[陕西科学技术奖提名书公示内容](http://xydt.jsnu.edu.cn/_upload/article/files/3d/9d/02484bf943b8ae1c6fe61020c7de/1347eb24-37cd-424d-9dfe-ed4579b0f4fd.docx)

一、项目名称：硼氢化钠储制氢关键技术及其燃料电池产业化应用

二、完成单位：西北工业大学、江苏师范大学、沈阳师范大学、国氢(苏州)能源科技有限公司、上海宇集动力系统有限公司

三、完成人：魏永生、赵新生、王艳、张健康、王海涛、吴晓峰、孙利

四、项目简介：

针对离网设备用电续航时间短、燃料电池系统储运氢难等卡脖子问题，本项目专注硼氢化钠储制氢关键技术及燃料电池移动电源的研发及产业化。通过提高硼氢化钠储制氢的催化活性和稳定性，为燃料电池提供现场氢源技术，破解燃料电池移动电源的氢储运产业难题，实现固态储运，液态制氢。硼氢化钠供氢燃料电池的能量密度超过500Wh/kg和600Wh/L，是目前锂电池的两倍以上，突破了离网供电设备续航时间短的技术瓶颈。在离网环境下替代高压氢的储运方案，通过燃料电池发电，延长供电时间，在无人机、无人艇、海洋浮标/潜标、水下航行器、无人值守及离网储能、应急管理电源、户外电源、通信基站备用电源、单兵/班组电源等领域具有产业化应用前景。

研究团队近10年聚焦硼氢化钠储制氢催化剂的研发和制备，专注于硼氢化钠供氢燃料电池技术攻关，依托国家自然科学基金及省部级等项目，在催化剂材料研发理论与制备工艺、制氢催化剂的系列化研发、反应器的结构设计与优化、系统集成和产业化应用等四个方面形成突破，创新成果如下：

1、基于材料组分-结构-制备-性能间的构效关系，创建了一种高效、精准制备催化剂材料的人工智能模型理论。围绕实验参数优化，该理论模型包括三步骤：单参数优化模型、主成分分析降维模型、三参数耦合优化模型方法，简称SPT模型。实现了科学选值、参数分级优化、智能快速筛选。开发了高通量电化学沉积技术，显著加快了材料的筛选过程和研发效率。SPT模型，是一种可解释模型方法，具有通用性和推广性。

2、研制出高效、低廉硼氢化钠储制氢催化剂。根据金属-载体间的相互作用，研究Co-B基非贵金属催化剂与三维网状结构泡沫镍/碳纤维布载体之间的耦合机制。研究掺杂过渡金属元素（如Fe、Ni、Mo、W、Ru等）、共价非金属元素（如B、P）调节非贵金属的电子构型，增强组分间协同效应，提高催化性能，通过电沉积等法提高催化剂结合力，制备出不同Co-B-M担载量、产氢速率大小可控的非贵金属催化剂。在镍网载体上通过双脉冲电沉积工艺技术，控制正、反脉冲的参数，减小镀液浓差扩散引起的极化，提高催化剂形貌和结构的一致性。实现产氢在常温下启动，产氢速率可控，催化剂稳定性好、寿命长。制备出具有三维立体结构的高活性钌基催化剂，在国际上首次实现-20℃无热源启动制氢，解决了低温条件下离网设备供氢发电的卡脖子瓶颈。发现并建立了电合成硼氢化钠储氢过程的双螺旋理论，筛选并制备出Pb基储氢催化剂，实现了硼氢化钠液态储氢。

3、自主研发设计出常温水解制氢机和低温醇解制氢机，不需要外接电源、无需额外加热、没有高压积存、制氢启动速度快、便携性好、操作安全、环境友好；随用随产，无积存气体，实现超低温、常温启动产氢的国际领先技术。携带方便，压力小，安全性高，可以满足离网条件下现场制氢的产业需求，适合下游产业移动电源用氢源。

4、研发硼氢化钠制氢机与燃料电池耦合集成系统，可以在不断添加硼氢化钠储氢材料的过程中实现静音、环保、高效地持续发电。硼氢化钠溶液方便加注，经过电化学作用，一方面产生电能，一方面与空气中的氧化物产生水，无硫化物、氮氧化物、颗粒物等有害物质排放。同时发电机的核心装置内部没有转动部件，不存在常规发电装置的噪声污染问题，整机音频控制在50分贝以内。采用硼氢化钠碱液作为氢源，能减少高压气瓶、气罐的安全隐患；减少储氢、加氢过程中的能源损耗，提高能源利用率；大幅降低加氢站的建设成本和行业门槛，快速推动氢能燃料电池产业的快速发展。研发成果在国氢(苏州)能源科技有限公司转化落地，并且在上海宇集动力系统有限公司、苏州氢投技术有限公司得到应用和推广。

该项目围绕离网供电和长续航硼氢化钠燃料电池技术等开展了系统创新，为解决我国国防和民用离网供电等技术难题提供了重要技术支撑。出版专著2本，发表SCI论文30余篇，获中国发明专利授权20余项。成果主要在氢燃料电池和海洋装备等领域得到推广应用，取得了显著的社会、经济效益。

五、主要知识产权（标准、规范）目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权  类别 | 知识产权  名称 | 国家  （地区） | 授权号  （批准号） | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 发明专利 | 一种B-P共掺杂双过渡金属催化剂及其制备方法与应用 | 中国 | ZL202010595062.7 | 2023-07-04 | 6109660 | 国氢(苏州)能源科技有限公司 | 魏永生;付文英;刘研;岳远超;王茂森;赵晨浩;陈玲熙;韦露;赵新生 |
| 2 | 发明专利 | 一种直流电解还原制备硼氢化钠的三室两膜电解槽 | 中国 | ZL202110102868.2 | 2023-06-27 | 6095500 | 国氢(苏州)能源科技有限公司 | 魏永生;付文英;司司;刘妍;陈佳琪;韦露;赵新生 |
| 3 | 发明专利 | 一种高效、长寿命硼氢化钠水解制氢用CoWB/NF催化剂及其制备方法 | 中国 | ZL201710511800.3 | 2020-12-8 | 4136126 | 国氢(苏州)能源科技有限公司 | 魏永生;孟李远;王君彦;张海剑;韦露;赵新生 |
| 4 | 发明专利 | 一种碳纤维布负载CoMoP硼氢化钠水解制氢催化剂及制备方法 | 中国 | ZL201710723207.5 | 2020-12-8 | 4136834 | 国氢(苏州)能源科技有限公司 | 魏永生;缪睿;韦露;李建伟;赵新生 |
| 5 | 发明专利 | 硼氢化钠醇解制氢多床层反应装置 | 中国 | ZL201611174004.7 | 2019-1-29 | 3236991 | 江苏师范大学 | 赵新生;魏永生;李建伟;韦露 |
| 6 | 发明专利 | 一种可在低温环境下运行的制氢装置及其控制方法 | 中国 | ZL202110887277.0 | 2022-11-11 | 5571861 | 上海宇集动力系统有限公司 | 薛艳红；王海涛;崔志兴 |

**承诺：**上述知识产权未曾在已获或正在申报国家级、省（部）级和厅局（地市）级奖励项目中作为支撑材料出现。用于推荐陕西高校科学技术研究优秀成果的情况，已征得未列入成果主要完成人和主要完成单位的权利人（专利指发明人）的同意。

六、代表性论文专著目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 发表  时间 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 作者 | 通讯作者（含共同作者） | 第一作者（含共同作者） | 国内  作者  （中文名） | 他引  总次数 | 检索  数据库 | 参与人（成果完成人） | 知识产权是否归 国内所有 |
| 1 | Fast hydrogen generation from NaBH4 hydrolysis catalyzed by nanostructured Co-Ni-B catalysts | International Journal of Hydrogen Energy | 2017.3 | 42(9): 6072-6079 | Yongsheng Wei,Wei Meng, Yan Wang, Yanxin Gao, Kezhen Qi, Ke Zhang | Yan Wang, Kezhen Qi | Yongsheng Wei | 魏永生  孟伟  王艳  高彦鑫  戚克振  张轲 | 50 | SCI | 魏永生  王艳 | 是 |
| 2 | Highly active and durable catalyst for hydrogen generation by the NaBH4 hydrolysis reaction: CoWB/NF nanodendrite with an acicular array structure | Journal of Alloys and Compounds | 2020.4 | 836(25): 155429 | Yongsheng Wei , Maosen Wang, Wenying Fu, Lu Wei, Xinsheng Zhao, Xiangyang Zhou, Meng Ni, Haijiang Wang | Yongsheng Wei，Meng Ni, Haijiang Wang | Yongsheng Wei | 魏永生  王茂森  付文英  韦露  赵新生  周向阳  倪萌  王海江 | 14 | SCI | 魏永生  赵新生 | 是 |
| 3 | Highly efficient and reactivated electrocatalyst of ruthenium electrodeposited on nickel foam for hydrogen evolution from NaBH4 alkaline solution | International Journal of Hydrogen Energy | 2018.7 | 43(2): 592-600 | Yongsheng Wei, Yan Wang, Lu Wei, Xinsheng Zhao, Xiangyang Zhou, Hongtan Liu | Yongsheng Wei  Hongtan Liu | Yongsheng Wei | 魏永生  王艳  韦露  赵新生  周向阳  刘洪潭 | 47 | SCI | 魏永生  王艳  赵新生 | 是 |
| 4 | Mechanistic insight  into the synergy  between platinum  single atom and  cluster dual active  sites boosting  photocatalytic  hydrogen evolution | Adv. Mater. | 2023.5 | 2023， 35，  2300902 | **Jiankang Zhang**,\* Yukun Pan, Dan Feng, Lin Cui, Shichao Zhao, Jinlong Hu,\* Sen Wang,\* Yong Qin\* | **Jiankang Zhang**,\* Jinlong Hu,\* Sen Wang,\* Yong Qin\* | **Jiankang Zhang**,\* | 张健康，潘玉坤，冯丹，崔琳，赵世超，胡金龙，王森，覃勇 | 74 | SCI | 张健康 | 是 |

**承诺：**该表所列论文专著的知识产权归国内所有且无争议，未曾在已获或正在申报国家级、省（部）级和厅局（地市）级奖励项目中作为支撑材料出现。用于推荐陕西高校科学技术研究优秀成果的情况，已征得未列入成果主要完成人和主要完成单位的作者的同意，其中，未列入成果主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见。因未如实告知上述情况而引争议，且不能提供相应存档备查的证件，本人愿意承担相应责任，并接受处理。

七、完成人合作关系情况汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作关系人  及排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 论文专利 | 赵新生 | 2015.01至今 | 合作发表学术论文10余篇，专利12项 | 论文、专利 |
| 2 | 论文发表 | 王艳 | 2016.08至今 | 合作发表学术论文7篇 | 论文 |
| 3 | 项目合作 | 张健康 | 2023.02至今 | 合作承担横向课题、合作指导学生参赛获奖 | 项目合作情况证明、获奖证书 |
| 4 | 项目合作 | 王海涛 | 2023.05至今 | 合作承担横向课题 | 项目合作情况证明 |
| 5 | 项目合作 | 吴晓峰 | 2023.10至今 | 合作承担横向课题、联合成立海洋氢能储运与供氢系统技术联合实验室 | 联合实验室证明 |
| 6 | 项目合作 | 孙利 | 2023.8至今 | 合作承担横向课题、联合成立固体氢能及氢电联动系统联合实验室 | 联合实验室证明 |

**承诺：**本人作为第一完成人，对本成果完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。