

基于文献计量学分析臭氧的研究趋势

陈 畅, 唐 瑞, 努尔比耶·热合麦提, 佐热古丽·托合提, 如扎古丽·别肯*

湖北大学资环学院, 湖北 武汉

Email: 1832614040@qq.com, *2437575252@qq.com

收稿日期: 2020年10月2日; 录用日期: 2020年11月25日; 发布日期: 2020年12月2日

摘 要

本文利用文献量(包括各种期刊、出版物、论文和引文)、作者数(个人或团体)、词汇数等文献计量学的主要研究对象, 2020年9月通过CNKI网站, 以“臭氧”为主题词, 搜索到从2010年到2019年十年间共12,961篇文章, 对其进行成长趋势和热点分析, 发现近几年学者对臭氧的研究热点逐渐从臭氧氧化的应用向臭氧污染问题过渡。“臭氧总量”始终是高频关键词, 可见臭氧总量及变化始终是国内学者在臭氧领域研究的重点。臭氧研究热点从平流层臭氧状况、南极臭氧空洞等问题转向对流层臭氧污染以及相关因素研究。

关键词

文献计量学, 臭氧, 研究趋势

Analyze Trends in the Research of Ozone Based on Bibliometrics

Chang Chen, Rui Tang, Nurbier·Rehematte, Zorguri·Tohti, Ruzaguoli·Bekken*

The College of Natural Resources and Environment, Hubei University, Wuhan Hubei

Email: 1832614040@qq.com, *2437575252@qq.com

Received: Oct. 2nd, 2020; accepted: Nov. 25th, 2020; published: Dec. 2nd, 2020

Abstract

By using bibliometrics (including various journals, publications, papers and citations), number of authors (individuals or groups), number of words, etc., these literatures were published on CNKI website in September 2020, with “ozone” as the subject word, 12,961 articles were searched from 2010 to 2019, and their growing trend and hot spots were analyzed. It was found that the research

*通讯作者。

文章引用: 陈畅, 唐瑞, 努尔比耶·热合麦提, 佐热古丽·托合提, 如扎古丽·别肯. 基于文献计量学分析臭氧的研究趋势[J]. 环境保护前沿, 2020, 10(6): 807-812. DOI: 10.12677/aep.2020.106097

hot spot of ozone gradually changed from the application of ozone oxidation to ozone pollution. "Total Ozone" has always been a high-frequency key word, it can be seen that total ozone and its changes have always been the focus of domestic scholars in the field of ozone research. The focus of ozone research has shifted from the stratospheric ozone status, the Antarctic ozone hole and other issues to the Stratosphere pollution and related factors.

Keywords

Bibliometrics, Ozone, Research Trends

Copyright © 2020 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

文献计量学是采用统计学、数学、文献学的方法，定量分析和评价特定的知识载体，根据文献分析特定研究热点的现状以及未来发展趋势具[1]。本文以分析国内外臭氧研究进展为目标，采用文献计量分析方法，了解国内外学术界研究臭氧的趋势、主要研究者、热点及主要研究内容。于2020年9月以“臭氧”为检索主题词，通过CNKI网站中文期刊数据的文献分类目录，发表时间从1992年到2020年，共下载文章12,961篇，分析近十年有关臭氧研究的相关文献，分别分析学位论文中的博士文献和硕士文献的发表数量变化趋势，以便了解近十年学者研究臭氧的热度以及热点变化。进而，预测接下来臭氧研究的趋势与热点变化。

2. 臭氧研究的文献概述

2010年以来，臭氧的相关文献数量稳定在1000篇以上(图1)，发表数量整体呈增长趋势。尤其是2010~2015年间呈现增长趋势，2015年之后则在波动中上升。与图2相结合可以发现，臭氧相关学位论文数量整体也呈上升趋势，且从2010年仅占总的相关文献数量的五分之一左右上升到近两年占总的相关文献数量三分之一左右，可以看出硕士研究生和博士研究生逐渐成为臭氧研究的主要研究者。所以分别分析硕士和博士论文的成长趋势以及分析学位论文的主要研究内容就尤为重要。

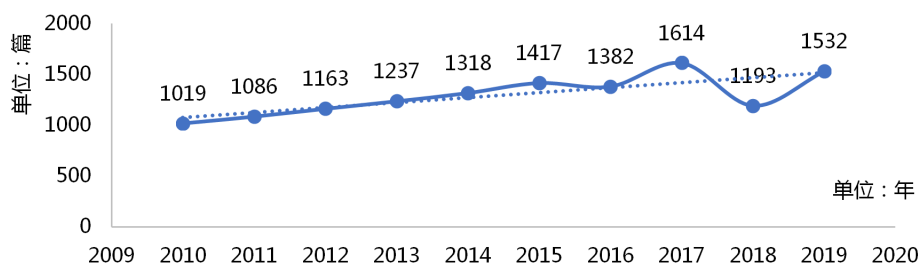


Figure 1. The growth trend of ozone-related literature

图1. 臭氧相关文献成长趋势图

具体分析相关的学位论文，根据图2的成长趋势图，可以看到整体上与臭氧相关的学位论文呈现增长趋势，说明硕士与博士对臭氧的研究规模在逐渐扩大。可以将臭氧相关的学位论文分为两个阶段，第一个阶段为2010年到2017年，文章数量处于增长趋势，第二阶段为2017年至今，论文数量处于下降阶

段,但数量仍在 400 篇以上。

将时间段定在 2010 年 1 月 1 日到 2016 年 12 月 31 日,共检索出学位论文 2508 篇,其中对于臭氧的基础研究仅有 71 篇,其余均为臭氧的工程应用,包括臭氧氧化在医学上的应用等等。臭氧的基础研究文献中,被引用次数较多的前十篇文献,关于青藏高原地区的研究就占了三篇,出现频率最高,成了我国臭氧相关研究最多的地区,主要研究青藏高原地区臭氧含量[2]、青藏高原及其周边地区臭氧、水汽和温度垂直分布的关系[3]、青藏高原臭氧变化对中国气候的关系[4]等等。北半球、平流层、上对流层、紫外辐射、气溶胶等主题词的出现频率紧跟其后。再将时间段定在 2017 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日,1321 篇学位论文中,臭氧的基础研究文献数量仍不多,检索出 36 条结果,但值得注意的是,除青藏高原、北半球的出现频率仍然高居榜首之外,时空分布后来居上,取代气溶胶位居前列。

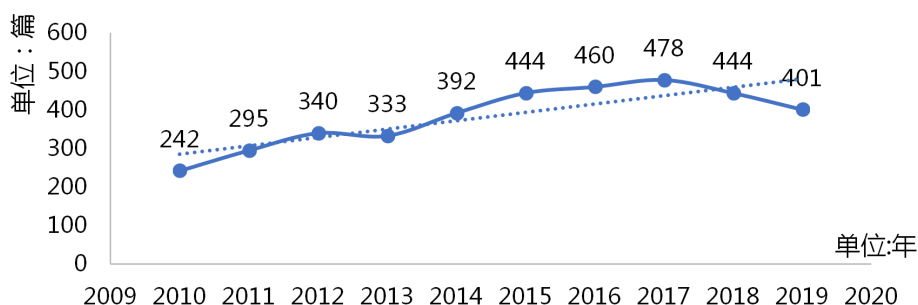


Figure 2. The growth trend of ozone-related dissertations

图 2. 臭氧相关学位论文成长趋势图

3. 臭氧研究的内容焦点分析

在下载到的与臭氧相关的近十年的 15,664 篇文献中,通过对文献的主要主题(删去次要主题的数据)进行统计分析,可以了解臭氧研究中的主要研究方向以及研究的内容焦点。通过相关文献的被引用次数可以粗略地看到该研究领域后续研究热度。

如图 3,近十年的文献中,排除了臭氧这一主要主题后,主要主题出现的次数排名前五的分别是:深度处理、臭氧氧化、催化臭氧氧化、印染废水、活性炭,被引用最多的文献是化学学报刊发的《染料废水处理技术研究进展》,被引用了 909 次。其次是被引用了 312 次的《高级氧化技术在水处理中的研究进展》,都是研究臭氧氧化技术在废水处理中的应用,主要注重臭氧在实际工艺处理上的应用问题。对臭氧浓度变化及污染的研究,例如《北京奥运时段 VOCs 浓度变化、臭氧产生潜势及来源分析研究》和《长江三角洲地区城市臭氧污染特征与影响因素分析》按被引用数量则分别排在第六位和第七位,被引用次数远低于臭氧氧化技术的应用,但仍有较高热度。

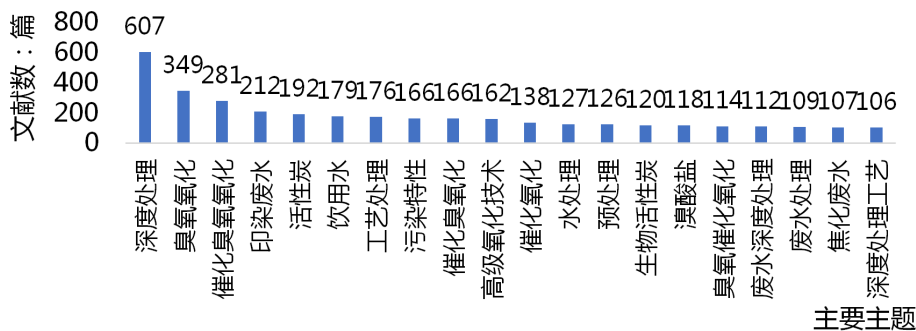


Figure 3. The distribution map of the top 20 main themes

图 3. 排名前 20 位主要主题分布图

此外,将2010年到2019年这十年分成2010年至2016年和2017年至2019年两个时间段分别进行统计分析。同样除掉“臭氧”这一主要主题,得到所在文献数量排名前20位的主要主题如表1。可以看到,“深度处理”与“臭氧氧化”在两个时间段均位于前三位,热度不减。在2010年~2016年的数据中,大气臭氧排名靠后,未入前20位,与大气臭氧相关的次要主题排名前五位分别是“平流层臭氧”、“前体物”、“对流层臭氧”“臭氧总量”和“臭氧质量混合比”,“地面臭氧浓度”与“季节变化”的相关文献则均只有三篇。臭氧研究主要针对对流层顶到平流层范围,包括臭氧层恢复对平流层的影响[5]、对流层臭氧的来源分析[6]以及对流层和平流层之间臭氧的交换[7]。

相较于2010年至2016年的主要主题排名,“污染特征”、“臭氧污染”、“挥发性有机物”“环境空气”“浓度变化”“大气臭氧”“时空分布”这些以前未在前20位榜单的主题在2017年至2019年间的排名均升至前20位,在近几年热度上涨。其中“污染特征”更是直接升到第2位,即近几年学者对臭氧的研究热点逐渐从臭氧氧化的应用向臭氧污染问题过渡。

Table 1. Top 20 main topics statistics

表 1. 排名前 20 位主要主题统计表

年份	2010年~2016年		2017年~2019年	
排序	主要主题	文献量	主要主题	文献量
1	深度处理	436	深度处理	164
2	臭氧氧化	232	污染特征	123
3	催化臭氧氧化	170	臭氧氧化	112
4	饮用水	155	催化臭氧氧化	105
5	印染废水	143	臭氧催化氧化	64
6	活性炭	139	催化氧化	54
7	催化臭氧化	119	高级氧化技术	52
8	工艺处理	113	工艺处理	51
9	生物活性碳	91	臭氧污染	50
10	预处理	87	挥发性有机物	49
11	溴酸盐	86	印染废水	46
12	高级氧化技术	85	环境空气	42
13	水处理	83	水处理	40
14	废水深度处理	80	催化臭氧化	40
15	焦化废水	79	活性炭	38
16	氧化法	77	废水处理	35
17	催化氧化	72	浓度变化	35
18	废水处理	70	大气臭氧	35
19	深度处理工艺	68	时空分布	35
20	消毒副产品	63	预处理	33

4. 臭氧研究的趋势分析

2010年到2016年间,对于大气臭氧的研究主要是平流层臭氧、前体物和对流层臭氧。研究内容包

括 VOCs 特征及臭氧生成的相关性分析[8], 大气臭氧柱总量的时空变化[9], 大气臭氧垂直分布特征[10] 等。

从 2017 年至 2019 年, “臭氧污染”逐渐进入学者的研究领域, 并且受到众多关注, 而臭氧污染的研究主要发生在人口集中、经济发展快的城市[11][12][13], 这同样也意味着对臭氧的研究层次发生了转移, 越来越注重对近地面臭氧浓度的关注与研究。由此也展开了学者们对近地面臭氧浓度的日、季节变化规律[14]及其影响因素的研究, 同样有很多学者投身到气象因素对城市臭氧浓度影响[15][16]的研究当中。

近几年热度上升较快的几个主题中, 臭氧的时空分布特征以及臭氧污染影响因素成了研究的焦点和热点。

首先看臭氧的时空分布特征的研究进展, 地基和卫星监测是研究臭氧总量的两种主要平台, 经过大量观测比较得知卫星与地基观测的臭氧总量长期变化趋势比较一致, 但是两者各自观测的值仍存在着显著的差别。而且, 很多站点都只集中在少数地区, 在大多数地区分布稀疏。纵观国际, 在 2004 年便有学者对臭氧浓度的时空分布特征[17]进行研究, 紧接着学者的研究归纳出很多臭氧时空分布特征的规律。例如, 在工业和城市化的推动下, 赤道以北地区对流层内的臭氧浓度持续升高[17]; 臭氧在赤道等低纬度的发展中国家增长速度较快[18]; 相较于其他地区, 从北纬 30°到北极地区的广大范围对人类排放更加敏感[19]。

再将视角转向中国。中国的臭氧监测较晚, 2013 年在京津冀、长三角、珠三角、省会城市、直辖市等 74 个城市建立监测站点, 到 2014 年增加到 190 个城市, 2015 年臭氧监测城市为 338 个(不含港澳台地区)[20]。

我国臭氧污染日益严重, 具有明显的区域污染特征, 闫慧等人在 2020 年的研究中表明京津冀、长三角、珠三角、汾渭平原、成渝地区以及河南省北部、山东省西部等地臭氧污染严重, 而黑龙江省北部、内蒙古东北部、新疆及西藏部分地区臭氧浓度较低, 臭氧浓度最低的地区则位于新疆吐鲁番[21]。孟晓艳等人通过对 2013~2016 年臭氧监测站的数据进行分析发现, 臭氧同样具有明显的日、季节变化特征, 每天的 13 时至 18 时时臭氧浓度最高的时段, 臭氧污染主要集中在每年的 5 月份至十月份[22]。

再看臭氧污染的影响因素研究进展, 臭氧的产生受到其前体物类型、污染源及其排放位置、气象条件、自然社会条件等多方面的影响, 作用机制十分复杂。因此, 学者们开始尝试用一系列线性的、非线性的统计模型去模拟分析各种因素与臭氧浓度变化的关系。例如线性混合线性模型(LME)、地理加权回归模型(GWR)、时间结构自适应模型(TSAM)、地理时空加权回归模型(GTWR)以及神经网络等等[23]。而时空地理加权回归模型相较于地理加权回归模型既考虑了样本的空间因素, 又考虑了时间的变化效应, 因而时空地理加权回归模型对现实生活的反映相较于其他回归模型也显得更加合理。在模拟影响因素对臭氧浓度变化的研究中得到广泛的应用。

概括而言, 近几年学者们越来越重视对近地面臭氧浓度的研究, 在对臭氧的产生机理、影响因素以及时空分布进行了了解与研究之后, 预计接下来一段时间, 臭氧污染的相关理论研究仍会是研究的热点内容, 臭氧污染的防控手段也会成为后续的重点内容。

5. 结论与启示

近十年, 有关臭氧的文献数量整体均呈现上升趋势, 学者们对臭氧的研究热度仍然很高, 对臭氧相关的研究热点也渐渐从臭氧氧化的应用向臭氧污染的问题过度。其中, 近地面的臭氧浓度及臭氧的时空分布特征受到越来越多的关注。在对臭氧浓度的时空分布特征的研究中我们可以看到, 臭氧的浓度变化具有明显的区域特征和日、季节特征以及复杂的影响机制。臭氧影响因素的作用机制十分复杂, 需要学者们构建模型进行进一步系统分析。臭氧污染问题在接下来很长一段时间会成为继 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 后影响

环境空气质量的突出问题,对臭氧的监测、研究、防控仍具有现实意义。

基金项目

本文得到大创项目(201910512028)的支持。

参考文献

- [1] Hsieh, W.-H., Chiu, W.-T., Lee, Y.-S. and Ho, Y.-S. (2004) Bibliometric Analysis of Patent Ductus Arteriosus Treatments. *Scientometrics*, **60**, 105-215. <https://doi.org/10.1023/B:SCIE.0000027793.12866.58>
- [2] 除多. 青藏高原大气臭氧研究[J]. 气象, 2001, 27(4): 4-8.
- [3] 颜晓露. 青藏高原及其周边地区上对流层-下平流层水汽、臭氧和温度垂直分布特征观测研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国气象科学研究院, 2015.
- [4] 徐国强, 朱乾根, 李晓燕. 南北极区和青藏高原臭氧变化与中国降水和温度的联系[J]. 气象, 2004, 30(1): 9-13.
- [5] 宋刘明. 臭氧层恢复及其影响和气溶胶对平流层的影响[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2013.
- [6] 侯雪伟. 东亚及太平洋地区对流层臭氧来源及收支的数值模拟分析[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2015.
- [7] 舒建川. 平流层对流层物质交换及传输特征的研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [8] 杨笑笑, 汤莉莉, 张运江, 母应峰, 王鸣, 陈文泰, 周宏仓, 花艳, 江蓉馨. 南京夏季市区 VOCs 特征及 O₃ 生成潜势的相关性分析[J]. 环境科学, 2016, 37(2): 443-451.
- [9] 李天奕. 基于 OMI 和 TOMS 的大气臭氧柱总量时空变化的研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2011.
- [10] 刘传熙, 刘毅, 王永. 基于探空资料的北京地区大气臭氧垂直分布特征[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(1): 46-52.
- [11] 杨柳, 王体健, 吴蔚, 赵恒, 江飞. 热带气旋对香港地区臭氧污染影响的初步研究[J]. 热带气象学报, 2011, 27(1): 109-117.
- [12] 吴锴, 康平, 王占山, 古珊, 帖心, 张莹, 文小航, 王思慧, 陈雨姿, 王莹, 陈迪. 成都市臭氧污染特征及气象成因研究[J]. 环境科学学报, 2017, 37(11): 4241-4252.
- [13] 陈漾, 张金谱, 黄祖照. 广州市近地面臭氧时空变化及其与气象因子的关系[J]. 中国环境监测, 2017, 33(4): 99-109.
- [14] 易睿, 王亚林, 张殷俊, 史宇, 李名升. 长江三角洲地区城市臭氧污染特征与影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2015, 35(8): 2370-2377.
- [15] 朱晓艳, 李念, 郑昭佩. 济南市气象要素对大气污染物浓度的影响[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2017, 31(5): 438-444.
- [16] 薛莲, 徐少才, 孙萌, 孟赫, 王静, 张玉卿, 刘岳峰. 气象要素及前体物对青岛市臭氧浓度变化的影响[J]. 中国环境监测, 2017, 33(4): 179-185.
- [17] Vingarzan, R. (2004) A Review of Surface Ozone Background Levels and Trends. *Atmospheric Environment*, **38**, 3431-3442. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.03.030>
- [18] Zhang, Y.Q., Cooper, O.R., Gaudel, A., Thompson, A.M., Nédélec, P., Ogino, S.-Y. and West, J.J. (2016) Tropospheric Ozone Change from 1980 to 2010 Dominated by Equatorward Redistribution of Emissions. *Nature Geoscience*, **9**, 875-879. <https://doi.org/10.1038/ngeo2827>
- [19] Wang, W.N., Cheng, T.H., Gu, X.F., Chen, H., Guo, H., Wang, Y., Bao, F.W., Shi, S.Y., Xu, B.R., Zuo, X., Meng, C. and Zhang, X.C. (2017) Assessing Spatial and Temporal Patterns of Observed Ground-Level Ozone in China. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 3651. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03929-w>
- [20] 闫慧, 张维, 侯墨, 李银松, 高平, 夏青, 孟晓艳, 范丽雅, 叶代启. 我国地级及以上城市臭氧污染来源及控制区划分[J/OL]. 环境科学: 1-14.
- [21] 孟晓艳, 宫正宇, 张霞, 王帅, 孙浩. 全国及重点区域臭氧污染现状[J]. 中国环境监测, 2017, 33(4): 17-25.
- [22] 邹家恒. 基于 GOCI 的中国东部逐小时 PM_(2.5/1)浓度遥感估算[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [23] 安俊琳, 王跃思, 朱彬. 主成分和回归分析方法在大气臭氧预报的应用——以北京夏季为例[J]. 环境科学学报, 2010, 30(6): 1286-1294.