

氢气储能 与发电开发

王艳艳 徐丽 李星国 编著

QINGQI CHUNENG
YU FADIAN KAIFA

氢气储能 与发电开发

王艳艳 徐丽 李星国 编著



化学工业出版社

·北京·

本书内容共四章。第1章和第2章分别介绍了国内外氢能研究的最新动态以及氢能应用的主要领域；第3章重点介绍了国际上氢能储能和发电技术示范应用项目的现状；第4章介绍了氢能储能发电过程中可能存在的技术难点和关键材料问题，包括储氢材料的筛选、技术经济性分析、效率分析、技术匹配性分析等一系列问题；在结束语附录中对我国氢能储能发电前景进行了展望。

本书作为一本有价值的氢气储能与发电开发的参考书籍，适合于从事氢能利用以及储能发电研究领域的技术人员、研究人员和高等院校大中专学生阅读，可使读者清晰全面地了解氢能储能发电，同时也能为我国氢能储能发电项目建设提供一定的技术参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

氢气储能与发电开发/王艳艳, 徐丽, 李星国编著.
北京: 化学工业出版社, 2017.5
ISBN 978-7-122-29288-9

I. ①氢… II. ①王…②徐…③李… III. ①氢能-
能量贮存-发电-研究 IV. ①TK912②TM619

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 054160 号

责任编辑: 陶艳玲
责任校对: 边涛

文字编辑: 余纪军
装帧设计: 关飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 三河市延风印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 177 千字 2017 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

能源是人类社会赖以生存的物质基础，安全可靠和廉价的能源是经济稳定和持续发展的保障。现今，煤、石油、天然气等不可再生能源消耗不断加剧，且对生态环境造成严重的污染和破坏，大力发展清洁能源发电及其大规模并网应用技术将成为未来全球发展的趋势。

氢能作为一种理想的能源，以其来源简单（来源是水）、无污染排放（释放是水）、可从风能、太阳能等新能源发电中高效转化利用，是最有可能带来能源革命性变革的新型清洁能源，也是促进节能减排最具革命性的战略发展资源。世界主要发达国家和国际组织都对氢能源赋予极大的重视，纷纷投入巨资进行氢能相关技术的研发。美国、日本、欧盟等更是致力于控制 21 世纪“氢经济”发展的制高点。“氢经济”已经成为 21 世纪新的竞争领域。

氢能的一个重要应用就是氢储能发电，是通过将新能源（太阳能、风能、潮汐能等）产生的多余电量用电解水制氢，并将氢气储存，在需要时通过燃料电池把化学能直接转换为电能，只要有源源不断的水就能不断发电。氢能发电具备能源来源简单、丰富、存储时间长、转化效率高、几乎无污染排放等优点，是一种应用前景广阔的储能及发电形式，可以解决电网削峰填谷、新能源稳定并网问题，提高电力系统安全性、可靠性、灵活性，并大幅度降低碳排放，推进智能电网和节能减排、资源可持续发展战略。在氢储能技术方面，欧洲的发展相对成熟，有完整的技术储备和设备制造能力，也有多个配合新能源接入使用的氢储能系统的示范项目。如美国、日本都将氢能发电作为电网新能源应用长期的重点发展方向进行战略规划。目前，国际上小型氢能“发电站”开始进入推广期，大型氢能发电示范站也在逐步建设中。而国内也将发展氢能列入国家的重大发展项目之列，统一规划发展氢能系统技术的开发项目。国家电网公司也正在进行氢能储能发电的前瞻性研究。

本书查阅分析了大量国内外科技文献等资料，总结成数据图表，对氢能储能

发电技术的关键材料及关键技术进行了总结，并对国际上的氢能储能发电示范应用项目进行了详细的介绍，分析了在氢能发电过程中可能遇到的技术实施中的关键技术和关键材料问题，包括材料的筛选、技术经济性分析、效率、技术匹配问题等一系列问题，提出国内示范应用应重点解决的关键技术。通过本书的阅读，将使读者清晰全面地了解氢能储能发电，同时也能为我国将来建设氢能储能发电项目提供技术参考依据，这对于推进我国电网用氢能储能发电、推进智能电网的发展具有重要意义。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，希望读者予以批评指正！

编著者

2017.1

目 录

第 1 章 氢能源 / 1

1.1 氢能的特点	2
1.2 全球氢能源发展现状	7
1.2.1 美国	7
1.2.2 日本	9
1.2.3 欧盟	11
1.2.4 德国	13
1.2.5 北欧	14
1.2.6 中国	16
1.3 全球从事氢能源基础设施生产的相关企业	17
参考文献	19

第 2 章 氢能源的开发与利用 / 20

2.1 氢能在工业中的应用	20
2.2 氢能源在航空器上的应用	21
2.3 氢能源在交通运输领域的应用	21
2.4 氢能在生活中的应用	22
2.5 氢能在储能发电上的应用	23
2.6 氢能开发存在的问题	24

第 3 章 氢能储能发电现状 / 26

3.1 氢能储能发电介绍	26
--------------------	----

3.2	氢能发电前景分析	28
3.3	氢能储能及发电研究与示范性项目	31
3.3.1	美国	36
3.3.2	日本	37
3.3.3	欧盟	40
3.3.4	挪威	41
3.3.5	丹麦	43
3.3.6	法国	44
3.3.7	希腊	44
3.3.8	西班牙	48
3.3.9	英国	49
3.3.10	意大利	51
3.3.11	德国	53
3.3.12	韩国	57
3.3.13	中国 (未含中国台湾)	57
	参考文献	58

第 4 章 氢能储能发电技术实施 / 61

4.1	氢气的储存技术	61
4.1.1	高压储氢	62
4.1.2	液态储氢	63
4.1.3	固态储氢	65
4.2	储氢材料	66
4.2.1	储氢合金	68
4.2.2	配位氢化物	76
4.2.3	金属氮氢化物	78
4.2.4	氨硼烷化合物	79
4.2.5	金属有机框架材料	80
4.2.6	碳质储氢材料	80
4.2.7	玻璃微球储氢	82
4.2.8	储氢材料的储能参数和性能特点比较	82
4.2.9	储氢材料研究小组以及研究方向	86

4.3	储氢容器	90
4.3.1	高压储氢罐	90
4.3.2	液化氢气储罐	91
4.3.3	金属氢化物储氢罐	92
4.3.4	复合储氢罐	104
4.3.5	其他固态储氢罐	109
4.3.6	国内外金属氢化物储氢罐生产状况	113
4.4	氢能储能发电用储氢材料	118
4.4.1	储氢材料要求	118
4.4.2	储氢材料性能及技术经济性分析	118
4.4.3	储能发电用储氢材料筛选	126
4.4.4	应用实例分析	127
4.4.5	储氢容器技术经济性分析	129
4.5	氢能储能发电用储氢系统的技术指标	130
4.6	氢能储能发电示范应用的关键技术匹配问题	133
4.6.1	电解过程制氢与储氢材料匹配中的关键技术和问题	133
4.6.2	燃料电池与储氢材料工作匹配的条件	134
	参考文献	136

第1章

氢能源

随着世界全球气候恶化、石油危机加剧和人口剧增带来的影响不断加重，实行可持续能源发展战略迫在眉睫。氢能是公认的最理想的清洁能源，它最有希望成为 21 世纪人类所企求的清洁能源，人们对氢能的开发应用寄予极大的热忱和希望。通过将新能源发电（太阳能、风能、潮汐能等）产生的多余电量用来电解水制氢，再通过燃料电池把化学能直接转换为电能，只要有源源不断的“燃料”就能不断发电。既可满足交通工具等移动式能源需求，又能实现家庭、公共场所等分布式能源需求，还能成为储能发电的一种重要形式（图 1-1 为氢能源的循环

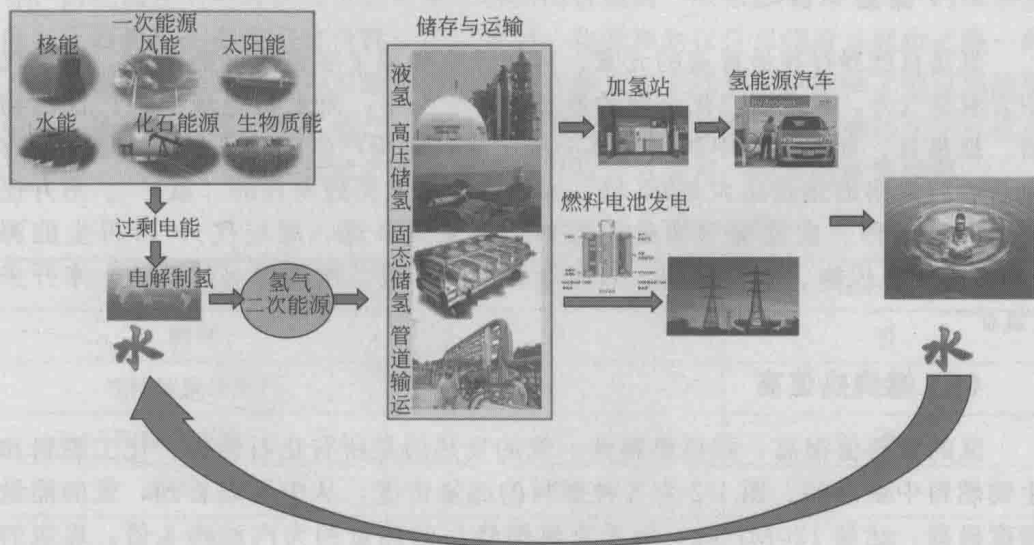


图 1-1 氢能源循环利用图

利用图)。氢资源极其丰富，取之不尽、用之不竭，燃烧热值高，其燃烧产物为水，不会带来环境污染，是煤、石油、天然气等传统能源所无法比拟的。氢能源将成为未来社会绿色能源体系的重要组成。

1.1 氢能的特点

自 1766 年英国化学家和物理学家卡文迪士 (Cavendish, H. 1731~1810) 发现氢以来，人类对氢的各种性质进行了不断深入的研究。迄今为止，氢气是人类对其性质了解和掌握最为透彻的物质之一。

氢元素周期表代号 H，元素周期表序号 1，英文 Hydrogen，原子量为 1.0079，沸点为 -252.87°C ，熔点为 -259.14°C 。氢是重量最轻、导热性及燃烧性最好、燃烧最清洁的元素。通常按照来源，将能源分为 2 大类，即一次能源和二次能源。一次能源是指以自然形态存在的能源，包括煤炭、石油、天然气、太阳能、风能、水力、潮汐能、地热能、核能等。二次能源是指由一次能源经过加工转换以后得到的能源，包括电能、汽油、柴油、液化石油气、氢能等。二次能源又可以分为“过程性能源”和“含能体能源”，电能就是应用最广的过程性能源，而汽油和柴油是目前应用最广的含能体能源。氢能是人类能够从自然界获取的储量最丰富且高效的含能体能源，作为能源，氢能具有无可比拟的潜在开发价值。

(1) 储量丰富

氢是自然界存在最普遍的元素，据估计它构成了宇宙质量的 75%，除空气中含有氢气外，它主要以化合物的形态储存于水中，而水是地球上最广泛的物质。据推算，如把海水中的氢全部提取出来，它所产生的总热量比地球上所有化石燃料放出的热量还大 9000 倍，水就是地球上无处不在的“氢矿”。另外还可以通过各种一次能源（如化石燃料、天然气、煤、煤层气），可再生能源（如太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热）或二次能源（如电力）来开采“氢矿”。

(2) 燃烧热值高

氢的发热值很高，除核燃料外，氢的发热值是所有化石燃料、化工燃料和生物燃料中最高的。图 1-2 为各种燃料的能量密度，从中可以看到，氢的能量密度极高，达到 120MJ/kg ，每千克氢燃烧后的热量约为汽油的 3 倍，焦炭的 4.5 倍。

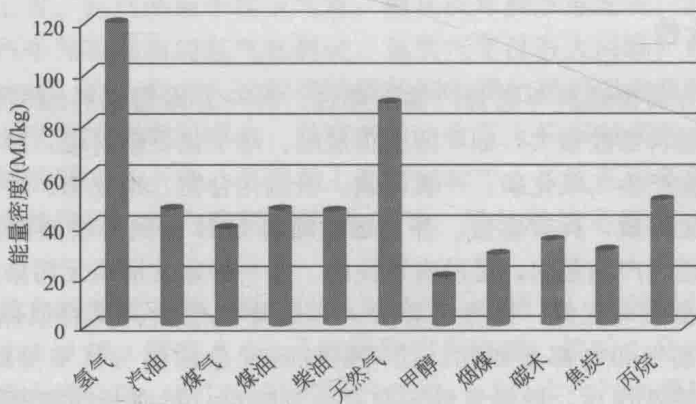


图 1-2 各种燃料的能量密度

(3) 能源载体

氢可以作为一种高密度能源存储的载体，可以以多种形式储存。与电、热不能大规模储存不同，氢可以以气态、液态或固态的金属氢化物存储，提供一种高密度存储能量的途径。能适应储运及各种应用环境的不同要求，所以氢可以很容易地大规模储存，就像天然气一样。

(4) 能量的可转换性

燃料的使用是通过转换成其他形式的能而实现的，如热能、电能、机械能等。因此能量的可转换性也是衡量燃料实用价值的一项指标。表 1-1 中列出来氢能与化石燃料的能量可转换性。可以看到，化石燃料仅仅只能通过燃烧这唯一的方式实现能源的利用。而氢能则可以通过多种方式实现利用，如除了可以通过燃烧外，还可以直接转换成蒸汽、通过催化燃烧转换成热能，还能通过化学反应成为热源、或者电化学过程而产生电能等。因此，氢能是一种多转换性能源。

表 1-1 氢能与化石燃料的能量可转换性

转换形式	氢能	化石燃料
燃烧	可	可
直接转换成蒸汽	可	否
催化燃烧	可	否
化学反应	可	否
电化学	可	否

(5) 安全性

安全性一方面指燃料与燃烧产物的毒性，另一方面指燃料的可燃性。氢气无毒，不像有的燃料毒性很大，如甲醇就很危险。对于化石燃料说，除了燃料本身具有毒性以外，会产生二氧化碳、一氧化碳、碳氢化合物、铅化物、粉尘颗粒之类对环境有害的污染物质，具有毒性。并且毒性随着 C-H 比例的增加而更强。对于氢能来说，氢的燃烧产物是水，是没有毒性的。是一种非常清洁无污染的燃料。

凡是燃料都具有能量，都隐藏着着火和爆炸的危险。我们很熟悉的天然气、汽油、液化石油气和电都是如此。任何燃料的安全性都与其本身的性质密切相关。由于氢的特殊性质，使得氢的安全有不少特点。然而和其他燃料相比，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空气中不易疏散。有人做过试验，两辆汽车分别用氢气和汽油作燃料，然后做泄漏点火试验（见图 1-3）。可见，点火 3s 后，高压氢气产生

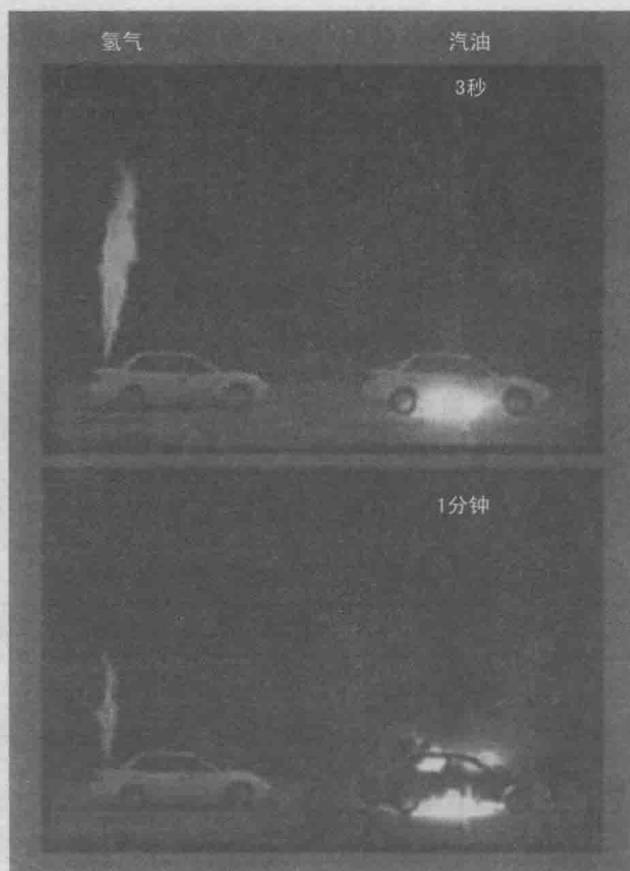


图 1-3 氢气汽车和汽油汽车的燃烧对比试验

的火焰直喷上方。而汽油由于比空气重，则从汽车的下部着火。到1分钟时，氢气作燃料的汽车只有漏出的氢气在燃烧，氢气汽车没有大问题；而汽油车则早已成为一个大火球，完全烧光。这说明了氢气汽车要比我们现在普遍使用的汽油车安全得多。由于氢焰的辐射率小，只有汽油、空气火焰辐射率的十分之一，因此氢气火焰周围的温度并不高。在类似上面的试验中，氢气在后备箱位置燃烧，而汽车后玻璃安然无恙，窗内温度还不到 20°C 。氢气燃烧不冒烟，生成水，不会污染环境。

氢具有最大的泄漏速率。但氢还具有另外一个特性，即极易扩散。氢的扩散系数比空气大3.8倍，若将 2.25m^3 液氢倾泻在地面，仅需1分钟，就能扩散成为不爆炸的安全混合物，所以微量的氢气泄漏，可以在空气中很快稀释成安全的混合气。这又是氢燃料一大优点，因为燃料泄漏后不能马上消散是最危险的。有文献指出氢的扩散系数比汽油大7.5倍，由此可以证明氢比汽油安全是有根据的。

氢气的比体积小，易向上逃逸，这使得事故时氢气的的影响范围要小得多。和其他液化的气体燃料相比，液氢挥发快，有利于安全。有人曾做过试验，将 3m^3 的液氢、甲烷和丙烷分别溅到地面上并蒸发，在相同的条件下，丙烷、甲烷和氢的影响范围分别为 13500m^2 、 5000m^2 和 1000m^2 。可见液氢的影响范围最小，大约是丙烷的十三分之一，甲烷的五分之一。也就说明液氢的安全性要比丙烷和甲烷好。当然，液氢的温度比液氮低得多，需要防止冻伤。

氢也有对安全不利的特点。例如氢着火点能量很小，使氢不论在空气中或者氧气中，都很容易点燃。根据报道，在空气中氢的最小着火能量仅为 0.019mJ ，在氧气中的最小着火能量更小，仅为 0.007mJ 。如果用静电计测量化纤上衣摩擦而产生的放电能量，该能量可以比氢和空气混合物的最小着火能量还大好几倍，这足以说明氢的易燃性。氢的另一个危险性是它和空气混合后的燃烧浓度极限的范围很宽，按体积比计算其范围为 $4\%\sim 75\%$ ，因此不能因为氢的扩散能力很大而对氢的爆炸危险放松警惕。

为了保证氢气使用安全，用氢场所的氢气浓度检测就非常重要。现代科学技术的发展，已经可以做到氢气浓度快速检测。探测器的尺寸很小，安装、使用都很方便。

表1-2列出了各种燃料与火灾相关的特性参数。可以看到，密度越低的燃料可燃性越弱。因为密度越小，在空气中浮力越大，越容易在空气中扩散开。并且比热容越大，对于一定的热量可以减慢燃料的温升，从而更加安全。另外，宽的燃烧着火界限、低的燃烧着火能以及低的燃烧温度是不利于安全的。而高的火焰温度、高的爆炸能和火焰辐射能力同样也是不安全因素。从以上这些不安全的因素指标看，相对于汽油和天然气来说，氢能具有低的密度、很高的比热容、低的

爆炸能和火焰辐射能力，因此也是相对安全的。表 1-3 对各种燃料的参数进行了安全等级评估。其中安全因子 Φ_s 定义为与氢安全级数的相对比值。可以看到，氢为最安全的，汽油是最不安全的，而天然气介于两者之间。

表 1-2 各种燃料与火灾相关的特性

特性	汽油	甲烷	氢气
密度	4.40	0.65	0.084
在空气中的扩散系数/(cm^2/s)	0.05	0.16	0.610
比热容/($\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}$)	1.20	2.22	14.89
空气中点火极限/(体积)%	1.0~7.6	5.3~15.0	4.0~75.0
空气中点火能/mJ	0.24	0.29	0.02
点火温度/ $^{\circ}\text{C}$	228~471	540	585
燃烧火焰温度/ $^{\circ}\text{C}$	2197	1875	2045
爆炸能量/g TNT/kg	0.25	0.19	0.17
燃烧火焰黑度/(体积)%	34~43	25~33	17~25

表 1-3 燃料的安全等级

特性	汽油	甲烷	氢气
毒性	3	2	1
燃烧物毒性	3	2	1
密度	3	2	1
扩散系数	3	2	1
比热容	3	2	1
空气中点火极限	1	2	3
空气中点火能	2	1	3
点火温度	3	2	1
燃烧火焰温度	3	1	2
爆炸能量	3	2	1
燃烧火焰黑度	3	2	1
共计	30	20	16
安全因子 Φ_s	0.53	0.80	1.0

注：1—最安全，2—较安全；3—最不安全。

总之，氢气是一种安全性较高的燃料，国内外长期的氢气操作经验告诉我们，只要严格遵守规定，不会发生氢气安全事故。

氢能是世界公认的清洁能源，因此得到国际社会的广泛关注。美国、日本、加拿大、德国、中国等国家均制定了氢能的发展规划，并投入大量资金支持氢能领域的研究开发和应用示范。另外，许多国际跨国能源公司和汽车公司也纷纷展

开对氢能技术的研究开发。

1.2 全球氢能源发展现状

20世纪90年代以来,氢能源作为一种高效、清洁、可持续发展的“无碳”能源已得到世界各国的普遍关注,世界主要发达国家和国际组织都对氢能源赋予极大的重视,纷纷投入巨资进行氢能相关技术的研发。美国、日本、欧盟等更是致力于控制21世纪“氢经济”(Hydrogen Economics)发展的制高点。“氢经济”已经成为21世纪新的竞争领域。

早在1970年,美国通用汽车公司的技术研究中心就提出了“氢经济”的概念。1976年美国斯坦福研究院就开展了氢经济的可行性研究。2006年11月13日国际氢能界的主要科学家联名向八国集团领导人(加拿大总理斯蒂芬·哈珀、法国总统雅克·希拉克、德国总理默克尔、意大利总理罗马诺·普罗迪、日本首相安倍晋三、俄罗斯总统弗拉基米尔·普京、英国首相托尼·布莱尔和美国总统乔治·布什)以及联合国相关部门负责人提交了有关氢能的《百年备忘录》。在备忘录中,科学家们指出:“21世纪初叶人类正面临的两大危机:一是人为因素导致的气候变化是真实存在的,至21世纪末,气温的升高将会呈现一个相当大的幅度,并将会给人类、动物、植物以及人类文化遗产带来灾难性的后果。二是传统化石能源或核能源燃料被少数几个国家寡头垄断的情况正不断加剧,这不利于大多数国家利用能源。解决上述问题的方案不少,但是氢能为最优方案,它将为人类提供足够的清洁能源。”

2010年5月在德国埃森召开的“第18届世界氢能大会”,各主要国家均有代表出席,并介绍自己国家的氢能进展,充分展示了各国正在加快氢能源市场化步伐。世界氢能大会是由国际氢能学会创办的氢能国际会议,每两年举办一次。会议内容侧重于氢能科学。国际氢能学会是全球氢能领域最高级别的非盈利性学术组织,1974年在美国成立,其会员遍布全球。国际氢能学会同时还创办了世界氢能技术大会,每两年举办一次。会议内容侧重于氢能应用技术。目前已举办5届。2013年的第5届世界氢能技术大会是在我国上海举办的。

1.2.1 美国

美国高度重视氢能源的开发和利用,致力于推动氢经济的发展。美国从国家可持续发展和安全战略的高度,制定了长期的氢能源发展战略。美国的氢能发展路线图(图1-4)从时间上分为4个阶段:①技术、政策和市场开发阶段;②向

市场过渡阶段；③市场和基础设施扩张阶段；④走进氢经济时代。从2000年至2040年，每10年实现一个阶段。美国目前每年生产 $5.4 \times 10^7 \text{ m}^3$ 氢气。拥有氢气管道1900英里（1mi=1.61km）。现有230多辆氢燃料电池轿车，130多辆氢燃料电池公共汽车，大约200座加氢站。



图 1-4 美国的氢能发展路线图

美国氢能源发展大事记：

- ✦ 美国对氢能源的关注要追溯到1973年的石油能源危机时期。在1973年石油危机时期，美国成立了国际氢能源组织，并且在迈阿密召开了第一次国际会议。
- ✦ 20世纪80年代，美国对于氢能源项目的研究投资急剧减少，直到90年代人们日渐关注全球气候改变及对石油进口的依赖才重新启用此项投资。
- ✦ 2001年11月，美国召开了国家氢能发展展望研讨会，勾画了氢经济蓝图：“在未来的氢经济中，美国将拥有安全、清洁以及繁荣的氢能产业；美国消费者将像现在获取汽油、天然气或电力那样方便地获取氢能；氢能的制备将是洁净的，没有温室气体排放；氢能将以安全的方式输送；美国的商业和消费者将氢作为能源的选择之一；美国的氢能产业将提供全球领先的设备、产品和服务。”
- ✦ 2002年，美国能源部建立了氢、燃料电池和基础设施技术规划办公室，提出了《向氢经济过渡的2030年远景展望报告》，制订了美国未来氢经济发展的宏伟蓝图，同年11月，出台了《国家氢能发展路线图报告》。
- ✦ 2003年1月28日，美国总统布什宣布启动总额超过20亿美元氢燃料研究计划。该项目提出了氢能工业化生产技术，氢能存储技术，氢能应用、开发技术等重点开发项目，以促进氢燃料电池汽车技术和氢基础设施技术在2015年

实现商业化应用，为发展“氢经济”提供技术支撑。

- ✦ 2003年11月20日，由美国、澳大利亚、巴西、加拿大、中国、意大利、英国、冰岛、挪威、德国、法国、俄罗斯、日本、韩国、印度、欧盟委员会参加的《氢经济国际伙伴计划》在华盛顿宣告成立，这标志着国际社会在发展氢经济上已初步达成共识，也为美国发展氢经济提供了国际合作的基础。至此，美国发展氢经济的准备工作可以说已初步完成。
- ✦ 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，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、制定阶段进入到系统化实施阶段。
- ✦ 2004年5月，美国建立了第一座氢气站，加利福尼亚州的一个固定制氢发电装置“家庭能量站第三代”开始试用。这个装置用天然气制造氢气维持燃料电池。第三代比第二代的重量轻了30%，发电量却提高了25%，同时氢气的制造和储存能力提高了50%。
- ✦ 2005年7月，世界上第一批生产氢能燃料电池汽车的公司之一戴姆勒-克莱斯勒公司研制的“第五代新电池车”成功横跨美国，刷新了燃料电池车在公路上行驶的纪录，该车以氢气为动力，全程行驶距离5245km，最高时速145km。

1.2.2 日本

如果不是那场海啸引发的核泄漏，日本可能不会放弃纯电动车的计划。日本关闭全部核电站让所有车企意识到原本利用夜间剩余电力充电的梦想无法实现了。面对日益高涨的石化燃料价格以及日本国内越来越大的能源漏洞，日本开始寻找真正的可替代能源。氢在燃烧时不会产生二氧化碳，被视为环保能源之一。在氢和氧经化学反应发电的燃料电池领域，日本拥有数项全球第一的专利，因此政府在能源基本计划中倡导推进氢的运用。

在国际上，日本在努力发展氢经济方面是最具影响力的国家之一，不仅表现在研发上，而且体现在产品计划上。以下几个方面的因素决定了日本的先导地位：日本政府承诺签署到2010年减少6%温室气体的目标草案；日本本国运输行业对石油进口的极大依赖性；日本需要维护本国高新技术形象和经济两方面超级强国的地位。

日本从1993年开始发展了一个WE-NET项目。这个项目是关于诸多可更新能源的世界性发展网络介绍、传输和利用。这一项目是在2002年完成的，它是由新能源工业技术发展组织经营的一个广泛的政府性工业学术企业，主要任务是