

环境 监测

苏州市苗家河水体环境因子和藻类的调查分析^{*}

苏州市大量未经处理的污水直接排入河道，使得河流中有机物和其它污染物的输入量猛增，而进入苏州市的水量则大幅度减少，降低了河道的稀释扩散能力，从而造成苏州市水生态环境质量下降，河网污染日趋严重，水质日益恶化。为了尽快改变苏州市内城河的污染现状，从 2004 下半年开始在古城区的苗家河开展了苏州市水环境治理的试验。

1 样品的采集和分析

苗家河是一段“之”字形的河道，沿苗家河自南向北设置了 9 个采样点。在 2004 年 6 月至 11 月这 6 个月的时间内，每月分别在上、中、下旬采样 3 次，其中藻类在每月的下旬采样一次。采样时选择天气晴好的时候。环境因子测定及分析包括：总氮 (TN)、总磷 (TP)、氨氮 (NH₃-N)、化学耗氧量 (COD_{Mn})、溶解氧 (DO)、浊度、pH 值、叶绿素 (chl_a)和藻类，各项的分析均按照《水和废水监测分析方法》中规定的标准方法进行定性、定量和统计分析。

2 苗家河水质的变化情况

苗家河水体物理、化学和生物指标的监测结果如表 1 所示。表 1 表明，7 月份水体透明度较低，浊度较高，其主要原因是水体中含有较多的悬浮物。水体的透明度和悬浮物是影响水下光照强度的主要因素，苗家河水体较低的透明度会导致水下光照不足，进而可能影响浮游生物的生长。TN、TP、COD_{Mn}等参数是反映水体营养状况的重要指标，目前，TN、TP 和 COD_{Mn}分别达到 6.94 mg·L⁻¹、0.45 mg·L⁻¹和 7.52 mg·L⁻¹，可见水体的富营养化状况已达到十分严重的程度。

表 1 苗家河水质的监测结果^{*}

透明度 /cm	浊度 /NTU	pH	TN /mg·L ⁻¹	TP /mg·L ⁻¹	NH ₃ -N /mg·L ⁻¹	DO /mg·L ⁻¹	COD _{Mn} /mg·L ⁻¹	chl _a /mg·m ⁻³
96.00	17	7.45	6.94	0.45	5.50	3.38	7.52	33.07

^{*}：数据为各采样点测定的平均数，其中浊度、pH 值与透明度为 7 月份的数据。

监测期间各营养盐浓度的变化情况如表 2 所示，由表 2 可以看出，TP 季节性变化不太明显，TN 和 NH₃-N 总体呈现为下降-升高的趋势，这可能是因为夏季降雨多，地表径流和城市居民生活污水排放量大，造成水体在夏季丰水期污染严重，而到了枯水期，随着降雨量和河道水量的减少，使得水体纳污能力的下降，水质又逐渐恶化。

表 2 监测期间营养盐浓度的变化情况 (单位: mg·L⁻¹)

采样日期	TN	NH ₃ -N	TP	采样日期	TN	NH ₃ -N	TP
6-18	9.94	7.35	0.73	9-17	6.40	5.56	0.51
6-28	9.92	5.98	0.68	9-26	6.54	4.81	0.48
7-08	9.20	5.53	0.46	10-09	5.96	5.32	0.34
7-18	8.93	6.49	0.50	10-18	7.46	6.35	0.32
7-28	9.51	8.36	0.49	10-28	6.37	4.81	0.30
8-08	4.76	3.75	0.38	11-07	6.13	4.79	0.30
8-18	6.42	4.77	0.43	11-18	6.91	5.39	0.36
8-30	3.60	2.93	0.31	11-28	8.41	6.67	0.42
9-08	5.76	4.38	0.16				

3 苗家河水体藻类的变化情况

表 3 和表 4 是藻类的监测结果。从表 3 可以看出，苗家河水体中的藻类由蓝藻、绿藻、硅藻、裸藻、甲藻和隐藻 6 大类组成，夏季藻类数量最多，蓝藻和绿藻是优势藻类，这是因为夏季适宜的温度、光照和充足的营养盐等环境条件，促进了蓝藻和绿藻的生长，蓝藻和绿藻也存在明显的季节变化，在夏季其细胞数量形成高峰后，到了 9 月份，随

2005 年 6 月 17 日收稿。

^{*} 国家高技术研究发展计划 (863 计划)“苏州市水环境质量改善与综合示范项目”(编号 2003AA601070)资助。

着水温的降低，它们的细胞数量开始减少，而硅藻在每个月的数量变化不大，这说明水温是影响藻类生长的一个环境因子，水温的变化对藻类的种群演替有重要的影响。实际观测中，在高温时候，苗家河水面上暴发了实球藻和颤藻水华，实球藻在最高峰时达到了 1.02×10^7 个 $\cdot \Gamma^{-1}$ ，这就验证了这种可能性。

从表 4 可以看出，7 月份藻类数量最多，生物量也最高，为 $17.77 \text{mg} \cdot \Gamma^{-1}$ ；9 月份虽然藻类数量比 7 月份少很多，但藻类生物量却不低，达到了 $13.75 \text{mg} \cdot \Gamma^{-1}$ ，这是由于 9 月份生物量贡献最大的是隐藻和裸藻，其细胞体积大，所占的生物量比例较大，虽然蓝藻和绿藻在数量上占优势但其生物量所占比例较低；8 月份水体温度最高，蓝藻数量最多，但蓝藻的细胞体积较小，从而使得总的藻类生物量相对不高。

表 3 监测期间藻类组成的变化情况 (单位: $\times 10^4$ 个 $\cdot \Gamma^{-1}$)

月份	6月	7月	8月	9月	10月	11月
蓝藻	138.3	1444.4	1839.4	608.1	150.6	66.3
绿藻	781.1	1548.3	813.3	636.7	138.9	171.1
硅藻	27.8	409.4	370.6	293.3	118.3	128.9
甲藻	5.0	200.0	9.3	43.8	0.0	0.0
裸藻	5.0	13.0	9.4	51.1	10.0	6.3
隐藻	15.0	81.3	23.8	105.0	18.8	21.3

表 4 监测期间藻类数量和生物量的变化情况

月份	6月	7月	8月	9月	10月	11月
藻类数量 ($\times 10^4$) / 个 $\cdot \Gamma^{-1}$	971.7	3517.22	3173.33	1830.56	430.00	384.44
藻类生物量 / $\text{mg} \cdot \Gamma^{-1}$	9.38	17.77	7.42	13.75	2.23	2.10

4 苗家河水体中营养盐与藻类的关系

营养盐等环境因子对藻类的生长有着直接或间接的影响，是藻类变化的限制性因子。对苗家河水体中的 TN、TP 和藻类进行相关性分析。结果发现，苗家河水体中 TN、TP 与藻类数量的相关性不大，N 和 P 浓度的变化对苗家河藻类的生长没有多少影响。分析原因，是由于苗家河处于严重富营养化的状态，氮、磷浓度很高，已经不是藻类生长的限制性因子，无论氮、磷浓度升高还是降低，均不会影响藻类的生长；而且苗家河是城市内河，水体小，不同于湖泊等大的水体，与外界水体不断的进行水体交换，河道流向不定，从而影响了营养盐等环境因子和藻类的变化情况。

从以上的调查分析来看，苗家河水体富营养化状况十分严重，大量的 N 和 P 等营养盐和有机质导致水体中藻类在夏季大量繁殖，并形成水华，藻类虽具有明显的季节性变化，但 TN 和 TP 等环境因子与藻类之间的相关性不大。

周金余 操家顺 李欲如 贾亚梅 供稿
(河海大学环境科学与工程学院，南京，210098)