

氢能及其近期应用前景

毛宗强

(清华大学核能与新能源技术研究院 北京 100084)

〔摘要〕 着重从能源短缺与能源安全、环境保护、经济可持续发展和国际趋势阐明氢能的重要性,指出在研究氢能远期使用的燃料电池的同时,要重视氢作为氢内燃机的燃料是近期氢能应用的实际途径,特别是其中的氢气-天然气混合燃料已经可以商业化,建议我国示范、推广。

〔关键词〕 氢能 内燃机 NO_x 可再生能源

〔中图分类号〕 X51 0613.2 0621.24

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)02-0034-05

MOVING TOWARDS HYDROGEN ENERGY

MAO Zong-qiang

(Institute of Nuclear and New Energy Technolgy, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Hydrogen holds the potential to provide a clean, reliable, and affordable energy supply that can enhance China's economy, environment, and energy security. At present the hydrogen combustion is a real practical way. It is interested that the hydrogen-natural gas mixture can reduce the NO_x evidently. The big challenge is the hydrogen price. It is believed that combustion is the practical way to use hydrogen in China before the fuel cells being commercial.

Key Words: Hydrogen energy, ICE, NO_x , renewable energy**CLC Numbers:** X51 0613.2 0621.24**Document Code:** A**Article ID:** 1000-7857(2005)02-0034-05

1 引言

氢是一种能源载体,人们可以大规模利用储藏在氢中的能量。大约250年前人们就发现了氢,约150年前氢获得工业应用。在使用天然气之前,人们就用所谓的城市瓦斯来取暖、做饭或道路照明;那种瓦斯含氢高达60%。我国在推广天然气之前,广泛使用的由煤制取的城市煤气中氢含量高达50%以上。但是人们对氢作为能源的认识并不深刻。随着石化能源的资源枯竭和所带来的危害日益严重,人们开始更加关注氢能。

为什么氢能将是人类未来的能源?因为氢具备如下一些其它能源所没有的特点。

(1) 氢的资源丰富。在地球上的氢主要以化合物如水的形式存在。水是地球的主要资源,地球表面的70%以上被水覆盖。水就是地球上无处不在的“氢矿”。

(2) 氢具有可再生性。氢由化学反应产生电能(或热)并生成水,而水又可由电解再转化为氢和氧;如此循环,永无止境。

(3) 氢气具有可储存性。氢可以像天然气一样很容易地被大规模储存。这是氢能和电能、热能最大的不同。在电力过剩的地方和时段,可以用氢的形式将电能或热能储存起来;这也使氢在可再生能源的应用中可以起到其它能源载体所起不到的作用。

(4) 氢能是最环保的能源之一。利用低温燃料电池,通

过电化学反应将氢转化为电能和水,过程中不排放 CO_2 和 NO_x ,没有任何污染;使用氢燃料内燃机,也是显著减少污染的有效方法。

氢由于具有以上特点,可以同时满足资源、环境和可持续发展的要求,是其它能源所不能比拟的,所以备受重视^[1-7]。能源是我国可持续发展的基础,没有能源,就谈不上发展。能源问题是任何一届政府都不能忽视的大问题。由于石油供求的巨大缺口,我国今后将逐步调整以煤为主的能源供应战略,同时要着重改善能源利用对环境的影响,提高能源利用效率,建立能源供应和安全保障体系。为了达到这一目标,就不能不研究氢能,不能不利用氢能。

2 氢能是解决我国能源短缺的根本对策之一

众所周知,我国能源资源并不富有,人均资源量则更低,研究人员认为氢能是解决我国能源短缺的根本对策之一^[8-11]。我国2001年人均石油可采储量只有2.6t,仅为世界平均值的11%。2001年原油产量1.65亿t,原油生产已进入高峰期。

公路运输是汽油和柴油的主要用户,2000年消费量分别为4410万t和1970万t。今后,随着私人汽车拥有量的迅速增加,公路运输势将成为拉动我国石油需求大幅增长的一个主要因素。从1993年起我国成为石油净进口国,2000年石油净进口6960万t。图1给出我国历年石油进口和出

收稿日期:2004-09-29

基金项目:国家氢能“973”项目(G2000026400)

作者简介:毛宗强,男,1947~;北京海淀区清华大学核能与新能源技术研究院,教授,主要研究方向为氢能与燃料电池;E-mail: maozq@tsinghua.edu.cn

口量的统计。综合国内和国际能源机构(IEA)、美国能源部能源信息署(DOE/EIA)等机构 2002 年的预测,我国 2010 年汽车的油需求量将达 0.9 亿~1.1 亿 t,2020 年达 1.5 亿~2.3 亿 t。2010 年石油总需求量将达 3.4 亿~3.8 亿 t,2020 年达 4.3 亿~5.3 亿 t。我国专家预测有所不同,但需求量也相当高^[8]。

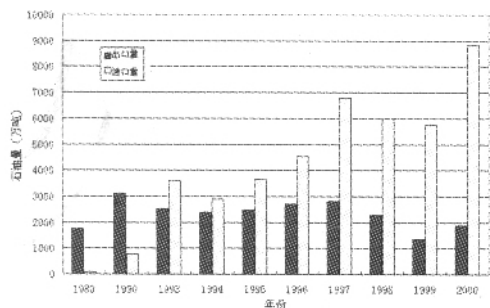


图 1 我国石油进口和出口量

如此巨大的能源短缺,直接关系到能源安全、国家安全。要解决这一能源短缺问题,近期应考虑其它液体替代能源,如甲醇、二甲醚等,从长远来看应考虑氢能的作用^[11-16]。

3 氢对我国能源安全和经济发展的巨大作用

我国自 1993 年由石油净出口国变为净进口国以来,石油净进口量急剧增加,2000 年达 6 960 万 t,石油进口依存度(净进口量占国内消费量比重)达 31%,已超过警戒线。现在,我国已经取代日本,成为世界第二大石油进口国。据预计,2010 和 2020 年我国石油需求量将分别为 2.8 亿及 3.2 亿 t^[8];2010 年净进口量将增至 1.6 亿 t,进口依存度超过 45%;2020 年净进口量将达 2.4 亿 t,进口依存度将达 60%~70%。图 2 给出我国石油进口依存度情形,国际上通常认为 30%是能源安全警戒线,我国目前已经超过这一警戒线,不能不引起高度的重视。

美国为确保其能源供应,制定了一系列的外交、军事和经济政策。第二次海湾战争以后,美国掌握了伊拉克石油管理,加上本是美国盟友、世界第一石油输出国的沙特阿拉伯,美国基本上控制了中东石油。这对大部分石油来自中东的我国,因石油来源单一、路途遥远,能源安全堪忧。

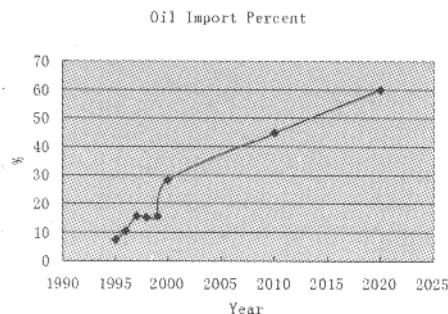


图 2 我国石油进口依存度现状及预测

目前,国际石油市场的波动已经对我国经济社会发展产生明显的影响。国际石油市场价格的飞速上涨,也给我国能源安全造成很大的问题。据我国有关人员测算,如果全年国际市场原油价格每桶平均上涨 10 美元,我国就要多掏 70 亿~80 亿美元。对我国 1993 年至 2000 年的 GDP、石油进

口量和价格波动进行的综合分析结果显示:油价每上涨 1% 并持续 1 年时间,就会使我国的 GDP 增幅平均降低 0.01 个百分点。其中,1999 年国际油价上涨 10.38%,影响我国 GDP 增幅约为 0.07 个百分点;2000 年国际油价上涨 64%,影响我国 GDP 增幅 0.7 个百分点,约相当于损失了 600 亿元人民币^[17]!

可再生能源是解决能源问题很好的出路,它包括水力能、生物质能、风能、太阳能和海洋能等能源。仅据太阳能、风能、水能和生物质能粗略估计,在现有科学技术水平下,1 年可以获得的资源量即达 87 亿 t 标准煤,大约是 1995 年全国能源消费量(15 亿 t 标准煤,含可再生能源)的 5.8 倍。而且大多数可再生能源属于低碳或非碳能源,具有可再生性,既不存在资源枯竭问题,又不会对环境构成严重的威胁,是未来可持续能源系统的重要组成部分。据报道,1997 年我国商品能源人均消费量 1.15t 标准煤,仅为世界平均值的 55%。如果到 2050 年我国人口达到 16 亿,人均能耗达到小康标准,以人均 3t 标准煤计算,则需要 48 亿 t 标准煤^[18],远低于 1 年可以获得的可再生能源资源量。由此可见,可再生能源对解决我国未来能源问题将大有作为。但是,可再生能源具有的时间性、区域性和不稳定性使其应用价值大为降低。氢由于具备电能和热能所没有的可储存性,使它成为最好的可再生能源的载体;因此,太阳能-氢能系统(可再生能源系统)将是解决我国乃至世界能源的最终方案。只有到了太阳能-氢能的循环形成之后,我国才可能真正做到能源自给自足、确保能源安全。而且,一个新的能源体系,必然会影响现有的旧体系,也会创造出新的就业岗位。我国应加强对氢能研究开发的投入,抓住机遇,有计划、有步骤地开发氢能,保证我国经济社会的可持续发展。

4 氢能适应清洁环境的要求

我国是世界上少数几个能源以煤为主的国家之一,也是世界最大煤炭消费国。2000 年、2001 年和 2002 年,我国煤炭生产量分别为 9.98 亿 t、11.6 亿 t 和 13.8 亿 t 标准煤;而目前我国 CO₂ 排放总量居世界第二位,仅次于美国。据 IEA2002 年 9 月发表的《中国 2020 年能源展望》估算,我国 2000 年 CO₂ 排放量为 30.5 亿 t,其中约 75%是电站和工业部门排放的,交通运输部门排放的 CO₂ 的分担率从 1990 年的 6%上升到 2000 年的 8%。预计未来 20 年内,电站和工业部门的分担率将保持 2000 年水平,而交通运输部门的分担率 2020 年将上升到 12%。有人估计如果到 2050 年我国需要 48 亿 t 标准煤,那时我国将要排放 176 亿 t CO₂。图 3 给出世界 CO₂ 排放的情形,从图中可见,美国的 CO₂ 排放上升平缓,而我国和发展中国家 CO₂ 排放量正迅速上升。照此发展,数年后我国就有可能成为世界最大的 CO₂ 排放国。虽然我国目前还不承担 CO₂ 减排任务,但相信随着我国经济实力的增强,国际社会要求我国减排 CO₂ 的压力将愈来愈重。而发展氢能、利用氢能有助于减少 CO₂ 排放,因此我国现在就应考虑加强氢能的应用技术研究。

洁净煤的技术方案也有多种,如水煤浆、洁净燃料、煤的预处理等。但是,由煤制氢供应终端用户、集中处理有害废物和 CO₂ 并将污染降低到最低水平,是最有希望的方案之一(具体论证此处略)。该方案既能解决当前能源需求,又是朝长期的清洁的氢能经济过渡,值得考虑。

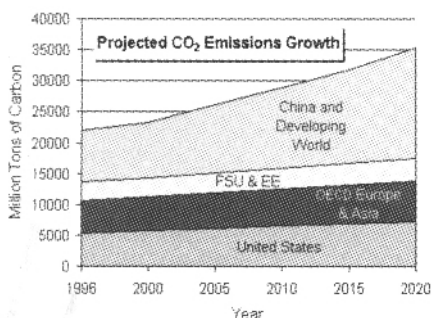


图 3 全球 CO₂ 排放现状与趋势

近 5 年,我国城市大气质量总体上虽有所改善,但污染仍然相当严重,而且污染源出现了新的变化,汽车尾气排放已经成为北京、上海、广州等特大城市的主要大气污染源,交通运输排放的 CO、NO_x 等污染物的分担率已超过 60%。北京市最近几年大力加强大气污染防治,但 2001 年大气质量好于 2 级的天数仍只有 50%,汽车尾气排放的 CO 和 NO_x 的分担率明显增大。

使用不排放任何污染物的燃料电池车,将对改善城市大气质量作出重要贡献。北京市的 1.27 万辆柴油公共汽车若有 25% 用氢燃料车替代,每年可少用柴油 4 万 t,减排 CO 485t、NO_x 1 800t、SO_x 1 600t。

5 国际大协作发展氢能

氢能发展的国际化趋势已日益明显。一方面,各国都在制定本国的氢能发展规划。例如:2002 年,美国推出“美国氢能路线图”;2004 年 2 月,美国能源部公布了《氢能技术研究、开发与示范行动计划》。该计划具体地阐述了发展氢经济的步骤和向氢经济过渡的时间表,计划 2040 年基本实现向氢经济的过渡。可以认为,该计划的出台是美国推动氢经济发展的又一重大举措,标志着美国发展氢经济已从政策评估、制定阶段进入到了系统化实施阶段。德国、英国、欧盟、日本等也制定了类似的计划。另一方面,各国都有加强合作的愿望。2003 年 11 月 19~21 日在美国首都华盛顿举行了“国际氢能经济合作伙伴”(THE INTERNATIONAL PARTNERSHIP FOR THE HYDROGEN ECONOMY(IPHE))成立大会,澳大利亚、巴西、加拿大、中国、德国、法国、韩国、冰岛、印度、意大利、日本、挪威、俄罗斯、英国、美国和欧盟的政府代表团及工商业界代表数百人出席了会议^[19],美国总统布什给大会发了署名贺信。IPHE 是一种新的氢能国际合作组织,这种合作将支持未来的氢能和电动汽车技术,以建设一个安全、有效和经济的世界范围的氢能生产、储存、运输、分配和使用的大系统。国际合作将帮助各国更有效地实现本国运输系统及固定设备的氢能和燃料电池技术项目的应用目标。

我国已经加入 WTO,今后国内的汽车市场也必然国际化。目前,虽然燃料电池还未市场化,但各大公司已经看好我国燃料电池市场,纷纷准备抢占市场份额。例如,通用汽车公司不但将该公司的燃料电池车拿到我国来展览,而且还让我国观众驾驶,体会燃料电池车的性能。杜邦公司、通用汽车公司在我国不同场合召开燃料电池研讨会。戴姆勒-克莱斯勒公司更是出巨资,分别于 2003 年 10 月和 2004 年 5 月资助在北京召开“青年氢能论坛”、“第二届国际氢能论

坛”(Hyforum2004),培育中国氢能市场。特别值得指出的是,在 Hyforum2004 会上,来自全世界 20 个国家的 500 多名政治家、实业家和科学家共聚一堂,讨论氢能的发展战略、氢能技术和氢能经济,获得巨大成功^[20]。大会同时还举办氢能展览会、氢能青年论坛优胜者发奖等活动。会议期间,氢能经济国际合作伙伴组织(IPHE)的指导委员会会议、中美氢能路线图高层会议、中德氢能生物柴油会议和世界环境基金/联合国计划开发署/中国燃料电池公共汽车示范项目签约等都在同一周内举行,使这一周成为名副其实的“中国国际氢能周”。

氢能发展的国际化动向,对我国来说,正是吸取国际氢能经验的大好机会。我国应该积极参加世界氢能合作,从我国的实际情况出发发展我国的氢经济,同时也推动世界氢经济的发展。

6 切实推动我国的氢能发展

氢能最好的利用方式是采用燃料电池技术,但主要的制约因素是价格,同时还有氢能基础设施的问题。目前看来,燃料电池汽车的实用化还需 15~20 年,或者更长一些时间^[21]。IPHE 也将其商业化的时间表定在 2020 年之后(能否按期实现,还很难说)。近期氢能使用最现实的方法之一就是氢气-天然气混合燃烧。

我国于 1999 年开展清洁城市汽车计划。压缩天然气(CNG)燃料汽车和液化天然气(LNG)燃料汽车技术由于成本低廉、使用环保,在国际上越来越受到重视。我国在北京、上海、广州、南京、沈阳等大中城市规划和建立了上千个天然气加气站,现有天然气燃料汽车 15 万辆以上。这些规划与措施,极大地缓解了我国对石油产品的依存度,降低了环境污染,为我国经济健康、稳定地发展作出了贡献。

天然气作为汽车燃料,虽然可以降低 CO₂、SO₂、Pb、PM_{2.5} 等污染物的排放量,但是,由于甲烷热值较高,达到 36 000kJ/m³,在高温高压下燃烧温度可以达到 2 300℃,容易产生 NO_x 气体,因此在实际使用过程中和汽油、柴油车相比,天然气汽车并不能降低 NO_x 气体的排放。而在 2005 年开始的世界碳指标交易市场(CDM)上,NO_x 的价格是 CO₂ 的 310 倍。表 1 给出了一些气体的污染指数。如果将氢气掺混到天然气中用作燃料,就可以有效降低燃料的燃烧温度,从而减少排放气中 NO_x 的含量。美国国家可再生能源实验室的研究结果指出,天然气中加入 5%~7% 的氢气(能量百分比),即 15%~20%(体积百分比),那么 NO_x 的排放量将减少 50%^[22]。图 4 给出美国 DENVER 示范项目的结果。可以看出,和天然气相比,5%质量的氢气和天然气组成的混合燃料的碳氢化合物(THC)、CO 和 NO_x 的排放量分别降低约 30%、50%和 50%。从图 5 可以看出,氢气和天然气混合燃

表 1 各种气体污染指数(以 CO₂ 为基准)

气体种类	污染指数
二氧化碳(CO ₂)	1
甲烷(CH ₄)	21
氮氧化物(NO _x)	310
氟碳化物(CF ₄ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈ , C ₄ F ₁₀ , C ₆ F ₁₄)	6 500~9 200
氟硫化物(SF ₆)	23 900
CFCs	10 000
HCFCs	500
HFC 23, 125	11 700~3 800
HFC 134a	1 300 (replacement for CFCs)

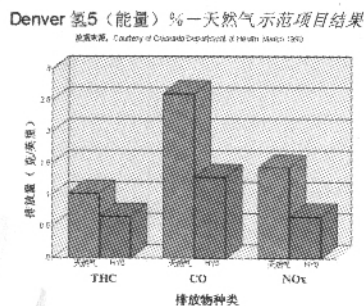


图 4 5%(质量)氢气—天然气示范项目排放结果

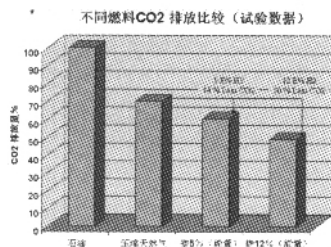


图 5 不同燃料 CO₂ 排放量比较

料对 CO₂ 的减排也有效果。

天然气加氢燃烧技术在国外已经有近 20 年的应用,最早是在美国加利福尼亚州得到使用。目前,加拿大、爱尔兰、澳大利亚、欧盟等地区和国家也利用压缩天然气加氢作为汽车燃料。天然气加氢的汽车燃料技术在国外已经是成熟的技术,完全适合在我国推广使用。该技术对于开拓氢能的应用领域,降低城市汽车尾气的排放污染,加快我国氢能实用化步伐,推动我国能源结构的调整,有着重要的不可替代的作用。

分布式氢燃料电池是燃料电池的又一大市场^[23]。由于燃料电池内部的运动零件极少,因此燃料电池发电厂一般没有常规火电厂那样复杂的锅炉、汽轮发电机等大型设备,不会出现设备零件损坏导致的重大事故。同时,设备的整装性使其占地面积小、可在线监控、可自动化操作。如日本五井火力发电所内的 11MW 级电站的占地面积仅为 3 300m²。此外,由于组件化设计省去了大型设备,故工程量大大减少,制造、安装十分方便,建设周期很短,扩建也很容易,易于根据实际需要分期建设。如德国西门子公司计划在德国的 Marbach 建设的 1MW 级的 SOFC 电站,其预计建设安装周期仅 5~6 个月。而普通的火力发电厂的建设周期要远远大于这一时间,并且占用空间较大。氢内燃机发电站在当前已有吸引力。

燃料电池技术虽具有较多的优点,但在当前推行仍会遇到不少问题,主要有技术标准和法规问题、氢气价格问题,以及人们对氢气安全的疑虑。氢气价格的确是一个问题,不仅是现在使用氢—天然气混合燃料技术的障碍,更是今后燃料电池技术的障碍。目前,便宜的工业制氢的价格大约要 1.80 元/m³,相当于天然气的价格(北京民用天然气价格 1.7 元/m³),再考量热值,显然太贵了。当前最好的办法是利用工业的副产物氢气,这样价格就会便宜很多。如果利用弃水发电的极低的电价,用 4~5 度电换 1m³ 氢气,经济上是可行的。从长远看,由于化石燃料缺乏,其价格也必定要上升,前一段时间石油的期货价格已经涨到了 60 美元/桶。如果改进制氢方法能使氢的价格有所下降,那么,总有一天会

达到两者的价格平衡,甚至氢气价格会低于化石能源的价格。应该看到,天然气——氢气混合技术的使用,会使氢气的销量增加,刺激氢气供应商的积极性,也会推动加氢站的建设,有利于氢气价格回落。

工业界已经有 100 多年安全使用氢气的历史和经验。事实证明,氢气和其它燃料一样安全,氢安全可以通过严格的规章来保证。氢是一种高能燃料,任何燃料都具有能量,都隐藏着燃烧和爆炸的危险。但和其它燃料相比,氢气是一种安全性比较高的气体。氢气在开放的大气中,很容易快速逃逸,而不像汽油蒸汽挥发后滞留在局部空间中不易扩散。氢火焰的辐射率小,只有 0.01~0.1,而汽油—空气火焰的辐射率大于 0.1,即后者几乎为前者的 10 倍。这说明氢火焰散发的辐射热要小得多。人们对氢能安全的担心主要是缺乏对氢的性质了解,因此需要加强对公众氢能知识的普及。

现在国际上高新技术产业往往先有标准、后有产品,但拥有完备的技术标准是掌握竞争主动权的前提。我国科技部和国家质检总局等政府职能部门正在研究和实施技术标准战略,氢能标准已经被列为优先研究制定的重点之一,应加紧落实。我国政府除已经出台鼓励高新技术研究和产业化以及鼓励外商投资的政策外,应研究制定鼓励用户购买使用氢能的政策,如:对早期购买者给予税收减免政策等;实行政府采购,把燃料电池车、氢气—天然气混合燃料车等清洁汽车纳入指令性政府采购目录。这在氢能进入市场初期十分重要,而且有助于推动相关基础设施的建设^[24]。

7 结论

综上所述,可以得出如下结论。

(1) 氢能是清洁能源,是我国未来新能源发展的必然选择,从现在起就应从政府层面上重视氢能并加大投入力度。即使几十年后,利用氢同位素的受控热核聚变(“人造太阳”)可以成功地解决地球能源问题,那么交通运输系统的汽车、船舶、飞机、火车也还离不开氢能燃料电池,需要氢作为能源。

(2) 燃料电池技术是使用氢能的最佳方法之一,但是燃料电池研究发展已 160 多年了还未定型;随着新材料、新技术的不断出现,新型燃料电池还会相继出现。我们应该抓住机遇借鉴发达国家燃料电池的经验和教训,开发新型燃料电池。当前我国氢能研究相对弱、相对分散,建议组建国家级氢能研究中心,稳定、持久地开发氢能,为我国的可持续发展打下良好的基础。

(3) 根据我国国情,宜采取多种用氢方式,择优而行。氢燃料电池是使用氢能的最高级、最有效的方式,我国已经有较为雄厚的基础,做了大量的工作,要继续努力。同时对于氢的直接燃烧方法的研究也要给予重视。纯氢气燃烧有其特殊性,主要是火焰温度高、无色等,使用纯氢气时应考虑到燃烧系统的适应性;而若将氢按一定比例添加到天然气中,混合后的燃气由民用天然气站供给作为居民生活燃料,或由 CNG 加气站按原加气方式注入燃料罐直接使用,这样不用改变用户的任何设备,氢在目前就可以得到使用,而不用等到 20 年之后。北京市目前有约 2 000 辆 CNG 公共汽车,预计到 2008 年将有 5 000~8 000 辆 CNG 公共汽车,如果掺入 15%~20% (体积)的氢,则相当于有几百辆燃烧纯氢的公共汽车,将会给首都的能源供应、环境保护带来相当大的好处。

(4)政府应因势利导,加快制定氢能的有关标准和法规,制定优惠政策,积极、谨慎、稳妥地推动氢能应用示范。氢能在大规模应用前,还有若干不确定因素:氢能的基础设施建设费用、氢能和化石能源的经济可比性、公众对氢能的接受程度。此外,氢能的更廉价的生产方式还有待开发。未来由核聚变产生的热能和电能将是制氢的廉价动力;而那时氢气仍然是分散式供电系统、交通运输的主要能源。关于氢气的储存方式,人们已经试验了多种方法,但都不是尽善尽美,仍需努力。政府应多做推动工作,这将有助于认识氢能的重要性和可行性,提高公众对氢能的认同程度。对于建立大规模氢能工业,则要十分慎重,务必先试点,再总结;再试多点,然后试验推广。既不能一刀切,更不能一窝蜂上。要根据各地的自然条件,因地制宜地稳健地朝前走;要鼓励研究单位和企业共同参与示范,从而加快氢能产业化步伐。

参考文献 (References)

- [1] 毛宗强. 氢能——21 世纪的绿色能源[M]. 北京:化学工业出版社, 2005
- [2] 衣宝廉. 燃料电池——高效、环境友好的发电方式[M]. 北京:化学工业出版社, 2000.18
- [3] 陈丹之. 氢能[M]. 西安:西安交通大学出版社,1990
- [4] 王毅波. 21 世纪理想的能源——氢能 [J]. 能源研究与信息, 2003, 19(2): 63~68
- [5] 池凤东. 实用氢化学[M]. 北京:国防工业出版社, 1996
- [6] 黄亚继, 张旭. 氢能开发和利用的研究[J]. 能源工程, 2003(2): 33~36
- [7] 毛宗强, 甄英俊. 太阳—氢能, 拯救地球的动力[M]. 北京:中国人民公安大学出版社. 2002
- [8] 顾树华, 张希良. 城市交通的可持续发展与能源问题[J]. 环境保护, 2003(1): 52~55

- [9] 胡卫华, 谢起成, 韩晓东. 燃料电池电动汽车的燃料[J]. 公路交通科技, 2002, 19(5): 139~143
 - [10] 郑青榕, 顾安忠. 燃料电池汽车燃料储运方案经济性分析[J]. 上海环境科学, 2002, 21(2): 67~70
 - [11] 毛宗强. 关注氢能源——21 世纪最具发展潜力的能源[J]. 科技中国, 2004(11): 28~33
 - [12] 鲁德宏. 石油天然气利用的新途径——燃料电池[J]. 石油与天然气化工, 2003(1): 10~13
 - [13] 吴靖, 江昊. 分布式发电系统的应用及前景[J]. 农村电气化, 2003, (7): 19~20
 - [14] Zink J C. Small generators fuel big expectations [J]. *Power Engineering*, 1999, 103(2): 21~24
 - [15] 朱成章. 从热电联产走向冷热电联产[J]. 国际电力, 2000(2): 10~12
 - [16] 张会生, 刘永文, 苏明, 翁史烈. 高温燃料电池—燃气轮机混合发电系统性能分析[J]. 热能动力工程, 2002, 17(3): 118~121
 - [17] 邹声文, 常志鹏, 刘铮. 国际油价连创新高——高油价对中国经济意味着什么. <http://www.sina.com.cn> 2004-08-21
 - [18] 中国 21 世纪能源展望. <http://www.chinaep.net>
 - [19] www.usea.org/iphe.htm
 - [20] 张涛. “氢能经济”渐行渐近[N]. 人民政协报, 2004-06-08
 - [21] 刘东峰. 燃料电池公交车: 符合国情的现实抉择[N]. 科学时报, 2003-08-11
 - [22] Lynch F, Fulton J. Advanced Hydrogen/Methane Utilization Technology Demonstration [R]. Final Report. April 1994, NREL/TP-425~6 357
 - [23] 徐建中. 分布式供电和冷热电联产的前景 [J]. 节能与环保, 2002, 30(3): 10~14
 - [24] 李宏乾. “氢经济”不可一蹴而就[N]. 中国化工报, 2004-10-28
- (责任编辑 邱夜明)

· 科技动态 ·

“振邦杯”2004 年中国和世界 10 大科技进展新闻揭晓

由中国科学院院士工作局、中国工程院学部工作局 and 科学时报社共同主办, 584 名两院的院士投票评选的“振邦杯”2004 年中国 10 大科技进展新闻和世界 10 大科技进展新闻 2005 年 1 月 13 日在京揭晓。

评选出的 2004 年中国 10 大科技进展新闻分别是: (1) 10 万亿次高性能计算机启用并跻身世界 10 强; (2) 我国首座国产化商用核电站建成投产; (3) 西气东输工程全线实现商业运营; (4) 我国第一个下一代互联网主干网开通; (5) “探测二号”发射成功, “双星探测”计划实现; (6) 纳米“超级开关”材料研制成功; (7) 高精度水下定位导航系统研制成功; (8) 我国科学家破解膜蛋白晶体结构难题; (9) 我国量子信息实验领域取得重大突破; (10) 我国海域油气资源战略调查获重大突破。

评选出的 2004 年世界 10 大科技进展新闻分别是: (1) 美国“勇气”号和“机遇”号火星车登陆火星并发现有水的证据; (2) 美国研制的无人驾驶 X-43A 超音速实验飞机创飞行时速 11 260km 新纪录; (3) “卡西尼”号飞船成功进入土

星轨道; (4) 韩国、美国科学家首次利用克隆技术获得人类胚胎干细胞; (5) 美国科学家首次利用核磁共振技术观测到单个电子; (6) 美国研发利用核反应堆大规模制氢技术; (7) 日本开发出世界最快光通信技术; (8) 美国天文学家发现太阳系最遥远的大天体; (9) 法国艾滋病病毒抗体研究获得重要进展; (10) 以色列、美国科学家制成能够停止或暂停的分子马达。

开展两院院士评选中国和世界 10 大科技进展新闻活动, 是为了盘点一年来国内外重大科技进展, 让公众了解科技发展动向, 普及宣传科技成果。本届科技进展新闻评选是主办单位一年一次、已连续开展的第 11 次活动, 每年的评选结果经新闻界广泛报道, 在社会上产生了强烈反响, 对宣传、普及科学技术起到了积极的作用。在中国科技馆当日举行的新闻发布会上, 中国科学院院长路甬祥院士和中国工程院院长徐匡迪院士还分别点评了 2004 年世界 10 大科技进展和 2004 年中国 10 大科技进展。

(本刊记者 苏 青)