

基于专利分析的钠硫电池技术发展趋势研究^①

王艳辉^{②*} 张玉良^{**} 姜 超^{**}

(* 国网内蒙古东部电力有限公司 呼和浩特 010020)

(** 中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司 长春 130021)

摘 要 通过对德温特 (Derwent) 数据库收录的全球钠硫电池技术发明专利数据的分析, 包括对专利技术区域、技术组织、技术研发等内容的分析, 深度揭示了全球钠硫电池技术的发展现状与趋势。钠硫电池技术在能源存储方面具有巨大应用潜能, 并且已经成为支撑新能源发展的战略性技术。研究发现, 目前全球范围内中国和日本是两个完全掌握钠硫电池技术的国家, 中国尽管在电池箱和电池使用维护等方面形成了自己的优势, 但在商业化发展道路上仍处于起步阶段, 较日本还存在一定的差距。该研究对有效开展我国钠硫电池技术的创新发展有参考意义。

关键词 钠硫电池, 专利分析, 合作网络, 技术现状, 发展趋势

0 引 言

大规模的储能技术已经成为支撑新能源发展的战略性技术, 而钠硫电池作为一种快速发展的新型储能电池, 已在许多国家得到应用。钠硫电池与锂电池和全矾液流电池等化学电池相比, 是一种同时适用于功率型储能和能量型储能的电池技术, 其优点在于电池体积小、能量密度高、功率密度大、循环寿命长和运行维护方便等^[1]。钠硫电池储能系统不仅可以解决巨大的昼夜电力需求峰谷差问题, 而且可以帮助太阳能、风能等新型能源技术成功并网以解决电力短缺问题, 是城市智能电网建设重要的组成部分。

全球钠硫电池已发展 50 年时间, 产业化应用的条件日趋成熟。随着煤、石油、天然气等天然能源的耗尽和环境污染的加重, 以风能、太阳能为代表的新能源技术受到各国的重视, 但风能和太阳能发电具有明显的不稳定性和不连续性, 给传统电网的安全

性和调峰能力带来巨大的挑战, 钠硫电池存储技术在很大程度上解决了风力发电和太阳能发电的随机性、间隙性和波动性等问题, 使大规模风力发电和太阳能发电并入常规电网成为可能。继日本碍子株式会社 (NGK) 之后, 美国、德国、法国等国相继投入到钠硫电池储能技术与开发中, 截至目前, 全球已经建成 200 个以上的应用示范项目^[2], 而日本走在技术商业化应用的前沿, NGR 是全球唯一一个能够提供 10MW 以上的系统的供应商。

本文通过专利分析方法研究了全球钠硫电池技术的发展态势。研究中所用钠硫电池专利数据均来源于德温特 (Derwent) 数据库。我们利用关键词进行检索, 检索时间为 2016 年 6 月 1 号, 检索范围为 1967 至今的所有专利数据, 共检索查重得到相关的专利数据 1791 条, 并采用 TDA、EXCEL 等分析工具对专利申请时间、国家、机构、技术分类号等字段进行统计分析, 从专利角度深入研究了全球钠硫技术的创新趋势、技术区域分布、专利权人分布、合作网络关系、技术差异分布等情况, 为相关钠硫电池技术

① 国家电网公司课题 (No. 1366011350TD) 资助项目。

② 男, 1980 年生, 高工; 研究方向: 能源与电力; 联系人, E-mail: yanhui622@126.com
(收稿日期: 2016-02-04)

的发展和科技决策支持提供数据支持。由于专利申请和公开之间具有一定的延迟,所以 2015 年之后的数据仅供参考。

1 钠硫电池技术总体发展态势分析

1.1 全球专利申请趋势分析

图 1 显示了全球钠硫电池的专利申请逐年变化情况,可以看出,钠硫电池领域的相关专利申请最早起始于 1967 年,经过了波浪式的推进发展过程,目前主要形成了 3 个比较典型的发展时期:(1) 1967 ~ 1982 年的缓慢发展期。美国福特公司最早在 1967 年研发了钠硫电池^[3],随后世界各国也相继开展了相关的研究,但由于当时研发的最初目标是作为电动汽车的动力电池,钠硫电池运行温度高、安全性差等问题限制了其在车载动力电池的应用,因此相关的专利申请速度较为缓慢。(2) 1982 ~ 2006 年的快速成长期。日本的 NGK 公司在 1982 年开始

与东京电力公司合作开发储能钠硫电池,并于 1992 年建立了第一个钠硫储能示范项目,2003 年开始了储能项目的商业化生产^[4],此时期研发的重心由车载动力电池转向储能系统的开发,各国相继部署自己的钠硫储能系统,使得钠硫电池的发展获得了快速的成长。值得注意的是以日本为代表的技术强国垄断了钠硫电池的整个市场,并在 2000 年初就已经完成了相关技术配套服务的开发,而其他国家的技术研发仍面临着许多问题,因此在这一时期,全球专利申请处于较低的水平;(3) 2006 ~ 至今的技术成熟阶段。产业化和商业化发展是目前的主流趋势。美国电力公司 2006 年在西弗吉尼亚安装了第一套钠硫电池储能系统,中国的硅酸盐研究所也成功研制出 30AH 的单体电池,使中国成为继日本后第二个掌握大容量钠硫电池技术的国家,截至 2009 年,全球已经建成了 200 个以上的项目,产业化和工业化的发展不断推动着钠硫电池储能技术走向成熟。

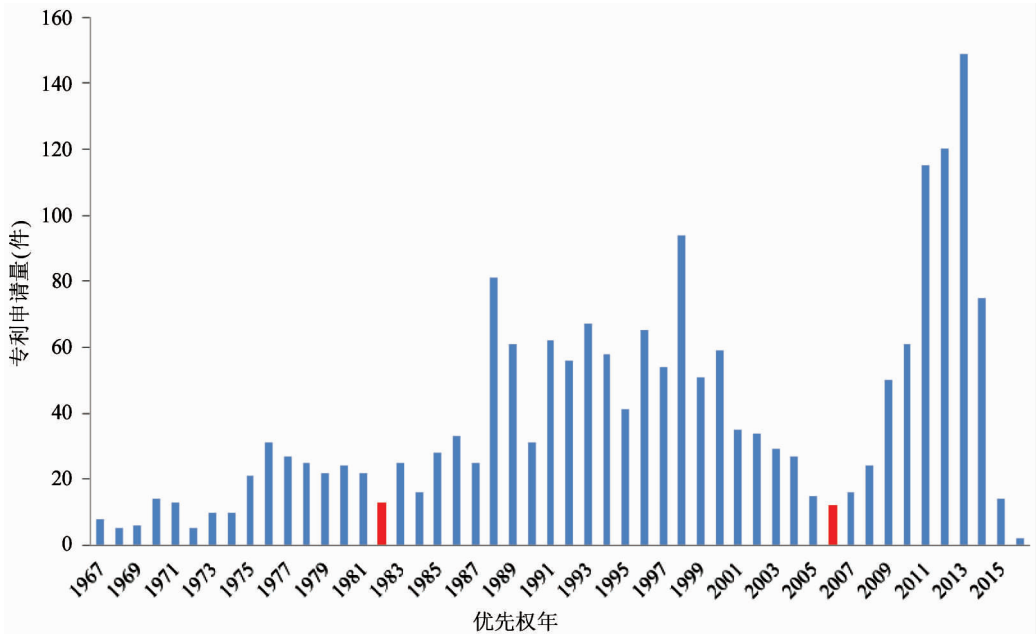


图 1 全球钠硫电池的专利申请逐年变化情况

1.2 技术区域分析

1.2.1 公开国家或组织分布

图 2 显示了全球钠硫电池公开专利排名前 10 的国家或组织分布,可以看出,全球钠硫电池的专利公开国之间存在着明显的数量差距。日本凭借

1052 件公开专利排名第 1 位,其次排名前五的分别是中国、美国、韩国和世界知识产权局 (WIPO),专利公开量在 90 件以上。

仅从各国专利公开数量来看,日本处于技术主导位置,日本是掌握钠硫电池储能技术的第一国家。

据全球钠硫储能系统的统计,以日本组建的钠硫储能系统就有 100 座以上^[5],占总数的 1/2;中国以 232 件公开专利排名第 2 位,中国是继日本之后第二个进行大容量储能用钠硫电池技术开发的国家,在 2006 年自行研制成功具有自主知识产权的 650AH 大容量储能用的钠硫单体电池^[6],并在 2010 年上海世博会期间成功示范运行了 100kW/800kWh 的钠硫电池储能装置,目前中国储能用的钠硫电池发展已进入产业化的前期准备阶段;美国是第一个提出钠硫电池的国家,但却以 118 件的公开专利排

名第 3 位。美国一方面从 2000 年开始就已经从日本购进相关的钠硫电池储能系统配套服务设施,另一方面也出台了相关的政策支持大规模储能电池技术的研发的相关政策,更偏向于推动技术朝向产业化方向发展。韩国和德国也比较重视相关技术的开发,其中德国在 2011 年底,至少已经完成了 20 个电池储能示范项目;各国也比较注重 PCT 国际专利的申请,仅在世界知识产权组织就申请公开了 95 件专利。

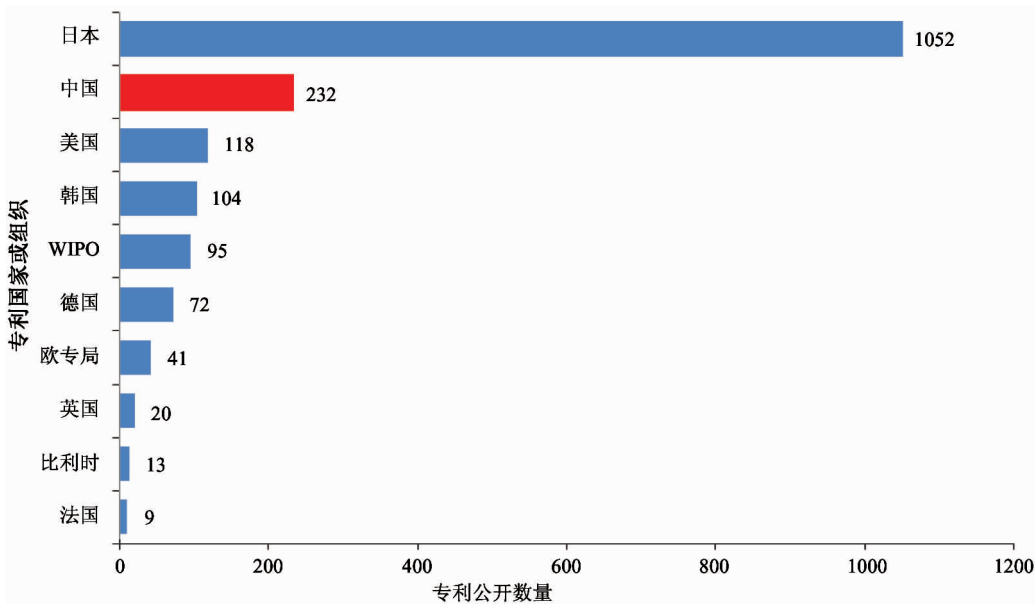


图 2 全球钠硫电池公开专利的排名前 10 的国家或组织分布

1.2.2 优先权国家或组织分布

图 3 显示了全球钠硫电池优先权国家或组织专利布局分布情况,横坐标代表专利申请的优先权国家,纵坐标代表专利公开国家,气泡大小代表专利的件数。由于一件专利可能对应多项专利优先权,所以数据间存在一定的重复性。通过优先权国家的专利布局情况,我们可以直观地了解优先权国家的专利布局情况,从而进一步了解其专利战略。

图 3 示出了优先权国家为日本的专利布局,其主要的专利申请公开国是日本本国,有 1051 条专利,其次是世界知识产权组织(WIPO)的 PCT 专利

申请,有 54 条专利。日本虽然在美国、德国和欧专局都有相关的专利申请,但更多采取的是专利防御型的实施策略,在充分的占有本国市场的基础上,然后逐渐开始关注国际市场的专利布局。优先权国家中国、美国、韩国、德国等也都十分注重本国市场的保护,在本国申请的专利申请最多,但同时存在一定的策略差别。美国和韩国虽然申请的专利数量较少,但非常注重国际市场的开发,拥有一定数量的 PCT 专利;中国比较注重本国市场的开发,但对于国际市场的关注度有待提高。

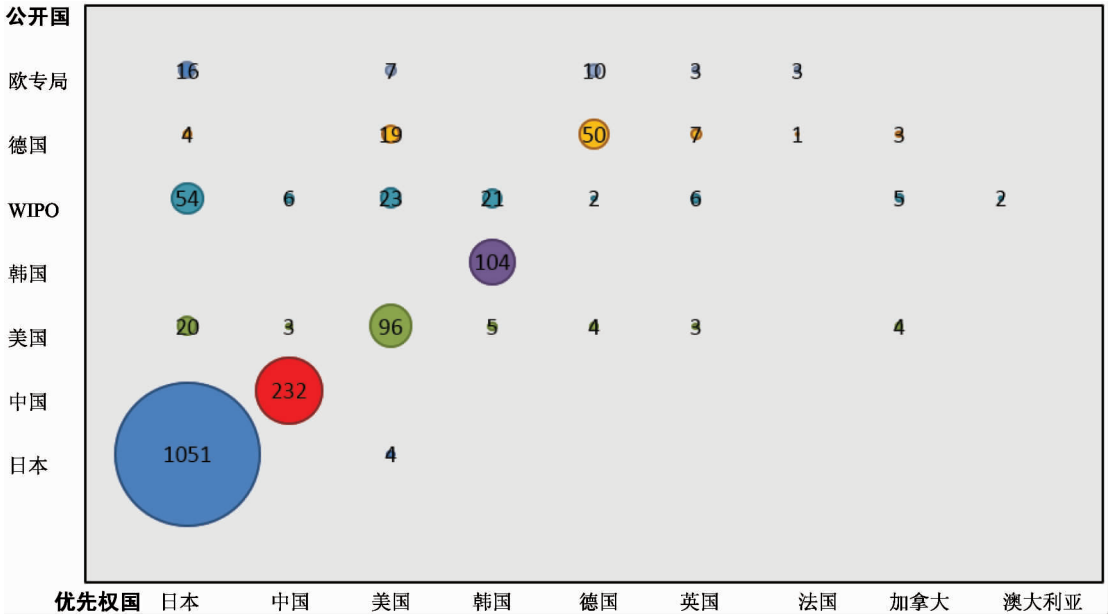


图 3 全球钠硫电池优先权国家或组织专利布局分布

1.3 技术组织分析

1.3.1 技术机构分布

表 1 详细地统计了全球排名前 20 专利申请机

构的排名情况以及计算了近四年专利申请活跃度情况。可以看出,全球排名前 20 的机构组织中有 9 家日本机构,4家中国机构、两家美国机构,韩国、法

表 1 全球钠硫电池前 20 专利申请机构排名

排名	机构名称	专利数量(A)	近四年申请(B)	专利活跃度 B/A	活跃度排名
1	日本碍子	456	6	1.32%	10
2	日立集团	254	0	0.00%	—
3	日本汤浅蓄电池	154	0	0.00%	—
4	日本东京电力公司	146	2	1.37%	9
5	上海电气钠硫储能有限公司	109	77	70.64%	2
6	韩国浦项钢铁公司	81	26	32.10%	5
7	日本三菱重工株式会社	40	0	0.00%	—
8	中国国网上海市电力公司	34	21	61.76%	3
9	日本特殊陶瓷	33	0	0.00%	—
10	美国通用电气	30	6	20.00%	7
11	日本电气硝子株式会社	26	1	3.85%	8
12	法国阿尔斯特.阿尔斯通	19	0	0.00%	—
13	美国福特汽车公司	19	0	0.00%	—
14	瑞士勃朗鲍威利有限公司	18	0	0.00%	—
15	英国氯化物无声公司	17	0	0.00%	—
16	日本电池株式会社	17	0	0.00%	—
17	中科院上海硅酸盐研究所	16	0	0.00%	—
18	日本住友电气株式会社	16	7	43.75%	4
19	日本三菱造纸有限公司	13	3	23.08%	6
20	中国东方电气	11	9	81.82%	1

国、英国和瑞士机构各 1 家。日本机构中的日本碍子株式会社 (NGK) 是全球钠硫电池技术的领头机构,专利申请数量排名第 1 位,1982 年 NGK 便和日本东京电力公司合作开发钠硫储能用电池,并且在 1992 年成功研制出世界上第一个钠硫储能系统,2002 年进入到商品化推广的阶段^[7],NGK 凭借特有的高度陶瓷技术,实现了世界首次兆瓦级钠硫蓄电的实用化;其次日立集团、日本汤浅蓄电池和日东东京电力集团都是日本知名的电子电气企业,全球专利申请排名分别为第 2 位、第 3 位和第 4 位,地位同等重要;中国机构中以上海电气钠硫储能有限公司为代表的机构全球专利申请排名第 5 位。与国网上海市电力公司 (排名第 8 位) 是仅有的两家进入全球排名前 10 的中国机构,其中上海电气钠硫储能有限公司是由上海电气总公司、国网上海市电力公司、中科院上海硅酸盐研究所 (排名第 17 位) 共同投资组建的钠硫电池产业化公司,开创了技术—产业化—用户“三位一体”的高新技术产业化合作模式。

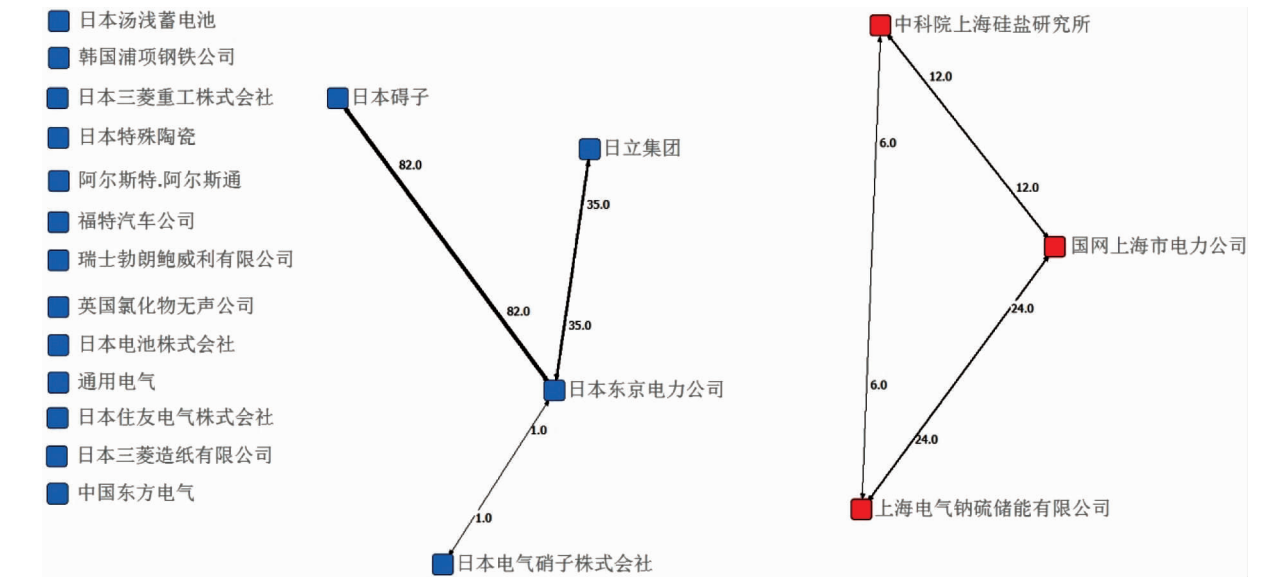


图 4 全球钠硫电池前 20 专利申请机构合作网络分析

从图 4 中可以看出,全球排名前 20 位的申请机构仅有日本企业的 4 家机构 (日本碍子株式会社、日立集团、日本东京电力公司、日本电气硝子株式会社) 以及中国的 3 家机构 (中科院上海硅酸盐研究所、国网上海市电力公司、上海电气钠硫储能有限公司) 进行了相关的合作开发研究,其他机构均采取保守的独立研发策略,其中日本机构以日本东京电

另外,韩国钢铁业巨头浦项 (排名第 6 位) 也正在着手布局钠硫电池的生产应用。

从专利申请的活跃度来看,中国东方电气专利申请总量虽少,仅 11 件,但其中 9 件专利是近四年申请的,因此专利活跃度排名第 1 位;其次上海电气钠硫储能有限公司和中国国网上海市电力公司分别排名第 2 位和第 3 位,从侧面反映出中国的研发活跃度近两年比较高,这在一定程度上离不开国家政策支持 and 各科研机构、企业的共同推进;日本碍子专利申请数量虽为第 1 位,但其专利活跃度相对靠后,排名第 10 位,说明其技术更多地由研发重心转移到商业化、市场化的推广阶段。

1.3.2 技术机构合作网络分析

图 4 展示了全球钠硫电池排名前 20 的专利申请机构的合作网络分析,其中连线粗细代表了合作的紧密度,数值大小代表了具体合作的专利数量。通过探究机构之间的合作网络,可以探究各研发机构间采取的专利研发策略。

力公司的合作研发活跃度最高,分别与日本碍子、日立集团、日本电气硝子株式会社形成了 82 件、35 件、1 件的双向合作关系。日本碍子株式会社和日立集团、日本东京电力公司分别是全球排名第 1 位、第 2 位和第 4 位的巨头企业,其分散式的专利合作网络关系构成了整个钠硫电池储能技术的寡头垄断,对整个技术行业的发展影响巨大。值得注意的

是日本电气硝子株式会社, 尽管钠硫方面的相关专利较少, 但也开始积极寻求与大企业之间的合作, 其基本的专利研发策略是追随型策略。

中国机构中, 采取的是一种闭环式的专利合作网络关系。以国网上海市电力公司的合作研发活跃度最高, 分别与上海电气钠硫储能有限公司、中科院上海硅酸盐研究所形成了 12 件和 24 件的双向合作关系, 闭环式的专利合作网络关系在一定程度上形成了中国本土的竞争优势。中科院上海硅酸盐研究所作为中国唯一进入全球排名前 20 的科研机构, 在中国钠硫电池储能技术的研究上, 也发挥着重要的作用。

1.4 技术研发分析

1.4.1 关键技术分布

图 5 和表 2 分别对全球专利的排名前 10 的 IPC 技术小类进行了统计和注释, IPC 分为部、大类、小类、大组和小组, 通过统计不同的部、类、组, 可以对技术的研发趋势和热点空白点进行发现。可以看出, 目前钠硫电池技术领域的相关研究主要分布在钠硫电池制备(H01M)、钠硫储能系统装备(H02J)、钠硫材料制备(C04B、C23C、H01B、B23K、B28B、C22C、H01G)等三大方面。钠硫电池的制备包含了多种材料的组合技术, 如部件的封接技术、电极材料的选择技术等, 是钠硫电池组装过程的难点^[8]; 钠硫储能电池是先进二次电池中最为成熟的一种, 也是最具有发展潜力的先进储能电池^[9], 因此研发钠

硫电池储能系统成为各国的重点, 钠硫电池储能系统主要包括钠硫电池子系统和功率转换子系统(PCS)两个子系统, 继日本 NGK 之后, 美国、法国、英国都在着手部署钠硫储能系统, 日本在 2008 年已经建成全球最大的 34MW 的风电储能电站^[1]; 钠硫材料制备包含多种无机材料, 如电解质陶瓷隔膜、正负极绝缘陶瓷、封接用玻璃、金属焊料、导电碳、集流用金属电极以及活性物质钠和硫等^[8]。目前电池组技术发展最为成熟, 相关的专利较多, 而钠硫存储系统的研发、产业化、商业化是当前技术的重点, 全球仅有日本和中国掌握该项技术, 未来发展空间比较大。

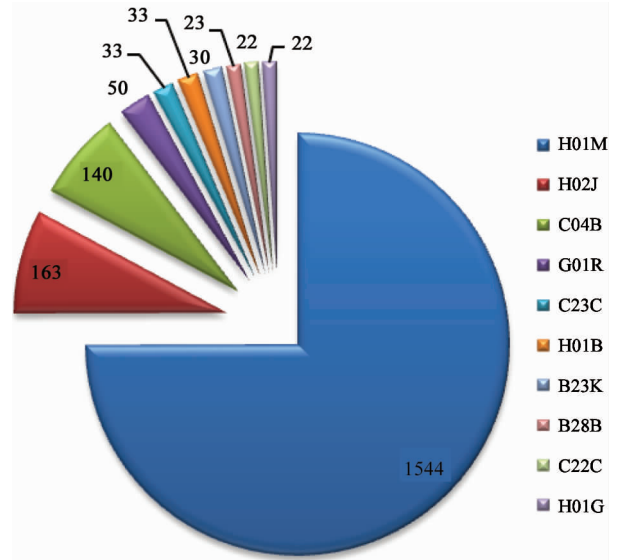


图 5 全球钠硫电池排名前 10 技术小类分布

表 2 全球钠硫电池排名前 10 技术小类注释

序号	IPC 小类	专利数量	IPC 小类注释
1	H01 M	1544	用于直接转变化学能为电能的方法或装置, 例如电池组
2	H02J	163	供电或配电的电路装置或系统; 电能存储系统
3	C04B	140	石灰; 氧化镁; 矿渣; 水泥; 组合物; 陶瓷; 耐火材料
4	G01R	50	测量电变量; 测量磁变量
5	C23C	33	对金属材料的镀覆; 用金属材料对材料的镀覆; 表面扩散法, 化学转化或置换法的金属材料表面处理; 真空蒸发法、溅射法、离子注入法或化学气相沉积法的一般镀覆
6	H01B	33	电缆; 导体; 绝缘体; 导电、绝缘或介电材料的选择
7	B23K	30	钎焊或脱焊; 焊接; 用钎焊或焊接方法包覆或镀敷; 局部加热切割, 如火焰切割; 用激光束加工
8	B28B	23	黏土或其他陶瓷成分、熔渣或含有水泥材料的混合物, 例如灰浆的成型
9	C22C	22	合金
10	H01 G	22	电容器; 电解型的电容器、整流器、检波器、开关器件、光敏器件或热敏器件

1.4.2 技术热点布局

图 6 为全球钠硫电池排名前 10 技术研究重点的分布情况,横坐标代表优先权国家,纵坐标代表全球排名前 10 的 IPC 分类号所对应的技术分支。IPC 分类号能够在一定程度上反映技术申请的侧重点,通过对比不同国家在不同 IPC 分类号上的专利分布,一方面可以了解各国在技术研发上的专利布局,另一方面也可以对比各国研发的优势和劣势,从而对研发方向具有一定的指导性。以上数据显示,高温工作的二次钠硫电池研发技术是本领域的基本技术,钠硫电池工作的温度需要维持在 300 ~ 350℃,高温运行下的钠硫电池陶瓷管一旦破裂形成短路,将会造成很大的安全事故^[7],所以制造安全系数高、高温工作的电池组研发是各国的基础。因此各国分别在此技术分支上进行相关的专利申请,以日本专利数量居多,有 909 件,其次日本也比较注重钠硫电池的电池箱、套、罩的研究开发,并且在温度控

制、保持装置、电池结构与制造等全球排名前 10 的技术分支中都有相关的专利申请。中国也比较注重高温工作的二次电池技术,并且比较关注电池结构与制造,以降低电池体系的工作温度,解决高温工作下钠硫电池的腐蚀问题,另外在电池箱、电池结构和制造和电池使用维护上都进行了相关专利的开发。美国在充放电方法和装置上进行了重点的部署研发。韩国在高温工作二次电池和电池保持装置方面形成了自己的优势。德国也在充放电装置上占有自己的一席之地。

总体来看,日本属于钠硫电池技术大国,在各技术分支上都进行了专利部署,处于主导位置。其他国家也在各技术分支上进行了重点研发。在电池结构与制造、电池箱、套、罩以及电池使用维护上,中国具有一定的研发优势。在充放电方法和装置上,美国、德国具有一定的研发优势。在保持装置方面,韩国具有一定的研发优势。

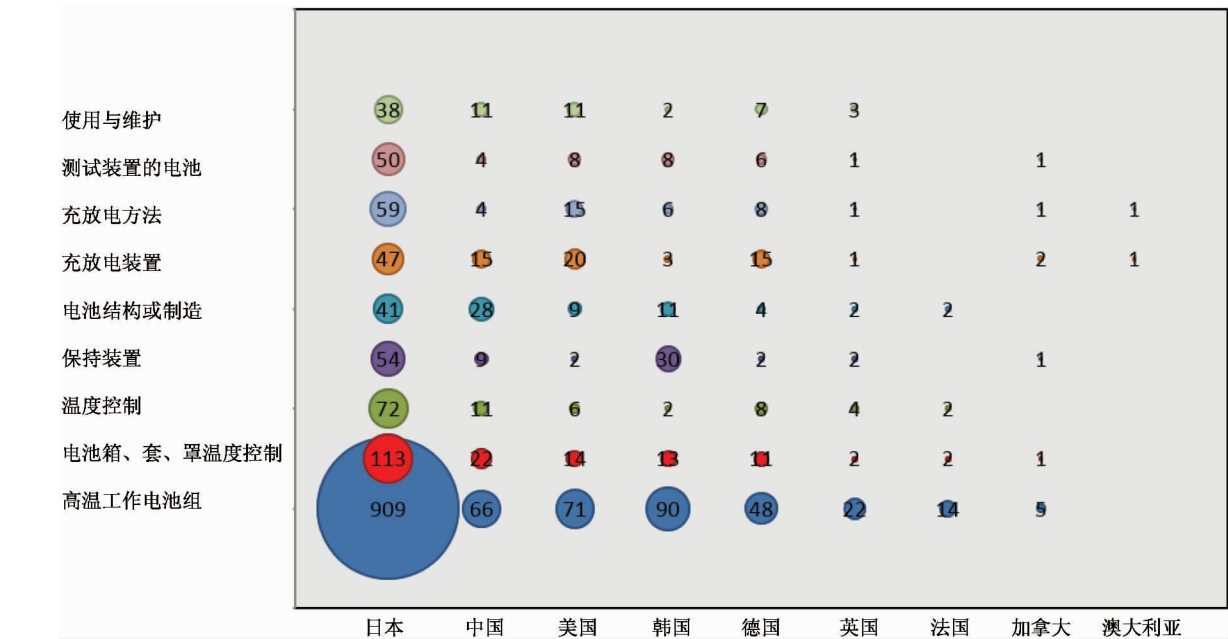


图 6 全球钠硫电池排名前 10 技术研究重点分布

2 结 论

通过对钠硫电池技术领域的全球研发态势研究发现,伴随着钠硫电池研发重心由动力用电池转向储能用电池,钠硫电池在分布式能源的存储、负荷平定、削峰填谷、应急电源以及风力发电、太阳能发电

等新兴能源领域的应用上有巨大的潜能。目前为止,全球已经进入到第 3 个研发的高峰期,技术发展比较成熟,其中以日本为代表的技术强国主导着整个钠硫电池技术的发展方向,中国尽管是世界上第二个掌握钠硫电池技术的国家,但钠硫电池储能系统的商业化和产业化尚处于前期准备阶

段,较日本还有一定的差距。目前各国采取的专利布局策略均为防守型策略,即大都选择在本国申请相关专利,因此国际市场开发前景广阔。以日本碍子株式会社、日立集团、日本东京电力集团等带头的巨头企业实施合作开发的研发模式,企图垄断整个钠硫电池技术的市场,而以上海电气钠硫储能有限公司、中科院上海硅酸盐研究所、国网上海市电力公司等形成的闭环式专利合作网络关系在一定程度上形成了中国本土的研发竞争优势,使之有力量与日本抗衡。但应注意到,钠硫电池储能系统牵扯到钠硫材料的制备、钠硫电池的制备和钠硫储能系统装备的研发,中国尽管在电池结构与制造、电池箱、套、罩和电池使用维护等具体技术分支上形成了自己的竞争优势,但在充放电方法和装置上,应向日本、美国 and 德国学习。目前全球 200 多座钠硫系统储能项目,仅与日本合作共建的储能系统就在 100 座以上,而中国仅在 2010 年上海世博会期间成功示范运行了 100kW/800kWh 的钠硫电池储能装置,在未来商业化、产业化的发展方向上仍有一段路需要走,这离不开国家政策的大力支持以及企业、科研机构研发人员的共同努力。

参考文献

[1] 孙文,王培红. 钠硫电池的应用现状与发展. 节能论坛, 2015,(2):85-89

[2] California Energy Commission. Ngk's sodium sulfur(nas) battery: the vendor's perspective on barriers & issues encountered in u. s. deployment. http://www.energy.ca.gov/2009_energy_policy/documents/2009-04-02_workshop/presentations/2_2%20NGK-NAS%20-%20Harold%20Gotschall.pdf. 2009

[3] 周小沫,姜峰,吴冰等. 基于专利分析的我国钠硫电池技术发展现状研究. 科技创新导报, 2014,(16):31-34

[4] 陈启昉,方陈,张宇等. 钠电池的研究进展及其在电力储能中的应用. 华东电力, 2014,42(8):1580-1584

[5] 曹佳弟. 电力储能技术的崛起和发展. http://www.sic.cas.cn/zl/kpwsx/kpjt/201105/t20110505_3127748.html. 2011

[6] 邱广玮,刘平. 钠硫电池发展现状. 材料导报,2011,25(11):35-37

[7] 蒋凯,李浩秒,李威等. 几类面向电网的储能电池介绍. 电力系统自动化,2013,23(1):47-53

[8] 温兆银,俞国勤,顾中华等. 中国钠硫电池技术的发展与现状概述. 供用电,2010,26(6):25-28

[9] 吕家云. 钠硫电池性能及应用. 巢湖学院学报,2009,11(6):64-65

The research on the development trend of sodium sulfur battery based on patent analysis

Wang Yanhui*, Zhang Yuliang**, Jiang Chao**

(* State Grid East Inner Mongolia Electric Power Supply Co., LTD., Hohhot 010020)

(** Northeast Electric Power Design Institute Co., LTD., China Power Engineering Consulting Group, Changchun 130021)

Abstract

The developing status and trends of the sodium sulfur battery technology with the huge application potential in energy storage and the strategic importance for supporting the development of new energy resources, was deeply studied through the analysis of the patent data of the global sodium sulfur battery technology collected by the Derwent database, including the analysis of the regional distribution, institution distribution of the research on sodium sulfur battery technology and the content of the research. The study concluded that China and Japan are the two countries who completely master this technology in the world. Although China has formed its own advantage in the aspects of battery box and battery maintenance, but it is a long way for it to go on the commercial development compared to Japan. The study is of referential significance for China's innovation and strategic development of the sodium sulfur battery technology.

Key words: sodium sulfur battery, patent analysis, collaborative networks, technology status, development trends