

基于专利分析的国内制氢技术发展态势研究^{*}

王朔^{1,2} 张军^{*,3}

(1. 中国科学院武汉文献情报中心, 武汉 430071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 广东省科技信息与发展战略研究所, 广州 510070)

摘要:氢能长期以来被认为是一种有潜力取代化石燃料的清洁能源。制氢技术是氢能利用最重要的技术环节。为了全面把握我国制氢技术领域研究状况, 本文通过专利分析, 从专利总体态势、技术主题、地区分布、重要专利权人等方面梳理并归纳我国制氢技术研究特征和研发重点, 发现在相关扶持政策背景下, 我国制氢技术发展迅速, 研发能力和专利数量不断上升, 研究重点集中在制氢催化剂及太阳能制氢等领域, 但也存在着专利保护力度不够的问题。最后, 就我国制氢技术及产业的发展提出建议, 认为我国应大力发展新能源制氢, 加大专利成果在工业界的转移转化, 并加大技术保护力度, 谨慎布局制氢产业。

关键词:氢能; 制氢技术; 专利分析; 知识产权; 发展态势

中图分类号: TQ116.2 文献标识码: A doi: 10.16507/j.issn.1006-6055.2018.01.001

Technological Development Situation of Domestic Hydrogen Production Technology Based on Patent Analysis^{*}

WANG Shuo^{1,2} ZHANG Jun^{*,3}

(1. Wuhan Literature and Information Center of the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;
2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;
3. Guangdong Institute of Science and Technology for Development, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Hydrogen has long been considered a clean energy source with the potential to replace fossil fuels. Hydrogen production technology is the most important technical aspects in hydrogen utilization. In order to comprehensively grasp the research situation of hydrogen production technology in China, the research characteristics and R&D focus of hydrogen production technology in China are analyzed and summarized from the aspects of overall patent situation, technical theme, regional distribution and important patentees. It is found that hydrogen production technology in china has developed rapidly in the context of policy support. Research capacity and the number of patents continue to rise. The research mainly focuses on hydrogen production and solar hydrogen production and other fields. Nevertheless, there is also the problem of poor patent protection. At last, recommendations are given for hydrogen technology and indus-

2017-10-17 收稿, 2017-12-20 接受, 2018-01-09 网络发表

^{*} 广东省科学院引进高层次领军人才专项资金(2016GDASRC-0107)资助

^{**} 通讯作者, E-mail: zhangjun@mail. whlib. ac. cn; Tel: 15902782620

try development in China, suggesting that China should make great efforts to develop hydrogen from new energy sources, intensify patent transformation in the industrial field, increase technical protection, and make industrial distribution decisions prudently.

Key words: hydrogen energy; hydrogen production technology; patent analysis; intellectual property; development situation

1 引言

氢(H)是宇宙间含量最丰富的元素之一,每单位质量氢气释放的热量是单位质量汽油的三倍,且氢气燃烧最终产物只有水,表观上是一种绝对清洁的燃料^[1]。由于化石能源存在资源量不可持续、CO₂和各种污染物排放等问题,而可再生能源还无法做到稳定地大规模供应,氢能时常作为能源与环境问题的终极解决方案而受到追捧。氢能的利用能够横跨电力、供热和燃料三个领域,可促使能源供应端融合,提升能源使用效率,截至目前已经有诸如新能源制氢补充发电、燃料电池汽车、分布式发电等众多应用模式^[2]。

在氢能利用方面,制氢是第一个关键的技术环节。由于氢能和电能一样,本质上仍属于二次能源,需要采用适当的技术手段,消耗其他一次或二次能源获得。迄今为止,氢气主要来源于煤炭、天然气、石油等一次化石能源或是以水为原料经过化学、生物、电解、光解等工艺制成,前者必须直接建诸于化石能源储量,后者主要依赖于二次能源——电力。从现有各类制氢技术的工艺、原料以及生产效率来看,除利用可再生能源外,其它均有直接或间接的大量 CO₂ 及污染排放^[3]。这些因素决定了仅谈氢能取之不竭、能效高、无气体排放的优点都是片面的认识,氢能利用必须从制氢技术入手,才能解决实际应用过程中的一系列问题。

目前,在制氢技术领域主要有五种技术路线:氯碱工业副产氢、电解水制氢、化工原料制氢、石

化资源制氢和新型制氢方法等^[4,5]。随着 CO₂ 捕集与封存技术(CCS)的不断进步,煤制氢加 CO₂ 捕捉技术的制氢工艺路线有可能提供充足的氢气资源。为了有效控制制氢过程中的碳排放并节约成本,制氢的主要方向是大规模和分布式可再生能源电解水,包括生物制氢和太阳能制氢等^[6]。

世界各国都非常重视氢能的研究和利用。1990 年,美国就通过并实施了《氢能研究与发展、示范法案》。进入 21 世纪后,又陆续发布了《国家氢能发展路线图》、《氢及燃料电池项目计划》等多项政策计划,投入大量资金进行氢能的研究部署活动^[7,8]。俄罗斯、加拿大、日本等国同样也出台相关政策促进氢能发展^[9]。

我国氢能相关技术研究最早可追溯到 20 世纪 70 年代初,从“九五”开始,科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院、部分省市科技管理部门陆续部署了一些相关研发项目,但一直没有出台较为全面和系统的技术研发和产业规划。直到 2016 年,国家发改委和能源局发布的《能源技术创新行动计划(2016—2030 年)》和《能源技术革命重点创新行动路线图》将氢能产业纳入发展重点^[6],这表明,氢能将在我国未来能源发展中承担重要角色。因此,有必要总结我国制氢技术研究现状,为今后氢能领域的研发布局和产业发展提供参考依据。

2 数据来源与工具

为了把握和分析制氢技术在中国的发展及研究趋势,本文选用中国科学院专利分析系统,检索

时间为 2016 年 12 月 8 日,共检索到制氢技术相关专利(族)772 项,其中发明专利 638 件,实用新型 134 件。专利检索式为:((TI:(煤制氢 or 天然气制氢 or 甲醇制氢 or 电解水制氢 or 水解制氢 or 生物制氢 or 生物质制氢 or 太阳能制氢 or 核能制氢 or 氯碱工业副产氢 or 化学制氢 and (氢 or 氢气 or 氢能))) or (AB:(煤制氢 or 天然气制氢 or 甲醇制氢 or 电解水制氢 or 水解制氢 or 生物制氢 or 生物质制氢 or 太阳能制氢 or 核能制氢 or 氯碱工业副产氢 or 化学制氢 and (氢 or 氢气 or 氢能))) or (CL:(煤制氢 or 天然气制氢 or 甲醇制氢 or 电解水制氢 or 水解制氢 or 生物制氢 or 生物质制氢 or 太阳能制氢 or 核能制氢 or 氯碱工业副产氢 or 化学制氢 and (氢 or 氢气 or 氢能)))) or SIC:(C01B3/02 *)。

本文主要运用专利计量方法对制氢技术在中国的专利申请状况、核心技术特征,以及重要专利权人等进行量化分析。专利分析过程使用 Thomson Data Analyzer 进行数据清洗工作,并构建专利共现矩阵;使用中国知识产权网 CNIPR 等专利服务平台对专利进行深度分析与挖掘,并同时使用 MS Excel 对部分基础数据进行统计分析。

3 制氢技术在华专利整体态势分析

3.1 专利数量年度变化

受政策影响,制氢技术专利数量增长迅速。图 1 绘制出制氢技术相关专利申请数量的年度变化趋势,可以看出,国内制氢技术的发展与全球发展趋势较为一致,但是起步较晚,在 1985—2002 年期间,制氢技术专利申请数量一直处于低谷,表明这一时期国内因基础薄弱,自主研发力不强,工业氢气制备主要依靠国外技术与设备,此时国际上制氢技术的研究主要集中在美国和日本;随着中国政府开始加大对新能源及制氢技术的支持力度,促进了该技术领域的专利产出,从 2003 年开始,专利申请数量在总体上呈增长态势,且上升速度较快,在全球市场中所占比重越来越高。(专利的公开或授权存在 18 个月的滞后期,因此 2015 和 2016 年的实际值要高于图中数据)。这是因为进入 21 世纪后,我国面临的能源问题更加突出,国家开始将可再生能源放在战略地位进行发展,加强了对氢能的研究,氢能技术被列入《科技发展“十五”规划》,并在随后的“国家中长期科学技术发展规划纲要 2006—2020”中将氢能列为重点研究内容,大大促进了氢能发展^[10]。

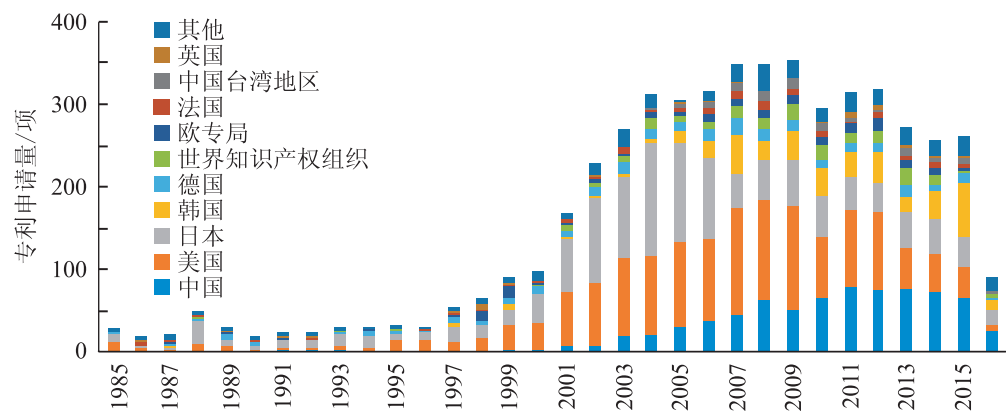


图 1 专利申请数量年度变化趋势
Fig. 1 Annual trend of patents number

3.2 专利申请人分析

近年来,专利申请人研发能力不断增强。从主要专利申请人来看,国际上领先的机构主要是美国液化空气公司、日本松下株式会社及 JST 等。国内的主要机构多为科研机构、大学、油气公司和能源科技公司(图 2),都在制氢技术领域具有一定的实力。其中,浙江大学和中国石油化工股份有限公司处于显著的领先地位,但距离国际顶尖水平还有一定的差距。

从重要机构制氢技术专利申请数量年度分布(图 3)来看,这些制氢技术的重要研发机构都是在 21 世纪迅速发展起来的,之前的制氢技术研发活动较少,主要研发机构是中国科学院金属研究所、天津大学、上海化工设计院等。

根据专利数量、活动年期、发明人数和平均专利年龄(有效专利平均维持年限)等指标来比较主要专利申请机构的研发能力(表 1)发现,各机构在制氢技术领域的活动年期都比较短,最长不

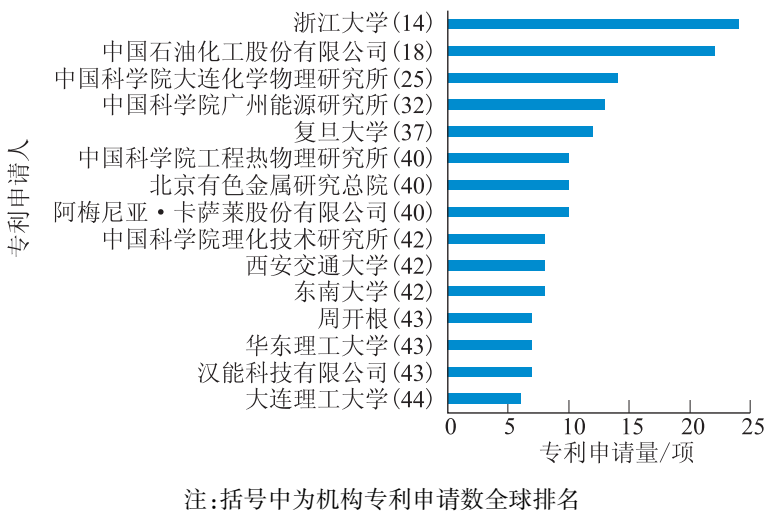


图 2 在华申请制氢技术相关专利主要专利申请人

Fig. 2 Main applicants of hydrogen production technology in China

表 1 在华制氢技术相关专利主要专利申请人研发能力比较
Tab. 1 The comparison of major patent applicants' R&D capability

申请人	专利件数	占本主题专利百分比	申请人研发能力比较		
			活动年期	发明人数	平均专利年龄
浙江大学	24	3.11	9	67	5.6
中国石油化工股份有限公司	22	2.85	7	33	5.4
中国科学院大连化学物理研究所	14	1.81	8	42	6.6
中国科学院广州能源研究所	13	1.68	9	29	5.7
复旦大学	12	1.55	5	23	6.5
阿梅尼亚·卡萨莱股份有限公司	10	1.30	6	15	7.9
北京有色金属研究总院	10	1.30	7	25	6.6
中国科学院工程热物理研究所	10	1.30	5	15	8.5
东南大学	8	1.04	5	17	5.8
西安交通大学	8	1.04	6	17	6.9
中国科学院理化技术研究所	8	1.04	3	21	5.2
汉能科技有限公司	7	0.91	2	8	9.6
华东理工大学	7	0.91	5	31	8.9
周开根	7	0.91	3	1	9.4
大连理工大学	6	0.78	5	30	8.2

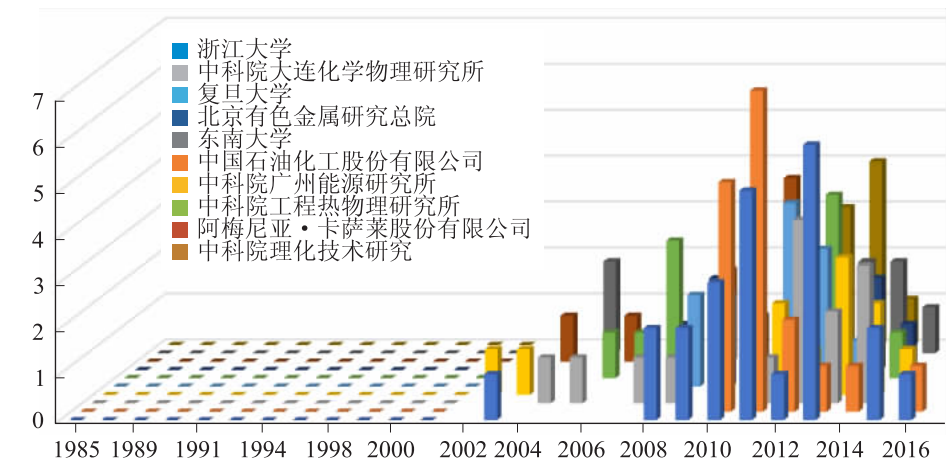


图3 制氢技术在华专利重要申请机构年度申请变化态势
Fig. 3 Annual change of important patent application agencies in China

超过 10 年,其中,浙江大学、中国科学院广州能源研究所、中国科学院大连化学物理研究所、中国石油化工股份有限公司等相对较早;汉能科技有限公司的平均专利年龄最长,说明该机构在该领域申请专利的时间相对较早。

3.3 相关专利法律状态分析

制氢技术的专利授权率目前正在趋于稳定。从法律状态类型(表 2)来看,772 件在华专利(申请)中,在审专利为 159 件(占 20.6%),专利申请撤回或驳回有 184 件(占 23.8%),避免重复授权放弃专利权为 13 件(占 1.7%);专利授权为 283 件(占 36.7%),专利权有效期届满为 4 件(占 0.5%)。结合在华专利年度申请与授权情况(图 4)可以看出,中国专利申请的年度授权率不

高,在 2001 年以前授权专利非常少。近几年是我国制氢技术的高速发展时期,专利申请和授权数量大,且授权率较高,这充分表明我国正不断加强对于制氢技术研发的重视程度。但授权率相对于美国(58.1%)和日本(54.6%)等发达国家还有相当大的差距,表明国内专利研发质量还有待提升。

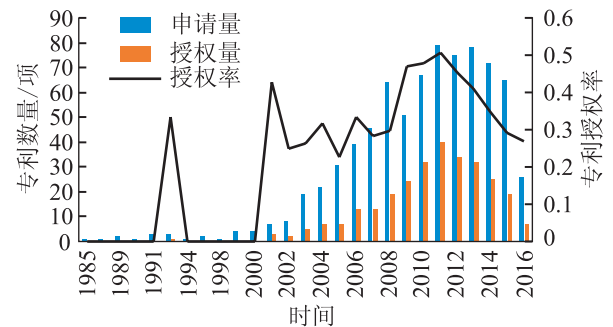


图4 制氢技术在华专利年度申请与授权情况
Fig. 4 Patent application and authorization of hydrogen production technology in China

表 2 制氢技术在华专利法律状态一览
Tab. 2 Legal status of hydrogen production technology in China

法律状态	数量	所占比例
专利申请未决	159	20.6%
专利申请被驳回	44	5.7%
专利申请撤回或视为撤回	140	18.1%
专利权的视为放弃	13	1.7%
专利授权	283	36.7%
- 未缴年费专利权终止	129	16.7%
- 专利权有效期届满	4	0.5%
- 专利权无效	0	0%

3.4 专利申请战略分析

我国对制氢技术的专利保护力度亟待加强。在技术知识产权的竞争战略中,专利保护是重要的核心内容之一。可以通过分析重要机构在不同国家和地区的专利申请动态,了解其技术市场动向和专利保护策略。表 3、表 4 对制氢技术国内主要专利申请机构的专利保护策略进行了统计。可以看出,如阿梅尼亚·卡萨莱股份有限公司、丹麦托普索公司、液化空气公司等这类跨国大型制造商和能

表 3 制氢技术相关专利国外重要申请机构的专利国别/地区分布

Tab. 3 Patent country/region distribution of important foreign application agencies

受理国	中	美	欧	世	日	加	澳	韩	英	俄
阿梅尼亚·卡萨莱	28	25	28	24	2	21	21		11	17
丹麦托普索	28	25	24	10	21	22	15	18	5	16
液化空气公司	22	20	22	15	13	13	4	2	3	
空气化工产品	20	20	14	1	2	18	2	2	2	4
通用电气	19	18	7	3	9	7	6	6		2
蒂森克虏伯	17	16	17	17	4	15	13	12	7	10
松下电气	15	15	13	12	15		1		1	1
德纳公司	14	14	13	14	13	14	13	13	13	13
林德公司	13	10	9	6	1	2	4	2	2	3
三星	13	13	7		13	1		13		

表 4 制氢技术相关专利国内重要申请机构的专利国别/地区分布

Tab. 4 Patent country/region distribution of important Chinese application agencies

受理国	中	美	欧	世	日	加	澳	韩	英	俄
浙江大学	24									
中国石油化工	22					1	1			1
大连化物所	14	3	1	4	1					
广州能源所	13									
复旦大学	12									
工程热物理所	10	4		4						
北京有色金属	10									
理化技术所	8	1	1	1	1					
西安交大	8									
东南大学	8	1		1						

源公司对专利在全球范围的布局极其重视,在不同国家或地区(超过 8 个)都申请了专利保护,并申请了大量的 PCT 专利。相比之下,中国相关机构对专利的保护意识不够、保护力度较为薄弱,专利在国外的申请数量较少,这不利于技术的保护及把握潜在市场。

4 制氢专利生命周期分析

4.1 技术生命周期

一种技术的使用寿命通常由萌芽(产生)、成长(发展)、成熟、瓶颈(衰退)几个阶段构成。在技术萌芽阶段,专利申请量及发明人都很少,社

会投入意愿低;随着产业技术的发展及市场价值的扩大,企业开始加大投入,技术进入成长阶段,专利及申请人数量快速上升;当技术成长到一定程度,专利数量趋于平缓,企业研发资源不再继续扩张,进入技术成熟阶段;而随着时间的发 展,产业过于成熟且技术难以有新的突破时,技术进入瓶颈期并开始衰退。因此,通过分析一种技术的专利申请数量及专利申请人数的年度变化趋势,可以分析该技术处于生命周期的何种阶段,进而可以为研发、生产、投资等提供决策参考^[11]。

根据制氢专利在国内的年度申请数量和申请机构数量,可以了解相关专利技术的发展进程。从图 5 可以看出,20 世纪 80 年代到 21 世纪初期为国内制氢技术的萌芽阶段,这一时期专利申请数量和专利申请人数均在 20 以下,专利的集中在少数申请人中,专利活动较少。21 世纪初开始,国内制氢技术开始进入技术成长阶段,自主研发活动增多,特别是在 2002 年之后市场迅速发展,随着研发单位的增加,专利的申请量和申请人数量快速上升。虽然 2015 和 2016 年的情况由于数据不全,无法在图中正确体现其所处阶段,但 2016 年 5 月发布的《能源技术革命创新行动计划(2016—2030 年)》和《能源技术革命重点

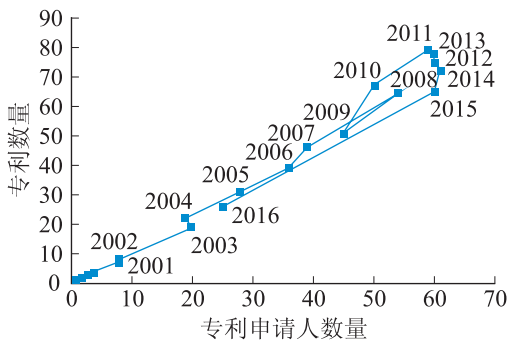


图 5 国内制氢技术专利生命周期图

Fig. 5 The patent life cycle map of hydrogen production technology

创新行动路线图》都将“氢能与燃料电池技术创新”列为项重点任务之一。《“十三五”国家科技创新规划》也明确要求发展氢能、燃料电池这类“发展引领产业变革的颠覆性技术”^[12,13]。这些都表明国内制氢技术将继续蓬勃发展。

4.2 技术发展的 S 曲线

在技术生命周期的前四个阶段,技术的成长和发展的形状近似 S 形曲线,在技术的萌芽阶段,技术行为相应于研发投入来说增长率较低;在技术成长阶段,相应于累积研发付出的边际技术进步是正的,技术发展速度不断加快;进入技术成熟期之后,技术发展速度减缓,难以有新的专利产生。因此在进入成熟期后,不宜继续投资老的技术,应开始寻求有潜力的突破性创新^[14]。

图 6 以曲线方式展示的制氢专利的累计发展趋势。可以看出,与全球专利累计增长趋势相比,尽管国内制氢技术起步较晚,但随着国内整体产业对制氢领域的愈发重视,加大了人才资金的投入,我国制氢专利累计数量呈高速增长态势,发展曲线近似于指数分布,目前仍处于快速增长阶段,曲线斜率明显高于全球趋势,专利数量不断增加,表明我国在制氢领域的活跃程度越来越高。专利累计件数越多,表明技术发展越接近成熟,越有可能会产生具有突破性的关键技术

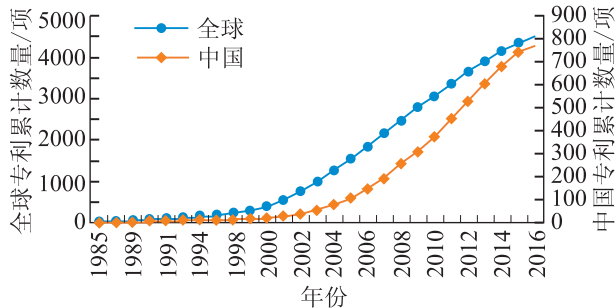


图 6 制氢技术历年累计专利申请量趋势
Fig.6 Hydrogen production technology patent cumulative application trend

成果,也就会加快技术在商品化和产业化中的进程。

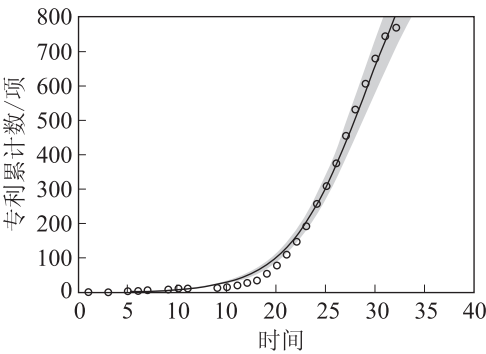
4.3 Logistic 模型构建与预测

对于技术发展生命周期对应的 S 形曲线,Verhulst 在 1938 年提出了量化计算的 Logistic 模型,随后不断改进, Fisher-Pry Curve 就是其中一个著名的公式^[15]。其计算公式如下:

$$y = \frac{l}{1 + \alpha e^{-\beta t}}$$

式中,y 代表专利累计数量; α 为曲线的成长率,也就是斜率; β 为曲线达到转折点 (midpoint) 的时间;l 代表饱和点 (saturation),即曲线成长的饱和水平,也是成长期与成熟期所需的时间长度 (growth time),其定义为 $[l \times 10\% , l \times 90\%]$ 。

针对国内制氢技术的发展生命周期,本文根据 Logistic 模型,利用 Loglet Lab2 软件制作出国内制氢技术发展趋势图(图 7)。将专利分析法运用于 LogisticCurve 上可取得所有需要的参数,包括技术开始时间、技术转折时间、技术极限时间与极限值等参数信息,用以计算其萌芽期、成长期、成熟期及衰退期发生的时间点。相关参数主要由检索的专利数据中获得,其他参数以 Loglet



注:圆点表示专利的实际累计数量,实线表示模型预测的专利累计数量

图 7 国内制氢技术发展趋势图
Fig.7 The development trend of hydrogen production technology in China

Lab 软件模拟得出,饱和值(K)为 1353.071,技术极限时间(tm)为 31.874,成长时间(dT)为 16.656。

从图 7 绘制出的国内制氢技术发展 Logistic 曲线图可以看出,从 1985 年起相关制氢技术开始出现专利申请活动,模型计算出成长时间为 17 年,第 32 年为其反曲点发生时间,即专利申请从萌芽发展至约 2000 年,在此之后直至 2015 年,制氢技术研发活动增加,技术进入成长期,期间专利累计数量呈现加速上升态势;此后,技术发展开始进入成熟阶段,此时专利累计申请量大约为 1353 件。

5 专利技术主题分布

国际专利分类(International Patent Classification,IPC)是国际通用的标准化专利分类体系。通过对国际及国内制氢技术专利的 IPC 进行分析,可以获取该领域所涉及的关键技术主题和研发重点。

本次共统计了国内的 772 件专利,基于 IPC 大组的数据可以发现,氢及氢化物的制备(C01B-003)大组占了 77.1%;剩下的专利分布比较分散,由固态含碳燃料通过包含氧气或水蒸气的部分氧化工艺制造含一氧化碳和氢气的气体(C10J-003)大组占 7.25%;燃料电池及其制造(H01M-008)大组占 5.83%;包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂(B01J-023)大组占 5.57%;气体燃料、合成天然气等(C10L-003)占 5.31%。

为进一步揭示专利的具体技术细节,将专利数据的分析细化到 IPC 小组。表 5 中,列出了制氢技术中国专利申请量排名前 10 的技术主题。

从全球制氢专利申请排名前 10 的技术布局来看(图 8),尽管中国的专利申请总数已经进入

国际前列,但技术发展不平衡,专利大量集中在 C01B3/02 主题,其他相关技术的专利申请较少。而美国、日本、韩国等国家在制氢领域的专利布局较为均衡。在主要的研究主题中,虽然国内在燃料电池反应剂(H01M3/06)、制氢催化剂(C01B3/38)方面也进行了一定研究,但专利产出较发达国家差距仍较大。此外,在全球范围内,燃料电池辅助装置(H01M8/04)、无机化合物产氢(C01B3/04)及电解水工艺(C25B1/04)的专利申请数量进入前 10,而国内在这些领域的专利产出较少,需要加大力度进一步进行研究。

表 5 制氢技术在华专利主要技术领域(基于 IPC 小组)

Table 5 Main technical areas of hydrogen production technology patents in China (based on IPC group)

IPC 小组	申请量 (项)	技术主题	申请量占比 (%)
C01B3/02	750	氢或含氢混合气的生产	97.15
C01B3/50	40	氢或含氢气体从混合气体中的分离	5.18
H01M8/06	37	燃料电池与制造反应剂或处理残物装置的结合	4.79
C10J3/00	30	由固态含碳燃料通过包含氧气或水蒸气的部分氧化工艺制造含一氧化碳和氢气的气体,例如合成气或煤气	3.89
C01C1/04	30	合成法制氢	3.89
C01B3/38	28	使用催化剂	3.63
C01B3/32	27	用气态或液态的有机化合物与气化剂,如水、二氧化碳、空气的反应	3.50
C01B3/12	22	用水蒸气与一氧化碳的反应	2.85
C10L3/00	20	气体燃料;天然气;用不包含在小类 C10G, C10K 的方法得到的合成天然气;液化石油气	2.59
C01B3/06	19	用含正电性氢的无机化合物,如水、酸、碱、氨与无机还原剂的反应(用电解水法入 C25B1/04)	2.46

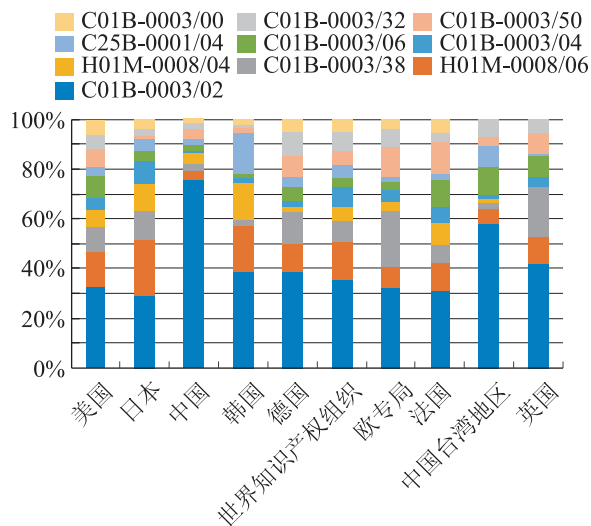


图 8 制氢技术相关专利主要国家(地区)技术布局
Fig. 8 Countries and regions technical layout of hydrogen production patents

利用 CNIPR 专利信息服务平台的全文主题聚类功能,对制氢技术在华专利的技术主题分布进行分析得出,目前公开的制氢技术在华专利申请热点主题可分为五个方面:1)制氢催化剂及水解制氢研究,包括水解反应器、镍基催化剂、硼氢化物制氢等;2)太阳能制氢研究,包括电解槽、光伏水解,太阳能热水解等;3)制氢合成气的处理研究,包括合成气转换制氢、制氢脱硫除尘,合成产物分离系统等;4)制氢反应器及氢气发生装置等,包括流化床、储氢室等;5)生物质制氢研究,包括生物质水相重整、化学链制氢等。

6 结语

整体看来,我国制氢技术的研发工作起步较晚,至 2003 年后相关技术创新活动开始受到重视,专利申请增多,专利授权率稳步提升,目前已成为全球制氢领域重要专利产出国之一,其中浙江大学和中国石油化工股份有限公司处于领先地位,但距国际顶尖水平还存在一定的差距,专利保护力度不足。从技术领域来看,专利申请较

为集中,燃料电池等领域的研究不足,技术布局不够平衡。

面对如此快速的发展变化,根据专利分析结果,提出以下建议:

1) 提高效率发展可再生能源制氢

从制氢环节来看,氢本身的物理与化学性质决定了制氢所需的能量总是会大于其释放的能量。因此,要获得足够数量的氢,就必须有丰富且廉价的一次能源。从国内专利布局来看,水解制氢和太阳能制氢是目前制氢技术的重要研究方向,生物质制氢及各种制氢合成气的研究也处于发展之中,但相对于国外机构,国内机构的研发力度和专利申请量还较为落后,专利研发领域过于集中,在燃料电池、制氢催化剂等技术领域的研发力度不足。从实际应用来看,煤炭和天然气是比较理想的制氢原料,但技术复杂,还会排放温室气体;生物质气化制氢技术目前还不成熟;电解水制氢成熟简单,但需要消耗大量电力;利用太阳能或风能等可再生能源制氢是理想的选择,但仍需解决效率低、成本高的问题;通过核能利用热化学过程制氢虽然理论上可行,但目前的商用高温核反应堆都不适合制氢^[4,16]。总的来看,缺乏低成本、大规模商业化制氢方式是制约氢能发展的最大瓶颈。

因此,国内制氢领域应依据实际,发展适合我国国情的低成本高效环保的大规模制氢技术,着重发展高效、低污染的集中式煤气化大规模制氢,同时重点加强我国有一定基础的、具长期发展前景的可再生能源(包括生物质、太阳能、风能、地热能等)制氢技术。

2) 加大力度打通科研成果转化示范

尽管我国在制氢技术领域的专利申请量正在迅速增长,但尚未成为主导国际制氢技术发展

的技术来源方,大量核心专利掌握在美国、日本等国的大型能源集团手中。我国目前在技术领域高水平、高影响力的专利数量还不多。尽管我国制氢技术和产业应用发展迅速,但是近年来专利申请的主力以浙江大学等高校机构为主,需要注重传统技术优势机构(如中国科学院、中石油、中石化等)与新兴能源公司以及各大厂商和企业的合作,结合各方优势,促进核心专利技术的研发与应用。同时,我国制氢专利申请领域虽然在不断扩展,在新能源制氢技术领域已产出大量专利研发成果,技术发展已进入成熟阶段,但工业应用仍然以煤制氢和天然气制氢为主导技术,专利成果没有得到足够的转化。

因此,需要加强研发机构与企业之间的合作,通过专利许可、专利转让等形式,给予示范工程强力的技术支持,以实现技术创新成果的市场价值最大化。

3) 加强专利保护力度强化市场布局

从国内外企业在全球范围内的制氢技术专利布局情况来看,国外有较多实力雄厚的跨国企业,在行业内具有绝对领先的技术优势,并且具有强烈的专利保护意识和清晰的国际专利布局战略意图,在很多国家都申请了相当数量的 PCT 专利。相比之下,中国研发机构对专利保护意识不足,在国外申请数量较少,这不利于技术保护及潜在市场把握。

因此,中国机构应加强专利保护的意识,提升参与国际市场竞争的程度,做好国际专利申请和布局,只有这样,才能抢占创新制高点,在竞争中获得更好的优势。

总而言之,布局氢能研究需适度、谨慎。氢的本质属性决定了氢能利用面临的许多障碍都与氢的基本性质有关,氢能并不具备成为能源主

体的基本条件,也很难成为公众认可的经济安全的能源载体,这是仅靠政治意愿、研究投入等方式所难以改变的。因此,对待氢能应持理性和谨慎态度,我国的社会经济发展现状在相当长一时期内还无法承受向前景并不明朗的氢经济转型的巨大代价。但是,我们既不能因为氢能所具备的一些优点和国外对氢经济的一度推崇而盲目投入;也不因其所面临的一系列挑战而无所作为。氢能与燃料电池涵盖了庞大的技术体系,对科学技术发展具有重要的辐射作用。对我国来说,军事用途、空间开发、偏远地区供能、与可再生能源结合,家庭或小规模商用热电联供等等,都为氢能技术提供了特殊的需求空间,需要做的是厘清发展思路和合理定位,确定氢能利用中的优先发展方向。

参考文献

- [1] 张轲,刘述丽,刘明明,等. 氢能的研究进展[J]. 材料导报,2011,25(5):116-119.
ZHANG Ke, LIU Shuli, LIU Mingming, et al. Research developments of hydrogen energy[J]. Materials Review, 2011, 25 (5): 116-119.
- [2] 张聪. 世界氢能技术研究和应用新进展[J]. 石油石化节能,2014 (8):56-59.
ZHANG Cong. New progress in research and application of world hydrogen technology[J]. Energy Conservation in Petroleum & Petrochemical Industry, 2014 (8): 56-59.
- [3] 刘晓丽. 制氢工艺技术比较[J]. 当代化工研究, 2016(5):78-79.
LIU Xiaoli. Comparison of hydrogen generation process and technology[J]. Modern Chemical Research, 2016(5):78-79.

- [4] 李庆勋, 刘晓彤, 刘克峰, 等. 大规模工业制氢工艺技术及其经济性比较[J]. 天然气化工(C1 化学与化工), 2015(1): 78-82.
- LI Qingxun, LIU Xiaotong, LIU Kefeng, et al. Technical and economic analysis for large-scale industrial hydrogen production[J]. Natural Gas Chemical Industry, 2015(1): 78-82.
- [5] 常乐. 非化石能源制氢技术综述[J]. 能源研究与信息, 2017, 27(3): 130-137.
- CHANG Le. A review of non-fossil energy based hydrogen production technologies[J]. Energy Research and Information, 2017, 27(3): 130-137.
- [6] 国家能源局. 能源技术革命创新行动计划(2016-2030 年)[Z]. 2016.
- National Energy Administration. Innovation action plan of energy technology revolution(2016-2030)[Z]. 2016.
- [7] U. S Department of Energy. The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan[R/OL]. 2013-10-02. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/program_plan2011.pdf.
- [8] U. S. Department of Energy. National Hydrogen Energy Roadmap [R/OL]. 2013-09-10. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/national_h2_roadmap.pdf.
- [9] 王寒. 世界氢能发展现状与技术调研[J]. 当代化工, 2016, 45(6): 1316-1319.
- WANG Han. Development and technology research of the world hydrogen energy[J]. Contemporary Chemical Industry, 2016, 45(6): 1316-1319.
- [10] 中国可再生能源学会氢能专业委员会. 第十届全国氢能学术会议暨第二届两岸三地氢能研讨会论文摘要集前言[C]. 天津: 南开大学, 2009.
- China Association for Hydrogen Energy. Proceedings of the tenth China Hydrogen Energy Conference[C]. Tianjin: Nankai University, 2009.
- [11] 李春燕. 基于专利信息分析的技术生命周期判断方法[J]. 现代情报, 2012, 32(2): 98-101.
- LI Chunyan. The distinguishing methods of technology life cycle based on patent analysis[J]. Journal of Modern Information, 2012, 32(2): 98-101.
- [12] 国家能源局. 能源技术革命重点创新行动路线图[Z]. 2016.
- National Energy Administration. Road map of key innovation action for energy technology revolution[Z]. 2016.
- [13] 国务院. “十三五”国家科技创新规划[Z]. 2016.
- CPC State Council. The 13th Five-Year Plan for Science and Technology Innovation of the People's Republic of China[Z]. 2016.
- [14] 张志立. 以技术生命周期作为技术预测模式之比较[D]. 台湾: 中原大学, 2004.
- ZHANG Zhili. Taking technology life cycle as a comparison of technical prediction models[D]. Taiwan: Chung Yuan Christian University, 2004.
- [15] 于慧伶. 利用 TRIZ 理论 S 曲线进化法则的人造板技术发展预测[J]. 林业科技, 2009, 34(4): 57-60.
- YU Huiling. Analysis of the particleboard technology based on TRIZ and S-Curve technique evolution law[J]. Forestry Science & Technology, 2009, 34(4): 57-60.
- [16] HOLLADAY J D, HU J, KING D L, et al. An overview of hydrogen production technologies[J]. Catalysis Today, 2009, 139: 244-260.