠冷快堆、气冷快堆、熔盐堆和轻水增殖堆。美国曾制定了一项庞大的发展增殖堆的计划，到2000年将建成3,000~6,000万千瓦的钠冷快堆核电站，投资高达150亿美元。发展快堆是苏联核动力的基本战略，苏联未来的动力工业首先将利用快堆核电站。法国对发展快中子增殖堆投入大量人力物力和资金，经过20多年的努力，已处于世界领先地位。1974年法国一座“凤凰”快堆投入运行，现在加紧制造“超凤凰”商用快堆核电站，计划到2000年建成2,500万千瓦快堆核电站。英国、西德、日本等国也在大力发展钠冷快堆。

六 大力开发新能源

1973年资本主义世界石油危机以来，世界各国以极大的努力来开发可再生能源。在七十年代初期，可再生能源的地位远不如增殖堆、煤的

气化和液化以及核聚变，因为很多国家的政府对上述资金密集、技术密集的新能源的开发寄以很大的希望，并投入大量的人力和物力，但在这方面的进展并不令人满意。七十年代后期以来许多国家开发可再生能源的工作有很大的进展，无论在速度和规模方面都与以前大不相同。

七十年代中期许多国家制定了开发可再生能源的研究和研制计划，许多大学和科研机构参加了这项工作，研究的项目从遗传学的研究以便发展高产的能源作物直到大型太阳能的示范项目，许多国家和公司在这方面进行大量的投资，当然并不是所有的项目都达到了预期目的，但在这方面进展很大，可以说许多可再生能源将进入大规模的应用阶段，在这方面的努力将很快会弥补石油危机以来能源短缺的局面。

1980年以来，各国在开发可再生能源方面的投资有较大的增长。根据世界能源组织的资料，1981年17个工业化国家的政府在可再生能源研究和发展方面的投资为12亿美元，而工业部门的投资为14亿美元。1983年这些国家的公司在开发可再生能源方面的实际投资约为100亿美元。

1980年世界可再生能源消费量约为18.1亿吨标准煤，占世界能源消费构成的16%，其中主要是水电和薪材。预计1980~2000年期间，世界可再生能源的消费量将增长一倍多，看来，今后世界可再生能源的消费量将以更快的速度增长，这些能源将可满足今后几十年内对能源需求的增长部分。

世界各国在发展本国可再生能源的战略各不相同，但都必须适应本国所具有的可再生能源的资源情况。例如，挪威、尼泊尔和巴拉圭可开发其丰富的水能资源，大力发展水电事业。相反，一些森林资源极为丰富的国家可制定木柴为主的能源发展战略，而各种可再生能源资源都较丰富的国家，例如美国，则大力发展各种可再生能源，如木柴、风能、水能、太阳能、能源作物和地热能等。下面介绍几种可再生能源的开发情况：

1 生物质能。在1973年石油价格上涨之前，在世界能源构成中木柴所占的比重日益下降。在廉价的石油时代，许多工业发达国家几乎不用木柴作燃料。在发展中国家，战后廉价的石油，迅速发展的都市化和滥伐森林等因素结合起来，更使木柴失去作为燃料的重要性。但在许

多国家木柴在能源构成中仍然占有主要地位。

一些工业国，特别是森林资源丰富的工业国，1973年以来薪柴的使用增长很快，这种情况在美国尤为明显。目前在我国的能源构成中，木柴的比重已超过核动力。目前美国木柴提供的能量为核电提供能量的二倍。1973年以来，美国住宅的木柴用量增加了三倍，到1981年美国10%的住宅燃用木柴取暖。当前美国工业用柴量和废木料做燃料的用量已超过住宅用木柴量。

从1978年开始加拿大政府开始执行耗资1.5亿美元的6年计划，鼓励工业部门燃烧废木料来代替石油和天然气。森林资源丰富的国家芬兰大力提倡以废木料来做燃料以减少石油进口量。

在一些热带国家，速生树可为工业提供能源。例如，在菲律宾，木柴发电量在长期能源计划中占有重要地位。1981~1984年期间，菲律宾国家电管局计划投资兴建20万千瓦装机容量烧柴的电厂，这些电厂主要燃用6.6公顷土地上种植的印茄木来发电。居世界第十一位的巴西钢铁工业，其40%的钢产量是用木炭生产的。美国许多公司已宣布建造以木柴为燃料的发电站计划，在美国中西部、西海岸和新英格兰地区也计划建立这种发电厂，例如在伯林顿正在建造一座50,000千瓦发电站，计1982年建成。美国能源部打算在缅因州兴建一座10万千瓦大型以木柴为燃料的发电站。

近几年来，由于石油价格上涨和石油资源日益减少，美国对生物质能的研究和开发十分重视，几乎所有主要大学和研究机构都开始从事有关生物质能的研究。在工业部门，特别是大型石油公司和化学公司也都在不同程度上开展这方面的研究。美国能源部制定的“联邦生物燃料”计划，1975年的科研经费仅60万美元，预计到1981年增加到1.189亿美元。美国生物质能的研究和开发目的主要是从生物质能生产合成燃料及其他能源产品。

由于石油燃料短缺而产生的种植专门用来获得能源的作物（能源作物）的思想，是一种比较新的想法。可利用与粮食生产无直接矛盾的轮次土地来种植能源作物或从农作物副产品来制取燃料。可从植物制取液体燃料，如将植物淀粉和糖类转换成酒精，或者从天然含有丰富碳水化合物植物

中炼油。

从每公顷液体燃料产量来看，在各种能源作物中以甘蔗为最高。巴西每公顷玉米仅能生产2,200公斤酒精。甜高粱也是一种有发展前途的能源作物。1975年巴西开展酒精燃料计划，1975~1976年期间，巴西的酒精产量增加了十三倍。到1979年，巴西的酒精燃料占巴西汽车燃料消费量的17%。1980年巴西生产35亿升酒精。1983年巴西25%的汽车燃料来自从甘蔗制取的酒精。巴西计划1985年生产92亿升酒精。此外，美国、联邦德国、瑞典、加拿大、菲律宾、肯尼亚等国家也在大力研究汽车用酒精燃料的问题。

一种缓和粮食与能源作物争地矛盾的方法，是寻找具有高碳氢化合物含量的野生植物，这些植物可作为未来的燃料来源，但必须能种植在不宜于农业耕作的土地上。大戟属续随子是一种在墨西哥和美国西南部发现的，並适于在干旱条件下生长的沙漠灌木，这种灌木含有较高的碳氢化合物。另外一种较重要的能源作物——亚马孙地区的“古巴香胶”树，可象橡胶树那样割取一种液体，这种液体可不经处理即可用来代替柴油燃料。较普通的能源作物有向日葵、黄豆和非洲油棕榈等。

2. 水能 人们对水能的利用至少已有二千年的历史，十九世纪后期，水能才被用来发电。1882年在美国威斯康星州的阿普尔顿，第一座水电站开始发电，可向250个灯泡供电，为水力发电的发展奠定了基础。

水力发电是经济无污染的能源。开发水电可节约矿物燃料，还可收到防洪、灌溉、航运等综合效益。愈早开发水能资源对国民经济愈有利，工业发达国家在其发展过程中，都优先开发水电，特别是开发经济性能好的水能资源。1980年世界水电总装机容量4.6亿千瓦，水电总发电量175万亿度，水能资源开发利用程度为18%。世界上许多国家，如挪威、瑞典、巴西、美国、法国、日本、意大利和加拿大等，都优先发展水电。水能资源利用程度，除巴西待开发外，都在40%以上。

我国水能资源蕴藏量极为丰富，居世界第一位。理论蕴藏量为6.8亿千瓦，相应的年发电量5.9万亿度。可能开发的水能资源37.8亿千瓦，年发电量1.92万亿度。但到1982年我国水电装机容量为2200多万千瓦，发电约700亿度，占可开发利用的水能资源不到14%。不仅比

工业发达国家落后，而且也比发展中国家巴西、印度、墨西哥的水能资源利用程度10~20%低得多。目前，大力发展水电已是我国能源建设的重点。

尽管世界水力发电事业进展很大，可是世界水能资源还远未开发。如加以全部开发，可使世界的水电装机容量增加2~3倍，除少数几个国家如日本和瑞士外，未开发的水电资源所剩无几。但大多数国家水能资源的潜力仍很大，例如巴西的亚马孙河流域地区、尼泊尔、美国的阿拉斯加地区和加拿大的魁北克等地区有丰富的水能资源有待开发。

1978年以前由于有廉价的石油，在“越大越好”的思想指导下很多国家（除中国外）忽视了小水电资源的开发，1978年石油涨价以来，很多国家都重视开发小水电。美国、日本、法国等国家都在大力开发小水电资源。据美国国际开发署的调查，发展中国家有大量的小水电资源有待开发，例如拉丁美洲的安第斯山脉各国都有大量的小水电资源，仅秘鲁的安第斯山区就有数千个可开发的小水电资源。

3 风能 风能是属于太阳能范畴的，空气沿地球表面运动的动能是巨大的，据估计风能约占地球所获得的太阳辐射能的2%左右。据考察，第一台利用风能的装置是公元前600年左右在波斯设计的风力提水装置。在十二世纪，欧洲出现了风车，用于碾磨谷物和泵水。当然，风力帆船是古老的人类利用风能的一种装置。

从经济角度来看，可供利用的风能大多集中在沿海地区和峡谷。目前，沿海地区风力发电有前途的地区是英国北部海岸、澳大利亚的南部和西部海岸、苏联漫长的北极海岸和位于贸易风带两侧的发展中国家。美国沿海地区和山区的风能资源也极为丰富。我国也有极为丰富的风能资源。我国地面上的风能资源约为16亿千瓦，其中可利用的按十分之一计算，即1.6亿千瓦。我国风能资源丰富的地区有：东南沿海及其岛屿和山东、辽东半岛沿海的狭带，内蒙大部分地区。这两个地区有效风能密度为200瓦/米²以上，是我国开发利用风能的主要地区。此外，松花江下游和新疆的阿拉山口等地，风能也是丰富的。在这些地区一般适用安装较大功率的风力发电机。目前我国已批生产风力发电机供有风无电地区使用，100瓦以下的机组已批量生产，1000瓦和2000瓦机组已小批量