

新疆巴里坤湖ZK0024孔 微量元素变化的古气候意义*

韩淑娣 钟 巍
(新疆大学地理系, 乌鲁木齐)

关键词 微量元素 冷湿暖干交替 趋向干旱

一、巴里坤ZK0024孔沉积环境

巴里坤湖位于东天山巴里坤盆地之中, 距巴里坤县城北西约14km, ZK0024孔位于巴里坤湖中心略偏南的部位。巴里坤盆地位于北天山东段巴里坤山与莫钦乌拉山之间的地堑式断陷高位盆地, 四周为群山环抱(图1)。

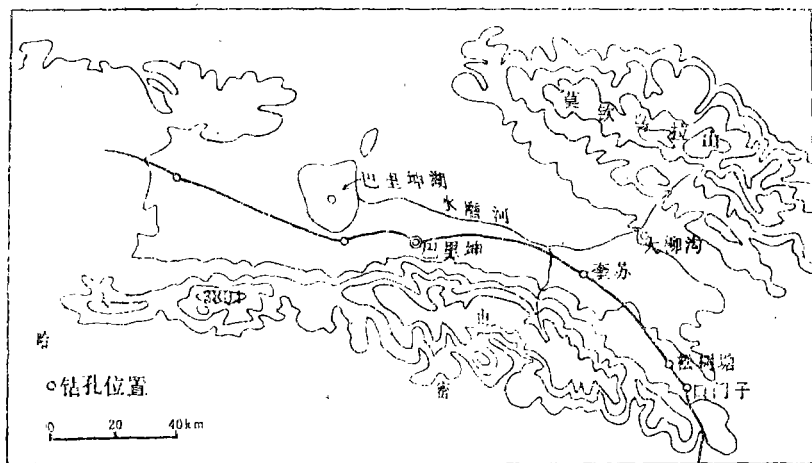


图 1 巴里坤湖位置
Fig. 1 Location of Barkol Lake

第四纪早期, 据四周钻孔资料揭示, 巴里坤湖面积曾达 850km^2 , 至第四纪晚期到全新世演化为 500km^2 , 随着历次新构造运动和古气候变迁的影响, 收缩成今日 112.5km^2 。

本文主要讨论 ZK0024 孔 8m 以上全新世沉积环境。岩芯主要为灰黑色、黑色淤泥、粘土, 具有纹理条带状构造, 含炭质和植物碎屑与灰色淤泥、灰绿色粘土互层。据 ^{14}C 测定、孢粉组合、孢粉浓度曲线、微体古生物分析、重矿组合所反映的古气候古环境将全新世分为三个沉积阶段。

*国家自然科学基金资助课题。本文承李吉均、张林源教授提出宝贵意见, 特此致谢。

早全新世(7.84—8m—5.6m)在2.9m处 ^{14}C 测定距今 7495 ± 65 年,7.84至8m全新世底界,正是黑色具纹理构造含炭质粘土层与灰绿色粘土质粉砂接触处,也是角闪石出现最低值、不透明矿物出现最高值段层附近¹⁾。该段层为藜科、蒿属、麻黄、骆驼刺等耐旱植物组合为主²⁾、孢粉浓度由9.62m层的6225.594粒/克,猛减到1720.225粒/克与ZK0024孔相当层位的ZK004孔(近湖滨孔),7.74m以下附近出现许多喜盐的介形虫,并根据 ^{14}C 测定属 7495 ± 65 — 24310 ± 225 年间沉积。据此我们将8m附近暂定为全新世底界,生物界生态环境反映与现代荒漠相似,属气候热干环境。其后堆积了灰绿色的粘土层(6.63m以下层段)曾出现少量落叶松等、桦属及耐凉植物,反映相对凉湿环境。至5.60—6.83m接受了含植物碎屑具纹理结构的粘土层,出现奇妙白化介组合的半咸水、咸水种的盐化种,又属暖干的气候环境。

中全新世(5.80—2.00m)下段主要为灰色淤泥,上段为灰黑色具纹理构造淤泥含石膏、芒硝。下部为向中全新世过渡段,孢粉出现云杉、桦、柏科等组合,孢粉浓度达整个剖面最高值(7086.76粒/克),并出现乳白小玻璃介组合,属微咸水淡水沉积环境、反映较冷湿的沉积阶段,上部为麻黄、怪柳等早生小半灌木的组合带,与地层中出现的石膏、芒硝的沉积环境相一致,反映了暖干的荒漠草原环境。

上全新世(2.00m—顶部)为黑色淤泥芒硝层互层。上有0.36m的芒硝层。植被以早生、盐生麻黄等为主,属荒漠环境的热干气候。

二、全新世微量元素含量分布特征

鉴于上述沉积特征、沉积物在沉积时受气候和沉积介质的理化性质的影响,使不同时期的沉积层存在着明显的差异,而它们的微量元素的含量差异更为明显。

我们在巴里坤湖湖中心及湖滨分别采了ZK-0024孔,ZK004孔20多个样品,用等离子发射光谱测定了23种微量元素,其中F、Cl、K、Na用原子吸收光谱测定,本文采用ZK0024孔分析资料来讨论全新世微量元素演变的古气候环境。

为了便于对比,以元素含量平均值作为基准值,将不同时期元素含量与基准值比较,就可显示出各种元素在不同时期相对聚集和淋溶程度及其变化特征(图2)。剖面中各种微量元素百分含量呈现有节奏的波动下降,如Ti、Be、Ni、Cr、Nb等。性质不同的元素表现为相对应的同步变化,如Ca、Fe、F、Cl、等。

在这8m的钻孔剖面中元素含量出现了三个波峰与三个波谷,其中7.48m和2.90m波峰较明显,5.60—5.83m的波峰不太明显,只在Cr、Nb、Co、Fe等元素波动曲线中反映较显。波谷以6.63m及4.53m处较清楚,1.20m处波谷处各元素均出现快速递减。

从各时期的各种元素的百分含量看,全新世早期多数元素含量较高,一般高于钻孔剖面基准值,如Ti、Be、Ni、Nb、Co、Al、V、Fe、Zn等。到中全新世接近基准值或在基准值上下波动,晚全新世大多数元素普遍低于基准值,出现全剖面的最低值(表1)。

为了进一步了解元素的分布规律,我们做了Sr/Ba、F/Cl、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 的比值分析表

1)新疆地矿局重矿物室分析

2)韩淑娣、潘安定、赵泉鸿:新疆巴里坤湖生物地层与古环境,1988年。

表1 ZK0024孔微量元素含量的规律变化(Ca、Al、Fe、Mg为%，其余均为ppm)
Table 1 Change regularity of trace element contents in ZK0024 drill

深度 (m)	编号	Fe	Ti	Ba	Zn	Al	Sr	Be	Ni	Ca	Cr	NB	Co	Mg	La	Y	Mn	V	Cu
1.20	3	0.74	464.6	65.74	34.46	1.476	124.10	0.458	8.573	2.104	10.420	4.857	5.012	1.807	5.549	12.78	109.9	14.69	14.44
1.50	4	1.16	724.70	124.10	41.80	2.26	273.1	0.742	9.769	4.92	18.73	8.99	9.19	5.64	10.64	27.31	212	24.80	16.758
2.96	6	2.726	2293	305.7	49.31	7.216	649.8	1.373	20.53	10.26	37.86	11.44	10.76	6.036	22.10	56.22	433.10	52.97	21.34
4.53	9	2.68	2051	332.50	43.90	6.85	879.60	1.289	17.60	25.03	35.44	11.07	6.70	2.594	26.16	65.16	651.80	45.38	26.87
5.83	11	2.818	2807.0	363	43.16	8.285	917.50	1.484	19.14	16.72	37.59	12.93	8.222	1.969	29.09	74.74	597.00	52.32	23.40
6.63	12	2.966	3366.0	436.0	47.60	9.742	1132.0	1.753	24.06	17.01	42.86	14.55	11.46	2.314	31.81	88.16	540	63.57	50.24
7.83	$14\frac{1}{1}$	4.549	4162	479.50	75.40	11.80	728.60	2.801	27.81	9.877	57.74	15.87	13.71	2.628	34.27	78.89	608.80	86.35	33.36
9.62	$19\frac{1}{1}$	3.424	3329.0	438.50	61.53	9.99	1035.00	1.789	24.87	16.50	46.87	13.91	11.64	2.788	31.38	83.37	604.50	68.36	35.26
10.36	$21\frac{1}{1}$	4.716	3987	461.0	74.21	11.60	668.40	2.139	27.66	11.99	59.99	15.58	14.44	3.502	33.20	76.66	699.30	86.49	27.89
10.76	$22\frac{1}{1}$	3.87	3138	412.8	69.97	9.467	1232.0	1.80	24.39	16.64	47.66	13.90	11.51	3.716	32.53	89.75	683.70	68.19	26.21
平均值		2.965	2692	342	54.134	7.867	660.61	1.510	20.44	13.105	39.49	12.31	10.26	3.268	25.613	65.304	516.01	56.312	27.577
含量范围		0.74 4.549	464.6 4162	65.74 479.50	34.46 75.40	1.476 11.80	124.10 1035	0.458 2.801	8.573 27	2.104 16.50	10.42 57.74	4.857 15.87	5.012 13.71	1.807 3.716	5.549 34.27	12.78 89.75	109.9 699.30	14.69 86.35	14.4 26.89

2, 发现微量元素比值自下而上也作有规律的递减, 性质不同的元素比值亦显示同步的有节奏变化, 在剖面的下、中、上三段的元素比值也展示明显的含量差异, 其总的变化规律和元素含量变化一致 (图3)。

表 2 元素比值变化
Table 2 Variation in element ration

	$\frac{K_2O}{Na_2O}$		$\frac{F}{Cl}$		$\frac{Sr}{Ba}$
3	$\frac{0.45}{27.92} = 0.016$	3	$\frac{0.039}{1.73} = 0.0225$	3	$\frac{124.1}{65.74} = 1.89$
4	$\frac{0.70}{19.39} = 0.036$	4	$\frac{0.033}{1.07} = 0.0308$	4	$\frac{27.31}{124.40} = 2.195$
6	$\frac{1.77}{9.16} = 0.789$	6	$\frac{0.078}{0.86} = 0.0907$	6	$\frac{6498}{305.7} = 2.126$
9	$\frac{1.67}{3.29} = 0.51$	9	$\frac{0.090}{0.75} = 0.12$	9	$\frac{879.6}{332.5} = 2.645$
11	$\frac{1.92}{4.06} = 0.41$	11	$\frac{0.079}{0.43} = 0.1837$	11	$\frac{917.5}{363} = 2.528$
12	$\frac{2.22}{3.44} = 0.645$	12	$\frac{0.066}{0.61} = 0.1082$	12	$\frac{1132}{436} = 2.60$
14	$\frac{2.63}{3.56} = 0.74$	13	$\frac{0.079}{0.49} = 0.1612$	14	$\frac{728.6}{479.5} = 1.519$
$19\frac{1}{1}$	$\frac{2.40}{3.53} = 0.680$	14	$\frac{0.090}{0.61} = 0.1475$	$19\frac{1}{1}$	$\frac{1035}{438.5} = 2.360$
$21\frac{1}{2}$	$\frac{2.68}{3.53} = 0.759$	$19\frac{1}{1}$	$\frac{0.093}{0.67} = 0.1388$	$21\frac{1}{2}$	$\frac{668.4}{461} = 1.450$
$22\frac{1}{1}$	$\frac{2.25}{3.38} = 0.66$	$21\frac{1}{2}$	$\frac{0.088}{0.55} = 0.16$	$22\frac{1}{1}$	$\frac{1232}{412.8} = 2.985$
		$22\frac{1}{1}$	$\frac{0.093}{0.47} = 0.1979$		

三、微量元素演化规律与古气候意义

由元素和元素比值分布特征表明、巴里坤全新世钻孔剖面微量元素及其比值出现了三个高值和三个低值。Ti、Fe等微量元素高反映气候好转, 进入暖干环境, 加速了化学和生物作用的进行, 利于岩石矿物的破坏和分解, 致使各元素易于聚集 (性质不同元素则反之), 因而出现在微量元素含量变高。微量元素低值反映气候变冷或变凉, 化学与生物作用亦相对减弱, 抑制了微量元素的富集, 所以出现元素含量低值。由此可见微量元素对古气候有良好的指向性, 说明整个全新世剖面经历了不同程度的三个暖干期、三个不同程度的冷湿期。而且元素高值均出现在灰黑色黑色含植物碎屑或芒硝的暖干段层, 低值均出现在灰绿色灰色粘土的冷湿段层, 表明微量元素所揭示的古气候特征与沉积环境生物生态环境所揭示的气候变化规律是一致的, 并可互为见证。

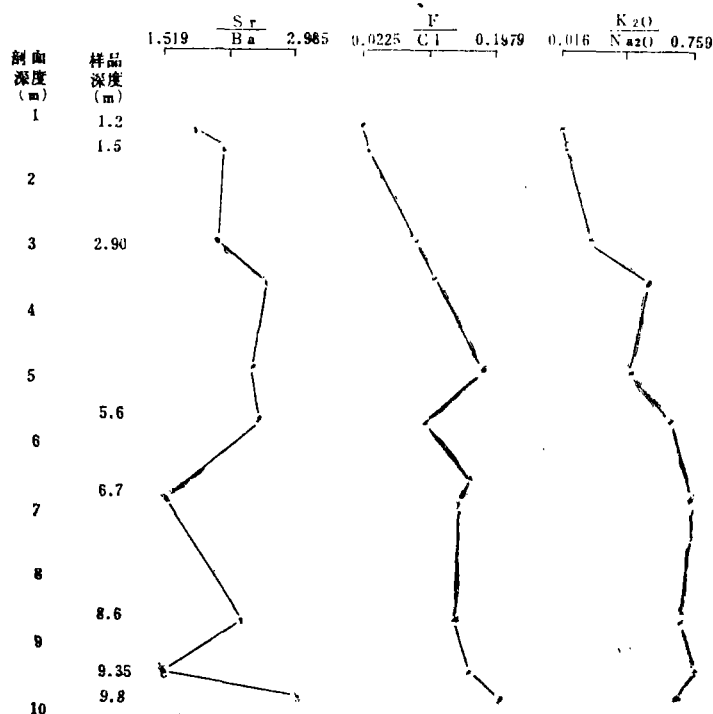


图 3 各种微量元素比值变化
Fig. 3 Change of trace element ratios

上述三次高低值的波动曲线和全新世三次冰期、间冰期相对应，低值出现在冰期或寒期，高值出现在暖干或热干的间冰期。现分别将低值与北方期冷湿（偏凉）期，8000—7000年冰期；5000—3000年冰期对比。高值与各次间冰期对应，形成干旱区特有微量元素的古气候指向，它服从于全球气候变化规律（表3）。

这种冷与湿、热与干的对应关系，已由我系罗格平论文“近250年来巴里坤的气温与树轮变化曲线”所证实（图4、图5），近30年来温度与降水距平曲线表明，气温高，降水少；温度低，降水多。所以暖干与冷湿也以现代气候变化规律为佐证。而现代几次冷湿分别代表几次小冰期前进期，如同博格达山河源处、金沟河和乌鲁木齐河源3—4次小冰期前进期相一致。说明小冰期来临、气候变冷、相对变湿、径流变丰；气候变暖、相对变干、径流变枯^[1]，如距现代冰舌最近的第三道、第四道终碛（本世纪30年代）正好处于一个冷湿阶段中。

但干旱区微量元素变化又具有明显的区域性特征，各种微量元素及其比值的变化幅度，自下而上虽较明显，但幅度变化不大，这是由于受干旱区冷与湿对应，暖与干对应的气候格局所支配的结果，导致元素自下而上波幅较小，呈缓慢起伏的斜线式波动。可见一系列元素在剖面上的波动特征也反映了干旱区的气候格局。

这种气候格局形成与西藏高原、天山山脉在第四纪不同时期对西风环流产生不同程度的阻挡作用密切相关^[2]。晚更新世，当天山和青藏高原上升到4000m高度时对西风和西南季风产生了明显的阻挡作用，从此，新疆干旱区的水热平衡、冷热、干湿对应关系

表 3 巴里坤湖ZK0024孔古气候演变综合分析

Table 3 Compositive analysis of paleoclimate evolution of ZK0024 drill in Barkol Lake

样号	年代	深度 (M)	剖面	岩芯	微量元素 古气候波动曲线 (以下元素为例)	微体化石 组 合	孢粉浓度 含量 粒/克土样	冰川序 列
3				芒硝层	Ca Fe		1085.26	间冰期
		1.20		含芒硝黑色淤泥				冰 期
4		1.50		含芒硝灰色淤泥			1201.67	间冰期
				灰黑色团块条带状 淤泥含芒硝、石膏				冰 期
6				灰色淤泥			7086.73	间冰期
7495年 ±65	2.90			灰绿色粘土 夹有芒硝				冰 期
9				条带状植物残屑层			1801.788	间冰期
	5.60 5.83			灰绿色粘土 灰黑色条状粘土				冰 期
11		4.53		下部黑色碳质 团块及条状			1720.225	间冰期
12		6.63		灰绿色粘土质粉砂 中部粉砂层中夹 黑色的粘土				冰 期
14-1		7.48		粘土质粉砂层	Ca Fe	乳白小玻璃介组合 (微咸浅水沉积环境) 奇妙白化介组合 (半咸水-咸水沉积环境)	6225.594	末次冰期
	7.84			深灰色粘土层				间冰期
18-1		8.22					7086.73	冰 期
21-1		9.62						间冰期
24310年 ±225	10.36							冰 期
22-1		10.76						间冰期

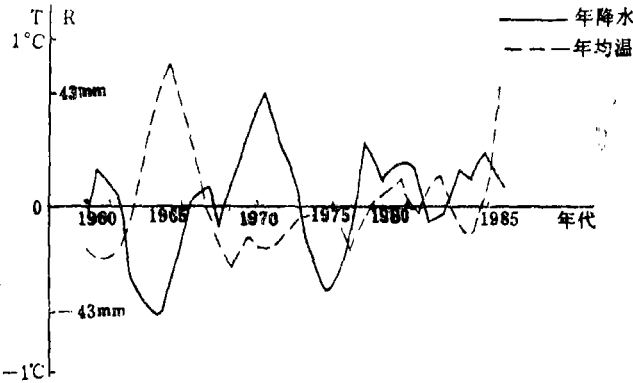


图 4 巴里坤湖温度降水三年滑动平均距平曲线
Fig. 4 Curves of mean anomaly of three-year sliding both of temperature and precipitation in Barkol Lake

发生了性质上的差异, 转化为冷湿与暖干的古气候交替¹⁾。此后, 干旱区降水量多少不取决于冰期、间冰期水量的变化, 而决定于有效降水和蒸发量大小。冷湿时蒸发量小,

1) 韩淑娟等: 内陆干旱区新疆晚更新世古气候变化格局, 1988年。

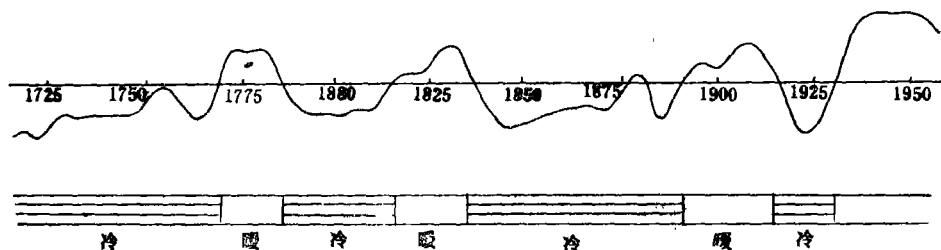


图 5 年轮序列所表征的气温变化趋势曲线

Fig. 5 Curves of air temperature change tendency characterized by tree ring series

暖干时蒸发量大，就此制约了微量元素的波动曲线的变化特征及其波幅的大小，形成特殊气候的元素波动形式。

全新世微量元素虽波动幅度不大，但却存在着早全新世含量大于基准值，中全新世含量波动在基准值附近、晚全新世明显地小于基准值的情况（表1），这说明干旱区的微量元素在不同时期其含量变化具有明显的区域特色，深受干旱区气候波动格局的控制。早期出现全剖面的最高值，表明这时属暖干略偏凉的间冰期环境，最有利于元素的富集。显示与东部早期微量元素出现低值反映较凉环境有明显的差异^[3]。

中全新世全球的高温湿润，反映在本区微量元素含量变化反而不及早期明显，这正是干旱区高温带来蒸发量增大、干旱化抑制了元素的富集所致，并以中全新世后期尤为突出，它不同于东部地区高温湿润、元素含量猛增，普遍超过基准值^[3]。

晚全新世，微量元素含量出现全剖面最低值，并表现为同步快速下降，反映气候暖干程度加剧转变为热干气候。这与东部晚期元素含量有所下降反映温凉干旱气候两者存在着明显的气候背景差异。

微量元素自下而上有规律的递减又以晚全新世最为突出，说明全新世以来气候在持续的向干旱化方向发展。而近几百年来持续干旱化的趋势有所加剧，如据 ^{14}C 测定，原来巴里坤湖在距今1700年因地壳抬升将统一湖区分割为北湖、南湖^[1]。北湖已演化为芒硝湖。南湖即现在的巴里坤湖，水深不到1m。据大量钻孔揭示，其上有0.36m的芒硝层，其下为芒硝与淤泥互层，厚达1m。这是干旱化加剧的有力证明。又据冰川所姚檀栋，施雅风研究，自小冰期以来，乌鲁木齐河源气候以旱化为主，伴随着冰川后退和径流变枯，从那时到现在冰川体积减少了41%，年径流量减少了14%以上^[1]。据根巴里坤多处考古资料，均发现3000年前气候普遍较今湿润，加之巴里坤山树线的迅速上移等等事实，足以说明干旱区冷湿与暖干型气候的持续发展及反馈机制的影响更导致干旱化程度的增强。

结 论

1. 由ZK0024孔剖面微量元素揭示，全新世以来经历了三个冷湿期和三个暖干期，表现为早期暖干偏凉、中期暖干偏热、晚期热干。

2. 微量元素含量变化，比值变化所反映的冷湿与暖干的古气候变化序列与沉积环

1) 韩淑娟：新疆巴里坤湖全新世环境变迁，1988年。

境、生物地层旋回基本一致,它证实了湖相微量元素波动曲线揭示古气候规律的可靠性。

3. 在全新世的不同阶段微量元素显示的古气候特征,与东部地区微量元素反映的全新世早、中、晚期古气候成明显反相关,正说明了微量元素真实地揭示了干旱区独特的古气候演化格局。干旱区气候变化格局受有效降水和蒸发量控制,形成不同于东部也不同于西欧的属中亚和美国西南部的气候型。

4. 由钻孔剖面微量元素含量、元素比值的自下而上递减,表明全新世以来干旱化程度在继续发展,自小冰期以来,这种干旱化持续更为明显,可能趋向更干旱的方向发展。

参 考 文 献

- [1] 姚檀栋、施雅风: 乌鲁木齐河气候、冰川、径流变化及未来趋势, 中国科学(B), 1988年, 6期
- [2] 张林源: 青藏高原上升对我国第四纪环境演变的影响, 兰州大学学报, 1981年3期
- [3] 安凤桐、张秀梅: 天津东北部洼地全新世沉积环境和沉积地球化学特征, 地理集刊, 第18号, 科学出版社, 1987年
- [4] 文启忠: 北疆地区晚更新世以来的气候环境变迁, 科学通报, 10期, 1988年
- [5] 习桂文、文启忠: 黄土中几种微量元素的概率分布及地球化学意义, 中国第四纪研究, 7卷, 1期, 1988年

PALAEOCLIMATE SIGNIFICANCE FROM TRACE ELEMENT VARIATION IN BARKOL LAKE IN XINJIANG

Han Shuti Zhong Wei

(Department of Geography, Xinjiang University, Urumqi)

Key words: Trace elements; Cold humid and warm-dry alternation; Tending to drought

ABSTRACT

On the basis of the trace element analysis of ZK0024 drill in Barkol Lake in the Holocene, in combination with the data on the spore-pollen, micropalaeontology and ^{14}C dating, the palaeoclimate significance from the evolution law of trace elements in ZK0024 drill of Barkol Lake since the Holocene is discussed. The higher and lower values of trace element ratios are corresponds to the warm-dry and cold-humid periods respectively. The regular change of trace elements and their ratios from bottom to top reflects the change of cold-humid and warm-dry alternation of palaeoclimate. The new idea is proposed that the cold-humid period corresponds to the glacial age and the warm-dry period to the interglacial epoch. It is considered that the palaeoclimate evolution pattern belong to the monsoon climate region since the Late Pleistocene.

新疆巴里坤湖ZK0024孔微量元素变化的古气候意义

韩淑娣 钟 巍

(新疆大学地理系, 乌鲁木齐)

地理科学 10(2), P150, 图4, 表2, 参5, 1990

本文讨论巴里坤湖 ZK0024 孔全新世以来微量元素演化规律的古气候意义, 并结合孢粉微体及 ^{14}C 测定的分析, 论述了钻孔剖面中微量元素高值均出现在暖干期、低值则几乎都出现在冷湿期。微量元素及比值在剖面中自下而上有规律的波动, 反映了古气候的冷湿与暖干的交替变化, 并与山区的冰期、间冰期呈良好的对应关系。

行为地理学研究的基本理论问题

张文奎

(东北师范大学地理系, 长春)

地理科学 10(2), P159, 图2, 参17, 1990

本文对行为地理学的一些基本理论问题进行了分析评述, 如行为空间与活动空间、空间行为; 地理物象的距离衰变与动态特性; 智能图及其构成要素与空间模式; 行为区位论等。最后, 作者指出其实践意义局限性, 在我国要用历史唯物主义的观点建立马列主义的行为地理学。

贵州清镇地区甲基汞污染现状研究

王书海 王稔华 刘 洋

刘景双 宋德仁 黄国庆

(中国科学院长春地理研究所)

杜振华

(化工部贵州有机化工厂)

地理科学 10(2), P168, 图4, 表9, 参9, 1990

由于醋酸工艺排放的含甲基汞废水的影响, 使贵州清镇地区约4000亩水田受到污染, 并在附近井水和上游湖水中检出甲基汞。工厂产生的含汞废水虽经除汞后排出, 但仍有微量甲基汞排入环境, 对环境产生明显污染。通过渗入作用可能对地下水造成污染。

钱塘江流域的水文规律

冯利华

(浙江师范大学地理系, 金华)

地理科学 10(2), P177, 图4, 表3, 参3, 1990

钱塘江流域的降水和径流有明显的一致性, 且径流系数稳定; 天然径流存在有11年和14年的准周期变化; 暴雨洪水主要由台风、极锋和短历时暴雨引起的; 河流中含泥沙量小; 有丰富的水能资源。
