

洪湖垦殖剖面的地球化学特征*

杨汉东 蔡述明

(中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077)

提要 于1988—1990年在洪湖设6个剖面站位,对洪湖地区不同时期的垦殖剖面进行地球化学分析,并通过对沉积物层序间的21个元素的聚类分析,探讨垦殖剖面中元素的分布,地下水及垦殖对元素迁移的影响和再沉积作用与垦殖土壤的关系,指出由于湖泊区域性干涸和垦殖过程的变化,导致沉积层序发生变化。这是人类垦殖活动对沼泽化湖泊产生影响的典型例证。

关键词 垦殖 地球化学 地下水 沉积物

人类对湖泊的垦殖严重影响湖泊的自然生态环境,破坏其自然的调蓄功能,加速湖泊的沼泽化发展,这在长江中下游浅水湖泊中具有普遍性。本文为洪湖垦殖剖面的地球化学特征的研究,以期为合理利用湖泊资源,改善湖泊功能提供科学依据。

1 研究方法

1.1 站位和取样 洪湖地处江汉平原,横跨洪湖、监利两个市县,为长江中游的一个大型浅水湖泊。50年代、60年代、70年代进行过3次围湖造田,为此由湖泊面积为760km²成为现在的355km²。为研究垦殖区剖面中元素地球化学过程的变化,特择不同历史时期垦殖点,于1988年9月—1990年5月取样。站位分布见图1。H₁站所在区域于1953年围垦成岸边洼地,经排水耕种现已成为旱地。H₂站所在区域于1962年围垦,后改造为水田。H₃站所在区域于1972年围湖开荒辟为水田。H₄站所在区域于1985年围堤,1986年挖池养鱼。H₅站位于湖内,是曾垦殖过的没水湖区,以上站位剖面取样分两种,没水剖面用Russia取样器取得,土壤剖面开挖取得,按剖面视觉性状差异分层取样。H₆站位于湖中偏东北部,也为曾垦殖过的没水湖区,剖面用Russia取样器取得,以3cm间隙分样取样。

1.2 实验 pH和Eh值分别在野外用pH、Eh计于样品取出后立即测定。在100℃以下将样品烘干、研磨,过100目筛用于室内分析。总氮用重铬酸钾-硫酸硝化法测定;总

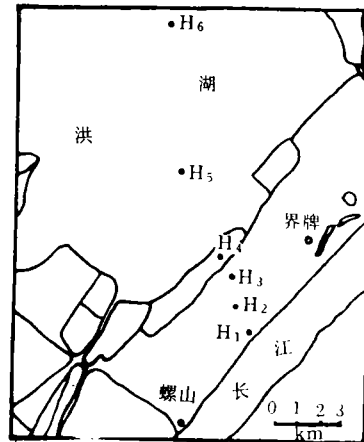


图1 洪湖取样站位
Fig. 1 Sampling stations for cultivation profiles from 50' to 70' in Lake Honghu

* 国家自然科学基金资助项目,49070060号。杨汉东,男,出生于1963年8月,副研究员。

承刘建康教授审阅指导,蔡庆华博士完成聚类分析,谨志谢忱。

收稿日期:1992年10月19日,接受日期:1994年3月1日。

表 1 洪湖各剖面元素含量
Tab. 1 Contents of chemical elements in the profiles of Lake Honghu

剖面	深度 (cm)	pH	Eh (mV)	T-N (%)	T-P (%)	T-C (%)	C/N	Ca (%)	Mg (%)	Fe (%)	Al (%)	Cu ($\times 10^{-6}$)	Pb ($\times 10^{-6}$)	Zn ($\times 10^{-6}$)	Cd ($\times 10^{-6}$)
H ₁	0—15	6.24	459	0.134	0.073	1.14	8.73	1.58	0.88	3.35	3.42	42.8	8.4	108.4	1.98
	15—40	6.58	491	0.063	0.069	0.97	15.4	2.60	0.81	3.55	3.68	40.2	7.7	120.2	1.84
	40—83	7.36	521	0.102	0.067	0.77	7.95	0.785	0.89	4.06	3.31	48.3	17.8	151.8	2.08
	83—110	7.20	541	0.080	0.045	0.58	7.25	0.453	0.84	4.21	3.35	43.4	13.7	111.3	2.20
H ₂	0—15	7.79	531	0.204	0.038	2.43	11.9	3.03	0.99	3.91	4.30	48.7	8.71	119.8	2.29
	15—46	7.42	268	0.138	0.063	1.95	14.1	3.04	0.66	3.34	3.60	41.1	12.8	83.9	2.06
	46—63	7.36	524	0.076	0.061	1.24	16.3	2.74	0.81	4.16	3.85	45.7	10.6	121	2.48
	63—87	7.06	252	0.099	0.058	0.69	6.97	0.98	1.02	4.16	4.48	46.3	9.75	198	1.67
87—125	7.26	291	0.083	0.050	0.96	11.6	0.48	0.90	4.42	4.36	40.2	11.3	111	1.91	
H ₃	0—27	7.58	120	0.388	0.071	4.09	10.5	1.24	1.03	4.01	3.80	53.2	14.4	152	2.12
	27—50	7.59	124	0.085	0.062	3.02	37.5	2.09	0.78	3.70	3.46	48.2	16.7	98.4	2.55
	50—71	7.81	145	0.125	0.064	1.72	13.8	3.86	1.06	4.18	5.13	47.0	9.3	99	2.79
	72—95	7.69	153	0.114	0.093	1.57	13.9	2.81	0.96	4.33	4.26	52.6	11.0	121	2.42
H ₄	0—10	7.24	119	0.269	0.073	4.13	15.4	2.30	0.78	3.72	3.32	51.4	20.8	119	2.87
	10—32	7.61	135	0.186	0.095	2.49	13.4	2.61	0.78	3.84	3.64	51.2	22.2	98	2.59
	32—48	7.83	159	0.105	0.067	1.61	15.3	3.78	0.99	4.26	4.34	49.0	10.7	105	2.34
H ₅	0—15	7.16	195	0.170	0.066	0.59	3.47	4.35	1.24	4.00	5.08	45.7	9.7	85.7	2.91
	15—20	7.60	104	0.184	0.061	0.48	2.61	3.59	1.10	3.83	4.61	47.1	16.7	88.7	2.90
	20—70	7.76	127	0.111	0.069	0.62	0.59	4.30	1.17	3.68	3.88	52.9	16.2	103	2.79

磷用高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法测定;总有机碳用 1106 型元素分析仪测定;Ca,Mg, Fe,Al,Cu,Zn,Pb,Cd,S,K,Na,Ti, Mn,V, Cr,Ni 用 ICP 发射光谱法测定;Pb,Cd 回收率大于 90%,其他元素回收率大于 95%。

2 结果与讨论

pH 和 Eh 值、总氮、总磷、总有机碳和化学元素测定结果见表 1。

2.1 剖面中 pH,Eh 与生物、水的关系 从 pH 值看出洪湖各剖面基本是呈中性略偏碱性。若将垦殖区 H₁,H₂ 和 H₃ 3个剖面比较,垦殖时间长的,剖面中 pH 值略有下降趋势。氧化还原特征可大致分为两类,一类是没水剖面,Eh 在 100—200mV 之间;一类是土壤剖面,Eh 在 250—500mV 之间,可见剖面的 Eh 主要受到水的控制,即受到氧电对的控制。

2.2 剖面中 C,N,P 含量的变化与生物、水深的关系 一般是剖面浅部的含量较深部的高。如 H₂, H₃ 剖面中表层 C,N 含量较剖面底部高出数倍。洪湖地区水生植物生长旺盛,植物以其发达的根系吸收养分进入植物体,植物死亡后,残体堆积在沉积物表层,其中所含的营养物质又成为后期生长植物的营养源之一被植物吸收,并随植物的死亡再次被堆积在沉积物表层,营养物质以此形成“沉积物表层-生物体-新生沉积物”的循环。由表 2 可知,植物体强烈吸收 N,P,Ca,Mn 等元素,在循环过程中,N,P,Ca 等元素在沉积物表层富集。C 的富集过程也是如此。

表 2 洪湖植物的元素吸收系数

Tab. 2 Element absorption coefficients of plants in Lake Honghu

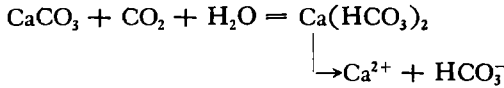
物 种	N	P	Al	Fe	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu
槐叶萍 (<i>Salvinia natans</i> (L.) All.)	4.00	1.70	0.02	0.61	1.03	0.18	2.60	0.33	0.14
菰 (<i>Zizania latifolia</i> Turcz)	2.30	0.42	0.002	0.12	0.40	0.12	2.60	0.27	0.04
微齿眼子菜 (<i>P. maackianus</i> A. Benn)	6.44	1.42	0.006	0.05	0.29	0.13	0.58	0.26	0.06
莲 (<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn)	2.31	0.85	0.006	0.03	0.46	0.35	0.53	0.24	0.27

各剖面间的 C,N 含量变化明显,一般规律是湖岸区,围垸养鱼区剖面 C, N 的含量大于仍处在垦殖状态的剖面 and 湖内剖面的含量。围垸养鱼区位于湖边,为沼泽化发展的起始区,区域内湿生植物生长时间较湖中部早,生物量也较大,因而有机碳和氮沉积量也较高。在垦殖区,由于农业生产中生物量的收获,有机碳和氮移出量大,因而剖面中 C, N 含量下降也大。垦殖剖面中 P 含量稍低于其他类型剖面,也主要为 P 随农作物的收获而移出所致。

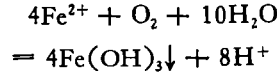
2.3 地下水对剖面中金属元素的影响 H₁, H₂ 剖面中 Ca 受地下水淋溶作用的影响而移出,致使剖面中地下水位移动区(野外观察 H₁,H₂ 两剖面地下水主要移动区在深度为 15—75cm 范围内)的 Ca 含量减少约 80%。Ca 是植物强烈吸收的元素,因而在有机质含量高的土壤和沉积物中 Ca 含量一般也较高¹⁾。但由于垦殖剖面中 CO₂ 的分压常比大气中的分压大几百倍(布雷迪,1982),在地下水的作用下 Ca 因淋溶而移出,即在 Ca 的

1) 杨汉东等,洪湖生态环境的化学结构,生态学报。(待刊)

淋溶淀积过程中,淋溶起控制作用:



H_1, H_2 和 H_3 垦殖剖面地下水移动区出现大量铁锰结核。铁以二价离子进行迁移,可随毛管水上升,在氧化条件下(与土壤中氧接触)转化为高价化合物而淀积(陈静生,1980):



Fe 在氧化过程中形成“锈斑” $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$;在渍水还原条件下,三价铁(Fe^{3+})可被还原成亚铁(Fe^{2+});在氧化过程中再淀积至“锈斑”上。 Fe^{2+} 较 Mn^{2+} 先被氧化(于天仁等,1990), Mn^{2+} 氧化后的淀积物又与 Fe 的淀积物在一起因而形成铁锰结核。

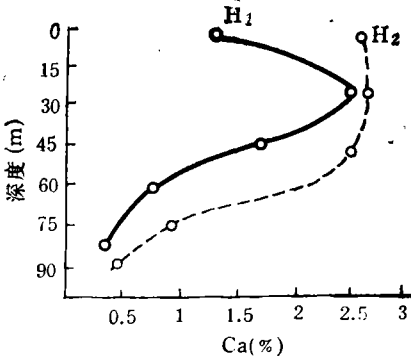


图2 H_1, H_2 剖面 Ca 的分布
Fig. 2 Distribution of Ca in H_1 and H_2 Profiles in Lake Honghu

垦殖区地下水水位还与湖水水位相关,湖水与地下水的交换可对垦殖剖面的元素迁移产生影响。地下水 Fe 含量与湖水的相近,湖水的补给对地下水中 Fe 含量冲击不大,剖面中 Fe 的流失量就相应较小。地下水中 Mn, Mg 含量比湖水中的大得多,说明湖水对地下水的补给起较大作用。见表 3。

表3 洪湖湖水和 H_2 地下水中几种元素的含量($\times 10^{-6}$)
Tab.3 Contents of Fe, Mn and Mg in lake water and groundwater at H_2 in Lake Honghu

元 素	Fe	Mn	Mg
湖 水	0.46	0.05	6.2
地下水	0.54	2.33	39.7

各类剖面中 Cu, Pb, Zn, Cd 的分布无大变化,对照 Forstner(1977) 的调查结果可知,这几种元素对洪湖地区尚未构成大的污染。

2.4 再沉积过程与垦殖剖面的关系 历史时期,洪湖许多区域曾多次被开垦过,垦殖区域的再次渍水成湖会使沉积物在化学组成上发生变化,元素的沉积层间模糊聚类分析(蔡庆华,1988),可考察沉积过程中地球化学组合的稳定程度,反映湖泊生态环境的变化。

由 H_6 的 21 元素层间相关分析可知,该剖面所测前 5 层(沉积物 24cm 以浅)与后 7 层(沉积物深部 24—66cm) 分别成为相关性较好的两组,两组间相关性较小。前 5 层中第一层有别于其他层,是因为新鲜沉积物。结合沉积物 24cm 以深土壤的团粒结构较

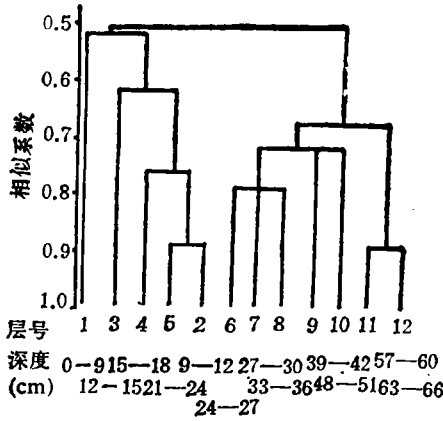


图 3 H₄ 层间的动态模糊聚类图

Fig. 3 The fuzzy cluster dendrogram of layers in H₄ in Lake Honghu

好和 1991 年资料¹⁾ 及 Cai 等(1991)分析,说明此剖面在 24cm 以浅的沉积物未沉积之前,此区域曾经由于湖水干涸,出露的沉积物被开垦为农田,经过耕作成土过程后,又受水成湖,进入新的湖泊沉积期直至现在。洪湖曾于 1879 年破堤,1886 年挖开冯姓河,大片被开垦的农田受淹而重新沦为湖面²⁾。H₄ 剖面浅部 24cm 即为垦殖农田淹没后的沉积物,这与模糊聚类分析的结果相吻合。由此还可推算出此区近百年湖泊沉积速率的平均值约为 0.23cm/a。

3 结语

3.1 在洪湖垦殖剖面中,由于植物残体的沉积使剖面浅层营养物质增多,农作物的收获又使得剖面中营养物质移出。湖区地下水的活动控制着剖面 Eh 的变化及部分元素的淋溶淀积过程。湖泊干涸和垦殖过程的改变导致沉积物中化学元素组合发生改变。

3.2 在安排农业生产时要考虑垦殖区的营养物质状况和地下水的影响,对湖区的垦殖要取慎重态度。

参 考 文 献

于天仁等编,1990,土壤发生中的化学过程,科学出版社(北京),140—145。
 陈静生,1980,我国北部土壤和第四纪沉积物中化学淀积物的形成和地理分布规律,地理学报,35(1): 24—32。
 蔡庆华,1988,东湖生态系统污染状况的 FUZZY 聚类分析,水生生物学报,12(3): 193—198。
 布雷迪著,1980,南京农学院土化系等译,1982,土壤的本质与性状,科学出版社(北京),250。
 Cai, S. and Yi, Z., 1991, Sedimentary features and the evolution of Lake Honghu, Central China, *Hydrobiologia*, 214:341—345。
 Forstner, U., 1977, Metal concentrations in recent lacustrine sediments, *Arch. Hydrobiol.*, 80(2):172—191。

1) 杨汉东,1991,洪湖沉积物的地球化学。
 2) 田百川,1982,洪湖成因初探,湖北水利志通讯,107—109。

THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CULTIVATION PROFILES IN LAKE HONGHU

Yang Handong, Cai Shuming

(*Institute of Geodesy and Geophysics, Academia Sinica, Wuhan 430077*)

ABSTRACT

Chemical analysis of cultivation profiles taken in Lake Honghu from 1988 to 1990 showed that:

(1) Owing to luxuriant aquatic plant growth, some elements such as C, N and Ca are enriched in the surface sediment. The concentrations of nutrient elements reduce in the process of cultivation.

(2) Because of the high and frequent removal of the groundwater level in cultivation area, many elements such as Ca, Mg, Fe and Mn are removed. The loss of Ca is nearly 80%.

(3) In the evolution of the lake, Changes in cultivation and in dry and wet processes of the lake have altered the sedimentation processes, the order of sediment layers and the distribution of elements.

Key words Cultivation . Geochemistry Groundwater Sediment