

物理学与能源的开发和利用

黄志杰

(国家经济委员会能源研究所)
(中国科学院)

能源是进行生产和维持日常生活所必需的物质基础。过去人们对广泛使用的煤炭、石油、天然气等矿物能源很少注意节约。七十年代的两次能源危机,使人们认识到能源问题是一个重要的战略问题,因此许多国家对解决这一问题的能源政策予以极大的重视。

我国由于社会主义建设飞跃发展,近几年来也出现了能源供应紧张的局面,能源已经成为一个影响国民经济发展和提高人民生活水平的问题,并引起各部门的重视。

一、物理学与能源利用的发展

社会发展的历史实践说明,人类利用能源的发展过程,是和物理学的发展紧密联系在一起。有时是人的实践经验先发展了对能源的利用,以后随着认识的深入,再在理论上得到解释。但是更多的情况则是物理学研究的成果推动了对能源利用的发展。

原始时代,原始人利用摩擦生热,燧木取火,开始了最早利用能源的方式。但这种利用方式十分原始,能量的利用效率通常只有百分之几,绝大部分的热量散失到周围环境。虽然没有对燃烧理论进行研究,但是人们根据长期实践积累的经验,逐步认识到改善通风、增加热辐射、减少热量散失的重要性,因此由点燃篝火煮食发展到使用炉灶,使作为燃料的植物的燃烧得到改善,能量利用效率由百分之几提高到10%左右。以后,在燃烧和传热理论上设计的适用于不同燃料的各种锅炉,使燃料得到充分的燃烧。产生的热量绝大部分传输给载热工质,以使水加热成蒸气,能量利用效率最高达到90%以上。

十九世纪蒸气机的发明,使热能可以转变为机械能,这不但推动了工业革命(使手工业生产过渡到机器生产),而且变革了工业中对能源的利用。在力学和热力学理论发展基础上诞生的汽轮机、燃气轮机和内燃机,使更多的热量转换为机械能,热损失明显减少,能量利用效率比蒸汽机提高了几倍。

电磁理论方面的进展,使能的转换和利用发生了又一次重大的变革,并迎来了又一次产业革命。它不但使机械能可以转变成电能,而且使能量转换可以大规模地集中进行。交流电磁感应理论的应用,使电能可在较低电压的转动机械中转换,并通过变压设备高效率地将电能输送到遥远的地方,源源不断地送给用户。又由于物理学的发展,使电能得以简便而有效地转换成光、热、机械、化学等形式的能量。今天人类利用的能量中,约有1/5是电能。随着科学技术的进步和生活水平的提高,将其它形式的能量转换成电能而利用的比重将越来越大。

本世纪人们通过铀原子核在裂变反应时释放出巨大能量的现象,发现了一种新的能量来源。在掌握了控制原子核反应速度的技术以后,成功地建成了将释放出来的核能转变成电能的核电站。到1982年8月止,全世界24个国家和地区,已经建立了281座核电站,总装机容量1.81亿千瓦。在近30年间,发展到在全世界能源的消费中占有举足轻重的地位。

二、物理学与节能

我国从1949年解放至今三十多年来,能源工业得到了迅速的发展,与解放初相比,煤炭产量增加了21倍,石油880多倍,天然气接近

2000倍,水力发电100多倍。从发展速度来看是世界上最快的,比世界平均发展速度大约快六倍。我国能源的产量和消费量继美国、苏联之后,占世界第三位。但是由于种种原因,能源在使用中浪费很大,而且还造成了较严重的环境污染。

党的十二大提出了我国经济建设的宏伟目标:在二十年的时间里,使我国的工农业总产值翻两番。但是,据测算,到本世纪末能源供应量大体只能翻一番。而从我国过去三十年的发展情况看,能源翻番的速度比产值翻番还要快,大致是工农业总产值增加一倍,能源要增加1.26倍。到2000年,要用翻一番的能源保证总产值翻两番,这就要靠科学技术把能源消耗降下来。所以,节能可以说是关系到宏伟目标能不能实现的大事情。

近几年来,节能工作取得了显著的效果,每年以较少的能源生产增长,保证了国民经济较高的发展速度。为了使节能工作的开展更有成效,需要把物理学已经取得的研究成果推广到工程和生产中去,把生产中还没有认识的物理现象加以研究,使能源的利用更为有效、合理。

长期以来,人们都习惯于以能的数量来度量能的价值,原因是在经典热力学中,没有一个可以单独用来评价能量的数量和质量参数。“焓”不能反映出能的质量,“熵”虽然由热力学第二定律导出,与能的质量有关,但是也没有直接规定能的质量。经过长期的探讨,于1956年伦特(Rant)把在给定环境条件下理论上可无限转换为任何其它能量形式的那部分能量命名为“exergie”(中文译成焓、可用能或有效能);把不能转换为exergie的那部分能量称为“Anergie”(中文译成熵)。这两个热力学参数使人们对能的质量和能量转换规律认识得更清楚。能源危机后,国内外不少热能专家提出要用这两个参数来分析热能利用过程,使热能尽量做到按用能质量供给,梯级利用,达到大幅度节能的目的。

工业发达国家的统计表明,从全部能量最终消耗的各种物理形式来看,以热消耗量为最

大,约为总能量消耗的60—70%,而在这些消耗的热量中,50%以上是低于100℃的低温热耗。我国生活耗能较少,低温耗热量少,但绝大部分低于100℃的采暖供热,几乎都是采用小型锅炉燃烧矿物燃料来提供的。从热能数量分析,这种供热方式的能量利用效率主要决定于锅炉效率,所以可以高达60—80%。而从热能质量分析,把温度水平可达一、二千度的矿物燃料燃烧热降低温位来供应,根据热力学第二定律出发的焓效率计算,只有6%。所以,从能源合理利用的角度来分析,这种供热方式是很不合理的。

从国外引进的合成氨装置,生产1吨合成氨仅需1.2—1.3吨标准煤的能量,为我国生产同类产品所需能量的一半,而耗电量只有百分之几。这主要是生产装置在设计中考虑了按需要能量品位供应能量的缘故,例如利用化学反应热生产的蒸气:蒸气被引入高压工业汽轮机做功,驱动设备,同时排气又带动中压工业汽轮机做功,拖动较小的设备。排气再通过背压汽轮发电机组发电,为部分用电设备提供电能。最后排出几个压力的蒸气还可用于工艺加热。

因此,作为物理学理论研究的一个方面,对热力学中能量的数量和质量,进一步探讨易于理解和计算的表达方式,将会有力地推动节能工作。

从热力学原理分析,用较少的高质能量(如机械能、电能等)或高温位热量,通过热力循环,可以把数量上多几倍的热能由低温位物体转移到高温位物体,这是热泵工作的理论依据。如果不考虑热泵的效率,从室外0℃取热,加温室内温度至20℃,产生1千卡的热量,只需要消耗相当于热量6.8%的功。因此,利用这种设备,可以大量回收并利用低温余热,或者用较少的能量使低温热能满足生产和生活中能量多几倍的需要,都可以达到大量节能的目的。过去能源与其它产品相比,较便宜,使用热泵经济效益不高。能源危机后,能源价格上涨,使用这种设备有明显的经济效果,因此在国外发展迅速。在我国,这种装置的推广还没有引起注意,完全

有必要从物理学的角度,对这种装置进行热力学分析,阐明对合理利用能量的作用。

利用物质在相变时潜热吸收和释放的原理制成的热管,它的有效导热系数在相同尺寸下比固体铜棒要大几千倍,可以说是超级热导体。这种特性可以使传热设备体积大大缩小,提高传热效率,减少传热损失,达到节能的目的。目前,我国对热管的利用还刚刚开始,进一步对热管材料、工质特性和工艺技术进行研究,在今后会对节能做出更大的贡献。

从理论上讲,水是既不自燃又不助燃的物质,水的汽化还要吸收相当数量的潜热。但是,加适量的水于柴油或重油中,经过搅拌成为油渗水的乳状液,在内燃机、锅炉、加热炉等设备上使用,都能收到一定的节能效果。但是对油渗水的燃烧机理却是众说纷云。而且,由于缺乏燃烧理论上的指导,对不同设备渗水的数量和掺入方法,操作控制等都只能凭实践经验来决定,节能效果各异,推广也缺乏说服力。如果能摸清油渗水燃烧的原理和规律,从理论上加以指导,就可以使油渗水得以有科学依据地稳步推广。

为了提高煤炭输送的数量,并减轻铁路运输的压力,正在研究用管道远距离输送水和煤粉的混合物——水煤浆。这里有一系列需要解决的物理问题,如水和煤粉的稳定混合问题、水煤浆在管道中流动的理论计算、水煤浆对管道的摩擦强度和在水煤浆在锅炉中的燃烧机理等。这些问题的解决,都将促进管道输煤技术在经济建设中发挥作用。

节能除了直接节能外,还有间接节能。一般所说生产某个产品的能源消耗都是指生产中直接消耗的能源数量。合理燃烧、加强保温、余热余能回收和热能多次利用等都是直接节能。间接节能的方面很多,例如在生产中减少原材料的消耗,是一个前景无限广阔的节能途径,因为任何原材料,在它生产的过程中都曾消耗一定数量的能源。因此,节约原材料消耗,也就间接地节约了能源消耗。

物理学在间接节能方面可能发挥更大的作

物理

用。举一个简单的例子来说明。由于晶体管代替了电子管,使一个同样功能的半导体收音机的体积缩小了几十倍,使用的材料也大量地节约了。大规模和超大规模集成电路器件的出现,使收音机的体积又小好几倍,又可以进一步节约材料的消耗。总之,物理学的进一步发展,将会出现各种新材料、新技术和新工艺,并对间接节能起巨大的作用。

三、物理学和新能源开发

从自然界已经被人们认识的能源资源数量来看,地球上拥有几乎是使用不完的能源。随着科学技术的发展,人们还会发现更多可为人们利用的能源。现在,石油和天然气的消费量占全世界能源总消费量的2/3,但是石油和天然气资源是有限的,在油、气资源日趋匮乏的情况下,人们对能源的需要将逐渐转向煤炭和原子核裂变产生的能量。但是,煤炭和原子核裂变的原料也是不能再生的能源,它们的储量也是有限的。在即将到来的技术革命中,将逐步实现数量巨大的、几乎是取之不尽的太阳能和原子核聚变所产生的能量的利用。展望未来,能源的开发利用将在很大程度上决定于物理学的进一步发展。

将两个以上轻原子进行聚变反应,使其核融合在一起,合成的原子核的质量小于原来的核的质量,并同时释放出大量的能量,这就是核聚变能。这样的反应只能在极高的温度下才能发生,因为原子在这样高的温度下才能以足够高的速度运动,而克服它们的带正电的核之间的相互排斥。等离子体物理的发展,受控热核反应的实现,将为人类提供几乎是无限的能量。

将太阳辐射直接转换为电能的装置称为太阳能电池,它是人类开发利用新能源最有希望最现实的途径。现在已经研究成功几种太阳能电池,其中最希望的是光生伏打电池。这种装置是通过在特殊处理的半导体中将两种电荷

(下转第647页)