

# Research Progress on Foreign Non-Point Source Pollution Based on Scientific Measurement Analysis

Na Li<sup>1</sup>, Yong Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Civil Engineering, Shenzhen University, Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>Zhubo Design Group Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

Email: 1358054527@qq.com, 793720214@qq.com

Received: Nov. 16<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 2<sup>nd</sup>, 2018; published: Dec. 14<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Non-point source pollution has become the main form of water pollution, and it is also a research hotspot in the academic circle. Using the 1997~2017 journal literature in the core database of Web of Science (WOS) as the data source, the search was conducted by using "Non-point pollution" as the search term, and the results of the search were statistically analyzed by Bibexcel. The visualization software Pejak was used to draw the common word network diagram, and the 28 highest frequency keywords extracted by SPSS software were systematically clustered and analyzed into four clusters. Finally, the characteristics of relevant literatures are analyzed from three aspects: research methods, research perspectives and research objects. The research characteristics and research hotspots of non-point source pollution in foreign countries are discussed, which provides a useful reference for non-point source pollution research in China.

## Keywords

Bibexcel, Non-Point Source Pollution, High Frequency Keyword, Scientific Measurement Analysis

---

# 基于科学计量分析的国外非点源污染研究进展

李娜<sup>1</sup>, 陈勇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>深圳大学土木工程学院, 广东 深圳

<sup>2</sup>筑博设计股份有限公司, 广东 深圳

Email: 1358054527@qq.com, 793720214@qq.com

收稿日期: 2018年11月16日; 录用日期: 2018年12月2日; 发布日期: 2018年12月14日

## 摘要

非点源污染已经成为水污染的主要形式,也是学界的研究热点。以Web of Science (WOS)核心数据库中1997~2017年的期刊文献作为数据源,以“Non-point pollution (非点源污染)”为检索词进行检索,采用Bibexcel对检索结果进行统计分析,并借助可视化软件Pejak绘制共词网络图,同时采用SPSS软件对提取出的28个超高频关键词进行系统聚类分析,划分为4个群集。最后从研究方法、研究视角和研究对象三个方面对相关文献进行特征分析,探讨国外非点源污染研究特征及研究热点,从而为我国非点源污染研究提供有益参考。

## 关键词

Bibexcel, 非点源污染, 高频关键词, 科学计量分析

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

随着人类社会的迅速发展,水土流失、水源污染等环境问题也日益显著,水体污染研究在世界各地逐渐受到重视。国外发达国家的研究起步较早,20世纪70年代起,美国、英国就针对城市地表径流开展了大量的研究。其中,非点源污染由于具有很强的随机性、复杂性和模糊性,一直是研究的难点。

非点源污染是指溶解的或固体的污染物从非特定的地点,在降水或融雪的冲刷作用下,通过径流过程而汇入受纳水体并引起水体富营养化或其他形式的污染[1]。主要包括以下三个相互联系的过程,即降雨径流形成、土壤侵蚀和转移和污染物转化。

国外研究在理论研究与实证研究方面有着丰富的文献积累,非常值得国内学者借鉴,因此,对国外期刊中的非点源污染研究进展以及研究热点等进行全面、系统的认识是十分必要的。随着计量科学、信息可视化的快速发展,科学计量学已经成为文献分析、信息统计的有效手段,能够帮助我们更加客观、全面的认识相关领域的研究进展和前沿趋势。本文采用科学计量方法分析了国外非点源污染1997~2017年的文献发表情况,并对研究内容进行了梳理,以期为我国相关研究提供参考。

## 2. 国外非点源污染研究概况分析

### 2.1. 相关文献逐年发表情况基础分析

以WEB OF SCIENCE数据库中的WEB OF SCIENTETM核心合集作为数据源,以“Non-point pollution”作为关键词,文献类型设置为“Article”进行检索,检索时间为2018年3月29日21:00,检索时间范围为1997~2017年,共得到1694条结果。对所有检索结果进行统计,结果如图1所示。

从历年研究文献的分布情况来看,英文核心期刊文献中关于非点源污染的研究整体呈线性增长趋势,分别在2003年和2016年出现小高峰。近几年环境问题日益凸显,同时随着计算机技术的飞速发展,关于非点源污染的研究也逐渐加深,从2013年开始非点源污染研究发文量出现较大增长,其中在2016年达到峰值(157篇)。研究国家方面,本文主要列出了研究数量前十的国家,其中美国和中国在非点源污染

领域的研究较多, 合计占比 60%以上, 如图 2。此外, 相关研究的主要期刊来源分布广泛, 涉及环境、水资源、农业污染等多个方面, 如图 3 所示。

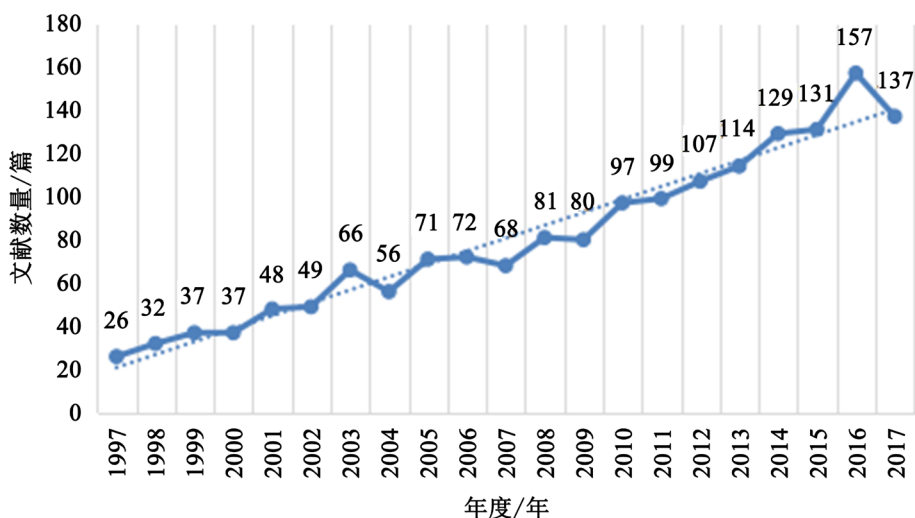


Figure 1. Annual data on foreign non-point source pollution research literature

图 1. 国外非点源污染研究文献年度数据

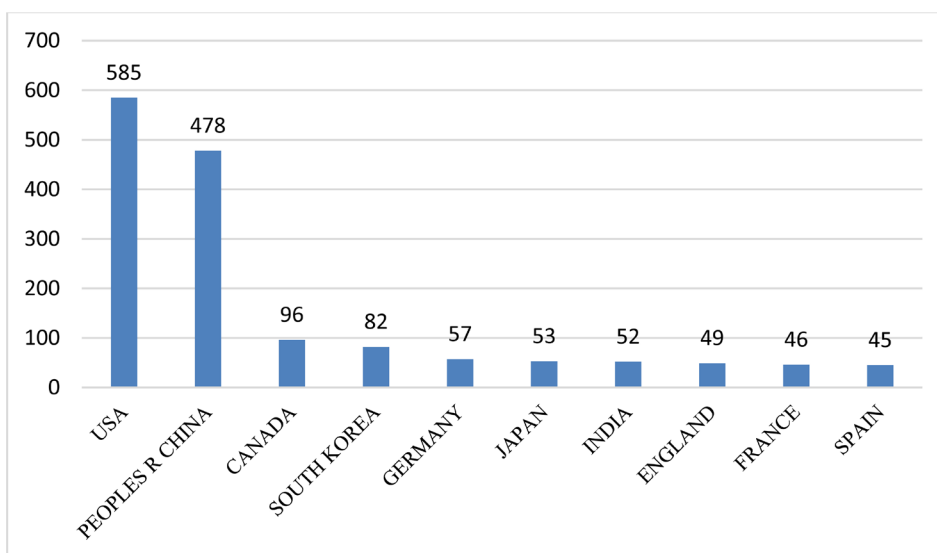


Figure 2. National distribution of non-point source pollution studies

图 2. 非点源污染主要研究国家分布

## 2.2. 关键词共现分析

采用科学计量学软件 Bibexcel 对所有文献的关键词进行频次统计, 共得到 1001 个关键词。为了更好的反应英文文献中非点源污染的研究热点, 仅选取词频大于 20 的关键词进一步分析, 共计 32 个。词频共现分析法是以表达文献核心内容的关键词在某一研究领域文献中出现的频次高低来确定该领域研究热点和发展动向的文献计量法[2]。关键词能在一定程度上反应该领域的研究热点, 然而单独分析每个关键词还不能表现出这些主题之间的内在联系, 因此采用 Bibexcel 软件对 32 个高频关键词进行共现分析, 形成了 32 × 32 的共词矩阵。并结合可视化软件 Pajek 绘制所有高频关键词的共现网络图, 如图 4 所示。

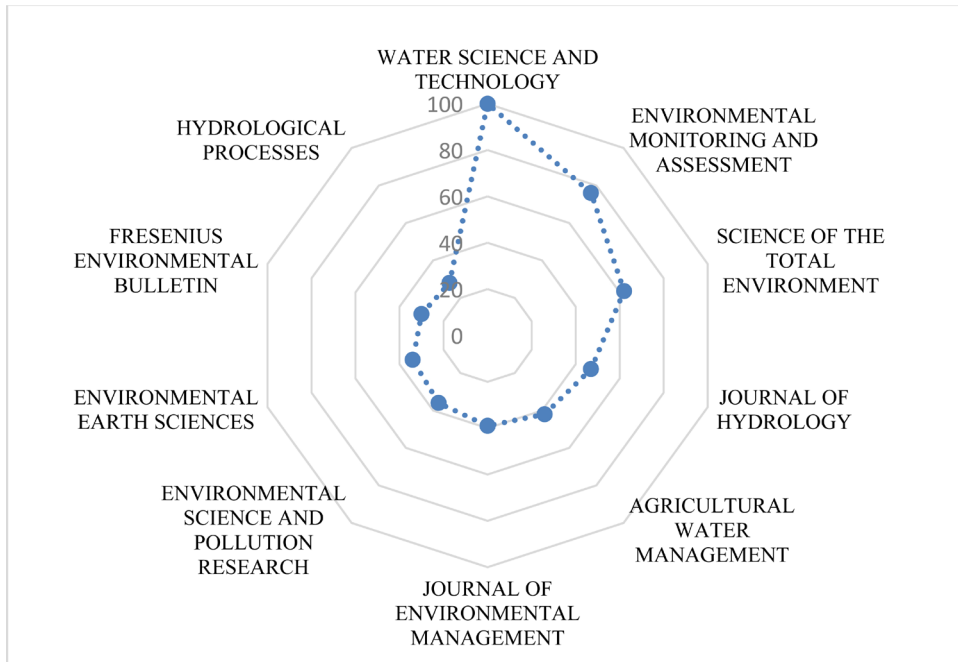


Figure 3. Major journals for non-point source pollution research  
图 3. 非点源污染研究主要期刊来源

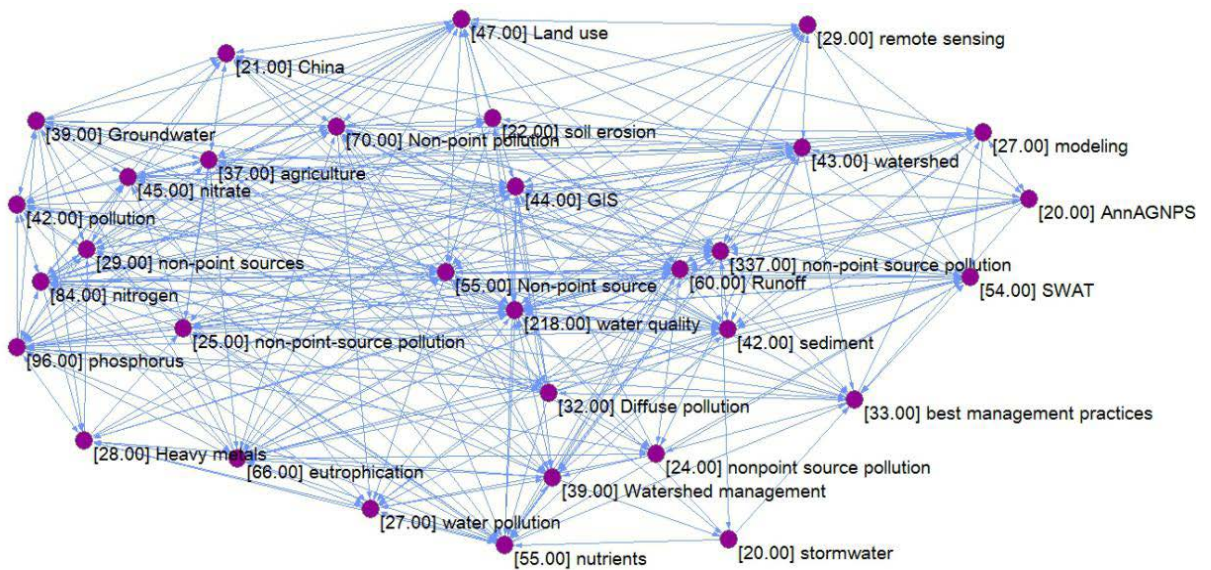


Figure 4. Co-occurrence network diagram of high frequency keywords  
图 4. 高频关键词的共现网络图

图中每个节点表示一个高频关键词，节点前的数字表示该关键词的出现频次，节点之间的每一根连线表明两组关键词之间存在的共现关系，连线越多则表示两组关键词的关系更加密切，即越可能出现在相同的文献中。各关键词之间形成了相互交错的复杂网络关系。网络图中居于中心位置且箭头指向密集

### 2.3. 高频关键词分析

对选取的词频大于 20 的关键词进一步分析, 同时剔除表达意思重复的关键词, 如“Non-point source pollution”、“Non-point pollution”等, 统一用“Non-point source pollution”表示, 最终抽取 28 个超高频关键词, 如表 1。

**Table 1.** Highest frequency keywords in foreign “non-point source pollution” literature  
**表 1.** 国外“非点源污染”文献中的超高频关键词

词频	关键词	词频	关键词	词频	关键词
456	Non-point source pollution	45	Nitrate	29	Remote sensing
218	Water quality	44	GIS	28	Heavy metals
96	Phosphorus	43	Watershed	27	Water pollution
84	Nitrogen	42	Sediment	27	Modeling
84	Non-point sources	42	Pollution	22	Soil erosion
66	Eutrophication	39	Groundwater	21	China
60	Runoff	39	Watershed management	20	Stormwater
55	Nutrients	37	Agriculture	20	AnnAGNPS
54	SWAT	33	Best management practices		
47	Land use	32	Diffuse pollution		

高频关键词可以从整体反映该领域的研究热点。由表 1 可知: 1) 国外文献中研究热点主要包括“Non-point source pollution”、“Water quality”、“Phosphorus”、“Nitrogen”, 累计频次 854, 约为合计频次的 50%, 即国外期刊论文的研究内容主要集中在污染源头、水质中营养物等方面。2) 关于“Sediment”、“Land use”、“Watershed”、“Watershed management”、“Runoff”、“Soil erosion”等方面的研究较多, 揭示了非点源污染的产生与土地利用方式、雨水径流、流域管理等实质性的液态、固态生态环境密切相关。3) 有关“Agriculture”、“Heavy metals”、“AnnAGNPS”的研究也较多, 说明农业生产是产生土壤侵蚀以及面源污染的重要来源之一, 更是应当加强研究的重点。4) “SWAT”、“GIS”、“Remote sensing”、“Modeling”等关键词出现频次较高, 体现了随着科学技术的进步, 计算机软件已成为非点源污染研究的有效工具, 使得理论与实证研究相结合。

### 2.4. 关键词聚类分析

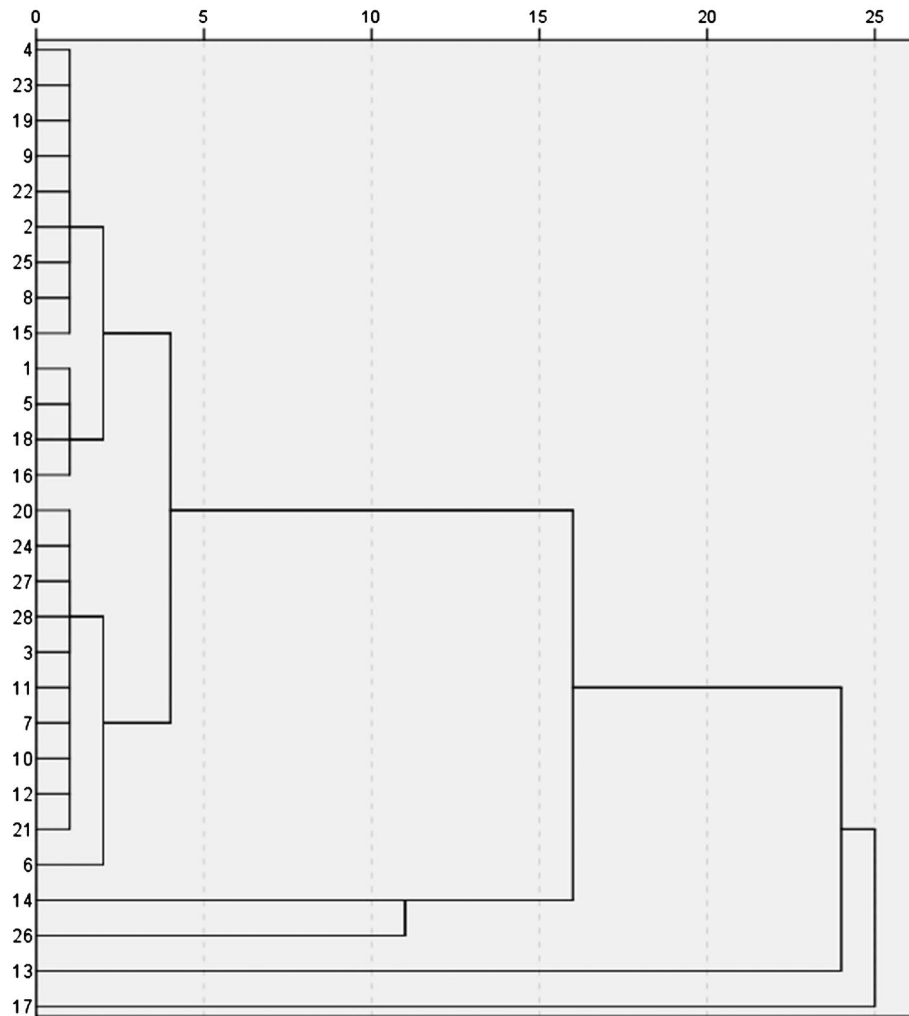
聚类分析是指将研究对象分为相对同质的群组的多元统计分析方法[3]。为了更加直观的看出关键词之间的聚类关系, 以合并后的 28 个超高频关键词的相异矩阵为基础, 采用 SPSS 软件中的系统聚类分析工具构建高频关键词系统聚类谱系图, 以更形象的显示相同群集关键词的分类情况, 结果如图 5 所示。

超高频关键词整体被划分成四个群集, 结果如表 2 所示。群集 1 所包括的关键词较多, 包含了非点源污染研究的多个方面。群集 2 主要集中在利用软件模拟流域水体污染的方面, 重在从宏观层面对水体污染物的客观量化分析。群集 3 主要关注于非点源污染产生的第一阶段, 即雨水径流对污染源的携带作用对水质的影响。群集 4 则从微观层面出发, 以引起水体富营养化的相关元素为研究对象进行模拟量化。

## 3. 研究特征及趋势

基于高频关键词分析与聚类分析等, 进一步对相关文献从研究方法、研究角度以及研究对象三个方





**Figure 5.** “Non-point source pollution” highest frequency keyword clustering pedigree map  
**图 5.** “非点源污染”超高频关键词聚类谱系图

**Table 2.** Foreign “non-point source pollution” clustering  
**表 2.** 国外“非点源污染”聚类群集划分

群集	高频关键词
1	Agriculture, Best management practices, China, Diffuse pollution, Groundwater, Heavy metals, Land use, Nitrate, Nutrients, Remote sensing, Soil erosion, Stormwater, Swat, Water pollution, Watershed
2	AnnAGNPS, Eutrophication, GIS, Non-point sources, Pollution, Watershed management
3	Non-point source pollution, Runoff, Water quality
4	Modeling, Nitrogen, Phosphorus, Sediment

面对近 20 年国外文献中非点源污染研究的趋势特征进行分析。

### 3.1. 研究方法

1) 早期多以数理统计分析为主。线性规划、回归模型、决策树分析、多元统计分析等数理统计方法被广泛应用于非点源污染研究。如, Schleich, *et al.* (1997) [4]将线性规划法用于流域管理中污染物排放目

标的成本优化, 以确定最低成本管理策略。Kao, *et al.* (1997) [5]针对基于流域的、基于子流域的和基于同等传输路径长度的三种区域控制策略, 利用多目标线性规划来评估下游水库的总磷(TP)负荷减少效益。Irish, *et al.* (1998) [6]使用回归模型分析高速公路暴雨水负荷, 用于预测高速公路径流中常见的一些污染成分负荷。Krishna, *et al.* (2009) [7]采用多元统计方法解释印度某工业镇的地表和地下水监测数据, 对水质的重金属污染进行了评估。

2) 越来越多的水文水力模型被应用于研究。Choi, *et al.* (1999) [8]将 AGNPS(农业非点源模型)用于模拟发达的沿海流域的峰值流量和氮浓度, 并认为该模型提供了比广泛使用的回归方法更好的氮负荷估计。Shon, *et al.* (2012) [9]根据土地利用情况将城市区域分为住宅区, 商业区, 工业区和绿地等不同分区来估算污染负荷, 并构建反映每个部分特征的 SWMM 模型。Kaiglova, *et al.* (2014) [10]使用 MIKE 盆地模型对农村地区流域的水污染情景模拟, 结果表明, 即使农村流域可用的数据量有限, 该模型也可以成功校准。Panagopoulos, *et al.* (2012) [11]提出集成了非点源污染评估器、SWAT 模型和遗传算法的决策支持工具, 用于流域管理中经济与多环境目标之间的权衡。

3) 人工智能领域的一些概念被引入到研究中。Singh, *et al.* (2012) [12]比较了两个时间段土壤和水评估模型(SWAT)和多层感知器人工神经网络模型的月度沉积物产量模拟结果, 基于验证结果, 认为人工神经网络模型比 SWAT 更适合于模拟该流域单一出口的沉积物产量。Ma, *et al.* (2013) [13]创新的将模糊粗糙集和模糊推理理论(FRFI)应用于地下水非点源污染评估。Skardi, *et al.* (2013) [14]提出将 SWAT 模型与蚁群优化模块、合作博弈论方法相结合的合作流域管理方法, 用于在土地所有者之间制定公平有效的最佳管理措施的成本分配。

### 3.2. 研究视角

1) 早期研究者偏向于对水质中的微量元素进行模拟研究。Jain, *et al.* (2000) [15]应用化学质量平衡法来测定典型河道中硝酸盐和磷酸盐的污染负荷。Cepuder, *et al.* (2002) [16]通过案例研究来评估了农药和覆盖作物对地下水硝酸盐的定性和定量影响。Eckley, *et al.* (2009) [17]通过模拟降雨事件, 研究城市道路径流中汞的变化规律。

2) 更多影响非点源污染的因素被考虑进来。早期研究主要认为农业是引起非点源污染的主要因素, 随着研究的深入发现, 影响非点源污染的因素是复杂而随机的, 其中最主要的是土地利用情况、气候和人类活动。如, Kibena, *et al.* (2014) [18]探讨了土地利用方式对流域水质的影响, 结果表明居住区和农用地是影响水质的主要土地类型。Yearsley, *et al.* (2016) [19]评估了土地利用变化和气候对城市化水流质量的综合影响, 结果表明土地利用变化对总悬浮物和总磷的影响更大, 而气候对水温的影响更大。Chen, *et al.* (2017) [20]研究了人类活动和土地利用影响下河流氮的输出, 结果表明土地利用只对河流氮的输出起调节作用, 人类活动才是影响氮输出的主要因素。

3) 最佳管理措施(BMPS)对径流污染的控制作用逐渐被纳入研究。Ortolani, *et al.* (2014) [21]通过研究发现 BMPs 的实施减少了在整个流域中运输的养分和沉积物的量。Jayakody, *et al.* (2014) [22]研究了在当前和未来的气候条件下, 四种 BMPs 措施对降低沉积物和养分的有效性, 结果表明在未来气候条件下 BMPs 对沉积物去除的有效性将会降低, 除氮效率将提高, 而除磷效率将保持不变。Alvarez, *et al.* (2016) [23]则评估了非点源污染对流域水质改善的潜在效益。

4) 径流风险评估和决策支持系统研究逐渐被重视。Wang, *et al.* (2017) [24]开发了决策支持系统用于城市流域管理和计划制定。Cheng, *et al.* (2014) [25]开发出一个估计径流的空间分布风险的工具, 用于水质保护。

5) 最佳管理措施、LID 设施等径流污染控制措施成为研究趋势。Shin, *et al.* (2014) [26]对不同降雨特

征下植物过滤带的去除效果进行了评价。Wang, *et al.* (2017) [27]采用两阶段法优化城市雨水排放系统中LID设施的最优布置方案。Jung, *et al.* (2016) [28]分析了绿色屋顶减轻非点源污染的有效性, 并采用重置成本法评估其经济效益, 为决策人提供参考。

### 3.3. 研究对象

1) 早期研究集中于农业活动产生的非点源污染, 研究对象单一。农业非点源模型(AGNPS)被广泛应用于研究中。如, Choudhary, *et al.* (1997) [29]研究了在模拟降雨条件下长期耕作对径流和土壤侵蚀的影响。Blankenberg, *et al.* (2006) [30]对两个小型人工湿地中的农药残留引起的污染进行了研究。

2) 对工业园、铁路公路以及屋顶等的非点源污染研究逐渐兴起。随着城市化进程的加快, 研究对象更加丰富, 对农业非点源污染的研究相对减少。Chong, *et al.* (2012) [31]对台湾中部工业园区的暴雨径流污染物进行了评估。Gil, *et al.* (2014) [32]采用统计方法对铁路设施场地进行了非点源分析, 并表明需要创建适用于铁路设施场地的最佳管理措施。Chizoruo, *et al.* (2016) [33]收集了来自几种不同屋顶类型的径流样本, 认为屋顶径流可能是重金属或其他污染物释放到环境中的污染源。

## 4. 结论

1) 从文献数量来看, 1997~2017年, 国外文献关于非点源污染的研究呈线性增长趋势, 在2003年和2016年出现小高峰, 国外对非点源污染的研究仍高度重视, 尤其是美国。

2) 国外非点源污染研究的高频关键词整体可以被划分为4个群集, 概括为微观层面的元素测定、宏观层面的决策分析、软件模拟径流产生、非点源污染产生原因分析等方面。

3) 研究方法多样化。更多的气文水力模型被应用于研究, 此外, 人工智能领域的一些方法被引入到非点源污染研究, 如人工神经网络、模糊粗糙集和模糊推理理论、蚁群优化方法等。

4) 研究视角多元化。土地利用变化、人类活动以及气候变化对非点源污染产生的影响成为新的研究趋势。同时, 最佳管理措施、LID设施等对径流污染的控制作用成为近年来的研究热点。

5) 研究对象广泛化。早期研究多集中于农业非点源污染, 随着研究的深入, 工业区、铁路道路以及屋顶径流成为新的非点源污染的研究对象。

## 参考文献

- [1] 李春林, 胡远满, 刘淼, 等. 城市非点源污染研究进展[J]. 生态学杂志, 2013, 32(2): 492-500.
- [2] 曹永强, 郭明, 刘思然, 等. 基于文献计量分析的生态修复现状研究[J]. 生态学报, 2016, 36(8): 2442-2450.
- [3] 陈利顶, 李俊然, 傅伯杰. 三峡库区生态环境综合评价与聚类分析[J]. 生态与农村环境学报, 2001, 17(3): 35-38.
- [4] Schleich, J. and White, D. (1997) Cost Minimization of Nutrient Reduction in Watershed Management Using Linear Programming. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, **33**, 135-142. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1997.tb04090.x>
- [5] Kao, J.J. and Tsai, C.H. (1997) Multiobjective Zone TP Reduction Analyses for an Off-Stream Reservoir. *Journal of Water Resources Planning & Management*, **123**, 208-215. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1997\)123:4\(208\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1997)123:4(208))
- [6] Gupta, K., Kumar, A., Minocha, V.K., *et al.* (1998) Use of Regression Models for Analyzing Highway Storm-Water Loads. *Journal of Environmental Engineering*, **124**, 987-993. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1998\)124:10\(987\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1998)124:10(987))
- [7] Krishna, A.K., Satyanarayanan, M. and Govil, P.K. (2009) Assessment of Heavy Metal Pollution in Water Using Multivariate Statistical Techniques in an Industrial Area: A Case Study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India. *Journal of Hazardous Materials*, **167**, 366-373. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.131>
- [8] Choi, K.S. and Blood, E. (1999) Modeling Developed Coastal Watersheds with the Agricultural Non-Point Source Model. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, **35**, 233-244. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03585.x>



- [9] Shon, T.S., Kim, S.D., Cho, E.Y., *et al.* (2012) Estimation of NPS Pollutant Properties Based on SWMM Modeling According to Land Use Change in Urban Area. *Desalination & Water Treatment*, **38**, 267-275. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.664382>
- [10] Kaiglová, J. and Langhammer, J. (2014) Analysis of Efficiency of Pollution Reduction Measures in Rural Basin Using MIKE Basin Model. Case Study: Olšava River Basin. *Journal of Hydrology & Hydromechanics*, **62**, 43-54. <https://doi.org/10.2478/johh-2014-0007>
- [11] Panagopoulos, Y., Makropoulos, C. and Mimikou, M. (2012) Decision Support for Diffuse Pollution Management. *Environmental Modelling & Software*, **30**, 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.11.006>
- [12] Singh, A., Imtiyaz, M., Isaac, R.K., *et al.* (2012) Comparison of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and Multi-layer Perceptron (MLP) Artificial Neural Network for Predicting Sediment Yield in the Nagwa Agricultural Watershed in Jharkhand, India. *Agricultural Water Management*, **104**, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.005>
- [13] Ma, R., Shi, J. and Liu, J. (2013) FRFI Model Application in Groundwater Non-Point Source Pollution Evaluation: A Case Study in the Luoyang Basin of North Henan Province, China. *Environmental Earth Sciences*, **68**, 45-56. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1712-1>
- [14] Skardi, M.J.E., Afshar, A. and Solis, S.S. (2013) Simulation-Optimization Model for Non-Point Source Pollution Management in Watersheds: Application of Cooperative Game Theory. *KSCE Journal of Civil Engineering*, **17**, 1232-1240. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-0077-7>
- [15] Jain, C.K. (2000) Application of Chemical Mass Balance Approach to Determine Nutrient Loading. *International Association of Scientific Hydrology Bulletin*, **45**, 577-588. <https://doi.org/10.1080/02626660009492358>
- [16] Cepuder, P. and Shukla, M.K. (2002) Groundwater Nitrate in Austria: A Case Study in Tullnerfeld. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **64**, 301-315. <https://doi.org/10.1023/A:1021438310211>
- [17] Eckley, C.S. and Branfireun, B. (2009) Simulated Rain Events on an Urban Roadway to Understand the Dynamics of Mercury Mobilization in Stormwater Runoff. *Water Research*, **43**, 3635-3646. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.022>
- [18] Kibena, J., Nhapi, I. and Gumindoga, W. (2014) Assessing the Relationship between Water Quality Parameters and Changes in Landuse Patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. *Physics & Chemistry of the Earth Parts*, **67-69**, 153-163.
- [19] Sun, N., Yearsley, J., Baptiste, M., *et al.* (2016) A Spatially Distributed Model for Assessment of the Effects of Changing Land Use and Climate on Urban Stream Quality. *Hydrological Processes*, **30**, 2286-2304. <https://doi.org/10.1002/hyp.10964>
- [20] Chen, B., Chang, S.X., Lam, S.K., *et al.* (2017) Land Use Mediates Riverine Nitrogen Export under the Dominant Influence of Human Activities. *Environmental Research Letters*, **12**, Article ID: 094018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa84bc>
- [21] Ortolani, V. (2014) Land Use and Its Effects on Water Quality Using the BASINS Model. *Environmental Earth Sciences*, **71**, 2059-2063. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2607-5>
- [22] Jayakody, P., Parajuli, P.B. and Cathcart, T.P. (2015) Impacts of Climate Variability on Water Quality with Best Management Practices in Sub-Tropical Climate of USA. *Hydrological Processes*, **28**, 5776-5790. <https://doi.org/10.1002/hyp.10088>
- [23] Alvarez, S., Asci, S. and Vorotnikova, E. (2016) Valuing the Potential Benefits of Water Quality Improvements in Watersheds Affected by Non-Point Source Pollution. *Water*, **8**, 112. <https://doi.org/10.3390/w8040112>
- [24] Wang, Y., Montas, H.J., Brubaker, K.L., *et al.* (2017) A Diagnostic Decision Support System for BMP Selection in Small Urban Watershed. *Water Resources Management*, **31**, 1649-1664. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1605-x>
- [25] Cheng, X., Shaw, S.B., Marjerison, R.D., *et al.* (2014) Improving Risk Estimates of Runoff Producing Areas: Formulating Variable Source Areas as a Bivariate Process. *Journal of Environmental Management*, **137**, 146. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.02.006>
- [26] Shin, J. and Gil, K. (2014) Effect of Rainfall Characteristics on Removal Efficiency Evaluation in Vegetative Filter strips. *Environmental Earth Sciences*, **72**, 601-607. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2995-6>
- [27] Wang, M., Sun, Y. and Sweetapple, C. (2017) Optimization of Storage Tank Locations in an Urban Stormwater Drainage System Using a Two-Stage Approach. *Journal of Environmental Management*, **204**, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.024>
- [28] Jung, Y., Yeo, K., Oh, J., *et al.* (2016) The Economic Effect of Green Roofs on Non-Point Pollutant Sources Management Using the Replacement Cost Approach. *Ksce Journal of Civil Engineering*, **20**, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0370-3>
- [29] Choudhary, M.A., Lal, R. and Dick, W.A. (1997) Long-Term Tillage Effects on Runoff and Soil Erosion under Simu-

lated Rainfall for a Central Ohio Soil. *Soil & Tillage Research*, **42**, 175-184.

[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00005-6)

- [30] Anne-Grete, B. (2006) Blankenberg, Bent Braskerud, Ketil Haarstad. Pesticide Retention in Two Small Constructed Wetlands: Treating Non-Point Source Pollution from Agriculture Runoff. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, **86**, 225-231. <https://doi.org/10.1080/03067310500247470>
- [31] Chong, N.M., Chen, Y.C. and Hsieh, C.N. (2012) Assessment of the Quality of Stormwater from an Industrial Park in Central Taiwan. *Environmental Monitoring & Assessment*, **184**, 1801. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2079-6>
- [32] Gil, K. and Im, J. (2014) Non-Point Source Analysis of a Railway Bridge Area Using Statistical Method: Case Study of a Concrete Road-Bed. *Journal of Environmental Sciences*, **26**, 1321-1324. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(13\)60606-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(13)60606-3)
- [33] Ibe Francis, I.S.U. (2016) Roof Runoff Water as Source of Pollution: A Case Study of Some Selected Roofs in Orlu Metropolis, Imo State, Nigeria. *International Letters of Natural Sciences*, **50**, 53-61.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-8010, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [wpt@hanspub.org](mailto:wpt@hanspub.org)