



窖湖蓝藻暴发时的水生态系统特征及其成因探讨

孙游云

(浙江省慈溪市环保监测站, 慈溪市 315300)

摘要 通过对窖湖水质的物理指标、化学指标、生物指标的分析以及窖湖周围污染源的调查,研究窖湖蓝藻暴发时的水生态系统特征及其成因。结果表明:窖湖蓝藻暴发时,窖湖处于水花微囊藻、铜绿微囊藻、假丝微囊藻占绝对优势,初级生产者与次级生产者绝下协调的富营养化生态系统中;其成因主要是有污染的河水大量排入窖湖。

关键词 窖湖 蓝藻暴发 生态系统

窖湖是慈溪市的山塘水库,位于三北镇,是慈溪市的饮用水源地之一。湖面面积为 1.8 km^2 ,库容为 519 万 m^3 。2000年6月份窖湖蓝藻暴发,严重影响了居民生活用水,为此作者对窖湖水质的理化指标、生物指标进行了分析,调查了窖湖周围污染源,以阐明窖湖藻类暴发时的水生态系统特征及其成因。

1 窖湖蓝藻暴发时富营养化特征

2000年6月,窖湖蓝藻暴发,水色呈黄绿色,湖面上浮有蓝藻水华,湖中悬浮着许多蓝藻聚集成颗粒,现场测得透明度仅为 0.42 m ,pH为 9.95 ,溶解氧为 11.9 mg/L 。高的pH、DO值是由于大量藻类进行光合作用之故,而藻类的大量繁殖,使透明度降低。

关于划分湖泊营养类型的初级产量、浮游植物量、氮和磷的浓度以及有机物耗氧量等指标,综合Likens(1975)、Rodhe(1969)、Vollenwelder(1968)、Weitzel(1975)等的材料后列于表1。从表1看出,窖

湖藻类暴发时,优势类为蓝藻,藻类现存量、叶绿素a、透明度及 COD_{Mn} 超过富营养化标准,初级产量 O_2 为 $5.12\text{ g/m}^2\cdot\text{d}$,在富营养化的标准范围内,但总氮、总磷浓度偏低,这可能与藻类大量生长繁殖迅速消耗养分、养分周转很快有关。另外,高的pH不利于磷的溶出。

根据修正的卡尔森营养状态指数(TSI_m):

$$\text{TSI}_{\text{m}}(\text{chl})=10(2.46+\ln\text{chl}/\ln 2.5)\text{ chl a; 叶}$$

绿素a

$$\text{TSI}_{\text{m}}(\text{SD})=10[2.46-(3.69-1.53\ln\text{SD})/\ln 2.5]\text{ SD; 透明度, m}$$

$$\text{TSI}_{\text{m}}(\text{TP})=10[2.46+(6.71+1.15\ln\text{TP})/\ln 2.5]\text{ TP; 总磷浓度, mg/L}$$

总 $\text{TSI}=1/3(\text{TSI}_{\text{chl}}+\text{TSI}_{\text{SD}}+\text{TSI}_{\text{TP}})$

求得窖湖的营养状态指数总TSI为62,根据表2可知,窖湖蓝藻暴发时,水质处于富营养状态。因此,从直观水质及水质的理化指标、生物指标以及营养状态指数看,蓝藻暴发时,处于富营养化状态。

表1 湖泊富营养化标准与窖湖水质的比较

营养类型	初级产量	浮游植物		COD_{Mn}	总氮	总磷	叶绿素a	透明度
	$\text{g O}_2/\text{m}^2\cdot\text{d}$	现存量/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	优势种类	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	m
贫营养型	<1	$1\sim 1.5$	金藻、矽藻	<1	<0.25	<0.01	<4	>3.7
中营养型	$1\sim 3$	$1\sim 5$	硅藻、甲藻	$1\sim 4$	$0.25\sim 1.1$	$0.01\sim 0.03$	$4\sim 10$	$2.2\sim 3.7$
富营养型	$3\sim 7$	$5\sim 10$	硅藻、乙藻、甲藻、绿藻	>4	>1.1	>0.03	>10	<2.0
超富营养型	>7	>10	裸藻					
窖湖	5.12	12.4	蓝藻	5.68	0.82	0.016	30.7	0.42

表2 营养状态指数标准与窖湖比较

	贫营养型	中营养型	富营养型	窖湖
TSI	<37	$38\sim 53$	>54	62

2 窖湖藻类暴发时浮游生物群落结构特征

表3、表4分别列出了窖湖藻类暴发时浮游植

物、浮游动物的群落结构特征。

表3 窖湖6月份藻类暴发时藻类组成

	蓝藻门	硅藻门	绿藻门	隐藻门	合计
藻量/ $\times 10^6\cdot\text{L}^{-1}$	1898	12	11	0.3	1924
组成/ $\%$	98.6	0.78	0.57	0.02	100

从表3看,窖湖藻类暴发、发生水华时,蓝藻门占绝对优势,每升水中细胞数占全部浮游藻类的



98.6%,硅藻仅占0.78%,绿藻仅占0.57%,隐藻仅占0.02%。优势种为蓝藻门微囊藻属的水花微囊藻(*Microcystis flos-aquae*)、铜绿微囊藻(*M. aeruginosa*)、假丝微囊藻(*M. pseudofilamentosa*)。每升水中细胞数占浮游藻类的96.1%,其它常见种有席藻、色球藻、颤藻。硅藻常见种为针杆藻、菱形藻、舟形藻,绿藻常见种为栅藻。湖泊的富营养化实际上是自养生物(主要是浮游藻类)在水体中建立优势的过程,因此窖湖的富营养化是水花微囊藻、铜绿微囊藻、假丝微囊藻在水体中建立优势的过程。它们皆有伪空泡,能调节藻体的升降,因此能适应藻量大、透明度差的水体而大量繁殖。

表4 窖湖6月份藻类暴发时浮游动物组成

	原生动物	轮虫	桡足类	枝角类	合计
数量/个·L ⁻¹	502	255	10	1	768
组成/%	65.4	33.2	1.3	0.13	100

从表4看,浮游动物数量较少,每升水中仅768个,其中原生动物占65.4%,轮虫占33.2%,桡足类占1.3%,枝角类占0.13%。原生动物中以纤毛虫类较多,轮虫类主要是异尾轮虫、臂尾轮虫、龟甲轮虫。

从浮游植物与浮游动物的数量看,两者之间极不协调,浮游动物数量低于一般富营养化湖泊,它们之间不能成为一般的食物链比例关系。窖湖富营养化生态系统产生的初级生产者与次级生产者之间比例的不协调,其原因可能是:

(1) 窖湖的优势种为水花微囊藻、铜绿微囊藻、假丝微囊藻。水花微囊藻、铜绿微囊藻均被报道过能分泌多肽类有毒物质,对浮游动物和鱼有毒性。

(2) 窖湖微囊藻大量生长,pH达9.95,而过高的pH限制了某些浮游动物的生长。

(3) 一般的浮游动物,尤其是甲壳动物主要依靠浮游植物为食。所以,在浮游植物丰富的水体中,滤食性浮游动物一般也较多。普遍认为浮游动物滤食浮游植物的效率不是决定浮游植物的种类而是浮游植物的大小。浮游动物滤食颗粒的大小范围通常为1~1.5 μm,滤食峰值在2~5 μm,而微囊藻群个体积较大,超过了一般浮游动物的滤食范围。所以,当水体中大型藻类大量繁殖时,由于食物不适口,浮游动物的数量反而下降。

(4) 从白鲢的粪便及某些浮游动物的消化道中,微囊藻细胞比较完整这一点看,说明微囊藻难消化,因此,限制了次级生产者对其消化利用的可能性。

综上所述,窖湖藻类暴发时,处于水花微囊藻、

铜绿微囊藻、假丝微囊藻占绝对优势,初级生产者、次级生产者绝不协调的富营养化的生态系统中。

3 窖湖藻类暴发成因

窖湖是慈溪市的饮用水源地,水库源头有2个自然村,约200人,库区内有砖瓦窑2座,无其它工业污染源。历年来水质较好,一直处于Ⅱ类水质标准,用修正的Carlson营养状态指数,评价其1999年窖湖的水质,营养状态指数为52,属于中营养型湖。从窖湖2000年4月份水质监测结果看,叶绿素a为2.82 μg/L,总磷<0.0017 mg/L,皆小于贫营养型标准,COD_{Mn}为1.98 mg/L、总氮为1.04 mg/L,在中营养型标准范围之内。

为何在6月份仅隔2个月时间,窖湖从中营养型水库变成蓝藻暴发的富营养型水库呢?通过对窖湖周围污染源情况调查,得出如下结论:

(1) 主要原因是有污染的河水大量排入。今年梅雨季节降雨量少,排入河道水水质较差,为超Ⅴ类水质,并且河道水中有蓝藻水花;从6月8日至6月24日排入河水达30~35万m³,为窖湖当时实际蓄水量的10%~12%。

(2) 窖湖上游有10来户养鸡户,共养鸡5万只,鸡粪运到山地作肥料或堆在户外,因此,鸡粪易随雨水淋溶入湖中,导致湖中有机物浓度增加。

(3) 窖湖库区内有2座砖瓦窑,取窖湖底泥制砖,挖泥虽可除掉泥中的有机质,但更易使底泥中的氮、磷及有机质释放出来。

(4) 此外,窖湖中历年养殖鱼、蟹等经济水生动物,养殖户为了提高产量而投饵料。

4 结 论

窖湖蓝藻暴发时,生态系统特征是窖湖处于水花微囊藻、铜绿微囊藻、假丝微囊藻占绝对优势,初级生产者与次级生产者绝不协调的富营养化生态系统中,其藻类暴发的主要原因是有污染的河水大量排入窖湖。

参考文献

- 1 章宗涉,黄祥飞.淡水浮游生物研究方法.北京:科学出版社,1991.5~362
- 2 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范.北京:中国环境科学出版社,1990.10~15
- 3 沈祖芬,章宗涉,龚循矩等.微型生物监测新技术.北京:中国建筑工业出版社,1990.119~129