

# 水污染的微型生物监测

沈韫芬 顾曼如 冯伟松 章宗涉 施之新 魏印心

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

[关键词] 水污染的生物监测, 微型生物群落监测, PFU法, 水质, 国家标准

一切污染物, 不管它来自大气还是来自陆地, 通过降雨和地表径流后最终都要流到水体(江、河、湖、海、地下水等)中去。水污染的问题已引起各国的重视。

## 1. 公害评价的基本原理

对当前水污染中潜在公害体问题急需知道(1)有多少潜在污物进入水环境? 什么地方、什么时候、以什么方式进入水体?(2)进入水体的污染物在物理、化学、生物方面会发生什么变化? 会对个体(包括人)、种群、群落、整个生态系产生什么效应? 这些效应会引起环境产生什么性质的变化? 为此, 必须提出有实验证据的两种科学判断, 即该环境条件下化学品的环境浓度和生物效应浓度(图1上的粗线)。只有对这两个浓度的探索(图1上的虚线)能尽量地接近其客观存在的浓度, 能对公害做出正确的判断。在生物效应浓度高于环境浓度时, 水质才是安全的。如果这两个浓度十分接近乃至颠倒, 说明将要或者已经造成公害。从这个意义上来说, 生物监测与化学监测有同等的重要性。

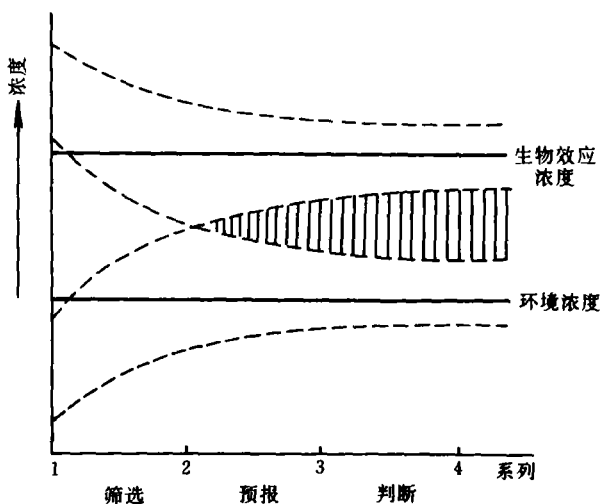


图1 公害评价系列试验中生物效应浓度和环境浓度的关系 (Cairns 私人通讯)

如果这两个浓度十分接近乃至颠倒, 说明将要或者已经造成公害。从这个意义上来说, 生物监测与化学监测有同等的重要性。

## 2. 微型生物监测 PFU 法的生态学基础

(1) 微型生物群落的客观存在。Petrick 和 Cairns (1967) 于 1948—1966 年在美国、南美和加拿大调查了 202 条河流的各类水生生物, 发现藻类、原生动物、水生昆虫和鱼等在相似环境中, 种类组成随时间、空间而变化, 但是种类数相当稳定, 种类的个体数量分布也有一定的模型。微型生物也不例外, 它是客观存在的一类群落。

(2) 用 PFU 采样能收集到微型生物群落。PFU 是 Polyurethane Foam Unit (聚氨酯泡沫塑料块) 的缩写, 是三维的人工基质, 可在任何时间浸没于任何水体。其孔径约 100—150  $\mu\text{m}$ ,

本文于 1996 年 9 月 3 日收到。

只有微生物(细菌、真菌、藻类、原生动物、小型轮虫等)才能进入PFU内,能收集到85%的种类,具有环境真实性。

(3) 原生动物在PFU内的群集过程符合生态学的一个基本原理,即MacArthur-Wilson岛屿区域地理平衡模型 $S_t = S_{eq}(1 - e^{-GT})$ ,式中 $S_t$ 为 $t$ 时的种数, $S_{eq}$ 为平衡时的种数, $G$ 为群集速度常数, $T_{90\%}$ 为达到90%时 $S_{eq}$ 所需时间。由此式可计算出三个功能参数 $S_{eq}$ , $G$ 和 $T_{90\%}$ 。不同的环境有不同的平衡曲线和不同的参数,这就是用PFU法进行水质生物监测的生态学基础。

(4) PFU法是群落水平上的、连续的生物监测。PFU内生活的微型生物群落在达到平衡以后,能出现掠食、竞争等种间关系并构成食物网,有生产者、分解者、初级消费者和次级消费者,因而在群落水平上对环境作出反应。PFU放在水中1—3天,反映的是1—3天的水质状况,能及时发现工厂泄漏事故,具有连续监测的性能。

### 3. PFU法的改进及其在我国的应用和标准化

PFU法是美国Gairns教授在70年代创立的。80年代初沈韞芬与之合作研究,被引入中国,并经十余年的修正、改进、验证和推广。对该方法的改进和创新点有:(1)提出了4个生物参数(植鞭毛虫百分数、原生动物种数、多样性指数、异养性指数),均与化学参数有显著性相关( $p < 0.05 - 0.0001$ ,见《河流的污染监测》表6—16);(2)修正了MacArthur-Wilson的模型,加入了环境压迫因素 $H$ ,修正公式为 $S_t = S_{eq}(1 - e^{-GT}) / (1 + He^{-GT})$ ;(3)在种类污染价的基础上建立了群落污染价,并得到验证;(4)设计的恒流稀释微宇宙(Folw-through Diluted Microcosm)装置适用于群落级毒性试验和修复试验,毒性试验可在现场进行,在15天内完成,根据试验结果能提出当地接纳水体中化学品的最高允许浓度(MATC)范围;(5)常规监测1(或3)天,能及时发现泄漏事故,若种数突然下降,即可向管理部门报警。

1983,1984,1989和1990年,由中国科学院水生生物研究所和国家环保局标准处分别举办了四期《微型生物群落监测》学习班。除西藏、海南、青海、台湾四省和自治区外,学员来自26个省市自治区,151名学员。除学习基本原理、方法和微型生物分类知识外,学员们还进行了野外监测和室内毒性试验,获得了满意的监测结果。在推广中,对各种废水如重金属、农药、石油、发电厂热排水、化工、冶炼、印染、制药、食品加工、汽车制造、炼钢、炼焦、炼油、采石、棉纺、纺织、酿酒、制烟、化肥、航天工业以及生活污水等进行PFU法的监测;对我国长江、汉江、乌江、清江、沅江等用PFU法进行水质评价;对三峡水库、南水北调、常德市污水资源化等工程的环境效应进行预测;建立化学品(洗涤剂LAS,  $\text{CuSO}_4$ 和稀土化肥“农乐”)的安全浓度。PFU法在国内得到广泛应用,证明是快速、经济、准确的一种监测新方法。

国家环保(86)监字405号文件指出,鉴于生物监测刚刚起步,先在北京和上海等20个城市进行。据此要求,PFU法在1991年时推广程度已达95%以上。同年7月经全国水质标准化技术委员会审议,8月国家环境保护局首先通过作为中华人民共和国国家标准(GB/T12990-91,水质-微型生物群落监测-PFU法)。这也是我国第一个自行制定的生物监测标准。该项成果获国家环保局1992年(部级)环保科技进步一等奖。1990年出版的专著《微型生物监测新技术》是理论和实践的结合。它论述了微型生物的生态原理,介绍从细胞、种、种群、群落、微宇宙、中宇宙水平的微型生物监测和毒性试验方法,提出藻类和原生动物指示种类

和污染指数测定，对 749 种常见的微型生物种类进行分类描述，附有详图，并建立了检索软件。此书获 1992 年全国优秀科技图书奖二等奖，1994 年中国科学院科技进步奖二等奖。

本项目系国家自然科学基金资助的面上项目“微型生物监测方法的标准化”（No. 38670594）。项目完成成果转化全过程。

PFU 法作为生物监测的一种新方法在国内外都是首次。对此人们自然会提出一些疑问，主要有：(1) 在目前，PFU 法是否是比较好的生物监测方法？(2) PFU 法是否适用于监测所有的工业废水？(3) PFU 法监测参数与化学监测参数能否在统计学上证明有相关性？(4) PFU 法室内毒性试验能否正确预报毒物安全浓度？(5) PFU 群落内的原生动物种类组成是随意的，还是有规律的？对于这 5 个问题的答复是肯定的，我们在国内外发表的 30 余篇论文和两本专著中可以获得满意的答复。

## MICROBIAL MONITORING OF WATER POLLUTION

Shen Yunfen    Gu Manru    Feng Weisong    Zhang Zongshe  
Shi Zhixin    Wei Yinxin

(*Institute of Hydrobiology, CAS, Wuhan 430072*)

**Key words**    biomonitoring of water pollution, microbial community monitoring, PFU method, water quality, national standard

---

# 物质的蒸汽压

项红卫

(清华大学热能工程系，北京 100084)

**[关键词]**    临界重整化群理论，临界参数，临界幂定律，汽液相平衡，蒸汽压

热物理学一直是物理学的非常重要的分支。随着 1869 年临界点的发现，显示出了理想气体模型的局限。为解释这一重要物理现象，理论物理学家 van der Waals 于 1873 年提出了 van der Waals 模型，这标志了平均场理论的首次引入。然而，随着实验技术的提高，发现了平均场理论给出的临界指数与实验结果相矛盾。随后引入了与实验一致的普适性与标度假定这两个突破了平均场理论框架的物理概念。这导致了理论物理学家 Wilson 于 1972 年提出了临界重整化群理论。目前，基于临界重整化群理论用简单普适的物理数学方法跨接描述流体的经典热力规律与奇异性物理规律，已为国际热物理界所关注。作者在读博士学位期间，于国内

本文于 1996 年 10 月 3 日收到。