

风力对内陆浅水水域磷水平的影响

李德尚 焦念志

(青岛海洋大学)

摘 要

本文通过对平度市大泽山水库(面积约0.5平方公里,平均水深约1.5米)的实地观测,研究了风力对内陆浅水水域磷水平的影响。结果表明,影响程度取决于风速、风力作用时间、水深以及风力作用前磷水平的高低等因素。就大泽山水库而言,风速大于2.5米/秒的风力可引起各种形态磷的明显增加。不过对磷酸盐磷来说,如果浓度本来就较高,风力作用下当有大量沉积物颗粒泛起时,会对 PO_4 产生吸附,因而可能导致水中游离磷酸盐磷含量下降。鉴于此,作者建议对内陆浅水水域进行磷水平调查时应考虑风力的作用。

关键词: 风力作用, 磷水平, 内陆浅水水域

风力是内陆水域水循环的主要动力之一,其对磷水平的影响主要是通过产生波浪、涡流及环流造成水团混合,从而改变磷的水平分布和垂直分布。其中,最突出的作用是将水底沉积物释放的磷及部分沉积物带到水体上层,为营养生成层提供可利用的磷源。Ryding及Forsberg^[3]曾对此作过定性描述,并指出,“风力在很大程度上控制了内输入和水中营养盐的供给。”对于浅水水域,风力的作用相对更大。总磷(TP)是水域生产力的重要指标,通常认为是比较稳定的^[1],但在浅水水域有风力干扰的情况下,波动亦相当剧烈。为了阐明风力对浅水水域磷水平的影响,我们于1987年5—9月在平度大泽山水库进行了连续观测,现将结果报道如下。

一、材料与方 法

平度县大泽山水库系一中型丘陵水库,观测期间面积为0.5公里²,平均水深1.5米,最大水深4米(末期降雨后升至6米)。

风力资料由平度县气象局和大泽山气象站提供(日观测3—4次)。

磷的观测指标包括:总磷(TP)、颗粒磷(PP)、总溶解磷(TDP),溶解有机磷(DOP)和溶解无机磷(DIP)(这里指 $\text{PO}_4\text{—P}$)。水样不过滤直接消解后测TP;经 0.45×10^{-6} 米微孔滤膜过滤后再消解测TDP、不消解直接显色测DIP;PP由TP和TDP差减求得;DOP由TDP和DIP差减求得。消解采用 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 压热处理法^[4],显色采用钼酸铵—酒石酸锑钾—抗坏血酸体系,比色波长为 710×10^{-9} 米^[2]。

1988年6月30日收到初稿,1990年7月7日收到修改稿。

用于相关分析的TP数据以增量(ΔTP)表示,即当前值为该次[TP]*减去上次[TP]之差;风速则是取相应次TP测定前5天之风速均值,但若该5天内前几天无大风,后几天有大风则只计后几天之平均值。

二、结果与讨论

1. 风力对磷水平影响的直观分析

87年5—9月间的20次TP、PP测定值列于表1。这期间的大风天气(风速 ≥ 6 米/秒)列于表2,将TP、PP各次测定值绘成曲线并将风力作用标出,如图1所示。

表 1 大泽山水库1987.5—9月总磷及颗粒磷分布变化

日 期	5.17	6.1	6.13	6.15	6.25	6.30	7.9	7.15	7.28	7.29
总磷(毫克/升)	0.0791	0.083	0.1263	0.1390	0.0879	0.1190	0.1250	0.1015	0.099	0.117
颗粒磷(毫克/升)	0.0568	0.0712	0.1129	0.1263	0.0714	0.1056	0.1160	0.0875	0.077	0.0934
日 期	7.30	7.31	8.15	8.31	9.6	9.7	9.9	9.13	9.16	9.29
总磷(毫克/升)	0.108	0.097	0.106	0.083	0.065	0.0735	0.057	0.056	0.063	0.072
颗粒磷(毫克/升)	0.086	0.077	0.146	0.020	0.048	0.0345	0.0501	0.050	0.060	0.065

表 2 1987.5—9月大泽山地区大风天气($S_{max} \geq 6$ 米/秒)

日 期	5.16	18	24	31	6.1	2	4	6	28	29	7.1	2	4	5	6
风 向	NNE	S	E	SSE	ENE	NN	SSW	N	SE	WNW	WN	ES	ES	ES	NW
风 速	10	13	7	8	8	10	8	7	7	8	6	6	6	6	7
日 期	7.8	9	29	8.10	14	15	28	31	9.5	8	16	19	19	25	28
风 向	NW	SE	NNE	WN	SSE	NW	SSE	NW	N	NNW	W	S	SSW	NW	NW
风 速	7	8	10	6	5	6	8	6	6	7	6	7	7	9	8

由图1可见,每次大风都引起明显的增磷作用。由于水浅($Z = 1.5$ 米)沉积物浮起,TP的绝大部分是PP形式(实际上包括一部分吸附态磷),TP、PP具有基本一致的变化趋势。增磷作用除与风速有关外,还与作用时间(正比)、作用前基础磷水平(反比)以及水深(反比)有关,例如:7月29日最大风速为10米/秒,但作用时间不足一天, ΔTP 为+0.018ppm,而且只维持了2天即降到原水平;6月28—29日两天最大风速5—8米/秒,由于原先磷水平较低,[TP]=0.099ppm,风后[TP]=0.119ppm, $\Delta TP = +0.02$ ppm。而7月1—9日连续数天大风($S_{max} = 6 \sim 8$ 米/秒)后[TP]=0.125ppm,比其基础值[TP]=0.119ppm仅增加0.006ppm,即由于TP原水平较高,风力增磷作用相对减小了。9月初降雨进水,最大水深由3米提高到6米,此后9月16—19日的风力($S_{max} = 6 \sim 7$ 米/秒)增磷作用明显削弱了。

图1只画出了波动幅度较大的TP和PP的变化曲线。事实上各种形态的磷都受风力影响而发生不同程度的变化,而且变化趋势不尽相同。下面仅以7月29日7号台风过境时的观测结果为例做一说明。

* [TP]之方括号表示浓度,下同。

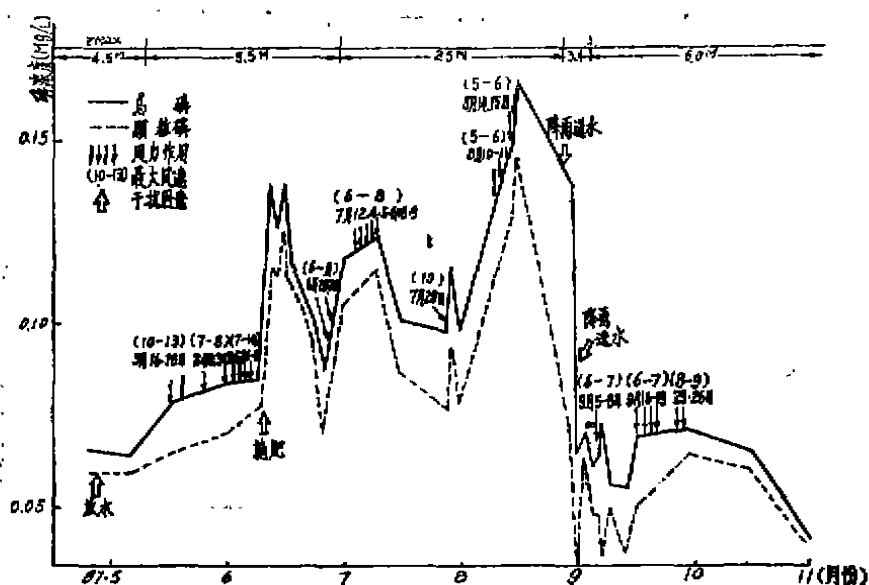


图1 TP、PP变化曲线及风力影响

7月28日夜起至29日午止, 风速在10米/秒左右, 大风前后各种形态磷浓度列于表3, 其变化趋势如图2所示。

表3 1987年7号台风对大泽山水库各种形态磷含量的影响

时 间	TP(毫克/升)	PP(毫克/升)	DOP(毫克/升)	PO ₄ -P(毫克/升)	TDP(毫克/升)	无机浊度*
7月28日	0.399	0.077	0.0101	0.0119	0.022	0.161
29日	0.177	0.0934	0.0151	0.0085	0.0233	0.253
30日	0.108	0.086	0.0120	0.010	0.022	0.171
31日	0.039	0.077	0.0103	0.017	0.022	0.172

* 浊度数值系消化后水样只加还原剂不显色在 10×10^{-2} 米光下比色测定的数值。

由图2可见, 除PO₄-P(即DIP)外其他各形态的磷之浓度都因风力作用而提高了。但由于此期水浅, 磷浓度一直维持在较高水平上, 且29日后两天基本无风, 故大风后仅三天即恢复到原来水平。[PO₄-P]之所以降低而不是提高, 其原因在于大风之前一直有小风扰动, 水体处于混合状态, 沉积物释磷不断输送到上复水中, [PO₄-P]值较高(0.005—0.012 ppm), 此次大风引起的波浪作用强烈, 沿岸带冲刷、底泥搅起等使大量粘土颗粒进入水中(无机浊度由0.161升到0.253, 见表3)这些粘土颗粒对PO₄有强烈吸附作用, 从而使[PO₄-P]下降了。

2. 风力增磷效果相关分析

从前面的直观分析已经看出, 风力作用可使水中磷水平提高, 下面以TP为例做一定量分析。表4是87年5—9月20次观测的总磷增量(ΔTP)及相应时间的平均风速(WS)资

料。将表4数据点到厘米方格纸上可见 $\Delta TP-WS$ 之间基本呈线性关系(图3)用计算机处理得到下列回归模式:

$$\Delta TP(\text{毫克/升}) = -0.027034 + 0.01066 WS(\text{米/秒}) \quad (1)$$

$$r = 0.7118 \quad n = 20$$

$$s = 0.0093$$

由 $r = 0.7118 > r_{0.01}(20-2) = 0.5614$ 可见二者相关是显著的。

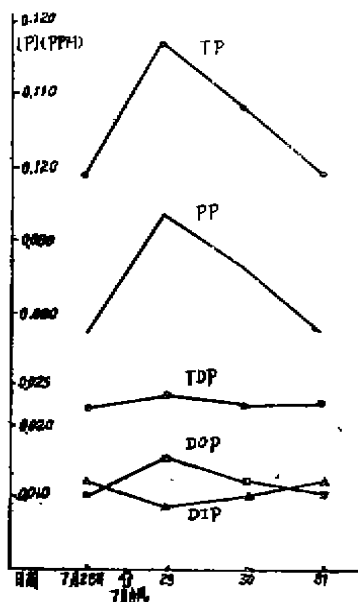


图2 7号台风引起的各种形式磷的变化

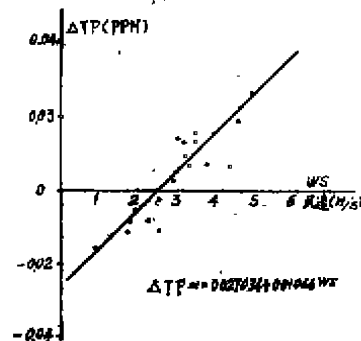


图3 $\Delta TP-WS$ 相关曲线

表4 风力增磷作用数据

日 期		5.17	6.1	6.13	6.15	6.25	6.30	7.9	7.15	7.28
总磷增量(毫克/升)		+0.0141	-0.0059	-0.0122	+0.0125	-0.01557	+0.03107	+0.006	+0.0235	-0.0025
平均风速*(米/秒)		WN	SE	ES	SE/WN	SE	ES	NSE	NN/SE	SE
		3.1	4.475	2.65	3.15	2.787	4.4	3.76	2.84	2.567
7.29	7.30	7.31	8.15	8.31	9.6	9.7	9.9	9.13	9.16	9.29
+0.018	-0.009	-0.005	+0.015	-0.012	+0.004	+0.0085	-0.0165	-0.001	+0.014	+0.002
WN	SE	SE	SE/NW	SW	NW	NW	SE/NW	NW	NE	SW
4.65	2.9	1.8	3.5	1.8	3.4	3.3	2	1.9	3.5	2.98

* 表中所列风向系参加平均的数次记录中最大风速之风向。

方程(1)中常数项小于零,表明当风速等于零时[TP]要下降。这是因为数据处理过程中在计算当次TP增量 ΔTP 时,是减去前一次的[TP]值而不是风速为零时的[TP]值。对于浅水型水域,这种处理是比较合理的,因为稍一有风就会造成水混合。如果有连续2次大风,第2次大风的增磷作用是在第1次基础上进行的,这时若不把第1次之TP值作基数,那么就夸大了第2次风的作用。另外,这种表达式还揭示,在浅水期[TP]经常处在一个高水平上波动,当风小时,由于沉降作用PP减少而使[TP]降低。由(1)式可知,这期间的相对平均风速(即 $\Delta TP = 0$ 时的风速)约为2.5米/秒。事实上,此期2—3米/秒的风是经常有的。可见,理论计算与实际情况是相吻合的。

应当指出,方程(1)只是在现有条件下得到的结果。当面积、水深等因素改变后,方程

中的常、系数就变了。那么能否建立一个包括面积、水深、风力作用时间等因素在内的TP-WS相关模型呢?从理论上讲是可行的,但实际上这个问题是比较复杂的。

Ryding和Forsberg (1976)^[1]还指出过,当风向与水域的长轴方向一致时,〔TP〕、〔NH₄-N〕增加明显。这显然是由于风对水团的混合作用与风的作用距离正相关所致。大泽山水库近似椭圆形,加之面积小,我们未发现有明显的风向—增磷相关关系。

三、小 结

(1) 风力对浅水型内陆水域的营养盐循环,特别是沉积物中磷的向上输送起着重要作用。

(2) 在浅水水体,大风可使沉积物颗粒泛起,致使水中〔PP〕、〔TP〕明显增高。通常〔TDP〕、〔DOP〕也会有所增高,但对于PO₄-P,若本来水中浓度较高(如施肥期),或由于风很大,使底泥搅起,沿岸带粘土大量进入水中,则会由于吸附作用而使〔PO₄-P〕下降。

(3) 阐明风力的作用,对具体水域提出定量指标(如大泽山水库枯水期风速大于2.5米/秒时可引起明显增磷),对于渔业经营管理是很有帮助的。

(4) 风力的作用受风速大小、风向、作用时间、水域面积、深度、有无温跃层等多方面因素制约,能否建立一个多参数、普适性模式尚待进一步研究。

(5) 一个水域的磷水平波动受诸多因子影响。因此,在进行鱼产力调查时,不仅要选取相对稳定的指标(如TP^[1]、TDP^[5])及稳定的时期(如春季翻水期^[6]、冬季^[7]),还应考虑到其他外部作用(如风力)的干扰,以使所得数据具有较高的代表性和可比性。

参 考 文 献

- [1] 李德尚, 1985, 《水库渔业》85(2): 53—57。
- [2] 夏力耘译, 《国外环境科学与技术》84(6), P63。
- [3] Ryding, S. O. & C. Forsberg, 1976, Interaction between Sediments and fresh-water. CENTER FOR AGRICULTURAL PUBLISHING AND DOCUMENTATION WAGENINGEN. H. L. Golterman ed. 227—234.
- [4] Grasshoff, K. & F. Koroleff, 1983. Methods of Sea Water Analysis, 2nd ed.
- [5] Strickland, J. D. H. & K. H. Austin, 1960. J. Fish. Res. Board Can. 17: 337—345.
- [6] Dillon, P. J. & F. H. Rigler, 1974. Limnol. Oceanogr. 19(5):767—773.
- [7] Oglesby, R. T., 1982. Tran. Amer. Fish. Soci. 111: 171—175.

THE EFFECT OF WIND ON THE LEVEL OF PHOSPHORUS IN SHALLOW INLAND WATERS

Li Deshang Jiao Nianzhi
(Ocean University of Qingdao)

Abstract

This investigation was carried out in Dazeshan Reservoir at Pingdu City. The water area of the reservoir was about 0.5km^2 , and the mean depth was 1.5m. The results indicated that the effect of wind on the level of phosphorus in shallow inland waters is determined by the wind speed, the duration of wind blowing, the depth of the water, and the original P-level before wind blowing. In this reservoir, wind with speed over 2.5m/s would cause obvious increases in the concentrations of all forms of phosphorus. However because of adsorption by suspended sediment, the concentration of $\text{PO}_4\text{-P}$ might decrease when its original concentration in the water was relatively high. In view of this the authors suggested that in investigation of P-level of shallow inland waters, the effect of wind should be taken into account.

Key words: wind power, phosphorus level, shallow inland waters