

(2016)

# 中国氢能产业 基础设施发展蓝皮书

中国标准化研究院 著  
全国氢能标准化技术委员会

A large graphic featuring the chemical formula H<sub>2</sub> in a bold, blue, sans-serif font. The 'H' and '2' are positioned within a thin blue circular outline. Below the 'H' is a white rectangular box, likely a placeholder for a name or subtitle. The background is split into a white upper half and a blue lower half.

H<sub>2</sub>



中国质检出版社  
中国标准出版社

(2016)

# 中国氢能产业 基础设施发展蓝皮书

中国标准化研究院 著  
全国氢能标准化技术委员会



H<sub>2</sub>

中国质检出版社  
中国标准出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

中国氢能产业基础设施发展蓝皮书. 2016/中国标准化研究院, 全国氢能标准化技术委员会著. —北京: 中国标准出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5066-8458-3

I. ①中… II. ①全… III. ①氢能—能源发展—产业发展—研究报告—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 240903 号

中国质检出版社  
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/32 印张 2.5 字数 49 千字

2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月第一次印刷

\*

定价 40.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107



# 序

能源是人类社会存续发展的物质基础。在过去的200多年里，煤炭、石油和天然气等化石能源的消耗促进了人类文明快速发展，但同时也加剧了资源环境约束。面对严峻的能源和环境问题，世界各国均把开发利用可再生能源作为保障能源安全、应对气候变化、实现可持续发展的共同出路。

长期以来，业内专家公认，氢气是未来替代传统化石燃料中，人类可以选择的一种理想能源。氢能是一种柔性的“绿色”能源载体，可以一次性获得并可以长期储存，可以通过氢能燃料电池的技术整合成为电、热、气网一体化的结合点，是大规模消纳新能源，实现电网和气网互联互通的重要手段。专家还认为，利用氢能将是解决能源资源危机和环境危机的最佳途径之一。

中国是世界上最大的能源生产国和消费国，同时也是最大的二氧化碳排放国。新中国建立以来，我国已经形成了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源全面发展的能源供给体系，技术装备水平明显提高，生产生活用能条件显著改善。尽管我国能源发展取得了巨大成绩，但也面临着能源需求压力巨大、能源供给制

约较多、能源生产和消费对生态环境损害严重、能源技术水平总体落后等挑战。在此背景下，加快发展氢能产业基础设施、促进氢能产业快速发展，是中国应对全球气候变化、保障国家能源供应安全和实现可持续发展的重大战略选择。

本书以氢能产业基础设施为切入点，系统全面分析了氢气来源及潜力分布，梳理了氢气制备、氢气储输及氢安全等氢能关键技术与装备的应用情况，对比分析了国内外加氢站等基础设施发展情况。在此基础上，提出了我国氢能产业基础设施发展的路线图和技术发展途径，并规划了近期亟待开展的重点工程。作为一名老能源工作者，我认为本书不仅为氢能工作者提供了权威的信息资讯，而且也为我国氢能产业的发展方向提出了有积极意义的建议，具有现实的指导作用。因此可供我国能源管理部门工作人员、氢能从业人员和关注氢能发展的学者专家以及社会各界人士阅读。我希望本书的编创人员将工作继续下去，不断地为我国的氢能发展贡献你们的力量。



2016年10月10日



# 前言

近几年来，在全球积极应对气候变化的背景下，随着氢能利用技术逐步发展成熟，氢能作为一种清洁高效的二次能源，越来越受到美国、日本及欧洲等发达国家或地区的关注。当前，我国正面临能源消费革命和产业结构调整的巨大任务，加快发展氢能产业具有重要意义。一方面，发展氢能产业，推广应用电解水制氢消纳结构性过剩的水电、风电及光伏发电等可再生能源，并将氢以能源方式应用于交通运输、混氢天然气（HCNG）等领域，能部分替代石油、天然气等传统化石能源，既是我国能源安全战略的重要组成部分，也是我国优化能源消费结构的重要途径。另一方面，氢能产业链包括氢能基础设施、燃料电池系统、燃料电池车辆及其他氢能应用领域等，发展氢能产业能够有效带动新材料、新能源、新能源汽车及氢储存与运输等高端装备制造业快速发展，有助于推动我国加快产业结构调整。氢能基础设施是氢能产业链条的重要组成部分，是加快发展氢能产业的前置条件，系统分析氢能产业基础设施发展现状与存在的问题，对促进氢能产业发展具有重要意义。

在上述背景下，中国标准化研究院和全国氢能标准

化技术委员会（SAC/TC 309）组织开展了“中国氢能产业基础设施发展蓝皮书”课题研究。这项研究立足于梳理氢能产业基础设施的发展现状，以2015年为基年、以2020年、2030年和2050年为目标年，提出了我国氢能产业的近期（2016—2020年）、中期（2020—2030年）和远期（2030—2050年）三个阶段的发展目标和主要任务，并明确了亟待启动实施的重大工程。在此基础上，给出了氢能产业基础设施发展路线图。

作为研究成果，本书正文共分5章。第1章为加快发展氢能产业基础设施的意义。从对发展氢能产业的支撑作用、化解电力结构性过剩、煤炭清洁高效利用及加快产业结构转型等四个方面，阐述了我国加快发展氢能产业基础设施的重要意义。第2章为氢能产业基础设施发展现状。从氢源分析、制氢/氢储存/氢运输及加氢站等关键技术装备发展水平和氢能利用技术发展水平等三方面，梳理了我国氢能产业基础设施的发展现状。第3章为氢能产业的发展目标、主要任务和重大工程。从三个阶段分析了我国氢能产业的发展目标和主要任务，并提出了亟待启动实施的重大工程。第4章为氢能产业基础设施发展路线图。基于前述研究，从产业产值、产业目标等方面，对不同时间节点（目标年）上实现路线图的前景进行了展望，并分阶段描绘了我国氢能产业基础设施技术发展路线图。第5章为政策建议，从产业政策、科研立项、财政激励、基础能力建设及宣传导向等五方面提出了促进氢能产业基础设施快速发展的具体建议与

措施。为直观展示近几年来我国部分地区氢能产业发展现状，本书还包括一个附件，简要介绍了广东省的佛山市、云浮市和江苏省如皋市氢能产业的发展现状，以及北京市/张家口市利用风力发电制氢的示范项目情况。

本书编写工作由全国氢能标准化技术委员会组织实施，中国标准化研究院、浙江大学、上海舜华新能源系统有限公司、神华集团北京低碳清洁能源研究所、同济大学及国瑞沃德（北京）低碳经济技术中心等委员单位共同完成。在近一年的研究工作中得到了佛山市发展和改革局、江苏如皋经济技术开发区新能源汽车产业管委会、中国电建集团装备研究院有限公司、国家电网公司全球能源互联网研究院、中节能风力发电股份有限公司、国电新能源技术研究院、广东省特种设备检测研究院、液化空气安法科（上海）贸易有限公司、丰田汽车研发中心（中国）有限公司北京分公司、戴姆勒大中华区投资有限公司、北京有色金属研究院、中国测试技术研究院、北京理工大学及合肥工业大学等单位的大力支持与协助，在此，表示衷心的感谢！

本书力求以分析研究氢能产业基础设施发展现状为立足点，客观、科学、清晰地描绘未来我国氢能产业基础设施发展的路线图。鉴于时间仓促、水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者不吝批评指正。

著者

2016年10月





# 目录

<b>第1章 加快发展氢能产业基础设施的意义</b>	<b>1</b>
1.1 氢能产业基础设施是发展氢能的前置条件	1
1.2 可再生能源制氢是化解电力行业结构性过剩的技术选择	2
1.3 煤制氢是清洁高效利用煤炭资源的发展方向	3
1.4 发展氢能产业基础设施有利于加快产业结构转型	4
<b>第2章 氢能产业基础设施发展现状</b>	<b>6</b>
2.1 氢气来源	6
2.1.1 化石燃料制氢产能分布及潜力分析	6
2.1.2 可再生能源制氢潜力分析	7
2.1.3 工业副产氢气和工业排放含氢气体资源分布及潜力分析	12
2.2 关键装备技术发展现状	15
2.2.1 氢气制备装备	15
2.2.2 氢气储存及输送技术与装备	18

2.3	氢能应用技术及装备发展现状	29
2.3.1	氢气的传统应用	29
2.3.2	氢能燃料电池车辆技术发展现状及展望	30
2.3.3	氢能安全与质量控制	31
2.4	政策标准等产业发展支撑条件分析	33
2.4.1	引导氢能产业快速发展的政策体系	33
2.4.2	支撑氢能产业持续发展的标准体系	36
<b>第3章</b>	<b>氢能产业的发展目标、主要任务和重大工程</b>	<b>39</b>
3.1	发展目标	39
3.1.1	近期目标	39
3.1.2	中期目标	40
3.1.3	远期目标	40
3.2	主要任务	41
3.2.1	近期任务	41
3.2.2	中期任务	42
3.2.3	远期任务	42
3.3	重大工程	43
3.3.1	氢能产业质量基础建设提升工程	43
3.3.2	氢能产业关键技术与装备推进工程	44
3.3.3	氢能产业发展区域示范推进工程	45

第 4 章 氢能产业基础设施发展路线图	47
4.1 氢能产业基础设施发展路线图	47
4.2 氢能产业基础设施技术发展路线图	47
第 5 章 加快发展氢能产业基础设施的政策建议	52
5.1 加快制定完善产业政策，引导氢能基础设施有序发展	52
5.2 加大财政支持力度，促进氢能基础设施快速发展	52
5.3 实施氢能利用科技重点专项，突破关键技术	53
5.4 依托质量强国战略，强化基础能力建设	53
5.5 加强宣传，营造有利于氢能产业发展的良好氛围	54
附件 地方氢能产业发展案例	55
案例 1：广东省佛山市 / 云浮市	55
案例 2：江苏省如皋市	58
案例 3：北京市 / 张家口市	61

## 第 1 章 加快发展氢能产业基础设施的意义

氢能是一种清洁高效的二次能源。近年来，随着氢能利用技术发展成熟，以及应对气候变化压力持续增大，氢能在全球范围内备受关注，美国、德国、日本等发达国家相继将氢能上升到国家能源战略高度。2016年4月，我国国家发改委和国家能源局联合发布的《能源技术革命创新行动计划（2016—2030年）》（发改能源〔2016〕513号），规划了能源技术革命重点创新行动路线图，部署了15项具体任务，“氢能与燃料电池技术创新”位列其中，氢能已经纳入我国能源战略。氢能能够广泛应用于燃料电池车辆、发电、储能，以及掺入天然气用于工业和民用燃气等领域，可部分替代石油和天然气，成为我国能源消费结构的重要组成部分。氢能产业内涵丰富，按产业链顺序划分为氢能产业基础设施、燃料电池和燃料电池车辆、燃料电池发电（含热电联产）以及其他应用领域等。其中，氢能产业基础设施包括氢的制备、氢的储存、充装和加注、氢的输送和氢安全等氢能利用必备的配套设施等，以及相关产业的政策、技术标准及法规，质量控制检测检验能力建设等内容。当前，我国坚持以绿色发展为引领推进生态文明建设，在此背景下，加快发展绿色氢能产业基础设施具有重要意义。

### 1.1 氢能产业基础设施是发展氢能的前置条件

近年来，我国能源对外依存度逐年递增。2015年，原油

对外依存度突破 60% 的红线；2013 年，天然气对外依存度突破 30%；预计到 2020 年，我国原油和天然气对外依存度将分别高达 70%<sup>1</sup> 和 37.2%<sup>2</sup>，国家能源供应安全面临严峻挑战。如前所述，氢能可部分替代石油和天然气，有望成为我国能源消费结构的重要组成部分。因此，发展氢能可作为保障国家能源供应安全的战略选择。另一方面，当前我国一次能源消费结构以化石燃料为主，其中煤炭占比约为 64%，优化能源消费结构是我国能源消费革命的重要内容。氢能是一种清洁高效的二次能源，发展氢能也是应对气候变化和优化能源消费结构的技术选择。综上所述，发展氢能对保障国家能源供应安全、应对气候变化及优化能源结构等都具有一定的支撑作用，因此我国应加快发展氢能。氢能产业基础设施是发展氢能的前置条件，为氢能发展提供氢源、质量控制与安全保障，因此发展氢能产业基础设施对氢能发展具有重要支撑作用。

## 1.2 可再生能源制氢是化解电力行业结构性过剩的技术选择

2015 年，我国发电装机容量突破 15 亿 kW，其中非化石能源发电装机容量占比 35%，年发电量占比近 30%，预计 2020 年非化石能源发电装机容量占比将达到 40%<sup>3</sup>。目前，我国电力供应能力总体富余，部分地区产能结构性过剩开始显现，由此导致的能源资源浪费情况趋于严重。火电方面，近几

1 中国石油集团经济技术研究院：《2013 年国内外油气行业发展报告》。

2 中国石油和化学工业联合会：《我国天然气发展面临的不确定因素》。

3 中国电力企业联合会数据。

年来火电机组利用小时数大幅递减，2015 年我国火电利用小时数在 3500h 以下的省份有 6 个，全国火电平均利用小时数为 4329h，同比降低 410h，是 1978 年以来的最低水平。非化石能源发电方面，装机容量快速增长的同时，弃风、弃光及弃水等能源浪费现象非常严重。2015 年全年弃风电量 339 亿 kW·h，同比增加 213 亿 kW·h，平均弃风率达到 15%<sup>1</sup>；“十二五”期间，我国弃风造成的电量损失累计达 1015 亿 kW·h，相当于三峡、葛洲坝两座水电站 2015 年全年的发电量<sup>2</sup>；云南、四川等地水电浪费也很严重，2014 年四川调峰弃水电量达 96.8 亿 kW·h，占丰水期水电发电量的 14.93%<sup>3</sup>；2015 年弃水电量更是突破百亿 kW·h。目前，我国水电解制氢技术及装备水平位居世界前列，产业化应用条件成熟，利用谷底电制氢，就地消纳富余水电以及风电、光伏等波动电电解水制氢，将电能转化成氢能储存与利用，能大幅降低甚至消除电力资源浪费。因此，促进发展氢能产业基础设施是我国有效利用波动电化解电力行业结构性过剩的技术选择。

### 1.3 煤制氢是清洁高效利用煤炭资源的发展方向

近年来，随着我国能源形势日益严峻及环保压力持续加大，对降低二氧化碳排放、清洁高效利用煤炭资源的要求越来越迫切，煤炭清洁高效利用技术创新是《能源技术革命创新行

1 国家能源局数据。

2 中国可再生能源学会风能专业委员会数据。

3 国家能源局：《水电基地弃水问题驻点四川监管报告》。

动计划（2016—2030年）》（发改能源〔2016〕513号）的重要内容。煤炭加工利用的方式主要有燃烧与气化。煤炭燃烧主要应用在清洁发电和供热领域，约占我国煤炭消费总量的80%，投资成本低，但利用效率低，污染严重。目前重点推广的煤超低排放发电技术能够有效控制硫、氮和粉尘等污染物的排放，但二氧化碳因其浓度小（13%~15%）、压力低，直接捕捉封存的难度大、成本高。煤制氢是一种以低成本方式实现煤炭清洁高效利用的方式，既能直接去除硫和氮等污染物，又能采用低温甲醇洗等方法捕捉封存生产过程产生的高纯度、较高压力的二氧化碳，能够实现二氧化碳超低排放。在煤炭仍将为主要能源构成的背景下，以大型清洁煤制氢为核心的多联产技术将成为煤炭清洁高效利用的重要发展方向，能为未来氢能大规模发展提供大量的、稳定的清洁氢气。

#### 1.4 发展氢能产业基础设施有利于加快产业结构转型

氢能产业基础设施包括氢的制备、氢的储存、氢的充装和加注、氢的输送等。加快发展氢能产业基础设施，能带动分布式储能及智能微电网等技术和产业快速发展。氢能储存和运输环节，涉及到高压力等级的罐装车、气瓶、压力容器等特种装备，随着氢能利用技术发展成熟，氢能需求量增大，将加快X100及X120等高强度钢/管材设备和管道储运装备的发展，这是《中国制造2025——能源装备实施方案》（发改能源〔2016〕1274号）的重要组成部分。加快发展氢能基础设施将推动氢能产业中下游产业链快速发展，促进构建“制氢技

术及装备—储输氢技术及装备—燃料电池系统—燃料电池车辆及其他氢能利用技术及装备”完整的氢能产业链。其中，燃料电池发电系统、燃料电池运输车辆等将有力带动新能源产业、新能源汽车产业及高端装备制造业等快速发展，加快经济结构转型。广东省的佛山市和云浮市、江苏省如皋市已将发展氢能产业列入地区产业发展规划并稳步推进。佛山市和云浮市已完成氢能产业链构建，产业布局初具雏形，氢能燃料电池车辆整车已进入试运行阶段，预计未来两地氢能产业产值规模将超过 3000 亿元，成为当地新的经济增长点。



## 第2章 氢能产业基础设施发展现状

### 2.1 氢气来源

按照制氢消耗的一次能源划分,氢气来源包括化石燃料制氢、可再生能源制氢及其他清洁能源制氢等。化石燃料制氢包括煤制氢、轻烃(天然气等)蒸汽转化制氢、石脑油或渣油转化制氢、甲醇转化制氢等;可再生能源制氢包括风电制氢、水电制氢、太阳能制氢等;其他清洁能源制氢包括核能制氢、生物质制氢等。我国煤炭资源相对丰富,水电、风电及光伏等可再生能源装机容量位居世界前列,生物质资源丰富,氢气制备可选择多种技术路线。当前,我国氢气来源是以煤、天然气及石油等化石燃料制氢为主,约占97%;水电解制氢约占3%。

#### 2.1.1 化石燃料制氢产能分布及潜力分析

化石燃料制氢包括煤制氢、各种油类制氢和天然气重整制氢等。

煤制氢成本较低,按煤价160~560元/t测算,煤制氢的成本仅为0.55~0.83元/m<sup>3</sup>,远低于天然气制氢0.80~1.75元/m<sup>3</sup>的成本和甲醇制氢1.50~2.50元/m<sup>3</sup>的成本<sup>1</sup>。

结合我国煤炭资源分布情况,按照每吨煤制取约900m<sup>3</sup>氢

1 按天然气价格为1.5~3.5元/m<sup>3</sup>,甲醇价格1500~2500元/t测算。