

# 近百年来湖北省黄石地区的微塑料污染历史

张钰珮, 李彦淳, 林妙君, 刘家华, 蔡勇奇, 方高阳, 邓心怡\*

广州大学地理科学与遥感学院, 广东 广州  
Email: \*1131028296@qq.com

收稿日期: 2021年7月9日; 录用日期: 2021年7月23日; 发布日期: 2021年8月11日

## 摘要

微塑料作为一种新兴的全球性污染物受到了广泛的关注。然而, 对微塑料的长期污染历史及其与人类活动关系的研究仍相对有限。本文选择湖北省典型湖泊(黄石市的网湖)为研究区, 基于沉积柱的放射性年代测定及不同深度沉积物样品中微塑料种类、浓度的分析, 重建黄石地区80多年来微塑料污染历史; 结合黄石市社会经费发展数据, 探讨微塑料污染的不同阶段特征及其来源。结果表明: 1) 1950年以来, 微塑料浓度从300个/千克增加到5150个/千克。2) 多指标综合分析揭示出网湖微塑料污染历史为三个阶段: 1940年~1965年, 湖泊环境主要受到湖泊水产养殖、附近居民岸边洗涤衣物的影响, 微塑料浓度范围是300个/千克~1050个/千克, 污染程度较小; 1965年~2000年, 工业的迅猛发展及当地人口快速增加导致大量未经排污处理各种微塑料进入湖泊中, 微塑料污染程度加大, 浓度范围为1075个/千克~4150个/千克; 2000年以来。伴随着城镇化和工业化快速发展, 湖泊中微塑料污染进一步加剧, 严重威胁流域的生态环境质量。

## 关键词

微塑料, 黄石, 网湖, 湖泊沉积物, 污染历史

# Microplastic Pollution in Huangshi City, Hubei Province in the Past Century

Yupei Zhang, Yanchun Li, Miaojun Lin, Jiahua Liu, Yongqi Cai, Gaoyang Fang, Xinyi Deng\*

School of Geography and Remote Sensing, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong  
Email: \*1131028296@qq.com

Received: Jul. 9<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2021; published: Aug. 11<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Microplastics have received wide attention as an emerging global pollutant. However, research on

\*通讯作者。

文章引用: 张钰珮, 李彦淳, 林妙君, 刘家华, 蔡勇奇, 方高阳, 邓心怡. 近百年来湖北省黄石地区的微塑料污染历史[J]. 地理科学研究, 2021, 10(3): 271-278. DOI: 10.12677/gser.2021.103032

its long-term pollution history and its relation to human activity remains relatively limited. In this paper, a typical lake of Hubei Province (Wanghu Lake near the Huangshi City) was selected as the research area. Based on the radioactive dating of deposition column and the analysis of microplastic concentration in different depth sediment samples for the past 80 years, combined with the data of human activities, we examined the characteristics of microplastic pollution. The results showed that: 1) Since 1950, the microplastic concentration has increased from about 300 to 5150 items per kilogram. 2) The comprehensive analysis of multi-index reveals that the history of microplastic pollution in the lake is divided into three stages. From 1940 to 1965, the lake environment was mainly affected by the lake fishing, nearby shore washing clothes, microplastic concentration ranged from 300 to 1050 items per kilogram, exhibiting a slight pollution degree. In 1965~2000, the rapid development of industry and local population brought a large number of untreated microplastics into lakes with increased pollution ranging from 1075 items per kg to 4150 items per kg. Since 2000, with the rapid development of urbanization and industrialization, the pollution of microplastics in the lake has further intensified, and the pollution source of microplastics has also expanded to the whole lake and seriously threatens the regional ecological and environmental quality.

## Keywords

Microplastic, Huangshi City, Wanghu Lake, Lake Sediment, Pollution History

Copyright © 2021 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

自工业革命以来,塑料制品被大量生产和使用,根据国家统计局数据显示截至 2019 我国塑料制品销售量达到 7699.1 万吨[1]。微塑料在全球淡水环境中普遍存在,大量来源于人类活动产生的包括各类塑料在内的污染物进入了具有饮用水和渔业来源等重要功能的淡水系统中[2],淡水环境中的塑料垃圾又会进一步分解为很多粒径,小于 5 mm 的塑料残片(即微塑料) [3],造成了整个淡水环境的微塑料污染。人口密度和人类活动对淡水环境中微塑料的分布影响很大[4],中国内陆淡水环境中微塑料的污染可能尤为严重[5]。长江中下游地区是我国淡水湖泊分布最集中的地区,人口密度高,其中位于长江中游的诸多城市群区域经济发展迅速,如武汉市到 2019 年常住人口就已经超过一千万,在高强度的人类活动影响下微塑料更容易进入水环境,加剧微塑料污染[4]。有研究表明在过去的 60 年里,武汉市东湖沉积物中微塑料丰度从 741 个/千克增加到 7707 个/千克,这些微塑料主要是由聚酯和人造纤维聚合物组成的纤维,很可能来源于纺织品[6]。

湖泊沉积物中包含了丰富的生物理化方面信息,忠实地记录着历史环境变化[7],可以通过研究湖泊沉积物来揭示历史时期湖泊生态环境演化过程。本研究根据年代较长、工业强度较大等原则选择黄石市网湖为研究区,对湖泊中的沉积物进行钻孔采样,测定沉积钻孔年代,提取并鉴定样品中的微塑料。微塑料在水体中的分布取决于其性质,如密度、形状、大小、化学物质的吸附和生物絮凝,以及水的密度、风、水流和波浪等环境条件[8],本研究选择的采样点在湖泊中央,以尽可能避免人类活动对沉积物的干扰。通过该湖泊流域长期以来(过去 80 年以来)的微塑料污染历史及流域内社会经济发展状况,从而探究微塑料污染的特征及驱动要素,可以进一步补充我国在淡水环境微塑料污染研究方面的基础数据,为研究微塑料污染及其生态影响提供有效的参考价值,也为湖泊内部微塑料污染整治和生态修复的目标提供一定的参考。

## 2. 研究区域

网湖(29°51'~29°54'N, 115°20'~115°25'E)位于湖北省黄石市阳新县东部, 濒临长江中游南岸, 是沉溺型洼地湖泊(如图 1)。因地势低洼承担了富河流域防洪排涝功能, 是黄石市阳新县污染物迁移汇入的方向。由于周边流域粗放的经济 development 方式, 网湖的水质污染持续加重[9]。

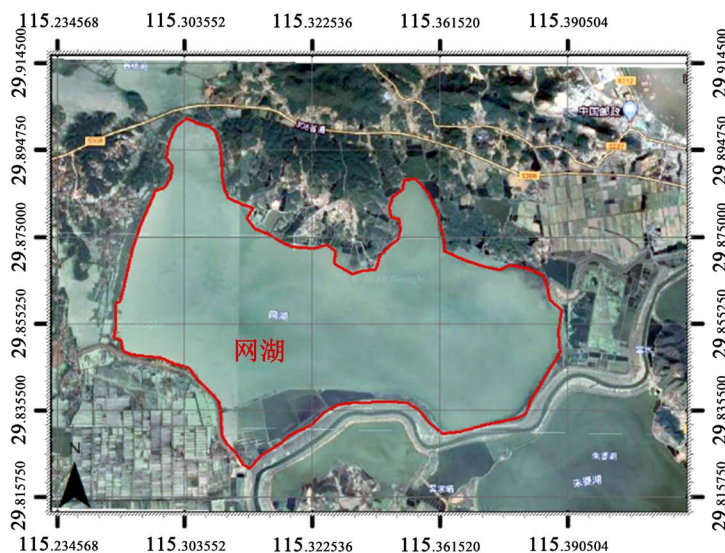


Figure 1. Geographical location of Wang Lake Basin  
图 1. 网湖流域的地理位置

网湖所在的阳新县是全国有名的古县之一, 1914年起定名阳新县; 1949年5月后, 阳新县属湖北省大冶专区; 1952年6月, 改属黄冈专区; 1965年7月, 改属咸宁地区(阳新县志)。阳新县人口受自然条件和政治、经济等因素制约, 变化较大。阳新县经济开发较早, 主要为农业和矿业。历史上是粮、麻、棉、油和其他经济作物的综合农业区。1949年后着重农田基本建设, 使农、林、牧、副、渔得到了全面发展。因此, 本文所采用的社会经济数据主要由黄石市阳新县、大冶专区以及黄冈专区合并统计计算数据来源于本文数据主要来源于《湖北省统计年鉴》和《阳新县志》, 选取了1880~2018年阳新人口发展与1954~2016年工业总产值等数据[10]。(如图 2)

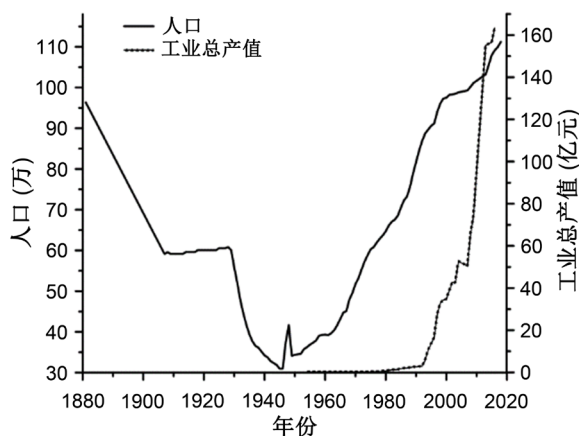


Figure 2. Yangxin population development in 1880~2018 and total industrial output value in 1954~2016 [10] [11]  
图 2. 1880~2018年阳新人口发展与1954~2016年工业总产值[10] [11]

### 3. 研究方法

#### 3.1. 样品采集

2011年于网湖湖心最深处利用重力采样器采集了长85 cm的柱状沉积岩芯WH4。沉积岩芯现场分样,每个子样品厚度1 cm,样品密封带回实验室后<4℃保存以备分析测试。

#### 3.2. 年代测定

$^{210}\text{Pb}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ 年代测试采用美国EG & GORTEC公司生产的高纯锗井型探测器(HPGe GwL-120-15)在中科院南京地理与湖泊研究所进行测定。采用Constant Rate of Supply (CRS)模式结合1963年峰值时标的复合模式方法[12]来获得网湖年代框架。

#### 3.3. 微塑料分析

微塑料样品的采样方法种类较多,受水体中微塑料丰度低,尺寸小的影响,通常采用浓缩样本和大体积采样两种方法[13]。本研究微塑料的提取过程主要结合了密度法、筛分法和过滤法。挑取湖泊沉积物50 ml左右(约40~50 g湿样),置于250 ml的烧杯中,加入2~4倍样品体积的蒸馏水,加入10%的NaOH 2~4 ml,充分搅拌并静置10小时;加入焦磷酸钠( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 2~4 ml,充分搅拌并静置10小时;随后过孔径为250  $\mu\text{m}$ 的筛,将筛取物(>250  $\mu\text{m}$ 的)置于培养皿中在体式显微镜(放大倍数10~100 $\times$ )下鉴定计数。向250  $\mu\text{m}$ 的过筛物(<250  $\mu\text{m}$ 的)加入30%双氧水室温下、遮光浸泡24 h,之后将样品用蒸馏水清洗多次,加入密度1.9的重液进行浮选,将浮选液用0.45  $\mu\text{m}$  (GF/F, 47 mm $\phi$ , Whatman)的玻璃纤维滤纸真空过滤;将过滤后所得滤纸置于干净的培养皿中,用体式显微镜进行挑取、鉴定。

本研究微塑料的鉴定采用目检法,目检法是指在显微镜的协助下,将微塑料从自然源及非塑料的人为源中挑取,并根据微塑料形态、结构等特点予以分类的方法[14]。使用以下标准可区分和选择微塑料:显微镜下观察各类微塑料的外观及形态特征,鉴定微塑料的类型(见下C说明)、颜色分类(见下D说明),数量(微塑料的浓度n/kg,按沉积物湿重单位重量内含有微塑料的数量计)及各类型微塑料的比例,各类型微塑料以微塑料的最长一边的长度记为粒径大小(见下E说明)。C.类型按碎片类(记做G, Granule)、泡沫类(Fo, Foam)、薄膜类(Fm, Film)和纤维类(Fb, Fibre)4种类型;D.类型按红、黄、绿、青、蓝、紫、黑、白来记录;E.按最长一边的长度记为粒径大小。

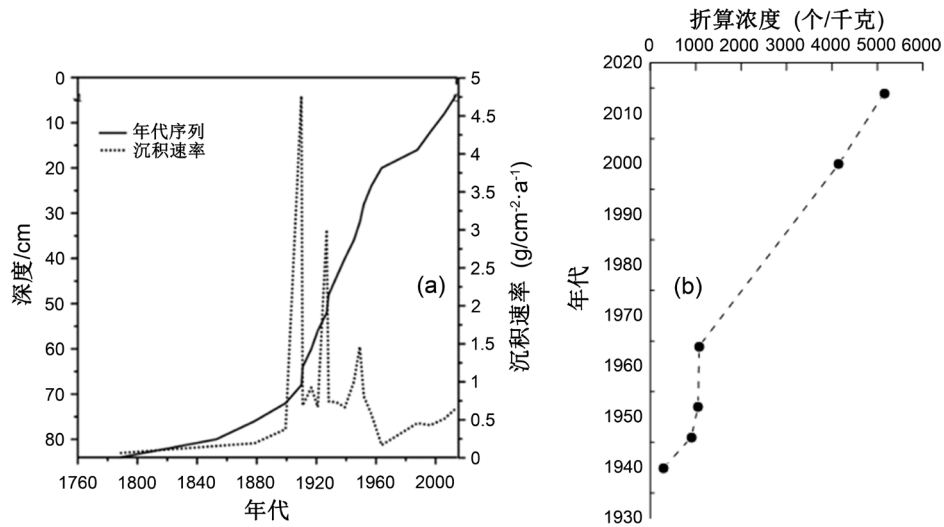
根据上述标准选择的微粒,轻轻拉伸时保持完整性,用镊子挤压时具有弹性。记录颗粒颜色,并使用1毫米网格板或显微镜光栅测量最长尺寸。用钳子拉伸纤维以测量最大长度。植物根/叶纤维可通过其棕色/木质颜色、分枝特征和低拉伸强度来区分。

### 4. 研究结果

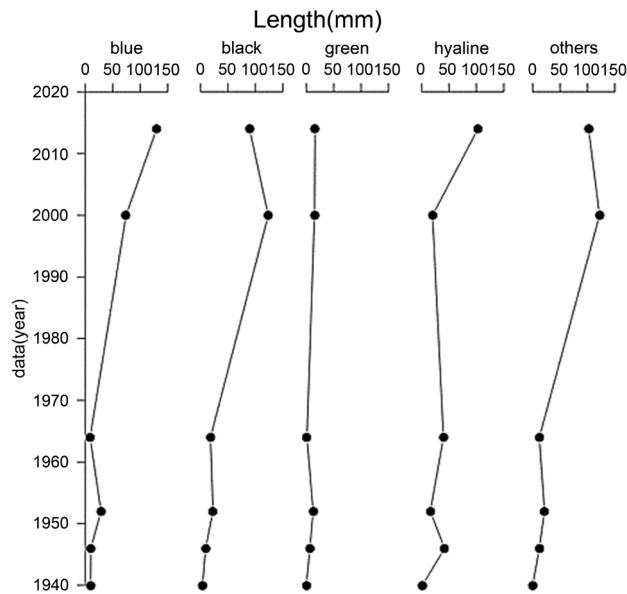
#### 4.1. 黄石市网湖微塑料过去80年来的赋存特征

1) 建立时间序列。网湖沉积物沉积柱芯中深度-年代对应关系如图3(a)所示,采用CIC计算模式,得到沉积物的平均沉积速率为0.56 cm/a。网湖中沉积钻孔微塑料含量随深度的变化如图3所示。

2) 微塑料总数(长度)和不同类型微塑料污染历史过程。网湖WH4钻孔沉积物中不同颜色微塑料在长度上的垂直分布如图4所示。微塑料均为长条状,无碎屑和颗粒,同种微塑料总长代表该种类的绝对数量。因此,在研究时选用长度代替粒径对微塑料进行统计。在沉积物表层,颜色为蓝色、黑色、透明以及其他颜色的微塑料的长度总量主要在50 mm以上,随深度增加,不同种类微塑料长度总量在一定程度上呈现递减趋势,黑色微塑料和其他微塑料从2000年到2014年之间呈现的是递增趋势,值得注意的是1960年到2000年微塑料长度总量的增长速度要比1960年以前的增长速度快。



**Figure 3.** The age-depth model of the core WH4 (a) and Variation of microplastic content along depth in Wang Lake (b)  
**图 3.** 网湖 WH4 孔的年代 - 深度对应关系(a)及微塑料含量随深度的变化(b)



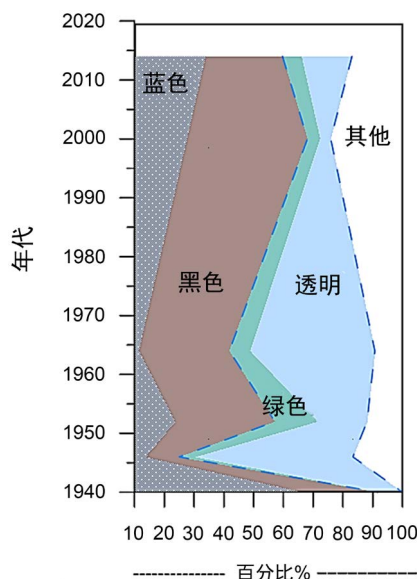
**Figure 4.** Evolution characteristics of total amount of microplastics over the past 80 years  
**图 4.** 过去 80 年来微塑料总量演化特征

总体上, 微塑料的颜色主要是透明、蓝色、绿色和黑色, 蓝色和黑色在上层沉积物中的比例高于下层沉积物(如图 5)。在下层沉积物的微塑料中蓝色的微塑料所占比例最高, 其次为透明微塑料。这一结果证明历史时期的蓝色和绿色最有可能来源于纺织品, 有研究表明, 有大约 64 万至 150 万根微纤维可以在洗涤成人衣物时进入环境[15]。

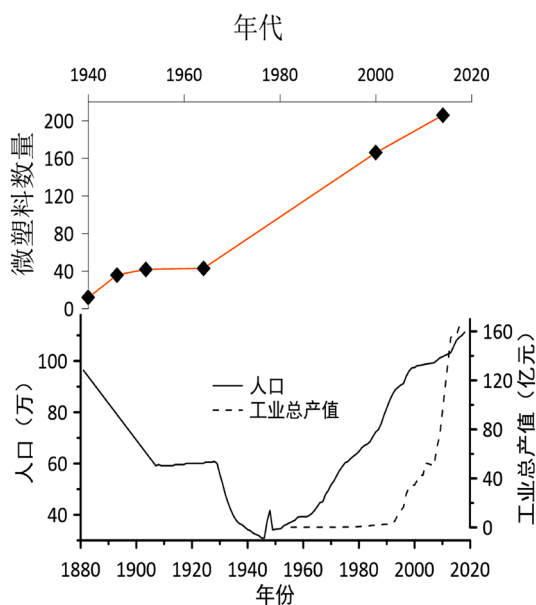
#### 4.2. 网湖微塑料变化的影响因素

在对网湖所在地区的阳新县人口变化与工业发展分析发现阳新县在建国以后人口持续增长, 工业产值增加。特别是改革开放以后工业总产值增速明显增加, 与微塑料数量和长度总量在时间上耦合较好(如图 6), 表明其具有密切的联系。





**Figure 5.** Evolution characteristics of different types (colors) of microplastics over the past 80 years  
**图 5.** 过去 80 年来不同类型(颜色)微塑料的演化特征



**Figure 6.** Coupling between social and economic development and micro plastic content  
**图 6.** 社会经济发展与微塑料含量的耦合

### 4.3. 网湖环境演化及微塑料指示的环境污染历史

网湖沉积物微塑料赋存变化分析将网湖环境演化分为三个阶段:

1) 1965 年以前, 在阳新县人口呈现负增长的情况下, 工农业发展十分落后, 这一时期人类活动对湖泊环境影响不大, 网湖主要以自然沉积为主, 湖泊沉积延续以往的自然轨迹, 湖泊环境基本保持原生态。但是湖泊中依然有少量的微塑料, 主要是以蓝色和透明为主, 1950~1965 年黑色和绿色微塑料快速增加。Browne 等人的研究指出, 衣物等人工合成纤维纺织品的清洗被认为是微塑料污染的重要源头[15]。由此可以认为在这一时期湖泊沉积物中微塑料的来源与湖泊捕鱼活动、附近居民岸边洗涤衣物有关。

2) 1965~2000年,网湖沉积物中微塑料长度总量和不同颜色微塑料数量呈现快速增加趋势,说明人类活动的作用逐渐加强。阳新县在大力发展工农业的基础上加强水利设施的建设,围湖垦殖、建坝筑堤,人类活动改变了湖泊原有的生态环境。除透明微塑料占总数的比例是在不断减少以外其余种类微塑料占比是呈现上升趋势,主要原因是1960年富池大坝的修建后使网湖由通江湖泊变成了进出湖水受人工闸口控制的封闭型湖泊,渔业资源受到影响,渔网的使用率大大降低;同时湖泊周围大片湿地和原始植被消失,大量地表裸露,水流冲刷地表作用明显增大,致使大量陆源物质包括微塑料被携带入湖,形成微塑料污染。

3) 2000年以后,沉积物中微塑料长度总量增大显著,蓝色和黑色微塑料数量占比蓝色和透明增加,绿色微塑料占比基本保持不变,黑色微塑料占比减少。说明人类活动严重影响环境的演变。尤其是20世纪80年代以后(改革开放以后),阳新县人口进一步增长,工农业生产进入了快速发展时期,特别是农业生产模式的转变和生产规模的扩大,导致水土流失加重,这一时期的微塑料主要来源于生活中所使用的各种包装袋和塑料薄膜的破碎、老化和降解通过雨水径流等形式累积于湖泊中。

## 5. 结论

1) 网湖 WH4 沉积记录有效的记载了过去 80 年来微塑料污染的历史特征,微塑料丰度从 300 个/千克增加到 5150 个/千克。

2) 多指标综合分析揭示出网湖微塑料污染历史为三个阶段:1940~1965年,湖泊环境主要受到湖泊捕鱼活动、附近居民岸边洗涤衣物的影响,微塑料的污染仍在湖泊环境的可承载力之内,湖泊中微塑料的污染程度较小。1965~2000年,网湖由通江湖泊被改造成为封闭型湖泊,大量来源于生活中使用的各类塑料通过地表径流等方式进入湖泊,工农业的迅猛发展导致各种微塑料也进入湖泊中,此时微塑料污染程度大大加深,湖泊生态遭受破坏。2000年以来,伴随着城镇化和工业化快速发展,湖泊中微塑料污染进一步加剧,微塑料的污染来源也扩大至整个网湖,进一步威胁流域的生态环境质量。

## 基金项目

2020年大学生创新创业项目(XJ202011078002)。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 塑料制品销售量相关报表[EB/OL]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=B01&zb=A030112&sj=2021B>, 2021-04-09.
- [2] 丁剑楠, 张闪闪, 邹华, 张云, 朱荣. 淡水环境中微塑料的赋存、来源和生态毒理效应研究进展[J]. 生态环境学报, 2017, 26(9): 1619-1626.
- [3] Turner, S., Horton, A.A., Rose, N.L. and Hall, C. (2019) A Temporal Sediment Record of Microplastics in an Urban Lake, London, UK. *Journal of Paleolimnology*, **61**, 449-462. <https://doi.org/10.1007/s10933-019-00071-7>
- [4] 陈兴兴, 刘敏, 陈滢. 淡水环境中微塑料污染研究进展[J]. 化工进展, 2020, 39(8): 3333-3343.
- [5] 王璇, 牛司平, 宋小龙, 饶竹, 战楠. 城市湖泊沉积物微塑料污染特征[J]. 环境科学, 2020, 41(7): 3240-3248.
- [6] Dong, M., Lou, Z., Jiang, Q., et al. (2020) The Rapid Increases in Microplastics in Urban Lake Sediments. *Scientific Reports*, **10**, Article No. 848. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57933-8>
- [7] Smol, J.P. (2010) The Power of the Past: Using Sediments to Track the Effects of Multiple Stressors on Lake Ecosystems. *Freshwater Biology*, **55**, 43-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02373.x>
- [8] Xu, S., Ma, J., Ji, R., et al. (2020) Microplastics in Aquatic Environments: Occurrence, Accumulation, and Biological Effects. *Science of the Total Environment*, **703**, Article ID: 134699. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134699>
- [9] 周道坤, 刘晓伟, 荣楠, 吴孝情, 唐春燕, 卢文洲, 柯华, 郑和松. 湖北网湖自然保护区水质改善对策研究[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(S2): 255-261.
- [10] 湖北省阳新县县志编撰委员会. 阳新县志[EB/OL].

- <http://wlt.hubei.gov.cn/dfz/onetable/browse/main.jsp?id=6207bc16-11a7-41fa-80c7-be05200c5bef>, 1992-03-21.
- [11] 湖北省统计局. 黄石市统计年限[EB/OL].  
<http://tjj.hubei.gov.cn/tjsj/sjkscx/tjnj/gszjtj/hss/>, 2021-06-25.
- [12] Gu, J.W., Chen, Z.Y. and Salem, A. (2011) Post-Aswan Dam Sedimentation Rate of Lagoons of the Nile Delta, Egypt. *Environmental Earth Science*, **64**, 1807-1813. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-0983-2>
- [13] 李丹文, 林莉, 潘雄, 吴晓晖. 淡水环境中微塑料采样及预处理方法研究进展[J/OL]. 长江科学院院报, 2021.
- [14] 汤庆峰, 李琴梅, 魏晓晓, 邵鹏, 高丽娟, 陈啟荣, 胡光辉, 刘伟丽, 高峡. 环境样品中微塑料分析技术研究进展[J]. 分析测试学报, 2019, 38(8): 1009-1019.
- [15] Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., *et al.* (2011) Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, **45**, 9175-9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>