

# 碱性电解堆镍电极技术 专利导航分析

# 目 录

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 第 1 章 | 碱性电解堆产业发展现状.....      | 1  |
| 1.1   | 项目背景和意义.....          | 1  |
| 1.1.1 | 研究背景.....             | 1  |
| 1.1.2 | 专利导航意义.....           | 3  |
| 1.2   | 产业现状.....             | 4  |
| 1.2.1 | 产业发展概况.....           | 4  |
| 1.2.2 | 产业市场概况.....           | 5  |
| 1.2.3 | 产业政策支持.....           | 6  |
| 1.3   | 产业技术构成.....           | 9  |
| 1.3.1 | 产业分解分析.....           | 9  |
| 1.3.2 | 技术分解.....             | 10 |
| 1.4   | 专利数据检索.....           | 11 |
| 1.4.1 | 研究目标和方法.....          | 11 |
| 1.4.2 | 检索策略和结果.....          | 12 |
| 1.4.3 | 相关事项约定.....           | 15 |
| 1.4.4 | 重点专利筛选原则.....         | 19 |
| 1.5   | 小结.....               | 23 |
| 第 2 章 | 碱性电解堆镍电极技术专利分析概况..... | 25 |
| 2.1   | 全球专利申请态势.....         | 25 |

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 2.2   | 专利地域布局及技术来源和技术流向分析.....            | 31 |
| 2.3   | 技术构成分析.....                        | 34 |
| 2.4   | 专利申请活跃度.....                       | 49 |
| 2.5   | 专利类型和法律状态.....                     | 51 |
| 2.6   | 重点技术发展态势.....                      | 54 |
| 2.6.1 | 申请趋势.....                          | 54 |
| 2.6.2 | 申请主体.....                          | 56 |
| 2.6.3 | 重点申请人细分领域技术布局.....                 | 58 |
| 2.6.4 | 重点技术布局情况.....                      | 59 |
| 2.6.5 | 重点技术发展态势.....                      | 61 |
| 2.7   | 主要国家专利风险预警.....                    | 62 |
| 2.8   | 小结.....                            | 64 |
| 第 3 章 | 碱性电解堆镍电极技术发展情况.....                | 65 |
| 3.1   | 碱性电解堆镍电极技术路线发展.....                | 65 |
| 3.1.1 | 热点技术专利布局情况.....                    | 65 |
| 3.1.2 | 核心技术发展路径.....                      | 67 |
| 3.1.3 | 活跃技术发展情况及优化建议.....                 | 69 |
| 3.2   | 重点专利解读.....                        | 78 |
| 3.2.1 | 纳米基镍电极-US20180345266A1.....        | 80 |
| 3.2.2 | 泡沫多孔镍电极- CN109225274A.....         | 81 |
| 3.2.3 | 电沉积制备工艺- CN110833840A.....         | 82 |
| 3.2.4 | 过渡金属氧化物催化剂掺杂- US20140213441A1..... | 84 |

|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 3.3   | 专利壁垒分析.....             | 85  |
| 3.4   | 专利风险分析.....             | 87  |
| 3.5   | 风险规避设计建议.....           | 89  |
| 3.6   | 小结.....                 | 90  |
| 第 4 章 | 碱性电解堆镍电极竞争格局分析.....     | 92  |
| 4.1   | 碱性电解堆镍电极技术创新主体分布.....   | 92  |
| 4.1.1 | 创新主体宏观分布.....           | 92  |
| 4.1.2 | 主要创新主体分析.....           | 93  |
| 4.2   | 碱性电解堆镍电极技术竞争对手分析.....   | 103 |
| 4.2.1 | 竞争对手专利情报分析.....         | 103 |
| 4.2.2 | 北京化工大学专利情报分析.....       | 109 |
| 4.2.3 | 天津大学专利情报分析.....         | 113 |
| 4.2.4 | 国立大学法人横浜国立大学专利情报分析..... | 117 |
| 4.3   | 吉林大学创新产出.....           | 121 |
| 4.3.1 | 吉林大学相关技术发明人概况.....      | 122 |
| 4.3.2 | 吉林大学发明人课题组研究成果.....     | 123 |
| 4.3.3 | 技术布局 SWOT 分析.....       | 124 |
| 4.4   | 小结.....                 | 126 |
| 第 5 章 | 碱性电解堆镍电极技术布局建议.....     | 127 |
| 5.1   | 专利布局策略建议.....           | 127 |
| 5.1.1 | 针对竞争对手的布局策略建议.....      | 127 |
| 5.2   | 融入创新流程的专利挖掘及申请建议.....   | 130 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 5.2.1 | 专利挖掘中技术交底书主要内容..... | 130 |
| 5.3   | 各技术点布局情况总结.....     | 132 |
| 5.4   | 各技术点布局建议.....       | 134 |
| 5.4.1 | 技术角度专利布局建议.....     | 134 |
| 5.4.2 | 战略角度专利布局建议.....     | 136 |
| 5.5   | 小结.....             | 138 |
| 第 6 章 | 总结与建议.....          | 139 |
| 附 录   | 148                 |     |
|       | 附录一：吉林大学重要专利.....   | 148 |

## 第 1 章 碱性电解堆产业发展现状

### 1.1 项目背景和意义

#### 1.1.1 研究背景

氢能源作为一种理想的高效绿色二次能源，具有高能量密度和零碳排放的特点。通过可再生能源如风能和光伏发电耦合电解水制氢技术，可以实现氢气的绿色规模化制取，进而推动氢能源全产业链的脱碳，这在我国实现双碳战略目标中扮演重要角色。

在全球对清洁能源和可持续发展的需求日益增长的大背景下，电解水制氢技术凭借其清洁、高效的特性，展现出了广阔的市场前景。而作为电解水制氢的主流技术之一，碱性电解制氢技术因其技术成熟、成本低廉等显著优势，成为了电解制氢产业化的重要支柱。目前，已建成的项目中，碱性制氢装机占比达到 96% 以上，而在在建及规划项目中，碱性制氢装机占比也保持在 90% 以上。这表明碱性水电解制氢技术仍然是主流选择。

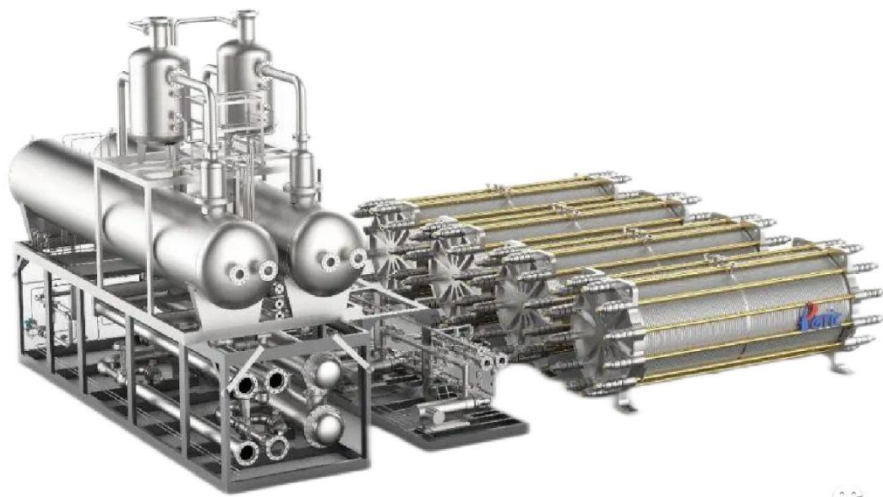


图 1-1 碱性电解水制氢装置

在碱性水电解制氢过程中，电解槽的隔膜、阴极和阳极等部件的设计和制造

对于提升电解效率和降低成本至关重要。其中，镍电极作为电化学反应发生的场所，其性能优化有助于提升电解槽单槽产氢量、电流密度，并降低能耗。因此，针对镍电极的研究和开发一直是碱性水电解制氢领域的热点之一。

镍电极具备优良的电化学性能和耐腐蚀性，适用于多种电化学反应。作为碱性电解堆的核心部件，对水电解过程中的镍电极的析氢/析氧反应动力学起着决定性作用，进而对电解堆的整体性能产生重要影响。在碱性电解堆中因为镍电极具有较高的电化学活性，可以在多种电解质中进行阳极反应，如氧化、水解等。同时，镍电极还具有良好的导电性能和电化学稳定性，能够在长时间工作条件下保持较好的电化学性能。此外，镍电极的机械强度较高，能够承受较大的电流密度和机械应力，且在酸碱等腐蚀介质中能够长时间稳定工作。



镍网



泡沫镍

图 1-2 镍电极基体材料

故此，镍电极的制备、堆镍电极在电解堆中性能的提升也成为碱性水电解制氢领域的主要技术研发方向。目前，也随着对高效、稳定且廉价大碱性析氢催化剂的需求的不断增长，研究者们致力于提升镍电极的性能，通过优化电极材料的成分和结构，以达到提高电解槽单槽产氢量和电流密度从而达到降低能耗的目的。另外，基于纳米化、合金化以及表面修饰技术在镍电极制备中应用的相关技术发展较为突出，可以进一步提高析氢活性和稳定性。

### 1.1.2 专利导航意义

专利导航是在我国发展深化创新驱动发展中，基于产业发展和技术创新的需求，在充分运用专利信息资源方案总结出的一系列新理念、新机制、新方法和新模式。推动构建专利数据与各类数据资源相融合的专利导航决策机制，有助于提升知识产权治理能力，加快技术、人才、数据等要素市场化配置，更好地服务于各级政府创新决策和市场主体的创新活动，加快构建现代化产业体系，支撑高质量发展。

在碱性电解水制氢产业发展的大背景下，进行碱性电解堆镍电极领域技术专利导航项目，可以帮助研究机构在深入了解产业发展环境、技术现状和发展趋势的同时，梳理出相关技术主要技术路线、替代技术发展状况、技术竞争情况等关键技术及非技术信息。通过对专利信息深度分析和挖掘的方式可以为技术研发方向提供参考，一定程度上可以避免研发过程重复投入，提高创新效率。通过对本领域主要竞争对手的专利布局进行分析，了解其技术优势及市场布局策略，为自身专利技术创新提供市场及技术布局提供参考。另外，结合研发主体自身技术发展及专利布局情况，通过专利信息分析可对研发主体的市场及技术竞争实力进行

评估，分析其产业发展环境、技术发展态势技术壁垒，从而有针对性的制定专利布局策略，为后续研发成果的转移转化提供支持。

## 1.2 产业现状

### 1.2.1 产业发展概况

碱性电解堆镍电极产业在近年来展现出了稳步增长的态势。该产业的发展与电解镍市场的整体发展紧密相连，尤其在电动车辆产业和新能源领域的快速推动下，电解镍的需求持续增长，为碱性电解堆镍电极产业提供了广阔的市场空间。

电解镍作为镍电极的原材料，其市场需求的增长直接推动了碱性电解堆镍电极产业的发展。近年来，随着电动车辆产业的迅猛发展，电池材料的需求也大幅增加。电解镍以其高能量密度、长寿命和良好的循环性能，成为了电池材料中的重要组成部分。因此，电动车辆市场的扩大为碱性电解堆镍电极产业提供了巨大的市场空间。

其次，新能源领域的快速发展也为碱性电解堆镍电极产业带来了新的机遇。太阳能光伏、风能等可再生能源的利用规模不断扩大，储能系统的需求也在逐步增加。在这些领域，碱性电解堆镍电极作为重要的能源转换和储存材料，其应用前景十分广阔。

此外，技术进步和产业规模的扩大也为碱性电解堆镍电极产业的发展提供了有力支撑。随着生产工艺的改进和自动化程度的提高，电解镍的生产效率和产品质量得到了显著提升。同时，产业规模的扩大也带来了规模效应，降低了生产成本，提高了市场竞争力。

### 1.2.2 产业市场概况

碱性水电解制氢技术凭借其技术成熟度高、大规模低成本等优势，占据了水电解制氢市场的主导地位。而在碱性水电解制氢过程中，镍电极作为电化学反应发生的场所，其性能对提升电解效率和降低成本具有关键作用。

从产业市场角度来看，碱性电解堆镍电极在碱性水电解制氢领域的表现呈现出积极的发展态势。随着全球对清洁能源和可持续能源的需求不断增长，水电解制氢作为一种重要的清洁能源生产方式，受到了越来越多的关注和重视。碱性电解堆镍电极作为水电解制氢技术的关键组成部分，其市场需求也随之增加。

目前，碱性电解堆镍电极的制备技术不断取得进步，各种先进的制备方法如电沉积法、化学气相沉积法、微乳液法、喷涂法以及水/溶剂热法等被广泛应用于生产中。这些制备方法的不断优化和改进，使得碱性电解堆镍电极的性能得到显著提升，进一步推动了其在碱性水电解制氢领域的应用和发展。

另外，从产业链角度来看，碱性电解堆镍电极的产业链也日趋完善。从原材料供应、电极制备、电解槽组装到最终的水电解制氢设备生产和销售，整个产业链已经形成了较为完整的闭环。这为碱性电解堆镍电极的规模化生产和应用提供了有力保障。具体的，镍电极制备环节是产业链中关键环节，电沉积法、化学气相沉积法、微乳液法、喷涂法以及水/溶剂热法等都是制备碱性电解堆镍电极的常用方法。这一环节中，技术水平和工艺控制堆电极的性能和质量起着决定性的作用。

碱性电解堆镍电极虽表现出显著进展，但未来仍面临一些挑战和机遇。一方面，随着技术的不断进步和成本降低，碱性电解堆镍电极的性能和稳定性有望进一步提升；另外，在市场竞争环境加剧和政策环境变化的时代背景下，企业需要

不断的技术创新、技术升级，以适应市场的需求和变化。与此同时，这也为研究机构在技术成果转移转化方面提供支撑。

随着全球清洁能源市场的不断扩大和技术的不断进步，碱性电解堆镍电极发展前景广阔，有望在水电解制氢领域发挥更为重要的作用，为实现可持续能源目标做出更大贡献。

### 1.2.3 产业政策支持

鉴于碱性电解堆镍电极的实际应用领域，国家层面在制氢领域给予大量政策支持。“十三五、十四五”期间，相关政策的出台，一定程度上推动了氢能及其相关产业的飞速发展。2019 年两会期间，氢能首次写入政府工作报告。2020 年 4 月，氢能写入《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》。2022 年发改委、能源局颁布了《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》，明确了氢能在我国能源绿色低碳转型中的战略定位、总体要求和发展目标。2023 年发改委发布《产业结构调整指导目录（2023 年本，征求意见稿）》，涉及氢能应用领域包括 电力、新能源等 11 个方面。2023 年 8 月，我国首个氢能产业链标准体系建设指南发布，涵盖基础与安全、氢制备、氢储存和输运、氢加注、氢能应用五个子体系。随着国家政策的持续加码，氢能将在我国得到长远的发展。根据《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》，至 2025 年，交通、工业、储能、发电等领域试点示范将稳步开展，可再生能源制氢量 将达到 10-20 万吨/年，成为新增氢能消费的重要组成部分。至 2030 年，中国将逐步建成较为完备的清洁能源制氢及供应体系，对实现碳达峰战略目标形成支撑，到 2035 年，形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢及供应体系。这些政策的出台为碱性电

解堆和镍电极等产业的发展提供了有力的支持。根据《开启绿色氢能新时代之匙：中国 2030 年“可再生氢 100”发展路线图》预测，到 2030 年，可再生氢供给量将达到 770 万吨”。考虑到区域经济、产业适用特点，可再生氢将率先在化工、交通、钢铁等技术成熟度较高和应用可行性较好的部门规模化应用。

此外，我国各省份氢能产业发展的起步时间不同，氢能产业与技术发展水平参差不齐。部分省份早在“十二五”期间就出台政策支持当地氢能利用的发展，而某一些地区氢能产业与技术储备几乎为零。当前，氢能产业发展呈现“东强西弱”的局面，氢能产业主要集中在京津地区、长三角地区、珠三角。随着“十四五”规划的发布，国家对氢能在未来能源体系中地位的确认，各省市都陆续发布氢能利用相关政策，支持当地的氢能发展。北京市发布《北京市氢能产业发展实施方案（2021—2025 年）》和《北京市“十四五”时期高精尖产业发展规划》政策。以冬奥会和残奥会重点示范性项目为依托，确保 2025 年，京津冀地区累积实现氢能产业链规模 1000 亿元以上。上海市发布《上海市燃料电池汽车产业创新发展实施计划》文件，以“氢能产业链”发展为核心，以“上海 2025 年成为全球燃料电池汽车发展高地”为目标，引进国际相关产业公司。广州发布《广州市氢能产业发展规划（2019—2030 年）》，文件中明确广州市未来 10 年氢能发展目标及重点方向，主要在氢能产业链发展及其他行业的应用。预计广州在 2030 年氢能产值达到 2000 亿元以上。

表 1-1 中国部门或组织机构针对氢能产业相关政策

| 部门或组<br>织机构 | 政策 | 主要内容 |
|-------------|----|------|
|-------------|----|------|

| 部门或组织机构 | 政策                            | 主要内容                                           |
|---------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| 国务院     | 《关于 2030 年前碳达峰行动方案的通知》        | 确定全国碳达峰整体战略规划,关注 2030 年整体目标,战略规划目标和任务更加详细化、具体化 |
| 发改委     | 《"十四五"全国清洁生产推行方案》             | 规划运用绿氢炼化等清洁无污染新型技术替代传统能源项目,并推进示范性项目的应用         |
| 能源局     | 《关于组织开展"十四五"第一批国家能源研创新平台认定工作》 | 明确能源未来研究方向为氢能一体化、产业化发展;同时确定氢能与可再生新能源共同发展技术     |
| 发改委、能源局 | 《"十四五"现代能源体系规划》               | 以攻坚氢能等前沿技术为核心,重点研究氢能相关技术及产业的攻克,推动氢能全产业链的发展     |
| 国资委     | 《关于推进中央企业高质量发展做好碳达峰中和工作的指导意见》 | 关注氢能产业链一体化发展,完善制氢、储氢、运氢和用氢的体系,结合相关产业部署氢能示范项目   |
| 工信部     | 《"十四五"工业绿色发展规划》               | 积极推广氢能等新型能源在各个行业的应用                            |

表 1-2 国外针对氢能产业相关政策

| 国家   | 相关政策                                               | 氢能发展方向                |
|------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| 美国   | 《氢能项目计划》                                           | 氢能已上升到国家战略层面          |
| 欧盟   | 《欧盟战略能源技术计划》《欧洲氢能路线图：欧洲能源转型的可持续发展路径》和《气候中性的欧洲氢能战略》 | 积极利用自身优势加快氢能商业化进程     |
| 日本   | 《氢能源基本战略》《氢能／燃料电池战略发展路线图》和《绿色增长计划》                 | 推动氢能与其他能源耦合协同发展       |
| 韩国   | 《创新发展战略投资计划》《促进氢经济和氢安全管理法》和《氢经济发展基本规划》             | 致力于打造世界最大交通和电力氢燃料电池市场 |
| 澳大利亚 | 《国家氢能战略》                                           | 创建氢能枢纽                |
| 新西兰  | 《塔拉纳基氢气路线图》                                        | 路线图勾勒"成为氢生产的领导者"愿景    |

## 1.3 产业技术构成

### 1.3.1 产业分解分析

碱性电解堆镍电极作为碱性水电解制氢设备中电解核心部件,负责在电解过

程中进行电化学反应。其性能决定制氢效率，故在碱性电解堆产业中具有不可替代地位。当前碱性电解堆镍电极的生产主要从镍基材料类型的选择、制备工艺以及掺杂催化剂等方面出发进行技术创新。

### 1.3.2 技术分解

在上述针对碱性电解堆用镍电极产业分解分析的基础上，结合所涉及的相关技术方向，通过大量阅读文献调研、开展技术调研以及与高校研发人员沟通，形成以下技术分解表。

表 1-3 碱性电解堆镍电极产业技术分解

| 主题            | 一级分支        | 二级分支   | 三级分支   |
|---------------|-------------|--------|--------|
| 碱性电解堆<br>用镍电极 | 镍电极制备<br>工艺 | 电沉积    | /      |
|               |             | 化学气相沉积 | /      |
|               |             | 微乳液法   | /      |
|               |             | 喷涂法    | /      |
|               |             | 水/溶剂热法 | /      |
|               | 镍电极类型       | 自支撑镍电极 | 泡沫多孔镍基 |
|               |             |        | 纳米镍基结构 |
|               |             |        | 镍网层状结构 |
|               |             | 镍基核壳结构 | /      |

| 主题 | 一级分支    | 二级分支       | 三级分支    |
|----|---------|------------|---------|
|    | 镍基掺杂催化剂 | 非金属(碳)基催化剂 | /       |
|    |         | 贵金属基催化剂    | /       |
|    |         | 过渡金属基催化剂   | 过渡金属氧化物 |
|    |         |            | 过渡金属氮化物 |
|    |         |            | 过渡金属硫化物 |
|    |         |            | 过渡金属磷化物 |

## 1.4 专利数据检索

### 1.4.1 研究目标和方法

专利导航是将专利数据、产业经济发展和产品技术方向深度融合的专利服务方法，本专利导航报告针对碱性电解堆镍电极产业中主要涉及的制备工艺、镍电极类型以及掺杂催化剂的镍电极进行划分及研究，揭示专利控制力与产业竞争格局关系，分析产业创新方向和重点，明确本领域产业发展定位，评价其创新发展路径。

针对发展方向及其整体概况上，主要通过对全球专利信息的深度挖掘和分析，以全景模式揭示碱性电解堆镍电极产业发展的基本方向及其发展趋势，揭示专利控制力与产业竞争格局关系，分析产业创新方向和重点，明晰吉林大学产业发展定位，研判产业创新发展路径。主要包括以下三个模块：

(1) 发展方向导航。该模块通过对全球专利信息的深度挖掘和分析，以全景

模式揭示碱性电解堆镍电极产业发展的基本方向和趋势,明确碱性电解堆镍电极产业热点技术方向、重点技术方向,为吉林大学技术发展路径提供规划依据。

(2) 发展定位导航。该模块主要从产业发展和技术发展的角度出发,以近景模式聚焦吉林大学及竞争对手的专利状况,分析研究其在全国以及全球范围内的行业地位,为吉林大学的发展定位提供规划依据。

(3) 发展路径导航。通过前面的专利分析,在明确了产业热点技术方向、重点技术方向,以及吉林大学行业地位的基础上,从产业结构调整、创新人才引进、专利联盟构建等角度,对怀宁县相关企业的技术创新、技术发展路径等角度,对吉林大学的科技创新、专利布局提供有针对性和操作性的路径指引。

本项目针对碱性电解堆镍电极行业相关专利数据进行系统深入分析,从本领域主要申请人情况可以掌握该产业中具有研发创新实力的申请主体情况,从技术来源及流向角度评价目前该领域重点申请人属国,及其专利技术流向国家,以了解该产业具有研发实力和市场占有国情况。另外,从技术构成分布中可以了解本领域主要专利申请方向及其技术研发密集点。

## **1.4.2 检索策略和结果**

### **1.4.2.1 检索策略**

检索策略,指在分析检索问题基础上,确定检索的数据库、检索用词,并明确检索用词之间的逻辑关系和查找步骤后制定的策略。

本次检索在检索过程中采用总分的检索策略,基于技术分解表中的技术分支分别收集、整理与该主体相关的关键词,并对各级技术分支进行检索式的构建。具体工作步骤包括:

- (1) 分析技术主题，罗列检索关键词；
- (2) 根据选择的关键词构建初步检索式并进行检索；
- (3) 根据初检获得的文献，确定同义词、近义词、上下位概念，进而补充检索关键词，具体详见附件；
- (4) 确定相关的专利分类号，具体详见附件；
- (5) 经反复试检调整，确定最终的检索表达式，具体详见附件。

#### 1.4.2.2 检索工具

在本报告的制作过程中采用了多种类型的数据和检索工具。依据查找数的类型的不同，检索工具包括专利数据库和非专利数据库。其中专利数据库涉及全球主要国家和地区的专利申请、授权专利；非专利数据库覆盖的数据类型包括期刊论文、学位论文、标准、图书、经济指标数据等。

##### (1) 专利数据库

本报告的制作过程中，主要使用了 Himmpat 全球专利数据库和 Patsnap、智慧芽全球专利数据库。两个数据库在数据范围上存在一定的相似性，但是由于其检索功能的不同、数据加工程度不同，两个数据库联合使用可以有效提高检索的查全率和查准率。调研中使用的专利数据库如下表所示。

表 1-4 专利数据库列表

| 数据库                | 数据范围         | 访问地址                                                            |
|--------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| Himmpat 全球专利数据库    | 全球 1.6 亿专利数据 | <a href="https://www.himmpat.com">https://www.himmpat.com</a>   |
| Patsnap 智慧芽全球专利数据库 | 全球 1.7 亿专利数据 | <a href="https://www.zhihuiya.com">https://www.zhihuiya.com</a> |

## (2) 非专利数据库

在产业调研过程中使用了一些论文、标准、经济数据等相关的数据库。具体使用的非专利数据库详见下表所示。

表 1-5 主要非专利数据库列表

| 数据库名称           | 数据类型   | 访问地址                                                                                |
|-----------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 中国国家统计局         | 统计数据   | <a href="http://www.stats.gov.cn">http://www.stats.gov.cn</a>                       |
| 超星电子书           | 图书     | <a href="https://www.sslibrary.com">https://www.sslibrary.com</a>                   |
| 爱企查             | 企业数据   | <a href="https://aiqicha.baidu.com/?from=pz">https://aiqicha.baidu.com/?from=pz</a> |
| CNKI 数据库        | 论文、标准等 | <a href="https://www.cnki.net">https://www.cnki.net</a>                             |
| 万方数据库           | 论文、标准等 | <a href="https://www.wanfangdata.com.cn">https://www.wanfangdata.com.cn</a>         |
| EPS 全球统计数据/万析平台 | 统计数据   | <a href="https://www.epsnet.com.cn">https://www.epsnet.com.cn</a>                   |
| 国家标准全文公开系统      | 国家标准   | <a href="http://www.gb688.cn/bzgk/gb/index">http://www.gb688.cn/bzgk/gb/index</a>   |
| 行业标准信息服务平台      | 行业标准   | <a href="https://hbba.sacinfo.org.cn">https://hbba.sacinfo.org.cn</a>               |

### 1.4.2.3 查全查准验证

本项目的专利检索经过了查全查准验证。选取本报告中两个主要的技术分支数据进行检索数据查全、查准验证。

(1) 构建查全样本一：以北京化工大学（申请人组）作为申请人入口进行检索，得到数据中通过人工阅读得到碱性电解堆镍电极产业相关的专利 52 件，

即查全样本一。

(2) 第一次查全验证：将查全样本一代入检索结果数据中，得到查全率 83.9%，随后补充检索词和分类号进行检索，得到补充检索后的结果数据。

(3) 构建查全样本二：以吉林大学崔小强发明人作为申请人入口进行检索，得到数据中通过人工阅读得到碱性电解堆镍电极产业中相关的专利 50 件，即查全样本二。

(4) 第二次查全验证：将查全样本二代入补充检索结果数据中，得到查全率 89.3%，大于 85%，停止检索。

(5) 构建查准率样本：按照年份（2020-2021 年）随机抽样 500 件碱性电解堆镍电极产业相关的专利，其中有 482 件与本报告主题内容相关，则查准率为 96.4%（大于 90%），在此基础上进行去噪工作。

(6) 经过核查将英文缩写为主的噪音去除，最终确定碱性电解堆镍电极产业相关专利数据集。

#### 1.4.2.4 检索结果

本报告最终检索到的专利数据为：

申请量 6424 件；

简单同族 3869 项；

授权有效 1664 件。

### 1.4.3 相关事项约定

#### 1.4.3.1 分析方法和分析工具

##### (1) 分析方法

根据分析对象可分析的程度,通常将专利分析方法分为定性分析、定量分析、拟定量分析等类型。定量分析是利用数理统计、科学计量等方法对专利文献及其相关信息进行加工整理和统计分析。定量分析主要是通过专利文献上所固有的著录项目来识别相关文献,对有关指标进行统计分析。定性分析是将专利文献信息的内部特征(如说明书、权利要求书的内容等)运用数据挖掘等手段进行归纳和整理,然后运用专业技术进行解读、分析的方法。专利拟定量分析是专利定量分析与定性分析相结合的分析方法。专利拟定量分析通常由数理统计入手,然后进行全面、系统的技术分类和比较研究,再进行有针对性的量化分析。本报告中使用的分析方法包括:统计分析法、聚类分析法、网络分析法,并将结果可视化呈现相关简介如下:

- 统计分析法( statistical analysis method ):是通过对原始专利数据的相关特征进行数据集合的收集、分析、呈现。主要有两种统计分析方式,利用平均值或标志偏差等方式呈现的描述性统计( descriptive statistics )和利用抽样和测量误差等方式呈现的推论统计( inferential statistics )。

- 聚类分析法( Cluster Analysis ):是通过根据原始专利数据集合的相关特征进行分类分析的一种分析方式,是数据挖掘和统计数据分析的常用技术。主要包括:分裂法( partitioning methods )、层次法( hierarchical methods )、基于密度的方法( density-based methods )、基于网格的方法( grid-based methods )和基于模型的方法( model-based methods )。

- 网络分析法( Analytic network process ):是美国匹兹堡大学的 T.L.Saaty 教授于 1996 年提出的一种适应非独立的递阶层次结构的决策方法,它是在层次分析法( Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP )的基础上发展而形成的一种新

的实用决策方法。

## （2）分析工具

在对数据进行分析时，主要使用了 Excel、PPT、Gephi、Himmpat、Patsnap 等分析工具。

- Gephi，是由法国贡比涅技术大学一群学生开发的复杂网络分析软件。其主要用于处理各种网络系统和复杂系统，动态和分层图的交互可视化。

- Himmpat 不仅是一个专利检索工具，同时具备强大的数据分析功能。在部分数据的处理和展示过程中，借助了 Himmpat 的分析功能。

### 1.4.3.2 相关术语说明及约定

为保障报告理解的一致性，对本报告中出现的专业术语给出解释如下：

表 本报告中使用的术语说明及约定

表 1-6 本报告中专业术语解释

| 术语       | 术语解释                                                                                                      |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 件、项      | 在进行专利申请数量统计时,例如为了分析申请人在不同国家、地区或组织所提出的专利申请的分布情况,将同族专利申请分开进行统计,所得到的结果对应于申请的件数。1 项专利申请可能对应于 1 件或多件专利申请。      |
| 专利族、同族专利 | 同一项发明创造在多个国家中申请专利而产生的一组内容相同或基本相同 的专利文献出版物，称为一个专利族或同族专利。从技术角度来看，属于同一专利族的多件专利申请可视为同一项技术。在本报告中使用的专利族一般指简单同族， |

| 术语      | 术语解释                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 即本族中所有申请均是基于相同的优先权文件。                                                                                                                                                                                                                     |
| 同族数量    | 一件专利同时在多个国家或地区的专利局申请专利的数量。                                                                                                                                                                                                                |
| 全球专利/申请 | 申请人在全球范围中各专利局的专利申请。                                                                                                                                                                                                                       |
| 中国专利/申请 | 申请人在国家知识产权局专利局的专利申请。                                                                                                                                                                                                                      |
| 技术来源地   | 指专利/申请相关的技术的来源国家或地区。本报告中基于专利/申请优先权文件的受理局定义其技术来源地。                                                                                                                                                                                         |
| 法律状态    | <p>本报告中提到的专利法律状态包括：有效、审中、失效。</p> <p>有效：报告中的“有效”专利是指到检索截止日为止，专利权处于有效状态 的专利申请。</p> <p>审中：报告中的“审中”专利指的是该专利申请处于实质审查程序中。</p> <p>失效：报告中的“失效”专利是指到检索截止日为止，已经丧失专利权的专利，或者自始至终未获得授权的专利申请，包括专利申请被视为撤回或撤回、专利申请被驳回、专利权被无效、放弃专利权、专利权因费用终止、专利权届满等情形。</p> |
| PCT 申请  | 国际专利申请，按照《专利合作条约》提交的要求保护发明                                                                                                                                                                                                                |

| 术语 | 术语解释 |
|----|------|
|    | 的申请。 |

同一项发明创造在多个国家申请专利而产生的一组内容相同或基本相同的文献，称为一个专利族。从技术的角度看，属于同一个专利族的多个专利申请可视为同一项技术。本报告针对技术分析时，同族专利视为一项技术，针对国家或地区进行分析时，不同国家或地区的专利族中的专利按区域单独统计。

关于专利申请人名称的约定，本报告中需要对一些申请人的表述进行约定，一是由于中文翻译的原因，同一申请人的表述在不同中国专利申请中会有所差异；二是方便申请人的统计，需要将同一母公司的多个子公司或收购的公司的专利申请进行合并；三是为了便于在统计图和表格中进行标注，需要对一些专利申请进行合并；三是为了便于在统计图和表格中进行标注，需要对一些专利申请人的名称进行简化。

#### 1.4.4 重点专利筛选原则

重点专利的筛选方式需综合考核多个因素，需对专利的文献信息、法律信息、运营信息等客观信息和技术方案、保护范围等主观信息进行综合考虑。本报告以计算机模型筛选客观信息和人工筛选主观信息相结合，筛选出电子信息产业领域的相关重点专利。其中，筛选重点专利考量因素如下表所示：

表 1-7 重点专利考量因素

| 考量因素   | 术语解释                                           |
|--------|------------------------------------------------|
| 专利施引频次 | 如果一件专利被引用的次数越多，则说明其可能在产业链中所处的位置越为关键，一定程度上反映该专利 |

| 考量因素                 | 术语解释                                                               |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                      | 在某领域研发中的基础性、引导作用                                                   |
| 引用的在先文献数量            | 引用的专利数量较多，可反映一件专利考虑问题的全面性                                          |
| 专利同族的情况              | 专利进入的国家越多、越主要，说明创新主体对该专利的重视程度越高，也反映该专利的重要性                         |
| 重要申请人信息              | 领域内的重要申请人往往掌握着所属领域大量的重要技术和核心技术，相应地，领域内重要申请人专利申请的重要性程度往往较高          |
| 是否存在欧美的无效、异议、诉讼、转让信息 | 这些信息代表着多个创新主体对一件专利的关注情况                                            |
| 是否存在授权文本             | 存在授权文本的专利代表其具有一定的创新性                                               |
| 专利维持年限               | 由于专利年费随着维持年限的长度而阶段性增长，专利维持年限越长，创新主体需花费越多的费用，从而反映出创新主体对该专利所带来的价值的认可 |
| 技术方案本身的技术判断          | 技术方案的技术价值判断                                                        |
| 专利的当前法律状态            | 不同的法律状态决定专利价值不同                                                    |

考虑到国外的专利文献与中国有差异，且数据库收录的信息有限，因此需要

分别考虑国内和国外数据的筛选指标。因此，首先分别设置国内专利重点专利筛选指标和国外重点专利筛选指标，其中国内专利重点专利筛选指标包括同族指标、文献指标、引用指标、运营指标、竞争指标和法律指标这六大指标，并进行以下评比，如下表所示。

表 1-6 国内重点专利筛选指标

| 指标   | 序号 | 指标        | 判定值<br>1 | 分值  | 判定值 2     | 分值 | 判定值<br>3 | 分值 |
|------|----|-----------|----------|-----|-----------|----|----------|----|
| 同族指标 | 1  | 简单同族申请号个数 | 3<=, <5  | 1   | 5<=, <10  | 2  | >=10     | 3  |
|      | 2  | 简单同族国家数   | 3<=, <5  | 1.5 | 5<=, <10  | 3  | >=10     | 5  |
| 文献指标 | 3  | 文献页数      | 10<, <20 | 1   | 20<=, <30 | 2  | >=30     | 3  |
|      | 4  | 权利要求数量    | 5<, <10  | 1   | 10<=, <20 | 2  | >=20     | 4  |
| 引用指标 | 5  | 引文申请号数量   | 5<, <10  | 1   | 10<=, <20 | 2  | >=20     | 3  |
|      | 6  | 施引专利申请号数量 | 5<, <10  | 1   | 10<=, <20 | 2  | >=20     | 3  |
| 运营指标 | 7  | 转让次数总     | 1<, <3   | 1   | 3<=, <5   | 2  | >=5      | 3  |

| 指标       | 序号 | 指标               | 判定值<br>1 | 分<br>值 | 判定值 2   | 分<br>值   | 判定值<br>3 | 分<br>值 |
|----------|----|------------------|----------|--------|---------|----------|----------|--------|
| 标        |    | 计                |          |        |         |          |          |        |
|          | 8  | 许可次数             | 1<, <3   | 1      | 3<=, <5 | 2        | >=5      | 3      |
|          | 9  | 质押次数             | 1<, <3   | 1      | 3<=, <5 | 2        | >=5      | 3      |
| 竞争指<br>标 | 10 | 无效次数             | 1        | 3      | 2<=, <4 | 4        | >=4      | 5      |
| 法律指<br>标 | 11 | 有效               | 失效       | 排<br>除 | 审中      | 0        | 有效       | 2      |
| 第三方      | 12 | Himmpat 价值<br>评分 | 无评分      | 0.5    | 有评分     | 0.1<br>倍 | /        | /      |

表 1-7 国外重点专利筛选指标

| 指标       | 序号 | 指标            | 判定值 1   | 分<br>值 | 判定值 2    | 分<br>值 | 判定值<br>3 | 分<br>值 |
|----------|----|---------------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 同族指<br>标 | 1  | 简单同族申<br>请号个数 | 3<=, <6 | 1      | 6<=, <15 | 2      | >=15     | 3      |
|          | 2  | 简单同族国<br>家数   | 3<=, <6 | 2      | 6<=, <15 | 4      | >=15     | 6      |
| 文献指      | 3  | 权利要求数         | 10<=,   | 2      | 20<=,    | 4      | >=40     | 6      |

| 指标   | 序号 | 指标        | 判定值 1       | 分值 | 判定值 2       | 分值 | 判定值 3 | 分值 |
|------|----|-----------|-------------|----|-------------|----|-------|----|
| 标    |    | 量         | <20         |    | <40         |    |       |    |
| 引用指标 | 4  | 引文申请号数量   | 10≤,<br><20 | 1  | 20≤,<br><30 | 2  | ≥30   | 3  |
|      | 5  | 施引专利申请号数量 | 10≤,<br><20 | 1  | 20≤,<br><30 | 2  | ≥30   | 3  |
| 运营指标 | 6  | 转让次数总计    | 1<, <3      | 1  | 3≤, <5      | 2  | ≥5    | 3  |
|      | 7  | 许可次数      | 1<, <3      | 1  | 3≤, <5      | 2  | ≥5    | 3  |
|      | 8  | 质押次数      | 1<, <3      | 1  | 3≤, <5      | 2  | ≥5    | 3  |
| 竞争指标 | 9  | 无效次数      | 1           | 3  | 2≤, <4      | 4  | ≥4    | 5  |
| 法律指标 | 10 | 有效        | 失效          | 排除 | 审中          | 0  | 有效    | 2  |

在筛选指标的基础上编制计算模型,以各项指标所得分的总和作为最终得分,并以得分高低进行排序。

## 1.5 小结

本章从项目的背景及开展意义出发,调研了碱性电解堆镍电极产业的发展现

状，分别从碱性电解堆镍电极的发展历程、市场占有和政策支撑三个角度进行分析。在研究了产业背景之后，对吉林大学产业进行产业分解分析，构建技术分解表。并在此基础上进行专利检索，同时对后续分析的相关事项进行约定。

## 第 2 章 碱性电解堆镍电极技术专利分析概况

### 2.1 全球专利申请态势

为了解在碱性电解堆用镍电极技术上专利随时间的变化趋势,特别是近十年的发展情况,对碱性电解堆用镍电极技术专利整体的全球历年专利申请量和中国历年专利申请量进行了统计:

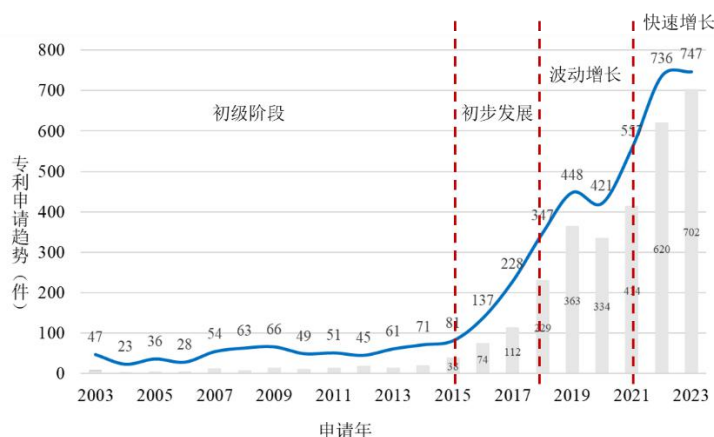


图 2-1 碱性电解堆用镍电极技术全球专利申请趋势 (单位: 件)

注: 由于专利延迟公开, 数据库收录时滞等原因, 近两年专利申请数量低于实际数量。

上图为 2015-2024 年, 涉及到碱性电解堆用镍电极技术的全球专利申请趋势图, 由图可知, 全球专利申请趋势可分为三个阶段:

2003-2014 年为专利申请初级阶段, 这一阶段申请量较少且增速缓慢。

2015-2018 年, 专利申请处于初步发展阶段, 整体数量保持平稳并且稳步上升, 在 2016 年申请数量突破 100 件, 在 2018 年突破 200 件。在这一阶段, 由于技术处于起步阶段, 整体数量不多, 但随着氢能行业的发展, 全球范围内对新能源的重视, 以及研究逐渐深入和成果逐渐转化, 专利申请数量在保持稳定的同时有着小幅度的上升。

在这一时间段，涉及到镍电极类型的专利申请数量稳固提升，尤其集中在纳米镍基结构以及泡沫多孔镍基技术上，研究深度逐渐加深，同时产出的专利数量增多，如 2018 年申请，2019 年公开的专利 KR102005344B1，用于制备 2,5-呋喃二甲酸的  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  催化剂，其制备方法以及用于制备含该催化剂的电极的 2,5-呋喃二甲酸，目的是制备具有在镍（Ni）泡沫上形成的长丝结构的镍钴氧化物（ $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ ）纳米结构催化剂，并使用包含所制备的催化剂的电极来电化学使用 5-羟基催化剂。通过氧化甲基-2-糠醛（5-羟甲基-2-糠醛）能够生产高产率的 2,5-呋喃二甲酸的 1,5-呋喃二甲酸提供用于制备 2,5-呋喃二甲酸的  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$  催化剂，的制备方法，以及制备包括 2,5-呋喃二甲酸的电极。

涉及到镍电极制备工艺的专利申请数量相对最多，且大多集中在水/溶剂热法和电沉积法上，如 2018 年申请，2019 年公开的专利 US20190099742A1，具有  $\text{sp}^2$  杂化作用的碳材料表面离子液体中原子分散的金属物种及其制备方法，其包括在碳材料的表面上原子分散的金属物质，其中该原子分散的金属物质分散在离子液体中，并且其中该碳材料的表面包含具有  $\text{sp}^2$  杂化的碳原子。用于涂覆电极的油墨，其包含催化活性材料；涂覆有催化活性材料的电极，一种电解器，包括涂覆有催化活性材料的电极，催化活性材料，电极或电解器用于氧化，还原氧气或水的电化学氧化的用途。

涉及到掺杂催化剂的专利申请数量相对较少，且各催化剂类型专利分布较为平均，但均在逐渐提升。

总体来说，这一阶段属于技术初期的正常发展阶段，制备工艺占较大比例，但各技术分支申请量持续向好。

2019-2021 年，专利申请处于波动上升阶段，专利申请数量获得了较大幅度

提升，申请数量突破 300 件，虽然在 2020 年数量稍有回落，但是在 2021 年数量再次强势回归升涨，并突破 400 件，在这一阶段，技术发展力度开始增强，同时也体现在了专利数量上。

在 2020 年，专利整体数量相对于 2019 年较少，但处于同一数量级，由于技术发展进入平稳期，技术发展和专利增长缺乏刺激，而在 2021 年，随着全球对清洁能源市场的加大重视，专利数量开始大幅度增长，各掺杂催化剂类型的增长较为均衡，而引导镍电极类型和镍电极制备工艺的主要力量是泡沫多孔镍基和水/溶剂热法的数量增长。

如，2021 年申请，2023 年公开的专利 KR20230080981A，镍-金属有机骨架基水分解催化剂及其制造方法，根据本发明，金属有机骨架(MOF)可以用作能够高效产生氧气的水分解催化剂。特别是，由于 MOF 基催化剂可以在廉价金属泡沫镍基板上一步制备，因此该过程经济，而且即使在低电压下也可以达到高电流密度，因此效果催化剂本身的性能也很出色。

总体来说，这一阶段技术发展趋于成熟，专利申请数量增长稳定，同时因为外部市场刺激，开始二次增长，并且幅度更大。

2022 年至今，专利申请数量大幅度提升，由于相关技术逐渐被重视，全球范围内开始对相关技术开始进行新的尝试和突破，并在 2023 年达到峰值 662 件，由于申请周期等原因，2023 年和 2024 年的数量还会持续增加，在这一时间段，前一时间由于稳定发展积累的技术开始集中爆发，专利数量实现跃升性增长。数量较多的技术分支依然是泡沫多孔镍基以及水/溶剂热法。

如，2022 年申请，2024 年公开的专利 US20240044026A1，用于电化学水氧化的气溶胶辅助化学气相沉积方法和  $\text{NiVO}_x$  材料，描述了一种电催化剂和制备

该电催化剂的方法。该电催化剂包括多孔泡沫基材；包括  $\text{NiVO}_x$  纳米结构的催化活性层，该催化活性层设置在多孔金属泡沫基材的外表面和内孔表面上；其中“x”在 1 至 3 的范围内。还描述了使用该电催化剂用于水氧化的方法。

如，2023 年申请，2024 年公开的专利 LU504945B1，一种含 Ni-Fe 基水电解析氧催化剂及其制备方法，提供了一种含 Ni-Fe 基的水电解析氧催化剂及其制备方法，属于催化剂制备技术领域。一种含镍铁基的水电解析氧催化剂及其制备方法，包括以下步骤：S1：水分子的吸附；S2：水分子的解离；S3：氧离子的复合；S4：释放氧气；S5：Ni-Fe 基催化剂电解水析氧过程；S6：组成及比例。铁（Fe），可以是废铁粉、铁块或铁片，在水电解领域可以作为催化剂，可以大大缓解环境压力，实现工业化大规模生产。

综上，本技术的发展趋势随着时间分别进入初步发展阶段，平稳发展阶段和高速发展阶段，并且主要的专利申请技术分支不变，其余技术分支发展均衡，全球范围内的申请发展态势良好，技术的发展前景较好。

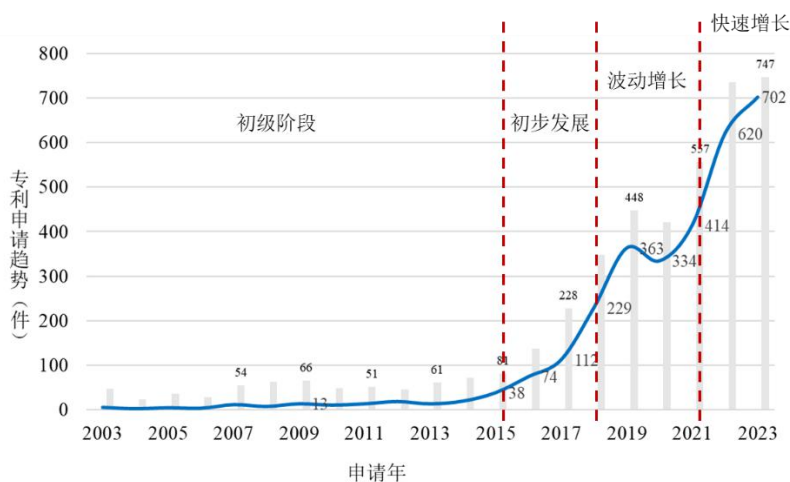


图 2-2 碱性电解堆用镍电极技术中国总体专利申请趋势图（单位：件）

上图为 2003-2024 年，涉及到碱性电解堆用镍电极技术的全球专利申请趋势图，由图可知，全球专利申请趋势可分为三个阶段：

2003-2015 年为专利申请初级阶段，这一阶段申请量较少且增速缓慢。

2005-2018 年，专利申请处于初步发展阶段，整体数量保持平稳并且稳步上升，在 2018 年突破 200 件。在这一阶段，由于技术处于起步阶段，整体数量不多，专利申请数量在保持稳定的同时有着小幅度的上升，整体趋势和全球专利申请趋势一致，并且中国专利申请数量占全球申请数量的较大比例，同样在 2018 年迎来较大增长。

如 2018 年申请，2018 年公开的专利 CN108774737A，一种泡沫金属基铅合金复合阳极材料的制备方法，先对泡沫金属基材进行面处理，在泡沫金属基材表面形成锡铋合金层，再制备纳米氧化物复合铅合金，之后采用双金属连续挤压包覆机，将纳米氧化物复合铅合金包覆复合在表面已形成锡铋合金层的泡沫金属基材上，制备得到高效析氧电催化泡沫金属基铅合金复合阳极材料。本发明制备得到的泡沫金属基铅合金复合阳极材料，充分发挥了纳米氧化物复合铅合金的高效析氧电催化活性和泡沫金属基材的优势，具有质量轻、导电性好、高效析氧电催化性和高耐蚀性等特点，同时可降低资源消耗、节约能源。

如 2018 年申请，2019 年公开的专利 CN109174104A，一种碳布负载锌镍双金属氢氧化物水裂解催化剂制备方法，合成温度温和、流程简明、需要原料量少且原料廉价、产率较高、环境友好适合大规模生产，ZnNi-LDH 纳米网片长在碳布基底上，形貌分布均匀，特殊的纳米结构使其作为电解水电极材料时表现出好的电化学性能。

同样涉及到掺杂催化剂的专利申请数量相对较少，但各催化剂类型专利分布平均且稳步提升。

总体来说，发展的初级阶段较为平稳，且在全球专利申请上也起了主导作用。

2019-2021 年，专利申请处于波动上升阶段，专利申请数量获得了较大幅度提升，申请数量突破 300 件，在 2020 年数量稍有回落，但是在 2021 年数量迎来上升，和全球专利申请趋势一致。而在 2021 年，随着全球对清洁能源市场的加大重视，专利数量开始大幅度增长，各掺杂催化剂类型的增长较为均衡，而引导镍电极类型和镍电极制备工艺的主要力量是泡沫多孔镍基和水/溶剂热法的数量增长。在 2021 年，中国政府在《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》中明确提出，要加快氢能基础设施建设，推动氢能多元化应用，到 2035 年，形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢及供应体系。由于市场和政策的双重推动，使得专利申请迎来更高的增长。

如，2021 年申请，2021 年公开的专利 CN113832489A，泡沫镍负载镍铜锰金属纳米电催化剂及其制备方法，公开了本发明通过掺杂催化惰性的金属 Cu 优化 Ni 活性位对\*H 的吸附能，同时加入电极电位远低于 Ni 和 Cu 的 Mn 元素，促进 Ni/Ni(OH)<sub>2</sub> 结构形成，具有制备工艺简单、成本低、效率高的优点，且所制备的催化剂对碱性 HER 反应具有极佳的电催化性能。

总体来说，这一阶段技术发展趋于成熟，专利申请数量增长稳定，同时因为政策和市场需求，开始了第二阶段幅度较大的增长。

2022 年至今，专利申请数量大幅度提升，并在 2023 年达到峰值 631 件，由于申请周期等原因，2023 年和 2024 年的数量还会持续增加，并且申请趋势向好，整体申请数量也占全球申请数量的大部分。

如，2022 年申请，2022 年公开的专利 CN114990568A，一种在泡沫镍上负载 Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>-C 的电催化电极、制备方法及其应用，属于纳米合成技术领域。本发明以泡沫镍作为基底和镍源，利用碳化方法在泡沫镍上成功负载碳，提高耐酸性；

再以 L-半胱氨酸为硫源，利用水热合成方法，在碳上原位生长  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ，得到在泡沫镍上负载  $\text{Ni}_3\text{S}_2\text{-C}$  的电催化电极。以最佳条件碳化温度为  $800^\circ\text{C}$ 、L-半胱氨酸含量为 0.73g、水热反应时间为 24h 为例，电流密度为  $100\text{mA}/\text{cm}^2$  时，所需过电势为 0.35818V，恒电位电解 24h 电流密度基本不变，法拉第效率接近 100%，展现出优异的电化学性能和稳定性，使得该电催化电极在电解 Bunsen 反应产物制氢中展现出广阔的应用前景。

如，2023 年申请，2024 年公开的专利 CN117385396A，在泡沫镍铁表面制备镍铁层状双金属氢氧化物材料的方法，解决了目前镍铁层状双金属氢氧化物水热法合成过程中能耗高、制备过程中需要调控金属盐比例的繁杂手段和长时间循环后由于催化剂材料脱离导电基底所导致的性能严重衰减的问题。

综上，本技术在中国的发展趋势与全球范围内的发展趋势相近，整体的申请数量也占较大比例，发展前景较好。

## 2.2 专利地域布局及技术来源和技术流向分析

为了解碱性电解堆镍电极技术的技术来源和技术流向，对技术涉及到的重点来源国和流向国进行统计分析：

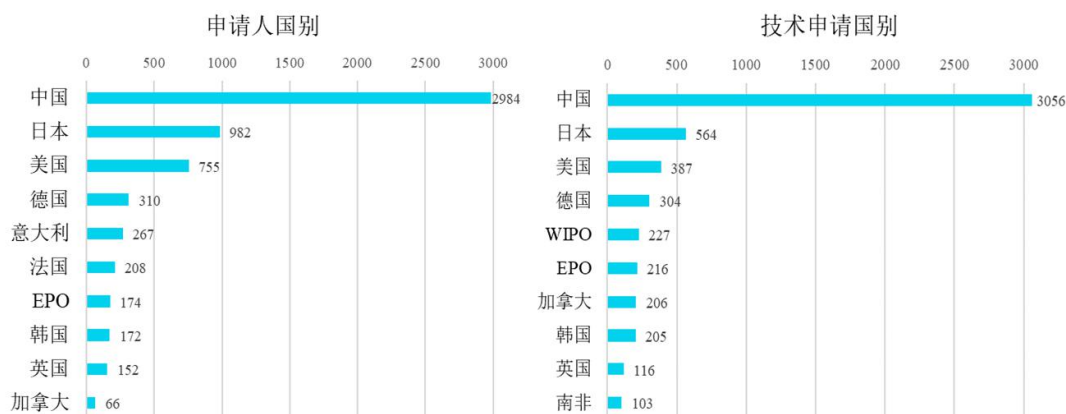


图 2-3 碱性电解堆用镍电极技术申请人国别、专利申请国别（单位：件）

如图 2-3 为碱性电解堆镍电极专利申请人来源国以及其技术流入国数据统计，从数据可以看出，中国申请人申请专利最多，且中国受理局受理专利数量最多。其次，日本、美国、德国的申请人来源国专利数量排名与技术流入国别数量相当，排名相当。另外，意大利和法国申请人申请申请专利数量较多，但未在意大利及法国表现出一定数量的专利布局。

后续结合技术来源国和技术流入国专利布局情况进行数据统计分析：

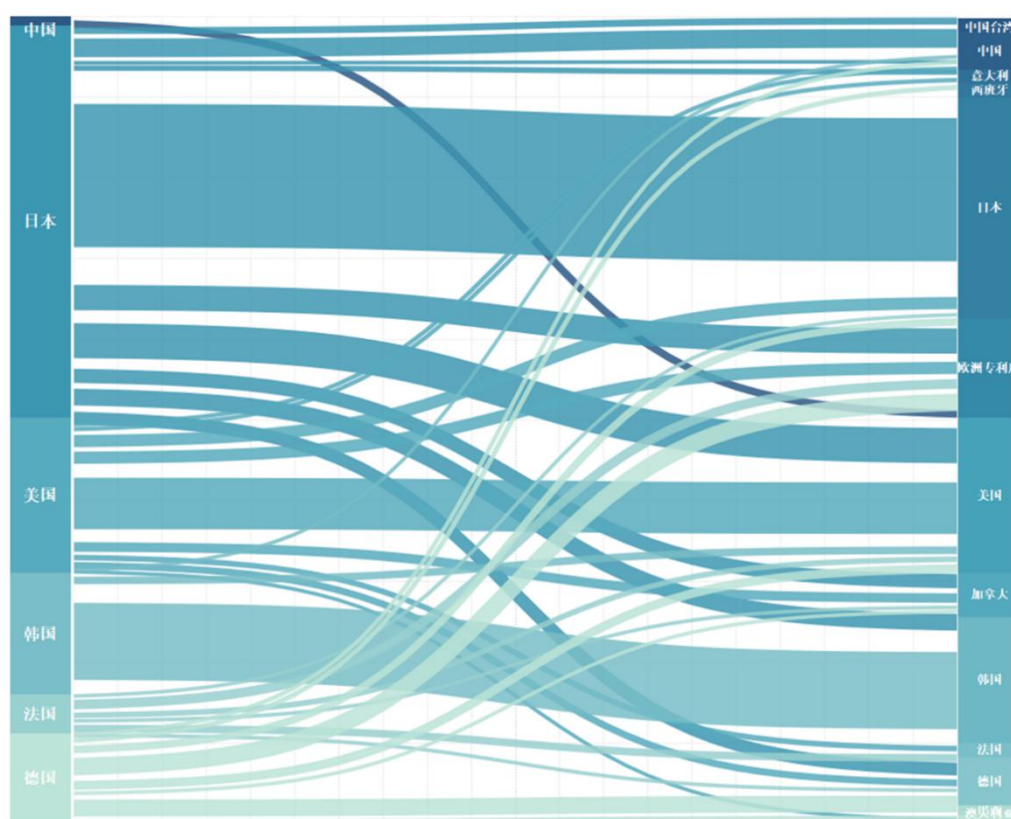


图 2-3 碱性电解堆用镍电极技术全球技术流向图

（此处中国申请人在中国布局 2609 件相关专利，为保证数据图片清晰完整性此处未示出）

图 2-3 为碱性电解堆用镍电极技术的技术来源和技术流向图，由图可知，碱性电解堆镍电极技术的主要来源国家地区包括：中国、日本、美国、韩国、法国和德国。主要流向国家地区包括：中国、中国台湾、意大利、西班牙、日本、欧洲专利局、美国、加拿大、韩国、法国、德国、巴西和澳大利亚。

其中来源于中国的专利主要流向为美国，相对数量较少。中国作为专利流向国，其主要来源国为日本、美国和德国，但整体专利数量相对较少。

涉及到来源国是日本的专利数量最多，最大部分的专利还是流向本土，其次是流向美国、欧洲专利局和中国，有部分专利流向加拿大、韩国和德国，还有少量专利流向中国台湾、意大利和西班牙。日本作为专利来源国涉及到的专利数量最多，且流向分支也较多，是活跃程度较高的专利来源国，但作为流向国，其主要专利来源集中在本土专利，同时涉及一定数量来自美国和法国。

涉及到来源国是美国的专利数量排名第二位，整体数量相对较多，主要专利流向为美国本土，其流向分支相对较多，主要涉及日本、欧专局和加拿大，少量专利流向意大利、西班牙、法国、德国和澳大利亚。美国作为专利来源国涉及到的专利数量较多，流向分支较多，活跃程度同样相对较高，同时作为技术流向国涉及到的来源分支主要为本土、日本、中国、韩国、法国和德国，涉及到的来源国较多。

涉及到来源国是韩国的专利数量排名第三位，大部分专利流向韩国，并有小部分专利流向美国，流向分支相对较少，其作为流向国，技术主要来源于本土和美国。相对来说，涉及到的来源和流向都相对较少。

涉及到来源国是德国的专利数量排名第四位，虽然专利整体数量不及上述来源国，但其流向分支相对较多，且各流向分支涉及到的专利数量相对均衡，主要包括欧洲专利局、德国、日本、中国、西班牙、加拿大、巴西和澳大利亚。同时日本、美国、韩国和法国也均有专利汇入德国，虽然涉及专利数量相对较少，但是活跃度相对较高。

涉及到来源国是法国的专利数量排名第五位，和德国的特点类似，专利数量

相对较少，但是流向分支较多，主要包括欧洲专利局、法国、美国、日本、德国和加拿大。除本土外，美国有专利流入。

## 2.3 技术构成分析

为了解碱性电解堆用镍电极技术在各技术分支上的技术构成,对碱性电解堆用镍电极技术涉及镍电极类型,镍电极制备工艺和镍基掺杂催化剂的专利申请量进行统计,并对每一技术分支进行细化分析:

### (1) 整体技术构成

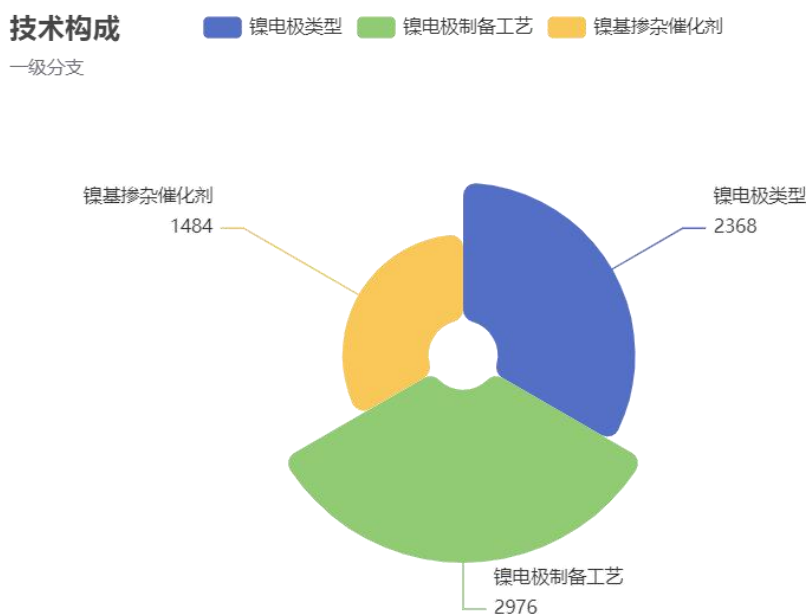


图 2-4 一级技术分支技术构成图（单位：件）

上图为碱性电解堆用镍电极技术,各技术分支的申请数量构成,其中涉及到镍电极类型的专利申请量为 2368 件,涉及到镍电极制备工艺的专利申请量为 2976 件,涉及到镍基掺杂催化剂的专利申请量为 1484 件。由图可知,镍电极制备工艺的专利申请数量最多,其次是涉及到镍电极类型的专利申请,两者相差不多,但都较大幅度领先于镍基掺杂催化剂的专利申请数量。在这一技术领域,研发的重点相对来说为镍电极的制备工艺和镍电极类型。

## (2) 镍电极类型技术构成

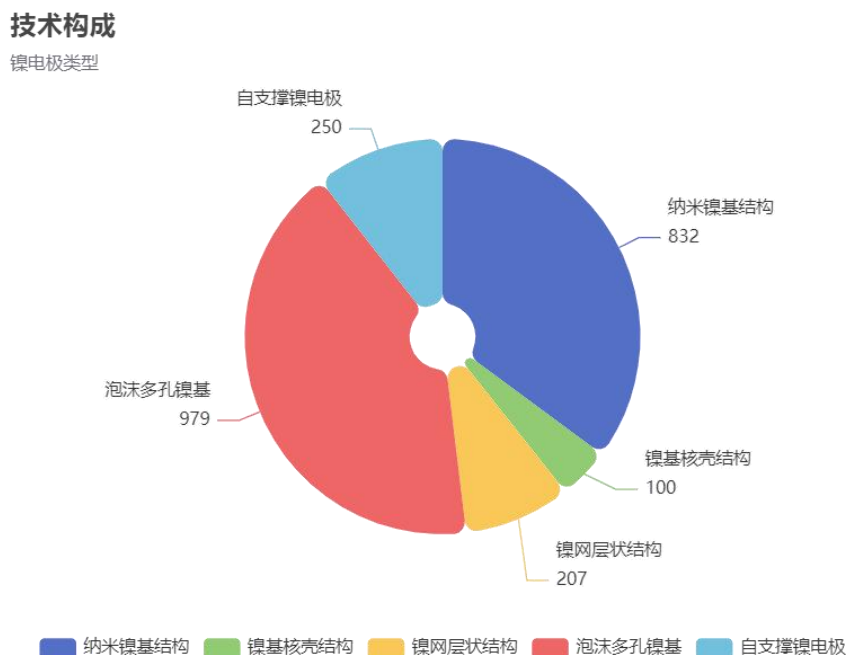


图 2-5 镍电极类型细分技术分支 (单位: 件)

上图为碱性电解堆用镍电极技术, 镍电极类型技术分支的申请数量构成, 其中涉及到泡沫多孔镍基技术分支, 以及纳米镍基结构技术分支的专利数量最多, 分别为 979 件和 832 件, 为较为重点的镍电极类型。自支撑镍电极的专利申请数量为 250 件, 镍网层状结构的专利申请数量为 207 件, 镍基核壳结构的专利申请数量为 100 件, 数量相对均较少, 从专利数量上看, 并非为主流上研究力度较大的镍电极类型。

泡沫多孔镍基和纳米镍基结构涉及到的专利数量最多, 且申请趋势和整体技术的申请趋势一致, 处于持续增长的态势, 为这一技术分支内持续研发的镍电极类型。

如, 2018 年河北工业大学申请的专利 CN108554423A, 一种基于液相硫化法制备泡沫镍负载硫化镍的方法, 本发明的目的在于针对当前技术中存在的以化学气相沉积法时高温的问题, 以及水热法、溶剂热法时耗时长, 反应釜高压不安

全的缺点，提供一种基于液相硫化法制备泡沫镍负载硫化镍的方法。该方法首次采用液体硫源巯基乙醇进行硫化泡沫镍，只需要经过超短时间加热即可进行硫化，得到泡沫镍负载硫化镍并提高其电催化性能。本发明工艺简易快捷，低成本，并且重复率以及材料利用率都很高。

如，2019 年中国原子能科学研究所和湖南大学申请的专利 CN110284166A，一种制备泡沫镍钼合金的电沉积方法，具体涉及一种制备泡沫镍钼合金析氢材料所用电沉积方法。该方法包括以下步骤(1)将硫酸镍、钼酸铵、柠檬酸三钠、氯化钠或氯化钾或氯化镍依次溶于去离子水中；(2)将质量分数为 25% 的氨水加入步骤(1)得到的溶液中，并调整溶液的 pH 值为 8.5 ~ 9.5；(3)加入 1,4-丁炔二醇和糖精到步骤(2)所述的溶液中以得到电沉积溶液；(4)采用单阴极、三阳极的方式进行电沉积，其中泡沫镍作为阴极，镍、钼、钛或镍、钼、碳板作为阳极；(5)将上述溶液加热到 35 ~ 55℃，以表观阴极电流密度 110 ~ 130mA/cm<sup>2</sup> 进行电沉积。利用该方法制备的镍钼合金具有氨水用量少、pH 值稳定、镀层质量好、且钼含量高的有益效果。

如，2021 年宁波材料所杭州湾研究院和中国科学院宁波材料技术与工程研究所申请的专利 CN113355686A，一种具有多层结构的纳米阵列材料、其制备方法与应用，主要目的在于提供一种具有多层结构的 NiOOH@FeOOH@Ni<sub>2</sub>P 纳米阵列材料及其制备方法，从而克服了现有技术中的不足。

如，2022 年深圳大学申请的专利 CN114941156A，一种磷化镍纳米电催化剂及其制备方法，有效地解决了 MOR 电催化剂当前所面临的贵金属载量高、催化剂稳定性差、产物选择性差等问题。为 MOR 电催化剂的开发和贵金属催化剂的设计提供了全新的设计思路 and 理念。

涉及到镍网层状结构的专利申请数量相对较少,重点的申请主体为中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、北京化工大学等。

如,2021年中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司申请的专利CN114182278A,一种新型导向菱形结构的电极单元、电解单元及应用,目的在于提出一种新型导向菱形结构的电极单元,用于电解水制氢时,由于设置了若干凹凸排列的菱形单元,可促进原料碱液在极板上的均匀分布,减小接触电阻及气泡在小室内的停留时间,提高电解效率,降低能耗。

如,2020年清华大学和北京化工大学申请的专利CN113828300A,金属掺杂铋层状氧化物的制备方法及其在电催化还原 $\text{CO}_2$ 中的应用,该方法包括:将导电基底在铋前驱体溶液中浸泡并干燥,得到修饰有氧化铋种子层的导电基底;将修饰有氧化铋种子层的导电基底浸泡在含杂原子的铋前驱体溶液中,通过水热法在导电基底上合成具有纳米片阵列结构的金属掺杂铋层状氧化物。本发明还公开了该金属掺杂铋层状氧化物在电催化还原 $\text{CO}_2$ 中的应用。本发明制备的金属掺杂铋层状氧化物结构和性能更加稳定,具有蜂窝状纳米片阵列结构,能够提供大的电化学活性面积,作为阴极催化剂用于电催化还原 $\text{CO}_2$ 的反应中,可促进 $\text{CO}_2$ 在电极表面的富集还原,提高电流密度。

涉及到自支撑镍电极的重点申请主体为陕西科技大学,如,2018年陕西科技大学申请的专利CN109280938A,一种花球状的V掺杂的 $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$ 自支撑电极材料及其制备方法,包括:将清洁的泡沫镍浸泡在含有六水合氯化镍、氯化钒、氟化铵、及尿素的前驱体溶液中,进行第一次水热反应;将反应后的泡沫镍浸泡在含有硫代乙酰胺、及聚乙烯吡咯烷酮的水溶液中,进行第二次水热反应,得到花球状的V掺杂的 $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$ 自支撑电极材料。本发明还公布了这种花球状的V

掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$  自支撑电极材料。本发明的制备方法操作简单，反应周期短，制得的 V 掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  形貌均匀且具有自组装结构，有效的提高了材料的电催化性能。

涉及到镍基核壳结构的重点申请主体为中国石油大学和陕西科技大学，如，2022 年中国石油大学（华东）申请的专利 CN114959780A，一种核壳结构钴掺杂二硒化镍电催化材料及其制备方法，该材料的通式为  $\text{Ni}_x\text{Co}_{1-x}\text{Se}_2@\text{NC}$ ，其中  $x = 0.25$  或  $0.5$  或  $0.75$ ；该材料在其合成过程中同时引入镍和钴两种金属源作为前驱体，通过高温退火过程使金属有机框架热解，再以硒粉作为硒源，通过一步管式炉煅烧硒化反应，从而制备出一系列氮掺杂的碳包覆的核壳结构的钴掺杂二硒化镍催化材料，为过渡金属硒化物的电子结构调控提供了一种可控的途径，所得到的  $\text{Ni}_x\text{Co}_{1-x}\text{Se}_2@\text{NC}$ ，尤其是当  $x = 0.75$  时，能够用于高效的电催化水分解反应的催化剂。如，2021 年陕西科技大学申请的专利 CN113802139A，一种核壳结构的硫化镍基电催化材料及其制备方法和应用，属于电催化技术领域。通过将六水合氯化镍、尿素、氟化铵均匀分散于水中得到溶液 A，将泡沫镍经超声清洗后干燥得到处理后的泡沫镍；将处理后的泡沫镍与溶液 A 进行反应，然后自然冷却得到反应后的泡沫镍，将反应后的泡沫镍经清洗后干燥得到前驱体；将偏钒酸铵、硫代乙酰胺均匀分散于水中得到溶液 B；将前驱体与溶液 B 进行反应，反应结束后自然冷却得到生长有无定形的  $\text{VO}_x$  包覆的  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  的泡沫镍产物，将产物经洗涤后干燥制得核壳结构的硫化镍基电催化材料。本发明制得的核壳结构的硫化镍基电催化材料在碱性溶液中表现出优异的电催化性能，能够用于制备自支撑电极的应用。

### （3）镍电极制备工艺技术构成

## 技术构成

镍电极制备工艺

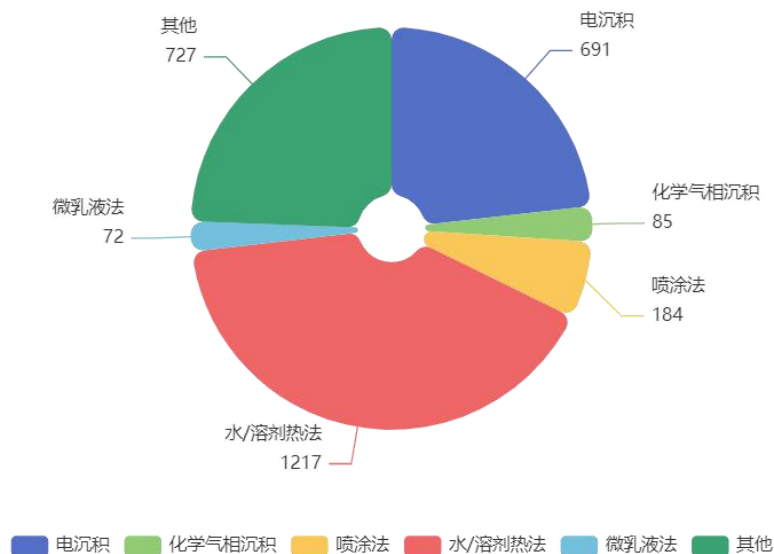


图 2-6 镍电极制备工艺细分技术分支（单位：件）

上图为碱性电解堆用镍电极技术，镍电极制备工艺技术分支的申请数量构成，其中涉及到水/溶剂热法技术分支的专利数量最多，为 1217 件，占制备工艺技术分支的超过三分之一的比例。其次为电沉积技术分支，专利申请数量为 691 件，专利数量较多。化学气相沉积、喷涂法和微乳液法涉及到的专利申请数量较少，从专利数量上看，并非为主流上研究力度较大的镍电极制备工艺技术。

水/溶剂热法涉及到的专利数量最多，占镍电极制备工艺技术分支的最大比例，主导了整体技术分支的发展。

如，2018 年大连理工大学申请的专利 CN108993513A，一种掺杂不同金属离子调控镍基双金属氢氧化物的制备方法，属于多功能材料合成技术领域。通过采用 2-甲基咪唑辅助溶剂热法制备一系列镍基层状双金属氢氧化物 Ni-M LDHs。结果表明：不同金属元素掺入到镍基层状双金属氢氧化物中能够影响其宏观形貌以及微观结构，直接影响到电催化产氧研究中电子传输、离子扩散和物质运输。该方法调控 LDHs 的合成方法简便易行，合成条件温和，灵活性强，产率高，故

是一种相对较为优异的合成方法。

如，2019 年福州大学申请的专利 CN110538657A，一种铁镍层状双氢氧化物及其制备方法和应用，首先采用水热法制备出铁镍层状双氢氧化物（FeNi-LDH），将其在缺氧气氛下煅烧 2~10 小时后，得到表面富含丰富氧空位的铁镍层状双氢氧化物（Vo-FeNi-LDH）催化剂。本发明制备成本低、制备过程方便简单、高效。表面丰富的氧空位大大提高了 LDH 的电子传输能力，Vo-FeNi-LDH 作为电解水的析氧催化剂，析氧过电位小、塔菲尔斜率低、具有很高的动力学势能、而且表面活性位点大大增高，是一种良好的电解水析氧催化剂。

如，2021 年江苏大学申请的专利 CN113026049A，二步溶剂热法制备 NiFe(CN)<sub>5</sub>NO-Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>-NF 复合催化剂及其应用，本发明属于纳米复合材料技术领域，涉及电解水析氧催化剂，特别涉及二步法制备 NiFe(CN)<sub>5</sub>NO/Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>/NF 复合催化剂，包括：配制质量百分比浓度为 1~5mg/mL 的硫脲去离子水溶液，移入反应釜中，浸入经预处理的泡沫镍，120~180℃水热反应 3~10h，自然冷却至室温，取出后用去离子水洗净，60℃真空干燥 12h，得到 Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>/NF；按固液比 100~300mg:20 mL 的比例，将 Na<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>5</sub>NO·2H<sub>2</sub>O 完全溶于乙二醇中，移入反应釜，再加入 Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>/NF，200℃溶剂热反应 6~12 h，冷却至室温，取出，去离子水洗净，60℃真空干燥 12h，即得。本发明合成方法简单易行、成本低、适合大规模生产。得益于 Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> 和 NiFe(CN)<sub>5</sub>NO 之间的协同效应以及 NF 载体的优异特性，催化剂表现出优异的 OER 电催化活性和稳定性，有望在电解水中实际应用。

涉及到电沉积技术分支的专利申请数量相对较多，且其申请量的趋势和整体技术分支的增长趋势大体一致，为较为重点的技术分支。

如，2021 年苏州大学申请的专利 CN113430532A，一种利用离子液体电沉积制备 Ni-Mo-P 纳米合金薄膜电极的方法，解决传统水溶剂型电解液电沉积制备 Ni-Mo-P 合金存在的镀液成分不稳定、镀层沉积效率低、镀层氢致缺陷高、组织粗大等一系列问题，提出利用离子液体溶剂电沉积制备 Ni-Mo-P 纳米合金薄膜电极的方法，该方法涉及的离子液体环保、无毒，电化学窗口宽，获得的镀层结晶组织细小，析氢催化活性显著。

如，2022 年上海莒纳新材料科技有限公司申请的专利 CN116240615A，一种电极片电沉积生产工艺及其应用，具体公开了一种电极片电沉积生产工艺及其应用。所述工艺包括上料：将片材以水平状态固定在飞靶上，驱动飞靶上升至第二预设高度，并翻转飞靶使片材从水平状态变为竖直状态；加药：将电沉积液加入电沉积槽中；电沉积：将装载有片材的飞靶转运并放置在电沉积槽中的预设电沉积工位上，对片材进行电沉积；清洗、干燥工序；本发明实现了以“轻、薄、软”大片材(如泡沫镍)为基材，以电沉积工艺加工制造电极片的生产过程的自动化，可减少人工成本，提高生产效率。

涉及到自支撑镍电极的重点申请主体为陕西科技大学，如，2018 年陕西科技大学申请的专利 CN109280938A，一种花球状的 V 掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$  自支撑电极材料及其制备方法，包括：将清洁的泡沫镍浸泡在含有六水合氯化镍、氯化钒、氟化铵、及尿素的前驱体溶液中，进行第一次水热反应；将反应后的泡沫镍浸泡在含有硫代乙酰胺、及聚乙烯吡咯烷酮的水溶液中，进行第二次水热反应，得到花球状的 V 掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$  自支撑电极材料。本发明还公布了这种花球状的 V 掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$  自支撑电极材料。本发明的制备方法操作简单，反应周期短，制得的 V 掺杂的  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  形貌均匀且具有自组装结构，有效的提高了材料的电催化

性能。

涉及到喷涂法、化学气相沉积以及微乳液法的专利申请数量较少。其中涉及到喷涂法的重点申请主体为三一氢能有限公司和保时来新材料科技（苏州）有限公司，如，2023 年三一氢能有限公司申请的专利 CN117661018A，电极涂层喷涂粉、多孔合金涂层电极及其制备方法与应用，本发明涉及电极技术领域，尤其涉及一种电极涂层喷涂粉、多孔合金涂层电极及其制备方法与应用。所述电极涂层喷涂粉的制备方法包括：将铝钪合金粉和钼镍合金粉进行混合，通过粉体表面包覆的方法制成铝钪包裹镍钼合金粉。本发明通过对电极涂层喷涂粉组成进行优化，能够在提升涂层催化效果的同时增强涂层结合强度。如，2023 年保时来新材料科技（苏州）有限公司申请的专利 CN117051425A，一种微纳织构碱性电解水制氢电极及其制备方法，提供了一种微纳织构碱性电解水制氢电极，包括：电极网，其特征在于，所述电极网表面排列有多个微米级凸起结构，所述微米凸起结构表面设置有多个纳米级刺突结构，将微米催化剂粉末、纳米催化剂粉末均匀的散布在电极网基体上，通过低能激光焊接在电极网基体，采用低能激光焊接工艺的目的在于将微、纳米催化剂颗粒整体粘附于电极网表面，形成特殊的表面微纳结构。

涉及化学气相沉积的重点申请主体为浙江理工大学和福州大学。如，2023 年浙江理工大学申请的专利 CN116949494A，基于泡沫镍铁的电解水双功能催化剂及其制备方法，其优点在于构建的三元异质结以泡沫镍铁为基体，通过等离子射流以氧气等离子体为氧掺杂源在基体表面原位生长镍铁氧化物纳米片衬底，增大比表面积和结合力，再通过水热反应法在衬底上负载钒掺杂镍钴层状双金属氢氧化物，最后通过等离子体化学气相沉积辅助合成钒掺杂磷化镍钴纳米片，使得

所得负载纳米片在气相沉积的气体中产生更多的活性基团,极大地增强了反应性,加强了对合成的催化材料的刻蚀与还原作用;制备方法的整个过程简单,容易实现,在电解水过程中拥有高效的析氢析氧活性,稳定的三元异质结结构使得催化剂长时间工作性能几乎没有衰减,可以满足商业化应用的要求。如,2021年福州大学申请的专利 CN114016053A,一种提高过渡金属硫化物催化剂稳定性的方法,以硫脲代替传统升华硫作为硫源,通过气相沉积法对过渡金属氧化物进行氮硫共掺杂,制备氮取代的过渡金属二硫化物(N-TMS)。制得的氮掺杂过渡金属硫化物受氮掺杂影响,相比于传统过渡金属硫化物具有更强的抗氧化能力,有效抑制硫化物在氧气影响下向硫酸盐的转变,延长催化剂在空气环境中的储存时间。同时,在电解水阳极的析氧反应(OER)催化中,氮掺杂同样可有效抑制过渡金属二硫化物向羟基氧化物的转变,有效提升催化剂的导电性与 OER 催化活性,从而提升电解水阳极的性能。

涉及微乳液法的重点申请主体为北京化工大学和苏州大学。如,2023年北京化工大学申请的专利 CN116478776A,电催化乙二醇制备有机酸工业清洗剂的方法,以负载阳极催化剂的导电基底作为阳极、以阴极催化剂作为阴极、与电解液组装成电解池,在电解液中加入一定量的乙二醇,在一定电压条件下,乙二醇在阳极被氧化生成有机酸工业清洗剂的主要成分—羟基乙酸,同时水在阴极还原生成氢气。随后将反应液调节 pH 至弱酸性并加入一定量的甲酸即可得到工艺清洗剂。本发明以水分子中的氧原子和氢原子作为氧化还原反应中活性氧和活性氢的来源,无需额外氧化还原试剂即可在常温常压下制备有机酸工业清洗剂,同时联产氢气,为在常温常压下绿色高效制备有机酸工业清洗剂提供了一种新的思路和方法。如,2018年苏州大学申请的专利 CN109267093A,超薄 Ni-Fe-MOF 纳

米片及其制备方法和应用，包括以下步骤：将有机配体溶于有机溶剂中，得到的溶液滴加到溶有镍盐和铁盐的水溶液中，混合均匀后，在 140 ~ 160℃下反应 3 ~ 6 小时，即得到所述超薄 Ni-Fe-MOF 纳米片；其中，所述有机配体为对苯二甲酸和/或对苯二甲酸二钠盐，所述有机溶剂为 N,N-二甲基乙酰胺和/或 N,N-二甲基甲酰胺。本发明还公开了所述超薄 Ni-Fe-MOF 纳米片及其应用。本发明的制备方法无需引入表面活性剂，产物表面洁净易清洗，还能够实现 2D 超薄 MOF 材料的大量合成。

### （3）镍基掺杂催化剂技术构成

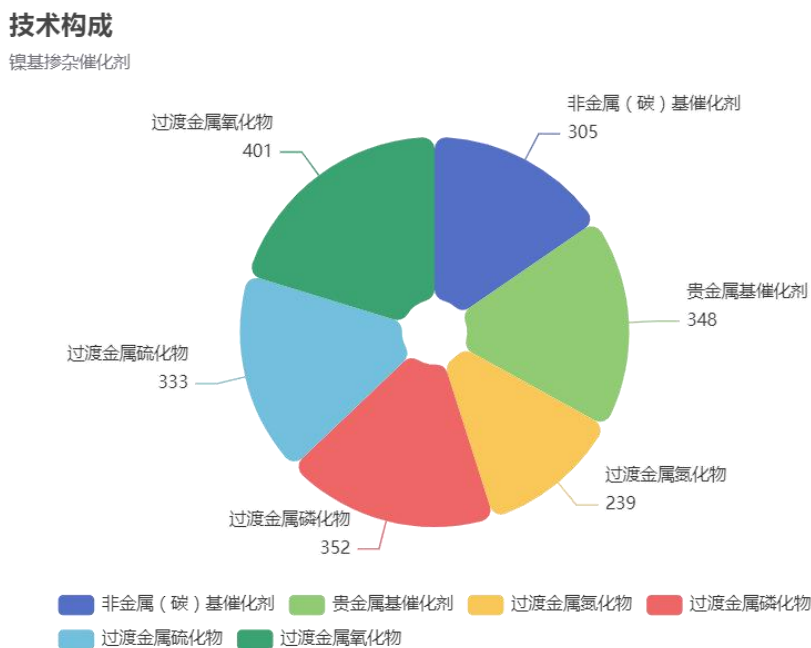


图 2-7 镍基掺杂催化剂细分技术分支（单位：件）

上图为碱性电解堆用镍电极技术，镍基掺杂催化剂技术分支的申请数量构成，其中涉及到过渡金属氧化物技术分支的专利数量最多，为 401 件，涉及到过渡金属氮化物的专利数量最少，为 239 件，其他催化剂类型的专利数量均为 300 余件。由图可知，各催化剂技术分支的专利数量相差不大，各方向的发展较为均衡。在掺杂催化剂技术方向上，发展的速度和力度相对于前两个技术分支稍显不足，但

是发展的全面性要更强。

涉及到过渡金属氧化物技术分支的重点申请主体为陕西科技大学、旭化成生活制品株式会社和青岛科技大学。

如，2018 年陕西科技大学申请的专利 CN109161920A，一种泡沫铜自支撑镍锌双金属氢氧化物催化剂的制备方法，采用的一步水热反应直接合成最终产物，具有温和的合成温度，路径简单，易于操作，且所用原料都是廉价易得的，产物后处理简单，对环境友好，适合大规模生产有望推广到实际生产中；该方法制备的网状结构的 NiZn-LDH 的长在泡沫铜基底上，形成了网状结构的链接而成的网状结构，产品形貌完整，纳米网状结构比表面积非常大，能提供很多反应场所，负载量多，加快了电子传输，对于实现双功能电解水有非常重要的意义。如，2018 年旭化成株式会社申请的专利 CN110199055A，阳极、水电解用阳极、电解单元以及氢的制造方法，其特征在于，至少在多孔镍基材的表面上的一部分或全部具有钙钛矿型结构的金属氧化物层；金属氧化物层中的结晶成分中，钙钛矿型结构的金属氧化物的含量为 90% 以上 100% 以下。如，2021 年青岛科技大学申请的专利 CN113061935A，一种泡沫镍铁合金负载的氢氧化镍铁纳米片催化剂的磁场诱导制备方法及应用，提供了一种磁场诱导低温合成泡沫镍铁合金负载的镍铁氢氧化物片层结构的制备方法，及其在电解水制氢阳极析氧反应中的应用。该方法利用内置磁铁诱导水热合成中镍铁磁性离子的成核和生长方向，在泡沫镍铁合金表面导向性生成晶型良好的片层状 NiFe 氢氧化物。具体地说，将吸贴在一起的磁铁块和泡沫镍铁合金内置于水热反应釜底部，再将镍盐、铁盐和尿素的水溶液置于水热反应釜内，在一定温度下进行水热反应，保温一段时间后即得到生长有镍铁氢氧化物纳米片的泡沫镍铁合金。磁诱导低温合成方法避免了高温水热合成

中 NiFe 表面组分改变及高能耗，所制备的 NiFe 氢氧化物具有良好的片层结构，并对电解水析氧反应具有良好的催化活性。该制备方法制备工艺简单，易于放大。

涉及到过渡金属磷化物技术分支的重点申请主体为吉林大学 and 青岛科技大学。

如，2021 年吉林大学申请的专利 CN112877712A，一种过渡金属磷硫化物及其制备方法和应用，提供了一种过渡金属磷硫化物及其制备方法和应用，该过渡金属磷硫化物的制备方法包括以下步骤：将硝酸镍、硝酸钴、尿素和氟化铵进行混合，并配制成溶液，得到前驱液；将泡沫镍加入前驱液中进行水热反应，得到前驱体；在保护气氛下，将前驱体置于含有硫化钠、次亚磷酸钠的环境中进行煅烧处理，得到所述过渡金属磷硫化物。本发明先通过水热生成镍钴氢氧化物前驱体，然后通过保护气体加热的方式同时掺入磷源和硫源，可诱导 S 和 P 生成异质结构；由于不同元素的协同作用，该结构加快了电子传输，从而提高过渡金属磷硫化物的导电性，而这些优势在电催化测试中体现为高催化活性和长效的稳定性。如，2023 年青岛科技大学申请的专利 CN116443820A，一种无定型磷硒化钴纳米催化剂及其制备方法和应用，涉及一种无定型磷硒化钴纳米催化剂及其制备方法和应用，方法步骤为：按过渡金属盐：氯化铵：磷源和二氧化硒摩尔比为 1：1：2 的比例将其均匀分散于去离子水中作为电解液，随后在三电极体系恒定电流密度下稳定运行，期间保证电解液处于充分搅拌状态，电沉积完成后即得无定型磷硒化钴纳米催化剂；其中，磷源与二氧化硒的摩尔比例为 3：1 ~ 1：3。本发明还提供了制得催化剂在电催化碱性水分解反应中的应用。本发明制备过程快速方便，省时省力，利用一步电沉积法同时将多种非金属原子引入无定型过渡金属基纳米材料中，为具有高效碱性水分解性能的无定型钴基化合物纳米

材料的快速简单制备提供有效途径。

涉及到贵金属基催化剂技术分支的重点申请主体为北京化工大学和安徽师范大学。

如，2018年北京化工大学申请的专利 CN108636428A，一种金属碲化物作为双功能电解水催化剂的制备方法，利用水热的合成方法，将金属碲化物原位地生长在导电的基底上，进而得到金属碲化物的全解水催化剂。该催化剂在碱性条件下表现出优异的氧析出和氢析出电催化性质，当把这种双功能金属碲化物组装成实际的电解水装置，也能高效的催化两电极全解水体系，属于电催化技术领域。该催化剂制备方法具有合成简单、无污染，反应物廉价易得等特点，制备出的催化剂表现出优异的双功能电解水特性，具有优异的实际应用前景。如，2016年安徽师范大学申请的专利 CN105688935A，以预先电沉积出的 Cu-Ni 双金属合金为异质模板，以氯铂酸作为铂源，制备出一种枝晶结构的纳米片状 Pt/Cu-Ni 催化剂，该制备方法简单，条件温和可控，不需要过高的温度和严格的设备要求，且环境友好，无污染，制备出的 Pt/Cu-Ni 催化剂具有比较大的比表面积，能够在酸性溶液中高效催化氧化醇类溶液，尤其是一元醇溶液。

涉及到过渡金属硫化物技术分支的重点申请主体为江苏大学。如，2020年江苏大学申请的专利 CN111977708A，氮掺杂过渡金属硫化物的制备方法及其应用于电解水，包括：以去离子水为溶剂，分别配制摩尔浓度为 0.05 ~ 0.2mol/L 的过渡金属盐溶液，质量百分比浓度为 2%的水合肼溶液；按照过渡金属盐溶液和水合肼溶液体积比为 3 ~ 1: 1，混合静置 3 ~ 4h，形成溶胶，离心；将前驱体转入坩埚置于管式炉上风口，升华硫置于管式炉下风口，升温至 300 ~ 500℃,惰性气氛煅烧 30 ~ 60min,自然冷却至室温，即得。本发明操作工艺简单易行，所制得

的材料电极具有较好的电化学性能和稳定性，原料廉价易得、无毒，条件温和，可控，适用于大规模工业生产，可直接作为电极用于电催化分解水析氧反应，也可适用于其他氮掺杂硫化物的制备。

涉及到非金属(碳)基催化剂技术分支的重点申请主体为青岛科技大学。如，2020年青岛科技大学申请的专利 CN111841549A，凝胶自然扩散渗透法制备镍铁类水滑石纳米片石墨烯电催化剂的方法，首先将琼脂粉加入水中加热溶解，再将氧化石墨烯加入其中搅拌均匀，然后将金属离子溶液加入其中搅拌成均一溶液，趁热快速将该溶液转入塑料管内，冷却成凝胶后作为内部反应介质；以氢氧化钠溶液作为外部反应液，在室温条件下，通过自然渗透反应制备所得。本发明所述采用凝胶自然渗透扩散的方法，可在石墨烯表面原位生长尺寸可控的镍铁类水滑石纳米薄片，所得镍铁类水滑石纳米片的尺寸在 500 ~ 700nm 之间，形状为矩形或近似正方形薄片。所述镍铁类水滑石纳米片石墨烯电催化剂碱性电解质中表现出了优异的析氧反应催化性能。

涉及到过渡金属氮化物技术分支的重点专利主题为青岛科技大学。如，2021年青岛科技大学申请的专利 CN113684503A，一种 N-GO@Co-Ni<sub>12</sub>P<sub>5</sub>-Ni<sub>3</sub>P/NCF 复合电极材料及其制备方法，将甲氧基甲基三苯基氯化磷、尿素和乙二醇混合形成的透明液体涂覆在预处理过的泡沫镍钴金属片，在铝箔包裹和氮气氛围保护下，热解、碳化和磷化反应一步完成，得到氮掺杂氧化石墨烯(N-GO)包覆的 Co 掺杂 Ni<sub>12</sub>P<sub>5</sub>-Ni<sub>3</sub>P 复合磷化物纳米棒组装体，原位生长于泡沫镍钴(NCF)金属片集流体上，复合磷化物纳米棒之间相互连接生长形成片状网络结构。该复合电极材料在 1mol L<sup>-1</sup>KOH 溶液中的电催化析氢效率高，用于电催化氧化 HMF 制备 FDCA 具有很高的催化活性和选择性， also 具有很高的稳定性。

## 2.4 专利申请活跃度

为了解碱性电解堆用镍电极技术的专利申请活跃度，从专利转让情况、专利许可情况、专利质押情况和专利无效情况，对申请活跃度进行统计分析：

### （1）专利转让情况：

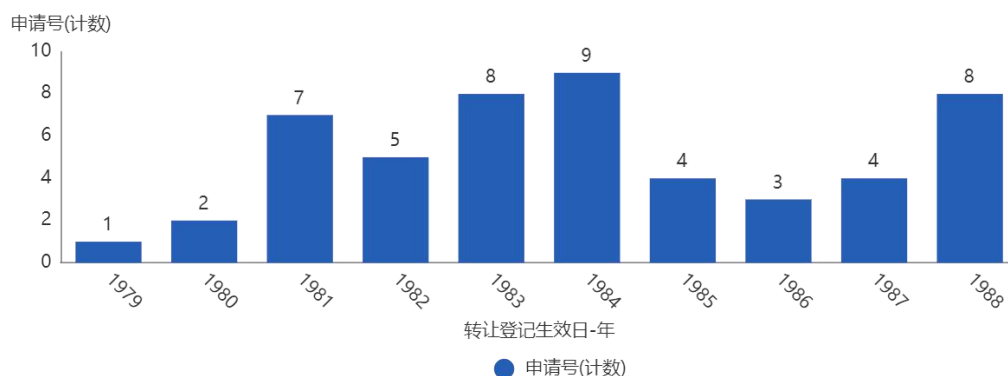


图 2-8 专利转让趋势（单位：件）

上图为全球范围内，涉及到专利转让的国家：中美澳，之间的专利转让趋势。由图可知，全球范围内的专利转让发生在 1979-1988 年，集中在技术发展的前期，在近年来并不涉及专利转让，在国际上的专利转让活跃度不高。



图 2-9 专利转让登记生效趋势（单位：件）

上图为中国的专利转让趋势，由图可知，与全球范围内专利转让趋势不同，中国在 2019 年开始出现数量较多的专利转让情况，并在 2022 年上升到 30 件，在 2023 年上升到 39 件，并呈现上升趋势。可以看出，中国范围内的专利转让情

况较为活跃，并且活跃度在大幅度提升。

## (2) 专利许可情况

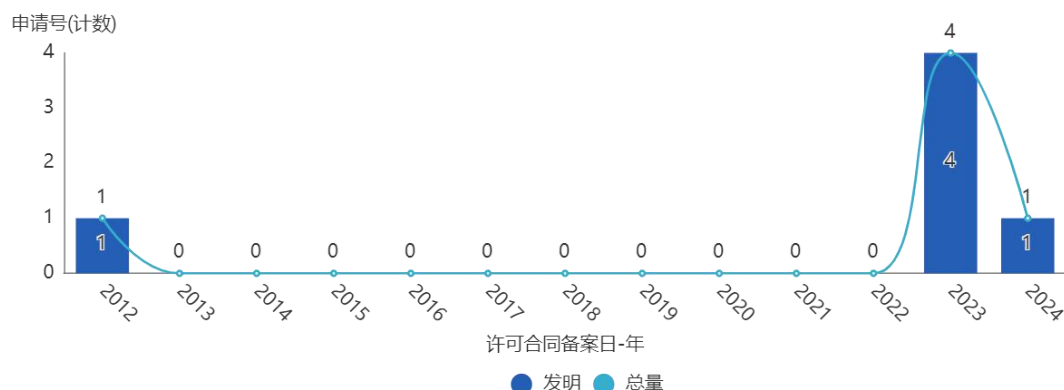


图 2-10 专利许可情况 (单位: 件)

上图为全球范围内的专利许可趋势。由图可知，涉及到专利许可情况的专利数量很少，在 2021 年出现 1 件专利许可，在 2023 年许可件数为 4 件，而在中间年份不涉及专利许可情况，并且在 2024 年再次下降到 1 件。整体来说，本领域专利涉及到的专利许可情况不多，活跃度较低。

## (3) 专利质押情况

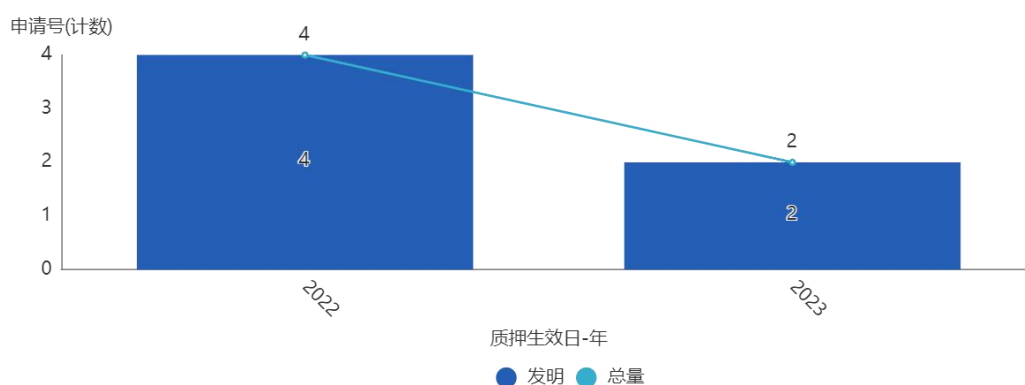


图 2-11 专利质押生效情况 (单位: 件)

上图为全球范围内的专利质押情况，可以看出，质押生效日集中在 2022 和 2023 年，数量分别为 4 件和 2 件。在近两年开始出现专利质押，并且专利数量不多，整体技术依旧保有在专利权人手中，专利权人对本领域专利的重视程度较

强。

#### （4）专利无效情况

在本领域统计分析的专利中，暂不包含无效情况。可以看出本领域专利的研发能力和力度较强，并且运营情况较好。

## 2.5 专利类型和法律状态

为了解在碱性电解堆用镍电极技术在各专利类型和法律状态上的数量分布情况，对碱性电解堆用镍电极技术专利整体的全球和中国涉及到的专利类型及法律状态进行了统计：

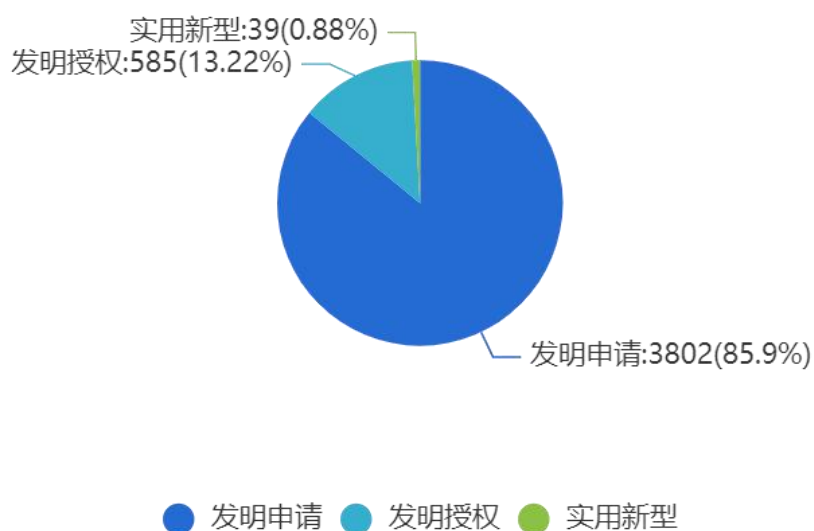


图 2-12 全球范围专利类型分布（单位：件）

上图为全球范围内，涉及碱性电解堆用镍电极技术的专利类型分布。由图可知，发明申请专利 3802 件，占整体比例的 85.9%，发明授权专利 585 件，占整体比例的 13.22%，实用新型专利 39 件，占整体比例的 0.88%。在全球范围内，发明专利占绝大多数，仅有少量的实用新型专利，对发明专利的重视程度明显更高，该技术主要通过发明专利进行保护。

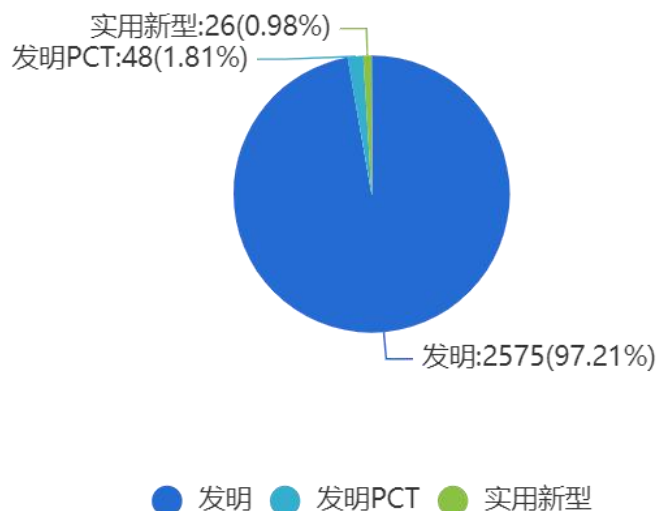


图 2-13 中国范围专利类型分布（单位：件）

上图为中国范围内，涉及碱性电解堆用镍电极技术的专利类型分布。由图可知，发明专利 2575 件，占整体比例的 97.21%，发明 PCT 专利 48 件，占整体比例的 1.81%，实用新型专利 26 件，占整体比例的 0.98%。中国范围内，本技术领域的专利类型分布与全球范围内类似，实用新型所占比例更小，发明专利所占比例更大。但中国专利数量占全球专利数量的大部分，不论是发明专利还是实用新型专利，都在全球范围内占主导地位。

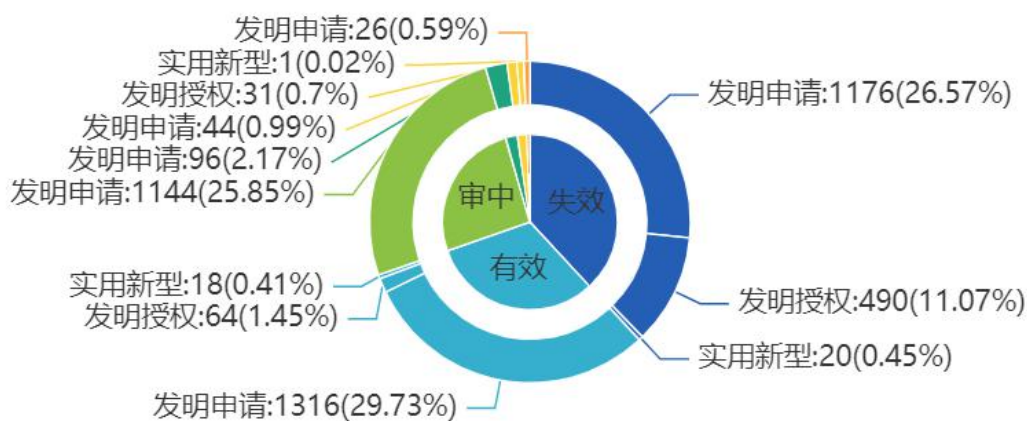


图 2-14 全球范围专利类型及法律状态（单位：件）

上图为全球范围内，本技术领域各法律状态下的专利数量和所占比例，以及各法律状态内的专利类型分布。在全球范围内，失效专利所占比例最大，但失效专利、有效专利和审中专利所占比例相差不大，有一定的技术发展历史，且依旧

保持着较强的申请活力。除所占比例较大的失效专利、有效专利以及审中专利，还包含小部分的 PCT 申请以及未确定专利。

在失效专利中，发明申请专利数量 1176 件，所占比例为 26.57%，发明授权专利数量 490 件，所占比例 11.07%。在有效专利中，发明申请专利数量 1316 件，所占比例 29.73%，发明授权专利数量 64 件，所占比例 1.45%，实用新型专利数量 18 件，所占比例 0.41%。在审中专利中，发明申请专利数量 1144 件，所占比例 25.85%。由图可知，在各法律状态下的专利类型分布，均是发明专利占绝大多数，实用新型专利仅占一小部分。

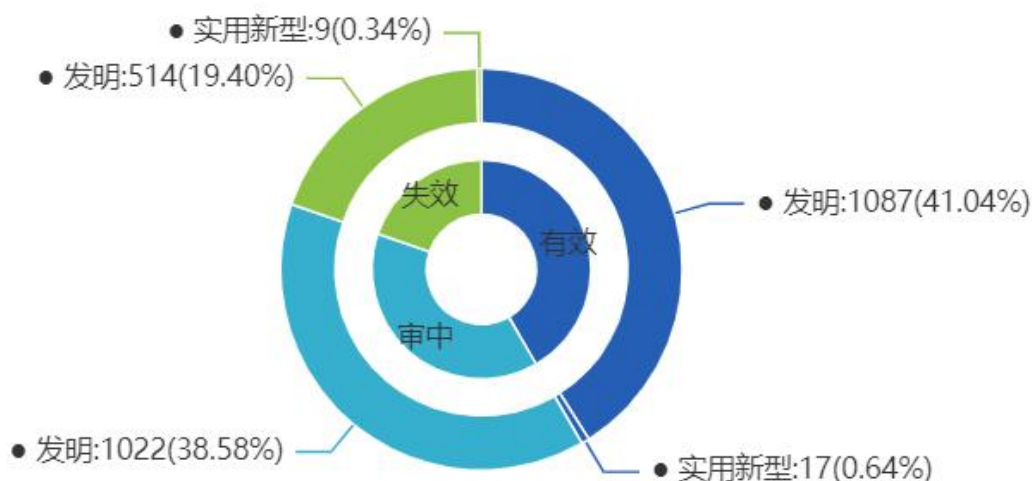


图 2-15 中国范围专利类型及法律状态（单位：件）

上图为中国范围内，本技术领域各法律状态下的专利数量和所占比例，以及各法律状态内的专利类型分布。在中国范围内，有效专利所占比例最大，其次是审中专利，与有效专利所占比例相差不大，失效专利所占比例最小，整体专利法律状态良好，大部分专利处于有效和审中状态，相对于全球范围内的专利分布情况，中国范围内的法律状态更加活跃。

在有效专利中，发明专利数量 1087 件，所占比例为 41.04%，实用新型专利数量 17 件，所占比例 0.64%。在审中专利中，发明专利数量 1022 件，所占比例

38.58%。在失效专利中，发明专利数量 514 件，所占比例 19.40%，实用新型专利 9 件，所占比例 0.34%。由图可知，和全球范围内的专利分布情况类似，在各法律状态下的专利类型分布，均是发明专利占绝大多数，实用新型专利仅占一小部分。

## **2.6 重点技术发展态势**

### **2.6.1 申请趋势**

为了解泡沫多孔镍电极在全球的发展情况，接下来分别对泡沫多孔镍电极技术分支在国内、全球历年专利申请情况及其法律状态进行分析。本节主要对近 10 年的全球专利申请趋势进行分析。另外需要注意的是，受各国专利审查制度的影响，专利从申请到公开一般会有延迟（一般为 18 个月），因此最近 2 年的专利申请情况仅供参考。

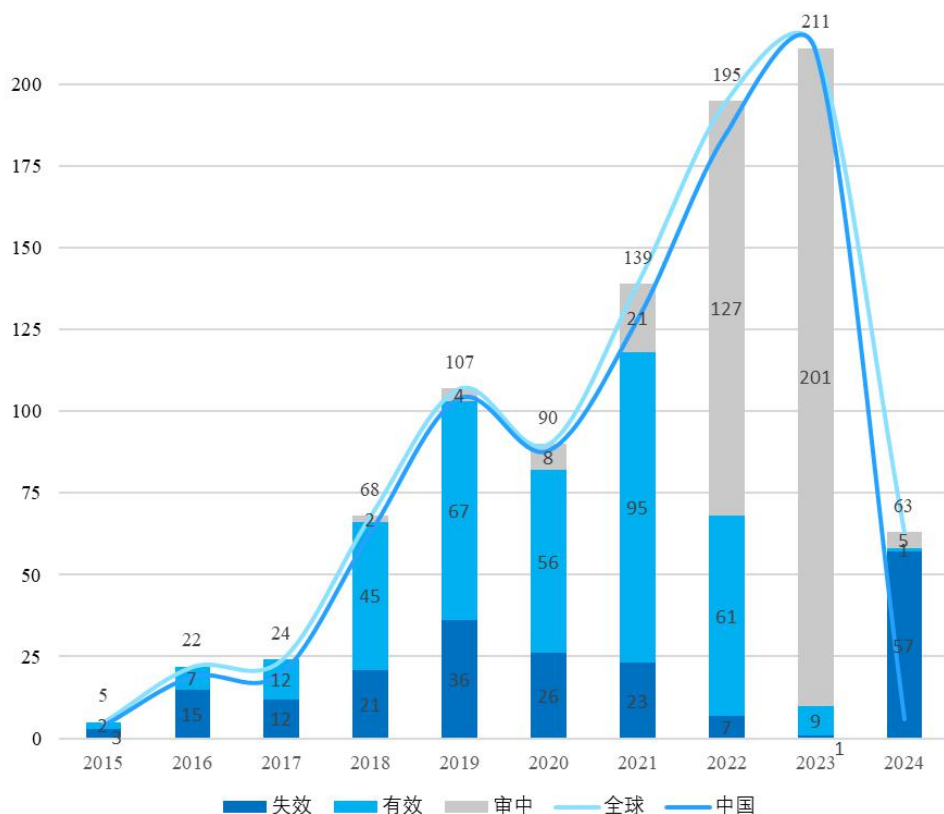


图 2-16 泡沫多孔镍电极技术分支专利申请趋势（单位：件）

图为泡沫多孔镍电极相关专利申请趋势图，如图所示，2015-2024 年，在泡沫多孔镍电极技术分支下，全球专利整体申请趋势与中国专利整体申请趋势相当，一定程度上反映出中国在该技术分支上的技术创新研发优势。

从时间维度来看，近十年专利申请数量呈现三次波动增长态势，第一次是在 2015-2017 年内，相关专利申请量较少，2018-2019 年内专利申请量有所增加，随后在次年出现小范围波动后，又于 2020-2023 年专利申请量再一次显著增加。

值得说明的是，中国专利申请公开具有滞后性，中国发明专利均在自申请日起 18 个月才予以公开（除非申请人要求提前公开其专利申请），中国实用新型专利经过初审合格后授权时才进行公告（即公开），使得 2023 年-2024 年专利申请数量的统计结果并不能完全真实地反映出当年的专利申请情况，可能会导致申请趋势的分析结论产生偏差。

从专利法律状态来看，2015-2019 年内申请的泡沫多孔镍电极的相关专利中目前已经失效的专利占有一定比重，2020 年以后有效专利占比明显增多，2022 年以后主要以审中专利为主，有效专利也占有一定比重。

结合专利申请趋势及其法律状态情况可以得出，泡沫多孔镍电极相关技术目前处于快速发展阶段，近两年在该项技术方面表现出较为显著的技术优势，未来随着泡沫多孔镍材料的不断发展以及需求的增加，该技术分支具有极强的技术革新优势，有望实现更加快速的发展。

## 2.6.2 申请主体

通过对泡沫多孔镍电极的主要专利申请人排名分析，以了解该技术分支主要创新主体的专利申请情况，一定程度上能够反应泡沫多孔镍电极的技术创新实力情况。

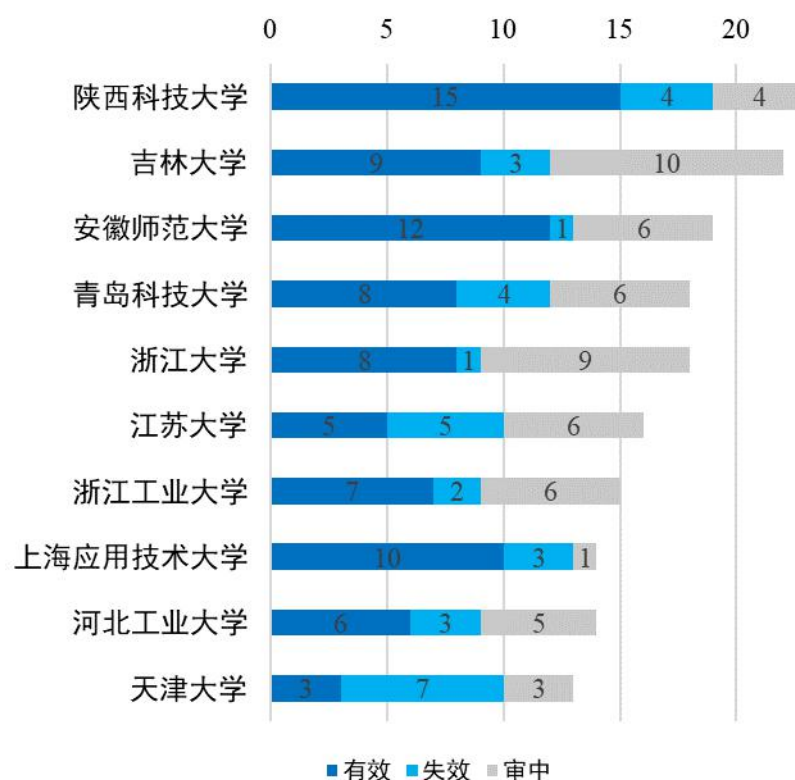


图 2-17 泡沫多孔镍电极技术分支申请人排名（单位：件）

图显示了泡沫多孔镍电极专利申请人排名情况，其中排名前十的专利申请人均为中国专利申请人。在前十的专利申请人中，申请主体类型均为中国高校及科研院所，一定程度上说明在碱性电解堆镍电极技术研发领域的主要技术

通过分析主要专利申请人的专利法律状态（专利法律状态分为有效、审中、失效），一定程度上能够反映主要专利申请人对专利权的维持重视程度和专利质量，一般情况下，有效专利数量越高，说明该专利申请人的专利质量相对较高，有效专利数量占比越高，说明该专利申请人对专利维持的重视程度越高。陕西科技大学在泡沫多孔镍布局的专利数量最多，且目前处于有效的专利有 15 件，且有效专利占比也较高，说明陕西科技大学的专利质量相对较高且比较注重专利权的维持。有效专利数量上看，除陕西科技大学外安徽师范大学和上海应用技术大学也维持了一定数量的专利有效性。

从技术研发方向及主要研究人员角度来看，陕西科技大学主要采用水/溶剂热法制备泡沫多孔镍电极及催化剂，其中专利 CN109277110A 公开了一种不规则球状钒掺杂  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{NF}$  析氧电催化剂，以泡沫镍为基底通过一步水热法将钒和镍硫化物负载到泡沫镍上。此外，陕西科技大学采用类似水热法制备了不同形状、结构的镍电极，例如鱼骨状（CN109225299A）、鱿鱼须状（CN110219014A）、山丘状（CN110699702A）、异质结构（CN111468140A），并且其掺杂剂以钒（CN112080761A）、锆（CN116121804A）、钼（CN116445968A）、硫化镍（CN111330598A）、磷化镍（CN114990624A）为主。另外一方面，相关技术发明人主要以冯亮亮、曹丽云、何丹阳为主。排名第三的安徽师范大学的主要研发重点在于纳米片阵列、纳米颗粒等纳米结构掺杂剂与泡沫镍掺杂制备电极材料

方向。例如，专利 CN110026208A 公开的一种异质结构的 NiFe-LDH@Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> 复合物阵列电催化剂，该发明主要采用两步溶剂热法制备，所得产物具有形貌均一、与泡沫镍基底结合紧密，结晶度高的优点，克服了传统生长纳米片结构导致的活性位点暴露不足的技术问题。从安徽师范大学申请的泡沫多孔镍电极相关专利来看，技术研发主要集中在纳米片、纳米管、纳米棒、纳米阵列与泡沫镍的掺杂，掺杂金属元素涉及铂（CN111822000A）、钴（CN117448873A）、铁（CN110479328A）、镍（CN116497395A）。从掺杂元素来看，二元、三元的掺杂成分也是其申请专利的重点方向，例如，掺杂钴钼组合（CN113818041A）、钴铁组合（CN113416973A）等。另外，在制备方法方面则是以水/溶剂热法为主进行相应的改进，例如采用水热结合退火工艺（CN117448873A）、一步溶剂热法（CN111822000A）、两步溶剂热法（CN110026208A）等方式。从研发人员来看，主要有房彩虹、吴正翠、黄建松等人。

综上所述，在泡沫多孔镍电极技术分支上重点申请人以国内高校为主，表现在以陕西科技大学、吉林大学为首的高校具有较强的技术创新优势以及技术研发核心竞争力。

### 2.6.3 重点申请人细分领域技术布局

通过对泡沫多孔镍电极技术分支重点申请人在镍基掺杂催化剂、镍电极制备工艺及其下级技术分支专利申请情况，对陕西科技大学、浙江大学、江苏大学、安徽师范大学、青岛科技大学、天津大学、浙江工业大学等的专利技术构成进行对比分析，为了解主要竞争对手在细分领域的技术布局情况。

表 2-1 泡沫多孔镍电极分支重点申请人在细分技术领域布局情况（单位：件）

| 类型      | 陕西科技大学     | 吉林大学 | 浙江大学 | 江苏大学 | 安徽师范大学 | 青岛科技大学 | 天津大学 | 浙江工业大学 | 上海应用技术大学 | 河北工业大学 |
|---------|------------|------|------|------|--------|--------|------|--------|----------|--------|
| 泡沫多孔镍电极 | 22         | 23   | 18   | 16   | 19     | 14     | 13   | 15     | 14       | 14     |
| 镍基掺杂催化剂 | 非金属(碳)基催化剂 | 2    | 2    | 1    | 0      | 1      | 2    | 1      | 1        | 0      |
|         | 贵金属基催化剂    | 2    | 0    | 1    | 1      | 3      | 0    | 2      | 2        | 0      |
|         | 过渡金属掺杂     | 4    | 2    | 2    | 2      | 1      | 0    | 3      | 2        | 5      |
|         | 过渡金属氮化物    | 0    | 0    | 1    | 1      | 0      | 3    | 1      | 0        | 0      |
|         | 过渡金属磷化物    | 1    | 6    | 5    | 2      | 1      | 4    | 1      | 1        | 2      |
|         | 过渡金属硫化物    | 10   | 10   | 9    | 9      | 8      | 4    | 7      | 6        | 5      |
|         | 过渡金属硒化物    | 1    | 0    | 1    | 0      | 2      | 0    | 0      | 0        | 0      |
|         | 过渡金属氧化物    | 5    | 5    | 4    | 5      | 4      | 6    | 3      | 3        | 2      |
| 镍电极制备工艺 | 电沉积        | 0    | 5    | 4    | 6      | 0      | 2    | 2      | 4        | 3      |
|         | 化学气相沉积     | 0    | 0    | 0    | 0      | 0      | 0    | 0      | 0        | 0      |
|         | 水/溶剂热法     | 18   | 17   | 9    | 8      | 17     | 9    | 6      | 8        | 10     |
|         | 微乳液法       | 1    | 0    | 0    | 0      | 1      | 0    | 1      | 0        | 0      |
|         | 其他制备工艺     | 3    | 1    | 5    | 2      | 1      | 3    | 4      | 3        | 1      |

目前在泡沫多孔镍电极领域相关专利布局以中国申请人为主,如图所示为泡沫多孔镍电极技术分支中相关专利在镍基掺杂催化剂和镍电极制备工艺技术分支中的专利技术布局情况。在镍基掺杂催化剂技术分支,排名前十的申请人均针对镍基掺杂过渡金属硫化物技术申请数量较多,其次针对过渡金属氧化物、过渡金属磷化物的掺杂各申请人也进行了相关专利的申请。

在泡沫多孔镍电极的制备工艺技术分支上,陕西科技大学、吉林大学、浙江大学等均主要以水/热溶剂法制备电极重点申请专利的技术方向。此外,有少量专利涉及电沉积和其他制备工艺技术。

#### 2.6.4 重点技术布局情况

本节以泡沫多孔镍电极类型相关专利为分析样本,将制备方法与镍电极掺杂催化剂类型整合进行分析。以制备工艺为纵轴,掺杂催化剂类型为横轴,可以分析出在泡沫多孔镍基类型领域不同种催化剂采取的制备工艺,旨在通过专利中公开的技术特征梳理出重点的泡沫多孔镍电极制备工艺以及负载的催化剂材料。

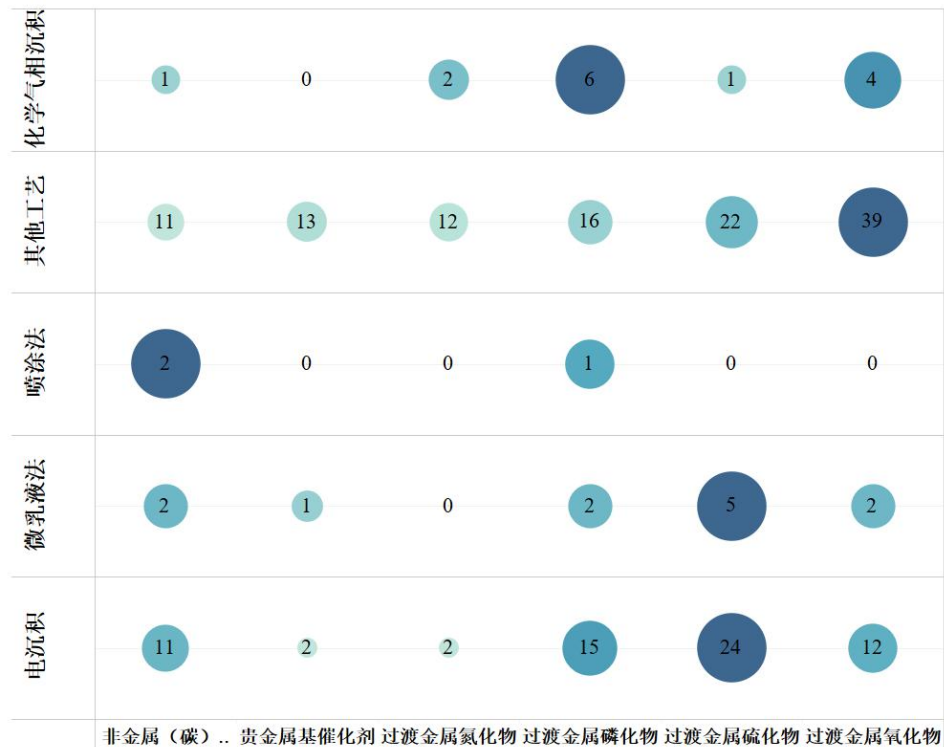


图 2-18 泡沫多孔镍电极技术分支下相关技术布局情况（单位：件）

如图所示为泡沫多孔镍电极相关专利中对制备工艺以及掺杂催化剂类型的技术保护情况。从图中可以看出，在泡沫多孔镍电极的制备过程中，非金属（碳）基催化剂的掺杂主要以电沉积、其他制备工艺为主，少量涉及微乳液法、喷涂法以及化学气相沉积法；贵金属基催化剂、过渡金属氮化物的掺杂以其他制备工艺为主要制备方法；过渡金属磷化物、过渡金属氧化物的掺杂除电沉积和其他工艺技术外，化学气相沉积法的制备也是主要专利布局方向；过渡金属硫化物的掺杂主要采用电沉积制备工艺，其他类型制备工艺在该催化剂类型掺杂过程中也占较高比重。此外，在上述涉及的其他制备工艺中主要包括烧结法、离子交换法、沉淀法、静电纺丝以及等离子刻蚀法等本领域相关制备工艺。

从制备工艺角度来看，化学气相沉积法多用于进行过渡金属磷化物与泡沫多孔镍电极的掺杂；喷涂法多应用于非金属（碳）基催化剂的掺杂；微乳液法和电沉积法在过渡金属硫化物掺杂方面占有较高比重，其次是过渡金属氧化物、过渡

金属磷化物和非金属（碳）基催化剂与泡沫多孔镍电极的掺杂。

## 2.6.5 重点技术发展态势

本节以泡沫多孔镍电极作为电极选取类型，从制备工艺、镍电极掺杂催化剂技术分支下的细分技术分支进行申请趋势的统计，获得如下技术发展态势图。从技术构成发展态势上能更直观的观察技术演变，为找到可能的技术研发热点提供参考。

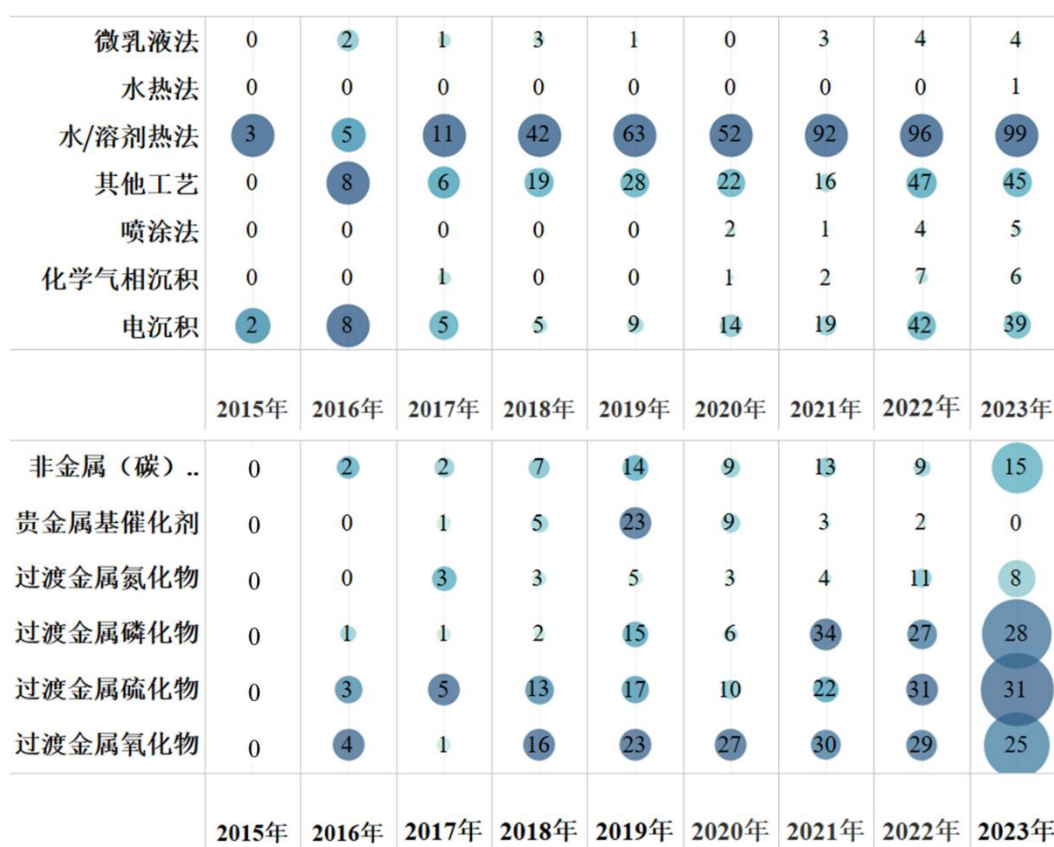


图 2-19 泡沫多孔镍电极技术分支下相关技术发展态势图（单位：件）

图 2-19 显示了泡沫多孔镍电极作为电极的制备工艺以及掺杂催化剂类型的技术发展态势图。从图中可以看出，水/溶剂热法的制备工艺在 2015 年以后表现出较为持续且数量较多的专利布局，其次为电沉积和其他制备工艺方面。由此可知，泡沫多孔镍电极的制备近十年各创新主体多选用水/溶剂热法的制备方法，少部

分选择电沉积等制备工艺。从催化剂掺杂技术方向来看,相关专利申请量随时间变化而增大,尤其在 2023 年相关专利布局数量增长显著,主要表现在过渡金属磷化物、过渡金属硫化物以及过渡金属氧化物三方面,其次是非金属(碳)基催化剂和过渡金属氮化物。另外,过渡金属硫化物以及过渡金属氧化物在 2019-2022 年内表现出相对持续的专利布局,虽数量较少,但仍能说明其具有一定的技术创新持久度。

## 2.7 主要国家专利风险预警

表 2-6 各技术分支风险预警(单位:件)

| 一级技术分支   | 二级技术分支     | 申请量  | 有效专利占比(%) | 高价值专利占比(%) |
|----------|------------|------|-----------|------------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构     | 840  | 47.26     | 3.45       |
|          | 镍基核壳结构     | 103  | 34.95     | 1.94       |
|          | 镍网层状结构     | 215  | 33.02     | 3.72       |
|          | 泡沫多孔镍基     | 1006 | 36.38     | 1.39       |
|          | 自支撑镍电极     | 265  | 34.72     | 4.53       |
| 制备工艺     | 电沉积        | 738  | 26.83     | 2.30       |
|          | 化学气相沉积     | 90   | 37.78     | 4.44       |
|          | 喷涂法        | 188  | 10.64     | 1.06       |
|          | 水/溶剂热法     | 1237 | 44.06     | 0.89       |
|          | 微乳液法       | 73   | 42.47     | 4.11       |
|          | 其他工艺       | 740  | 40.27     | 4.19       |
| 镍电极掺杂催化剂 | 过渡金属氧化物    | 419  | 41.05     | 5.01       |
|          | 过渡金属硫化物    | 374  | 32.35     | 3.21       |
|          | 过渡金属磷化物    | 369  | 41.19     | 2.98       |
|          | 过渡金属氮化物    | 253  | 41.11     | 2.77       |
|          | 贵金属基催化剂    | 402  | 36.57     | 3.98       |
|          | 非金属(碳)基催化剂 | 309  | 43.04     | 1.62       |

表 2-6 中，红色圈代表高申请量（专利量大于等于 1000 件），粉色圈代表中高申请量（专利量大于等于 1000 件，小于 500 件），灰色圈代表中低申请量（专利量大于等于 500 件，小于 200 件），黑色圈代表低申请量（专利量小于 200 件）；×代表高风险（有效专利占比大于等于 40%），！代表中风险（有效专利占比大于等于 30%，小于 40%），√代表低风险（有效专利占比小于 30%）；⊗代表高风险（高价值专利占比大于等于 0.3），⊖代表中风险（有效专利占比大于等于 0.15，小于 0.3），⊙代表低风险（有效专利占比小于 0.15）。

专利在各个国家和地区布局的授权量或有效量比较大，其专利壁垒就比较高，就越会加大国内企业，尤其是企业在海外国家布局的难度，并增加专利侵权的风险，阻碍吉林省核心技术产品在海外国家和地区的使用以及市场的发展。

从有效专利占比来看，镍电极类型方面纳米镍基结构专利有效专利占比为 47.26%；制备工艺方面水/溶剂热法以及微乳液法专利占比均大于 40%；掺杂催化剂方面过渡金属氧化物、过渡金属磷化物以及过渡金属氮化物有效专利均大于 40%，表明这些技术分支的专利申请质量和技术创新水平相对较高，具有一定的技术壁垒。除上述四个技术分支之外的其余技术分支，有效专利占比介于 30% 和 40%之间，专利保护力度及技术壁垒均处于中间状态。

从高价值专利占比来看，仅过渡金属氧化物催化剂相关技术的高价值专利占比达到 5%以上，表明该技术分支在知识产权领域相较其他技术分支拥有更多具有重要技术创新和商业价值的专利，在此技术分支的创新投入相比之下较大，后续可加强关注。其余技术分支高价值专利占比不足 5%，处于低风险状态。

综上所述，泡沫多孔镍电极、水/溶剂热专利申请量最大，纳米镍基结构、水/溶剂热法、微乳液法、过渡金属氧化物、过渡金属磷化物以及过渡金属氮化

物的有效专利占比最高，过渡金属氧化物掺杂的高价值专利占比最高，该八个技术分支是发明人需要重点关注的技术分支。

表 2-7 全球各国各技术分支专利布局（单位：件）

| 一级技术分支   | 二级技术分支     | EPO | WIPO | 德国 | 韩国 | 美国 | 日本 | 中国   |
|----------|------------|-----|------|----|----|----|----|------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构     | 34  | 20   | 4  | 45 | 6  | 14 | 695  |
|          | 镍基核壳结构     | 0   | 6    | 1  | 4  | 6  | 0  | 82   |
|          | 镍网层状结构     | 1   | 7    | 21 | 6  | 16 | 20 | 120  |
|          | 泡沫多孔镍基     | 10  | 14   | 19 | 16 | 23 | 22 | 836  |
|          | 自支撑镍电极     | 2   | 3    | 9  | 0  | 0  | 8  | 226  |
| 制备工艺     | 电沉积        | 33  | 19   | 15 | 31 | 34 | 63 | 415  |
|          | 化学气相沉积     | 0   | 3    | 3  | 6  | 8  | 4  | 54   |
|          | 喷涂法        | 1   | 1    | 7  | 4  | 25 | 51 | 63   |
|          | 水/溶剂热法     | 2   | 14   | 0  | 14 | 1  | 5  | 1172 |
|          | 微乳液法       | 0   | 3    | 0  | 0  | 0  | 0  | 68   |
|          | 制备工艺       | 4   | 21   | 8  | 23 | 13 | 94 | 512  |
| 镍电极掺杂催化剂 | 过渡金属氧化物    | 9   | 13   | 4  | 18 | 15 | 24 | 292  |
|          | 过渡金属硫化物    | 10  | 10   | 3  | 6  | 15 | 0  | 258  |
|          | 过渡金属磷化物    | 3   | 10   | 1  | 10 | 4  | 6  | 294  |
|          | 过渡金属氮化物    | 0   | 3    | 3  | 7  | 15 | 2  | 184  |
|          | 贵金属基催化剂    | 4   | 17   | 23 | 25 | 9  | 24 | 186  |
|          | 非金属（碳）基催化剂 | 2   | 4    | 0  | 11 | 9  | 0  | 268  |

表 2-7 中，红色代表高申请量（专利量大于等于 1000 件），粉色代表中高申请量（专利量大于等于 30 件，小于 1000 件），灰色代表中低申请量（专利量大于等于 10 件，小于 30 件），黑色代表低申请量（专利量小于 10 件）。

通过上表的分析可以看出，中国在各技术分支都表现出较高的专利技术布局，尤其在水/溶剂热制备工艺方面，申请量超 1000 件。日本在电沉积以及喷涂法技术分支具有一定技术壁垒，美国和韩国也在电沉积技术分支上表现出一定的技术壁垒，此外韩国在纳米镍基结构类型中表现出一定技术壁垒；其余方面风险等级不高。其余各国家各技术分支风险专利较少，均为低风险地区。

## 2.8 小结

本章综合分析了碱性电解堆镍电极技术的发展概况，从全球专利申请态势、

技术来源和技术流向、技术构成、专利类型和法律状态、专利地域风险预警等角度进行多维度分析,综合整体专利布局情况分析结果确定热点技术和活跃技术领域。

## 第 3 章 碱性电解堆镍电极技术发展情况

### 3.1 碱性电解堆镍电极技术路线发展

#### 3.1.1 热点技术专利布局情况

本节针对碱性电解堆镍电极相关专利技术保护及布局情况进行梳理,采用二维矩阵分析的方式,分别从镍电极类型与镍电极掺杂催化剂、镍电极类型与制备方法、镍电极掺杂催化剂与制备方法三个部分进行多维度专利技术布局阐述。旨在了解本领域专利布局密集的技术分支以及三个一级技术分支组合布局情况,侧面反应其相关技术研发热点。

表 3-1 热点技术布局策略(单位:件)



如图所示为从镍电极类型与镍电极掺杂催化剂、镍电极类型与制备方法、镍电极掺杂催化剂与制备方法三方面进行相关专利布局技术点次数统计。从镍电极类型与镍电极掺杂催化剂技术分布矩阵中可以看出, 纳米镍基结构类型镍电极中非金属(碳)基催化剂为掺杂催化剂的相关专利数量最多, 达 140 件。其次是贵金属基催化剂, 有 99 件相关专利中公开其用于纳米结构镍电极中。在泡沫多孔镍基类型中掺杂的催化剂选用过渡金属氧化物、过渡金属硫化物以及过渡金属磷化物的相关专利数量较多。

从镍电极类型与制备方法技术分布矩阵中可以看出, 纳米镍基结构镍电极和泡沫多孔镍电极以水/溶剂热制备工艺为主, 电沉积和其他工艺为辅。此外, 水/溶剂热法在镍基核壳结构电极材料以及镍网层状结构电极中应用也较为普遍。

从镍电极掺杂催化剂与制备方法技术分布矩阵中可以看出, 过渡金属氧化物催化剂的掺杂多采用水/溶剂热的方法制备, 其次是电沉积和其他相关制备工

艺；此外，过渡金属氧、硫、氮、磷化物的掺杂工艺多采用水/溶剂热的制备工艺，除此以外，过渡金属硫化物和磷化物采用电沉积工艺较多，过渡金属氮化物虽采用电沉积技术也占有一定比重，但在化学气相沉积法方面也进行了相当数量的技术布局。另外，贵金属基催化剂和非金属（碳）基催化剂的掺杂除水/溶剂热法工艺外，也多采用电沉积和其他工艺制备。从制备工艺维度来看，微乳液法多用于过渡金属氧化物和贵金属基催化剂的掺杂；喷涂法在贵金属基催化剂和非金属（碳）基催化剂方面技术布局较多；化学气相沉积则在过渡金属磷化物、过渡金属氮化物以及非金属（碳）基催化剂方面应用较多；电沉积在过渡金属氧化物和磷化物方面布局专利较多。

结合上述分析与具体专利技术布局情况，可以梳理出具体的技术改进主要从三个方面进行技术开发。首先，构造高比面积的电极结构，通过纳米技术和先进制备工艺，增加电解液与电极的接触面积，从而提升电解效率。其次，优化电极组成，采用合金化策略以及掺杂改性等方法，提升电极的活性和稳定性。此外，在电极表面引入保护层，降低电化学反应对电极结构的冲击，进一步延长电极寿命。最后，开发多孔镍钼钴析氢电极，通过优化其多孔结构和成分，可以显著降低电解水制氢的成本，提高能量转换效率。随着制备工艺的改进和政策的支持，多孔镍钼钴电极有望实现大规模生产，推动电解水制氢技术的商业化进程。

### 3.1.2 核心技术发展路径

本节从梳理碱性电解堆镍电极核心技术发展路径角度，旨在揭示各阶段下本领域镍电极技术发展情况，以及相应阶段的专利技术热点布局方向。为未来专利布局以及技术研发提供参考。



图 3-1 核心技术发展路径

如图所示，镍电极的技术研发起步较早，在 1957 年开始就有针对碱性电解堆镍电极相关专利申请，在 1957-2007 年属于本领域技术萌芽期，其相关专利主要涉及纯多孔镍电极用于电解槽电极板的技术研发，改进点从结构设计以及制备方法改进两个方面进行，其中结构设计方面采用在多孔镍电极两侧加背板的方式（US2928783A）或加粘合剂的方式制得电极板（GB785503A）。

在早期技术研发中指出活化的镍丝网材料具有比未进行表面处理的镍材料具有较高过电压，并且一定程度上提高了电解效率，故早期的镍电极生产过程中表面活化改性处理成为主要改进方向。据此，在制备工艺中主要以针对多孔镍表面进行加工处理的方式进行相应的技术改进，热喷涂（JPS5236582A）、电沉积（BE848458A2）制备工艺因其在其他技术领域起步较早而广泛应用于早期对多孔镍电极的制备。例如专利 FR1112967A、DE1139713B 则是在电解水领域对电极施加涂层的表面处理方法的研究。

在 2007-2015 年的技术研发初期，催化剂掺杂镍电极开始有相应专利布局，其中主要采用非金属（碳）基催化剂掺杂多孔镍电极技术，其中这一阶段的非金

属（碳）基催化剂掺杂成分主要以聚吡咯（CN102677091A）、十二烷基苯磺酸钠、甲苯磺酸（KR20140011841A）等有机成分为主。从后续的技术布局来看，近几年在非金属（碳）基催化剂方面多选用碳纳米管（CN106521496A）、石墨烯（CN105562005A）等碳基材料。

2015-2020 年属于技术发展的慢速阶段，基于这一阶段政府出台的多项相关政策为本领域技术研发提供政策支持，相关技术进入发展阶段。相关技术主要涉及泡沫镍基其催化剂掺杂技术，其中催化剂多采用铁、钛、钴、钼、钒等过渡金属，铂族等贵金属，金属硫、磷、氮化物，纳米合金、微米合金材料，以及包括石墨烯、碳纳米管为主的非金属（碳）基材料。

2020 年以后泡沫镍电极及其掺杂催化剂的改进则较多关注在电极或掺杂剂的特殊结构设计方面，其中包括异质结结构、二维介孔纳米阵列、弹性支撑体、海胆状、纤维束状、蘑菇形、花瓣状、纳米花球状、菊花状、框架结构和薄膜材料修饰。技术改进主要从提高电极亲水疏水性、二三元催化剂掺杂协同作用提高性能等方面。此外，NiFe LDH（镍铁层状双金属氢氧化物）（CN117512666A）也在这一阶段进行了大量的技术研发和专利布局。

### 3.1.3 活跃技术发展情况及优化建议

本节针对碱性电解堆镍电极近五年专利布局情况进行分析，旨在梳理近五年该领域各级技术分支发展路线，明确重点的专利布局及技术研发方向。

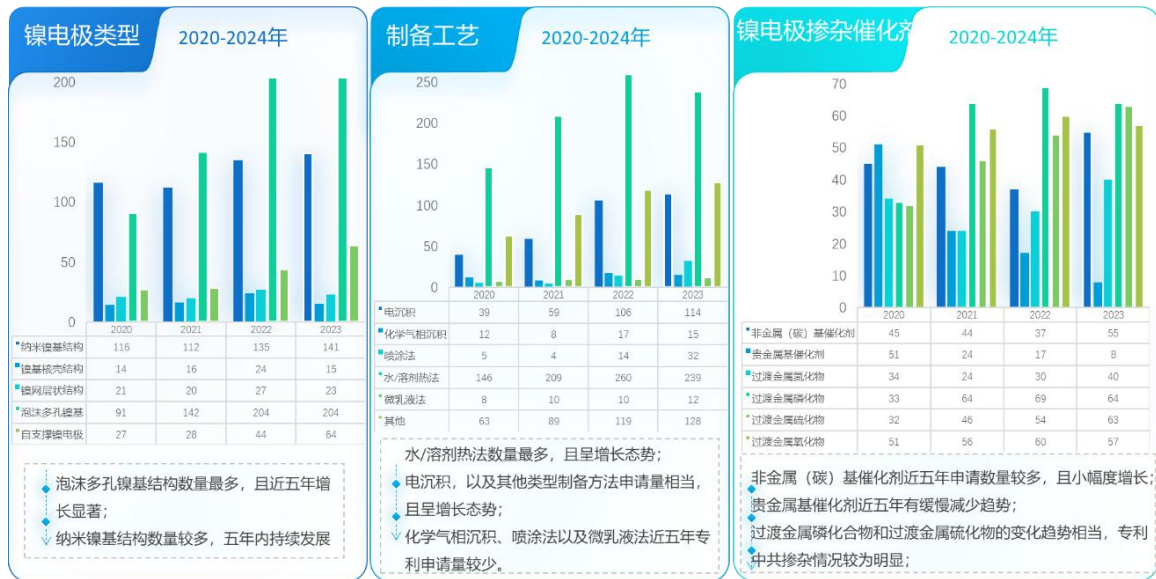


图 3-2 活跃技术申请趋势（单位：件）

如图为分别针对镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个技术分支下近五年布局专利情况进行统计梳理。

镍电极作为电解水制氢领域的关键组件，其类型的发展直接影响着电解效率和成本。在 2020-2024 年间，泡沫多孔镍基结构因其高比表面积和优异的电化学性能，成为了研究热点。从图表中可以看出，泡沫多孔镍基结构的专利申请数量在过去五年中显著增加，成为镍电极类型中数量最多的类别，且增长趋势显著。这一增长主要得益于其能够有效增加电解液与电极的接触面积，提高电解效率，并降低制氢成本。

制备工艺对于镍电极的性能和成本同样具有重要影响。从图表中可以看出，水/溶剂热法在镍电极制备工艺中占据了主导地位，且专利申请数量最多且呈增长态势。这主要得益于水/溶剂热法能够制备出具有优异性能的镍电极材料，并且该方法具有成本低、操作简单等优点。此外，化学气相沉积、喷涂法以及微乳液法等制备方法虽然专利申请量较少，但也展现出了一定的应用潜力。

掺杂催化剂是提升镍电极性能的重要手段之一。在镍电极掺杂催化剂方面，

非金属（碳）基催化剂因其优异的稳定性和催化性能受到了广泛关注。从图表中可以看出，非金属（碳）基催化剂的专利申请数量在近五年中有所增加，且呈现出小幅度增长的趋势。这主要得益于非金属（碳）基催化剂能够有效提升镍电极的催化活性和稳定性，从而提高电解效率。

以下分别针对镍电极类型、制备工艺以及镍基掺杂催化剂三个技术分支下近五年内重点技术研发方向、改进点以及产生的效果进行梳理。

### 3.1.3.1 镍电极类型方面



图 3-3 镍电极类型技术分支专利梳理

在镍电极类型技术分支上，近五年内泡沫多孔镍基结构相关专利数量最多，其次是纳米镍基结构，并且均表现出稳定增长趋势。在泡沫多孔镍基技术分支上，专利 CN111270263A 公开一种泡沫镍多功能的泡沫镍负载富硼、氧空位的  $\text{Co}_3\text{O}_4$  电极的制备方法，本发明采用硼化物作为催化剂，旨在解决粉末状硼化物的负载需要使用粘合剂，导致电极电阻增加，电荷转移速率较低，且粉末状催化剂易于脱落等问题。自支撑结构的多功能纳米催化剂对电解水具有重要意义。专利

CN111686764A 公开一种一种  $\text{Fe-Ni(OH)}_2/\text{Ni}_3\text{S}_2@\text{NF}$  异质结构, 本发明采用在泡沫镍基底上合成连续界面和层状边缘的异质结构  $\text{Fe-Ni(OH)}_2/\text{Ni}_3\text{S}_2$  的方式, 获得暴露更多活性面积、高活性位点、高效电子传输和传质通道的镍电极, 该种具有富集催化位点和非均相界面协同作用的集成电极具有较高的析氧反应活性。专利 CN112195440A 公开了一种泡沫镍/氮化镍复合材料, 本发明利用过渡金属镍与氮气有效相结合, 制备得到泡沫镍/氮化镍复合材料, 利用氮气提供氮元素原料来源丰富, 价格低廉, 大大的降低了制备成本。

在纳米镍基结构技术分支上, 主要技术突破方向可以从最小单位电极材料结构、混合其他纳米材料等方面进行研究。其中, 混合纳米材料相关专利 CN111215096A 中公开了一种负载四硫化二钴镍 ( $\text{NiCo}_2\text{S}_4$ ) 纳米片的石墨烯复合材料, 本发明提出二维纳米片结构可从催化剂形貌、微观结构方面提高活性位点数量、提高表面积、实现电子快速传输等。石墨烯等碳基材料不仅具有纳米材料的形貌优势还具有较高的导电性能, 与  $\text{NiCo}_2\text{S}_4$  联合作为催化剂使用可以达到协同效果。催化剂的最小结构设计相关专利 JP2021139027A 中公开了一种杂化氢氧化钴纳米片(Cons)和铁纳米片作催化剂的电极板, 本发明提出该材料值得的电极板具有更强的电化学稳定性, 可以使得电极板具有更长的使用寿命。

在镍网层状结构技术分支上, 主要技术突破方向可以从网层状结构设计、借助分子间作用力提高性能以及镍网表面改性等方面进行研究。其中, 专利 CN116083945A 中公开一种镍铁层状双金属氢氧化物的超薄片状堆叠结构, 该结构有助于暴露更多活性位点, 可以表现出较好的电催化析氧活性, 同时在吸附、催化、电化学储能等领域有潜在应用前景。专利 CN117468014A 中公开了一种涉及二硫化钼/镍层状薄膜催化剂, 采用范德华材料堆叠、拼接、分层、三维结

构的金属异质结构。通过异质结结构的电荷转移，改变催化剂表面析氢性能，大幅度提高二硫化钼催化性能和稳定性。专利 CN117661015A 公开了一种镍铈复合氧化物/镍网电极，其中镍铈复合氧化物层呈多孔球形颗粒结构，具有比商业的雷尼镍更大的比表面积，同时体现出较高的本征活性，为水分子提供了更多的活性位点，降低了化学反应活化能。另外，镍铈复合氧化物/镍网电极的超亲水性有利于电解液和电极表面接触，可达到加快动力学反应的特点。专利 CN117661008A 公开了一种羟基氧化镍/镍网析氧电极及其制备方法，该发明最终得到的羟基氧化镍/镍网析氧电极为多孔结构，具有较大的电化学活性面积，较好的气泡疏散能力，极大的提高了催化活性。深度重构羟基氧化镍/镍网析氧电极中活性组成为非晶态结构，具有优良的性能和较好的稳定性，可广泛作为碱性电解水电极材料，具有广阔的应用前景。

在镍基核壳结构技术分支上，主要技术突破方向可以从核壳结构、包覆层、核层材料以及核壳间相互作用等方面进行研究。其中，专利 CN117512665A 公开了一种钴掺杂的  $\text{NiS}@\text{MoS}_2$  催化剂及其制备方法和应用，核壳结构纳米棒中  $\text{MoS}_2$  的包覆作用与  $\text{NiS}$  产生大量异质结，有效提升了材料的析氧反应（OER）性能这种设计促进了异质结的形成，显著提升了 OER 性能，并在全水分解反应中展现出优异表现，为清洁能源领域的发展提供了有力支持。

综上所述，从镍电极类型技术分支申请的专利方向来看，主要涉及电极结构的改进，旨在通过不同的结构设计达到提高电极导电率、催化活性、水分解能力、延长电极使用寿命、防止催化剂易劣化的目的。

### 3.1.3.2 制备工艺方面



图 3-4 制备工艺技术分支专利梳理

在制备工艺技术分支上，近五年内水/溶剂热法布局专利数量最多，电沉积、及其他类型制备工艺专利数量呈增长态势。从制备工艺的专利布局情况来看，主要从精简工艺环节、实现可扩大生产的加工程序、环境友好以及提高电极及催化剂活性等方面进行技术研发和专利申请。

在电沉积技术分支上，主要技术突破方向可以工艺流程、不同沉积材料等方面进行研究。其中，专利 CN116905037A 公开了一种碱性电解水制氢电极及其制备方法和应用，本发明导电基体上通过阴极电化学沉积的方式制备尖锥结构和在尖锥结构上沉积含有金属磷化物的表面结构，制得的电极具有优异的催化活性，且大电流可长期稳定工作。专利 CN116590741A 公开了一种通过一步电沉积合成耐高温强碱的高效 NiO/Ni 析氢催化剂的方法，该方法在导电基体上制备出具有异质结构的金属氢氧化物，提高了催化剂催化活性，提高析氢反应动力学，不同形貌物质相互结合利于增加电极表面粗糙度，提高催化剂亲水舒气性，利于气泡释放。专利 WO2023143578A1 公开了一种多孔镍钴析氢电极及其制备方法，

该方法采用电极浸没于电解液进行电沉积的方式在合金表面形成多孔结构镍钼催化层，提高了电解的比表面积。

在水/溶剂热法技术分支上，专利 CN116288408A 公开了一种中空硒化铁镍多面体材料制备方法，本发明采用溶剂热反应将有机金属框架与镍制得中空氢氧化镍多面体材料，该方法通过电子调制以及构建有利的几何结构来提高合成材料的催化性能，铁离子掺入硒化镍晶格实现了平衡活性位对含氧中间体的吸附和解吸能力，显著提高催化性能，中空结构的设计实现高电化学活性位点露出，提高电催化性能。专利 CN114622241A 公开了一种含镍电催化材料制备方法，本发明采用水热法将原位生长于导电基底的含镍化合物纳米片做电解水析氢催化剂。专利 CN111822000A 公开了一种 Pt 纳米颗粒负载二氧化钼/氢氧化镍纳米片阵列结构材料制备方法，采用低温化学液相法，在导电泡沫镍基底上一步合成铂纳米颗粒。

在化学气相沉积技术分支上，专利 CN114959736A 公开了一种铁镍硒氧化物电极材料制备方法，本发明主要采用硒粉通过化学气相沉积法在铁镍泡沫上，经过机械加工制得具有三维多孔结构的自支撑结构，采用化学气相沉积法的制备具有较高电催化产氧和解水活性，且可进行放大生产。专利 CN114182292A 公开了一种铁钒共掺杂二硒化镍核壳纳米材料制备方法，该制备方法采用化学气相沉积法将硒蒸汽对基材进行硒化，获得核层共掺杂硒化镍材料，再用电化学法合成壳层。该方法制得的核壳材料极大提高导电性，原位生成的壳层有效保护核层电极。专利 US11802335B1 公开了一种 NiPd 纳米合金薄膜，本发明采用气溶胶辅助化学气相沉积法将 NiPd 纳米合金沉积在泡沫镍上作为电催化剂，制得的电极材料表现出较好的析氧活性，以及耐久性。

喷涂法相关专利 CN117265453A 中公开了一种碱性电解水制氢镍丝网电极及其制备方法，主要采用两次喷涂、两次活化制备工艺，制得具有高比表面积的镍丝网电极，其催化剂呈颗粒树状结构，该结构可显著提高电解水效率。专利 CN114540861A 公开了一种纳米针、纳米片状镍基喷涂电极材料，本发明采用喷涂纳米针或片状镍基材料进行电极制备，该方法工艺简单，可室温进行，高效非贵金属电催化剂制备方法。专利 CN116676629A 公开了一种大气等离子喷涂法制备电解水析氢电极方法，该方法通过在喷枪处形成高温等离子体，喷涂在镍网表面，其中对大气等离子喷涂中气体流速、喷涂功率、喷涂距离、喷射角等参数可提高分子间结合力、催化剂致密性、平整度。专利 CN117448731A 公开了一种核壳结构的高熵氧化物涂层制备方法，本发明采用大气等离子喷涂工艺制备核壳结构。

近五年在微乳液技术分支上的专利申请数量较少，且多应用于制备微球或纳米颗粒结构制备，专利 CN117144410A 采用多金属硫化物 MXene 胶体微乳液法与基体材料复合制备三维多孔高导电性电极材料。专利 CN115650320A 公开了一种纳米硫化镍的制备方法，该方法采用活性含硫镍组分微乳溶液，结合水热法制备具有电耗低、储氢性能强的纳米硫化镍电极材料。

综上所述，近五年在制备工艺方面的技术改进主要从精简工艺流程、实现产业化、多类型工艺协同实现特殊类型产品制备等方式进行，旨在从工艺改进角度提高镍催化电极活性位点、电极板稳定性、延长使用寿命、工艺过程环境友好等性能。

### 3.1.3.3 镍电极掺杂催化剂方面

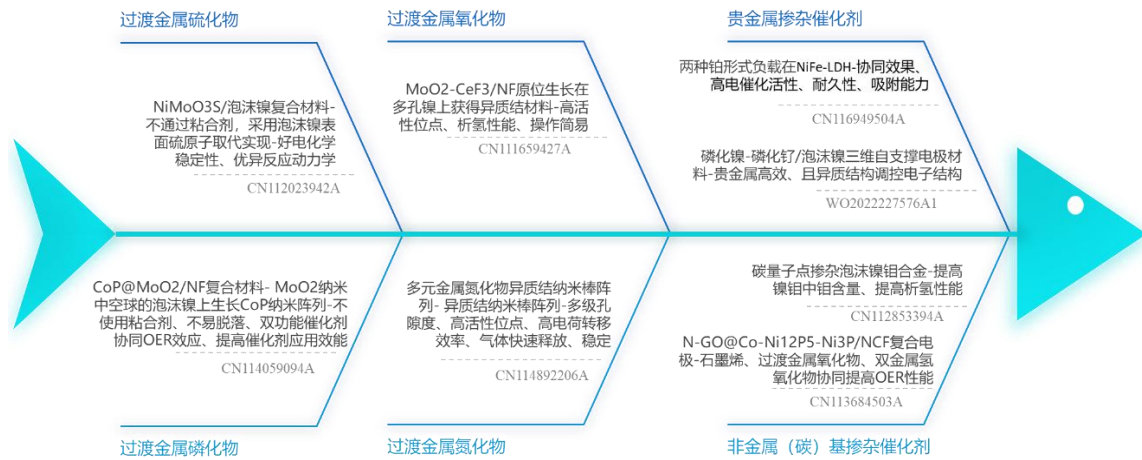


图 3-5 镍电极掺杂催化剂技术分支专利梳理

贵金属催化剂一直以来都是提高催化剂各方面性能较优选择,因资源价格等原因难以广泛使用,在贵金属用作镍电极催化剂方面的改进则主要倾向于协同其他金属材料、提高贵金属应用效率等方面。其中,专利 WO2022227576A1 中公开了一种磷化镍-磷化钨/泡沫镍三维自支撑电极材料,贵金属掺杂具有较强的电子传导性能,结合三维自支撑结构电极,提高活性位点的同时增大负载量,从而增强电子质子转移速度,磷化镍和磷化钨与泡沫镍间的相互作用可增强电催化稳定性。

在非金属(碳)基掺杂催化剂技术分支中,碳元素作为不引入其他杂质元素且较好的导电性而被广泛应用于镍电极催化剂领域,其中石墨烯、碳纳米管、碳量子点被广泛应用于本领域。例如,专利 CN113684503A 中公开的 N-GO@Co-Ni<sub>12</sub>P<sub>5</sub>-Ni<sub>3</sub>P/NCF 复合电极材料则是将石墨烯与过渡金属氧化物、双金属氢氧化物共同负载在泡沫镍上,协同作用下提高 OER 效率,从而达到全解水产氢的目的。

在过渡金属催化剂掺杂方面,因为过渡金属在快速电子传输性能、电催化性

能、电导率等特殊优势被在电极催化剂中研究广泛，相应的过渡金属氧化物、硫化物、氮化物以及磷化物等也因其具有不同优势成为电极催化剂主要技术改进点。例如，在专利 CN112023942A 中公开了一种  $\text{NiMoO}_3\text{S}$ /泡沫镍复合材料作为阳极催化剂，本发明提出制备的电催化剂具有较低的起始电势、优异的反应动力学行为以及电化学稳定性。专利 CN114059094A 中公开了一种  $\text{CoP@MoO}_2/\text{NF}$  复合材料，本发明制备的复合材料中  $\text{CoP}$  与天然导电材料  $\text{MoO}_2$  的结合形成了强大的协同化学和电子耦合，由此可以实现最大限度的发挥催化剂组分优势和功能。

综上所述，在镍电极掺杂催化剂技术分支上，近五年专利布局或技术研发主要关注在共掺杂多种催化剂协同作用等方面，从提高催化剂利用率、电荷传输效率、经济价值以及与镍电极间相互作用关系等方面出发进行技术改进。

### 3.2 重点专利解读

表 3-2 国内外高价值专利分布

| 技术分支         |            | 国外 | 中国 |
|--------------|------------|----|----|
| 镍电极类型        | 纳米镍基结构     | 23 | 8  |
|              | 镍基核壳结构     | 2  | 0  |
|              | 镍网层状结构     | 5  | 3  |
|              | 泡沫多孔镍基     | 19 | 5  |
|              | 自支撑镍电极     | 5  | 4  |
| 制备工艺         | 电沉积        | 18 | 9  |
|              | 化学气相沉积     | 2  | 0  |
|              | 喷涂法        | 1  | 1  |
|              | 水/溶剂热法     | 1  | 0  |
|              | 微乳液法       | 2  | 2  |
|              | 其他工艺       | 34 | 8  |
| 镍电极掺杂<br>催化剂 | 过渡金属氧化物    | 22 | 4  |
|              | 过渡金属硫化物    | 13 | 5  |
|              | 过渡金属磷化物    | 7  | 2  |
|              | 过渡金属氮化物    | 7  | 2  |
|              | 贵金属基催化剂    | 13 | 4  |
|              | 非金属（碳）基催化剂 | 3  | 3  |

根据“重点专利筛选原则”筛选出国内外高价值专利在各末级技术分支上的布局情况，在镍电极类型上涉及纳米镍基结构相关专利数量较多，其次是泡沫多孔镍基材料。另外，国外专利在纳米镍基结构、泡沫多孔镍基结构方面表现出较好的技术优势。在制备工艺方面，电沉积以及其他工艺方面专利数量较多，国内外发展程度来看，国外专利技术相对较多，尤其在其他工艺方面专利数量明显高于国内专利申请情况。上述的其他工艺中主要包括涂覆工艺、烧结法、离子交换法等工艺。在镍电极掺杂催化剂方面，过渡金属氧化物、过渡金属硫化物以及贵金属基催化剂相关专利数量较多，且国外表现出较好的技术创新实力，其中贵金属具有较好的导电、电化学活性等优势，过渡金属的各种氧化态具有电化学活性以及易于形成络合物的能力使其在催化剂领域具有较强的技术研发优势。

上述相关专利布局数量较多的技术分支一定程度上说明了其技术成熟度相对较高，具有技术突破创新的研发基础，可以考虑结合相近领域技术进行前瞻性的技术创新或专利布局。

此外，镍基核壳结构、镍网层状结构、自支撑镍电极类型相关专利数量相对较少，并且国内外表现出相当数量的专利布局；在制备工艺方面，化学气相沉积、喷涂法、水/溶剂热法以及微乳液法相关专利数量较少，结合上述分析，工艺相关专利与其相近领域技术研发起步较早有关，后续的技术研发可综合考虑，选择性的进行技术创新、规避技术发展壁垒，节约研发经费以及专利维持费用。

结合产业和技术发展，兼顾考虑重点专利筛选原则、考虑施引专利数量、同族国家数量、同族专利数量等多维度，筛选国内外的基础专利和核心专利。下文将针对国内外高价值专利进行重点筛选并解读，如下：

### 3.2.1 纳米基镍电极-US20180345266A1

公开号为 US20180345266A1 的美国同族施引数为 61 次，该专利涉及一种纳米基镍电极上用于改善氧释放反应（OER）催化剂的催化活性的方法，本发明提出制备过程中无须使用贵金属即可提高 OER 催化剂活性，且加工工艺简单，设备简易，主要采用将金属复合涂层暴露于还原剂中，以此来增加金属复合涂层中的氧空位密度。

表 3-3 纳米基镍电极专利解读一

|     |                                        |        |            |
|-----|----------------------------------------|--------|------------|
| 公开号 | US20180345266A1                        | 申请日    | 2016/11/30 |
| 申请人 | NEWSOUTH<br>INNOVATIONS PTY<br>LIMITED | 最早优先权日 | 2015/11/30 |

|        |                                                                                                                                                                                 |           |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|
| 法律状态   | 有效                                                                                                                                                                              | 诉讼信息      | -  |
| 标题     | 改善催化活性的方法                                                                                                                                                                       | 同族施引数     | 61 |
| 权利要求数量 | 33                                                                                                                                                                              | 优先权国别     | AU |
| 简单同族国别 | CN、DE、EP、JP、KR、US                                                                                                                                                               | 简单同族申请号个数 | 8  |
| 技术领域   | OER 催化剂                                                                                                                                                                         |           |    |
| 技术问题   | <p>通过用还原剂处理包含负载在基材上的催化性金属复合材料涂层的 OER 催化剂，改进金属复合材料涂层的催化活性，从而改进 OER 催化剂的催化活性。本发明的方法在不需要使用昂贵的贵金属的情况下改进了 OER 催化剂的催化活性，并且可通过廉价的处理技术和容易获得的设备实现。改进的 OER 催化剂可以继而用作具有相似改进品质的 OER 电极。</p> |           |    |
| 解决方案   | <p>一种用于改善包括具有催化金属复合涂层的基材的 OER 催化剂的催化活性的方法，该方法包括：使金属复合涂层暴露于还原剂，从而增加金属复合涂层中的氧空位密度。</p>                                                                                            |           |    |

### 3.2.2 泡沫多孔镍电极- CN109225274A

公开号为 CN109225274A 的中国专利同族施引次数为 59 次，本发明采用一步溶剂热反应制得 Fe 掺杂的 MoS<sub>2</sub> 纳米材料，从而实现 Fe-MoS<sub>2</sub> 在泡沫多孔镍上的负载。该发明提出一步法操作简单，易于获得目标产物，制备过程中无须引

入表面活性剂进行形貌调控，产物表面洁净易于清洗。

表 3-4 泡沫多孔镍电极专利解读一

|        |                                                                                                                             |           |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 公开号    | CN109225274A                                                                                                                | 申请日       | 2018/10/26 |
| 申请人    | 苏州大学                                                                                                                        | 最早优先权日    | 2018/10/26 |
| 法律状态   | 有效                                                                                                                          | 诉讼信息      | -          |
| 标题     | Fe 掺杂的 MoS <sub>2</sub> 纳米材料及其制备方法和应用                                                                                       | 同族施引数     | 59         |
| 权利要求数量 | 10                                                                                                                          | 优先权国别     | CN         |
| 简单同族国别 | CN、US、WO                                                                                                                    | 简单同族申请号个数 | 3          |
| 技术领域   | 电解水催化剂                                                                                                                      |           |            |
| 技术问题   | 提供一种 Fe 掺杂的 MoS <sub>2</sub> 纳米材料的制备方法，通过溶剂热反应一步即可得到目标产物，操作简单；在制备过程中无须引入表面活性剂进行形貌调控，产物表面洁净易清洗。                              |           |            |
| 解决方案   | 一种 Fe 掺杂的 MoS <sub>2</sub> 纳米材料的制备方法，包括以下步骤：将三价 Fe 盐与四硫代钼酸铵溶于 DMF 中，于 180-200℃ 下反应 6-24h，得到所述 Fe 掺杂的 MoS <sub>2</sub> 纳米材料。 |           |            |

### 3.2.3 电沉积制备工艺- CN110833840A

公开号为 CN110833840A 的中国专利同族施引数为 16 次，旨在从相近领域

技术中电沉积镍、铜等前体材料电解过程水分子在材料表面给电解过程带来不利影响，由此需要出于多种目的加入添加剂的角度出发，带来的技术路径复杂的问题。本发明采用在一步电沉积法制备电催化剂，并且提供了除去水汽的方法。

表 3-5 电沉积制备工艺专利解读一

|        |                                                                                      |           |            |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 公开号    | CN110833840A                                                                         | 申请日       | 2018/11/14 |
| 申请人    | 现代自动车株式会社                                                                            | 最早优先权日    | 2018/08/16 |
| 法律状态   | 实质审查                                                                                 | 诉讼信息      | -          |
| 标题     | 通过单步电沉积生产电催化剂的方法以及由此所生产的电催化剂                                                         | 同族施引数     | 16         |
| 权利要求数量 | 21                                                                                   | 优先权国别     | CN         |
| 简单同族国别 | CN、KR、US                                                                             | 简单同族申请号个数 | 3          |
| 技术领域   | 电沉积法生产电催化剂方法                                                                         |           |            |
| 技术问题   | 本发明可以提供生产电催化剂的简化方法并且减少了电沉积中使用的添加剂。另外，还提供生产电催化剂以除去水汽的方法。                              |           |            |
| 解决方案   | 一种生产电催化剂的方法，包括：在基底上形成金属层；处理所述金属层的表面；和通过向包含镍前体、铜前体、磷前体和添加剂的沉积水溶液施加电势从而在经表面处理的所述金属层上形成 |           |            |

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | 催化剂层，其中所述镍前体与所述铜前体的摩尔比大于 49:1。 |
|--|--------------------------------|

### 3.2.4 过渡金属氧化物催化剂掺杂- US20140213441A1

公开号为 US20140213441A1 的美国专利同族施引次数为 32 次，旨在提供一种非晶态合金在电催化材料中的应用，并指出本发明的非晶态合金相较晶体材料具有更高的催化活性和选择性，其中非晶态合金主要为过渡金属氧化物。

表 3-6 过渡金属氧化物催化剂掺杂专利解读一

|        |                                                                     |           |            |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 公开号    | US20140213441A1                                                     | 申请日       | 2012/09/04 |
| 申请人    | 现代自动车株式会社                                                           | 最早优先权日    | 2011/09/01 |
| 法律状态   | 实质审查                                                                | 诉讼信息      | -          |
| 标题     | 电解材料及其制造方法                                                          | 同族施引数     | 32         |
| 权利要求数量 | 15                                                                  | 优先权国别     | CN         |
| 简单同族国别 | CN、CA、EP、IN、US、WO                                                   | 简单同族申请号个数 | 7          |
| 技术领域   | 电催化材料                                                               |           |            |
| 技术问题   | 提供了一种电催化材料及形成电催化剂的方法，包含非晶态金属或混合的金属氧化物。本发明旨在通过对电催化剂材料的掺杂或改进提高能量转换效率。 |           |            |
| 解决方案   | 一种包含非晶态金属氧化物膜的电催化材料及其制备方法，该方法涉及非晶态金属氧化物膜，该非晶态金属氧化物膜的制备              |           |            |

|  |                                                                                                           |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>包括以下步骤：提供基底；用金属有机前体溶液涂覆所述基材；将金属有机前体转化为零氧化态金属；将零氧化态材料氧化为金属氧化物以形成非晶态金属氧化物膜，其中，金属有机前驱体溶液包括选自铁前驱体的前驱体。</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3.3 专利壁垒分析

专利壁垒是知识产权保护的一种形式，但同时也是一种市场竞争策略。它主要依赖于技术垄断优势，通过申请和拥有专利，从而在某些技术领域建立起排他性的竞争优势。这种策略可以有效地阻止其他竞争者进入市场，或者迫使他们支付高额的专利使用费，从而在市场竞争中占据有利地位。

表 3-6 碱性电解堆镍电极国内专利壁垒分布情况

| 一级技术分支   | 二级技术分支     | 有效发明 | 有效实用新型 |
|----------|------------|------|--------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构     | 340  | 0      |
|          | 镍基核壳结构     | 35   | 0      |
|          | 镍网层状结构     | 50   | 7      |
|          | 泡沫多孔镍基     | 344  | 3      |
|          | 自支撑镍电极     | 82   | 0      |
| 制备工艺     | 电沉积        | 157  | 0      |
|          | 化学气相沉积     | 26   | 0      |
|          | 喷涂法        | 14   | 1      |
|          | 水/溶剂热法     | 534  | 0      |
|          | 微乳液法       | 29   | 0      |
|          | 其他工艺       | 225  | 0      |
| 镍电极掺杂催化剂 | 非金属（碳）基催化剂 | 126  | 0      |
|          | 贵金属基催化剂    | 112  | 0      |
|          | 过渡金属氮化物    | 87   | 0      |
|          | 过渡金属磷化物    | 133  | 0      |
|          | 过渡金属硫化物    | 108  | 0      |
|          | 过渡金属氧化物    | 147  | 0      |

在碱性电解堆镍电极产业在部分技术分支表现出较高的专利技术壁垒，吉林大学在进行技术创新时要充分注意这些专利壁垒的存在，提早发现壁垒，做出相应应对策略可以将未来风险降到最低，不及时发现风险将可能导致资金投入出现浪费、人力物力资源浪费，且延误研发创新进度，导致相关产品上市造成侵权风险。

在碱性电解堆镍电极产业各技术分国内专利壁垒分布情况来看，镍电极类型

方面纳米镍基结构和泡沫多孔镍基结构相关专利较多，技术壁垒较多；制备工艺方面水/溶剂热法技术壁垒较多；镍电极掺杂催化剂方面过渡金属氧化物的相关专利较多，技术壁垒较多，具有一定的侵权风险。

其中，纳米镍基结构技术分支吉林大学申请的专利数量较多，具有一定的技术布局优势，北京化工大学、华南理工大学和天津大学的专利壁垒较多；吉林大学在泡沫多孔镍基结构类型申请专利数据最多，其次是安徽师范大学、陕西科技大学对其构成一定专利壁垒；水/溶剂热制备工艺技术分支上，陕西科技大学、武汉工程大学的专利壁垒较多，电沉积制备工艺技术分支上江苏科技大学的专利壁垒较多；过渡金属氧化物掺杂方面，北京化工大学、安徽工业大学的专利壁垒较多。

此外，从热点、核心技术分支存在的专利壁垒角度来看，纳米镍基结构类型镍电极的制备技术，尤其是在水/溶剂热法、电沉积等制备工艺中，已经形成了较为成熟的专利技术保护体系。相关专利不仅涵盖了制备方法，还涉及到电极结构的优化和性能的提升。另外，在过渡金属氧化物、硫化物、氮化物和磷化物等掺杂催化剂，也形成了相应的专利保护。

镍电极及其掺杂催化剂的专利壁垒主要集中在纳米技术与先进制备工艺、电极组成与掺杂改性、电极表面保护层、多孔镍钼钴电极等方面。为了突破这些壁垒，需要加大研发力度，创新技术手段，同时关注市场动态和政策走向，制定合理的专利战略。

### 3.4 专利风险分析

专利风险分析是对与专利相关的潜在风险进行识别、评估和管理的过程。这

个过程旨在帮助企业或个人了解在技术创新、产品研发、市场推广等各个阶段可能遇到的与专利有关的法律问题、经济风险和竞争压力，并制定相应的策略来应对和规避这些风险。

### 1. 技术领域竞争激烈

由于纳米镍基结构类型镍电极的制备技术已成为研究热点，且水/溶剂热法、电沉积等工艺已形成较为成熟的专利体系，因此在这一技术领域内竞争尤为激烈。企业需要关注并规避已有专利，同时加大研发力度，形成自身独特的技术优势。

在电极组成与掺杂改性方面同样竞争激烈，尤其是非金属（碳）基催化剂和贵金属基催化剂在纳米镍基结构中的应用，已经获得了大量的专利保护。本领域申请人需要谨慎选择掺杂元素和改性方法，避免侵犯他人专利权。

### 2. 专利布局广泛

制备工艺方面主要以水/溶剂热法、电沉积、微乳液法、喷涂法、化学气相沉积等多种制备工艺在镍电极及其掺杂催化剂的制备中均有应用，且形成了相应的专利保护。本领域申请人需要全面了解各种制备工艺的特点和专利布局情况，选择最适合自身需求的工艺进行研发。在电极表面保护层的专利布局相对较少，但本领域申请人仍需关注该领域的专利动态，以避免在后续研发中侵犯他人专利权。

### 3. 潜在侵权风险

镍电极及其掺杂催化剂的研发涉及多个技术领域，如材料科学、电化学、纳米技术等。技术交叉与集成可能增加侵权风险，本领域申请人需要密切关注各技术领域内的专利动态，确保自身研发不侵犯他人专利权。随着新能源和环保政策的推进，以及市场对高效、低成本电解水制氢技术的需求增加，镍电极及其掺杂

催化剂领域将迎来更多的发展机遇。然而,这也可能吸引更多的企业进入该领域,从而增加专利侵权的风险。本领域申请人需要加强专利布局 and 维权意识,保护自身技术成果。

#### 4. 应对策略

在研发过程中,企业需要加强专利检索与分析工作,全面了解已有专利的布局情况和保护范围,避免侵犯他人专利权。通过加大研发投入,形成自身独特的技术优势,提高专利质量,增强竞争力。加强与其他企业和研究机构的合作与交流,共同推动镍电极及其掺杂催化剂领域的技术进步和产业发展。建立完善的专利管理制度,加强专利的申请、保护、维权和管理工作,确保企业技术成果得到有效保护。

### 3.5 风险规避设计建议

风险规避设计是一种风险应对策略,旨在通过计划的变更来消除风险或风险发生的条件,从而保护目标免受风险的影响。具体的在碱性电解对镍电极技术领域的专利风险规避设计主要可以从以下几个方面考虑:

#### 1. 深度市场和技术调研

在进行新的镍电极研发之前,进行全面的市场和技术调研,了解当前泡沫多孔镍基结构、制备工艺以及掺杂催化剂的最新发展动态和专利布局。分析竞争对手的专利布局和技术路线,避免直接侵犯其专利权。

#### 2. 创新研发策略

在水/溶剂热法主导的制备工艺中,探索新的工艺优化方法或结合其他制备工艺,如化学气相沉积、喷涂法等,形成具有自身特色的制备工艺,以增加专利

的新颖性和创造性。在非金属（碳）基催化剂的基础上，探索新型掺杂元素或复合催化剂，提高镍电极的催化活性和稳定性，同时降低制氢成本。

### 3. 提前布局专利

在研发过程中，及时申请与研发成果相关的专利，形成自身的专利保护网。预测未来技术发展趋势，提前布局相关专利，以防范潜在的竞争对手。

### 4. 寻求国际合作与交叉许可

与国内外的研究机构和企业建立合作关系，共同研发新技术，共享知识产权。在遇到潜在专利侵权风险时，积极寻求交叉许可或合作，降低风险。

### 5. 加强专利风险管理

建立完善的专利风险管理制度，对研发过程中的专利风险进行识别、评估和控制。定期对专利进行检索和分析，及时了解最新的专利动态，调整研发策略。

### 6. 培养专利意识

加强研发人员的专利意识培养，使其在研发过程中注重专利的保护和规避。对新入职的员工进行专利培训，确保整个团队都具有高度的专利风险意识。

## 3.6 小结

本章综合分析了碱性电解堆镍电极技术的发展概况。针对热点技术领域和活跃技术领域分别从技术发展路径、技术功效矩阵、技术发展风险以及发展方向进行详细阐述；

根据重点专利筛选原则筛选国内外重点专利，并对重点技术分支重点专利进行详细解读；

最后针对热点技术、核心技术以及技术活跃情况给出专利壁垒、风险分析、

风险规避设计建议。

## 第 4 章 碱性电解堆镍电极竞争格局分析

### 4.1 碱性电解堆镍电极技术创新主体分布

#### 4.1.1 创新主体宏观分布

为了解碱性电解堆用镍电极技术的主要申请人情况,对全球和中国重点申请人的专利申请情况进行统计分析:

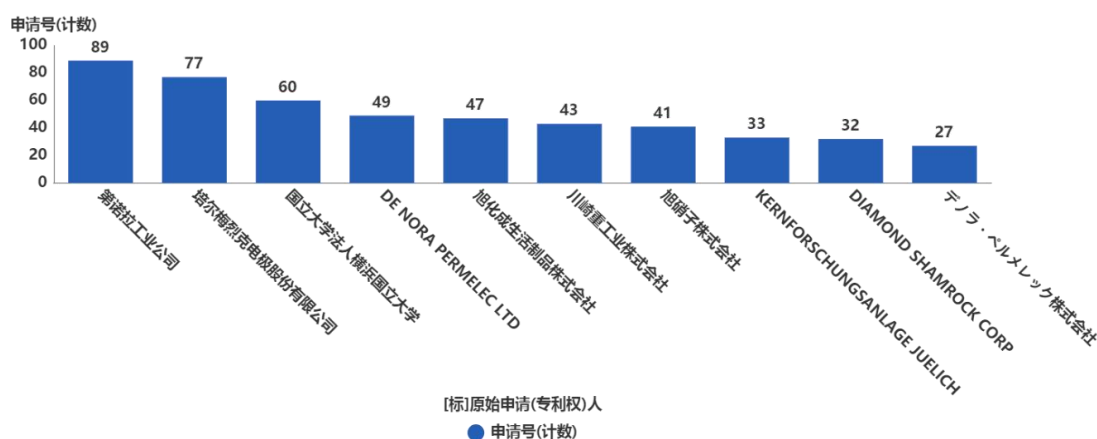


图 3-1 国外创新主体专利申请量排名情况

图 3-1 为全球范围内,在碱性电解堆用镍电极技术方向,识别申请量排名前十的主要申请人,申请人大多是日本的企业及高校,在排名靠前的申请人中占据绝对优势地位,包括第诺拉工业公司、培尔梅烈克电极股份有限公司、国立大学法人横滨国立大学、DE NORA PERMELEC LTD、旭化成生活制品株式会社、川崎重工业株式会社、旭硝子株式会社、KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH、DIAMOND SHAMROCK CORP、贝尔梅莱克株式会社。其中第诺拉工业公司以 89 件的申请量,与申请量 60 件以上的培尔梅烈克电极股份有限公司、国立大学法人横滨国立大学处在申请量第一梯队。DE NORA PERMELEC LTD、旭化成生活制品株式会社、川崎重工业株式会社、旭硝子株式会社,申请量均在 40 余件,位居第二梯队。KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH、DIAMOND

SHAMROCK CORP、贝尔梅莱克株式会社，申请量在 30 件左右，位居第三梯队。

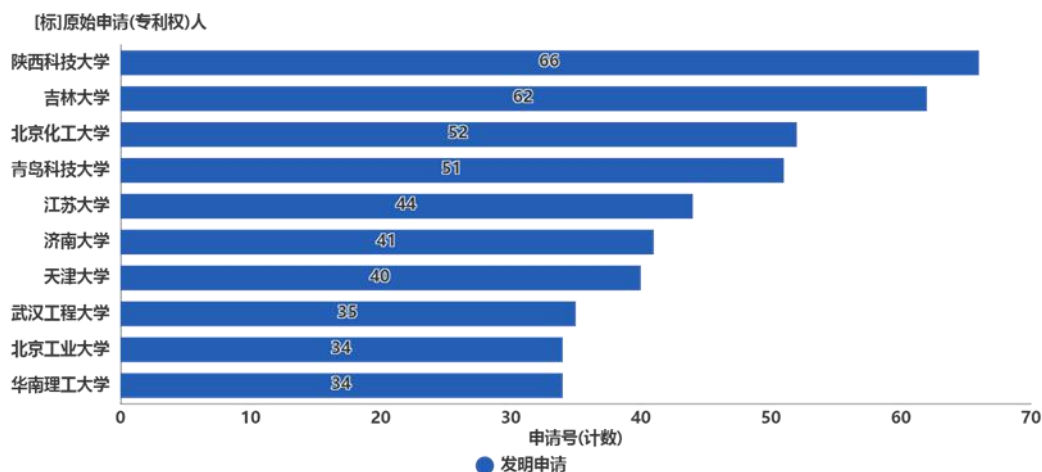


图 3-2 中国创新主体专利申请量排名情况

图 3-2 为中国范围内，在碱性电解堆用镍电极技术方向，申请量排名前十的主要申请人，包括陕西科技大学、吉林大学、北京化工大学、青岛科技大学、江苏大学、济南大学、天津大学、武汉工程大学、北京工业大学、华南理工大学，申请量排名靠前的基本是国内的各大高校。其中陕西科技大学以 66 件的申请量，与申请量 60 件以上的吉林大学处在申请量第一梯队。北京化工大学、青岛科技大学，申请量在 50 件以上，位居第二梯队。江苏大学、济南大学、天津大学，申请量均在 40 件以上，位居第三梯队。武汉工程大学、北京工业大学、华南理工大学，申请量在 30-40 件，位居第四梯队。

#### 4.1.2 主要创新主体分析

通过对全球范围和中国范围内的主要申请人进行统计，选择申请量排名靠前的第一&第二梯队申请主体进行分析：

全球范围内主要创新主体：

(1) 第诺拉工业公司

排名第一位的第诺拉（迪诺拉、DE NORA）公司，意大利企业，致力于开发独特的解决方案，以实现向脱碳的能源转型，实现氢经济，是全球领先的电化应用高性能电极制造商，是全球最大的不溶性电极制造商，在本技术领域技术领先，有着丰富的电化工艺知识以及专有电极。

在镍电极类型上，该公司主要的布局技术分支方向为纳米镍基结构、镍网层状结构和泡沫多孔镍基，但各技术分支涉及到的专利数量都较少。

在镍电极制备工艺上，涉及到的专利数量相对较多，为该公司重点布局的技术分支，如涉及电沉积技术分支的，2021 年申请的专利 US20230151503A1，用于制备电极的金属基底的处理方法，方法是：(a)将金属基材和至少一个对电极浸入选自盐酸、硝酸、硼酸或重量浓度为 10-40% 的硫酸；(b)对金属基材施加 0.1 至 30 A/dm<sup>2</sup> 的阳极电流密度，时间为 0.5 至 120 分钟。一种用于电化过程中气体逸出的电极，由经过相应处理的基材获得。如涉及水/溶剂热法技术分支的，2011 年申请的专利 PL2539490T3，用于电化过程的电极及其生产方法，通过热分解由钨的硝酸盐和任选地稀土的乙酸的乙酸溶液组成的前体，获得适合在电化过程中用作析氢阴极的电极。该电极显示出低的阴极氢释放过电势，对电流反转现象的改善的耐受性以及工业操作条件下的持续时间长。

在掺杂催化剂上，各技术分支都有所涉及，布局方向丰满，主要数量集中在贵金属基催化剂上，为重点发展的催化剂类型。如 2010 年申请的专利 MX2011011465A，电化过程中的阴极，该阴极由具有基于贵金属的活化作用的金属基底和两个保护层组成，一个保护层介于该活化剂和基底之间，以及一个外部层，该外部层包含可沉积的合金。电化选自镍，钴和铁的金属与选自磷和硼的非金属，并可选地添加选自钨和 rh 的过渡元素。

## （2）培尔梅烈克电极股份有限公司

排名第二位的培尔梅烈克电极股份有限公司，日本企业，主要研究领域涉及氯演化阳极、氧演化阳极、活性阴极、用于燃料电池的电极等。

在镍电极类型上，该公司主要布局的技术分支方向纳米镍基结构、镍网层状结构和自支撑镍电极，专利数量均相对较少。

在镍电极制备工艺上，该公司布局的专利数量最多，其中数量较多的技术分支为喷涂法。如，2000 年申请的专利 DE10007448A1，活化电极及其制造方法，其包括导电基底，在导电基底的表面上形成的包含氧化镍的中间层，以及包含选自镧金属的氧化物和氢氧化物中的至少一种镧组分的催化剂层，形成在中间层上的选自铂金属和银及其氧化物和氢氧化物的至少一种铂组分。

在掺杂催化剂上，该公司仅在贵金属基催化剂以及过渡金属氧化物技术分支上有少量专利布局，掺杂催化剂类型并非为其重点关注的技术方向。

## （3）国立大学法人横滨国立大学

排名第三位的横滨国立大学(英文:Yokohama National University;日文平假名:よこはまこくりつだいがく)，简称横滨国大、横国、YNU，是一所本部位位于日本神奈川县横滨市保土谷区的综合性国立大学，是日本唯一一所冠有"国立"二字的国立大学，首都圈四大难关国立大学"筑横千首"之一，享有极高的教学和社会声誉。

该专利申请主体的申请量相较前两位有所下降，主要涉及到的技术分支包括，镍电极类型：纳米镍基结构、泡沫多孔镍基。掺杂催化剂类型：过渡金属氧化物。如，2020 年申请的专利 EP3940117A1，碱性水电解法及碱性水电解阳极，本发明的目的在于提供一种电解技术，即使在再生能源等输出变动大的电力的情况下，

电解性能也不易劣化，并且能够长期稳定地保持优异的催化活性。，用作电源，该目的通过碱性水电解法实现，其中通过分散含有混合氢氧化钴纳米片(Co-NS)的催化剂获得电解液，该混合氢氧化钴纳米片(Co-NS)是金属氢氧化物和有机向构成电解槽的阳极室和阴极室供给物质，各室共用电解液进行电解，碱性水电解阳极。

中国范围内主要创新主体：

#### (1) 陕西科技大学

排名第一的陕西科技大学在各技术分支上的布局情况较为均衡，专利数量也相对最多。在镍电极类型上纳米镍基结构、镍基核壳结构、镍网层状结构、泡沫多孔镍基和自支撑镍电极均有专利分布。其中涉及泡沫多孔镍基的专利数量最多，如，2022 年申请的专利 CN115976567A，一种铬硫双掺杂镍铁层状双氢氧化物/泡沫镍催化剂及制备方法和应用，极大地缩短了催化剂的合成时间，降低了电解水所需要的外加电势，提高了电解水制备高纯氢气的效率。

在镍电极制备工艺上，水/溶剂热法、微乳液法以及化学气相沉积分支上有专利分布，其中化学气相沉积分支上仅有一件专利分布，大部分专利分布在水/溶剂热法技术分支上，为重点技术分支。如，2020 年申请的专利 CN112391646A，一种溶剂热法制备的  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> 电极及方法和应用，本发明的方法采用的溶剂法，以泡沫镍片为基底，以氯化钒和尿素的乙醇溶液为钒源，以十六烷基三甲基溴化铵为形貌调控剂，使 Ni(OH)<sub>2</sub> 垂直排列在泡沫镍片基，暴露出高密度、大表面积的催化位点活性，加快了电子转移速率，有利于提高其电催化性能，且泡沫镍片基不仅仅有利于电子的传输，镍来自原位，生成的 Ni(OH)<sub>2</sub> 与泡沫镍紧密相连，结构更稳定，制备的  $\beta$ -Ni(OH)<sub>2</sub> 电极具有优异的电催化性能，应用于碱性条件下

的电解水催化反应中，提高了电解水的电催化产氢产氧性能。

在掺杂催化剂上，过渡金属氧化物，非金属（碳）基催化剂涉及到的专利数量较多，在其他掺杂催化剂类型上也均有专利布局，但数量相对较少。如 2018 年申请的专利 CN109161920A，一种泡沫铜自支撑镍锌双金属氢氧化物催化剂的制备方法，采用的一步水热反应直接合成最终产物，具有温和的合成温度，路径简单，易于操作，且所用原料都是廉价易得的，产物后处理简单，对环境友好，适合大规模生产有望推广到实际生产中；该方法制备的网状结构的 NiZn-LDH 生长在泡沫铜基底上，形成了网状结构的链接而成的网状结构，产品形貌完整，纳米网状结构比表面积非常大，能提供很多反应场所，负载量多，加快了电子传输，对于实现双功能电解水有非常重要的意义。如 2022 年申请的专利 CN115074771A，一种氮掺杂碳纳米管包覆  $\text{Ni}_3\text{ZnCo}_{0.7}/\text{Ni}$  异质纳米粒子电催化剂及其制备方法，制备方法包括以下步骤：取  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Zn}(\text{OAc})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  和二聚氰胺研磨得到混合粉末；将混合粉末转至瓷舟，置于管式炉在惰性气氛下，经高温碳化还原，冷却至室温后研磨得到基础电催化剂；将基础电催化剂经碱性溶液处理后，用乙醇和水交替清洗至中性，真空干燥得到电催化剂。本申请一种氮掺杂碳纳米管包覆  $\text{Ni}_3\text{ZnCo}_{0.7}/\text{Ni}$  异质纳米粒子电催化剂具有低成本、高活性、高稳定性的优点，其制备方法工艺简单，无需前驱体的制备便能成功合成，可行性强。

## （2）吉林大学

排名第二的吉林大学在镍电极类型的各个技术分支上基本均有专利布局，但主要集中在泡沫多孔镍基和纳米镍基结构上，为重点的技术分支。如 2021 年申请的专利 CN113862726A，一种钼硒双元素掺杂的多孔片层状磷化镍材料的制备方法及应用，本发明实现了通过物理吸附和氮气氛围下的硒化和磷化，合成了一

种多孔状的片层结构的催化剂，其具备高的导电性和高的比表面积，掺杂多种元素调控了镍的电子结构和价态，使其电催化析氢性能有了明显的提升。在碱性电解液中，电流密度  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  过电位仅  $43\text{mV}$ 。其多孔状结构利于氢气的脱附，并且多孔结构暴露的更多的比表面积给催化反应提供了更多的活性位点，其泡沫镍作为支撑催化剂的骨架增强了其导电性和稳定性，使催化剂具有良好的稳定性。如 2021 年申请的专利 CN114164451A，一种磷化物异质纳米片及其制备方法，本发明主要利用浸泡吸附作用，吸附的金属离子在热处理过程中通过底层晶格应力调控作用形成  $\text{Ni}_2\text{P}/\text{Co}_2\text{P}$  异质纳米片。在初步水热合成氢氧化镍纳米片后，在配置好的富含 Co 离子的浸泡液中静置吸附，通过管式炉热处理的方法，在控制浸泡液浓度和时间的同时，控制热处理温度及时间，成功合成富含应力的  $\text{Ni}_2\text{P}/\text{Co}_2\text{P}$  异质多级纳米片。同时，在碱性条件下对于材料的分解水性能进行了测试。本发明成功合成的富含应力的异质纳米片对于晶格间距有很大的调节作用，并通过增大催化剂活性面积和优化对于水分子的吸附能，提高电解水的催化活性。

在镍电极制备工艺上，重点布局的技术分支方向为水/溶剂热法，其他技术分支虽然均有专利分布，但数量很少，在制备工艺上的布局专利集中在水/溶剂热法上。如 2023 年申请的专利 CN117488336A，三元金属磷化物电解水催化剂复合材料的制备方法，提供一种三元金属磷化物电解水催化剂复合材料的制备方法，解决了现有电解水贵金属催化剂成本高以及过渡金属催化剂的催化活性和稳定性无法满足实际需求的问题。本发明制备的复合材料的催化活性高、稳定性好，且制备方法简单、重复性好，有利于实现工业化规模生产。

在掺杂催化剂上，各技术分支均有少量专利布局，其中在过渡金属磷化物上，涉及到的专利数量较多。如 2022 年申请的专利 CN114807965A，一种双金属有

机骨架结构磷化物的制备方法,提供一种双金属有机骨架结构磷化物的制备方法,由于有机骨架磷化后的碳增加催化剂的导电性、磷化钴磷化镍的协同作用使得 $\text{Ni}_8\text{Co}_4\text{-P}$ 在析氢反应中表现出高催化活性和稳定性。

### (3) 北京化工大学

排名第三的北京化工大学在镍电极类型上,重点的技术分支同样集中在纳米镍基结构和泡沫多孔镍基上。如2017年申请的专利CN106917106A,一种由水滑石拓扑转化合成超薄金属合金纳米片阵列材料的制备方法,属于无机先进纳米材料技术领域。在的泡沫导电基底的表面制备垂直的水滑石纳米片阵列;用氢氧化钠的乙二醇溶液来还原水滑石纳米片阵列,制备金属合金纳米片阵列。其中所述的合金纳米片的尺寸为:厚度1.5-4纳米,大小为100-800纳米。上述水滑石纳米片阵列可以通过水热法制备,合金纳米片阵列是通过控制动力学反应步骤经过温和的均相还原水滑石纳米阵列制备的。上述制备的合金纳米片阵列比表面积高,稳定性好,活性高且廉价,可以用作包括而不仅限于电解水析氢阴极催化材料和电解水析氧的阳极催化材料。如2019年申请的专利CN110841646A,亲水性类单分散磁性 $\text{NiFe@NiFeO}$ 纳米颗粒修饰的泡沫镍电极的制备方法目的在于提供一种制备亲水性类单分散磁性纳米颗粒的通用方法,同时充分利用类单分散磁性纳米颗粒与泡沫镍之间的相互作用,构建出电催化性能优异的亲水性类单分散磁性纳米颗粒修饰的泡沫镍电解水阳极催化剂电极。

在镍电极制备工艺上,各技术分支均有少量专利布局,重点技术分支为水/溶剂热法,如2023年申请的专利CN116474798A,一种采用晶格应变制备高性能析氧催化剂的方法及应用,制备方法简单,且具有优异的析氧性能,更重要的是,与目前广泛研究的其他Ni基催化剂相比,在稳定性测试后并未观察 $\text{NiOOH}$ ,

为采用应变工程设计制备催化剂具有指导意义。

在掺杂催化剂技术分支上，在过渡金属氧化物、过渡金属硫化物、过渡金属氮化物、过渡金属磷化物、非金属（碳）基催化剂和贵金属基催化剂上有少量专利布局，其中过渡金属氧化物以及贵金属基催化剂的数量相对较多。如 2020 年申请的专利 CN113828300A，金属掺杂铋层状氧化物的制备方法及其在电催化还原  $\text{CO}_2$  中的应用，该方法包括：将导电基底在铋前驱体溶液中浸泡并干燥，得到修饰有氧化铋种子层的导电基底；将修饰有氧化铋种子层的导电基底浸泡在含杂原子的铋前驱体溶液中，通过水热法在导电基底上合成具有纳米片阵列结构的金属掺杂铋层状氧化物。本发明还公开了该金属掺杂铋层状氧化物在电催化还原  $\text{CO}_2$  中的应用。本发明制备的金属掺杂铋层状氧化物结构和性能更加稳定，具有蜂窝状纳米片阵列结构，能够提供大的电化学活性面积，作为阴极催化剂用于电催化还原  $\text{CO}_2$  的反应中，可促进  $\text{CO}_2$  在电极表面的富集还原，提高电流密度。如 2023 年申请的专利 CN116328762A，一种碳基金属催化剂及其超重力宏量制备方法，。该碳基金属催化剂金属负载量低，约为 1-5wt%、催化活性高，该催化剂在  $1000\text{mA}/\text{cm}^2$  电流密度下过电位为 150-300mV。且该催化剂亲水性、稳定性良好。

#### （4） 青岛科技大学

排名第四的青岛科技大学在镍电极类型上，重点的技术分支为泡沫多孔镍基和纳米镍基结构。如 2019 年申请的专利 CN110257858A，一种  $\text{Ag}/\text{CoAl-LDH}/$  泡沫镍 NF 多级结构复合电极材料及其制备方法，其特征在于，所述  $\text{Ag}/\text{CoAl-LDH}/$  泡沫镍 NF 多级结构复合电极材料是以泡沫镍 NF 电极为基底，由相互交错的  $\text{Ag}/\text{CoAl-LDH}$  纳米片自组装生长在泡沫镍 NF 表面上的多级结构组

成的复合电极,所述的制备方法,是采用水热法,以硝酸钴,硝酸铝、硝酸银、尿素为原料,以乙二醇和水为混合溶剂,在泡沫镍上一步生长得到 Ag/CoAl-LDH/泡沫镍多级结构复合电极;所述制备方法工艺简单,采用简单便捷的一步水热反应,反应条件温和。所制备的 Ag/CoAl-LDH/NF 多级结构,用于双功能电催化全解水制氢和制氧和电催化降解水中有机污染物,呈现高的电催化效率和电催化稳定性。如 2019 年申请的专利 CN110433810A,氧化铜掺杂镍铁类水滑石纳米片/石墨烯双功能水分解催化剂的制备方法,本发明以氧化石墨烯为基底,在甲酰胺和水的混合溶液中原位生长氢氧化铜掺杂的超薄镍铁类水滑石纳米片,再通过热处理及化学还原制备氧化铜掺杂的超薄镍铁类水滑石纳米片/石墨烯复合物催化剂,该方法避免了类水滑石的剥离及氧化铜后掺杂等步骤,抑制了石墨烯、氧化铜和类水滑石纳米片的聚集,增加了活性位点,提高了导电性,所得催化剂降低了传质阻力,加快了电子传递速率,提高了其碱性条件下析氧和析氢的催化性能,为开发新型双功能水分解催化剂提供了重要方法。

在镍电极制备工艺上,重点的技术分支为水/溶剂热法,其他技术分支均有少量专利布局。如 2022 年申请的专利 CN115948749A,一种碳包覆富磷空位磷化钴的合成方法及其在电解海水中的应用,目的在于提供一种碳包覆富磷空位磷化钴  $\text{Co}_x\text{P}_v\text{@NC}$  材料的合成方法。含有 P 空位并封装在 N 掺杂 C 层中的  $\text{Co}_x\text{P}$  纳米线阵列( $\text{Co}_x\text{P}_v\text{@NC}$ )通过多级结构和空位引入策略解决了电解海水过程中的析氯反应和催化剂耐久性差的问题,装配有  $\text{Co}_x\text{P}_v\text{@NC}$  电极的碱性电解槽表现出出色的大电流电解海水性能。

在掺杂催化剂上,各技术分支上的专利布局数量相对于其他两个技术分支较少,但相对于其他申请主体来说,布局数量较多,其中重点的布局分支在非金属

(碳)基催化剂、过渡金属氧化物和过渡金属氮化物上。如 2022 年申请的专利 CN115161700A, 一种二维类石墨烯镍-氮化钼复合材料的原位制备及应用, 其特征在于, 将  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{F}$ 、尿素和超纯水混合均匀后, 加入已处理的泡沫镍, 通过水热反应结合高温焙烧得到二维类石墨烯镍-氮化钼复合材料, 有效的拓展了二维过渡金属氮化物的制备方法。本发明所述制备方法具有简单、环保、价格低廉的特点, 该二维类石墨烯镍-氮化钼复合材料在碱性电解液中表现出高的电催化析氢反应特性。如 2023 年申请的专利 CN117364148A, 首先通过水热法, 得到生长在氮掺杂石墨烯管表面的  $\text{NiFe}$  氢氧化物前驱体; 随后在马弗炉中进行空气煅烧, 生成  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ @氮掺杂石墨烯管电催化剂中间体; 然后将产物放入管式炉中, 以次亚磷酸钠为磷源, 加热至  $320^\circ\text{C}$ , 保温两小时, 进行原位磷化, 得到由氮掺杂石墨烯管和原位生长于其表面的  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{Ni}_2\text{P}$  异质结构组成的复合全解水电催化剂。该电催化剂在碱性介质中表现出优异的析氧和析氢性能, 获得  $10\text{mA cm}^{-2}$  的电流密度, 其析氧过电势仅需要  $194\text{mV}$ , 析氢过电势为  $118\text{mV}$ , 且作为全解水电催化剂, 仅需  $1.53\text{V}$  的槽电压即可达到  $10\text{mA cm}^{-2}$  的电流密度, 稳定运行超过 330 小时而不发生明显变化, 表现出极优异的稳定性。如 2023 年申请的专利 CN116949502A, 低负载铂的镍铁层状氢氧化物电解水催化剂及其制备方法和应用, 本发明的目的之一是提供低负载贵金属铂的镍铁层状氢氧化物电解水催化剂, 其特征在于所述电催化剂是以泡沫镍为基底, 通过调节硼改性和铂掺杂顺序的策略制备得到了两种催化剂, 两种催化剂中镍铁层状氢氧化物纳米片上负载的铂种类具有不同电子结构; 其中通过先沉积铂再进行硼改性制得的催化剂记为  $\text{B-Pt-NiFe-LDH}$ ; 通过硼改性后再沉积铂制得的催化剂记为  $\text{Pt-B-NiFe-LDH}$ ; 此外, 析氧反应记为 OER; 析氢反应记为 HER。

## 4.2 碱性电解堆镍电极技术竞争对手分析

### 4.2.1 竞争对手专利情报分析

#### 4.2.1.1 专利整体情况对比

此部分对各主体的专利整体情况进行扫描。从申请件数、申请项数、件项比；有效量、在审量、有效量占比、在审量占比等角度出发，对整体情况进行总览。其中，**申请件数**直观体现申请人的申请情况；**申请项数**则更直观反映专利技术产出情况，一个简单专利族（及其记载的专利技术）仅统计一次，排除同一项专利技术在多国布局导致的重复计数；**件项比**统计申请件数和申请项数之间的比值（即：一个简单专利族内的平均专利件数），**件项比**越高说明该分支的同族专利布局国家可能越多，同族专利布局现象可能越普遍；**有效量**统计“已获得授权，且当前仍维持有效的专利件数”，这些专利可能涉及侵权问题，具备一定风险，对于有效量高的主体可以针对性进行风险预警；**在审量**统计当前“仍在审查阶段的申请件数”，这些专利后续仍有一定的授权可能性，对于在审量高的主体可以进行适当关注和跟踪；**有效量占比及在审量占比**主要从比例的角度出发，将有效量、在审量置于该主体全量专利申请中进行衡量，衡平申请基数对有效、在审情况带来的影响。

表 3-1 重点申请人专利整体情况对比

| 创新主体                       | 全球申请量<br>(件) | 中国申请量<br>(件) | 有效 (件) | 有效量占比<br>(%) | 再审量<br>(件) | 再审量占比<br>(%) |
|----------------------------|--------------|--------------|--------|--------------|------------|--------------|
| 第诺拉工业公司                    | 137          | 7            | 44     | ☆ 32.12      | 21         | ☆ 15.33      |
| 培尔梅烈克电极股份有限公司              | 103          | 1            | 13     | ☆ 12.62      | 0          | ☆ 0.00       |
| 旭化成生活制品株式会社                | 99           | 13           | 32     | ☆ 32.32      | 18         | ☆ 18.18      |
| 国立大学法人横浜国立大学               | 75           | 7            | 41     | ☆ 54.67      | 15         | ☆ 20.00      |
| 旭硝子株式会社                    | 74           | 1            | 0      | ☆ 0.00       | 0          | ☆ 0.00       |
| ELTECH SYSTEMS CORPORATION | 68           | 0            | 8      | ☆ 11.76      | 0          | ☆ 0.00       |
| 陕西科技大学                     | 66           | 63           | 41     | ☆ 62.12      | 12         | ☆ 18.18      |
| 吉林大学                       | 63           | 63           | 22     | ☆ 34.92      | 33         | ☆ 52.38      |
| DE NORA PERMELEC LTD       | 62           | 0            | 38     | ☆ 61.29      | 10         | ☆ 16.13      |
| 北京化工大学                     | 60           | 60           | 27     | ☆ 45.00      | 24         | ☆ 40.00      |

表 3-1 显示了碱性电解堆镍电极领域重点申请人专利整体情况对比。从数据可以看出，国外申请人第诺拉工业公司、培尔梅列克电极股份有限公司、旭化成生活制品株式会社、国立大学法人横浜国立大学、旭硝子株式会社、ELTECH SYSTEMS CORPORATION 以及 DE NORA PERMELEC LTD 在全球范围内申请专利数量较多，分别为 137 件、103 件、99 件、75 件、68 件和 62 件。在中国地域布局专利较少，均不超过 15 件，由此可见国外申请人对中国地区的专利布局关注程度不高。不同于国内申请人更倾向于在中国本国布局专利，将专利在国外申请专利数量较少。

从专利法律状态来看，第诺拉工业公司、旭化成生活制品株式会社、国立大学法人横浜国立大学等国外申请人维持的有效专利数量和再审专利数量与中国申请人陕西科技大学、北京化工大学、吉林大学相当，一定程度上反应了布局专利数量较多的国外申请人维持专利有效性专利占比较少，部分相关专利技术因技术水平、专利质量以及市场情况等方面现已经失效。其中，专利数量排名第一的第诺拉工业公司有效专利占比 32.12%、审中占比 15.33%，排名第二的培尔梅列

克电极股份有限公司有效专利占比 12.62%、审中专利为 0 件，说明该申请人短期内未针对本领域技术进行持续技术研发，相比于国内申请人吉林大学、北京化工大学，再审量分别占比 52.38%和 40%，近一半的专利目前处于审中状态，一定程度上反应近几年的技术创新度较高，并且有效专利分别占比 34.92%和 45%也反应了专利维持度较高，相关技术未来具有较好的发展前景。

#### 4.2.1.2 专利申请趋势对比

此部分对各主体的专利申请趋势进行统计，以年份为线索，梳理主体的专利申请动向。

表 3-2 重点申请人专利申请态势对比

|      | 第诺拉工业公司 | 培尔梅烈克电极股份有限公司 | 旭化成生活制品株式会社 | 国立大学法人横浜国立大学 | 陕西科技大学 | ELTECH SYSTEMS CORPORATION | 吉林大学 | DE NORA PERMELEC LTD | 北京化工大学 | 旭硝子株式会社 |
|------|---------|---------------|-------------|--------------|--------|----------------------------|------|----------------------|--------|---------|
| 2004 | 0       | 0             | 0           | 0            | 0      | 7                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2005 | 0       | 0             | 0           | 0            | 0      | 2                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2006 | 1       | 0             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2007 | 18      | 1             | 0           | 0            | 0      | 3                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2008 | 20      | 4             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2009 | 8       | 0             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2010 | 23      | 0             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2011 | 25      | 0             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 1      | 0       |
| 2012 | 6       | 0             | 0           | 0            | 0      | 1                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2013 | 0       | 2             | 2           | 1            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |
| 2014 | 0       | 9             | 1           | 7            | 0      | 0                          | 0    | 2                    | 1      | 0       |
| 2015 | 0       | 3             | 1           | 0            | 0      | 0                          | 1    | 2                    | 1      | 0       |
| 2016 | 0       | 0             | 4           | 4            | 0      | 0                          | 1    | 5                    | 2      | 0       |
| 2017 | 0       | 0             | 9           | 9            | 2      | 0                          | 1    | 20                   | 3      | 0       |
| 2018 | 0       | 0             | 23          | 7            | 12     | 0                          | 3    | 10                   | 7      | 0       |
| 2019 | 0       | 0             | 6           | 9            | 9      | 0                          | 2    | 5                    | 4      | 0       |
| 2020 | 0       | 0             | 1           | 10           | 16     | 0                          | 8    | 3                    | 8      | 0       |
| 2021 | 14      | 0             | 7           | 26           | 11     | 0                          | 11   | 14                   | 8      | 0       |
| 2022 | 18      | 0             | 6           | 2            | 15     | 0                          | 14   | 1                    | 9      | 0       |
| 2023 | 4       | 0             | 1           | 0            | 4      | 0                          | 22   | 0                    | 18     | 0       |
| 2024 | 0       | 0             | 0           | 0            | 0      | 0                          | 0    | 0                    | 0      | 0       |

表 3-2 为重点申请人专利技术发展态势图。从表中数据可以看出，重点申请人针对碱性电解堆镍电极领域的技术研发表现出不同的发展趋势，在 2004-2012 年阶段内第诺拉工业公司表现出较强的技术创新优势，这一阶段的技术创新主要集中在该申请人，尤其在 2011 年年申请量达到最大，为 25 件。布局的技术主要涉及碱性电解堆镍基电极的技术开发，结合上述技术分析可知，第诺拉工业公司

在这一阶段布局的专利主要集中在制备工艺和镍基掺杂催化剂两方面,在镍电极类型选择上专利数量较少。例如,专利 DK2084308T3 公开了以钯、铂、钌混合物作为镍基掺杂催化剂采用涂层制备工艺制得电解槽阴极材料,本发明也证明了贵金属较好的电催化性能。

随后在 2013 年以后,其他各重点申请人专利数量开始缓慢增长,并在 2021-2023 年专利年申请量达峰值。ELTECH SYSTEMS CORPORATION、培尔梅烈克电极股份有限公司和旭硝子株式会社近十年内未有相关专利申请,说明其对该技术领域未表现持续的关心,后续进行专利布局的可能性较低。国外申请人中旭化成生活制品株式会社、国立大学法人横浜国立大学和 DE NORA PERMELEC LTD 三位申请人对该技术领域表现出持续的专利申请。国内申请人中陕西科技大学和北京化工大学的专利申请也维持了较高水平,后续也具有一定的技术创新实力。

#### 4.2.1.3 专利布局地域对比

此部分对各主体的专利布局地域进行统计,以地域为线索,了解各申请人可能的市场布局情况。

表 3-3 重点申请人各局专利申请情况对比

|                            | 中国 | 美国 | WIPO | EPO | 德国 | 日本 | 韩国 |
|----------------------------|----|----|------|-----|----|----|----|
| 陕西科技大学                     | 63 | 3  | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 吉林大学                       | 63 | 0  | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 北京化工大学                     | 60 | 0  | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 旭化成生活制品株式会社                | 13 | 15 | 11   | 16  | 16 | 35 | 4  |
| 第诺拉工业公司                    | 7  | 6  | 8    | 17  | 5  | 5  | 8  |
| 国立大学法人横浜国立大学               | 7  | 8  | 12   | 10  | 0  | 12 | 0  |
| 旭硝子株式会社                    | 1  | 7  | 2    | 7   | 15 | 22 | 0  |
| 培尔梅烈克电极股份有限公司              | 1  | 0  | 3    | 0   | 3  | 4  | 0  |
| DE NORA PERMELEC LTD       | 0  | 28 | 0    | 21  | 7  | 33 | 0  |
| ELTECH SYSTEMS CORPORATION | 0  | 10 | 1    | 7   | 5  | 4  | 0  |

表 3-3 为重点申请人在主要布局专利地域情况对比。从数据可以看出陕西科技大学、吉林大学以及北京化工大学主要在国内布局专利，其在海外布局专利意识较为薄弱，仅陕西科技大学除本国布局专利外向美国布局 3 件相关专利。具体的，本国高校申请人的国内申请分别是陕西科技大学 66 件、吉林大学 63 件、北京化工大学 62 件。

国外重点申请人表现出更强的海外专利布局意识，尤其是第诺拉工业公司、旭化成生活制品株式会社两位申请人在五局均布局相关专利，还通过 PCT 途径分别申请 11 和 8 件相关专利，在欧洲专利局分别申请 16 件和 9 件相关专利。国立大学法人横浜国立大学除在本国日本布局申请专利外，将其专利技术分别在中国、美国以及欧洲等地布局，还通过 PCT 途径布局了 12 件相关专利。其余重点申请人也将专利在海外布局专利，其中国外申请人更侧重于将专利布局在德国、日本、美国以及欧洲等地域，除 DE NORA PERMELEC LTD 外均进行了 PCT 申请。

表 3-4 部分重点申请人其他各局专利申请情况对比

|             | 北京化工大学 | 第诺拉工业公司 | 培尔梅烈克电极股份有限公司 | 旭化成生活制品株式会社 | 国立大学法人横浜国立大学 |
|-------------|--------|---------|---------------|-------------|--------------|
| 中国          | 62     | 7       | 4             | 10          | 9            |
| 日本          | 0      | 5       | 21            | 37          | 23           |
| 欧洲专利局(EPO)  | 0      | 17      | 7             | 15          | 10           |
| 美国          | 0      | 6       | 17            | 4           | 8            |
| 德国          | 0      | 5       | 10            | 13          | 0            |
| 加拿大         | 0      | 7       | 5             | 2           | 9            |
| 韩国          | 0      | 8       | 1             | 4           | 8            |
| 澳大利亚        | 0      | 7       | 1             | 5           | 1            |
| 中国台湾        | 0      | 7       | 3             | 4           | 0            |
| 意大利         | 0      | 5       | 6             | 0           | 0            |
| 印度          | 0      | 6       | 2             | 1           | 0            |
| 西班牙         | 0      | 4       | 0             | 2           | 3            |
| 巴西          | 0      | 5       | 3             | 0           | 0            |
| 丹麦          | 0      | 4       | 0             | 0           | 4            |
| 以色列         | 0      | 7       | 0             | 0           | 0            |
| 墨西哥         | 0      | 5       | 1             | 0           | 0            |
| 南非          | 0      | 2       | 4             | 0           | 0            |
| 葡萄牙         | 0      | 4       | 0             | 0           | 0            |
| 阿根廷         | 0      | 3       | 1             | 0           | 0            |
| 埃及          | 0      | 3       | 1             | 0           | 0            |
| 俄罗斯         | 0      | 2       | 0             | 2           | 0            |
| 智利          | 0      | 3       | 0             | 0           | 0            |
| 波兰          | 0      | 3       | 0             | 0           | 0            |
| 欧亚专利局(EAPO) | 0      | 2       | 0             | 0           | 0            |

表 3-4 为部分重点申请人在其他各局申请专利情况。从数据可以看出，中国申请人北京化工大学以中国本土专利为主进行技术布局。从专利地域布局全面性来看，第诺拉工业公司海外专利布局较为全面，涉及近 24 个国家或地区的专利布局，且相关专利数量平均为 5 件。培尔梅烈克电极股份有限公司、旭化成生活制品株式会社以及国立大学法人横浜国立大学除上述提到的五局地域外也将其技术向其他国家布局。其中，培尔梅烈克电极股份有限公司布局了 15 个国家，旭化成生活制品株式会社在 12 个国家进行专利布局，国立大学法人横浜国立大学在 9 个国家进行了专利布局，除中国、日本、欧洲、美国以及德国外，其他国家专利布局量均在 1-10 件之间。

## 4.2.2 北京化工大学专利情报分析

### 4.2.2.1 技术分布

本节针对北京化工大学申请的相关专利按一级技术分支进行技术方面梳理，其主要包括镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个方面的专利布局。旨在了解北京化工大学的在本领域技术上重点关注方向，以及预测其未来持续关注的技术方向。

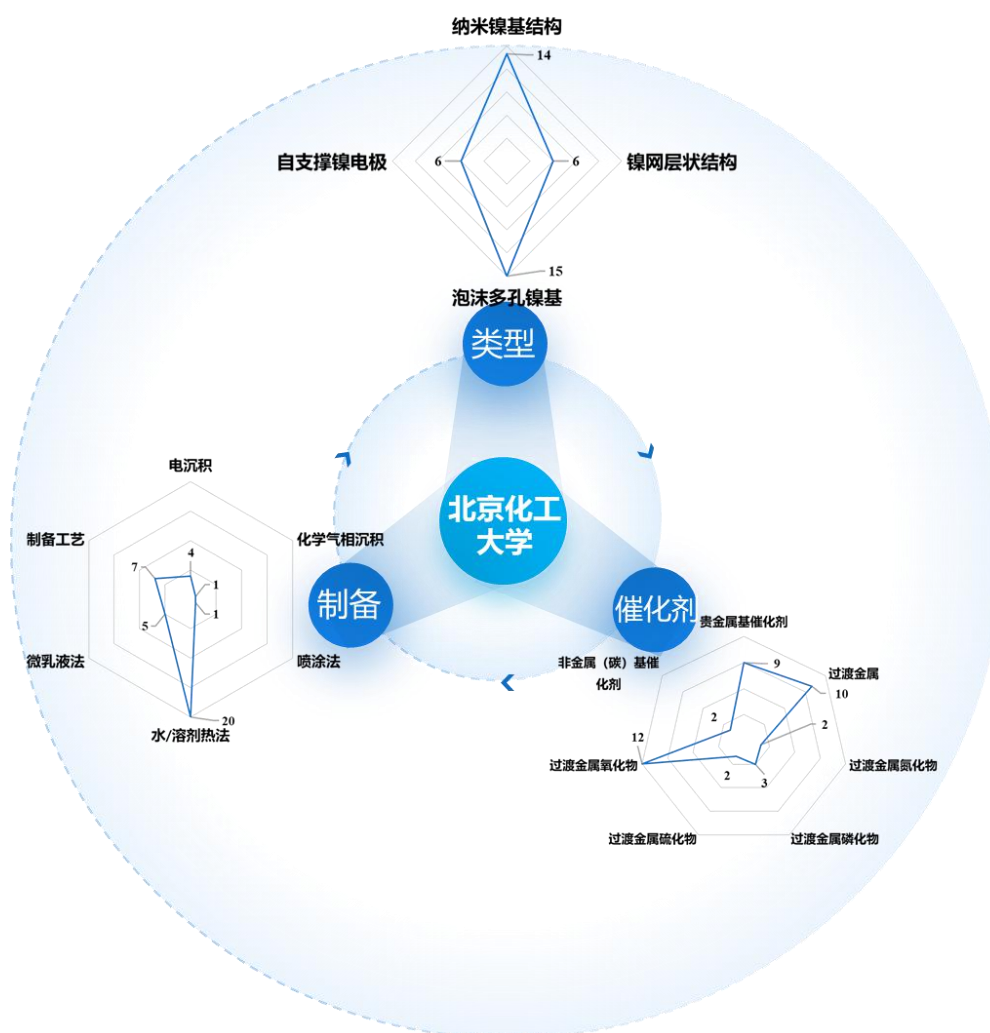


图 3-3 北京化工大学专利技术布局

如图 3-3 所示为北京化工大学在本项目拟定一级技术分支中镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂的细分技术分支的专利技术布局情况。从图中可知

在镍电极类型方面,北京化工大学主要研发重点在于泡沫多孔镍基和纳米镍基结构技术领域,另外,在自支撑镍电极和镍网层状结构方面也有一定数量申请。在制备工艺方面,北京化工大学主要以水/溶剂热法制备镍电极,申请专利 20 项,另外还是涉及少量微乳液法、喷涂法、化学气相沉积以及电沉积等制备工艺。在镍电极掺杂的催化剂方面,主要涉及过渡金属氧化物、贵金属基催化剂以及过渡金属直接掺杂的催化剂成分。从技术研发角度来看,水热法在四种镍电极类型中均可使用;在掺杂催化剂方面除非金属(碳)基的催化剂,其余成分均可以改制备方法实现电极制备,例如专利 CN117535720A 采用水热法将 WN 与 NiFe LDH 掺杂制备出具有拉链齿状互锁结构 WN-NiFe LDH 的电极材料;专利 CN116474798A 同样采用水热法的制备方法、泡沫镍为载体,制备出不同晶格应变的异质结构催化剂 NiTe/Ni<sub>2</sub>P 材料。

#### 4.2.2.2 专利布局策略分析

表 3-5 北京化工大学协同合作情况

| 受理局 | 2011 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 中国  | 1    | 1    | 1    | 1    | 3    | 6    | 4    | 6    | 6    | 6    | 15   |

从北京化工大学在碱性电解堆镍电极领域进行的专利地域布局趋势来看,自 2011 年开始有相关专利申请,2011-2016 年之间有少量相关专利布局,自 2017 年之后专利申请量呈稳步增长态势,这一阶段相关技术表现出较为持续的专利布局趋势,直至 2023 年专利申请量达到最大,为 15 项。从专利地域布局来看,北京化工大学地域布局情况相当,仅在中国本国布局相关专利,未进行国外专利技术布局。

国内高校以中国本国为主要专利布局地域的原因需要结合其资源、经费、主

要研究成果面向国内市场情况、政策导向及激励机制等多方面因素考量。目前随着全球化和科技竞争的加剧，高校在专利布局上也可适当考虑到国际市场，不仅可为高校带来一定市场空间以及商业机会，还能促进国际合作与交流，从而提升高校影响力和竞争力。

#### 4.2.2.3 专利技术布局策略分析

表 3-6 北京化工大学技术布局发展态势

| 北京化工大学   |            | 2011 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构     | 0    | 1    | 0    | 0    | 3    | 1    | 0    | 2    | 1    | 1    | 5    |
|          | 镍网层状结构     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 2    | 1    | 1    | 1    |
|          | 泡沫多孔镍基     | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 3    | 2    | 1    | 2    | 2    | 2    |
|          | 自支撑镍电极     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 1    | 0    | 3    |
| 制备工艺     | 电沉积        | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    |
|          | 化学气相沉积     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    |
|          | 喷涂法        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    |
|          | 水/溶剂热法     | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 4    | 1    | 1    | 3    | 1    | 8    |
|          | 微乳液法       | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3    | 0    | 0    | 0    |
|          | 其他工艺       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 3    | 0    | 1    | 0    | 1    |
| 镍电极掺杂催化剂 | 贵金属基催化剂    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 4    | 0    | 0    | 3    |
|          | 过渡金属       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3    | 1    | 0    | 2    | 1    | 3    |
|          | 过渡金属氮化物    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    |
|          | 过渡金属磷化物    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 1    |
|          | 过渡金属硫化物    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    |
|          | 过渡金属氧化物    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 2    | 3    | 3    | 1    | 0    | 2    |
|          | 非金属（碳）基催化剂 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    |

如表 3-6 所示，为北京化工大学在镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个技术分支的发展态势图。由图中可以看出，北京化工大学在 2011 年开始对镍电极进行相应的技术创新并申请专利，发展初期技术创新持续性相对较弱，自 2017 年之后北京化工大学整体上技术创新呈现快速发展态势。

从各级技术分支来看，北京化工大学在泡沫多孔镍基材料、水/溶剂热方面在 2017 年以后表现出较为持续的专利布局，其主要技术创新点在于，水热法在

泡沫镍表面原位生长催化剂材料。其中，专利 CN108636428 公开了一种通过水热法原位生长在泡沫镍导电基底的金属碲化物双功能电解水催化剂；类似的，专利 CN109806879A 中也采用水热法在泡沫镍骨架上原位生长  $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ ，最后制得  $\text{CeO}_2\text{-NiCo}_2\text{O}_4/\text{NF}$  复合催化电极。此外，针对水热法制备工艺的技术改进也申请了相关专利，其中，在专利 CN108531938A 中公开了一种两步水热法合成的 ZIF-67/ $\text{CoNiAl-LDH}/\text{NF}$  三维多级结构催化剂，ZIF-67 的加入提高了催化剂的电化学活性比表面积，本发明通过特殊的三维多级多孔结构以及高比表面积和丰富孔道载体结构实现降低析氧反应势垒，在固液两相之间形成超疏气界面，促进电极析氧反应。

此外，在镍电极催化剂掺杂方面，2018 年以后过渡金属氧化物以及过渡金属直接掺杂的技术创新持续程度明显优于其他催化剂类型。在过渡金属掺杂方面，专利 CN116516392A 中公开了一种泡沫镍上掺杂的阳离子空位的  $\text{CoSe}$  纳米片电催化剂，制得的具有均匀纳米阵列结构的自支撑  $\text{Mo-CoSe}/\text{NF}$  催化剂，本发明采用两步水热法和一步电化学活化技术，步骤简单可规模化生产。另外，该电极属于自支撑结构，避免粘结剂使用导致的电荷传输电阻。除此以外，贵金属掺杂方面专利 CN116273074A 公开了一种水热法结合电沉积法将活性还原剂铂族贵金属与泡沫镍基材掺杂得到  $\text{Pt1/NiSe}$  催化剂。

综上所述，北京化工大学在碱性电解堆镍电极技术领域自 2017 年开始表现出持续创新。自 2017 年以后，在制备工艺方面主要涉及水热法工艺改进、两步水热法制备工艺、结合电沉积等其他工艺流程；在镍电极类型方面主要涉及泡沫多孔镍电极、纳米镍基结构；在镍电极掺杂催化剂技术分支上主要涉及过渡金属氧化物、过渡金属直接掺杂以及贵金属基催化剂掺杂。

### 4.2.3 天津大学专利情报分析

#### 4.2.3.1 技术分布

本节针对天津大学申请的相关专利按一级技术分支进行技术方面梳理,其主要包括镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个方面的专利布局。旨在了解天津大学的在本领域技术上重点关注方向,以及预测其未来持续关注的技术方向。

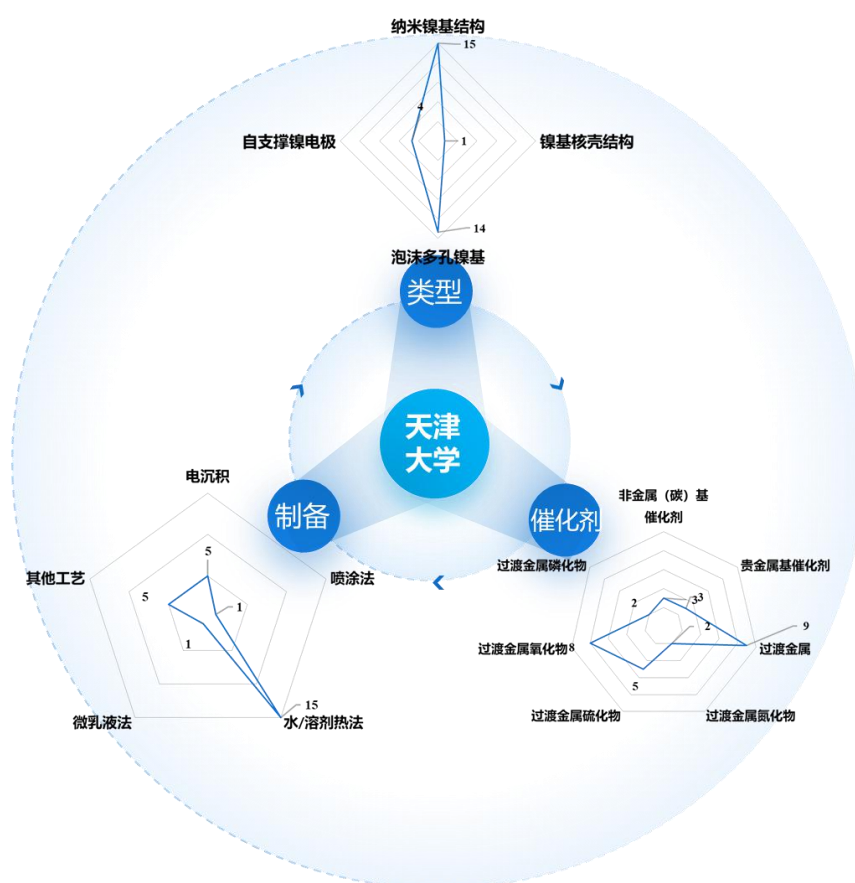


图 3-4 天津大学专利技术布局

如图 3-4 所示为天津大学在本项目拟定一级技术分支中镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂的细分技术分支的专利技术布局情况。从图中可知在镍电极类型方面,天津大学主要研发重点在于泡沫多孔镍基和纳米镍基结构技术领域,另外,在自支撑镍电极和镍基核壳结构结构方面也有一定数量申请。与北京

化工大学关注类型相比，天津大学申请了一项镍基核壳结构相关专利。另外一方面，在制备工艺方面，天津大学也是以水/溶剂热法制备镍电极为主要制备工艺，涉及相关专利 15 项，另外还是涉及少量微乳液法、喷涂法、化学气相沉积以及电沉积等制备工艺。在镍电极掺杂的催化剂方面，主要涉及过渡金属氧化物、过渡金属硫化物以及过渡金属直接掺杂的催化剂成分。涉及非金属（碳）基催化剂、过渡金属磷化物、贵金属基催化物以及过渡金属氮化物催化剂相关专利数量较少。

从技术研发角度来看，水热法可以应用于泡沫多孔镍基、纳米镍基结构、自支撑结构以及镍基核壳结构电极类型制备，催化剂掺杂类型也均可采用该工艺制备。另外，天津大学针对合金纳米颗粒、纳米片催化剂在镍电极中应用表现出相对集中的专利布局。其中，专利 CN107159229A 公开了一种镍基核壳结构催化剂，本发明采用水热法制备了一种台阶状核壳结构  $\text{Mn}_3\text{O}_4@\text{CoMn}_2\text{O}_4$  纳米晶颗粒，将该纳米颗粒与泡沫镍形成电解水工作电极；此外，涉及纳米结构过渡金属催化剂的相关材料还包括硫化镍纳米片（CN117286530A）、氮化镍铁纳米球（CN113862723A）、钴镍钼颗粒（CN108286058A）、钴/氧化亚钴多孔纳米片（CN110284153A）等。

#### 4.2.3.2 专利布局策略分析

表 3-7 天津大学协同合作情况

| 受理局 | 2005 | 2015 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 中国  | 1    | 3    | 2    | 7    | 12   | 3    | 3    | 5    | 4    |

从天津大学在碱性电解堆镍电极领域进行的专利地域布局趋势来看，自 2005 年开始有相关专利申请，2005-2014 年之间未有相关专利布局，自 2015 年之后专利申请量呈波动增长态势，在 2019 年申请量达到最大，随后在 2020-2023 年内相关专利申请量有所减少，也表现出较为持续的专利布局。从专利地域布局

来看，天津大学与北京化工大学地域布局情况相当，均仅在中国本国布局相关专利，未进行国外专利技术布局。

国内高校以中国本国为主要专利布局地域的原因需要结合其资源、经费、主要研究成果面向国内市场情况、政策导向及激励机制等多方面因素考量。目前随着全球化和科技竞争的加剧，高校在专利布局上也可适当考虑到国际市场，不仅可为高校带来一定市场空间以及商业机会，还能促进国际合作与交流，从而提升高校影响力和竞争力。

#### 4.2.3.3 专利技术布局策略分析

表 3-8 天津大学技术布局发展态势

| 天津大学     |            | 2005 | 2015 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构     | 1    | 3    | 0    | 2    | 4    | 1    | 2    | 0    | 1    |
|          | 镍基核壳结构     | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 泡沫多孔镍基     | 0    | 0    | 0    | 4    | 4    | 0    | 1    | 3    | 2    |
|          | 自支撑镍电极     | 0    | 0    | 0    | 1    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 制备工艺     | 电沉积        | 1    | 0    | 0    | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 1    |
|          | 喷涂法        | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 水/溶剂热法     | 0    | 1    | 1    | 4    | 5    | 0    | 1    | 1    | 1    |
|          | 微乳液法       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    |
|          | 其他工艺       | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 2    | 1    | 0    |
| 镍电极掺杂催化剂 | 非金属（碳）基催化剂 | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 贵金属基催化剂    | 0    | 0    | 0    | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 过渡金属       | 0    | 3    | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    |
|          | 过渡金属氮化物    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    |
|          | 过渡金属硫化物    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 1    | 1    |
|          | 过渡金属氧化物    | 0    | 0    | 1    | 4    | 5    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 过渡金属磷化物    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    |

如表 3-8 所示，为天津大学在镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂

三个技术分支的发展态势图。由图中可以看出，天津大学在 2005 年开始对镍电极进行相应的技术创新并申请专利，随后的十年内各级技术分支中未见相关专利布局，技术发展相对停滞。2015 年开始技术创新程度有所突破，在专利 CN108193218A 中公开了一项可用于阳极催化剂的钴、镍、钼颗粒析氧材料，该发明利用溶剂热法直接在碲化铋纳米片上还原实现钴镍钼颗粒的负载。该技术解决了颗粒团聚等问题，并经证明该催化剂材料具有极强的电流密度，其具有较强的析氧性能。随后的专利技术布局中，也将纳米镍基材料作为主要镍电极类型选择，并且采用溶剂热法合成催化剂作为主要制备工艺方面进行技术创新。

在 2018 年和 2019 年，天津大学申请专利数量增长显著，其中相关技术分支还涉及泡沫多孔镍基、自支撑电极、电沉积、其他制备工艺等方面。另外，在镍电极掺杂催化剂技术分支 2019 年涉及的技术类型较多，其中包括非金属（碳）基催化剂、贵金属基催化剂、过渡金属、过渡金属氮化物、过渡金属氧化物以及过渡金属硫化物。

在 2020-2023 年内，相关专利申请出现小范围回落后缓慢增长态势，其中在 2020 年申请的专利 CN114262912A 从晶体结构改进方面给出了一种新型的析氢电极镍基纳米颗粒，该纳米颗粒是以位错-应变效应形式存在  $\text{InNi}$  纳米颗粒，其制备主要采用热冲击诱导的方式形成位错，从优化电子结构的角度提高了电催化剂活化性能。另外，专利 CN112575336A 从调控阳极表面磁场改良电位缺陷，提高电催化性能。由此可见，天津大学在 2020 年之后的专利技术创新主要涉倾向于从泡沫多孔镍电极、纳米镍基结构电极类型中微观结构以及表面工程改性方面进行技术突破。

#### 4.2.4 国立大学法人横浜国立大学专利情报分析

##### 4.2.4.1 技术分布

本节针对国立大学法人横浜国立大学申请的相关专利按一级技术分支进行技术方面梳理，其主要包括镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个方面的专利布局。旨在了解国立大学法人横浜国立大学的在本领域技术上重点关注方向，以及预测其未来持续关注的技术方向。

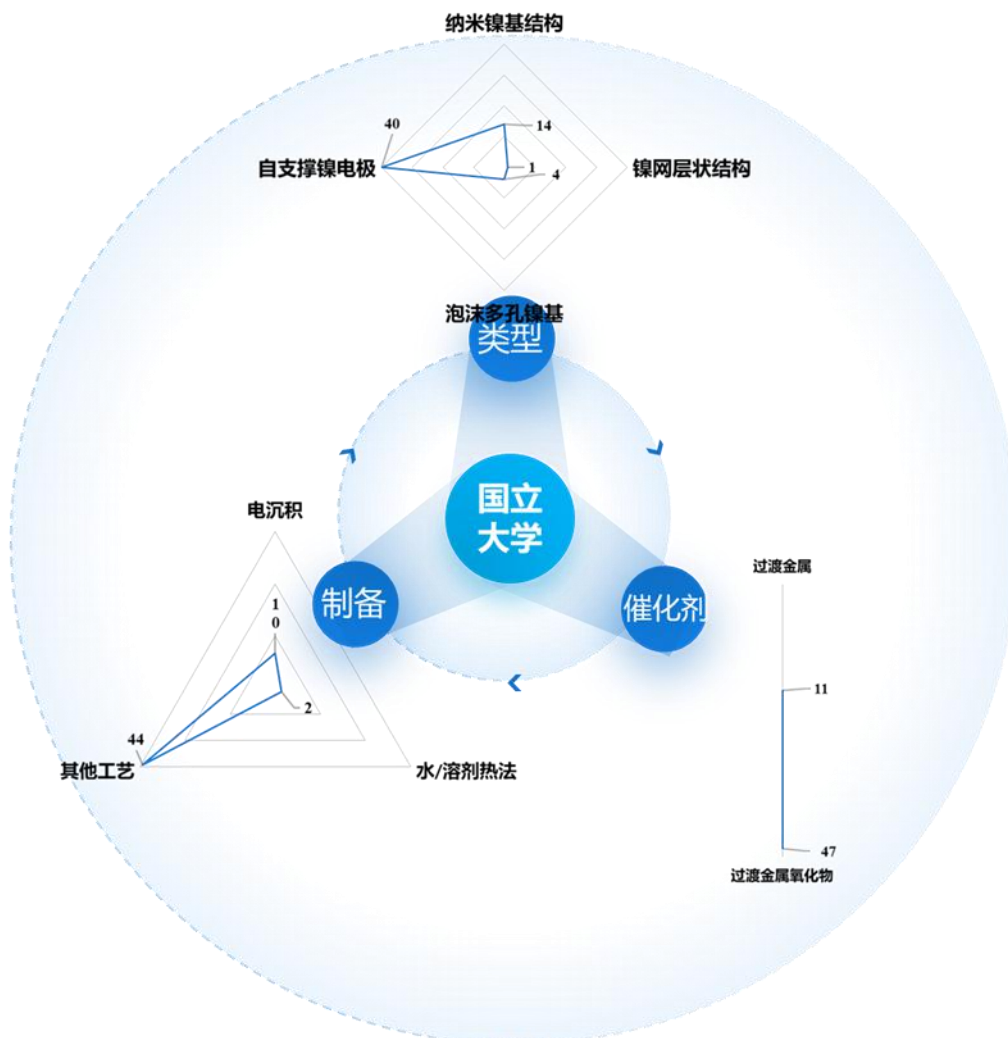


图 3-5 国立大学法人横浜国立大学专利技术布局

如图 3-5 所示为国立大学法人横浜国立大学在本项目拟定一级技术分支中镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂的细分技术分支的专利技术布局情况。

从图中可知在镍电极类型方面,国立大学法人横浜国立大学申请的自支撑镍电极相关数量最多,其次为纳米镍基结构以及泡沫多孔镍基电极类型。在镍网层状结构的专利技术布局较少。此外,在制备工艺方面国立大学法人横浜国立大学多采用涂覆等其他工艺,涉及少量水/溶剂热法以及电沉积法。从掺杂催化剂类型来看,国立大学法人横浜国立大学申请的相关专利涉及的掺杂剂类型相较北京化工大学和天津大学种类少,其中过渡金属氧化物数量最多,过渡金属次之。

从技术研发角度来看,国立大学法人横浜国立大学针对涂覆工艺制备过渡金属氧化物掺杂镍基电极板技术布局的专利较多,且在多个国家进行了专利布局,其中中国专利 CN116507413A 公开了一种碱性水电解用阳极板制备,包括镍电极以及负载钙(Ca)、锰(Mn)和镍(Ni)的金属复合氧化物。本发明制备的镍电极板实现了在电解槽功率增大后保证极板电解性能稳定不易劣化等效果。

#### 4.2.4.2 专利布局策略分析

表 3-9 国立大学法人横浜国立大学协同合作情况

| 受理局        | 2013 | 2014 | 2016 | 2017 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 日本         | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 5    | 6    | 2    |
| 欧洲专利局(EPO) | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 4    | 0    |
| 韩国         | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 4    | 0    |
| 加拿大        | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 4    | 0    |
| 中国         | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 4    | 0    |
| 美国         | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    | 1    | 4    | 0    |
| 丹麦         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 西班牙        | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    |

从国立大学在碱性电解槽镍电极领域进行的专利地域布局趋势来看,在2013年开始有相关专利布局,随后表现出一定的增长态势,并且在2021年时申请量达到最高。从专利布局地域来看,相较于北京化工大学和天津大学,国立大学具有较强的专利地域布局意识,不仅在日本申请相关专利,还将其技术在韩国、

加拿大、中国、美国、丹麦、西班牙以及欧洲等地域进行专利布局。其中，在 2013—2019 年在日本以及欧洲地域表现出少量且持续的专利申请，2020-2022 年申请量出现波动，尤其在 2021 年在日本申请专利数量最多，为 6 件，随后数量又有所下降。此外，在 2021 年韩国、加拿大、中国、美国都表现出明显的专利增长情况。其中主要是针对碱性水电解用阳极板制备进行较为全面的技术、地域布局。其中，相关技术涉及中国专利 CN116507413A 中公开的采用涂覆制备掺杂钙(Ca)、锰(Mn)和镍(Ni)的金属复合氧化物的镍电极板技术，国立大学针对此技术布局 7 件相关专利；中国专利 CN116057209A 中公开的采用涂覆制备掺杂锂(Li)、镍(Ni)、铁(Fe)及铝(Al)的金属复合氧化物的镍电极板技术，同样的也布局了 7 件相关专利。由此可见，国立大学对该技术的重视程度。

#### 4.2.4.3 专利技术布局策略分析

表 3-10 国立大学法人横浜国立大学技术布局发展态势

| 国立大学     |         | 2014 | 2016 | 2017 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 镍电极类型    | 纳米镍基结构  | 0    | 0    | 0    | 0    | 8    | 6    | 0    |
|          | 镍网层状结构  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |
|          | 泡沫多孔镍基  | 0    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|          | 自支撑镍电极  | 1    | 0    | 9    | 9    | 2    | 19   | 0    |
| 其他工艺     | 电沉积     | 0    | 0    | 0    | 0    | 4    | 5    | 1    |
|          | 水/溶剂热法  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 1    |
|          | 其他工艺    | 1    | 4    | 9    | 9    | 2    | 19   | 0    |
| 镍电极掺杂催化剂 | 过渡金属    | 1    | 0    | 0    | 2    | 2    | 6    | 0    |
|          | 过渡金属氧化物 | 0    | 2    | 9    | 7    | 8    | 20   | 1    |

如表 3-10 所示，为国立大学在镍电极类型、制备工艺以及镍电极掺杂催化剂三个技术分支的发展态势图。由图中可以看出，国立大学在 2014 年开始对碱

性电解堆镍电极领域进行相应的技术创新并申请专利，2014-2016 年专利数量增长缓慢，三个技术分支下主要涉及自支撑镍电极、泡沫多孔镍基、过渡金属掺杂、过渡金属氧化物掺杂以及其他制备工艺的专利申请。2017 年以后相关专利数量增长显著，主要是因为国立大学针对一项技术在不同国家布局了 9 项相关专利，其中，中国专利 CN109689937A 保护了一种碱性水电解用阳极制备方法及阳极材料，采用高温焙烧热处理的制备工艺在自支撑镍电极材料负载上过渡金属氧化物的方式获得具有耐久性的阳极材料。同年，国立大学针对该项技术在中国、日本、美国、韩国、丹麦、西班牙、加拿大、欧洲等地域进行了专利布局。随后在 2019-2022 年之间相关专利数量波动增长态势，在 2021 年申请量达到最大。该年专利申请方向涉及纳米镍基结构、自支撑镍电极、电沉积制备工艺、其他制备工艺、过渡金属掺杂以及过渡金属氧化物掺杂几方面。其中，针对在中国专利 CN115244220A 提出的金属氢氧化物与有机物的复合体的混合氢氧化镍/铁纳米片（NiFe-ns）的催化剂在全球范围内布局了 6 项相关专利。另外，在上述地域布局策略分析中提到的中国专利 CN116057209A 中公开的采用涂覆制备掺杂锂（Li）、镍（Ni）、铁（Fe）及铝（Al）的金属复合氧化物的镍电极板技术也为本年实现的技术创新。

综上所述，国立大学在碱性电解堆镍电极领域布局的专利涉及的技术方向相较北京化工大学和天津大学的较少，多倾向于在全球范围内针对重点技术进行不同地域专利布局，申请趋势上看自支撑镍电极、其他工艺、过渡金属氧化物掺杂方向专利技术创新持续性较好。

### 4.3 吉林大学创新产出

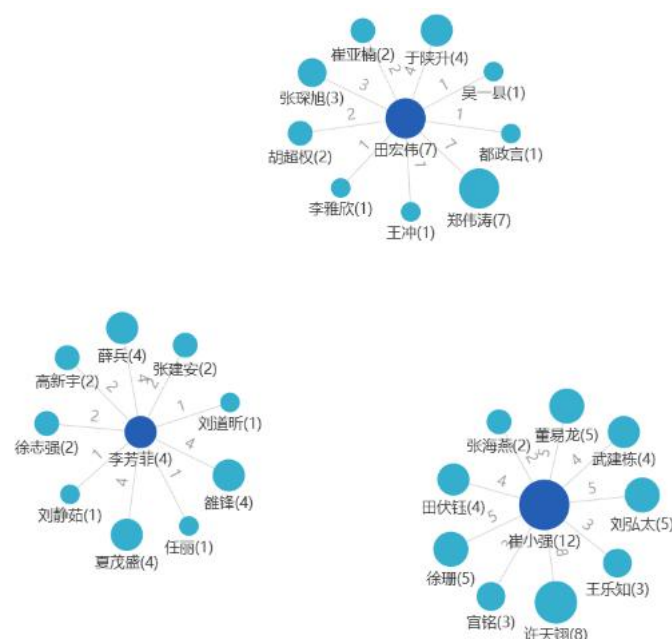


图 3-6 吉林大学主要发明人团队

根据图 3-6 分析可知，吉林大学在碱性电解堆镍电极技术领域主要发明人团队包括：田宏伟团队、崔小强团队、李芳菲团队等。结合三个课题组的技术布局方向可知，吉林大学的研发重点主要集中在纳米镍基结构、泡沫多孔镍基结构；水/溶剂热法制备工艺；过渡金属氧化物、过渡金属硫化物以及过渡金属磷化物几部分的技术分支上。其中崔小强课题组在纳米镍基结构的电极类型方面技术研发成果较多，在镍基核壳结构、镍网层状结构以及泡沫多孔镍基结构也有相关技术突破。此外，田宏伟课题组在纳米镍基结构、泡沫多孔镍基材料、水热法制备工艺过渡金属硫化物催化剂方面进行了专利布局。李芳菲课题组布局了泡沫多孔镍基结构，水/溶剂热法制备工艺以及过渡金属氧化物催化剂相关专利。

表 3-19 吉林大学主要发明团队研究方向

| 技术分支         |                | 田宏伟 | 崔小强 | 李芳菲 |
|--------------|----------------|-----|-----|-----|
| 镍电极类型        | 纳米镍基结构         | 2   | 6   | 0   |
|              | 镍基核壳结构         | 0   | 1   | 1   |
|              | 镍网层状结构         | 0   | 1   | 0   |
|              | 泡沫多孔镍基         | 1   | 2   | 2   |
|              | 自支撑镍电极         | 2   | 0   | 0   |
| 制备工艺         | 化学气相沉积         | 0   | 1   | 0   |
|              | 水/溶剂热法         | 6   | 10  | 3   |
|              | 微乳液法           | 0   | 0   | 1   |
|              | 其他工艺           | 1   | 1   | 0   |
| 镍电极掺杂<br>催化剂 | 过渡金属氧化物        | 0   | 3   | 3   |
|              | 过渡金属硫化物        | 5   | 2   | 0   |
|              | 过渡金属磷化物        | 1   | 6   | 0   |
|              | 过渡金属氮化物        | 1   | 0   | 0   |
|              | 非金属（碳）基<br>催化剂 | 0   | 0   | 1   |

#### 4.3.1 吉林大学相关技术发明人概况

田宏伟，吉林大学材料科学与工程学教授、博士生导师，吉林大学“唐敖庆学者”英才教授。主要从事能源转换和存储材料研究，包括光催化材料、电催化材料及超级电容器电极材料等。主持多项国家级、省部级和企业横向项目；在国际知名期刊上发表 SCI 收录论文 145 篇以上，SCI 他引超过 3800 次，h-index 达到 33。此外，还兼任 Frontiers in Materials 客座副主编、Frontiers in Chemistry 评审编辑、中国化学会高级会员、东北地区 X 射线专业委员会委员、中国仪表功能材料学会理事、吉林省检测技术学会理事、中国感光学会光催化专业委员会会员等。

田宏伟教授领导的能源转换和存贮材料课题组联合了于陝升教授和郑伟涛教授，团队的研究主要集中在能源转换和存储材料方面，课题组从事过渡族金属化合物和碳基纳米复合材料的制备及其在电化学储能和光电催化等方面的应用

研究。能源转换和存贮材料课题组致力于为国家双碳策略和新能源、新材料的发展方向提供助力，聚焦材料化学、材料物理、无机化学、催化剂、电化学和绿色化学的交叉研究领域，致着力发展可用于低成本、快速的氢能光电催化转化和低成本、长寿命、高倍率的水系电化学存储的新型金属基、碳基功能材料以实现能源高效可逆的转化与存储。本课题组以基础研究为出发点，逐步从实验室走向实际应用，推动绿色经济的高质量发展。另外，其合作企业包括长春光机科技发展有限公司，主要针对基于石墨烯/半导体纳米复合物光电材料的开发的课题进行了合作开发。

#### 4.3.2 吉林大学发明人课题组研究成果

表 3-20 吉林大学课题组技术发展态势

| 一级技术分支   | 数量 | 二级技术分支  | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------|----|---------|------|------|------|------|------|
| 镍电极类型    | 5  | 纳米镍基结构  |      | 1    |      | 1    |      |
|          |    | 泡沫多孔镍基  |      |      | 1    |      |      |
|          |    | 自支撑镍电极  | 1    |      |      |      | 1    |
| 制备工艺     | 7  | 水/溶剂热法  |      | 1    | 1    | 3    | 1    |
|          |    | 制备工艺    | 1    |      |      |      |      |
| 镍电极掺杂催化剂 | 8  | 过渡金属    | 1    |      |      |      |      |
|          |    | 过渡金属磷化物 |      |      |      | 1    |      |
|          |    | 过渡金属硫化物 |      | 1    | 1    | 2    | 1    |
|          |    | 过渡金属氮化物 |      | 1    |      |      |      |

表 3-20 为课题组的专利技术分布以及申请态势情况。从数据可以看出镍电极类型、制备工艺、镍电极掺杂催化剂分别申请相关专利 5 件、7 件和 8 件。从细分的二级技术分支来看，镍电极类型包括纳米镍基结构、泡沫多孔镍基材料、以及自支撑镍电极，在 2019-2022 年各有一件相关专利申请；制备工艺技术分支主要涉及水热法和其他制备工艺，其中以水热法为主要布局方向，在 2020-2023 年内表现出持续的专利申请，尤其在 2022 年申请相关专利 3 件；在镍电极掺杂

催化剂方面，包括过渡金属、过渡金属磷化物、过渡金属硫化物以及过渡金属氮化物几个细分技术分支，其中以过渡金属硫化物为主，并且在 2020-2023 年表现出持续的专利申请态势，也同时在 2022 年申请量最大为 2 件。

从技术改进角度来看，主要改进点集中在制备方法的改进，其中涉及一步水热法（CN115928117A）、两步水热法（CN117512660A）、降低水热温度（CN117646246A）、静电纺丝法低温煅烧等其他制备工艺（CN108823600A）；在镍电极类型上主要关注纳米多孔镍电极材料（CN108441879A）、层状双金属氢氧化物纳米薄膜镍电极（CN107604381A）；在掺杂催化剂方面针对三元金属磷化物（CN117488336A）、二硫化钼/石墨烯（CN108441879A）等方面。基于上述各技术分支改进点，在碱性电解堆镍电极技术领域吉林大学课题组旨在研究出具有低成本催化剂、催化活性及稳定性，简易制备方法、高电流密度、高电化学转换效率的镍电极技术。

### 4.3.3 技术布局 SWOT 分析

SWOT 模型是一种被广泛用于商业竞争和商业规划的战略规划 and 战略管理模型。SWOT 模型中 S、W、O、T 分别代表了优势（Strengths）、劣势（Weaknesses）、机会（Opportunities）和威胁（Threats）。通过 SWOT 分析可以帮助课题组快速了解在市场中所处的地位，并做出更为合理的战略规划。



图 3-7 课题组 SWOT 分析

### **（1）课题组发展优势：**

◆ 课题组在过渡金属硫化物催化剂和水/溶剂热制备方法技术分支具有相当的技术基础，可以为碱性电解堆镍电极中电极及催化剂制备工艺改进，实现工艺流程简单、高催化活性的发展提供技术研发基础；

◆ 课题组在碱性电解堆镍电极技术领域的其他技术分支，例如纳米镍基结构、泡沫多孔镍基材料、自支撑镍基、过渡金属磷化物以及过渡金属氮化物方面也具有一定的经验积累。

◆ 吉林大学在该领域的技术产出在中国具有较大的技术优势。课题组与吉林大学其他课题组的合作基础更具有便利性。

### **（2）课题组技术劣势：**

◆ 从专利布局的角度来看，吉林大学在制备工艺方面的技术布局较为单一，仅针对水/溶剂热法进行技术研发，一定程度上反应其技术持续性，但也存在其他制备工艺方面的研发壁垒，在后续镍电极类型以及催化剂掺杂中易出现难以突破的技术问题；

### **（3）课题组技术发展机遇：**

◆ 针对镍电极类型布局的技术方向较多，涉及纳米镍基结构、泡沫多孔镍材料以及自支撑镍基结构几方面，类型覆盖较广，对后续技术研发以及产品上市具有一定优势；

◆ 从专利技术保护角度来看，其产品具有明显差异性，对于后续技术研发有较好的发展前景。

### **（4）课题组技术发展挑战：**

◆ 技术成熟度：从专利整体情况来看，中国本领域技术目前主要集中在高

校的技术开发, 吉林大学在各高校中表现出较强的技术研发优势以及专利布局优势, 但现技术成熟度仍有待提高, 旨在实现最终产业化生产。

◆ 成本控制: 制备工艺方面缩短反应流程, 催化剂选择方面在保证现有性能的同时降低材料成本等是镍电极能否产业化生产和成本控制上面临的一个重要挑战。

## 4.4 小结

本章重点分析了碱性电解堆镍电极领域国内外主要创新主体, 并对相关创新主体进行了摸排及说明。同时, 本章对重点竞争对手进行了整体的情报分析, 具体从专利整体情况、专利申请趋势和专利布局区域等多维度进行对比; 此外, 根据调研需求筛选课题组更为关注的竞争对手, 分别从竞争对手的主要产品及技术、技术分布和技术发展路线、协同合作、专利布局策略、核心专利解读等角度进行了全方位的分析与总结。

本章还重点分析了吉林大学的创新产出情况, 盘点课题组现有资产, 分析课题组现有专利申请趋势和专利技术构成。

综合以上分析内容, 本章对课题组技术发展进行了 SWOT 分析。

## 第 5 章 碱性电解堆镍电极技术布局建议

### 5.1 专利布局策略建议

#### 5.1.1 针对竞争对手的布局策略建议

##### 5.1.1.1 竞争对手在碱性电解堆镍电极的专利布局情况

针对竞争对手的专利布局策略可梳理出各自的专利布局组合：

在碱性电解堆镍电极领域，各竞争对手的专利布局情况揭示了他们在技术研发上的重点和战略方向。具体而言，第诺拉工业公司、北京化工大学、天津大学和国立大学法人横浜国立大学在镍电极类型、制备工艺以及催化剂掺杂技术方面均有所侧重。

在镍电极类型方面，各公司主要聚焦于泡沫多孔镍基和纳米镍基结构技术领域。其中，第诺拉工业公司、北京化工大学和天津大学在自支撑镍电极和镍网层状结构方面也有一定数量的专利申请。而国立大学法人横浜国立大学则自支撑镍电极相关专利数量最多，其次为纳米镍基结构以及泡沫多孔镍基电极类型，但在镍网层状结构方面的专利技术布局相对较少。

制备工艺方面，第诺拉工业公司、北京化工大学和天津大学均主要以水/溶剂热法制备镍电极为主要制备工艺，并涉及少量微乳液法、喷涂法、化学气相沉积以及电沉积等制备工艺。相比之下，国立大学法人横浜国立大学则多采用涂覆等其他工艺，涉及少量水/溶剂热法以及电沉积法。

在催化剂掺杂技术方面，各公司也呈现出不同的特点。第诺拉工业公司主要集中在制备工艺和镍基掺杂催化剂两方面，而镍电极类型选择上的专利数量较少。

北京化工大学则主要涉及过渡金属氧化物、贵金属基催化剂以及过渡金属直接掺杂的催化剂成分，水热法在四种镍电极类型中均可使用。天津大学则主要涉及过渡金属氧化物、过渡金属硫化物以及过渡金属直接掺杂的催化剂成分，但涉及非金属（碳）基催化剂、过渡金属磷化物、贵金属基催化物以及过渡金属氮化物催化剂相关专利数量较少。国立大学法人横浜国立大学申请的掺杂剂类型相较北京化工大学和天津大学种类少，其中过渡金属氧化物数量最多，过渡金属次之。

#### 5.1.1.2 在碱性电解堆镍电极领域可专利布局方向

结合上述可以考虑以下专利布局方向：

首先，针对纳米镍基结构，您可以探索新型掺杂技术，如非金属（碳）基催化剂、过渡金属磷化物、氮化物等，这些技术有望提高纳米镍基结构的催化活性和稳定性。同时，考虑到过渡金属氧化物、硫化物以及直接掺杂催化剂方面的研究已经相对成熟，您可以在在此基础上进行进一步的创新和优化。

其次，在镍网层状结构方面，您可以考虑开发新的制备工艺，如微乳液法、喷涂法、化学气相沉积等，以实现镍网层状结构的创新。这将有助于提升材料的性能和制备效率。

对于泡沫多孔镍基结构，您可以进行结构优化和功能化，如通过离子交换法引入不同的阴离子，以提高其电催化性能。这一方向的研究有望为泡沫多孔镍基结构的应用开辟新的领域。

在自支撑镍电极方面，您可以探索一体化设计与制备方法，如通过电化学刻蚀和电沉积技术，实现催化剂在基体上的均匀、牢固负载。这将有助于提高电极的催化活性和稳定性，为自支撑镍电极的进一步发展提供有力支持。

此外，您还可以研究和开发新的掺杂剂类型，尤其是那些在现有研究中较少涉及的类型，如贵金属基催化剂、非金属基催化剂等。这将有助于实现催化剂性能的进一步提升，为碱性电解堆镍电极的性能优化提供更多选择。

在环保与成本效益方面，您可以开发绿色无污染的制备工艺，如使用水/溶剂热法替代传统的化学气相沉积等高能耗工艺。这将有助于降低成本并减少环境污染，符合可持续发展的要求。

最后，为了优化电极材料的性能，您可以进行系统的电化学性能测试，特别是在模拟实际工况的条件下。这将有助于您更全面地了解材料的性能特点，为后续的专利布局和研发工作提供有力支持。

通过上述专利布局方向，您将能够构建一个全面覆盖不同镍基电极结构和技术的专利组合，从而在碱性电解堆镍电极领域获得竞争优势。

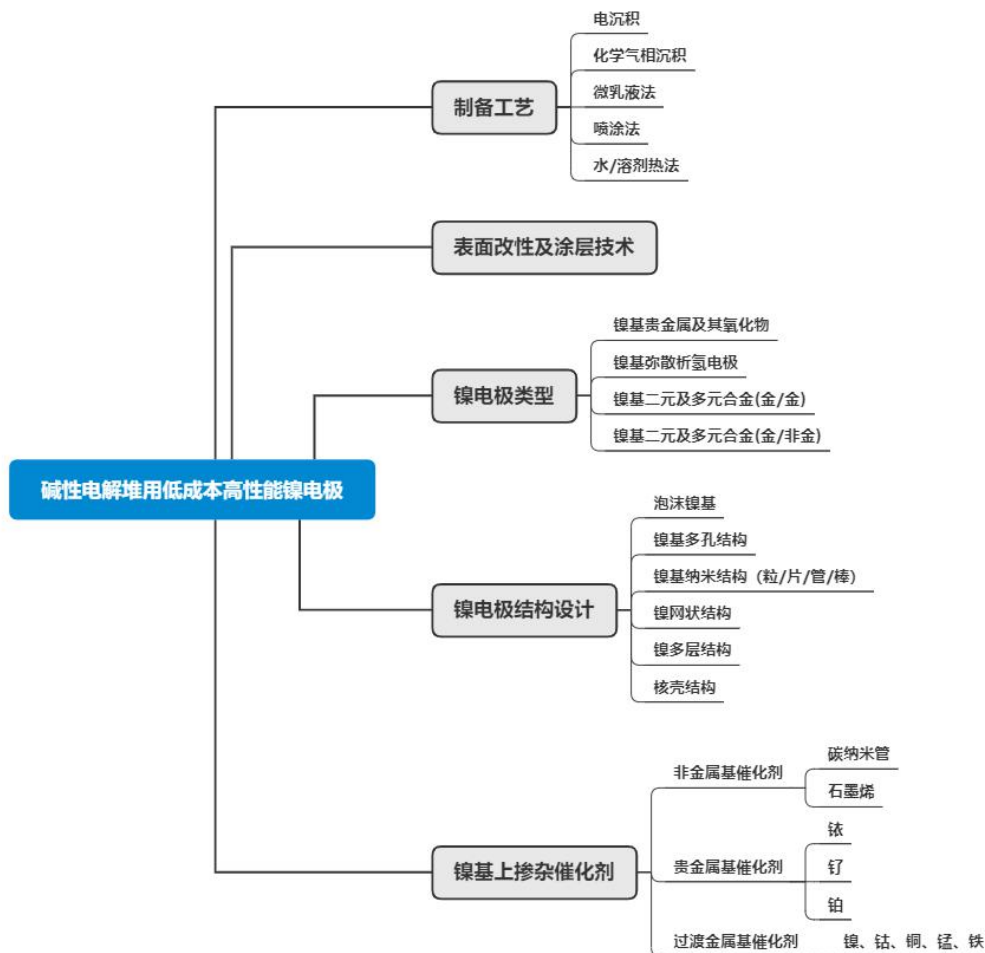


图 4-9 可考虑专利布局方向

## 5.2 融入创新流程的专利挖掘及申请建议

### 5.2.1 专利挖掘中技术交底书主要内容

以掺杂催化剂镍电极为示例：

项目概述和目标：介绍碱性电解堆镍电极项目的目标，即开发高效、稳定的镍基催化剂以提高电解水制氢的效率和降低成本。

研究背景：阐述镍基催化剂在电解水制氢过程中的核心作用，以及其性能对整个系统效率和稳定性的影响。

现有技术的技术方案及缺点；

本发明完整技术方案：

制备步骤：

混合与溶解：详细说明如何精确测量并混合所有成分以形成均匀溶液，包括搅拌速度和时间。

沉淀与老化：描述沉淀过程（如水热法）以及老化条件（温度、时间）。

干燥与煅烧：说明干燥方法（如鼓风干燥或真空干燥）和煅烧温度/时间以获得最终催化剂形态

原材料规格：

镍盐（如镍硝酸盐）和其他前驱体的纯度和供应商信息：详细列出所需镍盐的化学名称、纯度要求、供应商信息，以及其他前驱体如钼酸钠二水、硫酸钴七水或硫酸铜六水的规格。溶剂、助剂和任何其他必需化学品的规格：包括去离子水、十二烷基硫酸钠、糖精钠、1,4 丁炔二醇和冰乙酸等的规格和供应商信息

设备与设施：

列出所有必要的实验室设备和安全措施，包括磁力搅拌器、电沉积设备、煅烧炉等。

工艺参数控制：

温度、压力、pH 值等关键参数的控制指南，如 pH 值调节至 6.0-8.0，电沉积过程中的电流密度和时间控制。

质量控制：

中间体和最终产品的分析测试方法（例如 XRD、SEM、TEM、XPS 等）。

合格标准和性能指标，如电化学活性表面积（ECSA）。

示例流程图：

显示整个制备过程的可视化流程图,包括从原材料准备到最终产品测试的每个步骤。

### 5.3 各技术点布局情况总结

根据第三章的专利资产评盘点、竞争对手关注重点方向和现有产业发展,总结出下表的线控转向系统的专利布局表格,及后续布局申请建议,供课题组参考。

表 4-1 布局建议

| 二级分支   | 三级分支   | 已有专利布局 | 后续布局挖掘建议                        |
|--------|--------|--------|---------------------------------|
| 电沉积    | /      | 5      | 目前布局不足,该领域技术布局危险系数一般            |
| 化学气相沉积 | /      | 1      | 目前布局不足,该领域技术布局危险系数较低            |
| 微乳液法   | /      | 1      |                                 |
| 喷涂法    | /      | 1      |                                 |
| 水/溶剂热法 | /      | 36     | 目前布局较多,注意针对现有专利的技术改进,扩大课题组的技术优势 |
| 自支撑镍电极 | 泡沫多孔镍基 | 22     | 目前布局较多,注意针对现有专利的技术改进,扩大课题组的技术优势 |
|        | 纳米镍基结构 | 15     | 目前布局较多,该领域属于热点研发领域之一,布局时需注意规避设计 |

| 二级分支       | 三级分支    | 已有专利布局 | 后续布局挖掘建议                        |
|------------|---------|--------|---------------------------------|
|            | 镍网层状结构  | 2      | 目前布局不足,该领域技术布局危险系数较低            |
| 镍基核壳结构     | /       | 3      | 目前布局不足,该领域技术布局危险系数较低            |
| 非金属(碳)基催化剂 | /       | 5      | 目前布局不足,该领域属于热点研发领域之一,布局时需注意规避设计 |
| 贵金属基催化剂    | /       | 1      |                                 |
| 过渡金属基催化剂   | 过渡金属氧化物 | 5      |                                 |
|            | 过渡金属氮化物 | 2      | 目前布局较多,注意针对现有专利的技术改进,扩大课题组的技术优势 |
|            | 过渡金属硫化物 | 8      |                                 |
|            | 过渡金属磷化物 | 12     |                                 |

### 5.4.1 技术角度专利布局建议

### 5.4.1 技术角度专利布局建议

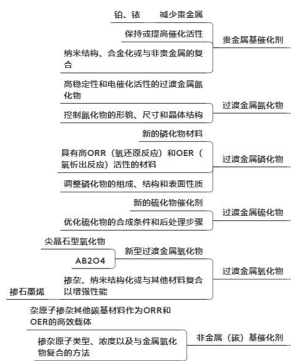


图 4-10 专利布局建议

镍基电极在碱性制氢电解槽中发挥着至关重要的作用,它们作为电化学反应的核心场所,直接决定了制氢效率和系统的整体稳定性。结合上述专利分析内容,梳理出专利可布局方向。

在纳米镍基结构方面，通过增加表面积和提供更多的活性位点，这种结构能够显著提高催化效率。相关的专利布局方向主要聚焦于制备纳米镍基结构的方法，如化学气相沉积、电化学沉积或溶胶-凝胶法，以及对其进行表面改性以提升催化活性和稳定性。此外，如何将纳米镍基结构有效地集成到电极中，以优化其在电解水过程中的性能，是专利布局的重点方向。

镍网层状结构则通过提供均匀的气体扩散和电荷传输路径来提高催化效率。在专利布局上，制备镍网层状结构的方法（如热喷涂、等离子体喷涂或电化学沉积）以及表面改性技术同样受到关注。同时，如何将这些结构集成到电极中，以实现更好的电解水性能，也是专利布局的重点方向。

泡沫多孔镍基结构通过提供大的表面积和开放的孔隙结构,进一步提升了催化效率。在专利布局方面,制备泡沫多孔镍基的方法(如电化学沉积或模板法)以及表面改性技术被广泛关注。此外,如何将这些结构有效地集成到电极中,以优化电解水性能,也是专利布局的重点方向。

自支撑镍电极则通过消除对传统支撑材料的需求,简化了制造过程并降低了成本。在专利布局上,制备自支撑镍电极的方法(如化学气相沉积或溶胶-凝胶法)以及表面改性技术同样受到重视。同时,如何将这些自支撑电极集成到电解槽中,以实现更好的电解水性能,也是专利布局的热点方向之一。

在碱性电解堆中,镍电极的性能可以通过掺杂催化剂来显著提升。这些催化剂种类繁多,每类都有其独特的优点和应用领域,以下是对这些分类及其相关专利布局方向的概述:

贵金属基催化剂方面,专利布局主要集中在研发新的合成方法上,以减少贵金属(如铂、铱)的使用量,同时保持或提高催化活性。这可能涉及纳米结构、合金化或与非贵金属的复合,从而在降低成本的同时,保证催化效果。

过渡金属氮化物作为另一类催化剂,其专利布局方向是探索新的合成策略,以制备具有高稳定性和电催化活性的过渡金属氮化物。这可能包括控制氮化物的形貌、尺寸和晶体结构,以优化其催化性能。

对于过渡金属磷化物,专利布局则侧重于开发新的磷化物材料,特别是那些具有高 ORR(氧还原反应)和 OER(氧析出反应)活性的材料。这可能涉及调整磷化物的组成、结构和表面性质,以提高其在电解堆中的催化效率。

过渡金属硫化物作为催化剂,其研究重点在于提高其在碱性环境中的稳定性和催化效率。专利布局方向可能涉及优化硫化物的合成条件和后处理步骤,以获

得更好的催化性能。

此外，过渡金属氧化物也是研究的热点之一。专利布局方向主要是开发新型过渡金属氧化物，特别是尖晶石型氧化物，如  $AB_2O_4$ ，用于 ORR 和 OER。这可能涉及掺杂、纳米结构化或与其他材料（如石墨烯）复合以增强性能。

非金属（碳）基催化剂方面，专利布局方向是研究杂原子掺杂的石墨烯和其他碳基材料作为 ORR 和 OER 的高效载体。这可能涉及优化掺杂原子类型、浓度以及与金属氧化物复合的方法，以提高催化效率。

#### 5.4.2 战略角度专利布局建议

基于上述对碱性电解堆镍电极领域的专利布局情况分析，针对各技术分支进行

##### 1. 强化核心技术研发与专利申请

**纳米技术与多孔结构:**继续加大对纳米镍基结构和泡沫多孔镍基技术的研发投入，特别是利用纳米技术构造高比表面积的电极结构，以显著提升电解效率。应重点关注如何通过优化纳米颗粒的尺寸、分布和孔隙率来进一步提高性能，并申请相关专利。

**泡沫多孔镍基结构:**鉴于泡沫多孔镍基结构在提升电解效率和降低成本方面的显著优势，应继续加大对该技术分支的研发和专利布局力度。重点关注高比表面积、优异电化学性能的材料制备方法及其在电解水制氢中的应用。

**纳米镍基结构:**纳米技术在电极材料中的应用前景广阔，应继续探索纳米镍基结构的创新点，如混合纳米材料、最小单位电极材料结构设计等。通过优化纳米材料的形貌、微观结构和导电性能，提升电极的催化活性和稳定性。

**先进制备工艺:**深化水/溶剂热法和电沉积技术的研究，同时探索其他高效、

环保的制备方法如**微乳液法、喷涂法和化学气相沉积法**等在镍电极制备中的应用。对于每种方法，应研究其**最佳工艺参数**，确保电极材料的均一性和稳定性，并申请相应的工艺专利。

**水/溶剂热法**：作为当前主流的制备方法，应继续**优化水/溶剂热法的工艺参数和操作流程**，以提高电极材料的性能和生产效率。同时，探索与其他制备方法的结合应用，如**化学气相沉积、喷涂法**等，以实现制备工艺的多元化和互补性。

**电沉积法**：电沉积法在制备具有特定形貌和结构的电极材料方面具有独特优势。应重点关注**电沉积法的工艺流程优化、沉积材料的选择和沉积条件的控制**等方面，以提升电极的催化活性和耐久性。

**绿色制备工艺**：随着环保意识的增强，绿色制备工艺将成为未来发展的重要方向。应积极探索环保、节能、高效的电极材料制备方法，如**微波辅助合成、超声波辅助合成**等，以减少对环境的污染和资源的浪费。

## 2. 多元化催化剂体系开发

**过渡金属催化剂**：继续**优化过渡金属氧化物、硫化物、磷化物和氮化物的催化剂体系**，探索其组合使用的协同效应，提升催化活性和稳定性。同时，关注**非金属（碳）基催化剂和贵金属基催化剂**的掺杂效果，开发高效、低成本的催化剂体系，并申请相关专利。

**催化剂制备工艺**：针对不同催化剂体系，开发适合其特性的制备工艺，如通过**水/溶剂热法、电沉积法或化学气相沉积法**等实现催化剂的均匀分散和高效负载。研究各制备工艺对催化剂性能的影响，并申请相关工艺专利。

**新型催化剂**：**非金属（碳）基催化剂（如石墨烯、碳纳米管等）以及过渡金属和贵金属催化剂的掺杂改性**是当前研究的热点。应持续关注新型催化剂的研

发动态，特别是其在提高电极性能方面的协同效应和机制。同时，探索催化剂的回收利用和降低成本的技术路径。

### 3. 电极材料改性与保护

**合金化与掺杂改性:**通过合金化策略和掺杂改性方法提升电极的活性和稳定性。探索不同元素或化合物对电极性能的影响，并优化其配比和工艺条件。申请关于合金化策略、掺杂元素选择及改性工艺的专利。

**表面保护层:**开发能够有效抵抗电化学腐蚀和机械磨损的表面保护层技术，延长电极的使用寿命。研究不同保护层的选择、制备工艺及其与电极基体的结合方式，并申请相关专利。

## 5.5 小结

本章综合阐述了专利布局策略，结合创新流程的专利挖掘和技术分析，为课题组未来技术发展提供了布局建议。

## 第 6 章 总结与建议

### 一、碱性电解堆镍电极技术发展情况

#### 1、碱性电解堆镍电极技术专利分析概况

2005-2018 年，专利申请处于初步发展阶段，数量平稳上升，主要集中在镍电极类型（特别是纳米镍基结构和泡沫多孔镍基技术）和制备工艺（特别是水/溶剂热法和电沉积法）的研究上。2019-2021 年，专利申请进入波动上升阶段，数量显著增长，主要受到清洁能源市场重视的推动，其中泡沫多孔镍基和水/溶剂热法成为主要增长动力。2022 年至今，专利申请数量大幅提升，技术积累开始集中爆发，预计未来几年内专利数量将持续增加。

#### 2、专利全球地域分析

从技术来源来看，中国、日本、美国、韩国、法国和德国是碱性电解堆镍电极技术的主要来源国家。这些国家在该领域拥有较为丰富的技术积累和研发实力。从技术流向来看，日本作为技术输出最活跃的国家，其技术不仅在本国得到广泛应用，还大量流向美国、欧洲专利局和其他国家。美国和德国同样展现出技术输出的广泛性和多样性，不仅保持本土技术的领先，还与其他国家进行深度合作和技术交流。尽管韩国和法国的专利数量相对较少，但它们的技术流向同样多元化，显示出这些国家在碱性电解堆镍电极技术领域较高的开放度和参与度。

从技术活跃度角度分析，日本在该领域中表现最为突出，不仅专利数量最多，而且技术流向分支广泛，显示出了极高的技术研发实力和国际合作水平。紧随其后的是美国和德国，这两个国家同样在技术上表现出较高的活跃度，拥有较多的专利数量，并且其技术流向也呈现多样化，反映了它们在技术研发和全球合作中

的重要地位。韩国和法国虽然在专利数量上相对较少，但技术流向分支也较多，显示出这些国家在碱性电解堆镍电极技术领域具有一定的开放性和参与度。

碱性电解堆用镍电极技术的来源与流向对应关系揭示了全球范围内技术转移和合作的特定模式。中国作为流向国时，其主要技术来源于日本、美国和德国，这体现了中国在吸收和引进先进技术方面的努力。日本作为技术的主要输出国，其技术流向广泛，但本国技术仍是其主要来源。美国和德国在作为技术流向国时，同样展示了其技术来源的多样性，不仅包含本土技术，还涉及多个国家的合作与引进。韩国和法国虽在数量上相对较少，但流向分支的多样性也体现了它们在该领域的技术开放性和合作意愿。

### 3、技术构成分析

根据本项目梳理的技术分支专利布局情况来看，涉及镍电极制备工艺的相关专利数量最多共计 2976 件；镍电极类型数量排名第二，有 2368 件相关专利提及；1484 件相关专利中提及镍基掺杂催化剂技术保护。在各细分技术分支方面，镍电极类型主要集中在泡沫多孔镍基材料、纳米镍基结构方面，分别申请 979 件和 832 件；镍电极制备工艺技术分支中水/溶剂热的制备工艺相关专利数量最多，为 1217 件，占比近 50%，其次是电沉积制备工艺；镍基掺杂催化剂技术分支上公开保护的各掺杂催化剂数量相当，其中过渡金属氧化物的相关专利数量最多为 401 件，过渡金属磷化物排名第二为 352 件，随后依次为过渡金属硫化物、贵金属基催化剂、非金属（碳）基催化剂、过渡金属氮化物，相关专利数量分别为 333 件、305 件、305 件和 239 件。

从技术构成分析可以看出，现有专利中各申请人重点关注的技术方向，整体评估产业技术分支中具有研发前景的技术方向。

#### 4、专利类型和法律状态

从专利类型来看，全球范围内，碱性电解堆用镍电极技术的专利类型主要集中在发明专利，占比高达 85.9%，明显高于实用新型专利，表现出对该技术创新的重视和广泛保护。在中国专利中，这一趋势更为明显，发明专利占比高达 97.21%。由此可见，中国申请人更注重对发明专利技术的保护力度。

从法律状态来看，全球范围内，本技术领域专利的法律状态分布相对均衡，失效专利、有效专利和审中专利数量相近，反映出该技术领域有一定的历史积累同时持续保持创新活力。各法律状态下的专利类型分布均以发明专利为主，实用新型专利占比较小。而在中国，有效专利和审中专利占据主导地位，显示出更为活跃的专利法律状态。同样，各法律状态下的专利类型也主要由发明专利构成，实用新型专利占比相对较低。这表明，在全球范围内以及中国范围内，本技术领域均对发明专利给予了高度的重视和保护。

#### 5、重点技术发展态势

泡沫多孔镍电极技术的全球专利申请趋势与中国趋势相当，表明中国在该领域具备显著的技术创新研发优势。近十年，专利申请量经历三次增长，尤其自 2020 年起显著增长，说明该技术正快速发展。但需注意，中国专利申请公开的滞后性可能影响对最新趋势的准确判断。从法律状态看，有效专利和审中专利占比逐渐增多，表明该技术分支的技术革新优势显著，未来有望实现更快速的发展。

泡沫多孔镍电极技术的专利申请人排名显示，前十位均为中国高校及科研院所，突出了中国在该领域的技术研发优势。从专利法律状态看，有效专利数量及占比反映了申请人对专利权的重视和专利质量的高低，陕西科技大学以其较高的有效专利数量和占比，展现了其在该领域的专利质量和维护力度的优势。技术研

发方向上，陕西科技大学主要集中于水/溶剂热法制备技术，并开发了多种形状和结构的镍电极，其研发团队以冯亮亮、曹丽云、何丹阳为核心。安徽师范大学则侧重于纳米结构掺杂剂与泡沫镍的掺杂制备，强调二元、三元掺杂成分的研发，并以房彩虹、吴正翠、黄建松为主要研发人员。

在泡沫多孔镍电极领域，中国申请人占据专利布局的主导地位。在镍基掺杂催化剂技术分支中，镍基掺杂过渡金属硫化物成为重点研发方向，同时也有对过渡金属氧化物和磷化物的掺杂技术申请。在制备工艺方面，水/热溶剂法是主流技术方向，特别在陕西科技大学、吉林大学和浙江大学等高校中尤为突出。非金属（碳）基催化剂的掺杂主要通过电沉积和其他工艺，而贵金属基催化剂和过渡金属氮化物的掺杂则更多采用其他制备工艺。过渡金属磷化物和氧化物的掺杂除电沉积外，化学气相沉积法也占据重要地位，另外过渡金属硫化物的掺杂主要依赖电沉积法。在其他制备工艺方面，还涉及烧结法、离子交换法、沉淀法、静电纺丝和等离子刻蚀法等多样化制备工艺。

从泡沫多孔镍电极制备工艺及掺杂催化剂技术的发展趋势来看，自 2015 年以来，水/溶剂热法成为主导制备工艺，专利布局持续且数量较多。掺杂催化剂的专利申请量逐年增长，2023 年尤为显著，主要集中在过渡金属磷化物、硫化物和氧化物上，同时非金属（碳）基催化剂和过渡金属氮化物也有所涉及。值得注意的是，过渡金属硫化物和氧化物在 2019-2022 年间虽专利数量不多，但持续的研发布局显示出一定的技术创新持久性。

## 6、热点技术布局情况

纳米镍基结构电极在非金属（碳）基催化剂和贵金属基催化剂的掺杂方面相关专利数量最多。并且泡沫多孔镍基类型电极倾向于掺杂过渡金属氧化物、硫化

物和磷化物。在电极的制备方法上，水/溶剂热法是最主要的制备工艺，尤其适用于纳米镍基结构和泡沫多孔镍电极的制造。电沉积法和其他工艺则作为辅助工艺方法。对于掺杂催化剂的制备，过渡金属氧化物通常采用水/溶剂热法，而过渡金属硫化物和磷化物则更多地采用电沉积法。贵金属基催化剂和非金属（碳）基催化剂的掺杂过程同样涉及多种不同的制备工艺。技术改进的重点在于构建具有高比表面积的电极结构、优化电极的组成以及引入保护层，这些改进旨在提高电极的性能、延长其使用寿命，并推进电解水制氢技术向商业化发展。特别是，多孔镍钼钴电极的开发被认为能够显著降低电解水制氢的成本，并提高能量转换效率。

## 6、核心技术发展路径

自 1957 年镍电极技术的研发起步以来，早期的研究重点主要放在纯多孔镍电极的结构设计和制备方法的改进上。这包括增加背板、使用粘合剂以及进行表面活化改性等技术手段。随着科技的不断进步，非金属（碳）基催化剂的掺杂技术开始逐渐受到重视。近年来，在泡沫镍电极及其掺杂催化剂的研发方面，研究者们更多地聚焦于特殊结构的设计，例如异质结和二维介孔纳米阵列，这些设计旨在进一步提升电极的性能。此外，NiFe LDH 等新型催化剂也引起了广泛的关注，它们为镍电极技术的发展开辟了新的可能性。政府的政策支持也为镍电极技术的持续进步带来了强有力的推动。

## 7、前沿技术发展情况

近五年内，针对镍电极类型、制备工艺以及掺杂催化剂的专利布局显示，泡沫多孔镍基结构因其优异的电解性能和成本效益成为研究焦点，专利申请数量显著增长。在制备工艺上，水/溶剂热法占据主导地位，因其制备性能优异、成本

低廉。此外，非金属（碳）基催化剂因其稳定性和催化性能备受关注，相关专利申请数量也呈现增长趋势，显示出其在提升镍电极性能方面的潜力。

在镍电极类型技术分支上，近五年内泡沫多孔镍基结构和纳米镍基结构专利数量增长显著。专利 CN111270263A、CN111686764A 和 CN112195440A 等分别聚焦于解决粉末催化剂易脱落、提高活性面积和降低成本等问题，展示了自支撑结构、异质结构和复合材料等创新点。纳米镍基结构技术则通过优化电极材料的最小单位和混合纳米材料来提高性能，如 CN111215096A 和 JP2021139027A 所示。镍网层状结构和镍基核壳结构技术分支则关注于网层状结构设计、表面改性和核壳间相互作用等，以提高电催化活性和稳定性。总体而言，这些专利旨在通过不同的结构设计改进镍电极性能，包括提高导电率、催化活性、水分解能力和延长使用寿命，为清洁能源领域的发展提供有力支持。

在制备工艺技术分支上，近五年内水/溶剂热法专利布局占据主导，同时电沉积技术及其他类型制备工艺也呈现增长趋势。技术研发和专利申请主要集中在精简工艺、扩大生产、环境友好和提高电极及催化剂活性等方面。电沉积技术方面，专利如 CN116905037A、CN116590741A 和 WO2023143578A1 等展示了通过优化工艺流程、沉积材料和电极结构，提升电极催化活性和稳定性，为电解水制氢等应用提供了有效技术支撑。

近五年，在制备工艺方面，水/溶剂热法、化学气相沉积、喷涂法等技术分支取得了显著进展。水/溶剂热法通过设计特殊的结构和掺杂元素提高了镍基材料的催化性能。化学气相沉积法则通过三维多孔结构和核壳结构设计，增强了电极材料的电催化性能。喷涂法则通过优化喷涂工艺参数和采用核壳结构设计，提高了电极材料的性能和稳定性。尽管微乳液技术分支的专利申请数量较少，但其

在制备微球或纳米颗粒结构方面仍有所应用。整体而言，这些技术改进旨在提高镍催化电极的活性位点、稳定性、使用寿命，并追求工艺过程的环境友好性，为镍基电极的制备提供了多样化的技术路径。镍电极掺杂催化剂的技术研发主要聚焦于共掺杂多种催化剂的协同作用，旨在通过提高贵金属应用效率、利用非金属（如碳基材料）的导电性、以及过渡金属的特殊性能，来增强催化剂的利用率、电荷传输效率、电化学稳定性及经济价值，从而推动镍电极催化剂性能的整体提升。

## 二、竞争情况分析

碱性电解堆镍电极领域的专利布局显示，国外主要申请人如第诺拉工业公司等在全球拥有较多专利，但在中国布局较少，反映出对中国市场的关注度不高。国内申请人则更倾向于在本国布局专利。在专利法律状态上，国外申请人有效专利占比较低，而国内申请人如吉林大学、北京化工大学则表现出较高的专利维持度和再审量，反映技术创新度较高。技术发展态势上，第诺拉工业公司在2004-2012年间表现出技术创新优势，主要集中在制备工艺和镍基掺杂催化剂上。随后，其他申请人专利数量缓慢增长，但旭化成生活制品株式会社等国外申请人及陕西科技大学等国内申请人仍维持较高专利申请水平，显示出一定的技术创新实力。

重点申请人在专利地域布局上呈现出显著的差异。中国的高校申请人如陕西科技大学、吉林大学和北京化工大学主要在本国申请专利，海外布局较少；而国外申请人如第诺拉工业公司、旭化成生活制品株式会社等则展现出更强的海外布局意识，不仅在多国申请专利，还通过 PCT 途径进行国际专利申请。特别是第诺拉工业公司，其海外专利布局最为全面，覆盖近 24 个国家或地区。这些差异

反映了不同申请人在专利保护和市场拓展策略上的差异。

### 三、课题组 SWOT 分析

课题组在镍电极技术领域的发展具有以下优势和劣势,以及面临的机遇和挑战:

#### 优势:

技术基础: 课题组在过渡金属硫化物催化剂和水/溶剂热制备方法方面拥有坚实的技术基础,这为碱性电解堆镍电极中电极及催化剂的制备工艺改进提供了强有力的技术研发基础。

经验积累: 在纳米镍基结构、泡沫多孔镍基材料、自支撑镍基、过渡金属磷化物和氮化物等技术分支方面,课题组也积累了一定的经验。

技术优势: 吉林大学在该领域的技术产出在中国具有较大的技术优势。

合作便利性: 课题组与吉林大学其他课题组的合作基础具有便利性,有利于技术交流和共同研发。

#### 劣势:

技术布局单一: 从专利布局角度来看,吉林大学在制备工艺方面的技术布局较为单一,主要集中于水/溶剂热法,可能存在其他制备工艺方面的研发壁垒。

技术持续性: 技术持续性有待提升,以应对后续镍电极类型和催化剂掺杂中的技术问题。

#### 机遇:

技术方向多样性: 课题组在镍电极类型布局的技术方向较多,覆盖纳米镍基结构、泡沫多孔镍材料以及自支撑镍基结构,为后续技术研发和产品上市提供了优势。

专利保护：产品具有明显差异性，为后续技术研发提供了良好的发展前景。

挑战：

技术成熟度：尽管吉林大学在技术研发和专利布局方面表现出优势，但技术成熟度仍有待提高，以实现最终产业化生产。

成本控制：在制备工艺方面需要缩短反应流程，在催化剂选择方面需要在保证性能的同时降低材料成本，这是镍电极产业化生产和成本控制上面临的重要挑战。

#### 四、专利布局建议

近二十年来，中国对知识产权的重视推动了专利申请量的大幅增长。然而，专利数量并不能直接反映其技术水平的高低，存在重数量轻质量的问题。因此，专利的价值不能仅通过数量来评判。专利布局的实质在于培育高价值专利，为技术和产品提供强有力的法律保护。

（1）课题组在碱性电解堆镍电极技术专利布局方面：

总体数量和质量有较大的提升空间；需要结合布局目的，考虑申请主体、客体、时间、地域、市场竞争地位、申请类型等因素，以最优方式提交专利申请；应组成能够创造实际价值的专利组合包。

（2）课题组专利布局的地域选择：

应基于产品的主要销售地、潜在销售地、制造地进行选择。

（3）市场竞争需要方面的参考：

1.镍电极类型：中国布局较多，其次是韩国、美国和日本。

2.镍电极制备工艺：中国布局较多，其次是日本、韩国和美国。

3.掺杂催化剂：中国布局较多，其次是美国、韩国和日本。

综上所述,课题组在碱性电解堆镍电极技术领域的专利布局需要更加注重专利的质量,通过综合考虑多方面因素,构建具有实际价值的专利组合。同时,应关注全球专利来源的地域分布,以及市场竞争的需要,合理规划专利布局的地域,以增强技术保护和市场竞争力。

## 附 录

### 附录一：吉林大学重要专利

| 吉林大学重点专利     |                           |                 |        |      |       |        |
|--------------|---------------------------|-----------------|--------|------|-------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                     | 发明人             | 镍电极类型  | 制备工艺 | 掺杂催化剂 | 中国法律状态 |
| CN117488340A | 一种镍锰金属间化合物电催化剂材料及其制备方法与应用 | 韩双   贺霄阳   黄立城  |        | 其他工艺 | 过渡金属  | 未决     |
| CN110624567A | 一种析氢电催化剂及其制备方法与应用         | 田宏伟   吴一县   郑伟涛 | 自支撑镍电极 | 其他工艺 | 过渡金属  | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                         |                                        |        |        |         |        |
|--------------|-------------------------|----------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                   | 发明人                                    | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
| CN114807965A | 一种双金属有机骨架结构磷化物的制备方法     | 姚卫国   陈达智   吕鸿博   柴新鹏   蒋兴鹏   钱广广      |        | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN116770359A | 一种双金属共增强的氧化钴材料、制备方法及其应用 | 崔小强   宫铭   王德文   焦东旭   许天翊   董易龙   李欣洳 | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属氧化物 | 未决     |
| CN117144407A | 一种电催化析氧催化剂的制备方法及其应用     | 李莉萍   李俊志   李广社   韩炜                   |        | 微乳液法   |         | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                                                                  |                            |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                            | 发明人                        | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
| CN117344332A | 一种 Heusler 合金纤维 OER 催化剂及其制备方法和应用                                 | 钱明芳   张钦毓   钟诗江   张学习   耿林 | 自支撑镍电极 | 其他工艺   | 过渡金属    | 未决     |
| CN115595616A | 一种 Fe <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub> S <sub>8</sub> 析氧电极材料的制备方法及应用 | 田宏伟   都政言   于陝升   郑伟涛      |        | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN107604381A | 铁基层状双金属氢氧化物纳米薄膜材料、制备方法及其应用                                       | 邹晓新   刘一蒲   梁宵   李国栋       | 镍网层状结构 | 其他工艺   | 过渡金属氧化物 | 有效     |
| CN112593256A | 一种核壳 FeOOH@NiFe LDH 电催化材                                         | 李芳菲   王嘉琦   薛兵   任         | 镍基核壳结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                                                               |                                   |        |        |         |        |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                                         | 发明人                               | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 料及制备方法                                                                        | 丽   夏茂盛   雒锋                      |        |        |         |        |
| CN115976565A | 一种高活性Fe <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub> S <sub>8</sub> 纳米颗粒/3D 多孔碳复合电催化剂的制备方法及应用 | 田宏伟   张琛旭   崔亚楠   于陕升   胡超权   郑伟涛 | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN115094456A | 二氧化铈纳米粒子/镍铁双金属磷化物/泡沫镍复合电极的制备方法及应用                                             | 杨春成   杜丽   文子   赵明   蒋青           | 泡沫多孔镍基 | 电沉积    | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN116676618A | 一种具有赫硫镍矿结构的全解水催化电极、                                                           | 陈辉   邹晓新   柏新宇   沈                |        | 其他工艺   |         | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                        |                             |        |        |         |        |
|--------------|------------------------|-----------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                  | 发明人                         | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 室温制备方法及其在碱性电解水中的应用     | 雨橙                          |        |        |         |        |
| CN117512661A | 一种铈掺杂的镍铁双金属氢氧化物析氧反应催化剂 | 苗世顶   杨芯萍   李静瑶   张砚        | 泡沫多孔镍基 |        | 过渡金属氧化物 | 未决     |
| CN115522216A | 一种磷掺杂镍黄铁矿电催化剂及其制备方法    | 田宏伟   李雅欣   胡超权   于陕升   郑伟涛 |        | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN115679370A | 一种过渡金属催化剂及制备方法         | 崔小强   王德文   宫铭   王乐知        |        | 化学气相沉积 | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN114164     | 一种磷化物异                 | 崔小强                         | 纳米镍    | 水/溶剂   | 过渡金     | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                              |                                                   |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------|---------------------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                        | 发明人                                               | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
| 451A         | 质纳米片及其制备方法                   | 许天翊   田伏钰   董易龙   刘弘太   徐珊                        | 基结构    | 热法     | 属磷化物    |        |
| CN117512662A | 一种氟化的NiV-LDH@NF电解水析氧催化剂的制备方法 | 李芳菲   张建安   薛兵   雒锋   夏茂盛   高新宇   徐志强   刘道昕   邢佳乐 | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 未决     |
| CN111468120A | 一种由CoFeNiOX组成的分层空心纳          | 崔小强   刘颖                                          | 镍网层状结构 | 其他工艺   | 过渡金属氧化物 | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                                             |                         |        |        |                    |        |
|--------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------------------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                       | 发明人                     | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂              | 中国法律状态 |
|              | 米笼电催化剂及其制备方法与应用                                             |                         |        |        |                    |        |
| CN112030187A | 一种用于电解水过程中析氧反应的电极的制备方法                                      | 科柳伊米古拉   扎托夫斯基伊格里   张馨予 |        | 水/溶剂热法 | 过渡金属氧化物            | 有效     |
| CN114990568A | 一种在泡沫镍上负载 Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> -C 的电催化电极、制备方法及其应用 | 赵旭   张雪薇   赵纯           | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 非金属（碳）基催化剂、过渡金属硫化物 | 有效     |
| CN117403263A | 一种电化学氧化 5-羟甲基糠醛的钛基氢氧化                                       | 林楠   刘芳兵   林海波          |        |        |                    | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                          |                                       |        |        |         |        |
|--------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                    | 发明人                                   | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 镍电催化电极及其制备方法             |                                       |        |        |         |        |
| CN117512660A | 一种铈修饰的NiFe-LDH@NF的制备方法   | 李芳菲   高新宇   薛兵   雒锋   夏茂盛   张建安   徐志强 | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 未决     |
| CN117107290A | 一种 OER 电催化剂及其制备方法        | 张伟   刘恒   邹旭   郑伟涛                    | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 未决     |
| CN112981443A | 一种表面沉积纳米银薄膜的泡沫镍、制备方法及其应用 | 赵旭   王湘越   赵纯                         | 泡沫多孔镍基 | 电沉积    | 过渡金属硫化物 | 有效     |
| CN112877     | 一种过渡金属                   | 王国勇                                   | 泡沫多    | 水/溶剂   | 过渡金     | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                                                |                                                  |        |        |                 |        |
|--------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|--------|-----------------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                          | 发明人                                              | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂           | 中国法律状态 |
| 712A         | 磷硫化物及其制备方法和应用                                                  | 王瑜喆  <br>孙贵训  <br>王翻玲  <br>张君宇  <br>余小帅  <br>戴凌杰 | 孔镍基    | 热法     | 属硫化物、过渡金属磷化物    |        |
| CN111408385A | 一种 Fe <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub> S <sub>8</sub> 析氢电催化材料的制备方法 | 田宏伟  <br>张琛旭  <br>郑伟涛                            | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物、过渡金属氮化物 | 有效     |
| CN116695164A | 一种异质核壳结构 Ag@AgP <sub>2</sub> /Ni <sub>2</sub> P 及其合成方法         | 崔小强  <br>王君与  <br>许天翊  <br>田伏钰  <br>王乐知  <br>李若昱 | 镍基核壳结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物         | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                                                   |                       |        |        |            |        |
|--------------|---------------------------------------------------|-----------------------|--------|--------|------------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                             | 发明人                   | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂      | 中国法律状态 |
| CN114481188A | 一种表面氮掺杂电极制备方法                                     | 焦世惠   王勃然   庞广生       |        | 其他工艺   | 过渡金属氮化物    | 有效     |
| CN108823600A | 一种镍-碳化钼纳米粒子/碳纤维复合纳米材料、制备方法及其应用                    | 卢晓峰   李美璇   王策        | 纳米镍基结构 | 其他工艺   | 非金属（碳）基催化剂 | 有效     |
| CN116752186A | 一种电催化析氢的 RhNi 复合电催化剂及其制备方法                        | 黄科科   蔡敏敏   吴小峰   冯守华 |        | 水/溶剂热法 |            | 未决     |
| CN116770357A | 纳米片状 FeOOH 修饰的 Ni <sub>3</sub> B 电催化剂的制备方法以及在碱性析氧 | 张伟   刘福喜   邹旭   郑伟涛   | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属       | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                                    |                           |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                              | 发明人                       | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 中的应用                               |                           |        |        |         |        |
| CN117488336A | 三元金属磷化物电解水催化剂复合材料的制备方法             | 张墨   王国勇                  | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN117702179A | Ru 纳米粒子掺杂 NF/Co(OH)F-2mpz 的制备方法及应用 | 窦艳丽   闫自豪   姚卫国           | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属氧化物 | 未决     |
| CN115928130A | 一种硒、铁共掺杂二硫化三镍三维材料的制备方法             | 崔小强   徐珊   张雷   张海燕   武建栋 | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN108441879A | 纳米多孔镍-二硫化钼/石墨烯                     | 杨春成   陈丽新                 | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 非金属（碳）  | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                      |                             |        |        |         |        |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                | 发明人                         | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 复合材料的制备方法及应用                         | 杜丽   文子   赵明   李建忱   蒋青     |        |        | 基催化剂    |        |
| CN106492846A | 一种高效裂解水产氢低过电位电催化剂及其制备方法              | 张宗弢   岳新政   王润伟   易莎莎       | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 |         | 有效     |
| CN117512666A | 一种 NiFe LDH@NiCoP/NF 电解水析氧催化剂电极的制备方法 | 王国勇   陈潇雨   周锦涛   赵梓博   尹惠琳 | 泡沫多孔镍基 | 电沉积    | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN112962107A | 一种平方米级、高活性、高稳定性的镍电极、制备方法及其应          | 邹晓新   李纪红   陈辉              | 泡沫多孔镍基 | 其他工艺   | 过渡金属    | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                                                                    |                                   |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                                              | 发明人                               | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 用                                                                                  |                                   |        |        |         |        |
| CN116422349A | 一种Fe-F-Ni(OH) <sub>2</sub> 多孔纳米片、制备方法以及在电催化析氧中的应用                                  | 赵晓   刘济宇                          | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 未决     |
| CN113913863A | 一种Ni <sub>2</sub> P/Ni <sub>12</sub> P <sub>5</sub> -xB <sub>rx</sub> 富缺陷纳米片及其合成方法 | 崔小强   许天翊   田伏钰   董易龙   刘弘太   武建栋 | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 有效     |
| CN114164448A | 一种异相磷化镍材料及其制备方法                                                                    | 崔小强   许天翊   田伏钰   刘弘太             | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 |         | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                |                                     |        |        |         |        |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                          | 发明人                                 | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              |                                | 董易龙   宫铭                            |        |        |         |        |
| CN117265581A | 一种自支撑过渡金属硫化物复合羟基氧化铁析氧电催化剂的制备方法 | 田宏伟   王冲   于陕升   郑伟涛                | 自支撑镍电极 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN115652328A | 分层金属网络上多组分金属间化合物纳米颗粒的制备方法及应用   | 郎兴友   孙新滢   时航   韩丽平   文子   赵明   蒋青 | 自支撑镍电极 | 喷涂法    | 过渡金属    | 未决     |
| CN114438539A | 室温表面改性不锈钢电极、制备方法及其在碱性电解水中      | 邹晓新   陈辉   李纪红   沈雨澄   邹            |        | 其他工艺   |         | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                          |                             |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                    | 发明人                         | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 的应用                                      | 永存                          |        |        |         |        |
| CN111229324A | 具有梭形形貌的聚吡咯/铁镍氢氧化物复合中空材料、制备方法及其在电解水产氧中的应用 | 张恺   陈一新   杨柏               | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属氧化物 | 有效     |
| CN115584533A | 一种硫化亚铜/二硫化三镍自支撑电极、制备方法和应用                | 李楠   张元浩                    | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN108212157A | 金属硼化物水裂解催化剂、制备方法及其在电催化水裂解方面的应用           | 邹晓新   郭非凡   吴园园   李国栋   李纪红 |        |        |         | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                                                                                                         |                              |        |        |         |        |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                                                                                   | 发明人                          | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
| CN114232027A | 一种Fe <sub>5</sub> Ni <sub>4</sub> S <sub>8</sub> -Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> /NF 双功能复合电催化剂及其制备方法和应用 | 田宏伟   崔亚楠   张琛旭   郑伟涛        | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 有效     |
| CN116970977A | 一种在泡沫镍上生长镍铜合金纳米颗粒的制备方法                                                                                  | 黄卫民   徐赠哲                    | 泡沫多孔镍基 | 电沉积    | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN117646246A | 一种铬铁双金属掺杂的磷化钴/磷化镍/泡沫镍复合电极及其制备方法和应用                                                                      | 杨春成   李慧   杜丽   文子   赵明   蒋青 | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 未决     |
| CN117089882A | 一种电化学重                                                                                                  | 崔小强                          | 纳米镍    | 水/溶剂   | 过渡金     | 未决     |

| 吉林大学重点专利     |                                          |                           |        |        |         |        |
|--------------|------------------------------------------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                                    | 发明人                       | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 构的硼掺杂磷化镍纳米材料的合成方法                        | 许天翊   王君与   李若昱   王乐知     | 基结构    | 热法     | 属磷化物    |        |
| CN115852421A | 一种Zr-NiSe <sub>2</sub> /CC 纳米片合成方法及电解水应用 | 赵晓   刘飞岩                  | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属    | 未决     |
| CN115928117A | 一种铁掺杂的珊瑚状异质结构催化剂的制备方法                    | 崔小强   徐珊   张雷   张海燕   武建栋 |        | 水/溶剂热法 | 过渡金属硫化物 | 未决     |
| CN113862726A | 一种钼硒双元素掺杂的多孔片层状磷化镍材料的制备方法                | 崔小强   刘弘太   徐珊   许天翊      | 泡沫多孔镍基 | 水/溶剂热法 | 过渡金属磷化物 | 有效     |

| 吉林大学重点专利     |                      |                                       |        |        |         |        |
|--------------|----------------------|---------------------------------------|--------|--------|---------|--------|
| 公开（公告）号      | 标题-原文                | 发明人                                   | 镍电极类型  | 制备工艺   | 掺杂催化剂   | 中国法律状态 |
|              | 法及应用                 |                                       |        |        |         |        |
| CN117604563A | 一种铁掺杂钼酸镍纳米片及其制备方法和应用 | 安健   孙嘉隆   颜丙龙   刘志慧   郎兴友   朱永福   蒋青 | 纳米镍基结构 | 水/溶剂热法 | 过渡金属氧化物 | 未决     |