

对能源科学与工程 发展的若干建议

陈学俊*

(西安交通大学 西安 710049)

关键词 能源科学,发展,建议

一 能源的重要性及我国能源形势

能源是经济社会发展的重要物质基础,也是实现四个现代化以提高全国人民生活水平的先决条件。随着机械化、电气化、自动化程度的不断提高,社会对能源的需求量将越来越大。我们必须把解决好能源问题当作稳定社会秩序和保障国家安全的头等大事来抓。

我国 2004 年能源生产总量达到 19.7 亿吨标准煤,占世界的 11%,预计 2050 年将上升至 15%,但由于人口多,人均占有量只有发达国家的 10%—15%,而且在能源结构中以煤炭为主,环境污染问题严重。我国当前煤炭占能源总消费量的 60%以上,到 2050 年仍将保持在 40%以上,发达国家平均只占 25%左右。我国近二三十年来,虽然能源开发利用发展很快,但从生产到生活,从城市到农村,煤、油、电等仍全面短缺。如何解决能源问题,有两条出路可供选择:一是降低经济增长速度,二是增加能源开发、狠抓能源节约及环境保护。近 10 余年来中国 GNP 增长速度很快,如过分降低经济增长速度,要在下世纪中叶达到中等发达国家水平的目标将难以实现。显然只有增加能源开发,提供足够能源使经济得以持续发展。根据我国国情,必须在增加煤炭生产的同时,狠抓节煤,提高利用效率,加强环境治理与保护,决不能走发达国家先污染后治理的老路。

我国是低收入的国家,但每万美元国民生产总值能耗却为世界之首,为印度的 2.2 倍,为发达国家的 4—6 倍。产品能耗平均为发达国家的 2 倍,使用能源的设备效率要低 10%—40%。因此为了经济持续增长,在增加能源生产的同时,必须节约能源、提高能源利用效率。

为了满足社会经济发展对电力的需求,2005 年装机应达到 4.5 亿千瓦左右,2010 年应达到 6—6.5 亿千瓦,2020 年应达到 10 亿千瓦,其中水电 2.4 亿千瓦,煤电 6.4 亿千瓦,核电 0.4 亿千瓦,气电 0.6 亿千瓦,新能源发电 0.2 亿千瓦。能源科学与工程的发展任务十分艰巨。

根据我国能源面临的严峻形势和国内外能源科技的发展趋势,我国中长期能源产业发展的基本方针应是:节能为本,多元发展,通过科学用能和积极开发国内外资源,为全面建设小康社会提供能源保障,实现一次能源翻一番,国民经济翻两番,为建立充足、清洁、经济和安全的可持续发展的能源结构打下基础。大力发展一次能源,确保能源总量供应,发展洁净煤技术,积极开发石油、天然气,发挥先进开采技术的作用。在迅速发展水电的同时,必须高度重视生态环境保护。新型安全高效输配电系统对提高电网的经济性、可靠性和稳定性都有重要意义。发展核电,是实现我国能源结构优化和调整能源资源分布不平衡的重要途径。努力实现多层次全社会节能战略,提高能源利

* 中国科学院院士,第三世界科学院院士,西安交通大学工程热物理研究所所长
收稿日期:2005 年 10 月 26 日

用效率。研发科学用能新方法、新材料、新系统与新工艺,研发新能源和可再生能源,改善能源结构,减少环境污染。

二 能源科学与工程今后的发展方向

1 提高环保意识

环境污染已成为制约经济、社会发展,危及人类生存的重要因素,能源发展必须与环境治理统筹考虑,决不能走先污染后治理的老路。所有新建、扩建、改建和技术改造项目,必须坚持治污设施与项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产的方针。必须积极推进经济增长方式的转变,要采用先进适用技术装备,淘汰落后设备,严格禁止能源消耗大、污染严重的产品生产。必须加强法制建设,严格执行排放法规,要把环境保护建立在法制的基础上。政府应加大环保资金的投入。

2 提高能源利用效率

在我国能源构成中,煤炭约占 70%,提高煤碳利用效率,可以从以下几个方面来考虑:

(1) 工业锅炉大型化。全国现约有 60 万台工业锅炉,由于锅炉容量小、效率低,年耗煤达 4 亿吨,平均热效率仅有 60%。我国应推广热电联供、集中供热或分片供热系统以取代分散的小锅炉,不仅可降低煤耗,而且将大大改善环境。

(2) 火电机组近代化。我国火力发电占总发电量的 75%,2002 年火电装机容量已达 3 亿千瓦。我国火电平均煤耗比工业发达国家约大 1/3,主要原因是火电机组设备落后,效率低。应有计划地淘汰中小型低压机组,发展 30—90 万千瓦亚临界和超临界机组,逐步使电厂热效率接近 40%,同时发展超超临界大机组,使电厂热效率接近 45%。

(3) 发展先进的高效低污染的燃煤发电技术。包括循环流化床燃烧发电(CFBC)、增压流化床燃烧联合循环发电(PFBC-CC)、整体煤气化联合循环发电(IGCC)及磁流体-蒸汽联合循环发电(MHD-CC),我国在上述四

个方面已开展了相应的工作,并取得了一定的进展。

3 采用洁净煤技术

(1) 煤炭燃烧前处理。包括:①洗选处理,除去或减少原煤中所含的灰分、矸石、硫等杂质,洗选效率应达到 95%以上;洗选煤技术有 4 种:筛分、物理选煤、化学选煤及细菌脱硫。②用机械方法将粉煤和低品位煤制成一定形状和粒度的煤制品,高硫煤成型时加入适量的固硫剂,可大大减少二氧化硫的排放。

(2) 煤炭燃烧过程中净化。研制新型燃烧器,如低 NO_x 燃烧器,使燃料和空气逐渐混合,或调节燃料与空气的混合比,降低火焰温度,减少 NO_x 生成。流化床燃烧,把煤和吸附剂加入燃料床层中,沸腾燃烧,减少 SO₂ 排放,且燃烧温度较低,大大减少 NO_x 生成量。

(3) 煤炭燃烧后净化。采用湿式或干式脱硫工艺,效率可达 90%;在大型电站中应采用静电除尘,除尘效率可达 99%。

(4) 煤炭气化。煤炭气化是把适当处理过的煤送入反应器,通过气化剂(空气或氧和蒸汽)在一定温度压力下转化成气,可以在燃烧前脱除气态硫和氮组分。还有地下煤层气化也值得进行研究和开发。

(5) 煤炭液化。上世纪 90 年代已完成了万吨级煤基合成液体燃料关键技术及工业软件开发,已发展到可产业化阶段。我国对煤制甲醇,二甲醚,F-T 合成油等多种可供汽车用液体燃料做了大量工作,尚应继续进行研究。

(6) 发展水煤浆技术。其对贯彻执行国家以煤代油、压缩烧油的能源政策,合理利用能源,加强环境保护,是一种现实可行的选择。

(7) 绿色煤电计划。最近华能集团公司提出“绿色煤电”计划,总体目标是研究开发、示范推广煤基能源系统,以煤气化制氢和氢能发电为主,并对 CO₂ 进行分离和处理,大幅度提高煤炭发电效率,使煤炭发电系统的污染物接近零排放。

4 提高石油利用效率

我国石油生产与资源不足,2000年进口量已达9000万吨,2020年可能达到1.4亿吨,除大力发展石油工业和参与国际开发外,应进行各方面的节油技术研究,千方百计节约用油。

目前内燃发动机用油已占全国石油消费量1/2以上,必须进一步提高发动机热效率。提高石油利用效率和降低排气污染的关键技术,可采取以下措施并开展研究:

(1) 汽油机缸内直接喷射及分层稀燃技术。

(2) 共轨式电控高压燃油喷射技术。

(3) 醇类(甲醇、乙醇)燃料用于点燃式内燃机替代燃料。

(4) 可用近年来发现的二甲基醚(DME)作为压燃式发动机的新燃料。

(5) 多气门技术。增加流量系数,喷油嘴、火花塞可以中心布置以提高燃烧效率。

(6) 废气再循环技术。将部分废气引入新鲜进气,通过降低温度以达到降低NO_x的目的。

(7) 排气后处理技术。可以研究用稀土金属来制造催化剂。

(8) 利用均质混合气压燃(HCCI)技术控制排放。

5 提高天然气在能源利用中的比例

天然气是优质能源,我国天然气资源比较丰富,2002年底累计探明可采储量为2.6万亿立方米,预计到2010年将达到4.7—5.1万亿立方米,2020年将达到6—7万亿立方米。目前我国天然气年产量仅为170亿立方米,应加快建立我国天然气工业体系,到2010年建成年生产和输送800—900亿立方米,2020年将达到1300亿立方米,从资源讲是有基础的。

6 节电技术

重点发展高效电动机,高压大功率变频调速技术,高效电光源及整流器技术,高效变压

器和非晶态合金铁芯变压器技术,家用电器、电解电镀电源、输电网系统及工业电炉等先进节电技术。

7 多联供技术

重点发展热电联产、集中供热及热能梯级利用技术,推广热电冷联供和热电煤气三联供等技术,余热余压回收技术,高炉热风炉余热回收技术,转炉煤气回收技术,油田排放散气集中回收技术及大型余热锅炉和先进的热交换技术。

三 开发利用清洁与可再生能源提高环境质量

要逐步改变能源结构,大力开发清洁能源和可再生能源,同时加强环境科学的基础研究和应用研究,以进一步提高我国环境质量。

1 加快开发水电

我国可开发的水能资源为3.78亿千瓦,2003年我国水电装机仅占技术可开发的水力资源的24%,低于世界平均水平。到2020年我国需要新增水电装机容量在1亿千瓦以上,使全国大中型水电装机容量达到2.4亿千瓦。加快水电的发展有利于改善我国电力工业结构,同时,水能是可再生的清洁能源,无大气污染问题,且运行费用低。在发展水电时,要贯彻因地制宜,大、中、小并举,以及实行流域梯级滚动综合开发的方针,将水能资源和负荷分布密切结合,与电网建设密切配合。

2 大力发展核电

核电成本低于煤电,且投资成本占有较大的比重,约为60%—70%,燃料成本比较小,而煤电投资成本只占20%—30%,但燃料成本却占60%—70%,从长期看,煤电成本要高得多。发展核电还能节约化石燃料、减少运输矛盾和减少烟尘以降低温室效应。

全世界现核电总装机容量已超过3.60亿千瓦,2005年,我国核电装机容量为900万千瓦,预计到2020年,核电机组总容量将达到4000—5000万千瓦,占全国总装机容量的

4%—5%。发展核电要坚持以我为主、中外合作的方针,以压水堆为基本堆型,从现有 30 万千瓦及 60 万千瓦开始,应尽快掌握 100 万千瓦级核电成套设备制造技术。

3 加快开发新能源和可再生能源

清洁的和可再生的能源发展很快。根据我国“国家能源战略政策情景分析”预计,到 2020 年可再生能源利用量将达到 5.25 亿吨标准煤,比 2000 年增加近 1 倍。从资源量看,我国新能源和可再生能源资源可获得量为每年 73 亿吨标准煤,现在的开发量不足 4 000 万吨。我国风能资源丰富,据初步探明,陆地可开发的风能资源即达 2.53 亿千瓦,加上近海风能资源,全国可开发量估计在 10 亿千瓦以上,居世界首位。应鼓励并采取有效的市场机制,争取到 2020 年总风能装机容量达到 2 000—3 000 万千瓦,将可替代化石资源约 2 000 万吨标准煤。应抓紧 1.5 兆瓦变速恒频风电机组和 1.2 兆瓦直接驱动永磁式风电机组的产业化。目前单机容量 500、600、750 千瓦的风电机组已达到批量生产水平,而且成本已具有市场竞争力。风电还有一个重要特点——上马快,不像火电、水电建设要按年来计算,风电只需要按周、月来计算,完全有可能快速发展,特别是能较好地解决边远农村独立供电的问题。

我国煤层气储量丰富,初步预测达 35 万亿立方米,1 000 立方米相当于 1 吨石油,建议将煤层气勘探开发纳入国家能源发展总体规划予以研究。

地热是地球内部的热,如果向地心挖掘,每深入 35 米就会升温 1℃,我国地热发电及地热直接利用总量为 100 万吨标准煤,应进一步重视地热应用技术的开发。

应积极研究和开发太阳能利用,在太阳能光伏发电方面,要积极促进硅锭/硅片太阳能电池以及高效低成本太阳能电池组件及系统控制部件的产业化;促进太阳能热水器系统(包括高可靠性新型真空管集热器,大面积中

高温太阳能热水系统,全天候太阳能热水系统)的产业化。我国近年来已建成 10 个并网光伏发电项目,总容量为 8 万千瓦,总体上达到国际先进水平,成本约为 3 元/千瓦时,估计到 2015 年,成本可降到 0.5 元/千瓦时。

海浪能及潮汐能也有很好的利用前景,应予以重视,我国潮汐发电和波力发电的年开发能力现仅为 2 万千瓦。

天然气水合物,俗称可燃冰,这种物质在低温和 40 多个大气压下才是稳定的,拿到水面上立即融化,同时甲烷开始燃烧,1 立方米可燃冰可以释放出 164 立方米的甲烷天然气。如果将可燃冰从海底开采出来并运到地面,就拥有了数量可观的能源。我国南海存在有可燃冰资源,应努力做好前期研发工作。

此外,可再生生物质气化发电的研发也是不容忽视重要领域。

四 积极研究能源新技术

为了更好地解决能源供应和改善生态环境,我国应加强能源新技术的研究和开发,现将应加强的重点和研究进展分述如下:

(1) 先进型压水堆。先进压水堆,又称固有安全堆,其寿命长,可利用率、安全性和经济性都大大提高,我国已提出先进的 AC-600 研究开发计划。

(2) 快中子增值反应堆。我国快堆技术的基础研究始于上世纪 60 年代中后期,实验快堆是我国快堆工程发展的第一步,需要进行一系列相关基础实验,待成功运行后,尚需进行原型堆的关键技术研究。

(3) 高温气冷堆。高温气冷堆是以石墨作慢化剂、氦气作冷却剂的热中子堆。反应堆出口的氦气温度可高达 950℃,不仅可以高温供热,高效率发电,而且有很好的安全性。我国已有一座 10 兆瓦高温气冷堆投入运行试验。

(4) 加速器驱动亚临界系统。该系统基于加速器技术和核反应堆技术的发展,是目前国际热门研究课题,具有很大的发展前途。

(5) 受控热核聚变堆。聚变能目前尚处于研究阶段,离实用还有相当距离,虽有许多难题需要解决,但已露出胜利的曙光。我国磁约束核聚变研究居世界前列,20世纪50年代起就开始了受控核聚变研究。前不久中科院等离子体研究所为期半年的HT-7超导托卡马克实验顺利结束,此次实验获得的重要实验参数有:最高电子温度超过5000万度,获得可重复的大于60秒(63.95秒)的放电时间,高温等离子体存在时间在上世界上各大装置中仅次于法国超导托卡马克。

(6) 温差发电新技术。温差发电是利用热电转换材料将热能转化为电能的全静态直接发电方式,具有设备结构紧凑、性能可靠、运行无噪声、无磨损、无泄漏、移动灵活等优点,有微小温差存在的情况下即可产生电势,在军事、航天、医学、微电子领域具有重要的应用价值。近几年随着能源与环境问题的日益突出,温差发电作为适应范围广的绿色能源技术吸引了人们越来越多的关注。海洋里蕴含有极大的温差发电潜能,海水越到深处越冷,如果再配上海水淡化装置,在发电的同时还能得到淡水。

(7) 太阳能利用新技术。太阳能是取之不尽的能源,其转换利用方式有光-热转换、光-电转换、光-化学转换。太阳能发电涉及光学、化学、材料、传热、制造工艺、自动化等学科,是项综合性、交叉性很强的高新技术,应有计划的有组织进行研究和开发。

(8) 生物质能利用新技术。生物质能是绿色植物通过叶绿素将太阳能转化为化学能而储存在生物质内部的能量。它的转换利用涉及热化学转化技术、生物化学转换技术、生物质压块成型技术、化学转换技术以及新型过滤技术。此外,还应研制高效生物质气化炉及燃烧炉以提高生物质的有效利用率。

(9) 氢能的开发利用。氢能既可替代石油,又没有污染,还可以直接利用现有的热机转化为动力,使用十分方便。氢燃料内燃机已开始在美国实现。生产燃料电池汽车是实现氢能应用的重要途径,在质子交换膜燃料电池的已有技术基础上正在进行加大功率研究。在超音速飞机和远程洲际客机上以氢作动力燃料的研究已进入样机试飞阶段。以氢作燃料的汽车在经济性、适应性和安全性三方面均有良好的前景。我国已经开发出3辆具有自主知识产权的氢燃料电池汽车,目前运行考核总里程已达8000公里以上,性能满足城市客车要求。氢能是理想的非一次能源,目前在制氢储氢等方面虽还未达到经济适用地步,但其很有发展前途。

(10) 节能新技术。由于新技术的不断出现,能源终端使用效率日益提高,例如电力电子调节补偿技术、高效节能照明技术、高效加热技术、高效风机、高效水泵、高效压缩机、高效电机、热泵、热管技术等。当前世界各国都十分重视节能,能源界也有人将节能称为第五种能源,与煤炭、石油、水电、核电并列,我国应在制定行之有效的节能政策、措施的同时,进一步研发各种节能新技术和产品。

我们尤其要特别关注对耗油大户的政策导向和技术改造。交通运输是耗油的主要用户,在大力发展城市公共交通和继续提高铁路运营的速度的同时,应积极研发交通电气化新技术(如电动汽车与磁悬浮列车)和智能交通以达到节能效果。

我国建筑直接能耗占社会总能耗的30%,并仍在继续提高,将成为我国第一能耗大户,因此建筑节能已刻不容缓。今后对新建筑要全面执行节能设计标准,同时对已有建筑进行节能改造,到2020年建筑能耗可望减少3.5亿吨标准煤。