

国内外循环水养殖专利分析及启示

孙龙启, 刘慧

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 通过检索分析 Thomson Innovation (TI) 专利数据库中的国内外循环水养殖专利数据和研讨循环水养殖系统发展趋势, 发现养殖水体净化工艺、养殖池结构设计、养殖水体温度调控、生物滤器和过滤设备等为目前国际循环养殖系统的研究热点, 而国内循环水养殖系统的主要研究热点为鱼池设计、生物滤器、水循环装置、供氧、电机轴等; 尽管部分国际研究热点在我国仍处于起步阶段, 但近几年我国循环水养殖专利在数量上具有明显优势且增长较快, 预计国内循环水养殖技术在未来会有快速发展。本文围绕我国“高效、优质、生态、健康、安全”的水产养殖业可持续发展战略目标, 对我国循环水养殖发展提出了对策建议。

关键词: 循环水养殖系统; 专利分析; 对策建议; Thomson Innovation

中图分类号: S96 **文献标识码:** A

Patent Analysis on Recirculating Aquaculture System between Home and Abroad and Countermeasures for China

Sun Longqi, Liu Hui

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: Based on patent retrieval and analysis with the Thomson Innovation (TI) database, the international development trend of recirculating aquaculture system (RAS) is investigated. The current international research and development focus for RAS are purification technology, aquarium structure, water temperature control, and biological filters and filter devices. Meanwhile, China has focused on fish tank and pond design, biological filters, RAS devices, oxygen supply and motor shaft, etc. Though some of the international research focus in RAS are new for China, the number of Chinese patents is greater than the international average and has grown rapidly in recent years, indicating a positive developmental trend in the near future. This paper provides recommendations for improving efficiency, quality, safety, and environmental protection of sustainable aquaculture as well as further measures for the development of RAS in China.

Key words: recirculating aquaculture system; patent analysis; countermeasures; Thomson Innovation

一、前言

当今国际社会正面临着从经济危机到全球气

候变化所带来的严重自然灾害和极端天气等多重挑战。同时, 国际社会还必须以有限的自然资源满足日益增长的人口对粮食及营养的迫切需求^[1]。水产

收稿日期: 2016-04-20; 修回日期: 2016-05-08

作者简介: 孙龙启, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 研究实习员, 主要从事渔业信息与战略研究; E-mail: sunlq@ysfri.ac.cn

基金项目: 中国工程院重点咨询项目“水产养殖业十三五规划战略研究”(2014-XZ-19-3)

本刊网址: www.engingsci.cn

养殖业作为人类重要的蛋白质和必需营养素来源,在解决全球粮食问题中发挥着越来越重要的作用,为国家粮食安全和经济增长做出了巨大的贡献。在过去的 50 多年间,以中国为代表的水产养殖业的发展速度已超过全球人口增速^[2]。但与此同时,传统水产养殖业所带来的诸如废水和废物排放问题、病害问题和渔药滥用等问题也已引起国际社会的普遍关注。为此,联合国粮食及农业组织提出了“蓝色增长”的概念,推广高效集约式水产养殖模式,而以此为代表的循环水养殖系统正是其核心和前沿领域。目前,循环水养殖系统已成为国际水产养殖研究的热点领域;围绕养殖动物福利和提高养殖系统资源利用率的科学技术问题,我国水产养殖业正朝着标准化、设施化、机械化、智能化和精细化的生态高效的养殖方向发展。

本研究以专利数据库 Thomson Innovation (TI) 作为数据源,对循环水养殖专利信息进行检索和分析,以研讨国内外循环水养殖技术的发展现状、发展趋势及其在产业中的作用,并将国内外循环水养殖现状进行对比分析,从而为我国水产养殖业发展提供参考。

二、国际循环水养殖概述

(一) 循环水养殖发展历史

国际循环水养殖系统最早起步于 20 世纪 60 年代末,具有代表性的是日本的生物包静水养殖系统(采用碎石为载体)和欧洲组装式多级净水养殖系统^[3]。到了 20 世纪 70 年代,生物转盘、生物转筒得到研制开发,同时在生物净化之前增加了前处理装置,滤除颗粒污物,以降低生物滤器的负荷^[4]。20 世纪 80 年代,欧洲出现了“一元化”的工业化养殖模式,其特点为投资少、易于管理、经济与环境效益较好,形成了以德国为代表的发达国家工业化养鱼的主要养殖模式。从 20 世纪 90 年代开始,生物工程技术、微生物技术、膜技术和自动化控制技术被逐步应用在循环水系统的水体消毒、水质净化、池底排污、增氧及控温等方面;现代循环水养殖系统几乎采用了所有可以利用的水处理工艺和技术^[4]。

(二) 循环水养殖发展现状

循环水养殖系统作为现代集约化水产养殖模

式,已经具备了养殖密度高、不受季节限制、节水省地、环境可控等优势,得到诸如日本、美国、丹麦、挪威、德国、英国等一些发达国家的重视。这些发达国家还从政策、立法、财政等方面给予支持,积极推进其发展。较为成功的有英国汉德斯顿电站的温流水养鱼系统、德国的生物包过滤系统、挪威的大西洋鲑工厂化育苗系统、美国蓝岭公司鱼虾循环水养殖系统和美国亚利桑纳州凡纳滨对虾良种场等^[5]。在欧洲,高密度封闭式循环水养殖已成为一个发展迅速的技术密集型产业。目前,世界各水产养殖强国正围绕循环水养殖的生态工程化、水循环装备、复合种养、分隔强化等高效养殖模式以及相应的设施化、机械化、信息化等技术及装备开展重点研究。

三、国际循环水养殖发展趋势

(一) 研究方法及数据来源

Thomson Innovation 是由汤森路透集团提供的数据库。Thomson Innovation 除了收录德温特世界专利索引 (DWPI) 数据以外,还收录来自全球 90 多个国家和地区的 8 000 多万篇专利信息,包含题录信息、PDF 全文、法律状态信息等专利信息深加工的数据和原始数据^[6],可以完整覆盖某一学术领域的专利情况。本研究根据关键词和国际专利分类号 (IPC) 方式构建以“循环水养殖”为主题的检索策略,具体关键词: recirculating aquaculture*, IPC 号: A01K61/00 OR A01K61/02 OR A01K63/04 OR A01K63/00, 时间范围: 2011—2015 年;通过领域筛选及人工判读后可确定有效数据,得到国际循环水养殖专利申请数量为 1 864 件,并在此基础上绘制专利分布图和数量趋势图。

(二) 国际循环水养殖发展趋势

2011—2015 年,国际循环水养殖领域专利年度申请量和公开量如图 1 所示。从整体上看,国际循环水养殖专利申请数量在 2012 年达到最大值为 474 件,比 2011 年增加了 11.7%;2012 年之后,年专利申请数量逐渐降低,2015 年申请专利数量仅为 164 件。由于专利公开的时滞性,申请量和公开量有一定时差。2011—2015 年,国际循环水养殖专利公开量呈快速增长,其中 2011 年公开量为 100 件;2015 年公开量为 584 件,增长了约 4.8 倍。

分析专利申请数据可以发现,目前国际循环水

养殖专利申请的峰值期已过,专利的申请量和公开量将逐渐趋于平缓。这一现象表明目前各国在循环水养殖技术方面已趋于成熟,技术成果推广和应用将是今后一段时期的工作重点。

国外循环水养殖专利申请数量的统计数据显示:韩国、日本、美国分别是近5年在该领域专利申请量最多的国家。近5年韩国循环水养殖专利申请量达到506件,表明韩国近年来在该领域的技术创新方面有一定优势;而作为传统循环水养殖强国的日本和美国,其循环水养殖专利申请量分别为320件和243件,仍位居世界前列。欧盟作为循环水养殖开展较早的地区,近5年专利申请量仅为73件,与美国、日本等国家在专利申请数量上存在显著的差距,这说明欧洲循环水养殖相关技术的研发工作过了发展的高峰期,已经形成了较为成熟的

循环水养殖配套工艺和技术(数据来源于 Thomson Innovation)。

(三) 国际循环水养殖热点分布

本研究利用 Thomson Innovation 软件中的 Theme Scope 功能,通过德温特标题和摘要,为国际循环水养殖近5年来的专利数据构建了主题全景图(见图2)。主题全景图将包含通用概念词(主题)的记录分到一个组,并显示不同记录之间的相对关系,山峰的海拔高度代表特定主题文献的密度大小^[7]。图2中的每一个黑点代表一件专利,等高线密集,海拔较高的区域为拥有相似技术主题的专利集合^[8]。从图2中可看出,近5年国际循环水养殖研究热点主要为养殖水体净化工艺、养殖池结构设计、养殖水体温度调控、生物滤器及过滤设备等,且前三者

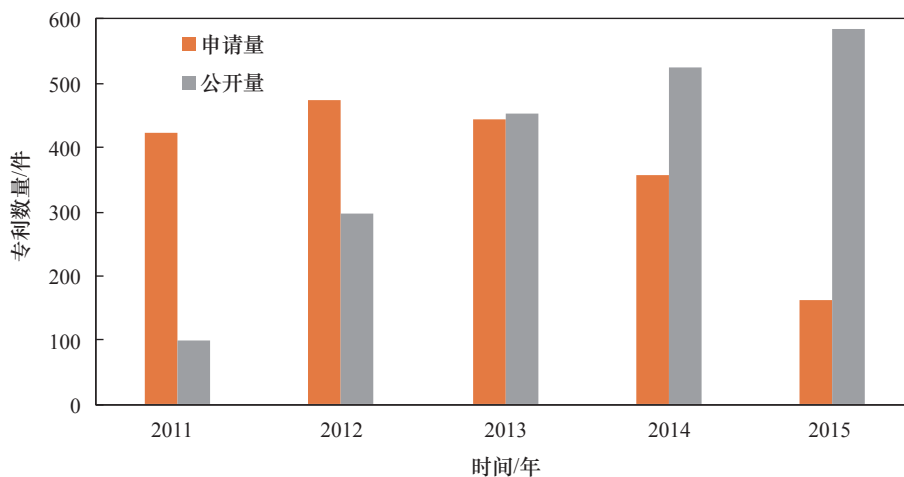


图1 2011—2015年国际循环水养殖专利年际申请量及公开量

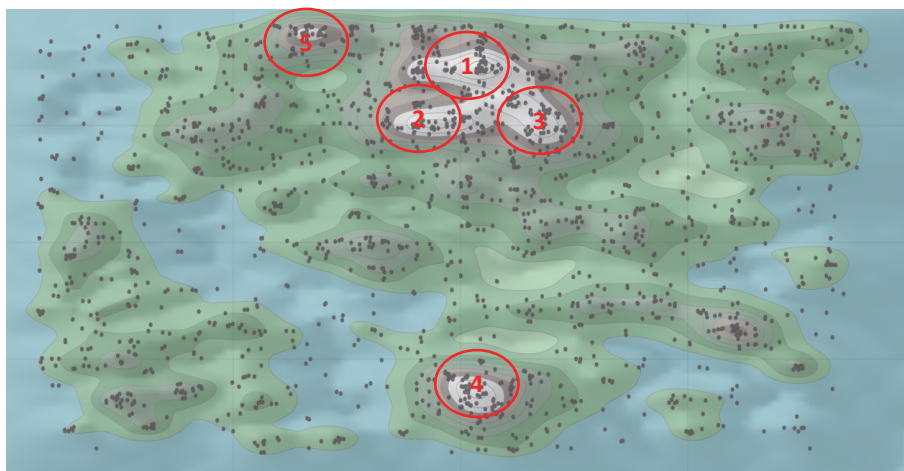


图2 2011—2015年国际循环水养殖热点分布图

注: 1—养殖水体净化工艺; 2—养殖池结构设计; 3—养殖水体温度调控; 4—生物滤器; 5—过滤设备

之间的关联和相互支撑较多。水过滤工艺虽然也是研究热点，但相对独立，与其他研究热点之间关联性不强。

四、国内外循环水养殖发展状况比较

(一) 我国循环水养殖发展现状

我国循环水养殖研究起步较晚，于 20 世纪 80 年代引进了第一批循环水养殖设施进行鳗鱼养殖；但由于高昂的投入和运行成本，上述设施很快便处于荒废状态^[3]。之后国家相继启动了一系列“863”和科技支撑计划项目，并积极借鉴国际先进技术，自主研发了一批适合我国国情的海水循环水养殖设施与装备，如微滤机、臭氧发生器、蛋白分离器等，并逐步完善了养殖技术和工艺^[9-13]。目前，我国工厂化循环水养殖规模约为 $1 \times 10^6 \text{ m}^2$ ，养殖种类包括海水鱼类、对虾等。近年来，我国自主研发了多功能蛋白质分离器、多功能固液分离器装置、模块式紫外线杀菌装置、高效溶氧器装置、弹性刷状生物净化载体等设施装备，循环水养殖水质净化处理工艺也得到进一步完善。

(二) 国内外循环水养殖技术发展趋势对比

利用 Thomson Innovation 专利数据库对我国循环水养殖专利数据进行搜索，时间范围为 2011—2015 年，经领域筛选和人工判读后确定近 5 年我国循环水养殖专利申请数量共 6 678 件（见图 3）。

我国专利申请数量在 2011—2014 年逐年增长，

2014 年达到最高值，为 1 647 件，2015 年有所降低。与国际循环水养殖专利申请数量相比，我国的申请高峰期推迟 2 年。这与我国循环水养殖起步较晚、发展相对滞后有关。但是，从专利申请数量上来看，我国远超国际同期水平；2011 年我国循环水养殖专利申请数量占全球的 1/3，2014 年则占全球的 2/3。这说明近年来我国循环水技术研发速度加快，为成果产业化创造了良好的条件。

我国循环水养殖专利公开量在 2011—2015 年总体呈快速增长，其中 2011 年和 2015 年公开量分别为 836 件和 2 397 件，增长近 1.9 倍。与国际同期水平相比，我国循环水养殖专利公开量远高于国际同期水平：2011 年循环水养殖专利公开量为国际同期水平的 8 倍；2015 年循环水养殖专利公开量为国际同期水平的 4 倍左右。

(三) 国内外循环水养殖热点分布对比

通过构建我国循环水养殖热点分布图（见图 4）得出我国近 5 年循环水养殖研究热点为鱼池设计、生物滤器、水循环装置、供氧、电机轴等。生物滤器同时为国内和国际研究热点。但是，我国循环水养殖目前更加关注现代化养殖设施的研发及部分关键处理设备的可靠性及精确性的提升。我国循环水养殖装备系统构建和技术水平已与国际接近，但部分国际研究热点在我国仍处于起步阶段。这主要是由于我国工厂化养殖仍以流水养殖为主，循环水养殖比例仍然较低。以海水工厂化循环水养殖为例，目前我国海水工厂化循环水养殖面积接近 $8 \times 10^6 \text{ m}^2$ ，而只有其中 3% 的养殖水面实施了封闭式或半封闭

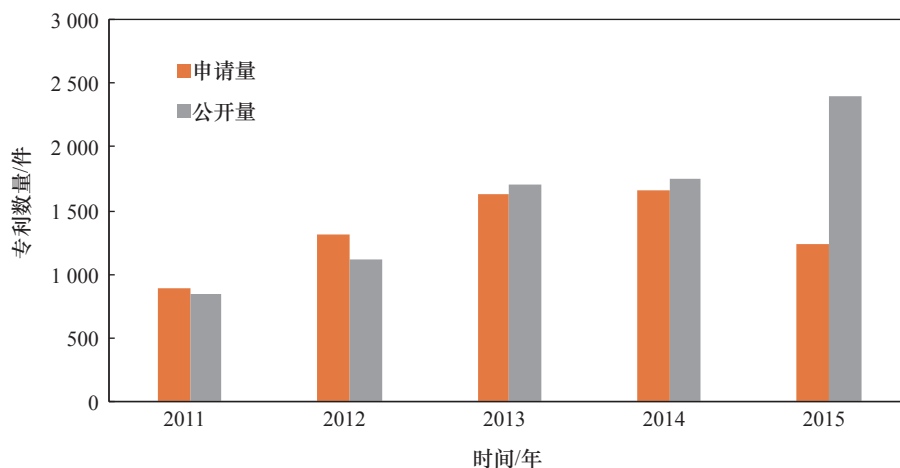


图 3 2011—2015 年我国循环水养殖专利年际申请量及公开量



图4 2011—2015年我国循环水养殖热点分布图

注：1——鱼池设计；2——生物滤器；3——水循环装置；4——供氧；5——电机轴

式循环水养殖模式^[14]。流水养殖不仅浪费水和能源，而且废水未经处理直排入海，也会对沿岸水域造成污染^[15]。因此，我国应加紧循环水养殖技术的系统化应用与成果转化，并结合实际需求进一步开展热点技术研发和工艺优化。

五、我国循环水养殖发展的对策建议

通过对国内外循环水养殖专利技术信息的对比分析，了解最新技术发展趋势，揭示国内外技术创新的优势与劣势，可为我国循环水养殖的发展提供启示与借鉴。本文从以下四个方面为我国循环水养殖发展提出了对策建议。

（一）改进工艺装备，推动循环水养殖产业化应用

由于受到现有设施水平和生产成本等方面的制约，目前国内陆基工厂化养殖系统仍以流水养殖为主，高效循环水养殖模式所占比例不高。与此同时，节能减排技术在基于生物膜硝化反应的循环水系统中的潜能尚未被充分发挥。因此，我国有必要结合生物工程技术，针对经济价值相对较高、节水节能需求迫切、规模较大的养殖品种来构建节能低耗、病原易控、高效净化的循环水养殖系统；结合数字化监控以及完善的养殖工艺和专家管理系统使循环水养殖系统达到节能、节水、经济运行的最佳状态^[16]。开展高效低耗、节能减排、品质可控的循环水养殖对降低生产成本、

推动产业健康发展具有重要的意义。为此，我国应在国家层面上推动循环水养殖的工艺装备升级和产业化应用。

（二）加强科研投入，强化关键领域及热点技术研发

由于我国循环水养殖发展时间短、科技研发基础相对薄弱，且对国际热点领域的研发投入尚显不足，因此在生物滤器结构与功能、养殖废水和废物综合利用、水质指标控制和降低系统能耗等方面还需要较大提升。目前，国际循环水养殖的主要研究热点为养殖水体净化工艺、鱼池结构、养殖温度传感器及水体过滤装备，这些工艺和装备的改进对未来循环水养殖的精细化和信息化发展十分重要。为此，我国应兼顾国内技术需求和国际研究热点，加快循环水养殖关键领域和热点技术研发；加大对高效养殖模式及其机械化、智能化的研发投入和政策支持，缩小与发达国家的科技差距，整体提升我国的循环水养殖科技水平。

（三）加强集成示范，构建具有引领作用的循环水系统

目前我国循环水养殖研究成果较多，但科技成果产业化应用较少。主要原因在于设施转型更新的成本和生产成本较高，多数企业难以承受。通过打造循环水养殖示范基地，可探清发展道路，确定技术规范标准，进而实现提质增效和节本增收，从而

起到辐射带动作用, 促进整个产业的发展。为此, 国家和地方应遴选和扶持一批技术规范、规模较大的养殖示范企业, 通过高效配置资源, 有效整合产学研力量, 加快科研成果转化。

(四) 优化人才机制, 构建实用型循环水养殖工程科技队伍

鉴于国内循环水养殖技术发展和产业化应用的现状, 建议优化人才机制, 加快科技成果转移转化, 打通科技与经济结合的通道。为此, 我国应加强循环水养殖科研队伍建设, 改善科研团队结构, 形成覆盖基础研究和应用研究领域、兼具科技研发和成果推广能力的结构稳定的实用型人才队伍。

参考文献

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2012 [M]. Rome: FAO; 2012.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2014 [M]. Rome: FAO; 2014.
- [3] 吴凡, 刘晔, 宿墨. 工厂化循环水养殖的发展现状与趋势[J]. 科学养鱼, 2008(9): 72-74.
Wu F, Liu H, Su M. Current status and trend for the development of industrialized recirculating aquaculture [J]. Sci Fish Cul. 2008; (9): 72-74.
- [4] 林玉良. 室内生态循环水养殖系统构建与运行效果研究[D]. 武汉: 华中农业大学硕士学位论文, 2011.
Lin Y L. Studies on construction and operation performance of an ecological indoor recirculating aquaculture system [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University (Master's thesis); 2011.
- [5] 唐启升. 中国养殖业可持续发展战略研究(水产养殖卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
Tang Q S. Study on the strategy of sustainable development of China's aquaculture industry (aquaculture volume) [M]. Beijing: China Agriculture Press; 2013.
- [6] 陈江帆. 基于Thomson Innovation利用TDA对厦门大学专利成果的分析[J]. 农业网络信息, 2015(8): 94-99.
Chen J F. Analysis on the patents of Xiamen University based on Thomson Innovation database and Thomson Data Analyzer [J]. Agric Netw Inf. 2015; (8): 94-99.
- [7] Thomson Reuters. Thomson Innovation support [EB/OL]. [2016-04-21]. http://www.thomsoninnovation.com/tip-innovation/support/zh/help/index.htm#search/quick_search.htm.
- [8] 卢章平, 黄晋. 基于TI的美国通信领域诉讼专利分析[J]. 情报杂志, 2013(7): 124-130.
Lu Z P, Huang J. American litigation patents analysis in the field of communication based on TI [J]. J Intel. 2013; (7): 124-130.
- [9] 朱建新, 刘慧, 徐勇, 等. 循环水养殖系统生物滤器负荷挂膜技术[J]. 渔业科学进展, 2014(35): 118-124.
Zhu J X, Liu H, Xu Y, et al. Dual-culture techniques for the rapid start-up of recirculating aquaculture system [J]. Progr Fish Sci. 2014; (35): 118-124.
- [10] 朱建新, 曲克明, 王彦怀, 等. 节约型海水鱼类循环水养殖车间工艺设计[J]. 水产前沿, 2012(5): 52-55.
Zhu J X, Qu K M, Wang Y H, et al. Design on work house for the saving mode of marine fish recirculating aquaculture system [J]. Fish Adv Mag. 2012; (5): 52-55.
- [11] 朱建新, 曲克明, 杜守恩, 等. 海水鱼类工厂化养殖循环水处理系统研究现状与展望[J]. 科学养鱼, 2009(5): 3-4.
Zhu J X, Qu K M, Du S E, et al. Current status and development perspective for the water treatment in marine fish recirculating aquaculture system [J]. Sci Fish Cult. 2009; (5): 3-4.
- [12] 刘鹰, 刘宝良. 我国海水工业化养殖面临的机遇和挑战[J]. 渔业现代化, 2012(6): 1-9.
Liu Y, Liu B L. Opportunities and challenges for marine industrialized aquaculture in China [J]. Fish Mod. 2012; (6): 1-9.
- [13] 刘鹰. 海水工业化循环水养殖技术研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2011(5): 50-53.
Liu Y. Research progress on marine industrial recirculating aquaculture technology [J]. J Agr Sci Technol. 2011; (5): 50-53.
- [14] 马绍赛, 曲克明, 宋建新. 海水工厂化循环水工程技术与高效养殖[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
Ma S S, Qu K M, Zhu J X. Engineering technology and high efficiency culture of seawater industrial circulating water [M]. Beijing: Ocean Press; 2014.
- [15] 唐启升. 中国海洋工程与科技发展战略研究(海洋生物资源卷)[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
Tang Q S. Research on the development strategy of China's marine engineering and science and technology (marine biological resource volume) [M]. Beijing: Ocean Press; 2014.
- [16] 陈军, 徐皓, 倪琦, 等. 我国工厂化循环水养殖发展研究报告[J]. 渔业现代化, 2009(4): 1-7.
Chen J, Xu H, Ni Q, et al. The study report on the development of China industrial recirculating aquaculture [J]. Fish Mod. 2009; (4): 1-7.