

新能源技术的物理基础

南 秀 华

(石家庄军械工程学院 050003)

新能源技术是一门交叉学科,它的任务是研究各种新能源的开发、利用的理论、方法以及技术管理等问题。

一、什么是新能源

能源是人类赖以生存和进行生产活动的物质基础,是经济建设的食粮。能源科学和材料科学、信息科学一起被认为是现代社会发展的三个基本要素。因此,研究能源问题具有十分重要的战略意义。在历史上,人类社会经历了三个能源时期,这就是:柴草时期、煤炭时期、石油和天然气时期。这三个时期的能源统称为常规能源或传统能源,其特点是开发利用技术比较完善,应用广泛。所谓新能源是指可供人类开发和利用的,正处在研究和开发阶段的能源,如核能、太阳能、风能等,均属于新能源。此外,对于能提高能源利用效率和改变其使用方式的技术,如煤的流体化、磁流体发电等,是新的能源转换技术,也属新能源技术范畴。新能源技术具有相对性,在不同的国家、不同的时期,具有不同的内容和含义。

能源的分类有多种方法。按形成的条件分,有一次能源(或天然能源)和二次能源(或人工能源);按使用的性质分,有燃料能源(如煤、油、核燃料等)和非燃料能源(如风能、海洋能、地热能等);按利用的现状分,有常规能源和新能源。对各种能源的现实性、可用性、经济性,通常从以下几个方面进行评价:能源密度的大小;储量的多少;存储的可能性与供能的连续性的好坏;开发与利用设备费用的高低;运输费用的大小;品位的高低;污染程度的大小等。

二、核能

借助外力使原子核破裂的过程叫核裂变反应,在此过程中放出的能量叫核裂变能。1938

年德国科学家哈恩等人,在利用中子轰击金属铀的原子核时,发现铀核分裂成两个质量差不多的新原子核,同时放出2—3个中子和很大的能量,至此开始了人工释放原子核能的历史。

原子核在受中子轰击时,先吸收中子形成复核,然后裂开,多数情况下分裂为二个碎核。由于在核分裂时有两三个中子放出,它们能再引起其它核的分裂,所以使核分裂能连续地进行,形成链式反应。在此过程中,有大量的能量释放出来。据计算,一克铀 235 全部裂变,可放出 8×10^{10} J的能量,相当于2500kg煤的燃烧热。

为了取用原子能,把铀和其他材料按一定的设计方式装置在一起,以发生链式反应,这种装置称为原子反应堆。在反应堆里的链式反应是受控制的,反应强度维持在一定的平稳进行的水平,这取决于堆内中子的数量。为此,应解决以下几个问题:第一,中子的减速。裂变发生的中子能量很大,约在0.1—20MeV之间,而使 ^{235}U 发生高效裂变的是热中子,能量约为0.025eV,为此在反应堆中要放置减速剂,亦称慢化剂,通常用石墨、重水等;第二,增殖因数。维持链式反应的必要条件是任何一代的中子总数等于或大于前一代的中子总数。为此,反应堆中心区域的体积大小(称为中肯大小)应选择适当,同时应装有用石墨材料制成的反射层,以防止中子逃逸;第三,控制棒。一般用含镉或含硼的钢棒制成控制棒,通过插入或抽出中心区的方式,来控制吸收中子的数量;第四,冷却剂。裂变放出的能量大部分变为热能,使反应温度升高,这就需要有冷却装置,用适当的流体将热量传出来并加以利用;第五,保护层。反应堆中有大量的 γ 射线和很强的中子流,为了安全起见,

反应堆必须密封,一般用金属套、水层、钢筋混凝土制成保护层,用来吸收各种有害射线。

为了不同的目的,常常设计各种不同类型的原子反应堆。用经减速后的热中子轰击原子核引起裂变的反应堆,称为热中子反应堆,简称为热堆。用未经减速的中子去轰击原子核而产生裂变的反应堆,称为快中子反应堆,简称快堆。快堆比热堆的技术难度大,这是快堆比热堆的发展长期滞后的主要原因。

核聚变是指轻原子核聚合而成为较重原子核的过程。在此过程中释放出的能量叫核聚变能。研究表明,核聚变所释放的能量比裂变反应要大得多,单位质量的氘(D)聚变所放出的能量是单位质量铀²³⁵裂变所放出能量的4倍多。作为一种能源,人们总期望聚变反应能在人工控制下进行,并能把聚变能变为电能输出,这样的过程就叫做受控核聚变过程。

要产生大量聚变而取用其能量,必须在极高温度下让原子核作高速无规则热运动,彼此持续地相互碰撞。这就是所谓的热核反应。在热核反应中,参加反应的物质必须具有足够高的温度,此温度称为点火温度,如氘(D)在 $5 \times 10^8 \text{K}$ 这样高的温度下,所有反应物都离解成了等离子体。另一方面,还要求热核反应放出的能量大于加热燃料所用的能量,为此必须高度压缩等离子体,使之具有足够大的粒子数密度(n),还必须设法延长等离子体稳定存在的时间(τ),这样热核反应才能充分地进行,放出的能量才多。1957年英国劳逊(A. D. Lawson)提出了能否发生聚变反应的判据,称为劳逊判据,即: $n\tau > \text{常数}$,对不同的聚变反应,该常数具有不同的数值。劳逊判据是实现自持核聚变并能获得增益的必要条件。

核聚变的点火温度比任何固体容器的熔点都要高得多,因此高温等离子体的约束问题就成为一个关键问题。约束等离子体的方法之一是磁约束。只要磁场的强度、形状等设计得合理,高温等离子体就可以被限制在一个固定的范围之内。约束等离子体的另一种方法,是激光惯性约束,由于技术上的一些困难,这种方法还

没有投入使用,尚处于研究实验阶段。

核能在工业、农业、军事、医疗等方面都有应用,但主要的是用核能来发电,即建造核电站。将核反应堆配以动力回路系统及其他辅助设备,就可构成核电站。由于反应堆的类型不同,核电站相应的构造也就有所不同。

核电站的优点在于:高能量、少消耗、低成本、安全可靠,还可以产生新的核燃料。自从1954年前苏联建成世界上第一座核电站以来,核电事业发展得很快。据1991年统计,全世界已有25个国家和地区拥有核电站,已运行412座,在建的有101座。目前世界上核电站总装机容量已达 $3.1 \times 10^8 \text{kW}$,占总发电量的17%。我国的核电事业大约落后世界先进水平20多年,80年代以来才先后建成了5000kW试验性低温核供热站、秦山核电站、大亚湾核电站等。

三、太阳能

太阳能来自其内部持续不断进行的核聚变反应。近代科学推测,太阳内部的热核反应主要有“碳氢循环反应”和“氢氢链反应”两种形式,这两种反应的共同点是:四个质子聚变成一个氦核,所释放出的能量等于氦核的结合能:26.7MeV。太阳内部核聚变放出的能量是巨大的,大约每秒可释放 $4.0 \times 10^{26} \text{J}$ 。根据相对论中的质能关系和目前的反应速度推算,太阳内部的核聚变可以维持几百亿年。因此完全有理由说太阳能是取之不尽的。

太阳能是以辐射形式传播的,因此称为太阳辐射能,它仅有20亿分之一到达地球大气层。到达地球的太阳辐射能,其中的30%被大气层反射,23%被大气层吸收从而加热了空气,变成了气象能,真正达到地面表面的仅有47%。

对太阳能进行大规模的开发利用,并引起国际上普遍重视,是近二三十年的事。应用太阳能有很多优点,如:不会出现大气污染,生态平衡不会受到破坏,可使用的范围广泛等。因此专家们预测,到21世纪太阳能将成为人类的主要能源之一。但是,由于太阳能的分散性和间断性,在实际应用中仍然有很多问题需要解决。目

前,直接利用太阳能的途径主要有三种:

1.光热转换.通过光热转换,可以将太阳能用于供暖、干燥、生活用热水等.由于这方面容易获得显著的经济效果,因此应用也最为广泛.

2.光电转换.利用光电效应的原理,可以制成光电池及其他光电材料,作为手表、收音机,甚至汽车、飞机的电源,或用作气象站、灯塔、边防哨所的电源.

3.光化学转换.利用太阳能将二氧化碳和水转换成碳水化合物和氧气,这一作用过程称为光合作用.近20年来,人们对光合作用的认识有了很大的进展,在此基础上,人们对光合作用进行了化学模拟研究.这一研究一旦成功,就可以使人造粮食和人造燃料成为现实.

四、其他能源

1.风能 风能是空气流动的动能,它是一个巨大的能源,约相当于目前全世界耗能总量的两倍多.但风能密度稀薄,又受时间、地形、高度等因素的限制,因此开发利用有很多困难.经过长期的研究和实践,人们认识到利用风能必须具备以下一些条件:要达到启动风速,一般小型风轮机为 3m/s 以上,即至少是三级风;不能超过给定风轮机的极限速度;要保证可利用风速在一年内的小时数.

近代风能的利用,除了少量用于提水或作为其他动力以外,多半用于发电.目前世界上正在使用的小型风力涡轮直流发电机,已有两万多台.风力涡轮交流发电机可以跟电网连接,为发展风力发电提供了更为方便的条件.1983年德国建成了当时世界上最大的风力发电机组,总装机容量为 3000kW .

我国风能发电从70年代后期开始,在很多地方开展了试点工作.目前全国共有风力发电机组约10万台,最大的风力发电场在新疆达板城,装机容量达 4000kW .

2.海洋能 海洋面积占地球表面积的71%,它也是一个巨大的能量资源.海洋能具体包括潮汐能、波浪能、海水温差能和海流能.

海水潮汐运动是地球与月球、太阳之间由于相对位置不同导致万有引力不同而引起的海

水周期性的涨落现象.海水在潮汐运动中所包含的大量动能和位能,称为潮汐能.本世纪50年代以来,人们开始利用潮汐来发电.潮汐电站的优点是无污染、低成本、功率比较稳定.法国已建成世界上最大的潮汐电站.到1983年底,我国已在浙江、江苏、山东等地建成了八座潮汐电站,总装机容量有 4680kW .海浪具有很大的功能,它是一个巨大的能源.近几年来,世界各国的科技工作者,提出了许多关于波浪发电的方案.将波浪能转换为电能的方式有两种:一是通过转换器将它转换成机械能,再带动发电机发电,效率可达85%;二是通过波浪运动所形成的压力和吸力作用,转换成容器中空气的压力,再推动空气涡轮机发电.波浪能的开发利用,目前还处于试验阶段.

海水温差能属于热能,因此也称海洋热能,它主要来源于太阳的辐射热能.研究表明,海洋表面与海洋深处的温差可达 15°C 至 20°C ,利用这个温差,可以建造发电站.20世纪中期以来,已陆续建成了一些海水温差发电装置.据美国估计,到本世纪末,海水温差电站可供给的电力负荷将达到 $2 \times 10^8\text{kW}$.

由于纬度、海陆分布和地形的不同,海水表面所接收到的太阳辐射能也因地而异.太阳辐射能除了导致空气的流动以外,还能造成海水的运动,此称为海流,也叫洋流,它是海洋中的河流,在海水表面以下的叫“潜流”.海流所具有的能量叫海流能,研究结果表明,利用海流可以发电.

3.地热能 地热能是指地球内部可释放出来的热量,一般认为它的来源主要是地球深处的压力和地球内部放射性元素衰变产生的热量.据估计,地热量总量大约有 $3.2 \times 10^{10}\text{kW}$,仅地下热水和地热蒸汽的能量,就相当于地球上煤炭总储藏量的1.7倍.开发利用地热能的条件:一是钻井;二是要有传热流体.地热能的应用范围很广,其中利用地热能发电是地热能应用的重要方面.据统计,截止到1985年7月,世界上已有12个国家共135座地热电站投入运行,总装机容量为 $318 \times 10^4\text{kW}$.我国已发现温

泉数百处,已有热水井数百眼,并在西藏、湖南、江西等地建成了多座地热能发电站。

4. 氢能 前面讲的大量新能源都是过程性能源,主要用来产生二次能量——电能。目前作为“含能体能源”的二次能源,主要是化石燃料制品——汽油、柴油等。随着化石燃料消耗量的日益增加和储量的减少,人们就需要寻找一种新的含能体能源,这就是氢能。氢能表现为氢燃料,它是含能体能源,能储存,效率高,燃烧无污染。目前氢能还不能作为一般能源使用,主要原因是制氢的成本高。现阶段氢主要用作精炼石油、合成氨等生产原料,即使作为燃料也仅限于航天或国防领域。现在世界各国对氢的生产、储存、运输、使用等研究工作都十分重视。通过电解法、热分解法、热化学法等,可以利用水来制出氢。氢的制造技术,预计在未来的 10 至 15 年里会有新的突破。

五、新的能量转换技术

1. 煤的流体化 煤的流体化是指煤的气化和液化。实施煤炭的气化和液化,可以提高煤炭取代石油、天然气的作用,不仅运输和使用方便,而且可以进行脱硫净化处理,从而减少环境污染。

煤炭制气的方法有两种:一种是干馏法;另一种是完全气化法。干馏法是在炼焦炉里生产焦炭的同时生产煤气,这种方法因炼焦炉操作复杂,又必须同焦炭生产相结合,故不宜大量生产,目前已很少应用。完全气化法是采用气化炉把煤炭的有效成分都变成气体,这是目前生产煤气的主要方法,其技术水平也在不断地提高。

煤炭的液化是指在一定温度、压力和催化剂条件下,直接或间接地将煤炭进行加氢处理,并除去煤炭中的灰分和污染环境的硫、氮等有害元素,从而使之转化为干净的液体燃料。其具体过程有三种形式:煤的直接液化;煤的溶剂处理液化;煤的溶解液化。

2. 磁流体发电 磁流体发电是本世纪

50 年代以来开始研究的一项新的发电技术,是一种将热能直接转换成电能的发电方式。让高温、高速流动的等离子体通过一个很强的磁场,就能产生电流,这就是磁流体发电的基本原理。对有关问题的计算,需用到霍尔效应及欧姆定律的微分形式等。

磁流体发电的特点是:第一,综合效率高,可达 50—60%;第二,污染小,对保护环境有利;第三,启动快,在几秒内就可达到满功率运行;第四,结构简单,建设费用低。此外,研究磁流体发电新技术,还可以推动磁流体动力学、高温材料学、超导技术等多种学科的发展。

3. 燃料电池 由于燃料电池可将化学能直接转换成电能,而不需要经过中间机械能的转换过程,因而可获得较高的效率。此外,燃料电池还具有结构简单、使用方便、噪声低、污染小、适应性强等优点。因此,燃料电池是一种很有发展前途的能量转换技术。

燃料电池主要由燃料、氧化剂、电极和电解液等四个部分组成。燃料电池的工作原理与普通化学电池类似,都是通过电极上的“氧化还原反应”使化学能直接转换为电能。它们之间的区别在于,化学电池里的反应物质都是预先装在电池里,当耗尽之后,就不能继续供电了,因此,不能作为工业上的动力源。而燃料电池则不同,它的反应物质是储存在电池之外,只要燃料和氧化剂不断地输入电池内,就可以连续地供给电能。当燃料和氧化剂分别通入负极和正极时,两者在电极的催化作用下进行电化学反应,从而产生电流。

燃料电池正在由实验阶段走向大规模的实用阶段。当前存在的主要问题是寻找廉价的燃料、催化剂和耐用的电极材料。这些问题一旦解决,它将在宇航工业、海洋开发、电气货车和通讯用电源以及兴建民用发电站等方面,得到广泛的应用。