

# 水体中微塑料快速采集分选和智能控制技术研究

谢惠琴

常州市生态环境监控中心金坛分中心 江苏常州 213299

**摘要:** 水体中微塑料的检测通常需要采集大量的水样带回实验室分析,若采样点较多,样品数量巨大,给携带运输带来困扰,导致采样分选效率低。研究以潜水泵提升水样,并经四通分水阀一分为三,出水进入各层不锈钢筛中叠放的不锈钢筛网(最小孔径为500目),数据代表性较好。利用高精度数显流量计和智能控制的集成控制盒,可大大提升装置的智能化水平。

**关键词:** 微塑料;采集;分选;研究

## Research on rapid collection and separation of micro plastics in water based on integrated control

Huiqin Xie

Jintan Sub-center, Changzhou Monitoring Center of Ecology and Environment, Changzhou, Jiangsu, 213299

**Abstract:** The detection of microplastics in water bodies usually involves taking a large number of water samples back to the laboratory for analysis. If there are too many sampling points and the number of samples is huge, it will bring troubles to transportation and lead to low efficiency of sampling and sorting. In this study, the submersible pump was used to lift the water sample, and the water was divided into three parts through the four-way water valve, and the water went into the stainless steel screen stacked in each layer of stainless steel screen (the minimum aperture is 500 mesh), and the data representation was good. The high-precision digital display flowmeter and intelligent control of the integrated control box can greatly improve the intelligence level of the device.

**Keywords:** Microplastics; collection; Sorting; Study

### 引言

新兴塑料的研发和更经济的生产技术的出现,使得塑料制品的使用越来越广泛,环境中的塑料垃圾也随之增加,每年有大量的塑料进入海洋、河流等环境系统。塑料在环境中受到风化、腐蚀等因素影响后会破碎变为粒径从微米到毫米不等的小塑料。目前微塑料被认定为粒径小于等于5mm的非均匀塑料颗粒混合物,其有如颗粒/球团、碎片、泡沫、纤维以及薄膜等多种形态,肉眼一般难以观察分辨,被形象地称为“海中的PM2.5”。

微塑料因在其在水环境中的广泛存在以及导致的环境污染和健康威胁等问题引起了世界各国的广泛关注。国务院办公厅于2022年5月4日发布《关于印发新污染物治理行动方案的通知》(国办发〔2022〕15号),该行动方案明确提到“针对列入优先控制化学品名录的化学物质以及抗生素、微塑料等其他重点新污染物,制定“一品一策”管控措施”、“加强抗生素、微塑料等生态环境危害机理研究”。江苏省政府办公厅也于2022年12月8日发布《关于印发江苏省新污染物治理工作方案的通知》(苏政办发〔2022〕81号),在方案中提

出“开展微塑料等新污染物生物效应与危害机理、食物链安全和健康风险等研究”。此外,上海市、浙江省、四川省等其他省辖市都发布了正式稿或征求意见稿,强调要加强微塑料污染治理。

要开展微塑料的研究,首先要开展微塑料的采集分选技术和装置。然而,目前还没有快速采集、分选并能够实现智能控制的装置。水体中微塑料的检测大多数在采用传统的方法进行采集,通常需要采集大量的水样带回实验室分析,若采样点较多,样品数量巨大,给携带运输带来困扰,导致采样分选效率低。本文研究设计了一种可实现对水体中微塑料快速采集分选和智能控制技术研究和装置。

### 一、系统设计方案

水体中微塑料快速采集分选和智能控制技术的研发装置主要包括微塑料采集模块、分选模块、卡接固定模块、集成控制模块等几个单元。

#### 1.1 微塑料采集模块设计

微塑料采集模块主要包括潜水泵、脚踏开关、电源、流量计和四通分水阀。流量计主要用于显示通过水样的体积。潜水泵与流量计之间用硅胶管进行连接,硅胶管

的尺寸为 25mm, 也可以根据装置的大小进行改良。潜水泵与流量计以及流量计与四通分水阀的连接处都设有变径内螺旋直通, 可以更加便捷地连接。水样通过四通分水阀平均分配给三通路, 三通路分别通过硅胶管连接与箱体连接, 且连接处设有软管接头。

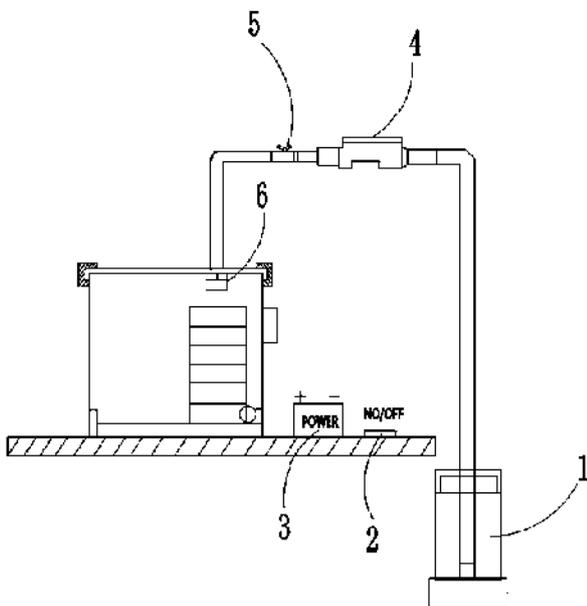


图1 微塑料采集模块整体结构示意图

微塑料采集模块中, 通过一台潜水泵将水样提升, 出水口连接流量计, 后经四通分水阀一分为三, 完成 1 个点位 3 组平行样的水样采集, 从而实现微塑料采集分选效率高、速度快, 完成一个采样点位的采集耗费时间较短, 通常在十几分钟左右可以完成。

### 1.2 微塑料分选模块设计

微塑料分选模块主要包括箱体、不锈钢筛。箱体上端和下端分别开设有盖板和排水孔, 箱体下端设有三个旋转电机, 旋转电机的输出轴与箱体内部底端的三个旋转圆盘一一对应连接。为保证旋转圆盘内的水顺利流出, 旋转圆盘上设有出水口。箱体内共设有三组不锈钢筛, 不锈钢筛和旋转圆盘之间通过固定滑块及竖直滑槽进行连接, 不同目数的不锈钢筛网可以从下而上依次放置在不锈钢筛中。三组软管接头分别设置在盖板内上端, 且位于三组不锈钢筛上端中心处。

在微塑料分选模块中, 可以通过各层不锈钢筛中叠放的不锈钢筛网(最小孔径为 500 目), 分选出水体中粒径在一定范围内的微塑料, 增加检测结果的精确度。微塑料分选模块可根据不同粒径微塑料对水体中污染物的吸附行为, 为评价微塑料对环境污染物的迁移提供关键的科学依据<sup>[9]</sup>。

### 1.3 卡接固定模块设计

微塑料卡接固定模块主要包括卡接固定件, 卡接固定件包括多个卡接块、拉杆、弹簧压缩杆。卡接块两个为一对, 且与不锈钢筛内壁通过弹簧压缩杆连接。同时,

在卡接块上设有拉杆, 且延伸至不锈钢筛外, 拉杆与不锈钢筛外侧壁之间通过扣环连接; 在拉杆上远离卡接块一端设置有挂钩的阻板, 阻板通过箱体前后内壁对应挂钩位置设有开口贯穿延伸至箱体外部。

### 1.4 集成控制模块设计

微塑料集成控制模块主要包括集成控制盒和。集成控制盒内设有 MCU 模块、蓝牙模块、存储模块、显示屏、语音播报模块, 并设置在箱体上。其中 MCU 模块与潜水泵、流量计、旋转电机电性连接, 蓝牙模块与手持操作板之间通过无线信号连接, MCU 模块的缓存数据和各设备的启停情况存储于存储模块中, 各设备运行工况显示于显示屏上, 设备启停和故障信息将通过语音播报模块进行播报。手持操作板内设有电池。集成控制模块的设置大大提高了装置的智能性和可靠性, 避免人为操作产生的误差, 对采样的水样体积进行严格把控。

### 1.5 工作原理

采样时, 将潜水泵与流量计、四通分水阀三个出水口与对应的三个软管接头分别用内径 25mm 和 20mm 的硅胶管连接, 分别用不锈钢喉箍固定, 将潜水泵浸没于水体中, 固定, 连接线路, 踩下脚踏开关, 接通电源, 打开集成控制盒, 将手持操作板与集成控制盒连接, 通过手持操作板设定所需水样体积, 将信号通过无线信号的形式传至 MCU 模块, 启动潜水泵, 排空管内空气, 直至盖板上的三管口出水, 按下流量计“display”键, 流量清零, 迅速将箱体盖板盖上流量计读数除以 3, 即可得到每一平行样所采体积数, 所需水样体积到达设定值时, 流量计向 MCU 模块发送信号, MCU 模块控制潜水泵停止, 过筛后的水样经排水孔排出。

## 二、具体试验

### 2.1 试验方法

为检测采样体积的准确度, 进行了多次试验, 实验内容如下:

取内径为 25mm 的硅胶管 5m, 用于连接潜水泵和流量计, 取三根内径为 20mm 的硅胶管, 长度为 0.6m/根, 用于连接四通分水阀的三通路与箱体。

箱体内正确摆放 3 个 2L 的烧杯, 对应编号 1,2,3;

通过调节四通分水阀三个出水口的阀门, 使三管口流量保持一致, 试验拟采集 6L 水样, 每个平行样 2L;

采样前按上述步骤, 排空管内空气, 直至盖板上的三管口出水, 踩下脚踏开关, 接通电源, 打开集成控制盒, 将手持操作板与集成控制盒连接, 通过手持操作板 91 设定水样体积为“5.80LTR”, 将信号通过无线信号的形式传至 MCU 模块 900, 启动潜水泵 1, 按下流量计“display”键, 流量清零;

当流量计 4 读数显示趋近“5.80LTR”时, 潜水泵自动停止, 待盖板上的三管口无明显水流, 流量计显示读数“5.90LTR”, 打开盖板, 三烧杯中左右两侧的 1 号、3 号烧杯中液面略低于 2L 刻度线, 中间的 2 号烧杯略高

于 2L 刻度线;

取 3 个 100mL 的量筒, 对应编号 1,2,3, 其中 1 号和 3 号加水至 100mL 刻度线, 分别倒入两侧的烧杯中, 当凹液面的最低处到达 2L 刻度线时, 停止, 读取 1 号、3 号量筒中剩余体积, 记为  $A_1$ , mL; 两侧烧杯中不足 2L 的体积, 记为  $B_1$ , mL;  $B_1=100-A_1$ , mL。

用滴管移取 2 号烧杯中的水样至 2 号量筒中, 至烧杯中凹液面的最低处到达 2L 刻度线时, 读取 2 号量筒中的水样体积, 计为  $C$ , mL。

### 2.2 试验结果

经测量,  $B_1$  为 55mL,  $C$  为 43mL,  $B_2$  为 52mL, 相应的 1, 2, 3 号烧杯中的实际体积分别为 1.945L, 2.043L, 1.948L, 相对标准偏差为 2.82%, 这可以通过四通分水阀 5 出水口的阀门进行修正; 实际总流量为 5.936L, 与流量计示数 5.90L 相比, 超出实际流量 0.61% 的体积, 这是由于与管内存有的空气带动了流量计内螺旋桨的转动, 虚增了水样体积, 而实际应用中, 潜水泵与流量计之间的硅胶管可以进一步缩短, 减小流量计示数与实际体积的误差, 显著提高流量计的测量精准度。与此同时, 由于管内水流流速高, 多次水塘试验中, 500 目的不锈钢筛网过水通畅, 无堵塞溢水现象。实际采样中, 为使采样点更具代表性, 通常一个点位单个平行样要采集数升甚至十几升以上的水样, 装置产生的误差可以忽略不计。

### 三、结论

本研究所研发的水样中的微塑料快速采集、分选装置具有采集分选效率高、速度快、小巧便于携带、易安装拆卸、易操作等优点。同时, 高精度数显流量计和智能控制的集成控制盒, 可大大提升了装置的可靠性和智能化水平。适用于多种采样环境, 可以为今后水环境样品中微塑料的赋存和污染状况调查研究提供有利的支

撑。

### 参考文献:

- [1] 彭谷雨. 沉积环境中的微塑料 [D]. 华东师范大学, 2020.
  - [2] 张子琪, 高淑红, 康园园, 罗高扬, 陈珂, 梁斌, 王爱杰. 中国水环境微塑料污染现状及其潜在生态风险 [J]. 环境科学学报, 2020,40(10):3574-3581.
  - [3] 邓延慧, 万冰洲, Tanveer M.ADYEL, 李旦. 自然环境中微塑料样品的采集与分离方法 [J]. 环境监测管理和技术, 2020,32(04):1-4+9.
  - [4] 郝双玲, 刘海成, 薛婷婷, 高闯闯. 水环境中微塑料的样品采集与分析进展 [J]. 化学通报, 2020,83(05):427-433.
  - [5] 凌小芳, 李铭, 吴宇. 环境中微塑料的分离及检测技术研究进展 [J]. 四川化工, 2020,23(05):15-18.
  - [6] 马维宇, 韦斯. 环境中的微塑料: 赋存、检测及其危害 [J]. 环境监控与预警, 2020,12(05):68-74.
  - [7] 周德庆, 吕世伟, 刘楠, 李娜. 海洋微塑料的污染危害与检测分析方法研究进展 [J]. 中国渔业质量与标准, 2020,10(03):60-68.
  - [8] 扈瀚文, 杨萍萍, 薛含含, 曾智鑫, 田峪萍, 范克燕, 陈峻峰, 王仁君. 环境微塑料污染的研究进展 [J]. 合成材料老化与应用, 2020,49(01):97-102.
  - [9] 刘鹏, 王焱钰, 吴小伟, 高士祥. 粒径对聚苯乙烯微塑料吸附环丙沙星的影响 [J/OL]. 环境化学: 1-8[2020-11-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1844.X.20201109.1033.024.html>.
  - [10] 纪玉蕊. 海洋微塑料污染研究进展 [J]. 天津职业院校联合学报, 2019,21(10):104-109.
- 作者简介: 谢惠琴 (1971-), 女, 江苏常州人, 本科, 工程师, 研究方向: 环境监测和环境管理。