
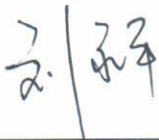


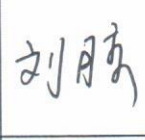


项目结题验收单

专家验收表（主持人所在单位组织 3-5 名专家对项目进行验收、自评。）

项目名称	基于专利地图和知识图谱的海水淡化产业创新发展对策研究				
主持人	徐萍	职务/职称	副研究馆员		
所在单位	中国海洋大学图书馆				
专 家 意 见	<p>目前国内多是基于单一数据源进行海水淡化技术领域的研究热点、发展趋势等分析研究。本项目将科技论文和专利文献结合起来，分别选取Web of Science 核心合集数据库和 Derwent专利数据库作为科技论文数据源和专利文献数据源，对海水淡化相关论文和专利进行检索与分析。通过论文高频主题词共词聚类分析形成知识图谱，进行基于专利文献的高频关键词的可视化聚类分析、绘制专利地图，确定海水淡化论文和专利的研究热点；再通过集对分析，对比论文和专利研究热点的差异，从而揭示海水淡化技术研究现状和发展趋势，有助于把握海水淡化技术的发展态势、国际分布、研发热点和技术格局。在此基础上，对中国海水淡化产业化创新发展提出思考和建议，为科研布局和战略规划提供依据和参考，对我国推进开展新型低能耗海水淡化技术、今后我国海水淡化产业发展战略重点等方面具有一定的参考借鉴意义。</p> <p style="text-align: center;">基于上述研究形成论文成果一篇，正在投稿中。</p> <p style="text-align: center;">经专家评议，一致同意通过结题验收。</p>				
专家签字					
职务/职称	馆员	书记/副研	副馆长/研究馆员	副馆长/研究馆员	副研究馆员



项目编号：2022070

CALIS 全国农学文献信息中心研究项目 结题报告

项目名称：基于专利地图和知识图谱的海水淡化
产业创新发展对策研究

项目关键词：海水淡化 专利地图 知识图谱

项目单位(盖章)：中国海洋大学图书馆

通信地址：山东省青岛市崂山区松岭路 238 号 266100

项目主持人：徐 萍

联系电话：13608988507 0532-66781891

电子邮件：xuping@ouc.edu.cn

提交日期：2023 年 05 月 22 日

基于专利地图和知识图谱的海水淡化产业创新发展 对策研究

关键词：海水淡化 专利地图 知识图谱

1、研究背景、目的及意义

据有关统计，我国人均水资源量仅为世界人均水平的28%，水资源短缺已成为制约我国经济社会发展的重要因素之一。同时，我国又是一个海洋大国，大陆海岸线1.8万千米，内海和边海的水域面积约470万平方千米，具有发展海水淡化的先天条件和应用海水淡化解决水资源短缺的必然要求^[1]。

21世纪以来，得益于新材料、新能源科技的革命，全球海水淡化产业发展迅速。2021年3月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，提出了“推动落实海洋强国战略，加快推进海水淡化规模化应用，服务国家经济社会发展”，海水淡化产业提升到了国家层面上，研究如何发展海水利用，利用海水淡化置换淡水资源对促进资源节约、提供水资源安全保障水平和推进生态文明建设具有重大的现实意义和战略意义。

经过多年发展，目前我国海水淡化产业虽已经形成了相对完整的产业链，初具规模，但核心技术缺失，关键核心设备材料依赖进口^[2]。国外企业凭借强大的技术优势，仍然占据我国海水淡化市场的主导地位。海水淡化产业作为我国战略性新兴产业，必须以科技创新为灵魂，技术创新能力是产业竞争优势的重要要素之一。借鉴国际先进经验，提高海水淡化产业发展水平，是我国的必然选择。为提高自主创新能力，首先要了解国外海水淡化研究的前沿热点和研究态势。

不同的文献类型代表了技术发展的不同阶段，科技论文能够表征技术研究的基础阶段，专利数据表征技术研究试验发展阶段，二者都是科学技术发展过程中重要的知识载体，蕴含着丰富的科技情报信息。如将科技论文和专利文献结合起来，通过对科技论文进行归纳总结及图谱聚类，抽取专利文献中的关键技术信息绘制专利地图，进行核心技术、研究热点以及国际态势等研究，其分析结果不仅在全面性和准确性上比单一文献源分析更有优势，同时还能提高技术预见的信度和效度。

近年来，已有部分学者运用情报学视角、将科技论文和专利文献相结合来进行微创手术机器人、智能医疗等相关领域研究热点以及发展趋势等的研究^{[3][4][5]}，但未见应用于海水淡化领域。目前国内多是基于单一数据源分析，如柳洲（2014年）^[6]、温菲

(2021年)^[7]等基于Web of Science 数据库、杨志宏(2021年)^[8]基于CNKI 数据库,以文献计量方法分析了国内外海水淡化研究的发展状况及热点,借助知识图谱,以可视化的方式揭示海水淡化的研究前沿。蒋志刚(2013年)^[9]、郁金澳(2022年)^[10]对我国申请的海水淡化专利进行统计分析研究,刘铖(2015年)^[11]通过采集全球主要国家海水淡化产业的相关专利,进行了海水淡化产业全球专利信息分析海水淡化技术领域相关专利的趋势、国别分布、技术分类等特征分析,从专利的角度分析判断海水淡化产业发展的现状和趋势。黄业立(2017年)^[12]以定量分析的专利分析方法为主要手段,对海水淡化领域发展趋势、发明人和结合产业链的技术发展情况等进行分析。

本项目利用专利地图和知识图谱,对海水淡化领域的专利和论文数据进行统计分析和文本挖掘,有助于把握海水淡化技术的发展态势、国际分布、研发热点和技术格局。在此基础上,对中国海水淡化产业化创新发展提出思考和建议,为科研布局和战略规划提供依据和参考。

2 研究内容及方法(思路、方法、具体内容)

本项目采用文献计量法、专利分析法、文本分析法,分别选取Web of Science 核心合集数据库和 Derwent专利数据库作为科技论文数据源和专利文献数据源,对海水淡化相关论文和专利进行检索与分析。通过论文高频主题词共词聚类分析形成知识图谱,进行基于专利文献的高频关键词的可视化聚类分析、绘制专利地图,确定海水淡化论文和专利的研究热点;再通过集对分析,对比论文和专利研究热点的差异,从而揭示海水淡化技术研究现状和发展趋势,并确定海水淡化产业未来研究方向。

2.1 数据来源和研究方法

研究数据来源于Web of Science 核心合集数据库和德温特专利数据库,采用主题检索,分别以“seawater desalination”为主题词,利用主题词及国际分类号(IPC)进行组合设计检索策略。时间限定在2000年~2022年(检索时间为2022年6月20日)。经筛选,共获得8687篇科技论文和39130项专利。研究数据丰富有效,具有明显的统计学意义,可以为文献计量研究提供有力的数据支持。

论文文献方面,借助 CiteSpace 软件,定量分析海水淡化技术研究的发展历程。从研究阶段、研究机构、关键词等不同角度,对所筛选的数据库文献进行归纳总结及图谱聚类,从图谱中客观解析海水淡化技术的关联领域、研究重点、研究热点以及发展趋势。

专利数据方面，利用分析工具 TDA (Thomson Data Analyzer) 进行数据清洗和分析，从年度趋势、专利区域分布、申请人竞争、IPC技术构成等角度揭示某技术领域核心技术所在、重要竞争国家或地区、技术发展阶段与趋势，寻找技术发展缝隙，同时通过关键词共现分析来探讨该技术热点及热点之间的网络关系，并在此基础上预测未来趋势。

2.2 研究结果

2.2.1 文献计量分析：科技论文文献年度分布

文献的数量在一定程度上反映了相关领域的研究水平和发展速度。从图1 可以看出，海水淡化的研究成果整体上处于增长态势。反映出学术共同体对海水淡化研究领域的关注度在逐步提高，尤其是近十年来，海水淡化的研究处于一个快速增长阶段。

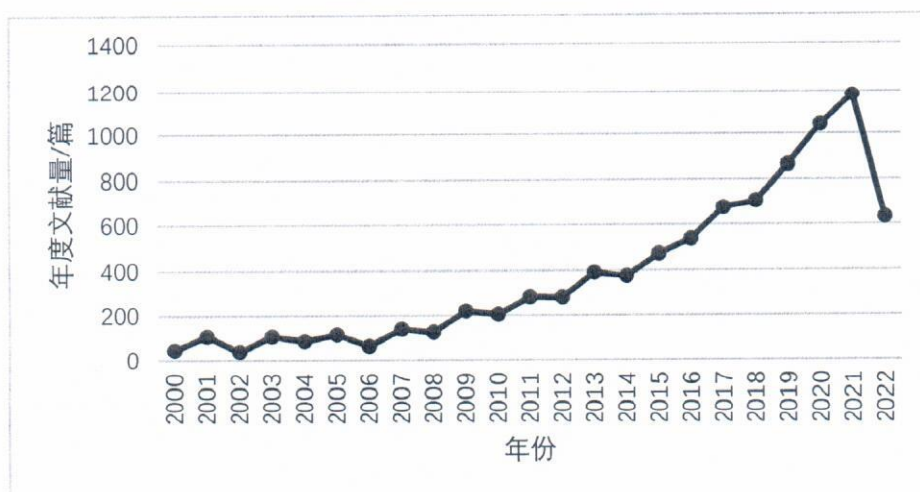


图 1 2000—2022 年海水淡化相关文献年度分布

2.2.2 国家和机构的分布

在国家共现图谱中，共计出现国家69个，在论文数量居前20的国家中，欧美等发达国家占了接近一半（见图 2）。中国以1254篇的文献量位居第一，其次为美国(1043篇)和韩国(596篇)，接下来分别是沙特阿拉伯(540篇)和澳大利亚(494篇)。中东地区作为海水淡化最大的生产基地，海湾缺水国家在海水淡化领域的文献数量也较多。分析认为，中东地区基于独特的地理位置、气候条件以及丰富的能源，为解决淡水资源短缺问题而大力推进海水淡化技术的发展。

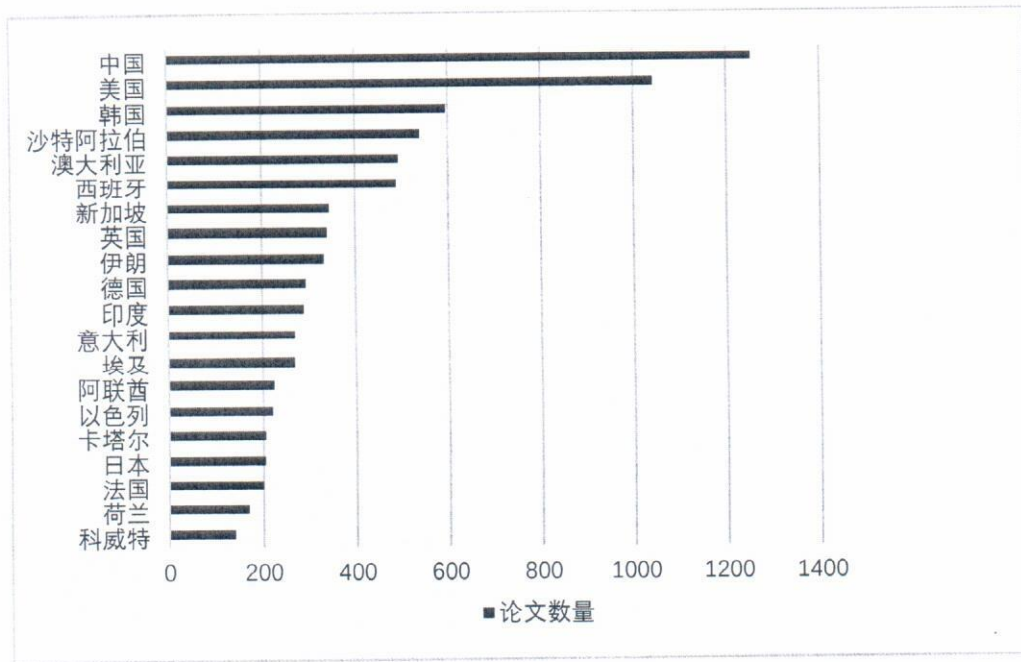


图2 发表论文数量位居前20的国家

在研究机构发表的文献量上，阿卜杜拉国王科技大学以262 篇的文献量位居第一。从图3可知，在文献量排名前10的研究机构中，有2 个机构来自沙特阿拉伯，2 个机构来自新加坡，2 个机构来自韩国，1 个来自美国，1 个来自澳大利亚，我国的中国科学院以247 篇位列第3名。

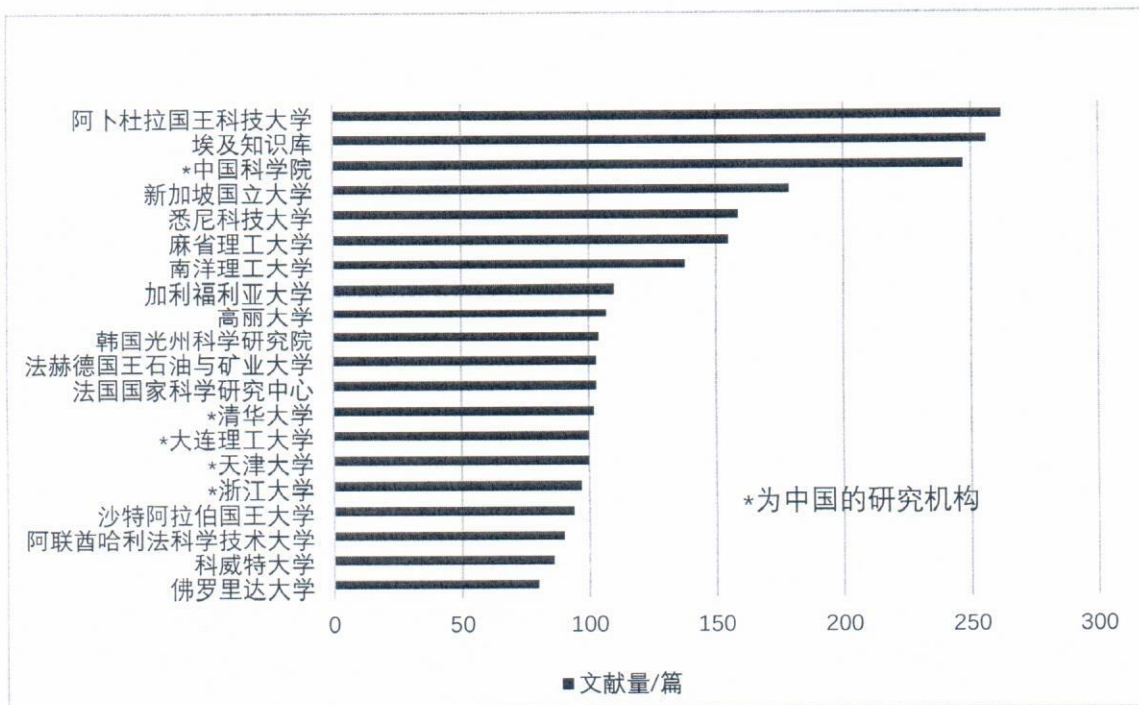


图3 海水淡化相关文献机构分布（文献量排名前20）

2.2.3 研究主题

关键词是文章主题的高度概括和浓缩，体现出研究热点的演变和延伸，通过绘制关键词可视化图谱，分析不同时期的研究热点，有助于把握研究动态和发展脉络。

目前国际上使用的海水淡化方法主要有蒸馏法、膜法、化学方法等，蒸馏法又分为多级闪蒸、多效蒸馏、冷冻法、压气蒸馏、海水冻结法。膜法，主要包括电渗析法、反渗透法、以及碳酸铵离子交换法等（见图4 海水淡化技术分类示意图）^[13]。

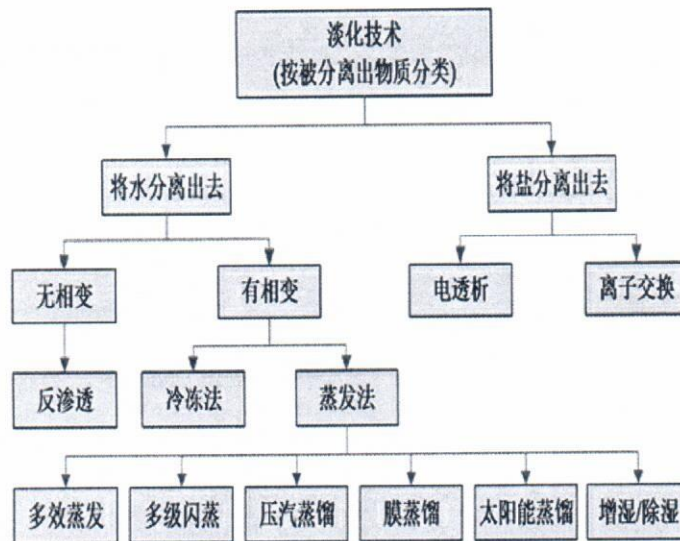


图4 海水淡化技术分类示意图

2000—2022 年间海水淡化研究领域出现频次排列前20名的关键词如表1 所示，desalination (脱盐)、seawater desalination (海水淡化)、reverse osmosis (反渗透)、seawater (海水)、performance (性能)、water (水)、system (系统)、energy (能量)、membrane (膜)、plant (设备)等构成了海水淡化研究领域知识网络的主要节点。反渗透、能量、膜、membrane distillation (膜蒸馏)、nanofiltration (纳滤)、forward osmosis (正渗透)、recovery (回收)、系统、设备、design (设计)、pretreatment (预处理)、waste water (废水)等关键词出现频次较高，体现了反渗透技术、海水淡化装置密切相关的膜及能量回收等一直是海水淡化研究及其工程应用的重点。

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	脱盐	1788	11	膜蒸馏	697
2	海水淡化	1696	12	预处理	533
3	反渗透	1532	13	设计	456
4	海水	1370	14	纳滤	382
5	性能	1156	15	优化	373
6	系统	1024	16	技术	285
7	能量	998	17	正渗透	278
8	水	957	18	废水	251
9	膜	955	19	去除	246
10	设备	874	20	回收	229

表1 2000—2022 年间海水淡化研究的关键词频数统计(TOP 20)

为了形象的表示海水淡化行业研究涉及的深度与广度，借助 Citespace 软件执行 LLR 聚类算法对 8687 篇筛选论文通过关键词聚类分析，得到海水淡化研究成果关键词聚类图谱(图 5)。图谱中，圆的大小表示关键词出现频数的多寡，范围越大说明关键词出现的频数越多，关键词文字的大小代表关键词的中心性，字体越大，在网络图谱中的中心性就越强，表明对整个研究领域的影响越大。从图 5 中可以看到，海水淡化、反渗透、太阳能、数值模拟、低温多效、膜蒸馏、氧化石墨烯、能量回收、多级闪蒸等关键词的圈层呈现明显的由大到小的关系。聚类结果大致反映了海水淡化研究聚焦的领域，剔除海水淡化主题词，反渗透、太阳能、低温多效、多级闪蒸、膜蒸馏基本都代表着一类海水淡化的方法。



图5 高频关键词共现网络图谱

2.3 海水淡化技术领域专利信息分析

2.3.1 技术发展趋势

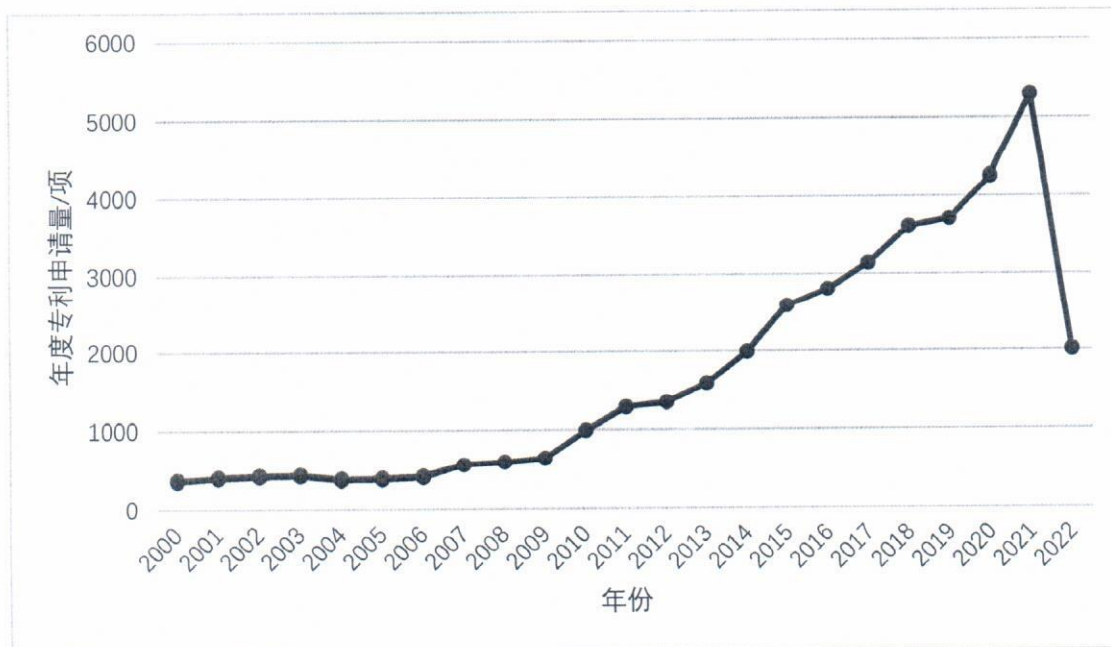


图6 国内外海水淡化技术领域年度申请量图

从图6 可以看出，2000-2022年全球海水淡化行业专利申请量整体呈增长态势，2000-2005年该技术领域专利数量增长趋势较缓慢，2010年之后开始快速增长，呈现出了高速发展的势头。结果表明：海水淡化技术领域处于专利生命周期的成长期，具有良好的发展前景。

2.3.2 区域分布

国际专利申请数量，体现国家海水淡化技术发展程度。掌握国际核心海水淡化技术是一国海水淡化技术科研水平的综合表现。因此，以国际专利数量作为衡量各国海水淡化技术科研水平的主要标准。

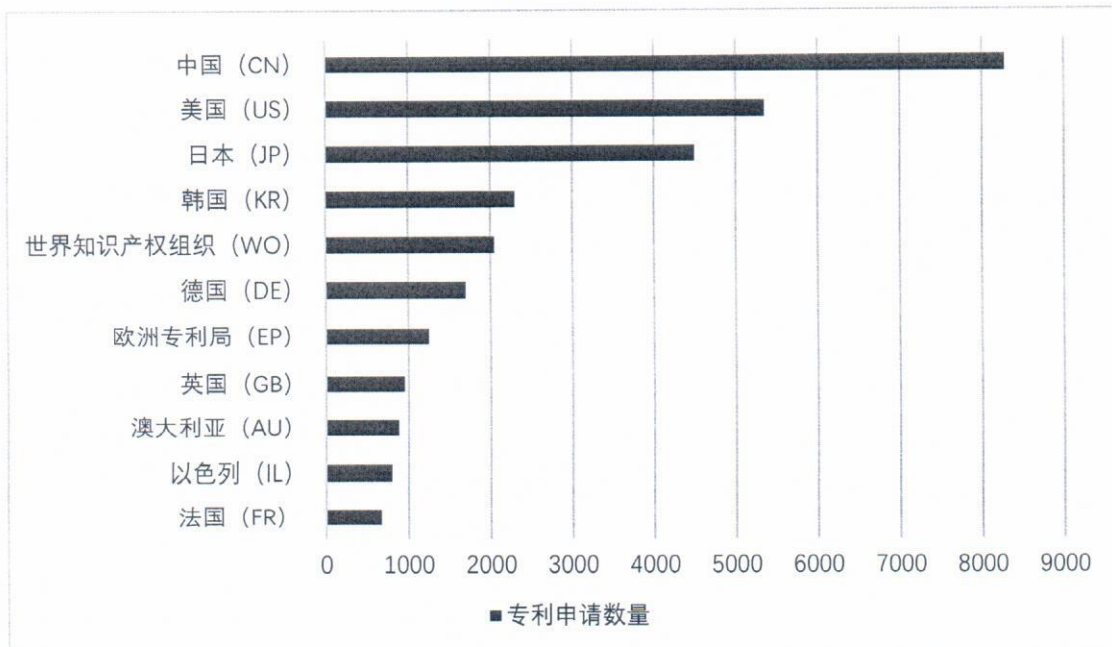


图7 专利申请数量位居前10的国家和组织

图7 是国内外海水淡化技术领域申请国别的分布图，是根据专利申请的公开国统计绘制而成。从图中可以看出，中国、美国、日本、韩国是当前海水淡化技术发展最活跃的国家。排名前十位的国家（地区）共申请了 28730 件，占本领域全部申请（展开同族后 39130 件）的 73.4%，是海水淡化领域市场竞争最激烈的国家和地区，其中 WO 和 EP 分别代表 PCT 专利和欧洲专利，这两类专利的大量申请表明申请人的一项技术往往会同时向多个国家（地区）提出保护。

2.3.3 专利申请人竞争

从申请人的专利申请数量排名来看（图 8），日本精工爱普生株式会社和东丽株式会社申请专利分别排名全球第一和第二，远高于全球其他公司。中国美的集团股份有限公司和珠海格力电器股份有限公司分别排名第三和第四。

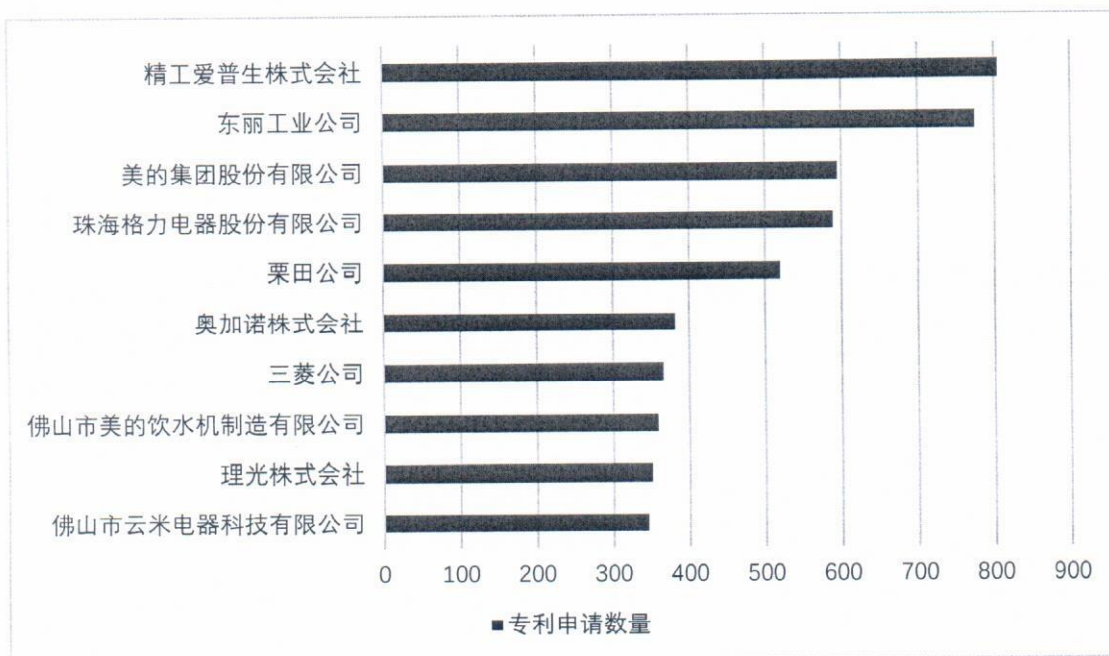


图 8 海水淡化技术领域主要申请人排名（前 10）

由图 8 可以看出，前 10 名专利权人全部是企业，没有一家高校或研究院所，可见在本领域的主要研究工作已经由商业化公司承担，产业化程度很高。

2.3.4 专利类型

在专利类型方面（图 9），目前全球海水淡化技术领域的发明专利，占全球海水淡化专利申请数量的比例高达 72.15%。实用新型海水淡化专利和外观设计型海水淡化专利数量分别占全球海水淡化专利申请数量的 27.47%和 0.38%。

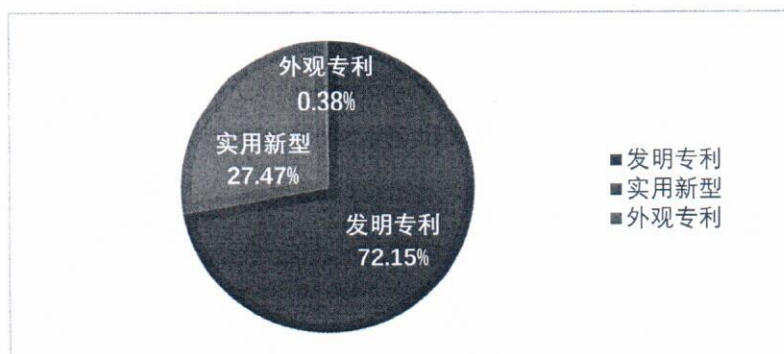


图 9 全球海水淡化技术领域专利类型比例

2.3.5 技术构成分析

2000—2022 年间国内外海水淡化研究领域专利出现频次排列前 20 名的关键词如表 2 所示。

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	海水淡化	1321	11	电渗析	15
2	反渗透	252	12	超滤	12
3	膜蒸馏	120	13	氧化石墨烯	36
4	低温多效	88	14	纳滤	33
5	数值模拟	52	15	正渗透	23
6	脱盐	36	16	多效蒸发	21
7	预处理	36	17	海水利用	20
8	太阳能	17	18	浓海水	19
9	多级闪蒸	23	19	水处理技术	17
10	浓盐水	23	20	能量回收装置	10

表2 2000—2022 年间海水淡化专利的关键词频数统计(TOP 20)

专利地图是通过抽取专利中的关键技术信息并进行技术分布态势分析，然后通过可视化的地图形式进行展示的方法，进行前沿热点的分析。海水淡化技术热点的专利地图如图11、图12 所示。

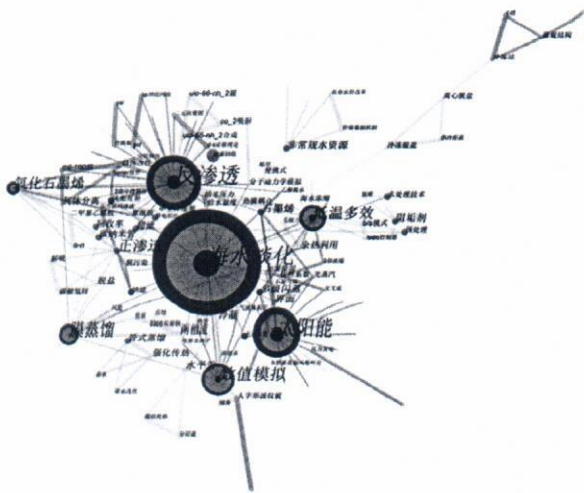


图 11 海水淡化专利技术热点

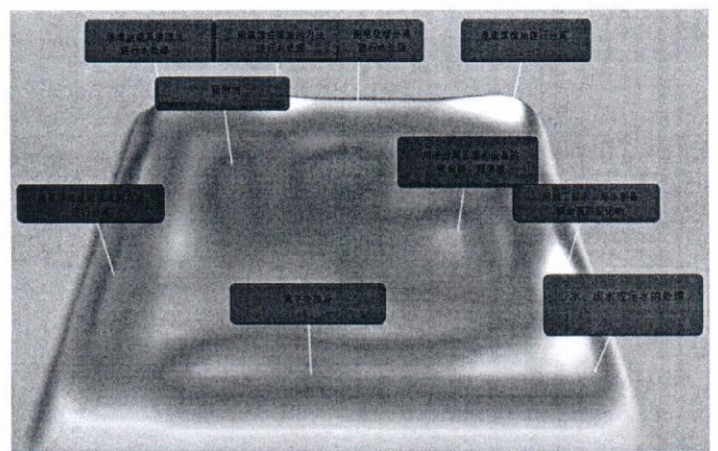


图 12 专利地图

统计海水淡化专利主分类号涉及 IPC 的 44 个小类，其中数量前 20 个小类号的专利数量占申请专利总量（发明、实用新型专利）的 95% 以上（图 10），其中 C02F、B01D、B63J 和 F03G 四个小类号的专利数量占申请专利总量（发明、实用新型专利）近 90%。

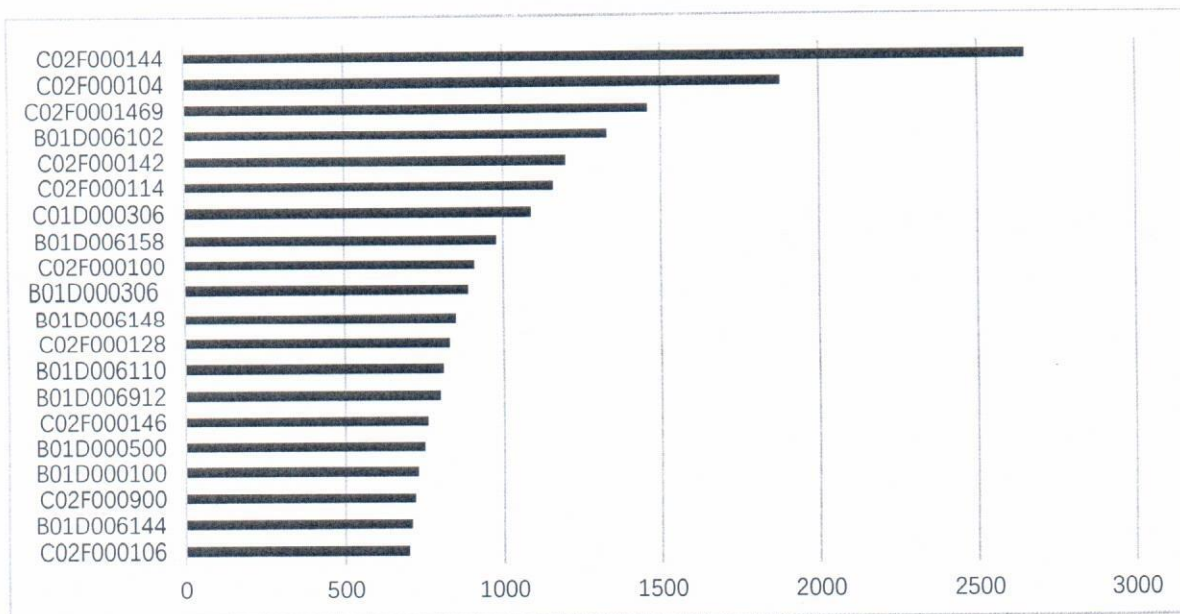


图 10 国外海水淡化技术领域技术构成分析（IPC 小组，前 20）

- C02F000144 渗析法、渗透法或反渗透法进行水、废水或污水的处理
- C02F000104 用蒸馏或蒸发的方法进行水、废水或污水的处理
- C02F0001469 用电化学分离，如用电渗透、电渗析，电泳进行水、废水或污水的处理
- B01D006102 用反渗透或逆渗透的方法进行分离
- C02F000142 离子交换法
- C02F000114 利用太阳能蒸馏或蒸发进行水、废水或污水的处理
- C01D000306 用加工盐水、海水或废碱液制备钠、钾或一般碱金属的氯化物
- B01D006158 利用半透膜分离的方法的多步骤工艺
- C02F000100 水、废水或污水的处理
- B01D000306 急骤蒸馏法进行分离
- B01D006148 带一个或多个装有离子交换材料的室的离子选择电渗析设备
- C02F000128 吸附法
- B01D006110 反渗透和逆渗透的辅助设备、辅助操作
- B01D006912 用于分离工艺和设备的复合膜、超薄膜
- C02F000146 用电化学方法进行水处理
- B01D000500 蒸气的冷凝；用冷凝法回收挥发性溶剂
- B01D000100 蒸发
- C02F000900 水、废水或污水的多级处理
- B01D006144 离子选择电渗析进行分离
- C02F000106 闪蒸发

图 10 是国外海水淡化技术领域 IPC 小组分布图。从图中可以看出，膜法海水淡化是当前海水淡化应用最广、专利申请类型最多、全球最为活跃的应用技术，包括膜的制造、膜的应用、膜法相关设备和工艺，国外在海水淡化的产业化程度更高。统计表明，国内反渗透法与吸附法和热法的交叉最多，国外则是反渗透法和电化学分离法的交叉应用最多。

3 结论与建议

从科学研究和技术研发两种不同角度对比论文和专利数据，海水淡化发展现状及前沿热点呈现以下特点：

- (1) 2000—2022年，海水淡化领域总体上呈积极发展态势，论文和专利均呈现增长趋势，尤其是近10年来发展势头增加。
- (2) 在国家分布上，中国在论文发表和专利申请数量上领先其他国家，但是论文质量和高价值专利方面表现并不突出。在机构分布上，论文发表以高校及科研院所为主，专利申请主要以企业为主。
- (3) 论文与专利分析是基于不同种类的关键词，共同反映了研究热点或技术热点。在论文方面，反渗透技术、以多级闪蒸为代表的蒸馏法和超滤、微滤等预处理技术报道比较多，专利方面以膜法相关设备和工艺最为广泛，此外论文和专利在海水淡化和海水利用的前沿热点可以初步判断聚焦在微滤膜、太阳池、太阳能海水淡化的经济性、效能模拟等方面。
- (4) 通过一系列的分析我们发现，技术集成在海水淡化技术领域的未来发展中将拥有广阔的空间。随着正渗透、纳米颗粒、石墨烯等海水淡化领域的新材料新技术研发，在传统海水淡化技术基础上，以反渗透膜、能量回收、膜蒸馏、可再生能源海水淡化等内容为重点开展新型低能耗海水淡化技术，是今后我国海水淡化产业发展战略重点。我国一定要坚持自主创新，把掌握拥有自主知识产权的核心技术作为首要任务，通过在海水淡化技术领域建立拥有自主知识产权的技术优势，来带动本领域的产业化发展。另一方面，政府相关管理部门应鼓励并扶植自主知识产权技术的商业化运作，把掌握在科研院所和大学拥有的自主知识产权的技术，通过商业化模式加快转化实施和有实力的产业集团进入本领域，构建一个“产—学—研”的良性循环链，并以此带动本领域的产业化发展。

4 项目成果（发表的文章、开发的软件、取得的实践效果等）

论文撰写情况：

徐萍,李振玲.《基于专利地图和知识图谱的海水淡化产业创新发展对策研究》(投稿中)

5 参考文献

- [1] 宋瀚文,宋达,张辉,等. 国内外海水淡化发展现状[J]. 膜科学与技术,2021,41(4):170-176. DOI:10.16159/j.cnki.issn1007-8924.2021.04.022.
- [2] 蒋亚荣. 中国海水淡化产业国际竞争力研究[D]. 浙江大学,2007.
- [3] 刘龔龙,刘进长,唐莉,等. 基于论文和专利的微创手术机器人领域研发现状及前沿热点分析[J]. 科学技术与工程,2022,22(1):250-258. DOI:10.3969/j.issn.1671-1815.2022.01.030.
- [4] 任佳妮,杨阳. 全球医疗机器人技术领域创新态势分析[J]. 计算机技术与发展,2021,31(4):158-163. DOI:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.04.027.
- [5] 张敏,马子焯,谢彤. 基于文献分析的智能医疗研究现状与展望[J]. 中华医学图书情报杂志,2019,28(12):25-34. DOI:10.3969/j.issn.1671-3982.2019.12.005.
- [6] 柳洲,尹喜悦,王宇星. 国际海水淡化研究热点分析[J]. 内蒙古科技与经济,2014(10):50-52.
- [7] 温菲. 近50年国际海水淡化技术研究的发展状况——基于Web of Science数据库的文献计量分析(1971—2020年)[J]. 海洋科学,2021,45(1):110-119. DOI:10.11759/hyhx20200409002.
- [8] 杨志宏,黄鹏飞,汪程鹏,等. 近20年我国海水淡化技术研究成果的文献计量研究[J]. 盐科学与化工,2021,50(4):7-13. DOI:10.3969/j.issn.2096-3408.2021.04.003.
- [9] 蒋志刚,刘利军. 中国海水淡化专利分析研究[J]. 膜科学与技术,2013,33(4):125-129. DOI:10.3969/j.issn.1007-8924.2013.04.022.
- [10] 郁金澳,闫文,裴佳欣. 基于专利分析的海水淡化产业创新研究[J]. 科技与创新,2022(24):134-136. DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2022.24.038.
- [11] 刘铖. 基于专利分析的我国海水淡化技术及产业发展建议[D]. 天津:天津大学,2015. DOI:10.7666/d.D01159424.
- [12] 黄立业. 基于专利分析的技术预见模型构建及其实证研究[J]. 图书馆杂志,2017(5):72-77. DOI:10.13663/j.cnki.lj.2017.05.011.
- [13] 孙珊,金晓杰,于潇潇,等. 海水淡化发展利用状况分析与启示[J]. 工业水处理,2022,42(2):45-50. DOI:10.19965/j.cnki.iwt.2021-0843.