

大力推进新能源与环境材料的开发与 应用

[编者按] 进入21世纪以来,面对日益严重的资源枯竭、不断恶化的生态环境和大幅提升的人均需求等发展困境,绿色发展和可持续发展等理念已经成为人类的共识。材料发展更加关注可持续性。2021年7月28日,第二十三届中国科协年会中韩新能源与环境材料研讨会召开,与会专家深入探讨新形势下新能源与环境材料的发展趋势,分析存在的问题,并提出了相应的对策建议。

由二氧化碳等温室气体排放引起的全球气候变化,已经成为全人类共同面对的重大发展挑战之一,全球范围内正在以合理使用可再生能源、实现能源的高效利用为重点,积极应对全球气候变化。进入21世纪以来,面对日益严重的资源枯竭、不断恶化的生态环境和大幅提升的人均需求等发展困境,绿色发展和可持续发展等理念已经成为人类的共识。材料发展更加关注可持续性。资源、能源、环境对材料生产、应用、失效的承载能力,战略性元素的绿色化高效获取、利用、回收再利用及替代等受到空前重视。因此,世界各国都积极将新材料的发展与绿色发展紧密结合,高度重视新材料与资源、环境和能源的协调发展,大力推进与绿色发展密切相关的新能源与环境材料的开发与应用。

1 新能源与环境材料的现状

能源是国民经济的命脉,能源体系的变革关系到国民经济、社会进步和国家安全。面对潜在的能源革命,我国在政策制定、产业规划等方面高度重

视。国家发展和改革委员会和国家能源局在2016年连续发布《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》和《能源生产和消费革命战略(2016—2030年)》,明确将作为能源革命核心节点和瓶颈的储能技术提升到国家战略层面,作为能源领域的最重要和优先发展方向,增强产业关键核心技术攻关和自主创新能力。

我国新能源与环境产业历经从“十二五”时期的技术验证,到“十三五”时期的示范推广,从技术到应用已经为规模化发展打好基础。目前,在“碳中和”的目标下,储能产业发展目标已经初定,“十四五”时期,新能源技术将在性能提升、成本下降方面实现进一步突破。随着政策和市场机制的建立和完善,产业将实现爆发式增长,我国将成为全球第一大新能源市场。

太阳能的有效利用有光-热转换、光-电转换和光-化学转换3种方式,其中基于光-电转换利用的太阳能电池是近些年发展最快、最具活力的研究领域。太阳能电池是利用可持续的太阳能资源最有效的方法之一,也是解决世界范围内的能源危机

和环境问题的一条重要途径,已广泛应用于通信、交通、石油、气象、国防、农村电气化等许多领域,其使用量每年以高于20%的速度增长。随着转换效率和生产技术的不断提高,太阳能电池的应用越来越广泛。到2020年底,太阳能发电装机容量达到1.6亿kW,年发电量达到1700亿kW·h,年度总投资额约2000亿元人民币。光伏电池生产设备和辅助材料国产化率达到90%,逐步实现光伏生产装备国产化、智能化和全生产工艺一体化。单晶硅电池的产业化转换效率达到23%以上,多晶硅电池转换效率达到20%以上,新型薄膜太阳能电池实现产业化,转换效率达到20%左右。2017年,日本Kaneka公司研制的薄膜硅/晶体硅异质结(HJT)太阳能电池创造了转化效率为26.7%的最高纪录。而我国HJT电池的研发也取得了很大进展,天合光能与中国科学院上海微系统研究所联合研发的一款HJT电池,其光电转换效率达到23.29%。有机无机杂化金属卤化物钙钛矿相材料(简称“钙钛矿”)自2009年由日本科学家Miyasaka首次应用于太阳能电池,经过11年的发展,实验室级别钙钛矿太阳能电池的转化效率已经达到25.2%。

电化学储能和氢能是储能技术的重要组成部分,其中电化学储能是应用范围最为广泛、发展潜力最大的储能技术。根据中关村储能产业技术联盟(CNESA)统计数据显示,截至2020年底,中国已投运的电力储能项目累计装机容量达到33.4GW,2020年新增投运容量2.7GW;其中,电化学储能新增投运容量首次突破GW大关,达到1083.3MW/2706.1MW·h。在“十四五”期间,电化学储能应用的支持力度将逐步加大,年复合增长率(2020—2024年)将保持在55%左右,预计到2024年底,电化学储能的市场装机规模将超过15GW。同时,我国具有丰富的氢能供给经验和产业基础,已是世界上最大的制氢国,初步评估现有工业制氢产能为2500万t/年。近年来,我国每年纯度99%以上氢气的使用量约700亿m³,年产值1200亿元人民币以上。从全球范围来看,美国氢能的生产和储运有Air Products、Praxair等世界先进的气体公司,且拥有技术领先的质子膜纯水电解制氢公司,同时还掌

握着液氢储气罐、储氢罐等核心技术。目前,美国已有超过2万辆燃料电池叉车进行了超过600万次加氢操作。美国燃料电池汽车液氢使用量非常高,全年液氢市场需求量的14%都被用于燃料电池车。“欧洲氢能路线图”报告预测,到2050年,欧洲10%~18%建筑的供暖和供电可以由氢能提供;工业中23%的高级热能可由氢能提供。到2030年,氢能的预计部署将为欧盟公司的燃料和相关设备创造约1300亿欧元的产业;到2050年达到8200亿欧元。因此,电化学储能与氢能技术发展将有广阔的市场前景及需求,并可持续推动我国的能源革命及创新。

质子交换膜燃料电池(PEMFC)的关键材料国内在技术开发上总体与国际水平有差距但差距不大;在产业化方面,国内与国际水平差距较大,国际上燃料电池关键材料与部件已形成产业链,而国内产业化程度较低,仅有数量有限的几家企业实现了燃料电池关键材料和部件的商业化,大大阻碍了国内燃料电池的商业化应用。PEMFC中,低Pt载量膜电极制备技术、高温复合质子交换膜、耐腐蚀与导电性兼优的金属双极板是其今后需要解决的重要科学技术问题。

过去几十年来,光催化技术在新能源开拓和环境污染治理方面的应用受到了人们越来越强烈的关注,并取得很大的进步。但由于光催化技术发展遇到的一些瓶颈问题还没有得到完全彻底解决,导致这项极具应用前景的新兴技术一直无法实现大规模的应用。其中最主要的原因是传统光催化材料的太阳光谱响应范围窄和量子效率低,以及对光催化机理、活性因素的深刻的了解还非常缺乏,这一系列问题有待进一步研究。而在稀土催化剂材料方面,国产裂化催化剂在使用性能上已达到国外同类产品水平,已开发出可满足国V排放标准汽车用的稀土催化剂及系统集成技术。

2 新能源与环境材料存在的问题

我国新能源与环境材料产业大而不强,大而不优。与国际先进水平相比,目前我国在先进高端新

能源与环境材料研发和生产方面差距甚大,关键高端新能源与环境材料远未实现自主供给。

我国新能源与环境产业起步晚,与世界先进水平相比仍有较大差距。我国新能源材料的研发以跟踪国外先进技术为主,具有自主知识产权的技术和产品少,产品的竞争力主要体现在一定的成本优势上,已经对我国新能源材料产业发展产生影响。我国虽然在新能源与环境材料产业化、工程化等方面已经取得众多成果,但总体上在新能源与环境材料技术开发、标准体系制定等多方面落后于发达国家。除此之外,我国在一些共性、前瞻性、基础性关键技术缺乏研究与突破,一定程度上影响材料及器件功能提升与生产工艺效能发挥。从总体上来看,我国是新能源与环境的生产销售大国,但不是强国,总体水平落后,基础研究投入不足,原创性成果少,核心技术多数受制于国外;另外我国企业数量庞大,但具备国际竞争力的大型企业偏少,创新能力不足;工艺水平及产品种类、性能、质量与国际先进水平相比,存在着较大差距;资源、能源、环境的瓶颈约束日益显现。主要存在的如下问题。

一是顶层设计不够,可持续发展的新能源与环境科技、产业、应用体系依然缺失。新能源与环境材料科技与产业缺乏统筹规划、顶层设计,没有有效的跨行业协作机制,产学研用有效结合不够,新能源与环境材料与应用器件脱节,导致材料推广应用困难。另外,科技计划缺乏延续性和系统性,工程化研究比较薄弱,科技成果转化率低;科技与经济结合依然较弱,政策支撑体系不到位。

二是中低端产能过剩与关键高端材料保障不足并存。由于自主创新能力和加工技术及装备制造水平低,新能源与环境材料产品的质量稳定性、性能一致性、可靠性等问题还比较突出,下游用户“有材不敢用,优材滥用”,导致我国新能源与环境材料产业整体处在价值链的中低端。中低端产品和通用产品存在低价竞争、产能过剩风险,高性能、高附加值、高技术含量的产品相对较少,高端新能源与环境材料和关键新能源与环境材料保障能力不足,关键零部件、核心工艺和基础材料等相当大的比例仍然依赖进口,受到国外制约,也难以融

入全球新能源与环境材料供应体系。这也导致我国资源及能源利用效率低,资源优势不能有效转化为产业优势。

三是核心知识产权缺乏,产业发展受制于人。发展路径基本以跟踪仿制、改进创新、性能持续提升为主,缺乏顶层设计和原始创新,知识产权受制于人。尽管近年来我国在新能源与环境材料领域的专利申请量快速上升,但绝大部分属于改进型专利或边缘专利,拥有核心自主知识产权的成果尤其是具有原创性的国际专利还不多,技术和产业发展在一定程度上受制于人。

四是资源利用能力不强,严重制约可持续发展。矿产资源是新能源与环境材料制备的基础,我国的矿产资源普遍存在利用效率较低,环境污染较重的问题。以稀土资源为例,我国的稀土储量居世界第一,稀土产量占世界总量的90%以上,稀土功能材料产业规模居世界首位,是稀土生产的大国。然而,由于我国在稀土的高效利用方面缺乏核心技术和自主知识产权,不仅导致稀土产品“低出高进”,还存在资源利用不平衡问题,成为我国稀土产业大而不强的重要原因。而正极材料所需要的钴资源很高,我国是钴资源贫乏的国家,国内产量大致稳定在年产2.5万t,占世界可开采量的1.03%。而根据最新公布的数据显示,中国的镍储量为232万t,占全球总量的3.65%,国内镍储量仅够开采10年左右,未来镍资源将处于紧张的状态。世界锰矿资源比较丰富,但分布不均,与国外锰矿资源相比,我国锰矿床规模以中、小型为主,矿石品位也比较低,平均含锰20%~30%,开发利用条件欠佳。

五是材料综合性能较低,关键材料依赖进口。我国目前新能源与环境材料的综合性能和产业化制备技术与发达国家相比还存在一定的差距,尤其是新能源与环境材料产业核心装备的自动化、智能化水平较低,很大程度上影响了新能源与环境材料产品的性能及稳定性,不能满足高精尖领域应用要求,更难以达到应用器件升级换代对材料性能的新要求,在国际竞争中缺乏竞争力。关键新能源与环境材料保障能力不足,一些高端稀新能源与环境材料仍依赖进口,核心应用器件受制于人,成为相关

产业发展的瓶颈。如我国汽车用的尾气净化器,尽管原材料已经基本实现本土采购,但合资品牌车的尾气净化催化剂和所使用的催化材料80%以上仍为国外配套;燃料电池高压氢源系统技术门槛高,高强度碳纤维等关键材料封锁严重,亟待开发体积储氢密度高、安全性好、成本低新型高压-储氢材料复合储氢技术,混合动力车动力电池电极材料的产业化技术水平落后,装备及工艺水平有待提高。在二次电池方面,目前锂离子电池的材料进口依赖度高。正极材料的原料电子级碳酸锂(碳酸锂含量在99.5%以上)大部分依靠进口。我国锂资源居世界第二,但由于技术原因,国内矿石提取碳酸锂再提纯为电子级碳酸锂的产量很低。此外,电解液配套已实现国产化,但是占电解液成本约50%的电解质——六氟磷酸,国内能够生产六氟磷酸的企业很少,国内电解液生产厂家主要依靠从日本和德国进口。

3 新能源与环境材料发展展望

削减碳排放总量,实现“碳达峰”、“碳中和”成为人类应对环境气候危机的关键手段。生态文明建设是关系到中华民族永续发展的根本大计。2021年3月15日召开的中央财经委员会第九次会议强调,“我国力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和,是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体”,将“碳达峰”“碳中和”纳入生态文明建设整体布局。由此可见,在未来相当长的时间内,围绕可再生能源与环境开发和利用展开的相关工作将成为我国与全球科技、经济发展重点,其中的新能源与环境材料技术将得到长远发展。

在高容量、长寿命、低成本稀土储氢材料方面:储氢密度达到6%;研制新型高压复合储氢系统,储能密度达到500(W·h)/kg以上,循环寿命达到1000次,满足国产氢燃料电池车的更新换代和自主创新需求。

在太阳能电池方面:晶硅电池效率 $\geq 25\%$,硅基薄膜电池效率 $\geq 15\%$,光伏系统上网电价 ≤ 0.5 元/

(kW·h);有机太阳能电池能量转换效率 $\geq 20\%$;染料敏化太阳能电池光电转换效率 $\geq 15\%$ 。

在锂电池方面:能量型锂电池比能量 ≥ 300 (W·h)/kg,功率型锂电池比功率 ≥ 4000 W/kg;动力电池 ≤ 1.5 元/(W·h),储能电池 ≤ 1.0 元/(W·h),材料及电池生产设备全部实现国产化。

在燃料电池方面:燃料电池系统 ≤ 0.3 万元/kW,膜电极成本 ≤ 50 元/kW,高温复合膜成本 ≤ 0.3 万元/m²。

新能源与环境材料领域应坚持满足当前需求与实施长远战略相结合,坚持新兴产业培育与传统结构调整相结合,坚持技术创新引领与市场需求带动相结合,坚持市场机制运作与宏观政策引导相结合。应当遵循“应用牵引材料技术发展”“有所为,有所不为”“国计民生,量大面广”“发挥优势,占领制高点”的发展原则,支撑国家重大重点工程、军民融合、工程示范应用为牵引,重点发展具有共性、关键性、集成性、带动性的新材料的高技术,围绕产业化关键技术研发攻关,服务于国民经济主战场的迫切需求,实现材料各创新环节紧密衔接,引领新材料高端技术的发展和升级换代,创造规模技术和经济价值,建立起具有自主知识产权、完善的战略性新兴产业体系。

4 发展新能源与环境材料的建议

一是培育创新能力和国际影响力的企业。支持新能源与环境材料企业以市场为导向开展联合重组,培育一批具有较强创新能力和国际影响力的龙头企业。

二是技术创新市场导向机制。强化企业在技术创新中的主体地位,激发企业创新内生动力,促进企业成为技术创新决策、研发投入、科研组织和成果转化的主体,使创新转化为实实在在的产业活动。

三是制订、完善技术标准。研究修订新能源与环境材料产品标准,及时更新标准,强化强制性标准制定与实施,形成支撑产业升级的技术标准体系。制定高于国际标准或行业标准的企业标准,推

动标准国际互认。

四是提升信息化和智能化制造程度。促进信息技术与新能源与环境材料融合发展,推动锂新能源与环境材料设计、加工、制造及测试过程数字化、智能化,利用互联网技术加强材料供需对接,支持发展新模式、新业态。

五是建立核心技术研发创新平台。以新能源与环境关键材料和器件为主进行科学布局,逐步建立多个核心技术研发创新平台,实现连接先进新能源与环境及其关键材料技术基础研究与应用工程化、产业化开发的桥梁和纽带,实现新能源与环境材料产业的应用基础研究与工程化开发的有机衔接和整合,有效地提高新能源与环境材料应用基础技术成果向产业化转化速度,源源不断地为我国新能源与环境材料产业开发具有自主知识产权的长寿命、低成本、高安全性的材料技术。

六是创建产学研用联盟。努力引导机制创新,提倡产、学、研、用密切合作模式,整合现有各种团体、组织,围绕新能源与环境材料研究、开发、制备、应用及评价,搭建紧密合作的专业团体。实现产学研的有机高效结合,全面提升我国新能源与环境材

料产业在国际市场上的竞争力的目标。

七是加强人才培养与创新团队、基地建设。依托重点企业、联盟、高等学校、职业院校、公共实训基地和公共服务平台,通过开展联合攻关和共同实施重大项目培养一批工学、工程研究生,培育一批产业工人、技术骨干与创新团队,建立科学的人才及技术评价机制。积极拓展与国外学术的合作,努力建立向国内外开放的科研、技术开发、人才培养基地。

八是加强国际交流与合作。借助“一带一路”加快“走出去”,推动企业在沿线国家开展先进适用技术转移与合作,组织和参与国际间的各种学术交流与合作,组织并搭建国际间有影响力的行业活动,积极举办各种论坛峰会,举办和参与世界级的产品、技术展览会、交流会以及各类人员交流培训会,把握全球创新要素流动和集聚的新趋势,主动地融入全球网络,充分利用国际国内资源,促进人才、资本、成果等要素开放、共享与流动,更大范围、更高层次、更有效率地配置资源,提升中国新能源与环境材料行业在国际的地位与影响力。

(责任编辑 刘志远)