

基于CiteSpace的PPCPs研究现状及热点可视化分析

左明波^{1*}, 刘辉利^{1#}, 张琴¹, 白少元¹, 张亚楠¹, 许丹丹¹, 蒙振思²

¹桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西 桂林

²广西恒晟水环境治理有限公司, 广西 桂林

收稿日期: 2022年9月20日; 录用日期: 2022年10月19日; 发布日期: 2022年10月26日

摘要

目的: 利用可视化软件CiteSpace分析药物及个人护理品(pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)领域最近十年间的发展历程、研究现状和研究热点, 为后续对该类新兴污染物的深入研究提供参考。方法: 数据来源为Web of Science (WOS)数据库中的核心文集, 检索时间为2011~2021年, 检索词为PPCPs, 共得到有效文献1668篇, 利用CiteSpace软件进行国家、机构和作者的合作分析、关键词聚类和突发性分析。结果: PPCPs领域发文量最多的国家是中国, 研究机构主要是中国科学院和清华大学, 核心学者52人; 关键词聚类分析显示PPCPs领域的主要研究热点为其在自然环境中主要的赋存形式和对生态的影响、进入环境的归宿以及环境中典型的抗生素类药物。关键词爆发性检测显示, 目前主要研究的是具有代表性的抗生素类药物在环境中的降解情况以及是否对人体产生影响。

关键词

CiteSpace可视化分析, PPCPs, 研究热点

Research Status and Hotspot Visualization Analysis of PPCPs Based on CiteSpace

Mingbo Zuo^{1*}, Huili Liu^{1#}, Qin Zhang¹, Shaoyuan Bai¹, Ya'nan Zhang¹, Dandan Xu¹, Zhensi Meng²

¹College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

²Guangxi Hengsheng Water Environmental Management Co., Ltd., Guilin Guangxi

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 左明波, 刘辉利, 张琴, 白少元, 张亚楠, 许丹丹, 蒙振思. 基于 CiteSpace 的 PPCPs 研究现状及热点可视化分析[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(5): 1066-1076. DOI: 10.12677/aep.2022.125132

Abstract

Objective: To analyze the development history, research status and research hotspots in the field of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the last decade by using the visualization software CiteSpace, and to provide a reference for the subsequent in-depth research on this type of emerging contaminants. **Methods:** The data source was the core collection in the Web of Science (WOS) database, searched from 2011~2021, with the search term PPCPs, and a total of 1668 valid documents were obtained. Use CiteSpace software for collaborative analysis, keyword clustering, and burst analysis by countries, institutions, and authors. **Results:** The country with the largest number of publications in the field of PPCPs is China, and the research institutions are mainly the Chinese Academy of Sciences and Tsinghua University, with 52 core scholars; keyword clustering analysis shows that the main research hotspots in the field of PPCPs are their main fugitive forms in the natural environment and their impact on ecology, the fate of entering the environment, and the typical antibiotic drugs in the environment. The keyword burst detection shows that the main research is currently focused on the degradation of representative antibiotics in the environment and whether they have any effect on humans.

Keywords

CiteSpace Visual Analysis, PPCPs, Research Hotspots

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

药物及个人护理品(pharmaceuticals and personal care products, PPCPs)的概念在 1999 年被 Daughton 等 [1]首次提出, 主要包括 2 个体系: 药物, 如各种处方药和非处方药; 个人护理用品, 如牙膏、护肤品、肥皂、和防晒用品等[2]。PPCPs 可以通过点源和非点源途径进入环境中, 虽然浓度较低, 但由于其基数大, 加之产品更新快, 新型的药品和护理品不断涌现, 并且在环境中具有持久性、生物累积性和毒性, 存在潜在的生态影响, 威胁人类的健康。因此迫切需要了解 PPCPs 在各种环境中的分布情况及生态风险, 以采取相应的对策措施对其进行管控[3] [4]。

CiteSpace 是美国德克塞尔大学陈超美教授开发的一款可视化软件, 常用于分析和可视化从数据库检索到的科学文献中的新兴趋势和瞬态模式[5], 刘则渊教授曾用“一图谱春秋, 一览无余; 一图胜万言, 一目了然”来概括其的意义和作用。国内许多研究者通过该软件去了解 and 评估某一领域的研究现状和研究趋势, 例如 Yao 等人曾利用 CiteSpace 分析 Web of Science (WOS)中有关淡水微塑料的文献, 系统分析了该领域的研究热点和发展趋势[6]; 王珏等人曾通过对比 Web of Science 核心合集和 CNKI 数据库, 系统分析了 2000~2020 年国内外海洋空间规划研究发展态势[7]。本文以 Web of Science 数据库中的核心文集为数据源, 通过 CiteSpace 可视化分析的功能, 对有关研究 PPCPs 的国家、作者、研究机构和关键词以进行可视化处理, 分析其发展历程、现状和主要的研究领域。

2. 数据源和分析方法

2.1. 数据

本论文数据全部来源于 Web of Science 数据库中的核心文集，以“PPCPs”为检索主题词，检索年限选择 2011 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日，将文献类型和语种选择“ARTICLE”、“REVIEW”、“PROCEEDINGS PAPER”和“ENGLISH”进行精炼，共得到 1668 条检索结果。

2.2. 分析方法

利用 CiteSpace5.6R5 对有效文献进行分析。表 1 为本文设置的参数主要分为时间切片(Time Slicing)、节点(Node Type)、阈值选择(Selection Criteria)以及裁剪方式(Pruning)。时间切片可用于分析不同时间段的数据，从而全面了解发展过程和研究的因果关系，本文图谱均以 1 年作为一个时间段分析；节点类型可以用来确定网络图谱类型，本文选取了 Country (国家)、Author (作者)、Institution (机构)、Keyword (关键词)以及 Reference (被引文献)这 5 个节点；阈值选择为数据筛选提供了多种方法，最简单和最常见的是 Top N，它选择每个时间切片中频率最高的前 N 篇或者前百分之 N 篇；其次是 g-index，定义为“论文按被引次数排序后相对排前的累积被引至少 g 平方次的最大论文序次 g，亦即第(g + 1)序次论文对应的累积引文数将小于(g + 1)的平方”，k 越大，图谱中出现的节点越多，k 越小，图谱中出现的节点越少。为了使可视化地图清晰可读，CiteSpace 提供了两种修剪方法，寻径网络算法(Pathfinder)和最小生成树(MST)。

Table 1. Main parameter settings of network map

表 1. 网络图谱主要参数设置

图谱名称	Time Slicing (Year)	Node Type	Selection Criteria	Pruning
国家合作网络图谱	1	Country	g-index (k = 25)	MST
作者合作网络图谱	1	Author	Top N (N = 50)	MST
机构合作网络图谱	1	Institution	Top N (10%)	None
关键词聚类分析	1	Keyword	Top N (10%)	Pathfinder
文献共被引	1	Reference	Top N (N = 30)	Pathfinder
文献共被引时区图	1	Reference	Top N (N = 30)	Pathfinder

3. PPCPs 研究领域时间与空间分布

3.1. 载文量分析

由 Web of Science 自带的引文报告分析，得到近 10 年内 PPCPs 领域论文发表数量的变化趋势(如图 1)。从图 1 可以发现，PPCPs 研究领域的年文献量由 2011 年的 61 篇猛增到 2021 年的 261 篇，增长近 4.3 倍，年发文量呈现总体上升的趋势，这说明学者们对 PPCPs 领域越来越关注与重视，对与 PPCPs 相关的研究与探索愈加频繁。

3.2. 国家合作分析

在 CiteSpace 生成作者国家网络图谱(图 2)中，共产生 88 个国家节点，112 条国家之间合作的连线。节点越大，表示该国家发文量越大；不同颜色圆圈的宽度表示每年的发文量；节点之间的连线颜色表示两个节点首次合作的时间，连线越粗，说明两个国家合作程度越深[8]。

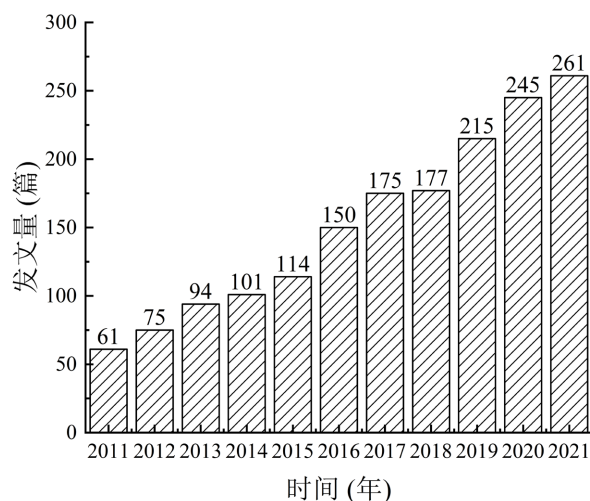


Figure 1. Annual distribution of academic papers in the field of PPCPs research: 2011~2021

图 1. PPCPs 研究领域的学术论文年度分布：2011~2021

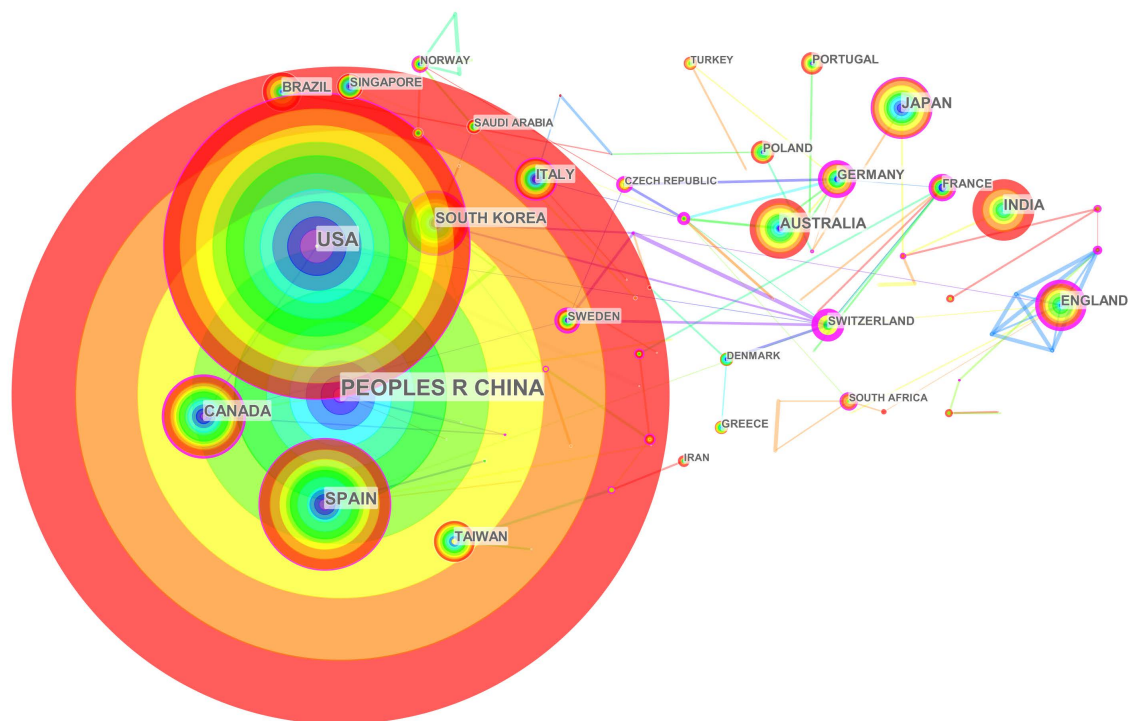


Figure 2. Map of national cooperation networks in the field of PPCPs research

图 2. PPCPs 研究领域的国家合作网络图谱

节点的中心度指的是一个结点担任其它两个结点之间桥梁的次数，一个结点充当“中介”的次数越高，它的中心度就越大[9]，反应在图中则是结点有紫色外圈。节点的大小和中心度也可以反映出该国家在该研究领域的地位和重要性。表 2 列出了发文量和中心度前 5 的国家。中国在发文数量(638 篇)上遥遥领先于其他国家；其次是美国、西班牙、加拿大和澳大利亚。中心度前 5 的国家依次是瑞士、比利时、德国、英格兰和韩国。

Table 2. The top 5 research countries and centrality in the field of PPCPs
表 2. PPCPs 领域研究国家与中心度排名前 5 位

排名	国家	发文量	占比	国家	中心度
1	CHINA	638	38.2%	SWITZERLAND	0.85
2	USA	296	17.7%	BELGIUM	0.49
3	SPAIN	128	7.7%	GERMANY	0.48
4	CANDA	82	4.9%	ENGLAND	0.46
5	AUSTRALIA	64	3.8%	SOUTH KOREA	0.39

我国在 PPCPs 研究领域近 10 年期间发文量能保持世界前列, 取决于这些年来我国学者在该领域不断的探索。Liu 等曾调查了 PPCPs 在金沙江的分布和来源, 结果表明, 金沙江里 PPCPs 是普遍存在的, 浓度从小于 1 ng/L 到 500 ng/L 以上不等[10]; Wang 等曾对中国典型高度城市化地区(北京、常州和深圳) PPCPs 进行综合评估, 研究表明抗生素是检测到的主要类别, 约占 PPCPs 污染水平的一半, 多数检测到的 PPCPs 浓度与氮、磷含量呈显著正相关[11]; Xu 等曾研究土壤成分对 PPCPs 吸附和迁移的贡献, 以及其吸附机理, 为解决抗生素类污染问题提供新的策略[12]。

3.3. 机构合作分析

根据表 1 的参数生成的机构网络图谱(图 3)中共有 247 个节点和 334 条连线, 每个节点代表一个机构, 网络中每个节点的规模越大, 该机构发表的数量就越多, 连接线越粗, 机构之间的合作关系就越密切[13]。由图可见, 发文量前 5 的机构分别是清华大学(125 篇)、中国科学院(77 篇)、加利福尼亚大学(32 篇)、中国科学院大学(30 篇)和同济大学(28 篇), 分别占出版物的 7.5%、4.6%、1.9%、1.8%和 1.7%, 这些机构发表的第一篇论文分别于 2014 年、2012 年、2011 年、2014 年和 2013 年。中心度前 5 的机构分别是中国科学院、清华大学、浙江大学、苏黎世联邦理工大学和昆士兰大学。由此可以看出机构的发文量与中心度与国家网络图谱保持高度一致, 并且发文机构以高校为主。

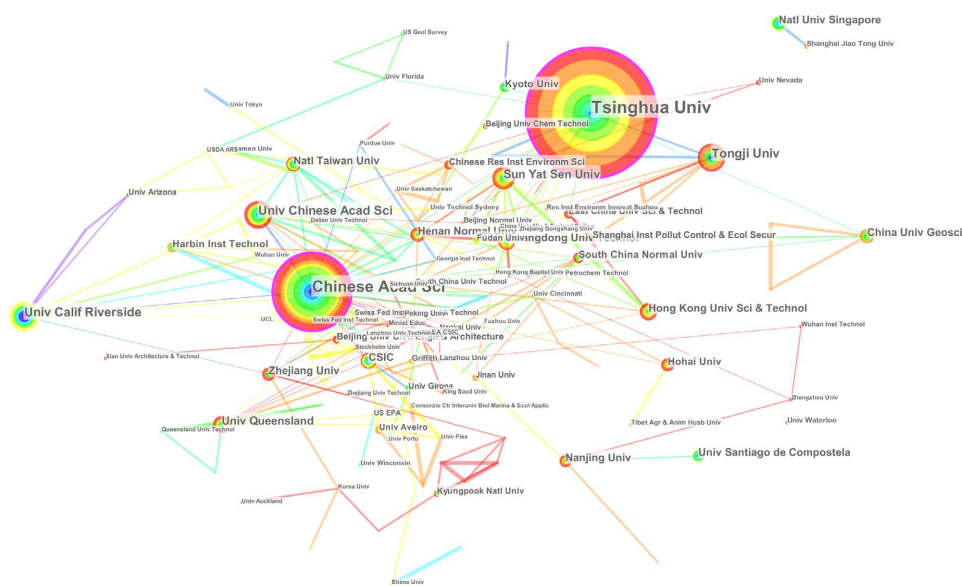


Figure 3. The network map of institutional cooperation in the field of PPCPs
图 3. PPCPs 领域机构合作网络图谱

3.4. 作者合作分析

本文所检索的有效文献共涉及 2859 位作者以及 1068 个合作关系，网络密度为 0.003 (图 4)，说明在该研究领域单兵作战的现象是普遍存在的，约占 75%的作者发文量仅为 1。表 3 列出了发文量前 20 的作者，以清华大学 JIANLONG WANG (王建龙) 发文 56 篇为最多，他的团队主要研究了 PPCPs 的分析方法和污水处理厂 PPCPs 的去除效率[14]、高级氧化技术降解抗生素[15]以及电离辐照诱导的水溶液中 PPCPs 的降解[16]等方面。

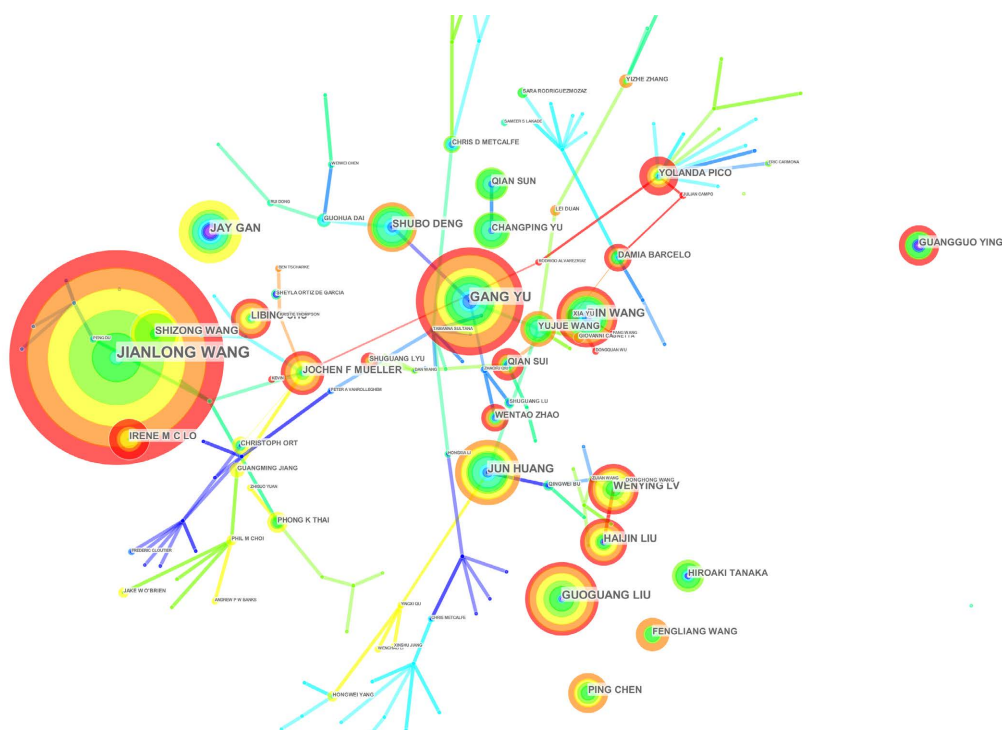


Figure 4. Author cooperation network map in the field of PPCPs
图 4. PPCPs 领域作者合作网络图谱

Table 3. Top 20 published papers in the field of PPCPs
表 3. PPCPs 领域发文量前 20

排名	作者	发文量	排名	作者	发文量
1	JIANLONG WANG	56	11	JOCHEN F MUELLER	12
2	GANG YU	29	12	IRENE M CLO	11
3	GUO GUANG LIU	20	13	YOLANDA PICO	11
4	JUN HUANG	18	14	PING CHEN	11
5	BIN WANG	17	15	GUANGGUO YING	11
6	JAY GAN	17	16	LIBING CHU	11
7	SHUBO DENG	14	17	YUJUE WANG	10
8	WENYING LV	14	18	CHANGING YU	10
9	HAIJIN LIU	13	19	QIAN SUI	9
10	SHIZONG WANG	13	20	QIAN SUN	9

核心作者指在该领域中发挥着导向作用,不断地将研究领域推向新水平的人[17]。某领域的核心作者数可根据普赖斯公式进行推导[18]。

$$N = 0.749 \times \sqrt{n_{\max}} \quad (1)$$

式中, N ——核心作者发文量, n_{\max} ——最高产作者发文量。

通过前面的分析,已知 PPCPs 领域发文量第一的作者发文数为 56 篇,代入公式得 N 值为 5.605,取值 6。分析发现发文量不少于 6 篇的核心作者数共有 52 人,核心作者占总数的 1.82%,由此可见,该领域的核心队伍虽有雏形但并未完全形成。

4. PPCPs 领域研究现状

4.1. PPCPs 领域研究热点

关键词在文献中有着举足轻重的地位,是对文献主题的精炼,可以体现文献的研究价值和方向,对关键词进行聚类分析,有助于对某一领域里研究热点的挖掘。图 5 是采用 CiteSpace 对 PPCPs 领域的关键词进行聚类分析结果。本次生成的聚类图谱中, Q 值为 0.7671, S 值为 0.6201,说明本次聚类结构明显并且合理[19]。

聚类图中按照文献数量的多少由 0 至 11 编号,共产生 12 个聚类色块,去除重合色块,图中共显示 11 个,依次是 sulfamethoxazole (磺胺甲噁唑)、activation (活性)、photocatalysis (光催化)、drinking water (饮用水)、adsorption (吸收)、estuary (河流)、personal care product (个人护理品)、sulfamethazine (磺胺二甲嘧啶)、carbamazepine (卡马西平)、photodegradation (光降解)和 opioids (阿片类药物)。表 4 列出了 2011 年~2021 年期间 PPCPs 研究领域高频和高中心度关键词。结合关键词聚类图和表 4 分析 PPCPs 领域的研究热点主要集中在:① PPCPs 在自然环境主要的赋存形式以及其对生态的影响,涉及的关键词有 waste water (废水)、surface water (地表水)、drinking water (饮用水)、aqueous solution (水溶液)以及 water quality (水质)。Li 等人曾研究了太湖 12 条流入河流 10 种典型 PPCPs 的发生和生态风险,结果表明太湖 PPCPs 污染情况有所改善,相关生态风险降低[20]。② PPCPs 进入环境后的处理方法,涉及的关键词有:removal (去除)、degradation (降解)、fate (宿命)、exposure (暴露)、adsorption (吸收)和 membrane bioreactor (膜生物反应器)。Bunmahotama 等人曾通过建立 PD-DA 模型来预测 PPCP/EDCs 吸附到各种类型吸附剂上的等温线,共涉及 306 种吸附剂材料[21]。③ 典型的抗生素类药物,涉及的关键词有:pharmaceutical (药)、beta blocker (β 受体阻断药)、carbamazepine (卡马西平)、atenolol (阿替洛尔)和 triclocarban (三氯卡班)。Conkle 等曾研究好氧和厌氧条件下,湿地沉积物中常见抗生素类药物的降解和吸附,主要涉及了卡马西平(抗癫痫药)、布洛芬(非甾体抗炎药)和吉非罗齐(血脂调节药) [22]。

4.2. PPCPs 领域研究趋势

关键词突发性检测是关键词在短时间内变换的现象,通过对突现词的分析可以得出哪些年某个节点突然备受关注,可以探究该领域的研究趋势。基于 WOS 核心数据库关键词突发性结果见表 5,其中 Keywords 表示节点类型,Year 表示所选定的分析时间内最早出现的时间,Strength 表示突现强度,Begin 表示 2011 年~2021 年之间突现开始时间,End 表示突现结束时间。表中共显示具有代表性的 15 个关键词,红色区域表示关键词突变的时间段。突变词时间跨度不一,最短为 1 年,最长为 6 年。2011 年~2014 年 PPCPs 领域研究重点主要集中在 PPCPs 在环境赋存形式以及检测方法,涉及的突变词有 waste water contaminant (废水污染物)、sludge (污泥)、groundwater (地下水)、soil (土)、gas chromatography (气相色谱)以及 liquid chromatography (液相色谱)。Basaglia 等曾在 2012 年采用顶空-固相微萃取-气相色谱-MS

方法对水样中的 21 种 PPCPs 的检测方法进行了优化[23]; 随着对该领域的不断挖掘, 研究重点主要集中在 PPCPs 在环境中的持久性、毒性和生物累积性这三点, 涉及的突变词有 occurrence (发生)、reproduction (再现), exposure (暴露)以及 behavior (反应)。Yu 等在 2016 年通过对徐州大龙湖 PPCPs 的浓度和生物效应(研究健康鲫鱼)进行监测, 根据生态毒理学和人类健康进行评估, 结果表明由于其浓度很低, 几乎不会造成潜在的人类健康风险[24]。近年来, 随着政策的导向和科技的进步, 学者们开始研究具有针对性的抗生素类药物在环境中的降解情况以及是否对人体产生影响, 涉及的突变词有 risk (风险)、emerging contaminant (新兴污染物)、sulfamethazine (磺胺二甲嘧啶)和 sulfamethoxazole (磺胺甲噁唑)等, 如 Mojiri 等曾在 2021 年利用集成生物炭和海洋微藻去除三种持久性 PPCPs, 包括卡马西平、磺胺甲嘧啶和曲马多[25]。

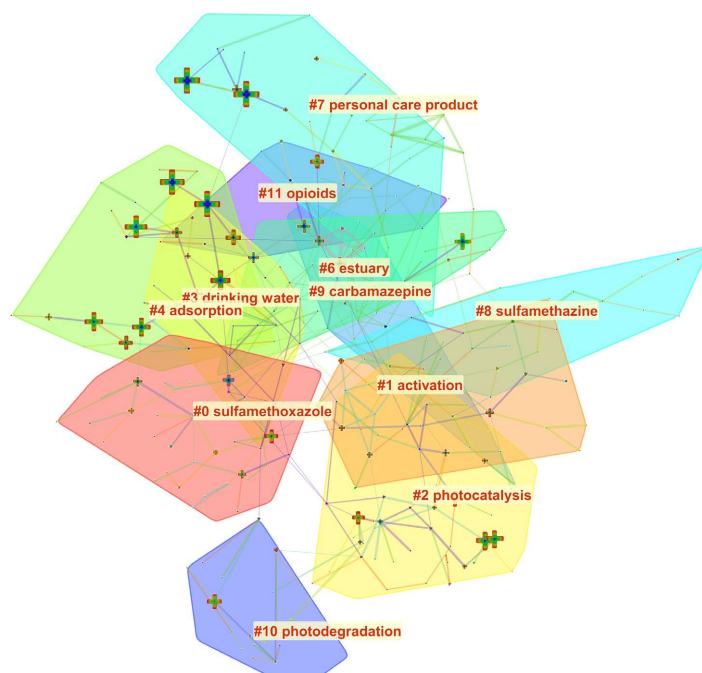


Figure 5. Keyword cluster analysis map in PPCPs field

图 5. PPCPs 领域关键词聚类分析图谱

Table 4. The top 10 keyword frequency and centrality in the PPCPs field

表 4. PPCPs 领域关键词频次与中心度排名前 10

序号	关键词	频次	序号	关键词	中心度
1	pharmaceutical	610	1	Beta blocker	0.35
2	Waste water	406	2	atenolol	0.29
3	removal	377	3	Sewage treatment plant	0.26
4	degradation	204	4	Water quality	0.23
5	Surface water	203	5	Membrane bioreactor	0.18
6	fate	200	6	carbamazepine	0.17
7	Treatment plant	194	7	Endocrine disrupting compound	0.17
8	Drinking water	168	8	exposure	0.17
9	water	156	9	triclocarban	0.16
10	Aqueous solution	150	10	adsorption	0.16

Table 5. Keyword burst detection in PPCPs field: 2011~2021
表 5. PPCPs 领域关键词突发性检测：2011~2021

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2011~2021
waste water contaminant	2011	5.8322	2012	2016	
sludge	2011	2.714	2013	2014	
groundwater	2011	3.8897	2014	2015	
soil	2011	3.9651	2012	2013	
gas chromatography	2011	5.5128	2017	2018	
liquid chromatography	2011	5.0599	2012	2013	
occurrence	2011	3.3525	2014	2015	
reproduction	2011	3.6266	2015	2016	
exposure	2011	5.3182	2013	2017	
behavior	2011	4.1375	2012	2017	
risk	2011	3.0886	2016	2017	
emerging contaminant	2011	5.5128	2017	2018	
sulfamethazine	2011	3.2135	2017	2018	
sulfamethoxazole	2011	4.9619	2018	2021	
Carmazepine	2011	4.7312	2017	2021	

5. 研究结论

利用 CiteSpace 对 PPCPs 领域进行载文量分析、国家合作分析、机构合作分析、作者合作分析、关键词聚类分析和关键词爆发性检测，得出如下结论：

- 1) 在 2011~2012 年期间，PPCPs 研究领域的发文量呈高速增长的状态。
- 2) 国家之间对 PPCPs 的研究存在一定的合作，主要集中于经济发展发达的欧盟和美国等国家；我国在 PPCPs 领域的发文量居于世界最前列；前 3 的发文机构都是来自中国。
- 3) 作者合作网络图谱密度较低，存在着单兵作战的现象，75%的作者发文量为 1，核心作者占比 1.82%。
- 4) PPCPs 领域的研究热点目前主要是集中于抗生素类药物以及其在环境中的持久性、毒性、生物累积性和其对生态影响的研究。

基金项目

广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA20161001)；广西科技计划项目(桂科 AD18121007)；广西矿冶与环境科学实验中心(KH2012ZD004)；广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目(002401013001)。

参考文献

- [1] Daughton, C.G. and Ternes, T.A. (1999) Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? *Environmental Health Perspectives*, **107**, 907-938. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107s6907>
- [2] Buser, H.R., Muller, M.D. and Theobald, N. (1998) Occurrence of the Pharmaceutical Drug Clofibric Acid and the Herbicide Mecoprop in Various Swiss Lakes and in the North Sea. *Environmental Science & Technology*, **32**, 188-192. <https://doi.org/10.1021/es9705811>

- [3] Richmond, E.K., *et al.* (2017) Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) Are Ecological Disrupting Compounds (EcoDC). *Elementa: Science of the Anthropocene*, **5**, Article No. 66. <https://doi.org/10.1525/elementa.252>
- [4] Chen, X.P., Lei, L., Liu, S.T., *et al.* (2021) Occurrence and Risk Assessment of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) against COVID-19 in Lakes and WWTP-River-Estuary System in Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, **792**, Article ID: 148352. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148352>
- [5] Chen, C.M. (2006) CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, **57**, 359-377. <https://doi.org/10.1002/asi.20317>
- [6] Yao, L.M., Hui, L., Yang, Z., *et al.* (2020) Freshwater Microplastics Pollution: Detecting and Visualizing Emerging Trends Based on Citespace II. *Chemosphere*, **245**, Article ID: 125627. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125627>
- [7] 王珏, 郭振, 张志卫, 等. 基于 CiteSpace 的国内外海洋空间规划研究发展态势分析[J]. 海洋开发与管理, 2022, 39(1): 12-22.
- [8] Zou, L.X. and Sun, L. (2019) Global Diabetic Kidney Disease Research from 2000 to 2017: A Bibliometric Analysis. *Medicine*, **98**, e14394. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014394>
- [9] 刘子齐. 攀枝花尾矿库和冶炼排污口钒的时空分布对微生物的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2020. <https://doi.org/10.27493/d.cnki.gzdz.2020.000638>
- [10] Liu, S., Wang, C., Wang, P.F., *et al.* (2021) Anthropogenic Disturbances on Distribution and Sources of Pharmaceuticals and Personal Care Products throughout the Jinsha River Basin, China. *Environmental Research*, **198**, Article ID: 110449. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110449>
- [11] Wang, Z., Zhang, X.H., Huang, Y., *et al.* (2015) Comprehensive Evaluation of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in Typical Highly Urbanized Regions across China. *Environmental Pollution*, **204**, 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.04.021>
- [12] Xu, Y.B., Yu, X.Q., Xu, B.L., *et al.* (2021) Sorption of Pharmaceuticals and Personal Care Products on Soil and Soil Components: Influencing Factors and Mechanisms. *Science of the Total Environment*, **753**, Article ID: 141891. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141891>
- [13] Shao, H.M., Kim, G., Li, Q., *et al.* (2021) Web of Science-Based Green Infrastructure: A Bibliometric Analysis in CiteSpace. *Land*, **10**, Article No. 711. <https://doi.org/10.3390/land10070711>
- [14] Wang, J.L. and Wang, S.Z. (2016) Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) from Wastewater: A Review. *Journal of Environmental Management*, **182**, 620-640. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.049>
- [15] Wang, J.L. and Zhuan, R. (2020) Degradation of Antibiotics by Advanced Oxidation Processes: An Overview. *Science of the Total Environment*, **701**, Article ID: 135023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135023>
- [16] Wang, J.L. and Chu, L.B. (2016) Irradiation Treatment of Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) in Water and Wastewater: An Overview. *Radiation Physics and Chemistry*, **125**, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.03.012>
- [17] 段和平, 史文海, 俞立, 等. 探讨期刊论文发表数量和核心作者群的重要意义[J]. 临床荟萃, 2004, 19(8): 480-481.
- [18] 宗淑萍. 基于普赖斯定律和综合指数法的核心著者测评——以《中国科技期刊研究》为例[J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27(12): 1310-1314.
- [19] 吴丽丽, 韦超河. 基于 Web of Science 数据库肠外营养研究的文献计量学分析[J]. 大众科技, 2021, 23(2): 48-53.
- [20] Li, L., Zhao, X.L., Liu, D., *et al.* (2021) Occurrence and Ecological Risk Assessment of PPCPs in Typical Inflow Rivers of Taihu Lake, China. *Journal of Environmental Management*, **285**, Article ID: 112176. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112176>
- [21] Bunmahotama, W., Lin, T.F. and Yang, X. (2020) Prediction of Adsorption Capacity for Pharmaceuticals, Personal Care Products and Endocrine Disrupting Chemicals onto Various Adsorbent Materials. *Chemosphere*, **238**, Article ID: 124658. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124658>
- [22] Conkle, J.L., Gan, J. and Anderson, M.A. (2012) Degradation and Sorption of Commonly Detected PPCPs in Wetland Sediments under Aerobic and Anaerobic Conditions. *Journal of Soils and Sediments*, **12**, 1164-1173. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0535-8>
- [23] Basaglia, G. and Pietrogrande, M.C. (2012) Optimization of a SPME/GC/MS Method for the Simultaneous Determination of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Waters. *Chromatographia*, **75**, 361-370. <https://doi.org/10.1007/s10337-012-2207-7>
- [24] Yu, H.J. and Cao, W.P. (2016) Assessment of Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) of Dalong Lake in

Xuzhou by Concentration Monitoring and Bio-Effects Monitoring Process. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **43**, 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.03.015>

- [25] Mojiri, A., Baharlooeian, M., Kazeroon, R.A., *et al.* (2021) Removal of Pharmaceutical Micropollutants with Integrated Biochar and Marine Microalgae. *Microorganisms*, **9**, Article No. 4. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010004>