

氢能的开发和途径

氢作为动力燃料最早是用于火箭推进器中的氢氧发动机。因氢首先需变成液氢,很昂贵,无法在工业上推广。但这一障碍并没有削弱氢这种理想能源对人们的吸引力。

1986年,世界各国近400名科学家在维也纳召开了“21世纪最重要的能源”学术讨论会。会上,瑞典科学家奥洛夫·载克斯罗姆作了一个学术报告,介绍他自己用一台风力发电机发出的电能,把水电解成氢和氧,然后把氢作燃料注入经过改装的氢气发动机,代替汽油开动汽车。此外,他又用风力制造出的氢气烧火作饭和取暖。这虽是作坊式的试验,但意义重大。

海水不仅可电解成氢和氧,还含有重氢(氘),氢燃烧后又变成水,如此循环不已,是一种最理想的能源。如果利用风力和太阳能等可再生能源制取氢燃料的技术取得成功,在全球建立用水制取燃料的良性循环能源系统,世界上就不会再出现酸雨、森林死亡等环境污染问题,长期困扰人们的能源危机也就迎刃而解。正是在这种背景下,近些年来,开发氢能的研究出现了重要进展。

用水制取氢初步告捷

继载克斯罗姆用风力制取氢的试验后,1990年德国建造了一座500千瓦的太阳能制氢试验厂。开创了利用太阳能发电,再用电分解水,生产出燃料氢的历史。此后在中东沙特阿拉伯首都附近也出现了一座太阳能制氢厂,功率为350千瓦,发出的电又将水电解成氢气。德国奔驰汽车公司和巴伐利亚汽车厂还组建了一个试用从水分解出来的氢作燃料的汽车队,同时开展公共汽车用氢作燃料的试验研究。为此,德国不惜每年投资5000万马克的费用。

美国俄勒冈太平洋能源公司于1989年发明了能大量生产廉价氢燃料的新技术,可以用任何水(包括自来水、雨水、海水)制取氢。方法是在水中加入一种廉价的化学催化剂。用这种方法分解出来的氢,成本很低。此方法已于1989年获得美国专利。

进入90年代后,用水制氢的研究加快了步伐。美国夏威夷自然能源研究所与佛罗里达太阳能中心合作,计划利用各地丰富的可再生能源(如生物质能、地热、水力、海洋潮汐、风力和太阳能等)生产氢,并制定了用氢取代石油煤炭等矿物燃料的过渡计划。

在加拿大和美国水力丰富的地区,已经有规模很大的电解水制氢厂。例如,加拿大多伦多电解器股份有限公司和诺达兰公司已制造出一套100兆瓦的电解水制氢设备。

氢气在气体状态运输很占体积,不方便。因此,要想

使氢能广泛代替汽油在飞机、汽车和船舶等运输工具上使用,必须解决氢气怎样才易于储存和携带的问题。

储存和便于携带氢的途径

目前,为便于贮存和携带氢,正在探索三种方法:一是将氢气变成液氢,二是用储氢合金将氢气吸附在合金中,三是将氢气变成金属氢。前两种方法已经取得可喜进展,虽然仍有困难,但前景是比较乐观的;而制取金属氢目前困难仍很大,短期内难以实现。

使用液氢成功的事例是在空间火箭中作燃料。在美国卡纳维拉尔角空间基地有一个液氢罐,可以存储30万升以上的液氢。运载火箭一次要携带7.5万升(约5吨)液氢。但制造液氢成本高,因氢气必须加压到150~200个大气压力后或在冷却到-253℃时才能变成液体氢。而且,加压装在高压容器内的液氢的安全性是个大问题。而低温致冷的液氢需要昂贵的致冷设备。

尽管如此,氢能飞机和汽车已经问世。1990年,日本武藏工业大学制造了一辆使用液氢发动机的汽车,时速可达125公里,该取名为“武藏8型”的发动机装在日产汽车公司一辆“美女Z型”汽车车身内,用计算机控制泵和阀门,并使液氢的温度在发动机点火之前始终保持在-253℃。灌注一次液氢可连续行驶300公里(每升液氢可行驶3公里)。这辆自重为1645公斤的小汽车在1990年7月26日于夏威夷召开的第8次氢能国际会议上展出,引起许多科学家和工程师的注意。

1988年4月15日,前苏联著名的图波列夫飞机设计局设计的一架以氢气作燃料的飞机试飞成功。这架图-155型飞机所有供给燃料的管道都装在机身表面上,而液氢储存罐装在飞机的客舱尾部。这是为保证安全和防止液氢意外泄漏引起危险而进行的特殊设计。机身外还装有监视氢气泄漏的特殊传感器和信号报警装置,一旦发生氢气泄漏,飞行员会立即收到报警信号,然后用强制通风方法吹散氢气。这架氢能飞机在满载液氢后试飞了21分钟并安全着陆。

由于液氢需要高压或低温条件,近年来材料科学家在研究利用金属氢化物对氢有极强的吸附特性进行储氢。发现某些金属能吸收氢气的历史虽很早,如钯、锂等都有很强的吸氢能力,但怎样才能很方便地使吸附的氢气再释放出来,适用于不同用途,却一时没有找到好的方法。1974年日本大阪守口市松下电器公司中央研究所在用钛锰合金氢气瓶作试验时,偶然发现瓶内有10个大气压的氢气突然“不见了”。仔细检查,气瓶并未漏气,而是和钛锰合金形成了氢化物。有意义的是被钛锰合金化合的氢气在加热到一定温度时又被释放了出来。这正

好是科学家梦寐以求的储氢材料。此后,许多国家,尤其是日本和美国,以近乎着迷的程度研究储氢合金。现在各国已研究出的许多储氢合金,除钛锰合金外,还有镁镍、镁铜、铜镍、铝锰、铅铬合金和各种含稀土的储氢合金,每年都有100种以上的储氢合金申请专利。这些储氢合金吸收的氢气可以为不同的机械或电器提供能源,如汽车、热泵、空调设备、无噪声的动力转换设备、燃料电池等。

1984年,日本川崎重工业公司成功地利用金属氢化物制造出了世界上当时最大的可移动储氢容器,储氢量释放后可达175标准立方米,相当于25个压力达150个大气压的高压氢气罐的容量,它是用含富钬的混合稀土元素加入镍铝合金形成的储氢合金制成的。日本工业研究所受到这一成果的鼓舞,开始着手研制氢气发动机来取代汽油作燃料的汽车发动机。

但是,他们嫌川崎重工业公司的储氢容器体积和重量都过大,其中稀土储氢合金的总重量就达1000公斤,在汽车上使用不方便。于是用另一家公司(SanToKu公司)提供的480公斤储氢合金制造了一个能储存80标准立方米氢气的氢气储存器,于1985年在丰田汽车的四冲程发动机上成功地进行了试验,在公路上行驶了200公里。

尽管许多金属氢化物的吸氢能力很强,但近10年来研究出的储氢合金还存在一些缺点。例如,Ti-Fe-Mg-Ni合金虽然可以吸收等量体积的液氢,但当进行反复的吸氢—放氢循环之后,这些储氢合金会变脆和粉末化而丧失储氢能力。

因此,目前无论是液氢还是储氢合金都存在一些技术问题。而其中阻碍氢能推广的最大障碍是成本高,为此,正在努力探索降低液氢成本的技术途径。

1994年初,美国航空航天公司研究出一种铝钬镧合金,它有良好的磁热效应,即合金在磁化时变热,在退磁时变冷,用这种磁热材料制成的制冷机比传统的气体—压缩式致冷的效率高20个百分点(磁热致冷机效率达60%,而气体—压缩式致冷仅40%),可以制造便宜的液氢,而且不使用污染环境的氟里昂。

当前,科学家们正在从多方面为降低制氢和制液氢的成本而进行大量的基础性研究,理想的目标是用太阳能风力等可再生的洁净能源发电,多余的电力用来电解氢,再用廉价的液氢取代矿物燃料,最终达至既解决能源危机又完全避免排放有害的污染气体。

从硫化氢中制取氢

除用水电解制氢外,还可以用 H_2S 制取氢。在油田和天然气井中,硫化氢的含量很高。深层的天然气中,硫化氢含量高达25%。这种气体有强烈的臭味,严重污染空气,直接危害油田工人的身体健康。为变害为利,前苏联库尔恰托夫原子能研究所和白俄罗斯技术研究所发明了一种方法:将硫化氢气体引进一个电磁场中,由于硫化氢分子受到电磁场的激化作用,在每个分子内部的

温度达到几千摄氏度时,便分解成氢和硫。用这种方法从硫化氢中获得氢,比水电解得氢所消耗的能量要少百分之几十,而且可得到另一种在工业上很有用的副产品—硫。

金属氢的诱惑力

氢气作为燃料是很理想的,但标准大气压下1吨氢气占有的体积约为110万升。1吨气态的氢在-253℃变液态氢时,体积大大缩小,约为14000升,密度为0.071克/厘米³。但是,一个要携带5吨液氢的火箭,体积就要做得很大。火箭自身的重量就要增加。于是,有些科学家想进一步研究,以获得固态氢或金属氢。因为金属氢密度要高得多。

1989年5月,美国华盛顿卡内基研究所的毛何匡和鲁塞尔·赫姆利宣布,他们用250万个大气压,把氢气压成了固体氢。这种氢不仅密度高(0.562~0.8克/厘米³),而且具有金属导电性,是一种储能密度极高的能源材料。

氢气在常温下本是一种不导电的气体,卡内基研究所为何想起要研究能导电的金属氢呢?他们认为,在化学元素周期表中,氢和锂、钾、钠、铯、钫、铷都是同属1A族元素,但除氢外其他成员都是金属,因此气态氢有可能在高压下变成导电的金属氢。一是氢和锂、钾、钠等元素是同族元素,有“亲缘”关系;二是从金属的特性分析,氢有可能“压”成金属氢,即当压力高达某一临界压力时,氢原子核周围仅有的一个电子就可能和邻近的氢原子核十分接近,而转变成为其他氢原子核共同占有的自由电子。这样本来是绝缘体的氢会因为有了共享的自由电子而变成可导电的金属氢。

研究金属氢有两方面的意义:一是金属氢有希望成为高温超导体,还能作核聚变的燃料,即高能量密度而无污染的能源;二是金属氢的研究还有助于解决理论物理和天体物理中存在的一些长期未能解决的问题,例如天文学家在观察太阳系的木星、土星、天王星和海王星这些天体时,发现有金属氢核心,他们非常希望了解,在多大的压力和温度下氢会变成金属氢。

但制造金属氢有很大困难,可能需要经过几代人的努力才能取得突破性进展。目前,美、俄、日等国家都宣布用过高压技术观察到了金属氢的现象,但压力卸除后又变成了普通的氢。因此美国的科学家对卡内基研究所得到的金属氢是否可靠甚有怀疑。总之,尽管金属氢对人们有巨大的诱惑力,但要在常压下得到稳定的金属氢,并让它在核聚变中释放出巨大的能量,还有许多难题要攻克。

一些持乐观态度的科学家认为,这些问题总有一天会解决。其根据是,既然石墨在高温高压下变成金刚石后,能在常温常压下长期稳定地存在,氢气变成金属氢后也有可能找到让它稳定的方法和技术。因此,尽管制取金属氢的研究困难重重,科学家们仍以契而不舍的努力在从事这一研究。

(刘先曙)