

QINGNENG JISHU
BIAOZHUN TIXI YU ZHANLUE

王 赓 郑津洋 编著

氢能技术

标准体系与战略



化学工业出版社

QINGNENG JISHU
BIAOZHUN TIXI YU ZHANLUE

王 赓 郑津洋 编著

氢能技术

标准体系与战略



化学工业出版社

· 北京 ·

氢能具有来源多样、洁净环保、可储存和可再生等特点，可以同时满足资源、环境和可持续发展的要求，是极具发展潜力的清洁能源。氢能技术标准化战略的分析研究、构建氢能技术标准体系框架，对我国氢能技术的发展及其标准化工作的开展具有重要意义。

全书共分为 6 章，较为系统、全面地介绍了国内外氢能技术及其标准化发展现状，在此基础上开展了氢能技术标准化战略的分析研究，提出了氢能技术标准体系框架，并对今后一段时间我国氢能技术标准化亟待解决的问题和技术路线提出了建议。

本书适用于氢能和燃料电池领域的技术人员、科研人员和标准化工作者，高等院校相关专业的本科生、研究生和教师，并可供政府机构相关人员参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

氢能技术标准体系与战略/王赓, 郑津洋编著.
北京: 化学工业出版社, 2013.1
ISBN 978-7-122-15914-4

I. ①氢… II. ①王…②郑… III. ①氢能-技术标准-研究-中国 IV. ①TK91-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 282342 号

责任编辑: 程树珍 金玉连
责任校对: 边 涛

装帧设计: 张 辉

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: 三河市延风印装厂

720mm×1000mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 209 千字 2012 年 12 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: 60.00 元

版权所有 违者必究



序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益短缺，环境不断恶化。因此，人类正在努力寻求多元的、新的、清洁、安全、稳定的可持续能源供应。当前我国正处于全面建设小康社会的关键历史时期，同时也正面临着严峻的挑战，能源、资源的短缺和过度消耗对国民经济发展、人民福祉均已构成严重制约。解决可持续的能源供应和能源安全问题，首先是要节约能源；还有一条重要途径就是寻求来源充足、供应安全的替代能源。有效利用我国的能源资源，研究、开发新能源与可再生能源等替代能源，尤其是太阳能、风能、生物质能和氢能等，实施多元化能源发展战略，是国家和社会得以持续发展的重要战略选择。

本书深刻剖析了我国氢能技术及其标准化工作的现状和存在的问题，并在此基础上构建氢能标准体系框架，确定今后一段时期氢能标准化研究的重点内容，对今后一段时间氢能标准化亟待解决的问题和技术路线提出建设性意见。可以说，在我国氢能技术和标准领域，本书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为氢能工作者提供了丰富的专业知识、信息和综合分

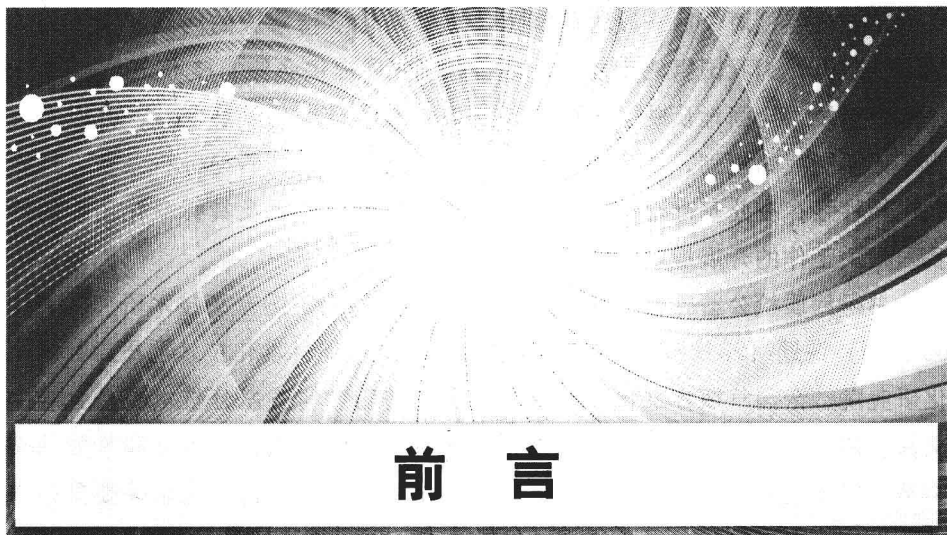
析的资讯，而且也为我国氢能标准化发展提供了体系框架和战略发展的依据，因此值得一读。

我们期待本书的出版发行，在推动我国氢能经济发展的进程中作出应有的贡献。

全国氢能标准化技术委员会主任委员

陈霖新

2012年11月25日



前言

中国已经步入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化发展的新阶段。在这一关键的历史发展时期，中国正面临着严峻的挑战，能源、资源的短缺和过度消耗对经济发展已构成严重制约。而且我国能源供应存在结构性的石油短缺，随着经济的持续快速发展，这种状况将日趋严重。在石油紧缺和巨大能源消耗的双重压力下，改变我国能源供应结构和保证能源安全迫在眉睫。解决能源供应和能源安全问题，首先是要节约能源；还有一条重要途径就是寻求来源充足、供应安全的替代能源。

氢能具有来源多样、洁净环保、可储存和可再生等特点，可以同时满足资源、环境和可持续发展的要求，是解决能源供应和环境问题的重要途径之一。氢能是一种“二次能源”，太阳能、风能、潮汐能、波浪能、地热能和水力能等可再生能源都可以通过一定的转换，以氢的形式储存起来。从某种程度上讲，氢能可能是人类未来的清洁能源。

氢能技术的发展和产业化离不开相关的标准化工作。氢能技术标准化有利于促进技术的自主创新和科技成果产业化，有利于加快产品和产业结构的调整与产业升级，有利于提高产品质量和市场竞争力。为了更好地开展氢能技术标准化工作，应系统地进行我国氢能技术标准化战略的分析研究，并结合氢能产业发展的特点构建氢能技术标准体系。

本书在对国内外氢能技术及其标准化发展的总体情况进行调研分析的基础上，剖析我国氢能技术及其标准化工作的现状和存在的问题，开展氢能技术标准化战略的分析研究，构建氢能技术标准体系框架，确定今后一段时期氢能技术标准化

研究的重点内容,对今后一段时间氢能技术标准化亟待解决的问题和技术路线提出建设性意见,为我国氢能产业的健康和有序发展提供必要的技术支撑。

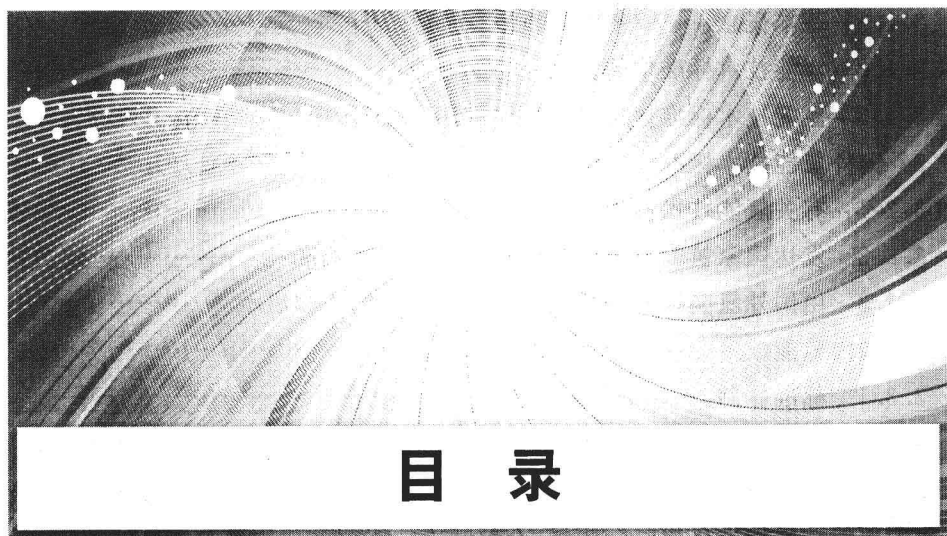
本书系统、全面地反映了国内外氢能技术及其标准化发展现状,并以发展现状为基础研究战略规划,立足战略规划构建标准体系,调研与分析结合,层次分明,逻辑性强;在此基础上,结合编者多年从事氢能技术及其标准化工作的经验为我国相关工作的开展提出了建设性意见。

本书得到质检公益性行业科研专项项目(10~18)、国家高技术研究发展计划(863计划)课题(2012AA051504)等项目和全国氢能标准化技术委员会、中国标准化研究院、全国气瓶标准化技术委员会车用高压燃料气瓶分技术委员会等的大力支持。感谢全国氢能标准化技术委员会陈霖新主任委员、毛宗强和李爱仙副主任委员,以及马建新、蒋利军、张立芳、周振芳、侯世杰、马凡华等委员在本书成稿过程中的大力支持。浙江大学赵永志、花争立、李克明、欧可升、杜洋、刘威等在本书资料收集、编排校对方面付出了辛勤劳动,特此致谢。

限于水平,虽经努力,书中恐仍有不妥甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编著者

2012. 11



1 氢能概述	1
1.1 什么是氢能	1
1.2 发展氢能的必然性	2
1.3 氢能发展简史	3
2 氢能技术的发展与现状	5
2.1 国外氢能技术的发展与现状	5
2.1.1 政策规划	6
2.1.2 氢的制备	11
2.1.3 氢能储存	18
2.1.4 氢能应用	27
2.1.5 氢能基础设施建设	31
2.2 国内氢能技术的发展与现状	35
2.2.1 政策规划	36
2.2.2 氢的制备	37
2.2.3 氢能储存	40
2.2.4 氢能应用	43
2.2.5 氢能基础设施建设	48
2.2.6 我国氢能技术发展展望	50
3 氢能技术标准化发展与现状	54
3.1 氢能技术标准化简介	54

3.1.1	基本概念	54
3.1.2	氢能技术标准化的特点	59
3.1.3	氢能技术标准化工作的重要作用	60
3.2	国外氢能技术标准化的发展状况	62
3.2.1	有关氢能技术的国际标准化组织及国际标准	62
3.2.2	发达国家氢能技术相关标准化组织及其标准	70
3.2.3	由国外氢能技术标准化工作中所得的经验和启示	90
3.3	国内氢能技术标准化的基本状况	90
3.3.1	标准体制	90
3.3.2	氢能技术领域标准化组织	92
3.3.3	氢能技术标准化现状	93
4	我国氢能技术标准化战略	101
4.1	氢能技术标准化战略的重要作用	101
4.2	我国氢能技术标准化发展战略目标和原则	104
4.2.1	氢能技术标准化发展战略目标	104
4.2.2	氢能技术标准化发展战略原则	106
4.3	我国氢能技术标准化发展重点及战略措施	107
4.3.1	制定氢能发展路线图, 推动氢能经济进程	107
4.3.2	推动中国特色氢能技术相关标准的开发和研究	107
4.3.3	加强氢能有关的检测方法和评价指标体系相关标准的制定	108
4.3.4	加快氢能相关基础设施和示范项目建设	109
5	我国氢能技术标准体系	110
5.1	研究氢能技术标准体系的目的和作用	110
5.2	编制氢能技术标准体系的基础和原则	112
5.2.1	编制氢能技术标准体系的基础	112
5.2.2	编制氢能技术标准体系的原则	113
5.3	氢能技术标准体系的结构及组成	114
5.3.1	氢能技术标准体系的结构框架	114
5.3.2	氢能技术标准体系框架的特点	117
5.3.3	氢能技术标准体系明细表	117
5.4	我国氢能技术标准体系发展展望	125
6	我国氢能技术标准化工作的对策和建议	127
6.1	氢能技术标准化亟待解决的问题与技术路线建议	127

6.2 氢能技术标准化应当重点加强的领域和项目建议	132
附录	135
附录 A GTR《氢燃料电池汽车安全全球技术规范》(正文)	135
附录 B 型式认证要求	179
附录 C 型式认证试验条件与方法	184
参考文献	192



1

氢能概述

氢是宇宙中最丰富的元素，它构成了宇宙质量的 75%。氢在地球上主要以化合态的形式存在，如果考虑海洋中的水，氢的储量十分丰富。氢能具有来源多样、洁净环保、可储存和可再生等特点，可以同时满足资源、环境和可持续发展的要求，是极具潜力的“能源载体”。本章在介绍氢能基本概念的基础上，阐述发展氢能的必然性，并简要回顾了氢能的发展史。

1.1 什么是氢能

简言之，氢能是指氢的化学能，即氢与氧反应而生成水的过程中释放出的能量。氢在元素周期表中位于第一位，氢原子是所有原子中最小的。众所周知，氢气是最轻的气体。在标准状态下，每升氢气只有 0.0899 克，仅相当于同体积空气质量的二十九分之二。氢是宇宙中最常见的元素，氢及其同位素占到了太阳总质量的 84%，宇宙质量的 75% 都是氢。

地球上几乎不存在天然的氢气，为了制取氢气需要消耗能源，所以氢能是“二次能源”。不论是从能量密度、可储存性，还是从环境保护方面来讲，氢能都是连接一次能源和用户之间很好的“能量载体”。随着化石燃料消耗量的日益增加，其储量日益减少，氢能正是一种在常规能源出现危机、在开发新能源的背景下人们期待的新的二次能源。由于支撑氢能体系的是水循环，随着技术的发展，如果制氢环节的温室气体排放可得到有效控制，氢能就可以用来建立面向可持续发展社会的能源体系。

1.2 发展氢能的必然性

纵观能源发展史，人们会发现一个有趣的现象，即人类所用的燃料中氢和碳的比率随年代逐步升高。

历史上能源结构发生过两次重大更替：第一次发生在 19 世纪后期，煤炭替代了柴薪；第二次是 20 世纪 70 年代石油取代了煤炭而成为主要能源。与能源相关的还有两个重大事件：一是天然气消费量呈直线增长，成为重要能源；另一是在 20 世纪 70 年代核能跻身于主要能源之列。

从能源结构的更迭可以看出，人类社会发展需要的支柱能源基本是按照含碳量越来越低，含氢量越来越高的趋势演变的，先是从薪柴，然后是煤炭，现在主要是石油，接着将是天然气，最后可能是不含碳元素的氢能源。

在迈入 21 世纪的今天，全球工业加速发展，人民生活水平不断提高、物质需求逐渐加大，随之带来的是全球资源的紧张、环境污染的加剧。各国为争夺化石能源，局部摩擦不断，无形中增加了世界的不和谐因素。环境的恶化已逐渐威胁到整个人类的生存环境。针对这些问题，只有从根本上改变能源的结构形式才是唯一的出路，为此各个国家都不约而同地加大对新能源的开发力度，各种新能源技术应运而生，如太阳能、风能、核能、氢能和生物质能等。其中，氢能被普遍认为是最具发展潜力的新能源之一。氢能自身具有的一些性质也展示了其成为未来清洁能源的极大可能性，主要体现在以下几个方面。

(1) 氢是能源的“富矿”

自然界中不存在纯氢，氢主要以化合物的形式存在，如水、甲烷、氨、烃类等。自然界中最多的含氢化合物就是水，地球表面的 70% 以上被水覆盖；即使在大陆，也有丰富的地表水和地下水。水是地球上无所不在的“氢矿”。

(2) 氢来源的多样性

可以通过各种化石能源，如天然气、煤、煤层气等；也可以是可再生能源，如太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能或者电能来开采“氢矿”。地球上到处都有可再生能源，这就克服了化石燃料很强的地域性，增加了氢来源的多样性。

(3) 氢能是最环保的能源

不论是应用于燃料电池还是内燃机，氢在反应后的产物都是水，不会对环境造成任何污染，真正实现了“零排放”。

(4) 氢气具有可储存性

就像天然气一样，氢气可以很容易地实现大规模储存，这是氢能和电能最大的不同。将可再生能源制成氢气储存起来可以弥补可再生能源的时空不稳定性。

(5) 氢的可再生性

氢通过化学反应生成电能（或热）和水，而水又可以由电解转化为氢和氧；如此循环，永无止境。

(6) 氢是“和平”能源

氢既是可再生能源又来源广泛，每个国家都有丰富的“氢矿”。而化石能源分布极不均匀，常常引起激烈争端。

(7) 氢是安全的能源

每种能源载体都有其物理、化学、技术性等方面特有的安全问题。氢在空气中的扩散能力很强，氢泄漏或燃烧时能很快地垂直上升到空气中并扩散。因为氢本身不具有放射性和毒性，所以不会对生态造成长期的、不可预知的影响。

1.3 氢能发展简史

氢的发现，可追溯到古代的点金术家，他们不可避免地会从金属与酸的反应中偶然得到氢气。例如 16 世纪的瑞士化学家 Paracelsus、17 世纪的 Turquet De Mayerne 都曾经得到过氢气，但是他们未搞清楚得到的是什么气体，也没有将它单独分离出来。在历史上氢的发现应归功于英国化学家 Henry Cavendish (1731~1810)，1776 年他在发表的论文中谈到氢气的制备、氢的性质。他分别用锌、铁和锡与稀硫酸或稀盐酸反应得到了氢气，并将其称为“可燃性空气”。1777 年法国化学家 Lavoisier 通过实验证明水是由氢和氧组成的，并将氢元素命名为“Hydrogen”，意为“水素”。1931 年氢的同位素氘由 Harold Clayton Urey 发现，并被命名为“Deuterium”，化学符号为“D”；后来英国、美国科学家又发现了氢的另一种同位素氚，命名为“Tritium”，化学符号为“T”。在 Alessandro Volta 制成第一个电池之后不久的 1818 年，英国科学家利用电流分解水生成了氢气。氢气用于动力机械是在 1820 年由剑桥大学的 Willian Cecil 提出的。在之后的 1839 年，Willian Cecil 又首次提出了燃料电池的概念。

对氢燃料的现代研究开始于 20 世纪 20 年代的英国和德国。1923 年英国

剑桥大学的 J. B. S. Haldane 提出利用风力发电为电解水制氢提供能源，而这个设想直到半个世纪以后才得以实现。1928 年德国的氢技术先驱 Rudolph E Jrren 获得了世界上第一个氢气发动机专利。20 世纪 30 年代末，德国科学家设计了以氢气为动力的火车；在第二次世界大战期间，德国还曾试图制造以氢气为燃料的航空发动机。

氢作为“能源载体”的想法产生于 20 世纪 50 年代。意大利著名的“氢能量载体”提倡者 Cesare Marchetti 提出原子核反应器的能量输出既可以以电能的形式传递，也可以以氢燃料的形式，他指出氢气形式的能量可以比电能更稳定地储存。

1960 年，液氢首次用作航天动力燃料，随后氢被越来越多的用于航天领域。现在科学家正在研究一种“固态氢”宇宙飞船，这种“固态氢”既作为飞船的结构材料，又作为飞船的动力燃料，从而减轻飞船自重，增加了有效载荷。

到 1970 年，通用汽车公司的技术中心提出“氢经济”的概念。1974 年，受石油危机的影响，一些学者在美国迈阿密组建了国际氢能协会（IAHE）。IAHE 组织机构有大会（每两年举行一次）、理事会、财政委员会和秘书处等，经费主要来源于会费。其宗旨和任务是：加强成员间的合作，开展对氢能源系统的研究，提倡和鼓励各国综合利用氢能源，收集和交换有关情报资料和信息。IAHE 随后创办了《国际氢能杂志》（International Journal of Hydrogen Energy）。

1986 年，欧盟与加拿大开始 EQHHPP 计划（把加拿大通过水力发电-水电解生产的液氢用船输送到欧洲）。德国也开始了太阳光发电-制氢及利用（SWB）项目。

1990 年，美国国会通过了促进氢能技术开发的 Spark M. Matsunaga 法案，该法案指导美国能源部启动了一系列氢能研究项目，并促成了氢技术顾问团的成立。1993 年，日本第一期 WE-NET（1993~1998 年）项目开始。1994 年，美国能源部的“氢能源计划”（Hydrogen Program）开始。

2003 年 11 月，“氢能经济国际合作伙伴计划（IPHE）”会议在美国首都华盛顿举行，中国是首批成员国之一。IPHE 的目标是提供一种组织、评估和协调国际间氢能研究、开发、示范和推广的合作机制，以引导全球向“氢经济”过渡；主要任务是组织有影响、有效的合作研究，增强国际间与氢能利用有关的制氢、储氢、燃料电池等技术以及相关法规和标准方面的协作，通过协调有限的资源，解决共同面临的问题，以促进全球向氢能经济的转变。IPHE 目前有 18 个成员，在中国的牵头单位为科学技术部。

2

氢能技术的发展与现状

面对化石能源的枯竭以及环境污染的逐年加剧，以新的能源代替不可再生的化石能源是必然的发展趋势。石油供需前景的不确定性、供需和储量分布的不平衡性、油价波动的不稳定性，导致石油市场一直陷于脆弱的平衡状态并隐藏着巨大的风险。国际能源机构预计，全球原油日需求量将从 2004 年的 8200 万桶增加到 2030 年的 1.4 亿桶，其中发达国家的需求将增加 25%，而发展中国家和新兴市场的原油需求将增加 3 倍。如果人类不改变现有的经济增长方式和消费方式，将面临严重的能源危机。

各个国家面对这一问题，在制定本国的能源安全政策时，都不约而同地提出发展替代能源。从全球特别是发达国家能源发展的趋势来看，解决能源安全问题的对策是由目前的煤、石油时代转向可再生能源时代，逐步实现对化石燃料的全面替代。在各种可再生能源中，氢能源目前被认为最有可能进入实用领域。许多发达国家在政策规划中将氢能技术发展列为重点实施战略。近年来，中国在能源政策和规划方面也非常重视氢能的开发和应用，制定并出台了一系列相关政策、标准，突出了对氢能的关注，并取得了很大的进步。然而，中国相关工作起步较晚，各项氢能相关政策、标准尚不完善，政府应继续加大对氢能的关注，并对氢能相关政策、标准的制定大力投入，确保中国氢能产业的形成和稳步健康发展。

2.1 国外氢能技术的发展与现状

一般来说，氢能系统包括制氢、氢的储存输送和氢能应用三方面。制氢是

氢能应用的基础, 氢的储存输送是氢能能否得到规模应用的关键。为将氢能技术推向实用化, 必须解决在制氢、氢的储存输送、氢能应用以及基础设施等方面的关键技术问题, 降低成本, 建立有关标准和规范。

本节就国外在氢能技术方面的政策规划、制氢、氢的储存输送、氢能应用和氢能基础设施建设等方面的发展状况作以简要介绍。

2.1.1 政策规划

早在 20 世纪 70 年代, 发达国家已将氢能的开发利用列为战略性高技术研究领域。1977 年, 国际能源局出台了“氢能执行合约”(Hydrogen Implementing Agreement)。近年来, 受能源危机及环境污染的影响, 工业化国家在氢能领域的投入逐年增加, 发展中国家也逐渐重视开发氢能源; 各国争相在新的能源时代来临之前规划布局, 以便在未来的竞争中占据主动权。综而观之, 世界各国在开发氢能的应用上均注重“两条腿走路”, 既大力发展燃料电池汽车, 也注重开发固定式氢能发电装置, 使之与国民生活贴得更近。

(1) 美国和加拿大

1990 年, 美国通过了“氢能研究与发展示范法案”(Hydrogen Research, Development and Demonstration Act), 启动 5 年的研究计划。1996 年, 美国国会通过了“未来氢法案”(Hydrogen Future Act), 开展氢能制备、储存、运输、应用示范研究。2001 年, 美国总统布什在《国家能源政策》中明确指出, 作为高度可靠、可被接受和环境友好的能源, 氢能可能成为美国未来的重要能源之一。2002 年 1 月, 美国颁布了《向氢经济过渡的国家观点》, 阐述了氢能替代化石能源的必要性和驱动力, 制订了氢能路线图。同年 11 月, 美国能源部颁布了《国家氢能路线图》, 对氢能制备、储存、运输和应用相关技术进行了阐述。

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、印度等参加的“氢能经济国际合作伙伴计划”(International Partnership for Hydrogen Economy, IPHE) 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, 同时也为发展“氢经济”提供了国际合作的基础。

2005 年, 美国提出了《氢经济制造业的研发路线图》(Roadmap on Manufacturing R&D for the Hydrogen Economy), 并于 2006 年 1 月开始实施。本路

线图拟在政府的推动下，解决氢能相关设备制造过程中的关键技术问题，计划 2015 年实现相关技术的商业化，并于 2020 年全面推向市场。据不完全统计，仅 2008 年到 2011 年期间，美国能源部（DOE）就在氢和燃料电池计划中投入约 9 亿美元，主要用于制氢、储氢、燃料电池、制造、技术实证、规范标准、教育、市场转换、系统分析和振兴行动 10 个主题的研究。美国能源部每年 5 月中旬，还会邀请全世界范围内的氢能技术专家对其所有管理下的项目的执行情况进行评估，并依据相关技术情况对整个国家的氢能发展规划进行及时修正。按照美国氢能技术路线的规划，到 2040 年美国有望全面走进“氢经济”时代。

2011 年 9 月，美国能源部颁布的《燃料电池项目计划》规划在 2014 年至 2020 年逐步实现燃料电池移动电源、固定电站以及车载燃料电池发动机的产业化。与此同时，美国鼓励清洁能源产业发展并制定减税政策，以发展战略性新兴产业并促进就业。

加拿大也是发展氢能和燃料电池技术最为活跃的国家之一，并在这一领域众多主导行业中占有独特地位。加拿大负责氢能计划的官方机构是国家氢能协会（National Hydrogen Association，简称 NHA）。该协会组织了工业部（Industry Canada）和自然资源部（Department of Natural Resources Canada）以及多家公司开展氢能计划，包括氢能早期应用计划、氢能示范村计划、氢高速走廊计划等。加拿大工业部与自然资源部联合设立了一个技术合作企业计划，以加速氢能技术的发展和商业化。加拿大政府每年给予巨额专款作为能源部研究及“氢经济”发展基金；基金中大部分将用于支持示范计划、展示会以及企业合作，还有一部分用于支持优秀的技术革新计划。

（2）日本

在国际上，日本是发展“氢经济”方面最具影响力的国家之一。日本也是世界上第一个以审慎的态度为世界能源网络工程投入 2 亿美元开展氢能研究的国家，这一项目的主要任务是贯彻关于氢能源研究方面的计划及策略。日本政府为促进氢能实用化和普及，进一步完善了汽车燃料供给制，全国各地建造了不少加氢站，近百辆燃料电池车已经取得牌照上路。在日本经济产业省（METI）及各大汽车巨头的集体努力下，日本在许多氢能技术领域已经跃居世界前列。日本于 2002 年推出了氢能和燃料电池示范项目 JHFC 计划（Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project），仅 2003 年 4 月起到 2007 年期间，就投资 25 亿美元用于氢能相关技术研究、氢能基础设施建设及氢能相关